

深海水密接插件应用情况综述

齐海滨, 杨一帆, 唐嘉陵

(国家深海基地管理中心, 青岛 266237)

摘要:深海水密接插件是深海装备实现电力配电、信号传输、通信联系的重要部件。本文对深海水密接插件在深海的主要应用场景进行了介绍,对深海水密接插件的主要应用形式进行了描述,重点对深海水密接插件在国内外的应用及发展水平进行了阐述,同时结合深海装备实际应用经验,对深海水密接插件的应用进行了展望。本文为全面系统了解深海水密接插件的研发及应用情况提供参考,同时为深海装备水密接插件选型具有一定指导意义(引用文献20篇)。

关键词:深海; 水密接插件; 应用

中图分类号: TM248

文献标志码: A

文章编号: 1672-6901(2021)06-0001-04

Brief Introduction of the Application of Deep Sea Watertight Connector

QI Haibin, YANG Yifan, TANG Jialing

(National Deep Sea Center, Qingdao 266237, China)

Abstract: Deep sea watertight connector is an important part of deep-sea equipment to realize power distribution, signal transmission and communication. In this paper, the main application scenarios of deep sea watertight connector in deep sea were introduced, and the main application forms of deep sea watertight connector were described. This paper focuses on the application and development level of deep sea watertight connector at home and abroad. At the same time, combined with the practical application experience of deep-sea equipment, the application of deep-sea watertight connector was prospected. This paper will provide a reference for a comprehensive and systematic understanding of the development and application of deep-sea watertight connector, and also has certain significance for the selection of deep-sea watertight connector for equipment (20 references cited).

Key words: deep sea; watertight connector; application

0 引言

水深在200 m以下的水域,被科学家称为深海,因深海特殊的环境特性及广泛的未被探知的区域,现已成为国际地球科学尤其是海洋科学的最新研究前沿^[1]。随着科技的不断发展,越来越多的装备在深海中得以应用,而深海水密接插件是实现深海环境中装备系统与系统间电力配电、信号传输、通信交流等功能的最有效途径。水密接插件在实现以上功能的同时,还要承受外界海水的高压、腐蚀、低温等环境影响,甚至需要在深海环境下实现长期驻留,这也给深海水密接插件材料选型、结构设计等带来了挑战。现有深海水密接插件主要以橡胶整体模压、

橡胶或环氧树脂与金属黏合等形式为主,围绕应用场景的不同,深海水密接插件的种类也在不断拓展。

1 深海水密接插件应用场景

深海水密接插件是实现深海装备配电及信号传输的重要部件,其深海运行性能直接影响深海装备的水下使用效能及寿命。如图1所示,该插件可以应用在深海的场景,并较好地应用在以下装备中。

1.1 船载调查装备

船载固定式调查装备,诸如船载多波束探测、侧扫声呐探测、浅层剖面探测等,虽然应用了大量的水密接插件,但应用水深较浅不作为深海水密接插件的应用范畴。作为船载取样及近底层作业的一些船载调查设备,其深海水密接插件的应用则较为广泛。船载深海拖体、温盐深探测、海水取样系统、地质取样系统,以及可视取样系统等各类船载设备须要通过水密接插件来实现在深海环境下的电力配给及信号传输。结合使用情况,此类船载设备水密接插件

收稿日期: 2021-07-09

基金项目: 国家重点研发计划(2018YFC0308204); 山东省重点研发计划(2020CXGC010401)

