

# 钠土泥浆在构造破碎带型复杂地层钻进中的应用

廖远苏, 廖长生, 卓廉明, 胡啟锋, 缪 赛

(江西有色地质勘查二队, 江西 赣州 341000)

**摘 要:**应用钠土泥浆,解决了锡坑矿区复杂地层钻进中运用其它措施难以解决的塌、漏、掉等问题,保证了后续施工的钻孔质量,提高了钻进效率和经济效益。通过钠土泥浆与钙土泥浆及其它无固相冲洗液类比分析,得出了钠土泥浆在该矿区取得好成效的机理。针对赣南构造破碎带型复杂地层钻进中存在的问题,借鉴锡坑矿区的成功经验,提出应重视对钠土泥浆的研究和应用的建议。

**关键词:**钠土泥浆;钙土泥浆;无固相冲洗液;复杂地层;构造破碎带

**中图分类号:**P634.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2010)08-0005-05

**Application of Sodium Slurry in Drilling in Structure Fractural Zone of Complex Formation/LIAO Yuan-su, LIAO Chang-sheng, ZHUO Lian-ming, HU Qi-feng, MIAO Sai (No.2 Team of Jiangxi Nonferrous Geological Exploration, Ganzhou Jiangxi 341000, China)**

**Abstract:** By the analogy analysis on the comparison among sodium slurry, calcium slurry and other solid-free washing fluids, it was proved that sodium slurry had the mechanism for good drilling effect in complex formation of tin mining area. With this successful experience, suggestion was made on laying stress on study and application of sodium slurry.

**Key words:** sodium slurry; calcium slurry; solid-free washing fluid; complex formation; structure fractural zone

## 0 引言

江西南部地处南岭东段,区内重峦叠嶂,矿产资源丰富。多年的地质调查评价和科学研究证明其岩浆活动频繁、地质构造复杂,尤其是钨、锡、钼、铅、锌等有色金属矿产富集区,地层褶皱、断裂更是强烈。在该地区深部地质找矿工作中,常遇构造破碎带型复杂地层。该层岩体碎裂、夹泥、富水性强,钻进中经常发生掉块、漏失、缩径、扩径、坍塌等现象。一般采取快速通过,迅速下管隔离措施,但是,在断层产状陡倾、宽厚、纵横交错等无法下管隔离的情况下,主要采取水泥注浆、钙土泥浆及多种无固相冲洗液护孔钻进等方法。这些方法和措施的成效低,或因材料成本高,或受制于钻具与孔壁间隙小,导致冲洗液不流畅、泵压高等而未能得到较好的应用。针对该类型地层,某些地勘单位还把开孔口径扩大至 $\varnothing 170$  mm,在孔深300 m内变换了6种口径,下管700余米,且管材丢失量大。有时在无奈继续延深钻孔的情况下,只得求助于地质工程师提前终孔,或避开破碎带就近再开孔。因钻孔质量差或未能达到地质目的而导致部分矿区存在历史遗留问题。某些地勘单位也因困于复杂地层一直未能推广金刚石绳

索取心钻进。

近年来,我队在崇义县锡坑矿区复杂地层钻进中试用了钠土泥浆,改变了施工难、进度慢的局面,减少了孔内事故,降低了施工成本,取得了显著的效果。

我国金刚石钻探对钠土泥浆技术的研究和应用始于20世纪80年代。原地矿部在煤、金、铅、锌、铁等固体矿产勘探中进行了钠土泥浆的推广试验,在各种复杂地层条件下均获得了不同程度的应用效果和经济效益,被视为钻井液技术的一次飞跃。由于后期地质找矿工作的低迷和多年岩心钻探技术的荒废,导致钠土泥浆未能全面推广。本文旨在通过我队应用钠土泥浆的使用效果,引起本地区同行对该项技术的重视,改变长期以来单纯使用乳化液冲孔的习惯,企望获取更好的经济效益和社会效益。

## 1 钠土泥浆的室内配方与性能测试

为了合理选用和调配泥浆性能指标,便于野外操作,我们设计了10组泥浆配方,其室内性能测试结果见表1。

表1中的配方溶剂为城市自来水;钠土产地为

收稿日期:2010-03-11

基金项目:江西有色地质勘查局科技开发项目(项目编号:KF200804)

