

防塌泥浆在朱溪矿区 ZK1013 孔煤系地层 钻探施工中的应用

王 盛, 潘振泉, 黄忠高, 宋国清, 魏从华

(江西省地质矿产勘查开发局九一二大队, 江西 鹰潭 335001)

摘要:介绍了朱溪矿区 ZK1013 孔的施工情况。钻孔在 470~490、630~650、703~709 m 三段出现严重坍塌, 针对该孔的地层情况。在分析孔壁失稳原因的基础上, 提出了两套适用于金刚石绳索取心工艺的复合泥浆体系, 取得了良好的应用效果。

关键词:朱溪矿区; 煤系坍塌地层; 泥包钻头; 护壁; 复合泥浆体系

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2018)09-0025-04

Application of Anti-cave Mud in Coal Formation Drilling of ZK1013 of Zhuxi Mining Area/WANG Sheng, PAN Zhen-quan, HUANG Zhong-gao, SONG Guo-qing, WEI Cong-hua (912 Geological Brigade of Jiangxi Bureau of Geological & Mineral Resources Prospecting and Development, Yingtan Jiangxi 335001)

Abstract: The construction of ZK1013 hole in Zhuxi mining area was introduced, the severe collapse happened at the sections of 470~491, 630~650 and 703~709m. According to the formation conditions and based on the analysis on the reasons of the wall instability, 2 sets of composite slurry system suitable for diamond wire-line coring process were proposed and good results were achieved.

Key words: Zhuxi mining area; coal system collapsed strata; balled bit; wall retaining; composite mud system

1 工程概况

江西省浮梁县朱溪钨铜多金属矿, 位于江西省东北部景德镇与乐平交界处。矿区勘查项目由江西省地质矿产勘查开发局九一二大队实施, 自 2010 年开始启动, 累计完成工作量 6 万多米, 探明 WO_3 资源量(333+334)286 万 t, 一举成为世界最大的钨矿。

矿区位于钦杭接合带江西萍乐凹陷带之北缘、江南造山带东南部、赣东北深大断裂北西侧、宜丰-景德镇深断裂带南侧、塔前-赋春推覆构造带从矿区中部呈北东向通过。区内经历了多期次多阶段的构造运动, 中元古代褶皱造山作用强烈, 加里东期褶皱叠加和韧性变形, 印之-燕山期构造活动强烈而广泛, 推覆构造发育, 伴随中酸性岩浆的侵入, 构造十分复杂。

2 钻进工艺及使用复合泥浆前施工情况

ZK1013 孔设计孔深 2300 m, 垂直孔。

钻孔施工设备采用连云港黄海机械生产的

HXY-6B 型立轴式钻机, 配 BW320-8 型泥浆泵, 钻进施工主要采用金刚石绳索取心钻进工艺为主。采用钻进效率高的无固相冲洗液进行施工, 冲洗液配比: 1 m³ 清水+3 kg 聚丙烯酰胺+8 kg 特效润滑剂+8 kg 磺化沥青+5 kg 防塌护壁剂。此套无固相泥浆体系能满足朱溪矿区前期钻孔钻进施工性能要求。

(1) 第四系土层厚度 23.72 m, 采用 170 mm 口径单管取心钻进, 下入 $\varnothing 168$ mm 套管。

(2) 下部 23.72~388.03 m 之间出现多段极其破碎的炭质页岩、含炭粉砂岩的不稳定地层, 施工过程中出现多次掉块卡钻, 采用金刚石绳索取心钻进工艺通过并下入 $\varnothing 150$ 、114 mm 套管进行隔离。

(3) 388.03 m 下部以 96 mm 口径施工, 388.03~908 m 都是以炭质页岩、含炭质粉砂岩为主的连续性破碎地层, 其中在施工至 711 m 处起钻换钻头过程中, 470~490、630~650、703~709 m 三段出现严重垮孔、抱钻、泥包钻头, 下钻遇阻, 孔内出现长达 25 cm 长的大掉块。钻孔岩心十分破碎(见图 1), 岩

心极易被风化或水解成粉末状。在扫孔过程中出现憋泵、卡钻、无法加杆等现象导致无法穿过坍塌段。先后经过4次水泥固孔、历时半个月都未收到十分理想的效果。基于此,经我方领导与技术人员及相关施工人员多次开会后达成一致意见,无固相泥浆无法起到稳定此类破碎坍塌地层的作用,应当以低固相泥浆代替无固相泥浆进行扫孔和钻进施工。

