

地质钻探小口径水力割管器的技术性能及应用

张雄¹, 李强¹, 吕轩¹, 王杰², 赵亮¹, 杜帅¹

(1. 中国地质调查局西安矿产资源调查中心, 陕西西安 710100;
2. 中国地质调查局长沙自然资源综合调查中心, 湖南长沙 410000)

摘要:介绍了地质钻探小口径水力割管器的基本工作原理、技术性能以及在陕南、北山地区地质岩心钻探中的应用。实践表明,小口径水力割管器具有设计简单、操作方便、工作效率高等优点,在钻孔卡钻、埋钻等孔内事故处理中发挥了巨大作用,取得了很好的应用效果。同时,在实际应用中,水力割管器也存在一些问题,如刀头焊接质量不高、存在环切震动以及刀头崩刃的现象。通过分析和总结实际应用情况,针对存在的问题提出了一些改进意见,以便该设备的推广应用。

关键词:小口径水力割管器;孔内事故;地质岩心钻探;卡钻;埋钻

中图分类号:P634.4 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2023)S1-0414-05

Technical performance and application of geological small diameter hydraulic pipe cutter

ZHANG Xiong¹, LI Qiang¹, LÜ Xuan¹, WANG Jie², ZHAO Liang¹, DU Shuai¹

(1. Xi'an Mineral Resources Research Center of China Geological Survey, Xi'an Shaanxi 710100, China;
2. Changsha Natural Resources Comprehensive Survey Center, Changsha Hunan 410000, China)

Abstract: This paper mainly introduces the basic working principle, technical performance and application of hydraulic pipe cutter for small diameter drilling in geological core drilling in southern Shanxi and Beishan areas. The practice shows that compared with other types of pipe cutters, the hydraulic pipe cutter has the advantages of simple design, convenient operation and high working efficiency. It has played a huge role in the treatment of drilling stuck, buried drilling and other accidents, and has achieved good application results. At the same time, there are also some problems in the practical application of hydraulic pipe cutter, such as the welding quality of the tool head is not high, the existence of ring cutting vibration and the phenomenon of the tool head falling edge. Through the analysis and summary of the actual application, some suggestions are put forward to improve the existing problems, so as to promote the application of the equipment.

Key words: small diameter hydraulic pipe cutter; in-hole accidents; geological core drilling; stuck drill; burying drill

0 引言

在地质岩心钻探工程施工中,经常因各种因素发生孔内事故,致使施工中断,需要花费大量的人力和财力来处理,造成巨大的经济损失。在复杂地层深孔钻进施工时^[1],通常采用多级套管+冲洗液

相结合的方法^[2],以达到护壁的要求,保证施工正常进行,但是在钻孔施工结束后,套管往往会被卡住或埋住,无法起拔;此外在破碎、水敏性较高等复杂岩层钻进时,烧钻、夹钻甚至“抱死”的情况时有发生。遇到上述情况,通常采用反丝钻杆+反丝公

收稿日期:2022-11-29; 修回日期:2023-03-07 DOI:10.12143/j.ztgc.2023.S1.066

基金项目:中国地质调查局地质调查项目“战略性矿产资源勘查”(编号:DD20211552)

第一作者:张雄,男,汉族,1988年生,工程勘察室副主任,工程师,地质工程专业,硕士,从事钻探技术研究和钻探生产管理工作,陕西省西安市长安区凤栖西路66号,zhangxiong021063@163.com。

引用格式:张雄,李强,吕轩,等.地质钻探小口径水力割管器的技术性能及应用[J].钻探工程,2023,50(S1):414-418.

ZHANG Xiong, LI Qiang, LÜ Xuan, et al. Technical performance and application of geological small diameter hydraulic pipe cutter [J]. Drilling Engineering, 2023,50(S1):414-418.

