

海洋工作潜器与人类发展

徐纪伟 翁震平 司马灿 马伟锋

从2010年4月墨西哥湾漏油事件发生到2010年8月，事故油井共向墨西哥湾泄漏490万桶原油，造成了墨西哥湾的巨大环境灾难，这次事件引发了人们对海洋开发的担忧与思考。海洋占据着地球面积的71%，其蕴藏的资源更是陆地无法比拟的，大洋底有丰富的锰结核、富钴结核、热液硫化物、生物基因、可燃冰、石油和天然气。

中国海域辽阔，有长达1.8万千米的海岸线和300万平方千米的蓝色海疆，不但提供给国民丰富的渔业资源，还有待开发的海底宝库。南海海域的石油储量大约在230亿~300亿吨，占全国总资源量的1/3，是世界四大海洋油气聚集中心之一。探测证据表明，仅南海北部的可燃冰储量，就已达我国陆上石油总量的一半左右；全世界范围内可燃冰的总能量是石油、煤、天然气总和的2倍，而可燃冰大多数都蕴藏在大洋海底。根据对西沙海槽和东沙群岛附近海域的预测，天然气水合物资源量为83亿吨石油当量。东海的能源储量也相当惊人，东海大陆架原油储量约1000亿桶，而世界最大产油国沙特原油储量为2671亿桶；东海天然气储量约为5万亿立方米，是美国气储量的1.5倍，是沙特气储量的8倍。1999年3月5日，联合国确认中国在北太平洋的克拉里昂-克林伯顿断裂带海域拥有7.5万平方千米的专属矿区，初步估算有4.2亿吨多金属结核，可满足年产300万吨、开采20年的需求。

海洋如此丰富的海底资源与我国短缺的能源现状形成鲜明的对比。1993年我国从油气输出国转变为净进口国，2010年石油缺口约2亿吨。对海洋的研究开发已经关乎国家的能源安全和人类的可持续发展，海洋能源一旦得到有效的开发可以满足人类几百年的能源需求，可以极大地缓和能源问题造成的国际矛盾。

海洋开发的技术支持

人类对深海的了解还比不上月球，对大多数的海洋还是未知，因此开发深海是一把双刃剑。墨西哥湾漏油事件就给我们敲响了警钟：深海的能源开发并不是无风险的，没有雄厚的技术支持，一旦出现事故，就会对人类自己以及海洋生物造成巨大的灾难。可燃冰(水合甲烷)一旦开采不当造成的危险不亚于海洋石油开发，甲烷的温室效应是二氧化碳的20倍，可燃冰矿藏哪怕受到极小的破坏，都足以导致甲烷气体的大量泄漏；陆缘海边的可燃冰开采十分困难，一旦发生井喷事故，就会造成海啸、海底滑坡、海水毒化等灾难。

开采海底资源必须对其有明确的了解，对资源的勘探便是其中的首要环节。资源的勘察手段有三种：实地观察、获取样品和物理与化学量的原位探测，而让科学家和勘测人员到达海底直接对海底资源进行考察是最好的方法。工欲善其事，必先利其器，为了合理安全有效地开发和利用海底资源，就必须要有先进的技术和装备支持。在人类向深海的挺进过程中，科学家们为了探寻开发海底资源，自20世纪以来就没停止过研制各种海洋工作潜器，这些海洋工作潜器为海洋的开发利用提供了有利的条件。能让科学家和勘探人员到达深海与洋底的海洋工作潜器有小型载人潜水器(HOV)和海洋空间站，它们可以发挥不同的作用，形成工作方式的互补，发挥最大的工作效益。

海洋空间站可以用于开发海底资源，弥补陆地油、气、矿等资源的不足；长远考虑为人类拓展新的居住空间，缓解人口压力；用于海底观光旅游，为科技爱好者们提供一个接触海洋、了解海洋的窗口；用于军事国防，侦测非法进入领海的船只，防止敌国潜艇到我国海域海底搜集情报和破坏海底通行设施等；为海洋天然气

