中国环境与发展国际合作委员会

专题政策研究报告

数智化循环经济促进高质量发展

中国环境与发展国际合作委员会

2026 年 9 月

专题政策研究项目组成员*

组长*：

Ilka HIRT	国合会特邀顾问，外方联合组长，德国联邦环境、气候行动、自然保护和核安全部（BMUKN）国际政策司副司长
胡　清	国合会特邀顾问，中方联合组长，南方科技大学教授
Jocelyn BLÉRIOT	外方副组长，艾伦·麦克阿瑟基金会董事执行官、国际机构与政府事务负责人
李文强	中方副组长，生态环境部固体废物与化学品管理技术中心主任

核心专家*：

外方团队

Siddharth PRAKASH	德国生态研究所（Oeko-Institute）可持续产品和材料流动部循环经济和全球价值链分部负责人
Valerie BOITEN	艾伦·麦克阿瑟基金会纺织品高级政策官员
Prof. Dr. Henning WILTS	伍珀塔尔研究所循环经济部主任
Eva BILLE	欧洲环境局（EEB）循环经济主任
Per ÄNGQUIST	国合会委员，瑞典化学品管理局局长，瑞典环境部前国务秘书
Kathinka FÜRST	挪威水资源研究所（NIVA）研究主任

中方团队

钟丽锦	北京环丁环保大数据研究院常务副院长
么　新	清华苏州环境创新研究院副院长
林　军	生态环境部固体废物与化学品管理技术中心总工程师

顾问专家：

外方团队

Inga WAGNER	德国联邦环境、气候行动、自然保护和核安全部（BMUKN）欧洲及国际资源效率、原材料政策与循环经济 C III 4 工作组负责人
Ulrich NICKLAS	德国联邦环境、气候行动、自然保护和核安全部（BMUKN）负责联合国《2030 年可持续发展议程》、亚洲和拉丁美洲双边合作、国际气候与

	能源政策的 II4 工作组负责人
Laetitia MONTERO	联合国环境规划署（UNEP）工业与经济司工业创新处“一体化地球网络”（One Planet Network）项目管理官员
关一松	艾伦·麦克阿瑟基金会（英国）北京代表处首席代表
Patrick SCHRÖDER	查塔姆研究所高级研究员
Madeleine Sophia BRANDES	世界经济论坛全球塑料行动伙伴关系（GPAP）企业合作负责人

中方团队

杨敏德	国合会委员、溢达集团董事长
王　灿	清华大学教授、环境学院党委书记
田　野	溢达集团特纺事业部董事总经理

协调员：

外方团队

Siddharth PRAKASH	德国生态研究所（Oeko-Institute）可持续产品和材料流动部循环经济和全球价值链分部负责人

中方团队

陈　丹	北京环丁环保大数据研究院智慧碳中和研究所副所长
赵子康	生态环境部固体废物与化学品管理技术中心固体废物管理技术部工程师

支持团队：

外方团队

Greta LINK	德国联邦环境、气候行动、自然保护和核安全部（BMUKN）负责联合国《2030 年可持续发展议程》、亚洲和拉丁美洲双边合作、国际气候与能源政策的 II4 工作组官员
Lola Renée MUELLER	德国联邦环境、气候行动、自然保护和核安全部（BMUKN）欧洲及国际资源效率、原材料政策与循环经济 C III 4 工作组官员
Clara LÖW	德国生态研究所（Oeko-Institute）可持续产品和材料流动部循环经济及全球价值链分部高级研究员
代　敏	德国国际合作机构（GIZ）环境与循环经济部门主任
Jan-Hendrik EISENBARTH	德国国际合作机构（GIZ）中德环境伙伴计划III期顾问

陈晓婷	艾伦·麦克阿瑟基金会（英国）北京代表处项目主任
Emily MACINTOSH	欧洲环境局（EEB）纺织领域高级政策官员
Larissa VAN DER FEEN	联合国环境规划署（UNEP）工业与经济司工业创新处“一体化地球网络”（One Planet Network）数字产品信息系统专家
Tapiwa NXELE	联合国环境规划署（UNEP）工业与经济司化学品与健康处化学品科学与政策单元技术项目管理顾问
Juliet LENNON	艾伦·麦克阿瑟基金会时装与纺织品项目战略主管
Noëlle Smits VAN WAESBERGHE	艾伦·麦克阿瑟基金会时装与纺织品项目经理

中方团队

王小珏	清华苏州环境创新研究院政策研究员
王业彤	北京环丁环保大数据研究院科研助理
杨　莉	溢达集团对外关系副总监
侯　琼	生态环境部固体废物与化学品管理技术中心固体废物管理技术部高级工程师
杨　阳	生态环境部固体废物与化学品管理技术中心固体废物管理技术部副研究员
石丕星	南方科技大学工程技术创新中心（北京）交叉技术研究所副所长
田金平	清华大学环境学院教授、环境生态学教研所研究员
丁隆真	南方科技大学环境学院研究助理教授
李俊辰	南方科技大学环境学院博士后

*本专题政策研究项目组联合组长、成员以其个人身份参加研究工作，不代表其所在单位，亦不代表国合会观点。

执行摘要

本专题政策研究旨在探讨**数字化对循环经济实施的促进作用**，并以欧盟、德国，特别是中国为主要分析对象。研究结果表明：数字工具能够通过完善产品和材料信息、提升生命周期可追溯性、加强合规性监测，以及协调产品设计与报废管理之间的关系，有效弥合循环系统中长期存在的协调性缺口。然而，此类工具的价值主要取决于其能否服务于更高层次的循环经济战略目标，如减量化、耐用性、维修、再利用和高质量回收，而非仅停留于废物处理的数字化层面，或徒增行政性报告负担。在评估这一潜力时，必须考虑可能出现的反弹效应，特别是当数字化导致能源和资源需求上升，从而可能抵消预期环境效益的情况。

中国当前的政策正朝着一种更广泛的实施和治理模式发展，该模式以生命周期可追溯性、电子台账、更强有力的信息驱动型监管，以及循环经济、废弃物治理与碳管理之间的更紧密联系为基础。《中华人民共和国生态环境法典》（以下简称《生态环境法典》）、《固体废物综合治理行动计划》《再生材料应用推广行动方案》和《循环经济发展“十五五”规划》均折射出同一趋势：数字系统将支持可追溯性、信息披露、认证、执法和跨部门协调。这标志着中国已从分散的试点转向大规模的系统性治理，并为其构建一个分阶段、具有国际互操作性的数字循环经济架构创造了条件。该架构在推进资源安全、产业升级和绿色转型等国内优先事项的同时，也在满足出口和全球价值链要求的背景下增强贸易兼容性。

循环经济理念也日益融入欧盟和德国的工业、气候及数字政策之中，而非仅被视为狭义的废弃物问题。在欧盟，正在形成的政策框架将循环经济目标与生态设计（《可持续产品生态设计条例》）、数字产品护照（DPP）、生产者责任延伸（EPR）、二次原材料市场和战略竞争力联系在一起。德国通过其《国家循环经济战略》以及最新行动计划和相关实施计划中的投资，进一步推进了这一理念。这些投资旨在为关键和战略性原材料、电池、风力涡轮机、光伏组件和纺织品的回收利用提供资金，并支持初创企业、社会组织活动和数字化措施。

在欧盟框架内，数字产品护照（DPP）将成为若干产品类别的强制性要求——不仅限于《可持续产品生态设计条例》（ESPR）涵盖的范畴，还包括其他产品类别，如特定电池、车辆、建筑产品、玩具、洗涤剂和表面活性剂，以及产品中的永磁体（详见表 1）。**数字产品护照（DPP）**目前尚未推出，但预计将提供有关产品成分、来源、可维修性、可回收性及生命周期影响的结构化信息，从而通过提高材料成分、关注物质、备件供应和拆解方面的透明度，加强产品政策、市场监督和合规性，并促进维修、再制造和回收。此外，**将 DPP 数据与**现有系统（如欧洲能效标签产品注册库或生产者责任延伸注册库）**进行关联**，可减少重复工作，加强针对“搭便车”行为的执法力度，并为特定行业（如电池、电子产品、纺织品或建筑产品）的政策制定提供更可靠的数据。然而，要实现这些效益，DPP 系统需要**健全的验证和质量保证机制、互操作性强的数据结构，以及适用于制造商、中小企业、维修运营商、废物管理机构和回收商的**

技术解决方案。

对中国而言，与数字产品护照（DPP）相关的实践仍处于探索阶段，其驱动力不仅限于出口合规要求，更植根于“双碳”目标、资源循环利用、绿色供应链管理，以及日益增长的可持续消费需求等更广泛的政策目标体系。目前，中国尚未建立一个与欧盟《可持续产品生态设计条例》（ESPR）框架相类似的、兼具统一性与强制性的跨行业 DPP 制度；相反，**相关举措正通过自下而上的实践路径，**在动力电池、纺织品、产品碳足迹、工业互联网标识、产品编码、绿色认证、可追溯性平台以及可信数据空间等多个领域逐步推进。这意味着中国并非从零开始，而是凭借多元化的行业基础和技术积累，这些基础条件有望在未来支撑起一个日益协调和统一的产品级信息架构。

与此同时，中国的工业体系庞大、供应链冗长、企业能力参差不齐，以及许多中小企业数字化准备不足，使得过早地全面推行该制度很可能导致重复申报与平台冗余，并增加不必要的合规成本。**因此，当前政策的关键不在于是否应立即建立一个统一系统，而在于如何确定可行的数据字段、确保现有系统之间的互操作性、保护商业秘密，**以及针对碳足迹、再生材料含量、可维修性及绿色声明等信息**建立可靠的验证机制**。在此背景下，战略性地利用产品级数据以强化循环经济政策的实施具有重要意义。为此，建议采取分阶段、问题导向的方法，优先考虑与循环经济相关性强且数据条件相对成熟的行业，同时将未来与 DPP 相关的系统与现有的生产者责任延伸（EPR）、绿色供应链、再生材料认证、产品碳足迹管理以及固体废物治理等框架相衔接。

在生产者责任延伸（EPR）体系中，数字化已逐步将信息转化为责任划分、费用核算、合规核查、反欺诈控制和回收绩效监测的核心基础设施。在中国，这一逻辑在报废电子电气设备（WEEE）领域已得到实践验证，该领域已利用数字化监管来规范拆解流程、核查资金分配情况并确保环境合规。信息管理系统记录了废弃产品从进入工厂拆解到最终材料产出的全流程，而视频监控、数据留存、现场审计和季度交叉核查则有助于确保补贴与实际处理绩效挂钩。这一模式在引导大型家用电器和微型计算机进入正规处理渠道方面发挥了关键作用，并表明**中国的数字化生产者责任延伸（EPR）实践并非始于广泛的公众披露，而是着眼于更直接的目标：确保合规拆解、防止废弃物流入非正规渠道，以及保护 EPR 相关资金的完整性。**

与此同时，中国的经验现已从报废电子电气设备（WEEE）领域向外扩展，表明数字化生产者责任延伸（EPR）可根据产品特性和监管重点采取不同形式。在新能源汽车动力电池领域，数字系统已实现贯穿生产、销售、使用、报废、回收和再利用的全生命周期可追溯性，以保障来源可追溯、去向可追踪、节点可控且责任划分更清晰；在铅酸电池领域，数字工具正被用于整合回收、转运和处置全链条数据，以精准防范危险废物环境风险；在汽车产品领域，数字化维护日志、以旧换新计划、规范化回收网络和统一信息管理系统有助于优化用户交接流程，提高价值链协同效率；而在饮料纸基复合包装领域，相关举措则更多地依托合规报告、目标管理、行业自律和数据核验等流程完成落地实施。因此，政策重点不在于将单一模式强加于所有行业，而在于

通过针对不同产品类别的环境风险和资源循环利用潜力量身定制差异化政策工具，将数字化生产者责任延伸的治理边界**从“末端治理”扩展至更广泛的全生命周期治理。**

要有效实现这一目标，必须具备若干治理条件。首先，**必须更精确地界定价值链各环节的问责机制**，特别是在品牌方、进口商、在线平台和首次投放市场主体在履行生产者责任延伸（EPR）义务过程中可能承担不同权责的复杂行业场景中。其次，数字系统应建立**分级分类数据访问机制**，以便监管机构、审计机构、回收商、消费者及其他相关方能够获取各自权限内的相关信息，同时防范不必要的商业敏感数据与个人隐私数据泄露风险。再次，**物料流、资金流和合规数据应实现深度整合**，使生产者费用缴纳、补贴领取、押金返还机制和核查记录在操作层面相互强化，而非在行政层面彼此割裂。最后，**中欧双方**围绕生产者责任延伸（EPR）的定义、数字产品护照（DPP）相关数据字段、市场投放责任以及回收核查方法开展结构化**交流**，将有助于减少重复报告、降低合规摩擦，并促进双方在全球价值链层面建立更加协调一致的循环经济治理体系。

总体而言，本专题政策研究得出结论：**中国应依托“十五五”开局之年的政策窗口期，将循环经济重新定位为绿色、高质量发展的重要支柱。**核心政策任务是突破对废物处理和回收利用的路径依赖，转向一种将资源安全保障、产业结构升级、碳排放减量和环境风险控制有效整合的系统性治理模式。这需要更强有力的顶层设计、分行业的具体实施路径、数字化治理能力、对再生材料和产品的持续需求，以及更密切的国际协调——特别是在绿色贸易、产品标准和数据合规要求日益凸显的领域。

1. “十五五”期间，坚持以绿色高质量发展理念为引领

循环经济政策应深度融入中国生态文明建设、“双碳”目标、产业政策和资源安全等更广泛的政策框架之中。应优先锚定废弃物分级处理体系中的高价值层级，如减量、再利用、维修和再制造，并通过更明确的目标、更有效的激励措施以及修订后的法律框架（包括《中华人民共和国循环经济促进法》）提供制度性支撑。在实施层面，应统筹完善基础设施建设、土地配置、融资工具和执法机制，同时利用“无废城市”等试点项目，推广一批可落地、可量化且以生产为导向的示范项目。为此，中国需要建立更强大的国家协调机制，统筹并厘清各部门和不同层级政府之间的职责边界与政策工具协同逻辑。

2. 聚焦重点行业和关键品类，推动循环经济从资源回收向高值利用升级，着力培育绿色低碳产业新动能

中国应针对钢铁、有色金属、塑料、玻璃、纺织品、建筑材料、动力电池、光伏组件和风电设备等关键行业和物料流，采取差异化的实施路径。政策应优先考虑材料的价值保留，加速发展回收和再制造技术，并为再生材料替代创造更有利的市场条件。这一转型还要求中国针对主要工业废弃物制定切实可行的实施方案，在优先领域建立更具可执行性的生产者责任延伸（EPR）体系，并在技术和市场条件足够成熟的前提下，逐步从自愿性措施转向对终端产品再生材料含量提出更明确的要求。

3. 强化数智化赋能，构建可信、安全、协同的循环经济全生命周期数据治理体系

中国应将数字化定位为支撑循环经济发展的核心基础设施，而非独立的技术议程。中国应针对数字产品护照、全生命周期可追溯性、再生材料追踪、碳足迹核算和数字化生产者责任延伸（EPR）管理等领域，制定分阶段且符合国情的实施框架，同时明确相关方的责任，以及数据提供、验证、访问和使用的规则；应优先搭建覆盖再生材料和固体废物的国家级追溯与监测信息系统，统一数据标准和接口规则，并推动循环经济数据、碳核算、绿色供应链及绿色贸易要求之间的紧密衔接。具体而言，这包括为关键废物流建立端到端的监测系统，改善各部门、地区、行业及第三方认证机构之间的数据互操作性，并在物联网、人工智能、区块链和隐私保护计算等技术能为可追溯性、验证和安全数据共享带来明确价值时加以应用。此外，中国还应出台保障措施，确保循环经济的安全性，包括加强对危险物质的监测，并更加关注数字基础设施本身的能源和资源足迹。

中国应在构建国内治理框架的同时，重点关注兼容的数据要求、技术接口、验证方法、互操作性和相互认可，在国内体系建设与更积极的国际协调及对接之间取得平衡。在数字产品信息、再生材料可追溯性、产品碳足迹以及与数字化生产者责任延伸（EPR）相关的数据领域，中国与欧盟以及国际标准制定机构等关键伙伴开展更紧密的合作将至关重要。这将有助于减少重复报告和认证负担，提高与新兴绿色贸易规则的兼容性，并在保障自身发展优先事项的同时，增强中国在塑造全球数字循环经济治理方案方面的能力。

4. 加强需求侧市场培育，建立再生材料和产品长期稳定需求机制

循环经济政策应得到更强劲、更可预测的国内需求的支持。公共采购、公共工程和国有企业可以通过在采购和投资决策中纳入对耐用性、可维修性、再生材料含量和再制造产品的要求等方式，发挥引领作用。与此同时，中国应加强绿色产品标识、认证和可持续性信息披露框架建设，使再生材料和循环产品获得市场可见度和公信力，并实现商业价值。消费者引导和公众沟通应进一步推动维修、再利用、二手消费和优质再生产品的普及。

5. 深化国际交流与合作，促进中国循环经济规则与国际衔接，提升全球价值链影响力

中国应更积极地参与循环产品、再生材料、碳足迹、数字产品信息以及生产者责任延伸（EPR）相关治理等领域的国际标准制定、认证对话和方法论合作，与主要合作伙伴（尤其是欧盟和德国）的合作应侧重于增进相互理解、确保互操作性，并减少不必要的贸易摩擦。此外，中国还应将循环经济议题更系统地纳入多边贸易、气候治理和发展平台，以及“南南合作”的核心框架中。

关键词：循环经济、数字化、人工智能、纺织品、电子产品

缩略语表

AI	人工智能
CCER	国家自愿减排碳市场
CCICED	中国环境与发展国际合作委员会
CE	循环经济
CEA	《循环经济法案》
CEIS	循环经济信息生态系统
CEN	欧洲标准化委员会
CENELEC	欧洲电工标准化委员会
CLP	分类、标签和包装
DIN	德国标准化协会
DIW	德国经济研究所
DIWASS	数字废物运输系统
DKE	德国电气、电子与信息技术委员会
DPIS	数字产品信息系统
DPP	数字产品护照
EMF	艾伦·麦克阿瑟基金会
EoW	废弃物终结
EPR	生产者责任延伸
EPREL	欧洲能效标签产品注册库
ESPR	《可持续产品生态设计条例》
EU	欧盟
EV	电动汽车
GEDS	全球环境数据战略
HS	协调制度
IISD	国际可持续发展研究所
IoT	物联网
JRC	联合研究中心
JTC	联合技术委员会
MRV	监测、报告和核查
NCES	《国家循环经济战略》
NFC	近场通信
OECD	经济合作与发展组织
PE	聚乙烯
PET	聚对苯二甲酸乙二醇酯
POPs	持久性有机污染物
PP	聚丙烯
PPWR	《包装和包装废弃物条例》
PRO	生产者责任组织
ProgRess	《德国资源效率计划》
QMS	质量管理体系
REACH	化学品注册、评估、授权和限制

RFID	射频识别
SCIP	产品中的关注物质
SPS	专题政策研究
SUPD	《一次性塑料指令》
SVHCs	高度关注物质
TESSD	贸易与环境可持续性结构化讨论
UHF	超高频
UNEP	联合国环境规划署
WEEE	报废电子电气设备
WFD	《废弃物框架指令》
WSR	《废物运输条例》
WTO	世界贸易组织

目录

一、 引言 1

（一） 研究背景 1
（二） 研究目标及方法 2

二、 支持循环经济的最新政策动态 4

（一） 欧盟循环经济政策的最新进展 4
（二） 德国循环经济政策的最新进展 5
（三） 中国循环经济政策的最新进展 7

三、 循环经济政策中的数字化 11

（一） 数字化在支持循环经济中的作用 11
（二） 数字化在关键政策工具（ESPR、EPR、DPP）中的作用 13
（三） 消费电子产品开发中的数字化治理模式 25

四、 数字化和循环经济中的性别考量 28

五、 关于数字化和数据驱动型循环经济关键方面的结论与建议 30

（一） 数字化和数据驱动型循环经济的战略愿景与总体目标 30
（二） 在全球背景下对数字产品信息系统/数字产品护照进行有效设计与治理 31
（三） 融资、技术援助与国际合作 34

六、 总体政策建议 35

（一） “十五五”期间，坚持以绿色高质量发展理念为引领，将循环经济深度融入生态文明建设、“双碳”目标和资源安全战略等国家顶层战略，推动循环经济发展路径主流化，系统构建高质量循环经济体系。 35
（二） 聚焦重点行业和关键品类，推动循环经济从资源回收向高值利用升级，着力培育绿色低碳产业新动能 36
（三）强化数智化赋能，构建可信、安全、协同的循环经济全生命周期数据治理体系 37
（四）加强需求侧市场培育，建立再生材料和产品长期稳定需求机制 38
（五）深化国际交流与合作，促进中国循环经济规则与国际衔接，提升全球价值链影响力 ..39

附录 40

附录 A 欧盟循环经济政策最新动态 40
附录 B 塑料废弃物的“废弃物终结”标准 42
附录 C 贸易协定中的数字化与循环经济 44
附录 D 数字产品护照和/或信息系统倡议概述 47
附录 E 对 DPP 实施过程中面临主要挑战的评估 48
附录 F 欧盟《可持续产品生态设计条例》框架下针对 DPP 的具体政策建议 49
附录 G 关于生产者责任延伸（EPR）数字化的具体政策建议 50

致 谢 51

参考文献 52

图目录

图 1： 线性、国内循环和国际循环贸易流.....44

表目录

表 1： 欧盟立法中预见的数字产品护照概览（ECOS，2026） 15
表 2： 中国数据保护实践的多样化探索.....19
表 3： 生产者责任延伸（EPR）体系中的主要瓶颈（缺乏数字化支持）及数字解决方案的作用 22
表 4： 中国数字化生产者责任延伸实践的关键框架 25
表 5： 欧盟循环经济立法的最新进展.....41
表 6： 塑料废弃物“废弃物终结”（EoW）标准情况说明.....42
表 7： 数字产品护照和/或信息系统倡议概述.....47
表 8： 对 DPP 实施过程中面临主要挑战的评估.....48

专栏目录

专栏 1： 贸易协定中的数字化与循环经济.....9
专栏 2： DPP 在实践中的应用场景.....14

数智化循环经济促进高质量发展

一、 引言

“数智化循环经济促进高质量发展”专题政策研究（SPS）是中国环境与发展国际合作委员会（CCICED）“可持续生产与消费”项目框架下的重点研究任务。

近年来，数字解决方案在提升循环经济效能方面的潜力日益受到关注。数字化与循环经济的结合至关重要，因为先进的数字技术能够实现高效的资源追踪、改善产品生命周期管理，并支持新的商业模式，这些都是闭合材料循环、最大限度减少废弃物的关键所在。

