

# 西华山钨矿区复杂地层钻进的综合治理措施

廖远苏

(江西有色地质勘查二队,江西赣州 341000)

**摘要:**总结了西华山钨矿区综合治理复杂地层的经验;着重介绍了PAA聚合物在断层破碎带、易水化碎裂岩体中的使用方法和护壁堵漏效果;提出了治理复杂地层应采取“‘辩证论治’、灵活运用”的思路方法,最大限度地降低施工成本,提高钻进效率。

**关键词:**复杂地层;PAA聚合物;磨砂法;护壁;堵漏

**中图分类号:**P634.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2009)09-0017-04

**Comprehensive Control Measures for Complex Formation in Xihuashan Granite Mine/LIAO Yuan-su** (No. 2 Team of Jiangxi Nonferrous Geological Exploration, Ganzhou Jiangxi 341000, China)

**Abstract:** Experience was summed up about comprehensive control on complex formation in Xihuashan granite mine; the paper emphatically introduced the application method and the effects of wall protection and leaking stoppage with PAA polymer in fault fracture zone and hydration cataclastic rock. “Differentiation treatment” and “flexible application” were put forward to the control on complex formation for maximum low cost and high drilling efficiency.

**Key words:** complex formation; PAA polymer; edge outcropping by abrasion; wall protection; leaking stoppage

## 1 概况

西华山钨矿区是2006年“全国危机矿山接替资源找矿项目”之一。我队从2007年3月陆续进驻2台XY-4型、1台XY-6B型钻机进行钻探施工。2009年元月顺利完成部署的钻探任务。

地质设计钻孔倾角 $75^\circ$ ,要求钻线每100 m上

漂 $1^\circ$ 。典型钻孔口径级配: $\varnothing 130$ 、 $110$ 、 $91$ 、 $75$ 、 $60$  mm。主要钻进方法为YS75和YS60金刚石绳索取心钻进。 $\varnothing 75$ 和 $60$  mm口径进尺量分别占总进尺量的76.2%和15.4%,选用皂化油乳化液冲孔。获取的主要钻探经济技术指标及钻孔质量指标见表1。钻孔所遇主要岩层的基本情况见表2。

表1 西华山钨矿区主要钻探经济技术指标及钻孔质量指标

工作量		钻孔深度/m		开动钻机数/台		纯钻率	时效	台月效率	台月进尺	岩矿心采取率/%		一级孔率
钻孔个数	总进尺/m	平均	最深	月平均	最高	/%	/m	/m	/m	平均	最低	/%
33	18301	555	760	2.25	3	37.2	2.28	611	371	92	83	100

表2 西华山钨矿区钻孔所遇岩层的基本情况

岩层名称	可钻性等级	进尺量/m	占总量百分比/%
第四系表土层、废石堆		900	4.9
石英砂岩	7~9	9500	51.9
中粒黑云母花岗岩	8~10	3900	21.3
细粒黑云母花岗岩、石英脉	>10	2700	14.8
绢云母千枚岩、砂质板岩	5~7	350	1.9
断层破碎带		950	5.2

以上岩层中,细粒黑云母花岗岩和石英脉,岩性坚硬、研磨性弱,中等胎体硬度钻头的进尺效率为 $0.05 \sim 0.20$  m/h,属典型金刚石钻进“打滑”地层。断层破碎带在南区比较密集,产状陡立,钻孔所穿越孔段长度 $0.3 \sim 57$  m不等。钻进中遇上断层,百分

之百全孔漏失,接着断层泥缩径、孔壁坍塌,卡、埋钻事故跟踪而来。矿区第一钻ZK1186孔,就是因为遇上 $F_3$ 和 $F_7$ 大断层,发生了孔壁坍塌埋钻事故,报废进尺260 m,丢失管材54 m。百年老矿山的废石堆深厚而面广,更是开孔、下管的“拦路虎”。以上几个不同性质的复杂地层问题集于一个矿区,迫使我们大搞推先、革新,采取多种措施综合治理。

