

# 数字经济助力能源转型的理论基础与实践路径

陈 熹 朱 婧

**摘 要：**《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》提出健全促进实体经济和数字经济深度融合制度，这是新时代经济高质量发展的必然要求。基于气候变化应对、环境保护以及能源安全的考虑，能源低碳绿色转型日益迫切。数字经济的迅猛发展为实现中国能源转型提供了新的契机，能源转型需要数字经济的助力。以数字经济助力能源转型，将通过数字生产力提高能源系统效率，降低系统成本，从根本上改变生产、管理和消费能源的方式；通过数据技术支撑能源转型的政策和制度建设，为包括发展清洁能源，建设碳交易市场，推进节能等政策提供数据科学支持和依据；通过数据科学的发展推动能源转型的技术创新和技术革命。健全促进数字经济助力能源转型的关键制度，应该设计能源数字网络安全制度，建设数字经济能耗降低制度，完善能源数据权利保护制度，完善能源消费隐私数据与公益数据区分保护制度，建立数字经济与能源转型高度融合的教育培训制度。

**关键词：**能源转型；数字经济；网络安全

**中图分类号：**F49;F426.2 **文献标识码：**A **文章编号：**1673-5706 (2024) 05-0050-06

《中共中央关于进一步全面深化改革、推进中国式现代化的决定》提出要健全促进实体经济和数字经济深度融合制度，完善和促进数字产业化和产业数字化的制度体系等要求。站在世界经济数字化转型的风尖浪口，中国迎来新的工业革命深刻重塑人类社会的重大挑战和机遇。习近平总书记提出，我们既要鼓励创新，促进数字经济和实体经济深度融合，也要关注新技术应用带来的风险挑战，加强制度和法律体系建设，重视教育和就业培训<sup>[1]</sup>。

互联网、云计算、人工智能等信息技术的迅速发展促使信息技术与传统产业加速融合。2021年我国数字经济发展取得新突破，数字经济规模达到45.5万亿元，同比名义增长16.2%，占GDP比

重达到39.8%<sup>[2]</sup>，数字经济正在成为促进经济增长和社会发展的核心动力。数字经济的发展为产业升级和结构调整提供了技术支持，尤其对推动能源转型意义重大。随着中国“碳达峰碳中和”目标的提出，能源向绿色低碳方向转型成为中国经济可持续发展的重点任务之一，数字经济的发展有助于保持和提高能源供应的安全性、可靠性、灵活性，有助于发展新能源，优化能源消费结构，降低电力系统成本，也有助于减轻环境危害，为促进能源转型提供新的机遇。在这样的背景下，需要促进数字经济与能源转型的深度融合，因此，深入研究数字经济如何在能源转型过程中发挥作用，将为优化政策、促进实践提供有价值的理论支持和实践指导。

### 一、数字经济助力能源转型的理论基础

目前国内有相当一部分学者探讨数字经济与能源转型的关系。何建坤、卢兰兰、王海林提出,在未来高比例可再生能源上网的发展过程中,要研发和推广智慧能源技术,推动能源互联网和分布式能源技术、智能电网技术、储能技术的深度融合,占领能源科技的制高点,打造国家的竞争优势,顺应并引领全球能源技术创新和发展的进程<sup>[3]</sup>。刘虹提出,数字生产力技术与能源产业有机相融,已成为能源产业变革的源动力,数字生产力能源技术革命不容迟缓<sup>[4]</sup>。钱立华、方琦、鲁政委提出,绿色经济与数字经济如果能发挥协同效应,将可在最大程度上推动疫情后的经济复苏<sup>[5]</sup>。陈光、霍沫霖指出能源数字经济能直接或间接减少能源活动的碳排放,但产业壁垒和市场机制的挑战依然是无法回避的难题<sup>[6]</sup>。这些研究为本文探讨数字经济时代能源转型的实现路径提供了基础。

能源转型是指在全球、国家或地方层面上,采用新的能源来源和技术,以替代传统的化石燃料能源如煤、石油和天然气等,并大幅度降低温室气体排放的过程。这一过程不仅涉及能源的生产和使用方式的改变,还包括基础设施的转变、政策的调整和社会行为的变化。随着气候变化影响日益显著,能源转型日益迫切。