作者简介:廖远苏(1962-),男(汉族),江西人,江西有色地质勘查二队工程师,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。

表1 钠土泥浆配方与性能测试情况

泥浆配方编号	泥浆配方		泥浆性能						
	钠土/%	MV - CMC/%	密度/(g · mL <sup>-1</sup> )	API失水量/(mL · (30min) <sup>-1</sup> )	粘度/s	泥饼厚度/mm	胶体率/%	pH值	
1	2.50		1.015	47	16	0.8	97	8	
2	3.13		1.02	38.5	16.5	0.9	99	8.5	
3	4.17		1.025	30.5	17	1.1	100	9	
4	6.25		1.04	23	19	1.5	100	9.5	
5	12.50		1.07	15	35	3.7	100	10	
6	2.50	0.3	1.015	17	24	0.6	100	8	
7	3.13	0.3	1.02	16	25	0.7	100	8.5	
8	4.17	0.3	1.025	14	28	0.8	100	9	
9	6.25	0.3	1.04	11	50	1.2	100	9.5	
10	12.50	0.3	1.075	8	不流动	2.5	100	10	

山东潍坊,细度 300 目。钠土加量是模拟野外实际操作情况,即在 200 L 拌浆斗中,每拌加入袋装钠土量(25 kg)的若干份之一求取。

为了更直观地了解和掌握泥浆性能及其变化规律,使用 AutoCAD 软件,根据测试数据绘制了泥浆性能与加土量变化关系曲线图(见图 1)。

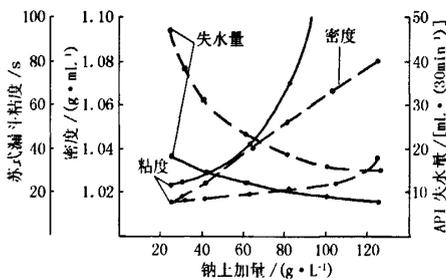


图1 钠土泥浆与加土量变化关系曲线图

虚线:钠土基浆;实线:泥浆中添加了 0.3% 的 MV - CMC

## 2 在锡坑矿区的应用

### 2.1 矿区及地层简况

该矿区面临矿山资源危机,2008 年在区外围上钻,企望扩大钨、锡开采储量。

勘查区域地层较为简单,仅见震旦系浅变质石英砂岩,可钻性 7~9 级,研磨性强。但是,盖层受侵人体的多期破坏,地层产状极为紊乱,区内褶皱、断裂构造发育。成矿前,断裂缝大部分被高温热液充填,形成了石英脉型钨、锡矿床,围岩蚀变硅化程度高;成矿后,地层断裂规模更大,纵横交错,难以摸清断层分布规律,导致部分钻孔顺着断层钻进。

### 2.2 施工要求

地质设计钻孔倾角 75°,孔深 300~800 m。要求岩心采取率 < 75%,矿心及顶底板围岩 3~5 m 范围内的岩(矿)心采取率 < 80%,终孔口径 < 60 mm。

### 2.3 现场仪器设备

XY-4 型钻机 1 台, BW-250 型泥浆泵 1 台, JS75 绳索取心绞车 1 台, HCX-13 钻塔 1 套, KXP-2T 数字罗盘测斜仪 1 台, ZX-200L 型泥浆搅拌机 1 台, 泥浆性能测试仪 1 套(含 ZNS 型泥浆失水量测定仪、筛析法含砂量仪、苏式粘度计、泥浆比重秤)。

### 2.4 应用钠土泥浆前施工状况

钻孔口径级配为 Ø130、110、91、75、60 mm, 主要钻进方法为 YS75 和 YS60 金刚石绳索取心钻进。Ø75 mm 口径为钻孔结构主体, 选用皂化油乳化液冲孔。施工前期在遇断层破碎带时, 绳索取心钻进采取率低, 而且孔内漏失, 钻渣多, 金刚石钻头扫孔还未到底就被“剃光头”, 随之而来就是孔壁掉块、坍塌及埋、卡钻事故。

