

# 水力割刀在岩心钻探烧钻事故处理中的应用

段晓, 皮建伟, 顾科伟, 杨可

(中国地质调查局西安矿产资源调查中心, 陕西 西安 710000)

**摘要:**宁强县中坝外围预查区岩心钻探 ZK1102 钻孔地层裂隙发育, 钻孔漏失严重。由于送浆时间不足, 冲洗液未到达孔底即开始钻进, 导致钻孔发生严重烧钻事故。烧钻事故发生后, 通过尝试传统起拔、旋转等方法均无效后, 结合便携式全液压钻机装备特点和地层条件现状, 在能够确保找矿成果和事故处理的安全性、经济性以及可靠性的前提下, 进行科学分析研判, 甄选出了最佳事故处理方案, 即利用 BTW 钻杆连接水力割刀切割事故段钻具, 而后下入 NTW 钻具连接磨铰钻头研磨剩余钻具钻头, 高效、经济、稳妥地解决了烧钻事故。在水力割刀实际应用中, 分析总结了在不同操作顺序和切割参数下切割失败的原因, 为施工人员积累了丰富的经验, 为烧钻事故顺利处理打下了坚实的技术基础。本文对利用水力割刀处理岩心钻探烧钻事故进行了积极探索, 为其他地区使用水力割刀处理类似复杂钻孔事故提供了参考。

**关键词:**水力割刀; 便携式全液压钻机; 烧钻事故; 事故处理; 研磨

**中图分类号:** P634.8 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2022)03-0118-05

## Application of the hydraulic cutter in the treatment of bit burning in core drilling

DUAN Xiao, PI Jianwei, GU Kewei, YANG Ke

(Xi'an Mineral Resources and Geological Survey Center Party of China Geological Survey, Xi'an Shaanxi 710000, China)

**Abstract:** The formation in ZK1102 core drilling hole in the peripheral pre-survey area of Zhongba, Ningqiang county was fracture-developed, and the drilling leakage was serious. Due to insufficient pumping time, the drilling fluid had not reached the bottom of the hole when drilling began, resulting in a serious bit burning accident. The optimum accident treatment scheme was selected through scientific analysis and assessment based on the equipment characteristics of the portable full hydraulic drill and the formation conditions, at the prerequisite to guarantee the prospecting results, and the safety, economy and reliability of accident treatment. The BTW drill pipe was used to connect the hydraulic cutter for cutting the accident section in the drilling string, and then the NTW tool to connect the grinding mill to mill out the remaining drill bit; in such a way, the drilling accident was solved efficiently, economically and safely. With reference to field applications of the hydraulic cutter, the causes for cutting failure are analyzed and summarized under different operation sequences and cutting parameters, which has accumulated rich field experiences for on-site operators and laid a solid technical foundation for smooth handling of bit burning accidents. In this paper, the use of the hydraulic cutter to deal with core drilling bit burning accidents has been actively explored, which provides reference for other areas to use the hydraulic cutter to deal with similar complex drilling accidents.

**Key words:** hydraulic cutter; portable full hydraulic drill; bit burning; accident treatment; grinding

收稿日期: 2021-09-07; 修回日期: 2022-03-12 DOI: 10.12143/j.ztgc.2022.03.015

基金项目: 中国地质调查局地质调查项目“秦岭地区金银矿资源勘查”(编号: DD20208008)

第一作者: 段晓, 男, 汉族, 1988年生, 助理工程师, 长期从事地质钻探工程施工和技术管理工作, 陕西省西安市长安区凤栖西路66号, 460366270@qq.com。

引用格式: 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.

DUAN Xiao, PI Jianwei, GU Kewei, et al. Application of the hydraulic cutter in the treatment of bit burning in core drilling[J]. Drilling Engineering, 2022, 49(3): 118-122.

## 0 引言

宁强县中坝外围预查区岩心钻探 ZK1102 孔施工中,在 171.20 m 处发生严重烧钻事故,经全力起拔无效后,通过全面分析论证,采用水力割刀对钻具进行切割,而后使用磨铰钻头对孔内遗留钻具研磨后继续钻进<sup>[1-2]</sup>,有效降低了烧钻事故造成的经济损失,为钻孔安全顺利施工打下了坚实的基础。

