

# 深海技术装备公共研发平台的建设与思考

于凯本<sup>1,2</sup>, 张晓波<sup>1,3</sup>, 杨志国<sup>1</sup>, 于盛齐<sup>1</sup>, 宗乐<sup>1</sup>, 李正光<sup>1</sup>, 刘保华<sup>1,2</sup>

(1. 国家深海基地管理中心 青岛 266237; 2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋地质过程与环境功能实验室 青岛 266061; 3. 中国海洋大学环境科学与工程学院 青岛 266100)

**摘要:** 建设功能齐全、能够服务于海洋探测技术的公共研发平台是推动我国海洋科学研究、海洋技术装备研发和成果转化的重要支撑。基于此,当前国家深海基地管理中心已开展集装备研发制造、性能测试、规范化海试、技术咨询与培训等功能一体化的深海技术装备公共研发平台的建设工作。本研究以深海技术装备公共研发平台为例,介绍平台在硬件设施建设的基本情况,阐述了平台运行管理制度的建设情况,论述了平台建设过程中的经验和不足之处,以期为其他公共研发平台的建设工作提供有益借鉴和经验。

**关键词:** 海洋科学; 海洋技术; 深海技术装备; 公共研发平台; 运行管理体系

中图分类号: P711

文献标志码: A

文章编号: 1005-9857(2019)01-0044-05

## Practice and Consideration on the Construction of Public Research and Developing Platforms for Deep-sea Technology Equipment

YU Kaiben<sup>1,2</sup>, ZHANG Xiaobo<sup>1,3</sup>, YANG Zhiguo<sup>1</sup>, YU Shengqi<sup>1</sup>,  
ZONG Le<sup>1</sup>, LI Zhengguang<sup>1</sup>, LIU Baohua<sup>1,2</sup>

(1. National Deep Sea Center, Qingdao 266237, China; 2. Laboratory for Marine Geology and Environment, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology(Qingdao), Qingdao 266061, China; 3. College of Environmental Science and Engineering, Ocean University Of China, Qingdao 266100, China)

**Abstract:** A public research and developing platform that is fully functional and capable of serving the research of marine exploration technology is an important support for promoting China's marine scientific research, marine technology equipment research and development, and achievement transformation. Currently, relying on the National Deep Sea Center, a public research and developing platform for deep-sea technology which was consist of equipment manufacturing, performance testing, standardized sea trials, and application technology consulting and training had been developed. This paper took the platform as an example to firstly introduce the basic situation of platform construction, then introduced the construction of the platform's operational management system, and finally discussed the experiences and deficiencies in the process of build-

收稿日期: 2018-06-11; 修订日期: 2018-12-04

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2016YFC1401206); 东亚载人深潜国际合作与海洋科普交流平台建设; 青岛海洋科学与技术试点国家实验室鳌山科技创新计划项目(2016ASKJ11); 泰山学者工程专项项目(tspd20161007); 深海技术装备测试与检验服务平台项目。

作者简介: 于凯本, 高级工程师, 博士, 研究方向为海底探测技术

通信作者: 张晓波, 博士, 研究方向为海洋地球物理

ing the platform, in order to provide a useful reference and experience for the construction of other public research and developing platform.

**Key words:** Marine science, Marine technology, Deep-sea technology equipment, Public research and developing Platform, Operation management system

## 0 引言

21 世纪是海洋的世纪,以争夺国际海底矿产资源和国际海域空间为核心的新一轮“蓝色圈地运动”日趋激烈,对于国家而言,拥有深远海探测及开发的先进技术是在资源和空间竞争中抢夺先机,进军海洋强国行列的重要前提。

随着海洋技术的快速发展,建设设备齐全,可为海洋资源环境探测技术和军事技术等研究提供全方位服务的海洋公共研发平台愈发重要<sup>[1]</sup>,美国、日本等国家已纷纷建立深海高技术研发中心,如美国的 WHOI<sup>[2]</sup>、日本的 JAMSTEC 等<sup>[3]</sup>。与此相比,我国的海洋技术装备发展,不论是在总体技术水平,还是在管理水平和配套保障设施等方面,都与发达国家之间存在不小的差距,这也成为制约我国海洋科学技术发展的“瓶颈”问题<sup>[4]</sup>。

