

能源转型不可忽视海洋能开发

■刘媛 郭振

海洋可再生能源通常指附着在水面上的潮汐能、潮流能、波浪能、温差能和盐差能，是一种能源源不断产生的清洁能源。在能源转型和应对全球气候变化的压力下，海洋可再生能源以其不占用土地空间、资源分布广泛、开发潜力大、可持续利用、绿色清洁等优势，成为全球可再生能源发展的重要组成部分和当前国际能源领域研究开发的热点和前沿。海洋能源有着巨大的减排潜力，每千瓦海洋能装机容量每年能够减少1.67吨二氧化碳排放量。全球海洋能总储量巨大，海洋能的实用化开发与商业化利用如果得以合理开发，各种海洋能发电量之和理论上将远超当前全球每年电力消费需求。

据国际可再生能源署预测，随着各类海洋能源技术的发展，全球海洋能装机容量预计未来5年可达3.0千兆瓦，至2030年和2050年分别可达70千兆瓦和350千兆瓦。在全球化石能源不断枯竭、生态环境恶化的今天，发展海洋能已经成为新一轮国际竞争的战略制高点。以海洋能作为未来发展的战略性技术储备，将为增强国家能源安全提供有效保障，并将为各国实现碳中和提供重要支撑。

■加快海洋能开发利用意义重大

我国海洋资源丰富，海域面积大(管辖海域约为300万平方公里)，海岸线长18000公里，海岛资源丰富(面积大于500平方米的海岛达6900多个)，在我国近岸及其毗邻海域蕴藏着丰富的海洋能源资源，能量密度位于世界前列，具备规模化开发利用的有利条件。根据联合国环境规划署公布的全球海洋能源开发利用数据，中国占全球海洋能发电储量的近1/5。其中，温差能是我国蕴藏量最多的海洋能源类型，其资源可开发量估计超过13亿千瓦。我国的潮汐能资源可开发量约为2200万千瓦，处于世界中等水平。此外，现有潮流能和波浪能的可开发资源量分别约为1400万千瓦和1300万千瓦。

2020年，我国海洋能累计装机容量约为8兆瓦，位列全球第五。年并网发电量约为7吉瓦时。其中，浙江江夏潮汐电站以高达0.32万千瓦的装机容量位列全球第三。我国潮流能和波浪能的累计装机容量约为4兆瓦，约占全球该类能源装机总容量的1/4。近年来，我国相继出台了13项关于海洋能利用的国家标准，以促进海洋能产业规范化发展。专利中请量多年高居世界首位，新技术和新方法不断涌现。

海洋能源及其相关产业属于典型的战略性新兴产业和绿色环保产业，包括装备制造、交通运输、电力运营等上下游产业，其特点为产业链长、带动性强。海洋能源的深化利用和推广不仅能优化能源结



图为我国首座半潜式波浪能养殖平台“澎湖号”波浪能发电装置

构，还将成为蓝色经济发展的新增长点。同时，海岛缺水现象严重，发展海洋能可为边远海岛提供充足、稳定的能源和淡水供给，有利于解决我国国防建设、宜居海岛和生态岛礁开发、沿海地区民生改善等用电用水问题，是维护我国海洋权益、建设海洋强国和海洋生态文明建设的重要保障和必然要求。

自2006年以来，我国海洋能开发利用进入前所未有的机遇期，海洋能发展被纳入《可再生能源法》《可再生能源发展第十三个五年规划》和《能源生产和消费革命战略(2016-2030)》等多个重大国家计划。2022年最新出台的国家《“十四五”可再生能源发展规划》从总体部署与关键任务等不同维度统筹规划发展进程，明确要“稳妥推进海洋能示范化开发”，始终坚持“引进来”和“走出去”相结合的技术创新发展战略，乘势大力推动海洋能开发，争取在海洋能开发利用领域有突破性进展，走在世界前列。党的二十大报告提出，要立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，深入推进能源革命，加快规划建设新型能源体系，坚定不移推动能源绿色低碳发展，积极稳妥推进碳达峰碳中和。

自“双碳”目标实施以来，海洋可再生能源的开发利用进程逐渐加快。大力发展海洋能不仅可为我国带来生态环境上的改变，对于推动经济发展也有很大的潜力，海洋可再生能源产业发展可提供大量的就业岗位。随着海洋可再生能源产业化加快，其创造的经济效益也在不断增加，应充分利用海洋能资源优势和产业基础，抢抓“一带一路”和“双碳”目标机遇，加快海洋能开发利用的相关研究，积极推进试验性项目，加快发展海洋可再生能源产业，使之成为