因此，必须确保数字化首先作为循环经济转型的支撑性基础设施，同时将数字技术和系统的可持续性与循环性视为至关重要的跨领域保障措施。为了确保数字化能够带来真正的环境效益，应根据可证实的资源和能源效率提升来评估其影响，包括识别并缓解意外的反弹效应，尤其是那些导致能源和资源消耗增加的情况[1]。

为了充分释放这一潜力，本研究将数字化视为推动循环经济实施的核心驱动力，探讨了数据互操作性[2]、数字基础设施的短板，并推动制定相关标准和治理框架，以确保数字化积极促进循环经济发展。本研究聚焦于循环经济的关键政策工具，具体包括生态设计、数字产品护照（DPP）、数字产品信息系统（DPIS）[3]和生产者责任延伸（EPR），深入探讨了数字技术如何提升这些政策的有效性和效率。本研究还探讨了性别、数字化与循环经济之间的交叉影响。

（一）研究背景

尽管“双重转型”（即可持续发展与数字化之间的战略联动）这一议题在欧盟层面已讨论多年，但德国的实际情况则呈现出更为复杂的局面，特别是在数字化支持循环经济方面。 2020 年，德国联邦环境部门发布《环境政策数字化议程》，其中涉及循环经济。然而，该议程的重点是环境友好型数字化，例如通过必要硬件的循环利用来推动这一进程。尽管德国在“工业 4.0”等领域处于领先地位，但循环价值链的数字化

[1] 在这方面，第七届联合国环境大会（UNEA-7）通过了一项关于人工智能（AI）系统环境可持续性的具体决议（UNEP/EA.7/Res.9）。该决议将可持续人工智能确立为一项新兴的多边环境优先事项，同时承认人工智能在支持气候韧性、保护生物多样性及提高资源利用效率方面的潜力，并致力于将其环境影响降至最低（参见：https://www.unep.org/environmentassembly/unea7/outcomes，2026 年 8 月 24 日访问）。

[2] 互操作性是指不同组织和信息技术系统能够以一致的方式，为既定目的交换和使用数据的能力。以数字产品护照为例，同一产品数据应在制造商、海关、维修和回收系统之间通用。

[3] 本报告中使用了数字产品护照（DPP）和数字产品信息系统（DPIS）这两个术语。DPP 是欧盟《可持续产品生态设计条例》（ESPR）下的一项正式监管概念，指通过数据载体提供访问权限的特定产品数字信息。数字产品信息系统（DPIS）是一个更广泛的系统概念，联合国环境规划署（UNEP）等国际组织均采用该概念，指在价值链中管理和交换产品信息的数字基础设施。在此框架下，DPP 是 DPIS 支持的解决方案的一种。在本研究中，这两个概念通常合并使用（称为 DPIS/DPP），除非特指欧盟监管框架下的 DPP 概念。

长期以来并未被优先考虑。

回顾此后欧盟和德国在向循环价值链转型方面取得的进展，呈现出的是一幅渐进式优化的图景，而非真正具有颠覆性的转型。例如，2010 年至 2024 年间，欧盟循环利用率从 11.2%上升至 14.8%（欧盟统计局，2025）。同样，德国联邦政府的《德国发展报告（2024）》也指出德国缺乏真正的、内生性的创新动力，并将与数字化理念的深度融合视为需要进一步采取行动的关键杠杆。

与此同时，中国的政策轨迹表明，数字化正成为循环经济发展的重要基础设施，为资源效率提升、废弃物治理和碳管理提供支撑。虽然“十四五”初期中国的举措侧重于基于互联网的线上线下结合平台，用于消费品回收和智能再制造，但最近的国家指导方针显示，政策重心已明显转向全面、全链条的数据追踪。

具体而言，*《关于加快构建废弃物循环利用体系的意见》*（2024 年）和*《固体废物综合治理行动计划》*（2026 年）要求加强信息化监管。这些政策要求建立工业固体废物管理电子台账，对特定危险废物流或主要废物流实施端到端追踪，并探索再生材料的数字化可追溯性。此外，《生态环境法典》（自 2026 年 8 月 15 日起施行）通过要求建立统一的资源消耗与排放统计体系，并定期披露与资源消耗及废弃物产生相关的关键指标，为这一数据转型奠定了法律基础。

总体而言，中国当前的政策表明，数字化转型正朝着提升物料流、废物流及相关减碳效益的透明度和可验证性的方向发展。为实现这一目标，中国正在积极部署成熟的数字平台（如新升级的全国新能源汽车动力电池溯源信息平台、全国固体废物和化学品管理信息系统），同时规划建设产品碳足迹因子数据库。基于区块链的追溯工具、数字产品护照，以及针对循环经济的监测、报告和核查（MRV）系统等工具，目前仍处于探索和地方试点阶段。

（二）研究目标及方法

本次“数智化循环经济促进高质量发展”专题政策研究旨在分析数字化如何提升欧盟、德国和中国循环经济政策的实施效果和执行力度，并建立定期的政策基准比较机制。此外，循环经济 SPS 团队在 2026 年继续更新欧盟、德国和中国循环经济政策的最新动态。由此，本研究在 2025 年专题政策研究报告《以循环经济促进高质量发展》的基础上进行补充分析。

本研究采用综合方法论，结合了全面的文献综述、政策分析、专家访谈和实地考察。专家的广泛参与增强了研究结果的可靠性与实践相关性。专家们积极参与中国、德国和欧盟循环经济政策的制定与实施过程，为本研究提供了丰富的实践见解和第一手经验。专家们还与 CCICED 的性别问题专家合作，进一步识别纺织和电子行业在循环经济发展中的关键性别影响及解决方案。

此外，本研究可与 CCICED 既往及在研的相关研究衔接，以充分利用与 CCICED 2024—2025 年工作计划中其他研究项目的协同效应。CCICED 的相关研究报告为本研究提供了重要参考和支撑，包括 2025 年 SPS 报告《以循环经济促进高质量发展》《中国循环经济——项目前期研究 2024》以及 2023 年 SPS 报告《数字化与绿色技术促进可持续发展》。

二、 支持循环经济的最新政策动态

本章概述欧盟、德国和中国循环经济政策的最新进展，重点关注数字化作为跨领域推动力的日益重要作用。最后，本章对具有全局意义的政策工具进行了比较性回顾。

（一）欧盟循环经济政策的最新进展

2025 年 12 月，欧盟公布了循环经济政策措施（欧盟委员会，2025）以及循环经济和废物立法领域即将出台的举措。这些政策措施既包括渐进式修订，也包含更广泛的结构性调整，既侧重于单一市场的协调统一（如二次原材料、数字化和资源安全方面），也简化了欧盟各类环境法律中的相关措施，并最大限度地减轻行政负担。附录 A 对这些政策措施进行了汇总。

最引人注目的措施之一是循环经济小型一揽子计划。该计划作为即将出台的《循环经济法案》（CEA）的首个试点项目获批通过，侧重于塑料行业，引入了塑料废弃物的“废弃物终结”标准[4]，根据《一次性塑料指令》（SUPD）提出了对化学回收塑料进行核算的《实施法案》草案，并重新启动了“循环塑料联盟”。《循环经济法案》预计于 2026 年秋季出台，旨在通过改善高质量再生料的供应刺激对循环产品和服务的需求，强化废物和二次原材料的单一市场。该法案旨在解决现有的障碍，如分散的“废弃物终结”规则、各不相同的生产者责任延伸（EPR）体系、参差不齐的质量标准、疲软的再生料需求等问题。如果欧盟缺乏协调一致的框架，二次原材料往往面临法律不确定、交易成本高昂、跨境流通受限等问题，这削弱了市场主体对回收和循环商业模式的投资热情。

除了循环经济小型一揽子计划外，欧盟还通过《环境综合法案》[5]对若干关键立法框架作出了有针对性的修订。其中，对《废弃物框架指令》（WFD）的修订涉及简化生产者责任延伸（EPR）义务以及停用 SCIP 数据库[6]，对《包装和包装废弃物条例》（PPWR）则通过配套文件进行了细微澄清，而对《电池法规》则在定义、轻型运输电池的可拆卸性要求以及 SVHCs[7]标签方面进行了更新。此外，欧盟计划于 2026—2027 年对《一次性塑料指令》（SUPD）进行例行评估。欧盟各方还就《车辆设计和报废车辆管理循环经济要求条例》达成了机构间协议，该条例引入了循环经济设计义

[4] 欧盟通过《关于塑料废弃物“废弃物终结”标准的实施条例》，明确了再生塑料（即回收产出）在何时不再被视为废弃物。该条例旨在确保各成员国在塑料回收方面采取协调一致、安全且符合循环经济原则的做法。它解决了各成员国因缺乏统一标准而适用不同规则的问题，从而消除了回收商和出口商面临的市场壁垒和法律不确定性。关于该条例的更多详情请参见附录 B。

[5] 根据 2025 年 12 月 10 日通过的《环境综合法案》，欧盟委员会提出了六项立法措施，旨在简化欧盟环境法的行政负担，涵盖电池、工业排放报告、生产者责任延伸、环境评估、空间信息基础设施，以及跨领域的废物和循环经济要求。

[6] SCIP 数据库是指物品或复杂物体（产品）中受关注物质的数据库。该数据库是根据《废弃物框架指令》（WFD）建立的，旨在通过改善废物处理运营商和消费者获取物品中高度关注物质（SVHCs）信息的渠道，从而促进材料和产品中的有害物质减量。

[7] 根据《关于化学品注册、评估、授权和限制的法规》（即 REACH 法规）第 57 条，高度关注物质（SVHCs）是指致癌、致突变或具有生殖毒性（1A 类或 1B 类）的物质，以及具有持久性、生物累积性和毒性（PBT）、高持久性和高生物累积性（vPvB）的物质，或会引发同等程度关切的物质，如某些内分泌干扰物。

务、塑料再生含量目标、数字循环经济车辆护照、生产者责任延伸（EPR）以及对危险物质的限制等条款。最后，欧盟还计划对第 2007/2/EC 号指令（即《INSPIRE 指令》）进行有针对性的修订，旨在简化和更新欧盟空间信息基础设施的要求，特别强调减轻成员国在网络服务、互操作性和数据共享方面的负担。然而，从环境和循环经济数据治理的角度来看，主要风险在于：如果在缺乏健全替代标准的情况下弱化互操作性要求，简化措施可能会损害空间数据的一致性、可比性和跨境可用性。

作为对这些立法措施的补充，2025 年 12 月的欧盟环境理事会结论虽不具约束力，但提供了重要的战略指导。该结论呼吁优先考虑废弃物分级体系中的较高层级，探索运用经济手段在循环经济模式与线性经济模式之间营造公平竞争环境，并加强针对耐用性、可维修性和再利用的激励措施，包括及时实施《可持续产品生态设计条例》。

总体而言，欧盟委员会将循环经济定位为实现更广泛战略目标的核心推动力。在**欧盟的竞争力议程**中，循环经济被描述为一种经济现代化工具，其功能涵盖创造就业岗位、刺激创新和助力发展二次原材料市场。因此，《**清洁工业协议**》和《**净零工业法案**》将循环经济视为减少废弃物、增强工业韧性、支持脱碳和巩固欧洲清洁技术价值链的重要手段。此外，欧盟在**《关键原材料法案》**以及关于战略依赖性和经济安全的相关工作中，明确将循环经济与提升资源效率、发展二次原材料市场、降低进口依赖性和构建更具韧性的供应链等议题联系在一起。根据《**欧洲绿色协议》**，循环经济与向气候中立经济转型直接关联，并通过提高资源生产率实现温室气体减排。**在产品政策**领域，《可持续产品生态设计条例》（ESPR）及其数字产品护照将循环经济与产品数据、可追溯性、维修、再制造及法律合规性相衔接；而在数字政策领域，《**数据法**》则就产品相关数据的访问和使用提供了补充性规定。上述政策表明，循环经济并非被视为一项独立的环境议程，而是作为一种跨领域的政策逻辑，为气候中和、工业转型、竞争力提升、资源安全及数字创新提供支持。

（二）德国循环经济政策的最新进展

德国联邦政府于 2024 年通过《国家循环经济战略》（NCES），旨在大幅加速向循环经济转型的颠覆性进程。数字化将在其中发挥核心作用，相关内容是该战略中最具雄心的章节之一——这也与“实现数字循环经济的技术领导力”这一既定目标相契合（德国联邦环境、自然保护和核安全部，2020）。

《〈国家循环经济战略〉实施行动计划》明确了《国家循环经济战略》（NCES）在 2027 年底前实施的重点优先领域。该计划于 2026 年 6 月 3 日经内阁批准，内容涵盖通过平台协调利益相关方、支持投资与创新、推行循环公共采购、推进数字化、加强二次原材料利用，以及针对性地完善循环经济法律和生产者责任延伸制度。该计划还强调了循环经济在促进关键原材料供应多元化和建立功能完善的二次原材料市场方面的贡献。

实施阶段的关键要素是**“闭环材料循环数字化倡议”**，德国联邦政府将其视为《〈国家循环经济战略〉实施行动计划》的重要组成部分。该倡议旨在协调和整合循环经济领域现有的数字化活动，推广实用的数字化解决方案，并构建贯穿整个价值链、实现更有效循环经济的数据基础。该倡议特别强调推广**数字产品护照（DPP）**、设计互操作性系统、支持中小企业和保护敏感商业数据。在此背景下，**循环经济信息生态系统（CEIS）**尤为重要，其汇集了数据驱动型循环经济所需的数字技术、基础设施、流程、机构和利益相关方，并将实物材料和产品流与相应的数据流相连接。可靠的数据，以及协调一致的标准、规则和治理机制，是延长产品使用寿命、促进维修和回收利用的必要前提，从而使 CEIS 成为数字循环经济的关键成功因素和创新驱动力。

这种跨领域的政策思路也体现在 **Manufacturing-X** 项目中——这是一项联邦倡议，旨在为制造业创建可互操作的跨企业数据空间，并增强其竞争力、韧性和可持续性。Manufacturing-X 项目获得联邦资金支持，并由来自行业、技术提供商、协会和研究机构的跨行业联盟共同实施，其明确目标包括为碳足迹管理、能源管理和循环经济提供数字解决方案。以汽车行业为例，Catena-X 项目是特别具有代表性的行业旗舰项目，该项目由业内领军企业牵头，并在开发阶段获得公共资金支持，旨在构建汽车价值链的协作数据生态系统。该项目汇聚了汽车制造商、供应商、IT 服务商及其他合作伙伴，并基于共同标准和治理机制，建立安全自主的数据交换体系。在循环经济领域，Catena-X 开发了电池护照和数字孪生等实用应用，这些应用不仅实现了产品的全生命周期可追溯性，还为维修、再利用、再制造和回收提供了必要的信息基础。上述举措共同表明，数字化不仅是实现循环经济的技术要素，更是推动创新、促进工业转型、提升德国工业国际竞争力的战略工具。

《〈国家循环经济战略〉实施行动计划》获得了大量公共投资的支持。为落实该战略，德国联邦政府计划在未来几年提供约 2.6 亿欧元资金，其中部分来自气候与转型基金下新设立的“未来循环经济”资助计划。这笔资金将用于资助关键和战略性原材料、电池、风力涡轮机、光伏组件及纺织品回收等领域的试点工厂和示范项目，并涵盖初创企业、社会组织活动和数字化措施的资金需求。此外，《2026 年气候行动计划》提出在 2027—2030 年期间，通过“加强循环经济投资支持”措施再投入 3.05 亿欧元，主要用于充实“未来循环经济”计划和 DigiRess Circular[8]计划。除此之外，该计划还提出与联邦原材料基金紧密协调，并突出德国复兴信贷银行（KfW）作为循环经济项目创新、投资和风险资本参与者的作用。

针对循环经济措施的公共投资支持体现了气候与循环经济的关联性，并在资金架构中得到进一步体现：相关实施工作既获得“气候与转型基金”的支持，又受益于《2026 年气候行动计划》提供的额外资源。因此，《国家气候与可持续经济行动计划》明确

[8] DigiRess 是德国的一项公共资助计划，旨在支持能够帮助企业实现更资源高效和可持续生产的数字解决方案；而 DigiRess Circular 则将这一方法更明确地扩展至循环经济应用、市政机构、循环商业模式及初创企业（参见：https://www.digiress.de/digiress-bund/和 https://www.digiress.de/digiress-circular/，2026 年 8 月 24 日访问）。

将循环经济视为气候行动的重要杠杆，通过减少一次原材料使用、提高资源利用效率、延长材料循环时间来实现这一目标。该计划明确将闭环材料循环与降低温室气体排放相联系，并将循环经济描述为一种更具成本效益的脱碳途径。该计划还强调，循环经济措施不仅能够产生可观的额外减排效益，还能增强韧性和竞争力。

与前文关于欧盟政策的内容类似，德国的循环经济正日益被视为一项跨领域的战略工具，而不仅仅是一个废物管理目标。这一点在《德国可持续发展战略》《德国原材料战略》，以及联邦政府的《数字战略》中均得到明确体现。更广泛地说，《国家循环经济战略》（NCES）被定位为一个总体框架，在保持各项战略自主性的同时，将关键的原材料、资源、气候和安全政策方针联系起来。它特别整合了《德国原材料战略》《德国资源效率计划》（ProgRess）、《国家生物经济战略》《国家轻量化战略》和《碳管理战略》，统筹了这些政策在循环经济和资源节约方面的目标与措施。与此同时，该战略以《德国可持续发展战略》为指导，通过处理资源政策、供应安全及关键依赖问题，为《国家安全战略》提供支撑。在此过程中，《国家循环经济战略》（NCES）旨在发挥协同效应、识别潜在的权衡关系，并支持向循环经济的全面转型。

（三）中国循环经济政策的最新进展

数字化已从运营层面的效率提升工具转变为中国循环经济（CE）发展进程中不可或缺的支撑性基础设施，为提升资源效率、强化废弃物全生命周期治理能力和完善碳管理体系等国家顶层设计战略落地提供了坚实支撑。《生态环境法典》《固体废物综合治理行动计划》《再生材料应用推广行动方案》，以及最近出台的《循环经济发展“十五五”规划》等政策框架，已经确立了核心发展方向：将数字化工具嵌入法律、行政和市场制度体系中，使物料流、废物流、再生材料含量声明和环境效益更加透明、可追溯且可核查。虽然“十四五”前期的相关举措侧重于依托互联网开展线上线下消费回收和智能再制造工作，但当前的政策已明显向全覆盖和全链条的行政数据追踪、强化信息监管手段、培育二次资源需求侧市场转变。更广泛而言，数字化如今正日益**与中国更宏大的战略议程**深度耦合，涵盖生态文明建设、“双碳”目标实现和产业链韧性提升，这使得数字化循环经济治理模式与此前以平台为中心的实践路径相比，能够在跨部门协同和系统性治理方面发挥更突出的作用。

自 2025 年底以来，中国出台了一系列核心监管框架，推动这一高质量、高价值的发展理念制度化：

- **《生态环境法典》（2026 年 3 月通过，自 2026 年 8 月 15 日起施行）：**该法典为数字化环境执法提供了明确的法律基础。其条款将生产者责任延伸（EPR）和绿色设计等制度框架转化为刚性法律保障。尤为关键的是，该法典正式确立了统一的循环经济统计体系，并强制要求通过标准化方式公开披露区域物料流、资源消耗和废弃物产生情况。由此，该法典为废弃物和二次资源全生命周

期追溯、合规监测及执法所需的行政基础设施建设提供了法律依据。

- **《固体废物综合治理行动计划》（2026 年 1 月发布）：**该计划以 2030 年为时间节点，目标是将大宗工业固体废物的年利用量提升至 45 亿吨，并推动环境执法重心转向**信息化监管**。工作重点不再局限于拓宽回收渠道，还包括构建数字化回收基础设施。为此，该计划要求建立工业固体废物电子台账，实现主要废物流全链条追踪，同时采用精细化的数字化管理工具，旨在提高可追溯性和合规性，遏制固体废物非法转移行为。

- **《再生材料应用推广行动方案》（2025 年 12 月发布）：**该方案旨在发挥二次资源需求侧的市场拉动作用，并强调数字化在**建立市场信任方面**日益重要的作用。该方案不设定立即生效的强制配额，而是旨在通过加强能力建设、健全质量标准，到 2030 年稳步提升关键行业（汽车、电子、纺织、包装）的再生材料替代率。其数字化框架侧重于构建全生命周期溯源系统和数字认证平台，从而建立可验证的再生材料含量声明体系。这些溯源和认证机制还致力于为探索将**再生材料应用项目纳入国家自愿减排碳市场（CCER）框架**提供数据基础，从而有效推动循环经济从传统的“末端治理”模式转向系统性、可量化的减碳发展模式。

- **《循环经济发展“十五五”规划》（2026 年 6 月发布）：**这一综合蓝图规划了到 2030 年将全国资源循环利用产业规模扩大至 8 万亿元人民币的发展路径，并将智能数字化建设确立为保障产业链韧性的战略支柱。该规划强调，针对新兴的“新三样”绿色废弃物——特别是报废的电动汽车动力电池、退役的光伏组件和风力发电机叶片——建立闭环追踪网络，具体措施包括升级国家可追溯性数据库、破除跨部门数据孤岛，并利用数字化监测、报告和核查（MRV）系统，将实体循环经济活动与国家碳交易机制精准衔接。中国已积极部署并升级了全国新能源汽车动力电池溯源信息平台等国家管理平台，以协调跨行业的追踪工作。此外，全国数字产品护照标准化工作组（SAC/SWG41）的正式成立，标志着中国正积极推进国内追溯架构与欧盟《可持续产品生态设计条例》（ESPR）等国际贸易规则保持一致。尽管区块链验证和数字产品护照（DPP）等前沿机制在国内仍处于特定行业探索性试点阶段，但其发展对于确保数据互操作性、验证绿色供应链，以及巩固中国在国际绿色价值链中的地位具有关键推动作用。

总体而言，中国不断演变的政策格局表明，数字化已超越孤立的平台建设阶段。相反，它现在发挥着更广泛的治理功能：使物料流、废物流、再生含量声明，以及相关的减碳效益在国内外价值链中更加透明、可追溯、可验证且可问责。与此同时，这一政策方向表明，**在日益复杂的全球监管环境下，**中国的数字化循环经济治理既要强化行政管控，更应促进市场充分信任、助力产业协调发展、确保数据**互操作性**。

专栏 1：贸易协定中的数字化与循环经济[9]

