

贵州省矿产资源大精查高地锰矿深孔钻探技术

朱 璞¹, 赵 强^{*1}, 班金彭², 杨丕祥³, 冉 飞⁴

- 贵州省地质矿产勘查开发局103地质大队, 贵州 铜仁 554300;
- 贵州省地质矿产勘查开发局115地质大队, 贵州 贵阳 551400;
- 贵州省地质矿产勘查开发局117地质大队, 贵州 贵阳 550001;
- 贵州省地质矿产勘查开发局112地质大队, 贵州 安顺 561000)

摘要:找矿深度不断加大是矿产勘查的显著特征, 贵州省松桃县高地锰矿最深钻孔2001.68 m, 最浅1486 m。施工主要难点为孔内事故预防、孔斜控制等。从钻孔设计、设备配置、钻进工艺、钻进参数及泥浆配置等方面着手, 为项目的推进提供保障措施, 总结出了贵州省高地锰矿深孔钻的偏斜规律、防斜措施及最有效的施工方案, 为今后贵州省锰矿深孔钻探施工提出技术意见。

关键词:深孔钻探; 事故预防; 孔斜控制; 高地锰矿

中图分类号: P634 文献标识码: B 文章编号: 2096-9686(2023)S1-0262-05

Analysis of deep hole drilling technology for Gaodi Manganese Mine of Guizhou mineral resources survey in detail

ZHU Pu¹, ZHAO Qiang^{*1}, BAN Jinpeng², YANG Pixiang³, RAN Fei⁴

- 103 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Tongren Guizhou 554300, China;
- 115 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang Guizhou 551400, China;
- 117 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Guiyang Guizhou 550001, China;
- 112 Geological Team, Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province, Anshun Guizhou 561000, China)

Abstract: The continuous increase in prospecting depth is a significant feature of mineral exploration. The deepest borehole of Gaodi Manganese Mine in Songtao County, Guizhou Province is 2001.68m and the shallowest is 1486m. The main difficulty of the construction is the prevention of accidents in the hole and the control of the hole inclination. Starting from the drilling hole design, equipment configuration, drilling technology, drilling parameters and mud configuration, etc., this paper provide safeguard measures for the advancement of the project. The deflection law, anti-deflection measures and the most effective construction plan of the deep hole drilling of the Gaodi Manganese Mine in Guizhou Province are summerized, and technical opinions are put forward for the future construction of the deep hole drilling of the Manganese Mine in Guizhou Province.

Key words: deep hole drilling; accident prevention; hole tilt control; Gaodi Manganese Mine

收稿日期: 2023-04-27; 修回日期: 2023-07-27 DOI: 10.12143/j.ztgc.2023.S1.040

基金项目: 贵州省重点矿产资源大精查项目“松桃县高地锰矿勘探”(编号: 黔地矿科合[2019]6号)

第一作者: 朱璞, 男, 汉族, 1982年生, 高级工程师, 勘查技术与工程专业, 主要从事钻探工艺技术研究及施工工作, 贵州省铜仁市碧江区共青团路162号, 187235369@qq.com。

通信作者: 赵强, 男, 苗族, 1969年生, 高级工程师, 探矿工程专业, 主要从事钻探工艺技术研究及施工工作, 贵州省铜仁市碧江区共青团路162号, 16411151@qq.com。

引用格式: 朱璞, 赵强, 班金彭, 等. 贵州省矿产资源大精查高地锰矿深孔钻探技术[J]. 钻探工程, 2023, 50(S1): 262-266.

ZHU Pu, ZHAO Qiang, BAN Jinpeng, et al. Analysis of deep hole drilling technology for Gaodi Manganese Mine of Guizhou mineral resources survey in detail[J]. Drilling Engineering, 2023, 50(S1): 262-266.

