

# 无人遥控深潜器的现状和技术动向

王 棣 棠

(中国科学院沈阳自动化所)

近年来,随着海洋石油开发,海底矿物资源的采集,海底电缆的敷设、维护、以及海洋开发事业的发展,深潜器的建造数量正在急剧增多,广泛用于水下观测、采样、海洋工程的施工、电缆和管线的敷设等水下作业。在海洋开发中,由于自然环境非常严酷和危险,而且在海洋中使用深潜器,是以海水为介质,海水的阻力、电源、通讯手段、观测及位置保持等问题,以及耐腐蚀、耐水压的轻量容器和材质问题都要比陆上和空间使用的系统要困难的多。因此,为确保人身的安全,目前技术条件、多用不载人、但系统作业有操作人员介入的无人遥控深潜器,完全没有人介入的深潜器或海洋机器人还处于研究阶段。尚未做到实用。

美国海军海洋系统中心 1966 年研制的 CURV-1 可以说是最早的无人遥控深潜器,起初在鱼雷基地用于回收鱼雷,当时未受到人们的重视,只是 1966 年在西班牙海岸外 869 米水深处成功地回收一枚氢弹后,其性能才被人们所认识,其后经过多次改进而成 CURV-III 型。1973 年救助载人潜水船 PISCES-III 后为人所知,其工作性能得到了国际上的称誉,从而遥控深潜器受到了广泛的注意。

1974 年海德罗 (HYDRO) 产品公司开始出售民用的深潜器 RCV-125, RCV-225。它是一种便携式的,轻型的机动性很好的观测深潜器。球型壳体内装有微光摄像机,4 台伺服电机驱动推进器,由母船上的操作员通过电视监视器可使其在水下三维空间做任意方向的运动。装在摄像机前的一套透镜附件,可使视角在垂向成  $\pm 90^\circ$ ,两个 45 瓦的卤钨灯在没有其

他光线的情况下能提供 10 米以内的视距。由于

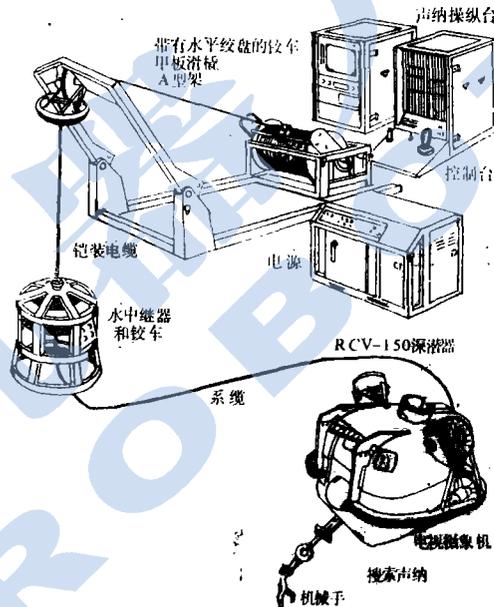


图 1 RCV-150 遥控观察和作业深潜器系统

(图中文字英文注释)

- Winch With Level Wind  
带有水平纹盘的绞车
- 甲板滑撬 Deck skid
- A 型架 A-Frame
- 声纳操纵台 Sonar console
- 控制台 Control Station
- 铠装电缆 Armored cable
- 电源 Power Pack
- 水中继电器和绞车 Submersible  
Launcher and Winch
- 系缆 Tether Cable
- RCV-150 深潜器 RCV-150 Vehicle
- 电视摄像机 Television Camera
- 搜索声纳 Search Sonar
- 机械手 Manipulator
- RCV-150
- REMOTE CONTROLLED  
INSPECTION AND WORK  
VEHICLE SYSTEM
- RCV-150 遥控观察和作业深潜器系统

