美国大型海洋装备运维现状及对我国的启示

王建村, 景春雷, 田　旭

(国家深海基地管理中心, 山东 青岛 266237)

摘要: 文中着重对美国大型海洋装备的组织管理体系、国际资源共享共用平台的组织情况和装备研发经费的支持生态等运维现状进行了深入剖析与研究。总结了我国在大型海洋装备运维管理领域不断探索获得的宝贵经验及存在的问题和瓶颈。最后提出了解决我国大型海洋装备利用率低、共享困难、经费支持不稳定等问题的对策和建议。

关键词: 大型海洋装备; 运维管理; 启示

中图分类号: P711　　**文献标识码**: A　　**文章编号**: 1000-3096(2020)02-0171-09

DOI: 10.11759/hykx20190923001

海洋蕴藏着地球上远未认知和开发的丰富资源和宝藏, 目前海洋中已发现可供开采的矿产资源包括多金属结核、钴介壳、硫化物、可燃冰、油气等资源。而陆地上的矿产资源自工业革命以来, 经过200 多年大规模的开发利用, 目前已近枯竭。向海洋要资源, 特别是向深海要资源已是目前人类大规模获取能源资源的共识。随着人类科学探索和资源开发向深海大洋挺进, 海洋强国纷纷加大了对大型海洋装备研发的投入力度[1]。美国阿尔文(ALVIN)号、日本深海 6 500 等载人深潜器的出现极大地拓展了人类探索海洋的深度和广度[2-3]。中国蛟龙号作业型载人潜水器研制成功并于 2012 年实现了 7 000 米级海试, 标志着我国已跻身于深海载人技术发达国家的俱乐部, 在深海领域实现了“弯道超车”[4]。

美国、日本等海洋强国在海洋装备研发技术领域保持领先[5]的同时, 在大型海洋装备的运维管理方面也处于全面领先状态, 其标志就是在全国范围内(继而扩展到全球)通过运维管理体系的提升实现了对大型海洋装备(包括船舶、海洋勘探与探测设备等)的高效利用。中国载人深潜虽然在下潜深度上实现了弯道超车, 但与美国、日本等海洋强国相比, 我国在大型海洋装备的运维管理建设方面还存在不少差距。

本文首先分析了当今海洋强国-美国在大型海洋装备运维管理方面的先进经验, 以大型深潜装备-蛟龙号的运维管理和基金委的共享航次计划为例, 总结了中国在大型海洋装备管理中获得的宝贵经验及存在问题, 最后结合中国实际, 提出了可进一步优化的对策建议, 以期对我国大型海洋装备的运维管理体系升级有所借鉴。

1　美国大型海洋装备运维现状

美国是一个海洋大国, 其本土两侧拥有漫长的海岸线, 与其毗邻的海上专属经济区和大陆架是世界上最大的, 这些区域蕴含着难以计数的动植物资源和矿产资源。社会各界对海洋神秘未知世界的探索、海洋资源勘探开发[6]及前沿海洋科学命题研究[7]的需求十分巨大。因此, 从 19 世纪 60 年代开始, 大型海洋装备的开发和研制进入了快车道。经过十几年的快速发展, 出现了以海洋深潜装备、拖曳类设备、调查类设备、取样类设备和观测类设备等各类型设备不断涌现、百花齐放的局面, 特别是, 1964 年大型深潜装备阿尔文(Alvin)号(如图 1)载人潜水器的出现引领了当时世界大型海洋装备发展的一个新高潮[8-11]。

与此相应, 大型海洋装备的管理也驶入了快速发展的深水区, 通过对大型海洋装备及资源几十年的管理经验进行优化升级, 逐渐形成了美国对大型海洋装备的即集中统一又开放共享的系统化综合管理模式。

收稿日期: 2019-09-23; 修回日期: 2019-10-31

基金项目: 国家重点研发计划(2017YFC0307404-01)

[Foundation: National Key Research and Development Project, No.2017YFC0307404-01]

作者简介: 王建村(1982-), 男, 山东省巨野县人, 工程师, 硕士, 主要从事深海装备的研发与管理, E-mail: cun@ndsc. org.cn



图 1　浮出水面的“阿尔文”号及其支持母船“阿特兰蒂斯”号

Fig. 1　The Alvin emerging from the water and its supporting mothership Atlantis

1.1　组建了形式上集中统一的管理体系

美国的大型海洋装备管理并不是从一开始就管理的井井有条、成熟完善。20 世纪 60 年代大型海洋装备获得了快速发展，但大型海洋装备的管理还是采用各自为政的传统管理模式[12]。随着大型海洋装备需求的不断增加，这种管理模式逐渐暴露其弊端。大型海洋装备管理中凸显出各行其是、重复建设、运行成本过大、海洋装备使用效能低下等不良后果。

为了改变上述管理效率低下的不利局面，17 家美国大学和海洋实验室联合成立了 UNOLS，UNOLS 组织的出现解决了当时船舶用时管理混乱和大型装备的管理分散化及使用效率低下问题[5]。由其负责协调组织的单位包括华盛顿大学、夏威夷大学、特拉华大学、伍兹霍尔研究所、美国海洋与大气局以及美国海岸警备队等 61 家相关涉海科研院所和联邦政府机构[13]。介绍 UNLOS 的理事会机制及组织架构的文献有很多，这里不再赘述。作者认为美国大型装备得以高效运营管理的真正原因并不在于创建一个类似地理事会机构，世界各国成立的理事会机构有很多，但运营效率达到或接近的类似机构屈指可数就是明证。

