

第3章 中国低碳工业化战略研究

一、引言

(一) 为什么中国要采取低碳工业化策略

为了让中国的经济增长在 2020 更具有竞争力和可持续性，也为了执行第十二个五年规划的目标，中国应该从现在开始走一条综合性的以创新为基础的低碳工业化道路。

当前，中国这种能源密集型^①的工业发展对于国民经济的作用仍然至关重要。在中国，持续快速的工业化和城镇化发展必然伴随着重化工业，钢铁业，汽车和船舶制造以及机械工程等行业的发展，而所有这些行业的发展都需要以消耗大量的材料和能源作为代价。中国经济在快速扩张的过程中，工业发展消耗了大约 70% 的能源，同时也带来了大部分的温室气体排放。

在控制需求和降低对环境的影响方面，提高中国重工业的生产效率仍然意义重大。在今后的几年时间里，将通过技术突破，经济结构调整和制度改革，为中国在 21 世纪 20 年代的工业转型奠定坚实的基础。通过这些措施，21 世纪 20 年代可以在一些行业实现绝对减排。

发展低碳经济对于中国未来的经济增长具有重要的战略意义，中国国家高层领导人曾经清楚地阐述，无论对于传统工业升级还是对于支持新型技术密集行业来说，创新已经成为中国首先要考虑的问题。到 2015 年，科技研发方面的投资在 GDP 中的比重将达到 2.2%，这一数字在 10 年前只有 1%。然而，为了营造一个强大的，包容性很强的有利环境，我们还有很多工作要做。要建设一个创新驱动型的社会需要有动态的教育体系，灵活的制度以及更多的国际合作支持。

实现工业结构转型的目标也绝非易事，尤其是在当前全球经济危机以及能源价格越来越不稳定的大背景下。就业压力使得在短时期内通过关停效率低下的生产能力实现结构加速调整变得很困难。此外，在工业化方面，中国不同地区之间的差异很大，

① 报告中，单位 GDP 能耗是指“能源消耗除以 GDP”（等价的煤炭消耗量/GDP）。单个部门中，能源强度是指“每吨产出的能源消耗（tce/tonne）”或“每单位附加值的能源消耗（tce/10000 RMB）”。碳强度同样处理，即，国家水平指“温室气体排放（CO₂e）除以 GDP”。

特别是西部地区仍然需要进行大规模的发展。

与此同时，全球关于竞争力的衡量标准也正在发生着变化：中国企业在满足全球迅速增长的对低碳技术需求方面有很强的竞争力，例如，在可再生能源，电动汽车以及绿色信息和通讯系统（ICT）等领域。根据中国第十二个五年规划的要求，战略性新兴产业在未来十年内有潜力成为中国的支柱产业，对 GDP 的贡献率大约为 15%。这一目标的实现需要将焦点重新集中在中国的工业资产和技术创新能力的升级方面。最后，在未来几年中，加快经济结构调整将是重要的战略主题。绿色增长和低碳工业化转型是解决方案中的关键部分。

包括政府部门和企业在内，都越来越意识到谁在低碳经济的转型过程中跑得更快，谁就能在未来取得更明显的竞争优势。根据汇丰银行的统计，低碳能源市场在 2009 年有 7 亿美元的规模，到 2020 年其规模将增长到 1.5 万亿到 2.7 万亿之间。^①关键的政策问题是国家和市场如何通过管理其工业资产进而在低碳经济活动和能源效率方面创造出机会。

目前，凭借低廉的劳动力成本和压低的资源价格，中国的制造业在许多产品方面都保持着无可匹敌的竞争优势。但是，随着劳动力成本，资源成本和环境成本的上升，与其他国家尤其是亚洲邻国相比，中国传统的低端工业正在逐渐失去其原有的竞争优势。但是中国制造业工人的平均工资只有发达国家工人的百分之几——中国庞大的国内市场和已经建立起来的产业链和基础设施对于投资者来说仍然具有吸引力。

对重工业进行升级并不意味着彻底淘汰劳动密集性产业，而是要将焦点集中在生产更多高科技高价值的产品。要绝对地减少对该类产品的消费需要有付出相当大的努力，而不是一夜间就能实现的事情。劳动密集性产业在中国某些地区同样是支柱产业，中国仍然要通过发展这些产业吸纳相当多数量的农村劳动力。

（二）低碳工业化的坚实基础

毫无疑问，中国有能力也应该成为全球可持续发展和环境技术革新方面的领导者。中国的领导人早就认识到，受自然资源和环境影响的限制，中国应该走一条更加具有可持续性的发展道路。^②

中国在“十一五”规划中首次提出了能源和环境保护的约束性政策。在这一时期内，为了优化能源密集型产业的发展，国家将政策关注焦点集中在工业方面。尽管总体的能源消耗量仍在快速增加，但是工业部门的能源消耗量降低了 339Mtce，在同时期内对总的能源节约量贡献率是 54%。

① HSBC, 2010. Sizing the climate economy. www.research.hsbc.com/midas/Res/RDV?_ao=20&key=wU4BbdyRmz&n=276049.PDF

② Feng Zhijun, David Strangway et al, 2008. CCICED Task Force on Innovation and Environmentally-friendly Society: Action Plan

能源密集型行业的能源强度快速下降。与 2005 年相比，燃煤电厂，水泥，合成氨以及化纤行业在 2010 年的能源强度分别下降了 9.5%，24.5%，17.3%和 30.6%。

表 1 第十一个五年规划在节能方面取得的进展

	能源效率			2010 产量	“十一五”期间的 能源节约量/Mtce
	单位	2005	2010		
钢铁	kgce/t	760	701	626.96	37.00
电解铝	kWh/t	14 575	13 979	15.65	3.26
铜	kgce/t	780	500	4.57	1.28
水泥	kgce/t	167	126	1 876.61	76.94
玻璃板	kgce/weight case	22.0	16.3	662.61	3.78
炼油	kgce/t	114	100	423.0	5.92
炼焦	kgce/t	156	117	388.0	15.13
乙烯	kgce/t	1 073	950	14.17	1.74
合成氨	kgce/t	1 700	1 464	51.50	12.15
氢氧化钠	kgce/t	1 297	1 006	20.87	6.07
碳酸钠	kgce/t	396	317	20.27	1.60
碳化钙	kWh/t	3 450	3 340	14.30	0.55
化纤	kgce/t	743	517	29.73	6.72
总计					172.14

来源：LCIS 课题组的分析

在过去的五年中，中国在可再生能源领域扮演了非常关键的角色。虽然 2004 年，发展水平还较低，但是，中国每年在可再生能源方面的投资在今后的几年中将赶超欧盟，2010 年，中国的风力发电能力在全球排名第一。此外，中国已经成为风力发电技术和太阳能光伏电池的领先制造基地。

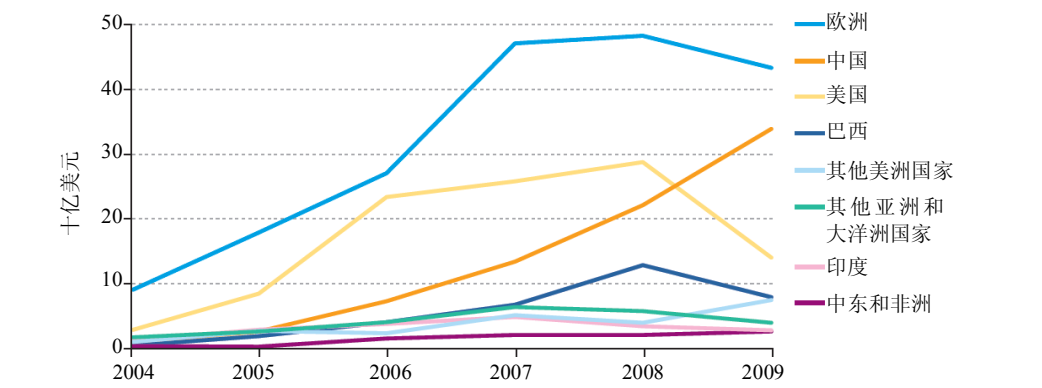


图 1 不同地区每年在可再生能源资产方面的投资

来源：IEA，2010（BNEF 数据）

如果中国想要利用这些发展起来的优势并推动发展低碳工业，就需要从根本上对国内的创新基地进行升级。只有切实加强这一领域的实力才能确保中国在未来的时间里有能力做出选择并保持一定的灵活度。对关键领域的研发、部署、相关基础设施以及持续的投资都有至关重要的意义。但是，中国必须采取全方位的行动，在各个层面上增大投入，包括教育和人力资源，并在全社会范围内激励创新文化的开展。

重要的是，没有一个国家可以单独掌控低碳经济的命脉。对于寻求技术优势并希望进入国际市场的企业来说，在关键技术的开发和供应链方面的合作是十分关键的。需要通过采取多边行动，从而促进国际合作，纠正关键的市场和政策失灵。^①因此，中国必须保持一种开放创新和投资的态度，保持必要的灵活度。

（三）低碳经济——一种新的发展模式

飞速的工业化进程对于很多发展中国家来说都是发展策略中不可或缺的一部分，其中很多国家指导公有和私有投资进入第一和第二产业——包括钢铁，船舶制造和金属加工。然而，环境和资源的束缚使得新兴经济很难遵循“传统”的发展路径。走低碳工业化的道路就要求采用新的发展模式，并且通过更具可持续性和更低的资源消耗驱动经济增长。

工业行业对于温室气体的排放贡献巨大。因此，工业行业又是解决这一问题的关键，因为工业可以满足人们对于低碳经济新型产品的需求。为了实现低碳转型，不仅要對现有的制造业改造而且要对工业结构进行系统化的变革。这一变革包括：从碳密集型产业到知识密集型产业的转变，从其他经济领域向低碳原料和基础设施供应链领域的产业转变以及向能源效率更高的制造业转变，从而减少现存工业的碳排放。系统化的变革不仅仅包括替换一系列的技术，还必须包括更加广泛的上下游技术链条，基础设施，广大用户实践，市场和法规等集成共同实现。

中国需要一系列不同的低碳发展模式，从而可以适应不同地区在收入、地理、资源可用性和总体技术发展水平方面多样化的需要。例如，上海的收入水平是贵州的 10 倍，中国中西部地区仍然存在着严重的劳动力过剩问题。

实施有利于低收入阶层的低碳工业化策略必须要认识到中国还是一个发展中国家的现实，当前依赖重工业发展的一些地区需要一种与依赖现代工业发展的地区不同的策略。随着低碳工业化的推进，在对传统工业进行升级的同时，还要培育更高的价值，清洁工业对于地区的平衡发展将起到至关重要的作用，清洁工业在“十二五”规划被放在了优先考虑的位置。除此之外，如果置之不理，气候变化和环境退化带来的影响将增加贫困人口负担。消除贫困和环境改善之间紧密的相互联系在专栏 1 中有详细说明。

^① Shane Tomlinson, Pelin Zorlu and Claire Langley, (2008). Innovation and Technology Transfer Framework for a Global Climate Deal. E3G and Chatham House

专栏 1 贫穷导致生态破坏

印度前总理英迪拉·甘地在 1972 年联合国人类环境会议上说,“贫穷是最严重的污染”。会议指出,贫穷对环境造成极为恶劣的影响,而穷人是环境恶化的最大受害者。穷人用不起电、燃气或煤油,不得不用木柴、秸秆和牲畜粪便来烧火做饭,室内烟雾弥漫。将近 40 年后的今天,贫穷导致生态破坏在中国仍是一个严重的问题。目前,全国 90% 以上的贫困人口生活在水土流失、生态环境脆弱地区。

长江流域消耗全国 70% 以上的薪柴^①长江上游贫困山区的 78 个县,居民生活燃料 80% 靠薪柴。(UNDP, 2009) 建议加脚注长江流域每年消耗薪柴 100 Mt, 森林过度采樵,生态环境急剧恶化。森林覆盖率从 1957 年的 30% 下降到 1986 年的 10% 以下。森林植被大量减少,不仅大大削弱水土保持能力,还减少了大量碳汇。

中国草原 90% 不同程度退化,导致土地旱化、沙化和盐渍化。超载放牧是草原退化的元凶。而超载放牧很大程度上是贫穷所致。内蒙古鄂尔多斯草原牧民杜五子说:“以前盲目放牧,结果 100 多亩草场严重退化、沙化,只能放羊,羊还吃不饱,个个皮包骨,那时全家一年收入只有 2 000 多元,穷得叮当响。现在政府鼓励我们舍饲圈养,禁牧休牧,去年仅卖羊绒和小羊羔就收入 5 万多元。”(内蒙古草原生态保护, 2010-07-18)

(四) 低碳工业化是发展低碳经济的支柱

2009 年,中国对单位 GDP 碳排放强度改善的目标是到 2020 年要比 2005 年下降 40%~45%。图 2 显示了当碳强度降低 40% 到 50% 之后,能源和工业部门在不同情况下 CO₂ 的排放情况。即便是在碳强度降低 50% 的情况下,CO₂ 的总排放量在 2015 年到 2020 年之间仍将急剧增加。到 2020 年,相对于 40% 的目标,降低 45% 的碳强度,可以减少 8.5 Gt 的 CO₂ 排放量。

CO₂ 排放的影响对于 GDP 的假定很敏感。在这张图中,2011—2015 年期间,GDP 年平均增长率大约保持在 8%~9% 之间,2016—2020 年,GDP 年平均增长率大约保持在 7%~7.5% 之间。

