

无固相冲洗液在深溪锰矿施工中的应用

王 聪, 孙孝刚

(贵州省地矿局 102 地质大队, 贵州 遵义 563003)

摘 要: 贵州深溪锰矿普(详)查区钻探钻遇较为复杂的水敏性地层、破碎性岩层, 在合理选择好钻探设备、钻进参数和正确操作的前提下, 选用 PHP-GSP 和 GPLS 植物胶两类无固相冲洗液, 有效地预防了钻孔缩径、孔壁坍塌, 降低了钻具与孔壁的摩擦阻力, 从而达到了预防孔内事故的目的; 同时还提高了机械钻速、减少了冲洗液材料运输量, 提高了钻探经济效益; 此外还具有环保等优点。介绍了 PHP-GSP 和 GPLS 植物胶无固相冲洗液的作用机理、配制方法及使用注意事项等。

关键词: 无固相冲洗液; 复杂地层; 配比; 性能

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 1672-7428(2014)03-0025-04

Application of Solid-free Flushing Fluid in a Manganese Mine of Shenxi/WANG Cong, SUN Xiao-gang (Geological Team 102, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Zunyi Guizhou 563003, China)

Abstract: The complex water sensitive formation and broken rocks were encountered in the reconnaissance survey and detailed investigation areas of Shenxi manganese mine in Guizhou. On the premise of rational selection of drilling equipments, drilling parameters and proper operation, 2 solid-free flushing fluids of PHP-GSP and GPLS plant gums are used to have effectively prevented borehole diameter shrinkage and wall collapse, the friction resistance between drilling tools and borehole wall is reduced to avoid the downhole accident. Meanwhile the ROP is increased with the advantages of less flushing fluid material transfer, improved economic drilling efficiency and environmental protection. The paper introduces solid-free flushing fluids of PHP-GSP and GPLS plant gums about their action mechanism, compound methods and attentions in use.

Key words: solid-free flushing fluid; complex formation; mixture ratio; performance

0 引言

在钻探施工中, 冲洗液起着冷却钻头、润滑钻具、携带岩屑(岩粉)、保持孔壁稳定等作用, 其性能的变化, 将直接影响到机械钻速、钻进效率和成孔的质量。2008 年前, 我队在钻遇极不稳定地层(泥岩、页岩、破碎垮塌段、煤层等)和较深的钻孔时, 由于受钻探设备和工艺的限制, 往往会选择使用密度大、粘度较高的粘土粉浓泥浆施钻。近年来, 我队先后购置了几台 YDX-1800(SCD1800X)型全液压力头钻机, 结合该钻机具有“大行程、钻速快”的特点, 采用了金刚石绳索取心钻探工艺。在深溪锰矿勘探施工中, 正确使用合理配方的无固相冲洗液钻进, 取得了良好的钻探施工效果。

1 工程概述

深溪锰矿普(详)查区位于贵州省遵义市南东方向, 大娄山脉的南西端, 面积 13.81 km²。普查工作于 2011 年 8 月启动, 现已转入详查, 设计钻探工作总量为 36472 m/35 孔(普、详查), 全为直孔, 截

止 2013 年 11 月 24 日, 完成钻探总工作量 19322.08 m/17 孔, 其中: 普查完成钻探工作量 16896.54 m/14 孔, 详查完成钻探工作量 2426.54 m/3 孔。

2 地层情况

2.1 地层岩性

深溪锰矿勘查区地层由老到新依次如下。

(1) 二叠系中统(P₂)

茅口组(P_{2m}): 顶部为深灰、灰色、灰黑色薄~中厚层状含炭、硅质灰岩, 局部含锰质, 间夹薄层硅质岩少量, 微细平行层理明显, 燧石条带分布于层间。下部为灰、浅灰色厚层至块状生物灰岩, 偶夹白云质灰岩, 含少量燧石结核。

(2) 二叠系上统(P₃)

龙潭组(P_{3l}): 上部主要为深灰、灰色泥岩、泥质灰岩夹砂岩; 中部为深灰色泥岩、粉砂质泥岩为主间夹砂岩及灰岩, 产 C3 复煤层, 多为 0.10~0.48 m 不等的薄煤层与深灰色粘土岩或炭质泥岩交互组成; 下部灰、深灰色中厚层状灰岩夹黑色硅质岩, 间夹泥

