

以环保科技创新和数智化为支撑深入 推进我国绿色低碳转型

常杰中 曾 刚

摘 要 依托环保科技创新和数智化推动绿色低碳转型是当今世界的潮流。开展此项工作，可促进生产生活方式的绿色低碳化，减少对化石能源的依赖，提高产业的国际竞争力。我国的绿色低碳转型已具备一定的基础和条件，取得了一定成绩，也面临着绿色低碳科技创新和数智化支出总体不足、区域技术创新和绿色低碳发展能力不均衡、国际合作与贸易壁垒等问题。可通过数智化与实体经济的融合发展、加强区域协作，制定我国经济社会绿色低碳转型的中长期规划，对产业布局和交通运输布局进行调整和优化；通过数智化为协调推进降碳、减污、扩绿、增长赋能；加强体制、机制创新和法治建设，激发绿色低碳领域科技创新和数智化的动力与活力。

关键词 生态文明 绿色低碳 科技创新 数智化 转型

【中图分类号】F062.9 【文献标识码】A 【文章编号】2095-851X(2024)01-0099-08

全球气候变化、资源短缺和环境问题正威胁人类社会的可持续发展，世界各国都在结合自己的国情积极探索绿色低碳转型或者推进绿色低碳发展。我国2020年提出“双碳”战略目标，2021年提出深入打好污染防治攻坚战行动方案。党的二十大报告和2023年全国生态环境保护大会提出了经济社会绿色低碳转型的战略目标。我国正积极探索环保科技创新与数智化深度融合，促进能源结构的调整和产业的升级优化，为加快促进绿色低碳转型推进生态环境治理体系和治理能力现代化，提供了强有力的支撑（王业强，2023）。

一、环保科技创新和数智化是全球绿色低碳转型的重要支撑

在全球和区域环境问题突出的时代，各国纷纷迈向绿色低碳转型之路。因所处发展阶段和经济技术条件不同，各国采取的路径和方法也有所不同。当今世界正处于百年未有之大变局，面临前所未有的挑战和机遇。在这个大变局中，数智化和绿色低碳化融入各行各业，依托数智化开展绿色低碳转型成为全球绿色低碳转型的重要支撑。其中，数智化是数字化和智慧化的合称。数智化作为提升效率和技术创新的工具正在融入经济社会发展与生态保护中，赋能各行各业，促进新质产业的发展并对传统产业进行升级。以绿色低碳科技为代表的环保科技创新和数智化作为新型支撑因子，对于国家和区域经济竞争力的提升至关重要。在实践中，环保科技创新和数智化这两类支撑因子可有机融合，共同推进绿色低碳转型。例如，在能源领域，数智化可实现智能电网管理，根据需求调整电力供应，减少能源浪费；可加速新能源技术的研发，推动太阳能、风能等清洁能源的储存、调峰

【基金项目】教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“城市群协同发展的科学基础与路径优化研究——以长三角城市群为例”（批准号：22JJD790017）。

【作者简介】常杰中，华东师范大学城市发展研究院博士生，邮政编码：200062；曾刚，华东师范大学城市发展研究院教授，本文通讯作者。

和就地转化利用。在工业领域，数智化可优化工业生产过程，提升产品质量，进行个性化定制，降低资源消耗，提高能源利用效率。在污染治理领域，数智化可用于实时监测大气、水质、土壤等指标，开展环境监测和气候模拟，为政策制定者提供更精准的数据支持。在交通领域，智能交通可减少交通拥堵，降低能源消耗，减少碳排放。在城市建设领域，智慧城市管理系统可优化城市规划，改善居民生活质量。在农业领域，数智化可提高农产品产量和质量，减少农药和化肥的使用。可以说，环保科技创新和数智化相结合可改变生产方式，催生新的商业模式，改变市场竞争格局，促进经济和社会的创新发展。

在全球绿色低碳竞争的时代大潮中，发达国家处于低碳发展的碳中和阶段，发展中国家处于经济社会后发追赶的碳达峰阶段，尽管两者绿色低碳转型的时机具有差异性，但都将环保科技创新和数智化作为推进全面绿色低碳转型的基本路径和方法，都在以其为支撑优化绿色低碳的产业结构和空间布局。由于转型的经济、社会和技术条件的不同，特别是产业基础的不同，各国环保科技创新和数智化又具有多样性或者差异性。

