

国外载人潜水器布放回收模式发展研究

周佳^{1, 2, 3}, 俞圣杰^{1, 2}, 张爱锋^{1, 2}, 刘艳敏^{1, 2}, 陈伟华^{1, 2}, 张文忠^{1, 2}

(1. 中国船舶科学研究中心 深海载人装备全国重点实验室, 江苏 无锡 214082;
2. 深海技术科学太湖实验室, 江苏 无锡 214082; 3. 江苏科技大学 船舶与海洋工程学院, 江苏 镇江 212000)

摘 要: 安全可靠地布放回收载人潜水器是其海上运维保障和完成使命任务的基石, 本文梳理了国外载人潜水器的海上布放与回收模式, 对其作业模式进行了分类, 通过分析各类载人潜水器布放回收模式的应用对象和应用场景, 总结了各模式的主要技术特点, 以期为我国载人潜水器的发展和深远海保障的建设提供参考。

关键词: 载人潜水器; 布放回收模式; 技术特点; 发展动态

中图分类号: U674.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2024) 01—0087—04

引言

载人潜水器经过 70 多年的发展, 已经形成了集海洋科考、资源调查、水下作业、影视文娱和观光旅游等第三产业新的增长点, 积累了丰富的海上运维保障的经验。随着载人潜水器潜深加大, 以及自持力和作业能力的不断提升, 人们对其海上运维保障提出了更高的要求。

2023 年 6 月, 美国海洋之门勘探公司运营的“泰坦”号载人潜水器发生了水下失事事故, 打破了海洋技术协会统计的全球 40 多年载人潜水器零事故的记录^[1]。由此, 载人潜水器的运维安全得到广泛关注和重视。在此背景下, 本文主要针对国外载人潜水器的海上布放回收模式进行归纳对比, 梳理总结了各种模式的技术特点, 为我国载人潜水器的发展和深远海保障的建设提供参考。

1 布放回收模式

1.1 半潜平台布放回收模式

1969 年, 由于其排水量和主尺度较大, “曲斯特 2”号 (Trieste 2) 载人潜水器采用浮船坞搭载的方式海上运输、布放与回收, 如下图 1 所示。浮船坞借助拖轮拖带航行到作业海域, 依靠自身的压载系统进行潜浮作业, 半潜后由拖轮拖带载人潜水器出坞, 由载人潜水器在海上自主下潜上浮。



图 1 “曲斯特 2”号载人潜水器布放回收模式

20 世纪 70 年代起, 针对排水量和主尺度较小的载

和通航净空方面的分析可以得到以下结论:

(1) 捷水道全段范围内航道等级提升至 I-3 级标准存在的主要问题: 兴隆弯左汊航道弯曲半径问题比较棘手; 桥梁和架空缆线仅能在水位较低满足通航净空要求时方可通航相应的设计船型。

(2) 捷水道以 TP#21 浮 (兴隆弯下口) 为界, 下段通过采取适当的疏浚措施, 使航道尺度达到 I-3 级标准具有可行性。

参考文献:

- [1] 刘怀汉, 尹书冉. 长江航道泥沙问题与治理技术进展 [J]. 人民长江, 2018, 49(15): 18-24+45.
- [2] 费书林. 江苏省低等级内河航道潜力挖掘与提升探讨 [J]. 中国水运, 2021(06):12-15.
- [3] 吴腾, 徐金环, 陶桂兰等. 贺江下游航道优化开发等级研究 [J]. 水运工程, 2014, 4(490): 106-110.
- [4] 秦杰, 吴腾. 基于梯级开发的贺江下游航道尺度提升

潜力研究 [J]. 水道港口, 2021, 42(4): 498-503+516.

[5] 冯富强, 戈国庆, 刘韬. 以航道利用指标评定航道开发等级和尺度的研究 [J]. 中国水运 (下半月刊), 2010, 10 (12):5-6

[6] 王宇, 翟信德. 长江下游裕溪口水道下段提高航道维护尺度可行性研究 [J]. 中国水运 (下半月), 2015, 15 (01): 218-219+222.

[7] 欧阳飞, 王业祥. 汉江兴隆至汉川段航道等级提升尺度研究 [J]. 中国水运, 2019, 624 (07): 81-82.

