

海底沉积地层保真取样钻具的设计及应用

阮海龙¹, 沈立娜¹, 蒋卫焱², 王明田², 段宝生², 何 繁²

(1. 北京探矿工程研究所, 北京 100083; 2. 中海油田服务股份有限公司, 天津 300451)

摘要: 钻探取样技术作为海洋地质调查和资源勘探的主要方法, 在海洋探索领域占据着十分重要的地位。海底地层以松软沉积物为主, 常规钻探回转取样的方法极易破坏样品原状性, 且样品采取率低, 难以满足科学研究的要求。研制了一种以泥浆泵压驱动的沉积物保真取样钻具, 并结合绳索取心技术, 实现海底沉积地层保真取样。试验证明, 该海底沉积地层保真取样钻具取样成功率高、作业效率高, 所采取样品原位性、原状性好, 完全满足海洋地质和土工实验等对样品的严格要求。

关键词: 海洋钻探; 取样钻具; 随钻取样; 沉积物; 保真取样

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2013)02-0012-03

Design of Drilling Tool for Truth-preserving Sampling in Submarine Sedimentary Strata and the Application/ RUAN Hai-long¹, SHEN Li-na¹, JIANG Wei-yan², WANG Ming-tian², DUAN Bao-sheng², HE Fan² (1. Beijing Institute of Exploration Engineering, Beijing 100083, China; 2. China Oilfield Services Limited, Tianjin 300451, China)

Abstract: As a main method of marine geological survey and resource exploration, drilling sampling techniques occupy a very important position in the field of ocean exploration. Seabed strata is mainly of soft-sediment, the conventional drilling with rotary sampling would easily damage the original status of samples with low sampling rate, so it is difficult to meet the requirements of scientific research. A mud pump pressure driven truth-preserving sediment sampling drilling tool was developed with wire-line coring technology to achieve truth-preserving sampling in submarine sedimentary strata. The test proves that the sediment sampling truth-preserving drilling tool can meet the strict requirements to the samples for marine geological and geotechnical experiments with high success rate, high operating efficiency, samples in situ and good original states.

Key words: marine drilling; sample drilling tool; drilling with sampling; sediment; truth-preserving sampling

0 引言

海洋钻探取样是指以钻探作为基础方法, 针对海底地层进行连续或分段采样。目前钻探取样作为地层研究最为直接有效的方法, 通常用于海洋工程地质勘查、海洋环境科学考察和海底矿产油气资源勘探开发等作业。海洋钻探要求样品尽可能地保持海底原状, 即要求尽量避免扰动样品。而通常海底地层以淤泥、软土、半固结硬土、砂层等为主, 这些类型地层在受到外力或外界环境改变时, 其状态极易发生变化。

常规的取样方式主要采用回转取样, 即钻探设备带动钻杆及取样钻具回转, 从而切削地层并提取样品。这种方法主要适用于硬地层, 在松软地层条件下易造成样品的扰动、破损和脱落。因施工作业环境、地层特性等差异, 常规陆地钻探取样方法难以直接应用于海洋钻探取样作业。为此, 笔者研制了一种以泥浆泵压驱动的沉积物保真取样钻具, 采用

不回转压入式取样, 并结合绳索取心技术, 实现了高效、保真的海底地层取样作业。

1 海底沉积地层保真取样钻具的原理设计

压入式取样是指取样管在外力驱动下, 不回转而直接压入地层进行取样, 其工作方式主要有机械加压和液压驱动 2 种。采用机械加压的钻具, 其工作原理是通过锤击、震动等方式对钻杆进行驱动, 钻杆再向取样钻具传递压力, 使取样管压入地层进行取样。这种方法容易造成钻杆的弯曲甚至折断等现象, 同时由于能量传递损耗的问题, 使其仅能应用于浅层取样, 使用范围受到很大限制。我们研制的海底沉积地层保真取样钻具以泥浆泵压为动力源, 通过剪切密封机构使泵压达到设计压力时驱动取样管以高速压入地层, 取样管与外管总成实现单动, 防止在取样过程中振动样品, 从而提高取样质量。同时利用绳索打捞机构进行取样管的投放与打捞, 大幅

