

ICT技术在绿色低碳发展中的机遇与路径研究

孙雨晴

西北师范大学管理学院, 甘肃 兰州

收稿日期: 2024年10月23日; 录用日期: 2024年11月23日; 发布日期: 2024年12月11日

摘 要

近年来, 中国积极参与全球气候治理, 大力推进生态文明建设, 实施绿色低碳发展战略, 绿色低碳发展取得显著成效。然而, 绿色低碳发展是一项系统工程, 涉及社会生产生活多个方面, 达成双碳目标任重道远, 需要对生产生活方式进行系统性的深刻变革。以5G等为代表的信息通信技术(以下简称ICT技术), 具有万物互联、开放架构、无限接入等特征, 深度融入社会生产生活各个方面, 助推社会生产生活方式向数字化、智能化纵深拓展, ICT技术为绿色低碳发展提供了新的实现路径。数智化转型与绿色低碳发展两者具有一致的目标和驱动机制, 应作为经济社会转型的一体两面、协同推进。

关键词

绿色低碳, 碳中和, 双碳, 技术创新, ICT技术

Research on the Opportunities and Paths of ICT Technology in Green and Low-Carbon Development

Yuqing Sun

School of Management, Northwestern Normal University, Lanzhou Gansu

Received: Oct. 23rd, 2024; accepted: Nov. 23rd, 2024; published: Dec. 11th, 2024

Abstract

In recent years, China has actively participated in global climate governance, vigorously promoted the construction of ecological civilization, implemented green and low-carbon development strategies, and achieved remarkable results in green and low-carbon development. However, green and low-carbon development is a systematic project that involves many aspects of social production and life. There is a long way to go to achieve the dual-carbon goal, which requires systematic and

profound changes in production and lifestyle. Information and communication technology (hereinafter referred to as ICT technology) represented by 5G and others have the characteristics of interconnection of everything, open architecture, unlimited access and other characteristics. It is deeply integrated into all aspects of social production and life, and promotes the in-depth expansion of social production and life into digitalization and intelligence. ICT technology provides a new path for green and low-carbon development. Digital and intelligent transformation and green and low-carbon development have the same goals and driving mechanisms, and should be promoted collaboratively as part of the economic and social transformation.

Keywords

Green and Low Carbon, Carbon Neutrality, Dual Carbon, Technological Innovation, ICT Technology

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

中国已成为世界第一大碳排放国，2020 年的碳排放总量超过 98 亿吨，按计划实现“双碳目标”，仍然面临很大的挑战。为推动绿色低碳发展，中国政府从顶层设计上，着力构建碳达峰碳中和“1+N”政策体系，相关部委先后出台政策文件超过 15 个，从政策、资源等方面引导各主体开展低碳、零碳、负碳关键核心技术攻关，依靠高质量的技术创新推动碳达峰、碳中和目标的实现。

2. 绿色低碳发展蕴含着广阔的市场空间

何为绿色低碳发展？绿色发展作为我国新发展理念的有机组成部分之一，重在解决人与自然和谐共生，实现高质量发展。绿色低碳发展是长周期、大规模、深层次的经济社会生产生活方式变革，是党和国家重大战略部署。绿色低碳发展是未来中长期关键领域产业数字化的核心议题，拥有广阔的市场空间。

当前实现碳中和的主要路径有三种：一是**绿色能源替代**，只要是通过调整能源结构，逐步提升非化石能源的消费比重，构建以新能源为主体的现代绿色低碳能源体系。二是**节能减排**，通过生产技术和生活方式的变革，改进能源及其他资源使用效率，实现节能减排。在规模化绿色能源成熟并替代传统能源前，通过技术手段实现节能减排是碳达峰碳中和最优的路径。三是**碳抵消**，通过植树造林、植被恢复等碳汇措施，加大温室气体吸收规模，抵消经济活动产生的碳排放。碳抵消模式受制于地理空间，存在理论上的上限，且不能解决根本问题，一般不将其作为最主要的减碳路径。为了有效调动各方积极性，《联合国气候变化框架公约》给出了碳排放权交易、清洁发展机制(CDM)等灵活履约机制，即碳交易。各责任主体可以通过购买碳排放指标等方式完成减排义务。

