

浅海伸缩套管钻探工艺研究

王林清^{1,2}, 马汉臣¹, 许本冲^{1,2}, 殷国乐¹, 陈浩文¹, 秦如雷¹, 卢秋平³

(1. 中国地质科学院勘探技术研究所, 河北 廊坊 065000; 2. 廊坊聚力勘探科技有限公司, 河北 廊坊 065000;
3. 中国地质调查局广州海洋地质调查局, 广东 广州 517000)

摘要: 浅海取心钻探中钻遇易坍塌地层时, 需要下放套管封隔地层, 保证泥浆循环, 换径继续钻进。现有常规下套管方法为使用带有钻台层甲板和套管层甲板的钻井船进行下放套管作业, 部分无套管层甲板钻井船在遇到必须下套管的工况时, 需临时搭建套管层平台进行下放套管作业, 但受钻机和钻具体积及质量的限制。为解决无套管层甲板的钻井船在海洋钻探取心时需要下入套管的难题, 设计了一种海洋钻探下入多层套管的工艺方法, 利用可伸缩套管及相关设备, 在海底井口与小型钻井船之间建立泥浆上返通道, 封隔不稳定地层, 实现泥浆回收循环及钻具升沉补偿。在钻井过程中, 伸缩套管还可以起到导向定位的作用, 防止潮差水流流速变化影响钻具下入, 为浅海钻井节省时间和成本。

关键词: 浅海钻探; 伸缩套管; 泥浆循环; 升沉补偿; 钻探工艺

中图分类号: P634 **文献标识码:** A **文章编号:** 2096-9686(2021)07-0040-06

Research on shallow sea drilling technology with telescopic casing

WANG Linqing^{1,2}, MA Hanchen¹, XU Benchong^{1,2}, YIN Guoyue¹, CHEN Haowen¹, QIN Rulei¹, LU Qiuping³

(1. Institute of Exploration Techniques, CAGS, Langfang Hebei 065000, China;

2. Langfang Juli Exploration Technology Co., Ltd., Langfang Hebei 065000, China;

3. Guangzhou Marine Geological Survey, CGS, Guangzhou Guangdong 517000, China)

Abstract: When drilling into a stratum that is prone to collapse in shallow sea coring drilling, it is necessary to install casing to seal the stratum to ensure mud circulation and to continue drilling at smaller diameter. The conventional casing installation method is used to install casing from the drilling ship with both the drill floor platform deck and the casing platform deck; while for the drilling ships without the casing platform deck, it needs to be temporarily installed if casing must be installed. But installation of the casing platform is limited by the volume and mass of the drill rig and drill string. In order to solve the problem of installing casing in offshore drilling and coring with drilling ships without casing platform decks, a casing running process for installing multi-tier casing in offshore drilling is designed, where telescopic casing and related equipment is used to establish a mud return channel from the subsea wellhead to the small drilling ship to isolate unstable formations, and realize mud recycling and drilling heave compensation. In the drilling process, the telescopic casing can also provide guiding and positioning to prevent the drilling tool from influence of changes in tidal current flow speeds, saving time and cost for shallow sea drilling.

Key words: shallow sea drilling; telescopic casing; mud circulation; heave compensation; drilling technology

收稿日期: 2020-09-05; 修回日期: 2021-03-10 DOI: 10.12143/j.ztgc.2021.07.007

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“深海钻探技术与工程支撑(中国地质科学院勘探技术研究所)”(编号: DD20190585); 中国地质科学院勘探技术研究所科技项目“伸缩套管及配套工具研制”(编号: YB202010)

作者简介: 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, 河北省廊坊市金光道77号, wanglinqingmail@163.com。

引用格式: 王林清, 马汉臣, 许本冲, 等. 浅海伸缩套管钻探工艺研究[J]. 钻探工程, 2021, 48(7): 40-45.

WANG Linqing, MA Hanchen, XU Benchong, et al. Research on shallow sea drilling technology with telescopic casing[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(7): 40-45.