目前,海洋公共研发平台的建设需求已经上升到国家政策层面的高度。《国家中长期科技发展规划纲要》<sup>[5]</sup>提出,维护海洋主权权益和安全,推动海底资源勘探、海洋可持续利用,是实现海洋强国的重要保证。《国家“十一五”海洋科学技术发展规划纲要》<sup>[6]</sup>《国家海洋事业发展规划纲要》<sup>[7]</sup>以及《国家深海高技术发展专项规划(2009—2020 年)》<sup>[8]</sup>中指出,要加快建设国家级海洋科学技术共享服务平台、实验室和试验场。因此,在国家战略扶持下,建设功能齐全、专业服务完善的海洋公共服务平台是提升我国海洋科研水平的有效途径<sup>[9-10]</sup>。

在国家政策的推动和支持下,国家深海基地管理中心以抢占深海技术制高点为突破口,以发展海洋高新技术为核心,以推动海洋技术产业化为目标,经过 4 年(2013—2017 年)的时间,完成了深海技术装备公共研发平台的建设工作。本研究以国家深海基地深海技术装备公共研发平台为例,介绍平台建设基本情况,分析该平台在建设过程中取得的创新性成果和不足,以期为其他公共研发平台的

建设提供有益借鉴和经验。

## 1 深海技术装备公共研发平台总体框架

深海技术装备公共研发平台依托国家深海基地管理中心,以“深海技术装备”为中心,重点开展 4 个方面的建设,包括研发制造中心、性能测试中心、规范化海试子平台、研发应用技术咨询与培训中心,平台组成框图如图 1 所示。通过发挥公共研发平台的专业特色,建立合作共赢的运行机制,形成集深海装备研发及制造、性能测试于一体,硬件设施齐全、高度共享的公共研发平台,旨在为装备研发全过程提供咨询,同时形成一支专业技术过硬的人员保障团队,为蓝色经济发展和深海大洋调查业务提供技术支撑,全面带动蓝色产业发展。

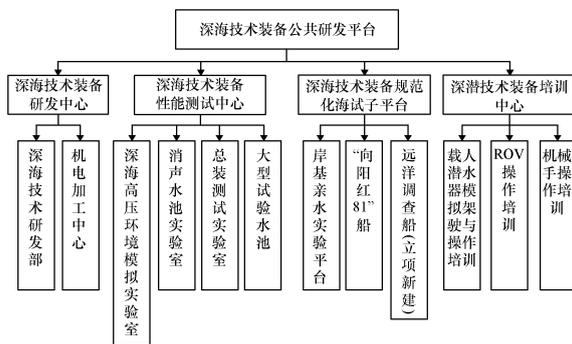


图 1 平台组成

## 2 平台硬件设施情况

### 2.1 深海技术装备研发中心

以建设工程项目为依托,国家深海基地建成了面积为 1 150 m<sup>2</sup> 的机电加工中心。同时利用各级财政支持购置的仪器设备,建成了深海技术研发部,包括深海声学技术实验室、深海探测技术实验室、深海运载器技术实验室、深海装备技术实验室和 CAD/CAE 工作室。由各实验室与机电加工中心共同组成深海技术装备研发中心。

(1) 机电加工中心主要开展常规调查仪器、环

境监测仪器设备、零部件加工制造与整机装配任务。

(2) 深海声学技术实验室配置有 PULSE 数据分析软件、多路数据采集系统、可调直流稳压电源、可编程直流电源、多通道可编程滤波放大器、水听器等设备,主要开展“蛟龙”号等水下技术装备所搭载声学传感器及声学探测系统的性能测试、维护维修和升级改造等工作。

(3) 深海探测技术实验室配置有精度标准恒温槽、便携式数据采集系统、PXI 测试平台、铂电阻温度计、四通道测温仪等设备,主要开展传感器测试与维护、控制系统设计改进、新型探测系统设计等工作。

(4) 深海运载器技术实验室主要开展载人潜水器、AUV、ROV、Glider 等深海运载装备的功能测试、组装及性能改进工作。

(5) 深海装备技术实验室主要开展深海技术装备的结构设计、部件组装、液压系统测试及改进、电气维护、取样器设计等工作。

(6) CAD/CAE 工作室配置有 ANSYS 15.0 大型研发设计系统,主要开展结构物和仪器装备的流体动力学分析以及热场的分析,以满足常规海洋技术装备与工程的研究设计需要。

