

构建包容性绿色低碳经济

中国环境与发展国际合作委员会年度政策报告

编辑委员会

赵英民 刘世锦 魏仲加 (Scott Vaughan, 加拿大)
周国梅 张玉军 李永红 张建宇
科纳特 (Knut Alfsen, 挪威) 龙迪 (Dimitri de Boer, 荷兰)
克鲁克 (Robyn Kruk, 澳大利亚)

编辑委员会技术团队

张慧勇 刘 侃
穆 泉 唐华清 王 冉 赵海珊 陈新颖 郝小然 高凌云 李玉冰
Samantha ZHANG Meizhen WANG Brice LI



中国环境与发展国际合作委员会
年度政策报告

构建包容性绿色低碳经济

中国环境与发展国际合作委员会秘书处 编著

2022

中国环境出版集团·北京

图书在版编目 (CIP) 数据

构建包容性绿色低碳经济：中国环境与发展国际合作委员会年度政策报告. 2022 / 中国环境与发展国际合作委员会秘书处编著. -- 北京：中国环境出版集团，2023. 5

ISBN 978-7-5111-5512-2

I. ①构… II. ①中… III. ①环境保护—研究报告—中国—2022 IV. ①X-12

中国国家版本馆 CIP 数据核字 (2023) 第 082333 号

出版人 武德凯
责任编辑 黄颖
装帧设计 宋瑞

出版发行 中国环境出版集团
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址：<http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱：bjgl@cesp.com.cn
联系电话：010-67112765 (编辑管理部)
010-67147349 (第四分社)
发行热线：010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷
经 销 各地新华书店
版 次 2023 年 5 月第 1 版
印 次 2023 年 5 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 24.75
字 数 450 千字
定 价 139.00 元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本集团更换。

中国环境出版集团郑重承诺：

中国环境出版集团合作的印刷单位、材料单位均具有中国环境标志产品认证。

出版说明

当前，新冠感染疫情吞噬全球多年发展成果，联合国 2030 年可持续发展议程落实进程受阻，南北鸿沟继续拉大，粮食、能源安全出现危机。中国已开启全面建设社会主义现代化国家新征程，进入了高质量发展阶段。

2022 年是中国环境与发展国际合作委员会（简称国合会）成立 30 周年，也是第七届国合会开局之年，具有重要的里程碑意义。面对纷繁复杂的国际形势和新冠感染疫情冲击，国合会坚持以构建全球包容、开放合作、互惠发展的新型环境与发展国际合作平台为目标，按照主席团批准的工作计划，紧扣“构建包容性绿色低碳经济”的年度主题，按照开放包容、互惠发展的原则，聚焦中国“十四五”规划纲要落实和中长期结构转型潜在风险防范，围绕国际环境与发展战略性议题和重大国际议程，开展政策研究，为推进中国环境与发展事业建言献策，为打造人类命运共同体、建设清洁美丽世界贡献智慧和力量。

为了更好地凝聚绿色发展的共识，催生绿色转型和变革的行动，国合会秘书处每年将中外团队研究成果、关注问题报告、中国环境与发展重要政策进展与国合会政策影响以及国合会给中国政府的政策建议等汇编成册，形成系列出版物——“中国环境与发展国际合作委员会年度政策报告”，与国内外各级决策者、专家学者、公众，分享国合会中外委员、特邀顾问及研究人员对环境与发展热点问题的观察和思考，建睿智之言，献务实之策。

2022 年“中国环境与发展国际合作委员会年度政策报告”涵盖了国合会 2022 年给中国政府的政策建议《保持战略定力，稳定转型预期 开启高质量发展的绿色新篇章》，中外首席顾问编写的 2022 年关注问题报告《稳定、韧性和绿色转型》，“碳达峰、碳中和政策措施与实施路径”“基于自然的解决方案价值评估”“碳中和愿景下基于生态系统的海洋综合治理”“低碳韧性城市发展与适应气候变化——气候变化背景下的流域治理”“可持续粮食供应链专题研究”“绿色‘一带一路’关键路径构建”6 个专题政策研究报告内容和“助力可持续发展的数字化转型”“新发展理念下碳中和的风险防范”“可持续贸易与投资”“创新绿色金融”4 项项目前期研究报告，以及 2021—2022 年度专题政策研究组性别主流化报告。

目 录

引 言 稳定、韧性和绿色转型 /1

第一章 碳达峰、碳中和政策措施与实施路径 /7

- 一、COP26 谈判进展盘点与趋势展望 /7
- 二、新形势下的能源绿色低碳转型路径和政策保障 /14
- 三、加强国际合作，推动“一带一路”国家和地区能源低碳转型 /30
- 四、性别主流化分析 /42
- 五、政策建议 /46

第二章 基于自然的解决方案价值评估 /56

- 一、中国生态修复中基于自然的解决方案：政策与实施框架 /56
- 二、基于自然的解决方案及其案例库范式 /61
- 三、基于自然的解决方案的价值化评估框架 /73
- 四、中国女性积极参与 NbS 并从中获益 /88
- 五、政策建议 /89

第三章 碳中和愿景下基于生态系统的海洋综合治理 /93

- 一、研究背景 /93
- 二、基于海洋的四种碳中和方法 /96
- 三、实现碳中和目标的海洋可持续管理 /121

第四章 低碳韧性城市发展与适应气候变化 ——气候变化背景下的流域治理 /131

- 一、气候变化下全球大河流域的风险与挑战 /131
- 二、新探索与流域治理的国际经验借鉴 /139
- 三、长江流域面向 2050 年的治理愿景、准则与行动 /147

- 四、长江流域气候变化和灾害风险分析 /149
- 五、长江流域应对气候变化的韧性策略 /155
- 六、长江下游岸线利用问题与优化策略 /160
- 七、长江流域中的社会公平与性别平等问题 /168
- 八、流域治理的政策建议 /170
- 九、第七阶段工作建议 /172

第五章 可持续粮食供应链 /177

- 一、中国的愿景目标 /177
- 二、挑战 /179
- 三、解决方案 /183
- 四、建议 /189
- 五、结束语 /194

第六章 绿色“一带一路”关键路径构建 /198

- 一、能源绿色低碳发展：“一带一路”绿色低碳发展的关键路径 /198
- 二、路径 1：促进清洁能源产业技术合作，支持“一带一路”绿色低碳发展 /203
- 三、路径 2：引导金融资源支持“一带一路”能源绿色低碳发展 /210
- 四、路径 3：加强国际合作支持“一带一路”能源绿色低碳发展 /222
- 五、综合政策建议 /229

综 述 保持战略定力，稳定转型预期 开启高质量发展的绿色新篇章 /236

- 一、坚持绿色低碳转型，保障重点领域安全与稳定 /237
- 二、推动绿色技术创新，为经济增长提供新动能 /239
- 三、完善绿色低碳综合制度，为高质量发展打基础利长远 /239
- 四、加强生态系统的综合管理，优化低碳韧性的空间格局 /240
- 五、深化国际环境合作，维护开放包容、合作共赢的国际环境治理进程 /241

附录 /243

- 附录 1 项目前期研究报告：助力可持续发展的数字化转型 /243
- 附录 2 项目前期研究报告：新发展理念下碳中和的风险防范 /269
- 附录 3 项目前期研究报告：可持续贸易与投资 /287
- 附录 4 项目前期研究报告：创新绿色金融 /300
- 附录 5 中国环境与发展重要政策进展与国合会政策建议影响报告
(2018—2022) /324
- 附录 6 2021—2022 年度专题政策研究组性别主流化报告 /369
- 附录 7 第七届中国环境与发展国际合作委员会组成人员名单
(截至 2023 年 3 月 3 日) /377

致谢 /383

引言

稳定、韧性和绿色转型

稳定和绿色转型：2022年，风险、不确定性和冲击急剧增加。2022年3月，中国召开的两会——中华人民共和国第十三届全国人民代表大会第五次会议和中国人民政治协商会议第十三届全国委员会第五次会议指出，经济面临供给冲击、需求收缩、预期转弱的三重压力。中国的核心战略目标——经济增长、创新、共同富裕、气候减缓——在动荡和波动的形势下都需要以稳定和安全为首要前提。

因此，在2022年及可预见的未来，最紧迫的挑战是将绿色低碳高质量发展与当前关注的稳定、安全目标相结合。坚持绿色发展转型，一方面，可以延缓具有雄心的气候、生态保护和污染防治行动将会加剧人类、经济和生态的不安全。另一方面，可以促成能源、粮食、人类福祉和其他关键安全目标的实现。

中国环境与发展国际合作委员会（以下简称国合会）2022年的研究表明，绿色发展有助于保障稳定与安全。稳定并不意味着依赖传统的做法实现能源、粮食及其他安全目标。相反，在全球生态危机和其他冲击背景下，要提高稳定性和安全性，意味着制定智能化、创新性和适应性的政策，以增强韧性。下面简要介绍国合会的四个工作领域——能源安全、粮食安全、气候安全和金融稳定。

能源安全：安全和稳定目标中首当其冲的是能源安全。自2021年第二季度以来，能源市场呈现剧烈波动，全球石油和天然气价格飙升¹。2021年年初，全球煤炭市值大幅上升，超过1万亿美元。价格波动导致中国在2021年年末出现了短时间的煤炭供应短缺。

在2022年的两会上，习近平总书记重申了中国对实现碳达峰、碳中和目标的承诺。

¹ 2022年第一季度的能源价格一片混乱。纽卡斯尔煤炭期货价格从2021年年中的约82美元/t上涨到2022年3月初的400美元/t以上，然后在早春又降至350美元/t。原油期货价格指数在2021年的大部分时间里保持了基本稳定，但到2022年3月下旬已经增长了1倍多。在同一时期，许多国家的汽油价格超过了10年来的最高水平。

与此同时，他强调稳步有序推进能源供给转型战略的重要性，中国“不能把手里吃饭的家伙先扔了，结果新的吃饭家伙还没拿到手，这不行”。同其他国家一样，中国在扩大煤炭等资源禀赋好的传统能源的同时，也增加了对清洁能源的投资。以煤炭为例，中国国家电网有限公司的评估显示，2021—2025年，中国煤电预计新增装机规模约1.5亿kW，总装机容量将达12.3亿kW。中国拥有全世界最多的燃煤电厂，超过1000座。其他国家正在通过重回化石燃料来应对能源供应的冲击。2021年，全球石油和天然气需求大幅反弹。到2022年第一季度，主要的石油和天然气公司均公布了创纪录的营业收入。

在全球对化石燃料的依赖增加之际，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）发布了第六次评估报告，警告气候变化对人类、生态和经济的影响正在不断升级，而实现《巴黎协定》1.5°C目标的窗口正在关闭，人类需要在2030年前采取更加雄心勃勃的行动。

因此，我们面临的挑战是如何利用当前的能源危机来实现能源安全和气候安全的双重目标。欧盟正以此为契机，强化能源的自给自足：2022年3月，欧盟出台相关措施，以进一步减少对进口石油和天然气的依赖，同时通过可再生能源的快速发展实现更强的能源独立¹。

能源安全和可再生能源之间的经济关联显而易见，如国际可再生能源署（IRENA）的评估表明，新建可再生能源比大多数化石燃料更便宜。尽管如此，市场的反应却并不一致。国际能源署（IEA）估计，可再生能源投资在新增发电中占主导地位，约占2021年新增发电容量投资（5300亿美元）的70%。中国仍然是全球可再生能源的领导者，同时，中国还通过国内实践和绿色低碳“一带一路”的开展进一步促进了可再生能源的发展。不断增加的可再生能源有助于经常账户的国际收支平衡，尤其是考虑到中国75%的石油需要依赖进口的情况。

可再生能源（如风能、太阳能、地热能），正逐渐符合能源安全的关键标准，特别是在可负担性、可靠性和可获得性方面。长期电池存储、智能电网和绿氢等中期解决方案变得愈加可行和划算。清洁能源投资正在逐渐成为高端制造业和服务业的一个就业增长来源²。

¹ 欧盟委员会执行副主席弗朗斯·蒂默曼斯倡议：“让我们以闪电般的速度冲向可再生能源。可再生能源是一种廉价、清洁、潜在、无穷无尽的能源。相比在其他地方的化石燃料投资，可再生能源可以就地创造就业机会。”

² 可再生能源有助于共同富裕：2021年，可再生能源继续创造新增绿色就业机会。全球可再生能源创造的约1200万个绿色就业机会中，中国的新增就业比例最大，达470万个。如上所述，可再生能源投资的附带就业效应通常高于传统能源。

能源清洁化的另一个支柱是节能和能源效率。其中，节能是最有效的能源安全政策，能源效率是生产率的关键支柱：绿色技术的智能化应用能够提升以创新为导向的生产率，从而降低单位生产的能源成本，增加产出。证据表明，能效提升可为实现全球气候减缓的目标做出 25% ~ 40% 的贡献。

清洁能源有助于贸易安全。市场预测，从铁、钢、铝和化学品等低碳化的工业品，到绿色旅游等基于消费的商品，零毁林及可持续的软商品、绿色商品和服务的交易比例将稳步上升。这些市场仍有增长潜力，尤其是在年轻消费者中。国际货币基金组织（IMF）2022 年的中国报告强调了基于消费模式的重要性，指出中国从投资导向型经济向消费导向型经济结构性转变既能促进经济稳定，又能减少 15% 的当前消费品温室气体排放量。随着中国扩大对电动汽车的使用和其他的绿色选择，其减排潜力逐渐提升。

粮食安全：作为可持续发展目标核心的全球粮食安全目标，遭受了近期粮食供应短缺和价格波动的重创。2022 年 4 月，联合国粮农组织（FAO）粮食指数显示，全球粮食价格指数创历史新高，谷物价格在一个月內上涨了 17%，植物油上涨了 23%。部分国家的化肥成本上涨了 170%。因此，从斯里兰卡、智利到南苏丹，越来越多的国家发布了国内食品价格预警。

与气候变化和生物多样性丧失相关的长期、慢性粮食风险将加剧这些冲击。在《联合国气候变化框架公约》第 26 次缔约方大会（COP26）上，联合国粮食系统峰会特使提到，如果不采取紧急行动提高农业对气候冲击的韧性，到 2030 年，仅非洲面临饥饿的人数就将新增 1 亿。每 5 年一次的联合国全球土地退化评估¹显示，对粮食安全至关重要的土壤健康和土壤肥力正在加速恶化。土地退化会导致恶性循环，气候变化和生态系统退化的综合影响将提高洪水和干旱出现的概率，进一步加剧粮食不安全。

当然，也有一些行之有效的解决方案可以应对土地退化。投资可持续、可再生土地系统案例的经济分析表明，在土壤保护和再生系统上每投入 1 美元可以产生 7 ~ 30 美元的效益。构建再生土地系统不是单一的干预措施，而是自上而下和自下而上相结合的综合系统方法，涉及生产、消费、保护和恢复等方面的协同举措。科学研究持续证明，与自然合作至关重要。例如，正在进行的关于复杂地下真菌网络的研究显示，大自然是如何将以前被认为是竞争关系的树木及其他物种通过地下系统联系起来的，

¹《联合国防治荒漠化公约》（<https://www.unccd.int/ru/node/22331>）于 2022 年 4 月 28 日发布的全球评估结果之一表明，现代和传统再生农业实践带来了多重和相互关联的效益，包括农村收入和减贫、具有成本效益的气候变化减缓和生物多样性保护。

地下系统在不同景观的物种之间交换水、养分和碳。新兴的碳市场为保护这些地下网络创造了新的激励机制，对于地上森林和其他形式的碳库而言，它们被称为碳货币。此外，据估计，中国农田的碳储量占全部碳储量的 19%。除了这些重要的陆地碳储量，海洋等环境也有类似的生态系统功能。

新兴的基于自然的解决方案展示了提升再生景观、构建可持续食品系统、增强气候韧性和支持可持续农村生计的具体方法¹。在项目层面，基于自然的解决方案提供了更多的气候适应措施，而这都是流域面临越来越多的干旱和洪水风险下加强粮食安全所必需的。鉴于长江流域的食物产量分别占中国粮食、油料作物、蔬菜和猪肉总产量的一半左右，因此气候适应的纳入对实现粮食安全目标至关重要。

建立可持续的食物体系，推广基于自然的解决方案，将气候韧性纳入流域综合管理体系是 2022 年国合会三项专题政策研究的重点。其中每项都强调了将粮食安全作为更广泛的人类安全和福祉组成的重要性，并由此促进了性别平等和共同富裕目标的实现（包括通过农村绿色金融、基于性别的贸易融资获得公共卫生、教育、创业和其他机会），同时也能带来更持久、更具包容性和适应性的结果。

气候安全：2021 年，破纪录的极端气候事件再次增多。世界气象组织（World Meteorological Organization, WMO）在其《2021 年气候状况报告》中指出，2021 年 7 月，河南省出现了破纪录的降水量，1 小时降雨超 200 mm。郑州市遭受了特大山洪，导致 300 多人死亡，建筑物、道路和地铁被淹，造成了 177 亿美元的经济损失。

最近发表在《柳叶刀》上的研究表明，2021 年，致命性的热浪也增加了。与 1986—2005 年的平均值相比，2021 年中国的人均热浪暴露时间增加了 4.5 天，因热浪导致的过早死亡增加了 92%，直接经济损失达 1.76 亿美元，工时缩短造成的损失约占中国年度国内生产总值的 1.4%。

金融稳定：国合会 2022 年的研究强调了绿色金融在助力实现高质量绿色发展中的重要角色。在进一步明确绿色分类法、绿色债券资格、创新的公私伙伴关系和试点的情况下，环境、社会和公司治理（ESG）的金融产品继续增多。随着越来越多绿色权益的出现，中国同其他国家和地区一样，均强调透明度、核查和问责制的重要性²。中国未来将与其他国家和地区一样，强制性要求披露气候风险。

1 2022 年联合国环境大会第五次会议首次通过了基于自然的解决方案的多边定义，这标志着基于自然的解决方案向前迈出了关键的一步。

2 同其他国家和地区一样，中国已经越来越多地发出了“漂绿”风险的警示，这是有充分理由的。例如，最近欧盟审查或清查“漂绿”的声明发现，所调查的公司声明中 37% 包含模糊和误导性的陈述，而令人惊讶的是，59% 的声明没有足够的证据支持。作为回应，欧盟 ESMA 证券公司提出了反对 ESG“漂绿”的新规定。其他监管机构也在考虑类似的行动。同样，中国的生态环境部也曝光了中碳集团等机构未经证实的碳排放声明。

2021 年全球碳市场总额达到 8 510 亿美元，其中比重最大的是强制性交易市场，包括欧盟的排放交易计划、中国的全国碳交易市场，以及其他约 60 个国家和地区的碳定价机制。除了强制性交易市场，企业和其他主体也在投资自愿性碳市场。自愿性碳市场总额在 2021 年超过了 10 亿美元。随着《巴黎协定》第 6 条的敲定，强制性碳市场和自愿性碳市场预计将会继续增长¹。

另外，金融市场中碳投资的不确定性和长期不稳定性日益增长。2020 年，国际清算银行提示，气候变化引发全球金融危机的风险越来越大。巴塞尔银行警告，由于不断升级且不可预测或非线性的气候风险影响，即“绿天鹅”或“肥尾”效应，现有金融机构所使用的基于定量模型和其他预测风险的方法并不适用于搁浅资产的风险预警评估。而像格拉斯哥净零排放金融联盟（GFANZ）发起的倡议则更具潜力。金融系统中不同子部门实现净零目标的重点在于落实它们和其他私营部门的承诺。

此外，金融安全的一个紧急问题是其涉及主权债务。截至 2022 年，已有数量惊人的发展中经济体和新兴经济体正在经历债务困境或面临违约，其债务水平已经达到了危险水平，但气候变化和生态系统的丧失仍在放大这种债务动荡。例如，全球 40% 负债最多的国家也是受气候变化影响最严重的国家。国合会 2022 年坚持继续识别、整合主权债务与气候、自然、可持续发展目标及其他目标的解决方案。

实施中的政策挑战：国合会 2022 年的研究重点是探索将实现碳中和、自然向好和公平的举措，与能源安全、粮食安全等重点目标相统筹结合的可能性。实现“共赢”既不是自动的，也不是简单的，相反，“共赢”需要高水平的治理、协调及创新能力。

《联合国气候变化框架公约》第 26 次缔约方大会和《生物多样性公约》第 15 次缔约方大会为国际合作提供了一个独特的机会。各个国家和地区均支持共同目标、时间表、政策优先事项和顺序，以实现国家自主贡献（NDCs）和更新的国家生物多样性战略及行动计划（NBSAPs）中提出的共同目标。

与此同时，政府在实际的复杂行政系统中却实施不一致的政策目标，推行相互矛盾的政策。例如，在英国格拉斯哥和中国昆明召开的相关会议做出新承诺的同时，仅 2021 年内，各国政府就在化石燃料补贴和有害农业补贴上分别拨款约 3 500 亿美元和 5 000 亿美元²。

确保不同国家和地区的公共部门之间或内部、市场导向和行政监管方式之间的政

¹ 新成立自愿碳市场诚信委员会（Integrity Council for Voluntary Carbon Markets）是一个受欢迎的行动，目的在于确保自愿碳市场在碳抵消信用方面的投资具有高度的诚信，符合世界自然保护联盟（IUCN）的黄金标准。

² 这些措施是更广泛的政府支出的一部分，据《自然商业》估计，2021 年的政府支出为 1.8 万亿美元，包括对煤炭、石油、天然气等污染密集型产业及农业和其他部门的补贴。

策一致性，并听取科学研究和社会组织的建议，以实现关键的气候、自然和其他目标，是一项复杂的工作。全政府模式（Whole-of-government Models）将变得不可或缺。2021年，中国成立了碳达峰碳中和工作领导小组，由时任国务院副总理的韩正担任主席，其他高级成员包括住房和城乡建设部、工业和信息化部、自然资源部、生态环境部、交通运输部、商务部等部委的部长。2022年2月该领导小组重申了中国实现碳达峰、碳中和目标的必要性，同时强调了煤炭产业在其中的重要作用，并要求处理好减污降碳与能源安全、粮食安全、供应链安全和正常生活的关系。

其他国家和地区也在部署政府协调机制，推进气候措施。例如，英国的气候行动战略内阁委员会由英国首相和其他高层人士组成，英国气候行动的实施目标和时间表则根据国家气候预算制定¹。2022年3月，加拿大发布了更新的气候方案。该方案由多个联邦部委的79个不同实施计划组成，需要与各省、原住民社区、私营部门和民间社会合作。另外，欧盟、美国、法国、德国、丹麦等都制订了政府整体的气候计划。

虽然每个国家和地区都有自己独特的行政体制，但都包括共同的要素，即国合会绿色贸易研究中探讨的绿色产业政策，强调基于创新和技术的公私合营伙伴关系。

第七届国合会将是国合会成立30年非常重要的阶段，非常需要通过各种研究及最重要的国际合作、观点交流和信任建立来确定如何设计和实施高质量的绿色发展。

¹ 英国碳预算（2020年12月）计算了实现净零目标所需的减排量，建议在1990—2035年将英国的碳排放量减少78%，以及实现该目标所需的具体气候行动。这些行动包括强制要求所有新的汽车和货车，以及家庭和其他建筑中的所有锅炉，到2030年都是低碳的（主要基于电力），到2035年实现零碳，海上风电成为国家能源系统的支柱。到2050年，低碳氢的发展规模和现在的电力供应规模相当。碳预算的其他建议包括提高建筑物的能源效率、转向低碳饮食、大幅减少废物、提高农场的生产力、增加森林覆盖率以帮助清除二氧化碳等。

第一章 碳达峰、碳中和政策措施与实施路径

一、COP26 谈判进展盘点与趋势展望

全球气候变化在国际议程中的重要性不断提升，尽管受到了新冠感染疫情（以下简称疫情）及短期恢复行为的影响，各国在积极履行国际公约、强化气候目标和务实行动方面仍达成了基本共识。在此背景下，《联合国气候变化框架公约》第 26 次缔约方大会（COP26）延迟了一年才在英国格拉斯哥召开，但依然取得了预期成果。本节通过观察、研讨和分析，对 COP26 成效开展了系统评估，并对 COP26 后的气候谈判走向进行了研判。总体来看，在各方共同努力下，COP26 达成了平衡、包容的“一揽子”成果为历时 6 年的《巴黎协定》实施细则谈判画上了句号。可以说，COP26 是继《巴黎协定》实施后全球气候治理的又一重要里程碑。同时，《格拉斯哥气候公约》（*Glasgow Climate Pact*）巩固了未来 10 年全球致力于加速气候行动的共识，在减煤、甲烷治理、停止毁林等方面也达成一定的突破性共识。

在后 COP26 时代，我们仍需要采取切实行动，落实《巴黎协定》及《格拉斯哥气候公约》的各项成果，创新路径加速二氧化碳减排，继续在资金、技术、适应、合作等重要议题上争取突破，避免国际冲突加剧，携手处理好能源安全、减碳与发展的关系，促进各国实现包括气候在内的可持续发展目标。中国将继续维护现有气候治理多边机制和进程，持续采取切实行动应对气候变化，促进自身全面绿色转型及全球碳中和合作，为全球气候治理贡献建设性力量。

（一）COP26 在新的发展背景下开启

在疫情的影响下，原定于 2020 年召开的 COP26 被推迟到 2021 年在英国格拉斯哥举行。疫情的暴发引发了国际社会的深刻反思，加深了人们对非传统安全问题的认识。2021 年 8 月 9 日，IPCC 发布了第六次评估报告（AR6）第一工作组报告，观测数据显示，2011—2020 年平均温升相比工业化前（1850—1900 年）增高了 1.09℃，而

在未来几十年里，所有地区的气候变化都将进一步加剧^[1]。疫情虽然在短期内降低了很多国家的碳排放，但长期来看，此趋势不可持续，疫情之后全球可能面临碳排放反弹^[2]。新的全球能源危机也阻碍了疫后的经济绿色复苏^[3]。在此背景下，COP26 延迟一年召开是克服了重重困难，意义特殊，也体现出各国在积极履行国际公约、强化气候目标和务实行动方面具有基本共识。

作为美国重返《巴黎协定》后召开的首次缔约方会议，COP26 受到各方高度关注。COP26 力求从减缓、适应、资金和合作四个方向实现气候目标，具体而言：一是全球应对气候变化的力度仍旧不足，现有的各国国家自主贡献（NDC）加总仍难以实现 2°C 目标，何况履行过程还存在不确定性^[4]；二是适应问题愈加受到关注，发展中国家十分关心适应基础设施的建设，如何提升《昆明宣言》中提出的生物多样性与气候变化应对协同治理也很重要；三是气候治理能力建设方面仍旧不足，尤其是广受诟病的气候资金承诺仍然面临较大缺口；四是《巴黎协定》的实施细则谈判仍未完成，需要尽快推进，使《巴黎协定》得以全面实施。本次会议召开前，主办国进行了大量的沟通，围绕上述四个方面的问题设置了谈判的核心目标和议程。可以说，COP26 在全球气候治理的关键领域妥当地设置了议题，也推动了各领域取得重要进展。

（二）COP26 取得的进展和成果

《联合国气候变化框架公约》下的缔约方会议是形成全球气候治理机制的重要环节。在 COP26 会议召开前，主办国进行了大量的沟通，以推动相关主体在全球气候治理的关键议题上取得共识¹，为会议的有效召开奠定了基础。在 COP26 的召开过程中，主办国通过设置议题等，积极创造机会和搭建平台，使多元利益相关方针对特定议题开展充分讨论，并最终在退煤、减少毁林、甲烷减排等议题上达成了一系列共识。正如 COP26 世界领导人峰会主席总结（COP26 World Leaders Summit-Presidency Summary）中所说的那样，COP26 将启动 10 年加速气候行动，确保《巴黎协定》发挥作用，并在关键领域取得进展。

1. COP26 通过大量事前沟通形成议题，吸取了《巴黎协定》在促进国际合作方面的经验，为形成共识奠定了基础

各利益相关方在 COP26 正式召开前就围绕各自关心的多项议题开展了密切磋商，如中国、美国、欧盟在 COP26 召开前和召开中通过密切的双边气候磋商，增进了对

¹ COP26 President concludes constructive discussions with China on climate action, <https://www.gov.uk/government/news/cop26-president-concludes-constructive-discussions-with-china-on-climate-action>.

各自立场和全球气候治理关键问题的理解，促进了共识的形成。主办国在大量会前沟通的基础上，最终在四大方面设置了一系列雄心勃勃的目标：确保在 21 世纪中叶前实现全球净零排放，在 21 世纪内将全球温升控制在 1.5℃ 以内，具体方式包括退煤、减少毁林、加速电动汽车发展和促进可再生能源投资等；适应、保护社区和自然栖息地，具体方式包括生态系统保护和恢复、适应投资等；充分调动资金，确保发达国家实现 1 000 亿美元的气候融资承诺，并促进国际金融机构积极参与全球气候进程；携手共进，具体方式包括《巴黎协定》的共同编制与定稿、多机构的行动和合作等。

2.COP26 坚持了《巴黎协定》的目标、原则和政策导向，实现了雄心目标与务实行动的平衡，为后续全球气候治理奠定了制度和能力基础

COP26 是继《巴黎协定》实施后全球气候治理的又一重要里程碑，会议在减缓、适应、资金、技术转让和能力建设等方面均达成了一定共识和取得了一定的进展。在 COP26 召开之前，156 个国家结合本国国情提出或者更新了 NDC 目标，其中 93 个国家提出了更具雄心的减排目标。在 COP26 会议期间，泰国、以色列、越南、尼日利亚、印度等国纷纷提出碳中和目标。《格拉斯哥气候公约》重申了将全球温升控制在 2℃ 以内、努力争取控制在 1.5℃ 以内的目标，强调了实现 1.5℃ 目标需要强化减排力度。各国携手启动 10 年加速气候行动，包括提振雄心、扩大资金供给、强化公私合作、开展全球盘点，行胜于言成为重要趋势。COP26 为历时 6 年的《巴黎协定》实施细则谈判画上了句号，其中，包括实施细则第 6 条、第 13 条等在内的议题形成了务实平衡的结果：形成全球碳市场的建设框架，在第 6.4 条的交易中征收 5% 的收益分成并调入适应基金，避免重复计算，确认清洁发展机制的过渡机制，确定第 13 条增进透明度的制度框架。

3.COP26 最终在多个缔约方关切的关键议题（如减排目标、退煤、停止毁林、甲烷减排、气候资金支持等）上达成突破性共识，形成了一系列全球应对气候变化的新取向

《格拉斯哥气候公约》强调 1.5℃ 目标需要全球 2030 年二氧化碳排放水平比 2010 年降低 45%，确认 2022 年开始全球盘点；首次提出逐步减少煤电，减少未加装减碳设施的煤电厂，淘汰低效化石燃料；虽然有再次落空的风险，但仍提出了更具雄心的气候资金目标，即要求 2024 年完成 2025 年后新的资金量化目标审议，督促 2025 年向发展中国家提供的适应资金在 2019 年基础上翻倍；决定建立并立刻启动“格拉斯哥 - 沙姆沙伊赫全球适应目标两年工作计划”，决定尽快启动向发展中国家应对

和减轻损失与损害提供技术协助的圣地亚哥网络，同时决定就损失与损害资金机制问题开展“格拉斯哥对话”。除《格拉斯哥气候公约》外，在《全球煤炭向清洁能源转型声明》（*Global Coal to Clean Power Transition Statement*）中，也有 23 个国家首次承诺停止使用煤炭。超过 120 个国家签署了《格拉斯哥森林和土地使用领导人宣言》，目标是到 2030 年制止和扭转森林丧失和土地退化，提供资金并使 75% 的森林商品供应链可持续发展。超过 100 个国家签署了《全球甲烷减排承诺》，承诺到 2030 年减排 30% 的甲烷，虽然中国没有签署该承诺，但中国在《中美关于在 21 世纪 20 年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》（*U.S.-China Joint Glasgow Declaration on Enhancing Climate Action in the 2020s*）中提出了要开展甲烷减排工作。

4. 会议为多元相关主体积极参与相关议题创造机会，有效促进利益相关方和行动者参与全球治理

在 COP26 召开之前和召开期间，大量企业、行业协会、金融机构等非政府主体和行为者都积极参与了相关行业减碳治理的讨论，为有关行业减碳目标共识的形成创造了条件。COP26 最终在多个重点行业取得了减碳共识，包括相关方在《COP26 关于加速向 100% 零排放汽车和货车过渡的宣言》中提出推动 2035 年在领先市场、2040 年在全球，新出售的汽车和货车实现净零排放；在中型和重型车辆领域，相关方也签署了相似的谅解备忘录，提出 2030 年在售车辆中净零排放车辆占比要达到 30%，2040 年要达到 100%；英国、美国、法国等 23 国组成的国际航空气候雄心联盟在《国际航空气候宣言》中提出了航空业到 2050 年实现二氧化碳净零排放的承诺；多边开发银行在《关于自然、人类和地球的联合声明》中承诺将在政策、分析、评估、建议、投资和业务等方面推动自然问题主流化。

可见，COP26 设置了一系列响应多元主体关切的治理议题，在《巴黎协定》涉及的减缓、适应、资金、技术、能力建设等关键问题的应对方面均取得了进展。在会议召开之前和召开期间，主题日、领导人峰会、部长级会议、谈判磋商等为不同议题下相关主体参与气候治理创造了条件和机会，促进了议题得到充分讨论并达成共识。最终，会议形成了一系列的气候治理机制：完成之前几届缔约方大会一直未能完成的《巴黎协定》实施细则谈判，首次提及减少煤炭，确保实现 1.5°C 温升目标仍具可能性，进一步明确全球盘点和透明度等保障机制，强化现有气候治理的范围和力度^[5]。可以说，COP26 成功维护和践行了《巴黎协定》的基本原则和目标，延续了基于《联合国气候变化框架公约》的国际应对气候变化多边治理体系的有效性，推动了全球气候治理进程，是继《巴黎协定》通过后全球气候治理的又一重要里程碑。

（三）后 COP26 时期全球气候治理的趋势研判和展望

国际地缘政治环境越发复杂甚至不断恶化，但气候变化正在逐步影响整个社会经济系统，当下及未来的气候治理均需要更具韧性的全球性系统思维和变革^[6]。缔约方大会能有效推动各国取得共识，但仍有大量分歧和问题需要各国齐心协力去解决。具体表现为在具体行动的实施方面仍有欠缺，对“硬骨头”议题的合作仍有不足，应对气候变化甚至可能加剧冲突，各国仍未摆脱对化石能源的依赖，能源安全与能源贫困并存，应对气候变化与其他领域的协同仍然不足。为此，各国应采取务实心态，抓紧取得建设性共识并采取切实行动。

1. 采取切实行动积极应对气候危机应成为主流，多元主体应积极、系统地参与气候治理

各国应持开放态度，广泛探讨提振全球气候雄心、非二氧化碳温室气体治理和气候协同治理等多元化议题。提振气候雄心固然重要，但是行动远比目标珍贵^[7]。《巴黎协定》目标的实现更是行胜于言，各国亟须采取切实行动去实现其目标^[8]。发达国家尤其需要履行气候行动目标和落实气候资金承诺，避免目标再次落空^[9]，同时避免应对气候变化的法律的不确定性。切实的行动离不开社会各界和多元主体的积极参与。各国需要基于国情提升多元主体参与气候治理的积极性，以建立绿色生产和消费体系，积极探寻推动多元主体积极参与经济社会转型的最佳实践，并为发展中国家应对气候变化提供经验参考。

2. 全球气候合作要争取在应对气候变化实施路径及核心减排议题上取得积极进展

未来气候合作的议程不能回避困难，应将合作重心聚焦于关键议题和关键环节。当前的气候合作呈现出困难和容易并存的关系：一是各相关方在应对气候变化的实施路径和具体行动方面难以达成共识，包括资金、技术等，但是倾向于在应对气候变化的雄心方面达成共识；二是在应对气候变化中的核心议题——二氧化碳减排方面难以达成共识，但倾向于在甲烷减排和遏制毁林等非二氧化碳减排方面达成共识。此外，如果以中国为代表的制造业大国为了减排而“一刀切”式地限制能源密集型产业及其产品发展，那么全世界将面临的巨大挑战是如何满足对相关产品的需求，以及如何和由谁投入更先进、更节能、更低价的技术生产这些产品。必须承认各相关议题都能为应对气候变化做出重要贡献，但只提振雄心却不明确实施路径，只推动非二氧化碳减排议题却不攻坚二氧化碳减排议题，将难以形成切实有效的气候治理方法，接下来各方应强化在“硬骨头”议题方面的沟通与合作。

3. 国际合作与竞争不能危害应对气候变化，碳定价、资金机制的具体实施应避免加剧国际冲突

气候变化始终是危及人类生存的重大威胁，尽管国际政治、经济形势中的对抗日益增强，但促进国际政治、经济合作确实有利于应对气候变化^[10]。各国应采取负责任的行动，加强沟通合作，避免误判，确保竞争和合作都对应对气候变化有利而非有害。在全球碳定价机制的建设过程中，各国应充分尊重彼此国情差异，以带动贸易和金融系统的绿色低碳结构性转变为目标设置碳定价、资金机制，而非设置绿色壁垒。“一刀切”地推进碳定价、资金机制以及产品标准，容易损害发展中国家的利益，打击其参与应对气候变化的意愿^[11]。各国应携手加强对碳定价、资金机制变化的衔接和实施机制设计，统筹考虑各国转型差异，尽量避免更多冲突和不确定性，避免破坏气候变化国际合作。

4. 虽然不同国家的能源转型阶段不同，但各国都应携手处理好能源安全、减碳与发展的关系

由于发展阶段和资源禀赋不同，各国能源低碳转型的时间安排和路径也不完全相同^[12]。但毫无疑问，无论是发达国家还是发展中国家，其能源低碳转型过程都不会一帆风顺。始于2021年上半年的新一轮全球能源危机导致天然气、煤炭等为代表的化石能源价格飞涨，可能显著影响各国政府在能源安全和应对气候变化方面的政策、路径选择^[13, 14]，为全球能源低碳转型带来了新的不确定性，也充分证明了能源低碳转型的艰巨性和复杂性。虽然各国转型的阶段和路径都可能有基于国情的差异，但兼顾能源安全、减碳与发展是各国面临的共同挑战，其解决方案和技术路线有相互借鉴的空间。成功退煤需要新的发展模式和政策措施，需要做出大量努力^[15, 16]，欧美国家还需要同步解决石油和天然气退出的问题。发达国家有责任与发展中国家携手探索退煤和退气的能源低碳化工作，为全球应对气候变化和深化气候合作创造空间^[17]。

5. 提升适应气候变化能力，强化应对气候变化，包括生物多样性等多领域的协同治理

随着气候变化的危险程度提升，各国携手强化适应气候变化能力的必要性也在提升，应努力实现减缓与适应的平衡。适应能力的提升绕不开资金问题，COP26中发达国家提振了资金支持方面的雄心，但是极可能再次落空，从而影响全球气候治理大局。在气候资金问题上，发展中国家对适应气候资金比例的提升诉求日益强烈^[18]。COP26中增加了对遏制毁林、可持续供应链、生物多样性保护等相关议题的探讨，推动了多领域议题的协同。未来气候和环境多边进程的一个重要方向就是促进包括气候在内的

可持续发展目标取得积极进展，《生物多样性公约》缔约方大会第15次会议（COP15）也注重加强生物多样性与应对气候变化的协同治理。《联合国气候变化框架公约》第27次缔约方大会（COP27）由发展中国家埃及举办，适应气候变化、降低损失损害等问题成为讨论的重点，同时沙姆沙伊赫也是《生物多样性公约》缔约方大会第14次会议（COP14）的主办地，因此沙姆沙伊赫成为生物多样性与应对气候变化协同治理的交汇点，期待在未来的COP大会中生物多样性和应对气候变化的协同治理取得更大进展。

（四）中国将通过切实行动积极维护和参与气候治理

正如习近平主席在COP26世界领导人峰会发表书面致辞中强调的“以实则治”那样，中国认为全球应对气候变化需要行胜于言。中国已经将“双碳”目标纳入了国家总体战略，将坚定不移地努力完成“双碳”目标，促进自身全面绿色转型。在COP26召开前夕，中国相继发布了《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》¹《2030年前碳达峰行动方案》²《中国应对气候变化的政策与行动》白皮书，提交了《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》和《中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略》，明确了2030年前实现碳达峰及2060年前实现碳中和的总体思路和路线图^[19]。当前中国正在加紧完善“1+N”政策体系，并最终形成覆盖全国和地方、各领域和行业的涉及碳达峰和碳中和两个阶段的政策措施体系。“1+N”政策体系将为中国“双碳”目标的实现提供目标、路径、政策的全方位支持，并最终形成中国的碳达峰和碳中和解决方案^[20, 21]。

中国坚定支持和维护气候治理多边机制和进程，重视与国际社会携手应对全球气候危机，促进全球碳中和合作。在COP26召开前和召开中，中国与《联合国气候变化框架公约》秘书处、主席国英国及美国、欧盟等缔约方进行了密切磋商。中国一如既往地支持和维护《联合国气候变化框架公约》及《巴黎协定》，坚持《巴黎协定》的目标、原则和政策导向，实现雄心目标与务实行动的平衡，愿在应对气候变化合作中发挥积极作用，并采取系统性方案应对气候变化。同时，中国已经承诺不再新建境外煤电项目，大力支持发展中国家的能源绿色低碳发展，未来中国将积极开展绿色“一带一路”和南南合作，帮助发展中国家应对气候变化。

中国重视吸取《巴黎协定》的成功经验，通过双边合作促进多边治理进程，中美

1 Full Text: Working Guidance for Carbon Dioxide Peaking and Carbon Neutrality in Full and Faithful Implementation of the New Development Philosophy, http://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202110/25/content_WS61760047c6d0df57f98e3c21.html.

2 Full Text: Action Plan for Carbon Dioxide Peaking Before 2030, http://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202110/27/content_WS6178a47ec6d0df57f98e3dfb.html.

的双边气候合作也在格拉斯哥取得了突破。中国和美国在 2021 年开展了密集的气候会谈与沟通交流，为在 COP26 期间发布《中美关于在 21 世纪 20 年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》奠定了基础。在《中美应对气候危机联合声明》的基础上，中美在强化行动、合作推动 COP26 成功、积极落实联合声明、建立“21 世纪 20 年代强化气候行动工作组”四个方面达成了重要共识，发布了《中美关于在 21 世纪 20 年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》，加速了中美气候合作落地，并有利于促进各相关方形成对《格拉斯哥气候公约》的共识。中国将继续积极与欧盟、美国以及其他经济体通过双边机制开展气候合作对话，以取得一些积极成果。

中国将继续关注气候协同治理效益，促进气候治理与其他议题相结合，促进气候变化与经济社会系统转型相结合，加快形成有利于节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，推动经济社会发展的全面绿色转型，坚持降碳、减污、扩绿、增长协同推进。气候与环境的协同治理也是重点，中国将继续推动减污降碳、协同增效，同时注重应对气候变化与生物多样性治理的结合，支持推动 COP15 第二段会议在应对气候变化方面取得协同效益。

二、新形势下的能源绿色低碳转型路径和政策保障

COP26 的成功召开提振了全球对气候治理的信心，能源绿色低碳转型进程本应在 2021 年迅速升温，但受新一轮全球能源危机的影响又面临了严峻挑战。2021 年，全球能源市场剧烈动荡，传统能源价格大幅上涨，引发了新一轮全球能源危机，并在 2022 年俄乌地缘政治冲突的刺激下进一步加剧，多国能源安全受到严重威胁，全球经济复苏和能源绿色低碳转型进程也面临新的挑战。在危机与转型并存的新形势下，如何在确保能源安全的前提下继续有序推进全球能源绿色低碳转型进程？本章将分析本轮全球能源危机的成因，并对未来能源转型的趋势进行研判，提出中国下一步有序推动能源绿色低碳转型的建议。

（一）新一轮能源危机成因分析与发展形势研判

1. 能源危机从欧洲发端，多国经济发展与社会安全受到巨大负面影响

2021 年，全球天然气、煤炭、石油三大传统能源的价格飞速上涨，能源危机从欧洲发端，最终弥漫全球。2021 年下半年以来，欧洲天然气价格呈现迅猛上涨的态势，并不断突破历史新高，引发了欧洲能源危机。以荷兰 TTF 天然气期货价格为例，2021 年

全年，TTF 期货最低价与最高价分别为 3 月 3 日的 15.485 欧元 /MW·h 和 12 月 21 日的 187.785 欧元 /MW·h，高低价相差约 12.13 倍（图 1-1）。天然气价格的大幅上涨激发了煤炭、石油的替代需求，并同样以价格大幅上涨的形势呈现。纽卡斯尔煤炭期货 2021 年全年的最高价与最低价相差约 3.4 倍，布伦特原油期货 2021 年全年的最高价与最低价相差约 1.715 倍（图 1-1）。三大传统能源价格的大幅上涨随着全球贸易链向世界各地扩散，最终引发了全球能源危机。



图 1-1 2021 年全球部分代表性天然气、煤炭、石油的价格

资料来源: investing.com。

全球能源危机对多国经济发展和社会安全造成了严重的负面影响。从 2021 年年初开始，欧洲多国电价受天然气价格影响呈高速上涨趋势，截至年末，电力成本上涨了约 500%（图 1-2），金属、化肥、食品等行业均因高昂的电力成本而大幅减产甚至倒闭，能源商品面临 23% 的通胀率，近 3 500 万人面临能源贫困问题而无法保证基本的供电供暖需求。2021 年 9 月，由于国内外煤价高涨，中国燃煤电厂经营亏损严重，电煤存量大幅下降，最终引发了一场全国性的“电荒”事件，全国约 20 个省份发生限电现象（表 1-1）。据统计，2021 年全国煤电企业电煤采购成本额外增加了 6 000 亿元左右，全年累计亏损面达到 80% 左右^[22]。2021 年 10 月，受全球煤价大幅上涨的影响，印度国内燃煤电厂存煤量大幅下降，多地区出现停电现象。依据印度中央电力局的数据，2021 年 9 月底，印度 135 家燃煤电厂中，有 16 家的存煤量为 0，超过一半的电厂库存

不足3天，超过80%的电厂库存不足1周。据《环球时报》报道，2021年10月的前12天，印度的电力供应短缺达到约7.5亿kW·h，拉贾斯坦邦、旁遮普邦和北方邦等北部地区，以及贾坎德邦和比哈尔邦等东部地区的电力供应缺口为2.3%~14.7%。

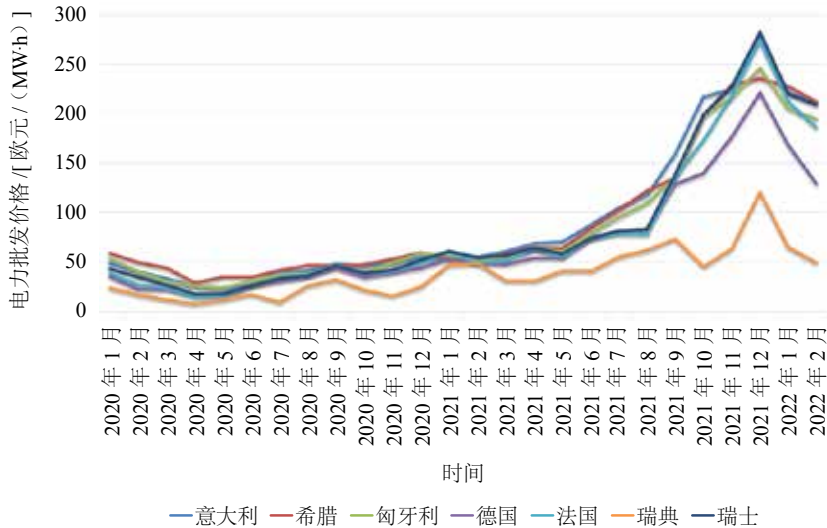


图 1-2 2020 年 1 月—2022 年 2 月欧洲主要国家的每月平均电力批发价格

数据来源: statista。

表 1-1 2021 年中国多省份限电情况

省(区、市)	时间	限电政策
江苏	9月15日	部分地区实行限电，暂定15天，要求拉电；工业拉电，生活用电保留，办公室空调停用，路灯控制减半
	9月19日	企业分级停电限产，1096家企业“开二停二”，143家企业全部停产
广东	9月16日	每周“开二停五”，分五级有序用电，错峰日保安负荷保留在总负荷的15%以下
	9月26日	倡议空调制冷温度不低于26℃，办公场所3层以下停止使用电梯
山东	9月15日	日照市发布紧急预警，电力供应缺口大，断电时间可能持续至9月底
	9月13日	枣庄市发布通知，需求响应优先，有序用电保底
	9月12—18日	淄博厂区限电政策不断升级，限电时间从16:00—20:00最终调整为7:30—24:00
陕西	9月13日	本年度已投产“两高”（高耗能、高排放）项目在上月产量的基础上限产60%，其他“两高”企业降低生产线运行负荷、停运矿热炉限产，确保9月限产50%，调控时间为9—12月
广西	9月	电解铝企业自9月开始月度用电负荷在1—6月平均月度用电负荷的基础上全时段压减35%。要求工商企业有序用电，主动错峰避峰用电

省(区、市)	时间	限电政策
云南	9月11日	加强重点行业生产管控,限产范围涉及钢铁、水泥、电解铝、煤电等行业,确保绿色铝企业9—12月月均产量不高于8月产量
贵州	9月10日	根据省内电力缺口规模分4个等级进行预警,并启动相应级别响应。不同于其他省份因能耗双控而实施的限电限产,贵州省出台的是基于电力资源可能出现紧张状况的预警措施
内蒙古	8月31日	建议8—12月有序用电电压限负荷
新疆	8月25日	昌吉回族自治州严管电解铝产能产量,自8月开始,全区5家企业月产量合计不得超过23.8万t
青海	8月20日	部分电解铝企业收到国家电网西宁供电公司的限电预警通知,其中提到企业需要提前做好有序用电准备,具体限电时间及方案尚未通知
宁夏	7月12日	高耗能产业,如水泥、电石、钛合金等停限产一个月
四川	8月5日	暂停非必要性生产、照明、办公负荷
河南	8月9日	部分加工企业限电三周以上。郑州、洛阳部分铝加工企业接到通知,大型工业企业视情况限电50%,10kV以下工业企业全部停产
重庆	9月26日	全市执行有序用电方案,配合压减电力负荷
辽宁	9月10—22日	共启动6轮Ⅲ级(负荷缺口为5%~10%)和3轮Ⅳ级(负荷缺口为5%及以下)有序用电措施,范围限制在部分工业企业
	9月23—25日	电力供应缺口提升至严重级别,为防止全电网崩溃,执行“电网事故拉闸限电”措施,范围扩大到居民和非实施有序用电措施企业
	9月26日	辽宁省工业和信息化厅召开全省电力保障工作会议,要求最大可能避免出现拉闸限电情况
黑龙江	9月24日	9月10日起与辽宁、吉林及蒙东地区同时启动有序用电,由于部分用电企业没有严格执行,造成9月23日紧急拉闸限电,就做好有序用电做出明确要求,拒不执行将被追责
	9月26日	除中央大街商圈、秋林商圈以及全部生鲜超市外,全市商业企业一律错峰用电,每日16时起闭店
吉林	9月23日	按照东北电网指令,16时37分采取限电措施,全省9个市区均执行限电,延边地区部分用户停电
湖南	9月22日	发布湖南电网安全橙色预警,将用电负荷控制在2600万kW以下
安徽	9月22日	启动全省有序用电方案,优先安排高耗能、高排放企业错峰让电,主动关停景观照明和亮化工程
浙江	9月21日	印染厂、污水处理厂、化工厂等高能耗企业将在9月21—30日关停,其中印纺企业聚集地绍兴市柯桥区相关企业将停产

数据来源:中国各省(区、市)的发展改革部门、能源部门、电网企业等。

2. 新一轮能源危机成因分析

(1) 疫情、垄断等因素造成传统能源供给紧缩,难以满足持续增长的能源需求。受疫情、垄断等因素的影响,全球传统能源供给受到限制而持续紧缩。一方面,疫情延续对全球复工复产造成了负面影响,传统能源产能尽管在2021年呈现了回升的

态势，煤炭和石油产量分别同比增长了 4.5% 和 1.3%¹，但依旧明显低于疫情发生前的水平^[23]；另一方面，垄断组织为了维护自身垄断利益而严格把控传统能源的供给。以石油为例，在 2021 年全球石油供不应求的形势下，全球最大的石油垄断组织“欧佩克+”一直维持 40 万桶/日的谨慎增产计划，以求把国际石油价格控制在能够维持整个联盟共同利益的区间。

传统能源供给受限与需求持续增长形成鲜明矛盾，全球能源供需严重失衡。2021 年，全球天然气、煤炭、石油需求分别同比增长了 3.2%、4.5%、6%^[3]，除石油外，煤炭和天然气的需求都高于疫情发生前的水平。不断上涨的传统能源需求与持续紧缩的传统能源供给之间形成尖锐矛盾，传统能源供给缺口逐步扩大，能源供需平衡被打破，供不应求的能源态势导致能源价格飞速上涨，最终引发了新一轮的全球能源危机。

(2) 主要经济体实施的经济刺激政策激发了全球通货膨胀，使能源价格大幅上涨。美国等主要经济体实施经济刺激政策，促使大量货币进入市场，引起国内通货膨胀。2021 年，以美国为首的世界主要经济体为了对抗经济下行压力，实现疫后经济复苏，颁布了一系列经济刺激政策，其中以美联储无限量化宽松货币政策以及拜登政府的各项经济刺激法案最具代表性，总支出规模达数万亿美元。这直接导致了美元货币超发现象的发生，大量美元进入美国国内市场，推动消费需求上升。然而，由于美国国内产业链恢复有限以及劳动力短缺，其生产力无法满足上涨的消费需求，导致市场供需矛盾加剧，推升了终端消费价格，最终引发国内通货膨胀。

美国国内通货膨胀随着其货币的主导地位向全球扩散，催生能源价格进一步大幅上涨。基于美元在国际货币中的主导地位，美国国内市场的大量资金会流向世界市场寻找投资回报，造成美元的流动性泛滥。类似地，大量的美元进入国际市场推升了全球的消费需求，而受疫情持续的负面影响，全球产业链的复苏进度明显落后于需求的增长速度，供给与需求之间的错配引起了全球性的通货膨胀，其形式体现为终端产品价格的上涨。由于能源具有商品属性，因此其价格自然也会面临大幅地上涨。

(3) 可再生能源发电受极端天气影响未达预期，难以满足高速增长的电力需求。极端天气会对可再生能源发电造成一定程度的负面影响，导致其发电能力难达预期。2021 年，由于超高压天气、干旱等极端天气的发生频次明显高于往年水平，因此可再生能源发电的出力程度下降，未达到预期水平，其中以水电和风电最具代表性。2021 年，全球水电发电量保持在 2020 年的水平，结束了自 2001 年以来的增长，主要

1 OGD: 2021 年全球石油产量增长 1.3%。 <https://new.qq.com/omn/20220216/20220216A0965W00.html>

原因是受干旱条件的影响，巴西、美国、中国和土耳其等国的水力发电量明显下降。欧洲受超高压天气的影响，2021年整体风力明显不足，欧盟全年风力发电量同比下降了3%，这是30多年来的首次下降。根据国际能源署（IEA）的预测，如果2021年没有发生极端天气，全球可再生能源发电量将同比增长近9%^[24]。

在极端天气影响下，可再生能源仍保持了较高的增幅，但全球电力需求的增长却更为迅速，因此，电力供需矛盾依然十分突出。2021年，全球可再生能源发电量同比增长了6%，比2020年高出500 TW·h，创下历史新高^[24, 25]。但全球电力需求却在以更高的速度增长，相较于2020年，增幅达到了1538 TW·h，是可再生能源发电增幅的3倍多^[3]。由于可再生能源发电难以满足高速上涨的电力需求，因此全球电力供需矛盾逐渐激化，电力供给缺口的存在也激发了各国对传统能源发电的替代需求。在传统能源产能持续紧缩的背景下，传统能源供不应求、价格大幅上涨的局面逐渐显现，全球各国的用能压力逐步加剧，最终引发全球能源危机。

3. 俄乌冲突对未来全球能源格局的影响

2022年2月24日，俄罗斯总统普京宣布对顿巴斯地区开展“特别军事行动”，俄乌军事冲突正式爆发，欧美国家相继对俄罗斯展开能源、金融等方面的制裁。俄罗斯作为全球重要的能源出口国，在全球（尤其是欧洲）能源供给方面发挥着举足轻重的作用，长期以来，其在欧洲天然气和石油进口量中的占比分别为35%和25%左右（图1-3和图1-4）。因此，俄乌冲突的爆发将会引发全球能源市场的动荡，对全球能源供给形势以及未来全球能源格局将会造成不小的影响。



图 1-3 2012—2020 年欧洲的天然气进口量及进口国分布情况

数据来源：Eurostat。

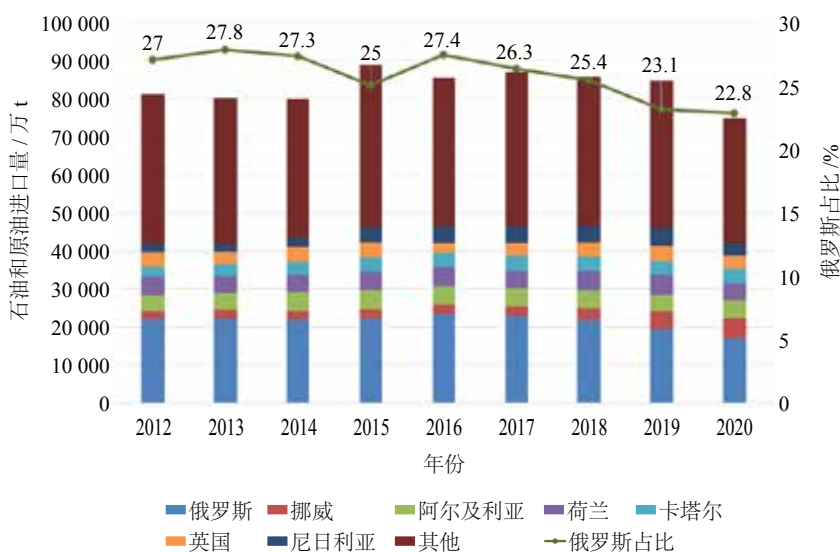


图 1-4 2012—2020 年欧洲的石油和原油进口量及进口国分布情况

数据来源：Eurostat。

短期来看，俄乌冲突进一步推动了能源价格的上涨，尤其是油气价格，但是否会继续上涨并加剧全球能源危机还需谨慎判断。2022 年 2 月 24 日，俄乌冲突爆发的当天，布伦特原油期货价格和纽约原油期货价格双双突破每桶 100 美元大关，创下历史新高，且随后又在继续上涨。俄乌冲突引发能源价格大幅上涨的原因有两个：一是俄罗斯是全球能源市场中重要的出口大国，欧美各国对俄罗斯的制裁会直接或间接影响俄罗斯对全球能源的供给，导致全球能源供应紧张，推动价格上涨；二是油气是具有战略属性的特殊商品，与地缘政治关系紧密，地缘政治冲突的爆发会加大市场对油气生产与供给的担忧，进而导致油气价格快速上涨。但是，俄乌冲突引发的能源价格大幅上涨更多是受市场避险情绪推动，对能源出口国，尤其是俄罗斯的产量和运输供应影响有限，未来能源价格的走势将由俄乌冲突局势决定。如果局势继续发酵，能源价格可能继续走高；如果局势放缓，能源价格可能触顶后稳步下降。

长期来看，俄乌冲突可能会影响全球气候进程和能源格局。首先，俄乌冲突可能会重构传统能源贸易格局。一方面，由于欧美国家对俄罗斯油气进口的大幅限制，俄罗斯将会为其冗余的油气寻找替代出口源，亚洲国家将会是俄罗斯未来天然气出口的潜在主要增量方向；另一方面，欧洲出于短期内对油气进口的硬性需求，将会寻找替代俄罗斯的进口源，海湾地区的油气供给以及美国、卡塔尔等国的液化天然气将是其保证能源供给的稳定来源。其次，俄乌冲突可能会加速可再生能源布局。欧盟委员会

2022年3月8日发布了名为《欧洲廉价、安全、可持续能源联合行动》的能源独立计划，充分展示了欧洲加速可再生能源发展以摆脱对俄罗斯能源依赖的决心。俄乌冲突很可能成为欧洲加速能源绿色转型的催化剂，促使欧洲加快对其境内可再生能源技术与企业的投资，加速欧洲境内以新能源技术为基础的能源产业链的形成，从而确保其能源未来。届时，全球可再生能源布局将会加速形成，并且全球以新能源技术为基础的能源产业链结构会发生重大变化，可能重心会逐步向欧洲偏移，使欧洲处于能源转型进程领先地位。

4. 能源转型未来趋势判断

(1) 妥善处理好中长期能源低碳转型趋势与近中期能源供给安全需求

能源危机只是转型过程中的短期波动，各国应保持战略定力，继续坚持能源绿色低碳转型的主流趋势。目前可再生能源的增长速度和投资力度还无法支持全球如期实现气候目标。为推动全球在2050年实现净零排放的目标，可再生能源发电量需要在2021—2030年以近12%的平均速度增长，几乎是2011—2020年的2倍；同时，全球清洁能源投资仍远低于避免气候变化严重影响所需的水平，其投资数额需要在21世纪20年代翻一番，从而使温升远低于2℃。如果要实现《巴黎协定》的1.5℃温升目标，投资数额需要增加2倍以上^[26]。因此，各国仍需坚定转型定力并付出更大的努力，促进可再生能源高速发展并逐步取代传统化石能源，从而建立多元化、清洁化、低碳化的能源结构。

能源转型不是一蹴而就的，近中期需适度投资传统能源，以保证能源供给安全。目前，化石能源满足了全球80%以上的能源需求，即便在2050年净零排放情景中，石油和天然气需求也将占全球能源需求的35%左右^[27]。供热供暖、石油化工等行业在短期内难以找到有效替代传统化石能源的清洁产业原料，可再生能源在这些行业整个工艺流程中的贡献度非常有限。因此，在近中期能源转型进程中，要适度投资传统能源，以满足短期内的传统能源需求，确保能源供给安全。

(2) 妥善处理长期能源转型过程中出现的短期波动，避免引发全球性通胀风险

短期能源需求上升与能源绿色转型目标相互矛盾，转型过程中易出现能源供需失衡的短期波动。长期来看，全球能源绿色转型趋势要求逐步减少化石能源产能，由高速发展的可再生能源取代，但短期内可再生能源的产能不足，能源需求又在上升，因此对化石能源仍有一定程度的依赖，这二者之间的矛盾易引发转型过程中的能源供需短期失衡问题。同时，诸如疫情、垄断、地缘政治冲突等外部负面因素会对全球能源供应稳定性造成一定影响，进一步引发短期能源供需失衡问题。

能源供需失衡促使能源价格大幅上涨，易波及金融领域，也可能引发全球性通货膨胀。目前，大部分能源以商品的形式在全球贸易市场上流通，能源供需失衡将引发能源价格大幅上涨，这种上涨趋势会从工业生产传导至全球经济的各个部门，对终端产品的总产出和消费都有明显的抑制效应^[28]。同时，目前全球能源商品已普遍金融产业化，与金融领域关系紧密。能源价格的大幅上涨会导致金融领域出现过度投机、恶意炒作的现象，催生能源商品价格泡沫，导致能源价格远远偏离其内在价值对应的价格，从而增加金融市场波动的风险，对实体经济造成一定冲击，进一步引发通货膨胀。

（3）未来，极端天气将成为转型进程中能源安全的重要考量因素

受人类活动和温室气体排放的影响，极端天气事件在未来将会更加频繁^[1]，能源供给与需求两端都会因此受到影响。一方面，目前可再生能源技术受自然条件的限制存在较大程度的间歇性和波动性，同时相关储能技术的发展尚不完善，风力骤减、干旱等极端天气的发生会造成可再生能源出力程度的大幅下降。例如，欧盟和英国在2021年夏秋季受欧洲北海整体风力骤减的影响，1—9月的风力发电量分别同比下降了17%和25%；巴西在2021年受严重干旱的影响，约30座水电站因蓄水量不足而无法有效发电。另一方面，极端天气的发生将推升能源需求，增加能源供给压力。2021年，推动全球电力需求暴涨的主要因素除了经济快速复苏，还有比2020年更为极端的天气（如更为寒冷的冬季）^[29]。此外，全球能源基础设施尚未表现出足够的气候韧性和适应性，极端天气频发将会严重影响其能源供给效率。

（4）以新能源技术为核心的供应链体系将成为未来能源转型中各国关注的焦点

新能源技术已成为全球能源转型的战略支撑，构建以新能源技术为核心的供应链体系将加速能源绿色转型进程。近年来，随着新能源技术的大力发展，全球能源开始了从资源依赖向技术依赖转移的新征程，新能源技术的关键作用日益凸显。因此，加快构建以新能源技术为核心的供应链体系将成为未来各国能源转型的重要方向。一方面，形成完整的以新能源技术为核心的供应链体系可以提升绿色能源供给能力，减少对传统化石能源的依赖，加速能源转型进程，更早地构建出绿色、低碳、高效的能源体系，从而实现各国的气候目标；另一方面，新能源技术已经成为新一轮科技革命和产业变革竞争的制高点，部分国家已经或正在出台相关的政策和法案，以引导其海外新能源产业回流至本国，从而加紧构建本国境内以新能源技术为核心的供应链体系。

（二）中国能源绿色低碳转型的现实挑战与建议

1. 中国一次能源结构以煤为主，对煤炭的高度依赖性突出减煤的必要性

中国煤炭资源丰富，在一次能源生产和消费中长期占据主体地位，目前占比虽然在逐年下降但仍然超过了一半。2020年，中国原煤产量占一次能源生产总量的67.6%，煤炭消费量占能源消费总量的56.8%（图1-5和图1-6），煤炭供给与需求之间的平衡与稳定关乎中国能源安全和经济发展。中国的电源结构也以煤电为主，发电量与电煤供给量息息相关。2021年上半年，中国原煤产量增速比同期煤电发电量增速低8.7%，煤炭进口量也因全球煤炭价格飞速上涨而同比下降了19.7%^[30]。国内煤炭供需关系的严重失衡引发了煤炭价格的大幅上涨，使得煤电企业的燃料成本迅速增加，而燃料成本又无法通过有效的价格传导机制传递到需求侧，导致煤电产业整体供应不足，而气电和可再生能源发电等又难以弥补煤电出力不足产生的电力缺口，最终引发了多省份限电事件。

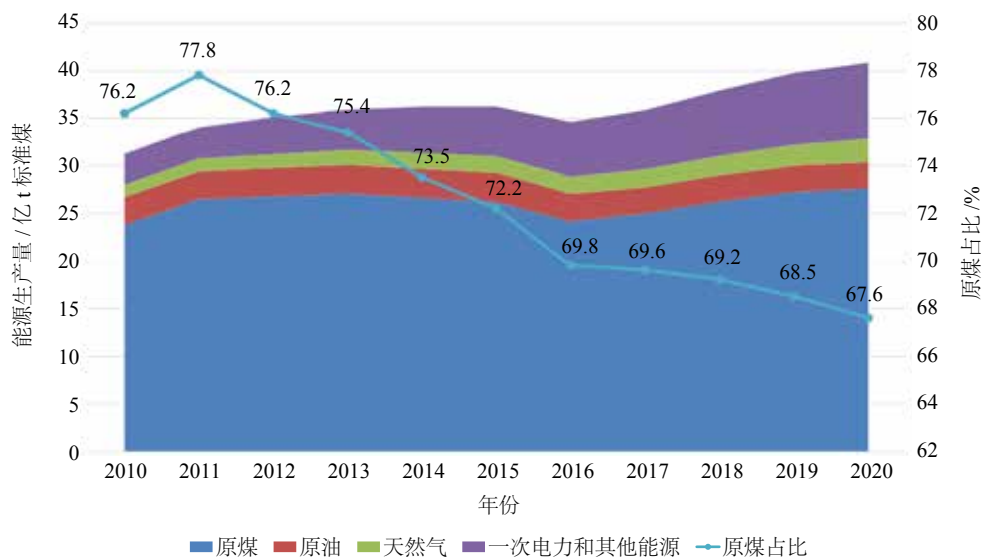


图 1-5 中国一次能源生产总量和构成情况

数据来源：国家统计局。

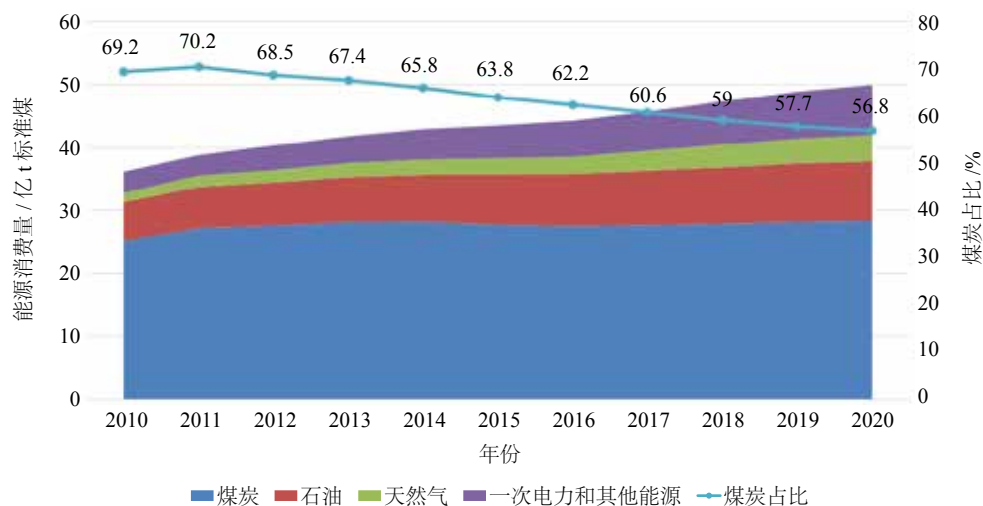


图 1-6 中国一次能源消费总量和构成情况

数据来源：国家统计局。

当前，中国要立足以煤为主的基本国情，切实推动能源系统的绿色低碳转型，构建多元化、清洁化、高效化的能源结构，从而展现出足够的能源韧性，切实保证能源安全，从根本上避免多省份限电等能源危机的发生。

2. 中国明确提出控煤减煤承诺，并出台相关政策

在“双碳”目标的基础上，中国政府立足于以煤为主的基本国情，明确提出控煤减煤承诺，构建碳达峰碳中和“1+N”政策体系以完善顶层设计，推行新形势下的能源生产和消费革命战略，并出台相关政策，明确煤电、重点用煤行业、散煤等领域的发展方向，从而促进控煤减煤工作能够在能源转型的大趋势下有效落实与推进（专栏 1-1 和专栏 1-2）。

专栏 1-1 中国在国际会议上提出的控煤减煤承诺

- 2021年4月22日，在领导人气候峰会上，中国国家主席习近平表示，中国将严控煤电项目，“十四五”时期严控煤炭消费增长、“十五五”时期逐步减少。
- 2021年9月21日，在第七十六届联合国大会一般性辩论上，中国国家主席习近平表示，中国将大力支持发展中国家能源绿色低碳发展，不再新建境外煤电项目。

专栏 1-2 中国基于控煤减煤承诺出台的相关政策文件

• 2021年6月19日，在首届“共同行动助力碳达峰碳中和”高层论坛上，中国明确提出正在制定碳达峰碳中和“1+N”的政策体系，将控制和减少煤炭等化石能源的使用。

• 2021年10月24日，国务院发布了《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（以下简称《意见》），这是碳达峰碳中和“1+N”政策体系中关于“1”的核心文件。《意见》指出，要加快煤炭减量步伐，煤电方面要严控装机规模，同时加快现役煤电机组的节能升级和灵活性改造；散煤方面要逐步减少直至禁止煤炭散烧。

• 2021年10月24日，国务院发布了《2030年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23号），这是碳达峰碳中和“1+N”政策体系中关于“N”的核心文件。该文件指出，要推进煤炭消费替代和转型升级，并对《意见》中有关减煤的内容进行了额外补充。主要是在煤电方面增加了要有序淘汰落后产能，积极推进供热改造，推动煤电向基础保障性和系统调节性电源并重转型部分的内容；在散煤方面增加了大力推动煤炭清洁利用，多措并举、积极有序推进散煤替代部分的内容。

• 2021年12月28日，国务院发布了《“十四五”节能减排综合工作方案》（国发〔2021〕33号），针对煤电行业如何减煤退煤又做了进一步指示。该文件指出，要推广大型燃煤电厂热电联产改造，对存量煤电机组进行节煤降耗改造、供热改造、灵活性改造的“三改联动”。

• 2022年2月24日，国家能源局发布了对政协委员《关于“碳中和”目标下煤电产业高质量发展的提案》的答复复文摘要，摘要对煤电产业的功能定位、优化方向以及系统价值三个方面进行了明确且详细的阐述。

• 2022年3月22日，国务院副总理韩正主持召开了煤炭清洁高效利用工作专题座谈会。韩正表示，要从国情实际出发推进煤炭清洁高效利用，切实发挥煤炭的兜底保障作用，切实保证国家能源安全。针对煤炭清洁高效生产和洗选、重点用煤行业的节能降耗改造以及散煤的治理，要统筹规划、整合资源、发挥合力。

• 2022年1月29日，国家发展改革委、国家能源局发布了《“十四五”现代能源体系规划》（发改能源〔2022〕210号），该文件从能源的生产、绿色转型、发展布局等多方面进行了具体阐述和部署，提及了大力发展煤炭清洁高效利用、加强煤炭智能化绿色开采等前沿技术攻关、提高煤炭消费区域治理水平等有关减煤降碳的内容。

3. 中国近中期能源低碳转型的现实挑战

(1) 经济高速发展需要能源的安全保障

中国近中期经济高速发展带来的持续上涨的能源需求仍需依赖煤炭予以满足。近年来，随着中国经济的快速增长，中国的人均一次能源消费量也在逐步提升（图 1-7）。当前，中国经济发展进入新常态，能源需求进入中低速增长期，但能源刚性需求将长期存在，人均能源消费水平将不断提高并向发达国家靠拢^[31]。立足中国以煤炭为主的基本国情，即使煤炭在一次能源消费结构中的占比逐渐下降，但在当前及未来一段时间内其仍将占据主体地位^[32]。

在“双碳”目标背景下，中国能源结构的绿色低碳转型已成既定趋势，这就要求中国大力控制并减少未来的煤炭消费总量，促使煤炭由能源主体地位逐步向基础性、保障性地位转型。落实破立并举，保持清洁能源的可靠替代与煤炭的逐步退出之间的协调一致，确保中国能源供给安全，将是中国减煤进程中的一大挑战。

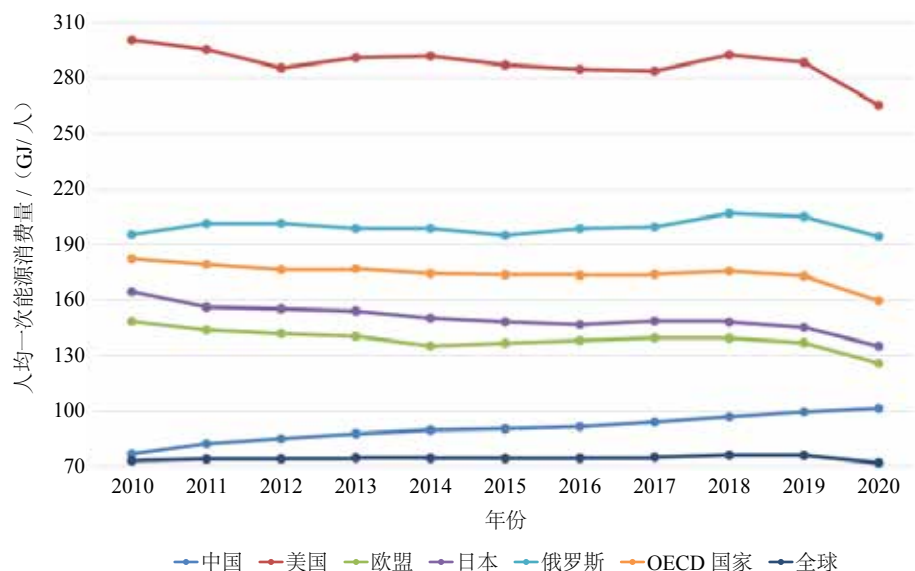


图 1-7 2010—2020 年全球人均一次能源消费情况

数据来源：《BP 世界能源统计年鉴 2021》。

(2) 中国煤电机组普遍服务年限较短，提前退役面临较高资产搁浅风险

中国电力部门的煤炭消耗巨大，煤电机组退役为其减煤的主要方向。电力行业是中国

煤炭消费占比最高的行业。截至 2021 年年底，中国全口径煤电发电量为 5.03 万亿 kW·h，占总发电量的比重为 60.0%^[22]。煤电具有高碳锁定效应，中国煤电 2018 年之后的锁定排放为 1 023（439 ~ 1 473）亿 t 二氧化碳，会在未来积累大量的碳排放^[33]。因此，煤电机组逐步退役将成为中国电力部门减煤降碳的主要规划方向。

但是，中国目前的煤电机组普遍服役年限较短，远未达到退役年龄，提前退役将产生巨额搁浅资产，易引发利益冲突和金融风险。2020 年，中国现役煤电机组平均服役年限仅为 11 年，其中服役年限小于 15 年的煤电机组超过 75%（图 1-8）^[34]，远低于 30 年的平均设计寿命。在煤电机组提前退役的情景下，其剩余寿命期的资产将沦为巨额搁浅资产，金额规模达数万亿元，这将会使煤电企业面临巨大的投资亏损，引发企业与政府间的利益冲突，激发煤电投资者对减煤措施的强烈抵触。同时，由于燃煤电厂需要相当高的前期资本投入，通常需要金融机构的参与，巨额的搁浅资产还会对相关金融机构的资产质量造成不良影响，导致信贷违约风险，甚至可能引起宏观经济危机，影响金融稳定^[35]。

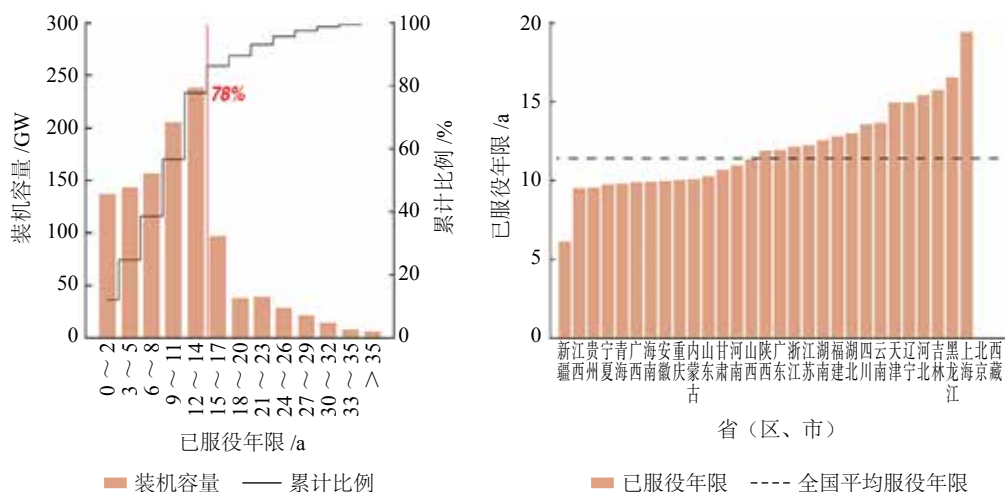


图 1-8 2020 年中国现役煤电装机容量服役年限分布和各省份平均服役年限

数据来源：《全球能源基础设施排放数据库》。

(3) 中国煤炭与工业产业之间的高度关联性加大了减煤的难度

煤炭产业是中国重要的基础产业，与电力、钢铁、建材、化工等重工业关联紧密。2020 年，中国的电力、钢铁、建材、化工四大产业累计煤炭消费量分别为 21.9 亿 t、

7.3 亿 t、4.9 亿 t、2.9 亿 t¹。基于煤炭与工业之间的高度关联性，中国的减煤进程不能仅是简单地对煤炭产能和消费进行严格把控，而是一项与产业结构转型密切相关的系统工程。煤炭产业的生产减量不仅要满足减煤进程的客观要求，还要与其下游主要用户的煤炭消费减量保持一定程度的协调关系，在保证下游产业经济竞争力的同时，还要促进工业结构的绿色转型升级。目前，虽然工业领域的一些绿色生产制造技术（如氢能炼钢、电解制氢等）大幅发展，衍生出了一系列的绿色工业产品，但这些技术也面临成本较高、技术尚不成熟等问题，无法较大程度地替代工业领域的煤炭消费，并且衍生出的绿色产品尚未开发出足够的市场份额，无法为工业企业带来足够的市场利润，从而保持竞争力。因此，中国煤炭与工业产业之间的高度关联性加大了减煤的难度，对中国的减煤进程提出了更高的要求。

（4）减煤进程可能带来社会公正问题

退煤会产生煤炭以及相关产业的职工安置问题和企业补贴问题。“十三五”期间，中国煤炭行业退出落后产能 10 亿 t，安置职工约 100 万名^[36]。这些劳动力普遍技能较为单一、竞争力较弱、转型适应能力差，对其他产业企业的吸引力较小，通过对其进行转业培训以实现吸收安置的空间较小。在“双碳”目标背景下，中国煤矿数量将不断减少，将冗余劳动力安置到接续矿井或以服务外包的形式在外承揽工程的传统方法实施难度不断加大。同时，退煤进程不可避免地对煤炭和煤电企业造成冲击，导致一部分煤炭和煤电企业提前退出。

中国的煤炭资源及相关产业分布不均，退煤产生的区域差异问题同样需要引起重视。在内蒙古、山西等煤炭资源丰富地区，煤炭产业通常是其经济发展的重要支柱，对地方的财政收入、就业和社会稳定至关重要。通常情况下，煤炭资源型地区由于对煤炭产业过度依赖，其煤炭替代产业发展较晚，技术水平和成本不占优势，目前仍未形成气候。因此，煤炭资源型地区的经济发展会比其他地区更易受到影响，并且该地区会面临更大程度的产业结构、地方财政和就业结构调整压力^[37]。

4. 中国能源绿色低碳转型的建议

总体来看，中国要立足于以煤炭为主的基本国情，在确保能源安全的前提下合理有序地推进能源绿色低碳进程。要坚持全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险的原则，坚持先立后破、稳中求进，传统能源的逐步退出要建立在新能源安全可靠的基础上²。一方面，要切实推动煤炭消费替代和转型升级，合理加快煤炭减量

1 国家能源局：今年煤炭消费比重降到 56% 以下 . http://fjlib.net/zt/fjstsgjcx/xjjsd/202104/t20210425_451104.htm.

2 中央经济工作会议举行 习近平李克强作重要讲话 . http://www.gov.cn/xinwen/2021-12/10/content_5659796.htm.

步伐^[38]，成功实现中国煤炭由发挥主体能源作用向发挥兜底能源作用的转变；另一方面，要大力发展可再生能源，切实提高可再生能源在一次能源结构中的占比，完成传统能源体系向清洁、可靠、高效的绿色现代能源体系的过渡。

要妥善处理好未来能源低碳转型进程中的能源需求，确保新增能源需求主要由可再生能源来满足。中国经济的中高速增长将带来持续上涨的能源需求，也将带来大量的投资机会。应在稳增长投资项目中优先安排可再生能源投资项目，通过政策手段积极引导资金流向可再生能源领域，促进可再生能源技术创新，加速构建以可再生能源为主体的“源、网、荷、储、用”一体化能源系统，提高可再生能源的供给能力，以满足经济发展带来的不断上涨的能源需求。

通过技术、市场等手段切实加快煤电灵活性改造的进程，逐步促进煤电主体地位由可再生能源发电替代，并向基础性、保障性地位的转型。一方面，应积极通过技术创新切实增强煤电机组的调峰能力、提高火电的灵活性和调节性，这不仅可以促进煤电在可再生能源发电迅猛增长的基础上有序减量，还有望保障大部分煤电机组运行至较为合理的年限（20年或30年）后平稳退出，将有效避免煤电机组提早退役产生的资产搁浅风险。另一方面，要通过电力市场辅助服务补偿与交易等政策充分体现煤电机组的容量价值和调节服务价值，使煤电企业获得同值的收益，从而引导更多的煤电机组进行灵活性改造，充分发挥煤电机组的容量效应，有效弥补可再生能源发电的间歇性、波动性问题，切实提升可再生能源的消纳能力。

系统规划整条产业链上的能源转型进程，避免上下游产业转型步伐脱钩脱节。能源转型是一项涉及整条产业链上所有产业的系统工程。煤炭产业的退煤减量要与下游高耗煤产业节煤降耗、能效提升、绿色燃料替代和绿色工艺革新，以及可再生能源产业的产能扩张保持协同与一致。各产业间的转型进程要相辅相成、相互促进，避免由于转型步伐不一致对整条产业链造成负面影响。应在保持各产业核心竞争力接续发展的条件下，切实推动并实现全产业的高质量绿色转型。

要实现能源绿色低碳转型过程中的公平公正，一是要多策并举推动煤炭生产地区经济多元化，提高受影响地区的“造血功能”。应考虑煤炭资产再利用，如废弃矿井进行碳捕集、利用与封存（CCUS）、储能储氢、冷链冷藏等；利用煤炭产区基础设施优势，结合具体区位因素和营商环境背景，实现地方经济多元化，如发展仓储物流中心、新型工业园区、旅游服务等产业；推动煤炭产业与新兴战略产业组合，特别是与新能源、能效相关的产业，最小化煤炭产业沉没资产，识别价值转移的机会。二是要完善煤炭从业人员再就业安置机制。应根据受教育程度、年龄、所在地经济

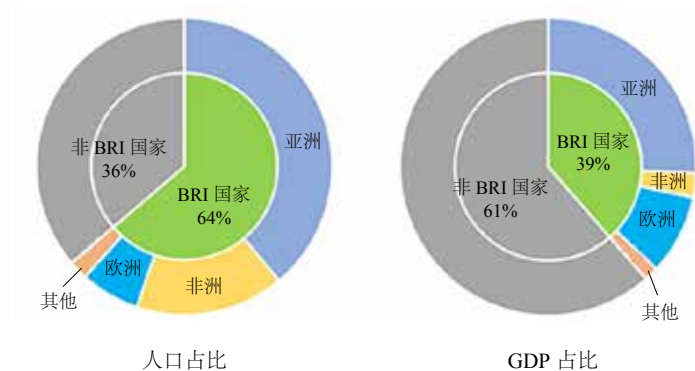
发展水平等因素，更精准地识别面临再就业问题人群的不同需求，解决就业安置问题。对于当地安置困难的地区，要加强再就业培训机构尤其是跨区域再就业服务平台的建设；对于经济特别困难、病弱残疾的职工要重点支持，确保社保、医疗、养老等保底机制；为受教育程度低、转业困难的人群优先提供电商、社区服务等就业机会；考虑利用煤炭行业税收和利润，并与中央转移支付相结合，面向再就业安置人员建立专项帮扶基金。三是应通过政策引导为煤炭及在转型过程中受到负面冲击的相关企业提供资金援助，弥补其经济损失。

三、加强国际合作，推动“一带一路”国家和地区能源低碳转型

（一）“一带一路”国家和地区能源低碳转型的现状

1. “一带一路”国家和地区经济、能源、排放现状

“一带一路”国家和地区人口基数巨大，经济发展水平也相对较低。2018年，“一带一路”国家和地区的人口占世界总人口的64%，而国内生产总值在世界总GDP中的占比仅为39%，与其超过60%的庞大人口基数形成了强烈的反差（图1-9）。IMF的数据清楚地说明了“一带一路”国家和地区的经济增长前景远超过北美洲或欧洲，即使把“一带一路”国家和地区的预测增速减半，也不会低于北美洲或欧洲，这意味着未来一段时间内，“一带一路”国家和地区将成为拉动世界经济增长的重要引擎¹。



¹ 新浪财经. 一带一路将成为拉动世界经济增长的主要引擎. 2017. <http://finance.sina.cn/zl/2017-05-15/zl-ifvfeivp5713360.d.html?from=wap>.

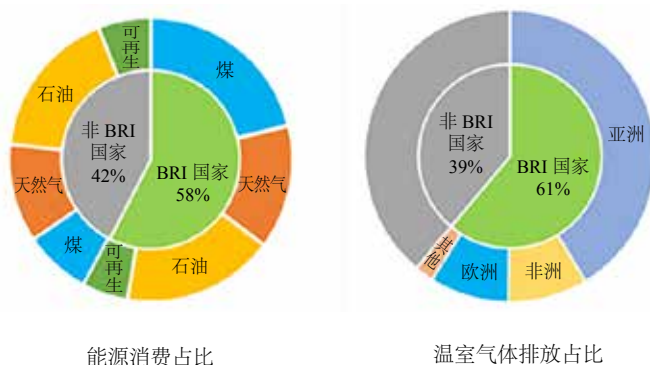


图 1-9 “一带一路”国家和地区的经济社会和能源排放现状

数据来源：United Nations, World Bank, Energy Information Administration, Our World in Data。

“一带一路”国家和地区的能源消费总量较高，且以化石能源为主，其能源低碳转型迫在眉睫。2018年，“一带一路”国家和地区的能源消费总量占全球能源消费总量的58%，而且以化石能源为主（图1-9）。需要注意的是，煤炭在“一带一路”国家和地区的能源消费结构中权重很高。2018年，“一带一路”国家和地区的煤炭消费总量占世界煤炭消费总量的73.6%，天然气、石油和可再生能源的消费量基本与非“一带一路”国家和地区的持平（分别占世界总能耗的56.6%、50.5%、46.7%）。其中，除了中国，其他亚洲“一带一路”国家和地区消费的主要能源为天然气与石油，分别占世界能源消费总量的24%与20%；非洲“一带一路”国家和地区的年能源消费量不高，但很平均，各类能源消费平均占世界能源消费的3%左右，其中石油占比最高，为4.2%；欧洲“一带一路”国家和地区消费的主要能源是天然气，占世界天然气消费总量的19%左右。“一带一路”国家和地区的可再生能源消费量只占到能源消费总量的9%。2018年，“一带一路”国家和地区的温室气体排放占全球温室气体排放总量的61%（图1-9）。在当前迅猛的经济增势之下，如果“一带一路”国家不改变传统的高化石能源依赖的经济增长路径，其未来必将成为潜在的高碳锁定区域。

2. “一带一路”国家和地区的能源投资合作现状

中国是“一带一路”国家和地区的最主要的贸易伙伴，能源是中国参与“一带一路”国家和地区的投资建设的最主要领域。海关总署数据显示，2021年中国对“一带一路”国家和地区的货物贸易总额为11.6万亿元，较上年增长了23.6%，创下了新高¹。

¹ 人民日报海外版. 共建“一带一路”顺应经济全球化潮流（热点对话）. 2022. http://paper.people.com.cn/rmrbhwb/html/2022-02/26/content_25905068.htm.

其中需要注意的是，2020年中国与东盟进出口额为4.74万亿元，同比增长了7%，双方首次互为第一大贸易伙伴¹。2021年，中国通过金融投资和合同合作参与了“一带一路”144个国家和地区，总额约为595亿美元（投资额约139亿美元，合同额约456亿美元）的项目建设。其中，能源合作是中国对“一带一路”国家和地区的投资建设的最主要部分，2021年占到了投资建设总额的37.44%（图1-10）^[39]。

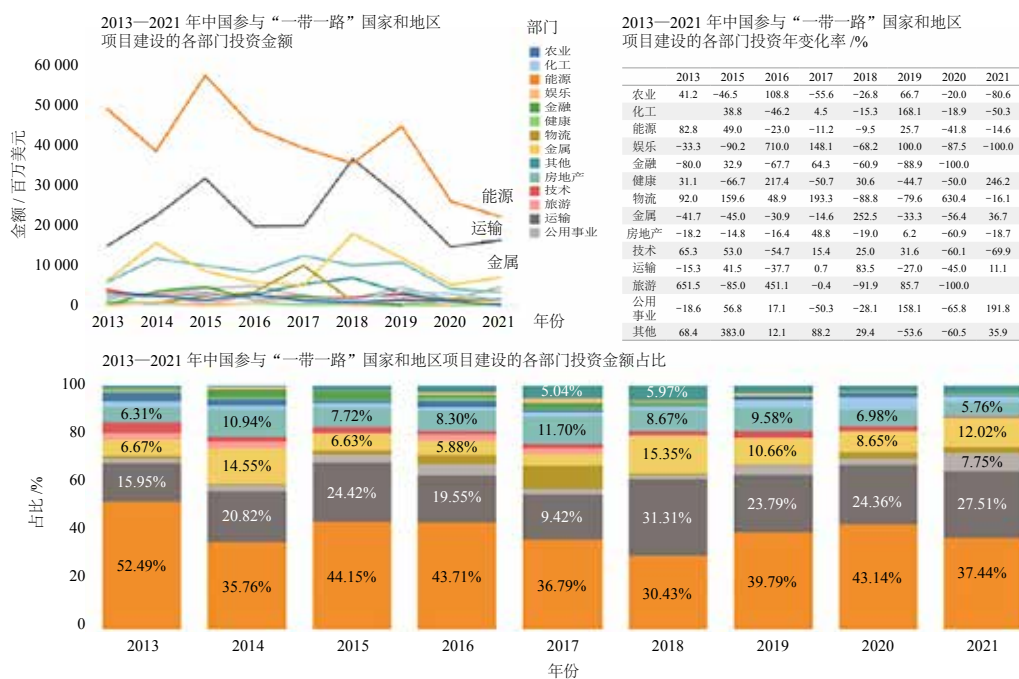


图 1-10 2013—2021 年中国参与“一带一路”国家和地区的投资建设的部门占比

数据来源：China's Investments in the Belt and Road Initiative (BRI) in 2021。

中国参与“一带一路”国家和地区的能源部门的投资建设逐渐趋于清洁化，可再生能源投资已成为主体部分。自2017年以来，中国对“一带一路”国家和地区的可再生能源投资力度逐渐加大。2020年，来自中国的可再生能源投资占比达到了56%，成为中国对“一带一路”国家和地区的能源投资的主体部分。2021年，中国国家主席习近平在第七十六届联合国大会一般性辩论中承诺中国将不再新建境外煤电项目。2021年，中国在“一带一路”国家和地区的可再生能源投资建设总额约为100亿美元，主

¹ 对外经济·中国东盟首次互为第一大贸易伙伴·2021. http://shanghaibiz.sh-etc.net/article/dwjyiw/202101/1508062_1.html.

要集中在太阳能和风能（31%）以及水电（17%）等领域（图 1-11）。

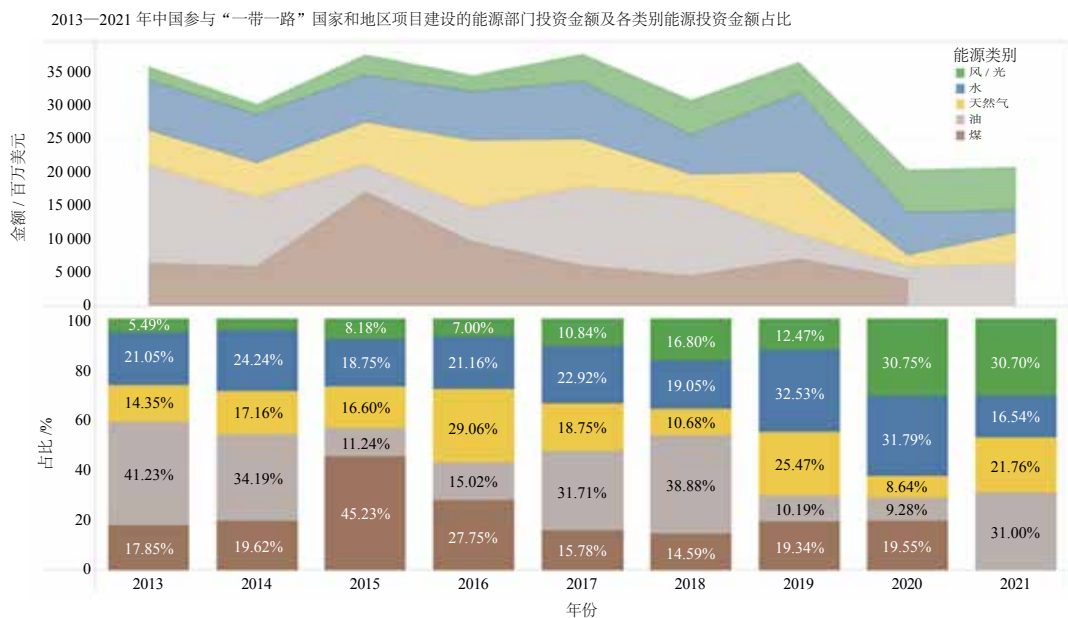


图 1-11 2013—2021 年中国对“一带一路”国家和地区分品种的能源合作情况

数据来源：China's Investments in the Belt and Road Initiative (BRI) in 2021。

3. 中国与“一带一路”国家和地区能源投资建设的合作机制

借助“一带一路”能源部长会议、能源合作伙伴关系等对话机制和平台，凝聚能源领域的发展、合作和治理共识。能源合作是共建“一带一路”的重点领域，2018年10月18日，首届“一带一路”能源部长会议上，中国与17个国家共同发布了《共建“一带一路”能源合作伙伴关系部长联合宣言》。2019年3月和4月，中国与能源合作伙伴关系成员国先后举办了两次富有成效的磋商会，就伙伴关系的成立方式、合作原则和务实行动达成了共识。2019年4月25日，在第二届“一带一路”高峰论坛期间，30个国家在北京共同成立了伙伴关系。伙伴关系成为首个由中国政府发起的政府间能源类多边机制，为成员国解决能源发展面临的问题，带动更高质量、更高水平、更可持续的能源领域务实合作提供了新平台。2019年12月，首届“一带一路”能源合作伙伴关系论坛在北京召开，本次论坛聚焦清洁能源合作，旨在高质量推动“一带一路”能源合作走深走实、实现绿色发展、促进能源合作示范项目落地。2020年12月，第二届“一带一路”能源合作伙伴关系论坛在北京召开，本次论坛以“绿色能源投资

推动经济包容性复苏”为主题，聚焦疫情后全球能源转型与绿色发展，努力推动“一带一路”国家和地区经济包容性复苏、实现可持续发展目标¹。2021年10月18日，第二届“一带一路”能源部长会议举行了扩员仪式和合作网络成立仪式，通过了《“一带一路”能源合作伙伴关系章程》，发布了《“一带一路”绿色能源合作青岛倡议》和能源国际合作最佳实践案例。

通过项目投资、工程建设等方式，以务实行动推动“一带一路”国家和地区的能源基础设施建设，并逐渐实现低碳转型。能源项目是中巴经济走廊的重中之重，也是进展最快、成果最为显著的领域，截至2020年2月，中巴经济走廊能源合作框架下已有12个电源项目商业运行或开工建设，总装机容量为724万kW，总投资约为124亿美元，2018—2019财年中巴经济走廊项目实际发电量为177.28亿kW·h，占巴基斯坦国家电网（NTDC）总发电量的14.5%，可为3300余万人提供电力服务，并提供了超过1万个就业岗位²。中国与东盟能源合作的重点也在由传统的化石能源转向可再生能源的投资建设，2017年5月，国家发展改革委、国家能源局制定的《推动丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路能源合作愿景与行动》指出，中国将积极实施中国-东盟清洁能源能力建设计划，让新能源投资项目逐渐增多，使可再生能源合作成为重点领域^[40]。中国是非洲可持续发展的坚定支持者，双方已在中非合作论坛框架内实施了上百个清洁能源和绿色发展项目。

在“城市外交”理念的指导下，中国地方政府积极与“一带一路”重要能源城市互结友好城市，以加强地方级别的高层互访和对话。新疆、陕西、宁夏和甘肃等与“一带一路”诸多重要的能源城市缔结了友好城市合作协议，如新疆研究制订了参与中哈、中塔合作及中蒙俄经济走廊建设的实施方案，累计缔结国际友好城市45对。中国的新疆与巴基斯坦各级地方政府建立了7对友好城市关系，是中国与巴基斯坦建立友好城市数量最多的省份。新疆金风科技股份有限公司也成为走进巴基斯坦的第一批中国风电制造商，截至目前，该公司已在巴基斯坦投运7个风电项目，每年可为当地提供绿色电力超过15亿kW·h。

多项资金融通工程为中国与“一带一路”国家和地区的能源合作提供了稳固的融资平台。亚洲基础设施投资银行、丝路基金等重点金融机构能够为“一带一路”国家和地区提供长期、稳定、风险可控的金融支持。截至2020年年底，亚洲基础设施投资银行共有与气候相关的投资项目47个，投融资金额合计88.9亿美元，占总规模的

1 一带一路能源合作网. “一带一路”能源合作伙伴关系2周年特别报道. 2021. <http://obor.nea.gov.cn/pictureDetails.html?id=2957>.

2 一带一路能源合作网. 中巴能源合作. 2020. <https://obor.nea.gov.cn/pictureDetails.html?id=2567>.

40%，主要投向了能源领域。同时，亚洲基础设施投资银行提出，到 2023 年 7 月 1 日将实现所有投资项目与《巴黎协定》相关目标完全保持一致，将不断增加应对气候变化方面的融资比重，计划在 2025 年实现气候融资占比 50% 的目标，预计到 2030 年，其累计气候融资总额将达到 500 亿美元。与此同时，中国支持鼓励政策性、开发性金融机构参与“一带一路”的金融合作。国家开发银行通过提供大额长期的融资服务，逐步助力合作国清洁能源产业的发展。据统计，截至 2018 年年末，其支持的“一带一路”清洁能源项目累计发放贷款 64 亿美元，其中，提供的可再生能源贷款涵盖风电、太阳能等多个新能源利用领域^[41]。中国进出口银行融资支持的厄瓜多尔的米纳斯·圣弗朗西斯科水电站项目已于 2021 年 4 月完成了最终的验收移交，按照规划每年可提供 12.91 亿 kW·h 的清洁电力，截至目前，项目已累计发电逾 14 亿 kW·h，并为当地创造了超过 2 000 个就业岗位，可满足约 120 万居民的生活用电需求和 2 000 户生产型企业的商业用电需求，为厄瓜多尔社会经济复苏提供了重要绿色能源保障。

（二）“一带一路”国家和地区能源低碳转型的规划

“一带一路”国家和地区努力提高国家自主贡献以实现气候目标，并通过制定相关退煤减煤、可再生能源发展目标加速全球能源绿色低碳转型进程。随着全球气候进程不断向前推进，以中国为首的“一带一路”国家和地区积极完善并努力提升国家自主贡献（NDC），以求通过驱动自身的积极减排，实现《巴黎协定》中至 21 世纪中叶全球温升控制在 1.5℃ 的目标。同时，随着全球能源绿色低碳转型的浪潮，“一带一路”国家和地区通过设立和制定相关能源战略目标和规划，加快能源系统退煤脱碳的步伐，大力发展可再生能源，以提高和加强可再生能源在能源结构中的比重和地位，着力推动清洁、低碳、高效的绿色能源体系的有序构建和形成。

1. “一带一路”国家和地区的国家自主贡献情况

大部分“一带一路”国家和地区在国家自主贡献中设立了明确量化的排放强度减排目标，并且大部分国家都提出了碳中和或净零排放的目标。截至目前，除也门、利比亚外，其他 148 个“一带一路”国家和地区都向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交了各自的国家自主贡献文件。表 1-2 展现了各个“一带一路”国家和地区在国家自主贡献中提出的减排目标类型，主要包括五类。在“一带一路”国家和地区中，提出相对基准情景减排目标和相对基准年的定量化排放强度减排目标的国家地区最多，占比为 69%。提出绝对量减排的仅有 5 个国家，另有 6 个国家以能源强度降低作为减排目标。此外，还有 21% 的国家没有提出定量化的减缓目标，取而代之的是一系列减排行动。到目前为止，国际上已有 128 个国家提出了碳中和或净零排放的目

标¹，这其中包括 93 个“一带一路”国家，占比高达 73%，这充分说明“一带一路”国家和地区正在努力积极提高自身的减排贡献。

表 1-2 各个“一带一路”国家和地区的国家自主贡献中的减排目标类型

减排目标类型	具体国家
相对基准情景减排 (61 个国家)	文莱、柬埔寨、基里巴斯、菲律宾、所罗门群岛、泰国、越南、印度尼西亚、伊朗、伊拉克、黎巴嫩、格鲁吉亚、萨尔瓦多、约旦、巴勒斯坦、吉尔吉斯斯坦、蒙古、阿富汗、孟加拉国、斯里兰卡、马尔代夫、韩国、布隆迪、科摩罗、吉布提、埃塞俄比亚、肯尼亚、马达加斯加、乌干达、贝宁、科特迪瓦、喀麦隆、刚果(布)、加纳、马里、几内亚比绍、中非、尼日尔、尼日利亚、塞内加尔、塞拉利昂、乍得、多哥、安哥拉、莱索托、坦桑尼亚、津巴布韦、阿尔及利亚、摩洛哥、阿尔巴尼亚、波黑、北马其顿、土耳其、委内瑞拉、秘鲁、巴巴多斯、哥斯达黎加、格林纳达、牙买加、巴拿马、特立尼达和多巴哥
相对基准年减排 (43 个国家)	库克群岛、密克罗尼西亚联邦、塞舌尔、阿塞拜疆、哈萨克斯坦、塔吉克斯坦、加蓬、冈比亚、赤道几内亚、毛里塔尼亚、赞比亚、突尼斯、保加利亚、塞浦路斯、捷克、爱沙尼亚、匈牙利、立陶宛、拉脱维亚、马耳他、波兰、罗马尼亚、斯洛伐克、斯洛文尼亚、奥地利、希腊、意大利、卢森堡、葡萄牙、白俄罗斯、摩尔多瓦、乌克兰、克罗地亚、黑山、塞尔维亚、俄罗斯、多米尼克、以色列、土库曼斯坦、厄立特里亚、多米尼加、新西兰、博茨瓦纳
能源强度减排 (6 个国家)	中国、马来西亚、新加坡、乌兹别克斯坦、智利、乌拉圭
绝对量减排 (5 个国家)	阿曼、亚美尼亚、几内亚、纳米比亚、南非
政策行动 (32 个国家)	斐济、老挝、缅甸、纽埃、巴布亚新几内亚、东帝汶、汤加、瓦努阿图、萨摩亚、阿联酋、巴林、科威特、卡塔尔、沙特阿拉伯、尼泊尔、巴基斯坦、卢旺达、苏丹、索马里、佛得角、利比里亚、莫桑比克、埃及、圭亚那、苏里南、玻利维亚、厄瓜多尔、叙利亚、安提瓜和巴布达、古巴、刚果(金)、南苏丹
无 NDC (2 个国家)	也门、利比亚
已实现碳中和目标 (1 个国家)	不丹

注：标红国家和地区为已提出碳中和或净零排放目标的国家和地区。

2. “一带一路”国家和地区的减煤或退煤规划和目标

COP26 达成的《格拉斯哥气候公约》首次对各国逐步减少未加装减排设施的煤电厂提出了明确要求。此外，70 多个国家和组织还签署了《全球煤炭向清洁能源转型声明》(Global Coal to Clean Power Transition Statement)，这其中包含 32 个“一带一路”国家和地区。这充分说明了“一带一路”国家和地区正在积极参与并努力提高自身贡献，推动全球从煤炭到可再生能源的过渡。但是，目前大部分“一带一路”

¹ Net Zero Tracker. <https://zerotracker.net/>.

国家和地区由于自身能源需求和经济发展的需要，短时间内还无法完全摆脱对煤炭的依赖，其减煤进程还须稳步有序推进。

截至 2021 年年中，全球已有 21 个国家承诺在固定的时间框架内全面逐步淘汰煤炭，但主要都是 G20 和欧盟成员国等发达国家^[42]。附表 1-1 列举了部分“一带一路”国家和地区的退煤、减煤规划或目标及其相关政策文件。其中，只有意大利、葡萄牙、希腊、匈牙利和斯洛文尼亚等欧洲国家明确提出了完全退煤（淘汰煤电）的目标时间，其余国家大多是通过政策文件、会议承诺等形式确定的减煤目标，并且大部分都集中在煤电领域，少有针对全面退煤制定的目标和规划。

3. “一带一路”国家和地区的可再生能源发展规划和目标

“一带一路”国家和地区普遍开始重视可再生能源的发展，并在国家计划和政策中制定了明确量化的可再生能源发展目标，但也面临诸多问题和挑战。随着可再生能源技术的不断创新、普及，以及成本的不断下降，“一带一路”国家和地区已经逐步重视可再生能源发展的部署和规划，并且在相关计划、政策甚至法律文件中有所体现。附表 1-2 列举了部分“一带一路”国家和地区的可再生能源发展目标或规划，绝大部分国家都提出了明确量化的可再生能源发展目标。但是，“一带一路”国家和地区大多为发展中国家，其可再生能源发展面临多方面的问题和挑战，各国仍需高度重视这些问题和挑战，保证可再生能源的健康发展。以东盟为例，经济发展带来的高速增长需求导致东盟各国普遍对传统化石能源仍有较强的依赖，传统能源逐步削减和退出的短期、长期系统计划尚不明晰。同时，即便东盟的可再生能源成本在显著下降，但相对于传统化石能源仍不占成本竞争优势，除新加坡、文莱、马来西亚、泰国外，东盟其他各国普遍经济发展水平较低，未来通过国内投融资满足可再生能源增长的财政压力较大，需要国际社会在资金方面给予强有力的支持。并且，东盟各国薄弱的电网基础设施也给可再生能源消纳并网带来了不小的困难。

（三）“一带一路”国家和地区在能源低碳转型过程中面临的风险与挑战

1. “一带一路”国家和地区在减少煤炭等化石能源使用、实现能源低碳转型过程中面临能源安全风险、资产搁浅、公正转型等诸多挑战

“一带一路”国家和地区“弃煤”是大势所趋，越来越多的国家给出了停建煤电项目的时间表。中国、日本、韩国是世界上排名前三的境外燃煤项目融资国，目前都已承诺不再兴建海外煤电项目。面对煤电融资等宏观环境的变化，规划开工的新增煤电项目将越来越少，“一带一路”国家和地区（特别是电力需求巨大而煤电等传统化

石能源依存度又较高的国家) 面临诸多转型风险与挑战。

总体来看, “一带一路”国家和地区对煤电的依存度较高, 如果不能有序平稳推动绿色低碳转型, 可能会引发能源安全风险。2021 年度的《BP 世界能源统计年鉴》数据显示, 截至 2020 年年底, 全球共有 79 个国家的燃煤发电厂还处于运行状态, 其中有 37 个是“一带一路”国家的¹。“一带一路”国家和地区中煤电占比较大的区域主要集中在亚洲地区, 印度尼西亚、马来西亚、越南以及哈萨克斯坦等国家的煤电占比都在一半以上。南非煤炭发电占电力供应总量的 85% 以上。同时, 从终端电力消费来看, 能源转型后电气化水平将大幅提升, 即使全社会能源消费量相同, 全社会用电量也将显著增加, 从而“倒逼”电源侧提供更多电量, 电力系统的发电装机规模和发电量都将显著增加, 煤电的加速退出将进一步加大能源供需之间的不匹配, 加剧能源供应安全风险。

化石能源退出面临的资产搁浅成本高, 可能会影响宏观经济发展。传统化石能源逐步退出、实现绿色低碳能源转型过程将打破原有能源投资、生产、消费格局, 重塑产业链、供应链, 导致市场供需发生错配或衔接错位, 造成资产搁浅风险, 还可能引发经济系统风险。全球化石能源相关企业市值约 18 万亿美元, 占市场总规模的 1/4; 相关可交易债券额约 8 万亿美元, 占市场总规模的 1/2^[43]。据估计, 2°C 目标下全球 59% 左右的煤炭储备将成为搁浅资产, 而 1.5°C 目标下该比例将上升至 84%^[44]。金融智库 Carbon Tracker 发布报告指出, 全球目前在建或在计划阶段的煤电项目达到了 499 GW, 可能使 6 380 亿美元资产搁浅, 其中东南亚计划或在建的煤电厂总共达到了 78 GW, 面临风险的煤电投资达 1 240 亿美元^[45]。中国目前的煤电设备整体偏“年轻”, 平均机龄仅为 12 年, 据估计, 中国煤炭搁浅资产规模可能达到 3 万亿~7 万亿元^[46]。同时, 传统化石能源企业的盈利能力将大幅下降, 造成资产价格崩溃, 可能出现巨额债务违约。

化石能源的退出将会给传统行业带来冲击, 引发公正转型的挑战。化石能源行业的逐步减少与退出将给煤炭等传统化石能源企业和从业人员带来冲击, 造成社会影响。尽管随着可再生能源行业的快速发展, 新的就业岗位会不断出现, 但就业创造与就业损失间存在时间、空间和技能的不匹配。传统化石能源产业受影响, 其就业群体难以完全在新创造的就业岗位中找到适合位置。中国煤炭行业目前的就业规模是 260 万人左右, 根据测算, 在不同的情景下, 包括政策和环境因素, 2030 年整个煤炭行业的就业规模还要减半, 甚至可能减到 100 万人左右。从长期来看, 到 2050 年, 整个煤炭行

1 “一带一路”煤电项目的挑战. <https://new.qq.com/omn/20211022/20211022A09DC400.html>.

业的从业人员可能要减少到 20 万¹。南非在相当长的时间内极度依赖煤炭，煤炭发电量占南非电力供应总量的 85% 以上，且约 40 万人口的就业直接与煤炭行业相关^[47]。另外，能源供需缺口增大及能源成本提高将导致能源价格提升，并在传导至下游时形成通胀，这会给低收入人群带来更大的经济压力，引发更多社会问题。

2. “一带一路”国家和地区在发展可再生能源过程中面临的挑战

“一带一路”国家和地区大部分都拥有丰富的太阳能、风能、水能、地热能及生物质能资源。但大多数“一带一路”国家和地区的可再生能源开发利用水平都不高，在推进可再生能源发展进程中都面临诸如政策、资金、技术、环境等多方面的发展障碍。

可再生能源发展目标缺乏雄心。很多“一带一路”国家和地区设立的可再生能源发展目标还不足以支撑能源绿色低碳转型。《东盟能源合作行动计划》中提出，到 2025 年可再生能源在一次能源供给结构中的占比达到 23%，而越南规划到 2030 年可再生能源装机容量仅占总装机容量的 21%，文莱计划到 2035 年可再生能源装机容量仅占电力总装机容量的 10%，均低于东盟总体目标。非洲最大经济体尼日利亚设定了 2025 年可再生能源占能源消费 10% 的目标，而非洲第二大经济体南非还未设立明确目标。另外，面对经济复苏压力，多国将扶持化石能源作为复苏计划的主要内容。

可再生能源政策扶持力度不够。可再生能源发展需要相关政策扶持，如价格补贴和电网建设承诺，但较多“一带一路”国家和地区由于缺乏相关的政策扶持而限制了可再生能源的发展。关于可再生能源的市场消纳和价格政策框架不健全影响了“一带一路”国家和地区可再生能源项目的“可融资性”。上网电价政策激励偏低或频繁变动使得可再生能源发展缺乏竞争力，而另一部分国家较高的上网电价导致特定类型的电源建设申请激增，超额配置又导致相关激励政策被迫终止。另外，大多数东盟国家仍然缺乏完全透明的可再生能源发展土地许可程序，获取、保留和转让土地使用权的程序复杂，漫长的土地购置期和昂贵的购置费用也导致项目开发延误和成本超支^[48]。项目许可过程烦琐、漫长，短期内政策多变及可再生能源发电并网指导方针不明确导致行业投资效率较低，也使得东南亚太阳能和风能开发成本仍然高于许多其他地区。

资金不足制约了“一带一路”国家和地区可再生能源的发展。国际能源署发布的《世界能源展望 2020》报告指出，2021 年，撒哈拉以南非洲地区仅太阳能产业的投资需求就达 60 亿美元，存在较大的资金缺口。越南规划和批准了多项可再生能源项目，但由于资金不足，转化率非常低。大多数项目通过国际银行获得资金，当地银行仅通过提供担保的方式参与项目投资。目前，越南仅能为 1 000 ~ 2 000 MW 装机容量的

1 中国能源网. 煤电和煤炭转型的就业影响. 2020. <https://www.china5e.com/news/news-1096565-1.html>.

可再生能源项目提供资金，尚有 10 GW 装机容量的可再生能源项目资金未解决^[49]。由于财政紧张，没有资金更新现有火电厂的设备，这些国家只能维持能源发展现状。另外，投融资困难也制约着“一带一路”国家和地区的可再生能源发展。一些“一带一路”国家和地区债务水平高或购电方实力较弱，可再生能源项目往往难争取到东道国的主权担保，增加了融资成本^[34]。

可再生能源技术不足，关键核心技术研发能力弱，尚不能支撑能源绿色低碳转型。可再生能源技术约束是“一带一路”国家和地区可再生能源开发面临的主要障碍之一。东盟在可再生能源技术创新方面存在一定不足，相关的光伏技术、风电技术能力也较弱，制约了东盟国家可再生能源的发展。同时，“一带一路”国家和地区当前的电网基础并不雄厚，网架结构较弱，高电压等级的线路较少，各国电力互通互联也有限，对大规模可再生能源电力并网和输送产生了一定限制^[41]。例如，由于印度尼西亚各岛屿之间暂未形成统一电网，因此资源丰富但消纳能力有限的地区无法为电力需求较大的地区输送清洁的可再生能源电力，从而限制了可再生能源的发展。

标准不统一阻碍了“一带一路”国家和地区可再生能源国际合作。标准化是制约中国企业参与“一带一路”国家和地区可再生能源投资的主要障碍之一。“一带一路”国家和地区大多对中国制造的设备和产品设有经认证方可进口的强制性要求，对施工方面的标准只认可国际标准。因此，风电、光伏企业的海外投资首先要做产品的国际认证，并因国别不同而做不同的认证，如非洲法语区、英语区及葡语区的标准各有不同，为可再生能源国际合作带来了很大的困扰^[50]。

（四）“一带一路”国家和地区能源低碳转型的合作建议

“一带一路”国家和地区应基于各国国情采取渐进式的能源低碳转型战略。一是要因地制宜探索及制定化石能源退出的时间表和可再生能源发展的具体目标，为化石能源的有序退出和可再生能源的合理替代提供宏观指引。二是针对大量的存量化石能源基础设施要加强化石能源的清洁高效利用，如推动煤炭高效燃烧发电技术、洁净燃煤技术、生物固碳和化学固碳等技术的普及应用。三是要考虑政策间的系统性和协同性，设计一揽子的政策体系予以保障，包括资金和技术保障政策，以及电力市场价格稳定政策、可再生能源补贴扶持政策等。

开展“一带一路”国家和地区清洁能源技术国际合作。一是要明确不同“一带一路”国家和地区清洁能源技术需求。二是要根据不同国家和地区的资源条件、发展状况提供有针对性的技术合作方案，要重视提供“小而美”的清洁能源项目解决

方案，以“小项目”推动“大合作”。三是要通过联合研发、人才联合培养等方式加强能力建设，有效提升“一带一路”区域国际可再生能源发展技术水平。四是要加强对中国清洁能源技术发展经验的总结，提供有借鉴意义的技术实践，深化清洁能源技术国际合作。

深化推动“一带一路”国家和地区的绿色投融资合作。完善海外投资负面清单制度，进一步强化海外投融资政策中的气候和环境因素。因地制宜，开发适用于“一带一路”发展中国家的绿色投融资工具，鼓励绿色投融资产品服务创新，推动建立适用于“一带一路”国家和地区的绿色投融资标准。注重通过转型金融等新兴理念和工具保障“一带一路”国家和地区传统行业的绿色升级和转型过程中的公正公平。探索“债转自然”等债务转换方式，为深受气候变化和环境退化所困的脆弱国家提供资金，支持后疫情时代的绿色经济复苏。同时，支持建设“一带一路”国家和地区碳市场，探索“一带一路”碳市场链接机制，以更低的减排成本推进绿色低碳转型。

加强转型过程中的公正普惠意识，积极促进“一带一路”国家和地区的能源公正转型。首先，“一带一路”国家和地区应该从整体战略体系布局，制订各国整体能源公正转型战略方案，系统规划各区域、各产业的转型目标、技术创新、人才培养等方面内容，保障所有公民共享转型过程中带来的效益和成本；其次，对于转型过程中受到负面冲击的化石能源相关企业，应设立公正转型基金，给予相应的补贴，帮助其缓解转型带来的经济损失，同时对于具有转型潜力的企业应额外给予技术上、人才上的支持；最后，对于转型过程中产生的冗余劳动力，应妥善安置并进行转向可持续发展行业的技能再培训，同时积极引导替代产业和新兴产业的发展，创造新的就业机会，充分包容与接纳该部分人员。

加强“一带一路”倡议与国际相关合作倡议的深入对接，共同推动“一带一路”国家和地区的能源低碳转型进程。积极推动“一带一路”倡议与欧盟“全球门户”计划（Global Gateway）以及美国“重建美好世界”倡议（Build Back Better World）等区域合作倡议在能源低碳转型方面的深入对接，实现更大范围、更宽领域、更深层次的开放合作与交流。中国、美国、欧盟等各方应在与“一带一路”国家和地区的气候领域合作中增加对于能源低碳转型议题的讨论，积极分享在能源低碳转型进程中的成功经验和最佳实践，发挥各自在技术、资金、人才等方面的优势，形成多方协同效应，发挥多方合力，切实增强“一带一路”国家和地区在能源基础设施、可再生能源技术等方面的能力建设，共同促进“一带一路”国家和地区能源领域的绿色、高效转型，实现多方互利共赢。

四、性别主流化分析

性别平等是人类的基本权利，男性和女性在政治、经济、社会和家庭中应受到平等的对待，在减缓和适应气候变化方面同样应如此。若无法在气候变化工作中考虑性别平等并采取相应的保障措施，将会限制女性在其中的充分参与与贡献，而当女性的视角和需要无法得到充分表达和体现时，相应的解决方案也会欠缺性别平等的考虑，甚至进一步加重性别不平等的情况。同时，在制定气候政策时，除了女性领导力和女性视角，也需要考虑女性面临的现状，如暴力、医疗需求、较弱的经济弹性以及无偿的家务劳动等，避免单一视角对女性处境的忽视。保障性别平等与可持续发展可实现协同效应。

2017年，《联合国气候变化框架公约》第23次缔约方大会（COP23）颁布了《性别行动计划》，邀请缔约方、下属机构成员、联合国组织、观察员和其他利益相关方参与《性别行动计划》的实施，推动将性别问题纳入气候行动所有的环节。2020年2月，在政府间气候变化专门委员会（IPCC）第52次全会上，专家组通过了《性别政策和实施方案》（*Gender Policy and Implementation Plan*），旨在在减缓和适应气候进程中促进性别平等，并推广性别包容的环境。《巴黎协定》同样提到了性别平等，并把它视为在采取行动应对气候变化时应考虑的诸多问题之一。在2016年提交的NDCs中，有64个缔约方提到了女性或性别。当各国在提交新的NDCs和更新NDCs时，大多数完善的NDCs提到了女性和性别，这表明大多数国家对于处理气候工作中的性别平等问题具有较强的认知和意愿¹。

性别平等是中国的基本国策之一。为提升女性地位，促进性别平等，中国注重确保女性平等参与经济活动、就业和创业的权利²。最新的《中国妇女发展纲要（2021—2030年）》将“女性与环境”确定为八大主题之一。然而，在环境和气候领域中，中国表现出的性别意识尚不够突出，与国际社会性别与环境两个领域齐头并进的发展趋势尚存差距。加强环境和气候领域的性别平等考虑和措施，将会促进中国实现性别平等，为保障可持续发展提供倍增效应，同时将极大地提升中国在国际社会中的形象。本章节中将提出将性别平等与中国气候行动相结合的三个主要且可行的具体工作领域。

¹ Quick Analysis – Gender Climate Tracker. <https://genderclimatetracker.org/gender-ndc/quick-analysis>.

² Women, U. N. “Gender Dimensions of Vulnerability to Climate Change in China.” (2016).

