

# 智能能源系统中可再生能源整合的路径与策略

张景博

西南交通大学

DOI:10.32629/pe.v4i1.19014

**[摘要]** 本文主要就智能能源系统中可再生能源整合的路径与策略进行了探讨。在全球气候变化加剧且能源需求持续增长的大背景下,可再生能源在未来能源结构里的重要性愈发突出,不过由于可再生能源具有间歇性与不稳定性特征,这使得它大规模应用时存在挑战,所以本研究从技术、经济和政策这三个方面剖析了可再生能源整合怎样走才可行,其中技术层面着重论述智能电网、能源存储技术和需求侧响应这些关键技术如何应用,经济层面则探讨可再生能源项目成本效益分析以及商业模式创新,政策层面分析支持可再生能源发展的激励机制和监管框架,并且经过案例分析和定量模型,本文拿出一套包含优化能源结构、强化跨区域能源互联、推动能源数字化转型等内容的综合性可再生能源整合策略。研究结果显示,要让可再生能源在智能能源系统高效整合,多种整合路径和协同的政策支持相当关键,本文研究成果能给决策者和能源行业从业人员提供有价值参考以助构建更清洁、更高效、更可持续的未来能源系统。

**[关键词]** 智能能源系统; 可再生能源; 能源整合; 能源存储; 能源政策

中图分类号: P754.1 文献标识码: A

## Pathways and Strategies for Integrating Renewable Energy into Smart Energy Systems

Jingbo Zhang

Southwest Jiaotong University

**[Abstract]** This paper explores the pathways and strategies for integrating renewable energy into intelligent energy systems. Against the backdrop of intensifying global climate change and continuously growing energy demand, the importance of renewable energy in future energy structures is becoming increasingly prominent. However, due to the intermittent and unstable characteristics of renewable energy, challenges arise when it is applied on a large scale. Therefore, this study analyzes the feasible ways to integrate renewable energy from three aspects: technology, economy, and policy. At the technological level, it focuses on how key technologies such as smart grids, energy storage technologies, and demand-side response can be applied. At the economic level, it discusses the cost-benefit analysis of renewable energy projects and business model innovation. At the policy level, it analyzes the incentive mechanisms and regulatory frameworks supporting the development of renewable energy. Through case studies and quantitative models, this paper proposes a comprehensive strategy for renewable energy integration, which includes optimizing the energy structure, strengthening cross-regional energy interconnection, and promoting the digital transformation of energy. The research results show that multiple integration pathways and coordinated policy support are crucial for the efficient integration of renewable energy into intelligent energy systems. The findings of this study can provide valuable references for decision-makers and energy industry professionals to help build a cleaner, more efficient, and more sustainable future energy system.

**[Key words]** Intelligent Energy System; Renewable Energy; Energy Integration; Energy Storage; Energy Policy

### 引言

近年来,全球能源行业深刻变革且能源结构中可再生能源占比不断攀升,国际能源署2023年数据显示全球电力新增装机

容量中可再生能源占比超80%已成主导,不过风能、太阳能这些间歇性能源广泛使用时其波动性和不可预测性给智能能源系统稳定性带来严重挑战,这不单是技术突破的事还与经济可行性、

政策支持有关联,智能能源系统是现代能源转型重要载体依靠数字化技术和智能化管理手段给可再生能源大规模整合提供新解法,在此情况下研究怎样有效整合可再生能源成了能源行业核心议题之一。

全球各国推动可再生能源发展的路径和策略存在差异,以欧盟的“绿色协议”计划为例,该计划提出到2030年让可再生能源占比达到45%并借助碳定价机制和技术创新激励政策加快转型,而中国的“十四五”规划明确要构建新型电力系统且着重发展储能技术和跨区域输电网络来解决可再生能源消纳难题,不过技术瓶颈、商业模式未成熟、政策执行力度不够等因素仍限制着可再生能源的高效整合,所以本文打算从技术、经济、政策三个方面探究可再生能源整合的可行办法并且通过案例分析和定量模型给出综合策略,如优化能源结构布局、加强跨区域能源互联、推动能源数字化转型等以给实现清洁、高效、可持续的未来能源系统提供理论支撑和实践指引。