0 引言

近年来,我国海洋开发力度逐渐加大^[1-2],港口、码头、航道、滨海机场等海岸工程和近海工程的浅海地质勘查工作需求也日益增多。与浅海钻井相关的海洋矿业和海洋电力业的增加值都在平稳增长,浅海钻探业务需求持续增加^[3-5]。

相较于深海钻井,浅海钻井受关注程度较低,钻探设备和工艺方法发展较为缓慢。我国海上基础设施建设和风电资源开发多集中在海岸带或近海区域,随着海洋开发力度的加大和生态环境保护意识的提高,浅海钻井对钻探设备和工艺方法也提出了更高的要求^[6-10]。如何提高作业效率和经济实用性是浅海钻井有关钻井工艺和设备器具的研究方向。

目前浅海钻井常见作业为浅海地质调查或海洋工程地质勘查。而各勘察单位作业设备和作业能力参差不齐,许多钻探船为普通运输船改造而来,不配备隔水管、海底泵等能够建立泥浆循环的大型水下设备^[11-18],常采用套管作为隔离海水循环泥浆的通道。钻井船作业时漂浮在海面上,通过锚泊定位,可以在一定范围内限制船身的水平位移,而垂直方向受海浪和潮汐的影响,钻井船相对于海底泥面就会有相对运动,进而带动套管受轴向载荷产生形变,导致钻井事故的发生。需建立泥浆循环系统和钻井升降补偿系统来保证钻井工程的安全进行,钻遇复杂地层,易坍塌、工况不稳定,对浅海钻探新工艺的需求更为迫切^[19-25]。

1 传统浅海钻探工艺

1.1 现有浅海作业工艺

浅海海洋取心钻探中钻遇易坍塌地层时,需要下放套管封隔该段地层,保证泥浆循环,然后换径继续钻进。现有常规方法为使用带有钻台层甲板和套管层甲板的钻井船进行下放套管作业。套管层甲板位于钻台层甲板下部。钻至需要下放套管钻井深度后,下放套管,套管上部用套管夹或其他悬挂工具固定,悬挂在套管层甲板上,使其可以随海浪上下活动,并随着潮汐加接或卸掉部分套管,使套管头始终保持在套管层甲板与钻台层甲板之间。如果有需要下放多层套管,则其他层套管也如此处理。这种方法要求必须有钻台层甲板和套管层甲板,且两层之间高度满足套管随海浪起伏运动的高度要求。

1.2 现有作业工艺局限性

这种双层甲板下放套管的方法(见图1),需要钻井船钻机下方从上至下依次有钻台甲板及套管层甲板两层甲板,如果钻井船没有设计套管层甲板,则套管无合适安放方法。采用这种方法下放套管需随时关注套管头随海浪起伏的高度是否超出两层甲板限制,并依实际情况加接或者拆装部分套管。在拆卸套管过程中,人员在两层甲板间的空间操作上下活动中的套管,有很大的误操作风险,加之风浪影响,人员容易受伤,且对操作人员提出较高的能力要求。

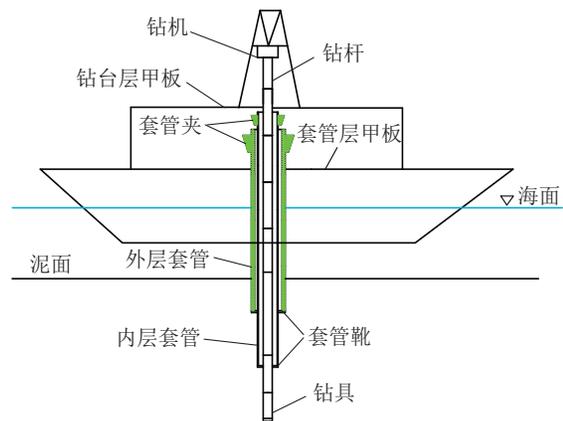


图1 现有浅海取心钻探中下入套管的方法

Fig.1 Existing casing running method in shallow sea core drilling

除此以外,部分无套管层甲板钻井船在遇到必须下套管的工况时,需临时搭建套管层平台,如部分由拖船类改造而来的船只,在船艏或者舷侧搭设钻机。小排量钻井船因其钻机功率限制,钻机体积小,下的套管尺寸也相应较小,质量较轻,对套管层平台要求不高,相对比较容易实现;而大排量钻井船钻机功率大,钻机体积也大,钻孔深度一般较深,需下放大直径套管,质量大,对套管层平台要求高,很难实现临时搭建。

2 无套管层甲板的浅海钻探工艺

2.1 工艺思路

为解决无套管层甲板的钻井船在海洋钻探取心时需要下入套管的难题,特设计了一种海洋钻探中下入多层套管的工艺方法(见图2)。在需要下入的外层套管串的泥面以上位置加装一根伸缩套管,在