我们在治理方法上,从一般措施到新型材料的应用,取得了一些新的认识和体会,尤其是尝试PAA聚合物的应用成效显著,挽救了3个濒临报废孔。

## 2 综合治理复杂地层措施

### 2.1 处理金刚石钻头打滑的磨砂方法

收稿日期:2009-03-06; 改回日期:2009-06-30

作者简介:廖远苏(1962-),男(汉族),江西人,江西有色地质勘查二队经理、工程师,探矿工程专业,从事固体矿产勘查岩心钻探技术工作,江西省赣州市红旗大道72号,lys8224807@126.com。

针对坚硬岩层金刚石钻进打滑问题,初次试用了几家软胎体钻头(HRC20~25,粒度80~100目)效果不明显,而且使用寿命低于30 m。而后选用中等胎体硬度钻头(HRC30~35,粒度46~80目),改进传统磨砂法取得了明显效果。

其做法是:选用直径10 mm左右的石英石20~25粒投入孔内,干磨,转速为360~490 r/min,钻压比正常钻进略大,时间在15 s左右,然后不停车把钻具提离孔底,如此反复4~5次即可。钻头在孔内干磨后,金刚石出刃率明显提高。在坚硬“打滑”地层中回次进尺量在2 m以上,时效为2.5~3.6 m。改进后的磨砂法避免了传统方法易导致卡、烧钻头事故的危险性;钻头平均寿命提高至72.97 m,个别钻头在花岗岩中几乎每回次进尺前都磨砂,其寿命已达到210.86 m。

## 2.2 在废石层中的跟管钻进方法

该矿区有部分钻孔无法避开废石层而就位施工。在废石层中施工斜孔,井口管容易插偏,跟管钻进难度大,遇到坚硬大块石更是棘手问题。

针对上述难题,我们采取了以下几点措施:

(1)在井口挖个大坑,用粘土置换废石的办法解决了井口管容易插偏和井口塌陷问题。

(2)在跟管钻进中,首先用粘土在孔内不循环造浆,然后以反复提动钻具方式冲击钻进。

(3)当钻进遇到个别无法击碎的大块石时,第一套护孔管必须坐入孔底,然后用金刚石钻头穿过后再下入第二套护孔管继续跟管钻进。此法在ZK1186孔等4个钻孔中顺利闯关,穿过废石层的最大厚度为36.5 m,无丢失护孔管现象。

## 2.3 多级套管护孔

多级套管护孔是较为常用的方法,以其经济、立即见效的优点,是我队长期以来征服复杂地层的依赖措施。

本矿区在33个钻孔中,总计下入套管数6713.29 m。其中 $\varnothing 127$  mm管191.41 m, $\varnothing 108$  mm管624.42 m, $\varnothing 89$  mm管1083.91 m, $\varnothing 71$  mm管4813.55 m。丢失管数117.6 m,取出率98.25%。我们优先采用多级套管护孔措施,取得了较好的经济效果。

多级套管护孔,适宜在钻孔穿越有多条断层破碎带地层的钻孔中采用。深孔施工在无法预知深部地层变化的情况下,不应过早地使用最小口径。否则,一旦遇到跨不过的断层破碎带,就会带来更大的风险,或造成重大经济损失。多级套管护孔应注意

的几个事项:

(1)认真作好单孔设计,明确各级套管的入目的与深度。

(2)周全考虑套管的起拔难度和套管事故的处理方法。

(3)仔细检查套管丝扣的完好性和拧紧程度,把丝扣较差的套管调整到上部。

(4)准确判断坐管条件,如,岩面风化程度、沉渣厚度和残留岩心长度等,要求套管坐稳坐实。

(5)下管隔离断层破碎带时,如孔内有大量坍塌物不便清除,不能将套管当钻具使用,强行开车扫孔到底,否则套管将被坍塌物埋死。清理孔底的正确方法应是从未坐稳的套管内降下钻具扫孔。当钻具进尺几米后,不论套管是否到位坐实,都应升上钻具提动套管,使管外坍塌物掉入小孔内,然后确保套管到位。

