

# 漏失地层沥青堵漏的工艺实践

庞惠龙, 韩 辉

(安徽省地质矿产勘查局321地质队, 安徽 铜陵 244033)

**摘要:**安徽铜陵铜金多金属矿集区在以往的钻探生产中施工难度大, 溶洞、裂隙发育, 导致钻孔施工中冲洗液漏失严重, 施工周期长, 成本高。通过配制沥青球对 ZK6616 孔冲洗液漏失的灰岩及大理岩裂隙地层进行堵漏, 取得了良好的效果, 降低了冲洗液的消耗, 提高了钻探效率。与此同时, 对采用常规堵漏手段无法封堵的漏失地层, 也有着良好的借鉴作用, 沥青堵漏的研究对漏失地层钻探施工有着重要的意义。

**关键词:**漏失地层; 沥青堵漏; 铜陵铜金矿区

中图分类号: P634 文献标识码: A 文章编号: 1672-7428(2015)06-0001-05

**Process Practice of Asphalt Plugging in Leakage Formation/PANG Hui-long, HAN Hui** (321 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration of Anhui Province, Tongling Anhui 244033, China)

**Abstract:** The drilling construction was difficult in Tongling copper-gold polymetallic ore concentration area of Anhui, where caves and fissures developed; long construction period and high cost were caused by serious drilling fluid loss in the drilling process. But good result was achieved by the preparation of asphalt balls which were used in ZK6616 hole for limestone and fractured marble formations plugging. This case can be a good reference to those formations where the conventional plugging means have no effect; and at the same time, it has an important significance for the loss zone drilling.

**Key words:** loss zone; asphalt plugging; Tongling copper-gold ore deposit

## 1 矿区概况

安徽铜陵铜金多金属矿集区是长江中下游铜金多金属成矿带的重要组成部分, 已探明冬瓜山、胡村、鸡冠石、朝山等大中型铜—金多金属矿床十几个, 铜金属含量合计约 300 万 t。安徽省铜陵市铜金多金属矿集区普查为国家级地勘基金项目, 分为长龙山铜硫矿段、刺山金矿段、胡村南铜钼矿段三个矿段进行普查<sup>[1]</sup>。本区位于长江中下游南岸沿江丘陵平原区, 区内地形受北东向构造线控制。区内地表水系发育, 属亚热带季风气候区, 温湿多雨。区内地质地层条件复杂, 钻孔施工多遇溶洞、裂隙发育, 岩心破碎严重孔壁易坍塌。

勘查区地层岩性主要为大理岩、灰岩, 岩石坚硬—较坚硬, 性脆, 易坍塌、破碎。与灰岩分布密切相关的主要地层自上而下为: 分水岭组 ( $T_2f$ )、南陵湖组 ( $T_2n$ )、塔山组上段 ( $T_1t^3$ )、小凉亭组 ( $T_1x$ )、大隆组 ( $P_2d$ )、孤峰组 ( $P_1g$ )、栖霞组 ( $P_1q$ )。

## 2 ZK6616 孔施工简介

### 2.1 钻孔设计及钻遇地层

ZK6616 孔设计孔深 1300 m, 倾角  $82^\circ$ , 方位角  $268^\circ$ 。孔深从 6 ~ 865 m 地层岩性为大理岩、大理岩与角岩互层、大理岩夹砂卡岩等。从 865 ~ 1300 m, 地层岩性为含铜砂卡岩、硅质页岩、粉砂岩、硅质岩、大理岩夹含铜砂卡岩。从各层厚度可以计算出大理岩和含大理岩成分的岩层总计接近 1000 m。灰岩溶蚀现象严重、构造裂隙发育。

### 2.2 钻孔结构

钻孔开孔采用  $\varnothing 130$  mm 硬质合金钻头, 钻进至 7.68 m 下  $\varnothing 127$  mm 套管, 换  $\varnothing 110$  mm 金刚石钻头钻进至 403 m, 下  $\varnothing 89$  mm 套管, 换  $\varnothing 77$  mm 金刚石钻头钻进至终孔。