伸缩套管以下位置安装一个内层套管悬挂短节。伸缩套管可以拉伸和压缩,可传递扭矩并可密封钻井液。而且伸缩套管可以补偿海浪引起的钻井船升降,使伸缩套管以下的套管串下部固定于地层内,而伸缩套管以上的套管串则与钻台层甲板相对固定。内层套管则下入到外层套管内,并利用内层套管投放接头悬挂在内层套管悬挂短节上,内层套管则可相对地层保持固定。

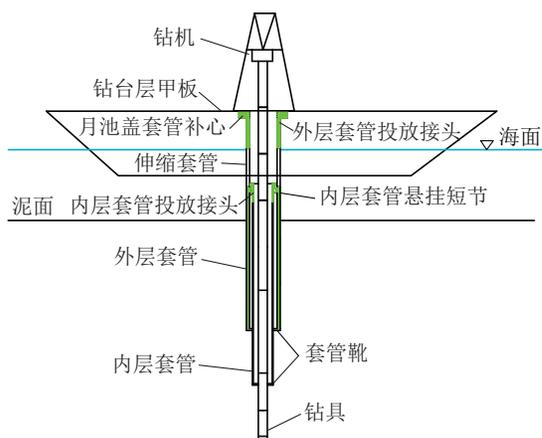


图2 下入两层套管的伸缩套管工艺方法示意

Fig.2 Schematic diagram of the telescopic casing process for running two tiers of casing

2.2 操作流程

当钻进到需要下放套管的层位后,下放外层套管串:从下到上按照套管靴+外层套管+内层套管悬挂短节+伸缩套管+外层套管+转换接头+钻机的顺序连接套管串;在钻机驱动下进行扫孔及下放外层套管串,当外层套管钻进到预定下放位置后停止,同时记录用于悬挂内层套管的悬挂短节在管串中的位置。悬挂短节是悬挂内层套管的接头,记录其位置即可知悉内层套管下入后固定的位置。记录方法为记录整个外层套管串中套管单根长度、数量、下入顺序,从而推算出甲板面下入多长距离为该悬挂短节。

将外层套管串用夹持器固定于下放孔处,卸掉套管串上的转换接头并更换为用于连接外层套管的投放接头,再用钻机上的外层套管投放器提起投放接头及外层套管串并下放至月池盖套管补心内,完成后钻机驱动钻具继续在套管内钻进;投放器和投放接头配合使用,投放器的定位凸起(或螺栓)卡接于投放接头的凹槽内,下放到底后可以回转并提出

投放器。

当钻进至下一个需要下套管的层位后,提出钻具,进行内层套管串的连接、扫孔和下放,内层套管钻进到预定位置后停止;内层套管串包括由下至上依次连接套管靴+内层套管+转换接头+钻机。

上提内层套管串并使用夹持器固定于下放孔处,根据外层套管串中下放内层套管的悬挂短节的位置,计算出所需内层套管串的长度及内层套管的投放接头位置,对多余的内层套管串进行拆装,连接套管投放接头,并由钻机连接内层套管投放器投放到投放接头位置,再回收内层套管投放器。

内层套管投放到预定位置后,可换径进行下一开次钻进。预定位置指悬挂短节所在的位置,下放到预定位置即内层套管的投放接头已经接触外层套管的悬挂短节,下放到位后套管悬重指示下降。当继续钻进遇到复杂地层,仍需下放套管封隔地层时,重复以上步骤下放第三层内套管。钻井结束后,需打捞出下放的内层套管时,使用可退式捞矛进行打捞,外层套管打捞时,可在下放孔处用套管投放器进行打捞。

各级套管尺寸有已经成型的序列,按直径从大到小依次排列,比如178 mm—140 mm—108 mm等,一般依次选小一级的套管,特殊情况下会选择跨一级的套管。

2.3 新工艺优势

新工艺相对于现有技术取得了以下技术效果:

(1)该工艺方法解决了没有套管层甲板的钻井船在海洋钻探取心时需要下入套管的难题,且适用于各种排量钻井船,只需按直径配套伸缩套管和各级套管即可,扩大了钻井船的应用范围。

(2)该工艺方法设计了伸缩套管用于海洋钻探中套管的下入。伸缩套管可拉伸和压缩,可传递扭矩,可密封钻井液。

(3)该工艺方法设计了多层套管的下入方法,可满足复杂地层的使用要求。

(4)该工艺方法设计了配套的套管投放器、套管投放接头等。

(5)制造成本低,远低于搭建临时套管层平台,可推广。

3 工艺配套设备

3.1 可伸缩套管

3.1.1 可伸缩套管原理及使用

无套管层甲板的海洋钻探工艺最重要、最关键的设备是可伸缩套管。配套可伸缩套管的目的是解决现有前海钻探技术存在的升沉补偿问题,使套管实现伸缩,避免套管因轴向载荷产生形变。