收稿日期: 2013-12-26; 修回日期: 2014-03-04

作者简介: 王聪(1958-), 男(汉族), 贵州湄潭人, 贵州省地矿局 102 地质大队队长、高级工程师, 探矿工程专业, 从事地质勘探管理及技术工作, 贵州省遵义市汇川区, 1581933937@qq.com。

质粉砂岩、细砂岩和菱铁质灰岩。产 C2 煤层,厚一般 0.5 m 左右。底部为含锰岩系,由灰、深灰色含锰粘土岩及碳酸盐锰矿层组成。

长兴组(P_3c):主要岩性为深灰色中~厚层状含燧石团块、燧石条带灰岩,层间常夹有机质条带及泥岩薄层,底部为泥质灰岩。

(3) 三叠系下统(T_1)

夜郎组(T_{1y}):按其岩性可分为 3 段,从老到新为:

沙堡湾段(T_{1y}^1):灰色、浅灰色、灰绿色、黄色钙质泥岩夹薄层泥灰岩,底部为灰绿色粘土岩;

玉龙山段(T_{1y}^2):主要为浅灰~灰色薄~厚层状灰岩、泥质灰岩及泥灰岩,局部夹钙质泥岩;

九级滩段(T_{1y}^3):主要为紫红色夹少量灰绿色、灰黄色泥岩,夹灰色薄层状泥质灰岩及灰岩,含钙质泥岩、粉砂质泥岩、泥质粉砂岩。

茅草铺组(T_{1m}):主要由中厚层灰岩、白云岩、白云质灰岩等组成。

(4) 三叠系中统(T_2)

松子坎组(T_{2s}):主要为灰、灰黄色中厚层状泥质白云灰岩,白云岩、泥灰岩夹生物碎屑灰岩及白云质泥岩;

狮子山组(T_{2sh}):主要为浅~深灰色薄~中厚层微晶灰岩,泥质灰岩及夹生物碎屑灰岩、白云岩。

2.2 地层构造

勘查区位于铜锣井背斜南东翼,虾子复向斜北西翼。矿区西段地层较陡,大部分已倒转,倾向为 $120^\circ \sim 135^\circ$,倒转地层倾向为 $285^\circ \sim 320^\circ$,倾角为 $50^\circ \sim 86^\circ$,由地表到深部,地层倾角由陡变缓,最终按 $20^\circ \sim 30^\circ$ 稳定;矿区东段为一向斜产出,向斜走向近于东西向,向斜轴部地层为三叠系中统狮子山组,北翼地层倾向为 $155^\circ \sim 200^\circ$,倾角为 $5^\circ \sim 40^\circ$;南翼地层倾向为 $285^\circ \sim 358^\circ$,倾角为 $5^\circ \sim 35^\circ$,地层较为稳定。

3 设备性能及工艺特点

3.1 设备选型及性能特点

该矿区根据其地质要求,其设计孔深均在 700~1700 m 之间,平均深度 > 1200 m,终孔口径 < 75 mm,故钻探设备主要选择了 YDX-1800(SCD1800X)型全液压力头钻机和 XY-6 型立轴式岩心钻机 2 种机型。

YDX-1800(SCD1800X)型全液压力头钻机较立轴式钻机,具有以下优势:(1)转速在 0~1200

r/min 之间可无级调速,扭矩大,有利于以金刚石钻进为主体的多种钻探工艺对转速的选择;(2)钻机给进行程可达 3.5 m,减少了辅助时间和孔内事故的发生;(3)设备配备液压夹持器、液压驱动泥浆泵和泥浆搅拌器,钻进过程中不需要任何其他辅助动力。

3.2 钻探工艺

该矿区所施工的钻孔结构主要为:一开 $\varnothing 130$ mm 用普通硬质合金钻头开孔,钻穿表层覆土或堆积物后,下定向管固定井口;二开 $\varnothing 110$ mm 采用普通金刚石钻头,钻进一定的深度后留作备用径使用;三开 $\varnothing 91$ mm 采用 HQ 系列金刚石绳索取心钻进,钻穿长兴组底层后换径;四开 $\varnothing 75$ mm 采用 NQ 系列金刚石绳索取心钻进,钻至终孔。