[8] 彭厚德. 跨河桥梁通航净空尺度与航道等级升级改造的相互影响 [J]. 水运工程, 2013, 478(04):139-141.

[9] 解中柱. 从通达程度探讨重庆高等级航道发展 [J]. 水运管理, 2021, 43 (05): 31-33+36.

[10] 何国华, 陈亮, 茆长胜. 长江太平洲捷水道分段提升航道维护尺度 [J]. 中国水运, 2016, No.513(06):41-43

人潜水器,美国设计建造了布放回收和运输平台(Launch & Recovery and Transport Platform, LRTP)。1971年,该类平台在“Makamai”号和“CURV III”载人潜水器上成功应用,1973年在“Deep View”号载人潜水器上进行应用。另外,美国国家海洋与大气管理局(NOAA)下属夏威夷海底实验室(HURL)的两型2000米级“Pisces IV”号和“Pisces V”号载人潜水器也应用了该布放回收和运输平台。2014年至2019年间,美国海洋之门勘探公司申请了若干新型布放回收和运输平台专利,如下图所示,建造并应用到了该公司所运营载人潜水器潜器的海上运输、布放和回收上^[2]。

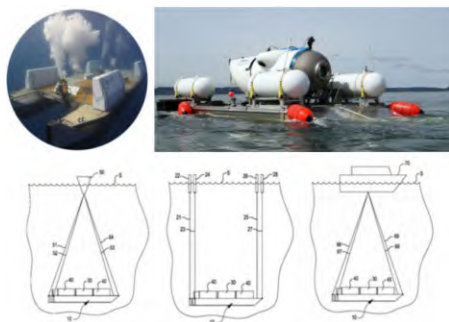


图2 布放回收和运输平台

半潜平台布放回收模式的主要技术特点在于半潜平台配有压载和吹除系统,可以通过压载调节使半潜平台同载人潜水器一同布放至一定深度,载人潜水器完成水下载脱后,半潜平台可以利用搭载的高压气罐吹除压载水舱内的载荷,使平台重新上浮至水面。

1.2 湿搭载布放回收模式

1970-1971年间,美国洛克希德导弹和航天公司(洛克希德·马丁空间系统公司的前身)先后建造了两艘最大潜深约1500m的深潜救生艇(Deep Submergence Rescue Vehicle, DSRV)“DSRV-1”号和“DSRV-2”号^[3]。该型载人潜水器设有与潜艇对接的平台,对接平台两侧均有舱口盖,布放前艇内人员通过对接平台进入潜器,操纵机构实施解脱,完成布放。

美国海军若干潜艇顶部设计了干甲板掩藏舱安装平台,能够在12小时左右完成掩藏舱安装。掩藏舱总长11.4m,直径2.7m,排水量30t,舱中部设有干湿转换舱,蛙人通过干湿转换舱从潜艇进出,尾部可容纳一艘湿式蛙人运载器(Swimmer Delivery Vehicle, SDV)。潜艇湿搭载蛙人运载器水下运输到指定海域后,蛙人湿式驾驶运载器驶离,完成蛙人运载器布放,继而执行任务^[4]。

另外,美国海军为降低海军特战部队从潜艇运送到海岸时的风险,在潜艇顶部搭载了高级海豹输送系统(Advanced SEAL Delivery System, ASDS),提高海上运输隐蔽性^[5],其布放回收模式与前述方式一致,如下图所示。



图3 美潜艇湿搭载深潜救生艇、蛙人运载器和高级海豹输送系统

俄罗斯潜艇搭载小型特种潜艇的方式与美国相近,但其水下对接平台设于潜艇腹部,小型特种潜艇从底部与母艇进行对接完成布放回收。

湿搭载布放回收模式主要应用场景是潜艇等大型运载平台搭载的深潜救生艇、蛙人运载器和小型特种潜艇等开展水下隐蔽运输。湿搭载布放回收模式的关键技术在于水下对接技术和干湿转换技术,其主要技术特点是潜艇具有载人潜水器的水下对接平台,可在水下开展布放回收作业实施水下对接,完成人员交换和物资补给等。

1.3 起吊布放回收模式

载人潜水器起吊布放回收模式历史悠久、使用最为广泛。载人潜水器起吊布放回收作业早期使用的是船载起重机、伸缩吊和折臂吊,随着海洋工程装备的快速发展,“Nekton”系列3型300m潜深载人潜水器于20世纪60年代末首次使用了A起吊放形式开展布放回收,之后被各国广泛采用。现今,国内外载人潜水器大多采用该模式开展布放回收作业,如下图所示。