## 2.2 深海技术装备性能测试中心

以耐压车间、总装车间、试验水池、消声水池等基础设施为依托,国家深海基地已建成深海技术装备性能测试中心,包含用于设备测试的三大实验室及试验水池(图 2),可为研发中心制造的样机提供性能、装配及亲水测试,是目前平台对外服务的重点建设内容。

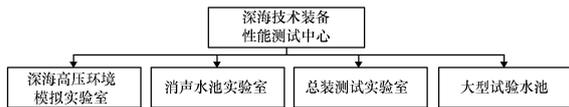


图 2 深海技术装备性能测试中心组成

(1) 深海高压环境模拟实验室可实现承担器部件长时间在深水、低温、高压条件下的承压结构强度测试和密封性测试等。该实验室设有 90 MPa 和 120 MPa 大小两座压力筒和低温水环境模拟装置。其中 90 MPa 压力筒内径 1.6 m,有效高度 3.0 m,可用于耐压壳体和浮力材料等较大部件的耐压测

试;120 MPa 压力筒内径 0.5 m,有效高度 1.5 m,可用于诸如水密缆和接插件在水压环境中的承压和密封性能的检测。

(2) 消声水池实验室主要用于开展水下声场环境模拟,实验室面积 580 m<sup>2</sup>,水池为 16×8×8(m<sup>3</sup>),可提供 6 面消声,工作频段覆盖 3~500 kHz,配套信号源、功放及多种型号声学实验仪器。

(3) 总装测试实验室主要用于“蛟龙”号等深海技术装备的日常维护维修,配置有 50 t 桥式吊车及恒温恒湿调试间。

(4) 大型试验水池主要用于潜水器等大型装备的水池测试及系桩拉力测试。包括直径 40 m 圆形水池,20×30(m<sup>2</sup>)矩形水池,配套 50 t 桥式吊车、一台小型悬臂吊以及水池测试的假底、水下观察系统等。

## 2.3 深海技术装备规范化海试平台

目前海试平台主要包括岸基亲水试验平台、近海科考船(“向阳红 81”船)以及远洋调查船等 3 个部分(图 3)。该平台以国家深海基地建设的专用科考船码头及引堤为依托,配套有岸基能源支持系统、流动机电维修实验室、布放回收折臂吊以及深海装备岸基亲水试验监控系统,从而具备海洋仪器装备岸基测试的能力。同时,“向阳红 81”船以及船载的海洋测试仪器、布放回收装备,为深海仪器装备提供了近海试验保障。此外,结合“大洋一号”“向阳红 09”船等大型调查船,“蛟龙”号载人潜水器、“海龙”号水下机器人(ROV)、“潜龙”号自主水下航行器(AUV)等大型调查探测装备以及船载的海洋调查仪器、布放回收装备,为深海技术装备提供了深远海试验应用保障。由此,包括近岸亲水试验平台、近海及远海规范化海试平台的综合海上试验平台最终形成,为我国深海技术装备的研发提供了便利的海上试验条件。

(1) 岸基亲水试验平台可开展相关近岸海上试验。码头配电能力可满足 10 艘以上千吨级科考船停靠,同时拥有折臂吊、汽车吊、转运平板车以及岸基流动维修实验室。

(2) “向阳红 81”船可开展近海领域相关海上试验,该船为双机单可调距浆,配有艏侧推,最大设计航速不小于 12 kn,经济航速约 10 kn,续航力 2 000 n mile,定

