

复合泥浆解决失稳地层钻进难题

颜志华, 王剑武, 石得权

(武警黄金指挥部教导大队, 湖北 襄阳 441002)

摘要:通过对陕西省金龙山金矿区的地质特点进行研究,分析总结了该矿区地层失稳的原因,试验提出了KCl-PPHA与SD植物胶的复合型泥浆配方,通过在该矿区的应用,有效地解决了该地区的地质失稳问题,降低了钻孔事故率,提高了钻进效率,取得了良好的钻探技术效果。

关键词:复合泥浆;失稳地层;钻进;金龙山矿区

中图分类号:P634.6 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)02-0057-03

Drilling Difficulties in Unstable Formation Being Solved by Compound Mud/YAN Zhi-hua, WANG Jian-wu, SHI De-quan (Training Corps of Gold Headquarters of Chinese People's Armed Police Force, Xiangyang Hubei 441002, China)

Abstract: Based on the study on the formation characteristics of Jinlongshan gold mining area in Shannxi, the causes of instability are analyzed, the compound mud formula of KCl-PPHA and SD vegetable gum is put forward by test. The problems existing in the unstable formation in this area are effectively solved by the application of this compound mud with lowered rate of drilling accident.

Key words: compound mud; unstable formation; drilling; Jinlongshan mining area

1 矿区地质特点及施工难点

1.1 地质特点

金龙山矿区位于陕西省镇安县米粮镇站家乡境内。该矿区断裂构造极为发育,主断裂构造两组,东西向,共数十条。地层倾角大,以 $70^{\circ} \sim 85^{\circ}$ 为主,破碎带厚度少则十几米,多则几十米;次断裂构造为北东和北西向断裂,该组断裂十分发育,多成群成带分布,其支裂隙和羽状裂隙也比较发育,地表出露情况如图1所示。



图1 矿区地表出露岩层

矿区地层自上而下依次为:0~5 m为第四系坡积土、洪冲积物,主要成分为粘土、亚粘土、砂土、碎石及砂砾石,岩性疏松,成岩性差;5~70 m为灰岩

夹粉砂岩;70~90 m为灰岩;90~192 m为页岩、粉砂岩;192~208 m为蚀变矿化带;208~260 m为页岩夹粉砂岩;260~400 m灰岩夹粉砂岩。

该矿区页岩主要以碳质和钙质页岩为主,局部夹杂有铁质化页岩,成薄片层状节理;灰岩主要以方解石为主,其中含有粘土矿物和碎屑矿物,局部绢云母化、高岭土化。具体岩石物理力学性质见表1。

1.2 施工难点

由于该金矿区整体处于南秦岭一褶皱带上,断裂构造极为发育,矿区地层主要为页岩、灰岩和粉砂岩,裂缝、节理较发育,岩石破碎,钻孔漏失严重;钻进遇到水敏性强的泥质页岩,钻孔缩径严重,孔壁易出现剥落,孔壁稳定性差;地表第四系冲积覆盖层松散,孔壁极易坍塌,成孔难度大。自2003年以来,先后有多家地质勘查单位在该矿区设计过钻孔,均因地层松散、松软水敏、破碎而引发孔内坍塌、掉块、漏失等,导致夹钻、卡钻、埋钻、断钻等孔内事故频繁发生,严重影响钻进效率。该矿区施工难点可归纳为取心难、护壁难及严重漏失。我部在该矿区施工同样面临上述问题,由于护壁措施不当,经常出现钻杆“搁浅”、封堵憋泵、套管下不到位、孔径变化大等现象,据不完全统计:钻孔事故率46%,台月效率仅达到280 m。

收稿日期:2014-03-21

作者简介:颜志华,男,汉族,1980年生,讲师,硕士,从事探矿工程的教学与研究工作,湖北省襄阳市汉江北路516号,13774150428@139.com。

表1 岩石物理力学性质

岩石名称	成份	孔隙度/%	密度/(g·cm ⁻³)	完整度	抗压强度/MPa	硬度	研磨性	
页岩	钙质页岩	粘土矿物碳酸钙	10~30	2.0~2.8	完全破碎	5.21~15.26	软	弱
	碳质页岩	粘土矿物炭化有机物	4~20	2.0~2.6	破碎	6.84~8.24	软	弱
粉砂岩	石英长石	5~25	2.0~2.7	极破碎	49.67~182.62	中软	中	
灰岩	方解石	5~20	2.2~2.8	较破碎	138.46~1452.42	中硬	弱	

