数字低碳与低碳数字:“双碳”目标下数字经济发展的反思与重构

李南枢　　宋宗宇

摘　要: 党的二十大报告明确提出“加快发展数字经济”,并再次定调“双碳”目标。数字经济发展对“双碳”目标的实现具有明显的赋能功能。但低碳并非数字经济的天然属性,数字经济的高速发展对“双碳”目标的实现也带来新挑战,包括碳排放问题、数字技术适配问题、环境监管问题等现实困境。“双碳”目标中数字经济发展受到主体有限理性、边际排放成本与认知偏差等要素影响,单边的支持政策将引发公共利益与个人利益的冲突,形成“绿色悖论”,需要运用多种政策措施的组合优化。通过借鉴发达国家与国内部分地区的有益经验,今后应当在支持技术创新、完善制度框架、促进多元协作的基础上强化数字低碳与低碳数字的融合发展,构建“双碳”目标下数字经济发展的利益共同体,真正做到数字化与绿色化的协同增效。

关键词: 数字低碳;低碳数字;“双碳”目标;数字经济;绿色悖论

中图分类号: F49; D922.68　　**文献标识码:** A　　**文章编号:** 1003-0751(2023)11-0033-08

习近平总书记指出:“发展数字经济意义重大,是把握新一轮科技革命和产业变革新机遇的战略选择。”[1]党的二十大报告明确提出“加快发展数字经济,促进数字经济和实体经济深度融合”。可见,大力发展数字经济,是促进我国经济转型升级、构建高质量发展格局的重要支撑。国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》要求将“碳达峰、碳中和纳入经济社会发展全局”。党的二十大报告强调“中国式现代化是人与自然和谐共生的现代化”,再次提出实现碳达峰碳中和的“双碳”目标。随着数字经济的纵深推进,数据要素与传统生产要素相互结合提升了社会生产效率,推动了产业结构的系统性变革,有效减少了经济活动中各环节的沟通壁垒与无效资源损耗,这与“双碳”目标不谋而合。应当明确,数字经济与“双碳”目标是今后我国经济社会发展的两大主流趋势,如何实现数字化与绿色化的协同增效,是新时期的重要课题。

一、“双碳”目标与数字经济的逻辑耦合

“双碳”目标下数字经济发展要求借助大数据、物联网、人工智能等数字技术,以降碳扩绿为主要目标,打破数字化与绿色化之间的技术壁垒,实现经济效益、社会效益、生态效益的共同增长。近年来,我国“双碳”目标与数字经济持续推进,二者结合愈发紧密,利用数字技术保护“绿色青山”、打造“金山银

收稿日期: 2023-05-28

基金项目: 重庆市社会科学规划项目“促进重庆韧性基础设施建设的法律机制研究”(2022BS106);重庆市教委人文社科规划项目“社会组织嵌入韧性社区治理的法律机制研究”(23SKGH114)。

作者简介: 李南枢,男,贵州省社会科学院国家治理现代化地方实践智库副研究员、法律研究所副研究员(贵州贵阳 550002),重庆邮电大学数字经济法律治理研究中心研究员(重庆　400065)。宋宗宇,男,重庆大学法学院教授、博士生导师(重庆　400044)。

山”已成为社会共识。现实中,我国多措并举,有力推动了数绿融合。

1.数字低碳:数字经济赋能“双碳”目标实现

现有研究已经证实,数字经济发展带有明显的碳减排效应[2]。在生产端,数字经济发展通过技术创新促进传统产业转型升级,提升能源资源利用效率,实现节能降碳。例如,长安汽车依托人工智能等数字技术开展产品轻量化智能化设计,使车身性能不变的情形下重量减少 7%—10%,燃油能耗相应降低 6%—8%,二氧化碳排放降低 13%[3]。数字经济打破了传统产业的空间分布状态,通过数字空间与物理空间融合,重构了传统产业边界,实现了“虚拟集聚”下的产业链协同增效,有利于产业标准体系构建与精细化控制能源资源使用,从而有效降低碳排放速度[4]。在消费端,数字经济通过短视频等数字媒介能广泛传播低碳理念与提升消费者低碳意识,可以通过数字技术手段实现能源生产与用户习惯的结合,为消费者提供低碳产品偏好,从而优化消费场景[5]。有研究发现,在整体能源消费不变的情形下,数字技术的推广能有效降低 13%—22%的碳排放量[6]。在环境监管上,数字技术能将地理环境信息、空气污染信息、能源损耗信息等多种信息融合,并对规划—设计—建造—运行—改造—回收的碳排放全生命周期进行监测与核算,及时把环境变化信息反馈给监管部门,帮助其进行环境状态评价与政策措施制定[7]。