可伸缩套管(见图3)包括内套筒和外套筒,内套筒套设于外套筒内,内套筒的上端与上接头螺纹连接,上接头用于连接套管悬挂器,外套筒的下端与下接头螺纹连接,下接头用于连接相邻的套管,内套筒和外套筒的上端为插接,下端为限位滑动连接。

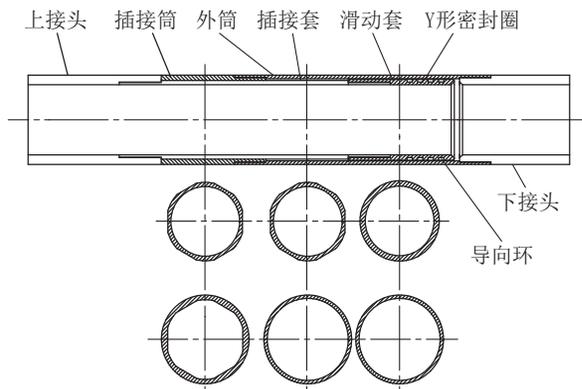


图3 可伸缩套管简图

Fig.3 Schematic diagram of telescopic casing

内套筒包括螺纹连接的滑动套和插接套,滑动套设置于外套筒下端的滑动槽内,插接套插接于外套筒上端的插接段内。滑动套、插接套、上接头和下接头的内径均相等,滑动套的外径大于插接套的外径,滑动套的下端面与下接头的上端面留有一定的间隙。

外套筒包括螺纹连接的外筒和插接筒,外筒的下端与下接头螺纹连接,外筒与滑动套相匹配,插接筒与插接套相匹配。滑动套与外筒之间设置有密封圈,滑动套上设置有3个Y形密封圈和一个导向环,保障套管的密封性可靠,且更换方便;插接筒与插接套为六边形插接,便于安装和拆卸套管时,实现扭矩的传递,保证套管间连接的严密性,钻井过程中避免套管任意扭转,确保钻探安全进行。外筒、插接筒、上接头和下接头的外径均相等,外筒的内径大于插接筒的内径,滑动套的外径大于插接筒的内径,滑动套的长度小于外筒的长度,使外筒两端的插接筒和

下接头之间就形成了滑动套可以滑动的滑动槽。插接筒与上接头下端面相抵触时,插接筒的下端面与滑动套的上端面之间的最大距离为可伸缩套管的最大伸缩量。

可伸缩套管在使用时,首先将内套筒和外套筒进行组装,完毕后将下接头与井内套管连接,上接头与套管悬挂器连接即可。

3.1.2 可伸缩套管的作用

可伸缩套管解决了海洋钻探中,无套管层甲板钻井船钻进时在海面影响下套管受到轴向载荷产生形变的问题,使得套管可以自由进行升沉伸缩又密封良好,亦能传递扭矩,确保海洋钻井施工的安全进行。在不改变设计钻具组合前提下,可以有效应对海面波动及洋流影响,保证海洋钻井工程中除伸缩套管外的其他钻具的相对稳定,有效缓解钻井船补偿压力。

使用伸缩套管于浅水地质钻探中循环泥浆和钻具导向,可有效避免传统隔水套管短节的频繁加接和拆卸,优化套管间的密封结构,提高密封结构寿命,避免泥浆泄露造成海洋环境污染。因此在浅水钻井领域,伸缩套管可替代传统的多层套管,应用于简易钻井船钻井作业。