能源转型是能源安全的需要。通过多样化能源结构实现能源低碳化可以减少对化石燃料特别是进口燃料的依赖,从而降低国际市场波动带来的风险,也可以增加能源供应的韧性,提升能源整体供应稳定性,增强国家在遭遇突发事件如自然灾害、地缘政治冲突时的应对能力。能源转型也是减少环境污染的需要。传统化石燃料不仅存在供应安全问题,还会造成严重的环境污染,推动能源清洁化转型有助于减少这些环境风险。同时,气候变化问题加剧了能源转型的迫切性。近年来,全球气候变化的影响愈加显著,要减缓全球变暖和气候变化的影响,就需要减少温室气体排放。为响应国际社会的碳减排呼声,中国于2020年提出了“双碳”目标,即“碳达峰、碳中和”目标,统计数据显示,我国二氧化碳排放总量的80%以上来自能源活动<sup>[7]</sup>,降低能源活动的碳排放量,推动能源转型,实现能源行业的深度脱碳

是我国实现“碳中和、碳达峰”目标的重要路径。

“双碳”目标的提出意味着中国要面临更加重要且现实的节能减排任务。正如习近平总书记在中法德领导人视频峰会上所说,“中国作为世界上最大的发展中国家,将完成全球最高碳排放强度降幅,用全球历史上最短的时间实现从碳达峰到碳中和。这无疑将是一场硬仗”<sup>[8]</sup>。为实现这一目标,中国需要实现能源领域的深度脱碳,大幅度提高低碳能源在能源消费结构中的比例,预计到2030年实现碳达峰时,煤炭量比例将下降到48%,燃油、燃气的比例为30%、非化石能源比例为22%;风电和光伏的发电量占比将达到9.6%;到2050年,风电和太阳能发电则将分别达到21.3%和26.7%,也就是可再生能源发电量占比将超过50%,亟需通过绿色增长,建设“清洁、低碳、安全、高效”的能源系统<sup>[9]</sup>,这将是能源行业的颠覆性转变。

数字经济,就是以新兴数字科技为特征的经济形态。自1990年代中期首次提出数字经济以来,数字经济的定义一直处于演变之中,学术界与实业界以所谓的“ABCD”,即人工智慧(artificial intelligence)、区块链(blockchain)、云计算(cloud)、数据科学(data science)四项科技前沿来标志数字经济。

数字经济有助于实现能源转型目标。首先,数字经济有助于能源行业实现深度脱碳。在数字经济飞速发展的背景下,互联网技术的发展与能源系统数据的积累使得能源系统数据可以应用的场景不断激增,分析这些数据的机器学习技术也在飞速发展。数字经济建立在海量的数据分析基础上,数字技术与能源产业的融合能大幅提高能源领域的效率、降低成本,能将自二十世纪初以来的集中式能源管理改变为分散化、多中心化,从而在根本上改变生产、管理和消耗能源的方式,提高能源利用效率,助力“双碳”目标的实现。其次,数字生产力的发展促进了可再生能源的发展与利用。数字技术的应用,特别是在智能电网、分布式发电和大数据监控等领域,能够提高可再生能源的接入与使用效率。例如,智能电网可以实时调节电力供需平衡,提高可再生能源的利用率,从而减少传统化石能源的消耗和排放。从欧盟的经验来看,数字技术可以帮助将光伏和风力发电的弃电率从7%降至

1.6%，从而到 2040 年避免近 3000 万吨的二氧化碳排放<sup>[10]</sup>。另外，数字技术通过优化能源消费场景，能提供更经济的能源服务，创造新的商业机遇。大数据、人工智能等数字化技术能够助推合同能源管理、环境污染第三方治理、虚拟电厂等项目的发展，助力工业、商业、住宅等电力用户从单纯的“消费者”向“产销者”转变，提升能源管理水平。同时，数字技术可以优化能源决策，缩短决策时间，促进闲置能源资源和生产能力的共享和复用。因此，建立在数字技术上的数字经济，可以优化能源资源利用和配置方式。