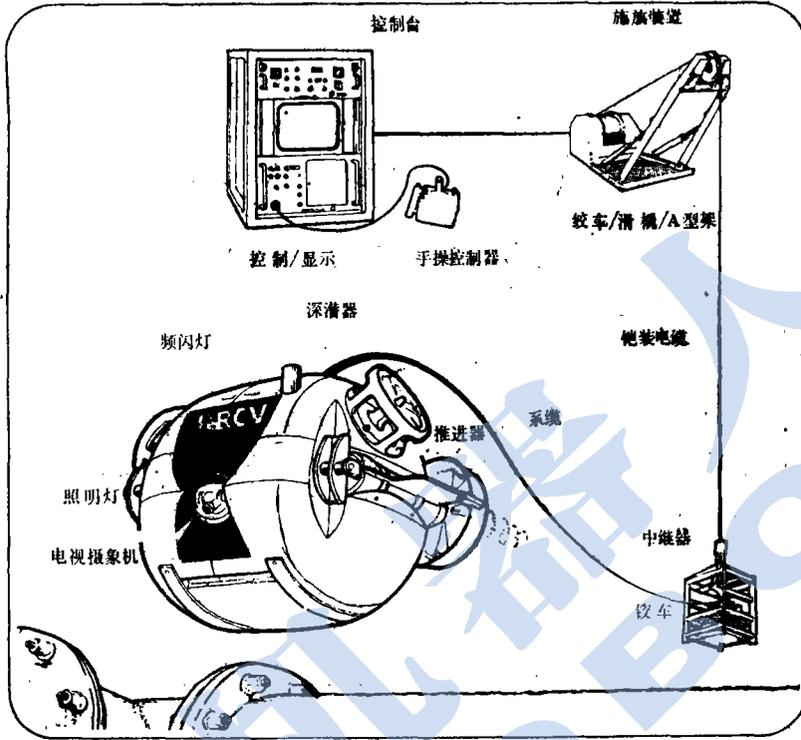


图 2 RCV-225

它体积小、重量轻，易于操纵，很受用户欢迎，现已出售100余台，用于北海油田、墨西哥湾等石油开发基地。见图 1、图 2。

目前大多数厂家生产的深潜器是一种框架式结构，开式的金属（大多是铝的）框架用来围护、支承和保护深潜器部件（推进器、电视摄像机、照相机、照明灯等）。美国阿美特克（AMETEK）公司生产的各类 SCOPRIO 型深潜器。沛瑞（PERRY）海洋事业公司的各式 RECON 型深潜器，以及加拿大国际海洋工程公司 TROV 型、MK II 型、HYSUB20 HYSUB 60 型深潜器，除了装有摄像机、照相机等观测仪器，都装有机械手及其他一些工具，可在水下进行简单作业（挂缆、切缆、旋紧螺钉等）见图 3。

日本无人遥控深潜器的开发相对要晚些。三井海洋开发株式会社 1975 年研制出 MORS-100，1979 年进一步改进成 MORS-300，可潜深 300 米。海洋科学技术中心 1982 年制成可潜

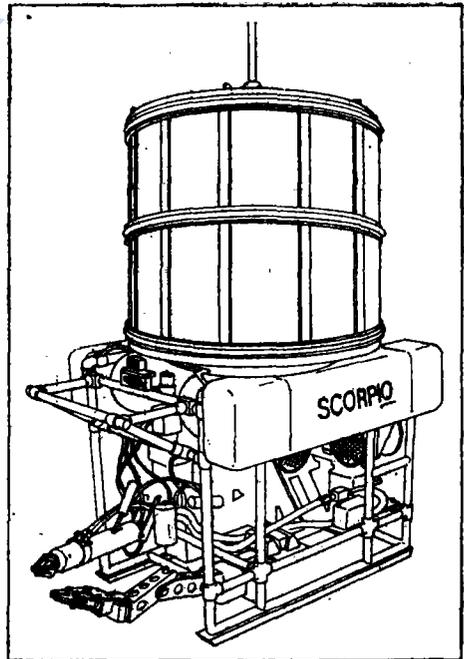


图 3

航200米的小型无人遥控深潜器 JTV-1, JTV-2。1983年制成潜深500米的HORNET500, 都是球壳结构。目前日本还没有潜深500米以上的无人遥控深潜器, 预计1986年可完成潜深3300米的大型无人遥控深潜器 DOLPHIN3K。

上述的无人遥控深潜器, 都是用电缆同母船进行通讯和供应电力的有缆深潜器。无缆无人深潜器, 由于目前还没有有效的通讯手段。比起有缆的深潜器研制的要少的多。法国的EPAULARD不装有摄像机, 对水下情况不能实时掌握和处理, 同美国新罕布什尔州大学的海洋系统实验室研制的无人深潜一样, 都是事先把航行参数给定控制计算机。依据给定的数据在水下行动。严格讲还不能说是无缆遥控深潜器。

