



李伟,教授,现任浙江大学海洋研究院副院长,机械工程学院/海洋研究院海洋能研究团队首席研究员,中国可再生能源学会常务理事兼海洋能专业委员会主任。研究方向为可再生能源装备与应用、机电控制与测试技术。

深耕“蓝色沃土”,海洋能助力实现“碳中和” ——访浙江大学教授李伟

刘志远

《科技导报》编辑部,北京 100081

2021年3月15日,习近平总书记主持召开中央财经委员会第九次会议并发表重要讲话强调,实现碳达峰、碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革,要把碳达峰、碳中和纳入生态文明建设整体布局,拿出抓铁有痕的劲头,如期实现2030年前碳达峰、2060年前碳中和的目标。“十四五”时期是碳达峰的关键期,大力发展清洁可再生能源成为必然趋势。在海洋这片“蓝色沃土”中,蕴藏着丰富的可再生能源——海洋能,“碳达峰、碳中和”将为海洋能发展带来怎样的机遇与挑战?围绕海洋能的发展,《科技导报》专访了中国可再生能源学会海洋能专业委员会主任、浙江大学教授李伟。

《科技导报》:您作为中国可再生能源学会海洋能专业委员会主任,对海洋能开发进展有较为全面

的了解,请概述海洋能开发的现状与趋势,及其在可再生能源中所占的地位。

李伟:众所周知,地球作为人类居住的共同家园之所以被称为蓝色星球,是因为其表面的70%以上为广阔无垠的海洋。海洋也是“能源之海”,蕴含丰富的海洋可再生能源。狭义的海洋能包括潮汐能、潮流能(或海流能、洋流能)、波浪能、温差能、盐差能等。广义的海洋能还包括海洋生物质能、海底地热能和海上风能等。上述各能种都属于海洋可再生能源的范畴。而从能源及资源利用的观察角度,还应注意海水本身也蕴含有“海量”的化学能。

海洋能的资源禀赋是量大面广,但通常能量密度不大,又隐藏在复杂多变的海洋环境之中。它宛如一座启发人类好奇心又考验人类智慧的大自然

神秘宝库,开门有道,曲径通幽,价值斑斓,取宝维艰,就看你通身武艺咋样、本领几何了?理论上,仅全球波浪能的理论储量估算值就达每年 29500 TW·h,高于 2019 年的全球发电总量 27005 TW·h(据《2019 年全球电力报告》)。而温差能和海上风能理论储量估算值又都大于波浪能。可见,一方面,海洋能分布广泛,取之不尽,用之不竭,使之成为可支撑人类社会在时间维度上永续发展,在空间维度上向海图强的宝贵自然资源;另一方面,要在海洋极端环境条件下获取海洋能量并加以有效利用,也充满了对人类聪明才智和科技水平的重大挑战。

在当今技术条件下,通过各种发电装备实现广阔海域的就地取能、用能和原位发电、供电,成为海洋能利用的主要形式。海能海用则成为在广阔海域满足海上生产、科研、国防活动用电用能日益增长需求的一大天然优势。一般而言,完成能量获取和转换的装备是海洋能利用的核心环节。海上可再生能源装备往往涉及流体、机电液、测控网等多技术领域、多学科间的交叉,必须处理好 3 个共性问题:一是作为能源装备的高效性;二是作为在海洋极端环境服役装备的可靠性;三是作为供电装备的稳定性。这些重大问题不仅构成了国际范围的科研前沿,也成为中国海洋、可再生能源和先进设计制造三大发展战略共同聚焦的高技术挑战。

事实上,从 20 世纪七八十年代始,尤其是中国“十二五”“十三五”期间,国家科学技术部、国家自然资源部等先后持续支持了超过 120 项国家海洋能科技项目,形成了中国海洋能利用研究的良好发展态势:队伍发展壮大、创新能力强化、产学研用协同、装备海试频发、海用亮点增多、社会关注增加。其中潮汐能、潮流能、波浪能三大能种的总体装备水平和主要技术指标均已进入国际先进行列,与欧美相比处于并跑甚至领跑状态。如中国目前是世界上唯一同时掌握电液、电气变桨双向潮流发电技术的国家,占据了前沿制高点。再如江夏潮汐电站双向六工况发电技术与三叶片机组装备、浙江大学大长径比半直驱高效水平轴海流发电系列化装备和中国科学院广东能源研究所“鹰式”波浪发电系

