

海洋自适应伸缩绳索取心钻探工艺研究及应用

殷国乐^{1,2,3}, 齐立强^{1,2,3}, 王林清^{1,2,3*}, 秦如雷^{1,2,3}, 马汉臣^{1,2,3}

- 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北廊坊 065000;
- 中国地质学会自动化智能化钻探装备创新基地, 河北廊坊 065000;
- 中国地质调查局深部探测钻探装备技术创新中心, 河北廊坊 065000)

摘要: 海洋取心钻探遇软硬交互地层时, 往往采取提钻更换相匹配的取心钻具来应对不同硬度的地层。海上作业成本高, 频繁起下更换钻具耗时长, 面对软硬交互地层工况, 研发了自适应伸缩绳索取心钻探工艺。钻遇绵软地层时, 内管超前伸出, 由内管安装的钻头进行取心钻进; 钻遇坚硬地层时, 内管在地层对钻压的反力下会压缩其内部的弹簧从而回缩到钻具外总成当中, 由外总成钻头进行取心钻进, 在压缩弹簧的调解下, 可根据地层硬度的变化自动调整取心钻进方式。通过工程应用检测, 使用该工艺平均岩心采取率高, 达到了保证取心质量、延长内管钻头工作寿命的目的, 提高了作业效率和安全性, 为海洋工程勘察提供了借鉴。

关键词: 海洋钻探; 绳索取心; 软硬互层; 自适应伸缩; 工程勘察

中图分类号: P634.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2024)S1-0138-05

Research and application of ocean adaptive telescopic rope core drilling technology

YIN Guoyue^{1,2,3}, QI Liqiang^{1,2,3}, WANG Linqing^{1,2,3*}, QIN Rulei^{1,2,3}, MA Hanchen^{1,2,3}

- Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China;
- Innovation Base for Automatic and Intelligent Drilling Equipment, Geological Society of China, Langfang Hebei 065000, China;
- Technology Innovation Center for Deep Exploration Drilling Equipment, CGS, Langfang Hebei 065000, China)

Abstract: When marine coring drilling encounters soft hard interaction formations, it is often necessary to lift the drill and replace it with a matching coring tool to cope with formations of different hardness. The cost of offshore operations is high, and frequent replacement of drilling tools takes a long time. Faced with the interaction of soft and hard geological conditions, an adaptive telescopic rope coring drilling technology has been designed. When encountering soft formations during drilling, the inner pipe extends ahead and the drill bit installed on the inner pipe performs coring drilling; When encountering hard formations, the inner tube will compress its internal spring under the reaction force of the formation on the drilling pressure, and then retract into the outer assembly of the drilling tool. The core drilling is carried out by the outer assembly drill bit, and under the adjustment of the compression spring, the core drilling method can be automatically adjusted according to the change in formation hardness. Through engineering application testing, the average core recovery rate of this process is high, achieving the goal of ensuring core quality and extending the working life of the inner pipe drill bit, improving operational efficiency and safety, and providing certain reference significance for marine engineering investigation.

Key words: ocean drilling; wire-line coring; soft and hard strata; self-adaptive expand and contract; engineering investigation

收稿日期: 2024-07-30 DOI: 10.12143/j.ztgc.2024.S1.020

基金项目: 工业和信息化部高技术船舶科研项目“天然气水合物钻采船(大洋钻探船)总装建造关键技术研究”(编号: CJ05N20)

第一作者: 殷国乐, 男, 汉族, 1991年生, 从事钻探设备及器具设计研发工作, 河北省廊坊市广阳区金光道77号, yguole@mail.cgs.gov.cn。

通信作者: 王林清, 男, 汉族, 1993年生, 地质工程专业, 硕士, 主要从事钻探新技术、新设备、新工艺的研发工作, 河北省廊坊市广阳区金光道77号, wanglinqingmail@163.com。

引用格式: 殷国乐, 齐立强, 王林清, 等. 海洋自适应伸缩绳索取心钻探工艺研究及应用[J]. 钻探工程, 2024, 51(S1): 138-142.

YIN Guoyue, QI Liqiang, WANG Linqing, et al. Research and application of ocean adaptive telescopic rope core drilling technology [J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1): 138-142.