(6)切实做好套管上端管口的密封工作,采用海带、麻布等缠绕密塞措施,防止钻渣沉积在管外增加拔管阻力。

## 2.4 水泥护壁

水泥护壁也是我队惯用的护孔措施之一,据多年历史总结资料显示,护孔成功率占62.5%。

ZK1186孔为单纯的花岗岩地层,在73.40~260.45 m孔段( $\varnothing 75$  mm口径)遇上 $F_3$ 和 $F_7$ 大断层,其倾角为 $80^\circ \sim 82^\circ$ ,与钻孔夹角为 $23^\circ \sim 25^\circ$ 。该孔因孔壁坍塌发生了多起断杆、埋钻事故,采用了灌注水泥浆护壁措施。

注浆选用42.5普通硅酸盐早强水泥,水灰比0.55:1。三天后取出最长水泥灰心1.62 m,注浆效果较为理想。但是,当扫孔钻具穿过注浆层后,再次发生了孔壁坍塌。

分析水泥护壁失败的原因是,断层与钻孔轴线夹角过小,断层下帮的薄楔形水泥块被钻杆击碎,从而使裸露的断层泥在冲洗液的冲刷下再次涌入孔内。

在断层破碎带产状比较陡倾,与钻孔轴线夹角小的情况下,不宜采用水泥注浆护孔措施。否则,细长的水泥柱极不牢固,易被钻杆击碎,打开钻孔与断层破碎带的隔离通道,导致护孔失败。此后,该矿区未再采用水泥护孔。

## 2.5 801堵漏剂与GSP广谱护壁剂的试用

ZK1221孔从530 m开始见 $F_1$ 大断层,冲洗液突然全部漏失。当YS75绳索取钻具顶漏钻进至538.4 m时,孔内坍塌物增至2.1 m厚。我们试用

了江西萍乡光辉钻井助剂材料厂生产的801堵漏剂和GSP广谱护壁剂,采用混合使用的护堵方法。

配制方法:801堵漏剂和GSP广谱护壁剂在清水中的溶解浓度分别为4%和6%,用剂量比例为1:1,拌入同一泥浆池中存放一天待用。使用前大泵量循环浆液充分拌匀。

使用情况:在井内扫孔时泵压逐渐升高,耗用该混合浆液 $5\text{ m}^3$ 后,孔口返水量约 $2/3$ ;停泵后孔内浆液经泥浆泵回水管大量返回泥浆池。反复扫孔几次,坍塌物越来越多。

分析此次护堵失败的原因,主要是钻具与孔壁间环空浆液的流动阻力大,水泵的激动压力使断层进一步诱发裂隙,加大了断层岩土的水化面积;关泵后因诱发裂隙闭合,该浆液又被挤出通道外,携带泥砂回流到井内。

在这种地层条件下,应把金刚石钻头和扩孔器的外径适当加大或降低浆液浓度,以便减小钻具与孔壁间环空浆液的流动阻力,避免水泵的激动压力诱发断层裂隙,才有可能取得护壁堵漏效果。

## 2.6 PAA聚合物的应用

PAA聚合物是长春工程学院岩科公司的高科技产品,它是一种分子量分布较宽的高分子聚合物。高分子链节上有 $-\text{OH}$ 、 $-\text{COONa}$ 、 $-\text{CONH}_2$ 等非离子和阴离子官能团。水溶液中的PAA分子,在岩石颗粒表面上具有很好的吸附成膜性,对岩土颗粒具有很强的胶结作用。块状砂样土和破碎带岩样在其1%的水溶液中久泡不散。

将PAA配制成无固相冲洗液使用,能起到抑制岩土水化、稳定孔壁的作用;将其浓糊状水溶液拌和锯末送入漏失层,在钻具的搅拌下,能使孔口立即返水;将其浓糊状水溶液拌和粘土制成粘土丸投入孔内坍塌层可修补孔壁。现分述其配制、使用方法及应用效果。

