

岩心钻探烧钻事故分析及实践

孙孝刚, 卢忠友

(贵州省地矿局 102 地质大队, 贵州 遵义 563003)

摘要:烧钻事故在岩心钻探施工过程中是最频发的事故之一,分析总结烧钻事故发生的原因和发生的必要条件,烧钻事故发生前出现的异常征兆,烧钻事故的预防措施、处理原则和方法;总结了几起烧钻事故的处理经验及教训,提出了如何做好预防和处理烧钻事故的措施建议。

关键词:岩心钻探;烧钻事故;事故征兆

中图分类号:P634.8 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)03-0028-05

Analysis and Practice of Bit-burnt Accident in Core Drilling/SUN Xiao-gang, LU Zhong-you (102 Geological Team, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Zunyi Guizhou 563003, China)

Abstract: Bit-burnt is one of the most frequent accidents during core drilling, this paper analyzes and summarizes the causes and necessary conditions of the accident, discusses the abnormal signs before the accidents happening, the prevention measures and treatment principles. Based on the treatment experiences and lessons in bit-burnt accidents, some suggestions are put forward.

Key words: core drilling; bit-burnt accident; accident sign

1 烧钻事故的原因及条件

在岩心钻探施工过程中,烧钻事故是钻探事故中最频发的事故之一,也是较难处理的一种事故。烧钻事故的发生必须具备 3 个条件:一是钻具在孔底冷却系统发生问题;二是钻具具有较高的转速;三是钻具在孔内转动有一定的时间。发生烧钻事故的原因有直接和间接两个方面。

直接原因:一是泥浆泵上水不好或不上水(浆);二是泵量、泵压较小,不能有效排除孔底泥沙岩粉,钻头底部水路被逐渐堵塞;三是钻杆接头或管壁漏失,冲洗液不能有效到达孔底,造成假循环现象;四是吸水管、水龙头、高压管、钻杆及绳索取心钻具内管与外管环状间隙等冲洗液管路被堵塞;五是钻头底出刃、外出刃磨损严重,致钻头水口变小、或无水口,以及钻具与孔壁环状间隙过小,从而导致钻具在孔底高速转动与岩粉岩屑摩擦产生高温而冷却不良发生烧钻。

间接原因:一是操作人员责任心不强,下钻前未对吸水管、水龙头、钻杆和钻具等冲洗液循环管路进行认真检查,不能确保冲洗液管路的畅通和是否存在漏失;二是在钻进过程中,不注意异常征兆的发生;三是专业技术水平不够,不能正确判断烧钻前的征兆,同时,发现烧钻征兆后处置方法不当。

2 烧钻事故发生前的征兆

烧钻事故不是瞬间突发的,是有规律可循的。事故发生之前,不同的钻进工艺和钻进设备,钻进不同岩性的地层,主要出现以下不同的征兆。

(1)在较软的岩层中钻进,其钻进速度很慢,在较硬的岩层中钻进时,一般不进尺。

(2)随着烧钻过程的发展,钻具孔底负荷逐渐增大,扭矩增大,钻机动力负荷增大,钻机扭力表扭矩值增大,驱动钻机的柴油机声音与正常工作时明显不同或排气管冒黑烟。若用电动机作动力驱动时,电动机功率表将有明显变化。

(3)随着冲洗液循环管路被逐渐堵塞,孔口冲洗液返出流量变小,泥浆泵泵压增大,泥浆泵负荷增大至憋泵,驱动泥浆泵的柴油机声音与正常工作时明显不同或排气管冒黑烟,高压送水管跳动厉害,传动皮带会发生跳动,在夜间施工,若照明发动机与泥浆泵共用柴油机驱动,其照明设施会因电压变化而不稳定、灯光变暗等。

(4)当钻杆严重漏失或泥浆泵吸水管不吸水时,泥浆泵负荷无明显变化,驱动泥浆泵的柴油机也无异常现象,冲洗液形成假循环现象,但钻具扭矩仍将随着烧钻过程的发展而增大,钻机扭力表扭矩增大,驱动钻机的柴油机声音与正常工作时明显不同或排

