

虚拟电厂供需链路及发展浅析

► 施懿宸 俞越 朱子慧



图片来源:北京市通州区城管委

虚拟电厂的控制系统

能源系统的效率、可靠性和可持续性。

对于虚拟电厂,人们有多种分类方法。据其资源属性,可分为能量输出型和功率调节型;根据实现功能的不同,存在商业型和技术型虚拟电厂。商业型虚拟电厂,主要是从商业收益的角度出发,制定各分布式能源的发电和用电计划并参与电力市场,包括中长期或现货等能量市场以及辅助服务市场;技术型虚拟电厂,主要是从安全调度的角度出发,通过响应电力系统下发的调度指令,为输电网提供实时功率平衡服务,或是为配电网提供阻塞管理、电压控制等服务。

2. 虚拟电厂供需逻辑

在虚拟电厂的运营中,涵盖了各种能源资源,包括但不限于太阳能光伏系统、风力涡轮机、传统的火力发电厂。这些能源资源分布在不同的地理位置和技术平台上,形成了一个分散的网络。太阳能和风力资源主要用于可再生能源的发电,而传统发电厂则提供了稳定的基础负荷,储能设备则用于平衡能源的供需差异,提高能源系统的灵活性。以各类最终用户的用电需求,电力市场根据实际的电力需求进行市场定价,并通过

虚拟电厂的协同运作,实时监测和调整能源生产与分配,以整合多种能源资源,可有效提高能源的利用率,提高能源的灵活性和稳定性,推动清洁能源的发展。

在虚拟电厂供需链路中,信息和通信技术发挥着关键作用。智能化的监测和控制系统使得虚拟电厂能够实时获取各个能源资源的产能和状态信息。这些数据通过通信网络传输到虚拟电厂的集中控制中心,经过分析和处理后,制定最优的能源调度方案。同时,市场需求信息也被反馈给虚拟电厂,以便调整能源生产和供应。

二、虚拟电厂与需求响应

构建虚拟电厂的前置条件是需要与需求响应进行对应。需求响应是指应对短时的电力供需紧张,可再生能源电力消纳困难等情况,通过经济激励为主的措施,引导电力用户根据电力系统运行的需求自愿调整用电行为,实现削峰填谷,提高电力系统灵活性,保障电力系统安全稳定运行,促进可再生能源电力消纳。

需求响应主要分为邀约型与实时型两种呈现形式。邀约型需求响应是一种预先计划和安排的响应方式,能源消耗方和虚拟电厂之间事先协商好特定的时间段内的电力使用计划,其中包括能源消耗方在高峰期减少负荷或启动储能设备,以及虚拟电厂在可再生能源充足时增加产能。实时型需求响应则更加灵活,能够在短时间内作出实时的响应,能源消耗方和虚拟电厂将会根据实际情况,通过智能化监测和控制系统在实时情景中调整能源使用,其中包括对负荷的即时调整、储能设备的实时利用以及根据市场电价在实际运行中作出灵活的决策。相比邀约型需求响应的刚性计划与对信息需求的高依赖性,实时型需求响应的优势在于适应性强,能够更加灵活地适应市场变化和系统波动,虚拟电厂也可结合市场环境动态变化、对气候、用电峰谷等进行相关预测。

虚拟电厂虽然在参与需求响应时其仍有负荷作用,但在准确定义上不应参与需求响应,而是作为电厂参与系统调度,其更多扮演的是需求响应资源的整合者角色。虚拟电厂在聚合分布式资源所呈现出电厂的外特性,实现对分布式资源的监测、管理和运行;并通过聚合、通信与控制构建出一个技术平台,依托通信、控制技术调控分布式资源,通过电网拓朴实现资源聚合。在需求响应过程中,虚拟电厂重要的是在电网系统中提供产品或服务的电厂身份,其需要与电厂一样参与电力市场竞争和系统调度,在整体电网管理体系下与调度部门进行对接。

三、推动虚拟电厂发展建议

1. 完善顶层设计

我国鼓励通过虚拟电厂挖掘需求侧资源并组织其参与需求响应,不断出台虚拟电厂支持政策,明确将虚拟电厂作为一类并网主体和辅助服务市场参与主体。2023年9月,国家能源局发布《电力