### 2.3 施工过程及冲洗液漏失情况

从开孔至大理岩地层冲洗液就开始慢慢消耗, 因消耗量不大, 采取在冲洗液中添加堵漏剂顶漏钻进。钻进至 435 m 时, 消耗量大增, 采用水泥封堵, 孔口返水。钻至 562 m 时孔内冲洗液全部消耗, 几

收稿日期: 2014-12-22; 修回日期: 2015-04-11

基金项目: 国家级勘查基金项目“安徽铜陵铜金多金属矿区长龙山铜矿普查”(编号: 地计[2003]153); 2003 年地质勘查项目中央财政补助资金[2008][2009]

作者简介: 庞惠龙, 男, 汉族, 1965 年生, 高级工程师, 从事钻探生产和技术管理工作, 安徽省铜陵市狮子山区 321 地质队, 13955905496@139.com。

经水泥封堵无效,为减少回转阻力,只有在钻杆上涂抹黄油钻进。钻进至 746 m 时遇 0.7 m 溶洞,孔口不返水,采用水泥封堵。继续钻至 830 m 时,孔内水位全部消失。长时间停泵后提起的内管上有干黄锈迹,孔内全孔无水。回转阻力猛增,无法正常钻进,若全孔钻杆涂抹黄油则成本太高,决定再采取措施封堵裂隙。依次使用过水泥浆、水泥浆掺黄沙、碎石(瓜子片)注入孔底,同时也添加黄豆、海带,将粗棕绳剪成 10 cm 的长段拆散,大量的电刨花用水冲至孔内,水泥封堵仍然无效。用以上各种材料灌入孔内后都是全部消失,探孔时一下到底,毫无阻挡。查此段 20 m 岩心,破碎有裂隙但无溶洞,证明孔内漏失段裂隙发育贯通,存在地下水流动通道,各种堵漏材料注入孔内后被迅速冲走,无法留存和固结。

### 3 漏失原因分析及堵漏方案的选定

笔者分析认为,铜陵地区是我国矿品种众多的矿集区,狮子山地区有着中国著名的铜陵有色冬瓜山铜矿和大量的民营矿山,地下巷道立体纵横交错,目前冬瓜山铜矿最深的巷道已近 1000 m。这些矿山常年抽取地下水,导致周围地区的水位下降,ZK6616 孔距离冬瓜山主井 1400 m,离巷道和其他副井距离更短,加上孔内裂隙溶洞发育,冲洗液必然会漏失。

针对 ZK6616 孔地质地层情况以及多次堵漏失败的教训,我们总结出要想堵住 ZK6616 孔的裂隙,需要一种投入孔内时体积大、能有效在大裂隙中架桥并能经受住地下水冲蚀的塑性堵漏材料。对比了几种材料。

粘土球经受不住具有流动性地下水的冲蚀,只能用于一般小裂隙和地下水无强烈运动的漏失地层,即使临时堵住漏失也不能长时间经受住强大水柱压力和提下钻造成的压力“激动”。

脲醛树脂水泥球也是一种方案,但铜陵地区没有这种材料,需到外地订购。而且水泥的凝固期长,确定配比需做实验要很长时间。

最后选定使用沥青球,经过对沥青的物理、化学性质的了解,并在实验室中进行反复配制和试验,配制成一种钻孔内粘附力强、不溶于水且耐冲蚀的塑性沥青堵漏材料<sup>[2]</sup>。

## 4 沥青的特性

### 4.1 固体沥青

沥青是由不同分子量的碳氢化合物及其非金属衍生物组成的黑褐色复杂混合物,是一种防水防潮和防腐的有机胶凝材料。常温下的沥青呈固体,烈日暴晒时呈流塑状态。属于憎水性材料,相对密度(水的密度 = 1.0 g/cm<sup>3</sup>) 1.15 ~ 1.25 g/cm<sup>3</sup>。沸点 < 470 °C,闪点 204.4 °C;引燃温度 485 °C;爆炸下限%(V/V)为 30(g/cm<sup>3</sup>);沥青还具有触变性、软化点、感温性、热传导性等<sup>[5]</sup>。