2021 年 10 月 24 日,中共中央印发《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》中明确要求“推动新一代信息通信技术与绿色低碳产业深度融合”。近年来,推动数字经济赋能“双碳”目标实现的政策体系不断完善,如国务院印发的《2030 年前碳达峰行动方案》中要求“推进工业领域数字化智能化绿色化融合发展”,中央网络安全和信息化委员会发布的《“十四五”国家信息化规划》提出“加速信息技术赋能社会各领域节能减排”,工信部、国家发改委、生态环境部等三部门联合印发的《工业领域碳达峰实施方案》中要求“加快数字化低碳解决方案应用推广”等,为数字低碳提供了战略指引。同时,在政策体系的推动下,相关数字基础设施得到快速部署与跨越式发展。“十三五”期间,我国已经建成了全球最大规模的移动通信网络,部署了超 150.6 万个 5G 基站,建立了超 2 亿个 5G 终端连接数,全国一体化大数据中心完成总体布局设计,“东数西算”工程正式启动,在用超大型、大型数据中心超过 450 个,算力总规模超过 140EFlops,为赋能“双碳”目标打下坚实基础[3]。

2.低碳数字:“双碳”目标下数字经济的反思

数字经济发展对“双碳”目标的实现具有明显的赋能功能,似乎数字经济已经能够回答“诺德豪斯之问”①。然而,“双碳”目标下数字经济发展并非数字化对绿色化的单方面赋能。低碳并非数字经济的天然属性,数字经济的高速发展本身也带来了碳排放等问题。例如,数字经济下的人工智能、大数据、5G、物联网等数字产业本身属于高耗能产业,杭州阿里巴巴公司的阿里云服务器仅日耗电量就占杭州全市的 1/8[8]。并且,随着我国数字经济的高速发展,对新型数字基础设施的需求亦日益强烈。以 5G 基站为例,截至 2021 年底全国每万人拥有 10.1 个 5G 基站[9]。《“十四五”信息通信行业发展规划》(工信部规〔2021〕164 号)要求“十四五”时期力争每万人拥有 5G 基站数达 26 个。然而,新型数字基础设施的能耗远高于旧设施能耗,如 5G 基站的设备功耗是 4G 基站的 2—3 倍,高能耗问题日益凸显[10]。作为数字经济关键生产要素的数据,其存储、传递与处理均依赖大量能耗。2018 年,全国数据中心能耗便接近三峡大坝全年发电量[11]。

此外,“双碳”目标也为数字经济发展提出了更多要求。例如,传统的温度、湿度、压力、流量等传感器已难以满足“双碳”目标下的技术需求,风、光、热、油、气、电、水等多种能源类型的数据采集以及碳排放全链条数据分析与处理,均需要更丰富的数字传感技术与可操作性较强的互联协议。“双碳”目标也对数字技术的网络传输稳定性、准确性、安全性提出更高要求。如未来碳足迹追踪应当做到全产业、全行业、全产品的信息可追溯,相关数据是层层嵌套且动态变化的,上中下游的任一环节数据信息出现问题,将直接影响到多主体的生产、采购与消费,这就要求碳足迹数据的传输既要高效稳定,又要准确安全[12]。因此,“双碳”目标下的数字经济发展除关注数字低碳外,也需基于“双碳”目标考量低碳数字的实现,即注重“双碳”目标对数字经济发展提出的新要求,真正做到数字化与绿色化的协同增效。

二、“双碳”目标下数字经济发展的现实困境

通常情况下,碳排放问题仅存在于物理空间中,

数字空间仅通过赋能物理空间中的经济社会活动以促进低碳目标实现。但随着物理空间与数字空间的深度融合,数字空间中的内容与行为亦会传导至物理空间之中,为“双碳”目标的实现带来新的风险与挑战。

1.数字经济碳排放问题亟待解决

数字经济面临节能降碳问题。以算力为例,其是应用程序所能实际获得的计算能力,是数字经济发展的重要基础设施底座[13]。

一方面,算力需求的提升使得能源消耗陡增。以人工智能为代表的数字产业飞速发展激发了算力需求增长。据统计,全球数据总量在2025年将达到163ZB[14]。以生成式人工智能为例,其有效运行依赖天文级的数据与大模型训练,亦需要大算力支撑。而大算力本身具有大量能源需求,算力中心的IT设备、空调系统、供配电系统、照明系统等均随着算力规模的提高增加能耗。相关研究表明,2035年时单个超大型算力中心能耗将达到500兆瓦,约等于半个核电站的装机容量[15]。此外,当前电力生产的主要能源仍然是石油、煤炭等化石燃料,算力设备能耗的大幅提升并未与可再生能源形成有效对冲,持续的算力需求提升亦会带来温室效应的加剧。

