

首个纯氢长输管道项目启动 天然气长输管道掺氢获突破 我国氢能大规模运输难题有解了

■本报记者 李玲

我国氢能运输领域近日好消息不断。中国石化4月10日宣布，拟建设全长400多公里的“西氢东送”输氢管道示范工程已被纳入《石油天然气“全国一张网”建设实施方案》，标志着国内首个长距离纯氢输送管道项目启动。4月16日，中国石油宣布，用现有天然气管道长距离输送氢气技术获突破，可为我国大规模、低成本、远距离氢能运输提供技术支持。

在“双碳”目标背景下，氢能作为一种较具潜力的绿色低碳能源，被众多企业视为转型新赛道并加快布局。但目前，氢气主要以长管拖车等公路运输方式为主，运输成本高且效率低，严重制约产业规模化发展。在多位业内人士看来，管道输氢是实现氢气大规模、长距离运输的最佳方式，连接取得突破对推动我国氢能产业快速发展具有重要意义。

■ 解决绿氢异地供需矛盾

据中国石化透露，“西氢东送”管道规划西起内蒙古自治区乌兰察布市，东至北京市的燕山石化，全长400多公里，是我国首条跨省区、大规模、长距离的纯氢输送管道。管道一期运力10万吨/年，预留50万吨/年的远期提升潜力，同时将在沿线多地预留端口，便于接入潜在氢源。管道建成后，将用于替代京津冀地区现有化石能源制氢及交通用氢，大力缓解我国绿氢供需错配问题。

中国石化发布的信息显示，在该公司宁夏银川宁东天然气掺氢管道示范项目现

场，天然气管道中的氢气比例已逐步达到24%，经过100天测试运行，管线整体运行安全稳定。

据《中国能源报》记者了解，国内现有天然气管道掺氢项目掺氢比最高仅为10%，24%的掺氢比例对掺氢相关产品标准和全产业链发展意义重大。北京石油化学工业氢能研究中心主任宇波认为，无论是天然气管道掺氢输送，还是建设纯氢管道，都将很好地解决我国绿氢供需异地矛盾问题。

“我国主要的绿氢供给地一般在风光资源比较丰富的中西部地区，绿氢供给地远离东部用氢负荷中心，供需异地矛盾问题突出。氢能产业健康发展需要经济高效的氢运输技术，通过长输管道输送氢气具有输量大、安全、高效的特点。氢气长距离管道输送技术的发展，有助于解决氢能产业链中氢运输这一‘卡脖子’环节，进一步完善国内氢能运输体系。”宇波告诉《中国能源报》记者。

■ 管道输氢经济优势明显

数据显示，截至2021年底，我国主干天然气管道总里程达到11.6万公里。有专家算过一笔账，以目前我国天然气消费量计算，当掺氢比达到20%时，就可运输1000多万吨氢气，约合5600多亿千瓦时绿电，运输成本会大幅下降。

中国氢能联盟此前发布的《中国氢能及燃料电池产业白皮书》指出，目前可行的输氢方式主要包括长管拖车、管道、

液氢槽车、固态储氢车等，其中长管拖车运输方式较成熟，但载氢量低，每车载氢量在300—400公斤，且经济输送距离不超过150公里，不适用于长距离、大规模输送。

“从输送压力、载氢量、体积储氢密度、经济输送距离、技术成熟度等方面对比常见氢输送方式，不同方式各有特点和适用场合。管道输氢具有输量大、安全、高效特点，当管道被充分利用、输送距离较长、输送量较大时，输氢的单位运输成本相对较低，经济优势显著。”宇波指出。

“长管拖车的优点是灵活便捷，但单次运氢量仅为300到400公斤，只占长管拖车总重量的1%—2%，运输距离为100公里时的成本高达每公斤5到6元。以运氢量每天4吨测算，当运输距离从50公里增加到600公里时，20MPa长管拖车运输成本由每公斤2.4元增加至13.3元。”中国石油大学(华东)储运与建筑工程学院副教授刘翠伟用数据向《中国能源报》记者做了对比，“对于管道输氢，以运力利用率100%测算，当运输距离由50公里增加到500公里，运输成本仅从每公斤0.8元增至2.3元，显著低于气氢长管拖车、液氢槽车等运输成本，未来氢能全面普及到各领域后，管道输氢将成为最具潜力的输氢方式。”



