

# 发展新型电力系统助力实现“双碳”目标

曹辉

国网南漳县供电公司

**摘要:** 在全球范围内应对气候变化和推进能源转型的背景下,构建新型电力系统成为实现中国“双碳”目标的关键。本文聚焦于新型电力系统的构建及其在“双碳”背景下的重要性,分析了传统电力系统的局限性和新型电力系统的特征。深入讨论了新型电力系统在源-荷调度、低碳市场机制构建,以及碳排放评估方面的关键技术,并探索了电力系统转型的有效路径,旨在为我国电力系统的低碳转型提供理论依据和实践指导。

**关键词:** 电力系统; 双碳目标; 能源转型; 可持续发展

【DOI】 10.12252/j.issn.2096-627X.2022.05.117

## 引言

“十四五”规划以来,我国积极响应碳中和战略,并提出实现碳达峰和碳中和的目标,以全面革新经济和社会发展模式。电力行业是能源消耗和碳排放的主要领域,其转型对于减缓气候变化、促进绿色发展具有不可替代的作用,因此,构建新型电力系统成为实现双碳目标的重要一步。新型电力系统的建设不仅关乎能源结构的优化,更是电网企业的转型发展,对推动经济绿色转型、促进环境治理和技术创新具有深远影响。故此,本文旨在探讨新型电力系统在实现双碳目标中的作用、面临的挑战及其解决方案,期望为电力系统的绿色转型提供支持。

### 一、“双碳”目标的内涵

“双碳”目标,即碳达峰和碳中和,是我国应对全球气候变化和推动高质量发展的重要战略决策。我国于2020年9月宣布,将采取更有力的政策和措施力争2030年前实现碳达峰,2060年前实现碳中和。此目标不仅是我国积极应对气候变化的决心,亦对电力行业等多个领域产生了深远影响。碳达峰是指到2030年,我国的二氧化碳排放将达到峰值,并在保持经济发展的同时减少二氧化碳排放。碳中和是指到2060年,我国将实现碳排放的净零排放,即通过各种措施和技术,使排放的碳量与从大气中移除的碳量平衡。

为此,我国制定了一系列具体措施,包括逐步增加非化石能源消费的比重,预计到2025年,非化石能源消费的比重将达到约20%,到2030年将达到约25%,并在2060年达到超过80%。此外,我国还计划到2025年将单位国内生产总值的二氧化碳排放量较2020年水平降低18%,到2030年较2005年水平降低65%以上。同时,我国还将大力发展可再生能源,包括风能和太阳能。到2030年,我国的风能和太阳能总装机容量预计将达到1200吉瓦。因此,实现这些目标需要我国进行深刻地产业结构调整和能源转型,同时加强技术创新和绿色低碳的发展模式<sup>[1]</sup>。

### 二、构建新型电力系统面临的挑战与机遇

#### 1. 面临的挑战

随着新能源的广泛应用,新型电力系统在经济效益和环保效应方面表现出色,然而,新能源的波动性和不稳定性,会导致电网频率和电压的变化,给整个电力系统带来负担。此外,电力系统在调峰等工程实践中也存在难度。例如,2021年2月的美国德克萨斯州大规模断电事件。这类断电事件通常由低温、暴风雪、冰雹等极端天气条件引起,导致发电设施冻结,降低发电效率,甚至完全停止发电。同时,随着对太阳能的大量投资和大规模变流器的普及,电力系统的稳定性受到挑战。例如,2015年在新疆哈密,风电场之间的共振影响了电力的正常运行。导致风电场附近的火电机组因轴系扭振保护相继动作跳闸。

此外,新能源的丰富性与庞大的能源消耗之间存在反向关系,这要求大规模开发网络资源并进行优化。我国的电力资源储量较大,需要以更经济、有效的方式将风能、光伏等新能源传输至电力系统。随着环保指标的逐渐达标,应更加注重富光、富风区域的高效开发,同时利用先进科技,如特高压技术,将富光、富风区的电能输送至用电量较大的地区,从而保障全国电网的供电稳定,提高能源利用率。

#### 2. 面临的机遇

市场方面,由于政府对新能源产业的大力扶持,市场对各类新能源产品的需求量较大,这促使电网公司和其他组织机构投资和研发新的发电方式,如虚拟发电厂的开发,充分利用市场资源,确保新型电网在更稳定、有效的条件下发展。技术方面,我国在电力领域具有技术优势,在特高压技术方面处于领先地位。我国已经开始构建适合国情、以新能源为主体的新型电力系统,为电力系统的低碳转型奠定了良好基础。

具体来说,我国是世界上最大的可再生能源生产国。我国计划到2030年将可再生能源容量提高至1200千兆瓦,并在2026年底前实现太阳能容量达到1000千兆瓦。同时,我国还是可再生能源技术的全球领先供应