松桃县高地锰矿勘探是2020~2021年实施的全省重点矿产资源大精查工作10个大精查(勘探)重点项目之一,项目地处贵州省松桃县乌罗镇,处于武陵山脉主峰梵净山东北部,云贵高原向湘西丘陵过渡的斜坡地带,属中低山地形,构造侵蚀地貌,地形起伏较大,地层破碎、垮塌及软硬互层严重,存在掉块、漏失、造斜强度大和孔内事故预防困难等特点,对钻探施工的事故预防、孔斜控制和防斜纠斜等提出严峻考验。本项目共施工钻孔14个,孔深1486~2001.68 m,设计工作量22930 m,工期为2020年4月~11月。

1 钻孔地层情况

钻孔从上至下钻遇地层主要为白云岩、灰岩、泥质粉砂岩、炭质页岩、白云岩及砂岩,具体如表1所示。

表1 高地锰矿钻孔地层代号及岩性统计

序号	地层代号	岩性	地层深度/m
1	$\epsilon_{3-4}l_5^{2+3}$	泥粉晶灰岩	80~505
2	$\epsilon_{3-4}l_5^1$	泥粉晶白云岩	165~585
3	ϵ_{3s}^2	页片状白云岩	195~625
4	ϵ_{3s}^1	细粒白云岩	195~675
5	ϵ_{3g}	泥质白云岩	195~680
6	ϵ_{2q}^4	泥粉晶白云岩	195~690
7	ϵ_{2q}^3	泥粉晶白云岩夹灰色薄层 条纹状泥晶白云岩	195~735
8	ϵ_{2q}^2	泥粉晶灰岩	195~870
9	ϵ_{2q}^1	泥粉晶灰岩	205~870
10	ϵ_{2p}^2	粉砂质页岩及粉砂质粘土岩	525~890
11	ϵ_{2p}^1	黑色炭质页岩	553~920
12	ϵ_{2b}^2	砂岩、粉砂岩	808~1120
13	ϵ_{2b}^1	黑色炭质页岩	863~1220
14	ϵ_{2jm}	炭质细晶灰岩与黑色炭质 页岩互层	923~1260
15	ϵ_{1n}	黑色炭质页岩	933~1280
16	Z_2l	灰黑色薄层状硅黑色质岩 夹黑色炭质页岩	940~1295
17	Z_1d	白云岩、泥质白云岩夹黑色 炭质页岩	970~1325
18	Nh_3n	含砾砂岩、含砾粘土岩	1200~1515
29	Nh_2d^2	粉砂质页岩	1415~1735
20	Nh_2d^1	含锰层,岩性为碳质页岩	1465~1775

2 设备选择

综合贵州地形情况及绿色勘查要求,矿区主要采用便于拆卸及搬迁的XY-6系列钻机,对于部分超过2000 m的钻孔或者地层比较复杂钻孔采用XY-8型钻机可以确保能尽量施工大口径,针对交通条件相对较好钻孔使用CSD-1800型或者CSD-3000型钻机加快施工进度。共投入钻机14台,其中XY-6系列钻机9台,XY-8型钻机2台,CSD-1800型钻机2台,CSD-300型钻机1台。施工情况见图1、图2。



图1 XY-6型钻机开孔安全检查



图2 CSD-1800型钻机开孔检查

3 钻孔结构

采用四级钻孔结构,如图3所示。

(1)一开:口径为 $\Phi 150$ mm,采用金刚石钻头钻进至完整基岩3 m以上,下入孔口套管并用水泥浆固井;

(2)二开:采用 $\Phi 122$ mm金刚石绳索取心钻进,钻进至变马冲组2段完整砂岩后换径,下入 $\Phi 114$ mm绳索取心钻杆做套管;

(3)三开:采用 $\Phi 95$ mm金刚石绳索取心钻进,钻至南沱组砂岩换径,使用 $\Phi 91$ mm绳索取心钻杆作为套管使用,下入换径位置并将孔口密封处理;

