

# 国外深海技术发展研究(四)

刘 淮

21 世纪是海洋世纪,是海洋经济可持续发展的时代,海洋不仅是自然资源的宝库,也已成为军事大国炫耀武力与展示高新技术武器装备的广阔天地。在世界许多国家积极向海洋挺进,大力发展海洋技术特别是深海技术的今天,我国也清醒地认识到深海大洋对于一个国家的重要性,适时提出了新世纪国防和国家海洋战略、世界第一造船大国的发展战略以及深海重大科技工程的发展规划,这为我们大力发展深海技术提供了良好的契机。本报告旨在密切跟踪国外深海技术发展的最新动态,通过对国外深海技术的深入分析研究,为我国开展深海重大科技工程、实施世界第一造船大国战略和实现海军武器装备跨越发展提供技术支撑和情报支持。通过本课题的研究对于我们跟踪了解国外深海技术的发展水平、现状和趋势,充分认识我国与世界先进水平之间的差距,真正作到有所为,有所不为,同时对于我国深入开展深海重大科技工程的研究、实现世界第一造船大国和海军武器装备跨越发展的宏伟目标都具有重要的意义。

## 3.5.2 深海钻采平台技术

深海钻采平台是在海上进行作业的场所,是深海油气资源开发的重要技术装备,主要包括钻井平台(船)和采油(或生产)平台。目前世界已探明的海洋石油储量的80%以上在水深500m以内,而全部海洋面积的90%以上水深在200~6000m之间,因而大量的海域面积有待探明。此外,世界上除了少数海域以外,大部分地区的近海油气资源已日趋减少,向深海发展已成必然趋势,深海钻采平台技术已成为国际海洋工程界的一个热点,进行了大量的研究,新的深海钻采平台结构不断涌现。

### (1) 张力腿平台技术

自从1984年世界上第一座由美国CONOCO公司建造的张力腿平台正式安装在欧洲北海油田以来,张力腿平台技术获得了迅速发展。最近投入使用的Ursa号张力腿平台的最大工作水深已达

1250m。与其它平台相比,张力腿平台具有如下一些优点:一是造价随水深的变化增加不大;二是具有良好的运动性能,是深海油气生产适宜的平台形式;三是井口系统设置在甲板下面,方便了石油开采、钻井、采油过程中各种数据的采集,有利于井场试验,最适合大规模深海油田的开发。正因为如此,目前国外海洋工程界正不断对张力腿平台的新型式进行探索,以适应不同海上作业条件的要求。例如国外正在进行一种浮力塔平台(Floating Tower)的研究。这种平台具有以下特点:将平台的浮体置于水面以下超过150英尺,使得平台在升沉方向的大部分流体动力和95%的纵荡的流体动力被消除;

通过调整压载使整个平台的重心位于浮心之下,以保证平台有足够的稳性;采用垂直的拉索和斜拉索组合的系泊系统,以提高平台在

台风和循环海流作用下的系泊有效性和系泊系统安全性;平台在六个自由度上的固有周期均大于30s,从而可避开波浪能量集中的频率范围;浮体的底部面积很大,有利于平台浅水拖航或用重大件潜水起重船进行干运;平台(包括大型浮体、垂直桁架和甲板)可整体建造、运输和安装。这种平台虽然只是处于概念研究阶段,但它综合了自升式平台和张力腿平台的优点,具有很好的发展前景。

总之,由于张力腿平台具有其它钻井平台不可比拟的优异性能,因此在今后相当长的时间里将得到广泛应用和迅速发展,并将是6000m水深范围内的最佳选择。

### (2) 单柱式(Spar)生产平台技术

作为运输中转装置,Spar技术在存储和卸载上的应用已有30多年的历史。1987年,国外在柱形浮标(Spar)和张力腿平台概念的

基础上提出一种用于深水的生产平台,即单柱平台(Spar Platform)。1996年,Oryx 能源公司委托J. Ray McDermott 公司在墨西哥的 Neptune 油田成功建造安装了世界上第一座单柱式生产平台,作业水深为 588m。近些年以来,Chevron 公司和 Exxon 公司又在该地区的 Genesis 和 Diana 油田分别安装投产了两座单柱平台,作业水深分别为 789m 和 1311m。不久前 BP 公司又委托 McDermott、Aker 等公司共同设计建造 5 座桁架式单柱平台(Truss Spar),用于水深 1220 ~ 1830m 的墨西哥湾海域。这种平台主体的一部分由以前的圆柱型变为桁架结构,在架下部加以压载。当平台的储油能力要求不高时,这种结构更轻、运动性能和稳性更好,更为经济有效。单柱式平台的优点是造价低、便于安装,可以重复使用,因而对边际油田比较适用。另外,它的柱体内部可以储油。它的大吃水形成对立管的良好保护,同时其运动响应对水深变化不敏感,更适宜于在深水海域应用。在西方,单柱平台被认为是除张力腿平台之外的另一种适用于深水的海洋平台,有望在今后得到进一步发展和推广。

### (3) 浮式生产系统(FPSO)技术

世界第一座浮式生产系统建成于 1977 年,由于具有安全、可靠和高效等优点,得到了快速发展,目前浮式生产系统已在巴西等海域成功用于深海油气资源开发,作业水深也在不断突破。如

巴西国家石油公司的 FPSO 11 号采用锚泊定位,用于水深 1400m 的 Marlim 油田;Seillea 号采用动力定位,用于水深 1900m 的 Roncador 油田。

