

· “双碳”目标、绿色发展与生态文明建设研究 ·

新型能源体系与现代化产业体系^{*}

——从单向支撑到协同共进

史 丹 周 怡 王俊杰

【摘 要】纵观工业革命的历史进程，每一次产业技术的跃迁均以能源体系的变革为支撑。在新一轮科技革命和“双碳”目标的共同影响下，中国能源体系与产业体系的作用关系，正在经历从能源体系向产业体系单向提供生产要素转变为两大体系协同共进的过程。实践经验表明，在中国新型能源体系与现代化产业体系建设的进程中，二者在创新、绿色、治理和数智四个维度均呈现高度协同的特征。具体而言，新型能源体系通过能源的供给能力、调节灵活性及价格机制影响现代化产业体系的发展路径，现代化产业体系则在需求拉动以及装备制造赋能等方面引领产业结构升级从而驱动新型能源体系的迭代升级。由于当前中国经济发展仍面临绿色技术成本高企、地区要素错配及全球供应链韧性不足等多重制约因素，故而文章建议从智能清洁技术研发、地区空间布局优化重构、国际产业链整合以及机制创新等方面发力，促使新型能源体系与现代化产业体系协同共进，推动中国经济高质量发展。

【关键词】新型能源体系 现代化产业体系 新一轮科技革命

【作者简介】史丹，管理学博士，中国社会科学院学部委员，中国社

^{*} 本文系中国社会科学院国家高端智库项目“现代化产业体系的组织形态、结构特征和全球趋势”(ZKJC0802)、中国社会科学院“登峰战略”资助计划(DF2023YS24)的阶段性成果，并得到中国社会科学院史丹学部委员工作室的支持。

会科学院工业经济研究所、浙江财经大学－中国社会科学院大学浙江研究院研究员、博士生导师；周怡，经济学博士，上海第二工业大学经济与管理学院副教授；王俊杰（通讯作者），经济学博士，江西财经大学经济学院研究员、博士生导师。

【中图分类号】F062.9 【文献标识码】A

【文章编号】2097-1125（2026）06-0099-21

一、引言

习近平总书记在党的二十大报告中明确提出“建设现代化产业体系”，并强调“没有坚实的物质技术基础，就不可能全面建成社会主义现代化强国”。^①党的二十届四中全会进一步提出，“建设现代化产业体系，巩固壮大实体经济根基”。^②上述战略部署从顶层设计层面确立了现代化体系建设的重要地位。现代化产业体系由包括现代农业、现代工业和现代服务业在内的各类现代产业构成，是适应中国式现代化要求的产业体系。建设现代化产业体系必须遵循产业发展的客观规律，沿着智能化、绿色化、融合化方向持续推进产业升级和结构优化。新型能源体系是以非化石能源为供应主体、化石能源为兜底保障、新型电力系统为关键支撑、绿色智慧节约为用能导向的能源体系。加快建设新型能源体系，既是推动能源绿色低碳转型、助力实现“双碳”目标的关键举措，^③也是保障国家能源安全的重要支撑。特别是在现

① 习近平：《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告（2022年10月16日）》，《人民日报》2022年10月26日。

② 《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议（二〇二五年十月二十三日中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议通过）》，《人民日报》2025年10月29日。

③ “双碳”目标，即在2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和。2020年9月22日，习近平总书记在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话中首次正式提出这一目标，此后该目标被纳入国家重大战略决策并写入党的二十大报告。参见《习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话 强调要树立命运共同体意识和合作共赢理念，坚定不移构建开放型世界经济，树立新发展理念，坚持走多边主义道路，改革完善全球治理体系，宣布中国支持联合国发挥核心作用重大举措》，《人民日报》2020年9月23日；习近平：《高举中国特色社会主义伟大旗帜 为全面建设社会主义现代化国家而团结奋斗——在中国共产党第二十次全国代表大会上的报告（2022年10月16日）》，《人民日报》2022年10月26日。

代化产业体系框架下，能源已不再是单纯的外生投入要素，而是成为能够影响整个产业体系成本、技术路径及空间组织的关键变量。

新型能源体系与现代化产业体系在目标愿景和演进路径上高度契合。能源体系依托供给能力与价格机制，通过市场与制度的传导，影响产业体系的运行效率、工艺路线和空间布局。产业体系则通过需求响应与装备迭代，推动能源体系优化。习近平总书记指出，“当前，新一轮科技革命和产业变革深入发展”，“技术创新进入前所未有的密集活跃期”。^①虽然新型能源体系与现代化产业体系之间的互动机制正在发生深刻的变革，但是学界对二者协同共进的机理及路径尚缺乏系统性阐述。本文以建设现代化产业体系为统领，构建覆盖创新、绿色、治理与数智四个维度的分析框架，系统剖析新型能源体系对产业升级的支撑效应以及现代化产业体系对能源转型的驱动作用。本文的边际贡献在于，将新型能源体系纳入现代化产业体系的主轴进行考察，厘清二者间从单向的要素支撑向协同共进转变的作用机制，为相关政策的制定提供理论依据与决策参考。

二、能源体系与产业体系从单向支撑到协同共进的历史演变

学界关于能源体系与产业体系关系的认识，正在从单向的要素支撑观点向系统的协同共进观点转变，这一理论演变轨迹与中国的工业化实践路径相一致。^②

纵观工业革命的历史进程，每一次产业技术的跃升均伴随着能源体系的深刻变革。煤炭与蒸汽动力技术的问世奠定了机械化生产的基础，能源作为外生要素驱动了近代工厂制度的形成。电力技术推动了大规模工业化生产与专业化分工，形成了能源基础设施规模扩张与产业专业化分工相互强化的重要格局。步入以智能制造为核心的新一轮产业变革期，数字化技术的广泛应用不仅使产业形态趋于柔性化和网络化，而且在重构生产过程的感知与控制范式的同时，推动能源体系从单一的能量供给平台向具备实时感知与智能配

① 习近平：《朝着建成科技强国的宏伟目标奋勇前进》，《求是》2025年第7期，第6页。

② 参见陈星星、任羽菲：《新质生产力如何助力能源体系变革？——兼论新型能源体系构建》，《暨南学报》（哲学社会科学版）2024年第6期，第130~148页。

置功能的基础设施转型。纵观这一历史进程，能源体系与产业体系的关系具有清晰的规律性，能源体系的技术跃迁往往是产业升级的先决条件，而产业体系的扩张又反向拉动能源体系的扩容。在相当长的一段时间内，能源体系都在为产业体系发展提供单向支撑。

新中国的工业化进程同样遵循这一历史规律。在传统工业化阶段，能源被视为经济增长的外生变量，作为基础生产要素为经济发展提供动力。由于重工业的规模扩张直接拉动了电力需求，故而能源体系主要通过电力供应的方式为产业体系发展提供支撑。既有研究发现，1978—2000年中国能源消费与经济增长之间存在显著的协整关系。^①这表明，在工业化初期采取电力先行的政策规避产出缺口具有其历史合理性。^②然而，随着资源环境约束日益趋紧，传统的高强度要素投入的发展模式难以为继，能效提升成为能源体系转型的关键。在这一阶段，经济系统效率的提升对电力需求的影响逐渐显现，经济总量的增长不再必然引发电力需求的等比例扩张。^③从区域维度看，全要素生产率与资本—能源比率的差异是造成地区能效差距的主要原因。单纯依靠改进微观技术的做法已面临边际效应递减的瓶颈，必须通过优化资源配置与强化技术扩散实现落后地区能效水平的提升。^④