无缆深潜器比起有缆深潜器航行比较自由, 但动力要依赖蓄电池。因此行动时间受限制, 既使用能量密度大的银锌电池、镍电池、由于电池的重量和容积都比较大。会使深潜器的体积和重量增大。而同母船的通讯则要利用声波, 象通常的电视图象(如果PCM化, 要50兆周/秒以上)所需高速多量信息的通讯很困难。视觉信息不得不用普通照相机。低速扫描电视摄像机(传送速度10千赫)。因此, 在石油开采现场数日或数周连续使用的无人遥控深潜器, 现在还是使用通过电缆由母船供应电力和传递信息的有缆深潜器。其中, 有的采用中继方式。即从母船上吊放中继器, 当中继器到达所需水深后再从中继上收放深潜器, 深潜器本身只需用一根较短较细的电缆, 围绕中继器在同一水平面内工作。进入式的中继器, 还可使深潜器进入中继器框架内, 以防止深潜器吊放时(尤其是在风暴天气)造成深潜器的碰损。不用中继器的无人遥控深潜器, 电缆所受的牵制力需要深潜器的推力来补偿。但它可以有较大的行动半径, 并可同母船并进。

### 母船支援系统

**定位** 为了确定水下航行的无人遥控深潜器的位置, 目前一般还是用水声应答器, 通过

装在母船上的声纳系统同深潜器上的应答器间的音响信号的传送, 由母船上的阴极射线管图象显示深潜器相对母船的位置和潜深, 而若装备卫星导航系统、罗伦导航系统, 可以确定在地球上的绝对位置。精度在100米左右。利用激光、放射性元素的定位系统尚处于研制阶段, 目前有的还在使用陀螺, 加速度计的惯性导航系统。

### 甲板设备

无人遥控深潜器整个作业系统应包括母船、吊放回收设备和深潜器本身。对母船来说, 关键是它提供的辅助动力和甲板空间。对浅海作业的小型无人遥控深潜器, 装备有收放电缆的电缆绞车和起重设备就足够了。但潜深千米以上的大型无人遥控深潜器, 由于所用电缆直径较大, 为了减轻电缆所受张力, 需要有滑枕张力调节等设备。甲板上要有放置诸如控制室, 电缆绞车、起吊设备以及深潜器本身的空间及承受它们的重量。例如一个潜深3000米左右的深潜器, 张力调节设备要4吨, 牵引绞车约6吨, 电缆绞车约15吨, 此外, 加上A型架、油源、控制室等, 一般需一艘排水量1000吨的母船。而一个不由母船供给电力, 装有电池的无人无缆深潜器或用光缆的无人深潜器, 却可以不需要大型甲板设备和甲板空间, 利用小型船舶即可, 这就是为什么目前大深度深潜器开发比较少的原因。

### 无人遥控深潜器的构成

#### (1) 耐压容器, 框架

无人遥控深潜器的重量影响到整个系统的重量, 以及为了易于吊放, 深潜器本体的重量应尽量轻。一般的海洋设备, 考虑到海水的腐蚀, 多用不锈钢构件。深潜器为了减轻重量却多用耐腐蚀铝合金、高强度铝合金。当然, 在海水中使用铝合金必须采取防止电化腐蚀的措施。即一般要装设牺牲阳极。目前有的开始采用价格贵些, 比重较轻耐腐蚀的纯钛或钛合金。从技术发展趋向看, 今后会更多的使用钛合金、陶瓷、强化纤维塑料等新材料。

(2) 浮力材

耐压容器内如果装有电子仪器, 传感器、其本身就不会具有多少浮力了, 这就要用使深潜器能够在水中浮动的浮力材。现有框架式深潜器大多采用树脂把直径 10~100 微米的中空玻璃珠聚固在一起的多孔泡沫塑料, 已经可以制成能承受相当于 4000 米水深压力, 比重 0.45 的泡沫塑料浮力材。可是既使用这种浮力材, 其重量约占整个深潜器重量的一半, 因此, 为了减轻深潜器的重量, 今后应研制比重更小的浮力材。