列装备都引起世界同行的广泛关注和高度评价。

实际上,上述这些重大进展的取得,除了新老海洋能科技工作者的接续奋斗,正是得益于中国集中力量办大事、办长远之事的能力和体制优势。如期实现 2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和的目标,是可再生能源领域的一件大事。相信通过发挥海能海用、海上风浪流多能互补等显著优势,海洋能也必将在碳中和过程中扮演十分关键的角色。可以说,贯彻新发展理念、确立碳中和目标和奠定中国在海洋能研究上的标志性成果基础都预示着可再生能源利用由陆向海、大有可为的时代已经来临,对此我们抱有充分的信心。当然也还有紧迫感,因为国际科技竞技场上从来没有弱者的地位,逆水行舟,不进则退。2020 年美国对海洋能研究的投入翻一番,2021 年第 1 季度英国对潮流、波浪能研究批准项目数量和支持额度都大幅增加等动态,都可以看作国际科技竞争过程中此起彼伏、水涨船高的一种“自然反应”。我们不仅要把工作重心放在中国广阔海域上,续写好海洋能“产学研用”的新篇章;也要力争写好海洋能国际合作的大文章,例如加强与东南亚等海洋能资源丰富国家的相关研究交流,参与国际标准制定等,让海洋可再生能源为人类社会永续发展作出更大的贡献。

《科技导报》:正如您所提到的,海洋中储藏着巨大的能量,开发利用海洋能大有可为,您认为未来海洋能率先会在哪些领域得到应用?

李伟:这实际上是海洋能研究和应用的定位问题。海能海用,应用场景十分重要。就个人认知来讲,我认为首先一点凡是可再生能源有其共性,即用电用能都要讲究成本即经济性,是否“经济”也是“是否绿色”的一个相对参考标准。此外还有第二点也很突出,即要考虑到海洋能应用场景的特殊性,这里主要是指其功能上的不可或缺性。通透考虑两点就有几类会率先实现的应用发展模式:一是海洋能给沿海海域或联接电网岛屿发电供电,因为离沿海负荷中心近有利于减少架线距离和输电损耗,同时最终也需要面对各能种间的“同网同价”激烈竞争,因此海洋能并网应用模式必须要通过技术

进步和规模效应不断降低成本;二是海洋能给离岛发电供电,比如离岛往往采用柴油发电其相对成本较高,而海洋能可就地取能并节省了燃料费,后者就完全有可能替换前者,像浙江舟山一部分离岛柴油发电度电成本在2~6元,以海洋能发电装备目前的造价和运行成本完全可以实现替换;三是为更广阔海域包括深远海的海上设施、水下装备或移动船舰供电,则首先要解决的是发电功能的“有和无”和供电时间的“长和短”这样的问题,当然也还有装备和运行综合成本“高和低”的问题。第三种模式的典型应用场景十分广阔,因为存在大量对海洋能的迫切需求和创新应用的范式。仅就海上立体网络构建而言,不管是智慧海洋或透明海洋观察网,还是空、天、海上、水下一体化通讯“互联网”的构建都离不开供电板块的支撑,而分布式海洋能供电网络正是一种现实途径。不仅如此,结合就地取能发电技术、跨海域智能化移动充电桩(艇)技术、跨水层水下充电“直升机”技术和氢能燃料电池技术,海洋能实海况立体供电方案在大量民用和许多特殊用途(如隐蔽式、GPS坐标变换式)的场合可望成为一种最佳选择,形成海能海用、就地消纳、超值应用的场景。

《科技导报》:海洋能有着很好的应用前景,同时您认为未来海洋能开发会面临哪些科学难题?有望在哪些方面实现技术突破和重大创新?

李伟:在上述高效性、可靠性和稳定性3个共性问题中,可靠性即生存能力是第一位的,这是由海洋能装备在开放式海域环境长期工作决定的。在大风、大浪和急流等极端情况出现时确保生存,才谈得上电发得出,发得多,送得出,用得上的问题。可喜的是,我国潮汐能可靠性技术已比较成熟;潮流发电也出现接续运行超过5年的案例,这样的试验运行时间与通常能源装备的“中修时段”渐渐走近,初步满足实用性要求;而波浪能近期也可望出现实海况运行迈过一周年门槛的装备实例。当然作为前沿可再生能源技术,海洋能装备效率也是重要指标之一。在效率方面,通过机电液测控各方面技术集成和整机的优化设计,我国取得的进展

十分突出,不论是广东能源所的高效率波浪装置、浙江大学的双向潮流发电高效率机组和清华大学、江夏电站高效率潮汐发电装备,这些在效率指标上与国际先进水平相比是有过之而无不及的。当然海洋能技术也面临重大突破的机遇,我认为未来5~10年完全有可能在波浪能发电与海上工程一体化创新设计、洋流能利用的低速高效创新结构、温差能综合利用创新增效模式、海上能源制氢系统集成、漂浮式海上风能系统降成本优化设计等方面产生原创性成果或有国际影响力的重大进展。

《科技导报》:国家已经将“做好碳达峰、碳中和”列为2021年重点任务之一,“十四五”规划也将加快推动绿色低碳发展列入其中,请问围绕国家战略目标,海洋能已取得哪些重要进展,您又建议应该如何进一步布局海洋能的开发利用?

