

# 全球容量最大“双头”型漂浮式风电平台亮相 风电开发加速挺进深远海

■本报记者 李丽昊

日前,全球单体容量最大的16.6兆瓦漂浮式风电平台“明阳天成号”亮相广州。该漂浮式风电平台为明阳集团自主研发,两座塔筒呈“V”字形排列、搭载两台8.3兆瓦海上风机,总装机容量达到16.6兆瓦,刷新全球漂浮式风电单体容量纪录。

从首台漂浮式海上风电试验样机“三峡引领号”下线,到“明阳天成号”最新亮相,我国漂浮式风电技术研发创新近年来频频结出硕果。在应对气候变化、推动能源转型的时代背景下,海上风电正加速进军深远海。

## ■ 开行业先河

7月12日,“明阳天成号”正式完成吊装,经过各项调试准备工作后,在中船黄埔文冲造船厂公开亮相。艳阳之下,呈“V”字形的双塔筒风电平台矗立码头,叶轮最高处相当于40层楼高,可达219米。

据了解,“明阳天成号”漂浮式海上风电平台排水总量约为1.5万吨,整体拖航设计吃水5.5米,可应用于水深35米以上海域。据测算,“明阳天成号”正式投运后,平均每年可发电5400万度,能满足3万户三口之家一年的日常用电。

“‘明阳天成号’实现了多项全球首创。”“明阳天成号”漂浮式海上风电平台项目负责人陈发桥向《中国能源报》记者介绍,“以材料为例,其浮式基础为全球首次采用抗压能力达到115兆帕以上超高性能混凝土材料制造而成,这种混凝土材料强度是普通混凝土的4倍左右,能明显提高漂浮式风电机组的可靠性。同时,翼型双塔筒、双主机、双风轮的设计,以及拉索系统的应用均为全球首创,有望显著提高其发电量。”

据悉,“明阳天成号”将择日拖航至广东阳江明阳青洲四海上风电场。

## ■ 提高经济性尤为关键

近年来,我国在深远海风电技术研发领域取得一系列成果,“三峡引领号”“海油观澜号”“扶摇号”“国能共享号”等多个漂浮式风电平台陆续安装或实现并网。随着“明阳天成号”的成功吊装,我国漂浮式风电技术再次实现突破。

在陈发桥看来,开发深远海风力资源是海上风电发展的必经之路,但从近海走向深远海并非易事,漂浮式海上风电距离大规模开发还需要跨过经济性和可靠性两大“门槛”。

“第一个挑战就是成本。目前,各省根据不同条件,固定式海上风电千瓦造价在1.2万元—1.5万元不等,相比之下,漂浮式海上风电千瓦造价在3万元以上,成本仍相对较高。”陈发桥表示,“第二大挑战是可靠性。全球范围内,漂浮式海上风电机组尚未进入大批量生产阶段,基本还处于样机试验时期,技术成熟度对未来深远海风电开发至关重要。”

为应对这两大挑战,陈发桥指出:“‘明阳天成号’从材料、结构、设计等方面突破创新,借助超紧凑风机设计让风电机组重量明显下降,降低了生产制造以及运输安装成本;同时,利用‘下风向’‘单点系泊’‘翼型塔筒’三大优势,显著提高了设备的抗台风性能,大大提高了深远海区域内的发电稳定性。”

## ■ 深远海开发蓄势待发

国家能源局数据显示,截至2023年底,我国海上风电累计并网装机约3729



“明阳天成号” 明阳智能/供图

万千瓦,占全球海上风电总装机量的50%,连续三年稳居全球第一位。我国海上风电发展成效显著,但与此同时,多位业界人士表示,已并网海上风电项目基本位于近海海域,深远海风电开发潜力仍有待挖掘。

水电水利规划设计总院海洋能源处处长查浩指出,从国际上看,英国、丹麦、德国等国加快推进以深远海区域为重点的大型海上风电基地化建设,规模化、集约化、向深水远岸布局开发已成为海上

风电重要发展趋势。目前,全球海上风电项目最大规模达到680万千瓦,最远送出距离超过200公里,水深最深已达到100米。

陈发桥也表示,目前,海上风电在全球电力装机总量中占比不到0.5%,随着深远海资源开发、成本不断下降,海上风电将有巨大发展空间。

去年10月,国家能源局发布《关于组织开展可再生能源发展试点示范的通知》,其中明确提出要促进技术创新,推动深远

海风电技术示范,主要支持大容量风电机组由近(海)及远(海)应用,重点探索新型柔性直流输电、单机15兆瓦及以上大容量风电机组等技术应用,并推动海上风电运维数字化、智能化发展。