收稿日期:2017-10-23

作者简介:孙孝刚,男,苗族,1966年生,高级工程师,探矿工程专业,从事岩心钻探技术及管理工作,贵州省遵义市汇川区,1581933937@qq.com。

气管冒黑烟。

(5)当钻孔漏失严重,采取顶漏钻进时,泥浆泵负荷无明显变化,其驱动柴油机也无异常现象,但是,钻具扭矩仍将随着烧钻过程的发展而增大,钻机扭力表扭矩增大,驱动钻机的柴油机声音与正常工作时明显不同或排气管冒黑烟。

3 烧钻事故的预防及处理

3.1 烧钻事故的预防

为防止烧钻事故的发生,在钻进过程中,应注意如下几点:

(1)做好水泵的维修保养和冲洗液的管理工作。施工中时刻注意水泵泵压的变化情况,如泵压过高或过低均应停钻检查。

(2)认真检查钻具。经常检查杆具的磨损情况,如丝扣磨损严重的钻杆应及时更换,钻头水口过小或水槽过浅应及时处理或更换。

(3)经常检查冲洗液循环池的情况,及时打捞池内多余岩粉或落入池内的杂物,以避免高压吸水龙头的堵塞;对池内冲洗液及时补给,避免因孔内失水量较大引起循环池内冲洗液不足造成吸水面过低无法正常供水。

(4)保持孔内清洁,及时清除冲洗液内岩粉、岩屑,在冲洗液不能有效排粉时,专程捞粉。

(5)钻进过程中由于地层破碎或岩层软硬不均造成钻头被岩心堵住,应及时停钻进行处理。

(6)使用硬质合金钻头,岩层越软,硬质合金的出刃量要越大,并相应地增大水口。

(7)在扫孔过程中应控制速度,如扫孔速度过快,可能导致冲洗液供应不足,岩粉未能及时排除,导致烧钻事故的发生。

(8)操作人员要加强责任心,施工中要集中精力,同时,熟练掌握钻探操作注意事项。

在钻进过程中,任何事故的发生,通常都会有一些征兆发生的,只要注意加强管理、提高当班者的责任心,注意观察各种仪表显示的数据,机械、皮带、胶带运转情况,孔口冲洗液量的变化等,及时发现异常征兆,正确处理,是可避免烧钻事故发生的。

3.2 烧钻事故的处理

3.2.1 处理原则

烧钻事故发生后,要及时、认真分析研究,认清事故的性质,必须要做到“六个清楚”,即:一是要弄清楚事故原因;二是钻具在孔内的组合匹配要清楚;

三是钻孔结构要清楚;四是钻孔岩层情况要清楚;五是事故钻具的位置要清楚;六是处理方案要清楚。

绳索取心钻进烧钻后,应遵从“先内后外”的原则,即尽量想办法先将钻具内管及总成捞出,再进行处理外管。相反,先处理外管后再处理内管时,将受到孔壁垮塌、掉块、沉砂等不利因素的影响。

3.2.2 处理方法

在处理烧钻事故时,应根据钻具结构、烧钻地层、钻孔结构、钻孔深浅、钻进工艺等选取“顶”、“捞”、“掏”、“反”、“套”、“磨”、“泡”、“割”与之相应的方法,有机结合,逐一破钻。

顶:用千斤顶或钻机给进油缸强力顶拔。在轻微烧钻事故过程中,当发现烧钻征兆时,不能停止钻机转动,首先,应立即用给进油缸向上顶,同时升降机上提拉,如顶、拉结合都不动时,再用千斤顶提拔。

捞:采用绳索取心钻进工艺时,用打捞器或另行加工的专用打捞工具,将内管及总成打捞出孔。

掏:绳索取心钻进钻具的总成和内管被提出后,或普通钻进岩心管上部钻杆被反出后,再用小一径钻具掏心卸劲,然后将事故钻具提出。

反:用反丝锥或反丝母锥,将事故钻头上部钻杆及钻具反出。

套:在烧钻事故上部孔壁稳定、钻孔较浅的条件下,用大一径钻具扩孔至事故钻具以下 50 cm 左右,将事故钻具套取提出钻孔。

磨:遇钻孔较深,采用反丝锥、反丝母锥将钻头以上钻具反脱提出孔口。既不能套取,也不能掏心后继续钻进的情况下,采用硬度较大的同径钻头将孔内事故钻具消灭,磨孔清除孔内钻具残余。