进入21世纪以来，在稳定的能源体系的支持下，信息网络与实体经济融合发展，能源体系的角色从单一的要素供给者向多元服务者转变。为应对效率挑战并推动现代化产业体系建设，能源体系与产业体系正迈向协同共进的新阶段，新质生产力的培育构成了这一转变的核心动力。具体到能源领域，新型能源体系正在向以清洁能源为主体、以智能技术为主导的形态演进。既有研究将这一演进过程划分为三个阶段，并且强调在协同共进阶段应发挥能

① 参见韩智勇、魏一鸣、焦建玲等：《中国能源消费与经济增长的协整性与因果关系分析》，《系统工程》2004年第12期，第17~21页。

② 参见林伯强：《电力消费与中国经济增长：基于生产函数的研究》，《管理世界》2003年第11期，第18~27页。

③ 参见林伯强：《结构变化、效率改进与能源需求预测——以中国电力行业为例》，《经济研究》2003年第5期，第57~65页。

④ 参见史丹：《中国能源效率的地区差异与节能潜力分析》，《中国工业经济》2006年第10期，第49~58页；史丹、吴利学、傅晓霞等：《中国能源效率地区差异及其成因研究——基于随机前沿生产函数的方差分解》，《管理世界》2008年第2期，第35~43页。

源数据要素的杠杆效应，推进数智技术与能源电力的深度融合。^①

近年来，在“双碳”目标的影响下，新能源、新型电力系统的发展成为新的产业增长点。在“双碳”目标与数字中国战略的双重驱动下，数字化与绿色化加速融合，能源体系与产业体系之间呈现双向促进的新特征。新能源的发展提升了清洁电源的供给水平，同时产业体系发展持续为能源体系带来新型装备与技术，推动能源体系实现数智化绿色发展。此外，产业体系的绿色化转型也对能源体系提出了向清洁化、智能化发展的要求，从而形成了“需求牵引供给、供给创造需求”的良性循环。

综上所述，能源体系的供给和调节能力对产业技术进步具有深远影响，能源体系与产业体系之间的互动关系已经实现了质的跃升。从经济体系运行机制的视角看，在清洁能源的技术突破、规模效应以及新能源正外部性的共同作用下，新型能源体系正逐渐嵌入现代化产业体系价值链，并从被动的要素供给者转变为主动的协同参与者。然而，在当前科技革命和产业变革加速推进的背景下，学术界对新型能源体系与现代化产业体系的互动逻辑及演化趋势缺乏深入讨论和系统性阐释。因此，厘清二者间协同共进的机理与趋势，正是本文要讨论的核心议题。

三、新型能源体系的特征与建设进程

加快建设新型能源体系，是推动能源体系绿色低碳转型、保障国家能源安全的战略性选择。新型能源体系以源网荷储一体化^②及相关制度创新为依

① 根据新型能源体系的特点，新质生产力助推新型能源体系形成和发展的进程可分为以下三个阶段：第一阶段，坚持底线思维，新质生产力助力煤炭清洁化利用，实现煤炭保供；第二阶段，通过数字能源、能源协同、优化能源供需体系，实现新能源对传统能源的大规模替代；第三阶段，进一步发展能源新质生产力，通过采用氢能、核能等零碳能源实现能源体系绿色化、清洁化全面转型。参见陈星星、任羽菲：《新质生产力如何助力能源体系变革？——兼论新型能源体系构建》，《暨南学报》（哲学社会科学版）2024年第6期，第130~148页。

② 源网荷储一体化指将电力系统中的电源、电网、负荷、储能这四个核心要素进行有机整合，形成一个能够高效协同、灵活互动的综合性能源体系。参见《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见（发改能源规〔2021〕280号）》，https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghxwj/202103/t20210305_1269046.html，2026年4月26日。

托,驱动能源供需形态由高碳、刚性、静态向低碳、柔性、智能跃升。随着清洁能源装机容量的扩大、跨区输电能力的增强以及电碳市场的联动,新型能源体系建设已取得实质性进展。特别是分布式电源与零碳园区的大规模推广,推动新型能源对传统能源的作用从边缘性替代向整体性重构转变。新型能源体系也为现代化产业体系升级提供了可观察测度、可分析控制的现实条件。下文将从结构、形态、效率与制度四个维度,系统剖析新型能源体系的特征与建设进程。

(一) 结构维度: 能源供给向绿色低碳转型

自 20 世纪以来,全球能源消费总量增长超过 20 倍。其中,煤炭消费量增长近 10 倍,但是其占一次能源消费总量的比重从 95% 下降到 26%。从 20 世纪 60 年代石油取代煤炭,到 20 世纪末天然气使用量激增,直至 21 世纪以来可再生能源的大规模使用,能源消费结构的一系列变化充分反映了能源替代的历史趋势(见图 1)。

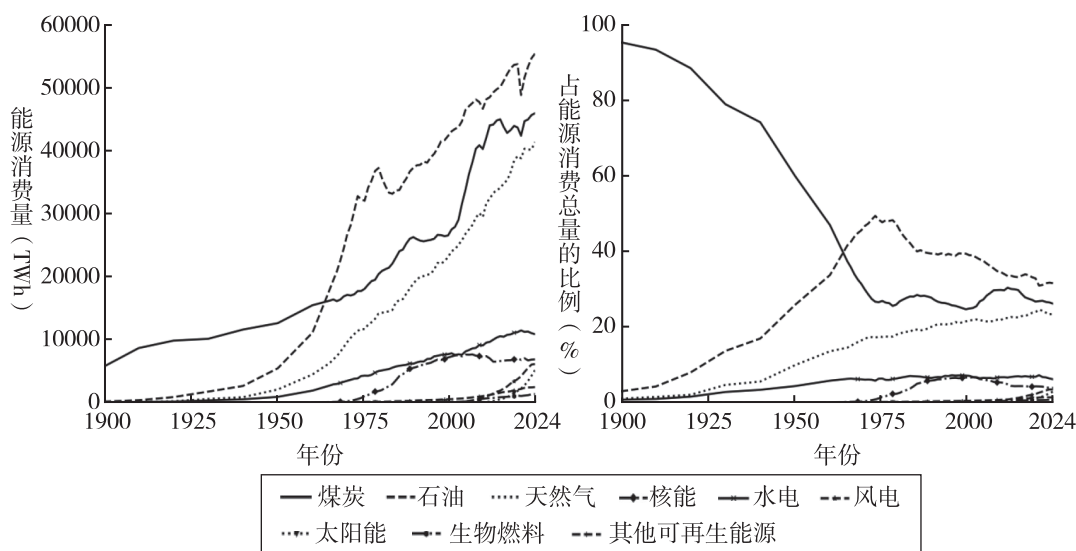
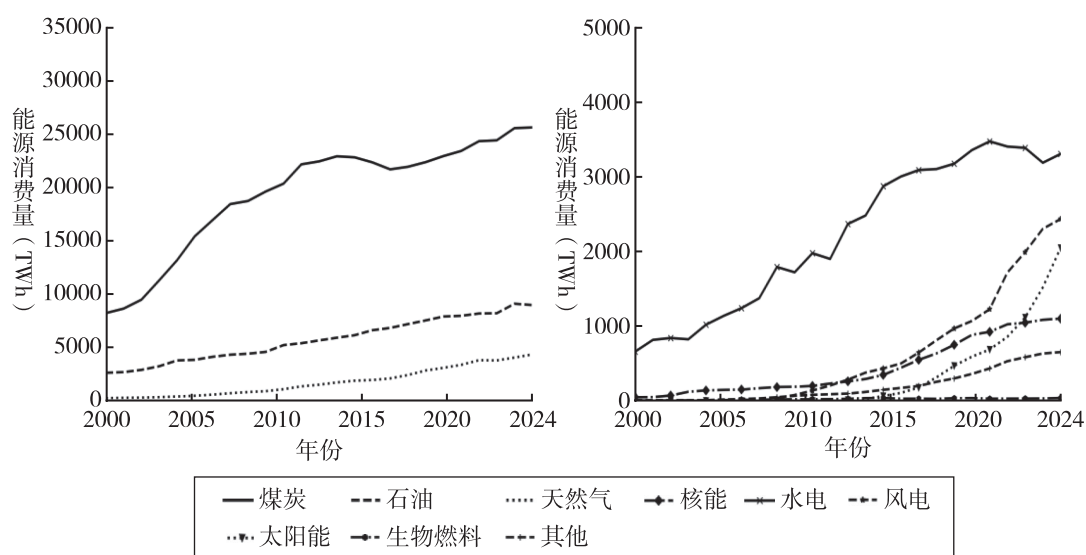


