

周亚敏

## 以数字化助推实现“双碳”目标

[摘要] 世界经济进入低碳化和数字化叠加、交融、互促、协同的时代，建设数字中国是我国“十四五”规划的重要内容，利用数字技术助推社会各领域减污降碳将成为我国经济新的增长引擎。笔者围绕我国“双碳”工作部署，将数字化运用于统筹协调、能源革命、产业优化升级、绿色低碳科技革命、绿色低碳政策体系完善和全球气候治理，为我国加快实现“双碳”目标提供理论参考和国际比较。

[关键词] 碳达峰；碳中和；数字化；低碳化；绿色转型

[中图分类号] F291 [文献标识码] A

落实“双碳”目标是我国在新发展阶段实现可持续发展、推动经济结构转型升级、促进人与自然和谐共生的内在要求。《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》对“双碳”工作做出六项部署，即加强统筹协调、推动能源革命、推进产业优化升级、加快绿色低碳科技革命、完善绿色低碳政策体系以及积极参与和引领全

[文章编号] 1005-278X(2022)10-0003-07

[收稿日期] 2022年8月

[基金项目] 中国社会科学院创新工程2019年重大科研规划项目《“一带一路”建设若干重大问题研究》(2019ZDGH009)；国家社会科学基金青年项目《借助“一带一路”构建中国的全球环境治理战略研究》(17CGJ005)。

[作者简介] 周亚敏，女，中国社会科学院亚太与全球战略研究院周边经济外交研究室副研究员。

球气候治理。在数字经济发展成为重组全球资源要素、重塑全球经济结构和重构全球竞争格局的关键力量的背景下，我国“十四五”规划提出建设数字中国，加快实现“双碳”目标。

## 一、借助数字化手段加强统筹协调

与发达国家相比，我国作为发展中国家，在40年时间内实现碳达峰、碳中和难度较大，需要以系统观念统筹协调“双碳”工作，处理好发展与减排、整体与局部、长期与短期、政府与市场的关系。在此过程中，数字化手段将有效提升大数据运算、错峰搭配等领域的统筹协调效率。在处理发展与减排之间的矛盾时，需要构建在发展中促进绿色转型、在绿色转型中实现更大发展的良性循环，确保能源安全、粮食安全和供应链安全。在处理整体和局部的关系时，需要充分考虑我国地域资源禀赋和产业发展差异，借用数字化手段加强区域间协作，并发挥其比较优势。在处理长期目标与短期目标之间的矛盾时，既要立足当下解决具体问题，又要放眼长远持续发力，借助数字化手段规划降碳时间节点与强度，根据不同的场景制定差异化方案。在处理政府与市场的关系时，坚持有为政府和有效市场结合发力，借用数字化手段建立激励约束机制。

目前，我国以“1+N”为特征的“双碳”工作政策体系初步形成。“1”指顶层设计《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》，“N”指重点行业和领域制定并陆续出台的措施与行动。与数字化直接相关的“N”类政策文件包括《科技支撑碳达峰碳中和行动方案》《企业温室气体排放核算方法与报告指南发电设施（2022年修订版）》《“十四五”住房和城乡建设科技发展规划》《加强碳达峰碳中和高等教育人才培养体系建设工作方案》《上海市碳达峰实施方案》《实施绿色低碳金融战略支持碳达峰碳中和行动方案》等。《“十四五”现代能源体系规划》《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》《“十四五”节能减排综合工作方案》《高耗能行业重点领域节能降碳改造升级实施指南（2022年版）》等行业指导性文件的落实与细化需要借助数字化手段。同时，“双碳”工作中的顶层设计和支撑文件之间的映射关系和对标效果需要广泛借助数字化手段实现协同。

数字化手段为政府、园区和企业的多级联动和多方协同提供路径，促进政府监管数智化、能效管理一体化及管理平台智慧化。绿色转型领先国家普遍借助数字化手段推动去碳化进程，数字技术为“双碳”工作中的诊断、评估、预测和监管提供支撑。欧盟在2018年设立“数字欧洲”项目，投入约92亿欧元发展公共数据安全、数字技能共享和人工智能等领域，助推“欧洲绿色协议”设定的2050碳中和目标实现。2021年，欧盟《2030年数字指

南针：数字十年的欧洲之路》指出，在欧盟的绿色议程中，数字技能的普及化和数字经济的全面推广是其实现全面绿色转型的基础性条件。数字化作为实现“双碳”目标的重要手段，在统筹规划的战略层面和政策体系的设计层面需要得到充分体现。