0 引言

钻探取心是获取海洋地质信息最直接有效的手段,常规的提钻取心工艺在浅海应用广泛,随着水深的增加,提钻取心的劣势逐渐暴露出来。浅水区波浪相对平稳,钻探取心对钻采船及钻机的要求相对较低,深水区波浪较大,除了对船和钻机提出更高的要求外,对司钻也是一种挑战。而且深水钻探在更换钻具时,面临钻头重入钻孔问题,在无隔水管的条件下钻具重入难度较高。海上作业成本高,钻探风险大,如何高效安全的取出岩心成为海洋钻探最为关注的问题。而绳索取心工艺以其稳定性、便捷性及安全性逐渐取代提钻取心,成为海洋钻探主流钻探取心工艺^[1-3]。

绳索取心工艺由于其不需要频繁起钻的工艺特性,不仅应用于浅海钻探,在深海取心钻探中也使用广泛,深海钻探计划(DSDP)、大洋钻探计划(ODP)以及综合大洋钻探(IODP)均使用了绳索取心钻探工艺^[4-6]。随着绳索取心钻探工艺的应用和发展,针对不同地层及钻探条件,逐渐拓展为常规回转取心、活塞取心、保压取心等多种取心工艺^[7-11]。

海洋绳索取心钻探浅表海底地层多为淤泥、粘土等软弱地层,常采用适用于较软地层的绳索取心钻具,如活塞取心钻具、超前取心钻具等等。面对较硬地层时则使用常规取心钻具、液动冲击取心钻具等。其中针对软硬交互地层条件,研发了自适应伸缩绳索取心工艺。

1 自适应伸缩绳索取心工艺

海洋钻探时,经常面临软硬程度不同的地层结构反复出现的情况,表现为地层不规则的变化。例如一层较软的粘土、粉砂之下,出现较硬的砾石层、含砾砂层,随着深度的变化可能再次出现粘土、粉砂地层。针对此种软硬互层地层在钻孔取心作业时,如果使用普通的绳索取心钻具(图1),由于内管的卡簧座在钻头以上位置,钻井液对粘土、粉砂等较软地层冲蚀较严重,影响取心质量。而如果使用内管超前的绳索取心钻具(图2)钻进时,由于钻井液冲洗不到内管钻头位置,当遇到砾石层、含砾砂层等较硬地层时,又容易发生内管钻头岩心堵塞、烧钻等问题。

针对此种工况,研发了自适应伸缩绳索取心工

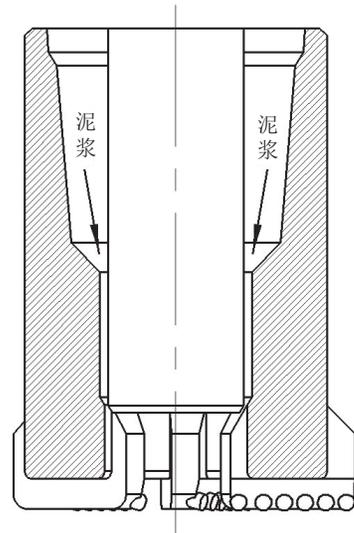


图1 常规绳索取心钻井液冲蚀示意

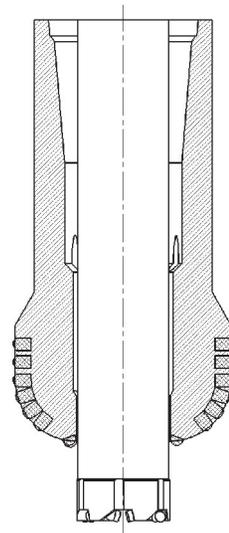


图2 超前取心钻具内管超前示意

艺。该工艺在面对绵软地层时,内管超前伸出,由内管安装的钻头进行取心钻进;钻遇坚硬地层时,内管在地层对钻压的反力下会压缩其内部的弹簧从而回缩到钻具外总成当中,由外总成钻头进行取心钻进。再次遇到绵软地层内管会再次伸出,如此软硬地层交替出现,内管在钻压和弹簧的相互作用下会伸出和缩回,以此来适应不同硬度的地层。此工艺可避免面对软硬不同地层时频繁更换钻具,可根据地层结构的变化自动调整取心钻进方式,达到保证取心质量、延长内管钻头工作寿命的目的,提高作业效率和安全性。

2 自适应伸缩绳索取心钻具结构

自适应伸缩绳索取心钻具结构与常规绳索取心钻具结构相比,最大的区别在于前者设计有压缩弹簧来调节内管伸缩量。以中国地质科学院勘探技术研究所研发的自适应伸缩绳索取心钻具结构为例,具体结构如下:

