

潮流能、波浪能海上试验与测试场 建设主要问题分析*

李彦，罗续业，路宽

(国家海洋技术中心 天津 300112)

摘 要：建设我国潮流能、波浪能海上试验与测试场，是促进我国潮流能、波浪能可再生能源产业发展的重要推动力。文章通过对国内外潮流能、波浪能开发利用现状分析，提出建设我国潮流能、波浪能海上试验与测试场的紧迫性和必要性，并根据对国际先进国家海上试验场建设与发展趋势的研究，结合我国实际，提出了潮流能、波浪能海上试验与测试场建设应考虑的主要问题和建议。

关 键 词：潮流能；波浪能；海上试验与测试场；综合检测

我国海洋可再生能源开发利用的发展可划分为近期、中期、长期 3 个阶段^[1]，即：基础研究阶段、装置研究与开发阶段和产业化阶段。基础研究阶段主要是以政府主导为主，资助的重点主要是研究机构，支持的方向是解决关键技术、建立公共海上试验平台、建设标准体系。装置研究与开发阶段主要是政府主导、企业参与，资助的重点主要是企业，支持的重点方向是提高设备性能、促进技术应用，示范地点从近岸海域推进到开阔海域。产业化阶段主要是以企业为主导，开展商业化应用，实现海洋能的产业化开发。我国海洋能（特别是潮流能、波浪能）开发目前处于装置研发阶段的初期，海上试验是面临的一大重要共性问题。

1 国内外潮流能、波浪能开发利用技术发展现状

20 世纪 70 年代，海洋可再生能源因其储量丰富、环境友好等特点而受到世界各国的普遍重视，步入 21 世纪以来，特别是在面临化石性能源日益枯竭、全球气候变暖、环境污染加重、能源需求不断增加的严峻形势下，各国政府相继将海洋可再生能源列为战略能源。除英国、爱尔兰、挪威、丹麦、美国等走在世界前列的国家外，日本——特别是在福岛核事故发生后

对海洋可再生能源给予了高度重视，并在海洋热能发电系统和换热器技术上也取得了显著成绩^[2]。我国于 2010 年设立了海洋可再生能源专项资金。

根据 IHS 新能源研究所的报告显示，当前潮流能、波浪能利用技术发展较快，处于实海况试验阶段^[3]。国际上具有代表性的主要包括：英国 MCT 公司研制的 SeaGen 潮流发电装置，装机容量 1.2 MW，已实现了向英国国家电网输电^[4]；英国 PWP 公司研制的 Pelamis 波浪发电装置，分别安装于苏格兰近海（总容量 0.75 MW）和葡萄牙近海（总容量 2.25 MW）^[5]；美国 OPT 公司研制的 PowerBuoy，已形成单机功率分别为 40 kW 和 150 kW 的系列产品，并成功地在美国海军军用设施供电^[6]。

近些年，在我国财政部、科技部和国家海洋局的支持下，潮流能、波浪能利用技术取得了一定成果，与国外在潮流能、波浪能发电技术上差距不大，但在发电机组大小和装机容量上差距较大。如：哈尔滨工程大学曾先后研制了“万向 I”型 70 kW 潮流实验电站和“万向 II”40 kW 潮流实验电站^[7]，目前已在浙江省舟山地区安装了一台 10 kW 小比例潮流发电装置海上工程样机，经过 1 个月的测试运行正常。中科院广州能源研制了 3 kW、20 kW、100 kW