低碳工业化对于中国发展低碳经济至关重要的关键因素有四个方面,还包括碳强度降低 40%~45% 的目标。

①清华大学建筑科学技术系对全国 24 个省份典型农户的调查,2006~2007。

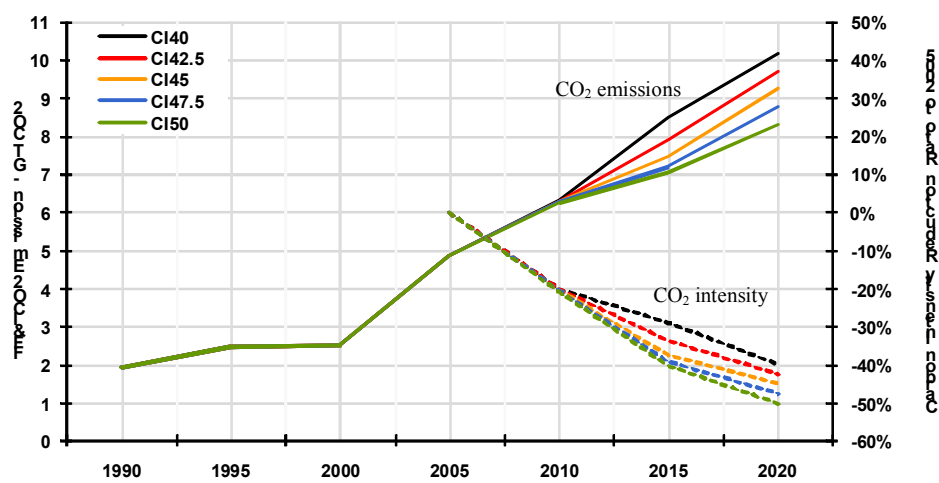


图 2 降低中国的碳强度对 CO₂ 排放量的影响

来源：课题组分析

1. 工业是能源的主要消耗部门也是 CO₂ 的主要排放源

根据国际能源署的统计，全球 1/3 的能源消耗和 36% 的 CO₂ 排放量来源于制造业。大量的原材料工业包括化工、石化、钢铁、水泥、造纸和其他矿物和金属行业占据了其中的 2/3。总的来说，在 1971—2004 年这个期间内，虽然发展中国家的能源需求迅速增加而世界经济合作与发展组织国家对能源的需求趋于停滞，但是，全球工业对能源的消耗还是增长了 61%。尽管 CO₂ 排放量很高，但是，全球对于不可替代物资例如钢铁和石化产品的需求在今后的十年或更长时间内很难迅速下降——因为这一时期将是全球应对气候变化的决定性时期。

2. 重工业部门对于中国在 2020—2030 年间的经济发展有重要意义

如果可以应对工业部门中的各种挑战，中国经济的总体表现将得到强有力的支持。在今后的十年中，中国经济和社会将随着逐渐的工业化和城镇化持续地发展，中国的能源密集型产业部门将实现不同程度的扩张，结果是，这些部门的能源消耗温室气体排放仍将持续增加。

3. LCI 在中国经济转型过程中扮演着重要角色

课题组的分析结果表明，实现单位 GDP 碳排放强度降低 40%~45% 的目标取决于创新——这是经济增长模式转变的关键因素。其中部分原因是，随着中国工业的发展标准达到最佳水平，利用现有技术进一步提高能源效率会变得越来越难。

4. 后金融危机时代的全球经济趋势——制造业的复苏

在全球经济陷入低迷之后，许多国家都希望捉住难得的机会发展新型低碳技术。对于中国来说，这是一个提高国际竞争力的好机会。2008 年的经济危机再一次确认了

过去十年间全球的发展趋势——在全球范围内转变经济增长方式，几个新型经济体成为了主要的地缘经济行动者。2010 年，中国在 GDP 方面超过日本成为了全球第二大经济体，尽管如此，中国的人均 GDP 只有 3 678 美元，只有日本的 1/10。

对于发达国家来说，制造业的发展状况已经成为衡量成功与否的关键指标，政府也寻求各种方式刺激经济的复苏。制造业对于长期的增长和竞争力的提升具有关键作用。

很多发达国家都支持各自的工业策略，并且正在出台新的干预性政策和战略。例如，美国在 2009 年 9 月实施了美国创新战略；为可持续增长和高品质岗位努力，^①欧盟在 2010 年 6 月提出了欧洲 2 020 计划：这是一个智慧的，可持续的和综合性的增长策略^②，日本在 2010 年 6 月宣布了其 2020 年新增长策略的具体细节，并在 2011 年 1 月通过批准^③（见专栏 2）。

专栏 2 日本：《新经济增长战略》^④

2010 年中，日本政府宣布了 21 项国家战略项目，其目的就是为振兴 21 世纪的日本经济。这些项目涉及到能源、交通、城市建设、制造业、医疗保健等多个领域。而绿色创新项目下，则提出三个项目。

(1) 扩大日本的可再生能源市场：

- 通过上网电价体系扩大可再生能源采购
- 引入智能电网，提高系统效率，实现可再生能源的更大整合
- 通过设立实施区域促进可再生能源建设
- 提供资金支持，加强融资机制
- 创造可再生供热需求

(2) 未来城市计划：

- 着眼未来，通过技术、计划、服务建设世界领先的“未来城市”
- 包括法律法规、税收激励政策等在内的一揽子政策措施，通过预算重点支持关键技术
- 在亚洲推广该计划

(3) 森林及林业复兴计划

- 将木材自给率提高到 50%，从而帮助局部经济复苏
- 推广可持续林业

① White House, February 2011. A Strategy for American Innovation: Securing Our Economic Growth and Prosperity. www.whitehouse.gov/innovation/strategy

② European Commission (2011), Europe 2020: EU's Growth Strategy, See http://ec.europa.eu/eu2020/index_en.htm,

③ METI (2011) New Growth Strategy, See www.meti.go.jp/english/policy/economy/growth/index.html

④ METI (2011) New Growth Strategy, 21 National Strategic Projects http://www.meti.go.jp/english/policy/economy/growth/21national_strategic20100618.pdf

全球经济衰退期间，新兴经济体国家对于制造业的支持不仅没有减少，还有所提高。2009^①年，巴西发展银行 BNDES 的投资中有 40% 进入了该国的基础设施建设及制造业。南非于 2010 年 2 月公布了《产业政策框架行动计划》修正案。中国则启动了多种措施支持制造业的发展，从研发到工程技术人员的培训等。中国的外资同样从 2005 年的 91.1 亿美元增长到 2009 年的 638.7 亿美元，大部分都集中在能源、金属、化工、以及交通和通讯等领域，而这些都是制造过程中的关键原料投入^②。中国、韩国及其他国家和地区的政府还对经济特区或工业园区的发展给予大力支持。

世界银行过去根据《华盛顿共识》所采取的不干预的立场同样发生了变化。它认为产业政策通常无法起效，“历史证明，所有成功的经济体国家中，政府在促进结构调整，帮助私营部门保持增长的过程中一向扮演着重要角色”。^③基础设施、私人投资、创造就业机会、人才培养、贸易、普惠金融、恢复性增长、粮食安全、国内资源调动及知识共享等因素间具有紧密的联系。为了给发展中国家经济的强劲、可持续、及弹性增长创造最佳条件，就需要对这些相互关联、相互促进的重要支柱性产业进行改革和转型。

德勤会计师事务所及美国竞争力委员会所做的一份研究指出，不出十年，“制造业竞争力的世界新格局”将会产生。同时，地区制造能力也将发生结构性调整。德勤全球制造业竞争指数（GMCI）显示，中国、印度、韩国等三个国家制造业竞争力出现显著增长。与此同时，亚洲市场也显示出快速的增长趋势^④。而据 GMCI 显示，美国、日本、德国等昔日主要制造业强国如今均远远落后于这三个国家。

二、中国低碳工业化战略

未来十年，中国的能源和碳排放仍然会快速增长，但该国也会通过以下四项措施为 2020—2030 年之间的重要工业转变打下基础：支持新兴行业，加速创新，发展基础设施和改革制度。

低碳工业化有三大支柱：调整产业结构，使低碳、高价值行业占据更大份额，改变能源结构；技术创新，包括重工业升级；以及制度发展。在这三项元素中，创新是第一位的。先进技术在我国的开发与部署极大地提高了关键能源消费部门的效率。在过去几年，非化石燃料能源的开发与利用，尤其是可再生资源，已得到极大促进，中

① Luciano Coutinho Challenges for Industrial Policy, Innovation and Competitiveness in Brazil, BNDES 2010, Presented at the Woodrow Wilson International Centre www.wilsoncenter.org/events/docs/BNDES%20in%20Woodrow%20Wilson%20BR-US%20Council%2015%20July%202010.pdf

② John Bruner, “China widens its reach” Forbes April 21, 2010

③ Justin Yifu Lin and Célestin Monga (2010), Growth Identification and Facilitation: The Role of the State in the Dynamics of Structural Change, The World Bank, Washington DC. Available: www-wds.worldbank.org/servlet/WDSCContentServer/WDSP/IB/2010/05/18/000158349_20100518154747/Rendered/PDF/WPS5313.pdf

④ Deloitte Touche Tohmatsu and US Council on Competitiveness (2010), Global Manufacturing Competitiveness Index, p. 13-16

国在这其中的许多技术方面正成为世界领先国家。

（一）调整产业结构

结构变化对于“十二五”规划及中国未来经济增长而言非常重要。工业部门约占70%的中国国家能源总消耗，导致大量的温室气体排放。与发达国家相比，重工业部门为国民收入做出更大的贡献，但相应地能源效率要低10%~40%。第三产业在国民经济中拥有更低的能源消耗，但能源效率也要比全球平均水平低30%。

未来十年，经济结构调整和优化工业结构将在实现低碳工业化发展方面发挥关键作用。中国需要加速第三产业发展，培育低碳与战略新兴产业。能源结构调整是一个重要的方面。在此方面，关键是提高非化石燃料在初级能源消耗中的份额（参见专栏3）。

中国目前正在经历一段快速发展工业化和城市化的时期，国民经济中仍然以工业部门为主，其中重化工业占据较大比例。短期来看，重点将是提高与重工业相关的第三产业部门，以及提升产品的附加值。

1. 引导企业兼并重组。企业规模是影响工业部门能源利用效率的重要因素。据测算，在中国的高耗能行业中，中小企业往往采用较为落后的生产工艺和高耗能原料路线，其产品单耗比大型企业高30%~60%。

在“十二五”时期，中国将以汽车、钢铁、水泥、机械制造、电解铝、稀土、电子信息、医药等行业为重点，推动优势企业实施强强联合、跨地区兼并重组，提高产业集中度，从而降低重点行业中主要产品的单品能耗。此外，还将推动园区化、集聚化发展，淘汰落后产能。能源和材料的有效使用正得到改善，需要管理部门进行有效监督，并对不符合要求的企业加大处罚力度。

2. 提高产品附加值率及发展价值链。虽然中国已经成为世界工业大国，但是还远不是世界工业强国，集中表现在产品增加值率仍然不高。2007年，中国制造业增加值率是26.45%，和发达国家35%左右的平均水平，特别是美国的45.93%还有较大差距。在未来，中国将通过各种措施鼓励企业增加新产品研发投入，增强新产品研发能力，向产业链高端延伸，不断提高产品技术含量。这有助于提升产品国际竞争力，提高产品附加值，从而进一步提高能源投入产出效率。

3. 培育发展战略性新兴产业。到2015年，中国将通过政策支持和引导、实施产业创新发展工程等措施推动七大战略性新兴产业实现跨越式发展，成为国民经济先导性、支柱性产业，战略性新兴产业增加值占国内生产总值的比重达到8%左右，到2020年力争达到15%左右。到2030年，战略性新兴产业占国民经济的比重有望进一步大幅提高。战略性新兴产业不仅具有资本、技术密集的特点，相比传统产业附加值更高，而且能够通过先进技术改造提升原有产业，对降低工业领域单位国内生产总值能源消耗和CO₂排放至关重要。

4. 调整优化三次产业结构。2010 年，中国三次产业结构比例为 10.2：46.8：43.0。和发达国家相比，中国第三产业占国民经济的比重低 30%左右。政策框架可以鼓励并支持服务业尤其是现代服务业成为未来拉动经济增长的主要动力。相比工业，现代服务业能源强度明显较低，这种结构调整将有助于降低单位国内生产总值能源消耗和 CO₂ 排放。

专栏 3 能源结构调整

在未来 10 年中，能源结构调整对实现低碳工业化也至关重要。为进一步降低碳排放强度，能源结构的调整包括两个方面：非化石能源和化石能源比例的调整、化石能源本身结构的调整。

一是提高非化石能源的比例。2009 年，中国非化石能源占能源消费总量的比例仅为 7.8%。为降低碳排放强度，需要在工业领域减少化石能源消费比例。中国政府提出：到 2015 年，非化石能源占一次能源消费的比例达到 11.4%；到 2020 年，非化石能源占一次能源消费的比例达到 15%。

二是优化化石能源消费结构。2009 年，煤炭、石油和天然气占能源消费总量的比重分别是 70.4%、17.9%和 3.9%。在工业领域中，煤炭资源占能源消耗的比重也很高。在未来，要进一步降低发热值低、碳含量高的煤炭能源消耗比例，有序开展煤制天然气、煤制液体燃料和煤基多联产研发示范，加大石油、天然气资源勘探开发力度，尤其是促进天然气产量快速增长，推进煤层气、页岩气等非常规油气资源开发利用。

(二) 促进技术进步

创新是低碳工业化的核心内容，尤其是因为通过现有技术降低排放的潜力正在逐渐减弱。如果想要解决不断增加的能源和资源消耗，中国需要新的技术和体系，创新同样是提高产品附加值的关键。

能源技术创新很少是遵循线性逻辑发展的，或者是在单个经济部门内部发展，很多突破性创新都是恰恰发生在很多领域互相作用的情况下。例如，太阳能光伏技术方面的创新就是得益于用户和电子产业的发展以及将源自航空和卫星技术的前沿技术应用在太阳能聚集技术方面。因此，有必要建立一种创新体系，鼓励不同行业之间的相互作用以及国外公司与国内公司之间的相互作用。人为的指定某一项技术路线是错误的，因为未来突破的方向通常是很难预测的。

为低碳技术应用提供配套的基础设施同样扮演着重要的角色（例如，电动汽车充电网络和电网扩展用于连接分散的可再生能源发电站）。近几年来，人们对“智能电网”的关注度很高，更加灵活的电力模式将使得可再生能源更好地发展，并可以更好地进