(3) 推进器、动力源

浅海用深潜器, 由于速度控制比较容易, 推进器多用直流电机。而潜深比较大的或需要大功率输出的深潜器的推进器, 由于密封技术问题, 以及为减轻重量, 大多采用不是耐压容器的均压浸油电机。由于电机要浸在油内, 因此更多的是用交流电机, 以避免浸油使直流电机的电刷接触不良。而装有油压式机械手的大

型无人遥控深潜器, 为了动力源的单一化, 则多是用浸油交流电机驱动油泵, 用油马达带动螺旋桨得到推进力。为了减轻油压装置重量, 工作油压通常要比外压大 150 公斤力/厘米<sup>2</sup>。

(4) 机械手

开环控制的简单作业的机械手, 可以用电机驱动各关节。而电位器、应变计等传感器, 以及不能接触海水的电子器件装在耐压防水容器内, 或装在浸油容器内与海水隔绝。具有 5~7 个自由度多功能机械手, 大多是油压式, 抓重也比较大。由于要防水、防锈, 比起陆地上用的机械手相对要笨重些。采用单杆或主从式操作, 如操作人员熟练, 可以完成精巧的动作, 甚至可以绘制精细的绘画(见图 4)。

目前有的水下机械手直接用海水压力来驱动。美国深海技术公司所设计的水下机械手, 采用组装结构, 可以按机械手动作复杂程度组装成不同的自由度数, 每个自由度配备一个驱动源, 它是用电机通过滚珠丝杠移动活塞, 向

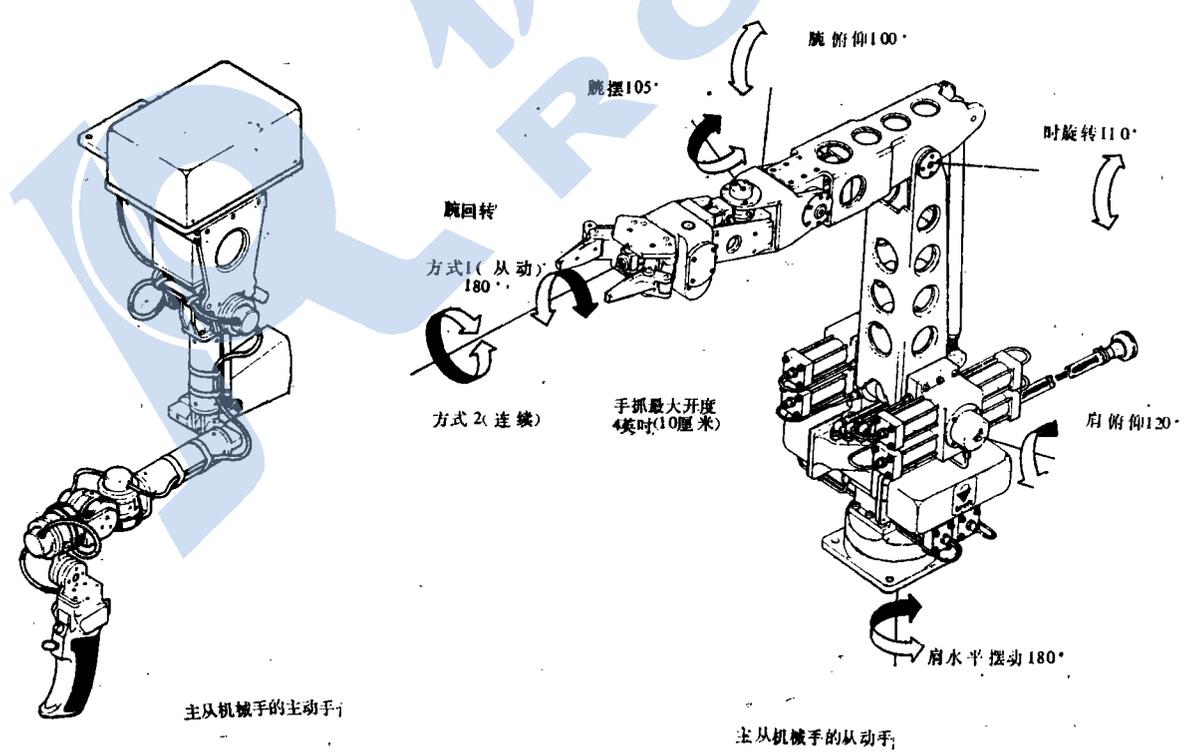


图 4 (a,b)主从式水下机械手

机械手执行机构工作行程供油，回程则靠海水压力，这是一种比较新颖的设计思想。

由于机械手是装在水下三维浮动的深潜器上，如果深潜器本身的稳定性不好，机械手的作业就比较困难，因此，有的深潜器装有两个以上的机械手，用简单的机械手当作锚来使用，将深潜器保持在固定位置上。

