

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

田志超^{1,2}

(1.山东省地矿局钻探工程技术研究中心,山东烟台 264004; 2.山东省第三地质矿产勘查院,山东烟台 264004)

摘要:中国东部海区科学钻探 CSDP-02 井完钻井深 2843.18 m。为后续开展相关科研工作,完井后要进行扩孔钻进施工。扩孔前需起拔井内 $\varnothing 114$ mm 套管,由于套管在井内时间较长,井壁失稳,套管起拔遇卡,无法正常起出。采用水力内割刀工艺,分段割取遇卡套管,提高单次起拔遇卡套管长度,经济、高效地解决了该井套管卡阻事故。本文结合工程实例,对水力内割刀的使用方法 & 要点进行了阐述。

关键词:中国东部海区科学钻探;CSDP-02 井;水力内割刀;套管起拔;套管切割;科学钻探

中图分类号:P634 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2020)03-0075-05

Application of the hydraulic internal cutter in the treatment of casing sticking in scientific drilling in the Eastern Sea of China

TIAN Zhichao^{1,2}

(1.Drilling Engineering Technology Research Center of Shandong Provincial Bureau of Geology & Mineral Resources, Yantai Shandong 264004, China;

2.No.3 Exploring Institute of Geo-mineral Resources, Shandong Province, Yantai Shandong 264004, China)

Abstract: The scientific drilling borehole CSDP-02 in the Eastern Sea of China was completed at 2843.18m. The borehole needed to be expanded after completion to carry out subsequent research. Before expansion, the 114 mm casing needed to be pulled out; however, the casing cannot be pulled out as usual due to resistance caused by borehole failure. In this research, the hydraulic internal cutter technology was adopted to cut the stuck casing section by section, and increase the pull-out length of stuck casing per run. With this method, casing sticking was solved economically and efficiently. The detailed operation procedure and key points are presented through the field case.

Key words: scientific drilling in the Eastern Sea of China; CSDP-02; hydraulic internal cutter; casing pulling; casing cutting; scientific drilling

0 引言

中国东部海区科学钻探 CSDP-02 井设计井深 2800 m,完钻井深 2843.18 m^[1]。该井是我国南海中部隆起全井段取心钻探第一深钻,完井后的 CSDP-02 井将进行扩孔钻进施工,为后续开展的相关科研工作奠定基础^[2]。CSDP-02 井在扩孔施工前,进行了起拔井内 $\varnothing 114$ mm 套管工作,由于套管在井内时间较长,井壁失稳,套管起拔遇卡,无法

正常起出^[3-5]。钻探施工过程中,钻具、钻杆及套管遇卡是发生最频繁、耗费时间最长、损失最大的井内事故之一。利用反丝钻杆反出事故管柱是处理卡钻事故的常用方法,但该方控制每次反出的管柱长度施工程序复杂,施工周期长,施工成本高。采用水力内割刀工艺,可以提高单次起拔遇卡管柱长度,提高了施工效率,减少人力物力损耗^[6-8]。

收稿日期:2019-12-02 DOI:10.12143/j.tkgc.2020.03.013

基金项目:国家专项基金项目“大陆架科学钻探”(编号:GHZ201100202)

作者简介:田志超,男,汉族,1990 年生,工程师,勘查技术与工程专业,从事岩心钻探技术应用与生产工作,山东省烟台市芝罘区机场路 271 号,sdsdtzc@163.com。

引用格式: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.

TIAN Zhichao. Application of the hydraulic internal cutter in the treatment of casing sticking in scientific drilling in the Eastern Sea of China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2020,47(3):75-79.

