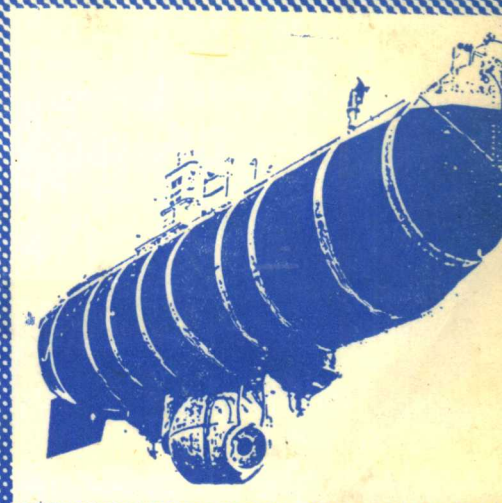


14613



上海交通大学出版社

qian
shui
qi



潜水器

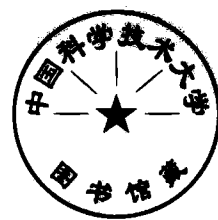
机电设备及系统

徐德胜 编著
钟金福



潜水器机电设备及系统

徐德胜 钟金福 编著



上海交通大学出版社

沪新登字 205 号

内 容 提 要

潜水器是海洋开发、海军水下探测、防险救生的重要技术装备，世界各国都已大力发展该项新技术。潜水器工作在深海高压、黑暗及寒冷的特殊环境下，因此对其设备和系统有着特殊要求。本书系统地介绍了80年代深潜技术的进展、深潜导航系统、水下设备能源供给与推进装置、潜水器机械系统和设备、水下观察系统、水下机械手、水下生命支持系统等内容，可作为船舶、海洋工程、潜艇专业的选修课教材，也可供有关设计和生产单位的技术人员参考。

潜水器机电设备及系统

出 版：上海交通大学出版社

(淮海中路 184 弄 19 号)

发 行：新华书店上海发行所

印 刷：崇明永南印刷厂

开 本：787×1092(毫米)1/16

印 张：12.25

字 数：34000

版 次：1991年10月 第1版

印 次：1991年12月 第1次

印 数：1-1400

科 目：256-299

ISBN7-313-00928-3/U·665

定 价：3.55元

前 言

广漠无垠的海洋占地球面积的71%，她既是资源的宝库，又是商船的航路和兵家必争的战场。历来人们对她倾注了巨大的财力，进行了不畏艰险的海洋探险和深海探索，力图揭示她所蕴藏的秘密。大深度的海洋是一个神秘莫测的险恶世界，如果没有能抵御这种特殊环境的技术装备，人类是无法亲身接近深海这一被人们关注的领域。20世纪的现代技术为人们安全进入深海世界创造了必要的条件，深潜技术的发展和各种潜水器的相继出现，人们乘坐它们为探索海洋、开发海洋、海洋军事利用进行了一系列征服深海的活動。

潜水器的建造和使用是一个新的技术领域，无论在设备、技术、实际使用和人员培训等方面，都有不少特殊问题需要解决，大量的工作有待人们去做。正因为如此，我国还很少有潜水器设计、建造、使用方面的专著出版，上海交通大学在研制载人 and 无人潜水器的同时，为船舶及海洋工程专业学生开设了潜水器设计、潜水器强度与材料、潜水器机电设备及系统等课程，并在这些课程讲义的基础上，通过教师的科研和教学实践，进行补充和修订，并由上海交通大学出版社出版与广大读者见面。

《潜水器机电设备及系统》一书是针对深海高压、黑暗、寒冷等特殊环境，阐述潜水器机电设备和系统的设计原则、设备结构原理、使用环境条件、使用安全等方面的基本知识，使学生和其他读者对现代潜水技术的机电设备有一个初步的了解。本书在徐德胜同志编写的讲义《潜水器机电设备》基础上经过6年多的教学实践，并利用科研所积累的实践资料，由钟金福同志补充、修订而成，并得到了上海交通大学水下工程研究所同仁们的支持和帮助，在此编者向他们致以感谢。

由于潜水器是一项发展中的新技术，又加上编者的水平有限，书中定有不完整和不妥之处，敬请读者批评指正。

编者于上海交通大学

1991年6月

目 录

第一章 深潜技术概论	1
§1.1 直接潜水.....	2
§1.2 潜水器的发展.....	6
§1.3 饱和潜水和装备.....	17
§1.4 水下居住舱(实验室).....	18
§1.5 常压潜水服.....	24
第二章 深潜导航系统	30
§2.1 声波在海洋中传播.....	30
§2.2 船位推算导航.....	35
§2.3 短基线水声导航系统.....	37
§2.4 长基线水声导航系统.....	43
§2.5 潜水器通信设备.....	47
§2.6 声纳.....	50
第三章 能源与推进装置	64
§3.1 水下能源.....	64
§3.2 潜水器配电系统.....	72
§3.3 深海均压蓄电池.....	77
§3.4 电器及电子部件的密封.....	80
§3.5 推进和操纵机械.....	85
第四章 机械系统和设备	106
§4.1 系统和设备的一般特性.....	106
§4.2 液压系统.....	107
§4.3 纵倾调节系统.....	109
§4.4 液体和固体压载系统.....	111
§4.5 浮力调节系统.....	116
§4.6 高压空气系统.....	117
§4.7 调节索和锚装置.....	118
§4.8 潜水器与甲板加压舱的对接装置.....	119
第五章 水下观察系统	122
§5.1 水中光的传输.....	123
§5.2 水下光源.....	126
§5.3 水中光学系统的校正.....	137
§5.4 水下电视.....	143
§5.5 水中立体摄影.....	152
§5.6 水下激光电视.....	153