### 观测装置

#### (1) 电视摄像机

电视摄像机在深潜器上作为观测装置占有重要的地位，有缆无人遥控深潜器几乎都装有一台以上的电视摄像机。在透明度好的水中。500瓦卤素灯，用最低照度0.1勒克斯的黑白电视摄像机可以有10米的视距。用最低照度100勒克斯的彩色电视摄像机在1~2米的距离内勉强可以辨认红色。即使提高光照，也只在透明度好的场合才有效，当水中浮游物较多以及散射现象反而会视距变小。现有的许多小型微光黑白电视摄像机，可以很方便的装在深潜器上。相对来讲彩色电视摄像机的尺寸和重量要大，而且为了提高彩色的复显性需要高照度光源。现有的装有彩色电视摄像机的深潜器有近一半的电力消耗在照明上。因此，除了生物考察和地质观测等必须彩色信息外，一般深潜器还不大装设彩色电视摄像机。当务之急是尽快研制小型高分辨率、低照度的彩色电视摄像机。

#### (2) 声象装置

由于电视摄像机水下视距在10米左右，更远距离的观测常常要用声纳。避碰声纳、旁侧扫描声纳、测深声纳、测高声纳等声纳装置可以使深潜器进行广泛范围的观测。随着声纳装置性能的进一步提高，尤其是声纳成像装置研制成功并作为商品出售，对弥补电视摄像机的不足，扩大深潜器活动和观测范围，将起到极为重要的作用。

### 通讯、控制装置

60年代开发的CURV型深潜器没有推进器速度控制的接口，而是通过多芯电缆由船上的控制回路控制电机、伺服阀的电压。70年代前

期开发的多像RCV-225一类的用稍微复杂控制回路的小型深潜器，用多芯电缆的系统可以使深潜器小型轻量化，由于水中没有精密的控制回路，容易维护、故障率也少。但若本体搭载的设备增加，需高频传递的信息增多，电缆的直径就要加大，电缆所受的阻力也随之增大，深潜器的性能就会受到限制。70年代后半期，随着电子技术的发展，电子器件的集成化和可靠性的增强，出现了由船上供给电力，通过串行传输用深潜器本体上的接口来驱动电机、伺服回路的深潜器。80年代，为了改善姿态控制和操纵性能，开始使用计算机。而用光缆通讯的深潜器，传输特性得到进一步提高，电缆的外径可以很细，运动特性大大改善。同轴电缆的衰减率比较大，中间若不设中继器，电视图象很难传送到1000米以上，而用光缆，无中继器也可传送5000米以上，为大深度高频传送开辟了道路。光通讯，有的是用一根光导纤维通过一个光波的单波长传输，有的则是1根光导纤维传输二个以上不同波长的多重传输方式。更长距离的信息传输可考虑用激光。光通讯将是深潜器今后有效的通讯方式。

随着计算机的普及应用，各种自动控制正在一般化。把高度传感器、深度传感器、方位传感器的检测信息输入给计算机，测算推进器的推力，进而控制深潜器的运动，达到自动定深、自动定高、自动定方位，这是新型深潜器一般具有的机能。此外，正在研制把陀螺、加速度计、倾斜计等数据输入给计算机以达到更精确姿态控制，依据声纳导航、景物识别，具有更高自动控制机能的深潜器。

海洋开发的需要，使人们对无人遥控深潜器的研制和生产更为重视、相关技术发展比较快，新型高功能的深潜器不断出现。我国虽然在这方面起步比较晚，但经过最近几年的努力，已取得了可喜的成果，相信不要很久，在我国海上石油开采，救捞，水下观测等方面会上我国自行研制的无人遥控深潜器。

(参考文献略)