

# Research on the Current Status and Future Prospects of Electric Power Development

Zhen Wang

Comprehensive Room, Qingshan Power Supply Center, Wuhan Power Supply Company of the State Grid Corporation, Wuhan, Hubei, 430000, China

## Abstract

Driven by the global energy transition and the “dual carbon” goals (carbon peak and carbon neutrality), China’s electric power industry is undergoing a profound transformation from traditional fossil fuels to clean energy sources. Currently, thermal power still holds a dominant position, yet the installed capacity of new energy sources such as wind power and photovoltaic continues to expand, gradually forming a diversified competitive landscape in the electric power market. On the technological front, smart grids, energy storage technologies, and digital management have emerged as the core drivers propelling industry upgrading. Looking ahead, with the deepening of electric power market-oriented reforms, the establishment of new energy’s dominant position, and breakthroughs in smart grid technologies, the electric power system will transition towards a new paradigm characterized by “clean-energy dominance, multi-energy synergy, and intelligent efficiency.” This study systematically analyzes the industry’s current status, technological trends, market mechanisms, and challenges, providing theoretical support and practical references for the sustainable development of the electric power industry.

## Keywords

electric power industry transformation, clean energy, smart grid, electric power marketization, sustainable development

## 电力发展现状与未来展望研究

王真

国网武汉供电公司青山供电中心综合室, 中国·湖北武汉 430000

## 摘要

在全球能源转型与“双碳”目标驱动下, 中国电力行业正经历从传统化石能源向清洁能源的深刻变革。当前, 火电仍占据主导地位, 但风电、光伏等新能源装机规模持续扩大, 电力市场多元化竞争格局逐步形成。技术层面, 智能电网、储能技术、数字化管理成为推动行业升级的核心动力。未来, 随着电力市场化改革深化、新能源主导地位确立及智能电网技术突破, 电力系统将向“清洁主导、多元协同、智能高效”的新体系转型。本研究通过系统分析行业现状、技术趋势、市场机制及挑战, 为电力行业可持续发展提供理论支撑与实践参考。

## 关键词

电力行业转型、清洁能源、智能电网、电力市场化、可持续发展

## 1 引言

电力作为国民经济的基础性产业, 其发展模式与能源结构转型密切相关。近年来, 全球气候变化压力与国内“双碳”目标倒逼电力行业加速低碳化进程。中国电力行业在装机规模、技术突破、市场机制等方面取得显著进展, 但区域供需矛盾、安全与低碳平衡、产业链安全等问题仍待解决。本研究从行业现状、技术革新、市场改革、挑战应对及未来趋势五方面展开分析, 旨在揭示电力行业转型的关键路径与战略方向。

【作者简介】王真(1983-), 女, 中国湖北天门人, 硕士, 工程师, 从事电力发展研究。

## 2 电力行业现状分析

### 2.1 能源结构转型加速推动电力行业绿色低碳发展

中国电力行业能源结构转型呈现加速态势, 传统火电虽仍占据主导地位, 但风电、光伏等清洁能源的快速发展正深刻改变行业格局。近年来, 新能源装机规模持续扩大, 其发电量占比稳步提升, 成为推动电力行业绿色低碳转型的核心动力。这一转变背后, 是技术进步、政策引导与市场需求共同作用。<sup>[1]</sup> 技术层面, 光伏组件转换效率提升、风机单机容量增大、储能技术成本下降等突破, 显著提升了新能源的经济性与竞争力; 政策层面, 碳达峰、碳中和目标倒逼能源结构优化, 可再生能源配额制、绿证交易等机制逐步完善, 为新能源发展提供了制度保障; 市场需求层面, 随着全社会对清洁能源的认知加深, 企业与居民对绿色电力的需求持续

增长,进一步拉动了新能源装机投资。

区域分布上,能源资源与电力需求的错配问题通过跨区域输电通道建设得到有效缓解。东部地区经济发达、电力需求旺盛,但土地资源紧张、环境容量有限,难以大规模开发本地新能源;中西部地区风能、太阳能资源丰富,具备大规模开发条件,但本地电力消费能力有限。跨区域输电通道的建设,如特高压直流工程,将中西部清洁能源输送至东部负荷中心,实现了“西电东送”的战略布局。这种空间布局的优化,不仅提高了清洁能源的利用率,也减少了东部地区对化石能源的依赖,推动了全国能源结构的均衡发展。