浮式生产系统是一种以浮式生产储油船为基础,对开采的石油进行油水气分离、处理含油污水、动力发电、供热、原油产品的储存和外输等,是集人员居住和生产指挥系统为一体的海上大型石油生产基地。系泊系统技术和外输系统技术是浮式生产系统配套的关键技术。早期建造的浮式生产系统由于适用于水深较浅的海域,其系泊系统大多采用单点系泊技术,随着作业水深的增加,出现了单锚腿系泊技术,如悬链式锚腿系泊技术、外转塔系泊技术和内转塔系泊技术等,目前现有的浮式生产系统中约有 1/3 采用的是内转塔系泊技术。目前世界上常用的外输系统有尾输、首输、侧靠和悬链锚筒式输油技术。20 世纪 90 年代以后新建的内转塔系泊系统,几乎全都采用尾部川接式的输油技术(即尾输技术)。尾输技术与其它输油方式相比具有如下一些优点:系泊力小、解脱迅速、输油船不会与单点系泊装置相碰等。此外,早期建造的内转塔系泊系统基本上都是在船体结构建成后再在甲板上安装油/气/水处理设施、主电站和热站等,周期很长。目前内转塔系泊系统的建造采用模块化工艺技术,船体结构和上部设施模块可

同时进行建造,大大加快建造进度,提高了工作效率。目前建造的模块大多采用框架结构,为避免结构疲劳,模块与船体甲板连接多为一端固定在甲板上,而另一端与船体之间可以自由滑动的形式。

最近国外海洋工程界提出了浮式生产钻井系统(FPDSO)的新概念,即在浮式生产系统的基础上加上钻井的功能:浮式生产系统(FPSO)+ 张力腿钻井甲板(TLD)。该装置采用类似张力腿平台的技术用拉索将钻井甲板系于海底,甲板载荷则通过舷外的重块系统进行平衡,重块位于水下 100m,以避免波浪作用和减少摆动。该装置的优点是:钻井甲板几乎没有升沉运动;FPDSO 船体的升沉、纵摇和横摇运动对钻井甲板没有影响;没有吃水变化的限制;采油树和防喷器可方便地放在钻井甲板上。这种装置分别于 1998 年 6 月和 2000 年 10 月在挪威的 Marintek 水池和荷兰的 Marin 水池进行了模型试验,并于 2001 年 8 月对巴西 1200m 水深的海域进行了可行性研究。主要的试验研究内容是:FPDSO 的运动和系泊系统的受力(多点系泊);张力腿钻井甲板与船体之间的间隙;立管和张力索的动载荷;在船体水池内的波浪升高限制。

### (4) 深水多功能半潜式平台技术

深水多功能半潜式平台的特点是:抗风浪能力强(抗风 100 ~

120节,波高16~32m);甲板面积和可变载荷大(达8000t);适应水深范围广(深达3000m);钻机能力强(钻井深度6000~10000m);具有多种作业功能(钻井、生产、起重、铺管等)。

至2000年底的统计资料表明,1996年以来国外新建了一批适用于深海作业的移动式钻井装置,其中19艘新建的半潜式平台中有18艘的工作水深超过了1500m,半数以上水深超过2000m(见表2)。

#### (5)深水钻井船技术

钻井船是设有钻井设备,能

在水面上钻井和移位的船,适于深水作业,发展势头较为强劲,主要趋势表现在如下3个方面:

一是向更大的工作水深发展,如1996~1999年间世界新建的21艘钻井船中,有13艘的工作水深在2500~3353m之间。预计在未来20年间将突破4000m乃至5000m。

二是配备性能更加先进、钻探能力更强的钻机。钻机绞车功率将突破8000HP,钻探能力将突破12000m。

三是钻井船性能将更先进,可变载荷、主尺度、功率配备等

均将更大,自持力、抗风浪能力将更强等。

从深海平台技术的发展动向看,目前研究的热点主要集中在下列几个方面:

新型平台型式研究。海洋工程界对此作了大量的探索,主要是对平台的运动特性、作业功能以及造价等关键问题进行优化,以寻求经济与技术的最佳结合点。

非线性动力响应研究。尤其是考虑流和粘性影响的低频慢漂响应,高频响应中的二阶和频力(Springing)以及高阶脉冲力(Ringing)问题,此外,极限海况

表2. 1996年以后新建的19艘半潜式钻井平台简况

平台名称	设计/制造	国别	建造年份	工作水深(m)	钻井深度(m)	平台尺度(m)	最大可变载荷	定位系统
ENSC07500	TDI Halter	—	2000	2286	9144	73.2 × 69.5	7256	动力定位
Marine700	Bingo 8000 1 Kvaerner	全球	1998	1524	9144	36.3 × 21.8	5000	牵引锚机
Bingo 9000 1~4	大连新厂	—	1999	3000		110 × 75 × 45	7000	8点锚泊
AMETT HYST ~ 力定位	韩国大字 TDI Halter	巴西国家石油公司	1999-2000	1524	6096	175.9 × 54.5	3500	动
RBSBM	IHI现代重工	美国墨西哥湾	1999	1524~2438	7620	109 × 78	6000	—
RBS 8D	IHI现代重工	—	2000			120 × 78	8820	动力定位
SEDCO EXPRESS	法国 DCN	西非	1999	1830~2590	10700	76.2 × 68.9	6600	动力定位
SEDCO ENERGY	法国 DCN	墨西哥湾	1999	1830~2590	10700	76.2 × 68.9	6600	动力定位
CAJUN EXPRESS	新加坡 Promet	墨西哥湾	2000	2590	10700	76.2 × 68.9	6600	动力定位 +8点锚泊
STENA DON	Kvaerner	北海	2001	503	9144	77.1 × 67	3700	动力定位
WEST FUTUT-URE	日立造船	北海	1999	2438	10600	81.7 × 69.6	5500	动力定位