### 2.6.1 PAA无固相冲洗液

#### 2.6.1.1 配制方法

(1)预先加热清水至 $45^\circ$ 溶解PAA主剂,溶液浓度以4%为宜。在配制过程中,粉末状PAA应缓慢撒入水中,边加边搅,加量完后继续搅拌30 min。初次配备量 $2\text{ m}^3$ ,储放24 h后待用。

(2)使用前备用2个小桶,取半桶清水溶解6%的PAA助剂。助剂备用量为预配PAA冲洗液量的0.1%~0.12%。

(3)将4%的PAA溶液加入到定量清水中继续搅拌30 min,使PAA的溶液浓度降为0.8%~1%后

再倒入泥浆池中。

(4)开启泥浆泵在地面大泵量循环PAA溶液,然后在循环槽中缓慢细流地加入PAA助剂溶液。配制完后继续循环1 h即可使用。

#### 2.6.1.2 使用方法

(1)在钻孔不漏或微漏的情况下使用该冲洗液循环钻进。

(2)在钻孔漏失严重或井口不返水的情况下,遇到坍塌层应立即改用该冲洗液顶漏钻进。穿过坍塌层后可再次改用清水钻进。为了能使坍塌层持久稳定不塌,应定期或发现掉块现象时,将该冲洗液浸泡坍塌层1 h左右;如果静水位在坍塌层下部,将该冲洗液沿钻杆外壁流入坍塌层,每次用量为50~100 L。

#### 2.6.1.3 应用效果

ZK1301、ZK7109、ZK1262、ZK7126等钻孔定位在 $F_1 \sim F_7$ 大断裂带上施工。浅变质岩体和花岗岩脉因受到地层挤压力作用,产生大范围碎裂和断层。钻孔所穿过的碎岩孔段长达350 m。从孔内取出的完整岩心易水化,很快产生碎裂,个别岩心碎裂成米粒状。在应用该冲洗液前,每钻进30~80 m就必须下一套管隔离裸孔段,否则,孔内发生掉块、坍塌,根本无法继续钻进。ZK1301、ZK7109、ZK7126曾发生过重大卡、埋钻事故,已到濒临报废的边缘。多级套管护孔措施在这种地层条件下,不可能沿用至终孔。ZK1301孔微漏,穿入断层、破碎岩体使用该冲洗液循环钻进;ZK7109、ZK1262、ZK7126孔全漏,在断层破碎带中使用该冲洗液顶漏钻进。应用该冲洗液钻进后,有效地抑制了断层破碎带、易水化碎裂岩体的进一步水化膨胀,解决了孔壁坍塌、掉块问题,确保钻孔达到了地质设计深度。

#### 2.6.1.4 注意事项

(1)在 $\varnothing 60\text{ mm}$ 口径500 m以深孔段,该冲洗液的PAA溶解浓度不宜超过1.2%,否则,钻具与孔壁间环空浆液的流动阻力增大,钻进泵压高,水泵的激动压力容易诱发地层裂隙,反而会造成漏失和孔壁不稳定,应严格按照配制方法进行。

(2)助剂溶解液加入主剂溶解液时不能急于求成,应在泥浆池中分散均匀,否则易产生絮凝物浮于池面,至使冲洗液失效。

(3)配制PAA冲洗液的容器和泥浆池不能有泥浆和钻渣。

(4)PAA在水中溶解须要较长时间,应保证搅拌时间,不宜现配急用。

(5) 泥浆池中 PAA 溶解液的 pH 值应调至 8 ~ 9。

## 2.6.2 PAA 浆液拌和锯末堵漏

### 2.6.2.1 配制方法

(1) 预先配制 4% PAA 溶液 100 L, 配制方法与前述相同。

(2) 用一碗清水溶解 15 g 助剂, 缓慢加入大半桶(约 10 L) PAA 溶解液中充分拌均。

(3) 在桶内拌入两勺干锯末(约 0.3 kg) 即可使用。

### 2.6.2.2 使用方法及效果

预先将单管钻具置于孔底(突然漏失层), 提取 2 ~ 3 桶 PAA 浆液从钻杆内加入并泵送至孔底。当 PAA 浆液到达孔底时泵压会突然升高, 此时应打开回水管调至泵压比正常钻进高出 1 ~ 2 MPa。在钻具的反复搅拌下, 能使井口立即返水。不能流入裂隙通道的粗锯末被钻具研碎后排出井外。该堵漏方法在 ZK7108 等 8 个孔中应用取得了明显效果。

