

# 新型电力系统构建的若干基本问题

姚 振 陈小明

国网和田供电公司 新疆 和田 848000

**摘要:** 新型电力系统以“碳达峰、碳中和”为目标,构建具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好等特征的系统。本文首先定义了新型电力系统,并阐述了其构建的基本原则,包括安全性、经济性和可持续性。文章探讨了新型电力系统构建中面临的电源形态与能源结构、电网形态与输电技术、负荷形态与需求响应等基本问题。提出了构建新型电力系统的关键技术方向,包括碳捕集、利用与封存技术,长时储能技术以及智能电网与微电网技术等。

**关键词:** 新型电力系统; 能源转型; 基本问题

## 1 新型电力系统的定义

新型电力系统是以实现“碳达峰、碳中和”为目标,贯彻新发展理念、构建新发展格局、推动高质量发展的内在要求为前提,确保能源电力安全为基本前提,以满足经济社会发展电力需求为首要目标,以最大化消纳新能源为主要任务,构建的具有清洁低碳、安全可控、灵活高效、智能友好、开放互动基本特征的电力系统。这一系统以坚强智能电网为枢纽平台,通过源网荷储互动与多能互补的支撑,实现了多种能源的高效转化和利用。在新型电力系统中,不同类型的机组采用了先进的灵活发电技术,而不同时间尺度与规模的储能技术也得以广泛应用,这为支撑高比例新能源接入系统和外送消纳提供了坚实的基础。同时,新型电力系统还体现了数字信息技术与物理系统的深度融合。通过“云大物移智链边”等先进数字信息技术的广泛应用,电力系统实现了高度数字化、智慧化和网络化,从而支撑了源网荷储海量分散对象的协同运行和多种市场机制下系统复杂运行状态的精准感知和调节<sup>[1]</sup>。总的来说,新型电力系统不仅注重能源的高效利用和环境的保护,还注重系统的安全性、稳定性和可靠性。它是一个适应发展变化、自动化管理、可信赖运行的电力系统,对于推动经济社会的高质量发展、实现能源结构的转型升级以及促进生态文明建设都具有重要意义。

## 2 构建新型电力系统的基本原则

### 2.1 安全性

安全性是构建新型电力系统的首要原则。新型电力系统面临着多重挑战,包括新能源接入带来的电网稳定性问题、极端天气条件下的电力供应保障、以及网络安全与信息安全的风险等。因此,确保电力系统的安全性是至关重要的。在安全性方面,新型电力系统需要强化电网基础设施的建设和维护,提升电网的韧性和适应

性。具体而言,应加强对电网设备的监测和维护,及时发现并处理潜在的安全隐患。同时,还需要完善电网调度和运行管理机制,提高应对突发事件的能力。另外,随着新能源的大规模接入,电力系统的稳定性问题日益突出。因此,需要加强对新能源发电的预测和监控,确保新能源发电的稳定性和可靠性。在网络安全与信息安全方面,新型电力系统需要建立健全的网络安全防护体系,加强对关键信息基础设施的保护;通过采用先进的网络安全技术和手段,防范黑客攻击、病毒传播等网络安全威胁。还要加强信息安全管理,确保电力数据的准确性和安全性。

### 2.2 经济性

新型电力系统的构建需要投入大量的资金和资源,在经济上必须考虑其成本效益和可持续性。在经济性方面,新型电力系统应注重提高电力生产和输送的效率,降低电力成本。通过优化电源结构和电网布局,实现电力资源的合理配置和高效利用。加强对电力市场的监管和管理,防止电力市场的垄断和不正当竞争。通过推广智能电网和智能电表等技术,实现电力供应的智能化和精细化管理,提高电力供应的可靠性和经济性。另外,新型电力系统的经济性还需要考虑新能源的开发和利用成本。虽然新能源具有清洁、低碳等优点,但其开发和利用成本相对较高。因此,需要通过技术创新和政策支持等手段,降低新能源的开发和利用成本,提高新能源的经济性。

### 2.3 可持续性

新型电力系统应致力于推动能源转型和可持续发展,实现能源资源的节约和高效利用。在可持续性方面,新型电力系统应注重发展清洁能源和可再生能源,减少对化石能源的依赖。通过加大对清洁能源和可再生能源的投入和开发力度,提高其在能源结构中的比重;

加强对能源消费的监管和管理,推动能源消费的节约和高效利用<sup>[2]</sup>。另外,新型电力系统的可持续性还需要考虑生态环境保护和社会责任。在电力系统建设和运行过程中,应注重保护生态环境,减少对环境的污染和破坏。积极履行社会责任,为社会提供优质的电力服务和保障。

