

中国波浪能、潮流能、潮差能运行装机规模分别居全球第一、第二和第三 海洋能技术突破驱动全球规模化竞逐

■本报记者 王林

海洋能是重要的绿色可再生能源,包括潮汐能(含潮差能和潮流能)、波浪能、温差能、盐差能等。据《中国能源报》记者不完全统计,1—4月已有几十项有关波浪能、潮汐能的发明专利在国家知识产权局提出申请,其中包括气动式波浪发电消浪装置、利用波浪能的漂浮式海上发电用维护、电子设备及存储介质等。

从2022年我国首台兆瓦级潮流能发电机组“奋进号”成功投运,到2023年我国首个单台装机功率1兆瓦的漂浮式波浪能发电装置“南鲲号”成功并网,近年来我国海洋能技术迎来快速发展。与此同时,海外围绕波浪能、潮汐能等海洋能技术研发和投资也在持续升温,澳大利亚、英国等国都在推进相关技术研发和商业部署。

我国海洋能规模化利用加速

我国在波浪能、潮汐能等多个领域实现了从跟跑、并跑到赶超的突破,技术从前期的实验室研究逐步走向了工程实用化,处于产业化、规模化的关键时期。根据自然资源部《2024年中国海洋经济统计公报》,2024年全国海洋生产总值首次突破10万亿元,潮流能、波浪能等海洋能研发稳步推进。

国家海洋技术中心主任、党委书记彭伟指出,立足我国海洋能资源特性,我国先后布局实施一批潮流能、波浪能规模化示范工程项目,截至目前,我国波浪能、潮流能、潮差能运行装机规模分别居全球第一、第二和第三,海洋能装备与国际先进水平基本同步,积累了较丰富的工程技术经验,为实现规模化利用奠定了良好基础。

去年9月,我国首套发电功率达到100千瓦并通过中国船级社审核认证的可自航波浪能发电平台——“集大4号”可自航混流气动式波浪能发电平台正式下水。该平台拥有多项独立知识产权核心技术,能够高效地俘获波浪能,并具有更宽的波浪响应频带宽度,提高了波浪能的转换和传递效率。同时,该平台还配备了完整的油电混合驱动装置、舵机和驾驶装置,能够以一定航速自由航行于海面,灵活前往任何需要的海域进行发电,且具备有效躲避台风的能力。

2月,自然资源部、国家发展改革委、工业和信息化部、财政部、中国科学院、国家能源局六部门联合发布《关于推动海洋能规模化利用的指导意见》指出,力争到2030年,海洋能装机规模达到40万千瓦,建成一批海岛多能互补电力系统和海洋能规模化示范工程。其中,探索潮流能、波浪能开发利用前沿技术,支持兆

瓦级潮流能发电、波浪能发电以及大功率温差能综合利用等关键核心装备技术攻关等;实施百兆瓦级潮流能重点工程,在潮流能资源富集区域,支持将潮流能发电作为沿海地区及海岛绿色能源补充解决方案之一;推进波浪能规模化利用,在波浪能资源富集区域,稳步推进建设兆瓦级波浪能规模化试点工程。

海洋能技术研发和创新不断

中国石油企业协会《中国低碳经济发展报告蓝皮书(2023—2024)》指出,2024年全球海洋能装机容量稳步提升,波浪能、潮汐能等技术取得显著突破。

根据美国能源信息署数据,美国沿海波浪理论年发电潜力高达2.64万亿千瓦时,相当于2023年全美公用事业规模总发电量的63%。欧洲、日本、澳大利亚和新西兰海岸也有巨大的波浪能发电潜力,其中欧洲波浪能年发电潜力估计高达2800太瓦时,约是2023年全球核电发电量的107.6%。

当前,欧盟已出台政策措施鼓励更多的波浪能项目,目标是2030年前开发1吉瓦的产能,2050年前开发40吉瓦的产能。去年9月,美国能源部水力发电技术办公室表示,将在未来5年为波浪能开发和测试提供高达1.125亿美元资金,这是迄今美国对波浪能最大投资。

3月,西澳大学海洋能源研究中心研究团队宣布,在澳西南海岸奥尔巴尼海域测试一个名为Moored Multi-Mode Multibody的新型波浪能转换器。《自然》期刊指出,该装置采用铰接浮筒连接双钢架结构设计,浮筒随波浪起伏运动时,钢架会像蝴蝶翅膀般上下扇动,带动铰接处发电机产生电能。