（一）充分发挥女性在气候工作中的参与者和推动者角色，增强女性的气候领导力

2021年，苏格兰政府和联合国妇女署在COP26发表了《格拉斯哥女性领导力声明》¹，呼吁提高女性在应对气候变化方面的作用。但与此同时，COP26的140位代表团团长中，女性仅占10名。目前在全球气候和环境方面的治理体系中，女性远未达到应有的比例。2020年，在全球范围内，各国环境部门领导人中仅有15%是女性²，而女性雇员的比例也平均仅为1/3³。

充分发挥女性领导力对于减缓和应对气候变化非常重要。尤其是在高度依赖自然资源的农村地区，气候变化带来的影响决定着居民的生计，而女性作为农业生产和家庭劳动的主体，受气候变化的影响较大，而减缓和应对气候变化的行动对其影响也较大。女性作为受气候变化影响最显著的群体，在减缓和应对气候变化决策过程中应得到充分的重视。只有为女性赋权，才能更好地实现可持续发展，扶贫减困。

《联合国气候变化框架公约》邀请缔约方任命国家性别和气候变化联络人(National Gender & Climate Change Focal Point, NGCCFP)，负责气候谈判、执行和监测工作，并给予充分支持。NGCCFP可以通过以下十个方面在《联合国气候变化框架公约》的支持下实现气候工作中的性别主流化⁴。

- 提高代表团和/或国家对于性别和气候变化问题的认识，推动能力建设。
- 作为代表团讨论主题问题的联系人，如气候融资和社会性别问题。
- 在性别和气候变化议程项目及其他专题领域内协调代表团对社会性别问题的立场。
- 在国家层面（如气候变化相关部门和社会性别协调部门）协调气候规划问题，将《联合国气候变化框架公约》进程与国家进程更好地联系起来。
- 参加其他组织（如妇女环境与发展组织、联合国妇女署、世界自然保护联盟等）支持《联合国气候变化框架公约》进程开展的网络和能力建设活动。
- 作为秘书处（及其他方）沟通相关事件、信息、培训等工作的联系人。

1 Gender equality and climate change: Glasgow Women's Leadership statement. <https://www.gov.scot/publications/glasgow-womens-leadership-statement-gender-equality-climate-change/>.

2 性别平等共创可持续未来：为什么女性在跑赢气候变化上至关重要。 <https://www.cn.undp.org/content/china/zh/home/ourperspective/ourperspectivearticles/2022/gender-equality-today-for-a-better-tomorrow.html>.

3 Gender Equality in Public Administration. <https://www.undp.org/publications/global-report-gender-equality-public-administration>.

4 国家性别和气候变化协调中心的能力建设和培训需求。 https://unfccc.int/sites/default/files/resource/NGCCFP_WebinarPPT_ChineseSim.pdf.

- 提高对性别敏感气候计划和动态的认识，跟踪其进展（国家数据中心、国家行动方案、国家信息通报等）。
- 在《联合国气候变化框架公约》和其他会议上跟踪代表团关于社会性别平衡目标的进展情况。
- 倡导在代表团或集团提名的组成机构和主席团中实现社会性别平衡。
- NGCCFP 可以有效增强国家的性别和气候变化能力建设，帮助国家在气候工作中纳入性别问题的考量。目前已有 94 个缔约方提名了其 NGCCFP，但中国尚未提名，中国提名本国的 NGCCFP 可以作为推动气候工作中性别主流化简单易行且有效的一大步。

（二）推动公正转型，确保女性平等参与就业市场，实现低碳能源转型和促进性别平等的双赢局面

“公正转型”是指经济转向可持续生产（主要是应对气候变化和保护生物多样性）时确保工人权利和生计所需的一系列社会干预措施¹，目前已在能源转型政策的讨论中受到普遍关注。在绿色转型中，公正转型旨在确保转型利益的分享，同时支持在经济上遭受损失的参与者——无论是国家、地区、行业、社区、工人还是消费者。值得注意的是，女性在转型中同样可能遭受损失。公正转型不仅需要关注淘汰行业的失业工人，同时也应关注在转型中受到影响的女性群体。

实现碳中和需要经济结构的系统性转型，并从根本上改变就业市场，既有加剧性别不平等的风险，又可能带来促进性别平等的机遇。例如，在煤炭等碳强度较高的传统行业中，决策者和劳动力都以男性为主，但在退煤和发展替代能源及其相关新兴产业的过程中，我们将有机会重新改写女性在就业市场中的地位，消除能源行业中男性为主的锁定效应。根据国际劳工组织（International Labour Organization, ILO）提供的数据，如果能源部门采取行动，到 21 世纪末将全球变暖温升控制在 2°C 以内，那么将可以创造约 2 400 万个就业机会，可以在很大程度上抵消就业损失²。男性和女性都有机会平等地接触到新兴绿色产业中的新就业机会，尤其是那些尚未被公认为“男性化”的工作，包括大量的技术岗位和高薪岗位，以及与减缓和适应气候变化政策、项目相

1 Wikipedia: Just Transition. https://en.wikipedia.org/wiki/Just_transition.

2 Bureau international du travail. World Employment Social Outlook 2018: Greening with Jobs. International labour office., 2018.

关的工作¹。需要确保传统能源和工业部门中原有的性别不平等不会被转移到新兴的绿色经济中。若在转型过程中忽略对性别平等的考量，则有可能进一步加剧男性和女性在就业市场和免费提供家务劳动方面的不平等。

为了确保女性在新兴的相关行业中拥有均等的就业机会，这些岗位的培训需要均等地覆盖女性群体和男性群体。对于淘汰的高碳行业职工的再就业培训很重要，但若该群体以男性为主，会有在新兴行业中再次造成男性为主的锁定效应的风险，所以在培训中要均等地覆盖待业的女性群体。此外，还需要开展性别平等教育，实施女性能力建构项目，提高对女性任职绿色岗位尤其是领导岗位的认知。政策制定者和决策者应确保绿色岗位的就业和能力发展政策不带有任何形式的性别歧视，同时，企业及其他机构应确保岗位招聘具有较高的包容性。

由于转型而失业的人员需要妥善安置。失业和贫困会减少女性的生存和发展空间，缺少资源和技术将迫使她们从事更多的无偿家务劳动，同时有可能加剧家庭暴力等问题。从各个角度来说，公正转型都将对促进性别平等产生积极的影响，而在其中专门考虑女性群体则会进一步加强性别平等建设。

（三）加强海外绿色投资和援助中的社会影响考量，开展性别平等的国际合作，发挥中国在全球气候治理中的引领作用

海外投资和援助不仅会对东道国产生经济影响，也会产生显著的社会影响和环境影响。当前中国的海外投资和援助项目（尤其是绿色海外投资和援助项目）对环境的影响已有较充分的考虑和认识，但对于社会影响的识别和管理仍在起步阶段。在性别方面，海外投资和援助项目在建设过程中应注重防止女性受到侵害，保障女性劳动者的基本权益，此外还应考虑减轻性别间收入差异和社会地位差异。在项目中考虑性别因素，可以促进东道国的社会发展，避免因伤害弱势群体而造成的项目风险，也有助于提高中国作为负责任大国的国际声誉。

目前气候融资过程中很少考虑性别因素。只有 1.5% 的海外气候相关发展援助将性别平等确定为为了首要目标之一，2/3 的项目和方案在设计、预算编制或实施过程中没有考虑性别平等。这些援助中最终只有 0.2% 实现了妇女领导和成立了妇女组织²。中国在该方面尚无官方政策或指南。

¹ Pearl-Martinez, R. "Women at the forefront of the clean energy future." Washington, DC: United States Agency for International Development (2014).

² Climate Finance Shadow Report 2020. <https://oxfamlibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/621066/bp-climate-finance-shadow-report-2020-201020-en.pdf>.

中国海外绿色投资和援助项目应将性别主流化纳入项目目标或评估指标中，初期至少应保证遵循“无损害”（do-no-harm）原则，即识别和避免项目可能造成的与性别相关的负面影响，并对无法避免的影响进行补偿，如避免就业歧视、差别化劳动待遇、进一步加剧男女地位不平等以及基于性别的暴力等。进一步地，中国海外绿色投资和援助项目应主动考虑促进性别平等的贡献（do-good），如促进平等就业、同工同酬、平等的话语权和决策权以及平等的个人发展可能性等。

五、政策建议

（一）协同推进稳增长和绿色发展，为中国经济增长注入新动能

一是协同推进经济增长、能源安全、环境改善和气候稳定等多重目标。以低碳能源科技革命为标志的产业革命作为协同的突破口，以绿色发展作为稳增长的助推器。不走依靠高能耗和高排放项目的“老路”，而是发挥中国的体制优势、市场体量和经济韧性优势，以及新能源装备制造优势，在传统产业的数字化升级和绿色改造、绿色低碳城镇化、绿色低碳消费和可再生能源以及新型电力系统建设等领域，切实开拓绿色投资和消费方向，推动碳中和相关投资在 21 世纪中叶前为经济增长提供可观的推动力（2050 年面向中国碳中和的直接投资至少可达 140 万亿元）。

二是为增长绿色投资打通堵点，形成短期和中长期发展相衔接的新动能。短期内通过资金支持、消费政策改革等手段积极扩大绿色消费，适度超前开展新能源等领域的基础设施投资，为经济增长提供推动力。明确中长期减排阶段性目标，为投资者和技术研发者建立稳定的预期，并加速建立碳定价体系，引导投资转向减排领域。

（二）在保障能源安全的前提下，加速能源系统低碳化进程

一是加速新型电力体系建设。加速在不同地区开展以可再生能源为主体的“源、网、荷、储、用”一体化能源系统的试点与应用推广。研究并解决“风光水储一体化”试点中出现的省内消纳和外送不畅、区域电网协同发展不足、价格传递机制不畅等问题。制定包括进一步降低可再生能源企业融资成本在内的相关政策，在土地划拨、首次公开募股（IPO）提前排队、定向贷款和降准等方面加大对可再生能源发展的支持，特别要在 2022 年稳增长的投资项目安排中优先安排可再生能源投资项目。

二是引导煤电分步有序退出。煤电在电力系统中的角色应从现在的基荷能源向调节型能源转变。在淘汰落后产能的基础上，对存量煤电进行灵活性改造，保障大部分

煤电厂在运行较为合理的年限（20年或30年）后平稳退出。借鉴国际经验（如德国和英国），通过市场化机制引导煤电有序退出。建立开放的竞价上网机制，打破对煤电机组的发电小时数和电价的保障；建立电力现货市场，为电力的灵活性服务提供经济回报；完善全国碳市场建设，用较高的碳价格引导煤电退出。总之，要稳住存量，严控增量。

三是提高工业、建筑和交通等终端用能部门的绿色电气化水平。推动电炉钢、建材电窑炉的应用；在商场、办公楼、酒店等公共建筑推广应用热泵、电蓄冷空调、蓄热电锅炉等；推动充电基础设施的协调有序发展，进一步探索船舶和航空电气化低碳解决方案；加强脱碳电力系统与深度电气化终端部门之间的协同发展，包括推动智能的需求侧响应以降低电网峰值负荷成本，开展直流建筑等创新和综合解决方案试点。

（三）综合应用法律、经济和行政手段，建立高效、协调的碳达峰碳中和政策体系和体制机制

一是坚持制度建设的“先立后破”，强化能耗“双控”制度的降碳导向，制定碳排放“双控”制度的时间表和路线图。根据碳达峰碳中和目标要求倒推，形成面向碳中和的总量控制阶段性目标体系，并建立动态调节机制。碳排放目标分解要考虑区域和行业发展差异，并考虑区域间要素流动和产业链供应链安全，将构建碳排放“双控”制度纳入各地区和行业碳达峰碳中和行动方案。尽快选取重点地区、重点行业率先开展碳排放“双控”试点，并逐步向全国、全行业推广。

二是加速推动气候立法工作，为碳中和提供法律依据。

三是统筹推进减污降碳，保障减污与降碳任务、措施高度一致，重点关注大气污染物排放与二氧化碳排放“双高”的区域和行业，实现协同治理。

四是建立碳排放总量控制制度和碳交易市场制度的衔接机制，完善碳定价机制，加快碳市场与用能权市场、绿色电力市场的协调统一。

五是提升中央碳达峰碳中和工作领导小组履行职能的制度化、规范化水平和统筹协调能力，要充分认识到碳达峰碳中和与经济社会发展全方位的联系，强化各主管部门之间的沟通协调，统筹国际、国内事务，确保各项政策取向一致、步骤力度衔接。

（四）引导海外绿色投资，加强国际低碳技术合作和贸易往来，维护供应链稳定

一是充分利用现有区域和多双边合作机制加强国家、地区之间的对话交流，完善

海外投资负面清单制度，进一步强化海外投融资政策中的气候和环境因素。注重通过转型金融等新兴理念和工具保障“一带一路”国家和地区传统行业绿色升级和转型过程的公平公正。探索“债转自然”等债务转换方式，为深受气候变化和环境退化所困的脆弱国家提供资金，支持后疫情时代的绿色复苏。

二是总结中国在气候变化和低碳转型领域的成功经验和最佳实践，分析在“一带一路”国家和地区的适用性，为“一带一路”国家和地区提供因地制宜的低碳转型经验和分类指导。

三是积极支持“一带一路”国家和地区的低碳基础设施建设，秉持包容开放的态度，寻求与欧盟“全球门户”计划以及美国“重建美好世界”倡议的合作机会，形成协同效应，共同推动“一带一路”国家和地区能源低碳转型。

四是推动构建全球绿色供应链和价值链。加快制订循环经济模式下的中国绿色供应链发展规划和路线图。完善绿色贸易及产品标准、认证、标识体系，在多双边贸易协定中纳入绿色大宗商品进口措施，开展大宗软性商品生产和贸易可持续性标准协调工作。

（五）加强国际气候合作，促进全球气候治理取得务实平衡进展

一是促进落实《巴黎协定》，积极推动 COP26 成果的进一步落实，继续在资金、技术等重要议题上争取突破。持续采取切实行动应对气候变化，促进自身全面绿色转型及全球碳中和合作，为全球气候治理贡献建设性力量。

二是推动应对气候变化与相关多领域治理协同增效，助力落实联合国 2030 年可持续发展议程。携手处理好能源安全、减碳与发展的关系，关注能源、粮食、供应链等多重危机对全球气候治理的影响。推动全球气候治理融入全球发展倡议大局，推动全球系统性应对多重危机，防范系统性风险。

三是持续推动双多边气候对话与合作，重塑各方互信。积极推动中美“21 世纪 20 年代强化气候行动工作组”的建立和相关工作的推进，增进与欧盟的气候合作与沟通。积极开展气候 2 轨对话交流，创造开展 1.5 轨对话的机会，促进各方互信，避免误判，推动建立合理的政策衔接机制。

参考文献

- [1] IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Cambridge University Press, 2021.
- [2] Ray R L, Singh V P, Singh S K, et al. What is the impact of COVID-19 pandemic on global carbon emissions?[J]. Science of the Total Environment, 2022, 816: 151503.
- [3] International Energy Agency. Global Energy Review 2021[R]. Paris, 2021.
- [4] United Nations Environment Programme. Emissions Gap Report 2021: The Heat Is On – A World of Climate Promises Not Yet Delivered[R]. Nairobi, 2021.
- [5] United Nations Environment Programme. COP26 ends with agreement but falls short on climate action[EB/OL]. (2021-11-05)[2022-03-02]. <https://www.unep.org/news-and-stories/story/cop26-ends-agreement-falls-short-climate-action>.
- [6] D’Orazio P. Towards a post-pandemic policy framework to manage climate-related financial risks and resilience[J]. Climate Policy, 2021, 21(10): 1368-1382.
- [7] Watts J. China calls for concrete action not distant targets in last week of COP26[EB/OL]. (2021-11-09) [2022-03-07]. <https://greeninstitute.ng/blog1/china-calls-for-concrete-action-not-distant-targets-in-last-week-of-cop26>.
- [8] Xinhua. Interview: Cooperation, delivery crucial in tackling climate change, says head of Chinese delegation to COP26[EB/OL]. (2021-11-13)[2022-03-08]. http://www.news.cn/english/2021-11/13/c_1310307725.htm.
- [9] Roberts J T, Weikmans R, Robinson S, et al. Rebooting a failed promise of climate finance[J]. Nature Climate Change, 2021, 11(3): 180-182.
- [10] Paroussos L, Mandel A, Fragkiadakis K, et al. Climate clubs and the macro-economic benefits of international cooperation on climate policy[J]. Nature Climate Change, 2019, 9(7): 542-546.
- [11] Eicke L, Weko S, Apergi M, et al. Pulling up the carbon ladder? Decarbonization, dependence, and third-country risks from the European carbon border adjustment mechanism[J]. Energy Research & Social Science, 2021, 80: 102240.
- [12] Safari A, Das N, Langhelle O, et al. Natural gas: A transition fuel for sustainable energy system transformation?[J]. Energy Science & Engineering, 2019, 7(4): 1075-1094.
- [13] Shaffer B. Is Europe’s energy crisis a preview of America’s?[EB/OL]. (2021-10-06) [2022-03-11]. https://www.realclearworld.com/2021/10/06/is_europes_energy_crisis_a_preview_of_americas_797650.html.
- [14] Gilbert A, Bazilian M D, Gross S. The emerging global natural gas market and the energy crisis of 2021-2022[R]. Washington D. C., 2021.
- [15] Kalkuhl M, Steckel J C, Montrone L, et al. Successful coal phase-out requires new models of

- development[J]. *Nature Energy*, 2019, 4(11): 897-900.
- [16] Cui R Y, Hultman N, Cui D, et al. A plant-by-plant strategy for high-ambition coal power phaseout in China[J]. *Nature Communications*, 2021, 12(1): 1-10.
- [17] Miyamoto M, Takeuchi K. Climate agreement and technology diffusion: Impact of the Kyoto Protocol on international patent applications for renewable energy technologies[J]. *Energy Policy*, 2019, 129: 1331-1338.
- [18] Chapagain D, Baarsch F, Schaeffer M, et al. Climate change adaptation costs in developing countries: insights from existing estimates[J]. *Climate and Development*, 2020, 12(10): 934-942.
- [19] 孙劲. 征途漫漫再进一步——谈联合国气候变化格拉斯哥会议 [J]. *外交*, 2021(4): 148-154.
- [20] Liu H. The Carbon Brief Interview: Prof Wang Yi and Prof Wang Zhongying[EB/OL]. (2021-12-10)[2022-03-14]. <https://www.carbonbrief.org/the-carbon-brief-interview-prof-wang-yi-and-prof-wang-zhongying/>.
- [21] 中国科学院可持续发展战略研究组. 2020 中国可持续发展报告：探索迈向碳中和之路 [R]. 北京：科学出版社，2021.
- [22] 中国电力企业联合会. 2021—2022 年度全国电力供需形势分析预测报告 [R/OL]. (2022-01-27) [2022-03-16]. <https://cec.org.cn/detail/index.html?3-306171>.
- [23] International Energy Agency. Coal 2021[R]. Paris, 2021.
- [24] International Energy Agency. Renewables 2021[R]. Paris, 2021.
- [25] International Energy Agency. Global Energy Review: CO₂ Emissions in 2021[R]. Paris, 2022.
- [26] International Energy Agency. World Energy Investment 2021[R]. Paris, 2021.
- [27] International Energy Agency. Tracking Fuel Supply 2021[R]. Paris, 2021.
- [28] 赵岩青. 能源价格与经济波动 [D]. 广州：暨南大学，2020.
- [29] International Energy Agency. Electricity Market Report-January 2022[R]. Paris, 2022.
- [30] 中国电力企业联合会. 2021 年上半年全国电力供需形势分析预测报告 [R/OL]. (2021-07-23) [2022-03-18]. <https://www.cec.org.cn/detail/index.html?3-298922>.
- [31] 中国国家发展和改革委员会, 国家能源局. 能源生产和消费革命战略 (2016—2030) [EB/OL]. (2016-12-29) [2022-03-20]. http://www.gov.cn/xinwen/2017-04/25/content_5230568.htm.
- [32] 中国煤炭工业协会. 煤炭工业“十四五”结构调整指导意见 [EB/OL]. (2021-06-03)[2022-03-27]. <http://www.coalchina.org.cn/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=464&id=129818>.
- [33] 张小丽, 崔学勤, 王克, 等. 中国煤电锁定碳排放及其对减排目标的影响 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2020, 30(8): 31-41.
- [34] 清华大学国家金融研究院绿色金融研究中心. “一带一路”国家可再生能源项目投融资模式、问题和建议 [R/OL]. (2020-04-14)[2022-04-02]. <https://www.ghub.org/bri-re-report>.
- [35] 中国人民大学双碳研究院. 中国煤电成本分析与风险评估研究报告 [R/OL]. (2021-10-20) [2022-04-05]. <https://www.efchina.org/Reports-zh/report-lceg-20211020-zh>.

- [36] 中国煤炭工业协会. 2020 煤炭行业发展年度报告 [R/OL]. (2021-03-03)[2022-04-07]. <http://www.coalchina.org.cn/uploadfile/2021/0303/20210303022435291.pdf>.
- [37] 张莹. 我国煤炭转型面临的挑战与对策 [J]. 环境保护, 2018, 46(2): 24-29.
- [38] 国务院. 2030 年前碳达峰行动方案 [EB/OL]. (2021-10-24)[2022-04-10]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2021-10/26/content_5644984.htm.
- [39] Green Finance & Development Center. Brief: China Belt and Road Initiative(BRI) Investment Report 2021[R]. Shanghai, 2022.
- [40] 孟婵. 中国与东盟能源合作研究 [D]. 南宁: 广西大学, 2019.
- [41] 中国循环经济协会可再生能源专业委员会. “一带一路”国家可再生能源投资趋势及建议 [R/OL]. (2020-08-10)[2022-04-15]. <http://www.greenbr.org.cn/cmsfiles/1/editorfiles/files/c23b773ab3454b9b978c4d70401587d8.pdf>.
- [42] International Energy Agency. Phasing Out Unabated Coal: Current Status and Three Case Studies[R]. Paris, 2021.
- [43] 吕建中. 全球加速能源转型背景下的结构性风险与应对策略 [J]. 世界石油工业, 2021, 28(5): 1-5.
- [44] 中央财经大学绿色金融国际研究院. 全球去碳化发展背景下高碳企业转型风险与转型路径 [EB/OL]. (2021-07-08) [2022-04-16]. https://www.sohu.com/a/476226182_121134460.
- [45] Carbon Tracker. How to waste over half a trillion dollars: The economic implications of deflationary renewable energy for coal power investments[R/OL]. (2020-03-12)[2022-04-18]. <https://carbontracker.org/reports/how-to-waste-over-half-a-trillion-dollars/>.
- [46] 钟正生, 张璐. 货币政策视角下的碳中和 [J]. 中国经济评论, 2021(5): 68-75.
- [47] 周正韵. 助力南非能源转型 共建绿色“一带一路” [EB/OL]. (2022-02-21) [2022-04-22]. <http://www.envirunion.com/newsinfo-33257.html>.
- [48] 严兴煜, 高艺. 东南亚可再生能源发展思考 [J]. 中外能源, 2020, 25(5): 21-27.
- [49] 创绿研究院. 中国可再生能源对外投资机遇与挑战案例国研究——越南 [R/OL]. (2020-08-10) [2022-04-25]. <https://www.ghub.org/bri-re-vn-report-aug-2020/>.
- [50] 自然资源保护协会. “一带一路”可再生能源发展合作路径及其促进机制研究 [R/OL]. (2019-04-13) [2022-04-26]. <http://www.nrdc.cn/information/informationinfo?id=205&cook=2>.

附录

附表 1-1 部分“一带一路”国家和地区的退煤、减煤目标或规划

地区	国家	政策、会议、事件、报告	退煤、减煤目标、规划
亚洲	中国	领导人气候峰会	严控煤电项目，“十四五”时期严控煤炭消费增长，“十五五”时期逐步减少
		第七十六届联合国大会一般性辩论	不再新建境外煤电项目，支持发展中国家能源绿色低碳发展
		《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	推进煤炭消费替代和转型升级，加快煤炭减量步伐
		《2030年前碳达峰行动方案》	
	韩国	领导人气候峰会	停止为海外的燃煤电厂提供资金
		《第9个长期电力供需基本规划：2020—2034》 [9th Basic Plan for Power Supply and Demand (BPLE) (2020—2034)]	2034年前关闭所有燃煤电厂
		《全球煤炭向清洁能源转型声明》 (Global Coal to Clean Power Transition Statement)	停止在国内新建和颁发燃煤电厂许可证，并逐渐淘汰煤炭
	新加坡	正式加入弃用煤炭发电联盟 (The Powering Past Coal Alliance)	2050年前逐步停止使用未减排的煤炭发电，并限制对未减排煤电的直接融资
	印度尼西亚	《电力供应商业计划 (2021—2030)》 [PLN's 2021—2030 Electricity Supply Business Plan (RUPTL)]	取消或推迟高达 15.5 GW 的规划新建电厂，其中仅约 2.3 GW 为可再生能源项目
		《全球煤炭向清洁能源转型声明》 (Global Coal to Clean Power Transition Statement)	停止在国内新建和颁发燃煤电厂许可证，并逐渐淘汰煤炭
		国家能源政策法规 No.79/2014	2025年煤炭供应在一次能源供应中的占比最低为 30%，2050年最低为 25%
	孟加拉国	《南亚及东南亚最后的燃煤电厂》 (South and Southeast Asia's Last Coal Plants)	2020年11月，孟加拉国能源部制订计划，决定取消所有非在建燃煤电厂项目，将有效取消 2 290 万 kW 计划的燃煤发电；但孟加拉国并没有承诺放弃煤炭的使用，因为可再生能源目前无法满足其庞大人口的电力需求
越南	第八版《国家电力发展计划》 [Power Development Plan 8 (PDP8)]	燃煤发电量占比到 2030 年降至 40%，到 2045 年进一步降至 30%	
	《全球煤炭向清洁能源转型声明》 (Global Coal to Clean Power Transition Statement)	停止向未加装减碳设施的燃煤电厂发放许可证，禁止新建未加装减碳设施的燃煤发电项目	

地区	国家	政策、会议、事件、报告	退煤、减煤目标、规划
亚洲	菲律宾	《繁荣与衰落 2021——追踪全球燃煤电厂开发》	2020 年 10 月，菲律宾能源部宣布暂停尚未进入核准程序的新建燃煤电厂
	巴基斯坦	气候雄心峰会	不再新建“以煤炭为基础的电力”
欧洲	意大利	《全球煤电现状：Covid19 前的基线分析》 (<i>Global Status of Coal Power —Pre-Covid19 Baseline Analysis</i>)	2025 年淘汰所有燃煤电厂
	葡萄牙		2023 年淘汰所有燃煤电厂
	希腊		
	匈牙利		
	斯洛文尼亚		2030 年淘汰所有燃煤电厂
	波兰	《全球煤炭向清洁能源转型声明》 (<i>Global Coal to Clean Power Transition Statement</i>)	停止向未加装减碳设施的燃煤电厂发放许可证，禁止新建未加装减碳设施的燃煤发电项目
		《波兰能源政策 2040》 [<i>Energy Policy of Poland until 2040 (EPP2040)</i>]	2030 年燃煤发电占比不超过 56%
乌克兰	《全球煤炭向清洁能源转型声明》 (<i>Global Coal to Clean Power Transition Statement</i>)	停止向未加装减碳设施的燃煤电厂发放许可证，禁止新建未加装减碳设施的燃煤发电项目	
南美洲	智利	《无新煤电契约》 (<i>No New Coal Power Compact</i>)	不再新建燃煤电厂
		《淘汰“有增无减”的煤炭》 (<i>Phasing out Unabated Coal</i>)	2040 年淘汰所有燃煤电厂
非洲	南非	《繁荣与衰落 2021——追踪全球燃煤电厂开发》	2020 年南非取消了 3.8 GW 的煤电项目
	埃及		截至 2021 年，埃及已搁置或取消了共 15.2 GW 的规划新建煤电项目

附表 1-2 部分“一带一路”国家和地区的可再生能源发展目标或规划

国家	政策、会议、事件	可再生能源发展目标、规划
中国	《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》	到 2025 年，非化石能源消费比重达到 20% 左右； 到 2030 年，非化石能源消费比重达到 25% 左右； 到 2060 年，非化石能源消费比重达到 80% 以上
	《2030 年前碳达峰行动方案》	
	《2022 年能源工作指导意见》	2022 年，非化石能源占能源消费总量比重提高到 17.3% 左右，风电、光伏发电量占全社会用电量的比重达到 12.2% 左右
	《“十四五”现代能源体系规划》	到 2025 年，非化石能源消费比重提高到 20% 左右，非化石能源发电量比重达到 39% 左右，常规水电装机容量达到 3.8 亿 kW 左右

国家	政策、会议、事件	可再生能源发展目标、规划
韩国	《第9个长期电力供需基本规划：2020—2034》 [9th Basic Plan for Power Supply and Demand (BPLE) (2020—2034)]	计划到2034年，可再生能源发电装机容量达到40%
印度尼西亚	《电力供应商业计划（2021—2030）》 [PLN's 2021—2030 Electricity Supply Business Plan (RUPTL)]	到2030年新增40.6 GW的发电装机容量，其中可再生能源项目新增20.9 GW，占比达到51.6%。其中，可再生能源2025年和2050年在全行业总体能源结构中的占比分别为至少23%和至少31%，2025年和2050年在电力能源结构中的占比分别为至少23%和至少28%
	国家能源政策法规 No.79/2014	2025年，新能源和可再生能源在一次能源供应中的占比至少为23%，2050年至少为31%
马来西亚	《马来西亚半岛发电发展计划（2020—2030）》 [Peninsular Malaysia Generation Development Plan 2019 (2020—2030)]	可再生能源发电占比到2025年达20%
菲律宾	《菲律宾能源规划（2020—2040）》 [Philippine Energy Plan Towards a Sustainable and Clean Energy Future (2020—2040)]	可再生能源到2030年在总发电组合中至少占35.0%的份额，并进一步展望到2040年实现超过50%的份额
	《菲律宾国家气候变化行动计划（2011—2028）》 [PHILIPPINES: National Climate Change Action Plan (NCCAP) (2011—2028)]	将水力发电能力从2010年的3 478 MW增加到2030年的7 534 MW，将风力发电能力从2010年的33 MW增加到2030年的1 018 MW，将太阳能发电能力从2010年的6.74 MW增加到2030年的85 MW，将生物质能发电能力从2010年的75.5 MW增加到2030年的93.9 MW
泰国	《电力发展规划（2018—2037）》 [Power Development Plan of Thailand (2018—2037)]	2037年前将可再生能源发电的占比提升至30%，这将需要新增56 431 MW的可再生能源发电装机容量
	《替代能源发展计划（2018—2037）》 [Alternative Energy Development Plan (2018—2037) (AEDP 2018—2037)]	到2037年将可再生能源和替代能源的比例（以电力、热能和生物燃料的形式）提高30%
越南	第八版《国家电力发展计划》 [Power Development Plan 8 (PDP8)]	到2030年，可再生能源在发电结构中的占比达32%，2040年达40.3%，2050年达43%
	《2030年国家发展战略及2045年视角》 (National Energy Development Strategy to 2030 with vision to 2045)	到2030年，可再生能源在能源结构中的占比为15%~20%，到2045年为25%~30%

国家	政策、会议、事件	可再生能源发展目标、规划
意大利	《国家能源和气候综合计划》 (<i>Integrated National Energy and Climate Plan</i>)	到 2030 年, 可再生能源占最终能源总消耗的 30%。其中, 可再生能源在电力部门占比为 55%, 在供暖部门 (供暖和制冷) 占比为 33.9%, 在交通部门占比为 22%
波兰	《波兰能源政策 2040》[<i>Energy Policy of Poland until 2040 (EPP2040)</i>]	到 2030 年, 可再生能源在终端能源消费中的占比至少达到 23%, 其中电力行业至少为 32%
葡萄牙	《国家能源和气候计划》 (NECPs) (<i>National Energy and Climate Plan of Portugal for 2021—2030</i>)	可再生能源在整体能源消费中占比 47%, 即约 80% 的电力来自可再生能源, 其中交通部门能源消费的 20% 来自可再生能源
希腊	《国家能源与气候计划》 (NECPs) (<i>National Energy and Climate Plan of Greece for 2021—2030</i>)	到 2030 年, 可再生能源在终端能源消费中的占比至少为 35%。其中, 在终端电力消费中的占比至少为 60%
巴拿马	《巴拿马第一 NDC》(更新提交) [<i>Panama First NDC (Updated submission)</i>]	到 2050 年实现 30% 的电力由风能和太阳能等可再生能源生产
古巴	《古巴第一 NDC》(更新提交) [<i>Cuba First NDC (Updated submission)</i>]	到 2030 年, 古巴电力矩阵中基于可再生能源 (RES) 的发电量将达到 24%
摩洛哥	《摩洛哥第一 NDC》(更新提交) [<i>Morocco First NDC (Updated submission)</i>]	到 2030 年, 发电装机容量的 52% 来自可再生能源, 其中 20% 来自太阳能, 20% 来自风能, 12% 来自水力
津巴布韦	《2017 年系统开发计划》 (<i>System Development Plan 2017</i>)	到 2025 年, 太阳能发电规模将扩建到 300 MW
智利	《能源契约》(<i>Energy Compact</i>)	到 2030 年, 可再生能源在国家发电中的参与率为 40%, 并在 2030 年成为世界上最大的绿色氢气出口国之一, 拥有最便宜的绿色氢气
乌拉圭	《乌拉圭第一 NDC》(更新提交) [<i>Uruguay First NDC (Updated submission)</i>]	在无条件的情况下, 到 2025 年, 风能、太阳能和生物质能的发电装机容量分别达 1 450 MW、220 MW 和 160 MW, 分别占国家电网系统装机容量的 32%、5% 和 4%。在有条件的情况下, 引进蓄电技术, 包括蓄电和泵送系统, 到 2025 年安装 300 MW, 同时推广发电水源技术 (小型水力发电厂), 到 2025 年装机容量为 10 MW

第二章 基于自然的解决方案价值评估

一、中国生态修复中基于自然的解决方案：政策与实施框架

（一）研究背景

近年来，基于自然的解决方案（Nature-based Solutions, NbS）逐渐成为国际社会广泛认同的应对气候变化、防灾减灾、经济与社会发展等一系列社会挑战的重要途径。NbS 和中国的习近平生态文明思想高度重合，是习近平生态文明思想在可持续发展领域的具体应用。近年来，在习近平生态文明思想指导下，中国更加重视自然的力量，秉承尊重自然、顺应自然、保护自然的理念，相继出台了一系列应对气候变化和保护生物多样性的相关政策文件。同时，中国已开展诸多生态保护与气候减缓协同并举的实践，如“生态保护红线”制度等。但基于 NbS 国际标准，中国还缺少依照其标准框架体系实施的具体实践项目，以及适应本土的实践操作指导和针对不同生态系统修复的全面系统性的技术方法与分享平台。本章节按照中国生态系统修复的关键问题和政策要求，梳理了各类问题的 NbS 实施要点。在总结中国生态环境保护和应对气候变化的政策与案例基础上，探索符合中国国情、具有指导价值和实践意义的 NbS 实施框架。

（二）中国生态系统修复概述

中国地域辽阔，复杂多样的气候、地形、土壤条件为各类生态系统结构和功能的多样性提供了必备的基础，孕育了类型丰富的生态系统。近年来，在经济发展和城市扩张的背景下，中国生态系统格局已经发生了不容忽视的变化，如低质人工林替代原生自然林导致森林碳汇功能下降，进而影响气候特征；草地沙漠化与盐渍化导致载畜量下降，极大地影响了国内畜牧业的发展等一系列问题，极大地影响了城市内居民的居住体验和绿色空间获取。不同生态系统内部的生态问题均具有各自的典型性，且在生态系统修复与利用过程中，通常又涉及不同部门（如国土部门、生态环境部门、林

草部门、住房城乡建设部门等)，在进行面向生态修复的问题研究和治理方案拟定时要整体统筹和分类讨论相结合，突出各类生态系统面临的典型问题和挑战，综合考虑各方利益和需求，制订具有可行性、经济性、适用性、包容性、可持续性的生态修复方案。

（三）问题与挑战

1. 森林生态系统

中国幅员辽阔，森林类型丰富多样，全国森林面积为 2.08 亿 hm^2 ，森林覆盖率达 21.63%。但中国的森林生态系统仍然面临严峻的问题：①中国森林覆盖率远低于全球 31% 的平均水平，存在森林资源总量相对不足、质量不高、分布不均、森林生态建设质量还有待提高的状况；②随着城市化、工业化进程的加速，生态建设的空间将被进一步挤压，严守林业生态红线的压力日益加大；③中国林地生产力低，龄组结构不合理，加强森林经营，提高林地生产力、增加森林蓄积量、增强生态服务功能的潜力还很大；④森林有效供给与日益增长的社会需求的矛盾依然突出。

2. 草地生态系统

中国的草地生态系统面积为 277.67 万 km^2 ，占全国陆地面积的 28.92%。相较于其他几类生态系统，草地生态系统的环境更为脆弱和敏感。从 20 世纪至今的几十年里，受气候变化、过度放牧、不合理利用、缺乏管理等因素的影响，草地生态系统遭受到了来自多方面的更为严重的压力，面临着极大的威胁与挑战。这些问题和挑战主要表现在以下几个方面：①草地退化，生态系统受损；②生物多样性丧失，病虫害加剧；③社会效益、经济效益下降。

3. 湿地生态系统

目前，涉及湿地生态系统的政策文件主要包括《中华人民共和国湿地保护法》《中华人民共和国长江保护法》《昆明市环滇池生态区湿地建设管理办法（试行）》等，这些文件在不同层面上明确了湿地生态治理及生态修复等问题，提出了要加强湿地保护、维护湿地生态功能及生物多样性。

4. 农田生态系统

中国的农田生态系统面积为 179.29 万 km^2 ，占全国陆地面积的 18.68%。面临的问题与挑战主要包括：①农田退化、沙化、碱化，土地质量下降，造成作物减产；②旱灾、洪涝等气象灾害以及主要病虫害发生面积大、频率高，且缺乏高效治理手段；③废气、重金属等污染严重，同时威胁到农田生态系统的生产、生活、生态三个方面；④经营

方式不当，不少地区仍存在广种薄收、只顾用地、只顾产出等掠夺式的经营方式；⑤部分农田生态系统内部及周边的生物多样性遭到了不同程度的破坏，且始终未得到恢复或改善。

5. 城市生态系统

城市化进程使水体、林地、灌丛、草地等自然要素不断被城市化所带来的人工绿化、人工水体、建筑、道路等人工景观所侵占、割裂，导致原生自然生态空间被不断吞噬，从而引发一系列问题与挑战。主要包括热岛效应、城市内涝、空气污染等诸多城市生态环境问题，以及交通、住房、流行病、心理压力、资源浪费、能源短缺等一系列社会问题。

6. 海洋生态系统

海洋生态系统为人类提供了丰富的自然资源，然而受大规模围填海工程、入海污染物大量排放、过度捕捞、近海油气矿产资源的开发与密集运输等人类活动影响，以及全球气候变化、自然灾害等自然因素的共同作用，海洋生态系统出现了诸如生境丧失、资源衰减、富营养化，以及水动力条件紊乱和生物多样性下降等一系列生态系统退化问题。

（四）政策

1. 森林生态系统

对中国森林生态系统保护政策中与 NbS 相关的内容进行梳理，发现主要包括：①与森林生态系统相关的法律法规，如 2019 年修订的《中华人民共和国森林法》。②应对气候变化、生态环境保护的战略规划、行动计划与方案。如 2009 年国家林业局发布的《应对气候变化林业行动计划》、2016 年全国绿化委员会印发的《全国造林绿化规划纲要（2016—2020 年）》、2019 年中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《天然林保护修复制度方案》、2022 年国家林业和草原局、国家发展改革委、自然资源部、水利部联合印发的《东北森林带生态保护和修复重大工程建设规划（2021—2035 年）》等。③森林碳汇交易指导意见，如 2014 年国家林业局出台的《关于推进林业碳汇交易工作的指导意见》。

2. 草地生态系统

为了推动草地生态治理，国家相关部门先后出台了多项政策法规，主要包括《“十四五”林业草原保护发展规划纲要》《加强草原保护修复的若干意见》《全国草原保护建设利用“十三五”规划》等。这些政策文件概括起来主要包含如下内容：

①加快推进草原生态修复。②完善草原生态补偿机制。③健全草原生态保护修复监管制度，强化草原生物灾害监测预警。

3. 湿地生态系统

目前，涉及湿地生态系统的政策文件主要包括《中华人民共和国湿地保护法》《长江保护法》《昆明市环滇池生态区湿地建设管理办法（试行）》等。这些文件在不同层面上明确了湿地生态治理及生态修复，加强湿地保护，维护湿地生态功能及生物多样性等问题。

4. 农田生态系统

2008年，中共十七届三中全会提出“永久基本农田”的概念，体现了党中央、国务院对基本农田及其质量、数量、生态等的高度重视和全方面管护。国家还通过一系列其他政策提出了对农田生态修复及治理的设想，包括《“十四五”全国农业绿色发展规划》《耕地草原河湖休养生息规划（2016—2030年）》《农业资源与生态环境保护工程规划（2016—2020年）》等总体规划方案，以及《受污染耕地治理与修复导则》（NY/T 3499—2019）等具体规定。

5. 城市生态系统

针对城市发展过程中出现的一系列问题，国务院办公厅于2015年10月发布了《国务院办公厅关于推进海绵城市建设的指导意见》，提出针对城市内涝问题要推进公园绿地建设和自然生态修复；住房城乡建设部于2017年3月发布的《关于加强生态修复城市修补工作的指导意见》中提出，要尊重自然生态环境规律，落实海绵城市建设理念；中共中央办公厅、国务院办公厅于2021年10月发布的《关于推动城乡建设绿色发展的意见》中提出，要从空间规划、住房建设、生态空间建设、公共基础建设等方面入手，促进区域和城市群绿色发展。

6. 海洋生态系统

自然资源办公厅2021年7月发布的《海洋生态修复技术指南（试行）》（自然资办函〔2021〕1214号）立足中国海洋生态修复工作实际，着眼海洋生态系统类型及其自然特点，明确了海洋生态修复的目的、原则、一般要求和技术流程。国家海洋局2017年3月公布的《海岸线保护与利用管理办法》强化了海岸线保护的硬举措。国务院2015年8月发布的《全国海洋主体功能区规划》以改善海洋环境质量、提升海洋生态服务功能为目标，实施分类管理。2020年8月，自然资源部、国家林业和草原局发布《红树林保护修复专项行动计划（2020—2025年）》对现有红树林实施全面保护，提升红树林生态系统质量和功能。

（五）制定符合中国政策的 NbS 实施框架

积极应对气候变化是中国实现可持续发展的内在要求，生物多样性是人类生存和发展的基础，要加强应对气候变化与保护生物多样性相关工作的统筹融合，使 NbS 成为应对气候变化与保护生物多样性协同增效的有效路径和重要纽带。中国地域辽阔，拥有丰富的生态系统类型，但不同生态系统的修复与治理通常又涉及不同的部门与政策。因此，对中国相关政策进行梳理，针对各个生态系统的生态修复问题与治理方案进行整体统筹，综合考虑各方利益和需求，构建了如下与中国政策相一致的 NbS 设计与实施框架。需要特别说明的是，本研究所列的实施框架，仅仅覆盖有相关政策直接支持的 NbS，有很多 NbS 仍未被政策覆盖，故并未列入专栏 2-1。

专栏 2-1 符合中国政策的 NbS 实施框架

准则 1：NbS 应有效应对社会挑战	“双碳”目标 / 气候变化； 生物多样性丧失； 粮食安全； 风沙侵蚀、水土流失、城市内涝； 土壤功能退化、海洋生态环境退化
准则 2：应根据尺度来设计 NbS	政策引导（总体）； 大规模植树造林、退耕还林、退耕还草（总体）； 永久基本农田（总体）； 城市绿地系统规划（总体）； 生物多样性保护区和生态廊道建设（生物多样性丧失）； 碳汇交易市场（“双碳”目标）； 城市海绵工程建设（城市内涝）； 加强城乡融合交流（粮食供给安全）
准则 3：NbS 应带来生物多样性净增长和生态系统完整性	外来物种控制； 廊道建设 / 联通孤立的斑块； 控制治理手段和强度； 构建生态链； 提高城市绿地植被群落的多样性
准则 4：NbS 应具有经济可行性	生态补偿； 碳汇交易； 企业社会责任（蚂蚁森林）； 特许经营模式、PPP 模式、EOD 模式
准则 5：NbS 应基于包容、透明和赋权的治理过程	考虑利益相关方进行生态补偿； 开发项目规划期公示； 农村生产经营合作社 / 村企合作； 设立保护监督投诉电话，征求社会意见

准则 6: NbS 应在首要目标和其他多种效益间公正地权衡	退耕还林、还草与永久基本农田管理; 生态影响可控的旅游开发; 森林间伐防火带; 轮作休耕、条耕
准则 7: NbS 应基于证据进行适应性管理	生态系统遥感监测 (1 年 1 次); 生态系统灾害监测 (实时); 污染物持续性动态监测 (实时); 土地利用现状调查 (10 年 1 次); 生态系统调查评估 (5 年 1 次); 分区建设导引 / 产业准入限制; 定期的动植物调查 (长期)
准则 8: NbS 应具可持续性并在适当的辖区内主流化	设定自然保护区、生态保护红线制度; 划定永久基本农田; 设定城市海绵城市建设制度、城市绿道建设制度; 生态治理成效进入考核; 森林公园、湿地公园建设

(六) 总结

中国高度重视生态系统的保护和可持续利用，近年来先后出台了一系列关于气候变化和生物多样性保护的政策文件。但是，在以下几个方面仍需加强。

第一，中国已经制定并实施了不同生态系统的 NbS 相关政策和措施，但尚未形成以 NbS 为出发点的政策体系。

第二，NbS 的相关政策和措施分散在不同的部门，但不同部门之间缺乏沟通和协调机制，难以形成一个高效的整体管理机制。

第三，针对准则 4，NbS 在经济上可行的政策不多。目前，资金的主要来源仍然是财政投入，没有形成多元化的资金投入机制。

二、基于自然的解决方案及其案例库范式

人类的福祉和生计与自然紧密相连并依赖于自然。然而，为了实现经济、社会和环境的可持续性，保护方法还没有充分融入其他相关部门（如农业、农村发展、城市规划、水、卫生等）。了解生态系统为不同受益者提供的多重利益，同时确保生态系统的完整性、功能和服务是 NbS 的核心¹。

¹ 世界自然保护联盟 (IUCN) 将 NbS 定义为“保护，可持续管理和恢复自然或改良生态系统的行动，有效和适应性应对社会挑战，同时提供人类福祉和生物多样性惠益”（由 IUCN 的 1400 名成员在 2016 年第六届世界自然保护大会第 069 号决议中认可）。

在 NbS 背景下应用保护方法的主要目标是保障社会。这意味着人们积极主动地参与到保护、恢复和可持续管理生态系统中，以应对社会挑战，同时遵守保护规范和原则^[1]。保护界正在进行的范式转变导致《生物多样性公约》（CBD）中所载的生态系统方法被采用^[2]。NbS 源于生态系统方法，并将基于生态系统的方法（如森林景观恢复、可持续土地管理、综合水资源管理、综合沿海地区管理、生态恢复、自然基础设施、绿色基础设施、基于生态系统的适应、基于生态系统的灾害风险减少等）统一在一个总框架下（图 2-1）^[3]。生物多样性和生态系统服务政府间科学政策平台（IPBES）及政府间气候变化专门委员会已经逐渐认识到了 NbS 及其在气候变化缓解和适应、生物多样性保护和人类发展方面的作用^[4]。



图 2-1 基于自然的解决方案，应对社会挑战（©IUCN）

案例研究可以成为一个有效的工具，以实际情况说明 NbS 的价值。此外，案例研究提供了一个学习的机会，因为案例研究体现了真正的 NbS 干预措施所具有的关键组成部分、方法和保障措施，并相应地防止了错误的标签。虽然每个案例都必须在其独特的背景下考虑，但有一些总体参数是项目和干预措施应该遵守的，以符合 NbS 的要求。这些参数确保社会挑战（图 2-2）得到充分解决，并同时提供人类福祉和生物多样性利益。



图 2-2 2016 年 IUCN 第六届世界自然保护大会上定义的基于自然的解决方案所应对的社会挑战（第 069 号决议）（©IUCN）

《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》有 8 个标准（图 2-3）和 28 个指标，特别适合用于记录 NbS，因为它为 NbS 干预措施提供了明确的科学依据和广泛咨询的参数¹。《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》的一个重要特征是其 8 个标准的相互依存和非等级性。因此，只要有 1 个标准不完善，就意味着有关的干预措施不符合全球标准，因此不能被确认为 NbS。

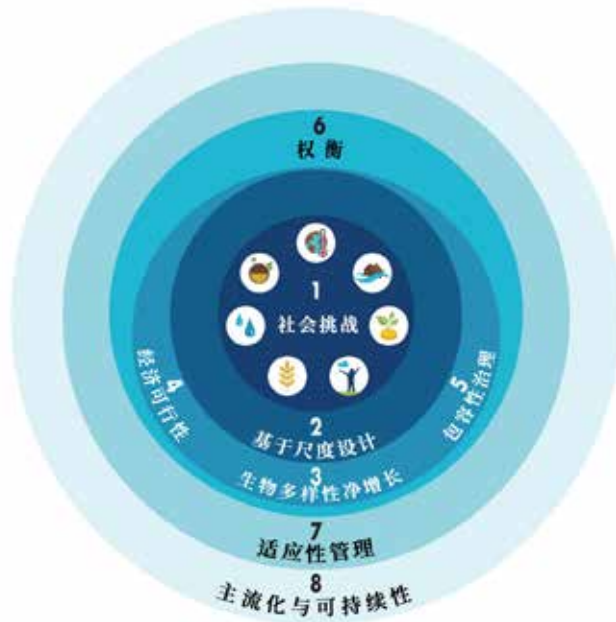


图 2-3 《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》的 8 个标准（©IUCN）

¹ IUCN (2020a). Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of NbS. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.; IUCN (2020b). Guidance for using the IUCN Global Standard for Nature-based Solutions. A user-friendly framework for the verification, design and scaling up of Nature-based Solutions. First edition. Gland, Switzerland: IUCN.

这里介绍的 NbS 案例研究原型数据库¹，是在中国生态保护政策背景下，努力吸取一系列国家和国际经验的结果。这些国家和国际案例的研究有助于确定加强 NbS 吸收、实施和融资的政策措施。

（一）中国案例研究

本部分介绍了在 5 个不同生态系统中实施的 5 个典型 NbS 案例。这些案例有①甘肃省甘加草原生态治理；②广东省深圳市海绵城市建设；③广西北海陆海统筹生态修复；④“三北”防护林工程；⑤山东省东营市湿地城市建设项目。所有这些案例都是按照上文提到的《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》来描述的。

1. 甘肃省甘加草原生态治理

位置：甘肃省甘南藏族自治州夏河县甘加镇

主要实施机构：当地部落村

NbS 干预措施的类型^[5]：类型 1（更好地利用现有自然生态系统和受保护的生态系统的解决方案）

案例概述：甘加草原处于甘肃与青海两省的交界地带。近年来，大多已被承包或禁牧的草场仍然面临草场退化等严重生态问题，甘加草原的牧民也开始借助外部政策探索有益于当地草原可持续利用的草场租用方法。目前，甘加草原的生态治理已取得了一定成效，在生物多样性方面，当地已记录到多种濒危野生动物。同时，由于当地牧民主动探寻新的放牧或生计方式，不仅牧民的收入有所提高，也在一定程度上改变了当地的社会观念，产生了更多社会经济效益。

专栏 2-2 《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》的特征和收益

总体得分	严格遵守《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》		
干预现状	所有主要的 NbS 修复活动都已完成并收到监督反馈，现在的重点是实施区域的可持续管理		
准则 1：NbS 应有效应对社会挑战	 气候变化减缓和适应	 经济与社会发展	 生态环境退化与生物多样性丧失

¹ <https://panorama.solutions/en>.

	气候变化始终是一个不容忽视的问题，会造成草地退化及土壤沙化等环境问题，并带来巨大的经济损失。随后，由于生存环境受到损坏，当地的生物多样性也会遭到一定程度的破坏。甘加草原治理建立起人、草、畜共生的耦合系统，与气候变化减缓与适应、经济与社会发展、生态环境退化与生物多样性丧失等社会挑战密切相关
准则 2: 按规模来设计 NbS	甘加牧民选择共用草场和四季轮牧的治理方式，把村作为治理的基本单位，在决策中结合经济、社会、生态系统间的相互作用，决定不同时空下草场的使用与管理。在此过程中，不仅需要当地牧民的自发行动，也需要部落村的管理与协调，以探寻适合当地实际情况的方法
准则 3: NbS 产生的生物多样性和生态系统完整性净收益	甘加牧民的直观感受与科学的监测数据都表明，近年来野生动物的物种多样性正在回升。产生的主要生态效益如下所示。 <ul style="list-style-type: none"> • 在 2018 年 7—8 月的牧草生长盛期，甘加草原的平均植被盖度仍然超过 70%。 • 2020 年，甘加草原平均干草产量为 1 975.67 kg/hm²。 • 在生物多样性方面，已记录到雪豹、荒漠猫等濒危野生动物
准则 4: NbS 的经济可行性	甘加牧民因地制宜地采取了租用草场、调整畜群结构等多种放牧策略，在提高放牧收益的同时保证了草场的可持续利用。甘加牧民因地制宜探索出的短期无畜策略，可以用空闲的草场来经营“藏家乐”，当地牧民也可以通过外出打工等其他生计方式获得更多收益
准则 5: NbS 应基于包容、透明和赋权的治理过程	甘加的村落已建立完整的决策过程与开放的协商平台，作为主要决策者的草场管理小组和执行者的巡护小组都由村集体选出，各村集体根据自身情况确定选举规则，各牧户都可派代表参与，很好地体现了对全体牧民的包容性及公平性
准则 6: NbS 应在首要目标和其他多种效益间公正地权衡	甘加的村落在草场治理中以集体和长远利益为首要目标，以少数服从多数的方式进行决策。共用草场和四季轮牧是甘加草原当前生态治理的基础和最主要特征，显然是出于共同集体利益的考虑，只有这样才能保证绝大多数牧民的利益不受影响
准则 7: NbS 应基于证据进行适应性管理	当地村集体自发组织的管理小组、巡护小组等，能够更快地监测到实施过程中产生的各种问题，并及时解决。当面临自然、政策、市场等外部难以预计的变化时，当地牧民还相应调整，自发设计了租用草场、短期无畜等灵活的解决方案，同时对当地 NbS 体系形成一定反馈
准则 8: NbS 应具有可持续性并在适当的辖区内主流化	甘加牧民社区以长期互惠关系作为维持“村”这条对草原治理至关重要的集体纽带，有利于各项措施的可持续性。甘加草原在 NbS 实践中获得的经验，也可以在一定程度上将其纳入地方或国家战略，作为一项政策制度加以总结、规范，并长期实施

经验教训:

(1) 生态治理方案的设计者应持开放的心态与当地牧民、政府等利益相关方交流和分享信息，更深入地了解当地的自然、社会、文化背景，进行因地制宜的设计。

(2) 目前,大多数基于自然的解决方案都由企业、政府等推动,社区通常是在一定程度上被忽视的利益相关方,其在治理中需要被赋予更大的参与空间。

(3) 解决方案需要避免“一刀切”的弊端,在设计之初便赋予治理规则足够的灵活性,并在实施过程中对项目的影响进行长期监测,以便更好地应对多尺度且复杂的社会挑战。

2. 广东省深圳市海绵城市建设

深圳是中国南方的一个沿海城市,位于广东省南部的珠江口东岸,是粤港澳大湾区的四个核心城市之一。深圳属于受季风影响的亚热带气候,年降水量大,夏季易受台风影响。中国改革开放以来,受益于政策支持和地理优势,深圳在经济发展方面走在了前列。然而,经济发展、人口涌入和资源消耗也对当地的生态系统造成了严重破坏。城市扩张导致硬化地表的比例越来越高,城市绿地被严重分割。面对极端天气条件下的强降雨,其绿地难以有效地储存雨水,导致频繁的内涝。高度硬化的城市空间几乎不能满足居民对高质量绿色休闲空间的需求,降低了他们的生活质量。为了缓解内涝,增加绿地,深圳大力建设海绵城市。2016年,深圳成了国家海绵城市计划(SCP)的试点城市。同年,《深圳市推进海绵城市建设工作实施方案》经审议通过。根据该计划,海绵城市建设应纳入深圳城市管理和治理的全过程和各方面,并将试点地区的经验推广到整个城市,实现整体效益最大化。2016年,《深圳市海绵城市建设专项规划及实施方案(2016)》发布,为各区和重点区域制定海绵城市建设的下级规划提出了指导意见。目前,根据对监测、模拟、评估结果的综合分析发现,深圳各试点地区的关键指标均达到了规划的目标,显示出了海绵城市建设的重大进展。

3. 广西北海陆海统筹生态修复

北海市滨海国家湿地公园拥有中国南部沿海典型的水库、河流和与沿海水域相结合的湿地生态系统。公园内有国家重点保护的紅树林资源9种,17种濒危动植物,86种中日联合保护候鸟,38种中澳联合保护候鸟。然而,近年来北海城市建设、沿海工业、水产养殖和旅游业的快速发展引发了一系列问题。例如,冯家江流域受到严重污染,银滩及其附近水域的环境质量下降;滨海湿地生态系统结构受损,功能降低,银滩水岸脱节,紅树林不断减少,预示着生物多样性的丧失;城市内涝频发。2017年,在及时部署“生态立市”战略后,北海启动了NbS项目,以整体的方式恢复其陆生和水生生态系统。修复项目涵盖三江渠、铁流渠、鲤鱼池水库和冯家江,总面积445.91 hm²,其中,陆地面积300 hm²,水域面积145.86 hm²。目前,约有150 hm²的紅树林得到了恢复,109 hm²的紅树林得到了种植。在一些地区,种植的红树林保存率

已从不到 20% 提高到了 50% 以上。

4. “三北”防护林工程

“三北”防护林工程是指在西北、华北和东北地区开展的大规模造林工程，防护林总面积为 406.9 万 km²，占中国土地面积的 42.4%。长期以来，三北地区风沙危害和水土流失十分严重，农业生产低而不稳。该项目于 1978 年开始，计划于 2050 年完成，它由 8 个阶段组成，计划造林面积约为 216 万 km²。到 2050 年，三个北方地区的森林覆盖率将从 1977 年的 5.05% 增加到 14.95%。致力于恢复清水和绿山的首要任务，该项目将大规模植树种草，持续恢复自然生态系统。该项目实施 40 年以来，共种植防风固沙林 78 820 km²，恢复沙化土地 33.6 万 km²，恢复严重沙化、盐碱化的草原和牧场超过 10 万 km²，三北地区的森林净增了 21.56 万 km²，森林覆盖率从 5.05% 提高到了 13.57%，碳汇总量达到了 23.1 亿 t，相当于 1980—2015 年中国工业部门二氧化碳排放总量的 5.23%。

5. 山东省东营市湿地城市建设项目

东营市是黄河三角洲的一个核心城市，位于山东省的东北部，毗邻渤海。河流和海洋赋予了这座城市丰富的湿地资源，总面积达 4 581 km²，占全市面积的 41.58%。在这样的自然条件下，东营市被定位为“湿地城市”，并在城市建设中发挥了湿地资源的优势。然而，由于地形和管道基础设施的原因，东营市面临着严重的内涝和水资源短缺导致的湿地退化问题。为了解决内涝问题，有效应对水资源短缺、气候变化和其他社会挑战，东营市积极寻求将湿地保护和城市发展相结合的解决方案。经过多年的努力，东营市的湿地比例明显提高，供水、水产品、原材料和其他实物产品也创造了巨大的经济价值，并通过排水系统和蓄洪工程的建设有效缓解了内涝问题。

（二）国际案例研究

为了丰富案例研究类型，本节还分析了 5 个国际案例。同时每个国际案例均经过了 IUCN 全球 NbS 标准的全面评估。它们包括应用于海洋、森林、农田、沿海和湿地生态系统的案例。根据商定的文件框架分析了以下 5 个国际案例：①危地马拉拉丘亚生态区可持续可可种植的农林业系统；② Medmerry 区域实现海岸重整；③湄公河三角洲上游洪泛平原基于洪水的农业；④马里斯塔尼斯海岸和湿地综合管理；⑤桑给巴尔的可持续性水产养殖和创新性海藻养殖。其中，作为说明性例子，详细介绍了危地马拉拉丘亚生态区用于可持续可可种植的农林业系统。完整的国际案例研究可以在 CCICED 特别政策研究的补充报告中找到^[6]。

1. 危地马拉拉丘亚生态区可持续可可种植的农林业系统

地点：拉丘亚生态区，伊斯坎、基切和奇塞克市，危地马拉



主要实施机构：IUCN

其他实施机构：拉丘亚湖基金会，危地马拉农业部

NbS 干预措施类型^[5]：类型 2（恢复和管理生态系统的可持续管理解决方案，包含创新的土地利用规划方案）

总结：预计 30% ~ 40% 危地马拉家庭的全年收入来源于林产品。可可生产被认为是一种经济上可行的替代方案，可以创造就业机会、增加当地收入，具有经济、社会、环境和文化价值。可可作为该地区特有的品种，产量高、质量好，有很大潜力促进生产者和社区的经济社会发展。在拉丘亚生态区开展的 NbS 干预措施为 303 hm² 内的 179 位可可生产者提供帮助，旨在基于可持续的农林混种管理方式增加可可产量。这不仅能提升当地生活水平，也可以通过修复森林景观进而增加环境保护和生物多样性保护成果。例如，在曾经的退化区中，包括土壤保水性、森林连通性、碳封存等在内的生态系统服务得到了提升，这对于拉丘亚湖国家公园和拉姆萨尔湿地中的缓冲区有着特殊的意义。NbS 干预成功的关键原因之一是 IUCN 和其他机构（包括粮农组织和其他组织）的长期支持，从而在多个层面上实现了本地社区的良好治理（如设立二级机构、IUCN 成员——拉丘亚湖基金会）。此外，NbS 干预的成功也离不开同公共项目和投资的紧密协调，以及依赖农业和制造业的良好实践，同时关注人力资本建设和能力培养，而非大量投入资金、基础设施、设备和物资。这些保证了长期的可持续发展。干预措施有利于减贫、提升本地社区（大多属于凯克其族群原住民）的生活水平，也极大推动了保护区外（生态区内）的退化地区修复，并减少了对拉丘亚湖国家公园的威胁。

专栏 2-3 《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》的特征和收益

总体得分	严格遵守《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》
干预现状	所有主要的 NbS 修复活动都已完成并收到监督反馈，现在的重点是实施区域的可持续管理
准则 1: NbS 应有效应对社会挑战	  <p>经济与社会发展 生态环境退化与生物多样性丧失</p>

	<p>在与本地社区和利益相关方商议后，确定了主要社会挑战和对人类福祉的影响。除此之外，IUCN 已在该地区展开工作 20 余年，非常了解当地面临的社会挑战。拉丘亚生态区最早为原住民（凯克其族群）社区居住地。贫穷是当地面临的主要挑战，改变土地利用方式影响了当地的生物多样性并且导致生态环境恶化。在对提供经济、社会和环境效益的生计选择进行评估后，确定了可可农林混作系统是最理想的选择，并且可可对凯克其玛雅人而言具有文化价值。可可既被用作一种货币，也被用来制作食物和饮料。通过干预措施，可可农林混作系统的收入，以及打通国际市场和价值链，给生产者们的生活带来了积极影响</p>
<p>准则 2: 按规模来设计 NbS</p>	<p>拉丘亚生态区实施的 NbS 干预重点在于改变了土地利用方式，实现了该区域可可农林混作系统中农业和制造业的良好实践。该项目非常重视开发覆盖整个价值链的战略。一条完整的价值链包括生产、加工、销售、当地农民和社群的组织能力、主要机构对技术援助的支持和投入，以及增加获得公共和私人筹资机制及投资的机会。除农业部门外，旅游部门和私营部门也全程参与到项目中，以推动良好实践纳入主流商业模式。本地层面采取因地制宜的措施，国家层面则采取有助于将整个区域的组织和技术能力主流化的措施</p>
<p>准则 3: NbS 产生的生物多样性和生态系统完整性净收益</p>	<p>因为 IUCN 入驻该地区时间已久，所以对生态系统现状的多种研究已经存在。这些可作为基线，用于研究 NbS 干预对生物多样性的积极影响。尤其是《森林景观恢复评估方法指南（ROAM）》和 InVEST 工具（过去是提供直接效益和协同效益证据的工具）。除此之外，还编写了可可种植良好实践手册，以提高本地社区在可持续可可农林混作种植方面的能力。</p> <p>生物多样性主要成果^[1]如下。</p> <ul style="list-style-type: none"> • 高价值保护区内，303 hm² 传统单一作物耕地完成修复，改为可可农林混作系统。 • 土地利用方式改为农林混作，减少了 9 320 t 的二氧化碳当量温室气体排放（每年 1 864 t 二氧化碳当量；树木和根系等陆地生物量储存的二氧化碳当量增加 80%，如树和树根，土壤中增加 20%）；根据可可农林复合系统之前的土地利用情况，每公顷侵蚀减少了 33.8 ~ 107.7 t，每公顷沉积减少了 0.03 ~ 4.6 t。 • 其他观察到的成果包括森林连通性提升、植被覆盖增加、新发现的鸟类和传统作物（如玉米种植园、豆蔻种植园）共存、消除了因使用工业化农肥而产生的化学污染
<p>准则 4: NbS 的经济可行性</p>	<p>社区组织和拉丘亚湖基金会共同进行了一项金融经济分析，作为该项目的一部分，用于开发一个全面的可可种植商业模式。该分析为农业和制造业的良好实践、良好治理机制以及融资、创新和市场准入（包括国际市场）提供了框架。除此之外，它提供了生产什么、如何生产、生产实践、售卖方式以及如何为活动融资的指引。另外，就可可价值链以及其中每个参与者的主要活动达成一致。该模式与美国、比利时、韩国等国家建立了 36 家企业签署商业合同，打开了危地马拉可可产品的国际市场。随着可可质量提升，可可的单价也从每千克 2.28 美元涨到 4.50 美元。</p> <p>主要经济效益^[1]如下：</p> <ul style="list-style-type: none"> • 农作物产量增长了 152% [293 kg/ (hm²·a)]。 • 出口优质产品销量从每年 0 t 上升到 47 t。 • 创造了至少 315 个长期就业岗位（比 2015 年基线上涨了 289%）。

	<ul style="list-style-type: none"> • 国家可可农业链战略将生产的可可豆定位为全球市场价值链的一部分。 • 年均销售额超过 17 万美元。 • 年均家庭收入为每年 1 411 美元（人均日收入增长了 342%）。 • 180 hm² 可持续可可农林混作系统纳入了国家奖励计划
<p>准则 5: NbS 应基于包容、透明和赋权的治理过程</p>	<p>项目的整个过程中采取了协商和参与式的方案，并取得了自主、事先和知情的同意（FPIC）。尤其是在与正式组织机构（社区发展委员会）密切协调下，创立并加强了本地社区组织的地位。创造了新的就业岗位，尤其是为凯克其玛雅人群的青年和女性创造了就业岗位，岗位覆盖整个生产链。设立了国家级机构技术团队，负责根据国家可可价值链战略协调并促进行动。技术团队包括危地马拉政府、本地非营利组织和可可价值链上的参与者。898 位生产者和技术人员为实现可持续农业和制造业提升技术能力（其中 20% 为女性）。特别是年轻的女性和男性在参与到技术、管理和行政事务时，可从中受益，成为受认可的领导者^[1]。作为干预的一部分，生产者协会负责收集、加工和运输可可，促进可可销售并为生产者提供技术援助。现有的种植管理系统加强了协会和生产者的组织和行政能力，为项目的成功做出了贡献。但不足之处在于缺乏申诉机制。2018 年，该倡议获得 IUCN 影响力奖之社会包容类奖项，以表彰女性和青年在战略中的参与</p>
<p>准则 6: NbS 应在首要目标和其他多种效益间公正地权衡</p>	<p>NbS 干预能实行的关键条件是 20 世纪 90 年代的土地使用权正规化，拉丘亚生态区的本地可可生产者参与了正规化的过程。整个过程中分析了不同土地利用性质的环境和经济效益，得出农林混作的选项结论。当地凯克其族群原住民拥有的当地传统知识在达成权衡取舍方面极为重要。特别是九个生产者协会、拉丘亚湖基金会和一些服务供应商就方案和预期收益达成了一致。危地马拉北部可可种植农业耕作的发展增加了整个产业链的可信度和透明度。项目不仅提供了提升可可产品销量的商业计划，也支持人们寻找其他的收入来源，如通过旅游业</p>
<p>准则 7: NbS 应基于证据进行适应性管理</p>	<p>NbS 干预促进了 20 世纪 90 年代确定的战略重点，指明了贫困的主要驱动因素以及相关的自然因素。除此之外，确定了可可替代解决方案。为 NbS 干预设立的监测评估框架已就位，它可以在整个项目干预周期内提供反馈循环，可以就此相应调整方案。在拉丘亚生态区开展的一项针对 31 户家庭的调查中询问了收入增加对他们生活的积极影响，大多数家庭认为他们的生活水平得到了提升。从拉丘亚生态区的经验中吸取的教训促成了一项后续项目，该项目在危地马拉的许多地点展开了行动，共涉及超过 1 000 名生产者，实现了 776 hm² 的土地修复。除此之外，政府确定了新的国家目标，将有 15 000 hm² 土地专门用作可可农林混种</p>
<p>准则 8: NbS 应具有可持续性并在适当的辖区内主流化</p>	<p>将从拉丘亚地区的 NbS 干预中吸取的教训，尤其是产生的金融、经济和环境效益，作为优先考虑国家层面景观恢复的关键标准，直接推动可可农林业纳入国家可可价值链战略的进程。基于可可农林混作系统的管理方案中明确的技术参数，危地马拉政府设立了激励项目以资助投资，从而维持该系统。拉丘亚生态区为可可种植而开发的商业模式保证了可持续性和干预的持久性，也确保了该模式受到当地居民认可且包容女性^[1]</p>

经验教训:

(1) 长期参与。在该地区 20 多年工作中收获的理解和信息对明确有关的社会挑战、了解对人类福祉的影响至关重要,也是在特定社会、经济和文化背景下提出可接受方案的关键。

(2) 关注女性和青年的包容性治理。在提升生活水平和减贫方面,包容传统知识,并提升当地社区(尤其是女性和青年)的参与度,可以增进平等并有助于 NbS 干预成功实施。

(3) 强有力的商业案例。与相关方合作发展一种强健的商业模式,不仅保证了干预的可持续性,也创造了打入国内和国际市场的新机遇。

2. Medmerry 区域实现海岸重整

Medmerry 区域过去是由一条狭窄的石堤保护,只能抵挡极小的沿海风暴。但由于沿海地区洪水和过度冲刷次数增加到了每年几次,加之受到海平面上升和气候变化的影响,现有的石堤已不足以抵挡洪水。这可能会影响生命安全以及损坏财产和基础设施。除此之外,海岸挤迫也导致海岸栖息地减少。为此,英国环境部交付了一个价值 2 700 万英镑的项目,以重新调整内陆的防洪设施,并以高度优化的防洪工事来防治洪水。此干预措施创造了 300 hm² 的栖息地(其中 183 hm² 为潮间带,包括泥滩、盐沼和过渡草原),保护了 300 多个房子、多处道路基础设施以及一处污水处理厂,推动了当地旅游业和娱乐业的繁荣发展,每年吸引了 22 000 名游客前来。Medmerry 区域实现海岸重整带来的最主要的积极影响包括提升了洪水风险管理、创造了野生动物栖息地、提升了景观质量并提供了娱乐设施。

3. 湄公河三角洲上游洪泛平原基于洪水的农业

圩田种植单作三季稻一直是湄公河三角洲洪泛平原的主要农业活动,引发了三角洲季节性洪泛平原上的重大损失以及生态系统功能的下降,包括土地肥力下降、抗洪能力下降和水生生境和生物多样性减少。洪水风险增加带来的负面影响也给越南和柬埔寨两国之间带来了跨境的挑战。根据记录的农民知识和经验,IUCN 在越南安江省、同塔省和隆安省推广并改进了本地实践的、基于洪水(湿地)的农业和生活模式。基于洪水的农业和生活模式成了经济上可行、风险低的单作三季稻替代方案,从而增加了经济和社会复原力,保护并修复了湄公河三角洲淡水湿地/洪泛区的生物多样性。NbS 干预措施考虑了三个系统:浮稻系统、莲花养殖系统和水稻栽种系统。由于极端天气越来越多,还探索了混合解决方案(堤坝和洪泛区的组合),使得防洪和适宜的方法发挥了作用,从而化解了干旱风险并管理了洪水的到来和退去。虽然 NbS 干预主

要关注农民在开阔的洪水区（无堤坝）和防洪区（低堤坝）中增加额外的洪水作物，但也要考虑在封闭防洪区（高堤）中用高价值的洪水作物替代低价值的灌溉作物的效果。为了在洪水缓时将生物多样性最大化并提升人类福祉，干预措施需要扩大到整个湄公河三角洲洪泛平原。为此，绿色气候基金（GCF）目前正在开发一个后续项目。

4. 马里斯塔尼斯海岸和湿地综合管理

奥里斯塔诺湾拥有许多淡水和沿海湿地。过度开发、土地利用性质变化、水文变化、污染和人类活动引起的压力威胁生态系统健康、生物多样性，以及湿地生态系统带来的经济、社会和文化效益。奥里斯塔诺湾沿岸地区包括 18 个湿地和 1 个海洋保护区，分布在 200 公里的海岸线上，占地面积达 7 700 hm²。该地区的主要经济活动包括手工渔业、农业和旅游业。案例中提出的 NbS 干预措施聚焦于创建一个综合管理模式，为奥里斯塔诺湾（一个新的地区公园）中的沿海湿地提供长期管理战略。该提议有助于平衡社会和环境需求，并为认识湿地的经济和文化潜力做好准备工作。因为仍在实施中，所以《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》自我评估被用于确定 NbS 干预的切入点。

5. 桑给巴尔的可持续性水产养殖和创新性海藻养殖

1990 年，桑给巴尔成为非洲主要的海藻生产地区。海藻养殖活动通常规模小，并且主要在海洋保护区、红树林和珊瑚礁附近的潮间带进行。88% 的海藻养殖者是女性，这使海藻养殖成为提升女性经济地位和社会角色的一项重要活动。天气变化、生产者协会的缺位、进入国际市场的困难以及沿海生态系统的保护不足，导致了高价值海藻产量的下降。尽管桑给巴尔采用的共同管理方法旨在保护沿海生态系统和栖息地、加强手工渔业和海水养殖，但管理方面的缺陷依然存在。近几年出现了水产养殖和海洋保护的新方法（2014 年以来一直被应用在具体项目上），桑给巴尔的案例也首次测试了海藻养殖对《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》的遵守程度。

（三）总结

1. 《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》为 NbS 干预措施的评估提供了坚实的标准和指标。详细的自我评估可以深入了解干预措施的优势、劣势、机会和挑战，从而确定具体的纠正措施和改进措施。

2. 利用当地知识和/或传统知识，加之土著人民、本地社区和传统上的少数群体（如女性和青年）的参与，开展包容性治理，运用开放、透明和参与性方法，具有巨大优势。如危地马拉和桑给巴尔案例所示，当设计考虑女性角色和固有的性别差距时，可以通

过 NbS 获得更多的机会、更高的社会地位和收入。

3. 规模是成功的重要因素。小规模、有时限、试点和基于项目的干预措施通常无法解决社会挑战的全部复杂问题，也很少能达到 NbS 预期的生物多样性和人类福祉结果。

4. 有利的制度、法律和政策环境。通过使自然成为应对社会挑战的盟友为 NbS 的实施和投资提供支柱。支持、清晰和连贯的法律和政策框架可以进一步加强和促进相关部门和参与者之间的协调，并保护直接或间接受益于干预措施的受影响和弱势社区的权利¹。

三、基于自然的解决方案的价值化评估框架

NbS 越来越多地被采用，以帮助支持生物多样性，确保生态系统服务，并在减缓进一步变暖的同时减轻气候变化的影响。为了了解 NbS 所带来的好处，重要的是要在不同的规模和地点统一衡量其结果，并遵循国际公认的标准和建议。然而，衡量 NbS 结果的框架还没有被开发出来。

本节介绍了利用两个互补的框架来衡量 NbS 的结果，包括：①应用于中国案例研究的生态系统生产总值 (GEP)^[2]；②在联合国统计委员会最近通过的国际统计标准“环境经济统计与生态系统体系” (SEEA EA) 的基础上，为评估国际案例研究而开发的新框架^[3]。

(一) 生态系统生产总值和中国案例研究

1. 不同生态系统服务功能评价方法的比较

目前，国际学界对价值化评估自然对人类的贡献处于积极探索阶段，1992 年联合国环境与发展大会通过的《21 世纪议程》明确提出要开展自然资本和生态系统评估研究，相关研究自此兴起。Costanza^[4] 和 Robert^[7] 相继提出了各自的研究范式，并推动自然资本核算成为研究热点。欧阳志云等在中国开展了一系列生态系统服务价值化核算与应用^[2, 8, 9]，并推动形成了中国乃至世界第一个生态系统服务价值化评估的官方制度体系。

通常，将生态系统服务价值评估分为功能量核算和货币价值量核算两个阶段。归纳当前国内外学者在生态产品核算上采用的方法异同，可以梳理出以下 3 种典型类型：

¹ <https://networknature.eu/network-nature-case-study-finder>.

①基于生态系统类型价值系数方法（landcover coefficient method），以 Costanza^[4]和谢高地^[10, 11]为代表；②基于本地化参数的生态系统服务生物物理过程方法（bio-physical modeling method），以 Robert^[7]和韩宝龙^[12]为代表；③基于非市场化货币的当量替代方法（equivalent replacement method），以刘耕源^[13]、刘世锦为代表。

表 2-1 典型生态系统服务评估方法的比较

	I. 基于生态系统类型价值系数方法	II. 基于本地化参数的生态系统服务生物物理过程方法	III. 基于非市场化货币的当量替代方法
尺度（精度）	全国（一般）	本地化（高）	全国（一般）
功能量计算	简单（生态系统类型价值系数表）	复杂（各类生态系统服务过程模型）	与 I 型或 II 型方法相同
价值量计算	简单（替代工程成本）	简单（替代工程成本）	简单（当量替代系数表）
使用人群	广泛	生态环境领域	较少
管理实践	抓手少	抓手多	较难理解

2. 方法

（1）实物量评估方法

表 2-2 生态系统服务的实物量评估方法概述

类别	核算指标	核算方法
物质供给	生物质供给	农林牧渔产品查阅当地统计年鉴或农业部门数据。水资源供给量查阅当地水资源公报或水务部门数据，或者计算总供水量中由当地自然资源供给的量
	水源涵养	本地降水量减去径流量，再减去蒸散发量
	土壤保持	在产流降雨条件下，由通用土壤流失方程（RUSLE）计算得出土壤保持量，再乘泥沙形成系数得到减少泥沙淤积量。土壤保持量乘土壤中面源污染物含量得到面源污染削减量
调节服务	防风固沙	利用修正风力侵蚀模型（RWEQ）计算研究区内的实际侵蚀量和潜在侵蚀量，相减得到生态系统的防风固沙量
	海岸带防护	利用自然岸线法，计算区域内起到防护作用的自然岸线总长度
	洪水调蓄	利用 SCS 模型计算植被削减径流量；利用监测数据计算湖泊、沼泽、水库的滞留水量
	空气净化	根据本地大气污染物达标水平，选择污染物排放量或者净化量（每类生态系统单位面积净化量乘面积）为实物量
	水质净化	根据本地水质达标水平，选择水体污染物排放量或者净化量（每类生态系统单位面积净化量乘面积）为实物量
	固碳	根据净初级生产力数据和 NPP/NEP 转换系数计算二氧化碳固定量；或依据两年生物量之差和 C 转化为 CO ₂ 的系数计算固碳量；或利用不同生态系统的固碳速率乘时间计算年固碳量

类别	核算指标	核算方法
调节服务	气候调节	在高于适宜温度时期，本地各类生态系统单位面积蒸散发消耗热量乘面积，并加总
	削减噪声	根据在不同路段的典型样地监测数据，评估道路绿化（两侧及内部）平均削减噪声量
文化服务	旅游康养	根据抽样调查统计获取的自然风景旅游与休闲人数和平均滞留时间。
	休闲游憩	根据抽样调查的方法获取研究区内公共游憩绿地（公园、绿道、滨水空间等）上的休闲游憩总人数
	景观增值	根据抽样调查统计获取当年房屋交易中的景观溢价价值，以及酒店交易中的景观溢价价值

（2）价值量评估方法

表 2-3 生态系统服务的价值量评估方法概述

类别	核算指标	核算方法
物质供给	生物质供给	土地租金法、市场价值法、残值法
调节服务	水源涵养	替代成本法，将建设蓄水量与生态系统水源涵养量相当的水利设施所需要的成本作为生态系统水源涵养价值
	土壤保持	替代成本法，利用土方清运成本计算减少泥沙淤积价值，利用污染治理成本计算减少面源污染价值
	防风固沙	替代成本法，利用单位面积沙化土地治理费用或单位植被恢复成本核算森林生态系统防风固沙功能的价值
	海岸带防护	替代成本法，运用海浪防护工程的建设和维护成本评估滨海盐沼、红树林、珊瑚礁等生态系统防风护堤的价值
	洪水调蓄	替代成本法，运用水库的建设和运营成本核算生态系统的洪水调蓄价值
	空气净化	替代成本法，运用工业治理大气污染物成本核算生态系统空气净化价值，主要核算二氧化硫、氮氧化物、烟粉尘等污染物净化价值
	水质净化	替代成本法，采用工业治理水污染物成本评估生态系统水质净化价值，主要核算化学需氧量、总氮、总磷等污染物净化价值
	固碳	市场价值法，运用市场碳交易价格核算生态系统固碳价值
	局部气候调节	替代成本法，运用人工调节温度和湿度所需要的耗电量核算生态系统局部气候调节价值
	削减噪声	替代成本法，运用隔音墙的建设和维护成本评估生态系统噪声削减价值
文化服务	旅游康养	运用旅行费用法核算生态系统旅游康养服务价值
	休闲游憩	运用替代成本法核算生态系统休闲游憩服务价值
	景观增值	运用特征价格法或市场价值法评估生态系统为其周边地区人群提供美学体验、精神愉悦功能的价值

3. 公园：深圳市福田红树林生态公园案例

(1) 案例背景

深圳市红树林生态公园位于深圳市福田区，占地面积约 38 hm²，是一家免费向公众开放的市政公园，也是一家兼顾生态保育与湿地教育的生态公园，承载着城市重要的生态、文化、康体及游乐功能。该公园由福田区政府委托红树林基金会（MCF）进行管理，是中国首个采用“政府+专业机构+社会公众参与”社会治理模式的生态公园。地理位置上，公园西边毗邻全国唯一一个位于城市腹地且面积最小的国家级自然保护区——福田红树林国家级自然保护区，南边紧邻国际重要湿地——香港米埔自然保护区，福田红树林生态公园位于两保护区中间，是极其重要的缓冲带，和两个保护区共同组成孕育着珍贵原生红树以及其他湿地生物的深圳湾湿地，具有重要的生态价值和景观文化价值（图 2-4）。



图 2-4 福田红树林生态公园

(2) 案例评估体系

在深圳市福田红树林生态公园的 NbS 案例评估中，由于当地没有农业生产和水资源供给服务，因此将其对人类的惠益归纳为调节服务产品（8 子项）和文化服务产品（2 子项）两大类进行评估，详细指标体系见表 2-4。

表 2-4 福田红树林生态公园生态系统服务指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
调节服务	减少泥沙淤积	本地生态系统通过林冠层、枯落物、根系等各个层次保护土壤，削减降雨侵蚀力，增加土壤抗蚀性，减少泥沙阻塞河道
	削减面源污染	本地生态系统减少了泥沙淤积使相关水系面源污染（氮、磷）减少了
	气候调节	本地陆域生态系统蒸腾、蒸发带走的热量
	固碳	本地生态系统吸收大气中的二氧化碳合成有机质，将碳固定在植物或土壤中
	洪水调蓄	本地生态系统吸纳的降水、蓄积的径流和过境水
	水源涵养	由本地生态系统拦截滞蓄的降水，通过增强土壤下渗、蓄积，补充地下水，净增加本地水资源量
	空气净化	本地生态系统吸收、过滤、阻隔和分解大气污染物，改善大气环境（二氧化硫、氮氧化物、工业粉尘）
	水体净化	湖泊、河流、沼泽等水域湿地生态系统吸附、降解和转化水体污染物（COD、氨氮、总磷）
文化服务	旅游休闲服务	本地生态系统提供的文娱休闲服务有益于丰富知识、愉悦身心
	自然景观溢价	本地生态系统的美丽自然景观使房产使用过程中发生了溢价

(3) 案例评估结果

核算结果显示，福田红树林生态公园不仅是深圳和香港现存的野生猫科动物豹猫和周边 300 余只黑脸琵鹭的重要生态廊道和栖息地，而且每年涵养水源约 72.30 万 m^3 、减少降温能耗 3 009 $\text{kW}\cdot\text{h}$ ，削减城市暴雨径流 14 万 m^3 。此外，公园在削减面源污染、吸收二氧化碳、净化空气、水体自净等方面也发挥了巨大的作用。这些调节类生态产品价值年均约 3 107 万元 /a。

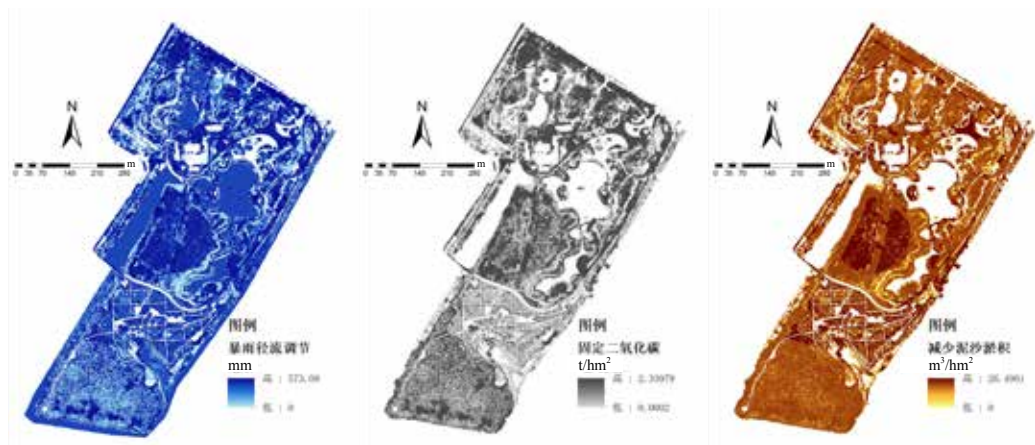
此外，福田红树林生态公园还发挥着重要的文化服务功能，其年均访问人次为 130 万，年举行科普教育获益人次为 1.1 万，在半径 2 km 范围内为约 150 万 m^2 的建筑空间提供各类型景观增值服务。这些文化类生态产品价值年均约 1.61 亿元。

福田红树林生态公园是深圳市重要的生态产品供给区域，单位面积调节类生态产

品供给能力是全市均值的 2.28 倍，单位面积总生态产品供给能力是全市均值的 7.43 倍（表 2-5，图 2-5）。

表 2-5 各生态系统服务核算结果

生态系统服务类别	功能量	单位	价值量	单位
减少泥沙淤积	613	m ³	7 719	元
削减面源污染	总磷	3.24	36 288	元
	总氮	1.89	6 615	元
固碳	658	t	28 116	元
水源涵养	722 901	m ³	4 417 433	元
洪涝削减	140 753	m ³	4 691 294	元
气候调节	3 009	万 kW·h	21 577 183	元
空气净化	二氧化硫	5	8 654	元
	氮氧化物	138	262	元
	粉尘	615	276 812	元
水体自净	化学需氧量	6	15 777	元
	总氮	0.44	1 529	元
	总磷	0.44	4 892	元
文娱服务	130	万人次	10 400	万元
景观溢价	150	万 m ²	5 783	万元
总计	—	—	19 290	万元



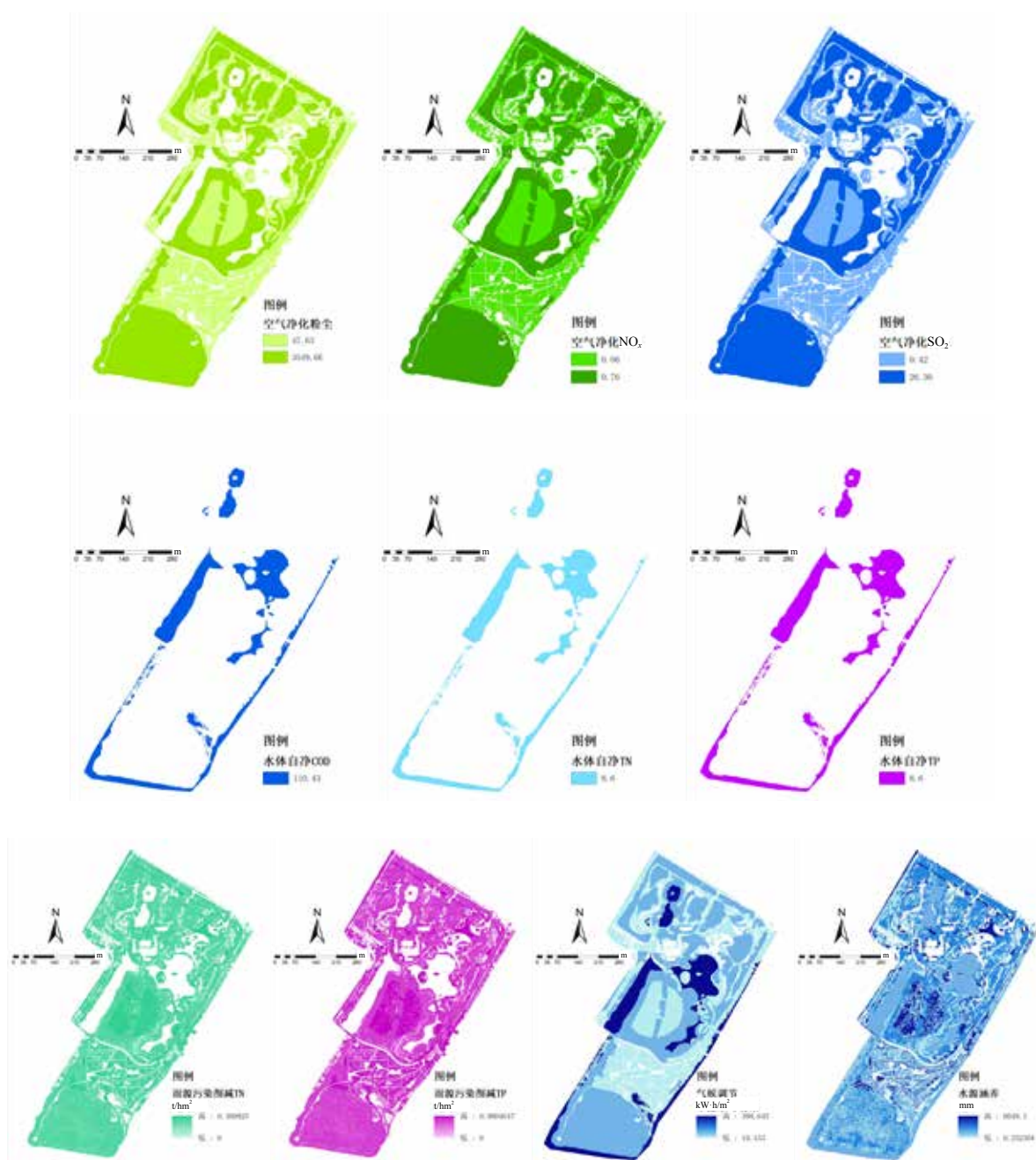


图 2-5 福田红树林生态空间生态系统服务

4. 城市：深圳市交通绿化带案例

(1) 案例背景

中国城市化发展迅速，经济的发展、人口的涌入、资源的消耗同样对当地的生态造成了严重的破坏，面积仅 1 997.47 km² 的深圳在支持当地产业经济发展的同时，还需容纳规模庞大的常住人口，城市的无序扩张导致城市硬化地表占比不断攀高，城市绿地破碎化严重，最终引起了城市绿色基础设施生态系统服务供给能力的降低。本评估以深圳市交通绿化带为案例，评估超大城市道路绿色线性空间的生态系统服务供给能力。

(2) 案例评估体系

深圳市交通绿化带作为线性绿色空间，在诸如气候调节、固碳、土壤保持等服务类别上的表现较其他绿地空间并不突出，却可凭借路侧下沉式绿地设计和复杂群落结构设计发挥强大的洪水调蓄和噪声削减功能，遂将洪水调蓄、噪声削减两项服务作为深圳市交通绿化带的评估指标。

表 2-6 深圳市交通绿化带生态系统服务评估指标体系

一级指标	二级指标	指标说明
调节服务	洪水调蓄	本地生态系统吸纳的降水、蓄积的径流和过境水
	噪声削减	本地道路两侧绿化带对噪声的削减

(3) 案例评估结果

通过样点监测发现，深圳市及各行政区的道路交通噪声污染超标问题比较严重。同时，基于模型分析对全市及各路侧绿化带噪声削减服务的功能量及价值量进行了评估，结果表明：深圳市路侧绿化带噪声削减服务的功能量为 154 090.91 dB·km，价值量为 11.56 亿元。平均削减功能量为 9.87 dB，平均削减价值量为 73.99 元 /m。各级和各区道路路侧绿化带噪声削减服务功能量及价值量见表 2-7、表 2-8。

表 2-7 深圳市及各级道路路侧绿化带噪声削减服务功能量及价值量

道路等级	总噪声削减功能量 / (dB·km)	平均噪声削减功能量 / dB	总噪声削减价值量 / 万元	平均噪声削减价值量 / (元 /m)
一	16 912.40	13.91	12 684.30	104.33
二	15 644.70	19.01	11 733.53	142.58
三	2 886.49	4.03	2 164.87	30.24
四	118 647.32	9.22	88 985.49	69.17
全市	154 090.91	9.87	115 568.18	73.99

表 2-8 深圳市各区道路路侧绿化带噪声削减服务功能量及价值量

行政区名称	总噪声削减功能量 / (dB·km) *	平均噪声削减功能量 / dB	总噪声削减价值量 / 万元	平均噪声削减价值量 / (元/m)
宝安区	33 032.61	8.83	24 774.46	66.19
大鹏新区	11 300.90	20.50	8 475.67	153.75
福田区	14 833.20	11.47	11 124.90	86.06
光明区	6 833.76	6.87	5 125.32	51.49
龙岗区	27 964.81	8.17	20 973.61	61.24
龙华区	10 320.58	6.65	7 740.44	49.87
罗湖区	9 680.21	12.45	7 260.16	93.34
南山区	22 687.23	11.72	17 015.42	87.89
坪山区	10 062.61	11.19	7 546.96	83.94
盐田区	7 111.01	17.33	5 333.25	129.99

以深圳市光明区海绵城市试点区域的路侧下沉绿地为典型，研究其径流削减能力和暴雨径流削减能力，推算深圳全市路侧下沉绿地的径流削减潜力和暴雨径流削减潜力。结果表明：深圳全市路侧条状下沉绿地及点状下沉绿地径流的年均削减效果分别为 2 212 mm 和 2 966 mm。若完成深圳市全部下沉绿地的潜力建设，深圳市路侧下沉绿地的全年径流削减潜力将为 $214.65 \times 10^6 \text{ m}^3$ ，全年暴雨径流削减潜力将为 $7.10 \times 10^6 \text{ m}^3$ 。

5. 荒漠：蚂蚁森林造林项目案例

(1) 案例背景

据联合国资料，目前荒漠化已影响了世界 1/5 的人口和全球 1/3 的陆地，每年由此造成的直接经济损失多达 423 亿美元，严重影响人类的农业、牧业等生产经营活动。2016 年 8 月 27 日，支付宝在公益板块上线了蚂蚁森林造林项目。用户通过用步行替代开车、在线缴纳水电煤等行为节省的碳排放量将被计算为虚拟的“绿色能量”，可以用来在手机里养大一棵虚拟树。虚拟树长成后，蚂蚁森林和公益合作伙伴们就会在地球上种下一棵真树，或守护相应面积的保护地，以培养和激励用户的低碳环保行为。2016—2021 年，蚂蚁森林已累计种植真树超过 2.23 亿棵。蚂蚁集团和中国绿化基金会、阿拉善 SEE 基金会、亿利公益基金会、阿拉善生态基金会等公益合作伙伴一起种植及养护，种植总面积超过 306 万亩。通过在各地的生态环保项目，蚂蚁森林累计创造了种植、养护、巡护等 238 万人次的绿色就业机会，为当地群众带来劳动增收 3.5 亿元。

蚂蚁森林 2016—2020 年的造林项目地块主要分布于内蒙古阿拉善、鄂尔多斯和甘肃武威、酒泉等地区，青海、山西、河北、四川及云南也有少量分布。本次评估的案例涵盖内蒙古自治区、甘肃省、青海省、山西省、河北省的 56 个区（县）。种植地块所在区域的生态系统类型主要为荒漠、稀疏林、稀疏灌丛、稀疏草地，大部分区域属于半干旱区及干旱区，土地沙化较为严重。

（2）案例评估体系

根据蚂蚁森林种植地块的自然环境、生态系统特征及种植情况构建其生态系统服务核算指标（表 2-9）。由于蚂蚁森林目前种植年份较短等限制，目前蚂蚁森林生态系统服务仅评估其生态系统调节服务价值和文化服务价值。

表 2-9 蚂蚁森林生态系统服务核算指标

服务类别	核算科目	指标说明
物质产品	林业产品	林木产品、林产品以及与森林资源相关的初级产品，如松茸、沙棘等
调节服务	水源涵养	生态系统通过其结构和过程拦截滞蓄降水、增强土壤下渗、涵养土壤水分、补充地下水、调节河川流量和增加可利用水资源量的功能
	土壤保持	生态系统通过其结构与过程保护土壤、降低雨水的侵蚀能力、减少土壤流失的功能
	防风固沙	生态系统通过增加土壤抗风能力降低风力侵蚀和风沙危害的功能
	固碳	生态系统吸收二氧化碳合成有机物质，将碳固定在植物和土壤中，降低大气中二氧化碳浓度的功能
	氧气生产	生态系统通过光合作用释放出氧气维持大气氧气浓度稳定的功能
	空气净化	生态系统吸收、阻滤大气中的污染物，如 SO ₂ 、NO _x 、粉尘等，降低空气污染浓度、改善空气环境的功能
	气候调节	生态系统通过植被蒸腾作用、水面蒸发过程调节气温、改善人居环境舒适程度的功能
文化服务	休闲旅游	人类通过精神感受、知识获取、休闲娱乐和美学体验等旅游方式从生态系统获得的非物质惠益

（3）案例评估结果

经 2016—2020 年的蚂蚁森林造林项目，2020 年的生态系统生产总值为 20.88 亿元，其中防风固沙价值最高，为 10.66 亿元，占蚂蚁森林生态系统生产总值的 51.05%；其次是气候调节价值，为 4.25 亿元，占蚂蚁森林生态系统生产总值的 20.32%，其他构成分别为水源涵养价值（5.28%）、土壤保持价值（0.53%）、空气净化价值（0.64%）、固碳价值（13.70%）和氧气生产价值（8.48%）（图 2-6）。

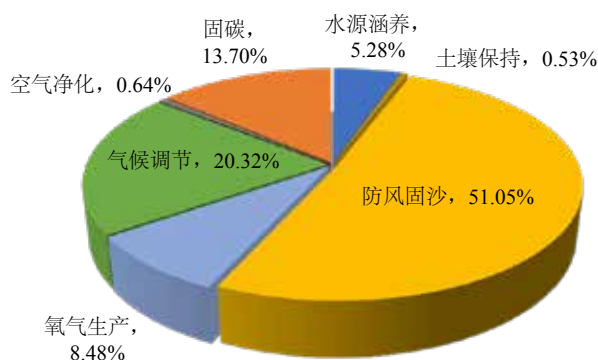


图 2-6 蚂蚁森林现有地块 2020 年生态系统生产总值构成

此外，本次评估对 2016—2020 年蚂蚁森林造林项目的所有地块均达到所属区域植被成熟状态时的生态系统生产总值进行了预测。结果显示，经过多年生长，若管理维护到位，所有地块全部达到所属区域植被成熟状态时，基于 2020 年不变价计算的生态系统生产总值将为 113.06 亿元。核算结果表明，蚂蚁森林通过将用户的低碳减排行为转化为荒漠植树固沙的形式，践行了中国“绿水青山就是金山银山”的理念，通过大规模种植，带来了巨大的生态效益。同时，因为目前地块种植年份较短，所以物质产品价值与文化服务价值暂时无法核算，参考对后续工作的规划可以看出，核算蚂蚁森林的生态系统物质产品价值（开发沙棘产品等）与生态系统文化服务价值（开发蚂蚁森林用户探访活动等）均具备较高可行性。

（二）环境经济统计与生态统计体系（SEEA EA）对 NbS 成果和国际案例研究的说明

1. 一个与 SEEA EA 一致的衡量 NbS 成果的框架

NbS 能够通过解决关键社会挑战来促进生态系统保护，以确保造福社会的生态系统服务持续流动。SEEA EA 使用全面且一致的方式衡量和追踪 NbS 的效益成为可能^[3]。

SEEA EA 建立在如下 5 个相互关联的账户上。

- （1）生态系统范围账户（实物）。
- （2）生态系统状况账户（实物）。
- （3）生态系统服务流量账户（实物）。
- （4）生态系统服务流量账户（货币）。
- （5）生态系统资产货币账户。

这些账户的编制基于空间数据、生态系统资产功能及其产生的生态系统服务相关信息。

以上 5 个账户组成了一个账户互相紧密关联的系统，并且以全面而连贯的视角审视生态系统。实物和货币账户作为一个系统，可以评估生态系统变化的协同和权衡作用，以及它们对人类的益处（图 2-1），而且还可以构建如生态系统生产总值这样的综合指标。

2. SEEA EA 的定义

SEEA EA 是指生态系统范围的账户构建和整理在生态系统核算区内不同生态系统类型的范围或面积数据。生态系统核算区是为其编制生态系统账户的地理区域，如一个国家或由 NbS 干预的地区。生态系统范围账户可以计量和追踪 NbS 实施地区内不同生态系统类型的面积。

3. 使用 SEEA EA 衡量 NbS 成果

第一步是确定 NbS 干预的生态系统核算区域。例如，危地马拉可持续可可种植的案例是在农业地块中进行的。在这种情况下，相关的规模可能是农业地块和其所属的更广阔的景观。但是，如果 NbS 的目标是通过海岸重整来降低沿海灾害的风险，例如，英国 Medmerry 区域的案例，那么重要的就是不仅要追踪实施防洪干预措施的地区，还要追踪其他受益地区，包括避免损毁的建筑。SEEA EA 详细讨论了对空间单元的划分。

第二步是计量 NbS 干预前后生态系统核算区内不同生态系统类型的范围。SEEA EA 采用 IUCN 全球生态系统类型学（GET）（IUCN 2020）作为生态系统类型分类的参考系统^[14]。IUCN 全球生态系统类型学采用一种基于生态系统过程的方法，对全世界所有生态系统（包括陆地、地下、淡水、海洋和大气环境）进行分等级、多层次的生态系统分类。分类级别 1 和分类级别 2 分别用于描述领域和生物群落，分类级别 3（EFG）指生态系统功能群（EFGs）。它们构成了一个生物群落里总共 108 种功能独特的生态系统，其组成方式符合《生物多样性公约》（CBD）对生态系统的定义^[15]。

SEEA EA 建议使用分类级别 3 对生态系统分类。表 2-10 列出了与表 2-9 中每个 NbS 最相关的生物群落。在实践中测量 NbS 成果时，这些生物群落将被下分到第 3 级别。

表 2-10 计算生态系统范围账户的主要项目

干预措施	生态系统核算区	主生物群系面积（公顷）
湄公河三角洲防洪友好型农业	水域	人工淡水（F3） 沼泽湿地（TF1） 集约化土地利用系统（T7）
危地马拉可持续可可种植	农业用地	集约化土地利用系统（T7）
英国 Medmerry 区域海岸线整治	洪水管理区	集约化土地利用系统（T7） 沼泽湿地（TF1） 半封闭过渡水域（FM1）
桑给巴尔可持续水产养殖	海洋保护区 （及其陆地影响区域）	人工淡水（F3） 海岸线系统（MT1） 中上层海水（M2）
意大利沿海和湿地综合管理	与沿海和湿地综合管理有关的 沿海和陆地区域	海岸线系统（MT1） 中上层海水（M2）
有效管理摩洛哥胡塞马国家公园海洋保护区	莫罗科胡塞马国家公园海洋保护区的禁捕区和邻近缓冲区	海岸线系统（MT1） 中上层海水（M2）

4. 案例研究说明：危地马拉农林混作种植可可的拉丘亚农场

就危地马拉拉丘亚的可可农林业案例，我们会阐述如何构建一个生态系统范围账户来衡量 NbS 成果（表 2-11）。在 NbS 实施之前，该地区主要是用于农业活动（一年生农业，包括玉米、豆类和豆蔻），畜牧业的半天然牧场，以及休耕地 [大多为豆蔻生产活动后的休耕地。这些地块还包括小型城市区域（主要是农场地块中的建筑）] 和湿地。首先对不同使用功能的土地范围重新分类以对应 IUCN 全球生态系统类型学，然后将其记录在表 2-11 第一行（起始范围）。接下来把结束范围记录为实施 NbS 后的生态系统范围。生态系统范围可以每年记录一次，也可以在采取了干预措施后记录。

在拉丘亚，除城市和湿地地区外，所有的农林业干预地区都已转变为可可农林业。这被记录为对生态系统 T7.3 型人工林管理下的扩展¹。生态系统核算区内，不同生态系统类型的生态系统范围的减少也会被记录下来。在本案例中，这相当于农业、牧场和休耕土地的总面积。

¹ 人工林通常种植并维护长期轮作的多年生木本作物，以生产各种食物和材料。收获产品包括木材、各种水果、茶叶、咖啡、棕榈油和其他食品添加剂、橡胶和装饰性材料（如鲜切花）等。大多数种植园的植被至少包括两个垂直层（有管理的木本物种和杂草地面层）。但如果设法发展栖息地的特点，混合植被可能更复杂，并拥有相对多样化的动植物群。施用化肥、补充水，并根据作物特点间隔性地收割。

表 2-11 危地马拉拉丘亚农林业可种植生态系统范围账户

领域	陆地				陆地 - 淡水	总数
生物群系	T7 集约化土地利用系统				TF1 沼泽湿地	
选定的生态系统功能群 (EFG)	T7.1 一年生耕地	T7.3 种植园	T7.4 城市和工业生态系统	T7.5 衍生的半天然牧场和旧田	TF1.4 季节性洪泛平原沼泽	
起始范围	164.6		0.4	139.5	0.9	
增加的范围	0	304.1	0	0	0	304
管理性扩张						
农林业		304.1				304
非管理性扩张						
缩减的范围	164.6	0	0	139.5	0	304
管理性削减						
其他类型的管理	164.6		0	139.5	0	304
非管理性削减						
范围的净变化	-164.6	304.1	0	-139.5	0	0
结束范围	0	304.1	0.4	0	0.9	305

另外，我们还根据 NbS 干预的类型对生态系统类型的扩大或减少进行了分类。本案例只是农林混作，还可以另外增加几行来描述农林地区、受保护地区或海岸保护干预区的增加或减少，其中可视需求根据管理类型列出开始和结束范围。这有助于理解不同干预措施产生的 NbS 成果，但这与生态系统核算的标准做法不同，因为后者只记录不同生态系统类型的增加和减少，以及考量它们是否受到管理¹。

（三）SEEA EA 与生态系统生产总值（GEP）

在国际上具有较大影响力的、与生态系统服务价值化评估相关的文件^[16]是联合国于 2021 年 9 月发布的 SEEA EA。该体系提出了对生态系统评估应该从生态系统的数量（ecosystem extend）和质量（ecosystem condition），以及为人类提供服务的能力（ecosystem service）三个层面开展。其中，在生态系统服务中提出了可以使用 GEP 对一定行政区内的生态系统服务进行价值化评估^[3]，并给出了 GEP 的定义，即一定时

1 生态系统管理区的变化直接受到人类在生态系统中的活动影响，包括这种活动带来的非预期影响。生态系统非管理区的变化代表着一种生态系统面积的增加是因自然过程造成的，包括播种、发芽、长出根条或分层。不受管理的扩张可受到人类活动影响，比如因气候变化的影响，或因人类荒废土地而导致的沙漠扩大。

期一定范围内，生态系统为人类提供的最终生态系统服务的交换价值¹。

中国从 2000 年起就开始了 GEP 的探索，并于 2020 年由生态环境部发布了第一个官方 GEP 核算技术规范，于 2020 年 9 月由浙江省丽水市发布了第一个地方官方 GEP 核算技术标准，于 2021 年 3 月在深圳市建立了第一个政府层面的 GEP 核算平台，于 2021 年 11 月在深圳建立了第一个政府层面的 GEP 核算制度体系。

对比联合国 SEEA EA 中的 GEP 和中国的 GEP 评价指标体系，其指标关系如表 2-12 所示，共同点在于都强调了最终服务的价值；差异在于 SEEA EA 中的 GEP 指标归类和中国的 GEP 有所不同。同时，SEEA EA 中并没有给出具体指标的计算方式；而中国 GEP 的计算方法明确，且进行了实践。可以认为，中国的 GEP 与联合国 SEEA EA 理论的逻辑一致，是 SEEA EA 中的 GEP 理念在中国的具体探索与实践。在 NbS 的生态服务价值化评估工作中，可以采用这套生态系统服务价值化评估方法体系。

GEP 等于一个会计期间内，位于生态系统核算区域内的所有生态系统类型提供的交换价值的所有最终生态系统服务总和减去中间服务的净进口²。

表 2-12 中国 GEP 的价值核算指标与 SEEA EA 相关指标之间的关系

类别	核算指标	SEEA EA 中对应的生态系统服务类型
物质供给	生物质供给	作物供给服务
		牧用生物质供给服务
		林业生物质供给服务
		野生水生生物质供给服务
		野生动植物和其他生物质供给服务
调节服务	水源涵养	水调节服务（水基流维护）
	土壤保持	土壤和沉积物保持服务、面源污染控制服务
	防风固沙	防风固沙服务
	海岸带防护	海岸保护服务
	洪水调蓄	河流防洪服务、洪峰削减（水文调节服务）

1 SEEA 生态系统条件类型学 (ECT) 是一种分层类型学，用于整合有关生态系统特征及其主要非生物和生物成分（水、土壤、地形、植被、生物量、栖息地和物种）的数据。ECT 有六类特征，其中又分为三组生态系统特征：A 非生物（A1 物理状态和 A2 化学状态）、B 生物（B1 组成状态、B2 结构状态和 B3 功能状态）和 C 景观水平（C1 景观/海景）。

2 该定义反映了一种基于生产的方法（产出较少的投入）来确定 EAA 的生态系统对效益和福祉的贡献。①最终生态系统服务的供应应包括对非居民经济单位的出口；②最终生态系统服务的进口不包括在该措施中，因为它们位于其他生态系统的贡献。在不扣除服务供应过程中出现的任何相关生态系统退化意义上，该措施是“严重的”。中国一直在积极进行 GEP 的测量^[8]。

类别	核算指标	SEEA EA 中对应的生态系统服务类型
调节服务	空气净化	空气污染物吸收和过滤服务
	水体净化	水环境污染物降解净化服务
	固碳	全球气候调节服务
	局部气候调节	局部（微观和中观）气候调节服务
	噪声削减	噪声削减服务
文化服务	旅游康养	娱乐相关服务、视觉舒适服务

四、中国女性积极参与 NbS 并从中获益

在当前中国快速城市化的进程中，中国女性在 NbS 中的参与情况有着区别于男性的明显特征，同时，也从各类型的 NbS 中获取不同的回报。NbS 是生态系统服务的提供主体，但在一些 NbS 中女性是参与主体，也从生态系统服务中获取多种收益。本节将探讨 NbS 所创造的生态系统服务与女性角色之间的关系。

（一）女性与 NbS 的物质供给

随着改革开放和城市化进程的加快，中国的人口流动性不断提高。随着农村男性劳动力大规模外移，形成了农村“留守妇女”现象，进而导致了“农业女性化”，即农村妇女接替男性投入农业生产，而男性进入非农业领域实现更高经济价值的家庭性别分工现象。1982—2010 年的四次全国人口普查数据显示，中国农业劳动力中的女性比重分别为 46.24%（1982 年）、47.48%（1990 年）、48.57%（2000 年）、49.22%（2010 年），近 30 年间上升了 2.98 个百分点。“留守妇女”正在逐步成为乡村农业生产的重要力量。在重庆市武隆区后坪镇，“留守妇女”们就组织起来成立了“九个山嫂”品牌，大力发展蔬菜种植业，不仅实现了自身价值，还为生态系统物质供给服务的维持做出了贡献。

（二）女性与 NbS 的文化服务

湖南省湘西土家族苗族自治州地处亚热带，土地肥沃，盛产苧麻、蚕桑、棉花等，城市化进程的推进使得这里也存在大量“留守妇女”。在这里生活的苗族妇女、土家族妇女自古以来便有织布、织锦的技艺。为了促使“留守妇女”有意识地挖掘自身技能，当地成立了苗绣合作社和苗绣研发公司，并发展了苗绣文化创意产业，推动当地留守

妇女的手工绣品成为艺术品，或服务于时尚服饰行业成为“高定”。从文化服务的角度来看，苗绣提供的较强美学价值不仅具有生态产品价值，而且推动了文化服务的价值增值。

女性不仅积极参与 NbS 的文化供给，而且是 NbS 文化服务的使用者。城市公园能够为人类带来休闲游憩价值。有学者在对南昌八一公园、广州人民公园和西安丰庆公园开展基于性别的游憩行为研究后发现，当地女性利用城市公园开展休闲娱乐活动的占比更高。例如，在广州人民公园的调查中，男性受访者的本市户籍比例为 35.84%，而女性则为 46.25%；在西安丰庆公园的研究中，女性占比为 54.2%。从游玩频率的角度来看，55% 的女性选择经常来休闲，而男性仅为 26%。同时，研究发现相较于男性，女性对城市游憩空间的需求趋于稳定且有规律。综上，城市公园建设能够为女性提供更多的收益价值，在开展城市公园规划设计时，应适应使用者的性别差异性，保障女性的游憩需求。

（三）女性与 NbS 的调节服务

有调查表明，在中华人民共和国生态环境部直属机构中从事环境科研、评价、规划、设计、监测的女性比例高达 40.7%；而从事科学研究、技术服务和地质勘查行业的女性占比平均为 37.01%，说明女性在环境科研事业中的参与度显著高于其他科研事业。同时，2021 年中国综合社会调查（CGSS）显示，在日常环保行为中，如垃圾分类、自带购物袋，对塑料袋反复利用等，女性比例均高于男性；从参与性环保行为上看，为环保捐款的女性占 53.19%，进行生活垃圾分类投放的女性占 53.18%。女性在生态环境保护领域的参与行为，尤其是在环境科研方面的参与要显著高于男性。这说明女性对于维持和提升生态系统的稳定性及调节服务供给具有更大的热情。

五、政策建议

积极应对气候变化与生物多样性保护是中国实现可持续发展的内在要求，中国高度重视生态系统保护和可持续利用，在六大生态系统均制定和实施了不同程度的与 NbS 有关的政策措施。NbS 能够在农业、森林和其他陆地生态系统、海岸带和沿海生态系统等领域依靠生态系统服务功能，不同程度地增加碳汇，同时还能带来保护生物多样性、促进经济发展等多元协同效果，是应对气候变化与保护生物多样性协同增效的有效路径和重要纽带。然而 NbS 作为新生概念，中国尚未形成以 NbS 为切入点的政

策和行动体系，具体表现为①相关政策行动分散在不同职能部门，而不同部门间缺乏沟通协调机制，难以形成自上而下、高效统筹的管理机制；②资金来源较为单一，仍以财政投入为主，未形成社会各方广泛参与、多元化的资金投入机制；③对 NbS 的科学研究仍显不足，缺乏对成本效益的科学评估，难以为决策者和投资者提供有效的信息支持等。

我们提出如下建议，希望通过这些建议的实施，推动 NbS 纳入政策主流，构建自上而下的管理机制，建立多元化的资金投入机制，加强从理论到实践、从实践到政策的研究，提升能力保障和公众参与度。

（一）拓展 NbS 应用使之主流化

- 根据第五届联合国环境大会和 IUCN 提供的定义框架，正式采用 NbS 的定义。
- 将 NbS 全面纳入所有相关部门的政策制定和实施过程中，包括生态红线。
- 提出 NbS 的量化标准；加强监测和评估；促进 NbS 成为应对气候变化的主流方法。

（二）建立协调互通的 NbS 管理机制

- 建立协调互通的 NbS 管理机制，并与既定的国际和国家标准及保障措施相一致。
- 加强部门间的沟通与协调，搭建 NbS 参与多领域协同治理平台，完善数据和信息共享机制，形成高效统筹、协调联动的工作机制。

（三）拓宽 NbS 的投融资渠道

- 拓宽 NbS 的融资渠道，建立多元化的资金投入机制。
- 开展激励政策、监管框架和机制的研究，评估现有补贴向 NbS 转移的可能性，充分发挥市场在资源配置中的作用，鼓励社会资本和公众积极参与投资，促进政府和社会资本的合作。
- 制定 NbS 领域的投融资政策，鼓励创新绿色金融模式，注重降低和有效应对 NbS 领域投资的潜在风险，激励和引导更多社会资本投资 NbS。

（四）加快 NbS 评估与实施过程的中国化

- 加快制定中国的 NbS 标准，建立监测和评估机制，并与《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》建立适当的联系。

- 利用《IUCN 基于自然的解决方案全球标准™》作为基准，评估中国 NbS 项目的设计、实施和监测，促进中国与国际 NbS 干预措施的衔接和比较。
- 对 NbS 的理论、路径和政策进行系统研究，制定 NbS 的中国标准，建立 NbS 的监测和评估机制，为政策制定提供系统解决方案和技术支持。
- 建立 NbS 监测和评估指标体系，包括监测和评估技术规范，加强 NbS 成本和效益的定量研究路径，如对 NbS 在碳储存和生物多样性保护方面的定量评估。

（五）加大 NbS 的公众宣传力度

- 利用多种渠道加强决策者和公众对 NbS 及其益处的认识，并鼓励公众积极参与 NbS 相关行动。
- 发挥主流媒体的宣传教育作用，以世界环境日、世界森林日等主题宣传活动为契机，强化 NbS 的宣传力度。
- 向项目设计者、工程师、城市规划者、公共和私人机构、金融家等传播 NbS 案例研究的信息。
- 推动成立更多的环保民间自愿性组织，鼓励并帮助其将 NbS 纳入主要工作中，助力其成为 NbS 宣传和推动落地的有生力量。
- 在相关专业、企业、研究机构、社会组织和公众中加强设计和实施 NbS 的能力。

（六）重视女性在 NbS 建设中的作用和回报

- 将妇女的需求和观点纳入 NbS 的设计、实施和监测中，并确保公平和包容性的参与和治理过程。
- 更加努力地在妇女比例较高的群体和其他边缘化群体中推广 NbS。

参考文献

- [1] Herrarte G P. Modelación del impacto sobre la provisión de servicios[R]. IUCN ecosistémicos de SAF de cacao en Guatemala, Project closure report, 2019.
- [2] Ouyang Z, Song C, Zheng H, et al. Using gross ecosystem product (GEP) to value nature in decision making[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2020, 117(25).
- [3] United Nations. System of Environmental-Economic Accounting—Ecosystem Accounting (SEEA EA)[R]. White Cover, 2021: 318. <https://seea.un.org/ecosystem-accounting>.
- [4] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [5] Eggermont H, Balian E, Azevedo J M N, et al. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe[J]. Gaia: oekologische Perspektiven fuer Wissenschaft und Gesellschaft, 2015, 24(4): 243-248.
- [6] Meyer K. Hessenberger D. Prototype database of international Nature-based Solutions case studies[R]. China: CCICED and IUCN, 2022.
- [7] Robert V O'Neill, Gretchen C Daily. Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems[J]. Ecology, 1998, 79(3).
- [8] 欧阳志云, 林亦晴, 宋昌素. 生态系统生产总值(GEP)核算研究——以浙江省丽水市为例[J]. 环境与可持续发展, 2020, 45(6): 80-85.
- [9] 欧阳志云, 朱春全, 杨广斌, 等. 生态系统生产总值核算: 概念、核算方法与案例研究[J]. 生态学报, 2013, 33(21): 6747-6761.
- [10] 谢高地, 张钰铨, 鲁春霞, 等. 中国自然草地生态系统服务价值[J]. 自然资源学报, 2001(1): 47-53.
- [11] 谢高地, 张彩霞, 张雷明, 等. 基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J]. 自然资源学报, 2015, 30(8): 1243-1254.
- [12] 韩宝龙, 欧阳志云. 城市生态智慧管理系统的生态系统服务评估功能与应用[J]. 生态学报, 2021, 41(22): 8697-8708.
- [13] 刘耕源. 生态系统服务功能非货币量核算研究[J]. 生态学报, 2018, 38(4): 1487-1499.
- [14] International Union for Conservation of Nature. Global Ecosystem Typology 2.0: descriptive profiles for biomes and ecosystem functional groups[R]. IUCN, 2020.
- [15] Keith H, Maes J, Czucz B, et al. SEEA EEA Revision Working group 2: Ecosystem condition Discussion paper 2.1: Purpose and role of ecosystem condition accounts - final version[R], 2019.
- [16] Edens B, Maes J, Hein L, et al. Establishing the SEEA Ecosystem Accounting as a global standard. Ecosyst Serv, 2022, 54:101413.