3.2 套管投放接头和套管投放器

套管投放接头(图4)和套管投放器(图5)主要用于套管的投放,投放器的定位凸起(或螺栓)可卡接于投放接头的凹槽内,下放到底后可以回转并提出投放器。

具体应用为:在将外层套管管串用夹持器固定

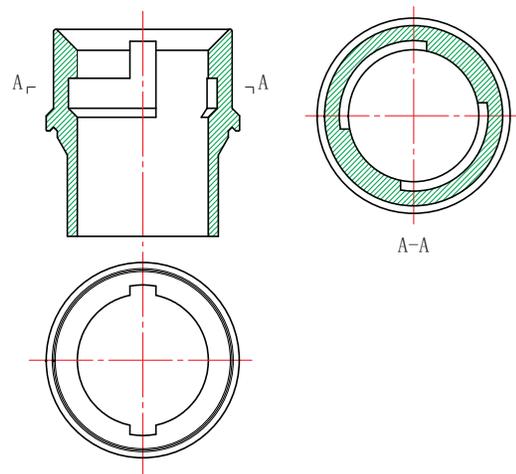


图4 套管投放接头

Fig.4 Casing insertion joint

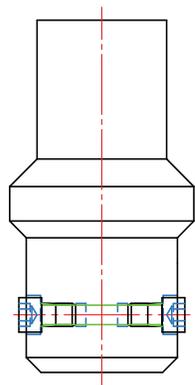


图5 套管投放器

Fig.5 Casing dispenser

于孔口,并卸掉转换接头、连接外层套管投放接头后,将套管投放器连接到钻机上,使用套管投放器提起套管投放接头及套管串,然后下放至月池盖套管补心内,再进行下一步作业工序。

进行内层套管下入工序时,将内层套管则下入到外层套管内,并用内层套管投放接头悬挂在内层套管悬挂短节上,再进行下一步作业工序。

4 结语

利用可伸缩套管及相关设备来实现泥浆循环和升沉补偿的海洋钻探工艺,解决了无套管层甲板的钻井船在海洋钻探取心时需要下入套管的难题。在海底井口与小型钻井船之间建立泥浆上返通道,实现泥浆回收循环,并解决无法实现升沉补偿的难题。减轻施工人员的工作负担,同时在钻井过程中可以起到导向定位的作用,防止潮差水流流速变化影响钻具下入,为浅海钻井节省时间和成本。

参考文献(References):

- [1] 赵尔信,蔡家品,贾美玲,等.我国海洋钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(9):43-48,70.
ZHAO Erxin, CAI Jiapin, JIA Meiling, et al. Marine drilling technique in China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(9):43-48,70.
- [2] 冉恒谦,梁健,梁楠,等.定向钻井技术引领 聚焦深地深海探测——勘探技术所“十三五”科技创新回顾及“十四五”业务展望[J].钻探工程,2021,48(1):7-14.
RAN Hengqian, LIANG Jian, LIANG Nan, et al. Directional drilling technology takes lead with focus on deep earth and deep sea exploration—Review of science and technology innovation by Institute of Exploration Techniques, CAGS during the 13th Five-Year Plan and an outlook to the 14th Five-Year Plan[J].

- Drilling Engineering, 2021,48(1):7-14.
- [3] 尹欣.浅海水域工程地质钻探方法和技术措施[J].南方国土资源,2006(9):37-38,41.
YIN Xin. Engineering geological drilling methods and technical measures in shallow waters[J]. Southern Land and Resources, 2006(9):37-38,41.
- [4] 王光辉,陈必超.浅海水域工程勘察钻探方法和技术措施[J].探矿工程,2003(4):9-11.
WANG Guanghui, CHEN Bichao. Drilling methods and technical measures of geo-technical investigation in neritic area[J]. Exploration Engineering, 2003(4):9-11.
- [5] 鲍忠厚.浅海工程勘察钻探施工实例[J].地质与勘探,1993(4):59-64.
BAO Zhonghou. Shallow sea engineering exploration: a practical construction work of drilling[J]. Geology and Prospecting, 1993(4):59-64.
- [6] 张琳,王振红,徐建,等.海洋风电钻探与取土问题初析[J].浙江建筑,2016,33(5):35-37.
ZHANG Lin, WANG Zhenhong, XU Jian, et al. Preliminary analysis on the problems about testboring and taking soil using the ocean wind power[J]. Zhejiang Construction, 2016,33(5):35-37.
- [7] 许启云,周光辉,洪炉,等.浅谈海洋风电勘察安全风险控制[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(1):81-84.
XU Qiyun, ZHOU Guanghui, HONG Lu, et al. Discussion of safety risk control of drilling prospecting for marine wind power generation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013,40(1):81-84.
- [8] 靳程,贺超,孙水文.浅海孔底锤击绳索取芯钻探工艺浅析[J].防灾减灾学报,2014,30(2):71-74.
JIN Cheng, HE Chao, SUN Shuiwen. A brief analysis on rope hammering of coring technology on the hole-bottom in shallow sea[J]. Journal of Disaster Prevention and Mitigation, 2014,30(2):71-74.
- [9] 潘永坚,朱章通.岛礁海域工程勘察施工难点和对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(9):11-14.
PAN Yongjian, ZHU Zhangdong. Difficulties and countermeasures for engineering geological drilling on the island and reefs sea area[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2009,36(9):11-14.
- [10] 张永勤,孙建华,刘秀美,等.水力反循环连续取心(样)钻探在浅海砂矿勘查中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(6):15-18.
ZHANG Yongqin, SUN Jianhua, LIU Xiumei, et al. Application of hydraulic reverse circulation continuous coring (sampling) drilling in placer mineral prospecting in shallow sea[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008,35(6):15-18.
- [11] 谭长伟.滨浅海工程地质钻探应注意的若干问题[J].海岸工

