



“深海一号”二期综合处理平台安装完成后与崖城生产平台连接呈“四星连珠”。

“蓝鲸7500”起重船吊装“深海一号”二期综合处理平台最后一个模块。



施工人员切割上部平台与驳船间的固定连接。

# “深海一号”二期综合处理平台安装完成

本报讯 记者吴莉报道 2月28日,中国海油发布消息,随着最后一个模块吊装就位,“深海一号”二期综合处理平台海上安装作业全部完成,标志着我国南海海域首个“四星连珠”海上天然气田生产集群顺利建成。

“深海一号”二期工程综合处理平台位于距离三亚市约90公里的海南崖城海域,由下部导管架和上部生产设施组成,总高约136米,相当于近49层居民楼高度,总重量超过1.4万吨,相当于9000余辆小汽车的重量。完成本次吊装的上部生产设施总重量超过7500吨,甲板投影面积相当于5个标准篮球场大小。高度超过100米的导管架“底座”,已提前安装在近90米深的海底,并通过12根钢桩打入海床之下105米,确保这个“海上巨无霸”能在强台风下稳

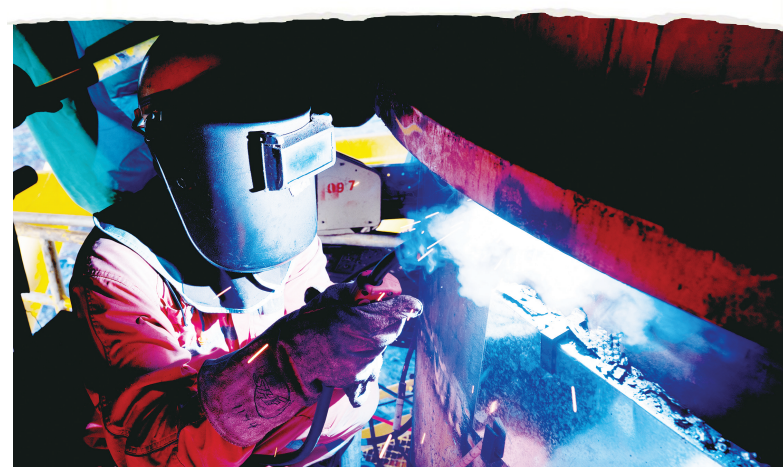
如泰山。

“施工期间东北季风盛行,海流速度较正常海域大三倍以上,我们投入国内最大海洋油气工程起重船‘蓝鲸7500’,采用流速监测预警、精确导向限位等多种措施,攻克恶劣海况吊装技术难题,确保海上吊装安全高质量完成,就位精度要求达到毫米级。”中国海油海洋工程“深海一号”二期工程总包项目经理郭庆介绍说。

吊装是海洋油气平台最常用的安装方式,它以类似于举重运动员“抓举”的方式,在波涛汹涌的海面上,将重达数千吨的海洋平台吊起并精确安装到设计位置,施工过程受海流、涌浪、风力等多种复杂因素影响,对设计计算精准性、船舶稳定性、吊装技术水平等均提出很高要求。

据中国海油“深海一号”二期项目经理刘康介绍,此次安装成功的“深海一号”二期综合处理平台,是接收处理深水油气的关键设施,它与崖城气田生产平台共同构成的“四星连珠”海上天然气生产集群,将成为我国南海海域海上天然气处理和集输的一个中心枢纽,为进一步提升我国海上天然气产能奠定更为坚实的基础。

“深海一号”超深水大气田于2021年6月投产,天然气探明地质储量超千亿立方米,是中国目前自主开发的水深最深、勘探开发难度最大的海上超深水大气田。“深海一号”二期工程全面投产后,可使“深海一号”超深水大气田储量从1000亿立方米提升至1500亿立方米,年产量从30亿立方米提升至45亿立方米。



