

水压内割刀及扶正器在海域钻探孔内事故处理中的应用研究

张东雪, 韩凯飞*, 刘维平*, 高 聿

(中国地质调查局烟台海岸带地质调查中心, 山东 烟台 264004)

摘要:海洋地质十七号钻探船在海域CPT静力触探施工作业过程中,由于钻杆长时间在孔内停留,孔壁发生失稳坍塌,起钻时遭遇卡钻、埋钻等问题。结合此次事故处理中所采用的设备与技术方法存在的问题,针对扶正器与水压内割刀组合装置开展了应用研究,详细阐述其内部构造和工作原理,以及在试验应用中的经验。其经验可为处理此类事故提供借鉴。

关键词:水压内割刀;割刀扶正器;海域钻探;海域CPT静探;孔内事故处理

中图分类号:P634.4⁺9 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2026)S1-0396-04

Application research of hydraulic internal cutter and centralizer in down-hole accident treatment for offshore drilling

ZHANG Dongxue, HAN Kaifei*, LIU Weiping*, GAO Song

(Yantai Center of Coastal Zone Geological Survey, China Geological Survey, Yantai Shandong 264004, China)

Abstract: During the CPT static borehole testing operations conducted by the Ocean Geological Survey No.17 drilling vessel in the offshore area, long-term retention of drill pipes in the borehole caused borehole wall instability and collapse, resulting in issues such as pipe sticking and pipe burial during tripping out. Based on the equipment and technical methods employed in this engineering case study, this paper conducts an applied research on the combined application of centralizer and hydraulic internal cutter, provides a detailed exposition of the internal structure and operating principle, as well as practical experience gained in handling borehole-related incidents, which can serve as valuable references for addressing similar accidents.

Key words: hydraulic internal cutter; cutter centralizer; offshore drilling; CPT static borehole testing operations; down-hole accident treatment

0 引言

FJ188钻孔是在中国东部海域完成的CPT静力触探科学钻探任务,设计孔深100 m,终孔孔深100.93 m。在终孔后提钻到68 m处,钻机的涌浪升降补偿系统出现故障需要紧急排除,维修期间钻杆

长时间在孔内停留,孔壁失稳造成砂层埋钻,导致无法正常提钻。首先采用传统水压割刀进行切割,由于海流对钻杆的扰动,在切割过程中刀头断裂无法精准对钻杆进行有效切割;最终采取切割效率高、风险大的专业潜水员潜水到海底进行水下切

收稿日期:2026-07-07;修回日期:2026-08-10 DOI:10.12143/j.ztgc.2026.S1.053

第一作者:张东雪,男,汉族,1993年生,助理工程师,地质工程专业,长期从事陆域金矿深部钻探、海岸带海洋船载钻探工作,山东省烟台市芝罘区机场路287号,zdx1459810751@163.com。

通信作者:韩凯飞,男,汉族,1989年生,工程师,勘查技术与工程专业,长期从事陆域金矿深部钻探、海岸带海洋船载钻探、钻探现场技术管理工作,山东省烟台市芝罘区机场路287号,819809146@qq.com。

刘维平,男,汉族,1986年生,高级工程师,探矿工程专业,博士,长期从事探矿工程技术研发、现场施工管理与科研攻关工作,山东省烟台市芝罘区机场路287号,563916176@qq.com。

引用格式:张东雪,韩凯飞,刘维平,等.水压内割刀及扶正器在海域钻探孔内事故处理中的应用研究[J].钻探工程,2026,53(S1):396-399.

ZHANG Dongxue, HAN Kaifei, LIU Weiping, et al. Application research of hydraulic internal cutter and centralizer in down-hole accident treatment for offshore drilling[J]. Drilling Engineering, 2026, 53(S1):396-399.

割,完成切割任务。

通过这次事故,针对此类问题研发设计了与水压内割刀配套的扶正器,并在指定海域进行切割试验,水深20 m、孔深88 m、合计108 m,按照既定方案下入长度4.5 m的钻杆24根,成功在100 m处进行切割并顺利提出钻杆。该项技术工艺可以高效精准地对此类突发情况进行切割处理,减少施工成本,降低人员和船舶的安全风险。

