

嵩县某金矿区复杂地层强抑制防塌泥浆技术

郑洪涛

(河南省有色金属矿产探测工程技术研究中心, 河南 郑州 450002)

摘要:嵩县某金矿区钻遇地层复杂, 岩石破碎, 部分地层绿泥石化、高岭石化严重, 钻进过程中缩径、垮塌、漏失、涌水等多种复杂情况频发, 断钻杆、粘卡、烧钻等事故层出不穷。在对比邻近矿区施工经验的基础上, 总结了本地区钻孔施工的技术难点, 对比分析了分散泥浆、无固相聚乙烯醇泥浆、低固相聚合物泥浆的使用效果。结果表明, 高浓度膨润土浆具有防塌、防漏、胶结松散岩石等多种功能, 配制简单且使用方便, 可用于上部覆盖层钻进。对于下部复杂地层, 常规分散泥浆体系抑制性不足, 难以应对该矿区复杂工况; 无固相聚乙烯醇泥浆前期防塌能力强, 但是处理坍塌事故能力不足; 低固相聚合物泥浆体系抑制性强, 流变性良好, 防塌能力强, 取得了良好的使用效果。

关键词: 瑶沟金矿; 复杂地层; 绳索取心; 防塌泥浆

中图分类号: P634.6 **文献标识码:** B **文章编号:** 2096-9686(2022)04-0081-06

Strong inhibitive drilling fluid technology for complex formation in a gold mining area in Song county

ZHENG Hongtao

(Henan Nonferrous Metal Mineral Exploration Engineering Technology Research Center, Zhengzhou Henan 450002, China)

Abstract: Complex formation, unconsolidated, chloritized, water sensitive, was encountered when drilling in a gold mineral area in Song county, leading to complex conditions in the drilling process, including borehole shrinkage, collapse, leakage, water outburst, broken drill pipes, sticking, burnt drill tools, so and so forth. In correlation with the drilling experience in adjacent mining areas, this paper presents the drilling difficulties in this area, and analyzes the effect of different kinds of mud, including dispersed mud, solid-free polyvinyl alcohol mud, and low-solid polymer mud. The results show that, (1) High-concentration bentonite slurry has multiple functions such as anti-collapse, anti-leakage, and cementing loose rocks. It is simple to prepare and easy to use, and can be used for drilling in overburden. (2) The dispersed mud cannot meet the demand of the complex strata because of poor inhibition; the solid-free polyvinyl alcohol mud has high anti-caving capacities in the early drilling stage, but insufficient ability to deal with collapse. (3) Field applications of the low-solid polymer mud show that it can provides high inhibitive, good rheology and strong prevention of collapse.

Key words: Yaogou gold deposit; complex strata; coring; anti-collapse drilling fluid

1 区域地质概况

矿区地处熊耳山台穹东南侧, 西侧与小秦岭和崤山基底隆起区成岛链状列布, 属长期强烈活动的地台边缘地带, 发育有构造蚀变岩型与石英脉型两种金矿类型^[1-2]。喷出岩主要为中元古代熊耳群陆

相火山岩, 具有良好的成矿地质条件, 区内矿产资源十分丰富, 主要有金、钼、铁等。矿区内断裂构造极为发育, F_1 及 F_{14} 断裂为金矿主要赋存位置。上部地层为第四系砂砾石、黄土、亚粘土, 易发生坍塌、漏失; 下部为英安岩、灰紫色流纹斑岩夹绿色安山

收稿日期: 2021-05-10; **修回日期:** 2021-09-22 **DOI:** 10.12143/j.ztgc.2022.04.012

作者简介: 郑洪涛, 男, 汉族, 1965年生, 测量专业, 博士, 主要从事测量、地质矿产勘查、地热井施工相关方面的工作, 河南省郑州市中牟县白沙镇郑开大道与雁鸣路交叉口河南省有色金属地质矿产局, 493369898@qq.com。

引用格式: 郑洪涛. 嵩县某金矿区复杂地层强抑制防塌泥浆技术[J]. 钻探工程, 2022, 49(4): 81-86.

ZHENG Hongtao. Strong inhibitive drilling fluid technology for complex formation in a gold mining area in Song county[J]. Drilling Engineering, 2022, 49(4): 81-86.