商，预计到2026年将占据全球太阳能制造能力的80%以上，有助于减少温室气体排放，减少对进口石油和天然气的依赖。

### 三、新型电力系统

#### 1. 新型电力系统的定义

新型电力系统突破了传统电力系统的局限，体现在以下几个方面：

(1) 清洁低碳：新型电力系统强调“清洁主导、电为中心”的能源供应和消费核心目标。生产侧要实现能源供应的多元化，推动电源结构向清洁无污染方向转型，提升零碳和低碳发电量的比例，最终实现净零排放的目标。在消费侧，系统需要提高用能效率，降低能源消费强度，控制能源消费总量，并逐步减少能源消费。

(2) 安全可靠：新型电力系统以新能源供电为主，需确保新能源具备主动支撑能力。电网侧结构将发生变革，大电网、微电网等将协同发展。构建安全防御体系，在电网规模合理、结构坚强的前提下，确保系统可观可测可控，具备强大的韧性、弹性和自愈能力。

(3) 灵活高效：提升用能效率是新型电力系统的内在要求。系统需要增强发电侧和负荷侧的调节能力以及电网侧的配置能力，实现不同形式能源的灵活转换和多能互补、互济，提升资源使用效率。

(4) 智能友好：新型电力系统应统筹兼顾发电侧、电网侧和需求侧的资源利用和协调发展。智能化、网络化是实现源网荷储各要素友好协同的重要方式，也是新型电力系统的基本特征。

(5) 开放互动：电力市场化改革意味着市场主体多元化，市场竞争、多方互动响应将越来越充分。新型电力系统的建设需要以开放互动为基础，适应各类新技术的发展要求，满足新设备、多元负荷的大规模接入。

总之，构建新型电力系统涉及供电侧的多元化和清洁化、电网侧的结构改革、需求侧的电气化提升，以及智能化、网络化的整合。需跨领域、跨学科的协同配合，考虑能源、碳排放、资金、参与者行为以及信息、物理、社会元素引入的各种风险源，打破信息壁垒，实现动态平衡，确保电力、能源、经济和环境安全。

#### 2. 新型电力系统的影响

新型电力系统对发电领域的影响表现在电源结构的根本转变，从以化石能源为主体转向以风能和光伏能源为主体，电力系统从依赖于连续可控出力的煤电装机转变为依赖于不确定性强、波动性大的新能源发电装机，资源配置从煤电、水电基地外送转变为以新能源为主体的一体化开发外送及就近利用<sup>[2]</sup>。

电网方面，虽然大电网仍然是电能输送的主干力量，但配电网的功能将得到进一步提升，向能源综合承

载与互动的方向发展。微电网将被纳入互联互通的多类型能源网络，实现终端用能交互与协调自治的功能。电网形态将被重塑，传统的区域互联大电网将向与微电网、分布式电网互联互通的方向发展。用电方面，用电模式将由单向流动转变为源网荷储双向互动模式。负荷特性也将随之发生变化，源一荷角色转换将呈现随机性特征。基本负荷体量、尖峰负荷增幅以及随机负荷的波动性会大幅增加。此外，随着用电需求的增加和用电形式的多样化，储能技术也将获得创新发展和广泛应用。

### 四、新型电力系统建设的关键技术

#### 1. 源一荷精细化预测

首先，需构建适应新能源特性的电力预测模型，收集有关风速、日照强度、温度、湿度等环境参数的数据。对于荷（即用电需求），则需收集有关工业、商业和居民用电的历史数据，以及可能影响用电的因素（例如，温度、时间、节假日等）。采用机器学习技术，建立预测模型。基于输入的环境和历史用电数据，预测未来一段时间内的能源产出和用电需求。应用聚类算法，将相似的用电模式归为一类，以提高预测的准确性，实现电力系统的实时预报。预测模型通常分为中长期预测、短期预测和超短期预测。中长期预测需要综合考虑地理环境、气候条件和区域特性等多个因素。为实现准确的中长期预报，可以使用聚类方法对长时段的数据进行分析和拟合，从而实现准确预测。

#### 2. 低碳电力市场机制

低碳电力市场机制的核心是建立有效的碳交易市场，允许排放二氧化碳的企业在市场上购买和出售排放权。通过为碳排放定价，激励企业采用低碳技术和方法，从而减少整体碳排放。通过这种方式，市场机制能够有效地分配资源，确保碳减排以最经济有效的方式实现。其次，低碳电力市场机制还涉及电力市场的互动机制，确保电力市场能够有效地整合可再生能源。电力市场的互动机制包括需求响应、电力定价策略和可再生能源配额制等。为此，需要确立准确有效的碳排放测量和报告机制，确保市场的透明度和公平性。碳价格需要反映碳排放的真实环境成本，以确保市场的经济激励效果。此外，还需要考虑市场机制如何与现有的能源和环境政策相协调，以及如何确保市场的长期稳定和可持续发展。

#### 3. 碳水平的表征与评估

碳水平的表征与评估涉及对电网碳排放进行定量评估，建立全面的碳排放评估体系，更准确地理解和管理电力系统在整个生命周期中的碳足迹，从而支持碳减排和可持续发展的目标。碳核算是此过程的基础，包括排放因子法、实际测量法和质量平衡法。