针对绿色低碳发展任务目标，ICT 从业者除了实现自身绿色低碳发展，还需要发挥 ICT 技术赋能作用，助推经济社会向绿色发展模式转型。推进绿色低碳发展，需要发挥好市场资源配置的基础作用，引导各主体调整生产方式，将资源配置到低碳发展模式[1] [2]。

3. 当前绿色低碳发展的探索与实践

3.1. 科技创新成为绿色低碳破局的关键

碳中和提出以来，各地政府研究陆续出台了碳中和行动纲领和实施方案。浙江省，于 2021 年 6 月 8

日发布了国内首个省级“双碳”行动方案：《浙江省碳达峰碳中和科技创新行动方案》，方案提出，到2025年，初步构建浙江省绿色低碳技术创新体系；到2030年，着眼碳中和战略目标，绿色低碳产业关键核心技术达到国际先进水平，抢占碳中和技术制高点[3]。**江苏省**，于2022年初安排碳达峰碳中和科技创新专项资金，首批共39个项目，预算3.81亿元，支持支持碳达峰碳中和领域各类重大科技创新基地、平台和载体建设，培育绿色低碳战略科技力量。

宁夏回族自治区，于2021年11月27日出台了《宁夏碳达峰碳中和科技支撑行动方案》，提出围绕建设黄河流域生态保护和高质量发展先行区、实现碳达峰碳中和目标重大科技需求，组织实施绿色低碳关键核心技术攻关、绿色低碳先进科技成果引进转化、绿色低碳科技创新平台创建等八项碳达峰碳中和科技支撑行动[4]。**内蒙古自治区**，作为能源大省，于2021年底出台了《内蒙古自治区碳达峰碳中和科技创新行动方案》，方案提出加快建设以新能源为主体的新型电力系统，提高基础设施绿色化水平，进一步完善绿色低碳循环发展政策，顺利实现2030年前碳达峰目标。到2030年，非化石能源消费比重提高到25%左右。

山西省，作为煤炭储量最多的省份，于2023年6月13日出台了《山西省工业领域碳达峰实施方案》，提出实施传统能源绿色低碳转型、新能源和清洁能源替代、节能降碳增效三大行动，开展循环经济助力、科技创新赋能、碳汇能力提升、全民参与四大行动，全面提高资源利用效率，加快绿色低碳科技革命。**辽宁省**，于2023年6月29日出台了《辽宁省科技支撑碳达峰碳中和实施方案(2023~2030年)》，提出完善绿色低碳创新科技体系，提升低碳零碳负碳关键核心技术攻关能力，建立国家级绿色低碳创新平台，为碳中和目标提供技术储备和路径指引。

3.2. 企业积极采取行动推进“双碳”目标落地

科技型企业发挥自身技术优势，通过科技赋能、绿色创新减少碳排放，**腾讯**于2022年2月发布《腾讯碳中和目标及行动路线报告》提出：不晚于2030年实现自身运营及供应链的全面碳中和，不晚于2030年实现100%绿色电力，提出“减排和绿色电力优先，抵消为辅”的原则。在绿色能源替代方面：持续提升可再生能源利用比例，探索新能源微网技术，建设储能电站，搭载智慧能源管理系统。探索集中式电站开发，促进可再生能源上网，提升负载柔性并匹配可再生能源利用技术。在节能减排方面：探索数据中心创新制冷与电气技术，探索“三联供”、液冷、余热回收等节能技术。推进办公楼宇节能，对全国全部自建和租赁办公面积进行能耗管理。在碳抵消方面。借助自身碳抵消量的需求，探索碳汇领域的新方法和技术革新。在实现自身运营和供应链碳中和的同时，发挥“连接器”的作用，助力经济社会低碳转型。