施工人员正在进行组块与导管架焊接工作。

## 金属空气电池研发进入“下半场”

■本报记者 王林

2月,两则有关“金属空气电池”的消息引发关注,其一是首批铁-空气电池有望年内在美国生产,其二是日本计划2025年启动铁-空气电池试点生产。这似乎意味着,以铁-空气电池、锌-空气电池为代表的金属空气电池技术,正在从研发示范迈向商业初期阶段。业界认为,廉价且丰富的金属材料让金属空气电池较锂离子电池具备更多显著优势,尤其是在长时储能领域。

### ● 金属空气电池走出研发低谷

相较于传统锂离子电池,金属空气电池具有很高的理论能量密度,而且成本更低。美国麻省理工学院指出,金属空气电池的能量密度理论上可以比锂离子电池高出数倍,根据类型不同,金属空气电池的制造成本可降低至锂离子电池的10%甚至更低。

市场咨询公司Market Research预计,到2028年,全球金属空气电池市场价值将从2021年的4.66亿美元增长至11.73亿美元。

据日经新闻网报道,日本夏普公司目前正在推进铁-空气电池研发,计划在2025年启动试点生产项目。夏普公司表示,铁-空气电池可以实现与锂离子电池相当的能量密度,但寿命却比后者多一倍,这意味着相同重量或体积下,铁-空气电池可以存储更多能量。

锌此前被用作碱性干电池等一次性电池的负极材料,但几乎无法用于可反复充放电的充电电池,原因是锌材料如果反复充放电,电极部分会析出针状结晶,引起短路。夏普公司的研发方向是将充电单元和放电单元分离,即使电极部分产生针状结晶,也不易发生短路。

夏普公司表示,一方面,铁是储量产量都很高的基础金属之一,冶炼也很容易,可以降低原材料的采购成本;另一方面,铁-空气电池在放电过程中产生的废弃物较少,环境负担较小,而且整个充放电过程产生的热量相较于锂离子电池较少,不易发生热失控现象,更安全。

### ● 首批铁-空气电池或今年问世

同一时间,美国技术初创公司Form Energy宣布,近日完成有关铁-空气电池技术最新研究,有望今年内出产首批电池生产。Form Energy公司创始团队来自麻省理工学院,他们找到了一种利用水基电解质逆腐蚀过程的充放电方法。将薄板阴极和由铁粉制成的阳极与网固定在一起,中间是水

基电解质,放电时,电池“吸入”空气中的氧气,与水基电解质发生反应,将铁转成铁锈;充电时,施加电流将铁锈重新转换成铁,电池随之“呼出”氧气。

据了解,Form Energy公司将投资7.6亿美元在西弗吉尼亚州建造一座新的铁-空气电池制造工厂,该地区是美国最重要的钢铁重镇之一,可以帮助该公司获得制造电池所需的铁。这是Form Energy公司的第5座工厂。油价网报道称,美国埃克森美孚能源公司是Form Energy公司的主要客户之一,已经订购了两个10兆瓦系统,预计2025年启动试点项目。

基于这一方法,Form Energy公司的铁-空气电池成本仅为锂离子电池的10%,但可满足100小时储能需求。

事实上,相较于锂、钴等更昂贵的金属材料,铁的可用性和低成本显然更具吸引力。此外,铁对环境的影响要小得多,因此,向铁-空气电池技术转变代表了一种更可持续的储能方案。

### ● 为长时储能技术提供更多选择

目前,储能领域主要是锂离子电池为主导,但考虑到锂离子电池的局限性,加之近年来出现的供应链危机,寻求更稳定、性价比更高的电池技术已成为大势所趋。

《自然》杂志指出,铁-空气电池的特性令其并不适合电动汽车。一方面是因为铁比锂更重,另一方面是其充电效率和充电时间缓慢,无法实现快速充电。但这样的特性却反而非常适合电网级储能,尤其是长时储能方面表现出色。