行电力需求侧管理，从而可以使高峰时间的发电负荷有所降低。

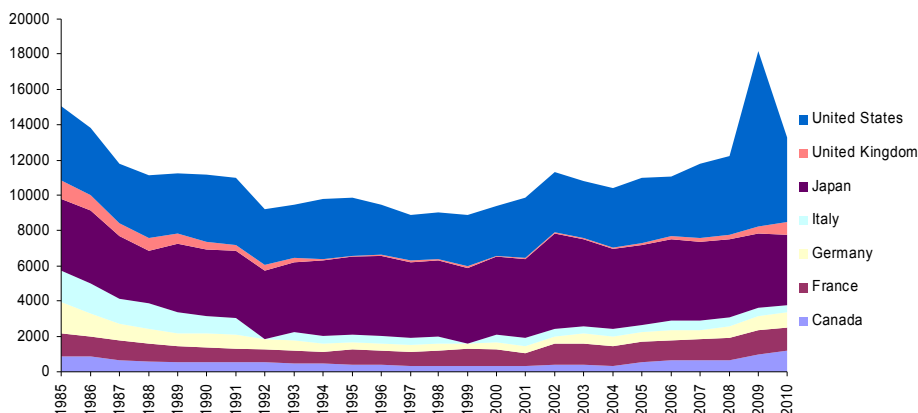


图3 G-7国家在能源相关领域的公共研发费用，1985—2010（百万美元，2010）

来源：IEA 研发数据库，2011^①

尽管全球研发方面的投资主要是由私人企业承担，并且这方面的投资实际上变得越来越国际化，政府行为和公共政策可以帮助平衡私有市场的力量，并解决低碳创新所带来的挑战。从1988年到2004年，公共研发方面的费用增加了50%，同一时期内，与能源相关的公共研发费用下降了20%。但是，近几年来，在一定程度受到刺激计划的影响，很多国家的能源研发投资呈增加趋势，而同时期内私有部门在能源研发方面的费用有所下降。^②另一个值得注意的趋势是，对某种技术的过分偏好。在过去的20年中，所有G7国家研发预算总和的一半以上都用于核能（包括裂变和聚变）领域，这一数字是所有能源效率预算综合的五倍还多。^③

2005年，中国成为了全球第三大的研发投资大国（购买力平价法计算），仅次于美国和日本。来自新兴经济体的公司在发达国家的投资也逐渐增加。最近的一项研究表明，中国公司在海外单独设立的研发单位有37家，其中26家在发达国家（11家在美国，11家在欧盟）。来自新型经济体的公司同样开始收购发达国家的公司，从而可以接触到发达国家的知识产权和当地市场。

在应用新技术的过程中，如何搭建研发阶段和完全商业化之间的桥梁是关键的限制性因素。证明这些新技术的难度和复杂性通常包括复杂的规划和基础设施支持，这

① IEA 2010: International Energy Agency database of research and development, accessed September 2011, <http://www.iea.org/Textbase/stats/rd.asp>. The 2010 value for France was unavailable so is assumed to be equal to the 2009 value.

② The discussion in this section is drawn from the analysis in Thomlinson et al, E3G and Chatham House (2008), Innovation report

③ Glachant et al December 2008, Invention and transfer of climate change mitigation at global scale: a study drawing on patent data.

使得私人企业很难独立地支持。这在一定程度上与大型或者未验证技术的情况相类似，例如 CCS 和生物炼油厂。公共资助，公私合作以及合资公司是有效的解决方法，可以由此筹集必要的资本，并通过汇集专业知识让新项目得以正常运转。

1. 解决资源和技术方面的挑战

新能源和工业实践的发展必然会伴随着环境，资源和安全方面的风险。这些风险可能不会立即显现或可能不会非常明显，但是我们仍然要将其纳入到新技术的评估中。对某种事物的可用性和价格进行预估对于特定技术的开发至关重要，并且可以帮助我们勾勒出特定部门的发展路径。这些风险包括：

- (1) 触及到为了制造或者应用新能源需要的材料或者燃料；
- (2) 资源的使用——尤其是对水或土地使用有影响时；
- (3) 军用设备、材料或燃料的使用。

在可预见的未来，低碳技术将依赖于重工业，钢铁，水泥和塑料等行业的关键性投入，这些都是制造风力涡轮机需要的，还包括电动汽车中要用到的绝缘材料和电池。仅仅欧盟的风力发电行业要消耗 700 000 t 钢铁。新的风力发电能力可达到 100GW——中国可能会在 21 世纪 20 年代实现这一目标——这大约需要消耗 2010 年中国钢铁总产量的 10%。^①高压传输网络是另一个对钢铁需求巨大的行业。中国在 2015 年要实现每年 100 万辆的电动汽车产量可能需要消耗现今全球碳酸锂总产量的 1/5。

稀土元素（REE）包括 17 种元素在内（原子序数 57-71，Sc 到 Y），独特的属性使得它们目前在高端技术的很多领域都成为不可或缺的原材料。例如，一些高级风力涡轮机使用永磁，而不再使用传统的材料，但是，每个风力发电场大约需要 2 t 的钕。据预测，2008—2012 年间，电池中使用的稀土元素的需求增长率为 10%~16%，电池制造行业使用的稀土元素每年的增长速率在 15%~20%之间。^②

但是，新能源技术的发展不仅仅是需要稀土金属，表 3 中列出了一些低碳经济中关键技术发展过程中需要量较大的其他原材料。

表 3 新能源中用到的原材料	
	原材料（应用）
燃料电池	铂 钯 稀土金属 钴
混合动力汽车	钐（永磁） 钕（高性能磁铁） 银（高级电动机发电机） 铂族金属（催化剂）

① 查塔姆研究所根据现有技术的估算。
② NEF 2009: Unearthing the Rare Earth Market for Clean Energy Investors, New Energy Finance, January 2009

	原材料（应用）
替代能源	硅（太阳能电池） 镓（太阳能电池） 银（太阳能电池，能量收集） 传输，高性能镜面） 金（高性能镜面）
能量储存	锂（充电电池） 锌（充电电池） 钽（充电电池） 钴（充电电池）

来源：材料创新研究所，2009 年 11 月^①

2. 接近新技术

对于规模较小的企业或者新参与者来说，能够获取技术和软件对于企业融资至关重要，不论是风险投资还是股权投资。已有大公司可能会用专利来阻止竞争者的进入，并把这个行业塑造成可以在边际成本之上随意定价的寡头行业，从而可以支持研发。^② 这些创新很可能对开发差异化产品提供基础，这些产品的特性可以帮助公司取得更大的市场份额。很明显，新创新的成本不会由竞争对手承担，除非有交叉使用权。专利体系有可能会刺激研发，交叉使用权还可以来传播技术，交叉使用权可以刺激创新，应用交叉使用权完全取决于行业的竞争条件。

3. 价格稳定性

较高的石油价格使得非化石燃料替代品相对廉价，这同样可以帮助确定非化石燃料能源的应用情况。但是，有些违反常理的是，低碳技术和实践应用的范围越广，石化燃料的需求越小，从而会降低其价格，因此，使得低碳能源在经济方面没有吸引力。尽管如此，如果假设化石燃料是有限的（尤其是石油）并且全球对其的需求不断增长，那么最终能源价格将升高，目前化石燃料的成本和替代品的价格差距将迅速缩小。

因此，转向低碳经济的总体成本对未来能源和资源价格的预测非常敏感。McKinsey 于 2009 年发布了关于全球碳减排成本曲线的报告并称：“如果我们假设石油价格是 120 美元每桶，而不是 IEA 在常规情景（BAU）预测中的 60 美元每桶，那么其他能源价格会相应的提高，这样会将 2030 年总的减排成本降低 19 欧元/吨二氧化碳，相当于 2030 年全年的总减排成本降低 7 000 亿欧元。根据经验法则，当石油价格在 60~120 美元每桶时，每桶石油价格增加 10 美元（6.7 欧元），平均减排成本会降低 3 欧元/吨二氧化碳”。^③

① Mi2 2009: Material Scarcity, Materials Innovation Institute, November 2009
② J. Barton, Antitrust treatment of oligopolies with mutually blocking patent portfolios, Antitrust Law Journal 69: 851-882 (2001).
③ McKinsey 2009: Version 2 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve.

McKinsey 发布的另一份关于爱尔兰共和国的报告称，相同的油价变化对经济稳定和可再生能源技术碳减排成本的影响深远。在这个实例中，当石油价格为 60 美元每桶时，陆上风电的碳减排成本为 10 欧元/吨二氧化碳，当石油价格为 120 美元每桶时，减排成本为 88 欧元/吨二氧化碳。^①

无论如何，即使是在很短的时间范围内，新技术的估测成本也会发生显著的变化。在某些地区，学习曲线，规模经济和提高生产效率正在将能源生产的成本逐渐降低。例如，Lawrence Berkeley 国家实验室开展的一项关于太阳能 PV 的研究发现，在过去的 10 年间，平均安装成本降低了 30%，从 1998 年的 10.80 美元/W 降低到 2009 年的 7.7 美元/W。但是，报告还提到美国的成本仍然明显高于其他国家，例如，德国和日本的安装成本分别保持在 4.7 美元/W 和 5.9 美元/W。然而，在其他的一些领域，成本没有出现下降，有些情况甚至出现了上升的现象。美国最大核电力公司 Exelon 的首席执行官最近表示，仅仅两年的时间，“低碳经济的选项就已经发生了极大的变化”，该公司对新核能减排的成本的估计已经翻番达到约 100 美元/吨二氧化碳，这一数字是 McKinsey 估计成本的十倍。^②

在大多数情况下，这些低碳和资源效率选项可以带来可观的额外社会效益，例如，改善当地环境，价格稳定性和增加当地以及国家就业岗位。但是，最重要的额外效益在于资源供应的安全性和价格稳定性。在化石燃料的基础上开发多样化的能源形式或者减少化石燃料的使用可以帮助一个国家或地区实现能源独立性，因此可以降低供应中断的风险。

（三）体制机制创新

中国下一次关于能源和碳强度的改进需要将焦点更多的集中在制度障碍上。制度执行对于实施核心政策同样至关重要，从能源效率目标到绿色税收制度。中国应该建立利用综合性手段，例如，市场准入制度，能源和碳定价体系，财政措施，税收和财政政策，从而促进激励体系和技术创新框架的建立。尽管国家还会习惯性的支持新兴行业的发展，然而，不协调的，各行其是的政策通常会对这些试图发展为市场领导者的行业产生不利影响。

当前，技术创新所需的辅助性基础设置还不够完善。研究所分布在许多大学里，互相的联络有限，标准化技术的开发和商业化通用平台的建设进程缓慢。除此之外，相对于发达国家的竞争对手，在中国，身处新兴行业公司的研发能力通常较弱，这一点对于中国的小型公司来说尤其如此，这类公司的研发能力通常很有限。

要在先进学术机构和企业之间建立新的桥梁，从而有利于将新的先进技术转化为低碳增长。中国目前的科学研究依赖于高等教育机构和科研机构。这些机构主要将焦

① SEI 2009: Irelands Low Carbon Opportunity, Sustainable Energy Ireland, Assessment carried out by McKinsey, July 2009.

② John Rowe, “Fixing the Carbon Problem Without Breaking the Economy”, Exelon, 12 May 2010

点集中在研究和开发突破性技术，而不是新产品的扩大规模生产或者培育新行业。同时，一些企业受制于不完善的基础设施或资金不足，一些企业欠缺经验，缺乏长期的发展规划，仍然依赖已经成熟的技术，对通过和大学合作把新的创新推向市场缺乏兴趣。

目前，很多新兴行业都缺少技术标准，测定和资格认证。可再生能源行业的经验更加强调这些问题：起初公司蜂拥而至某个行业，导致激烈的竞争。但是，由于政策刺激和准入门槛的缺失，这个行业由于新来者泛滥成灾。由于缺少核心技术和创新能力，这些公司倾向于通过价格展开竞争，以牺牲商品质量和一致性为代价。由于行业的“爆炸性”增长，许多产品从研发到大规模生产只经历了很短的时间且都没有经过充分的测试程序，所以，潜在的问题可能还没有完全暴露出来或者得到有效的解决。

三、重工业在中短期至关重要

工业在中国总的最终能源消耗中占据特别高的份额，远高于美国的 28.3% 和 39.5% 的世界平均水平（2007 年数据）。CO₂ 排放在各个地区之间也有所不同：2009 年，内蒙古、宁夏、上海、山西和辽宁——中国五大重化学工业基地是人均排放最高的 5 个省份。重工业在未来十年、甚至更长时间仍会在短期能源与减排方面做出巨大贡献。根据本文的分析，工业为实现 2020 年碳强度减排的贡献为 94.8%，其中，提高重化工业能源效率，能源结构优化，发展循环经济和调整产业结构的贡献分别为：42%、29%、3%、21%，工业以外的碳减排为 5.2%，见图 4。

要取得快速的进步，将需要克服多个障碍，例如公认的技术风险、金融风险、投资与信息的匮乏。最重要的是，需要就能源消耗强度推出明确可靠的长期政策框架。对于更加先进的技术，需要实施进一步的研究与开发。

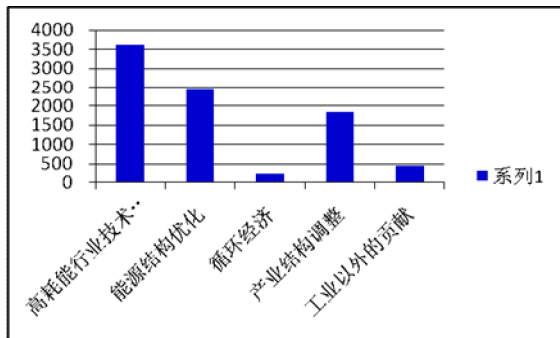


图 4a 不同减排途径的减排潜力

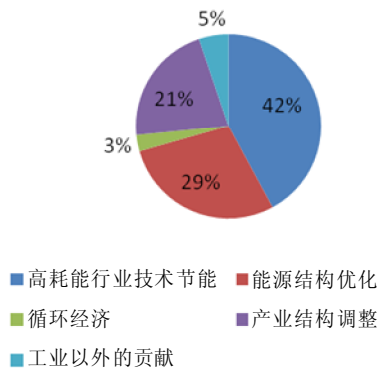


图 4b 不同减排途径的减排潜力

专栏 4 “十二五”节能重点工程

(1) 节能改造工程

继续实施热电联产、电机统节能、能量系统优化、余热余压利用、锅炉（窑炉）改造、节约和替代石油、建筑节能、交通节能、绿色照明等节能改造项目。

(2) 节能产品惠民工程

加大对高效节能家电、汽车、电机、照明产品等的补贴推广力度，扩大实施范围。

(3) 节能技术产业化示范工程

支持余热余压利用、高效电机产品等重大、关键节能技术与产品示范项目，推动重大节能技术产品规模化生产和应用。

(4) 合同能源管理推广工程

推动节能服务公司采用合同能源管理方式为用能单位实施节能改造，扶持壮大节能服务产业。

来源：《国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要》

(一) 节约能源

该工作小组发现，在今后的 10 年中，如果能源密集型产业采用 79 项关键技术^①，那么总共可以节约 45 600 万 tce 的能源，从而到 2020 年可以减少 12.2 亿 tCO₂（见图 5）的排放。