水合物的开发和工业化开采创造条件，为深水油气资源和海底矿藏开发提供技术平台。

小型载人潜水器使用灵活多变、用途广泛。可以和海洋空间站结合起来，自主航行用于勘探海洋矿产，如可燃冰、稀有金属锰结核、富钴结核和热液硫化物等。西沙群岛是中国古代的海上丝绸之路，50多万平方海里水域下面有数量众多的沉船遗址，留下无数的珍贵文物，载人潜水器可以用于探测和保护性打捞有价值的历史文物。海底烟囱自从1977年被美国“阿尔文号”在水下2500米处发现以来，就成为科学家们研究的热点，载人潜水器可用于观察研究海底烟囱附近的生物群落，研究烟囱的特性，对烟囱喷出的多金属软泥和烟囱进行采样分析，研究其利用价值。

海洋空间站

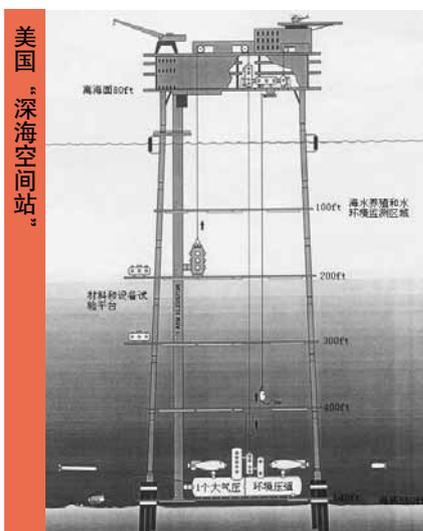
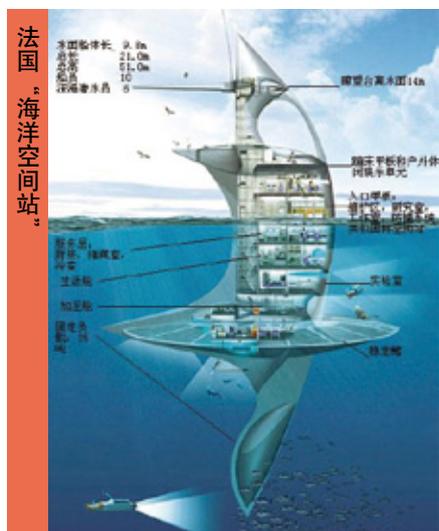
科学家们为了进行各类基础研究，研制了很多小型的水下固定式的水下工作站，研究人类在水下生活的生理和心理反应、珊瑚礁鱼类生态系统，模拟太空环境，以及开展各种水下技术作业和广泛的海洋学研究等。典型的有法国的“大陆架”1号、2号和3号，美国的“海中实验室”1号、2号和3号，最著名的为美国“水下实验室”（Hydrolab）。它们一般都是采用水面船或者浮标脐带供应能源、食品和进行通信，或者从岸上铺设电

缆供应电能和光缆通信。这类小型水下工作站工作深度普遍较浅、受天气影响严重而且移动不便。

各国的海洋科研人员为了深海资源的开发也提出了一些合理可行的大型海洋空间站设想。

法国建筑师雅克·鲁热里设计出一种名为“海洋空间站”（Sea Orbiter）的新型海洋科学考察船，他现在正在为建造第一艘筹集资金。“海洋空间站”和普通的船舶设计理念大为不同，可以看成是一种“竖着的船”，除了导航、通信设备和一个瞭望平台处于海面之上以外，其余部分都在水下。总高度为51米，科研和生活设施位于海面以下，船身下部设有一个加压层，以便潜水员实施考察任务，科学家和其他人员可以透过船身的窗户观察水中的生物。“海洋空间站”类似太空船，船上的防碰撞系统也源自国际空间站的类似设计。按照设想，“海洋空间站”首航将搭载18人，其中6名船员、6名科学家和6名乘客。鲁热里希望“海洋空间站”能为探索海洋世界提供一扇窗和一个科考的平台，同时帮助科学家们研究海洋与全球气候变化之间的联系。鲁热里希望建造6艘“海洋空间站”，第一艘预计耗资大约5200万美元。建造“海洋空间站”的计划得到法国海军造船局、大型军工企业泰雷兹阿莱尼亚宇航公司等企业的支持。