通过不断地探索和实践，美国大型海洋装备管理模式逐渐明朗起来。那就是在大型海洋装备的管理体系构建中使用了互联网思维[14](70~80 年代也正是国际互联网兴起的时代)，参照互联网中大型应用系统的三层体系架构[15]，实现了使用权、管理权和所有权的高度分离，分离但不分散，对外实现了高度的统一管理，见图 2。

图 2 是美国大型海洋装备的三层架构管理体系。其大型海洋装备的所有权一般归属于装备的投资方，即美国政府涉海类相关管理机构及组织。管理权分两块：UNOLS 负责海洋考察船、船载设备、深潜装备等的使用申请流程管理及用时调度与协调；其理事单位则负责这些大型装备的维护、维修等具体常规管理。当然，对使用权的管理是该体系得以高效运营的关键，其原则是，无论是大型装备的所有者、负责装备具体管理的理事单位、还是其他使用者，想要使用这些大型装备都需经历相同的使用申请流程。例如，阿尔文号是由美国海军投资建造，但具体的如维护、维修等常规化管理则由理事单位伍兹霍尔海洋研究所负责。即使是伍兹霍尔海洋研究所要使用阿尔瓦号，也需要先将申请表提交到 UNOLS，经审核协同后，按计划时间使用。

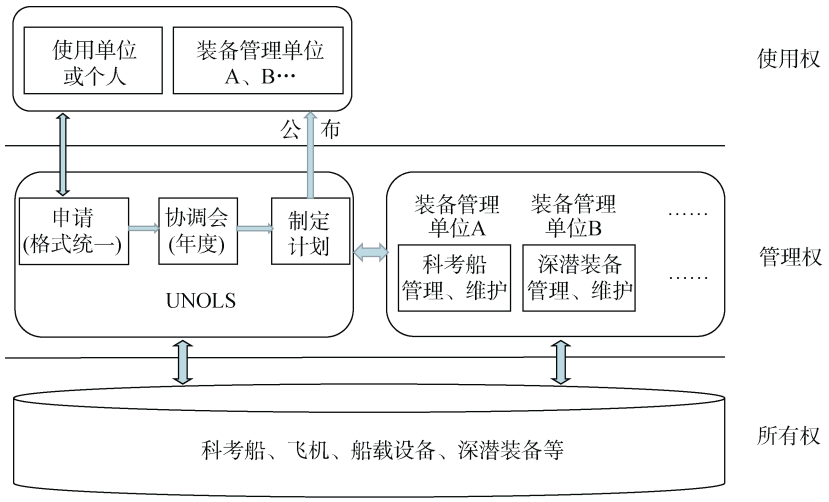


图 2　美国大型装备管理体系

Fig. 2　Large-scale marine equipment management system of the USA

1.2 构建了会议协调下的国际开放共享平台

共享平台不是一个独立系统，它是美国大型海洋装备管理体系的一部分，如图 2 中管理权所属层左侧框中所示。从刚参与申请使用者的角度看，该平台似乎是一个集使用审批、设备管理与维护的实体，实际上它仅仅是一个联络机构或咨询机构，仅负责大型海洋装备机时资源调配时的组织协调及仪器装备在更换、改装和调试时做出适当的咨询建议。对大型海洋装备的科学高效调度是通过组织各理事单位召开年度协调会议的形式来实现的。

截止到 2019 年 6 月，UNOLS 公布的可用于申请使用的船舶船载设备就多达 1 162 项[16]，协调工作仅有一个委员来组织是不现实的，因此其成立了多达 9 个专业委员会，分别负责职责范围内的组织协调工作。例如，深潜科学委员会负责对大型深潜装备阿尔文号下潜计划进行组织协调，其下潜计划安排一般根据上一年度的申请使用情况，召开年度下潜协调会，经协商后统一制定并公布一下年度下潜计划，如阿尔文号无大型故障等特殊情况一般不做更改。

该平台是面向国际的，意味着任何国家的科学家都可根据科学研究需要，提交包含但不限于首席研究员(PI)、支持基金、用船类型及天数、所需仪器装备、作业区域等信息的调查船舶、设备的申请。鉴于该平台成立时间较早，国际影响力非常强，因此，使用申请者特别多，一般需要提前 1—2 年申请，首席研究员申请页面见图 3。我国第一批 7 000 米载人潜水器潜航员就是在美国 4 500 米级载人潜水器“阿尔文”号上接受培训的[17]，从 2003 年申请到 2005 年 8 月周怀阳(PI)带队成行时，已耗时 2 年多。