图 1 全球能源消费量变化趋势

资料来源: 笔者根据 Our World in Data 数据库的数据计算所得。

进入 21 世纪以来,中国的能源消费结构也呈明显的低碳化趋势,煤炭消费量占能源消费总量的比重持续下降,而天然气、可再生能源消费量占能源

消费总量的比重快速上升（见图2、图3）。国家能源局数据显示，在装机规模方面，截至2025年底，中国风电与太阳能发电累计装机容量达18.4亿千瓦，其中风电装机容量为6.4亿千瓦、太阳能发电装机容量为12亿千瓦；2025年全国可再生能源发电新增装机容量达4.52亿千瓦，占全国电力新增装机容量的83%，风电与太阳能发电累计装机容量历史性超过火电装机容量。在发电贡献方面，2025年风电与光伏发电量合计达2.3万亿千瓦时，全国可再生能源发电量约占全部发电量的38%。^①在能源消费结构方面，2025年非化石能源消费量占能源消费总量的比重比上年提高约2个百分点；^②全国可再生能源装机容量达23.5亿千瓦，约占全国电力总装机容量的60%，能源结构优化取得了实质性进展。^③



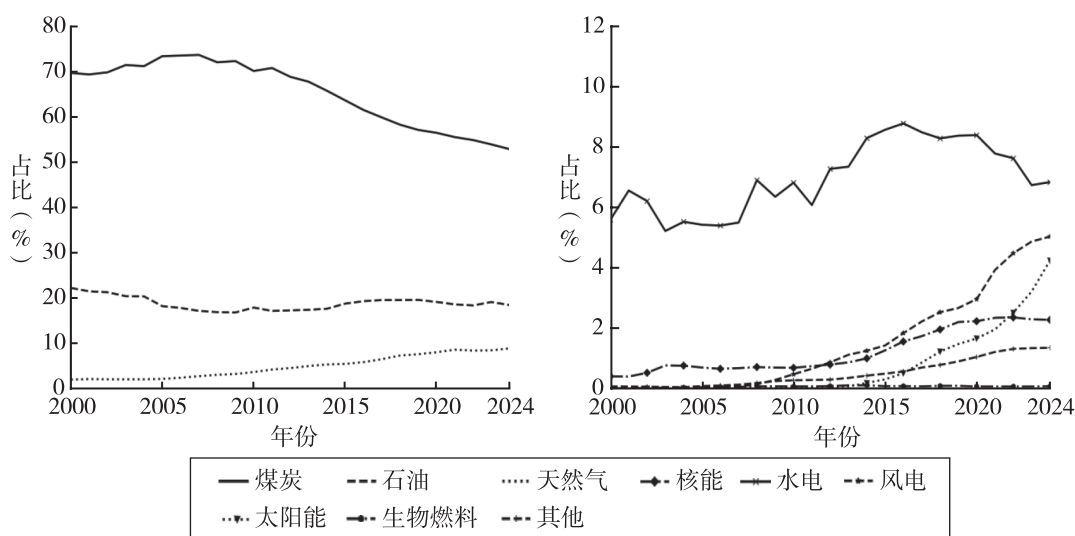
(a) 中国化石能源消费量趋势

(b) 中国非化石能源消费量趋势

图2 中国能源消费量变化趋势

资料来源：笔者根据 Our World in Data 数据库的数据计算所得。

- ① 参见《2025年可再生能源并网运行情况》，<https://www.nea.gov.cn/20260212/742b8c6a078347b0b39de676c05c5d58/c.html>，2026年4月6日。
- ② 参见《胡汉舟：能源供应保障有力 绿色转型加速推进》，https://www.stats.gov.cn/xxgk/jd/sjjd2020/202601/t20260119_1962334.html，2026年4月26日。非化石能源指不依赖化石燃料而获得的能源，主要包括可再生能源（水能、风能、太阳能、生物质能、地热能、海洋能）和核能两大类。
- ③ 参见《国家能源局发布2025年全国电力统计数据》，<https://www.nea.gov.cn/20260129/6874f211acd0417eab7ac10c3061a7c2/c.html>，2026年4月6日。



(a) 化石能源消费占比趋势

(b) 非化石能源消费占比趋势

图 3 中国能源消费量占比变化趋势

资料来源：笔者根据 Our World in Data 数据库的数据计算所得。

技术进步是推动新型能源体系变革的核心要素。在国家政策和市场机制的共同作用下，中国新能源技术不断迭代，相关专利申请数量与增长速度均位居世界前列。其中，太阳能、风能、水电、生物燃料年专利申请数量均已超过除中国外世界相关专利申请数量的总和（见图 4），持续推动新能源生产链运行效率提升。例如，在光伏发电领域，隆基绿能持续引领行业技术突破，其自主研发的杂化背接触晶硅太阳能电池（HIBC）转换效率已突破 27.81%，晶硅-钙钛矿叠层电池转换效率更高达 34.85%，均处于全球领先水平；^① 在风电领域，三峡集团漳浦二期海上风电项目实现全容量并网，取得了超大单机容量机组在应用上的突破，该项目年设计上网电量达 16 亿千瓦时，每年可减少二氧化碳排放约 136 万吨。^②