第六章 水下机械手	158
§6.1 水下机械手特点.....	159
§6.2 水下机械手的力反馈.....	162
§6.3 机械手运动的覆盖分析.....	166
§6.4 机械手设计原则.....	169
§6.5 潜水器水下机械手.....	170
第七章 生命支持系统	176
§7.1 系统要求与设计准则.....	176
§7.2 潜水器的氧气补充.....	178
§7.3 清除二氧化碳.....	181
§7.4 去除微量污染成分.....	183
§7.5 温湿度调节.....	183
§7.6 加压舱的生命支持系统.....	184

参考文献

第一章 深潜技术概论

深潜技术是人类探索海洋秘密,开发海洋资源的重要手段,与国防和经济建设有着密切的关系。在军事上,它主要用于水中兵器打捞,潜艇救生,水下侦察和水下军事基地建设;在海洋开发中主要服务于水下资源调查,水产捕捞和养殖,海洋石油开采,沉船打捞和水下施工等。全世界的海洋面积约3,6106亿 km^2 ,占地球总面积的71%,比陆地面积大2倍多。海洋中,最深处(太平洋马里亚纳海沟)深度有11034m,最浅处则不到1m,平均深度为3800m左右。海洋学上把海底深度从0~200m的部分称为“大陆架”。大部分大陆架深度在150m以内。地球上全部海水容积达 $13.7 \times 10^8 \text{km}^3$ 。从本世纪60年代后期起,人类开发海洋石油和天然气的事业得到迅速发展,因而对深潜技术提出了更高的要求,促进了深潜技术研究工作的深入。深潜技术可以应用于以下几个方面:

1. 水下资源开采

大洋海底蕴藏着各种各样的矿物,主要有铁砂、锰、磷土、磷矿、硫黄、铂砂、铬砂、锡砂、金刚石、石油、天然气、砂、砾、贝壳等。以下几种金属矿藏在海洋里有着巨大的蕴藏量:锰——直径约为0.5~20cm的锰结核主要分布在水深3500~4500m的海底表面,平均厚度约1m,估计贮量有358万亿t,是陆地贮量的4000倍;铁——海中贮量约207万亿t,是大陆已知贮量的4倍;钴——海中贮量约5.2万亿t,是大陆探明贮量的5000倍;镍——海洋中约有14.7万亿t,是大陆贮量的1500倍,其中大陆架贮量约164亿t;铜——海洋中约有7.9万亿t,是大陆上贮量的150倍,其中大陆架贮量约88亿t。

2. 水产资源调查和捕捞

海洋中鱼类约有25000种,藻类植物约4500种,海洋每年可以向人类提供1000多亿t的水产和蛋白质。而现在全世界的捕获量仅仅是千分之一左右。

3. 石油和天然气开发

海洋里石油的蕴藏量估计有3000亿t,占全球石油总藏量的三分之一。到80年代末,全世界海底石油钻井总数已有数千个,每年海底石油和天然气的总产值达40亿美元以上。

石油贮量主要分布在沉积层盆地,1968年大陆架生产的石油为全部原油产量的17%;到1980年,由于深潜技术的发展而达到35%。

4. 沉船打捞

自古以来由于种种原因,航行在海上的船只发生海难。据统计,全世界海洋里大约有100万艘沉船,许多船上载有金银珠宝和艺术珍品。还有因地震,海啸下沉到海底的城市,村落、港口,由于潜水技术的发展,使海底打捞得以实现。

5. 水下工程作业

水下工程是在水下环境中完成各种特定任务的综合性工程。随着海洋资源的开采,人们对开发海洋的兴趣与日俱增。因此,近海水下工程发展很快。目前,水下工程技术主要应用在潜水技术、海洋石油开采、深海锰结核采集和海底军事利用等领域。如潜水器、水下居住舱、潜水运输船、水中导航站、水中监听站、海底军事基地、水中仓库、海底采油装置、人

造鱼礁、海洋牧场、海底城市等工程的探索、施工和使用方面。

6. 失事潜艇救生

1939年5月23日,美国海军“斯克瓦斯鱼”号潜艇在大西洋失事沉没,33名艇员由救生钟救起。从此,救生钟便成为潜艇失事的一种主要营救手段,被世界各国所重视。

救生钟是一个耐压容器,由工作船吊入水中,沿失事潜艇的救生浮标索下沉,和失事潜艇进行水下对接,形成常压的干式通道,把遇难人员转移到救生钟内,然后带到救生工作船上。

70年代初,随着深潜技术的发展,美国研制了深潜救生艇。它具有流线型的外形和先进的水声仪器、机电设备,靠本身的机动能力和潜艇对接。1978年春天,在一次深潜救生的演习中,深潜救生艇在苏格兰西海岸阿伦岛附近和坐沉海底的“失事”潜艇对接成功,首创了人类在水下122m(400英尺)深处干式营救的记录。这次演习的成功,显示了深潜技术的高度发展。

目前,人类直接探入海洋深处的手段有两种:一种是直接潜水,即进入深海的人员直接承受海水的压力,如裸潜和常规潜水,以及最近发展起来的饱和潜水。另一种是间接潜水,又称常压潜水或大气压潜水,下潜人员处在耐压容器里不承受海水的压力,如潜水钟、载人潜水器、常压潜水服等。

除此以外,无人遥控潜水器和海洋机器人是最新发展起来的一种深潜器械。潜水器代替下潜人员入海,受水面操纵人员的控制,完成水下摄影,观察、检查、取样和打捞等作业。提高了潜水作业的深度和安全性。目前应用较多的有系缆遥控式、无缆自航式潜水器和水下机器人。