* 基金项目：波浪能、潮流能海上试验与测试场建设论证及工程设计（GHME2010ZC10）。

岸式振荡水柱波能转换装置^[7],目前完成了新的10 kW鸭式波浪能发电装置和10 kW点吸收式波能发电浮标的海上工程样机的建造工作。

2 建设我国潮流能、波浪能海上试验与测试场的必要性

海洋可再生能源的开发利用是一把“双刃剑”,能量密度越高,发电装置获得的能量越多,但同时发电装置的破坏也越大。因此,一项海洋可再生能源开发利用技术的成熟应用,需要经过大量的实验室模拟试验和海上现场试验,需要在不断的试验中逐步完善。海上试验作为海洋可再生能源装置从工程样机走向规模化应用的关键环节,对于提高装置转换效率、环境适应性和可靠性、实现技术实用化,具有十分重要的意义。但是,在发电装置进行海上试验的前期,需要对试验海域的海洋能资源状况、水文气象环境以及海底底质等进行较长时间的调查,并开展装置海底基础建设、海底电缆铺设等多项海上工程,这将耗费大量的人力物力,大大增加发电装置海上试验的成本和周期。因此,建设一个公共的海上试验与测试场是解决这一问题的最有效途径。

借鉴国外潮流能、波浪能开发利用技术发展的成功经验,除了政府政策激励、大量资金投入外,一个关键因素就是建立海上试验与测试场,以此推动海洋能技术发展。当前,我国潮流能、波浪能开发利用技术步入实海况试验阶段,大量的应用技术有待接受海上现场试验的考验。因此,无论从推动技术应用的产业化发展,还是从成果转化与运行的规范化管理来说,均需得到权威的第三方试验、测试与评价,迫切需要建设一个公益性的国家海洋可再生能源开发利用技术试验与测试平台。

3 国内外潮流能、波浪能海上试验与测试场建设进展现状

海洋可再生能源开发利用处于领先的国家已开展了大量的海洋可再生能源装置的测试与评价研究,相继建立了国家、区域性的公益性海上试验与测试场,为世界各国、各相关研发部门提供试验、测试、评估、咨询等各项技术

服务,从而指导并促进海洋可再生能源产业的发展。据不完全统计,仅欧洲就建有波浪能、潮流能海上试验场11个,其中波浪能海上试验场8个、潮流能海上试验场3个^[8]。

目前世界上最先进、最成熟的当属英国的欧洲海洋能源中心(EMEC)^[9]。它主要提供潮流能、波浪能的海上试验与测试场。在欧盟委员会、英国以及苏格兰政府大力发展可再生能源的政策指引下,EMEC以成为国际知名的权威性海洋能转换装置测试及认证中心为核心发展目标,为海洋可再生能源的研发机构提供一系列的测试与认证服务,包括提供与国家电网连接的主要测试设施,远程实时数据监控与分析,检测与性能评价流程的校验以及在设备检验批准过程中所需的全部指导和协助等。

该中心拥有位于奥克尼群岛西南部 Billia Croo 的波浪能海上试验场以及位于北部 Eday 岛 Fall of Warness 水道的潮流能海上试验场。试验场自1999年立项,到2003年初步建成,仅政府投资的经费就达1 800万英镑,在2009年又获得了苏格兰能源与气候变化部(DECC)提供的800万英镑的支持,进一步完善配套设施。自2003年建成后运行至今,先后有PWP公司的Pelamis、AW Energy公司的Waveroller、Aquamarine Power公司的Oyster以及OPT公司的Powerbuoy等波浪能装置和OpenHydro公司的OpenHydro、挪威的E-Tide等潮流能装置,先后在该试验场进行了实海况并网试验^[9]。

此外,爱尔兰海洋研究院(MI)和爱尔兰国立科克大学水动力和海事研究中心(HMRC)联合在戈尔韦湾建立了大比例样机的测试基地,主要针对波浪能装置进行测试,最大可支持到1/3模型比例的实海况试验。丹麦于1997年启动了国家波浪能源计划,目前已在日德兰半岛西北部的Nissum Bredning建立测试中心,主要为装置模型的制造和改进提供室内和现场测试环境。美国俄勒冈州立大学自1998年起着手进行波浪能的开发计划,并结合波浪能装置的设计,在俄勒冈以外的海域建立用于波浪能测试的试验站。除OSU设计开发的OSU波浪能浮标外,加拿大Finavera公司开发的AquaBuoy波浪能浮标以及TriAxys公司开发的浮标测波

