浅谈海洋试验场在海洋仪器装备产业化中的作用

王项南，张原飞，王萌，马晓琨，刘玉正

（国家海洋技术中心　天津　300112）

摘要：海洋仪器装备产业是海洋经济的重要组成部分，海洋仪器装备研发及制造高度依赖于实海况环境下的试验测试。海洋试验场为海洋仪器装备提供了真实、良好的试验测试条件。文章系统分析了国内外海洋仪器装备产业发展现状，梳理了海洋仪器装备产业化的过程，介绍了国外典型海洋试验场在海洋仪器装备产业化中发挥的作用，分析了海洋仪器装备研发及产业化的试验测试需求，在此基础上深入探讨了海洋试验场在海洋仪器装备产业化乃至促进海洋经济发展中发挥的作用。

关键词：海洋仪器装备；海洋经济；海洋试验场；产业化

中图分类号：P711　　**文献标志码：**A　　**文章编号：**1005-9857（2025）09-0009-06

A Brief Discussion on the Effect of Marine Test Sites in the Industrialization of Marine Instrument and Equipment

WANG Xiangnan，ZHANG Yuanfei，WANG Meng，MA Xiaokun，LIU Yuzheng

（National Ocean Technology Center，Tianjin 300112，China）

Abstract：The marine instrument and equipment industry is an important component of the marine economy，research，development and manufacturing of marine instrument and equipment highly rely on testing in real sea conditions. The marine test sites provide real and good testing conditions for marine instruments and equipment. This article analyzed the current development status of the marine instrument and equipment industry at home and abroad，sorted out the process of industrialization of marine instrument and equipment，introduced the role of typical foreign marine test sites in the industrialization of marine instrument and equipment，analyzed the testing needs of development and industrialization，and on this basis，deeply explored the effect of marine test sites in the industrialization and marine economy.

Keywords：Marine instrument and equipment，Marine economy，Marine test sites，Industrialization

收稿日期：2025-01-22；**修订日期：**2025-08-03

基金项目：国家重点研发计划项目“基于固定平台的规范化海上试验”（2023YFC3107500）.

作者简介：王项南，正高级工程师，研究方向为海洋观监测、海洋仪器装备试验测试技术

通信作者：张原飞，高级工程师，硕士，研究方向为海洋能发电装置现场测试技术

0 引言

在全球加快海洋资源开发利用，着力发展海洋经济的背景下，各国纷纷出台政策支持海洋产业发展，如欧盟提出“蓝色增长”战略、美国推出“蓝色经济”计划、日本制定“海洋大国”战略等。我国把海洋作为高质量发展的战略要地，提出建设海洋强国重大战略任务。习近平总书记多次强调，“发达的海洋经济是建设海洋强国的重要支撑”“要提高海洋开发能力，扩大海洋开发领域，让海洋经济成为新的增长点”“海洋是高质量发展战略要地”。加快海洋资源开发和保护海洋生态环境已成为世界各国海洋发展的战略方向，海洋仪器装备产业则是其中的关键因素[1]。近年来，我国出台了《“十四五”规划纲要》《“十四五”海洋经济发展规划》等政策文件，提出提升自主创新能力、突破关键技术等目标，为海洋仪器装备产业发展提供有力的政策支撑[2]。

海洋仪器装备产业是指从事海洋观测、探测、监测、分析以及海洋开发作业等相关仪器装备的研发、生产、销售和服务的产业，涉及海洋资源开发、海洋环境保护和海洋科学研究等多个应用方向[3-4]。欧美发达国家在海洋仪器装备产业方面起步较早，具有较高的技术水平，尤其在高端海洋仪器装备研发和制造方面占据垄断地位。其海洋仪器装备产业链相对成熟，国际化水平较高，市场格局相对稳定，品牌产品占据主导地位，在全球范围内提供产品和服务。我国海洋仪器装备产业起步相对较晚，在政策法规以及国家科技项目的支持下快速发展，向自主化生产转型，逐步进入独立自主的发展阶段[5]。经过多年发展，我国海洋仪器装备产业的总体集成制造能力取得了长足进步，基本形成高端装备制造基地群，装备设计水平得到显著提升，核心技术装备自主化、国产化正在加速推进[6-8]。但与国外相比，目前我国还面临自主创新能力弱、核心设备国产化率低、产业链不够成熟等问题，在产业化过程中仍需要开展大量实海况测试来充分验证相关原理和性能。