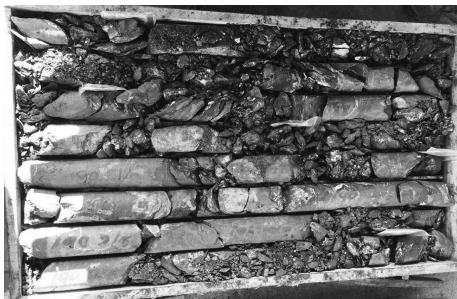


图1 ZK1013孔部分岩心

3 孔壁不稳定的原因分析

3.1 地层原因

含炭质的煤系地层节理、裂隙发育明显,产状很陡,层理与节理之间胶结差。沉积形成的煤系地层岩石主要以形状不定、颗粒大小不均匀的矿物和岩石碎屑胶结而成的,填充其中间的胶结物以粘土质和泥质成分为主,胶结强度较低,其中的粘土成分遇水极易水化和吸水膨胀而造成孔壁坍塌、埋钻、起下钻遇阻、无法加杆、封堵憋泵、缩径、套管下不到位、冲洗液漏失等一系列问题,给钻探施工造成巨大的困难。

3.2 压力平衡问题

根据孔壁稳定理论分析,地层被钻开后,致使原始地层应力发生改变,孔壁应力重新分布,当孔壁岩石所受到的应力大于岩石本身的强度后即会出现孔壁垮塌、缩径。在ZK1013孔所遇地层中,不稳定的地层主要以胶结强度低、强水敏感性的炭质页岩和炭质砂岩为主。炭质页岩的节理、层理中间填充的粘土质成分、泥质成分的胶结物在钻进过程中遇水水化,应力急速降低而无法达到压力平衡出现钻孔坍塌。

3.3 施工操作及技术措施问题

(1)在下大钻过程中因下钻速度过快产生的“激动”压力,起大钻、打捞岩心过程快速提拉钻杆和内管总成产生的抽吸压力,是导致孔内压力失衡出现

垮塌的重要原因。

(2)起钻过程不及时回灌泥浆,导致短时间内孔内液柱压力减小,无法平衡孔壁应力也是产生孔内坍塌的一大因素。

(3)钻进过程中钻具、钻杆柱碰撞孔壁,破坏孔壁表面吸附的泥皮,导致孔壁岩石直接与冲洗液接触,岩石中易水化的粘土成分吸水后水化产生膨胀、剥落、坍塌现象。

(4)大泵量冲刷作用导致孔壁本就胶结不好的泥皮、碎块加速剥落也是出现掉块卡钻、钻孔坍塌的一方面原因。

4 维护孔壁稳定的初步思路

4.1 地层压力与液柱压力平衡

在地层被钻开后,孔壁岩石所受的应力骤降,为平衡孔内压力、维持孔壁岩层稳定,通过提高泥浆的密度,增大孔内液柱压力来解决这一问题。但是由于金刚石绳索取心工艺采用的是低固相泥浆体系,在加大泥浆密度的过程中还应考虑泥浆本身的稳定性,确保安全钻进。

4.2 采用低失水性能的泥浆体系

采用低失水量的泥浆,防止泥浆中的自由水进入地层中,控制水敏性地层中粘性成分水化、坍塌、剥落。

4.3 泥浆造壁

为避免钻杆和钻具在钻进过程中对孔壁的冲击,采用良好造壁性能的泥浆能在孔壁上形成一层薄而致密的泥皮,形成的泥皮不仅可以防止泥浆直接冲刷孔壁,还能起到良好的润滑作用,减少钻杆的回转摩擦阻力。

4.4 规范操作

严格遵守岩心钻探操作规程,加强管理,避免起下钻、打捞内管等操作产生“激动”压力对孔壁的破坏,并采用低泵量参数减小泥浆对孔壁的冲刷。

5 施工情况及防塌泥浆方案

基于以上孔壁失稳的原因,根据以往的经验及对地层的判断,泥浆性能除了应具备冷却钻头、携带岩粉、润滑钻具和钻杆的性能外还应在稳定孔壁方面做出更多的努力。

5.1 第一阶段

在470~490 m处坍塌段,原先采用的无固相

冲洗液虽能扫上来掉块(见图 2),但因该套泥浆体系无法维持孔壁稳定,回次扫完起钻后无法加杆,孔内还是垮塌,历时半个月进行的多次水泥固孔,效果也不理想。针对此段坍塌地层,基于前述分析论证的泥浆护壁理论,配置了一套低固相泥浆,配方如下:

4%~8%粘土(相对水重)+2%烧碱(相对土重)+2%纯碱(相对土重)+0.07%低粘纤维素+0.05%聚丙烯酸钾+1.25%磺化沥青+0.25%低荧光防塌护壁剂+0.4%石膏+50%石灰石粉。



