

模块化全液压钻机在页岩地层钻探施工中的应用

王太平, 蒋光旭, 向成, 周祥卫, 魏义斌

(湖南省城市地质调查监测所, 湖南常德 415000)

摘要:在湘西北地区进行滑石矿详查项目中,采用模块化全液压钻机进行钻探施工,穿过多层页岩、泥页岩地层,岩石破碎。本文对钻探施工过程中遇到的钻机能力、冲洗液、钻孔环状间隙等各种技术问题进行了分析,并提出的应对措施,对于同类矿区的施工具有一定的借鉴作用。

关键词:模块化全液压钻机;钻孔环状间隙;页岩地层;滑石矿

中图分类号:P634.3⁺1 **文献标识码:**B **文章编号:**2096-9686(2024)S1-0303-04

Application of full hydraulic drilling rig in shale formation drilling construction

WANG Taiping, JIANG Guangxu, XIANG Cheng, ZHOU Xiangwei, WEI Yibin

(Urban Geological Survey and Monitoring Institute of Hunan Province, Changde Hunan 415000, China)

Abstract: In the detailed investigation project of talc mine in northwestern Hunan, modular full hydraulic drilling rigs were used for drilling construction, penetrating multiple layers of shale and mudstone formations, and breaking rocks. This paper analyzes various technical problems encountered during the drilling construction process, such as drilling rig capacity, flushing fluid, and borehole annular gap, and proposes countermeasures, which have a certain reference value for the construction of similar mining areas.

Key words: modular full hydraulic drilling rig; borehole annular gap; shale formations; talc mine

0 引言

滑石是一种层状含水镁硅酸盐,质软、滑腻,具有较高的电绝缘性、隔热性、高熔点和对油类有较强的吸附性,广泛应用于造纸、化工、医药、橡胶、陶瓷、油漆、化妆品、高分子复合材料等行业。高档滑石由于其良好的滑石特性,国内仍然处于供不应求状态。虽然在我国滑石资源比较丰富,但是在湖南,特别是湘西北地区滑石矿资源较少^[1]。

1973—1974年,湖南省地质局四〇三队在枫箱坡磷矿区一带进行过震旦系陡山沱组磷矿详勘,探明全区磷矿石工业储量(B+C级)13121.25万t,平均品位15.87%,并著有《湖南省石门县东山峰磷矿枫箱坡矿区总结勘探报告》,对区内地层、构造、矿

产及水文地质特征研究程度较高。磷矿详勘时对滑石矿进行过一般性了解,部分钻孔穿过滑石矿层,地质编录滑石矿层岩性为“滑石片岩”、“页片状滑石化白云岩”,但地表及深部探矿工程均未对滑石矿层做取样分析,未作专门性的地质评价工作^[1]。

为进一步探明枫箱坡矿区枫箱坡矿段资源量,在2017年湖南省地质矿产勘查开发局四〇三队完成的“湖南省石门县枫箱坡矿区滑石矿普查”成果基础上,于2017年11月底提交了《湖南省石门县枫箱坡矿区滑石矿详查立项申请书》(续作)。2022年4月9日通过评审,开展石门县枫箱坡矿区枫箱坡矿段滑石矿详查项目,项目承担单位为湖南省城市地质调查监测所。

收稿日期:2024-07-22; 修回日期:2024-08-03 DOI:10.12143/j.ztgc.2024.S1.047

第一作者:王太平,男,汉族,1975年生,高级工程师,探矿工程专业,从事钻探工程技术相关的施工与管理工,湖南省常德市武陵区龙港路599号德和园小区,467049420@qq.com。

引用格式:王太平,蒋光旭,向成,等.模块化全液压钻机在页岩地层钻探施工中的应用[J].钻探工程,2024,51(S1):303-306.

WANG Taiping, JIANG Guangxu, XIANG Cheng, et al. Application of full hydraulic drilling rig in shale formation drilling construction[J]. Drilling Engineering, 2024, 51(S1):303-306.

