

我国大型深潜装备研发管理存在的问题及对策思考^①

钱洪宝^{②*} 俞建成^{**} 韩 鹏^{*} 姜沃函^{*} 李宇航^{*} 王菲菲^{*} 郭京杰^{*}

(* 中国 21 世纪议程管理中心 北京 100038)

(** 中国科学院沈阳自动化研究所 沈阳 110016)

摘 要 系统地总结回顾了我国大型深潜装备的发展历程,包括载人潜水器(HOV)、遥控潜水器(ROV)以及自治潜水器(AUV)等的研制、试验与应用情况。从海洋领域科技管理的角度,对比海洋发达国家深潜装备的常态化业务运行,重点分析了我国大型深潜装备在组织研发、使用维护、运营管理上存在的问题和瓶颈,并从强化顶层设计、完善体制机制、转变研发思路等方面,提出了解决我国深潜装备利用率低、共享困难、研发与应用脱节等问题的对策和建议,这对于“十三五”海洋领域科技项目的组织实施具有参考价值。

关键词 深海潜水器(DSV), 项目研发计划, 业务运行管理, 深海应用

0 引 言

深海潜水器 (deep-sea submersible vehicles, DSV)是能运载科研设备或科研人员进入海洋预定位置,进行各种观测和作业的装备^[1],其下潜深度远超过潜水员能够到达的深度,是人类开发与利用深海不可或缺的重要装备。深海潜水器有不同种类,主要有载人潜水器 (HOV)、无人遥控潜水器 (ROV)、无人自治潜水器 (AUV)、混合型潜水器 (ARV)、深海拖曳潜水器 (DTV)等^[2]。不同深海潜水器的作业深度、功能和用途差异很大,使得其尺寸、重量以及对支持母船的要求也存在较大差异。

随着人类科学探索和资源开发向深海挺进,各海洋强国纷纷加大了对深海潜水器研发投入力度^[3]。我国自 20 世纪 70 年代开始,经过近 40 年的研究发展,潜水器技术取得了卓有成效的进展。特别是“十五”以来,在国家 863 计划等科技计划的支持下,我国在深海运载探测与作业技术研究、深海潜水器 (以下简称深潜装备) 研制等方面形成了一批

重大技术成果,成功研制了以“蛟龙号”、“海马号”、“潜龙一号”为代表的系列大型深潜装备,这些装备在研发过程中质量控制严格,最终进行了规范化海上试验。

目前,我国自主研发的部分大型深潜装备已在深海、大洋与极地环境调查与科考中发挥作用,并取得了一定社会效益。然而由于大型深潜装备的造价、使用和维护保障成本较高,海上应用风险较大,加上装备数量不断增多,如何将这些自主研发的大型深潜装备充分利用起来,使其在深海科学研究、资源开发、权益维护等领域发挥更重要的作用,值得我们进一步探讨和思考。为此,本文研究了我国大型深潜装备研发管理存在的问题及对策,主要研究了对支持母船要求高、尺寸和重量较大、造价较高的大型深潜装备的研发与运行管理问题。

1 我国研发及现状

在国家 863 计划和其它科技计划的支持下,我国已经研制成功系列深潜装备,正在逐步形成我国

① 科技创新战略研究专项 (ZLY20115024) 资助项目。
② 男,1977 年生,副研究员;研究方向:物理海洋,海洋科技管理;联系人,E-mail: qhb@acca21.org.cn
(收稿日期:2015-12-31)

深海科考与探测深潜装备体系。系列深潜装备包括载人潜水器(HOV)、无人遥控潜水器(ROV)、无人自治潜水器(AUV)以及混合型潜水器(ARV)等,初步具备了深海、大洋、极地冰下综合探测与作业能力,基本满足我国现阶段深海科学研究与资源探测作业应用需求。

1.1 载人潜水器

我国于2002年启动了国内首台大深度载人潜水器——7000m载人潜水器(后更名为“蛟龙号”载人潜水器)的研制任务。经过10年的努力,“蛟龙号”载人潜水器于2012年7月在太平洋马里亚纳海沟试验海区创造了下潜7062m的中国载人深潜纪录,同时也创造了世界同类三人重载作业型载人潜水器的最大下潜深度纪录,标志着我国深海载人潜水器技术进入国际先进行列^[4]。2013年至2015年蛟龙号在太平洋和西南印度洋成功开展了试验性应用下潜,取得了丰硕成果。2015年3月17日,蛟龙号搭乘“向阳红09”船停靠国家深海基地管理中心码头,正式落户青岛。