潜水作业系统的分类如图1-1所示。

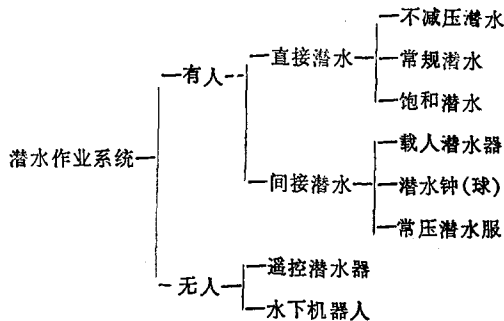


图1-1 潜水作业系统的分类

§1.1 直接潜水

直接潜水系统指的是人直接承受水压的一种传统潜水方式。据史料记载我国在4000年前就已采用潜水法采集珍珠。

1. 裸潜

不用专门的水下呼吸器,仅用简单的通气管、面具、脚蹼或保暖潜水服的潜水方法。潜水员裸体、屏气、不依靠任何装具入水下潜。普通人裸潜的极限深度是10~15m,职业潜水员的极限深度为40~45m,裸潜的最深记录达到100m。

在17世纪以前，它是人类潜水的唯一手段。

2. 空气潜水

从18世纪初期开始，木制潜水钟、头盔式潜水装具、铁筒装甲式装置相继出现，使用压气机向水下人员供给压缩空气，以延长水下作业时间。这一时期，压缩空气潜水还处在萌芽状态，潜水深度不超过60~70m，人类对潜水疾病还没有研究和相应的防御措施。

潜水员在呼吸高压的压缩空气时，高压氮气会使潜水员发生氮麻醉现象。潜水医学称之为“氮高压综合症”。1861年，有人记述了在48m海水深度下呼吸空气的潜水员感到困倦，出现幻觉和判断能力障碍等症状。

呼吸空气潜水深度浅于30m，一般很少出现氮高压综合症。深度为30~60m时，一般仅出现轻度症状。60~90m时症状达中等程度；深度超过90m时，达严重程度。超过100m有生命危险(见表1-1)，所以空气潜水的深度以60m为限。

表1-1 氮高压综合症的症状和表现

海水深度 (m)	症 状
30~45	轻度头痛、眩晕、精细分解能力减退，有些欣快。
45~60	欣快、唠叨、有时眩晕，语音歪曲，含糊不清。
60~75	易于失控制地笑，接近于癡病症状，注意减退，简单的操作产生失误，在简单的智力工作中出错，肢端麻木和刺痛，对安全缺少注意，对信号和刺激反应迟钝。少数人语无伦次。出水后感到疲乏。
75~90	抑郁，意识不清晰，神经肌肉协调障碍，
90	清晰的思维受到阻抑或丧失。十分熟悉的简单的常规工作也难于清晰记忆。神经肌肉动作障碍明显，动作迟钝，不能很好完成工作任务。即使简单的绕线工作也会感到手部动作笨拙而难于完成。烦躁情绪，易于埋怨别人。不过有经验的意志坚强的潜水员可以克制它们，努力完成任务。然而返回水面后，很少能记得当时的情境。
105	失意识或接近于失意识。由105m深度返回海平面后，见到明显的一时性感觉和动作迟钝、智力减退。常常接着几小时的健忘和极度困倦。水下停留时间如不过久，则休息以后症状消失。

[注] 高压舱加压到3m以深时，咽鼓管阻塞的人就会开始感到耳痛。但对于咽鼓管通畅的人来说，30m以浅的深度一般不致引起明显的症状。

空气潜水按装具的不同可分为重潜水和轻潜水两类。前者使用重装潜水服及压重块，重潜水靴等配套设备，呼吸空气由水面通过潜水胶管供给潜水员，潜水员具有水下负浮力，能在水下保持直立位置，适合于水下施工和打捞作业，但受胶管的限制，水下活动范围小。后者使用轻潜水装具，压缩空气由潜水员自行携带，水下活动方便且范围广，潜水员在水中保持零浮力，因此无法保持直立状态，比较适合于水下调查、摄影、捕捞等作业，也用于潜艇逃生。图1-2为空气轻潜水装具的简图。

3. 氧气潜水

用压缩氧气为呼吸气体的潜水，作业深度不超过20m，有的甚至规定在10m以内。图1-3为氧气潜水装具和呼吸器。大气中氧气的分压是0.2atm，在潜水过程中，人体如果长期吸入0.6atm以上的高分压氧气，会引起功能障碍或组织病变，继而产生氧中毒。由于这个原因，限制了氧气潜水的深度。