ZK1043 孔开孔就顺着破碎带钻进, 采用多级套管隔离、跟管钻进、PAA 无固相冲洗液护孔钻进、钙土泥浆或粘土干投孔内造浆护孔等措施未能取得效果。在拔管、扩孔、下管等环节过程中, 发生了几起卡、埋钻事故; 工期 46 天, 丢失管材 22 m, 报废进尺 176.63 m。

ZK1042 孔设计深度 600 m, YS75 绳索取心钻进至 230.04 m 插入废采坑道, 于孔深 240.77 m 下管(Ø71 mm 钻杆)隔离, 改用 YS60 绳索取心钻进。后续钻进地层非常破碎, 每隔 10 多米就有断层, 返水量小, 采用 PAA 无固相冲洗液与皂化油乳化液交替冲孔钻进。钻至 500 m 后遇上断层破碎带, 用 1% 溶解浓度的 PAA 无固相冲洗液快速钻进。终因孔内钻渣多、水流不畅、泵压高而被迫终孔, 终孔深度 532.20 m。

上述治理措施未能从根本上解决问题, 导致 ZK1043 孔报废进尺 176.71 m, ZK1042 孔第 2 组矿脉未穿透。

### 2.5 应用钠土泥浆后施工状况

以ZK1031孔为例,地质及孔身结构如图2所示。

地层描述及换层位置/m	孔身结构/mm	套管及变径深度
第四系坡积层 风化石英砂岩 19.80		$\phi 127\text{mm}$ 7.10m
		$\phi 108\text{mm}$ 22.11m
石英砂岩 节理, 裂隙发育 40.50	$\phi 91$	$\phi 89\text{mm}$ 45.09m
石英砂岩 岩心完整 169.89	$\phi 75$	
断层破碎带 岩心破碎, 夹断层泥 184.61		
石英砂岩 节理, 裂隙发育, 间 夹小断层, 岩心破碎 430.45		$\phi 71\text{mm}$ 451.81m
石英砂岩 岩心完整 504.05		
石英砂岩 节理, 裂隙发育, 间 夹小断层, 岩心破碎 572.20	$\phi 60$	

图2 ZK1031孔地质及孔身结构示意图

YS75 绳索取心钻进至 169.89 m 时遇断层破碎带, 突然间钻进速度加快, 返水量小, 进尺 1 m 后堵水, 打捞无岩心。停钻 1 天后, 孔内坍塌物 0.8 m 厚, 改用溶解浓度 1% 的 PAA 无固相冲洗液冲孔。当钻头扫触钻渣面时就开始堵水。在孔内水流不畅的情况下, 采取反复清扫、捞渣、强行钻进、小径透 ( $\phi 60\text{ mm}$  口径)、大径扩 ( $\phi 75\text{ mm}$  口径) 等措施, 耗用 84 h 才使钻孔勉强延深了 7.66 m, 岩心采取率不足 35%, 而且还未穿过该层。

尽管 PAA 无固相冲洗液抑制岩土水化能力强, 但是携粉能力差是其致命的弱点。在上述破碎地层应用中, 因其无法及时排除钻渣, 保持孔底清洁, 以至于严重影响了持续钻进。针对该类地层, 以下孔段应用了钠土泥浆。

### 2.5.1 177.55 ~ 185.78 m 孔段

该孔段为孔深 169.89 m 后延续的断层破碎带, 选用了 9 号泥浆配方。在孔深 177.55 m 初次应用时, 孔内钻渣 2.6 m 厚, 不用 0.5 h 就能排出孔外, 恢复正常钻进。该泥浆与皂化油乳化液冲孔比较, 钻进泵压提高不明显, 钻进电流小, 孔内返水量明显增大, 未出现孔壁掉块、坍塌现象; 岩心采取率 > 80%。图 3 为该孔段采取的岩心图片。