下的随机动力特性分析,波浪、风、流耦合对平台的作用以及晃荡(Sloshing)问题仍为海洋工程界所关注。

柔性构件(系索、立管等)的动力特性研究主要是极限承载能力、疲劳断裂可靠性、涡激诱导振动、系索系统与平台主体的耦合分析。

锚固基础特性分析尤其是筒型基础在周期性变化载荷作用下产生土壤液化、渗流、剪切等而导致土体破坏问题。

深海中材料的应用,包括设计、检验和腐蚀问题。

建造及安装技术研究。

深海平台试验技术研究。

### 3.5.3 海洋调查船技术

海洋调查船的发展迄今已有100多年的历史,近年来,随着海洋开发热潮的掀起,海洋调查船技术发展迅速。在各国日益重视海洋权益,发展海洋经济的21世纪,对领海、毗连区、专属经济区和深海的考察活动日趋活跃。另外,随着现代海军活动范围的扩大,在和平时期对领海及有关海域进行调查测量,为舰艇积累未来所需的航行、作战资料日显重要,特别是反潜战、登陆战、水雷战对海况情报的需求更为突出,因此海洋调查船受到各国海军的重视。据报道,美国海军已利用海洋调查船对全球3/4的海岸线进行了详细测量、调查、绘制海图,热点海域的海底状况更是侦察的一清二楚。

目前全世界的海洋调查船大约有1400多艘,具有较高技术水平的仍然是美国、日本和欧洲一些国家,从功能上看,主要可分为两大类:一类以考察研究海洋气象、水文、物理、化学、生物等海洋环境和资源为主,另一类是以测量海区、航道的水深、海底状况以及收集海底地貌、地质资料为主。随着船舶性能的提高,特别是先进科研设备技术水平的提高和大量装船,许多大型船舶均可同时完成上述任务,考虑到船舶的经济性、费效比,尽可能做到一船多用的情况下,综合性海洋考察船正成为发展的主流。海洋调查船基本不配备武器,即使海军编制下的海洋调查船也是如此,以便于灵活使用。目前世界海洋调查船的技术发展主要具有如下一些特点:一是续航力大、适航性好。目前的海洋调查船为满足长时间海上作业,都设计有较大的续航力和自持力,许多船的续航力达到上万海里,具备环球航行能力。为保证海洋作业、测量工作时的稳定、准确,海洋调查船具有很好的适航性,有些船舶可抗12级台风。二是甲板宽敞、舱室众多。海洋调查船普遍采用长艏楼船型,上层建筑位于船艏或船艏偏后,具有较好的层次,增加了船舶容积和甲板面积,有助于安排更多的舱室,以进行更多的研究、实验工作。如美国的THOMAS G THOMPSON级海洋调查船,实验室

面积达1000多平方米。充裕的甲板面积还有助于布置各类甲板机械和设备,以便收放缆绳,升降和拖曳水中测量设备。三是新型海洋调查船普遍采用计算机 networking 技术,是调查船的工作性能和质量大大提高,具备了良好的操纵性、动力定位和站位保持性能;海水采样、地质采样、生物采样等可自动进行,各类测量仪器的投放、回收等受海况的影响更小;现场数据采集速率、采集量、数据处理质量出现重大改进。四是普遍应用了新的无线电导航设备,有的还应用了卫星导航系统,可进行全球、全天候导航。五是严格控制噪声振动。为了保证船上科研人员能在舒适安静的环境中工作,海洋调查船对噪声的控制要求极高,特别是进行海洋声学考察时。为此,海洋调查船采取了一系列的技术措施:对结构进行优化,降低船体振动;工作舱室远离动力系统声源,并对舱室结构采取减振降噪措施;地板采用浮筏结构,舱室四壁采用矿渣棉、毛毡等减振、隔音材料。为了克服动力系统这一主要噪声源问题,新型海洋调查船普遍采用柴——电动力装置替换以前的高速柴油机动力装置,并对装船的各种机械设备采取隔音、减振措施,并朝着全电力系统方向发展。

综观世界海洋调查船技术的发展,具有如下一些发展趋势:

装备更加先进。2004年韩



国建造的一艘海洋调查船装有自动导航设备、卫星方位测定仪、用于控测海底地形的多重声呐测深仪、电子海图描制系统等十分先进的仪器设备。

船型多样化。为确保适航性要求,方便船上设施操作,获取准确、可靠的数据资料,海洋调查船正在从常规单体船型向双体船型、小水线面船型等多样化的方向发展。这些新船型的共同特点是具有良好的适航性、稳性好、横倾小,而且能够提供充足的甲板面积和船上空间。如美国2001年建成下水的“基洛·莫纳”号海洋调查船采用的就是小水线面船型。

设施现代化,考察立体化。现代综合海洋调查船上的设施更加先进,即可以携带深潜器,也可以搭载直升机,还可以设置探空气象火箭发射架,从卫星导航到卫星通信,从普通使用微机到采用中央计算机和数据处理系统。这些先进设施凸显了海洋调查船的立体考察功能,使其可获得更新、更全、更精确、更有用的各类数据和信息,且花费的时间亦更少。尤其是船载直升机可在母船为中心的大范围内连续观测、作业,机动性好,独立科研能力强。

调查领域不断扩大。现代综合海洋调查船上配备有从事海洋调查所需的各种实验室和工作舱,包括探测海流、海浪、潮汐,测量水温、盐度、密度的水文工作



图 10. 美国“基洛·莫阿纳”号小水线面双体海洋综合调查船

室;从事海洋生物分布及活动规律调查的生物工作室;进行海水化学成分和分布规律调查的化学工作室;观测海面、高空气象变化的气象工作室;勘探海底地质构造和矿藏,绘制海底地形图的地质工作室和工作舱等。兼有海洋水文调查船、地质调查船、气象调查船、渔业调查船、水声调查船等许多专用海洋调查船功能,具有很好的综合考察效果,更适合做远洋航行。

#### 3.5.4 大潜深潜艇技术

下潜深度是潜艇的一项重要战术要素,加大潜艇下潜深度具有很多好处:可以减少反潜飞机用磁探仪发现潜艇的可能性;

有利于利用水面舰艇声呐的盲区,避开水面舰艇的搜索;有利于降低螺旋桨的辐射噪声。下潜深度大可以延缓螺旋桨空泡的出现,从而降低螺旋桨噪声;降低潜艇被深水炸弹命中的几率。因为深水炸弹的下沉时间长,可以给潜艇以机动的时间;可以扩大潜艇坐沉海底的范围,以及通过反潜区的可能性。总之,加大潜艇的下潜深度能使潜艇充分利