岩、蚀变安山岩,破碎严重, RQD 值 $< 60\%$, 蚀变带内的矿物高岭石化、绿泥石化严重, 遇水膨胀, 易垮塌、缩径。详细的出露地层情况如表 1 所示, 矿区 35 号矿脉勘探线剖面示意如图 1 所示。

2 钻孔设计及技术要求

2017 年设计钻孔有直孔与斜孔, 要求穿矿直径

< 75 mm, 孔深在 150~450 m 之间, 技术要求如下:

(1) 未经地质人员同意, 不可随意移动孔位, 移孔距离超过 20 m 需报主管部门同意。

(2) 矿体及其顶底板 3~5 m 范围内岩心采取率 $> 85\%$, 围岩采取率 $> 75\%$ 。矿层内钻进, 回次进尺一般不大于 2 m, 如矿心采取率 $< 80\%$, 则应及时采取补救措施。

(3) 每 50 m 测斜一次, 开孔 25 m 处加测一次, 每 100 m 允许顶角误差弯曲及方位角偏差不超过勘探线间距的 1/4, 见矿、终孔均需测量, 孔斜、孔深测量同时进行。

(4) 其它技术指标参照《地质岩心钻探规程》(DZ/T 0227—2010) 执行。

3 矿区钻进技术难点

目前矿区经过多年开采已面临闭坑的威胁, 资源储量严重危机, 急需对矿山深部和外围进行科技攻关。该区内地层复杂, 钻孔缩径、垮塌、漏失、涌水等多种复杂情况频发, 断钻杆、粘卡、烧钻等事故层出不穷。邻近矿区在同类地层中施工, 均出现了钻进困难、岩心采取率低、提大钻频率高等情况, 如大西沟矿区钻孔报废率高达 35%, 平均台月效率仅

表 1 矿区地层岩性概况
Table 1 Lithology of the mining area

地层	岩性
第四系(Q)	砂、砾石、粘土组成, 厚度一般小于 10 m, 常含砂金
新近系(N)	白色、灰黄色厚层砂砾岩, 夹薄层泥质粉砂岩, 厚 5~20 m, 底部含有砂金
古近系(E)	河湖相沉积物, 岩性主要为紫红色中厚层砂岩、灰黄色厚层状砂质砾岩与泥灰岩互层, 局部夹砂质粘土岩
鸡蛋坪组(Pt _{2j})	棕褐色绢云母化、钾长石化英安岩, 灰绿色安山玢岩, 青灰色绢云母化晶屑岩屑凝灰熔岩, 含砾凝灰岩, 钾化英安岩
许山组(Pt _{2x})	灰绿色安山玢岩, 有时夹少量英安岩, 岩石具斑状结构, 杏仁状构造, 斑晶和杏仁体大小不一