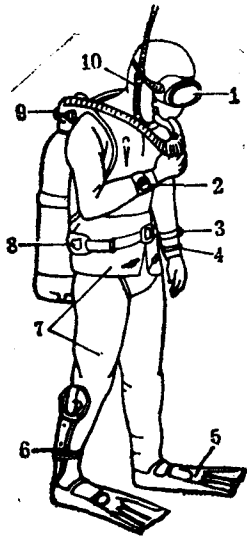


图 1-2 空气轻潜水装具

- 1—面罩；2—水下指北针；3—水深表；
4—潜水手表；5—脚蹼；6—潜水刀；
7—轻潜水衣；8—压铅；9—潜水呼吸器；
10—呼吸管。

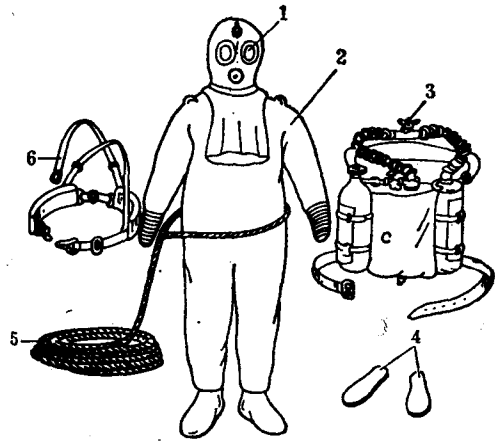


图 1-3 氧气轻潜水装具的各种组成部件

- 1—潜水帽；2—轻潜水衣；3—呼吸器；
4—铅垫；5—信号绳；6—腰部压铅

表 1-2 潜水体力劳动时氧分压安全标准

暴露时间 (min)	允许的氧分压 (atm)
30	1.6
40	1.5
50	1.4
60	1.3
80	1.2
120	1.1
240	1.0

表 1-3 呼吸纯氧潜水的安全限度

潜水深度 (m)	12	10	9	7.5	6	4.5	3
允许时间 (min)	15	20	30	45	65	90	120

4. 氮氧潜水

1924年，美国海军开始研究氮氧人工混合气体潜水，开辟了潜水技术的新途径。用氮氧混合气体为呼吸气体的潜水，潜水深度可以超过60~70m而不会造成氧中毒与氮麻醉。但氮气价格昂贵，热传导率高，而且氮氧混合气体潜水的减压时间长，作业效率较低。图 1-4 为氮氧重潜水员着装的情况。

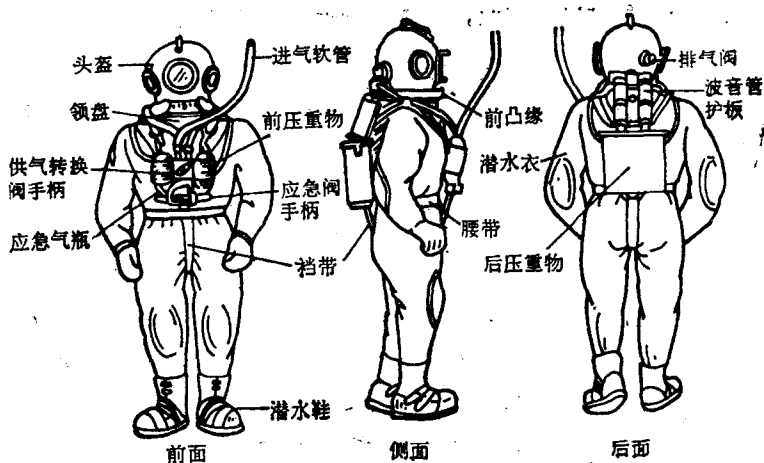


图 1-4 着氧氧重潜水装具的潜水员

5. 饱和潜水

1957年，美国海军开始了饱和潜水的动物试验。1958年，美国海军医生邦德在加压舱内首先进行饱和潜水实验，并且提出了饱和潜水的理论。潜水员在潜水过程中，因静水压力随着水深的增加不断升高，必须呼吸高压气体。在一定条件下，潜水员机体组织和血液中溶解的中性气体逐渐增加，最后摄入量和排出量基本相等达到饱和。一旦达到了饱和，那么潜水员在这个深度下无论停留多久，减压时间不会因潜水时间的延长而增加。由于增加了水下作业时间，饱和潜水使潜水工作效率有了很大提高。

1962年，美国“海中人”1号水下实验室在地中海首次实验，一名潜水员在61m深度的海底生活了4d。同时，也有两名法国潜水员在10m水深的“大陆架”1号中生活了7d。

目前，饱和潜水的最高记录是：1971年，法国的动物模拟潜水1500m；1981年美国陆上模拟潜水686m；1977年，法国海上潜水试验记录是501m。饱和潜水用的呼吸气体为氮、氧混合气，小深度下也可用氮、氮、氧混合气。

饱和潜水的作业系统主要有三种类型：甲板加压舱潜水钟系统；水下居住舱系统；闸式潜水器系统。图 1-5 为这些系统的示意图。

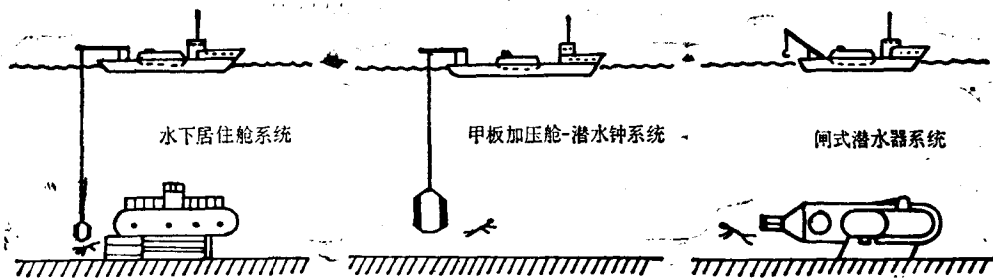


图 1-5 饱和潜水的作业系统

甲板加压舱系统主要由潜水工作船、甲板加压舱、潜水钟及辅助系统组成。设备比较简单，体积小、重量轻，适合钻井平台和潜水工作船使用。工作时，潜水员由潜水钟送往水

下，内外压平衡后潜水员可出钟作业，工作完后返回潜水钟，到海面后潜水员再进加压舱减压。潜水钟受潮流影响大，靠工作船移位，活动范围小。

水下居住舱系统是一种大型系统，由潜水工作船(或水面补给浮标)、水下居住舱及辅助系统组成，适合大型水下工程施工及水下科学研究，工作时间长，人数多，海底居住受海况影响小，作业效率高。但系统运行费用高，要水上支援，搬移不便。

闸式潜水器系统由潜水工作船、闸式潜水器、大吊车及辅助设备组成。特点是水下机动性好，潜水作业范围大，可用于水下救助。系统回收工作复杂，运行费用也大。

直接潜水的深度和时间虽然受到限制，工作环境也比较严酷，潜水员必须承受海水的高压和抵御深水的寒冷。但是由于它能使潜水员与工作物直接接触，完成许多海洋工程高难度工作。特别是海洋石油和天然气的大规模开采，促进了深潜技术的发展，其中以甲板加压舱-潜水钟和甲板加压舱-闸式深潜器两种系统的饱和潜水系统，已进入了实用阶段，能把潜水员送到 350m 水深去工作。