我们说该平台是面向国际的，不仅仅意味着它对所有国家开放共享，其还制定并发布了对接海洋调查装备/设备的一系列第三方工具开发指南与接口标准，实现了仪器设备接口层面的国际化对接。如管理“阿尔文”号载人潜水器的伍兹霍尔海洋研究所相继发布了潜水器使用申请指南、第三方工作开发指南、仪器接口和操纵指南[18]。作者认为，对“阿尔文”号来说，没有实现仪器接口和第三方开发工具对接的国际化共享是不可能实现的。

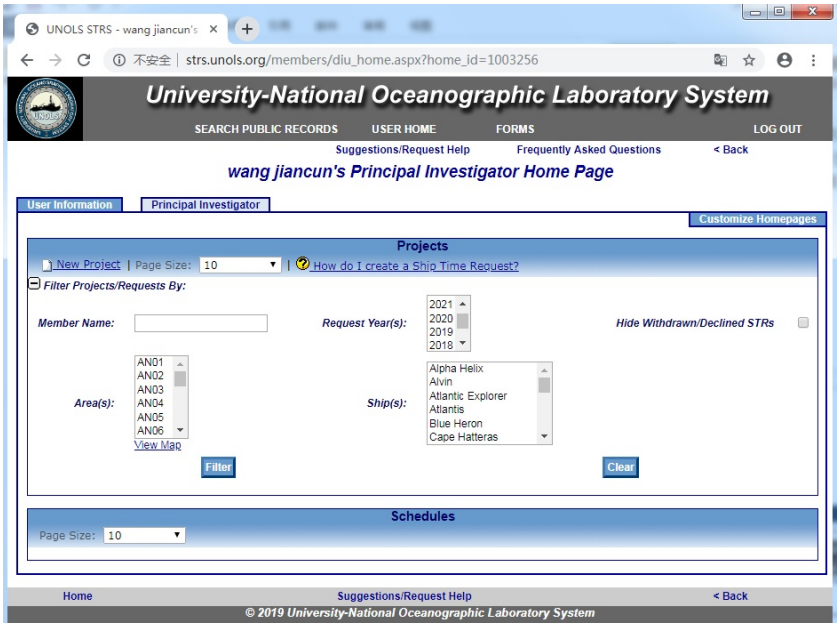


图 3 首席研究员(PI)标准申请页面

Fig. 3 Standard application page for the principal investigator

1.3 实现了有偿服务的国家机构或非盈利组织经费支持生态

美国大部分的海洋科考船及其他海洋调查设备是由美国国家科学基金委、美国海军和其他美国政府机构支持的基金投资制造的。但在国家经费支持之外，非盈利组织对美国大型海洋装备的投资与运营经费的支持也是其得以无障碍运营的关键环节。

2010 年民政部民间组织管理局在赴美代表团学习考察报告[19]中指出，美国非盈利组织发展迅速，截止到 2008 年，非盈利组织年度收入 1.91 万亿美元，

支出多达 1.81 万亿美元, 无偿志愿服务达 150 亿小时, 这一数字尚未包含因个人爱好产生的捐赠部分。可见美国非盈利性组织规模十分巨大, 已是美国经济运行生态的重要组成部分。这其中, 就有认识到海洋研究价值及必要性的非盈利组织及爱好海洋研究但又无研究精力的个人的无偿经费支持(具体支持金额尚未相关统计数据)。如, 2013 年著名导演詹姆斯·卡梅隆将自己私人投资、价值 1 000 万美元的单人潜水器“深海挑战者”号(Deepsea Challenger)捐献给了马萨诸塞州非盈利性质海洋研究机构-伍兹霍尔海洋研究所[20], 该潜水器经测试的最大下潜深度为 11 000 米, 通过两侧吊臂的摄像头可实现深海底 3D 高清摄像。

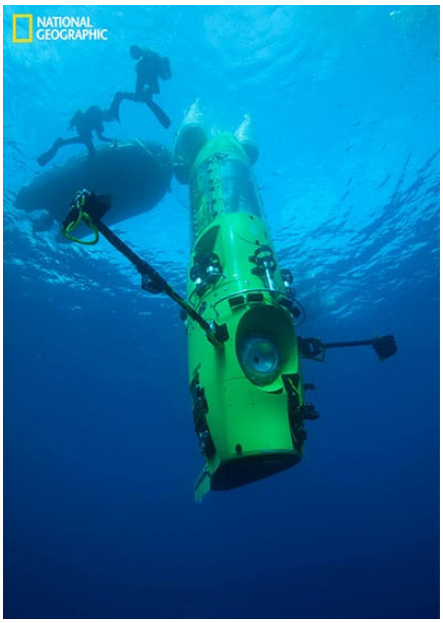


图 4 詹姆斯·卡梅隆捐赠的“挑战者”号潜水器
Fig. 4 “Deepsea Challenger” donated by James Cameron

海洋调查装备和设备是有限的, 无偿使用将导致调查设备不能得到科学合理的高效使用, 因此, 美国海洋科考船及海洋调查设备的申请使用服务是有偿的。以美国“阿尔文”号为例, 载人潜水器的单次下潜收费为 5 万美元, 一个美国普通基金项目可以提供 3—5 个下潜机会[21]。