泡:在轻微烧钻事故中,且用清水做冲洗液钻进较软的岩层,事故头上部孔壁较稳定,烧钻后立刻顶拉不能提动时,可让清水浸泡 1~2 日,卸去部分阻力后,再进行顶、拉提拔。

割:绳索取心钻进烧钻后无法提动,事故头上部钻杆现场无反丝锥子等反管工具,可先用小一径钻具掏心后继续钻进,待终孔后仍无法提动事故钻具时,下入割管器至事故钻头上部割断,然后提出上部钻具。

4 烧钻事故处理实例

4.1 遵义复兴锰矿 ZK1921 钻孔烧钻事故

4.1.1 钻孔概况

该孔设计孔深 1450 m,实际终孔深度 1417.94

m,选用 YDX-1800 型全液压动力头岩心钻机,用 $\varnothing 130$ mm 开孔后,全孔绳索取心金刚石钻进。发生烧钻事故地层岩性为三叠系下统茅草铺组(T_3m),灰岩孔段,可钻性为 6~7 级,孔深 615.2 m。全孔采用“水+水解聚丙烯酰胺+特效润滑剂+防塌剂”无固相冲洗液。

4.1.2 钻孔结构

开孔:用 $\varnothing 130$ mm,钻穿覆土进入基岩,孔深 4.58 m,下 $\varnothing 127$ mm 套管,固井口;二开:用 $\varnothing 110$ mm 钻至孔深 91.5 m,下 $\varnothing 108$ mm 套管护壁;三开:用 $\varnothing 96$ mm 钻头顶漏钻进至孔深 602.20 m,下 $\varnothing 89$ mm 套管护壁止漏;四开:用 $\varnothing 77$ mm 钻头钻进至 612.70 m。

4.1.3 事故发生经过

2017 年 6 月 9 日晚,607~608 m 孔段严重漏失,无泵压,不返浆。起大钻,拔出 $\varnothing 89$ mm 套管,下 $\varnothing 96$ mm 绳索取心钻具扩孔,当扩孔至孔底 612.70 m 后,继续钻进 1.5 m,见取出岩心完整,继续加杆钻进,至孔深 615.2 m 时,泵压升高至 6 MPa,无进尺(钻进速度为零),操作班长感觉岩心堵塞,立即起钻,钻机上顶,无法提动钻具,但钻具可转动。

4.1.4 事故处理方法及步骤

(1)向上边顶边扫动,上行距离孔底 0.20 m 后,钻杆在孔深 309 m 处被拉断。随后下 $\varnothing 89$ mm 公锥打捞,提拉时,钻杆又在孔深 189 m 处被拉断,又下 $\varnothing 89$ mm 公锥打捞,钻杆又在孔深 84 m 处被拉断,再下 $\varnothing 89$ mm 公锥打捞,钻杆又在 24 m 处被拉断,至此,孔内已经有了四个 $\varnothing 89$ mm 公锥了,机长才向公司负责人报告说“卡钻了”。

(2)由于钻具在孔内能转动,上部扩孔时,曾经有金刚石钻头底出刃“牙齿”脱落掉落孔内,且从孔深 612.70~614.20 m 段取出岩心观察,有大量约 0.01 m 左右大小的裂隙,经研究判断本次事故为“卡钻事故”,所以决定从钻杆与孔壁环状间隙注水冷却钻具,继续向上扫动,设想将卡钻物挤入裂隙,解卡。但向上扫动 1.4 m 后仍提拉不动。

(3)估计底部钻头严重变形卡钻,决定向下慢慢扫动,设想磨掉钻头变形部分解卡,孔口标记往下磨 0.07 m 后,向上提动钻具,仍无法将钻具提出。

通过以上方法处理无效后,考虑到 SCD-1800 型全液压动力头钻机扭矩大、钻进过程中憋泵,事故钻具能在裂隙发育,近 1.5 m 的孔段上下反复串动

等因素,定性本次事故为“烧钻事故”。采用以下处理烧钻事故的方法进行处理。

(4)下入 $\varnothing 89$ mm 反丝公锥,经 3 次将在孔深 24、84、189、309 m 处的 4 个 $\varnothing 89$ mm 正丝公锥及以上绳索取心钻杆全部反出钻孔。处理过程中,因事故钻具在孔内能够转动,上下能活动 1.47 m。因此,丝锥吃扣时,钻机应适当加压,增大钻具在孔底的摩擦力,才能上扣吃紧钻具。在反钻具时,应适当上顶钻具,加大事故钻具与孔壁之间的摩擦力。