到 80 年代初期，世界各国较大的潜水企业都拥有百人以上的潜水员和各种先进的潜水装备。如法国考曼克斯公司有 12 艘潜水作业船，60 套常规潜水系统，30 套饱和潜水系统，潜水员总数约 700 人，1972 年模拟潜水深度达 610m，海上潜水实验 501m；美国的海洋工程公司有 60 套常规潜水系统，3 套饱和潜水系统，潜水员总数约 500 人，最近还在推广应用“吉姆”等型常压潜水装具。美国泰勒潜水公司有 66 套常规潜水系统，13 套饱和潜水系统，水下焊接装置，另外还拥有 7 艘 ROV 遥控潜水器。

随着潜水作业深度的增加，常规潜水已不能满足实际工作的需要，只有饱和潜水才能胜任。这就促进了对它的研究和试验。世界上许多国家都建立了饱和潜水模拟试验舱，工作压力(表压)多数在 5MPa 左右。目前，我国已建成三个陆上的模拟试验舱，压力分别为 5、3、2.5MPa，我国还拥有几套 300m 饱和潜水的加压舱、潜水钟和潜水器系统，为海洋开发及军事服务。

§ 1.2 潜水器的发展

潜水器和潜艇并无严格区别，它的特点是体积小，下潜深度大。潜水器可以分为载人和无人潜水器两大类。

载人潜水器指的是一种既能在水面，又能在水下独立工作，自带推进动力和观察设施的航行器。无人遥控潜水器可以归纳为带缆自由航行潜水器、海底爬行潜水器、拖航潜水器以及无缆潜水器四种。

1. 早期潜水器

大约公元前四世纪，人类就使用陶器把人送到水下 23~31m 范围内采集珍珠、海绵。公元前 500 年，希腊水手已能潜入海中进行捕捞作业。早期的潜水钟是一只形如倒置茶杯的木桶，加上压载石块后把它沉到海中，桶内上部留有足够的气空间。潜水员不必露出水面，只需把头伸到潜水钟内部就可以换气。潜水钟内的空气由充满气体的皮气囊供给。木制潜水钟一直用来陪伴潜水员去水下工作，成为当时一种非常重要的潜水设备。

17 世纪中期，英国人爱德华·哈里在发现慧星之后，对深海也进行探索，他用木材制成了高约 2m，直径约 1m 的潜水钟，曾于 1691 年在 20m 水深处打捞战舰。潜水钟由水面供

气，钟内有一气管通到水面，用风箱向钟内输送新鲜空气。水面风箱还向面戴软式头罩的潜水员供气。1801年，美国人富尔顿建造了一个“鸚鵡螺”号铜球，球内充压缩空气，容纳3名潜水员，创造了在水深3m处停留6h的记录。1856年，德国人威廉·鲍尔建造了一艘潜艇，用人力推进，7名潜水员可以在水下生活7h。

进入20世纪以后，潜水器的发展进入了一个新时期。1911年，工程师冈斯·加尔曼乘他亲自设计的潜水器——用钢索系在水面船绞车上的圆形钢筒上，下潜到了458m深处。1929年，美国海洋学家毕比和巴统设计了一个直径1.45m的钢铸圆球，壁厚32mm。球壳上开了3个直径76mm的石英玻璃观察窗，使乘员能观察水下世界。还开了一个孔供人员进出，另一个是电缆通道。球内装有氧气瓶、二氧化碳吸收器、灯具和仪器。1934年8月11日，创造了934m的下潜记录。1948年，巴统乘坐新设计的潜水球，下潜到1372m(见图1-6)，创造了当时系缆潜水器的最高下潜记录。这些潜水球有一个共同的缺点，就是人员不能外出，只能在里面隔着透明观察窗观看。而且随着下潜深度的增加，球的重量和吊索的重量越来越大，使吊索难于承受，因此下潜深度一般不超过3000m。

瑞士物理学家奥·比卡特教授以独特的设计思想，研制了第一艘自航式潜水器“FNRS-2”号，他大胆地把气球加密闭舱的原理移植到深潜技术上，创造了新一代的“深海气球”式潜水器(图1-7)，由于浮力主要靠液体浮箱提供，所以也