图4 世界各国载人潜水器起吊布放回收模式

起吊布放回收模式的主要应用对象是排水量不超过50t的载人潜水器,目前世界上最大的载人潜水器吊放回收系统最大载荷50吨,主吊缆破断力超过500吨,

能够实现5级海况布放回收作业。该模式的关键技术在于缓冲对接保护技术和波浪补偿技术^[6],能够在水中控制住潜水器姿态,使之与水面保障船形成一个随动系统,减少垂直方向摇摆,通过快速止荡功能,使潜水器在入水、出水瞬间减少水平方向摇摆。该模式的优点在于A架吊放回收系统结构安全、甲板空间小、可靠性高,其主要由门型架、对接装置、纵摇与横摇缓冲装置、钢缆绞车、液压动力系统、操作控制系统等部分组成^[7],如下图5所示。



图5 最大载人潜水器吊放回收系统

1.4 升降平台布放回收模式

20世纪60年代,“阿尔文”号(Alvin)载人潜水器的第一艘水面母船“露露”号(LULU)为双体船船型,通过蛙人系缆,绞车纵向牵引至升降平台上方,由升降平台托举出水^[8],如下图6所示。



图6 “阿尔文”号载人潜水器布放回收模式

20世纪70年代,“Deep Quest”号载人潜水器(排水量52t)使用了专门设计的“Transquest”号水面船,该水面船设有4个压载水舱,可以调整一定的吃水,尾部为大开口,尺寸为长19.8m、宽7.6m,设计有与载人潜水器排水量与主尺度相匹配的液压升降平台,该升降平台长8.5m、宽7.0m,举力能力60t,可降至水下约4.5m^[9]。

海上运输时,潜器搭干式载于升降平台,到达作业海域后,在载人潜水器艏部和两侧系固3根牵引缆,布放时水面船维持足够的干舷,艏部的绞车缆绳系固于潜水器艏部,升降平台下降入水时,潜水器脱离水面船;回收作业时,液压驱动升降平台下降到一定深度,水面船维持1~2节航速,艏部绞车牵引潜器进入开口区域,依靠升降平台和绞车操作人员以及驾驶员的协作,将潜

水器维持在易于升降平台托举的位置,而后将潜水器从水中托举至主甲板位置。“Sea Cliff”号、“Turtle”号、“Mystic”号和“Avalon”号等载人潜水器也通过该船上实施了布放回收,如下图7所示。

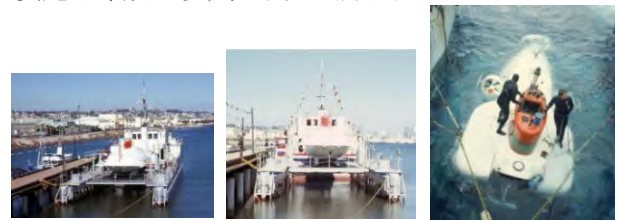


图7 “Deep Quest”与“Sea Cliff”号载人潜水器布放回收模式

美国两型深潜救生艇(DSRV)还在“ASR-21”号双体船上进行了布放回收,该船艏部设有月池,月池上方设有多台绞车与布放回收基座相连接。通过绞车联动可以将潜水器与基座一起下放至水下约30.5m深度,布放回收模式与布放回收基座如下图8所示^[8]。回收时需要深潜救生艇水下对接到布放回收基座上,进而回收至母船甲板。

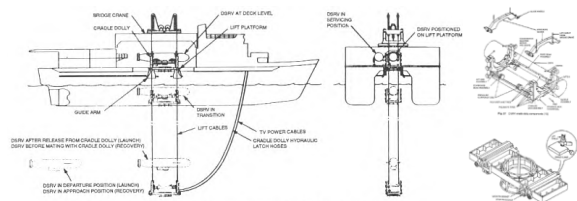


图8 “DSRV”号载人潜水器布放回收模式

近年来,美国霍克斯海洋技术公司(Hawkes Ocean Technologies)研发的Deep Flight系列载人潜水器也采用过升降甲板形式的布放回收平台(Launch and Recovery Platform, LARP)在近海开展布放与回收作业^[10],如下图9所示。