与常规绳索取心钻具总体结构一致,设有外管总成和内管总成。外管总成连接在钻柱下方,包括由上至下依次装配的弹卡挡头、弹卡室、座环、外管和钻头;内管总成通过绳索打捞器投放于外管总成内,包括由上至下依次装配的捞矛头、弹卡、悬挂环、传扭装置、内管和内管钻头。内管总成中的悬挂环搭载于外管总成的座环上,内管总成中的弹卡张开后卡接在外管总成的弹卡室内。外管总成通过弹卡挡头推动内管总成中弹卡为内管总成提供回转动力,再通过传扭轴与传扭套配合驱动内管钻头旋转。在悬挂环和传扭装置之间设置有压缩弹簧,在内管装有钻头一端不受力的情况下,压缩弹簧也处于压缩状态,保证内管钻头端在不受力的情

况下处于超前伸出(相对于外管总成)状态。传扭装置通过花键配合实现扭矩传递,并在传扭装置下端设置用于限定下限位置的锁止螺母。内管与内管钻头连接部位设置卡簧,用以拦住岩心不在重力作用下掉出。

这套钻具的核心部件是内管总成的悬挂环和传扭装置之间设置的压缩弹簧,当地层软硬情况发生变化时,可通过压缩弹簧自动控制内管钻头伸出的长度。地层较软时,内管钻头超前外管总成中钻头的长度较长(图3),此时内管钻头不受钻井液冲洗,可有效保护岩心。在地层变硬后,压缩弹簧被压缩,内管缩回至与外管总成钻头齐平(图4),此时内管钻头受到钻井液的冲洗,可有效冷却内管钻头以防止出现烧钻现象。由此可见,不仅保证了软弱地层岩心不受冲刷,也避免了在砂层、含砾砂层等较硬地层中发生岩心堵塞和内管钻头烧钻事故,从而达到了保证取心质量、延长内管钻头工作寿命的目的。

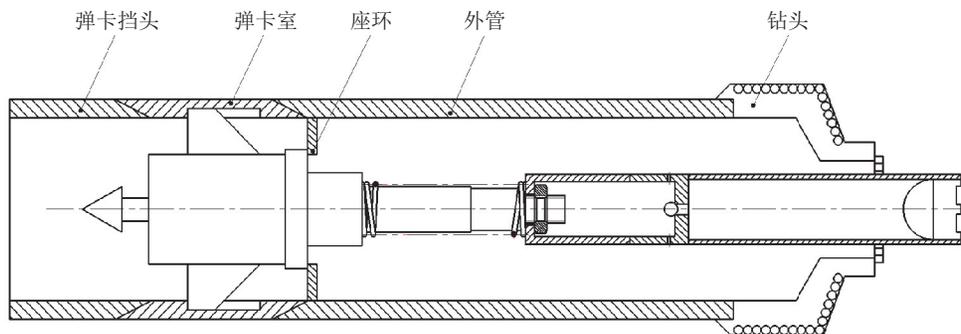


图3 自然状态内管伸出

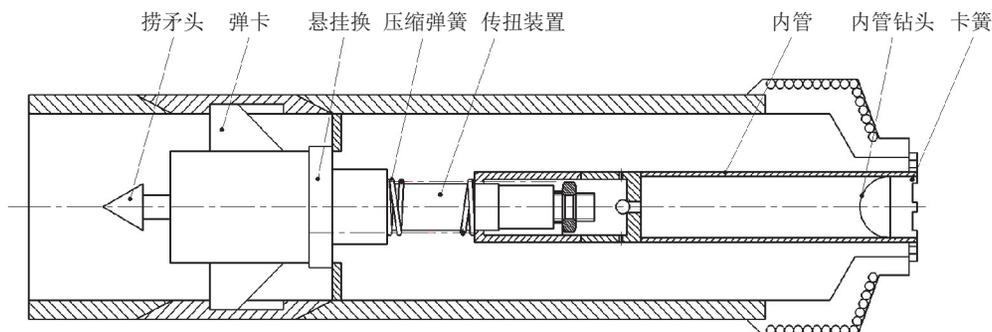


图4 压缩状态内管缩回

3 工程应用

2023年5月,自适应伸缩绳索取心钻具搭载钻

探船在中国某海域深度约1750 m位置进行取心钻探(图5、图6)。本次使用的自适应伸缩绳索取心钻

具外总成直径178 mm,内通径100 mm,长度10000 mm,外总成带 $\varnothing 216$ mm PDC钻头,内总成长度6615 mm,带 $\varnothing 93$ mm PDC切削内钻头。详细参数如表1所示。