## 二、以数字化推动能源革命

能源革命的方向是从高碳能源转向零碳能源、从化石能源转向清洁可再生能源，其实质在于集约化、清洁化和扁平化利用自然界中的一切能量形式。人类社会自工业革命以来高度依赖煤炭和石油等化石能源，对自然环境造成了一定破坏。20世纪90年代，国际社会积极推动能源革命，大力发展可再生能源。其中，太阳能、风能和潮汐能具有分散性和时段性特征，水能和地热能具有地域性和分散性特征，需就地转化为电能再输送，其开发利用依托远程调控系统、电力调度系统和高压输送系统等数字化基础设施。能源革命发展使能源系统从原材料的垂直体系向电气化的扁平体系转变，数字化发展则是经济社会结构从垂直体系向扁平体系的转型，数字化与能源革命的演化方向一致，具备相辅相成的共赢条件，即能源数字化。

能源数字化指在获取能源大数据的前提下，利用数字技术引导能量有序流动，实现从供给端到消费端精准匹配，满足不同群体、不同区域的用能需求，构建高效、经济、清洁的现代

能源体系，并不断提高能源系统的可获得性、安全性和可持续性。能源数字化涉及能源生产端、能源输送端和能源消费端的数字化进程，需要建立数字化基础设施体系、数据要素的安全体系和数字化电力系统。能源数字化包括传统能源行业的数字化和低碳化转型以及新型数字化能源体系的构建。我国传统能源行业的数字化转型较为迫切，新型数字化能源体系处于成型阶段。在发电行业，数字技术可使2016年—2040年的发电成本降低800亿美元，相当于全球发电总成本的5%。对于发展中国家而言，分布式可再生能源的渗透率高，具备良好的通信网络基础设施条件并对数字技术大力投资，可迅速获得能源数字化优势。能源数字化为碳排放指标的分配提供参考数据，有利于打破以往的固化分配模式，使碳排放交易市场精准、高效、灵活。

世界上的发达国家普遍推进能源数字化战略，并将其作为实现碳中和的重要途径。2020年，德国可再生能源发电占德国电力总消费的46%，2050年预期达到80%。2016年，德国出台《能源转型数字化法案》，推广智能电表安装和使用，并启动“智慧能源展示计划”，在“蜂窝式”能源系统、智慧能源基础设施、能源系统技术化改进、能源转型框架下的工业数字化以及智能联网和数字储能五个领域展开试验试点，通过“现实实验室”的方式探究能源数字

化转型的商业模式。澳大利亚、意大利等具备较高的分散式能源预测水平，在全球能源数字化竞争中位于前列。我国能源数字化程度与国际水平存在一定差距，需要把握未来的信息化和数字化趋势，坚持分散化和低碳化路径，积极依托能源数字化实现可负担、稳定、可持续的能源供应。

### 三、以数字化推进产业优化升级

“十四五”时期，我国大力发展数字经济，推进产业数字化和数字产业化，这为我国未来五年的产业优化升级指明了方向。以技术先进、绿色低碳的大规模数据中心和高性能算力基础设施替代传统本地部署的信息系统，可有效降低碳排放强度，提高能源利用效率。“双碳”目标下的产业优化升级要提升传统产业的能源资源利用效率，其核心是提高能效，还要积极把握智能制造、平台经济等新业态、新经济模式，其核心是降低交易成本并提升运行效率。数字化使信息资源在不同市场主体之间的流动加速、资源配置效率提升，培育出众多创新型产业，产业结构不断优化并趋于零碳排放；清洁低碳的产业结构进一步促进数字经济的发展，二者形成良性循环。信息技术将高效、绿色和低碳等特征内嵌到产业结构中，产业数字化将智能功能应用于更广泛的生产生活领域，不断满足现实能源需求。

产业数字化即利用数字技术提高传统产业

的资源能源利用效率，最大程度挖掘节能潜力。例如，利用数字技术对电力、钢铁和石化等传统制造业进行改造，基于所采集的全套数据，优化现场计划安排、物料调度。利用大数据技术分析不同行业和领域的用能、用水及碳排放特征，测算不同领域和设备的节能降碳潜力，为宏观层面的科学决策和精准施策提供理论支撑。全球气候行动峰会发布的《指数气候行动路线图》指出，数字技术可广泛提供节能减排的优化方案，在能源、制造、农业和交通等领域助推低碳发展，减少15%的全球碳排放。我国在早期发展过程中形成了较多高污染高耗能型工业企业，通过引入数字技术控制增量、减少存量，可加速推进生产端去碳化进程。2021年，我国第二产业数字化投入规模达7.6万亿元，占全年数字化投入的73.1%，是2007年第二产业数字化投入规模的1.63倍。