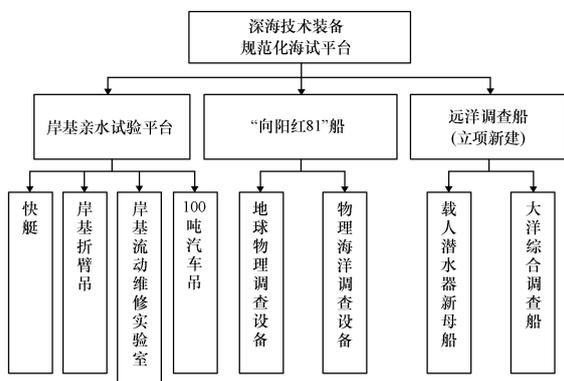


图 3 深海技术装备规范化海试平台组成

员 24 人,自持力 15 d,后甲板面积 110 m<sup>2</sup>。

(3) 远洋调查船主要用于开展远洋综合调查等工作,目前 4 000 吨级“蛟龙”号新母船“深海一号”以及 5 000 吨级新综合资源调查船已立项建设。

## 2.4 深海技术装备技术咨询与培训中心

基于准确的职能定位以及在装备研发、测试及应用过程中积累的有益经验,国家深海基地为我国涉海研发机构、高新技术企业和积极提供关于深海技术装备研发与应用需求导向、理论支持、经验借鉴等方面的服务。例如,该中心借助深海基地建设的深潜模拟训练馆,为深海技术装备研发与工程技术人员提供载人潜水器等深海技术设备操作的技术培训服务。此外,通过利用已建成的 ROV 与机械手模拟培训中心,形成技术咨询与培训能力,为我国潜航员培训提供了良好的硬件条件。

(1) 载人潜水器模拟驾驶与操作培训提供了一套本体结构、舱内环境、深海视景、作业流程、故障响应实物、半实物与数字仿真结合的全功能多任务动态模拟训练系统,实现了潜水器从起吊入水、下潜作业到甲板回收全流程驾驶与操作模拟。同时,载人潜水器操纵训练模拟系统还可对潜水器的极限运动工况进行模拟,提高训练潜航员的应急处理能力,为海上实艇操纵应急情况处理积累经验。

(2) ROV 操作培训采用 3D 虚拟现实技术对 ROV 的整个作业过程进行模拟,可广泛应用于 ROV 驾驶员的培训以及 ROV 作业的演习、排练工作。该模拟器以虚拟现实技术发展而来的全新的 ROV 操纵训练模拟器为基础,以 Vmax ROV 操纵

训练模拟器为依托开展工作的。经过本系统培训的驾驶员可直接实现对 ROV 的实际操作。

(3) 机械手操作培训实验室为驾驶员机械手操作的培训提供条件,内设有“蛟龙”号测试训练 7 功能液压主从机械手、7 功能液压开关机械手、4 功能液压机械手、5 功能电动机械手及液压动力单元。

## 3 深海技术装备公共研发平台运行管理体系

### 3.1 管理制度体系

根据《青岛市科学技术局公共研发平台管理暂行办法》,结合国家深海基地制定了一系列适用于平台建设、发展的管理制度体系,包括《青岛市深海技术装备公共研发平台管理制度汇编》以及《青岛市深海技术装备公共平台管理办法(试行)》,明确了平台设备及支撑保障能力运行流程,有力地保障了平台的对外服务。

### 3.2 运行机制

目前,深海技术装备公共服务研发平台主要依托国家深海基地管理中心运行,由中心分管领导负责,业务处监督,实际工作主要由条件保障部承担,设立专门的设备管理与联系工作人员,严格按照国家深海基地管理中心指定的平台对外服务流程和管理制度体系实施。

按照优势资源整合原则,根据深海技术装备研发平台的发展目标,平台实行“联合服务、资源共享、滚动发展”的组织机制和模式。

#### 3.2.1 联合服务

深海技术装备研发平台作为青岛市深海装备研发、制造和资源利用的共享平台,应结合青岛市涉海高校、科研院所和企业的需求情况,实施合作开发和联合服务。形成合理有效的合作协调机制,制订人才协作规范化制度,支持和鼓励各单位高水平人才参与平台关键共性技术的研发和从事技术服务工作。利用平台建设推进青岛涉海企业间合作、涉海企业与涉海科研院所、高校间的合作。

#### 3.2.2 资源共享

根据深海技术装备研发平台现有资源情况,制订资源共享规范化制度。对平台内现有资源以及愿意纳入平台统筹管理和使用的物质资源和信息资源,按照统一要求最大限度地实现资源共享。充

