

海洋冲击伸缩绳索取样器的研制与应用

赵 义, 梁 涛, 刘海龙, 刘协鲁

(北京探矿工程研究所, 北京 100083)

摘要:海洋沉积物地层主要由淤泥、软土、半固结泥岩、砂岩等组成, 沉积物地层钻探取样是海洋工程和地质调查的重要组成部分。常规回转取样器取样, 极易破坏样品的原状而且取样率较低; 静压取样器取样, 在砂岩、半固结泥岩等较硬地层取样率较低。针对上述问题, 研制了一种冲击伸缩绳索取样器, 该取样器结合了静压取样器和锤击取样器的特点, 实现对海底以沉积物为主地层的高保真取样。

关键词:取样器; 海洋钻探取样; 沉积物取样; 原状样品; 高保真取样; 冲击伸缩; 绳索取心(样)

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2016)03-0052-04

Development and Application of Marine Impact Telescopic Sampler/ZHAO Yi, LIANG Tao, LIU Hai-long, LIU Xie-lu
(Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China)

Abstract: Marine sediment stratum is mainly composed of silt, soft soil, semi-concreted mudstone and sandstone, the sediment stratum sampling is an important part of marine engineering and geological survey. The original state of sample is easy to be disturbed by the use of conventional rotary sampler with low sampling rate; while by static pressure sampler, the sampling rate is not ideal in sandstone and semi-concreted mudstone. According to the above situation, combining the characteristics of static pressure sampler and hammering sampler, an impact telescopic wire-line coring sampler was developed to realize truly-preserving sampling in submarine sedimentary bed mainly consisting of sediments.

Key words: sampler; sampling in marine drilling; sediment sampling; undisturbed sample; impact telescopic; wire-line coring

0 引言

根据国家海洋强国战略及国家生态文明建设需求, 目前海洋基础地质调查工程及海岸带综合地质调查工程正在顺利开展。钻探取样作为地质调查的重要手段, 决定着调查工程的效率及完成质量。无论是研究海底沉积结构, 还是进行海洋勘探, 或从事大陆架工程地质勘察都离不开海底取样^[1]。根据工程需要, 海洋钻探取样尽可能取到较好原状度、扰动小的样品。海洋钻探取样的质量取决于工作海域的气象条件、海底地层、工作船只的性能及钻探取样的检验等客观因素, 更取决于取样器的性能和可靠性。

目前我国海洋钻探取样的取样器主要有回转取样器和静压压力取样器^[2], 回转取样器的工作原理是通过弹卡机构带动取样器和钻杆一起回转钻进, 这样随着钻杆的不断钻进, 取样器切割地层实现取样, 这种取样器主要针对硬地层取样作业, 对于软

地层, 回转取样极易将样品搅乱, 取样率低且扰动较大^[3]。静压压力取样器的工作原理是利用泥浆为驱动力, 在泥浆泵不断的供压下, 推动取样器压入到地层中, 实现取样作业^[4]。这种取样器在取以淤泥、软土、细砂岩为主的沉积物地层时, 取样样品扰动小、取样率高, 但是在以半固结泥岩、砂岩为主的地层取样时, 很容易发生“桩”效应, 取样率较低。为此笔者根据海洋工程作业的需求, 研制了一种结合静压取样和锤击取样特点的绳索取样器, 实现对海洋沉积物地层的高保真取样。

1 海洋冲击伸缩绳索取样器的结构

海洋冲击伸缩绳索取样器主要由绳索打捞矛头、单向球阀结构、密封结构、弹簧开关结构、液动锤结构、取样管结构等部分组成, 主要材质为不锈钢, 如图1所示。

1.1 绳索打捞结构

收稿日期: 2015-08-24; 修回日期: 2015-12-30

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“水域地层原位钻探取样器具设计及工艺研究”(编号: 12120113097100)

作者简介: 赵义, 男, 汉族, 1985年生, 机械设计及其理论专业, 从事海洋钻具、钻头的优化设计工作, 北京市房山区良乡工业开发区二期, dongyuan0001@163.com。