李伟:碳中和承诺是中国责任担当和新发展理念的重要体现,也是全人类共同的事业。在这一历史节点上思考,我觉得海洋能作为中国可再生能源、海洋和先进制造三大战略领域的重要交汇点,既具有很好的研究基础和产业化转化条件,也将迎来重大发展机遇。

首先,经过前辈和当今海洋能工作者的不懈努力,中国已经在如下方面取得重要进展。(1)技术与装备成果纷呈:中国科学院广东能源所、中国海洋大学、山东大学、武汉大学、集美大学、自然资源部天津海洋技术中心等单位都有自己的波浪发电装备“代表作”;浙江大学、国电集团联合动力公司、哈尔滨电机集团、东北师范大学和杭州江河水电公司都有自己的潮流能发电装备实海况发电之作;清华大学、华东勘探设计研究院和江夏电站的潮汐发电装备系统长期商业运行更是闻名遐迩。(2)创新型与高效性成果突出:如“鹰式”高效截止型波浪装置、基于形状优化的振荡水柱式波能转换装置(效率达20%以上)、主动共振式波能获取新方法、大长径比半直驱双向潮流发电新机型等。(3)系统可靠性与成熟度增强,前文已有述及,不再赘述。(4)建成与在建实海况测试场:包括浙大摘箬山岛漂浮式潮流能试验电站、三峡集团葫芦岛潮流单桩式测

试场、斋堂岛综合试验场、威海综合试验场、集大1~3号波浪测试平台、大万山岛波浪试验场等。(5) 产业化与市场化前景展现:装备原理和设计出发点更加切合实际,更多考虑了资源情况和应用场景。出现产学研用结合实例,包括南方电网和广东能源所之某岛案例、浙大摘箬山岛供电和测试服务案例,均在综合经营模式下实现盈利或良性运转。

其次,从面向碳中和、布局新发展的角度,有以下事情十分重要,需要重点考虑。一是筑牢基础,重视和加强海洋能基础研究和前沿研究,保持一支稳定的产学研队伍。二是构建平台,继续推进海洋能公益性海上试验场建设,提供成果检验、比较、转化、推广的公共平台,建立独立第三方评价机制,加速海洋能装备标准化、产业化、规模化进程。三是开阔思路,抓住海上风电新机遇、洋流发电新场景等乘势而上,例如以特种用途开路,推动洋流、波浪在广阔海域的发电供电尽快成为现实;再如紧抓海上风能储量大、距离负荷中心近、发展浪潮高涨的机遇,借船出海,全面实现风浪流多能互补模式,这方面设计处理得好,海洋能可为海上风电解决厂用电难题并实现漂浮式平台稳定性冗余设计并有效降低综合成本,获得“能种做加法,成本做减法”的双赢。四是完善机制,着力构建海洋能“产学研政商用”协同创新机制和学术甄别、市场选择机制,加大国家和地方政策和财政支持力度。五是造就人才,抓紧海洋能后备人才尤其是领军人才的培养历练,确保接续奋斗,后继有人。

《科技导报》:国内海洋能科技工作者队伍现状如何?请您结合多年来的研究经验,为从事海洋能科技创新的青年学者提出建议。

李伟:目前参与研究和关心海洋能的产学研政

群体人数达数百人之多,为历史高峰,其中年轻人居多,说明新发展理念深入人心而海洋能确实后继有人。在肯定队伍建设成绩的同时,也不应忌讳问题。比如研究方式和方法上存在的带倾向性问题:研究从原理出发的居多,从应用场景出发的较少;专注已有优势方面的较多,弥补技术短板的较少;实验室研究的较多,实海况验证的较少;独自研究的较多,产学研用相结合的较少等都可以加以改进。

我尝试给年轻人一些建议:比如在整机优化设计上,要处理好系统“简与繁”、部件多与少及“静与动”(如流体质量分布)、“变与不变”(如变结构、变调控策略)、关键指标与系统综合(如效率与可靠)之间的辩证关系。在总体技术路线上掌握好传承与创新的辩证关系,另辟蹊径或“站在巨人肩膀上”远眺前行。在试验研究上运用好数字样机、实验室比例样机、全尺寸海试样机的方法。在功能、性能设计上要把握好指标先进与成本适中之间的辩证关系等。

至于大家都关心的研究新方向,我个人看好温差能及海水资源化利用、海上能源制氢及燃料电池、纳米材料摩擦生电获能技术、低流速高效率设计技术、机电磁或磁流体原理无功缓冲部件及在波浪发电中的可靠性应用,还有漂浮式平台系统载荷测试技术等前沿方向。最后,以一首小诗作为寄语:

你是初潮伴着朝阳,
你是后浪伴着力量。
你就是大海般的能量,
你就是碳中和的希望!