作者简介: 齐海滨(1985—),男,工程师。

作者地址: 山东省青岛市即墨区卫阳路1号[266237]。

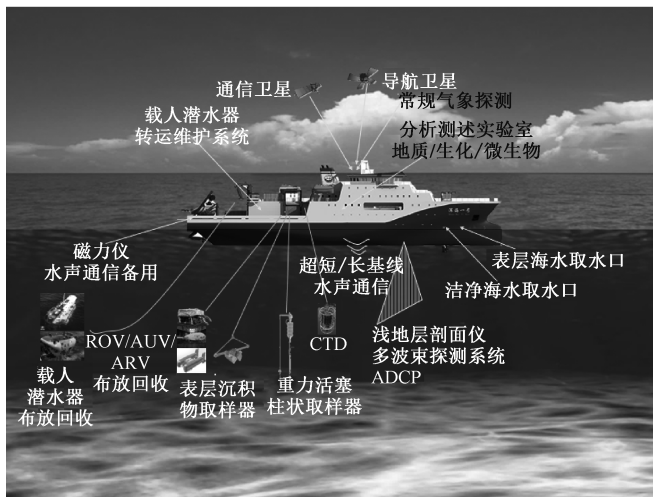


图1 “深海一号”船海上作业示意图

多以铠装缆、纤维缆、光电复合缆、脐带缆等水密电缆为主,并通过不同形式的水密插座来实现水下的可靠链接^[2-3]。

1.2 水下运载装备

随着深海科学技术的发展,水下运载装备在深海中的应用越来越广泛,其也成为水密接插件应用的集大成者。深海水密接插件广泛应用在载人潜水器(HOV)、遥控式潜水器(ROV)、自主式潜水器(AUV),及各类新型水下运载装备中^[4]。根据水下运载装备的实际需要,水密接插件也衍生了诸多的类型,以满足水下运载装备不同的作业需要。比如蛟龙号载人潜水器,据统计其使用的各类水密线缆有150余根、水密插座300余只,其中不乏有光纤传输用特殊的水密接插件。

1.3 水下原位固定装备

水密接插件也广泛应用于各类水下原位固定装备,深海浮标系统、深海自动观测站、深海原位探测系统,以及海工油气资源开采及水下传输系统等深海装备都有较好的应用。美国伍兹霍尔海洋研究所和新泽西大学海洋与海岸研究所在美国国家科学基金支持下,共同建立了LEO.15长期水下无人观测站。LEO.15所配置的传感器和设备主要有压力、海流、水温、电导率、溶解氧、荧光计、辐射计、垂直CTD剖面仪、宽带水听器、声呐、AUV接口、光学后向散射仪、透明度计、声学跟踪系统、全景摄像机、无人遥控潜器和自持式水下多任务平台等。水密接插件的使用有效解决了各传感器的水密连接、声学通信等问题^[5]。

2 深海水密接插件应用形式

根据不同的应用场景,深海水密接插件结构及

水密形式也不尽相同,为了适应大深度海水的高压环境,深海水密接插件多采取两种方式抵抗外界高压。一是采用充油补偿式的水密接插件,多见充油水密电缆,通过把缆线封装在充油的线管内来实现和外界海水的有效隔离,从而确保电气性能,外界海水高压会通过内部的补偿油传递至线缆内的所有部件,此类水密接插件关键在于电缆插拔部分的封装和密封。二是采用橡胶整体硫化等形式的水密接插件,通过把线缆整体硫化封装至橡胶类材料中实现和海水的有效隔离,而橡胶与金属的黏合是大深度水密接插件的一项关键技术,黏合性能的好坏在很大程度上决定水密接插件的寿命。

深海水密接插件需满足普通信号、高频信号、高电压、大电流、光信号等传输要求,在穿墙、湿插拔、水下带电插拔、充油等不同场景得以应用。结合深海运载装备在深海中的实际需要,主要类别可以区分如下:

(1) 动力水密接插件,能够满足深海装备大功率供电需要,主要特点为缆线的直径较大,传输电压或电流较大,多用于大型深海运载装备水下配电。

(2) 多芯水密接插件,能够满足深海装备水下信号传输需要,因深海装备传输信号较多,此类水密接插件多为定制产品,特点为芯线较多(1~203芯),因串口、网络等不同,通信要求也不同,需要对电缆中的芯线进行诸如双绞、屏蔽、同轴等特殊结构设计。

(3) 高速传输类水密接插件,能够满足深海装备的高速信号传输,随着光纤等高速传输介质在深海中的应用,使用高速传输类水密接插件来进行水下高速信号传输,可以减少多芯水密接插件的使用,降低水密接插件使用数量及维护成本。

(4) 水下可插拔类水密接插件,能够满足深海装备水下插拔需要,此类水密接插件多用于海工油气资源开采,同时也见于部分深海原位固定装置与其他装备进行对接的情景。

3 国内外水密接插件应用情况

国外深海水密接插件的发展与应用较早,最早是由美国 Marsh & Marine 公司在 20 世纪 50 年代初推出的,其结构为橡胶模压;后来水密接插件逐渐应用在美国、法国的潜艇上;20 世纪 60 年代后期,为了配合著名的“深海开发技术计划(DOTP)”,美国研制成功 1 800 m 的大功率水下电力及信号接插件;20 世纪 70 年代后期水密接插件相继出现