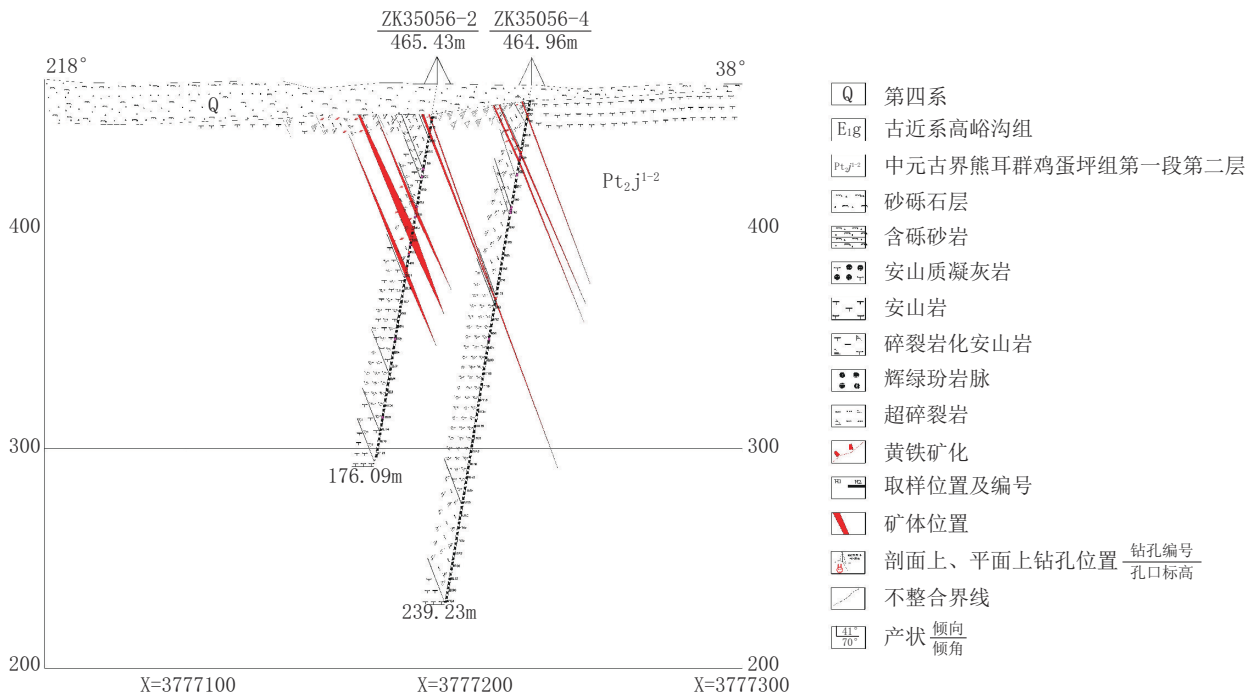


图 1 矿区 35 号矿脉勘探线剖面示意

Fig.1 Profile of the exploration line for No.35 mineralization vein in the mining area

82 m^[3];槐树坪矿区由于多种原因处理无效而被迫迁孔17次,平均台月效率为130.38 m^[4];东湾金矿区因漏失严重导致台月效率为165.4 m^[5]。

泥浆对钻孔成功与否起着关键作用,而绳索取心金刚石钻进对泥浆的性能要求更加苛刻^[6-8]。前期施工过程中总结该矿区主要的施工难点包括如下几个方面:

(1)地层破碎严重,成孔难度大,岩心采取率低,泥浆漏失严重。

(2)该地区地下水较丰富,存在涌水地层,小环空间隙下抽吸作用强,钻孔涌水情况时有发生。

(3)部分地层蚀变严重,褐铁矿化明显,长石高岭土化,局部硅化强烈,水敏性强,井壁易垮塌。

(4)由于高岭土化蚀变严重,在钻具高速回转产生强烈的搅拌作用下,钻屑不断分散,导致泥浆的密度、粘度快速上涨,摩阻越来越高,出现憋泵现象。

(5)斜孔中内管投放难度大,钻杆柱在重力作用下自然向下倾斜,导致摩阻增大,钻具磨损严重,易发生钻具折断等事故。

(6)施工场地范围受限,无法有效配备固控设备及开挖沉淀池,钻进过程中由于岩粉混入泥浆中,从而导致泥浆劣质固相含量增加,恶化泥浆性能。

4 钻孔结构的选择

矿区钻孔地表第四系地层采用 $\Phi 110$ mm普通金刚石钻头进行钻进至微风化层岩后用 $\Phi 108$ mm套管护壁;微风化层采用 $\Phi 91$ mm普通金刚石钻头,利用绳索取心技术进行钻进至稳定基岩处左右,下入 $\Phi 89$ mm套管,预留复杂地层或处理事故孔径;基岩层采用 $\Phi 76$ mm普通金刚石钻头进行绳索取心钻进,钻进至终孔。具体钻孔结构详见图2。

5 泥浆性能调控思路及解决方案

5.1 上部地层泥浆方案

上部地层岩性以粘土、砾石为主,砾石成分为下伏风化残积英安岩,粒径10~20 mm不等,成孔难度大,孔壁容易坍塌,也容易发生漏失。对于该类地层,决定采用高浓度膨润土浆开孔,通过较高的粘度增加孔壁颗粒间的胶结力^[9]。泥浆具体配置方法为:如使用体积为1 m³的泥浆罐进行冲洗液配置,首先将80 kg优质膨润土充分预水化,然后补充1.5 kg烧碱以引起粘土胶粒适度絮凝,增加结构强度,补充