海洋试验场能够为海洋仪器装备产业提供相应的试验测试条件，有效解决海洋试验难度大、成本高等问题，对提升海洋科学研究和技术创新能力、推动核心设备国产化进程、促进海洋仪器装备产业发展具有重要作用。

1 海洋试验场

1.1 海洋试验场的功能

海洋仪器装备的研发高度依赖海洋试验，无论是样机研制阶段、功能验证阶段还是产业化阶段，均需要大量的海洋试验数据作为支撑。海洋试验场是满足试验海域条件，具备相应海上试验、测试、评价功能的支撑与服务平台，其主要功能是在所确定的试验海域，为海洋传感器、仪器、装置、系统和数学模型等提供满足要求的海洋试验条件，科学、规范地获取试验数据或试验结果[9]。

随着海洋仪器装备技术的不断进步，对海洋试验场的测试需求也在不断增加。为了解决海洋试验“难”和“贵”的问题，国家按照“北东南，浅海 + 深远海”的布局，构建国家海洋综合试验场体系，在山东威海、浙江宁波舟山、广东珠海和海南三亚建设 4 个试验场区。海洋试验场采取边建边用的原则，满足海洋观测监测仪器和海洋能发电装置的实海况测试需求，逐步发挥对海洋仪器装备产业的支撑作用。自国家海洋综合试验场（威海）运行以来，开展了大量的海洋仪器装备实海况试验，包括流速仪的比对试验、观测浮标的功能验证、声通信的海上拉距试验和小型潮流能发电装置的性能测试等。海洋试验场的建设有利于提升海洋技术原始创新能力和应用水平，推动关键技术取得进步和突破，有利于强化海洋业务支撑和保障能力，对夯实海洋强国建设的能力基础具有重要意义。因此，海洋试验场的建设运行，其功能的逐步完善，规范化和标准化管理水平的不断提升，必将在海洋仪器装备技术创新、科技成果转化和产业化发展等方面发挥突出作用。

1.2　国外典型海洋试验场对海洋装备产业发挥的作用

全球多个海洋大国均非常重视海洋技术装备的发展，面向海洋环境观测仪器设备、海洋可再生能源和军事等领域建立了满足多种需求的海洋试验场，系统保障和服务海洋业务，推动海洋科技创新进步。例如，美国蒙特利海湾研究所（Monterey Bay Aquarium Research Institute，MBARI）的海洋试验场、英国的欧洲海洋能源中心（European Marine Energy Centre，EMEC）、韩国波浪能试验场（Wave Energy Test Site，KRISO-WETS）等。

美国蒙特利海湾研究所的海洋试验场是军民共用试验场，用于开展海洋科学观测和试验研究，以及海洋装备的试验、观测和采样方法研究、模型试验等。该试验场位于美国加州太平洋沿岸，湾内水深梯度显著，具备深水试验环境条件，是美国与加拿大合作的东北太平洋观测系统——“海王星”计划美国部分的所在海域[10]。自建成以来，多家研究机构、高校在此开展了科学观测和试验研究，包括远程自主水下航行器的追踪试验、多平台协同试验、无人机辅助监测和冰下探测与声学导航技术验证等试验，为军民装备技术发展和产业化应用提供了强有力的支撑。

欧洲海洋能源中心位于苏格兰奥克尼群岛，成立于 2003 年，由苏格兰政府利用公共资金投资建设，是世界上第一个海洋能发电装置测试及认证中心。欧洲海洋能源中心拥有位于 Stromness 附近海域的 Billia Croo 波浪能试验场（6 个试验泊位）和位于 Eday 岛附近海域的 Fall of Warness 水道的潮流能试验场（8 个试验泊位），每个试验泊位均通过海底电缆与岸上变电站连接，并接入英国国家电网。其中英国亚特兰蒂斯公司（SIMEC Atlantis Energy）研发的 AR1000 潮流能发电机组、苏格兰 AWS 海洋能源公司（AWS Ocean Energy）研发的波浪能转换装置和苏格兰波浪能技术创新企业 Mocean 能源公司（Mocean Energy）研发的 Blue X 波浪发电机组都在此开展过现场测试。欧洲海洋能源中心评估了过去 20 年的运营，其为英国带来的经济影响为 3.7 亿英镑，并设定至 2035 年波浪能和潮流能发电装置的部署目标为 300 MW 和 1 GW。