(4)四开:采用 $\Phi 75$ mm金刚石绳索取心钻进工

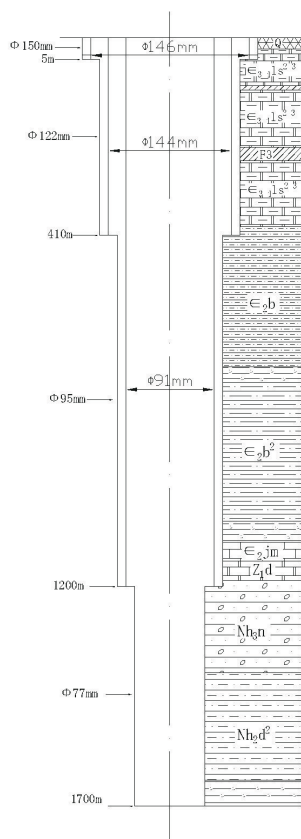


图3 钻孔结构

艺钻至终孔。

水文地质钻孔根据抽水孔段要求,上提2级,采用 $\Phi 219$ mm口径开孔。

4 施工中的主要技术难题及处理措施

4.1 主要技术难题

4.1.1 孔斜控制难度大

松桃县高地锰矿设计孔深较深,施工最深钻孔超过2000 m,最浅也达到了1468 m,按照地质勘探规范要求,终孔落点位置一般不得超过勘探网度的1/4(即垂直勘探线方向 ≤ 75 m,沿勘探线方向 ≤ 50 m),况且矿区地层软硬互层频繁,如九门冲组的灰岩及炭质页岩互层,杷榔组的砂岩、粉砂岩及页岩互层,对钻孔孔斜控制难度较大。

4.1.2 钻遇地层复杂

勘查区主要钻遇地层为白云岩、灰岩、页岩、炭质页岩、砂岩及硅质岩,上部娄山关白云岩厚度大,最厚钻孔超过了900 m,最浅300 m左右,在施工过程中泥浆严重漏失,同时掉块垮塌现象频发,施工中有10个钻孔是顶漏钻进;1200 m左右陡山沱白云岩

节理裂隙发育,涌水、漏水及掉块严重;杷榔组1段及牛蹄塘组的炭质页岩风化程度较高,部分呈现粉砂状,施工中垮塌、缩径严重。

4.2 处理措施

4.2.1 防斜措施

为保证正常钻进施工并达到地质目的,经过认真研究,充分考虑现场实际情况,统一采取如下防斜措施。

(1)设备安装前,在钻塔四角及孔口位置浇筑混凝土基座,基座深度 > 0.8 m(遇松散层加深),宽 < 0.5 m,浇筑后采用水平管进行水平校正,确保钻机底座安装水平周正;

(2)设备安装后由对钻机前后左右水平进行专门校正,对钻机立轴进行垂直度校正,同时校正主动钻杆垂直度,所有检查合格方才开钻;

(3)每个钻孔均配备有S110、S91及S75绳索取心钻杆,在地层及钻机能力允许的情况下,尽可能采用大口径施工,确保钻杆刚度,避免孔斜超标;

(4)优化钻具组合,所有钻孔均采用绳索取心钻进技术,最大限度减小了环状间隙,提高防斜能力;

(5)增加扶正接头,钻入易斜地层时,除钻具上的上下扩孔器扶正外,在钻杆上安装扶正接头,提高防斜能力;

(6)调整钻进参数,进入易斜地层以后,减小孔底压力,控制钻速,在前期施工中,易斜地层每班(12 h)进尺基本控制在12 m以内。

(7)地质人员及时编录,同时加强沟通,做到钻探与地质的紧密结合,将地质指导落到实处,提前预判,提前预防。

4.2.2 复杂地层钻进保障措施

(1)施工配置:一是选用性能优良的钻机投入高地锰矿大精查项目进行钻探施工;二是配置经验丰富的技术管理人员常驻现场进行管理及技术指导;三是购置质量优良的钻杆,以防因钻杆质量造成的事故。

(2)成立现场专家组常驻现场指导,针对出现的问题会同施工单位技术人员及时处理,降低钻探施工风险。

(3)针对碳酸盐地层,采用优质低固相泥浆,加入随钻堵漏剂;部分漏失严重钻孔采用钻杆外部涂抹润滑剂顶漏钻进,钻进一段水泥浆封堵一段,钻穿后下钻杆进行护壁。水敏性地层主要采用低固相的