第三章 碳中和愿景下基于生态系统的海洋综合治理

一、研究背景

（一）海洋和气候变化

20 世纪以来，在人类活动的影响下，全球气候发生了剧烈变化，并由此引发了多重负面效应，包括自然灾害风险增加、栖息地改变、生物多样性锐减等，进而导致生产力波动并危及到了粮食安全。气候变化和生物多样性锐减共同威胁着自然生态系统和人类的生存、生计和福祉。基于海洋的解决方案能够且应当在应对气候变化和生物多样性危机方面发挥基础性、实质性的作用，以实现和促进各个层面的社会公平。

海洋在吸收大气中 CO₂、减缓气候变化方面发挥着关键作用，它吸收了大约 25% 的人为排放的 CO₂，海洋也因此成为地球上最大的“碳汇”之一。基于海洋的温室气体（GHG）移除 / 捕获和储存方案有着巨大的潜力，可有效助力减缓全球变暖。可持续海洋经济高级别小组估计，到 2050 年，基于海洋的气候减缓和碳封存方案对于将全球升温限制在 1.5℃ 所需减排量的贡献率可达 21%^[1]。必须指出的是，海洋持续吸收大气中的 CO₂，导致海洋酸化，进而驱动海洋生物、生物地球化学和生态系统发生显著变化。在近岸海域，富营养化也会加剧海洋酸化。此外，鉴于海洋周转率较高，海洋碳封存的时间尺度是需要重点考虑的问题。从减缓气候变化的角度而言，年代际尺度上的碳封存才是有效的。

基于海洋的解决方案有望在助力实现碳中和目标的同时，维护海洋生物多样性，并降低海洋酸化等生态风险。然而，这些基于海洋的气候解决方案至今仍很少出现在《联合国气候变化框架公约》及《巴黎协定》框架下的国家自主贡献（NDCs）考虑范围内，也尚未纳入温室气体长期低排放发展战略的范畴^[2]。可供选择的基于海洋的解决方案相当丰富，值得优先考虑的包括培育、修复并长期管理高效碳汇生态系统（“蓝

色森林”¹⁾；开发利用海洋固有的能量并最大限度地减少航运等海洋产业的碳足迹；开发离岸碳储存能力，增强海洋生产力以促进海洋碳吸收；引导渔业生产和水产品消费向低碳足迹方向发展^[1]。此外，我们也需要高度关注一些新型的潜在气候缓解方案，并作进一步的审慎评估。这些可能的方案包括重新设定鱼类和其他大型生物的捕捞管理目标，通过增加长期生物量来充分保护海洋生态系统中的固碳和储碳功能；保护海洋中层鱼类种群，这些鱼类的垂直迁移可将碳快速有效地转移到深海；在谨慎避免影响气候和生物多样性的前提下，大规模投资开展大型海藻养殖，特别是近海水域的海藻养殖，因为部分大型海藻可能有助于碳的长期封存。

中国政府已经认识到了海洋对实现中国 2060 年碳中和目标的重要性。例如，生态环境部近年来一直在敦促地方政府加快海洋生态修复，并组织开展了海洋碳汇监测和评估。

（二）海洋健康与社会发展

健康、富饶、富有韧性的海洋生态系统是海洋经济可持续发展的物质基础，也是实现基于海洋的碳中和目标的基础。然而，在过去的 50 年里，诸如围填海、水产养殖、捕捞渔业等人类大规模的社会经济活动以及陆源污染给海洋造成了巨大的压力。人类活动叠加气候变化，造成海洋暖化、酸化、缺氧，海洋中的高度动态变化过程将进一步扩大这些海洋环境变化带来的影响。中国也不例外。1950—2021 年，中国有 57% 的滨海湿地、73% 的红树林和 80% 的珊瑚礁消失了，沿海大部分海草床也消失了，2/3 的海岸线遭受侵蚀，近 4.4 万 km² 近海海域受到严重污染，渔业资源严重枯竭。

海洋是孕育地球生物多样性的主要宝库之一，构成了地球上 90% 以上的栖息地，庇护着大约 250 000 种已知物种和更大数量的未知生物。海洋生物多样性在维系地球健康和人类福祉方面发挥着重要作用。海洋还是人类社会赖以生存的保障。与海洋休戚相关的氧气和淡水是人类生命的基础；渔业和水产养殖业则是数亿人的收入来源，直接或间接解决了他们的粮食需求和生存问题，对于低收入家庭而言尤其如此；占全球总人口 1/3 的近 24 亿人生活在距离海岸线 100 km 的范围内；海洋的年经济价值约为 2.5 万亿美元，相当于世界第七大经济体；海洋还提供了营养、药物、矿物和可再生能源；同时还为渔业、水产品加工、旅游业和科学研究领域提供了就业机会。维护健康、富饶、富有韧性的海洋生态系统，对于改善全球健康稳定、促进全球经济繁荣以及为包括妇女和少数族裔在内的所有人提供更多的生存机会而言都至关重要。因此，

1 “蓝色森林”是指沿海和海洋生态系统，包括红树林、海草床和盐沼，它们具有储碳能力，并为沿海社区提供一系列重要的生态服务。

呵护海洋并将其作为人类可持续发展战略要地已成为全球共识。谨慎地管理海洋，是实现联合国可持续发展目标第14项（SDG14）“水下生物”的关键。保护海洋生态系统，还需融通海洋科学与社会需求，促进科学研究范式变革和技术创新，这对于实现“联合国海洋科学促进可持续发展国际十年（2021—2030）”提出的“科学至实，海洋可期”愿景至关重要，人类亟须构建以促进可持续发展为目的的变革性海洋科学解决方案。

基于生态系统的海洋综合管理（EB-IOM）是一种基于生态系统的自然资源管理方式。它以海洋生态系统的健康、多样性及韧性为核心，在综合考虑整个海洋生态系统内外相互作用（包括生态系统内部及其与人之间的交互）的基础上，推动跨部门的统一规划，统筹实施综合管理方案。在对现有科学知识和生态系统认知的基础上，在开发与保护之间，在环境、经济与社会之间，在短期经济利益与海洋的长期健康繁荣之间，寻求平衡，被认为是可持续地利用和保护海岸带及海洋的恰当方式。EB-IOM 为保护全球海洋免受多种涉海活动叠加引起的、不利于海洋可持续发展的因素影响提供了基础；也为化解和平衡各方利益相关者之间的竞争与冲突提供了基础。这将使海洋生态系统和蕴藏其中的栖息地、物种，以及依赖它们的人类从中获益。

本研究根据可持续发展和 EB-IOM 的原则及标准设计研究框架，协同考虑基于海洋的碳中和与 EB-IOM 解决方案，并针对碳中和目标提出了海洋领域的行动方案，进而建议中国特别关注以下四个方面的问题，并积极采取行动以应对气候变化：①基于自然的解决方案和其他安全、高效的基于海洋的碳移除（CDR）方案；②基于工程的解决方案，如离岸碳捕集、利用与封存（CCUS）；③减少涉海活动的碳足迹；④海洋可再生能源。

在临近第六届国合会收官之际，本政策研究仅初步揭示了海洋在国家和国际社会应对全球气候变化、生物多样性危机以及实现碳中和目标进程中的作用，展现了阶段性成果，国合会海洋项目组希望在下一届的国合会工作中进一步拓展深化本研究结果，并根据社会发展现状和科学技术进步提出更具实操性的政策建议。

本政策研究已充分认识到性别平等对于有效保护海洋、可持续管理海洋及其资源以及实现可持续发展目标的重要作用。因此，需要把性别平等和具性别包容力的海洋管理作为可持续发展战略的组成部分。

本政策研究探讨的若干主题和行动，与国合会目前正在开展的气候变化、生物多样性和基于自然的解决方案等专题政策研究密切相关，建议充分关注和发掘这些议题之间的联系。

二、基于海洋的四种碳中和方法

为应对当今及未来世界所面临的挑战和危机，人类在处理海洋问题及其空间治理上必须采取系统、综合和一体化的方法；同样，在探索基于海洋的气候解决方案以助力碳中和目标实现的过程中也应当如此。本章探讨了四种基于海洋的碳中和路径，并在接下来的章节中阐述了秉持基于生态系统的、综合的和一体化的原则是采取这些行动的必要条件。在采取这四种方案探索和落实碳中和行动的同时，可以考虑借助这个机会来促进性别平等，包括让更多女性参与其中。

（一）海洋碳移除与基于自然的解决方案

1. 海洋如何吸收二氧化碳

海洋占地球表面积的 71%，是地表系统最大的碳储库，储量占比更是高达 90%。最新研究表明，作为活跃碳库，在 1960—2019 年，海洋每年可吸收消纳 22% ~ 26% 由化石燃料燃烧和土地利用方式改变排放的人为 CO₂，对缓解气候变化起到了至关重要的作用^[3]。工业革命前，海洋总体上是向大气释放 CO₂，也就是碳源^[4]。自工业革命以来，随着大气 CO₂ 浓度的升高，海洋逐步由碳源转化为了碳汇，海洋现在每年可从大气吸收 19 亿 t 碳^[3]。如果用土地利用方式改变所释放的 CO₂ 抵消陆地的自然碳汇，在过去的 200 年内，海洋是最主要的持续吸收大气 CO₂ 的碳库^[5]（图 3-1）。



图 3-1 工业革命以来的 CO₂ 总体收支情况

海洋是如何吸收大气 CO_2 的呢？第一阶驱动力来自大气与海表的 CO_2 分压差。人类活动排放的 CO_2 导致大气 CO_2 浓度急剧上升，在海 - 气 CO_2 分压差的驱动下，大气 CO_2 通过海 - 气交换进入海洋。 CO_2 不同于其他气体，当其溶解于海水后会与水发生反应，形成海洋中最主要的缓冲系统——二氧化碳 - 碳酸盐系统^[6]。碳酸盐系统是海洋中最主要的活性碳库，主要以溶解无机碳（Dissolved Inorganic Carbon, DIC）的形式存在，包括游离二氧化碳（ CO_2 ）/ 未电离的碳酸（ H_2CO_3 ）、碳酸氢根（ HCO_3^- ）和碳酸根（ CO_3^{2-} ）三种形态，这三种形态处于动态化学平衡。此外，海洋碳储库还包括溶解有机碳库，储量约为 7 000 亿 t 碳，其大部分组分在海水中的周转时间长达数千年^[7]。海洋生物，主要是浮游植物和微生物，构成了碳储量最小的颗粒有机碳库（30 亿 t 碳），它们在水体中的周转时间很短，只有数天到数周。

进入海洋的 CO_2 通过各种过程输送至深层海洋，从而实现更长时间的碳储存。海洋碳泵包括溶解度泵、生物泵和碳酸盐泵等，承担了运输、转化与储碳的任务。生物泵始于海洋真光层，浮游植物吸收、利用海水中的游离 CO_2 和 HCO_3^- 进行光合作用，将无机碳转化为有机碳，其中部分以颗粒有机碳（Particulate Organic Carbon, POC）的形式通过沉降等过程输送至深海，而另一部分则以溶解有机碳（Dissolved Organic Carbon, DOC）的形式向下扩散至深海，进而实现碳封存；需要指出的是，在输送过程中部分有机碳会被再矿化成 DIC 释放到周围水体中。溶解度泵通常指高纬度海区在冷空气和强风的作用下，表层海水快速降温， CO_2 在海水中的溶解度增大，海洋通过海 - 气交换从大气吸收大量 CO_2 ；同时随着深层水的形成，高密海水携带吸收的 CO_2 下沉进入大洋热液环流，脱离海 - 气交换层，从而实现了对大气 CO_2 的封存^[8,9]。碳酸盐泵是控制海洋碳循环的另一个重要过程。海水碳酸盐系统具有一定的缓冲作用：一方面， CO_2 进入海水使 HCO_3^- 和 CO_3^{2-} 之间的比例发生变化而减缓 pH 的降低；另一方面，海水中碳酸盐沉淀的形成会放出 CO_2 ，而碳酸盐溶解会从大气吸收 CO_2 ，这就是碳酸盐泵。由于海底沉积物中存在大量的碳酸盐，因此深海碳酸盐的沉积与溶解在长时间尺度上可调节大气 CO_2 浓度。

此外，滨海“蓝碳”生态系统，包括红树林、盐沼和海草床，也通过高效的光合作用和快速的沉积物碳埋藏从大气中持续吸收 CO_2 并进行固定^[10]。大量研究表明，红树林和滨海湿地单位面积的固碳速率是热带森林速率的 10 倍，单位面积储碳量也是它的 3 ~ 5 倍。另外，与森林的碳固持不同，滨海“蓝碳”主要固定在土壤沉积物中，而深层沉积物中的低氧环境抑制了碳的周转，因此碳库比较稳定^[11]。在中国沿海的这三类“蓝碳”生态系统也具备快速积累碳的能力。其中，红树林主要分布在南部沿海，

总覆盖面积约为 $2.56 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，沉积物碳埋藏速率为每年 28 万 t 碳；潮间带盐沼广泛分布于亚热带和温带沿海区域，总覆盖面积为 $10.2 \sim 3\,434 \text{ km}^2$ ，碳埋藏量为每年 21 万~91 万 t 碳。海草床则主要分布在北部环渤海、黄海沿岸区域和热带沿岸，统计总覆盖面积为 $1.68 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ，其碳埋藏量还不清晰。值得一提的是，目前这些滨海“蓝碳”生态系统正面临着人为扰动，包括围填海争地、海域污染、城镇化以及外来物种（如互花米草）入侵的威胁。

对近海生态系统来说，一个重大而又具有挑战性的问题是滨海“蓝碳”系统在未来全球气候变化的大背景下将如何演变？

2. 在可持续框架下实施海洋碳增汇措施

目前 CO_2 的排放水平已大大超出了自然过程所能清除的量，仅凭减排可能不足以应对气候变化。美国国家科学院 2021 年发布的《海洋二氧化碳移除与封存研究策略》^[12] 报告分析，基于以下原因，海洋具有增汇、移除和封存 CO_2 的巨大潜力：①海洋是巨大的碳储库，其溶解无机碳的储量超过工业革命前大气 CO_2 储量的 50 倍；②自工业革命以来，海洋已从大气移除了大量人为排放的 CO_2 ；③已知海洋中存在大量物理、地球化学和生物过程，会影响海-气 CO_2 交换和碳储存。高级别可持续海洋经济研究组估计，基于海洋的缓解气候变化措施到 2030 年将每年减少 CO_2 排放约 400 万 t，而到 2050 年则将可增加到每年 1 100 万 t，相当于填补了 1.5°C 排放路径 21%、 2°C 排放路径 25% 的负排放缺口^[1]。基于海洋的 CO_2 移除措施可分为生物途径和化学途径两类（图 3-2）。

（1）生物途径

1) 营养加富：通过向表层海洋添加铁等痕量营养元素，在某些海域可促进浮游植物的光合作用，从而通过增强生物泵强化海洋对大气 CO_2 的吸收，并将其转化为有机碳向深海转移，以封存一个世纪或更长时间。营养加富基本上是利用太阳的能量在局部增强生物泵效率，对铁的需求量相对较小。需要指出的是，虽然人类对人工营养加富的总体生态风险是了解的，但对大规模应用该类技术的实际风险还不得而知。

2) 人工上升流和下降流：通过上升流将低温、高营养盐、高 CO_2 浓度的深层水输送至海洋表层，刺激浮游植物生长并吸收大气中的 CO_2 。下降流则将携带碳的上层海水转移到深海，实现碳封存。另外，这些过程通过加快水体交换还可能在一定程度上缓解近岸富营养化和缺氧状态。

3) 海藻养殖：通过大规模的大型海藻养殖将碳转移到深海或沉积物中，或将大型海藻制作成长寿命产品，转化为生物能，以实现碳封存或利用。必须指出的是，人类

对大规模深海植被沉积可能带来的非预期的生态效应及其连锁反应并不知晓。

4) 生态系统修复：通过保护和修复沿海生态系统以及恢复海藻场、鱼类、鲸和其他海洋动物来实现碳封存。重建全球鱼类和大型动物种群，使其超过目前管理所支持的丰度可能有助于碳移除与碳封存，但这一举措所产生的效应仍未得到充分的评估。在对大范围实施生态系统修复有更深入的了解并将其纳入制定目标前，可先行对高纬度海域和 中层鱼类的新兴渔业捕捞进行预防性管理。

(2) 化学途径

1) 增加海水碱度：通过化学方法增加海水碱度，促进表层海水对大气中 CO_2 的吸收，但需要在系统水平评估相关生态风险。

2) 电化学方法：利用 CO_2 溶解度对 pH 的依赖性，通过电化学方法改变反应环境的 pH 去除 CO_2 或增强碳汇。

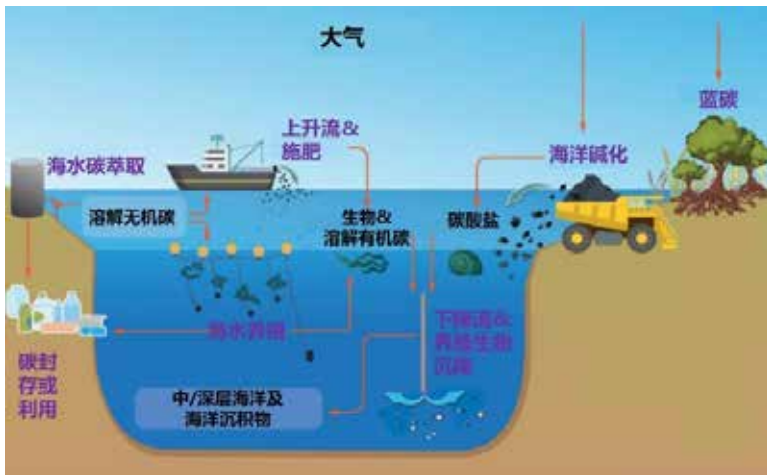


图 3-2 基于海洋的碳增汇途径^[13]

所有的海洋 CO_2 移除途径，包括基于自然的解决方案和基于地球工程的方案，都有局限性和利弊。IUCN 将基于自然的解决方案定义为“保护、可持续管理和修复自然或人工生态系统，从而有效和适应性地应对社会挑战，并为人类福祉和生物多样性带来益处的行动”。将基于自然的解决方案作为应对气候变化策略的优势在于它可以带来多方面益处，包括保护和修复森林、农田、牧场、湿地和其他沿海生态系统，维持或提高其生态服务功能，从而更好地为人类健康和福祉，生态系统多样性保护和可持续生计发展提供支持^[14]。基于地球工程的 CO_2 移除途径多采用人工干预技术，虽然

争议较大，但是已成为实现《巴黎协定》设定目标不可或缺的手段^[15]。

必须强调的是，采取基于生态系统的方案来应对气候变化十分重要，但必须全面评估其效应，包括对其自身生态系统的影响，与其他陆地和海洋系统的协同作用以及对海洋自然碳汇的影响。例如，自1997年以来，在中国台湾岛西北部香山湿地种植的红树林对当地生态系统造成了一定的负面影响，包括底栖生物和鸟类栖息地的丧失、沉积物堆积和洪水，以及蚊虫泛滥。随后在2015年启动了红树林清除项目^[16]。由此可知，在实施基于自然的解决方案过程中，基于生态系统的综合管理尤为重要。下面以福建泉州碳汇项目为例，展示基于生态系统的方案在“蓝碳”与其他生态系统和社会服务之间的共同效益（案例3-1）。

案例3-1 福建泉州碳汇项目

该项目在福建泉州湾湿地保护区的洛阳江红树林实施。该保护区成立于2003年9月，以亚热带潮间带湿地、红树林、水鸟、中华白海豚，以及其他濒危动植物为保护对象。保护区总面积为7065 hm²。在1982年，外来物种互花米草（*Spartina alterniflora*）被引种到洛阳江口，并在2000年入侵了该地区。2002年以来，当地政府和保护区管理局陆续清除入侵种互花米草，持续开展红树林修复。目前，洛阳江口的红树林总面积已经从原来的17 hm²增加到了467 hm²，成为我国最大的人工红树林。洛阳江口以洛阳桥而著称。洛阳桥是宋代（公元1059年）建造的一座大型跨海石桥，也是我国四大古桥之一。1000多年来，它成为当地陆海交通的重要通道。围绕着这座古桥，这里已形成具有悠久海洋文化历史的当地社区。目前洛阳桥已作为泉州世界文化遗产之一被列入了联合国教科文组织《世界遗产名录》（泉州：宋元中国的世界海洋商贸中心）。现在的洛阳桥和红树林交相辉映，展现了人与自然的和谐共生。在洛阳江碳汇项目中，项目区域内29 hm²红树林是保护区在2010年清除入侵种互花米草之后种植的，主要有秋茄（*Kandelia obovata*）和桐花树（*Aegiceras corniculatum*）两种本土红树植物。通过10年来的管理，修复区内的红树林已形成群落结构致密、郁闭度高的森林。2021年，厦门大学蓝碳团队根据自主研发编制的《红树林碳汇项目方法学》对项目区内的红树林碳汇进行核算，确定了红树林碳汇的额外性和持久性。同年9月，项目中的2000 tCO₂减排量在厦门市碳排放权交易中心的平台上完成交易。厦门兴业银行购买了该减排量，并与厦门航空联合推出“碳中和机票”。旅客自愿购买“碳

中和机票”，以抵消与飞行有关的碳排放，并参与到红树林的保护和修复中。项目区域内的入侵种互花米草清除和红树林湿地修复，为濒危的珍稀动物，如黄嘴白鹭（*Egretta eulophotes*, IUCN 红色名录易危种）、中华白海豚（*Sousa chinensis*, IUCN 红色名录易危种）等提供了栖息地，极大地提升了洛阳江河口湿地的生物多样性^[17]。由此，该项目也体现了固碳增汇和生物多样性保护协同提升的生态效益。此外，红树林湿地还提升了洛阳桥的景观效果，不仅改善了当地社区的生活环境，更为社区居民带来了生态旅游收益。因此，该项目同时体现了气候、社区和生物多样性的协同效应。

3. 认知与政策的差距

对于决策者来说，与海洋碳汇相关的、新出现的知识缺口包括以下几个方面的内容。

(1) 在综合考虑气候 - 碳耦合系统和零排放战略及行动影响的前提下，如何判断海洋这一碳储库是否可以持续吸收大气中的人为 CO_2 ，以及如何评估其减缓气候变化的能力，滨海蓝碳将如何演变？

(2) 在 CO_2 浓度持续升高的情况下，如何对海洋生态系统的脆弱性进行评估？

(3) 如何作出决策和提出需求以适应不断变化的海洋？

与海洋碳移除相关的研究和政策需求包括如下内容。

(1) 开展海洋 CO_2 移除与增汇途径研究，包括已知的和未知的生物与非生物过程实现碳移除、碳封存的科学原理和增汇功效，分析技术瓶颈、评估生态和社会风险。

(2) 融合生态修复行动方案、协同增汇与生态保护，强化生态系统的综合管理。

(3) 建立全面的海洋增汇技术可行性评估体系，更好地监测、核查和报告已实现的碳封存储量、储存时限，评估潜在的负面影响，并进行动态调整和优化。

(4) 为海洋碳转化路径的副产品创造市场，并将其纳入碳交易市场。

(5) 加强宣传，培育公众的参与和支持热情，同时建立有效的国家和国际管理框架，包括法律、政策等。

4. 优先行动建议

(1) 基于生态系统的应对和适应气候变化措施可以协同进行，对海洋增汇可产生正向的促进作用。应对气候变化行动包括：减少温室气体排放以减轻对生态系统的破坏；利用基于生态系统的 CO_2 移除途径助力气候行动并使生态系统受益；减少污染以提高生态系统的固碳能力。诸如灾害风险管理、可持续和气候智能型管理以及海洋

空间规划和保护区等适应性措施的实施，将会降低临界点发生的风险。但这些措施的顺利开展很大程度上依赖于数据的获取、模式的建立、政策的制定和气候行动的推进。其成功的关键在于通过推动技术创新、建立伙伴关系和共同设计解决方案提高生态系统的气候适应能力，在减缓和适应措施的实施过程中都应秉持基于生态系统的原则。

(2) 中国在近海和海岸带实施了若干不同规模的生态系统修复项目，有成功的也有失败的。碳中和战略的提出是一个很好的契机，我们可以通过审视过去的经验和教训，探索新的政策和最优方案。

(3) 为保护海洋免受气候变化的进一步影响，快速且大幅的减排至关重要。同时，海洋也是实施缓解气候变化措施的战略要地。值得注意的是，在代表性浓度路径RCP 2.6情景下，人为CO₂排放达到峰值后，大气CO₂浓度将缓慢下降，地球系统模式预测，陆地与海洋碳汇也会减弱^[18]。因此，想要维持大气CO₂浓度和温度在较低水平，除持续移除大气中的CO₂外，还需清除储存在陆地和海洋系统中的CO₂，未来在设计和实施碳中和路径时应予以关注。基于海洋的解决方案为减缓和适应气候变化提供了更多选择和机会，应考虑将海洋碳汇纳入国家自主贡献范畴，并作为《联合国气候变化框架公约》的审议内容。这需要全方位的国际合作，同时也能提升中国在推动实施基于海洋的碳解决方案方面的话语权。

主要建议：将海洋碳汇纳入国家自主贡献范畴和核算框架

在过去200年，海洋是最主要的持续吸收大气CO₂的碳库，对缓解气候变化起到了至关重要的作用。但值得关注的是，未来在低排放情景下，如果不与大气协同减碳，海洋碳汇能力可能会减弱，这在设计和实施碳中和路径时应予以关注。国合会海洋项目组呼吁建立国际工作组共同推动将海洋碳汇纳入国家自主贡献范畴，并作为《联合国气候变化框架公约》的审议内容。

(二) 离岸碳捕集、利用与封存 (CCUS)

1. 海洋在捕集、利用和封存CO₂中的作用

为减少大气温室气体浓度，全球已规划多种碳减排增汇方案，如节能提效、清洁能源替代、核电开发、植树造林、CCUS等。其中，CCUS方案的主要目标是实现人类活动产生的温室气体与大气隔离，主要方法是从大型碳排放源捕集CO₂进而压缩，

通过陆运、海运或管道输送至陆上或离岸封存平台，并注入地下或海底的地质储层^[19, 20]（图 3-3）。与通过自然吸收降低大气中 CO₂ 的方式相比，通过 CCUS 方式增加碳汇的效率可能更高，并且能够使 CO₂ 与大气的隔离更加彻底。

据统计，中国 2020 年的 CO₂ 总排放量约为 106.7 亿 t，其中的 70%、15% 和 6% 分别来自煤炭、石油和天然气的使用；仅燃煤电厂就贡献了化石燃料燃烧产生 CO₂ 的 50%。为减少对煤炭的依赖，中国政府正在努力推广可再生能源和天然气，并将改善空气质量作为国家重大战略之一。此外，对工业生产过程中产生的 CO₂ 进行分离和捕集也在同步推进，包括制氢、合成氨、石灰石焙烧和氧化乙烯的生产等。为减少工厂的 CO₂ 排放，中国大力研发低碳煤炭燃烧技术和 CCUS 改进方案。尽管中国已经放慢了新建燃煤电厂的速度，但是其在中国电力结构中的占比依然很大，加之一些大型电厂投产时长不到 15 年，仍处于服役初期，且有可能一直服役到 2060 年，这对国家实现“净零排放”目标是一大挑战。

中国有 34 个省级行政区，其中 13 个位于沿海地区，虽然其占中国国土面积不到 14%，但却居住着全国 39% 的人口，消耗的能源占全国的 43%，同时贡献了 64% 的国内生产总值，这在过去 40 年间是驱动中国经济发展的中坚力量^[21]。然而，这些地区在发展经济的同时，也构成了中国东部和东南部的 CO₂ 排放带，年排放量约 42 亿 t，占全国 CO₂ 总排放量的 41%^[22, 23]。在广东和福建等沿海省份，发电厂、炼油厂和水泥厂等主要分布在离海岸线距离较近的县市，其能源供给主要来源于化石燃料的燃烧^[21]，是主要的 CO₂ 排放源^[20]。而中国近海，分布着 11 个沉积盆地，面积约 170 万 km²，其中海底地质层的 CO₂ 存储空间预计约为 5 730 亿 t^[24]。这一储量相当于中国沿海省份超过 100 年的 CO₂ 排放量，有望解决沿海较发达地区的长期温室气体排放问题。

然而，要实现 CO₂ 在深部地质层中的安全封存，需谨慎选择海上封存场所。在中国近海沉积盆地中，广泛分布着深部盐水层和渗透性岩层，包括中新世三角洲、滨海平原和浅海碎屑岩。这些盆地的区域性盖层中的第三纪地层含有较厚的盐水层，主要为浅海相和三角洲相，具有横向连续性。其中，玄武岩矿床能迅速与注入的 CO₂ 结合形成碳酸盐矿物，并转化为不可自由移位的岩石，从而降低 CO₂ 向海水渗漏的风险。此外，通过对玄武岩矿床的探测还可进一步获取可与 CO₂ 反应的镁硅酸盐和反应性钙的分布信息。

在过去的 10 年中，中国、澳大利亚、巴西、加拿大、沙特阿拉伯和阿拉伯联合酋长国等已相继投资建设了若干 CCUS 相关设施^[25]。中国已对其陆上和离岸碳封存潜力分别进行了评估^[18, 21, 26-29]。评估结果显示，中国的陆上地质碳储存地大多位于西、北

部地区以及远离工业发达和人口稠密城市的沿海地区，这额外增加了运输成本和潜在安全风险。然而，相比陆上碳封存地，离岸碳封存地远离人类聚集区，将不会存在诸如土地所有权、工农业活动影响、饮用水污染等潜在问题^[30]。因此，离岸 CCUS 涉及的社会和法律问题更加简单。此外，CO₂ 注入海床以下时其地层压力变化不大，更易管控，将有助于降低离岸碳封存成本。离岸 CCUS 工作流程见图 3-3。

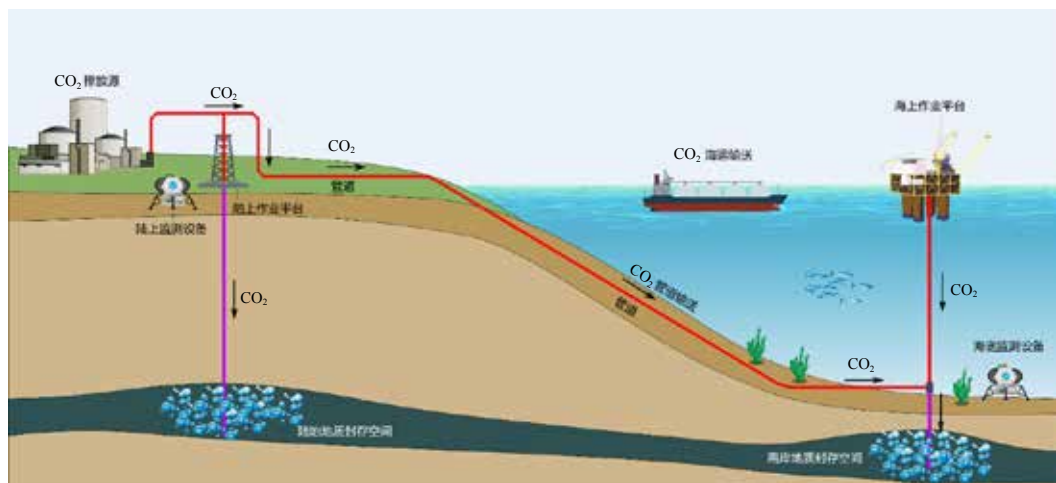


图 3-3 离岸 CCUS 工作流程

注：离岸 CCUS 从工业碳排放源捕集 CO₂，通过船舶或管道运输至封存平台，并将其注入海底地质储层，从而实现将 CO₂ 与大气永久隔离。

2. 离岸 CCUS 现状

近年来，更多国家和地区声明了其“净零排放”目标，这极大地促进了 CCUS 的发展。当前分布在全球的 21 个较成熟的 CCUS 产业链每年可捕集约 4 000 万 tCO₂^[24]。这其中若干项目的运营时间最早可追溯到 20 世纪 70 年代，如美国得克萨斯州的天然气处理厂捕集 CO₂ 并将其供应给当地石油生产商以提高石油的采收率(EOR)。自此，更多的国家和地区加入 CCUS 项目开发行列。挪威于 1996 年开发了第一个大型碳捕集与封存项目并在 Sleipner 海上气田投产，该气田目前已在—个深层盐水层中储存了超过 2 000 万 tCO₂。由于技术和商业的原因，在封存前需要将 CO₂ 从工厂废气中分离出来，这增加了 CCUS 的成本；为了降低成本，挪威政府于 1991 年开始对海上油气活动征收碳排放税，从而促进了 CCUS 的商业开发^[31]。此外，挪威政府还资助了石油和天然气公司联合开发的一个 CCUS 产业链项目，即 Longship 项目；通

过该项目从水泥厂和废物发电厂捕集 CO₂，并将其封存在北海的一个大型地质空间，即 Northern Lights。随后，越来越多的国家开始制定离岸 CCUS 实施纲要，如荷兰政府支持对一系列清洁能源技术的开发，包括 CCUS 和低碳氢能；英国政府为新的离岸 CCUS 项目提供了公共资金支持等^[24]。

迄今为止，全球已启动了 4 个大型离岸 CCUS 项目（Sleipner、Snøhvit、Quest、IBDP），这些项目预计每年可将 400 万 tCO₂ 注入海底地质储层^[32]，而中国在离岸 CCUS 方面尚处于试点阶段。2021 年，中国在南海北部珠江口盆地启动了第一个离岸 CCUS 示范性工程，探索将 CO₂ 储存到海底地质空间的技术可行性。该项目计划在 2026 年前在海底封存 146 万 tCO₂，这将实现海上石油生产的近零排放^[33]，同时也为中国离岸 CCUS 的开发提供成本、运营和市场等重要参考信息。此外，该项目也测试了海上封存 CO₂ 的安全性，验证了离岸 CCUS 作为一项长期且可快速实现碳减排策略的可行性，尤其是对于计划提前实现“碳中和”目标的工业化程度较高的沿海省份有着重要的意义^[31, 34]。

3. 认知缺陷和政策缺口

CCUS 的运营成本变化很大，如通过管道输送 CO₂ 的成本取决于管道长度、直径和布放的地形以及路线等，每 250 km 价格从 2 美元/t 到 15.3 美元/t 不等；在枯竭的油气田中存储 CO₂ 比在深部盐水层存储更便宜，封存成本从 8 美元/t 到 25 美元/t 不等^[35]。许多早期的 CCUS 项目都关注 CO₂ 捕集和利用的工业化应用。例如，在天然气加工的过程中，为了满足市场需求或液化天然气（LNG）生产需要，通常要分离出其中的 CO₂，以避免 CO₂ 腐蚀生产设施或影响生产流程。在其他应用中，如生产生物乙醇或蒸汽甲烷重整制氢，其产出 CO₂ 的纯度相对较高，这降低了技术成本和捕集过程所需的能量。全球大型工业设施在 2000 年时所捕集的 CO₂ 几乎全部来自天然气加工厂，但目前其他来源的 CO₂ 已占总数的 1/3^[24]。

过去 10 年，世界各国在 CCUS 上的投资虽然增加了 3 倍，但是还远低于预期。国际能源署在 2009 年制定了 CCUS 战略路线图，计划在 2010—2020 年开发 100 个大型 CCUS 项目，每年封存约 3 亿 tCO₂，以实现全球气候目标。然而，实际建立的 CCUS 项目仅封存了约 4 000 万 tCO₂，为当初设定目标的 13%。2020 年，全球对 CCUS 的投资占清洁能源和效率技术投资的不到 0.5%，远不如在其他清洁能源技术上的投资^[24]。CCUS 没有按照既定目标快速发展，究其原因，首先是运行成本高和缺乏相关政策的支持。在缺乏碳交易“奖惩机制”的情况下，CCUS 对绝大部分企业可能没有任何商业意义。此外，CCUS 设施的建设成本高昂、CO₂ 供应链整合困难、CCUS 设施维护

技术不成熟、商业风险分摊难、融资难等因素也都严重阻碍了 CCUS 的发展。

以上问题在离岸 CCUS 的发展上体现得尤为明显，尽管其比陆上 CCUS 安全性更高^[36, 37]，但因对其投资成本和技术掌控存在更多的不确定性因素，众多决策和投资机构对其可行性和有效性仍持怀疑和观望态度^[31]，归根结底，是因为缺乏大规模综合商业运营的先例作为投资参考^[30]。此外，CCUS 需要大量能源供给，这潜在降低了企业运营效率；虽然在技术快速更迭、发展的时代背景下，先期参与 CCUS 的机构所面临的风险溢价相对较低^[38]，但其严重依赖于一个国家或地区在这方面出台的相关政策。

当前，中国对发展离岸 CCUS 尚缺乏清晰的方案，包括制定相应的管理标准、作业程序和相关法律框架，用以指导和约束私人机构或社会的参与^[37]。这种不确定性严重阻碍了未来离岸 CCUS 项目的开发，可能会出现 CCUS 项目开发商隐瞒信息，甚至忽视公众意见等不端行为。为避免类似“无规则开发”现象的出现，国家和地方各级行政部门需要制定相应的法律法规，作为离岸 CCUS 项目大规模开展的基础条件和根本依据^[39]。

CCUS 项目还具有跨行业、跨地域和跨部门等特点，中国的主要 CO₂ 排放源分散在沿海的一些产业集群；海洋地质调查和勘探任务主要由一些大型国有石油企业承担；离岸 CCUS 技术的研发则主要依托一些研究型大学和研究所进行^[40]；而财务支持和债务担保主要由一些国有银行提供。尽管参与机构众多，但参与方的整合效率往往不高，如研究机构在开发离岸 CCUS 相关技术、金融和政策框架方面发挥了重要作用，但很少有机会参与到商业化运行的离岸项目中测试其研究成果的可行性，并对相关潜在风险进行预判^[35]。

4. 政策建议

为实现碳减排目标，未来几十年，中国政府和企业 在离岸 CCUS 方面需要制定一些必要的解决方案，如持续科技创新、降低运营成本、促进 CO₂ 封存发展以及对环境和商业风险的管理^[37]。为降低离岸 CCUS 运营的成本和风险，中国政府应该支持与其相关的投资环境政策并对其进行商业模式运作^[35]。

中国应正式宣布优先考虑离岸 CCUS 项目，为政府机构、企业、金融机构、公众和其他利益攸关方提供参与动力，共同创造和构建一个以 CCUS 为聚焦点的、强有力的金融支持环境。具体建议如下。

（1）构筑有序监管下的自由市场环境以建立可行的商业模式

在中国，由于缺乏持续性的离岸 CCUS 开发投入，且尚未制定“标准化”的财政

支持模式，还无法有效评估其商业风险^[30]。大型离岸 CCUS 项目复杂且成本高昂，这其中可能存在巨大的债务风险，而对其前期资金补助将有助于填补投资缺口^[30]。当前中国的 CCUS 项目主要由一些国有企业开发，这些企业经常面临与私营机构不同的融资渠道和框架，特别是在市场环境下受严格监管运营的一些企业^[30]，而私营机构可以在自由竞争环境下开展项目活动^[41]。在自由市场竞争环境下将产生趋于最佳的碳排放源和碳封存空间的匹配方式，从而实现离岸 CCUS 低成本高效率的商业运营^[37]。同时，为降低企业的参与成本，鼓励其积极投资，中国政府还需要制定相应的碳排放税收政策。在这方面可参考挪威和美国等推出的碳税收政策；例如，美国的 45Q 税收抵免法案^[42, 43]规定，每利用 1 tCO₂ 将获得超过 35 美元的补助，而每封存 1 tCO₂ 将获得超过 50 美元的补助^[44]。如果中国制定相应的碳排放税收政策，将为企业协调发展供应链提供更加可行的离岸 CCUS 解决方案^[37]。在这其中，大部分离岸 CCUS 工程成本需要考虑进去，包括建造和维护离岸管道以及封存平台的成本^[45]。

(2) 开展多方参与高效协作的离岸 CCUS 全产业链示范性项目

离岸 CCUS 的成功实施需要社会各界的共同参与和高效协作。在设计离岸 CCUS 项目时，需要全方位检查和评估各阶段、各程序的风险，包括合作研究海底碳储层的可行性、碳源和碳汇数据库的匹配、科学技术认知缺口、前端工程与设计、海底碳渗漏监测以及外部质量保障等。此外，还需要解决具体的非技术类不确定性问题，包括完整供应链、监管框架、负债、金融驱动因素、社会可接受性，以及在监管框架下保障女性在离岸 CCUS 项目中拥有平等的机会等。对所有这些基本因素的考量都需要基于一个完整明确的监管框架。因此，为加快离岸项目的发展，并将其不确定性和综合风险降至最低，有必要持续开展全链条 CCUS 技术的研究和推动离岸 CCUS 试点示范项目的开发^[46]。其中，突破科学、技术、金融、管理和社会各方面的交互障碍是当前高效实施离岸 CCUS 项目的重大挑战之一。

截至目前，在中国离岸 CCUS 项目没有实现工业利用且取得经济效益的情况下，其总成本每吨已超过 350 元人民币^[47]。为提高经济效益，一些企业采用向地质储油层注入 CO₂ 来增加原油采收率 (CO₂-EOR)^[28]。因为地质层中的原油可由注入的超临界 CO₂ 替代^[48]，通过 CO₂-EOR，大部分注入地层的 CO₂ 将在合适条件下永久封存于地质层中，同时提高了原油的采收率^[47]，使其成为一种具有经济效益的碳减排方式。这种方式可有效增加原油产出从而间接降低碳封存成本。与传统的原油生产方式相比，CO₂-EOR 可额外生产 5% ~ 17% 的储层原油，预计每年可为中国提供超过 1 亿 t 的 CO₂ 储存空间，但其经济可行性取决于每吨 CO₂ 的输送成本和国际原油价格^[49, 50]。但与中国沿海沉积盆地

海底盐水层相比，海上油气田的储层容量极其有限^[37]。因此，预计 CO₂-EOR 可在短期内发挥优势，而中长期可能还是要依靠海底盐水层来大规模封存 CO₂。

在中国沿海的沉积盆地中，2.5% 为油气田，现有的离岸基础设施可重新投入使用，用于 CO₂ 运输和注入，这将有效缓解 CCUS 的资金和政策压力，也将有利于完善相关的碳市场机制^[51]。对于一些枯竭的油气田，尤其是在短期投资不足的情况下，这些离岸基础设施可被重新用于短期大规模碳封存，从而减少了建造新设施的投入^[52]。然而，一些现有的离岸设施面临老化的问题，需科学评估其再利用周期。因此，需要制定多阶段的技术和时间评估程序，来对这些现有平台的适用性进行量化分类。

为保证离岸 CCUS 项目相关参与方的投入产出比，应设计一个将 CCUS 各环节程序（包括运输、封存、捕集、利用）分离的运营模式^[30]，使参与机构各司其职，发挥优势和专长以实现效率最大化^[41]。然而，该模式需要一个完整且无缝衔接的监测、报告和核查系统，以记录 CO₂ 捕集、运输和封存的整个过程。同时，应该为碳排放源提供灵活的管理服务，例如，对碳储存空间的预定制，保证时间和空间的碳源和碳汇在数据库中的最佳匹配。为了有效地进行碳源 - 碳汇数据匹配，需要为每个碳排放源选择最经济适用的地质储层^[34]，例如，将中国东部和东南部的发电厂排放的 CO₂ 与各个离岸沉积盆地碳封存空间分块分时进行匹配。

（3）详尽的地质勘探和保证海洋环境安全

离岸 CCUS 项目最初的开发是一个成本高昂且耗时的过程，需要经过详细的地质测绘、废弃离岸油井选址、对可能的储存空间进行科学评估。然而，当面临巨额投资而无法评估收益时，大多数投资机构或企业都会对离岸 CCUS 技术开发望而却步。在中国，大型国有企业可以投资支持离岸 CCUS 项目的早期工作，如资助离岸地质调查和共享数据库建立等。这将有助于推动离岸 CCUS 项目的发展和进步，保证一定的投资回报比，且有助于通过采购政策加快中国国内碳交易市场的完善和与国际接轨的速度^[24, 35]。

此外，离岸 CCUS 项目的安全性是政府和社会关注的一个关键点。海底 CO₂ 渗漏可能对海洋生态系统造成负面影响，而确保其安全无碳渗漏是当前的一项重大技术难题和工程挑战^[53]。因此，需要依据详尽的海底勘探数据选择合适的碳封存空间，并对相关海底环境进行长时间安全监控^[54, 55]。同时，离岸 CCUS 作业需要消耗大量的能源，而海上的风能、太阳能、潮汐能等可再生能源可为其提供低碳能源^[47]。为长期可持续的离岸 CCUS 发展提供的低碳能源不仅可用于封存当前沿海工业区捕集的 CO₂，未来还有望从空气或海洋直接捕集封存 CO₂。

对 CCUS 的主要建议

鉴于在可预见的将来，人类依然无法完全摆脱对化石燃料的依赖，为减少其产生的 CO₂ 向大气的排放，加快推进海洋 CDR 和离岸 CCUS 的科学技术创新及其法律管理框架的制定变得日益紧迫。建议以积极的管理政策和开放的金融手段支持海洋 CDR 和离岸 CCUS 的发展及其技术研发。

（三）降低涉海活动碳足迹

1. 涉海活动碳排放概况

人类活动不仅在陆地上产生大量的 CO₂，广泛的涉海、用海活动也对 CO₂ 等温室气体排放有着重要的影响。与此同时，依靠高产的生态系统，海洋本身具有强大的固碳功能，吸收了约 1/3 的人为排放 CO₂^[56]。人类在海洋及海岸带中的活动不仅直接增加了 CO₂ 总排放量，还导致重要海洋生态系统衰退乃至丧失，从而降低了海洋吸收 CO₂ 的能力。减少涉海活动中产生的 CO₂ 及修复海洋生态系统的固碳功能对于人类社会适应和缓解气候变化危机至关重要。

（1）航运业

航运业是涉海活动中最大的碳排放源，主要来自船舶行驶过程中的化石燃料燃烧。研究表明，船用燃料燃烧每年产生的 CO₂ 当量为 10 亿 t，约为人类活动总排放量的 3%，并在当前发展趋势下，这个数字将于 2050 年达到 20 亿 t^[1]。

目前，大多数船舶发动机使用的重油燃料（HFO）会造成以二氧化硫为代表的严重空气污染。因此，一些船东企业以减少污染为导向，正在着手建造动力系统更环保的新船，或改装现有船舶以使用液化天然气（LNG）等替代燃料。相较于重油燃料，液化天然气可降低约 20% 的 CO₂ 排放，但其未充分燃烧的产物甲烷是一种具有更强温室效应的温室气体，应对气候变化的成效相当有限。以清洁能源完全替代化石燃料是最佳解决方案，但在当前科技水平下尚不能实现。

（2）渔业捕捞

与航运业类似，渔业捕捞的碳排放也主要来自船只的燃料消耗，其次是部分渔具作业时破坏海底（尤其是在大陆架区域）间接引起的碳排放，但目前对这方面问题的认识仍不足。2016 年，全球渔船动力燃料燃烧产生的 CO₂ 排放当量约为 2.07 亿 t，其中工业化捕捞占 77%，小型渔业捕捞占 23%^[57]。考虑非法、未报告及不受管制捕捞

(IUU fishing) 的碳排放难以纳入统计数据, 实际的排放量可能会更高^[58]。针对不同捕捞对象的渔业所产生的碳排放也不尽相同, 捕捞底栖鱼类 (demersal fish)、甲壳类 (crustaceans) 和体长大于 30 cm 的浮游鱼类 (pelagic fish) 分别占总排放量的 42%、24% 和 23%^[59]。

尽管海洋渔业所产生的碳排放量逐渐增加, 但全球渔获量却呈下降趋势^[56]。耙刺网、底拖网和桁杆拖网等燃料密集型捕捞方式不仅排放更高, 而且极易对海床和珊瑚礁等水生动物栖息的重要生境造成破坏, 使得渔业资源进一步枯竭, 从而影响海洋生态系统的碳汇功能^[60]。这种不可持续的渔业资源开发模式将导致渔民继续增加捕捞力量, 进而增加单位渔获量的燃料消耗, 形成 CO₂ 排放和海洋生态系统破坏的恶性循环。事实证明, 通过有效的种群管理重建海洋鱼类种群是可能的, 至少可以达到与最大可持续产量相当的水平。新的研究表明, 将目标鱼类种群重建到更高水平不仅可以增加生物量中储存的碳, 进而将其埋藏到海底, 而且还可以通过海洋生态系统结构和功能对碳移除和封存产生间接影响。此外, 新兴的前瞻性渔业管理, 尤其是在最大鱼类生产力最有可能增加的高纬度地区^[61], 以及包括中层鱼类在内的与碳埋藏密切相关的生态系统, 可以帮助保护这些人类尚未充分了解但蕴含巨大碳移除和储存功能的生态系统。

(3) 海水养殖业

相较于养殖活动本身, 海水养殖业的碳足迹主要来源于其上下游的产业, 如上游的水产饲料生产过程和下游的加工及运输。中国作为全球海水养殖第一大国, 主要养殖品种包括贝类和藻类, 其 2020 年的养殖产量占全国海水养殖产量的 81.6%^[62], 这些低营养级品种的养殖几乎完全不依赖投饲, 因此基本没有投饲污染及相应的饲料碳足迹问题。非投饲海水养殖大多依赖海上或滩涂水域的网箱或筏式养殖, 外部投入和污染产出都较少^[63], 但养殖活动对滨海湿地的大规模围垦、网箱养殖的不合理布局等情况也会导致严重的有机质、营养盐和重金属污染, 影响养殖区水体和周边海域的水质^[64]。上述人类活动施加的压力进一步导致了红树林、海草床、盐沼等典型滨海生态系统及其服务功能的显著退化, 从而削弱了海洋对 CO₂ 的吸收和固定能力。

(4) 海产品的加工和销售

海产品在收获后的贮藏、加工和运输等过程都存在巨大的能源消耗。根据生命周期评估 (Life Cycle Assessment, LCA) 原则, 无论是捕捞还是养殖的海产品, 收获后的 (船上和岸上) 冷链贮藏、加工和销售都属于其生命周期中的一部分, 且这些过程中的能源消耗也产生大量的 CO₂ 排放。预测表明, 未来海产品产业链的能源需求会不

断增加，除了捕捞渔船仍然需要依赖化石燃料，其他生产过程将有更多选择，但替代性能源的价格会反映在最终产品上，有潜在可能从消费端影响粮食安全^[65]。

通过新兴科技的应用及管理措施的落实，可以减少人类在涉海活动中产生的碳排放，并增强海洋的碳汇功能。已有研究预测了在充分满足各种条件的前提下各行业的减碳潜力：海洋航运业有望在 2030 年减少温室气体排放 2.4 亿~4.7 亿 tCO₂ 当量，并在 2050 年减少高达 9 亿~18 亿 tCO₂ 当量；滨海生态系统修复到 2030 年有望增加吸收温室气体 3.2 亿~8.9 亿 tCO₂ 当量，到 2050 年达 5 亿~13.8 亿 tCO₂ 当量；海洋捕捞业和海水养殖业有可能在 2030 年减少温室气体排放 3.4 亿~9.4 亿 tCO₂ 当量，到 2050 年减少高达 4.8 亿~12.4 亿 tCO₂ 当量^[1]。

2. 适应和应对策略

(1) 航运业

限制航运业脱碳减排的瓶颈是可大规模应用于远洋船舶的零碳动力系统开发。氢气和氨是可靠的替代性零碳燃料，其中氢燃料电池可提供零碳电能，氨可应用于内燃机或燃料电池中。相较于易稳定储存的传统重油燃料，氢燃料对储存空间和条件提出了更高的要求，需要同步进行港口及船舶设施的配套更新。尽管氢气和氨长远来看具有成本和环境保护方面的优势，但目前低成本氢能的研发进展仍然不甚明朗。短期内难以兼顾经济效益与环境效益是气候友好导向能源转型的主要阻碍。核能也是一种零碳能源，但由于存在安全风险，仅用于极少数国家的军舰或特殊用途船舶上，并不具备在民用行业推广的条件。为了推动船用燃料的低碳转型，船东、造船业、学术界和政治界应共同致力于拓展清洁燃料行业的规模。

此外，碳排放责任的不明确导致难以将减排目标进行合理分配。在国际层面，基于船舶燃料的销售地点、船舶的注册地、船舶货物的来源或目的地的不同划分方式，都将导致各国的排放责任和相关成本的截然不同。国际海事组织（IMO）正在协调其 174 个成员国之间的海运船舶排放问题，但“共同而有区别的责任”使得每个国家的利益难以用统一的标准衡量。在市场领域，利益的分化也导致了不同的应对策略。国际贸易行业驱动了全球 90% 以上的海运活动，应优先在航运业中实施碳税或碳补贴，以鼓励船东投资开发并应用替代性燃料技术。然而，船东和租船人在如何分担燃料成本和补贴上极易产生分歧，从而阻碍了燃料转型升级的进程。此外，已经向液化天然气投资的船东也不赞成向氢气等清洁能源转型。

对于 IMO 这类国际组织而言，需要就如何明确分配排放责任制定国际标准，并呼吁拥有大型船队的国家积极响应，推动标准落地。然而 IMO 的决议需要数年时间才能

制定，其成员国的批准时间可能更久，因而短期的突破性进步不应依靠国际组织来牵头实现。

目前，航运业短期内可行的脱碳措施包括推进设计效率更高的船舶动力系统、替换更清洁的燃料、建设配套的港口保障设施和确立排放的责任方。长期的适应性和应对性措施应着重于研发零排放的清洁能源。

（2）渔业捕捞

鉴于船用零碳动力技术尚未取得突破性进展，捕捞渔业面临着和航运业同样的困境。除船只动力的改进问题外，主要可通过转变渔具、渔法来减少其碳足迹，如促进耙刺网、底拖网和桁杆拖网等需要大量化石燃料的作业方式转变为刺网、延绳钓等碳足迹更低的方式。这种转变也可以减少底拖网扰动海底沉积物而产生的碳足迹。渔业管理部门还应逐步取消对环境有害的渔船燃料补贴和燃料税豁免，同时为转变渔具、渔法提供经济和其他形式的激励措施，如为燃料消耗较低的作业方式分配专属的捕捞配额或捕捞区域。

此外，管理部门及海产品经销行业也应注重培养消费者的脱碳减排意识，并优先向市场提供低碳足迹的海产品。消费者对相应产品需求的增加将促进捕捞业向能耗更低、环境影响更小的渔具、渔法转变。

事实上，通过有效的种群管理手段可以修复海洋渔业资源，至少可以达到与最大可持续产量（Maximum Sustainable Yield, MSY）相当的水平。前沿研究表明，修复特定的渔业种群不仅可以增加生物中的碳储量（进而可能沉降至海底），还能通过海洋生态系统的结构和功能来间接影响碳循环过程和碳封存，这应当成为渔业管理的目标导向。此外，在新兴的渔业中进行前瞻性管理可以帮助保护这种人们尚未充分了解的巨大固碳潜力，这已成为渔业可持续发展的新内涵。前瞻性管理手段尤其应当关注鱼类生产力最有可能增加的高纬度地区^[60]，以及海洋中层这种对向下固碳过程至关重要的生态系统。

（3）海水养殖

海洋和海岸带生态系统的可持续管理、养护和修复对持续提供人们赖以生存的固碳和其他生态系统服务至关重要^[66]。通过在养殖区种植特定植物进行人工湿地修复（如碱蓬、芦苇等）可处理养殖尾水中的污染物^[63]。通过“退养还滩”政策收回养殖滩涂，恢复沿海生态系统，可以减轻水产养殖所导致的生态系统服务功能退化。防止这些生态系统栖息地转变为其他土地用途的政策，例如，对沿海开发行为的严格管理和海岸带空间规划也可以有效保护海岸带的重要生境。此外，推广使用低碳足迹、

不含野生鱼类成分的水产饲料也能够帮助减少养殖的 CO₂ 排放。

除减少海水养殖带来的负面影响外，还可以通过养殖特定品种（如海藻和贝类）来主动减排增汇，并以此来应对气候变化。海藻养殖是海洋领域中最具规模的基于自然的解决方案之一^[67]，也是“碳汇渔业”的主要体现形式，全球海藻每年可吸收 6 100 万~ 2.68 亿 t 当量的 CO₂，海藻养殖本身既可以捕集 CO₂ 起到强大的碳汇作用，还有助于保护沿海土地免受洪水和侵蚀的影响；海藻的进一步加工也可以替代一系列排放密集型产品，如用于制备生物燃料以替代化石燃料，以及作为替代性饲料以减少养殖动物的甲烷排放。值得注意的是，通过大型海藻的固碳功能来应对气候变化必须将其部分转化为不产生呼吸作用的产品才能实现长期储存。规模化地利用养殖海藻来减少陆地农业的温室气体排放是未来的一大机遇，如以海藻改良土壤或作为牲畜饲料。

多营养层次综合水产养殖（Integrated Multi-trophic Aquaculture, IMTA）是将不同营养层级的生物以适当的比例混养，从而创建环境可持续性、经济稳定性和社会可接受性平衡的系统。考虑到以海藻为主的多营养层次综合水产养殖可减轻养殖活动污染，增加海岸带社会的气候韧性，通过碳交易对海藻养殖者进行经济补偿^[68]，因而 IMTA 可以看作缓解和应对气候变化的一种 NbS。中国山东桑沟湾实践以海带和贝类为主要品种的 IMTA 模式可以被看作一个典型的 NbS 案例（案例 3-2）。

案例 3-2 桑沟湾多营养层次综合养殖模式

山东省荣成市的桑沟湾是中国海水养殖业发展最为成熟的海域之一，早在 20 世纪 80 年代就涌现了以海带和栉孔扇贝为主要品种的多营养层次综合养殖模式^[69]，并得到了世界范围的认可和推广。该模式实质上是一种基于自然的解决方案：贝类滤食海水中的浮游植物和有机碎屑等后代谢出一定量的无机氮；海带则通过光合作用吸收无机氮来生长繁殖。贝、藻间养的模式实现了海域内无机氮的供需平衡，藻类还可释放溶解氧以防止海水缺氧，既减轻养殖活动的污染，亦可提升养殖产量及质量，还能提供一定的生态系统服务功能。经过数十年的发展，养殖者通过调整养殖深度充分利用不同水层的特性，现已在桑沟湾内形成了包含海带、裙带菜、扇贝、牡蛎、鲍鱼等多品种的立体混合养殖模式。

除食物供给和水质净化调节外，养殖品种的固碳能力还使得桑沟湾养殖

系统具备了气候变化应对功能（图 3-4）。大型藻类通过光合作用消耗无机碳，贝类通过吸收海水中的碳酸氢根形成贝壳，由此固定的碳元素均可通过收获而从海洋中移除。研究表明，海带吸收的碳元素占桑沟湾内养殖品种总吸收碳元素的 86%^[70]。按照湾内的典型养殖密度折算，单位面积的海带固碳能力非常突出，是陆地上常见绿化树种固碳能力的 3~4 倍^[71]。中国作为世界贝类、藻类养殖大国，有潜力通过这类模式实现食物安全保障和气候变化应对的双重目标。2022 年，中国已在福建完成了历史上首宗海水养殖碳汇交易，未来随着这类激励性制度的完善，基于生态系统的养殖模式也将具有更加广阔的可持续发展前景。

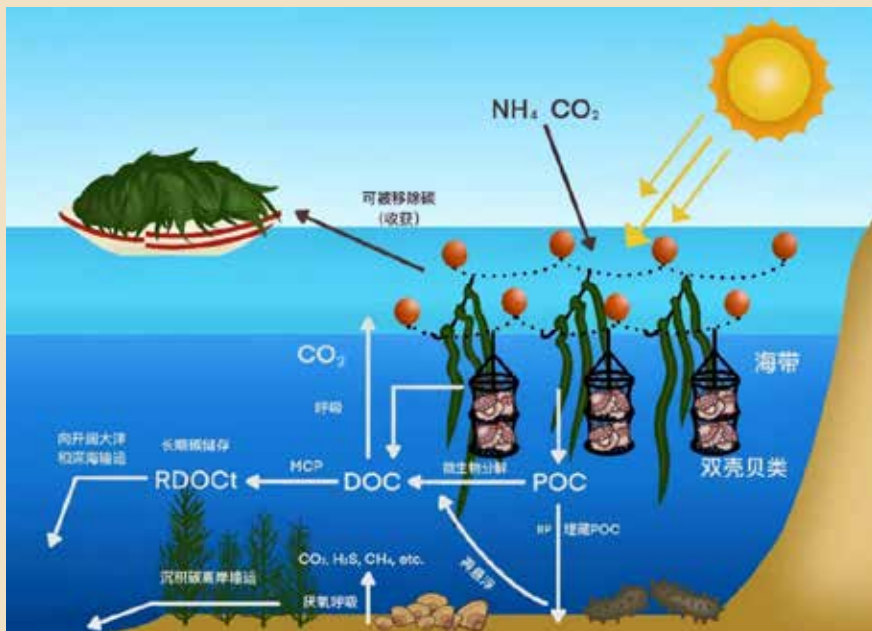


图 3-4 海藻和贝类立体综合养殖的碳循环途径

注：POC：颗粒有机碳；DOC：溶解有机碳；RDOct：难溶有机碳；MCP：微生物碳泵。

（4）海产品的加工和销售

减少海产品收获后产生的碳足迹主要依靠降低能耗和能源转型。从宏观角度来看，通过发电方式的改变、输配电效率的提升、海产品运输过程的优化等手段可在海产品的加工和运输阶段减少碳足迹。推动消费者选择本地生产的海产品可以减少不必要的运输。同时，减少海产品的浪费（如促进海产品加工废弃物在养殖业中的回收

利用)也有一定的作用^[72]。考虑当前针对海产品的 LCA 研究尚不全面,加强对全产业链的了解及数据收集将有助于开展减碳行动。

海产品在收获过程中(包括捕捞和养殖)往往以个体和小规模从业者为主,其收获后的过程企业化程度则更高。管理部门和行业协会应积极推动相关企业获得社会责任认证,在减少生产过程中碳足迹的同时,也减少其他环境污染的负外部性、促进就业、加强劳动权益保障等,从而帮助企业树立正面形象、满足管理要求、推动可持续发展。考虑海产品加工行业中女性从业者占到绝大多数^[73],企业的社会责任认证也将成为促进女性权益和性别平等的一个有力抓手。

3. 认知缺失和政策缺口

海洋是连通全球各大洲和国家之间的纽带,人类的涉海活动亦具备着鲜明的跨国界属性,因而对减少海洋碳足迹的全球治理工作提出了严峻的挑战。这种挑战首先体现在航运业的脱碳努力中。即使科学技术取得了革命性的突破,使得人们可以使用低碳乃至零碳的燃料为船舶提供动力,但是转型的责任和成本依然难以精确分配到特定的国家。作为统筹协调全球航运事务的中枢,IMO 应当为航运业减少碳排放建立一个指导性框架。但对于纷繁的运输航次而言,依据何种标准来界定其产生的碳排放责任将牵涉不同国家之间巨大的利益冲突。若各个海运大国的高层次政治力量无法就此达成共识,IMO 亦难以实施有效的协调措施。

相较于航运业而言,海洋捕捞业的跨国界属性较弱,管理边界更为明确。但捕捞业是庞大人群就业和基础生计的依托,尤其是在发展中国家,个体从业者构成的小型渔业市场占主导。渔民所采用的渔具、渔法往往受制于地理环境、渔获物组成,乃至文化传统,而这些方面与地域特征联系紧密,不易快速转型。同时,在全球渔业资源开发趋于饱和的情况下,捕捞业的经济收益相对有限且不稳定,渔民也难以承担额外的转型成本。这些因素共同导致了在捕捞渔民中建立减碳观念相当困难。除此之外,随着海产品运输流通日益便捷,减碳驱动的作业方式改变也可能带来广泛的食物安全问题,从而提出了更大的跨边界治理挑战。如果世界贸易组织(World Trade Organization, WTO)成功地就渔业补贴问题达成协议,它将成为一项可执行的全球规则,不仅有助于解决过度捕捞问题,还会对碳排放产生间接影响。诸如此类以生态和经济效益为导向的新兴渔业管理手段,在证明可行的基础上,有能力协助达成气候目标。渔民和渔业利益集团(尤其是小型渔业)需要就此进行长期的协商讨论。

从全球的海产品产量来看,海水养殖正在逐步替代海洋捕捞。尽管海水养殖的碳排放量估算尚不清晰,但同样需要在养殖业中加强建立减碳观念。随着经济水平提升,

消费者日益青睐高价值的海产品，这可能会导致在这些高营养级物种的养殖中投入更多饲料；当前蓬勃发展的循环水养殖系统通常也需要高水平的能源投入。除此之外，海产品（包括捕捞的和养殖的）的保存、运输、销售等收获后的过程也显著贡献了碳排放。为了制定相应的减碳政策，必须加强对海产品的 LCA 研究，并覆盖至完整的产业链。值得注意的是，海水养殖本身也可成为适应和应对气候变化的有力手段，即“碳汇渔业”。藻类和贝类是捕集温室气体的良好载体，且其养殖过程几乎不需要饲料投入，还能够产生负碳足迹；但促进此类养殖方式的激励手段（如碳交易机制）目前仍处于初步试点阶段。

4. 优先行动建议

减少人类在涉海活动中产生的碳足迹较难取得一蹴而就的成效，其很大程度上依赖于科技水平的提升和突破。但我们应当在海洋产业中迅速且牢固地树立鲜明的减碳意识，并关注性别平等问题，由此制订循序渐进的计划，并从当下开始积极努力。

短期尺度上各行业可以开展的行动包括以下 5 个方面。

(1) 加快船舶设计优化和动力技术创新，提升航运船舶化石燃料的使用效率。

(2) 执行更加严格的渔业管理手段，管控底拖网等高能耗的渔具渔法，逐步取消渔船燃料补贴。

(3) 发展特定类型的海水养殖（如海藻和贝类），协同实现增加碳汇和保障食品安全的双重目标。

(4) 探究渔业和养殖业中的性别关系及性别平等问题，揭示女性的贡献并促进其有效参与可持续、低碳海产品的生产决策。

(5) 科学制定海岸带空间规划，建设范围更广、保护程度更完全的海洋保护区，强化滨海湿地的保护和修复，充分发挥海岸带生态系统的碳汇功能，并推动海洋保护区网络规划与大尺度的渔业和生物多样性管理体系更好地结合。

中长期尺度上可以开展的行动包括以下 5 个方面。

(1) 鼓励研发低碳排放 / 零碳排放的船用燃料和配套的船舶动力系统，实现突破性的技术革新。

(2) 开展研究并评估“智慧绿色渔业管理”的未来机遇，包括适应性和应对性方法。

(3) 促进金融工具和社会资本投入机制的创新（包括性别平等导向的措施），以增加对可持续蓝色经济的投资，如减碳降污的技术研发及蓝碳生态系统的保护和恢复。

(4) 鼓励科研力量对海产品完整生命周期的碳排放进行评估，为政策调节干预提供依据。

(5) 培养公众的低碳食物消费习惯，从需求端促进可持续、低碳海产品的生产。

与此同时，海洋产业的减碳愿景涉及政治界、科学界、产业界和社会公众，需要从全球到局部区域的各个规模的利益攸关方有力联合。国际层面上，如 IMO 和 FAO 等在海洋产业中起到全球性协调作用的国际组织，应当加快建设减碳导向的行业标准框架，合理分配跨国界的排放责任。区域性的科研机构也可以为“智慧绿色渔业”的科学评估方面提供指导。国家层面上，各行业中具备显著影响力的国家应牵头推进全球合作、主动承担治理责任、促进关键技术的共享；同时，在国内治理进程中优化制度安排，采取积极的激励手段，推动相关产业的减碳转型。社会层面上，企业应积极响应治理需求，履行社会责任并构建认证制度，提供更加广泛而优质的气候友好型产品和服务。

关于降低海洋涉海活动 CO₂ 足迹的主要建议：发展绿色海洋产业

在认识到海洋产业将持续产生人为碳排放的基础上，我们建议 IMO 等相关力量瞄准更加雄心勃勃的目标，加速海洋产业的低碳转型和升级，激励清洁能源的研发，包括在港口之间建立“绿色走廊”，以适应为远洋深海船队使用可再生燃料提供便利等。

(四) 海洋可再生能源

经济合作与发展组织（OECD）在 2016 年发布了一份重要报告，即《2030 年的海洋经济》（*The Ocean Economy in 2030*），其中做出了这样的预测：到 2030 年，蓝色经济的总增加值（GVA）将超过 3 万亿美元（按 2010 年价格计算），占全球 GVA 总额的 2.5%。其中，海洋能源作为一个新兴领域，以其尖端科学技术在项目和技术交付中发挥的关键作用而备受瞩目。海洋能源开发与我们现有的海事基础设施和作业能力的发展之间也存在交互和重叠。例如，英国海洋经济总产值约为 145 亿英镑，直接支持了大约 18.6 万个工作岗位^[74]。

海洋可再生能源（Ocean Renewable Energy, ORE）作为新兴的海洋产业，有着巨大的发展潜力。作为全球最大的能源消费国，中国正加紧在整体能源结构中加大可再

生能源的比例，并提出更高的绿色能源发展目标，其中包括对 ORE 的利用。与此同时，全世界都需要实现可再生能源转型，以缓解气候变化，刺激经济发展，改善人类福利并促进就业。

2020 年国合会的“全球海洋治理与生态文明专题政策研究：构建中国可持续海洋经济”对海洋可再生能源进行了深入研究^[73]。下文所述和观点是在该报告基础上归纳和发展而来。

1. 依托海洋开发可再生能源

各种 ORE 技术（包括风能、波浪能、海流、潮差、海洋热能）正处于不同的发展阶段，也面临各自独特的挑战和机遇。对于全球不同地区来说，未来的 ORE 开发方案可能有着不同的选项。ORE 目前正在经历并且很可能即将迎来快速增长，尤其是海上风电的装机容量将快速增加；而在规模化发展的档口，非常需要适时考虑其环境、社会经济和技术挑战。电力成本控制对海上风电行业来说是一个显而易见的难题，对其他 ORE 技术则更是如此。由于受到基础数据不足、社会经济和技术水平参差不齐等因素的限制，了解和评估 ORE 设施建造、运营和退役过程的环境影响难度很大。ORE 的全面开发不仅会影响众多利益相关者，同时也会受到利益相关者的影响；了解利益相关者是谁，以及他们如何参与 ORE 的发展过程，对于负责任开发 ORE 技术是十分必要的。一般来说，主要利益相关者包括对某一特定 ORE 项目和特定海域有需求的渔民、社区居民、监管部门、开发商、学者和游客。与其他试图大力发展 ORE 国家的自然条件不同，中国东部海岸的底质具有松软、淤泥质的土壤特征，给 ORE 基础设施构建和安装造成了技术困难。此外，在其他一些台风多发地区，海上风电行业面临的技术挑战要大得多，那里的天气条件可能对涡轮机性能产生相当大的影响。中国目前尚缺乏针对 ORE 活动环境影响的法律制度，需要进一步制定相关的法规。

2. ORE 开发与利用现状

中国目前正在积极开发海上风电技术，这必将成为未来全球重要的能源产业，同时，中国在波浪能和潮汐能技术方面也取得了一定的进展。中国政府承诺，到 2030 年非化石能源占比将降至 20%，而在 2019 年，中国的 ORE（海上风电）运营装机总量已达到 3.7 GW，同时，在建项目有 13 GW，还有 41 GW 的项目已经通过审批。2018 年是中国 ORE——海上风电向零补贴发展的转折点；2019 年中国首次拍卖了海上风电项目，实现了电价为 0.75 元 /kW·h，低于 0.8 元 /kW·h 的指导价。同时，中国也成为世界上少数掌握大规模潮流能开发利用技术的国家之一。

ORE 作为一种快速发展的海洋经济形态，正在帮助人类社会推进落实低碳和循环经济目标。海上风电技术直到最近才达到政策拐点，而其他 ORE 技术尚处于早期发展阶段。尽管如此，仍有迹象表明技术投资成本和发电价格将进一步下降，ORE 发电也有望实现商业化运营，这一状况令人鼓舞。增进对 ORE 技术潜在影响的了解对于制订未来发展计划和 ORE 项目审批至关重要。对于不断发展的 ORE 行业和新兴 ORE 技术来说，相关环境影响的持续监测非常重要，能为决策者、开发商和利益相关者提供最佳和最新的信息。此外，将新兴 ORE 技术与军事用途、偏远社区发电、海水淡化或水产养殖产业整合运营可能会促进 ORE 的进一步发展。ORE 技术为中国发展本国的新兴产业以及有效参与全球市场提供了新机遇。

3. 认知缺失和政策缺口

知识的生产和管理在许多行业中发挥着重要作用，可助力行业有效应对变化，提高生产力，为发展和创新铺平道路。关于数据共享，丹麦最大的能源公司（沃旭能源 Ørsted A/S）就是一个很好的例子：为了改进风电场设计、激励年轻学子加入绿色能源行业，Ørsted A/S 向科技院校提供并分享了前几代海上风电场的的数据，通过数据共享改进了风场模拟和风力发电机监测。

海洋能开发是一个高风险行业，可行性评估对于其稳步发展十分重要。在产业发展成熟且能满足产业化所需的可融资性和商业可行性条件之前，第一个海洋能源试点项目必须完成财务结算。ORE 项目因为具有高度的不确定性和风险性，所以不适用于商业债务或纯粹基于收益的融资，因此示范和试运行阶段的风电场和发电厂需要特定的融资解决方案。鉴于此，我们主张为海洋能源企业创建一个投资支持基金，通过该基金创建一个提供灵活资本的基金，从而以此为杠杆撬动更多的私人资本投资。同时，主张创建一个保险和担保基金，以承保各种项目风险和防范可获得性、运行表现、不可预知事件、运行故障等方面的风险。

在新技术出现并通过示范和商业试运行阶段已经达到了产业化水平时，政府管理部门要给予充分支持。必须明确区分对成熟技术的支持和对新兴技术的支持，海洋能开发等新兴技术需要特定投资或项目支持，而不是单纯的资金支持。

总体而言，中国 ORE 的发展将高度依赖于相关法律法规和政策的制（修）订，例如，《中华人民共和国可再生能源法》和即将出台的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划》（“十五五”规划）。此外，地方层面的政策以及中央和地方之间的相互协调均发挥着至关重要的作用。在开发利用 ORE 以实现可持续发展方面，中国有望在国际上发挥示范带头作用。

4. 优先行动建议

以下行动突出强调了应建立健全产业配套政策机制。此外，应扩大 ORE 的开发利用规模，并且国家政策应鼓励金融或风险投资以及私人资本进入 ORE 产业。最后，在加速海上风电建设的同时，政府应评估其环境和社会经济影响；还应支持健全政策机制，加速其他 ORE 技术的产业化。

政策

- (1) 建立健全产业支持政策机制。
- (2) 扩大 ORE 开发利用规模。
- (3) 制定与海洋相关的 ORE 分类原则和标准。
- (4) 通过科技研发与创新进一步降低 ORE 的成本，使其逐步接近其他能源技术的水平。
- (5) 提高加速开发创新性和弹性技术的能力。
- (6) 让包括渔民、社区居民、监管部门、开发商、学者和游客在内的广大利益相关者尽早介入 ORE 开发进程，以确保广大人群的意见都能够得以体现。
- (7) 将新兴的 ORE 技术与其他行业广泛结合，例如，军事用途、偏远地区的发电、海水淡化、制氢和水产养殖。

市场

- (1) 对设立投资支持基金，以及保险与担保基金进行可行性评估。
- (2) 国家政策应鼓励金融或风险投资，以及私人资本投资。
- (3) 开发并采纳海洋能蓝色债券标准。
- (4) 开拓全球出口市场。
- (5) 发展 ORE 产业并增加就业，凭技术实力进入国际市场。

海上风电

- (1) 在加速发展海上风电的同时评估其生态环境和社会经济影响；有必要在建立关键试点项目的同时了解其规模化发展需求。
- (2) 增加海上风电部署以应对碳减排、能源安全和新商机等多层面重要战略目标。

海洋能

- (1) 政府应鼓励潮流能的研究和开发，预计这将是下一个有望产业化的 ORE。
- (2) 政府应建立支持 ORE 技术（包括风能、波浪能、潮流能、潮汐能、海洋热能等）快速产业化的机制。

关于 ORE 的主要建议：发展 ORE 和智慧绿色型港口

ORE 是引人注目的新兴海洋产业。实现全球共同需要的可再生能源转型不仅可以缓解气候变化，还可以刺激经济发展、改善人类福利，并促进就业。我们建议通过扩大海上风电生产规模、促进氢气和氨气生产来实现沿海大城市交通系统和航运业脱碳，并尽快开发其他具有较高潜在价值的海洋能源技术。

三、实现碳中和目标的海洋可持续管理

（一）从整体上考虑海洋生态系统的必要性

如上所述，我们需要平衡海洋开发与保护以应对气候变化、生物多样性锐减和不平等带来的社会挑战。但海洋在应对这些全球性挑战中的关键性作用还远未达到其应有的地位。在当今和未来的一系列全球性挑战和危机面前，人类必须以系统性、综合性和整体性的方式对待海洋问题，并有效开展海洋空间规划。我们认为，基于生态系统的海洋综合管理（EB-IOM）是实现碳中和目标、保护生物多样性以及发展生态文明的基础。海洋综合管理综合考虑了海洋空间的各种使用途径和压力，并在社会和海洋生态系统可持续的目标下帮助协调竞争性用途。当前，不同层面的海洋治理实践广泛认为应以综合方式管理海洋生态系统及其资源。为此，需要采取明确和有针对性的行动来限制并尽量减少对海洋的威胁和影响，使海洋继续作为人类和地球生命之源的能力得以夯实。

整体性的海洋综合管理可支撑海洋生态系统中更有效的碳储存、海洋产业的脱碳化以及涉海活动的低碳转型。在日益繁忙的海洋空间中，我们仍然有机会以不损害环境而是让环境恢复或再生的方式实现经济增长的最大化，以满足人类需求。这样做还可能会获得与其他涉海产业的协同效益。例如，海洋能源产业可以满足能源密集型海水淡化产业日益增长的需求，或支持海水养殖业的运行，同时保护关键的海洋生态系统和生物多样性。任何此类涉海活动都不应孤立地进行，而应进行跨部门地统一规划。通过将海岸带的管理规划与邻近的海洋管理规划相结合实现陆海统筹不仅可以避免资源闲置，还可以同时兼顾经济、社会与环境效益。

基于生态系统的海洋综合管理是智慧绿色的，它注重基于自然的解决方案，将管理良好的海洋保护区和其他有效的区域保护措施整合在一起，并与可持续的基础设施一道，这对于保护、支持沿海社区和海洋栖息地来说极其重要。它可以增加海洋食物的产量、赋能药物创新、增强减缓和适应气候变化的能力、满足能源需求，还可以保护、再生和恢复生物多样性以及文化价值（www.oceanpanel.org）。

这种智慧绿色的海洋综合管理，也在经济上被证明是智能且可行的。近期研究发现，未来 30 年内，在关键的海洋行动上每投资 1 美元即可产生至少 5 美元的全球收益，甚至更多。例如，2020—2050 年，全球在保护和恢复红树林栖息地、扩大海上风能生产、国际航运脱碳和增加可持续来源的海洋蛋白质生产这四个关键领域投资 2 万亿~3.7 万亿美元，即可带来 8.2 万亿~22.8 万亿美元的净收益，投资回报率为 450%~615%^[75]。

从全球来看，现有的海洋治理仍面临诸多挑战，如当地利益相关者的参与不足，对科学和知识的尊重与利用不足，气候变化的适应力薄弱，现有复杂的治理机制执行不力，知识和能力缺乏，法律体系有待完善，部门间、社会组织和研究机构之间缺乏合作，部门冲突管理机制缺失等^[76]。同时还应认识到基于生态系统的海洋管理和治理若要取得成功，就需要针对项目、政策和基层民众当中的性别平等进行规划、实施、监测和评估。中国拥有丰富的技术和经济储备，有能力采取多种适应性和减缓性的措施，这些措施将对国内和国际社会发展产生影响。融通跨界知识和实施基于生态系统的海洋综合管理是实现生态文明和碳中和的关键。

（二）面向碳中和的可持续海洋管理方案

到 2050 年，若维持现有的碳排放趋势和政策不变，由可持续海洋管理提供的基于海洋的气候变化减缓方案，则可在全球升温 1.5°C 的情景下将“排放缺口”压缩 21%，在全球升温 2.0°C 的情景下将“排放缺口”压缩约 25%^[1]。在可持续海洋规划的背景下，有 5 个主要领域将在减少温室气体排放从而实现碳中和方面取得重大进展，分别是海洋可再生能源；零排放海运；管理沿海和海洋生态系统；基于海洋的食物系统（捕捞渔业、水产养殖和人类饮食）来源向海洋转移；海底碳封存。发展海洋可再生能源是目前最有可能提供清洁能源和减少温室气体排放的产业，而发展浮动风能和太阳能设施则是重要的前沿领域。考虑对环境和社会福祉的全方位影响，基于自然的干预措施，特别是红树林、海草床和盐沼（蓝色森林）的保护和恢复，可最好地兼顾到碳减排，以及人类、经济和地球更广泛的共同利益。

蓝色森林具有捕获和储存 CO₂ 的巨大潜力。研究表明，海洋动植物群捕获 CO₂ 的效率高于陆地森林（尤其是红树林，其捕获 CO₂ 的效率是陆地森林的数倍）。为了防止自然栖息地的丧失，并在其发生破坏时恢复自然条件，同时确保未来的任何活动都有助于其再生，基于自然的解决方案必须作为实现碳中和目标的关键战略。

滨海湿地在上述方面发挥着特别重要的作用，它不仅可以有效地捕获 CO₂，而且是许多海洋物种的主要栖息地和人类重要的食物与生计来源。由于城市化，特别是沿海城市的发展，保护自然栖息地的难度很大。为此，应评估生态损害赔偿制度等措施的可行性，同时为了给生态补偿计划提供技术支持，可以进一步发展自然资本核算体系。2020 年，Fenichel 讨论了具有多个指标的国民账户体系，以及如何将其应用于可持续海洋经济管理；全球海洋账户伙伴关系 (<https://www.oceanaccounts.org/>) 则着眼于为海洋经济核算建立共享技术框架^[77]。尽管生态环境部等负责监督此类工作，但地方的参与和投入也非常重要^[77]。此外，还应高度重视海洋保护措施，包括评估和建立海洋保护区，以及发展海藻养殖。海藻养殖也因其多方面的优点（尤其是与气候变化和粮食安全相关的优点）以及迅速扩大的全球市场和需求而日益受到关注。

第一，海洋保护区和其他的区域保护措施能提供一系列益处，包括创造就业机会、提高保护区附近的渔业产量、通过健康的海洋生态系统增加碳封存、保护极其重要的生物多样性。海洋保护区不应被视为实现可持续发展目标的机制，也应被视为一个国家基础设施的一部分进行投资。可考虑在中国国内对保护区和其他基于区域的保护措施给予财政支持和投资，并鼓励发展可持续的海藻养殖业。也可考虑与“一带一路”沿线国家合作，推广此类措施。

第二，实现可持续的海洋经济（“蓝色经济”）要求在现有和新兴海洋产业中创新发展新的智慧绿色技术。对中国所有涉海产业来说，发展此类绿色技术都是必要的。以海事部门为例，可通过制定前瞻性的国家目标和战略支持船舶脱碳、激励可持续低碳港口建设，通过可再生能源和零碳燃料供应链支持海运行业和船队（包括渔船）的低碳转型。又以水产养殖行业为例，可通过制定政策和管理框架尽量减少水产养殖造成的环境影响，包括饲料供应链中的低效率，并促进符合当地环境、治理和经济优先事项的饲料和非饲料水产养殖生产。除财政和税收优惠政策外，针对绿色技术的政府采购和投资也可以帮助行业克服财务障碍，这些障碍有时会阻碍环境技术的研发。在国际上，通过“一带一路”倡议，中国可以与沿线国家合作，在港口、渔船、海水养殖和旅游等领域积极开发利用海上风电和绿色解决方案，并将海洋综合管理理念作为管理原则进行推广^[1]。

第三，知识是社会发展的基本价值。应通过提供获取共同知识库的机制和机会，鼓励和加强与可持续的、智慧绿色的海洋生态系统管理和经济有关的科学知识的使用和监测。这将有助于在制定发展海洋经济和实施基于生态系统的海洋综合管理总体政策时协调和全面利用知识。要保持最新的科学技术基础知识和数据共享能力，需要在国家和区域数据、知识收集和技术开发系统项目，传播数据和知识的创新方法等方面投资。投资和参与联合国政府间海洋委员会“海洋科学促进可持续发展国际十年（2021—2030）”，将是中国对国际社会的重要贡献。

第四，在拟定可持续海洋管理框架的关键国际进程和论坛中，中国应积极参与并牵头开展相关讨论，为实现全球碳中和目标做出贡献。主要包括《联合国气候变化框架公约》《巴黎协定》《生物多样性公约》，以及关于国家管辖范围以外区域海洋生物多样性（BBNJ）公约的谈判。同时，应重点关注国际海事组织和国际海底管理局等涉海国际组织的规则制定。通过这些努力，中国还将为及时、恰当地制定关于新兴海洋产业（如海洋可再生能源产业、海底采矿业和海洋生物技术产业）的法律和环境框架做出贡献。中国应基于科学，十分审慎地参与上述活动，避免任何可能进一步损害海洋健康的做法。

（三）优先行动建议

建议优先采取以下行动，以支持在中国所有海域和有影响力的区域实施并持续发展基于现有最佳科学知识和生态系统的海洋综合管理。

（1）阻断沿海和海洋生态系统的净损失，增加其范围、改善其状况，尤其是红树林、海草床、盐沼、海藻场、沙丘、珊瑚礁和深海等关键生态系统。改善这些生态系统应对气候变化的管理。在规划和发展沿海基础设施时，采用基于自然的解决方案，尽可能减少灰色（相对于绿色）基础设施，并鼓励将其用于固碳和储碳，以增强海岸带韧性。

（2）建立和有效管理基于现有最佳科学知识的海洋保护区和其他有效的区域保护措施网络，以保护生物多样性，同时提供气候、粮食、社会经济和文化效益。将这些明确地与渔业、生物多样性保护和其他自然设施的大规模管理计划联系起来。

（3）通过相关的全球性和区域性组织，与包括当地民众和利益相关者在内的所有相关伙伴合作，以促进所有海洋和沿海生态系统的可持续管理。改善妇女在海洋经济各个方面的参与度和财务状况。

（4）利用知识和空间分析工具来确定海洋保护区的碳封存潜力和最佳位置，同时

发展可持续海洋规划下的其他基于区域的有效保护措施。

主要建议：依靠自然本身来捕获和封存 CO₂

为应对气候变化、生物多样性锐减和不平等所带来的社会挑战，我们需要在开发和保护之间取得平衡，而海洋在这方面发挥着关键作用。基于生态系统的海洋综合管理（EB-IOM）方案是兼顾碳中和目标和生态文明发展的基础。建议从中央到地方各级政府立即采取行动，避免进一步破坏海洋栖息地和沿海湿地，并尽可能减少其损失：第一，到 2030 年，积极修复退化或被破坏的滨海湿地，保护关键的海洋栖息地；第二，到 2030 年，投资建成一个具有恢复力的海洋保护区网络（包括国家公园、自然保护区和海洋生态红线区），通过基于自然的解决方案，保护对碳储存和海洋生物多样性具有重大意义的大型海洋栖息地；第三，按照《联合国气候变化框架公约》及《巴黎协定》，参考 IPCC 国家温室气体清单指南^[78]，将蓝碳等生态系统纳入中国的国家自主贡献范畴和温室气体（GHG）长期低排放发展战略中。探索与“一带一路”沿线国家的合作，推广类似的举措。

参考文献

- [1] Hoegh-Guldberg O, Caldeira K, Chopin T, et al. The Ocean as a Solution to Climate Change: Five Opportunities for Action[M]. Washington, DC: World Resources Institute, 2019.
- [2] Northrop E, Ruffo S, Taraska G, et al. Enhancing Nationally Determined Contributions: Opportunities for Ocean-Based Climate Action[M]. Working Paper. Washington, DC: World Resources Institute, 2020.
- [3] Friedlingstein P, O'Sullivan M, Jones M W, et al. Global carbon budget 2020[J]. Earth System Science Data, 2020, 12(4): 3269-3340.
- [4] Sarmiento J L, Gruber N. Sinks for anthropogenic carbon[J]. Physics Today, 2002, 55(8): 30-36.
- [5] Aricò S, Arrieta J M, Bakker D C E, et al. Integrated Ocean Carbon Research: A Summary of Ocean Carbon Research, and Vision of Coordinated Ocean Carbon Research and Observations for the Next Decade[M]. Paris: UNESCO-IOC, 2021.
- [6] Zeebe R E, Wolf-Gladrow D. CO₂ in seawater: equilibrium, kinetics, isotopes[M]. Elsevier

Oceanography Series No. 65, Gulf Professional Publishing, Oxford, United Kingdom, 2001.

- [7] Hansell D A, Carlson C A, Repeta D J, et al. Dissolved organic matter in the ocean: A controversy stimulates new insights[J]. *Oceanography*, 2009, 22(4): 202-211.
- [8] Ito T, Follows M J. Upper ocean control on the solubility pump of CO₂[J]. *Journal of Marine Research*, 2003, 61: 465-489.
- [9] Toggweiler J R, Murnane R, Carson S, et al. Representation of the carbon cycle in box models and GCMs: 2. Organic pump[J]. *Global Biogeochem. Cycles*, 2003, 17(1): 1027.
- [10] Duarte C M, Losada I J, Hendriks I E, et al. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation[J]. *Nature Climate Change*, 2013, 3: 961-968.
- [11] Breithaupt, J L, Smoak J M, Smith T J, et al. Organic carbon burial rates in mangrove sediments: Strengthening the global budget[J]. *Global Biogeochemical Cycles*, 2012, 26(3).
- [12] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. A Research Strategy for Ocean-based Carbon Dioxide Removal and Sequestration[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2021.
- [13] Energy Futures Initiative. Uncharted Waters: Expanding the Options for Carbon Dioxide Removal in Coastal and Ocean Environments[M]. Energy Futures Initiative, 2020.
- [14] Anderson C M, DeFries R S, Litterman R, et al. Natural climate solutions are not enough[J]. *Science*, 2019, 363(6430): 933-934.
- [15] Lawrence M G, Schäfer S, Muri H, et al. Evaluating climate geoengineering proposals in the context of the Paris Agreement temperature goals[J]. *Nature Communications*, 2018, 9:3734.
- [16] Chen Y C, Chu T J, Wei J D, et al. Effects of mangrove removal on benthic organisms in the Siangshan Wetland in Hsinchu, Taiwan[J]. *PeerJ*, 2018, 6: e5670.
- [17] 张雅棉, 黄智君, 李玉, 等. 基于鹭类生境需求的海岸带海陆一体化修复 [J]. *湿地科学与管理*, 2021, 17(1): 56-60.
- [18] Dai M H, Su J Z, Zhao Y Y, et al. Carbon fluxes in the coastal ocean: Synthesis, boundary processes and future trends[J]. *Annual Review of Earth and Planetary Science*, 2022, 50: 593-626.
- [19] Zou K Y, Zhang L. Legal challenges of carbon capture and storage in the South China Sea region[J]. *Marine Policy*, 2017, 84: 167-177.
- [20] Webb R, Gerrard M. Overcoming Impediments to Offshore CO₂ Storage: Legal Issues in the United States and Canada[J]. *Environmental Law Reporter*, 2019, 49(7): 10634-10647.
- [21] Michener A. CCS challenges and opportunities for China[M]. IEA Clean Coal Centre, 2011.
- [22] Li H Y, Lau H C, Wei X F, et al. CO₂ storage potential in major oil and gas reservoirs in the northern South China Sea[J]. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2021, 108: 103328.
- [23] Shan Y L, Huang Q, Guan D B, et al. China CO₂ emission accounts 2016-2017[J]. *Scientific Data*, 2020: 7-54.
- [24] Asian Development Bank. Roadmap for Carbon Capture and Storage Demonstration and Deployment in the People's Republic of China[M]. 2015. Manila, Philippines. <https://www.adb>.

org/sites/default/files/publication/175347/roadmap-ccs-prc.pdf.

- [25] IEA. Special report on carbon capture utilisation and storage (CCUS) in clean energy transitions[M]. 2020. https://iea.blob.core.windows.net/assets/181b48b4-323f-454d-96fb-0bb1889d96a9/CCUS_in_clean_energy_transitions.pdf.
- [26] Zhou D, Zhao Z X, Liao J, et al. A preliminary assessment on CO₂ storage capacity in the Pearl River Mouth Basin offshore Guangdong, China[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2011, 5(2): 308-317.
- [27] Zhou D, Zhao D Q, Liu Q, et al. The GDCCSR project promoting regional CCS-readiness in the Guangdong province, South China[J]. Energy Procedia, 2013, 37: 7622-7632.
- [28] Zhou D, Li P C, Liang X, et al. A long-term strategic plan of offshore CO₂ transport and storage in northern South China Sea for a low-carbon development in Guangdong province, China[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2018, 70: 76-87.
- [29] Li P C, Yi L Z, Liu X Y, et al. Screening and simulation of offshore CO₂-EOR and storage: A case study for the HZ21-1 oilfield in the Pearl River Mouth Basin, Northern South China Sea[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2019, 86: 66-81.
- [30] Schrag D P. Storage of carbon dioxide in offshore sediments[J]. Science, 2009, 325(948): 1658-1659.
- [31] International Energy Agency. 20 years of carbon capture and storage: Accelerating future deployment[M]. 2016. <https://www.oecd.org/publications/20-years-of-carbon-capture-and-storage-9789264267800-en.htm>.
- [32] Ringrose P S, Mechel T A. Maturing global CO₂ storage resources on offshore continental margins to achieve 2DS emissions reductions[J]. Scientific Reports, 2019, 9:17944.
- [33] Pekic S. China's first offshore carbon capture project launched[J/OL]. Offshore Energy, 2021. <https://www.offshore-energy.biz/chinas-first-offshore-carbon-capture-project-launched>.
- [34] Brus M M T A. Challenging complexities of CCS in public international law[M]. In Roggenkamp M M. & Woerdman E. (Eds.), Legal Design of Carbon Capture and Storage; Developments in the Netherlands from an international and EU Perspective (Energy & Law, nr. 10). Intersentia, International Law Series, 2009. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/bf8affe9-9968-4a36-930b-fb3ce7cf0d20/ReadyforCCSRetrofit.pdf>.
- [35] Schmelz W J, Hochman G, Miller K G. Total cost of carbon capture and storage implemented at a regional scale: northeastern and midwestern United States[J]. Interface Focus, 2020, 10: 20190065.
- [36] Dooley J J, Dahowski R T, Davidson C L. Comparing existing pipeline networks with the potential scale of future US CO₂ pipeline networks[J]. Energy Procedia, 2009, 1: 1595-1602.
- [37] Singleton G, Herzog H, Ansolabehere S. Public risk perspectives on the geologic storage of carbon dioxide[J]. International Journal of Greenhouse Gas Control, 2009, 3(1): 100-107.
- [38] IEA. The Potential for Equipping China's Existing Coal Fleet with Carbon Capture and Storage[R]. 2016.
- [39] Chen Z A, Li Q, Liu L C, et al. A large national survey of public perceptions of CCS technology in

China[J]. *Applied Energy*, 2015, 158(15): 366-377.

- [40] Zhang X, Fan J L, Wei Y M. Technology roadmap study on carbon capture, utilization and storage in China[J]. *Energy Policy*, 2013, 59: 536-550.
- [41] Costa H K M, Musarra R M L M, Silva I M M, et al. Legal Aspects of Offshore CCS: Case Study—Salt Cavern[J]. *Polytechnica*, 2019, 2: 87-96.
- [42] Lockwood T. Reducing China’s Coal Power Emissions with CCUS Retrofits[M]. International Energy Agency Clean Coal Centre, 2018.
- [43] Herzog H. Lessons learned from CCS demonstration and large pilot projects. An MIT Energy Initiative Working Paper[M]. MIT Energy Initiative, Massachusetts Institute of Technology, 2016.
- [44] Jones A C, Lawson A J. Carbon capture and sequestration (CCS) in the United States[M]. CRS Report prepared for members and committees of congress. Congressional Research Service, 2021.
- [45] d’Amore F, Romano M C, Bezzo F. Carbon capture and storage from energy and industrial emission sources: A Europe-wide supply chain optimisation[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 290: 125202.
- [46] Gerrard M. Accelerating Offshore Carbon Capture and Storage - Opportunities and Challenges for CO₂ Removal[M]. Columbia World Projects, Columbia University, 2020.
- [47] Xu C B, Yang J J, He L, et al. Carbon capture and storage as a strategic reserve against China’s CO₂ emissions[J]. *Environmental Development*, 2021, 37:100608.
- [48] Tzimas E, Georgakaki A, Cortes C, et al. Enhanced oil recovery using carbon dioxide in the European energy system[M]. EUR 21895 EN, 2005. JRC32102, 2005.
- [49] Wei N, Li X C, Dahowski R T, et al. Economic evaluation on CO₂-EOR of onshore oil fields in China[J]. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2015, 37: 170-181.
- [50] Zhang L, Ren B, Huang H D, et al. CO₂-EOR and storage in Jilin oilfield China: Monitoring program and preliminary results[J]. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 2015, 125: 1-12.
- [51] Birol. Special Report on Carbon Capture Utilisation and Storage[M]. International Energy Agency, 2020.
- [52] Alcalde J, Heinemann N, Mabon L, et al. Acorn: Developing full-chain industrial carbon capture and storage in a resource-and infrastructure-rich hydrocarbon province[J]. *Journal of Cleaner Production*, 2019, 233: 963-971.
- [53] Blackford J, Stahl H, Bull J M, et al. Detection and impacts of leakage from sub-seafloor deep geological carbon dioxide storage[J]. *Nature Climate Change*, 2014, 4: 1011-1016.
- [54] Robinson A H, Callow B, Böttner C, et al. Multiscale characterisation of chimneys/pipes: Fluid escape structures within sedimentary basins[J]. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2021, 106: 103245.
- [55] Flohr A, Schaap A, Achterberg E P, et al. Towards improved monitoring of offshore carbon storage: A real-world field experiment detecting a controlled sub-seafloor CO₂ release[J]. *International*

Journal of Greenhouse Gas Control, 2021, 106: 103237.

- [56] Pörtner H O, Roberts D C, Masson-Delmotte V, et al. Summary for Policymakers. In: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate[M]. 2019. <https://www.ipcc.ch/srocc/>.
- [57] Greer K, Zeller D, Woroniak J, et al. Global trends in carbon dioxide (CO₂) emissions from fuel combustion in marine fisheries from 1950 to 2016[J]. Marine Policy, 2019, 107:103382.
- [58] FAO. The State of World Fisheries and Aquaculture 2014: Opportunities and challenges[M]. Agriculture Organization of the United Nations, 2014.
- [59] Parker R W R, Blanchard J L, Gardner C, et al. Fuel use and greenhouse gas emissions of world fisheries[J]. Nature Climate Change, 2018, 8:333-337.
- [60] McConnaughey R A, Hiddink J G, Jennings S, et al. Choosing best practices for managing impacts of trawl fishing on seabed habitats and biota[J]. Fish and Fisheries, 2020, 21:319-337.
- [61] Brander K M. Gobar fish production and climate change[J]. PNAS, 2007, 104(50): 19709-1971.
- [62] 农业农村部渔业渔政管理局, 等. 2021 中国渔业统计年鉴 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2021.
- [63] 操建华. 水产养殖业自身污染现状及其治理对策 [J]. 社会科学家, 2018, 2: 46-50.
- [64] 吕兑安, 程杰, 莫微, 等. 海水养殖污染与生态修复对策 [J]. 海洋开发与管理, 2019, 36(11): 43-48.
- [65] FAO. Fuel and energy use in the fisheries sector - approaches, inventories and strategic Implications[M]. FAO Fisheries and Aquaculture Circular No. 1080. Rome, Italy, 2015.
- [66] IUCN. Issues Brief: The Ocean and Climate Change[M]. 2017. https://www.iucn.org/sites/dev/files/the_ocean_and_climate_change_issues_brief-v2.pdf.
- [67] FAO. Climate Smart Agriculture Sourcebook[M]. 2013. <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b4-fisheries/b4-overview/en/?type=111>.
- [68] Duarte C M, Wu J P, Xiao X, et al. Can Seaweed Farming Play a Role in Climate Change Mitigation and Adaptation?[J]. Frontiers in Marine Science, 2017, 4:100.
- [69] 方建光, 孙慧玲, 匡世焕, 等. 桑沟湾海水养殖现状评估及优化措施 [J]. 海洋水产研究, 1996, 2: 95-102.
- [70] 张朝晖, 吕吉斌, 叶属峰, 等. 桑沟湾海洋生态系统的服务价值 [J]. 应用生态学报, 2007, 18(11): 2540-2547.
- [71] 毛玉泽, 李加琦, 薛素燕, 等. 海带养殖在桑沟湾多营养层次综合养殖系统中的生态功能 [J]. 生态学报, 2018, 38(9): 3230-3237.
- [72] Ruiz-Salmón I, Laso J, Margallo M, et al. Life cycle assessment of fish and seafood processed products-A review of methodologies and new challenges[J]. Science of The Total Environment, 2021, 761: 144094.
- [73] FAO. The State of the World's Fisheries and Aquaculture 2016: Contributing to food security and nutrition for all[M]. Agriculture Organization of the United Nations, 2016.

- [74] 国合会 . 全球海洋治理与生态文明专题政策研究——海洋可再生能源研究报告 [M]. 中国环境与发展国际合作委员会, 2020.
- [75] Konar M, Ding H. A Sustainable Ocean Economy for 2050—Approximating Its Benefits and Costs[M]. High Level Panel for a Sustainable Ocean Economy, 2020.
- [76] Winther J G, Dai M, Rist T, et al. Integrated ocean management for a sustainable ocean economy[J]. Nature Ecology & Evolution, 2020, 4: 1451-1458.
- [77] Fenichel E P, Milligan B, Porras I, et al. National Accounting for the Ocean and Ocean Economy[M]. Washington, DC: World Resources Institute, 2020.
- [78] IPCC.2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories[R].2019. <https://www.ipcc.ch/report/2019-refinement-to-the-2006-ipcc-guidelines-for-national-greenhouse-gas-inventories/>.

第四章 低碳韧性城市发展与适应气候变化 ——气候变化背景下的流域治理

一、气候变化下全球大河流域的风险与挑战

（一）自然和人类活动对大河流域的影响

在全球范围内，大河流域具有巨大的社会、生态和经济重要性。作为人类文明发祥地，大河流域在人类历史、文化、宗教和社会中发挥着重要作用。大河为区域提供关键的农业生产力，支持人口增长，为城镇发展提供自然资源，孕育了世界上一些最多样化和最重要的生态系统。

作为人类和自然相互关系的关键地区，流域正受到一系列自然因素和人为因素的影响，这给今天的流域治理带来了挑战。荷兰环境评估署（PBL）研究团队在前期研究中识别了对流域产生影响的 17 种因素，主要包括两个方面，一是自然环境对流域的影响，包括洪水、干旱、高温、滑坡、侵蚀和野火等，这些极端事件对流域居民、建筑物或基础设施造成了自然危害；二是来自社会经济发展的影响，既包括水坝、引水和调水、采砂、渔业等流域传统活动的影响，也包括城镇聚落和工业发展的影响，如城镇化和工业化、港口和工业发展、森林砍伐等。这些自然因素和人为因素相互作用、相互关联、相互结合，破坏了流域的功能和生态系统，为流域治理带来了一系列变化、威胁和挑战（图 4-1）。

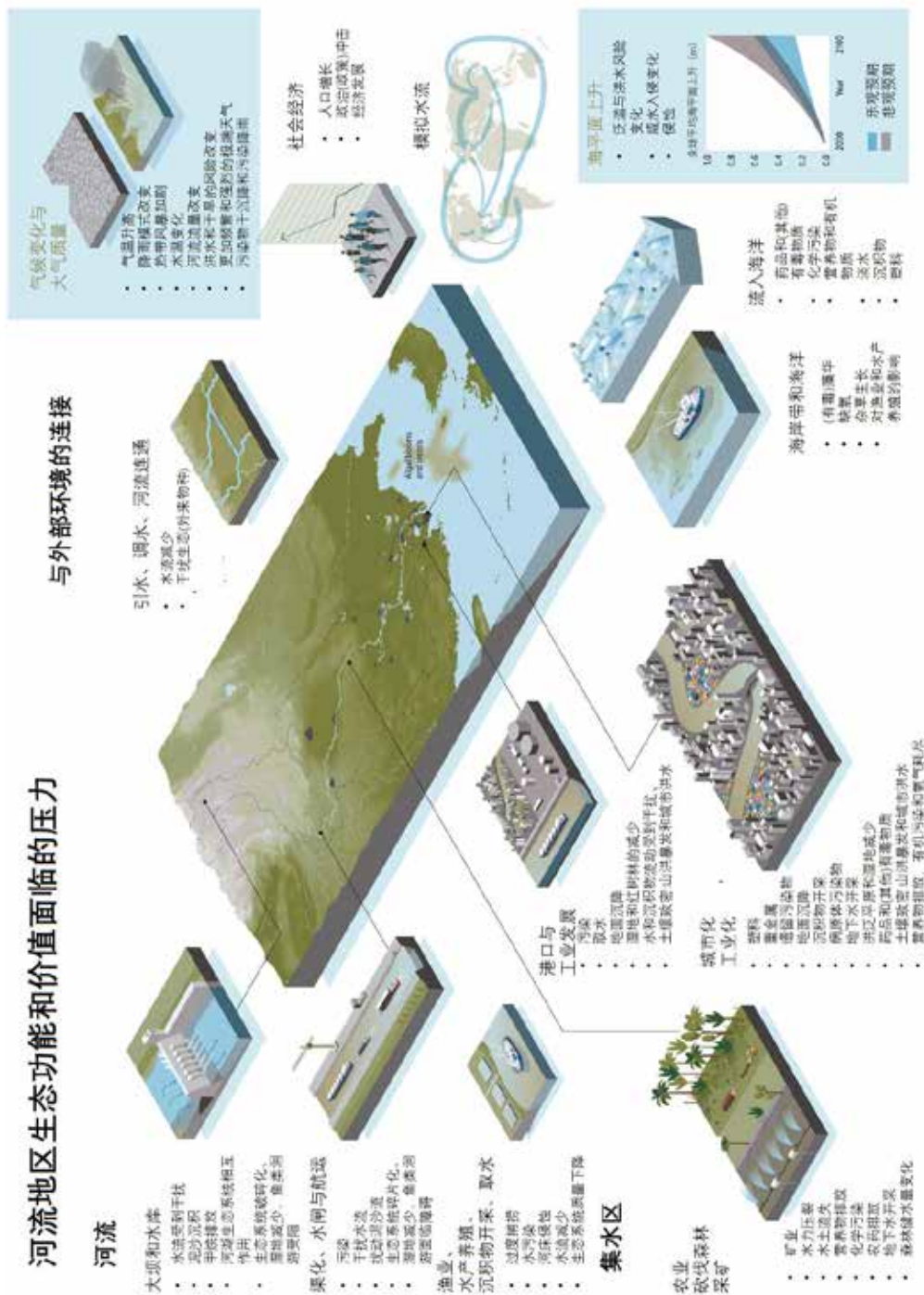


图 4-1 河流与集水区的压力和挑战概述，以及与外部世界的相互作用

（二）气候变化对大河流域水文可能的影响

气候变化正在影响着流域的水文循环，改变了水的分布、频率和水量，对人类和自然系统产生了影响。大自然保护协会（TNC）研究团队对全球大河流域在气候变化下的水文影响进行了综述研究，得出如下结论。

（1）气候变化可能加剧大河流域季节性流量的变化。例如，受季风性降水影响，恒河、长江和黄河等流域的季节性高流量将增加^[1]。

（2）气候变化可能导致河流水温升高。与 1971—2000 年相比，2071—2100 年全球平均河流水温将平均增加 0.8 ~ 1.6℃；预计美国、欧洲、中国东部、南部非洲和澳大利亚部分地区的水温增幅最大^[2]。

（3）气候变化对大河流域极端天气的影响将越来越大。全球和区域极端天气与气候事件的频率和强度都将增加^[3]。应对气候变化和与气候有关的极端天气事件的频繁发生，制定有针对性并且切实可行的战略，提高流域的抗灾能力将是当今流域管理的迫切需要。

（4）对特定流域水文变化的预测存在不确定性。尽管当前科学领域在了解气候变化对流域的影响和意义方面已取得了重大进展，但必须认识到，在方向性（增加或减少）、幅度（变化的相对大小）和时间尺度（季节性、频率、短期与长期）等方面仍有很大的不确定性有待解决。

专栏 4-1 气候变化下流域流量未来情景预测的不确定性研究

TNC 对长江、莱茵河与亚马孙河流域进行了比较研究。研究表明（图 4-2），莱茵河流量在气候变化影响下存在明显的上升趋势，而长江和亚马孙河在不同的 RCP 情景中未发现统计学上的显著趋势，而且莱茵河的最小值和最大值的波动幅度小于 1.2 倍，亚马孙河的波动幅度则接近 5 倍，长江的波动幅度在 3 倍以内。一种比较可信的解释是长江和亚马孙河流域规模更大，影响因素较多。

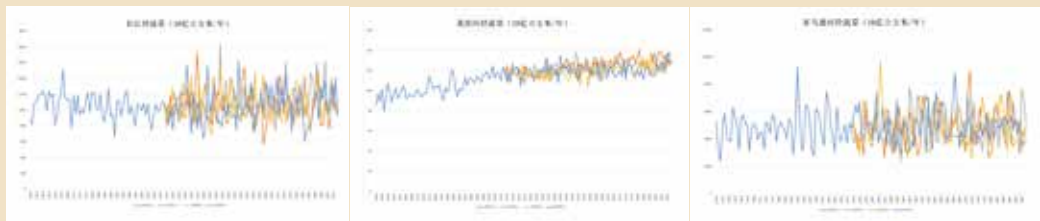


图 4-2 长江（左）、莱茵河（中）、亚马孙河（右）流域 4 个 RCP 情景下的流量

注：结果来自 CMIP6 模型的集合，模型已校准到 2015 年，并预测到 2100 年。

（三）大河流域面临的风险与压力

气候变化所导致的河流水文变化将影响大河流域的防洪、水资源可用性、水质和生物多样性，以及适航条件、农业和粮食生产、能源和矿业开采、水电开发等社会经济活动，加剧当前流域的水风险和水系统面临的压力。根据 PBL 团队的初步研究，气候变化对当前全球流域的风险和挑战主要集中在以下几个方面。

（1）强降雨与洪水风险。一般来说，气候变化将增加强降雨事件的强度，因为空气在升温时会保留更多的气。过去几十年，全球河流洪水造成的灾害损失急剧上升，2010—2050 年，全球受河流和沿海洪水影响的人口预计将从 9.92 亿人增加到 13 亿人^[4]。如果城市地区的土地渗透能力和保水能力不能有效提高，暴雨和城市洪涝的发生将增加。强降雨事件还可能增加受野火影响的农业区和自然地区的土壤侵蚀，并可能将更多营养物冲刷至河流中^[5]。

（2）干旱和缺水。从全球范围来看，干旱在 20 世纪上半叶有所增加，在 20 世纪中叶有所减少，从 20 世纪 80 年代起又再度增加^[6]。模型模拟表明，到 21 世纪末，全球将面临极端干旱至极度干旱和人口可能会翻倍的情况，将分别从 1976—2005 年的 3% 增至 7% 和 8%。根据人口增长和气候变化情景对 21 世纪中叶全球水资源短缺进行的评估表明，21 世纪中叶全球水资源短缺大部分是由于气候变化原因所导致的^[7]。到 2030 年，全球可能面临 40% 的水资源短缺。水资源管理不善将加剧气候变化对水资源和整个社会的影响。

（3）水电开发。脱碳发展可能会推动水电作为可再生能源的潜力得到进一步开发。气候变化本身的影响，如洪水频率或强度的增加，也可能导致修建更多大坝的压力增加^[8]。然后，越来越多的水电大坝的建设会对流域产生多重压力，包括扰动水流和泥沙流，破坏水生生物多样性。

（4）内河航运。内河航道功能可能会受到河流高流量和低流量变化的影响。其中，高流量可能会产生诸如航行中断、港口设施受损、河岸和防洪工程受损、泥沙淤积以及河流形态变化等重大影响。低水位条件的变化则会更加严重地影响大型货船的装载能力和航行时间^[9]，以及三角洲地区的盐水入侵。

（5）河流污染。河流污染通常出现在人口众多、工业化或农业密集的流域。在全球范围内，气候变化预计会降低水质，包括饮用水，也会带来健康风险。这些风险源于温度升高、暴雨导致的沉积物、养分和污染物增加、干旱期间污染物稀释能力降低以及洪水期间处理设施中断^[10]。此外，水温升高还会降低氧气的溶解度和浓度，增加污染物（如重金属和有机磷酸盐）对鱼类和其他淡水物种的毒性。

（四）大河流域治理的多重挑战

（1）流域问题的高度复杂性。主要体现在两个方面：一是流域本身的复杂性，体现在河流系统中中下游的联动关系，流域内各种活动和土地利用类型之间的相互依存关系，以及流域内部、流域与外部世界的相互作用。不同压力间的联合作用往往会产生非线性结果，从而放大影响效应^[11, 12]。二是气候变化对流域的多重影响的复杂性，不同影响因素间可能会产生交叉效应，或同时作用于流域产生附加效应。这破坏了流域的功能和生态系统，给流域管理带来了一系列的变化和挑战，这也就需要在讨论流域治理问题时将流域作为一个整体进行系统性研究。

（2）气候变化对流域短期冲击风险的不确定性。由于气候变化对特定流域水文变化的预测仍然存在不确定性，加剧了流域治理的难度。因此，有必要采用实证研究，对流域问题进行具体分析，为决策者提供成功的方案和战略案例。

（3）流域城乡聚落的安全韧性是当务之急。全球和区域极端气候事件发生的频率和强度均呈现显著上升趋势^[3]，使得流域管理需求越来越紧迫。由于不同流域的发展阶段差距较大，因此城乡聚落基础设施建设和灾害风险的脆弱性存在较大差距。在气候变化背景下，极端气候相关的天气事件频发和人民生活水平的逐步提高对于流域安全韧性的要求也会大大提高。在流域管理方面，要坚持以韧性为导向的流域治理，将水文、生态、社会科学相结合，形成具有前瞻性的流域韧性科学新方法，制定有针对性、切实可行的流域韧性治理策略。

（4）流域治理的整体性、协同性和一致性。流域问题的复杂性使得流域治理政策面临多重挑战。流域的自然边界往往与行政边界不匹配，有些流域甚至会跨越国家边界。流域治理同时也涉及多领域、多部门、多层次的管理，因此在大河流域治理中可能表现出条块分割、各自为政、重复建设的弊端。如何跨越不同层级的行政边界，确保跨界政策目标与跨部门、跨级别政策实施的一致性、协同性和连贯性对流域治理而言是一项重大挑战。在相关政策上应进行统筹协调和系统性机制设计。

（5）流域地区利益群体的复杂交织。流域系统完整而复杂，自然生态系统功能复杂，社会经济发展水平地区差异大，发展形式不同、程度多样、关系复杂、利益和需求多样性给流域治理带来了诸多挑战。既要统筹协调上下游、左右岸、不同地区、不同行业 and 不同部门的利益关系，也要关注气候变化给不同发展水平地区、不同人群带来的风险和挑战。在制定流域治理相关政策时，要关注流域地区自然、经济、社会、文化等各方面的利益关系，综合考虑流域的可持续发展，做好流域治理的选择和利益平衡，体现公平正义和社会和谐。

（五）中国流域问题的迫切性和长江的重要性

（1）与全球其他大河流域相比，中国流域压力越来越大。荷兰 PBL 研究团队在初步研究中选取了包括莱茵河在内的 16 条国际主要河流和中国的 20 条主要河流，并对 17 个方面的压力进行了定性比较、分析。研究表明，预计到 2050 年，所有大河流域都将面临更大的压力，其中中国大河流域面临的压力更大，影响也更大。这些压力不仅将严重影响河流上游的水坝、湿地和冰川融化等问题和风险，还将给渔业、水产养殖、洪泛区和湿地丧失，以及集水区污染、三角洲地面沉降、地下水开采、水土流失和其他问题等带来严重的影响和风险（图 4-3）。

（2）未来 50 年将是中国流域管理的关键时间窗口。与全球发达地区大型流域的发展相比，未来 50 年，中国流域将面临更加复杂的挑战。荷兰 PBL 研究团队对比了欧洲的莱茵河和中国的长江，发现莱茵河早在 20 世纪 50 年代就已开始解决工业和污染造成的各类问题了，如今更加关注流域治理中的生物多样性、能源脱碳等前沿问题。中国直到 20 世纪 80 年代才开始快速工业化与城市化进程，这意味着当今中国的大河流域除了要解决城镇化和工业化带来的水污染防治、水资源短缺、生态环境修复和洪水治理等问题，还要面对能源脱碳、生物多样性保护等问题，以促进实现“2030 年碳达峰、2060 年碳中和”的战略目标。未来 50 年，中国大河流域的发展将面临更加复杂的挑战。

（3）长江流域是中国发展最重要的支撑，也是中国经济社会发展最具活力和潜力的区域。长江流域总面积约 180 万 km^2 ，自然资源丰富，占中国国土面积的 18.8%，人口和经济总量均超过全国的 40%，长江流域自古以来就面临着洪水、干旱、极端天气等自然压力；改革开放后，长江流域又面临着经济社会高速发展带来的诸多挑战。随着《中华人民共和国长江保护法》《长江经济带发展规划纲要》等一系列重大战略相继出台，长江生态优先、绿色发展的总体方针正在形成。认识气候变化下长江流域的复杂压力，以及应对气候变化的路径和流域可持续发展的对策，不仅对中国的生态文明建设具有重要意义，而且对中国和世界其他流域的治理同样具有重要的参考价值和示范意义。

	筑坝	开凿运河、河道整治、航运	渔业、水产养殖、对鱼类的威胁 沉积物开采	冲击平原和湿地的丧失	污染(营养物)	三角洲地面沉降	土壤板结	地下水开采	威胁到人口聚集地的洪水	干旱	相对海平面上升	水传输、河流连接 模拟水流	外来物种	社会经济发展	跨界影响
中国的河流(部分)															
黑龙江	o			o	o			o	?	+					o
辽河和沿海河流															
海河				d	i			d	?						i
黄河(1)	o	o		d	i			d	?				U-D		i
山东沿海河流															
淮河														U-D	
长江(1)	d			o	i			d	?					U-D	i
东南河流流域(2)	*	**		***		d*			**	*					
珠江(珠江水系)	o			d	i			d	?	o					i
红河	d														
湄公河	d			o	o			o	?	o					o
伊尔盖江	d			o	o			o	?	o					i
伊洛瓦底江	d			d	o			o	?	o					o
印度河	d			d	d			o	?	o					d
鄂毕河	o			o	o			d	?	i					o
甘肃-内蒙古															
青海															
塔里木-准格尔															
伊犁															
西藏															
国际上的河流															
亚马孙河	d			d	o			d	?	i					o
刚果河	d			d	d			d	?	i					d
密西西比河	o			d	i			o	?	d					o
尼罗河	d			d	d			d	?	i					o
巴拉那河	d			d	d			d	?	i					o
勒拿河	d			o	o			o	?	i					o
尼日尔河	d			d	d			d	?	i					o
墨累-达令	o			d	o			o	?	i					o
恒河	d			o	d			o	?	i					i
奥里达科河	d			d	o			o	?	i					o
狄格里斯河-幼发拉底河	d			d	d			o	?	i					o
育空河	o			o	o			o	?	i					o
布拉马普特拉河-贾木纳河	d			o	d			d	?	i		d			i
旧金山河	d			o	d			d	?	i					o
马格达莱纳河	d			d	d			o	?	i					o
莱茵河	o	d	i	i	o	d		o	o	d	d	o	o	o	o

定性压力指示-2021年参考		定性压力指示-2050年预期	
低		i	很高
中		o	没有改变
高		d	恶化
数据不足		?	数据不足

(1) U-D: 上下游模拟水流在统一流域
 (2) * = 钱塘江 ** = 岷江 *** = 钱塘江和岷江

图 4-3 压力对河流区域的影响：使用定性评估的指示性足迹法范例

专栏 4-2 长江与莱茵河流域发展阶段比较

莱茵河流域沿线国家已进入后工业化发展阶段，城市人口增速放缓，污染物排放量在 20 世纪 80 年代后达到峰值，环境污染问题基本得到控制；由于近年来应对气候变化、加快推进低碳发展等相关措施不断推进，沿海国家的碳排放总量和人均碳排放量均开始下降。未来 15 年，长江流域的经济规模和城市人口还将保持较快增长，污染物总量和碳排放总量控制压力仍较为突出。目前，长江流域主要污染物排放总量在 2015 年后开始下降，但碳排放总量和人均碳排放量仍在持续增加（图 4-4 ~ 图 4-5）。

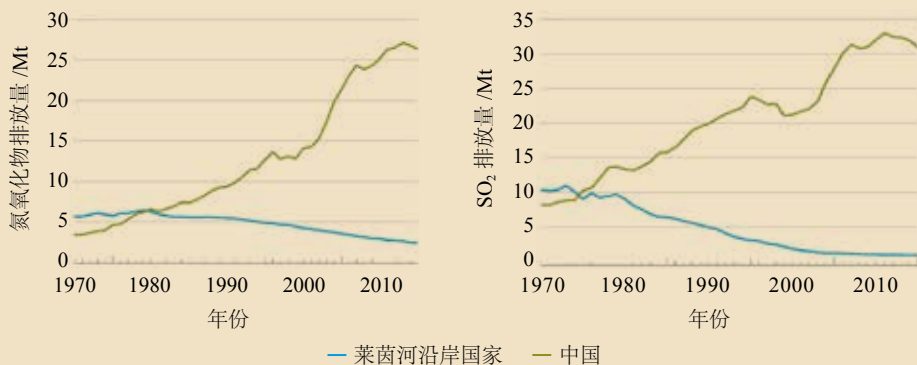


图 4-4 1970—2015 年长江、莱茵河流域氮氧化物（左）和 SO₂（右）排放量

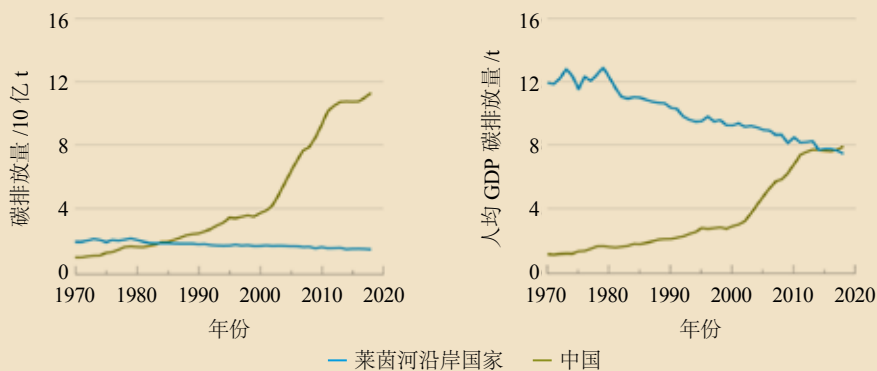


图 4-5 1970—2020 年中国、莱茵河沿岸国家的碳排放量（左）和人均 GDP 碳排放量（右）

二、新探索与流域治理的国际经验借鉴

（一）流域管理评估的八个关键步骤与框架

气候变化的前景和远大的脱碳愿景加剧挑战的同时也带来机遇。研究团队需要重新定义利用河流促进社会经济发展与确保健康、可持续的水系统之间的相互作用。这需要向可持续的流域治理转变，既要解决人为干预，又要解决气候变化的后果。这种转变将是一个漫长的过程，并且错综复杂，如农业营养物质污染河流，水电作为脱碳的重要组成部分破坏河流生态并扰乱水流和泥沙流的连续性，建筑对河沙的高需求又导致非法采砂，如图 4-6 所示。

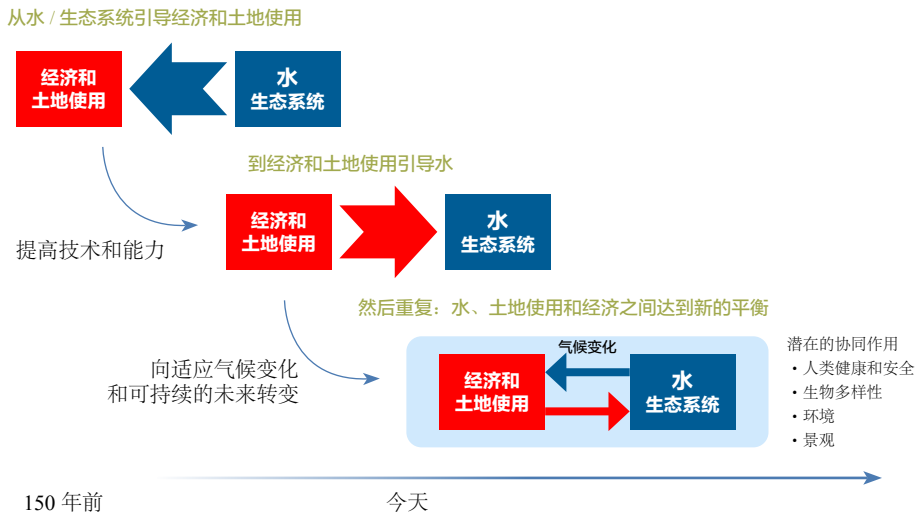


图 4-6 重新定义利用河流促进社会经济发展与确保健康、可持续的水系统之间的相互作用

没有能够解决所有问题的“终极方法”。因此，我们倡导实现气候韧性和可持续河流的八个关键步骤（图 4-7），以期扭转政策和投资战略，实现预期方向。

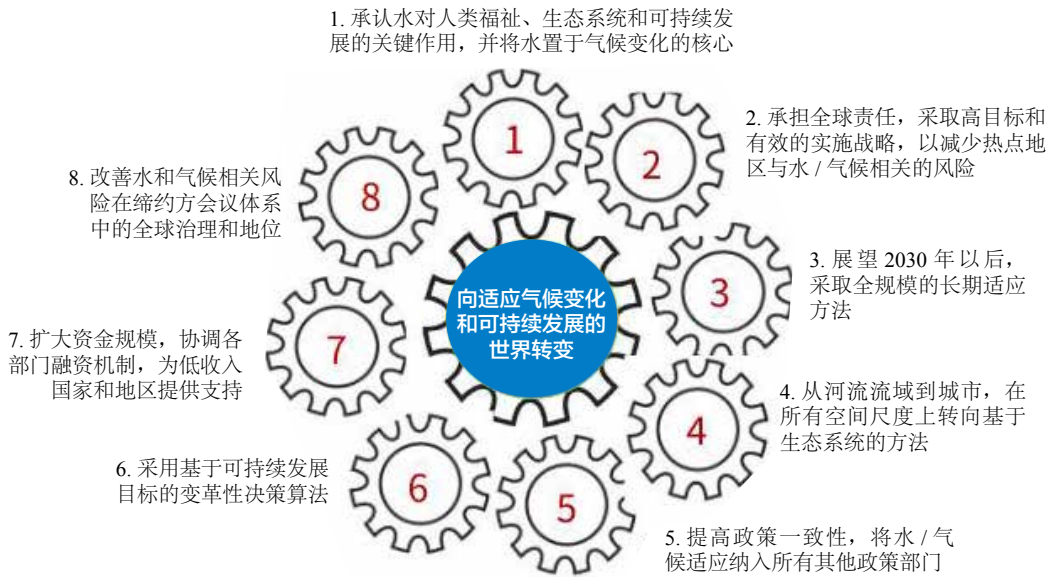


图 4-7 八个关键步骤促使向气候适应性强和可持续性的流域转变

除上述要求外，还将需要树立更宏伟的目标，放眼 2030 年之后，实现跨部门的政策整合和统一、新的决策变革算法和一体化空间发展，以及加快和扩大行动和投资，特别是在低收入、高风险地区，以防止人类栖息地的结构性丧失。