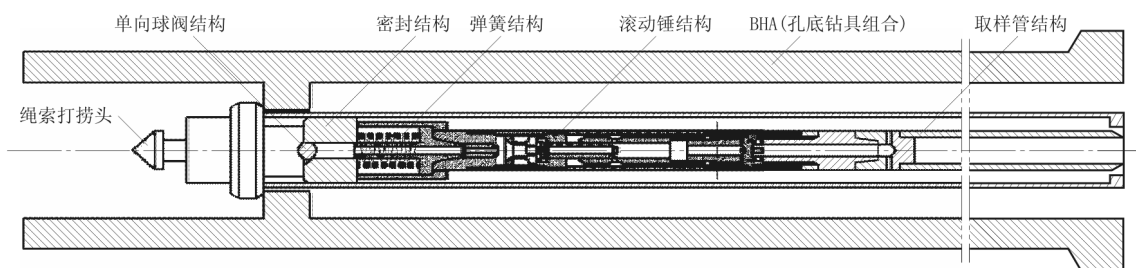


图1 海洋冲击伸缩绳索取样器结构示意图

考虑到海洋钻探取样的高效性、便捷性,取样器设计了绳索打捞结构,实现对取样器的绳索投放或打捞。陆地上取样作业常常采用提钻的方式,这种方式对于海洋取样工程不适合^[6],这是因为海洋上提钻后,钻杆难以重返孔眼。绳索取心钻探(wire-line core drilling)是一种不提钻取岩心或提钻次数很少的钻探方法,其操作特点是取岩心时不需要提出钻孔内的全部钻杆柱,而用专用带钢丝绳的打捞器,通过孔内钻杆中心孔将装有岩心的孔底内管提至地面,获得岩心,从而减少了提下钻次数和升降钻具的辅助时间,提高了钻进效率。其特点是“三高、一低”,即钻速高、金刚石钻头寿命长、时间利用率高,工人劳动强度低^[7-8]。

1.2 单向球阀结构

单向球阀结构的作用是控制取样器泥浆的流向(见图2),当球阀关闭时泥浆不通过液动锤,液动锤不启动,当球阀打开时泥浆通过液动锤,此时液动锤开始工作。

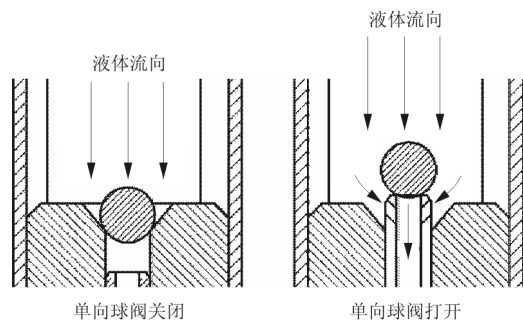


图2 单向球阀原理

1.3 密封结构

密封结构是取样器的关键部件之一,密封结构设计承压能力为20 MPa,采用V形密封结构,材质为高强度聚氨酯,用ABS工程塑料作为支撑,见图3。作用是将泥浆密封住,产生压力推动取样器取样。

1.4 弹簧开关结构



图3 密封组件

弹簧开关结构主要的作用是实现钻具在软地层压入取样,在取样遇到硬地层时,弹簧机构压缩启动液动锤实现冲击取样。弹簧开关结构的开启压力为10 MPa,其中弹簧机构的性能直接关系到取样器的工作性能,在弹簧设计中(参见图4),旋绕比(或称弹簧指数) C 是最重要的参数之一, $C = D_2/d$,弹簧指数愈小,其刚度愈大,弹簧愈硬,弹簧内外侧的应力相差愈大,材料利用率低,反之弹簧愈软。弹簧受到的应力主要为扭矩和横向力引起的剪应力,对于圆形弹簧丝:

$$\tau = \frac{8FD_2}{\pi d^3} \left(1 + \frac{1}{2C}\right) \leq [\tau]$$

圆柱弹簧受载后的轴向变形量:

$$\lambda = \frac{8FC^3n}{Gd}$$

式中: τ ——弹簧材质屈服; F ——弹簧受轴向力; D ——弹簧内圈直径; G ——弹簧的切变模量(琴钢丝 $G=8000$,不锈钢丝 $G=7300$,磷青铜线 $G=4500$,黄铜线 $G=3500$)。

1.5 液动锤结构

取样器设计的海底液动锤是利用钻进过程中泥浆泵供给的泥浆液中的能量,直接驱动液动锤内的冲锤形成上下往复运动,并连续不断地对取样器施加一定频率的冲击载荷。其工作原理是泥浆液通过钻杆到达液动锤的上接头,经过上接头的喷嘴射入上阀体区,在上阀体区产生一低压区,诱使上阀体逆