基于“蛟龙号”载人潜水器研究基础,2014年我国启动了4500m载人潜水器的研制工作,重点突破载人潜水器核心部件和设备的国产化问题,完全掌握大深度载人潜水器关键技术,研制出具有我国技术特色、运行成本低、可靠性和可维性高的载人潜水器^[5]。目前该潜水器已经完成载人球壳、大深度可调压载、控制、声学等关键技术的国产化研制任务,预计2016年完成总装并开展联调测试,按计划通过海试验收后,将落户中国科学院深海科学与工程研究所。

1.2 无人遥控潜水器

2002年,中国大洋协会委托上海交通大学开始研制3500m级“海龙1号”ROV。2004年,在上海东港成功完成海底水下操作测试^[6],2007年在进行2540m海试时因脐带缆断裂丢失。随后对该ROV脐带缆进行了攻关,解决了脐带缆断裂问题。2008年该团队又研制出“海龙2号”ROV,并在中国南海完成3278m深海试验,2009年在大洋第21航次科考中首次成功试用。从2010年12月开始,“海龙2号”ROV搭载“大洋一号”科考船多次参加大洋航

次,开展深海探测作业,取得了大量宝贵样品资料。

4500m“海马号”ROV是由863计划支持研发,广州海洋地质调查局作为业主单位牵头,上海交通大学作为技术总体单位研制的。2014年4月,“海马号”ROV在南海完成海上试验^[7],最大下潜深度4502m。2015年3月,“海马号”ROV搭载“海洋六号”首次投入应用,在我国南海北部陆坡西部首次发现了海底活动性“冷泉”,为开展天然气水合物有利区详查、圈定勘探目标区、评价天然气水合物资源潜力提供了宝贵的调查资料。2015年6月,“海马号”在大洋第36航次中再次应用,在东太平洋圆满完成6个站位富钴结壳资源探查作业任务。“海马号”在南海水合物资源勘查和大洋第36航次中的成功应用,成为我国自主高新技术装备推动深海矿产资源探查工作的一个成功范例。

“海牛号”海底60m多用途钻机也是在863计划支持下,由湖南科技大学联合国内相关单位共同研制开发的一款深海ROV系统。“海牛号”钻机于2015年6月在南海完成深海试验,成功实现了在3109m海底对海床进行60m钻探取样^[8]。“海牛号”的成功研制标志着中国具备了深水海底钻探取样能力,成为继美国、德国、澳大利亚之后第四个掌握此项技术的国家。

1.3 无人自治潜水器

“十二五”期间,在大洋协会支持下,中科院沈阳自动化研究所牵头完成了对“CR-02”6000m AUV的改造,重新打造了一款实用的6000m AUV——“潜龙一号”^[9]。2013年11月和2014年9月“潜龙一号”分别参加了大洋第29航次和第32航次,最大下潜深度5162m,累计工作超过200h,完成了近海底声学测线200多km,获得了60多km²的海底测深侧扫资料。目前,“潜龙一号”由中科院沈阳自动化研究所托管,并已成为支撑我国大洋调查的主战装备。

针对新发现的深海多金属硫化物矿产资源勘探需要,2011年由863计划支持开展4500m级深海资源自主勘查系统——“潜龙二号”AUV的研制。“潜龙二号”由大洋协会作为业主单位,技术研发总体由中科院沈阳自动化研究所负责。2015年8月,

“潜龙二号”在南海完成海上验收试验,完成了两次 31h 最大航程试验,完成了两次最大深度航行试验,最大下潜深度 4450m。2015 年 12 月“潜龙二号”参加中国大洋第 40 航次,赴印度洋开展试验性应用工作。

1.4 深海拖曳探测系统

“十五”期间,在国家 863 计划的支持下,中科院声学研究所完成了我国首个测深侧扫声纳系统研制。随后,在大洋协会的推动下,基于测深侧扫声纳完成了 DTA-6000 声学深拖系统研制,于 2006 年完成海上试验。此后,连续开展了 7 个大洋航次应用,目前已成为中国大洋科考的主战装备之一,累计作业距离超过了 500km,2014 年参与了 MH370 失事飞机的深海搜寻工作。“十一五”期间,在 863 计划支持下,完成了 6000m 深海拖曳探测系统“探海号”的研制,该系统不仅具有测深侧扫功能,还集成了超短基线定位和浅底层剖面仪等功能。截至 2015 年底“探海号”仅开展了一个试验性应用航次,工作时间 10h。目前“探海号”搭载在“科学号”考察船上,委托中科院海洋研究所管理使用。