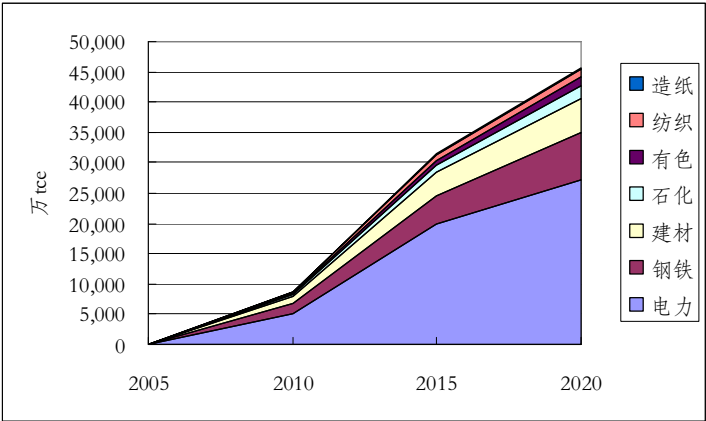


图 5 能源保护方面潜在的 79 项工业能源保护技术（2006—2020）单位：10 000 tCO₂ 排放

① 这 79 项现有技术包括：18 项发电技术，11 项钢铁技术，15 项建材技术，17 项化工技术，9 项非金属技术，5 项纺织技术，4 项造纸技术。

关键问题是要将针对开发和工业能源保护技术方面的投资尽可能快的传播出去。2011—2020 年期间，仅仅这 79 项优先技术所需的投资会消耗工业部门将近一万亿元人民币。如果所有可以用于能源密集型行业的能源技术都得以及时的应用，在未来的十年中投资额将达到 1.6~2.0 万亿元人民币。但是，这些投资不包括应用新技术节省的资金。随着中国能源价格逐渐走向市场化，投资回报的周期也会逐渐缩短。

表 4 列出了中国每个工业部门在缩小与发达国家平均效率差距方面已经实现的目标（“国际先进水平”-IAL）。例如，2005 年，与世界经济与合作组织成员国相比，燃煤电厂生产单位能源所消耗的燃油要高出将近 19%。这一数字在 2009 年已经降低到了 9%。对于钢铁行业来说，差距从原来的 17%下降到目前的 6%。这些变革是通过升级或者关停老旧厂房（尽管很多小规模厂房没有包括在统计资料中）以及提高产能效率来实现的。

节约资源的潜力可能要超过国际先进水平。这是因为，通常情况下，发达国家的工业厂房要比中国老旧，相对于最先进的技术，他们的效率通常会低很多。例如，根据 UNIDO 的统计，在 2007 年的技术水平条件下，生产一吨铝需要消耗 13.4 MWh 电能，而很多工业化国家在同时期内的水平为 14.8~15.8 MWh/t。据国际能源署预计，中国还可以在节约 0.9 GJ/tonne 的钢铁。^①

在未来的十年间，所有的能源密集型产业部门都应该有效地降低能源强度。工作小组进行的分析表明，造纸和水泥行业在节约单位产品能耗方面潜力巨大，但是，相对于 2005 年，所有这些工业部门都有潜力在 2020 年将碳强度降低至少 15%。（见图 6）。

表 4 中国主要工业产品与国际先进能源强度水平

	中国			国际先进 水平	差距（2005）		差距（2009）	
	2005	2008	2009		能源 消耗	差距百分比 （%）	能源 消耗	差距百分比 （%）
火力发电供应煤消耗量 (gce/kWh)	370	345	339	312	58	18.6	27	8.7
大型和中型企业钢铁可比能 源消耗量 (kWh/t)	714	663	644	610	104	17.0	34	5.6
电解铝，AC 消耗量 (kWh/t)	14680	14323	14131	14100	580	4.1	31	0.2
铜冶炼，总能源消耗量 (kgce/t)	780	564	548	500	280	56.0	48	9.6
水泥，总能源消耗量 (kgce/t)	167	151	139	118	49	41.5	21	17.6
原油提炼，总能源消耗量 (kgce/t)	114	106	106	73	41	56.2	33	45.3

① IEA（2009） Energy Technology Transition for Industry, International Energy Agency 2009

	中国			国际先进水平	差距（2005）		差距（2009）	
	2005	2008	2009		能源消耗	差距百分比（%）	能源消耗	差距百分比（%）
乙烯，总能源消耗量（kgce/t）	1073	970	954	629	444	70.6	325	51.7
合成氨，总能源消耗量（kgce/t）	1650	1549	1521	1000	650	65.0	521	52.1
苛性苏打，总能量消耗量（kgce/t）	1297	1154	1075	910	387	42.5	165	18.1
碳酸钠，总能量消耗量（kgce/t）	396	345	306	310	86	27.7	—4	—1.2
纸和纸板，总能量消耗量（kgce/t）	1380	1158	—	640	740	115.6	518	80.9

来源：课题组关于工业来源的分析^①

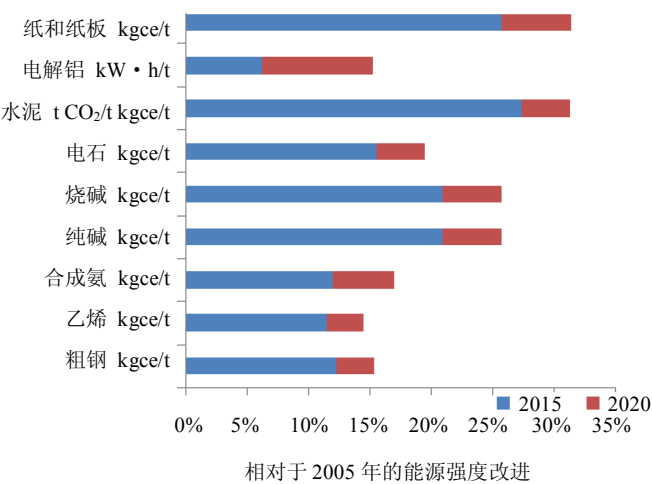


图6 能源密集工业部门2020年降低能源消耗强度方面的潜力（2005基数）

来源：课题组分析

① 课题组关于工业来源的分析：

1. 国际先进水平指先进国家的平均水平。

2. 中国和国外主要产品的总能源消耗量用标准煤计算耗电量。从 2007 年，中国能源平衡表格中应用发电煤消耗量（大约 350gce/千瓦时），而日本代表国际先进水平，用 350gce/千瓦时计划。

3. 在热能供应煤消耗量方面，中国只计算发电能力在 6MW 以上的发电厂，而日本只计算九大发电厂的平均值。电能消耗以及燃油和燃气发电厂热能消耗比热能发电厂要地。2006 年，煤炭、石油和燃气在总电能生产中的比例分别是 81.23%、1.46%和 0.51%，而日本的数字分别为 26.03%、10.58%和 24.1%。中国发电站的服务能源消耗率是 5.93%，而日本是 3.86%。

4. 中国可比钢铁能源消耗量仅指大型和中型企业。2008 年，70 个大中型钢铁公司生产了全国 83%的钢铁。1999 年、2000 年和 2008 年的“国际先进水平”是由日本的数据表示的，2005 年的数据是 31 个韩国公司的平均数。

5. 1990 年和 2000 年乙烯行业的能源消耗量是通过日本的数据表示的，而 2005 年和 2008 年是中东国家的平均水平。中国和日本主要使用粗汽油作为乙烯生产的原材料，而中东地区使用乙烷。

尽管在能源强度方面已经做出了这些改进，对于这些产品的需求增长意味着绝对的能源消耗量至少还将在今后的几年时间内继续增长。然而，课题组的分析表明，对于一些重工业行业来说，这种现状在 2020 年就可以发生扭转（见表 5）。

表 5 重工业行业预测：产量，能源消耗量和碳排放

	产量 (mt)			能源消耗量 (mtce)			碳排放 (mtCO ₂)		
	2005	2015	2020	2005	2015	2020	2005	2015	2020
粗钢	353.0	710.0	800.0	262.0	462.0	501.0	769.0	1 214.0	1277.0
乙烯	7.6	20.0	28.2	8.2	19.1	26.1	19.0	44.4	60.5
合成氨	46.0	55.0	58.7	81.5	85.9	86.4	188.3	198.4	199.6
烧碱	12.4	28.0	37.6	16.8	29.9	37.7	38.7	69.1	87.1
纯碱	14.1	27.0	35.9	7.5	11.7	14.5	17.3	27.1	33.4
电石	8.9	18.0	22.2	18.7	31.9	37.4	43.2	73.6	86.3
水泥	1 070.0	2 100.0	2 400.0	159.6	227.6	245.8	368.8	525.8	567.7
电解铝	7.8	20.0	24.7	42.0	87.5	94.6	67.8	141.5	153.0
纸和纸板	62.1	133.0	145.0	32.6	51.9	50.2	75.3	119.8	116.1

例如，即使 2010—2020 年钢铁行业的能源强度降低 15%，那么由于钢铁需求量翻了一番，同一时期内能源绝对消耗量还是会增加。然而，在这些条件下，总的 CO₂ 排放量只会稍有增加。

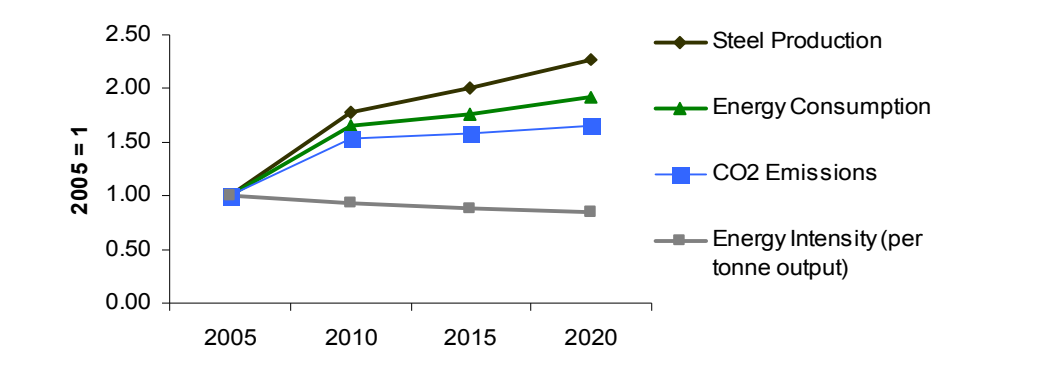


图 7 钢铁行业 对 2020 年产量、能源消耗强度、CO₂ 排放和能源消耗量变化的预测

水泥行业的情况大致相同。这里，能源消耗量已经接近峰值，但是在今后的十年会保持相当的平稳。在这种情况下能源强度的改进抵消了对水泥的需求量，并且还在继续增加。

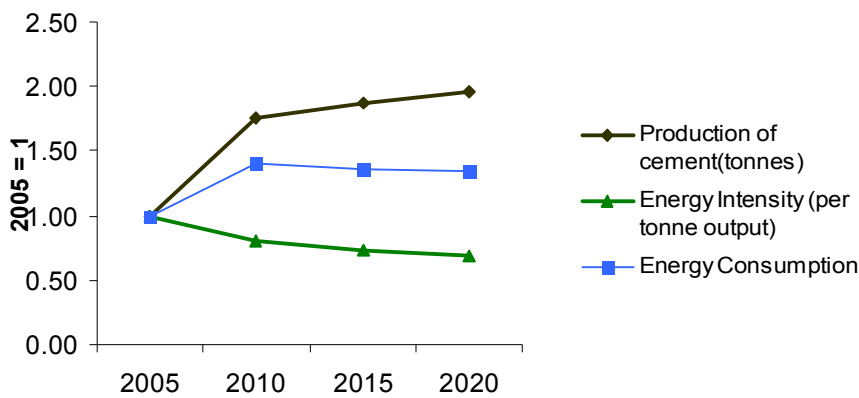


图 8 水泥 对 2020 年产量、能源消耗强度和能源消耗量变化的预测

(二) 循环经济

在循环经济促进法的支持下，中国政府已经针对其国民经济和社会发展向循环经济迈出了关键的一步。这也是 LCIS 的主要内容。

目前，中国的能源密集型产业部门正在考虑改进其资源利用效率，这也是循环经济发展的主要目标。但是，随着浪费的不断积累，针对废物利用和再利用的相关技术也会逐渐发展和完善。因此，节约能源，对废物进行再利用和回收应该得到同样的重视。发展循环经济可以帮助中国能源密集型产业增加资源产出效率、废物回收效率、降低单位产出的能源、水和原材料的消耗量，降低废物产量和 CO₂ 排放。根据中国循环经济年鉴的统计，与利用铁矿石生产一手钢材相比，在钢铁行业中使用废旧钢材可以减少 60% 的能源消耗量。

大多数能源密集型工业部门已经具备了一些发展循环经济的基础。例如，钢铁、有色金属、电力、化工、建筑材料和造纸业已经开始进行中试项目，并且已经证明通过与其他公司合作可以在废物回收方面收到效益。除此之外，中国的能源密集型产业部门在大规模发展循环经济方面具有充足的原料基础。自从“十一五”规划确定之后，中国经济就开始飞速发展，废旧钢材、金属和纸资源也逐渐体现出其价值，尤其是中国建立了废物-资源-回收体系之后。