2 我国大型海洋装备运维现状及存在问题

我国大型海洋装备主要集中在自然资源部、中国科学院、沿海省份地方海洋厅局及其下属研究机构等单位, 基本处于分散管理状态, 尚未形成系统化、国际化的大型海洋装备管理模式。但, 我国在大型海洋装备的积极管理方面也进行了大量探索与实践, 初步形成了中国特色的管理模式。本文以国家自然科学基金委船时共享航次计划的管理实践、载人潜水器组织实施体系的构建和我国海底观测网的建设为例, 试图描绘我国大型海洋装备的管理现状。不可否认, 我国大型海洋装备的管理效率与系统化的管理模式还存在一定的差距。

2.1 开启了海洋科考船船时共享航次计划

海洋科考船是进行海洋考察与研究的必要载体[22], 而在 2009 年之前, 相对于不断增长海洋考察需求, 我国可用于科学考察的船舶数量非常少, 即使是有船单位也多用于承担国家指定的调查任务。由于缺乏有效的开放共享机制, 出现了有船单位长期闲置, 而无船单位即使有科学考察需求却面临无船可出的困境。

为解决我国海洋科学研究项目出海调查用船难的困境, 2009 年国家自然科学基金委启动了海洋科考船船时共享航次计划, 以“国家自然科学基金海洋科学考察船时费专款”项目的形式, 为需要出海调查的基金项目提供科学考察船船时共享经费支持(需申请审批)。

从 2010 至 2014 年, 基金委共收到“船时”申请 1 120 项, 共出资 1.4 亿人民币, 租用了 9 艘海洋科考船, 资助了 40 个共享航次开展海洋科学考察[23]。

该项目的实施开创了我国海洋科考船开放共享的先河, 积累了海洋科考船协调管理的经验, 探索了一种新的基金资助模式。当然, 也有不足之处: (1)影响范围有限(仅限于基金委资助的项目); (2)共享内容有限(仅限于海洋科考船舶, 未涉及其他大型海洋装备)。因此, 全国范围内实现海洋科考船船时协调管理的长效机制尚未形成。

2.2 构建了载人潜水器组织实施体系

蛟龙号载人潜水器于 2012 年在马里亚纳海沟创造同类型载人潜水器历史性 7 062 米记录[24], 随后结束海试, 正式交付给国家深海基地管理中心。鉴于蛟龙号日常保障维护基地—国家深海基地此时尚处于建设阶段, 获批的蛟龙号母船尚未建造下水, 专业的维护保障队伍尚未建立等实际情况, 原国家海洋局在充分吸收国际同类载人潜水器从研制、海试、试验性应用到业务化运行等经验的基础上, 提出了

蛟龙号载人潜水器在步入业务化运行前开展试验性应用的工作方案。

根据该方案, 原国家海洋局成立了以分管副局长为组长、各相关部委具体负责人为副组长、研制和参航单位领导为组员的蛟龙号载人潜水器试验性应用领导小组。试验性应用领导小组在总结多年来海试组织管理经验的基础上, 形成了一套相对完善的试验性应用航次组织实施体系, 见图 5。

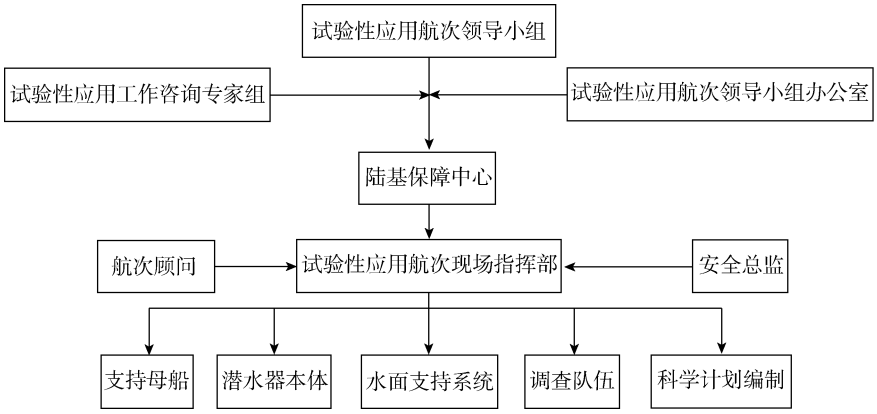


图 5 试验性应用航次组织实施体系[25]

Fig. 5 Implementation system of the trial voyage

从 2013 年 6 月至 2017 年 6 月, 以蛟龙号试验性应用航次组织实施体系为依托, 先后了组织 34 家单位, 在我国多金属结核、结壳及硫化物勘探区和深渊海沟区等海区, 开展了 101 个潜次作业[26-29]。

试验性应用航次的实施, 完善了蛟龙号海上作业技术体系, 进一步提高蛟龙号的深海调查与作业能力, 形成一支相对稳定的潜航员和潜水器技术保障队伍, 建立一套开放、共享的潜水器应用机制, 为全面实现蛟龙号的业务化运行奠定基础。

以蛟龙号载人潜水器为代表, 我国深海探测技术在国际上已属于第一梯队。但与国际同类型载人深潜器相比, 我国对大型载人深潜装备的使用效率、管理和维护水平还很低, 以可比类型(设计下潜深度相同)载人深潜器的年均下潜次数统计情况(见表 1)为例, 深海勇士号和蛟龙号载人深潜器的年均下潜次数明显偏低, 有待进一步提高。我国想实现对大型海洋装备的高效开放管理, 还有很长的路要走。