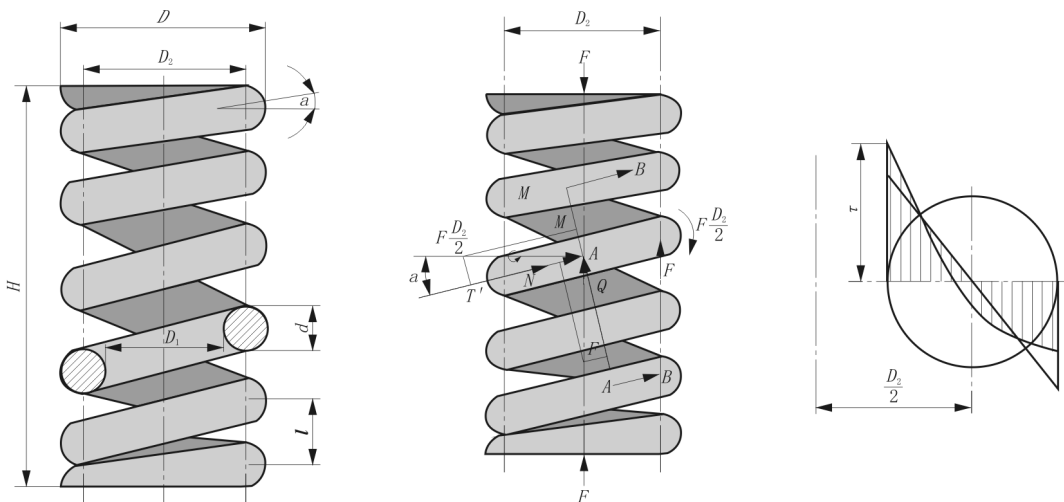


图 4 弹簧机构示意

流向上运动,而此泥浆液将继续通过外管区抵达重锤下腔形成高压,使重锤在其活塞面积差的作用下快速上行并与已经处于上限位的上阀接触,将高速流动的泥浆液流截断,从而产生水击,使原处于低压区的上阀体区变成高压区,下腔则成为低压区。此时重锤在惯性和高速畅流的泥浆液共同作用下继续

向下运动直至冲击传功座将冲击能量输出,这样成为一个工作周期,如此循环周而复始。具体结构参见图 5。

2 取样器的工作原理

取样器在取样作业时,钻杆不需要转动,首先

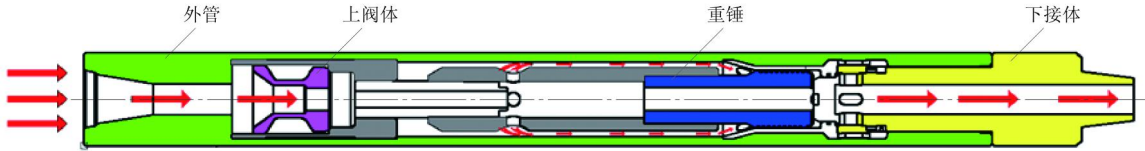


图 5 液动锤结构示意

利用绳索打捞器将取样器从孔口投下,启动泥浆泵,泥浆将持续流入钻杆中,此时单向球阀结构关闭,泥浆循环为闭环,取样器在密封结构的作用下,利用泥浆提供的压力推动取样器取样,当取样器遇到较硬的地层时(如半固结泥岩、砂岩),泥浆提供的压力(高于 10 MPa)不足以推动取样器取样时,弹簧开关结构将启动,单向球阀结构开启,泥浆流经液动锤,液动锤结构启动连续不断地对取样器施加一定频率的冲击载荷,在此载荷的作用下,取样器实现继续取样。当取样完成后,用打捞器将取样器打捞出来。

该海洋冲击伸缩绳索取样器可实现在软地层静压取样,较硬地层冲击锤击取样,这样既减小软土样品的扰动,又提高了取样器的取样效率。

3 海洋冲击伸缩绳索取样器的应用

为了验证海洋冲击伸缩绳索取样器结构设计的合理性,以及在海洋实际工作的可行性,2014 年 8

月 1 日搭载海洋石油 708 号深水工程勘察船,在中国南海荔湾海域北部陆坡 588 m 深水区进行了整机功能性试验。

本次海试选择地点水深 588 m、6 级风、涌浪 3 级,地层以淤泥、半固结泥岩、砂岩为主,完成孔深 10 m 全孔取心作业,取心率达 95% 以上,高效、高质量的完成了海上试验。图 6、图 7 为取上的岩心实物图。