### 3 新型电力系统构建的若干基本问题

#### 3.1 电源形态与能源结构问题

在新型电力系统的构建过程中,电源形态与能源结构问题是首要考虑的关键要素。传统电力系统主要依赖于化石燃料(如煤炭、石油和天然气)作为主要的能源供应,这不仅导致了大量的温室气体排放,还加剧了能源资源的枯竭问题。因此,新型电力系统必须从根本上改变电源形态,转向更加清洁、低碳、可持续的能源供应。新型电力系统需要大力发展可再生能源,如风能、太阳能、水能、生物质能等,以减少对化石燃料的依赖。然而,可再生能源的发电具有间歇性和不稳定性,如何有效整合这些分布式、间歇性的可再生能源,成为了一个亟待解决的问题。新型电力系统还需要考虑能源结构的优化,确保各类能源之间的互补和平衡,以满足电力需求的多样性和稳定性。在电源形态的转变过程中,还需要解决能源存储和转换技术的问题。由于可再生能源发电的波动性,需要大规模、高效率的储能设施来平衡供需矛盾。

#### 3.2 电网形态与输电技术问题

传统电网以集中式发电、大规模输电为主,而新型电力系统则更加注重分布式发电和微电网的应用,以实现能源的灵活配置和高效利用。随着可再生能源的接入和分布式电源的增多,电网的形态将发生显著变化。微电网、虚拟电厂等新型电网形态将成为重要的组成部分,它们能够在局部区域内实现能源的自治和优化调度。然而,这也对电网的输电技术提出了更高的要求。如何确保大规模可再生能源电力的远距离、高效率、安全可靠的输送,成为了一个亟待解决的问题。

#### 3.3 负荷形态与需求响应问题

随着经济社会的发展和人民生活水平的提高,电力需求呈现出多样化、个性化的特点。传统的负荷预测和调度方法已经无法满足新型电力系统的需求。新型电力系统需要更加注重用户的参与和互动,通过智能化技术和市场机制引导用户主动调整用电行为,实现负荷的灵活调度和精准管理。具体而言,可以通过建设智能电表和能源管理系统,实时监测用户的用电情况和负荷变化,为用户提供个性化的用电建议和节能方案。可以通过需求响应机制,引导用户在高峰时段减少用电,在低

谷时段增加用电,以实现电力供需的平衡和优化<sup>[3]</sup>。

## 4 新型电力系统构建的关键技术方向

### 4.1 碳捕集、利用与封存(CCUS)技术

在全球气候变化和环境保护的背景下,构建新型电力系统不可避免地需要解决碳排放问题。碳捕集、利用与封存(CCUS)技术作为一种重要的减碳技术,正在新型电力系统的构建中发挥着关键作用。CCUS技术主要包括二氧化碳的捕集、运输、利用和封存四个环节。捕集环节是实现CCUS的第一步,通常采用燃烧前捕集、富氧燃烧捕集和燃烧后捕集等技术,从电力、化工等行业的排放源中捕获二氧化碳。燃烧前捕集技术,如整体煤气化联合循环发电(IGCC)和工业分离,可以在燃料燃烧前将二氧化碳进行分离。富氧燃烧捕集则通过高纯度氧气燃烧产生高浓度二氧化碳的烟气,便于后续捕集。燃烧后捕集则是直接从烟道气中捕集二氧化碳,这一技术在中国已有较为成熟的应用。捕集到的二氧化碳需要通过运输环节送到封存地点;目前,二氧化碳的运输方式主要有公路罐车运输和管道运输。公路罐车运输灵活,但单位成本高,适用于小规模、短距离的运输。管道运输则具有运量大、成本低、受外界干扰小的优势,是未来CCUS项目主要的运输形式。中国已在吉林油田、华东油田和胜利油田等地建设了二氧化碳运输管道,未来随着CCUS技术的广泛应用,更多的管道运输网络将被建设。二氧化碳的利用和封存是CCUS技术的关键环节;利用环节主要将二氧化碳转化为高附加值的产品,如甲醇、碳酸盐等化工原料,或者通过生物利用和矿化利用等方式将二氧化碳转化为无害或低害的物质。封存环节则是将捕集到的二氧化碳注入地下,与大气隔绝,实现长期封存。封存地点的选择至关重要,需要满足地质条件稳定、封存容量大、安全性高等要求。CCUS技术在新型电力系统中的应用前景广阔;一方面,它可以作为化石能源低碳利用的重要手段,减少电力行业的碳排放。另一方面,CCUS技术还可以与其他可再生能源技术相结合,如生物质能-碳捕集与封存(BECCS)技术,实现负排放,为全球气候变化应对提供新的解决方案。此外,CCUS技术在钢铁、水泥等难减排行业的应用也具有重要的现实意义。