(母)锥进行处理^[3-5],但反开位置无法保证,需要分段多次起拔,存在多次尝试仍不能完全起拔上来的情况,甚至因过度起拔造成二次事故,造成大量套管或钻杆遗留在孔内,劳动强度大,处理周期长,严重延误施工工期,不可控性大,提高了钻探成本^[6-8]。

要使管材在需要的位置断开或解卡,使用割管器是目前常用的处理方法之一。目前市场上地质岩心小口径钻探所用的割管器主要有离心式割管器、偏心割管器^[9]和简易割管器^[10-12]等,但是这几种割管器普遍存在割管时间长,成功率低的弊端,针对这种情况,西安矿产资源调查中心先后购置4套不同规格的小口径水力割管器,并先后在陕西、甘肃、内蒙古等勘查区得以应用,工程实践表明,该种小口径水力割管器具有良好的工作性能和优良的性能指标,但也存在一些问题,有待进一步完善。

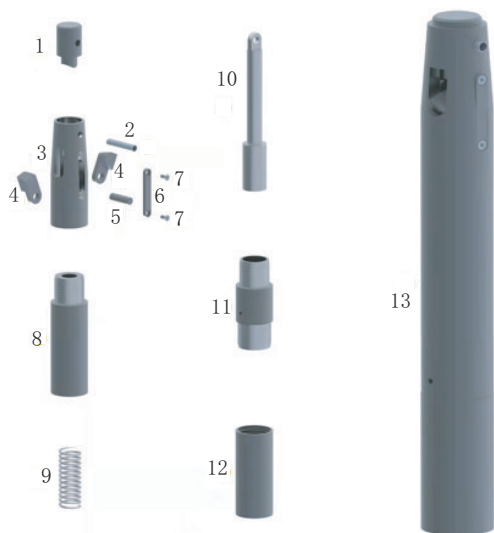
1 小口径水力割管器的结构和基本原理

1.1 型号及结构

所用水力割管器由无锡锡钻地质装备有限公司生产制造,主要规格型号有HQG、NQG和BQG三种,其主要由导向头、割刀、割刀架、芯轴、复位弹簧、接头、转换接头等部件组成。图1为NQG型水力割管器总成装配示意图。

1.2 工作原理

冲洗液经泥浆泵送入钻杆内,作用在芯轴(类似



1—导向头;2—圆柱销;3—刀体;4—刀头;5—圆柱销;6—盖板;7—沉头螺钉;8—弹簧套;9—弹簧;10—芯轴;11—接头;12—上接头;13—总成

图1 NQG型水力割管器装配示意

于活塞)上,随着冲洗液流量的不断增加,作用在芯轴上的水压力越来越大,克服弹簧的弹力推动芯轴下行,刀体与芯轴相连,芯轴下行带动刀体向两侧展开,使刀头接触钻杆(套管)内壁,随着割管器的旋转,在套管内壁作圆周运动,从而切割钻杆(套管)。增大水压,刀头在压力作用下,逐渐向外张开,从而割透钻杆(套管),达到解卡的目的^[13]。

2 小口径水力割管器的适用范围

该种水力割管器主要适用于处理管径70 mm及以上S75配套钻杆或套管,对于小于以上直径的套管或绳索取心钻杆,固体岩心钻探中一般不用,因此不考虑。

水力割管器的本体直径一般比所割钻杆(套管)的口径小1~2个口径,一般以小一径为佳。表1为割管器与所切割套管的直径的对应关系^[14-16]。

表1 割管器型号与所切割钻杆(套管)规格的对应关系

所割钻杆(套管)规格	NTW薄壁钻杆(NQ钻杆)	HTW薄壁钻杆(HQ钻杆)	Ø108mm套管
水力割管器型号(外径)	BTW(Ø58mm)	NTW(Ø74mm)	HTW(Ø94mm)

3 小口径水力割管器的测试与注意事项

3.1 手动组装测试^[17]