将循环经济原则纳入贸易协定的情况

将循环经济（CE）原则融入全球贸易政策的工作正在推进，但进展仍不均衡，且大多处于初期发展阶段。循环贸易涵盖四大类别：促进循环经济的商品和服务、相关知识产权、二手商品、二次原材料。国内监管措施（如生态设计要求、可维修性标准、再生材料含量强制规定、生态标签以及生产者责任延伸制度）主要影响国际贸易治理格局。因此，向世界贸易组织通报的与循环经济相关的贸易监管措施数量有所增加。

区域贸易协定已开始提及循环经济，尽管往往只是间接提及且仅停留在象征层面。欧盟做出了最明确的承诺，表示将在其自由贸易协定中嵌入循环经济发展目标，但包括《欧盟-南方共同市场自贸协定》和《欧盟-新西兰自由贸易协定》在内的近期协定，仍缺乏具体且具有法律约束力的循环经济专项条款。在多边层面，世界贸易组织（WTO）的“贸易与环境可持续性结构化讨论”（TESSD）机制已成立了一个循环经济非正式工作组，工作重点已从梳理现有措施转向在纺织品、电子产品、电池和可再生能源等优先领域制定更具操作性的议程。总体而言，全球循环经济治理体系虽然正在扩大规模，但整体格局仍然较为分散且协调性不足。

潜力与挑战

将循环经济原则更深入地融入贸易体系，可显著加速全球循环经济发展进程。贸易能够削减循环商品和服务的关税及非关税壁垒，扩大二次原材料市场，并推广循环经济标准，从而培育规模更大、稳定性更强的市场，支持对维修、再制造和回收利用等领域的投资。

关键挑战依然存在。监管碎片化——标准、定义和测试方法不统一，引发贸易摩擦并增加交易成本。现有政策措施仍偏重下游废物管理，对上游产品设计、产品耐用性和可维修性关注不足。此外，海关分类系统无法有效适配再制造商品、维修商品、二次原材料和循环经济服务等品类，降低了市场透明度，制约了贸易便利化水平提升。

关于支持循环经济的贸易协定的建议

贸易协定需要超越泛泛的环境章节，将循环经济目标融入关于货物、服务、标准、海关、投资、补贴、采购和监管合作的实质性章节中。应优先确保与产品相关的循环经济要求——包括耐用性、可维修性、再生材料含量和产品信息规则，尽早实现协调一致，并认可符合性评估程序、国际标准和统一的计量指标。

世界贸易组织（WTO）的程序和双边协定应推动循环商品和服务的贸易（如通过《环境商品协定》），涵盖维修服务、逆向物流解决方案、再制造、回收技术，以及高质量的二次材料。为确保全球受益具有普惠性，必须向发展中国家提供有针对性的支持，包括技术援助、标准制定、检测和认证能力建设、海关现代化，以及为适应循环经济导向法规的企业提供财政扶持。

在此背景下，中国可以在现有参与基础上更进一步，通过支持在现有的世界贸易组织程序框架下开展探索性工作，发挥更积极的作用，特别是“贸易与环境可持续性结构性讨论”（TESSD），以及关于环境货物和服务的讨论。近期，中国可着重锁定愿意合作的成员方能够逐步推进合作的领域，如循环经济相关货物和服务的标准、符合性评估、贸易便利化。随着时间的推移，这将有助于为建立多边或特定行业的合作机制奠定基础。

数字化的作用

数字化通过破除全球供应链中的关键信息瓶颈，在推动循环贸易方面发挥着核心作用。物联网、人工智能、大数据、云系统和区块链等技术可提升产品可追溯性，提供可靠的产品

[9] 详见附录 C。

信息，核验再生含量声明，并支持跨境合规工作。数字产品护照（DPP）可提供产品全生命周期可审计数据，既有助于产品维修、拆解和材料回收，又能为消费者提供信息。

数字化还依托电子文档和高效监测执法手段，优化边境通关流程。然而，其发展也面临数据治理风险、隐私保护问题、互操作性障碍和能力建设差距等方面的挑战。因此，关键任务并非单纯推进数字化建设，而是要搭建互操作性强、安全可信、便捷可用的数字基础设施，支持全球循环供应链建设。

三、 循环经济政策中的数字化

（一）数字化在支持循环经济中的作用

尽管德国企业越来越多地使用人工智能，但资源效率和循环性尚未被大多数企业纳入其战略目标。德国经济研究所（DIW）就此议题开展了一项具有代表性的调查（Engels & Neligan，2025），结果显示：截至 2024 年底，37%的受访企业已应用人工智能，另有 21%的企业计划实施。然而，仅有 9%的人工智能用户将该技术用于提升产品的可维修性、可回收性或可重复使用性。近半数（47%）企业甚至认为这一目标无关紧要。原材料和能源节约同样作用有限：仅有 14%的企业将此列为人工智能的目标，而 39%的企业认为这无关紧要。许多企业（尤其是中小企业）仍然低估了循环经济目标的重要性，以及人工智能在实现这些目标方面的潜力——往往仅关注提高生产率这一目标。

这些结果凸显了采取行动的紧迫性，特别是考虑到越来越多的科学文献强调数字化和数字技术是推动循环经济发展的关键驱动力。早在 2016 年，艾伦·麦克阿瑟基金会就强调了数字技术在价值链中构建网络化循环经济基础设施的潜力（艾伦·麦克阿瑟基金会，2016）。普遍预计在未来几年将变得越来越重要的具体技术包括：

- 增材制造，应用方向包括结构轻量化、产品个性化、资源效率提升。
- 大数据，应用方向包括收集和分析海量数据以优化设计和生产流程。
- 物联网（IoT），应用方向包括故障诊断、预测性维护。
- 数字平台，应用方向包括产品共享、“产品即服务”模式落地。
- 数字产品护照（DPP）/数字产品信息系统（DPIS），应用方向包括有害物质管控、生命周期排放数据披露。
- 数字孪生，应用方向包括预测性维护、循环设计。
- 区块链，应用方向包括原材料溯源、产销监管链搭建。
- 射频识别（RFID），应用方向包括物品追踪、供应链溯源管理。

1. 转变重点：从回收转向更高级的“R”策略

尽管近年来安全且环保的废物处置工作取得了进展，但如今更大的挑战在于加强循环经济中**“R”策略的前端环节**，如**“减少（Reduce）”、“重新思考（Rethink）”和“拒绝（Refuse）”**。与传统的废物管理相比，这些策略需要价值链各环节进行更多协调与信息交流，因为其目标不仅在于高效管理废物，更在于优化产品、服务和商业模式设计，使材料能够尽可能长时间地保持在使用状态。在此背景下，**数字化和人工智能**正成为应对日益增长的复杂性不可或缺的工具。

人工智能在**循环产品设计中**尤为重要。它能够加速开发流程、支持创意构思、改进仿真与测试，并帮助识别耐用、可持续且可回收的材料。鉴于产品开发阶段做出的

决策会在未来多年内对循环性产生深远影响，人工智能通过提升开发速度和产品质量，能够做出重大贡献。基于人工智能的系统还能帮助发掘新的商业机会并优化资源配置，而人类的专业知识对于关键评估和优化仍不可或缺。

除了设计领域，人工智能还能在实际应用中为循环经济赋能。例如，在时尚领域，设计师借助人工智能软件能够实现**零浪费的版型设计**，生成能充分利用现有面料并避免产生边角料的服装版型。人工智能还能通过加速实验和创新，支持开发更优质的材料，如环境友好型包装解决方案或改良型金属合金。此外，预测性维护系统和人工智能驱动的维修助手有助于延长产品寿命，从而减少浪费和不必要的更换。

在消费者层面，数字工具可以通过拓宽相关信息和服务的获取渠道，促进**循环消费**。各类平台、应用程序和数字助手既能支持维修、保养、二手使用及共享模式，又能让消费者在做出购买决策时更清晰地获取可持续性相关信息。然而，与此同时，数字平台和个性化广告也可能刺激额外消费，从而带来环境风险。因此，为循环经济开发数字解决方案时，不仅应注重效率和创新，还应致力于引导消费向资源利用率更高、使用寿命更长的使用模式转变。

2. 反弹效应

数字化通常被视为提高效率、节约资源和保护气候的关键推动力。然而，研究表明，这些效益往往因“反弹效应”而减弱甚至被抵消（Behrendt et al.，2026）。当数字技术带来的效率提升引发额外消费、高强度使用或新增资源需求时，就会产生反弹效应，从而削弱或逆转预期的环境效益。

在数字化背景下，反弹效应问题尤为突出，因为数字技术不仅能优化单个流程，还会重塑生产体系、消费模式和基础设施。德国环境署（UBA，2026）将反弹效应分为四种主要类型：价格反弹、舒适度反弹、时间反弹和材料反弹。价格反弹是指更便宜或更高效的数字服务导致产品总体使用量增加；舒适度反弹是指当数字服务降低了心理门槛，从而促使用户更频繁或更长时间地使用产品；时间反弹效应出现在数字化节省的时间被用于其他同样消耗能源和材料的活动时；材料反弹效应是指效率提升刺激了对新设备、基础设施和功能的需求，从而导致总体资源消耗增加的情况。

根据德国环境署（UBA，2026）的观点，数字化带来的反弹效应具有**系统性的特征**。数字平台降低了交易成本和市场准入门槛，可以扩大市场规模，增加生产和消费总量。与此同时，数据驱动的商业模式、个性化广告以及人工智能带来的运营优化进一步刺激了市场需求，并加快了消费迭代速度。此外，锁定效应、专有软件生态系统，以及软件层面的计划性淘汰策略，可能会缩短产品有效使用寿命，并提高仍可正常使用设备的更换频率，从而导致资源消耗和（电子）废弃物增加。

这对**循环经济**具有重要意义。虽然数字技术可以支持循环经济战略（见上文），但如果数字化导致更高的工作负荷、更快的设备更新换代速度，以及对能源、数据基

础设施和关键原材料的更大需求，则“反弹效应”可能会抵消上述部分收益。换言之，只有当效率提升与耐用性、可修复性、互操作性、以适度为导向的使用模式，以及限制额外资源消耗的政策相结合时，数字化才能为循环经济做出贡献。

（二）数字化在关键政策工具（ESPR、EPR、DPP）中的作用

1. ESPR 与 DPP

数字化作为一项关键手段，用于传达《可持续产品生态设计条例》（ESPR）下的一般性及更具体的信息要求。该条例允许针对逐步纳入其适用范围的特定产品组设定信息要求。

其中一个关键要素是引入数字产品护照（DPP），据欧盟委员会称，它将作为*“产品、组件和材料的数字身份证，用于存储相关信息，保障产品可持续性、促进其循环利用并提升合规水平”*。

通过更加协调一致且系统化的数据收集方式，数字产品护照有望将目前难以获取、不可靠或以分散方式收集的必要信息整合起来，从而更加高效地落实政策目标，并帮助不同利益相关方识别、减轻或规避环境和社会风险（ECOS，2026）。例如，它有望让消费者能够轻松、直接地获取有关产品使用、维修或保养的详细说明，从而引导更多循环经济行为。企业和供应链各参与者均可实现零部件和材料的全程追溯，这使得回收商能够更好地处理收到的废弃物并评估回收潜力。公共管理部门则可从中受益，既能更高效地进行合规检查，也能更轻松地识别、标记不符合规定和不安全的产品。提升数据互操作性还有助于解决数据流、共享和访问方面的相关难题。

在欧盟，对特定产品类别而言，数字产品护照将成为强制性要求。首次将产品投放欧盟市场的经济运营商（制造商、授权代表、进口商等）将负责提供所需信息，并可选择将相关操作委托给服务提供商执行。这种“护照”的设计理念是帮助消费者、制造商、维修商、回收商、主管部门，以及产品生命周期中的其他相关方，方便获取产品、批次或型号层面的关键数据。预计欧盟将根据受众群体设定分级访问权限，具体细则尚需通过针对特定产品的二级立法予以明确。该机制（理论上）可保障产品合规性、完成相关验证与认证工作，并明确产品中是否含有关注物质，从而提升全价值链的可追溯性和透明度。目前，配套标准和数据规范尚未落地，具体要求因产品类型而异（不同功能模块对应不同详细程度的信息）。框架层面明确的分级考量类别如下：

- 产品的技术性能。
- 材料及其来源。
- 维修活动。
- 回收能力。
- 生命周期环境影响。

专栏 2：DPP 在实践中的应用场景

DPP 信息能够从手机等设备可读取的数据载体中获取。根据欧盟规定，在销售点（包括线上销售）的产品、包装、标签、用户手册或其他随附物品上可放置一个或多个数据载体。欧盟并未强制规定特定类型的数据载体，不同载体在成本、耐用性、可回收性和功能性方面各有优劣。

数据载体	特点	适用情况	使用方
二维码	成本低且易于集成到生产线中，但标签在洗涤过程中存在脱落风险	面向消费者的转售和维修	H&M 集团、Zalando 、JLP
NFC 标签[10]	耐用且质感高端，但若嵌入产品内部，可能会引发可回收性问题	消费者互动与租赁	Tapestry/Coachtopia 、H&M 集团、Zalando
RAIN RFID[11]	使用寿命长，无需直线视距即可被设备读取；适用于自动化流程，但也可能对回收工序造成不利影响	自动化分拣、回收与再制造	迪卡侬（在回收应用中被强烈推荐）
数据矩阵等二维条码	与二维码功能相近，但占用空间更小，适用于产品表面空间受限的情况	供应链追踪	广泛适用于整个供应链

因此，从可持续性和透明度的角度来看，DPP 可以成为一种重要的工具，能够提供对循环经济转型至关重要的信息。目前，私营部门推出的现有 DPP 并未包含这些信息，且这类 DPP 在设计之初未必是以实现循环经济和可持续发展为目标（CircThread，2024）。一个典型案例是，欧洲审计院于 2023 年 7 月发布关于《欧盟循环经济行动计划》的审计报告，并得出该计划未能有效推动欧盟循环经济相关活动的结论（European Court of Auditors，2023）。

欧盟数字产品护照的立法进展

数字产品护照（DPP）的相关规定并非仅见于《可持续产品生态设计条例》（ESPR），《电池法规》《车辆设计和报废车辆管理循环经济要求条例》《建筑产品法规》等法规中也对其作出了明确规定。此外，在即将出台的《欧洲产品法》所确立的更广泛的“新立法框架”中，数字产品护照也正在被纳入考量，该框架为所有投放欧盟市场的产品设定了各项参数（包括安全、信息和合规性）。

[10] NFC（近场通信）是一种短距离无线通信技术，可在极短距离（通常为几厘米）内实现设备与标签之间的数据交换。该技术广泛应用于非接触式支付、票务、安全门禁系统，以及用户需要将设备刻意靠近读卡器的消费类设备交互场景。

[11] RAIN 是与 RFID（射频识别）系统相关的行业术语。RAIN RFID 是一种基于被动式超高频（UHF）射频识别的无线识别技术，无需直线视距即可对贴有标签的物品进行自动识别、认证和追踪。该技术能在几厘米到几米范围内同时读取多个物品标签，特别适合零售库存管理、物流仓储和供应链追溯等应用场景。

表 1：欧盟立法中预见的数字产品护照概览（ECOS，2026）

法律	产品	强制性 DPP	可能的信息[12]
《电池法规》	特定电池	2027 年 2 月	可持续性和循环经济信息、尽职调查信息
《可持续产品生态设计条例》	除食品、饲料和药品外，可能涵盖所有产品	将随着各行业授权法案的通过而逐步实施（首批预计于 2027 年出台，DPP 的通过时间表尚不明确）	可持续性和循环经济信息
《关键原材料法案》	产品中的永磁体	2028 年 11 月：如存在由其他法案引入的 DPP，需向其中添加相关信息	化学物质的存在情况及去除信息
《玩具安全法规》	玩具	2030 年 8 月	符合性数据、补充安全信息。《可持续产品生态设计条例》（ESPR）涵盖环境信息
《建筑产品法规》	建筑产品	关于 DPP 的授权法案通过后 18 个月，具体时间表尚不明确	环境信息、符合性数据和安全说明
《洗涤剂和表面活性剂法规》	洗涤剂和表面活性剂	自适用之日起 18 个月后，具体时间表尚不明确	符合性数据、安全信息
《车辆设计和报废车辆管理循环经济要求条例》	机动车	生效后 6 年（预计 2032 年）	关于零部件拆卸与更换、再生材料、备件目录及危险物质的信息

这一更广泛的立法格局表明，数字产品护照（DPP）正逐渐成为欧盟产品相关数据治理整体策略的一部分。对于中国而言，这一点至关重要，因为与 DPP 相关的要求不仅可能逐步影响单个产品的合规性，还将影响不同监管领域内循环经济、安全及可持续性信息的组织方式。

基础的 DPP 系统将统一运行。该系统包括由欧盟委员会管理的 DPP 注册库（用于存储唯一的 DPP 标识符），以及一个可供公众访问的网络门户，用于搜索和比较 DPP 数据。此外，欧洲标准化委员会（CEN）和欧洲电工标准化委员会（CENELEC）正在开展标准化工作，旨在制定关于唯一产品标识符、数据载体和基础设施的协调标准，并保障互操作性。目前，根据《可持续产品生态设计条例》（ESPR）提出的数字解决方案的基础设施和运营框架正在横向推进。该框架计划已于 2026 年年中获得通过[13]，其中包括以下关键事项：

[12] 如相关法规所定义，具体释义可能因不同法规存在差异。

[13] 横向 DPP 基础设施已取得重大进展。欧盟 DPP 注册库及其实施框架现已投入运行，包括组织注册、用户验证、访问管理、注册程序，以及技术互操作性要求。相比之下，关于 DPP 服务提供商（包括任何认证计划），以及唯一标识符和数据载体生命周期管理的授权法案，目前仍处于制定阶段或具体安排尚未明确。针对具体产品的 DPP 义务将继续通过欧盟相关立法和授

- 一项授权法案，规定 DPP 服务提供商的要求，并在适当情况下制定用于验证其是否符合上述要求的认证计划。
- 一项实施法令，规定向经济运营商及其他相关主体签发和验证数字凭证的程序（实质内容与登记处的实施框架保持一致）。
- 一项实施法令，用于确立中央登记处的要求（已获采用并投入运行）。
- 一项授权法案，用于确立唯一标识符及数据载体生命周期管理规则与程序。

然而，只有在针对特定产品类别制定了信息要求后，通过 DPP 实施数字解决方案的工作才会真正开始。这一工作正按照 ESPR 的规定逐步推进。目前，纺织品、轮胎、钢铁以及可维修性相关类别进展最为迅速，预计将于 2027 年实施。其他产品类别（床垫、铝制品），以及有关可回收性和再生材料含量的信息要求将陆续跟进，相关工作将持续至 2030 年。

数字产品护照提供的数字解决方案能够带来显著效益，特别是能够促进生态设计、循环经济实践和可持续消费。其最大潜力之一是能够提升可追溯性，便于供应链内各利益相关方获取信息，并根据欧盟《可持续产品生态设计条例》（ESPR）第 9 条提供*准确*、*完整且最新的信息*。然而，数据的可靠性和准确性在很大程度上取决于验证和质量保证机制。目前尚不明确此类机制是否存在、如何搭建。如果数字产品护照上线后缺乏有效的数据验证手段，则其存在传播虚假数据信息的风险（ECOS，2026）。

此外，数据质量和可用性在很大程度上取决于欧盟境内及境外供应链参与者的准备程度，即其能否适应新数据要求和数字化现实。部分 DPP 计划纳入环境足迹数据，这可能需要从供应商处获取一手信息。然而，与欧盟市场没有直接联系的供应商并不一定负有强制性法律义务——必须收集并向客户提供此类信息。因此，初期可能出现数据缺失的情况，企业或可借助二手数据填补相关空白。就纺织品而言，欧盟联合研究中心在其纺织品产品政策工具预备研究中（该研究旨在为纺织品的生态设计要求提供依据），提出了一项可基于一手或二手数据的环境指标。该研究还建议，报告环境足迹指标的制造商应说明所使用的数据是一手数据还是二手数据，并针对前者设置差异化的标签要素，以鼓励优先使用一手数据。

与此同时，供应链中的制造商和供应商（尤其是非正规部门的参与者）可能缺乏必要的数字技能和基础设施，无法追踪和记录未来可能需要的产品信息。这些障碍可能对女性造成不成比例的负面影响：女性往往集中在薪酬水平偏低的非正规回收行业，所经营的中小企业获得融资和数字技术的渠道更为有限；并且由于承担着无偿照护责任，其获得数字培训的机会也相对较少。因此，在推进 DPP 落地的过程中，应配套实施有针对性的数字培训，提供资金和技术支持，防止循环供应链中的性别不平等问

权法案逐步引入。支持标识符、数据载体、互操作性、应用程序编程接口、数据交换协议和数据存储的六项协调标准现已发布（参见：https://single-market-economy.ec.europa.eu/single-market/goods/european-standards/harmonised-standards/digital-product-passport-dpp_en，2026 年 8 月 24 日访问）。

题进一步加剧。

尽管目前尚不清楚与 DPP 相关的数据要求将如何沿全球供应链传递，但保障供应链间的互操作性仍是有效实施的基本目标。《可持续产品生态设计条例》（ESPR）并未详细规定 DPP 系统的技术设计，而是主要依赖标准化工作推进（相关工作主要由 CEN-CENELEC JTC 24 承担）。其中还包括由德国标准化协会（DIN）和德国电气、电子与信息技术委员会（DKE）在 CEN-CENELEC 层面牵头开展的联合技术委员会（JTC 5）的工作。该委员会旨在通过制定国际协调标准保障供应链间的互操作性，以期于 2026 年 9 月开始运作。

从积极的一面来看，如果这些数字解决方案能够得到妥善实施和监督，借助标准化的报告格式，其有助于降低部分成本，对供应商和合作社而言效果更为明显。此外，还可以通过提升透明度、提供循环经济相关保障，以及保障监管合规，进一步优化公共采购流程。然而，落地实施过程也会产生相应成本，各类主体所能承受的成本压力存在明显差异。这些成本主要包括第三方认证成本、数字化培训和技能提升成本，以及项目实施成本。正如公平贸易倡导办公室所强调的，还存在*根据大型运营商的数字基础设施水平制定规则的风险，这可能会扩大数字鸿沟，导致能力不足的运营商难以参与其中*（Fair Trade Advocacy Office，2026）。鉴于当前 DPP 仍处于发展初期，很难准确评估不同主体所受影响以及影响程度大小[14]。

不过，预计欧盟委员会将在通过相应的授权法案（如《纺织服装产品授权法案》）界定 DPP 内容时，借助影响评估，对预期总体效益以及经济运营商的成本和行政负担进行评估（Joint Research Centre，2026）。