二、以环保科技创新和数智化为支撑深入开展绿色低碳转型的必要性

党的二十大报告指出，要推进生态优先、节约集约、绿色低碳发展。碳达峰碳中和“1+N”政策体系要求，以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展是关键，加快形成节约资源和保护环境的产业结构、生产方式、生活方式、空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路。我国绿色低碳转型包括能源绿色低碳转型、节能降碳增效、工业、城乡建设、交通运输、循环经济、绿色低碳科技创新、绿色低碳全民行动等领域。其中，能源、产业、交通、建筑等领域是绿色低碳转型的重点。在新时代，以环保科技创新和数智化为支撑，深入开展绿色低碳转型，非常必要。

（一）有利于促进生产生活方式的绿色低碳转型，减少对自然资源和化石能源的依赖

党的十八大以来，我国制定大气等污染防治行动计划、修订环境法律法规、实施生态环保督察制度等措施，有效地促进了生产生活方式的绿色低碳转型。以北京市为例，其在经济保持高质量增长的同时，PM_{2.5}年均浓度从2014年的85.9微克/立方米降至2022年的30微克/立方米。这与绿色低碳技术革新和数智化的应用密不可分。为了深入防治环境污染，促进可持续的能源利用，我国提出了碳达峰碳中和目标。该目标实施三年多来，我国能源低碳和清洁化转型取得显著成就，目前已成为全球最大的可再生能源市场和可再生能源生产国。截至2023年上半年，可再生能源装机容量达到13.22亿千瓦，历史性地超过了煤电，增长约为10年前的3倍。与此同时，我国的电动汽车和氢能汽车产业也取得突破性进展。这些工作有助于减少对化石燃料的依赖。我国还积极鼓励节能减排和绿色低碳科技创新，以提高资源利用效率，降低碳排放。下一步，需扬长补短，将数智化与绿色低碳领域的科技创新深度融合，深度减少污染物和温室气体排放。

（二）有利于持续提升我国经济发展质量和总量

党的十八大以来，我国通过污染治理技术创新、新能源开发利用、数智化环保技术运用等措施，污染防治攻坚战和经济社会绿色转型取得重大进展。关于绿色低碳转型工作的重点，党的二十大报告指出，推动经济社会发展绿色化、低碳化是实现高质量发展的关键环节。当一个发展中国家达到一定经济收入水平后，可能因为现有产业竞争力下降、创新不足、资源配置效率低下、环境容量不足等原因导致经济增长放缓，难以进入高收入国家的行列。我国作为中等收入国家，目前正经历从规模扩张到高质量发展的转变。以环保科技创新和数智化为支撑的绿色低碳转型，为我国经济发展质量和总量的双提升提供了契机。以智能制造和自动化生产线等为代表的数智化既可减少资源和能源消耗、助力传统产业提质升级，还可推动智能监测、无人机等高新技术产业的发展，形成中

国经济创新型增长的新引擎。为此，我国“十三五”和“十四五”规划及相关政策文件对绿色低碳转型及以智能制造等为代表的新技术革命，给予了极大关注和支持。例如，集绿色低碳科技创新和数智化于一体的新能源汽车产业近些年快速增长，2022年我国产销分别完成705.8万辆和688.7万辆，连续8年保持全球第一。^①经济总量持续保持一定规模可保持经济社会的平稳发展，以环保科技创新和数智化为支撑可促进经济社会迈向更高水平的可持续发展，从而促进绿色低碳工作进入良性循环。

（三）有利于提高我国产业的绿色低碳、数智化国际竞争力

国家之间在数智化和绿色低碳科技领域的水平差异会导致产业竞争力的分化。数智化技术研发和应用能力领先的国家，可在制造业、农业、金融、医疗、服务业等领域降低成本，大幅提高工作效率并推动进一步创新，从而促进经济新一轮增长。近年来，欧盟以生态环境保护和节能减碳的名义推出碳关税、电池法案等政策，域外达不到其标准和要求的产业将面临严重的贸易壁垒，这会进一步拉大发达国家和发展中国家之间的竞争力差距。在全球主要经济体积极推动绿色低碳领域科技创新和产业化发展的大背景下，虽然我国在一些领域具有局部优势，但总体而言，技术和产业创新突破的国际竞争力尚有差距，需继续加大技术创新和应用，确保深入推进绿色低碳转型。以钢铁生产为例，可通过优化生产、经营和管理，持续推进工序、产线、工厂的智能化改造特别是能源的智慧调配，帮助企业高效提质、降本、增效。随着绿色低碳领域科技创新和数智化支撑的加强，这些产业的国际和区域竞争力将不断提高。