① 参见《隆基绿能科技股份有限公司 2024 年年度报告》，https://static.sse.com.cn/disclosure/listedinfo/announcement/c/new/2025-04-30/601012_20250430_4HW7.pdf，2025 年 4 月 30 日。

② 参见《全国首个超大单机容量海上风电机组在闽并网发电》，https://www.fujian.gov.cn/zwgk/ztl/gjcjxgg/xld/202406/t20240628_6475527.htm，2025 年 4 月 6 日。

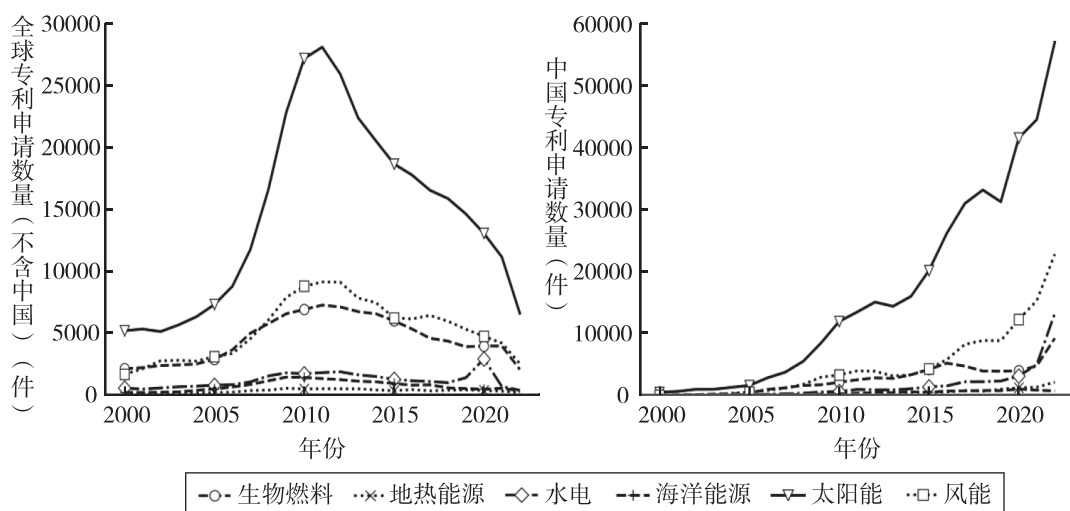


图4 新能源技术专利申请数量变化趋势

资料来源：笔者根据国际可再生能源署（IRENA）INSPIRE 平台的数据计算所得。

（二）形态维度：电力系统向柔性智能互动演进

新型电力系统主要由智能电网、新型储能装置以及分布式电源三个部分组成。在三者的协同作用下，新型能源体系从单一的能源输送通道向柔性、智能、互动的多向能源分配与储存网络转变。

第一，传感、通信和大数据分析技术的广泛应用推动电网智能化升级，使其能够实现对电力输送过程的实时监测与精准调度。电网智能化不仅大幅提升了电力系统的运行效率，而且为可再生能源的大范围入网适用提供了技术支持。欧洲专利局（EPO）与国际能源署（IEA）的统计数据显示，2011—2022 年，欧盟、日本和美国在智能电网技术创新领域发展较快，新增相关专利申请数量占全球总申请数量的比例分别为 22%、22% 和 20%。然而，全球智能电网的技术创新格局正在经历深刻的系统性重塑，中国已经成为该领域专利申请数量增长最快的经济体，相关专利申请数量占全球总申请数量的比例由 2013 年的 7% 上升至 2022 年的 25%，首次超越欧盟位居全球第一（见图 5、图 6）。^① 在工程实践方面，中国已建成以特高压为主网

^① 参见 Patents for Enhanced Electricity Grids: A Global Trend Analysis of Innovation in Physical and Smart Grids, <https://www.iea.org/reports/patents-for-enhanced-electricity-grids>, 2026 年 4 月 6 日。

架、区域间交直流混联的西电东送网络，实现了技术创新对基础设施建设的赋能。^①

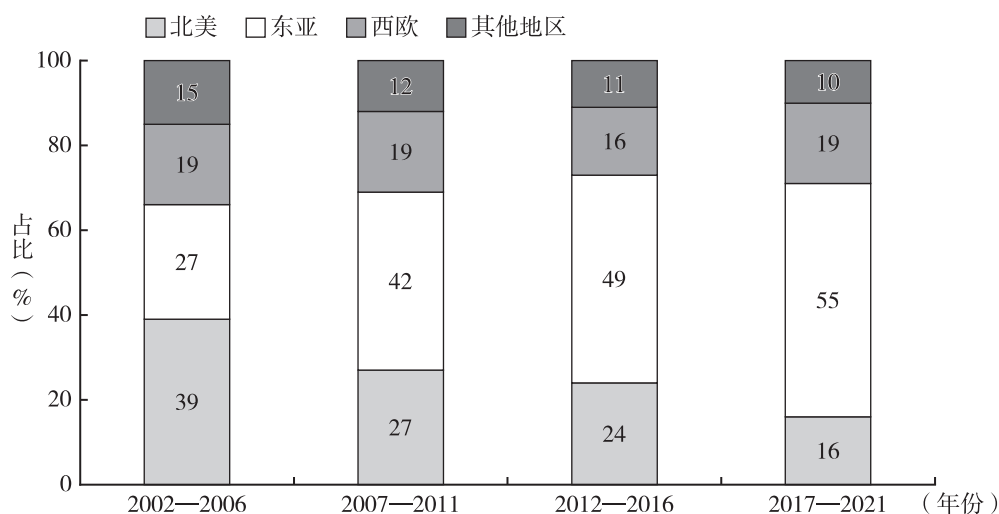


图5 全球主要地区智能电网高价值专利份额变化趋势

资料来源：笔者根据欧洲专利局（EPO）和国际能源署（IEA）的数据计算所得。

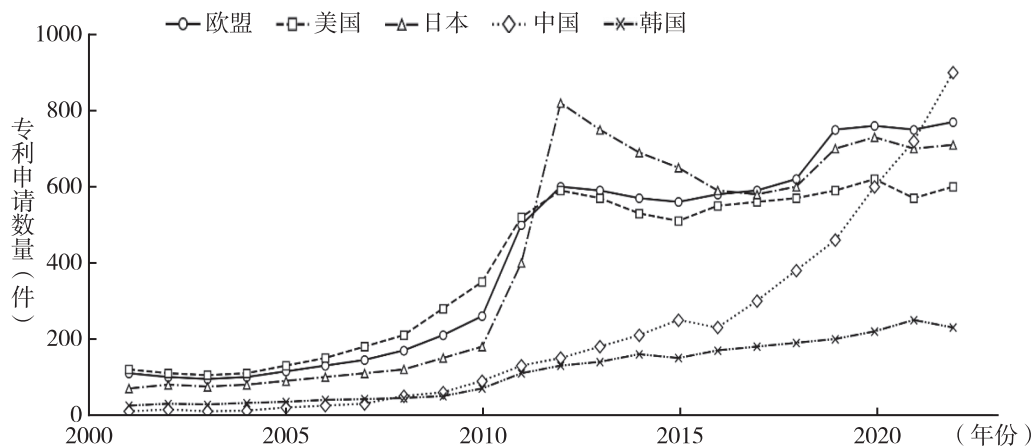


图6 全球各主要经济体智能电网高价值专利申请数量变化趋势

资料来源：笔者根据欧洲专利局（EPO）和国际能源署（IEA）的数据计算所得。

^① 参见《“十四五”现代能源体系规划》，<https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/23/5680759/files/ccc7dffca8f24880a80af12755558f4a.pdf>，2026年4月6日。