研究团队提出了一个流域治理的概念框架。通过比较案例和从全球实践中吸取经验教训，将有助于研究气候变化下的流域和流域管理。该框架重点关注由于社会经济发展、土地利用和气候变化导致的流域当前和未来前景、流域韧性和适应性，以及流域管理和治理。该框架区分了流域基本特征，作用于流域的压力，以及河流系统的一系列反应，如风险和韧性、繁荣和脱碳、水、粮食和能源供应安全、流域安全，以及在实现可持续发展目标方面的结果（图 4-8）。

这一概念框架旨在根据莱茵河和长江以及世界各地大河流域的经验提供基于案例的建议。每个案例均将按照结构化的方法进行分析，以尽可能地确定驱动因素、有利环境、障碍、阈值、催化剂、决定措施和行动参与者。

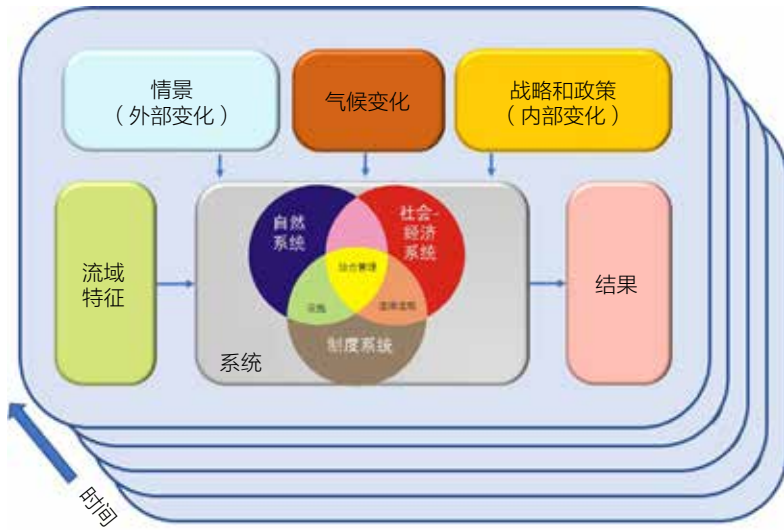


图 4-8 应对气候变化的流域治理的概念框架组成

（二）直面变化：理解并建立流域韧性

气候变化与各种人为和自然压力因素的相互作用，以及脱碳的挑战正在改变河流流域的各个方面，尤其是流域内土地和水资源的利用，以及河流提供的相应的生态系统服务。这就是当前流域管理过程中面临的“博弈”，其关键在于处理对流域治理和管理构成重大挑战的不确定性。这就需要做出决策并进行规划，需要在水资源分配、存储管理、基础设施和提供生态系统服务等方面持续管理，同时也需要理解并建立韧性。

从历史上生态学的角度来看，韧性也就是复原力概念的重点在于恢复到原有的功能、物种和生态系统服务，从这个意义上，复原力包括对变化的抵抗和从变化中恢复，即“持续性”。此外，还有两个互补的流域韧性概念：面对变化进行调整（“适应性”）和向新的生态状态过渡（“转变性”）。这些概念如图 4-9 所示。持续性、适应性和转变性可以理解为适用于流域韧性的不同维度，例如，水文、生态、社会、制度/治理、文化、工程/基础设施等方面。

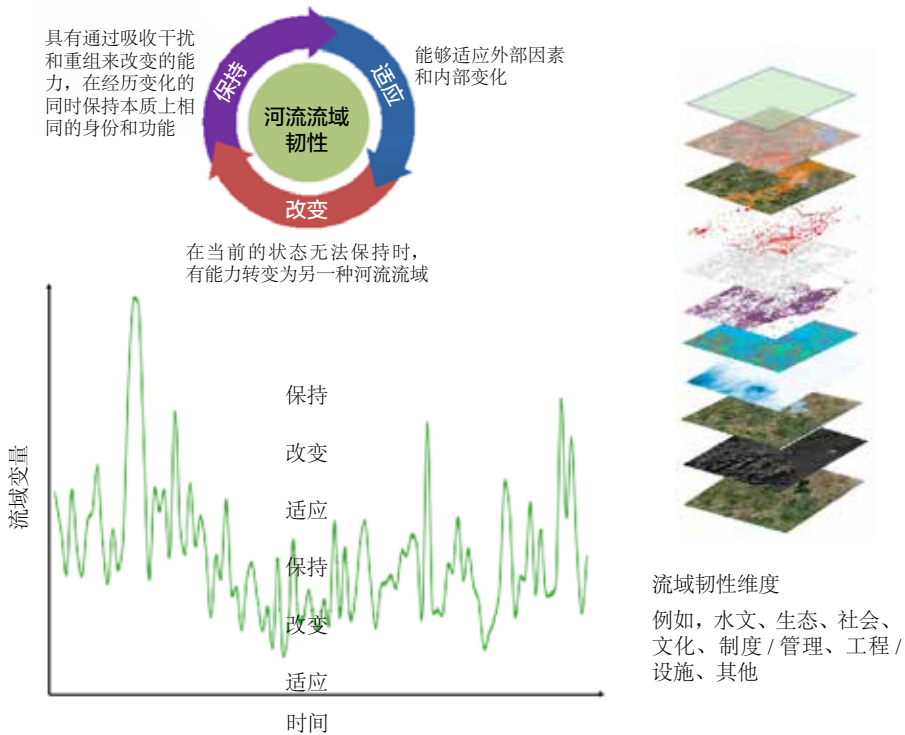


图 4-9 流域韧性的三个概念

注：左上面板为持续性—适应性—转变性周期；右面板为各种韧性维度（层），每一层均有若干变量；左下面板为一个假设流域变量的时间序列（如流量、土地覆盖、人口、水需求），表明韧性模式之间的转换。

在韧性模式下，流域治理是一种比传统方法更具动态性、互动性的参与形式，可以根据所需的条件和服务（持久性或适应性）对流域进行管理，但可能表现出与其历史状态有限相似的物理和生物特征（转变性）。可能有必要制定从源头到洪泛区再到地下水的整体管理战略，因为单一系统方法存在不足^[13]。这代表了水文学家、生态学家和社会科学家的一个新领域，并且不可避免地需要新的和更密集的利益相关者参与形式和协作决策，共同来确定流域目标和管理行动。流域韧性科学需要将这些学科的见解结合到一个新的、前瞻性的框架中，该框架刚刚才开始在操作中出现。

（三）灾害与风险的认识及应对框架

从全球来看，气候变化将影响极端事件的数量和强度，但其影响程度尚不确定。需要积极加强对各种自然灾害的认识和应对，包括洪水、干旱、野火和滑坡。未来对全球风险的预测还必须将气候变化与社会经济因素结合起来。世界各地的灾害风险正

在迅速增加，许多地区正在遭受比过去更大的破坏和损失。过去几十年全球河流洪灾损失急剧上升的主要原因是越来越多的洪水风险和越来越高的损害敏感性。2012年，IPCC 高度相信：“人民和经济资产的风险增加一直是天气和气候相关灾害造成的长期经济损失增加的主要原因。”^[14] 2015年，在日本仙台召开的第三届世界减灾大会通过了《2015—2030年仙台减灾框架》，确定了全球防灾减灾4项优先行动，包括认识灾害危害、加强减灾管理、加大减灾投入、放在恢复重建，以及提高抗灾能力的6个关键维度和10个具体要素，并呼吁世界各国加大减灾投入，加强抗灾能力建设，减少自然灾害造成的损失。同时，还应认识到，恢复生态系统可以在一定程度上加强对灾害和风险的防护。重新平衡流域景观的自然和人为要素重点应放在水和土地的共同管理上，例如，更多地利用土地上的风能和太阳能，减少水力发电对河流系统的不利影响。向再生农业的转换可以增强土地的复原力，可再生能源应建设在不太适合其他用途的土地上（图4-10）。

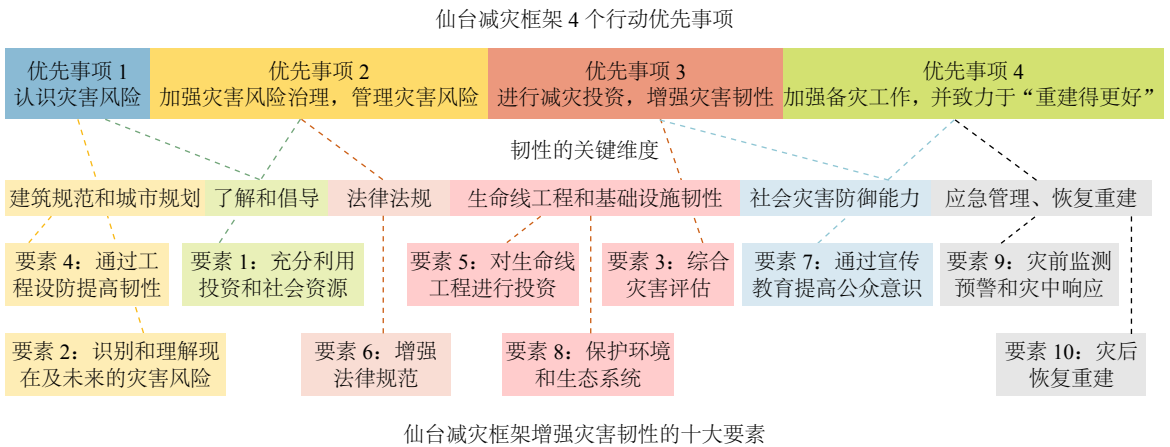


图 4-10 《2015—2030年仙台减灾框架》行动优先事项、韧性关键维度和要素（根据 UNDRR 资料整理^[15]）

（四）基于自然的解决方案

理论上，NbS 可以解决流域韧性的多个维度和模式，同时为社区、企业和自然提供共同利益^[16, 17]。虽然 NbS 的某些功能可以通过构建基础设施来实现，但其高度的灵活性和适应能力是其特有的优势，在不确定的未来变化背景下，具有高度的相关性更能展现其独特的优势。

气候变化带来的不确定性和不可预测的未来使得沉没成本高、适应能力低的静态解决方案（如大型水库和类似的灰色基础设施）成为风险越来越大的投资。与传统干预措施相比，NbS 通常更小、更实惠、更灵活且用途更广^[18, 19]。例如，单一的 NbS 干预措施可以缓解洪水和干旱的影响，这在工程干预措施中极其少见，或者可以通过改善栖息地、捕获额外二氧化碳并改善社会健康和福祉的干预措施来解决水质问题。因此，NbS 与在不确定的未来变化背景下提倡的适应性解决方案和无悔策略类型更兼容。

专栏 4-3 NbS

NbS 是一种通过积极地利用生态系统服务来实现联合国可持续发展目标（SDGs）的伞形方法概念，包括针对各种可持续发展问题的许多基于生态系统的解决方案，例如，基于生态系统的适应解决方案、基于生态系统的减灾解决方案、自然基础设施、绿色基础设施和基于自然的气候变化措施等。IUCN 将 NbS 定义为通过保护、可持续管理和修复自然或人工生态系统来有效地、适应性地应对社会挑战并为人类福祉和生物多样性带来好处的行动^[20]。2015 年，Eggermont 等采用两个梯度对 NbS 类型进行了分类，即 NbS 对生态系统 / 生物多样性的干预程度、实施 NbS 带来的生态系统服务提升的幅度（图 4-11）^[21]。

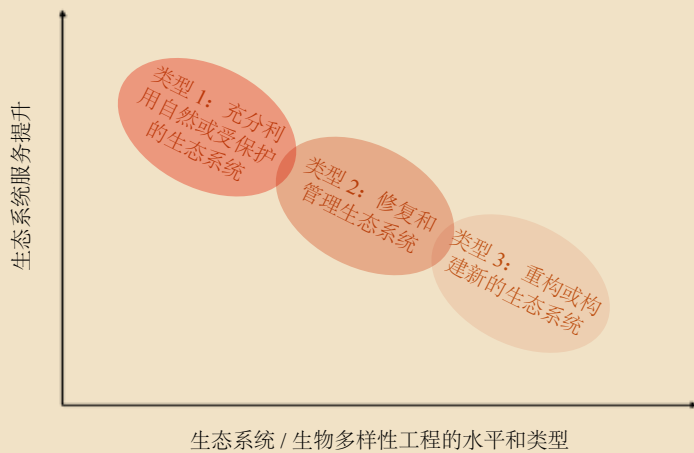


图 4-11 NbS 的不同类型

（五）向全球其他流域学习：三个案例

1. 莱茵河：还河流以空间，恢复河流的自然面貌

20 世纪中期之后，莱茵河面临的河流污染和洪水灾害问题日益突出，治理重点也逐渐从污染治理扩大到防洪和生物多样性修复。1986 年，瑞士巴塞尔化工厂火灾导致了重大灾难，对莱茵河造成了前所未有的大规模污染，污染范围从瑞士延伸到北海，从而推动了更严格的跨边界污染控制和河流生态修复的治理转变。1993 年和 1995 年河流流量达到峰值，1995 年的大洪水几乎导致荷兰莱茵河流域的一个支流堤坝溃堤和洪水泛滥，随后启动了包含 39 项措施的“还河流以空间”计划，防洪政策从 20 世纪 90 年代以前修建高大坚固的堤坝转变为堤坝与恢复河流的自然功能相结合。

专栏 4-4 荷兰“还河流以空间”：奈梅亨市实践项目

荷兰 1993 年和 1995 年的洪水使人们对土地复垦和筑堤是否是水资源管理的有效途径产生了质疑，进而考虑采用一种新的方法——“还河流以空间”，即不再限制水流，而是让河流周围的区域可以适应水流的涨落。这一计划是通过超过 30 项的一系列措施来实现的，包括“降低和扩大河漫滩，创建河流改道和临时蓄水区”等，沼泽河流景观也得以修复，从而保护了生物多样性和美学价值。

最佳案例是奈梅亨的“还地于瓦尔河”项目。这一项目将位于奈梅亨市北侧的堤坝向内移动了 350 m，并在河漫滩上疏浚了一条辅助河道，以便在高水位时协助排水。修建后的河道具有保护城市免受洪灾和提高城市空间品质的双重目标。同时，沿着瓦尔河创建了一个岛屿并形成了奈梅亨的城市公园，提供了城市发展的可能性 (<https://www.ruimtevoorderivier.nl/room-for-the-waal/>) (图 4-12)。



图 4-12 荷兰奈梅亨市“还地于瓦尔河”项目实施前后对比

2. 多瑙河：应对气候变化的措施工具包

19 世纪至 20 世纪中期，多瑙河流域早期治理的核心问题是航运和水能开发。20 世纪 80 年代后，多瑙河的水污染防治和生态保护问题成为流域治理的重点。1994 年，多瑙河沿岸 11 个国家成立了多瑙河保护国际委员会（ICPDR），以协调各国开展水污染防治、防洪减灾等治理工作。

2010 年后，ICPDR 开始重视气候变化对多瑙河流域的影响，分别于 2012 年、2018 年制定了两版《适应气候变化战略规划》。该规划针对气候变化对多瑙河的影响和挑战，从气候变化与流域脆弱性分析、水资源与水环境管理、洪灾风险管理和应对、干旱等方面提出一系列气候变化适应措施工具。

专栏 4-5 应对气候变化措施工具包（Climate Change Adaptation Measures Toolbox）

ICPDR 制定了一套多瑙河流域应对气候变化的措施工具包，从治理领域、措施类型、时间尺度等不同维度提供了全面、易用的治理措施。治理领域涉及农业、生态系统及生物多样性、航运、水电、洪水等方面；措施类型包括基础准备措施、基于生态系统的措施、技术措施、行动与管理措施、政策措施；时间尺度包括长期、中期、短期。

注：可以在线查询该工具包（<http://www.icpdr.org/main/climate-changeadaptation>）。

3. 密西西比河：下游和入海口三角洲的生态修复

19 世纪至 20 世纪中期，密西西比河的治理重点是航运和防洪，但一系列相关项目的实施对河流生态环境造成了一定程度的破坏。到 20 世纪 80 年代，密西西比河流域 67% 的湿地已经消失。从 20 世纪 50 年代开始，已经有相关人士关注到了密西西比河流域的生态恢复，并从 20 世纪 80 年代起实施了“密西西比河上游恢复计划”“修复美国最伟大的河流计划”等流域生态修复计划^[22]。特别是 2006 年后，相关机构对密西西比河下游地区和三角洲海岸线开展了综合生态修复，包括恢复河岸两侧、河心洲岛等的湿地、林地，对入海口三角洲开展岸线修复、保护等^[24]。

专栏 4-6 密西西比河下游生态修复措施（“恢复美国最伟大的河流计划”）

2006年后，相关机构对密西西比河下游河岸和三角洲海岸线开展了全面生态修复工作，与沿岸6个州政府协调实施了200多个项目。其中在应对气候变化方面取得了3个方面的进展：首先是开凿堤坝，恢复支流河和水生生物栖息地，目前下游30%的堤坝已经开凿。其次是洪泛区内频繁被淹的土地恢复为湿地和林地，已经确认约110 km²的土地恢复为了生态空间^[24]。最后是在河口三角洲实施输沙和海岸线恢复等措施，减缓由于暴雨、海平面上升导致的岸线侵蚀、洪涝等问题。路易斯安那州在河口规划了两个“引流”工程，以使更多的河流沉积物从城市重新转移进入河口三角洲。

三、长江流域面向2050年的治理愿景、准则与行动

2050年到2060年是中国实现第二个百年奋斗目标，迈向2060年“碳中和”最为关键的10年，也是欧盟实现“2050战略性长期愿景”，美国实现“2050净零排放长期战略”的关键节点。在全球应对气候变化的背景下，长江流域以其高度的复杂性，以及在中国和全球流域中的重要地位决定了应率先探讨气候变化下长江流域治理的愿景、理念与行动方案，为中国乃至全球其他流域提供示范。

（一）长江流域治理的愿景与准则

1. 治理愿景

深刻把握气候变化下的长江水资源变化特征，协调流域经济社会发展与生物多样性保护的关系，坚持“共抓大保护，不搞大开发”，将长江流域建设成为更绿色低碳、更协调均衡、更安全韧性、更共享包容、更开放共治的“流域生命共同体”，为国际大河流域治理提供“长江样本”。

2. 八大治理准则

准则1：共创愿景，流域共治。重视中央与地方、部门与行业、地区之间、政府与市场主体和社会公众的协同，关注流域的干支流、上下游、城乡密集地区与流域边缘地区、乡村与城市的协同。基于对问题和价值观的共同理解形成长期愿景，并将其作为多方政策和一致行动的基础；制定跨部门事权、跨行政级别、跨地区边界的政策与行动纲领；充分发挥市场和社会的力量，实现真正的流域可持续治理。

准则 2：从源头到沿海，责任共担。将流域作为一个整体，不要将问题从上游转移到下游，也不要通过时间来转移问题。采取以流域为基础的综合办法认识水对流域发展的关键作用。将气候变化与社会经济发展结合起来，履行从源头到海口的整体责任，履行不同地区、不同部门、不同人群的共同责任。发挥流域整体功能，建立一体化协同治理体系，以适应和减缓气候变化。

准则 3：以百年为计，规划蓝图。流域治理应当具有长远的目标与价值取向，综合考虑碳中和、生物多样性等关乎未来人类文明生存与发展的重大问题，将解决流域治理问题纳入联合国生物多样性公约、气候变化公约的重点行动内容。

准则 4：重视并应对不确定性。流域治理既要面对气候变化的长期压力，又要应对灾害风险的短期冲击，以及可能的不确定性。应通过长期监测、综合建模与实时数据分析等技术，系统认识流域对经济、人口、自然、水域和海洋的长期作用；通过多情景分析以应对不确定性。

准则 5：把握好流域与聚落的关系。既要尊重并把握流域的宏观整体性，也要尊重并认识流域的中微观分区差异性，特别是人口经济高度密集的城乡聚落地区。重视这些高暴露度地区的脆弱性，以城乡聚落为依托，从生态保护、空间优化、设施建设、协同响应等环节制定分区分类的治理策略。

准则 6：把握好区域发展与社会公平的关系。流域发展应提升全流域居民的福祉，因此须高度关注流域发展的不均衡性，关注乡村、小城镇、蓄滞洪区、生态保护区等流域发展的边缘易灾地区，关注女性、老龄人口、留守儿童等弱势群体，加强区域、社会与性别公平机制建设与易灾弱势群体的安全保障。

准则 7：把握好人工措施与自然解决方案的关系。应对气候变化的流域治理应当以人为本，尊重自然，充分了解流域的系统运作方式与生态服务功能。既要重视系统性防御工程对于提升流域安全的基础性作用，也要重视基于自然的解决方案在缓解水安全压力、维持生态系统完整性、灵活性和适应能力方面的优势，加强统筹结合，有效增强流域抵御灾害风险的韧性。

准则 8：创新探索，加强行动。继续加强在管理方法、知识计划、政策工具、前瞻性融资机制等方面的创新探索；继续加强气候变化下的流域治理与可持续发展知识，在世界范围内的交流与共享进一步将知识转化为全球共同行动。

（二）需要持续关注并开展行动的重要领域

（1）提升流域城乡聚落的韧性。随着气候变化与社会经济发展，流域最紧迫的问

题就是应对灾害风险并降低脆弱性，这就必须牢守水安全底线，高度重视流域沿线的城乡聚落，采用分类分区的应对策略，提高气候变化适应性。

(2) 开展流域岸线综合治理工作。集水区是流域的主要压力源所在，会对其他系统产生大面积且长时间的影响，其突出表现为岸线空间的利用给流域带来的压力。因此，加强岸线综合评估，优化岸线治理是当前流域城乡聚落密集地区应对污染治理的关键性抓手，同样应当予以重点关注。

(3) 加强对三角洲等关键地区的关注。三角洲通常是大河流域保护与发展矛盾相对突出的地区，也是未来对气候变化影响最敏感的区域之一。因此，除了城乡聚落、河流岸线，还应当高度关注河海口三角洲、蓄滞洪区、重要农业自然生态地带等关键地区，加快识别关键地区内的各类风险并加强气候变化下的风险应对能力。

(4) 加强对易灾地区、易灾群体、易灾领域的关注。充分考虑气候变化对流域空间、要素影响的差异性，监测识别流域内受气候变化影响明显的易灾地区、易灾群体、易灾领域。采取针对性、多样化的措施，确保不同区域、人群在面对气候变化带来的灾害风险时具有平等的防灾能力和公平发展的权力。

(5) 优化流域规划设计的理念和方法。在流域规划与建设中充分考虑气候变化影响，提出融合工程和非工程措施的综合解决方法。以整体性、系统性思维协调流域发展规划、国土空间规划，以及生态保护、资源利用、防灾等各类专项规划，加强规划编制过程中的多元主体参与和共同实施机制。

(6) 建立长期跟踪监测气候变化对流域压力的机制。加强监测，建立覆盖全流域的监测评估信息网络，及时了解流域气候变化的长期趋势与短期风险；通过组合建模场景和数据分析实现预警，科学并务实的制定适应性路径及相关措施，并围绕不确定因素进行及时调整。

(7) 倡导和推广 NbS。将 NbS 作为缓解流域水压力和保护生态安全的重要工具，并与传统的工程解决方案相结合，在减少洪水等灾害风险的同时维持生态系统完整性。运用 NbS 可提高流域治理的灵活性和适应能力，以应对长江流域复杂的地理和社会经济空间差异，以及气候变化带来的不确定性影响。

四、长江流域气候变化和灾害风险分析

灾害风险是当前长江流域应对气候变化的首要紧迫问题，主要受到强降水、升温、干旱和极端天气四大气候变化因素的影响。通过回溯历史上灾害发生的频次、影响

规模、损失以及空间分布，并结合流域人口、城镇和经济产业分布，研究灾害影响暴露度，并进一步研判气候变化影响下长江流域灾害风险的空间特征。

（一）长江流域基本特征

长江是中国第一、世界第三大河，干流全长约 6 300 km，流域面积约 180 万 km²；干流自西向东流经 11 个省区市，注入东海。

地理特征。流域跨越中国三级地形阶梯，上中下游的自然地理特征差异巨大。流域地势西高东低，河源至河口总落差约 5 400 m。上游段以高原、山地、峡谷地形为主，河床比降大，水流湍急；中游段平原、丘陵、山地相间分布，河流迂回曲折、江面宽展、支流众多；下游段以平原地形为主，江阔水深，支流较短小。

气候特征。流域大部分地区处于亚热带季风区，受地形影响，地区间气候差异明显。冬寒夏热、干湿季分明为其基本气候特征，多年平均年降水量为 1 067 mm。流域年降水量和暴雨的时空分布不均，受极端气候事件的影响较大。

水文特征。水资源丰富，但上中下游分布不均。流域多年平均水资源量为 9 959 亿 m³，约占中国水资源总量的 36%，单位国土面积水资源量为 59.5 万 m³/km²，约为中国平均值的 2 倍。地表水资源量中游更为丰富，上下游相对较少。

人口特征。长江流域是中国人口和经济活动的主要聚集区。中国政府明确的长江经济带国土面积仅为全国的 21.3%，但聚集了全国 42.9% 的人口，2020 年的区域总人口约为 6.06 亿人，人口密度约为 296 人 / km²，为全国平均水平的 2 倍。

经济特征。流域上中下游地区的经济与城镇化发展水平梯度差异显著。下游的长三角地区人口密集、经济发达，人口密度约为 800 人 / km²，人均 GDP 已接近 2 万美元，城镇化率普遍高于 70%。中游地区人口密度约为 330 人 / km²，人均 GDP 约为 1 万美元，平均城镇化率约为 60%，与世界银行中高收入国家水平相近。上游地区人口密度较低，约为 180 人 / km²，人均 GDP 低于 1 万美元，城镇化率在 50% ~ 55%，仍处于相对欠发达阶段。

城镇化特征。长江流域城镇分布密集，2020 年的城镇化率达到了 63.2%。现设有区市 243 个，县级城市 584 个。绝大多数城镇都沿江分布，长江干流及主要支流两岸分布有 28 座百万人以上的大城市以及大量的中小城镇。流域内已形成长三角、成渝、长江中游等城市群。

（二）长江流域气候变化现象

气候变化作用于长江流域的压力主要表现为强降水、干旱、升温和极端天气。

强降水。气候变暖引发强降水频率增加。研究指出，全国降雨总量的时间变化趋势并不明显，但是降雨强度在增强。长江全流域及各支流的极端降水情况（极端少雨和极端多雨）在时间变化上呈现一定规律性：1960年以来强降水变化率存在增加趋势^[25]。2017年国务院确定的60个内涝严重城市中，有36个位于长江流域。2018年长江经济带共有地质灾害及隐患点16.6万处，约占全国的58%。

升温。受全球变暖现象影响，长江流域1970—2014年的平均气温显著增加（气温倾向率约 $0.4^{\circ}/10a$ ），流域四季均温、最冷月和最热月平均气温均呈明显上升趋势^[26]。1970—2015年长江流域的冰川面积退缩了14.5%，1984年以来三江源地区冻土厚度每10年减少 5.6 cm ^[27]。2018年全流域夏季高温日（温度 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ）数大于30天的涉及40个市约2.2亿人^[28]。海岸线上升速率略高于全球平均水平，根据预测到2050年将升高 $0.145\sim 0.2\text{ m}$ 。

干旱。气候变化可能导致长江流域局部地区出现干旱。研究表明，全球升温 1.5°C 情景下，长江中下游年降水量将相对于1986—2005年减少5%；全球升温 2.0°C 情景下，长江中下游年降水量将相对于1986—2005年减少3%^[29]。干旱风险主要分布在上游地区，1961—2015年，贵州、云南等上游地区的干旱日数每10年增加 $5\sim 10$ 天^[28]，但干旱带来的饮水困难、农作物减产都呈减少趋势。2018年，全流域森林火点数共计862处，但随着防火措施的加强，2010—2018年的森林火点数呈下降趋势^[30]。

极端天气。相关研究预测，全球升温 1.5°C 情景下，长江流域20年一遇与50年一遇的极端降水量相比1986—2005年将分别增加10%和9%；全球升温 2.0°C 情景下，将分别增加14%和15%。空间上表现为中下游普遍增加，上游地区则主要表现为减少趋势^[29]。长江下游地区台风灾害频繁，1949—2010年，长三角各城市平均受台风影响次数为65.4次^[31]，近年有增加趋势。长江流域的江苏、安徽、湖北、湖南、云南等地低温冻害较严重^[32]，近年呈减少趋势。从极端天气的灾害损失来看，人员伤亡和房屋损坏情况有所降低，但基础设施损坏等直接经济损失持续增长。

（三）强降水引发的风险

长江中下游干流和主要支流的洪水风险增大。1840年以来，长江流域的特大洪水和特大洪水主要分布在中下游干流沿线以及湘江、汉江、赣江等主要支流沿线。1998年

长江发生流域性洪水，中下游 5 省受灾严重，受灾范围遍及 334 个县（市、区），倒塌房屋 212.85 万间，死亡人口达 1 526 人^[33]。2020 年，长江发生流域性洪水，干流发生 5 次编号洪水，三峡水库出现建库以来最大入库流量，全流域共 378 条河流发生超警以上洪水，156 条河流发生超保洪水，51 条河流发生超历史洪水^[34]。从 2010—2020 年的统计来看，中下游地区的人口正持续向沿长江干流和湘江、汉江、赣江等主要支流的大城市集中，大城市洪水安全风险进一步提升。

干流和主要支流的大中城市内涝风险进一步加大。国务院确定的长江流域 36 个内涝灾害严重城市主要分布在中下游的湖北（10 个）、湖南（9 个）、安徽（6 个）、江西（4 个）、江苏（2 个）以及上游四川盆地（5 个），主要为沿长江干流和嘉陵江、汉江、湘江、赣江等主要支流沿线城市。这 36 个城市的市辖区总人口为 9 337 万人（2020 年），2010—2020 年共增长 1 897 万人。受强降雨影响，未来成都、重庆、长沙、合肥、武汉、南昌等大城市的内涝风险有进一步加大的可能。

上游的川渝、云贵山区地质灾害风险较大。长江流域的地质灾害主要集中在川西山区和川南局部地区，重庆渝东北和渝东南地区，贵州黔西、黔南地区，云南小江、澜沧江和金沙江地区。上述地区整体人口密度不高，但近年来，川西、渝东北、渝东南、黔西、黔南、滇西等部分县（区、市）人口增加，其中，滇西大理市、黔西大方县等的人口均增长了 8 万人以上（2010—2020 年），人居安全风险或许将继续提升。

（四）区域升温影响

长江源头冰川退缩和冻土融化威胁生态系统。冰川退缩和雪线上升主要集中在唐古拉山和巴颜喀拉山地区，威胁三江源等上游生态地区，可能导致生物多样性降低、群落结构和功能改变。冰川退缩还将影响长江流域的水文循环，引发下游地区的洪水风险，1935 年以来青藏高原发生了约 40 次冰川湖洪水灾害，长江源沱沱河流域 1960—2000 年的冰川平均融水径流增加了 120.89%^[35]。三江源地区的曲麻莱、杂多、称多、玛沁等地区冻土深度减少幅度较大^[27]。冻土退化导致土壤温度湿度变化显著，土壤表层有机质含量减少，存在植被退化、植被覆盖率下降、植株高度变矮等风险，其中对高寒草甸、高寒沼泽草甸的影响更为明显。

上游重庆、中游大部和下游南部都市圈地区的高温热浪威胁加大。2018 年，全流域夏季高温日数（温度 $\geq 35^{\circ}\text{C}$ ）大于 30 天的范围涉及重庆周边，中游湖北、湖南和江西大部，下游安徽和浙江南部。若全球升温从 1.5°C 增加到 2°C ，那么将可能使长三角、长江中游、成渝极端高温的强度加剧 4.1 倍^[36]。长江流域都市圈人口密集且增速快，

2010—2020年各都市圈增长了3 000万人，占总增量的91%，未来重庆、武汉、长沙、南昌等都市圈将面临更加严峻的高温热浪风险。

下游沿海和沿湖地区受海平面上升威胁。上海、南通和舟山等沿海地区地势较低，受海平面上升影响的风险较高。中下游的洪泽湖、巢湖和鄱阳湖周边地区地势低洼，存在沿江倒灌风险。下游上海、浙江、江苏、安徽人口密集且增长快，受海平面上升影响的高风险区和较高风险区2020年的人口为1 546万人，2010—2020年共计增长了55万人；中风险区2020年的人口为6 398万人，2010—2020年共计增长了864万人。随着人口进一步聚集，海平面上升带来的威胁进一步加剧。

（五）干旱引发的风险

中上游局部地区存在水资源短缺风险。1981—2010年，年干旱日数超过50天的区域主要包括四川盆地、四川攀西地区、云贵川交界、云南东南部和南部等地区；超过40天的区域包括云南大部、贵州东南部、湖北北部、湖南北部、江西南部等地区^[28]。四川盆地、云南东南部、江西南部等地区的用水量还在继续增加，需进一步提升应对旱灾的能力。

上中游南部山区的森林火灾风险较大。四川南部、云南南部、贵州西部、湖南南部、江西南部、湖北北部山区森林火点数较多。上述地区总体人口密度较低，但2010—2020年人口普遍增长，人居安全风险可能会有所增加。此外，四川南部、云南南部等地区的生态保护重要性较高，森林火灾可能对生物多样性造成一定威胁。

（六）极端天气引发的风险

沿海地区台风威胁加剧，云南局部受热带气旋影响。台风主要影响长江下游江浙沪沿海地区，存在一定海岸淹没风险。上海堤防水平相对较高，可以抵御中、低强度的风暴潮，但极端天气下的台风仍有很大风险。云南局部受南海登陆的热带气旋影响，表现出大风、强降雨等灾害性天气。

长江中游地带农业生产受低温冻害影响。低温冻害及雪灾主要影响湖北、湖南等中游地区，上游云南、贵州和下游安徽等地也有部分地区受到影响。由于在低温冻害影响区内分布了长江中下游平原优质农业产区，因此需要提高农业应对风险的能力。

长江上中游交界地带受风雹影响。风雹以重庆、云南、贵州最为突出，湖南、江西较为频发。上游包括川渝交界地带的重庆主城、宜宾市、毕节市、六盘水市等；

中游包括常德市、九江市等。其中重庆、长沙和南昌等都市圈人口较为密集，风雹灾害风险较高。风雹灾害还覆盖川东北、湘北等优质农业地区，对农业生产造成一定风险。

（七）主要灾害的空间特征与风险分析

1. 主要灾害的空间分布

长江上游地区由强降水引发的洪涝和地质灾害最为突出，发生频次高、影响范围广、灾害损失严重，还常见风雹、低温冻害等灾害。其中，四川盆地盆周地区（包括龙门山、大巴山、巫山一带）的主要灾害为强降水引发的山洪和滑坡、泥石流等地质灾害；四川盆地盆中地区以成都平原为代表，主要灾害为高温、城市内涝；云贵高原地区的主要灾害包括山洪及地质灾害、干旱、低温冻害；四川攀西地区和滇南山地地区的主要灾害为森林火灾、山洪及地质灾害等。

长江中游地区受洪涝灾害影响较大，干旱和低温冻害同样频发。江汉平原地区的主要灾害包括洪涝、干旱和地温冻害；中游沿江地区的主要灾害包括高温、城市内涝和河流洪水等；洞庭湖平原地区的主要灾害包括洪涝、干旱和低温冻害；鄱阳湖平原地区的主要灾害为洪涝；南岭地区的主要灾害为森林火灾、滑坡等。

长江下游地区及沿海受海平面上升和台风影响较大。长江河口地区主要面临海平面上升和台风风暴潮风险；淮河沿线地区主要面临洪涝和干旱风险；下游沿江地区主要受洪涝、台风影响；浙南山地地区主要受山洪及地质灾害、台风灾害影响。

2. 重点地区的风险分析

直辖市、省会城市及其都市圈人口增长快，气候变化导致的灾害风险较大。其中成都、重庆、长沙等以高温、内涝为主；贵阳、武汉涉及洪涝灾害、干旱、低温冻害；南昌、合肥、南京主要为洪涝灾害；上海、杭州的主要风险为台风，浙南城市涉及山洪和地质灾害。上述地区 2010—2020 年的人口增幅普遍在 10% 以上。

上中下游北部的农业生产区受洪涝、干旱、低温冻害等影响风险较大。四川盆地、汉江平原、中游沿江地区、洞庭湖平原、鄱阳湖平原、淮河流域农业广布，受到洪涝、干旱、低温冻害等灾害影响，在气候变化影响下农业产业风险可能加剧。其中，上游四川盆地盆中地区主要为短期洪涝灾害；中游地区江汉平原、两湖平原是我国重要的水稻产地，五月下旬的早稻孕穗扬花期易受到低温冻害，夏季低洼洪涝渍水和春秋旱均易造成农业减产；下游地区则受洪涝和台风影响较大。

五、长江流域应对气候变化的韧性策略

长江流域沿线城乡聚落的安全韧性是当前应对气候变化与灾害风险的关键所在，既要提高长远的灾害防御能力、适应能力，也要为极端天气的短期冲击做好更充分的应对与准备。具体而言，应当统筹工程措施与基于自然的解决方案，通过生态保护、空间优化、设施建设、应急管理 4 个方面形成综合性安全韧性策略。

（一）长江流域韧性策略

1. 生态保护策略

生态保护策略通过减少灾害事件发生的频率和强度，从源头降低风险，并对增加碳汇、帮助中国实现“双碳”战略起到重要作用。

管控生态功能区与自然保护区。长江流域分布有多个重要生态功能区，实施严格的生态保护红线制度与环境损害赔偿制度，可以维持与提升重要生态功能区和自然保护区的生态水平。鼓励探索利用自然保护地碳汇增量实现碳中和，提高生态补偿环境效率。^[37-41]

加强水土保持综合治理。长江流域是中国水土流失最严重的区域之一，气候变化将对水土流失形成更大的压力。应尽快依法划分并公告水土流失严重、生态脆弱的地区，科学推进严重水土流失区的综合治理，提升监测服务能力和发现问题水平，强化行业水土保持监管。综合治理可以采取一系列技术理念，包括拦截排导坡面径流和壤中流，在雨季存蓄一定水量；陡坡地退耕还林还草、荒山丘陵绿化；缓坡推广坡改梯工程、保土耕作等保土措施；种植林果时可合理布设坡面小型截排蓄工程和田间道路；配置互相配合的工程措施控制沟道侵蚀发展。总体来看，长江流域的水土保持科学研究基础还比较薄弱，水土机理、气候变化下流域水沙动态等关键领域应成为当前研究的重点。^[42-44]

2. 空间优化策略

城乡聚落的空间布局不能仅以发展效率为依据，还应充分考虑安全、宜居、生态等多元目标。空间优化策略可以通过科学的城市用地选址，避让灾害冲击空间，降低灾害风险，增加容灾缓冲空间实现与灾害共生、适应灾害发展。在空间优化策略的选择中应注重基于自然的解决方案的选择与实施。

建立严格的新城新区选址灾害安全评估制度。长江干流及主要支流地区易受河流洪水影响，这与城市选址关系密切，重大地震或地质灾害后涉及异地重建，新城与搬

迁地的选址应当进行严格的灾害安全性评估，尽量选用安全的场地，充分利用自然条件降低灾害风险，从源头降低场地暴露度。滨水地区开发要以安全防御体系规划、场地竖向规划为依据，严格限制填河湖、削山填谷的选址与建设方式。

控制居住、就业人口布局和土地开发强度。防止人口密度过高导致的灾害损失扩大。我国大城市有大量居住地区的人口密度在2万人/km²以上，应继续降低。

推行城市空间的组团布局模式。要优化和改善快速发展中忽视安全与生态的城市用地布局，把“摊大饼”布局转向组团式布局，同时引入大型绿带绿楔与风廊，这既可以减缓热浪、强降水的灾害影响，又可以为城市提供更多的避灾空间。

“还河流以空间”。河流滨水地区的空间组织十分关键，具有长时间尺度的重要性。尊重自然水系、历史水系，把被产业用地、住房开发等占用的历史河道、行洪河道还给河流，发挥行洪、蓄洪的功能。尽可能保留自然的滨河用地，为未来的适用性举措提供灵活性。由荷兰提出的“还河流以空间”这一理念在实践中总结了“保留、储存、排水”的解决方案，通过改造河道，形成河道对降水的韧性缓冲能力。“还地于河”的主要技术措施有堤防后移、恢复河漫滩和降低河床等。

划定灾害风险区，留出容灾空间。根据灾害影响范围与强度划定容灾缓冲空间，尤其是山洪、地震、滑坡、泥石流等山地灾害风险区；必要时实施高风险区移民迁建工程，并加强人口聚集点防灾工程建设；同时完善灾害风险区及周边的灾害监测预警与应急响应体系，及时引导人员疏散撤离。

3. 设施建设策略

灾害防御体系和基础设施建设是城市安全韧性的基本保障，必须从根本上改变地方政府长期以来重发展轻安全，重地上轻地下的惯性思维。设施建设中要避免单个项目的工程思维，重点落实灾害防御体系的系统性。应特别重视流域城乡聚落的灾害防御体系、海绵城市韧性适应体系、应急供应保障体系和生命线设施体系的建设。

加强系统性、工程性灾害防御体系的建设。流域尺度上，将长江及其干支流堤防加固与蓄滞洪区建设和长江干支流水库群联合优化调度有机结合，形成较为完备的“堤防+水库+分洪区”长江综合防洪体系，实现对洪水的防、堵、疏、排、截；要高度重视城市防洪能力与流域防洪能力的统筹协调，避免流域防洪标准不一造成的城市灾害风险。在城乡聚落层面尽量采用“蓝绿灰”设施相结合的主动适应性防灾减灾措施，形成综合性的防灾减灾策略。

推进海绵城市建设。以源头减排为先，建设绿色设施，增强城市在应对气候变化和抵御暴雨灾害等方面的“韧性”，促进形成生态、安全、健康、可持续的城市水循

环系统。根据长江流域具体城市降雨特征、内涝问题和水资源问题等，在充分分析论证的基础上，选择合理的目标，并结合当地地下水位、土壤地质、气象特征等因素进行合理设计，灵活选取“渗、滞、蓄、净、用、排”等多种措施组合，增强雨水就地消纳和滞蓄能力。^[45-47]

重视应急供应保障体系。区域化、本地化的生产、流通和消费体系建设可以大大减少日常食物和产品消费的成本和碳排放，是发达国家减碳、零碳的重要措施。区域化、本地化的供应体系也是城市安全韧性的重要保障，在长历时自然灾害、疫情管控等情况下，本地化生产消费体系的优势十分明显。城市应急供应保障系统采用可再生、分布式能源不仅绿色低碳，还可以提高灾害中的供应韧性。

强化生命线设施建设。强韧的电信、医疗、救援等生命线系统可以降低城乡聚落的脆弱性，保障灾时城市维持基本运行，并支撑灾后快速恢复。工程措施上，可以加强管网系统柔性连接，以应对不均匀沉降、地震等灾害。在网络可靠度提升方面，构建多源多路联系，采取分布式布局以提高供给可靠性；采用分级设防，以应对不同等级的灾害情景，适应灾时应急保障需求；结合应急服务设施配置应急供应保障设施，提升巨灾下的救援保障能力。在市政管网的规划中，可针对中震、大震、巨震多情景下供水节点的可靠性分析，最终确定更具可靠度的韧性措施。

4. 应急管理策略

完善的应急策略能够提升灾害发生时的系统动员能力和居民响应能力，尽可能保护生命财产、减少系统功能的恢复时间。

完善跨区域、跨部门的应对气候风险合作机制。落实《中华人民共和国长江保护法》要求，推进长江及其主要支流上下游、左右岸的城镇建立流域合作治理机制；以次级流域为单元建立流域联合调度、守望相助机制。

建立长江流域气候变化与灾害评估监测信息网络。以流域为单元共建监测预警体系，建立风险评估与情景模拟平台，通过信息平台为流域内的政府部门以及居民提供风险评估和避灾引导。推进卫星雷达遥感、人工智能、云计算、5G等先进信息技术与灾害监测业务的融合，实现洪涝、地震、台风等多灾种灾害风险信息的采集存储和共享交换。建设“灾害风险地图”信息平台，在灾害形成后第一时间向相关部门、社会团体和居民发送预警信息，减少信息差，助力居民利用黄金72小时的时间开展自助互助。

提升地方政府、基层组织和公众的应急响应能力。因地制宜制定基层应急预案，缩短面对突发灾害的应急决策环节；借鉴香港“风球响应机制”经验，加强对社会公

众的应急培训；建设韧性社区，提升社区应急响应的自主性。

（二）上中下游区域韧性策略

长江流域上中下游地区次级地理分区与灾害特征如图 4-13 所示。



图 4-13 长江流域上中下游地区次级地理分区与灾害特征

1. 上游区域韧性策略

长江源头地区：为应对冰川冻土融化带来的生境改变，继续加强生物多样性保护，并健全冰川监测机制，对三江源等重要生态地区持续开展生态修复。结合动物生活迁徙地域的改变，优化调整保护区范围，控制野生动物迁徙通道。在管理手段方面，建立健全冰川生态监测体系和预警机制。

四川盆地盆中地区：在应对高温热浪方面，一是要优化城市生态空间布局，预留城市风廊和上风向冷源空间，利用自然方式减少热岛效应；二是要加强高温预警，有条件的调整高温作业时间。在应对城市内涝方面，一是要恢复自然河湖水系，控制好城市蓝线绿线，增加洪水消纳空间；二是要建设海绵城市等绿色基础设施，强化排水管网、排涝泵站等灰色基础设施建设，并针对易涝片区进行排水防涝设施改造。

四川盆地盆周地区：为应对滑坡泥石流等地质灾害，以灾害预警和分阶段转移为

主，局部采取工程措施。一是要加强生态保护，推进生态退耕，减少地质灾害发生风险；二是要加强空间优化，逐步推进地质灾害移民搬迁；三是要强化生命线工程建设，优化市政设施选址，降低设施的脆弱性；四是要完善应急管理手段，及时发布灾害监控预警，加强保障应急物资储备，加强三峡库区消落带的综合治理。

云贵高原：在应对旱灾方面，重点加强监测，合理修建水利设施。一是要加强生态保护，优化植被结构，减少强蒸腾作用；二是要适度调整农业种植结构和布局；三是要加强工程措施，建设农田水利设施、应急水源，实施人工降雨；四是要完善管理手段，建立动态分析预警制度，建设节水型社会。

云南和四川南部山区：应对森林火灾风险，综合生态、工程与管理措施，提高森林防火能力。一是要加强生态措施，引入耐火树种，建设防火林带；二是要采取工程措施，增加消防取水点与森林消防通道；三是要改进管理手段，包括设立禁火区，建立智能监测和预警系统等。

缓解上游水电开发对生态环境的影响。加强长江上游珍稀特有鱼类自然保护区的保护。加强水电开发的环境影响评价，通过增殖放流、设立过鱼通道、水库生态调度等措施满足鱼类栖息繁殖需求。研究在生态敏感地区河流拆除中小型水电站，恢复河流自然状态和生境，实施流域生态修复。

2. 中游区域韧性策略

湘鄂西部山区：应对地质灾害，重视源头生态治理与工程措施，加强监测预警预报。通过生态造林、边坡治理等源头治理方式涵养水土；预留容灾缓冲空间，对灾害高风险区进行避让；建设截洪沟、护坡等地质灾害防治工程，塌陷工程处理；完善监测预警与信息发布机制，引导民众转移避险，保护生命财产。在低温冷冻方面提升监测预警能力，推进设施建设。注重科技创新，建设能源供应工程；完善监测预警与信息发布机制，引导民众避险；完善区域协调互助机制。

两湖平原与鄱阳湖平原：采取河湖水系保护联通、堤防建设、泵站提标、河道治理、生态修复、海绵城市相结合的系统方式应对暴雨洪涝。通过进行严格生态空间管控，维持与增加城市湖泊面积和岸线长度，保障调蓄功能；构建河湖贯通、生态积蓄的水资源利用体系，发挥内涝防治作用；加强源头海绵设施建设，构建超标行泄通道以及雨污分流改造；开展超标应急研究，制定超标暴雨内涝防治预案，通过宣传教育提升公众防灾避险意识和自救互救能力。应对高温干旱，改善通风条件。通过改善局部小气候缓解热岛效应；改善通风条件，打造通风廊道。

南岭区：注重防火隔离，完善救援体系，培养公众防火意识。设置防火隔离带，

种植防火树种；建设与完善森林及周边区域的监测站点，配备高效监测设备；加强公众教育与宣传，培养防火意识；完善监测预警与信息發布机制，引导民众避险；完善森林消防救援体系，加强专业人员队伍建设，构建区域协调联动机制。

3. 下游区域韧性策略

长江干流及大湖地区：构建水陆域生态安全网络，保护湿地、滩涂、洲岛等重要自然空间，建设滨江陆向缓冲带，修复垂江水陆生态通廊。应对梅雨期洪涝灾害的影响，开展“退圩还水”，增加流域的蓄洪空间，通过河湖联动增加大湖地区的排洪通道。提高长江干流和大湖防洪标准，以绿色、低冲击方式加强长江下游防洪堤、水闸水泵等设施的建设。

河口及沿海地区：应对海平面上升与台风风暴潮的影响，调整岸线用地结构，制定海岸带分区分段的管控体系。结合河口地区生态系统复杂性和脆弱性，加强湿地滩涂恢复及重点保护区和生物栖息地建设。利用滨海盐碱化空间，增加弹性蓄水区。在设施建设方面，加强应对极端风暴潮的海防工程和城市排涝工程的建设。在应急管理方面，完善河口和海岸线安全预警机制。

皖南、浙北山区：建立上中下游通畅的水系网络，构建由河湖、水库、湿地等组成的相互补充的雨洪调蓄系统。恢复自然水系洪泛区域，把雨洪纳入场地。设施建设方面：在上游修建调蓄水库，错峰调节过境洪峰；在中游加强堤防建设，保障行洪安全；在下游河道疏浚及卡口清障，提升河道过流能力。生态保护方面：加强山区林地、湿地建设，增强水土保持功能。应急管理方面：建立上中下游联防联控体制机制。

淮河流域地区：应对洪水的影响，加强蓄滞洪区和滨水缓冲带建设；建设缓坡河流泛洪区，提高河道库容能力。完善水库调度、蓄滞洪区、跨流域调水等区域工程性措施。应对干旱的影响，加强节水设施利用，提高农业灌溉效率，鼓励种植节水型农业；加强河流集水区管理，对大型湖库进行补水。

六、长江下游岸线利用问题与优化策略

长江下游地区作为中国的经济发展引擎和人口密集区域，面临着前期发展积累的阶段性问题，即以环境为代价，高资源消耗的粗放发展模式，主要表现之一就是岸线利用。因此，下游地区如何围绕岸线更高质量的保护利用助力流域可持续发展十分关键且有益。

（一）岸线利用的现状分析

本研究基于 2010 年、2020 年谷歌地图影像数据，系统梳理了长江干流南京以下至入海口段的干流岸线和洲岛岸线利用情况（表 4-1），并绘制成了图纸。

表 4-1 岸线绘制分类方法

岸线分类		绘制方法与具体解释
大类	小类	
自然岸线	生态保护岸线	包括省、市生态保护红线名录中涉及的相关岸线
	自然保留岸线	陆域进深 1 km 以内是生态、农业主导功能
人工岸线	港口岸线	根据沿江城市港口现状等资料绘制
	工业仓储岸线	陆域进深 1 km 以内是工业园区和工业企业岸线（含港口规划中的工业业主码头岸线）
	生活岸线	陆域进深 1 km 是城市生活功能，包括生活游憩、景观岸线、城市取水口岸线等
	其他利用岸线	包括过江通道、市政基础设施、特殊用途岸线等

据统计，2020 年长江南京以下岸线的总长度约为 2 020 km，其中自然岸线占 61%，人工岸线占 39%（包括工业仓储岸线 16%，港口岸线 12%，生活岸线 9%，其他利用岸线 2%）。2010—2020 年岸线净增加了 42 km，其中自然岸线减少了 170 km，人工岸线增加了 212 km。从人工岸线变化来看，生活岸线增加了 109 km，工业仓储岸线和港口岸线增加了 96 km，其他利用岸线增加了 7 km（图 4-14）。

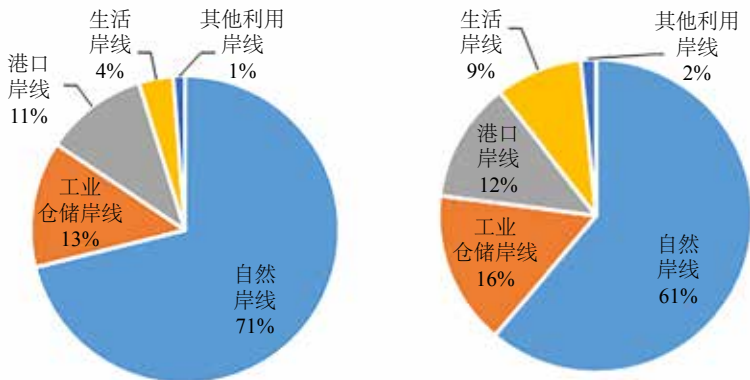


图 4-14 2010 年（左）、2020 年（右）长江下游岸线分类统计情况

岸线利用粗放、低效，缺乏统筹安排。主江岸线接近 60% 已开发为人工岸线。其中，港口岸线长度为 251 km，占人工岸线的 32%。港口岸线使用效率相差巨大，按照万吨每千米吞吐量计算，使用效率最高的上海是最低的南通的 3.5 倍。大量优质岸线被企业码头占用，导致岸线资源闲置和浪费的情况十分普遍。长江下游有造船厂岸线 107 km，其中低小散造船厂岸线约 30 km，占全部造船厂岸线的 28%，主要分布在仪征、扬州、泰州、泰兴、靖江等地。

沿江重化工产业集聚，节能降碳压力大。长江下游有工业仓储岸线 322 km。其中，化工企业岸线 72 km [包括江苏省 13 家省级化工园（集中区）和若干小散化工园区]；钢铁企业岸线 28 km（以宝钢、南钢、沙钢等大型钢铁厂为主）；火电厂岸线约 25 km。主江两岸还分布了 14 处大型电厂。高密度的重化工、能源企业分布带来了极高强度的碳排压力。

“化工围江”面临生产安全隐患。长江下游地区化工园区密集，间距最近仅 7 km。人工岸线段的水域污染显著，港口、城市岸带、城市内河入江口以及入海口氮磷污染物含量普遍高于自然江段和滨江湿地。中下游工业岸段水域重金属污染风险突出，紧邻岸线的水域表层沉积物和持久性有机污染物从上游到下游呈增加趋势^[48]。同时，长江下游 23% 的环境风险企业位于饮用水水源地周边 5 km 范围内^[49]，取水口和排污口交错分布，饮用水安全保障形势严峻。

沿江高强度连绵开发压缩水陆生态空间。从近 10 年变化看，自然岸线减少了约 170 km，自然岸线与人工岸线之比由 2010 年的 7 : 3 转变为了 2020 年的 6 : 4。以张家港至常州段为例，人工岸线连绵超过 55 km，密集布置了工业、码头以及城市生活功能区。高强度开发导致生态保护红线、饮用水水源地等重要生态敏感区域上下游被化工园区、港口包围；同时侵占了滩涂、湿地、江心岛屿等。

大量人工建设和活动影响生物多样性。一是中下游地区“江湖阻隔”导致生态系统被阻断。自 20 世纪 50 年代中后期开始，中下游地区的湖泊被大量围垦成农田，湖泊被节制闸与长江隔离开来，目前仅“两湖”保持着与长江的自然连通，支撑长江鱼类的有效湖泊面积减少了 76%^[50]。二是沿江高强度人工岸线大大压缩了鱼类的生存环境。工业、港口岸线会严重影响鱼类幼苗生存空间。同时，长江中下游沿江地区的硬化堤防及河道裁弯取直也在一定程度上减少了河道中鱼类的栖息地或繁殖地。

为市民服务的滨江公共空间有待增加。尽管 2010—2020 年长江下游生活岸线增长幅度居各类人工岸线之首，但生活岸线的比重仍较低，仅为 23%（2020 年），且集中在南京主城区、镇江城区、江阴城区北侧、上海宝山吴淞口、启东圆陀角等地。部分

城市从城区通往滨江的道路不贯通，通江的视线视廊被码头起重机、堆场和低效工业厂房阻挡。镇江、靖江、仪征等地的沿江郊区段土地使用混杂，大量岸线被小型造船厂、散货码头、建材企业等低端功能区占据。

水域、岸线、陆域管理部门分治矛盾突出。在《中华人民共和国长江保护法》颁布实施前，相关管理部门较少从水、陆协同角度协同管理，从而造成了非临港产业沿江布局、岸线多占少用、占而不用等问题。同时，岸线开发管理涉及发改、水利、国土、交通、环保等诸多部门。在局部岸段管控上不同部门职责分工过细，缺乏从流域层面上的跨部门统筹管理^[51]，例如，污染治理，尽管过去“水上不管岸、岸上不下水”的现象有所改观，但目前水陆域污染排放矛盾仍然存在。

跨区域岸线协同治理缺乏统筹。经济高速发展时期，沿江各城市将开发岸线作为招商引资、做大经济规模的砝码，相邻行政主体之间缺乏对岸线的统筹规划和开发利用，沿江高强度连绵开发导致缺乏生态缓冲空间和设施布局空间。甚至在同一地级行政区内存在重复建设问题，例如，同属苏州市的太仓港、常熟港和张家港，在大开发时期都形成了较完整的泊位类型。

（二）岸线利用与管理的国际经验

采用更加灵活主动的岸线利用策略适应防洪安全新形势。在全球极端气候频发、重大自然灾害加剧影响下，保障岸线和陆域的长远安全成为首要关切。关注水陆域整体韧性，将工程手段与基于自然的解决方案相结合，给高强度开发的下游岸线“透气松绑”。学习荷兰“迈向自适应三角洲管理”经验，倡导“给河流更多空间”，在河流沿线土地留白，为未来的适用性举措提供战略灵活性。

通过岸线优化利用和腾退置换支持流域绿色减碳目标。沿江化工、钢铁、电厂等高耗能行业及港口航运一直以来都是碳排放的主体。学习莱茵河等的经验，价值观上从“功能控制水”到“水引导功能”，制订长远计划，通过岸线使用方式的广泛调整，推动产业结构、能源结构和运输结构迭代升级，从过去高碳、高污染发展模式转变为低碳、清洁发展模式。

保护、改善和扩大具有生态重要性的地区，恢复典型的长江生境。长江下游是生物多样性的宝库。时至今日，下游地区仍承受着巨大的压力。对生物多样性的保护依赖于我们的自然价值观。学习历版《莱茵河行动计划》，逐步修复适宜动植物栖息的场所，恢复河流的自然面貌，保护一个拥有所有生态系统、种类繁多的动植物、肥沃的土壤、纯净的水和清洁的健全的生物圈^[52]。

还水岸于生活，不断提升市民的幸福感和满意度。收入水平的提高让人们追求更高的生活品质。闲暇时间的增加使人们有更多机会接触自然，提升对自然的向往和审美，并对其未来发展产生共鸣。学习阿姆斯特丹等城市的做法，通过岸线从生产功能向生活功能置换，塑造富有地方特色的滨水空间，满足市民休闲、游憩、运动等多方面需求。以岸线和港口更新为触媒，带动城市整体功能升级。

（三）绿色低碳与民生导向的岸线优化策略

1. 推进沿江产业带产业功能腾退和岸线绿色转型

加快重化工搬迁转型，低小散工业岸线、造船厂岸线清退（表 4-2）。建议将安全、环保、能耗作为前置条件，将下游沿江重化工企业向流域外转移。针对陆域进深 1 km 以内、集中化工园以外的化工企业，加快引导企业搬迁并向省级化工园区、化工集中区深度整合。推动低小散造船岸线逐步退出，减少对临水优良岸线资源占用。结合国家绿色能源转型方向，压缩火电厂岸线规模，推动高污染火电厂向新能源转型。针对现状相对较为集中的钢铁冶炼岸线，建议优化、压缩并开展清洁化生产。

表 4-2 近年来长江下游地区岸线转型案例

案例分类	工业码头岸线转型		自然岸线生态修复
	转型为自然岸线	转型为生活岸线	
长江岸线	南通五山地区和滨江生态修复，桥林“春江十里长江”线，仪征十二圩造船带整治	上海“一江一河”贯通，上海杨浦滨江、徐汇滨江等，南京下关、浦口滨江更新，江阴滨江公园建设	南京江北新区绿水湾湿地，南京龙袍湿地
重要洲岛	如皋长青沙生态修复，崇明东滩、九段沙湿地，镇江豚类保护区整治修复，南京新济洲国家湿地公园，张江港双山岛生态修复		

鼓励港口整合兼并，推动低效码头转型退出。应对今后能源结构和产业结构的广泛调整，提前预判运输结构、流向变化趋势。未来加快推动大宗物资“公转铁、公转水”，加快构建由沿江大港、内河港、内陆港组成的高效绿色多式联运体系。发挥市场基础性配置作用，推动长江下游港口的整合兼并。协调港口运输功能，一方面实现货类发展专业化，推进错位发展；另一方面引导吞吐量不足、利用率不高的工业配套码头进行公用化改造，并向社会开放经营。

推动“水陆共治”，开展减污降耗综合治理。借鉴生态环境部“三线一单”制度，建立岸线利用生态环境分区管控和准入门槛，包括自然岸线保护红线、岸线资源利用

上线、环境质量与经济效益控制底线以及岸线利用准入负面清单。健全国家与地方、上下游、左右岸水陆域协同管理机制。

2. 强化保护修复典型的水陆生境网络

恢复动植物栖息环境。完善流域生物多样性调查与观测网络建设，应对气候变化，充分研究保护生物的习性特征，通过岸线近自然形态设计、自然生境重建等手段营造更好的生物生存环境。不断充实完善长江沿线鱼类、鸟类生物保护区，加快完善自然保护地名录，开展勘界定标锚定保护空间。

建设滨江陆向缓冲带，修复垂江水陆生态通廊。为有效拦截与净化面源污染，应在长江下游干流构建宽 0.5 ~ 1.0 km 的陆向缓冲带。通过植被恢复、水系连通、用地腾退、环境整治等手段，设立滨江城镇组团间的生态隔离廊道，修复支流、湖泊、山体等重要陆域生态空间与长江干流间的生态通廊。

自然方案和工程措施结合，形成更安全的韧性防线。一方面，以低冲击、更绿色的方式加强防灾安全工程建设。通过绿色生态的堤防岸线建设推动“灰、绿、蓝、管”多措并举，提升城市排水防涝能力，倡导海绵城市。另一方面，寻求基于自然的解决方式。如应对大河流域频发的洪涝问题，倡导“退圩还水”，恢复自由水面，增加流域的蓄洪空间，通过河湖联动增加大湖地区的排洪通道。

3. 创造更具活力的滨水空间

积极创造以人为本的滨水生活空间。统筹考虑港口和产业的生命周期，推动生产型功能向综合服务型功能转换，贯通滨水公共空间，使其逐步成为多功能的生活岸线。岸线更新过程中充分发挥规划引领作用，促进政府宏观引导和市场化运作相结合，引导多元投资、社会共同参与，实现多方共赢。

重视水的文化价值，塑造宜人的滨水景观，延续城市文脉。充分尊重原有空间肌理和格局，保护工业遗产、历史建筑、构筑物 and 元素符号，并与后续功能紧密结合。通过促进工作、居住、休闲等有机融合，组织多样化的公共活动，塑造宜人的开放空间系统和滨水步行环境。以滨水历史人文空间为触媒，植入文化活动、节庆等，带动港口和老工业基地整体更新。

建设郊野风光休闲带，提升城乡环境品质。还原自然生态环境，使其成为都市人群欣赏风景、休闲游憩的空间。开展生态修复，拆除低效船厂、建材厂等用地，营建具有地域特色的大地景观。同时，结合防洪堤、县乡道等建设郊野绿道和驿站，串联滨江沿线景点和城镇。

（四）持续关注三角洲地区的可持续发展

1. 三角洲地区是国际上广泛关注的高价值、高敏感地区

在气候变化的背景下，三角洲地区普遍面临海平面上升、洪水侵蚀、风暴潮等极端气候问题的挑战。三角洲地区长久以来的过度人为活动造成了水文条件、自然地貌的改变，导致生态环境脆弱，生物多样性受到严重威胁。以荷兰为例，其国土面积大多为流域系统沉积形成的三角洲地区，其正在积极提倡从“抵抗水”向“与水共生”转变^[53]，并逐渐达成“如有其他选择则不触及未曾开发的河口和三角洲地区”等共识^[54]。

各国积极探索三角洲地区的合理开发利用。三角洲地区是人口和经济高度密集地区，也是城市空间拓展和经济增长的重要载体。一方面，独特的水系、湿地、圩田景观有利于开展广泛的工程技术、农业和水上城市试验，塑造独特的三角洲景观。如 20 世纪 70 年代荷兰在圩田区上诞生了以阿尔梅勒、莱利斯塔德为代表的新一代“田园城市”。另一方面，在全球化背景下，国际性港口航运功能一直是入海口地区关注的重点之一，如荷兰鹿特丹港通过不断向河口地区拓展来巩固其国际航运中心地位。

专栏 4-7 荷兰三角洲地区鹿特丹港“向海拓展”阶段历程（图 4-15）

鹿特丹港位于北海沿岸、莱茵河与新马斯河汇合口。19 世纪鹿特丹瓦尔港的修建使其成为世界上最大的疏浚港口之一。鹿特丹港于 1946—1960 年进行了重建，又于 1960—1970 年进行了扩建，成为当时世界第一大港和欧洲之门。1970 年鹿特丹港启动了“玛斯平原垦地项目（Maasvlakte）”，计划在三角洲海河交界处打造一个入海口地区关注重点之一，如荷兰鹿特丹港通过不断向河口地区拓展来巩固其国际航运中心地位。



图 4-15 鹿特丹港向海拓展历程

有范围扩大 20%，集装箱吞吐量增至原先的 3 倍。（资料来源：<https://www.portofrotterdam.com/en>。）

2. 长江口地区的可持续发展具有高度复杂性

一是三角洲地区水文地貌的演变趋势是长远发展首要考虑的基础因素。从历史演变来看，长江口两千余年的发育模式可以总结为“南岸边滩推展、北岸沙岛并岸、河口束狭、河道成形、河槽加深”^[55]。从百年尺度来看，河口地区的水文和地貌演变受到气候变化和人为工程建设影响较大，导致了长江口径流量和输沙量减少、整体涨淤趋势放缓^[56]。因此，需要加强对水文地貌的持续监测，从而对未来发育趋势进行更精细化的模拟和预测。

二是从自然灾害角度来看，长江口地区易受海平面上升、台风和风暴潮影响，是高脆弱性和高暴露度地区。该地区海平面上升速率略高于全球平均水平，且近年来面临台风风暴潮的频次和强度呈现增大趋势^[57]。在此叠加影响下，长江口地区的保护开发需应对自然灾害动态调整海岸带土地利用结构、制定韧性防洪策略。

三是长江口地区作为陆地与海洋物质交换的通道，有着丰富的生物多样性和生态环境特殊性。长江口不仅是鱼类的产卵场、索饵场、育幼场和洄游通道，也是200多种迁徙鸟类的栖息地，同时还是城市重要的水源地。为巩固和提升生物多样性，还需要加强有针对性的生态保护区建设，严控渔业捕捞、水利工程建设、航运等人为活动的影响。

四是长江口地区需在统筹生态保护前提下，满足繁忙的航运压力和国际性大港建设需求。国际航运船舶大型化的趋势导致港口建设不断向深水岸线延展。在港口开发过程中，首先要评估可能带来的生态破坏和污染问题，并采取相应的生态补偿及修复措施。其次，港口建设须全面智慧化和绿色低碳化，以提高港口竞争力和适应气候变化的能力。

3. 建设长江口生态绿滩，为未来预留战略性空间

一方面，关注长江口安全韧性能力的提升。结合气候变化影响模拟，将工程措施与自然手段结合，构建生态防洪绿色屏障。围绕三角洲独特的生物多样性保护要求，划定湿地滩涂重点保护区和生物栖息地保护区。另一方面，建设长江口生态绿滩，为长远可持续发展预留弹性空间。在统筹多方面因素的前提下，合理利用航道疏浚的泥沙资源，通过促淤圈围等措施增加入海口地区生态用地，为长远发展预留国家级战略空间，以应对未来国际航运、能源革命、科技农业等外部环境的不确定性。

七、长江流域中的社会公平与性别平等问题

（一）状况分析与问题识别

社会公平和性别平等是当今全球流域治理的关键性议题。一方面，妇女、儿童、老人、贫困人群等弱势群体在气候变化导致的粮食短缺、高温、洪水等灾害中明显承担了更大风险、身心健康也受到了更大伤害^[58-61]，且缺乏应对能力。世界各地受气候相关灾害和变化影响的人中，80%是妇女和女孩^[62]。另一方面，弱势群体在流域治理中的参与意识低、机会少。在所有不利因素中，贫困的影响尤为关键，这使得发展中国家的乡村地区成为社会公平和性别平等问题最为突出的地区^[63]。

城乡与区域差异及其灾害抵御能力差距是影响流域社会公平和性别平等问题的关键因素。长江流域范围内原国家级贫困县（2014年）主要分布在上中游地区，存在着房屋和基础设施标准低、山区等环境灾害隐患多、农林牧渔行业敏感度高、基层抗灾救灾力量弱等问题。据应急管理部统计，我国70%以上的气象灾害发生在农村地区，尤其是西部地区；农村地区灾害链、多灾种现象和遇灾频率呈现上升态势。¹

人口外流导致乡村地区的女性、老人、儿童等聚集度更高、贫困度更深。根据人口普查的数据，长江流域的乡村地区年轻人口普遍外流，乡村人口中老人的比例明显高于城镇地区。以长江流域上游的四川省为例，2020年四川省60岁以上的乡村老年人口占27.32%，比城镇多9.89个百分点。长江沿线江西、四川、贵州、安徽等地的留守儿童均超过70万人。长江流域地区有限的灾害记录表明，乡村中的儿童、老人、女性均在灾后受到了更大的心理和身体健康影响^[63]。保障这些人群的韧性安全和生计生活是长江流域可持续管理应落实的重点。

（二）流域治理的社会公平与性别平等策略

制定并监督落实性别平等和社会公平的流域气候战略规划，使性别平等和社会公平目标成为各领域在政策和项目的规划、实施、评估阶段的优先考虑因素。在此过程中，审查和修正流域资源、环境、产业的相关法律框架和政策至关重要。与此同时，应通过参与式方法制定流域可持续发展的性别平等和社会公平多维度绩效指标，对各类政策进行社会公平影响评估。可将衡量环境和公平的指标汇总，进行综合评估。最后，在各领域的社会、社区信息以及灾害影响统计当中，需要特别注意保证性别和人群划分方面数据的获得。

¹ 2020年年底中国832个贫困县均已脱贫，但这些地区的经济水平仍相对较低。

专栏 4-8 科西河流域项目通过数据系统将性别平等和社会公平问题充分纳入评估环节

2012—2022年，国际山区综合发展中心（ICIMOD）主持开展了科西河流域项目（Koshi Basin Initiative），将性别平等作为可持续发展先决条件的关键条件，认为妇女和弱势群体是科西河流域建设强大和韧性社区方面的关键变革力量，因此在流域的远景规划、问题评估、政策选择、计划实施阶段都优先考虑性别平等和社会公平问题。该项目还建立了一个科西河流域的长期公开信息系统，其中包含的性别数据子系统整合了现存的男性、女性在获取和控制资源方面的不平等，以及逐渐凸显的男性、女性在水、粮食和能源安全问题方面存在的性别差异。最终通过详细的性别数据分析提出了若干流域性别平等的工作建议^[64]。

关注贫困落后地区，重新发现乡村留守人群的社会贡献价值。采用多种支持政策提高留守妇女和老人的经济收入，提高气候适应型现代化农业水平。健全留守人群气候压力下的健康服务长效体系，加强人才培养、专业研究和奖励措施，建立乡村文化、健康等服务场所。鼓励企业和民间资本共建为妇女和其他边缘人群提供的特殊应灾空间。针对女性、老人和儿童的需求，更新基于社区的信息化医疗和灾害管理系统，并统筹跨部门和跨体系的服务保障能力。提高新型养老保险的保障标准，提高农村留守儿童和妇女意外伤害风险防范工作的经费。

促进流域治理决策过程中的性别公平。为女性赋能，鼓励和支持其平等参与和领导流域治理决策及气候变化相关政策的制定。培养技术人员将性别问题纳入工作计划和项目实施中的能力，开展性别平等及公众参与方法的培训以提高认识。在基层妇女、儿童和老年人组织、非政府组织等进行能力建设，协助其参与流域治理过程，并鼓励各组织中的女性制定和实施自身的气候行动。在中央和地方开展性别公平方面的能力建设，使其能够在自己的分析工作和计划工作中涵盖性别视角。在气候变化相关的组织和机构间建立性别联盟与性别公平机制。以性别平等和社会公平参与为契机，扩大全社会关于应对气候变化议题的讨论和合作。我们也需要关注男性群体在性别平等方面的视角，同时提高男性在性别平等行动中的积极参与。

专栏 4-9 尼罗河流域倡议关注贫困与性别平等问题并制定一系列政策措施

世界银行通过非洲国际水域合作组织（CIWA）开展了尼罗河流域倡议（NBI），以提高综合水资源管理（IWRM）中的跨界问题的能力。NBI 首先制定了正式的性别主流化政策和战略。然后在其附属行动方案中预留了社会发展预算的 0.14%，用于与性别有关的活动，并且追踪资金的分配和落实，以评估项目对改善妇女生活的切实效果，同时在一些项目中尝试制定了有关性别敏感问题的预算。在一个针对国有机构工作人员能力建设的项目中积极鼓励女性参与区域性流域管理机构的实习并大获成功。NBI 的工作经验指出，性别平等培训既应该是持续且不断更新的，也应该是具体的、适合于具体活动的，并且能明确显示出各机构中性别与各优先事项的相关性；此外，相关项目必须分配足够的资源来进行性别分析和促进性别平等的规划^[65]。

加强社会公平与性别平等的流域管理机制和资金保障：应该从性别平等和社会包容的角度审查和更新流域的规划和管理流程，并将审查结果作为各相关部门制定政策和社会倡议的重要依据，使其在开展研究和采取行动时更关注弱势人群的体验和优先需求。通过开展试点项目提高地方层面参与的主动性及进行风险管理和可持续规划的意识。为社会保障类财政补偿和奖励计划进行性别平等和社会公平审计。将性别观点纳入预算编制、审计和筹资的主流。在气候问题相关行动融资过程中为男性和女性创造平等的参与机会和受益机会。

八、流域治理的政策建议

（1）立即采取行动应对气候变化，共建“流域生命共同体”。应尽快组织和加强对于因人类干预和气候变化所导致的中国大型河流流域在目前和未来几十年可能发生的变化及其影响的深入了解。倡导“流域生命共同体”愿景，建立以关注人为压力和气候变化影响为重点的新的监测机制，坚持开展长期风险评估（2050—2100 年），为可能的多种情景做好准备。

（2）加强极端事件防护，恢复生态系统。气候变化将影响极端事件的数量和强度，但其影响程度尚不确定。需要积极加强对各种自然灾害的防护，包括洪水、干旱、野

火和山体滑坡。采取基于自然的解决方案，如实施“还河流以空间”行动，恢复河湖系统，重新平衡流域的自然和人工要素。通过向可再生农业转型来增强土地韧性；可再生能源设施选址应尽可能考虑那些不适宜其他用途的土地。

(3) 建设“韧性城乡聚落”，提升安全韧性。优化城乡空间布局，减少对极端事件的暴露程度和脆弱性，从源头减少灾害风险、提高城乡聚落（包括弱势群体）的抗灾能力。将河流和溪流等自然环境的蓝绿空间布局作为空间规划的起点，将经典工程措施与基于自然的解决方案相结合。加快建设“海绵城市”，并借鉴成功经验。倡导城市组团式布局，降低建成区人口密度和土地开发强度，重视城市与流域防洪能力的统筹协调，避免防洪标准不一造成的灾害风险。

(4) 制定低碳时代重点工业港口城市综合规划，选取主要支流和三角洲地区开展试点探索。到2050年的经济规划视野将受到全球向低碳未来转型的深刻影响，尤其是对主要工业港口城市而言。港口城市将不得不进行转型，以应对从依靠大量使用化石燃料向促进可再生能源使用的增长转变。大型港口城市容易发生洪水，需要有远见地应对气候变化的风险和不确定性，对碳中和以及韧性的基础设施进行认真规划和明智投资。为应对这一转变，港口的空间布局将发生变化，航运、工业和城市环境也将发生变化。考虑相关设施使用期限长、区域气候预测的不确定性以及港口城市经济变化的复杂性，迫切需要从现在开始规划和商讨。建议选取高价值高敏感性的关键支流、长江三角洲地区开展综合性规划的试点探索。

(5) 加强流域岸线的水陆统筹治理，推进下游工业港口岸线向生态岸线、生活岸线的转型。重点关注水陆一体化管理，将河流岸线作为长期资源，将河流岸线管理作为减少风险、提高流域韧性以及促进下游重点行业转型的重要手段。为保证未来战略的灵活性，应尽可能保持岸线的自然状态。通过岸线优化利用和腾退置换，支持流域绿色减碳目标；重视水的文化价值，推动岸线更新和公共空间建设。在国家层面，应尽快制定岸线治理的“三线一单”制度并监督落实。

(6) 加强应急能力建设，提升地方政府和公众的应急响应能力。韧性的重要特征之一是能够对紧急情况做出快速和充分的反应。为适应气候变化的影响，需要加大对监测和预警系统以及地方政府和公众的响应能力建设方面的投资。同时，加大创新的保险工具的应用，提高人们对极端事件的抵御能力。政府应更加关注易灾地区和易灾人群的性别平等与社会公平问题，并为洪水、干旱等不同情景同时做好规划。

九、第七阶段工作建议

本次研究确定了流域发展的愿景与八项准则，并将其作为未来选择具体河流治理案例进行进一步分析，以及为 2023 年联合国水 and 环境卫生行动十年（2018—2028）执行情况中期全面审查会议（以下简称联合国 2023 水事会议）提出 CCICED 建议的框架。这些准则解决了从源头到沿海的系统管理方法、长期愿景、利益相关者的参与、压力源要素以及持续加强创新的必要性。这些准则在不同流域中将发挥不同作用，并不断对其进行优化。

国合会选取了其中五项准则作为未来 5 年计划中的“年度研究主题”（表 4-3）。围绕 5 个主题，未来 5 年需要重要解决的领域包括脱碳和绿色发展（包括生态系统和湿地恢复，保持河岸不受城市和工业发展的影响）、三角洲地区可持续发展、生物多样性保护、河流污染系统治理、航运现代化、泥沙流（包括与生物多样性和生态的联系，以及与水力发电的联系）、为冰川融化加剧导致的洪水和干旱情景进行规划、平衡适应性和缓解措施、平衡工程措施和基于自然的解决方案。

表 4-3 五项指导原则及未来 5 年研究重点建议一览表

研究年份	年度研究的原则 / 主题	可能的研究重点 [#]
2022—2023	从源头到沿海，全面履行责任	区域合作机制
2023—2024	根据百年愿景规划实施步骤	积极主动适应预计的气候变化并提高韧性
2024—2025	人人参与，形成共同愿景	基于多学科利益的协作组织
2025—2026	在流域管理各方面适应气候变化和其他主要压力源	应对气候变化、灾害和其他压力源的不确定性
2026—2027	持续加强和创新	管理方法、知识管理计划、政策工具和前瞻性融资机制等；国际交流

注：[#] 为与国际活动保持一致，年份顺序可微调。

研究重点问题应考虑政策之间的反馈，如脱碳（远离化石燃料）对土地和水资源（如生物质燃料作物的灌溉用水）的影响，而不能孤立地解决问题。因此，未来的流域管理应始终考虑多个场景。

拟定的 5 年计划可借助重大活动发挥作用，如联合国 2023 水事会议。每年的工作方案将包括①一份总结性文件；②工作会议，如有可能则进行实地考察（若无，则提供视频报告）；③向国合会年度大会和更广泛的人群汇报所吸取的经验教训，并重点确定发展领域。

按照这一设想，建议共同组织或配合以下活动。

2022—2023：①关于长江、莱茵河、密西西比河流域和三角洲地区的国际研讨会，特别关注气候变化背景下港口城市经济的转型挑战——2022年10月；②维护河流系统背景下关于水和生物多样性的边会或类似活动——昆明生物多样性公约缔约方大会；③以生物多样性缔约方大会的预期活动成果为基础，在联合国2023水事会议期间或前后举行会外活动或类似活动——2023年3月。

2023—2024：关于量化流域健康、生态流量、沉积物等重要水文环境，以及公认目标进展情况的工作会议。

参考文献

- [1] Eisner S, Flörke M, Chamorro A, et al. An ensemble analysis of climate change impacts on streamflow seasonality across 11 large river basins[J]. *Climatic Change*, 2017, 141: 401-417.
- [2] Vliet M, Franssen W, Yearsley J R, et al. Global river discharge and water temperature under climate change[J]. *Global Environmental Change-human and Policy Dimensions*, 2013, 23(2): 450-464.
- [3] IPCC. *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*[Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)][C]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2021.
- [4] Global Facility for Disaster Reduction and Recovery. *GFDRR Annual Report 2016: Bringing Resilience to Scale*[R]. 2016.
- [5] Kramer, H A. A future on fire[J]. *Science*, 2017, 358(6360): 178.
- [6] Marvel K, Cook B I, Bonfils C J W, et al. Twentieth-century hydroclimate changes consistent with human influence[J]. *Nature*, 2019, 569: 59-65.
- [7] Smirnov O, Zhang M, Xiao T, et al. The relative importance of climate change and population growth for exposure to future extreme droughts[J]. *Climatic Change*, 2016, 138: 41-53.
- [8] Tickner D, Opperman J, Abell R, et al. Bending the curve of global freshwater biodiversity loss: An emergency recovery plan[J]. *BioScience*, 2020, 70: 330-342.
- [9] UNECE. *Climate change impacts and adaptation for transport networks and nodes. Report ECE/TRANS/283*[R]. 2020: 199.
- [10] IPCC. *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A: Global and*

Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[C]. Cambridge University Press, Cambridge (United Kingdom) and New York (USA), 2014: 1131.

- [11] Sabater S, Eloisegi A, R Ludwig. Multiple stressors in river ecosystems: Status, impacts and prospects for the future[J]. Elsevier, 2019: 404.
- [12] Sabater S, Eloisegi A, R Ludwig. Framing biophysical and societal implications of multiple stressor effects on river networks[J]. Science of the Total Environment, 2021, 753: 141973.
- [13] California Department of Water Resources. Using Flood Water for Managed Aquifer Recharge to Support Sustainable Water Resources[R]. 2018.
- [14] IPCC. Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change[Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)][C]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 2012: 582.
- [15] United Nations International Strategy for Disaster Reduction. Sendai framework for disaster risk reduction 2015–2030[C]. Geneva: UNISDR, 2015.
- [16] United Nations World Water Assessment Programme. The united National World Water Development Report 2018: Nature-based solutions for water[C]. Paris: UNESCO, 2018.
- [17] Cohen-Shacham E, Walters G, Janzen C, et al. Nature-based Solutions to address global societal challenges[C]. IUCN, Gland, Switzerland, 2016, xiii + 97.
- [18] Ochoa-Tocachi B F, Bardales J D, Antiporta J, et al. Potential contributions from pre-Inca infiltration infrastructure to Andean water security[J]. Nat Sustain, 2019, 2: 93–584.
- [19] Palmer M A, Liu J, Matthews J H, et al. Manage water in a green way[J]. Science, 2015, 349 (6248): 584-585.
- [20] IUCN. International Union for Conservation of Nature annual report[R]. 2016.
- [21] Eggermont H, Balian E, Manuel J, et al. Nature-based Solutions: New Influence for Environmental Management and Research in Europe Nature-based Solutions, an Emerging Term[J]. GAIA-Ecological Perspectives for Science and Society, oekom verlag, 2015, 24(4): 243-248.
- [22] 肖春蕾, 郭艺璇, 薛皓. 密西西比河流域监测、修复管理经验对我国流域生态保护修复的启示 [J]. 中国地质调查, 2021, 8(6): 87-95.
- [23] LMRCC. Restoring America’s Greatest River[EB/OL].[2022-07-26]. <https://www.lmrcc.org/wp-content/uploads/2020/12/RARG-plan.pdf>.
- [24] LMRCC. Success Stories[EB/OL].[2022-07-26]. <https://www.lmrcc.org/our-work/success-stories>.
- [25] 张俊, 高雅琦, 徐卫立, 等. 长江流域极端降雨事件时空分布特征 [J]. 人民长江, 2019, 50(8): 81-86, 135.
- [26] 时光训. 1970—2014 年长江流域气候变化的时空特征分析 [D]. 南昌: 江西师范大学, 2016.
- [27] 朱宇蓉, 徐开宇, 付永超. 三江源地区 1961—2017 年冻土变化特征及影响 [J]. 研究与发展,

2018: 73-76.

- [28] 国家气候中心. 中国灾害性天气气候图集(1961—2015) [M]. 北京: 气象出版社, 2018.
- [29] 刘俸霞, 王艳君, 赵晶, 等. 全球升温 1.5°C 与 2.0°C 情景下长江中下游地区极端降水的变化特征 [J]. 长江流域资源与环境, 2017, 26(5): 778-788.
- [30] 中国气象局. 2019 年中国气象灾害年鉴 [R]. 2021.
- [31] 陈文方, 方建, 徐伟, 等. 长三角地区台风危险性定量分析 [J]. 自然灾害学报, 2012, 21(1): 1-8.
- [32] 桑婧. 近 30 年中国主要农业气象灾害典型场时空格局及干旱风险评估 [D]. 南京: 南京信息工程大学, 2018.
- [33] 史培军. 中国自然灾害系统地图集 [M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [34] 尚全民, 褚明华, 骆进军, 等. 2020 年长江流域性大洪水防御 [J]. 人民长江, 2020, 51(12): 15-20.
- [35] 姚檀栋, 郭光剑, 徐柏青, 等. “亚洲水塔”变化与影响 [J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(11): 1203-1209.
- [36] Zhang G, Zeng G, Liang X Z, et al. Increasing heat risk in China's urban agglomerations [J]. Environmental Research Letters, 2021, 16(6): 64-73.
- [37] 刘振中. 促进长江经济带生态保护与建设 [J]. 宏观经济管理, 2016(9): 30-33, 38.
- [38] 甘元芳, 张璇. 长江经济带国家重点生态功能区生态状况分析与评价 [J]. 测绘, 2019, 42(1): 36-41.
- [39] 曲超, 刘桂环, 吴文俊, 等. 长江经济带国家重点生态功能区生态补偿环境效率评价 [J]. 环境科学研究, 2020, 33(2): 471-477.
- [40] 国家林业和草原局. “关于提升自然保护地在实现‘碳中和’目标中作用的建议”复文(2021 年第 2399 号) [R]. 2021.
- [41] 国家发展和改革委员会. 统筹资源开发与生态保护 促进人与自然和谐发展——将碳达峰碳中和贯穿于自然资源开发利用和保护方方面面 [R]. 2021.
- [42] 张安田, 张小林. 《长江保护法》对长江流域水土保持工作的启示 [J]. 长江技术经济, 2021, 5(2): 21-25.
- [43] 刘纪根, 丁文峰, 黄金权. 长江流域水土保持科学研究进展及展望 [J]. 长江科学院院报, 2021, 38(10): 54-59.
- [44] 张平仓, 程冬兵. 长江流域水土流失治理方略探讨 [J]. 人民长江, 2020, 51(1): 120-123.
- [45] 郭铁女, 余启辉. 长江防洪体系与总体布局规划研究 [J]. 人民长江, 2013, 44(10): 23-27, 36.
- [46] 国家防汛抗旱总指挥部. 长江防御洪水方案(2015) [EB/OL]. 2015. http://www.gov.cn/xinwen/2015-08/13/content_2912245.htm.
- [47] 章林伟, 牛璋彬, 张全, 等. 浅析海绵城市建设的顶层设计 [J]. 给水排水, 2017, 53(9): 1-5.
- [48] 姚瑞华, 王东, 孙宏亮, 等. 长江流域水问题基本态势与防控策略 [J]. 环境保护, 2017, 45(19): 46-48.

- [49] 林剑波, 蒋海涛, 陈银川, 等. 长江下游地区生态环境监督管理工作实践研究 [J]. 长江技术经济, 2021, 5(5): 48-51.
- [50] 谢平. 从历史起源和现代生态透视长江的生物多样性危机 [M]. 北京: 科学出版社, 2018.
- [51] 虞孝感. 长江产业带的建设与发展研究 [M]. 北京: 科学出版社, 1997.
- [52] 联合国环境与发展大会. 里约环境与发展宣言 [R]. 1992.
- [53] 汉·迈耶. 荷兰三角洲——城市发展、水利工程和国家建设 [M]. 上海: 上海社会科学院出版社, 2021.
- [54] 郭巍, 侯晓蕾. 荷兰三角洲地区防洪的弹性策略分析 [J]. 风景园林, 2016, 126(1): 34-38.
- [55] 陈吉余, 恽才兴, 徐海根, 等. 两千年来长江河口发育的模式 [J]. 海洋学报(中文版), 1979, 1(1): 103-111.
- [56] 茅志昌, 李九发, 吴华林. 上海市滩涂促淤圈围研究 [J]. 泥沙研究, 2003 (2): 77-81.
- [57] 易思. 海平面上升与可能最大风暴潮复合作用的风险评估及其适应策略研究 [D]. 上海: 华东师范大学, 2018.
- [58] International Water Management Institute. A framework to understand gender and structural vulnerability to climate change in the Ganges River Basin: lessons from Bangladesh, India and Nepal[R]. 2014.
- [59] ADB. Initial Poverty and Social Analysis. Philippines: Integrated Flood Risk Management Sector Project[R]. 2018.
- [60] European Institute for Gender Equality. Gender in environment and climate change[R]. 2016.
- [61] UN WomenWatch. Women, Gender Equality and Climate Change[R]. 2009.
- [62] UN News. Women Bear the Brunt of the Climate Crisis[EB/OL]. (2021-11-09)[2022-07-26]. <https://news.un.org/en/story/2021/11/1105322>.
- [63] 肖群鹰, 刘慧君. 突发灾难事件对老人生存质量的影响 [J]. 人口与社会, 2019, 35(4): 18-27.
- [64] ICIMOD. Koshi Basin Initiative[EB/OL].(2022-05-08)[2022-07-26]. <https://www.icimod.org/koshi/gender-portal/>.
- [65] CIWA: Gender equality and social inclusion in Nile basin transboundary water resources management and development[R]. 2022.

第五章 可持续粮食供应链

一、中国的愿景目标

中国提出了多个与农业和食物系统（简称“农食系统”，见专栏 5-1）转型相关的愿景目标，其中，两个特别重要也是本研究重点关注的愿景目标包括：①力争于 2030 年前实现碳达峰，努力争取 2060 年前实现碳中和；②实现粮食安全和韧性。

专栏 5-1 农食系统

本研究中，“农食系统”既包括食物和其他农产品生产中“农场端”的农业活动，也包括这种生产所需的投入（如合成肥料的生产）、食品加工和包装、分销、零售和消费。农食系统还包括农业和食物生产活动相关的土地利用和土地利用变化。

（一）2030 年前实现碳达峰，2060 年前实现碳中和

2020 年，中国政府宣布，力争于 2030 年前实现碳达峰（专栏 5-2），努力争取 2060 年前实现碳中和^[1]。为启动这一工作，《“十四五”全国农业绿色发展规划》呼吁减少温室气体（GHG）排放，并提高农业和土地利用领域的碳汇能力^[2]。这两项政策目标与中国建设生态文明的愿景一致^[2,3]。

专栏 5-2 “碳” = “温室气体”

中国政府在 2060 年“碳中和”目标中使用的“碳”是指二氧化碳当量（CO₂e），即包括所有温室气体（GHGs）。因此，本研究将考虑农食系统

产生的所有温室气体，主要包括二氧化碳、甲烷和氧化亚氮。本研究将既考虑中国的温室气体直接排放（和碳汇），又考虑中国从海外进口农产品带来的相关温室气体影响，尽管这部分排放超出了中国的直接控制范围。食物进口是中国粮食安全的一个组成部分，中国致力于全球减排，可以在减少海外农业系统的排放方面发挥积极作用。

要实现碳中和，中国的农食系统必须在国家总体规划中发挥重要作用，以应对气候变化。中国国家主席习近平表示，2030年前实现碳排放达峰、2060年前实现碳中和，农业农村减排固碳既是重要举措，也是潜力所在，这方面要做好科学测算，制定可行方案，采取有力措施。中国农食系统的温室气体总排放量占中国全年温室气体总排放量的8%，其中甲烷占比40%，氧化亚氮占比50%^[4]。此类排放需要大幅减少。此外，要想抵消难以减排部门产生的碳排放（来自能源、工业和农业部门），中国必须快速提升本国碳汇能力（如通过再造林来捕获二氧化碳），从而实现碳中和。

（二）实现粮食安全

2020年4月，中国国家主席习近平强调，粮食安全是国家安全的重要基础^[5]。2020年12月底，习近平主席指出，中国人的饭碗任何时候都要牢牢端在自己手中，饭碗主要装中国粮。保证粮食安全，大家都有责任^[6]。同时，中国“以国内大循环为主体、国内国际双循环”的新发展格局也呼吁在生产和消费（包括食物生产和消费）方面更加自力更生，以减少国际供应链的不确定性^[7]。2022年3月，习近平主席指出，确保粮食及各类食物供给、完善耕地管理的重要性，鼓励应用新科技支持实现粮食安全^[8]。需要注意的是，这些政策并非要求粮食或其他商品完全自给自足，而是将自给自足和开放贸易有机结合。此外，农食系统，尤其是在改善人类健康、获取安全营养的食物和减少农业污染方面，是中国实现“共同富裕”的关键。这些政策和其他优先事项强调，确保初级产品的可持续供应（包括食物）是中国的一项重大战略问题。

综上所述，中国目前面临的一个关键问题是“中国如何改革其农食系统，使之既能实现粮食安全，又能促进碳中和”。CCICED的这项专题政策研究为这一问题提供了答案。首先，本研究概述了这一挑战的性质和规模，即中国农食系统的现状与发展，及其对实现上述两个目标面临的障碍。其次，本研究阐明了解决障碍的方案。最后，本研究提出了一套机制创新方案，以寻求更智能的解决方案。中国这样庞大而地区差

异极大的国家会面临许多粮食挑战，本研究并非提出技术解决方案应对这些挑战，而是在询问“中国如何实施这些解决方案”的过程中，找到有利于机制安排和领导力的机遇，促进创新和协同努力，从而在目标时间范围内带来显著变化。

过去两年，全球对未来食物（特别是替代蛋白）的关注显著增加。许多研究和报告表明，这些关注很大程度上集中在中国。国合会充分认可全球食物经济与政策研究院（AGFEP）近期的报告，其分析全面且合理。希望本研究能促进对中国粮食未来的理解，并且提供信息参考，推动中国公私部门当前和未来在这些重要问题上的政策讨论。

二、挑战

从2000年到2010年的短短10年里，中国也成为少数营养不良率低于2.5%的发展中国家。在同一时期，中国各地居民的每日热量供应从1 800 kcal/人增至3 201 kcal/人，蛋白质从83 g/人增长到101 g/人^[9]。大多数显示食物供应和可负担性的指标仍在完善，但与此同时，决策者和粮食专家也担心这些增长背后的隐性自然成本和社会资本成本，以及供应链条长带来的脆弱性。本节将指出中国面对的主要挑战，即在保护和恢复自然与社会资本的同时为人民提供粮食，这是建立可持续且具韧性的农食系统的基础。

2021年与2022年年初，一些领先学术机构共同撰写了《中国与全球食物政策报告》（2021年与2022年），对当前中国农食系统及其未来情景进行了全面和透彻地描述。本研究参考了相关报告^[10, 11]有关当前趋势的数据和分析以及中长期情景。本研究对这一讨论的附加价值在于将重点放在跨领域和机制问题上，这些问题对实施上述机构提出的建议行动至关重要。

（一）实现碳中和的挑战（目标1）

2018年，中国农食系统产生的二氧化碳当量达10.9亿t，为年度第三高水平^[10]。这一数字占中国当年132.3亿tCO₂当量排放的12%，较1997年的9.4亿tCO₂e水平大幅增加。中国整体农食系统的碳排放使其成为该领域最大的排放国，与印度不相上下。但是，中国按人均计算的碳排放只有0.47t，就农业活动而言是人均排放量最低的国家之一。

尽管中国农食系统的温室气体排放有许多来源，但其主要来自农业活动（图5-1）。

在农业活动中，来自反刍家畜（肠道发酵和粪便）和稻田的甲烷气体是温室气体的主要来源。

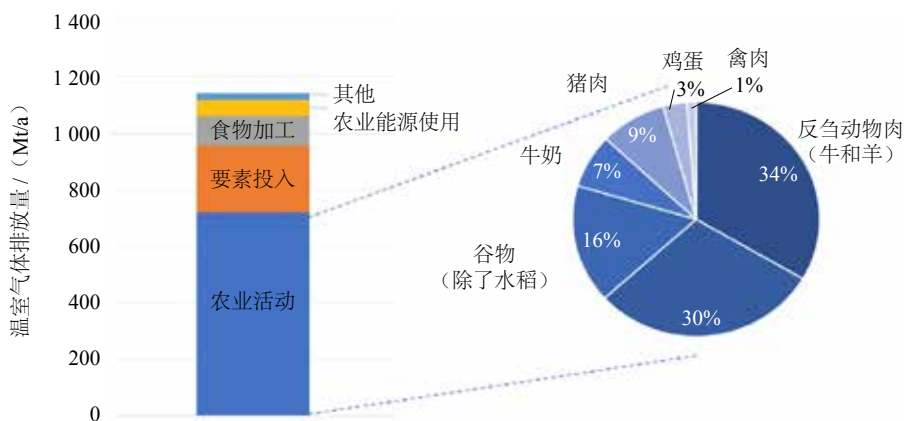


图 5-1 中国农食系统的温室气体排放来源（2017 年）

资料来源：全球食物经济与政策研究院《2021 中国与世界食物政策报告》。

中国农食系统的碳足迹还包括用于国内加工及 / 或消费的进口食物温室气体排放。随着中国人民生活水平的提高和饮食结构的变化（尤其是对动物产品需求的增加），仅凭中国国内的生产和供应难以满足日益增长的需求，因此农产品进口数量随之增加。例如，2019 年中国对牛肉的消费需求为 830 万 t，但中国国内只能供应 670 万 t^[12]。

部分进口食物的碳足迹较高。例如，牛肉、大豆和棕榈油是导致热带雨林砍伐的主要原因^[13]。虽然与进口海外农产品相关的温室气体排放量不应计入中国的总排放量，但中国可以通过贸易、外国直接投资（FDI）和科技领域的南南合作在全球碳减排中发挥越来越积极的作用。这也与国家主席习近平关于人类命运共同体的理念一致。

（二）实现粮食安全和提高农食系统韧性的挑战（目标 2）

中国农食系统在实现粮食安全方面至少面临 4 项挑战。

1. 削弱国内粮食生产能力的的环境压力增加

耕地退化。长期以来的农业生产导致土壤肥力下降和重金属污染。根据中华人民共和国农业农村部的数据，中国 20 多亿亩（1.33 亿 hm^2 ）耕地中，超过 2/3 被认为是“低质量”耕地（5 ~ 10 等级中的第 4 ~ 10 级）^[14]。

国内用水紧张。中国是世界上人均水资源最匮乏的国家之一，同时也是世界上用水量最多的国家之一。2018年，中国淡水消费总量超过了6 000亿 m^3 ，其中有3 690亿 m^3 （61%）被用于了农业生产^[15]。由于地区和气候的差异，农业水资源的时空分布不均衡，水资源短缺会对缺水地区的农业发展产生不利影响^[16]。

气候变化导致极端天气出现的风险增加。相关研究结果表明，平均而言，气候变化将降低食物产量，提高农产品价格，增加大多数食物的净进口量，降低中国食物的自给能力^[17]。目前，气温每升高0.1 $^{\circ}\text{C}$ ，中国的三大粮食作物单产就会下降约2.6%；但只要降水增加1%，粮食产量又会增加0.4%。考虑气温和降水对粮食产量的影响，气候变化也将对中国的粮食安全产生一定的影响，可能会部分抵消技术进步带来的积极影响^[18]。此外，气候变化引发的自然灾害和极端天气事件（如洪水、干旱、反季节性高温/低温）也会对中国的农业和粮食生产造成重大损失。2018年，中国受自然灾害影响的人口约有1.4亿人，损失共计40亿元，而2019年，中国因自然灾害造成的受灾面积约为2 000万 hm^2 ^[19]。

女性权利不平等。尽管女性在农业工人中所占的比例逐渐增加，但在许多发展中国家，女性比男性更容易受到环境破坏的负面影响^[20]。气候变化的性别意识在中国社会福利保障政策中得到逐步加强和完善，特别是针对女性的脆弱性。但要将性别问题纳入食物和气候安全战略，还需要做更多的工作。

2. 中国食物进口压力增大

越发依赖国外食物进口。中国的农业贸易自加入世界贸易组织以来经历了前所未有的快速发展期。尽管农产品进出口都有所增长，但进口增长得更快。即使将所有欧盟成员国视作一个整体，中国目前仍是世界第二大进口国及第五大农产品出口国，其农产品贸易总额跃居全球第二位^[21]。2021年，中国进口粮食1.65亿t，同比增长18%^[22]。特别是2021年，中国大豆进口占了国内总需求的85.5%。2020年，进口乳制品和牛肉分别占了总供应量的35.0%和24.0%^[23]。

贸易冲突与新冠疫情影响导致全球供应链中断。鉴于中国对国际农产品贸易的依赖日益加深，2020年以来的市场干扰因素可能会对中国的粮食安全目标产生负面影响。新冠疫情影响对2020年和2021年的国际贸易产生了巨大破坏。有贸易保护主义倾向的中美贸易争端持续影响农业贸易，特别是大豆和玉米等大宗商品，美国从前是这些商品的主要供应国。此外，2022年的俄罗斯和乌克兰危机通过食物价格和供应影响了农业贸易，特别是考虑此前从俄罗斯和乌克兰出口到全球市场的粮食和植物油的规模。

对可持续性的期待增加。近年关于软性商品价值链绿色化的专题政策研究报告^[24]指出，“未来市场”对更可持续的食物消费和生产要求越来越高。中国国内消费者似乎也逐步认同这一方向。例如，2022年的一项调查显示，90%以上的消费者愿意为低碳食物支付溢价，超过半数消费者愿意支付10%以上的溢价^[25]。农产品跨国零售商和制造商的商业规范也在朝着可持续迅速转型，并在所有地区平等适用。例如，沃尔玛的可持续发展政策适用于所有门店^[26]，同时其业务规范也包含价值链政策。沃尔玛正与其全球供应商合作，评估和分享供应链上重要环境和社会问题的相关进展，这条供应链涉及100多个产品类别，包括纸浆、纸张和木材产品^[26]。金融市场也在关注可持续性。越来越多的机构投资者正在制定投资准则，如果借款方对农业商品生产和贸易的投资会导致热带雨林砍伐或产生较高温室气体排放，那么其将在获取资金方面受限。例如，2019年9月，管理16.2万亿美元资产的230家机构投资者呼吁企业采取紧急行动，应对亚马孙地区的毁灭性森林大火^[27]。

3. 对污染和食品安全的压力

过度使用化肥、农药与塑料薄膜导致的污染。根据《第一次全国污染源调查公报》，农业是中国2007年化学需氧量（COD）、总氮（TN）和总磷（TP）的主要来源，分别占全国总排放量的44%、57%和67%。中国2020年的《第二次全国污染源普查公报》显示，中国2017年农业污染源的化学需氧量、总氮和总磷排放量分别比2007年下降了19%、48%和26%，但仍是主要污染源。就作物肥料利用率而言，2017年中国水稻、玉米、小麦的利用率为38%，与欧美国家50%~65%的作物利用率存在显著差距^[28]。利用率低意味着大量肥料最终会污染空气（如变成温室气体氧化亚氮）或水道。

对食品污染和安全的担忧。在作物生产方面，过量的化肥、农药残留和重金属污染威胁着食品安全，影响食物质量，并对饮食健康产生负面影响。如果污染物超过卫生标准，则难以供应安全优质的食用农产品。在畜牧业方面，养殖密度高和疾病风险会导致过度使用抗生素，进而可能出现抗微生物药物耐药性，威胁牲畜和人类健康。

4. 食物消费的影响

持续性营养不良。虽然中国已于2020年实现了零贫困发生率，但营养不良问题仍然存在，如膳食不均衡导致的微量元素缺乏（主要是由于缺乏蔬菜和水果摄入）。值得注意的是，婴儿、育龄妇女和老年人等特定人群还将面临贫血和其他营养不良问题^[29]。2022年，全球食物经济与政策研究院（AGFEP）发现，农村居民的水果、奶制品和水产品摄入量不足^[11]。此外，中国居民，尤其是农村居民，维生素A、维生素C和钙的摄入量不足。城市居民的饮食主要存在轻微摄入过量的问题，而农村居民的饮食同时

存在热量摄入轻微过量和营养摄入不足的问题。

超重及肥胖人口的比例增加。2020年，中国一半以上的成年居民超重或肥胖，近几十年来，儿童与青少年超重和肥胖的比例飙升^[29]。与过去10年相比，2015—2017年的膳食营养和女性健康状态明显改善，但食用油和盐的摄入量仍然高于建议值，18~49岁的女性超重率明显增加，达到了30%^[30]。

食物损失和浪费率高。2016年，中国粮食品种产后各环节的综合损失率高达18%^[31]。肉类收获后的损失率中，猪肉约为6.6%，鸡肉为5%~9%，牛肉为8%，羊肉为4%^[32]。水果和蔬菜在储存和配送过程中的食物损失率分别为15%和10%^[33]。

中国消费者端的食物浪费量也很高。例如，学校食堂（自助餐）的人均食物浪费量为61~74 g/餐，而餐馆人均食物浪费量为74~144 g/餐^[34]。根据2013—2015年在北京、上海、成都和拉萨的调查，中国餐饮业的食物浪费率接近12%，大型聚餐的食物浪费率高达38%^[35]。

源自包装的塑料污染增加。中国是全球最大的塑料生产国和消费国，食物行业是主要用户。据估计，每年家用包装消费的塑料包装总量为540万t，这些塑料中很大部分最终成为废弃物，甚至造成污染。

三、解决方案

有一套解决方案可以减缓这些挑战带来的影响——减少中国农食系统的温室气体足迹，同时改善粮食安全。这些解决方案将帮助中国生产更多（和更有营养）的食物，保护自然，减少农食系统的低效和污染，恢复退化的土地。这四个方面解决方案应同时实施，以避免负面反弹效应。

（一）生产

提高中国生产营养食物的能力，同时减少相关温室气体（和其他形式污染）的排放，是实现“双碳”目标与粮食安全两大愿景的重要支柱。目前已有一些技术和应用可使整个价值链中的食物生产与温室气体排放和污染脱钩（表5-1）。这些技术解决了农食系统温室气体排放的主要来源：反刍家畜、水稻、化肥和与农业食物相关的能源使用。这些技术和应用涵盖了从“进化”（例如，已经建立了一段时间，仅需规模化推广使用）到“革命”（例如，最近或者未来的突破性创新）的范围。此外，其中一些方案为中国提供了建立新产业以满足国内（以及日益增长的全球）需求的机会。例如，

中国可以建立一个生产植物性替代蛋白质（“未来食物”）或合成淀粉/蛋白质的行业，以满足中国不断增长的需求（同时减少对国外食物来源的依赖）。

表 5-1 减少食物生产环节温室气体排放的技术与应用

温室气体排放源	涉及的年度排放 / MtCO ₂ 当量	可减排的技术与应用（减排量待定）
反刍动物肠道发酵（肉和奶）	180	<ul style="list-style-type: none"> 向饲料中添加肠道甲烷抑制剂（如 3-NOP、海藻） 改善反刍动物的繁育
牲畜粪便	140	<ul style="list-style-type: none"> 将固体与液体分开，并处理干燥固体（减少动物饲养场所的排放） 通过酸化粪便或其他手段以改善液态粪便的处理（减少粪便储存期间的损失） 在有大型潟湖的温暖地区使用沼气池，并将甲烷作为沼气（在社区或大型农场等大规模地点）
畜牧业：交叉领域（肠道发酵、粪便管理）		<ul style="list-style-type: none"> 通过减少每千克肉和牛奶或每公顷牧场的甲烷排放，提高反刍动物的生产力和效率。主要针对以下方面进行改善： <ol style="list-style-type: none"> 饲料质量 动物品种 兽医护理 提升牧场与放牧管理（如轮牧、更好的混合牧草） 生产基于植物或实验室培养的替代蛋白质（如“未来食物或替代蛋白”）和 / 或合成淀粉与蛋白质
水稻种植	150	<ul style="list-style-type: none"> 强化水稻培育系统（SRI） 提升亩产以减少水稻所需的水淹面积 培育低甲烷排放的水稻品种 农闲时去除或翻耕田间秸秆 压缩漫灌期（如干湿交替、单次中期降水、干播） 使用可生物降解的塑料薄膜来培养水稻
作物：交叉领域	120	<ul style="list-style-type: none"> 提高每公顷作物产量（减少特定作物每产量的耕地面积需求，减少每公顷的排放量，并释放土地进行恢复）
化肥	160	<ul style="list-style-type: none"> 减少化肥的过度使用（如“4R 管理”，即正确的数量、正确的类型、正确的时间以及正确的地点） 通过管理改进硝化抑制剂以及培育生物硝化抑制作物，增加植物对化肥的吸收（氮利用效率） 通过更好的育种和品种提高作物产量，从而减少对更多化肥的需求 在轮作和间作中使用固氮豆科作物
食物加工与包装	110	<ul style="list-style-type: none"> 提高能源效率 转向可再生能源 减少食物包装

温室气体排放源	涉及的年度排放 / MtCO ₂ 当量	可减排的技术与应用（减排量待定）
直接的农业能源使用	120	<ul style="list-style-type: none"> • 提高农业设备的能效 • 农业设备转向可再生能源 • 给农业设备自动化
间接的农业能源使用	—	<ul style="list-style-type: none"> • 减少化肥生产过程中的氨与氧化亚氮的排放 • 提高化肥、薄膜和农药生产过程中的能源利用效率
共计	980	

注：涉及的年度排放量根据 FAOSTAT 2021 数据计算^[9]。通过下列技术可能实现的减排总量待确定。
数据来源：FAOSTAT, 2021。

信息和数据技术（如土地监测、农业投入监测、预警和响应系统）可以对表 5-1 所列技术和做法进行补充。这些信息和数据技术还可以与风险识别及应急响应等社会防护系统相结合，以加强风险管理和响应能力。

（二）保护

保护自然生态系统和生产性农业用地不被转化为其他用途是实现碳中和与粮食安全这两大愿景的重要组成部分。

避免国内自然生态系统转化。避免森林、湿地和草原等自然生态系统的损失有助于保持中国陆地碳汇的规模。相反，将这些生态系统转化为农田、住宅及其他用地将增加中国土地相关碳排放。中国已经采取了一系列措施来规避这一转化，包括划定生态保护红线并将其纳入国家空间规划，创建国家公园和建立生态补偿机制实施计划。

避免触发国外自然生态系统转化。除保护国内自然生态系统外，还需要避免中国农产品进口（如牛肉、大豆、棕榈油）相关的国外生态系统转化和温室气体排放。相关策略包括与来源国政府和企业达成“无森林砍伐”或“无生态系统转化”的供应链协议，建立监测和跟踪系统来支持这些协议，并向出口国提供促进性别平等且具有包容性的技术和财政援助，以支持出口国在避免森林砍伐的同时供应农产品所做的努力。中国的“粮食丝绸之路”项目为实施这些措施提供了合适的平台。

防止中国优质农业用地的损失。确保中国的高产农田和牧场保持生产力是实现国内粮食安全的一个重要组成部分。在需求量不变的情况下，优质农业用地的丧失会降低中国粮食自给自足的能力，并增加国内和 / 或国际将自然生态系统转化为农业用地的压力。根据自然资源部的数据，2009—2019 年，中国的耕地面积减少了 730 万 hm²^[36]。卫星图像显示，自 2000 年以来，整个中国的耕地大面积减少，特别是在中国东部地区。但已有一些措施应对这一趋势，例如，中国政府已经设定了 1.2 亿 hm² 耕地红线，以

防止耕地非农化^[37]。

防止淡水资源流失和退化。除耕地外，淡水也是粮食生产的关键资源。同土地一样，淡水资源也需要保护，而且中国是世界上最缺水的国家之一^[38]。根据《2020年中国水资源公报》，中国的农业用水占总淡水用量的62%^[39]。根据《第二次全国污染源普查公报》，在水污染物排放量中，化学需氧量、氮污染、磷污染分别占总量的50%、47%和67%^[40]。中国农田灌溉水有效利用系数为0.56^[39]，低于发达国家水平（0.7~0.8）^[15]。保护清洁农业淡水资源的措施包括节水灌溉、强化高效输配水基础设施、选用耐寒耐贫瘠作物品种、减少化肥施用以及更好地回收牲畜粪便等。

（三）减少

减少中国农食系统的低效率和污染，改善不健康的饮食习惯，有助于中国实现碳中和与粮食安全的愿景。具体“减少”措施包括以下5个方面。

减少食物损失和浪费。减少食物损失和浪费将带来三赢：改善粮食安全，减少农民和消费者的经济损失，降低环境影响（如温室气体排放、水资源消耗、农药及化肥污染）。减少食物价值链每个阶段食物损失和浪费的方法有很多^[41]，其中许多与中国有关。模型分析表明，相对于基准线，将中国的粮食损失和浪费减少，到2030年将减少中国农业温室气体排放2.0%~5.6%，到2060年将减少4.0%~7.0%^[10]。

减少农业生产的化学污染。有些方法可以做到这一点。例如，精准农业可以提高肥料和农药的利用率，从而降低投入总量和流入环境的径流量。农田周围和河岸地区的天然植被缓冲区可以减少输入径流。在某些情况下，综合害虫管理方法可以降低污染，同时保持产量。

减少农用塑料薄膜的使用，提高废弃塑料的回收率。主要措施包括加快推进农用薄膜的污染防治要求，推动新塑料薄膜国家标准的颁布和实施，完善塑料薄膜厚度标准，提高塑料薄膜的拉伸强度和断裂伸长率，从根源上保证塑料薄膜的可回收性。

减少农业能源中化石燃料的低效率和使用。主要包括用于农业设备、食物储存和运输的可再生能源。

减少不健康、非可持续性、碳密集型食物的消费。改善中国饮食健康和可持续性的第一步就是鼓励公民遵循《中国居民膳食指南》，或者是遵循EAT-Lancet饮食^[42]。这种饮食可以减少温室气体排放，同时确保营养需求。到2030年，这样的转变可以将温室气体排放量减少1.5亿~2亿t，减少了18%~25%^[10]。因此，未来中国的营养和饮食指南应充分考虑性别议题、可持续性和气候变化。

（四）修复

自然生态系统和农业土壤的修复是实现碳中和和粮食安全这两大愿景的重要组成部分。

修复自然生态系统。修复中国本土生态系统是实现“负碳排放”的主要手段，中国需要补偿其难以消除的农业和能源温室气体排放。没有这样的修复，中国将无法在 2060 年前实现“碳中和”。需要修复的自然生态系统包括森林（每公顷碳含量最大）、草原和湿地。其中森林尤为重要，因为在陆地生态系统中，森林目前贡献的年度碳固存量约占全国总量的 80%^[4]。对山坡、河岸带、农业生产效率较低等边缘地区进行目标修复可以降低因粮食生产产生土地竞争的风险。为了最大限度地实现碳固存、提高生物多样性效益和气候韧性，修复自然生态系统时应优先考虑本地动植物的多样性；单一品种栽植修复往往只能产生较低效益，且更容易因遭受极端天气或病害而失败^[43]。

森林目前占中国国土面积的 23%。中国已有明确目标，到 2030 年修复“高达 25% 的森林土地面积”^[3]。坚持这一目标，到 2030 年，每年的碳固存量将达到 2.3 亿 t^[43]。部分研究表明，中国森林覆盖率的潜力为国土面积的 28% ~ 29%^[43]。到 2060 年，实现这一水平的森林覆盖率将使中国的碳汇增加到每年 21 亿 t^[43]。

修复退化的农业土壤。修复土壤健康有助于减少大气中的碳损失以及水道污染。更重要的是，可以通过提高长期农业产量、保湿性、土壤有机质、农户生计和韧性为“生产”策略做出贡献。同样地，也可以通过减少农业面积扩增的需要来支持“保护”策略，从而满足国家粮食需求。此类修复方法包括农林复合经营（将林农牧等多种产业相结合）以及少耕或保护性耕作、护根、作物轮作和覆盖作物等。值得注意的是，女性农民集中从事农业活动且获得技术培训和信息的机会较少，因此需确保女性农民也能掌握恢复技术，这将有助于扩大并广泛采用这些做法。

中国已朝着这一方向采取了措施。例如，中国在东北“黑土地”地区实施了保护性耕作计划。到 2030 年，修复面积将达 1 700 万 hm²^[44]。据估计，5 年和 15 年后土壤中的有机质将分别增加 10% 和 52%^[45]。

（五）减排潜力

这种解决方案的组合——生产、保护、减少和恢复——可能有助于中国的农食系统实现国家 2060 年碳中和目标。对碳中和的贡献程度将取决于执行程度。图 5-2 对比

了3种实施情景，显示了许多“生产”和“减少”战略对中国国内温室气体排放的影响。表5-2列出了模拟的情景设计。如果采取“保护”和“恢复”的策略，减排将更加有力。

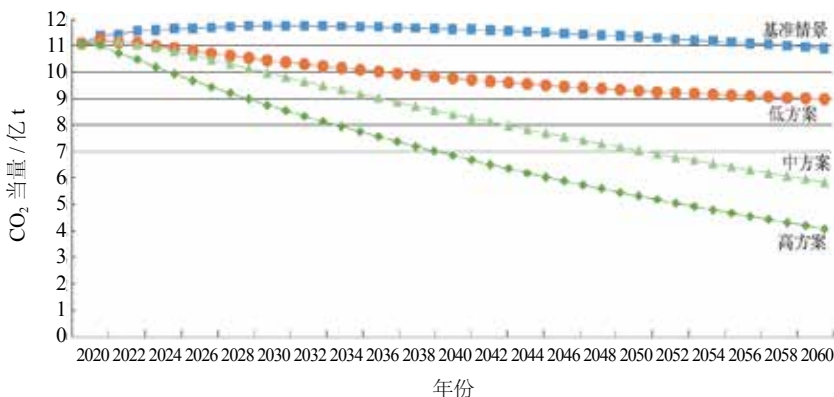


图 5-2 2020—2060 年不同情景下中国农食系统的温室气体排放量

资料来源：中国农业产业模型（中国农业科学院，国际食物政策研究所）与中国动态一般均衡模型结果（全球食物经济与政策研究院，2021）。

以上这些情景研究强调了几个重要的发现，包括如下内容。

在基准情景下，2030 年中国农食系统的温室气体排放量为 11.7 亿 t，比 2020 年增加了 7.7%，2060 年，又将下降到 10.9 亿 t，回落到 2018 年的水平。

采取提高农业技术、减少损耗和浪费、调整膳食结构、提高能源效率、优化能源消费结构等措施，将使得农食系统温室气体排放量大幅减少。

2060 年，低、中、高方案比基准方案低 17 ~ 63 个百分点，也比 2020 年低 19 ~ 63 个百分点。

中方案将使得 2060 年中国农食系统的能源消费温室气体排放比 2020 年减少 47%。

表 5-2 2020—2060 年中国农业生产活动温室气体减排模拟情景设计

情景设计	高方案	中方案	低方案
基准情景 (BAU)	2020 年，水稻、小麦和玉米的单产水平分别为 7 t/hm ² 、5.7 t/hm ² 和 6.3 t/hm ² ，2060 年分别提高 10%、15% 和 25%，为 7.7 t/hm ² 、6.6 t/hm ² 和 7.9 t/hm ² ； 稻谷、小麦和玉米的损耗率为 15%；蔬菜和水果的损耗率分别为 55% 和 50%； 猪肉、牛肉和羊肉的损耗率分别为 15%、10% 和 10%； 2060 年城乡居民人均畜禽肉消费量为 223 g/d； 2060 年，化肥利用效率提高 20%，稻田排放系数降低 20%，猪肉、羊肉和畜禽肉碳排放系数分别下降 15%、25% 和 30%，牛肉、禽蛋和牛奶的碳排放系数下降 10%		

情景设计	高方案	中方案	低方案
农作物技术提高情景 (TechCR)	2060年, 水稻、小麦和玉米的单产水平分别较2020年提高25%、40%和50%, 化肥利用效率提高50%, 稻田排放系数降低50%	2060年, 水稻、小麦和玉米的单产水平分别较2020年提高20%、35%和45%, 化肥利用效率提高40%, 稻田排放系数降低40%	2060年, 水稻、小麦和玉米的单产水平分别较2020年提高15%、25%和35%, 化肥利用效率提高30%, 稻田排放系数降低30%
畜牧业技术提高情景 (TechLV)	2060年, 畜产品碳排放系数下降50%, 饲料转换率提高30%	2060年, 畜产品碳排放系数下降40%, 饲料转换率提高20%	2060年, 畜产品碳排放系数下降30%, 饲料转换率提高10%
减少损耗和浪费情景 (Waste)	2060年, 各产品的损耗率较2020年降低67%	2060年, 各产品的损耗率较2020年降低50%	2060年, 各产品的损耗率较2020年降低33%
调整膳食结构情景 (Diets)	2060年, 城乡居民人均畜禽肉消费量调减到膳食指南推荐的下限40 g/d	2060年, 城乡居民人均畜禽肉消费量调减到膳食指南推荐的中间水平60 g/d	2060年, 城乡居民人均畜禽肉消费量调减到膳食指南推荐的上限75 g/d
综合情景 (Comb)	综合上述情景	综合上述情景	综合上述情景

资料来源: 全球食物经济与政策研究院, 2021。

四、建议

本研究提出的六项政策、治理和制度创新建议旨在推动领导力、创新和协同努力, 加速中国农食系统转型。尽管这些建议需要一定程度的排序, 但并非线性排列。如上文所述, 本研究的目标不是制定用于实现既定结果的产物或实践。农食系统的复杂性决定其需要的不是某类项目, 而是建立相关流程, 让有关机构参与制定应对多种相互依存关系的解决方案。这六项建议旨在创建和支持这一流程。

(一) 制定国家农食系统转型战略

制定“中国国家农食系统转型战略”有助于阐明2060年愿景目标和2030“行动方案”, 明确农食系统转型的国家目标和取得务实、必要和充分成果的路径。该战略将具有如下特征。

(1) 以科学为基础——纳入支持食物和土地利用系统转型的最新技术成果, 还应包括相关方法和工具, 用以权衡和管理不同解决方案及目标之间的利弊。

(2) 具有可靠性——与其他重大战略和政策协调一致, 制定明确且可衡量的目标, 同时支持中国的“碳中和计划”、“十四五”规划以及《巴黎协定》下“国家自主贡献”

(NDC) 的相关组成部分。

(3) 多部门协作——设立部际委员会进行协调管理，确保各部委和其他相关机构落实各自任务，处理和管理不同解决方案的平衡，并简化决策流程。

(4) 促进性别平等——随着不同目标达成一致，该战略将明确将女性的声音纳入建立未来农食系统的愿景，并制定实现这一目标的途径。

理想情况下，该战略应由一个部际委员会推动，负责监督战略的制定和执行，确保各部委落实各自任务，审议相关事项并做出决策。该部际委员会可以包括来自农业、环境、商务、卫生和食品安全、女性、发改和财政等部门的代表。该委员会可以与2020年国合会“中国软商品绿色价值链专项政策研究”（该研究的任务是监督中国的绿色价值链战略）中建议设立的部际协调委员会相同。因此，一个部际委员会将负责整个农食系统的转型（涵盖国内和国际农业和食物体系）。

建议的相关性：食物至关重要，但多数政府没有将其视为一个部门。食物是由其影响机制和市场力量来定义的。如果不能使这一机制空间连贯一致并面向共同目标，就无法应对第二章中列出的挑战。这并非建立另一种行政结构，而是创建流程，以制定相关利益方共同的愿景，并明确不同部门间需解决权衡的问题，实现农食系统项目下的成果。

（二）调整农业财政激励与融资措施

中国应形成合力，重新协调对相关解决方案的资金支持，以保障中国的食物和气候安全。调整后的农业政策既要支持成熟技术的市场应用与推广，也要支持对尚未成熟技术的研发（R&D）。这类跨部门财政激励措施的调整和设计将标志着农食系统从传统生产向更高效、营养和可持续的方向转变。

公共资金的潜在来源可能包括：①将用于不可持续农业实践项目的农业补贴转移出来；②对增加中国农食系统气候足迹的活动征税。

这些资金的潜在用途可能包括：①根据“国家农食系统转型战略”框架，为本研究所述的解决方案提供资金支持；②借鉴新安河跨省生态补偿机制的经验，开展以地方为基础的生态补偿项目；③为农民提供技术帮扶，推动采用改良后的土地利用管理措施。

其他资金可通过政府的政策和财政支持（如第一亏损风险），鼓励私营部门公司和银行对本研究概述的解决方案的研究、开发和/或部署进行投资。

建议的相关性：显然，中国农食系统的转型将需要大量资金，以支持新研究、加

强开发和应用新技术的能力等。但在许多方面停止资助或补贴那些不利于农食系统实现预期结果的行动，即便规模不大，也有助于改变标准，培育使投资与预期结果相一致的行为。

除本研究外，中国环境与发展国际合作委员会（CCICED）的另一项关于创新绿色金融的研究也在进行中。该研究深入评估了可为食物系统转型提供资金的不同机制，特别是本研究中指出的一些解决方案，将有助于将气候与自然金融相结合。后续可举办研讨会，协调撰写这两份研究报告的工作小组展开讨论，进一步探索有利于双方开展工作的机遇。

（三）健康膳食与消费

在过去 30 年里，中国主要的食物生产和消费转型在很大程度上是由膳食偏好的变化与可负担得起的选择而推动的。食物消费的总体趋势是主食消费减少，而动物性食物消费增加。虽然农村人口在这些趋势方面落后于城市人口，但大多数评估显示，农村地区有很大的增长潜力。

营养水平变化带来的主要影响最初是热量和蛋白质摄入量得到改善，而当脂肪、盐和糖的摄入超过一定水平后，随之而来的是心血管疾病增加和肥胖流行。参照西方饮食习惯（包括加工和过度加工）的食物加工和零售方式很大程度上促进了人们获得更丰富的食物。到目前为止，政府的饮食指南还很有限，这为超市和其他商业零售商改变中国人的饮食提供了机会。

因此，可以制定一项膳食指导倡议，核心是培育一项促进性别平等且具包容性的国家计划，鼓励健康和可持续膳食（根据中国提倡的膳食指南制定），并将农村和城市、女性和男性的不同需求纳入考量，具体行动包括但不限于以下内容。

（1）加强宣传包装标签和食品营销法律等。

（2）将更健康的饮食与可持续生产计划联系起来，增加小农户（一个经常被忽视的领域）的新鲜水果和蔬菜产量，并增加中国消费者获得新鲜水果和蔬菜的机会。

（3）扩大国家“光盘行动”倡议，在零售（包括购物环境）、食物服务（包括电子商务）、家庭层面避免和减少食物浪费（包括相关的塑料垃圾）。

（4）推广动物蛋白（特别是牛肉）的替代品，包括合成肉、植物性加工蛋白餐等。

建议的相关性：在充分获取信息的情况下，公民将健康和健康的生活方式作为塑造饮食的主要因素。公共卫生和环境与食物议题的重叠度很高，食物加工商所做的决定对健康和环境也会产生重大影响。以市场需求为导向而生产和加工的食物需要与一

套非商业指南相平衡,使消费者认为有必要根据这些指南来选择食物。而大多数情况下,对健康有益的食品对环境也有益。在市场营销和营养需求之间协调一致应该在短期内可以实现,但要做到这一点则需加强信息、教育和政府激励措施的协调关联。

（四）发挥私营部门在加快农食系统转型中的作用

私营部门可以与公共机构紧密协作,包括参与拟议的“国家农食系统转型战略”及其部际委员会,并通过以下途径助力加快整个供应链的投资和创新。

（1）支持有效且公平的农田整合。当大规模采用可持续生产新技术时,农场规模至关重要,因为投资更偏好较大规模的农田。私营公司可以帮助建立一种投资安排,既能让小农户参与进来实现一定的规模效益,又不必冒失去土地的风险。

（2）支持食品安全项目。尽管食品安全根本上是各级政府的责任,但私营部门可以通过引入可追溯协议和技术使这一任务更易于管理和高效。

（3）提供并实现膳食指导。在保持商业可行性的同时,大型食品零售商可以在教育和引导消费者遵循政府支持的膳食指南方面发挥重要作用。

发挥私营部门的作用需要建立一种机制,以促进供应链参与者之间的信息交流,就标准达成协议,并就政策应用的挑战和机遇向政府机构反馈。

建议的相关性:私营部门在促进可靠、安全和可持续的农食系统方面具有明显的优势。通过业务整合,供应链可以变得更易于管理和控制,这是因为能够在高度分散的生产、分销和零售领域发挥影响力的参与者越来越少。企业可以快速地创新实践和产品以适应法规和消费者需求。作为生产和消费之间的关键联系点,企业在教育和引导居民养成更健康、更可持续的消费行为方面更具优势。

（五）鼓励替代蛋白质和食品技术

大多数关于膳食、健康和环境影响的分析都得出了减少肉类消费是抑制心血管疾病快速增长和甲烷排放的最有效方法这一结论。减少总体肉类消费需要成为多方面举措的一部分,以提高居民对肉类消费风险和影响的敏感度。同时,应寻求和研发替代蛋白质来源,包括植物性和合成肉类。一些私营企业家目前正在积极探寻中。

如上文所述,如果给予适当的政策和激励措施,可以加速私营部门在这方面的努力。作为主要利益相关方,政府应为中国企业提供有利条件和激励措施,使其成为替代蛋白质(例如,植物基肉类以及实验培养肉类,如“未来食物或替代蛋白”)和替代淀粉的全球主要制造商。这样将有助于以下几个目标的实现。

- (1) 满足国内外日益增长的对蛋白质的需求。
- (2) 应对气候变化和土地竞争。
- (3) 为中国建立一个可引领世界的全新产业。

建议的相关性：创新和技术领导力是实现中国农食系统预期转型的一个重要加速器。中国作为世界粮食和食物强国，在传统与创新的良性循环中处于进行食品革命的独特地位。例如，从西方饮食习惯的“接受者”转向由中国引领，这将在国内和全球产生巨大的积极影响。

（六）构建全球绿色食物价值链

中国可以推行一项计划确保其进口食物是低碳产品，以减少食物供应链的温室气体排放。2020年中国环境与发展国际合作委员会“中国软性商品绿色价值链”专题政策研究报告提出了有关该计划的建议[食品和其他农产品是“软性商品”的主要类型(专栏4-1)]。这些建议得到了国合会的认可，是可持续食物供应链的关键组成部分，将有助于实现中国的食物和气候安全目标。因此，2020年的建议值得在本次专题政策研究中加以强化。

1. 建立国家绿色价值链战略并提供政策/制度支持

- (1) 宣布一项新的中国绿色软商品价值链政策倡议。
- (2) 建立部际委员会(见上文)。
- (3) 成立“全球绿色价值链研究所”。

2. 采取强制性和自愿性措施绿色化软性商品价值链

- (1) 加强措施，减少非法软性商品进口。
- (2) 加强尽职调查和可追溯体系。
- (3) 投资国内产能，改进食物价值链，改善可持续饮食。

3. 以中国现有的政策与倡议为基础，包括“一带一路”倡议

- (1) 将绿色价值链措施纳入贸易协定。
- (2) 加大南南发展援助力度，支持绿色软性商品价值链。
- (3) 将绿色软性商品价值链融资与绿色金融、“一带一路”绿色发展国际联盟工作有机结合。

专栏 5-3 什么是“软性商品”？

软性商品是指农林业生产的原材料及其衍生物，其中包括植物和动物源性材料，主要用于生产食品、纤维、饲料、药品、化妆品、洗涤剂 and 燃料。这些商品与硬性商品相对应，硬性商品是指提取或开采的原材料及其衍生品，如金属、石油和天然气等。

除这份专题政策研究外，国合会还开展了一项关于可持续贸易与投资的前期研究。研究发现，绿色供应链与贸易投资之间有一些重叠点。例如，如何利用贸易规则并在其范围内开展工作，以确保环境和气候优先事项能够与贸易协同，使进口商和出口商受益。

提高全球交易的大宗商品标准是贸易商的关切所在。关于贸易的研究很好地分析了食物在贸易和环境之间起到的协同作用，也分析了在缺乏积极合作的情况下，试图解决各国之间权衡问题时可能发生的困难和摩擦。

五、结束语

综上所述，这六项政策、治理和制度建议将使中国的农食系统走上一条同时实现粮食安全和碳中和的道路。这些建议都在中国力所能及范围内，都会产生许多共同利益，包括改善人类健康和发展中国新型产业。

现在根据这些建议采取行动恰逢其时。由俄罗斯与乌克兰冲突、通货膨胀和气候变化所致作物歉收而引发的全球粮食危机将粮食安全问题置于国家议程的首位。这些建议确保中国在应对近期粮食挑战的同时，也能应对气候变化带来的长期挑战。

粮食安全与气候安全必须协同并行，于中国如此，于世界亦是如此。

参考文献

- [1] United Nations. “Enhance solidarity” to fight COVID-19, Chinese President urges, also pledges carbon neutrality by 2060[EB/OL]. (2020-09-22)[2022-02-12]. <https://news.un.org/en/story/2020/09/1073052>.
- [2] 农业农村部. 农业农村部 国家发展改革委 科技部 自然资源部 生态环境部 国家林草局关于印发《“十四五”全国农业绿色发展规划》的通知 [EB/OL]. (2020-12-07)[2022-02-12]. http://www.moa.gov.cn/nybgb/2021/202109/202112/t20211207_6384020.htm.
- [3] The State Council. Action Plan for Carbon Dioxide Peaking Before 2030[EB/OL]. (2020-12-07)[2022-02-12]. http://english.scio.gov.cn/topnews/2025-10/27/content_77835815.htm.
- [4] 国家信息通报. 中华人民共和国气候变化第二次两年更新报告 [R/OL]. (2018-12-12)[2022-02-12]. <https://tnc.ccchina.org.cn/Detail.aspx?newsId=73251&Tid=203>.
- [5] 新华社. 这件事为何成为总书记心中的“永恒课题” [EB/OL]. (2020-07-23)[2022-02-12]. <https://news.china.com/zw/news/13000776/20200723/38531294.html>.
- [6] 人民日报. 习近平：把中国人的饭碗牢牢端在自己手中 [EB/OL]. (2021-09-23)[2022-02-12]. <http://politics.people.com.cn/n1/2021/0923/c1005-32234793.html>.
- [7] China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED). Global Green Value Chains: China’s Opportunities, Challenges and Paths in the Current Economic Context[R/OL]. (2021-09-17)[2022-02-12]. <http://en.cciced.net/POLICY/rr/prr/2021/202109/P020210917469069544512.pdf>.
- [8] Xinhua. Xi visits CPPCC members in sectors of agriculture, welfare and social security[EB/OL]. (2022.03.07)[2022-02-12]. <https://english.news.cn/20220307/e98039b53ab8418e9684c0c5847e943c/c.html>.
- [9] Food and Agricultural Organization (FAO). Emissions Totals[EB/OL]. (2022-01-04)[2022-05-02]. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/GT>.
- [10] 全球食物经济与政策研究院. 《2021 中国与全球食物政策报告》正式发布（附全文） [R/OL]. (2021-04-30)[2022-05-02]. http://agfep.cau.edu.cn/art/2021/4/30/art_39031_744872.html.
- [11] 全球食物经济与政策研究院. 《2022 中国与全球食物政策报告》正式发布 [R/OL]. (2022-05-24)[2022-05-30]. http://agfep.cau.edu.cn/art/2022/5/24/art_39031_861011.html.
- [12] UN Comtrade. UN Comtrade Database[EB/OL]. (2019)[2022-05-30]. <https://comtrade.un.org/>.
- [13] Hannah R, Max R. Cutting down forests: what are the drivers of deforestation? [EB/OL]. (2021)[2022-05-30]. <https://ourworldindata.org/drivers-of-deforestation>.
- [14] 农业农村部. 2019 年全国耕地质量等级情况公报 [EB/OL]. (2020-05-06)[2022-05-30]. http://www.moa.gov.cn/nybgb/2020/202004/202005/t20200506_6343095.htm.
- [15] 水利部. 2018 年度《中国水资源公报》发布 [EB/OL]. (2019-07-13)[2022-05-30]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/13/content_5408959.htm.