4 选用钻井液类型

在该区内根据各个钻孔(机台)所选择的钻探设备不同,以及钻孔所遇地层不同而选择不同钻进工艺的特点,分别使用了不同的冲洗液。

一开:一般选用清水顶漏钻进。充分利用上覆地层中含有一定的粘土,使其自然造浆,护壁排粉(屑),待进入基岩后下入井口管固定孔壁。

二、三开:水+PHP+处理剂。

四开:(1)设备选用 YDX-1800(SCD1800X)型全液压力头钻机,采用金刚石绳索取心钻进时,根据不同孔段岩层(完整性、破碎程度、水敏性等)情况,使用不同的处理剂,配制无固相冲洗液;(2)设备选用 XY-6 型立轴式岩心钻机,采用金刚石绳索取心钻进时,根据不同孔段岩层(完整性、破碎程度、水敏性等)情况,选用不同性能参数的低固相泥浆;(3)设备选用 XY-6 型立轴式岩心钻机,采用硬质合金(或金刚石)单管钻进时,选用中(高)密度泥浆。

5 无固相冲洗液的选配及现场维护

在以往的钻探施工经验中,三开结束下入套管后,由于龙潭组地层中含有泥岩、泥质灰岩、厚薄不等的煤层、粘土或炭质泥岩交互组成的水敏性岩层,多数茅口组灰岩不漏即涌,所以,往往都选择用中(高)密度的冲洗液钻进。根据全液压力头钻机的性能,采用金刚石绳索取心钻进工艺的特点,在该矿区的龙潭组和茅口组地层中,我们大胆选用了 PHP-GSP 和 GPLS 植物胶无固相冲洗液体系进行施钻。

5.1 冲洗液配比及性能

5.1.1 配方

1号配方(PHP-GSP体系): 1 m^3 水 + $0.5 \sim 0.7\text{ kg}$ 水解聚丙烯酰胺(PHP) + $5 \sim 10\text{ kg}$ 广谱护壁剂(GSP) + $3 \sim 5\text{ kg}$ 润滑剂(GLUB)。

2号配方(GPLS植物胶体系): 1 m^3 水 + $0.5 \sim 0.7\text{ kg}$ 植物胶(GPLS) + $3 \sim 5\text{ kg}$ 润滑剂(GLUB)。

5.1.2 冲洗液性能(见表1)

表1 冲洗液性能参数

泥浆体系	表观粘度 /($\text{mPa}\cdot\text{s}$)	漏斗 粘度 /s	滤失量 (7.5 min /30 min)/mL	泥皮 厚度 /mm	相对膨 胀降低 率/%	润滑 系数
PHP体系	4	19	全失	0	59	0.21
PHP-GSP体系	8	33	110/129	0.1	67	0.21
GPLS植物胶体系	5	17	109/110	1	40	0.23

5.2 PHP-GSP无固相泥浆

PHP-GSP无固相泥浆主要由水解聚丙烯酰胺(PHP)和广谱护壁剂(GSP)配制而成,与PHP泥浆相比其抑制膨胀与分散性能、护壁性能及润滑性能得到显著改善,应用范围进一步扩大。

5.2.1 作用机理

水解聚丙烯酰胺(PHP)是聚丙烯酸钠和聚丙烯酰胺的共聚物,其具有吸附基(酰胺基)能和粘土颗粒相吸附,又具有电离水化基(羧基)能使高分子物水化。由于PHP分子链很长,呈曲卷状,可将细小的固相颗粒吸附在它的链节上,絮凝成团,从而达到聚沉冲洗液中岩粉的目的。同时其分子又能吸附在水敏性岩石孔壁的表面,能防止岩石水化膨胀,即具有防塌和稳定孔壁的作用。