(5)下绳索取心打捞器打捞内管,由于孔壁落物及沉沙将矛头掩埋,因此,没能将内管提出。

(6)继续下入 $\varnothing 89$ mm 反丝公锥反动钻具,将钻杆和弹卡挡头从弹卡室上部反脱,内管上部总成矛头外露,内管总成、弹卡挡头和弹卡室组装相对位置如图 1 所示。

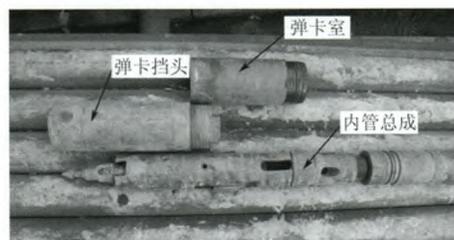


图 1 内管总成、弹卡挡头和弹卡室组装相对位置

(7)下绳索取心打捞器打捞内管,由于孔壁落物及沉沙将内管卡紧,仍没能将内管提动,只能脱卡将捞矛提出。

(8)下入 $\varnothing 89$ mm 正丝母锥,将内管打捞出钻孔,提出后,发现内管底部卡簧座已被磨完,内管底部丝扣已经磨掉约 0.03 m。在这过程中,由于内管总成直径较小,母锥内吃扣部位距锥口较高,因此,在下钻前需将母锥口段切掉一段,方可避免母锥与弹卡室相顶不能吃扣。

(9)再下入 $\varnothing 89$ mm 反丝公锥,将钻具从扩孔器上部反出,至此,孔内仅剩未磨完的扩孔器。

(10)下入同径硬度较大的磨孔钻头,将事故钻头和扩孔器消灭,继续磨孔 50~100 cm 后正常钻进。

4.1.5 事故原因

(1)由于事故孔段上部严重漏失,采用顶漏钻进,因此,操作人员不能从孔口返出冲洗液量的变化中发现烧钻征兆。

(2)因 YDX-1800 型全液压动力头岩心钻机动力和扭矩较大,烧钻事故发生后,钻具依然能够转动,因此,使操作人员产生误判,没有在事故发生前

进行及时处理。

(3)操作人员责任心不强,麻痹大意,未能做到从仪表、钻机声音细微的变化中,及早发现问题。

4.1.6 经验教训

(1)操作人员必须加强思想责任意识,做到“眼观六路耳闻八方”,钻进过程中,不能放过任何不正常的细微异常现象。

(2)在事故发生后,必须遵循事故处理原则,在没有搞“清楚”事故性质情况下,不能“盲动”,避免造成事故中再发生事故,事倍功半。在本次事故处理中存在 2 个错误,一是没有首先将钻具总成和内管提出,造成了在后面打捞过程中浪费了时间,二是机长未经分析研究,擅自多次下“锥子”入孔内将钻杆拉断,造成了事故套事故。

(3)在钻具提拉不动时,未进行认真分析研究,误判事故为“卡钻事故”。

4.2 大方县岩脚-百花塔煤矿 ZK1703 孔烧钻事故

4.2.1 钻孔概况

该孔设计孔深 780 m,实际终孔深度 762 m,选用 XY-4 型立轴式岩心钻机。发生烧钻事故地层岩性为二叠系上统龙潭组(P_2l),含泥岩、细砂岩、粉砂岩、灰岩、煤(层)线、硫铁矿,硬度变化较大,局部岩层极为破碎,且涌水,易垮塌、缩径,可钻性级别在 2~7 级,孔深 650.18 m。孔深 640.5 m 进入二叠系上统龙潭组(P_2l)后,采用“水+粘土粉+ Na_2CO_3 +CMC”冲洗液钻进。