第二，新型储能集成了电化学、压缩空气及飞轮等多元技术路径，是平抑可再生能源波动、实现电力跨时段转移的关键性调节资源，对提升电力系统灵活性与安全性至关重要。从建设规模看，中国新型储能产业呈现爆发式增长态势。国家能源局数据显示，截至 2025 年底，中国已建成投运新型储能累计装机规模达 1.36 亿千瓦 /3.51 亿千瓦时，较 2024 年底增长 84%，与“十三五”时期末相比增长超 40 倍，实现跨越式发展。从布局形态看，新型储能电站布局呈明显的集中化、大型化特征，10 万千瓦及以上项目装机占比达 72%，较 2024 年底提高约 10 个百分点；4 小时及以上新型储能电站项目装机占比升至 27.6%，较 2024 年底提高约 12 个百分点，长时储能需求加速释放。^① 从技术路线看，截至 2024 年底，在各类新型储能技术路线中锂离子电池储能仍占据主导地位，其装机占比达 96.4%；^② 同时，压缩空气储能、液流电池储能及飞轮储能等多元技术路径持续突破，30 万千瓦级压缩空气储能电站的投产推动了国产化大容量装备的规模应用，构网型储能技术的推广则有效提升了新型储能对电网的主动支撑与频率调节能力。^③

第三，分布式电源主要部署于用户侧或配电网末端，涵盖分布式光伏、分散式风电及燃气分布式能源等多元形式。分布式电源的优势在于可以实现就地生产与消纳，在降低长距离输电损耗的同时提升电力系统的韧性与区域供能的自主性。当前，中国分布式能源发展迅速，特别是分布式光伏已进入规模化应用阶段。国家能源局数据显示，截至 2025 年底，分布式光伏累计装机容量达 5.3 亿千瓦，占光伏总装机容量的 44.2%；2025 年分布式光伏新增装机容量 1.53 亿千瓦，同比增长 29.66%。^④

综上所述，在当前电力系统转型中，智能电网作为枢纽平台，通过数字化手段实现对能源流与信息流的实时感知与协同调控；新型储能作为关键调节器，承担平抑波动与跨时段转移的职能，保障系统运行的稳定性；分布式

① 参见《国家能源局举行新闻发布会介绍 2025 年新型储能发展情况》，<https://www.nea.gov.cn/20260130/50f657ce87f848e1a9a1861d1fd9aa23/c.html>，2026 年 4 月 6 日。

② 参见国家能源局能源节约和科技装备司、电力规划设计总院编著：《中国新型储能发展报告 2025》，人民日报出版社 2025 年版，第 18 页。

③ 参见《国家能源局 2025 年一季度新闻发布会文字实录》，<https://www.nea.gov.cn/20250123/544b9af2b6aa4590a60945e81e0d8ee1/c.html>，2026 年 4 月 6 日。

④ 参见《2025 年可再生能源并网运行情况》，<https://www.nea.gov.cn/20260212/742b8c6a078347b0b39de676c05c5d58/c.html>，2026 年 4 月 6 日。

电源则增强了局部供能的自主性与系统韧性。三者协同推动电力系统由“集中供电—单向输送”向“集中分布结合—双向智能互动”的新型架构演进，从而提升新型能源体系的灵活性、安全性与运行效率，其本质是电力系统边际成本下降与整体效率提升共同构成了新型能源体系与现代化产业体系协同共进的物质基础。

（三）效率维度：化石能源向清洁高效利用升级

清洁高效利用化石能源是新型能源体系建设的重要任务。在全球碳中和的大背景下，虽然非化石能源消费占比持续提升，但是从能源体系的安全性、灵活性和经济性角度考量，在未来较长时期内化石能源仍将在全球能源结构中占据重要地位。国际能源署 2023 年发布的数据显示，即使在严格落实净零排放目标的情景下，预计到 2030 年全球化石能源需求降幅仅约 25%，重工业和长距离交通等领域因缺乏成熟替代技术，对化石能源仍存在刚性需求。^①因此，在加快推进清洁能源替代化石能源的同时，提升化石能源的清洁化水平与利用效率，既是保障能源安全、实现平稳转型的现实选择，也是能源领域技术创新的重要方向。

在具体技术路径选择方面，超超临界发电、高效燃气轮机、碳捕集利用与封存（CCUS）及煤炭分质利用是提升化石能源清洁利用效率的四个主要方向。第一，发电侧的技术进步主要体现在存量优化和增量调节两个环节。目前，中国煤电机组设备更新率处于世界前列，全国八成以上煤电机组已完成节能改造，九成以上实现超低排放。^②第二，高热效率、强调峰特性的 H 级燃气联合循环机组是适应新能源大规模并网的重要支撑。2025 年 3 月，华能重庆两江燃机二期项目 3 号机组正式投入商业运营，采用 9H 级燃机，在纯凝工况下发电热效率达 64%，度电碳排放量仅为同等级煤电机组的 50%，代表了国内 700 兆瓦级燃气—蒸汽联合循环发电机组的最高

① 参见 Net Zero Roadmap: A Global Pathway to Keep the 1.5°C Goal in Reach, <https://www.ica.org/reports/net-zero-roadmap-a-global-pathway-to-keep-the-15-c-goal-in-reach>, 2026 年 4 月 6 日。

② 参见《年度重磅 | 中国能源大数据报告（2025）——能源综合篇》，<https://mp.weixin.qq.com/s/ObTB6S1a2Em9QZlq8eHG5w>, 2026 年 4 月 6 日。

水平。^① 第三，在转化及处理环节，CCUS 及煤炭分质利用可以提供从末端治理向源头优化转变的低碳路径。截至 2024 年 8 月，中国已投运 CCUS 项目 67 个，碳捕集产能约 700 万吨二氧化碳 / 年。^② 2025 年 11 月，华能甘肃正宁电厂 150 万吨级煤电碳捕集示范工程正式投入运营，成为全球规模最大的碳捕集示范工程。^③ 第四，煤炭分质利用使煤炭从单一燃料向“燃料 + 原料”转变，提升了化石能源的综合利用效率及低碳化水平。

在能源使用效率提升方面，工业、建筑、交通等领域加快实施节能改造升级与强化能源管理。其中，工业领域通过推行余热余压利用、高效电机应用以及数字化能效中心建设等措施，实现对生产环节的精准化管理；建筑领域以被动式超低能耗建筑、建筑运行管理和新型采暖制冷方式为主要手段，致力于节约建筑用能；交通领域则通过内燃机能效提升与电动化发展相结合的方式，通过动力系统升级和材料减重减少碳排放。上述举措的实质均是通过技术进步降低单位产出的能源要素投入，即推动要素生产率提升。从实际成效看，2020—2024 年中国能耗强度累计降低了 11.6%，相当于减少 11 亿吨二氧化碳排放量，该排放量约为 2024 年欧盟碳排放总量的一半。^④