广谱护壁剂(GSP)由沥青、油脚与多种有机亲水物质进行交链接枝反应,再与聚合淀粉在特殊工艺下物理复合制取,含有羟甲基、羧甲基、酰胺基等,是一种既溶于水又溶于油的黑色物质,能够分散在泥浆中。其中:(1)交联沥青分子具有良好的吸附填充作用,降失水和造壁性好;(2)淀粉分子的环式结构和聚合分子的K链结构,具有K链状伸展自如、桥接能力强和具有网状结构优势,从而增强包被能力,改善泥饼质量,提高降失水和抗污能力;(3)聚合淀粉迅速吸水膨胀形成海绵状颗粒,使泥浆中的自由水消失,从而实现降失水防塌;(4)油脚能与钻杆壁产生吸附作用,形成一层油膜,减小钻杆对孔壁的摩擦力。

润滑剂(GLUB)采用天然植物油为原料,不产生环境污染,加入冲洗液后,能均匀地分散于钻井液

中,钻进时,在孔壁或钻杆周围形成一层薄而致密的油膜,油膜具有很高的极压强度,极大地降低钻杆与孔壁间的摩擦系数,从而降低钻杆的扭矩,减少动力消耗,同时可有效地防止钻杆粘附在孔壁上造成粘附卡钻,能显著地改善钻井液的润滑性能。

5.2.2 特点

(1)该体系中选用分子量超过1000万的水解聚丙烯酰胺,其絮凝、包被作用明显增强,适合于钻进造浆地层,能有效防止岩屑的进一步分散,也有利于岩屑沉降。

(2)具有良好的造壁性能。加入广谱护壁剂(GSP)后,体系滤失量明显降低,并形成薄薄一层由沥青构成的泥皮,该泥皮粘附性强、韧性好,有利于孔壁的稳定。

(3)具有较强的抑制能力。由于 K^+ 及沥青的协同作用,与PHP泥浆相比,体系的抑制能力显著提高。

(4)具有良好的润滑性能。

5.2.3 泥浆的配制

依次将PHP、GSP慢慢加入水中,充分浸泡、搅拌,即可使用。日常维护时,最好先将PHP及GSP分别配成水溶液再加入,并视情况确定加量。

5.2.4 适用范围

该体系适用于比较复杂的遇水膨胀、分散造浆地层及松散破碎地层。

5.3 GPLS植物胶体系

GPLS植物胶体系由优质植物胶(GPLS)和润滑剂配制而成,与一般无固相泥浆相比,具有良好的岩屑携带能力,同时也是一种环保泥浆。

5.3.1 作用机理

植物胶是一种天然高分子聚合物,在固态时分子链呈支链状结构,遇水后,呈现较舒展无规则线团状结构,其分子链上的极性基团具有较强的吸附作用,吸附塑性胶体颗粒或细粉砂粒,能在孔壁上形成网状膜,具有隔水效果,故能降低泥浆的滤失量;同时,其分子链间的桥联作用使分子链间有一定的引力,分子之间不易分开,表现出粘弹性、隔水性表面力强,使得吸附在孔壁上的分子链紧紧相连,具有防塌作用。在外力作用下,分子变为不稳定的伸展状态,外力出去时,分子又恢复原状,从而减轻钻具与孔壁间的摩擦力,有利于井壁稳定。

5.3.2 特点

(1)泥浆的切力较高,悬浮携砂能力强。

(2)泥浆容易形成层流状态,可降低对孔壁的

冲刷,有利于松散地层的稳定。

- (3) 加入 GLA 后的泥浆其抑制性能明显提高。
- (4) 与一般无固相泥浆相比,其滤失量明显降低。
- (5) 无毒、可生物降解,对环境无污染。

5.3.3 泥浆配制

将 GPLS 慢慢加入水中,充分浸泡、搅拌,再加入润滑剂搅匀即可使用。日常维护时,最好先将 GPLS 配成水溶液再加入,并视情况确定加量。

5.3.4 适用范围

该体系适用于钻进砂岩等岩屑携带比较困难、胶结性较差的地层,或环保要求比较严格的地区。

5.4 应用中的注意事项

在遇上上述地层中的煤(粉)层、渗透性强或岩层破碎时,在1号和2号配方的基础上,加入10~20kg 改性沥青(GLA)或10~30 kg 防塌型随钻堵漏剂(GPC),若仍有掉块、坍塌现象,在此基础上加入15~25 kg(CMC-HV),提高冲洗液粘度,可达到防掉、防塌的效果。