- [16] Huang Y, Huang X, Xie M, et al. A study on the effects of regional differences on agricultural water resource utilization efficiency using super-efficiency SBM model[J/OL]. *Scientific Reports*, 2021, 11: 9953. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-89293-2>.
- [17] Cui Q, Ali T, Xie W, et al. The uncertainty of climate change impacts on China's agricultural economy based on an integrated assessment approach[J/OL]. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 2022, 27: 25. <https://doi.org/10.1007/s11027-022-09999-0>.
- [18] 解伟, 魏玮, 崔琦. 气候变化对中国主要粮食作物单产影响的文献计量 Meta 分析 [J]. *中国人口·资源与环境*, 2019, 29(1):79-85.
- [19] 国家统计局. 年度数据 [EB/OL]. (2021)[2022-03-12]. <https://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0D0V&sj=2021>.
- [20] OECD. Women and SDG 2-Promoting sustainable agriculture, in *Gender and the Environment: Building Evidence and Policies to Achieve the SDGs*[R/OL]. (2021-05-21)[2022-02-12]. <https://doi.org/10.1787/35ec6754-en>.
- [21] 焦点. 在双循环新发展格局中促进农业贸易高质量发展 [EB/OL]. (2020-10-14)[2022-05-02]. <http://www.farmer.com.cn/2020/10/14/99860523.html>.
- [22] 中华人民共和国海关总署. 2021 年 12 月全国进口重点商品量值表 (人民币值) [EB/OL]. (2022-01-14)[2022-05-02]. <http://www.customs.gov.cn/customs/302249/zfxxgk/2799825/302274/302275/4122175/index.html>.
- [23] UN Comtrade. UN Comtrade Database[EB/OL]. (2021)[2022-05-30]. <https://comtrade.un.org/>.
- [24] China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED). *Global Green Value Chains—Greening China's "Soft Commodity" Value Chains*[EB/OL]. (2020-09-14)[2022-05-02]. <https://cciced.eco/wp-content/uploads/2020/09/SPS-4-2-Global-Green-Value-Chains-1.pdf>.
- [25] 新华网. 2022 中国植物肉减碳洞察报告 [EB/OL]. (2022-05-02)[2022-05-02]. https://xw.qq.com/cmsid/20220502A070A900?pgv_ref=baidutw.
- [26] China Council for International Cooperation on Environment and Development (CCICED). *Case Study: Encouraging Green Consumption in Retail*[EB/OL]. (2020-07-13)[2022-05-02]. <https://cciced.eco/ecological-progress/case-study-encouraging-green-consumption-in-retail/>.
- [27] Ceres. 230 Investors with USD \$16.2 Trillion in AUM Call for Corporate Action on Deforestation, Signaling Support for the Amazon[EB/OL]. (2019-09-18)[2022-04-02]. <https://www.ceres.org/news-center/press-releases/investors-call-corporate-action-deforestation-signaling-support-amazon>.
- [28] 中国新闻网. 农业部: 中国农药使用量已连续三年负增长 [EB/OL]. (2017-12-21)[2022-04-02]. <http://www.chinanews.com/cj/2017/12-21/8406159.shtml>.
- [29] 国务院新闻办. 《中国居民营养与慢性病状况报告 (2020 年)》发布会 [EB/OL]. (2020-12-23)[2022-04-02]. <http://www.scio.gov.cn/xwfbh/xwfbh/wqfbh/42311/44583/wz44585/Document/1695276/1695276.htm>.
- [30] 中国营养学会. 2021 中国白领女性健康膳食白皮书 [EB/OL]. (2021-05-30)[2022-07-07]. <https://www.cnsoc.org/acadconfn/682110201.html>.

- [31] 武拉平. 节粮减损重在行动 [EB/OL]. (2022-03-15)[2022-05-02]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1727314891491714958&wfr=spider&for=pc>.
- [32] Zhou L, Yang Z, Zhang M, et al. Whole-industry chain loss and edible rate of Chinese meats[J/OL]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2019, 52 (21): 3934-3942.
- [33] Liu G. Food Losses and Food Waste in China: A First Estimate (OECD food, agriculture and fisheries papers)[J]. 2014, No.66.
- [34] Li C, Bremer P, Harder M, et al. A systematic review of food loss and waste in China: Quantity, impacts and mediators[J]. *Journal of Environmental Management*, 2022, 303: 114092.
- [35] Xue L, Liu X, Lu S, et al. China's food loss and waste embodies increasing environmental impacts[J/OL]. *Nature Food*, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1038/s43016-025-00317-6>.
- [36] 自然资源部. 第三次全国国土调查主要数据成果发布 [EB/OL]. (2021-08-26)[2022-04-02]. http://www.mnr.gov.cn/dt/ywbb/202108/t20210826_2678337.html.
- [37] 国务院. 《全国土地利用总体规划纲要(2006—2020年)》 [EB/OL]. (2008-10-24)[2022-04-02]. http://www.gov.cn/zxft/ft149/content_1144625_2.htm.
- [38] 中国水利协会. 中国水资源 [EB/OL]. (2016-02-05)[2022-04-02]. http://www.ches.org.cn/ches/kpyd/szy/201703/t20170303_879728.htm.
- [39] 水利部. 2020年中国水资源公报 [EB/OL]. (2021-07-09)[2022-04-02]. http://www.mwr.gov.cn/sj/tjgb/szygb/202107/t20210709_1528208.html.
- [40] 生态环境部. 第二次全国污染源普查公报 [EB/OL]. (2020-06-16)[2022-04-02]. https://www.mee.gov.cn/home/ztbd/rdzt/wrypc/zlxz/202006/t20200616_784745.html.
- [41] Flanagan K, K Robertson, C Hanson. Reducing food loss and waste: setting a global action agenda[R/OL]. (2019-08-28)[2022-04-12]. https://files.wri.org/d8/s3fs-public/reducing-food-loss-waste-global-action-agenda_1.pdf.
- [42] Willett W, Rockström J, Loken B, et al. Food in the Anthropocene: the Eat–Lancet Commission on Healthy Diets from Sustainable Food Systems[J]. *Lancet*, 2019, 393 (10170): 447-492.
- [43] 赵新. 中国自然资源报. 为碳中和贡献“绿色”力量 [EB/OL]. (2021-04-24)[2022-07-07]. https://search.sestl.org/lid10.1/73864899_300398296439.shtml.
- [44] 农业农村部. 《东北黑土地保护规划纲要(2017—2030年)》 [EB/OL]. (2017-07-20)[2022-04-12]. http://www.moa.gov.cn/nybgb/2017/dqq/201801/t20180103_6133926.htm.
- [45] 光明日报. 保护性耕作, 给超载的黑土地“减减压” [EB/OL]. (2020-03-26)[2022-04-12]. https://news.gmw.cn/2020-03/26/content_33685733.htm.

第六章 绿色“一带一路”关键路径构建

一、能源绿色低碳发展：“一带一路”绿色低碳发展的关键路径

2021年9月21日，在第七十六届联合国大会一般性辩论上，中国国家主席习近平宣布，将大力支持发展中国家能源绿色低碳发展，不再新建境外煤电项目。这是中国继做出碳达峰、碳中和宣示，承诺“十四五”时期严控煤电项目和煤炭消费增长，启动全国碳排放权交易市场以来的又一关键行动，得到了国际社会的积极反馈，也为全球气候治理注入了新的动力。联合国2021能源高级别对话会上，联合国秘书长古特雷斯也指出，“投资人人都负担得起的清洁能源，将改善数十亿人的福祉，同时还可以创造从新冠感染疫情中复苏的绿色就业机会，推进所有可持续发展目标”^[1]。

发展绿色低碳能源既是链接联合国2030年可持续发展目标（SDG）7“经济适用清洁能源”、目标12“负责任生产和消费”和目标13“气候行动”的关键行动，也是推动“一带一路”绿色低碳发展的关键路径。尤其是对于众多发展中国家而言，获得可负担、可再生、可持续的清洁能源，是其扭化石能源依赖局面、实现能源绿色低碳发展、主动应对全球气候危机的现实需求，也是疫情后实现绿色复苏、迈向“碳中和”目标的必要条件。

因此，本章首先将从“一带一路”国家应对全球气候危机的现实需求入手，并进一步从产业技术升级、资金供给和国际合作三个方面出发，概述“一带一路”能源绿色低碳发展的突出需求。在后续各章中，我们将延续这一分析框架，分别立足产业技术合作、投融资合作和环境气候合作，提出推动“一带一路”能源绿色低碳发展的关键路径。

（一）共建“一带一路”国家应对全球气候危机的现实需求

截至2022年3月，中国已经与149个国家（52个非洲国家、38个亚洲国家、27

个欧洲国家、11 个大洋洲国家、21 个美洲国家)和联合国亚洲及太平洋经济社会委员会、联合国开发计划署(UNDP)等 32 个国际组织签署了 200 多份共建“一带一路”合作文件^[2]。已有研究认为,共建“一带一路”国家¹(以下简称共建国家)多为发展中国家,其生态环境较为脆弱,生态承载力相对较低,经济发展伴随突出的“高碳排放水平和强度”特征,对气候变化十分敏感^[3,4]。其中也包括经济增长强劲的新兴经济体,但更多的是经济结构相对单一、资源环境约束突出、基础设施发展水平和能源可及性较低的发展中国家。相较于少数新兴经济体而言,这些国家当前多处于“以实现经济增长为突出需求,以保障民生福祉为首要任务”的发展阶段。由于可供支配的经济、人力和技术资源极为有限,其发展水平更多地依赖于本国的自然资源禀赋,缺乏气候韧性,同时极易对由化石能源驱动的高碳排放发展模式产生路径依赖。

研究显示,对截至 2017 年 4 月底的 68 个共建国家而言,2000—2015 年,其二氧化碳排放总量增长了约 85%,是世界平均水平的 2 倍多。同时,这些国家的碳排放强度也相对较高,2015 年为 0.83 tCO₂/千美元,是世界平均水平的 1.8 倍^[5]。近期研究则进一步指出,截至 2019 年年底,146 个共建国家的碳排放总量约占全球的 30.8%,显著高于其 GDP 占全球 22.1% 的份额,且近 5 年增速远高于其他地区^[6]。由于多数共建国家依然处在经济社会发展的初期阶段,现代化、工业化、城市化发展任务繁重,因此其碳排放强度偏高的态势将维持一段时间,碳排放总量仍将持续上升。已有研究指出,如果延续历史上的高碳增长模式(“历史最差情景”),到 2050 年,所有共建国家的碳排放总量全球占比将高达 76%^[7]。因此,在全球碳中和趋势下,推动“一带一路”能源绿色低碳发展,对于共建国家应对气候危机、实现联合国 2030 年可持续发展目标具有突出的战略价值和积极的现实意义。

(二) 能源结构调整和技术迭代的转型需求

能源结构调整和技术迭代是能源绿色低碳转型的重要任务。对于许多“一带一路”共建国家而言,实现能源部门的绿色低碳转型需要平衡两个方面需求。一方面,需要在保障能源安全的同时,平衡能源供给的可及性和可负担性;另一方面,需要在确保能源供给平稳高效的前提下,加速发展清洁能源,摆脱对化石能源的过度依赖。

以东南亚地区为例,由于汇集了印度尼西亚、菲律宾、越南等全球经济增速最快的新兴经济体,在过去 20 年里,东南亚地区的能源需求每年以约 3% 的速度增长。根

1 文中“共建‘一带一路’国家”指已与中国签订“一带一路”相关合作文件的国家。

据国际能源署（IEA）的估计，这一趋势将持续到 2030 年，且近 75% 的新增能源需求要通过化石能源来满足，这将导致该地区二氧化碳排放量增长近 35%^[8]。尽管东南亚地区是世界上对气候变化最敏感的地区之一^[9, 10]，东南亚各国政府也正在积极地推动能源部门的绿色低碳发展，但从整体来看，其仍面临需求激增但能源安全环境脆弱、转型意愿强烈但对化石能源依赖突出、可再生能源发展潜力巨大但贡献度较低、区域电力基础设施发展加快但投资不足等多方面突出挑战。对于更广泛的“一带一路”共建国家而言，其同样亟须以清洁能源产业技术发展带动能源部门转型，同时尽可能地兼顾能源供给、可负担性、能源效率与能源安全需求，迈出向区域绿色低碳发展的关键一步。

已有研究认为，“一带一路”共建国家能源部门对气候变化减缓技术的需求主要集中在可再生能源发展和能源效率提升两个方面，且具有一定的区域特征^[11]。一方面，从需求种类来看，在对 138 个“一带一路”共建国家提出的国别技术需求评估（TNA）报告进行内容分析和需求评估后发现，近 90% 的“一带一路”共建国家提出了能源部门的技术需求。其中 75% 的国家需要可再生能源发电技术，如光伏发电、水力发电等（其中，光伏发电技术需求程度最高）；44% 的国家需要清洁高效燃烧技术，如高效锅炉、联合循环燃气轮机等；38.5% 的国家需要非化石燃料生产技术，如生物质能源等。另一方面，从区域特征来看，受地域位置和经济发展的影响，不同地区技术需求也存在显著差异^[9]。亚洲地区能源部门技术需求最为突出，除对可再生能源技术需求显著外，其对清洁高效燃烧技术的需求程度也远高于其他地区。非洲国家（尤其是内陆国家）对能源部门的技术需求主要集中在光伏发电、水力发电等可再生能源发电领域。大洋洲、拉丁美洲和加勒比地区的小岛屿国家极易受气候变化和极端天气事件影响，对能源部门的技术需求主要集中在可再生能源发电和非化石燃料生产领域。

除此之外，以能源大数据、人工智能、云计算、区块链、物联网为代表的数字信息技术与传统能源技术的融合应用也是推动能源部门绿色低碳转型的重要力量。全球移动通信系统协会（GSMA）和美洲开发银行（IDB）的最新研究报告也表明，移动技术将成为拉丁美洲和加勒比海地区的国家保护环境和应对气候变化的关键技术之一，拉丁美洲急需开发智能解决方案发展移动技术，由此来确保整个区域的经济增长^[12]。中国科学技术部印发的《“十四五”能源领域科技创新规划》也提出，要聚焦新一代信息技术和能源融合发展，推动煤炭、油气、电厂、电网等传统行业与数字化、智能化技术深度融合，开展各种能源厂站和区域智慧能源系统集成试点示范，引领能源产业转型升级^[13]。

（三）支撑绿色低碳发展的资金供给需求

金融系统在实体经济发展过程中扮演着不可或缺的重要角色。金融系统的资源配置能力、效率和方向将对“一带一路”合作的绿色低碳水平产生深远影响。随着中国绿色金融体系建设的持续完善，以及 ESG 责任投资理念在全球范围内的广泛传播，以绿色为底色的“一带一路”投融资正在发挥更加积极的资源配置和投资引导作用。Nedopil 在对“一带一路”投融资的长期跟踪研究中发现，2021 年中国对“一带一路”共建国家的投资合作规模约为 595 亿美元，这一数字较新冠感染疫情大流行前的 2019 年下降了约 48%（约 530 亿美元），但其中已不再包括任何煤炭项目投资。与此同时，“一带一路”绿色能源投融资总量稳健增长，达到了 63 亿美元（2021 年为 62 亿美元）。得益于 2021 年 7 月发布的《对外投资合作绿色发展工作指引》和 2022 年 1 月发布的《对外投资合作建设项目生态环境保护指南》，预期这一趋势还将继续保持^[14]。

现有的绿色投融资市场规模仍不足以满足“一带一路”绿色低碳发展万亿级的资金供给需求。Cabré 等对 112 个“一带一路”共建国家可再生能源需求的测算表明，未来 10 年“一带一路”可再生能源投资规模约为 1.03 万亿美元。考虑 2021 年不少国家更新了国家自主贡献目标，这一规模可能还将继续升高^[15]。Vivid Economics 和清华大学的一项研究指出，为实现 2℃ 温控目标，126 个“一带一路”共建国家 2016—2030 年在电力、运输、建筑和制造 4 个重点行业所需的绿色投资规模约为 11.8 万亿美元，平均每年资金需求约为 7 850 亿美元^[16]。中金研究院 2021 年的研究则指出，以有充足数据的 117 个“一带一路”共建国家为样本进行估算，预计 2021—2030 年，117 个“一带一路”共建国家整体的绿色投资需求可能达到 3.6 万亿美元，其中可再生能源投资需求为 1.6 万亿美元，发展空间较大。进一步按照 117 个样本国家的碳排放量占比进行推算，2019 年，146 个“一带一路”共建国家整体的绿色投资需求可能达到 5.7 万亿美元，可再生能源投资需求将进一步放大至 2.5 万亿美元。这一研究还指出，如果基于 2021 年 Liu 和 Raftery 提出的“各国减排力度应在 NDC 基础上再增强 80% 才有望实现长期气候目标”的假设，“一带一路”共建国家未来 10 年的可再生能源投资规模将高达 2.84 万亿美元^[17]。

另外，受经济发展水平和绿色融资能力限制，面对绿色低碳发展目标催生的海量资金需求，“一带一路”共建国家可协调和投入的公共部门资金和金融市场资源十分有限。长期来看，各国绿色投融资供需缺口依然巨大。以气候投融资为例，根据李南南和吴慧敏的估算，2018 年，全球气候融资规模为 5 410 亿美元，若以碳排放量占比估算，非 OECD 国家的“一带一路”共建国家气候融资规模仅为 643 亿美元^[17]。而

根据国际气候政策中心（Climate Policy Initiative）的估算，要实现 1.5℃ 温控目标，到 2030 年，全球气候融资规模需达到 4.35 万亿美元（自 2021 年起，融资规模每年至少要增长 590%）^[18]。丰富、充实“一带一路”绿色资金供给要从供、需两端同时入手，在引导和约束绿色投融资行为的同时，加快建立和发展区域绿色投融资市场，创新和完善绿色投融资机制工具，鼓励和吸引多元化主体参与。

（四）破解“全球赤字”的国际合作需求

全球可持续发展正面临前所未有的复杂局面，气候变化叠加资源环境约束，疫情反复引发经济增长担忧，地缘政治冲突加剧区域发展失衡。和平赤字、发展赤字、治理赤字、信任赤字（以下简称“全球赤字”）是摆在全人类面前的严峻挑战^[19]。UNDP 的《人类发展报告》2022 年特别报告指出，发展与安全脱节的“人类世”（Anthropocene）已经来临，过分关注经济增长而忽视公平的发展方式加剧了人类发展的不平等现象，同时引发了气候变化、新冠感染疫情等危险因素。对此，人们需要更加团结一致^[20]。

“一带一路”倡议致力于使更多国家共享发展机遇和成果^[21]，共同实现 2030 年可持续发展目标^[19]。作为当今世界规模最大的国际合作平台^[22]，“一带一路”倡议为共建国家在多边主义框架下抗击疫情和经济衰退冲击，增进理解和交流沟通，团结一致破解“全球赤字”奠定了良好基础。当下，立足“一带一路”能源绿色低碳发展的阶段性要求和总体趋势，需重点关注以下两个方面。

一是把握共建国家绿色低碳发展的强烈意愿，明确其能源部门转型的关键需求。通过对净零追踪（Net Zero Tracker）收集到的 129 个国家的碳中和行动进展进行整理发现，截至 2022 年 6 月，已有 84 个共建国家提出了实现碳中和目标的具体时间¹，绿色低碳发展意愿和共识日益强烈。加之“一带一路”沿线地区具有丰富的风、光、水电资源，其清洁能源发展潜力同样突出。但是，共建国家数量众多，区域分布跨度较大，资源禀赋、转型基础、能源生产和消费结构差异显著，在实践层面推动能源绿色低碳发展从理念落实为行动，当务之急是研究、识别和明确不同地区、国家的差异化需求。为此，需要共建国家政府、国际合作平台、跨国投资企业、非政府组织、科研机构等多方主体积极参与并深度合作，共同推动共建国家能源部门转型的关键需求率先得到

1 通过对净零追踪（Net Zero Tracker）收集到的 129 个国家的碳中和行动进展进行筛选发现，共有 84 个共建国家提出了实现碳中和目标的具体时间。其中，37 个国家已作出宣示，或在政策和立法层面明确了实现碳中和目标的具体时间，另有 4 个国家已经实现了碳中和，其余 43 个国家也已经有了实现碳中和目标的时间，但仍需进一步讨论。

满足，为更加广泛的“一带一路”清洁能源合作打下坚实基础。

二是结合绿色“一带一路”建设的阶段性成果，巩固加强“一带一路”能源绿色低碳发展国际合作平台和机制建设。“一带一路”倡议以绿色为底色，在绿色低碳发展方面搭建了“一带一路”绿色发展国际联盟、生态环保大数据服务平台、环境技术交流与转移中心等多个国际交流合作平台，实施绿色丝路使者计划、应对气候变化南南合作计划，推动国际合作开发《“一带一路”项目绿色发展指南》，得到了共建国家民间和官方的积极响应，加速了有关政策对话、知识共享、技术交流与能力建设的进程。除此之外，在能源产业合作、绿色投融资、可持续基础设施建设等方面，中国与共建国家也进行了广泛的交流互动，如举办“一带一路”能源部长会议，推动建立“一带一路”能源合作伙伴关系，发起《“一带一路”绿色投资原则》等。此外，包括中国—东盟、基础四国、金砖五国等在内的区域性合作机制也对能源、气候、环境资源高效利用等议题给予了高度关注。

面对全球“碳中和”和疫后绿色复苏的新发展挑战，当下政策制定者必须认识到由于气候变化对自然生态系统和社会经济系统的影响具有复杂耦合特征，因此，在共建“一带一路”倡议之下，推动能源绿色低碳发展，进而支持共建国家应对气候变化、落实可持续发展目标，需要在已有国际合作基础之上，强化公共和私人部门的共同参与，争取国际、区域和双多边合作的广泛支持，协调政策、产业、技术、金融多部门资源。立足以上需求，巩固、加强合作平台和机制建设仍是推动“一带一路”能源绿色低碳发展国际合作的关键之举和必要行动。

二、路径 1：促进清洁能源产业技术合作，支持“一带一路”绿色低碳发展

随着世界多国陆续提出碳中和目标，能源绿色低碳发展已成为全球共识。特别是在当前能源转型、能源安全、能源可及等问题相互交织、相互影响的复杂形势下，需要中国与国际社会更加紧密合作、共同应对，加速全球能源绿色低碳转型和可持续发展进程。在此背景下，促进清洁能源产业技术合作已成为推动“一带一路”能源绿色低碳发展的重要战略选择。

（一）清洁能源：“一带一路”能源产业技术合作的重要方向

中国参与国际能源产业合作经历了从积极配合到主动融合，再到逐步引导、推动

建立符合全球能源发展需求的国际合作机制^[23]的过程。近年来，“一带一路”倡议的提出无疑为构建更加全方位的能源产业合作机制带来了新的契机。一批重大能源合作项目落地实施，能源合作多（双）边机制不断完善，能源政策与技术交流日益频繁，为“一带一路”支持共建国家能源绿色低碳发展创造了积极条件。同时，也形成了更加多元的产业合作模式和内容^[24]，主要体现在①清洁能源合作成为“一带一路”能源合作的重要组成部分；②合作对象包括能源生产国也包括能源消费国，并从建立在能源贸易基础上、仅围绕油气进口的单向合作模式转向了更多强调能源投资作用的双向合作模式；③三方合作成为“一带一路”能源合作新亮点。

1. 能源对外投资加快向清洁能源领域发展

中国对外投资中的可再生能源投资占比持续增加。中国近年来一直是可再生能源产能的最大投资国，包括光伏、风能、水电、生物质能、氢能等可再生能源和新能源领域的投资成为“一带一路”能源国际合作的重要领域。21世纪可再生能源政策网络（REN21）发布的《2021年全球可再生能源状况报告》指出，2020年中国对“一带一路”沿线国家和地区的能源投资中，可再生能源投资占比首次超过50%，从2019年的38%增加到了2020年的57%，项目广泛分布于南亚和东南亚、欧洲、大洋洲及拉丁美洲等重点区域^[25]。中国企业参与清洁能源海外投资的积极性不断提高。中国商务部数据显示，2018年以来，中国在境外新增投资新能源企业近400家，占累计备案境外新能源企业数量的近一半。其中，光伏和风电项目的增长最快且民营企业参与度高。中国机电产品进出口商会统计数据显示，2020年，中国企业的境外新能源发电行业快速增长，共签约项目177个，签约金额达156.3亿美元，增长了69.1%，占全部电力行业企业签约项目总金额的35.5%，首次超过火电项目。其中，增长最快的是光伏发电项目，共签约117个，签约金额达99.8亿美元，同比增长了140.5%；其次是风电项目，共签约45个，签约金额达48.3亿美元，同比增长了16.3%；最后是生物质发电项目，共签约15个，签约金额达8.2亿美元，同比增长了3.3%；其中也包括多家民营企业^[26]。

2. 与传统能源输出国合作半径向清洁能源领域延伸

包括南亚和东南亚、中亚、中东等区域在内的“一带一路”沿线国家和地区不仅一直是中国能源合作领域的重要战略合作伙伴，也是清洁能源合作极具潜力的区域。近年来，随着这些国家和地区能源战略转型与能源结构调整的需求，能源合作方式也从围绕油气产品的单一化合作向多元化绿色能源合作转变。如在中东地区涌现出了以摩洛哥努奥二期和三期光热电站项目、迪拜全球最大太阳能光热（CSP）电站和埃及

本班光伏产业为代表的一批清洁能源合作项目；作为中国可再生能源投资合作最密集区域的巴基斯坦，拥有卡洛特水电站、中兴能源巴基斯坦光伏电站项目、东方集团投资的 Jhampir 风力发电等多个代表性项目。

3. 与广大发展中国家的清洁能源合作潜力已得到显著提升

中国已在非洲地区投资建设了大量光伏电站，2020 年光伏发电总量高达 2 611 亿 kW·h，为数亿家庭提供了太阳能电力支持^[27]。中非合作论坛作为中非全面合作伙伴关系的重要机制，提出了“十大合作计划”和“八大行动”，强调了“一带一路”建设与非盟《2063 年议程》、联合国《2030 年可持续发展议程》和非洲各国发展战略的对接，为中非清洁能源合作提供了重要平台。拉丁美洲也是中国清洁能源“走出去”的重点地区，中国和拉丁美洲国家的清洁能源合作尤其重视创新投融资方式，目前已经基本形成了政策性银行、企业并购、绿地投资融合发展的多元化投融资模式^[28]。同时，以三方合作为切入点的“一带一路”项目实践也在持续推进中，如后文合作案例中的中国和丹麦合作在加纳、赞比亚开展的清洁能源技术转移南南合作项目等。

专栏 6-1 南南合作、南北合作与三方合作

因发展中国家多在南半球和北半球的南部，发达国家多在北半球的北部，故以“南”“北”分别指代之。

南北合作：发展中国家与发达国家之间在经济、技术等领域内的广泛合作。

南南合作：发展中国家之间的经济技术合作，是促进发展的国际多边合作不可或缺的重要组成部分。

三方合作：在传统南南合作基础上，有国际组织、多边机制或者发达国家参与的经济技术合作。

（二）三方合作：加速“一带一路”清洁能源产业技术合作的模式创新

作为全球可再生能源产能和投资大国，中国可以通过积极开展南南合作，响应联合国可持续发展目标（SDGs），支持共建国家能源绿色低碳转型，减缓和适应气候变化。同时可进一步借助三方合作模式创新，调动、整合和发挥全球范围内的可再生能源发展资源，特别是产业和技术资源，打造三方合作推动“一带一路”能源绿色低碳发展的创新路径。本部分内容将以丹麦出资、中国科技部与 UNDP 共同组织实施的、

面向加纳和赞比亚的清洁能源技术转移项目为例，介绍三方合作在支持共建国家清洁能源产业技术发展方面的经验、效果以及借鉴意义。

1. 三方合作支持加纳和赞比亚清洁能源技术发展

受南北国家发展水平差异影响，南北合作过程中的技术转移可能遭遇“供需错配”而难以落地，南南合作则需进一步应对资金来源挑战。三方合作的创新之处在于兼顾了项目效率与可持续性。南方国家相似的发展环境和需求有助于更加因地制宜地促成技术转移与应用推广，国际组织和北方国家有力的资金支持则为合作奠定了良好的经济基础，可保证项目稳定运行。

2014年，中国、丹麦、赞比亚、加纳达成协议，同意由发达国家（丹麦）出资，支持中国面向加纳、赞比亚开展低碳适用技术示范和经验分享，同时兼顾装备产品等技术示范和可再生能源技术转移软环境的打造，切实提升发展中国家应对气候变化的能力。2015年，中国科学技术部与UNDP共同组织实施了这一清洁能源技术转移项目（以下简称中非项目）。中非项目采用“南北南”三方合作模式，由发达国家（丹麦）提供资金支持，技术相对成熟的发展中国家（中国）向技术相对不足的发展中国家（加纳、赞比亚）进行技术转移。中非项目自实施以来受到各方普遍关注，多次斩获各类国际奖项，入围中国与联合国南南合作40周年成果展，“联合国南南合作与三方合作优秀实践，联合国面向最不发达国家开展的南南合作与三方合作优秀实践”等。

（1）强化合作平台机制

中非项目开展的平台机制建设在清洁能源产业技术交流合作方面具有显著示范作用，务实了合作的专业平台，为合作的效率和效果提供了有力保证。

搭建联合国框架下的南南合作新平台。2019年9月，中国21世纪议程管理中心和UNDP联合组建了技术转移南南合作中心（以下简称南南合作中心）。作为落实《科技部与联合国开发计划署谅解备忘录》的具体举措之一，南南合作中心旨在通过搭建技术转移平台和数据库，精准对接技术需求与供给，为南南合作伙伴提供适宜的可持续发展技术解决方案；建设技术转移领域南南合作的智库，开展战略和政策研究，探索将中国发展经验和最佳实践用于解决技术合作所面临的共性问题；建立“一带一路”沿线技术示范与推广枢纽，与沿线国家共享中国技术创新发展经验；打造技术转移能力建设基地，组织实施各国政府和UNDP等国际组织委托的技术转移和发展中国家援助项目，开展知识分享、培训交流研讨会和技术示范等能力建设活动。

建立项目指导委员会长效机制。中非项目在启动初期就逐步建立了高效规范的管理机制，包括UNDP、丹麦及执行方在内的全球指导委员会，中国、加纳、赞比亚分

别组建的国别指导委员会。项目执行期内，每年度由 UNDP 驻华代表处和各国别执行方分别主持召开全球指导委员会会议和各国别指导委员会会议，总结年度成果，审议工作计划，为各项任务顺利开展提供指导意见。

（2）深化政策沟通协同

为了更好地支持产业与技术的发展，中非项目注重国家间政策的互联互通，这是一国的技术和经验在另一国顺利转移和吸收的重要保障。

编制《加纳可再生能源发展规划（2018—2030）》（以下简称《规划》），支持合作国清洁能源发展顶层设计。借鉴中国 5 年规划政策，中方专家协助加纳伙伴编制了第一部加纳国家清洁能源发展中长期规划。《规划》以提升加纳清洁能源研究、生产和服务的能力为愿景，以实现促进经济增长、改善社会生活和尽量减少气候变化所带来的不利影响为目的，基于加纳能源供需现状及政策制度框架，结合当地商业环境，制定了八类清洁能源技术的发展目标与行动方案。《规划》已通过加纳国会审议，填补了加纳清洁能源领域中长期规划的空白，同时在顶层设计中充分贯彻和体现了加纳以清洁能源发展为核心路径的发展意愿。

编制《中国—加纳可再生能源技术转移路线图》，实施政策对接。中方专家从当地文化、技术、市场、监管框架等角度分析了加纳清洁能源发展需求。基于双方的充分密切沟通，围绕《规划》中提出的加纳清洁能源发展目标，各方专家共同制定了针对加纳的、包含具体行动与里程碑的清洁能源技术转移路线图，有力促进了双方清洁能源产业的共同发展、协同进步。

（3）开展技术转移对接

依托项目开展，一批清洁能源技术在合作国得到了转移、推广和应用，为切实满足合作国清洁能源发展需求打下了坚实基础。

因地制宜，开展技术征集和筛选。技术征集前期，项目组通过多种形式开展了需求调研，如实地考察、专家研讨、问卷调查等，系统梳理了不同技术的转移优势、存在障碍及适宜程度，并形成了《清洁能源技术转移手册（中英文）》，建设了清洁能源适用技术库，帮助合作国因地制宜地开展技术对接，同时有利于转移技术长效稳定发挥作用。

积极交流，解决技术转移落地面临的实际问题。项目实施期间，连续举办多届中非清洁能源技术交流会，来自中国、加纳、赞比亚等国家的政府官员、专家学者、企业代表等相关方实地走访了解了清洁能源代表性实验室和企业，针对技术发展现状、技术转移挑战及应对等方面开展了交流研讨。例如，中方技术专家与设备供应商经过

实地考察发现，中国现有清洁能源炉具和加纳椭圆形锅底的传统炊事壶规格不匹配。中方根据加纳当地传统炊事工具的形状调整了炉具设计，使单一炉具可以同时满足当地人对于炊事和取暖的要求，为技术转移的最后落地解决了实际难题。

（4）着重推进能力建设

中非项目积极构建南南技术交流合作“软环境”，加强合作国能力建设，在提升合作质量的同时，有效促进了合作成果的本土化应用，为合作国清洁能源产业技术发展注入了长期动力。

2016年10月，中非清洁能源技术转移交流对接会分别在成都、北京和重庆三地举行。通过政策对接、技术分享等环节，非方需求得到充分表达。对接会还深入企业，使非方伙伴更加直接地学习有关技术转移的企业管理模式和生产理念，这种新颖的对接交流模式极大地提高了中非双方对清洁能源相关技术的认知效率，促进了清洁能源技术在非洲的应用与发展。

2019年10月，“科技创新促进可持续发展”国际培训班作为落实《科技部与联合国科技创新促进可持续发展目标的谅解备忘录》的具体举措，为广大发展中国家交流和分享科技创新、促进可持续发展经验提供了有效平台。培训班通过课堂讲授和实地考察相结合的方式，围绕创新融资、知识产权、SDGs创新路线图、国家可持续发展议程创新示范区等多个议题举行了近20场专题活动，与发展中国家伙伴全方位分享了创新示范区建设的理念、方法和经验。

2. 三方合作促进清洁能源产业技术交流合作

三方合作是在联合国框架下支持推动共建国家开展清洁能源技术南南合作的重要举措，需要发挥多边机制在国际合作中的桥梁作用，协同各方相向而行，整合调动国际社会资源，共同帮助发展中国家提升应对气候变化能力，携手实现可持续发展目标。作为联合国三方合作旗舰项目，中非项目打造了前期充分调研、中期长效沟通、后期经验交流、强化政策对接、注重成果运用的“一揽子”合作模式。

从内容上看，中非项目充分体现了多方共赢理念，高度兼容了合作国发展需求。加纳和赞比亚两国的能源发展需求和意愿强烈，国内政局比较稳定，经济发展速度在非洲处于领先地位。正是基于加纳、赞比亚双方的发展意愿，同时结合中方的技术优势，可再生能源才被选定为合作的优先领域。

从模式上看，中非项目提供了一套较为完备的“一带一路”清洁能源技术合作方案。项目以能源绿色低碳发展为重点，开展了一系列高质量的技术培训、技术示范和能力建设活动，同时有针对性地加强了合作机制和平台保障，通过支持合作国编制国家级

规划或产业发展路线图，开展了多层次的政府间政策协调，有效提升了对传统单一技术交流合作模式的宏观和中观支撑。

从效果上看，中非项目在支持“一带一路”能源绿色低碳发展国际合作方面具有显著的可持续应用价值和辐射示范效应。一方面，项目的创新探索和成功经验为后续更广泛的“一带一路”能源绿色低碳发展合作提供了可复制的成套方案，可在其他共建国家和地区予以推广借鉴；另一方面，通过与联合国机构的合作，项目在支持加纳、赞比亚两国发展清洁能源的同时，也对周边国家的清洁能源发展形成了一定的辐射示范效应，对于拓展“一带一路”绿色低碳合作网络大有裨益。

正是凭借中非项目的成功经验，2019年4月，中国政府与埃塞俄比亚和斯里兰卡共同签署了“中国—埃塞俄比亚/斯里兰卡可再生能源三方合作项目”协议书。作为中非项目成功经验的再次实践，该项目将在南南合作框架内进行，旨在构建经验分享和学习平台，通过示范工程，调整和优化地方能源结构，促进合作国农业的可持续发展，减少温室气体排放，提升当地居民收入和生产水平。该项目已被列入第二届“一带一路”国际合作高峰论坛成果清单，同时入选了联合国“面向最不发达国家开展的南南合作与三方合作优秀实践”，成为三方合作支持共建国家能源绿色低碳发展的又一成功实践。

（三）优化路径1实施效果的政策建议

基于对清洁能源技术产业合作已有实践的总结回顾和对具体合作项目的案例分析，我们发现，推动建设更加系统完善且有效的清洁能源产业技术合作机制对于中国携手共建国家共同应对环境、气候、能源、公平等全球性挑战，推进共建“一带一路”绿色低碳发展，促进实现联合国2030可持续发展目标意义重大。为此，建议在合作机制建设和合作内容方面关注以下4点。

1. 深度对接分析共建国家差异化需求，因地制宜开展合作

在全球碳中和、碳达峰背景下，“一带一路”沿线国家和地区的清洁能源合作空间巨大。数据显示，2009—2018年，“一带一路”沿线国家和地区的可再生能源需求量快速增加，其中中东地区的增速尤其突出，其可再生能源消费量年均增速达到了36%，紧随其后的分别是亚太国家（21%）、非洲国家（20%）、独联体国家（16%）和欧洲国家（11%）^[29]。因此，应继续加强与“一带一路”共建国家和地区的低碳转型战略政策对接，但对处于不同发展阶段、拥有不同资源禀赋的国家和地区要因地制宜，分类施策。

2. 充分发挥已有平台机制作用，深度融入气候变化和可持续发展考量

在机制化建设中充分发挥现有合作平台的作用，特别是在“一带一路”能源合作伙伴关系的相关文件中更加突出应对气候变化、可持续发展及社会责任的内容。同时，通过目前已形成的具有广泛清洁能源合作议题的多边合作框架和对话机制，如南南合作、中非合作论坛、中阿合作论坛、上海合作组织、中国与东盟和加拿大共同发起的气候行动部长级会议、中美地方应对气候变化对话会等，加强各国之间的交流和沟通，促进各国加深对清洁能源技术创新与应用的认识，同时也有助于加深各方对当地社会、文化、发展条件与需求、法律法规等国情信息的全方位了解，并在此基础上找到多方互惠互利的合作领域，创造深入产业技术合作机会。

3. 鼓励多元主体组团出海，积极推动三方合作

配套相关政策鼓励和引导清洁能源制造企业、项目开发公司、金融机构、行业协会组团“走出去”，互相配合支持，发挥协同作用，多角度、全链条地与“一带一路”共建国家和地区开展清洁能源合作。同时，鼓励中国企业积极寻求与第三国能源企业在“一带一路”沿线清洁能源开发和可再生能源发电领域的技术合作和共同运营，充分发挥欧美等国在清洁能源国际合作行业规范、标准、咨询及运营管理等方面的比较优势，结合中国高效低成本的可再生能源技术和经验，在“一带一路”建设中实现多方共赢发展。

4. 创新“清洁能源+”合作模式，协同推进绿色、减排双向行动

产能合作与交通基础设施建设都是“一带一路”建设的重点领域。最新数据显示，中国在“一带一路”沿线一般建筑领域的工程承包也实现了快速增长，从2020年同期的3.9亿美元迅速增长至2021年6月的24.6亿美元，增速超过6倍，成为继交通运输和能源领域之后的第三大工程承包投资行业^[30]。而这些行业也恰恰是碳排放关联度最高的行业，因此，建议采取“清洁能源+产业”“清洁能源+交通”“清洁能源+建筑”模式推进“一带一路”建设绿色低碳转型。

三、路径 2：引导金融资源支持“一带一路”能源绿色低碳发展

（一）发展中国家能源绿色低碳发展面临的融资障碍

两大壁垒阻碍了发展中国家实现能源绿色低碳发展的雄心。首先，各国在获取广泛部署新技术所需的技术和金融资源方面面临障碍。其次，即使是低碳能源生产

设施也可能对当地环境和社会造成影响，同样需要进行良好的管理，以确保有效和长期的投资。中国在帮助其他发展中国家克服清洁能源发展的技术和资金障碍方面处于非常有利的地位。事实上，中国已经成为希望克服这些障碍的国家的重要伙伴。与此同时，中国还开发了多样化的工具和指南，帮助投资者将对环境的考量纳入投资决策过程之中。但是，从“高质量发展”的现实需求出发，仍需努力克服以下两个障碍。

1. 政策和财务障碍

在发展中国家，特别是化石燃料资源丰富的国家，清洁能源投资面临的第一类障碍是缺少必要的政策激励。尽管清洁能源日趋发展为成本更低且更加高效的选择，但化石燃料生产部门及企业仍受益于大量的补贴和“倾向性”政策，致使公共部门对清洁能源发展的政策支持不足，导致发展中国家在清洁能源投资方面面临严重的“技术短板”，这在一定程度上导致了现有的能源获取水平相对较低^[31, 32]。

在这方面，中国国内机构的能力已经得到了很好的开发，非常适合帮助其他共建国家克服这一障碍^[33]。相关学者研究了中国为促进国内清洁能源发展使用的5类激励政策。研究发现，这5类激励政策中，提升开发性金融机构（DFI）能力的政策产生了最积极的影响，因为提升开发性金融机构能力有助于支持可再生能源发展的其他领域，包括促进创新和增加投资强度。所以中国决策者在这一领域积累的制度性知识和经验非常有效。此类能力也可以很好地通过“一带一路”项目推广应用。

第二类障碍来自发展中国家面临的融资障碍。低收入国家和中等收入国家通常面临更高的主权融资成本，投资者在不确定的经济环境下，对建设和运营能源基础设施项目所必需的长期承诺并不感兴趣。中国已经在填补这一空白方面发挥了重要作用，并将继续发挥作用。例如，在非洲，中国进出口银行为清洁能源发展提供的融资比任何其他国际开发性金融机构都多^[32]。融资障碍中还有一个关键问题是合作国（或东道国）可能面临的承购（off-taker）和信誉风险，以及货币风险。

此外，中国的开发性金融机构、国有企业和私人投资者形成的独特“协调信贷空间”可以使雄心勃勃的投资项目变得可行。当西方金融机构或投资者作为融资者或投资者独立运营且要求项目全方面追求短期财务回报时，中国贷款人和投资者正在协同合作，创造更长期、更广泛的经济效益^[34]。例如，阿根廷最大的Cauchari太阳能公园是通过中国进出口银行的开发性融资、上海电气的建设开发、腾晖光伏（Talesun Solar）的太阳能电池板和华为的逆变器联合开发成功的。可见，中国已经在利用其独特的贷款和投资方式帮助其他发展中国家克服清洁能源发展面临的财务障碍。

2. 环境和社会障碍

为了确保海外清洁能源投资的有效实施，特别是在“新手”投资者相对较多的国家，全球从业者和贷款人已就适当的尽职调查和项目管理步骤达成广泛共识。这一广泛的共识围绕着全生命周期框架展开^[35-37]。

专栏 6-2 全生命周期方法——可再生能源开发最佳实践

可持续项目管理的全生命周期方法包括 4 个主要步骤：项目准备，如投资者或决策者规划要实施的项目类型；设计、确定项目实施细节，敲定融资计划和方式；项目实施和运营；收尾，清理场地并逐步停止运营，工程竣工。

在项目准备过程中，最关键的是要意识到不同的合作国发展可再生能源的国家战略可能大相径庭。为了识别和明确长期来看最具成功潜力的可再生能源项目类型，与合作国政府各部门进行广泛对接非常重要，他们的官方战略可能会促进特定形式的可再生能源发展^[38]。例如，环境和公共卫生部门可能优先考虑改造城市燃煤电厂，以改善环境空气质量，女性和家庭部门可能制定了农村可再生能源发展战略，以摆脱农村家庭对燃木炉灶的依赖^[39]。

一旦选定项目并开始设计，首要任务就是进行充分的尽职调查，明确风险因素，以确保后续项目能够顺利实施。在项目规划期间，与合作国各部门紧密协作有助于避免不可预见的复杂情况。环境部门可能建议或要求从供应链角度出发，对项目使用水、土地和商品的环境和社会影响进行分析^[40-42]。女性、家庭和文化部门可能建议或要求按性别或种族进行社区协商。土地和水的使用往往会因种族和性别不同而对利益攸关方产生不同的影响。例如，农业社会中的女性往往负责家庭能源供应，并可能接受可再生能源项目，但她们的发言权却十分有限^[43, 44]。

在项目实施和运营期间，项目经理可以通过与国家 and 地方商会进行联系沟通，与直接和间接参与（如工人制服、餐饮和其他辅助服务）项目的当地供应商建立企业间联系来保障可再生能源项目的有效性和服役期限^[45, 46]。在项目所在地开展能力建设活动可以确保项目与当地经济的融合，并且有助于项目的长期运行^[47]。最后安全处置可再生能源发电中使用的危险材料，如太阳能发电中的汞或地热发电中的各种重金属。全生命周期方法的所有环节至此就全部结束了^[37, 48]。

对于决策者和监督对外投资的其他实体来说，有两个主要渠道确保投资者遵循上述最佳做法：国家政府和开发性金融机构，包括国家机构和多边机构。

在国家一级，政府决策者可以为对外投资者制定指导方针和工具，国内开发性金融机构可以为拟支持的项目制定具体要求。中国开辟了两种直接促进最佳做法的途径，即为投资者制定官方指南和各种工具包。国会“绿色‘一带一路’与2030年可持续发展议程专题政策研究（2021年）”报告广泛地谈及了这些内容，其中包括由中国国务院、商务部和其他高层政府部门发布的一系列政策^[49]，最值得注意的是2021年发布的《对外投资合作绿色发展工作指引》^[50]，其强烈鼓励对外投资者在整个项目过程中坚持“绿色发展理念”，与本节此前提到的全生命周期方法高度匹配。这份文件中明确指出，当投资者在没有健全国内标准的国家开展投资活动时，应遵循合作国法律或国际最佳做法。在这些越发全面的政策文件中，中国政府已充分表示，希望投资者遵循高水平的环境实践。

作为对这些官方指引的补充，有关部门还发布了“工具包”，以帮助对外投资者了解可能需要考虑的潜在环境因素，从而有效和负责任地实施他们感兴趣的项目。例如，研究机构和行业团体（包括生态环境部对外合作与交流中心、中国对外承包工程商会、中国五矿化工进出口商会）合作，为基础设施等部门提供详细建议，并且为清洁能源基础设施投资者提供重要指导。此外，投资者可以通过生态环境部对外合作与交流中心开发的环境风险筛选工具（ERST）了解项目所在地及周边地区特定的环境风险点，初步评估项目选址选线潜在的生物多样性影响，并创建政策合规性分析报告^[49, 51]。

尽管已经采取了这些重要步骤，但中国还需要一个额外的途径来确保清洁能源对外投资的有效性和持久性。建议政府支持的开发性金融机构对对外投资项目进行尽职调查和监督。依托开发性金融机构，中国为“一带一路”投资和发展提供了重要支持。其中，既包括国有的开发性金融机构，也包括亚洲基础设施投资银行（AIIB）、亚洲开发银行（ADB）等多边开发银行。这些开发性金融机构和多边开发银行直接向对外投资者提供贷款，也向采购中国企业服务的基础设施项目所在国政府发放贷款。因此，无论中国推动海外可再生能源的运作是通过直接投资还是通过对外承包工程，这些开发性金融机构都将确保项目实施单位具备初始投资所需的资金，并将在项目生命周期和之后的偿付期内持续为其提供资金支持。开发性金融机构与他们所支持的投资者之间形成了一种紧密合作关系。开发性金融机构依赖这些投资者采用对环境负责的做法来确保他们所支持项目的有效性和持久性。对此，金融机构提供了经济上的激励

措施，以及必要的渠道来引导企业采用“最佳实践”。

表 6-1 简要整理了开发性金融机构在引导投资者采用全生命周期最佳实践过程中常用的政策和措施。表中包含三类主体，分别是中国在其中发挥重要作用的两个区域性多边开发银行（ADB 和 AIIB），两个中国国有开发性金融机构 [国家开发银行（CDB）和中国进出口银行（CEXIM）]，以及日本、南非的官方开发性金融机构。在中国宣布将不再新建境外煤电项目，转而大力支持发展中国家能源绿色低碳发展后不久，南非和日本紧随其后，与 G20 一起，承诺停止海外煤电项目融资^[52, 53]。与中国一样，南非和日本的开发性金融机构也为其对外投资提供了重要支持。

表 6-1 开发性金融机构在项目全生命周期中常用的引导政策和措施

	区域性		中国		其他同类机构		
	ADB	AIIB	CDB	CEXIM	DBSA	JICA	JBIC
准备							
排除 / 采纳清单	√	√	√	√	√	√	√
发展绿色项目的技术支持	√	√			√	√	√
发展绿色项目的融资支持	√	√			√	√	
设计							
采用风险 / 影响评级系统	√	√			√	√	√
明确合作国标准的采纳条件	√	√	√	√			
执行							
披露贷款人文件		√				√	√
促进借款人文件披露	√	√			√	√	
使用独立 / 第三方监测	√	√			√		
操作和完成							
项目竣工条款	√	√	√	√	√		
独立问责机制	√	√			√	√	√

资料来源：Zhuo, Shi, and Gallagher, 2021; Gallagher and Qi, 2021; Ray et al., 2021^[49, 54, 55]。

注：亚洲开发银行——ADB，亚洲基础设施投资银行——AIIB，中国国家开发银行——CDB，中国进出口银行——CEXIM，南非开发银行——DBSA，日本国际协力机构——JICA，日本国际协力银行——JBIC。

如表 6-1 所示，国有和多边开发性金融机构已开发出一系列工具，以在项目全生命周期内指导投资者。在项目准备期间，开发性金融机构可以建立“黑 / 白（排除 / 采纳）”清单，以避免与具有极高风险的部门发生联系，并鼓励对其他低风险部门的

投资。“一带一路”绿色发展国际联盟开发的《“一带一路”项目绿色发展指南》就是这一方式的有力实践。“一带一路”绿色发展国际联盟的研究表明，这一指南具有很大的潜力，能够支持中国海外绿色能源发展取得成功^[56]。此外，开发性金融机构还可以向借款人提供技术或资金援助，以帮助借款人开发可靠的绿色项目。值得注意的是，中国的开发性金融机构目前尚未开展此类活动，这可能是未来政策需要关注的一个领域。

一旦项目已经选定并正在设计中，开发性金融机构可能会执行尽职调查步骤，以确保项目已经考虑了潜在的环境影响以及与项目可行性相关的其他风险。对于开发性金融机构而言，可以建立自己的风险/影响评级系统来确定在投资前期（pre-investment）需要采取哪些行动（如日本、南非）；也可以设定一些具体条件来帮助投资者采纳和应用合作国国内标准体系（如中国）。

在项目实施过程中，开发性金融机构通常支持投资者提升项目透明度、接受监督，以便合作国利益相关方能够更好地参与其中。这些利益相关方可能会注意到潜在的风险，并在风险进一步发展成为问题前解决这些风险。

最后，在运营和竣工阶段，开发性金融机构可以要求进行负责任的竣工清理，或者为竣工后持续开展风险管理建立独立的问责机制。值得注意的是，中国的开发性金融机构利用事后环境评估来跟踪投资者和承包商的表现是本研究中唯一采用事后评估的机构，这种方式在为后续的投资决策提供信息方面具有很大潜力。

但目前还没有公开信息能够表明，中国的官方开发性金融机构已经在使用针对投资主体的“排除/采纳”清单，这同样可能是未来政策需要关注的领域。2017年，中国国务院发布了一项指导意见，建议为表现不佳的海外投资者建立“排除清单”制度，就像中国国家发展和改革委员会对国内投资者的管理制度一样^[57]。这一步骤的准备工作仍在进行，可能会提高中国未来海外清洁能源投资的质量。

（二）政府和社会资本合作：化解“一带一路”清洁能源发展障碍的有效手段

1. “一带一路”国家 PPP 发展态势与中国企业应用 PPP 模式的需求

为了实现《巴黎协定》目标，世界各国，尤其是“一带一路”共建国家，需要巨大的金融资源来发展绿色和低碳能源。在此背景下，一方面，各国政府需要投入大量财政资金应对新冠感染疫情，改善民生，使本就紧张的财政资源雪上加霜；另一方面，由于未来的不确定性，机构投资者采取了谨慎的投资策略，导致融资困难、融资成本

增加。全球基础设施投资首当其冲，包括清洁能源基础设施在内的项目融资受阻。发展中国家所受影响尤甚。因此，有必要创新融资模式，支持共建国家能源绿色低碳发展。

政府和社会资本合作（PPP）作为激励私营部门参与基础设施投资创新的一种模式，得到了国际社会的认可和推广。世界银行于2014年设立了全球基础设施基金（Global Infrastructure Fund）为发展中国家的PPP项目准备提供资金支持。亚洲开发银行（ADB）于2014年成立了PPP办公室。G20于2014年创立了全球基础设施中心（Global Infrastructure Hub），旨在促进基础设施项目的信息交流，推动PPP模式的应用。联合国亚洲及太平洋经济社会委员会（UNESCAP）于2018年建立了亚太基础设施融资和PPP网络，其成员国已从成立时的24个迅速增长到了2022年年初的50多个。在非洲国家首脑和联合国非洲经济委员会（UNECA）的支持下，非洲PPP网络于2020年成立。

目前，PPP模式在越来越多的共建国家得到应用，越来越多的清洁能源项目通过PPP模式得以迅速开发，惠及当地民众，促进当地社会经济发展。与其他基础设施投资一样，在海外（主要为共建国家）投资清洁能源开发的中国企业通常采用工程总承包（Engineering Procurement Construction, EPC）模式，其项目资金来源主要是中国进出口银行的政策性资金，如援外优惠贷款和优惠出口买方信贷，以及国家开发银行的开发性融资。这些贷款利率低（2%~3%）、期限长（15~20年）。以官方优惠贷款为例，合作国通常向中国申请主权贷款。这种模式面临的主要挑战包括：第一，主权贷款会提高合作国债务占GDP的比例；第二，中国企业主要参与项目建设，在项目设计、融资、运营等方面参与不足，难以在环境、气候方面形成长期影响；第三，项目风险在中国出口信贷机构和企业之间的分配较不均衡。如果项目运营失败，现金流中断，企业无力偿还贷款，资金损失则可能由出口信贷机构承担。目前，为中国企业提供信贷资金和担保业务的出口信贷机构主要有中国进出口银行、国家开发银行以及中国出口信用保险公司。这些机构的潜在损失则可能最终传导至中国中央财政。

一般来说，在PPP模式下，合作国政府承担与政治、政策、土地征用、移民有关的风险，而私营部门主要承担资金、技术和管理风险。作为投资者，私营公司可以整合各种资源为项目提供融资，而不会增加合作国政府的债务。投资回报来自所建基础设施提供的服务收费和/或合作国政府商定的补贴。私营公司也可以充分利用其技术专长，提供从前期规划、设计和咨询到后期建设、运营和维护的全生命周期服务，从而解决合作国缺乏运营能力的问题，降低获得投资回报的风险，也有助于通过多年的

项目运营在合作国获得长期利益和树立企业品牌。中国企业（无论是国有企业还是私营企业）都可以作为私营部门的角色参与海外 PPP 项目，与合作国合理分担风险。

PPP 模式的优势及其在全球的快速发展使其可成为满足上述“一带一路”共建国家清洁能源发展技术、财务、环境和社会需求的有效手段。中国企业可以 PPP 模式在这一领域发挥重要作用。尤其是在 2022 年 1 月生态环境部和商务部联合发布的《对外投资合作建设项目生态环境保护指南》，以及 2022 年 3 月国家发展改革委、外交部、生态环境部和商务部联合发布的《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》等文件的支持下。

2. 中国政府支持以 PPP 模式共建“一带一路”

在 2017 年首届“一带一路”国际合作高峰论坛上，中国国家主席习近平指出，要“创新投资和融资模式，推广政府和社会资本合作，建设多元化融资体系和多层次资本市场”。根据《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》，推动“一带一路”高质量发展，必须坚持“共商共建共享”原则，“坚持以企业为主体，以市场为导向，遵循国际惯例和债务可持续原则，健全多元化投融资体系”。

中国对外投资基础设施的传统模式需要升级，需要转变为包含设计、融资、建设和运营等项目全生命周期的 PPP 模式。对此，一些机构已经开始行动。

参考了世界银行、亚洲开发银行等国际机构的 PPP 实践，并向有关国家学习，自 2014 年以来，中国政府在国内推动了新一轮的 PPP 模式应用。PPP 模式已经从一种市场化的融资方式转变为一种国家现代化治理手段，即创新政府基础设施投融资体制，在公共服务领域引入市场化的供给和管理机制。截至 2022 年 1 月，中国已有 7 683 个 PPP 项目达成商业交易，投资额达 12.8 万亿元，覆盖了中国的所有省份以及能源、交通、环保、扶贫、乡村振兴等 19 个行业。中国已成为全球最大的区域性 PPP 市场。大量在海外有基础设施业务的企业、金融机构和咨询机构在中国获得了 PPP 项目的实际经验，有能力在中国境外开展 PPP 项目。根据世界银行的评估，中国在 PPP 项目准备、采购和合同管理方面的水平均超过了高收入国家的平均水平^[58]。

3. 中资企业以 PPP 模式支持“一带一路”清洁能源基础设施建设实践

自“一带一路”倡议提出以来，中资企业在“一带一路”沿线的对外承包工程业务逆势发展，规模总体保持增长^[59]。2019 年新签对外承包工程项目合同 6 944 份，新签合同额达 1 548.9 亿美元。其中，电力建设工程项目合同金额占比为 21.1%（表 6-2）。

表 6-2 2019 年中国企业对外承包工程业务规模情况（分行业）

专业领域	新合同金额		完成营业额	
	10 亿美元	规模占比 /%	10 亿美元	规模占比 /%
交通运输建设	699.0	26.9	471.0	27.2
房屋建筑	464.3	17.8	353.6	20.4
电力工程建设	548.9	21.1	328.4	19.0
石油化工	300.9	11.6	157.7	9.1
通信工程建设	240.5	9.2	151.3	8.7
工业建设	83.4	3.2	76.0	4.4
水利建设	72.1	2.8	61.0	3.5
制造加工设施建设	39.2	1.5	44.0	2.5
其他	154.1	5.9	86.1	5.0

与交通和环保等行业相比，PPP 模式在电力行业更为可行，有望成为未来“一带一路”共建国家电力项目的主流模式。电力项目具有良好的社会效益和经济效益，通常是合作国的优先事项之一。同时，电力项目可以产生稳定的现金流，具有较强的还款和融资能力。

电力项目包括发电和输电两种。发电项目资金需求量大，对项目建设的专业性和时效性要求高。一般是合作国国家电网履行付费义务，这样项目回报更具保障。风力发电和太阳能光伏项目交付相对更简单，开发和建设周期更短。水电项目相对复杂。输电项目是各国，特别是发展中国家，电力系统和国家能源结构转型的关键，资金需求量大，专业要求高。项目回报主要来自配电费收入和为各类用户提供的增值服务。

由于电力部门在国民经济体系中的重要地位和作用，其受到合作国政府的严格监管。各国电力部门的投资政策、决策程序和市场环境各不相同。中国企业在电力项目的设计、投资、建设和运营方面拥有丰富的经验，特别是在清洁能源领域。已经在“一带一路”共建国家启动的可再生能源 PPP 项目如表 6-3 所示。

表 6-3 中国企业在“一带一路”共建国家通过 PPP 模式交付的可再生能源项目

国家	项目名称	承包人	领域	模式类型	金额 / 亿美元	截至 2020 年 10 月进展
巴基斯坦	Suki Kinari 水电站项目	中国葛洲坝集团股份有限公司	水电站	BOOT	19.62	建设中

国家	项目名称	承包人	领域	模式类型	金额/亿美元	截至 2020 年 10 月进展
几内亚	Kaléta 水电设施	中国水利电力对外有限公司	水电站	BFOT	15.67	运营
老挝	Nam Pay 水电项目	中国北方工业有限公司	水电站	BOT	2.18	运营
老挝	Nam Ngiep 1-2 水电站	中国水利电力对外有限公司	水电站	BOOT	1.49	运营
巴基斯坦	Dawood 风力发电项目	中国电建集团国际工程有限公司	风力发电站	BOO	1.15	运营

4. 中资企业以 PPP 模式支持“一带一路”清洁能源基础设施建设的挑战

中资企业在“一带一路”共建国家通过 PPP 模式交付清洁能源基础设施项目时，仍面临以下挑战。

(1) 管理机制方面，目前的对外投资合作由不同的主管部门监管，包括中国国家发展和改革委员会、商务部、国有资产监督管理委员会、国家外汇管理局和国家国际发展合作署等。每个部门都有特定的行政职能，管理着一个或多个方面，导致职能分散、程序复杂和审批时间长。此外，中国国内尚未建成专注于服务“一带一路”PPP 项目的合作平台，因此难以形成由政府引导、企业承担、金融机构融资、咨询机构协助的生态系统。

(2) 融资机制方面，现有融资模式对主权担保较为依赖。中资企业的融资方式比较单一，依赖主权担保，在项目融资方面经验不足。此外，由于申请优惠贷款和优惠出口买方信贷需要复杂的程序，目前国际项目融资仍以银行信贷为主，较少发行债券和股票，或通过国内外资本市场建立基金，导致中资企业在合作国市场融资的意识和能力相对薄弱。

(3) 管理能力方面，配套专业技术、人才队伍建设相对滞后。投资海外 PPP 项目的风险远大于传统工程项目，须运用项目全生命周期管理方法。然而，相对于中资企业在项目建设方面的实力，其在项目运营方面还比较薄弱。企业（包括金融机构）尚未形成 PPP 项目的风险评估和防范机制，在论证和调查、与企业协调项目运作、创新融资工具、监督运营和风险管理方面能力有限，削弱了中资企业融资方案的竞争力。

(三) 优化路径 2 实施效果的政策建议

中国承诺在全球范围内加大对可再生能源的支持，这值得称赞。在持续多年改善

海外投资者表现之后，中国更有能力实施这一计划，这将有助于确保这一宏伟议程的有效实施。几项额外的政策措施可能有助于巩固这一进展。首先，中国可以通过 PPP 模式继续吸引私营部门资本。其次，中国可以为对外投资者提供更有力的技术和资金支持，并承担更大的责任。技术和资金支持可以创造新的可能性，帮助投资者达到最佳实践标准。

1. 加强对“一带一路”PPP项目的政策支持和部际协调

第一，建议建立“一带一路”PPP部际协调机制，并由财政部、外交部、国家发展和改革委员会、商务部、中国人民银行、国家外汇管理局、国有资产监督管理委员会和国家国际开发合作署组成。该机制负责协调对外投资和外部融资政策、完善企业绩效评估和财务监管政策，以更好地遵守国际 PPP 规则和惯例。建立“一带一路”基础设施高质量发展的顶层政策框架，包括简化“一带一路”PPP项目的审批流程，规范设计、融资、建设和运营流程，建立“一带一路”项目的激励机制。在发展“一带一路”基础设施合作时，相关部委应主动促进政府和社会资本合作，特别是在清洁能源领域。

第二，建议成立“一带一路”PPP联盟，联合相关部委、企业（包括施工企业、设计院、工程运营商、设备供应商、咨询机构等）和金融机构共同营造良好的“一带一路”PPP发展生态系统。该联盟也欢迎来自“一带一路”国家和国际组织的 PPP 主管部门、PPP 单位和项目业主参与，并与 UNESCAP 于 2018 年在中国财政部 PPP 中心的协助下建立的亚太地区基础设施融资和 PPP 网络携手合作。

第三，建议鼓励中资企业提高 PPP 专业能力，理性投资。中资企业应尽快培养自己的海外 PPP 项目开发专家，建立审慎的 PPP 项目评估制度，根据目标市场、具体项目和自身能力，加强风险识别和评估，在项目准备、建设和运营过程中积极创新合作模式，遵循 ESG 规则。

第四，鼓励中资企业在适宜的国家或地区率先开展绿色能源项目。建议激励中资企业创新，提升国际化经营能力。中资企业要通过创新经营管理、提高工程科技含量、加强大项目策划运营能力等方式，从“中资企业的国际化”转型为“全球化的中资企业”；拓展和寻找新的投融资渠道，提高整合国内外资源的能力，拿出灵活的融资结构设计，以适应多个市场主体的需求。此外，还需要完善风险分担机制，构建合理的退出机制。

2. 加大对“一带一路”清洁能源投资的技术和资金支持

首先，建议中国的开发性金融机构考虑在其海外机构间采用混合融资工具，以克服海外清洁能源发展的一些障碍。赠款与贷款相结合的混合融资将扩大优惠贷款和优

惠出口买方信贷服务在海外清洁能源项目中的应用，从而增加中国承包商和直接投资者的机会。其次，中国可考虑设立专项赠款或贷款基金，以支持中资企业通过 PPP 模式参与“一带一路”共建国家的重大项目（如清洁能源项目）建设。中国气候变化南南合作基金和昆明生物多样性基金等现有基金也可以为此提供有力支持。最后，建议建立“一带一路”PPP 项目开发基金，为中资企业开发项目提供资金支持，鼓励中资企业尽早参与合作国 PPP 项目开发，提高竞争力，促进项目建设和运营。

第二，建议中国政府鼓励中资金融机构提高综合服务能力，与企业 and 担保机构共同参与项目开发，并根据国家、市场和项目的具体情况推出合适的融资方案。寻找更加灵活和可持续的融资解决方案，如适合 PPP 项目的新型项目融资和保险产品；强化风险意识和防范机制，利用对冲、担保、保险等金融工具，优化资产组合配置，规避系统性风险；树立可持续发展与 ESG 理念，开发专项融资产品，如绿色债券和绿色贷款；鼓励中资金融机构在“一带一路”重点国家设立分支机构，提供综合金融服务。作为这项工作的一部分，建议中国继续完善和实施“一带一路”项目绿色发展指南，将投资从高风险活动引向经济和环境可持续的项目。

第三，中国政府及其开发性金融机构可以在整个项目实施过程中继续支持其海外清洁能源投资者，特别是那些拥有长期股权的投资者，如 PPP 项目投资者。这些投资者对这些项目有长期承诺，因此面临更大范围的潜在风险，如冲突和不断变化的政策环境。中资企业的利益可以通过外交努力和经济工具得到更好的保护，如加强政府间合作、签署双边投资保护协定、构建多边投资安全机制等。对此，需要加强沟通和宣传。积极参与双多边 PPP 交流以及国际 PPP 规则制定，分享中国 PPP 良好做法和经验。积极宣传“一带一路”PPP 项目在提供优质公共服务、改善当地民生、培训当地技术人才、保护社会环境等方面的成功案例。

3. 强化对“一带一路”对外投资的综合服务支撑

第一，建议中国建立更为全面的对外投资服务体系，包括法律咨询、投资咨询、工程设备质量和安全监督、造价咨询、风险管理、金融和税收等，并为对外投资业务提供专业服务。探索建立国内资产交易平台，试点开展境外资产交易，逐步开展境外投资资产转让，逐步实现项目及其经营权、收益权、股权的再融资和转让，加速形成良性投资循环。

第二，建议进一步推动落实《对外投资合作绿色发展工作指引》中“把绿色理念贯穿至对外投资合作全过程”的建议。首先，研究建立表现不佳国际投资者的“排除清单”，并将这一工具与正在开发中的《“一带一路”项目绿色发展指南》结合起来。

此外，由于中国的开发性金融机构在为对外投资行为建立强有力的“排除/采纳”清单，以及对投资者和承包商的表现进行事后环境评估方面已经远远领先于同行。因此，建议将这两项工作结合起来，这样既能发挥事后评估对未来投资决策的参考作用，提高市场对投资者的业绩预期，也能确保在海外开展可再生能源投资的中资企业能够真正展现中国政府支持推动全球清洁能源发展的意愿和态度。

第三，建议与南方乃至全球其他开发性金融机构开展更加广泛的“一带一路”合作。鉴于基础设施项目规模大、风险高、生命周期长等特点，中资企业应协调各利益相关方在项目规划、设计、融资、建设、运营、管理中优势互补、风险共担，同时鼓励各方消弭分歧、求同存异。例如，与参与“重建更美好世界”（B3W）、“全球门户计划”等倡议的经济实体，在国际投融资、发展援助、能力建设、第三方市场合作等方面开展交流合作，探索协同支持发展中国家能源绿色低碳发展的有效路径。

四、路径 3：加强国际合作支持“一带一路”能源绿色低碳发展

2021 年是有记录以来最暖的 7 个年份之一^[60]，也是国际社会应对气候变化“关键的一年”^[61]。IPCC 第六次评估报告《气候变化 2021：自然科学基础》（*Climate Change 2021: the Physical Science Basis*）警示人们，人类活动导致生态系统发生“广泛而快速”的变化，全球变暖正以自 2000 年以来前所未有的速度发生，只有在未来几十年采取深度减排措施和更具雄心的气候行动，才有可能实现 2°C 乃至 1.5°C 的全球温控目标。对此，国际社会正在采取跨国界、跨领域、多渠道的积极合作，携手应对气候变化给经济社会发展带来的全方位冲击。然而，与之相对的是，受经济社会发展水平和资源禀赋限制，以众多“一带一路”共建国家为代表的发展中国家，在能源绿色低碳发展方面，仍面临成本、基础设施、技术能力等诸多挑战。加强国际合作、促进资源流动和高效利用、合力探索区域绿色低碳协同发展路径、推动发展经验和模式的推广、复制仍是支持“一带一路”能源绿色低碳发展不可或缺的重要力量。

（一）全球应对气候变化积极进展难以突破能源绿色低碳发展面临的固有挑战

1. 发展视角：国际合作应对气候变化取得积极进展

跨国界：《联合国气候变化框架公约》缔约方大会第 26 次会议（COP26）成为全

球环境治理进程中又一重要历史时刻。大会达成的《格拉斯哥气候公约》（*Glasgow Climate Pact*）进一步就气候变化的减缓、适应、资金安排、技术转让与能力建设等提出了新的目标举措，为《巴黎协定》的落实提供了规则、模式和程序上的指引。截至COP26结束，近140个国家提出了“净零排放”目标，覆盖全球超过90%的GDP；153个缔约方提交了更新后的国际自主贡献，覆盖了全球约80%的温室气体排放；提出了新的2030年排放目标；80个国家已纳入“适应信息通报”或“国家适应计划”，以加强应对气候风险的准备^[62]。

跨领域：《生物多样性公约》缔约方大会第15次会议（COP15）第一阶段会议中《昆明宣言》达成，其深切认识到了生物多样性丧失危机与气候变化危机间“具有许多共同的潜在变化动因”，也认识到了气候变化是生物多样性丧失的主要直接动因之一^[63]。《格拉斯哥气候公约》注意到了确保包括森林、海洋和冰冻圈在内的所有生态系统完整性以及保护生物多样性的重要性，强调保护、养护和恢复自然和生态系统对实现《巴黎协定》目标的重要性。气候变化对粮食安全、健康、性别平等、教育等非传统环境问题的影响也得到了更为广泛的认识和认同。

多渠道：尽管哥本哈根气候大会上提出的发达国家“到2020年每年提供1000亿美元气候融资”的承诺已被正式推迟到2023年，但市场化机制的完善与私人部门投资者的积极行动，正在催生一个规模达万亿级的绿色投融资市场，预期将有效弥补公共资金投入不足的现状，缓解发展中国家应对气候变化的资金需求。《巴黎协定》缔约方已就第六条相关基本规范达成一致，进一步强化了全球碳市场建设的机制保障。由来自45个国家、管理资产规模超130万亿美元的450多家金融机构组成的格拉斯哥净零金融联盟（GFANZ）承诺，将在未来30年，通过私营部门投资和公私合作，提供实现净零排放目标所需的约100万亿美元资金，推动实体经济的“脱碳”转型。资产总规模超全球43%的“净零银行联盟”（NZBA）承诺，将加速自身脱碳步伐，同时推动贷款和投资决策脱碳转型^[64]。

2. 现实视角：“一带一路”能源绿色低碳发展面临较大挑战

由于“一带一路”共建国家仍大多处于工业化进程之中，其中一些国家的经济发展水平欠发达、电力等基础设施缺乏、面临着能源短缺的困境，导致其能源需求迅速增加；同时又受限于国家财政资金不足、基础设施建设滞后、能源开发技术落后等问题，能源结构和经济结构偏重，使其能源绿色低碳转型面临较大挑战。

一是需要负担高昂的产业结构升级成本。共建国家产业结构的绿色低碳转型需要着手建设绿色制造体系，包括升级改造现有工厂设备、使用新工艺、提高可再生能源

使用比例等。这一过程不仅需要大量的资金和技术投入，还需要促进配套政策机制优化完善、专业人才培养以及专业能力建设，以推动众多经济部门间的协调联动。能源绿色低碳转型牵涉社会的各行各业，对于“一带一路”的广大发展中国家而言，低碳转型意味着全方位的社会变革。尤其是对于哈萨克斯坦、尼日利亚、委内瑞拉等原油生产国而言，高碳产业是政府收入的重要来源，实现产业平稳转型过渡还需负担高昂的过渡成本，以应对和化解产业结构变化对经济增长、公共部门收入、新增就业和社会稳定的冲击。而发展中国家融资困难是一个国际性难题，这加剧了其产业升级所面临的社会经济挑战，市场的不确定性也为投资发展中国家的企业带来了障碍，可能进一步导致投资成本提高。尽管发达国家在《巴黎协定》下做出了每年向发展中国家提供1 000亿美元气候融资的承诺，但目前的融资进展与预期中“足额、透明、可验证的气候融资”相比仍有较大差距。缺乏必要的资金支持也使“一带一路”共建国家的能源绿色低碳转型和产业结构升级面临巨大障碍。

二是需要扭转高碳能源基础设施碳排放锁定效应。此前，受发电成本等因素限制，以火电为代表的高碳能源基础设施是“一带一路”新兴经济体和发展中国家的优先选择。尽管进入2021年以来，印度尼西亚、越南、巴基斯坦、哈萨克斯坦等能源结构以火力发电为主的共建国家已做出了明确的碳中和承诺，将大力推动能源部门绿色低碳转型，但考虑大多共建国家尚处在工业化、城市化进程中，能源和基础原材料需求较大。加之，发展中国家在低碳技术研发和市场推广方面往往落后于发达国家，所以在需求激增的压力下，其更易倾向于继续投资新建高碳基础设施。如何摆脱高碳发展的路径依赖，平衡基础设施碳排放锁定效应与能源供给、能源安全和经济增长的迫切需求仍是共建国家面临的首要挑战，也是一个需要结合各国国情长期规划、逐步解决的问题。

三是标准体系各异难以对转型过程形成有效规制。随着环境立法的发展，共建国家大多都根据本国的绿色发展规划出台了相应的环境保护政策，也制定了环境空气质量标准，但在内容、规则要求和管理弹性方面差异极大，难以对绿色低碳的投资合作行为形成充分且有效的约束。此外，在推进共建“一带一路”过程中，投融资标准也发挥了关键作用，但在“绿色低碳”的具体范围界定上，各类标准间仍存在一定分歧，给绿色投融资标准的推广应用和跟踪监管带来了一定障碍。最后，由于“一带一路”共建国家在经济结构、资源禀赋、人力资源、技术水平及发展水平等方面的巨大差异，因此并不存在普遍适用的能源绿色低碳发展路径，共建国家的差异化国情以及可持续发展目标也是“一带一路”能源绿色低碳发展需要应对的挑战之一。

（二）双管齐下，推动“一带一路”能源绿色低碳发展国际合作

“一带一路”倡议提出以来，成果丰硕，影响深远。特别是2021年以来，低碳发展的新目标、新行动使“一带一路”绿色发展的内涵得以丰富和完善，并已成为中国同各方携手推动落实联合国2030年可持续发展目标的又一时代主题。

1. 生态环保国际合作力促“一带一路”绿色发展国际共识

（1）“一带一路”绿色发展共识下的多边合作平台建设日新月异

中国金融学会绿色金融专业委员会与伦敦金融城于2018年牵头发起的《“一带一路”绿色投资原则》已获全球超过40家金融机构签署GIP，共同构建了环境和气候风险评估工具箱、气候和环境信息披露框架等绿色金融发展体系。“一带一路”绿色发展国际联盟于2019年正式启动，以国际化的语言和运作方式开展了对话交流、联合研究、能力建设等活动，已吸引了来自43个国家的150余个中外合作伙伴，得到了联合国相关机构、共建国家环境主管部门、国际非政府组织和智库、有关企业，以及国际环保人士的积极响应与广泛支持。2021年6月，29个国家在“一带一路”亚太区域国际合作高级别会议上共同发起了《“一带一路”绿色发展伙伴关系倡议》，进一步彰显了国际社会对绿色发展理念的认同和支持。

（2）支持“一带一路”绿色发展的政策规范体系日趋完备

2017年，中国环境保护部发布《“一带一路”生态环境保护合作规划》，并与外交部、国家发展改革委、商务部共同发布了《关于推进绿色“一带一路”建设的指导意见》，从加强交流宣传、保障投资活动生态环境安全、搭建绿色合作平台、完善政策措施等方面对绿色“一带一路”建设的主要任务和路线图做出了详细安排。2021年7月，中国商务部与生态环境部联合印发了《对外投资合作绿色发展工作指引》，提出了防范生态环境风险、遵循绿色国际规则、建设绿色基础设施、推动绿色生产和运营等10项重点工作，为“一带一路”对外投资合作绿色发展指明了方向。2022年1月，中国生态环境部、商务部印发了《对外投资合作建设项目生态环境保护指南》，对原有的2013年版《对外投资合作环境保护指南》进行了修订，进一步优化了对外投资合作建设项目环境管理。2022年3月，国家发展改革委、生态环境部等四部门印发了《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》，围绕推进绿色发展重点领域合作、推进境外项目绿色发展、完善绿色发展支撑保障体系三个方面，提出了加强绿色基建、绿色能源、绿色交通合作等15项具体任务，以及到2025年和2030年“一带一路”绿色发展的主要目标，为统筹推进共建“一带一路”绿色发展指明了重点方向^[65]。

(3) “一带一路”绿色发展能力支撑日臻完备

一是加强“一带一路”生态环保大数据服务平台建设，发布《“一带一路”生态环保大数据报告（2021）》，探索完善对外投资建设项目环境风险综合评价模型。二是推进“一带一路”环境技术交流与转移中心（深圳）建设，借助深圳先行示范区创新优势及粤港澳大湾区发展优势，举办“一带一路”绿色创新大会（2021），建设“一带一路”环境技术转移与产业孵化器及联合创新中心，打造旗舰型绿色技术供需对接平台，积极推广中国方案。三是实施绿色丝路使者计划，举办“一带一路”青年绿色使者对话、气候使者行动等能力建设活动，已为近120个发展中国家培训了约3000名环境官员和技术人员。四是实施“一带一路”应对气候变化南南合作计划，通过合作建设低碳示范区、实施适应和减缓项目、开展能力建设培训项目等方式，帮助易受气候变化影响的发展中国家提升应对气候变化能力，以绿色低碳的技术、产品与知识信息服务为桥梁，为共建国家应对环境气候挑战提供了积极有效的支持。

2. 清洁能源国际合作奠定“一带一路”低碳发展良好基础

(1) 绿色低碳发展已成为“一带一路”能源产业合作的重要时代背景

2017年，国家发展改革委和国家能源局共同制定并发布的《推动丝绸之路经济带和21世纪海上丝绸之路能源合作愿景与行动》明确提出，共同构建绿色低碳的全球能源治理格局，推动全球绿色发展合作。2018年10月，首届“一带一路”能源部长会议在江苏苏州成功举行，中国国家主席习近平致信强调能源合作是共建“一带一路”的重点领域，希望各国在共建“一带一路”框架下加强能源领域合作，推动建立“一带一路”能源合作伙伴关系。2019年4月，包括中国在内的30个国家在北京共同成立了“一带一路”能源合作伙伴关系，且伙伴关系成员国共同对外发布了《“一带一路”能源合作伙伴关系合作原则与务实行动》，其中六大目标之一即是促进各国在清洁能源、能效领域的合作，以应对气候变化，推动实现人人能够享有负担得起、可靠和可持续的现代能源服务。2021年10月18日，第二届“一带一路”能源部长会议在山东青岛召开，会议发布了《“一带一路”绿色能源合作青岛倡议》，进一步强调了支持发展中国家能源绿色低碳发展。2021年，中共中央、国务院发布的《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》和《2030年前碳达峰行动方案》等顶层文件均将绿色能源、清洁能源开发利用等作为了推进绿色“一带一路”建设的具体内容，并提出了要加快“一带一路”投资合作的绿色转型。

(2) “双碳”目标正在驱动“一带一路”能源绿色低碳发展进程

在承诺提高国家自主贡献力度并提出了“双碳”目标的基础上，中国国内正在

积极推动清洁能源利用作为落实“双碳”目标的重要内容纳入国家“十四五”规划和2035年远景目标。目前，已在能源领域陆续出台了《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》《“十四五”现代能源体系规划》《关于完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见》等一系列顶层设计文件，不仅为中国能源绿色低碳转型服务，也将为进一步推进绿色低碳“一带一路”建设指明重要方向。与此同时，在中国提出“双碳”目标以后，哈萨克斯坦、印度尼西亚、沙特阿拉伯、阿根廷、巴西等“一带一路”共建国家也相继宣布了关于实现碳中和的承诺目标，乌兹别克斯坦、吉尔吉斯斯坦等更多的“一带一路”共建国家将减碳任务列入了政府议程，这些国家和地区都是“一带一路”能源绿色低碳发展国际合作的重要伙伴。中国不再新建境外煤电项目的承诺也将鼓励其他发展中国家转向清洁能源，未来“一带一路”可再生能源开发利用领域的合作空间将更加广阔。

（3）绿色投融资为“一带一路”清洁能源发展提供积极引导

中国在上世界上较早构建了绿色金融体系，目前已经拥有全球最大的绿色信贷市场和全球第二大绿色债券市场。2021年，中国商务部和生态环境部联合发布了《对外投资合作绿色发展工作指引》，提出了支持清洁能源领域对外投资，构建清洁低碳、安全高效的能源体系。相信随着碳达峰、碳中和工作的推进，中资金融机构和监管者将以绿色低碳发展为目标，进一步完善“一带一路”绿色投融资机制和体系建设。在国际合作方面，中国与美国担任共同主席的G20可持续金融工作组发布了《G20可持续金融路线图》，提出了“以科学为基础确定可持续活动所应该达到的环境和气候指标”。由中国人民银行与欧盟委员会等经济体共同发起的可持续金融国际平台（IPSF）发布了《可持续金融共同分类目录报告——减缓气候变化》（以下简称《可持续金融共同分类目录》），覆盖了包括能源、制造、建筑、交通、固体废物和林业六大对减缓气候变化有显著贡献的经济活动。上述国际合作将进一步推动中国投资主体在境外投资的绿色化进程，为“一带一路”清洁能源产业合作提供必要的资金支持和投资引导。

（三）优化路径3实施效果的政策建议

1. 探索全球治理下的绿色低碳合作新路径

《巴黎协定》开启的“国家自主贡献+全球盘点”多元行为为全球气候治理奠定了基础。虽然“一带一路”倡议主要根据中国与有关国家的双多边合作协议来开展和推进，并不受《联合国气候变化框架公约》及《巴黎协定》的约束，但绿色“一带一路”建设的核心内涵是绿色发展，需要顺应全球气候治理的态势，结合共建国家的发展阶

段与排放特征，将“一带一路”绿色发展充分融入全球气候治理体系中。中国要在其中发挥更加积极的作用，兑现绿色低碳发展承诺，同时发挥已有的“一带一路”绿色低碳国际合作平台作用，坚定落实第二届“一带一路”国际合作高峰论坛的目标：重视促进绿色发展，应对环境保护及气候变化的挑战，包括加强在落实《巴黎协定》方面的合作^[66]。通过绿色“一带一路”的具体项目，积极对接21世纪中叶长期温室气体低排放发展战略，寻求全球温控目标下公平合理、合作共赢地提高行动和支持力度的解决方案，支持“一带一路”发展中国家，特别是最不发达国家、内陆发展中国家、小岛屿发展中国家应对气候变化带来的迫切挑战。

2. 深化区域间合作

“一带一路”沿线国家的资源禀赋差异较大，各个国家对绿色转型的诉求不同。首先，要加强双多边在政治安全领域的互信，始终秉承共商、共建、共享的理念和心态与各方发展。虽然共建国家都加入了《巴黎协定》，都致力于推动气候治理进程，但由于具体的经济发展水平和面临的气候挑战不同，在产品需要、技术需求以及政策倾向上仍有差异。因此，应利用好已有“一带一路”框架下的多个多边合作机制，如中国-东欧“16+1”、中国-东盟“10+1”、亚欧会议以及中阿合作论坛等。对于经济增长压力大、暂无能力加大国家自主贡献力度的国家和地区，要在达成合作共识的基础上于政策沟通中充分融入气候变化问题，各层级政府也应及时沟通应对气候变化的政策。其次，深化拓展已有的合作机制，帮助发展水平较高、发展基础较好、经验相对丰富的沿线国家找到适合本国国情的绿色增长路径。此外，要充分利用现有机制框架，促进“一带一路”绿色低碳发展助力全球气候治理，探索建立、完善面向非共建国家的沟通对话机制，如建立气候变化伙伴关系，并建立定期磋商机制，为“一带一路”绿色低碳发展提供更加坚实的合作保障。

3. 深化产业技术和市场交流要素合作

“一带一路”国际合作为共建国家加强光伏太阳能、氢能及储能等绿色低碳产业的技术交流，创新产业技术合作方式，优化产能空间布局带来了重要的机遇。为支持共建国家完成产业结构和发展路径的绿色低碳升级，实现减污降碳协同增效的目标，需要推动“一带一路”绿色低碳产业技术合作和市场要素流动。一是通过先进技术对于现有的传统产业进行低碳化改造；二是大力发展清洁能源，推动光伏、太阳能、氢能等清洁能源的合作，加快基于化石燃料的传统产业“退出”；三是大力发展全球绿色价值链管理，将生态环境保护、资源节约、低碳减排要求纳入价值链管理过程，推动传统高碳产业结构转型升级；四是进一步完善“一带一路”绿色贸易和产业技术合

作体系，推动形成区域间技术交流合作平台，探索建立共建国家绿色低碳技术转移和产权交易体系，促进绿色低碳技术知识的高效传播；五是加快区域碳减排标准和碳市场建设，加快建设链接不同国家和地区的碳排放权交易市场，发展自愿减排和强制减排交易，逐步形成“一带一路”区域碳交易定价机制与价格模型。

五、综合政策建议

在全球绿色低碳转型背景下，绿色“一带一路”的建设内涵将更加丰富、边界也将进一步拓展。绿色“一带一路”走实走深需要积极克服碳排放对“一带一路”绿色低碳发展的客观约束，主动应对疫后经济复苏与全球绿色投资乏力的现实挑战，充分预见国际形势变化对“一带一路”国际合作的持续影响，在“一带一路”各地区、国别的转型禀赋和发展需求差异中做出有效平衡。对于政策制定者而言，关键是要把握能源绿色低碳发展这一关键路径，围绕产业技术合作、投融资合作、国际合作三个关键领域采取有效行动。

建议 1：推动清洁能源产业技术合作成为“一带一路”绿色低碳发展的重要内容，为“一带一路”国家应对气候变化、实现绿色复苏、迈向可持续发展提供系统性支撑。

一是把握“一带一路”能源绿色低碳发展的关键需求和整体趋势，依托现有双多边、区域和国际合作机制，拓展伙伴关系。

二是发挥中国在全球清洁能源市场中的市场优势和发展经验，以清洁能源基础设施建设、装备制造、技术推广应用为重点，加快合作步伐。

三是发挥中资开发性金融机构的重要作用和资源优势，鼓励其协助分担海外融资信用风险，加大对清洁能源产业技术合作的投资支持力度。

四是建设更加系统、完善的“一带一路”清洁能源产业技术合作机制，以政策和战略对接、投资和市场支持、能力建设、技术援助为抓手，强化系统性支撑。

建议 2：引导各类市场主体提高绿色投融资服务能力，积极参与支持“一带一路”能源绿色低碳发展。

一是加大对“一带一路”能源绿色低碳发展的资金支持力度。设立政府资本主导、市场化运作的“一带一路”绿色发展基金，探索推动财政资金、主权财富基金、股票基金、赠款等多渠道混合的融资模式创新，持续发挥 PPP 优势，支持绿色低碳能源项目的开发和融资。

二是加强对“一带一路”项目的全生命周期环境管理，强化风险意识和防范机制。

引导政策性银行和主要投资企业关注绿色低碳能源基础设施在其投资组合中的占比，可设定软性目标进一步鼓励绿色低碳能源项目发展。鼓励开发性金融机构支持可再生能源项目的开发，公开包括环境影响评价在内的项目信息，采取独立监察与问责机制等方式推动上述进程。

三是加强已有指引、指南和管理意见的落地实施，引导各方切实把绿色发展理念贯穿对外投资合作全过程。探索建立重点投资项目部际协调与激励约束机制，推动建立信息平台，分析“一带一路”投资合作落实《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》《对外投资合作绿色发展工作指引》《对外投资合作建设项目生态环境保护指南》等意见的情况。

四是进一步明确“一带一路”能源绿色低碳发展的支持范围、标准和最优实践。积极探索《绿色债券支持项目目录（2021年版）》在清洁能源投资合作中的应用前景，继续开展“一带一路”项目绿色发展指南研究工作，探索编制光伏发电等重点行业的绿色可持续发展指南。

建议 3：深化国际合作支持“一带一路”能源绿色低碳发展，探寻全球治理体系变革下的绿色低碳合作新路径。

一是深度对接共建国家绿色低碳发展需求，依托“一带一路”绿色发展国际联盟、“一带一路”绿色投资原则等多边合作平台，加强“一带一路”国家政府部门、金融机构与企业等利益相关方的对话交流。结合“一带一路”应对气候变化南南合作计划、绿色丝路使者计划，帮助共建国家，特别是最不发达国家、小岛屿发展中国家，应对全球气候变化挑战，实现包容、韧性复苏。推动在南南合作框架下建立绿色项目开发平台，促进“一带一路”倡议与发展中国家清洁能源需求的有效对接。

二是积极应对全球治理体系变革带来的挑战，打造更加开放包容、互利共赢的“一带一路”绿色低碳发展合作模式。充分发挥中美气候特使对话、气候行动部长级会议等沟通对话机制，持续推动中国与美国、欧盟、英国等主要经济体就气候变化问题开展富有成果的对话合作，有效落实《联合国气候变化框架公约》及其《巴黎协定》。鼓励各方消弭分歧、求同存异，在国际投融资、发展援助、第三方市场合作等领域发挥合力，开展多渠道合作、多平台对话、多轨道交流，帮助发展中国家建设基础设施、促进全球共同发展。

三是强化各类“南北南”低碳合作平台，探索共建“一带一路”与“重建更美好世界”（B3W）、“全球门户计划”等倡议的对接。

参考文献

- [1] Guterres A. Opening Remarks to High-level Dialogue on Energy[EB/OL].[2021-09-24]. <https://www.un.org/sg/en/content/sg/speeches/2021-09-24/opening-remarks-high-level-dialogue-energy>.
- [2] 一带一路网. 已同中国签订共建“一带一路”合作文件的国家一览 [EB/OL]. [2022-02-07]. <https://www.yidaiyilu.gov.cn/xwzx/roll/77298.htm>.
- [3] 祁悦, 樊星, 杨晋希, 等. “一带一路”沿线国家开展国际气候合作的展望及建议 [J]. 中国经贸导刊, 2017 (17): 40-43.
- [4] 柴麒敏, 傅莎, 温新元. 基于 BRIAM 模型的“一带一路”国家低碳能源发展情景研究 [J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30 (10):11.
- [5] 柴麒敏, 祁悦, 傅莎. 推动“一带一路”沿线国家共建低碳共同体 [J]. 中国发展观察, 2017 (Z2):35-40.
- [6] 吴慧敏, 等. 开放包容、共谋发展——“一带一路”研究白皮书 (2021) [R]. 北京: 中金研究院, 2021.
- [7] 清华大学国家金融研究院. 支持“一带一路”低碳发展的绿色金融路线图 [EB/OL]. (2019-09-02) [2021-12-15]. <https://www.vivideconomics.com/wp-content/uploads/2019/09/Decarbonizing-the-Belt-and-Road-%E2%80%93-Executive-Summary-Mandarin.pdf>.
- [8] International Energy Agency (IEA). Southeast Asia Energy Outlook 2022[R/OL]. Paris:IEA, 2022. <https://www.iea.org/reports/southeast-asia-energy-outlook-2022>.
- [9] McKinsey & Company. Climate risk and response in Asia Future of Asia: Research preview[EB/OL]. (2020)[2022-02-18]. <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/asia%20pacific/climate%20risk%20and%20response%20in%20asia%20research%20preview/climate-risk-and-response-inasia-future-of-asia-research-preview-v3.pdf>.
- [10] Eckstein D, Hutfils M, Wings M. Global climate risk index 2019[EB/OL]. (2020)[2022-02-18]. https://www.germanwatch.org/sites/default/files/Global%20Climate%20Risk%20Index%202019_2.pdf.
- [11] 刘强, 邓旭, 王博文, 等. “一带一路”沿线国家能源部门气候变化减缓技术需求评估 [J]. 西北大学学报 (自然科学版), 2021, 51(4): 675-683.
- [12] 中国气象报社. 新研究称移动技术是拉丁美洲保护环境和应对气候变化的关键 [EB/OL]. (2018-07-19)[2021-12-31]. http://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xqxkj/qxkjgjqy/201807/t20180719_473954.html.
- [13] 国家能源局, 科学技术部. 关于印发《“十四五”能源领域科技创新规划》的通知 [EB/OL]. (2022)[2022-04-10]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-04/03/content_5683361.htm.
- [14] Nedopil C. China Belt and Road Initiative (BRI) Investment Report 2021[R/OL]. Shanghai:Green Finance & Development Center, FISF Fudan University, (2022)[2022-04-10]. <https://greenfdc.org/brief-china-belt-and-road-initiative-bri-investment-report-2021/>.

- [15] Cabré M M, Gallagher K P, Li Z. Renewable energy: The trillion dollar opportunity for chinese overseas investment[J]. *China & World Economy*, 2018, 26(6): 27-49.
- [16] Vivid Economics, Center for Finance and Development at Tsinghua University, ClimateWorks Foundation. Decarbonizing the Belt and Road: A Green Finance Roadmap[EB/OL]. (2019)[2021-12-20]. <https://www.climateworks.org/report/decarbonizing-the-belt-and-road/>.
- [17] 李南南, 吴慧敏. 中金: 供需视角看“一带一路”绿色金融发展 [EB/OL]. (2021-05-25) [2022-03-25]. https://mp.weixin.qq.com/s/eHoHy9yKGM_EmLxLHitz9Q.
- [18] Climate Policy Initiative. Preview: Global Landscape of Climate Finance 2021[R/OL]. (2021) [2022-04-22]. <https://www.climatepolicyinitiative.org/publication/global-landscape-of-climate-finance-2021/>.
- [19] 习近平在携手推进“一带一路”建设——在“一带一路”国际合作高峰论坛开幕式上的演讲 [EB/OL]. (2017-05-14)[2022-03-15]. <http://2017.beltandroadforum.org/n100/2017/0514/c24-407.html>.
- [20] UNDP. New threats to human security in the Anthropocene Demanding greater solidarity[EB/OL]. (2022)[2022-04-22]. <https://hdr.undp.org/en/2022-human-security-report>.
- [21] 习近平在巴基斯坦议会的演讲(全文) [EB/OL]. (2015-04-21)[2022-03-15]. http://www.xinhuanet.com/politics/2015-04/21/c_1115044392.htm.
- [22] 王毅在“一带一路”亚太区域国际合作高级别会议上的主旨发言 [EB/OL]. (2021-06-24) [2022-03-15]. https://m.thepaper.cn/baijiahao_13284058.
- [23] 蒋钦云, 刘建国, 朱跃中. 改革开放 40 年能源国际合作回顾及新时代推进建议 [J]. *宏观经济管理*, 2018(12): 12-18.
- [24] 吕江. “一带一路”能源合作伙伴关系: 缘起, 建构与挑战 [J]. *东北亚论坛*, 2020, 29 (4): 15.
- [25] 21 世纪可再生能源网络 (REN21). 2021 年可再生能源全球发展现状报告 [EB/OL]. (2021). https://www.ren21.net/wp-content/uploads/2019/05/GSR2021_Full_Report.pdf.
- [26] 许勤华, 袁森. “一带一路”建设与中国能源国际合作 [J]. *现代国际关系*, 2019 (4):7.
- [27] 焦玉平, 蔡宇. 能源转型背景下中国与拉美清洁能源合作探析 [J/OL]. *拉丁美洲研究*, [2022-06-12]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.1160.C.20211015.2133.002.html>.
- [28] 马骏, 佟江桥, 刘嘉龙, 等. “一带一路”国家可再生能源项目投融资模式, 问题和建议 [J]. *清华金融评论*, 2020 (3): 6.
- [29] 蓝庆新, 李顺顺. 推进“一带一路”绿色能源国际合作 [J]. *中国国情国力*, 2019 (11): 5.
- [30] 王永中, 王雪婷. 2021 年中企共建“一带一路”: 稳中求进 [J]. *中国外汇*, 2021 (24).
- [31] Burke P J, Widnyana J, Anjum Z, et al. Overcoming barriers to solar and wind energy adoption in two Asian giants: India and Indonesia[J]. *Energy Policy*, 2019, 132: 1216-1228.
- [32] Muñoz Cabré M, Ndhlukula K, Musasike T, et al. Expanding renewable energy for access and development: the role of development finance institutions in Southern Africa[J/OL]. (2020). https://www.bu.edu/gdp/files/2020/11/GDP_SADC_Report_EN_Nov_16.pdf.
- [33] Pingkuo L, Huan P. What drives the green and low-carbon energy transition in China?: An

- empirical analysis based on a novel framework[J]. *Energy*, 2022, 239: 122450.
- [34] Chin G T, Gallagher K P. Coordinated credit spaces: The globalization of Chinese development finance[J]. *Development and change*, 2019, 50(1): 245-274.
- [35] Gibon T, Popescu I, Hitaj C, et al. Shades of green: life cycle assessment of renewable energy projects financed through green bonds[J]. *Environmental Research Letters*, 2020, 15(10): 104045.
- [36] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). *Change and Land: An IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems*[R/OL]. Geneva: IPCC, 2019. <https://www.ipcc.ch/srccl/>.
- [37] Tsoutsos T, Frantzeskaki N, Gekas V. Environmental impacts from the solar energy technologies[J]. *Energy policy*, 2005, 33(3): 289-296.
- [38] Myers M, Gallagher K P, Ray R, et al. *China and the Amazon: Toward a Framework for Maximizing Benefits and Mitigating Risks of Infrastructure Development*[EB/OL]. Washington, DC: Inter-American Dialogue, 2019. <https://www.thedialogue.org/wp-content/uploads/2019/05/China-and-the-Amazon.pdf>.
- [39] Bruce N, Perez-Padilla R, Albalak R. Indoor Air Pollution in Developing Countries: A Major Environmental and Public Health Challenge[J/OL]. *Bulletin of the World Health Organization*, 2000, 78(9): 1078-1092. <https://www.scielosp.org/pdf/bwho/2000.v78n9/1078-1092/en>.
- [40] Jelti F, Allouhi A, Bükür M S, et al. Renewable Power Generation: A Supply Chain Perspective[J]. *Sustainability*, 2021, 13(1271).
- [41] Solar Energy Industries Association (SEIA). *Water Use Management*[EB/OL]. <https://www.seia.org/initiatives/water-use-management>.
- [42] Van De Ven D J, Capellan-peréz I, Arto I, et al. The Potential Land Requirements and Related Land Use Change Emissions of Solar Energy[J]. *Scientific Reports*, 2021, 11(2907).
- [43] Convention on Biological Diversity (CBD). *2015—2020 Gender Plan of Action*[EB/OL]. (2017). <https://www.cbd.int/gender/action-plan/>.
- [44] Rehfuess, Eva, Ed. *Fuel for Life: Household Energy and Health*[EB/OL]. Geneva: World Health Organization, 2006. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241563161>.
- [45] Donaubaauer J, López A, Ramos D. *Fdiand Trade: Is China relevant for the future of our environment? the case of Argentina*[J]. *China and Sustainable Development in Latin America: The Social and Environmental Dimension*, 2017: 33.
- [46] Lema R, Hanlin R, Hansen U E, et al. Renewable electrification and local capability formation: Linkages and interactive learning[J]. *Energy Policy*, 2018, 117: 326-339.
- [47] Vallejo M C, Espinosa B, Venes F, et al. *Evading sustainable development standards: Case studies on hydroelectric projects in Ecuador*[M]//*Development Banks and Sustainability in the Andean Amazon*. Routledge, 2019: 175-215.
- [48] International Finance Corporation (IFC). *Environmental, Health, and Safety Guidelines for Geothermal Power Generation*[EB/OL]. (2007). <https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/afad6488->

c478-45d8-bd2e-dc2f86b7e18a/Final%2B-%2BGeothermal%2BPower%2BGeneration.pdf?MOD=AJPERES&CVID=nPtgOhC&id=1323161975166.

- [49] Zhuo G M, Shi Y L, Gallagher K S. CCICED Special Policy Report: Green Belt and Road Initiative (BRI) and 2030 SDGs[R/OL]. Beijing: China Council for International Cooperation on Environment and Development, 2021. <https://cciced.eco/wp-content/uploads/2021/09/P020210929305532478894.pdf>.
- [50] 商务部, 生态环境部. 关于引发《对外投资合作绿色发展工作指引》的通知 [EB/OL]. (2021-07-09). <http://images.mofcom.gov.cn/hzs/202107/20210716144040753.pdf>.
- [51] Paulson Institutes. Promotion of Environmental Risk Screening Tool (ERST) for China's Overseas Investment[EB/OL]. (2018-06-08)[2022-03-15]. <https://www.paulsoninstitute.org/conservation/responsible-trade/promotion-of-environmental-risk-screening-tool-erst-for-chinas-overseas-investment/>.
- [52] G20. G20 Rome Leaders' Declaration[EB/OL]. Rome: G20, (2021). <https://www.g20.org/wp-content/uploads/2021/10/G20-ROME-LEADERS-DECLARATION.pdf>.
- [53] Xi Jinping. Bolstering Confidence and Jointly Overcoming Difficulties to Build a Better World:Speech given to the United Nations General Assembly, 21 September, 2021[EB/OL]. https://estatements.unmeetings.org/estatements/10.0010/20210921/AT2JoAvm71nq/KaLk3d9ECB53_en.pdf.
- [54] Gallagher K S, Qi Q. Chinese overseas investment policy: implications for climate change[J]. *Global Policy*, (2021), 12(3): 260-272.
- [55] Ray R, Bhandary R R, Ma X, et al. The State of International Development Finance, Coal and Green Energy[J/OL]. (2021). https://www.bu.edu/gdp/files/2021/10/GEGI_PB_018_FIN.pdf.
- [56] Nedopil C, Wang Y, Xie W, et al. Green development guidance for BRI projects baseline study report[R/OL]. International Belt and Road Initiative Green Development Coalition (BRIGC): Beijing, China, 2020. http://en.brigc.net/Reports/Report_Download/202012/P020201201717466274510.pdf.
- [57] Mofcom. Regular Press Conference of the Ministry of Commerce[EB/OL]. (2017-09-29). <http://english.mofcom.gov.cn/article/newsrelease/press/201710/20171002656548.shtml>.
- [58] World Bank. Benchmarking Infrastructure Development 2020[EB/OL]. Washington,DC: World Bank, (2020). <https://documents1.worldbank.org/curated/en/369621602050134332/pdf/Benchmarking-Infrastructure-Development-2020-Assessing-Regulatory-Quality-to-Prepare-Procure-and-Manage-PPPs-and-Traditional-Public-Investment-in-Infrastructure-Projects.pdf>.
- [59] 中国对外承包工程商会. 中国对外承包工程发展报告 2019—2020[EB/OL]. (2019). <https://www.chinca.org/download.aspx?Id=79971a73-a16c-408e-bc5e-5c3e2bde7a73>.
- [60] WMO. WMO 综合数据显示: 2021 年为有记录以来最暖的七个年份之一 [EB/OL]. (2022-01-19)[2022-03-15]. <https://public.wmo.int/zh-hans/media/%E6%96%B0%E9%97%BB%E9%80%9A%E7%A8%BF/wmo%E7%BB%BC%E5%90%88%E6%95%B0%E6%8D%AE%E6%98%BE%E7%A4%BA%EF%BC%9A2021%E5%B9%B4%E4%B8%BA%E6%9C%89%E8%AE%B0%E5%BD%95%E4%BB%A5%E6%9D%A5%E6%9C%80%E6%9A%96%E7%9A%84%E4%B8>

%83%E4%B8%AA%E5%B9%B4%E4%BB%BD%E4%B9%8B%E4%B8%80.

- [61] 新华社. 联合国秘书长: 2021 年是应对气候变化关键年 [EB/OL]. (2021-02-09)[2022-03-15]. http://www.xinhuanet.com/2021-02/09/c_1127084738.htm.
- [62] COP26 Glasgow Climate Pact and UK Presidency. COP26 Outcomes[EB/OL]. (2021-11-13)[2022-03-15]. <https://ukcop26.org/wp-content/uploads/2021/12/Outcomes-Chinese-CS-COP26-Presidency-Outcomes-The-Climate-Pact.pdf>.
- [63] 中华人民共和国生态环境部. 2020 年联合国生物多样性大会(第一阶段)高级别会议昆明宣言 [EB/OL]. (2021-10-14)[2022-03-15]. http://www.mee.gov.cn/ywdt/szyw/202110/t20211014_956499.shtml.
- [64] 联合国. 拥有 130 万亿美元资产的近 500 家全球金融服务公司承诺与《巴黎协定》目标“挂钩” [EB/OL]. (2021-11-03)[2022-03-15]. <https://news.un.org/zh/story/2021/11/1093872>.
- [65] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 国家发展改革委等部门关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见 [EB/OL]. (2022-03-28)[2022-03-15]. https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202203/t20220328_1320630_ext.html.
- [66] 共建“一带一路”开创美好未来第二届“一带一路”国际合作高峰论坛圆桌峰会联合公报 [EB/OL]. (2019-04-27)[2022-02-25]. <http://www.beltandroadforum.org/n100/2019/0427/c24-1309.html>.