图 2 钻孔内掉块

泥浆性能参数:密度 1.3 g/cm^3 ,漏斗粘度 26 s,失水量 $7 \text{ mL}/30 \text{ min}$,pH 值 9。

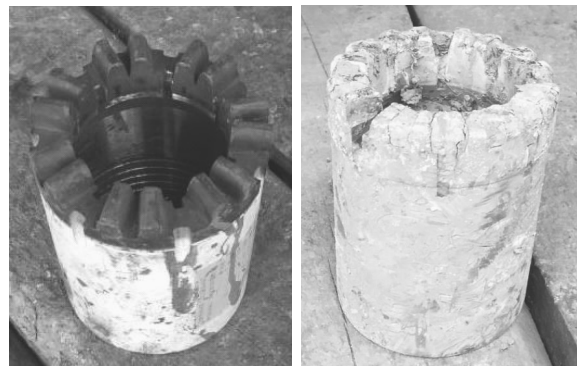
运用这套泥浆采用低泵量参数,经过 1 d 的时间上下反复通扫直至上部无掉块,顺利通过了 470~490 m 坍塌段,490~630 m 地层相对完整,钻具轻扫便下至 630 m 处。

顺利通过了这一坍塌段,很好地印证了我们前期对于维持孔壁稳定的基本思路,即采用高密度、高粘度的泥浆体系以达到孔内压力平衡,从而达到孔壁稳定的目的。

5.2 第二阶段

获得了第一阶段的成功,沿用之前的泥浆进行下一步施工,但是扫至 630 m 后,继续往下扫的过程中,孔内阻力不断增大,泵压剧增,经过多次上下提钻具进行碾、扫都无法通过该段,最深扫到 640 m 后便因阻力过大无法更进一步,提钻后孔内又坍塌至 630 m。多次起大钻查看钻具情况,都出现钻头水口被不同程度的堵死现象(见图 3)。基于以上现象,结合以往的施工经验,认为是孔内岩粉太多,这套泥浆无法携带较大颗粒的岩粉。经过商议,决定增大泥浆粘度,将泥浆粘度由 26 s 逐渐提高至 41 s,继续进行施工,但是高粘度的泥浆不仅未能改善孔内阻力大的问题,随之而来的是泵压相比之前

更高,钻具内结泥皮导致无法打捞内管,钻头堵水口情况更严重。经过进一步分析,认为这套泥浆密度仍然偏小,液柱压力无法平衡孔内压力,于是决定提高泥浆密度,将泥浆密度由 1.3 g/cm^3 提高至 1.46 g/cm^3 ,继续进行施工,依旧无法解决孔内阻力大,泵压高,钻头水口被堵的现象。多次反复调整泥浆性能都无法取得预期的效果后,我单位组织多方专业技术人员对该孔进行会诊,最终根据以往施工经验结合钻孔实际情况认定:此套泥浆体系虽然能起到稳定孔壁,防止孔壁继续坍塌,但是无法解决钻头泥包和钻具吸附问题。而导致钻头泥包、吸附现象的原因可归纳为:(1)该段地层岩石中粘性土成分高,长时间经水浸泡发生水解,导致孔底泥质成分增多,泥质成分对钻具产生吸附作用并胶结钻头,导致堵死钻头水口;(2)水泵泵量偏小,岩屑不能完全被携离孔底,在孔底重复破碎,吸附钻头;(3)钻头和扩孔器刮削井壁形成的泥皮形成泥包钻头。



(a) 新钻头

(b) 水口被堵的钻头

图 3 新钻头和 水口被堵的钻头

基于以上因素,制定如下泥浆配方:4%粘土(相对水重)+2%烧碱(相对土重)+2%纯碱(相对土重)+0.05%聚丙烯酸钾+1.85%磺化沥青+1.25%低荧光防塌护壁剂+0.4%石膏+0.97%表面活性剂+1%润滑剂+25%石灰石粉。

泥浆性能参数:密度 1.12 g/cm^3 ,漏斗粘度 23 s,失水量 $8 \text{ mL}/30 \text{ min}$,pH 值 9。

此套泥浆体系的特点是密度低、较高粘度、低失水量,泥浆中的表面活性剂能很好地抑制泥浆和地层中的粘性成分吸附钻具、钻头,适用于解决塌孔情况下出现的泥包卡钻、吸附卡钻等难题。ZK1013 孔在 630~650 m 处出现回转阻力剧增、憋泵泵压高、钻头堵水口、不进尺等典型的泥包钻头现象。通过使用这套泥浆体系并辅以大泵量参数,配置大水