（四）有利于提高我国绿色低碳转型的治理效能

以环保科技创新和数智化支撑的绿色低碳转型，会使管理思维和管理方式发生变化，提高我国绿色低碳转型的治理效能。其中，信息化监控和执法监督的结合可对环境违法行为进行自动监测和识别，提高环境监管的效率，减少执法人员的主观判断，实现更加公正、高效的生态环境保护。以生态环境监测为例，党的十八大以来，我国已建立全国生态环境监测网络，利用数智化技术实时监测大气、水质、土壤等环境指标。这些监测数据为政府部门和社会提供了准确的环境信息，使公众更充分地了解生态环境状况。监管部门结合准确、高效、客观的数据采取相应的执法措施，可有效提高治理效能。当污染物和碳排放强度排放异常时，自动监测系统能及时预警，企业和监管部门可各自采取迅速有效的行动。对于非法排放污染物的企业，监测系统可自动识别并生成相关证据，保证执法的客观性和公正性。可以说，数智化与环保科技创新相辅相成，为我国深入推进绿色低碳转型提供了方法和手段。

三、以环保科技创新和数智化为支撑深入开展绿色低碳转型的基础和条件

目前，我国采取碳汇、能源保障、统计核算、督察考核、财政金融激励约束等配套措施，重点领域的绿色低碳转型呈现如下特点。一是作为后发追赶型国家，我国绿色低碳发展不断取得进展，但总体水平仍然较低。例如，从单位GDP二氧化碳排放看，我国2020年为8.39吨/万美元，而欧盟、美国分别为1.64吨/万美元和2.5吨/万美元^②。二是我国高度重视环保科技创新和数智化工作，绿色低碳产业转型不断取得新进展，进一步发展的潜力巨大（李禾，2023）。例如，我国数智化已形成完整的体系，2022年人工智能核心产业规模达到5080亿元，同比增长18%，成为新的增长引擎（王绍绍，2023）。三是我国高度重视知识产权法制保护，为以新技术和数智化支撑的绿色低碳转型保驾护航。在新发展阶段，我国以环保科技创新和数智化为支撑深入开展绿色低碳转型，

^① 《我国新能源汽车产销连续8年全球第一》，《人民日报》2023年1月24日。

^② 《我国与欧美能源转型差距有多大》，https://www.chng.com.cn/detail_sw/-/article/1rp5tIZnJe7l/v/967269.html [2023-10-11]。

一些领域的基础和条件还比较充分。

（一）经济和技术方面的基础与条件

我国正处于工业化的关键时期，生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力尚未根本缓解，既要深入打好污染防治攻坚战，还要大力推进碳减排，与发达国家相比难度更大。党的十八大以来，我国经济高质量发展取得巨大成就，2013年至2021年的国内生产总值年均增长6.6%，高于同期世界2.6%和发展中经济体3.7%的平均增长水平，这为绿色低碳转型提供了雄厚的资金支持^①。我国的产业结构正在不断优化，服务业和高科技产业的比重逐渐增加，为绿色低碳产业的发展提供了更多支撑。我国高度重视科技创新及投入，目前在新能源开发利用、电动汽车等产业方面取得一定的国际比较优势。由于积累有较强的环境污染治理、生态保护、节能减碳、循环经济发展能力，我国深入推进绿色低碳转型的经济和技术能力得到增强。

（二）人才和人文方面的基础与条件

我国环保科技与数智化研发与人才培养具有后发优势。例如，生态环境部为了落实《生态环境保护人才发展中长期规划（2010—2020年）》，从2014年起开始遴选国家环境保护专业技术领军人才和青年拔尖人才。为了培养绿色低碳科技人才，教育部于2022年印发《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》，要求推动高校参与或组建碳达峰碳中和相关国家实验室、全国重点实验室和国家技术创新中心，鼓励实施交叉学科人才培养专项计划。为了促进数智化，工业和信息化部于2022年印发《关于加强和改进工业和信息化人才队伍建设的实施意见》。我国正按照《中共中央 国务院关于全面推进美丽中国建设的意见》的要求，健全以生态价值观念为准则的生态文化体系，培育生态文明主流价值观，加快形成全民生态自觉。例如，公交出行、光盘行动、垃圾分类、“碳普惠”等全民绿色低碳行动正有序开展。这为我国深入推进绿色低碳转型奠定了人才和人文基础。