4.2.2 钻孔结构

开孔:用 $\varnothing 110$ mm,钻穿覆土进入基岩,孔深 6.11 m,下 $\varnothing 108$ mm 套管,固井口;二开:用 $\varnothing 96$ mm 自孔深 6.11 m 钻至 640.5 m,下 $\varnothing 89$ mm 套管护壁;三开:用 $\varnothing 76$ mm 钻头钻进至孔深 650.18 m。

4.2.3 事故发生经过

2009 年 4 月 23 日,ZK1703 孔钻进至孔深 650.18 m 时,起钻,打捞岩心时,发现将内管总成从矛头轴销处拉断,随后起大钻发现外管在下扩孔器上部断了,发现钻杆在距离孔底约 60 m 处有一直径约 1 cm 小洞,漏浆。

4.2.4 事故处理方法及步骤

(1)下同径单管钻具将内管罩住,投卡料卡取内管和总成,打捞卡取得一小段(约 16 cm)短节。

(2)下母锥打捞,将总成从内管(岩心管)顶端拉断,总成全部提出钻孔。

(3)经研究确定,下同径钻具将内管罩住消灭扩

孔器和钻头,在钻进超过事故钻头 50 cm 后,将内管和岩心一起打捞出孔。但是,在将扩孔器已经消灭,至距钻头只仅有 6 cm 时,由于机长因事外出不在现场,班长执意要起钻后用母锥打捞,起钻后,下母锥打捞,无效。再下同径钻具消灭时,发现孔内事故内管已偏离钻孔,再也不能将内管罩住,至此,只能决定将内管一起消灭,之后在 650.18~685.30 m 孔段的钻进过程中,内管时出时没。20 多天后,才慢慢将其切削成数块不规则形状的铁块取出孔外。

(4)磨孔,清除孔内残屑,钻进。

4.2.5 事故原因

(1)钻杆在距离孔底约 60 m 处洞穿,冲洗液未能有效到达孔底,形成假循环,没有起到有效冷却钻头的作用。

(2)操作人员责任意识不强,未能督促员工在下钻前仔细检查钻杆的磨损情况,严格禁止不合格钻具下入孔内。上班精神不集中,思想麻痹大意,在柴油机变音时未发觉。

4.2.6 经验教训

(1)在绳索取心钻进中,对下入孔内钻具应勤检查,严禁磨损严重的钻具下入孔内。

(2)应加强钻探专业技能学习,能熟练钻探操作技能,能正确识别各种异常征兆,并能应对处理。

(3)应严格落实并明确各岗位职责。在本次事故处理过程中,机长擅自离开岗位,导致某班班长中途更改处理方案,起钻造成内管偏离,使事故复杂化,在无法打捞的情况下,不得不决定将事故钻具内管消灭,耗时 20 多天才完成。

4.3 威宁县石门乡乐开铅锌矿 ZK201 孔烧钻事故

4.3.1 钻孔概况

设计孔深 1000 m,实际终孔深度 1066.6 m,选用 YDX-1800 型全液压力头岩心钻机,用 $\varnothing 150$ mm 开孔后,全孔绳索取心金刚石钻进。第一次发生烧钻事故地层岩性为泥盆系上统尧梭组第一段(D_3y^1),粘土岩、深灰色薄—中厚层状、链状、瘤状细晶灰岩,可钻性 6~7 级,孔深 135.67 m。

第二次发生烧钻事故地层岩性为泥盆系上统望城坡组第二段(D_3w^2),灰色中厚层状中—粗晶白云岩,岩石破碎,可钻性 6~7 级,孔深 524 m。

全孔采用“水+水解聚丙烯酰胺+特效润滑剂+防塌剂”无固相冲洗液。

4.3.2 钻孔结构

开孔:用 $\varnothing 150$ mm,钻穿覆土进入基岩,孔深

11.47 m,下 $\varnothing 146$ mm套管,固井口;二开:用 $\varnothing 122$ mm钻头,($\varnothing 114$ mm绳索取心钻杆)钻至孔深135.67 m。

4.3.3 事故发生经过

2017年7月6日晚,由于钻孔严重漏失,顶漏钻进,不返浆。当钻进至孔深135.67 m提出内管取心后,投入内管继续钻进,烧钻,钻机停止转动。

4.3.4 事故处理方法及步骤

(1)提出内管后,采用钻机强力提拔(油缸上顶),未能将钻具提动。

(2)下入旧钻头 $\varnothing 96$ mm绳索取心钻具掏心,由于孔内钻头硬度较大,磨损3个 $\varnothing 96$ mm钻头后,未能将孔内钻头掏空。

