

# “十四五”构建以新能源 为主体的新型电力系统

赵剑波，王 蕾

(中国社会科学院工业经济研究所，北京 100006)

**摘要：**在“碳达峰”“碳中和”目标下，新能源产业将迎来高质量、跨越式发展，清洁电力装机占比将大幅提升。然而，如果不能够解决新能源电源消纳问题，以新能源为主体的新型电力生态系统依旧难以形成。本文分析了制约新型电力系统发展的难点，以及各利益相关者关系，提出构建新型电力系统的促进机制。本文认为，以“新能源+储能”为基础的智能微电网模式能够解决分布式发电存在的波动性、间歇性难题，从技术上消除了传统新能源电源有序接入和调控消纳等难题，使得新型电力系统的网络效应得以充分发挥，促进新型电力系统市场体系快速成熟。最后，本文提出了一些具体措施和相关政策建议。

**关键词：**“碳达峰”“碳中和”；绿色低碳；新能源；新型电力系统；储能技术

**中图分类号：**F426   **文献标识码：**A   **文章编号：**1003-2355-(2021)05-0017-05

**Doi:** 10.3969/j.issn.1003-2355.2021.05.003

**Abstract:** Under the carbon peak and neutrality goals, China's energy structure will be transformed to green and low-carbon at a faster pace. However, the new power ecosystem dominated by new energy is difficult to be formed with the problem of integration of new energy power to electric grid unsolved. This paper analyzes the difficulties restricting the development of the new power system, as well as the relationship between various stakeholders, and puts forward the promotion mechanism of constructing the new power system. This paper proposes that the smart micro grid mode based on “new energy + energy storage” can solve the problems of fluctuation and intermittence existing in distributed generation, and technically eliminate the problems of orderly access and regulation and consumption of traditional new energy sources, so as to give full play to the network effect of new power system and promote the rapid maturity of new power system market system. Finally, this paper puts forward some specific measures and relevant policy suggestions.

**Key word:** Carbon Peak and Neutrality Goals; Green Development; New Energy; New-typed Power System; Energy Storage Technology

---

收稿日期：2021-05-13

基金项目：国家社会科学基金重点项目“信息网络技术驱动中国制造业转型路径研究”（编号：16AZD005）；

作者简介：赵剑波（1977-），男，博士，副研究员，从事产业经济研究。

近年来，在国家政策的引导下，我国新能源产业迅猛发展。党的十九大提出，“推进能源生产和消费革命，构建清洁低碳、安全高效的能源体系”。我国力争要在2030年前实现“碳达峰”，2060年前实现“碳中和”，构建以新能源为主体的新型电力系统成为一项艰巨的任务。本文认为，在全球能源革命的背景下，分布式光伏电源装机比例将大幅提升。当前，分布式光伏电源还面临着有序接入难、高效并网难、调控消纳难、运维监控难等难题，而以“新能源发电+储能技术”模式为代表的智能微电网建设，将改善传统新能源电源波动性和间歇性特征，增强源网荷储的融合与灵活性，提升电网接入和消纳的安全性和可靠性，最终通过开展用能信息广泛采集、能效在线分析，实现源网荷储互动、多能协同互补、用能需求智能控制。总之，从绿色低碳发展出发，探索新型分布式新能源的并网消纳模式，满足大规模、高比例分布式新能源并网需要，对于提升分布式新能源消纳水平、促进新能源产业发展、构建新型电力体系，具有重大而深远的意义。

## 一、新能源电源的发展前景与难题

在“双碳”目标下，发展绿色低碳能源是大势所趋<sup>[1]</sup>。大规模分布式电源是新能源产业的重要组成，对于实现“双碳”目标具有重要意义。然而，光伏、风电等新能源具有波动性、间歇性等特征，构建以新能源为主体的新型电力体系，必须提升电源系统的稳定性、可靠性以及安全性和智能化水平。