1.5 混合型潜水器

在 863 计划支持下,我国于 2007 年启动了北极冰下自主/遥控海洋环境监测系统(简称“北极 ARV”)的研制,北极 ARV 是一种针对北极海冰连续观测需求,利用光纤通信技术,将自治潜水器(AUV)和遥控潜水器(ROV)技术结合,在一个载体上实现两种潜水器功能的混合型潜水器。“北极 ARV”分别于 2008 年、2010 年和 2014 年先后三次参加了北极科学考察,圆满完成了北极冰下观测科考任务。目前“北极 ARV”由研制单位中科院沈阳自动化研究所托管。

2 国外大型深潜装备的使用管理情况

国际上,以海洋石油工业应用为代表的商用深潜装备已经非常成熟,已经诞生多家专业的深海潜水器生产企业和服务公司,可以根据需要定制各种类型深潜装备,包括系列遥控潜水器、自治潜水器,以及深海采矿装备。但是,针对深海科学研究和矿

产资源探测的专用深潜装备基本还是由专业科研机构研发和使用。目前,以美国、日本为代表的海洋强国对大型专用深潜装备基本上遵循国家拥有、委托管理、开放共享的原则。

在美国,将国家资助的大深度载人潜水器、无人潜水器纳入国家深潜设施(National Deep Submergence Facility, NDSB)系统,委托“全美高校-国家海洋实验室管理系统”(简称为 UNOLS,亦成为美国公用海洋考察船系统)进行管理。为此,UNOLS 还成立了深潜科学委员会(Deep Submergence Science Committee, DESSC),负责对国家深潜装备的运行进行咨询和评估。以已经服役 50 年的 ALVIN 号载人深潜器为例,美国海军和国家自然科学基金委(NSF)是 ALVIN 的拥有者,并一直持续资助其每四年一次的大修费用和升级改造费用。2014 年 ALVIN 号在下潜了近 5000 次,取得了一系列人类历史上重大科学发现之后,完成了一次重大改造升级,NSF 资助了全部费用。NSF 委托美国伍兹霍尔海洋研究所(WHOI)运行和管理 ALVIN 号载人潜水器,并支持了很多深海科学研究项目,为其应用提供了经费。据统计,ALVIN 号载人潜水器平均每年下潜 200 次,日常维护和人员经费均来自其服务的科研项目。

Jason ROV^[10]是由美国 WHOI 在 1986 年开始设计建造的一款专门用于深海科学研究的 6000m 级遥控潜水器,由美国国家深潜设备中心负责管理、操作和维护。1988 年,Jason ROV 第一次下潜成功,并验证了各项设计指标。1989 年 Jason ROV 在地中海开展了第一次应用性试验,而后,在太平洋、大西洋、印度洋的深海区域下潜总计 253 次 4683h,其中最长达 117h。Jason ROV 于 2001 ~ 2002 年进行了升级改造,并命名为 Jason II ROV。改进后的 Jason II ROV 下潜深度可达 6500m,同时可以携带更多设备,提供更强大动力。

美国在深海 AUV 研制方面比较有代表性的成果是 WHOI 研制的 ABE 和 Sentry AUV^[11],以及全海深混合型潜水器 Nereus HROV。WHOI 在 1992 年研制成功大深度自治潜水器 ABE。ABE 载体是由三个舱体构成的框架结构,采用浮力舱与负载舱

分离的设计思想,增加了载体的扶正力矩,使载体的运动更加稳定,更加适应在复杂地形环境下作业。近期,WHOI 又研制了 Sentry AUV。Sentry 在导航性能、航行速度、作业水深、水下航行时间方面都优于 ABE,其采用基于 USBL/PHINS-INS/DVL 的组合导航系统,最大航速为 3 节,最大作业水深为 6000m,作业时间可达 20h。20 世纪初,美国 WHOI 开展了全海深 Nereus 混合型潜水器的研制。2009 年 5 月 31 日 Nereus 成功下潜至马里亚纳海沟 10902m 水深处。2014 年 5 月 10 日,Nereus 在新西兰东北的克马德海沟 9990m 处失踪,经科学家分析,认为是极端压力造成浮力材料爆炸而引起的。美国深海 AUV 和混合型潜水器都是由 WHOI 负责研制,同时承担潜水器后续使用和维护保障工作。