从环境保护的角度，数字经济的发展为实现能源高效利用、减少不利环境影响提供了条件。在传统生产模式中，资源的浪费和环境的污染往往难以避免，而数字技术能够通过精细化管理、大数据分析等手段，帮助企业识别和消除生产过程中的资源浪费，让企业在保证生产效率的同时，减少碳排放量。数字经济通过信息共享和平台化，将资源从低效利用转变为更高效的共享与循环利用，使得资源消耗与环境负担降至最低，同时，帮助减少不必要的经济活动，降低全社会的能源消耗。数字技术的广泛应用，使得很多原本在线下进行的活动都可以在线上进行，这就可以将由此产生的碳排放大幅减少。更重要的是，数字经济的发展还可以促进政策宣传和公众参与，为能源转型营造良好的社会氛围。通过数字平台，政府和企业可以更方便地传播低碳行动的相关信息，增强公众的环保意识，鼓励社会广泛参与低碳实践。例如，数字技术可以通过社交媒体、在线课程和应用程序等方式，传播低碳生活方式和绿色消费理念，将个人的行为纳入整体的低碳体系中。随着数字经济的发展，新兴商业模式（如共享经济、循环经济等）逐渐发展，能源向绿色低碳转型发展将有更多样化的模式选择。

## 二、数字经济助力能源转型的实践及其挑战

数字经济的发展有助于实现能源转型，在实践中，数字技术，例如区块链、人工智能等技术，已经在低碳经济中得到了应用与实践。低碳化与数智化结合是数字经济助力能源转型的关键路径。

（一）数字经济助力实现能源转型的国内外实践

当前探索数字经济与绿色经济融合，推动能

源转型的项目实践正在日益增加。诸多企业开始在这一领域布局，例如将区块链技术和分布式电力系统进行融合，提高系统的安全性，优化分布式能源，实现能源优化调度，提升能源利用率。熊猫绿能公司（以下简称熊猫绿能）与华为公司共同发起的能源区块链项目就是数字经济与能源转型融合发展的案例之一。2018 年 2 月，这一项目正式启动。熊猫绿能将分布式电站每日所发出的清洁电力数据输入能源互联网平台，华为则为数据接入提供技术支持。项目挑选自愿报名的用户参与清洁电力虚拟交易，用户可以在平台上选择使用清洁能源或传统能源，当用户选择清洁能源时，区块链技术将生成智能合约，直接配对电站与用户之间的点对点虚拟交易，同时检测机构将为用户出具权威电子证书，证明其所使用的是清洁能源电力。区块链涉及分散的交易验证，使个人能够进入能源交易系统进行交易和支付。也为社区和个人提供了可溯源的清洁能源消费路径。这种创新为联合更多环保、科技及投资界的力量，促进清洁能源的推广与普及进行了试点。

从国际范围来看，在全球能源产业布局中，也涌现出一批初创企业，以区块链技术为依托，对电力生产、输送、分配、储存、交易、零售进行系统开发。其中一个代表性项目是位于美国纽约市的布鲁克林微电网系统项目。该项目通过建立一个点对点的能源交易网络，实现居民自产的可再生能源电力上网交易。另一个代表性项目为能源产业区块链联盟——能源网络基金会，其成员单位包括能源开发企业、工程商、研究所、IT 服务提供商、初创企业等。通过建立开源的专业区块链核心技术平台，能源网络基金会积极推进区块链技术在绿色能源、需求响应项目、电动汽车网络等市场中的应用。一些大型跨国公司也认识到数字经济在提高能源效率和能源管理方面的作用，英国石油公司、荷兰皇家壳牌石油公司、法国电力集团、日本东京电力公司等大型能源电力企业均已布局能源行业的区块链技术应用，西门子、林德、施耐德电气等公司也在建立能源数字化中心，数字经济对于能源转型的作用正在全球日益受到重视。

（二）数字经济助力能源转型中的风险与挑战

数字经济助力实现能源转型不仅有理论支持，

也有实践经验。数字生产力在推动能源转型方面的优势显而易见,然而也伴随着巨大风险和挑战,主要表现在以下方面:

能源网络的系统性安全风险。首先,数字技术给电力部门带来新的脆弱性,容易形成网络安全漏洞。这表现在:一方面,将远程用户链接到电网系统,可能导致将远程黑客链接到同一系统,使得信息技术系统中断、敏感数据泄露或恶意软件扩散。另一方面,远程黑客可以使用复杂的网络钓鱼方案来引诱不知情的用户,通过恶意网络连接和包含恶意代码的电子邮件访问敏感数据,造成网络数据的泄密。另外,电网中网络节点的大量增长使得网络攻击监控变得困难。旧的网络安全架构模型主要基于防火墙、防病毒服务器和入侵检测软件,这种模式无法有效抵御来自内部的威胁或通过后门进入可信网络的外部威胁。新的网络安全模式有待建立。