1 工程概况

1.1 钻井位置

CSDP-02井位于连云港以东约170 km、射阳河口东北约110 km位置,属南黄海废黄河口外海域,距离最近的海岸线约100 km(图1)。



图1 钻井位置

Fig.1 Location of the borehole

1.2 工程技术指标完成情况

CSDP-02井于2015年3月29日正式开钻,至2016年9月13日完井,历时536 d,完井井深2843.18 m,完井井径98 mm^[4-5],详细技术指标见表1。

表1 CSDP-02井钻探技术指标完成情况

Table 1 CSDP-02 completion data

钻探指标	钻探技术要求	钻井实际完成
最大钻井深度/m	2800	2843.18
完井井径/mm	≤95	98
岩心直径/mm	≤60	63
岩心采取率/%	≤85	99.61
终孔孔斜顶角	≧1°/100 m	14.90°
全孔最大“狗腿”度	2°/30 m	1.94°/30 m(2755 m)

1.3 钻探设备

CSDP-02井施工中采用了桩承式海上钻井平台,主要钻探设备为HXY-8型钻机,2台BW300型冲泥浆泵并联使用,配套使用SJ4000绳索取心绞车及拧管机,详见表2。

1.4 钻探工艺方法

一开采用 $\Phi 175$ mm三层管底喷取心钻具钻进至154.74 m, $\Phi 255$ mm全面钻头扩孔钻进,下入 $\Phi 219$ mm套管152.15 m,常规注水泥固井,安装防喷器。

表2 CSDP-02井主要机械设备^[9]

Table 2 Main mechanical equipment of CSDP-02

设备名称	型号	主要技术参数
钻机	HXY-8	钻进深度2000~4500 m;最大起重力640 kN;转速82、119、170、234、333、215、337、484、682、948 r/min
泥浆泵	BW300	流量300、235、120、95、60 L/min;最大额定压力16 MPa;功率30 kW
钻塔	A29-90 t	塔高29 m;负荷90 t;立根18 m
取心绞车	SJ4000	绳容量($\Phi 8$ mm)4000 m;功率11 kW
钻杆液压动力钳	SQ114/8	额定扭矩8 kN·m;应用范围 $\Phi 57\sim 116.5$ mm

二开采用 $\Phi 175$ mm三层管底喷取心钻具钻进至654.91 m,下 $\Phi 168$ mm套管646.00 m,常规注水泥固井,安装防喷器。

三开采用 $\Phi 150$ mm绳索取心钻进工艺钻进至1207.15 m,下 $\Phi 140$ mm套管1207 m。

四开采用 $\Phi 122$ mm绳索取心钻进工艺钻进至1480.88 m,采用 $\Phi 114$ mm绳索取心钻杆作为套管下入1480.88 m。

五开采用 $\Phi 98$ mm绳索取心钻井工艺钻进至2843.18 m完井,井身结构如图2所示。

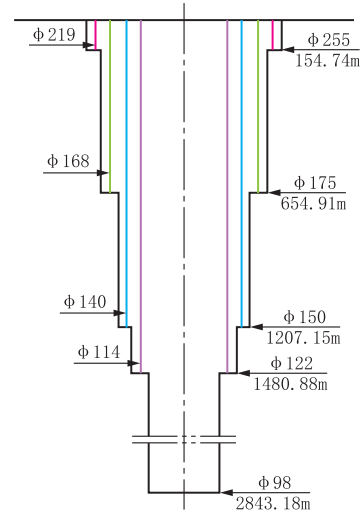


图2 CSDP-02井井身结构图

Fig.2 Structure of CSDP-02

针对上部海相沉积地层的流塑、软塑、松散、缩径的特点,选用海水-膨润土钻井液体系;针对下部灰岩、砂岩、泥岩等地层特点,选用海水低固相聚合物防塌钻井液体系^[10-12]。

2 下套管遇到的问题

CSDP-02井下入 $\Phi 114$ mm套管1480.88 m,

在确定扩孔施工任务后,首先进行了直接起拔套管施工,发现套管已卡死,无法正常起出。综合分析井身结构及地层情况,其卡点应为 1207.15(三开井深)~1480.88 m 井段。

3 处理方法的选用

由于套管下入较深,所采用的处理方法必须安全、经济、高效,若采用常规的反丝钻杆丝锥倒扣,在施工中存在很多不足。第一,处理周期较长,每次倒扣起出的套管长度无法控制,频繁的起下钻将损耗大量时间;第二,易发生丝锥与套管卡死,无法脱开的情况,造成叠加事故;第三,在使用反丝钻杆的过程中对钻机离合器、分动箱伞型齿轮损害较大,极易发生机械事故;最后,施工采用的桩承式海上钻井平台面积仅为 600 m²,无法放置过多的反丝钻杆。