专栏 5 “十二五”循环经济重点工程

(1) 资源综合利用

支持共伴生矿产资源，粉煤灰、煤矸石、工业副产石膏、冶炼和化工废渣、尾矿、建筑废物等大宗固体废物以及秸秆、畜禽养殖粪污、废弃木料综合利用。培育一批资源综合利用示范基地。

(2) 废旧商品回收体系示范

建设 80 个网点布局合理、管理规范、回收方式多元、重点品种回收率高的废旧商品回收体系示范城市。

(3) “城市矿产”示范基地

建设 50 个技术先进、环保达标、管理规范、利用规模化、辐射作用强的“城市矿产”示范基地，实现废旧金属、废弃电器电子产品、废纸、废塑料等资源再生利用、规模利用和高值利用。

(4) 再制造产业化

建设若干国家级再制造产业集聚区，培育一批汽车零部件、工程机械、矿山机械、机床、办公用品等再制造示范企业，实现再制造的规模化、产业化发展。完善再制造产品标准体系。

(5) 餐厨废弃物资源化

在 100 个城市（区）建设一批科技含量高、经济效益好的餐厨废弃物资源化利用设施，实现餐厨废弃物的资源化利用和无害化处理。

(6) 产业园区循环化改造

在重点园区或产业集聚区进行循环化改造。

(7) 资源循环利用技术示范推广

建设若干重大循环经济共性、关键技术专用和成套设备生产、应用示范项目与服务平台。

来源：《国民经济和社会发展的第十二个五年规划纲要》

中国中央和地方政府已经出台了一系列旨在促进循环经济发展的重大政策措施，包括：规划引导；工程推动；经济激励；规制约束等。国家“十二五”规划明确提出：大力发展循环经济，到 2015 年工业固体废物综合利用率达到 72%、资源产出率提高 15%；加大财税金融等政策支持；完善法律法规和标准，实行生产者责任延伸制度，制订循环经济技术和产品名录，建立再生产品标识制度，建立完善循环经济统计评价制度；开发应用源头减量、循环利用、再制造、零排放和产业链接技术；此外，该规划还明确提出组织实施六大循环经济重点工程。在地方政府层面，不少省、市制定了地方循环经济发展规划、或者是专门的工业循环经济发展规划（例如：甘肃、河南、

河北、浙江、深圳、大连等)；一些地方政府还专门设立了循环经济发展专项资金(例如：福建)。

甘肃省通过大力发展工业循环经济，预期 2015 年资源消耗指标与 2005 年相比将显著下降，单位工业增加值能耗将降低 35%，吨镍能耗将降至 3.59 tce/t 镍；同时，资源综合利用指标将大幅度提高，工业固体废物综合利用率将从 29%提高到 74%，废钢铁、废有色金属、废纸、废塑料、废橡胶回收利用率将分别提高到 78%、84%、75%、75.0%、87%；可实现节能约 1 000 万 tce，相应地减少 CO₂ 排放量 2 000 万 t 以上。

1. 金属再生利用

中国再生金属比例远低于发达国家水平。据有色协会统计，2009 年我国再生铅产量达到 123 万 t，占铅产量的比例是 33%，而发达国家再生铅占原生铅比例在 60%以上；2009 年我国再生铜产量达到 200 万 t，占铜产量比例不足 40%，而美国约占 60%，日本约占 45%，德国约占 80%。多数中国金属回收利用企业生产规模较小，平均产能较小，没有实现规模经济。多数企业技术装备不高。

充分利用废旧金属很重要，因为再生利用具有显著的节能减排效应。如，到 2015 年，再生铜利用可节约煤炭能源 5.6 mtce 和减少 CO₂ 排放量 103.9 mt。

2. 热电联产

热电联产是一种高效率的能源利用形式。热电联产在生产电能的同时又生产热能，由于避免了冷凝损失，与热电分产相比，热电联产供热标煤耗率低约 15-20 千克/吉焦，发电标煤耗率低约 30~50 克/度。据测算，与热电分产相比，新增 1 吉瓦热电联产机组可节能约 80 万吨标煤。

3. 余热发电

余热发电是将生产过程中多余的热能转换成电能。余热发电对于降低工业能耗和排放，尤其是高耗能行业的能耗和排放，具有重要意义。目前，余热发电已在水泥、钢铁、玻璃、化工、有色等多个行业开展，重点是钢铁和水泥行业。

不过，总体上还存在余热利用比例不高、相关配套政策不完善(如缺少鼓励余热余压发电的上网和价格政策)、技术环节有待突破等问题。

(三) 调整能源供应结构

与世界一次能源供应结构相比，中国的一次能源供应结构属于高碳型。事实上，长期以来，中国一次能源消费构成中，煤炭比重高达 70%左右，非化石能源比重极低。这种过度依赖煤炭的能源供应结构，是客观上造成中国单位 GDP 二氧化碳排放强度高的根本原因。努力调整一次能源供应结构，可以为能源密集型产业向低碳模式转型做出巨大贡献，也是中国降低 CO₂ 排放的重大途径。

国家“十二五”规划中，首次明确提出了到 2015 年非化石能源消费占一次能源消费比重从 2010 的 8.3%提高到 11.4%的约束性指标。

专栏 6 “十二五” 能源建设重点

(1) 煤炭开发与转化

加快陕北、黄陇、神东、蒙东、宁东煤炭基地建设，稳步推进晋北、晋中、晋东、云贵煤炭基地建设，启动新疆煤炭基地建设。依托以上煤炭基地建设若干大型煤电基地。

(2) 稳油增气

推进形成塔里木和准噶尔盆地、松辽盆地、鄂尔多斯盆地、渤海湾盆地、四川盆地 5 个油气规模生产区，加快近海海域和深水油气田勘探开发。加大煤炭矿区煤层气抽采利用。适当增加炼油能力。

(3) 核电

加快沿海省份核电发展，稳步推进中部省份核电建设，开工建设核电 4 000 万 kW。

(4) 可再生能源

建设金沙江、雅砻江、大渡河等重点流域的大型水电站，开工建设水电 1.2 亿 kW。建设 6 个陆上和 2 个沿海及海上大型风电基地，新建装机 7 000 万 kW 以上。以西藏、内蒙古、甘肃、宁夏、青海、新疆、云南等省区为重点，建成太阳能电站 500 万 kW 以上。

(5) 油气管网

建设中哈原油管道二期、中缅油气管道境内段、中亚天然气管道二期，以及西气东输三线、四线工程。输油气管道总长度达到 15 万公里左右。加快储气库建设。

(6) 电网

加快大型煤电、水电和风电基地外送电工程建设，形成若干条采用先进特高压技术的跨区域输电通道。建成 330KVA 及以上输电线路 20 万公里。开展智能电网建设试点，改造建设智能变电站，推广应用智能电表，配套建设电动汽车充电设施。

来源：国民经济和社会发展第十二个五年规划纲要

2015 年，煤炭占一次能源消费比重将比 2010 年降低 7 个百分点左右，天然气、水电和核电、新能源（风电、太阳能、生物质能）的比重将分别提高约 4%、1.3%、1.8%。然而，总体增长将意味着煤炭需求继续增加。

未来十年里，为了支持实现国家 CO₂ 强度下降目标、以及其它约束性的节能减排指标，中国电力部门将加快低碳发展的步伐，调整电力供应结构仍将是主攻方向。中国的五大发电企业集团均制定了自己未来发展的战略规划，调整电力供应结构、加快低碳转型是其中的突出内容。此外，中国的两个电网企业集团均有自己的绿色发展战略，其中的一项重要内容是加快建设先进的跨区域输电通道，为电力供应结构的调整提供输电平台支持。

预期未来十年里中国电力部门仍经历另一轮快速扩张，到 2020 年全国发电装机容量将达到 17 亿 kW 左右，其中新建装机容量的规模约为 8 亿 kW。这将为电力部门调整电力供应结构提供极大的腾挪空间。

倘若到 2020 年非化石能源占一次能源供应比重 15% 的目标能够实现，可以减少煤炭消费量约 6 亿 tce，全国非化石能源发电机组（包括：水电、核电、风电、太阳能发电）装机容量将比 2005 年净增 5 亿 kW 左右，燃煤发电机组装机容量占全国发电装机容量的比重将从 2005 年的 73.6% 下降到 60% 左右，且基本为清洁高效、大容量燃煤机组。预期将带来约 2.6 亿 tce 的节能效果。到 2020 年，预期天然气发电机组的装机规模可能将达到约 6 000 万 kW。由于天然气发电机组的高效率及天然气对煤炭的替代带来的减排效果，与 2005 年相比对节能的潜在贡献约为 3 200 万 tce，对 CO₂ 减排的潜在贡献约为 1.4 亿 t。

四、新兴行业一向低碳经济转型的催化剂

经过 32 年的改革开放，中国走到了十字路口。中国的经济发展需要面对来自资源束缚和环境退化的不断增长的巨大压力。随着资源价格和劳动力价格低廉的优势逐渐消逝，中国未来发展取决于内部发展动力和国际竞争力。

第十二个五年规划确定了七个新兴战略性产业，这些产业将在中国经济发展中扮演关键角色：节约能源和环境保护；新能源技术，包括可再生能源和核能；新能源汽车，包括电动汽车；生物技术；信息技术；高级材料和设备制造。这对于中国来说是具有战略意义的一步，可以促进可持续发展的进程，并确保中国在未来处于科学、技术和创新的最前沿。本章内容介绍了新型支柱产业在中国低碳工业化战略进程中发挥的重要作用。

很多试图在全球金融危机之后刺激经济发展的国家都选择优先发展低碳经济，尤其在创造就业岗位和实现低碳绿色增长方面。例如，美国已经在研发和促进可替代能源和电动汽车方面进行了大量的投入，欧盟也强调“绿色”创新和投资以及向低碳经济的快速转型；日本也大幅提高了在新能源研发和利用方面的预算。除此之外，世界上其他国家也在信息和通讯方面进行投资，并且增加对生物技术和纳米技术的支持力度。

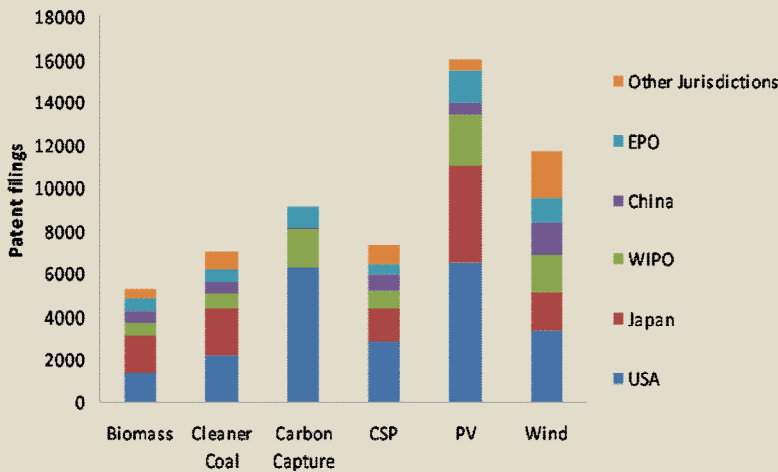
中国在推进和应用新技术方面有巨大的潜在市场，同样还有广阔的产业平台，可以对新技术的商业化提供支持。如果抓住当前的创新机会，中国和发达国家之间的技术差距就可以被缩短，甚至被扭转。中国在低碳技术专利活动方面正在追赶世界经济合作与发展组织，也是创新活动的代表，但是仍然落后于领导者——美国、德国和日本（见专栏 7）

创新不仅仅是研发。创新是一种演化过程，包括复杂的公有和私有部门角色的混

合，以及消费者和生产者之间动态的相互作用。成功的创新需要将“推”和“拉”两个因素平衡好，从研发到大规模生产的不同阶段需要不同水平的公有-私有金融和政策干预。在世界经济合作与发展组织成员国中，私有企业在研发的资金和执行方面占有绝对的地位。^①但是，政府在为加快创新和传播的速度方面创造有利条件方面的作用仍然很关键，在很多情况下，公有投资可以带来关键性的突破。因此，政府需要考虑的一个关键因素是要在创新市场中营造正确的风险和收益平衡，从而对私有企业的活动发挥杠杆作用。

专栏 7 中国与低碳能源创新

专利的地理分布以及在过去一段时间的变化可以反映创新活动的发展情况及其趋势。中国作为专利注册的目的地越来越受到欢迎，这也反映出投资、销售或特许技术的意愿。考虑到中国潜在的巨大市场，这一现象也就不足为奇了。