中国石化巴陵—长岭氢气输送管线全长42公里，是目前国内已建成的最长氢气输送管线。中国石化/供图

■ 亟待形成标准体系

据《中国能源报》记者了解，目前纯氢管道中的氢气可以进入化工厂、燃料电池等终端，掺氢管道里的氢气与天然气混合物通过管输可进入氢能社区、园区或分离增压进入化工厂、燃料电池等终端。

“在工业领域，掺氢天然气可用于工业锅炉、热处理等过程，替代部分传统化石燃料，减少污染物排放；在交通领域，掺氢天然气可提高天然气内燃机的热效率，降低车辆尾气中的甲烷排放量；在家庭和商业领域，掺氢天然气可用于家庭和商业用途，如供暖、烹饪、热水等，实现清洁能源的普及应用。”刘翠伟介绍。

尽管各方面优势明显，但与国外相比，目前我国在管道输氢方面仍处于起步阶段，距离形成完善的氢气存储和运输网络渠道还有距离。

“我国在纯氢工业管道、专用管道方面积累了较丰富的建设及运维经验，总里程超过300公里，但在纯氢长输管道建设方面较滞后，在役管道总里程不足100公里，同时天然气掺氢管道也多处于研究和示范阶段。”宇波坦言，“总体来看，我国在氢气管输系统设计、运维、试验方法等方面尚未形成标准体系。”

国家重点研发计划“氢能技术”重点专项中低压管道输氢项目首席李玉星教授也指出，目前我国在氢能关键材料、设备、零部件等方面的研发还不足。“高压氢环境下材料力学性能劣化是制约氢能产业安全性的关键问题，目前氢能关键材料的氢损伤机制仍不明确，关键设备及零部件的国产化也仍需进一步发展。另外，目前我国涉及氢气质量、储运和安全利用等内容的技术标准较少，亟需建立一套较健全的国家或行业标准，规范氢能产业安全健康发展。”

“量率”协同，让新能源“立”起来

■本报记者 苏南

核心阅读

未来新能源大规模发展对电力系统消纳能力的影响将逐步进入“临界点”，继续维持其高利用率水平将面临巨大挑战。设定过高的利用率消纳目标，片面追求完全消纳，将极大

提高系统备用成本，既不经济，也将限制新能源发展。

适度降低新能源利用率水平，有利于扩大新能源发展空间和装机规模、发电量双提升。结合新能源资源禀赋和系统消纳条件，需积极探索树立新能源合理利用率的理念。

《中国能源报》记者近日参加不同行业会议，业内专家不约而同提出，我国能源电力结构偏煤、系统综合调节能力偏弱，要推动新能源大规模高比例发展并替代高碳能源难度较大，新能源高质量发展的重点是解决“立”的问题。

在业内专家看来，随着新能源渗透率持续提升，继续维持高利用率，在技术和成本上都存在巨大挑战。解决好新能源“立”的问题，要从全社会电力供应成本角度出发，树立新能源合理利用率理念，做好“量率”协同治理。

■ 构建新能源供给消纳体系

积极稳妥推进碳达峰碳中和，深入推进能源革命，需要加快规划建设新型能源体系，必然需要大规模高质量发展新能源。按照《“十四五”可再生能源发展规划》，到2025年，我国风电和太阳能发电量实现翻倍。国网能源研究院指出，预计2030年我国新能源发电装机达15亿—18亿千瓦，超过煤电成为第一大电源；预计2060年，我国新能源发电装机达40亿—50亿千瓦，装机占比接近2/3。

国家能源局监管总监黄学农日前在2023中国国际清洁能源博览会上表示，截至2022年底，我国可再生能源发电与核电装机达12.7亿千瓦，占全国发电总装机的49.5%，2022年全国可再生能源发电量达到2.7万亿千瓦时，占全国发电量的31.3%，可再生能源已成为我国新增发电量

的主体。“展望未来，我国需要加快规划建设新型能源体系，构建新型电力系统，不断完善多轮驱动的能源供应体系，坚持先立后破、通盘谋划，推动用能方式绿色转型，更大幅度提高清洁能源消费比重。”

国网能源研究院能源电力碳达峰碳中和路径研究攻关团队认为，目前我国在装机规模等重要指标上世界领先，解决好新能源“立”的问题，必须考虑以煤为主的基本国情，统筹协调发展和利用好各类能源，走出一条立足新能源供给消纳体系的高质量协同发展之路。