### (一) 绿色低碳转型是大势所趋

我国电力结构已经开始向绿色低碳转型。受成本下降、技术进步、生态环保等因素推动，可再生能源快速发展带动全球能源供应日趋多元，新兴经济体能源需求持续增长，占全球能

源消费比重不断上升。截至2020年底，我国可再生能源发电装机总规模占比超过40%，位居世界第一。按照我国“碳达峰”“碳中和”时间表，到2030年实现“碳达峰”，意味着平均每年碳排放量由过去的年均3.6%增速降至0.5%<sup>[2]</sup>。2021年是“十四五”的开局之年，能源企业和电力企业需要迈好绿色低碳转型的第一步。尤其在发电领域，电源结构将发生重大改变，绿色电源将成为主体电源。在电网领域，电力资源配置由煤电、水电基地外送，转变为新能源一体化开发外送、源网荷储一体化就近利用，电网形态由区域互联大电网向大电网与微电网、分布式电网兼容并举转变，智能配电网成为未来发展重点<sup>[3]</sup>；在用电领域，用电模式由单向流动转变为源网荷储双向互动模式，储能技术将加快发展，用电形式更加多样化。总之，能源清洁低碳发展成为大势。世界各国纷纷制定能源转型战略，提出更高的能效目标，制定更加积极的低碳政策，不断寻求低成本清洁能源替代方案，推动可再生能源发展和经济绿色低碳转型<sup>[4, 5]</sup>。此外，世界能源技术创新进入活跃期。能源新技术与现代信息、材料和先进制造技术深度融合，太阳能、风能发电、新能源汽车技术不断成熟，大规模储能、氢燃料电池、第四代核电等技术有望突破，能源利用新模式、新业态、新产品日益丰富，将给人类生产生活方式带来深刻的变化<sup>[6, 7]</sup>。

绿色低碳转型意味着巨大的成本。尤其对于以传统化石能源为主的发电企业来说，从高碳资产为主向绿色低碳资产转型的成本十分巨大。以“五大电力”企业为例，2020年有四家清洁能源装机占比低于50%，新能源电源增量成为这些企业投资发展的重点。随着新能源大规模发展，资源争夺和市场竞争将愈加激烈，各企业都在抢抓清洁能源转型的机遇，争取优质新能源资源，坚持集中式与分布式并举，新建为主并购为辅，实现风电、光伏跨越式大发

展<sup>[1]</sup>。实施“碳达峰”“碳中和”是广泛而深刻的经济社会系统性变革，对政府、企业，甚至每个人的生活都是一场变革，“一场硬仗”。十四五时期，是我国实现“碳达峰”目标的关键期、窗口期，除了控制化石能源消费总量、提高利用效能，还要大力实施清洁能源替代行动，深化电力体制改革和碳交易制度创新，也要倡导绿色低碳生活，提升生态碳汇能力。

总之，构建以新能源为主体的电力系统，意味着光伏、风电等清洁能源的大规模发展，到2025年清洁能源装机比例将超过50%<sup>[8]</sup>。清洁能源的高比例发展必须采用市场化手段，避免大幅度的财政补贴。清洁能源的发展必须依靠创新驱动，以新能源为主体的新型电力系统应具备高度的数字化、智能化水平，才能不断提升分布式清洁能源的存储和消纳能力，真正让清洁能源成为电力供应的主体。

## (二) 新能源电源存在诸多不足

构建以新能源为主体的新型电力系统，不仅是发电企业的任务，还涉及到电网、电力装备企业，甚至还涉及到各个分布式微型发电主体<sup>[9]</sup>。传统的光伏发电模式还存在一些不足<sup>[10-12]</sup>，主要体现在：一是有序接入难。电网规划和分布式新能源规划的主体不同，缺乏有效的沟通协同，造成新能源与电网发展不协调，分布式电源无序接入。二是并网服务难。随着未来分布式光伏发电“井喷式”快速发展，电网企业原有的并网服务模式管理链条长、流程繁琐、接电周期长，不能满足新能源快速发展的节奏，对优化并网管理、保障分布式光伏快速安全并网提出更高要求。三是友好并网难。分布式电源波动性、随机性大，高渗透率分布式电源接入配电网，易出现电压越限问题，导致分布式电源脱网率高、发电效率低。尤其是煤电的作用，将定位于增强电力系统灵活调节能力，光伏和煤电共同构成新型发电基地，需要两者协作，才

能提升新能源消纳水平。四是调控消纳难。分布式电源单体可控性差、出力波动性强，大规模分布式电源并网带来控制对象的复杂性和多级协调的巨大难度，电力系统有功无功平衡难以协调优化，可控资源难以充分利用，区域之间难以协调调控，导致分布式电源难以高效消纳、电网损耗增加等问题。五是实时运维难。分布式光伏业主众多，运维力量不足、管理经验缺乏，特别是户用光伏业主，往往缺乏有效监控手段，无法实时掌握分布式电源运行状态，对故障异常处理也不够及时，导致分布式电源安全运行水平低下。面对以上诸多难题，迫切需要从并网消纳技术和智能管理等方面进行变革突破，着力破解大规模分布式新能源并网消纳难题，进一步保障电网安全稳定运行。

