

深海底钻机自动接杆卸杆储管机构

魏治利¹, 臧 龙², 谢振权¹, 杨琦峰¹, 毕 进¹

(1.湖南飞碟新材料有限责任公司, 湖南 长沙 410007; 2.长沙矿山研究院, 湖南 长沙 410012)

摘要:本文介绍了一种深海底使用的钻杆钻具储管机构的工作原理和结构特点。按照深海底钻孔工艺, 设计了自动接杆、卸杆、存储机构。这一种机构采用两个单排转笼式储管架, 分别存放钻杆和钻具管组件。每一个储管架各配备一双机械手, 用于夹持钻杆和钻具在孔口位和储管架管口位之间的移送和卡紧定位。该机构可靠性高, 取心率高, 结构简单, 方便操作。

关键词:海底取心; 储管机构; 自动接杆卸杆; 机械手

中图分类号: P634.3⁺1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2018) 09-0051-05

Pipe Storage Mechanism of Automatic Rod Making up and Breaking out for Deep Seabed Rig/WEI Zhi-li¹, ZANG Long², XIE Zheng-quan¹, YANG Qi-feng¹, BI Jin¹ (1. Hunan Flydisc New Material Co., Ltd., Changsha Hunan 410007, China; 2. Changsha Mining Research Institute, Changsha Hunan 410012, China)

Abstract: This paper introduces the working principle and structure characteristics of a pipe storage mechanism for drill rods and drilling tools used in deep seabed. According to the deep seabed drilling process, the automatic rod making up & breaking out and storage mechanism are designed. This kind of mechanism has 2 single-row rotary cage type pipe storage racks to store the drill pipe and drill pipe assembly respectively. Each pipe storage rack is equipped with a pair of manipulators to clamp the drill rod and drilling tools between the borehole mouth position and the outlet position of pipe storage rack for the transfer and tightening positioning. This mechanism has the advantages of high reliability, high coring rate, simple structure and convenient operation.

Key words: submarine coring; pipe storage mechanism; automatic rod making up & breaking out; manipulator

0 引言

海底地层中蕴藏着丰富的矿产资源, 包括石油、天然气、多金属结核结壳、热液硫化物、天然气水合物及海洋生物等, 这一些资源具有重要的社会经济价值。从 2003 年开始, 国家大洋资源勘探工作的目标从大洋金属结核结壳转向海底热液硫化物。对于热液硫化物矿一般采用海底中深孔岩心取样钻进行钻探。钻机装配于大型远洋科学调查船上, 用铠装脐带电缆吊放到海底, 通过铠装脐带电缆供电和通讯遥控在海底钻进并取得岩心。当海底岩心取样钻机的钻进深度超过 10 m 时, 一般需要使用依次连接的多根钻杆, 要求钻机在海底能够全自动遥控接卸钻杆钻具, 并采取分段取心技术, 即从储管架上取出钻杆一根根连接下去, 提钻时再一根根卸开钻杆或钻具并放回储管架。由于钻机工作在深海底, 受到洋流、深水压力、海底地形等的影响, 因此, 对钻机各部件的可靠性、结构和易操作性有着严格的要求。目前, 国外已有的深海底钻机均采用与陆地自动接

卸杆钻机类似的钻杆钻具储管机构, 带有离合器和刹车装置, 结构复杂, 工作可靠性较差, 不利于水下摄像观察工作状况, 生产成本也较高。

为克服现有技术的缺陷, 提供高性能、高质量的钻机, 2012 年, 湖南飞碟新材料有限责任公司(以下简称飞碟公司)和长沙矿山研究院成功合作开发了钻深能力 20 m 的机型。其中, 飞碟公司承担了钻杆钻具储管机构的开发, 对稳定钻机的技术性能, 提升整机的行业技术水平, 缩小与国外发达国家的技术差距具有重要的意义。