### 2.5.2 185.78 ~ 451.81 m 孔段

该孔段底部有 20 m 岩心较为完整, 其余多处断层夹泥, 岩心松散、破碎; 从岩心管中取出的石英脉

成了乳白色碎玻璃状(见图 4)。

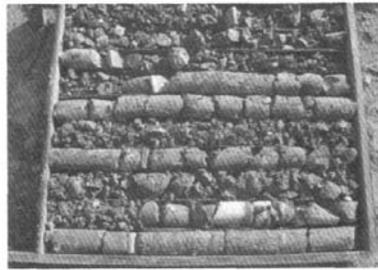


图3 ZK1031孔177.55~185.78m孔段岩心



图4 ZK1031孔294.78~302.95m孔段岩心

由于选用高固相泥浆(配方 9), 容易导致钻杆内壁结垢(见图 5), 影响绳索打捞取心, 孔深 185.78 m 改用低固相泥浆(配方 7)后, 既恢复了正常打捞取心, 又提高了钻速, 而且在泥浆中掺入锯末, 还取得了明显的堵漏效果。

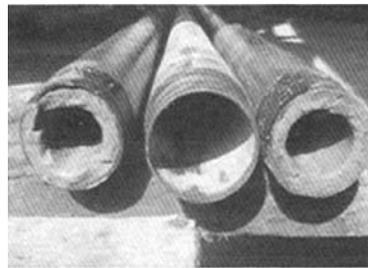


图5  $\phi 71\text{ mm}$  钻杆内壁结垢情况

该孔段进尺 267.20 m, 岩心采取率 85%, 平均回次进尺 1.65 m, 时效 1.78 m, 平均提钻间隔 38.17 m。

### 2.5.3 451.81 ~ 572.20 m 孔段

根据岩层变化, 于孔深 451.81 m 下管 ( $\phi 71\text{ mm}$ ) 变径, 采用 YS60 绳索取心钻进。451.81 ~ 504.05 m 孔段由于地层完整、返水量大, 采用皂化油乳化液冲孔。孔深 504.05 m 后, 又出现断层夹泥、岩心破碎、掉块卡钻现象。复用 7 号配方泥浆后又恢复了正常钻进, 能始终保持孔底清洁, 一直沿用

至终孔。

该孔段进尺 120.39 m, 岩心采取率 89%, 平均回次进尺 1.67 m, 时效 1.62 m, 平均提钻间隔 30.10 m。

## 2.6 钠土泥浆的使用效果

该矿区应用钠土泥浆在构造破碎带地层中钻进取得了较好的使用效果, 解决了钻孔漏失、掉块、坍塌等施工难题, 减少了孔内事故, 保证了钻孔质量; 完成进尺量 2595 m, 穿越断层破碎带、碎裂岩体 1600 余米; 耗用钠土 8 t, MV - CMC 200 kg, 泥浆成本 3.85 元/m。从表 2 可以看出, 使用钠土泥浆钻进提高了钻进效率, 经济效益显著。

表 2 使用钠土泥浆的钻孔与其它孔的经济技术指标对照表

钠土 泥浆	钻孔 个数	进尺 /m	时效 /m	台月效 率/m	孔放 率/%	纯钻 率/%	每米成 本/元
应用	5	2595	1.82	545	5.2	41.6	210
未用	6	3125	2.08	500	22.2	33.4	252

## 3 钠土泥浆的现场配制, 性能调整与维护

### 3.1 了解地层构造与孔内情况, 明确使用目的, 选择泥浆配方

治理复杂地层, 应在了解地层构造、掌握孔内情况的前提下, 才能做到有的放矢, 合理选择泥浆配方。如, 孔壁坍塌严重, 孔内钻渣多, 可选用含土量高、密度大、携渣能力强的 5 号或 9 号配方; 岩层节理发育, 断层小而密集, 易发生孔壁掉块、漏失的一般复杂性地层, 可选用失水量小、粘度高的 7 号或 8 号配方; 使用高固相、低滤失泥浆穿过断层破碎带后, 在孔内不塌、不掉、不漏等情况下, 可选用 3 号或 6 号配方维护孔壁稳定。总之, 应采取辩证论治、灵活运用的方法, 才能节约泥浆成本, 取得理想的使用效果。

