

[DOI]10.19649/j.cnki.cn22-1009/d.2026.01.001

“十五五”时期我国能源转型与产业发展协同推进的逻辑、挑战与实施路径

张小溪^{1,2}, 刘 博²

(1. 中国社会科学院 经济研究所, 北京 100836;
2. 中国社会科学院大学 经济学院, 北京 102488)

[摘 要] 在全球能源格局与消费方式深度转型和我国“双碳”战略深入实施背景下,协同推进能源转型与产业发展成为“十五五”时期我国经济社会发展的重要任务之一。“十二五”至“十四五”期间,我国能源政策重心从保障供给安全转向绿色低碳发展,通过提升传统产业存量、带动清洁产业增量、重塑绿色竞争优势与激活区域社会动能,为相关产业高质量发展注入强大动力。“十五五”时期,我国能源转型与产业发展的协同推进将面临国际绿色规则博弈加剧、能源安全结构性约束凸显、产业转型成本高企与新型电力系统运行稳定性不足等多重挑战。我国应立足区域差异化条件,完善“转型金融+成本分摊”的组合支持工具,建立与国际接轨的全产业链碳足迹认证体系,深化“源网荷储”一体化应用,完善公正转型的社会补偿机制。

[关 键 词] 能源转型;绿色发展;产业协同;“双碳”目标;“十五五”规划

[中图分类号] D63;TU984 **[文献标识码]**A **[文章编号]**1003-5478(2026)01-001-14

[引用格式] 张小溪,刘博.“十五五”时期我国能源转型与产业发展协同推进的逻辑、挑战与实施路径[J].长白学刊,2026(1):1-14.

2025年10月,党的二十届四中全会审议通过的《中共中央关于制定国民经济和社会发展的第十五个五年规划的建议》明确提出“加快经济社会发展全面绿色转型,建设美丽中国”^[1]目标,并将此作为“十五五”时期的重要任务之一,强调“以碳达峰碳中和为牵引,协同推进降碳、减污、扩绿、增长”^[2],并部署了从制度建设到产业转型、从能源体系到生活方式的全方位

[收稿日期] 2025-11-05

[基金项目] 国家社科基金重大项目“基于中国实践的经济增长理论创新研究”(22&ZD053);中国社会科学院创新智库项目“中国绿色增长实践与治理机制研究”(24CASSZK018)。

[作者简介] 张小溪,中国社会科学院经济研究所研究员,中国社会科学院大学经济学院教授、博士生导师;刘博,中国社会科学院大学经济学院博士研究生。

绿色转型路径。这一顶层设计不仅为我国应对全球气候变化、参与国际绿色规则重塑提供了根本遵循,更将能源转型^①与产业发展^②的深度协同置于前所未有的高度。

一、能源转型与产业发展协同推进的政策演进

政策是引导能源转型与产业协同发展的指挥棒。党的二十届四中全会强调全面绿色转型要“以碳达峰碳中和为牵引”^[1],并明确提出了“实施碳排放总量和强度双控制度”^[1]。回顾我国“十二五”时期以来的能源政策轨迹,可以清晰地看到能源政策与产业政策从各自为政,逐步走向目标融合、工具联动的过程。这一演进过程不仅反映了我国经济社会发展阶段的变迁,也为准确判断“十五五”时期的政策方向、把握未来战略机遇提供了历史镜鉴。

(一)传统能源政策演进

“十二五”时期,世界政治经济形势更加复杂严峻,我国既面临由能源大国向能源强国转变的难得历史机遇,又面临诸多问题和挑战。这一时期的协同逻辑主要体现为能源保供支撑产业规模扩张。政策重点在于确保能源供给和安全,加大传统能源勘探开发力度,同时推动煤炭清洁高效利用。《煤炭工业发展“十二五”规划》确立了“控制东部、稳定中部、发展西部”的开发策略,强制淘汰落后产能,推广洗选加工技术,做好生态环境保护与资源节约;《页岩气发展规划(2011—2015)》启动并以四川、重庆、贵州、湖南、湖北、云南、江西、安徽、江苏、陕西、河南、辽宁、新疆为重点的开发布局,破解油气对外依存困局。《节能减排“十二五”规划》对钢铁和水泥分别设定25%和3%能耗降幅的约束性目标,开始倒逼高耗能行业进行初步的技术改造,产业对能源的需求开始从“求量”向“求效”转变。

进入“十三五”时期,随着前期能源保供压力的相对缓解和国内环境问题日益突出,协同的重心转向去产能与提效率的共振。产业结构的调整为能源转型提供了窗口期,而能源效率的提升又加速了落后产业的退出。政策重点在于如何淘汰落后产能,以实现产业结构优化与迭代升级,具体包括在消费侧降碳提效,如控制煤炭消费、拓展天然气消费、提升成品油质量,以及供给侧迭代升级,如淘汰煤炭、煤电、炼油落后产能等。《关于煤炭行业化解过剩产能实现脱困发展的意见》(国发〔2016〕7号)明确提出,从2016年开始用3至5年的时间,将煤炭行业再退出产能5亿吨左右、减量重组5亿吨左右,较大幅度压缩煤炭产能,适度减少煤矿数

① 本研究所涉及的能源转型,其核心是从以煤炭、石油等化石能源为主导的传统能源体系,转向以风、光等可再生能源为主体的清洁、低碳、安全、高效的现代能源体系。这一转型涵盖多个维度:在供给侧,表现为能源生产结构的清洁化与多元化;在消费侧,强调能源利用效率的持续提升与终端用能的深度电气化;在体系层面,涉及构建适应高比例新能源接入的新型电力系统,推进“源网荷储”一体化和数字化、智能化技术应用,以确保能源系统的灵活性、稳定性与经济性。能源转型不仅是能源技术与结构的变革,更是促进“双碳”目标实现、驱动产业绿色升级、重塑国家经济竞争优势的战略引擎。