1 工程概况

1.1 项目概况

矿区位于石门县东山峰管理区,区内属构造剥蚀中高山地貌,地形切割较深,相对高差约700 m。该项目为湖南省2022年省级财政项目,设计钻孔12个,孔深100~400 m,钻探工作量2810 m。因滑石矿遇水容易软化的特点,设计要求采用绳索取心工艺,并配制合理有效的冲洗液,保证矿心采取率>85%。终孔孔径 ≥ 75 mm。钻孔弯曲度误差 $\leq 2^\circ$,孔深误差 $\leq 1\%$ 。

1.2 地层情况

矿区内出露地层主要为寒武系、震旦系、南华系及板溪群,自南而北由新渐老依次展布。第四系主要分布于矿区沟谷低洼地带。板溪群溇水河组在矿区东北部出露。由于受泥市—清官渡断裂带的破坏影响,部分地层缺失、重复。地层特征从新至老如下:

(1)第四系(Q_4):主要分布于沟谷及缓坡地段,为残坡积物,主要为黄色粘土、亚粘土夹少量植物根茎。

(2)寒武系(ϵ)

寒武系第二统清虚洞组(ϵ_2q),分布在矿区东南部,岩性为深灰色厚层状粉晶灰岩、云质灰岩,黄灰色含钙质粉砂质页岩。

寒武系第二统石牌组(ϵ_{1-2s}),分布于矿区东南部,岩性为灰、深灰色泥灰岩夹泥质灰岩,泥晶结构,薄层—中厚层状,底部含炭泥质。

寒武系组芬兰统牛蹄塘组(ϵ_1n),岩性为灰黑色炭质页岩,页理不发育,呈中薄层板状。底部夹薄层状硅质岩,下部炭质含量较高,局部可见半亮半暗炭质光泽,并含有磷质结核。

(3)震旦系(Z)

震旦系上统灯影组(Z_2dy),以其岩性特征,自上而下分为3个岩性段:①中厚层状白云岩段(Z_2dy^3);②薄层状白云岩段(Z_2dy^2);③假鲕状白云岩段(Z_2dy^1)。

其中滑石矿层位于③假鲕状白云岩段(Z_2dy^1),岩性特征从上而下为:

上部:灰白色中厚层—厚层状白云岩,微粒—假鲕状结构,局部具硅化。

中部:灰—灰白色厚层状假鲕状—豆状硅化白云岩,顶为深灰色炭泥质白云岩,含少量胶磷矿条

带或团块。

下部:白色滑石岩与黑色滑石岩层,其间夹薄层滑石化假鲕状、豆状硅化白云岩,该层为矿区滑石矿赋存部位。

震旦系下统陡山沱组(Z_1d),以其岩性特征,自上而下分为4个岩性段:

①上含磷段(Z_1d^4)顶部灰、浅灰色厚层状白云岩及硅化白云岩,微晶结构,夹不规则状胶磷矿条带及团块。往下过渡为含磷白云岩、白云质磷块岩。

②下含磷段(Z_1d^3)顶部为灰色、中厚层状硅化白云岩;中下部以含炭泥质白云岩为主,夹含磷白云岩、白云质磷块岩;底部为深灰色碎屑状白云质磷块岩及含磷白云岩。

③炭泥质白云岩及灰质白云岩段(Z_1d^2):上部为灰黑色薄层状炭泥质白云岩,具斜层理及波状层理,风化后呈灰黄、黄绿色。中、下部为灰色中厚层状白云质灰岩、灰质白云岩。底部见厚2 m左右的含锰泥灰岩。

④板状页岩段(Z_1d^1)青灰色板状页岩,深灰色炭泥质板岩页岩,页理不发育,呈薄板状。底部为中厚层状含锰白云岩,风化后呈棕褐色,粉砂状。

(4)南华系(Nh)

南华系上统南沱组(Nh_2n):岩性为青灰、灰绿、灰黄绿色块状冰碛砾岩,砾状结构,砾石成分复杂,主要为石英岩、燧石、石英砂岩、板岩等,砾径大小不一,呈次棱角状、半浑圆状,排列杂乱。