### 4.2 长时储能技术

新型电力系统中,可再生能源的大规模接入使得电力系统的波动性显著增加,对储能技术提出了更高的要求。长时储能技术因其能够在长时间维度上平抑新能源发电带来的波动,保障季节性及极端天气下的电力供应,成为新型电力系统构建的关键技术之一。长时储能

技术主要包括抽水蓄能、压缩空气储能、熔盐储热、液流电池和氢储能等五种类型。抽水蓄能是目前最成熟、应用最广泛的长时储能技术,具有容量大、效率高、运行灵活等优点。它通过在电力负荷低谷时利用多余电力将水抽到高处的水库储存,在电力高峰时放水发电,实现电能的储存和释放。抽水蓄能电站的建设不仅可以提高电力系统的稳定性,还可以优化电力资源配置,降低电力成本。压缩空气储能技术则是利用空气压缩机将空气压缩并储存在高压容器中,当需要电力时,高压空气被释放并驱动膨胀机发电。这种技术具有储能密度高、寿命长、维护成本低等优点,尤其适合用于大规模、长时储能的场合。然而,压缩空气储能技术也面临着储能效率、设备成本等方面的挑战,需要进一步的技术研发和优化;熔盐储热技术则是利用熔盐的高热稳定性和高热容特性,将太阳能或其他热能转化为热能储存起来,并在需要时通过热交换器将热能转化为电能或热能供应。这种技术具有储能密度高、热损失小、运行稳定等优点,尤其适合用于太阳能热发电等场合;液流电池技术则是一种基于电解质溶液流动的电池储能技术,具有储能容量大、充放电效率高、循环寿命长等优点。液流电池可以根据需要设计不同的储能容量和功率,适用于各种规模的储能需求。然而,液流电池技术也面临着电解质成本高、电池管理系统复杂等问题;氢储能技术则是利用电解水制氢将电能转化为氢能储存起来,并在需要时通过燃料电池将氢能转化为电能或热能供应<sup>[4]</sup>。这种技术具有储能密度高、清洁环保、适用范围广等优点,尤其适合用于可再生能源的储存和转化。

#### 4.3 智能电网与微电网技术

智能电网通过集成先进的通信、信息和控制技术,实现对电力系统的实时监测、优化调度和智能控制,提高电力系统的运行效率和可靠性。微电网则是一种小型化的电力系统,可以独立于主电网运行,也可以与主电网并网运行,为局部区域提供电力供应和能源管理。智能电网技术包括高级量测技术、高级配电运行技术、高级输电运行技术和高级资产管理技术等四个方面。高级

量测技术可以实现对电力用户的实时监测和计量,为电力市场的交易和结算提供数据支持;高级配电运行技术可以实现对配电系统的实时监测和优化调度,提高配电系统的运行效率和可靠性;高级输电运行技术可以实现对输电系统的实时监测和预警,提高输电系统的安全性和稳定性;高级资产管理技术则可以实现对电力系统资产的实时监测和管理,提高资产的使用效率和寿命。微电网技术则包括微电网的规划、设计、运行和控制等方面。微电网的规划需要考虑负荷需求、可再生能源资源、储能技术等因素,确定微电网的规模、结构和布局;微电网的设计则需要考虑微电网的电源配置、储能配置、负荷特性等因素,确定微电网的运行方式和控制策略;微电网的运行则需要实时监测微电网的运行状态,优化微电网的能源配置和负荷管理;微电网的控制则需要实现对微电网的实时监测和控制,保障微电网的稳定运行和电力供应。

#### 结束语

构建新型电力系统是实现能源转型和应对气候变化的重要途径。然而,新型电力系统的构建面临着诸多挑战和困难,需要政府、企业和科研机构等多方面的共同努力。未来,随着关键技术的不断突破和应用,新型电力系统将逐渐走向成熟和完善,为经济社会的高质量发展提供有力支撑。我们期待新型电力系统能够在实现能源绿色低碳转型的同时,推动能源的高效利用和可持续发展。

#### 参考文献

- [1]张智刚,康重庆.碳中和目标下构建新型电力系统的挑战与展望[J].中国电机工程学报,2022,42(08):2806-2819.
- [2]王志轩.构建以新能源为主体的新型电力系统框架[J].阅江学刊,2021(3):35-43.
- [3]袁家海,张凯.“碳中和”目标下,新型电力系统中常规煤电退出路径研究[J].中国能源,2021,43(6):19-26,66.
- [4]盛戈皞,钱勇等.面向新型电力系统的电力设备运行维护关键技术及其应用展望[J].高电压技术,2021,47(09):3072-3084.