面向未来,明阳集团党委书记、董事长张传卫表示,将通过装备创新拓展海洋能源的可开发规模,降低海上风电建造成本和度电成本,为发展绿色新质生产力贡献明阳的智慧和力量。

# 我国自主设计建造万吨级海洋油气平台完成海上安装

本报讯 记者吴莉报道 7月17日,中国海油发布消息,由我国自主设计建造的总重约3万吨的西江30—2B平台,在珠江口盆地水深近百米的西江油田安装就位,标志着我国海洋油气装备自主建造安装能力取得重要突破。

西江30—2B平台是一座集钻井、生产、生活于一体的8腿12裙桩固定式油气钻井平台,由上部组块和导管架两部分组成,矗立在98米水深的大海上,总高度约198米,总重量约3万吨,所用钢材重量超过2座广州塔钢结构总重,投影面积相当于10个标准篮球场大小。

中国海油深圳分公司陆惠西项目副

总经理邓林青介绍,西江30—2B平台应用多项数字化工艺,搭载智能生产运维系统“台风生产模式”“区域电力组网”等模块,可实现原油生产、设备维保、安全管理等多个场景的智能化,通过充分的资源整合组块较传统项目增设智能一体机与中央控制系统,组成“双大脑”结构,可对智能仪表和机械设备进行健康管理,减少人为干预,使远程操作更加智能可靠。

由于平台上部组块重量超过全球海上浮吊的能力极限,项目团队投入亚洲最大海洋工程驳船“海洋石油229”,采用浮托技术进行海上安装。



西江30—2B平台完成安装后稳稳矗立在西江油田海域。 李占宇/摄



施工人员切割西江30—2B平台上部组块固定。 李占宇/摄



“海洋石油229”船承载着西江30—2B平台上部组块抵达施工海域。 李占宇/摄

浮托安装是一种高效的大型海上平台安装方法,具有可安装重量大、施工周期短、技术风险低等显著优势。该技术核心是借助潮汐的自然力量和船舶调载等施工技术,通过类似举重运动员“挺举”的方式,涨潮时驳船托运组块驶入导管架槽口,落潮时组块顺势从高位精准落到导管架预定位置上,载荷全部转移后退出船舶,完成安装作业。

“我们应用数字化工具进行三维建模

和计算分析,精心设计浮托技术方案,自主开发多浮筒悬链线计算软件,对系泊布置进行反复优化,浮托作业过程中,通过多拖轮联动控船,实现了一次精准就位。”海油工程西江30—2项目经理张大伟介绍说。

据了解,西江油田距深圳东南150公里至175公里,西江30—2B平台是该油田第7座海上生产设施,正式投用后将推动油田年产量突破300万吨,为粤港澳大湾区能源供应注入新动力。

本报讯 7月17日,我国首艘新能源轮渡船“上海轮渡11”,在上海陆家浜路码头启航。该轮渡船将进行为期2个月的空载测试,今年年底前,在上海市中心城区航线上投入正式运营。

据了解,“上海轮渡11”采用纯电动动力系统,实现了零排放、零污染、低噪音、低震动。该船于2023年3月22日在上海交运船舶有限公司开工建造,2023年11月8日顺利下水。全船可载客250人。

该船选用了磷酸铁锂电池,具有寿命长、容量大、安全、容量恒定等特点。全船锂电池总装机容量为3132千瓦时,满足10小时的用电需求。对照传统内燃机客渡船平均每年可节省50吨柴油,并且不会产生废气、废水和噪音污染,对空气质量和生态环境有积极影响,使用成本也更低。

“上海轮渡11”船体采用单体双壳、圆舭线型为主,双机桨双舵型,主船体为钢材材料,上层建筑为铝合金材料,更能确保船只在航行过程中的安全性和稳定性。此外,该轮渡船海设计了舱外色彩可调的船舶氛围灯,令其更具识别性。(宗合)

## 我国首艘新能源轮渡船在沪启航

### 减少核废料数量、缩短放射性周期、释放庞大能量

# “核嬗变”助力破解核废料处理难题

■本报记者 王林

近日,瑞士一家技术初创公司提出的新型核嬗变技术获得瑞士国家核废料管理机构认可,从而让这一相对冷门的技术概念引起广泛关注。核嬗变是将一种化学元素转化为另外一种元素,或将一种化学元素的某种同位素转化为另一种同位素的过程。研究发现,通过核嬗变可以大幅减少高放射性核废料数量,并缩短放射性周期,同时整个过程还能释放出巨大能量。