韩国船舶与海洋工程研究所（Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering，KRISO）在济州岛西部海域建设了韩国波浪能试验场，该试验场共有 5 个试验泊位，所有泊位配套建设了海上变电站，完成了与电网系统的连接，总装机容量为 5 MW。该场区有一台振荡水柱式波浪能发电装置开展示范运行。韩国海洋科学技术院（Korea Institute of Ocean Science and Technology，KIOST）在朝鲜半岛西南部珍岛海域建设了韩国潮流能试验场，该试验场共有 5 个试验泊位，装机容量达 4.5 MW，该试验场主要用于 500 kW 以下的中小型潮流能发电装置试验，场区内有潮流能发电装置开展示范运行[11]。

发达国家海洋科学与技术的先进水平与重视海洋科学技术和试验设施的建设密不可分。总体来说，国外海洋试验场都具备典型的自然地理环境、完善的测试保障设施、专业的技术支撑团队、成熟的测试评价体系和多元的政策支持等特点，带动了全球海洋仪器装备技术的进步和产业升级。

2　海洋仪器装备产业化过程

海洋仪器装备的产业化过程是一个将海洋科技成果转化为现实生产力的复杂过程，通常包括海洋仪器装备的设计研发、集成制造、试验验证、定型生产和应用推广等阶段，最终形成新产品，发展新产业，产生经济效益[12]。

2.1　技术论证与方案设计

从海洋环境观测、监测或海洋能开发利用等领域的需求出发，分析论证待开发海洋仪器装备的工作原理、结构功能和性能指标等技术要求，并对关键技术过程进行必要的试验验证，评估设计的可行性，确认仪器装备总体技术方案。根据海洋试验场实测数据调整设计参数，优化设计方案，通过理论计算，提前暴露设计缺陷，避免后期大规模返工。

2.2　工程研制与样机试制

对开发海洋仪器装备进行产品研制和原理样机试制。在研制过程中严格按照质量控制标准对原理样机的系统或其关键部件进行实验室调试、计量性能指标确认和可靠性及环境适应性试验等验证工作。对新材料、新工艺开展实海况测试，确保技术落地。

2.3 关键过程测试与海上试验验证

对海洋仪器装备样机开展实验室测试、水池试验、湖泊试验、制造和组装关键过程试验和陆地联调试验等关键的质量控制试验，确保产品质量符合设计要求。达到海上试验条件的样机，按照拟定的海试大纲以及数据获取和评价方案进行海上试验验证。已经通过系统的实验室检测和海上试验的海洋仪器装备，证明其已具备了稳定性和可靠性，达到了实用程度[13]。

2.4 鉴定定型与批量生产

在完成了一系列测试验证工作，证明样机已经满足设计要求后，可以进行设计定型。设计定型是对仪器装备的性能和使用要求进行全面考核，通过设计定型试验的仪器装备，经过小批量试生产后可以申请进行生产定型鉴定。已经完成生产定型鉴定的产品，可以批量投入生产[13]。在产品定型阶段可对海洋仪器装备在实海况中开展指标校准和缺陷排查试验，降低产业化风险。在批量生产阶段，可在实海况下开展质量抽检，保障仪器装备量产的质量。

2.5 应用推广与改进创新

把控海洋仪器装备研发质量，推进科技成果向市场应用转化，对已实现成果转化的仪器装备，建立完善的技术支持和市场反馈机制，及时根据反馈对产品进行技术改进和优化创新。在此环节中，海洋试验场不断积累测试数据为行业标准规范提供依据，同时吸引多领域合作，不断催生新技术。