## 二、构建新型电力系统的政策建议

相对于光伏发电，智能微电网是分布式电源、储能装置、智能配电系统的结合。微电网也可以直观地称为“新能源+储能”，当前微电网产业已经进入快速增长期，必将成为我国以新能源为主体的新型电力系统的重要组成部分<sup>[13-15]</sup>。发展微电网，是促进能源低碳智慧转型、新能源高质量发展、新型电力系统建设、新型储能发展的关键手段。因此，要围绕“新能源+储能”产业和微电网建设，制定和实施更加有效的政策措施。

### (一) 大力发展“新能源+储能”产业

由于微电网解决了光伏等新能源电源“碎片化”造成的接入和消纳问题，因此发展以“新能源+储能”为基础的分布式电源就有了良好的技术保障，在构建新型电力系统的过程中，发电侧的网络效应就能够得到充分的发展。一是大力发展光伏发电。明确“多能互补、源网荷储协同”的综合能源发展规划，制定相关技术标准，支持“风光火储”大基地建设。积极扩大光伏产业

布局，在工业园区企业屋顶、商业屋顶、滩涂区、丘陵山区和煤矿沉陷区等区域，持续探索开发分布式光伏项目。传统煤电企业可以利用内部煤矿、电厂、港口、铁路等企业资源，充分利用自有厂房屋顶、电厂灰场、铁路沿线、空余场地空间以及其他闲置土地，开发分布式光伏项目。同时，加强与国内先进光伏供应商、运营商合作，促进光伏发电前期开发、设计、工程、运维等技术能力迅速提升。适应新能源大规模、高比例发展，加强传统电力系统与清洁能源的耦合发展，提升发电和电力系统的灵活性调节能力建设。二是推动多能协同互补发展。以储能装备为基础设施，推进分布式新能源项目开发，探索“光伏+农业”“水光互补”“风光互补”“新能源+储能”“新能源+制氢”“地热能利用”等发展模式。实现多能互补优化，实现高比例新能源充分利用与多种能源和谐互济；并明确各类分布式光伏发电站接入电网规划设计的基本原则、接入系统分析和接入系统规划等技术要求，为支撑大规模、分布式电源有序接入奠定坚实基础。着眼解决传统规划方法存在的计算规模小、优化目标和评估指标单一、分布式电源和电网协同规划弱等难题，实现“源网荷储”协同优化规划，有效提高分布式发电渗透率和电网可靠性，系统降低综合投资和网络损耗，满足多元主体利益均衡。三是积极推动电网接入消纳。实现电网配套工程与新能源工程同步建成，保证新能源及时并网发电。以分布式电源发电特性一致、电气距离接近、控制运行方式类似、利于集中管控为原则，进行分布式发电集群划分，实现分布式发电集群接入规划和统一调度，提高分布式电源的消纳能力。根据接入方式和接入规模户，对户用光伏电站、村级电站、厂区电站、基地电站等，归纳提炼分布式光伏接入电网的典型方案和配套电网建改方案，形成适应分布式光伏电压等级、多种接入方式的标准，从源头统一规范接入系统设计。在统一管理模式、统一工作流程、

统一服务规则的基础上，进一步整合电源资源，精简并网手续，并行业务环节，严控流程时限，为分布式电源安全高效并网提供可靠的保障。

## (二) 构建新型电力市场体系和体制

为了应对大规模分布式新能源并网带来的挑战，应充分发挥电网在促进新能源发展中的基础平台作用，以促进分布式新能源全额消纳、保障新能源与电网稳定运行为目标，推进新型电力市场建设和体制机制创新，加快建设适应新能源快速发展的统一开放、竞争有序的电力市场体系。一是健全储能市场机制和配套政策。构建清洁能源增长、消纳、储能协调发展的体制机制，完善相关支持配套政策，加大储能技术开发力度，在大型能源基地开展储能创新示范，明确储能参与调度与市场交易的补偿机制，推动储能规模化应用。建议合理确定可再生能源发展目标，因地制宜制定发展策略，降低开发综合成本，加快新技术研发，提升电网消纳和送出能力。二是健全新能源消纳许可审批制度。确定可再生能源发展目标，放宽新能源消纳许可，加快并网审批流程。简化新能源项目电网消纳意见和并网许可流程，优化项目开发进度。构建新能源消纳长效机制统筹负荷侧、电源侧、电网侧的资源，完善新能源调度机制，多维度提升电力系统的调节能力。创新融资渠道，解决可再生能源补贴拖欠问题；简化新能源项目电网消纳意见和并网许可流程，优化项目开发进度。三是鼓励企业发展分布式自发自用项目。许可自发自用能够促进新型电力平台网络效应的发挥；密切跟踪技术发展前沿，在电源侧加快推动实施“光伏+储能”“风电+储能”等新模式，提高消纳能力和电网友好性；在用户侧尤其在工业客户，大力开展储能业务，充分利用峰谷电差，为企业节能增效，优先在峰谷电差相对可观的大型城市区域大力推广。推进电力体制市场化改革，鼓励分布式电源的