另一方面,数字技术的高速迭代引发算力竞赛,也刺激了数字产品的更新,导致电路板、电子元件等电子垃圾数量增长,成为重要的固体废弃物污染源。以比特币为例,平均每发生一笔比特币交易,便会产出439.3克的电子垃圾,仅2021年比特币交易产生的电子废弃物总量便达到3.41万吨[16]。根据中国信息通信研究院测算,我国2021年底算力设备总规模已达到202EFlops,占全球算力总规模的比重为33%,保持50%以上的高位增长,且形成了体系完整的算力设备产业,规模以上企业超2300家,是全球算力设备经销商最多的国家,承担着相关设备的供应、运行与维护等国际工作[9]。随着算力需求的不断增长,相关算力设备的更新换代频率亦明显上升,带来碳排放增长压力。

2.数字技术未适配“双碳”目标

数字技术是数字经济发展的核心,也是助力“双碳”目标实现的关键。然而,当前我国数字技术在一些标准、分布、软硬件上均未有效适配“双碳”目标。

其一,低碳数字技术相关标准有待健全。低碳数字的发展需要科学的标准体系支撑。以绿色算力为例,应当在服务器的算力与碳排水平间进行高质量优化与设计。但服务器的算力碳排比需要通过相关评测标准的有效评估,并确保评测标准的结果公平,且能在不同硬件配置、服务器架构与平台下取得可对比的直观结果。然而,目前主流的绿色算力评测标准均存在不足,如SPEC Power、SERT、Bench-SEE等对用户日常使用场景的模拟有限,且平台兼容性较差,而SPECCLOUD、SPECvirt、SPECCPU等难以模拟服务器在不同负载水平下的能效表现[15]。

其二,低碳数字基础设施建设亟须完善。“双碳”目标对数字基础设施的云网协同、算网融合等功能提出更高要求,但当前数字基础设施发展不均衡。以算力基础设施为例,我国算力资源分散在不同区域、不同地点的终端之中,“算力孤岛”普遍存在,造成算力资源使用率仅为30%,大量闲散算力资源在平时难以充分使用,而在特殊时期又会造成算力紧缺[17]。例如,受电力价格影响,当汛期来临时,算力设备消费主要集中于云南、贵州、四川等区域,水电能耗占比更高,而当汛期结束后,内蒙古、新疆等区域的火电价格优势又更受算力设备企业青睐,呈现算力的“西部游牧”特征[16]。

其三,低碳数字技术面临关键技术瓶颈。在硬件层面上,数字技术所依赖的芯片、算法软件、操作系统等正面临全球性的竞争挤压。特别是芯片领域,尽管近年我国企业在关键技术上不断突破,但“卡脖子”问题依然严峻。在软件层面上,环境数据整合与业务融合有待加强。“双碳”目标要求利用数字技术实现生态环境保护的高效统筹,但长期以来,我国各能源系统相互独立,数字终端、传感器等设备在不同能源的生产、传输等领域大量铺设,且设备的增加也带来更多能耗,并导致相关数据分散,亟待形成生态环境全覆盖的数据协同体系[18]。

3.数字经济发展面临环境监管难题

有效的环境监管是确保“双碳”目标实现的重要手段。但在数字经济发展背景下,环境监管面临诸多困境。

其一,数字技术导致责任主体隐蔽。环境监管的的有效性依赖明确的法律责任关系,但数字技术可能导致责任主体隐蔽。以区块链技术为例,其为解决交易主体互不信任的问题,通过分布式记账与非对称加密等方式使自身的交易信息呈现去中心化特征且难以篡改,这也使得区块链上的主体难以被追踪。在非对称加密下,数字签名与公私密钥为参与主体提供了隐蔽性保障,其是区块链交易中参与

主体的唯一身份信息,但并不要求使用固定用户名或固定网络地址,且不与现实身份绑定。由此,以区块链为代表的数字技术使得环境责任难以溯源,甚至在生产、销售、消费间经常出现责任混同。

其二,低碳数字相关制度配置失序。面对数字经济高速发展带来的碳排放压力,相关制度配置仍有待完善。以区块链技术为例,因区块链虚拟财产的资源相对稀缺性,引发诸多主体参与"挖矿"等行为,导致大量算力设备过载。但我国现行碳排放管理制度多为政策性文件与部门规章,且调整的法律关系主要集中在水、电、气、危险废弃物等全国碳排放权交易市场所覆盖的领域,并未涉及区块链企业。同时,区块链技术下的碳排放问题具有参与数量多、排放总量大、单位排放量难确定等特征,需要将碳足迹报告与认证纳入制度化管理,我国目前尚未建成专门的区块链碳监测管理平台,区块链碳排放的管理模式仍不健全[19]。

其三,政府部门环境监管能力有限。数字技术带来环境监管挑战,亟待提升政府部门的环境监管能力。以生成式人工智能为例,其模型生成数量极其庞大,不仅对物理存储空间与算力带来压力,还会输出虚假信息造成劣质信息泛滥,加剧内容审核的复杂性。此外,数字技术能够高效识别环境信息并作出科学判断,使得政府部门在环境监管中可能存在过度依赖数字技术的倾向。但数字技术的判断也会受到原始数据偏差等因素影响,且数字技术通常并非由生态环境领域的专业人员开发,在环境监管上也难以避免技术缺陷的存在[20]。若政府部门过度依赖现有数字技术进行环境监管,可能带来环境治理有效性不足等问题。