(1)检查水力割管器的整体性能情况,可以在施工现场或提前拆解组装,重点检查水力割管器两侧刀体是否一致,刀头是否完整。

(2)按压芯轴,观察刀体能否正常弹出,弹簧能否正常复位。图2为水力割管器实物拆解图。

3.2 孔口水压割管测试

(1)将水力割管器与钻杆连接,进行孔口预切割,详细记录水力割管器的运行情况,及切割钻杆(套管)时的相关参数。

(2)整理预切割时的相关技术参数,进一步明确割管步骤,确保切割过程思路清晰。经测试得知,泥浆泵泵压达到0.3 MPa时,水力割管器的刀头即从两侧伸出,开始切割作业,具体预切割参数见表2。

3.3 割管实践

3.3.1 切割位置的确定

在施工过程中,要每天记录岩心完整程度和采



图2 水力割管器实物拆解

表2 水力割管器预切割技术参数

钻机型号	EP600PLUS
初始切割水压/MPa	0.3
切割水压/MPa	1.1~2.1
切割转速/(r·min ⁻¹)	160~200

取情况,尤其在钻遇坍塌掉块、破碎带以及水敏性较高等复杂地层时,要准确记录岩心破碎时的起止位置。在此类地层中钻进时,经常会伴有泵压升高、扭矩增大的现象,是钻探事故高发位置,需要重点关注,一旦发生卡、埋钻等事故,可根据记录的岩心情况,帮助确定事故头位置,进行切割位置的有效判定。

3.3.2 切割过程

将水力割管器连接钻杆,下入孔内预切割位置后,调节泥浆泵至最小泵量,先开泵送水,在水压作

用下,刀头向两侧伸出,使之紧贴被切割钻杆(套管),然后开动钻机动力头慢速旋转,约旋转十几圈后,逐步调节泥浆泵泵量阀,增大泵量,并逐步提高钻机动力头转速,实施切割。一般约15~20 min后,即可将8~10 mm壁厚的钻杆(套管)割断。待切割完成后,先调节减小泥浆泵泵量,使刀头收回,再降低钻机转速,直至停钻。

3.3.3 割管是否成功的判断

在切割钻杆(套管)的过程中,应该注意加强对割管全过程的观察或判断,在切割过程中,泵压会出现突然陡降的现象,作为钻杆割断的标识(孔内返水时)。原因分析,当割管时,泥浆泵泵量一定的情况下,孔内钻压保持在一个数值,当完成割管时,冲洗液原有的流通渠道被改变,打开了第二通道,环空间隙明显增大,致使泵压会突然下降甚至“丢失”,但随后会逐步恢复。

此外,还可以将钻孔的孔口管出露部分用透明塑料布进行包裹,在孔口放一把铁锹或者其他容器,收集上返的水进行过滤并观察水中的残留物,作为切割是否正常进行的辅助判断(见图3)。



(a) 收集上返液体



(b) 滤出的铁屑

图3 切割过程中的观察与监测

3.4 注意事项

(1)在安装水力切割器前,对所用的刀头情况进行仔细检查,尽量选取刀头焊接良好、刀刃露头一致的割刀刀头。

(2)为了减少因工作不平稳造成刀头损坏的几率,在割管器工作过程中,钻机尽量不换挡,不停机。

(3)完成切割作业,将孔内钻杆和割管器提出,若发现刀头磨损严重,先进行起拔,确认是否割断套管或钻杆,如不能提动,应更换刀头,进行二次循环作业。

(4)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。

(5)若本次切割作业未能判断出管材是否割断,应加长切割时间,提高切割作业成功率。

(6)若孔内地层复杂,存在多段坍塌掉块或破碎地层,即使套管或钻杆割断也可能存在提拉不动的情况,这时要根据孔内实际情况,重新判断可能解卡的位置,下入割管器重新切割,如此反复,直至成功。