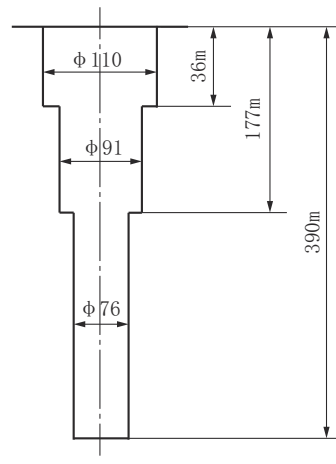


图2 矿区ZK35087钻孔结构示意图

Fig.2 Structure of ZK35087 borehole in the mining area

1 kg HV-CMC以进一步提高粘度并控制失水量。其大致性能为:漏斗粘度为55 s左右、中压失水量10 mL左右、pH值10.5左右。

5.2 下部地层泥浆方案

下部复杂层段主要为强蚀变的英安岩,绿泥石化、高岭石化严重,具有一定的水敏性,泥浆浸泡条件下很快发生水化膨胀、崩散,常规分散型泥浆难以起到稳定孔壁的作用。为此,需要提高泥浆的抑制性,严格控制失水量^[10-12]。现场尝试了聚乙烯醇无固相泥浆以及低固相钾铵聚合物泥浆等体系,并对比了其使用效果。

5.2.1 聚乙烯醇无固相泥浆性能试验

所用聚乙烯醇的醇解度为99%以上,分子式为 $-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-$,聚合度 n 约2000,其良好的成膜性取决于疏水主链上带有亲水侧基,而且该亲水侧基与水的吸引力大于其本身的内聚力,单分子链节与岩石表面发生牢固的“平卧式”吸附,从而起到胶结松散岩石的作用^[13]。

配制不同浓度的聚乙烯醇溶液,分别测试其表观粘度值如图3所示。

由于金刚石绳索取心钻进环空间隙小,泵压不能过高,泥浆的粘度不可过高,要求表观粘度 $AV > 20$ mPa·s,这样聚乙烯醇的浓度不能超过3%。

将粘土球分别置于1%~3%浓度的聚乙烯醇溶液中,观察其外观形貌变化,结果如表2所示。

从试验结果来看,岩心在清水中浸泡时迅速分散,20 s内全部垮塌。在PVA中浸泡的岩心,只有在1%溶液中才会逐渐膨胀,在50 min以后表面出

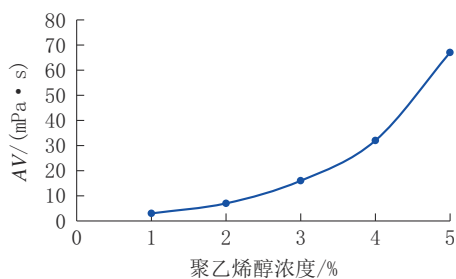


图3 表观粘度随聚乙烯醇浓度的变化

Fig.3 The apparent viscosity changes with the concentration of polyvinyl alcohol

表2 岩心在不同类型泥浆中浸泡效果

Table 2 Effect of different types of mud on cores

泥浆类型	不同时间岩心的浸泡效果				
	膨胀	出现裂纹	剥落	全部坍塌	保持原样
清水		1 s	5 s	20 s	
1%PVA	1 min	50 min	10 h	—	基本保持
2%PVA	—	2 min	10 h	—	基本保持
3%PVA	—	—	—	—	基本保持

现一些肉眼可见的细裂纹,10 h后有发生少量脱落,但粘土球表面基本完整。当PVA浓度高于1%时,所浸泡的岩心表面仍比较完整。说明PVA泥浆具有良好的防塌性能,加量在3%浓度范围内就能够起到良好的护壁效果。

5.2.2 聚合物泥浆性能试验

该类泥浆组成主要包括KPAM、KPN、NH₄HPAN等,三者均具有良好的抑制性。其中KPAM为高分子聚合物,具有良好的絮凝、包被能力,可显著提高泥浆的粘度;KPN为聚丙烯腈钾盐,可用于降低失水量,当加量超过0.3%时具有提粘效果;NH₄HPAN为水解聚丙烯腈铵盐,具有降粘降失水的功能^[14-15]。通过试验确定了最优聚合物泥浆配比:

4%膨润土+0.05%NaOH+0.1%KPAM+0.3%KPN+0.5%NH₄HPAN+1%FT。其性能见表3。

表3 聚合物泥浆基本性能参数

Table 3 Basic performance parameters of polymer mud					
ρ / (g·cm ⁻³)	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP/ Pa	GEL/ Pa/Pa	FL/ mL
1.02	18	14	4	1/3	6.7