## 2.6.3 PAA 浆液拌和粘土修补孔壁

### 2.6.3.1 配制方法

预先在盆内倒入 PAA 浆液 2 L, 再加入适量粘土充分拌匀, 然后用手搓成小丸风干表面待用。PAA 浆液的配制方法与前述相同。

### 2.6.3.2 使用方法及效果

ZK7109 孔在 177 ~ 182 m 孔段未使用 PAA 无固相冲洗液前坍塌严重, 孔内余留 1.5 m 厚的坍塌物难以清除, 致使该孔不能继续钻进。我们把 PAA 粘土丸投入孔内, 在钻具的搅拌下能使粘土粘上坍塌物随钻具取出。三个回次后, 使用 PAA 无固相冲洗液恢复正常钻进。当孔深延至 200 m 后, 几次从

孔内抓上掉块物, 发现粘土与孔壁掉块牢固地粘在一起。可见 PAA 浆液拌和粘土具有修补孔壁的作用。

## 3 结语

(1) 由于复杂地层结构的多样性, 应用传统方法治理有时难以见效, 多数问题在于对复杂地层认识不够, 工艺措施不对路。综合治理复杂地层应采取“辨证论治”、灵活运用思路方法, 才能最大限度地降低施工成本, 提高钻进效率。

(2) 一般孔壁岩土没有经过水化, 其结构状态是相对稳定的。PAA 无固相冲洗液之所以对稳定孔壁作用有显著效果, 其根本原因在于水溶液中的 PAA 分子, 在岩石颗粒表面上具有很好的吸附成膜性, 对岩土颗粒具有很强的胶结作用, 起到了抑制岩土颗粒进一步水化的作用。

(3) 实践中尝试 PAA 浆液拌和锯末应用于堵漏取得了明显效果; 发现了 PAA 浆液拌和粘土具有修补孔壁的作用。其堵漏与修补孔壁机理有待于进一步探讨。

(4) PAA 聚合物应用于深孔绳索取心钻进, 解决孔壁稳定和漏失问题将有更大的应用前景。

## 参考文献:

- [1] 王文臣, 等. 无固相钻井液的研制与护壁作用机理[J]. 地质与勘探, 1990, (4).
- [2] 宋希雄. 钻孔漏失原因及防漏方法[J]. 探矿工程, 1985, (3).
- [3] 陈志超. 关于漏失层分类方法和合理堵漏工艺的探讨[J]. 地质与勘探, 1983, (7).
- [4] 石立明. 复杂地层岩心钻探综合治理技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(2).

(上接第 16 页)

(3) SYZX75 型绳索取心液动锤钻进泵量、泵压较低, 与普通绳索取心相同, 无需配备附加装置, 是提高绳索取心“打滑”地层钻进速度的有效工具。

通过在该钻孔中推广绳索取心液动冲击回转钻进技术, 充分体会了该技术不仅具有的钻进效率高、钻孔质量好的特点, 而且还可以有效克服破碎地层的岩心堵塞, 显著提高坚硬致密“打滑”地层的钻进效率。由于在裂隙发育、漏失严重地层钻进中无法

发挥绳索取心液动锤的优点, 建议研制在严重漏失地层中能够正常使用的小排量液动锤, 使该技术有更强的适应性。

## 参考文献:

- [1] 刘广志. 金刚石钻探手册[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [2] 王人杰, 蒋荣庆, 等. 液动冲击回转钻探[M]. 北京: 地质出版社, 1988.
- [3] 张春波, 等. 绳索取心金刚石钻进技术[M]. 北京: 地质出版社, 1985.