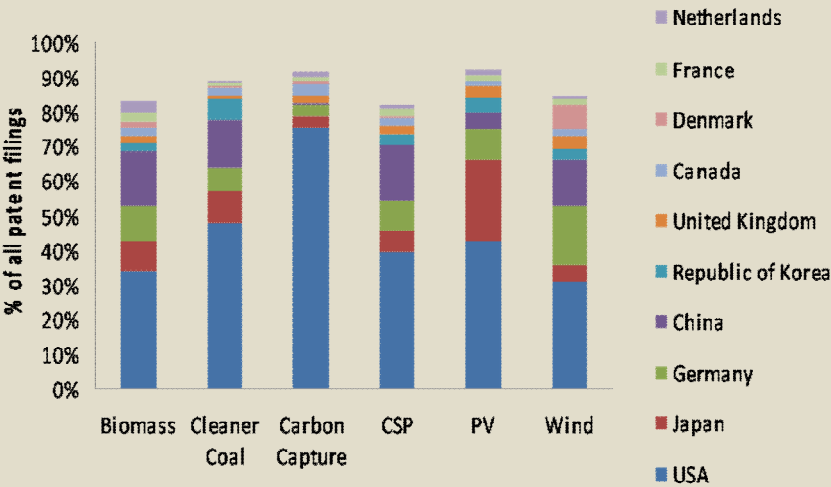


6 个能源技术专利注册国家和地区的专利注册数量

来源：Chatham House，2009

专利组织的来源地显示了研发活动所在的区域。美国在这方面遥遥领先，但是，中国最近已经加入到日本和德国所在的第二梯队：

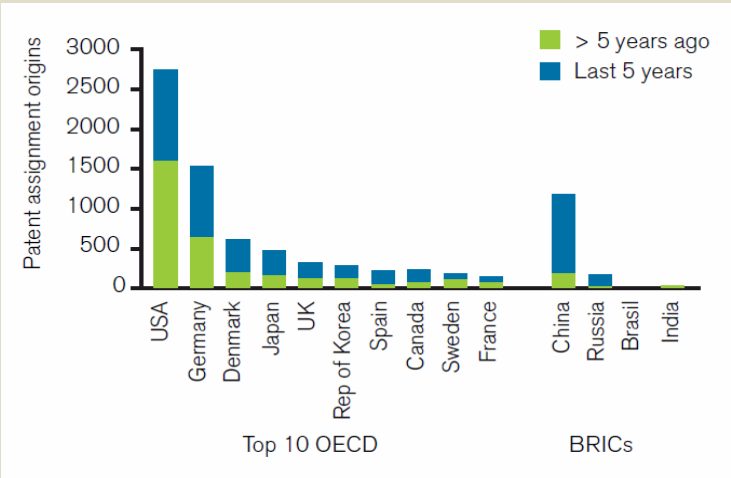
① OECD (2011) Science, Technology and Industry Scoreboard



不同专利受让人国别占有专利数量分布

来源：Chatham House, 2009

但是，中国正在快速地追赶，如风力发电的例子所示。在过去的五年中，中国的公司是除了美国以外注册专利数量最多的国家。



不同专利受让人来源国专利数量变化——风力发电

来源：Chatham House, 2009

发展节能技术、新能源汽车和生物行业可以直接替代化石燃料，减少污染物排放，降低工业碳排放。通过新兴行业发展新一代的技术同样可以为低碳工业化进程提供间

接的支持。例如，风能和太阳能的特点是有一定的周期性，可再生能源的大规模应用可以通过智能电网来实现。

到 2020 年，新兴行业减排效益非常明显，如果在第十二个五年规划期间做好基础性工作，那么它们对于低碳转型的作用可以在 21 世纪 20 年代显现。

表 6 发展战略性新兴行业对减排的影响

	CO ₂ 排放减少量		作用方式
	2015	2020	
节能和环境保护	8.18 亿 t	19.12 亿 t	直接影响
新能源	11.5 亿 t	17.71 亿 t	直接影响
新能源汽车	—	3 亿 t	物流与运输
生物产业	可以替代石油并作为工业原料		直接影响
信息和通讯行业	到 2020 年可以减少 61 500 万 t 的排放，直接排放和间接排放的比例可以降低到 1：5		直接排放和间接排放的比例可以降低到 1：5
新材料	将对节能，环境保护，原料循环和再利用产生重要影响		间接影响
高端制造业			

注：上述减排效果由于存在交叉和比较基准差异，不可直接叠加并与模型分析结果比较

（一）节能和环保技术

这种快速扩张的行业包括很多针对节能、污染防治和生态系统保护的技术、产品和服务。在第十一个五年规划期间，该行业的发展速度每年都超过 20%，因此，到 2009 年其附加值达到了 1.9 万亿人民币，超过一半来自资源效率和利用领域，包括再循环、废物和水处理等。在节能行业内部，服务行业所占比重超过了 500 亿元人民币（见图 9）。

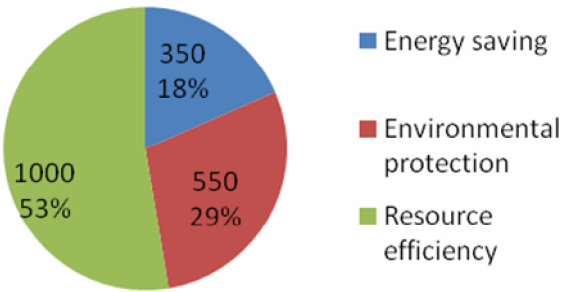


图 9 2009 年节能与环境保护行业分解图（十亿元人民币）

来源：工作小组关于行业来源的分析

关于爆炸性增长的一种解释是工业化和城镇化增加了对环境的挑战，例如，在过去五年中，工业废物每年的增长速度达到了 13%。有色金属回收行业正在蓬勃发展，但是仍然只占中国年生产量的 24%。2010 年中国处理了 75%的城市污水，但是仍然有 61 个城市没有污水处理厂，在农村地区几乎没有污水处理设施。在中国，垃圾填埋仍然是废物处理的主要方式，焚烧和堆肥只占总数的不到 20%，远远低于日本和韩国。

如第三部分中所述，在单位产出的能源消耗量方面，中国工业仍然落后于先进国家（见表 4）。节能和环境保护行业将在缩小这一差距方面扮演重要角色，可以帮助减少单位产出的能量消耗量，促进资源再利用和降低成本。如果图 10 中提到的所有措施都得以实施，到 2020 年就可以减少 21 亿 t 的 CO₂ 排放量。

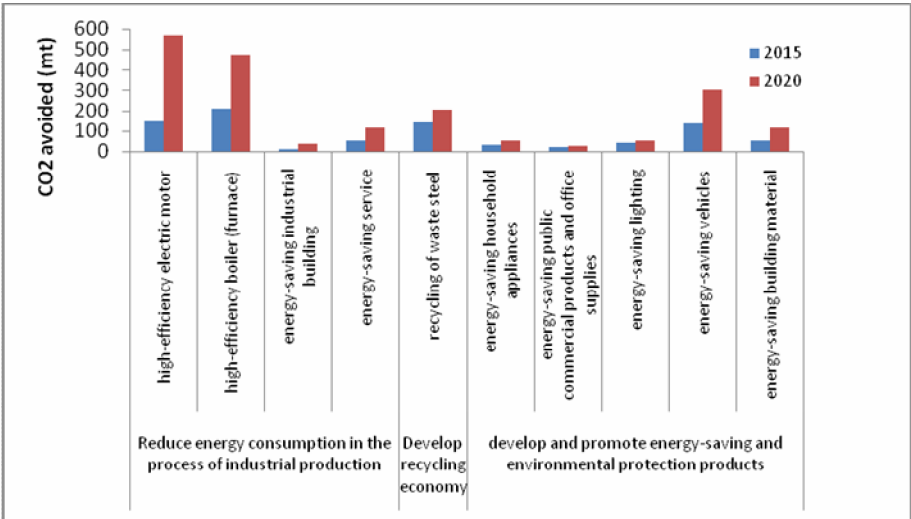


图 10 节能和环境保护技术以及服务对 CO₂ 排放量的影响

来源：工作小组分析

从图中可以清楚地看出，高效发电机、锅炉和汽车是三个关键的领域。在中国，工业发电机体系（包括电动机、水泵、风扇和压缩机）占总电力消耗的 80%，但是高效节能模型只占已安装发动机的 3%，目前的市场占有率只有 30%。^①智能电网也将扮演重要角色，变压器和机械装置是根据现有分布电网的技术参数设计的，因此在效率方面有所损失。需求方管理将发挥重要作用，但是需要信息和控制系统的彻底升级作为配合。

工业建筑的设计应该更加注重未来的需求。如果现有工业建筑中有 20%在 2020 年

① 张少春 加快高效电机的推广和应用，财政部，3 月份，2011

之前进行节能升级,那么能源消耗量平均可以降低15%,CO₂排放量可以减少345 t。此外,高效能源建筑需要一系列的材料,例如墙板隔热、强化飞灰砖和无通风双封釉玻璃。通过这些手段,到2020年可以减少113 t的CO₂排放量。

新兴行业在中国发展循环经济方面也发挥着关键作用。生产端包括用于分离、浓缩和利用矿物的新技术和新设备。这还意味着新技术和体系有利于现有机械设备和材料的升级和再利用。增加通过回收材料生产的金属、橡胶和塑料制品的应用比例对于减少温室气体的排放量有重要作用。生产1 t二手铜所消耗的能量只有一手铜消耗能量的27%。据预测,到2020年,可再生铝、可再生铜和废旧钢铁在市场中的比重将分别达到65%、75%和25%。要实现这些目标需要对供应链上的技术和服务进行投资。

在中国,家用电器的耗电量大约占总耗电量的13.5%,并且随着生活水平的提高这一数字还在增加。目前,节能家电的市场份额只有15%~30%。到2010年,如果家电的平均耗电量可以降低30%,那么就可以节约670亿kWh的电能,相当于50 mt的CO₂排放量。除此之外,照明耗电量大约占总耗电量的10%~12%。目前,中国大约有14亿台白炽灯。在2008—2010年的三年中,在财政补贴的帮助下,大约应用了3.5亿台节能灯。如果每年还可以增加1.5亿台节能灯,用7~8年的时间就可以把所有的白炽灯替换掉。据保守估计,如果每台灯可以节约50 kWh电能,到2020年就可以节约700亿kWh的电能,或降低53.1 mt的CO₂排放量。

(二) 低碳能源

2008年,发电和供热是CO₂排放量最大的行业,排放量占全球CO₂排放量的41%。这一行业很大程度上依赖煤炭,而煤炭是化石燃料中碳强度最高的一类。

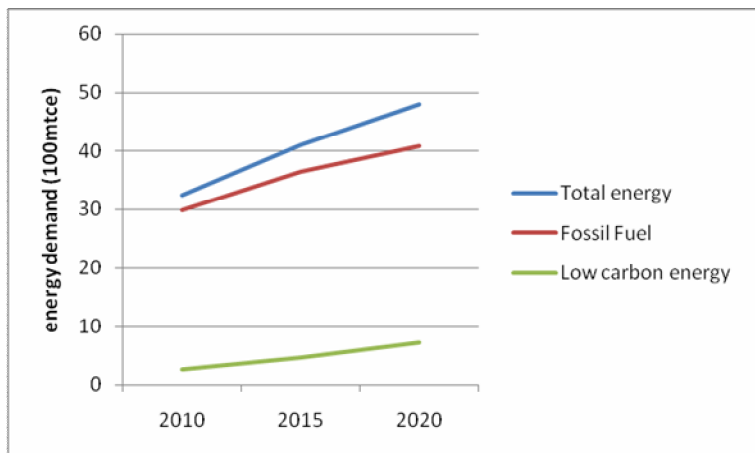


图 11 能源消耗预测：2010—2020 年化石能源和非化石能源的比重

来源：工作小组分析

能源行业的脱碳过程可以分为三个部分：

(1) 降低消费者的能源需求（例如，鼓励公众在不必要的情况下不使用照明设备）

(2) 提高发电站和传输的效率（包括智能电网技术），以及终端使用的效率（高效建筑、照明和电器）

(3) 由化石燃料转向可再生能源和核能，从高碳化石燃料转向天然气，以及应用 CCS。还可以通过应用联合供热和供电实现脱碳过程。

“新能源行业”的新兴支柱产业将焦点集中在第三维度上。2010 年，中国非化石能源占总能源消耗量的 8.1%。如第 3 章所述，第十二个五年规划提出，这一比例要在 2015 年提高到 11.4%，确保中国可以在 2020 年非化石能源的应用比例达到 15%。

到 2015 年，可再生能源和核能可以替代 467Mtce，相当于 1.15GtCO₂，单位 GDP 的碳强度降低 3%。到 2020 年，与正常相比，可以减少 720Mtce 的排放，相当于 1.771GtCO₂，还可以将单位 GDP 的碳强度降低 3%~4%。

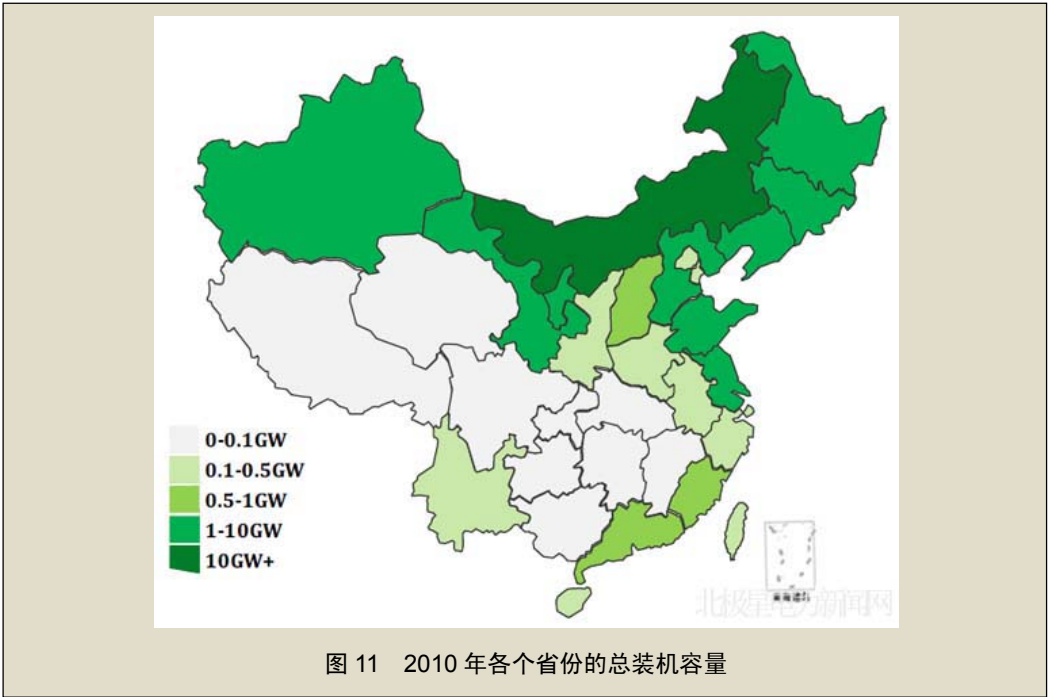
表 7 非化石能源的发展及其对 CO₂ 排放的影响预测

	2010	2015	2020
总能源消耗量（亿 tce）	32.4	41	48
非化石能源比例	8.11%	11.40%	15%
水力发电能力（万 kW）	21340	28000	43000
风力发电能力（万 kW）	3107	9000	15000
核能发电能力（万 kW）	1082	4000	8000
太阳能发电能力（万 kW）	60	500	2000
替代能源（1 亿 tce）	2.63	4.67	7.20
CO ₂ 减排量（1 亿 tce）	6.46	11.50	17.71