三、现实困境产生的理论反思

德国慕尼黑大学教授西恩提出"绿色悖论"概念,即在环境问题中,以降低碳排放为目的的环境措施反而可能在短期内加剧碳排放,甚至增加碳排放治理的总社会成本[21]。"双碳"目标下数字经济发展的现实困境,实质仍是"绿色悖论"问题,即以数字低碳为目标的政策措施难以自发带动低碳数字的实现,需要在理论层面予以反思。

1.有限理性

在数字经济发展中,企业作为核心主体具有典型的"经济人"特征。一般而言,尽管环境规制可能在短期内对企业发展造成负面影响,但随着企业积极改善生产技术、完成相关评测标准,环境保护的成本会逐渐抵消,并使得企业获得更大的竞争优势,且当低碳发展成为行业集体行动时,低碳技术创新便会在倒逼中产生,即"波特假说"[22]。但低碳数字实现过程中,内外部环境的复杂性使得企业难以获取完全信息,企业只能逐步发现现有制度环境下与自身资源相匹配的可期待目标,并在合理成本范围内调整自身期望值,即"有限理性"。在"有限理性"下,企业通常不会主动实现低碳数字技术创新。

一方面,低碳数字技术创新是一个"发现"的过程,随着技术迭代与市场竞争加剧,原有的知识储备逐步贬值,要求企业不断改进旧有知识并获取新知识。但这一个过程中企业既面临"横向不确定性",即不清楚竞争者的行为,又存在"前向不确定性",即不清楚未来的方向。因此,低碳数字技术创新必然充满风险,需要承担判断失误而造成的可能亏损,在可期待利益不足以覆盖风险成本的基础上,企业趋于风险规避的本能往往难以自主推动低碳数字的实现。另一方面,低碳数字技术创新所带来的成果符合公共利益要求,特别是其中的环境利益部分,具有明显的"正外部性"特征,参与创新的企业不能直接享有相关收益,而普通企业却可无偿享有环境改善的益处,且其原有生产经营所产生的碳排放等社会负面影响并未纳入成本,由此导致二者的实际成本相去甚远。可见,在缺乏外力干涉的情况下,企业难以基于市场的价格、竞争等机制自发参与低碳数字技术创新。

2.边际成本

边际成本指每新增一个单位的产品所带来的总成本增量。与低碳数字技术相反,数字经济所产生的碳排放问题具有明显的"负外部性"特征,会对经济社会发展带来边际成本问题,即经济活动所产生的不能明确剂量且未由特定主体承担的碳排放成本[23]。若未能通过必要措施将数字经济碳排放产生的社会边际成本转移为一部分主体的内部成本,将使得其"负外部性"进一步扩大,从而损害社会整体利益。由此,多数国家通过碳市场、碳税等碳定价机制以及加强监管等约束措施减少碳排放的负外部性,降低数字经济碳排放带来的社会边际成本。以碳市场为例,当碳市场中碳价上升到一定高度时,企业会加大对低碳技术的投入,并替换高耗能设备,以降低自身的边际排放成本。

应当明确,以碳价为代表的外部干预措施的底层逻辑是增加碳排放主体的边际排放成本。碳市场

通常在确定碳排放总量后,将碳配额设置为主体从事生产经营活动的必要投入要素,且具有稀缺性。碳价的出现将使得碳排放主体在进行行为决策时增加成本收益权衡的考量,当碳价水平明显高于主体碳减排的边际成本时,减排活动能更快转化为主体的集体行动[24]。然而,截至 2023 年 8 月 31 日,我国碳市场日均收盘价为 68.38 元/吨,而 2022 年欧洲碳市场日均收盘价为 86.53 欧元/吨,美国为13.89 美元/吨,韩国为 18.75 美元/吨②。我国碳价反映出企业边际排放成本较低,与欧盟等发达国家、地区的碳价存有较大的差距。可见,“双碳”目标下我国数字经济发展的碳排放问题与企业边际排放成本具有密切关系,相关措施难以充分反映社会边际成本的全部内容。

3.认知偏差

认知偏差是指决策者在进行决策判断时,做出的“实际选择”与“正确选择”之间存在系统性差异[25]。马克思主义政治经济学认为,任何技术的生产与应用都不能脱离一定的生产关系与制度条件,片面追求技术极化会使数字经济在资本逻辑支配下膨胀,经济利益的指数级增长必然以牺牲环境利益为代价,最终脱离“双碳”目标。通常情况下,作为“有限理性人”的企业会在数字经济发展中做出不符合“双碳”目标的决策,因此需要政府通过制定政策措施影响企业决策的行为选项。