综 述

保持战略定力，稳定转型预期 开启高质量发展的绿色新篇章¹

百年变局和世纪疫情相互交织，世界进入新的动荡变革期。经济复苏脆弱乏力，地缘政治冲突升级，能源与粮食价格飙升，生态环境赤字持续扩大。全球贫富差距日益拉大，极端贫困人口数量增加。2021 年温室气体浓度、海平面上升、海洋热量和海洋酸化这 4 项气候变化关键指标都创下新纪录。人类活动正在造成全球范围内陆地、海洋和大气变化，对生态系统和可持续发展产生持久、有害的影响。

在不稳定性、风险和冲击加剧的国际形势下，世界各国都面临统筹短期安全稳定目标与长期绿色低碳发展的挑战。国际社会高度关注中国在稳中求进工作总基调下，协同推进降碳、减污、扩绿、增长多重目标的战略定力和落实路径。这不仅事关中国贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的新发展理念，也与推动全球包容性绿色低碳发展息息相关。

在成立 30 周年之际，国合会 2022 年年会向中国政府建议，中国应坚持不懈保持生态文明建设的战略定力，优先稳定绿色低碳转型的预期，科学有序统筹短期、中期和长期绿色发展蓝图，从短期的经济、能源、粮食等安全保障，走向长期的创新、低碳增长动能释放，开启高质量发展的绿色新篇章。

一是坚持绿色稳增长，保障短期的安全与稳定。通过发展可再生能源，推动关键经济部门和中心城区低碳化，促进需求侧的节能减排及能效提升，实现能源安全和气候减缓的“双赢”。制定详细的投资与绿色技术路线图，并及时评估和更新，确保行业政策与“双碳”目标保持一致。构建国家综合性战略，协同推进可持续粮食系统、基于自然的解决方案和气候适应。将低碳、气候韧性与清洁发展战略纳入流域等战略

¹ 中国环境与发展国际合作委员会 2022 年年会给中国政府的政策建议。

空间规划，促进区域协调发展。

二是坚持绿色促增长，释放中长期高质量创新增长动能。创建数字化与可持续发展之间的联结，推动绿色技术创新和绿色数字治理。通过直接投资或公私合营投资，制定标准和激励机制，加速绿色技术的全行业推广应用。鼓励公众在数字化平台上践行绿色低碳生活方式。

三是坚持绿色强增长，健全治理体制机制，深化绿色低碳对话合作，为推动包容、绿色、健康的全球发展筑基。加强政策统筹，构建多目标协同机制，最大化发挥降碳、减污、扩绿、增长等多方面的协同效应。制定低碳转型受冲击行业、地区及社区的短、中、长期风险防控规划。持续开展双多边对话交流与务实合作，通过绿色“一带一路”、多边和区域贸易的合作平台，推动落实可持续发展目标。

具体建议如下。

一、坚持绿色低碳转型，保障重点领域安全与稳定

（一）经济安全

实施绿色低碳经济复苏行动，保障宏观经济稳定。经济复苏计划优先支持绿色低碳投资。充分发挥碳定价等市场机制的成本效益优势，注重碳价格平稳性和投资可预测性。通过制定行业标准，扩大绿色公共采购，加快绿色技术创新，提高生产率。逐步增加贸易中的低碳、环境友好产品和服务比例。通过可追溯系统、信息披露和奖惩激励等措施，进一步强化食品等供应链的可持续溯源。

（二）能源安全

加快投资发展可再生能源。拓展优化电力市场化机制，提高市场定价效率，吸引私营部门投资绿色电力。扩大现货市场规模、增加跨省交易等试点项目数量。可再生能源部署须优化陆海国土空间规划，实施最佳环境影响评估，严守生态保护红线和空间规划，保护生态系统和生态走廊。降低可再生能源企业融资成本，在首次公开募股（IPO）提前排队、定向贷款、股权融资和降准等方面，进一步加大可再生能源发展的支持。区域性可再生能源试点项目应重点探索解决省内消纳和外送不畅、区域电网协同发展不足、价格传递机制滞后等问题；增加电网的灵活性、连通性和储存性，提高可再生能源稳定供给能力。

稳住存量，严控增量，引导煤电分步有序退出。力争 2025 年实现煤炭消费达峰，助力实现 2030 年前二氧化碳排放达峰。制定与碳排放双控体系相协调的短、中期规划，稳妥推动煤电从基荷能源逐步转向调节型能源；淘汰落后产能，确保高效低排放煤电的合理运行时间；升级改造既有燃煤电厂，进一步降低大气污染物排放；关注甲烷等短寿命气候污染物；重视并引导煤炭等化石能源投资的财务风险披露，调整投资者对资产搁浅风险的相关行动预期。建立开放的竞价上网机制，打破对煤电机组发电小时数和电价的保障；建立有效的电价市场，为电力的灵活性服务提供经济回报。

（三）粮食安全

制定可持续农业粮食系统转型的国家战略，保障粮食安全，助力实现碳达峰、碳中和。提倡使用少耕、免耕、覆盖作物等经实践检验的再生与生态修复方法。推广新技术与应用，提高粮食生产能力的同时，减少农业生产环节的温室气体排放。保护自然生态系统和生产性农业用地不被转化为其他用途，修复受损的自然生态系统和退化的农业土壤。推进“光盘行动”，进一步减少食物浪费及塑料垃圾。采取强制性和自愿性相结合的产品标准，减少食物供应链的温室气体排放。开展碳标签试点，鼓励健康和可持续膳食。

优化农业财政激励与融资措施。改革对环境有害的农业补贴，转向支持绿色、生态保护与碳中和的农产品制度。完善绿色税收制度，对农业粮食系统的碳密集型环节征收碳税，推广成本有效的创新绿色农业粮食技术，促进供应链中的可持续生产及采购。为农户和渔民提供生态补偿，确保可持续粮食系统转型的公正性。

（四）气候安全

将气候风险评估和适应性战略纳入城乡整体空间规划布局，提升城乡的气候韧性。制定国家气候风险图并定期更新，开发分区分类气候综合风险研判体系，制定针对性气候适应策略。构建韧性城乡空间布局，严格项目选址的气候安全评估。整合基于自然的解决方案和绿色基础设施，强化系统性、工程性灾害预防体系建设。

进一步创新金融工具，增强风险抵御能力。中央政府和长江及其他流域的各级政府共同出资建立应对气候变化的风险基金，加快长期气候韧性规划。构建政策性保险与商业保险结合的灾害保险体系，重点保障农村地区的保险覆盖面，提高公众对抵御气候变化风险的认识。

二、推动绿色技术创新，为经济增长提供新动能

结合数字化与可持续发展转型，加速推动低碳技术创新。加快发展数字技术，探索可持续发展的智能化解决方案，优化生产与消费模式。推动制造智能化、城市与基础设施数字化，支持发展可持续交通、气候智慧型生产。优化数字化部门、数据中心和信息技术基础设施的空间布局，推动零碳运营；加快推进“东数西算”工程，促进数字经济低碳高质量增长。重视数字应用程序在青年群体中的应用，加速转向绿色生产方式和绿色消费选择。

推动低碳、零碳的创新技术规模化。重视市场导向的可再生能源相关主体的作用，最大限度地发挥市场新进入者的技术创新驱动力。推广热泵、木结构建筑、净零交通、充电设备等低碳技术的升级改造。通过直接融资、合资经营和公共采购等方式，支持创新绿色技术研发和应用。进一步制定净零建筑导则、税收激励等机制。增加对绿氢、智慧电网、循环经济及碳捕获、封存与利用（CCUS）技术的投资。

三、完善绿色低碳综合制度，为高质量发展打基础利长远

（一）构建减污、降碳、扩绿、增长多目标协同机制

促进基于自然的解决方案的主流化。建立与2022年联合国环境大会多边定义等国际标准接轨的基于自然的解决方案的中国标准体系。将基于自然的解决方案融入生态红线、绿色债券支持项目目录与绿色金融分类体系等现有政策举措。建立衡量标准和指标体系，搭建多领域协同治理监测评估平台，采用新兴的气候和自然风险披露工具，将气候与生物多样性目标纳入基于自然的解决方案项目融资决策。

健全绿色低碳转型的治理体系，加强机构创新性与灵活性能力建设。优先制定气候变化相关法律，探索预防性公益诉讼。推动金融监管机构与相关政府部门建立持续的工作交流，制定并实施环境、社会和治理（ESG）标准。允许消费者直接购买绿色电力。建立各级政府、企业及个人的碳账户和绿色责任账户。制定气候综合数据体系和标准，增强全国碳排放市场的整体性。通过能力建设和明确排放主体责任，设定惩罚措施，提高排放数据的质量。扩大碳市场行业覆盖范围，逐步纳入钢铁、铝、化工等其他行业，完善电力市场相关的碳定价机制，设置国家排放总量目标和基于双控制度的年度分解目标。评估碳定价机制对低收入家庭及女性等脆弱人群的收入分配影响，提供直接支付或其他补偿性支付。坚持制度建设的“先立后破”，

注重地区与行业差异，保障区域间要素流动和产业链供应链安全。

（二）完善政府引导与市场驱动相结合的可持续投融资创新机制

构建多元化资金投融资机制。基于气候、生物多样性、污染风险披露和转型时间表，以转型金融助力企业绿色转型，避免转型期间化石能源投资的净增长。鼓励通过公私合营伙伴关系和生态系统服务付费，整合气候、环境与生态融资。建立多方合作平台，每年跟踪并披露 ESG 投资漂绿情况。

（三）受冲击重点行业与地区的转型风险防控

系统评估绿色低碳转型风险，识别重点受冲击行业与地区。持续开展绿色低碳转型的系统性风险评估。关注潜在的碳定价通胀风险和资产搁浅风险，研究高碳行业的价格波动和违约风险。强化相关资产、部门和区域的风险信息披露和预警体系，绘制国家气候风险地图，供地方政府、工程师和城市规划人员使用。基于社区层面的生计、就业、青年参与、性别平等相关需求和绿色发展机会，制定相关社会可持续框架，保障公平包容转型。制定受冲击重点行业和地区的绿色低碳转型长期规划，提供分阶段政策保障；出台技能培训、再就业和地方税收调整等社会保障机制，确保转型的公正平稳。

四、加强生态系统的综合管理，优化低碳韧性的空间格局

（一）增强气候适应性综合管理，构建低碳韧性流域

提升重要流域综合管理的气候适应性。落实《中华人民共和国长江保护法》要求，基于空间规划和减污降碳扩绿增长协同管理需求，建立协作机制。开展长江全流域气候脆弱性评估，重点关注上下游地区、主要支流、重点城乡聚集区、岸线、河口三角洲、蓄洪区、农业和自然生态区。构建流域气候风险预警系统，加强极端天气事件预警预报，特别关注洪水、野火、干旱和热浪风险。

加强流域生态保护与修复。加强山区和丘陵地区水土流失和石漠化治理；实施“还河流以空间”行动，恢复河湖水系。系统管理水电项目，确保项目开发前经过科学、可信和参与式环境影响评价，保障水文完整性和生态用水需求，通过生态调度、建设过鱼通道等措施降低生态影响。在生态敏感区推进退耕还林，加强生态修复；重视长江源头的冰川消融问题，加强监测预警；健全脆弱人群，尤其是乡村、小城镇、蓄滞

洪区等易灾地区女性的安全与保障机制。

加强流域岸线的水陆统筹治理，推进下游工业港口岸线向生态岸线、生活岸线转型。制定并监督落实岸线保护利用的“三线一单”；将绿色低碳目标纳入流域的法律、法规、标准和指南。开展岸线优化利用和腾退置换，倡导岸线备用土地，在符合空间规划要求前提下为未来发展提供灵活性；发掘水的文化与经济价值，推动岸线更新和公共空间建设。

（二）海洋安全：推进可持续的低碳海洋经济

加强海洋生态系统的保护与修复，发挥海洋碳汇的价值。严格执行分区管理制度，避免进一步破坏海洋栖息地和沿海湿地；积极修复退化或被破坏的滨海湿地，严格保护关键的海洋栖息地。投资创建韧性优质的海洋保护区网络，涵盖国家公园、自然保护区和海洋生态红线区；统筹实施大型海洋保护区及重要生境的保护与碳储存。参考政府间气候变化专门委员会国家温室气体清单指南，科学评估气候智能型综合管理下的海洋生态系统蓝碳，将其纳入国家自主贡献。在全球塑料污染治理条约正式出台前，鼓励塑料减量化、再利用、回收和替代，加强国际合作，启动试点项目。

发展绿色海洋产业和气候智慧港口。加强研究与国际技术合作，研发利用安全且高效的海洋碳封存技术。为海洋碳汇建立支持性保障和奖励机制，探索近海海域实施CCUS。加强清洁燃料科技研发；扩大海上风电生产规模，支持绿氢和制氢能源产业发展；探索建立港口间“绿色走廊”，连接净零海洋港口，进一步提高远洋船队的可再生燃料使用率。

五、深化国际环境合作，维护开放包容、合作共赢的国际环境治理进程

（一）加强国际气候与生物多样性对话交流，助力全球环境治理进程

持续推动双多边气候与生物多样性对话。在联合国《生物多样性公约》缔约方大会第15次会议进程中，为“2020年后全球生物多样性框架”的实施做好准备，包括更新《国家生物多样性战略和行动计划》。依托中欧环境与气候高层对话、气候行动部长级会议等机制，积极开展气候2轨和1.5轨对话，交流二氧化碳和非二氧化碳温室气体减排。在中欧、二十国集团（G20）、联合国环境规划署等平台上，持续识别绿色金融合作发力点，包括推广基于自然的解决方案等。

保持自然和气候的联合行动势头，推动协同增效。规范国家核证自愿减排量（CCER）方法学、项目和交易，促进基于自然的解决方案相关气候投融资。响应“全球植万亿棵树”领军者倡议，强化森林及其他碳汇，加强现有森林资源的保育。强化项目实施过程中的社区参与和传统知识应用。建议在 COP15 第二阶段会议中加强对气候变化协同治理的讨论；期待《联合国气候变化框架公约》第 27 次缔约方会议就生物多样性和应对气候变化的协同取得更大进展。推动全球气候与生物多样性治理融入全球发展倡议。

（二）构建绿色低碳“一带一路”实现路径

扩大清洁能源产业技术合作。发挥中国在全球清洁能源市场中的先发优势和市场经验，以清洁能源基础设施建设、装备制造、技术合作应用为重点，与共建国家开展低碳绿色技术转让与合作。建设更加系统协调的机制，协调“一带一路”共建国家的绿色技术合作；以政策和战略对接、投资和市场支持、能力建设、技术援助为抓手，支持合适的区域倡议。

引导各类市场主体提高绿色投融资服务能力。设立政府资本主导、市场化运作的“一带一路”绿色发展基金，探索多渠道混合融资模式创新，持续发挥政府和社会资本合作优势。依据 2022 年 3 月四部委发布的《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》，制定健全的 ESG 标准，特别关注海外融资风险和影响的定期披露。设定软性目标，引导政策性银行和主要投资企业关注绿色项目的投资占比；鼓励开发性金融机构支持可再生能源项目开发。建立重点投资项目部际协调与激励约束机制，推动建立信息平台，评估“一带一路”绿色投资合作落实情况。进一步明确“一带一路”绿色投融资的支持范围、标准和优良实践，与共建国家合作开展“一带一路”绿色分类试点。

深化国际合作支持“一带一路”绿色低碳发展。依托“一带一路”绿色发展国际联盟、“一带一路”绿色投资原则等多边合作平台，加强利益相关方对话交流，推动在南南合作框架下建立绿色项目开发平台，深度对接共建国家绿色低碳发展需求。结合“一带一路”应对气候变化南南合作计划、绿色丝路使者计划，帮助共建国家提升应对气候变化、实现包容韧性复苏的能力。强化低碳金融的南南合作平台。

附 录

附录 1 项目前期研究报告：助力可持续发展的数字化转型

一、序言

数字化已经深入人们日常生活的方方面面，极大地改变了经济、社会和文化形态。与此同时，碳中和、生物多样性保护和可持续发展承诺，要求重塑现有的治理模式、商业行为和生活方式。这对于中国来说更是如此，因为中国将为探寻创新与可持续发展的新兴经济体树立榜样力量。

中国约有 10 亿互联网用户（比美国和欧盟的互联网用户总和还要多）以及很多先驱型互联网企业。中国政府出台了多项具有前瞻性的政策，正在创建一个多层面、跨行业的数字生态系统^[1]。这种演变促进了中国的经济增长，重塑了中国的商业形态，也将影响扩展到了国界之外。中国的“十四五”规划特别强调追求更高质量、技术更先进的发展模式，重点领域包括数字化、电信（5G）、人工智能（AI）、大数据和量子计算。“十四五”规划进一步提出到 2025 年，核心数字产业对 GDP 的贡献应达到 10% 的目标。与此同时，可持续发展理念已经深入地融合到生态文明建设中，并被视为是高质量发展的一个重要方面。因此，促进数字化与可持续发展之间的联结非常重要。

数字发展与绿色经济是当今的两大趋势，将成为促进中国经济发展的新动力。因此，有必要将这两个目前相互独立的领域战略性地结合起来。事实上，数字经济对于中国实现其发展目标、兑现其碳达峰、碳中和承诺至关重要。数字化转型对可持续发展也会产生较大的影响，因此需要研究数字和绿色技术如何引导经济和社会走向公平、繁荣的未来。

在此背景下，本项目前期研究报告旨在探讨数字化与可持续发展之间的联结，探索中国如何应对推进数字化转型、实现可持续发展过程中面临的主要挑战，包括减轻其对环境和社会的不良影响，并为未来专题政策研究提出建议和方向。本报告的结构如下。

第1部分归纳了中国数字化有关的最新趋势，分析了促进数字化与可持续发展有机融合的挑战和机遇，并讨论了数字化如何赋能中国的可持续发展。

第2部分简要回顾了中国数字行业的发展，探讨了其实现可持续发展的主要挑战，并强调了推进数字行业绿色转型的必要性。

第3部分提出了数字化与可持续发展之间“缺失的联结”，强调了“绿色”与“数字化”双转型（以下简称“双转型”）与实现联合国可持续发展目标（UN SDGs）、减少社会不平等和改善性别平等之间的关系，并呼吁采用全局、系统的方式，将数字创新与可持续发展结合起来。

第4部分介绍了中国和国际上对促进绿色与数字化转型的一系列应用场景的看法。

第5部分描述了中国政府在推进数字化转型、实现可持续发展方面发挥的作用，建议国合会重点关注促进数字化与可持续发展之间的联结，最后提出了未来研究的潜在方向。

二、推进数字行业的绿色转型

数字化正逐步深入社会经济的各个领域。快速发展的数字技术，如人工智能、大数据和虚拟现实，不仅将在未来的经济社会活动中发挥越来越大的作用，而且可能成为向可持续发展转型的重要推力，同时还将释放数字行业自身的巨大绿色转型潜力。我们必须考虑数字化潜在的直接和间接生态影响以及其对环境政策的意义。本节将概述中国数字行业的绿色转型现状及全球最佳实践。

（一）中国的数字行业

在过去的10年里，快速的数字化进程大大地促进了中国生产力的提高和经济增长，同时与中国污染防治及碳中和行动产生了诸多协同效益^[2]。中国在电子商务和移动支付等多个领域达到了世界领先地位。事实上，中国已经成为全球最大的网络零售市场：2020年，网络零售占据全国零售总额的24.9%（2019年为20.7%）；中国的电子商务占全球网络零售额的50%以上。相比之下，美国的电子商务占全球电子商务销售额的19%，而英国仅占5%。此外，中国有4/5的交易通过数字支付方式完成。

由于缺乏标准的定义，数字经济的估算对世界各地的学者提出了挑战^[3,4]。根据国际货币基金组织（IMF）的数据，2008年，所谓的“数字化经济”（既包括数字行业，也包括数字化传统产业）规模占中国GDP的15%。政府智库中国信息通信研究院（CAICT）发现，在2020年这一比例飙升至40%，预计未来几年还将进一步增长^[5,6]。

中国政府采用的“数字经济”定义相对狭隘。2021年5月，中国政府发布了《数字经济及其核心产业统计分类（2021）》^[7]，将数字经济产业范围确定为五大类。

（1）数字产品制造业，包括计算机、通信设备、机器人和电子元器件等制造。

（2）数字产品服务业，如数字产品批发、零售、租赁和维修等。

（3）数字技术应用业，如软件开发、互联网相关服务、信息技术服务等。

（4）数字要素驱动业，包括互联网平台、电子商务、互联网金融和信息基础设施建设等。

（5）数字化效率提升业，包括智能制造、智慧农业、智能交通和智慧物流等。

其中，该分类系统中的第1类至第4类被定义为数字经济核心产业，针对该核心产业，2022年1月发布的《“十四五”数字经济发展规划》提出了以下目标：到2025年，核心数字产业GDP占比达到10%。第5类产业在实现绿色和数字化社会的双转型过程中发挥着重要作用，因此，我们建议扩大核心数字产业的定义，将第5类产业纳入其中，并制定相应的目标，以促进各经济行业的效率提升。本项目所说的“数字行业”包含所有5类产业。中国数字行业的环境足迹很大，因此在研究领域受到越来越多的关注。2021年发表的一项研究在分析了中国多个地区之后发现，数字经济发展水平每提高1%就可能使该地区的PM_{2.5}浓度降低约0.2%^[8]。同年，另一项研究分析了中国217个城市的数据，结果表明数字经济与空气质量（大气颗粒物浓度）之间存在正相关性^[9]。

数字化尽管可以给可持续发展带来诸多益处，但来自企业层面的数据大量缺乏阻碍了对这些影响进行系统评估。事实上，在中国数字行业排名前50的上市公司中，有30%的公司在2020年没有发布任何环境、社会与治理（ESG）报告，而在发布报告的公司中，有些仍然仅限于履行传统的企业社会责任（CSR），并未提供足够的数据来评估其在可持续发展指标方面的表现。

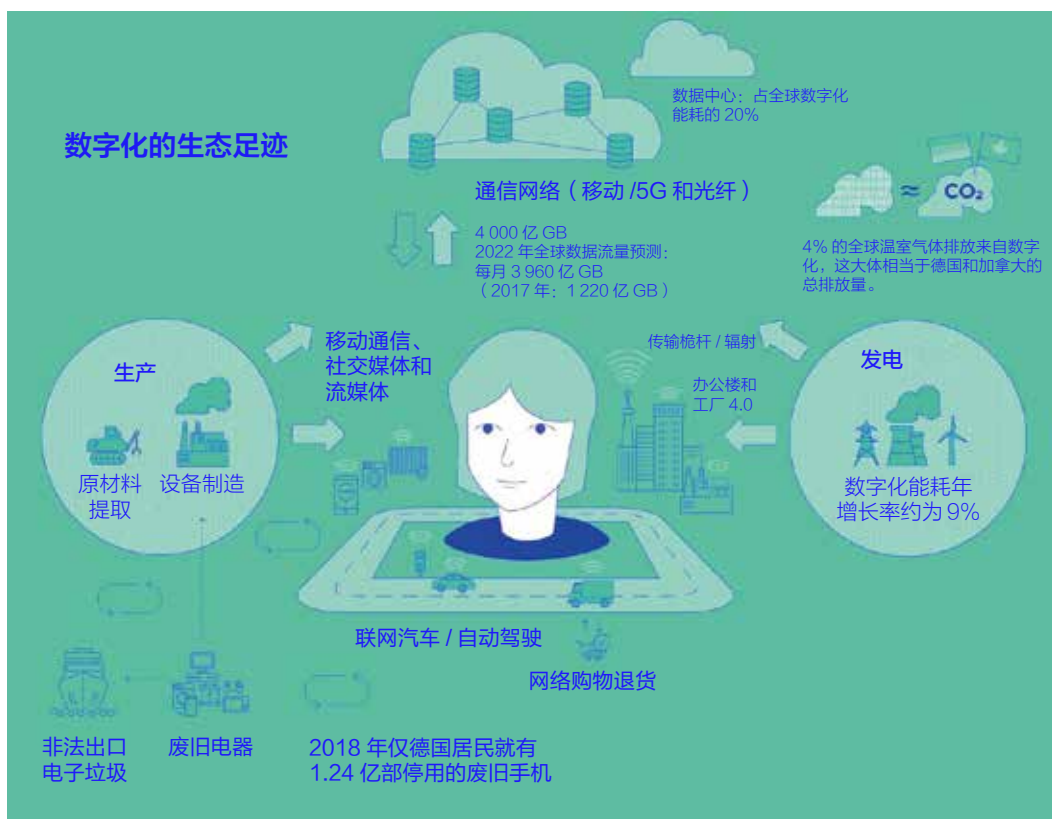
（二）数字行业的绿色转型现状

数字技术也带来了全新的挑战，如环境问题、劳资纠纷、电子垃圾、隐私侵犯、新兴的寡头垄断和金融风险^[10]。其中一些是全球性挑战，而另一些则在中国表现得更为突出。数字化的生态足迹很大。例如，德国联邦环境、自然保护、核安全与消费者保护部（BMUV）的一项研究表明，全球4%的二氧化碳排放可归因于数字化，且数字化能耗每年上升约9%。有关数字化生态足迹的更多信息，如附录图1-1所示。

数据中心是数字部门的核心，负责存储和处理大多数业务数据，在推动数字化转型中发挥着重要作用。这些数据中心的用电量十分巨大，是全球温室气体（GHG）排

放的主要来源。2019年，Facebook数据中心的排放量占其总排放量的80%以上，而全球的数据中心整体则消耗了全球用电总量的1%左右^[11]。

在中国，由于巨大的用电需求，数据中心通常被称为“电老虎”。2020年，中国数据中心的用电量超过2 000亿kW·h，占全国用电总量的2.7%。这一比例远高于全球水平，并且未来可能会维持这种增长的趋势^[12]。2022年，中国国家发展改革委（NDRC）批准了一个涉及建设8个国家算力枢纽的大型项目，并计划建设10个国家数据中心集群，这表明中国政府正全面实施将更多的算力资源从东部地区转移到欠发达但资源丰富的西部地区的战略^[13]。国家“东数西算”工程将允许企业和机构在充分利用西部丰富可再生能源的同时，满足东部发达地区的算力需求。例如，华为已将其部分数据中心转移到贵州贵安新区，每年帮助其节省超过10亿kW·h的电力并减少81万t的碳排放^[14]。从更宏观的角度来看，如果中国的所有数据中心都使用绿色电力，那么每年可帮助减少3.2亿t的碳排放。



附录图 1-1 数字化的生态足迹^[15]

另外，中国之外的许多政府和企业正通过促进可持续发展举措来帮助加快数字行业的绿色转型进程。例如，2021年，26家信息通信技术（ICT）企业高管成立了“欧洲绿色数字联盟”（EGDC），并签署了一份声明，以支持欧盟的绿色和数字化转型。在这份声明文件中，他们承诺投资开发提高数字部门效率的解决方案，并开发有效的工具来评估数字部门的环境影响^[16]。

由于市场对数据中心的监管，谷歌、微软、Green Mountain 和 DigiPlex 等一些公司已经将其服务器集群搬到了挪威等基于可再生能源的地区。在过去的几年里，挪威政府为数据中心行业提供更便宜的电力，并采用与铁工等电力密集型行业相同的税收模式^[17]。

除已经提到的益处外，近期发表的一篇文章指出，2002—2017年，（传统）数字产业有关的生产要素对中国的隐含碳排放产生了明显的负面影响^[18]。此外，一项分析中国西北地区可再生能源生产的研究发现，由于数字技术的进步和深入渗透，可再生能源产出的短期预测准确性逐年提高，从2012年的84.2%提高到2019年的91%。因此，2016—2019年，可再生能源的使用大幅增加。总体来说，无论是从能源需求侧还是从能源供应侧来看，作为气候行动核心的能源转型，都与数字技术密切相关。除提高能源系统的运行效率外，数字化还连接了能源系统的各个部分，并为全面的能源系统转型提供了巨大潜力^[19]。

附录专栏 1-1 欧洲气候中立数据中心——自我监管倡议

为了实施“气候中立数据中心自我监管倡议”，欧洲云基础设施服务提供商联盟（CISPE）与欧洲数据中心联盟（EUDCA）创建了一个名为《欧洲气候中立数据中心公约》（以下简称《公约》）的管理机制。该《公约》是欧洲数据中心运营商与贸易协会签署的一项倡议；目的是履行《欧洲绿色协议》，到2030年实现数据中心的完全可持续^[20]。

为实现气候中立目标，《公约》采取了以下行动。

（1）能效：欧洲的数据中心和服务器机房将达到高能效标准，这将体现为积极的电力使用效率（PUE）目标。

（2）清洁能源：数据中心将通过购买清洁能源来满足其电力供应需求。到2025年12月31日，数据中心的电力需求将由75%的可再生能源或每小时零碳能源来满足，到2030年12月31日，这一比例将达到100%。

(3) 水：到 2022 年，数据中心运营商将为用水效率（WUE）或其他节水指标设定年度目标，新数据中心将在 2025 年实现这一目标，现有数据中心将在 2030 年实现这一目标。

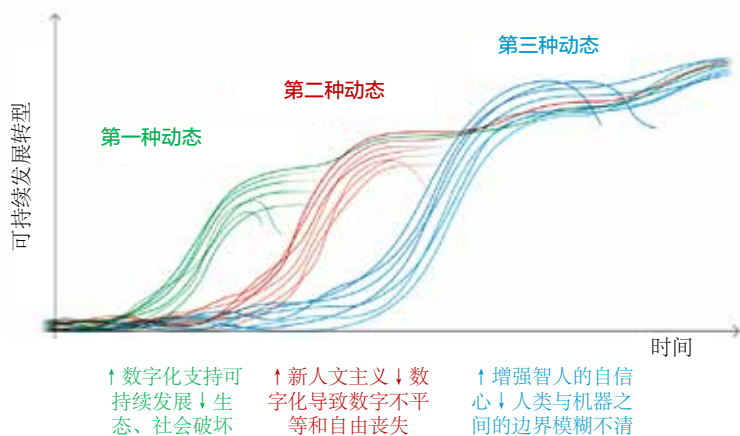
(4) 循环经济：数据中心将提出高标准的循环经济实践，并评估旧服务器设备再利用、维修或回收率是否达到 100%。数据中心运营商将增加维修或再利用的服务器材料数量，并将设定一个 2025 年维修和再利用目标比例。

(5) 循环能源系统：数据中心运营商将探索与区域供热系统和其他热能用户互联的可能性，以确定将新数据中心捕获的热能输入附近系统的机会是否切合实际、环保且具有成本效益。

三、促进双转型

（一）数字化与可持续发展之间“缺失的联结”

数字化为支持可持续发展提供了无限的可能性。然而，到目前为止，数字资源和项目主要用于以国际竞争为特征的既有市场的常规增长。就此来看，可持续发展并不是数字化进程的主要目的；数字化目前主要的关注点在娱乐、便利、安全方面，尤其是在短期经济收益方面。总体来说，当前的数字化进程充当了“助燃剂”的作用，加剧了现有的不可持续趋势，例如，许多国家过度使用自然资源且社会不平等加剧。附录图 1-2 阐明了数字化与可持续发展相关的各类潜在收益和风险。鉴于数字化大趋势给我们这个时代带来的广泛、颠覆性变革，我们必须考虑以下问题：数字化如何改变我们的社会和可持续发展需求，甚至如何改变我们的“人类发展”理念。



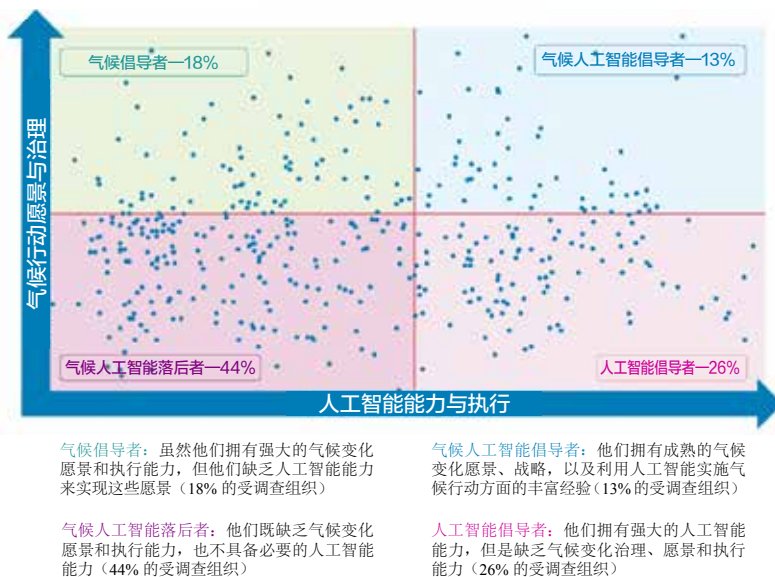
附录图 1-2 数字时代的三种动态

第一种动态：“数字化促进可持续发展”——利用数字化保护地球系统，确保社会凝聚力。该动态的重点是实现《2030年可持续发展议程》及其可持续发展目标。一方面，希望数字化为改善和加速解决全球环境发展问题做出宝贵贡献；另一方面，如果不采取有效应对措施，数字化也会大规模地加剧现有的可持续发展问题，并导致严重的社会扭曲。

第二种动态：“可持续的数字化社会”——实现新人文主义。该动态的重点是应对数字化变革引发的基本社会动荡。这里显然需要关注积极、消极的发展机遇以及如何应对由此带来的相应挑战。从积极的角度来看，希望数字化能使我们更接近数字时代可持续社会的人文主义愿景；从消极的角度来看，数字化导致的数字不平等和自由丧失风险，将摧毁所有先前的可持续发展成果。

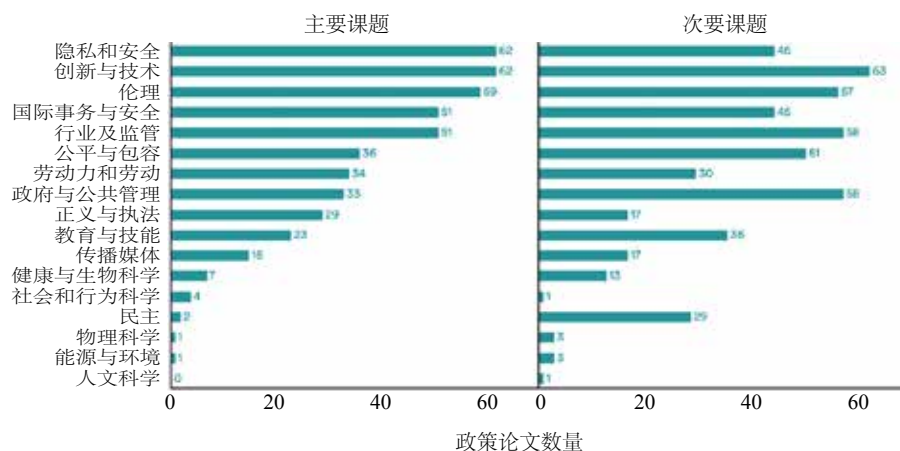
第三种动态：“智人的未来”——关于划定边界的论述。该动态的重点是解决最基本的可持续发展问题：人类自身在未来的生存能力，及其在社会及其改造的环境中的身份。这里，德国全球变化咨询委员会（WBGU）提出了一些听起来很遥远，但在当前已经非常热门的问题。

这三种动态表明了数字化对社会、经济和人类的短中长期影响。在人工智能的支持下，企业具有巨大的潜力采取连贯的气候战略。然而，现实情况是只有极少数企业将气候目标和战略与人工智能开发目标相结合，如附录图 1-3 所示。



附录图 1-3 人工智能 / 气候变化成熟矩阵^[21]

过去 10 年中，随着人工智能逐渐成为一个普遍关注的话题，政府间、国家和区域组织也纷纷制定了人工智能治理政策和战略。这些行为主体主要受到这样一种认识的驱动，即必须找到方法解决人工智能有关的伦理和社会问题，同时最大限度地发挥其效益。积极、知情的人工智能技术治理已成为全球许多政府的一个优先事项。然而，人工智能与环境、能源和可持续发展研究领域之间的联结仍然很薄弱。2021 年，在人工智能课题中，最受关注的热点研究领域是隐私、安全和安保，创新和技术，以及伦理（附录图 1-4）。与能源和环境、人文、物理科学以及社会和行为科学有关的课题关注相对较少。



附录图 1-4 2021 年美国的机构按课题划分的人工智能相关政策论文数量^[22]

（二）双转型的社会维度

智能工具和新技术的发展，在促进经济繁荣发展的同时，也有望提高中国社会的包容性、改善生态环境。国际货币基金组织 2019 年发布的一份报告显示，数字化可通过降低交易成本、减少信息不对称、更好地匹配供需，以及提高生产效率来提高生产力。

仔细观察中国的就业状况，可以发现数字化转型正带来重大变化。一方面，技术创新导致了所谓的“技术性失业”——从业人数减少，特别是生产线上的工人^[23]。事实上，2021 年发表的一篇论文指出，2012 年以来，工业部门从业人数减少了 900 万人。另一方面，在过去几年里，数字经济在宏观层面上产生了重要的效益^[24]。前文提到的国际货币基金组织研究表明，数字化为电子商务和共享经济领域创造了一些新的职业，

例如，阿里巴巴平台涉及近 1 100 万家中小企业，这些企业在过去 10 年中创造了超过 3 000 万个就业机会。此外，数字化转型大大增加了灵活工作岗位的数量，特别是在中国失业率最高的年轻人（16 ~ 24 岁）当中。总体而言，数字化对中国的就业产生了积极的净影响^[23]。

就收入不平等而言，数字化的影响尚不清楚。数字化可以通过连接偏远地区的供应商与城市中心的消费市场来帮助减贫，例如，阿里巴巴的淘宝村有助于改善农村互连，提高当地收入。数字化还有助于提高中国的金融普惠性，使拥有智能手机的农村居民也能轻松获得各种金融服务^[1]。一项基于《北京大学数字普惠金融指数（第二期，2011—2018 年）》数据的实证研究表明，数字化赋能缩小了中国的城乡收入差距^[25]。然而，总体来看，数字化的传播可能以牺牲低技能劳动者为代价，因而可能扩大不平等^[8]。

数字经济领域劳动者的工作条件也受到了越来越多的关注。事实上，快速增长的电子商务行业和共享经济创造了数百万个就业机会，但雇佣条件往往存在一定问题。例如，外卖平台需要大量的骑手，但平台与骑手之间的雇佣关系往往并不固定，且涉及其他实体。因此，平台可能不需要承担作为雇主的必要责任。此外，在计算配送时间时，可能会遇到算法方面的问题，有时会“吃掉”几分钟，给骑手带来了很大压力。提出这些问题并不是要求停止这些平台运营，而是要求制定更明确的规定，在激励创新与保护利益相关者和劳动者权利之间取得平衡。中国政府已经开始关注改善数字化背景下的劳动者工作条件。2021 年 7 月，中国人力资源和社会保障部与其他 7 个部门联合发布了《关于维护新就业形态劳动者劳动保障权益的指导意见》，强调要保护新就业形态劳动者的劳动权益。

中国的数字金融服务已通过移动设备渗透到受排斥和服务不足的群体，特别是低收入群体。数字普惠金融为这些群体提供了支付、储蓄、信贷、保险等服务，而这将积极地提高他们从金融系统^[26]中获益的能力^[27]。

总体来说，数字化可以助力中国实现一系列可持续发展目标（SDGs），包括清洁饮水和卫生设施（SDG 6）、廉价和清洁能源（SDG 7）、体面工作和经济增长（SDG 8）、可持续城市和社区（SDG 11）、负责任的消费和生产（SDG 12）、气候行动（SDG 13）。数字化在促进实现 SDG 5（性别平等）方面也显示出巨大的潜力。

（三）从性别视角看双转型

改善数字技术的使用，可帮助解决性别平等有关的问题。事实上，中国女性在劳动力参与方面仍然落后于男性——参与劳动力活动的女性与男性比率为 81%，而提高

性别平等有望到 2025 年为中国带来 13% 的 GDP 增长。从这个角度来看，电子商务和零工经济可以促进工作的灵活性，帮助女性平衡工作和家庭事务。数字技术也可以使女性获得进入更大市场及更好的经济机会。例如，2015 年，中国有 55% 的新互联网企业是由女性创办。

中国女性的数字文化水平可以通过组织培训和交流活动的公私合作伙伴关系来提高。例如，近年来，领先的企业软件供应商 SAP（思爱普）与联合国合作，为中国特别是中小城市的 10 万名女性创业者提供数字技术与商业技能培训^[28]。

附录专栏 1-2 数字化赋能女性创业

仅仅通过让发展中国家的 60 万名女性接入互联网，数字技术就有可能使发展中国家的年 GDP 总额增加 130 亿~180 亿美元。数字技术可从以下方面影响性别平等：扩大经济机会，提高女性在商业活动中的参与率，使女性有能力参与政治和社会活动，并发展她们的专业技能^[29]。

2016 年，微软中国组织了一系列研讨会，旨在激发对科技感兴趣的年轻女性，并支持计算机专业毕业的女学生顺利完成从学生到职场人的转换。微软中国举办了 4 次年度活动，另外还在中国高校举办了 10 次“Ada Workshop”活动，邀请优秀女性榜样分享她们的故事。2020 年，有 1 300 多名学生参加了年度研讨会活动，6 000 余名观众在线参与，2 900 余条弹幕热烈互动^[30]。

（四）加强数字化与可持续发展之间的联结

本报告指出了数字创新如何联结所有行业，并对中国的整个经济、社会和可持续发展产生影响。然而，无论是在政策制定还是在企业战略层面，数字化与可持续发展往往朝着不同的方向发展，并被分开管理。因此，随着本研究范围的扩大，有必要收集更多资料，来研究如何让这两个宏观趋势在治理、商业、研究三个领域产生进一步的联系。

为了加强数字化与可持续发展之间的联结，国家和政府间组织应通过实施专项政策，提高经济的整体数字化水平以及环境效率，从而提高环境可持续性水平。例如，欧盟发起了“双转型：数字化与绿色转型”进程，领先企业承诺推进该双转型进程，同时也涉及国家层面的行动，24 个欧盟国家加上挪威和冰岛也承诺支持欧盟的绿色和数字化转型进程。

从政府的角度来看，可以考虑采用以下宏观框架将数字化与可持续发展联结起来：

(1) 推动先驱型数字企业的创新愿景和模式转向可持续发展至关重要。这些先驱型企业可以影响信息通信技术（ICT）行业生态，从而将数字发展的叙述转变为服务可持续发展。

(2) 调动市场是另一个需要考虑的重要视角，例如，通过绿色税收改革。这也包括调整市场路线图和目标，以减少排放和资源消耗。

(3) 作为数字变革治理的前提条件，通过建设数字能力来实现国家现代化。

(4) 建立数字化与可持续发展研究领域之间的强大网络。

(5) 建立民间团体、国家、私营企业与科学之间的对话结构，以塑造数字化与可持续未来。

对于组织机构来说，还可以寻找机会发挥组织之间及其专业领域内的协同效益。例如，世界经济论坛发布的一份文件指出，企业可以利用数字化来提高其绿色效率，具体方法是制定数据分析战略，收集各业务部门的可持续性数据；实现流程自动化，以实现明显的效率提升并改善资源利用效率；利用数字平台收集客户反馈，以实现环境可持续的数字商业模式创新^[31, 32]。

分析数字化与可持续发展之间的关系，是研究领域一个相对较新的趋势。事实上，正如一项研究表明，研究侧重点往往放在数字化的某一特定要素上，或者仅涉及一种可持续发展形式（生态、经济或社会）^[33]。

因此，在许多情况下，这两个研究群体仍然非常分散。将这些学科联系起来并促成直接合作，可以获得新的视角和深入见解。在该方向上，中国国家主席习近平在2020年9月22日第七十五届联合国大会上宣布，中国将建立一个可持续发展大数据国际研究中心。该中心将通过发挥公共科技平台的作用，帮助联合国机构和联合国会员国实施《2030年议程》；该中心还将作为大数据与可持续发展智库，以及人才培养和能力建设中心（提供教育和培训）。德国联邦环境署（UBA）增加了拥有IT、人工智能或一般数字化教育背景的员工数量。

附录专栏 1-3 数字环境可持续发展联盟（CODES）

CODES 是一个于 2021 年 3 月创建的国际多方利益相关者联盟。CODES 的主要目标是，在实现联合国可持续发展目标的过程中，重新定位并优先采用数字技术落实《2030 年可持续发展议程》。经过协商，CODES 制订了一个

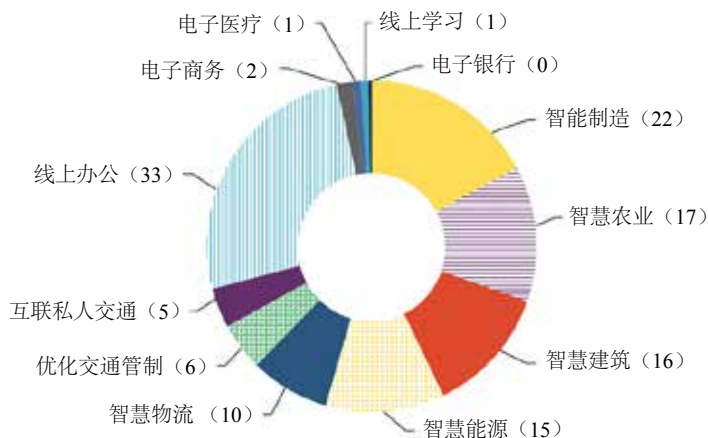
行动计划，旨在促进数字化转型，积极推动可持续发展。该计划提出了一套优先事项、目标和时间表，以将社会和环境可持续发展纳入数字革命。该计划确定了三个转变，为了实现联盟目标，应同时推进这些转变。第一个转变是，使数字化的愿景、价值和目标与可持续发展的愿景、价值和目标保持一致；第二个转变是，通过减轻数字化的负面影响来确保可持续的数字化；第三个转变侧重于引导创新促进实现可持续的数字化^[34]。

四、促进绿色转型的创新数字解决方案

考虑到中国在数字化领域的规模，数字化对可持续发展的影响在中国应当受到格外关注。作为仅次于美国的第二大数字经济体，中国正快速巩固其国际地位^[39, 50]。本章概述了政策研究应关注的关键领域和案例研究，以了解数字化进展如何帮助中国实现其可持续发展目标。

（一）低碳发展与可持续发展的核心数字能力

技术推动的二氧化碳减排可帮助应对气候变化影响。全球电子可持续发展倡议组织（GeSI）的一项研究表明，到2030年，数字化将帮助减少20%的全球二氧化碳排放。具体来说，到2030年，智能电网和综合能源管理系统等能效技术，预计将帮助避免高达1.8 Gt的全球二氧化碳排放当量^[35]。GeSI研究估计如果在不同经济部门实施数字解决方案，那么到2030年可减少12 Gt的全球二氧化碳排放当量，创造可持续增长路径，如附录图1-5和附表1-1所示。



附录图 1-5 各类数字解决方案到 2030 年的二氧化碳减排潜力

资料来源：GeSI。

附表 1-1 可持续发展解决方案的核心数字能力

主要功能	技术	应用
绘图、集成、分析、可视化数据	人工智能、机器学习、数据科学、可视化工具	了解和管理复杂系统（VC、城市等）；数据库管理；温室气体、生态系统、资源
优化和预测	人工智能、机器学习	所有经济部门；生态系统——改善可持续性治理
模拟	数字孪生、人工智能、机器学习	智能电网、建筑、价值链、生态系统
感知、连接和引导	5G、物联网、传感器、卫星、人工智能、机器学习	构建、了解和推动高连接性系统；自动化系统
追踪和核实	区块链、可视化工具、人工智能、机器学习	监测和管理资源流、绿色足迹、循环经济
跨部门	一系列技术	治理、去物质化和虚拟化的绿色潜力

（二）各行业的绿色和数字化转型

本节列出了可以加快向可持续企业和社会转型的几个领域，描述了数字化可以在这些领域产生的效益，并通过国际案例研究提供了相关证据。具体将探讨：智能制造；绿色消费 4.0；可持续交通；智慧农业、智慧能源和水资源管理。

1. 智能制造

工业 4.0 技术的应用可帮助中国大幅减少碳排放。更具体地说，到 2030 年，数字技术带来的减排量预计将达到每年 1.12 亿 tCO₂ 当量^[36]。

2018 年发表的一篇学术论文指出，数字技术在工业生产过程中的应用可通过以下创新增强可持续性^[37]。

- （1）实时数据可帮助掌握资源消耗情况，从而做出更积极有效的改变。
- （2）物联网（IoT）可帮助获取能耗数据。机器和生产线性能分析有助于改善具有节能意识的决策。
- （3）应用于生产过程的优化软件可帮助节约能源。
- （4）由于增材制造能够重新利用废弃材料，通过 3D 打印创造物体，因此比传统方法更能节约资源。
- （5）区块链技术与工业 4.0 创新相融合，可以促进新的商业模式，因为它可以创造可靠的信息。

附录专栏 1-4 循环经济解决方案公司的再制造项目

再制造，即废旧（工业）产品的再加工和再利用，是循环经济的一个重要组成部分。再制造面临的最大挑战之一是，如何可靠地识别从市场返回的工业产品并评估其状况。循环经济解决方案公司正在开展 EIBA 项目，与合作伙伴合作，开发一个基于人工智能的报废零部件识别和评估系统。许多工业产品已经适用于循环经济。然而，到目前为止，企业往往缺乏激励措施和必要的专业知识，无法真正对相应的零部件进行回收和再加工。而这正是 C-ECO 工业 4.0 商业模式的意义所在。它开发的服务以结构化的方式从市场上返回要进行再加工的报废零部件，并对其进行评估。根据它自己提供的信息，C-ECO 每年通过全球 22 个物流基地网络返回约 300 万个报废零部件。目前，零部件的识别工作仍主要由人工完成。

最大的挑战是，确保对全球范围内的所有零部件采用相同的标准和评估基准。产品由什么组成？怎样是能用的？哪种再加工策略是合适的？为了回答这些问题，必须明确识别和评估产品。专家往往只有几秒的时间来完成这项工作。但是，许多型号之间只有微小的差别，而污垢和磨损会使得评估更加困难。人工智能未来可能为此提供支持。该项目正在开发一种观察和评估产品的机器——传感器，如深度摄像机或传感秤，可以识别废旧零部件并评估其状况。

2. 绿色消费 4.0

在价值 1 万亿美元的全球消费电子产品市场中，只有不到 20% 的电子垃圾被回收利用^[28]。这种回收利用的不足也造成了 570 亿美元的原材料损失。此外，新电气和电子设备（EEE）的生产造成了严重的温室气体排放，而这些排放原本是可以大幅减少的。

特定的技术可以改善生产和消费模式，实现向循环经济和智能制造的转型，例如，工业物联网（IIOT）技术、机器对机器（M2M）设备、数据分析和云计算^[35]。

附录专栏 1-5 数字产品护照

欧盟正计划在 2025 年之前开发和引进“数字产品护照”，以加强面向消费者的数字可持续性产品信息。在欧盟层面，这将作为欧洲所有产品信息要求的基础。

“数字产品护照”指的是一组数据，汇总了产品部件、材料、化学物质和/或关于可修复性、替换零部件和适当处置的信息。这些数据来自产品生命周期的各个阶段，并可用于所有这些阶段（设计、制造、使用、处置）的各种目的。以标准化、可比较的格式构建数据，有助于价值链和供应链中的所有利益相关者能够共同迈向循环经济。与此同时，“数字产品护照”是可靠的消费信息与可持续的消费选择（实体和网络零售）的重要基础。

3. 可持续交通

研究预测，到2030年，应用于交通领域的数字创新每年将为中国避免1.61亿~2.34亿t的二氧化碳排放^[36]。更确切地说，出行即服务（MaaS）可以通过促进共享出行和绿色交通解决方案的使用，帮助减少拥堵和排放。增加公共交通的使用，也可帮助每年避免超过3500万t的二氧化碳排放——相当于超过15亿棵成熟树木所吸收的二氧化碳量^[39]。

因此，智能交通控制系统的实施以及最佳路线搜索应用程序使用的增加将提高交通效率，并降低每辆车的行驶距离。GeSI估计，更高效的路线和交通控制每年可帮助减少2400万t的二氧化碳排放，而增加智能电动车充电点每年可帮助进一步减少近400万t的二氧化碳排放，但前提是充电设施由可再生能源驱动^[35]。

在中国，持续的城市化进程、对更快更便宜出行方式的需求，以及日益扩展的数字化推动了共享出行系统的普及，如共享汽车、共享单车及叫车服务^[23]。一项调查显示，与其他交通方式相比，有33%的中国人更喜欢共享出行方式；这与另一项研究结果相一致，该研究显示，2020年，中国的共享出行支出占城市居民交通费用的11.3%。同年，超过95%的共享汽车是新能源汽车（NEVs），这使得共享汽车成为中国可持续交通的主要贡献者^[40]。

目前，中国是世界上最大的电动汽车（EV）市场：仅在2020年就售出了近129万辆电动汽车，占全球销量的40.5%，同比增长8.3%。这些数据说明了这类汽车对中国可持续未来的重要性。伦敦经济学院的政策研究员谢春平博士指出，电动汽车的全生命周期排放量比汽油车低19%~34%^[41]。同时，必须指出的是，电动汽车的发展可能对全球采矿业产生重大影响。据估计，为了满足电动汽车行业的需求，全球可能需要开采价值10万亿美元的锂、钴、镍和铜资源，因此相关的环境影响也应加以考虑^[42]。

附录专栏 1-6 慕尼黑“Easyride”项目：按照规定的当地客运路线自动驾驶

目前，许多德国城市正在举行客运自动驾驶交通系统测试，测试的范围包括从纯粹的私人使用到当地公共交通部署。自动驾驶出租车和公共汽车（也被称为“大众运输工具”）正推动客运公司根据个人需求定制交通出行方式。目前，在德国的三个州（北莱茵-威斯特法伦州、巴登-符腾堡州和柏林），有近 40 条大众运输工具的自动驾驶测试路线。其中一个试点项目是慕尼黑的“Easyride——未来体验”项目。市政公用事业公司 SWM 与当地的客运公司 MVG 在奥林匹克公园的两条预定路线上试行自动驾驶穿梭巴士：项目部署了 e.GO Mover 型穿梭巴士（来自 e.GO Moove 公司，亚琛 E.GO Mobile 的子公司，成立于 2018 年）。

在第一个试点测试阶段，小型巴士还没有采用自动驾驶技术，而是使用传感器技术以匿名形式收集环境数据。在第二个试点阶段，小型巴士将基于这些数据进行自动驾驶测试。最初的目标是到 2020 年年底在现场实践中测试自动驾驶和互联驾驶。技术开发的重点是个性化的公共交通和自动化拼车车队。后者将由与现有交通系统有接口的算法控制，因此有助于优化路线和集合。除此之外，希望试点项目能够深入了解客户对这些解决方案的接受程度。

4. 智慧农业、智慧能源和水资源管理

正如世界银行 2021 年的数据所表明，中国的农业在职从业人员达到 25%^[43]。根据《2021 中国与全球食物政策报告》：2018 年，农业部门占中国温室气体排放的 5.4%，而农业用地排放和肠道发酵占该部门温室气体排放的 60% 以上；2017 年，28% 的农业排放由合成肥料造成^[44]。

中国国务院指出，自动化农业机械可帮助提高 50% 以上的工作效率，减少 30% 以上的农药和化肥使用，对农业生产和可持续发展起到非常积极的作用。2020 年上半年，中国自动驾驶农业机械设备和系统的销量达到 11 700 多台，同比强劲增长 213%^[45]。

其他创新农业实践可帮助进一步加强农业部门的可持续性。例如，大数据技术可以实现对土壤、天气和生产过程的数据分析，提高农民预测作物产量的能力。数字工具可帮助改善耕作过程中的时间安排，实现作物产量的最大化。此外，通过分析投入产出变量（如自然灾害、气候或土壤），数字技术可帮助农民选择最适合特定地区的作物。

数字化有助于提高能效，提供更平价的能源，并促进可再生能源的产生和使用，而这主要归功于智能电网、传感器、需求响应系统、预测分析等技术。GeSI 估计，到 2030 年，数字化可为全球节约 13 亿 MW·h 的电力^[35]。此外，2016—2040 年，数字化措施的实施可使全球每年节省约 800 亿美元的发电成本，约占年发电总成本的 5%^[46]。

根据美国能源信息署（EIA）的数据，中国是世界上最大的能源消费国。2019 年，中国的能耗量达到 150 000 GBTU，比美国多 50%，占全球能耗总量的 1/4^[47]。同年，中国的用水量达到近 6 020 亿 m³——相当于全球用水总量的约 1/6^[48]。

智能电表等数字工具可以通过测量消耗量、提高资源利用效率来帮助减少能源和水浪费。更确切地说，智能电网使用智能电表，实时记录电力消耗和使用可再生资源的离网能源生产情况。这增强了通过实时监测、自动化和动态存储优化配电网的可能性，允许配电网以更高的容量运行^[36]。智能电表也可用于追踪用水情况，并提供更精确的测量。通过这种方式，可以及时发现漏水，准确测量用水量，同时实现更精确的计费^[49]。

五、政策、路径及未来专题政策研究的潜在研究方向

（一）政策和路径

2013 年之前，中国政府并未对数字经济进行过多干预。因此，互联网用户能够在国内市场获得免费的数字内容，这增加了数字服务的渗透率。同时，创新者也有足够的空间来测试其产品方案^[50]。不过，这种放任数字经济自行发展产生的影响既有积极的也有消极的。

近年来，政府机构大大加强了对数字行业的监管，更多地关注数字经济的发展和中国经济的数字化。在过去的 10 年里，中国政府通过扮演政策制定者、投资者和可持续发展资助者这三个关键角色，产生了越来越大的影响。

随着“十三五”规划（2016—2020 年）的出台，中国政府实施了一系列举措来升级中国的数字基础设施，例如，加强高速传输、跨境电缆基础设施、无线网络（4G/5G）建设，或与阿拉伯国家合作开发网上丝绸之路。“十四五”规划（2021—2025 年）进一步强调了创造更高质量的数字、一体化经济的重要性，同时将可持续发展纳入生态文明思想中。事实上，中国政府明确表示打算促进国内数字产业发展，鼓励主要经济部门采用新技术，以提高中国的效率和可靠性^[51]。数字化与可持续发展目标之间尚未建立明确的联结，尽管两者都是“十四五”规划的一部分，是中国高质量发展的重要支柱。

为了到 2060 年实现“碳中和”目标，中国政府在过去几年推出了各种绿色举措。但是，预计中国需要再投入 6.4 万亿~ 19.4 万亿美元来推动绿色转型进程，因此中国正在寻找额外的资金来源。除试图吸引更多的绿色投资外，中国还通过征收碳税来帮助实施气候变化政策^[52]。

中国可以通过主导塑造数字化与可持续发展的关系来巩固其在数字领域的领导地位。这需要对数字行业的环境和社会影响进行全面客观的评估，以解决国内优先事项与国际议程、公共目标与企业战略、学术研究与企业研发之间缺失的联结。项目前期研究建议国合会进一步探讨数字化与可持续发展关系的以下方面，以支持中国的绿色转型议程。

(1) 了解双转型的各个方面，包括数字化如何推动经济和社会变革，以及如何利用数字化的潜力作为可持续经济和社会发展的工具。

(2) 将数字化视为一个跨领域学科，通过有影响力的创新创造长期价值和利益，将不同团体连接起来。这些团体既来自数字和环境研究领域，也来自公共和私营部门以及民间团体。

(3) 研究数字—社会—环境转型的机会，这超出了提高生产力的范畴。数字化如何推动可持续实践、减少不平等（数字鸿沟）并改善人类和环境的福祉？

(4) 如何能从环境资源视角减少颠覆性技术产生的负面影响？

(5) 中国如何减少信息技术（ICT）以及数字基础设施（数字部门的核心）对环境的危害？

（二）未来专题政策研究的潜在研究方向

基于“推进可持续发展的数字化转型”项目前期研究的成果，德国联邦环境署（UBA）、德国国际合作机构（GIZ）与世界经济论坛提议开展一项专题政策研究（SPS）项目，研究数字化技术促进可持续发展和生态文明建设的路径与方法，为建设绿色、低碳和循环的社会经济助力。数字化并不能自发地助力可持续发展转型。

在过去的 20 年里，数字化成为基于化石能源和资源开采为主要的经济的加速器。然而，数字化对可持续发展的颠覆性影响，可用来加速和加强可持续发展转型。数字化和环境转型都将日益影响经济和社会。拟议 SPS 项目将探讨如何创建数字化与可持续发展之间“缺失的联结”，分析数字行业的现状、面临的挑战和机遇，同时关注正经历数字化转型的传统产业。此外，拟议 SPS 项目还会聚焦最新的关键数字创新成果，并分析其对环境和发展的影响。最后，拟议 SPS 项目还会搜集全球最佳案例，并探讨在中国推广这些案例的利好条件。因为数字化是一个重要的跨领域课题，拟议 SPS 项

目还将与其他 SPS 项目共同开展实地研究工作。

潜在研究角度 1：如何加快数字部门本身的绿色转型，包括在数据中心和区块链技术的资源和能源使用方面让 IT 更加绿色低碳，以及如何利用数字和“第四次工业革命”（4IR）技术，推动能源、建筑、交通、农业、制造业等传统部门及其价值链实现绿色转型。“第四次工业革命”（4IR）的特征是融合了物理、数字和生物领域（这些领域之间的界限模糊不清）的技术，如人工智能、物联网、纳米技术、材料科学等。为此，拟议 SPS 项目将研究：①这些部门的现状、趋势和面临的挑战，4IR 技术带来的新绿色解决方案，以及助力其大规模推广的有利政策环境；②如何利用数字化助力碳减排，同时保持数字行业的低碳足迹；③这些颠覆性的数字创新成果在绿色经济转型中的突出表现，重点关注与新绿色产品，服务和低碳商业模式相关的机遇与趋势，尤其是以跨领域视角探索综合一体化解决方案；④路径错误的风险；⑤利用 4IR 技术进行环境和气候治理，以改善政策制定过程。

拟议 SPS 项目的一个研究亮点是数字化与占中国 GDP 1/4 以上的制造业的联结。制造业转型的关键是使智能制造和绿色制造相辅相成，以提高生产力和效率、减轻环境影响，包括建立绿色价值链。首先，可以通过案例分析，概述生产端数字化对低碳发展的总体影响。例如，可以评估将人工智能（AI）纳入决策对资源管理和环境的影响。其次，拟议 SPS 项目可以通过选择国内外具有启发性的案例研究，探索生产部门数字化转型在促成新管理模式、新商业模式、新生产模式方面的潜力。更具体地说，拟议 SPS 项目将关注生产和加工领域的数字化解决方案，包括流程自动化、数字化工厂、需求和生产能力的预测分析、企业对企业平台、部件打印、可追溯性等。最后，快速成型和 3D 打印等产品设计、企业 - 消费者产品设计合作平台及其与生态设计的结合，也是值得研究的角度。

潜在研究角度 2：以近期的数字创新与突破为主要切入点，研究其对环境、气候、经济和治理的意义，拟议 SPS 项目包括：①确定最新的数字技术趋势清单，并评估各项创新技术对环境和发展的潜在影响，例如，研究数字孪生技术对环境数据使用或在可持续循环经济方面的有利与不利影响；②分析部署数字创新技术在互联互通、投融资和部署指导等方面的具体机遇与障碍；③分析数字创新在综合治理、减少不平等实现包容性社会方面的作用；④识别和分析环境和可持续性管理方面的关键创新，基于可持续性治理跨学科的重要特征，分析如何通过引入人工智能和数据科学来释放可持续性治理的巨大潜力；⑤提供技能再培训，以支持数字和绿色创新。由于目前的应用性数字 / 人工智能研究与环境和可持续发展研究领域之间缺乏联结，拟议 SPS 项目将

研究中国将这两大研究群体联系起来的潜力，以显示这些群体如何以及在哪些领域可以有针对性地进行良好合作。

潜在研究角度 3：拟议 SPS 项目还可以将研究范围扩大到未来城市，如何借助数字和 4IR 技术减少城市对环境的负面影响、提高社会福祉、激发城市经济活力，从而实现低碳、可持续和有韧性的城市。在这方面，拟议 SPS 项目将研究：①用借助数字和 4IR 技术来助力新的城市生产、消费、出行、工作和生活系统，改善城市的公众健康、可持续性和包容性；②部署智慧城市技术面临的机遇与挑战；③智慧城市的最佳实践案例和推广智慧城市的有利政策环境。

附件 1-1 双转型趋势

过去 10 年中，在大量研发支出、蓬勃发展的创业活动，以及不断增加的风险资本投资的推动下，中国的数字化加速发展。新的商业模式和技术不断涌现，并以极快的速度发展，在许多领域产生了创新成果。本节探讨了中国的主要演变趋势，以确定未来研究的方向。

所有这些领域充分融合了“第四次工业革命”（4IR）技术，包括所有这些进步：“以创造巨大前景和潜在风险的方式融合物理、数字和生物领域，迫使我们重新思考国家如何发展，组织如何创造价值，甚至对人类的意义。”^[53]

1. 利用工业 4.0 提高生产效率、减少环境负担

工业 4.0 是指在信息通信技术（ICT）的帮助下，实现工业机器与生产过程之间的智能连接。这种数字化系统通过更高效、可持续和数据驱动的生产过程，确保操作技术与信息技术的融合，从而优化制造业的生产力^[54]。此外，数字技术和服务的采用，可通过升级工业生产过程、优化资源配置和创造高质量工作岗位来改善产业绩效和经济状况^[54]。

企业有很多方法可以利用智能连接来提高生产效率，从而减少对环境 and 气候的负担。例如，这些可能性包括如下内容。

（1）灵活生产：在产品制造过程中，许多企业会参与一个逐步的产品开发过程。在完成数字化连接后，可以更好地协调这一过程的不同环节，并更好地规划机器负荷。

（2）可转换工厂：未来的生产线可以进行模块化建造，并快速组装完成任务。这可帮助提高生产力和生产效率；并以可承受的价格小批量生产个性化产品。

（3）以客户为导向的解决方案：消费者与生产者之间将建立起更紧密的联系。客户可以根据自己的意愿设计产品。例如，根据客户的独特脚型设计和定制运动鞋。同时，已经交付和使用的智能产品可以向制造商发送数据。有了这些使用数据，制造商可以

改进他们的产品，并为客户提供创新服务。

(4) 优化物流：算法可以计算出理想的运送路线；机器可独立报告新材料需求——智能连接推动实现最优货物流通。

(5) 数据使用：将整合分析生产过程和产品状况数据。数据分析将为如何提高产品效率提供指导。更重要的是，数据分析是全新商业模式和服务的基础。例如，电梯制造商可以为他们的客户提供“预测性维护”：为电梯配备传感器，持续发送有关电梯状况的数据。在电梯系统出现故障之前，检测出并纠正产品磨损问题。

(6) 资源节约型循环经济：在数据的支持下，可以考虑产品的整个生命周期。设计阶段就能够确定可以回收利用哪些材料。

附录专栏 1-7 工业 4.0

中国：中国航天科工集团公司（CASIC）开发了 INDICS 平台，面向政府和传统产业的中小企业，为他们提供基于云的工具和智能制造解决方案，实现项目对接和资源共享。CASIC 的数据表明，该平台在 2018 年有 160 万注册用户，总交易额超过 640 亿美元。中国汽车公司上汽集团（SAIC）建立了一个数字平台，允许买家通过 3D 数字汽车模拟来定制订单。然后，车辆配置信息会传输给供应商以便其启动生产过程，帮助缩短了 35% 的上市时间。人工智能工具持续监测生产进度，以识别错误，为此，上汽汽车公司的订单配置准确性提高到了 99.8%^[1]。

国际：世界经济论坛与麦肯锡公司合作推出的“全球灯塔工厂网络”，展示了“第四次工业革命”（4IR）技术推动制造业转型的真正潜力；在 90 个“灯塔工厂”中，有 1/3 来自中国。

德国“工业 4.0”平台由德国联邦经济事务和气候行动部（BMWK）、德国联邦教育及研究部（BMBF），以及来自工业、科学与工会的高级代表指导和领导。来自企业、科学、协会和工会的专家与联邦各部委专题工作组的代表共同开发运营解决方案。

2. 智慧城市

在过去 30 年中，中国约有 6 亿人从农村地区迁入城市。因此，中国已成为世界上百万人口城市最多的国家。预计在未来 30 年内，还有 3 亿中国人将迁往城市，这一现象将增加对环境的压力^[55]。主要原因是污染增加、交通拥堵加剧、资源供需紧张，因此，

中国正专注于创建智慧城市。

智慧城市可以提高城市生态效率，这主要是由于三个方面的效应。首先，技术效应可以促进节能和清洁生产技术，减少污染和资源消耗；其次，由于产业结构提升效应，创新将为研发、设计、开发软件、信息和商业服务创造新的机会；最后，资源配置效应，技术系统可以有效解决资源管理问题，并将其部署在影响最大、效率最高的领域^[56]。总之，“智慧城市”概念旨在改善城市管理，实现城市的可持续发展，利用技术提高居民的生活质量。

目前，中国有约 500 个智慧城市——占全球智慧城市总数的一半。这背后的原因之一是，中国政府在为智慧城市发展提供政策和指导方面发挥积极作用。目前，智慧城市投资额约达到 260 亿美元，预计 2023 年将突破 400 亿美元，约有 800 个中国城市中心准备进行智慧城市转型^[57]。

未来，研究不仅应关注提高城市能源消费、水资源管理和交通解决方案效率的最佳工具和技术，而且应关注如何确定哪些城市领域应“更智能”而哪些领域不需要转型。

附录专栏 1-8 “柏林 lebenswert 智慧城市”示范项目——5 个试点项目^[58]

作为“柏林 lebenswert 智慧城市”示范项目的一部分，柏林市正通过一项新的“智慧城市战略”，并且于 2020 年 1 月启动了 5 个具体的试点项目。参与式过程将在项目前期以及实施阶段发挥重要作用。

智慧城市空间：重新设计智慧灵活的夏洛滕堡 - 威尔默斯多夫的哈登贝格广场，一个典型的高使用率车站前空地——根据事件、日子、天气和季节，提供所有形式的出行方式。

数据治理与数据驱动管理：柏林市正与爱因斯坦数字未来中心（ECDF）和西子子公司数据治理部合作开展智慧城市示范项目，为试点地区开发示范性概念，在平衡共同利益的基础上，整合市政和私营部门的利益和进程。

社区预算编制和智能参与：对于参与式过程，低参与度往往会导致利益扭曲。Reallabor StadtManufaktur、BBBlockchain、CityLAB 和移动 CityLAB 可通过激活数字化参与服务更多的人。

智慧水务 - 建模与治理：极端天气事件的影响显而易见，但对决策者和公众来说却难以理解。项目将对空间异质性和同质性对水循环的影响进行建模，并开发一个参与式数字墙面板。

日常和危机数据—Kiezbox 2.0: 当地的气候、空气质量等数据一般在日常运行期间获得。在危机发生期间（如停电），例如，太阳能或电池供电热点可以形成一个紧急 Wi-Fi 网络，通知当地居民。

参考文献

- [1] McKinsey & Company. The future of digital innovation in China[R/OL]. (2021-10). <https://www.mckinsey.com/~/media/mckinsey/featured%20insights/china/the%20future%20of%20digital%20innovation%20in%20china%20megatrends%20shaping%20one%20of%20the%20worlds%20fastest%20evolving%20digital%20ecosystems/future-of-digital-innovation-in-china.pdf>.
- [2] Zhao M, Liu R, Dai D. Synergistic effect between China's digital transformation and economic development: a study based on sustainable development[J]. Sustainability, 2021, 13(24), 13773.
- [3] Barefoot K, D Curtis, W Jolliff, et al. Defining and measuring the digital economy[J]. BEA Working Paper, 2018.
- [4] Xu X, Zhang M. Research on the scale measurement of China's digital economy — based on the perspective of international comparison[J]. China Industrial Economics, 2019(5): 23-41.
- [5] PIIIE. China's tech crackdown affects only a small share of its digital economy and total GDP[EB/OL]. (2021-10-20). https://www.piie.com/research/piie-charts/chinas-tech-crackdown-affects-only-small-share-its-digital-economy-and-total#_ftn2.
- [6] CAICT. White paper on China's digital economy development[EB/OL]. (2021-4). <http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202104/P020210424737615413306.pdf>.
- [7] Gov.cn. Statistical classification of the digital economy and its core industries[EB/OL]. (2021-05-27). http://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5625996.htm.
- [8] Zhou J, Lan H, Zhao C, et al. Haze pollution levels, spatial spillover influence, and impacts of the digital economy: empirical evidence from China[J]. Sustainability, 2021, 13(16), 9076.
- [9] Li Z, Li N, Wen H. Digital economy and environmental quality: evidence from 217 cities in China[J]. Sustainability, 2021, 13(14), 8058.
- [10] Zhang L, Chen S. China's digital economy: opportunities and risks[J]. IMF Working Paper NO. 19/16, 2019.
- [11] Masanet E, Shehabi A, Lei N, et al. Recalibrating global data center energy-use estimates[J]. Science, 367: 984-986.
- [12] China Electronic Energy Saving Technology Association and China Electricity Council. Note: The amount of national electricity consumption in 2022-2025 is forecasted based on a consecutive annual growth rate of 5% from the level of 2021.

- [13] Xinhua. China approves mega project for greater computing power, digital future[EB/OL]. (2022-02-18). <https://english.news.cn/20220218/21d502ee0f884c00948f408820767d06/c.html>.
- [14] National Development and Reform Commission. China empowers green, digital future with mega data project[EB/OL]. (2022-02-22). https://en.ndrc.gov.cn/news/mediar/sources/202202/t20220222_1316586.html.
- [15] BMUV. Digital policy agenda for the environment[EB/OL]. <https://www.bmu.de/en/digital-policy-agenda-for-the-environment/>.
- [16] European Commission. European Green Digital Coalition[EB/OL]. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/european-green-digital-coalition>.
- [17] Oeyvann S, Microsoft. Google and VW pile in, so what's behind Norway's data center boom?[EB/OL]. (2019-12-02). <https://www.zdnet.com/article/microsoft-google-and-vw-pile-in-so-whats-behind-norways-data-center-boom/>.
- [18] Wang J, Dong X, Dong K. How digital industries affect China's carbon emissions? Analysis of the direct and indirect structural effects[J]. *Technology in Society*, 2022, 68, 101911.
- [19] Zhao Y, Xia S, Zhang J, et al. Effect of the digital transformation of power system on renewable energy utilization in China[J]. *IEEE Access*, 2021, 9: 96201-96209.
- [20] Climate Neutral Data Centre Pact. Self-Regulatory Initiative[EB/OL]. <https://www.climateneutraldatacentre.net/self-regulatory-initiative/>.
- [21] Capgemini Research Institute. Climate AI: how artificial intelligence can power your climate action strategy[R/OL]. <https://www.capgemini.com/gb-en/wp-content/uploads/sites/3/2020/11/Climate-AI-Report-1.pdf>.
- [22] Standford University Human-Centered Artificial Intelligence. Artificial Intelligence Index Report 2022[R/OL]. https://aiindex.stanford.edu/wp-content/uploads/2022/03/2022-AI-Index-Report_Master.pdf.
- [23] Hu J, Creutzig F. A systematic review on shared mobility in China[J/OL]. *International Journal of Sustainable Transportation*, 2021, 16:4, 374-389. <https://doi.org/10.1080/15568318.2021.1879974>.
- [24] IMF China's digital economy: opportunities and risks[J]. IMF Working Paper NO. 19/16, 2019.
- [25] Xiao P. The regional heterogeneity impact of digital inclusive finance on urban-rural income gap in China: empirical research based on provincial panel threshold model[J]. *ICITEE2020: Proceedings of the 3rd International Conference on Information Technologies and Electrical Engineering*, 2020, 410-415.
- [26] Li J, Jing Y, Xiao J. The impact of digital finance on household consumption: evidence from China[J]. *Economic Modeling*, 2020, 86: 317-326.
- [27] Wang Z, Zhang D, Wang J. How does digital finance impact the leverage of Chinese households?[J]. *Applied Economic Letters*, 2021, 29(6): 555-558.
- [28] McKinsey Global Institute. The power of parity: advancing women's equality in Asia Pacific[R/OL]. (2018-04-23). <https://www.mckinsey.com/featured-insights/gender-equality/the-power-of-parity-advancing-womens-equality-in-asia-pacific>.

- [29] UNEP. SDG ICT playbook: from innovation to impact[R/OL]. (2015). https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/9813/-SDG_ICT_Playbook_From_Innovation_to_Impact-2015SDG_ICT_Playbook_2015.pdf.pdf?sequence=3&%3BisAllowed=.
- [30] ESCAP. The future is equal: gender equality in the technology industry[R/OL]. (2021). https://www.unescap.org/sites/default/d8files/knowledge-products/Report_Gender%20Equality%20in%20the%20Technology%20Industry_0.pdf.
- [31] The Business Times. Companies must align digitalization, sustainability plans[EB/OL]. <https://www.businesstimes.com.sg/opinion/companies-must-align-digitalization-sustainability-plans>.
- [32] WEF. Bridging digital and environmental goals: a framework for business action[R/OL]. (2021-03). https://www3.weforum.org/docs/WEF_Bridging_Digital_and_Environmental_Goals_2021.pdf.
- [33] Brenner B, Hartl B. The perceived relationship between digitalization and ecological, economic, and social sustainability. *Journal of Cleaner Production*, 2021, 315, 128128.
- [34] CODES. Action plan for a sustainable planet in the digital age[R/OL]. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/38482/CODES_ActionPlan.pdf?sequence=3&isAllowed=y.
- [35] ITIF. Chinese competitiveness in the international digital economy[EB/OL]. (2020-11-23). <https://www2.itif.org/2020-china-digital-economy.pdf>.
- [36] GeSI. Protecting the environment[EB/OL]. <https://systemtransformation-sdg.gesi.org/environmental-protection>.
- [37] GeSI. Digital solutions for climate action[R/OL]. <https://gesi.org/public/research/download/52>.
- [38] Bonilla S, Silva H, Terra da Silva M, et al. Industry 4.0 and sustainability implications: a scenario-based analysis of the impacts and challenges[J]. *Sustainability*, 2018, 10(10), 3740.
- [39] GeSI. Circular economy: the state of play within GeSI[EB/OL]. (2021-06-28). <https://gesi.org/events/gesi-internal-report-launch>.
- [40] European Environment Agency. Trees help tackle climate change[EB/OL]. (2012-01-06). <https://www.eea.europa.eu/articles/forests-health-and-climate-change/key-facts/trees-help-tackle-climate-change>.
- [41] Li J, Ma M, Xia X, et al. The spatial effect of shared mobility on urban traffic congestion: evidence from Chinese cities[J]. *Sustainability*, 2021, 13, 14065.
- [42] Wang M. EVs help nation drive toward climate goals[EB/OL]. (2021-11-09). http://english.www.gov.cn/news/topnews/202111/09/content_WS618a1cf7c6d0df57f98e4b43.html#:~:text=%22In%20China%2C%20though%20with%20a,on%20a%20life%2Dcycle%20assessment.
- [43] McGee P. Investors bet on tech revolution to disrupt global mining[EB/OL]. (2022-02-10). <https://www.ft.com/content/6984328c-fe0f-48f1-a6cd-cd3912b5eac9>.
- [44] World Bank. Employment in agriculture[EB/OL]. (2021-01). <https://data.worldbank.org/indicator/SL.AGR.EMPL.ZS?locations=CN>.
- [45] Li S, Gong Q, Yang S. Analysis of the agricultural economy and agricultural pollution using the

- decoupling index in Chengdu, China[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2019, 16(21): 4233.
- [46] Gov.cn. Intelligent technologies drive China's agriculture modernization[EB/OL]. (2021-01-01). https://english.www.gov.cn/news/topnews/202101/01/content_WS5fef1e82c6d0f7257694313a.html.
- [47] IEA. Digitalization and energy[R/OL]. (2017-11). <https://www.iea.org/reports/digitalization-and-energy>.
- [48] EIA. Country overview: China[EB/OL]. (2020-09-30). <https://www.eia.gov/international/overview/country/CHN>.
- [49] The World Counts. Water, water everywhere...but not a drop to drink[EB/OL]. <https://www.theworldcounts.com/stories/average-daily-water-usage>.
- [50] Solvay. A guide to smart water meters[EB/OL]. <https://www.solvay.com/en/chemical-categories/specialty-polymers/construction/water-meter/smart-water-meters-guide#:~:text=What%20are%20smart%20water%20meters%3F%20Smart%20water%20meters, facilitates%20communication%20between%20the%20meter%20and%20the%20sup>.
- [51] McKinsey Global Institute. Digital China: powering the economy to global competitiveness[R/OL]. (2017-12-03). <https://www.mckinsey.com/featured-insights/china/digital-china-powering-the-economy-to-global-competitiveness>.
- [52] Gov.cn. Plan focuses on digital economy development during 14th Five-Year Plan period[EB/OL]. (2022-01-12). https://english.www.gov.cn/policies/latestreleases/202201/12/content_WS61de9a35c6d09c94e48a385f.html#:~:text=Plan%20focuses%20on%20digital%20economy%20development%20during%2014th%20Five%20Year%20Plan%20period,-Updated%3A%20Jan%202012&text=By%202025%2C%20the%20digital%20economy,for%2010%20percent%20of%20GDP.
- [53] WEF. Here's how China is going green[EB/OL]. (2018-04-26). <https://www.weforum.org/agenda/2018/04/china-is-going-green-here-s-how/>.
- [54] WEF. Fourth industrial revolution[EB/OL]. <https://www.weforum.org/focus/fourth-industrial-revolution#:~:text=The%20Fourth%20Industrial%20Revolution%20is,inclusive%2C%20human%2Dcentred%20future>.
- [55] WEF. Global lighthouse network: unlocking sustainability through fourth industrial revolution technologies[R/OL]. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Global_Lighthouse_Network_Unlocking_Sustainability_Through_4IR.pdf.
- [56] Hitachi. China's city of the future: Xiong'an new area[J/OL]. *Innovations to Improve People's Quality of Life*, 2021, 70(1). https://www.hitachi.com/rev/archive/2021/r2021_01/gir/index.html.
- [57] Yao T, Huang Z, Zhao W. Are smart cities more ecologically efficient? Evidence from China[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2020, 60, 102008.
- [58] Huang K, Luo W, Zhang W, et al. Characteristics and problems of smart city development in China[J]. *Smart Cities*, 2021, 4(4): 1403-1419.

附录 2 项目前期研究报告：新发展理念下碳中和的风险防范

一、研究目标和背景

本报告旨在从新发展理念视角，对中国碳中和的风险防范问题进行前期研究，为第七届国合会研究工作提供前期支撑。自 2020 年 9 月 22 日国家主席习近平在第七十五届联合国大会上宣布“双碳”目标以来，全国上下积极贯彻落实。经过一年的试错、纠偏，以 2021 年 10 月陆续出台《党中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（以下简称《意见》）等“1+N”系列政策为标志，中国“双碳”工作进入起飞阶段。《意见》强调，做好碳达峰、碳中和工作，防范风险是重中之重，要“处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系，有效应对绿色低碳转型可能伴随的经济、金融、社会风险，防止过度反应，确保安全降碳”。

如何认识和防范碳中和过程中的风险，关键在于能否“完整准确全面”地理解和贯彻新发展理念^[1]。目前碳中和面临的突出问题，就是在落实碳中和的过程中，不自觉地陷入旧发展理念。由此带来的后果，就是缺乏对风险问题的准确理解和防范。对有些风险往往高估，对有些则低估，对有些甚至完全缺乏意识。因此，新发展理念是准确认识和防范风险的重要前提。

从生态文明视角看，是否“完整准确全面”贯彻新发展理念，其标准就是如何认识“环境与发展”之间的关系。传统工业化模式是建立在“环境与发展”之间相互冲突基础之上，也即“先污染后治理”模式。如果认识到“环境与发展”之间可以形成相互促进的关系，即“越保护、越发展”，就是新发展理念；反之就仍然是传统发展理念，无法理解碳中和对中国的战略机遇和形成机制。

本报告在新发展理念下对实现碳中和目标过程中的转型风险进行重新认识和分析。报告首先揭示碳中和的实质及其对中国现代化的含义，然后对碳中和面临的风险进行总体研判，并对具体风险进行分析，再以重点煤炭地区的碳中和的主要风险防范进行分析。在分析过程中，我们对国内外相关研究进行评述。最后，报告提出碳中和风险防范的主要研究方向和研究思路。

附录专栏 2-1 碳达峰、碳中和的重要政策节点

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会上宣布“双碳”目标，在国际社会引起巨大反响，极大提振了全球应对气候变化的信心。在10月底的十九届五中全会上，“双碳”目标纳入第十四个五年规划和二〇三五年远景目标。在2020年12月的中央经济工作会议，“双碳”目标被纳入2021年八项重点工作。在2021年3月的两会上，“双碳”成为社会舆论热点。

2020年3月，中央财经委第九次会议，提出将碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局。

2021年7月30日，中共中央政治局召开会议，要求统筹有序做好碳达峰、碳中和工作，坚持全国一盘棋，纠正运动式“减碳”，先立后破，坚决遏制“两高”项目盲目发展。

2021年9月21日，国家主席习近平以视频出席第七十六届联合国大会一般性辩论，宣布中国不再新建境外煤电项目。

2021年10月12日，国家主席习近平在《生物多样性公约》第15次缔约方大会领导人峰会上发出“开启人类高质量发展新征程”的倡议，并宣布中国将陆续构建“1+N”的“双碳”政策体系。

2021年9月22日，中共中央、国务院出台《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》。随后，发布《2030年前碳达峰行动方案》，“1+N”措施陆续出台。以此为标志，中国“双碳”工作进入加速推进的新阶段。在《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会前夕，中国公布《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》。

2021年12月8日至10日，习近平总书记在中央经济工作会议上发表《正确认识 and 把握我国发展重大理论和实践问题》重要讲话^[1]，强调要“正确认识 and 把握碳达峰碳中和”。对于在实际工作中出现一些问题，有的搞“碳冲锋”，有的搞“一刀切”、运动式“减碳”，甚至出现“拉闸限电”现象，这些都不符合党中央要求。要科学考核，完善能耗“双控”制度，创造条件尽早实现能耗“双控”向碳排放总量和强度“双控”转变，加快形成减污降碳的激励约束机制^[2]。

二、理解碳中和的重大历史机遇与挑战

正确认识和防范碳中和的风险，首先要从历史高度认识碳中和的重大机遇与挑战。

“双碳”目标是中央深思熟虑后做出的重大战略决策，是中华民族伟大复兴和永续发展的需要。“双碳”目标是生产生活方式的自我革命，实质是工业革命以来发展范式的深刻转变。它既是前所未有的挑战，更是中国发展的重大战略机遇。讨论绿色转型风险时，不能简单地就风险论风险，而是要跳出传统工业时代的思维方式和狭隘的时空局限，在宏大历史背景下理解碳中和的战略深意及其重大意义。这样才能识别：①转型的机遇（收益）在哪里、机遇有多大，②风险在哪里、风险有多大。在此基础上，才能通过政策降低风险、提高收益，根据风险收益分析（Risk-benefit analysis）进行客观分析。

碳中和不是“要不要做”的选择题，而是“如何实现”的应用题。讨论碳中和的机遇与风险时需要明确，不是因为碳中和的机遇大于风险，我们才要进行碳中和，而是因为现有发展模式不可持续，碳中和是一个别无选择的目标。我们面临的问题，是在实现碳中和的过程中如何抓住机遇、降低风险，以更有效地实现碳中和。

（一）全球碳中和共识与行动标志着绿色发展时代的开启

全球范围的碳中和共识与行动是工业革命以来发展范式的革命性改变。第一，目前约有 132 个国家、1 165 个地区、235 个城市和 69 701 个企业提出了净零排放的气候承诺。这些国家的碳排放量和经济总量均占全球的 90% 左右，人口占 85% 左右^[3]。第二，这些国家有 70% 左右都属于发展中国家。按照过去发达国家的发展路径，碳排放要先到达一个高峰然后才能下降，整体呈“倒 U 形”曲线。现在这么多发展中国家承诺碳中和，通过低碳模式实现经济起飞，是对传统发展模式和发展理论的颠覆性改变，是一个划时代的转变^[4]。

碳中和背景下的发展范式转变，不同于过去讨论的发展方式转变。过去更多的是强调效率提升、产业升级，以及“微笑曲线”。诚然，一个国家可以升级到产业链的顶端，通过将高排放产业转移到其他发展中国家或地区来减少本国生产端的碳排放；但是，其消费端的碳排放，却由于大量进口高碳产品而不会减少。对全球减排和应对气候变化而言，单个国家的这种产业升级就没有太大的实质意义。生态文明视角下的绿色转型，则是指从发展内容到发展方式的全面转型。

（二）开启全面建设社会主义现代化新征程与全球碳中和进程正好吻合

2020 年，中国进入第二个百年奋斗目标，开启全面建设社会主义现代化建设的新征程。第二个百年奋斗目标，不是第一个百年奋斗目标的简单延伸，也不是简单地追赶发达国家的现代化，而是对工业革命以来建立的现代化概念的重新定义。

目前全球广为接受的现代化概念是在工业革命后形成的，且主要是以少数发达工

业化国家为标准的现代化。这种建立在传统工业文明基础上的现代化，虽然极大推动了人类文明进程，且中国亦是这种现代化概念的最大受益者之一，但这种基于传统工业化模式的现代化有其内在局限：一是不可避免地导致生态环境不可持续；二是导致发展目的与手段的背离，难以最终实现全面提高人的福祉这一发展的根本目的；三是无法以此实现地球上所有人口共同繁荣的现代化，更遑论以此建立人类命运共同体。因此，仅思考“如何实现现代化”已远远不够，更应该对“什么是现代化”，进行深刻反思和重新定义，建立面向未来和全球普适的中国现代化新论述。

对现有现代化模式存在的问题，人们也一直在试图进行修正。但是，这些思维更多的是在传统绿色工业文明的思路下寻求问题的解决，未能从根本上揭示这些危机的实质乃是现代化范式的危机，因而也就无法真正克服这些危机。中国式现代化的一个重要特征是“人与自然和谐共生”的现代化。这是对现代化概念的重新定义，跳出了狭隘的经济视野和传统工业文明价值观，从“人与自然”更宏大视野和生态文明价值观出发，建立面向未来且具有全球普适性的中国现代化新论述。

（三）全球疫情加快绿色转型

全球碳中和是对工业革命后建立的传统发展模式的校正，而某种程度上，全球新冠感染疫情暴发也是对传统发展模式的校正，以及对绿色发展前景的大测试。工业革命后形成的发展模式不可持续，根本原因是这种模式导致人与自然关系的破坏。也正是人与自然关系的破坏，才导致像新冠感染疫情这样的危机出现。人与自然关系破坏带来的危机，其表现形式可能是全球变暖、极端天气，也可能是自然界的病毒传播到人类。

新冠感染疫情对传统工业化模式弊端的校正，表现在两个方面：一是发展观念和内容的转变。疫情很大程度上重塑了传统工业时代被商业力量塑造的“美好生活”概念。二是发展方式的改变。由于疫情的阻隔，很多经济活动和交易都是在网上远程进行的。新冠感染疫情不仅昭示了绿色发展的方向，也是对绿色发展可行性的一次大测试。我们反思疫情的时候，一定要从根本上反思工业革命后形成的传统发展模式的弊端，从生态文明中找到根本的解决出路。

因此，碳中和不仅是一个简单的节能减排和技术创新的问题，而且是工业革命以来最全面深刻的发展范式的转变。只有从这种大的历史背景下理解碳中和，才能清醒地认识到碳中和代表的历史大势，才能在面对各种碳中和转型风险时保持战略定力，从容应对。

三、对碳中和风险的总体研判

不同的发展理念决定着对风险的不同认识和不同的应对思路。从新发展理念的角度看，过去传统发展理念下对风险的认识，有些可能高估，有些可能低估，有些甚至未被意识到。在应对风险时，新旧发展理念的解决思路，亦有很大不同。总体而言，旧发展理念是在“环境与发展”相互冲突的认识前提下处理风险问题，解决思路是在冲突关系下如何扩大折中空间，而新发展理念则从“环境与发展”相互促进的不同思路和路径上寻求解决。

（一）关于转型风险研究及其存在的问题

目前，对碳中和风险的认识有两种基本观点。一种是悲观论，认为中国的现代化和工业化还没有完成，从2030年碳达峰到2060年碳中和只有30年时间，相比很多发达国家70年左右的时间，挑战和风险特别大。另一种是乐观论，认为碳中和将带来超过200万亿元的投资，这会刺激中国经济增长。这两种观点均有其合理性，但对碳中和的理解均存在一定偏颇。总体而言，目前关于碳中和风险问题的研究，存在以下特点。

第一，在对风险的认识上，由于传统发展理念是基于“环境与发展”相互冲突的认知，往往低估转型的好处、高估转型的风险。尤其是在经济增长面临困难时，就开始动摇“双碳”的决心，重点讨论所谓如何平衡“双碳”和增长之间的关系。这种讨论的前提，是假定“双碳”阻碍经济增长。以气候变化为例，在标准的气候变化分析中，减排的好处被定义为避免气候变化的损失^[5]，成本则是减排的投入。实际上，减排好处不只是避免气候变化的损失，更有可能使经济跃升到一个更有竞争力的结构，从而远远大于“避免气候变化的损失”。根据联合国政府间气候变化专门委员会的第六次评估报告（AR6），即使各国现有承诺的减排目标都能实现，到2100年全球升温也将达到2.4℃，距实现《巴黎协定》的全球减排目标仍有很大差距^[6]。

第二，在处理风险时，更多的是在传统的“环境与发展相互冲突”的旧思维框架下思考问题，往往看不到绿色转型的重大新机遇，更多的是讨论如何让减排成本可承受^[5]。在此基础上，进一步讨论如何减少对特定行业、地区和群体的冲击。思考问题的思路更多的是在讨论变革过程中如何实现对弱势群体的保护，不是在整体经济帕累托改进的框架下讨论对受损部门的补偿（Kaldor-Hicks improvement）。

第三，对一些特定部门面临的危险有高估的倾向。由于实现“双碳”目标的前提是去化石能源，在讨论碳中和的风险时，人们更多的是关注化石能源退出引发的失业、亏损、资产状况恶化等冲击，并倾向于夸大转型对化石能源行业的冲击。根据中国政

府的规划,非化石能源消费比重到2030年达25%左右,到2060年达到80%以上。“双碳”目标提出后,人们对化石能源的预期发生改变,化石能源在很多人心目中“一夜之间”成为不良资产。但是,化石能源被新能源替代并不意味着化石能源行业从此就成为不良资产。相反,在去化石能源的过程中,化石能源行业只要在其存续期间,都可能保持合理盈利水平。

第四,普遍低估碳中和对产业冲击的深度和广度。碳中和和碳达峰是两个不同的概念。碳达峰在传统发展模式下也能实现,但碳中和则是发展范式的转变,是一个“创造性毁灭”过程,意味着很多产业会推倒重来。比如,汽车产业从传统燃油车转向电动汽车,不只是简单地用电动机替代内燃机,也不只是简单地用自动驾驶替代司机,而是对汽车概念的重新定义,是产业链条重塑。正如手机从当初单一的通话功能,转变到智能手机后功能大幅拓展,且相应的产业生态链发生巨大转变一样,以汽车业为代表的很多产业及其产业生态系统,也会出现颠覆性转变。如果对此缺乏充分的认识和估计,就会对不期而来的风险猝不及防。

第五,在风险问题上,全球层面和国家层面关注的重点各不相同。在全球层面,经济学界对气候变化的主流分析,更多的是在讨论不转型引发的不确定性风险^[7],即温室气体达到一定阈值(Tipping point)后引发的加速气候变化的风险。在本地层面或国家层面,则更多的是关注转型对特定行业、地区和群体的冲击。

(二) 绿色转型面临风险的总体研判

《意见》指出,碳达峰、碳中和工作中,防范风险要“处理好减污降碳和能源安全、产业链供应链安全、粮食安全、群众正常生活的关系,有效应对绿色低碳转型可能伴随的经济、金融、社会风险,防止过度反应,确保安全降碳”。下文从这几个方面对绿色转型的风险进行总体研判。

1. 关于减污降碳与能源安全

在化石能源时代,除化石能源碳排放带来的不可持续风险外,石油、天然气高度依赖进口,也隐含重大安全风险。目前,中国化石能源占85%左右,且“多煤少油缺气”的能源结构,使得中国对石油、天然气的对外依存度分别高达70%和40%左右。从这个角度讲,能源转型不仅可以实现中国发展的可持续,还可以降低能源安全风险。从化石能源转向新能源,潜在的主要风险包括如下内容。

一是新能源特性带来的供给不稳定性风险。降低风险不仅取决于技术进步(储能技术、电网技术等),也取决于新商业模式(如分散储能系统)、电价改革引导用能时段分布、新能源与火电组合等。目前,以可再生能源为主体的电网如何维持稳定性,

在技术上仍然是一个很大的挑战。

二是新能源时代依赖关键金属矿物引发的风险。从碳排放密集的化石能源转型到金属密集的能源体系，对关键金属矿物的需求会飙升，由此引发供应链风险和地缘政治风险。

三是能源转型速度过快带来的风险。能源转型不是简单地填补“总能源需求与新能源供给之间缺口”，背后更是基于传统化石能源的庞大产业体系转型的问题。转型速度过慢固体会引发风险，转型速度过快，类似“休克疗法”，同样可能引发风险。

四是能源价格机制引发的风险。2020年大范围的“拉闸限电”同缺乏灵活的电力价格机制等相关，同“双控”目标缺乏灵活的实现机制亦有关，同“双碳”工作本身其实并没有太直接关系。

五是未来中国能源需求总量的增长路径，也决定着能源风险的量级。如果按照西方生活方式不加限制地扩张能源需求，则中国能源风险就会放大。应始终坚持“节约优先”和能源“双控”的原则，不能简单遵循发达国家能源总量需求增长路径。即使今后新能源极其廉价，也必须坚持能源节约的原则。比如，中国的家庭用电、人均汽车拥有量增长曲线等不能再走欧美发达国家的老路。

现有对能源的需求预测和转型路径设计，更多的是从过去发展经验以及发达国家经济增长与能源需求之间的关系来进行预测^[8]。但是，当传统工业化模式由于不可持续而必须转变时，生产内容和生产方式均会发生转变，与之相应的能源需求也必须主动进行调整。在未来绿色发展方向下，中国的经济结构、消费结构、城镇化模式、交通模式等都会同发达国家有大的区别。比如，中国的千人汽车拥有量不到200辆，美国为800多辆；美国家庭部门的人均用电量是中国的6倍左右。显然，美国的生活方式如果复制到全球，则全球发展就一定不可能持续。中国不能复制美国高度依赖私人汽车的消费模式和生活方式。这样，未来对能源的需求情境就会发生深刻变化。

2. 关于碳中和与绿色产业链供应链安全风险

由于中国在新能源、新能源汽车等绿色产业具有全球竞争力，全球碳中和为中国产业发展提供了一个“换道超车”的历史机遇，但也因此带来了新的全球供应链风险。在新能源方面，中国光伏产业为全球市场供应了60%以上的硅料、90%以上的硅片、89%左右的电池片、70%以上的组件。同时，中国也是世界上最大的风机制造国，产量占全球的一半。全球前15大风机厂商的市场占有率排名，中国占10家。2021年中国可再生能源的投资占全球的35%，约占全球前十大投资国投资总和的一半。在新能源汽车方面，中国同样有较大优势。2020年和2021年，中国新能源汽车

占全球销量的比例分别为 41% 和 53%。在全球 20 大新能源汽车厂家中，中国占 12 家，德国占 3 家，美国占 2 家。2021 年中国新能源汽车出口达到 31 万辆，同比增长 304.6%。

一是大国竞争带来的国际供应链风险。在过去，全球产业分工产生的风险是靠稳定的市场契约机制及多边贸易合作机制（WTO）来控制。近几年，由于个别大国以“公平贸易”之名发起的贸易战、以安全名义发起的“卡脖子”断供、以人权问题发起的制裁等非市场化行为，这两个机制均不再像过去那样有效。与此同时，全球新冠疫情暴发导致供应链受到很大冲击。在这种新的条件下，如何建立起有效的风险防范机制，就成为一个新的挑战。

二是能源系统全面转换带来的供应链风险。随着化石能源转向关键金属矿物密集的新能源体系，对关键矿物的需求会大幅飙升，相应的供应链风险也会大幅增加。国际能源署预测，光伏发电对金属资源的需求是燃气发电的 5 倍；海上风电对金属资源需求是燃气发电的 13 倍。电动车队金属矿物的需求是燃油车的 6 倍。未来 20 年，总的金属矿物需求将提高 6 倍。其中，锂的需求增加 42 倍，石墨需求增加 25 倍，钴的需求增加 21 倍，镍的需求增加 19 倍，稀土增加 7 倍^[9]。

目前看来，中国在关键金属矿物上面临的风险，总体处于可控状态，但风险在持续增加。由于中国较早就开始强调充分利用“两个市场”和“走出去”战略，中国在全球关键矿物上已有较好布局。目前，中国在关键矿物的供给上相对主动，供应总体稳定。但是，由于全球碳中和以及技术进步的速度大大超过预期，全球对关键矿物的需求会大幅增加，相应的供应风险和不确定性也随之加大。尤其是，随着中国新能源和电动车在全球市场快速扩张，目前不需要依赖进口的关键矿物，很多会成为高度依赖进口且相互竞争的关键矿物。

中国对关键矿物的需求不只是满足国内产品需求，也是为了满足全球产品需求。目前，中国是全球最大的可再生能源市场和设备制造国，也是世界上最大的智能电动车生产国。中国正从传统意义上的世界工厂转型升级为全球绿色智能制造工厂。由于中国有庞大的国内市场支持和绿色发展战略，绿色产业体系的扩张具有独特优势，预期今后“中国绿色制造”的很多产品，将会在世界上居于支配地位。

国内和国外需求的叠加会带来中国对关键矿物需求的快速增长，进而一些矿物会由自给变为依赖进口。以铬为例，2000 年之后，随着中国在不锈钢全球市场份额快速扩大，中国对铬的需求随之大幅上升。中国新能源和电动车等高科技相关的很多关键矿物需求，应该都会遵循这个路径快速扩张。因此，中国必须未雨绸缪，做好应对关

键矿物需求大幅增加后依赖进口的准备^[10]。

3. “双碳”目标与粮食安全需要新思路

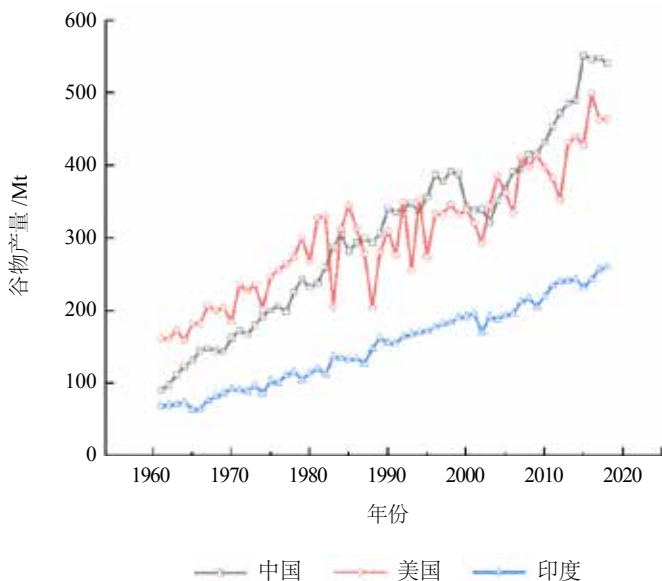
所谓粮食安全，就是粮食供给保证满足粮食的需求。但是，对粮食需求有两个不同的标准，一是商业需求的标准，二是健康营养需求的标准。长期以来，尤其在基本的温饱问题解决后，粮食安全更多的是根据商业需求进行定义。发达国家过去的粮食需求增长路径，就成为估测本国粮食需求的主要依据。但是，由于发达国家的饮食结构和农业结构更多的是在商业力量驱动下形成，这种基于商业力量的粮食总量需求和结构需求标准，带来了大量的健康、环境资源等问题。粮食供给和需求之间，长期处于随时可能失衡的状态。目前的粮食安全风险，很大程度上就内置于这种粮食需求的概念之中。

这种基于商业需求定义粮食安全概念的逻辑，同背后的传统工业化逻辑一脉相承。农业“现代化”的过程，就是一个被工业化逻辑改造的过程。如果从生产内容（what）和生产方式（how）两个维度考察，则农业“现代化”的过程中，农业的生产内容就从过去的植物性产出为主转向动物性产出为主，生产方式则由过去的生态农业转变成工业化农业、石油农业和单一农业。传统工业化模式不可持续，而在工业化逻辑下形成的农业发展模式，同样不可持续。

以世界卫生组织（WHO）的健康营养需求标准看，全球粮食供给实际上远超目前的粮食需求。但是，由商业力量驱动的粮食需求，不仅使得粮食需求持续扩张，而且推动农业结构向动物性产品结构转变。在这个过程中，农业结构和饮食结构相互促进，不断偏离健康营养需求结构，最终形成“饮食结构—健康—农业结构—环境”的恶性循环。也就是说，以动物性产品为主的“现代”饮食结构，带来大量健康风险（所谓“富贵病”）和医疗支出，而这种现代饮食结构，又对应动物性农业供给结构。由于动物性产品的资源环境代价远远大于植物性产品，这种特定的饮食结构和农业结构，就对应着严重的生态环境资源气候变化等问题。比如，全球 77% 的农业土地直接或间接用于动物性产品的生产，一半左右的粮食用于动物饲料^[11]。

这些问题的背后，均是传统工业化逻辑和商业力量在驱动。“现代”农业本质上是高碳“石油农业”，农业成为生态环境破坏的主要因素。在气候变化方面，农业温室气体排放不仅成为气候变化的驱动因素（碳源），农业自身也成为气候变化的受害者。根据 IPCC 第六次评估报告，农业、林业和其他土地利用排放占 23%。由于“现代”农业建立在工业化逻辑基础之上，其投入、生产、加工、销售等环节均高度依赖全球分工贸易，从而本地农业也就同全球市场风险直接相联。

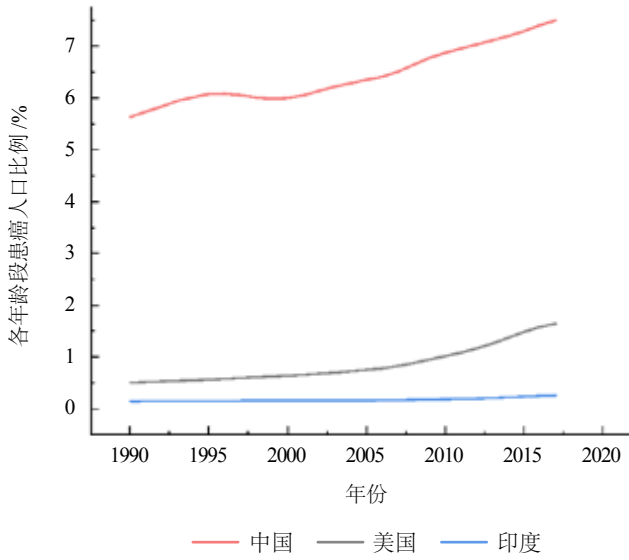
如果比较一下中国、美国和印度的粮食产量和健康状况，就可以对“饮食结构—健康—农业结构—环境”的恶性循环有直观了解^[12]。中国和印度的人口相当，印度的粮食产量只有不到中国的一半（附录图 2-1，且 2020 年印度为 3.08 亿 t，中国 2021 年为 6.8 亿 t），但印度却是粮食出口大国，大米出口占全球出口的 1/4。从 2004 年开始，中国从农产品净出口国成为净进口国。根据海关总署的数据，2021 年中国进口粮食 1.65 亿 t，占中国粮食总产量的 24.1%，粮食对外依存度为 19.4%，其中，大豆进口 9 651.8 万 t，进口依存度为 85.5%。与此同时，虽然中国总体癌症发生率低于美国，但是高于印度且呈明显上升趋势（附录图 2-2）。实际上，中国每个年龄段的癌症发生率均数倍于印度（附录图 2-3）。



附录图 2-1 中国、美国、印度谷物产量比较

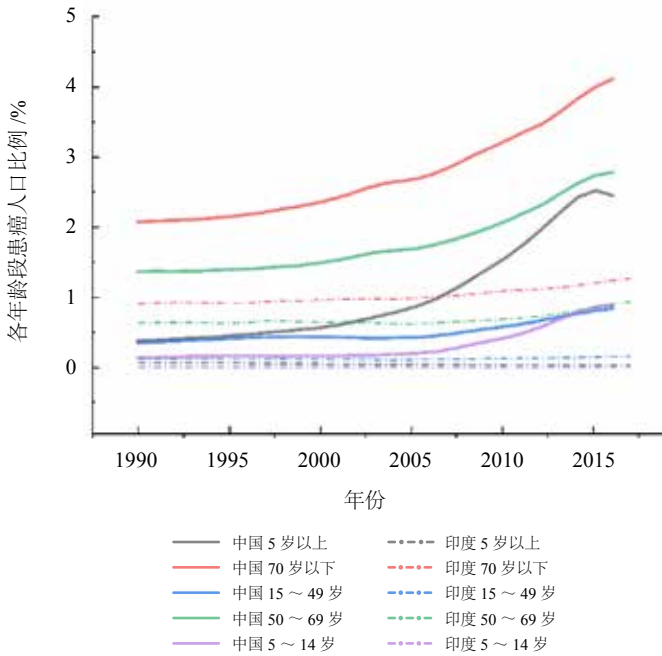
数据取自 Our World in Data。

数据来源：UN Food and Agriculture Organization(FAO)。



附录图 2-2 中国、美国、印度癌症发生率比较

数据取自 Our World in Data。
数据来源：Global Burden of Disease (IHME)。



附录图 2-3 中国与印度不同年龄段癌症发生率比较

数据取自 Our World in Data。
数据来源：Global Burden of Disease (IHME)。

因此，解决粮食安全问题，就需要对粮食安全概念进行重新定义，重新思考农业、饮食、健康、环境等基本问题，将“饮食结构—健康—农业结构—环境”的恶性循环转变为良性循环。在这个良性循环下，粮食的需求回归正常的健康需求，人们健康状况明显改善，资源环境问题得到改善。同时，农业发展方式从石油农业转向生态农业，现代农业就有望从碳源转变为碳汇。

4. “双碳”目标与群众正常生活

“双碳”的根本目的是让发展回归发展的初心，即提高人们的福祉。“双碳”不仅需要生产方式的深刻转变，也需要生活方式的深刻转变。在这个转型的过程中，人们的正常生活应不断得到改善。但是，这个发展范式的转变过程，可能会在特定阶段对特定人群的生产与生活产生不同的影响。

第一，“双碳”目标的直接内容是能源体系的转变，随着新能源成本大幅降低，长期来看会带动总的能源成本的不断降低，从而改善人们的生活品质。

第二，由于碳中和是一个减少化石能源比重的过程，部分化石能源密集的地区、行业、群体会受到冲击。但是，化石能源比重降低不一定意味着化石能源就此成为夕阳行业或不良资产。在去化石能源的过程中，由于能源供给总量可控，在“30-60”路线图下，可以维持化石能源企业的合理盈利水平，以此促进新能源发展。这意味着碳中和对一些特定人群的冲击，可以通过有效的政策和机制设计进行对冲。

第三，关于“双碳”影响人们生活的说法。一些人将2021年部分地区出现的“拉闸限电”原因归于“双碳”，但实际上“拉闸限电”主要是煤电价格不合理、化解煤炭过剩产能、出口拉动、地方上“两高”项目、天气，以及缺乏“双控”目标的灵活实现机制等原因引起，同“双碳”工作基本没有直接关系。

第四，一些地方在实施“双碳”工作的过程中，采取简单粗暴、“一刀切”的做法，比如随意关闭工厂等，的确影响了部分群众生活。这些是未能“完整准确全面”理解和贯彻新发展理念引起，也正是中央在《意见》中要纠偏的做法。

四、碳中和与重点风险防范

（一）对碳中和的认识误区是最大的战略风险

全球碳中和是基于科学共识的结果，不是“可做可不做”的选择题，而是“如何做”的应用题，也是中国的重大战略机遇。认识和抓住这个机遇的关键，是“完整准确全面”理解和贯彻新发展理念。新发展理念的实质是建立起“环境与发展相互促进”的认识和机制；传统工业时代的旧发展理念则是将“环境和发展”视为对立关系，是一种“先

污染、后治理”的发展理念和发展模式。如果不深刻理解碳中和问题的实质，就会将碳中和视为发展的负担，或将碳中和简化为一个技术问题、能源问题，或“为减碳而减碳”等，由此带来战略风险。

（二）不纳入生态文明建设整体布局的风险

减碳既有有利于环境保护和资源节约的一面，也有不利于环境保护和资源节约的一面。比如，减少化石能源可以改善空气污染，有利于健康，但新能源会大幅增加对关键金属矿物的需求，其采掘、冶炼、加工、制造、运输、安装、维护、报废处理等全生命周期，均会产生大量污染。如果为减碳而减碳，不考虑其他维度的风险，则单一的减排行为可能会加剧生态系统的破坏。因此，必须将“双碳”纳入生态文明建设整体布局，实现减碳与生态环保相互促进^[13]。

（三）碳中和对重点煤炭地区的冲击

具体包括对经济、就业、财政等的冲击。这些煤炭富集地区的发展模式有两个典型特点。一是过去一直依靠传统工业化道路，即“挖煤、开矿、办工厂”。二是不仅严重依赖资源禀赋优势，而且经济处于传统工业化模式产业链中的高碳、低附加值产业链环节。这些地方不只是面临能源转型的问题，其更基于能源禀赋的整个产业基础（包括制造、服务）、财政基础、就业结构等，均需要系统转型。以内蒙古为例，超过80%的规模以上工业增加值来自能源和原材料工业；六大高耗能行业能耗占规模以上工业能耗的比重为89.4%，单位GDP能耗是全国平均水平的3倍，单位GDP碳排放和人均碳排放是全国平均水平的4倍。与此同时，其风、光等新能源资源和生态文化等资源也异常丰富，但没有得到充分开发^[14]。

（四）碳中和对重点工业行业的冲击

过去40年，制造业一直是中国高速增长的最重要引擎，也是中国环境问题的一个主要原因。工业碳排放总量仍占全社会碳排放总量的70%以上（其中约40个百分点为工业电力排放），能源消费占全社会能源消费总量的60%以上。作为世界工厂，中国20%~30%的碳排放内涵在出口产品中。碳中和首当其冲的是化石能源行业。工业最为突出的是电力、钢铁、建材、有色金属、石油和化工六大高耗能行业，其碳排放占工业二氧化碳排放的80%左右。考虑工业碳排放中电力排放约占40个百分点，加之这些行业的产量已达到或接近峰值，2030年前实现工业碳达峰并不是一个特别难题，但最大的挑战是实现碳中和目标。碳中和是一个“创造性毁灭”过程，意味着经济的彻底重塑。很多产业面临着转型甚至淘汰的问题。这又会带来大量的转型公正问题，包括再就业、地方税收等问题。

（五）碳中和带来资产重新定价

由于“双碳”目标深刻改变市场预期，在新的约束条件和发展理念下，成本、收益、最优化行为等概念发生深刻变化，引发市场对特定行业尤其是化石能源及其相关行业资产的重新定价。这会带来资本市场、股票市场、企业、居民户和国家的资产负债表的重大变化，对经济产生系统性冲击^[15]。这个过程，尤其需要谨慎处理，管控风险。但是，需要区分两个不同概念，即夕阳行业和不良资产行业。诚然，碳中和意味着去化石能源的过程，但这并不意味着化石能源行业就会成为不良资产行业。在“30-60”的路线图下，化石能源比重会不断下降，但市场中的化石能源（及能源总体价格）可能会维持在相对高水平。这样不仅可以加快新能源的发展，也可以减少国家对化石能源行业的转型扶持负担。

（六）克服绿色结构跳跃的风险

绿色转型是从一种结构跳到另外一种结构。比如，从传统汽车跳到电动车，从传统出租车模式跳到网络平台共享租车模式，从化学农业跳到互联网生态农业。虽然新的结构下收益会更高，但由于这个跳跃过程可能会失败，因此如果没有相应的风险规避机制，转型就会很困难，经济就会锁定在传统经济结构。所以，需要建立一种“绿色保险”机制，以促进这种“0 → 1”的结构跳跃。这种机制，可以是类似农业保险、政府兜底补贴、新型资本创投机制等。

（七）适应气候变化的风险

应对气候变化包括减缓和适应。农业科学家通常根据作物模型模拟气候变化对农业产量的影响，经济学家则引入“精明的农民”（smart farmer）概念，揭示农民会改变种植模式以适应气候变化^[16]。但是，由于市场复杂的价格反馈机制，改变种植模式并不一定会增加收入，不改变种植模式不一定会减少收入。因此，在很多情形下，分散的市场机制才是最有效的气候风险规避机制。

五、重点煤炭地区绿色转型的挑战与风险

“双碳”目标是中国发展的重大历史机遇，但也会对一些特定地区、特定行业、特定群体产生相应的冲击。内蒙古与山西是中国能源大省，煤炭产量均超过10亿t，分别占全国煤炭产量的30.71%和35.27%。长期以来，两地形成了基于煤炭资源禀赋的经济结构、就业结构、财税收入等。但与此同时，这两个地区都有丰富的新能源资源、生态资源和文化资源，有独特的绿色发展优势。根据中煤协《2021年煤炭行业企业社会责任报告》，2020年煤炭全行业从业人员接近285万人，其中大型煤企从业人

员 210 万人，占 74%。下文以这两个典型地区为例，对绿色转型面临的挑战进行总体研判，简要揭示其在“立”和“破”方面面临的主要风险。

（一）总体情况

1. 内蒙古

由于煤炭资源禀赋优势，内蒙古过去很大程度上走的是不可持续的传统资源型发展道路，在带来经济发展的同时，也带来了大量生态环境问题。内蒙古用全国 7.2% 的碳排放量生产全国 1.7% 的经济总量，能源消耗占 5.2%，是全国平均水平的 3 倍，人均碳排放水平是全国平均水平近 4 倍。目前，内蒙古的能源和原材料产业工业占规模以上工业增加值比重仍达到 82%，电力、化工、钢铁、有色金属、石化、建材等传统高耗能行业能耗占规模以上工业能耗的比重仍然占到 89%。内蒙古煤炭的外运量保持在 5.5 亿~6 亿 t，占全国跨省调煤量的 1/3。内蒙古向全国输送的煤炭、煤电装机均为全国第一。电力外送通道输送电力始终占全国第一位，将近 20%。目前，内蒙古经济发展过度依赖高耗能产业的总体格局尚未得到根本扭转。2020 年全区高耗能行业投资仍占制造业投资的 64% 以上^[4]。

与此同时，内蒙古绿色资源也十分突出。其风能、光伏资源、生态资源均十分丰富。作为我国北方生态安全屏障，内蒙古走“生态优先、绿色发展”的转型之路，具有得天独厚的优势。内蒙古拥有 13 亿亩草原、3.5 亿亩森林、6 000 多万亩水面和湿地，草原、森林面积均居全国之首，不仅是北方面积最大、种类最全的生态系统，而且是众多江河水系之源、北方大陆性季风必经之地，是这个核心区的重要生态安全屏障。此外，内蒙古的文化资源也非常丰富。

2. 山西

山西省煤炭储量达 507.25 亿 t，占全国储量的 1/3，是中国最大的煤炭省份。相应地，其经济也是建立在煤炭基础之上。高耗能产业比重占山西能源消耗总量约 70%，能源产品大部分输出省外。2021 年山西煤炭的外调量占本省产量约 60%，电力外输量占全省发电量超过 30%，焦炭的外调占全省产量的 80%。对于山西煤炭为主的产业结构现状，尤其需要“先立后破”，稳中求进。去煤对传统产业转型的压力必须妥善处理，避免影响全国产业链和供应链，影响山西经济的稳定发展。煤炭相关领域的地方财政收入占到 30% 以上，必须充分考虑财政收入的稳定性。与此同时，山西有丰富的新能源资源和文化资源，绿色发展也有独特优势。

（二）“破”的挑战

在“破”的方面，这些地方具有的共性挑战主要是煤炭及煤基产业受到冲击，由

此引发对就业、产业、地方财政、社会保障、生态环境、资产重新定价等方面的影响。但是，由于目前煤炭还没有真正进入下降通道，现阶段煤炭行业普遍保持盈利状态。煤电的困难则主要是煤电价格机制等因素，以及自身经营的影响。

煤炭及煤基产业（包括煤化工、煤电）由于资本密集程度高，加上历史债务，其负债率偏高。一旦关停或限产，会承受较大债务风险。同时，由于煤矿、煤电机组服务年限较长，高投入的资产会面临闲置和浪费。但是，由于去煤是一个有序渐进的过程，不是“一夜之间”全行业关闭，因此去煤过程的实际风险释放，也是一个渐进的过程。在去煤的过程中，煤炭价格实际上有可能且有必要维持在一个合理的相对高水平。至于煤基产业的资产负债率高，同“双碳”目标并没有直接的关系。“双碳”目标只是进一步暴露了企业风险。煤炭产业及煤基产业是内蒙古和山西的税收大户，占地方财政收入1/3以上。但是，这种影响也不会立即释放。因此，虽然这些重点煤炭省份在“双碳”过程中面临很大挑战，但只要按照“30·60”路线图稳步推进，各种挑战就可以克服。

（三）“立”的挑战

- 重点煤炭地区在全国“30·60”路线图中的梯次。
- 新能源建设和国土空间规划之间尚需进一步协调。
- 清洁能源的输出问题尚待解决。
- 绿色投资还没有形成市场化的途径和投资模式，相应的技术与人才也十分缺乏。
- 内涵排放的补偿机制尚待完善。内蒙古和山西均为煤炭和煤电输出大省。虽然生产端碳排放高，但很大比例是为全国输出能源。如何界定内蒙古和山西这样的内涵排放输出省份的减排责任，并建立碳达峰、碳中和的地区合作机制，就成为一个重要议题。
- 在绿色转型方面，中央和地方的职能如何准确界定，包括公共投资、财政支出责任等，都需要进行界定。

六、今后的研究议题和政策含义

关于“双碳”目标的风险，目前已有大量的研究。现在最需要的是跳出传统工业化思维，在新发展理念下对相关风险进行重新认识和评估，在此基础上提出新的风险防范思路和具体政策建议。

（一）碳中和新的话语体系和政策论述研究

目前出现的关于碳中和的认识上的一些反复，很大程度上是未能建立起促进碳中和的话语体系和政策论述。必须充分认识到不转型的坏处和转型的好处，强化对全球

气候变化危机严重性和紧迫性的认识。尤其是揭示全球气候变化对中国的危害。必须认识到最大的风险是不转型的风险，转型反而是中国发展“换道超车”的历史机遇。在复杂严峻的形势下，决策者应保持碳中和的战略定力。

（二）对现有的所谓转型风险进行重新评估

目前讨论的很多转型风险，实际上并非来自绿色转型，而在于传统发展模式本身的积弊。转型只是将暂时掩盖的风险暴露。因此，解决这些风险的根本是靠彻底转变发展方式，而不是不转型或拖延转型。如果不转型，这些风险总会爆发，破坏性更大。尤其是，需要对现有的所谓转型风险进行重新评估。现在担心的很多所谓转型风险，其实同“双碳”基本无关。比如，“拉闸限电”并非由“双碳”引起。将这些所谓的风险归于“双碳”，对中国会产生非常不利的影 响。有一些风险，则被高估；有一些则被低估或未能意识到。

（三）碳中和背景下政府职能转变研究

目前关于政府职能的标准定义，都是在以工业化模式为基础的市场经济下的定义。当传统工业化模式因为不可持续而必须进行绿色转型时，相应的市场和政府的职能也必须进行转型。

（四）如何更好地发挥市场对降低风险的机制研究

功能完善的市场机制是避免“双碳”风险的最有效手段之一。有效的市场机制不但可以减少风险的发生，还可以在风险发生时分散风险，提高经济韧性。

（五）推动绿色转型的突出问题、政策路径和机制设计研究

目前出台的“1+N”政策体系，在具体落实时还需要做大量深入细致的工作，包括如何进一步提出具体政策建议，如何对实施过程中可能出现的问题进行预警，如何对实施过程中的经验和教训进行及时总结等。尤其要避免行政操作不当引发的风险。比如，对所有地区、行业“一刀切”政策。

（六）将“双碳”纳入生态文明建设的整体布局的重点研究

一方面，由于“双碳”目标的实现是一个系统工程，如果不将“双碳”目标纳入生态文明整体布局，则目标就很难实现；另一方面，目前一些“为碳而碳”的单一思维，未能将减碳同生态环保资源利用等进行统筹协调，甚至在一些情形下加剧了不可持续。

（七）绿色技术创新风险激励机制研究

绿色转型是一个“0→1”的过程，新技术在研发或/和推广过程中，在技术上和市场上都面临“惊险的一跳”。如果没有有效的风险分担机制，比如资本市场机制设计、

保险机制、社会保障机制等，则绿色转型的行动，就会因为风险大而无法实现。

参考文献

- [1] 习近平. 正确认识和把握我国发展重大理论和实践问题 [EB/OL]. (2022-05-15)[2023-04-18]. http://www.qstheory.cn/dukan/qs/2022-05/15/c_1128649331.htm.
- [2] 中共中央, 国务院. 关于完整准确全面贯彻新发展理念 做好碳达峰碳中和工作的实施意见 [R]. 2021, http://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5649728.htm.
- [3] Energy& Climate Intelligence Unit <https://eciu.net/netzerotracker>.
- [4] 张永生, 禹湘. “中国碳中和的战略与实现路径” [R]. 载谢伏瞻主编. 《中国经济形势分析与预测 (经济蓝皮书)》. 北京: 社科文献出版社, 2021.
- [5] Nordhaus W. Climate change: The ultimate challenge for economics[J]. American Economic Review, 2019, 109(6): 1991-2014.
- [6] IPCC. The science of temperature overshoots Impacts, uncertainties and implications for near-term emissions reductions[R]. 2021. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/06/SR15_Full_Report_High_Res.pdf.
- [7] Weitzman M L. Fat-tailed uncertainty in the economics of catastrophic climate change[J]. Review of Environmental Economics and Policy, 2020.
- [8] 林伯强. 碳中和进程中的中国经济高质量增长 [J]. 经济研究, 2022, 57(1): 56-71.
- [9] IEA I E A. The role of critical minerals in clean energy transitions[J]. world energy outlook special report, 2021.
- [10] 汪鹏, 王翹楚, 韩茹茹, 等. 全球关键金属 - 低碳能源关联研究综述及其启示 [J]. 资源科学, 2021, 43(4): 669-681.
- [11] Our World in Data, Land Use. <https://ourworldindata.org/land-use>.
- [12] Our World in Data, Agricultural Production. <https://ourworldindata.org/agricultural-production>.
- [13] 张永生. 为什么碳中和必须纳入生态文明建设整体布局——理论解释及其政策含义 [J]. 中国人口·资源与环境, 2021, 31(9): 6-15.
- [14] 包思勤. “双碳”背景下内蒙古产业结构战略性调整思路探讨 [J]. 内蒙古社会科学, 2021, 42(5): 199-206.
- [15] 朱民. 碳中和将引发资产重新定价 [R/OL]. 2021. <https://www.yicai.com/news/101246964.html>.
- [16] Mendelsohn R, Nordhaus W D, Shaw D. The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis[J]. The American economic review, 1994: 753-771.