中国仍然需要进口很多低碳能源技术的高价值产品，例如，风力发电包括控制系统和轴承，中国的核能仍然需要借鉴进口模型进行设计。改进国内创新能力是第十二个五年规划中优先考虑的问题——将中国置于设计和制造具有国际竞争力的高科技产品的位置，同时在发展第三代核能、大型风力涡轮机、太阳能多晶硅制造和其他关键技术领域寻求突破。

专栏 8 风力发电：电网加强与技术部署

新能源资源的天然分布比较分散，新能源发电具有间歇性、随机性的特点，需要在较大的地区范围内进行电量配置，来减小对电网运行的冲击。中国新能源资源特别是风电资源远离负荷中心，见图 11，需要大规模的输送才能进行消纳。但目前新能源发电的输送上还存在瓶颈，造成部分地区风电比重过高，比如在吉林，部分时段的风电发电占总负荷的 25%，既不利于电网安全运行，也制约了风电进一步发展。



以风电为例，2010 年底完成装机吊装的风电装机容量为 4 473 万 kW，但并网容量只有 3 107 万 kW。大量风电的撂荒有短期性的因素，比如电源发展过快，电网建设在一定时期内跟不上。但是，造成新能源发电设备撂荒的背后更重要的原因是相关体制机制问题没有理顺，包括新能源电源发展和电网建设的不协调、新能源发展带来的成本增加没有及时传导、对电网企业缺乏强制性要求和监管等。

（三）车辆效率与电动车

全球汽车需求必将出现快速增长，其主要原因是随着发展中国家收入的增长，汽车保有量也随之上升。在 IEA 的基准情境中，汽车总存量从 2007 年的约 7.5 亿辆增长到 2050 年的 22 亿多辆。这表明，机动车是引起温室气体排放潜在增长的主要领域。

近年来，随着国民经济的飞速发展和人民生活水平的提高，中国汽车保有量经历了持续高速的上涨。2000 年，中国汽车保有量为 1 609 万辆；2009 年，这一数字已经达到了 5 742 万辆，8 年来增长了 3 倍多，年均增长率为 15.2%。在未来的几十年中，汽车保有量预计还将以较高的速度提高。预测显示，2020 年我国汽车总量将达到 15 360 万辆，而 2030 年则将达到 24 050 万辆。

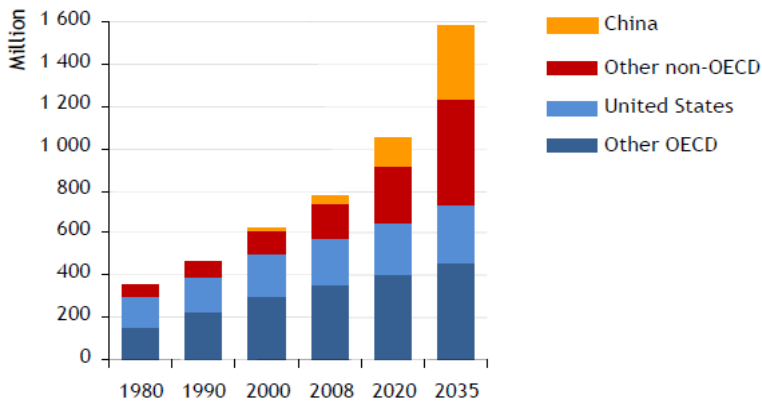


图 12 国际能源署的在新政策情景下关于客车保有量的预测

来源：国际能源署 2010

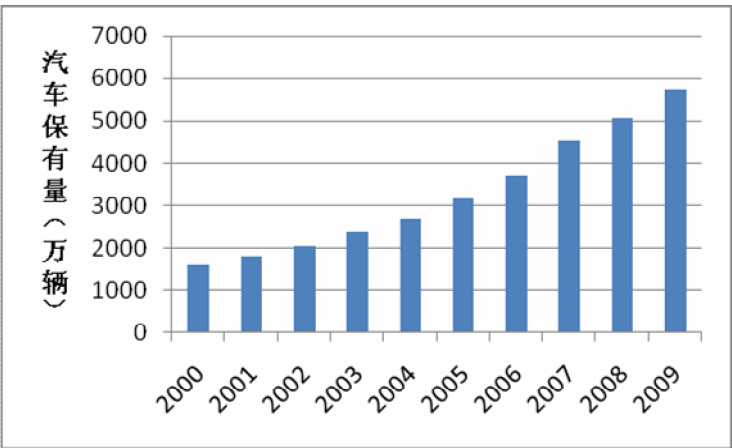


图 13 中国汽车保有量变化趋势（2000—2009 年）

汽车保有量的飞速增加对我国的节能减排工作提出了巨大的挑战。能源消耗方面，近年来中国汽车燃油消费占石油消费比例呈持续上升的状态，从 2005 年的 25.1% 增加到 2008 年的 29.3%。如果按当前的燃油经济性计算，并假定汽车保有结构和年平均行驶里程较为稳定，那么 2020 年我国的汽车燃油消费（含汽油与柴油）将达到 3.33 亿 t，而 2030 年这一数字则将超过 5 亿 t。

降低机动车排放的主要方式有三：鼓励替代出行方式、提高内燃机效率、改用低碳燃料。国际清洁运输协会对全球各国整车能效标准进行了比较。图 14 显示，以 NEDC 循环标准对全球各国标准进行了衡量，并以每公里行驶排放的 CO₂ 当量为单位。20 世纪 70 年代之后，日本的标准是最严格的。然而，近年来，欧盟已经缩小了与日本的差

距。目前，日本正在为 2020 年乘用车燃油经济性制定标准，并将于 2011 年第三季度提出正式议案。^①目标的引入与目标对机动车整体的影响之间存在明显的滞后性。例如，欧盟新的乘用车能效是汽车整体平均能效的两倍^②。

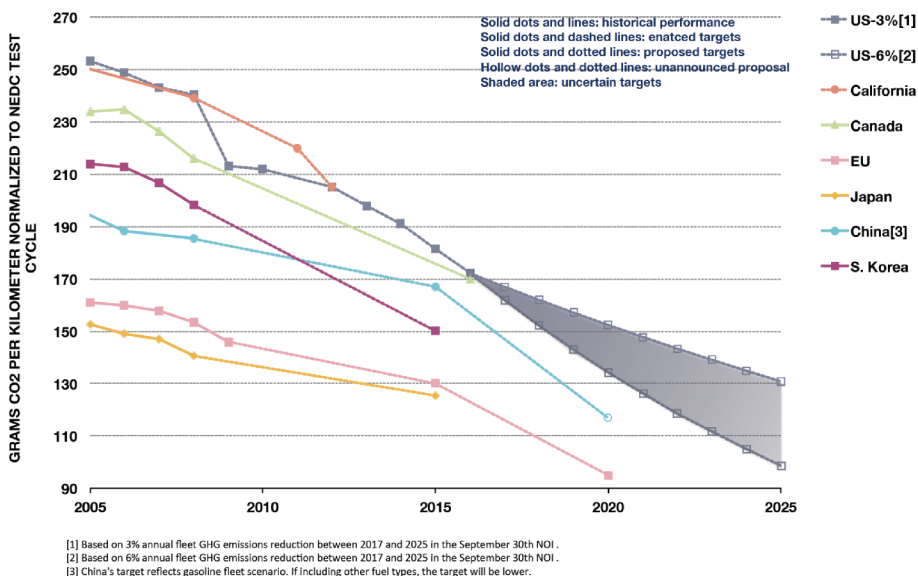


图 14 汽车排放标准的变化过程

来源：国际清洁交通委员会，2011

2008 年 12 月，欧盟顶住了金融危机所带来的行业压力，达成了一份具有卓识远见的折中协议。根据协议逐步将 CO₂ 排放限制在 120 g/km。2012 年，将有 65% 的新车达到这一标准，2013 年的比例为 75%，2014 年为 80%，2015 年则为 100%（2004 年是 161 g/km）。通过提高机动车发动机技术可以达到 130 g/km 的目标。而通过提高轮胎质量或使用生物燃料等其他技术革新，还能使排放进一步降低 10 g/km。

全球燃料经济行动计划提出，全球机动车平均燃油消耗量（L/100 km）降低 50% 将使 CO₂ 排放到 2025 年每年减少超过 10 亿 t，到 2050 年减少超过 20 亿 t。2025 年，每年所减少的汽油进口支出便超过 3 000 亿美元，并在 2050 年增加至 6 000 亿美元（以 100 美元/桶的油价为基础）。^③

通过利用可持续性生物燃料替代汽油和柴油，可以进一步降低内燃机排放。然而，生物燃料却是国际热议的焦点问题。而这场国际争论中涉及的问题有能源安全、气候

① ICCT, 2011. Global Light-duty Vehicles: Fuel Economy and Greenhouse Gas Emissions Standards www.theicct.org/info/documents/PVstds_update_apr2011.pdf

② Odysee, 2009. 'Energy Efficiency Indicators in Europe' www.odyssee-indicators.org/reports/transport/transport09.pdf

③ FIA, 2010. '50 by 2050'. www.fiafoundation.org/50by50/documents/50BY50_report.pdf

变化、粮食价格、土地使用、生物多样性保护以及社会发展等。^①

作为一种化石燃料的替代性产品，生物燃料在降低温室气体排放方面具有相当大的潜力。而这正是促使政府出台相关政策对其生产和使用进行扶持的原因。但是，以2008年为例，粮食商品价格创下历史高点，其部分原因就被归咎于生物燃料生产分流了部分粮食作物产出。其他分析还认为，人们在对生物燃料所带来的碳效益进行估算时，往往忽略了土地使用发生变化所产生的排放影响。^②世界银行已经呼吁提高对目前生物燃料项目经济可行性的关注，其中包括对粮食价格造成的上行压力，以及加剧对土地及水资源的竞争等。^③其他评论人士同样对土地使用相关的社会问题表示关注。由于对土地使用权缺乏明晰的认定，因此，往往会激化社会矛盾。生物燃料所面临的越来越多的批评迫使许多政府不得不重新审视他们的政策。欧盟就在保留其2020年10%的生物燃料的要求外，还包括了一些可持续标准。政府所面临的挑战就是提供一种有证据支持，并且保持充分中立性的扶持政策，从而能够推进生物燃料向最有前途的方向发展。第二代生物燃料技术的关键就在于如何将木本物质中的木质素及纤维素降解为糖分，然后再经过与第一代技术相似的流程通过发酵制成生物燃料。这一技术有可能在不对粮食作物造成竞争影响的情况下大大增加可用材料的数量。同时，它还可以实现更大幅度的温室气体减排。但是目前，其主要技术还未达到量产的程度，而且技术挑战依然存在。此外，第二代生物燃料的不断发展对土壤质量造成的影响仍在探讨之中。

在过去几年里，电动汽车一直被看作是内燃机汽车最具前景的替代选择。许多发达国家以及中国都在推广电动汽车方面都付出了努力（参见表8）。2010年9月，企业EV20联盟宣布，到2015年，其成员在之前宣布的目标的基础上将上路电动汽车数量再增加100万辆。

对于扩大电动车规模而言，电池技术（再充电与放电速率、能量密度和电池寿命）、充电基础设施以及相关成本与融资选择都是重要的问题。只有当其在价格方面的竞争更加接近时，电动车才将会在内燃机市场取得重大进展，而目前电动车的预付成本比较高昂，这其中的一个重要因素就是电池。尽管电池技术有所提高，制造能力有所提升有助于降低成本，但从经济学的角度而言，电池仍然是一个棘手的问题，这两方面都是由于高额的前期购置成本和不确定的剩余价值，即电池不能使用时还有多少价值充满不确定性。^④在短期，许多政府提供有助于降低电动车成本的激励措施，公司正开始提供有助于分摊成本的更广泛系列的融资选择。

① Bernice Lee (2009), 'Managing the Interlocking Climate and Resource Challenges', International Affairs. November 2009

② Timothy Searchinger et al., 'Use of US croplands for biofuels increases greenhouse gases through emissions from land-use change', Science 319: 5867, 29 Feb. 2008, pp. 1238-40.

③ World Bank, World Development Report 2008: agriculture for development (New York, 2008).