碳达峰、碳中和的重点领域在能源领域。**中国石化**于2022年3月发布《2021中国石化可持续发展报告》，提出碳的“净零”排放终极目标。**在绿色能源替代方面**，着重发展以氢能为核心的新能源业务，围绕氢能产业链打造氢能产业。拓展充换电站、加氢站等新型基础设施和服务。推进生物柴油、生物航煤规模化，发展光伏、风电产业，推进风光“绿电”与传统业务融合，提高“绿电”应用比例。**在节能减排方面**，推动分子炼油、绿氢炼化等绿色低碳技术实现突破，提高原料低碳化比例。推进二氧化碳为原料生产甲醇、锂电池电解液、可降解塑料等化工产品和高端材料的技术研发及工业应用。**其他方面**，把绿色洁净战略融入企业发展、经营全过程，降低产品全生命周期碳足迹。

国家电网早在2021年3月发布《国家电网碳达峰碳中和行动方案》，提出要当好“先行者”，系统梳理输配电各环节、生产办公全领域节能减排清单，深入挖掘节能减排潜力，实现企业碳排放率先达峰。**在绿色能源替代方面：建设智能电网**，加强输电通道建设，建设跨省区输电能力，加快抽水蓄能等清洁能源电站建设。**实施电能替代**，完成北方地区“煤改电”，加快电动汽车充电网络建设，推动长江沿线

港口岸电建设，在民航机场、沿海和内陆码头推广以电代油，在工业领域推广电窑炉、电锅炉。**在节能减排方面：加强重大技术攻关**，研发并全面掌握特高压核心技术和全套设备制造能力，建成国家风光储输、张北柔直等工程。建设“新能源云”平台，提供新能源消纳分析、电源并网、补贴申报、交易结算等一站式服务[5]。

4. ICT 技术赋能绿色低碳发展的路径

随着数智化转型的加速和对算力需求的增长，ICT 技术在赋能经济社会发展的同时，自身的能源需求与碳排放也将出现增长。对此，各界普遍认为应当进一步鼓励 ICT 技术的应用，以促进社会整体碳减排效益最大化。

4.1. ICT 技术助力减排降碳的逻辑

赋能效应是数字化对环境影响的一个重要方面，即通过在经济和社会活动中使用数字技术而产生的效应，赋能的流程包括绿色低碳相关的信息获取、传递、存储、加工和标准化五个环节。其基本逻辑可以归纳为“连接－挖掘－优化、管控－增效”，其作用机制分别是改变价值创造方式、提高价值创造效率、拓展价值创造载体和增强价值获取能力[6]。新一代 ICT 技术实现了数据在产业链中的集成和流动，促进企业间的专业化分工，形成价值网，拓展了价值创造的载体；数字技术弱化了产业边界，催生出“跨界”等新型商业模式，增强了企业的价值获取能力。ICT 技术应用在传统用能领域，促进其能源结构清洁化转型、用能效率提升、环境影响降低、资源循环利用等直接减少碳排放并促进碳达峰、碳中和目标实现，见图 1。

GSMA 2019 年发布题为《The Enablement Effect》(赋能效应)的报告指出，ICT 技术通过增加连接、提高效率和改变行为模式，帮助实现减排。2018 年，ICT 技术对全球二氧化碳排减排约 21.35 亿吨，与俄罗斯 2017 年排放的温室气体总量相当。

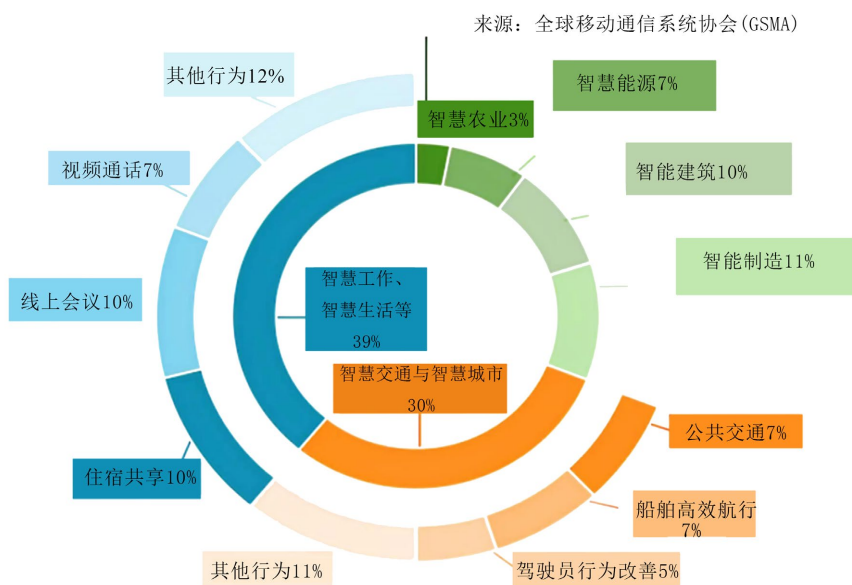


Figure 1. Percentage of carbon emissions avoided by information technology in various scenarios in 2018