1 储管架工作原理与结构

海底自动接杆卸杆储管机构, 通过上、下托架安装在钻架框架上面。在上托架下方安装有一个分度盘, 分度盘上均匀分布着与存储架上存储的钻杆数相等的定位销孔, 在管架转动轴的上端套有转动插销架, 通过转动油缸的推动绕管架转动轴的中心双向摆动旋转, 其摆动旋转角度等于分度盘上每相邻

收稿日期: 2018-03-21; 修回日期: 2018-07-10

作者简介: 魏治利, 男, 汉族, 1977 年生, 工程师, 机械制造工艺与设备专业, 从事钻探设备研究与设计、生产与制造等工作, 湖南省长沙市雨花区曙光路 232 号, weizhili20008@163.com。

两个定位孔绕分度盘中心形成的夹角,在转动插销架上装配有转动插销油缸。在上托架上相应位置装有定位插销油缸。转动插销油缸和定位插销油缸在液压上并联且反向连接,工作时油缸活塞杆一个伸出另一个收缩,相互配合转动油缸推动分度盘旋转,实现精准分度。

在实际工作中,按照钻孔工艺要求设计成双排或单排储管架,一个储管架就可提供 20 个或 10 个钻杆管位。为简化结构,提高精准度,本次设计采用两个单排转笼式储管架,分别存放钻杆和钻具管组件。每个储管架各带两只同步摆动式双机械手,分别用于钻杆钻具在孔口和储管架管口位之间的运送和装配。

两个转笼式储管架结构基本相同,都采用转动油缸驱动、正反双向摆角转动、转动插销油缸驱动锥形插销精确定位机构。摆动式双机械手,用于双向抓取、移送钻杆或钻具管。钻架框架下部安装并联的双夹持器和卸扣器,分别用于夹持套管和钻杆钻具,并与机械手配合拧卸钻杆钻具下部丝扣。钻杆上部丝扣则通过动力头上的主轴螺纹与机械手配合进行拧卸。钻杆储管架总体结构见图 1。

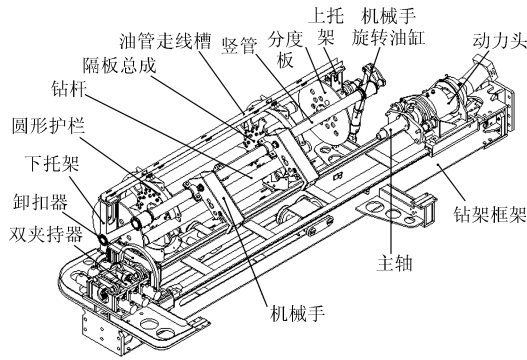


图 1 钻杆储管架总体结构图

2 主要部件结构特点

2.1 分度盘总成

分度盘总成由上托架、管架转动轴、分度板、转动插销架、分度转动油缸、转动插销油缸、定位插销油缸等主要部件组成。分度盘总成的结构见图 2、图 3。

分度板和转动插销架通过管架转动轴安装在上托架中心孔两侧,能够绕轴心自由旋转。转动插销架上安装有转动插销油缸,油缸活塞杆连接锥形插销,工作时可进入分度板上的定位孔内。分度转动