日本国家所有重大深潜装备(如日本 Shinkai 6500 载人潜水器、无人深潜器 ROV、无人自治潜水器 AUV,包括地球号大洋钻探船等等)都集中在海洋研究开发机构——日本海洋-地球科技研究中心(简称 JAMSTEC)管理,基本采用美国的模式。JAMSTEC 研制的“海沟号”ROV^[12],是世界上最早能够下潜到 11000m 的 ROV。1995 年 3 月,“海沟号”在马里亚纳海沟成功下潜至 10911.4m,成功拍

摄到了海底沙虫、虾等生物;1996 年 2 月,“海沟号”实现了世界上首次在 10898m 的海底采集沉积物的功能,并在沉积物中发现了许多微生物;1997 年,“海沟号”最终配备在了日本的“KAIREI”号科考船上,之后在日本的深海科考活动中发挥重要作用。2003 年 5 月,在“海沟号”的第 296 次下潜任务中,本体于深海 4675m 处丢失。截至本体丢失,“海沟号”下潜至马里亚纳海沟的 11000m 海底超过 20 次,获得了大量的深海科考数据。

JAMSTEC 于 2005 年 4 月开始着手研制 ABISMO 号 ROV,并于 2007 年研制完成。该型 ROV 的设计方案总体上与“海沟号”相同,但尺寸上比“海沟号”要小。ABISMO 号本体采用了履带式爬行机构,这也是基于第一代丢失后总结经验,设计的最新型 11000m 级 ROV。2007 年,ABISMO 号完成首次海试,并成功下潜至小笠原海沟 9760m,收集了大量的深海沉积物样本;2008 年 6 月,ABISMO 在马里亚纳海沟成功下潜至 10350m,在世界上首次实现了在超过 10000m 海域进行水和沉积物的多种取样;2014 年 1 月,ABISMO 号在马里亚纳海沟 7900m 深度获取到了水样,在 7496m 处获取到了沉积物。

表 1 国内外主要大型深潜装备运行管理情况汇总表

名称	国别	类别	工作深度(m)	牵头研发单位	运行管理单位	年均下潜次数
蛟龙号	中国	HOV	7000	中船重工 702 所	国家深海基地管理中心	~ 15
海龙 2 号	中国	ROV	3500	上海交通大学	大洋协会	< 10
海马号	中国	ROV	4500	上海交通大学	广州海洋地质调查局	~ 10
潜龙一号	中国	AUV	6000	中学院沈阳自动化所	中科院沈阳自动化所	< 10
潜龙二号	中国	AUV	4500	中科院沈阳自动化所	中学院沈阳自动化所	< 10
探海号	中国	DT	6000	中科院声学所	中科院海洋所	< 10
北极 ARV	中国	混合型 ARV	100	中科院沈阳自动化所	中科院沈阳自动化所	< 10
ALVIN 号	美国	HOV	4500	美国 WHOI 研究所	美国 WHOI 研究所	> 100
Jason2	美国	ROV	6500	美国 WHOI 研究所	美国 WHOI 研究所	> 50
Sentry	美国	AUV	6000	美国 WHOI 研究所	美国 WHOI 研究所	> 50
Nereus	美国	混合型 ARV	11000	美国 WHOI 研究所	美国 WHOI 研究所	-
Shinkai 6500	日本	HOV	6500	日本 JAMSTEC 研究所	日本 JAMSTEC 研究所	-
海沟号	日本	ROV	11000	日本 JAMSTEC 研究所	日本 JAMSTEC 研究所	> 50
ABISMO 号	日本	ROV	11000	日本 JAMSTEC 研究所	日本 JAMSTEC 研究所	-

3 我国大型深潜装备研发管理存在的主要问题

从国内外大型深潜装备研发和运行管理现状(见表 1)来看,我国自主研发的深潜装备在技术指标先进性方面与国际先进水平基本相当,但在运行管理和使用方面存在较大差距。从表 1 可以看出,美国和日本的大型深潜装备技术水平处于国际领先水平,其运行管理模式基本相同,都由研发单位保留固定队伍保障装备的正常运行,年均下潜次数都超过 50 次,远高于我国大型深潜装备的年均下潜次数。