采用水力内割刀切割的方法,处理周期短,对钻机的损害小^[13],同时可使用平台上现有的 $\varnothing 91$ mm 绳索取心钻杆,综合考虑以上因素,最终确定了使用水力内割刀分段切割的处理方法。

4 水力内割刀的应用

4.1 水力内割刀的结构原理

现场采用了金石钻探(唐山)股份有限公司生产的 JS114 型水力内割刀,其割管内径为 102 mm。该水力式内割刀(图 3)主要由上接头、活塞、主轴、弹簧、割刀体、割刀和下接头组成。工作原理:当割刀到达预定切割位置时,循环冲洗液,逐渐加大排量,冲洗液通过上、下滑阀,使下滑阀上、下产生压力差,此压力差使下滑阀克服弹簧阻力向下运动,推动刀头向外旋转进入切削状态,此时旋转割刀就可进行切割。割断管柱后,停泵,下滑阀上、下的压力差消失,下滑阀在被压缩的弹簧作用下向上运动复位,

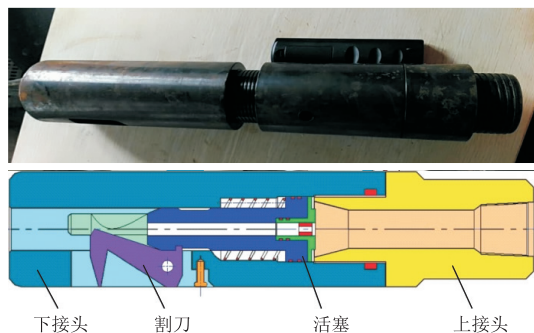


图 3 水力内割刀

Fig.3 Hydraulic internal cutter

刀头在弹簧的作用下向内旋转复位^[14-18]。

4.2 水力内割刀的实际应用

4.2.1 准备与测试

水力内割刀使用前,拆开刀体进行检查,确保各部件及刀头合金完好无损,使用细长杆通过接头上孔施压,刀头能够顺畅张开,压力去掉后,刀头能够轻松收回。

割刀下入井内前,将测试完毕的水力内割刀与机上钻杆连接(图 4),缓慢开启泥浆泵,调整泥浆泵泵量,切割过程中,割刀转动并不是完全平稳,冲洗液压力要由小到大缓慢调整,确保泵压处于割刀工作泵压 1~3.5 MPa 之间,过低的泵压会导致刀头张开失败,过高的泵压则会造成割刀刀头损坏。施工中采用 BW300 型泥浆泵,宜用清水或净化处理的无固相冲洗液作为循环介质进行切割,避免因固相含量过高而导致的刀头张开和回收失败;采用小泵量,最终确定冲洗液泵排量确定为 60 L/min,确定刀头张开时的割刀直径满足切割要求,准确记录此时泥浆泵的工作泵压,此时工作泵压为 2.5 MPa。



图 4 测试水力内割刀

Fig.4 Hydraulic internal cutter in testing

4.2.2 割刀入井施工

为确保刀头稳定工作,应减小上部机上钻杆晃动,尽量少留机上余尺,同时也为割断套管后,上提机上钻杆预留了充足的活动空间,确保正常退刀。

根据卡点位置,设计一次割断遇卡套管,确定切割位置为 1210 m,将测试完毕的割刀与 $\varnothing 91$ mm 绳索取心钻杆连接,下入 1205 m 钻杆,预留 2 m 机上余尺,锁死上下卡盘,将上卡盘降至最低,避免回转

切割时钻柱产生上下位移,导致刀头失稳,切割失败。

将割刀下至切割位置后,应进行准确的钻具称重,通过对比切割前后数值变化,便于切割结束后判断刀头是否收回。先回转钻柱,确保割刀先在套管内转动,然后通过地面阀门组,控制泵送冲洗液量由小到大,使刀头逐渐撑开,由浅至深的切削套管内壁,为避免刀头折断损坏,切割过程中转速一定要保持恒定。切割施工采用的参数:转速为 82 r/min,泵量为 60 L/min。