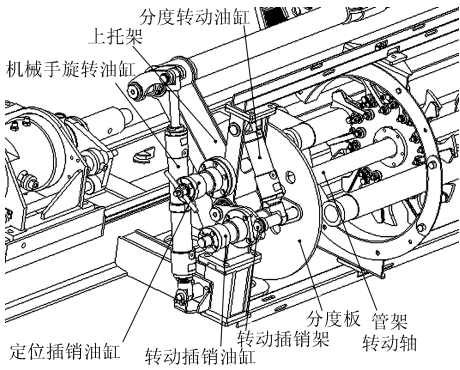


图 2 分度盘结构正视图

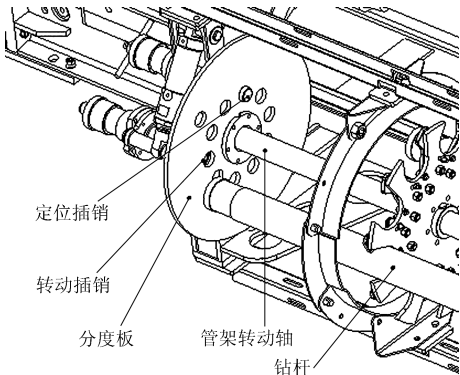


图 3 分度盘结构后视图

油缸一端用销轴连接在上托架上,另一端用销轴连接在转动插销架上,工作时可推动转动插销架双方摆动旋转。定位插销油缸安装在上托架上,油缸活塞杆端头装有锥形插销,工作时可进入分度板上的定位孔内,实现定位分度功能。考虑到海水压力的作用,转动插销油缸和定位插销油缸的内缸径完全相等,活塞杆与锥形插销的截面尺寸也完全相同,避免了误操作的产生。上托架进行了内外压力平衡处理,适应海底作业。部件连接处需要旋转运动的结构,分别采用了铜衬套和不锈钢材料,具有较好的自润滑和防腐蚀功能。

2.2 隔板与护栏

储管架转动轴的上、下装有两个隔板总成,外围装配两个圆形护栏。护栏与隔板之间留有适当间隙,防止钻杆钻具意外掉落。在护栏朝向机械手的方向开有一个缺口,方便钻杆钻具运送,进出隔板。护栏通过支撑座固定在上、下油管走线槽上。隔板总成用法兰串装在管架转动轴上,管位口的位置,在试机时精准定位后配焊,具有很高的防冲击性。有助于机械手准确地抓取、放置钻杆钻具。

两个隔板总成均匀同步旋转一圈,有 10 个管位,都必须处在护栏缺口中间的同一位置,以便于机械手准确抓取钻杆钻具。每一个隔板管位口旁边安装有钻杆夹紧钳,弹性有力地夹紧钻杆钻具,防止掉落。隔板与护栏的结构见图 4、图 5。

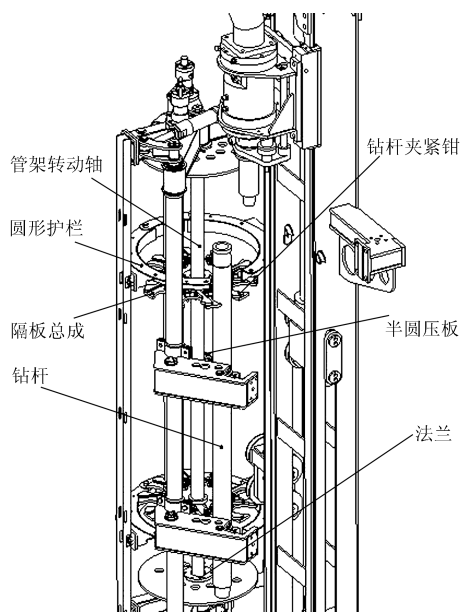


图 4 隔板和围栏结构图

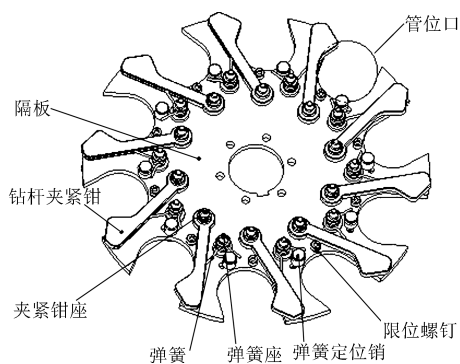


图 5 隔板总成图

隔板总成由隔板、钻杆夹紧钳、夹紧钳座、弹簧、弹簧座、法兰等组成。钻杆夹紧钳通过夹紧钳座连接在隔板上,能够自由旋转。螺旋弹簧给予它很强的膨胀力,隔板管位口有钻杆时便紧紧地卡住钻杆,没有钻杆时,装有限位螺钉进行限制。钻杆在机械手的帮助下能够顺利撞开钻杆夹紧钳进、出管口位置。