现货市场基本规则(试行)》,指出电力现货市场近期建设主要任务为推动虚拟电厂等新兴主体参与交易。

各地也做出积极响应,浙江、江苏等地已开展虚拟电厂等第三方主体和用户资源参与调峰辅助服务试点工作。但在顶层设计层面,虚拟电厂相关政策仍旧缺失,需要进一步规范虚拟电厂专项政策以及功能定位、相关标准规范与技术管理体系、市场准入和运行机制等方面。

2. 明确权责边界

目前,各地对虚拟电厂的市场准入门槛存在定义与边界差异,大多数地区将虚拟电厂的应用主要集中在需求响应和辅助服务市场,只有部分地区开展了电力现货市场的准入试点。这种差异性导致了虚拟电厂在市場中的定位和参与方式的不一致性。在现行法规体系下,电力系统和市场已经建立了相对成熟的法规制度和规范。然而,虚拟电厂作为新兴参与者,在缺乏专门政策支持的情况下,面临如何遵守法规制度和规范、有效参与市场交易的重要问题。这意味着虚拟电厂的建设、运营、市场准入、参与方式、监管等方面存在一系列待解决的关键问题。为推动虚拟电厂行业的健康发展,有必要在法规政策层面提供更明确的指导和规范,为虚拟电厂的规范化和市场化提供更为清晰的方向。

3. 强化市场机制

目前,虚拟电厂的参与仍主要依赖政府机构或电力调度机构的邀请信号,缺乏明确的市场化交易机制,这使得虚拟电厂在技术规范和权责规定方面存在一定的模糊性,商业化应用面临较大的困境。当前国内电力市场机制正在不断改革,以适应新的能源形势。然而,虚拟电厂的引入可能需要强化整体电力现货市场机制,使其更好地适应市场需求,提高效益和灵活性。为了更好地支持虚拟电厂的运营,电力市场机制需要考虑到可再生能源的不稳定性和季节性。市场定价机制应该能够反映不同时间和地点的电力需求和供应情况。此外,为了激

励虚拟电厂的发展,市场机制可能需要提供更多的激励机制,以鼓励对可再生能源的投资和集成。

在市场机制的设计上,政府部门和电力行业相关方需要共同努力,以确保市场机制的公平、透明和有效。这可能包括对市场规则的不断优化和调整,以适应快速变化的能源格局。在市场机制的强化过程中,虚拟电厂需要重点解决建设、运营、市场准入、参与方式、监管等关键问题。在系统设计、成本分摊机制、盈利模式、交易机制等方面需要有更为清晰的规定。这也涉及到虚拟电厂如何更好地平衡与市场主体的利益,确保市场的公平和有效运作。

4. 重视网络安全

虚拟电厂的核心之一在于通信,在分布式电源接入电网时,需依靠通信和协调控制等技术采集、组织、分类和处理大量的能源数据和信息交换,包括实时能源产生和消耗数据、设备状态信息等。在分散式电源终端接入后,将依靠电网中的大量信息,从而控制用电需求和发电输出,这一过程涉及多交易主体的用户敏感数据处理。如何保障用户用电信息的隐私性,保证用户负荷不被恶意干扰或窃取权限,成为构建虚拟电厂信息安全防护体系的重中之重。

为了解决安全问题,需要建立健全数据安全和隐私保护框架。这可能涉及到制定相关的数据安全标准和协议,确保能源数据的传输和存储过程中不受到未经授权的访问和篡改。同时,制定严格的隐私保护法规,明确能源数据的所有权和使用权限,以保护用户的隐私权益。政府部门、企业和研究机构需要共同努力,制定并执行相关政策和措施,以确保虚拟电厂的能源数据安全和隐私得到有效保护。

(作者:施懿宸,中财绿指公司首席经济学家;俞越,中央财经大学绿色金融国际研究院研究员、长三角绿色价值投资研究院研究员;朱子慧,长三角绿色价值投资研究院研究助理)