我国目前已有多台套国家资助研发的深潜装备基本达到了工程化、实用化水平,由于相应的制度不健全,课题验收时无法明确未来这些装备的管理、运行和使用要求。尽管一些运行管理单位积极地想办法尽可能管好、用好这些装备,比如中国大洋协会近两年组织“蛟龙号”先后在中国南海、东北太平洋多金属结核勘探合同区、西北太平洋富钴结壳勘探合同区、西南印度洋多金属硫化物勘探合同区开展了两个航次、共计 288 天的试验性应用航次工作,积极探索管理和应用的方法和经验,但是由于顶层制度的缺失,造成管理不得力,致使很多困难和问题目前仍未得到解决。主要体现在:

(1)潜水器拥有者、管理者和使用者各方的权责不明确,使用管理机制不健全

目前的情况是:课题一旦验收,这些装备名义上为国家所有,但实际上归属课题承担单位(或业主单位)委托管理,对其维护、使用并没有严格清晰的规定、协议和承诺,多数研发装备验收后长期放在仓库或展厅里。对形成的固定资产如何处置、日后对其能否进行升级改造、能否开展赢利性经营、收益归属如何分配、出现丢失损坏如何进行国家赔偿等问题,国家尚没有具体相关政策和规定的支持,也造成委托管理方及相关用户在使用时存在种种顾虑。

此外,课题验收后,在多数深潜装备的使用上,国家较少给予后续的经营保障和稳定支持,目前国内大型深潜装备使用和管理均没有固定的业务运行

经费,仅有的项目支持在年度安排和经费量上存在较大的随机性。由于大型深潜装备的设计使用寿命较长(如蛟龙号设计寿命为 30 年),同时需要定期的维护和部件更新,加上使用操作团队的维持,费用较一般的小型设备高很多,因此拥有单位在真正使用装备时面临很大经费困难。

(2)由于尚处在起步阶段,大型深潜装备使用率低、任务不饱满

以美国的 ALVIN 号载人潜水器为例,其 1964 年建成,经历了 10 年才被海洋科学界广泛接受,其后由于多项重大的科学发现现在已经成为深海科学研究的常规手段,ALVIN 号载人潜水器每年下潜超过 100 次。我国比美国起步晚了 40 年,虽然目前在装备技术水平上赶了上来,但是在深海科学研究水平和人才队伍能力等方面差距仍然较大,目前“蛟龙号”载人潜水器年均下潜次数仅 15 次左右。国内注重深潜装备的研发,但对深潜装备的应用与升级改造支持力度相对较小,这种局面若不改变,已研发、可以使用的深潜装备依旧会面临无人用的局面,长此以往会造成恶性循环。一些深潜装备(如早期 6000m 级 CR-01 等)由于应用较少,年久失修,面临即将报废的尴尬境地。

此外,国家现有大型深潜装备均分散在不同的应用部门和研制单位管理,受部门条块分割和种种原因限制和影响,缺乏机制保障,开放共享面临诸多困难,这也是导致装备使用率低、任务不饱满的原因。

(3)由于深海环境及技术研究的特殊性,造成使用成本偏高

由于深海环境面临超大压力、海水酸化腐蚀、生物附着、密封及导航定位通信困难等特点,使得深海科学与技术研究本身具有高难度、高风险、高成本的特点。尽管技术上已经取得了很大进步,我国对重大深潜装备使用、管理和维护的水平还很低,成本依然居高不下,在一定程度上会对后续使用产生很大的负面影响。比如,美国 ALVIN 号载人潜水器的单次下潜收费 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。而到目前,“蛟龙号”尚未开展市场化和自由竞争运作,经费几乎完全依赖国

家投入,单次下潜成本达 100 余万人民币(包括支持母船运行、试验团队保障以及对潜水器本身测试、维护操作等费用),造成普通科学研究的经费无法支撑。

4 对策及建议

(1)国家应制定自主研发大型深潜装备使用管理相关政策措施

建立国家海洋工程装备管理目录,对国家投入研发的大型深潜装备要开展适用性检验评估,对已实现工程化、实用化的深潜装备纳入目录管理,同时在相关政策上明确大型深潜装备国家拥有、委托管理、开放共享的基本原则。科技部、发改委和财政部等相关部门应出台具体管理办法和细则,明确国家、委托管理部门或单位的责、权、利,指导其运营管理和使用,短期内采取国家补贴等形式予以相应的资金扶持。