“能源电力碳达峰碳中和需要坚持先立后破，新能源‘立’的问题必须着眼产业优化升级，在经济社会整体中加以考量。”国网能源研究院战略与规划研究所所长鲁刚近日在能源电力碳达峰碳中和与中国式现代化研讨会上表示，未来有三方面趋势需关注，一是西部地区的发展趋势是绿电先行，产业跟随，发展过程中需综合权衡考虑西部新能源发展与产业西移；二是全国逐渐形成以东中部分布式电源、海上风电，以及西部北部集中式绿电开发相结合的绿电发展格局；三是远期不能单纯考虑电力系统，也要考虑依靠碳循环经济、跨系统实现新能源消纳。

■ 新能源利用率并非愈高愈好

新能源高质量发展离不开高水平消纳，利用率已成为衡量新能源治理成效的

“晴雨表”。据了解，我国新能源利用率连续多年保持在95%以上，在大规模发展的同时实现了高水平消纳利用。

但需要注意的是，未来新能源大规模发展对电力系统消纳能力的影响将逐步进入“临界点”，继续维持其高利用率水平将面临巨大挑战。业内人士指出，若不采取其他措施，“十四五”新能源利用率将呈现下降趋势。以国家电网区域为例，若2025年新能源装机规模较“十四五”可再生能源发展规划增加30%，其利用率将从95%降至90%左右。

“利用率管控目标将影响可接受的新能源发展规模、系统灵活资源需求和电力供应成本。”鲁刚表示，“设定过高的利用率消纳目标，片面追求完全消纳，将极大提高系统备用成本，既不经济，也将限制新能源发展。”

上述研究攻关团队也认为，适度降低新能源利用率水平，有利于扩大新能源发展空间和装机规模、发电量双提升。结合新能源资源禀赋和系统消纳条件，需积极探索树立新能源合理利用率的理念。从系统全局出发，新能源消纳水平理论上存在总体最经济的“合理值”。新能源“合理利用率”可定义为使全社会电力供应成本最低的新能源利用率水平。按照系统观念优化，部分地区需要降低新能源利用率目标水平，部分地区需要提高利用率目标水平。

《中国能源报》记者了解到，目前国际上对“合理利用率”的定义并不统一，尚未有国家公开提出最经济或合理的新能源利用率水平。但总体看，在新能源高渗透率情况下，合理弃电是经济且必要的。

■ 因地制宜“立”起新能源

业内人士认为，增强新能源“站立”能力的关键是扩大新能源消纳空间，而新能源高消纳利用又在于电力系统调节资源是否充裕。所以，未来我国应因地制宜深度挖掘存量灵活资源潜力，优化增量灵活资源规模结构布局，综合运用各环节灵活资源。

业内专家建议，应在电力系统自身调节资源基础上实现纵向延伸和横向拓展，经济高效地纳入跨系统调节资源。我国电源结构长期偏煤，灵活调节电源比重偏低，抽水蓄能、天然气发电等灵活调节电源比重仅6%，装机规模不到新能源的1/4，而西班牙、美国等国家灵活调节电源比重高达34%、49%，灵活调节电源分别是其新能源装机规模的8.5倍、1.5倍。

因此，结合我国各省资源禀赋差异显著的特点，解决新能源“立”的问题，需要因地制宜、分类施策，打好消纳组合拳。鲁刚提出，近中期需统筹协调煤电存量资源改造与增量资源建设，并做好煤电与新能源协同规划。中远期，需补齐灵活性调节资源短板，引入电—氢—碳融合循环经济等跨能源品种调节资源，满足电力系统不同条件下条件下的调节需求。

关注

一季度电力市场中长期直接交易电量同比增4.4%

本报讯 中电联4月20日发布的2023年1—3月份全国电力市场交易简况显示，一季度，全国各电力交易中心累计组织完成市场交易电量13235.3亿千瓦时，同比增长6.8%，占全社会用电量比重为62.4%，同比提高1.7个百分点。其中，全国电力市场中长期电力直接交易电量合计为10621.6亿千瓦时，同比增长4.4%。

3月，全国各电力交易中心组织完成市场交易电量4589.5亿千瓦时，同比增长10.3%。其中，全国电力市场中长期电力直接交易电量合计为3694.3亿千瓦时，同比增长7.5%。1—3月，国家电网区域各电力交易中