2 孔壁不稳定的原因及泥浆性能试验研究

针对上述问题,2011年我们组织科研攻关,对以往钻孔地质资料进行了系统整理,归纳总结了金龙山金矿区地层构造特点和岩性,分析施工钻进技术参数对孔壁的影响,对孔壁不稳定的原因进行了综合研究分类,并通过室内试验,配置出针对该地层的复合泥浆配方,有效地控制了孔内事故的发生,提高了经济效益。

2.1 孔壁不稳定的原因

通过采取不同地层岩样分析查明:该矿区地层中大量非胶结或胶结差的砂岩、页岩、砾石层等的存在是导致发生孔壁散落、掉块的原因之一;存在大量节理和层理发育的页岩层是易导致钻开地层后不断将向孔内剥落、坍塌的原因之一;破碎带、断裂带、不整合面或摩擦面带在冲洗液的侵蚀下是导致发生掉块、坍塌的原因之一;存在大量易水化的粘土成分是导致钻孔在冲洗液作用下发生膨胀、剥落和坍塌的原因之一;施工中由于技术措施不当产生力学因素是造成孔壁不稳的原因之一,如:激动压力、钻具撞击孔壁、大泵量的冲蚀等。

综上所述:该矿区地层不稳定是各种综合因素共同作用的结果,一方面易崩散坍塌的力学不稳定地层和易水化膨胀的化学不稳定地层是钻孔孔壁失稳的内在因素,另一方面钻进过程中技术措施不当和钻孔冲洗液过度的水化、分散性能是造成钻孔孔壁不稳定的诱发外因。

2.2 复合泥浆试验研究

通过分析研究,确定解决上述地层失稳问题的基本途径是:

(1)增加非胶质或胶质性差岩层颗粒间的胶结强度,提高泥浆粘度;

(2)防止泥浆中的自由水进入地层,有效控制水敏地层中粘土的水化程度;

(3)封堵地层裂隙通道,平衡地层压力,有效控制地层漏失、坍塌。

为此,我们根据 PHPA 聚合物和 K⁺ 对泥页岩的多点吸附和减弱水化作用机理,结合 SD 植物胶封堵抑制、粘弹性减振、减摩阻作用,以及 Na - CMC 降低泥浆失水量和增粘作用,通过室内试验合理控制泥浆性能参数,并通过泥浆浸泡土样试验(见图2、图3),分别针对第四系覆盖层(开孔)、灰岩层、粉砂岩层、炭质页岩层、粉砂岩和炭质页岩互层,优选了5套配方,见表2。

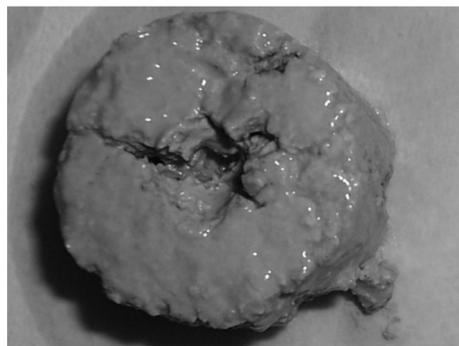


图2 受水浸泡土样



图3 受复合型泥浆浸泡土样

配方中应选中粘纤维素(Na - CMC)、PHPA(分子量300万~500万)。控制泥浆性能参数为:漏斗粘度<30 s、密度<1.039 g/cm³;失水量<25 mL/30 min;pH值8~9。

复合泥浆具体配制如下。

(1)根据水质情况,Na₂CO₃用对水中的Ca²⁺、Mg²⁺进行适当处理,将膨润土浸泡水化约4 h;