因沥青常温下呈固态,加温后呈流塑状,无法加工成球形,而且粘手粘手套,不易清洗,降温后又呈坚硬的固态。所以不能直接用于钻探施工的堵漏,需要对其进行改性,使其具有常温下不粘手,能搓揉成球体的软塑状态,并使其在钻孔内可长时间保持这一特性。

### 4.2 液体沥青

市面上可购买到的液体沥青是用于屋面防漏和设备防锈防腐蚀。它是用化学溶剂溶解了少部分沥青的混合液体,沥青含量少,有强烈的异味。我们做配比试验时也使用了这种沥青,它价格低廉、无需长时间熬制、操作方便、快捷。

用液体沥青制成沥青球放置后可长期保持塑性,其性能也适合封堵裂隙(见图 1),但其经不起强水流的冲击,因此不适合 ZK6616 孔。但这种沥青球比粘土球粘性好,可替代粘土球堵漏,这也是配制堵漏材料的一个意外收获。



图 1 液体沥青制作的沥青球

### 4.3 沥青的改性

#### 4.3.1 钻孔堵漏对沥青的要求

钻孔堵漏要求沥青在常温下呈软塑状,便于制作成形并投放孔内,易于挤压,和岩壁具有良好的粘附性和粘结性,不溶于水且抗水流的冲蚀,并在一定

的温度范围内长时间保持其状态不变。

#### 4.3.2 沥青的配制试验

首先在实验室进行了试验。开始因对液体沥青的性能缺乏足够的了解,认为无需熬制,加热快,乳化后拌入粘土粉就可制作沥青球。购买了防腐用液体沥青,尝试了各种配比制作出了沥青球,但用水龙头长时间冲刷后有散乱现象。分析认为是其中沥青成分含量少导致粘结力不够。

后购买了市面上屋顶防漏用袋装固态沥青,经过不断地试验,确定了配制比例。所需辅料也方便选购:钠基粘土粉、纯碱、柴油、机油。

配比为:100 kg 沥青 + 100 kg 钠基粘土粉 + 2 kg 纯碱 + 25 kg 柴油 + 25 kg 机油。

其中,纯碱起乳化作用,柴油和机油起增塑作用。

#### 4.4 实际应用及注意事项

##### 4.4.1 计算用量

ZK6616 钻孔需堵漏孔段孔径 77 mm,根据钻进时的漏失和岩心的破碎情况推断需封堵孔段 20 m,计算需要 0.09 m<sup>3</sup> 的沥青。经计算,需沥青 50 kg、粘土粉 50 kg、纯碱 1 kg,柴油 12.5 kg,机油 12.5 kg。

经计算,需配制 0.107 m<sup>3</sup> 的沥青量可满足堵漏需要。

##### 4.4.2 现场熬制沥青

现场熬制时取一只机台常用 0.2 m<sup>3</sup> 的机油桶,按需要的大小从中间割开,用废钻杆制作一支架放置平稳牢固,或直接用砖石堆砌,将桶放置其上,用柴草加热,用电子秤或磅秤称量所需材料,熬制沥青时应穿好防护用品,防止沥青在搅拌过程中飞溅造成烫伤。将沥青块加热熬制成液态,加入纯碱搅拌均匀后,依次加入柴油和机油,沸腾后停止加热,待温度稍降后一锹一锹地缓慢加入粘土粉,为加快搅拌速度,用手枪电钻连接搅拌头进行搅拌。沥青熬制沸腾时体积迅速膨胀,漫出时四处流淌遇火即燃。所以现场熬制时要尽量远离钻机塔布和草木等易燃物,如遇燃烧可用沙土覆盖或使用干粉灭火器灭火。