西澳大学海洋能源研究中心指出,波浪能技术当前仍呈现零散突破状态,开放共享原则将推动研发进程。西澳大学海洋能源研究中心主任克里斯托夫·高丹表示:“以往波浪能产业各自为战,我们是首个完全开放信息的波浪能项目,将公开分享所有经验教训、采集数据及发电成果。”

英国作为波浪能发电技术研究和应用的领先国家之一,拥有多个波浪能发电示范项目。此外,英国还拥有全球第二大潮汐差,一直希望通过潮汐发电获得长期可靠电力并强化海岸防护。英国兰卡斯特大学日前提出一个潮汐发电方案,可以抵御海平面上升对栖息地与海岸线威胁。

高成本是影响商业落地关键

国际能源署预计,到2050年全球海洋能源装机



有望达到300吉瓦、发电量将达到87太瓦时,为全球创造68万个就业机会,减少5亿吨碳排放,贡献3400亿美元的总增加值。波浪能、潮汐能等海洋能源技术突破将对全球脱碳进程产生深远影响,包括为缺乏稳定电网的沿海及岛屿社区提供清洁替代方案、为人工智能带来的“电力饥渴”提供高效供能解决方案等。

以波浪能为例,相较于“风光”发电的波动性,波浪能可以提供稳定的基荷电力,这将极大增强可再生能源占比提升后的电网韧性,大幅降低对锂离子电池等储能技术的依赖。不过,波浪能技术仍面临成本高企、安装复杂、并网困难等商业化障碍。一方面,波浪能的能量特性复杂多变,其波高、波长、周期等参数随时间和空间的变化较大,这给波浪能发电装置的设计和优化带来了很大的困难。另一方面,波浪能发电装置长期处于恶劣的海洋环境中,受到海水腐蚀、海浪冲击、海生物附着等多种因素的影响,其可靠性和耐

久性面临严峻挑战。更重要的是,波浪能发电装置研发、制造、安装和维护产生的高成本,仍是制约其大规模商业化落地的关键因素。

当前,全球多国通过技术创新、规模化部署、政策支持及跨领域协同等策略破解波浪能、潮汐能等海洋能开发的高成本难题。根据《关于推动海洋能规模化利用的指导意见》,我国引导央企投入海洋能开发利用,鼓励各类金融机构依法合规加大支持力度。鼓励民营企业和社会资本投入海洋能开发利用。美国 and 欧盟在资金补贴与市场机制方面下功夫,法国朗斯潮汐电站就是通过政府补贴实现电价0.10欧元/千瓦时,接近陆上风电水平。

规模化是推动海洋能开发成本下降的最有效路径。根据国际能源署海洋能系统技术合作计划预测,按照全球1.8亿千瓦潮流能部署规模,以12.5%适度成本下降率估算,预计可在2049年实现平价上网,并拉动直接投资1700亿美元。

先进核能技术正“吸金”

聚变堆、小堆技术成当下研发和投资热点

■本报记者 董梓童

在气候治理与能源安全格局深刻变革的背景下,核能作为低碳可调度基荷能源的战略价值愈发凸显。安全、高效、规模化发展的核电技术,将是解决我国乃至全球能源问题的重要路径。据国际能源署(IEA)测算,若要实现《巴黎协定》控温目标,全球核电装机需在2050年前翻番,贡献全球约25%的低碳电力,核聚变能技术、小型模块化反应堆(以下简称“小堆”)技术将成为下半世纪能源转型的关键变量。

日前,中国工程院院士、中国物理学会副理事长李建刚在“好望角科学沙龙”上表示,核聚变能是能源革命的关键方向,可以为人类社会提供绿色、安全、近乎无

限利用的能源。基于我国磁约束聚变能发展的技术路线图,我国已明确磁约束聚变能发展“三步走”路线,即从聚变实验装置、聚变实验堆,再到工程示范堆,最终迈向原型电站。

李建刚透露,我国紧凑型聚变能实验装置计划于2027年建成。我国聚变工程示范堆(CFETR)已启动方案设计,将瞄准建设世界首个聚变示范电站。我国聚变工程示范堆将完成从国际热核聚变实验反应堆(ITER)到聚变原型电站之间的技术过渡和工业实践。