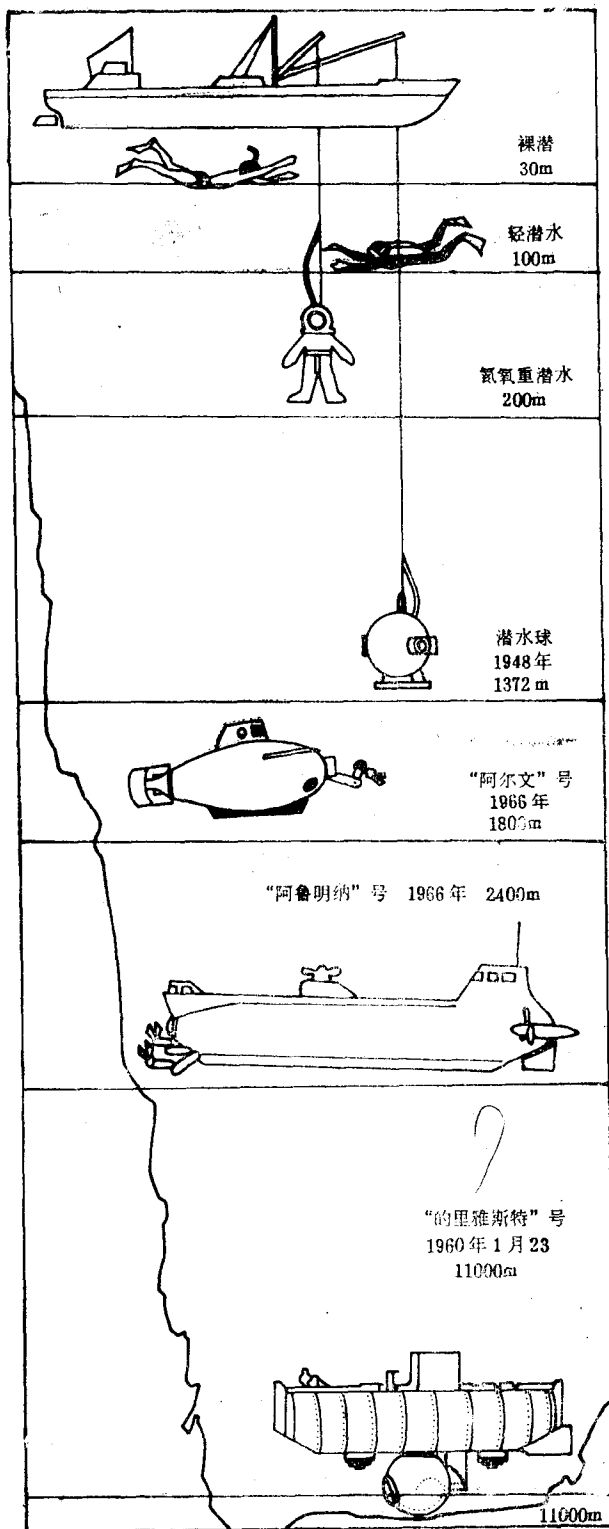


图1-6 潜水器征服海洋深度的历程

可称为液体浮箱型潜水器。

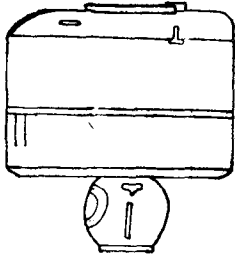


图 1-7 “FNRS-2”号潜水器

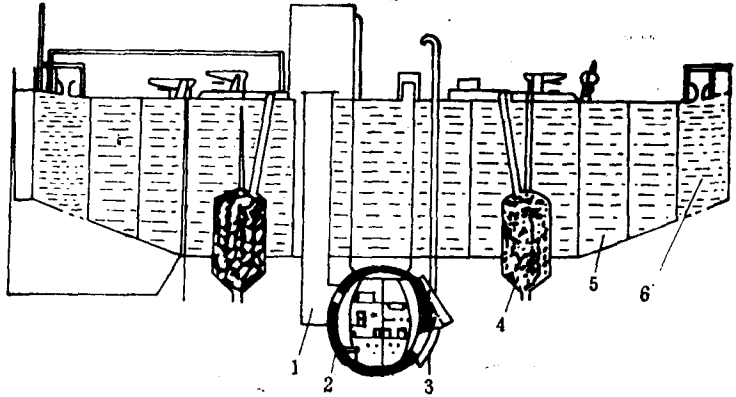


图 1-8 “的里雅斯特”号潜水器

1—出入通道；2—耐压球；3—观察窗；
4—铁丸压载舱；5—汽油舱；6—压载水舱

“FNRS-2”号潜水器不再用系缆，主要有两部分构成：一个是直径 2m 的球形耐压密封舱，壁厚 9cm，设计深度为 4000m，内置仪器和人员；另一部分是浮体，体内可装 80m³ 汽油，在水下可为耐压球提供足够的浮力。耐压舱挂在浮体的下部，形同“水下气球”。

1948 年 11 月 3 日，具有推进装置并能自动下潜和上浮的“FNRS-2”号在西非外海的佛得角群岛附近进行了下潜试验。下潜深度为 1373m，试验终于获得了成功。

接着，比卡特又设计了两艘新的潜水器，一艘在法国土伦建造，命名为“FNRS-3”号，另一艘是“的里雅斯特”号，如图 1-8 所示，在意大利的的里雅斯特港建造。

1953 年，“FNRS-3”号创造了 2100m 的深潜记录；不久，它又把比卡特父子带到了 3048m 深度；1954 年，它又创造了 4050m 的深潜记录。

表 1-4 “的里雅斯特”号潜水器的主要参数

名 称		“的里雅斯特”号	“的里雅斯特II”号
空气中重量	(t)	150	220
潜深	(m)	11000	6100
长	(m)	18.2	24
宽	(m)	3.5	4.7
高	(m)		5.5
航速	(km)	1	2
自持力	(h)	24	24
乘员		2	3
耐压舱		克虏伯球，直径为 2.18m，壁厚 127mm，球体材料选用高强度钢。	耐压舱是特尼球，直径是 2.13m，壁厚 80mm，球体材料选用 Ni-Cr-Mo 钢

1953 年 8 月，“的里雅斯特”号进行首次航行，在 8m 深度考核各项技术指标，性能良好。第一次深潜试验由比卡特父子亲自驾驶，下潜深度为 1080m。同年 9 月，在地中海的亚得里亚海下潜到 3150m 深处。

1958年，比卡特因经费不足，不得不将潜水器转让给美国海军。4000m深度耐压球也换成德国的“克虏伯”球。1960年1月23日，“的里雅斯特”号在世界最深渊——太平洋马里亚纳海沟下潜，深度为10916m（海沟最深点为11034m），夺得了下潜深度的冠军。后来，“的里雅斯特”号改换耐压球后成为“的里雅斯特”II号，最大潜深为6100m，为海洋考察、深海救助、资源开发作出了许多贡献。