② 本研究所指的产业发展,既包含传统高耗能产业的绿色升级,也包含新兴清洁能源装备制造业的壮大。

量,化解煤炭行业的过剩产能。这既是能源供给侧改革,也是产业结构优化的关键一环。《煤电节能减排升级与改造行动计划(2014—2020年)》要求现役煤电机组供电煤耗在2020年前降至310克/千瓦时,新建机组实现超低排放,推动了电力产业的技术升级。《关于深化石油天然气体制改革的若干意见》旨在确保油气的稳定、健康、持续和安全供应,提高油气的综合利用效率。

随着“双碳”目标的提出,“十四五”时期我国能源转型与产业发展进入了深度融合、全面重塑的阶段。能源转型政策的重点是在保障能源供给安全的前提下,持续推动能源供给与消纳体系向绿色低碳方向发展。一方面,坚持先立后破、通盘谋划,以保障安全为前提构建现代能源体系,政策重点支持增强能源供应链稳定性与安全性,强化能源储备能力等内容。另一方面,坚持走生态优先、绿色低碳的发展道路,加快调整能源结构,协同推进能源供给保障与低碳转型,包括推动传统能源生产加工环节降碳、加大力度推动消费环节降碳进程等。《“十四五”现代能源体系规划》将煤电由主体性电源定调为提供可靠容量、调峰调频等辅助服务的基础保障性和系统调节性电源;国家发展改革委等部门联合发布的《关于大力实施可再生能源替代行动的指导意见》(发改能源〔2024〕1537号)中指出鼓励燃煤锅炉掺烧绿氨,加快油气勘探开发与可再生能源融合发展,为传统能源与清洁体系深度融合提供支撑。

(二)清洁能源政策演进

“十二五”时期,在推动传统能源清洁高效利用的同时,我国开始加大对清洁能源的探索与支持力度,渐进式推进清洁能源技术研发与示范项目,出台相关政策扶持清洁能源产业的发展,包括制定产业发展规划、给予一定的财政补贴和税收优惠等,引导社会资本投入清洁能源领域,培育清洁能源产业的市场主体。政策重心在于补贴驱动与基地布局。《可再生能源发展“十二五”规划》明确在河北、蒙西、蒙东、吉林、甘肃、新疆、黑龙江以及山东沿海、江苏沿海建设风电基地,以及西藏、内蒙古、甘肃、宁夏、青海、新疆、云南建设大型太阳能电站;《国家发展改革委关于完善太阳能光伏发电上网电价政策的通知》(发改价格〔2011〕1594号)规定了全国统一的太阳能光伏发电标杆上网电价(1.0—1.15元/千瓦时),奠定了补贴扶持基础。

“十三五”时期,我国将发展清洁能源作为优化能源结构、实现绿色低碳发展的重要抓手,进一步加快风电、太阳能发电、水电等清洁能源产业的发展步伐,打破清洁能源发展的体制性障碍,完善可再生能源发电补贴机制,推进电力体制改革以适应清洁能源的消纳,政策重心为平价过渡、消纳攻坚以及多元布局。国家发展改革委、国家能源局发布的《关于积极推进风电、光伏发电无补贴平价上网有关工作的通知》(发改能源〔2019〕19号)初探无补贴平价(低价)上网项目,标志着清洁能源产业开始具备与传统能源同台竞争的市场能力。国家发展改革委、国家能源局发布的《关于建立健全可再生能源电力消纳保障机制的通知》(发改能源〔2019〕807号)设定省级可再生能源消纳责任权重,有效缓解弃水弃风弃光问题。国家发展改革委、国家能源局发布的《关于推进多能互补集成优化示范工程建设的实施意见》(发改能源〔2016〕1430号)探索风光水火储一体化模式,推动能源清洁生产和就近消纳,提高了能源系

统综合效率。

“十四五”时期,在保障能源供给安全的前提下,我国持续推动能源供给与消纳体系向绿色低碳方向发展,将清洁能源作为实现碳达峰、碳中和目标的关键力量,构建以清洁能源为主体的现代能源体系。政策重心为系统替代与机制创新。《“十四五”可再生能源发展规划》提出因地制宜大规模开发可再生能源,中东南部地区推进风电和光伏发电分布式开发,西南地区推进水风光综合一体化开发,东部沿海地区推动海上风电集群化开发。国家发展改革委等部门《关于大力实施可再生能源替代行动的指导意见》(发改能源〔2024〕1537号)提出优化新型基础设施空间布局,推动5G基站、数据中心等与光伏、热泵、储能等融合发展。《电力中长期交易基本规则—绿色电力交易专章》(发改能源〔2024〕1123号)提出建立“证电合一”市场机制,打通了能源绿色属性向产业价值属性转化的制度通道。国家发展改革委等部门《关于促进可再生能源绿色电力证书市场高质量发展的意见》(发改能源〔2025〕262号)提出进一步完善绿证和绿电交易机制,并且明确到2027年,绿证市场交易制度基本完善,绿色电力消费核算、认证、标识等制度基本建立。

二、“十四五”时期我国能源转型与产业协同发展的互动逻辑与成效

“十四五”时期是我国能源转型加速推进、产业协同效应初步显现的关键阶段。实践证明,能源体系的绿色重塑并非经济发展的“约束项”,而是催生新动能、重塑竞争力的“赋能项”。党的二十届四中全会明确指出“绿色低碳转型步伐加快,生态环境质量持续改善”^[1],我国已建成全球规模最大的碳排放权交易市场和清洁电力供应体系,正成为全球绿色发展的引领者。本部分将从经济、生态、社会三个维度,系统剖析能源转型如何通过提升存量、带动增量、破解约束、创造价值,为产业高质量发展注入强大动力。