我国海洋经济的重要支柱。

■我国发展海洋能还面临四个难题

与巨大的海洋能储量形成鲜明对比的是目前我国海洋能发电才刚起步。目前，我国海洋能发展主要面临四方面问题：

首先，在理论技术层面，我国海洋能基础研究相对薄弱，对能量捕获与转换机理、设备的抗腐蚀与疲劳机理等研究亟待加强。虽然潮汐能技术水平居世界前列，但万千瓦级潮汐电站的建设尚未实现。潮流能和温差能技术分别处于比例样机的海试和实验室验证阶段。盐差能则处于探索性研究阶段，距产品市场化应用尚有很大差距。多数发电装置在寿命、转换效率、稳定性和成本上落后于国际先进水平。

其次，在政策指引层面，多数海洋能研发项目设备制造投入巨大且缺乏稳定持续的资金，导致发电成本相对过高。国家目前尚未在上网电价、电价补贴等方面出台相关扶持政策和强有力的整体战略规划。大多数地方政府对海洋可再生能源研究不全面，尚未制定地方海洋可再生能源发展计划以及相关项目的海洋和土地使用等配套政策。缺乏激励政策和中长期规划目标，企业吸引力不足，难以实现海洋能开发利用的商业化运行。缺乏统一、协调的海洋新能源应用发展的管理机制，海洋环境保护形势和生态建设的任务依然较为严峻。

再次，在产业层面，由于海洋能资源不稳定、能量密度较低且具有多风险性，我国海洋能技术大多停留在科研院所和高校，示范工程的安装规模较小，应用效果不及预期，还处于产业发展的萌芽阶段，投入巨

大且建成后维护管理困难，主要依靠政府财政引导，相关的配套技术和产业发展环境尚不成熟。另外，我国还没有针对海洋可再生能源发电设备的试验标准、技术标准和成熟的产品检测体系，这也成为制约我国海洋能产业规模化发展的一个瓶颈。

最后，在平台及能力建设层面，建立国家海洋可再生能源海上试验场等综合试验平台，可以提供统一的试验和认证服务，积累经营管理经验。我国在公共研发服务平台与示范区建设方面经验较少，相比于欧洲海洋能中心(EMEC)等国际先进公共测试场，相关工作亟待加强。现有的从事海洋能源领域的科技研发力量分散，尚未形成合力。人才缺口较大，在推动海洋可再生能源装备从“能发电”向“稳定发电”转变上力度不够。

■六角度发力推动开发利用

目前，我国海洋能开发利用正处于工业化、规模化发展的关键时期。基于当前我国海洋能发展情况，提出以下六点建议：

一要优化顶层设计。以党的二十大精神为指引，立足海洋能开发利用的全产业链，加快制定《海洋能发展“十四五”规划》的相关配套政策。科学制定符合我国国情的海洋能产业中长期发展路线图。明确我国海洋能产业在装机规模、技术创新、就业指标、生产总值、政策革新、电力消纳保障等方面的宏观战略目标、阶段发展进程与具体实施方案。完善海洋能用海用地优惠政策和审批政策，建立并形成绿色、低碳、循环可持续发展的经济体系。

二要加大政策保障。加大对海洋能基础理论研究、海试效果较好的海洋能装置

等方面的持续性资金支持力度。拓宽产业融资渠道，准许凭借股权、债务等形式获得资本，探索商业性金融、股权融资等手段，积极引导、鼓励民间资本进入，逐步建立稳定持续的多元化资金投入机制。设立“海洋能源利用与转化基金”，加强海洋能研究与应用的资金保障。细化落实产业激励政策，加快制定海洋能上网电价激励政策。

三要重视基础研究。加强研发与技术人员培育，充分调动科研院所、高校与骨干企业的科研力量，重点突破提高多种海洋能综合利用的能量转换效率、装备稳定性、系泊避险技术、防腐防污技术、收放运维技术和多能互补技术等关键技术，超前部署重点领域前沿性、颠覆性技术攻关，构建面向未来的战略性新兴产业储备优势。加强高效转换的基础理论与室内、海上先进测试技术的全面支撑，充分利用海上综合试验场的条件，引领国家在本领域的原始创新与技术创新。构建国际先进的多元化多层次海洋新能源开发科技创新平台，加快推进产学研合作项目，切实推动海洋能重大技术研发、重大装备制造和规模化水平。