但事实上,作为政府决策制定者的政府官员同样也是“有限理性人”,他们在制定政策措施时同样会受到自身固有的认知偏差影响,使得最终决策并未充分符合社会利益最大化的需要。例如,部分主体认为数字技术能够在环境治理中轻松窥见事物间的普遍联系,陷入唯技术主义的误区,造成相关制度配置失序,使得数字经济发展仍存在高碳的路径依赖。以绿色数据立法为例,通过法律信息数据库“北大法宝”检索发现,在省一级单位中,目前全国仅有北京、上海、重庆、广东、浙江、江苏、四川、广西、陕西、辽宁、黑龙江、湖北、山西、河北、河南、福建、海南、贵州等 18 个省、市、自治区制定了数据相关的地方性条例,但其中仅有《四川省数据条例》《上海市数据条例》《重庆市数据条例》《北京市数字经济促进条例》等个别条例中明确提及了“绿色数据”,且多为原则性要求③。可见,在“双碳”目标实现上,政府同样存在认知偏差,要求政府在做出决策时尽可能避免单一信息对决策的影响,克服片面的固有认知,及时从外部补给决策所需的系统性知识与多元信息,从而改善决策内容与效果。

四、现实困境应对的实践经验

通过理论反思可知,面对“双碳”目标下数字经济发展的现实困境,需要运用多种政策措施的组合优化,避免“绿色悖论”,实现数字低碳与低碳数字的协同。基于此,发达国家与国内部分城市通过健全相关激励与约束机制规范数字技术创新与使用,为“双碳”目标下数字经济发展提供了有益经验。

1.健全数字低碳的制度约束

现有数字技术并未针对“双碳”目标进行专门优化。为此,发达国家与国内部分城市提出了绿色和数字双重转型战略,如欧盟在 2022 年中旬发布了《2022 年战略前瞻报告:在新的地缘政治背景下实现绿色与数字化转型》,明确了数字技术转型的关键领域,提出通过新技术实现绿色化与数字化的双重转型[3]。以绿色算力技术为例,其考验数字技术的系统架构设计、散热制冷与性能优化等多方面的创新能力。美国政府通过 DCOI 数据中心优化倡议等一系统政策措施,明确了数据中心 PUE(数据中心消耗的所有能源与 IT 负载消耗的能源的比值)及服务器使用率具体标准,且就数据存储、传输与处理等设计了衡量指标,并要求淘汰老旧设备、控制数据中心数量。欧盟在全球率先提出了 ICT 行业的降碳标准,通过制定政策措施规范了算力中心 PUE、DCiE(数据中心基础设施效率)等指标。北京市在《北京市新增产业的禁止和限制目录》中要求新建和扩建的数据中心应当将 PUE 控制在 1.4 以下,上海市亦颁行《上海市数据中心建设导则(2021)》,提出新建数据中心 PUE 控制在 1.3 以下,WUE(数据中心单位 IT 设备用电量下数据中心的耗水量)在1.4以下等要求[15]。同时,为实现“双碳”目标,发达国家鼓励数字经济中的能源消耗大户积极进行行业引领,率先减少碳排放,实现碳中和目标。例如,谷歌通过研发高能效低碳数字技术、积极购买与自身能耗等量的可再生能源、推进可循环战略等方式在 2020 年基本实现了企业层面的碳中和。微软通过购买可再生能源生产的电力以满足数据中心的电力需求,并使用低碳燃料作为数据中心备用电源,计划在 2030 年前实现净碳排放转负[22]。此外,针对新兴数字技术所产生的碳排放问题,发达国家亦制定了相应政策措施,如区块链技术所引发的碳排放问题,欧盟发布《电池和废电池法规》明确了区块链

电子产品所使用的电池必须通过碳足迹认证与报告,英国发布《碳中和宣告规范》为符合碳中和标准的区块链技术提供相关测量与认证服务,包括碳排放测定、碳足迹量化等[16]。