表 1 国内外作业型载人深潜器年均下潜次数统计表

Tab. 1 Statistics on the annual average dive times of domestic and foreign operations of manned submersibles

深潜器名称	国别	设计最大下潜深度/m	年均下潜次数
阿尔文号	美国	4 500	180
深海勇士号	中国	4 500	85
鹦鹉螺号	法国	6 000	100–115
和平号	俄罗斯	6 000	20
深海 6500	日本	6 500	60
蛟龙号	中国	7 000	20

注: 深海勇士号年均下潜次数以截止到 2018 年底的新闻报道得出; 蛟龙号年均下潜次数为文献[26]统计次数除所需年限得出; 其他深潜器的统计数据来自文献[30]。

2.3 建设了我国有缆海底观测的网络系统

近年来, 有缆海底观测网的发展建设方兴未艾, 加拿大、美国等国家依据不同的科学观测目标组建了多条区域性和国际性的有缆海底观测网络, 其中较为成熟的有加拿大的海王星海底观测网(NEPTUNE)和美国的火星观测网(MARS)[31]。

近十几年来, 我国在国家“863”计划的大力支持下, 我国海底观测网络建设获得突破性进展: 如“十一五”期间, 同济大学组建了包括接驳盒、海底化学和海底动力环境监测子系统等组网设备实现与美国 MARS 海底观测网的接并, 并连续稳定实现半年以上的海试[32]; “十二五”期间, 由中国科学院声学研究所牵头, 联合国内 12 家涉海研究机构, 在我国南海建设了一套光电复合缆长度达 150 km 的海底观测网试验系统, 在水深 1 800 m 处连接了多套海洋化学、地球物理和海底动力观测平台(见图 6)[33]。

我国海底观测网络系统建设实现了从无到有的重大突破, 但与国际成熟的海底观测网络运维管理的模式相比, 仍然有需要进一步改进的空间: (1)分散在各处的观测站、观测网等数据标准不统一、协同

作业能力差，需要对其进行运维管理上的层次化和智能化改进；(2)尚未接入全球海洋观测系统(GOOS)，与之相关的信息传输、数据融合、故障处理、安全保密等运维管理能力有待大幅度提升。

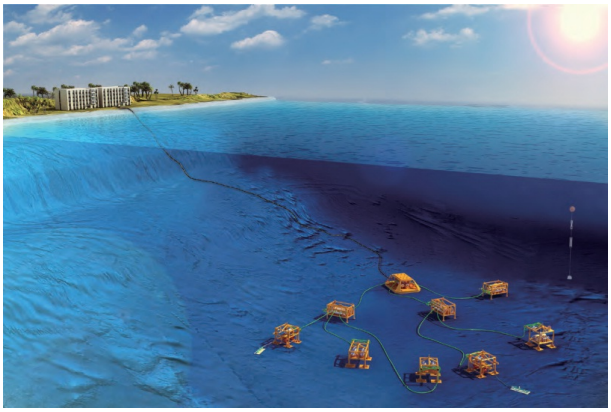


图 6　南海海底观测网试验系统[34]

Fig. 6　South China Sea submarine observation network test system

3　美国大型海洋装备运维现状对我国的启示

美国对大型海洋装备的管理能力被国际海洋界所公认，与其强大的资源整合能力、清晰的国际资源共享发展方向和稳定的装备研发投资支持生态有很大关系。

通过整合优势资源形成了单个机构无法比拟的强大实体[35]，使其具备在全球范围内执行超大型海洋研究计划的实力；清晰的国际资源共享发展方向，使其在引领和组织世界性海洋科学计划上占据领军地位；稳定的装备研发投资支持生态，使其新型装备研发、装备运维管理等环节有稳定的资金保障。

综上所述，其对我国的启示分析如下：

3.1　强化以效率最大化为目标的制度体系设计

我国目前海洋科考船及其他大型海洋装备已出现“产能过剩”的苗头，每年的船舶、装备维修维护经费几乎是固定的，此时，摆在决策者面前的是如何花同样的钱办更多的事，唯一的可行办法就是提高这些大型装备的使用效率。

为实现对我国大型海洋装备的高效管理，当务之急是建立一整套行之有效的制度体系。该制度体系的顶层设计参照上述三层体系架构的设计理念，对内实现使用权、管理权、所有权的高度分离，对外实现资源整合后的集中统一管理实体。

针对所有权，建议建立国家大型海洋装备管理目录及负面清单统计制度，对国家投资研发、购置的大型海洋装备纳入目录管理，同时将大型装备的运维管理情况纳入负面清单管理，对运维管理不当的受委托管理部门，应杜绝其再次购置同类型大型装备的情况；针对管理权，应成立与 UNOLS 类似的但又适合我国国情的组织机构，负责全国范围内海洋装备的协调和监督管理，受委托管理部门负责海洋装备的具体运维管理；针对使用权，上述组织为统一对外窗口，协调使用申请审核，发布年度船时、装备执行计划。