（三）基础设施建设方面的基础与条件

基础设施建设是支持绿色低碳科技创新和数智化的重要基础。我国在电信和互联网基础设施方面取得了巨大进展，特别是5G网络的全面覆盖，为制造业、能源、交通等领域基础设施建设的数字化提供了有力支持，为智能电网、智慧城乡建设、智慧工业、智能农业、智慧平台、智能交通等绿色低碳基础设施的互联互通提供了便利。我国政府发布《中国制造2025》《工业互联网创新发展行动计划（2021—2023年）》等政策性文件，积极促进工业互联网、绿色智能制造和产业融合，推动了绿色低碳科技在各领域的应用。党的十八大以来，我国将绿色低碳科技创新和数智化融入改水改厕、垃圾分类、水网建设、固废处理体系建设、污水处理体系建设、工业提质增效等领域，推动了经济社会的绿色化和智能化。

（四）区域协同和产业融合方面的基础与条件

目前，我国按照《中国制造2025》《工业互联网创新发展行动计划（2021—2023年）》等政策文件的要求，推动绿色低碳科技、数智化技术在各领域、各产业和各区域的协同应用。例如，在长江、黄河等重点流域及京津冀、长三角、汾渭平原、成渝、长株潭等区域和城市群，按照区域和流域协同发展的要求，积极推进区域产业融合发展和错位发展。我国东部沿海地区经济与基础建设等相对发达，拥有相对先进的绿色低碳制造业和服务业，沿海风力发电等可再生能源比较丰富，进口矿产资源潜力大。西部地区具有耦合利用矿产资源和风力、光伏发电的优势，正在积极发展符合环保要求的新型工业。由于一些中部和东部地区总体缺能源，西部地区总体缺产业，有必要促进区域产业结构调整 and 区域产业协作。我国《“十四五”可再生能源发展规划》《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》等规划充分发挥各地的资源优势，设计了科学合理的可再生能源发展空间布

^① 《党的十八大以来我国经济总量连上新台阶》，《光明日报》2022年9月14日。

局。调研发现，在规划目标的引导和“双碳”工作要求的倒逼下，浙江、江苏、福建、广东、山东等发达地区的一些高耗能优质产业正在向西北和西南可再生能源富集地区转移，不仅就地消化了当地丰富的风力和光伏发电，还在这些能源基地大力发展制绿氢、制绿氨、制绿甲醇等产业，促进工业产业空间布局的再次调整和优化。西部地区可再生能源的不断开发和有效利用，流域、城市群、园区之间的产业协同发展及数智化技术在各行业的融合应用，必将促进不同地区之间的经济协作和技术创新，推动全国和各区域新一轮的绿色低碳转型发展。

四、以环保科技创新和数智化为支撑深入推进绿色低碳转型的建议

我国以环保科技创新和数智化为支撑进一步推进绿色低碳转型，须按照党的二十大报告及《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》《2030年前碳达峰行动方案》等文件的部署，结合我国新型工业化的发展要求和可再生能源发展的目标，以高端制造、技术升级和智能化为核心，对我国的工业产业空间布局进行深入调整和持续优化，并深入开展污染治理和节能减排工作。

（一）以深入打好污染防治攻坚战、碳达峰碳中和等政策为指导，制定深入推进绿色低碳转型的中长期规划

为了有效地实现绿色低碳转型目标，需要依据美丽中国建设、碳达峰碳中和“1+N”政策体系、《中共中央 国务院关于深入打好污染防治攻坚战的意见》《新一代人工智能发展规划》等文件的要求，以新能源的开发利用、新型工业的发展壮大和绿色低碳科技研发为基础，立足我国绿色低碳转型的总体基础、历史欠账及现实困难，面向各流域和区域的资源特色和优势，制定我国2030年、2050年、2060年绿色低碳转型发展的中长期规划。该规划既包括能源体系结构优化和布局调整的部署，还包括工业、交通、建筑、社会生活绿色低碳技术创新和数智化转型的工作安排；具体的措施既包括上述政策或者文件所包含的具体转型措施，也需要对一些支持性的具体制度、机制和方法进行系统整合和集成创新。例如，将数智化与新型工业化中节能减碳要求相结合，增强措施的协调性和实施绩效。转型的措施安排要体现地方的基础、特色和措施的灵活性，超越地方政府的短期政绩追求。