数字经济产业本身的高耗能风险。数字经济企业本身就是耗能大户,通过有效提升数字经济行业的能源利用效率,将产生可观的减排效果。以数据中心为例,2010年时全世界数据中心的耗电总量就达到了1988亿度电,约为当年全球耗电总量的1%-1.5%<sup>[11]</sup>,而2024年数据中心的预估耗电量为3500至3700亿度电,同比2023年增长12%<sup>[12]</sup>,目前全球各大数字经济企业都在积极致力于推进数据中心的节能减排。例如,有的数字经济企业就利用人工智能技术对数据中心的能耗进行了优化,由此降低了30%的耗能,并且还积极推进用氢能源等可再生能源作为其数据中心的主要能源<sup>[13]</sup>。显然,这些努力对于实现减排都是大有帮助的。但如何实现数字经济企业的节能降耗仍然是一个棘手的问题。

能源数据的所有权和使用权保护的挑战。随着数据变得越来越有价值,数据的权利问题越来越凸显。在欧洲和美国,主要通过合同来定义数据的所有权和使用权。然而,随着光伏发电技术的发展,在住宅和小型企业层面,能源消费者与能源生产者的边界变得模糊,数据所有权问题变得更加复杂。虽然能源供应公司传统上控制着与能源使用相关的数据,但是,能源消费者与能源生产者的混同,以及能源消费者对于能源供应商的选择自由,将导致能源消费者对于能源供应公

司的数据权利产生争议,而这些数据的使用权和所有权的归属目前还没有统一的规定。随着数字技术在能源领域的应用越来越多,对数据权利的界定与权利归属问题将日趋重要。

能源消费者个人信息(隐私保护)的挑战。数字经济的发展也带来对个人数据隐私保护的挑战。随着能源数字经济的发展,公用事业公司将聚合或收集大量消费者的实时能源使用数据。在家庭电力智能管理仪表的监测下,这些数据可能泄露住户的日常活动。随着家里的设备,包括热水器、洗衣机、供暖和制冷系统甚至电灯变得更加智能,通过数据被了解将变得更加精细。而对于工商用户来说,电表背后详细的能源数据可以用来发现建筑物业主的各种活动,这些数据可以揭示相关商业实践和运营的信息。网络黑客还可能通过智能手段获取客户数据,并出于各种原因修改或破坏客户数据。

能源人力资源对数字经济的适应。数字化正在改变工作模式和任务,在能源行业的一些部门造成失业,又在其他地方创造新的就业机会。例如,智能电表和编码器正在取代手动抄表器;数字基础设施的建设需要懂得信息技术和技能的工人;能源数字化技术的操作需要从业人员具备相应的信息处理能力,能源数字生产力的发展正在促使公司重培训或更换部分劳动力。例如,在火力发电领域,数字生产力可以改变电厂现有的运行和维护任务,在可再生能源领域,机器人可以用来清洁太阳能电池板,无人机可以用来监控风力涡轮机。能源行业的人力资源部门也需要尽早对于能源数字生产力做好准备。

### 三、数字经济背景下优化能源转型的实践路径

#### (一) 数字经济助力能源转型的实践路径

通过能源数据分析促进能源系统深度脱碳。能源行业各阶段产生的大量数据是能源数字生产力的基础,涉及数字技术应用到能源系统的每一个部分,包括发电、传输、分配、零售和消费各端口。这些数据是分析能源需求响应,帮助解决可再生能源发电间歇性问题,提高新能源利用效率的基础;降低能源利用强度,提高能源生产精细化,提高节能效率,实现精准节能的基础;推动集中式能源系统分散化,提高能源供应安全的