上述技术创新与能源体系优化举措相互协同，不仅提高了化石能源的使用效率，降低了二氧化碳排放量，而且为构建清洁低碳、安全高效的新型能源体系提供了可靠的技术基础和安全保障。

（四）制度维度：适应新型能源体系的体制机制创新

政策体系和市场机制建设是构建新型能源体系的制度保障。在深入落实

-
- ① 参见《华能重庆两江燃机 3 号机组正式投入商业运营 为新重庆建设提供重要电力保障》，https://wap.cq.gov.cn/zwgk/zfxxgkzl/fdzdgknr/zdxm/dtxx/202503/t20250326_14445974.html，2026 年 4 月 6 日。
 - ② 参见《2024 年全球及中国碳捕集利用与封存（CCUS）行业发展历程、发展政策及发展现状分析 [图]》，<https://www.chyxx.com/industry/1196594.html>，2025 年 9 月 4 日。
 - ③ 参见《全球最大煤电碳捕集示范工程正式投运》，<https://www.news.cn/20250925/56a0b74efafd437eb4402677c58732fa/c.html>，2026 年 4 月 6 日。
 - ④ 参见《新华社快讯：我国单位 GDP 能耗四年累计降低 11.6%》，<https://www.news.cn/politics/20250709/f40f61e4529a4f6fa6942ab9b6e53b2c/c.html>，2026 年 4 月 6 日。

《“十四五”现代能源体系规划》的基础上，^①党的二十届四中全会发布的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议》重点强调了“加快建设新型能源体系”，^②进一步明确了能源领域体制改革的方向。在政策体系与市场因素的共同作用下，中国新型能源体系的市场机制建设已取得了三方面的实质性进展。

在资源配置基础方面，全国统一的电力市场建设全面提速，有力支撑了电力能源跨区域、跨时段的优化调配。煤电价格联动机制不断完善，中长期交易与现货交易并行推进，推动电价形成机制持续向市场化方向演进。国家能源局数据显示，全国市场化交易电量由2016年的1.1万亿千瓦时增长至2024年的6.2万亿千瓦时，占全社会用电量的比例从17%提升至63%，实现了从计划电向市场电的稳步转型；^③2024年，超过50%的新能源发电量通过市场化方式消纳，新能源从保量消纳进入市场主导新阶段。^④电力市场建设持续增强了市场机制在资源配置中的作用，既减轻了燃煤价格波动对电力生产的影响，也提高了市场主体的成本控制能力。

在风险管理与预期管理方面，中国电力衍生品市场建设正在持续推进。广州期货交易所相继推出工业硅、碳酸锂、多晶硅等与新能源相关的期货品种，为产业链上下游企业提供了价格风险管理工具。^⑤此外，随着新能源发电项目全面参与电力市场交易，电力期货上市条件也日趋成熟。电力期货作为标准化风险管理工具，将为发电企业和用电企业提供锁定成本、对冲价格波动风险的功能，其前瞻性价格信号也将有效引导市场预期，推动期、现货市场实现有效对接，进一步完善多层次电力价格体系。

① 参见《“十四五”现代能源体系规划》，<https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/23/5680759/files/ccc7dffca8f24880a80af12755558f4a.pdf>，2026年4月6日。

② 《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十五个五年规划的建议（二〇二五年十月二十三日中国共产党第二十届中央委员会第四次全体会议通过）》，《人民日报》2025年10月29日。

③ 参见《全国统一电力市场建设提速》，<https://www.nea.gov.cn/20250620/6af86dca7d564e45b63903dba28a37ba/c.html>，2026年4月6日。

④ 参见《2024年度中国电力市场发展报告》，https://www.nea.gov.cn/20250717/54ae0fdb11f04b39a5b670999c04ef81/2025071754ae0fdb11f04b39a5b670999c04ef81_19fe782a11f3aa40209907a80e3e692150.pdf，2026年4月6日。

⑤ 参见广州期货交易所官网上市品种栏目，<https://www.gfex.com.cn/>，2026年4月6日。

在投融资激励方面，日趋成熟的绿色金融体系正在为各类要素流动提供便利，碳排放权交易市场逐步扩容，^① 进一步向市场传递了更强有力的清洁能源发展价格信号及清晰的投资预期。绿色债券发行规模突破 1 万亿元，并覆盖风光储等重点领域，对缓解清洁能源项目融资约束起到了积极作用。^②

总而言之，技术创新与体制改革持续驱动中国新型能源体系实现深层次调整，不仅有效保障了国家能源安全，而且通过优化价格信号与完善激励机制引导要素向低碳高效领域流动，为新型能源体系与现代化产业体系协同共进创造了制度条件。

四、新型能源体系与现代化产业体系的 支撑—协同关系

习近平总书记在二十届中央财经委员会第一次会议上指出，“现代化产业体系是现代化国家的物质技术基础，必须把发展经济的着力点放在实体经济上”，同时强调要“推进产业智能化、绿色化、融合化，建设具有完整性、先进性、安全性的现代化产业体系”。^③ 这一部署既涵盖高端装备、新能源汽车、集成电路等关键领域的发展壮大，也包括对传统产业和基础设施的数智化改造。当前，中国现代化产业体系建设取得了实质性进展。2025 年，全国工业增加值达 41.7 万亿元，制造业规模连续 16 年居全球首位；高技术制造业增加值同比增长 9.4%，占规模以上工业比重提高至 17.1%。^④ 从区域层面看，长三角地区、粤港澳大湾区等城市群已形成以智能制造、绿色制造为主导的产业集群；从技术层面看，新一代信息技术深度嵌入制造流程，构建起涵盖数

① 参见《全国碳市场发展报告（2024）》，<https://www.mee.gov.cn/ywdt/xwfb/202407/w020240722528848347594.pdf>，2026 年 4 月 6 日。

② 参见傅奕蕾、孙铭：《IIGF 观点 | 2024 年绿色债券进展报告》，<https://iigf.cufe.edu.cn/info/1012/9691.htm>，2026 年 4 月 6 日。

③ 《习近平主持召开二十届中央财经委员会第一次会议强调 加快建设以实体经济为支撑的现代化产业体系 以人口高质量发展支撑中国式现代化》，《人民日报》2023 年 5 月 6 日。

④ 参见《国务院新闻办就 2025 年国民经济运行情况举行发布会》，https://www.gov.cn/lianbo/fabu/202601/content_7055290.htm，2026 年 4 月 6 日。