南华系下统(Nh_1):自上而下为,大塘坡组深灰色含炭质板状页岩、条带状板岩,厚11.93 m。

2 设备选型

根据ZK1505孔设计孔深及初步判断地层情况,区内属构造剥蚀中高山地貌,地形切割较深,相对高差约700 m。因山势陡峭,传统立轴钻机搬迁非常不便,故采用模块化全液压钻机^[2]。主要设备选型如下:MD800型模块全液压钻机,NTW钻深能力600 m,最大扭矩1321 N·m;泥浆处理系统为自制旋流除砂器+振动筛;HTW、NTW绳索取心钻具。钻探施工现场如图1所示。

3 钻探施工

ZK1505钻孔一开 $\Phi 110$ mm,钻至9.21 m穿过



图1 施工现场

残坡积物(Q_4),进入泥灰岩(ϵ_{1-2s}),至16.00 m一开完成,下 $\varnothing 108$ mm孔口套管。一开冲洗液采用1200万分子量聚丙烯酰胺+高效润滑剂。

二开 $\varnothing 95$ mm,HTW钻具钻进至93 m,主要地层为灰色、深灰色中厚层状泥质灰岩。下 $\varnothing 89$ mm套管。二开冲洗液采用1200万分子量聚丙烯酰胺+高效润滑剂。

三开 $\varnothing 75$ mm口径,NTW钻具钻进,至115 m进入炭质页岩。进入页岩后,明显感觉泵压增高,钻机负荷增大,泥浆处理系统处理出的钻渣明显变粗。钻进至217 m处,岩心开始变得相当破碎(见图2)。

钻进至249 m时,内管投放不到位,经多次试投,仍不到位。把钻杆往上提9 m,开泵冲洗一段时间后,内管投放到位。再往下放钻具时,钻具有3 m不能放到位。扫孔至249 m,泵压很高,水泵压力表跳动厉害。钻机扭矩表增大且跳动严重,时有钻机憋熄火现象。钻进至249.5 m时,钻杆自81 m接头处断裂。至事故发生,冲洗液仍采用1200万分子量聚丙烯酰胺+高效润滑剂。

事故处理:采用打捞公锥打捞,捞到断头后,往



(a) 220.39~228.64 m



(b) 236.86~245.12 m

图2 破碎岩心照片

上顶很吃力,反复上顶下压,经过8 h反复,成功打捞上来。

钻具打捞上来后,采取了以下几个方面的改进措施:

(1)配制新的冲洗液:1 m³水+0.3%中粘纤维素+1%腐殖酸钾+0.7%特效润滑剂。

(2)更换 $\varnothing 77$ mm NTW钻头,自93 m处扩孔至孔底。

从以上两个方面改进后,继续采用 $\varnothing 77$ mm的NTW钻头钻进,顺利穿过页岩层直至终孔,终孔孔深358.21 m。

4 施工难点及采取的措施

4.1 全液压模块钻机存在的问题

根据设计地层情况,页岩地层较多,采用ED800型全液压模块钻机施工,山区搬迁相对方便。

采用该机型优点为:绿色环保,搬迁方便,易于运输,尤其是山区运输^[2]。由于是顶驱式动力头,没有主动钻杆,加钻杆时不需往上提钻,相比传统立轴钻机,在破碎地层及页岩地层减少了因主动钻杆上提引起的掉块、抽吸垮孔等。

采用该机型的缺点为:全液压钻机普遍扭矩偏小,该钻机仅有401 N·m(高速马达)~1321 N·m(大扭矩马达)。卷扬系统能力偏小,钻机处理事故能力较差。地梁为木质地梁,地基稍差时会发生沉降,在施工深孔时地梁容易断裂。

采取的措施:配制优质冲洗液,减少事故的发生。底座下浇筑 $0.6\text{ m}\times 0.6\text{ m}\times 2.0\text{ m}$ 钢筋砼横梁3根,保证地基不发生沉降。

4.2 事故分析

4.2.1 冲洗液问题

钻孔孔深115 m以浅地层为泥质灰岩,采用的冲洗液为聚丙烯酰胺+高效润滑剂,粘度较高,有很好的絮凝能力,能很好的保证润滑性能及携渣性能。

但钻孔进入115 m以后为页岩层,页岩遇水容易水化膨胀分散,属于水敏性地层。继续使用上述冲洗液将促使页岩孔壁水化膨胀分散,造成超径、垮塌、断钻等孔内事故^[3-4]。ZK1505钻孔发生的断钻及下钻不到底,都与此有很大关系。