5.2.3 不同种类泥浆浸泡试验

如图4所示,将现场典型易散岩心碎块分别浸泡在不同的浆液中,自左上至右下分别为清水、5%KCl溶液、3%聚乙烯醇溶液、0.1%KPAM胶液和5%Na₂SiO₃溶液。结果表明,除3%聚乙烯醇和0.1%KPAM胶液中的岩心在浸泡过程中较完整外,其余溶液中的岩心在不到1 min的时间内即产生裂纹,发生崩散。浸泡时间超过24 h后,0.1%KPAM胶液中的样品仍然保持完整,说明其稳定岩心碎块的能力最强。故进一步选用低固相聚合物泥浆进行现场应用试验。



图4 岩心浸泡试验

Fig.4 Core immersion test

6 现场应用

现场聚合物泥浆具体配置方法:使用体积为1 m³的泥浆罐进行冲洗液配置,首先将40 kg优质膨润土充分预水化,然后补充0.5 kg烧碱以引起粘土胶粒适度絮凝,增加结构强度,然后缓慢加入1 kg KPAM,然后缓慢加入3 kg KPN、0.5 kg NH₄HPAN,最后混入10 kg沥青。钻进过程中由于渗滤及钻屑吸附,要根据实际情况持续补充各类处理剂,以维持泥浆性能。在孔壁较稳定的层段,失水量指标可适当放宽,此时KPN及NH₄HPAN二者的加量可适当降低;在强水敏层段,则需要提高二者的加量以严格控制失水量,并保证较强的抑制性;当蚀变严重,地层散碎时,还应提高FT沥青粉浓度至2%,通过物理性封堵以增强胶结能力^[16-17]。聚合物泥浆的现场配置情况如图5所示。

ZK301孔前期采用分散型泥浆钻进过程中钻遇强蚀变地层,垮塌现象严重,处理困难,改用该低固相聚合物泥浆后,孔内稳定性获得较大提升,钻穿多套蚀变地层而未产生较大的垮塌事故。期间部分层段出现孔壁失稳时,由于该泥浆流变性能良好,处理



图5 聚合物泥浆的现场配置

Fig.5 Polymer mud on-site preparation

孔内坍塌物也很快捷。相比于无固相聚乙烯醇泥浆而言,处理孔内垮塌物的能力要强,成本也低一些。不同孔深位置泥浆性能见表4。

表4 低固相聚合物泥浆性能

Table 4 Low solid phase polymer mud performance

孔深/ m	ρ / ($\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$)	AV/ (mPa·s)	PV/ (mPa·s)	YP/ Pa	GEL/ Pa/Pa	FL/ mL
120	1.02	18	14	4	1/3	6.7
180	1.03	20	15	5	1/4	5.4
240	1.02	21	15	6	1/4	5.2
300	1.03	20	14	6	1/3.5	4.4

7 结论

(1)高浓度膨润土浆具有防塌、防漏、胶结松散岩石等作用,配制简单、使用方便,适用于上部覆盖层钻进。

(2)低固相聚合物泥浆抑制性强,性能易于调控,成本可控,适用于高岭石化严重的蚀变地层取心钻进。

(3)蚀变地层冲洗液配置时除应考虑增强抑制性外,还应适当增加沥青等封堵材料,通过物理性封堵提高孔壁的胶结。

参考文献(References):

[1] 王中亮.河南嵩县瑶沟金矿床地质特征及控矿构造解析[D].北京:中国地质大学(北京),2009.
WANG Zhongliang. Geological characteristics and ore-controlling structure analysis of Yaogou gold deposit in Song county of Henan[D]. Beijing: China University of Geosciences (Beijing), 2009.

[2] 程书乐,王怀智,胡静,等.河南省砂金矿床地质特征[J].地质找矿论丛,2011(1):46-50.
CHENG Shule, WANG Huaizhi, HU Jing, et al. Geological characteristics of gold placer in Henan province [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2011 (1) : 46-50.

[3] 翟东旭.嵩县大西沟矿区复杂地层钻探施工综合治理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012, 39(10):32-35.
ZHAI Dongxu. Comprehensive treatment of drilling construction in complex formation of Daxigou Mining Area [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2012, 39 (10):32-35.

[4] 肖丰伟,郑晓良,李超,等.嵩县槐树坪大型金矿复杂地层泥浆及护壁堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2): 29-32.
XIAO Fengwei, ZHENG Xiaoliang, LI Chao, et al. Mud and wall protection technologies applied in the complex formation of a large gold mine [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014,41(2):29-32.

[5] 杨宽才.嵩县东湾金矿区复杂地层钻进护壁堵漏技术[J].西部探矿工程,2011,23(2):89-90.
YANG Kuancai. Wall protection technologies applied in the complex formation of Dongwan Gold Mine [J]. West-China Exploration Engineering, 2011,23(2):89-90.