四要强化示范应用。加强海洋能国家重点实验室和海上试验场等平台建设，加快建设威海、舟山、万山和南海海上试验场的建设，为我国波浪能、潮流能发电装置的研发定型、海洋科学研究和相关标准体系建设提供重要公共平台，为海洋能产业化发展奠定技术和标准化基础。加强海洋能资源高效利用技术装备开发和工程示范，促进海洋清洁能源多元化开发与应用，通过产研结合的方式，适时扩大各类海洋能示范工程规模，加快推进我国海洋能发电技术达到规模化、商业化应用水平。

五要深化国际合作。充分利用我国能源技术和产业优势，加强与发达国家的技术研发、转让和能力建设等合作，加速推动我国海洋能技术和产业实现跨越式发展。抓住“一带一路”机遇，依靠双边合作机制和平台，推动沿线国家海洋能技术和装备推广。积极参与世界海洋能合作平台和发展计划，逐步提高我国在国际可再生能源署、国际能源署海洋能系统技术合作计划等国际组织中的影响力。

六要拓展应用领域。积极拓展海水淡化和制冷、海水制氢、深海远洋开发、海岛开发、海上能源供应、海上国防建设等多个领域的应用。通过建设多能互补的海洋能源和海洋能源陆上运输网络，促进清洁能源成为偏远岛屿和深远海洋活动的能源保障。拓展海洋能应用新场景，除为海岛及其通讯、海洋监测等提供电力外，还应与海水养殖、海水淡化、海洋采矿等场景相结合，以实现海洋能技术和产业不断相互促进。做到按需定制，解决海上设备能源供给问题，形成海洋能应用新技术、新业态和新场景。

(刘媛任职于山东外贸职业学院；郭振供职于自然资源部第一海洋研究所)

美国能源部宣布 核聚变技术取得里程碑式成就

综合《环球时报》、央视新闻客户端报道 美国首次成功在核聚变反应中实现“净能量增益”。

全球科学家一直希望以“核聚变”技术打造出“人造太阳”，获得大量清洁能源。美国加州科学家在这一领域获得重大突破。当地时间12月13日，美国能源部官员宣布，由美国政府资助的加州劳伦斯·利弗莫尔国家实验室(LLNL)，首次成功在核聚变反应中实现“净能量增益”，即聚变反应产生的能量大于促发该反应的辐射能量。

据悉，实验向目标输入了2.05兆焦耳的能量，产生了3.15兆焦耳的聚变能量输出，产生的能量比投入的能量多50%以上。

美国能源部长詹妮弗·格兰霍姆在一份声明中称，这一突破是一项“里程碑式的成就”。这项成果预计将可能帮助人类在实现零碳排放能源的进程中迈出关键一步。

此外，加州劳伦斯·利弗莫尔国家实验室主任表示，如果想将这一成果商业化，核聚变技术仍有“重大障碍”需要克服，可能还需要几十年的努力和投入。

美国《华盛顿邮报》12月12日称，核聚变研究的目的是复制在太阳上产生能量的核反应。自20世纪50年代以来，这是科学家们一直在追求的无碳能源的“圣杯”。它距离投入商业使用至少还有十年，甚至几十年，但拜登政府可能会把这一最新进展吹捧为政府多年来大规模投资的收获。有美国国会议员甚至声称，“它很可能会改变世界的游戏规则。”

有美资深核聚变科学家直言，“对我们大多数人而言，(成功)只是时间早晚问题。”《华盛顿邮报》称，虽然这一成就意义重大，但未来仍存在巨大的挑战。创造“净能量增益”需要世界上最大的激光器之一的参与，并且需要大量资源来重新建立所需的反应规模，使核聚变实际用于能源生产。更重要的是，工程师还没有开发出能够以经济实惠的方式将这种反应转化为电力，并实际应用电网中的机制。科学家称，制造足够大的设备大规模产生核聚变能量，将需要极其难以生产的材料。同时，反应产生的中子会给设备带来巨大压力，令其在反应过程中被摧毁。