采取的措施:处理完断钻事故后,及时调整并替换孔内冲洗液。 1 m^3 水+0.3%中粘纤维素+1%腐殖酸钾+0.7%特效润滑剂。

中粘纤维素(MV-CMC)能抗盐污染,降滤失,具有一定的抑制泥页岩水化膨胀能力。滤失量 $\leq 10\text{ mL}$,可促进优质坚韧泥皮形成。能够迅速提高冲洗液的粘度,降低滤失量使孔壁形成薄而坚韧、渗透性低的滤饼,能够提高冲洗液的悬浮能力,有利于排出颗粒性较大的岩粉。

腐殖酸钾能有效抑制页岩水化分散,控制地层造浆,保持孔壁稳定,降滤失。

特效润滑剂是理想的金刚石钻探润滑剂,可防止缩径泥包钻头、压差卡钻,有利于提高钻进效率,延长钻头寿命。

4.2.2 钻孔环状间隙问题

页岩地层岩石较软,易脆,钻渣颗粒较大。环状间隙小,冲洗液上返不畅通,容易造成泵压过高、卡钻甚至断钻^[4-6]。ZK1505钻孔发生泵压增大、泵压不稳、扭矩增大、扭矩不稳、断钻等事故都与此有很大关系。

采取的措施:处理完断钻事故后,及时更换 $\text{O}77\text{ mm}$ 的NTW钻头,自93 m处扩孔至孔底。增大

钻孔环状间隙,保证了冲洗液的通畅性,页岩地层产生的部分大颗粒钻渣顺畅排出。成功避免因排渣不畅可能造成的各种孔内事故,顺利终孔。

5 认识与体会

(1)冲洗液首先应满足孔壁稳定需要,页岩地层易水化膨胀、缩径、分散造浆、粘附性。该类地层如果冲洗液性能控制不好,风险很大。冲洗液的设计与使用应首先保证钻孔安全,在此基础上尽可能与钻进工艺方法相适应。

(2)对于钻渣颗粒较大的地层,要考虑冲洗液的通畅性,冲洗液不畅通,钻渣极易在钻头和扩孔器处形成卡钻、堆积、堵塞,发生各种孔内事故。

(3)复杂地层除正确选择冲洗液体系外,还要重视冲洗液参数的及时调整。

(4)正确的操作程序有利于保护孔壁、减少孔内事故的发生。孔壁薄弱孔段长时间定点循环冲洗液,冲刷孔壁;提钻速度过快,由于抽吸作用造成孔壁坍塌、掉块;强水敏性地层长时间、长孔段钻进不扫孔,造成卡钻;提钻遇阻强行提拉等,都会引起复杂孔内事故。因此需要制定完善的操作程序,并加以严格执行。

参考文献:

- [1] 湖南省城市地质调查监测所.湖南省石门县枫箱坡矿区枫箱坡矿段滑石矿详查报告[R].2023.
- [2] 刘蓓,寇少磊,朱芝同,等.便携式模块化钻机在绿色地质勘查工作中的应用实践[J].钻探工程,2022,49(2):30-39.
- [3] 麻朗朗,陶士先,邹志飞.白银市土红湾-李家沟煤炭资源详查23-2孔冲洗液技术[J].钻探工程,2023,50(5):81-87.
- [4] 刘振新,翟育峰,徐志权,等.小秦岭整装勘查区综合普查钻探技术[J].钻探工程,2023,50(3):37-43.
- [5] 丁宁宁,马天捧,姚雷,等.粉煤地层绳索取心钻进孔壁坍塌分析及处理[J].钻探工程,2024,51(2):127-132.
- [6] 杨科,罗龙,曹灶开,等.阳山矿区严重漏失垮塌地层钻进工艺及工程实践[J].钻探工程,2024,51(2):119-126.

(编辑 王文)