## 1 钻孔概况及烧钻事故分析

### 1.1 工作区地质特征

根据工作区地质资料,宁强县中坝外围预查区地层由浅至深为第四系残坡积物;志留系,主要为含铁菱镁矿绢云千枚岩、糜棱岩化变砂岩、粉砂质板岩、硅质岩薄层;下寒武统,主要为糜棱岩化含碳硅质板岩、硅质岩薄层,在碳质板岩内终孔。地层层间褶曲、揉皱及强挤压裂隙、节理非常发育,钻进过程中极易发生漏失问题,地层中硬,可钻性级别为 5~7 级。

### 1.2 钻孔概况

ZK1102 钻孔设计孔深 320 m,开孔方位角 130°,倾角 80°,采用金刚石绳索取心钻进,三级成孔工艺(Ø110 mm 开孔钻进至基岩,HTW 钻进通过破碎带,NTW 钻进至终孔),终孔孔深 320.29 m。

### 1.3 钻探装备

使用珠海市英格尔特种钻探设备有限公司 EP600 型便携式全液压钻机,钻机主要由操作台、液压油箱、3 台柴油机、柴油箱、钻机底座、钻架(含动力头)、泥浆泵、卷扬机和泥浆搅拌器组成<sup>[3]</sup>。EP600 型便携式全液压钻机主要性能参数见表 1。

### 1.4 烧钻事故分析

ZK1102 孔采用 NTW 钻具钻进至 171.20 m 时,钻进回转扭矩突然增大卡死,同时泥浆泵憋泵,采用钻机单油缸起拔钻具,无效果;而后采用双油缸顶、转、拉钻具,钻具丝毫未动;内管可顺利拉起,拉起后内管内无岩心。通过当前情况判定钻孔内发生严重烧钻事故,孔内有钻具 1 根 3.92 m、钻杆 168 m,共计 171.92 m。烧钻事故发生前一次钻进过程中,泥浆泵工作正常,钻孔严重漏失,孔口无返水。结合 120~171 m 所取上来的岩心来看,孔底地层较完整、但裂隙发育,钻孔严重漏失,在钻进过程中,因泵量较小,送水时间不足,导致冲洗液还未到达孔底即开始钻进,造成钻头局部高温,金刚石晶体颗粒熔化

表 1 EP600 型便携式全液压钻机主要性能参数

Table 1 Main specifications of EP600 portable full hydraulic drill

| 名称               | 参数                          | 数               |
|------------------|-----------------------------|-----------------|
| 钻机动力/<br>(kW×数量) | 涡轮增压柴油发动<br>机               | 23.5×3/33×3     |
| 最高压力/MPa         |                             | 21              |
| 动力头              | 最大扭矩/(N·m)                  | 600             |
|                  | 最高转速/(r·min <sup>-1</sup> ) | 1200            |
|                  | 提升力/给进力(双<br>油缸加倍)/kN       | 60/30           |
| 泥浆泵              | 最大流量/(L·min <sup>-1</sup> ) | 120             |
|                  | 最高压力/MPa                    | 7               |
| 夹持器              | 夹持能力                        | 114/HTW/NTW/BTW |
| 钻进能力             | 钻杆选择                        | HTW/NTW/BTW     |
|                  | 钻进深度/m                      | 100/300/600     |
| 钻机质量/kg          |                             | 1100            |

挥发,胎体熔融变形或与岩石熔融粘连,进而造成严重的烧钻事故<sup>[4-5]</sup>。

## 2 烧钻事故处理方案制定

结合孔内烧钻和钻探设备实际,所采取的处理方案必须对其安全性、经济性、可靠性等进行认真的分析比对,方可在孔内实施<sup>[6]</sup>。受全液压模块化钻机自重较轻、提升力不强和无钻塔设计的限制,无法使用反丝钻杆、丝锥打捞和打吊锤来处理钻孔事故<sup>[7-8]</sup>。

### 2.1 采用 BTW 钻具

利用 BTW 钻具研磨穿透烧钻事故段,而后将 NTW 钻具和钻杆作为套管,使用 BTW 钻进至终孔。BTW 钻具具有回转阻力小、钻进速度快、钻进效率高等优点,但在岩心钻探中仍存在以下问题。

(1) 岩心直径不符合规范要求。根据金矿钻探岩心采取要求,原则上岩心直径  $\leq 57$  mm,利用 BTW 钻进所采取岩心仅为 42 mm,无法满足找矿标准要求,严重影响找矿成果。同时在终孔后面临 NTW 钻具无法起拔的问题,烧钻事故仍未得到解决。