## 2.2 多元化竞争格局激发电力市场活力

中国电力市场已形成国有主导、民营与外资逐步参与的多元化竞争格局。大型国有发电企业凭借资金实力、技术积累与政策支持,在大型火电、水电、核电等项目中占据主导地位,是保障电力供应安全与稳定的核心力量。这些企业通过规模化运营、产业链整合与技术创新,持续降低发电成本,提升运营效率,为市场提供了稳定、可靠的电力产品。

民营企业则通过差异化竞争策略,在分布式能源、储能、综合能源服务等细分领域实现突破。分布式能源项目贴近用户侧,能够灵活满足工业园区、商业综合体等用户的个性化用电需求;储能技术通过调峰调频、需求响应等功能,提升了电力系统的灵活性与可靠性;综合能源服务则通过整合电、热、冷、气等多种能源形式,为用户提供一站式能源解决方案。<sup>[2]</sup>民营企业的参与,不仅丰富了电力市场的产品与服务,也推动了行业技术创新与模式创新。

外资企业则通过技术合作与本地化运营,深度参与中国电力工程市场。在高端装备制造领域,外资企业与国内企业合作,共同研发生产高效燃机、智能变压器等关键设备;在新能源开发领域,外资企业通过股权投资、技术转让等方式,与国内企业共享市场机遇;在电力服务领域,外资企业凭借先进的管理经验与国际化视野,为国内企业提供咨询、培训等增值服务。外资企业的参与,不仅带来了先进的技术与管理理念,也促进了国内电力市场的国际化进程。

## 2.3 技术创新驱动电力行业产业升级

技术创新是推动电力行业产业升级的核心动力。在新能源领域,光伏组件转换效率的提升与成本的下降,使得光伏发电成为最具竞争力的清洁能源之一。近年来,单晶硅、PERC、HJT 等高效电池技术的广泛应用,将光伏组件转换效率从 15% 提升至 23% 以上,同时生产成本持续下降,推动了光伏发电的大规模应用。风电领域,风机单机容量从 2MW 提升至 10MW 以上,叶片长度超过百米,显著提升了风能利用效率与发电量。储能技术的突破,尤其是锂离子电池成本的下降与性能的提升,使得储能系统在调峰调频、备用电源等领域得到广泛应用,为新能源大规模接入提供了技术支撑。<sup>[3]</sup>

特高压输电技术的突破,解决了清洁能源远距离、大

规模输送的难题。特高压直流输电技术能够实现数千公里的电力输送,且损耗低、效率高,将中西部清洁能源输送至东部负荷中心,实现了能源资源的优化配置。特高压交流输电技术则通过构建坚强电网,提升了电力系统的稳定性与可靠性,为新能源并网与消纳提供了保障。

智能电网技术的发展,进一步提升了电力系统的灵活性与可靠性。通过物联网、大数据、AI 等技术的应用,智能电网能够实现设备状态实时监控、故障快速定位、负荷精准预测与优化调度。

## 3 技术革新方向与突破

### 3.1 清洁能源技术迭代重塑能源供给格局

清洁能源技术迭代正以多领域突破重塑中国电力行业的能源供给格局。风电领域,海上风电规模化开发成为核心方向,其优势在于风速稳定、资源丰富且不占用陆地空间,通过大型化风机、漂浮式基础等技术创新,开发深度从近海向深远海延伸,单机容量突破 20 兆瓦,年发电小时数显著提升。低风速风机技术则通过叶片优化、智能控制等手段,使风电机组在风速较低的地区仍能高效运行,拓展了风电开发的地理边界,覆盖更多中东部地区。

光伏领域的技术迭代聚焦于转换效率提升与成本下降。钙钛矿电池作为新一代光伏技术,通过材料体系创新与叠层结构设计,实验室转换效率已有很突破,远超传统晶硅电池,且具有制备工艺简单、原材料丰富的优势。异质结技术通过非晶硅与晶硅的异质结结构,降低界面复合损失,提升开路电压,结合双面发电特性,实际发电量较传统 PERC 电池有很大提升。这些技术突破推动光伏度电成本持续下降,使其在部分地区实现“平价上网”,甚至低于火电成本,加速了光伏从补充能源向主力能源的转变。核电领域,第四代反应堆技术商业化应用加速,标志着核能安全与经济性的双重提升。高温气冷堆采用球形燃料元件与石墨慢化剂,具备固有安全性,即使在丧失冷却的情况下,也能通过自然对流将热量导出,避免堆芯熔化。这些技术突破使核电在保障能源安全的同时,降低了长期运行成本,为核能大规模应用提供了技术支撑。