图5 钻具外总成

本次工程勘察分为多个站位,其中在W08及W19两个站位使用了自适应伸缩绳索取心钻探工艺。W08站位开孔水深1751 m,终孔深度153.5 m,采用此工艺取心钻进71.5 m,获得岩心65.1 m;W19站位开孔水深1758 m,终孔深度164 m,采用此工艺



图6 钻具内总成

取心钻进13.3 m,获得岩心10.9 m。共使用此工艺取心钻进84.8 m,获得岩心76 m(详见表2)。

通过取得的岩心判断钻遇地层包含淤泥层、粘土层及砂层等各种地层,证明自适应伸缩绳索取心钻具及工艺设计合理,在软硬地层交替出现的钻进条件下使用良好,可高效安全的取得岩心。综合岩心采取率达到89.62%,高于常规取心钻具在此种钻进条件下的岩心采取率,满足甲方海洋工程勘察技术要求。取心情况如图7所示。

表1 自适应绳索取心钻具参数

内钻具名称	适应地层	取心钻头外径/内径/mm	PC管外径/内径/mm	回次最大进尺长度/mm
伸缩式回转取心工具	软硬交错的互层地层	93/58	65/60	3800

表2 各站位取心统计

钻井站位	取心回次数	总进尺/m	岩心/m	岩心采取率/%
W08	21	71.5	65.1	91
W19	5	13.3	10.9	81.95
合计	25	84.8	76	89.62

通过实际工程应用及以往取心经验,总结本套工艺尚有以下问题需要注意:该钻具达到自适应地层关键在于压缩弹簧的刚度设计,如何掌握其弹簧刚度决定了内管在不同地层回缩的程度,也直接决定了岩心获取质量。需要提前了解不同地层的硬度,来反向设计压缩弹簧,这就要求钻井前收集附近海域钻井资料,了解该海域附近地层信息,掌握

地层硬度信息来提前设计或者选配合适刚度的压缩弹簧。此外,由于压缩弹簧的压缩力是通过内管钻头与地层接触而来,要求钻采船钻机必须配有深沉补偿装置,或加装伸缩短节来保证取心钻进时内管钻头与地层的充分接触,同时要控制钻进压力,保证反力平稳通过内管传达至压缩弹簧处。

4 结论

(1)海洋自适应伸缩绳索取心钻进工艺通过内管钻头与地层的接触,压缩弹簧调节内管超前伸出的距离与位置,可自适应软硬交互的地层,完整高效采取岩心。

(2)该套钻具外总成与常规绳索取心钻具外总



图7 获取的岩心

成一致,实际应用时可与其他类型绳索取心钻具共同使用同一套外总成,仅需更换内总成。避免频繁起下钻具,极大节省了作业时间,提高了作业效率。

(3)该套钻具适用地层类型广泛,可用于泥层、粘土层、砂层等多数地层,但需要提前设计匹配相应刚度的压缩弹簧用以适应大多数钻遇地层。

参考文献:

- [1] 刘协鲁,阮海龙,陈云龙,等.国内常规海洋地质钻探取心技术进展[J].钻探工程,2021,48(3):113-117.
- [2] 陆建国.回转绳索取心工艺在海洋第四系地层钻探中的应用[J].海洋石油,2021,41(4):101-106.
- [3] 马汉臣,王嘉瑞,刘凡柏,等.浅海活塞压入取心工艺研究[J].钻探工程,2023,50(S1):375-379.
- [4] 胡畔,李伟成,陈立,等.国外海洋钻井绳索取心新技术[J].钻探工程,2009,32(6):27-30,141.
- [5] 胡海良,唐海雄,罗俊丰,等.深水天然气水合物钻井及取心技术[J].石油钻采工艺,2009,31(1):27-30.
- [6] 白玉湖,李清平.天然气水合物取样技术及装置进展[J].石油钻探技术,2010,38(6):116-123.
- [7] 舒智宏.全封闭自适应绳索取心钻具研制[D].成都:成都理工大学,2021.
- [8] 阮海龙.海洋地质调查压入活塞取样钻具研制[D].北京:中国地质大学(北京),2017.
- [9] 赵义,梁涛,刘海龙,等.海洋冲击伸缩绳索取样器的研制与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):52-55.
- [10] 谭春亮,岳永东,渠洪杰,等.内管超前绳索取心技术在松散沉积物调查中的应用[J].钻探工程,2021,48(8):47-52.
- [11] 阮海龙,陈云龙,蔡家品,等.南海超深水钻探取样钻具优化及应用[J].中国海上油气,2017,29(1):105-109.

(编辑 荐华)