附录 3 项目前期研究报告：可持续贸易与投资

一、贸易和环境的协同作用

在许多国家，贸易依然是 GDP 增长的重要动力。贸易也是许多国家经济复苏的关键因素，尤其是受到第一波疫情经济冲击的亚太地区。

通过增加就业、提高工资、减少贫困和反复发生的不平等，贸易有助于实现共同富裕目标。研究数据展现了贸易开放度和工资水平的显著正相关性。例如，参与全球供应链会带来平均工资水平提高 4 个百分点。开放贸易还能间接改善社会状况和工作环境。然而社会福利不会随着贸易开放自然提升，还需要强有力的国家政策或境内措施与之配合。

研究贸易、创新和全要素生产率之间复杂关系可以得到类似结论。贸易可以带动服务行业就业人数净增长，同时加快金融服务、电子通信和工程服务等行业的收入增长。更重要的是，一些国家出口多种高附加值商品，这些商品内嵌的服务业需求正创造越来越多的就业机会。

附录专栏 3-1 贸易与性别

缩小性别差距是发展的一项重要目标。越来越多的证据表明缩小性别差距有显著的经济意义，比如性别平等与 GDP 增速正相关。促贸援助（Aid for Trade）等倡议设立了专项项目鼓励女性企业家参与贸易，缩小两性收入差距，并培养女性在贸易中的领导力。在 2020 年，联合国成立了贸易与性别非正式工作小组，以便更好地收集女性从事贸易的数据，测量贸易政策和趋势对女性就业和工资的影响，并且评估贸易相关的商品和服务价格变动对最脆弱群体的影响。2017 年 12 月，超过 125 个 WTO 成员国签署的关于女性与贸易的《布宜诺斯艾利斯宣言》，体现了加强版的基于性别的分析（GBA+）的重要性。GBA+ 也能帮助评估贸易对女性的影响以及发掘如何支持女性赋能、创业和收入平等。然而女性依然面临挑战，比如女性受到法律限制和培训机会限制，缺乏贸易投资和其他筹资的机会。世界银行国际金融公司估值，女性企业家和男性企业家的资产差距为 3 000 亿美元。

绿色贸易：2022年是联合国里约环境与发展大会30周年。在里约环境与发展大会上，与会政府承诺在可持续发展过程中，保证贸易和环境的相互支持关系。

在日益丰富的绿色低碳商品和服务的全球供应链中，贸易扮演重要角色。例如，贸易使得太阳能电池和其他新能源商品和服务更加实惠和普及。过去的10年中太阳能电池板的价格降低了大约80%，和大部分地区2%左右的关税共同推动了全球新能源贸易。

绿色贸易不仅仅包括低碳新能源。具体来说，低碳、零毁林和无污染商品与服务市场估值为每年2000亿美元。大部分预测显示，数百种国际流通的绿色商品和服务（包括钢材、汽车、咖啡和旅游业）的市场将持续扩张。例如，国际能源署报告称，电动汽车的销量在2018—2021年增长了两倍，占全球销量的10%。绿色氢市场预计将在未来10年内急剧增长。

附录专栏 3-2 绿氢

绿氢是绿色贸易的一个重要新兴领域，是很多国家净零排放计划的优先领域之一。绿氢是指用可再生能源制造的氢能，是实现碳中和的一条路径。液氢的大规模运输始于2021年，运输使用了新型的专用大型容器。随着贸易扩张，贸易政策可以通过认证标准和联动进出口市场，帮助区分不同类型的氢能（棕氢、灰氢和绿氢）。

最近世贸组织成员国的部长级声明反映了贸易与环境之间的广泛联结，并计划检视贸易在以下领域的角色：塑料污染，零毁林政策供应链，规范化石能源补贴，净零排放转型路径和其他领域。

本前期研究专家组指出，联动贸易和绿色目标的机会会有很多，但也有很多概念差异可能造成阻碍。贸易规则和气候与生态系统保护举措（如自然资本核算）都重视市场失灵和定价失灵的纠正。贸易体系和气候生态举措理论上都支持环境外部性的内部化。但在实际操作中，两者在怎么实现内部化的问题上分歧较大。例如，很多政府在利用碳定价和其他定价策略减少外部性的同时，提供了大约1.8万亿美元对环境有害的补贴。

专家组还指出贸易允许存在小部分、限时的豁免，可享受绿色补贴支持，比如之前世贸组织为农业推出的临时绿箱政策。考虑实现昆明生物多样性和格拉斯哥气候目

标，需要对补贴政策进行大规模改革，需要明确获取绿色补贴的永久方案，同时履行既有规范，限制有害补贴。

专家组留意到了贸易和环境治理之间的其他差异。虽然世贸组织和大多区域内或双边贸易协定都基于一套相对统一的规则（如最惠国、反歧视、国民待遇原则或禁止出口限制），但《巴黎协定》的治理架构采用的是基于自下而上、通过国家自主贡献（NDCs）建立的多样化原则。NDCs 之间的差异通常很大，这种差异既体现在温室气体减排的目标和时间线上，也体现在可选的措施上，例如基于市场的碳定价、法规、法定标准、绿色采购、绿色融资、碳捕集与封存、绿色基础设施投资、研发创新筹资等措施。

鉴于国际上政策选择的差异可能会持续到 2030 年，前期研究专家组强调国际合作、对话、建立信任和避免摩擦的重要性。世贸组织支持透明的通报系统可以为围绕碳定价的国际合作提供借鉴。除透明度外，减缓气候变化措施的差异性可能会导致贸易摩擦，特别是采用碳边境调节机制、市场准入禁令、制裁和其他工具的情况。专家组强调，现有的世贸组织措施有效确立了不同法规和标准的可比性和等效性。例如，世贸组织的技术性贸易壁垒协定的合格评定规则与国际标准相结合，提供了一个框架来比较不同的碳减排措施并促进不同措施的融合¹。

昆明缔约方大会谈判结果可能会包括一个类似的自下而上方案。“2020 年后全球生物多样性框架”将通过更新的《国家生物多样性战略和行动计划》在国家层面实施。随着生物多样性可持续利用的重要性日益增加，加上私营部门农商品公司的气候行动越来越多，绿色金融服务，以及有害环境的农业补贴²的改革行动，许多贸易和气候问题可能涉及全球生物多样性目标。

绿色标准：国家自然政策的内在差异在可持续性采购标准上体现得淋漓尽致。现在全球市场上有数百个强制性和自愿性标准。这些标准都旨在推动绿色发展，但在用于定义绿色、低碳、低污染、可持续性或其他特征的指标以及衡量实施过程和结果的审计指标上存在很大差异。由于大多数绿色标准侧重于通过碳税等措施改变钢铁、

1 加拿大国家碳价采取按计划逐渐加严的碳税机制。自 2019 年启用后，加拿大国家碳价从每吨 20 加元涨到 2022 年的每吨 50 加元，并将于 2030 年上涨至每吨 170 加元。加拿大案例的一个有趣特点是利用了联邦（国家）定价和不同省级市场机制之间的等效性，比如魁北克省和新斯科舍省使用了总量控制和贸易手段而非碳定价。

2 在 2021 年全球政府一共提供了约 1.8 万亿美元对环境有害的补贴，包括对化石能源、农业和其他领域的补贴。由大自然保护协会、保尔森基金会和哥伦比亚大学编写的一份重要报告提出了一项融资提案，内容包括取消对环境有害的农业补贴和其他违背环保目标的补贴。国会之前绿色金融专项政策研究中建议中国处理对环境有害的农业补贴。2022 年国会创新金融前期研究将补贴改革定义为国会未来工作的重点。

电力、水泥、农产品和其他商品的生产或定价方式，这与贸易系统实现商品区分¹的重心形成了矛盾。

区域贸易协定：《北美自由贸易协定》等早期政策模式有助于指导后续的双边和区域自由贸易协定如何通过独立章节制定环境条款，以及在某些情况下建立国际环境合作方案。早期的《北美自由贸易协定》模式已经影响了《全面与进步跨太平洋伙伴关系协定》（CPTPP）和其中的环境章节。中国已于2021年9月申请加入CPTPP。

2019年《区域全面经济伙伴关系协定》（RCEP）是一项重大成就。虽然RCEP不包含环境条款，但是RCEP与更广泛的东盟（ASEAN）制度结构相关联。东盟制度结构的工作范畴与气候变化、联合国可持续发展目标（SDGs）、生物多样性保护等多个领域相关。

绿色“一带一路”：“一带一路”倡议是有史以来规模最大的贸易融资来源之一，也为推进绿色贸易提供了重要平台。世界银行估测，“一带一路”融资可以带来全球贸易总量1.7%~6.2%的增长和全球实际收入0.7%~2.9%的增长。国合会的工作通过持续完善融资标准和保障措施以及禁止海外煤电等关键领域的融资，推动新的绿色“一带一路”投资。国家发展和改革委员会于2022年3月发布了全新的、全面的、雄心勃勃的指导方针，以进一步推进“一带一路”的绿色成果。新方针的重心之一是绿色贸易，特别要求“一带一路”倡议“继续优化贸易结构，大力发展高品质、高技术、高附加值的绿色产品贸易。加强节能环保产品和服务的进出口。”

二、绿色产业政策

虽然产业政策的现有定义和分类繁多，但其内部存在很大差异。所以更有效的方法是案例研究²来分析政府政策的内容和影响。

2008年的全球金融危机暴露出市场失灵和政府监管不力等问题后，人们对产业政策的兴趣逐步提高。联合国贸易与发展会议（UNCTAD）在2018年发布的《世界投资报告》估算，占全球GDP 90%的84个国家在过去5年中采取了正式的产业政策。国际货币基金组织（IMF）于2019年发布的一项有影响力的经济研究（“不能透露名称的政策将回归”）分析了其所指的“真正的产业政策”，这样的政策应该围绕鼓励

1 国际上促进绿色融资分类和标准融合的新动向，比如国际财务报告准则基金会创建新的国际可持续发展标准委员会，展示了缩减主要标准制定机构差距的努力。

2 经济合作与发展组织（OECD或经合组织）发布的《生产转型政策回顾》建立了一个同行评审程序用来考核不同的产业政策内容。例如，经合组织在2018年对深圳的评估展示了这座拥有1800万人口的城市如何从20世纪70年代的小渔村发展成为全球金融、技术和创新中心。

科技创新的政府支持展开，并不局限于挑选和补助产业中的“佼佼者”（因为这通常不是政府的强项）。

国际货币基金组织的报告名称反映了产业政策在许多经济学家和贸易专家圈内的坏名声。然而，新一代产业政策侧重于设立使命导向的宏大目标（经济学家玛扎卡托¹称之为登月使命），并呼吁前端融资、税收优惠、降低初创企业创新风险等扶持措施，建立丹尼·罗德里克（Dani Rodrik）所指的持续制度过程（在这个过程中公司与政府合作共同清理阻碍创新的法规）。

国际货币基金组织提出，成功的产业政策不太依赖市场中“看不见之手”，而更依赖“国家之手的引导”。通过研究亚洲经济成功背后的原因，国际货币基金组织得出结论：把技术和创新作为重点的产业政策依赖政府支持，且这类政府支持促进了国内企业超越既有的比较优势，向更尖端部门转型。国际货币基金组织观察指出，贸易尤其是出口导向型政策在总体上对创新发挥了关键作用，因为贸易让公司暴露于外部竞争，进而驱使公司进一步创新。

现在以出口导向为侧重点的产业政策不同于早期版本。例如 20 世纪 80 年代和更早的产业政策曾基于进口替代，这降低了经济效率、扼杀了创新，并造成供应链对进口投入品的持续依赖。这个体系阻碍了国内企业在价值链上的向上迁移。

净零排放的全政府计划：在近期产业政策的大背景下，近年来绿色产业政策激增，政策内容特别强调了绿色技术创新对实现净零排放气候目标、循环经济和取代污染密集型制造业的作用。绿色产业政策被定义为“加快经济的绿色可持续性转型的政府干预”。低碳绿色转型规划本质上是复杂的，包括了经济方方面面的措施：税收、绿色技术的政府投资；能源、交通、农业、工业、建筑和其他行业的行业特定计划；能源效率等需方政策。净零排放计划通常强调创新的特定领域，比如电动汽车、大规模储能电池的研发，或国际可再生能源署（IRENA）对绿氢的开发建议。

确保这些不同措施之间的连贯性和协调性将是一项巨大的挑战。剑桥经济学家张夏准认为，产业政策应做到统筹兼顾，才能透彻掌握不同经济部门之间的联系并制订明确计划。

鉴于大多数国家实现其碳中和目标的计划有相似性，现在正是关注绿色产业政策

¹ 玛扎卡托 (Mazacutto) 为欧盟“地平线”计划撰写的报告将产业政策定性为以“使命”为导向，以解决重大社会挑战为目标。并非从尚待解决的问题（如高价值清洁能源专利的低生产率）着手，玛扎卡托更倾向于确立使命或目标，并提出使命的五大要素：①大胆、给人灵感又有广泛的社会相关性；②明确、有针对性、可衡量、有时限的目标和方向；③雄心勃勃的目标，包含切实的研究和创新行动；④跨学科、跨部门、跨个体的创新目标；⑤能推动多重自下而上解决方案的目标。

如何统筹的时机。比如在 2022 年 3 月，加拿大发布了新的净零排放计划，其中包括 79 个不同的实施方案，涵盖了总计 290 亿加元的气候融资项目，用于促进绿色技术创新、法规、国家碳定价机制等措施。2020 年英国同样在《绿色工业革命十点计划》中把英国定位为绿色技术和绿色金融的世界领导者。英国的计划包括多种量化目标，例如在 2025 年之前创造 25 万个新的绿色工作岗位、每年种植 3 万 hm^2 树木，在 2030 年前实现海上风能总量翻两番，并在 10 个集中区重新野化 3 万片足球场大小的土地。

2020 年欧盟产业政策将净零排放目标置入其绿色发展和数字化的双转型路线。2021 年更新的绿色新政公布了欧盟气候计划的细节，也设立了与英国和许多其他政府低碳计划类似的具体到行业的目标和路线。就欧盟而言，这些目标包括可持续交通、绿色产业转型、清洁能源、绿色建筑、自然保护和建立多边合作（具体信息参见“减排 55%”方案）¹。

欧盟计划最近的更新反映了 IMF 指出的政策灵活变通的重要性。欧盟在 2021 年依据持续的 COVID-19 疫情更新了欧盟产业政策。俄乌冲突形势下，欧盟也在 2022 年 3 月大幅加快了摆脱进口石油和天然气进程，并呼吁以“闪电般的速度”向可再生能源过渡。

绿色产业政策的贸易问题：大多数绿色产业政策涵盖整个经济各行各业，因此自然会涉及各种贸易层面的问题。例如，英国计划要求电池在米德兰生产，而拜登政府净零排放汽车战略提案中计划安排电动汽车在美国制造，这引发了对国民待遇、反歧视或补贴和激励措施的贸易影响的担忧。

另一问题涉及投资者必须满足的各项绩效要求。不同地区的当地成分要求和其他绩效要求差异很大，但通常包括支持本地劳动市场的措施或要求政府参股合资企业或设定管理层参与目标。其他条款包括技术转让条款、本地基础设施投资、本地公共卫生服务条款、本地采购合同、性别平等和其他目标。当地成分要求还包含更强硬的贸易手段，如出口限制、出口许可证、税收和其他旨在增加高附加值的当地成分的措施。

虽然当地成分政策在实践中差异很大，但许多实践与社会经济和人力资本目标密切相关。这些目标包括就业、工资和收入保障、缩减不公和差距，以及联合国可持续

¹ 绿色产业政策的案例还有很多。例如，法国 2030 战略要求经济“再工业化”，并将提供 300 亿欧元资金用于开发小型核能、世界上第一架低碳飞机和每年生产 200 万辆电动或混合动力汽车，并成为绿色氢的世界领导者。拜登政府已经发布了多项实现净零排放目标的气候计划和全政府途径，包括产业战略投资、绿色采购和其他目标。新加坡在 2020 年发布了全政府绿色计划，借助以往产业政策吸引金融服务、加工、海洋和其他商业投资的成功经验，协调落实净零碳排放和绿色发展目标。此外，新加坡通常会提供慷慨的财政和金融激励措施来吸引投资者。例如，过去的产业战略借助裕廊岛出口加工区（EPZ）的产业集群，通过多元化的金融和服务业集群支持，实现价值链上包括精炼、储存和运输环节的投资多元化。

发展目标中设定的其他目标，尤其是目标 8 的承诺“促进持久、包容和可持续经济增长，促进充分的生产性就业和人人获得体面工作”。

三、零毁林

每年有 300 万~400 万 hm^2 的原始热带森林消失，和它们一起消失的除了原住民和本土居民的生计来源，还有森林提供的生态系统服务和气候服务。从 1990 年到现在，全球大约有 8 000 万 hm^2 的森林被毁。

不同国家的毁林速度差异明显。比如印度尼西亚的森林砍伐从 2016 年起有所下降，得益于该政府暂停了新的森林特许权以及其他措施。然而由于该禁令将于 2022 年解除，专家需要留意禁令解除后的毁林速度。

巴西和印度尼西亚的情况形成鲜明对比。巴西热带亚马孙地区的毁林速度在 2022 年 1 月达到了十多年来的最严重水平。巴西国家林业局的数据显示，与 2021 年 1 月相比，2022 年 1 月的森林流失环比增加了 400%。政府数据显示从 2020 年 8 月 1 日至 2021 年 7 月 31 日，巴西亚马孙地区共有 3 235 km^2 的雨林被砍伐。由于地球上热带雨林总量的 1/3 在巴西，巴西的雨林流失具有全球影响。此外巴西境内的亚马孙地区在 2021 年从净碳汇转变为了净碳源。

到目前为止，毁林的最主要原因是农业扩张：联合国估计，全球 90% 的森林消失是农业扩张造成的，被毁的森林大约一半被烧毁用作耕地，另一半则被用于放牧。因此，公司、政府、慈善组织和其他机构采取了许多举措，通过改善那些引起森林砍伐、当地居民流离失所的农作物和畜产品的生产、出口及消费，来解决毁林的根本问题。

国合会的 2021 年绿色价值链专题政策研究（SPS）强调了中国在供应链中的重要地位：中国是全球最大的软商品进口国之一。2021 年的研究建议采取以下具体措施减少与软商品贸易相关的毁林：①确保所有进口软商品在原产国的合法采购；②通过合同与软商品进口公司推进可持续采购的国际标准；③鼓励推广可持续采购所需的工具，包括第三方认证、追溯体系和区块链等数字工具。

此外，国合会的专题政策研究建议政府为可持续的软商品进口建立全面、稳健、具有战略性的支持体系。

拓展贸易维度和强调政府作用尤为关键。政府与私营企业在零毁林软商品供应链实施过程中的合作也越来越重要。最新的三项动态强调了政府通过法规或其他措施调整商品市场准入条件的作用越来越大。

首先，在 2021 年《联合国气候变化框架公约》第 26 次缔约方大会上，141 个政

府签署了《关于森林和土地利用的格拉斯哥领导人宣言》，致力于到 2030 年制止和扭转森林丧失和土地退化。贸易被明确认定为实现 2030 目标的主要手段之一。

第一，调整国际和国内部的贸易和发展政策，在促进可持续发展以及可持续商品生产和消费的同时，实现各国互惠互利并防止森林丧失和土地退化。

第二，一些政府已经采取或提出了一些国内贸易措施，旨在阻止其管辖范围内可能导致森林丧失的软商品进口。这类措施的案例包括欧盟、英国和法国的提案，以及挪威和其他国家已经实施的政策。虽然这些措施符合上述格拉斯哥宣言中通过国内贸易政策实现 2030 年目标的精神，但目前仍不确定这些措施如何与世贸组织及其他贸易协定保持一致。

目前还存在一些数据问题，比如如何可靠地区分合法和非法采伐木材、如何实现可追溯性和尽职查证等步骤。这些步骤可以保证进口商品的来源和监管链，也能评估零毁林政策可能对消费端产品造成的影响。

第三，一些新的私营部门已经做出承诺解决毁林问题。这些新承诺应该同过去的承诺一起审视。2014 年，《纽约森林宣言》设立了到 2020 年毁林速度降低一半的目标。当年 440 多家企业通过消费品论坛发布了 700 多项承诺，用于遏制其供应链中的毁林。到目前为止，这些早期的自愿目标尚未达成。

现在的问题是这些新的自愿承诺是否能比过去的得到更充分的落实。从过去的自愿承诺能吸取的教训之一是需要为当地农民、居民和原住民筹集资金，以解决导致毁林和土地退化的系统性因素。融资方法可以包括土地使用权的法律改革和提供鼓励可持续发展土地管理的农场信贷（如通过信贷鼓励非商业作物的混合种植、混农林业或其他通常被追求商业作物产量的商业信贷所反对的土地管理方法）。捐赠方、多边机构和慈善机构现已承诺提供大约 360 亿美元的资金用于实现这些目标。

前期研究的专家组指出政府与社会资本合作的必要性，而不能只依靠强制性法规或自愿倡议来实现零毁林和合法采伐的贸易目标。借助绿色产业政策的经验可以帮助确定具体公私合作形式，比如为私营贸易商、进口商和零售商提供激励政策，鼓励它们使用区块链技术和其他工具加强尽职调查和可追溯性。

中国亟须新的、健全且透明的政策工具。

四、塑料污染

2022 年 3 月，在内罗毕举行的第五届联合国环境大会（UNEA-5）上，175 个国家同意了关于海洋塑料的决议。联合国环境规划署（UNEP）执行主任称这是自《巴

黎协定》以来最重要的多边协定。

该决议文案授权政府间谈判委员会（INC）立即开展具有法律约束力的国际塑料污染协议的制定工作。这条新协议的目标将包括：

- （1）一套解决塑料全生命周期的综合方案；
- （2）促进塑料的可持续生产和消费；
- （3）通过国家政策和国际合作措施减少海洋中的塑料污染；
- （4）统筹协调区域性和国际性公约¹；
- （5）鼓励私营部门和其他行动。

海洋塑料污染威胁海洋的生物多样性，同时联合国环境规划署在讨论中确立了塑料与气候变化之间的联系，比如塑料生产导致的温室气体排放尤其是甲烷的排放。

参照国际合作惯例和《巴塞尔公约》，贸易被包括在政府间谈判委员会的正式要求之中。目前，正有研究工作考察解决塑料问题需要哪些类型的贸易措施。例如，大约 30 个世贸组织成员国在 2021 年发布的部长级声明中提到了塑料的贸易规模。联合国贸易与发展会议的数据估计，全球塑料贸易总额达到每年 1 万亿美元，出人意料地占全球商品贸易总额的 5%²。

中国帮助拟定的世贸组织倡议提出了很多可选方案，包括向充分循环的塑料经济模式过渡，改善塑料的环境友好型管理、回收和循环；降低绿色技术的获取门槛；扩大可持续发展的塑料替代品和其他产品³的贸易。世贸组织小组还指出需要通过改进国际标准来衡量实际行动，特别是通过国际标准化组织（ISO），或通过世界海关组织区分具有特定绿色关税代码的产品。

这份贸易政策备选方案的列表强调了贸易政策可以有效促进更绿色更环保的商品和服务的贸易。各项区域性贸易协定已经对绿色商品和服务实施贸易优惠措施。得到明确界定后，绿色商品和服务还将受益于关税和非关税壁垒的降低。目前，世贸组织尚未就环境商品协议达成一致意见。

1 塑料决议中提到的公约和国际协定包括《防止船舶污染国际公约》及其 1978 年的议定书、《控制危险废物越境转移及其处置巴塞尔公约》、《斯德哥尔摩公约》、《关于在国际贸易中对某些危险化学品和农药采用事先知情同意程序的鹿特丹公约》、《联合国海洋法公约》、1972 年的《防止倾倒废物和其他物质污染海洋公约》及其 1996 年议定书、《国际化学品管理战略方针》、《联合国气候变化框架公约》、《生物多样性公约》。决议也肯定了国际组织、区域性政策和项目和非政府组织与私营部门的努力。

2 数据显示，初级形态的塑料占总额的 56%，其次是占 11% 的中间形态，占 5% 的中间制成品，占 21% 的终极制成品和占 2% 的废料。联合国贸易与发展会议在一份报告中估计某些类别的塑料（特别是合成纺织品和橡胶轮胎）其全球总产量的 60% 仍在国际贸易中流通。

3 与循环经济和塑料有关的最重要的贸易措施仍然是中国在 2017 年和 2018 年对进口许可证的修改。这项修改禁止了包括塑料垃圾在内的垃圾进口。

五、碳定价、市场竞争力与碳边境调节机制

碳定价长期被认为是解决碳污染的最佳首选方案。借助市场效应，碳定价可以带来经济整体的变化，激励消费者的行为改变从而做出低碳消费选择并有力促进环境外部性的内部化。诺贝尔奖获得者威廉·诺德豪斯（William Nordhaus）等杰出的经济学家提出，为碳污染定价可以让消费者意识到他们消费产生的碳足迹，从而迫使生产者选择低碳的生产模式，同时激励创新者和金融家扩大低碳投资，并减少实现这些变化所需的信息和数据¹。国际货币基金组织、世贸组织、经合组织、世界银行、联合国环境署等国际组织长期以来一直主张基于市场的政策工具，比如碳排放交易系统（ETS）或碳税。

许多国家和地区正在接受这个事实。世界银行的全球碳价查询面板显示，截至2021年已有65项碳定价倡议在45个地区实施。尽管碳定价广泛的实践值得鼓励，全球温室气体排放平均价格仍然很低，仅为每吨3美元。

按覆盖率计算，中国拥有全球最大的碳市场。通过近10年的碳市场试点项目，中国生态环境部于2020年年底推出了确认国内碳排放交易系统（ETS）合法地位的部级法规。全国碳排放交易系统于2021年启动，覆盖2200家发电企业。

2021年7月首笔ETS交易发生在上海碳市场交易所。2021年年底开盘价为每吨48元人民币（7.4美元），2022年第一季度涨至约9美元/t。

市场竞争力问题：缴纳碳税的公司持续面临的一个问题是，对比低税率地区的同行业其他公司，竞争力不足的顾虑。合规的碳市场也同样存在这个问题。

对于中国企业来说，衡量潜在市场竞争力的一个替代指标是对ETS碳配额价值的预估。2021年的企业调查结果发现，大多数受访者预计未来10年碳配额价格将逐步上涨，并预期到2029年涨至最少每吨139元人民币，最高接近每吨200元人民币。

有趣的是，大多数受访者预计他们的投资决策将越来越受ETS系统影响。其中53%的受访者预计在2030年前，他们的投资决策就将受到强烈影响，另有31%的受访者预测届时会受到中度影响。虽然问卷没有统计不同投资选择，但可以预见这些选择会涉及一些能避免ETS定价成本上升的资本和运营投资。

碳边境调节机制的提案有机会解决与碳定价相关的市场竞争力问题，还可以解决潜在的碳泄漏问题（碳泄漏指企业搬迁到碳税低或不收碳税的地区）。

碳边境调节机制的提案并不新鲜。几十年来，世贸组织审查了很多这样的提案。

¹ Nordhaus, W. The climate casino[M]. Yale University Press, 2013.

瓦克斯曼 - 马克里·比尔 (Waxman-Markey Bill) 在 2009 年提出了一项碳调整措施, 但该措施连着法案本身被一起否决。然而随着欧盟碳边境调节机制 (CBAM 提案) 在 2021 年的发布, 人们再次提起对碳边境调节机制的兴趣。这份提案是有史以来最详细的碳边境调节机制提案, 其中部分内容很可能最快于 2023 年生效, 并于 2029 年全面生效。CBAM 提案内容涉及钢铁、水泥、铝、化肥和电力, 也介绍了其组织结构和运行机制。

国际可持续发展研究院 (IISD) 杰出专家艾伦·寇司比 (Aaron Cosbey) 的分析报告追溯了碳边境调节概念的演变过程, 指出了其与《巴黎协定》目标的一致性和欧盟 CBAM 提案的一些细节, 同时浅析了这个机制可能会如何影响中国工业品和其他商品出口。该分析参考了联合国贸发会议和其他机构的工作, 指出碳边境调节机制可能对中国出口有较大影响。

第三代环保主义组织 (E3G) 对 CBAM 的建模分析和沙袋 (Sandbag) 研究小组发现, CBAM 虽然整体上对钢材等中国商品的出口可能造成负面影响, 但是鉴于中国在该领域的先进制造能力, 对海绵铁等小类出口商品可能会带来净价优势。

何晓贝博士、翟凡博士和马骏博士通过调用 GTAP10 全球贸易数据库, 共同发表了对 CBAM 的定量评估。他们在 2022 年 3 月的研究结论是 CBAM 将对许多新兴经济体和发展中国家产生不同程度但显著的溢出效应, 从而导致收入变化等宏观经济影响。从宏观经济角度考量, 三位作者建议国际货币基金组织应更积极地帮助缓冲 CBAM 带来的价格上涨, 因为价格上涨可能对一些出口国造成影响。他们还建议成立一个新的 IMF 基金来管理 CBAM 带来的收入, 因为这能减轻价格变动对发展中国家和新兴经济体的影响, 并促进绿色技术和其他低碳转型项目融资。

六、专家组建议

建议一: 国合会应该研究如何促进 2022 年 3 月印发的《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》的落实, 重点关注如何提高“一带一路”合作伙伴之间绿色贸易的比重。这项工作可以从扩展高科技绿色商品和服务的贸易入手, 逐步淘汰基于煤炭和其他化石能源的贸易融资, 同时通过可持续采购的软商品, 增加“一带一路”合作伙伴之间的绿色贸易。

建议二: 采用绿色产业政策实现紧迫的气候目标、循环经济目标和生物多样性的可持续利用。结合当下工作, 国合会应该紧跟绿色产业政策的创新和最佳实践, 借鉴构建和落实政府与社会资本合作的案例经验, 优先把科技创新作为提高生产效

率和实现绩效目标的手段。建议国合会召开一次中外专家专题会议，共同研讨绿色产业政策。

建议三：国合会应该继续开展绿色价值链的有关工作，重点考察贸易、自愿措施和与之相关的其他政策工具，帮助在 2030 年前落实格拉斯哥森林和土地使用宣言。

建议四：国合会应该考察如何通过绿色贸易缩小性别差距，促进就业，实现薪酬平等、技能培训和其他广泛的共同富裕目标。

建议五：国合会应该厘清贸易如何帮助政府间谈判委员会制定新的全球塑料条约。国合会的工作可以进一步研究绿色商品和服务的贸易优惠。首先，可对中国当前塑料贸易的规模进行专业分析；其次，寻找降低塑料环境危害的替代品和服务，并分析关税；最后，重点分析针对更环保的塑料替代品的非关税壁垒和绿色关税优惠措施的可能影响。这项工作可以延伸到贸易的其他领域，特别是软商品的可持续采购，并分析贸易优惠如何减少森林流失和其他环境影响。

附录附件 3-1 前期研究小组构成

总负责人	
魏仲加 (Scott Vaughan)	国合会外方首席顾问
李永怡 (Bernice Lee)	国合会特邀顾问；英国皇家国际事务研究所国际经济金融研究主任
John Hancock	世贸组织高级政策顾问
核心专家成员	
Nathalie Bernasconi	国际可持续发展研究院经济法与政策高级总监
Aaron Cosbey	国际可持续发展研究院高级顾问
Ana Toni	Instituto Clima e Sociedade (iCS) 执行总监
Carolyn Deere Birkbeck	日内瓦国际关系及发展学院贸易与环境论坛主任
Nicolas Lockhart	盛德律师事务所律师
Kimberley Botwright	世界经济论坛可持续贸易主任
Daniela Garcia	厄瓜多尔常驻世贸组织副代表
Vicky Chemutai	世界银行经济学家
王毅	国合会委员；第十三届全国人大常委会委员；中国科学院科技战略咨询研究院前副院长
邹骥	国合会特邀顾问；能源基金会首席执行官兼中国区总裁

参与专家成员	
Adrien Assous	沙袋组织（Sandbag）执行总监
Ieva Barsauskaite	国际可持续发展研究院高级政策顾问
Christophe Bellmann	政策研究与战略总监，贸易、环境和可持续发展目标论坛（TESS）
龙迪 （Dimitri de Boer）	国合会特邀顾问；克莱恩斯欧洲环保协会（英国）北京代表处首席代表； 中欧环境合作项目组长
Madelaine Bowen	加拿大环境及气候变化部政策分析师
董珂	大自然保护协会中国参与国际事务组主任
Jackson Ewing	高级研究员，杜克大学，尼古拉斯环境政策解决方案研究所
Peter Govindasamy	主任，国际贸易聚落，新加坡贸易与工业部
Jennifer Hillman	美国外交关系协会高级研究员；前世界贸易组织上诉机构成员；前国际贸易 中心成员
Marianne Kettunen	高级政策顾问和伙伴关系总监，贸易、环境和可持续发展目标论坛（TESS）
Harris Kuemmerle	独立政策分析师
Pascal Lamy	前欧盟贸易专员；前世界贸易组织总干事
Cristina Larrea	国际可持续发展研究院可持续标准主任
李道季	华东师范大学河口海岸学国家重点实验室教授
李金惠	巴塞尔公约亚太区域中心执行总监；清华大学环境学院教授
Michael Mehling	MIT 能源与环境政策研究中心副主任
帅俊伟 （Sebastien Paquot）	欧盟驻华代表团环境与气候变化参赞
Jonny Peters	第三代环保组织（E3G）高级政策顾问
Isabelle Ramdoo	副主任，IGF，国际可持续发展研究院
Alice Tipping	负责人，可持续贸易与渔业补贴，国际可持续发展研究院
涂建军 （TU Kevin）	Agora 中国能源转型主管
屠新泉	对外经济贸易大学中国 WTO 研究院院长
王国胜	国家林业和草原局林草调查规划院教授级高工
张希良	清华大学能源环境经济研究所所长
魏仲加 （Scott Vaughan）	报告主要作者，国合会外方首席顾问

附录 4 项目前期研究报告：创新绿色金融

概 述

中国仍然是全球绿色金融创新的动力源泉。特别是在推动实现碳达峰、碳中和目标及其他绿色转型方面，国家、省（自治区、直辖市）、市各级以及私营部门各个领域的绿色金融发展势头依然十分强劲。2021年在格拉斯哥召开的《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会（UNFCCC COP 26），由中国主办、预计在加拿大蒙特利尔召开的联合国《生物多样性公约》第15次缔约方大会（CBD COP 15）第二阶段会议，以及其他多边倡议（如2022年11月中国主办的《湿地公约》第14次缔约方会议）都极大推动了绿色金融的发展。与此同时，中国的“十四五”规划也强调了绿色金融在推动高质量、绿色发展和生态文明转型中的关键作用。为此，中国在最近几个月发布了一系列重要的指南和指导意见，既涵盖了国内行动，也重点关注与绿色“一带一路”优先事项有关的国际绿色金融动态。

绿色金融有两个主要特征：一是包含自上而下的强制性履约市场（如中国的全国碳排放权交易市场），强制性气候风险披露等新兴规则，推进绿色发展的补贴、激励和税收机制改革，以及广泛的公共投资；二是包含自下而上、由市场驱动的自愿性绿色金融工具，比如环境、社会和公司治理（ESG）产品，绿色产品和服务的私营可持续供应链，自愿碳抵消市场，日益增长的绿色消费品和服务需求，以及许多其他举措。

绿色金融一个关键的目标是在自上而下的指导与自下而上的应用和创新之间建立相互协同关系，创造出协同效益，并充分发挥绿色金融的潜力。出台配套法规有助于进一步加快绿色金融发展，例如，中国近期采取了一些措施，探索建立统一的能源市场¹，设立将新兴的碳排放市场与水权交易市场联系起来等绿色目标。

国合会此前期研究的两个首要目标是：利用公私合作伙伴关系来推动绿色金融创新，以及整合气候和自然资源融资。这项研究强调整合气候和生物多样性融资的重要性，虽然已有明确科学结论证明，气候风险和生态风险之间存在紧密的相互联系，但气候

¹2022年4月发布的《中共中央 国务院关于加快建设全国统一大市场的意见》提出建立一个单一、统一和综合的全国能源市场，列出了将基于行业的市场化标准与政府方向和指导意见相结合的步骤。该指导意见涵盖的领域包括市场准入和公平竞争规则，社会信用，确保能源供应链互连性的程序，加强能源基础设施的标准化，以及在市场化改革指导下改善能源交易市场。

和自然融资却并非如此¹。相反，气候融资和生态融资很大程度上是分开进行的。私营部门对气候融资的参与不断增加的同时，生态和生物多样性融资仍由公共财政主导。本研究探讨了如何弥合这些资金缺口。

本研究的外方负责人是联合国开发计划署驻华代表处研究和政策组组长、发展经济学家阚薇澜（Violante di Canossa）与大自然保护协会全球政策总监安德鲁（Andrew Deutz）。项目于2022年1—4月召开了几次相关研讨会，听取了中外方专家的意见和建议。

2022年的前期研究借鉴了国合会近期和当前正在开展的一些研究工作，包括国合会2021年“绿色金融”专题政策研究、2021年“基于自然的解决方案”前期研究、2022年“基于自然的解决方案”专题政策研究和2022年“可持续食品供应链”专题政策研究。

本研究重点探讨以下三方面内容。

- （1）整合气候和自然融资的优势。
- （2）推进气候 - 自然综合融资的工具、政策和制度。
- （3）改革对环境有害的补贴，实施绿色补贴。

本报告第一部分强调了气候和自然融资的一些最新趋势，特别是格拉斯哥气候大会和昆明生物多样性大会谈判背景下的一些最新进展；第二部分探讨了上述的三个重点方面；第三部分列出了气候和自然融资的短、中、长期解决方案；第四部分就第七届国合会工作提出了若干建议。

总体建议：国合会应将绿色金融作为贯穿整个第七届的交叉、独立的研究主题，重点关注两个方面：如何整合气候和自然融资，以及如何协调市场导向和公共部门来实现最大化创新。未来，国合会应侧重于研究绿色金融具体领域的发展动态，如环境、社会与企业治理（ESG）标准、透明度、审计和问责实践、基于自然的解决方案（NbS）融资、可持续食品和绿色供应链、自愿碳和生物多样性市场、强制性气候和自然风险披露、“洗绿”风险等。此外，国合会还应进一步研究如何利用和增加“一带一路”绿色融资，帮助实现可持续发展目标、《巴黎协定》和《昆明宣言》目标。作为一个大主题，国合会应探讨如何整合和扩展共同富裕目标，包括增加绿色就业机会，保障稳定薪资和家庭收入，以及缩小性别、收入和其他不平等差距。

¹ 以短期极端天气事件和长期GDP损失测算的经济证据表明，气候变化风险不断增加。也有越来越多的证据表明，生物多样性的丧失和生态系统的退化同样会带来直接长期的、连带的宏观经济风险。相反，有证据表明，投资自然就是投资未来的经济繁荣。例如，最近使用GTAP经济数据进行的建模结果显示，森林、清洁水系统和农业用地的退化导致了全球GDP的损失。

第一部分

背景：融资水平、来源、缺口和方案。在过去 10 年中，尽管增长速度存在差异，气候和自然融资均有所增加。据估计，2019—2020 年，全球气候融资达到了每年 6 320 亿美元。2019 年，全球生物多样性融资达到 1 430 亿美元。这些融资并不足以实现《巴黎协定》气温升幅不超过 1.5℃ 的目标、推进实现碳达峰和碳中和目标，并落实 COP15 即将发布的《全球生物多样性框架》。

气候政策倡议组织估计，全球气候融资缺口达到每年 3.6 万亿~ 4.1 万亿美元。2022 年 1 月发布的一份麦肯锡报告估计，为实现净零转型目标，每年需要增加 3.5 万亿美元投资（净投资额达到 9.2 万亿美元）。2020 年《自然融资状况报告》估计，生物多样性融资缺口为每年 5 980 亿~ 8 240 亿美元。

中国发布了一系列绿色金融有关的政策意见、指南和办法，继续强调绿色金融的重要性。例如 2021 年，财政部根据节能、资源利用效率和循环经济标准，为企业提供了税收优惠。同年 11 月，中国人民银行建立了一个全新的气候融资基金，通过金融机构提供低息贷款，支持企业的低碳投资。下文还将介绍其他相关工具，如中国人民银行的《绿色债券支持项目目录（2021 年版）》、绿色分类工作和许多其他工具。据估计，2021—2022 年中央和各省（自治区、直辖市）相继宣布了 80 个气候相关倡议，包括绿色债券支持项目的目录更新、固碳融资以及特定部门指令。

中国的全国碳排放权交易系统是一个重要的气候融资来源。随着中国全国碳排放权交易系统的履约碳市场从电力行业扩大到其他的行业，并从排放强度控制转向排放总量控制，这些交易产生的收入也将随之增加。中国还强调了联结固碳与基于自然的解决方案的重要性。

生物多样性融资：2021 年 10 月发布的《昆明宣言》强调了“采取紧急和综合行动以实现转型变革”，呼吁加强《生物多样性公约》（CBD）、《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）以及其他国际协定之间的一致性。2022 年 3 月召开的《生物多样性公约》日内瓦会议在推进最终的 COP15 成果方面取得了一定进展，但谈判仍有很多悬而未决事项。然而，已经有许多国家承诺增加国际生物多样性融资，例如，中国 2021 年宣布建立一个全新的昆明生物多样性基金，同时法国、其他国家和欧盟宣布增加用于生物多样性保护的海外发展援助资金比例。

除增加生物多样性公共融资外，研究专家还强调了私营部门越来越多的参与性。2021 年 9 月，78 家机构在生物多样性大会前表示支持《环境责任经济联盟（CERES）金融机构声明》，呼吁加强《全球生物多样性框架》和《国家生物多样性战略和行动计划》

(NBSAPs)，出台强制性的国家法规，以落实自然相关财务信息披露工作组（TNFD）关于要求金融机构披露自然风险信息，以及改革对生物多样性和生态系统有害补贴¹。

同样在 2021 年，约有 30 家金融机构签署了《关于金融部门消除商品驱动的毁林行为的承诺书》，承诺在 2022 年之前评估其面临的毁林风险，2023 年披露该风险，并在 2025 年之前宣布消除农业有关的毁林风险的具体措施。由数百家公司组成的“自然商业组织”已呼吁采取相关行动，加大力度制止破坏生态系统的行为，并加强生态系统恢复。

挪威 Storebrand 资产管理公司签署了 CERES 和商品相关的毁林承诺，还参与了许多其他绿色金融倡议。Storebrand 的资产总值达到 1 200 亿美元，制定了一个由三部分组成的绿色金融战略：通过其对约 4 000 家公司的所有权施加影响，促进公司的绿色和可持续转型；建立不符合其投资标准（包括行为相关标准和产品相关标准，如烟草、大麻、煤炭、棕榈油种植园）的公司排除名单。目前的排除名单包括了 257 家公司。此外，还建立了一份观察名单来监测特定的公司。2022 年 2 月，Storebrand 将世界上最大的两家大豆贸易商列入观察名单，因为他们的软商品供应链可能会造成毁林影响。

2021 年，安盛投资管理集团在昆明 COP15 一阶段会议召开前宣布，将加强在投资、保险和运营方面零毁林和绿色供应链标准，并承诺在可持续森林管理领域投入约 15 亿欧元。法国巴黎银行资产管理公司宣布，到 2025 年将投资 30 亿欧元支持陆地相关的生物多样性保护，并投资 2.5 亿欧元支持相关初创企业，促进其绿色发展。2022 年，该公司在森林保护投资排名中位列 150 家金融机构之首。在 2021 年宣布成为一家再生型公司之后，沃尔玛发布了一份全面的《中耕作物立场声明》，规定了包括气候变化影响、森林砍伐和环境可持续性在内的供应商标准。

虽然私营部门做出的这些生物多样性保护和可持续利用相关承诺十分重要，但与格拉斯哥气候大会前后越来越多的为推进净零目标的气候融资承诺相比，这些努力仍然有些微不足道。在格拉斯哥净零排放金融联盟框架下，约有 450 家金融机构（据

¹ 这些行动领域呼应了国会 2021 年《绿色金融专题政策研究报告》提出的建议，包括采用 TNFD 披露规则，重新设计中国的农业补贴系统和农业支持计划，从对环境有害的结果转向保护、恢复和再生关键生态系统的系统。

报告，其资产价值达到 130 万亿美元）加入了一些特定倡议，如净零排放银行业联盟、净零排放资产管理人联盟、净零排放保险业联盟和遵守巴黎协定的投资倡议。目前面临的一个关键挑战，仍然是将私营部门做出的努力和承诺转化为具体落地的实践行动。2021 年第四季度，油、气和煤炭融资都已增长；而 2022 年第一季度，乌克兰危机的影响进一步造成了全球能源市场的混乱。

绿色融资联结与整合：2021 年，多边层面上迈出了重要的一步，摆脱了“单枪匹马”的气候和生物多样性融资。141 国政府签署了《关于森林和土地利用的格拉斯哥领导人宣言》，承诺“到 2030 年终止并扭转森林砍伐与土地退化进程”。从国家层面来看，越来越多的国家自主贡献（NDCs）在气候减缓和适应目标中包括了森林景观恢复及相关的土地利用、土地利用变化、林业（LULUCF）和水资源管理目标。连接气候与自然最有力的桥梁之一是“基于自然的解决方案（NbS）”，2022 年年初召开的第五届联合国环境大会（UNEA-5）发布的关于“基于自然的解决方案”决议，首次给出了针对“基于自然的解决方案”的多边定义，这预计将提高 NbS 相关的透明度和可比性，并推动更多的私营部门融资。

金融部门的助推器：2022 年 4 月发布的 IPCC 第三工作组报告得出的明确结论之一，将金融部门描述为碳污染的“关键助推器”。IPCC 报告指出，超过一半的世界上最大的金融机构对于油气融资没有限制，反映了对气候风险的“系统性低估”。其他的分析发现，2/3 的世界最大银行和资产管理公司并没有减少气候融资的计划，83% 的世界最大污染公司没有实现净零排放目标的路线图。据估计，在 2020 年，大型商业银行在做出了《巴黎协定》有关的净零排放承诺的同时，煤炭、油气领域的投资额达到了 7 500 亿美元。

研究专家指出，近期涌现出许多由私营部门主导的联结自然与气候的倡议。例如，新成立的专业投资公司——汇丰授粉气候资产管理公司（HSBC Pollination Asset Management）计划投资再生农业、可持续林业、基于自然的解决方案等相关领域。达能北美公司（乳制品公司）—“可持续性商业促进生物多样性”联盟（One Planet Business for Biodiversity, OP2B）的创始成员之一于 2021 年宣布，与美国国家鱼类和野生动物基金会共同出资，为农民提供再生土壤管理方面的研究和技术支持。美国食

品巨头通用磨坊食品公司承诺，支持小麦和谷物种植者的再生土壤和土地利用。

近年来，绿色金融快速发展，已成为涵盖消费者和企业银行业务、资产管理、养老基金、保险等方面的全方位金融服务。国合会 2022 年年初启动的这项前期研究，探讨了绿色金融创新领域的相关最新动态。鉴于绿色金融领域不断扩大，以及各个领域的技术细节程度各异，本报告旨在阐明第七届国合会应重点研究的绿色金融问题。

失衡风险：尽管发出了这些高级别的多边信号，并且出现了许多私营部门倡议，但气候和自然融资目前并不平衡，且差距有可能会进一步扩大。这种失衡风险将影响碳中和及生物多样性目标的实现。

研究专家强调，气候系统与生物多样性系统之间有着科学的、密不可分的联系。涉及一个系统的风险通常会影响到另一系统。例如，气候相关的极端天气事件的并发、连带和非线性影响，对生物多样性和生态系统构成了日益严重的风险，而这反过来又威胁着关键的粮食安全、人类安全和更广泛的宏观经济安全问题。IPCC 第六次评估报告第二工作组报告指出，从海洋酸化和森林物种死亡率的增长，到物种范围和疾病媒介的变化，全球变暖对自然生态系统普遍造成了负面影响和未来风险。

更重要的是，这些风险被认为是重大的经济和金融风险。从 2021 年《生物多样性经济学：达斯古普塔报告》对生态系统和自然资本损失的经济评估，到气候相关财务信息披露工作组（TCFD）建议在金融部门的逐渐施行，中央银行在这一领域不断增加的工作（2019 年英格兰银行全球金融风险论坛、2020 年荷兰中央银行报告指出生态系统风险是一个不断扩大的金融风险，以及 2020 年《绿天鹅报告》和 2021 年国际清算银行组织的高层交流），以及国家统计局在实施标准化环境和生态系统核算（除了估算 GDP 收入流，还考虑了由人力资本、自然资本和生产资本组成的包容性财富更广泛的资产价值）方面的技术进展，都明确地证实了上述观点。

正如托马斯·洛夫乔伊（Thomas Lovejoy）在 2021 年国合会“基于自然的解决方案”会议上指出，气候变化是全球范围内更为广泛的生态系统失衡的一部分。在这些技术领域，从更好的风险披露到更广泛的自然资本核算，包括目前正在推进的数百项倡议，均有助于弥补当前的不足，下文详细介绍了其中的一些倡议。而作为未来绿色金融工作的一部分，国合会应对这些倡议进行更加全面、更具侧重点的技术评估。

第二部分

第一节：“基于自然的解决方案”（NbS）的融资机会

“基于自然的解决方案”（NbS）融资：“基于自然的解决方案”一词涵盖了广泛的定义、项目应用和基本价值及假设。虽然 2022 年年初召开的第五届联合国环境大

会（UNEA-5）首次通过多边共识正式采纳了“基于自然的解决方案”一词，但该术语目前仍然很敏感。

政策上对 NbS 关注度的提高，吸引了各种不同的资金来源。例如，联合国开发计划署（UNDP）在《2020 年人类发展报告》中提供了一些案例研究，例如私人保险公司与政府机构的合作，在墨西哥提供珊瑚礁保险；在厄瓜多尔利用集体融资机制，为绿色基础设施建设融资以支持淡水管理；在哥斯达黎加绘制高分辨率的生态系统图，以供指导开发利用。

2022 年 2 月通过的 UNEA-5 决议标志着多边机构首次以协商一致的方式通过了“基于自然的解决方案”的定义。这一国际定义借鉴了世界自然保护联盟（IUCN）和其他机构的工作，标志着向统一的国际定义、项目分类、社会和其他保障措施和标准迈出了重要的一步，有助于吸引更大规模的国际投资者。联合国环境规划署（UNEP）与其他机构最近发布的《二十国集团自然融资状况报告》强调了为“基于自然的解决方案”提供资金支持的重要性：

“基于自然的解决方案（NbS）是企业、政府和公民均可进行投资，以实现与自然和谐共处的一类资产……NbS 可以通过改善农业用地和泥炭地固碳、恢复红树林发挥其防洪作用、促进森林和其他土地保护以保护全球生物多样性，进而改善当前和未来的社会。”

需要促进私人投资者更多地参与，以弥补目前影响“基于自然的解决方案”的融资缺口。2021 年《自然融资状况报告》采用了类似的定义，估计 NbS 投资额可达到每年 1 330 亿美元。其中，86%（约 1 150 亿美元）为公共融资，投向森林、泥炭地、农业保护和恢复以及水源保护和自然污染控制系统。

该报告预计，私营部门的 NbS 融资要少得多，仅占年融资总额的 14%，即每年 180 亿美元，主要用于生物多样性抵消、可持续供应链、影响力和私人慈善投资。该报告还提出了增加 NbS 融资的五个优先事项。

- （1）增加海外发展援助（ODA）。
- （2）改革农业补贴。
- （3）要求多边开发银行（MDBs）增加 NbS 融资。
- （4）将发展中国家的债务减免与 NbS 投资相挂钩。
- （5）支持与绿色债券相挂钩的、结果导向的 NbS 公共融资。

2021 年，UNDP 生物多样性金融项目（BIOFIN）在中国启动，旨在缩小生物多样性融资缺口，具体措施包括：充分利用现有资源，将资源从有害领域重新分配到有

益领域，尽早采取行动减少未来投资的需求，并创造出更多资源。除这4个领域外，还提出了许多其他措施来缩小融资的缺口。例如，第三世界网络（TWN）最近发表的一篇文章关于格拉斯哥后融资的文章指出，中国利用资本管制措施，使国内气候融资成本与国际趋势脱钩。

私营—公共部门/混合型融资：除通过私人 and 公共融资扩大自然投资外，研究专家还强调了公私合作伙伴关系（PPPs）和混合型融资对增加 NbS 融资的重要性。各种标准、准则和项目突出强调了 PPPs 和混合型融资的潜力，包括发展金融机构（见下文）在提供前期优惠融资、帮助消除私营部门投资风险方面的作用，公共资金承担第一笔风险消除损失的意愿和担保、股权融资和其他方法的应用。世界银行国际金融公司、经济合作与发展组织（经合组织）和其他组织已经研究或部署了这些方法。

性别平等与 BIOFIN：联合国开发计划署发起的 BIOFIN 倡议一个优先事项是通过融资和金融工具来推进性别平等，支持妇女和自然，包括设立特别项目、召开专门的项目研讨会、倡导团队性别平等和其他工具。例如，哥斯达黎加是实施基于自然的解决方案和生态系统服务付费（PES）机制的世界领先国家之一。在 BIOFIN 支持下，哥斯达黎加启动了3个创新金融工具：私人资本农村妇女信贷机制、面向林业部门从业妇女的 PES 融资机制、农林部门从业妇女 PES 信贷基金。这些基金预计将帮助降低妇女在自然保护方面面临的融资障碍。

联合国开发计划署《2022—2025 年战略计划》将性别平等列入其6个标志性的解决方案，以解决性别平等的结构性障碍，培养妇女的经济能力和领导力。2022年3月举行的生物多样性谈判日内瓦会议的一个重要成果是推动即将发布的《全球生物多样性框架》通过一个性别框架，整合生物多样性实践中的性别平等最佳做法。2021年年底，Women4Biodiversity 发布了一份关于领先的性别-自然实践的有用总结。

一个相关的国际 PPP 示例是，法国 AfD 和 Blackrock 在 2020 年达成协议，出资 5 亿美元设立气候融资基金，支持发展中国家的气候基础设施建设。

第二节：倡议和工具

企业投资路线图：2022年1月发布的《把握中国向自然友好经济转型的商机》报告指出了企业在食品和海洋利用、能源和自然资源以及基础设施和建筑环境等关键系统中的关键转型投资机会，增加这些系统中的自然融资将有利于经济发展、增加就业，并支持可持续发展。该报告预计，至2030年，中国基于自然的经济投资可能创造出1.9万亿美元的商业价值和8800万个全新的就业机会。该报告提出了一个重要的框架和路线图，可指导国合会在该领域的未来工作。

自然资产类别：2021年9月，纽约证券交易所和Intrinsic Exchange Group（IEG集团）推出了基于自然的新资产类别。这个新资产类别强调自然对人类和经济生产力的惠益，并衡量了自然的多重内在价值。英国政府在2021年发布的《生物多样性经济学：达斯古普塔报告》检验了这个新资产类别。IEG集团宣布将制定标准，以衡量和报告这一新资产类别所需的生态系统服务。

国家绿色发展基金：该基金于2020年启动，资金规模达到了880亿元（约140亿美元），致力于提供股权融资，支持相关企业脱碳。在2022年第一季度，国家绿色发展基金宣布了第一笔股权融资的交易，通过联合安排为中国最大的钢铁制造商宝武钢铁集团提供资金，支持其钢铁生产过程中脱碳。股权融资是一种重要的市场化绿色金融工具，可以帮助缩小绿色股权融资缺口。应借鉴该基金的崭新经验，包括类似模式如何弥合自然相关融资中的股权融资缺口的相关经验。

生态环保型发展项目储备库：2022年3月8日，中国生态环境部根据2021年一系列绿色金融试点项目的经验发布了新指南。新指南在项目层面上联结几个绿色金融基金与储备库，特别是面向以下领域的基金：环境保护，污水和废水处理，土壤修复，渤海、长江口-杭州湾和珠江口淡水和海洋河口环境保护，以及土壤、森林、湖泊和草地生态恢复；农业环保项目以及指南中列出的其他领域。储备库入库项目将基于联合PPPs支持生态环保型发展成果，旨在充分调动和吸引更多的私营部门资金，投向污染土壤修复等一些在过去难以吸引私营部门投资的领域。生态环境部分享了已启动的36个试点项目的生态环保型发展融资数据（项目随后有所新增）。

山东绿色发展基金是一个领先的创新融资机制，旨在吸引和促进私人投资者对山东气候友好型基础设施和相关的绿色技术进行投资。山东绿色发展基金建立了一个全面的气候投资框架，提出了明确的基于结果的中长期目标。例如，该基金估计到2027年，气候投资每年将减少约375万t的碳排放，而气候复原力投资将惠及300多万人。山东绿色发展基金也是中国首批重视有效性性别主流化的融资机制之一。该基金

由中金资本公司管理，该公司是在香港证券交易所上市的投资银行——中国国际金融股份有限公司（CICC）的子公司。该基金的经验可用于更广泛的气候 - 生态综合项目融资。

绿色基础设施融资：2021 年，经上海和深圳证券市场推出之后，第一批房地产投资信托基金（REITs）就迅速筹集了约 300 亿元（47 亿美元）资金。与其他市场一样，中国的房地产投资信托基金也是以实物资产作为支撑。截至 2022 年 4 月，中国一共公开发行了 12 个 REITs，单价增长了 20%。该 REITs 试点项目似乎很快就会涵盖更广泛的基础设施类别。正如国合会 2021 年《绿色金融专题政策研究报告》指出，REITs 涵盖多个绿色金融领域，尤其侧重于为中国的国家绿色发展基金、长江绿色发展基金，以及地方政府发起和建立的绿色产业投资基金提供资金。与此同时，报告指出了扩大绿色 REITs 基金规模所面临的几个挑战，包括缺乏税收优惠、流动性不足、收益率低以及特许经营和所有权转让渠道不畅等。鉴于中国 REITs 的整体成功和预期增长，国合会提出了一些增加生态环保 REITs 融资的建议，包括扩大 PPP 合作、改善环境测量和提高透明度等。

标准、报告与 ESG：目前有数百项主要的私营部门非财务报告标准，可用于衡量产品和服务、运营过程，以及综合履约影响。例如，目前有约 400 多项产品相关的可持续性标准，其中约有一半的标准用于衡量农产品，如咖啡、茶、棕榈油、大豆、大米、小麦和其他软商品。对于服务行业，包括电力、旅游及绿色金融等，也已建立相应标准。在净零排放承诺的大趋势下，私营部门的标准范围正在不断扩大，涵盖钢铁、水泥、绿色氢气等领域。

金融部门一直密切关注这些不断增加的绿色标准（主要涵盖农业及其他领域）。据国际货币基金组织统计，仅气候融资标准就多达 200 多项。不同标准机构所制定的标准各异，这可能会造成市场的混乱。

为了解决这一问题，目前已经启动了一些国际倡议，以确保实现更大的一致性、可比性和趋同性，并在可能的情况下实现标准化，将不同的标准统一起来。国际财务报告准则（IFRS）基金会新组建的国际可持续发展准则理事会（ISSB），预计将加强气候相关的主要标准机构之间的趋同性。这些机构包括 TCFD、SASB、CDSB、CDP、IIRC、GRI、PRI、科学气候目标组织、IMP 和资本联盟（Capitals Coalition）。现在判断 ISSB 的工作进展有多顺利还为时尚早。但一个积极的信号是，IIRC 和 SASB 负责人在 2021 年联合致函 IFRS，并承诺协同工作。虽然预计 ISSB 无法非常顺利或迅速地完成任务，但考虑到 IFRS 准则对中国主要公司的重要性，最终的结果将影响几

十家主要的中国标准化和认证实体¹。

如上所述,各方制定了一系列ESG标准。例如,联合国相关的负责任投资原则(PRI)专注于帮助投资人、资产管理机构等采用ESG标准和报告。2020年年底,PRI发布了将ESG与负碳方案相结合的指南,特别是与林业保护、造林和避免毁林有关。该指南补充了PRI的其他指南文件,例如与林业和科学的生物多样性目标相关的原则。此外,为了将负责任投资从流程和商业行为准则转化为促进实现SDGs的实际影响,PRI为具体的SDG成果创建了一个包含五部分的框架。出于同样的目的,UNDP还为债券发行者制定了SDG影响标准——一套决策工具,以帮助投资人和企业整合影响管理,并通过其战略、管理方法、披露和治理实践为SDGs做出积极贡献。

公共和私营部门标准机构近期合作的一个重要案例是欧洲财务报告咨询组(EFRAG)和全球报告倡议组织(GRI)达成了一致,共同制定新的生物多样性报告标准,其中EFRAG计划在2022年中期制定标准草案,而GRI准备在2022年年底前更新全球可持续发展标准委员会(GSSB)下现行生物多样性标准。这种合作有可能使欧盟的生物多样性标准与GRI下更广泛/全球标准保持一致,并有望为中国的生物多样性标准与国际标准接轨提供借鉴。

私营部门绿色金融标准与ESG相关市场和法规之间的关系非常复杂:监管机构力求确保市场的创新性,适应不断变化的供需条件,同时确保市场参与者遵循监管透明度、偿付能力、审计和真实的产品声明等各类规则。监管机构主导进一步推动绿色金融市场的行动示例,是欧盟新颁布的《金融服务部门可持续性相关信息披露条例》(SFDR)要求所有资产管理公司来参照欧盟分类标准,声明其投资组合是否可持续。

绿色的程度:随着2022年欧盟新规则的发布,各方一直在讨论覆盖现有的绿色分类标准以外的其他类别,反映了投资者可预见的担忧:未归入绿色类别就会被归入非绿色、棕色或破坏环境的类别。关于认证为绿色、可持续或低碳的产品和服务也出现了类似的争论。研究专家指出了其他类别的潜在用处,特别是红色或棕色、禁止、高风险或分类的类别:基本上构成了一份高风险融资的负面清单。中国生态环境部在其“一带一路”项目融资中引入了一种“交通灯”模式,按照3个环境风险类别提供了决策参考:红色表示高风险,黄色表示无环境风险,绿色表示无环境风险和环境效益。

最近,中国人民银行(PBOC)呼吁加强绿色转型融资研究;也就是说,研究如

¹ 研究专家指出,与基于结果的标准相比,大多数的绿色金融标准以过程为导向,例如,建立了气候风险评估策略和过程来评估气候风险。

何帮助没有资格获得绿色融资（如绿色债券或其他 ESG 产品）的碳污染密集或污染密集型公司（如钢铁、水泥和化工企业）获得转型融资。中国人民银行关注金融机构在帮助目前无法获得绿色融资机会，但已经制订或做出绿色转型计划和承诺的公司获得转型融资的作用。例如，通过使用可持续发展挂钩债券或者长期融资安排，包含逐步减少温室气体排放的中期履约目标。

这种对转型融资的关注，对于扩大许多绿色金融产品的范畴非常重要，这些产品往往只是整个金融部门的一小部分——通过从目前的棕色或灰色融资转向整体、系统性绿色目标，有助于更全面地推动金融部门的绿色转型进程。

透明度与问责：市场和投资者的信心取决于透明度和问责，如果投资者对市场数据的稳健性和独立核查或审计缺乏信心，那么他们最终会退出这些市场。绿色市场也不会例外。与之相反，鉴于碳、生物多样性和其他绿色市场仍然保持着新颖、新兴的动态，与更为成熟和熟悉的市场相比，投资者倾向于寻求更大的透明度和问责制。狭义的透明度包括财务会计标准与合规，以及越来越多的非财务报告标准和市场预期。

广义的透明度还包括国内公共政策的设计和实施，例如通过国家审计署和独立统计机构向国际发展融资机构（DFIs）融资。近期 DFIs 对进行的审查建议指出，需要建立健全独立的透明度和问责机制，包括建立可预测的程序，通过这些程序受理当地投诉，通过合规调查和争端解决程序进行处理，然后在必要时提供资金，纠正有害行为并为当地社区提供相关补偿。

“洗绿”风险：2021 年，环境、社会与社会治理（ESG）投资创历史新高，资产管理公司创造了创纪录数量的新 ESG 产品。市场分析集团晨星分析公司（Morningstar Analytics）报告称，2021 年 ESG 投资创历史新高：截至 2021 年 9 月，可持续基金资产额超过了 3 300 亿美元（相比之下，2020 年第三季度的 ESG 资产额为 1 830 亿美元），其中大部分的投资与可再生能源有关。

只要绿色声明能够带来实际的、可衡量的绿色绩效成果，这种增长是值得欢迎的。但是，绿色 ESG 声明言过其实、缺乏或毫无根据的风险也是真实存在的情况，并在不断增加。2021 年年底，中国提醒各方警惕“洗绿”的风险，这是有其充分依据的。《自然》杂志在 2022 年 2 月的一篇文章指出，企业碳减排计划存在重大不足，往往完全忽略了“范围三温室气体排放”，或依赖于碳抵消来兑现净零排放的承诺。这些不足部分归咎于私营部门公司董事会气候治理不力。例如，纽约大学斯特恩商学院在 2021 年进行的一项调查中显示，董事会在气候和 ESG 事务方面的治理能力是极其薄弱的。

一个好的做法是，欧盟每年会根据消费者保护条例的法律授权，开展揭露“洗绿”的“清查”行动。2021年年初，欧盟对网站进行的第一轮清查结果表明，40%的绿色声明缺乏证据，而欧盟随后对344份绿色声明进行的审查报告中指出，超过50%的绿色声明缺乏证据支持，其中高达37%为模糊、误导或者虚假声明。

2022年3月底，联合国秘书长启动了非国家实体净零排放承诺高级别专家组，以审查ESG、气候和碳披露标准、证券和会计监管机构、其他全球金融体系监管和监督机构的净零排放市场声明。高级别专家组由加拿大前环境部长、国合会前执行副主席凯瑟琳·麦肯娜（Catherine Mckenna）女士领导。国合会密切跟进高级别专家组的工作，并邀请专家组成员介绍正在开展的工作，以及给中国相关监管机构的最终建议。

绿色分类标准：2021年11月，中欧共同分类倡议（CGT）在欧盟可持续金融国际平台（IPSF）下，发布了第一份《气候变化减缓分类标准评估报告》。IPSF中欧工作组的目的是，改善不同国家分类标准的可比性和交互性，以支持绿色债券发行人和核查机构的共同或趋同做法；企业低碳路线图；银行和其他金融机构根据低碳路线图调整其投资组合；发展融资机构和相关报告实体遵循《减缓气候变化融资追踪共同原则》（见下文）；国际标准制定机构。到2022年，所有列出绿色声明的欧盟金融产品必须就与欧盟绿色分类标准的一致性进行说明。

中国的绿色分类标准主要侧重于为绿色债券发行人提供指导，并涵盖了3个主要领域，即环境治理、气候变化措施和自然资源高效利用。中国的绿色分类标准基于中国人民银行、国家发改委和中国证监会2021年联合发布的《绿色债券支持项目目录》，该目录列出了多项主要活动和具体领域。就保护和NbS相关融资而言，“生态环境产业”最为相关，包括“绿色农业”和“生态保护与建设”。鉴于标准对支持绿色市场的重要性，中国的绿色分类标准还包括项目审计、检查和评估等绿色服务。

2021年CGT报告确定了影响最大的欧盟和中国绿色分类标准的共同领域。其中，欧盟绿色分类标准以林业部门、中国分类标准以生态环境产业为“高度优先”领域，强调了增加NbS投资的机会。该报告指出，目前尚未涉及“不造成重大伤害”原则、各种社会和人权问题等领域，而术语、标准和保障措施方面的差异也加大了详细比较的难度。

不伤害原则：该法律原则也称为“不造成重大伤害”原则，UNEP对其定义如下：一个国家有责任预防、减少和控制对其他国家的环境伤害风险。该

原则已被纳入许多国际公约和协定之中，特别是水资源管理有关的公约和协定。随着《巴黎协定》第六条的谈判继续进行，2018年成立了可持续发展对话小组，以审查第6.2条、第6.4条和第6.8条中与不伤害原则有关的保障措施。

发展融资机构（DFIs）：研究专家强调了DFIs在整合公共和私营部门气候和生物多样性投资方面的作用。在占全球年投资额10%的约450家DFIs中，大多数的DFIs都有着以下双重任务：通过创造就业、公共卫生和教育、性别平等或农村电气化支持经济发展，并获得与主流市场相当的投资回报。

近年来，许多DFIs在SDG融资（包括气候变化减缓和适应融资）方面发挥了更加积极的作用。例如，2015—2020年，欧洲DFIs承诺提供80亿欧元的气候资金。DFIs帮助利用PPPs的一个例子是德国经济合作与发展部（BMZ）与InsurReliance Global Partnership合作，帮助承保影响贫困和弱势家庭和社区的气候风险。为了更好地协调DFIs有关的气候融资工作，欧洲DFI实体在2020年年底同意增加可比的气候披露测量和报告。

考虑性别的投资与发展融资机构：2018年，七国集团国家承诺调动30亿美元的DFI和私营部门投资，通过帮助妇女获得资金、取得高技能工作和领导机会来支持性别平等。截至2021年年初，2XChallenge下承诺了约46亿美元的投资，其覆盖范围已经远远超出了七国集团的DFIs，包括欧洲投资银行、养老基金、私募股权基金和机构投资者。成功超越其融资目标的部分原因是在采用可比标准衡量性别平等融资对妇女创业、领导、就业、消费和中间投资的影响方面取得进展。

海外发展援助：2021年最新修订的《减缓气候变化融资追踪共同原则》将为多边开发银行（包括亚洲开发银行、亚投行和新开发银行）和IDFC成员银行提供指导，通过《多边开发银行气候融资联合报告》以可比方式对气候融资进行分类。在联合报告追踪的总融资额（660亿美元）中，大部分是投资贷款（504亿美元），而政策性贷款（48亿美元）和赠款（33亿美元）要少得多。其他形式的气候融资包括信贷额

度（21 亿美元）、担保（19 亿美元）、股权融资（14 亿美元）和基于结果的融资（10 亿美元）¹。

格拉斯哥气候大会的一项重要成果是关于如何履行《巴黎协定》下每年 1 000 亿美元的气候融资承诺的《气候融资交付计划》。尽管各界对未兑现这一承诺感到失望，但该计划表示仍有信心在 2023 年实现这一目标，其依据是经合组织编制的追踪和情景报告，指出多边开发银行和出口信贷融资需要改变既有资金流向，增加气候融资。

风险披露：自 2017 年发布《气候变化相关财务信息披露（TCFD）报告》以来，各方采取了一系列重要措施，特别是通过了涵盖气候相关风险和机会的管理规则。值得指出的是，在 2021 年 6 月，七国集团同意根据 TCFD 建议强制要求报告气候风险²。2021 年 7 月，二十国集团同意采用“全球基线报告标准”。

2021 年 7 月，中国人民银行发布了《金融机构环境信息披露指南》，指出：“金融机构报告年度内与环境相关的目标愿景、战略规划、政策、行动及主要成效，例如自身经营活动所产生的碳排放控制目标及完成情况、资源消耗、污染物排放及防治、气候变化减缓和适应等³。”例如，国际金融协会（IIF）2021 年董事会声明中提出的关于气候融资的建议包括：协调国际风险披露规则，以及支持绿色分类标准、数据标准、衡量指标和其他使能工具的趋同⁴。

如前所述，国合会 2021 年《绿色金融专题政策研究报告》建议中国采用 TNFD 风险披露做法。考虑气候和自然风险之间的内在联系，应考虑协调同时发布 TCFD 和 TNFD 披露信息，因为分阶段实施强制性风险披露将非常复杂。

2022 年 4 月，中国人民银行与其他六个部委发布了一项重要的法律草案，希望通过建立共同风险框架，加强和提高金融服务部门衡量、管理和报告金融风险的可比性。随着这项重要的新立法的出台，可以考虑将气候、生态和环境金融风险纳入其中。

自愿碳市场：NbS 投资趋势发出的一个最强烈的市场信号是投资人对自愿碳市场的兴趣日益浓厚，他们纷纷通过该市场来购买碳抵消信用额。但是，市场的预测差异

1 追踪报告提出了各种类别来追踪多边开发银行的投资，特别是气候适应融资，包括“作物和粮食生产”和“其他农业和生态服务”，以及气候减缓融资，包括“农业、水产养殖业、林业和土地利用”。

2 七国集团内部采用不同的强制性气候信息披露方式。例如，2021 年 7 月，美国证券交易委员会（SEC）宣布，其正在为所有上市公司制定新的规则，以便区别于欧盟《可持续金融信息披露条例》，后者更狭隘地涵盖资产管理公司和财务顾问。欧盟《可持续金融信息披露条例》于 2021 年生效。中央银行关于气候风险指南的一个相关示例是国际清算银行（BIS）2021 年 11 月发布的《有效管理和监管气候相关金融风险的指导原则》。

3 除了碳相关风险，TCFD 还从气候复原力和适应角度考虑了其他重要影响，要求披露洪水、干旱、海岸淹没等气候相关事件的物理风险。

4 中方的 IIF 成员包括中国农业银行、中国招商银行、交通银行、中国工商银行、中国建设银行、中国光大银行、中信集团、国家开发银行、兴业银行和中国广发银行。

却很大。PRI 估计，到 2050 年，再造林和造林投资将创造 8 000 亿美元的年收入，代表着价值超过 1.2 万亿美元的资产。然而，扩大自愿碳市场工作组（TSVCM）在 2021 年 1 月的最终报告中的预测值要低得多，其估计到 2030 年，碳抵消市场规模将达到 50 亿~500 亿美元。2021 年自愿碳市场交易额达到 10 亿美元，其中林业和土地利用占有所有投资的 60% 以上。中国有 20 多家碳抵消认证机构，如中国质量认证中心。中国近期采取了一系列举措来消除碳抵消“洗绿”风险，例如，自愿碳市场完整性倡议在 2021 年年底发布了明确的初步建议，确保中国国内市场实践与不断演变的国际标准和最佳实践保持一致。

中国国务院、中国人民银行和生态环境部近期发布的指南文件和指导意见，重点强调了碳封存市场作为中国碳达峰、碳中和转型路径的一部分所发挥的核心作用，国会近期关于碳抵消市场的背景文件中讨论了这一问题。

各方对自然市场的关注度越来越高。狭义的自然市场包括自愿 NbS 市场，涉及气候适应、可持续农业、淡水管理和气候减缓等各种结果。广义的自然市场涉及围绕基于自然资本的市场所开展的多年工作，如 2021 年英国《生物多样性经济学：达斯古普塔报告》所述，或正在进行的生态系统服务付费工作。2022 年 4 月，生物多样性融资倡议组织组建了一个新的全球工作组来审查自然市场。

企业 NbS 基金：在过去的一年里，与供应链和 NbS 有关的企业基金层出不穷。相关的示例包括：

(1) 苹果公司 2021 年 4 月出资 2 亿美元成立恢复基金，为每年清除多达 100 万 t 碳的林业项目提供资金。

(2) 欧莱雅公司出资 5 000 万欧元建立自然再生基金，用于恢复退化的生态系统和捕获 1 500 万~2 000 万 t 的二氧化碳。

(3) 亚马逊公司出资 1 亿美元设立 Right Now 气候基金，促进 NbS 投资。

(4) Orange 出资 5 000 万欧元成立自然气候基金，用于购买高质量的碳信用额。

(5) 开云集团建立自然再生基金，支持与负责任绿色供应链有关的 NbS 项目，目标是到 2025 年，恢复 100 万 hm^2 退化土地，并支持再生农业。

(6) 由美国和英国政府以及包括沃尔玛、拜耳、联合利华在内的 19 家大公司组成的 LEAF 联盟，宣布 2021 年年底实现价值 10 亿美元的热带雨林保护目标。

这些举措是对私人慈善组织大幅增加自然融资的补充，例如，作为更广泛的保护我们的地球挑战（支持 30×30 保护目标）的一部分，贝索斯地球基金在格拉斯哥气候大会上承诺会提供 20 亿美元的融资，帮助停止森林砍伐活动。

零毁林供应链：国合会 2021 年《全球绿色价值链专题政策研究报告》探讨了各种软性商品（如大豆和棕榈油）的采购与森林砍伐，特别是热带雨林砍伐之间的强烈因果关系。

十多年前，数百家公司加入消费品论坛，签署了到 2020 年实现零毁林的承诺。2014 年《纽约森林宣言》承诺到 2020 年实现全球森林砍伐率减半。目前这两项目标均未能实现，且仍有着很大的差距，这促使各项评估开始梳理复杂的供应链，并重点分析基于系统的可持续采购方法，包括设计包容性治理系统，为当地农民提供资金。

资助当地农民，对于兑现新的可持续供应链承诺，以及履行新的格拉斯哥全球森林砍伐承诺至关重要。在通常情况下，小规模农户在满足可持续采购标准和第三方认证标准方面会产生更高的生产成本，同时在获取可负担信贷进行前期投入方面也会面临困难。

在过去的一年里，有许多全新的融资倡议实施可持续的供应链采购。例如，巴西最近与 WWF、TNC、UNEP、WEF 热带雨林联盟等机构联合设立了负责任商品基金，以帮助巴西农民生产可持续大豆。

以 NbS 为重点的其他融资倡议示例包括：由 IUCN 和 GEF 发起的自然 + 加速器基金，旨在扩大 NbS 融资规模，最终目标是到 2030 年，从 70 个 NbS 项目中获得 1.6 亿美元的收入。

2021 年 10 月在云南昆明举行的 CBD COP 15 第一阶段会议上，中国宣布出资 2.3 亿美元，成立新的昆明生物多样性基金，并同时邀请其他国家为该基金出资。

中国和其他 140 个国家签署了《关于森林和土地利用的格拉斯哥领导人宣言》，承诺到 2030 年停止本国范围内的森林砍伐活动。随着这一宣言的签署，确保零毁林供应链的责任已经转移到政府如何强化私营部门行动上。挪威、法国、欧盟、英国等多个国家和地区先后出台了监管措施，限制无法证明合法采伐或符合特定可持续标准的商品进入市场。许多食品进口商对拟议法案的尽职调查程序持反对态度，这是英国法案被推迟的原因之一。

从财务报告的角度来看，这种对供应链的重新关注现在包括对气候风险的考虑。在 2021 年宣布其气候风险披露规则草案时，美国证券交易委员会表示可能会包括与上下游供应链有关的范围三温室气体排放。中国国务院在 2021 年年底发布的一份指导意见表明，需要进行气候风险评估，以使中国供应链与碳达峰、碳中和目标保持一致。

第三节：改革环境有害补贴

2021 年《自然融资状况报告》强调了在生产端或消费端许多农业和其他有害补

贴对生物多样性丧失的影响程度。该报告给出的示例包括导致淡水污染、土地退化、森林和其他生态系统生境丧失、对单一作物产出给予优惠产出支持、低效废物管理及其他影响的补贴。该报告援引了经合组织对 53 个国家的追踪估计数据，指出 2016—2017 年的农业补贴额达到了每年 7 030 亿美元，并估计 2019 年“有害生物多样性补贴”的总额在 2 740 亿~5 420 亿美元。

在过去的 30 年里，各方采取了一系列的行动来识别、减少和改革对环境有害的补贴。以往的工作主要聚焦于国家农业扶持项目，如美国《农业法案》或欧盟《共同农业政策》，在划分不同类型的农业扶持方面取得了一定的成功。世贸组织（WTO）允许对一些农业补贴提供过渡性的绿箱补贴扶持。研究专家建议将这些临时性措施转变成永久性措施。

如上所述，《自然融资状况报告》得出的一个主要结论是，迫切需要改革环境有害补贴。FAO-UNDP-UNEP 2021 年 9 月发布的一份联合报告建议将大多数的农业补贴投向其他用途，因为除了对气候、公共卫生、公平和贸易造成负面影响之外，这些补贴普遍会产生扭曲价格和破坏自然的影响¹。该联合报告建议采取 6 个步骤，从国家层面评估有害的农业补贴，以便将这些补贴另作他用。与此相类似的是 UNDP 的 BIOFIN 项目开发了一种方法来估算对自然有害的国内农业补贴额度，并且正在研究各国的案例（如蒙古国案例）。有机会在 UNFCCC COP 26 上讨论补贴改革问题。

国合会 2021 年《绿色金融专题政策研究报告》中提出的政策建议，强调了中国改革补贴政策的重要性。该报告提出的具体政策建议如下。

（1）加大对普惠性质的补贴力度，在保证农民收入和农业产量不下降的情况下，减少补贴对生物多样性的损害。为此，应从直接补贴转向间接补贴。

（2）将环境保护目标纳入被补贴者认定标准。将环境保护目标纳入更多补贴政策的认定标准中，对被补贴者提出更多的生态保护方面的要求。

补贴改革一直也是气候行动重点关注的问题。例如在 2009 年，二十国集团承诺查明并消除“低效化石燃料补贴”，但在定义“低效”或降低补贴额度方面的进展甚微²。2010 年发起的“化石燃料补贴改革之友”等倡议，以及国际货币基金组织（IMF）、经合组织、世界银行能源补贴改革基金、全球补贴倡议等正在进行的分析工作，为 2021 年《格拉斯哥宣言》承诺减少化石燃料补贴提供了参考背景。鉴于市场化工具在

1 FAO-UNDP-UNEP 联合报告估计，在考虑预期经济复苏的基准情景下，2030 年全球农业补贴额预计将增至近 1.8 万亿美元。其中约 73%（1.3 万亿美元）将以边境措施的形式出现，这将影响贸易和国内市场价格；剩下的 27%（4 750 亿美元）将以财政补贴的形式出现，这些补贴将支持农业生产者，并可能继续导致投入品的过度使用和生产过剩。

2 二十国集团的 2021 年评估指出，2010—2019 年的名义补贴额没有发生变化。

推进碳中和目标方面的作用越来越大，研究专家指出，化石燃料补贴的扭曲影响之一是削弱了碳市场的预期价格效应。

30 年来，改革环境有害补贴一直是世界贸易组织（WTO）及其前身关贸总协定（GATT）持续关注 and 讨论的问题，但相关进展甚微。世贸组织为达成渔业补贴协议而进行的长达 20 年的谈判突出表明，贸易政策无法就限制和减少环境有害补贴达成共识。

第三部分 短期和中期实践机会

绿色分类标准：通过追踪“生态农业”和“生态保护与建设”类别，确定现行的绿色分类标准如何扩大 NbS 投资。

融资风险披露：确定中国新宣布的强制性气候风险披露是如何追踪气候相关极端天气事件（如洪水）相关的物理风险，以及在新披露框架中纳入各种气候复原力投资，尤其是与 NbS 相关的气候适应投资类别。

自然损失经济评估：国内外金融监管机构应深入分析生物多样性损失风险和生物多样性损失相关的资金风险，例如，考虑中央银行和监管机构网络正在推进的绿色金融系统工作。

碳市场数据支持：为了支持碳市场促进碳达峰、碳中和目标，国合会可以研究设计中国近期做出的承诺，开发一个全面的气候数据系统，向投资人提供 NbS 固碳系统有关的数据，以及追踪与气候和自然融资有关的新 ISSB 标准进展。

《巴黎协定》第六条规则：在完成《巴黎规则手册》后，审查目前符合条件的 2013 年后 CDM 项目组合，并保留符合新的第 6.2 条和第 6.4 条关于重复计算、额外性、永久性和透明度规则的碳信用额。

可持续供应链采购融资：国合会应帮助梳理现有的农村财政支持计划（如生态补偿计划），包括面向农民的直接付款（如通过中国生态补偿计划等成熟的融资计划），优惠性贷款，或其他整合 NbS 支付的农村支付计划。国合会的可持续食品系统专题政策研究项目就与此密切相关。

中国价值链气候风险评估：在评估中国国内供应链的气候风险时，国合会可帮助识别森林、湿地、泥炭地和草地退化导致的潜在碳储量损失风险，以及气候适应和韧性有关的 NbS 在消除风险方面的诸多好处。

企业 NbS 基金：国合会可以研究如何结合税收优惠和其他做法，鼓励企业增加 NbS 项目支出，将税收优惠与投资水平和 NbS 资金产生的实际收益相挂钩，并将信贷与惠及当地农民和社区的收入相挂钩。

缩小不平等差距：作为中国绿色转型承诺、“十四五”规划承诺，以及近期关于消除中国收入不平等差距的经济目标的一部分，国合会应研究 NbS 融资如何帮助解决收入、劳动、性别和其他方面的不平等问题。

1. 国际合作与南南合作

调动生物多样性资源：COP15 二阶段会议已于 2022 年年底结束。国合会应优先考虑如何落实会议决定，增加生物多样性融资，重点关注扩大私营部门的绿色融资，协调和利用多边开发银行的融资，推进 30×30 和可持续利用目标。

绿色“一带一路”倡议：2022 年 3 月底，中国国家发展改革委发布了新的《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》（以下简称《意见》）。新《意见》的核心内容是，要求在整个“一带一路”合作中推进绿色发展。新《意见》确定的一个优先领域是绿色金融，以联合国和 G20 工作为基础，包括促进与绿色投融资有关的自愿准则和最佳做法，充分利用国际金融机构的贷款和私人绿色投资，并鼓励金融机构实施《“一带一路”绿色投资原则》。超过 35 家中国和其他国家的主要银行签署了《“一带一路”绿色投资原则》，其中规定了如何将可持续性纳入公司治理，评估和披露环境相关风险，使用 ESG 产品等绿色金融工具，促进绿色供应链和提高公众意识等。第七届国合会工作应通过研究、案例研究和建议，确定实施新《意见》的措施。

DFI/MDB 消除风险融资：多边开发银行（MDBs）和发展筹资机构（DFIs）应加强协调，以消除碳转型风险，并增加混合型/PPP 融资，以帮助消除私营部门融资风险。

2. 中期机会

绿色分类标准：更新中国的绿色分类标准，包括更多具体的保护融资和 NbS 投资类别。

自然风险披露：在未来 10 年内，采用 TNFD 标准，要求包括资产管理公司在内的所有金融部门主体披露自然相关的风险。

可持续供应链：设定年融资额度，为农民、渔民等提供支持，以确保可持续、自然向好的供应链。促进融资多样化，包括赠款、股权和信贷额度，投资采用必要的工具确保供应链的可追溯性。

补贴改革：实施国内行动，减少化石燃料补贴，支持中国的双控目标；加大对净零农业、土地利用和林业管理目标的补贴力度；实施试点项目，将农业补贴调整为支持农村生计的间接制度。国合会应对以往改革有害环境补贴的尝试进行研究，并从中吸取经验教训。

第四部分 建议

除了从总体上建议国合会重点研究如何整合自然融资和气候融资,其他建议如下。

建议 1: 国合会应确定政策、案例研究、标准和合作伙伴关系,以扩大对高质量基于自然的解决方案的融资,包括森林、红树林、草原、湿地、再生土地管理和绿色/可持续食品系统、绿色和气候适应性基础设施、海洋和海岸韧性。

建议 2: 国合会应制定促进私营部门增加气候和自然融资的路线图,以确保有足够的资金用于减轻对自然/气候的负面影响。具体工作包括分析新标准、保障措施、披露、绿色分类标准、ESG 金融产品、审计标准、监测和核查标准以及其他举措,包括由二十国集团可持续金融研究工作组演变而来的举措。国合会 2022 年的一项前期研究将探究数字化与可持续发展之间的协同效益。

建议 3: 国合会应寻找机会,扩大和利用国内外公共部门融资,包括调动国有企业,以及利用双边、区域或多边开发银行融资、出口融资等。

建议 4: 国合会应研究公私合作伙伴关系以及相关的混合型自然和气候融资机会,包括将合规与自愿碳市场相结合的方案。

建议 5: 国合会应深入分析各种方案,对环境有害补贴进行系统、全面的改革,以支持自然-气候综合融资。财政政策改革应特别重视解决就业、收入和其他不平等问题。

建议 6: 国合会应帮助支持和加强绿色金融国际合作,通过在战略性政策和监管水平及相关产品等领域的持续交流,支持有助于实现全球绿色发展目标的共同行动。

(报告作者: 国合会外方首席顾问魏仲加)

附录附件 4-1 2021—2022 年前期研究会议安排

1 月 26 日, 前期研究介绍会

2 月 17 日, 核心专家启动会

3 月 24 日, 前期研究研讨会——绿色金融创新

4 月 21 日, 前期研究研讨会——联结主权债务与生物多样性、气候和 SDGs: 中国的机会?

附录附件 4-2 前期研究团队组成

负责人	
魏仲加 Scott Vaughan	国合会外方首席顾问
阚微澜 Violante di Canossa	联合国开发计划署驻华代表处研究和政策组组长、发展经济学家
安德鲁 Andrew Deutz	大自然保护协会全球政策总监
核心专家	
王珂礼 Christoph Nedopil	复旦大学副教授、绿色金融与发展中心主任
Margaret Kuhlow	世界自然基金会国际部全球金融业务负责人
Jill Dauchy	波托马克集团首席执行官
白韞雯	北京绿色金融与可持续发展研究院自然资本投融资中心主任
孙天舒	商务部国际贸易经济合作研究院国际发展合作研究所助理研究员
Tracey Cumming	联合国开发计划署生物多样性环境融资技术顾问
Swarnim Waglé	联合国开发计划署亚洲及太平洋区域局首席经济顾问
Mark Halle	BetterNature 联合创始人
Paul Steele	国际环境发展研究所首席经济学家
Renata Rubian	联合国开发计划署亚洲及太平洋区域局政策顾问
咨询专家	
Bob Tansey	大自然保护协会高级政策顾问
Knut Alfsen	国合会外方首席顾问支持组专家
WANG Yali	联合国开发计划署驻华代表处 SDGs 融资专家
Stewart Maginnis	世界自然保护联盟副总干事；国合会“基于自然的解决方案”专题政策研究联合组长
杜红霞	世界自然基金会中国分会绿色金融高级经理
张承惠	国务院发展研究中心金融研究所原所长
Erik Berglöf	亚洲基础设施投资银行首席经济学家
叶燕斐	中国银行保险监督管理委员会政策研究局一级巡视员，国合会特邀顾问
Eric Usher	联合国环境规划署金融倡议负责人
张建平	商务部国际贸易经济合作研究院区域经济合作研究中心主任
徐佳君	北京大学新结构经济学研究院常务副院长
Rodolfo Lacy	经合组织拉丁美洲气候行动和环境事务主任
张玉梅	中国农业科学院农业经济与发展研究所研究员
Farooq Ullah	B -Team 公司策略师
Rose Niu	保尔森研究所首席保护官
Gianni Ruta	世界银行首席环境经济学家

咨询专家	
Jess Ayres	儿童投资基金会（英国）气候变化项目主任
祁悦	儿童投资基金会（英国）北京代表处气候变化项目经理
袁薇	世界银行集团国际金融公司 / 可持续银行网络亚洲协调员
Dimitri de Boer	克莱恩斯欧洲环保协会（英国）北京代表处首席代表
Fan Danting	克莱恩斯欧洲环保协会（英国）北京代表处法律研究员
付晓天	世界资源研究所（中国）食品与自然资源项目主任
Sonja Sabita Teelucksingh	全球环境基金首席执行官顾问
Carolina Rojas	德国国际合作机构战略环境对话顾问
Maxim Kenens	德国国际合作机构可持续金融、长期战略和 NDC 实施初级顾问
Ulrich Volz	英国伦敦大学亚非学院可持续金融中心主任和经济学教授
张建宇	“一带一路”绿色发展国际研究院执行院长
Rebecca Ray	波士顿大学全球发展政策研究中心高级学术研究员
Simon Zadek	生物多样性融资倡议组织主席
Jean-Paul Adam	联合国非洲经济委员会技术、气候变化和自然资源管理部主任
Catherine Phuong	联合国开发计划署驻老挝代表处副驻地代表
Carlos Larrea Maldonado	厄瓜多尔安迪纳 - 西蒙 - 玻利瓦尔大学教授
Hannah Ryder	Development Reimagined 首席执行官
熊婉婷	中国社会科学院
Kirthisri Wijeweera	联合国开发计划署自然履约债务工具顾问
David Boland	EvolveGroup 全球首席执行官
Adam Starr	联合国开发计划署驻老挝代表处 SAFE 生态系统项目技术专家
Thome Xaisongkham	联合国开发计划署驻老挝代表处项目分析师
Raniya Sobir	联合国开发计划署国际发展顾问

附录附件 4-3 中国陆地碳汇潜力研究 - 文献综述

作者：Kalifi Ferretti-Gallon

完整报告链接：<https://cciced.eco/wp-content/uploads/2022/04/EvaluationofChinasTerrestrialCarbon.pdf>.

执行摘要

过去 10 年以来，气候变化的影响在全球范围内加剧。2021 年极端天气和气候灾害加剧了新冠感染疫情对全球的冲击，世界各国发生热浪、飓风、洪水和干旱等气候

相关破坏性事件，损失金额远远超过 1 700 亿美元。气候变化影响继续给已经处于压力之下的全球系统带来环境、社会和经济压力，减少温室气体排放变得越来越重要。

截至 UNFCCC COP26 会议结束时，有 151 个国家修订或提交了新的国家自主贡献（NDCs），承诺减少全球温室气体排放。中国修订了其 NDC，提出了新的碳达峰和净零排放目标。然而有人担心，作为世界最大排放国，中国修订后的目标和气候战略可能不足以将全球升温幅度控制在比工业化前水平高 1.5℃ 的范围以内。幸运的是，中国最近采取的陆地生物群落恢复和保护行动提高了中国减少净排放的能力。

《中国陆地碳汇潜力：文献综述》对关注以下问题的相关文献进行了综述：中国陆地生态系统储碳，以及各主要陆地生物群落（森林、草地、耕地、灌木丛和湿地）清除二氧化碳的能力。最后针对各生物群落，就如何提高中国储碳能力、超越当前目标提出了相关政策建议，并列出了相关机会。

通过文献综述，得出了以下关键结论。

（1）固碳对于实现中国的碳达峰、碳中和目标非常重要。不同生物群落的储碳和固碳潜力存在很大的差异，例如，森林是中国最大的土壤和植被储碳来源（38%），其次是草地（30%）、耕地（19%）、灌木丛（8%）和湿地（5%）。

（2）中国的森林从碳源转变为碳汇，目前约占陆地固碳总量的 56%。中国现有的造林和再造林激励项目预计将增加森林清除和储存碳的能力，大规模推广这些举措可以大大抵消中国的预测年排放量。

（3）中国采取土壤管理措施、提高产量也可以提高固碳潜力。中国的耕地储存了大约 1/5 的陆地碳。通过可持续土壤管理、提高年产量的固碳作用，也可以大大增加碳的吸收量。

（4）相对于森林而言，草地和灌木丛的植被储碳量并不高，但仍然发挥着重要的作用。由于转换为其他土地用途，这两种生物群落的面积大幅减少，通过适当恢复，可以实现很高的碳固存和截留潜力。

（5）保护湿地对于减缓主要的温室气体排放非常重要。虽然湿地对中国陆地碳储量的贡献最小，但湿地是二氧化碳和甲烷的重要储存地，很容易受到气候和土地利用变化的影响，后者可能会促使湿地释放二氧化碳和甲烷。

（6）强烈建议开发一个全面的系统来追踪中国陆地碳储量和固碳量的变化趋势。中国的陆地生物群落对于抵消中国的碳排放，促进全球气候变化减缓行动非常重要。但是，其清除和储存碳的能力受到各生物群落特定变量的影响。开发一个追踪这些趋势的系统，可帮助改善分析结果，并为中国出台更好的土地部门政策提供有用信息。

附录5 中国环境与发展重要政策进展与国合会政策建议影响报告（2018—2022）

一、环境与发展规划

（一）构建生态文明体系，建设美丽中国

2018年是贯彻落实党的十九大提出的“加快生态文明体制改革，建设美丽中国”的第一年，也是探索国家治理体系现代化的第一年，同时还是国家机构改革后的第一年，具有格外重要的意义。在中国的生态环境保护历程中，每一次重大变革都给生态环境事业注入了新的活力，生态环境事业在深化改革中向前推进。

2018年5月18—19日，全国生态环境保护大会在北京召开。本次大会除出访的全国人大常委会委员长栗战书外，习近平总书记及其他中共中央政治局常委全部出席，规格之高前所未有。习近平总书记在大会上做重要讲话时指出，新时代推进生态文明建设，必须坚持好人与自然和谐共生、“绿水青山就是金山银山”、良好生态环境是最普惠的民生福祉、山水林田湖草沙是生命共同体、用最严格制度最严密法治保护生态环境、共谋全球生态文明建设六大原则。要通过加快构建生态文明体系，确保到2035年，生态环境质量实现根本好转，美丽中国目标基本实现；到21世纪中叶，物质文明、政治文明、精神文明、社会文明、生态文明全面提升，绿色发展方式和生活方式全面形成，人与自然和谐共生，生态环境领域国家治理体系和治理能力现代化全面实现，建成美丽中国。

2018年以来，污染防治攻坚战阶段性目标任务圆满完成，初步补齐了生态环境短板，生态文明治理体系基本建成。“十四五”以来，持续推动开展污染防治攻坚战，深入开展中央生态环境保护督察，不断探索“绿水青山就是金山银山”的实现路径，生态环境质量继续显著，绿色发展成为新时代高质量发展的基本底色。

（二）“十三五”规划推动全面绿色转型

“十三五”时期，在经济建设、政治建设、文化建设、社会建设和生态文明建设“五位一体”总体布局下，紧紧抓住“打赢污染防治攻坚战”的目标，围绕生态文明建设，我国的能源结构、产业结构、运输结构、用地结构等都发生了明显的变化，“十三五”规划纲要确定的生态环境9项约束性指标超额完成，形成了以生态环境保护推动经济高质量发展的新格局。主要表现在5个方面。

（1）生态环境立法工作成果丰硕。“十三五”以来，《中华人民共和国环境保护

法》《中华人民共和国长江保护法》等 13 部法律，《排污许可管理条例》《建设项目环境保护管理条例》等 17 部行政法规完成了制修订。生态环境主管部门作为主要执法部门的生态环境法律共有 15 件，占现行有效的法律总数的近 1/20。生态环境部制定的部门规章有 84 件。截至 2021 年 11 月，生态环境行政法规有 32 件。此外，与生态环境密切相关的党内法规文件有 40 余件。生态环境领域法律法规体系已经基本形成，生态环境各主要领域已经基本实现有法可依。

(2) 生态环境标准体系建设取得重大成效。“十三五”期间，修订、发布了 673 项国家生态环境标准。近年来，生态环境部修订、发布了《生态环境标准管理办法》《国家生态环境标准制修订工作规则》，进一步完善了生态环境标准管理制度的顶层设计，明确了今后生态环境标准制定和实施的工作方向。

(3) 生态环境损害赔偿制度改革工作全面开展。案例实践取得了积极进展，截至 2021 年 11 月底，全国各地共办理了 7 600 余件生态环境赔偿案件，涉及的赔偿金额超过 90 亿元，推动治理和修复了一批受损的生态环境。19 个省级环保法规都规定了生态环境损害赔偿制度。

(4) 党内法规和规范性文件发挥了重要的引领作用。中央生态环保督察工作规定、党政领导干部生态环境责任追究办法等一批党内生态环保法规相继制修订，不仅推动压实了生态文明建设和生态环保的政治责任，而且有力促进了国家生态环境法治的建设。

(5) 依法治污有章可循。先后印发了关于法治中国、法治政府、法治文化、法治社会等全面依法治国的系列文件。生态环境部印发了《关于深化生态环境领域依法行政持续强化依法治污的指导意见》，这是生态环保系统推进依法治污的综合性文件。

(三) 绿色城镇化推动生态环境治理改善

城乡建设是推动绿色发展、建设美丽中国的重要载体。“十三五”时期是推动绿色城镇化落地，全面实现 2020 年国家新型城镇化发展目标的关键时期。2015 年，中共中央、国务院印发《关于加快推进生态文明建设的意见》，提出大力推进绿色城镇化，保护自然景观，加快美丽乡村建设。

在法律法规方面，构建绿色城镇化发展的法律体系。比如《中华人民共和国节约能源法》（2018 年修订）、《中华人民共和国大气污染防治法》（2018 年修正）、《民用建筑节能条例》、《公共机构节能条例》等；综合政策如《国务院办公厅关于科学绿化的指导意见》（国办发〔2021〕19 号）、《绿色生活创建行动总体方案》（发改环资〔2019〕1696 号）、《“十四五”循环经济发展规划》（发改环资〔2021〕969 号）等。

考核机制方面，建立绿色城镇化发展核算制度体系。2019年8月，《中共中央 国务院关于支持深圳建设中国特色社会主义先行示范区的意见》明确提出，要“探索实施生态系统服务价值核算制度”。这之后，2021年6月公布的《中共中央 国务院关于支持浙江高质量发展建设共同富裕示范区的意见》提出，“探索完善具有浙江特点的生态系统生产总值（GEP）核算应用体系”；2022年1月发布的《国务院关于支持贵州在新时代西部大开发上闯新路的意见》提出，探索将生态产品总值指标纳入相关绩效考核体系，实施经济发展与生态产品总值“双考核”。截至目前，浙江省、贵州省已发布了各自的GEP核算技术规范。青海、海南、内蒙古等省（自治区、直辖市），深圳、丽水等23个市（州、盟）以及阿尔山、赤水等100多个县（市、区）展开了GEP核算试点示范。生态环境部已出台《生态系统评估：生态系统生产总值（GEP）核算技术规范》等GEP核算标准，为推行GEP考核奠定了工作基础。

在实践层面，多地结合发展实际开展具有地方特色的绿色城镇化。天津中新生态城强调职住平衡与土地混合利用，建立节约、高效、循环的能源系统，注重废弃物收集和资源化利用。河北雄安新区在1770 km²范围内打造生态优先的国土空间格局，蓝绿空间不低于70%，形成顺应自然的城市形态。重庆市大力改善城乡基础设施，建设渝鲁大道、治理原生月隐湖，坚持“轻开发、重保护”，推动建设鲁能星城等区域性生态住宅项目。

此外，2018年12月，国务院办公厅印发《“无废城市”建设试点工作方案》，2019年4月30日，生态环境部公布11个“无废城市”建设试点。2021年6月，住房和城乡建设部等15部门印发《关于加强县城绿色低碳建设的意见》，加强县城绿色低碳建设，促进实现碳达峰、碳中和目标；2021年10月24日，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，要求城乡建设碳达峰行动，推进城乡建设绿色低碳发展，落实绿色低碳要求。2022年2月，国务院办公厅转发国家发展改革委等部门《关于加快推进城镇环境基础设施建设的指导意见》，提出到2025年，构建废物处理处置设施和监测监管能力于一体的环境基础设施体系；到2030年，基本建立系统完备、高效实用、智能绿色、安全可靠的现代化环境基础设施体系。

总体来看，广东、江苏、山东、浙江等东部沿海地区省份的绿色城镇化发展水平较高，在全国均处于靠前的位置；河南、湖北、湖南等中部地区省份的绿色城镇化发展处于中间水平；西藏、甘肃等西部偏远地区省份的绿色城镇化发展水平整体靠后，其绿色城镇化建设极度欠缺。

（四）重大流域发展规划推动高质量发展

黄河、长江是中华民族的母亲河，是中华文明的摇篮。由于历史原因，两大流域存在不同程度的生态破坏和环境污染等问题，严重制约了区域可持续发展。黄河流域水生态问题较为严重，水资源开发利用问题突出，源区湿地萎缩未根本遏制等。长江流域存在水土流失、湖泊富营养化和土壤盐渍化、鱼类资源衰竭、部分区域水质严重污染等诸多问题。

党的十八大以来，关于两大流域的绿色发展和长期健康持续发展问题提上了国家议程，党中央先后提出了新时期区域发展的“长江经济带发展”“黄河流域生态保护和高质量发展”等重大国家战略。过去5年来，两大流域相关省份积极践行“绿水青山就是金山银山”的生态文明理念，深入贯彻新发展理念，推动流域的生态保护与高质量发展，取得了重大进展。

1. 黄河流域高质量发展

2019年9月18日，习近平总书记在郑州主持召开黄河流域生态保护和高质量发展座谈会并讲话强调，要坚持“绿水青山就是金山银山”的理念，坚持生态优先、绿色发展，上下游、干支流、左右岸统筹谋划，共同抓好大保护，协同推进大治理，着力加强生态保护治理、保障黄河长治久安、促进全流域高质量发展，让黄河成为造福人民的幸福河。2020年1月3日，习近平在中央财经委员会第六次会议上强调，黄河流域必须下大气力进行大保护、大治理，走生态保护和高质量发展的路子。2020年8月，中共中央政治局审议《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》，要求因地制宜、分类施策、尊重规律，改善黄河流域生态环境，努力在“十四五”期间取得明显进展。

2021年8月，国家发展改革委联合住房和城乡建设部印发《“十四五”黄河流域城镇污水垃圾处理实施方案》，指导黄河流域城镇污水垃圾处理工作有序开展，推进设施高质量建设和高水平运维，推动黄河流域生态保护。

黄河流域各省份采取行动。2019年11月29日，四川省明确17项修复保护黄河生态环境重点任务。2020年4月，《陕西省推动黄河流域生态保护和高质量发展2020年工作要点》印发实施，明确了22项重点任务。2022年1月，山西省列出了2022年生态环境保护重点工作任务表。2022年3月，甘肃省印发《甘肃省黄河流域生态保护和高质量发展规划》等，黄河流域上、中、下游的生态保护和高质量发展的态势初步形成。山东省编制了《山东省黄河流域生态保护和高质量发展规划》，制定了黄河保护治理、支持黄河流域高质量发展、黄河流域非物质文化遗产保护传承弘扬实施方案等政策措施。

最高人民法院于2020年6月5日发布《关于为黄河流域生态保护和高质量发展

提供司法服务与保障的意见》，其中明确提出坚持最严法治观、依法惩处污染环境等犯罪行为。

2. 长江流域高质量发展

2018年4月，习近平在深入推动长江经济带发展座谈会上强调，新形势下推动长江经济带发展，关键是要正确把握整体推进和重点突破、生态环境保护和经济发展、总体谋划和久久为功、破除旧动能和培育新动能、自身发展和协同发展等关系。

为贯彻落实习近平总书记关于“共抓大保护、不搞大开发”的重要指示精神，2019年12月，中共中央、国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》。2020年7月，国务院办公厅印发《关于切实做好长江流域禁捕有关工作的通知》，农业农村部、公安部、国家市场监督管理总局分别牵头制定了《进一步加强长江流域重点水域禁捕和退捕渔民安置保障工作实施方案》《打击长江流域非法捕捞专项整治行动方案》《打击市场销售长江流域非法捕捞渔获物专项行动方案》。2021年3月1日开始实施《中华人民共和国长江保护法》，这是我国第一部针对一个流域的专门法律。2021年，生态环境部审议并原则通过《深入打好长江保护修复攻坚战行动方案》《黄河生态保护治理攻坚战行动方案》《“十四五”城市黑臭水体整治环境保护行动方案》《重点海域综合治理攻坚战行动方案》《全国海洋倾倒地规划（2021—2025年）》。

经过过去5年的绿色发展，长江经济带正在成为引领中国经济高质量发展的主力军，经济总量全国占比逐年提升。长江经济带与“一带一路”、西部大开发、西部陆海新通道等建设融合共进，长江经济带沿江省市在项目招引、产业导向上持续推进绿色转型，全力打造新的经济增长极。长江经济带发生了三大重大转变：一是干部群众的思想意识发生了根本变化，二是长江流域水质发生了显著变化，三是生态环境发生明显变化。长江岸线整治全面推进，两岸绿色生态廊道初步形成。

（五）国合会相关政策建议概述

过去5年里，国合会提出了许多诸如保护生物多样性、改善人居环境、污染治理等富有建设性的政策建议，主要有以下三个方面。

（1）生态文明建设。国合会持续关注生态文明建设，在2020年再次提出建议：在发展理念方面，要坚定不移推进生态文明建设，贯彻落实“绿水青山就是金山银山”理念，推动经济社会全面绿色转型，实现以人为本的绿色高质量发展。在政策目标方面，保持生态文明建设的战略定力，将“十四五”规划绿色发展目标与联合国2030年可持续发展议程衔接。

（2）城镇绿色化。围绕城镇绿色化，国合会在2018年提出：改变传统思维，将

绿色标准全面融入城乡规划；推进节能减排和产业升级；充分结合地方实际，创新解决问题方法。在 2019 年提出系统的政策建议，包括“十四五”规划应基于生态文明制定重塑中国城镇化的战略，走内涵增长道路，让绿色城镇化成为中国经济高质量发展的重要驱动力。重新认识城乡关系。在新的发展理念下，要跳出传统“三农”概念，充分利用互联网等新技术，利用乡村独特的自然生态环境和文化等优势，大力拓展乡村绿色新供给。

国合会在 2020 年和 2021 年持续提出建议，指出要以绿色繁荣、低碳集约、循环利用、公平包容、安全健康为目标，推进城市绿色转型。加大城市绿色低碳基础设施改造力度，健全县域绿色发展战略体系，将盘活土地资源与现代绿色农业转型升级、工业布局调整、农民就业和持续增收等领域相结合，坚持绿色发展为主导，多元化发展为支撑的“一极多翼”乡村融合发展模式。

(3) 重大流域绿色发展。关于两大流域的绿色发展，国合会早在 2005 年提出长江保护法的政策建议。在新阶段，国合会 2018 年提出如下建议：①在战略上，应将环境治理和生态恢复工作重点放在对整个流域健康造成重大影响的特定领域，首要即固体废物污染防控；②在立法上，加快长江保护立法，立法要体现对长江流域保护的系统综合性、流域差异性和特殊针对性；③引导多利益相关方参与，科学识别并解决环境污染和生态破坏等对社区居民生产生活造成的负面影响；④建立强制性和自愿性机制，确保商业资本积极参与生态环境保护；⑤拓展现有的政府项目，为引入商业资本投资开辟融资途径，如设立长江生态基金。

在 2019 年的政策建议中，国合会着眼长远，建议将长江经济带作为“十四五”规划的战略重点，建成流域绿色发展的样板和标杆。包括：加快制定长江经济带生态环境保护战略，加快建立“一纵多横”的全流域生态补偿机制，以法治强化长江经济带的生态保护硬约束，等等。

二、治理和法治

(一) 国家生态环境治理体制改革及现代化探索

党的十九大报告提出了加快生态文明体制改革、推进绿色发展、建设美丽中国的战略部署。加强对生态文明建设的总体设计和组织领导，设立国有自然资源资产管理和自然生态监管机构，完善生态环境管理制度。2018—2022 年，国家通过深化改革自然资源和生态环境管理体制，实行最严格的生态环境保护制度，构建政府为主导、企业为主体、社会组织和公众共同参与的环境治理体系，为生态文明建设提供保障。

第十三届全国人民代表大会第一次会议批准了《国务院机构改革方案》，组建生态环境部和自然资源部。生态环境部主要负责建立健全生态环境基本制度、重大生态环境问题的统筹协调和监督管理，监督管理国家减排目标的落实。负责核与辐射安全、生态环境准入的监督管理以及生态环境监测工作，并组织开展中央生态环境保护督察、宣传教育工作。自然资源部主要负责统筹山水林田湖草沙系统治理，统一行使所有国土空间用途管制和生态保护修复职责，着力解决自然资源所有者不到位、空间规划重叠等问题。

2018年11月，《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》对生态环境治理体系内涵以及重点改革方向进行了揭示，提出包括生态环境监管体系、经济政策体系、法治体系、能力保障体系、社会行动体系在内的“五大体系”结构框架，为污染防治攻坚战阶段性目标的实现提供了重要的制度保障。

2019年11月，《中共中央关于坚持和完善中国特色社会主义制度推进国家治理体系和治理能力现代化若干重大问题的决定》明确了生态文明制度体系在国家治理体系中的重要地位，环境治理体系成为国家治理体系的重要组成部分。

2020年3月3日，《关于构建现代环境治理体系的指导意见》指出，目标到2025年，建立健全环境治理的领导责任体系、企业责任体系、全民行动体系、监管体系、市场体系、信用体系、法律法规政策体系，形成导向清晰、决策科学、执行有力、激励有效、多元参与、良性互动的环境治理体系。

2021年9月，国务院办公厅印发《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》，健全以生态环境要素为实施对象的分类补偿制度，综合考虑生态保护地区经济社会发展状况、生态保护成效等因素确定补偿水平，对不同要素的生态保护成本予以适度补偿，按照生态空间功能，实施纵横结合的综合补偿制度。

2021年9月22日，《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》指出，实现碳达峰、碳中和目标，要坚持“全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险”原则，严格控制化石能源消费，加快煤炭减量步伐，积极发展非化石能源，实施可再生能源替代行动，深化能源体制改革。

2021年11月2日，《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》明确了深入打好污染防治攻坚战的总体要求、主要目标、重大任务和保障措施，指出我国生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力总体上尚未根本缓解，重点区域、重点行业污染问题仍然突出，实现碳达峰、碳中和任务艰巨，生态环境保护任重道远。

2021年5月10日,《生态环境保护专项督察办法》正式实施,规范指导督察组开展专项督察工作,明确了督察对象和重点,规范了督察程序和权限,严格了督察纪律和要求,进一步规范了生态环境保护专项督察工作,推动解决突出生态环境问题,压实生态环境保护责任。

开展环境信息披露是企业的社会责任,也是消除信息不对称导致市场失灵的重要手段。2021年5月24日,生态环境部办公厅印发《环境信息依法披露制度改革方案》,确定了环境信息依法披露制度改革的总体思路和重点任务,紧扣企业生态环境保护责任,对环境信息依法披露制度进行了顶层设计,着力形成企业自律、管理有效、监督严格、支撑有力的环境信息依法披露制度。

(二) 司法助力生态环境治理

完善的法律制度需要强大的司法体系来执行,而规范严格的司法行动是生态环境治理中不可缺少的环节,也是助力制度法规能够有效执行的重要手段。2020年3月9日《生态环境保护综合行政执法事项指导目录》印发,落实了统一实行生态环境保护执法要求,明确了生态环境保护综合行政执法职能,梳理规范了生态环境保护领域依据法律、行政法规设定的行政处罚和行政强制事项。2021年1月7日,生态环境部发布《关于优化生态环境保护执法方式提高执法效能的指导意见》,向全国生态环境执法队伍指明了当前工作的总体方向和路径,对执法制度机制做了系统性的总结提升,为各地执法工作给出了明确的思路方向和具体制度指引。

生态环境部于2021年组织整理了多批涉跨省级行政区划的打击危险废物环境违法犯罪典型案例,包括浙江省宁波市某废油回收有限公司非法收集废机油和涉嫌非法处置危险废物案、山东省临沂市跨行政区域非法倾倒废矿物油案、湖南省常德市非法收集转移废矿物油及妨害社会管理秩序案等案件。这些案件中,有的非法跨省倾倒、填埋、处置危险废物,有的将危险废物简单处置后以次充好或掺在产品中销售,有的涉及长期从事非法处置危险废物污染环境黑色产业链的犯罪团伙。各地生态环境部门紧密配合,畅通跨省违法犯罪案件的联合执法工作机制,与公安和检察机关相互协作,形成执法合力,根据群众和基层网格员的线索,跨省调查,追根溯源,有力震慑了危险废物环境违法犯罪行为。

2020年4月27日,生态环境部公布了全国首例因违法使用消耗臭氧层物质(ODS)构成污染环境罪并判处刑事处罚的案件。相关责任人被地方法院以污染环境罪判处有期徒刑10个月。2021年10月29日,生态环境部开展了消耗臭氧层物质专项执法行动,4家非法生产企业均被处以100万元罚款。

（三）推行控制污染物排放许可证

2021年1月24日，国务院公布《排污许可管理条例》（以下简称《条例》）。《条例》是固定污染源管理的核心制度，关乎生态文明制度体系和生态环境治理体系的建设，为改善生态环境质量、推动固定污染源管理制度更加成熟完善奠定了法规基础。

《条例》明确了排污单位污染物排放控制的主体责任。排污许可证是排污单位承担污染排放控制义务和责任的法律文书，具有法定性、强制性，将污染物排放治理的责任回归企业。《条例》明确了排污单位污染排放控制的责任范围，规定了排污许可证记载的信息内容，排放口设置及规范化管理要求，以及自行监测、环境管理台账记录、排污许可证执行报告等具体要求。

《条例》强化了生态环境主管部门事中事后监管职责，规定生态环境主管部门建立全国统一的排污许可证管理信息平台，为对排污单位按照环境保护绩效水平的优化进行日常执法监管创造了条件，并引入社会监督，为披露排污单位排放信息、公开监管信息等提供了全国统一信息平台，建立企业环境守法和诚信信息共享机制，强化排污许可证的信用约束。

（四）生态环保法律继续完善，气候法提上议程

生态环保法律是维护环境治理秩序非常重要也是必不可少的途径，规范着民众、企业的环保行为，完善的生态环保法律让环境治理工作的开展更加科学规范、有理有据，更加明确了污染者的责任，推动环保治理体系的完善。下列为2018—2022年发布或修订的部分环保法律，这些法律为中国环境保护行政与管理工提供了重要支撑，为环保事业改革和发展保驾护航。

2018年1月1日正式施行《中华人民共和国核安全法》（以下简称《核安全法》）。《核安全法》的发布实施，对于保障核安全、预防与应对核事故、安全利用核能、保护公众和从业人员的安全与健康具有重要意义。

2018年8月31日，通过《中华人民共和国土壤污染防治法》，在理念上强化源头预防，减少污染产生，在制度上建立和完善土壤污染责任机制，在罚则上严惩重罚，从而实现多项制度创新：风险管控，分类管理；明确责任，从严监管；周密规制，全过程管控；敏感用地特别管理。

2018年10月26日，第十三届全国人民代表大会常务委第六次会议《关于修改〈中华人民共和国野生动物保护法〉等十五部法律的决定》，其中修改《中华人民共和国环境保护税法》，提高了中国税制的绿色化水平，加快了税制的绿色化改革进程；修改《中华人民共和国防沙治沙法》，更好地预防土地沙化，治理沙化土地，

促进经济和社会的可持续发展；修改《中华人民共和国节约能源法》，推动全社会节约能源，提高能源利用效率，促进经济社会全面协调可持续发展；修改《中华人民共和国大气污染防治法》，保护和改善环境，防治大气污染，以改善大气环境质量为目标，注重强化地方政府在环境保护、改善大气质量方面的责任，加强了对地方政府的监督。

根据2018年12月29日，第二次修订《中华人民共和国环境影响评价法》，实施可持续发展战略，预防环境污染和生态破坏，预防因规划和建设项目实施后对环境造成不良影响，促进经济、社会和环境的协调发展。

2019年12月28日，修订《中华人民共和国森林法》，秉持四项原则：一是生态优先、保护优先，促进可持续发展；二是尊重自然、顺应自然，遵循森林保护培育利用规律；三是科学经营、分类管理，实现森林资源永续利用；四是原则性与灵活性相结合，立足国情，严明基本管护经营制度的同时，为制定具体措施和下一步改革留出空间。

2020年4月29日，修订《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，是中国固体废物环境管理的重要基础和主要依据，实现了固体废物污染防治相关制度的全面完善。

2020年12月26日，通过《中华人民共和国长江保护法》，是中国第一部流域专门法律。

2021年4月29日，第三次修订《中华人民共和国草原法》，保护、建设和合理利用草原，改善生态环境，维护生物多样性，发展现代畜牧业，促进经济和社会的可持续发展。

2021年12月24日，通过《中华人民共和国湿地保护法》，通过制度规范保护湿地生态环境，致力于湿地成为人民群众共享绿色空间，该法律是全社会强化湿地保护和修复的法律遵循，是中国引领全球生态治理的重要行动。

为了更好应对气候变化，为落实碳达峰、碳中和目标提供支撑，2021年1月7日，生态环境部发布《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》，明确了统筹和加强应对气候变化与生态环境保护的主要领域和重点任务，从法律法规、标准体系、环境经济政策、减污降碳协同、适应气候变化与生态保护修复协同5个方面，明确了推动法规政策统筹融合的工作任务。

（五）绿色金融体系不断深化

以2016年8月中国人民银行、环境保护部等七部委联合发布的《关于构建绿色金融体系的指导意见》（以下简称《意见》）为标志，中国开启了全面绿色金融体系建设。2017年6月，中国人民银行、银监会、证监会、保监会、国家标准化委员会等部

门联合发布了《金融业标准化体系建设发展规划（2016—2020年）》，将“绿色金融标准化建设”列为金融业标准化的重点工程。

经过几年的持续推进，中国绿色金融发展成效显著：第一，绿色金融产品和市场体系已经基本形成。截至2021年年末，中国本外币的绿色贷款余额已经接近16万亿元人民币，同比增长33%，存量规模居全球第一位。2021年，中国境内绿色债券发行量超过了6000亿元，同比增长了180%，余额达到了1.1万亿元，在全球居于前列。

第二，绿色金融标准框架和组织架构基本建立。2017年6月，根据中国人民银行等五部委联合发布的《金融业标准化体系建设发展规划（2016—2020年）》，全国金融标准化技术委员会批复同意中国人民银行牵头成立绿色金融标准工作组。2018年9月，全国金融标准化技术委员会绿色金融标准工作组第一次全体会议在京召开，绿色金融标准制定的组织架构建立。工作组研究的六大类绿色金融标准，分别是绿色金融通用基础标准、绿色金融产品服务标准、绿色信用评级评估标准、绿色金融信息披露标准、绿色金融统计与共享标准、绿色金融风险管理与保障标准。基于此，中国的绿色金融标准框架体系也基本确立。

第三，激励约束机制在绿色金融方面逐步完善。中国人民银行创设的碳减排支持工具和支持煤炭清洁高效利用专项再贷款带动了更多社会资金投向绿色低碳的领域。同时，中国人民银行还全面开展银行业金融机构绿色金融评价，已将绿色贷款和绿色债券业务纳入定量评价范围，引导金融机构有序增加绿色资产配置。

第四，区域绿色金融标准逐渐建立与完善。浙江、江西、广东、贵州、甘肃和新疆的绿色金融改革试验区在这几年大力发展绿色金融，不断出台地方绿色金融标准。目前绿色金融改革试验区中的湖州、衢州、广东花都区、赣江新区、贵安新区等在绿色金融标准制度建设上均取得了较大进展，另外，金融工具、产品和服务等方面的标准创新也在不断增加。其中，绿色企业的认证标准、绿色项目库的项目标准、绿色银行评价标准等相关工作在各试验区积极开展，区域绿色金融标准体系日益完善。如湖州绿色金融改革创新试验区在2018年6月发布了包括《绿色融资项目评价规范》《绿色融资企业评价规范》《绿色银行评价规范》《绿色金融专营机构建设规范》4项地方绿色金融标准。

第五，绿色金融国际合作不断深化。2018年9月，国际标准化组织（ISO）正式设立可持续金融技术委员会（ISO/TC322）。根据中国人民银行发布的《中国绿色金融发展报告（2018）》，TC322将制定可持续金融管理的框架指南，明确有关概念、术语、原则和实践指南。2019年3月，TC322首次会议在伦敦举行，会议推举中国金

融学会绿色金融专业委员会主任马骏担任 TC322 副主席，并全票通过可持续金融术语标准项目立项。2021 年，中国人民银行牵头起草了《G20 可持续金融路线图》和《G20 可持续金融综合报告》。中国人民银行还参与发起设立了央行与监管机构绿色金融网络，这个网络正在成为最具国际影响力的绿色金融国际合作平台之一。

绿色金融“三大功能”（资源配置、风险管理和市场定价功能）正在显现：一是通过货币政策、信贷政策、监管政策、强制披露、绿色评价等，引导和撬动金融资源向低碳项目、绿色转型项目、碳捕集与封存等绿色创新项目倾斜；二是增强金融体系管理气候变化相关风险的能力；三是推动建设全国碳排放权交易市场，发展碳期货等衍生产品，通过交易为排碳合理定价。“五大支柱”（绿色金融标准体系、金融机构监管和信息披露要求、激励约束机制、绿色金融产品和市场体系、绿色金融国际合作）也初步形成，在支持中国低碳转型和高质量发展方面，发挥着越来越重要的作用。中国多层次绿色金融产品和市场体系已经基本形成。

2021 年 4 月 21 日，中国人民银行、国家发展改革委、证监会联合发布《关于印发〈绿色债券支持项目目录（2021 年版）〉的通知》，随文发布《绿色债券支持项目目录（2021 年版）》（以下简称“2021 版目录”或“新版目录”）。这是中国的绿色债券支持项目目录的首次更新，也是标志着绿色债券分类标准统一的重要文件。

2021 年 5 月 27 日，中国人民银行印发《银行业金融机构绿色金融评价方案》。从绿色信贷升级为绿色金融，《银行业金融机构绿色金融评价方案》对 2018 年的评价方案进行了修订：一是扩展了考核业务覆盖范围，统筹考虑绿色贷款和绿色债券业务开展情况，并为进一步考核绿色股权投资、绿色信托等新业态预留了空间；二是基于扩充的考核范围修订了相应的评估指标；三是拓展了评价结果的应用场景，绿色金融业绩评价结果将纳入央行金融机构评级。

2021 年 11 月 4 日，由中欧等经济体共同发起的可持续金融国际平台（IPSF）在联合国气候变化大会（COP26）期间召开 IPSF 年会，发布了《可持续金融共同分类目录报告——减缓气候变化》。中国与欧盟联合发布的《可持续金融共同分类目录》，标志着中外绿色金融标准正在逐步趋同。2021 年 10 月 15 日，联合国《生物多样性公约》缔约方大会第 15 次会议“生态文明论坛”主题七——“银行业金融机构支持生物多样性保护”论坛召开，开启了全球生物多样性金融发展阶段。2021 年 10 月，由亚洲基础设施投资银行、兴业银行、国际金融论坛、联合国环境署、世界银行等 13 家机构在北京共同发起的《生物多样性金融伙伴关系全球共同倡议》，呼吁各类金融机构应将生物多样性保护纳入机构的商业策略、决策过程以及融资政策；鼓励金融机构携手环

境保护组织开发更多的金融工具和融资产品,调动更多财政资源支持生物多样性保护。

2022年4月,由中国人民银行与监管机构绿色金融网络(NGFS)、国际可持续金融政策研究与交流网络(INSPIRE)成立的联合研究组共同撰写发布的《央行、监管机构与生物多样性:应对生物多样性丧失和系统性金融风险的行动议程》,呼吁全球央行和金融监管机构必须采取行动,应对与自然和生物多样性相关的风险。

绿色金融体系不断深化有利于推动绿色金融的发展,进而准确引导资源配置、把控资金流向、保障市场秩序、防范市场风险,精准地为绿色环保、污染防治、清洁减排等重点领域的发展提供动能,减轻资源环境压力,助力生态文明建设。

(六) 碳排放影响评价纳入环境影响评价

2021年5月31日,生态环境部印发《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》(环评〔2021〕45号,以下简称《指导意见》)。《指导意见》第7条明确指出:将碳排放影响评价纳入环境影响评价体系。各级生态环境部门和行政审批部门应积极推进“两高”项目环评开展试点工作,衔接落实有关区域和行业碳达峰行动方案、清洁能源替代、清洁运输、煤炭消费总量控制等政策要求。在环评工作中,统筹开展污染物和碳排放的源项识别、源强核算、减污降碳措施可行性论证及方案比选,提出协同控制最优方案。鼓励有条件的地区、企业探索实施减污降碳协同治理和碳捕集、封存、综合利用工程试点、示范。