系统也先后加入到试验站的测试中。

我国在 2010 年海洋可再生能源专项资金的资助下,由国家海洋技术中心牵头,联合中国海洋大学等国内高校、勘察院、工程公司共 5 家单位共同开展了潮流能、波浪能海上试验与测试场的选址论证和初步工程设计工作^[10]。

4 潮流能、波浪能海上试验与测试场建设主要问题

为促进我国潮流能、波浪能海上试验与测试场建设的有效开展,根据我们对国际先进的海上试验场研究分析,我国潮流能、波浪能海上试验与测试场建设需重点考虑海洋环境、测试设备及方法研究 3 个技术问题。

4.1 潮流能、波浪能装置海上试验与测试条件

潮流能、波浪能发电装置进行海上试验的前提条件是所使用的海域在符合国家相关政策规定的前提下,物理环境满足装置运行的最低能量密度需求,这也决定着试验场在不同空间、不同能种上的合理布局。

海上试验与测试场的物理条件决定着试验场地的选择,首先应进行备选试验海域的资源调查与评估,确保潮流、波浪基本要素满足发电装置正常启动与运行的环境要求,同时发电装置能经受住场地地形、潮流、波浪等环境条件的不利影响,例如,海流具有随季节迁移的特性,因此,场地选择时应该考虑海域划定范围内海流在重新定位时潜在能力足以满足长期发电试验与测试要求,同时也应考虑潮流分层现象^[11-12]。

陆上与海上施工条件是试验场建设应考虑的另一重要条件。陆上与海上工程涉及交通、道路、设施、通信、并网、海上平台、海底电缆等多方内容^[13],因此,施工的难易程度、成本代价以及对周围生态和人文社会环境的影响均应予以考虑。

4.2 潮流能、波浪能海上测试设备

潮流能、波浪能海上测试设备是为潮流能、波浪能发电装置效率进行评价的基础手段,其测量准确度和长期有效运行决定着试验场的有效生命周期。

测试设备主要包括环境测量设备、功率测量装置和状态监测设备。环境测量设备主要用于测量发电装置试验泊位的海流(或波浪)、温度、盐度等环境参数,为能量转换效率的测试评价提供准确的环境测量数据^[11-12]。功率测量装置主要用于测量发电装置产生的电压或电流以测定实时功率值,该装置应尽可能靠近与电力网络连接点,以保证测定的有效净输出功率提供到电力网络。状态监测设备主要用于连续不断或经常性地测量发电装置运行参数,用以判断发电装置的利用率。

4.3 试验与测试评价方法、评定标准

海上试验与测试评价方法、评定标准的制定是试验场建设的核心目标,这将为我国海洋可再生能源产业准入制度的建立提供有利的技术支撑与服务。

测试与评价内容包括实海况转换效率、环境适应性、可靠性及并网发电等。对潮流能、波浪能 2 类能种装置的实海况转换效率的测试与评价,首先需要确定 2 种能量的实际海况理论计算方法,然而每一类装置中的发电原理、结构设计和发电特性均具有多样性,因此理论能量输入功率的计算方法也各不相同。环境适应性与可靠性是评定发电装置设计成功与否的重要标准,是促进技术发展产业化进程的有力保障,评价方法应依种类的不同而具有针对性。并网发电是发电装置实现商业化的重要标志。测试的基础是发电装置单机与电站整体的电气数学模型,同时,还要针对发电装置供电间歇性强、电压与频率波动性明显等诸多问题提出合理的测试方法与评定标准。

5 我国潮流能、波浪能建设海上试验与测试场的几点建议

潮流能、波浪能海上试验与测试场的建设将是一项复杂的系统工程。它应是一个公益性的海洋可再生能源开发利用技术服务体系,提供最具权威性的试验、检验、评价、鉴定平台和手段。因此,在我国试验场规划建设过程中提出以下 3 点建议。