## 1 智能能源系统中可再生能源整合的现状与挑战

### 1.1 可再生能源在智能能源系统中的应用现状

近年来,全球能源结构中可再生能源占比大幅提升,国际能源署(IEA)统计显示2022年全球总发电量中可再生能源发电量占比达30%且风能与太阳能增长特别明显。智能能源系统引入后进一步推动可再生能源应用,依靠先进数字化技术与实时数据监控提高能源利用效率与灵活性<sup>[1]</sup>。不过不同地区发展水平差别很大,发达国家有技术优势且受政策支持,在整合方面成果显著,而发展中国家却苦于基础设施不足和技术壁垒问题。下表是2022年部分国家和地区可再生能源在电力系统里的渗透率及其增长趋势。

表1 不同国家和地区可再生能源电力渗透率及增长率(2022年)

国家/地区	渗透率(%)	年增长率(%)	主要能源类型
欧盟	42	7	风能、太阳能
美国	25	6	太阳能、风能
中国	35	8	水电、风能
印度	20	9	太阳能

可再生能源应用虽有显著进展,但在智能能源系统全面整合时还有很多挑战,尤其在分布式能源资源接入与大规模储能技术普及这两块,现有系统的适应性、兼容性还需提高,并且随着可再生能源比例增加,传统电力系统的稳定性、可靠性受到影响,所以得靠技术创新和管理优化来解决。

### 1.2 可再生能源整合面临的技术挑战

在可再生能源整合方面存在三大技术挑战,即间歇性、波动性以及并网稳定性,风能、太阳能等能源形式因极度依存自然条件而导致输出功率波动明显从而使电网调度与平衡的要求提高,智能电网技术被看作应对该问题的关键手段,依靠实时监测和动态调整能够有效减轻供需不平衡状况是智能电网部署得克服初期投资成本高、技术标准不统一两大阻碍,能源存储技术属于另一个核心技术部分。虽然这几年锂电池和液流电池成本降下

来了,但是规模化应用仍受能量密度低、循环寿命短等问题限制,需求侧响应技术靠引导用户调整用电行为来达到削峰填谷的目的,但实际推广时遭用户参与度不够、激励机制不完善难题,总体来讲这些技术挑战并非只关乎单个领域而是需要跨学科协同创新、全行业齐心协力,日后研究要重点关注借助人工智能和大数据分析优化能源调度策略以及探寻新型储能材料和技术冲破现有的瓶颈<sup>[2]</sup>。

### 1.3 可再生能源整合的政策与市场障碍

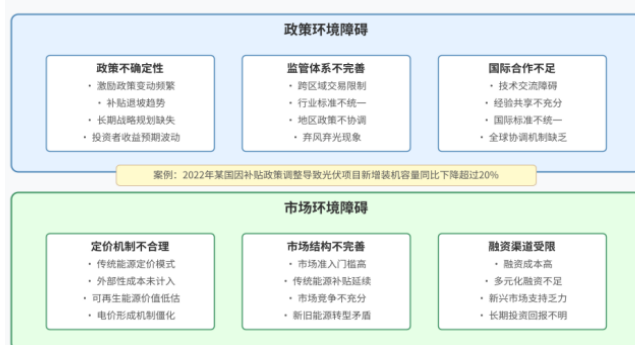
可再生能源整合被政策与市场环境决定性地推进着,当下很多国家都出台了像税收优惠、补贴政策、强制性配额制度之类的激励措施来推动可再生能源项目开发与运营,但政策执行存在不确定性和补贴退坡让投资者对未来收益预期产生波动进而抑制市场活力,就像2022年有个国家由于补贴政策调整光伏项目新增装机容量同比下降超20%,而且电力市场设计和运行机制还没有完全适应可再生能源特点使得传统基于化石能源的定价模式没法充分体现可再生能源价值,跨区域能源交易受到不完善的监管框架限制且有些地方甚至出现弃风弃光情况,要破解这些阻碍政策制定者就得构建更灵活透明的市场机制并加强国际合作促进技术经验共享,研究显示多元化融资渠道和长期稳定政策支持对推动可再生能源整合很重要,在新兴市场和发展中国家政策和市场的协调作用尤其关键。

## 2 可再生能源整合的路径与策略

### 2.1 技术路径

在智能能源系统里,可再生能源高效整合的核心驱动力是技术路径,这几年智能电网技术凭借实时监测与动态调度大幅提升可再生能源消纳能力且在分布式能源接入这块尤为突出,能源存储技术给解决可再生能源间歇性难题提供关键支撑并且像锂离子电池、液流电池这类储能设备成本五年间降了大概40%使得经济可行性因此大大提高,还有需求侧响应技术通过灵活调整用电负荷让能源供需平衡进一步得到优化,这些技术协同发力筑牢了构建稳定高效可再生能源体系的基础。