美国康涅狄格州的国家研究中心主管库伯教授和其他科学家合作在夏威夷康涅狄格州等处研发深海空间站



中国“海洋空间站”构想



(Ocean Base One)。该海洋基地将占地2380平方米，建在水下约180米的大陆架上，预计工程需耗资6000万美元，包括水上建筑、中部和海底基地。海面平台可以起降直升机，可以布置船舶码头。一个水密式的常压电梯在直柱式的升降平台中运送科学家、学生、游客和物资往返水面和海底舱室。升降平台外面连接有观察室，可以通过观察窗观察水中的生物。除了电梯之外，还有带有观察窗的吊钟通过拉索升降与海底舱对接。深海空间站很好地把海洋空间站和载人潜水器结合起来，海底舱可以配套机器人和两个Manta载人潜水器，Manta载人潜水器可以和海底居住舱对接，可以从空间站自航出去进行观察和勘探。海洋基地将要开展研究的内容涉及气候变化、海水-空气交换、生态系统模型确认、检测系统研发、人类居住、海上水产品、人在极限环境下的反应等。

我国的科学家也对海洋空间站进行了方案构思。这个海底空间站包括水面系统和水下系统两部分：水面部分由水面支撑设施和陆上终端组成；水下系统根据在海底的工作模式分为干式工作区、湿式工作区和生产/输送区。主要关键技术有水面支撑系统、水下驻留区、水下电力供应模块、水下生产设施、水下控制模块、水下热站和热力配置系统。这个深海空间站的构思是为了对我国深海油气田、矿场资源和可燃冰的工业化开采提供良好的技术支持和平台。

小型载人潜水器

争夺海洋资源的深潜器之战早已打响，生于1858年的老罗斯福总统就参加过潜水器的设计，日本裕仁天皇在1975访美时专程参观了美国海洋研究所了解深潜技术，1987年平成皇太子参观并钻进了“阿尔文号”。

1960年1月23日，瑞士人雅克·皮卡德和美国海军军官唐纳德·沃尔什驾驶着深海潜水器“的里亚斯特号”下潜到10916米，创下了迄今人类到达海底的最深记录，他们的目的就是证明人类能够到达地球最深处。

现在载人潜水器的设计更多地考虑潜水器对海洋勘探、认识、开发的实用功能上，各国争先恐后地研发载人潜水器就是为了获得海底资源争夺战的主导权。法国、

日本、美国、俄罗斯、中国都对载人潜水器进行了研究和制造。

美国——“阿尔文号”(Alvin)

1964年美国将“阿尔文号”投入使用，当时它是唯一能够轻松在深海海域实现漫游的载人潜水器，1974年改装后可以下潜到4500米，平均每年进行150~200次水下作业，可以在5级海况下工作，直到现在依然是深海研究的主力，



皮卡德和“的里亚斯特号”模型

可搭乘1名驾驶员和2名乘客。

“阿尔文号”由远洋轮携带到下潜海域，由9~10人协作用起重机将其放入水中，一般下潜8

小时，包括4小时作业、4小时往返，使用的是铅酸蓄电池。“阿尔文号”体重17吨，有效载荷205千克，尺寸7.1×3.7×2.6米，钛合金耐压球壳直径2米；航行半径6英里，最高航速可达2节，由5个推进器驱动，用蓄电池供电；船身的左右两侧和正前方共配置了3个可视舷窗，在特制的大灯照明下可用两个液压机械手、沉积物挖掘器和海水取样器采集生物、地质及水样，并放入采样篮；还可以通过电极感应器即时获取现场的化学信息。“阿尔文号”用途广泛，1996年帮助美国海军找回



“阿尔文号”水下作业

了一枚丢失的氢弹，也成功搜索了“泰坦尼克号”，主要工作是海底勘探和探索深海热液喷口处的奇特生命。

“阿尔文号”已进入老年期，下潜深度也不及俄罗斯和日本。美国国家科学基金会（NSF）决定建造更先进、潜深更深的载人潜器新“阿尔文号”。新“阿尔文号”将会下潜至6500米，水下作业时间长至10小时，速度更快、操纵性更好、舱容变大、仪器更先进和更加安全。