[6] 时志兴,杨春,翟东旭.程家沟-沙沟银多金属矿区坑道钻探工艺[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2017,44(5):39-43.
SHI Zhixing, YANG Chun, ZHAI Dongxu. Tunnel drilling technology of Chengjiagou-Shagou silver polymetallic deposit [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2017,44(5):39-43.

[7] 孙建华,张永勤,赵海涛,等.复杂地层中深孔绳索取心钻探技术研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2006,33(5):46-50.
SUN Jianhua, ZHANG Yongqin, ZHAO Haitao, et al. Research on deep hole wire line core drilling tech. in complicated stratum [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2006,33(5):46-50.

[8] 张向明,李亚东,纪正武,等.河北涞源木吉村铜矿ZK6801孔深孔绳索取心钻进体会[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(4):39-41.
ZHANG Xiangming, LI Yadong, JI Zhengwu, et al. Experience of wire-line core drilling in ZK6801 of Mujicun Copper Mine in Hebei [J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drill-

- ing and Tunneling), 2014, 41(4):39-41.
- [9] 乌效鸣, 胡郁乐, 贺冰新, 等. 钻井液与岩土工程浆液[M]. 武汉: 中国地质大学出版社: 110-111.
WU Xiaoming, HU Yule, HE Bingxin. Drilling Fluid and Geotechnical Engineering Slurry[M]. Wuhan: China University of Geosciences Press: 110-111.
- [10] 孙丙伦, 陈师逊, 陶士先. 复杂地层深孔钻探泥浆护壁技术探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2008, 35(5):13-16.
SUN Binglun, CHEN Shixun, TAO Shixian. Discussion and practice on wall protection with slurry in deep-hole drilling in complicated formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2008, 35(5):13-16.
- [11] 胡继良, 陶士先, 纪卫军. 破碎地层孔壁稳定技术的探讨与实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2011, 38(9):30-32, 64.
HU Jiliang, TAO Shixian, JI Weijun. Discussion of borehole wall stability technology in broken formation and the practice[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2011, 38(9):30-32, 64.
- [12] 袁进科, 陈礼仪, 王军伟, 等. 青藏高原复杂地层地质钻探低固相冲洗液试验研究[J]. 钻探工程, 2021, 48(4):79-84.
YUAN Jinke, CHEN Liyi, WANG Junwei, et al. Experimental study on low solid flushing fluid for geological drilling in complex metamorphic of Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Drilling Engineering, 2021, 48(4):79-84.
- [13] 翟育峰, 王鲁朝, 丁昌盛, 等. 西藏罗布莎科学钻孔冲洗液技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2014, 41(4):1-4.
ZHAI Yufeng, WANG Luzhao, DING Changsheng, et al. Flush fluid technique in scientific drilling hole situated in Luobusa of Tibet[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2014, 41(4):1-4.
- [14] 陈伟武. 尧峪金铜矿超厚水敏性地层钻进泥浆护壁技术[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(5):38-40, 43.
CHEN Weiwu. Mud protection technology for water sensitive formation with extreme thickness in Yaoyu Gold-copper Deposit[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(5):38-40, 43.
- [15] 孙平贺, 杨昌杰, 张绍和, 等. 无固相聚合物钻井液在香格里拉普朗铜矿区复杂地层钻进中的试验与应用[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2013, 40(3):10-13.
SUN Pinghe, YANG Changjie, ZHANG Shaohe, et al. Application of the solid-free polymer drilling fluid in drilling of the complex strata in Pulang Copper Mining Area of Shangri-La[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2013, 40(3):10-13.
- [16] 黄聿铭, 张金昌, 杨钦明. 钾铵聚合物钻井液在地热钻井中的应用研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2016, 43(10):265-268.
HUANG Yuming, ZHANG Jinchang, YANG Qinming. Research and application of potassium-ammonium polymer drilling fluid suitable for geothermal well[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2016, 43(10):265-268.
- [17] 庞惠龙, 韩辉. 漏失地层沥青堵漏的工艺实践[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程), 2015, 42(6):1-5.
PANG Huilong, HAN Hui. Process practice of asphalt plugging in leakage formation[J]. Exploration Engineering (Rock & Soil Drilling and Tunneling), 2015, 42(6):1-5.

(编辑 荐华)