字工厂、智能生产、绿色产品的现代化产业体系。这些进展为新型能源体系的规模化应用提供了稳定的需求牵引与成熟的应用场景，强化了产业侧对能源侧的支撑基础。

从系统演进看，现代化产业体系具有四大特征：一是高端化，即提升核心零部件与材料的自主创新能力，向全球价值链中高端攀升；二是智能化，即利用数字技术重构生产范式，改造传统产业；三是绿色化，即重构能源资源消费模式，提高能源资源利用效率；四是融合化，即打破制造业与服务业、数字经济与实体经济之间的壁垒。这与新型能源体系清洁低碳、安全高效、数智赋能的属性在目标与路径上高度契合，体现了二者的协同共进关系。具体而言，新型能源体系不再只是外生的要素提供方，而是成为现代化产业体系的内在组成部分。新型能源体系将通过灵活的能源供给与有效的价格信号影响现代化产业体系的运行逻辑和发展趋势；现代化产业体系则在向高端化、智能化、绿色化、融合化演进的过程中赋能新型能源体系的优化升级。二者间的协同共进关系主要体现在创新、绿色、治理与数智四个维度。

（一）创新维度：供需互动与技术迭代的双向驱动

新型能源体系与现代化产业体系在创新维度的协同，表现为新型能源体系的技术进步促进现代化产业体系的转型升级，现代化产业体系的需求又牵引新型能源体系的技术迭代。具体而言，新型能源体系的技术突破让高端化、智能化、绿色化、融合化的现代化产业体系的发展成为可能，现代化产业体系的转型升级又通过明确的应用场景与性能指标引导新型能源体系的演进，从而实现供需两侧协同发展。

从功能视角看，能源体系的供给能力直接制约着产业链的稳定性与拓展空间。传统能源体系普遍存在高排放、调度刚性等问题，难以满足新兴产业对绿色能源和灵活供电的实际需求。因此，以高端制造为核心的现代化产业体系迫切要求能源体系向清洁化、数智化转型。这种源自需求侧的倒逼压力，正驱动能源体系加快进行技术重构。同时，现代化产业体系通过提升能效管理水平和参与负荷响应，将生产端的用电灵活性转化为电网的调节能力，在物理层面实现了对能源体系的赋能，缓解了能源体系的调节压力。

从动力机制看，新型能源体系与现代化产业体系在创新维度上遵循基础、传导、反馈的演进逻辑。第一，政策目标的一致性奠定了二者协同共进的基础。“双碳”目标与制造强国战略的结合统一了市场预期，使企业在进行长期

技术投资时有据可依。第二，供需匹配实现了二者技术进步的逻辑传导。产业侧的场景化需求，如对高电能质量、高比例绿电的诉求，经由价格信号与技术标准转化为能源供给侧明确的研发导向，有效规避了技术创新与市场需求脱节的风险。第三，二者的协同共进完成了实践反馈。现代化产业体系为新型能源体系的技术创新提供了大规模的应用场景。企业在设备更新和工艺改进中实际应用新技术，能够快速发现问题并推动改进，进而加速清洁能源与智能电网技术的成熟与工程化落地。因此，新型能源体系的技术进步不再是外部的供给改良，而是现代化产业体系创新内部的关键变量。

（二）绿色维度：低碳能源与绿色制造的深度融合

新型能源体系与现代化产业体系在绿色维度的协同，核心在于清洁能源供给与产业低碳转型的深度融合。这不仅是实现“双碳”目标的必由之路，而且是提升国家绿色竞争优势的关键所在。在供需适配层面，新型能源体系与现代化产业体系共同构建了绿色能源供给与能源低碳消纳的内生循环机制。从能源供给侧看，在新型能源体系建设中电力并网规模不断扩大、储能设施配套不断完善，为高端制造业、绿色建筑、智能物流等现代化产业提供了关键的低碳能源支持。从能源需求侧看，现代化产业体系通过设置低碳供应链要求和绿色评价机制等形式，使企业生产的外部成本内部化。

同时，在风电、光伏占比提高的基础上，新型能源体系和现代化产业体系在空间布局和技术使用上的协同也在不断加深。从空间布局看，绿电直连与就地消纳的扩张和零碳园区建设相互促进，长三角、珠三角等地区的先进制造业基地逐渐以清洁能源替代传统能源。从基础设施看，特高压输电、智能调度以及虚拟电厂的建设提高了清洁能源的跨区调节能力和系统的稳健性；储能技术也在不断发展，锂电池能量密度的不断提高和抽水蓄能总装机容量的持续增长等，都是提升新能源消纳能力的主要途径。此外，智慧电网依托大数据、边缘计算等技术，对电力供应进行智能化调节与故障预判。

总体而言，新型能源体系正从静态供给向动态适配演进，从单纯的外部保障转向对产业运行的结构性嵌入，通过提供可测、可控、可调的能源服务，为现代化产业体系提供持续支撑。

（三）治理维度：政策工具与管理体制的协同适配

新型能源体系与现代化产业体系在治理维度的协同，是在政策和制度上

使产业的供给满足产业发展的需求。目前来看,“双碳”目标与建设现代化产业体系共同导向,使中国的能源与产业治理体系具有较高的协调性。在治理体系中以共同的目标导向和行动路径为支撑,打破不同部门之间的边界壁垒与分化状态,推动政策从“单兵作战”转向综合治理。同时,治理模式从部门垂直管理走向统筹协调,有利于新型能源体系更好地融入现代化产业体系。

从发展导向看,新型能源体系与现代化产业体系的顶层设计均明确了未来的发展方向。“双碳”目标引领新型能源体系向绿色低碳转型,推动现代化产业体系向绿色化、智能化发展。二者的发展导向高度一致,核心都是推动经济发展模式从高碳低效向低碳智能转变。这种战略协同具体包含三个维度:一是时序维度,碳达峰碳中和关键节点与国家中长期发展规划紧密衔接;二是路径维度,二者均将技术创新与系统优化作为核心动力;三是治理维度,二者的政策架构正在由各部门分割管理向系统协同管理转变。新型能源体系有望为现代化产业体系升级提供更加有力的支撑,从而保障二者在空间布局、投资导向与监管指标上的政策性兼容。

从政策工具看,针对新型能源体系和现代化产业体系建设,国家分别构建了涵盖规划、市场、金融、监管等方面的政策组合,以此打通行业间发展壁垒,促进二者融合发展。在规划层面,重点聚焦空间与项目布局。《“十四五”现代能源体系规划》和《加快构建新型电力系统行动方案(2024—2027年)》明确了源网荷储与产业一体化部署原则,统筹约束并引导风光水储资源及产业集群的空间布局。^①在市场层面,市场化手段注重打通在价值层面上的传导路径。例如,增量配电网试点拓宽了企业绿电直购渠道,碳排放权交易则通过对钢铁、建材等高耗能行业全覆盖的方式倒逼制造企业将碳成本内化,进而通过价格机制实现供求平衡。^②在金融层面,绿色金融发挥导向作用。生态环境部发布的数据显示,2025年中国全年碳配额累计成交2.35亿吨,成交金额达146.30亿元,交易价格保持在合理区间且交易规模

① 参见《“十四五”现代能源体系规划》, <https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/23/5680759/files/ccc7dffca8f24880a80af12755558f4a.pdf>, 2026年4月6日;《加快构建新型电力系统行动方案(2024—2027年)》, <https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202408/P020240806793811358886.pdf>, 2026年4月6日。

② 参见《全国碳市场发展报告(2024)》, <https://www.mee.gov.cn/ywdt/xwfb/202407/w020240722528848347594.pdf>, 2026年4月6日。