(一)经济端:供需双向发力,释放增长动能

当前,我国经济社会发展正处于全面绿色化、低碳化转型的关键时期。面向高质量发展阶段,需要深刻把握统筹推进高质量发展和高水平环境保护的长期性、系统性特征,通过破解资源环境结构性矛盾、强化绿色转型内生动力、深化产业结构低碳化重构三大路径,筑牢现代化建设的生态根基^[2-3]。习近平总书记指出:“绿色发展是高质量发展的底色,新质生产力本身就是绿色生产力。”^[4]在保障生态环境可持续性的前提下,绿色生产力主要通过技术创新与制度变革重塑产业竞争力,推动经济增长模式从“高碳依赖”转向“低碳增值”,实现资源高效利用、产业绿色转型与经济增长协同发展。党的二十届四中全会提出,通过增加产业的“含绿量”来提升经济的“含金量”,明确了绿色转型的价值导向。其中,能源转型通过推动传统产业绿色改造(存量提升)与发展清洁能源产业(增量带动),形成存量与增量协同发力的规模经济效应,为绿色生产力发展提供根本性支撑。

1. 产业需求升级倒逼能源结构优化

面对“双碳”目标要求与全球产业竞争新格局,推进传统产业绿色化改造已成为新型工业化建设的战略支点。在能源转型加速的背景下,传统产业通过低碳化、数字化技术改造,有

效破解资源环境约束,重塑产业核心竞争力,并释放出显著的系统性增效空间,由此构成了“存量提升”的关键动能。

“十四五”期间,存量提升直观体现在能源利用效率的持续优化。2024年,我国单位GDP能耗为0.44吨标准煤/万元,与2020年相比下降8.25%。这一成效的取得,既源于能源供给侧风光发电装机容量的爆发式增长(2024年达14.07亿千瓦)^[5],更源于产业侧特别是高耗能行业通过数字化管理、工艺优化,主动接纳并消纳了波动性的可再生能源。例如,电解铝等行业通过灵活负荷调节,适应了清洁能源的供电特性,这种产业侧的适应性改造,反过来提升了能源系统的运行效率。

2. 制造业规模效应驱动能源成本下降

作为“增量带动”的核心载体,清洁产业的技术与资本密集型属性决定了初期高昂的研发与设备投入。然而,该类产业具备独特的“单体设备容量小、终端装机总量大”特征,天然契合规模化发展路径,为通过规模经济摊薄成本、释放增长动能创造了基础条件。我国依托全球最完整、响应最迅捷的清洁能源产业链与供应链体系,将这一规模潜力转化为显著的集约效能,规模化生产极大摊薄了单位设备与发电成本,形成了强大的市场竞争优势和产业扩张动力。

根据国际可再生能源署(IRENA)的数据,2023年我国占据了全球光伏发电、陆上风电、海上风电和水电新增市场的主导地位,份额分别高达63%、66%、65%和44%^[6]。这一超大规模的市场份额本身就是规模化生产能力的直接反映,并成为驱动全球技术成本持续下降的核心引擎。我国可再生能源的规模化浪潮推动了上述技术在全球范围内加权平均发电成本的下降,使得陆上风电项目的平准化度电成本低至0.033美元/千瓦时,与2010年相比下降70.27%;海上风电项目为0.075美元/千瓦时,与2010年相比下降63.05%;集中式光伏发电项目为0.044美元/千瓦时,与2010年相比下降90.43%^[6]。正是因为我国拥有完备的工业门类和高效率的供应链(产业优势),才使得昂贵的清洁能源技术迅速变得平价(能源成效),进而为全社会产业提供了廉价的绿色电力(协同增益)。

(二)生态端:技术循环互补,重塑绿色产业竞争优势

在全球碳中和进程加速与国内“双碳”目标深化的背景下,能源转型通过清洁化、低碳化路径建立起了完备的能源装备制造业产业链。“十三五”至“十四五”期间,能源领域固定资产投资累计约39万亿元^[7],显著拉动了上下游产业链及相关产业的投资增长,推动了新能源、水电、核电、输变电和新型储能等技术创新不断加快,使得清洁能源产业成长为现代化产业体系的新支柱。其背后是产业竞争力内核从单一成本控制向环境与经济协同的转变。

1. 以技术产能协同重塑资源约束下的成本韧性

传统观点认为环保会增加成本,但在协同视角下,技术进步正在将环境约束转化为成本优势。面对关键矿产资源约束与供应链波动带来的成本压力,循环经济为能源转型过程中关键原材料的供应保障与废弃物的有效减少提供了保障。在新能源领域,数智化技术深度赋能风电、光伏制造全链条,通过优化设计、革新工艺、提升材料利用效率,显著降低单位产品的

关键资源依赖程度。例如,风电领域依托单机容量跃升、材料密度优化及轻量化设计(如碳纤维应用),大幅减少单位钢材、稀土等用量;光伏领域则通过电池片持续减薄、玻璃轻型化、栅线细线化及多主栅技术降低硅料、银浆消耗,并创新采用聚氨酯复合材料、高强钢等替代铝边框,有效削减铝资源需求。上述前端技术突破压低了单位原材料成本基线,为应对资源价格波动构筑了第一道韧性防线。

与此同时,随着我国风电和光伏产业的快速发展,设备退役潮的到来对环境和资源管理提出了新的挑战。2023年我国退役风电回收金属等资源50000多吨;回收光伏组件100000多片,回收资源6000多吨^[8]。设备退役催生了后端循环产能的迫切需求与巨大潜力。循环经济通过重新设计、再制造和高效回收路径,规模化再生利用风电设备中的钢、铜、稀土以及光伏组件中的铝、硅、银、玻璃等材料,稳定了原材料供应。由此,前端深度降耗技术为后端提供了更易处理、价值更高的回收原料,而后端规模化循环产能的稳定产出又为前端制造提供了更具成本效益和供应保障的原料选择,这种“技术降耗-循环再生”的双轮驱动体系,不仅缓解了关键矿物的绝对供给压力,更通过系统性降低资源成本敏感度、提供稳定替代供应、构建自主闭环产业链,全方位锻造了产业在严峻资源约束下的成本韧性,成为支撑绿色竞争优势不可或缺的基石。