称赞美国这项重大突破之前，应该了解一件事



《环球时报》枢密院十号微信公众号12月15日文章 美国能源部12月13日宣布，美国劳伦斯·利弗莫尔国家实验室(LLNL)的国家点火装置取得了重大突破——首次实现了所谓的“能量净增益”，即核聚变反应产生的能量超过输入的能量。

一时间，媒体上各种溢美之词铺天盖地而来，宣称美国在核聚变领域的这个突破，“帮助人类在实现零碳排放能源的进程中迈出关键一步”，甚至还有鼓吹它能帮助解决当前的全球能源短缺问题……

美国的确在核聚变领域取得了一个重大科技突破，但在充满激情地跟着称赞之前，有些事情需要了解一下。

在这个大新闻出台前，恐怕大部分人都对“美国国家点火装置”感到陌生。简单而言，它是世界上最大的激光装置，造价高达35亿美元，有3个足球场那么大，可以动用近200台激光器产生的高能激光集中轰击一个微小的核聚变材料靶标，以启动核聚变反应。国家点火装置于1997年开工建设，即便经历了2008年的经济危机，美国政府也咬牙把这个“吞金大户”坚持下来，并在2009年完工。

但美国政府如此重视国家点火装置的根本原因是什么？看看它的背景，一切就清楚了——美国国家点火装置由美国能源部下属管理核武器的国家核安全局负责运行，它的主要任务是实现能产生高能量的聚变反应，并为美国核武器储备的维护提供指导。

换句话说，国家点火装置的“本职工作”并非是为全人类发展清洁的核聚变能源，而是为美国核武库服务的——它的最初设计目标就是通过模拟爆炸来测试核武器。

中国核物理学家、工程院院士杜祥琬对此说得非常清楚：“美国此次开展的激光可控核聚变，根本目的是研究核武器相关的物理问题。”事实上，在美国宣布这次“重大突破”后，不少业内专家也注意到它对于美国发展新型核武器的重大意义——这可以帮助美国绕过《全面禁止核试验条约》而停止的地下核试验，转而以较小的规模进行核反应实验，并从中收集数据。LLNL的武器物理和设计项目主任马克·赫尔曼表示，该实验本身就创造了非常极端的环境，更加接近于核武器爆炸。虽然核反应在十亿分之一秒内就结束了，但这段时间足以研究核武器的科学家提供重要数据。

另一方面，国家点火装置的这次突破从科技上说，的确是不小的成绩，但要它很快就能解决人类的能源危机，那实在是吹嘘得过了头。

在12月5日的实验中，美国国家点火装置用192束高能激光，将2.05兆焦的激光聚焦到核聚变材料上，产生了3.15兆焦的能量，能量增益首次大于1，达到了“点火”标准。实现“能量净增益”被视为证明商业核聚变电站可行的关键一步，国家点火装置的这次成功就证明了这一点。

但它距离真正意义上的实用化核聚变，还有非常远的路要走。英国《金融时报》称，虽然该实验产

生的能量比激光器输入的能量高，诞生光是激光器运行就需要约300兆焦的能量，就整个系统而言，这次核聚变产生的能量仍微不足道。此外，从聚变产生的能量转化为电力的过程中还会有能量损失，“因此可以说，国家点火装置的实验结果是一项科学上的成功，但离提供可用的、充足的清洁能源还有很长一段路要走。”

据了解，业内通常认为，核聚变商业化前景更好的并非是国家点火装置所代表的高功率激光作为驱动器的惯性约束核聚变，而是另一条技术路线——利用约束弱的托卡马克装置。

其中位于法国南部的“国际热核聚变实验堆(ITER)”是可与美国国家点火装置相提并论的超大型可控核聚变实验装置。

值得一提的是，中国是这项计划的重要参与国。此外，中国还在合肥、成都建造有自己的托卡马克装置，承担的就是开展获取可控核聚变能源的实验。例如中科院合肥物质科学研究院等离子体物理研究所的EAST全超导托卡马克装置(“东方超环”)于2021年成功实现1056秒的长脉冲高参数等离子体运行，成为世界上托卡马克装置实现的最长时间高温等离子体运行，打破世界纪录。

所以，在大方祝贺美国在核聚变方面取得重大突破的同时，也不必妄自菲薄——中国在可控核聚变方面同样走在世界前列。