收稿日期: 2012-08-26; 修回日期: 2013-02-19

基金项目: 中国地质调查局地质矿产调查评价专项工作项目“海洋地质调查钻探取样器具及工艺研究”(1212011120249)

作者简介: 阮海龙(1984-), 男(汉族), 浙江台州人, 北京探矿工程研究所工程师, 勘查技术与工程专业, 从事金刚石钻头、钻具、钻进工艺的优化设计工作, 北京市房山区良乡工业开发区二期, dbksda@163.com。

提高钻探取样的效率。

2 海底沉积地层保真取样钻具的理论设计

取样管在高速压入地层的同时,受到地层的阻力主要包含端面阻力和摩擦阻力(图1),依据砂土层的不排水抗剪强度和摩擦阻力计算所需泥浆泵的工作压力。

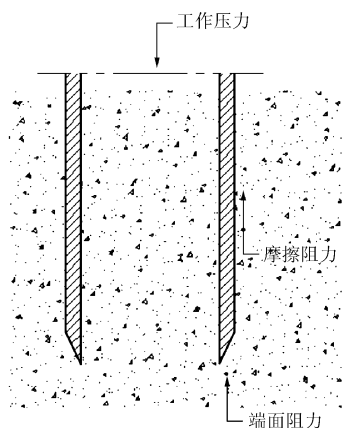


图1 取样管受力简图

2.1 端面阻力计算

$$P_1 = \delta A$$

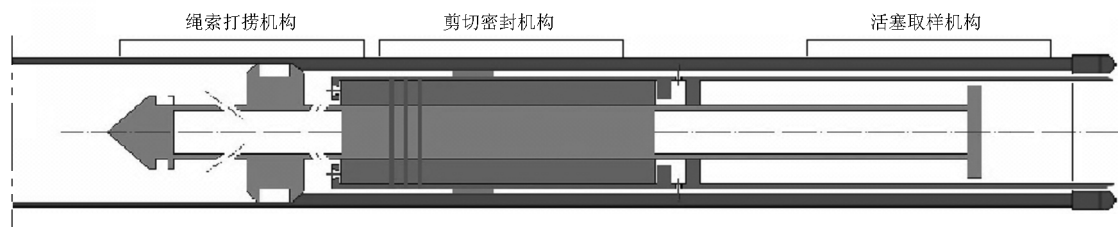


图2 海底沉积地层保真取样钻具结构示意图

3.1 绳索打捞机构

由于海洋钻探取样要求作业高效、便捷,且不能提钻取样(因提钻后难以重返井眼),因此,设计采用绳索取心的方式投放或打捞取样管。

3.2 剪切密封机构

该机构的作用是使用密封件将泥浆泵压力转化为内管下行驱动力,通过剪切销钉来控制工作压力的大小。在取样时将取样管总成投入钻杆中,并开动泥浆泵;由于密封作用,钻杆内泵压不断升高;在泥浆泵压力达到或超过剪切销钉的抗剪强度时,销钉被剪断;工作压力转化为驱动力,来推动内管下行并压入地层取样。本文实例中3 MPa的工作压力,可使用1根 $\varnothing 6$ mm的Q235钢圆柱销。

3.3 活塞取样机构

活塞取样机构主要包含取样管及活塞2部分,在取样管压入地层后,通过活塞封住取样管上端,形

式中: P_1 ——取样管压入地层受到的端面阻力; δ ——不排水抗剪强度; A ——取样管截面积。

2.2 摩擦阻力计算压力

地层对取样器的压力是随着深度的增加而不断增大的,摩擦力与正压力成正比,因此土层对取样器的摩擦力也是随着深度的增加而增大的。

根据库仑定律可得:

$$P_2 = (1/2) \mu \pi d_1 \gamma s^2 \text{tg}[45^\circ + (\varphi/2)]$$

式中: μ ——地层与取样管的摩擦系数; d_1 ——取样器的外径; γ ——地层的密度; φ ——土层有效内摩擦角; s ——取样管压入地层深度。

本设计实例为取样管外径 $\varnothing 89$ mm,取样直径 $\varnothing 62$ mm。根据常规海底地层类型及取样钻具工作原理,以硬质粘土为例,考虑地层抗剪强度、取样管压入时的端面阻力、摩擦阻力等因素,计算得出取1 m长地层样品时取样管工作压力约为10 kN,换算为泥浆泵工作压力约为3 MPa。