DPP 预计还将带来环境效益，尽管这需要结合此类解决方案所产生的环境成本（如数据存储或数据基础设施）进行评估，而这一成本目前尚待估算。

未来，数字解决方案有望发展到纳入尽职调查信息，但社会可持续性目前并不属于《可持续产品生态设计条例》（ESPR）[15]的范畴，且迄今尚未与尽职调查立法（如《企业可持续性尽职调查指令》）建立关联。数字产品护照可能成为一种符合性评估和市场监督工具，但这取决于后续立法进展。

关于在欧盟《可持续产品生态设计条例》（ESPR）框架下数字产品护照落地实施的具体政策建议，详见附录 F。

[14] 欧盟委员会尚未发布关于实施 DPP 的任何跨行业成本估算，相关成本正通过针对具体产品的授权法案逐步进行评估。此外，欧盟委员会还将针对未来 DPP 服务提供商的要求开展一项计划中的影响评估，该评估将辅以证据征集和公众咨询（参见：https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14382-Digital-product-passport-rules-for-service-providers_en，2026 年 7 月 21 日访问）

[15] 欧盟《电池法规》包含企业尽职调查义务。相关报告必须存储在 DPP 中。

中国数字产品护照的发展

从整体来看，中国数字产品护照的发展仍处于探索阶段。主要驱动力包括出口合规压力、“双碳”目标、资源循环利用、绿色供应链管理，以及可持续消费需求的增长。中国尚未建立与欧盟《可持续产品生态设计条例》框架相当的、统一的、强制性的跨行业 DPP 体系。不过，在动力电池、纺织品、产品碳足迹、工业互联网识别、产品编码、绿色认证、可追溯性和可信数据空间等领域，相关探索已然展开。与欧盟由法规驱动、逐步转化为市场准入要求的自上而下路径不同，中国数字产品护照的发展更接近于自下而上的探索模式。该模式首先由重点行业、龙头企业、标准化机构、编码机构、技术服务提供商和地方平台开展试点，随后逐步构建更广泛的政策和标准基础。目前，动力电池和纺织品是最具代表性的领域。在动力电池领域，*《新能源汽车废旧动力电池回收和综合利用管理暂行办法》*提出建立新能源汽车动力电池数字身份管理体系，涵盖产品类别、产品成分及报废回收等必要信息。尽管未直接使用“数字产品护照”这一术语，但该系统已具备产品级数字身份、信息记录、流向管理和对回收利用的支持等与数字产品护照相关的特征。在纺织领域，当前工作主要聚焦于政策响应、技术路径、标准体系和行业适配，包括唯一编码、数据载体、数据采集、授权访问和标准化数据共享。然而，纺织领域的数字产品护照仍属于行业主导、企业驱动的创新实践，而非强制性法律要求。总体而言，中国数字产品护照的发展并非从零开始，而是依托关键领域和具体应用场景下的各种数字化实践逐步推进，如表 2 所示。

从参与者的角度来看，中国 DPP 的发展是依托多利益相关方协作推进的，但目前参与主体仍以研究机构、标准化机构、行业组织和试点平台为主，深度参与 DPP 落地实施的市场主体数量仍然有限。在国家层面，中国信息通信研究院、中国标准化研究院和中国物品编码中心等机构主要负责技术架构、标准体系、唯一标识、数据载体及互操作性规则的研究工作。在地方层面，江苏国际数据港、电池产品数字护照注册管理中心（江苏）等平台正在推进电池产品数字护照试点工作；而厦门海峡可持续产业联合会、绿色金融 60 人论坛（GF60）及厦门海峡可持续产业研究院有限公司等机构，则从可持续贸易公共服务平台角度，积极推广数字护照、ESG 及绿色贸易服务。在行业层面，中国电池工业协会、中国纺织工业联合会和中国纺织信息中心等组织正在支持电池和纺织等重点领域的研发及企业动员工作。在企业层面，动力电池、纺织服装、光伏、电子电器产品及再生材料等领域的龙头企业与出口型企业是主要实践主体。认证和检测机构与数字技术服务商共同提供产品碳足迹核查、再生材料核查、绿色声明核查、区块链技术核查、隐私计算核查及可信数据空间核查等服务。

表 2：中国数据保护实践的多样化探索

具体形式	主要领域	现有基础、典型实践	与 DPP 的相关性
动力电池“数字身份”	新能源汽车动力电池	《新能源汽车废旧动力电池回收和综合利用管理暂行办法》提出了涵盖产品类别、产品成分及报废回收信息的数字身份识别系统	这是中国与 DPP 最接近的制度化实践；支持全生命周期流向管理、回收利用及责任归属
产品碳足迹	电池、光伏、钢铁、电子、纺织等	制定产品碳足迹核算规则，建设产品碳足迹因子数据库，开展标签认证和分类管理	为 DPP 提供关键环境数据，并支持低碳产品信息披露和绿色贸易合规
唯一编码、产品编码	纺织品、消费品、电子产品和贸易产品	中国物品编码中心支持基于 GS1 系统的商品条形码、二维码、RFID 及其他数据载体	提供唯一的产品标识，为数据关联、可追溯性和互操作性奠定基础
工业互联网识别	工业机械和设备、汽车零部件、电气和电子设备等	工业互联网识别系统将产品、企业、设备及供应链节点相互连接	支持产品识别、跨系统数据连接及产业链协同
可追溯性平台、质量可追溯性	食品、医药、工业产品、动力电池、再生材料等	现有实践包括质量追溯、供应链追溯和回收流追踪平台	提供有关产品流向、供应链节点及报废阶段的信息
绿色认证、绿色声明验证	绿色产品、再生材料和低碳产品	绿色产品认证、碳足迹认证、再生材料认证及绿色声明验证	为 DPP 中的可持续发展信息提供第三方验证
可信数据空间	纺织、制造及供应链协作	正在探索可信数据空间、隐私计算和区块链技术，以支持多方数据共享	支持授权访问、数据安全、商业秘密保护及可信数据共享
绿色供应链管理	出口导向型制造、品牌供应链及再生材料供应链	企业正在针对供应商管理、碳数据、原材料来源及合规信息开展数字化转型实践	为 DPP 提供企业级数据采集、供应链协调和合规管理

鉴于中国的国情——制造业基础庞大、产业链漫长、企业规模差异显著，以及大量中小企业数字化能力仍相对有限——若未开展充分的行业适配调整和分阶段部署，就仓促推行全国统一的强制性 DPP 框架，则可能会导致报告工作重复、平台多头开发并行、合规成本增加等问题。更重要的是，数字产品护照（DPP）的实施是否有效，不仅取决于是否建立了统一系统，还取决于指标框架设置是否合理、上下游供应链能否有效共享数据、商业秘密和数据安全能否得到保障，以及相关数据是否真实可验证。同时，中国推行数字产品护照（DPP）的目标不应局限于对接欧盟规则，更应当服务

于国内产业链绿色低碳转型、资源循环利用、再生材料溯源管理、生产者责任延伸（EPR）制度落地及绿色消费体系构建。

需要进一步探讨的主要挑战和问题包括以下几点。

- 首先，深度参与 DPP 落地实施的主体仍显不足。当前相关工作主要由研究机构、标准化机构和试点平台推进，而作为实际数据提供者和责任主体的上下游企业，尚未建立稳定长效的参与机制。
- 其次，DPP 指标框架和数据字段有待进一步完善。目前尚需明确材料成分、材料来源、碳足迹、可维修性、可回收性、再生材料含量、材料处理方式、循环利用或再利用路径等信息的纳入方案，以及各项数据属于强制填报、自愿填报，还是仅限授权主体访问。
- 第三，数据真实性核验及质量保障机制亟待健全。应进一步明确如何依托第三方认证、测试报告、审计核查、监管检查等手段，对碳足迹、再生材料含量和绿色声明等信息的可靠性进行验证。
- 第四，企业对商业秘密和数据安全仍存在顾虑。规则设计需要在必要信息披露与保护供应商、配方、生产工艺和采购渠道等商业敏感信息之间取得平衡。
- 第五，中小企业数字化基础薄弱、成本承受能力有限，因此，如何降低数据收集、系统集成和持续维护的成本是一项实际挑战。
- 第六，我国系统与欧盟 DPP 系统的互操作性和互认机制仍不明确。因此，减少重复报告、重复认证，并防控跨境数据风险，应成为后续规则设计的关键考量因素。

从中国视角来看，欧盟 ESPR/DPP 建设的一项关键启示是把握产品层面的数据对循环经济政策实施能力的提升作用。中国可考虑利用数字工具支持各项具体政策职能落地，如生产者责任延伸制度落实、再生材料含量核查、产品碳足迹管理、绿色政府采购等工作。

鉴于目前欧盟 DPP 体系仍处于分阶段开发和实施阶段，中国宜采取循序渐进、问题导向的方法，优先遴选与循环经济关联度较高、政策需求明确、数据条件相对成熟的行业和产品开展探索。

同时，必须避免构建相互独立的数字平台。产品级信息系统应与现有的循环经济、绿色供应链、产品碳足迹、再生材料认证、固体废物管理等系统互联互通。在国际层面，中国与欧盟应加强数字产品信息互操作性方面的交流，以降低重复合规成本，并支持绿色供应链领域合作。

2. 生产者责任延伸（EPR）

生产者责任延伸（EPR）是一项环境政策制度，根据该制度，生产者，或更广泛而言，首次将产品投放市场的经济运营商（包括进口商），需要对产品生命周期中的消费后阶段承担责任。在实践中，将产品投放市场的企业（即“义务生产者”）负责为废弃产品的管理提供资金并组织实施，同时应遵守四项核心原则：一是污染者付费；二是通过生态调节费奖励优化产品设计；三是确保可追溯性和数据透明度，防止欺诈和重复计算问题；四是实施差异化治理，明确划分生产者、主管部门及其他参与方的职责。在全球范围内，生产者责任延伸（EPR）普遍依托双轨战略运作。横向层面，国家法律框架为 EPR 体系内的数据治理、信息报告和利益相关方协调确立了基准规则，同时辅以跨境法规（如欧盟《废物运输条例》和《控制危险废物越境转移及其处置的巴塞尔公约》），保障废弃物运输可追溯和环境无害化处理。与此同时，行业层面正在将这些制度框架应用于特定的高产量废物流——如报废电子电气设备（WEEE）、报废汽车零部件、废旧电池和包装废弃物等——并正逐步向纺织品等新兴且复杂的消费领域推进。

生产者责任延伸（EPR）是欧盟循环经济框架的核心支柱。根据《废弃物框架指令》，将产品投放市场的生产者有义务承担报废产品收集、处理和回收环节的资金供给和相关支持工作，同时也会获得相应激励，以改进产品生态设计，从源头减少废弃物产生。EPR 计划已在包装、电子产品、电池和车辆等主要产品类别中实施，并为欧盟实现分类收集、回收利用和减少城市垃圾方面的目标做出了贡献。欧盟还通过修订《废弃物框架指令》，将生产者责任延伸制度扩展至纺织品领域，在各成员国之间引入了强制性、协调性更高的生产者责任规则。

生产者责任延伸义务可通过个体履行或集体履行两种方式实施。在个体履行方式中，生产商自行组织回收、分类、再利用和回收利用安排；在集体履行方式中，生产商通常将这些任务委托给生产者责任组织（PRO），由其代表生产商行事。生产商通常根据产品类型、重量或销量等标准缴纳相应费用，并提交报告证明合规情况。有效的政策设计对于这两种履行方式的顺利运行至关重要。这包括在各司法管辖区建立统一的法律定义，确保成本覆盖全面且灵活，设定能够推动循环经济发展、兼具前瞻性和差异化的目标，并通过包容且透明的治理安排，引导包括非营利组织、社会企业和非正规部门在内的多元利益相关方参与其中。

统一的定义能够减少实施障碍并提高合规水平；成本覆盖范围必须反映运营的实际净成本，并可根据不断变化的外部条件动态调整；目标应具备前瞻性且针对具体产品，以推动再利用和提升回收效果；而利益相关方参与机制应认可非营利组织、社会企业及非正规部门从业者（包括废品收集者）的作用，这些主体往往在收集、分拣、再利用和回收环节发挥至关重要的作用。

在此背景下，数字化正发挥着日益重要的作用

随着产品、资本和信息流的深度融合，生产者责任延伸（EPR）治理边界必须超越实体废弃物管理的范畴，延伸至对产品整个生命周期中形成的复杂数据网络的治理。电子商务、跨境贸易和全球供应链的爆炸式增长，导致责任主体趋于分散，并使物料流呈现碎片化特征。与此同时，生产者责任延伸与更广泛的可持续发展议程密切相关，涉及 ESG[16]信息披露、碳减排、绿色贸易规则等维度。因此，对企业的评价不再局限于是否满足基本监管配额，企业必须证明其合规行为是真实、持续且可验证的。

表 3：生产者责任延伸（EPR）体系中的主要瓶颈（缺乏数字化支持）及数字解决方案的作用

维度	主要瓶颈（未数字化）	数字化转型的作用
识别责任主体	制造商、品牌所有者、进口商和电子商务平台之间的责任界限模糊	通过连接生产者登记系统、唯一产品代码以及销售和进口数据，精准锁定责任主体
计算数量	过度依赖企业自我申报，导致数据真实性与可比性欠缺	通过整合电商平台指标、电子发票、物流数据及企业申报信息，对数据输入情况进行交叉核验
绩效评估	关于实际回收量、合规处理率及实际回收材料数量的指标无法核实	通过集成电子台账、自动称重记录、视频监控、电子证书和第三方审计，提高数据的可信度
财务机制	收费、补贴支付与实际生态绩效之间的关联性和透明度严重欠缺	通过无缝衔接物料流、资金流和数据流，优化资金透明度
全面问责	针对上游生态设计、再生材料使用和信息公开等复杂的生命周期目标，其指标难以估算且无法量化	通过标准化材料数据库、结构化产品信息管理和合规数据网络，实现定量绩效追踪

信息流的转变

在传统治理框架下，信息仅仅依托自我申报和纸质台账而存在，属于被动副产品。在数字时代，信息流已成为生产者责任延伸（EPR）基础设施体系中动态化的核心架构。这一转型通过若干影响深远的数字工具得以实现：

- 部署产品编码体系，及时识别责任主体。

[16] ESG 是指用于评估和报告企业可持续发展绩效的三个主要维度，即环境、社会和治理。企业社会责任（CSR）描述了企业对负责任商业行为的广泛承诺，而 ESG 则为评估具体的可持续发展相关问题和风险提供了更结构化的框架。可持续发展报告是指披露此类信息的过程，而《企业可持续发展报告指令》（CSRD）则是欧盟的一项指令，该指令要求许多企业进行此类报告，并规定了报告的编制规则。

- 利用销售数据计算，精确掌握市场投放规模。
- 推行电子证书机制，验证回收行为的真实性。
- 通过数字产品护照（DPP），传递有关材料成分、维修方案和回收路径的关键数据。
- 搭建智能逆向回收基础设施，同步记录产品处置情况，处理消费者押金退款，并生成实时回收指标。

归根结底，生产者责任延伸（EPR）数字化的真正目的远不止于提高政府监管效率。它将信息流从次要的审计追溯依据，提升为责任映射、财务结算、回收验证以及企业主动合规的核心支撑体系。展望未来，经过验证的 EPR 数据将服务于更广泛的经济和地缘政治目标——保障资源安全、稳定二次原材料市场、完善碳核算体系，并推动绿色供应链发展。这一演变将产生强大而积极的政策溢出效应，其影响远超传统废物管理范畴。

生产者责任延伸（EPR）领域的数字化发展与实践

根据 2024 年起生效的欧盟《可持续产品生态设计条例》（ESPR），新推出的数字产品护照（DPP）框架已成为确保透明度、可追溯性及合规性的主要机制。为对接这些新的规定，电子生产商注册系统（如欧洲能效标签产品注册系统）、产品标识符（如联合国透明度协议、Eon x Chloe）、数字报告平台等数字工具已相继建成并陆续投入使用，以增强透明度、可追溯性及合规性。数字化通过实现产品市场投放、回收、分拣、再利用等环节数据的实时报告，验证再生材料含量声明，将产品设计数据与报废阶段结果建立关联，从而支持生产者责任延伸（EPR）制度的实施。

例如，ESPR 框架下的 DPP 可支持制造商、分拣商、回收商、维修商和监管机构获取产品成分、可维修性、可回收性等结构化信息，从而降低产品使用末期的处置成本，并确定维修后转售、直接转售或回收再生等最佳流通路径。同理，《废物运输条例》（WSR）也受益于数字化运输单证和追踪系统，确保通过生产者责任延伸（EPR）计划收集的材料实现安全跨境运输，直达经授权的处理设施。

结合生态设计要求，数字化能够打通上游产品设计决策与下游回收和资源化利用的链路，形成一个强化循环经济目标的闭环反馈机制。

与生产者责任延伸（EPR）数字化相关的挑战

然而，*“仅凭增加信息供给就能改变消费者行为”*这一假设却备受争议。EMF 市场调研、VISA 行为实验室等多项研究结果均表明，**消除障碍并增加激励措施**比单纯提供更多信息对推动循环消费的作用更为显著。

包括 Circularise、Certilogo 和 EON 在内的多家 DPP 服务提供商都呼吁，应将 DPP

打造为消除障碍、促进循环行为（如转售、维修）的工具，而非仅仅作为信息载体。例如，“一键转售”便是当前面向 DPP 提出并处于测试阶段的主要循环行为措施之一（EON，2024）。

此外，**监管摩擦**也是另一个需要关注的关键问题。随着《废弃物框架指令》（WFD）中滞销商品销毁禁令以及新增生产者责任延伸（EPR）义务的实施，预计将有更多纺织品留在欧盟境内完成分拣和再利用。然而，如果《废弃物框架指令》（WFD）和《废物运输条例》（WSR）等相关法规未能实现有效协同，可能会出现监管摩擦。例如，《废物运输条例》对二手纺织品出境的限制，便与当前欧盟本土基础设施缺乏、无法处理所有收集到的二手纺织品的市场现实相冲突。

关于 DPP 实施主要挑战的表格化评估，详见附录 F。

中国在生产者责任延伸（EPR）领域的数字化实践

报废电子电气设备（WEEE）行业是中国最早将生产者责任延伸（EPR）与数字化监管相结合的领域之一，主要侧重于规范拆解流程、核查基金分配以及强制执行环境合规要求。依托这一针对性框架，中国已顺利推动主要家电和微型计算机等品类纳入正规处理渠道。

该领域的数字化管理主要围绕三个方向推进：

- **信息管理系统**：以电子台账覆盖废弃产品从入厂、拆解直至最终材料产出的整个处理周期，实现全链条追溯。
- **实时监控**：通过视频监控、数据留存和现场审计，积极核查处理流程是否符合环境法规要求。
- **资金联动**：通过季度审计和数据交叉比对，对违规行为扣减专项资金，实现财政补贴与实际处理绩效的无缝挂钩。

上述实践表明，中国数字化生产者责任延伸（EPR）的出发点并非公众信息披露或数字产品护照，而是保障回收、拆解及资金使用合理合规。这种治理思路精准契合国内回收行业的现状：市场并不缺乏回收主体，核心挑战在于引导废物远离非正规渠道，进入监管覆盖的处理设施，从而降低环境风险。

因此，当前的数字化工具仍高度集中于末端处理阶段。展望未来，中国计划以规范化拆解和基金核查为基础，逐步将数字化工具扩展至上游产品设计、再生材料应用、生态系统维护与再利用、消费者参与和企业主动合规等领域。

除报废电子电气设备（WEEE）外，中国还在动力电池、铅酸蓄电池、汽车产品和饮料纸基复合包装等多个领域推出了多元化的数字化生产者责任延伸（EPR）举措。这些实践并非遵循单一模板，而是根据具体的产品属性和监管目标进行调整。

表 4：中国数字化生产者责任延伸实践的关键框架

模式类型	代表性案例	数字化重点	政策影响
受监管的末端处理	符合《报废电子电气设备指令》的拆解	信息系统、电子台账、视频监控，以及基于审计的基金扣减	促进标准化拆解、基金核查及环境监管
全生命周期可追溯性	动力电池回收可追溯性	全面采集生产、销售、使用、报废、回收及综合利用等环节的数据	确保来源可追溯、去向可追踪、节点可控、责任明确
高风险产品监管	铅酸蓄电池回收与跨区域转运试点项目	整合回收、运输和处置节点之间的数据，与固体废物管理系统集成	服务于危险废物风险防范，并规范正式回收网络
耐用消费品回收网络	汽车产品生产者责任延伸（EPR）试点	数字化维护日志、回收网络、以旧换新计划、忠诚度积分兑换及信息管理	促进消费者规范交回废旧汽车及零部件，提高回收网络的协调性和可追溯性，并加强汽车产业链上下游协同
行业自律与信息披露	饮料纸基复合包装生产者责任延伸（EPR）举措	合规报告、目标管理、行业团体协调和数据验证追踪	加强绩效披露、行业协作和回收目标管理

关于生产者责任延伸（EPR）数字化的具体政策建议汇总于附录 G。

（三）消费电子产品开发中的数字化治理模式

当前，数字产品信息系统（DPIS）与数字产品护照（DPP）采用混合、多层次的治理架构，涵盖国际协调、技术标准化、行业主导倡议及国家监管等多个维度。欧盟、联合国、中国、韩国、全球电池联盟等多元主体主导的各种治理模式涌现，充分彰显了产品级数据交换的全球重要性（参见附录 D）。

- **多利益相关方网络治理：**大多数倡议通过多层次的协作网络运作，涉及政府部门、国际组织、行业平台、标准化机构和社会组织等多元主体。这类治理模式不依赖单一的集中式权威机构，更侧重建立共识和协同设计，反映了产品价值链的全球性特征和多主体属性。鉴于 DPIS/DPP 旨在跨行业广泛应用，其治理结构必须始终将可持续性和循环性作为核心目标。
- **基于标准的协调：**互操作性是 DPIS/DPP 具备全球推广可行性的基础。因此，有效的治理机制必须制定并执行协调一致的标准体系、通用数据方案和测量方法，以及兼容的技术架构。积极参与国际标准化工作并推动构建互认机制，是规避区域系统互不兼容问题的关键。与此同时，法律授权、自愿性体系及标