2.完善低碳数字的激励措施

低碳数字技术创新具有正外部性与高成本等特征,除了将碳排放的社会边际成本转化为企业内部成本外,高成本亦需通过激励性政策措施保障参与主体的合理利益,促进低碳数字技术创新内化为集体行动。一方面,持续加大低碳数字技术创新的研发投入。欧盟通过颁行《欧洲气候法》等法律法规,将低碳数字技术创新提升到新的高度,如欧盟设立"2021—2030年未来创新基金",筹集超3000亿欧元用于低碳技术研发[26]。2020年,欧盟委员会通过决议,在未来10年内提供至少1万亿欧元用于支持《欧洲绿色协议》中的清洁能源转型技术、工业低碳转型技术、数字低碳关键技术等重点领域的低碳研发与示范工作,并启动"地平线欧洲"计划,对气候、能源等领域的研发创新进行定向补贴。另一方面,鼓励低碳数字技术创新的多元参与,营造低碳数字技术创新的社会环境。低碳数字技术创新涉及众多主体,需要实现多元参与以降低创新成本。例如,企业是碳排放的主要参与者,发达国家坚持动员企业参与低碳数字技术创新,激发企业的主体效能。欧盟通过健全碳排放交易体系,运用市场机制调动企业参与低碳数字技术创新的积极性,有效提升了低碳数字技术创新企业的经济效益[27]。同时,头部数字企业在低碳数字技术创新方面具有成本优势,可以积极协助中小数字企业与传统行业参与低碳数字转型,从而有效提升资源利用效率。此外,美国通过《先进制造业美国领导力战略》积极开展相关领域人才培训,促进社会公众对数字技术的了解,并大力提倡"绿领"概念,围绕低碳数字技术创新设立专门的宣传培训基金,同时推出行政部门的数字化培训,避免政府行政人员陷入唯技术主义[3]。

五、"双碳"目标下数字经济发展的路径重构

基于理论反思与实践经验可知,"双碳"目标下数字经济发展必须着眼于完善政策措施供给,强化数字低碳与低碳数字的融合发展。可以预见,数字经济发展将进一步融合传统生产要素与数字生产要素,提升资源配置与利用效率,实质是遵循生产力进步与生产关系变革的双向互动,此过程中必然涉及技术、制度、主体、空间等多方面的因素,需要建立多维协同路径。

1.支持技术创新:促进低碳数字发展

解决数字经济的碳排放问题需要实现低碳数字技术创新,但在有限理性与边际排放成本的影响下,技术创新过程难以自发进行,需要政府强化相关措施并进行资源倾斜,让数字经济发展切实适配"双碳"目标。

其一,优化基础设施。围绕"双碳"目标,需要促进新型数字基础设施建设,并在提高数字要素利用率的同时增强绿色能源供应,大幅降低设备能耗。以绿色算力基础设施为例,可以充分利用风、光、核等清洁能源,降低数据中心碳排放。同时,应当加快建设城市算力网,通过政策引导、专项激励等方式实现核心算力、终端算力、边缘算力等算力资源的整合调度,盘活闲置算力资源,降低无效能耗,并促进电力网与算力网的联动,根据算力负载程度合理调度电力供给,实现资源高效配置。

其二,掌握关键技术。面对低碳数字技术创新的关键技术瓶颈,需要尽快掌握相关领域的关键技术,抢夺新一轮产业变革的先导性机会。为此,需要充分发挥新型举国体制的优势,对低碳数字技术创新所需的基础前沿技术、关键核心技术进行重点攻克,包括对低碳数字技术创新提供财税优惠措施以降低成本,并充分应用绿色信贷、绿色债券、绿色保险等绿色金融产品为低碳数字技术创新引入社会资源。同时,也要充分尊重科技发展规律,鼓励专业人才对低碳数字的底层技术与关键领域进行持续探索,牢牢掌握"双碳"目标下数字经济发展的自主权。

其三,健全标准规范。支持低碳数字技术创新需要健全现有标准规范,严格、准确评测数字技术的碳排比,建立低碳数字技术创新的基本规则。以绿色算力为例,相关标准规范包括算力交易、算力服务、算力并网、算力调度、算力安全等,需要从合规认证、质量评价、技术接口等多方面进行规范,尽可能实现基本概念统一定义、基础设施统一标准、内容质量统一要求,避免不同供应商的技术范式冲突,从而节省算力资源。

2.完善制度框架:强化环境监管

"双碳"目标下的环境监管难题仅靠技术进步难以解决,需要从制度层面加以审视。

其一,明确政府部门职责。面对现实困境,应当

赋予政府部门充分的管理权限。政府部门应当做好“双碳”目标下数字经济发展的顶层设计,协助推进《气候变化应对法》的制定步伐,整合《碳排放权登记管理规则(试行)》《碳排放权交易管理规则(试行)》等部门规章,实现统一规制,出台具有针对性、精准性的支持政策与约束措施,通过对工作、指标、流程进行分解,明确政府各部门的考核指标与工作任务。同时,低碳数字技术功能的充分发挥依赖环境数据的完整采集与传输畅通,政府部门需要打造业务融合模式,畅通“信息动脉”,最大化利用好低碳数字技术。政府部门需要建立先进的“生态大脑”平台,对能耗进行实时监测,提升决策的针对性、预见性、时效性。

其二,构建数据反馈机制。低碳数字技术的广泛应用能极大提升决策效率,但其也存在原始数据不足、错误信息放大等局限,需要构建完善的数据反馈机制。在数据采集上,需要严格规范采集流程,建立高效的数据信息处理程序,并建立人工数据审核机制,对数字技术采集的数据进行人工抽检,从源头确保环境数据的准确性。在收到错误数据反馈后,应当利用不同渠道与平台对环境数据进行多方验证,对错误数据追根溯源,并及时纠正已经发布的错误信息,减少社会负面影响。政府部门、行业协会等应当发布相应技术规范,约束技术开发者行为,建立环境信息备份制度,尽可能降低环境错误信息风险。