3.2　探索建立国家层面的大型共享平台

我国高等院校和地方政府建设的共享平台数量众多，但共享情况却不乐观。以青岛市大型科学仪器共享平台为例，据青岛市科技研发服务中心王德强[36]统计，高等院校、科研院所和企业研发机构拥有的仪器数量众多，但入网共享的比例却很少，并通过对共享单位补贴申请情况进行统计，发现入网共享的仪器设备使用效率很低。

那么，如何解决共享平台共享效益与质量不高的局面呢？作者认为应探索建立国家层面的大型海洋装备共享共用平台。参照美国大型海洋装备管理的先进经验，该平台的构建分为以下几个步骤：(1)整合国内海洋领域的优势资源，首先组建以三层架构(详见 1.1 节)为内核的统一管理体系，联合不同部委、科研院所、高校构建单个机构无法比拟的强大资源联合体。以潜水器为例，成立水下运载装备协调委员会，负责国家范围内水下运载装备共享共用规则的制定与协调，明确体系内层级间的权利与责任。(2)在管理体系框架下，搭建国家大型海洋装备的共享平台。规定共享范围：所有由国家投资研发/购置且原值在 50 万(视情调整)以上的大型海洋装备均需入网共享。以载人潜水器为例，可将自然资源部的蛟龙号、科学院的勇士号及正在设计开发的全海深载人潜水器纳入该平台统一协调管理，共享单位、其他使用单位及个人欲使用该载人潜水器均需申请，说明使用理由及合理性、使用时间、实验内容、支撑项目等关键要素，由水下运载装备协调委员会负责协调制定下一年度下潜计划，待时机成熟后可向国际上推广。(3)坚持共享共用的有偿服务原则。初期可成立共享单位运

维管理补偿基金[33]，短期内可采取国家补贴等形式予以相应的资金扶持，长期来看，将有偿服务的经费归集到基金管理可实现运维管理和服务收费的自我循环。以载人潜水器为例，人力成本国际顶尖的美国实现了5万美元/潜次的成本控制，相信我国引入该管理体系必将大幅降低载人潜水器的单潜次下潜成本。(4)物尽其用，避免重复购置[37]。坚持共享共用的有偿服务就不能允许重复购置和闲置浪费，应根据地域分区，制定区域内现有的共享仪器、装备的闲置管理办法，闲置机时多于 XX 小时予以暂停购置同类型设备的处罚。(5)平台还可交由共享单位制定并发布大型装备的第三方工具开发指南与接口标准(如适用)，制作规范的使用操作规程及使用说明书，必要时共享单位可安排技术支持人员对使用人员进行培训。

3.3 积极引导设立非盈利社会组织

我国非盈利组织数量不多，社会组织申请设立捐献、援助性的非盈利组织十分困难。从美国等国家非盈利组织的发展情况来看，社会组织成立非盈利组织的需求巨大，建议国家相关部委积极推动放宽简化非盈利组织申请程序，鼓励社会上的企事业单位为国家基础科学研究、大型装备运维等活动提供资金支持。

3.4 制定鼓励企事业单位捐助导向性的相关政策

美国等国非盈利组织发展迅速、规模十分庞大，与政府制定的对非盈利组织的优惠政策是分不开的，我国应积极探索制定为国家提倡的基础科学研究、大型装备运维等社会活动提供资金支持的企事业单位予以税收优惠的政策。引导鼓励非盈利组织和企事业单位在提高国家的基础能力建设和国家重要资产运维等方面发挥他们的积极作用。

参考文献:

[1] 钱洪宝，徐文，张杰，等. 对海洋仪器设备规范化海上试验的认识与思考[J]. 海洋通报, 2016, 35(4): 386-389.
Qian Hongbao, Xu Wen, Zhang Jie, et al. Overview and further thoughts on the standardized sea trials for marine instruments[J]. Marine Science Bulletin, 2016, 35(4): 386-389.

[2] Cui Weicheng. An overview of submersible research and development in china[J]. Journal of Marine Science and Application, 2018, 17: 459-470.

[3] Liu Feng, Cui Weicheng, Li Xiangyang. China's first deep manned submersible, JIAOLONG[J]. Science China Earth Sciences, 2010, 53(10): 1407-1410.

[4] 崔维成. 载人深渊探测器的研究进展[J]. 科学, 2017, 69(4): 4-8.
Cui Weicheng. Research progress on manned abyss detector[J]. Science, 2017, 69(4): 4-8.

[5] 孙雅哲，孟庆龙，李尉尉，等. 美国 UNOLS 海洋调查船队发展及运行管理现状研究[J]. 海洋开发与管理, 2017, 1: 30-33.
Sun Yazhe, Meng Qinglong, Li Weiwei, et al. The development and operation management of UNOLS' academic research fleet[J]. Ocean Development and Management, 2017, 1: 30-33.

[6] Chang Yen-Chiang. Chinese legislation in the exploration of marine mineral resources and its adoption in the Arctic Ocean[J]. Ocean and Coastal Management, 2019, 168: 265-273.

[7] 刘峰. 浅析国家深海活动能力建设及其构成要素[J]. 海洋开发与管理, 2014, 11: 1-3.
Liu Feng. Analysis of national Deepsea activity capacity building and its components[J]. Ocean Development and Management, 2014, 11: 1-3.