图 1. 2018 年信息技术为各场景避免碳排放量的占比

全球可持续信息产业联盟(GeSI) 2019 年发布的《SMARTer2030》数据显示，到 2030 年，受益于 5G、

云、人工智能等 ICT 技术所减少的碳排放量几乎是行业自身排放量的 10 倍，运用 ICT 技术减少碳排放具有广阔的发展前景。

根据世界经济论坛和埃森哲最新统计数据显示，到 2030 年全球各行业受益于 5G、云、人工智能等 ICT 技术所减少的碳排放量预计将达到 121 亿吨。在美国，要实现其 2030 年碳排放比 2005 年减少 50%~52% 的目标，2025 年需减排 16.73 亿吨二氧化碳，据预测，5G 技术能够帮助美国实现减排 3.31 亿吨(相当于消耗 7.66 亿桶石油产生的排放量)，约是减排目标的 20%。

4.2. ICT 技术助力减排降碳的路径

CTIA (美国无线通信和互联网协会)于 2022 年 1 月发布了《5G Connectivity-A Key Enabling Technology to meet America’s Climate Change Goals》(《5G 连接 - 实现美国气候变化目标的关键技术》)的报告，认为以 5G 为代表的 ICT 技术能够帮助美国不同行业有效实现碳减排，见图 2。

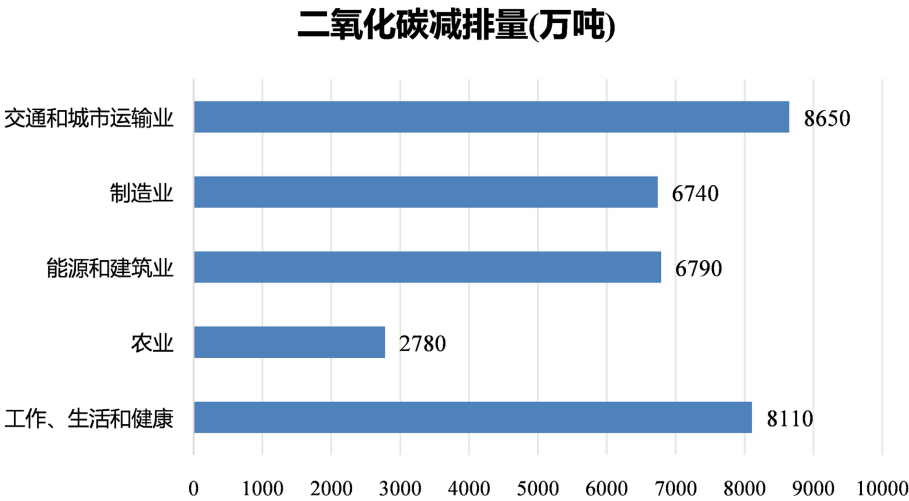


Figure 2. Accenture’s forecast of emissions reductions achieved by 5G technology in vertical industries in the United States by 2025

图 2. 埃森哲对 2025 年美国垂直行业应用 5G 技术实现减排量预测

交通运输业领域。通过在街道和高速公路上部署 5G 网络 mMIMO 和小扇区等技术，能够实现更精准、高效的汽车通信、自动驾驶、远程驾驶和智能导航[7]。例如，在借助 5G 实现的 V2X (vehicle to everything) 场景下，车辆可以通过采集分析路况、其他车辆、交通灯、行人、天气等数据，提高交通整体运行效率，大幅提高能源使用效率，减少碳排放。预计到 2025 年，美国交通和城市运输业可通过借助 5G 技术，实现二氧化碳减排 8650 万吨。