(2)加入适当浸泡好的PHPA到水化后的泥浆

表 2 适合不同地层的复合泥浆配方及性能参数配方

配方号	配方试剂						泥浆性能				适合地层
	膨润土/ %	Na-CMC/ %	KCl/ %	PHPA/ %	SD 植物 胶/%	Na ₂ CO ₃ (占 粘土比)/%	滤失量/[mL· (30 min) ⁻¹]	漏斗粘 度/s	pH 值	密度/ (g·cm ⁻³)	
1	5.0~6.0	0	3	0	0	0.1	≤25.0	18	8~9	1.020~1.035	第四系地层(开孔)
2	5.0	0.2	3	0.03	0.2	0.1	≤19.0	22	8~9	1.021	灰岩地层
3	5.0	0.3	3	0.05	0.4	0.1	≤15.0	24	8~9	1.026	粉砂岩地层
4	5.0~6.0	0.5~0.6	4	0.05	0.4	0.2	≤8.0	27~30	8~9	1.025~1.032	炭质页岩地层
5	6.0~7.0	0.4	4	0.06	0.5	0.25	≤8.0	26	8~9	1.039	粉砂岩和炭质页岩互层

中,进一步搅拌约 10 min,提高膨润土的造浆量;

(3)加入适当的 SD 植物胶,搅拌约 30 min;

(4)加入适当的配制好的氯化钾溶液,搅拌约 15 min;

(5)根据泥浆性能参数,向泥浆中加入适量浸泡好 Na-CMC 溶液,搅拌 30 min。

上述中的 PHPA、氯化钾、Na-CMC 等处理剂均需预先浸泡并配制成一定浓度的溶液,配制 PHPA 溶液时搅拌速度不宜高,同时搅拌时间不宜长。

3 工程应用效果

在金龙山矿区 4 号矿线 ZK4-2 钻孔和 12 号矿线 ZK12-2 钻孔施工时,采用了这种复合泥浆顺利完成了 2 钻孔施工任务。

根据不同地层情况,采取 3~5 级成孔,Ø150 mm 开孔,换径 Ø130~91 mm,Ø75 mm 终孔。其中,在 ZK4-2 钻孔施工中,于孔深 31.35 m 处孔内出现剥落和坍塌,回转阻力大,钻杆“搁浅”,经过 72 h 处理效果不明显,后下入 Ø108 mm 套管隔离该层,并选用上述复合泥浆配方有效地抑制了孔壁的坍塌;施工 ZK12-2 孔时,在孔深 118.50 m 处出现漏失,孔壁失稳严重,反复扫孔捞粉效果不佳,后采取临时封堵材料(锯末)进行堵漏,而后采用上述系列配方,利用该复合泥浆强大的封堵能力对孔壁裂隙进行了有效封堵。图 4 为扫孔捞取的岩粉,图 5 为使用配方泥浆后正常钻进取出的岩心。表 3 为 2011 年金龙山矿区钻孔技术指标统计。通过在 ZK4-2 和 ZK12-2 钻孔应用情况来看,起下钻顺畅,孔内干净,孔壁稳定,岩心采取率及完整度都比较理想,钻机回转阻力小,孔内事故少,钻进效率高,台月效率提高明显。其后施工的 ZK42 以及 ZK121 钻孔在使用复合泥浆后,其效率也较之前的 3 个钻孔效率有所提高。



图 4 扫孔捞取的岩粉



图 5 钻进取出的岩心

表 3 2011 年金龙山矿区钻孔技术指标统计

项目 孔号	台月效 率/m	纯钻时 间/%	辅助时 间/%	井故 率/%	机故 率/%	其它/ %
ZK204	183.09	42.6	47.9	1.3	0.6	7.6
ZK283	245.52	48.5	29.4	0	4.6	17.5
ZK3-2	104.63	25.4	30.4	5.5	6.2	32.5
ZK4-2	410.84	42.5	38.6	0.8	5.0	13.1
ZK12-2	433.80	48.6	36.9	2.4	4.5	6.6
ZK42	362.34	36.4	41.2	3.9	9.2	8.3
ZK121	289.51	33.2	41.6	3.2	7.7	13.3

4 注意事项

选择使用该复合型泥浆应注意以下几点:

(1)合理控制动塑比,其取值应为 0.35~0.48;

(2)合理控制动切力值,其取值应为 14.6~29.3 Pa;

(下转第 64 页)