2. 以绿电绿证机制开辟生态价值转化新空间

能源侧的绿电生产与产业侧的绿电消费,通过绿证这一制度纽带实现了价值闭环。“十四五”期间,我国绿证制度体系不断完善,实现了RE100组织从2020年对我国绿证的有条件认可到2025年无条件认可的跃迁,完成了从本土实践到国际标准的跨越。

在标准引领下,市场活力得到了显著释放:2024年全国绿电交易总量达2349亿千瓦时,同比增长237.9%^[9],有效支撑了社会绿色用能需求;同期绿证交易数量达4.46亿个,其中绿证单独交易2.77亿个,以跨省交易为主;绿色电力交易绿证1.69亿个,以省内交易为主。全国参与绿证交易的消费主体约5.9万个,京津冀、长三角、粤港澳等地区是绿证交易的主要地区,合计购买绿证数量超过全国的50%^[10]。绿证标准的权威性与流通性,为企业解锁了多重价值转化路径:首先,构筑绿色贸易通行证,绿证作为国际广泛认可的绿色电力消费凭证,为企业提供符合欧盟碳边境调节机制(CBAM)等严苛国际规则的溯源依据,打通绿色国际市场新通道。其次,激活经济收益来源,企业通过绿证交易直接获取额外收益,并凭借持有的标准化绿证资产,优先获得绿色信贷、绿色债券等低成本融资支持及针对性财税优惠,显著降低低碳转型的财务门槛。最后,打造ESG竞争力内核,绿证采购是量化体现企业环境责任的关键行动,能够大幅提升其ESG评级表现。这不仅能增强品牌声誉与投资者信心,更能赋予产品显著的“环境溢价”能力,满足跨国供应链日益严格的绿色采购要求,在消费者与产业链竞争中抢得先机。

(三) 社会端:就业与区域重构,激活发展动能

在全球碳中和进程加速的背景下,能源与产业的协同正在重塑就业结构与区域经济版图。通过创造多元化高质量就业岗位、激活地方经济生态、促进人才要素集聚,能源转型正成

为提升区域吸引力与社会包容性的核心驱动力^[11]。

1. 创造多元化高质量就业岗位促进人才集聚

能源转型的纵深发展带动了相关高端装备制造、数字能源服务等产业的兴起,使得就业结构呈现出“多元化”与“高质量”的特征。随着清洁能源技术的不断创新与广泛应用,产业链条中的制造、安装、维修与研发等多个环节将涌现大量的工作岗位,有利于缓解地区就业压力。根据国际能源署(IEA)《2024年世界能源就业报告》,2023年全球能源行业增加了近250万个工作岗位(清洁能源部门达150万个,化石燃料部门达94万个),总就业人数达6750万人,增长3.8%。对于我国而言,2023年新增能源就业岗位超过80万个,能源行业就业人数达2060万人,电力生产行业占比最大,其次为道路车辆和能源效率(见表1)。其中,清洁能源是主要引擎,我国清洁能源新增就业占总能源行业新增就业的90%以上,占全部就业增长的10%以上,在多个关键清洁能源技术制造领域的就业占比也位居首位^[12]。充分说明我国在全球清洁能源供应链中的领导地位。在就业创造方面,能源转型通过纵向深化与横向拓展构建多层次的岗位供给体系:首先,产业升级催生高技能岗位集群。新能源产业的技术密集属性显著提升了岗位的技能门槛与附加值,推动就业结构向高技能方向跃迁,为区域吸引和留住高端人才奠定基础。其次,分布式模式激活包容性就业网络。分布式能源的普及为广大城镇、乡村乃至偏远地区创造了大量本地化的安装、运维、服务及管理岗位。此类岗位地域覆盖广、技能要求宽,有效吸纳了不同层次的劳动力。二者共同缓解了传统能源退出引发的结构性失业压力,在“双碳”目标下探索出经济增长与社会公平的协同路径。

表1 2023年不同地区能源行业分列的就业情况(千人)

类别	北美	中南美	欧洲	非洲	中国	印度	其他亚太地区	中东	欧亚大陆	全球
煤炭供应	100	<50	100	200	3300	1600	800	<50	300	6300
石油和天然气供应	1900	1100	600	1600	1200	800	1000	2800	1400	12400
低排放燃料供应	200	800	300	700	300	700	500	<50	<50	3500
电力生产	1000	900	1500	500	5200	1400	1700	400	400	13100
电网运行	900	500	1000	400	2400	1600	800	200	200	8000
道路车辆	1800	500	2400	400	4500	1300	1900	200	300	13400
能源效率	1400	400	1200	500	3500	1200	1300	200	200	9800
矿采	<50	100	<50	400	<50	<50	100	<50	<50	800
总计	7300	4300	7200	4700	20600	8500	8100	3800	2900	67500

注:能源行业包括能源供应、电力部门、终端使用效率和汽车制造业

数据来源:作者根据国际能源署(IEA)《2024年世界能源就业报告》(World Energy Employment 2024)数据整理

2. 增强经济活力提升区域吸引力

能源转型以清洁产业链扩张创造高质量就业,以绿色项目投资激活地方经济,以人才再配置激发区域发展动能。内蒙古、青海、甘肃等省区正在依托丰富的可再生能源资源,积极推进低碳一体化产业体系的试点建设。在内蒙古鄂尔多斯地区,大规模“风-光-氢-储”示范基