其三,加强参与主体监管。参与主体具有环境保护义务,必须对其加强监管,及时追责。以区块链技术为例,一是鼓励区块链行业的相关主体自发形成碳排放管理的行业标准,尽可能消除区块链技术的碳足迹影响,实现能源损耗净零排放的目标。二是完善区块链技术的碳排放监测模式,如制定区块链参与主体自愿减少碳足迹的政策激励,鼓励区块链企业参与到碳排放权交易市场中,对主动购买碳排放额度以及申报碳排放量的参与主体给予政策支持。三是加大对第三方回收机构的监管,通过明确从业资质,完善产品分级分类等方式,落实区块链废弃电子产品的监管。

3.促进多元协作:推动包容性转型

政府部门本身存在认知偏差,“双碳”目标下数字经济发展不能仅靠政府部门的推动。在推动数字化与绿色化协同发展的过程中,要协调不同主体、不同地域的利益,推动包容性转型。

一方面,推动主体协作。包容性转型要求“双碳”目标下的数字经济发展充分尊重、回应不同利益群体的合理需求,让更多主体参与到绿色化与数字化的协同发展过程中。一是完善社会参与渠道,打造服务型政府。应当完善《环境保护法》中的环境信息公开、环境政策参与、环境违法举报、环境公益诉讼等制度在数字经济下的新内容,切实保障社会公众参与。此外,政府部门也需发挥好服务功能,如设置专门的数字技术环境监督举报入口,对公众、企业开放碳咨询、碳认证等综合服务。二是充分发挥市场功能,引导企业自主创新。市场是数字经济发展的基石,可以推动“双碳”目标下数字产业联盟的建立,拓展不同企业间的沟通合作,构建低碳数字产业生态圈,鼓励头部企业率先实现碳中和目标,最大限度调动市场积极性。三是重视转型中的弱势主体,最大化构建利益共同体。“双碳”目标下数字经济发展不仅存在数字资源、网络连接等物理层面的“数字鸿沟”问题,更会推动产业变革,部分传统行业与工作岗位可能受到影响,新兴技术的推广也会加大技能需求差距,应当通过宣传、教育、培训等方式提升相关主体的认知水平与技术能力,确保更多主体在低碳数字发展中受益。

另一方面,鼓励地域协作。国内层面,针对数字技术带来的碳排放等问题,需要建立跨区域协作模式。如环境公益诉讼上,因数字技术突破了物理空间的限制,造成主体所在地与环境影响地往往相隔甚远,需要建立调查取证、通报反馈、案件审理等方面的区域协作机制,从而及时维护环境公共利益。同时,不同城市在基础设施建设、资源需求等方面存在差别,需要进行整体性规划。如在算力领域应当建立不同城市间的算力调度、算力传输等机制,构建多层级、多地域联动的算力网络体系,解决算力需求的分配问题,并实现电力、算力的“双网联动”,通过优化布局、负载调整、合理调度、错峰供电等方式降低数字技术能耗成本。国际层面,需要坚持自主可控与高水平国际合作相结合。高水平的国际合作是创新低碳数字技术、发展低碳数字经济的必由之路。面对“卡脖子”等问题,我国既要采取有力措施突破制约,实现关键技术的自主可控,又要积极投身国际数字经济发展大潮,加强与各国官方、民间的交流合作,提升中国在全球数字经济发展中的话语权,实现“双碳”目标下数字经济的共同发展。

注释

①“诺德豪斯之问”由2018年诺贝尔经济学奖获得者诺德豪斯提出,强调人类应选择一条兼顾经济增长速度和气候环境保护的绿色

发展之路。②此处数据为作者在碳市场网(https://carbonmarket.cn/)查询整理所得。③此处信息为作者在北大法宝数据库(https://www.pkulaw.com/)查询整理所得。

参考文献

[1]习近平.不断做强做优做大我国数字经济[J].求是,2022(2):4-8.

[2]杨刚强,王海森,范恒山,等.数字经济的碳减排效应:理论分析与经验证据[J].中国工业经济,2023(5):80-98.

[3]中国信息通信研究院.工业数字化绿色化融合发展白皮书(2022年)[R/OL].(2023-01-08)[2023-10-08].http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202301/P020230107393430185823.pdf.

[4]王如玉,梁琦,李广乾.虚拟集聚:新一代信息技术与实体经济深度融合的空间组织新形态[J].管理世界,2018(2):13-21.

[5]石洪景,陈梨芳.数字经济带动绿色消费发展的实现路径[J].生态经济,2023(5):118-122.

[6]陈庆修.以信息化引领和带动绿色化[N].学习时报,2018-09-12(6).