熬制固体沥青和液体沥青不同,固体沥青没有浓烈刺鼻的气味,但地点最好选在下风口处。

搅拌均匀待降温后即可加工沥青球,期间降温过程较慢,视室内外温度而定,一般需半天至一天,有条件的可用冷水循环降温(见图 2)。



图 2 现场熬制的沥青

##### 4.4.3 投球

下入 S75 钻杆距孔底 40 m,要考虑沥青球之间的占有空间,其在孔内高度要远大于孔内堵漏所需的 20 m。在孔口套上漏斗,也可用装纯净水的大桶将桶底剪去,将桶口插入 S75 钻杆。

将沥青搓揉成直径 2 ~ 2.5 cm 的圆球,随着水流一个一个地投入钻杆,投入间隔 2 ~ 3 s。若是沥青偏软,搓球时可用手抓粘土粉一起搓,即可增加沥青球的韧性又不粘手(见图 3)。制成的沥青球的软硬度以放置在地板上,沥青球随自身重量慢慢变形为宜(见图 4)。



图 3 工人制作沥青球



图 4 沥青球成品

开启泥浆泵将水不停地注入钻杆(见图 5、图 6)。



图5 用机上钻杆开泵将沥青球冲入孔中



图6 用水泵将沥青球冲入孔中

注水的目的:一是减少沥青球挂壁的可能,二是沥青球架桥时管内水位漫出预警。

浅直孔可直接投入孔内,若孔内情况复杂、深孔或斜孔需从绳钻钻杆中投入,为防止中途架桥,从钻杆中投入时要分多次,每次间隔合机送水,可检查沥青球是否中途架桥,如有沥青球中途架桥也可开低挡将其压出钻杆,若无法泵出可提钻将沥青球取出,查找出原因后重新将取出的沥青搓球投入。

#### 4.4.4 冲压

沥青球投送完毕后提钻,下入  $\varnothing 76$  mm 锥形钻头。下至距孔底 30 m 左右时探到沥青球面,利用钻杆自身重力的惯性上下冲击,开始时沥青面下降速度较快,随着上部捣实后,速度减慢,仍不断地冲捣,最后下降速度又慢慢加快,直至最后 4 m 多停止不动。查验岩心该 4 m 段岩心岩性完整,无裂隙,据此判断沥青已压入裂隙。提钻至最后 3 个立根拧卸钻杆时发现,钻杆内已进入地下水,封堵效果立竿见影。

冲压时也可用钻机液压装置来缓慢施压。

正常钻进进尺 10 m 后冲洗液又突然全部消失,查验岩心同上段情况相同,又立即进行第二次沥青封堵,只是用量减少一半,提钻时钻杆进水,封堵成功。

通过这二次沥青球的使用,总结出若封堵的孔段长,沥青球投入的多,熬制沥青时要相应减少粘土粉用量,以增加沥青球的柔软度,便于压入裂隙,如果沥青球偏硬的话,冲压的阻力太大,时间也较长,难以压入裂隙。

#### 4.4.5 清孔底

由于孔底还有 4 m 多未压入裂隙的沥青,若直接用钻具扫孔就会堵塞内管,所以先采用在钻杆前接 4.5 m 废钻杆下入孔内,直接压入孔底,将沥青取出。再下  $\varnothing 75$  mm 钻具扫孔,距孔底 5 m 时开泵送水,待冲洗液冲到孔底后方可扫孔,否则孔底残余沥青进入内管,孔壁与外管环状间隙被沥青封死,在泥浆泵的压力下,进入内管的沥青会反向压入内管顶端,将进水通道堵死造成憋泵(见图 7)。提出孔口后可用螺纹钢将沥青掏出(见图 8)。