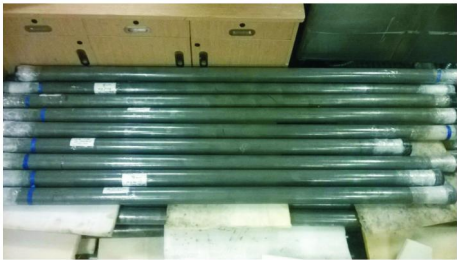


图 6 海洋冲击伸缩绳索取样器取心实物



图7 低扰动样品实物

4 结论

(1)海洋钻探中,提钻取心方式不适合海上作业,应该采取绳索取心(样)方式。

(2)海洋冲击伸缩绳索取样器独特的结构设计实现了在软沉积物地层静压取样、在硬沉积物地层液动锤击取样,取心率高,样品扰动小。

(3)在海试中发现设计的海洋冲击伸缩绳索取样器缓冲器能力不足,接下来将继续对缓冲器进行设计改进。

参考文献:

- [1] 补家武,鄢泰宁,昌志军.海底取样技术发展现状及工作原理概述——海底取样技术专题之一[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2001,(2):44-48.
- [2] 赵尔信,蔡家品,贾美玲,等.精细、原位、保真取样技术的进展[C]//第十三届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术研讨会论文集专辑.2005.
- [3] 鄢泰宁,等.浅析国外海底取样技术的现状及发展趋势[J].地质科技情报,2000,(2).
- [4] 秦华伟,陈鹰,顾临怡,等.海底沉积物取样的扰动机理研究[J].海洋学报,2007,29(2).
- [5] 何远信,夏柏如,赵尔信.环境科学钻探取样技术研究[J].现代地质,2005,19(3):471-474.
- [6] 秦华伟,陈鹰,顾临怡,等.海底沉积物保真采样技术研究进展[J].热带海洋学报,2009,28(4):42-48.
- [7] 王达,何远信等.地质钻探手册[M].湖南长沙:中南大学出版社,2014:486.
- [8] 刘广志.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991:423.
- [9] 段宝生,何繁,蒋卫焱,等.海底沉积地层保真取样钻具的设计及应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(2):12-14.
- [10] 赵尔信,周扬锐,蔡家品,等.南海深水取样海试的研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):141-144.
- [11] 朱亮,顾临怡,秦华伟.深海沉积物保真采样技术及应用[J].浙江大学学报(自然科学版),2005,39(7):1060-1063.

(上接第51页)

使用,系统软件界面简洁实用,报警系统设置合理,既满足了钻进参数的实时采集,为现场钻探人员优化钻进参数提供了依据,也实现了通过远程终端对钻探现场的实时指导及孔内异常工况的提前预报,不仅大大地提高了钻进效率,也有效减少了孔内事故的发生,保障了钻探现场的安全,减少了经济损失。该系统不仅可用于深部矿体勘探项目,同时也可应用于常规的钻探工程中,能够保证钻探的高效性、经济性和安全性,为数字化钻探技术的发展奠定了基础。

参考文献:

- [1] 王江萍,孟祥芹,鲍泽富.钻进参数实时监测与故障诊断技术[J].钻采工艺,2008,31(1):49-52,152.
- [2] 方俊.深孔全液压钻机钻探参数检测系统研制及其应用研究

- [D].湖北武汉,中国地质大学(武汉),2011.
- [3] 丁景祥,丁健.钻探参数数据智能采集系统的研制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(1):36-39.
- [4] 高杉,杜江,赵慷,等.基于HCDF-6型钻机钻进参数实时监测系统的设计[J].地质装备,2011,12(6):13-14.
- [5] 卢春华,张冰,鄢泰宁,等.CUG-2高精度钻参仪及其在深孔生产中的应用[J].工矿自动化,2011,(2):16-20.
- [6] 张义国,张丰春,刘振祥,等.ZCY系列钻进参数监测系统[J].煤田地质与勘探,2002,30(5):55-57.
- [7] 鄢泰宁,胡郁乐等.检测技术及钻井仪表[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,2009.
- [8] 张杰.孔内典型工况识别技术研究及其在高精度钻参仪中的实现[D].湖北武汉:中国地质大学,2009.
- [9] 邵春,张杰,鄢泰宁.一种基于全液压力头钻机的钻进参数检测方法[J].煤田地质与勘探,2011,39(3):77-80.
- [10] 王刚.钻井工程实时多参数监测控制系统[J].煤炭技术,2010,29(9):135-137.
- [11] 方俊,鄢泰宁,卢春华.钻参仪参数检测原理及传感器选型安装[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):1-5.