5.5 冲洗液现场维护

(1) 勤观察、勤测量,及时掌握冲洗液的性能变化。

(2) 冲洗液性能维护,必须坚持“细水长流”的方式。添加剂必须少量、缓慢的加入,不得猛加处理剂造成新添加剂(料)与孔内发生不良反映,避免冲洗液性能波动过大而造成井内复杂情况。

(3) 冲洗液从孔内流出后必须经过沉淀池、循环槽流向泥浆池,循环槽应符合坡比(0.5%),槽内增设缓流板,对沉淀岩粉及时清理。

(4) 沟槽及池应严禁地表各种水源的流入,泥浆池搭棚,循环沟在遇大到暴雨时,应加盖盖板,防止雨水的污染。

(5) 现场配备野外冲洗液测试箱,每班检测冲洗液含砂量、失水量、粘度、密度和 pH 值等。

6 无固相冲洗液应用效果

6.1 孔壁稳定

在该矿区的施工中,使用无粘土相冲洗液,从开孔下定向管到三开钻完长兴组下套管,在施工工序完成之前,孔壁均能稳定,没有出现明显的垮塌、掉块现象,冲洗液能将孔内岩粉(屑)较好的带出孔外,确保孔内清洁。在较为复杂的地段——龙潭组,只要针对孔内地层不同层段的岩性,选择不同的添加剂,按合理的配比进行添加调制,随时维护好冲洗

液的性能,就能确保孔壁稳定,直至钻孔施工结束。

6.2 机械钻速提高

在该矿区使用无固相冲洗液钻进,较之使用固相泥浆钻进,其机械钻速有较大的提高,尤其和以往在龙潭组一贯使用浓泥浆护壁钻进相比较,其单孔施工周期明显缩短(见表2)。

表2 深溪锰矿普(详)查工程完工钻孔统计(部分)

孔号	设计深度 /m	实钻深度 /m	平均机械钻速/(m·h ⁻¹)	施工时间 /天	平均进尺/(m·天 ⁻¹)	冲洗液类型	钻孔质量
ZK302	760.00	682.40	1.13	100	6.82	固相	优
ZK1002	701.00	723.74	1.66	72	10.05	固相	优
ZK1502	1284.00	1223.67	3.76	54	22.66	无固相	优
ZK2002	1162.00	1108.61	3.11	59	18.79	固相	优
ZK2010	1355.00	1284.79	2.03	105	12.24	固相	优
ZK2502	1115.00	1131.04	2.31	81	13.96	固相	优
ZK3004	1175.00	1148.80	3.46	55	20.88	低固相	优
ZK4001	1421.50	1483.80	3.5	70	21.12	无固相	优
ZK3010	1350.00	1401.51	3.18	73	19.20	无固相	优
ZK3504	1306.00	1322.40	4.38	50	26.45	无固相	优
ZK310	1050.00	1045.05	3.21	54	19.35	无固相	优
ZK1010	1185.00	1102.50	2.99	61	18.07	固相	优
ZK4003	1615.00	1550.89	3.55	73	21.45	无固相	优
ZK2506	探边孔	1346.65	4.13	54	24.94	无固相	优

注:该施工均为直孔,终孔口径75 mm,采用绳索取心钻进工艺。

从表2可以看出,在相同的矿区中施工同类型的钻孔,都选用绳索取心钻进工艺,使用不同类型的冲洗液,所施工的钻孔周期各异。使用无固相冲洗液施钻具有明显的优势,其平均机械钻速大大提高。

6.3 降低成本,提高效率

在该矿区使用无固相冲洗液,不仅缩短了单孔的钻探施工周期,而且,针对孔深在1000~1600 m的钻孔,能节约钻进冲洗液材料及运输成本25%~35%,从而提高了钻探经济效益。