为推动海洋仪器装备产业化进程，除了要不断提升技术研发力、生产制造力、市场推广力外，还要不断提高海洋仪器装备测试评价水平，使高质量发展贯穿产品的整个生命周期。

3 海洋试验场在海洋仪器装备产业化中的作用

海洋仪器装备在产业化过程中离不开海上试验，实海况的性能验证和测试评价是解决“卡脖子”问题的关键，是从样机到产品的“最后一公里”，是高端制造的“考场”。

3.1 海洋仪器装备测试需求

海洋仪器装备产业是发展海洋经济的先导性产业，是高端仪器装备制造业的重要方向。随着“海洋强国”战略的提出，国家不断提高对海洋环境保护的重视和对海洋资源开发的投入，推动海洋仪器装备技术逐步向规模化、市场化、产业化、高端化、精细化等方向发展，同时也增加了海洋仪器装备产业对海洋试验场的多样化、多元化的测试需求[14-15]。

通过对国内多家具有代表性的科研院所、高校和企事业单位进行广泛调研，按照产业链结构分析海洋仪器装备产业对海洋试验场的需求。

3.1.1 研发的需求

研发机构需要海洋试验场提供真实多样化的测试环境，在研发过程中验证产品的设计原理是否可行，确定产品的性能范围，测试关键组件的适应性和整机的兼容性。在产品定型过程中，需要对产品进行长期稳定性测试，及时反馈测试数据，优化技术。产品上市前，需要海洋试验场提供标准化的测试环境，按照相同的测试流程和标准对产品进行检验，使产品性能保持一致。在产品交付前，需要到海洋试验场抽样检验，验证整批产品的合格率。

3.1.2 市场的需求

用户在采购海洋仪器装备前，需要通过海洋试验场出具的检测证书来直观呈现不同品牌、型号的同类产品的性能差异，为购买决策提供依据。针对有特殊需求的客户，需由海洋试验场验证产品能否满足定制化需求。用户期望在实海况环境下，亲身体验产品的操作过程和实际效果，深入了解产品的使用方法。

销售者需要海洋试验场提供真实的海洋环境来展示海洋仪器装备的真实性能，为用户提供丰富的产品信息。借助海洋试验场的专业性和权威性所出具的认证证书，能够提升产品在市场上的可信度，利用海洋试验场的品牌为产品提供信用背书。

3.1.3 管理的需求

管理机构通过海洋试验场获取海洋仪器装备试验数据，为制定海洋资源开发、环境保护和海洋管理等方面的政策法规提供科学依据。管理机构在制定行业标准阶段，可借助海洋试验场验证标准的科学性和合理性来进行。随着技术的发展，海洋试验场通过对新产品进行测试，为标准的修订和完善提供数据支撑。管理机构利用测试标准评估海洋仪器装备是否达标，确保产品质量，维护海洋仪器装备行业的健康发展。

3.2　海洋试验场在海洋仪器装备产业中的作用

针对海洋仪器装备产业的测试需求，充分发挥海洋试验场在海洋仪器装备产业中的关键作用，为海洋经济高质量发展蓄势赋能[16]。

3.2.1　推动研发创新，促进成果转化

研发机构可通过海洋试验场的真实海洋环境，开展基础研究并测试新研发的仪器装备，快速验证原理并发现问题，攻克“卡脖子”的关键技术，从而加速新产品的研发进程，节约时间和研发成本，这有助于企业在市场竞争中抢占先机，催生更多创新型产品，促进产业的技术进步。

3.2.2　把控产品质量，铸造高端品质

产品质量是海洋仪器装备产业的生命线，高端制造对产品有着更高的品质要求。海洋试验场通过真实且复杂多样的海洋工况，能够有效发现海洋仪器装备的潜在问题和缺陷，严格检验仪器装备的性能和可靠性，保证只有合格产品才能进入市场，为高端海洋仪器装备提供良好的发展生态。

3.2.3　制定技术标准，建立国际优势

海洋试验场不仅是技术创新的试验田，也是标准制定的前沿阵地。海洋试验场应具备检验检测机构资质认定（CMA）、中国合格评定国家认可委员会（CNAS）等资质，建立全链条的海洋仪器装备测试标准体系，为海洋仪器装备的性能标准和测试方法提供技术支持。制定统一的行业标准，引领高质量发展，与国际接轨，让中国制造走出国门，打造国际标准化高地[17-20]。