用较大的潜深和海洋环境进行战术机动,便于摆脱敌人的反潜舰艇和反潜飞机的搜索和攻击,有利于隐蔽自己,打击敌人,对于提高潜艇的隐蔽性和生命力具有十分重要的意义,因此大潜深一直是许多国家潜艇设计所追求的主要目标。第二次世界大战期间,潜艇的最大下潜深度为200m,20世纪50年代为300m,目前,美国“海狼”级核潜艇可深潜600m,俄罗斯“阿尔法”级核潜艇由于采用钛合金艇体,最大极限下潜深度达到914m。

加大潜艇的下潜深度主要可以通过三种途径来实现:一是增加艇壳厚度;二是采用先进的艇壳材料;三是对艇壳结构形式进行改进。对于第一种方法由于会严重地导致潜艇排水量的增加,并且还会给加工工艺造成难度,因此很难采用。国外先进国家主要采用后两种方法,最为可行的是第二种采用先进材料。

美国核潜艇首先采用的是HY-80高强度钢,接着被HY-100代替,最新建造的核潜艇都采用HY-130钢,使下潜深度不断得到加大。德国212级潜艇艇体采用一种非磁奥氏体钢制成,这种钢不但强度高,而且具有特殊弹性,能防搁浅和碰撞。日本“春潮”级潜艇的耐压壳体的主要部分都使用了NS110超高强度钢,从而使其下潜深度达到500m左右,目前,日本仍然在对NS110超高强度钢的性能进行研

究,以期进一步提高下潜深度。但是高强度、高弹性钢也有不利的一面,即给潜艇焊接和装配带来一定困难。艇壳材料发展的一种趋势是采用钛合金钢。采用这种材料建造的潜艇具有重量轻、强度高的优点,特别适合于航速快、下潜深的潜艇。俄罗斯“阿尔法”级核潜艇就是一个很好的例子,该艇不仅下潜深度大,而且航速达到43节。钛合金也存在一些问题,包括焊接难度大、费用昂贵等。目前国外正在探讨采用复合材料来建造潜艇艇壳。复合材料是由增强纤维(玻璃纤维、碳纤维等)和树脂(粘合剂)组成的新型材料,虽然目前为止还没有一艘潜艇采用非金属复合材料来建造,但复合材料具有重量轻、强度高、耐腐蚀、低磁性等优点,是一种很有发展前途的潜艇艇壳材料。复合材料在内部结构或艇壳上的使用还可以节省较多的重量,在最大下潜深度保持不变的情况下,可以提高有效载荷。在壳体重量相等、有效载荷不变时,采用复合材料可以加大潜艇的下潜深度。

潜艇结构形式主要有单壳体结构和双壳体结构两种,西方国家潜艇主要采用单壳体,而俄罗斯除袖珍潜艇和非战斗性U型潜艇外,都是采用双壳体结构。这两种结构形式各有其优缺点,总的来说,单壳体潜艇具有结构简单、重量轻、湿表面积大、施工维修方便和同等功率下可获得较高

航速等优点,缺点是储备浮力小、抗沉性差、线形不易光顺等。双壳体潜艇则具有储备浮力大、抗沉性好、耐压壳体内有效容积大、有利于空间布置等优点,不足之处主要是增大了潜艇的体积,增加了潜艇的重量,影响潜艇航速的提高。美国在设计“海狼”级核潜艇时,曾一度考虑采用双壳体结构,正因为上述原因,最终放弃了此方案,仍采用其传统的单壳体结构。

## 4. 我国深海技术发展现状及其对策建议

### 4.1 我国深海技术发展现状及存在的问题

深海高技术的发展直接关系到我国海洋经济的发展前途,关系到国家的安全。我国十分重视深海高技术的发展。尤其是近些年来,我国把深海高技术列入国家高技术研究发展计划。制定了“科技兴海”计划,建立了深海高技术示范基地,制定了深海高技术及其产业发展战略,加大了投资力度,组织精干队伍。强化深海高技术的开发。所有这些,使我国深海高技术取得了长足进步。“七五”以来,我国多项海洋领域的国家重点攻关项目取得了重大进展,如海洋环境数值预报业务系统和II型海洋资料浮标系统等技术产品以其创新性和适用性,获得了国家重点科技攻关成果奖励。“九五”期间,深海高技术被正式列入国家“863”高技术

研究与发展计划,目前已在诸多技术领域取得了具有独创性的成果。

深海探测技术领域,通过实施海洋“863”高技术计划、海洋勘测专项计划等重大国家科技攻关计划,以及引进和自主研发,使我国在海洋探测技术领域取得了举世瞩目的成就,在深海勘探、两极科考方面进入世界先进国家行列,部分深海探测技术达到国际领先水平,拥有了一批具有自主知识产权、达到国际先进水平的海洋资源调查、探测技术装备。

我国自主开发完成了分布式广域差分GPS定位系统、双船地震遥测系统、超短基线定位系统等10余套海底探查新仪器新装备,整体提高了海洋探测技术水平和探测能力。海上中深层高分辨率地震勘探技术跻身世界前列,利用研制成功的480道四分量海底电缆采集系统等海上多波地震勘探技术,成功地完成了渤海海上试验,首次依靠自主技术取得实际多波信息。成功开发出一种便携式高灵敏度油气探测装置——820型高灵敏度气态烃现场测定系统。该装置可用于检测沉积物中的超微量甲烷、乙烷、丙烷及氢气的含量,检测灵敏度可达到十亿分之一。该系统创新之处是,可以在勘探现场对岩芯、土壤样品进行分析测定,同时测定多种化学物质和多个其他参数,具有体积小、成本低、灵敏度高、功耗低、易操作,远距离提供数据处