开泵后泵压会逐渐升高,逐渐稳定,泵压表指针开始转动瞬间即为切割的初始时间,切割施工中一定要及时准确记录切割时间,当割刀工作 30~60 min,切割过程中应密切观察电流表指针变化,当电流降低,回转负荷明显下降时,或井口处听到脆响后,证明套管已被割断,停止回转,停泵,割刀内部弹簧复位,活塞杆上移,刀头在弹力的作用下收回。在回转切割过程中准确判断套管割断时间至关重要,及时停刀可以保证切口整齐,便于退刀(图 5)。



图 5 切口整齐的套管
Fig.5 Neatly cut casing

切割结束后,将割刀提出钻井,可通过观察刀头磨损或损坏情况进一步判断套管切割情况,确认割断后方可进行下一步打捞工作。

井内遇卡套管切断后,采用常规的正丝丝锥打捞(图 6)。丝锥到位后,循环冲洗液,称重下降,先采用人工扭转钻杆上扣,吃扣 10 mm 左右,正向回转钻具,吃紧套管后,实现打捞。在打捞过程中,丝锥不得吃扣太紧,防止无法脱开。

4.3 水力内割刀的应用效果

在处理 CSDP-02 井遇卡套管的过程中,采用水力内割刀切割套管 3 次,打捞成功 2 次,分 2 段打捞出 $\varnothing 114$ mm 套管 1205 m。第一次切割,试图一次打捞出卡点以上全部自由段套管,割刀下入的切



图 6 正丝丝锥打捞套管
Fig.6 Straight thread tap fishing casing

割位置位于井深 1210 m 处,但由于对卡点的判断有误,切割后打捞失败;总结第一次切割失败教训,提高打捞成功率,第二次切割相对保守,割刀下至井深 620 m 处切割,切割 60 min,成功割断套管,打捞出上部 $\varnothing 114$ mm 套管 620 m,检查提出的割刀,刀头磨损严重,且套管下部切口不规则,判断为切割时间过长导致;第三次切割,在前 2 次切割的基础上,总结经验教训,将割刀下钻至井深 1205 m 处,切割 45 min,检查提出的割刀,刀头正常磨损,下丝锥打捞,成功起出 $\varnothing 114$ mm 套管 587 m。井内余 $\varnothing 114$ mm 套管 275.88 m,判断已被失稳的井壁埋死,在起拔完三开 $\varnothing 140$ mm 套管后,偏斜绕障处理。

5 结语

CSDP-02 井在起拔井内遇卡套管施工中,采用了水力内割刀配合丝锥打捞的方法,耗时 10 d 打捞出卡点以上全部自由段套管 1205 m,与反丝丝锥打捞处理方法相比,施工周期短,节省人力物力。实践证明,水力内割刀结构简单、操作方便、性能可靠、可准确控制切割位置,是一种比较先进的切割打捞工具,可进一步推广应用。

参考文献(References):

- [1] 陈师逊,宋世杰.中国东部海区科学钻探施工技术探讨[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(12):1-5.
CHEN Shixun, SONG Shijie. Discussion of scientific drilling construction technology in eastern sea area of China[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(12):1-5.
- [2] 董海燕,单文军,宋世杰,等.南黄海大陆架科学钻探 CSDP-02