数字产业化即基于数字技术发展智能制造和柔性制造等新经济模式，并引导绿色消费方式形成。发展基于数字技术的智能制造、数字孪生系统等新型系统，实现生产过程智能化分析和精细化管理，进而实现节能降碳增效。三维打印技术通过柔性制造实现大批量个性化定制，满足多元化需求、减少库存浪费，优化了高库存、高浪费的传统工业化模式。数字技术通过培育共享经济，降低交通领域排放，推动绿色消费方式形成，促进循环经济发展。2021

年，我国数字产业化规模达 8.35 万亿元，同比名义增长 11.9%，占数字经济比重为 18.3%，占国内生产总值比重为 7.3%，数字产业化发展由量的扩张向质的提升转变。

#### 四、以数字化推动绿色低碳科技革命

大力发展可再生能源是我国实现“双碳”目标的主要路径，但我国在新能源发展方面仍存在较多瓶颈。例如，新能源汽车产业在芯片、操作系统和特殊材料等领域面临国外技术垄断，氢能技术升级和大规模量产有待技术进步，光伏发电和风电等间接性发电在电网柔性调节、储能系统配合以及发电侧和用电侧综合调度等方面亟须创新。《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》指出，要强化科技和制度创新，开展低碳、零碳、负碳和储能新材料、新技术、新装备攻关。新能源作为供电主力时，其智能柔性电网需要高度依赖数字化和人工智能来实现源网荷储各环节的即时调节。生物质能、氢能、碳捕获利用与封存及电气化等具有普适性，需要利用数字技术建立可共享基础设施、研发数据和应用试验的集成平台。

西方发达国家尤为重视第五代通信技术在降碳领域的应用，认为其具备超高速连接、关键服务优先权以及支持大规模连接三大技术优势。美国于 1972 年开始研究整体煤气化联合循环技术（IGCC），并将碳捕获和封存技术

（CCUS）作为气候技术战略的优先领域，其拥有的年捕获能力在 40 万吨二氧化碳以上的大规模碳捕获和封存技术（CCUS）项目占全球总量的 20%。与发达国家相比，我国产业结构偏重、能源结构偏煤，能源系统需要由化石能源占比近 85% 转向新能源占比 85% 以上，终端电气化率需要达到 68% 以上，约 67% 的碳减排需求依赖碳要素生产力的提高以及发电成本、储存成本和系统协调成本的降低，主要体现在从集中式向分布式转变、储能技术、电能互联网络以及终端使用等。我国需要系统考虑低碳化与数字化两个维度的竞争态势，加快形成以低碳化促数字化、以数字化促低碳化的双向正循环模式。

#### 五、加快完善绿色低碳政策体系

以建设数字政府为契机，发挥市场作用，促进数字经济发展和绿色技术创新。2000 年，欧盟提出数字化发展战略，并于 2010 年出台《欧盟 2020》计划、2015 年启动配有 35 项立法提案和政策倡议的单一数字市场战略。2020 年，《塑造欧洲的数字未来》《欧洲数据战略》《人工智能白皮书》正式推出欧盟数字新政，《欧洲绿色新政》正式提出 2050 碳中和目标。数字新政与绿色新政相互支撑为欧盟塑造绿色低碳竞争优势奠定了基础。我国即将迈入中高收入国家行列，将数字化手段应用于政府治理，有助于我国收获“数字红利”。在绿色低碳政策体系构建过程中，需秉持有为政府和有效市场相

结合的原则，全面实施国家大数据战略，通过释放要素、培育市场主体维护市场秩序及促进创新等为低碳经济转型赋能。

绿色低碳政策体系中的宏观原则与微观措施需要协调联动、协同配合、互补增效。在宏观层面，“双碳”目标应全面融入经济社会发展中长期规划；在微观层面，能源、工业、交通、碳汇和技术等领域均应形成减碳路径。目前，我国能耗强度是日本的 4.2 倍、欧盟的 3.4 倍、美国的 2.5 倍和韩国的 1.5 倍，亟待发挥数字政府在提升治理效率、激发市场活力和创新潜力等方面的关键性作用。2022 年，《国务院关于加强数字政府建设的指导意见》提出加快构建碳排放智能监测和动态核算体系，形成集约节约、循环高效、普惠共享的绿色低碳发展新格局，保障碳达峰、碳中和目标顺利实现。数字政府通过技术赋能，落实“放管服”改革，优化治理效率，为绿色创新提供所需的营商环境和制度保障；数字政府有助于垂直治理体系的上传下达和平行治理体系多元行为体的共同治理，可最大限度调动多维度要素参与绿色创新。政务云、“互联网+”政务服务和“双碳”云平台等为构建绿色低碳政策体系发挥了积极作用。