制造业领域。5G 的可靠性和安全性为制造业技术应用提供支持。通过将生产线、机器和仓库等接入管理系统，增强产品制造各环节的独立和协同管理，能够减少企业的能源消耗。例如，使用 5G 更容易监测企业生产各环节的能源消耗，进而通过合理的能源使用计划，实现错峰用能等方式，减少能源消耗；在 5G 的帮助下，设备上的传感器可以实时提供运行数据，通过数据识别潜在问题，提前规避，减少计划外停机时间，从而减少排放。预计到 2025 年，美国制造业可通过 5G 技术减少运营能源消耗，实现二氧化碳减排 6740 万吨。

能源与建筑物领域。5G 技术能够帮助电网实现电力需求管理和整体优化。在能源供应端，电力整合及电力需求信息反馈将提高能源企业的生产、运营效率。在能源需求端，商业和工业建筑供暖、通风、

空调和照明的高效、精准控制,可以减少不必要的大规模能源消耗。例如,带有 5G 功能的温度和运动传感器可以检测建筑物内不同空间的温度、空气质量和人数,通过自动调整供暖、通风、空调和照明以节约能源。预计到 2025 年,美国能源业和建筑物可借助 5G 技术,实现二氧化碳减排 6790 万吨。

农业领域。5G 的高带宽、低时延和对海量设备的连接支持,有助于农业采用新技术提高生产率,减少资源浪费和碳排放。例如,5G 可以帮助人们提高智能机械、无人机等的使用率,通过传感器实现杂草和作物的监测,减少人的活动次数。预计到 2025 年,美国农业可以通过借助 5G 技术,实现减少二氧化碳排放 2780 万吨。

工作、生活和健康领域。5G 将帮助民众更好平衡工作和生活,管理健康,减少出行需求。例如,可以借助 5G 进行远程会议和居家办公,以减少工作出行;使用 5G 实现扩展现实(XR)技术,使远程医疗可以像面对面问诊一样。预计到 2025 年,5G 技术可以帮助美国民众在工作、生活和健康方面,实现减少二氧化碳排放 8110 万吨。

目前我国的碳排放强度是欧美国家的 2 至 3 倍,随着国内 5G 垂直行业应用案例的增加,以 5G 为代表的 ICT 技术助力各行业实现二氧化碳减排量也将更加可观。

5. 电信运营商绿色低碳发展的参与路径及建议

5.1. 电信运营商助力“双碳”的关键路径

在“双碳”背景下,ICT 企业亟需抓住低碳发展机遇,积极探索并开展自身碳中和实践,制定与企业宏观战略契合的碳减排目标,以实际行动助力我国实现“双碳目标”。

做好自身减排。ICT 企业通过减少自身碳排放以及带动产业链整体减排。在技术方面,加快部署新时代的数据传输技术包括 5G、更高速 WiFi 等,将物理生产活动转移到数字化领域,使工业能源和材料的效率更高,发挥出更高的效率,降低排碳的总量。此外,加快科技发展,保证碳排放技术的发展,抢占碳排放领域的先机。企业通过降低直接碳排放、使用绿色能源、鼓励材料回收等多种举措降低碳排放,同时,在东数西算建设大量基础设施过程中采用自然冷源、AI 基站节能等技术,降低单位流量下的消耗[8]。

通过 ICT 赋能产业减排。将碳减排作为电力、工业、交通、建筑、农业等减排空间突出行业的重点研发方向之一,加快云计算、物联网、大数据、人工智能、5G 技术等与具体生产场景融合的研发力度,以新型智能终端、智能电网、智慧工厂、智慧交通、智慧楼宇、智慧农业等场景的碳减排需求为导向,结合自身能力优势打造解决方案,构筑面向国家 2060 年整体目标的竞争优势[9] [10]。

发挥数据优势,全链条记录碳足迹。碳足迹是对设备或个人生活碳排放的整体记录。埃森哲能够对 5G 助力各行业碳减排作出精细预测,正是基于碳足迹展开。当前,我国各行业开展碳足迹数据管理水平有整合提升的空间。通信企业作为拥有庞大的客户规模和广泛的数据触点,在产业链中具有广泛影响力,有能力带动产业链各方联手建立碳足迹完整记录核算体系,从而为面向各类客户开展理念倡导、行动记录建立先发优势。