- 井钻探施工技术[J].地质与勘探,2017,53(2):334-341.
- DONG Haiyan, SHAN Wenjun, SONG Shijie, et al. Technologies used at the well CSDP-02 of the scientific drilling on the continental shelf in the Southern Yellow Sea[J]. *Geology and Exploration*, 2017,53(2):334-341.
- [3] DZ/T 022-2010,地质岩心钻探规程[S].
DZ/T 022-2010, Geological core drilling regulations[S].
- [4] 宋世杰,张英传,田志超,等.三层管底喷取心钻具在海相第四系和新近系中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(3):10-13.
SONG Shijie, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao, et al. Application of sampling drilling tools of three layer pipes in the Marine Quaternary System[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017,44(3):10-13.
- [5] 翟育峰,张英传,田志超.中国东部海区科学钻探工程 CSDP-02 井钻探效率统计分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2019,46(12):13-17.
ZHAI Yufeng, ZHANG Yingchuan, TIAN Zhichao. Statistical analysis of drilling efficiency for Well CSDP-02 of the eastern sea scientific drilling project of China[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2019,46(12):13-17.
- [6] 孙建华,陈师逊,刘秀美,等.小直径特深孔绳索取心口径系列及钻柱方案[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(8):1-5,17.
SUN Jianhua, CHEN Shixun, LIU Xiumei, et al. Diameter series and drill pipe scheme for wire-line coring with small diameter in ultra-deep borehole[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2013,40(8):1-5,17.
- [7] 罗永贵,王年友,王红阳,等.水力内割刀与可退式捞矛在打捞深孔事故钻杆中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):60-63.
LUO Yonggui, WANG Nianyou, WANG Hongyang, et al. Application of hydraulic internal cutter and retrievable spear for drill rod fishing in deep hole[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2015,42(1):60-63.
- [8] 陈为民,郝峰,丁磊明,等.新型贯通式水压割管器在深孔钻具卡埋事故处理中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(6):50-52.
CHEN Weimin, HAO Feng, DING Leiming, et al. Application of new through-type hydraulic pipe cutter in treatment of embedment accident of deep hole drilling tools[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2015,42(6):50-52.
- [9] 栾国栋.山东莱州吴一村 ZK01 科学钻孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2018,45(4):36-39.
LUAN Guodong. Drilling technology for scientific drilling ZK01 in Shandong Province [J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2018,45(4):36-39.
- [10] 宋世杰,李晓东,陈师逊.南黄海大陆架科钻 CSDP-02 井第四系、新近系地层海水冲洗液研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(4):10-13.
SONG Shijie, LI Xiaodong, CHEN Shixun. Study on seawater flushing fluid and its application in Quaternary and Neogene Strata for CSDP-02[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2017,44(4):10-13.
- [11] 孙丙伦,陈师逊,陶士先.复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2008,35(5):13-16.
SUN Binglun, CHEN Shixun, TAO Shixian. Discussion and practice on wall protection with slurry in deep-hole drilling in complicated formation[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2008,35(5):13-16.
- [12] 翟育峰,王鲁朝,丁昌盛,等.西藏罗布莎科学钻孔冲洗液技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):1-4.
ZHAI Yufeng, WANG Luzhao, DING Changsheng, et al. Flush fluid technique in scientific drilling hole situated in Luobusa of Tibet[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2014,41(4):1-4.
- [13] 荆江录,唐艳萍, BOWEN 水力外割刀在打捞作业中的应用[J].新疆石油科技,2003,13(3):31-32,41.
JING Jianglu, TANG Yanping. Application of BOWEN hydraulic external cutters in fishing operation[J]. *Xinjiang Petroleum Science & Technology*, 2003,13(3):31-32,41.
- [14] 刘建平,陈洪俊.采用偏心割刀处理小口径钻孔掉钻事故实践[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(4):48-49,53.
LIU Jianping, CHEN Hongjun. Accident treatment for assembly dropdown in small diameter borehole with eccentric cutting knife[J]. *Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling)*, 2010,37(4):48-49,53.
- [15] 王达,何远信,等.地质钻探手册[M].长沙:中南大学出版社,2014.
WANG Da, HE Yuanxin, et al. Geological drilling handbook [M]. Changsha: Central South University Publishing House, 2014.
- [16] 朱恒银,等.深部岩心钻探技术与管理[M].北京:地质出版社,2014.
ZHU Hengyin, et al. Deep core drilling technology and management[M]. Beijing: Geological Publishing House, 2014.
- [17] 周全兴,等.钻采工具手册[M].北京:科学出版社,2002.
ZHOU Quanxing, et al. Drilling tools handbook[M]. Beijing: Science Publishing House, 2002.
- [18] 鲍新坤.大斜度、超深井切割 7" 油管技术及应用[J].石化技术,2019,26(10):88-89.
BAO Xinkun. Technology and application of cutting 7" tubing in high inclination and ultra deep wells[J]. *Petrochemical Industry Technology*, 2019,26(10):88-89.

(编辑 韩丽丽)