准制定均应确保纳入环境和循环经济相关的数据要求，将其作为核心信息要素，并基于协调一致的数据模型落地实施，避免仅将 DPIS 作为物流管控、市场监管或防伪工具。

- **价值链全过程的问责制：**DPIS/DPP 治理的核心要素之一是在价值链全流程中的权责划分，问责规则必须在治理框架内进行明确设计。DPIS/DPP 要求治理体系明确将提供和维护产品数据的责任分配给具体的经济运营商（如制造商、进口商、分销商、回收商），确保产品整个生命周期内信息准确、完整并及时更新。这种权责划分不仅仅是一个运营层面的要求，更是确保系统可靠性、防止数据缺失、降低误报或“漂绿”风险的关键治理抓手。因此，有效的治理框架需要明确界定三个核心问题：
    - 产品每个生命周期阶段的数据责任主体和权责范围分别是什么？
    - 数据录入或更新时限要求是怎样的？
    - 如何落实问责机制（包括数据录入的可追溯性要求）？

为支持循环经济目标，问责框架应确保相关可持续性信息被系统地纳入并维护。

- **嵌入式数据治理与安全：**目前，DPIS/DPP 的开发越来越注重将安全保障措施直接嵌入系统架构层面。这些措施包括基于“按需知情”原则的角色访问控制（兼顾透明度与保密性）、对强制性数据和自愿性数据的差异化处理，以及针对数据录入和更新的预定义规则。此类机制在保护敏感信息的同时，也确保了可追溯性和监管有效性，从而为建立信任奠定了基础。

主要挑战与局限性

DPIS/DPP 的实施正引起越来越多的关注，但治理和运营方面的挑战依然严峻。许多关键挑战并非纯粹的技术问题，而是与规则体系、权责划分，以及协调机制的定义和执行方式密切相关。

- **互操作性碎片化与监管不确定性：**DPIS/DPP 实施面临的核心挑战在于标准体系、治理框架和系统架构的碎片化。若缺乏共同的数字语言和协调一致的互认机制，数据便无法在不同的品牌方、供应商、回收商和平台之间顺畅流动，这不仅增加了合规成本，还限制了跨境循环经济的发展。监管不确定性进一步加剧了这一风险：不明确的实施要求以及不同司法管辖区之间规则的差异，会导致跨市场运营的企业持观望态度、出现重复工作情况并面临额外负担。

- **数据保护、保密性与问责制：**DPIS/DPP 系统必须在信息透明度与商业敏感信息、知识产权及个人数据保护之间取得平衡。实际上，由于目前缺乏足够可信的框架保障数据安全交互，许多企业仍不愿分享详细的供应链信息。与此同时，数据所有权、更新及准确性方面的责任界定不清，可能导致问责缺口，从

而增加因信息不完整、数据过时或自我声明可信度不足带来的风险。

- **核查、可信度与网络安全：**如果可信度保障措施薄弱，DPIS/DPP 就有沦为单纯自我声明工具的风险。然而，全面推行第三方核查可能成本高昂，难以落地实施。因此，需要建立分级适配的保障体系，包括专项审计以及与现有认证或报告系统的交叉核对等场景。同时，网络安全风险依然突出，薄弱的保障措施可能会引发数据欺诈、篡改或丢失等风险，从而破坏信任并影响执行力度。

- **供应链不透明性与技术准备度：**整个价值链的运营准备度仍然有限。产品数据往往分散在 ERP 系统、PLM 工具和电子表格中，未纳入结构化且可互操作的统一数据库中。品牌方可能无法直接获取来自上游供应商的可靠信息，而许多制造商则缺乏收集和上传可靠数据所需的数字素养、硬件设施或资金支持。这种更广泛的供应链不透明性制约了可追溯性的实现，阻碍了 DPIS/DPP 解决方案的规模化部署。

- **成本、行政负担与设计选择：**DPIS/DPP 的实施还可能受到成本和复杂性的制约。碎片化的治理要求、新增标签基础设施投入和各类报告义务，可能会给企业带来沉重的负担，特别是对中小企业而言。技术设计选择进一步影响这些成本：二维码相对便宜且易于获取，而 RFID 或 NFC 技术虽能更好地支持自动化分拣及某些循环经济商业模式，但单位成本却高得多。此外，是否必须全面推行单品级序列化，抑或在某些场景下采用 SKU 级识别已可满足要求，目前仍未形成共识。

- **公平性、消费者接受度与数字鸿沟：**DPIS/DPP 的有效性不仅取决于企业的合规性，还取决于方案的包容性和实际使用情况。消费者认知度低、产品扫码习惯尚未养成，以及不同品牌间用户体验存在差异，都可能降低数字产品护照的实际价值。更广泛地说，如果实施过程未分阶段进行，且缺乏能力建设、易用数字工具和定向技术援助的周密支持，DPIS/DPP 可能会将规模较小或资源匮乏的企业、边缘化群体以及数字化水平较低的地区排除在全球价值链之外，从而加剧数字鸿沟。

四、 数字化和循环经济中的性别考量

目前，关于性别与循环经济关系的研究仍相对有限，但现有的科学文献已指出一个一致的模式：主流循环经济话语主要关注技术效率、资源生产率和商业创新，而对性别化劳动、照护工作及分配正义的关注明显不足。Palm 等人（2024）指出，尽管不明确解决性别问题，循环经济转型可能会加剧就业、领导权和资源获取方面的既有不平等，但在大多数循环经济学术研究中，性别问题仍处于边缘地位。Pansera 等人（2024）同样认为，主流的循环经济模式往往忽视了性别分工和照护劳动的贬值，尽管这两者都是生产和消费体系组织的基础。多雷戈-维埃拉等人（2026）在对性别、生物经济与循环经济之间关联的更广泛综述中得出结论：该领域虽日趋成熟，但在可持续转型过程中，对参与度、就业质量、领导力以及利益与负担的不平等分配仍缺乏系统性关注。就中国而言，这一研究缺口尤为显著。中国关于循环经济的文献在国家战略、产业实施和绩效指标方面内容丰富，但性别维度却极少被纳入分析框架。对中国循环经济发展状况的综述侧重于政策框架、生态工业园区及实施挑战，却未系统考察循环经济转型对不同性别群体的差异化影响。这表明，尽管中国循环经济转型的规模庞大、战略意义突出，但在本土研究语境中，性别因素在循环经济分析中仍基本处于缺位状态。

关于性别与数字化、人工智能关系的研究则更为成熟，为理解数字化循环经济转型可能产生的社会影响提供了重要的视角。在各种背景下，数字化和人工智能并非性别中立：它们既能扩大就业机会、提高灵活性并提升劳动者技能水平，但也可能加剧职业隔离、算法偏见，以及决策权获取的不平等。在中国，最近的研究成果突显了这一动态的两面性。Lu 等人（2023）发现，数字经济可以通过扩大技术应用、影响劳动力需求、支持更平等的性别态度等方式，增加女性的就业机会，尽管这些收益并不能自动消除更广泛的结构性不平等。与此同时，Au（2023）指出，中国的数字包容性仍深受现有社会等级制度的影响，包括基于性别的劳动力市场分割和父权制约束，且这种影响会与年龄、受教育水平、城乡差异等因素叠加放大。对中国领先数字平台企业的研究进一步引发了担忧：Qiu 等人（2025）证明，人工智能系统可能嵌入到具有性别偏见的组织结构中——由男性主导的技术岗位继续掌控算法设计，而女性则集中于地位较低的运营和情感劳动岗位。更广泛地说，Nadeem 等人（2022）在对基于人工智能的决策系统进行系统性回顾时，指出源于数据、模型设计和治理安排的性别偏见风险依然存在。综合来看，这一系列研究表明，数字化确实能够促进更大的包容性，但必须以积极调整访问权限、提升技能水平、优化群体代表性、消解系统性偏见为前提。

性别、数字化/人工智能与循环经济这三个领域的交叉研究仍相对匮乏，但上述两个研究方向的主要启示已然清晰。数字化在循环经济实施中正日益发挥核心作用。然而，如果循环经济政策和商业模式仍然忽视性别问题，这些数字系统可能会重现

广义数字经济中已被证实的各类不平等现象，包括获得绿色岗位机会不平等、技术专长集中于男性主导岗位，以及对非正式劳动、服务劳动和照护劳动价值的低估。换言之，数字化虽可能提高循环系统的效率，但未必能使其更加公平（Palm 等，2024；Pansera 等，2024）。对于中国而言，这一结论尤为重要，因为中国的循环经济政策已高度制度化，且数字化正在制造业、物流业和平台经济等领域迅速推进，而主流循环经济研究中的性别分析却明显滞后。因此，未来研究应以更高的实证精度重点聚焦四大方向：不同性别群体如何参与数字化驱动的循环经济；基于人工智能的废物、材料和供应链管理系统是否会再现劳动分工差异或算法偏见；在基于平台的循环经济商业模式中，风险与收益如何分配；哪些政策措施能够确保数字化循环经济转型，同时实现环境可持续和性别平等双重目标。综上所述，现有学术研究得出的关键结论并非数字化或循环经济本身具有性别平等性，而是两者的交汇既蕴含重大机遇，也伴随显著挑战——这使得具有性别敏感性的研究和治理成为当务之急。

五、 关于数字化和数据驱动型循环经济关键方面的结论与建议

基于对运用数字技术实施循环经济解决方案的潜力、挑战及有效性的分析，本章总结了关于中国数字化和数据驱动型循环经济的关键结论与建议。在开始本章之前，需要特别指出的是，下文提出的建议是由中国及其他国际专家组成的国际团队通过协作得出的成果。尽管这些建议主要基于中国国情而制定，但应将其置于 SPS 框架下“相互学习”的总体思路中加以理解。因此，在适当的情况下，这些建议对其他国家也具有广泛的参考价值。

（一）数字化和数据驱动型循环经济的战略愿景与总体目标

一是应确保数字化本身具有可持续性和循环性。

政策制定者应确保将数字化作为实现循环经济的推动力。因此，关键在于支持并应用数字解决方案落实循环经济的各项“R”战略，即上游发力减量、再利用和维修等环节，下游提高分类和回收等措施的成效。必须确保将数字技术和解决方案本身的可持续性纳入中国的关键战略和政策之中。这包括以下三个方面的要求：

- 提升数字设备的耐用性、可维修性和可回收性水平。
- 推动数字基础设施和软件系统（如数据中心、人工智能模型和数字网络）节能降耗和资源高效利用。
- 建立数字解决方案应用情况的持续监测、成效评估及影响评价机制，与预期效益进行对比，防范潜在的反弹效应。

二是应采取将数字化与循环经济相结合的综合治理方法。

应将循环经济政策与数字化政策统筹纳入联合治理框架。结合中国发展实际，推进综合治理可重点落实以下举措：

- 跨越部门界限，统筹衔接数字战略、产业政策、原材料政策和循环经济战略。
- 推动环境、经济、贸易、数字化等主管部门联合制定转型路线图，协同推进循环经济转型落地。
- 确保产品设计、数据访问、产品责任和竞争政策之间的监管一致性。
- 针对选定的数字化赋能的循环价值体系，试点建立监管沙盒机制[17]。

[17] 针对数字化驱动的循环价值体系的监管沙盒，是一种纳入监管约束的试点环境。在此环境中，企业和公共机构可依托临时性监管弹性安排，开展数据驱动型循环商业模式和价值链合作模式的试点验证，以识别法律障碍、收集证据，为后续完善监管规则提供支持。

三是应推动数据驱动型治理，以增强循环经济政策的合规性，并系统促进循环商业模式的发展。

构建适配循环经济发展的互操作数字基础架构，是当前的重要任务[18]，具体涵盖通用数据模型、开放兼容标准、安全数据空间、互操作软件和数据架构等核心组件。中国、欧盟等全球主要经济体的公共机构应能够部署数据驱动的数字化解决方案，以实现更有效的公共治理，助力循环经济政策的实施、监测和监管，如押金返还机制、生产者责任延伸、再生材料含量目标、绿色政府采购、自动化验证日志、财税激励措施、回收补贴等，重点应用于电池、电子产品、纺织品、塑料和建筑等高影响行业。与此同时，互操作且可信度高的数据空间和数字生态系统不仅对公共机构至关重要，对私营部门也同样重要。它们能够提高企业间（B2B）交易的效率，并通过优化价值链各环节协同、降低运营成本，确保循环经济商业模式在运营层面和商业层面均具有可行性。可通过以下方式最大限度地提升所收集数据对治理的整体价值：

- 完善价值链中物料流和再生材料市场相关数据库建设。
- 建立健全数据使用、可信访问和安全共享的治理规则体系。
- 推行基于指标的治理模式，替代单纯的声明性目标设定方式。

（二）在全球背景下对数字产品信息系统/数字产品护照进行有效设计与治理

在全球范围内，包括中国在内的数字产品信息系统（DPIS）/数字产品护照（DPP）治理仍处于发展初期。在中国，相关实践正通过各行业的数字化应用逐步推进，尚未形成一个完全制度化的框架。这种较低的成熟度提供了一个重要的政策机遇：在分散的系统固化之前，各国政府和国际主体仍有机会主动构建治理规则与制度安排。为了发挥实效，此类框架应超越单纯的技术协调层面，确保 DPIS/DPP 始终以可持续发展和循环经济目标为导向，而非仅局限于防伪或提高供应链效率等狭隘功能。

一种以互操作性、透明度、数据保护、网络安全、问责制、适配性、包容性为核心，兼具明确的可持续发展使命，在全球范围内协调且去中心化的模式，将为建立值得信赖、公平且具有国际互联性的循环价值链提供坚实基础。对中国而言，最具前景的途径是构建一个分阶段、混合型且具有国际互操作性的治理框架。该框架既能发挥现有国内优势，又能通过更积极的国际参与来塑造全球规则。如果能在这一早期阶段进行顶层战略布局，一个支持互操作性的数字产品信息系统（DPIS）/数字产品护照（DPP）全球治理体系，将成为构建值得信赖且全球互联的循环经济体系的基础要素。

[18] 联合国环境规划署（UNEP）的《全球环境数据战略》（GEDS）可提供指导。该战略提供了一个自愿性的赋能框架，旨在加强国家、区域和全球层面的环境数据生态系统。GEDS 不会产生新的报告义务或标准，而是致力于减少碎片化、降低成本，并充分发挥各国已生成数据的价值（参见：https://www.unep.org/topics/digital-transformations/global-environmental-data-strategy-geds，2026 年 8 月 24 日访问）。

下文将结合中国国情具体要求，就全球 DPIS/DPP 治理体系的关键原则提出建议：

一是强有力的治理模式应以全球协调和标准统一为基础。

若要使 DPIS/DPP 在全球价值链中有效运作，并避免出现重复的报告系统、相互冲突的数据要求和不必要的贸易摩擦，国际互操作性至关重要。因此，各国政府应积极参与国际标准制定，并推动不同系统之间的互认机制建设。标准协调应侧重于通用或可互操作的数据模型、标识符、数字凭证、保障方法和技术架构，同时保证各国国内层面的灵活性。对中国而言，这意味着应更深入地参与国际标准化和治理讨论，特别是在纺织、电子、电池和再生材料等领域，中国制造商和供应商在全球生产网络中发挥着核心作用。中国完全有能力就哪些产品、材料和可持续性数据能够实现大规模收集，以及如何在复杂的供应链中实施全球规则等问题，提供切实可行的实践经验和方案建议。

二是有效的治理需要健全的数据治理、访问和信任框架。

DPIS/DPP 应依托基于角色的访问控制机制进行管理，在信息透明度需求与对商业秘密、知识产权及个人数据的合法保护之间取得平衡。消费者、回收商、监管机构和企业用户需要不同级别的访问权限，治理框架应充分考虑这些差异化的需求。网络安全、可追溯性、时间戳，以及明确的数据录入和更新规则，应从框架设计之初就纳入其中。全球协调、去中心化的架构或许是最优治理模式，即建立统一的标识符和元数据互操作注册库，更详细的产品信息则由制造商、平台或经认证的服务提供商以分布式方式存储。对于中国而言，这种混合模式比过早推行完全集中化或完全强制性的跨行业模式更符合国情，既能确保监管效果，又能保留制度灵活性，还能更好地保护商业敏感数据。该架构可在监管有效性与运行灵活性之间实现平衡，通过整合统一注册库与分布式存储方式，既维持必要的监管，也防范了商业敏感信息过度集中的风险。

三是治理机制必须明确价值链各环节的问责与责任划分。

政府应明确规定产品全生命周期不同阶段的主体权责，厘清各主体负责提供、更新、核验和维护的数据范围，以及确保遵守既定规则的责任。这在多层级供应链中尤为重要，因为上下游主体掌握着不同的信息。在中国，当前面临的挑战之一是实施工作仍严重依赖研究机构、标准化机构和试点平台，而作为数据生成方并承担相应责任的企业参与度仍显不足。因此，治理框架应为生产商、供应商、回收商、认证机构和技术提供商建立稳定的参与机制，并就数据更新触发条件、数据所有权，以及信息缺失或不准确时的责任归属制定明确规则。

四是适度的核查和保证机制对于在不造成过重负担的前提下建立信任至关重要。

治理应遵循风险导向的分层分级思路，允许采用公认的第三方认证方案、定向

或随机审计、数据交叉核验等方式，并确保与现有认证系统的互操作性。对所有数据点进行第三方验证在经济上可能不可行。因此，可以采用一种分层级的比例验证模式：对低风险的描述性数据采用自我声明方式；对文件和系统采用交叉核对方式，并进行自动化异常检测与校验；对材料可持续性声明采用有针对性的第三方核查方式；对高风险或存在争议的声明采用监管检查方式。对中国而言，这一原则尤为重要，因为当前对材料可持续性声明的验证仍是行业核心关切，必须防范合规成本过高、重复认证和报告负担过重等问题，这对中小企业而言尤为关键。

五是治理框架设计应兼顾相称性、可行性及分阶段实施。

治理模式的选择直接影响 DPIS/DPP 的实施成本和行政负担水平。治理框架必须保持相称性，避免不必要的复杂化和要求重复。这包括协调数据要求、简化报告流程，并在可能的情况下充分利用现有系统。系统架构应基于开放标准、机器可读格式、可检索的结构化数据搭建，形成能够避免供应商锁定的开放交换网络。在操作层面，应根据价值链中不同参与者（包括维修运营商、废弃物处理商和回收商）的实际情况选择技术类型。治理框架还应明确界定适当的分级粒度——无论是型号、批次还是单件级别——同时考虑政策目标、可追溯性需求和实施成本。中国不应过早引入过于复杂、刚性的系统，而应从一套核心的高优先级数据字段入手——如产品标识、生产商标识、材料成分、关注物质、再生含量、可维修性、可回收性、报废处理要求等——再逐步扩展至碳足迹和其他环境指标等更广泛的领域。采用试点先行和按行业推进的实施方式（“沙盒”方法），有助于在扩大规模前测试技术可行性、数据可用性、成本及互操作性。对于中国而言，鉴于制造业业态多元、供应链漫长、各企业（尤其是中小企业）数字化准备程度参差不齐，这种实施方式尤为重要。这意味着应依托工业互联网标识、编码系统、可信数据空间和行业追溯平台等现有基础设施，而不是在彼此脱节的系统之上叠加新的要求。

六是有效的全球治理必须具有包容性，并促进跨境整合。

能力建设、技术援助和适当的过渡期至关重要，能够确保中国及其他地区的小微企业和其他参与者不被排除在新兴的 DPIS/DPP 系统之外。应明确将互认和跨境整合纳入治理目标，确保单一司法管辖区生成的数据能在其他司法管辖区被访问、解读并获得信任。这对畅通全球循环价值链、降低重复报告和跨境合规成本都至关重要。此外，获取关键 DPP 信息不应完全依赖持续的互联网连接。为保障不同情境下信息的可用性，政策制定者应允许在产品、包装、标签、用户手册或其他随附物品上提供多种载体选项（包括在线销售情境），同时兼顾成本、耐用性、可回收性和功能性之间的权衡。对于中国而言，应将与欧盟 DPP 系统及其他国际框架的互操作性视为战略重点——这不仅是为了支持出口竞争力，也是为确保国内 DPIS/DPP 的发展能够促进绿色产业升级、“双碳”目标实现、资源循环利用、绿色供应链管理和可持续国内消费。

（三）融资、技术援助与国际合作

数字循环经济转型的成效不仅取决于治理规则和系统架构是否完备，还取决于投资流向、补贴框架和公共支持机制是否与数字化、数据驱动的循环经济转型相契合。在中国，这一议题尤为及时，因为《中华人民共和国国民经济和社会发展第十五个五年规划纲要》高度重视人工智能、数字技术、先进工业升级和绿色转型，这为推动数字投资更精准地对接循环经济应用领域创造了重大机遇，避免将数字化与循环经济视为各自独立的政策轨道。这意味着公共投资、产业补贴和创新支持应日益优先考虑那些能够改善可追溯性、提升物料流透明度、核验再生材料含量、搭建维修与再利用体系、优化循环供应链管理、促进产品全生命周期数据共享的数字基础设施。

中国资源循环集团有限公司的成立在这方面具有重要意义[19]：作为一家新组建的中央企业，其以资源回收与再利用为核心业务，衔接更高效、多层次回收体系建设，可发挥战略性制度锚点作用，推动金属废料、动力电池、电子产品、塑料、纺织品及报废可再生能源设备等领域数字化驱动的循环经济体系规模化发展。然而，要充分发挥其作用，此类投资不应仅关注实体回收能力建设，还应支持布局必要的数字基础设施，确保二次原材料市场更加透明、可验证且具备互操作性。

从政策设计角度来看，这意味着三项优先事项：

- 融资框架应明确将中国的循环经济优先事项（如资源效率提升、再利用、维修和回收）与包括人工智能、工业数据系统、可信数据空间、产品可追溯性和自动化验证在内的数字能力建设相衔接。

- 国际合作应支持各国政府在资本投资之外，提供技术援助、能力建设及实施支持，重点覆盖那些难以满足数据相关要求的中小企业和供应链参与主体。

- 国际合作不仅应用于标准对接，还应用于构建共享的伙伴关系模式。在这方面，德国政府发布的《〈国家循环经济战略〉实施行动计划》[20]具有参考价值。该计划强调，循环经济转型需要将以创新为导向的环境政策与战略性产业政策相结合，同时保持开放性、减少不必要的行政流程并加强国际合作。基于这一逻辑，关于循环经济的政策对话可为深化中欧合作及更广泛的国际合作提供重要范例。此类合作有助于支持互操作性数字基础设施的建设，培育可信认证体系和再生材料市场，并提升价值链整体韧性。上文提出的各项操作性建议——包括将数字系统嵌入生产者责任延伸（EPR）体系、设立回收补贴、构建合规体系、核查工作流程等——将有助于确保数字治理得到必要的财政、体制及国际合作机制支持，推动包容性循环经济在实践层面落地见效。

[19] 更多信息参见：https://www.iea.org/policies/25207-establishment-of-the-china-resources-recycling-group，2026 年 7 月 21 日访问。