中核集团原副总工程师田佳树认为,核电是“双碳”目标下替代煤电的最佳选择之一。根据现行目标,到2025年底,我国

在运核电装机将达到6500万千瓦左右。预计在政策和市场双重驱动下,我国核电装机规模将持续提升。未来二十年内有望完成实验堆和示范堆环节,并在商业堆环节进行探索,增强市场接受度。不过,要实现这一过程,还需要解决材料、成本和工程化等方面问题。

聚变堆、小堆是当下研发和投资热点。相对于聚变技术处于科学验证与工程探索的起步阶段,小堆技术走得更快、更远,已经驶入发展“快车道”。根据国际原子能机构(IAEA)的统计数据,2050年全球核能将突破11亿千瓦,其中小堆将占核电总装机容量的1/4,发展空间广阔。

与大型核反应堆相比,小堆具有建造

周期短、单机投资低、厂址适应性强等特征,还因其体积小、固有安全性高、功率比大、适应性好、核废物产生量少、退役成本低等特点,受到日益广泛的关注。

田佳树表示,未来10年是小堆开发验证和推广的重要窗口期。小堆有近百种设计方案,涵盖多种反应堆技术,包括水冷、气冷、液态金属冷却和熔盐冷却反应堆。我国已建成全球首个第四代特征的球床式高温气冷堆,并有望率先建成全球首个陆上小型压水堆“玲龙一号”。4月中旬,“玲龙一号”小型堆主泵成功吊装就位,标志着“玲龙一号”进入系统安装关键期,为后续机组调试打下坚实基础。

随着新一代信息技术快速发展,未来

小堆将迎来更为广阔的应用场景。田佳树认为,到2030年,我国数据中心的耗电量将达到400太瓦时,是2020年的两倍。预计未来,DeepSeek等爆火将带来整体AI应用生态繁荣和对算力更大的需求。小堆在数据中心供能、园区综合能源供应、替代退役煤电等方面有着广阔的商业前景,并有望于2030年左右实现小堆商业示范。

李建刚表示,人类社会要从以化石能源为主的结构,向以绿色清洁能源为主过渡,预计到下个世纪末替代化石能源。这期间,所有清洁能源技术都值得大力发展,其中既包括核聚变技术,也包括核裂变技术。

投资公司中科创星创始合伙人米磊表示,小型模块化反应堆与可控核聚变的协同发展,将成为人类能源革命的“双引擎”。既要立足当下,通过小堆实现核能安全发展的“确定性”,也要投资未来,依托可控核聚变打开对于未来无限能源的想象空间。在这个过程中,还需要政策的支持、资本的投入和公众的理解,多方共同推动核能成为可持续发展的重要一环。

图片新闻

江苏泰州:“渔光互补”助农户增收



近年来,江苏省泰州市海陵区采取“光伏发电+企业管理+农户入股”的模式运营,利用“水上发电、水下养殖”的创新模式,农户入股每年可获得分红。

图为泰州市海陵区华港镇下溪村的“渔光互补”光伏发电项目。

人民图片

盐城大丰风电项目:

155米高空成功吊装“大风车”

本报讯 近日,随着盐城大丰风电项目最后一支叶片在155米高空完美“转体”与轮毂精准对接,我国自主研发生产的16.2兆瓦海上风电机组在陆地试验机顺利吊装完成,这是目前国内单机容量最大的风电机组之一。

该项目位于江苏省盐城市大丰区,所在地是长三角重要的新能源装备制造中心,拥有丰富的风能资源。据悉,本次吊装的风力发电机轮毂中心高155米,相当于50多层大楼的高度,单支叶片长130米,叶轮直径266米,扫风面积约为5.55万平方米,接近8个足球场面积之和。

“16.2兆瓦风电机组核心部分传动链的起吊重量高达296吨,是本次风机吊装过程中最难的部分。项目团队对风机吊装全过程进行三维模拟和推演分析,创造性采用两台1250吨履带式起重吊装设备同步抬吊的方案。”中国铁建电气化局盐城大丰风电项目负责人王豪表示,项目邀请行业内专家多次论证评审,配合使用高精度定位监测系统,确保整个吊装过程中设备平稳提升和精准对接。

据悉,该机组满负荷状态下每小时发电量16200千瓦时,每年发电量可满足17万家庭全年用电,相比当前市场上的普通机型,其单机发电能力提升3.2倍。以500兆瓦规模风电场为例,使用普通机型需安装100台风机,采用该机型仅需30台,极大提升优质风能资源利用效率。

(付天一)