地与产业园区升级改造协同推进,推动煤化工等高排放行业加快向净零排放模式转型。在青海省海西州,光伏和风电正为电解铝、电池材料等高载能产业提供清洁电力支撑,逐步构建电气化、低碳化的产业链条。“千乡万村驭风行动”“千家万户沐光行动”,推广农光互补、渔光互补、牧光互补等“光伏+农业”新模式,在打开农村新能源发展空间的同时使农户增收,形成普惠性经济增长。

三、“十五五”时期我国能源转型与产业协同发展面临的挑战

“十五五”时期,能源转型与产业发展的协同将进入“深水区”,面临的挑战也愈发显现系统性和复杂性。国内层面,我国正处于经济高质量发展的关键阶段与新旧能源体系交织过渡时期;国际层面,全球经济、产业、能源格局持续深刻调整,国际地缘政治形势日趋复杂。能源转型与产业协同发展面临着国际规则重塑、国内资源错配、技术成本高企等多重深层次挑战。

(一)国际规则端:关键产业承压与贸易壁垒升级

“十五五”时期,我国产业绿色化与国际化面临日益严峻的国际规则压制挑战^[13-14]。当前,全球能源体系绿色低碳转型加速,全球清洁能源竞赛已升格为大国战略博弈。主要发达经济体及新兴经济体纷纷开展清洁技术产业链布局与国际市场主导权争夺,美国强化《通胀削减法案》补贴壁垒,欧盟推进碳边境调节机制(CBAM)与本土供应链回流,日本发布《绿色转型战略》抢占氢能技术制高点。上述局势叠加地缘政治风险与供应链安全泛化趋势,使得国际清洁能源竞争呈现技术标准博弈、市场准入控制、关键矿产争夺等多维态势。以CBAM为例,其将产品全生命周期碳排放纳入贸易规则,在当前被纳入CBAM范围的六大行业中,我国受影响最大的产品是钢铁及其制成品、铝及其制成品。2024年,这两类产品在我国对欧盟出口贸易总额中的占比分别为17.32%和11.08%(见表2),未来相关产品出口欧盟将面临高额“碳关税”,仅此一项即可显著削弱我国传统价格优势,迫使企业承受额外成本压力或面临市场份额流失风险。这一规则压制正从贸易环节向技术标准、资源获取、投资准入等多维度延伸,对我国能源转型支撑下的产业国际竞争力构成挑战。

表2 2024年中国对欧盟出口部分商品情况

类章	中国对欧盟出口额 (亿元人民币)	中国出口总额 (亿元人民币)	中国对欧盟出口额占 出口总额的比重(%)
总值	36750.58	254545.37	14.44
25章 盐;硫磺;土及石料;石灰及水泥等	23.51	229.05	10.26
27章 矿物燃料、矿物油及其产品;沥青等	277.23	3817.99	7.26
28章 无机化学品;贵金属等的化合物	182.59	1886.00	9.68
35章 蛋白类物质;改性淀粉;胶;酶	30.99	350.80	8.83
72章 钢铁	276.99	5033.50	5.50
73章 钢铁制品	841.46	7120.69	11.82
76章 铝及其制品	311.75	2814.64	11.08

数据来源:作者根据海关总署2024年进出口统计数据整理, <http://stats.customs.gov.cn>

(二)安全风险端:高依存度与空间错配的系统性隐患

能源供应安全始终是能源安全体系的核心和基础,供需失衡即构成系统性风险。“十五五”时期我国能源安全面临双重结构性约束:一是油气资源对外依存度高(见图1),2023年我国原煤对外依存度为14.86%,原油对外依存度为53.88%,天然气对外依存度为24.68%^①;二是能源生产与消费呈现显著空间错配,西部资源富集区与中东部负荷中心区跨度超2000公里。尤其在能源转型加速期,可再生能源占比快速提升显著放大了系统调节压力:风电、光伏的间歇性特性与负荷中心逆向分布格局叠加,迫使新型电力系统建设重心从单纯资源开发转向复杂系统工程,亟待通过源网荷储高效协同破解时空失衡,但跨省调度机制缺失、储能配套滞后、灵活性资源不足等问题,正深刻制约着能源安全新体系的构建进程,对能源相关产业稳定运行构成潜在威胁。

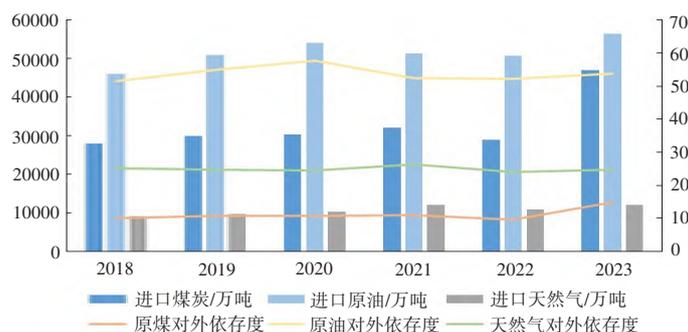


图1 2018—2023年我国原煤、原油、天然气的进口情况及对外依存度

数据来源:作者根据国家统计局历年《中国统计年鉴》及国民经济和社会发展统计公报数据整理

(三)产业技术端:转型成本传导与效率失衡

“十五五”时期,能源转型与产业发展的深度融合在经济端面临的挑战主要在于能源供给端的成本结构和效率水平与产业端降本增效、绿色升级的要求存在一定程度的脱节,具体表现为以下两个方面:

一是新兴能源系统成本控制瓶颈突出。尽管光伏、风电已实现平价上网,但支撑高比例可再生能源消纳与深度脱碳的关键技术(如长时储能、绿氢制储运)仍陷于效率低、成本高的困境。以绿氢为例,当前我国绿电制氢技术主要以碱性电解槽为主,成本约为1.9—3万元/吨,是传统化石能源制氢成本的1.3—3.8倍,制约了其在钢铁、化工等关键工业领域的规模化替代^[15]。

二是高碳产业转型边际成本高企。水泥、钢铁、电解铝等高碳行业的深度低碳化改造需要投入巨额资本,却面临陡峭的成本曲线。以钢铁行业为例,其自身面临2022年以来全行业利润水平逐年下降的态势,融资端仍然受到“两高一剩”的绿色信贷限制,所获绿色信贷占比

^① 对外依存度计算公式:能源对外依存度=(能源进口总量/能源消费总量)×100%。

不足1%^[16],然而如氢能炼钢等低碳改造的吨钢改造成本较传统高炉流程高出约30%^[17],即便已纳入全国碳市场,当前国内碳市场交易价格也不足以覆盖增量成本,这导致企业深陷“改造即亏损”与“不改造即淘汰”的生存悖论。

(四)制度协同端:政策、市场与机制衔接不畅

“十五五”时期,能源转型与产业发展的制度协同仍面临体系化不足、政策工具联动性不强等问题,制约了整体转型效能的提升,具体表现在以下两个方面:

一是碳定价体系对能源转型的引导作用尚未充分显现。党的二十届四中全会提出“加快构建实施碳排放总量和强度双控制度”^[1],强调这是全面绿色转型的“指挥棒”。目前全国碳排放权交易市场仍以电力行业为主,2024年碳价波动区间为每吨69元至106元^[18],与欧盟等成熟市场存在较大差距,难以有效传导减排成本信号。虽然北京、上海等试点地区开展了多样化的碳交易探索,但在核算方法、行业覆盖及交易规则等方面尚未形成统一框架。

二是产业政策与能源目标缺乏系统性衔接。部分地区在推动新能源产业发展过程中,未能充分结合本地资源禀赋与技术基础,出现低水平重复建设现象,如部分光伏制造环节产能利用率持续偏低,而且关键材料与核心工艺仍依赖外部供应。此外,产业部门侧重产值、就业等经济指标,能源部门则更关注非化石能源消费比重、能耗强度等绿色指标,二者在政策制定、项目审批与绩效评估中缺乏有效的衔接机制与协同平台,影响了资源配置的整体效率。

(五)运行控制端:高比例新能源接入存在稳定性挑战

“十五五”时期,新能源高占比对电力系统灵活性构成三重刚性约束:其一,新能源随机性推高了系统不确定性,风光等新能源固有的出力波动导致系统功率分布预测难度陡增,传统的确定性静态安全分析方法亟待升级,以适应普遍存在的不确定性环境;其二,以“沙戈荒”大型基地为代表的集群化电力设备形成了“设备一场站一场群一网侧换流站—送出工程”的长链条能量传输路径,此类多环节嵌套结构使得故障传播机制异常复杂,单一元件故障极易演变为区域甚至系统性的功率缺额;其三,电源、电网、负荷侧广泛应用的电力电子换流设备,大幅降低了系统的等效惯量水平,相较于以同步机组为核心的传统火电系统,新型电力系统承受大小扰动的能力明显下降。

四、“十五五”时期构建能源转型与能源产业协同发展的政策路径

面对挑战,必须构建一套系统性、前瞻性的政策框架,以精准的政策工具组合,打通能源转型与产业发展协同的“堵点”和“痛点”。党的二十届四中全会提出的“加快形成绿色生产生活方式”“推动煤炭和石油消费达峰”“建设零碳工厂和园区”^[1]等具体部署,为政策设计提供了明确方向。以下将从政策引导、技术创新、产业融合和社会补偿四个方面,提出具体的政策着力点,旨在推动形成一个高效、公正、安全的协同发展新格局。

(一)强化政策引导,完善支持体系

一是制定差异化实施路径。应立足区域资源禀赋与发展阶段,传统工业区可设立转型升级专项基金,通过“技改补贴+风险补偿”组合工具支持钢铁、化工等高碳企业开展氢基冶炼、

碳捕集等深度脱碳改造;风光资源富集区则需创新绿电消纳机制,探索“园区直购电+跨省绿证交易”模式,并配套电网灵活性改造项目。

二是强化三类协同机制。其一,在财政与金融方面,扩大可再生能源专项债券发行规模,将碳减排支持工具的适用范围延伸至分布式能源聚合商;其二,在市场与环境规制协同方面,建立绿电消费占比与用地审批、环评许可的政策挂钩机制;其三,在中央与地方权责配置方面,允许省级政府在国家碳配额总量框架内自主设定重点行业分配基准值。

三是打通资金转化通道。建立生态产品价值核算体系,支持森林碳汇、矿山光伏等资源转化为可质押资产;试点转型金融债券,为煤电机组灵活性改造等过渡性活动提供低成本资金。以区域精准施策、工具协同发力与资源金融化转化,破解转型的成本约束与制度摩擦。

四是构筑规则立体防线。面对日益严峻的绿色贸易壁垒,须变被动接轨为主动塑造:通过技术入股模式输出清洁能源整体解决方案,加快海外绿电产能布局,推动我国清洁能源相关技术标准嵌入区域经贸体系。针对碳关税的制约,构建覆盖全产业链的碳足迹认证体系,探索绿证跨境抵扣机制,并运用多边贸易规则反击歧视性条款。在关键矿产安全方面,组建国际资源联盟,掌握战略矿产议价权,同时强化国内战略储备能力。