2.3 机械手

由机械手旋转油缸驱动旋转臂带动同轴双夹持器进行双向摆动旋转。机械手夹持器上的夹持口具

有 3 个固定的停留位置,一个是抓管位置,即处于隔板管位口;一个是钻杆对接位置,即处于与动力头主轴同心位;另外一个机械手闲置位,即机械手不工作位置,此时,有足够的空间方便动力在滑道上移动。机械手旋转油缸,是两作用双活塞油缸,有长、短两个活塞杆,通过伸缩,形成 3 个行程状态,能够满足工艺要求。

夹持器包括 V 形夹紧块、夹紧油缸、连接块、销轴、油缸固定销等。夹紧油缸工作时驱动 V 形夹紧块旋转,卡紧或松开钻杆钻具,这种结构具有限制钻杆多个自由度的功能,可靠性好,从未出现钻杆意外掉落的现象。机械手结构见图 6。

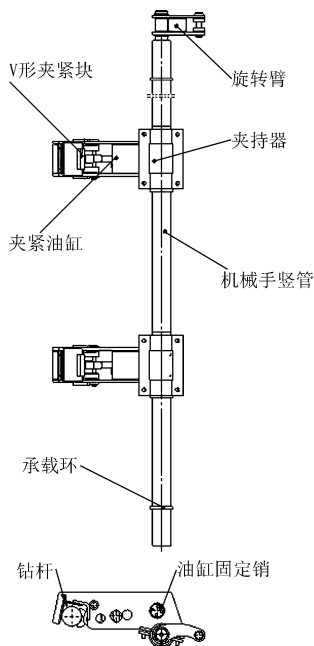


图 6 机械手结构图

承载环焊接在机械手竖管上,外侧面与上、下托架接触,支撑着机械手与钻杆钻具的总质量。旋转臂与机械手竖管之间采用紧配合键联接,很好地消除了间隙,方便夹持器实现精准地抓取钻杆。夹持器也焊在机械手竖管上,具有微调角度位置的能力,能够消除部件制造和装配误差,实现无阻力地抓取钻杆。钻杆钻具被卡紧后,两端与动力主轴、双夹持器中心同轴度高。在实际反复工作过程中,机械手竖管容易弯曲变形,夹持器位置发生改变,为了克服这一个不良现象,我们采用了壁厚 10 mm 的无缝钢管,取得了较好的效果。

2.4 液压油缸

一般采用两作用单杆或双杆活塞式液压缸,利

用液压力推动活塞作正、反两个方向的运动,带动其它工作部件往复直线或旋转运动。它具有结构简单、工作可靠、装拆方便、易于维修、可带缓冲装置及连接方式多样等特点。

压力:本设计采用 G 级压力标准,适用于 16~25 MPa;

密封:G 级缸采用耐高压、密封可靠的 V 形组合密封圈;

防尘:液压缸采用聚胺脂或丁腈橡胶无骨架式防尘圈;

导向:采用聚胺脂或丁腈橡胶耐磨带;

适用温度:-40~80℃,不适用低于或高于这个范围值的温度;

结构:由缸筒、活塞杆、导向套、活塞、橡胶密封件等组成。

油缸缸体采取调质处理,HB=240~285。内表面镀铬后再进行研磨抛光,外表面涂耐油油漆。活塞杆初加工后调质 HB=230~285,精加工时高频淬火至 HRC=45~55。外表面镀铬后抛光处理。3 种主要工作油缸的结构见图 7~9。