3 海底沉积地层保真取样钻具的结构设计

如图2所示,设计的海底沉积地层保真取样钻具,主要含3个功能机构。

成密封倒吸作用,阻止取样管内样品掉落。

4 海底沉积地层保真取样钻具的关键技术

海底沉积地层保真取样钻具的工作原理为使用泥浆泵压力转化为取样管压入地层取样驱动力,保证其取样成功的关键技术有以下几点。

4.1 密封机构设计及密封性能

本文实例中 $\varnothing 89$ mm的取样管经过理论计算,在取2 m长坚硬半固结土砂地层时,要求泥浆泵工作压力最高可达到20 MPa。设计采用V形密封,使用聚胺脂材质高效密封垫(图3),通过精密加工与其配合的密封元件,理论密封性能可达35 MPa以上,完全满足本钻具使用要求。

4.2 销钉剪切机构设计

本钻具工作驱动力来源于泥浆泵压力,通过调节此压力可使取样管适应于不同类型地层及不同长



图3 设计研制的高性能V形密封组件

度样品的采取。工作压力过大或过小均可导致取样失败,并且造成钻具损坏。为此,设计的销钉剪切机构(图4),设计3组剪切单元,剪切元件采用高韧性硬质合金,销钉使用Q235钢、45钢等不同材质圆柱销。通过单独使用或搭配使用,来达到设定不同工作压力的目的,并且具有较高的使用寿命。

5 海底沉积地层保真取样钻具的应用概况

2012年4月6~13日,我们研制的海底沉积地



图5 海底沉积地层保真取样钻具取得的原状海底地层样品

6 结论

(1)绳索取心技术应用于海洋钻探,避免作业效率低、难以重返井眼等施工难题,实现高效取样。

(2)针对海底沉积地层,将常规回转取样改为压入取样,减少样品扰动,实现高保真取样。

(3)通过高性能密封机构和剪切机构的设计,根据不同海底地层类型及取样要求设置相适应工作压力,实现精准取样。

(4)研制的海底沉积地层保真取样钻具,打破了国外技术垄断,标志着我国海洋地质及资源勘查取样技术迈上了新台阶,为我国海洋地质资源研究开发提供了强有力的技术支撑。

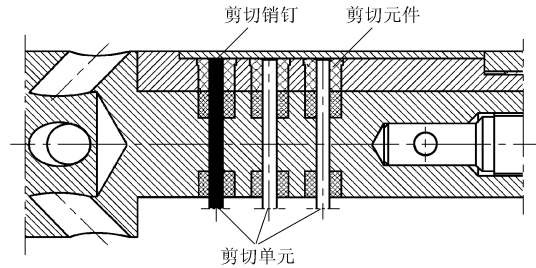


图4 销钉剪切机构示意图

层保真取样钻具搭载海洋石油708号深水工程勘察船,在中国南海番禺区块水深约200m、6级风、涌浪3m的条件下,高效率、高质量地完成了孔深10m(PY34-1-PL10-BH)全孔取样作业和孔深300m(PY34-1-CEP-BH)分段取样作业,一举打破了我国海洋钻探船钻孔深度、取样深度2项纪录。

试验证明,海底沉积地层保真取样钻具取样成功率高、作业效率高,所采取样品(见图5)原位性、原状性好、保真性强,完全满足海洋地质和土工实验对样品的严格要求。

参考文献:

- [1] 赵尔信,蔡家品,贾美玲,等.海洋深水钻探船及取样技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(S1).
- [2] 刘广志.金刚石钻探手册[M].北京:地质出版社,1991.
- [3] 赵尔信,蔡家品,贾美玲,等.精细、原位、保真取样技术的进展[A].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[C].2005.
- [4] 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,(3).
- [5] 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).
- [6] 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).