④ The Climate Group. 2010. 'Financing Electric Vehicles'. <http://www.theclimategroup.org/our-news/news/2010/10/28/financing-electric-vehicles/>

表 8 电动汽车（EV）目标

奥地利	2020：100 000 辆 EV 投入使用
澳大利亚	2012：首辆汽车上路；2018：大规模投入使用；2050：达到汽车总量的 65%
加拿大	2018：500 000 辆 EV 投入使用
中国	2015：EV 年产量达到 1 000 000 辆
丹麦	2020：200 000 辆 EV
法国	2020：2 000 000 辆 EV
德国	2020：1 000 000 辆 EV 投入使用
爱尔兰	2020：EV 市场占有率占 10%
以色列	2011：40 000 辆 EV；2012：每年 40 000～100 000 辆 EV
日本	2020：占新一代汽车市场份额的 50%
新西兰	2020：市场占有率 5%；2040：市场占有率达 60%
西班牙	2014：1 000 000 辆 EV 投入使用
瑞典	2020：600 000 辆 EV 投入使用
英国	没有设定具体目标，但针对 EV 颁布了扶植政策
美国	2015：1 000 000 辆 PHEV 存量

资料来源：Foley *et al.*, 2010^①

专栏 9 中国电动车的 CO₂排放

中国的电动车通过依旧由煤炭主导的电力系统进行充电。这引发了这一疑问：在中期使用高效的内燃机是否会对中国更有利？尽管情况比较复杂，但早期的电动车部署将可能导致与高效内燃机车辆（ICEV）相似水平的排放，中期来看，随着电力部门变得更加高效并向可再生能源与核能转变，它们一定会实现更大的减排。

今天，纯电动车的排放相当于中国出售的普通内燃机车辆。根据预测的 2020 年单位电力预计排放，电动车的排放约为 130 gCO₂/km，这与美国对于 2016 年出售的内燃机车辆提出的建议目标相当。^②但是如果电动车达到较大规模，那么建造与之匹配的充电设备等基础设施比较可行。在这一基础上，中国电动车排放水平最快到 2015 年将达到欧盟为 2020 年出售的 ICVE 车辆制定的严格目标——95 gCO₂/km。这还没有提及使用电动车作为电网存储的潜在利益，降低了对于碳强度峰值发电容量的需要。

① Aoife Foley, Hannah Daly and Brian Ó Gallachóir, 2010. Quantifying the Energy & Carbon Emissions Implications of a 10% Electric Vehicles Target. www.kth.se/polopoly_fs/1.64178! Paper_B5_Foley.pdf

② 假定：在上游石油开采与加工期间出现 10% 的额外排放，电网输电损耗导致同等数量的排放。

(四) 信息与通信技术

信息与通信技术 (ICT) 已经是全球经济的重要推动力量, 将提供改进其他经济部门环境绩效所需的工具与信息, 还会开启资源与能源效率的全新领域, 例如使收集整个供应链信息成为可能。

信息与通信技术行业需要通过限制其自身排放, 做出重要的减排贡献。在中国, 信息与通信技术在 2007 年占到温室气体排放的约 2.5%。^①如果当前的能源效率趋势保持不变, 那么到 2020 年, 信息与通信技术行业的 CO₂ 排放将达到 4.15 亿 t, 占总排放的 4%。^②

然而, 信息与通信技术行业的主要贡献将在于使其他部门能够降低排放。根据气候组织 (the Climate Group) 估算, 这些潜在的节省大约是信息与通信技术行业自身能源与排放的五倍多。到 2020 年, 信息与通信技术可以减少全球排放 78 亿 t CO₂, 与正常情况相比减少约 15% 的排放。能源效率节省将达到近 6 000 亿欧元 (9 465 亿美元)。

信息与通信技术将以许多不同的方式实现能源节省与减排。如:

1. 智能物流

利用 ICT 优化物流能在全球范围内减少 16% 的运输排放和 27% 的存储排放。到 2020 年, 在物流中应用 ICT 可以减少全球 15.2 亿 t 的 CO₂ 排放量, 节能价值 2 800 亿欧元 (4 417 亿美元)。

世界自然基金会和中国移动通过对“智能物流”在中国公路物流行业的减排潜能分析认为, 智能技术使得空载率由 30% 下降到 15%, “智慧物流”在 2010 年、2020 年与 2030 年实现最大减排机会分别为 0.78 亿 t、1.28 亿 t、2.07 亿 t。

2. 智能建筑

建筑业是全球仅次于工业的第二大能源消耗产业。实现建筑技术的智能化有望到 2020 年减少 16.8 亿 t CO₂ 排放, 节约能源的价值达 3 408 亿美元。

全国建筑物每年用电量为 4000~5 000 亿 kWh, 占我国发电总量的 22%~24%。单位建筑面积耗电 26~27 kWh/(m²·a), 是发达国家的 2~3 倍。由于我国起步较晚, 智能建筑的核心技术主要掌握在西方发达国家手中, 并且智能建筑产品的市场也被国外企业所垄断。因此, 在我国, 目前发展智能建筑的重点就是研发自主知识产权的、领先的信息通讯技术, 推动我国智能建筑业独立、快速的发展。

① 谢孟哲, 信息与通信技术对于中国实现低碳经济发展目标的潜在贡献 (ICT's Potential contribution to China's achieving the development goal of low-carbon economy), 2010 年

② 谢孟哲, 信息与通信技术对于中国实现低碳经济发展目标的潜在贡献 (ICT's Potential contribution to China's achieving the development goal of low-carbon economy), 2010 年

3. 智能电网

在中国，智能电网这一概念包罗万象，从高压直流输电线到存储技术（包括电动车电池）的利用和分散式可再生能源技术与电网的整合。目标是建立以安全、可靠、经济、高效、环保与自我修复为特征的下一代电网。

据研究估算，如果中国能够在 2020 年基本完成对传统电网的智能化改造，相对于不采用智能电网的情景，到 2020 年可以减少约 2.2 亿 t 标准煤的能耗，相当于减少近 5 亿 t CO₂、490 万 t SO₂、220 万 t NO_x，以及 380 万 t 总悬浮颗粒（TSP）的排放（表 4.4）。

表 9 中国发展智能电网的节能减排效益（2020 年，单位：万 t）

具体环节	能源	CO ₂	SO ₂	NO _x	TSP
降低线损	210	445	5	2	4
减少发电燃料消耗	6 100	12 932	134	61	104
节约用电	12 000	25 440	264	120	204
新能源和可再生能源	4 000	8 480	88	40	68
电动汽车	—	2 100	—	—	—
合计	22 310	49 397	491	223	379

目前，智能电网在我国仍处于探索、尝试阶段，由于智能电网对信息通讯技术有着强烈的依赖性，未来的发展主要体现为相关技术的跨越式进步，需要研发和完善的技术如下：第一，通信传感技术；第二，精准参数量测技术，以便实时了解电网的运行情况；第三，自动控制技术；第四，决策支持技术。

4. 智能工作

智能工作是指利用互联网和其他先进的通讯工具进行工作，避免了传统工作所导致的上下班交通拥堵、工作地点不灵活以及过多的商务差旅等问题，从而为企业带来良好的经济效益，为社会创造环境效益。据预测，到 2020 年，如果有 5%开车上下班的人能够进行远程办公，15%的商务差旅能够被远程会议替代，全球的 CO₂ 排放将减少 1 亿 t。

(五) 生物技术

中国生命科学与生物技术总体上在发展中国家居领先地位；生物技术的产业化能力有了很大提高，且生物资源丰富。世界生物产业尚未形成由少数跨国公司控制的垄断格局。中国生物产业的技术、人才和科研基础在高技术领域差距最小。

保守估计，到 2020 年中国广义生物医药市场规模将达 4 万亿元，生物制造 1 万亿元、生物农业 5 000 亿元、生物能源 3 000 亿元、生物环保 1 000 亿元等，合计广义生

物产业市场规模约为 6 万亿元。

世界自然基金会报告预测，到 2030 年，全球工业生物制造技术每年将可降低 10 亿~25 亿 t 的 CO₂ 排放，在中期内，有潜力找到化石燃料的替代物，生产重化学物品和塑料。发展生物制造产业，加大绿色、低碳、可再生的生物基化工比重，重组石油化工原料结构，对于中国工业经济可持续发展、降低石油资源依赖、减少 CO₂ 排放具有重大战略意义。

(六) 高级材料和高端设备制造

新材料一般指新出现的或正在发展中的、具有传统材料所不具备的优异性能和特殊功能的材料，或采用新技术、工艺和装备使传统材料性能有明显提高或产生新功能的材料。这包括了一系列具有不同物理属性、功能和应用的材料，如表 10 所示。

表 10 高级材料的属性、功能和应用		
物理与化学属性	功能	应用
金属材料	高级功能 高效结构 结构功能性集成材料	电力
非有机		太空与航空
非金属		新能源
新型材料		能源保存
有机 新兴材料		环境材料
复合新型材料		生物医药材料

战略性新兴产业的发展都需要新材料产业的发展予以支撑。比如，太阳能发电的发展就需要多晶硅产业的发展予以支撑。新能源汽车发展的关键在电池，而电池的关键又在于材料。

轻质高强的新型结构材料，如高性能纤维复合材料、高性能的金属轻质材料（如铝、镁、钛及其合金）将在航空航天、汽车、交通运输、海洋及建筑行业体现出节能降耗的巨大优势。

新材料改造提升建筑材料，实现建筑节能和低排放。中国每年竣工的房屋建筑面积约 20 亿 m²，建筑中 70% 的热量通过窗户和外墙损失。如果延续目前的建筑发展规模和建筑能耗状况，到 2020 年，每年将消耗 1.2 万亿 kWh 电和 4.1 亿 t 标煤，接近目前全国建筑能耗的 3 倍。

五、低碳工业化的主要任务和政策措施

低碳工业化的战略任务和主要途径：中国目前仍处于快速工业化的阶段，低碳工业化在中国发展低碳经济的战略中处于核心位置。根据课题组的研究，实现 2020 年单

位 GDP 二氧化碳比 2005 年下降 40-45%的国家目标，全部的减排总量为 85.57 亿吨二氧化碳，而工业的减排任务为 81.12 亿吨二氧化碳，工业将为实现国家减排目标贡献 94.8%。要实现上述目标，需要在提高工业能效，改善能源结构、发展循环经济和调整产业结构的取得实质性进展，根据课题组的分析，上述四个途径的对实现国家减排目标的贡献分别是 42%、29%、3%、21%。从行业上，一是要大力提高钢铁、有色、化工、建材等传统重化行业能源利用效率，减少排放强度，二是大力发展新能源、节能环保、新能源行业等战略性新兴产业，发挥其在直接减少排放、优化产业结构和为低碳工业化提供技术支撑的战略作用。从具体的政策操作层面上看，以下五个政策极为关键：

一是设立主要重化工业的碳强度减排目标。设立行业能耗和减排目标并推动行业减排是国际上发展低碳经济的一种重要的政策手段。“十一五”期间实现节能的手段主要靠层层指标分解和考核来调动地方政府的积极性上，但地方政府缺乏法规、标准等政策手段和研发平台等技术手段，“十二五”乃至以后要给电力、钢铁、化工、建材、有色等重化工业设立碳强度减排目标，以充分发挥行业在制定行业政策标准和推进研究开发上的能力。课题组测算主要工业行业产品能耗的减排潜力。

主要高耗能产品能耗下降潜力			
	2005 年产品能耗	到 2015 下降	到 2020 年下降
电力行业发电的热效率（gce/kWh）	370	13.5	16.2
钢铁行业			
粗钢 kgce/t	741	12.3%	15.3%
石化行业			
乙烯 kgce/t	1 081	11.5%	14.5%
合成氨 kgce/t	1 774	12%	17%
纯碱 kgce/t	1 351	20.9%	25.7%
烧碱 kgce/t	530	20.9%	25.7%
电石 kgce/t	2 095	15.5%	19.5%
建筑/建筑材料行业			
水泥 CO ₂ /t kgce/t	149.2	27.3%	31.3%
有色金属行业			
电解铝 kWh/t	14 575	6.2%	15.2%
纺织品行业			
化学纤维 kgce/t		18.4	23.3
造纸行业			
纸和纸板 kgce/t	525	25.7%	31.4%

二是大力发展战略性新兴产业。首先是尽快制定、发布和实施七大战略性新兴产业的发展规划，落实国务院关于发展战略性新兴产业的决定，给市场以清晰的信号。二是成立专项资金，把促进产业发展的专项基金整合起来，成立战略性新兴产业发展基金，以支持研究、开发、试验及应用。三是利用税收、金融等手段加速战略性新兴产业的商业化应用。四是要鼓励中小企业和外资企业的进入。私人企业在新兴行业发展的作用巨大，要改变以往的准入管理方式，其准入标准是基于能效水平和环保水平，而不是企业的规模和国别。

三是加快低碳技术创新。在通过“上大压小”和利用现有技术实现进一步节能减排潜力下降的背景下，无论是重化工业能效提高还是发展战略性新兴产业，都是以低碳技术创新为基础。为此，一是要增加低碳研究开发的预算投入，提高其在研究开发总投入的比重。二是建立世界级的国家能源实验室，使其具备从基础研究、技术开发、试验示范、以及到检测认证全过程的试验能力，并对企业、大学和其他研究机构开放，解决低碳技术创新中共性技术供给不足的问题。三是建立跨行业的技术联盟，促进行业融合创新。四是，要加强低碳技术创新的国际合作，充分利用国际资源，努力在国际低碳技术创新中占据有利位置。

四是建立完善法律、法规和标准体系，并强化实施。一是修订建筑、交通设备、主要工业耗能设备、家用电器、照明设备等主要耗能产品的能效标准。在修订能效或排放标准时，可考虑采用日本“领跑者”（Top Runner）方法，即用上一期表现最优企业的能效/排放水平作为下一期的标准。二是完善能效标识、节能产品认证，扩大强制性能效标识实施范围。探索建立“碳足迹”标识和低碳产品认证制度，逐步分批实施“碳足迹”标识制度，引导消费行为向低碳模式转变。三是严格执行能效标准，提升高能耗行业的准入门槛。对新建、改扩建的工业投资项目进行碳减排评估和审查，对于新建大型公共建筑和商品化住房建成后应经建筑能效专项测评，凡达不到强制性标准的，不得办理竣工手续，从源头上实现减排。四是加大对节能减排监测、指标和考核体系建设，强化节能目标责任考核，健全奖惩制度。

五是完善能源定价机制，建立绿色财政税收体系。一是加快电力、石油、天然气等能源价格改革，以反映市场供求关系、资源稀缺程度和环境外部成本。同时改变目前通过交叉补贴来保护弱势群体的方法，要通过财政资金对弱势群体的基本能源消耗进行直接补贴。二是加大支持低碳发展的财政支出力度，促进低碳技术研究开发，节能产品的推广和新能源的开发利用。三是加快绿色税收改革，提高资源税税率并从价征收，开征环境税，研究和逐步引入碳税。课题组建议，在“十二五”后期逐步引入碳税，引入初期税率要较低，比如从每吨二氧化碳 10 元开始，逐步提高。下文是课题组通过模型评估和专家调研给出的碳税水平：

CO ₂ 税率主要设计形式 ^①		
税率	2012	2020
碳税（每吨 CO ₂ RMB）	10	40
原煤碳税（每吨 RMB）	19.4	77.6
原油（每吨 RMB）	30.3	121.2
汽油碳税（每吨 RMB）	29.5	118
柴油碳税（每吨 RMB）	31.3	125.2
天然气碳税（每 1 000 立方米 RMB）	22	88

① 一本报告由低碳工业化战略课题组提供