基础。能源数据信息的积累和保护以及分析这些数据的机器学习技术的发展都至关重要。

通过数据技术支撑能源转型制度建设。既需要重视促进和保护数字经济发展的制度建设,也需要融合能源转型的政策体系建设。在能源转型过程中,国内已经形成了一系列政策工具,数字经济应积极为这些政策的实现提供技术保障。数字技术的发展为碳交易提供数字平台,有助于促进碳排放信息披露、锁定碳排放源,也有助于测算碳排放及其他环境指标、落实碳登记结算,促进全国统一碳交易市场制度的形成与完善。同时,通过大数据分析可以识别不同城市、产业、企业在碳减排方面的成本差异,协助政府作出科学规划和宏观调控,落实相关制度与政策的执行。

通过数据科学的发展推动能源转型所需的技术创新。数据科学的发展有助于实现更有效的网络监控和网络运行,它与智慧能源、能源互联网和区块链技术联系在一起,可以更好、更便宜、更快地监控、恢复和维护能源资产和电力组件,促进清洁能源发电。能源数字技术可以整合智能电器,实现储能和电网服务。在能源互联网时代,工厂、办公楼和住宅中的每一个电子设备都可能成为一个电力节点,通过人工智能测算提高能效,实现系统化的能源转型。

#### (二) 健全数字经济助力能源转型的关键制度

抓住数字经济发展机遇助力能源转型,实现数字经济与能源转型的深度融合,要从顶层制度设计的角度解决以下的关键问题:

设计能源数字网络安全制度。各国都在努力强化自己的电网系统,美国注重电力网络安全的精确和详细规范,而欧盟在低碳技术和电力分配的网络安全方面做了更多工作。2012年新加坡《个人数据保护法》、《计算机滥用和网络安全法》以及2018年《公共部门(治理)法案》下的新数据共享和安全条款,均从制度层面支持建设数据网络安全能力。中国不仅要关注针对大型能源基础设施的网络攻击风险,也要考虑在数字能源系统的许多小切入点的安全性。例如电动汽车和电动汽车充电站的网络安全保障问题,智能电表等数字设备的网络安全标准问题,企业在营销和安装智能设备方面应承担的安全责任问题,智能设

备大规模推广时的能耗负载安全问题,数字设备和系统的操作安全问题,能源网络系统架构、通信和安全协议的安全标准问题,消费者的能源网络安全意识的教育和宣传问题,都需要进行顶层制度设计的综合考量。

建设数字经济能耗降低制度。目前各大数字企业都在积极推进数据中心的节能减排,通过实施节能管理软件、建设绿色数据中心、采用可再生能源、优化数据传输和存储等方法减少冗余数据,减少数据传输能耗。数字经济的直接能耗测算相对比较成熟和简单,但数字经济间接能耗则较为复杂,间接能耗是指由于数字经济背景下新的生产生活方式的整体变化所带动的能源消费。比如将电话电视会议代替现场会议,产生的交通方面的能源消耗将减少,但成千上万的与会者在线上使用电脑的能耗将会提高。数字经济的发展改变了能源消耗的路径,对间接能耗的研究和规划将是未来数字经济助力能源转型的重要领域,应该从制度上推动对间接能耗的规划和计算。

完善能源数据权利保护制度。从世界范围来看,能源企业将受到越来越强有力的数据保护机制的限制。例如,自2015年5月以来,欧盟委员会在其《数字单一市场战略》中提出了35项立法提案和政策倡议<sup>[14]</sup>。2018年5月25日生效的欧盟《通用数据保护条例》引入了隐私和客户同意的要求,以便在产品和服务的业务流程中设计数据收集和使用限制,保护利益相关者的数据权利。这牵涉到数据记录保护、数据存储范围知情权,客户数据使用权限、数据信息流动的审计与跟踪等等法律问题。多国立法对于数据收集、使用、外包、披露、编辑、搜索、存储和销毁进行严格的限制,我国也颁布了《中华人民共和国个人信息保护法》等相关法律,应在执行这些法律时完善能源数据权利保护。

完善能源消费隐私数据与公益数据区分保护制度。隐私权是受到《民法典》保护的權利。能源系统中客户数据隐私漏洞主要存在于数据生成、数据传输和数据存储三个方面。网络黑客可能会通过网络智能手段获取客户数据,并出于各种原因修改或破坏客户数据。虽然不同国家因文化差异,对于隐私权保护程度不同,但大多数国家选择积极保护隐私权。在保护个人数据隐私以及确保网络安全