## ■ 核废料安全处理迫在眉睫

根据世界核协会定义,核废料可以根据放射性水平和热输出分为高阶核废料、中阶核废料和低阶核废料。

高阶核废料包括乏燃料和后处理废液,具有极高的辐射危害和温度,需要进行长期隔离和处置。中阶核废料主要来自反应堆运行和除役过程中产生的废物,虽然放射性和热量较低,但仍需要进行安全处

理和储存。低阶核废料主要包括核设施的一般废物,例如工具、服装、滤纸等,放射性和热量较低,可以进行相对简单的处理和处置。

目前,掩埋和存储是处理核废料的主要手段之一,但充满挑战且成本高昂。

据悉,芬兰正在建造世界上第一个永久性存储核废料设施,预计今年年底将在奥尔基洛托岛启用,可以实现安全保护10万年。

然而,核裂变留下的物质在几千年内都具有放射性,从本质上讲,掩埋和存储并不牢靠,更像是“隐形炸弹”。因此,研发安全处理核废料技术,正在成为能源和科学界追求的目标,核嬗变技术从而脱颖而出,这是利用核反应将长半衰期的核废料转化为短半衰期或非放射性物质的过程。

## ■ 核嬗变创新研究如火如荼

经合组织核能署表示,多年来,核电行

业围绕利用核嬗变技术管理核废料的讨论不断,部分国家已经启动了探索核嬗变技术的重大项目。

在核嬗变利用方面,我国持续推进创新研究,最具代表性和影响力的创新成果之一是加速器驱动先进核能系统(ADANES)的研发和应用。该系统由中国科学院原创性提出、中广核作为顶层合作伙伴,联合国内其他单位共同研发、建造。

加速器驱动的核废料嬗变,主要利用加速器产生的高能粒子轰击核废料,使其发生核嬗变。ADANES集嬗变、核燃料增殖、核能发电于一体,具有固有防核扩散特性的先进核燃料闭式循环,可以极大提高核燃料利用率,并降低乏燃料无害化所需时间至数百年。

通过ADANES,核废料放射寿命由数十万年缩短到约500年,将核废料数量减少到乏燃料的4%,核燃料利用率也能提高

到超过95%。

瑞士技术初创公司Transmutex提出的核嬗变技术,旨在使用粒子加速器与反应堆相连接,将亚原子中子粒子与轻核放射性金属钍结合,从而产生一种钍同位素,然后这种钍同位素发生裂变并释放能量。与铀不同,钍不会产生钚或其他高放射性废料。

瑞士国家核废料管理机构对上述核嬗变技术进行研究得出结论,认为其可以将高放射性核废料数量削减80%,并极大缩短这类废料的放射性周期。

## ■ 成本高昂是潜在挑战

业内认为,核嬗变技术让核电应用更有前景,但高昂的成本投入仍然是阻碍该技术商业化应用的潜在障碍。油价网指出,将核反应堆与粒子加速器相结合所需要的资金投入尚无明确估算,如果用已知

设备进行对比的话,欧洲核子研究中心建造和运行的大型强子对撞机,大概耗资47.5亿美元。

“即便如此,我们也不应该放弃相关研究。”瑞士国家核废料管理机构负责人马蒂亚斯·布劳恩表示,“在核废料处理方面,核嬗变技术可以‘变废为宝’。”

英国物理研究所核物理小组主席、英国萨里大学研究员杰克·亨德森也指出,核嬗变技术可以将放射性衰变所需时间缩短1000倍,这对核电产业是两全其美的事情。通过燃烧反应堆中产生的一些周期较长的同位素,不仅可以降低放射性水平,还能释放能量。

业内呼吁认真对待核嬗变技术的研究创新,将其视为重塑核电信心的突破口。“该技术让我们重拾对核电的信心。”Transmutex公司首席执行官富兰克林·瑟万施翰伯表示,“我们预计,这一技术可用于处理全球99%的核废料,并将其放射性存留时间缩短至不到500年。”

据悉,Transmutex公司目前正在与至少3个国家就核嬗变技术研发合作进行谈判。为Transmutex公司提供资金的美国联合广场风险投资公司管理合伙人阿尔伯特·温格透露,核嬗变技术可以解决核电领域长期存在的问题,包括核废料安全处理、核废料转变成燃料等。