图7 内管中的沥青



图8 用螺纹钢将沥青掏出

#### 4.4.6 注意事项

(1) 发现漏失时要查看岩心,无裂隙时要停钻,否则造成沥青的浪费,且给后续工作造成不必要的麻烦。

(2) 根据漏失岩层来计算沥青等材料用量,以免在施工中因沥青球不足量,造成多次重复施工。

(3) 沥青球的直径应控制在钻孔口径的  $1/3 \sim$

1/2 较为合适。

## 5 沥青堵漏方法的分析比较

钻孔护壁堵漏的方法有很多,钻探生产中常用的材料为堵漏剂、化学浆液、粘土球、水泥,现今有的钻孔使用了脲醛树脂水泥球,它堵漏效果良好,凝结时间可调,有着广泛的适应性。但是使用脲醛树脂水泥球过程中不能出现意外情况,一旦中途长时间停顿后,投入孔内和未投完的水泥球将全部报废,甚至造成钻孔事故。脲醛树脂在市面上不易零散购买,只有大量订购。

而沥青球原材料可随处购买,价格低廉,零售批发均可,存放时间长,不失效。制作好的沥青球也可以长时间存放,不变形不干裂。ZK6616 钻孔采用沥青球堵漏钻进 2 个星期后,掉入孔内裂隙中的一个沥青球随岩心被打捞上来,与投入孔内时的状态一样,粘度和软硬度没有丝毫的变化。同时,我们将熬制好的沥青用塑料袋简单包裹后放置室内观察,经过一个冬天和夏天性能仍然没有变化,可继续使用。

同样,我们在使用沥青球堵漏也发现一些问题,熬制完成后不能立即制作,冷却时间长,冬季冷却的时间短,需 8 h 以上,夏季需过 24 h。另外沥青材料质量参差不齐,有时含杂物多,有时质量纯净,加入的粘土粉也需相应进行调整。

## 6 沥青堵漏的应用前景

利用沥青球长时间存放不变性的特点,将其应用于裂隙漏失情况严重的勘探区,提前熬制大量的沥青存放,这种材料存储包装简单,发现漏失时即可使用,节省了熬制和等待的时间,快捷方便。建议泥浆生产厂家组织力量进行研发,稳定其性能,批量生产,满足生产需求。

此外还可深入探索,改变其塑性,量化其软硬

度,将其应用于破碎复杂地层的护壁,利用其强大的粘附性将破碎层的碎块结合在一起,在孔壁上形成完整而耐循环液冲刷的保护层,可以解决复杂地层的钻进难题。

## 7 结语

沥青球对 ZK6616 孔的堵漏实践证明,沥青堵漏工艺简单,自身粘结和粘附力强,抗水流冲蚀,抗抽吸,不限孔深和时间,适用于各种裂隙造成的漏失。既可单孔现场制作使用,又可提前大批量制作存放。且原材料和成品存放时间长,性能稳定,对存储条件和环境要求低,随取随用,是一种应用前景广泛的堵漏材料。

## 参考文献:

- [1] 徐晓春,楼金伟,陈林杰,等. 安徽铜陵狮子山矿田胡村铜铅矿床的地质特征[A]. 中国矿物岩石地球化学学会第 13 届学术年会论文集[C]. 中国矿物岩石地球化学学会,2011.
- [2] 蒋清民,于培志. 改性脲醛树脂封堵剂的研究与应用[J]. 西部探矿工程,2013,25(7).
- [3] 张斌. 超深井、超高温钻井液技术研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2010.
- [4] 张玉霞. 聚合物结构对改性沥青性能的影响[D]. 山东青岛:中国石油大学,2007.
- [5] 赵卫全. 改性沥青灌浆堵漏试验研究[J]. 铁道建筑技术,2011,(09):43-46.
- [6] 赵启阳,邓慧,王伟. 一种可固化堵漏工作液的室内研究[J]. 钻井液与完井液,2013,(1):41-44.
- [7] 李勇,陈怡,王虎,等. 磺化沥青钻井液在贵州地热勘探井中的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2015,42(1):27-30.
- [8] 陶士先,陈礼仪,单文军,等. 汶川地震断裂带科学钻探项目 WFS-2 孔钻井液工艺研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(9):45-48.
- [9] 蔡晓文,陈锡庆,熊正强,等. GFT 型防塌减阻剂的性能评价与现场应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):39-41.