心累计组织完成市场交易电量10583.5亿千瓦时，同比增长6%，占该区域全社会用电量的比重为62.2%，区域中长期电力直接交易电量合计为8295.2亿千瓦时，同比增长3.3%；南方电网区域各电力交易中心累计组织完成市场交易电量2017.1亿千瓦时，同比增长9.4%，占该区域全社会用电量的比重为61%，区域中长期电力直接交易电量合计为1767.5亿千瓦时，同比增长5.8%；内蒙古电力交易中心累计组织完成市场交易电量634.7亿千瓦时，同比增长12.3%，占该区域全社会用电量的比重为71.5%，蒙西电网区域中长期电力直接交易电量合计为558.9亿千瓦时，同比增长17.4%。(安宁)

世界最大容量超级电容储能系统投运

本报讯 世界最大容量5MW超级电容储能系统近日在华能罗源发电厂完成电网调度联合调试，各项调节指标满足电网要求，系统正式转入商运。

电网系统连接着发电侧与用电侧，当供需不匹配时，电网频率就会出现波动，最常见的表现是家中电灯忽明忽暗。近年来，为提升供电质量，以锂电池为主的各种储能系统投入使用，参与电网调频调峰，当发电大于用电需求，即把多余电量存进储能系统，反之则把储能系统电量释放到电网。

但是，电网调频指令多达每天几千次，锂电池受制于充放电次数限制，导致储能系统寿命大大低于预期。近年来，随着“看天吃饭”的新能源电力大量接入电网，调频要求进一步提升，电网急需一种响应快、寿命长的储能系统用于调频。

超级电容相当于一种特殊电池，它与常规电池不同，非常适合短时间、大功率充放电，响应时间达到毫秒级。但因其技术要求高、开发周期长，过去很少用于电网储能调频。

该项目于2022年9月底开工，由华

能罗源发电厂作为建设方出资建设，华能集团西安热工院牵头，联合南通江海电容器股份有限公司等单位协助研发。

该系统采用“5MW超级电容+15MW锂电池”的混合储能模式，既发挥超级电容储能快的优势，又拥有锂电池储能久的特点，实现性能互补。系统参与调频时，以超级电容为主，锂电池为辅，具体表现为以秒为计时单位的小指令全部由超级电容参与，分钟级的大指令则由超级电容全功率响应，锂电池作为补充响应，显著提升了现有储能调频系统综合性能。

据福建省电力现货市场交易平台公布的数据显示，系统投入运行后，华能罗源发电厂机组的调频响应时间可提高14倍以上，调节速率可提升4倍以上，调节精度可提升3倍以上，机组整体调节性能实现跃升。

超级电容混合储能工程的成功投运，充分验证了大容量超级电容储能技术的安全性、可靠性、经济性，大幅提升了机组的响应速率和灵活性，填补了我国超级电容储能领域的技术空白。(张晔)

中国电机工程学会推动供用电安全技术加速创新

本报讯 4月15日，中国电机工程学会供用电安全技术专委会（以下简称“专委会”）2023年学术年会暨标准化工作组成立大会在上海召开。会议由中国电机工程学会供用电安全技术专委会主办，中国电力科学研究院有限公司承办，浙江正泰电器股份有限公司协办。

会议回顾专委会2022年工作，并部署2023年工作。今年，专委会将着力推进专业热点领域技术进步，加强新一代智能电表、HPLC深化应用、数字化电能计量体系以及区块链、人工智能等新兴技术的融合应用创新。推动标准编制工作，持续提升标准质量。依托中国电机工程学会筹建建设供用电安全科普基地，打造电力科

普工作品牌亮点。

会议成立了专委会标准工作组，后续将围绕标准顶层设计、体系研究、技术驱动、需求牵引运行机制等方面展开工作，同时开展《电磁场仿真分析技术》《面向供用电安全的电能质量监测新方法探究》《故障电弧异常检测技术》《供用电安全的法律法规》学术交流报告。

会议最后展示了供用电安全技术领域的创新成果，围绕供用电安全机理及仿真技术、供用电安全合规法律支撑体系、技术标准规范、科普宣传服务等方面展开深入探讨。据悉，会议的成功举办将促进供用电安全技术领域科学技术创新，进一步推动供用电安全技术领域的快速发展。(王璧成)



资料图