(1) 排放因子法：通过使用特定的排放因子（即

单位活动或过程所产生的碳排放量)来估算碳排放。例如,可以通过计算燃烧特定类型燃料时每单位能量所释放的二氧化碳量来估算碳排放。

(2) 实际测量法:直接测量排放源的碳排放量,通常用于具体的排放源,如工厂或电力站,并依赖于复杂的监测设备。

(3) 质量平衡法:基于品质守恒原理,通过分析产品的制造过程和相关的化学反应来估计碳排放量。考虑所有原料和产物的质量,以确保质量平衡。

在进行碳排放预测时,可以利用观测资料进行短期预报,此在预测精度上较为准确,但由于电力系统的复杂性,长期预测效率较低。为提高预测的准确性,需要综合考虑电网的生产、输送、运行和回收等多个方面。碳水平的评估不仅限于当前操作,还应从整个电网的寿命期角度出发,分析影响电网运行的各种因素,如运行特性、碳排放量及其对环境的影响。此外,在深入研究电网碳排放机制的基础上,应开发适应电网特征的判别算法,并针对电网规划、电网运行设备进行全面评估。

## 五、新型电力系统的发展路径

### 1. 电源侧优化

为实现“双碳”目标,提高电力供给的弹性,强化储能控制和多能互补,确保电力的稳定供给。需开发和整合新的能量技术。研发新型电力网络技术,特别是针对风能和光能发电的接入和整合技术,以减少这些能源对电网稳定性的影响。实现先进的电网管理系统,通过智能电网技术,实时监控和调节电网状态,优化电力分配。并采用高效地能量转换技术,如高效率的逆变器,以最大限度地提高可再生能源的转换效率。其次,利用储能技术,建立大规模储能系统,如化学电池储能、抽水蓄能、压缩空气储能等,以储存过剩的电力,供不稳定或高需求时段使用。并推广分布式储能解决方案,例如在太阳能光伏板旁边安装电池存储,以提高能源的局部利用效率。还需开发和实施先进的储能管理系统,以优化储能设备的充放电过程,确保能量的高效利用。

此外,应建设可再生能源补充体系,充分利用风能、光能、水能和氢能等可再生能源,创造综合性的、互补的能源系统。在能源丰富地区建设大型可再生能源基地,如风电场和太阳能发电站,并通过特高压输电线路将电力输送到需求地区。制定和实施区域性能源规划,确保各种能源在时间和空间上的有效利用和互补。最后,应推动电力市场改革,建立灵活、开放的电力交易机制,鼓励清洁能源的发展和利用。实施电力定价策略,如差别电价和峰谷电价,以激励用户在电力需求低的时段使用电力,减轻电网负荷。提供政策支持和激励,如补贴、税收优惠和研发资助,以支持新能源技术

的开发和应用。

### 2. 建立高效率的配置平台

首先,必须加大对直流输电和柔性直流输电等先进技术的研发力度。这些技术能够适应大范围的输电需求,提高电力系统的效率和可靠性。直流输电技术特别适合于远距离和大容量的电能传输,能有效减少输电损失,提升整个电力系统的节能减排效果。柔性直流输电技术则能更好地适应可再生能源的波动性,提高系统的稳定性。接下来,可建立中央控制中心,利用云计算平台集成天气预报、电力消费模式、电网运行状态等数据。通过大数据分析,控制中心可以实时调整电力生产和分配,优化资源配置。例如,在风力和太阳能发电量增加时,系统可以自动减少传统火力发电站的输出,以减少碳排放并提高能效。

### 3. 挖掘负荷侧资源需求潜力

首先,需要进一步挖掘需求方的潜能,增强供需双方的交互作用,构建新型电网消纳方式,使电网的多项功能相互补充,提高电网的电气化程度。充分挖掘用户端的可用资源,如家庭和企业的储能设备、电动汽车充电设施等。通过数字技术调整系统运行状态,同时监控所需数据,满足对负荷的监控需求。实时监控充电宝和分散电源系统,利用智能电表等设备收集数据,为系统运行提供决策支持。

为加强用户端的监控,还需要强化电力需求市场化的制度安排,采用新的盈利方式,激励更多负载聚合企业加入市场。例如,实施需求响应计划,鼓励用户在电网负荷高峰时减少电力使用,作为回报获得经济补偿或电费优惠。针对未来各种新型能源形式的出现,持续开发新产品和技术也是关键。需为不同经营模式设计适应性强的产品,如能与智能电网兼容的家用和工业用电器,以及能够有效存储和释放电能的高效储能解决方案。

## 结束语

综上所述,本文全面分析了在“双碳”背景下,传统电力系统的局限性和新型电力系统的优势,明确了低碳转型的必要性。在技术层面,强调了精细化预测、低碳市场机制和碳水平评估的重要性。同时,提出了电源侧优化、高效配置平台建设和负荷侧资源潜力挖掘等发展路径。未来,随着技术的进步和政策的支持,新型电力系统将在实现碳减排和能源安全中发挥更加关键的作用,推动我国电力系统的低碳、高效、可持续发展。

## 参考文献

- [1]舒印彪.发展新型电力系统助力实现“双碳”目标[J].中国电力企业管理,2021(7):8-9.
- [2]廖扬.考虑阶梯式碳交易的互联综合能源系统分散协调调度[D].2022.