[7]田华文."双碳"目标下数字经济赋能绿色低碳发展论析[J].中州学刊,2023(9):30-39.

[8]史丹.数字经济条件下产业发展趋势的演变[J].中国工业经济,2022(11):26-42.

[9]中国信息通信研究院.中国算力发展指数白皮书(2022年)[R/OL].(2022-11-05)[2023-10-08].http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202211/P020221105727522653499.pdf.

[10]中通服咨询设计研究院有限公司.数字碳中和白皮书(2022)[R/OL].(2022-08-25)[2023-10-08].https://mp.weixin.qq.com/s/EXzT9agwGESC5Wioj8jc7g.

[11]洪竞科,李沅潮,蔡伟光.多情景视角下的中国碳达峰路径模拟:基于RIC-LEAP模型[J].资源科学,2021(4):639-651.

[12]中国信息通信研究院.数字化绿色化协同发展白皮书(2022年)[R/OL].(2023-01-10)[2023-10-08].http://www.caict.ac.cn/kxyj/qwfb/bps/202301/P020230107860562732799.pdf.

[13]刘宇航,张菲.计算概念谱系:算势、算力、算术、算法、算礼[J].中国科学院院刊,2022(10):1500-1510.

[14]吕廷杰,刘峰.数字经济背景下的算力网络研究[J].北京交通大学学报(社会科学版),2021(1):11-18.

[15]浪潮电子信息产业股份有限公司、中国信息通信研究院云计算与大数据研究所.绿色算力白皮书[R/OL].(2023-07-14)[2023-10-08].https://mp.weixin.qq.com/s/aHM_dHvBg6YdE39xi0sgZQ.

[16]秦鹏,周圣佑.区块链环境风险的逻辑缘起、规制困境及其制度纾解[J].东南大学学报(哲学社会科学版),2023(3):80-89.

[17]于施洋,郭明军,郭巧敏,等.数字城市"新市政":城市算力网的总体架构及实施路径研究[J].电子政务,2022(12):2-12.

[18]魏春城,林治宇,赵晨,等.数字技术赋能绿色低碳发展的举措与建议[J].环境保护,2022(20):28-30.

[19]祝睿,秦鹏.中国碳标识内容规范化的原则与进路[J].中国人口·资源与环境,2020(2):60-69.

[20]张伟,李国祥.环境分权体制下人工智能对环境污染治理的影响[J].陕西师范大学学报(哲学社会科学版),2021(3):121-129.

[21]李玉婷.气候政策的绿色悖论文献述评[J].现代经济探讨,2015(8):88-92.

[22]国瀚文.双碳政策视阈下数字经济绿色发展的法治保障研究[J].法律适用,2022(9):50-60.

[23]陈一博,雷良海."双碳"背景下碳排放的边际外部性成本及最佳碳税的思考[J].中国环境管理,2023(4):53-60.

[24]李雪慧,冯永晟,管世杰.碳成本传导的理论含义和研究范式[J].学习与探索,2022(10):138-148.

[25]刘桂英,刘新胜.公共决策过程中常见认知偏差及其矫正措施:一种行为科学的视角[J].中国行政管理,2022(3):82-89.

[26]梁希,吴怡,董白桦,等.以碳市场引导能源行业转型:欧盟经验与借鉴[J].环境保护,2022(10):24-27.

[27]崔冰,马涛,何颖.加快完善我国低碳技术创新政策体系:欧日的经验借鉴[J].中国外资,2023(9):36-39.

Digital Low-carbon and Low-carbon Digital: Reflection and Reconstruction of Digital Economy Development Under the Goal of "Double Carbon"

Li Nanshu　　Song Zongyu

Abstract: The report of the 20th National Congress of the Communist Party of China has clearly proposed "accelerating the development of digital economy" and once again defined the "dual carbon" goal. The development of digital economy has an obvious "empowering" function for the implementation of the "dual carbon" goal. However, low-carbon is not a natural attribute of the digital economy, and the rapid development of the digital economy has brought about new challenges to the implementation of the "dual carbon" goal, including carbon emissions issues, digital technology adaptation issues, environmental supervision issues and other practical difficulties. The development of digital economy in the "dual carbon" goal is influenced by factors such as limited rationality of the main body, marginal emission costs and cognitive deviation, and unilateral supporting policies will cause conflicts between public interests and personal interests, forming a "green paradox", which requires a combination of various policy measures to optimize. By drawing on useful experiences from developed countries and some domestic regions, in the future, we should strengthen the integrated development of digital low-carbon and low-carbon digital based on supporting technological innovation, improving institutional frameworks, and promoting diversified cooperation to build a benefit community for the development of digital economy under the "dual carbon" goal, truly achieving the synergistic effect of digitization and greenization.

Key words: digital low carbon; low-carbon digital; "double carbon" goal; digital economy; green paradox

责任编辑:刘　一