在中长期规划制定时，一是围绕可再生能源和化工原料开展关键材料、科技及数智化的研发和应用，加速前瞻性产业布局，在风光发电装备、电动汽车、氢能汽车制造产业之外，开辟更多的国际竞争新赛道。二是突破绿色低碳科技创新和数智化的难点，加强与可再生能源开发利用及传输相关的新型基础设施建设。例如，西部地区向中部、东部地区输电网络的扩容、输氢管道的建设、天然气掺氢管道的改造、甲醇与液氨输送管道与设施的建设等。在西北部和沿海地区，针对绿电制备氢、甲醇、氨的新型应用场景开展大规模的产业投资，投资建设甲醇燃料船舶和机动车生产基地，发展煤化工、石油化工与绿氢、绿氨耦合的产业，构建新型的智慧化绿色低碳产业体系。三是在流域和区域内对产业空间布局进行调整优化时，既要防止“两高”项目盲目上马，也要将传统的“两高”项目与以绿电利用为基础的氢化工、甲醇化工、氨化工相结合，加强高浓度二氧化碳的资源化，减少传统高碳产业链的碳足迹。四是立足于绿色氢化工、甲醇化工和氨化工，促进其与传统的钢铁、煤化工、石油化工、建材、有色金属、纺织、造纸等行业的耦合发展，推动产业循环链接，减少资源浪费和碳排放；在城市群、流域上下游或者沿海城市之间，通过行业或政府协调，在经济成本可接受的条件下构建区域统筹、首尾相连、互为供需、互联互通的循环低碳产业链。

（二）以可再生能源和绿色低碳新材料为基础，对全国的产业布局和交通运输布局进行调整和优化

以可再生能源和新材料为基础，并以绿色低碳科技创新和数智化为支撑，深入推进工业绿色低碳转型，创造新的产业形态，是我国产业革命的必要路径。该转型须立足不同地区的资源分布和能

源分布, 通盘考虑资源、能源要素的流动及产业布局的调整优化, 逐步减少全国对传统化石能源的依赖。

我国西部地区拥有极大的风光发电潜力, 若将其不断增长的风光发电全部输送至东部、中部及南部地区, 全国性的电网扩容及配套电力基础设施的建设成本太高。若将西部风光发电部分就地电解水产生氢气, 再通过专门的管网输送至东部、中部及南部地区, 因氢气的传输具有能量密度低、液化温度低、储运压力大导致易燃易爆等不足, 会面临高昂的输送和配套设施建设成本。通过现有的天然气管道掺氢长距离输送, 也面临同样的问题。按照习近平总书记在第十三届全国人大第五次会议上提出的“立足国情, 坚持稳中求进、逐步实现, 不能脱离实际、急于求成”要求, 在利用现有资源和基础设施的基础上, 逐步实现绿色低碳转型, 即通过科技创新和智慧化对西部地区丰富的风光发电, 就地转化利用和对外输出利用各一部分。我国东南沿海的风光发电开发利用, 也可采取同样的模式。

在就地转化利用方面, 可将我国西部地区丰富的煤炭资源和风光发电资源有机结合。按照胡焕庸线的产业分布历史规律, 相较于胡焕庸线北地区, 胡焕庸线南地区因更易获得水资源, 现代化工业则更为发达。胡焕庸线北地区的煤炭、石油资源较为丰富, 虽然石油化工和煤化工得到一定发展, 因为水资源总体短缺, 大力发展本地化工受到一定限制, 总体上还是属于化石能源输出地区, 为中部、东部地区输送保民生和发展所需的煤炭、石油和天然气。在绿色低碳发展新时代, 通过国家水网的建设和完善, 胡焕庸线北地区的风光发电资源可得到大规模利用。例如, 在风光发电基地附近电解水制备氢, 再合成既可作燃料也可作重要化工原料的甲醇或者氨。将这些资源耦合本地的煤化工和石油化工产业, 可大力发展新型化工业。该类新型化工业还可捕集和利用传统工业排放的高浓度二氧化碳, 减少区域工业温室气体排放。在我国的新疆、黄河流域“几字弯”地区和沿海地区, 适宜将本地实力雄厚的煤化工、石油化工产业与当地绿氢化工进行耦合。这种对传统产业进行技术革新和智慧化升级的转型模式, 是符合我国国情的“先立后破”模式, 既有助于保持经济的增长, 有助于稳步实现碳达峰碳中和目标, 还可扩大我国西部地区生存和发展的空间, 导致胡焕庸线发生一定的改变。就地部分转化利用的模式, 可增强西部和沿海地区风光发电基地和化石能源地区的化工产业发展。在就地转化利用方面, 尤其要注意黄河“几字弯”地区, 新疆乌鲁木齐、昌吉、石河子地区的产业互补和产业协调问题, 防止产业重复建设和低端竞争。