1 工程概况

1.1 海域钻探系统配置

本次施工使用的海洋地质十七号钻探船,其定位是服务于海岸带深部取样,同时填补了国家地调系统在海岸带深部取样的空白,配套HYZ-500YT型海洋地质钻探系统。该系统最大钻深(水深+孔深)为300 m(孔径 ≤ 110 mm),作业最大水深100 m,正常作业海况3级(波高1.25 m,蒲氏5级风)。既适用于海洋工程勘察作业,包括工程物探调查、工程地质调查以及海洋环境调查和岩心钻探作业和标贯作业,还可进行海域风电勘察以及CPT作业。

在钻探任务中考虑到来自海洋环境等多种因素的影响,为保证施工的安全性,采用G-S105钢级、 $\Phi 139.70$ mm $\times 9.17$ mm的外加厚石油钻杆,钻杆内径121.36 mm,单位质量21.90 lb/ft(32.6 kg/m)。该钻杆采用了接头螺纹磷化处理、配备冲压钢制护丝帽、焊接后焊缝内外表面打磨光滑平整、钻杆全长涂TC2000内涂层等全新工艺,抗风浪和韧性都非常突出,钻杆接头比普通钻杆接头在船体晃动的情况下结合涌浪升降补偿系统更好对接,抗碰撞能力更强,符合施工要求。

1.2 孔内事故概况

终孔后开始提钻工作,提至68 m处时,钻机的涌浪升降补偿系统出现故障,在维修过程中,由于钻杆在孔内长时间滞留,孔壁支撑不稳,出现坍塌埋钻事故,导致钻杆无法提出^[1]。

2 事故处理技术的选用

相比陆域钻探,海域钻探事故处理技术的选用不仅在时间上要有合适的窗口期,还要随时应对极端海况对施工安全带来的影响,尤其要时刻观察潮汐的波动,掌握其规律,为切割施工提供有效依据。

通常处理此类事故,多是采用海底热切割、化学切割、机械切割,以上三种方法各有特点,但是在效率、时间、成本上有很大的区别。结合现场实况,并考虑锚地当时的潮位、水深、流速和钻杆类型以及缩短在该海域上停留的时间,决定采用传统水压割刀切割法对钻杆进行切割^[2-4],在切割的过程中海况突变,海流对钻杆产生了较大的扰动,无法在指定位置进行切割,导致切割失败。由于时间紧、任务重,最终采用了切割效率高、风险大的水下热切割,潜水员潜入海底45 m,在海底基盘位置进行了30 min的热切割并成功完成切割任务,海床表面以下的钻杆被永久埋在砂层里无法取出,损失巨大。

为吸取此次事故的教训,项目组自主研发专门针对海域CPT静力触探钻杆的内壁切割技术,并成功申请了专利。相比目前行业内常用的处理办法,热切割和化学切割都需要潜水员水下作业。在人员安全、效率、成本以及对海洋污染等方面,都没有水压内割刀切割方便,但是由于海洋钻探相比陆地的稳定性较为复杂,水压内割刀和扶正器组合方法性能高效、环保性好、成本也可大幅降低。

3 水压内割刀及扶正器的应用

自主研发的水压式内割刀以及割刀杆扶正器组合装置见图1。其优势是通过锁住钻杆减小钻杆上下的浮动,确保在切割钻杆时稳定刀头不晃动,再配合涌浪升降补偿系统会最大程度提高切割效率。

水压式内割刀是一种利用循环钻井液的液力

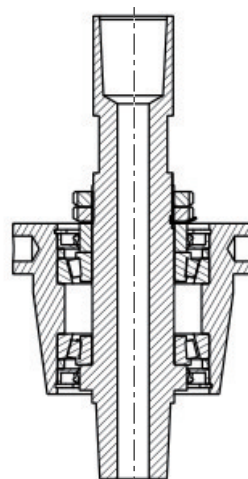


图1 割刀杆扶正器

来推动割刀进行管内切割的工具,可在除接箍外任意部位切割,由上接头、喷嘴、活塞、中筒体、弹簧、刀头(三刀头)、下接头等组成(见图2)^[5-6]。

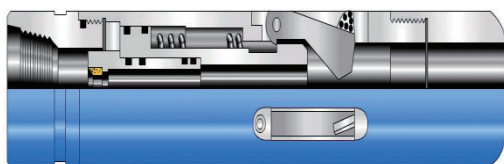


图2 水压式内割刀内部结构

割刀杆扶正器是为配合水压内割刀的一种配套扶正器,相比传统的单体割刀,其可确保割刀更加稳定、切口更加精准规整^[7]。

工作原理:当设备下放到所需的切割位置时,同时扶正器坐扣到 $\varnothing 190$ mm接头,开启泥浆泵循环并逐渐加大排量,利用喷嘴的射流作用,使割刀活塞上部形成相对高压腔,推动活塞下行,活塞下端推出切割刀片,刀头精准顶向钻杆,同时扶正器内部顶针锁住钻杆内壁,从而固定钻杆防止割刀晃动。达到合适的泵压和排量,启动转盘,通过钻柱带动割刀进行切割作业。完成切割后,停泵,压差消除,复位弹簧推动活塞上行复位,同时带动割刀刀头复位,顶针收回。上提钻具,捞出割口上部钻杆。