(二)推动技术创新,突破关键瓶颈

一是打通“技术-成本-市场”闭环,构建清洁传统能源双向赋能新范式。针对清洁技术成熟度不足的问题,实施绿氢产业化攻坚计划:近期集中突破高效制氢技术瓶颈,中期建设大型风光制氢基地推动成本竞争力跃升,远期通过碳定价机制实现绿氢全面平价。同步加速储能技术多路径探索,重点突破长时储能规模化应用瓶颈。为走出传统产业改造成本困境,创新“转型金融+成本分摊”组合工具,通过专项债券、碳收益质押及增量成本补贴,破解企业“改造成本沉没”焦虑。更需畅通创新转化动脉,建立从实验室到量产的高速通道,以首购风险共担机制破除国产重大装备应用壁垒。

二是深化数字赋能应用场景,推进能源与数字的深度融合。构建省级能源大数据平台,整合发电侧、电网侧、用户侧的实时数据资源;推广虚拟电厂聚合分布式资源参与电力市场交易,实现百万千瓦级柔性负荷的分钟级响应;建设智慧园区综合能源管理系统,通过AI算法优化冷热电三联供与可再生能源的协同调度。

三是创新技术推广商业模式,推动技术、金融与市场相融合。设立清洁技术孵化债券,允许企业以未来碳收益质押获取资金;建立技术成熟度分级认证制度,对达到特定级别的技术优先纳入政府采购目录;推行合同能源管理新模式,由设备商、金融机构、用能单位共建风险收益共享联盟。试点技术推广保险,承保新技术应用前三年一定比例的收益差额损失。

(三)促进产业融合,打造区域协同生态

一是深化“源网荷储”一体化应用,打通能源与产业融合链路。在工业集聚区、新兴产业园规模化部署“源网荷储”协同系统,通过智能电网整合分布式光伏、风电等清洁能源,配套储能设施平抑波动性,实现能源生产与消纳的动态平衡。党的二十届四中全会提出,“持续提高新能源供给比重,推进化石能源安全可靠有序替代,着力构建新型电力系统”^[1]。在传统能

源安全方面,大幅提升油气战略储备规模,探索化石能源与新能源基础设施融合共建,支持企业通过自建绿电、签订长期购电协议降低用能成本,形成多能互补的应急保障体系。建立跨部门协调机制,破除隔墙售电、负荷聚合等制度壁垒,为电产融合提供政策保障。

二是打造“绿电园区”示范标杆,构建零碳产业生态圈。落实党的二十届四中全会提出的“建设零碳工厂和园区”^[1]目标,在西部风光资源富集区、东部产业转移承接带规划建设国家级“绿电园区”,实施可再生能源百分之百直供、绿证可溯源等机制,吸引新能源装备制造、绿色算力、先进材料等低碳产业集聚发展。配套建设园区级微电网与虚拟电厂平台,实现绿电交易、碳足迹管理、能效优化一站式服务。同步设立绿色产业基金,对入驻企业给予设备补贴、税收减免及碳减排收益分成。

三是强化区域协同机制,共建新能源产业走廊。党的二十届四中全会部署“坚持风光水核等多能并举,统筹就地消纳和外送,促进清洁能源高质量发展”^[1],着力破解能源地理分布失衡矛盾,打造跨区域智慧能源输送网络,大幅提升清洁电力跨省输送能力,同步建设国家级输氢骨干管网。推动长三角、粤港澳、成渝等经济圈建立新能源产业跨区域协作联盟:长三角聚焦研发、制造、应用全链整合,以上海为技术创新策源地,江苏发展光伏与储能装备制造,浙江布局智能电网与海上风电,安徽承接零部件生产,形成新能源高端装备走廊;中西部与东部建立绿电东输与产业西引的对口合作,通过飞地经济、共建风光氢储一体化基地,实现资源互补与价值链重塑。建立跨省绿电交易平台与碳汇协同机制,破除行政区划对要素流动的限制。

(四)建立社会补偿机制,平衡转型成本

一是健全就业保障与再赋能体系,化解结构性失业风险。在煤炭、火电等传统产业密集区设立转型专项救助资金,为关停企业职工提供过渡性生活补贴、工龄买断补偿及跨区域搬迁安置支持;联合职业院校与企业开设新能源技能培训基地,针对性地开发光伏运维、储能管理、碳核算等课程;建立区域性再就业服务平台,通过绿电园区配套岗位预留、公益性岗位托底等方式,帮助转型失业人员再就业。

二是构建区域协同补偿机制,推动公正转型。在可再生能源富集区征收绿电发展调节基金,定向转移支付至传统能源基地,支持矿区生态修复与接替产业培育;建立能源转型社会影响评估体系,对转型风险进行及时评估。

三是创新普惠共享与公众参与机制,提升社会接受度。鼓励在新能源项目开发中探索“资源开发+乡村振兴”模式,通过土地租金、就业带动、股权分红等方式,让当地居民切实分享转型红利。建立常态化的公众对话与协商平台,就项目选址、环境影响、利益分配等关键问题与民众进行充分沟通,化解潜在的社会矛盾。同时,加强绿色转型理念的社会宣传与科普教育,营造全民支持、全民参与能源转型的良好社会氛围。

结语

从“十二五”到“十四五”,我国能源战略经历了从保障供给安全,到优化效率结构,再到

开启系统性绿色重塑的演进历程,从单点突破迈向了整体协同。“十五五”时期的能源转型与产业发展协同,并非简单的“加法”,而是一场关乎发展范式、竞争优势与社会福祉的深刻“化学反应”。“十五五”时期是我国实现“双碳”目标的重要五年,也是推动能源革命和产业升级深度协同、攻克系统性难题的攻坚期,更是应对风险挑战、把握发展主动、塑造竞争新优势的战略机遇期^[9]。党的二十届四中全会提出“以碳达峰碳中和为牵引,协同推进降碳、减污、扩绿、增长,筑牢生态安全屏障,增强绿色发展动能”^[11]目标,强调“加快经济社会发展全面绿色转型”^[11],深刻揭示了能源转型与产业协同在构建现代化经济体系中的核心地位,为“十五五”时期我国经济社会高质量发展指明了方向。从强化顶层设计、实现区域精准施策,到攻克关键技术、深化数字赋能;从促进产业跨界融合、打造零碳生态,到完善社会补偿、实现公正转型——本研究提出的政策路径共同指向一个核心目标:构建一个能源清洁低碳、产业高端绿色、经济高质增长、社会和谐包容的协同发展新格局。这不仅是落实党的二十届四中全会精神、建设美丽中国的必然要求,更是我国在全球新一轮工业革命浪潮中从追随者迈向引领者、为人类可持续发展贡献中国智慧与中国方案的历史使命。