好,为我院在水利水电工程地质勘探中推广该项工艺积累了经验。

3.2 推广及应用

鉴于绳索取心在 ZK2108 孔应用取得的初期成果,结合本期实践中积累的经验,新购买了 JS 系列钻杆 JS95A、JS75C 各 700 m, Q 系列 HQ、NQ 绳索钻具各 4 套,并成功应用于广东某地质勘察项目 650 m 的深孔和滇中引水工程可行性研究阶段万家—新庄段 ZK1094(480 m)、ZK1095(550 m) 的深孔钻进,标志着我院绳索取心钻进技术在水利水电工程钻探中的应用取得了重大突破,并初步具备了推广使用该项技术的条件。

4 结语

由于绳索取心钻进工艺有着常规钻进工艺无可替代的优势,是一项先进的钻进技术,但在水利水电工程地质勘探中的应用还较少,因此,在水利水电工程地质勘探中推广应用该项技术前景广阔。但根据现场实际应用效果,完整地层钻进优势较为明显,破碎、复杂地层钻进局限性较大,在绳索取心技术的下步应用中,将持续加大对复杂地层钻进关键技术环节

的探索和应用研究,以期达到在水利水电工程地质勘探中全面普及和推广应用绳索取心钻进工艺的效果。

参考文献:

- [1] 武孟元,王险峰.绳索取芯钻探施工技术[J].水科学与工程,2006,(3):5-6.
- [2] 张春波.绳索取心钻探技术发展现状及展望[J].探矿工程,1999,(S1):137-139.
- [3] 王守奎,张晓峰,王金志,等.绳索取心技术在钻探施工中的应用[J].吉林地质,2009,(4):112-113.
- [4] 郭明,李守圣,易学文,等.绳索取心钻进在水利水电勘探中存在的问题及解决思路[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(3):24-27.
- [5] 四川省峨眉山四零三建设工程公司.金刚石绳索取心钻进操作规程[Z].四川峨眉山:四川省峨眉山四零三建设工程公司,2005.
- [6] 王家强.吴家庄水库绳索取心金刚石钻探技术[J].山西水利科技,2011,(4).
- [7] 林华虎,甘杰,林大明.绳索取芯钻进技术在水利水电超深孔钻探中的应用[J].水利水电工程设计,2012,31(2).
- [8] 常江华,凡东,刘庆修,等.水平孔绳索取心钻进技术在金矿坑道勘探中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(1):40-43.

(上接第 59 页)

(3) 处理剂的加入应缓慢,不得加入过快,防止泥浆流变性受到影响;

(4) 施工中应合理控制钻进参数、提下钻速度,防止对孔壁人为破坏。

5 结论

通过对金龙山矿区地层岩性特点、地层失稳的因素研究分析,利用 PHPA 聚合物和 K^+ 对泥页岩的作用机理和 SD 植物胶对地层抑制封堵、减振、减摩阻等作用,研制出了这种具有强封堵能力和抑制性的系列复合泥浆,有效控制了矿区孔壁失稳和漏失,降低了事故率,提高了经济效率。

参考文献:

- [1] 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):12-14.

- [2] 王果庭,张春光.聚丙烯酰胺不分散低固相泥浆[M].北京:地质出版社,1980.
- [3] 朱天玉,蔡鹏,张珊.KCL-PPHA 钻井液在辽东湾的应用[J].油气田地面工程,2011,(3):73-74.
- [4] 王殿琦,李云飞.固体矿产钻探工[M].北京:地质出版社,1999.
- [5] 王世光.钻探工程[M].北京:地质出版社,1993.
- [6] 孙传欣.PAA 冲洗液在三山岛蚀变岩型金矿中的应用[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2003,30(6):41-42.
- [7] 郑思光,刘继东.内蒙古曹四夭钼矿复杂地层深孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(5):17-22.
- [8] 石得权,颜志华.金龙山矿区复杂地层综合治理[J].中国科技博览,2013,(36):112-112.
- [9] 范志勇,杨建新.小秦岭金矿田深部钻探工艺研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2005,32(7):53-55,57.
- [10] 李海峰,孙新堂.复合泥浆在龙家堡复杂地层的应用[J].长春工程学院学报(自然科学版),2005,(3):5-7.
- [11] 宋世杰,陈师逊,杨芳.三山岛海上金矿勘查工程 ZK3410 孔坍塌原因与处理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):26-28,32.