在对外输出与利用方面, 可将我国西北部地区和沿海地区风光发电所制备的氢、甲醇、液氨, 通过管道输送等方式输至其他能源或者化工原料短缺地区, 促进市场要素的跨区域分配。这种输送方式, 可减轻新能源生产地区向其他地区输送电力的压力, 减少全国和区域电网扩容的总支出。未来交通工具的绿色低碳转型时代, 既应是氢能汽车、电动汽车、甲醇汽车等汽车协同发展的时代, 也应是氢能驱动、电能驱动、甲醇驱动、液氨驱动船舶协同发展的时代。氢气、甲醇、液氨等作为新型交通能源, 既可减少大力推广电动汽车对电力设施扩容和充电桩等基础设施建设的投资, 也可保留现有的加油站等基础设施, 将它们改造为加甲醇或液氨的网点。对外输出利用的模式对我国化工业及交通运输工具的结构和交通运输方式的调整会产生较大的影响。

(三) 将数智化技术融入绿色低碳发展的各项工作, 为降碳、减污、扩绿、增长协同赋能

要发挥数智化技术在能源、交通、建筑等产业和社会生活领域绿色低碳技术创新的巨大促进作用。一是发挥数智化技术在新型能源体系建设方面的赋能作用。例如, 数智化技术可预测未来的电力生产、电力需求、电力峰值、电力低谷值, 通过数智化电网调节技术, 采用火力发电、氢能发电、风光发电、抽水蓄能等方式, 对我国西北部和东南沿海地区不稳定的风光发电进行调节, 促进电网的稳定和更多电力的稳定外输。二是促进数智化技术在我国工业领域的广泛应用。利用数智化管理系统提高生产效率, 提高工业产品的质量, 节省不必要的能源支出和物料支出, 促进新型工业的高质量发展。三是促进智慧交通网络基础设施的建设和智慧交通的大发展。开发利用智慧交通体

系，通过实时监测交通流量和使用人工智能进行交通调度，提高交通效率，减少交通能源的消耗和汽车尾气排放。四是通过智慧建筑和智慧家居产业的发展，促进建筑的节能降碳减污。在建筑供能方面，智慧建筑利用太阳能光伏发电、风力发电与地热能系统相互补充以满足建筑能耗的需求。在智能家居方面，通过智慧系统监测室内温度、光照和气象条件，进而优化采暖、制冷和照明系统，使室内环境更加稳定，既提高能源效率，又减少对传统能源的依赖。五是在社会生活方面，促进数智化技术在碳交易和“碳普惠”领域的应用，激励全社会节能减碳，形成绿色低碳的生活方式。

（四）加强体制机制创新和法治建设，激发绿色低碳科技创新和数智化的动力和活力

在体制机制创新方面，一是建议通过政策调整和资源分配等方面的措施促进区域的低碳科技创新和数智化的均衡或者协调发展。可重点支持技术创新基础较弱的地区，引导高碳产业向绿色低碳方向转型；在黄河保护法、长江保护法、青藏高原生态保护法等法律建立的协调机制下建立流域和区域的绿色低碳科技创新和数智化协同发展机制，促进城市之间、城市群之间的协同创新和资源共享。政府可通过激励措施，鼓励绿色低碳和数智化科技企业结合各地区资源特色和优势，建立研发和生产基地。二是加大对绿色低碳科技和数智化创新的支持力度。例如，提供技术孵化器和研发中心，鼓励高端人才引进和技术积累，激发创新动力和活力，破解技术突破的瓶颈难题，构建更加完整的数智化绿色低碳产业链。在招商引资方面，各地应坚守“三线一单”的产业准入门槛，鼓励绿色低碳高新产业的投资。三是建立数智化绿色低碳创新驱动机制。建立更加稳定的数智化绿色低碳科研项目支持机制，延长项目资金分配周期，鼓励长期研究与创新。四是直面一些发达国家对我国绿色低碳产业采取的围追堵截措施，强化国际合作机制建设，与外国研究机构就数智化、绿色低碳化的重点难点技术问题深入开展合作，分享资源和经验，提升科技研发效率。