[20] 2026 年 6 月 3 日经德国内阁表决通过。

六、 总体政策建议

本章提出了在中国推动高质量循环经济发展所需的总体政策建议。相关建议突破了 SPS 智能数字化的局限，涵盖了对循环经济整体成功至关重要的各类关键因素[21]。

（一）“十五五”期间，坚持以绿色高质量发展理念为引领，将循环经济深度融入生态文明建设、“双碳”目标和资源安全战略等国家顶层战略，推动循环经济发展路径主流化，系统构建高质量循环经济体系

一是建议政策框架应明确废物的优先级制度，将源头减量、再利用、维修和再制造置于回收和资源化利用之上，并制定反映该制度的约束性目标和配套激励机制。建议加强循环经济发展目标与经济政策、“双碳”目标和产业政策的协同衔接。在《“十五五”循环经济发展规划》《固体废物污染防治“十五五”规划》、各重点行业发展规划等专项规划中，推动循环经济从“废弃物回收”向“以价值为导向的资源回收与利用”及“产业链协同降碳”转变，并围绕重点领域（再生材料使用比例、主要再生资源回收率、主要废弃物循环利用率等）设定具有约束力、可量化和可操作性的目标。探索将资源循环利用相关指标纳入国家综合评价和考核体系，推动高资源消耗、高排放行业加快向低碳循环模式转型。

二是建议加快推动《中华人民共和国循环经济促进法》修订，并结合《生态环境法典》实施，健全循环经济基本管理制度体系。围绕生产者责任延伸制度、绿色设计、强制回收名录等核心制度，针对电池、光伏组件、风力涡轮机、包装和低价值可回收物再生材料利用等关键领域的制度设计和政策安排，进一步明确制度内涵、适用范围、责任主体、目标要求、激励约束和监督管理机制。研究完善配套激励政策和监管机制，提升循环经济制度体系的系统性、协同性和政策实效。

三是建议深化、完善和落实高质量循环经济体系建设所需的基础设施和要素保障机制。在落实固体废物综合治理行动计划及相关政策时，指导地方安排不少于 1%的工业用地指标，专项用于资源循环利用设施建设[22]；推广“反向开票”[23]等有利于再生资源规范化回收利用的政策工具，并完善税收制度、价格机制、政府采购等支持政策。进一步加强对固体废物资源循环利用企业的专项监督执法，依法依规清理整治违法违规经营主体，维护公平有序的市场环境。

---

[21] “智能数字化”的第三项建议与第 5 章关于数字化和数据驱动型循环经济的结论与建议部分重合。

[22] 《固体废物综合治理行动计划》要求地方政府专门划拨“不少于工业用地 1%”的土地，用于建设资源回收利用设施，旨在解决中国循环经济发展中的一大关键瓶颈：长期以来，回收、分拣和危险废物处理类设施普遍缺少经合法规划且有保障的建设用地。通过规定固定的最低土地配额，并辅以优惠的土地供应政策，中央政府旨在降低回收基础设施投资的风险，加快构建本地化的“从收集到利用”闭环体系，并将循环经济设施直接纳入区域产业规划。

[23] “反向开票”是指由买方（付款方）代卖方（收款方）开具发票的方式，这与传统的由卖方向买方开票的流程相反。在中国，税务机关允许资源回收企业在收购废旧物资时，代自然人销售者（公民）开具发票。这种做法有助于企业合规经营并顺利办理税款抵扣。

四是继续扩大和深化“无废城市”和“废旧物资循环利用体系建设重点城市”等建设工作，推动“两重”和“两新”[24]等资金向“无废城市”和循环经济重点领域（如二次原材料集散中心建设、逆向物流基础设施强化、再利用和维修能力提升）倾斜；统筹设立循环经济专项资金和固体废物管理专项资金，支持重点地区、重点行业和重点品类开展循环经济体系建设、固体废物综合治理和资源循环利用能力提升，推动固体废物环境管理与循环经济工作高效协同。资金支持方向应从一般性能力建设转向可落地、可核算、可形成产能的重点工程和关键环节，优先支持再生资源回收分拣加工体系建设、关键再生材料高值化利用、工业固体废物和大宗固体废物规模化综合利用、再制造和再生材料替代示范、园区循环化改造、循环产业链协同建设，以及光伏组件、电子电器、纺织品等重点品类循环利用。同时，配套支持循环经济碳减排核算、产品全生命周期管理，以及基于人工智能的循环商业模式、数字化追溯与监管平台建设，为财政资金绩效评价、绿色采购、碳市场衔接和再生材料市场应用提供支撑，推动循环经济从“末端治理”和“清洁生产”向“资源保障、产业链安全和系统减碳”升级转型。

五是建议强化循环经济工作部际联席会议机制，进一步完善国家层面循环经济统筹协调和部门联系机制，加强国家发展改革委、生态环境部、工业和信息化部、财政部等相关部门之间的统筹协调，强化循环经济发展与经济、工业、能源、环境、气候等政策体系的协同联动。针对当前循环经济相关管理职能分散、政策工具衔接不足等问题，研究推动部门职责协同和政策体系整合，形成目标一致、责任清晰、政策协同、实施有力的新循环经济治理格局。

（二）聚焦重点行业和关键品类，推动循环经济从资源回收向高值利用升级，着力培育绿色低碳产业新动能

一是建议围绕钢铁、有色金属、塑料、玻璃、纺织品、建筑材料等重点行业和品类，建立“一行业一方案”“一品类一路径”的循环经济推进机制，推广规范企业名单、白名单管理等成熟经验，推动循环经济深度嵌入行业绿色低碳转型和产业升级进程，以资源循环利用支撑行业发展战略跃升。

二是建议围绕新能源领域退役产品规模化增长趋势，重点针对废旧动力电池、退役光伏组件和风机叶片等品类，在已布局的规范回收和安全处置产能基础上，加快高值化利用关键技术研发、标准制定和示范应用，提升资源循环利用质量和水平。

三是建议围绕钢铁、有色金属、塑料、玻璃、纺织品和建筑材料等重点材料和产品，推动再生材料高值化转化关键技术与设备的研发投入，同时加大生物基等替代材料的研发力度，推动再生材料、高质量再制造产品和低碳替代材料协同发展，降低对原生化石基资源的依赖，实现循环经济新动能培育与减污降碳协同增效。

[24] “两重”指国家重大战略实施和重点领域安全能力建设，“两新”指大规模设备更新和消费品以旧换新。

四是建议围绕煤基固体废物、磷石膏等大宗工业固体废物，研究出台切实可行的宏观调控政策和行业推行方案，大力推进规模化消纳、环境污染治理和高值化资源利用，建立“一品一库一策”[25]的风险防控和资源化利用体系。结合《生态环境法典》实施，强化部门协同，加快研究制定固体废物综合利用标准，明确有毒有害物质限值和环境风险管控要求，提升工业固体废物资源利用价值和环境安全水平。

五是建议结合《生态环境法典》的实施，围绕电子电器、纺织、包装等重点行业系统设计可实施的生产者责任延伸制度，明确责任主体、回收目标、履约方式、评价机制，以及作为激励产品创新的差异化许可费、信息披露和监管要求。加快修订《废弃电器电子产品回收处理管理条例》，探索建立废弃电器电子产品回收目标责任制。

六是建议稳步推进再生材料使用政策。针对基础条件较好的行业和材料，探索设定分行业、分品类的再生材料使用比例目标并进行试点，逐步从鼓励性目标向约束性要求过渡。加强培育再生材料市场，完善再生材料产品标准、质量认证标准和相关产品碳足迹认证体系，建立可识别、可追溯、可核验的再生材料标识制度，提升再生材料产品的市场辨识度和公信力，促进再生材料从“能用”向“愿用、优先用、规模化用”转变。

（三）强化数智化赋能，构建可信、安全、协同的循环经济全生命周期数据治理体系

一是建议形成适合中国国情、兼顾国际衔接的循环经济数字治理体系。加快推动数字产品护照、产品全生命周期管理、再生材料溯源管理、再生材料和产品碳足迹核算、生产者责任延伸数字化管理等工具的研究、设计与应用。应明确相关方的责任，以及数据提供、核查、获取和使用的基本规则；采取分阶段、基于风险的实施方法，并加强国际协调、标准制定、互操作性建设和相互认可。国际协调应以切实可行的国内治理框架为基础，侧重于兼容的数据要求、技术接口和核查方法，而非直接照搬外部的制度模式。

二是建议建立国家层面的再生材料溯源追踪和信息化管理体系，针对电器电子产品、汽车、包装等重点产品和重点材料，率先开展数据采集、共享、核验和监管机制研究，解决再生资源来源不清、流向不明、碳减排贡献核算难等问题；探索运用区块链、物联网、人工智能、隐私计算等技术，开展再生材料或产品的数据管理与共享技术研究，提升数据可信度、安全性和可追溯性；在运行机制方面，探索由政府部门监督引导、第三方平台运营的模式。

三是建议落实《生态环境法典》相关要求，建立国家层面的固体废物全生命周期溯源追踪和信息化管理体系，推进固体废物产生、收集、贮存、转移、利用、处置等

[25] 指针对每一种重要原料，开展特定场地的风险评估，并量身定制修复方案。

全过程监控和信息化追溯。

四是建议加强循环经济数据标准和接口规范研究与建设，并与国际标准制定机构开展合作，建立统一的数据分级分类、编码、采集、核验、授权和脱敏共享规则。推动监管部门、重点行业、重点企业、第三方认证机构之间的数据互联互通，打通跨部门、跨地区、跨产业链的数据孤岛，提升循环经济政策执行效率和监管效能。

五是建议加强循环经济与产品碳足迹、绿色供应链和绿色贸易规则之间的数据衔接。推动再生资源回收利用、再生产品应用、资源梯级利用、再制造等典型循环经济行为的碳减排核算方法和 CCER 方法学研究，完善碳数据管理，为产品碳足迹评价、绿色低碳产品认证、CCER 交易机制建设、国际绿色贸易规则衔接提供基础支撑。

六是建议建立面向安全循环的新污染物和有害物质风险识别与综合决策信息系统。围绕电子电器、纺织、塑料等重点领域，防止新污染物和有毒有害物质在资源循环利用过程中迁移、累积和扩散，推动循环经济从“可回收”向“可安全循环、可高值利用”升级。

七是建议中国应确保将数字化作为推动循环经济的赋能因素加以管理，支持从“减量、再利用、维修”等上游措施到“分类、回收”等下游措施的全部循环经济战略。与此同时，数字技术本身的可持续性应纳入国家战略和政策之中。这应包括对数字设备耐用性、可维修性和可回收性的要求，以及对数字基础设施、软件、数据中心、人工智能模型和网络在能源与资源利用效率方面的要求。政策制定者还应建立常态化监测、评估和影响评价机制，以验证政策实施成效并防止反弹效应。

（四）加强需求侧市场培育，建立再生材料和产品长期稳定需求机制

一是建议强化政府绿色采购和公共工程的示范带动作用。推动政府采购、公共基础设施建设、市政工程、公共机构运营等领域，在符合质量、安全和性能要求的前提下，研究制定耐用性、可维修性、再生材料、再生产品和再制造产品的政府采购标准，并优先采购和使用相关产品，形成公共部门对循环产品的稳定需求和示范效应。

二是建议加快培育再生材料和再生产品的市场环境，推动再生材料价值从“环境效益”向“市场价值”转化。将再生材料或产品的使用情况纳入绿色生态价值评价、企业绿色绩效评估、绿色供应链评价、ESG 和企业可持续发展信息披露体系中，提升企业使用再生材料和循环产品的积极性。

三是建议率先在中央国有企业和地方国有企业绿色供应链建设和管理体系中，将再生材料、再生产品和再制造产品的使用纳入评价和考核体系。鼓励国有企业在汽车、电子电器、建筑材料、包装、纺织品、办公用品等重点采购和生产场景中，明确再生材料使用要求，带动上下游企业提升再生材料应用比例和产品循环水平。

四是建议完善面向消费者和市场主体的绿色产品标识与认证体系。针对当前绿色、低碳、节能等标签和认证体系分散的问题，加强统筹衔接。探索在现有强制性节能产品标签等基础上进行内涵扩充，将耐用性、可维修性、可回收性等相关指标纳入节能产品标签，提升消费者和生产者对循环产品的识别度和信任度。

五是建议加强绿色消费引导，提升公众对再生材料和产品的接受度。加大对高质量再生材料和产品、循环包装、二手商品、维修服务、共享服务等循环消费模式的宣传推广力度和媒体关注，探索平台企业间循环绿色权益的互认机制，探索在全国节能宣传周期间设立“循环日”或开展循环经济主题活动，推动循环经济理念进入公众消费场景和社会传播体系。

（五）深化国际交流与合作，促进中国循环经济规则与国际衔接，提升全球价值链影响力

一是建议支持中国相关机构积极参与国际循环经济相关标准的制定流程和规则讨论，加强国内循环产品认证、再生材料认证、产品碳足迹、数字产品护照、生产者责任延伸等标准体系与国际规则的对标衔接，推动中国与欧盟等重点市场在标准、认证、核算和信息披露等方面开展交流、互认和合作，提升中国循环产品、再生材料和绿色供应链的国际认可度。

二是建议中国积极参与，与德国等伙伴国家共同推动国际多边议程中的循环经济议题并扩大其影响，依托 G20、WTO、APEC、WEF 等主流国际经贸平台，推动循环经济与绿色贸易、产业链供应链韧性、资源利用效率、绿色增长等议题深度融合；依托联合国气候变化大会、全球塑料公约谈判等国际环境会议和多边机制，强化循环经济对气候治理、塑料污染治理和资源安全的贡献，并推动中国实践经验与国际规则体系融合与衔接。

三是将循环经济纳入“南南合作”等国际合作框架。支持与相关国家在再生资源回收利用、绿色产业园区建设、固体废物综合治理、“无废城市”建设、再生材料标准制定和监管能力建设等方面开展务实合作，推动建立合规、安全、可追溯的再生资源和再生材料跨境流动规则，促进绿色资源循环利用和国际绿色价值链建设，传播中国循环经济和“无废城市”等实践经验。

四是积极开展循环经济二轨对话交流，并积极创造条件推动形成 1.5 轨乃至一轨对话机制。通过双边或多边政策对话、专家交流、企业合作等方式，增进国际社会对中国循环经济政策、产业实践和治理经验的理解，增强互信，共同推动全球循环经济和气候治理多边进程的协同发展。

附录

附录 A 欧盟循环经济政策最新动态

《循环经济法案》

欧盟拟议的《循环经济法案》（CEA）预计将于 2026 年第三季度出台，正逐渐成为环境政策、产业战略与经济安全交汇处的一项核心立法举措。该新法案以欧盟此前制定的循环经济行动计划为基础，旨在将循环经济理念更深入地融入单一市场及欧盟竞争力议程的核心。根据当前的讨论，预计《循环经济法案》将有助于到 2030 年使欧盟循环材料利用率翻一番，达到 24%，同时完善二次原材料市场，并降低欧盟对进口原生及关键原材料的依赖。与此同时，该法案不仅被视为一项环境议题，更日益被定位为“清洁工业协议”以及更广泛的战略自主和工业韧性推进计划的一部分。

若干结构性挑战正在影响该法案的制定进程。首要问题是欧盟对关键原材料进口的持续依赖，且锂和稀土等部分战略性材料的回收率极低。第二个问题是二次原材料单一市场呈现碎片化，这主要源于各国在“废弃物终结”规则、标准和行政程序上的差异。第三个问题涉及循环经济政策的总体方向：该法案是仅致力于提高回收效率和改善再生材料的市场条件，还是同时致力于实现材料使用量和废弃物产生量的绝对减量？鉴于当前欧盟的材料使用量与“行星边界”之间仍存在持续差距，这一问题正变得日益重要。

当前的政策辩论表明，《循环经济法案》很可能将侧重于三个广泛领域：建立一个更加协调统一的循环经济单一市场、提升关键原材料的回收利用率，以及加强二次原材料市场的建设。在实践层面，这体现为讨论统一“废弃物终结”的标准、制定更清晰且一致的“生产者责任延伸”（EPR）规则、落实更强有力的需求侧措施（如再生材料含量强制性要求和绿色公共采购机制），以及出台旨在提升分类收集、分拣和回收能力的各项措施。此外，业界对数字工具（包括数字产品信息和简化版报告系统）的关注度也持续提升，将其视为改善政策实施成效和市场运作效率的途径。

与此同时，一项重要的政治辩论仍无定论，即该法案能否切实支持更高维度的循环经济战略，如废弃物源头减量、再利用、维修和产品寿命延长。科学机构、非政府组织和一些成员国强调，仅靠回收无法有效减少欧洲的材料足迹，也难以实现循环经济目标。他们认为，《循环经济法案》应突破传统废物管理的逻辑框架，纳入更强有力的上游措施，包括设立耐用和可维修产品的激励机制、完善再利用体系支持举措，以及制定基于科学依据的材料消耗减量目标。然而，近期围绕影响评估的讨论表明，与回收、市场协调和废物立法相比，废弃物源头减量可能仍处于从属地位。

《循环经济法案》的制定也反映出围绕竞争力、可负担性和环境完整性所存在的更广泛矛盾。一个主要的经济挑战在于，再生材料往往比原生材料更昂贵，或者被认为质量较差。这削弱了推行循环经济的商业合理性，并给制定能够弥合价格差距的经济手段带来了压力。与此同时，人们越来越担心，如果不充分解决无毒材料循环的问题，过度侧重回收利用和材料回收可能会加剧有害物质的流转。该风险在关于再生材料、焚烧残渣和二次原材料质量的相关讨论中尤为突出。

利益相关方的立场既体现了对该倡议的广泛支持，也反映出各方在侧重点上的显著差异。行业参与者普遍支持建立一个协调统一且有利于投资的制度框架，以壮大二次原材料市场并降低监管碎片化问题的影响。非政府组织、消费者组织和工会则呼吁采取更具雄心且兼顾社会公正的实施路径，在材料循环过程中优先考虑废弃物源头减量、再利用、维修、安全，以及劳动者参与，同时确保循环经济转型有助于减少资源消耗，而非仅仅提高废物处理效率。成员国和欧盟机构普遍支持《循环经济法案》，但在以竞争力为导向的实施路径与对更高环境目标的要求之间仍存在矛盾。

2026 年春季的一系列重要事件，包括高级别对话以及影响评估的最终利益相关方会议，证实

了这些趋势。这些事件表明，机构层面高度关注协调统一、回收利用、二次原材料以及生产者责任延伸（EPR）改革，但也加剧了各方的担忧：源头减量、再利用和维修在正在制定的提案中可能未被充分重视。此外，《循环经济法案》与《报废电子电气设备指令》两项修订工作之间的联动关系，以及焚烧处置、有毒物质管控和“搭便车”等问题最终将如何解决，仍存在不确定性。

总体而言，《循环经济法案》正发展成为一项具有重要政治意义且影响深远的倡议。其最终成效将取决于该法案究竟是主要作为提高回收和二次原材料市场效率与竞争力的框架，还是演变为更具变革性的工具——既涵盖完整的废物分级处理体系，又降低欧盟的材料足迹，并助力构建真正循环、无毒且富有韧性的经济体系。

不同立法案卷概述

表 5：欧盟循环经济立法的最新进展

名称	进展
《废弃物框架指令》（WFD）	计划于 2026 年对该指令进行例行评估。修订内容涉及简化与生产者责任延伸（EPR）体系相关的义务[26]，以及停用 SCIP 数据库，其功能预计将由数字产品护照（根据 ESPR 规定）所涵盖
《包装和包装废弃物条例》（PPWR）	该条例在生产者责任延伸（EPR）方面进行了调整，并通过发布配套文件进行了相关说明
《电池法规》	2025 年的更新引入了修订后的定义，强化了轻型运输工具所用电池的可拆卸性和可替换性要求，并修订了关于高度关注物质（SVHCs）的标签义务
《车辆设计和报废车辆管理循环经济要求条例》	2025 年底，立法机构之间达成了协议（“三方会谈”）。该条例旨在促进循环经济设计，为汽车塑料设定了再生材料含量目标，并建立了“数字产品/循环汽车护照”制度。此外，该条例还涉及消除有害物质以及在汽车行业实施生产者责任延伸（EPR）规定
《废弃物转移条例》（WSR）	计划采取的措施包括将特定非危险废物类型纳入“绿色清单”，以及简化“数字废物转移系统”（DIWASS）的运作流程
《一次性塑料指令》（SUPD）	计划于 2026—2027 年进行的定期评估将评估该指令的有效性、效率、相关性、一致性，并对欧盟层面的附加值作出研判
循环经济小型一揽子计划	这项短期举措旨在为即将出台的《循环经济法案》（CEA）提供补充。其重点在于通过制定塑料废弃物的“废弃物终结”标准、起草一份实施法案（该法案将明确说明化学回收塑料如何有助于实现《一次性塑料指令》下的再生材料含量目标），以及重启“循环塑料联盟”，最终提升塑料行业的循环性
《循环经济法案》（CEA）	即将出台的《循环经济法案》（CEA）旨在强化废物和二次原材料的单一市场，从而增加优质再生材料的供应，并刺激整个欧盟范围内对循环产品、服务和商业模式的需求
环境理事会结论	尽管这些结论不具有法律约束力，但为欧盟的环境优先事项提供了战略指导。环境理事会呼吁加大力度，优先落实“废物分级处理原则”中的较高层级，探索能够为循环经济与线性商业模式创造公平竞争环境的经济手段，并加强对产品耐用性、可维修性和再利用性的激励措施。环境理事会还强调应及时、有效地实施《可持续产品生态设计条例》（ESPR）

来源：根据欧盟委员会（2025a、2025b）、欧盟委员会环境总司（2025）、欧盟理事会（2025）相关文件总结。

[26] 欧盟委员会将暂停一项规定，该规定要求欧盟境内生产商：即便未在某一成员国设立分支机构，若在该国销售产品，则应在该国指定授权代表履行生产者责任延伸（EPR）相关义务，同时暂停推行统一的生产商登记册格式。此举将对《报废电子电气设备指令》《包装和包装废弃物条例》（PPWR）、《电池法规》（BatR）和《一次性塑料指令》（SUPD）产生影响。