的同时,还需要实现数据的使用和披露以支持技术进步和创新,这是一种新的平衡。自2011年开始,美国加州公用事业公司要求对数据使用进行加密,并将这一规定扩展到互联网服务提供商、金融机构和其他接收和处理能源数据的企业,而2016年,法国立法确立了公共利益数据这一概念,政府可以要求商业实体提供数据<sup>[15]</sup>,以建立公共数据统计。对于如何应对这一平衡,我国法律还需要在实践中不断完善。

建立数字经济与能源转型高度融合的教育培训制度。能源数字生产力发展带来了对数据和能源转型等专业知识的需要,这种知识提高不仅普通从业人员需要,能源行业的政策制定者也需要。应该通过制度建设推动能源行业充分了解数字技术的最新发展,包括其术语、趋势以及对能源系统的影响,也要通过教育培训来加强数字经济企业和从业者对于能源绿色低碳发展的认识,培养绿色发展意识和思维。通过开展论坛交流与分享,促进能源转型和数字经济发展组织和个人在思想和技术上的广泛交流。

数字经济助力能源转型,将是中国经济社会可持续发展的重要路径,是面向未来实现更高质量、更有效率、更加公平、更可持续、更为安全的发展的崭新道路,如何在制度层面推动数字经济与能源转型的深度融合仍然值得进一步思考。

#### 参考文献:

- [1] 习近平.登高望远,牢牢把握世界经济正确方向——在二十国集团领导人峰会第一阶段会议上的发言[EB/OL].中国网, [http://www.china.org.cn/chinese/2018-12/03/content\\_74235372.htm](http://www.china.org.cn/chinese/2018-12/03/content_74235372.htm), 2024-10-14.
- [2] 中国信息通信研究院.中国数字经济发展报告(2022年)[EB/OL].中国网, [http://union.china.com.cn/jdtp/txt/2022-07/11/content\\_42031482.html](http://union.china.com.cn/jdtp/txt/2022-07/11/content_42031482.html).
- [3] 何建坤,卢兰兰,王海林.经济增长与二氧化碳减排的双赢路径分析[J].中国人口·资源与环境, 2018, 28(10).
- [4] 刘虹.数字化能源技术革命不容迟缓[J].煤炭经济研究, 2020, 40(2).
- [5] 钱立华,方琦,鲁政委.刺激政策中的

绿色经济与数字经济协同性研究[J].西南金融, 2020, (12).

[6] 陈光,霍沫霖.碳中和目标下的能源数字经济[J].能源, 2021, (5).

[7] 王芳,董战峰.数字经济对我国碳排放的影响——基于省级面板数据的实证检验[J].改革, 2023, (3).

[8] 习近平同法国德国领导人举行视频峰会[EB/OL].新华网, [http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2021-04/16/c\\_1127339605.htm](http://www.xinhuanet.com/politics/leaders/2021-04/16/c_1127339605.htm), 2021-04-16.

[9] 中共中央关于制定国民经济和社会发展第十三个五年规划的建议[N].人民日报, 2015-11-04.

[10] 刘虹.数字化能源技术革命不容迟缓[J].煤炭经济研究, 2020, 40(2).

[11] 陈永伟.推进碳中和:数字经济能做什么[N].经济观察报, 2021-03-19.

[12] 数据中心:专家透露2024年数据中心的预估耗电量为3500至3700亿度电 同比2023年增长12%[EB/OL].新浪财经, <https://finance.sina.com.cn/chanjing/gsnews/2024-03-21/doc-inanzvux5255914.shtml>, 2024-03-21.

[13] 江小涓,隆国强,王金照,等.学习阐释党的二十大精神笔谈[J].中国工业经济, 2022, (11).

[14] 沃尔夫冈·多伊普勒.《欧盟人工智能法案》的背景、主要内容与评价——兼论该法案对劳动法的影响[J].环球法律评论, 2024, 46(3).

[15] 邓灵斌.数据治理的法律规制:欧盟立法与“中国方案”——基于欧盟《数据治理法》(DGA)的分析与思考[J/OL].图书馆杂志, <https://link.cnki.net/urlid/31.1108.G2.20241031.1415.004>.

作者:陈熹,广东外语外贸大学马克思主义学院教授,清华大学核能与新能源研究院管理科学与工程博士后  
朱婧,西藏大学财经学院硕士研究生

责任编辑:钟晓媚