3.2.4　连接产业链条，实现协同创新

以海洋试验场为平台，吸引上下游涉海机构聚集，建立紧密合作，共享资源和渠道，提升海洋仪器装备产业整体竞争力，带动相关产业融合和市场繁荣，打造装备产业“共同体”，培植蓝色经济“新势力”，推动海洋产业链的协同发展[21-22]。

4　总结

经略海洋，装备先行。海洋仪器装备是认识海洋、开发海洋的基础和前提。海洋试验场自从其出现以来，以其独特功能，在海洋仪器装备研发创新和高端制造等方面得到了国际海洋界的广泛关注，近年来发展迅速，成为海洋仪器装备产业化链条中的重要一环，有力推动了海洋仪器装备的产业化发展，必将成为海洋经济发展不可或缺的重要平台。

参考文献（References）：

[1] 孙久文. 中国海洋经济高质量发展的时空演进与驱动因素[J]. 地理学报，2024，79(12)：3110-3128.
SUN Jiuwen. Spatiotemporal evolution and driving factors of high-quality development of China’s marine economy[J]. Acta Geographica Sinica，2024，79(12)：3110-3128.

[2] 董星. 中国海洋工程装备政策与产业要素关联度研究[J]. 技术与市场，2024，31(12)：31-37.
DONG Xing. Research on the correlation between China’s Ocean engineering equipment policy and Industry Elements[J]. Technology and Market，2024，31(12)：31-37.

[3] 王军成，孙继昌，刘岩，等. 我国海洋监测仪器装备发展分析及展望[J]. 中国工程科学，2023，25(3)：42-52.
WANG Juncheng，SUN Jichang，LIU Yan，et al. Research progress and prospect of marine monitoring instruments and equipment in China[J]. Chinese Engineering Science，2023，25(3)：42-52.

[4] 漆随平，厉运周. 海洋环境监测技术及仪器装备的发展现状与趋势[J]. 山东科学，2019，32(5)：21-30.
QI Suiping，LI Yunzhou. A review of the development and current situation of marine environment observation technology and instruments[J]. Shandong Science，2019，32(5)：21-30.

[5] 王春娟，辛庞晨雨，刘大海. 中国海洋工程装备国产化进程及其高质量发展趋势[J]. 中国软科学，2024(S1)：379-387.
WANG Chunjuan，XIN Pangchenyu，LIU Dahai. The localization process and high-quality development trends of China’s marine engineering equipment[J]. China Soft Science Magazine，2024(S1)：379-387.

[6] 林益楷，邓双军，杨昆鹏，等. 中国海洋工程装备制造产业发展现状及建议[J]. 中国海上油气，2024，36(4)：190-198.
LIN Yikai，DENG Shuangjun，YANG Kunpeng，et al. Development status and suggestions of China’s marine engineering equipment manufacturing industry[J]. China Offshore Oil and Gas，2024，36(4)：190-198.

[7] 李涛. 我国海洋工程装备建造能力现状分析与思考[J]. 船舶物资与市场，2020(5)：37-38.
LI Tao. Analysis and ponderings on China’s current capability in manufacturing marine engineering equipment[J]. Ship Materials and Market，2020(5)：37-38.

[8] 祝康华. 我国海洋工程装备建造能力现状分析与思考[J]. 中国设备工程，2022(1)：255-256.
ZHU Kanghua. Analysis and ponderings on China’s current capability in manufacturing marine engineering equipment[J]. China Plant Engineering，2022(1)：255-256.

[9] 王项南. 海洋试验场[M]. 北京：海洋出版社，2023.
WANG Xiangnan. Marine test site[M]. Beijing：China Ocean Press，2023.

[10] 李健，陈荣裕，王盛安，等. 国际海洋观测技术发展趋势与中国深海台站建设实践[J]. 热带海洋学报，2012，31(2)：123-133.
LI Jian，CHEN Rongyu，WANG Sheng’an，et al. Development trends of international ocean observation technology and construction practice of deep-sea stations in China[J]. Journal of Tropical Oceanography，2012，31(2)：123-133.