[8] 张同伟，唐嘉陵，杨继超，等. 4 500m 以深作业型载人潜水器[J]. 船舶工程, 2017, 39(6): 77-83.
Zhang Tongwei, Tang Jialing, Yang Jichao, et al. Deep operational manned submersibles > 4 500 m[J]. Ship Engineering, 2017, 39(6): 77-83.

[9] 任玉刚，刘保华，丁忠军，等. 载人潜水器发展现状及趋势[J]. 海洋技术学报, 2018, 37(2): 114-122.
Ren Yugang, Liu Baohua, Ding Zhongjun, et al. Research on the current status and development trend of manned submersibles[J]. Journal of Ocean Technology, 2018, 37(2): 114-122.

[10] 丁忠军，任玉刚，张奕，等. 深海探测技术研发和展望[J]. 海洋开发与管理, 2019, 4: 71-77.
Ding Zhongjun, Ren Yugang, Zhang Yi, et al. Research and prospect of Deepsea detection technology. Ocean Development and Management, 2019, 4: 71-77.

[11] 赵羿羽. 世界主要载人潜水器下潜活动概述[J]. 船舶物资与市场, 2018, 1: 41-48.
Zhao Yiyu. Overview of the world's main manned submersible diving activities[J]. Marine Equipment/Materials & Marketing, 2018, 1: 41-48.

[12] 徐全香，甄松刚，王成胜. 美国 UNOLS 海洋科考船管理模式探究[J]. 海洋开发与管理, 2014, 11: 18-21.
Xu Quanxiang, Zhen Songgang, Wang Chengsheng. Research on the management model of marine scientific research ship in UNOLS[J]. Ocean Development and Management, 2014, 11: 18-21.

[13] 朱建华，夏登文，李尉尉，等. 美国海洋调查船现状

与发展趋势分析[J]. 海洋开发与管理, 2012, 3: 52-55.
Zhu Jianhua, Xia Dengwen, Li Weiwei, et al. Analysis of the present situation and development trend of american ocean survey ships[J]. Ocean Development and Management, 2012, 3: 52-55.

[14] 黄升民, 刘珊. “互联网思维”之思维[J]. 现代传播(中国传媒大学学报), 2015, 2: 1-6.
Huang Shengmin, Liu Shan. The cogitation of “Internet thinking”[J]. Modern Communication (Journal of Communication University of China), 2015, 2: 1-6.

[15] Wang Jiancun, Su Tianyun, Li Xinzhong, et al. Design and construction of system for marine geophysics data sharing based on WebGIS. Journal of Earth Science, 2012, 23(6): 914-918.

[16] UNOLS equipment inventory search[EB/OL]. [2019]. https: //strs.unols.org/Public/Search/diu_equipment.aspx.

[17] 周怀阳. 中美首次联合深潜中方潜航员培训和科学研究—总结报告[R]. 2005.
Zhou Huaiyang. The summary report of Sino-U.S. joint deep diving for the first time—Chinese submarine training and scientific research[R]. 2005.

[18] Alvin’s electrical and mechanical interfaces[EB/OL]. [2019]. https: //ndsf.whoi.edu/alvin/using-alvin/systems/

[19] 王劲颖, 沈东亮, 屈涛, 等. 美国非营利组织运作和管理的启示与思考—民政部赴美国代表团学习考察报告[J]. 社团管理研究, 2011, 3: 19-25.
Wang Jinying, Shen Dongliang, Qu Tao, et al. Enlightenment and reflection on the operation and management of american non-profit organizations—The ministry of civil affairs went to the U.S. delegation to study the investigation report[J]. China Social Organization, 2011, 3: 19-25.

[20] Explorer and filmmaker james cameron gives Deepsea Challenger sub to Woods Hole Oceanographic Institution[EB/OL]. (2013-3-26). https: //www.whoi.edu/press-room/news-release/deepsea_challenger/

[21] 钱洪宝, 俞建成, 韩鹏, 等. 我国大型深潜装备研发管理存在的问题及对策思考. 高技术通讯, 2016, 26(2): 200-206.
Qian Hongbao, Yu Jiancheng, Han Peng, et al. Problems and countermeasures of the management of China’s R&D on large Deepsea submersible vehicles[J]. Chinese High Technology Letters, 2016, 26(2): 200-206.

[22] 苏振东, 余军浩, 王凯, 等. 中美海洋科考船对比分析[J]. 舰船科学技术, 2016, 38(1): 154-157.
Su Zhendong, Yu Junhao, Wang Kai, et al. A comparative analysis of China and U.S. marine research vessels[J]. Ship Science and Technology, 2016, 38(1): 154-157.

[23] 葛人峰, 侍茂崇. “船时共享航次计划”—国家自然科学基金委员会的重大创建. 地球科学进展, 2016, 31(4): 428-435.
Ge Renfeng, Shi Maochong. Oceanographic Research Vessel Sharing Plan—A significant creation of the national natural science foundation of China[J]. Advances in Earth Science, 2016, 31(4): 428-435.