4 应用实例

4.1 陕南-商南金多金属调查项目 ZK1401 孔

该孔岩层较破碎,采用 NTW 薄壁绳索取心工艺钻进,在施工过程中,一直有轻微卡钻现象,施工至 285.7 m 时卡钻严重,动力头回转“吃力”,加大钻机马力,全力回转+起拔,均未见明效,且愈发严重,最终导致钻机动力头彻底无法回转,经分析研判认为:主要是由于 268~285.7 m 段岩层破碎,并夹带褐色至黑色淤泥,卡钻主要是坍塌掉块所致,并在处理过程中进一步坍塌造成埋钻,由于未达到地质设计深度,加之担心会造成二次井故,未进行强力起拔,为加快施工进度,降低施工成本,决定换径继续施工,待终孔后再进行处理。终孔后,首先采用钻机双油缸强力起拔未果,随采用 BTW($\varnothing 56.7$ mm)钻杆连接 BQG 型水力割管器下入孔内切割,先后切割 4 次,4 次纯割管时间共计 60 min,实际有效切割 2 次,成功将套管割断提出,具体切割过程如下:

第一次,切割位置 281.6 m 处($285.7-4.1=281.6$ m),避开钻具(4.1 m),先开泵至 0.3 MPa,而后进行回转,逐渐增加泵量和转速,切割泵压 0.9~1.2 MPa,转速 160~170 r/min,切割时间 15 min,期间泵压出现骤降的现象,停泵停止回转后,提拉旋转

NTW 钻杆,无反应,提钻检查割刀,刀头轻微磨损。原因分析:割刀刀头磨损,说明切割有效,泵压骤降,说明 NTW 钻杆已经割断,判断埋钻位置可能在钻具上方,需要进一步切割。

第二次,切割位置 272.4 m 处($281.6-9-0.2=272.4$ m),切割位置上提 6 根钻杆(单根 1.5 m),避开破碎层+钻杆丝扣 20 cm,开泵至 0.3 MPa 并回转,逐渐增加泵量和转速,切割泵压 1.4~1.6 MPa,转速 170~190 r/min,切割时间 15 min,期间泵压未反应,停泵停止回转后,提钻检查割刀,刀头崩刃。原因分析:起始泵压和转速过高,刀头未贴合钻杆壁导致环切不稳产生震动,导致刀头崩刃。

第三次,切割位置 272.3 m 处,切割参数参考第二次,提钻发现刀头崩刃。原因分析:刀头质量不合格,焊接质量不好且对称性不足。

第四次,切割位置 272.0 m 处,开泵至 0.2 MPa 并回转,逐渐增加泵量和转速,切割泵压 1.6~1.7 MPa,转速 180~190 r/min,切割时间 20 min,期间泵压骤降,又继续切割 10 min,然后停泵停止回转后,成功将 NTW 钻杆提起。

4.2 额济纳旗北山萤石调查项目 ZK04 孔

该地区主要岩性为长石石英细砂岩、石英杂砂岩、硅质岩,岩性较硬,最高可达 7 级,多发育裂隙和微溶洞,施工的 ZK04 孔,采用 EGREP600PLUS 型便携式全液压钻机施工,浅层施工时即有轻微漏失,钻井液上返流速缓慢,流量较小,施工至 21.57 m 时孔口钻井液上返量“丢失”,随即采取泥浆泵泵送和孔口同时灌注的措施,确保钻头的润滑和冷却,但是孔壁稳定性因为钻井液漏失而大大降低,孔壁常有碎石掉落,时常伴随有卡钻现象,当 NTW 口径施工至 141.3 m 时卡钻严重,随即采用双油缸+低速马达处理该事故,多次尝试后无果,经技术商讨后决定采取水力割管器处理,用 BTW($\varnothing 56.7$ mm)薄壁钻杆连接 BQG 型水力割管器进行切割,切割位置在 137.2 m 处(钻具长 4.1 m),开泵至 0.2 MPa 并回转,逐渐增加泵量和转速,切割泵压 1.7~1.8 MPa,转速 180~190 r/min,纯割管时间 15 min,一次割断,成功将钻杆提出(见图 4)。