[11] 周凯，程杰，贺可海，等. 国内海洋仪器设备海上试验技术现状[J]. 气象水文海洋仪器，2021，38(1)：81-84.
ZHOU Kai，CHENG Jie，HE Kehai，et al. Domestic Current situation of marine instrument test technology on the sea[J]. Meteorological，Hydrological and Marine Instruments，2021，38(1)：81-84.

[12] 孟庆武. 海洋科技成果产业化概念及促进对策研究[J]. 海洋开发与管理，2013，30(4)：34-37.
MENG Qingwu. Research on the concept and promotion strategies of industrialization of achievements in marine science and technology[J]. Ocean Development and Management，2013，30(4)：34-37.

[13] 陈宁，赵露，陈雨生. 海洋国家实验室科技成果转化服务体系研究[J]. 科技管理研究，2019，39(11)：122-128.
CHEN Ning，ZHAO Lu，CHEN Yusheng. Research on the service system for the conversion of scientific and technological achievements of national marine laboratories[J]. Science and Technology Management Research，2019，39(11)：122-128.

[14] 马蕊，蔡鹏，柳存根. 我国海洋装备产业链发展需求与战略规划研究[J]. 海洋开发与管理，2023，40(12)：68-77.
MA Rui，CAI Peng，LIU Cungen. Research on the development requirement and strategic planning of China’s marine equipment industrial chain[J]. Ocean Development and Management，2023，40(12)：68-77.

[15] 郑洁，卢明剑，程兵，等. 我国海洋装备产业链高质量发展战略研究[J]. 中国工程科学，2025，27(2)：1-13.
ZHENG Jie，LU Mingjian，CHENG Bing，et al. Research on the high-quality development strategy of China’s marine equipment industry chain[J]. Strategic Study of CAE，2025，27(2)：1-13.

[16] 蔡鹏，马蕊，柳存根. 我国海洋装备制造业创新能力提升路径研究[J]. 海洋开发与管理，2024，41(4)：31-40.
CAI Peng，MA Rui，LIU Cungen. Research on the approach to enhance the innovation capability of China’s marine equipment manufacturing industry[J]. Ocean Development and Management，2024，41(4)：31-40.

[17] 李健，徐红瑞，马晓琨. 我国海洋仪器设备海上试验场检测认证体系研究[J]. 中国标准化，2023(24)：132-138.
LI Jian，XU Hongrui，MA Xiaokun. Research on the testing and certification system of offshore test sites for China’s marine instruments and equipment[J]. China Standardization，2023(24)：132-138.

[18] 张文娜，汤海荣，袁玲玲. 关于推进海洋领域标准验证工作的思考[J]. 标准科学，2023(12)：86-90.
ZHANG Wenna，TANG Hairong，YUAN Lingling. Reflection on promoting the verification of standards in the marine field[J]. Standard Science，2023(12)：86-90.

[19] 王项南，薛彩霞，贾宁，等. 我国海洋能发电装置检测认证体系建设的思考[J]. 海洋开发与管理，2019，36(11)：3-9.
WANG Xiangnan，XUE Caixia，JIA Ning，et al. Thoughts on the development of China’s testing and certification system for power generation devices using marine energy[J]. Ocean Development and Management，2019，36(11)：3-9.

[20] 车迪，杜晓燕，逄征虎. 国家标准管理体制机制解析[J]. 标准科学，2024(3)：31-37.
CHE Di，DU Xiaoyan，PANG Zhenghu. Analysis of the national standards management system and mechanism[J]. Standard Science，2024(3)：31-37.

[21] 张原飞，王项南，贾宁，等. 海洋试验场开放共享机制探讨[J]. 海洋开发与管理，2023，40(9)：3-7.
ZHANG Yuanfei，WANG Xiangnan，JIA Ning，et al. Discussion of the open sharing mechanism of marine test sites[J]. Ocean Development and Management，2023，40(9)：3-7.

[22] 王项南，贾宁，薛彩霞，等. 关于我国海洋可再生能源产业化发展的思考[J]. 海洋开发与管理，2019，36(12)：14-18.
WANG Xiangnan，JIA Ning，XUE Caixia，et al. Thoughts on the industrialized development of China’s marine renewable energy[J]. Ocean Development and Management，2019，36(12)：14-18.