(七) 环境信用体系健全

为落实党的十九大报告提出的“健全环保信用评价、信息强制性披露、严惩重罚等制度”,生态环境部会同国家发展改革委不断完善环保信用评价制度建设,积极建立环保信用信息共享平台,指导地方创新开展评价结果应用,取得积极进展。

一是建立健全环保信用评价制度。生态环境部会同国家发展改革委等部门先后印发《企业环境信用评价办法(试行)》《关于加强企业环境信用体系建设的指导意见》,对企业环保信用的信息收集、等级评定、结果公开与应用等进行规范。2020年,生态环境部会同国家发展改革委起草并报请中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于构建现代环境治理体系的指导意见》,明确提出“完善环保信用评价制度,依据评价结果实施分级分类监管”。

二是推动环保信用信息平台建设。国家发展改革委建成并运行全国信用信息共享平台,开通运行“信用中国”网站,面向公众提供“一站式”信用信息查询服务。生态环境部已建成“全国信用信息共享平台(二期)(生态环境部建设部分)”——环保信用共享系统,建立了环保信用共享子门户,指导地方各级生态环境部门做好环保

信用信息归集、推送和共享，将信息完备的环保信用评价结果和企业环境违法信息推送至全国信用信息共享平台，并与国家发展改革委共建部委数据。

三是强化环保信用评价结果应用。生态环境部积极协调有关部门将环保信用评价结果应用于绿色金融、市场监管、价格调节等领域。2021年，生态环境部会同海关总署就91家严重违法失信联合惩戒企业的近三年环境违法情况进行核实，对存在环境违法行为的企业研究继续依法实施失信惩戒。安徽省鼓励银行业金融机构对环保信用良好的企业提供简化信贷程序、优惠利率定价等服务，江苏省对环保信用评级良好及以上企业的贷款利率上浮最高不超过15%。

四是推广应用环保信用评价管理经验。生态环境部会同国家发展改革委积极指导地方推广应用环保信用评价管理经验，建立了省、市、县三级评价体系。全国20多个省级、80多个市级、230多个县级生态环境部门开展了企业环保信用评价，累计评价企业覆盖国家重点监控企业、重污染企业、产能严重过剩行业内企业3万余家。一些地方结合工作需要逐步拓展参评企业范围，广东、重庆、浙江等省（市）将环境影响评价、环保检验检测、环境污染第三方治理等企事业单位纳入强制评价范围。一些地方及时调整环保信用评价模式，河北、河南、福建省开展环保信用动态管理，三地均实现实时评价，推动评价结果在绿色信贷、上市融资、企业退税、荣誉称号评审、科研项目申请等领域的应用。

（八）推动绿色低碳生活方式

中国的“十四五”规划和2035年远景目标纲要首次将绿色发展内容独立成章，首次对推动绿色生产消费提出目标要求：“到2025年，生产生活方式绿色转型成效显著；2035年，广泛形成绿色生产生活方式”。

2021年4月29日，全国人民代表大会常务委员会第二十八次会议通过《中华人民共和国反食品浪费法》并实施。该法对国务院相关部门和各级人民政府及相关单位都提出了明确的要求条款，同时制定了违法的处罚条款。该法的通过使食品浪费从道德和公序良俗约束上升到法律约束，具有十分重要的意义。

2021年9月22日，党中央、国务院印发《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（以下简称《意见》）。《意见》提出加快形成绿色生产生活方式；扩大绿色低碳产品供给和消费，倡导绿色低碳生活方式；把绿色低碳发展纳入国民教育体系；开展绿色低碳社会行动示范创建；凝聚全社会共识，加快形成全民参与的良好格局。

2021年10月24日，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》。该方案提出要推

广绿色低碳生活方式；坚决遏制奢侈浪费和不合理消费，着力破除奢靡铺张的歪风陋习，坚决制止餐饮浪费行为；在全社会倡导节约用能，开展绿色低碳社会行动示范创建，深入推进绿色生活创建行动，评选宣传一批优秀示范典型，营造绿色低碳生活新风尚；大力发展绿色消费，推广绿色低碳产品，完善绿色产品认证与标识制度；提升绿色产品在政府采购中的比例。

2022年1月，国家发展改革委等部门印发《促进绿色消费实施方案》（以下简称《方案》），《方案》提出到2025年，绿色消费理念深入人心，奢侈浪费得到有效遏制，绿色低碳产品市场占有率大幅提升，重点领域消费绿色转型取得明显成效，绿色消费方式得到普遍推行，绿色低碳循环发展的消费体系初步形成。到2030年，绿色消费方式成为公众自觉选择，绿色低碳产品成为市场主流，重点领域消费绿色低碳发展模式基本形成，绿色消费制度政策体系和体制机制基本健全。

（九）国会会相关政策建议情况

1. 环保体制深化改革

国会会于2019年建议，在做出项目最终决策之前，邀请公众参与并给予反馈。重新认识城乡关系。国会会于2020年建议，在实现机制方面，采取综合措施，有效衔接短期和中长期目标，推动体制机制协调一致。推进立法、司法和行政机关形成践行生态文明的合力，建立健全现代化环境治理体系，提高绿色治理的协调性和效率。

2. 司法助力生态环境治理

国会会于2016年建议，加强生态环境司法保障体制机制建设。①保障公民、企业、社区和社会组织在环境事务方面获得司法公正。②改革跨区域环境司法制度。③推进生态环境损害公益诉讼。建议健全完善环境公益诉讼制度，放宽适格原告，鼓励公民、环保社会组织等积极参与环境公益诉讼，加大环境资源审判公众参与司法公开力度。推动设立环境公益诉讼基金制度。促进环境司法诉讼程序与非诉讼程序的衔接，支持人民检察院依法提起环境公益诉讼。

3. 不断完善环保法律

国会会于2018年建议，加强对海洋和沿海生态系统的法律保护。加快长江保护立法，立法要体现对长江流域保护的系統综合性、流域差异性和特殊针对性。国会会于2019年建议，修改政府采购法。激活碳市场。进一步完善总量管控目标，加快立法，增强全国碳排放交易体系的约束力。推行实施配额拍卖，同时尽快扩大行业覆盖，建立“碳价”机制，建立具备有效执行机制的稳健的碳市场。国会会于2021年建议，推动落实《中华人民共和国反食品浪费法》，提高公众意识，改变饮食习惯，减少食物

浪费；针对具体规定，制定可操作的实施细则和方案；建立政府主导、行业协会和社会组织引导、餐饮企业带头、消费者自律的协同机制。

4. 深化绿色金融体系

国合会于 2020 年建议，完善绿色标准体系、绿色财税体系和绿色金融体系，形成与绿色发展相协调的政策激励措施，并通过政策合规和监管执法促进政策落地。健全生态资本服务价值核算方法和实现机制，推动长江、黄河流域高质量发展。将生物多样性保护指标融入绿色金融框架，推动保护性金融主流化。

国合会于 2021 年建议，在深化绿色金融工具性作用方面提出了三个重要建议：一是扩大生物多样性保护相关投融资。将生态保护、修复与再生作为绿色金融的重要领域。进一步识别必要举措，开展生态保护金融试点。二是在渔业可持续性溯源方面，绿色金融工具也可发挥一定的作用。三是支持推动“一带一路”共建国家可持续发展和疫后绿色低碳复苏，要推动绿色能源、绿色基建、绿色金融等跨领域合作。

5. 健全环境信用体系

国合会于 2019 年建议，实施市场激励政策。建立科学连贯的绿色标识认证体系。建立绿色消费统计指标体系和全国绿色消费信息平台。将市场手段和强制性绿色产品规定相结合，实施有差别的税收和市场信用激励措施，逐步取消不利于甚至阻碍绿色产品流通的补贴。建立环境保障和环境影响评价机制，降低待建项目的环境风险。实施绿色投资原则，要求披露与环境和气候相关的风险信息。

6. 推动绿色低碳生活方式

国合会于 2018 年建议，引导多利益相关方参与，科学识别并解决环境污染和生态破坏等对社区居民生产生活造成的负面影响。通过多利益相关方参与，将性别问题纳入良好的环境社会治理实践。通过宣传教育活动提高公众环境意识。

国合会于 2019 年建议，应将绿色消费作为生态文明建设重要任务纳入国家“十四五”规划，倡议发起绿色生活运动。刺激绿色产品需求，充分发挥社会知名人士在绿色消费方面的示范引领作用，引导绿色消费成为社会时尚。

国合会于 2020 年建议，完善促进绿色消费的体制机制，重点从价格、财税、信贷、监管与市场信用等方面建立经济激励和市场驱动制度，引导绿色生态产品和服务供给与居民消费的绿色选择。应建立绿色消费优先领域。优先提高衣、食、住、行、用、游等重点领域绿色产品和服务的有效供给。

国合会于 2021 年建议，建立全国统一的绿色消费信息平台，发布绿色产品和服务信息情况。通过开展绿色消费相关能力建设和培训、建立相关方网络等方式，提高公

众对低碳、生物多样性友好消费的意识。

三、能源、环境与气候

（一）构建以新能源为主体的新型电力系统

2021年3月15日，习近平总书记在中央财经委员会第九次会议上提出，“十四五”是碳达峰的关键期、窗口期，要深化电力体制改革，构建以新能源为主体的新型电力系统。

着眼于构建以新能源为主体的新型电力系统，国家能源主管部门和相关的企业单位开展了大量行动。2021年9月，国家发展改革委、国家能源局正式复函国家电网公司、南方电网公司，推动开展绿色电力交易试点工作。

2021年11月，中央全面深化改革委员会第二十二次会议审议通过了《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》。会议指出，要健全多层次统一电力市场体系，加快建设国家电力市场，规范统一的交易规则和技术标准，推动形成多元竞争的电力市场格局。要推进适应能源结构转型的电力市场机制建设，有序推动新能源参与市场交易，科学指导电力规划和有效投资，发挥电力市场对能源清洁低碳转型的支撑作用。国家电网也正式印发了《省间电力现货交易规则（试行）》，省间电力现货交易试运行准备工作正在有序开展。省间电力现货交易启动后，将有利于激发市场主体活力，通过市场化手段实现全网电力余缺互济，促进清洁能源大范围消纳，推动构建以新能源为主体的新型电力系统，助力实现碳达峰、碳中和。

2022年1月，国家发展改革委、国家能源局发布《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，提出到2025年，全国统一电力市场体系初步建成，国家市场与省（区、市）/区域市场协同运行，电力中长期、现货、辅助服务市场一体化设计、联合运营，跨省跨区资源市场化配置和绿色电力交易规模显著提高，有利于新能源、储能等发展的市场交易和价格机制初步形成。到2030年，全国统一电力市场体系基本建成。

实现“双碳”目标，能源是主战场，电力是主力军。随着新能源大规模进入电网，电力系统需要在随机波动的负荷需求与随机波动的电源之间实现能量的供需平衡，其结构形态、运行控制方式以及规划建设与管理将发生根本性变革，从而形成以新能源电力生产、传输、消费为主体的新一代电力系统。构建以新能源为主体的新型电力系统是一项复杂的系统工程，机遇与挑战并存，需要政府主导、企业参与及各方共同努力。

（二）能源结构持续调整优化

持续推进能源结构优化调整；对于减少污染排放；打赢蓝天保卫战；以及推动碳达峰和碳中和等目标十分重要。

2018年6月27日，国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》，提出了优化能源结构，推进能源资源全面节约等关键举措，在京津冀及周边、长三角和汾渭平原等重点地区有效推进北方地区清洁供暖、实施煤炭消费总量控制、开展燃煤锅炉综合整治、加快发展清洁能源和新能源、发展绿色交通体系。

建立健全生物天然气产业体系。2019年11月5日，国家发展改革委发布《产业结构调整指导目录（2019年本）》，生物质发电、生物天然气等都在新能源类中得到多次强调。2019年12月6日，国家发展改革委等10家部委联合下发了《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见》，提出到2025年中国生物天然气年产量超过100亿 m^3 。2020年6月18日，《关于做好2020年重点领域化解过剩产能工作的通知》提出，2020年年底前完成“十三五”煤炭去产能目标全部任务，积极稳妥处置“僵尸企业”，分类处置产能在30万t/a以下煤矿，加快退出达不到环保要求的煤矿。2020年5月9日至8月16日，国家电网青海省电力公司对三江源地区连续100天全部使用清洁能源供电，刷新了全清洁能源供电的世界纪录，减少燃煤消耗6.1万t，减少二氧化碳排放16.6万t。

过去近5年来，中国可再生能源装机规模年均增长约12%，水电、风电、光伏发电装机容量均居世界首位。截至2021年，中国非化石能源装机首超煤电，全口径非化石能源发电装机容量达到11.2亿kW。能源供应体系正由以煤炭为主向多元化转变，可再生能源逐步成为新增电源装机主体。

（三）持续推进节能和提高能效

持续推进节能和提高能效，是我国长期坚持的、从根本上破解资源环境“瓶颈”约束、建设生态文明、推动高质量发展，实现碳达峰和碳中和的重要手段。

1. 推广节能高效技术和产品。2018年6月27日，国务院关于印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》中提出提高能源利用效率；继续实施能源消耗总量和强度双控行动；在具备资源条件的地方，鼓励发展县域生物质热电联产、生物质成型燃料锅炉及生物天然气。2021年12月8日召开的中央经济工作会议提出要立足以煤为主的基本国情，抓好煤炭清洁高效利用，增加新能源消纳能力，推动煤炭和新能源优化组合，要狠抓绿色低碳技术攻关。

2. 加速低排放改造，推进工业和能源领域节能。2018年，国家能源局、生态环境

部发布《关于印发2018年各省（区、市）煤电超低排放和节能改造目标任务的通知》，提出煤电超低排放改造4868万kW，节能改造5390.5万kW的全国目标。截至2018年年底，全国累计完成煤电机组超低排放改造规模约8.1亿kW，节能改造规模6.89亿kW，提前超额完成2020年目标。

2020年12月，工业和信息化部在全国工业和信息化工作会议上提出，鼓励和引导工业企业改善电能质量，加强用电设备改造和信息化建设，全面提升用能效率和需求响应能力。2021年11月17日，国务院常务会议决定，在前期设立碳减排金融支持工具的基础上，再设立2000亿元支持煤炭清洁高效利用专项再贷款，形成政策规模，推动绿色低碳发展。

3. 以节能环保为重点，带动绿色升级。2021年2月22日《国务院关于加强建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》中提出，建立健全绿色低碳循环发展经济体系，促进经济社会发展全面绿色转型，是解决中国资源环境生态问题的基础之策。2021年9月12日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》，其中提到落实节能环保、新能源、生态建设等相关领域的税收优惠政策。

4. 加快推动修订法规，建立节能提效机制。2021年10月9日，国家能源委员会会议审议“十四五”现代能源体系规划、能源碳达峰实施方案、完善能源绿色低碳转型体制机制和政策措施的意见等。

（四）加强应对和适应气候变化

过去几年，中国把主动适应气候变化作为实施积极应对气候变化国家战略的重要内容，取得了积极成效。特别是2020年国家主席习近平提出了碳达峰和碳中和目标，将应对气候变化作为生态文明建设和构建人类命运共同体的重要内容，纳入“十四五”规划和2035年远景目标纲要中。以碳达峰和碳中和为引领，中国应对和适应气候变化力度前所未有。

2018年，中国实行机构改革，将应对气候变化职能调整至新组建的生态环境部，在体制机制上实现了应对气候变化与环境治理、生态保护修复等相关工作的协同管理。

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上做出庄严承诺，中国将努力争取在2030年前实现碳达峰，力争在2060年前实现碳中和。在2021年的两会期间，碳达峰和碳中和工作被作为《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》重要内容获得通过。2021年1月，生态环境部印发《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》，

明确了统筹和加强应对气候变化与生态环境保护的主要领域和重点任务。

2021年9月23日，国家主席习近平出席第七十六届联合国大会并宣布，中国将不再新增海外煤电项目。

2022年2月18日，生态环境部审议并原则通过《国家适应气候变化战略2035》，该战略对于积极防范气候变化不利影响和风险、保障经济社会发展和生态环境安全、展现中国推动构建人类命运共同体的责任担当具有重要意义。

（五）全国碳市场建设启动运行

生态环境部加快全国碳排放权交易市场建设步伐，建立完善制度体系，夯实碳排放数据基础，推进基础支撑系统建设并强化能力建设。

稳步推进全国碳市场注册登记系统和交易系统建设。2019年1月，印发《关于做好2018年度碳排放报告与核查及排放监测计划制定工作的通知》，要求各省（自治区、直辖市）组织重点排放单位持续开展碳排放数据监测、报告和核查工作。2019年5月，生态环境部印发《关于做好全国碳排放权交易市场发电行业重点排放单位名单和相关材料报送工作的通知》，组织各省级主管部门报送拟纳入全国碳市场的电力行业重点排放单位名单及其开户材料，为注册登记系统和交易系统开户、配额分配、碳市场试运行和上线交易打下坚实基础。

2020年12月25日，由生态环境部部务会议审议通过了《碳排放权交易管理办法（试行）》，并于2021年2月1日正式施行。2021年7月16日，全国碳市场正式上线，标志着全球最大的碳市场启动。

2021年9月12日，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场。

全国碳市场是一项重大的制度创新，也是一项复杂的系统工程，需要完善的法规制度、完备的管理机制、有效的市场机制、真实的排放数据等各方面的配套支撑。2021年12月31日，全国碳排放权交易市场2021年度交易正式收官，自7月16日启动至12月31日，碳排放配额（CEA）累计成交量1.79亿t，累计成交额76.61亿元，对电力行业减排发挥了重要作用，也为其他行业纳入全国碳市场提供了有益的运行经验。从总体来看，全国碳市场作为控制和减少温室气体排放，推动实现碳达峰、碳中和重要政策工具的作用得以初步显现。

（六）国合会相关政策建议情况

近几年能源、环境与气候的相关问题受到国际社会的广泛关注，国合会围绕构建以新能源为主体的新型电力系统、能源结构持续调整优化、持续推进节能和提高能效、

应对和适应气候变化以及全国碳市场建设启动运行等方面提出了诸多政策建议。

1. 能源结构持续调整优化

国合会于 2019 年建议，实现经济发展与能源改革、生态环境保护与应对气候变化协同推进。进一步控制煤炭使用，制定国家零排放长期战略，逐步淘汰煤炭，加大对可再生能源的补贴和资金支持。

国合会于 2020 年建议，制定国家层面的氢能经济政策，在交通和热电联产领域推广燃料电池，提高可持续生物质制气在能源结构中的占比。

国合会于 2021 年建议，加速制造业脱碳，严控“两高”行业新增产能。推动钢铁、有色金属、水泥、化工和石化等难减排行业净零技术创新和科研成果应用。

2. 持续推进节能和提高能效

节能和提高能效是国合会持续关注的重要内容。国合会于 2018 年建议提出，“推进节能减排和产业升级。以经济可行且影响较大的绿色技术为突破口，通过体制和政策创新，释放节能减排和产业升级潜力。比如：室内空调节能”；“加强煤炭使用控制，推广可再生能源，扩大能效增幅。在实施《蒙特利尔议定书基加利修正案》中发挥引领作用，制定全球领先的空调能效标准”。

国合会于 2019 年建议强调，推广城镇化基础设施和能源系统领域的创新技术。扩大基于自然的绿色区域和绿色基础设施建设，建设高标准的绿色建筑及清洁低碳的能源系统，建立应用于制冷、照明系统等消费领域的严格能效标准等。

国合会于 2020 年建议提出，推动绿色建筑，全面推进绿色健康建筑设计、施工、运行，强化绿色家居用品环境标志特别是低碳、能效标识认证，扩大高能效绿色家居产品有效供给。对于“新基建”绿色发展支撑作用，则提出要注意涵盖可再生能源、低碳和韧性基础设施、建筑能效提升等领域。

国合会于 2021 年建议强调，将城市更新作为绿色城镇化转型的重大契机。严控大拆大建，重视棕地修复。加强老旧街区和建筑的绿色翻新，包括使用绿色循环建筑材料、提高能效等。

3. 加强应对和适应气候变化

国合会于 2018 年提出，加强气候变化减缓行动，提升中国对全球气候治理的贡献，协调统一应对气候变化行动，加强应对气候变化与解决其他环境问题的协同性。国合会于 2019 年提出，加强适应气候变化和基于自然解决方案的研究和能力建设。国合会于 2020 年政策建议提出，以能源转型升级为核心，积极应对气候变化，构建低碳社会。国合会于 2021 年政策建议，开展洪水、热浪、沿海风暴、干旱等气候压力因素导致的

极端天气事件相关的气候风险评价，在长江、黄河等流域范围内进一步提升适应能力；结合“一带一路”应对气候变化、南南合作计划、绿色丝路使者计划，打造可持续发展伙伴关系。

4. 全国碳市场建设启动运行

国合会于2019年提出，激活碳市场，进一步完善总量管控目标，加快立法，增强全国碳排放交易体系的约束力，建立“碳价”机制，建立具备有效执行机制的稳健的碳市场。国合会于2021年政策建议提出尽快将高排放行业纳入碳市场，完善交易体系建设。考虑各地差异性，实施激励方式，鼓励尽早行动。择机建立混合式碳定价体系。

四、污染防治

（一）大气污染防治取得重大胜利

治理好大气污染是一项复杂的系统工程，需要付出长期艰苦不懈的努力。2013年是个重要时间节点。这一年，《国务院关于印发大气污染防治行动计划的通知》发布实施。

2018年6月，中共中央、国务院发布《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》，提出“以京津冀及周边、长三角、汾渭平原等重点区域为主战场，调整优化产业结构、能源结构、运输结构、用地结构，强化区域联防联控和重污染天气应对，进一步明显降低PM_{2.5}浓度，明显减少重污染天数，明显改善大气环境质量，明显增强人民的蓝天幸福感”。

连续3年，生态环境部在京津冀“2+26”城市等三大重点区域持续进行大气污染防治强化监督。通过连续实施秋冬季大气污染综合治理攻坚行动，重点区域空气质量持续改善，2020年秋冬季，京津冀及周边地区、汾渭平原细颗粒物（PM_{2.5}）浓度比2016年同期分别下降37.5%、35.1%，重污染天数分别下降70%、65%。

2020年，全国地级及以上城市优良天数比率达到87%，比2015年提升5.8%（目标3.3%）；PM_{2.5}未达标城市平均浓度比2015年下降28.8%（目标18%）。三年间，各项政策措施发挥了助推主要污染物达标的重要作用，进一步实现经济增长和空气污染的脱钩，并使得我国超额完成“十三五”空气质量约束性目标。

2021年3月11日通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》提出，深入打好污染防治攻坚战，强化多污染物协同控制和区域协同治理，基本消除重污染天气。2021年11月2日，《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》指出，要着力打好重污染天气消除攻坚战、臭氧污染防治攻坚战，持续打好柴油货车污染治理攻坚战。

（二）水污染防治取得显著成效

过去几年来，我国出台了一系列水污染治理相关的法律法规和政策，这些法律法规和政策确定了水污染治理产业的战略性地位。

2018年1月1日，《关于修改〈中华人民共和国水污染防治法〉的决定》（第二次修订）正式施行，更加明确了各级政府的水环境质量责任，加大农业面源污染防治以及对违法行为的惩治力度。此外，针对公众健康和生态环境影响、打击非法排污行为和数据造假、城镇污水处理厂的运营、畜禽养殖污染防治、饮用水水源地保护和管理等内容，新修订的水污染防治法也做出了相应的内容增加和修改。

在五大“水战”中，黑臭水体治理打头阵。生态环境部联合住房城乡建设部开展黑臭水体专项整治行动。2018年9月、10月启动巡查，若仍对交办问题整改不力，将被纳入中央环保督察问责之列。针对饮用水水源地水体，将列居水污染防治“四种水体”之首。生态环境部联合水利部已在全国启动了集中式饮用水水源地环境保护专项行动。

2020年是水污染防治攻坚战的收官年，也是谋划“十四五”工作的关键年。碧水保卫战取得重要进展。全国累计完成2804个饮用水水源地、10363个生态环境问题整改，约7.7亿居民饮用水安全保障水平得到提升。全国地级及以上城市建成区黑臭水体消除比例超过95%。全面完成长江入河、渤海入海排污口排查。长江流域和渤海入海河流纳入“消劣”行动的国控断面均已消除劣Ⅴ类。推进农村生活污水和黑臭水体治理，“十三五”以来累计完成13.6万个建制村环境整治。水污染治理行业市场规模达到10691.3亿元，处于成熟发展阶段。

随着中国环保行业进入系统性治理阶段，水污染治理行业将向“以水为主线，多板块综合治理”的综合环境治理方向转型。水污染治理需要改变过去分段粗犷的治理方式，充分考虑水、气、固体废物、土四大板块污染的循环逻辑，尊重自然演变的过程，进行多板块综合治理。

2021年，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》《重点流域水生态环境保护规划（2021—2025年）》等文件相继出台，对生态环境的持续改善及行业未来的发展方向做出重要部署，标志着我国进入了从水污染防治向水环境、水生态、水资源“三水”统筹转变的新时代。

2021年3月1日，《中华人民共和国长江保护法》正式施行。作为我国第一部流域保护法，《中华人民共和国长江保护法》开启了依法保护长江的新阶段。该法禁止有毒和危险化学品运输船只在长江流域航行，并开展十年禁渔。

2021年11月,《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》提出巩固拓展“十三五”时期污染防治攻坚成果,深入打好碧水保卫战,黑臭水体治理攻坚战、长江保护修复攻坚战、黄河生态保护治理攻坚战、重点海域综合治理攻坚战等一批标志性战役。《长江三角洲区域生态环境共同保护规划》《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》《地下水管理条例》相继出台,使水污染协同治理理念更加明确,流域治理战略布局更加清晰。需要指出的是,《中华人民共和国黄河保护法》也于2022年10月30日通过。

生态文明建设任重道远,涉水治理市场需求仍将进一步得到释放。“减污降碳协同增效”“科学治污、精准治污”等政策空间将引导污水治理技术新发展。

（三）土壤污染防治持续推动

土壤是大气、水、固体等废弃物的最终受体,一旦污染,修复治理的难度大、周期长、成本高。近年来,我国土壤环境问题日益凸显,引起社会广泛关注。自2013年起,国合会始终在政策建议中呼吁中国实施有针对性的污染防治措施,提倡集中力量解决好“大气、水和土壤污染”等突出环境问题。2018年6月,中共中央、国务院发布《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》,提出“全面实施土壤污染防治行动计划,突出重点区域、行业和污染物,有效管控农用地和城市建设用地土壤环境风险”。2018年8月,《中华人民共和国土壤污染防治法》出台,填补了我国土壤污染防治法律,特别是土壤污染防治法律的空白,进一步完善了环境保护法律体系。《中华人民共和国土壤污染防治法》明确了土壤污染防治规划,土壤污染风险管控标准,土壤污染状况普查和监测,土壤污染预防、保护、风险管控和修复等方面的基本制度和规则。《中华人民共和国土壤污染防治法》的正式施行,意味着我国土壤污染治理迈向了新的高度,将逐步推动土壤污染防治产业结构调整和优化。2020年以来,湖南、上海、四川、江苏、河南等地区在建设用地上、农用地名录和政策方面进一步推进细化,建设用地的细化规定以及相关试点、工程要求已经逐步明确,同时监测、综合治理等联合要求不断增加。

2020年6月3日出台《关于统筹做好疫情防控和经济社会发展生态环保工作的指导意见》,要分类强化土壤污染管控和修复和固体废物污染防治。积极配合做好土壤污染防治法执法检查。指导地方建立建设用地上土壤污染风险管控和修复名录。落实《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》,继续大幅度削减进口固体废物数量,到2020年年底基本实现固体废物零进口。

2021年是“十四五”的开局之年,继续深入打好净土保卫战、持续打好农业农村

污染治理攻坚战。2021年12月29日,《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》(环土壤〔2021〕120号)(以下简称《规划》)印发。《规划》提出目标:到2025年,全国土壤和地下水环境质量总体保持稳定,受污染耕地和重点建设用地安全利用得到巩固提升;农业面源污染得到初步管控,农村环境基础设施建设稳步推进,农村生态环境持续改善。到2035年,全国土壤和地下水环境质量稳中向好,农用地和重点建设用地土壤环境安全得到有效保障,土壤环境风险得到全面管控;农业面源污染得到遏制,农村环境基础设施得到完善,农村生态环境根本好转。

(四) 海洋污染防治

“十三五”以来,我国海洋生态环境保护取得显著成就,渤海综合治理攻坚战阶段性目标任务圆满完成,陆海统筹的近岸海域污染防治持续推进,“蓝色海湾”整治行动、海岸带保护修复工程等深入实施,海洋生态环境总体改善,局部海域生态系统服务功能明显提升。

“十四五”海洋生态环境保护工作的顶层设计逐步完善,《关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》《“十四五”海洋生态环境保护规划》《重点海域综合治理攻坚战行动方案》《关于加强海水养殖生态环境监管的意见》《全国海洋倾倒地规划(2021—2025年)》印发实施,《中华人民共和国海洋环境保护法》修订工作正式启动,“十四五”海洋生态环境保护工作的“时间表”“路线图”逐步清晰。

2022年1月11日,生态环境部与国家发展改革委、自然资源部、交通运输部、农业农村部、中国海警局等部门联合印发《“十四五”海洋生态环境保护规划》,明确将美丽海湾建设作为“十四五”海洋生态环境保护工作的主线和抓手,以海湾(湾区)为重要单元,构建国家、省、市、海湾分级治理格局,系统谋划、因地制宜、梯次推进海湾生态环境综合治理和美丽海湾建设,将“十四五”各项重点任务措施逐一分解落实到283个海湾(湾区)当中。

2022年2月10日,生态环境部、国家发展改革委、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部、农业农村部和中国海警局联合印发《重点海域综合治理攻坚战行动方案》(以下简称《行动方案》),对“十四五”时期渤海、长江口—杭州湾和珠江口邻近海域三大重点海域综合治理攻坚行动的总体要求、主要目标、重点任务和保障措施等作出了部署安排。《行动方案》提出,到2025年,三大重点海域水质优良(一类、二类)比例较2020年提升2个百分点左右,入海排污口排查整治稳步推进,主要河流入海断面基本消除劣Ⅴ类,滨海湿地和岸线得到有效保护,海洋环境风险防范和应急响应能力明显提升,形成一批具有全国示范价值的美丽海湾。

2022年3月2日，国务院办公厅印发《关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》，从排污口排查溯源、分类整治、严格监督管理等方面，对加强和规范排污口监督管理作出了系统部署，提出“2023年完成重点海湾排污口排查和渤海海域排污口整治”等阶段性目标。

过去几年，陆海统筹、以海定陆的发展原则得到了全面贯彻，为全面深化改革和全面依法行政提供了强有力保障，实行最严格的生态环境保护制度。打好海洋污染治理攻坚战取得了阶段性胜利，海洋环境质量逐步得到改善。

（五）国合会相关政策建议概述

大气、水、土壤等治理的研究是国合会一以贯之的主线。2018—2022年，国合会开展了大量的相关研究，提出了诸多建设性政策建议，并为中国政府所采纳，不同程度地推动了新时期大气、水和土壤污染防治行动方案的出台，加快了绿色转型的步伐。

1. 大气污染防治

过去几年来，国合会针对大气污染防治这一重点问题高度关注，但关注的重点为大气污染治理与应对气候变化协同。国合会于2018年建议提出：加强煤炭使用控制，推广可再生能源，扩大能效增幅。取消配额制或长期合同，控制工业煤炭使用，加大对煤炭依赖型省（自治区、直辖市）经济转型的支持力度。

2019年提出政策建议：加快气候行动协同推进空气质量改善和温室气体减排是中国实现高质量发展的必然选择。以污染防治攻坚战为引领，迅速推动产业、能源、运输和土地利用结构优化，全面协调经济发展、能源改革、生态环境保护与应对气候变化的各项目标……促进可持续发展。

2020年政策建议强调，保持生态文明建设的战略定力，将“十四五”规划绿色发展目标与联合国2030年可持续发展议程，以能源转型升级为核心，积极应对气候变化，构建低碳社会。

国合会于2021年政策建议提出，统筹有序落实“双碳”目标，实施气候友好的大气污染防治战略。

2. 水污染防治

2018—2022年以来，国合会针对水污染防治，给中国政府提出了许多建议。2019年国合会政策建议提出构建涵盖固体废物处理、水处理、垃圾处理的循环经济体系。2020年提出，创新生态补偿机制，从水资源、水环境和水生态三个维度，加快流域横向生态补偿进程。2021年国合会建议，建立健全的联合科技攻关机制，加强基于科学的海洋管理，包括应对点源及非点源污染。强化陆海统筹的污染防治。加强汞污染物

分析监测与溯源；强化海洋塑料污染和微塑料的源头管控，减少塑料污染，提高废物管理和处置能力。

3. 土壤污染防治

2019年提出政策建议：高质量地开展植树造林以及投资红树林和沿海湿地、投资流域保护等措施都可以在增强碳固存和优化生物多样性的同时，实现防洪和水土保持等更多生态系统效益。国合会于2020年政策建议提出：实施劳动密集型生态公共工程，如植树造林、湿地和海岸带恢复、土壤和水体修复、绿色建筑和房屋改造等。定期筛选并发布废物管理、土地利用和规划、污染场地修复等重点领域的重大创新型绿色技术清单。

4. 海洋生态保护

2018年，国合会总结全球海洋治理经验，提出要加强海洋和沿海生态系统的法律保护，建议制订恢复海洋生态系统功能和服务的国家行动计划。在2019年的政策建议中，国合会建议继续推进海洋综合治理，启动包括海洋生态保护红线和国家公园体系在内的保护区网络。国合会于2020年提出，加大滨海湿地保护修复力度，重建关键栖息地。划定海洋生态保护红线区域和海洋保护区，助力海洋生物多样性保护和渔业发展。2021年国合会建议开展海洋生态系统价值核算基线研究，加强对重要海洋物种及其栖息地的保护和恢复，提高海洋生态系统的质量和稳定性。

五、生态系统和生物多样性保护

（一）生态保护红线和生态补偿

作为中国生态保护的两项基本制度，生态保护红线和生态补偿在推进生态系统保护和生物多样性的保护方面发挥了十分重要的作用。

1. 生态保护红线制度

生态保护红线是保障国家生态安全的底线和生命线，也是构建国土空间布局体系的基础。党的十九大报告明确要求“完成生态保护红线、永久基本农田、城镇开发边界三条控制线划定工作”。2017年1月，中共中央办公厅、国务院办公厅联合印发《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》（以下简称《若干意见》），提出到2017年年底，京津冀区域、长江经济带沿线各省（直辖市）划定生态保护红线；2020年年底，全面完成全国生态保护红线划定工作。

2019年8月，生态环境部、自然资源部发布了《关于印发〈生态保护红线勘界定标技术规程〉的通知》，要求进一步推进生态保护红线勘界定标工作。2020年11月，

生态环境部为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《关于划定并严守生态保护红线的若干意见》，发布了批准《生态保护红线监管技术规范基础调查（试行）》等七项标准为国家环境保护标准。

2021年12月23日，全国所有省份、地市两级“三线一单”（生态保护红线、环境质量底线、资源利用上线和生态环境准入清单）成果均完成，基本建立了覆盖全国的生态环境分区管控体系。

当前，中国拟定的生态红线保护面积超过240万km²。

2. 生态补偿政策

为进一步推进生态保护工作，2017年12月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《生态环境损害赔偿制度改革方案》提出，自2018年1月1日起，在全国试行生态环境损害赔偿制度，要求到2020年，力争在全国范围内初步构建责任明确、途径畅通、技术规范、保障有力、赔偿到位、修复有效的生态环境损害赔偿制度。

国家发展改革委等九部委于2018年年底发布《建立市场化、多元化生态保护补偿机制行动计划》，提出要健全资源开发补偿、污染物减排补偿、水资源节约补偿、碳排放权抵消补偿制度，引导生态受益者和生态投资者对生态保护者的补偿。

2021年9月，中共中央办公厅、国务院办公厅还印发了《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》，到2025年，与经济社会发展状况相适应的生态保护补偿制度基本完备。以生态保护成本为主要依据的分类补偿制度日益健全，以提升公共服务保障能力为基本取向的综合补偿制度不断完善，以受益者付费原则为基础的市场化、多元化补偿格局初步形成，全社会参与生态保护的积极性显著增强，生态保护者和受益者良性互动的局面基本形成。到2035年，适应新时代生态文明建设要求的生态保护补偿制度基本定型。

目前，国家有关部委正积极推进《生态保护补偿条例》的制定，拟在2016年国务院办公厅发布的《关于健全生态保护补偿机制的意见》基础上，总结中国20多年的生态补偿实践经验，将行之有效的原则和做法提升为法规，为在更大范围推广使用生态补偿奠定法律基础。

（二）《生物多样性公约》第15次缔约方大会第一阶段会议成功举行

2021年10月12日，联合国生物多样性大会高级别会议在昆明开幕，国家主席习近平以视频方式出席在昆明举行的《生物多样性公约》第15次缔约方大会领导人峰会并发表主旨讲话，“强调秉持生态文明理念，共同构建地球生命共同体”。习近平指出，生物多样性使地球充满生机，也是人类生存和发展的基础。保护生物多样性有助于维

护地球家园，促进人类可持续发展。

大会一致通过《昆明宣言》，做出确保制定、通过和实施一个有效的“2020年后全球生物多样性框架”等17项具体承诺，使生物多样性最迟在2030年走上复苏之路，以全面实现“自然和谐共处”的2050年愿景，向全世界释放出全力加强生物多样性保护的积极信号。为充分体现大会精神，中国率先出资15亿元人民币，成立昆明生物多样性基金，支持发展中国家生物多样性保护事业，中方呼吁并欢迎各方为基金出资。

“人不负青山，青山定不负人。”从昆明出发，全球生物多样性治理进程全新开启。站在新起点上，国际社会应携手同行，同心共建一个美丽的地球家园。

（三）山水林田湖草沙保护体系初步形成

2018年，生态环境部和自然资源部的组建，为“统筹山水林田湖草系统治理”和“统一行使生态保护修复”提供了体制保障。

财政部会同自然资源部、生态环境部启动了山水林田湖草生态保护修复工程试点。2018年和2019年连续下达共计100亿元的财政资金，用于支持10个重点区域山水林田湖草生态保护修复试点项目。2019年，通过自然资源卫星遥感应用建立全方位的构建山水林田湖草全要素监测体系。

2020年6月，《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035年）》（以下简称《规划》）出台。《规划》包括青藏高原生态屏障区、黄河重点生态区、长江重点生态区等9项重点修复工程，囊括了山、水、林、田、湖、草以及海洋等全部自然生态系统的保护和修复工作。2020年10月，在党的十九届五中全会上，进一步强调“推动绿色发展，促进人与自然和谐共生”。

2021年2月9日，财政部办公厅、自然资源部办公厅和生态环境部办公厅联合发布《关于组织申报中央财政支持山水林田湖草沙一体化保护和修复工程项目的通知》，统筹推进山水林田湖草沙综合治理、系统治理、源头治理，支持地方开展山水林田湖草沙一体化保护和修复工程。“坚持山水林田湖草沙一体化保护和系统治理”也已经写入《中共中央关于党的百年奋斗重大成就和历史经验的决议》。

山水林田湖草沙是生命共同体，从理念的提出，到付诸实践，其内涵也在不断拓展。从高密度出台系列文件和规划，到多部门开展生态保护修复试点工程，我国生态保护和修复取得了重要进展，初步形成了山水林田湖草沙的修复与保护体系。

（四）生态产品价值实现形式探索

2021年2月19日，中央全面深化改革委员会第十八次会议审议通过了《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》，指出建立健全生态产品价值实现机制，是践行“绿

水青山就是金山银山”理念的关键路径，是从源头上推动生态环境领域国家治理体系和治理能力现代化的必然要求，对推动经济社会发展全面绿色转型具有重要意义。

2021年4月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》，到2025年，生态产品价值实现的制度框架初步形成，比较科学的生态产品价值核算体系初步建立，生态保护补偿和生态环境损害赔偿政策制度逐步完善，生态产品价值实现的政府考核评估机制初步形成，生态产品“难度量、难抵押、难交易、难变现”等问题得到有效解决，保护生态环境的利益导向机制基本形成，生态优势转化为经济优势的能力明显增强；到2035年，完善的生态产品价值实现机制全面建立，具有中国特色的生态文明建设新模式全面形成，广泛形成绿色生产生活方式，为基本实现美丽中国建设目标提供有力支撑。

围绕《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》，各地方陆续开展实践探索。2022年4月，《天津市建立健全生态产品价值实现机制的实施方案》（以下简称《方案》）正式印发实施。天津市津南区推动绿色生态屏障“主战场”建设，管控区林木覆盖率达到25%，蓝绿空间占比达到65%。津南区推进“双碳”工作先行示范区创建，陆续落地一批“零碳”“低碳”创新技术企业，不断丰富生态产品价值实现路径。同期，江苏省印发《江苏省建立健全生态产品价值实现机制实施方案》，明确目标：到2025年，生态产品价值实现的制度框架初步形成；到2035年，全面建立完善的生态产品价值实现机制。江苏溧阳等地区积极建立生态产品价值实现机制，创造性提出建设“生态产品交易市场”，以市场化为导向，构建政府主导、多元主体参与的生态保护模式。

（五）野生动物保护有效加强

中国是世界上野生动物种类最丰富国家之一，有7300余种脊椎动物。其中，大熊猫、金丝猴等470多种陆栖脊椎动物是仅分布于中国的特有物种。保护野生动物，中国一直走在世界前列。目前已建立各级各类自然保护地1.18万处，占国土陆域面积的18%，85%以上的国家重点保护野生动物种群得到了有效保护。

2018年6月5日，生态环境部、中央文明办、教育部、共青团中央、全国妇联五部门在“六五环境日”国家主场活动现场联合发布《公民生态环境行为规范（试行）》（简称“公民十条”），倡导简约适度、绿色低碳的生活方式。其中第七条“呵护自然生态”明确提出“保护野生动植物，不破坏野生动植物栖息地，不随意进入自然保护区，不购买、不使用珍稀野生动植物制品，拒食珍稀野生动植物”。

2020年2月24日，第十三届全国人大常委会第十六次会议表决通过了《关于全面禁止非法野生动物交易、革除滥食野生动物陋习、切实保障人民群众生命健康安全

的决定》。全面禁止和惩治非法野生动物交易行为，革除滥食野生动物的陋习，维护生物安全和生态安全，有效防范重大公共卫生风险，切实保障人民群众生命健康安全，加强生态文明建设，促进人与自然和谐共生。同年5月至7月，全国人大常委会执法检查组赴广西、江西、福建、云南等地开展野生动物保护执法检查；河北省人大常委会也在河北省实施情况开展实地执法检查。

2021年2月，国家林业和草原局、农业农村部联合公布新调整的《国家重点保护野生动物名录》（以下简称《名录》）。我国相关部门将依法依规切实做好《名录》调整后的各项实施工作，进一步加大保护力度，依照《名录》所列物种的自然分布区落实地方政府责任，确保其种群及栖息地安全，严防乱捕滥猎野生动物及破坏栖息地行为。严格执法监管，严厉打击违法犯罪行为，坚决禁止滥食及非法交易野生动物活动。

（六）国家公园管理体系初见成效

2019年6月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》（以下简称《意见》），指出要建成中国特色的以国家公园为主体的自然保护地体系，推动各类自然保护地科学设置，建立自然生态系统保护的新体制、新机制、新模式，建设健康、稳定、高效的自然生态系统。

2020年10月，党的十九届五中全会进一步提出“实施生物多样性保护重大工程”。启动国家公园体制试点，构建以国家公园为主体的自然保护地体系。2021年10月，中共中央办公厅、国务院办公厅印发的《关于进一步加强生物多样性保护的意見》提出，到2025年，持续推进生物多样性保护优先区域和国家战略区域的本底调查与评估，以国家公园为主体的自然保护地占陆域国土面积的18%左右；到2035年，典型生态系统、国家重点保护野生动植物物种、濒危野生动植物及其栖息地得到全面保护。

在2021年10月召开的联合国生物多样性COP15大会上，中国国家主席习近平指出，为加强生物多样性保护，中国正加快构建以国家公园为主体的自然保护地体系，逐步把自然生态系统最重要、自然景观最独特、自然遗产最精华、生物多样性最富集的区域纳入国家公园体系。自2015年国家公园试点以来，启动东北虎豹、祁连山、大熊猫、三江源、海南热带雨林、武夷山、神农架、普达措、钱江源、南山10处国家公园探索。2021年10月，正式设立三江源、大熊猫、东北虎豹、海南热带雨林、武夷山等第一批国家公园。2022年将推进3个国家公园创建工作，包括亚洲象国家公园。截至目前，中国已经建立了超过11800个保护区。

（七）国合会相关政策建议概述

过去几年来，国合会在生态系统和生物多样性保护方面提出了诸多有价值的政策

建议。具体如下。

1. 生态红线、生态修复和补偿

2021年，国合会建议扩大生物多样性保护相关投融资，即，将生态保护、修复与再生作为绿色金融的重要领域，鼓励私营部门更多参与生物多样性保护。开展生态保护金融试点、风险披露、报告、压力测试及私营部门投资公共责任等，确保公共和私营部门资金流向符合生物多样性目标。促进金融科技在生物多样性保护领域的应用，包括建立“金融科技+生物多样性保护”试点示范区。

此外，国合会还积极推动“2020年后全球生物多样性框架”全面落实，设立基于生态保护红线和保护区的生态廊道建设目标，构建高效、稳定的生态安全网络，保护生态系统完整性。采用变革性、基于生态系统的方法支持高质量绿色增长。

2. 举办《生物多样性公约》第15次缔约方大会

在2018年的政策建议中，国合会提出，中国应发挥强有力的领导作用，积极促成《生物多样性公约》第15次缔约方大会（COP15）实现五个目标，包括提出“2020年后全球生物多样性保护框架”；建立有效机制，确保公约战略目标如期实现；加强海外投资和贸易中的生物多样性保护等。2019年，国合会建议借鉴巴黎气候谈判的成功经验，利用绿色外交积聚高层政治意愿，加强绿色“一带一路”建设，促进生物多样性保护。国合会于2020年政策建议提出，以成功举办2021年《生物多样性公约》第15次缔约方大会为契机，激发有雄心的多边合作，加强国家行动，保护自然和人类福祉。国合会于2021年政策建议提出，要推动生物多样性保护在不同经济部门的主流化；将自然保护和基于自然的解决方案纳入公共和私营部门投资规划；制定基于科学、量化、兼具雄心和务实的生物多样性目标，并设立相关指标用于跟踪进展，关注生物多样性面临的压力、现状以及应对措施的影响和成效。

3. 国家公园管理体系和野生动物保护

2021年，国合会总结国际上国家公园管理体系和野生动物保护的成功经验，结合我国实际情况，提出要加强国家公园和保护区建设，识别低成本高效益的优先保护区，在各自能力基础上，提高保护实效，保障国家公园和海洋、荒野保护区的生态高度完整性。评估生态保护红线区域碳封存总体潜力，识别碳封存潜力较大的区域。

针对野生动物保护，国合会提出要促进农业、林业及渔业等社会生态生产性景观的保护和管理，将防止外来物种入侵作为国家优先事项，并纳入2020年后全球生物多样性保护框架。扩大森林、湿地和草原面积，夯实气候韧性基础。禁止野生动物非法贸易，禁止非法生产和使用农药、非法捕捞、非法改变土地用途等。革除食用野生动

物陋习，加强药用野生动物监管。充分发挥全社会共治，在“整体健康”框架下，协同推进家畜、野生动物和植物健康，生态系统完整性，疾病预防，以及早期预警系统建设等工作。

六、区域和国际参与

（一）引领国际气候变化治理

中国政府高度重视气候变化工作，在过去几年，中国不仅继续发挥建设性作用，而且在行动上力度之大前所未有的，有力推动了国际应对气候变化合作向前发展。

2018年5月20日，在第二十六次“基础四国”气候变化部长级会议上，在中方积极推动下，“基础四国”联合声明中写入“在低碳和气候适应型发展领域构建人类命运共同体”，这是“构建人类命运共同体”理念首次体现在应对气候变化领域多边国际文件中。

2019年，在联合国气候行动峰会上，中国与新西兰共同组建了“基于自然的解决方案”联盟，发布了广受支持的《基于自然的解决方案气候宣言》，中国还在峰会期间发布了《基于自然的解决方案政策主张》，提议建立“基于自然的解决方案”之友小组。

2020年9月22日，国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布，中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，力争2030年前二氧化碳排放达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。这是中国首次提出实现碳达峰与碳中和的目标，引起了国际社会的极大关注。12月12日，国家主席习近平在气候雄心峰会上进一步提出国家自主贡献力度的新目标，到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右，森林蓄积量将比2005年增加60亿 m^3 ，风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿kW以上。这是世界上最为雄心勃勃的“2030中国减排目标”，充分展现了中国在应对全球气候变化，实现世界2050年零碳排放目标上发挥的重大作用。

2021年1月，生态环境部发布政策将“基于自然的解决方案”作为应对气候变化的优先手段，并发挥其在气候、自然和污染控制领域的协同作用。中国的植树造林项目使得其森林覆盖率从21.37%增长到22.96%，使得中国成为全球绿色空间增长最大的贡献者。

2021年4月22日，国家主席习近平在领导人气候峰会上，提出了“坚持人与自然和谐共生、坚持绿色发展、坚持系统治理、坚持以人为本、坚持多边主义、坚持共同但有区别的责任原则”的中国方案。2021年6月17日，中国决定接受《基加利修正案》，

并将为全球臭氧层保护和应对气候变化做出新贡献。中国不仅为达成《巴黎协定》发挥了关键作用，而且在落实《巴黎协定》方面也发挥了引领作用。

2021年9月21日，国家主席习近平在第七十六届联合国大会一般性辩论提出，中国将大力支持发展中国家能源绿色低碳发展，将不再新建境外煤电项目，展现了中国负责任大国的责任担当。

2021年10月，国家主席习近平出席《生物多样性公约》第15次缔约方大会领导人峰会并发表主旨讲话，强调为推动实现碳达峰、碳中和目标，中国将陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和一系列支撑保障措施，构建起碳达峰、碳中和“1+N”政策体系；大力发展可再生能源，在沙漠、戈壁、荒漠地区加快规划建设大型风电光伏基地项目。自2015年以来，中国国内气候减缓行动与全球治理目标更趋一致。2021年10月28日，中国政府正式提交国家自主贡献报告，为国际社会积极应对气候变化注入强大动力。

2021年11月1日，国家主席习近平向《联合国气候变化框架公约》第26次缔约方大会（COP26）发表书面致辞，就如何应对气候变化、推动世界经济复苏等重大时代课题贡献了中国方案，提出维护多边共识、聚焦务实行动、加速绿色转型3点主张。2021年11月16日，中国和美国在联合国气候变化格拉斯哥大会期间发布《中美关于在21世纪20年代强化气候行动的格拉斯哥联合宣言》，提出中方要在其近期通报的国家自主贡献之外，制订一份全面、有力度的甲烷国家行动计划，争取在21世纪20年代取得控制和减少甲烷排放的显著效果。并且中美计划在2022年上半年共同召开会议，聚焦强化甲烷测量和减排具体事宜，包括通过标准减少来自化石能源和废弃物行业的甲烷排放，以及通过激励措施和项目减少农业甲烷排放。

2021年11月16日，国家主席习近平同美国总统拜登举行视频会晤。关于气候变化问题，习近平指出，中美曾携手促成应对气候变化《巴黎协定》，现在两国都在向绿色低碳经济转型，气候变化完全可以成为中美新的合作亮点。各国要坚持共同但有区别的责任原则，兼顾应对气候变化和保障民生。少一些推诿指责，多一些团结合作。比口号，更要比行动。发达国家不但应该认真履行历史责任和应尽义务，而且要保持政策的稳定性。

（二）扎实推进南南合作

中国坚持以南北合作为主渠道、以南南合作为补充的国际发展合作格局，推动发达国家加大对发展中国家的发展援助，构建更加平等均衡的新型全球发展伙伴关系，为减贫营造良好外部环境。

2018年1月，在推动金砖国家合作方面，金砖国家智库合作中方牵头单位——金砖国家智库合作中方理事会举办了中方理事会2018年年会暨万寿论坛，促进金砖国家智库交流与合作。2018年9月，召开了中非合作论坛北京峰会。通过了《关于构建更加紧密的中非命运共同体的北京宣言》和《北京行动计划》，推动中非关系达到更加紧密的命运共同体的新高度。2018年，在新一轮的政府机构改革中，新成立国务院直属机构——国家国际发展合作署，将商务部和外交部对外援助协调等职责整合，揭开了中国南南合作的新篇章。

中国积极同广大发展中国家开展应对气候变化南南合作。2011年以来，中国累计安排约12亿元用于开展应对气候变化南南合作，与35个国家签署40份合作文件，通过建设低碳示范区，援助气象卫星、光伏发电系统和照明设备、新能源汽车、环境监测设备、清洁炉灶等应对气候变化相关物资，帮助有关国家提高应对气候变化能力，同时为近120个发展中国家培训了约2000名应对气候变化领域的官员和技术人员。

在逆全球化和新冠感染疫情对发展合作结构产生重大影响的当下，中国分享治理经验和适宜技术，带动更多发展中国家融入国际分工合作体系，提振全球参与公共产品供给、共享共赢的信念与决心。2021年9月4日，以“数字经济发展助力南南合作新格局”为主题的“2021南南合作与服务贸易国际论坛”举行。会议提出，广大发展中国家应充分利用数字化经济发展契机，积极应对挑战，动员各方力量，形成弥合数字鸿沟的发展合力。

（三）绿色“一带一路”深入开展

在绿色“一带一路”理念指引下，基于绿色环保低碳的发展成果不断夯实中国与沿线国家合作的基础，让绿色发展成为“一带一路”国家共同的发展底色。近年来，国合会的政策建议中均鼓励推动绿色“一带一路”建设。

2018年年底，中国企业比亚迪和宇通生产的电动公交车——“中国红”成为首都圣地亚哥街头的独特风景，并得到智利总统皮涅拉高度赞赏。2019年4月16日，中国工商银行成功发行了全球首支绿色“一带一路”银行间常态化合作债券，募集资金将用于支持“一带一路”绿色项目建设。

在埃塞俄比亚阿达玛城，由中国承建的非洲第二大风电场建成投产，已累计为电网供电26亿kW·h，相当于减少消耗标准煤81万t，减排烟尘、二氧化硫和氮氧化物2158t。泰国乌汶府诗琳通水库也漂浮着这样的深蓝“岛屿”，即中泰两国联合承建的诗琳通大坝综合浮体光伏项目，实现了浮体光伏与水电设备交替或同时发电，每年减少约4.7万t温室气体排放。

2020年，在新冠疫情影响蔓延、世界经济面临下行压力、国际局势复杂变化的背景下，“一带一路”建设成为国际合作中最大的亮点。“一带一路”经贸合作逆势前行，贸易规模持续扩大，大批抗疫物资及产品在“一带一路”大动脉上连接了相关国家，中欧班列累计开行6354列，同比增长41%，为保障新冠疫情影响下物流畅通和物资供应稳定发挥了重要作用。研究显示，共建“一带一路”将使相关国家760万人摆脱极端贫困、3200万人摆脱中度贫困。

2021年4月，国家主席习近平在“博鳌亚洲论坛”上指出，将建设更紧密的绿色发展伙伴关系。加强绿色基建、绿色能源、绿色金融等领域合作，完善“一带一路”绿色发展国际联盟、“一带一路”绿色投资原则等多边合作平台，让绿色切实成为共建“一带一路”的底色。

2022年3月16日，国家发展改革委等四部门联合印发《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》（以下简称《意见》）。《意见》围绕推进绿色发展重点领域合作、推进境外项目绿色发展、完善绿色发展支撑保障体系3个板块，提出15项具体任务，内容覆盖绿色基础设施互联互通、绿色能源、绿色交通、绿色产业、绿色贸易、绿色金融、绿色科技、绿色标准、应对气候变化等重点领域。

可以说，近十年来，“一带一路”绿色发展伙伴关系更加紧密，包括与28个国家共同发起“一带一路”绿色发展伙伴关系倡议，推进“一带一路”绿色发展国际联盟和生态环保大数据服务平台建设，实施“一带一路”应对气候变化南南合作计划，建立“一带一路”能源合作伙伴关系等，“一带一路”合作将成为新时期国际开展绿色合作的典范。

（四）推动国际海洋治理新局面

中国长期高度重视国际海洋治理，加强与有关国家开展国际海洋合作。2018年，国家海洋局发布了《全国海洋生态环境保护规划（2017—2020年）》。2018年11月，中国和加拿大联合发布《中华人民共和国政府和加拿大政府关于应对海洋垃圾和塑料的联合声明》，着重强调双方同意减少不必要的一次性塑料制品的使用，提高国内从源头管控塑料垃圾进入海洋环境的能力。2019年3月，中国与法国发布联合声明，提出强化《巴塞尔公约》等现行多边机制。作为国家“生态保护红线”计划的一部分，中国力争将约30%的沿海水域划定为完全禁止开发的区域。

中国深度参与国际海洋治理。2021年3月通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展的第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》明确要求，“深度参与国际海洋治理机制和相关规则制定与实施，推动建设公正合理的国际海洋秩序，推动构建海

洋命运共同体。”中国积极参与涉海问题相关国际谈判，如联合国国家管辖外海域生物多样性可持续利用问题国际协定磋商、联合国全球海洋评估经常性程序报告进程、《生物多样性公约》和国际海底管理局等机制框架下的谈判和磋商。2021年也是联合国“海洋科学促进可持续发展十年”的起始之年，我国积极响应此项行动计划，在海洋综合认知科技创新、海洋生态和生物多样性保护、海洋对碳中和目标的解决方案、深海特殊生境发现等科学前沿议题上深度参与，为实现海洋可持续发展助力。

2022年3月2日，来自175个国家的国家元首、环境部长和其他代表在内罗毕举行的第五届联合国环境大会续会（UNEA-5.2）上通过了一项具有历史意义的决议：终结塑料污染，并在2024年前达成一项具有国际法律约束力的协议。该决议将塑料的整个生命周期防治考虑在内，包括其生产、设计和处置。

中国积极投身全球海洋垃圾治理工作中。2020年1月印发《关于进一步加强塑料污染治理的意见》；海南、福建、大连等地探索实施海上环卫制度。在区域层面，在中日韩领导人会议、中国—东盟领导人会议、G20峰会、亚太经合组织等机制框架下，中国积极与周边国家合作，通过联合科考、科技研发、技术援助、学术会议等途径，提升区域内应对海洋塑料垃圾的能力。此外，我国还与联合国环境规划署等国际机构进行深度合作，打造示范项目、分享治理经验、推广实践经验；与近50个国家在海洋环保、防灾减灾、应对气候变化、蓝碳、海洋酸化、海洋垃圾治理等方面开展交流与合作，并签署了30余个双边合作协议，承建8个国际组织在华机构和平台。

（五）国合会政策建议情况

国合会自身使命就在于推动中国与世界其他国家开展环境与发展的国际交流与合作。无论是气候变化、南南合作还是“一带一路”，国合会将整合国际国内顶尖专家，开展的研究工作推动了中国与世界的双向政策交流与互动。具体总结如下。

1. 加强气候变化国际合作

2018年国合会政策建议提出，加强气候变化减缓行动，提升中国对全球气候治理的贡献。

2020年国合会建议，新冠感染疫情全球暴发凸显综合措施的重要性，必须综合应对环境挑战，以能源转型升级为核心，积极应对气候变化，构建低碳社会。强化对煤电的经济性评估，制定逐步减少并最终淘汰煤电的路线图。通过气候行动部长级会议和其他倡议，强化与欧洲及其他发展中国家的多边气候合作，形成新的全球气候领导力。

国合会于2021年建议中提出，坚持全球生态系统的整体性。推动应对气候变化、生物多样性保护、污染防治等主流化，强化跨部门、跨区域的政策衔接。通过生态资

本核算探索建立绿色责任账户，夯实绿色低碳发展的微观基础，保障转型的全面性、平稳性、普惠性。

2. 推进南南合作

2019 年支持可持续贸易；采取合作行动；加强绿色供应链建设；推动南南合作的进展。2020 年建议，研究建立商品贸易可追溯体系和相关尽职调查标准，并通过南南合作支持相关国家可持续生产方式转型。2021 年建议，结合“一带一路”应对气候变化南南合作计划、向共建国家积极宣传绿色解决方案的优势，打造更紧密的绿色、可持续发展伙伴关系。

3. 推动绿色“一带一路”建设

国合会持续关注和研究绿色“一带一路”建设，2018 年建议提出，共建“一带一路”绿色发展国际联盟，“一带一路”倡议应与《巴黎协定》、全球生物多样性目标和联合国 2030 年可持续发展目标保持一致。2019 年建议，推动绿色“一带一路”共建国家可持续发展战略对接。2020 年建议，推动绿色“一带一路”和全球绿色供应链建设，强化绿色国际合作，实现全球绿色繁荣。2021 年建议，拓宽“一带一路”建设的“绿色”边界，深入对接联合国 2030 年可持续发展议程，将气候减缓与适应、经济适用的清洁能源、生物多样性保护等可持续发展目标的落实纳入绿色丝绸之路建设，并加强目标间的协同增效。加强“一带一路”绿色发展国际联盟、“一带一路”生态环保大数据服务平台、“一带一路”绿色投资原则等多边合作平台建设。

4. 推动国际海洋治理新局面

2018 国合会政策建议指出，中国要与其他国家合作应对塑料污染。加强全球关注的新兴海洋环境问题的研究，优先课题包括海洋酸化、海洋塑料和微塑料、热点地区缺氧以及其他关乎全球的新兴海洋环境问题。2019 年提出建议，中国应加强海洋综合治理，积极参与全球海洋治理，提升海洋生态保护治理能力。2020 年建议，积极与国际社会携手，为全球陆地和海洋生态系统保护和修复设定明确、可量化的目标。2021 年国合会又提出建议，丰富全球海洋公共产品，深度参与全球海洋环境治理。

七、结语

过去 5 年，是中国可持续发展历史进程中波澜壮阔的 5 年。中国实施了“五位一体”战略，以建设美丽中国、实现人与自然和谐共生愿景为总目标，构建生态文明国家治理体系为支撑，深入推进生态环境管理体制机制改革、有序推进法律法规深化修订，相继实施大气、水、土壤治理专项行动，构建绿色金融体系、严肃企业环境信用，

推动经济社会发展全面绿色转型。同时，积极开展全球气候和环境合作，建设绿色“一带一路”，推动落实联合国2030年可持续发展议程，推动构建人类命运共同体。

总体来看，过去5年是中国生态环境治理的攻坚期；是生态环境质量改善的转折点；是经济社会转向高质量发展、绿色发展的关键期。生态文明框架下的国家现代环境治理体系基本确立，符合国情的生态环境治理法律、制度、政策体系全面建立，新发展理念和“绿水青山就是金山银山”理念深入人心，全面绿色转型已成为经济社会潮流。过去5年，中国主体功能区制度逐步健全，国家公园体制试点积极推进；全面节约资源有效推进，能源资源消耗强度大幅下降；重大生态保护和修复工程进展顺利，森林覆盖率持续提高；生态环境治理明显加强，环境状况得到改善；中国参与、引领应对气候变化国际合作，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者。

全球生态系统是一个相互关联的整体，没有一个国家或地区能独善其身，迫切需要全球团结和国际合作。人类只有一个地球，尽管各个国家国情不同，但实现可持续发展始终是共同追求的目标。当前，实现碳中和、保护自然、减少废弃物和污染、支持整体健康等综合议程，以及实现社会公平的承诺正在世界各国和社会各个层面深化。中国在解决好国内环境与发展挑战的同时，与国际社会一道共同应对全球挑战，开展绿色“一带一路”和全球绿色供应链建设，深化国际可持续发展合作，推动实现更加强劲、绿色、健康的全球发展。

过去5年来，国合会坚持战略性、预警性、前瞻性的国际高端智库定位，结合国内需求和国际治理新形势，与时俱进开展课题研究，成果丰硕，亮点纷呈，影响力持续扩大。国合会提出的政策建议得到中国政府的高度重视，政策建议的很多内容已通过各种形式转化为中央和地方政府出台的文件，转化为社会的积极行动，充分发挥了智库的重要支撑作用。过去5年，也是国合会不断发展、成长和壮大的5年。自1992年成立，国合会历经30年的发展，不忘初心，始终站在国际前沿关注中国的环境与发展问题；始终思考一个发展中大国如何处理好环境与发展关系；始终协调中国国内生态环境治理进程与国际可持续发展议程的关系。

过去30年，中国的发展受益于国际合作；未来30年，中国的发展依然离不开国际合作。结合不断变化的国内外形势，作为双向交流的国际合作平台，国合会也将深入总结和分享中国独特的可持续发展道路，特别是生态文明框架下的探索和成就，为共建清洁美丽世界贡献中国智慧与方案。

附录附件 5-1 过去 5 年中国环境与发展政策进展与国合会政策建议对照表

领域	出台时间	2018—2022 年政策进展	国合会政策建议相关内容
环境与 发展 规划	2018 年 6 月	2018 年 6 月，中共中央、国务院发布《关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见》	1. 生态文明建设 国合会于 2020 年建议，在发展理念方面，要坚定不移推进生态文明建设，贯彻落实“绿水青山就是金山银山”理念，推动经济社会全面绿色转型，实现以人为本的绿色高质量发展在政策目标方面，保持生态文明建设战略定力，将“十四五”规划绿色发展目标与联合国 2030 年可持续发展议程衔接。
	2018 年 12 月	国务院办公厅印发《“无废城市”建设试点工作方案》	2. 城镇绿色化
	2019 年 3 月	国家发展改革委公布了《2019 年新型城镇化建设重点任务》	国合会于 2018 年建议，改变传统思维，将绿色标准全面融入城乡规划；推进节能减排和产业升级；充分结合地方实际，创新解决问题方法。
	2020 年 12 月	生态环境部修订发布了《生态环境标准管理办法》《国家生态环境标准制修订工作规则》，进一步完善了生态环境标准管理制度的顶层设计，明晰了今后生态环境标准制定和实施的工作方向	国合会于 2019 年建议，重塑城镇化战略；重新认识城乡关系。
	2021 年 6 月	住房和城乡建设部等 15 部门印发《关于加强县城绿色低碳建设意见》，加强县城绿色低碳建设，促进实现碳达峰、碳中和目标	3. 重大流域绿色发展 国合会于 2018 年建议，推进长江经济带绿色发展，推动长江保护立法
	2021 年 10 月	国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》，要求城乡建设碳达峰行动，推进城乡建设绿色低碳发展，落实绿色低碳要求	2019 年建议，将长江经济带作为“十四五”规划的战略重点，建成流域绿色发展的样板和标杆
	2021 年 11 月	生态环境部印发了《关于深化生态环境依法行政，持续强化依法治污的指导意见》，这是生态环保系统推进依法治污的综合性文件	
	2022 年 2 月	国务院同意《关于加快推进城镇环境基础设施建设的指导意见》，提出到 2025 年，构建废物处理处置设施和监测监管能力于一体的环境基础设施体系	
	2019 年 12 月	中共中央、国务院印发《长江三角洲区域一体化发展规划纲要》	
	2020 年 7 月	国务院办公厅印发《关于切实做好长江流域禁捕有关工作的通知》	
	2020 年 8 月	中共中央政治局审议《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》	
	2021 年 12 月	生态环境部审议并原则通过《深入打好长江保护修复攻坚战行动方案》《黄河生态环境保护攻坚战行动方案》《“十四五”城市黑臭水体整治环境保护行动方案》《重点海域综合治理攻坚战行动方案》《全国海洋倾倒地规划（2021—2025 年）》	

领域	出台时间	2018—2022 年政策进展	国会政策建议相关内容	
治理和法治	2018 年 2 月	《全国海洋生态环境保护规划（2017—2020 年）》发布	<p>1. 环保体制深化改革。国会合于 2019 年建议，建立绿色金融预防机制。</p> <p>国会合于 2020 年建议，推进立法、司法和行政机关形成践行生态文明的合力，建立健全现代化环境治理体系，提高绿色治理的协调性和效率。</p> <p>2. 环保治理现代化探索。国会合于 2018 年建议，强化政策、规划、技术等各方面的创新，引领中国绿色城镇化随着数字时代和绿色时代的到来。</p> <p>国会合于 2020 年建议，健全生态资本服务价值核算方法和实现机制，推动长江、黄河流域高质量发展。</p> <p>国会合于 2021 年建议，重视数字技术创新赋能，协同推进可持续生产和消费，构建全球绿色价值链，打通绿色“双循环”的堵点。</p> <p>3. 生活方式转变。国会合于 2018 年建议，引导多利益相关方参与，科学识别并解决环境污染和生态破坏等对社区居民生产生活造成的负面影响。</p> <p>国会合于 2019 年建议，倡议发起绿色生活运动。刺激绿色产品需求，充分发挥社会知名人士在绿色消费方面的示范引领作用，引导绿色消费成为社会时尚。</p> <p>国会合于 2020 年建议，坚持以人为本，以绿色技术创新为驱动轮，以可持续生产和消费为两翼，以城市绿色发展为载体，推动形成绿色生产和生活方式</p>	
	2018 年 9 月	制定了生态环境部职能配置、内设机构和人员编制规定		
	2020 年 3 月	《生态环境保护综合行政执法事项指导目录》		
	2021 年 1 月	生态环境部发布《关于优化生态环境保护执法方式提高执法效能的指导意见》		
	2021 年 9 月	国务院办公厅印发《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》		
	2021 年 10 月	国务院办公厅编制《黄河流域生态保护和高质量发展规划纲要》		
	2021 年 10 月	国务院办公厅印发《关于推动城乡建设绿色发展的意见》		
	2018 年 6 月	国务院发布《打赢蓝天保卫战三年行动计划》		
	2020 年 1 月	《关于改革完善信访投诉工作机制推进解决群众身边突出生态环境问题的指导意见》发布		
	2020 年 3 月	中共中央办公厅、国务院印发了《关于构建现代环境治理体系的指导意见》		
	2021 年 5 月	生态环境部办公厅印发《环境信息依法披露制度改革方案》		
	2018—2022 年			2018 年 1 月 1 日，正式施行《中华人民共和国核安全法》
				2018 年 8 月 31 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第 5 次会议通过《中华人民共和国土壤污染防治法》
				2019 年 12 月 28 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第 15 次会议修订《中华人民共和国森林法》
				2020 年 4 月 29 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第 17 次会议第二次修订《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》
				2020 年 12 月 26 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第 24 次会议通过《中华人民共和国长江保护法》
		2021 年 12 月 24 日，第十三届全国人民代表大会常务委员会第 32 次会议通过《中华人民共和国湿地保护法》		
2021 年 1 月	国务院公布《排污许可管理条例》，自 2021 年 3 月 1 日起施行			
2020 年 10 月	深圳市第六届人民代表大会常务委员会第 45 次会议通过了《深圳经济特区绿色金融条例》			
2020 年 10 月	生态环境部、发展改革委、中国人民银行、中国银行保险监督管理委员会和中国证券监督管理委员会联合发布《关于促进应对气候变化投融资的指导意见》			
2021 年 5 月	生态环境部印发《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》，其中第 7 条明确指出：将碳排放影响评价纳入环境影响评价体系			
2021 年 9 月	党中央、国务院印发《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》			

领域	出台时间	2018—2022 年政策进展	国会政策建议相关内容
能源、 环境与 气候	2021 年 9 月	中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》	1. 能源结构持续调整优化 2019 年建议实现经济发展与能源改革、生态环境保护与应对气候变化协同推进。 2020 年建议制定国家层面的氢能经济政策，在交通和热电联产领域推广燃料电池，提高可持续生物质制气在能源结构中的占比。 2021 年建议加速制造业脱碳，严控“两高”行业新增产能。推动钢铁、有色金属、水泥、化工和石化等难减排行业净零技术创新和科研成果应用。 2. 持续推进节能和提高能效 2018 年建议推进节能减排和产业升级。 2020 年建议严格落实政府对节能环保产品的优先采购和强制采购制度，明确政府绿色采购约束性规定。 2021 年建议鼓励开展气候投融资产品和工具创新，启动地方试点，开发适用、高效、先进的气候投融资分类标准体系。积极推动化石燃料补贴。 3. 全国碳市场建设启动运行 2021 年建议尽快将高排放行业纳入碳市场。提供长期、明确、稳定的市场预期和有效的价格传导机制，完善国家碳排放权交易体系建设
	2018 年 6 月	国务院印发《打赢蓝天保卫战三年行动计划》	
	2018 年 8 月	国家能源局、生态环境部发布《关于印发 2018 年各省（区、市）煤电超低排放和节能改造目标任务的通知》，提出煤电超低排放改造 4 868 万千瓦，节能改造 5 390.5 万千瓦的全国目标	
	2019 年 12 月	国家发展改革委等 10 部委联合下发了《关于促进生物天然气产业化发展的指导意见》，提出到 2025 年中国生物天然气年产量超过 100 亿 m ³	
	2021 年 2 月	《国务院关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》	
	2020 年 11 月	国务院印发《新能源汽车产业发展规划（2021—2035 年）》	
	2020 年 12 月	由生态环境部常务会议审议通过了《碳排放权交易管理办法（试行）》，并于 2021 年 2 月 1 日正式施行	
	2021 年 1 月	《生态环境部举办碳排放权交易管理政策吹风会》中提出党中央、国务院高度重视应对气候变化工作，提出二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和，充分展示了中国积极应对全球气候变化的信心和决心	
	2021 年 9 月	中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》，加快建设全国用能权、碳排放权交易市场	
	2022 年 1 月	国家发展改革委、国家能源局发布《关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见》，旨在实现电力资源在更大范围内共享互济和优化配置，提升电力系统稳定性和灵活调节能力，推动形成有更强新能源消纳能力的新型电力系统	

领域	出台时间	2018—2022 年政策进展	国会政策建议相关内容
污染防治	2019 年 6 月	生态环境部印发《重点行业挥发性有机物综合治理方案》	<p>1. 大气污染防治 国会于 2018 年建议, 加强气候变化减缓行动, 提升中国对全球气候治理的贡献。以经济可行且影响较大的绿色技术为突破口, 通过体制和政策创新, 释放节能减排和产业升级潜力。</p> <p>2019 年建议, 加快气候行动协同推进空气质量改善和温室气体减排是中国实现高质量发展的必然选择。</p> <p>2020 年建议, 保持生态文明建设战略定力, 将“十四五”规划绿色发展目标与联合国 2030 年可持续发展议程, 以能源转型升级为核心, 积极应对气候变化, 构建低碳社会。</p> <p>2021 年建议, 整合低碳、自然保护和污染防治成为当前经济复苏的战略优先事项。坚持全球生态系统的整体性。</p> <p>2. 水污染防治 国会于 2018 年建议, 推进长江经济带绿色发展, 推动长江保护立法。</p> <p>2019 年建议, 建立应用于制冷、照明系统等消费领域的严格能效标准, 构建涵盖固体废物处理、水处理、垃圾处理的循环经济体系。</p> <p>3. 土壤防治 国会于 2018 年建议, 建立生态文明协同管理制度。</p> <p>2019 年建议, 高质量的开展植树造林以及投资红树林和沿海湿地、投资流域保护等措施都可以在增强碳固存和优化生物多样性的同时, 实现防洪和水土保持等更多生态系统效益。</p> <p>2020 年建议, 实施劳动密集型生态公共工程, 如植树造林、湿地和海岸带恢复、土壤和水体修复、绿色建筑和房屋改造等。</p> <p>2021 年建议, 整合低碳、自然保护和污染防治成为当前经济复苏的战略优先事项。</p> <p>4. 海洋生态保护 2018 年, 国会总结全球海洋治理经验, 提出要加强对海洋和沿海生态系统的法律保护, 建议制订恢复海洋生态系统功能和服务的国家行动计划。</p> <p>在 2019 年的政策建议中, 国会建议继续推进海洋综合治理, 启动包括海洋生态保护红线和国家公园体系在内的保护区网络。</p> <p>2020 年提出, 加大滨海湿地保护修复力度, 重建关键栖息地。划定海洋生态保护红线区域和海洋保护区, 助力海洋生物多样性保护和渔业发展。</p> <p>在 2021 年, 国会建议开展海洋生态系统价值核算基础研究, 加强对重要海洋物种及其栖息地的保护和恢复, 提高海洋生态系统的质</p>
	2020 年 3 月	中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于构建现代环境治理体系的指导意见》	
	2021 年 11 月	印发《中共中央国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》	
	2019 年 3 月	生态环境部联合自然资源部、住房和城乡建设部、水利部、农业农村部等联合印发《关于印发地下水污染防治实施方案的通知》	
	2021 年	《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和 2035 年远景目标纲要》《重点流域水生态环境保护规划(2021—2025 年)》等文件相继出台, 对生态环境的持续改善及行业未来的发展方向做出重要部署, 标志着我国进入了从水污染防治向水环境、水生态、水资源“三水”统筹转变的新时代	
	2019 年 7 月	生态环境部、农业农村部和自然资源部联合印发《关于贯彻落实土壤污染防治法推动解决突出土壤污染问题的实施意见》	
	2021 年 12 月	《“十四五”土壤、地下水和农村生态环境保护规划》印发	
	2018 年 11 月	生态环境部、发展改革委、自然资源部联合印发了《渤海综合治理攻坚战行动计划》, 提出了攻坚战的时间表和路线图	
	2022 年 1 月	生态环境部与发展改革委、自然资源部、交通运输部、农业农村部、中国海警局等部门联合印发《“十四五”海洋生态环境保护规划》	
	2022 年 2 月	生态环境部、发展改革委、自然资源部、住房和城乡建设部、交通运输部、农业农村部和中国海警局联合印发《重点海域综合治理攻坚战行动方案》, 对“十四五”时期渤海、长江口—杭州湾和珠江口邻近海域三大重点海域综合治理攻坚行动的总体要求、主要目标、重点任务和保障措施等作出了部署安排	
2022 年 3 月	国务院办公厅印发《关于加强入河入海排污口监督管理工作的实施意见》, 从排污口排查溯源、分类整治、严格监督管理等方面, 对加强和规范排污口监督管理作出了系统部署, 提出“2023 年完成重点海湾排污口排查和渤海海域排污口整治”等阶段性目标		

领域	出台时间	2018—2022 年政策进展	国会政策建议相关内容
生态系统和生物多样性保护	2020 年 11 月	生态环境部为贯彻落实《中华人民共和国环境保护法》《关于划定并严守生态环境红线的若干意见》，批准《生态保护红线监管技术规范基础调查（试行）》等 7 项标准为国家环境保护标准，并予发布	1. 生态红线、生态修复和补偿 国会于 2021 年建议，扩大生物多样性保护相关投融资。将生态保护、修复与再生作为绿色金融的重要领域。进一步识别必要举措，开展生态保护金融试点、风险披露、报告、压力测试及私营部门投资公共责任等，确保公共和私营部门资金流向符合生物多样性目标。
	2021 年 9 月	中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》	2. 举办生物多样性大会 国会于 2021 年建议，推动生物多样性保护在不同经济部门的主流化。将自然保护和基于自然的解决方案纳入公共和私营部门投资规划。制定基于科学、量化、兼具雄心和务实的生物多样性目标，并设立相关指标用于跟踪进展，关注生物多样性面临的压力、现状以及应对措施的影响和成效。
	2022 年 1 月	《中共中央、国务院关于做好 2022 年全面推进乡村振兴重点工作的意见》中提出：落实“长牙齿”的耕地保护硬措施。实行耕地保护党政同责，严守 18 亿亩耕地红线	3. 国家公园管理体系和野生動物保护 国会于 2021 年建议，加强国家公园和保护区建设。识别低成本高效益的优先保护区，在各自能力基础上，提高保护实效，保障国家公园和海洋、荒野保护区的生态高度完整性。特别关注跨区域生物多样性热点地区的绿色连通性。评估生态保护红线区域碳封存总体潜力，识别碳封存潜力较大的区域。
	2021 年 10 月	联合国生物多样性大会高级别会议在昆明开幕。大会的主题为“生态文明：共建地球生命共同体”	4. 海洋生态保护 2018 年，国会总结全球海洋治理经验，提出要加强对海洋和沿海生态系统的法律保护，建议制订恢复海洋生态系统功能和服务的国家行动计划。在 2019 年的政策建议中，国会建议继续推进海洋综合治理，启动包括海洋生态保护红线和国家公园体系在内的保护区网络。
	2020 年 6 月	《全国重要生态系统保护和修复重大工程总体规划（2021—2035 年）》出台。《规划》包括青藏高原生态屏障区、黄河重点生态区、长江重点生态区等 9 项重点修复工程，囊括了山、水、林、田、湖、草以及海洋等全部自然生态系统的保护和修复工作	2020 年提出，加大滨海湿地保护修复力度，重建关键栖息地。划定海洋生物多样性保护红线区域和海洋保护区，助力海洋生物多样性保护和渔业发展。在 2021 年，国会建议开展海洋生态系统价值核算基础研究，加强对重要海洋物种及其栖息地的保护和恢复，提高海洋生态系统的质量和稳定性
	2021 年 4 月	中央全面深化改革委员会第 18 次会议审议通过了《关于建立健全生态产品价值实现机制的意见》	
	2018 年 6 月	生态环境部、中央文明办、教育部、共青团中央、全国妇联五部门在六五环境日国家主场活动现场联合发布《公民生态环境行为规范（试行）》（简称“公民十条”），倡导简约适度、绿色低碳的生活方式	
	2019 年 6 月	中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于建立以国家公园为主体的自然保护地体系的指导意见》	
	2021 年 9 月	自然资源部批复同意设立三江源国家公园。2022 年将推进 3 个国家公园创建工作，包括亚洲象国家公园	
	2021 年 10 月	中共中央办公厅、国务院办公厅印发《关于进一步加强生物多样性保护的意見》	
2022 年 2 月	第十三届全国人大常委会第 16 次会议表决通过了《关于全面禁止非法野生动物交易、革除滥食野生动物陋习、切实保障人民群众生命健康安全的决定》。全面禁止和惩治非法野生动物交易行为，革除滥食野生动物的陋习，维护生物安全和生态安全，有效防范重大公共卫生风险，切实保障人民群众生命健康安全，加强生态文明建设，促进人与自然和谐共生		

领域	出台时间	2018—2022 年政策进展	国合会政策建议相关内容
区域和国际参与	2019 年 4 月	在北京召开的第二届“一带一路”国际合作高峰论坛上,中国宣布将与有关国家共同实施“一带一路”应对气候变化南南合作计划	1. 推动气候变化国际合作和历史担当 2018 年国合会政策建议提出,加强气候变化减缓行动,提升中国对全球气候治理的贡献。
	2021 年 6 月	中国常驻联合国代表团向联合国秘书长递交了中国政府接受《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案〉的接受书	2019 年又提出,协同推进空气质量改善和温室气体减排是中国实现高质量发展发展的必然选择。为此要制定清晰的低碳发展战略。实现经济发展与能源改革、生态环境保护与应对气候变化协同推进。
	2021 年 9 月	国家主席习近平出席第七十六届联合国大会一般性辩论时提出,中国将大力支持发展中国家国家能源绿色低碳发展,将不再新建境外煤电项目,展现了中国负责任大国的责任担当	2020 年国合会建议,新冠疫情影响全球暴发凸显综合措施的重要性,必须统筹协调公共健康、经济活动、生态系统变化(包括气候、海洋、河流)等各个领域,贯彻“整体健康”理念,推动陆海联动,实现气候和生物多样性协同治理,综合应对环境挑战。
	2021 年 9 月	以“数字经济助力南南合作新格局”为主题的 2021 南南合作与服务贸易国际论坛在国家会议中心举行	2021 年国合会建议,统筹推进落实“双碳”目标,实施气候友好的大气污染防治战略。综合治理,协同治理,以落实“双碳”目标是未来几年的工作方向。
	2021 年 12 月	南南合作促进会召开 2021 年度全体会员会议暨第二届理事會第 4 次会议	2. 推进南南合作
	2019 年 4 月	第二届“一带一路”国际合作高峰论坛绿色之路分论坛在京举行	2018 年国合会政策建议提出,《巴黎协定》后现有的全球行动与全球为避免灾难性气候变化所应采取行动之间尚存巨大差距,挑战远超预期,各国政府必须加强国内措施和国际合作。
	2021 年 4 月	国家主席习近平在博鳌亚洲论坛 2021 年年会开幕式视频主旨演讲中,提出要完善“一带一路”绿色发展国际联盟、“一带一路”绿色投资原则等多边合作平台,建设更紧密的绿色发展伙伴关系	2019 年支持可持续发展,采取合作行动,加强绿色供应链建设,重点关注大豆、棕榈油、鱼类和牛肉以及木材等大宗商品的绿色供应链建设,以此推动南南合作的进展。
	2021 年 7 月	商务部、生态环境部发布关于印发《对外投资合作绿色发展工作指引》的通知	2020 年建议,研究建立商品贸易可追溯体系和相关尽职调查标准,并通过南南合作支持相关国家可持续生产方式转型。2021 年建议,结合“一带一路”应对气候变化南南合作计划、绿色丝路使者计划,进一步实施能力建设项目,向共建国家积极宣传绿色解决方案的优势,打造更紧密的绿色、可持续发展伙伴关系。
	2018 年 1 月	国务院新闻办发表《中国的北极政策》白皮书	3. 推动绿色“一带一路”建设
	2019 年 9 月	2019 年 9 月 29 日,国际海洋治理研讨会在北京举行	2018 年国合会政策建议提出,推动绿色“一带一路”建设,共建“一带一路”绿色发展国际联盟,“一带一路”倡议应与《巴黎协定》、全球生物多样性目标和联合国 2030 年可持续发展目标保持一致。
	2022 年 3 月	2022 年 3 月 16 日,国家发展改革委等四部门联合印发《关于推进共建“一带一路”绿色发展的意见》。《意见》围绕推进绿色发展重点领域合作、推进境外项目绿色发展、完善绿色发展支撑保障体系 3 个板块,提出 15 项具体任务,内容覆盖绿色基础设施互联互通、绿色能源、绿色交通、绿色产业、绿色贸易、绿色金融、绿色科技、绿色标准、应对气候变化等重点领域	2020 年建议,推动绿色“一带一路”和全球绿色供应链建设,强化绿色国际合作,实现全球绿色繁荣。 2021 年建议,拓宽“一带一路”建设的“绿色”边界,深入对接联合国 2030 年可持续发展议程

附录 6 2021—2022 年度专题政策研究组性别主流化报告

2018 年，国合会主席团将性别平等确定为跨领域主题和研究重点。国合会秘书处组织编写了本报告，旨在将性别考量纳入 2020—2021 年度的专题政策研究。

本报告涵盖两个方面：第一，以专题政策研究的最终研究报告为基础，强调国合会在 2020—2021 年度研究工作中针对性别问题的一些研究成果和建议；第二，在即将开展的新研究阶段中为性别平等主流化提供建议。

正如国合会近期工作所反映的，性别平等越来越被认为是加快环境可持续性进程和应对气候变化进展的必要条件。这不仅是为了确保妇女享有权利，还支持妇女能够公平地获得和控制环境资源，并参与和领导环境决策，从而加快达成可持续的环境成果。实施促进性别平等和包容的措施，让妇女和多元群体参与环境和气候变化倡议，听取她们的观点，了解她们的独特需求，并运用她们的能力，这其中的重要性显而易见。在今年的国合会专题政策研究中，有许多专题政策研究组引入了性别概念，展示了他们在解决环境议题的同时，在推进性别平等和妇女权利、落实可持续发展方面的实际应用。2022 年绿色创新金融和可持续贸易的前期研究提供了更多关于性别倡议的案例。

一、性别平等与国际框架

中国与大多数国家都签署了国际条约，承诺在立法、政策和项目，包括环境和气候变化的项目中，促进性别平等、消除歧视，并将性别平等主流化。中国对性别平等和可持续发展的国内和国际承诺包括：

- 《消除对女性一切形式歧视公约》（CEDAW 1979 年）；
- 联合国环境与发展会议和《21 世纪议程》（UNCED 1992 年）；
- 联合国妇女问题世界会议和《行动纲要》（北京 1995 年）；
- 《2030 年可持续发展议程》（SDGs）；
- 《中国妇女发展纲要（2011—2020 年）》；
- 《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）；
- 《联合国生物多样性公约》（CBD）。

《联合国气候变化框架公约》的《性别行动计划》确定了以下基于性别平等的优先领域，并鼓励成员国推进能力建设、知识管理和沟通：性别平等、参与和妇女领导力；一致性、促进性别平等的实施和方式，以及监测和报告。在第 26 次缔约方大

会（COP26）形成的《气候变化和性别成果》中也强调了这些优先领域。在这些领域，可以通过协调一致的研究目标和实现路径，助推实现性别平等的可持续发展议程。同样地，《生物多样性公约》也有一个性别行动计划，研究工作可以与之相配合。

性别平等被认为是推进实现可持续发展目标的组成部分，它不仅是实现性别平等和女性赋权的单独目标，也贯穿于所有可持续发展目标当中，包括环境和气候变化的相关目标。作为一个单独的目标，它不但支持妇女获取自然资源和使用能源的技术，而且使她们更多地参与和领导环境决策。更重要的是，它呼吁进行改革，给予妇女平等的经济资源权利，包括对土地和其他的财产、金融服务、继承权和自然资源的所有权和控制权。作为一个跨领域的优先目标，性别平等可以加速其他目标，包括能源、生态系统管理、环境、气候变化、减少灾害风险、海洋和森林在内的有关目标的实现进展。

性别、环境和气候变化之间有越来越多的交汇点，在这些领域亦出现了很多新的良好实践和案例，为中国学习并整合形成自己的方法和政策创造了机会。中国也有机会为这些不断发展的领域做出贡献，提供创新的方法，使妇女能够基于她们和其他边缘化群体需求，参与和领导方法的设计和和实施，例如，支持女企业家和女性企业所有权，这可以为可持续发展带来乘数效应。

二、国合会 2021 年专题政策研究下开展性别平等相关工作：主要观察结果

本章节介绍了每个专题研究对性别平等重要性的观察结果，并明确指出在环境和气候变化的政策制定和治理中进一步推进性别平等的机会。

（一）气候变化

气候变化和性别平等的交汇在国际社会中得到了充分的认可。中国的国际承诺包括《联合国气候变化框架公约》及其《性别行动计划》，以及可持续发展目标。其中性别平等是单独的目标，也贯穿于环境和气候变化目标当中。在气候变化框架中，针对性别平等方面的考虑涉及女性和男性在社会和经济中的传统角色，以及这些角色是如何影响他们获得和控制资源，如土地、气候变化解决方案和清洁能源投资；他们如何参与和领导决策，包括涉及绿色经济转型和气候融资的决策；以及他们获得土地的权利。这样的承诺有助于识别与性别相关的障碍，并推动采取性别平等的措施加以消除，以发挥妇女的能力为气候变化倡议做出贡献，同时促进性别平等和可持续发展。

《碳达峰、碳中和政策措施与实施路径》专题研究报告有效地整合了性别因素，反映了性别平等和气候变化之间的重要交叉点。报告的前言和执行摘要中均提到了性别问题，报告专门设置了一个章节讨论气候和能源转型相关工作中的性别主流化问题，

并就此提出建议。报告认为，加强气候变化中的性别考虑将促进中国在性别平等和可持续发展方面取得进展，并改善中国的国际形象，因为国际社会已经认识到在气候变化和环境方法中解决性别平等问题的必要性。报告还认可了妇女作为促进者和领导者参与气候工作的重要性，指出气候变化对女性的影响更加显著，以及应当参考她们的观点并运用她们的能力来解决气候问题。报告还倡导推进公正的、低碳的能源转型，使妇女能够平等参与，并在不断变化的就业市场中获得机会。最后，报告鼓励在海外的绿色投资和援助项目中更多地考虑社会影响，特别是与性别平等有关的影响，并鼓励更多地参与性别平等方面的国际合作，利用中国在全球气候治理中的领导作用，促进性别平等融入其中。

未来的研究可以针对具体的倡议进行分析，以证明妇女在参与和领导气候变化倡议的设计和实施中具有重要性，展示并与性别中立倡议进行比较。未来的研究还可以提供明确的细节，说明现有的绿色投资倡议如何将性别平等和气候变化目标相结合，为未来此类倡议的发展提出建议。

（二）基于自然的解决方案价值评估

虽然国际上还没有针对性别平等和基于自然的解决方案(NbS)的最佳实践的记录，但在 NbS 和其他更广泛的环境倡议中已经有许多性别层面的元素。在 NbS 方案中的性别考虑涉及女性和男性在社会中的不同传统角色和地位如何影响他们获得和控制与 NbS 有关的资源，和他们在 NbS 决策中的参与和领导，以及他们权利的获得，包括获得 NbS 的收益。除非可以识别与 NbS 有关的性别障碍，并将促进性别平等的措施纳入 NbS 的设计和implement中，否则，带有性别歧视的规定会妨碍妇女的参与和领导，妇女往往被排除在制定方案的过程之外，无法贡献她们独特的观点和见解。在项目设计和实施过程中，明确纳入性别考虑可以使女性和男性都能贡献于 NbS 并从中获益，确保这些解决方案具有代表性。

《基于自然的解决方案的价值评估》专题研究在报告的关键产出上有效地整合了性别因素。它强调了性别和包容性在基于自然的解决方案中的重要性，建议在分类案例研究中突出促进性别平等和包容性的方法，特别是在与包容性方法密切相关的标准 5、标准 6 和标准 7 中。“基于自然的解决方案及其案例库范式”章节很好地介绍了如何将性别和包容性考虑纳入案例库范式框架。报告还鼓励在 SEEA EA 中收集和分析相关数据，从而全面衡量和跟踪 NbS 的成果，鼓励生态系统账户包括按性别和种族分列的数据，以更好地了解 NbS 成果在人口群体中的分布。值得注意的是，报告有一节专门就中国 NbS 的性别维度进行了介绍，并提供了简短的案例研究，阐述了生态系统物质供给服务、生

态系统文化服务和生态系统调节服务的性别维度有关情况。报告还加入了一项单独的建议，强调将妇女的需求和观点纳入 NbS 的设计、实施和监测中，并确保公平和包容的参与和治理过程；确保她们能够参与其中并分享 NbS 的回报。在附录中，通过对桑给巴尔岛可持续水产养殖和创新海藻养殖的案例研究进行分类，说明了性别因素与世界自然保护联盟（IUCN）全球标准的相关性，为整合性别因素提供了范例。

由于缺乏按性别、种族和其他因素分类的现成数据，将性别和包容性因素纳入案例研究的工作受到了限制。因此，未来的研究工作可以展示更多考虑性别平等的案例，并对性别数据进行分析，继而展示性别分列数据的收集和分析，对衡量更广泛的 NbS 项目能够带来的平等收益（对妇女和土著居民）大有裨益。在完善 NbS 全球标准的研究中，也可以考虑在各种标准中更明确地关注性别和包容的元素，以增加对系统地纳入性别考虑的理解和接受程度。

（三）全球海洋治理

性别平等被认为是有效保护海洋、可持续管理海洋和海洋资源以及实现可持续发展目标的关键。女性和男性在使用和管理海洋生态系统方面的不同角色，以及女性在权利、决策和资源方面较少的机会（如被性别歧视的规则所限制），意味着女性和男性受到气候变化、环境问题（如污染）和全球化进程的影响不同，因此具有不同的需求和能力。妇女大量从事于陆上渔业、海洋产品加工、水产养殖、塑料和其他废物管理，对减少灾害风险的倡议和保护工作做出重要贡献。尽管她们在海洋生态系统中很重要，但她们的观点在海洋生态系统政策的制定和实施中或在研究倡议中没有得到充分体现，而且妇女在海洋系统治理中的代表人数仍然不足。为了使妇女能够公平地贡献、获益、参与并领导可持续的海洋生态系统管理和治理，这些举措的规划、实施和监测必须同时考虑女性和男性的观点和能力，以促进性别平等。

《碳中和的愿景下基于生态系统的海洋综合管理》专题政策研究在报告中从不同的角度有效地整合了性别因素。报告从导言开始便指出了性别平等对“有效保护海洋、可持续管理海洋和海洋资源以及实现可持续发展目标”的重要性，以及增强对促进性别平等和包容性海洋管理方法的理解的需要。性别平等被认定为在探索和实施 4 种基于海洋的碳中和方法时必须考虑的问题，包括妇女应当如何参与等。性别考虑被整合进 2 种碳中和方法（海洋碳移除和基于自然的解决方案，以及离岸碳捕集、利用和封存）的优先行动，包括收集按性别分类的数据，以更好地了解渔业和水产养殖业中的性别关系以及妇女在低碳、可持续海产品生产中的贡献。该专题研究报告认为，为了使基于生态系统的海洋管理和治理取得成功，需要在各个层面促进性别平等的规划、实施

以及监测和评估，包括让妇女参与各种活动。

迄今为止，基于生态系统综合海洋管理的性别层面的数据和研究还有限。这表示未来的研究有机会着眼于促进不同方面的见解，以助构建性别平等和包容性的海洋管理，推动在更广泛的层面实现可持续发展。研究可以针对女性和男性各自的角色进行详细说明，并提供与特定区域或价值链中的海洋管理相关的性别动态的分析。可以提出具体的促进性别平等的措施，确保女性和男性对可持续海洋管理的不同观点都能得到体现和采纳；解决妇女参与和领导的障碍；并推动可持续海洋管理的举措朝着公平和促进性别平等的方向发展。

（四）流域

气候变化对女性和男性的影响是不同的，因为女性和男性在家庭和劳动力中的传统性别角色差异，往往限制了女性获得权利，参与决策，以及获取和控制资源。妇女往往对自然资源（包括水）有更大的依赖性，并对其使用和管理承担着责任。然而，由于性别歧视的规则，她们也受到更多的限制，如流动性受限，以及弱于男性的适应能力和更少的资源来应对气候变化。尽管妇女能够发挥独特作用，而且更容易受到气候变化带来的影响，但她们在公共和决策的讨论及治理结构中的代表人数往往不足。因此，确保女性群体与男性群体一同被纳入利益协商过程，并在与河流域综合管理有关的设计和和实施决策中获得代表席位，对保证体系的公平和可持续非常重要。

《气候变化背景下的流域综合管理》专题政策研究通过单独的章节《长江流域的社会公平和性别问题》非常有效地整合了性别问题。该部分包括形势分析和问题识别；赋予妇女及弱势群体相应权利的益处；以及在流域管理中实现性别和社会公平的拟议策略。该部分还包括两个简短的案例研究，说明性别因素是如何被纳入流域倡议。该报告的最终政策建议包含了一条着重突出的性别平等建议：在加强长江流域可持续地应对气候变化的过程中，应强调社会公平和性别平等，从而引起人们对社会包容和性别平等议程的更多关注。建议所在的小节展示了许多将性别因素纳入流域综合管理的良好实践，这些实践方法也在报告正文中有所反映。这其中包括充分了解流域管理的社会成本的重要性，包括对妇女及其他易受气候变化灾害影响的群体的社会成本，以及在已有方案中促进性别和社会平等的重要性。该建议还主张采取确保流域管理中的安全和社会平等的措施，特别是对容易受灾的群体，如妇女、老人和儿童，以及生活在农村、小城镇、滞洪区和长江流域生态保护区的人群。最后，报告建议，性别平等和社会包容应该贯穿整个长江流域应对气候变化的政策分析、规划和实施过程。政策制定应以性别和社会平等的分析为基础，与妇女和其他群体协商，并包括对性别问题

敏感的目标以及定量和定性的指标。建议还主张在河流管理决策机构中应该有妇女代表，以确保她们的观点被纳入决策。

未来的研究或可侧重于在长江或其他流域开展流域综合管理的案例研究，以展示性别分析的结果，使用具有性别响应的方法了解男性和女性的需求和观点，并了解性别考虑取得的成果。其他可作为流域管理示范的良好实践包括：按性别分列所有相关数据；组织妇女参与利益相关者的磋商；进行性别影响评估，以了解和解决气候变化在土地使用、种植模式、水资源利用、河流运输、生态系统服务以及其他任何相关领域对女性和男性的不同影响；以及让妇女参与和领导治理与决策机构。

（五）可持续粮食供应链

妇女作为消费者、生产者 and 家庭粮食管理者，是可持续粮食供应链的核心。尽管如此，由于性别歧视的社会规则和僵化的性别角色剥夺了妇女的权利，限制了她们参与决策和做出贡献，也限制了她们对包括土地在内的资源的获取和控制，世界上许多地方的妇女都在经济上和社会层面受到歧视。这种歧视限制了她们为可持续粮食安全做出贡献并从中受益。例如，在低收入国家，妇女占农业劳动者的近一半的比例，但占土地所有者的比例不到 15%。与男性农民相比，女性农民管理的土地面积较小，因此获得农业投入、技术培训和援助、市场信息以及金融和其他服务的机会也相对较少，但是生活在农村社区的妇女遭受的气候变化风险和影响更大。研究表明，如果妇女能更好地参与决策和获得资源、经济机会和服务，农村社区就能获得更多的粮食；改善营养状况；提高收入，并建立更高效和可持续的粮食系统。为了促进粮食供应链的可持续性，必须找出妇女在获得资源和机会、参与和领导计划制订及行动实施方面面临的障碍，然后设计和采取措施来解决这些障碍。

性别因素已被纳入可持续粮食供应链专题政策研究和政策建议中。基于性别平等和粮食之间的紧密联系，本报告基于中国的情况，将性别观点纳入可持续粮食供应链实践的若干领域：

（1）性别问题与农业可持续发展密不可分，妇女在农业中占据突出地位，但获得土地、农业投入、创新、信息和培训的机会有限，这一交叉点尤为重要。

（2）关于食品消费主题，必须使用和分析按性别划分的数据，以显示可能需要解决的任何性别影响，例如女性和男性之间以及女孩和男孩之间营养状况的差异。

（3）在提高生产力方面，必须设计和实施促进性别平等的措施，以确保创新和农业技术惠及女性农民，而目前她们往往被排除在技术培训和创新相关信息之外。

（4）为确保妇女的观点在促进可持续农业的方法和战略中得到体现，应在各部委

和其他妇女及农业的相关利益团体中，将女性的参与和领导制度化。

未来的研究可能包括对已经开展的、适用于中国环境的、对性别问题有敏感认识的粮食可持续性举措进行案例研究。此类案例研究可包括开展性别分析，对社会经济和性别背景进行总结，反映对男女生产者和消费者以及机构的不同考虑，使他们能够为该倡议做出贡献并从中受益；为促进公平结果而制定的体制、政策和实际措施；以及取得的成果。识别出来的良好实践可以被纳入机构、政策和计划层面的建议，以促进公平和可持续的粮食系统。

（六）绿色低碳“一带一路”

正如可持续发展目标所反映的，可再生能源、性别平等和可持续发展之间存在许多联系。女性和男性在社会中的角色和地位，他们对能源不同的使用，对经济的影响，他们在能源部门的参与，以及与能源有关的环境和气候变化问题的性别影响，与绿色低碳“一带一路”建设同等重要。妇女往往被排除在能源（包括可再生能源）部门的参与和领导之外。尽管研究表明，与男性相比，女性更愿意改变环境行为，但在能源政策和向绿色能源转型的过程中，往往没有考虑她们的独特需求和观点。通过解决已有的性别障碍，促使女性参与和领导各级绿色能源倡议，让女性的观点、知识和能力与男性的观点、知识和能力一样得到利用，支持向绿色低碳“一带一路”转型的政策和方法可以更有效地促进可持续、包容性和公平的发展。

报告中题为“‘全生命周期’方法——可再生能源开发最佳实践”的文本框，提供了有助于政府在可再生能源倡议中把重要性别考虑因素确立为优先事项的例子，以及政府可能需要确定和解决的性别优先事项的措施。其他将性别问题纳入绿色低碳“一带一路”研究的切入点包括：

（1）可持续发展目标设定性别作为一个独立目标和跨领域主题，并指出其与可再生能源和气候变化的交叉关系，《联合国气候变化框架公约》也同样包括上述观点。通过将性别因素纳入绿色能源政策和转型，为绿色低碳“一带一路”提供了机会，使其与国际承诺保持一致。

（2）通过在可能的情况下提供按性别分类的数据，并突出女性和男性在不同生产率部门的集中程度，可以使绿色低碳“一带一路”转型相关的劳动力市场评估更具性别敏感性，以便根据需要制定促进性别平等的措施。

（3）性别平等和清洁能源之间的交叉点，例如女性和男性能源使用的区别，对清洁能源的不平等获取，以及气候变化对他们的不同影响，都可以被解读出来，以证明促进性别平等的措施对实现公平和可持续结果的重要性。

在开发性金融机构（DFIs）支持的基础设施项目的环境和社会影响评估中，已经越来越多地考虑性别因素。未来的研究可以更具体地研究开发性金融机构如何将性别因素纳入清洁能源和其他基础设施项目的环境和社会影响评估中，以最大限度地提高行动的可持续性，并提供案例研究，向决策者展示这些方法和建议所产生的改进和公平的结果。

三、对于下一届国合会研究阶段的建议

除了目前的方法外，报告还提出以下建议，以促进性别问题更好地纳入专题政策研究的范畴：

（1）应考虑从研究初期就要求纳入性别议题。可以要求从专题政策研究提案阶段开始纳入性别问题，并由国合会工作人员对其进行验证。

（2）为进一步强调性别问题和考虑，国合会指导文件中提供的模板应向专题政策研究组概述步骤。可以在国合会提供给专题政策研究组使用的模板的有关部分明确提出纳入性别问题的要求，如提案或启动计划，以符合其他捐资方和组织要求纳入性别观点的做法。

（3）应考虑在每个专题政策研究组内为性别研究提供专门的预算拨款。拨出专门的预算将鼓励将性别问题纳入其中，并允许为性别研究所需的时间或专业知识提供适当的资源。性别研究可以由专题政策研究组的成员或性别专家来进行。

（4）应考虑为每个专题政策研究主题进行专门的性别问题分析。在制定详细的研究大纲之前，可以进行性别问题分析，以了解在专题政策研究中如何处理性别问题。在拟定计划阶段引入性别问题分析，可以将其纳入研究计划。

（5）应考虑将性别问题纳入专题政策研究的三个领域：作为一个独立的文本框或在报告开始设立专门章节，展现性别平等和专题政策研究主题之间的关系；对整个报告相关内容进行整合，在重点章节中呈现其与性别问题的交叉点；在政策建议中，包含至少有一个以性别为重点的建议，因为这是最可能被传递至最高级别领导层以影响政策的部分。这种方法在个别情况下是非常有效的。

（6）应大力鼓励纳入性别考虑的案例研究。以性别问题为重点的或纳入性别考虑的案例，能非常有效地展现在专题政策研究领域识别并整合性别考虑的重要性，特别是那些有助于实现公平结果的倡议。性别问题是一些专题政策研究领域中的新兴领域，应当与国际环境和气候变化公约下性别行动计划中的案例研究要求保持一致，这些案例对展示性别平等对可持续发展的重要性特别有帮助。

附录 7 第七届中国环境与发展国际合作委员会组成人员名单（截至 2023 年 3 月 3 日）

中方委员（38 人）

- | | | |
|------------|------------------------------------|-------|
| 1. 韩 正 | 国务院副总理 | 主 席 |
| 2. 黄润秋 | 生态环境部部长 | 执行副主席 |
| 3. 解振华 | 中国气候变化事务特使 | 副主席 |
| 4. 周生贤 | 原环境保护部部长 | 副主席 |
| 5. 赵英民 | 生态环境部副部长 | 秘书长 |
| 6. 刘世锦 | 国务院发展研究中心原副主任 | 首席顾问 |
| 7. 窦树华 | 全国人大环境与资源保护委员会副主任委员（副部级） | |
| 8. 廖 岷 | 中共中央财经委员会办公室副主任兼财政部副部长 | |
| 9. 肖炎舜 | 国务院研究室党组成员 | |
| 10. 马朝旭 | 外交部副部长 | |
| 11. 胡祖才 | 国家发展和改革委员会副主任、党组成员 | |
| 12. 辛国斌 | 工业和信息化部副部长、党组成员 | |
| 13. 朱忠明 | 财政部副部长、党组成员 | |
| 14. 王 宏 | 自然资源部副部长、国家海洋局局长 | |
| 15. 戴东昌 | 交通运输部副部长、党组成员 | |
| 16. 张桃林 | 农业农村部副部长 | |
| 17. 王受文 | 商务部国际贸易谈判代表（正部长级）兼副部长 | |
| 18. 仇保兴 | 国务院参事、住建部原副部长 | |
| 19. 张亚平 | 中国科学院副院长，中国科学院院士 | |
| 20. 蔡 昉 | 中国社会科学院原副院长，中国社会科学院国家高端智库首席专家、学部委员 | |
| 21. 张宇燕 | 中国社会科学院学部委员、世界经济与政治研究所所长 | |
| 22. 余 勇 | 中国气象局副局长 | |
| 23. 邓秀新 | 中国工程院副院长、院士 | |
| 24. 罗 晖（女） | 中国科协党组成员兼中国科协国际合作部（港澳台办公室）部长（主任） | |

- | | |
|------------|---|
| 25. 薛澜 | 清华大学苏世民书院院长、清华大学全球可持续发展研究院联席院长、清华大学公共管理学院教授 |
| 26. 贺克斌 | 清华大学环境学院教授，中国工程院院士 |
| 27. 张远航 | 北京大学环境科学与工程学院教授，中国工程院院士 |
| 28. 戴民汉 | 厦门大学讲席教授、中国科学院院士 |
| 29. 方精云 | 北京大学城市与环境学院教授、云南大学校长，中国科学院院士 |
| 30. 王金南 | 生态环境部环境规划院院长、中国工程院院士 |
| 31. 张小曳 | 中国气象科学研究院研究员、中国工程院院士 |
| 32. 王毅 | 全国人民代表大会常务委员会委员、环境与资源保护委员会委员，国家气候变化专家委员会副主任，中国科学院大学公管学院教授 |
| 33. 舒印彪 | 中国工程院院士，中国电机工程学会理事长，国际电工委员会第36届主席 |
| 34. 钱智民 | 国家电力投资集团公司董事长、党组书记 |
| 35. 王天义 | 香港科技大学（广州）教授，淡马锡国际顾问 |
| 36. 杨敏德（女） | 溢达集团董事长 |
| 37. 辛保安 | 国家电网有限公司董事长、党组书记 |
| 38. 雷鸣山 | 中国长江三峡集团有限公司董事长 |

外方委员（44人）

- | | | |
|------------|--------------------------------|-------|
| 1. 吉尔博 | 加拿大环境与气候变化部部长 | 执行副主席 |
| 2. 施泰纳 | 联合国开发计划署署长、联合国副秘书长 | 副主席 |
| 3. 安德森（女） | 联合国环境规划署执行主任、联合国副秘书长 | 副主席 |
| 4. 哈尔沃森（女） | 挪威奥斯陆国际气候与环境研究中心主任、挪威前副首相、财政大臣 | 副主席 |
| 5. 魏仲加 | 国际可持续发展研究院原院长 | 首席顾问 |
| 6. 亚历山大 | 亚洲基础设施投资银行副行长 | |
| 7. 贝德凯 | 世界可持续发展工商理事会会长兼首席执行官 | |
| 8. 巴布纳 | 自然资源保护协会总裁兼首席执行官 | |
| 9. 布伦德 | 世界经济论坛总裁 | |
| 10. 卡梅拉 | 国际可再生能源署总干事 | |
| 11. 达礼斯 | 柬埔寨环境部国务秘书 | |
| 12. 达斯古普塔 | 世界资源研究所总裁兼首席执行官 | |
| 13. 德吉奥亚 | 乔治城大学校长 | |

14. 庄鹤扬 荷兰基础设施与水管理部秘书长
15. 弗洛伦宗 国际可持续发展研究院总裁兼首席执行官
16. 韩佩东（女） 儿童投资基金会（英国）首席执行官
17. 汉森 国际可持续发展研究院高级顾问、原院长
18. 何豪 气候使命基金会总裁，能源创新政策与技术中心首席执行官
19. 汉兹 洛克菲勒兄弟基金会总裁兼首席执行官
20. 石井菜穗子（女） 东京大学理事、未来愿景研究中心教授、全球公共中心主任，全球环境基金原首席执行官兼主席
21. 莱西 经济合作和发展组织拉丁美洲气候行动与环境负责人、联合国气候问题特使
22. 兰博蒂尼 世界自然基金会国际特使
23. 罗家良 新加坡永续发展与环境部常任秘书
24. 麦克尔罗伊 哈佛大学环境科学教授
25. 梅森纳 德国联邦环保署署长
26. 南川秀树 日本环境卫生中心理事长、环境省原事务次官
27. 莫瑞丝（女） 大自然保护协会首席执行官
28. 穆勒 联合国工发组织总干事
29. 奥伯尔 世界自然保护联盟总干事
30. 瑞斯伯尔曼 全球绿色发展研究院总干事
31. 罗德里格斯 全球环境基金首席执行官、哥斯达黎加前环境和能源部长
32. 茹冠洁（女） 美国环保协会执行副总裁
33. 赛义德 亚洲开发银行副行长
34. 索尔海姆 “一带一路”绿色发展国际联盟咨询委员会主任委员，“一带一路”绿色发展国际研究院国际院长
35. 斯蒂尔 贝索斯地球基金总裁兼首席执行官
36. 斯维德林（女） 瑞典环境部前国务秘书
37. 陈江和 新加坡金鹰集团主席
38. 桑顿 克莱恩斯欧洲环保协会创始人兼首席执行官
39. 沙巴拉拉（女） 南非林业、渔业和环境部秘书长
40. 图比娅娜（女） 欧洲气候基金会首席执行官
41. 吴思缙（女） 红杉气候基金会总裁
42. 伏格乐 世界银行副行长
43. 温特 挪威极地研究所科研主任
44. 张红军 能源基金会董事会主席，霍兰德奈特律师事务所合伙人

中方特邀顾问（19人）

1. 张勇 中央财经委员会办公室秘书局局长
2. 陈文玲（女） 中国国际经济交流中心总经济师
3. 张燕生 中国国际经济交流中心首席研究员
4. 李海生 中国环境科学研究院院长、党委副书记
5. 郭敬 “一带一路”绿色发展国际研究院院长
6. 周恒 中国气象局国际司司长、一级巡视员
7. 叶燕斐 中国银行保险监督管理委员会政策研究局一级巡视员
8. 胡保林 天津大学中国绿色发展研究院名誉院长
9. 张承惠（女） 北京腾景大数据应用科技研究院学术委员会委员
10. 翟盘茂 中国气象科学研究院首席科学家，研究员，博士生导师；现任政府间气候变化专门委员会第一工作组联合主席、国家气候变化专家委员会委员
11. 张永生 中国社会科学院生态文明研究所所长、研究员
12. 马骏 中国金融学会绿色金融专业委员会主任
13. 李晓江 全国工程勘察设计大师，中央京津冀协同发展专家咨询委员会专家，中国城市规划协会副会长、中国城市规划设计研究院原院长
14. 于平 中国国际贸易促进会原副会长
15. 翟齐 中国可持续发展工商理事会副秘书长
16. 唐杰 哈工大（深圳）教授、发展战略委员会主任，香港中文大学（深圳）理事，深圳市原副市长
17. 徐林 中美绿色基金董事长、长三角生态绿色一体化发展示范区理事会理事、国家发改委原规划司司长
18. 李振国 隆基股份公司创始人、总裁
19. 王玉锁 新奥集团创始人、董事局主席

外方特邀顾问（19人）

1. 阿布杜拉维 亚洲开发银行中亚区域经济合作学院副院长
2. 艾弗森 挪威国际气候与环境研究所原所长
3. 拜姆森 全球水伙伴主席，联合国绿色气候基金原执行主任
4. 龙迪 克莱恩斯欧洲环保协会，亚洲区主任，北京代表处首席代表
5. 卡斯缔尔加 全球粮食未来联盟高级顾问

6. 科恩（女） 以色列环境保护部原总司长
7. 康提思 F20 基金会平台可持续发展目标特邀顾问，德国环境部联合国和发展中国家合作部原主任、2030 年可持续发展目标原专员
8. 哈雷 国际可持续发展研究院前欧洲代表兼投资与贸易主管
9. 哈德尔斯顿（女） 加拿大环境与气候变化部双边事务和贸易司司长
10. 李永怡（女） 英国皇家国际事务研究所国际经济金融研究主任
11. 雷红鹏 儿童投资基金会东亚和东南亚区域主任、中国首席代表
12. 刘健 联合国环境规划署科学司司长
13. 卢思骋 红杉气候基金会中国及东南亚项目总监
14. 马克穆多夫 中亚区域环境中心执行主任
15. 莫马斯 荷兰环境评估委员会主席
16. 梁锦慧（女） 世界经济论坛执行董事、自然与气候中心全球总负责人
17. 奥云（女） 绿色气候基金对外合作局主任
18. 蒂艾宁 芬兰环境部行政及国际事务司司长
19. 邹骥 能源基金会首席执行官兼中国区总裁

致 谢

国合会在 2022 年开展了“碳达峰、碳中和政策措施与实施路径”“基于自然的解决方案价值评估”“碳中和愿景下基于生态系统的海洋综合治理”“低碳韧性城市发展与适应气候变化——气候变化背景下的流域治理”“可持续粮食供应链专题研究”“绿色‘一带一路’关键路径构建”“助力可持续发展的数字化转型”“新发展理念下碳中和的风险防范”“可持续贸易与投资”“创新绿色金融”等研究，得到了中外相关专家（包括国合会中外委员、特邀顾问）和各合作伙伴的大力支持。本书以 2022 年政策研究成果为基础编辑而成。在此，特别感谢参与这些研究工作的中外专家以及为研究做出贡献的有关人员，他们是：

综述 / Scott Vaughan、刘世锦、李永红、张建宇、Knut Alfsen、Dimitri de Boer、Robyn Kruk、刘侃、穆泉。

第一章 / 解振华、刘世锦、Scott Vaughan、Arthur Hanson、Knut Alfsen、周国梅、李永红、Kate Hampton、邹骥、王毅、雷红鹏、刘强、钟丽锦、赵笑、祁悦、顾佰和、辛嘉楠、董钺、张笑寒、赵文博、刘宇炫、才婧婧、刘靖、张慧勇、刘侃、姚颖、唐华清。

第二章 / 欧阳志云、Bruno Oberle、徐卫华、逯非、张路、韩宝龙、束承继、王浩琪、廖慧、吴大维、刘力、Stewart Maginnis、Radhika Murti、Kristin Meyer、Juha Siikamäki、Matías Piaggio、Dindo Campilan、曾楠、刘红晓、赵丹、郑善文、蔡文博、Liette Vasseur、Bettina Hedden-Dunkhorst、Harvey Locke、Alessandra Alfieri、Scott Perkin。

第三章 / 戴民汉、Jan-Gunnar Winther、苏纪兰、刘慧、Birgit Njåstad、Kristian Teleki、曹玲、李姜辉、刘世锦、魏仲加、Douglas N. Rader、Salvatore Aricò、梁希、杨松颖、王月、李妍婷、孟菲菲、姜子禹、刘春宇、陈新颖。

第四章 / 李晓江、Hans Mommaas、Fernando Miralles-Wilhelm、吕晓蓓、刘昆轶、肖莹光、张永波、胡京京、吕红亮、Jan Bakkes、Bob Tansey、王凯、薛澜、李原

园、包起帆、尹俊、任希岩、杨波、Kees Bons、Jim BEST、Renato Paes de Almeida、Gerry Galloway、Marjolijn Haasnoot、Han Meyer、徐欣、Wilfried ten Brinke、Au Shion Yee、张圣海、李昊、吴春飞、邹亮、秦奕、冀美多、杜晓娟、雷夏、苟倩莹、唐川东、蔡磊、潘晓栋、张尊昊、郑铄、唐铃琳、沈哲焱、陆品品、Kristine St-Pierre、胡帆、李未来、孟君熠、Willem Ligtoet、Arjan Harbers、Henk Ovink、Martien Beek、Howard Bamsey、LI Lifeng、MA Chaode、Onno van den Heuvel、Marcus J. Wishart、Parameswaran Iyer、Gary Spiller、刘世锦、Scott Vaughan、刘侃、穆泉、张欣、Sam、Brice。

第五章 / Craig Hanson、Guillermo Castilleja、樊胜根、陈明、孟婷、付晓天、刘婷、董鑫、袁钰、柴伊琳、Bob TANSEY、贾峰、金文成、梅旭荣、Morgan GILLESPIE、徐华清、杨晓光、张建平、赵文华、刘世锦、Scott Vaughan、柏兆海、陈俞全、冯晓龙、金书秦、李颖、龙文进、司伟、Tim SEARCHINGER、王晶晶、于鑫、张玉梅、赵巍、刘侃、王冉、Brice Li、Samantha Zhang、Sarah Stettner、Beth Bahs-Ahern、樊小瑜、曾辉、龚君、魏然、徐婧寒、孟佳希、成思敏、金秋彤、王玉娜。

第六章 / 郭敬、Kevin P. Gallagher、张建宇、蓝艳、于晓龙、彭宁、Rebecca Ray、Cecilia Han Springer、谢飞、张贝瑶、刘悦、倪碧野、张志强、王思敏、刘馨、付延、赵海珊。

附录 1 / Scott Vaughan、刘世锦、Anna Rosenbaum、赵丽智、李秋苹、Christian Stärz、Jan-Hendrik Eisenbarth、代敏、Christian Löwe、Marcel Dorsch、Manju George、Eric White、梁国勇、Nicolò Andreula、Mario De Pinto、Alessandro Meneghella、Vincenzo Gesumaria、Andrea Ticchi、Davide Vandini。

附录 2 / 刘世锦、张永生、禹湘、李红玉、张卓群、朱守先、马雪芮、徐政雪。

附录 3 / Scott Vaughan、Bernice Lee、John Hancock、Nathalie Bernasconi、Aaron Cosbey、Ana Toni、Carolyn Deere Birkbeck、Nicolas Lockhart、Kimberley Botwright、Daniela Garcia、Vicky Chemutai、王毅、邹骥、Adrien Assous、Ieva Barsauskaite、Christophe Bellmann、Dimitri de Boer、Madelaine Bowen、董珂、Jackson Ewing、Peter Govindasamy、Jennifer Hillman、Marianne Kettunen、Harris Kuemmerle、Pascal Lamy、Cristina Larrea、李道季、李金惠、Michael Mehling、Sebastien Paquot、Jonny Peters、Isabelle Ramdoo、Alice Tipping、涂建军、屠新泉、王国胜、张希良。

附录 4 / Scott Vaughan、Violante di Canossa、Andrew Deutz、Christoph Nedopil、Margaret Kuhlow、Jill Dauchy、白韞雯、孙天舒、Tracey Cumming、Swarnim Waglé、Mark Halle、

Paul Steele、Renata Rubian、Bob Tansey、Knut Alfsen、WANG Yali、Stewart Maginnis、杜红霞、张承惠、Erik Berglöf、叶燕斐、Eric Usher、张建平、徐佳君、Rodolfo Lacy、张玉梅、Farooq Ullah、Rose Niu、Gianni Ruta、Jess Ayres、祁悦、袁薇、Dimitri de Boer、Fan Danting、付晓天、Sonja Sabita Teelucksingh、Carolina Rojas、Maxim Kenens、Ulrich Volz、张建宇、Rebecca Ray、Simon Zadek、Jean-Paul Adam、Catherine Phuong、Carlos Larrea Maldonado、Hannah Ryder、熊婉婷、Kirthisri Wijeweera、David Boland、Adam Starr、Thome Xaisongkham、Raniya Sobir。

与此同时，我们还要感谢国合会的捐助方及合作伙伴，包括加拿大、挪威、瑞典、德国、荷兰、意大利等国家政府；欧盟、联合国环境规划署、联合国开发计划署、联合国工业发展组织、世界银行、亚洲开发银行、儿童投资基金会、世界经济论坛、世界自然基金会、美国环保协会、能源基金会、洛克菲勒兄弟基金会、大自然保护协会、世界资源研究所、国际可持续发展研究院、克莱恩斯欧洲环保协会等国家、国际组织和机构、国际非政府组织等，他们提供的资金及其他方式的支持是政策研究工作顺利开展的基础。特别感谢大自然保护协会（TNC）为本书出版提供的支持。

另外，我们还要感谢以下及其他未列出名字但做出贡献的人员，包括黄颖、王钰明子、刘乐璇等，他们都为本报告的编辑和最终出版付出了大量辛劳。