在Form Energy公司看来,铁-空气电池就是为固定电网存储而设计的,尤其面对“风光”等间歇性可再生能源,该技术能够存储数天甚至数周时间的能量,这使其成为平衡电网运行的好帮手。不过,由于放电速度较慢,铁-空气电池还需要与其他储能技术配合处理用电需求高峰。

据麦肯锡和长期储能协会联合预测,到2040年,全球有望部署1.5太瓦时至2.5太瓦时的长时储能容量,届时整体储能容量将达到85太瓦时至140太瓦时;到2040年,长时储能部署每年可帮助减少1.5亿吨至2.3亿吨二氧化碳排放,这约是当前电力部门排放总量的10%至15%。

麦肯锡表示,长时储能可以实现能源系统灵活性方面可以发挥核心作用。当前,探索和替代电池技术拓展的行业趋势越发明显,方案和设计的多样性则会进一步丰富研发方向,为创新长时储能技术进步铺平道路。



Form Energy公司的铁-空气电池模块阵列示意图。

近日,熔盐储能光热发电解决方案提供商浙江可胜技术股份有限公司(以下简称“可胜技术”),在浙江证监局进行辅导备案登记,正式启动上市。这一消息引发市场对熔盐储能技术路线的关注。作为一种大规模新兴储能方式,熔盐储能具有安全性高、环境友好、成本低、储能容量大等优势。经过多年培育,熔盐储能市场应用情况如何?其产业化发展还面临哪些关键问题?

### ■ 起步于光热发电领域

国家首批光热发电示范项目——青海中控德令哈50MW塔式熔盐储能光热电站,就配置了7小时熔盐储能系统。“项目投产以来,连续多年稳定运行,2023年度发电量更是再创新高,达到1.524亿千瓦时,达到设计发电量的104.38%。”青海中控德令哈50兆瓦塔式熔盐储能光热电站总设计师、可胜技术董事长金建祥介绍,作为一种以储热材料为媒介的储能技术,熔盐在290摄氏度—565摄氏度工作温度区间维持液态,通过温度的升高和降低来储存和释放能量,是一种低成本、高效的理想储能技术。

据了解,我国熔盐储能发展势头迅猛,已经成为全球第三大熔盐储能市场。有统计数据显示,截至2023年底,我国兆瓦级规模以上光热发电机组累计装机容量为58.8万千瓦,在建和拟建光热发电项目约43个,总装机容量480万千瓦,均配置8—16小时熔盐储能系统。

根据国家能源局综合司印发的《关于推动光热发电规模化发展有关事项的通知》,“十四五”期间,全国光热发电每年新增开工规模力争达到300万千瓦左右,对应每年需要熔盐量90万吨。在国家新能源和低碳发展的政策利好下,熔盐储能规模化建设已经成为大势所趋。

金建祥指出,我国已掌握完全自主知识产权的熔盐储能光热发电核心技术,并实现了相关产品的规模化生产,国产化率近100%。目前,产业链上下游产品和设备相关企业已超过百余家,产品和服务覆盖熔盐、熔盐储罐、保温材料、熔盐泵、熔盐阀等,供应链较为完善,可以满足我国大量熔盐储能项目投资和建设需要。

### ■ 应用场景拓宽

值得一提的是,当前以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设如火如荼,而在配套用的各储能技术路线中,抽水蓄能受地理条件、建设周期长等因素限制,锂电为代表的新型储能也面临单位投资额较高,安全性难以从根源上保证的问题。在此背景下,“光热+熔盐储能”大基地模式提供了新的解决方案。

“熔盐储能不受地理条件限制,建设周期与新能源项目相匹配,且具有储能规模大、储能密度大、安全性高等突出优点,在长时储能领域中的优势尤为明显。”金建祥说。

金合能源技术总监金翼给《中国能源报》记者算了笔账:“单从投资成本来说,目前,锂电价格在0.4元/瓦时左右,而储热成本可以做到0.1元/瓦时。”