在法制保障方面，一是建议加强数智化技术开发利用的专门法律法规的建设，对数智化的科技创新投资、融资、责任分配、利益保障、法律责任作出充分的规定；建立政府采购、税费优惠等激励措施，促进数智化在各领域尤其是绿色低碳领域的应用；对相关法律法规开展修改，促进新型工业化进程中相关知识产权的法律保护；建立绿色低碳转型的目标责任制，强化盲目上马“两高”项目的党纪国法责任。二是制定《绿色循环低碳发展促进法》，健全促进绿色低碳发展的综合性法律法规体系，建立健全降碳减污科技创新和智慧化相协调的法律监管体制、制度和机制；参考海洋环境保护法有关绿色低碳智能规定的立法经验，在生态环境保护法律法规中予以推广。制定生态环境法典时，补充应对气候变化及相关的碳达峰碳中和的篇章，为绿色低碳转型设计利于碳减排、碳封存、碳利用、碳交易的科技创新和智慧化制度。三是在淮河、永定河、辽河、松花江、京津冀、长三角、成渝地区等流域、区域开展专门立法或者各区域开展协同立法时，参考长江保护法、黄河保护法、青藏高原生态保护法的立法经验，既规定绿色、循环、低碳发展的综合措施和专门措施，也规定区域协同开展绿色低碳发展和体制协调的措施，促进流域和区域内城市群绿色低碳科技创新和产业协同发展的布局优化，整体提升我国经济的质量。此外，还需以降碳、减污、扩绿、增长相协同为要求，对能源、资源、生态保护、污染防治、应对气候变化等方面的现行法律法规进行修改，对各领域的科技创新和智慧化法律加强协同规范和集成创新。

参考文献

- 李禾（2023）：《“2022年全国营收约2.22万亿元——生态环保产业成绿色经济重要力量”》，《科技日报》9月6日。
- 王绍绍（2023）：《人工智能赋能千行百业 引领企业数字化转型》，<http://finance.people.com.cn/n1/2023/0702/c1004-40025919.html> [2023-09-02]。
- 王业强（2023）：《“数字化绿色化”何以协同转型》，《广州日报》8月28日。

Advancing China's Green and Low-carbon Transformation through Environmental Technology Innovation and the Digital Intelligence Revolution

CHANG Jie-zhong, ZENG Gang

(East China Normal University, Shanghai 200062, China)

Abstract: Harnessing environmental technology innovation and digital intelligence for green and low-carbon transformation is a global trend in today's world. For China, this endeavor is geared towards a sustained enhancement of promoting eco-friendly production and lifestyle choices, reducing reliance on fossil fuels, bolstering international industrial competitiveness, and improving the effectiveness of China's governance in the green and low-carbon domain. While China's transformation efforts have laid certain foundation and achieved significant milestones, the level of green and low-carbon development remains comparatively modest. This is compounded by international challenges, including cooperative restrictions and trade barriers, as well as domestic issues such as insufficient overall investments in ecological civilization construction and digital intelligence development, and legislative inadequacies. To address these challenges, China can focus on the harmonious integration of digital intelligence and tangible economic sectors, provide support for technological research and application, foster regional collaborations, and enhance legislative frameworks. Formulating a comprehensive medium and long-term plan for China's economic and societal transition towards green and low-carbon models, alongside adjustments and optimization of industrial and transportation layouts, is paramount. The digital intelligence will empower the coordinated pursuit of carbon reduction, pollution control, environmental preservation, and sustainable growth. Moreover, institutional and legal innovations will invigorate the transformative momentum.

Key Words: ecological civilization; green and low-carbon; technology innovation; digital intelligence; transformation

责任编辑: 周枕戈