了充油式水密接插件、NAU-TILUS 水密接插件、水下、水上插拔接插件等;随着水下装备的大量应用,伴随着应用场景的不断更新,目前,西方国家研制、生产、销售的水密接插件的著名厂商有 30 多家,产品系列有 100 多种^[6-9],深海水密接插件技术逐渐成熟,在诸多深海装备中得到广泛的应用(如表 1 所示),可以满足全海深各种复杂工况的需要。同时,国外结合深海装备应用,在产品标准化方面也开展了大量的工作,多数产品已可以实现不同厂商之间的互换替代。单以 Seaconn 公司产品为例,其围绕深海装备,已开发有 35 000 余项产品,并可以与 Subconn、Impluse 等公司部分通用产品替换使用。

表 1 国外深海水密接插件厂商及其应用

序号	制造商	国别	国际应用事例
1	Subconn	美国	国外各种海洋设备及海洋学传感器,约占深海水密连接器 50% 以上市场
2	Seaconn	美国	国外各种海洋设备及海洋学传感器,约占深海水密连接器 15% 以上市场
3	Impluse	美国	国外各种海洋设备及海洋学传感器,约占深海水密连接器 10% 以上市场
4	Hydro	英国	英国海军潜艇
5	ODI(Ocean Design, Inc)	美国	Neptune 水下观测网,海底石油和天然气进口控制,海洋科研调查
6	Burton	美国	深水 ROV 连接器
7	Gisma	德国	德国海军潜艇
8	Rochester	美国	伍兹霍尔海洋研究所 6 000 m DSL120 深托系统
9	NSW	德国	1904 年 7 993 km 古塔胶绝缘海底通信光缆 1959 年 1 855 km 横越大西洋 TAT2 海底通信光缆 2006 年 9 000 km RCOS-1 加勒比海地区海底光缆
10	Nexans	挪威	380 km 至伊朗 Ganeveh 海底及陆上光缆
11	Hydro	英国	“Seacye”迷你无人缆控潜水器,英国海军吊放声呐

我国深海技术发展起步较晚,深海水密接插件相关的研究工作受需求、工艺等方面的制约,一直没有出现较为成熟的产品,与国外发达国家差距较大。国内海洋科研院所长期依赖进口水密接插件,进口水密接插件具有订货周期长、价格昂贵、不能满足个性化定制等缺点,并且在关键技术领域的深海水密接插件国外会对我国进行限制出口及技术封锁。我国水下接插件的研究最早开始与海洋水下工程方面的需要相关,随着“蛟龙”号载人潜水器等深海装备的成功应用,国内加强了深海装备周边产品的开发与研制,并陆续开发出多种类型的深海水密接插件。国家“十二五”计划期间,“863”计划海洋技术领域主题项目“深海通用技术与产品研制”立项了“深海水密电缆接插件工程化技术”并通过项目验收,该课题重点解决了深海环境下橡胶材料、接插件结构与密封以及注胶硫化工艺等关键技术,完成了系列化设计,固化了生产工艺和材料,开发了 14 种深海 1 000~7 000 m 水密电缆接插件产品,实现了大深度环境下的可靠应用;中天科技 2 000 m 水下插拔

连接器项目通过了江苏省工信厅组织的新产品鉴定,这意味着我国 2 000 m 级水下插拔电连接器有望告别国外垄断^[10];中科院沈阳自动化研究所水下机器人研究中心研制的各种水密接插件较好地应用在深海装备中;中航电子 YW 系列产品参照国外 Seacon 公司产品设计标准,可以与相关产品有效互换,形成标准系列化产品,并制定了相应的执行标准;中国电子科技集团公司(第 23 研究所)M 系列水密电缆接插件也较好地应用在深海装备领域^[11];围绕深海装备的应用,国内已经涌现了很多专注深海水密接插件研究及应用的科研院所及企业,国内也在逐渐缩小与国外同行业的差距。

4 深海水密接插件应用及展望

我国深海水密接插件使用及应用较多,在产品研制及生产领域依旧处于起步阶段,与国外差距依然很大,在关键技术、工艺、可靠性上依然很难达到深海应用需要,国内深海水密接插件研发生产须要从不同方面继续努力,方能紧跟深海技术发展,不被

国外技术垄断“卡脖子”。

(1) 建设深海水密接插件相关标准体系。目前,虽然我国部分研究机构已形成自己的深海水密接插件的产品标准体系,但是仍须参照国际标准,形成行业标准和国家标准,进而集中优势力量,形成产业优势,进而在深海水密接插件研发生产领域形成全谱系的产品链条^[12-13]。

(2) 攻关大深度深海水密接插件。我国现有的深海水密接插件在实际应用中已经有较好的表现,浅海水密接插件已经可以实现国产化,但是在大深度(1 100~6 000 m)装备应用领域,国产深海水密接插件的稳定性及可靠性依旧需要提高,部分重大深海装备依旧严重依赖进口。