观察型潜水器是现代潜水器的第一代。潜水器的发展以后又经历了调查和作业型潜水器、闸式潜水器、水下对接型潜水器、无人遥控潜水器和海洋机器人四个阶段。

2. 作业型潜水器

第二代的潜水器由于采用了高强度材料，使它的耐压球减轻了重量，这样它摆脱了液体浮筒。由于体积缩小和形状的改善，使潜水器获得了比较好的水下航行性能，因此水下活动范围广，适合于水下调查，安装上机械手后，又可以从事打捞和 underwater 作业。

“阿尔文”号是第二代潜水器的先驱。60年代由美国海军出资建造，建成后交美国伍兹霍尔(Woods Hole)海洋研究所管理和使用。它长6.7m，重13.5t，乘员2名。设计深度1840m，球形耐压舱的直径为2.1m。选用钛62i.08材料。高强度材料使耐压球减轻了重量，在水中有正浮力。采用铅蓄电池作能源，输出直流电压30V、60V，总功率容量40.5kW·h；配有一只6自由度的机械手，最大作用距离1.6m，全伸展举力22.7kg，空气中自重199kg。“阿尔文”号将9只铝质球体（材料为7178-T6）装在一个由合成泡沫材料（密度0.0161kg/dm³）制成的组合结构中，为非耐压体和外部设备提供1816kg的正浮力。它结构奇特，在深海遇险时，其耐压舱可以和船体分离，靠自己浮力上升脱险。

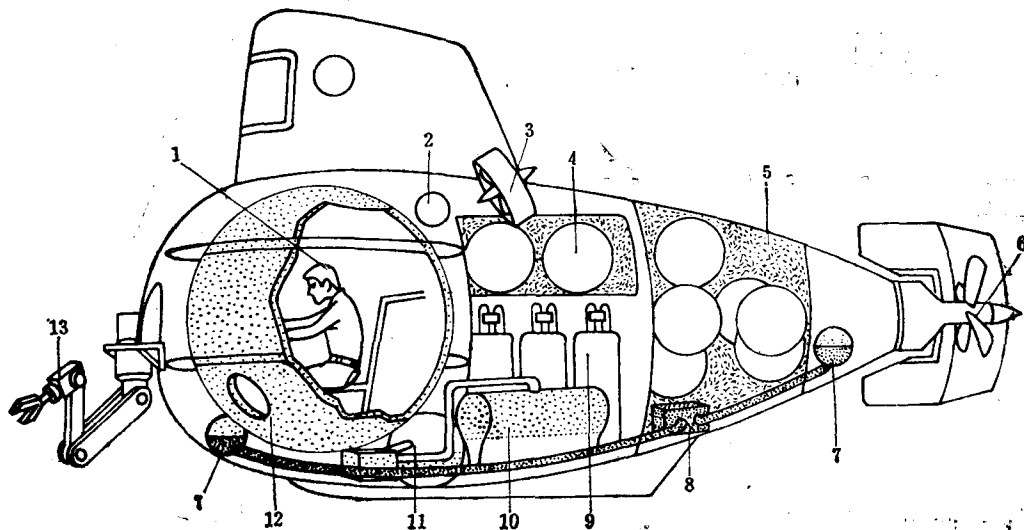


图1-9 “阿尔文”号潜水器

- 1—驾驶舱；2—高压气罐；3—辅助推进器；4—重量调整舱；5—浮力材料；6—主推进器；
7—油/水银球；8—纵倾调节系统；9—蓄电池；10—浮力调节橡皮袋；11—蓄电池油补偿罐；
12—观察窗；13—机械手

“阿尔文”号在深海考察和打捞作业方面享有盛誉。1966年1月17日，美国B-52轰炸机在西班牙地中海沿岸丢失一颗爆炸当量为25MtTNT的氢弹。3月1日，“阿尔文”在777m

深的海底斜坡上发现了它，后因水面船绞车钢丝绳断裂，又滑落到 870m 深的斜坡上。“阿尔文”号在氢弹的发现和捞出水面的工作中都起了很大作用。1968 年 10 月 16 日，“阿尔文”准备下潜作业，平台上一根吊索断裂使它滑向海面，两名驾驶员机智逃离，但海水进入耐压舱使它沉入 1540m 深的大西洋中。10 个月后被潜水器“阿鲁明纳”号捞起，改装，更换耐压舱和主要设备，并把下潜深度提高到 3600m。

70 年代，“阿尔文”号潜水器主要从事大西洋和太平洋的海底考察。对大西洋中脊裂缝和太平洋海底热泉的发现作出了重要贡献。从 1973 年 7 月起，“阿尔文”和其他两艘潜水器一起，在 2000 多米深裂谷中潜行几十公里，采集 100 多公斤岩石样品，拍摄了 2000 多张照片。后来逐步查明，大西洋中脊顶部裂谷纵深 2800m，上口宽 25~50km，底宽 3km，由非洲和美洲分离时强行撕裂而成，它找到了地球的“伤痕”，证明了德国人魏格纳 60 多年前提出的大陆漂移学说。当前，“阿尔文”号仍然是一艘非常活跃的潜水器。

3. 闸式潜水器

这一类潜水器诞生于 60 年代后期，主要用于海洋石油的开发。闸式潜水器的特点是有一个潜水舱(潜水员闸室)；在水下，舱内经加压后可以打开闸门，潜水员从潜水器上的潜水舱离开，他们用脐带和潜水器相连，或者携带呼吸器到海水中作业。也可以为在水下工作的水下实验室、石油井口装配室输送人员和呼吸气体，提供能源等。