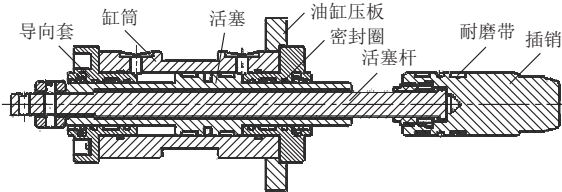


图 7 定位插销油缸结构图

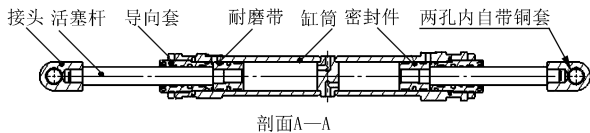


图 8 机械手转动油缸结构图

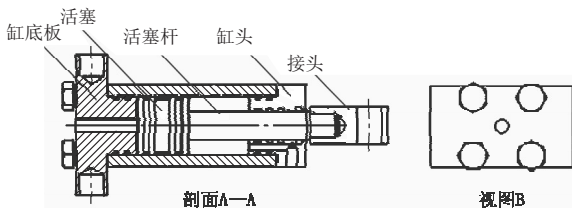


图 9 机械手夹紧油缸结构图

定位插销油缸通过油缸压板用 6 个螺栓固定在上托架上。锥形插销用螺纹连接在油缸活塞杆一端,外圈装有耐磨带与上托架定位孔产生往复运动,通过伸缩进、出分度板定位孔。

机械手转动油缸,是一个两作用双活塞杆油缸,

长、短两个活塞杆通过配合或单独工作,形成 3 个总行程长度,推动机械手夹持器旋转,以达到接卸钻杆钻具的工艺要求。油缸有 4 个进出压力油口,它的分布位置和方向要方便油管的安装,并且不妨碍其它部件的运行。

机械手夹紧油缸,通过两个安装孔用油缸固定销装配在夹持器内。工作时,油缸在一定范围内绕安装孔中心轴摆动,活塞杆驱动 V 形夹紧块松开或卡紧钻杆钻具。

油缸一般采用不锈钢销轴连接,装配后保证各部件运动灵活,无卡阻现象。在额定负荷下,使油缸以设计的最低速度全行程往复 3 次以上,无爬行等现象。油缸的活塞停留在全行程的一端,以 1.5 倍的额定压力,保持 15 min,油缸不得有内、外泄漏和明显的变形现象。

3 主要技术参数

通过市场调查,参考了国内外同类型的几种钻机的技术特征后,所设计的深海底钻机储管机构技术参数如下:

(1)由于深海底工作环境的特殊性,海水压力 30 MPa 以上,要求产品具有较高的抗高压、耐腐蚀性。产品做一次防护措施后能连续在海底工作 1 个月。

(2)额定油压为 21 MPa 时,驱动储管机构油缸工作,相关运动件旋转自如,速度平稳,工作效率高。

(3)储管架稳定性好,保证硫化物取心率 $\geq 50\%$,硬岩取心率 $\geq 70\%$ 。岩心完好性对矿产资源评价具有重要的意义,对提高钻机取心率有重要的影响,同时,取心率是评价钻机性能的重要参数。

(4)单个储管架能安装 10 根钻杆,每根长度 2.0 m,直径 76 或 91 mm。

(5)钻孔深度 > 20 m,终孔尺寸一般为 $\varnothing 75$ mm。

(6)钻机系统流量为 80 L/min,额定压力为 21 MPa,马达扭矩为 354 N·m,转速为 845.5 r/min。钻深 20 m 作业时间 < 6 h,钻进硬岩最大普氏系数 < 8 。

(7)钻机钻孔倾角约 90°,整机采用稳定支持与调平技术。钻机调平支腿设计了液压马达驱动丝杆螺母机构向外伸展的结构。

4 实际应用

深海底钻机在“海洋六号”、“大洋一号”调查船上使用正常。在西南印度洋中的 28 座海山完成了 150 多次的取样作业,最长获取到 1.2 m 的“白加黑”结壳岩心样品,为中国大洋科学考察获取了大量的实物样品。部分岩心样品见图 10。



图 10 采取的岩心样品

深海底钻机研究课题所涉及的研究内容和获取的多项研究成果,为各种类型的海底取样设备、海底现场测量设备和海底综合考查设备的研制开发提供了可借鉴的深海动力和远程测控技术。深海储管机构技术的进一步优化和固化,不仅可以使研发深海探测设备少走弯路,提高研发成功率,另一方面,为深海器件的国产化,产业化奠定技术基础。从储管机构的技术参数与功能来看,还可运用于其他浅海、江河、湖泊,甚至陆地的各种设备,具有广泛的应用范围。