口锯齿钻头防止水口堵塞,历时一个台班便顺利的穿过该地层。

ZK1013孔目前已经施工至1450 m,930 m以深为稳定的灰岩,为减少上部破碎、不稳定的炭质岩层裸露时间,于1079 m处下入 $\varnothing 91$ mm套管进行隔离。

6 泥浆配制过程及注意事项

6.1 选用性能稳定的泥浆材料

要配置性能良好、稳定的泥浆,粘土质量要经过仔细筛选,并在现场进行性能试验。ZK1013孔在配制复合泥浆过程中对3种从不同地区、不同厂家出厂的粘土土样进行试验,选择的粘土性能指标如下:

取22.5 g粘土+350 g清水拌合均匀,静待水化2 h。对其进行相关试验得到的性能参数见表1。

表1 3种粘土性能对比

样品号	失水量/ mL	胶体率/ %	塑性粘度/ (mPa·s)	漏斗粘度/ s
1	23	99	2.5	19
2	21	75	15.5	20
3	15	99	27.0	20

结合钻孔实际情况,钻孔泥浆配置选择样品1作为原材料。

因矿区附近有大量石灰石粉厂,故选用取材方便的石灰石粉作为泥浆加重材料,石灰石粉性能要求:大于200目、 CaCO_3 含量95%以上,未经煅烧。

6.2 严格按照制浆程序步骤配置泥浆

(1)准确计算钻孔和泥浆池容量,按6%水重的剂量搅拌好相应方量的粘土原浆,搅拌完毕后停待5 h,待粘土充分水化。

(2)按照配比准确计算泥浆材料用量,将纤维素、聚丙烯酸钾等提高粘度的聚合物泥浆材料提前调成溶液,加入原浆中搅拌均匀。

(3)按剂量加入防塌剂、磺化沥青、页岩水化抑制剂到原浆中搅拌均匀。

(4)分批次加入增大泥浆密度的材料(石灰石粉),加入过程中多测试泥浆密度和粘度,协调好密度与粘度的关系,防止泥浆悬浮能力不足造成石灰石粉沉淀造成埋钻。

(5)用泥浆泵往孔内注浆,替换出来的孔内冲洗液全部排出。在替浆过程中上下活动钻杆,避免液

柱压力突变出现孔内坍塌埋钻。

7 炭质煤系坍塌地层施工的几点认识与建议

(1)合理的设计钻孔级配,施工此类超过2000 m的钻孔,应以122、96 mm口径作为主要口径进行施工,76 mm口径只能作为备用方案。

(2)钻遇煤系坍塌地层,为减少此类地层裸露在钻井液中的时间,应采取快速穿过、及时隔离的施工方案,可以大大降低孔壁失稳的风险。

(3)充分重视泥浆护壁的重要性,充分认识地层特点,选择合适的泥浆体系,做到提前布局、提前防护。孔径级配空间有限,钻遇破碎复杂地层,应首选泥浆技术维护孔壁,在泥浆性能实在无法达到维护孔壁稳定的情况下方才考虑套管隔离。

(4)认真研究地层,分析地层特性,采用合理的钻进参数和泥浆性能进行钻探施工。

8 结语

ZK1013孔现施工至1450 m,地层比较稳定,在取得阶段性成功的同时,不忘总结经验教训,为下一步工作做好准备。通过这次防塌泥浆在实际工作中的成功应用,我们可以将此套泥浆体系及泥浆设计思路运用到类似复杂地层中去。同时通过此次事故的发生及处理,深刻体会到现场施工人员必须时刻关注、维护泥浆性能,确保泥浆性能维持在合理的范围内。

参考文献:

- [1] 汤凤林, A.Γ.加里宁, 段隆臣. 岩心钻探学[M]. 湖北武汉: 中国地质大学出版社, 2009.
- [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): 13-15, 19.
- [3] 张统得, 陈礼仪, 刘徐三, 等. 汶川地震断裂带科学钻探项目WFSD-3孔泥浆技术的设计与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(9): 41-44.
- [4] 黄忠高, 李志强, 杨启文. 江西省朱溪矿区钻探施工回顾与思考[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2017, 44(10): 42-46.
- [5] 周亮. 煤系地层护壁堵漏钻井液配制技术探讨[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2009, 36(2): 120-122.
- [6] 颜志华, 王剑武, 石得权. 复合泥浆解决失稳地层钻进难题[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(2): 57-59, 64.
- [7] 梁继军, 杨小兵. 甘肃陇南地区金矿岩心钻探不散低固相泥浆的应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2012, 39(5): 15-17, 21.
- [8] 王达, 何远信, 等. 地质钻探手册[M]. 湖南长沙: 中南大学出版社, 2014.