这种潜水器至少有一个常压的驾驶舱和一个加压的潜水舱，有时还在二者之间设一个过渡室，配备机械手。当无潜水员外出水下作业时，可以和普通潜水器一样进行水下调查和用机械手工作。目前，能闸出潜水员水下工作的最大深度为 300~400m，观察或机械手作业的最大深度为 500~600m。由于世界各个海洋油田都需要闸式潜水器作水下施工、维修、检查，因此它发展较快，数量也较多。

“海狸”号、“深潜潜水员”是闸式潜水器的代表，见图 1-10、1-11。

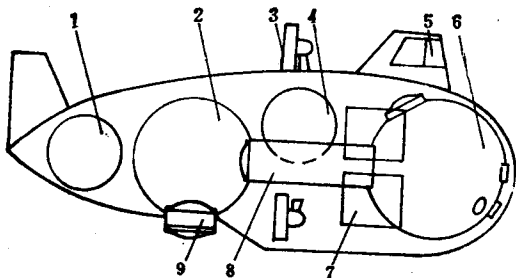


图 1-10 潜水器“海狸 MK-4”号的布置

- 1—压载水舱；2—潜水舱；3—带传动装置的推进器；
4—纵倾压载水舱；5—甲板出入口；6—驾驶舱；7—蓄
电池舱；8—圆筒形通道；9—人员出入口

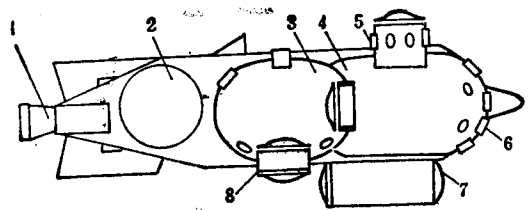


图 1-11 “深潜潜水员”号潜水器的耐压壳结构形式

- 1—推进器；2—球形气罐；3—潜水舱；4—驾驶舱；
5—甲板出入口；6—观察窗；7—蓄电池舱；
8—出入口闸

“海狸”号闸式潜水器设计深度 609.3m，耐压壳体的形状如哑铃——是圆筒和双球，壳体材料是 HY-100 钢。用耐压水箱及容量为 669.2kg 海水舱调节压载，合成泡沫塑料提供浮力，稳性高 9.14cm，纵倾调整角 $\pm 27^\circ$ 。选用铅酸蓄电池，总功率容量 55kW/h；配置 2 个机械手共 8 个自由度，电液驱动，可达到的最大作用距离为 2.74m，全伸展举力 68.1kg，机械手自重 68.1kg。生命支持系统的维持能力 144h/4 人，舱口盖直径 63.5cm。

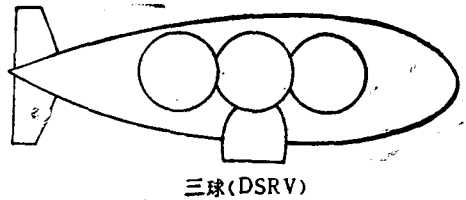
表 1-5 闭式潜水器一览表

潜水器名称	国家	工作深度 (m)	建造年	重量 (t)	长度 (m)	蓄电池容量 (kW·h)	生命支持能力 (人·小时)	乘员	机械手	舱口直径 (cm)
SDL-1	加拿大	610	1970	14.2	8	68	204	1+3	2	63.5
VOL-Li	英国	366	—	13	—	—	192	4	1	56
大陆潜水员	法国	244	1968	8.5	7.1	37	172	2+2	0	58.4
海中仙女-700	荷兰	213	—	7.5	—	—	—	2	1	57.9
约翰逊海联	美国	305	1971	9.5	7.1	32	480	2+2	0	60.96
美人鱼3/4	西德	198	—	10.5	—	—	120	4	0	60.96
海强 MK-4	美国	610	1968	17	9	44	360	2+2	2	63.5
深潜潜水员	法国	420	1968	8.5	7.1	22	48	2+2	—	—
VOL-1(PC-15)	英国	366	1973	9.8	12.7	44	248	2+2	—	—
美人鱼III	英国	300	1975	13	7.5	36	600	2+2	—	—
PC-1020	英国	310	1975	13.6	7.6	53	288	5	—	—
PC-16	英国	1000	1976	13.6	7.6	65	240	3	—	—
美人鱼IV	英国	300	1976	13	7.5	36	600	2	—	—
PRV-2	美国	300	1976	7.4	6.4	47	124	3	—	—
金牛座	加拿大	360	1977	24	10.7	126	500	2+5+16	—	—

我国 1981 年从法国 Comex 公司引进的“SM-358”，“SM-360”号潜水器也属于这个类型。

4. 深潜救生艇

宇宙飞船可以和天空实验室自动对接，实现人员转移和给养补充。这种新技术应用于深海，便出现了第四代潜水器。它可以和潜艇、水下居住舱、水下油井室等对接，在深海条件下实现人员和物资的干式转移。



三球 (DSRV)

图 1-12 深潜救生艇耐压舱结构

深潜救生艇 DSRV-1(见图 1-12)由美国洛克菲勒公司在 1970 年出资建造，主要目的是核潜艇救生。它的主要技术参数如下：

表 1-6 深潜救生艇主要技术参数

名 称	数 值
空气中重量(t)	35
长(m)	15.2
宽(m)	2.4
高(m)	3.6
最大潜深(m)	1069
艇员/救助人数	3/24
航速(kn)	5/3 (最大/平常)
续航力(3kn时)(h)	10
生命支持时间(人·h)	204×27
耐压壳体	直径 2.248m 的三个耐压球，壳体材料 HY-140

深潜救生艇的动力源是银锌电池，总功率容量 58kW·h，压载舱容量 2×2526kg，贮存水下对接时裙内的部分积水。并用以调节产生纵倾最大角 ±45°。导航仪器有罗经声纳、多普勒测速仪等。该艇配备有一个 7 自由度机械手，电液驱动，可达最大作用距离 2.03m，全