图1 可再生能源整合的政策与市场障碍



### 2.2 政策与市场策略

可再生能源的整合靠政策和市场策略起着无法替代的作用,全球主要经济体近五年的数据经分析表明,像财政补贴、税收优惠、绿色证书交易之类的激励机制对可再生能源项目投资规模

有明显促进作用且监管框架一完善就给市场参与者长期发展带来保障。下表是部分国家和地区在可再生能源政策支持方面关键举措及其成效展示<sup>[3]</sup>。

表2 不同国家和地区可再生能源政策支持措施及效果

国家/地区	主要政策工具	实施效果(年均增长率)
欧盟	碳排放交易体系	可再生能源占比提升至22%
中国	补贴+强制配额制	风电装机容量增长15%
美国	税收抵免政策	太阳能发电成本降低30%

数据表明,多元化政策工具对市场活力有激发作用且能给可再生能源整合带来利好的条件。

### 2.3 商业模式创新

对于可再生能源整合来说,商业模式创新是个重要突破口,近几年兴起的像能源即服务(EaaS)、虚拟电厂(VPP)这类新型商业模式给可再生能源大规模应用开拓了新路子,比如虚拟电厂能聚合分布式能源资源以达到灵活调度的目的,这既降低了电网运行成本又提高了系统整体效率,并且基于区块链技术的点对点能源交易平台在试点项目里潜力巨大,能让消费者直接参加能源交易还有额外收益,这些创新模式不但优化了资源配置,也给企业和投资者创造了新的赚钱门道,进而加快了可再生能源的商业化进程。

### 3 结论

在智能能源系统里整合可再生能源是应对全球气候变化与能源需求增长的重要手段并且是达成能源结构转型的关键方法。这几年,在技术进步和政策支持共同推动下,可再生能源在全球能源供应中的占比每年都在上升,国际能源署(IEA)数据表明2022年可再生能源在全球电力新增装机容量的比例超80%意味着它已是能源发展的主导趋向。不过,可再生能源的间歇性、不稳定性仍是限制其大规模利用的主要阻碍<sup>[4]</sup>。本研究从技术、经济、政策这三个方面探究了可再生能源整合的可行办法并拿出综合性策略,这为解决前述挑战提供了理论支撑和实践引导。

在技术方面,智能电网和能源存储技术迅猛发展让可再生能源利用率有了扎实的提升根基,像锂离子电池储能成本五年间降了将近50%使大规模储能系统在经济上更可行,并且需求侧响应技术的运用也让能源系统灵活性大大提高还给供需关系平衡带来新的解决途径。

从经济和政策角度来说,推动可再生能源项目规模化发展核心在于成本效益分析以及商业模式创新,研究显示,过去五年间光伏发电的平准化度电成本(LCOE)降低了约三成且风力发电的成本也下降了大概两成,这使二者在不少地区有了同传统化石能源竞争的实力,并且政府激励机制和监管框架不断完善也加快了可再生能源部署速度,像欧盟就凭借“绿色协议”把到2030年可再生能源占比达42.5%的目标设定下来还配有强大的财政支持和碳定价机制,这些举措既推动了区域内能源转型又给世界其他国家和地区做了榜样,总体来讲,要高效整合可再生能源就得优化能源结构、加强跨区域能源互联并推进能源数字化转型,以后多元化整合路径和协同性政策支持还会起关键作用以给构建清洁、高效、可持续的智能能源系统打牢靠的根基。

#### [参考文献]

[1]张红芬,张有超,刘富,等.双碳目标下考虑源荷灵活性资源的多能互补调度研究[J].电子制作,2024(18):115-119.

[2]苏仁泽.智慧能源系统中的可再生能源预测与调度优化算法研究[J].科技资讯,2024(22):209-211.

[3]司桐,黄骞,杨远平,等.煤炭掺氢燃烧基础研究与技术应用研究进展[J].煤炭学报,2024(06):310-320.

[4]张旭昇,杜逆索.能源交易领域利用区块链、智能合约与博弈论研究进展[J].中外能源,2024(11):15-22.

#### 作者简介:

张景博(2004--),男,汉族,江苏省徐州市人,本科,学生,研究方向:智能能源,能源系统。