5 小口径水力割管器的不足及改进建议

小口径地质水力割管器应用效果明显,为地质岩心钻探事故处理提供了更多的处理方法和手段,



图4 割断的钻杆

但也存在一些不足:

(1)该型水力割管器刀头部分的硬质合金块焊接工艺较为粗糙,对称性明显不足,容易造成崩刃和无效磨损的情况。建议加强对出厂刀头焊接质量的检查,确保刀头焊接良好。

(2)切割过程中刀头磨损很快^[18],造成水力割管器切削效率较高但寿命不足的问题。每副刀头的价格为300~350元,有时需要用2~3副刀头才能完成切割,钻探成本有所提高,后期可研究使用更好的刀头胎体材料,提高胎体硬度,实现刀头重复利用,进一步降低事故处理成本。

(3)切割存在环切震动问题。由于两翼刀体安装精度的问题以及刀体不对称问题,导致切割钻杆时存在环切震动的现象,造成切割不平稳,尤其在斜孔中使用时此种现象更加突出,会出现偏割的情况。可将两翼刀体设计改为三翼或全盘设计,能够有效增加割刀运行时的稳定性,保证割管成功率。

6 结语

现场实践表明,该型水力割管器的结构设计简单、安装方便、操作灵活、切割速度快,成为处理钻探事故的有力工具,现有的各种口径的水压切割器,基本可以满足地质小口径钻探事故处理,其使用效果明显,极大地缩短了事故处理的时间,降低工人劳动强度,统计表明,相较传统处理方法,施工成本节约

可达70%~80%,值得进一步改进并推广应用。

参考文献:

- [1] 刘锡金.陈台沟铁矿复杂地层深孔钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(10):41-44.
- [2] 陈新明.大理深复杂水文地质条件工作面防治水技术研究[D].北京:中国矿业大学(北京),2012.
- [3] 王年友,苏长寿,谢文卫.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.
- [4] 刘瑞琪.钻井工程事故的预防与处理[M].北京:中国建筑工业出版社,1982.
- [5] 孙建华,刘秀美,王志刚,等.地质钻探孔内复杂情况和孔内事故种类梳理分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(1):4-9.
- [6] 裴森龙,李博,侯朝勇,等.西南天山复杂地层绳索取心钻探跑钻事故处理方法[J].钻探工程,2021,48(8):53-58.
- [7] 朱永良.提高深孔绳钻卡埋套管(钻杆)处理效率[J].工程设备与材料,2017(8):128-129.
- [8] 裴森龙,李高,李博.复杂地层金刚石绳索取芯钻探断钻具事故处理[J].地质与勘探,2021(3):182-184.
- [9] 李占锋,张佳俐,张金来.一种新型割管器的设计与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):27-29.
- [10] 徐光鑫.离心割管器的应用[J].探矿工程,1974(4):53-54.
- [11] 孔叔平.简易切管器[J].探矿工程,1958(8):38-39.
- [12] 张绍源.用钻杆制成的简易切管器[J].探矿工程,1959(8):30-31.
- [13] 陆文祥,刘毅华,李文鑫.小口径割管器的设计与应用[J].中国煤炭地质,2009,21(2):65-66.
- [14] 王晚中.自制水压割管器及其应用[J].探矿工程,2001(5):33.
- [15] 煤田113队工程科.水压割管器在起拔套管中的应用[J].探矿工程,1974(4):45-46.
- [16] 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.
- [17] 那云宏,邓红松,唐建平,等.自制水压割管器在斜井内的应用[J].中国井矿盐,2014,45(4):26-27.
- [18] 伍涛,张朋,张小军.煤矿井下割管钻具结构设计及加工工艺[J].煤矿安全,2018,49(12):92-95.

(编辑 荐华)