持续扩大；^① 中国人民银行统计数据显示，截至 2025 年底，金融机构本外币绿色贷款余额为 44.77 万亿元，^② 为制造业绿色转型提供了融资保障。在监管层面，监管标准体系已完成评价逻辑的跃升。政策规制由能耗双控转向碳排放双控，配合产品碳足迹标识与全生命周期核算，重构了标准化的绿色评估范式。

从治理机制看，国家通过建立跨部门、跨层级的统筹架构解决在政策执行层面存在的问题。一方面，多部门出台贯穿能源生产、技术研发、产业升级发展全过程的联动政策，如《国家发展改革委 工业和信息化部 国家能源局关于开展零碳园区建设的通知》（发改环资〔2025〕910 号），确立了一体化的减排治理路径；^③ 另一方面，各级政府通过地区试点建立“省级统筹—市级协调—园区执行”的政策传导机制，构建集绿色制造、清洁能源与碳市场于一体的综合治理平台。上述制度安排有效打通了政策供给向产业侧延伸的路径，实现了政策供给与产业需求的良性互动，推动发展战略转化为可操作的制度成果。

（四）数智维度：数字技术与实体经济的系统共生

新型能源体系与现代化产业体系在数智维度的协同，核心在于将数字技术作为关键变量，驱动能源体系与产业体系在技术架构上的互嵌与在战略运行上的共生。

在技术架构层面，能源技术与制造技术正通过产业链融合与系统互通实现协同发展，两大体系的产业链属性高度重叠。光伏、风电及储能产业兼具新型能源供给侧核心与先进制造业体系分支的双重属性，两大体系在产业链上存在天然的协同关系，并且二者的运行系统正在加速融合。这一进程主要表现为能源侧“感知—通信—控制”闭环体系的智能化跃升，以及产业侧运

① 参见《2025 年全国碳市场平稳有序运行 圆满完成年度建设工作》，https://www.mee.gov.cn/ywgz/xdqhbh/wsqtz/202601/t20260101_1139528.shtml，2026 年 4 月 6 日。

② 参见《2025 年四季度金融机构贷款投向统计报告》，<https://camlmac.pbc.gov.cn/goutongjiaoliu/113456/113469/2026012715000280533/index.html>，2026 年 4 月 6 日。

③ 参见《国家发展改革委 工业和信息化部 国家能源局关于开展零碳园区建设的通知》（发改环资〔2025〕910 号），https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202507/t20250708_1399055.html，2026 年 4 月 6 日。

营技术（OT）与信息技术（IT）系统边界的深度融合与消解。智能电网依托边缘计算与算法技术，深度嵌入工业生产网络，实现用能的最优调控。制造业绿色化改造对碳排放监测与能效评估的刚性需求，通过标准化接口与互操作协议促进能源体系实现数智化迭代。这种技术链的共生推动了新型能源体系与现代化产业体系从分立运行演变为互补协同的有机整体。

在实施路径层面，“双碳”目标驱动能源体系向清洁高效的方向演进，现代化产业体系建设则锚定以绿色智能为导向，二者在政策进程、空间部署和绩效考核上高度契合。在政策机制上形成跨系统联动，实现能源侧的碳交易、可再生能源激励与产业侧的绿色制造、绿色金融机制的有效衔接。特别是依托零碳园区、绿电直供、虚拟电厂及能碳数据平台等综合试点，数字技术的应用有效打破了新型能源体系与现代化产业体系之间的制度壁垒，推动两大体系治理路径的优化与运行机制的协同。值得关注的是，人工智能的加速发展正在成为推动上述机制协同的重要变量。一方面，人工智能技术快速发展，其模型的训练和推理均要求算力中心有稳定、清洁的电力供应。因此，数据中心的绿色化成为未来新型能源体系与现代化产业体系协同共进的重要场景。另一方面，人工智能技术的进步也在不断赋能智能电网系统，提升能源体系的运行效率。这种双向赋能的关系将进一步拓展新型能源体系与现代化产业体系在数智维度协同的内涵。

五、研究结论与政策建议

能源革命与产业变革的互动是推动经济发展的基本动力。纵观工业革命的历史进程，从煤炭—蒸汽机时代的机械化，到电力—石油时代的规模化，再到当前清洁能源与数智技术驱动的新一轮变革，能源体系的技术跃迁始终与产业体系的结构演化相互嵌套、协同共进。中国的实践表明，能源体系与产业体系的关系已从单向提供生产要素向协同共进转变，二者共同推动经济高质量发展。当前，在“双碳”目标与数字中国战略的共同引领下，新型能源体系与现代化产业体系都在发展壮大并快速向高端化、智能化、绿色化转型。二者在资源配置、空间布局、技术系统与制度机制等维度均形成了稳定的协同共进关系。然而，无论是新型能源体系还是现代化产业体系，都面临着多方面的现实制约因素，如绿色清洁能源成本居高不下、能源与产业空间布局存在结构性矛盾、地缘政治因素影响产业链稳定性等问题。因此，本文

提出以下政策建议。

第一，持续推动清洁能源与智能技术实现突破，筑牢两大体系协同共进的基石。打造面向企业与市场的绿色科技创新生态，聚焦新型储能、氢能源、新型电力系统以及工业节能等领域展开攻关，打通贯穿研发、应用及产业化的创新链。发挥国家科研院所的作用，加快数智技术融入能源体系和产业体系，在技术层面降低系统的耦合成本。例如，主管部门可围绕关键核心技术制定重点攻关项目清单并构建协同创新机制，推动新技术加快实现成果转化。

第二，重构区域格局，破解能源供需的空间错配问题。加强区域协调，推动西电东送向产业西移与绿电东送双向优化的转变，既要支持中西部富能地区建设新能源基地、打通外送配套通道，也要引导东部打造绿色制造、先进装备制造等低能耗产业。通过推动能源就地开发与产业梯度转移，实现两大体系在空间上的平衡。在具体执行层面，各区域可结合本地产业布局，统筹推进新能源基地、绿电直供、零碳园区等项目落地，同时完善跨区域利益补偿机制。

第三，构建两大体系的常态化运行机制。推动两大体系治理机制进一步协同，实现政策体系从碎片化走向制度化。强化碳市场、财政激励、绿色金融及标准认证等治理政策和工具的联动，构建价格、财政、监管三位一体的制度框架。通过优化碳排放权交易规则、完善绿色金融服务体系，提升资源配置效率；建立跨区域、跨部门的常态化协调机制，完善行业、区域在能耗、碳排放、绿电使用等领域的协同考核机制。

第四，深化高水平开放合作，全面提升产业链供应链韧性与安全水平。在全球绿色竞争不断加剧的背景下，主动构建开放发展新格局，加强与世界主要经济体在清洁能源、绿色制造及碳市场领域的技术标准对接与制度兼容。深化与共建“一带一路”国家的产能协作，构建互利共赢的绿色发展网络。通过聚焦关键矿产与核心装备领域，提升对产业链关键环节的掌控能力，筑牢绿色供应链应对外部冲击的安全屏障。

（责任编辑：任朝旺 张虹）