理结果等特点,性能达到国际领先水平,对我国普查勘探和开发“可燃冰”这种后备能源具有特别重要的意义。取样设备方面,由单一的抓斗、无缆发展到箱式、多管取样器;水深测量由传统的测深仪更新为全覆盖多波束测深仪;由单一的水下照相发展到深拖系统和深海水下机器人作业;由简单的海底土工测试进步为原位测试;不断增加了地球物理勘探新技术和按国际标准进行的深海环境基线调查技术。在勘探技术方法方面基本上已与国际接轨。自行研发的海底照片计算机判读处理及地质解释技术、多频探测数据处理与解析技术等达到了国际先进水平。

拥有了多种类型的海洋锚泊浮标和漂流浮标,已经成为海洋浮标技术水平较高的国家之一,并已构成自身的浮标网,成为我国海洋环境监测系统的重要组成部分。

海洋遥感技术跻身世界先进行列。2002年,我国第一颗海洋卫星海洋一号A星成功发射,标志着我国以台站、船舶、飞机、海洋卫星遥感应应用系统等为核心的海洋立体监测系统进入了一个崭新的发展阶段。

但总体来说,虽然我国在深海调查与探测技术方面取得了很大成绩,但与世界海洋大国的海洋探测技术相比,还存在不少的差距。发达国家对专属经济区的调查研究已作了充分、大量的工

作,而由于调查手段落后,我国海洋地质和矿产资源的调查程度却很低,可开发的资源底数不清,拥有自主知识产权的深海探测技术仍十分薄弱,基本上处于引进与消化层面上,许多关键技术和装备还要依赖进口,如海底多波束测深系统和深海拖曳观测系统等。

深海油气资源开发及钻采平台技术领域取得了巨大的成就,海洋石油产量从1971年的8.69万吨发展到目前的约3000万吨;开发技术和装备从无到有,已从海滩、浅海钻采技术发展到了拥有常规水深的钻采技术和装备。特别是进入新世纪以来,海洋油气工业及其技术装备取得突飞猛进的发展,自行设计建造了自升式钻井平台、座底式钻井平台、FPSO以及双体式钻井船等多种技术装备,并拥有了深海半潜式钻井平台的建造技术。至今,我国已设计建造了12座移动式钻采平台、65座固定式(导管架)采油平台、11艘FPSO,并初步具备了30万吨级FPSO的前期设计和建造能力。在油气开发专用技术方面,已研制出一批海洋平台结构专用的管材、板材、型材、套管和钻杆,产品不仅国内使用,还出口美国、加拿大、俄罗斯、澳大利亚、新加坡和泰国等国家。但总体来说,我国深海油气资源开发及钻采技术与国际先进水平相比还存在很大差距,无法满足我国对海上油气资源开发的迫切需求。主要表现在:初步拥有常规水

深钻采装备的设计制造技术,但一些关键技术还不掌握,不具备自主能力,在深水、超深水技术装备上仍是空白。我国现有的钻采平台的工作水深基本上都在500m以内,其中自行设计建造的都在200m以内,均为常规水深,没有超过1000m的深水平台,更谈不上2500~3000m的超深水平台了。尽管我国对张力腿平台也进行了有关的探索,例如上海交通大学对工作水深为200~1000m的边际油田的轻型张力腿井口平台进行了可行性研究,并在该校海洋工程国家重点实验室进行了模型试验。这种平台的浮力舱置于水下,浮力舱上竖立的空间刚架支撑着平台甲板及其上的设备,浮力舱下端用四组钢管张力腿将平台固定于海底,张力腿与海底的连接用筒型基础(吸力锚)。通过理论与试验研究表明,这种平台具有良好的运动性能,完全能满足海上油气开发对平台运动的要求,将是中深水边际油田开发的一种很好的平台形式。中国船舶科学研究中心、天津大学等单位也开展了张力腿平台的研究。但总的来说,研究工作还处于初步阶段,有待进一步深入。由于在深海平台技术方面与世界先进国家差距较大,在国际海底区域资源开发上没有竞争优势,即使是本国海域的许多区块,也不得不依靠国外力量合作开发。海洋钻采配套技术落后,具有自主知识产权的成果不多,关键、主要的设备、



部件全都依靠进口。海洋燃气轮机发电机组、天然气压缩机组、变频电力拖动系统、高压油气采收系统、井控系统、平台自控和遥控系统、卫星定位及通信系统等大都需花巨资引进；定向井、水平井钻采所需的MWD（随钻测量）、LWD（地质导向钻井技术）、TDS（顶部驱动）以及平台的MCC、BOP、ESP等关键技术装备仍主要依赖进口；海上施工超过3000t的浮吊、水深超过60m的铺管船也依赖进口或由国外承包商提供。以东海平湖油气田开发工程为例，按其海上平台及海底油气管道建设投资计，国产化率不足17%。这种状况大大制约了我国深海资源的开发能力。总之，无论从数量还是技术水平上，我国现有深海油气资源开发装备都十分不足，如半潜式平台只有技术指标较低的几座，并且仅处于世界第二至第三代之间的水平，而据业内人士分析，目前国外出现的半潜式平台已属第5代，可见差距之大。当前，我国海洋油气钻采技术与国外先进水平的差距主要体现在如下一些方面：深海钻采平台设计与建造技术；海底钻采集输系统设计与计算技术；深海超深钻、定向钻井和水平钻井制造技术，如交流变频大功率石油钻机、交流变频大功率顶部驱动装置、井内动力钻井设备、随钻测量及地质导向钻井技术、多支井钻井技术等；深海动力定位技术；高性能海底遥控机械手技术；大型、高寿命双燃料燃气轮机、天然气压缩机等的制造技术；高强度、高性能（耐腐蚀、可焊性等）钢管、宽厚钢板、大型型钢的生产技术；大吨位（超过5000t）海上浮吊技术与深海铺管装备的生产技术；三维和四维地震勘探技术，含强动力震源、高精度声波接收技术，大型计算机数字处理及解释技术等。