除了应用在光热领域,熔盐储能也在探索更多可能。2022年10月,浙江省最大用户侧熔盐储能——绍兴绿电熔盐储能示范项目正式运行;同年12月,江苏国信靖江电厂2×660兆瓦机组熔盐储能调峰供热项目正式投运,是我国首个真正意义上采用熔盐储热技术的大规模火电调峰、调频、供热项目。

金建祥进一步指出,熔盐储能的应用领域远不限

于发电侧,随着能源消费侧热需求量的增加,将带来大量绿电制热需求,熔盐储热还将促进热脱碳。

### ■ 机遇与挑战并存

根据规划,“十四五”期间,我国要完成2亿千瓦存量煤电机组灵活性改造,增加系统调节能力3000万千瓦—4000万千瓦。业内预计,“十四五”期间,仅火电灵活性改造领域,熔盐储能的的市场空间就高达千亿元级。

不过,纵观产业发展,从2013年我国首个熔盐储能项目——青海中控德令哈10兆瓦塔式光热电站开始,到目前的示范应用,熔盐储能规模化应用还面临诸多问题。

业内人士坦言,熔盐储能初始投资额高,和抽水蓄能、压缩空气储能初始投资成本相近。此外,熔盐储能效率普遍低于60%,相较电化学与机械储能,转化效率较低。

据悉,熔盐储能关键原材料——太阳能,由硝酸钾和硝酸钠混合而成,我国虽然是硝酸钠生产大国,但钾盐还不能完全自给自足,需要进口。近两年,熔盐储能供应链出现一定波动,业内担忧,太阳能出现诸如电池材料碳酸锂价格大幅飙升的情况。

“要避免原材料供应受国际环境变化影响,导致价格大幅波动,给熔盐储能市场带来成本增加的风险。”中国无机盐工业协会熔盐储能专委会副主任、北京工业大学教授张灿灿向《中国能源报》记者表示,“熔盐储能规模化发展要未雨绸缪,相关企业加快投产步伐,保障原材料产品质量和供应稳定。”

### ■ 加快建设示范项目

事实上,熔盐仅是显热储热技术中的一种。储热还有相变储热、化学反应储热等多种形式。得益于光热产业带动,近年来,熔盐储能脱颖而出,实现较快发展。但相比储电,储热并不为人们熟知。

“能源的利用形式主要包括电和热两种,也随之产生储电和储热两种技术。”在金翼看来,储电之所以发展很快,是基于它本身是电对电系统,电网系统接受度较好,可以通过电网进行传输,而储热是电对热,输送难度高很多,使用半径有限。火电热电联产机组有热网、电网,可以通过“热”的形式供给用户。而采用“电—热—电”模式即将电能转换为热能再转化为电能,从热力学角度来看,转换效率较低,市场存在一些争议。

金翼指出,储热不是一项完全独立的技术,需要依附光热、煤电机组、清洁取暖等项目,因此,储热作为一个独立储能装置的作用统计界面尚不清晰。

面对产业发展未来,张灿灿坦言,相比抽水蓄能、新型储能,熔盐储能缺乏相关政策扶持,建议参照执行抽水蓄能电站政策机制。此外,熔盐储能系统经济性、可靠性,安全性相关标准缺乏,亟待建立明确的行业规范。

技术方面,张灿灿表示:“熔盐在传输过程中向外散热,当温度低于熔点时易堵塞管路,导致系统故障。储热技术有待持续攻关,性能指标还需进一步优化。”

金建祥建议,加快建设熔盐储能应用的示范项目,进一步探索应用场景和商业模式,为后续熔盐储能在电力系统各个环节的大规模应用积累经验。在工业脱碳领域,建议鼓励熔盐储能将低谷电、弃风弃光电转化成绿色热能,调整电力系统输配电政策,免除熔盐储能外购电容量费用及输配电费用;在火(热)电机组灵活改造、冷热电联供等应用领域,建议通过电力市场、辅助服务等收益方式体现熔盐储能的

## 熔盐储能前景可期

■本报记者 卢奇秀