## 六、积极参与和引领全球气候治理

随着全球低碳化与数字化浪潮交汇，数字治理和低碳治理成为国际治理议程中的关键议

题。目前，联合国层面涉及数字化和低碳化的协定包括《联合国气候变化框架公约》《巴黎协定》，区域层面包括《G20 数字经济发展与合作倡议》《区域全面经济伙伴关系协定》《数字经济伙伴关系协定》《跨太平洋伙伴关系协定》等。构建数字绿色治理体系，有助于把握关键领域博弈的时间窗口与机会窗口，消除气候变化对于全球经济社会发展的约束。我国需要借助数字化手段提升去碳效率，以实际问题为出发点加快数字化升级，尽快完善低碳化转型战略，加快构建协调统一的数字绿色治理体系。

规则碎片化和数字鸿沟是目前全球已形成的数字绿色治理体系普遍存在的问题。发达国家在数字贸易和绿色经济等方面形成了多种模板，数字绿色治理体系碎片化特征较为突出，尚未形成覆盖面广、协调有效的多边规则体系。相对而言，发展中国家受技术水平和管理水平制约，面临数字鸿沟加剧的风险，需要强化技术创新和制度创新，确保数据有序流动。我国在数字化和低碳化领域具备一定的产业基础和技术优势，需要进一步将其转化为绝对优势，参与包容、可持续的全球数字绿色治理体系构建。积极完善顶层设计，持续加强创新动能，深化底层基础研究，强化低碳技术和数字技术的融合应用。在区域经贸合作与国际合作中，充分利用合作平台，推广互利共赢的数字绿色

治理理念，在“一带一路”、区域全面经济伙伴关系（RCEP）、二十国集团（G20）和金砖国家等框架下嵌入数字绿色转型要素，反映全球大多数国家的意愿和诉求。形成扁平、公正、普惠的全球数字绿色治理体系，通过技术支持缩小不同国家和地区面临的数字鸿沟，促进国际经济环境稳定可持续发展。

### 七、结语

低碳化是人类社会应对气候变化的必然选择，数字化是世界经济寻找新动能的重要方案。全球数字绿色治理体系正在形成，对规则制定权和主导权的竞争日益激烈。以数字化助推“双碳”目标实现是我国经济健康可持续发展以及深入参与全球治理的必然要求，需要加大政策协调、寻求技术创新、制定明晰路线，将数字化手段广泛应用于减污降碳的宏观政策和微观措施。

### 【参考文献】

[1] 中共中央宣传部、国家发展和改革委员会. 习近平经济思想学习纲要[M]. 北京: 人民出版社, 2022.

[2] 李芳. 以数字化为抓手促进减碳目标实现[N]. 光明日报, 2021-12-13.

[3] 任彦. 欧盟推进数字化建设[N]. 人民日报, 2022-2-24.

[4] 吴琦. 能源数字化: “第六能源”作用突显[J]. 能源, 2022(1): 36-39.

[5] 张翼燕, 吴善略. 德国以“现实实验室”推动能源数字化创新[J]. 科技中国, 2019(6): 97-99.

[6] 徐锭明. “十四五”智慧能源要先数字化转型[J]. 中国信息界, 2021(1): 47-50.

[7] 刘仁厚, 杨洋, 丁明磊, 等. “双碳”目标下我国绿色低碳技术体系构建及创新路径研究[J]. 广西社会科学, 2022(4): 8-15.

[8] 李政, 张东杰, 潘玲颖, 等. “双碳”目标下我国能源低碳转型路径及建议[J]. 动力工程学报, 2021(11): 905-909.

[9] 赵敬敬, 崔永丽, 王树堂. 美国低碳发展经验值得借鉴[N]. 中国环境报, 2021-5-6.

[10] 伦晓波, 刘颜. 数字政府、数字经济与绿色技术创新[J]. 山西财经大学学报, 2022(4): 1-13.

初审编辑：于 飞