(2)结合科技管理体制改革,强化顶层设计、统筹部署

解决使用效率低、任务不饱满的问题:一是加大对深海科学探索研究的投入力度,鼓励更多深海科研机构和研究团队积极参与使用;二是转变研发思路,借鉴国外研发模式(如 ALVIN 号载人潜水器),通过对已有装备不断优化设计、功能性能的改进升级来带动深海技术研发;三是发挥深潜装备作为海洋技术研发海上测试平台的作用,鼓励自主研发的深海传感器、仪器设备、通用技术进行搭载试验,加大其应用力度;四是建立国家应急响应和决策机制,对突发海洋灾害、海上重大事故等应急情况,可采取有偿征用等手段,确保在较短时间内快速形成国家应急保障能力。

(3)受委托管理部门或单位应建立完善日常维护、管理使用制度

在充分吸收国外先进经验的基础上,结合我国国情,建立一整套管理使用机制,培养锻炼专业、稳定的维护操作队伍,建立完善服务支撑体系,提高操作使用和运行保障能力,降低使用成本。并通过加

强宣传、引导,采取开放、灵活的机制,在为国家深海科研提供服务支撑的同时,积极鼓励市场、企业多方参与投入,挖掘其经济效益(包括在环境调查、工程建设、资源开发、军事保障、应急救援、水下考古、水下观光、科普教育产业等方面),强化自身“造血”功能,走出一条由国家支持逐步向自负盈亏、市场化迈进的道路,在国家层面真正起到示范和引领作用。

参考文献

- [1] 陈建平. 发展我国载人深潜器的几点思考. 机器人技术与应用, 2001, 2: 33-36
- [2] 李颖虹, 王凡, 任小波. 海洋观测能力建设的现状、趋势与对策思考. 地球科学进展, 2010, 25(7): 715-722
- [3] 刘涛, 王璇, 王帅等. 深海载人潜水器发展现状及技术进展. 中国造船, 2012, 3: 233-243
- [4] 崔维成. “蛟龙”号载人潜水器关键技术与自主创新. 船舶与海洋工程, 2012, 1: 1-8
- [5] 徐芭南, 张海燕. 蛟龙号载人潜水器的研制及应用. 科学, 2014, 66(2): 11-3
- [6] 海洋报. 3500 米深海机器人——“海龙”号研制成功. 军民两用技术与产品, 2004, 9: 20-24
- [7] 左朝胜, 陈惠玲. 我国成功研发首台 4500 米级深海遥控作业型潜水器(海马号 ROV). 黑龙江科技信息, 2014, 12. doi: 10.3969/j.issn.1673-1328.2014.12.001
- [8] 广东造船编辑部. “海牛”号将在南海 3000 米水底下钻 60 米. 广东造船, 2015, 34(3): 92-92
- [9] 武建国, 石凯, 刘健等. 6000m AUV“潜龙一号”浮力调节系统开发及试验研究. 海洋技术学报, 2014, 33(5): 1-7
- [10] Yoerger D R, Newman J, Slotine J J E. Supervisory control system for the JASON ROV. IEEE Journal of Oceanic Engineering, 1986, 11(3): 392-400
- [11] Nevala A E, Lippsett L. A new deep-sea robot called Sentry completes first mission. Woods hole oceanographic institution, 2009, 47(2): 10-10.
- [12] 茅及愚. “海沟号”潜入万米海底. 机器人技术与应用, 1996, 2: 24-25

Problems and countermeasures of the management of China's R&D on large deep-sea submersible vehicles

Qian Hongbao^{*}, Yu Jiancheng^{**}, Han Peng^{*}, Jiang Wohan^{*}, Li Yuhang^{*}, Wang Feifei^{*}, Guo Jingjie^{*}

(^{*} The Administrative Centre for China's Agenda 21, Beijing 100038)

(^{**} Shenyang Institute of Automation (SIA), Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016)

Abstract

The development process of China's deep-sea submersible vehicles, of human occupied vehicles (HOV), remotely operated vehicles (ROV) and autonomous underwater vehicles (AUV) and so on, is systematically reviewed. The comparison with the normal operation of developed countries' deep-sea submersible vehicles is conducted from the angle of ocean program management, and the existing problems and bottlenecks of China's large deep-sea vehicle R&D in organization, operation, maintenance and management are emphatically analyzed. Furthermore, the countermeasures and suggestions on how to solve these problems are proposed in the respects of strengthening top-level design, improving coordination mechanism, adjusting technical route and so on. These suggestions could be helpful for organization and implementation of the deep-sea program of the 13th Five-Year plan.

Key words: deep-sea vehicles (DSV), project program, operation management, deep-sea application