(3)下入硬度与孔内钻头相同的 $\varnothing 96$ mm新钻头继续掏心,仍未掏空。

(4)下入 $\varnothing 77$ mm绳索取心钻具掏心,掏空后继续钻进1 m后起钻。

(5)再换硬度较孔内钻头大的 $\varnothing 96$ mm绳索取心钻具继续掏心,掏空后扩孔1 m后,继续钻进0.5 m起钻,将掉入孔内金刚石钻头残渣、碎块随岩心一起打捞出孔。

(6)起钻后,用钻机强力提拔事故钻具,仍未能提动。

(7)采用 $\varnothing 96$ mm绳索取心钻具继续钻进;钻进至524 m时,又烧钻,后用 $\varnothing 77$ mm绳索取心钻具掏心,继续钻进至终孔。

(8)待终孔后, $\varnothing 96$ mm绳索取心烧钻钻具经冲洗液浸泡后,其事故头阻力减小,用钻机给进油缸将事故钻具顶动,提离钻孔。 $\varnothing 122$ mm绳索取心烧钻钻具由于孔壁沉砂抱紧,未能顶动,后下入割管器从事故钻具处割断提出。

4.3.5 事故原因

(1)由于顶漏钻进,孔壁漏失,在钻具下入孔底后,未将孔底岩屑、岩粉冲离孔底,导致孔底冷却系统不畅通,先糊后烧。

(2)操作人员责任心不强。未能及时发现烧钻前,钻机各仪表、动力机械声音有变化反应的异常征兆,未及时采取适当的措施进行处理。

4.3.6 经验教训

(1)采用“掏”心方法处理烧钻事故时,应根据孔内钻头胎体硬度,选择硬度更大的钻头掏心。

(2)在烧钻钻具较大的情况下,先选择小两径的钻具掏心、钻进0.5~1 m后,能卸掉事故钻头内部

阻力,同时,也为下步掏心预留了钻头掉块残屑储存空间,再用小于事故钻具一径的钻具掏心,将会达到事半功倍的效果。

5 结语

岩心钻探施工作业中,操作人员必须严格遵守钻探操作规程,杜绝一切钻探设备带病作业,严禁不合格钻具下入孔内,严守岗位职责,尽心尽责,随时观察到钻进过程中仪表、动力机械、冲洗液及其循环管路等运行情况。另外,应加强钻探专业技能学习,当出现异常征兆时,能及时采取合理的方法进行处置,烧钻事故是可以预防的。

处理事故时,决不能“盲动”,应严格遵循事故处理原则,根据事故的表面现象,认真分析研究,做到“六个清楚”后,选择“顶”、“捞”、“掏”、“反”、“套”、“磨”、“泡”、“割”等方法有机结合,逐一破劲,将会达到事半功倍的效果。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 黄俊良.小口径金刚石钻进烧钻事故的原因及预防[J].探矿工程,1976,(6):8-10.
- [5] 成都地质学院探矿工程系泥浆泵小组.用三通阀调节冲洗液量导致烧钻的分析[J].探矿工程,1978,(6):51-54.
- [6] 廖远苏,胡放锋,廖长生,等.采用偏心楔侧钻处理坚硬地层烧钻事故[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(9):5-8.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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):13-15.
- [10] 熊钟,罗晓斌.小口径金刚石深孔钻进烧钻事故的分析研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(S2):345-347.
- [11] 谭策纵.对人造金刚石钻进中烧钻原因的分析和处理意见[J].地质与勘探,1979,(4):76-77.
- [12] 刘晓民,杜鹏飞.地质钻探因“干钻”引发烧钻事故的发生及处理[J].勘察科学技术,2011,(4):57-59.
- [13] 张家军,潘峰.煤田深孔补采煤心施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):34-35,52.
- [14] 黄平.大村矿段钻孔下偏心楔补采煤心施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):26-28,32.
- [15] 罗晓斌,罗凯.偏心楔钻进技术的改进与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):23-25,31.