管道输氢掣肘问题亟待解决

► 景春梅 王成仁

运问题。

一、管道输氢是氢能规模化发展的关键之一

我国氢气生产和消费与其他能源相似,均存在空间错配问题。氢气产地特别是绿氢的潜在产地,主要分布在“三北”地区,但氢气的负荷中心主要位于东部和东南沿海。目前,储运成本在氢气终端售价中的比重高达40%~50%,掣肘氢能规模化发展。打通行业堵点,关键要加快构建安全、稳定、高效的氢能供应网络,通过开展掺氢天然气管道、纯氢管道等试点示范,构建高密度、轻量化、低成本、多元化的氢能储运体系。

氢气有望成为重要能源品种。《中国氢能源及燃料电池产业白皮书2020》预测,在2060年碳中和情景下,我国氢气年需求量将达1.3亿吨左右,在终端能源消费中的占比约为20%。《规划》首次明确氢气的能源属性,作为一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源,氢能将在交通、储能、发电、工业等领域逐步实现多元化应用,为助力我国实现“双碳”目标发挥重要作用。

管道输氢是降低氢气储运成本、推动氢能规模化应用的重要途径。目前,国内氢气储运主要通过高压长管拖车解决,规模小、效率低,单车载氢量为300~400千克,经济半径在150~200千米以内。液氢主要用于航天,受液化成本、能耗等限制较大,民用暂不具备商业化条件。管道输氢是大幅降低氢能成本、支撑氢能大规模和多场景应用的必然选择。《规划》发布后,氢能项目加快落地,一些示范城市已出现缺氢现象。管道输氢在产业链中扮演着承上启下的重要角色,如能形成类似天然气那样的多点供

应氢气管网,不仅可解示范城市氢源之忧,还能通过规模化输送摊薄储运成本。同时,有利于形成统一的氢能价格体系,推动氢能产业整体降本提效和推广应用。

管道输氢已有80余年历史,国内外管道输氢已有较多实践。近几年,主要发达国家开始加快对输氢管网的布局,预计欧洲2040年将建成4万公里输氢管道。同时,欧美国家加快推进天然气管道掺氢。而我国长度为25公里的济源-洛阳线、长度为42公里的巴陵-长岭线均属纯氢管道。输氢管道方面,长度为223.8公里的乌海-银川管道曾实现正常输送焦炉煤气(含氢10%~60%),后因上游炼焦厂环保问题停运。

二、管道输氢需政策支持和攻克技术障碍

一方面,管道输氢总体规划缺失。虽然《规划》提出要开展掺氢天然气管道、纯氢管道试点示范,但国家层面对管道输氢仍缺乏统筹安排。“双碳”目标背景下,可再生能源制氢亟待大规模发展,但目前可再生能源制氢成本降不下来,下游大规模应用承担不起,中游大规模、低成本管道输送方式发展不起来,陷入死循环。管道建设投资大、回收周期长、对气量要求高,需要国家加强统筹,适时适地推进试点示范,破解可再生能源制氢规模化应用困局。

另一方面,管道输氢标准体系尚未建立。在管道建设标准方面,国内尚无氢气长输管道相关设计规范。现有氢气管道的规划和建设主要参照国外规范以及适用于输送天然气和煤气的《输气管道工程设计规范》等。

此外,天然气管道掺氢技术亟待突

破。天然气管道掺氢输送仍面临材料、安全监测和设备等技术问题。一是掺氢管道基体和焊缝材料出现氢渗透、氢脆等管道失效问题的作用机理和规律尚待进一步研究;二是如何搭建可及时防范、发现和应对掺氢后管道失效问题的安全监测系统尚待研究;三是用于天然气掺氢的混气撬、压缩机组等专用设备还需进一步研发。