储管机构安装在钻机上,在西南印度洋、南海等几个施工工地进行了不同深度、不同工艺的打孔作业。孔深 10~30 m,终孔 $\varnothing 51.8 \sim 75$ cm,能够正常钻进,工作顺利,综合岩心采取率超过 70%,达到了设计目标。深海底岩心取样钻机钻进机构外观见图 11。

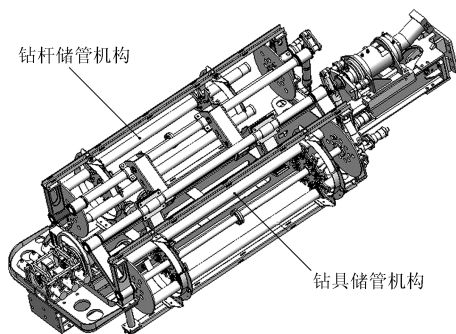


图 11 钻进机构外观图

5 结语

HDZ-20 型储管机构于 2012 年 8 月出厂了 2 台,12 月 14 日升级后又出厂 1 台。8 月出厂的 2

台,在“海洋六号”调查船上使用正常,取得了完整的结壳岩心样品。2016 年,最新研发的 HDZ-30 型储管机构,在西南印度洋、西太平洋富钴结壳与稀土调查中得到应用,进一步提升了在行业内的影响力。该项目达到了大洋科学考察的预期目的,为海洋环境热点问题研究提供了大量有价值的支撑,并获得了较好的经济社会效益。因此,可以说,储管机构部分的结构是典型的,合理的,技术性能是可靠的。为开展深海地质调查与大洋科考,加快建设海洋强国科学活动,推进深海高新技术发展,以及人类和平利用海洋作出了重要的贡献。

储管机构经过几个施工单位的实际应用后,进行了改进完善,效果较好,该种机构具有以下几个特点:

(1) 储管架稳定性好,没有出现钻杆意外掉落现象;

(2) 钻杆钻具抓取、安装时,管位口位置精准,实现无阻力夹持钻杆钻具;

(3) 机械手夹紧钻杆钻具后与动力头主轴同心度好,工作效率高,可靠性好;

(4) 储管架工作时,平稳性能好,震动小,岩心管内的岩心泄漏现象少见;

(5) 在整个钻进过程中,机械故障发生机率低,储管架使用寿命长。

参考文献:

- [1] 肖燕波,谭国平,彭儒金.立轴式岩心钻机设计开发的新思路[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(9):32-34.
- [2] 刘峰,赵松年.德国深海采矿技术研究[J].金属矿山,1995,(6):14-17.
- [3] 艾勇福.深海中深孔岩芯取样钻机监控系统设计与实现[D].浙江杭州:杭州电子科技大学,2009.
- [4] 邓代强,黄筱军,钟路,等.深海地质取样的高科技——浅地层岩心钻机的简介[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(6):43-44.
- [5] 朱伟亚,何智敏,万步炎,等.海底地质勘探多次取芯钻机试验研究[J].矿业研究与开发,2010,30(4):33-36.
- [6] 丁六怀,高宇清,简曲,等.深海采矿集矿机的研究与开发[J].矿业研究与开发,2006,26(S1):49-51.
- [7] 彭芸,夏建新,任华堂.国外深海底岩心取样钻机的设计参数及其应用效果[J].金属矿山,2015,45(3):156-160.
- [8] 于彦江,胡波,姚永坚,等.深海浅钻在海洋区域地质调查中的应用[J].海洋地质前沿,2013,29(11):44-48.
- [9] 戴瑜,刘少军,李流军,等.Nautilus 矿业公司 SMS 勘探中采用的取样技术与装备[J].海洋技术,2008,27(2):12-17.
- [10] 何智敏.海底热液区取芯钻探钻杆润滑减阻试验研究[D].湖南长沙:中南大学,2010.