- 程,1996(1):23-28.
TAN Changwei. Several problems should be taken care of in shallow water engineering geological drilling[J]. Coastal Engineering, 1996(1):23-28.
- [12] 刘权富.浅海勘探的钻探工艺[J].探矿工程,2000(2):41-42.
LIU Quanfu. Drilling technology of prospecting in shallow sea [J]. Exploration Engineering, 2000(2):41-42.
- [13] 许本冲,张欣,马汉臣.海洋钻探钻井液循环技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(7):30-35.
XU Benchong, ZHANG Xin, MA Hanchen. Offshore drilling fluid circulation technology[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(7):30-35.
- [14] 佟国志,宁俊,谷鑫.超深水钻井船隔水套管技术分析[J].船舶工程,2014,36(S1):192-194.
TONG Guozhi, NING Jun, GU Xin. Technical analysis of riser in ultra deep water drillship[J]. Ship Engineering, 2014,36(S1):192-194.
- [15] 何进辉,张海彬,朱仁传,等.某深海钻井船DP3动力定位能力分析[J].船舶,2018,29(5):11-17.
HE Jinhui, ZHANG Haibin, ZHU Renchuan, et al. Analysis of DP3 dynamic positioning capability for deep-sea drilling ship [J]. Ship & Boat, 2018,29(5):11-17.
- [16] 秦琦.世界钻井船市场发展现状[J].船舶,2009,20(6):8-12.
QIN Qi. Development status of world drilling ship market[J]. Ship & Boat, 2009,20(6):8-12.
- [17] 尚月成,陈为民,郝峰,等.套管伸缩器及定位钢管桩在滨海浮船平台绳索取心钻进中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(6):49-52.
SHANG Yuecheng, CHEN Weimin, HAO Feng, et al. Application of sleeve expansion joint and positioning steel pipe pile in wire-line core drilling at coastal pontoon platform[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(6):49-52.
- [18] 徐文文.波浪方向与海流方向不同时隔水管三维振动力学分析[D].秦皇岛:燕山大学,2019.
XU Wenwen. Three-dimensional vibration mechanics analysis of riser when wave direction from current direction [D]. Qinhuangdao: Yanshan University, 2019.
- [19] 黄勇.主动式波浪补偿吊机控制系统关键技术研究[D].镇江:江苏科技大学,2019.
HUANG Yong. Research on key technology of active wave compensation crane control system [D]. Zhenjiang: Jiangsu University of Science and Technology, 2019.
- [20] 王定亚,李爱利.海洋钻井隔水管系统配套技术研究[J].石油矿场机械,2010,39(7):12-15.
WANG Dingya, Li Aili. Study of marine drilling riser supporting technology[J]. Oil Field Equipment, 2010,39(7):12-15.
- [21] 肖冬顺,马明,项洋.水利水电钻探技术进展及发展趋势[J].钻探工程,2021,48(1):103-111.
XIAO Dongshun, MA Ming, XIANG Yang. Progress and development trend of water conservancy and hydropower drilling technology[J]. Drilling Engineering, 2021,48(1):103-111.
- [22] 宋宝杰.拼装式浅海勘探平台实用性分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(5):58-64.
SONG Baojie. Applicability of modular shallow sea drilling platform [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(5):58-64.
- [23] 杨芳.海域地质岩心钻探关键技术分析与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(7):23-29.
YANG Fang. Analysis and application of the key technology in geologic drilling in shallow sea [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(7):23-29.
- [24] 秦如雷,许本冲,王嘉瑞.海洋钻井钻柱升沉补偿系统分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(1):22-27.
QIN Rulei, XU Benchong, WANG Jiarui. Analysis of drill string compensation system for offshore drilling[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2019,46(1):22-27.
- [25] 宋宝杰,栾东平,杨芳,等.“探海1号”大陆架科学钻探平台的设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(9):9-13.
SONG Baojie, LUAN Dongping, YANG Fang, et al. Design and application of “Tanhai No. 1” Platform for the Continental Shelf Scientific Drilling [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016,43(9):9-13.

(编辑 荐华)