俄罗斯——“和平号”（Mir）

1987年9月，前苏联科学院海洋研究所与芬兰Payma Репола公司联合研制成功了6000米的深海载人潜水器“和平1号”（Mir1）和“和平2号”（Mir2），它们是两个相同的载人潜水器，并在1988年秋修改了设计，改进了潜水器的各项技术指标。镍钢耐压球壳舱内可容纳三人，直径2.1米，有1个200毫米和2个120毫米的观察窗。“和平1号”最深达到6170米，“和平2号”最深达到6012米。“和平号”的电池为镉镍蓄电池，容量是同类潜水器的两倍，水下时间长达20小时，水下最高速度5节，重18.6吨，有效载荷290千克，两潜水器可协同工作。2007年由俄罗斯最高杜马副主席奇林加罗夫领队用“和平1号”在北冰洋海底插上俄罗斯国旗，这引起北冰洋各国对北极圈资源争夺的口水战；俄罗斯总理普京在2009年8月1日乘“和平1号”潜入贝加尔湖以下1400米，接触湖底的新能源“可燃冰”。“和平号”的成果有：进行了洋底热液矿床研究，大西洋印度洋、地中海洋底山脉研究，深海生物及浮游生物的调查和取样，包括放射性测量在内的核潜艇“共青团员号”沉没综合海洋学研究，电影《泰坦尼克号》的拍摄，寻找躺在海底的物体，可燃冰的探查等。目前俄罗斯在6000米的基础上进一步研究水下10000米的载人潜器。

日本——“深海6500”（Shaikai6500）

日本在深海探测领域走在了世界前列，由日本科技厅、海洋科学技术中心（Jamstec）和三菱重工神户造船所共同开发并在1981年建造了“深海2000”，解决了深海载人潜器的关键技术难题，并在1989年建造了“深海6500”。“深海6500”长9.5米，型宽2.71米，高3.21米，重25.8吨，可载重200千克，钛合金

耐压壳内径2米，有3个直径120毫米的观察窗，潜航时间为8小时，最大航速2.5节，主蓄电池为油浸银-锌电池；1989年成功下潜三隆冲日本海沟东侧6527米，平均下潜速度为每分钟43米，可以覆盖97%的大洋底；装备有最新的声成像声纳系统、摄像机、电视系统、2只七自由度机械手、可伸缩采样篮以及各种自动测量仪器，

可以贴近海底航行，进行拍照、摄像和携带各种工具、设备进行勘探作业，还可以通过机械手和取样器进行海底

采样和安装海底观察设备。“深海6500”已对锰结核、热液矿床、钴积壳和6500米海洋斜坡和大断层进行了调查，以及在4000米处发现了古鲸遗骨及其寄生的海底生物。

日本“深海6500”



法国——“鸚鵡螺号”（Nautilus）

“鸚鵡螺号”由法国著名的海洋开发研究所Ifremer于1985年研制成功，总重19.5吨，尺寸为8×3.7×3.7米，耐压壳是由两个钛合金半球通过螺栓联结而成，内径2.1米，可载2名驾驶员和1名观察员，前部有3个直径120毫米的观察窗；最大航速2.5节，有效载荷200千克，潜深6000米，可以在水下作业5小时，使用铅酸蓄电池供电。配置了对接在“鸚鵡螺号”前部的被称为“Robin”的ROV，一根直径19毫米，长70米的电缆连接ROV与“鸚鵡螺号”，ROV用于观察无法达到或危险的区域。“鸚鵡螺号”目前已经下潜1500

法国“鸚鵡螺号”



余次。法国1970年制造了潜深3000米的“西亚纳号”（Cyana），并且也完成了1300余次的潜航作业任务。

“鹦鹉螺号”可以进行多种海底样品的采集和其他复杂的作业任务，已完成调查过多金属结核区域、海沟、深海海底生态，还参与了沉船和有害废料等搜索任务。

中国——“蛟龙号”