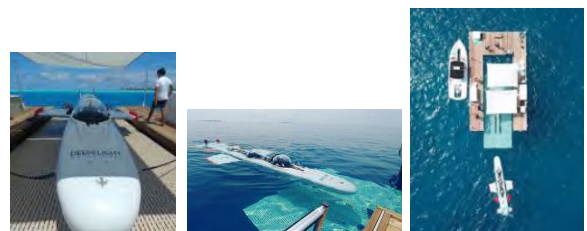


图9 “DeepFlight”号载人潜水器布放回收模式

升降平台布放回收模式的关键技术在于船体结构优化设计和升降平台收放系统设计。主要技术特点是水面保障母船通常艏部设有月池或艉部设有大开口,在月池和大开口区域两侧配置液压升降装置或绞车系统来提升和放下升降平台,以开展载人潜水器的水面布放与回收作业。

1.5 对比分析

针对上述各种布放回收模式的梳理进行对比分析,如下表 1 所示。

表 1 载人潜水器布放回收模式对比

模 式	优 点	缺 点
半潜平台布放回收模式	1.适用范围广; 2.运维成本低。	1.对海况要求较高; 2.无法开展海上维修检测; 3.单个航次无法多次下潜。
湿搭载布放回收模式	1.隐蔽运输; 2.可实现人员物资转移和内部维修; 3.不受海况影响。	1.适用性窄。
起吊布放回收模式	1.适用范围广; 2.风险低,安全可靠;	无。
升降平台布放回收模式	3.干式搭载,可实现人员物资转移和检测维修; 4.单个航次可开展数个潜次。	

综上所述,针对不同的保障对象和应用场景,上述 4 种载人潜水器布放回收模式各有优势。考虑到海上布放回收作业的安全可靠性,起吊布放回收模式和升降平台布放回收模式优势更加明显,这两种模式可以在干式甲板上开展人员轮换、物资补给、检测维修、设备与模块更换等海上保障内容,可以在单个航次中开展多个潜次任务。

2 结语

伴随着载人潜水器新材料、新技术的应用,水下探测与作业能力显著提升,受排水量的制约,可搭载的能源和物资不足以维持长时间水下逗留和远距离航行,水面支持母船的综合保障能力将成为提升载人潜水器作业效能的重要手段。

在国际重大焦点事件中,如搜寻美国丢失的氢弹、失事的马航 MH370 和日本坠海的 F-35 战斗机等过程中,选择合适的布放回收模式是载人潜水器海上安全运维的重要基础,是实现载人潜水器的快速就位、精准布放和安全回收的根本保障,是提高效费比和使命任务完成度的有力支撑。未来,随着载人潜水器主尺度和排水量的进一步增大,各类布放回收模式将迎来新的发展。

参考文献:

[1] KOHNEN, WILLIAM. MTS Manned Underwater Vehicles 2017–2018 Global Industry Overview[J]. Marine Technology Society journal,2018,52(5):125–151.

[2] OceanGate,Inc.Systems and methods for launching and recovering objects in aquatic environments; Platforms for aquatic launch and recovery.United States Patent, US10259540B1,Apr.16,2019.

[3] 王帅, 刘涛. 蛙人运载装备体系发展现状及关键技术[J]. 中国造船,2012(2):198–209.

[4] Dry deck shelters [EB/OL].2000.http://www.specialoperations.com/Navy/DDS/.

[5] United States General Accounting Office.ASDS program needs increased oversight [R].Report to the Committee on Armed Service,U.S.Senate,2003.3.3.

[6] 张浩立, 邓智勇, 罗友高. 潜水器布放回放系统发展现状 [J]. 舰船科学技术,2012(4):3–6,46.

[7] 刘相春, A 形架式载人潜水器收放系统设计研究 [J]. 船舶, 2007(05):52–57.

[8] 马良. 载人潜水器吊放回收系统设计及研究 [D]. 哈尔滨工程大学,2014.

[9] R. 弗兰克. 布什毕. 载人潜水器 [M]. 北京: 海洋出版社, 1982.

[10] [EB/OL]https://www.mysubmarines.com/.

资助项目: 项目编号: LQ-GJ-02
项目名称: 原位长周期研究系统总体与结构技术研究。