优质抑制性泥浆施工,期间由技术人员现场指导,根据地层变化及时调整泥浆性能参数,确保孔内稳定。

(4)采用钻杆做套管护壁,明确要求最少四径成孔,一开揭穿第四系地层进入完整基岩下管,二开PQ口径($\text{O}122\text{ mm}$)钻穿上部碳酸盐地层进入把榔组完整地层换径采用钻杆当套管护壁,三开采用HQ口径进入南沱砂岩换径,下HQ钻杆当套管护壁,最后用NQ口径施工至终孔(水文孔增加一级口径)。

(5)泥浆保障措施:首先现场建设时根据场地情况,泥浆池封闭管理,以防雨水和地表水进入污染泥浆;其次钻孔浅部碳酸盐地层,主要采用防塌、堵漏为主,堵漏材料采用就地取材,配备锯木面、黄豆粉等膨胀惰性材料,轻微漏失采用随钻堵漏剂堵漏,若堵漏材料无法处理,采用水泥封孔堵漏;进入南沱砂岩下管后泥浆主要以润滑、排沙为主。

5 取得的效果

5.1 孔斜控制效果

采取几个典型钻孔对钻孔偏斜规律研究,研究出高地锰矿钻孔自然偏斜规律为碳酸盐地层为防斜地层,进入把榔组页岩后,钻孔顶角增加明显,方位角沿垂直岩石倾向方向偏移,由于地层软硬互层严重,钻孔顶角增加明显,方位角沿垂直岩石倾向方向偏移;地层发生变化时,孔斜钻孔顶角变换较大,南沱砂岩节理发育,产状变陡,钻孔方位角沿垂直岩石倾向变化明显。后期设备进场综合考虑钻孔自然偏斜规律及现场实际情况将移动开孔位置,再通过一序列的技术控制措施,最终除个别钻孔沿勘探线方向略微超标外,80%以上钻孔落点位置均在靶区范围内。

5.2 水泥浆封孔

在高地锰矿钻探施工中,每个钻孔封水泥时间约占辅助时间的一半以上,尤其ZK2901、ZK2903钻孔封水泥时间占辅助时间比例高达70%。

现场技术人员都能根据公式计算出水泥及顶替用水量,但在实际操作中一开始效果不理想,经过多次现场指导及摸索研究,封水泥技术水平显著提高,主要几个封水泥要点为:

(1)封水泥之前必须进行清孔,确保以防孔内泥浆添加剂影响水泥凝固或者出现掉块卡钻;

(2)不得带钻具封孔;

(3)为保证质量,将钻杆下至需要封孔位置后先泵泥浆确保管路畅通且润湿钻杆内壁,然后向钻杆内投入外径略小于钻杆内径的干木塞,木塞长度不超过30 cm(现场可以采用水泥袋揉成球状代替),然后向钻杆内倒入准备好的水泥浆,水泥浆水灰比一般采用0.5,水泥浆注入结束后,再次拖入干木塞泵入顶替水,采用泵送顶替水时若以水泵流量折算顶替水的,注意观察泵压变化,待泵压增大后略微增加20 s左右泵注时间,然后起钻,在水泥浆未完全流出钻杆时,起钻速度一定要缓慢均匀。

6 存在的主要问题及建议

6.1 现场人员专业素质有待提高

(1)部分年轻的技术人员对现场掌控不到位,管理及施工细节方面有欠缺,遇事处理不够自信。遇事犹豫不决,导致现场施工混乱。

(2)部分机班长实力层次不齐,在施工中发现存在不规范操作行为:如新钻头及扩孔器未严格按照要求排队使用,致使更换新钻头或扩孔器扫孔较多;回次钻进结束,岩心拔断后主动钻杆未提出孔外就开始停泵关水;回次钻进结束加钻杆顺序有问题,部分机场是先加钻杆后打捞内管取岩心等。建议后期首先每年适当招收现场操作人员作为储备培养;其次在每年多组织技术培训,规范化操作,避免因操作原因导致孔内事故。