附录 B 塑料废弃物的“废弃物终结”标准

表 6：塑料废弃物“废弃物终结”（EoW）标准情况说明

挑战	根据《废弃物出口条例》（WSR），从 2026 年 5 月起，将禁止向非经济合作与发展组织（OECD）国家出口塑料废弃物（EC，2025b），同时，二次原材料的贸易不应受到限制，而应得到促进。在此背景下，市场经营者需要明确界定“废弃物”与“二次原材料”的界限。由于缺乏统一标准，各成员国进行二次原材料贸易时执行不同的规则，这给回收商和出口商带来了市场准入壁垒和法律不确定性
目标	“废弃物终结”标准旨在明确材料何时不再具有废弃物属性，从而确定在何种条件下，再生塑料可以作为*产品*投放市场，而非*受废弃物*监管制度约束，以此确保回收产出具有高品质，并促进（更）清洁的循环材料流
措施设计	根据《塑料实施法案》草案，再生塑料（即回收产物）不再被视为废物，必须具备以下条件： • 源自符合以下条件的**输入**材料： o 根据《废弃物框架指令》（WFD）和《关于危险废物的指令》，该原料不得被归类为“危险废物” o 根据 CLP/REACH 法规可能含有危险物质，或持久性有机污染物（POPs）浓度超过监管限值，但其最终产出物在 CLP/REACH 法规下不被归类为危险物质，或其 POPs 浓度低于限值，或符合 REACH 法规的授权规定 o 可源自报废电子电气设备（WEEE）、报废机动车（ELV）、废旧电池或拆除废料，但仅限于已履行所有适用于危险物质的强制性处理要求的情况 o 不包括医疗废物和用过的吸收性卫生用品 • 该再生塑料必须**通过机械或溶剂回收方式进行回收**[27] • 该再生塑料无须进一步处理**即可直接用于生产新的塑料产品**[28] • 只有当**杂质含量**小于 1.9%（重量百分比）时才**允许**含有**杂质**[29] • 若用于出口，仅限单一热塑性聚合物，聚乙烯（PE）、聚丙烯（PP）、聚对苯二甲酸乙二醇酯（PET）的混合物除外 • 在作为食品接触材料使用前，必须进行去污处理 • 生产商和进口商必须出具符合性声明并建立质量管理体系，采取控制措施以检测危险废物和有害物质
目标群体及影响	塑料回收企业必须符合“废弃物终结”（EoW）标准的要求并运行质量管理体系。废弃物出口商和进口商必须确保所运输的材料符合 EoW 标准。这两个目标群体均可从法律确定性中获益。认证和审核机构负责符合性评估程序，对回收企业进行评估。国家主管部门的角色是监督和执法。产品制造商则能通过采购符合 EoW 标准的再生塑料而获益

[27] 回收过程不得故意改变输入材料的分子量。
[28] 必须符合欧盟产品法规及行业规范或标准。
[29] 对于根据事先书面通知和同意程序进行分类和运输的材料，其含量应低于重量的 2%。

潜力、局限与权衡	根据利益相关方**在欧盟委员会"畅所欲言"（have your say）门户网站上，**针对*《关于欧盟范围内塑料废弃物"废弃物终结"标准的实施条例草案》*所发表的**反馈**意见（European Commission，2026b），最主要的观点可归纳为三大核心主题——**潜力、局限与权衡**： **1. 潜力——利益相关方眼中的益处** • **建立统一的欧盟再生塑料市场**：许多参与者对该提案持积极态度，认为这是统一"废弃物终结"标准、减少各成员国的解读分歧、助力再生塑料跨境贸易更加顺畅的契机 • **促进循环经济与投资**：行业参与者强调，可预见的规则能够释放高质量回收设施的投资潜力，并推动制造行业扩大再生塑料的使用规模 • **提高法律确定性**：清晰的欧盟层面标准可界定材料何时不再被视为废弃物，从而减轻行政和运输方面的负担 **2. 局限性——引发的担忧** • **严格的纯度和质量标准**：部分利益相关方担心，拟议的污染物阈值和安全要求可能会将大量可回收塑料排除在外，尤其是混合废料或消费后废料流 • **小型回收企业面临的行政负担过大**：中小企业和回收企业表示担忧，认为相较于其规模，文件记录和质量管理体系（QMS）的义务可能过于严苛，成本压力过大 • **与现有法规的协调性不足**：反馈意见指出，该提案与其他法规框架（尤其是 **REACH 法规**、CLP 法规和**持久性有机**污染物法规）存在条款重叠或规定不一致之处，这可能引发监管摩擦或执行混淆 **3. 权衡取舍——目标雄心与实施可行性之间的平衡** • **环境保护与资源回收**：环保组织普遍支持采取严格管控措施，以防止有害物质流入再生材料；而业界则呼吁设定务实的限值，以确保方案具备经济可行性 • **统一性与灵活性**：部分成员国主管部门和回收企业强调统筹协同至关重要，但同时认为标准应保持灵活性，以适应技术进步和当地回收行业的实际情况 • **欧盟范围与出口影响**：随着废物出口新规出台，特别是根据**《欧盟法规》（EU）2024/1157**，"废弃物终结"（EoW）的标准一方面被视为确保只交易安全、高质量再生材料的工具，另一方面也可能成为潜在贸易壁垒，前提是合规成本限制了相关主体的国际竞争力
框架和/或配套措施	• 针对其他废弃物（如纺织品）的"废弃物终结"标准（参见 JRC 的优先排序） • 为促进二次原材料应用而设定的再生材料含量要求 • 《废弃物战略审查》（WSR）禁止向非经济合作与发展组织国家出口塑料废料的规定 • ……

来源：根据 EC（2025c、2025d）相关文件总结。

附录 C 贸易协定中的数字化与循环经济

将循环经济原则纳入贸易协定的现状如何？

将循环经济原则纳入双边和国际贸易政策的工作正在推进，且不再局限于废物政策领域。但这一进程仍不均衡，且整体尚处于相对早期阶段。

循环贸易大致可分为五大类（见**错误!不能识别的开关参数。**）：

- 促进循环经济发展的货物（如再制造和回收设备）。
- 促进循环经济发展的服务（如循环经济设计技能、租赁服务、维修服务）。
- 相关知识产权（如维修和再制造的技术说明及操作指南）。
- 二手商品（状况良好，可在二级市场直接转售、维修、翻新、再制造或回收利用）。
- 无法在国内处理，但可在二级市场回收并用于初级生产的二次原材料、无害废弃物、废料及残余物（Barrie et al.，2022）。

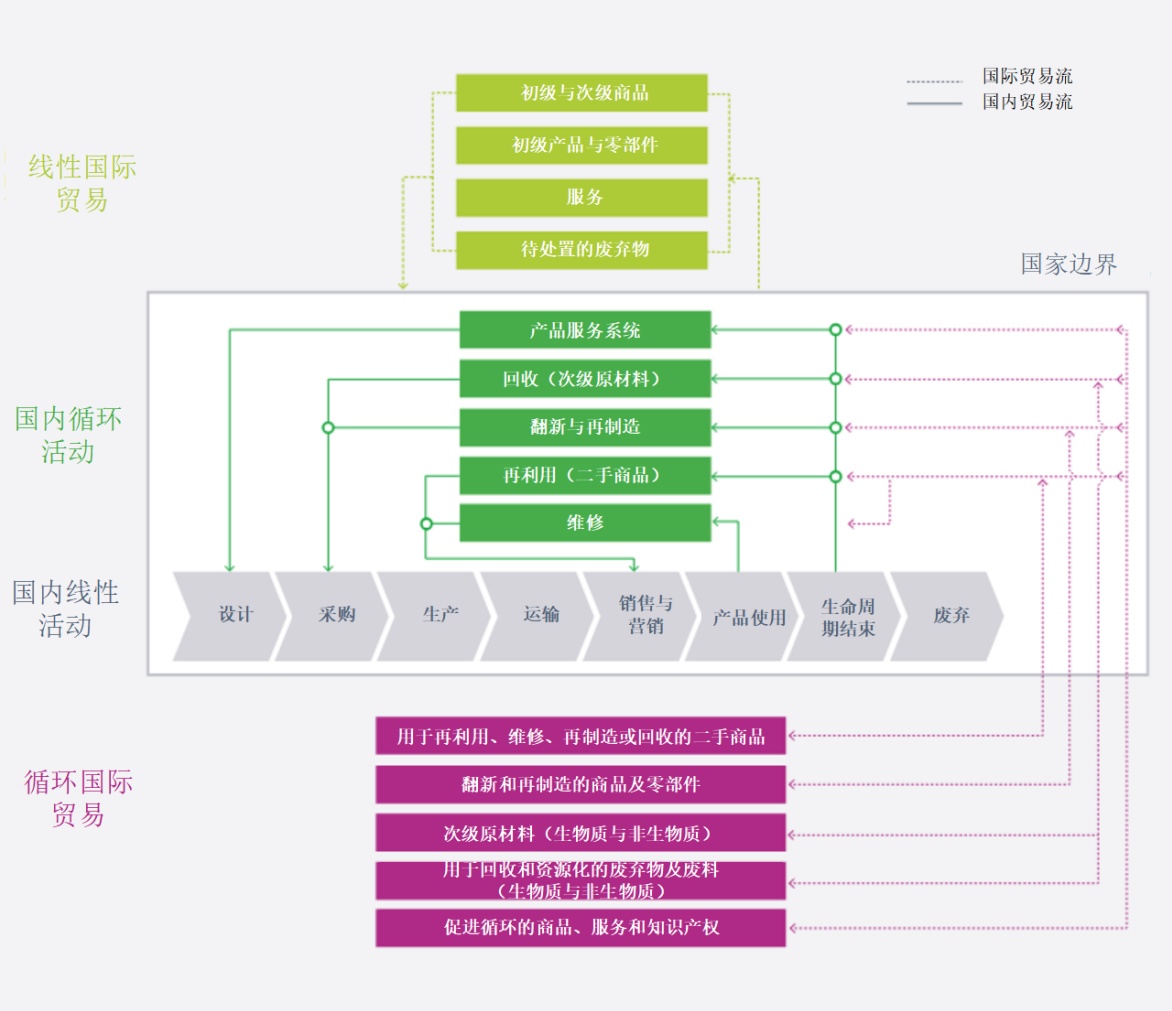


图 1：线性、国内循环和国际循环贸易流[30]

[30] 根据 Barrie 等人 2022 年的研究成果总结。

目前，循环经济正通过以下三个主要渠道进入国际贸易治理领域：

首先，各国政府越来越多地出台具有贸易影响的国内循环经济法规，内容涉及生态设计规则、可维修性要求、再生材料含量强制规定、生态标签、生产者责任延伸（EPR）计划、禁止销毁滞销商品，以及可回收性和耐用性标准。经济合作与发展组织（OECD）的数据显示，2009 年至 2021 年间，共有 520 项与循环经济相关的措施向世界贸易组织（WTO）进行了通报，其中 271 项涉及上游循环经济政策；此外，2017—2021 年间，根据世界贸易组织《技术性贸易壁垒协定》提交的通报数量比 2012—2016 年间增长了三倍（Yamaguchi，2024）。

其次，贸易协定本身已开始纳入循环经济理念，但相关条款覆盖范围有限，且大多采用间接的方式体现。经济合作与发展组织指出，关于贸易与循环经济之间关联的讨论，在多边规则（如全球塑料污染、电子废弃物贸易）和区域贸易协定的背景下日益增多，但该领域仍处于发展阶段。国际可持续发展研究所（IISD）对区域贸易协定的评估指出，尽管欧盟已发挥了引领作用，但区域贸易协定中关于循环经济的表述仍处于“萌芽阶段”（Bellmann & Sell，2021）。2020 年，欧盟委员会在《循环经济行动计划》中明确指出，欧盟将“确保自由贸易协定体现循环经济的高标准目标”，这是主要贸易方为将循环经济理念纳入贸易协定所作出的最明确的政策承诺之一。然而，最近签署的《欧盟-南方共同市场自贸协定》并未包含支持循环经济发展的具体条款，仅列出了一套一般性原则（Oger & Hiller，2022）。

第三，双边和多边贸易讨论日益活跃。在世界贸易组织“贸易与环境可持续性结构化讨论”（TESSD）框架下，各成员国组建了循环经济非正式工作组。该工作组的工作重点已从梳理现有措施转向探讨如何推进该议程。2025 年的讨论侧重于纺织品、电池、电子产品和可再生能源等优先领域的实际贸易相关问题。在世界贸易组织梳理的已通报措施中，大多数措施仍针对产品生命周期末端管理，而非产品和供应链的上游转型。

循环经济原则显然正在融入贸易政策，但这更多是通过国内产品监管、世界贸易组织讨论和软法合作实现的，而非具备完整约束力的正式条约。目前，循环经济治理正在全球范围内扩大规模，但仍然分散且协调不足。查塔姆研究所（Chatham House）在其 2024 年的报告中指出，“重构全球贸易体系”和“制定共同标准和指标”是使循环经济在全球范围内有效实施的五大优先事项中的两项（Schröder & Barrie，2024）。

这种一体化对推动全球层面的循环经济具有怎样的潜力，又面临哪些关键挑战？

在全球层面，深化贸易一体化至少可通过四种方式推动循环经济发展：一是降低循环商品和服务的关税及非关税壁垒；二是扩大二次原材料市场的规模；三是在供应链中推广循环产品标准和商业模式；四是培育规模更大、预期更稳固的市场，使回收、再制造和维修领域的投资具备商业可行性。

与此同时，挑战也是巨大的。首要挑战是监管碎片化。各国制定循环经济规则的进度各不相同，其定义、标准、测试方法和信息披露要求也各异。当上游循环经济政策的要求难以验证、缺乏透明度、具有歧视性或对贸易形成不必要的限制时，便可能引发贸易摩擦。有必要通过规则协调、等效认定和相互承认机制缩小监管差距，防止规则支离破碎、交易成本不断上升。

另一个挑战在于，政策关注点仍过多地偏向下游废弃物治理，而非上游转型。TESSD 研究发现，向世界贸易组织通报的措施中，54%涉及产品报废或废弃物处置，而上游转型类措施仅占约 30%。这一点至关重要，因为真正的循环经济有赖于产品设计、耐用性、可修复性、模块化、拆解和再利用，而不仅仅依靠提升回收利用水平。

最后，关于计量、分类和海关处理方面的挑战无处不在。再生材料、再制造商品、维修产品和循环经济服务往往无法在关税表、海关编码或贸易统计中得到充分体现。目前，用于在贸易协定中识别货物的协调制度（HS）存在局限性，需要进行更新以促进循环贸易，同时更明确地区分危险与非危险货物及材料，以及废弃物与副产品（Bellmann & Sell，2021）。

关于贸易和贸易协定如何更好地支持向循环经济转型，可以提出哪些建议？

贸易协定需要跳出泛泛的环境章节，在货物、服务、标准、海关、投资、补贴、采购和监管合作等多个章节中明确纳入循环经济目标。循环经济理念应横向融入各章节条款，而非仅设置象征性的单项条款。

各国政府应优先推进产品层面循环经济要求的监管合作，尽早就法规和循环设计标准达成一致，相互承认符合性评估程序，并积极采用国际标准、循环经济指标及良好监管实践。这对耐用性、可维修性、再生材料含量以及产品信息披露要求尤为重要。

贸易协定和世界贸易组织（WTO）相关进程应采取更多措施，以促进循环类商品和服务贸易，包括维修服务、再制造、回收设备、逆向物流服务，以及高质量二次原材料等领域。对发展中国家的支持应包括技术援助、标准编制帮扶、检测和认证能力建设、海关现代化升级，以及为企业适配循环产品相关要求提供融资支持。若缺乏这些配套保障，循环贸易政策可能会演变为新一轮市场壁垒，而无法成为各方共享可持续发展收益的渠道。

您认为数字化在支持全球供应链贸易方面将发挥什么作用？

数字化将是这一切的核心。在循环贸易中，主要瓶颈往往在于信息方面：市场参与者不知道产品中含有哪些材料、产品位于何处、零部件是否可用且可维修、回收含量声明是否可信，以及如何跨国界核实合规性。物联网、人工智能、大数据、云系统和区块链等数字工具可以通过提高产品、零部件和嵌入式材料的可追溯性，解决这些信息不对称问题。统一标准对于降低碎片化程度、保障供应链透明度和可追溯性至关重要。数字产品护照（DPP）可作为一种手段，提供从设计到报废的全过程可审计记录，从而助力报废产品拆解和材料回收工作。因此，DPP 既支持循环商业模式，又能为消费者提供产品的相关信息（OECD，2025）。

在贸易层面，数字化可通过三种切实可行的方式支持循环供应链建设：一是确保产品信息可信并实现全过程可追溯，二是提高边境通关流程和文件交换的处理效率（例如，推动《巴塞尔公约》事先知情同意程序向数字化转型），三是加大海关层面的监测和执法力度。

但数字化并非万能解决方案。它带来了一系列新的挑战，涵盖数据治理规范缺失、隐私安全保障不足、系统互操作性受限、数字资源接入不均等问题，同时可能加剧小型企业或能力薄弱国家的贸易边缘化风险。因此，工作重心不能仅停留在实现数字化，而应该为循环贸易构建一套互操作性强、安全可信且经济实惠的数字基础设施。

附录 D 数字产品护照和/或信息系统倡议概述

表 7：数字产品护照和/或信息系统倡议概述

国家（地区）/倡议	类型	系统/计划	治理类型	主要目标
欧盟[31]	**DPP 监管体系**	《可持续产品生态设计条例》（ESPR）及《电池法规》下的数字产品护照	由欧盟委员会主导的监管框架	引入强制性的产品级生命周期数据，以支持循环经济政策（从电池开始，随后扩展至其他产品类别）
CIRPASS 倡议（欧盟）[32]	**DPP 试点计划**	CIRPASS 和 CIRPASS-2 数字产品护照试点项目	由欧盟委员会支持、欧盟资助的研究与创新联盟	测试未来数字产品护照（DPP）部署所需的治理模式、技术架构及行业应用案例
中国[33]	**电池生命周期追溯系统**	全国新能源汽车动力电池溯源信息平台（新能源汽车动力电池数字身份系统）	由工业和信息化部（MIIT）统筹协调的国家主导型数字基础设施	追踪新能源汽车动力电池从生产到回收的全生命周期数据，加强供应链监管，并支持电池再利用和循环经济管理
韩国[34]	**DPP 试点计划**	基于区块链的电池护照计划	政府支持的公私合作项目	追踪新能源汽车动力电池的生命周期数据，并符合新兴的国际 DPP 框架
俄罗斯[35]	**数字可追溯系统**	“Chestny ZNAK”国家产品标签与追溯系统。该集中式系统已达到较高的实施水平	国家监管的数字基础设施	打击假冒伪劣，并追踪供应链中的产品（药品、鞋类等消费品）
国际倡议				
电池护照——全球电池联盟[36]	**由行业主导的 DPP 倡议**	由全球电池联盟发起的“电池护照”倡议	全球多利益相关方平台	开发数字电池护照，提供贯穿全球电池价值链的 ESG 及生命周期数据
联合国透明度协议（UNTP）[37]	**数字基础设施协议**	适用于各行业的数字基础设施协议，旨在实现价值链全流程的标准化报告、可追溯性和互操作性	由联合国欧洲经济委员会（UNECE）牵头的多边倡议	制定支持可持续发展的数字产品信息系统互操作性标准和指南
“数字化助力循环经济”（D4CE）倡议[38]	**数字产品信息系统（DPIS）全球协调网络**	旨在加速实施数字产品信息系统（DPIS），推动可持续发展和向循环经济转型	由联合国环境规划署召集，联合国工业发展组织（UNIDO）、国际电信联盟（ITU）、世界可持续发展工商理事会（WBCSD）和伍珀塔尔研究所共同领导的多利益相关方平台	协调关于 DPIS 的全球对话和政策指导，包括核心可持续性、循环性数据集和能力建设

[31] 参见：https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/digital-product-passport_en，2026 年 8 月 24 日访问。
[32] 参见：https://cirpassproject.eu，2026 年 8 月 24 日访问。
[33] 参见：https://english.www.gov.cn/news/202601/16/content_WS6969df0cc6d00ca5f9a089c0.html，2026 年 8 月 24 日访问。
[34] 参见：https://www.busan.go.kr/eng/ai-translated-press-releases/1692403，2026 年 8 月 24 日访问。
[35] 参见：https://thetraceabilityhub.com/how-to-get-your-products-chestny-znak-ready-expert-guide-for-russian-market/，2026 年 8 月 24 日访问。
[36] 参见：https://www.globalbattery.org/battery-passport，2026 年 8 月 24 日访问。
[37] 参见：https://untp.unece.org/，2026 年 8 月 24 日访问。
[38] 参见：https://www.codes.global/initiatives/d4ce，2026 年 8 月 24 日访问。

附录 E 对 DPP 实施过程中面临主要挑战的评估

表 8：对 DPP 实施过程中面临主要挑战的评估

类型	类别	挑战	来源
集体	技术	**数据标准化程度低、互操作性差：**目前尚无适用于纤维数据的通用数字语言；不同品牌、回收商和平台的系统无法无缝交换数据。迪卡侬明确呼吁欧盟优先推进符合 GS1/EPCIS 标准的关键属性标准化工作	Decathlon Sustainability（2024），GS1（2025），Circularise（2024），EON et al.（2022），EMF DPP Roundtable（2024）
集体	法律	**知识产权保护不足、数据保密性差：**品牌方担心共享专有供应链数据（如工厂名称、化学配方）会导致泄密；目前尚无集体信任框架来保障安全共享	H&M Group（2024），Circularise（2024），EMF DPP Roundtable（2024）
集体	消费者	**消费者认知度低、用户体验碎片化：**消费者缺乏扫描产品的习惯；各品牌模板不统一，可能难以在更大范围内提升熟悉度或信任感	Legardeur & Pantxika（2024），Bellone（2026），EMF DPP Roundtable（2024），Kofler et al.（2026）
综合	法律/战略	**监管不确定、全球协调不足：**授权法案要求不明确，导致“分析瘫痪”；若各地区规则不一致，开展跨市场经营的品牌将面临额外合规负担	Decathlon Sustainability（2024），H&M Group（2024），Kinstellar（2026）
综合	运营	**供应链不透明、工厂准备度不足：**品牌方难以直接获取三级及以上供应商的数据；许多制造商也受限于数字素养、硬件条件或资金储备，难以可靠地记录数据	Shayeza Walid（2026），Decathlon Sustainability（2024），EON et al.（2022），*Tailored Solutions for Trims, Packaging, RFID, and Greentech.*
个人	技术	**数据碎片化：**产品数据封闭在组织孤岛（ERP、PLM、电子表格）中，未能纳入结构化数据库；品牌方低估了引入 DPP 服务提供商之前所需完成的工作量	Shayeza Walid（2026），McGregor（2025），EMF DPP Knowledge Hub（2024）
个人	财务/技术	**硬件成本高、数据载体选择失误：**NFC 和 RFID 标签的单位成本远高于印刷的二维码标签；载体选择还会对 DPP 能够支持的循环商业模式产生显著的下游影响（例如，RFID 适用于自动化回收分拣，而二维码适用于消费者转售；剧烈的家庭洗涤会去除识别标识）	Decathlon Sustainability（2024），H&M Group（2022），Shayeza Walid（2026）
个人		**序列化不明确：**访谈结果显示，不同访谈对象对单品级序列化是否为循环商业模式的先决条件尚未形成统一认识，部分访谈对象认为仅采用 SKU 级标识[39]（即每个型号、颜色、尺码匹配唯一 ID）就已足够，各方意见存在分歧	摘自 EMF 的访谈