### 3.2 掌握钠土和处理剂的使用方法, 严格操作程序

钠土泥浆的现场配制, 通常是先在搅拌机内注入 2/3 清水, 然后开启搅拌机, 依次加入定量钠土和处理剂的溶解液, 再加入清水注满泥浆刻度线; 加量完后充分搅拌便可应用。尽管钠土泥浆的配制简单, 但是应掌握钠土和处理剂的使用方法, 严格操作程序。如果钠土和处理剂加量不准确, 或使用方法和操作程序不当, 不但会造成材料浪费, 还会造成泥浆性能指标不达标, 起不到效果, 甚至造成钻杆内壁结垢, 或出现孔内泵压高或泥包钻头等现象。以下是现场配制过程中应注意的几个事项。

(1) 应用钠土泥浆, 应先了解使用水质和钻遇

岩层情况。如果水质矿化度高, pH 值低, 或在灰岩、白云岩等含钙质高的地层中施工, 应加入适量纯碱, 使泥浆 pH 值调至 7~9, 并确定现场加量比例。否则, 拌浆水中或岩粉中的高价阳离子, 如  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  等, 易交换钠土晶格层间的  $\text{Na}^+$ , 使粘土胶粒的水化膜变薄, 泥浆性能不稳定, 使用一段时间后会现失水量增大、粘度提高、泵压上升、钻进漏失明显等现象。

(2) 现场应有必要的量具和容器, 以确保钠土和处理剂加量准确。

(3) 尽管钠土在水溶液中的分散性强, 如果颠倒加量顺序, 先放土后加水, 就容易发生粉粒被水及处理剂包裹现象, 造成所配泥浆达不到设计指标。

(4) 泥浆处理剂应在专用容器中分别预溶, 不宜直接把粉剂加入泥浆中, 否则粉剂成团聚集在莲蓬头处堵塞吸水管, 可能引起烧钻事故。

(5) 在孔内用水泥注浆后, 应把清扫水泥灰的循环水全部清出泥浆池, 否则, 水泥凝固后产生的  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , 使泥浆的 pH 值、失水量明显增大, 泥饼变厚而松, 起不到护壁堵漏效果。

### 3.3 掌握使用情况, 及时调整、维护泥浆性能

(1) 用好钠土泥浆, 应设专人测试和记录返浆性能, 仔细观察和对比使用前后的效果及孔内情况变化。如孔口返水量、岩粉颗粒大小、泵压高低、电流大小等。发现问题, 及时调整泥浆性能。尽可能地以最低的泥浆成本, 获取满意的使用效果, 提高钻进效率。

(2) 泥浆在使用一段时间后, 由于金刚石克取的岩粉颗粒细而不断进入泥浆中, 使泥浆的密度、粘度、含砂量等性能指标增大, 导致钻进泵压高、负荷大, 且在钻杆内壁形成泥垢影响钻进效率。一般采取比较简易的措施是清理泥浆循环槽和沉淀池, 再补充新浆或加水稀释。但是在孔壁失稳比较严重的钻进孔段, 加水稀释会增大泥浆失水量, 引发孔壁坍塌。在山区人工开挖或砌筑的泥浆池一般较小, 宜采用换浆法。维护泥浆性能是预防孔内事故, 提高钻进效率的重要措施。

## 4 认识与结论

(1) 钠土与钙土比较, 吸水率高, 膨胀倍数大, 阳离子交换容量高; 在水中的分散性、触变性、润滑性、粘度、pH 值等物化性能明显优于钙土。配置钠土泥浆用量少, 可不加碱, 如添加少量处理剂就可达到理想的性能指标。这就是“七五”期间地矿部

力推钠土泥浆技术应用的重要原因。

(2) 钠土泥浆与无固相冲洗液比较,具有更多的优良性能。其一,体现在钠土胶粒在水溶液中的分散度高,水化膜厚,具有良好的表面吸附能力和离子交换能力。能与极大多数岩粉、化学处理剂、惰性材料等交联成网状结构,既能吸附在岩土表面,形成薄而韧的泥皮,抑制自由水对岩土的水化作用,又能形成絮凝胶团堵塞裂隙水通道,阻止泥浆漏失或被地下水侵害。其二,体现在泥浆密度可调范围大。在泥皮效能作用下,人工调节泥浆密度,使之与地层压力保持动态平衡,能达到稳定孔壁的目的。第三,体现在泥浆触变性能好。当泥浆静止时,交联网状结构好,静切力大,孔内岩粉悬浮在浆中不易沉淀,在较长时间内可保持孔底清洁和预防孔内事故;当泥浆流动时,交联网状结构迅即被破坏,动切力小,流动性能好,携粉能力强,钻进阻力小,有利于提高