分挖掘青岛涉海企业、高校和科研院所各自优势和积极性,制订高质量共享机制,以达到将最恰当的资源在最恰当的时间传递给最恰当的使用者。

### 3.2.3 滚动发展

遵循公益性服务原则,实行成本性非盈利收费,面向青岛(乃至全国)涉海企业、高校和科研院所提供条件支撑和技术服务时仅收取成本费用,对于加工制造的项目仅收取工人工时费和加工装备成本费,对于技术服务和培训项目仅收取工时费及培训教材费,所有经营所得用于平台的自身滚动发展。通过提供成熟配套的基础设施和具有高增值效益的技术服务,逐步提高来自涉海企业、高校和科研院所的服务性收入,所产生的经济效益按一定的比例反哺平台建设,实现平台技术升级、高效运作和滚动发展。

### 3.3 平台人员队伍

通过深海技术装备公共研发平台的建设,培养了一支深海技术装备专业技术保障队伍。目前,国家深海基地管理中心拥有一支涵盖地球物理、机械、控制、仪器仪表及计算机等相关专业的海洋技术研发与技术服务团队。深海中心工作人员中,大部分为年轻骨干型人才,技术研发人员从事公共研发平台技术装备研发人数为73人,主要具备机械、通信、船舶及水声方面专业背景科研人才,能够进行技术装备、新科研项目技术可行性研究,确定装备的检验标准以及提供深海装备技术咨询等;从事平台测试及检测工作人数为18人,具有通信、机械、机电一体化等专业背景,能够进行平台技术装备及项目的测试及检验;从事平台技术培训人数为8人,能够进行培训项目的组织实施以及培训体系的建立维护。

## 4 深海技术装备公共研发平台建设经验及启示

结合国家深海基地项目同步建设,平台建设已纳入国家深海基地长期规划中。国家深海基地定位于国家级公共服务平台,面向全国开放共享,与平台宗旨高度契合,按照优势资源整合原则,根据深海技术装备研发平台的发展目标,确立了“集中管理,资源共享,公益服务”的服务宗旨。

平台建设过程中围绕深海技术装备研发、测试、试验的全流程研发与服务能力建设,最终建设

成从深海技术研发、工程样机研制、性能测试到海上规范化海试,硬件设施国际一流、运行高效、开放共享的深海技术装备公共研发平台,具备了从海洋工程样机制造—性能测试—水池试验—岸基亲水试验—近、远海试验的服务能力,可为深海技术装备研发提供一站式、全流程服务。

## 5 结论及展望

作为国内深海技术领域的第一个公共研发平台,深海技术装备公共研发平台的建设和运行是一项复杂的系统工程,运用科学管理的原理和技术,采用先进的手段和方法,在仪器设备管理的过程中实现人流、财流、物流、信息流的平衡协调,供应、管理、使用、维修的相互结合,达到整体优化,从定性管理走向定量管理,走向数字化管理,最大限度地发挥平台的社会效益和经济效益。

本研究对平台建设和运行现状做了一些有益的研究,随着平台的继续运行,还会有面临更多的问题。因此需要在实际工作中不断加以改进,使之进一步丰富和完善,从而为深海技术装备的研发和测试工作提供更加完备、可靠的服务。

## 参考文献

- [1] 白福义.强化共建共享理念以机制创新实现资源共享:关于搭建海洋仪器设备资源共享平台的若干思考[J].海洋开发与管理,2006,23(6):70-73.
- [2] 高抒.美国伍兹霍尔海洋研究所[J].自然杂志,1986(9):64-68.
- [3] 宋鸿玉.日本深海12,000构想方案[J].中国钛业,2015(2):41.
- [4] 罗续业,王项南,吴迪,等.国家级海上试验场建设构想[J].海洋开发与管理,2010,27(11):1-3.
- [5] 中华人民共和国国务院.国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006-2020)[J].经济管理文摘,2006(4):4-19.
- [6] 周庆海.大力推进科技兴海工作 长远谋划海洋科技发展任务[J].海洋开发与管理,2008,25(4):3-5.
- [7] 李宜良.基于海洋环境和生态保护的海域关闭立法制度研究[D].青岛:中国海洋大学,2011.
- [8] 高艳波,李慧青,柴玉萍,等.深海高技术发展现状及趋势[J].海洋技术,2010,29(3):119-124.
- [9] 白福义.海洋调查仪器设备资源共享平台方案设计[J].海洋技术,2006,25(2):126-128.
- [10] 吴迪,王芳,黄翠,等.海洋能海上试验场运行管理分析研究[J].海洋技术学报,2017,36(4):100-104.