不同型号割刀可切割钻杆规格如表1所示。

表1 割刀型号及参数

型 号	工具外径/ mm	接头连接螺纹	切割钻杆直径/ mm
G-S73	54	1½ AMMT	73
G-S89	66	1½ AMMT	89
G-S102	74	2¾ PAC	102
G-S140	110	NC31	140
G-S178	140	NC38	178

4 现场应用试验

4.1 施工准备

切割前,对设备进行调试,保证在孔内顺利施工作业。首先对扶正器和水压内割刀性能进行手动复位检查,再安装到钻机上进行水压测试,看割刀刀头是否能正常打开和收回,在缓慢转动时逐步

加压调试到合适的泵压和排量,见图3。



图3 作业前调试割刀装置

4.2 切割作业

下割刀时,按照所需切割的钻杆规格,选择相应的内割刀及合适的连接杆,将扶正装置安装到连接杆上端,水压内割刀连接到钻杆下端,割刀下放到所需切割的位置,开泵循环逐渐加大排量,稳定在泵压1 MPa、排量320 L/min,扶正器锁死接头内壁同时打开三个刀头,使割刀刀头能给进,以60~90 r/min的转速启动转盘,正转切割15~20 min,切割期间会听到金属切割的声音,由于受海水的影响声音很小,需要借助听管时刻监听,司钻也要注意观察扭矩的变化,当扭矩减小或转盘链条跳动,灵敏针闪动,泵压和扭矩恢复正常则说明钻杆被割断,停止转动,减小泵压值,刀头向内旋转复位后将水压内割刀从孔内取出,即可进行下一步提钻作业。

4.3 割刀应用效果

此次处理孔内事故,切割过程非常顺利,精确定位和泵压值的控制是施工的关键,结合其他海域施工总结的经验避免了很多细节上的失误,一次性完成了整个切割过程,切割断口非常平整,没有多次切割的痕迹。切割过程中出现刀片崩齿现象,但轻微崩齿没有影响切割成功率和割口的形状(图4)。共计取出钻杆100 m,仅损失8 m钻杆。

5 结语

钻探施工中常会出现卡钻、埋钻、烧钻等孔内事故,导致工期延误,甚至钻孔报废等问题,浪费了大量的人力、物力。自主研发的三刀头水压内割刀



图4 钻杆切口及所用刀头

与扶正器相结合的切割设备,从切割前测试再到完成井下切割用时1.5 h,在整个过程中,设备性能表现稳定。

目前这种割刀与扶正器相结合的切割设备是处理此次事故的最优选择,尤其是在切割 $\varnothing 139.7\text{ mm} \times 9.17\text{ mm}$ 的钻杆时最为合适。这次的现场试验应用显示了该设备性能的可靠性,为后续研究奠

定了坚实的基础,也为其他类似复杂钻孔事故处理提供了有力参考。

参考文献:

- [1] 田志超.水力内割刀在中国东部海区科学钻探套管卡阻事故处理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2020,47(3):75-79.
- [2] 陈昭万.水力割刀切割落鱼探讨[J].化工管理,2020(11):150-151.
- [3] 李国林,黄开展,刘薇,等.机械式水力割刀在海洋弃井中的应用[J].化工管理,2021(22):140-142.
- [4] 段晓,皮建伟,顾科伟,等.水力割刀在岩心钻探烧钻事故处理中的应用[J].钻探工程,2022,49(3):118-122.
- [5] 马汉臣,冯起赠,王年友,等.地质钻探孔内事故处理技术成果介绍[J].中国科技成果,2018(18):42-44.
- [6] 罗恒荣,曹汉原,沈书荣,等.GLYX1井套管事故处理工艺技术[J].中国科技纵横,2015(5):130-131.
- [7] 张英,柴希伟,魏爱拴,等.切割用可变径扶正器的研究及试验[J].石化技术,2021(12):32,96-98.

(编辑 王文)