金刚石钻进速度。

(3) 应用钠土泥浆技术,解决了锡坑矿区复杂地层钻进中应用传统方法及 PAA 无固相冲洗液护孔技术难以解决的塌、漏、掉等技术难题,保证了后续施工的钻孔质量,提高了钻进效率和经济效益,使我队在治理构造破碎带型复杂地层的技术难关上取得了实质性的突破。

#### 参考文献:

- [1] 曾祥熹,等. 钻孔护壁、堵漏与减阻[M]. 北京:地质出版社,1981.
- [2] 廖远苏. 西华山铜矿区复杂地层钻进的综合治理措施[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(9).
- [3] 巫相辉,等. 钻井液配制技术及其应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(5).
- [4] 胡耿寰. 使用 NV-1 人工钠土取得优良效果[J]. 探矿工程,1989,(2).

#### (上接第4页)

开采,并且可以与羽状分支水平井组合形成新的井组,更好发挥 U 型井与羽状分支水平井各自的优势,可以经过试验完善,逐步推广应用。

#### 参考文献:

- [1] 赵庆波,陈刚,李贵中. 中国煤层气富集高产规律、开采特点及勘探开发适用技术[J]. 天然气工业,2009,29(9):13-19.
- [2] 车长波,杨虎林,李富兵,等. 我国煤层气资源勘探开发前景[J]. 中国矿业,2008,17(5):1-4.
- [3] 饶孟余. 煤层气井排采技术分析[J]. 中国煤层气,2010,7(1):22-25.
- [4] 李景明,巢海燕,李小军,等. 中国煤层气资源特点及开发对策[J]. 天然气工业,2009,29(4):9-13.
- [5] 赵庆波,李五忠,刘洪林,等. 煤层气地质与勘探开发技术(第二版)[M]. 北京:石油工业出版社,2006. 1-12.
- [6] 傅雪海,秦勇,Geoff G. X. Wang,等. 煤层气储层与开发工程研究进展[M]. 江苏徐州:中国矿业大学出版社,2009. 292-296.
- [7] 周劭,褚开智. 内蒙古自治区大青山煤田煤层气资源概况[J]. 中国煤炭地质,2008,20(2):17-19.

- [8] 尹中山,胡勋茂. 四川煤层气井施工的问题与对策[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(2):4-8.
- [9] 刘得光,吴晓智,赵铮业. 准噶尔盆地煤层气资源潜力及勘探选区[J]. 新疆石油地质,2007,28(3):272-274.
- [10] 冯少华,李晓峰. 新疆地区煤层气勘探与开发的认识[J]. 中国煤层气,2008,5(1):44-46.
- [11] 高德利,鲜保安. 煤层气多分支井身结构设计方法研究[J]. 石油学报,2007,28(6):113-116.
- [12] Zhang Y, Xian B. A, Sun F. J, et al. Study on coal bed methane development with low cost drilling and stimulation technologies [A]. Advances on CBM Reservoir and Developing Engineering, 2009 Asia Pacific Coalbed Methane Symposium and 2009 China Coalbed Methane Symposium (Vol. 2) [C]. Xuzhou Jiangsu: China University of Mining and Technology Press, 2009. 503-514.
- [13] 张义. 煤层气羽状水平井环空流动特性研究与应用[D]. 山东东营:中国石油大学(华东),2008. 69-71.
- [14] 陈家庆,周海,王辉. 浅谈电动潜油单螺杆采油系统的研究开发[J]. 石油矿场机械,2002,31(2):1-4.
- [15] 张扬,汪玉华,张忠宝. 大庆机械采油的发展趋势[J]. 石油钻采工艺,1996,18(3):99-100.