(2) 钻杆钻具故障率高。BTW 钻杆为薄壁钻杆,在 300 m 的孔内高速回转,当发生卡钻、钻杆扭矩较大时,极易发生断钻事故。同时 BTW 内管总成、内管帽和卡簧座极易发生故障,给安全顺利钻进

造成较大的风险。

(3)处理风险较大。在使用BTW钻具研磨穿透过程中,如若有扭矩较大情况时,极易发生卡死断钻事故。BTW作为最后一级钻具,如若发生卡死断钻事故,处理难度极大,可能导致钻孔直接报废。

## 2.2 采用水力割刀

利用水力割刀在烧钻位置上端进行切割,切割成功后,提出钻孔内钻杆钻具,换用新的NTW钻具,安装磨铤钻头对残留钻具进行研磨,研磨完成后正常钻进。采用水力割刀切割事故钻具可大幅度减少人力物力消耗,处理风险较低,节约生产成本<sup>[9]</sup>。难点是对于切割工艺和操作细节要求较高,若切割期间某个环节出现失误或切割参数控制不佳,将导致切割失败。

## 2.3 事故处理方案选择

通过详细对比分析以上两种处理方案,利用水力割刀切割事故钻具处理周期短,对钻机损坏较小<sup>[10]</sup>,若操作得当,可快速处理钻孔事故,继续使用NTW钻进,满足地质找矿需求。最终决定采用水

力割刀对这起烧钻事故进行处理。

## 3 水力割刀的应用

### 3.1 水力割刀的结构和工作原理

选用英格尔特种钻探设备有限公司NTW水力割刀器(型号05.07.0002),该水力割刀器主要由柱塞缸、钢球、柱塞、弹簧、弹簧座、筒体、割刀片组成(见图1、图2)。其工作原理是将割刀送至预定切割位置后,按照预设转速进行回转,利用泥浆泵将冲洗液送入钻杆内,逐渐增大泵量,使冲洗液压力推动钢球,钢球推动柱塞向下运动,柱塞推动刀头向外张开,与钻杆壁接触进行旋转切割,割断钻杆后,水泵压力减小,关闭泥浆泵,泄压后,钢球压力消失,刀头在弹簧作用下自动收回,提起钻杆和割刀器,完成切割<sup>[11-13]</sup>。



图1 NTW水力割刀器实物

Fig.1 NTW hydraulic cutter

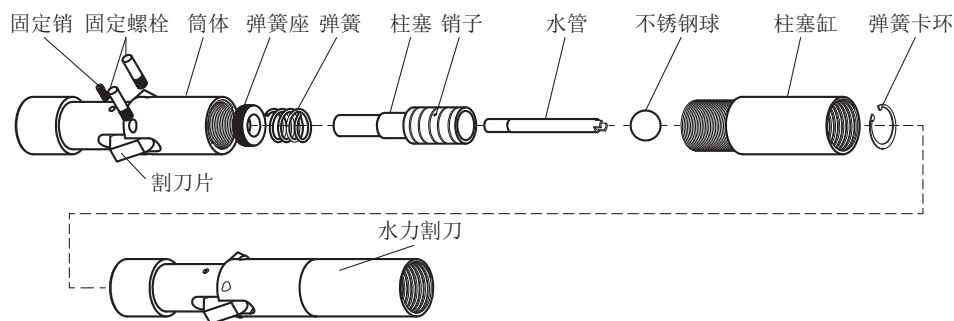


图2 水力割刀器结构示意图

Fig.2 Structure of the hydraulic cutter

### 3.2 切割前准备与测试

在割刀使用前,对割刀的各个部件进行全面检查,确保安装牢固、工作正常。在割刀下入孔内前,在孔口对割刀进行切割测试<sup>[14-15]</sup>。经测试,割刀从开始打开到完全打开需要的泵压为0.2~0.3 MPa,割刀正常工作泵压为1.2~2.5 MPa,泵压较小刀头打开后压力不足无法完成切割,压力过大容易发生崩刀问题;转速应控制在100~200 r/min,转速过低切割缓慢,转速过高容易发生崩刀问题,导致切割失败。在孔口试割期间,泵压为1.9~2.1 MPa,转速为180~200 r/min,用时56 min,完成切割(图3)。



图3 试切割钻杆截面

Fig.3 Test-cut section of the drill pipe

在切割过程中,特别要注意以下问题:

(1)严防油缸滑动。将割刀下入指定位置后,要对机上余尺进行固定,防止因钻杆和钻具自重造成油缸下行,引起切割位置发生变化导致切割失败。

(2)严格操作顺序。首先使割刀进行缓慢回转,而后逐渐增加泵压至0.2 MPa,待回转稳定后将泵压和转速逐渐增大至工作参数进行切割。如果先开泵后回转,极易发生崩刀问题。

(3)密切配合保障。准备工作完成后,钻机操作、冲洗液保障、计时登记等岗位要有专人负责、分工明确<sup>[16]</sup>。

### 3.3 钻具切割

孔内发生烧钻事故的钻具为NTW绳索取心钻具,钻具组合为 $\varnothing 75.3$  mm金刚石钻头+ $\varnothing 75.9$  mm扩孔器+NTW绳索取心钻具+ $\varnothing 73.3$  mm钻杆。钻具从上至下依次为弹卡挡头、弹卡室、座环、钻具外管、扶正环、扩孔器和钻头。结合钻孔内烧钻实际情况和钻具结构组成,使用BTW( $\varnothing 56.7$  mm)钻杆连接水力割刀下入孔内进行切割,切割位置选择避开钻具扶正环位置,防止因割刀带动扶正环旋转导致切割失败。

第一刀,在孔深170.60 m处进行切割,先开泵至0.2 MPa,而后进行回转,逐渐增加泵量和转速,切割泵压1.9~2.1 MPa,转速180~190 r/min,切割时间70 min,期间泵压未减小,停泵停止回转后,NTW钻杆提拉旋转均无反应。提起割刀后,两个合金割刀片均崩坏。

原因分析:在割刀下入后,由于操作失误,先开泵至0.2 MPa,而后进行回转,导致刀头崩坏,崩坏后刀头完全打开切割半径小于钻具半径,导致未切开。

第二刀,在孔深170.50 m处进行切割,先进行回转,而后逐渐增加泵量和转速,切割泵压1.9~2.1 MPa,转速190~200 r/min,切割时间70 min,期间泵压未减小,停泵停止回转后,NTW钻杆提拉旋转仍无反应。提起割刀后,割刀一侧刀头崩坏,一侧刀头磨损严重。

原因分析:在切割过程中,因高泵压、高转速导致一侧刀头崩坏,割刀在钻具内偏磨,未能割开。

第三刀,在孔深170.40 m处进行切割,先进行回转,而后逐渐增加泵量和转速,泵压1.8~1.9 MPa,转速180~190 r/min,切割至时间58 min时泵

压突然减小至0.6 MPa,继续切割10 min,泵压无变化。停泵停止回转,回转NTW钻杆,在孔口听到清脆响声,NTW钻杆可轻松回转,提起割刀和NTW钻杆,切割位置钻杆断面部分为扭转断裂,切口呈“喇叭”口状(参见图4)。



图4 钻具切割后截面

Fig.4 Cut section of the drilling tool

### 4 研磨遗留钻具

利用水力割刀割断钻具后,孔内剩余钻具0.80 m(包含钻具外管、扩孔器和钻头),采用研磨的方式处理孔内剩余钻具。研磨钻具外管阶段,使用磨铤钻头为 $\varnothing 76$  mm平底式高硬度胎体孕镶金刚石钻头,磨铤钻进参数为钻压2~2.5 kN、转速200 r/min、泵量65 L/min;研磨孔底钻头阶段,换用 $\varnothing 76$  mm胎体硬度HRC15的孕镶金刚石钻头单管钻进,在钻具内壁焊接强磁铁吸附孔底铁屑,确保钻孔内干净无残留<sup>[17]</sup>。研磨钻具耗时6 h,最终将孔内遗留钻具清理干净,烧钻事故处理成功,有效保障了钻孔后续施工顺利进行。

### 5 结语

(1)使用便携式全液压钻机处理烧钻事故具有较大的局限性和约束性,处理事故前要冷静心态、分析事故原因、摸清孔内实情,拟定多种处理方案和可能出现的次生事故,选取最稳妥的处理方案组织实施。

(2)水力割刀处理烧钻事故过程中,要选择正确的切割参数和操作步骤,严防因泵压过高、扭矩过大、转速过快或操作失误等,导致切割失败、处理时间增加、经济效益受损,甚至导致次生井故发生。