深海矿产资源开发技术领域起步较晚，

HS



海鑫以优越的密封科技，成就今日，开创未来。

其应用广泛，提供船舶、化工管系等高性能多功能密封技术。

以专业严谨的态度，研发创造实力，获取多项国际认证。

以高水平创造实力研发的各种密封材料可以完全解决船舶管系、石油化工、汽车引擎的油、水、汽化物等化学介质的密封。

三十年的产品专家解决整体密封技术。

产品可运用于船舶、化工管系各层次的密封，应用领域广泛。海山以严谨精细的品质管理技术，满足专业化生产流程与严格品质管控，立足中国、放眼世界、整合国际化服务，为中国造船工业服务。

**开拓 创新 团结 奋进**

<p>海山密封材料 省级高新技术研发中心</p>	<p>AAA级</p>		
<p><b>舟山市海鑫密封件有限公司</b>  <b>舟山市海山机械有限公司</b>          电话:0580-7091439-801 传真:0580-7091076          地址:浙江省岱山县东沙镇工升路          E-mail:yby@hs-sealed.com          http://www.hs-sealed.com</p>			





始于20世纪70年代,最初以多金属结核资源调查为主。70年代中后期,我国先后在太平洋海底采集到锰结核。80年代初,我国大洋锰结核资源调查工作取得较大进展,1984年开始着手制定我国深海矿产资源勘查规划,并开始部署相关的科学和技术研究工作。1991年,以“发展我国深海高新技术,为人类开发利用国际海底资源做出贡献”为宗旨的中国大洋矿产资源研究开发协会(简称中国大洋协会)正式成立,成为组织我国各方面深海科研开发力量,开展大洋工作的主要平台,并代表我国向国际海底管理局和国际海洋法法庭筹备委员会申请矿区登记。2001年5月,中国大洋协会与国际海底管理局签订了《勘探合同》,以合同形式确定了我国在太平洋中部拥有专属勘探权和优先商业开采权的7.5万平方公里多金属结核矿区。这一多金属结核矿区的获得,为我国经济可持续发展提供了宝贵的资源战略储备,是大洋工作者为中华民族的伟大复兴奉献的一份厚礼。在大洋勘查工作持续开展的同时,我国在深海矿产资源开发技术开发领域也得到了快速发展。目前我国已经初步建立了深海勘查、深海矿物开采、运载和冶炼等高新技术平台,形成了一定的技术储备。一批拥有自主知识产权的深海高新技术装备在大洋考察中得到了实际运用。

“八五”期间,我国进行了两种不同原理集矿机技术的比较

研究,在国外已有成果的基础上分别研制出改进型的复合式集矿机和水力集矿机,与测控系统进行了联动调试,实验室集矿率达到90%以上。集矿机的行走有拖曳式和自行式两种方式,自行式集矿机有轮式、阿基米德螺旋式和履带式,其中阿基米德螺旋式和拖曳式已进行过深海采矿的试验开采。同期,在深海采矿的提升技术方面进行了水力提升、空气提升的实验室研究,取得了多相流提升机理、工艺和参数方面的研究成果和经验。“九五”期间我国完成了深海采矿系统的中试技术设计以及部分采矿系统的试验,积累了丰富的经验。“十五”期间又展开了1000m海试准备工作以及采矿关键技术开发。总之,我国在深海矿产资源开发技术方面进行了多年有益的探索,取得了一定的成果,但是目前大多处于机理论证、模型样机研发及实验阶段,距离真正拥有高效、实用的深海矿产资源开发技术,开采出深海底多金属结核、钴结壳及热液矿还有很长的路。而核心、关键的技术和设备仍依赖引进和进口,这种状况严重制约了我国建立深海产业、进行深海矿产资源商业性开发的进程。使得我国在这一技术领域与先进国家存在很大的差距。

海洋空间利用技术领域尚处在传统的海洋空间利用阶段,如岸边的海港码头、远洋船舶运输、海湾的海底隧道、海峡间的跨海

大桥、海底通信网以及填海造陆、在海湾、港口建倾废场和近海生产、生活空间的利用等等,而在近海、深海以大型浮体结构建设海上机场、工厂、储藏基地、军事基地等方面还是空白,与美国、日本和欧洲等先进国家还存在较大的差距。

深潜器技术取得重大进展。在载人深潜器技术方面,自1986年第一艘7103深潜救生艇(工作水深1000m)投入使用以来,又于1991年研制成功单人常压深潜器。该装备作业水深300m,可在水中行走,身前分别装有记录高度、深度和方面的仪器及水下录像和照明装置,可代替潜水员进入危险海区进行水下勘探作业。在无人潜航器技术方面,自20世纪80年代开始先后研制出工作水深300m的“海人1”号、“SJT-10”型、“金枪鱼3”号以及“Recon-IV”系列型号。其中“Recon-IV”系列的第一台作业型无人遥控潜航器已在我国南海投入使用;第二台已打入美国市场;第三台曾于1990年9月圆满完成在渤海打捞日本“MAYA8”号沉船的探测任务。1994年“探索者”号研制成功,工作水深达到1000m,并甩掉了与母船联系的电缆,实现了从有缆向无缆的飞跃。1992年列入国家高技术发展计划(863计划)、并于1995年8月研制成功的“6000m自治洋底探测系统”——“CR-01”号自主式无人潜航器,作业水深达到6000m,航