我国20世纪70年代研发了7103艇，重35吨，尺寸 $14.88 \times 2.6 \times 4$ 米，设计深度600米，可载24人，无作业能力。80年代中期研制了QSZ单人常压潜水器，重609千克，尺寸 $2.08 \times 1.3 \times 1.5$ 米，工作深度300米，载1人，潜水员操作机械夹持器可完成简单水下作业。90年代开发了鱼鹰-2型捞雷潜水器，载3人，最大工作深度150米，装备有大型捞雷机械手。90年代还有移动式救生钟，重10.5吨，工作深度200米，可载10人，可对失事潜艇中的艇员进行干式或湿式救援。

目前我国已经研制了7000米的载人潜器“蛟龙号”，可覆盖99.8%的洋底，研制工作主要由中船重工中国船舶科学研究中心（702所）担任。“蛟龙号”重23吨，有效负载220千克，尺寸 $8.2 \times 3.4 \times 3$ 米，钛合金耐压球内径2.1米，前部中间有直径200毫米的观察窗，两旁各一个直径120毫米的观察窗，最大航速2.5节，巡

中国“蛟龙号”模型



航速度1节，水下工作时间可达6小时，可载3人，作业系统为七功能主从式机械手1只、七功能开关式机械手1只。2010年6、7月在中国南海进行了3000米海试，最深处潜到3759.39米，成功突破了世界海洋的平均深度，并要在2011年进行5000米海试。将要完成对热液喷口和海洋矿产资源的采样和探测，考察海洋地质，研究浮游生物、微生物和海底生物，也可以进行深海打捞等海底作业。

发展方向

随着对海洋的进一步探索 and 了解，人类研究和开发海洋的愿望也越来越迫切，海洋工作潜器的开发与应用速度将会随着人类对海洋的进一步认识而再次提速。人类对海洋资源的需求使得未来海洋工作潜器将会以作业型的潜器为主，会以水下作业和开发海洋为主要目标，以此更好地利用海洋来为人类服务，带来可观的经济效益。

鉴于目前水下工作潜器所携带的能源装置的限制，多数工作潜器只能在水下工作有限的时间，这大大降低了海洋工作潜器的水下作业能力和效率。因此，从改进能源装置的角度出发来解决海洋工作潜器的水下作业时间将是一个亟待解决的技术问题。随着各国对海洋权益的重视，能源装置也会因开发海洋的需要得到提升，未来海洋工作潜器必将向着长航时作业型发展。对于载人的海洋工作潜器来说，由于航行时间长，对潜水器的研制会提出更高的要求，以适应工作人员长时间水下工作的需求。由于在海底工作具有一定的复杂性和危险性，无人的海洋工作潜器也将会得到进一步的发展，以此与载人的海洋工作潜器形成互补。单个的海洋工作潜器功能有限，而一个系统工程需要具有不同功能的海洋工作潜器协同完成，因此海洋工作潜器的研发会向着多元化、系列化的方向发展，形成有主有辅、功能互补的潜器系列。同时，潜器需要强有力的水面保障，因此需要研制与海洋工作潜器相配套的水面保障系统，用来对海洋工作潜器进行维修、护理和补给等，这样才能使海洋工作潜器更好地发挥作用，为人类谋福祉。在开发海洋资源的同时，需要注重对海洋环境和资源的保护，维护和合理利用海洋的可再生资源，以促进海洋资源的可持续发展。

我国能源和矿产资源人均占有量远远不及美国、俄罗斯等大国，能源和矿产资源的空缺大都需要通过进口来补充。我国海域辽阔，海洋资源丰富，完全可以利用海洋这个资源宝库来弥补我国陆地资源的不足。“蛟龙号”的研制和其3000米的海试成功，说明了我国对勘探和利用海洋资源的高度重视，也加快了海洋资源勘探与开发的步伐。深海装备的研发可以很好地促进我国的海洋事业，为解决我国的能源危机和矿产资源的短缺等问题提供保障。我国应该继续加大对海洋装备技术研究的投入，以此来鼓励和促进我国海洋事业的加快发展。