7 结语

(1) 无固相冲洗液在现场中应用,不仅具有维护方便,配制简单快捷,性能稳定易调整,同时 GPLS 植物胶体系还具有环保性。

(2) 针对不同岩性的地层,合理选择添加剂,及时调整冲洗液的性能,能确保钻进过程中孔壁的稳定,顺利完成钻探施工任务。

(3) 使用无固相冲洗液能减少(钻具)事故的发生。可降低内管轴承的磨损和外管内壁结垢,从而可以减少内管被卡事故的发生。

(4) 使用无固相冲洗液,能提高机械钻速,降低钻探成本,从而提高钻探经济效益。

(下转第32页)

层厚度为 60.29 m。从现场泥浆监测的各项参数(表2)来看,泥浆在特厚煤层的运用基本上在预想指标之内。



图2 煤系岩心

表2 特厚煤层泥浆监测指标

时间 /h	孔深 /m	密度 /(g·cm ⁻³)	漏斗粘度 /s	失水量/[mL· (30 min) ⁻¹]	pH 值
0	845.39	1.08	33	4	9
8	852.46	1.06	31	5	9
16	859.05	1.06	32	8	9
24	866.43	1.09	35	4	9
32	871.25	1.10	36	4	9
40	880.18	1.13	38	5	9
48	889.21	1.14	40	4	9
56	893.45	1.14	38	4	9
64	898.26	1.13	37	4	9
72	905.68	1.15	38	6	9

考虑到该孔如此厚的粉煤层,为保证生产和孔内安全,在上述泥浆方案的基础上适当提高了泥浆密度以平衡地层压力,达到平衡钻进的目的,在使用

上述泥浆方案后,顺利钻进到终孔。这个孔创造了四川省煤田地质局 137 地质队单孔打煤单层最厚记录。

6 结语

实践证明,罗平矿区复杂地层钻探采用的泥浆方案是合理的、适用的,对类似地层钻探有一定的参考作用。不足之处是使用的处理剂种类较多,操作较复杂。有待继续研究探索。

参考文献:

- [1] 刘硕琼,谭平,等.小井眼钻进技术[M].北京:石油工业出版社,2005.
- [2] 李之军,陈礼仪,贾军,等.汶川地震断裂带科学钻探一号孔(WFSD-1)断层泥孔段泥浆体系的研究与应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(12).
- [3] 周亮.煤系地层护壁堵漏钻井液配制技术探讨[J].中国煤炭地质,2009,(9).
- [4] 中国煤田地质局.煤田钻探工程(第五分册)—钻井液[M].北京:煤炭工业出版社,1994.
- [5] 陈尔志,陈礼仪,向昆明,等.高密度低失水泥浆体系在煤田绳索取心钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(2).
- [6] 陈立敏.青海省江仓矿区防塌钻井液技术研究[D].北京:中国地质大学,2008.
- [7] 金葵.钻井液工艺技术[M].北京:石油工业出版社,2009.
- [8] 丁飞,何林喜,黄学刚.腐殖酸钾-磺化沥青低固相泥浆在北衙金矿的应用[J].昆明冶金高等专科学校学报,2012,28(1).
- [9] 吴隆杰,杨凤霞.钻井液处理剂胶体化学原理[M].四川成都:成都科技大学出版社,1992.

(上接第 28 页)

(5)选择使用无固相冲洗液时,在通过地层复杂(水敏、破碎严重等)孔段,不仅要要求及时调整好冲洗液的性能与之相适应,而且要提前做好其他(检查钻探设备是否完好、所需材料是否充分等)工作,从而达到快速通过的目的,使孔壁在稳定周期内能够完钻。

参考文献:

- [1] 褚树攀,魏红利,苗克顺.水基无粘土低固相钻井液在镇泾工

区的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(7):25-27.

- [2] 翟开慧.植物胶冲洗液在寨上金矿区钻探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(3):18-20.
- [3] 刘维平,郑秀华,谢博.微泡沫钻井液研究及其在黄金勘探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(3):13-16.
- [4] 赵河江.老挝可溶性矿床钻探无固相饱和盐水钻井液护壁技术和堵漏方法[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(10):20-22.
- [5] 谢超,梅永刚.宁深1井深井高温钻井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(6):27-30.