(3)ZK1102孔烧钻事故,采用水力割刀与研磨剩余钻具配合的处理方法,成功处理了烧钻事故,对

比振击和强力起拔等传统处理方法,具有机械事故少、处理周期短、节省人力物力等特点。同时水力割刀在烧钻事故中的使用为其他地区处理类似事故提供了借鉴。

### 参考文献(References):

- [1] 胡郁乐,张绍和.钻探事故预防与处理知识问答[M].长沙:中南大学出版社,2010.  
HU Yule, ZHANG Shaoh. Drilling Accident Prevention and Treatment Knowledge Q & A [M]. Changsha: Central South University Publishing House, 2010.
- [2] 王年友,谢文卫,苏长寿.岩心钻探孔内事故处理工具手册[M].长沙:中南大学出版社,2011.  
WANG Nianyou, XIE Wenwei, SU Changshou. Handbook for Equipments Using about Downhole Trouble Treating in the Core Drilling[M]. Changsha: Central South University Publishing House, 2011.
- [3] 杨培智,郑明珠. EP600 便携式全液压钻机在广西良结新寨矿  
区钻探中的应用[J]. 科技经济导刊, 2016(7):87-88.  
YANG Peizhi, ZHENG Mingzhu. Application of EP600 portable full hydraulic drilling rig in drilling in Xinzhai mining area, Liangjie, Guangxi[J]. Technology and Economic Guide, 2016(7): 87-88.
- [4] 于志坚,耿印,李明,等.山西腰站矿区 ZK6004 孔烧钻事故的处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(5):22-25,30.  
YU Zhijian, GENG Yin, LI Ming, et al. Treatment of bit burning in ZK6004 of Yaozhan mining area of Shanxi[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015, 42(5): 22-25, 30.
- [5] 时志兴,贾有金.烧钻事故的预防与处理措施[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):40-42.  
SHI Zhixing, JIA Youjin. Prevention of bit burnt accident and the treatment measures [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39(3):40-42.
- [6] 宋辉,王涛,赵世民.复杂地层深孔取芯钻探事故的处理方法[J].世界有色金属,2020(13):202-203.  
SONG Hui, WANG Tao, ZHAO Shimin. Treatment method of deep hole coring drilling accident in complex formation [J]. World Nonferrous Metals, 2020(13):202-203.
- [7] 罗永贵,古世丹,罗璇,等.深孔小口径金刚石钻进严重烧钻事故的预防与处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(3):37-40.  
LUO Yonggui, GU Shidan, LUO Xuan, et al. Prevention of drill bit burning in small diameter diamond drilling of deep hole [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(3):37-40.
- [8] 刘克林.浅析烧钻事故的发生及处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(5):32-33,36.  
LIU Kelin. Analysis on the occurrence of bit-burnt accident and the treatment [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011, 38(5):32-33, 36.
- [9] 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.
- [10] 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,2003,12(3):31-32,34.  
JING Jianglu, TANG Yanping. Application of BOWEN hydraulic external cutters in fishing operation [J]. Xinjiang Petroleum Science & Technology, 2003, 12(3):31-32, 34.
- [11] 华泽君,陈峰,王伟军.小尺寸油管水力内割刀设计及应用[J].中国石油和化工标准与质量,2021,41(1):111-113.  
HUA Zejun, CHEN Feng, WANG Weijun. Design and application of hydraulic internal cutter for small size tubing [J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality, 2021, 41(1): 111-113.
- [12] 王明杰,魏爱拴,陈永锋,等.高效切割一体多刀水力割刀研究[J].石油化工应用,2021,40(3):32-36.  
WANG Mingjie, WEI Aishuan, CHEN Yongfeng, et al. Research on highly efficient hydraulic cutter with multi-cutter [J]. Petrochemical Industry Application, 2021, 40(3):32-36.
- [13] 陈昭万.水力割刀切割落鱼探讨[J].化工管理,2020(11):144-145.  
CHEN Zhaowan. Discussion on cutting fish with hydraulic cutter [J]. Chemical Enterprise Management, 2020(11):144-145.
- [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] 颜生鹏.青海油田套管切割工艺改进与应用[J].石油钻采工艺,2014(5):134-137.  
YAN Shengpeng. Improvement and application for casing cutting technology in Qinghai Oilfield [J]. Oil Drilling & Production Technology, 2014(5):134-137.
- [16] 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.
- [17] 沈星,戚波,赵大军,等.陕西小秦岭金矿田深孔烧钻事故处理与分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2016,43(5):27-30.  
SHEN Xing, QI Bo, ZHAO Dajun, et al. Treatment and analysis on bit burning in deep hole drilling of Shaanxi Xiaoqingling gold mine area [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(5):27-30.

(编辑 荐华)