[参考文献]

- [1] 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[N].人民日报,2025-10-29(1).
- [2] 马丽梅,史丹,裴庆冰.中国能源低碳转型(2015—2050):可再生能源发展与可行路径[J].中国人口·资源与环境,2018(2):8-18.
- [3] 陈诗一.中国的绿色工业革命:基于环境全要素生产率视角的解释(1980—2008)[J].经济研究,2010(11):21-34.
- [4] 习近平在中共中央政治局第十一次集体学习时强调 加快发展新质生产力 扎实推进高质量发展[N].人民日报,2024-02-02(1).
- [5] 我国风光装机历史性超过火电 风电光伏装机超过火电将成为常态[EB/OL].(2025-04-25)[2025-07-09].<https://www.nea.gov.cn/20250425/148efd0ca61148148d285edd438912df/c.html>.
- [6] Renewable Power Generation Costs in 2023[R/OL].(2024-09)[2025-07-09].<https://www.irena.org/Publications/2024/Sep/Renewable-Power-Generation-Costs-in-2023>.
- [7] 中华人民共和国国务院办公厅.中国的能源转型[EB/OL].(2024-08-29)[2025-07-09].https://www.gov.cn/zhengce/202408/content_6971115.htm.
- [8] 生态环境部征集废风光设备拆解环境问题线索 退役风光设备回收处理存在哪些环境管理突出问题?[EB/OL].(2024-07-01)[2025-07-09].<https://cenews.com.cn/news.html?aid=1142373>.
- [9] 前5月绿电交易量超过2200亿千瓦时 同比增长近50%[N].人民日报,2025-06-23(1).
- [10] 国家能源局电力业务资质管理中心.中国绿色电力证书发展报告(2024)[R/OL].(2025-04-21)[2025-07-09].<https://www.nea.gov.cn/download/zglsdlzsfzbg2024.pdf>.
- [11] 张平.中国经济绿色转型的路径、结构与治理[J].社会科学战线,2022(8):69-81.
- [12] World Energy Employment 2024[R/OL].(2025-03)[2025-07-09].<https://iea.blob.core.windows.net/assets/d2b4b054-4a55-4c6f-893f-fc2c8b77e9a1/WorldEnergyEmployment2024.pdf>.
- [13] 张友国,蒋鸿宇.统筹“双碳”目标下的能源转型与能源安全[J].世界社会科学,2023(4):121-146.

- [14] 彭文生. 能源供给冲击下的全球绿色转型[J]. 国际金融, 2022(9): 3-14.
- [15] 陈吟颖. 降低风光制氢成本 亟需政策“扶一把”[N]. 中国能源报, 2024-02-05(6).
- [16] 钢铁行业每年5000亿转型账单出炉, 中钢协呼吁资金与政策支持[EB/OL]. (2025-04-29)[2025-07-09]. <https://www.bjnews.com.cn/detail/1745926858129096.html>.
- [17] 张小溪. 协同推动能源转型与产业发展[N]. 经济日报, 2025-02-27(10).
- [18] 中华人民共和国生态环境部. 全国碳市场发展报告(2025)[R/OL]. (2025-09-27)[2025-10-08]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/ydqhbh/wsqtzkz/202509/W020250927515316322073.pdf>.
- [19] 龚云. “十五五”时期经济发展的机遇和重点[N]. 学习时报, 2025-10-29(2).

The Logic, Challenges and Implementation Paths of the Coordinated Advancement of Energy Transition and Industrial Development in China During the 15th Five-Year Plan Period

ZHANG Xiaoxi^{1, 2}, LIU Bo²

(1. Institute of Economics, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100836;

2. School of Economics, University of Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 102488)

Abstract: In the context of the profound transition in the global energy landscape and consumption patterns, and the deepening implementation of China's "dual carbon" strategy, the coordinated advancement of energy transition and industrial development has emerged as one of the important missions for the nation's socio-economic development during the 15th Five-Year Plan period. From the 12th to the 14th Five-Year Plan periods, the emphasis of China's energy policy shifted from ensuring supply security to fostering green and low-carbon development. This transition has injected powerful impetus into the high-quality development of related industries by upgrading the existing stock of traditional industries, driving the growth of emerging clean energy sectors, reshaping green competitive advantages, and activating regional social dynamics. During the 15th Five-Year Plan period, the coordinated advancement of these two domains will confront multidimensional challenges, including intensified contestation over international green rules, prominent structural constraints on energy security, high costs associated with industrial transition, and the insufficient operational stability of the new-type power system. To address these challenges, we should leverage its differentiated regional conditions to enhance a composite toolkit of support instruments, featuring "transition finance + cost-sharing" mechanisms. Furthermore, it is imperative to establish a whole industry chain carbon footprint certification system aligned with international standards, deepen the integrated application of "source-grid-load-storage", and improve the social compensation mechanism for fair transition.

Keywords: Energy Transition; Green Development; Industrial Synergy; "Dual Carbon" Goals; 15th Five-Year Plan

编辑:杨妮娜 姜宏洁