5.1 试验场建设需国家专项支持、统一规划

我国潮流能、波浪能海上试验与测试场的建

设是推动其产业化发展的公益服务平台,而又具有高风险、高投入的特点,因此,需统筹规划,分步实施,前期建设需政府主导、国家专项资金的持续支持。

5.2 试验场建设需立足内需、与国际接轨

我国潮流能、波浪能海上试验与测试场的建设在具有我国资源特色、满足我国国内广大装置研发用户海上试验需求的同时,应积极开展国际合作,与国际海上试验、测试、评价的标准与规程相符,为我国海洋能装置的国际化发展奠定基础。

5.3 需建立我国测试认证体系

近几年,国家对海洋可再生能源的高度重视为海洋可再生能源利用技术的进步带来了前所未有的发展机遇,同时,也出现了产业化中试环节代价大而极度缺乏的问题,因此,建立科学有效的潮流能、波浪能发电装置测试认证体系是促进其产业规范化发展的有力保障。

海上试验、测试与评定是海洋可再生能源产业发展的关键一环。建立开放的国家海上试验与测试场、提供综合技术服务体系已刻不容缓。但这是一项高风险、高投入的国家公益事业,需要国家和社会各界的共同努力。

参考文献

[1] 罗续业. 我国波浪能、潮流能海上试验场建设[R]. 第一届中国海洋可再生能源发展年会暨论坛. 2012.

[2] 中国市场调查网. 2012—2016 年中国海洋能行业市场深度剖析及投资战略咨询报告[EB/OL]. (2012—04—18)[2012—05—10]. <http://www.cnscdc.com/79909.html>.

[3] IHS Market Study Excerpt. Global Ocean Energy Markets and Strategies; 2010—2013 [EB/OL]. (2010—10—05)[2012—05—10]. http://www.emerging-energy.com/uploadDocs/Excerpt_GlobalOceanEnergyMarketsandStrategies2010.pdf.

[4] Marine Current Turbines. World's first commercial

—scale tidal power system feeds electricity to the National Grid [EB/OL]. (2008—07—17)[2012—05—10]. http://www.marineturbines.com/3/news/article/10/world_s_first_commercial_scale_tidal_power_system_feeds_electricity_to_the_national_grid_.

[5] Pelamis Wave Power. ScottishPower Renewables' Pelamis machine arrives in Orkney [EB/OL]. (2011—11—07) [2012—05—10]. <http://www.pelamiswave.com/our-projects>.

[6] Ocean News and Technology. Editorial Focus: OPT PowerBuoy Update[EB/OL]. [2013—01—11]. <http://www.ocean-news.com/home/1059-editorial-focus-opt-powerbuoy-update>.

[7] Implementing agreement on ocean energy systems international energy agency. ocean energy: global technology development status[EB/OL]. (2009—03)[2012—05—10]. http://www.energybc.ca/cache/tidal/annex_1_doc_t0104-1.pdf.

[8] Nathalie Rousseau, Michele Rosa-Clot, Felix Danos. Report on the state of ocean energy in Europe: technologies, test sites, and joint projects[R]. European Ocean Energy Association. March 2010. P(5—1—5—4).

[9] Wikipedia. European Marine Energy Centre [EB/OL]. (2012—10—15)[2013—01—11]. http://en.wikipedia.org/wiki/European_Marine_Energy_Centre.

[10] 国家海洋技术中心. 波浪能、潮流能海上试验与测试场建设论证及工程设计实施方案[Z]. 2010.

[11] EMEC. Assessment of Performance of Tidal Energy Conversion Systems[S]. UK: The European Marine Energy Centre Ltd. 2009.

[12] EMEC. Assessment of Performance of Wave Energy Conversion Systems[S]. UK: The European Marine Energy Centre Ltd. 2009.

[13] EMEC. EMEC Tidal Test Facility Fall of Warness Eday, Orkney Environmental Statement [EB/OL]. (2005—06—13)[2012—05—10]. http://www.emec.org.uk/download/Fall_of_Warness_ES_Aurora_2005.pdf.