速4kn,续航力6h以上。该装备的研制成功使我国无人潜航器的总体技术水平跻身于世界先进行列,成为世界上拥有潜深6000m自主式无人潜航器的少数国家之一。

经过多年的发展,我国在深潜器技术领域培养了一批高素质的人才和研究队伍,一些研究单位如中国科学院沈阳自动化研究所、上海交通大学海洋水下工程科学研究院等具备了很高的研究开发能力,在许多关键技术领域取得了突破。如上海交通大学海洋水下工程科学研究院的无人潜水技术研究曾完成3个型号遥控式无人潜航器和系列水下电视的研制,其中大型水下隧洞专用检测器和混水水下电视属国内首创。研制成功的多功能水下工具及动力源可进行多功能的水下施工作业。这些技术在国内水下工程中也得到了广泛的应用。近年中完成胜利油田高难度水下油管抢修工程、大小水库检测维修、多座海洋石油平台检测和钻井支持以及各种桥隧工程的水下观测和工程监理等。目前该院正在进行有关深海开发的水下技术攻关课题,其中包括3000m深海观测和取样型遥控式无人潜航器项目、深海热液取样技术研究项目、7000m载人深潜器人员环境研究项目和已列入国家“863”计划的水下管道维修系统项目等。但是尽管取得了上述可喜成果,但由于起步慢,加之资金有限、材料工艺欠缺,因而现有的技术尚有很大的局限性,特别是技术性能与先进国家相比尚有一定的差

距。主要表现在:

- 自主式无人潜航器(如CR-01型)只能适应6000m深平坦地形的大洋多金属结核矿区工作环境,其探测内容只限于声学、光学、水文测量;

- 缆控水下机器人技术虽具国际先进水平,但主要为海洋石油勘探服务,其作业深度也仅限于600米以内;

- 载人深潜器的研制虽起步较早,但目前所研制的工作水深仅限于150~300m,并且是小型的仅用于军事目的。

海洋调查船技术领域具备了自行设计和建造的能力。新中国成立以来,我国自行建造了近200艘各类海洋调查、考察船,如“向阳红”号系列,“远望”号系列等,这些海洋调查船都具有很高的技术水平,为我国海洋科学考察、海洋资源调查和探测作出了巨大贡献。其中“向阳红10”号远洋综合调查船曾多次出航,对深海海底锰结核的一般特征、分类、分布及控制因素、化学组成与环境等进行了详细调查,采集了大量深海底的锰结核、富钴结壳样品,并完成了72万平方公里海域的海底多金属结核普查任务。目前我国在太平洋海域选出的两个具有开采远景的多金属结核矿区,含金属品位均在2%以上,超过了国际开发标准。我国20多次赴南极和北极进行科学考察的主力船舶“雪龙”号和“大洋1”号是从国外购买后改装的,装备

有现代化的探测及实验设备和设施,具有国际先进水平。但我国海洋调查船存在船只老化、在航率低及现代化远洋综合调查船严重不足等问题。由于服役时间过长,一些船只的性能和设施也很落后,因资金有限,许多探测设备和科研仪器得不到及时更新;船舶的减振降噪措施不完备,无法满足声学试验研究的要求;实验室配置、测量仪器、船用设备等过于陈旧和整体配套不完善;探测手段落后,探测覆盖范围小,难以满足多学科联合调查的需求;缺乏海上现场处理资料和传输能力,资料处理必须返航后在陆上试验完成,缺乏对海上调查中发现的现象和过程进行及时跟踪处理的能力,自身快速反应能力差,更缺乏与陆上试验室进行同步联合处理的能力;至今我国还没有专门的深海矿产资源调查船。这些问题导致我国的海洋调查船远不能适应我国海洋科学调查和参与国际海洋科学实验研究的要求。

大潜深潜艇技术我国尚不具备,但是已经拥有自行设计建造各类常规潜深潜艇的技术能力。

#### 4.2 发展我国深海技术的对策建议

(1)以深海工程装备为突破口,大力发展深海技术,加快船舶工业发展

目前,国家已将大型海洋工程技术与装备、海洋环境立体监测技术、深海油气及矿产资源开

发技术、深海探测技术以及深海作业技术与装备等深海技术列入国家中长期科学与技术发展规划中,这为我们大力发展深海技术,全面促进船舶工业的发展提供了良好的契机。当前,船舶工业应紧紧抓住国家实施海洋开发战略的重大机遇,发挥技术优势,积极跟踪海洋工程市场,以深海工程平台装备为突破口,努力在一些深海工程研发、建造的重点领域取得突破,加快船舶工业的发展。

### (2) 搞好顶层设计,加大扶持力度

深海技术是体现一个国家总体科技水平的重要技术领域,是事关国家海洋战略和国家安全战略的重要基础,应当引起国家的高度重视,应将深海技术的发展列入国家中长期发展计划,政府需要召集多方面的专家、学者和科技人员,搞好深海技术发展的顶层设计工作,加大扶持力度,作好统筹规划,避免重复建设和恶性竞争,在资金和税收等政策方面给予支持,确保我国深海关键技术研发工作的顺利开展,极大地提高我国深海技术的总体水平,缩小与世界先进国家的差距。

在资金方面,应将深海技术科研项目纳入国家863、973计划以及中央财政支持的指令性科研计划,通过专项计划的方式,确保研发经费落到实处;在税收方面,对深海高技术研发企业减免增值税或实行增值税返还,或者取消营业税全面实行增值税,把生产型增

值税改为消费型增值税,促进企业专业化分工和技术升级,加快技术发展和经济增长。

### (3) 整合科研力量,建立研发中心

我国深海技术的研发和生产制造力量分散在不同的科研院所、高等院校和企业,由不同的部门进行管理着,包括国家海洋局、国家自然科学基金会、国家863计划、中国大洋协会以及造船、电子、机械、冶金等部门。这些科研和生产机构都已具有一定的海洋技术研发基础,开发出许多海洋技术装备,但由于技术力量分散,只是在一些局部领域、小型项目和低端产品上取得了一些成果,而重大技术、装备、工程项目的成果较少。事实证明这种分散、重复、小规模、低水平的研发力量是无法适应深海技术发展的需要的。由于深海的复杂性和研究的艰巨性,以及投入比较少,使深海调查、监测和基本规律的研究相对缺乏,深海科技的整体发展水平不高。现有调查资料不能满足目前及今后科学研究和社会经济发展的要求。因为一些重大基础性研究和重大自然科学基金项目需要将大量资金投入调查之中,加之我国深海科技研究在很大程度上沿袭了传统科学的研究方法,造成有限的研究经费与人员的进一步分散,使得国家深海科技研究的整体力量不足,支持深海科技发展的技术条件不完备,从而制约了对海洋基本规律的深入认识。当前,国家应当统筹规划的基础上,整合深海科