清洁能源技术迭代不仅推动了单一能源形式的升级,更促进了多能互补体系的构建。风电、光伏与储能的协同,解决了新能源间歇性问题;核电与火电的调峰配合,提升了电力系统的稳定性。

### 3.2 储能技术商业化应用构建电力调节新范式

储能技术商业化应用正构建电力调节的新范式,通过多元化技术路线满足不同时间尺度的调节需求。锂电储能凭借技术成熟度高、产业链完善、成本下降快的优势,成为短期储能的主流选择。其能量密度高、响应速度快,适用于调频、备用电源等秒级至分钟级的调节场景。近年来,锂电储能系统成本较五年前下降超 60%,推动其在电源侧、

电网侧与用户侧的广泛应用，成为新能源并网与消纳的关键支撑。

长时储能技术则聚焦于跨日、跨周甚至季节性的调节需求。压缩空气储能通过地下洞穴或压力容器存储压缩空气，释放时驱动涡轮机发电，具备大规模、长寿命的特点，单站规模可达数百兆瓦时，适用于电网侧调峰。液流电池通过电解液在电堆中的循环实现充放电，具有本质安全性、容量可扩展的优势，全钒液流电池已实现商业化应用，单站规模突破 100 兆瓦时，适用于新能源大规模消纳场景。这些长时储能技术的商业化，填补了锂电储能在时间尺度上的空白，构建了“短时+长时”的储能体系。

氢能储能则通过电解水制氢、储氢、燃料电池发电的闭环，实现季节性储能，为电力系统提供“终极解决方案”。<sup>[4]</sup> 电解水制氢利用新能源过剩电力将水分解为氢气与氧气，氢气通过高压气态、液态或固态储氢技术存储，需电时通过燃料电池重新转化为电能。氢能储能的能量密度高、存储周期长，可实现数月甚至跨季节的储能，解决新能源年度波动问题。尽管目前氢能储能成本较高，但随着电解槽效率提升、储氢材料创新与燃料电池成本下降，其经济性正逐步改善，成为构建新型电力系统的关键技术。

### 3.3 电力系统数字化升级赋能高效智能运行

电力系统数字化升级通过前沿技术融合，赋能电网高效智能运行，推动行业从“物理系统”向“数字系统”转型。数字孪生技术通过构建电网的虚拟模型，实现物理电网与数字电网的实时映射与交互。其核心价值在于故障预警、负荷预测与运维优化：通过模拟电网在不同工况下的运行状态，提前识别潜在故障点，指导现场检修；结合历史数据与气象信息，精准预测区域负荷变化，优化发电计划；通过设备状

态监测与寿命评估，实现预防性维护，降低非计划停运率。数字孪生技术使电网从“被动响应”向“主动预测”转变，提升了运行效率与可靠性。

区块链技术应用用于绿证交易，通过去中心化、不可篡改的特性，提升交易透明度与可信度。传统绿证交易依赖中心化机构核发与登记，存在信息不对称与核发成本高的问题。区块链技术则通过智能合约自动执行交易规则，记录绿证从生成到注销的全生命周期信息，确保每一度绿电的来源可追溯、权益可证明。这不仅降低了交易成本，也激发了市场主体参与绿证交易的积极性，推动了绿色电力消费市场的形成。

## 4 结论

2025-2030 年，中国电力行业将形成“清洁主导、多元协同、智能高效”的新体系。新能源逐步成为电量主体，智能电网与能源互联网深度融合，电力市场化改革持续深化。未来，行业需统筹技术、政策与市场机制，化解安全、经济与低碳的多重矛盾，为全球能源转型提供中国方案。预计到 2030 年，电力行业将为“双碳”目标贡献超 40% 的减排量，成为全球能源转型的标杆。

### 参考文献

- [1] 沈乐,闫磊,梁红艳,等. 新能源电力消纳技术发展现状与展望[J]. 新能源科技,2025,6(04):41-51.
- [2] 姜业敏,董菁. 数字技术在新能源电力系统中的应用现状与发展趋势[J]. 电力与能源,2025,46(04):357-361.
- [3] 李子牛. 我国电力工业发展的现状及未来展望[J]. 自动化应用,2023,64(06):54-57.
- [4] 贺兴,艾芊,潘博. 电力系统大数据与数字孪生系统[M]. 上海交通大学出版社:202209:255.