[24] 刘涛, 王璇, 王帅, 等. 深海载人潜水器发展现状及技术进展[J]. 中国造船, 2012, 53(3): 233-243.
Liu Tao, Wang Xuan, Wang Shuai, et al. The current status and technical development of Deepsea manned submersible[J]. Shipbuilding of China, 2012, 53(3): 233-243.

[25] 张奕, 丁忠军. “蛟龙”号载人潜水器安全保障制度构建研究. 海洋开发与管理, 2017, 11: 32-36.
Zhang Yi, Ding Zhongjun. The security system construction of JIAO LONG manned submersible[J]. Ocean Development and Management, 2017, 11: 32-36.

[26] 刘峰. 中国大洋 31 航次报告[R]. 国家深海基地管理中心, 2013.
Liu Feng. China Ocean’s 31st voyage report[R]. National Deep Sea Center, 2013.

[27] 于洪军. 中国大洋 35 航次报告[R]. 国家深海基地管理中心, 2015.
Yu Hongjun. China Ocean’s 35th voyage report[R]. National Deep Sea Center, 2015.

[28] 邬长斌. 中国大洋 37 航次报告[R]. 国家深海基地管理中心, 2016.
Wu Changbin. China Ocean’s 37th voyage report[R]. National Deep Sea Center, 2016.

[29] 邬长斌. 中国大洋 38 航次报告[R]. 国家深海基地管理中心, 2017.
Wu Changbin. China Ocean’s 38th voyage report[R]. National Deep Sea Center, 2017.

[30] 朱大奇, 胡震. 深海潜水器研究现状与展望[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版), 2018, 41(3): 205-216.
Zhu Daqi, Hu Zhen. Research status and prospect of DeepSea underwater vehicle[J]. Journal of Anhui Normal University (Natural Science), 2018, 41(3): 205-216.

[31] 朱俊江, 孙宗勋, 练树民, 等. 全球有缆海底观测网概述[J]. 热带海洋学报, 2017, 36(3): 20-33.
Zhu Junjiang, Sun Zongxun, Lian Shumin, et al. Review on cabled seafloor observatories in the world[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2017, 36(3): 20-33.

[32] 彭晓彤, 周怀阳, 吴邦春, 等. 美国 MARS 海底观测网络中国节点试验[J]. 地球科学进展, 2011, 26(9): 991-996.
Peng Xiaotong, Zhou Huaiyang, Wu Bangchun, et al. Test China node on monterey accelerated research system (MARS)[J]. Advances in Earth Science, 2011, 26(9): 991-996.

[33] 李风华, 路艳国, 王海滨, 等. 海底观测网的研究进展与发展趋势[J]. 中国科学院院刊, 2019, 34(3): 321-330.
Li Fenghua, Lu Yanguo, Wang Haibin, et al. Research

progress and development trend of seafloor observation network[J]. China Academic Journal Electronic Publishing House, 2019, 34(3): 321-330.

[34] 任玉刚, 杨磊, 丁忠军, 等. JAMSTEC 运行管理与装备发展现状分析与启示[J]. 海洋技术学报, 2018, 37(4): 109-118.
Ren Yugang, Yang Lei, Ding Zhongjun, et al. Analysis and enlightenment of JAMSTEC operation management and equipment development status[J]. Journal of Ocean Technology, 2018, 37(4): 109-118.

[35] 王德强, 于振伟. 大型科学仪器资源调查与开放共享研究[J]. 中国新技术新产品, 2018, (下): 126-129.
Wang Deqiang, Yu Zhenwei. Large scientific instrument resource survey and open sharing research[J]. New Technology & New Products of China, 2018, (second edition): 126-129.

[36] 刘嘉南, 潘信吉. 大型仪器设备开放共享的研究与探索[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(3): 284-287.
Liu Jianan, Pan Xinji. Exploration on university large-scale instrument & equipment opening share[J]. Rsearch and Exploration in Laboratory, 2009, 28(3): 284-287.

[37] 蔡兵, 刘姝伶, 尹玲娜, 等. 高校大型仪器设备开放共享的实践与探索[J]. 实验室研究与探索, 2014, 33(2): 259-263.
Cai Bing, Liu Shuling, Yin Lingna, et al. Exploration and pratice on the opening-up and sharing of large-scale apparatus and equipment in universities[J]. Rsearch and Exploration in Laboratory, 2014, 33(2): 259-263.

Current status of the operation and maintenance of large-scale marine equipment in the United States and its enlightenment to China

WANG Jian-cun, JING Chun-lei, TIAN Xu
(National Deep Sea Center, Qingdao 266237, China)

Received: Sep. 23, 2019
Key words: large-scale marine equipment, operation and maintenance management, enlightenment

Abstract: In this study, I analyze the operation and maintenance status of the organizational structure and management system of large-scale marine equipment in the United States, the organization of international resource sharing platform, and the management of equipment and support for the R&D ecology. I also summarize the valuable experiences, existing problems, and bottlenecks in the field of operation and maintenance management of large-scale marine equipment in China. Finally, I propose the countermeasures and solutions to solve the problems of low utilization rate, difficulty in resource sharing, and unstable financial support of large-scale marine equipment in China.

(本文编辑: 赵卫红)