研力量,依托最有实力的专业机构或科研院所、大学,成立一些研究领域不重叠的深海技术研发中心,如深海科学研究中心、深海矿产资源开发技术中心等。在每个研究中心下面,设若干个具体的研发基地或实验室,如国家深潜器研发基地、国家深海采矿技术研发基地等,为深海开发提供技术支撑。目前,这项工作在实际中已经展开,如2003年3月在杭州成立了“中国大洋勘探技术与深海科学研究开发基地”。该基地由深海勘探技术研发中心、深海科学研究中心、深海技术保障中心、深海技术培训中心等组成,形成了一个以深海科学研究、高技术开发和高技术产品制造为一体的大型综合性研发实体。基地重点进行深海探测技术、深海现场观测监测传感器技术和系统集成技术的研究与开发,组织系列无人与载人深潜器的研制和实用化研究等。基地的运作是以国家海洋局海底科学重点实验室为核心,广泛联合国内深海科学与工程科技科研院所和院校,吸纳国外深海科技优势单位和科学家参加,形成我国深海科技国内一流、国际先进的开放式研发实体,以提高我国深海技术水平,推动深海探测技术的发展和产业化进程。此外,还可以在上海、大连、广州、青岛等沿海地区建设深海装备设计、制造基地,加快我国远洋作战舰艇、深海平台及深海工程船舶的设计建造水平,缩小与国外先进水平的差距。



(4) 加强关键技术研究, 提高自主创新能力

总体上, 我国深海技术目前还比较落后, 设备国产化率较低, 海洋仪器进口率约占 95%, 技术总体水平与国外先进水平相差 15 ~ 20 年, 这一切与成为一个海洋强国的要求还相距甚远。当前, 我们应抓住良好机遇, 在国家统筹规划的基础上, 以国家重点实验室和各个研发基地为中心, 密切跟踪国外深海技术的发展趋势, 瞄准我国深海技术的薄弱环节, 加大投资力度, 深入开展关键技术研究, 特别是军用技术、前沿技术、共性技术以及基础性技术的攻关, 力求在一些重点领域有所突破, 提高我国深海技术的自主创新能力, 为我国深海资源的开发和海军装备现代化提供有力的技术支撑, 以使我国进入世界海洋科技强国的行列。

(5) 实施“科教兴海”战略, 加快深海技术产业化进程

海洋科技要服务于“科教兴海”战略, 要以“科教兴海”为目的。因此, 要研究市场、分析市场、开拓市场, 建立起以市场为导向的, 研究、开发、经营一条龙的深海开发体系, 使海洋经济上规模、上效益、上质量、上水平, 成为我国新的经济增长点。加快海洋科技成果转化, 并促进其产业化、市场化, 把海洋科技优势转化为经济优势。深海高科技项目, 一开始就要搞好市场选择, 选择一批适合中国国情, 有战略作用、经济效益和市场前景的项目, 在条件较好的沿

海开放城市如香港、大连、秦皇岛、青岛、威海、烟台、连云港、上海、厦门、宁波、汕头、海口、深圳、珠海、北海等, 建立和完善一批具有国际水平的深海高科技园区和高科技产业开发城, 实施科企联姻, 形成产、学、研、管一体化的合作与激励机制, 努力实现海洋高科技的产业化、商品化和国际化。

在大力发展深海高科技、实现高科技产业化的同时, 要根据深海开发的需求, 注重适用技术的推广应用, 解决深海开发过程中出现的一些具体问题, 推动深海开发由粗放型向集约型转变, 并将深海开发和海洋保护结合起来, 把“科教兴海”工作作为实施可持续发展战略的具体行动, 既要加大深海资源开发的力度, 又要加强深海资源的保护; 既要满足当代人的需要, 又要不危及后代人的生存和发展。

(6) 加强人才培养, 壮大深海科技队伍

海洋高科技的竞争, 实质是知识和人才的竞争, 是人们掌握和运用最新技术能力的竞争。从根本上说, 海洋科技的发展、海洋经济的振兴以及社会的进步, 都取决于劳动者素质的提高和大量合格人才的培养。加快深海开发, 必须把培养海洋科技人才作为一项极为重要的战略任务来对待。建立激励机制, 培养、挖掘人才, 制定政策, 吸引人才, 创造留住人才、鼓励人才创业的大环境。

目前, 我国深海技术落后的主

要原因之一就是人才匮乏, 不仅海洋学科带头人不多, “断层”态势严峻, 对国际研究热点和科技前沿跟踪不够, 深海技术研发人才更是不足。并且很多地方和单位对人才资源的宝贵价值及其对发展深海经济的重大作用还认识不足, 不尊重知识、不尊重人才、学用不对口、埋没人才的现象还普遍存在。沿海地区各级领导要尊重人才、爱惜人才和合理使用人才, 创造和优化促进人才成长和吸引人才的客观社会环境, 最大限度地调动人才的积极性。

人才的培养离不开教育。在普及教育的同时, 国家应重点培养急需的各类海洋科技人才。同时, 要创造人才成长的新体制, 改革人事管理体制, 变静态管理为动态管理, 建立双向选择的用人机制。用人单位对科技人员进优汰劣, 优化科技队伍的整体结构, 科技人员则通过自由择业, 选择能充分发挥自己聪明才智的单位和岗位。制定平等竞争的用人政策, 吸引国内外优秀海洋科技人才, 促使人才结构保持活力和不同学科相互渗透, 创造一个良好的人才成长环境; 用人单位聘用人员要量才录用, 不论资排辈, 促使大批年轻的优秀人才脱颖而出。要坚决贯彻按劳付酬政策, 建立分配激励机制, 拉开分配差距, 允许有重要贡献的科技人才先富起来, 对有突出贡献的科技人才实行重奖。(全文完)