自发自用。适度拉大峰谷电价价差，引导电力消费需求。总结电力市场运行经验，疏导电源参与调频、调幅、调压等辅助服务的市场化价格机制，鼓励按照“自发自用、余量上网”的发电方式优化市场供需，实现多方共赢。

### (三) 建立协同互利的外部协调机制

分布式光伏电网并网消纳涉及地方政府、电网企业、新能源业主、设备制造商等多个主体，管理链条长，推进难度大。应树立和谐共赢的理念，在充分了解各利益相关方期望与诉求的基础上，推动其信息交互、共享与协同。一是坚持多方协同。加强内外联动，建立多方协同的组织保障和多维联动的工作机制，积极对接各地方政府部门，主动服务新能源业主，积极与设备制造商交流，建立政府、电网企业、新能源业主、设备制造商多方联动机制，促进各方相互协调配合，最大限度提升区域电网对分布式电源的消纳能力，协同推进分布式电源全额消纳，实现合作共赢。二是坚持需求导向。以问题和需求为导向，以业务需求驱动技术创新，对大规模分布式新能源规划设计、关键终端设备、集群调控三大关键技术进行攻关，突破输配协调技术，实施分布式电源协同优化调度，实现分布式发电就近消纳，实现区域电网的最优控制和分布式电源的最大消纳，进一步将新方法、新设备、新技术、新系统研发成果转换为系列技术标准。三是强化政企合作。尤其是要强化新能源项目布局与各省市“十四五”规划的衔接，营造良好的政企合作环境。加强与政府主管部门的沟通汇报，及时掌握包括分布式光伏电源在内的新能源规划建设信息。科学制定分布式新能源发展规划和项目开发计划，推进电源和电网协调有序发展，保障分布式电源有序接入。根据新能源规划建设信息、传统电源情况、电网状况、负荷预测、地理位置、资源条件等，统筹兼顾各方需求，通过优化完

善电网结构、有序开发新电源项目等措施，实现新能源发展综合利益的最大化。

### 参考文献：

- [1] 郭敏晓, 杨宏伟. 围绕“碳中和”愿景 能源与环境领域将呈现六方面的变化趋势 “十三五”能源与环境形势及“十四五”展望 [J]. 中国能源, 2021, 43 (03): 19–23.
- [2] 国家能源局: 我国可再生能源实现跨跃式发展——我国可再生能源发展有关情况介绍 [J]. 中国电业, 2021, (04): 6–9.
- [3] 曾鸣, 许彦斌. 综合能源系统要义: 源网荷储一体化+多能互补 [N]. 中国能源报, 2021-04-12 (004).
- [4] 张玉卓, 蒋文化, 俞珠峰, 等. 世界能源发展趋势及对我国能源革命的启示 [J]. 中国工程科学, 2015, 17 (09): 140–145.
- [5] 师亚东, 李靓. 国际能源企业低碳化转型实践研究 [J]. 中国能源, 2021, 43 (03): 75–79.
- [6] 杜祥琬. 能源革命: 为了可持续发展的未来 [J]. 中国人口·资源与环境, 2014, 24 (07): 1–4.
- [7] 林伯强. 能源革命促进中国清洁低碳发展的“攻关期”和“窗口期” [J]. 中国工业经济, 2018, (06): 15–23.
- [8] 时家林. 依托技术进步 构建我国新型现代能源体系 [N]. 学习时报, 2019-09-18 (006).
- [9] 舒印彪, 张智刚, 郭剑波, 等. 新能源消纳关键因素分析及解决措施研究 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37 (01): 1–9.
- [10] 裴哲义, 王彩霞, 和青, 等. 对中国新能源消纳问题的分析与建议 [J]. 中国电力, 2016, 49 (11): 1–7.
- [11] 周强, 汪宁渤, 冉亮, 等. 中国新能源弃风弃光原因分析及前景探究 [J]. 中国电力, 2016, 49 (09): 7–12.
- [12] 蓝澜. 新能源发电特性与经济性分析研究 [D]. 华北电力大学, 2014.
- [13] 陈国平, 李明节, 许涛, 等. 关于新能源发展的技术瓶颈研究 [J]. 中国电机工程学报, 2017, 37 (01): 20–27.
- [14] 周孝信, 鲁宗相, 刘应梅, 等. 中国未来电网的发展模式和关键技术 [J]. 中国电机工程学报, 2014, 34 (29): 4999–5008.
- [15] 彭思敏. 电池储能系统及其在风—储孤网中的运行与控制 [D]. 上海交通大学, 2013.