5.2. 电信运营商助力“双碳”的相关建议

在新能源安全可靠替代传统能源之前,运用科技手段节能减排是最可取的“双碳”目标实现路径。建议从四方面进一步融入国家绿色低碳发展,积极、高效履行中央企业的政治、经济、社会责任。

细化绿色低碳发展战略。建议以建设节能减排与赋能降碳全面融合发展的“数智化低碳生态圈”为目标,从对内对外两方面明确减排目标和路线图。对内,进一步细化目标,明确路径,加大新技术推广应用力度,推动各单位积极减排。对外,业务与网络条线协同制定顶层规划,提出具体策略,推动各区域企业、相关专业企业积极融入各领域碳减排进程,充分发挥 ICT 作用,助力“双碳”目标实现。

积极参与相关标准建设。当前，国资委的等相关部委积极推进以“双碳”为核心内容之一的 ESG 标准体系建设。国资委建立企业社会价值实验室推进企业社会价值测定，中国企业改革与发展研究会牵头编制《企业 ESG 披露指南》团体标准，电信运营商积极参与 ICT 技术的降碳效能研究，积极参与相关标准研究和编制，推进 ICT 技术助力节能减排尽快融入国家和行业标准，加速推动国家碳足迹核算等相关标准的制定。

积极探索 ICT 技术赋能产业减排。面向智能电网、智慧工厂、智慧交通、智慧楼宇、智慧农业等场景，在数智化解决方案中增加碳记录、碳监测等能力，打造“智慧低碳”解决方案，建立政企业务的差异化竞争先发优势，创造更高社会价值[11] [12]。

推动产业链开展碳足迹记录和分析。发挥企业在产业链和数据方面优势，多方联合形成关键领域生产、运输、使用和废弃的整个生命周期的温室气体排放清单，进而与个人、家庭生活数据相关联，不断完善个人家庭生活的碳足迹记录能力。

参考文献

- [1] 张娜, 边志锋. 中国 ICT 产业发展的低碳经济效应分析[J]. 统计与信息论坛, 2013, 28(8): 59-64.
- [2] 张雪玲, 焦月霞. 中国数字经济发展指数及其应用初探[J]. 浙江社会科学, 2017(4): 32-40.
- [3] 甄敬怡. 笃行不怠接续前行[N]. 中国经济导报, 2021-09-23(001).
- [4] 柳杨, 周霞, 赵兴阳, 程志. 科技创新助力宁夏碳达峰碳中和关键对策研究[J]. 中阿科技论坛(中英文), 2022(4): 1-5.
- [5] 肖先勇, 郑子萱. “双碳”目标下新能源为主体的新型电力系统: 贡献、关键技术与挑战[J]. 工程科学与技术, 2022, 54(1): 47-59.
- [6] 闫枫, 李鵬, 王长欣, 李竹青, 张晗旭. 数字孪生: 产业绿色化转型及风险预警新驱动[J]. 环境经济, 2022(18): 62-67.
- [7] 刘衡萍, 潘峰. 美国研究认为 5G 是助力碳减排目标实现的关键技术[J]. 通信世界, 2022(12): 24-26.
- [8] 樊耀东. 电信运营业节能减排指标体系研究[J]. 电信科学, 2008, 24(5): 101-103.
- [9] 钟润阳, 徐旬, Eberhard Klotz, Stephen T. Newman. 对工业 4.0 背景下的智能制造的回顾[J]. Engineering, 2017, 3(5): 96-127.
- [10] 石敏俊, 袁永娜, 周晟吕, 李娜. 碳减排政策: 碳税、碳交易还是两者兼之? [J]. 管理科学学报, 2013, 16(9): 9-19.
- [11] 解学梅, 韩宇航. 本土制造业企业如何在绿色创新中实现“华丽转型”? ——基于注意力基础观的多案例研究[J]. 管理世界, 2022, 38(3): 76-106.
- [12] 戴翔, 杨双至. 数字赋能、数字投入来源与制造业绿色化转型[J]. 中国工业经济, 2022(9): 83-101.