(3) 研制特殊性能要求的深海水密接插件。近年来,随着封装、密封、硫化等工艺的进步,我国在常规深海水密接插件研发与应用领域也进步较快,但是在特殊性能要求的深海水密接插件的研发生产中依旧与国外存在差距,重点集中在光信号传输、高频信号传输、信号传输屏蔽、复合光电等水密接插件领域。因为此类产品需求较少,而国外已有同类型的成熟产品,以至于国内需求牵引较小,研发关注度低,须要重点关注^[14-17]。

(4) 研制深海湿插拔水密接插件。近年来,我国在深海装备方面有了长足的发展,随着海洋科学技术的进步,深海原位探测也将为深海科学研究的一大方向,尤其是可以搭载多种传感器实现水下长期驻留,并能进行装备搭停对接的原位中继技术将成为装备应用关键技术之一,而深海带电湿插拔技术将成为主要制约因素^[18-19]。

5 结 语

深海装备依旧在持续发展,多装备融合发展,不同类型的装备相互支持和联合作业,支持深海资源和环境调查及资源开发,已成为国际深海运载与作业技术的发展趋势。新型深海运载和作业平台将不断涌现,而且功能不断地完善,性能不断地提高,作业能力不断地增强,而所有这些功能的优化和提升都须要深海水密接插件类型的拓展和性能的提升,水下带电接

驳、近距离无线传输、大功率无损配电等方面的拓展都是深海水密接插件研发与应用的重点^[20]。

参考文献:

- [1] 白玉磊,张洁.为了潜到大海深处的最后1%——访载人深潜英雄、前“蛟龙”号第一副总设计师崔维成[J].科学大众:中学生,2014(1):16-19.
- [2] 孟庆龙,李守宏,孙雅哲,等.国内外调查船舶现状对比分析[J].海洋开发与管理,2017(11):26-31.
- [3] 任允武.海洋调查船[J].海洋科学,1979(增刊1):41-44.
- [4] 徐伟哲,张庆勇.全海深潜水器的技术现状和发展综述[J].中国造船,2016,57(2):206-220.
- [5] 于凯本,李天涯,林广义,等.水密接插件用氯丁橡胶2442与黄铜黏合性能研究[J].弹性体,2017,27(6):16-20.
- [6] 路道庆,邓斌,于兰英,等.深海水密接插件结构设计[J].机械工程师,2008(7):53-55.
- [7] 张国光.水下电接插件的密封结构[J].海洋通报,1993,12(4):88-94.
- [8] 张明松,罗朝祥.水下电缆密封接插件的设计[J].机械设计与制造工程,2001,17(1):17-19.
- [9] 石秀华,孙武斌,李增楠.水下电接插件研制中的试验设计问题[J].润滑与密封,1998,19(1):44-58.
- [10] 房海东,王永强,程程刚,等.水密连接器失效原因分析及对策研究[J].商情,2020(35):177.
- [11] 薛萍,张博,葛雄浩,等.M系列深海水密接插件开发科技报告[J].科技咨询,2016(3):169-170.
- [12] 权利.军用连接器的发展[J].光纤与电缆及其应用技术,2003(3):9-12.
- [13] BARLOW S. Advances in undersea connector technology [J]. Improve Efficiency. Lightwave, 1999(10):58-60.
- [14] 徐鲁杰,孙晓军,汤振,等.水下插拔电连接器技术[J].机电元件,2011,7(6):1-5.
- [15] 黄中华,金波,刘少军.深海高压舱密封性能评价研究[J].浙江大学学报(工学版),2007,41(5):791-793.
- [16] 叶杨高,朱家远,李锦华.国外水下插拔光纤连接器的发展[J].光纤与电缆及其应用技术,2008,65(2):1-4.
- [17] 王存明,米智楠.水下插拔连接器的选用[J].流体传动与控制,2009,32(5):45-46.
- [18] 朱家远,叶杨高.国外水下插拔连接器密封设计及分析[J].中国电子科学研究院学报,2017,12(5):518-522.
- [19] 何立岩,李智刚,何震.水下插拔电连接器的研制[J].机电元件,2016,36(6):3-6.
- [20] 高艳波,李慧青,柴玉萍,等.深海高技术发展现状及趋势[J].海洋技术,2010,29(3):119-124.

《电线电缆》杂志在线投审稿系统已开通

投审稿系统官方网址为: <http://dxdl.cbpt.cnki.net>