[39] 产品序列化中的 SKU 级标识，是指为特定的库存单位（SKU）所分配的一个代码或标识符，即指定义明确的产品变体，如特定型号、尺寸、颜色或配置。在此层级下，属于同一产品变体的所有实物商品共享同一标识符，而非为每件商品分配唯一的标识符。SKU 级标识可支持产品分类、库存管理和物流运营，但其追溯粒度低于单品级序列化——后者能够实现对单个商品在整个价值链中的追踪。

附录 F 欧盟《可持续产品生态设计条例》框架下针对 DPP 的具体政策建议

为确保数字解决方案高效且有效，真正支持《可持续产品生态设计条例》（ESPR）的目标——即提高产品环境可持续性并降低其环境影响，现重点提出以下建议：

- 欧盟 DPP 的设计应锚定推动循环经济这一核心功能，并为循环经济治理提供基础设施支持。在进一步完善各产品类别所需披露的信息内容、制定 DPP 技术规范的过程中，应始终将这一目标置于优先位置。产品数据平台应成为一个可靠且协调一致的渠道，向公共机构、运营商、消费者和社会组织提供当前缺失的必要数据和信息，以便做出有助于可持续生产和消费的理性决策。
- 应建立强有力的数据核查和质量保证机制，以确保数据质量和准确性，并防止产品全生命周期数据平台被滥用。此外，向消费者披露的信息应采用普通受众易于理解的表述方式，以避免误解、“漂绿”，并防止诱使消费者购买非必需产品。针对使用寿命较长的产品，应设定具有实质意义的较长时间周期，以推动维修和再制造业务发展。
- 开发具有包容性和普惠性、适配价值链中所有参与者且易于获取的技术也将至关重要。政策制定者必须仔细考虑不同参与者获取数字产品护照（DPP）信息的方式，以便将其纳入工作流程[40]。例如，对于废物管理运营商和回收商而言，射频识别（RFID）技术比二维码更合适，能够满足其一次性扫描大批量物品的需求。
- 欧盟委员会还应向欧盟境内外的供应链参与者提供必要的技术支持和财政援助，帮助其做好准备并适应数字化新规。
- 虽然数字产品护照（DPP）可以为消费者提供关键信息，但无法完全取代或废止所有纸质说明文件。影响消费者购买决策的重要信息应继续在销售场所提供。同样，重要的安全信息或 CE 标志应随产品一同保留，而不应完全数字化转移至数字产品护照中[41]。此外，未经消费者明确同意，不得将其个人数据存储在数字产品护照中。
- 虽然数字产品护照（DPP）可以成为存储产品各类信息的核心工具，但在将相关信息存储于 DPP 成为强制要求之前，其他现有数据库（如 SCIP 数据库）应继续运行。总体而言，推动 DPP 系统与数字建筑日志、EPREL、SCIP 等法定数据库互联互通至关重要，可有效避免信息重叠和数据重复等问题。
- DPP 数据应具备互操作性，确保服务提供商能够为全球所有企业（包括非欧盟企业）开发适配的数字化解决方案，从而鼓励企业在欧盟法定义务之外进行数据共享，并降低成本。
- 此外，还可通过推动《数字产品护照法案》（DPP）与各类关联立法相衔接，从而强化其作用和价值——在这些领域，数字解决方案可提升尽职调查、口岸执法、海关监管效率，并规避生产者责任延伸机制中的“搭便车”行为，实现提质、增效、降本的多重效益。
- 最后，搭建政策框架和商业应用场景，对于最大限度地利用所收集的数据至关重要。这将确保数据不仅能为产品合规监管提供依据，还能为宏观政策制定（如设定资源消耗或循环经济发展目标、为纺织等行业出台专项法规）提供参考，或为 REACH 法规等总体法规的实施、修订提供依据。

[40] 参见：https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2026/03/Joint-paper-Everything-you-need-to-know-about-DPPs-March-2026.pdf，2026 年 8 月 24 日访问。

[41] 参见：https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2026/03/Joint-paper-Everything-you-need-to-know-about-DPPs-March-2026.pdf，2026 年 8 月 24 日访问。

附录 G 关于生产者责任延伸（EPR）数字化的具体政策建议

为确保数字化成功强化生产者责任延伸（EPR）框架，同时避免不必要的行政负担或市场摩擦，政策设计应聚焦于四个战略重点：

- **明确价值链各环节的责任归属**：法律框架应明确界定“义务生产者”的主体范围，并依法要求其达到 EPR 政策设定的目标和指标。对于包装盒、一次性饮料杯和外卖容器等流向复杂的产品品类，系统应利用产品代码、市场投放统计数据、平台销售指标和企业注册信息，精准识别实际掌握价值链话语权的品牌方、在线平台、进口商和首次投放市场主体。这将为正确划分责任边界、规范合规核算建立可信的数据基础。
- **实施分级数据访问框架**：数字化生产者责任延伸（EPR）涉及材料成分、供应链结构、销售数据和企业碳足迹等高度敏感的商业信息。监管机构应构建一个安全的、基于场景的数据分级体系，为消费者、回收商、执法部门、第三方审计机构及社会公众定制差异化访问权限。这种方法既能提高透明度和审计效率，又能有效防止数据过度采集和过度公开，依法保护企业商业秘密和知识产权。
- **整合材料、财务和合规数据流**：数字化应超越静态信息的局限，将数字基础设施深入融入运营工作流程，如生产者缴费机制、消费者押金返还机制、回收补贴机制以及商户付款处理流程。针对新能源汽车动力电池、报废电子电气设备（WEEE）和饮料纸基复合包装等高价值或高风险品类，政府应确保实体材料流转、资本配置轨迹和自动化验证日志的同步，以最大限度地提高回收效率并防止资金欺诈。
- **加强中欧在数字框架和数据对接方面的沟通**：中国和欧盟应围绕生产者责任延伸（EPR）的定义、市场投放责任、数字产品护照（DPP）数据字段、回收验证方法等关键内容，建立结构化的技术对话机制。其目的并非照搬对方的法规，而是基于共同的循环经济目标，推动数据要求和合规机制达成互认互通。协调这些数字边界，可有效降低因规则差异引发的合规成本，避免数字化工具成为技术性贸易壁垒。

致　谢

非常感谢中国环境与发展国际合作委员会（国合会）设立并支持“数智化循环经济促进高质量发展”专题政策研究项目，为中外专家提供了一个充分讨论和交流的平台。特别感谢国合会副主席解振华先生，国合会秘书长、生态环境部副部长李高先生，国合会中方首席顾问刘世锦先生，国合会外方首席顾问魏仲加先生，国合会副秘书长、生态环境部国际合作司司长李永红先生，国合会副秘书长、生态环境部对外合作与交流中心主任张志峰先生，联合国环境规划署（UNEP）昆明生物多样性基金负责人周国梅女士，国合会委员、德国环境署署长 Dirk Messner 先生，在项目实施过程中提供的指导和咨询建议。感谢国合会特邀顾问 Christoffer Grønstad 先生以及其他几位匿名评审专家为项目组研究报告提出中肯的建议。感谢国合会秘书处处长刘侃女士、高级项目主管谢园园女士以及国合会秘书处所有同事，Sam Zhang 女士、苗劲松先生以及国合会国际支持办公室（SISO）其他同事为本项目的实施提供咨询、组织和协调等方面的支持。同时，感谢以下专家和同事为本研究所作出的重要贡献：

瑞典环境保护署：Johan Kuylenstierna, Anna Otmalm, Anna Nylander, Hanna Roos

荷兰基础设施与水资源管理部：Arnoud Passenier, Francesco Montesano

能源基金会：张慧勇、温新元、杨知烨、赵言冰、付颖雨

溢达集团：师杨、陈海英

比亚迪股份有限公司：凌和平、刘晶、王悦

佛山市顺德鑫还宝资源利用有限公司：王俊兴、杨桂明

北京环丁环保大数据研究院：王坤、杨承

南方科技大学：丁隆真、李俊辰、刘雯、王菲菲、曾俊

参考文献

Au, A. (2024). Digitalization in China: who's left behind? *Information, Communication & Society*, *27*(6), 1247–1265. https://doi.org/10.1080/1369118X.2023.2245871

Barrie, J., Schröder, P., Schneider-Petsinger, M., King, R., & Benton, T. (2022). *The role of international trade in realizing an inclusive circular economy.* https://doi.org/10.55317/9781784135393

Behrendt, S., Hensling, C., Sievi, M., Lorenz, U., Neumann, K., & Hilty, L. (2026). *Rebound-Effekte durch digitale Leistungen und Produkte* (Texte 75/2026). Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung gGmbh, Systemic Futures, Consideo GmbH und Universität Zürich. https://www.umweltbundesamt.de/system/files/medien/11740/publikationen/2026-05/75_2026_Texte.pdf

Bellmann, C., & Sell, M. (2021). *Options to Incorporate Circular Economy Provisions in Regional Trade Agreements* (IISD Report). https://www.iisd.org/system/files/2021-05/circular-economy-regional-trade-agreements.pdf

Bellone, D. (2026). *10 Shifts Shaping the Future of Sustainable Fashion in 2026*. https://10-shifts-2026-lpb.my.canva.site/

Busan is good (Ed.). (2025). *Busan Metropolitan City Selected for the Ministry of Science and ICT's "2025 Blockchain Public Sector Project" Leading the Nation with the "Battery Passport" Initiative*. https://www.busan.go.kr/eng/ai-translated-press-releases/1692403

Büttner, S., Szabó-Müller, P., Wöhrmann, T., Beitz, B., & Handmann, U. (2024). *Digitalisierung als Enabler für Circular Economy in NRW: Bereit für die doppelte Transformation?* (Prospektiven - Neues zur zirkulären Wertschöpfung / Circular Economy News 2024/03). https://prosperkolleg.ruhr/wp-content/uploads/2024/08/Prospektiven_24-03_Digitalisierung-und-Circular-Economy.pdf

CircThread (Ed.). (2024). *Success Factors For The Digital Product Passport System: Policy Brief* (Circ Thread). ECOS; dss+. https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2024/02/2024-02_ECOS_CIRCTHREAD_Digital-product-assport.pdf

Circularise (Ed.). (2024). *Digital product passports (DPP): Digital pro9duct passports (DPP: What, how, and why? Guide*. https://cdn.prod.website-files.com/6079869c783403bc845750f2/674dd1ff3bc9bd42ff4f9d46_2024%20DPP%20Guide%20Template.pdf

Cirpass (Ed.). (2024). *Welcome to CIRPASS*. https://cirpassproject.eu/

Codes. (n.d.). *Digitalization for Circular Economy (D4CE) Initiative*. Retrieved July 22, 2026, from https://www.codes.global/initiatives/d4ce

Council of the European Union (Ed.). (2025a). *Building a more climate resilient and circular Europe: Council conclusions. No. 16856/25*. https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-16856-2025-INIT/en/pdf

Council of the European Union (Ed.). (2025b). *Europe's Environment 2030 - Building a more climate resilient and circular Europe* (No. 16856/25). https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-16856-2025-INIT/en/pdf

Decathlon Sustainability (Ed.). (2024). *Our position papers: Digital Product Passport Position Paper*. https://sustainability.decathlon.com/our-position-papers

Dorrego-Viera, J. I., Jiménez-Caballero, P., Zarauz, I., Sanz-Hernández, A., & Goinheix, S. (2026). Exploring the nexus of bioeconomy, circular economy, and gender: A systematic literature review. *Local Environment*, 1–23. https://doi.org/10.1080/13549839.2026.2677068

ECOS (Ed.). (2026). *Everything you need to know about the Digital Product Passport: And everything we don't know (yet)*. https://ecostandard.org/wp-content/uploads/2026/03/Joint-paper-Everything-you-need-to-know-about-DPPs-March-2026.pdf

Engels, B., & Neligan, A. (2025). *Kreislaufwirtschaft durch KI: vom Randthema zur Pflicht* (IW-Kurzbericht Nr. 100/2025). https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Kurzberichte/PDF/2025/IW-Kurzbericht_2025-Kreislaufwirtschaft-durch-KI-neu.pdf

EON, Accelerating Circularity, & Eunomia (Eds.). (2022, September 21). *Scaling Circular Systems with Digital IDs*. https://eon.xyz/whitepapers-reports/scaling-circular-systems-with-digital-ids

European Commission (Ed.). (2024). *Digital product passport – rules for service providers*. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14382-Digital-product-passport-rules-for-service-providers_en

European Commission. (2025a). *Accelerating Europe's transition to a circular economy: a pilot for boosting the circularity of plastis: Communication from the Commission to the European Parliament, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. COM(2025) 805 final. https://environment.ec.europa.eu/document/download/60277c52-77f0-4860-b6cc-cdaf6665e336_en?filename=COM_2025_805_1_EN_ACT_part1_v3.pdf

European Commission (Ed.). (2025b). *Draft Regulation on End-of-waste Criteria for plastic: Annexes*. https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2026-01/regulation%20on%20end%20of%20waste%20criteria%20-%20annexes.pdf

European Commission (Ed.). (2025c). *Draft Regulation on End-of-Waste Criteria for plastics*. https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2026-01/reg%20on%20end%20of%20waste%20criteria.pdf

European Commission. (2025d). *Simplifying for sustainable competitiveness: Communication from the Commission to the European Parliament, The European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*. COM(2025) 980 final. https://environment.ec.europa.eu/document/download/502b572e-4ac3-47a8-95a7-ce619ec3e0ba_en?filename=COM_2025_980_1_EN_ACT_part1_v8.pdf

European Commission (Ed.). (2025e, July 21). *Waste Framework Directive*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-framework-directive_en

European Commission (Ed.). (2025f, July 21). *Waste shipments*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-shipments_en

European Commission (Ed.). (2026a). *Digital Product Passport Registry*. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/16052-Digital-Product-Passport-Registry_en

European Commission (Ed.). (2026b). *Plastic waste – EU-wide end-of-waste criteria*.

https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14848-Plastic-waste-EU-wide-end-of-waste-criteria/feedback_en?p_id=21823

European Commission DG Energy, Climate change, Environment. (2025, December 23). *Have your say: What is the impact of the SIngle-Use Plastics Directive?* [Press release]. https://environment.ec.europa.eu/news/have-your-say-what-impact-single-use-plastics-directive-2025-12-23_en

European Court of Auditors (Ed.). (2023). *Circular economy: Slow transition by member states despite EU action* (Special report 17/2023). https://circulareconomy.europa.eu/platform/sites/default/files/2023-07/Court%20of%20Auditors%20CE%20Report_SR-2023-17_EN.pdf

European Union (Ed.). (2006). *Regulation (EC) No 1907/2006 of the European Parliament and of the Council of 18 December 2006 concerning the Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals (REACH), establishing a European Chemicals Agency, amending Directive 1999/45/EC and repealing Council Regulation (EEC) No 793/93 and Commission Regulation (EC) No 1488/94 as well as Council Directive 76/769/EEC and Commission Directives 91/155/EEC, 93/67/EEC, 93/105/EC and 2000/21/EC*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2006/1907/oj/eng

Eurostat (Ed.). (2025). *Circular material use rate*. https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_srm030/default/line?lang=en

Fair Trade Advocacy Office (Ed.). (2026). *Recommendations for engagement with third-country actors on the ESPR Delegated Act for Textile Apparel*. https://fairtrade-advocacy.org/storage/documents/KaQWOlKDbV6GIn9oiFJ4GUuwQCJplPrcrr1MrPAJ.pdf

Federal Ministry for the Environment, Climate Action, Nature Conservation and Nucelar Safety (Ed.). (2020). *Umweltpolitische Digitalagenda*. https://www.bundesumweltministerium.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Digitalisierung/digitalagenda_bf.pdf

Federal Ministry for the Environment, Climate Action, Nature Conservation and Nucelar Safety (Ed.). (2026a). *Aktionsprogramm der Bundesregierung zur Umsetzung der Nationale Kreislaufwirtschaftsstrategie: Eckpunkte für kurzfristig realisierbare Maßnahmen*. https://www.bundesumweltministerium.de/download/aktionsprogramm-der-bundesregierung-zur-umsetzung-der-nationale-kreislaufwirtschaftsstrategie

Federal Ministry for the Environment, Climate Action, Nature Conservation and Nucelar Safety (Ed.). (2026b). *Digitale Anwendungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz in zirkulären Produktionsprozessen (DigiRess).* VDI Technologiezentrum GmbH. https://www.digiress.de/digiress-bund/

Federal Ministry for the Environment, Climate Action, Nature Conservation and Nucelar Safety (Ed.). (2026c). *Digitale Anwendungen zur Steigerung der Ressourceneffizienz und der Kreislaufwirtschaft in Unternehmen und kommunalen Einrichtungen, für zirkuläre Geschäftsmodelle sowie Start-Ups der Kreislaufwirtschaft: - DigiRess Circular.* VDI Technologiezentrum GmbH. https://www.digiress.de/digiress-circular/

Global Battery Alliance (Ed.). (2026). *Battery Passport*. https://www.globalbattery.org/battery-passport/

GS1 (Ed.). (2025). *GS1 Global Forum 2025*. https://www.gs1.org/events/2025/gs1-global-forum-2025

H&M Group (Ed.). (2022). *H&M Group's view on scaling circular business models enabling product*

use extension and waste prevention. https://hmgroup.com/wp-content/uploads/2022/12/HM-Group-position-on-circular-business-models-_final_28.10.22.pdf

H&M Group (Ed.). (2024, December 10). *H&M Group Public Consultation*. https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/14382-Digital-product-passport-rules-for-service-providers/F3499015_en

International Energy Agency (Ed.). (2025). *Opinions on Accelerating the Construction of a Waste Recycling System*. https://www.iea.org/policies/25169-opinions-on-accelerating-the-construction-of-a-waste-recycling-system

Joint Research Centre (Ed.). (2026). *Study on DPP content for textile apparel products under ESPR.* European Commission. https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/product-groups/467/documents

Kinstellar. (2026). *Digital Product Passports: The Regulatory Shift Fashion Brands Need to Plan For*. https://www.lexology.com/library/detail.aspx?g=b8bacc28-dbe2-49c4-9cd6-cf3de3781fb9

Kofler, W., Döpke, J., Kopka, A., Schaarschmidt, K., & Hammerschmidt, L. (2026). *Fashion Retail Outlook 2026*. https://www.strategyand.pwc.com/de/en/industries/consumer-markets/fashion-retail-outlook.html

Legardeur, J., & Pantxika, O. (2024). *Digital product passport for Digital product passport for the textile sector: Study. Panel for the Future of Science and Technology*. https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2024/757808/EPRS_STU%282024%29757808_EN.pdf

Lu, J., Xiao, Q., & Wang, T. (2023). Does the digital economy generate a gender dividend for female employment? Evidence from China. *Telecommunications Policy*, *47*(6), 102545. https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102545

McGregor, K. (2025, April 14). *Digital product passports: Lessons from an early adopter*. https://www.vogue.com/article/digital-product-passports-lessons-from-an-early-adopter

Nadeem, A., Marjanovic, O., & Abedin, B. (2022). Gender bias in AI-based decision-making systems: a systematic literature review. *Australasian Journal of Information Systems*, *26.* https://doi.org/10.3127/ajis.v26i0.3835

OECD (Ed.). (2025). *Leveraging Digital Business Models, Tools and Technologies for reliable environment information and consumer engagement in the circular economy* (OECD DIGITAL ECONOMY No. 377). https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2025/06/leveraging-digital-business-models-tools-and-technologies-for-reliable-environmental-information-and-consumer-engagement-in-the-circular-economy_3a3881df/33c6e2bc-en.pdf

Oger, A., & Hiller, N. (2022). *Trade in support of circular economy: Opportunities between the EU and Mercosur*. https://ieep.eu/wp-content/uploads/2022/12/CE-and-trade_MERCOSUR-case-study.pdf

Palm, J., Lazoroska, D., Valencia, M., Bocken, N., & Södergren, K. (2024). A gender perspective on the circular economy: A literature review and research agenda. *Journal of Industrial Ecology*, *28*(6), 1670–1683. https://doi.org/10.1111/jiec.13554

Pansera, M., Barca, S., Martinez Alvarez, B., Leonardi, E., D'Alisa, G., Meira, T., & Guillibert, P. (2024). Toward a just circular economy: conceptualizing environmental labor and gender justice in

circularity studies. *Sustainability: Science, Practice and Policy*, *20*(1), 2338592. https://doi.org/10.1080/15487733.2024.2338592

Qiu, Z., Gong, J., Firdaus, A., & Guna Saigaran, N. (2026). AI algorithms and gendered labor: narratives of female employees in China's leading digital platform companies. *Chinese Journal of Communication*, 1–20. https://doi.org/10.1080/17544750.2025.2612526

Schröder, P., & Barrie, J. (2024). *How the circular economy can revive the Sustainable Development Goals: Priorities for immediate global action, and a policy blueprint for the transition to 2050.* https://www.chathamhouse.org/2024/09/how-circular-economy-can-revive-sustainable-development-goals/03-five-priorities-using

Shayeza Walid. (2026, January 10). *Explainer: How Fashion Brands Should Prepare for Mandatory Digital Product Passports*. https://www.businessoffashion.com/articles/technology/how-fashion-brands-should-prepare-for-mandatory-digital-product-passports/

The State Council Information office the People's Republic of China (Ed.). (2026). *China to strengthen recycling management of used power batteries from NEVs*. https://english.www.gov.cn/news/202601/16/content_WS6969df0cc6d00ca5f9a089c0.html

Tailored Solutions for Trims, Packaging, RFID, and Greentech.: Uplift your brand identity with innovative solutions - from labels to DPP-ready traceability, we customize every detail to fit your needs. https://www.trimco-group.com/

UN (Ed.). (2026). *Global Environmental Data Strategy (GEDS)*. https://www.unep.org/topics/digital-transformations/global-environmental-data-strategy-geds

Yamaguchi, S. (2024). Trade implications of upstream circular economy policies (rade and Environment Working Papers 2024/01). https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2024/10/trade-implications-of-upstream-circular-economy-policies_72c8121b/5968c464-en.pdf