三、宜尽快开展管道输氢试点示范

“双碳”目标背景下,氢能的重要性日益凸显,我国宜尽快开展管道输氢试点示范,破解储运瓶颈,加快氢能规模化发展步伐,不断提升产业链安全水平和国际竞争力。

首先,需统筹做好顶层设计,分阶段

分区域推动管道输氢试点示范。建议遵循“纯掺同步、由低到高、由短到长、由点及面”的推进思路,支持有条件的地方和企业开展输氢管道项目试点示范。2022~2025年,优先开展中低压纯氢管道试点,在适宜地区建设短距离点到点示范管线,同时开展干线管道掺氢研究论证。在低压城市燃气管道进行掺氢试验研发以及前期论证。2026~2030年,推动建设多条长距离纯氢管道,逐步形成纯氢管网,拓展城市燃气管道掺氢范围,稳步推进中高压干线天然气管道掺氢输送。2030年以后,推动纯氢管道由线到网规模化发展,同时推动天然气掺氢管道在全国范围内布局。稳步推进气态、液态等多种管道输氢技术路线,鼓励各地积极探索经济、高效的输氢模式,条件成熟的地区和企业进行试点示范。



图片来源:郑州高新区

郑州高新区金马氢能加氢站

其次,选择制用规模大、有管道建设条件的示范场景。管道输氢衔接供需,疏通制用两端,需要量的支撑。在氢气制备端,要衔接氢气资源充足的地区,尤其是大规模可再生能源制氢基地、工业副产氢等氢资源优势地区;在应用端,要连接钢铁、化工、冶金、高品位热源等工业领域,重卡、物流、航运等交通领域,以及居民供暖、储能、调峰等建筑和发电领域,拓展应用场景。

再次,加强氢气管道技术攻关、工艺设备研发与标准体系建设。在技术研发方面,重点围绕管道输氢安全及监测技术、氢气与天然气管道相容发展技术、掺氢天然气低浓度氢气高效提纯技术、管道焊接技术、管道改造及检测技术等,开展系统深入研究;在工艺设备方面,集中开展专用掺氢设备、储输材料、氢泄漏及氢燃爆危险检测设备研发,完善氢气输送工艺、设备材料选型等;在标准建设方面,尽快填补国内氢气长输管道领域标准体系空白,完善管道输氢安全检测标准以及掺氢比例、运行参数安全边界等标准,组织研发纯氢及掺氢燃气管道评估软件等。

此外,要加强政策保障及支持。建议国家尽快确定一批管道输氢试点示范工程项目,配套出台支持政策,促进管道输氢技术攻关,降低企业运营成本,推动商业化应用。加大技术创新支持力度,鼓励地方政府、大型企业、地方企业、科研机构等产学研协同开展天然气管道掺氢技术研发和运营探索。强化财税优惠政策扶持,参考现有天然气管道政策,对输氢管道建设采取较宽松的折旧政策,更灵活便利的负荷率等,并提供一定的财政补贴和信贷优惠政策,推动管道输氢的规模化发展和可持续运营。

(作者单位:中国国际经济交流中心)

管道输氢是降低氢能储运成本、推动氢能规模化应用的重要途径,但总体规划的制定、标准体系的建立、天然气掺氢技术的突破,以及试点示范顶层设计等问题亟待解决,以加快氢能规模化发展,提升产业链安全水平,提高国际竞争力。

管道输氢是降低氢能储运成本、推动氢能规模化应用的重要途径。在我国“双碳”目标推动下,当前正是开展管道输氢示范的大好时机。不过,总体规划缺失、标准体系尚未建立、天然气掺氢技术有待突破,以及试点示范缺乏顶层设计等问题亟待解决。

2022年3月,国家发改委、国家能源局印发《氢能产业发展中长期规划(2021~2035年)》(以下简称《规划》),明确氢能战略定位,部署产业发展重点任务。近两年来,氢能产业发展按下快进键,管道输氢研究示范不断提速。近期,中石化乌兰察布到燕山石化全长400公里“西氢东送”纯氢管道示范工程纳入《石油天然气“全国一张网”建设实施方案》;中石油宁东天然气掺氢管道示范项目实现24%掺氢比例,且运行安全稳定。

此外,住建部委托中国城市燃气协会近期完成的重大课题“天然气管道掺氢输送及终端利用可行性研究”表明,无论是从技术可行性还是从经济可行性看,天然气掺氢技术均具备规模化推广应用条件,可有效解决氢能的规模化储