6.2 市场管材规格不统一

目前国内钻杆、钻具和钻头等,各个厂家生产的规格、尺寸等完全不统一,不能通用。在高地锰矿钻探施工中,配套的钻杆、钻具及钻头主要来自于二家,前期设计三开采用HQ口径施工至南沱砂岩下入HQ绳索取心钻杆当套管使用,一家的深孔钻杆接头部位采用内外敦粗,按照厂家提供的尺寸,钻杆外径91 mm,壁厚5.5 mm,内径应该是80 mm,即便壁厚增加到6.5 mm,内径也有78 mm,采用同一厂家的NQ+2 mm钻头,扩孔器配套外径77.5 mm,理论上能穿过钻杆,但现场试验,全部不能通过,最终只能使用NQ+1 mm钻头,同时NQ钻杆外径是73 mm,并非71 mm,人为造成钻孔环状间隙减小,导致排沙效果较差,若孔内出现异常,极易造成孔内事故。

6.3 纠斜措施单一

高地锰矿钻探施工钻孔纠斜措施主要采用偏心

楔进行纠斜,偏心楔方位控制困难,纠斜方法粗糙,另外前期与多家钻探工艺研究所沟通,小口径螺杆马达纠斜技术尚未完全成熟,纠斜效果难以保障且投入较大。

7 结语

(1)高地锰矿钻探施工钻遇地层复杂,主要包括白云岩、灰岩、页岩、炭质页岩、砂岩及硅质岩等,其中上部娄山关白云岩厚度大,钻井施工过程中泥浆严重漏失,同时掉块垮塌现象频发。针对复杂地层井漏问题,现场轻微漏失利用随钻堵漏剂堵漏,严重漏失采用水泥封孔堵漏和钻杆做套管护壁处理,取得良好效果。

(2)矿区地层软硬互层频繁,钻探施工设计孔深较深,施工过程中孔斜控制难度大。现场主要采用绳索取心钻进、优化钻具组合、增加扶正器和优选钻井参数等方法取得较好的井斜控制效果。

(3)针对高地锰矿深孔钻探施工,为有效解决钻井过程中井漏、井斜等常见技术难题,必须重视前期的钻探施工组织设计,尤其深孔施工的孔斜控制问题,尽量通过相似地层的孔斜规律研究结合施工过程中的防斜控制措施有效保障复杂地层深孔钻进。

(4)深孔钻探施工,必须对人员、设备进行大量投入才能取得较好效果。工程前期需对工程技术人员组织技术培训,规范化操作,避免因操作原因导致孔内事故,施工过程中工程技术人员必须脚踏实地,在现场指导,及时掌握现场第一手资料才能将事故消灭在萌芽状态,促进施工效率。

参考文献:

- [1] 王达,何远信等.地质钻探手册[M].长沙:中南大学出版社,2014.
- [2] 武汉地质学院.钻探工艺学[M].北京:地质出版社,1980.
- [3] 鄢泰宁.岩土钻掘工程学[M].武汉:中国地质大学出版社,2001.
- [4] 乌效鸣,胡郁乐,贺冰新,等.冲洗液与岩土工程浆液[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [5] 王幼凤,朱恒银,王强.浅谈深部钻探工程质量管理[J].地质装备;2015(2):43-46.
- [6] 朱恒银,蔡正水,王强,等.深部钻探技术方法的研究与应用[J].地质装备,2013,14(6):26-31.
- [7] 黄才启,刘良根.深部矿产勘探与受控定向钻进技术方法思考[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009(A1):122-124,129.
- [8] 张佳文,张林霞.我国深部矿产勘查现状与钻探技术进步[C]//第十七届全国探矿工程(岩土钻掘工程)学术交流年会论文集,2013:20-24,42.
- [9] 荣忠良.深孔钻探技术与管理[J].产业与科技论坛,2012,11(21):108-109.
- [10] 彭黎璨.深部找矿钻探技术探讨[J].中国煤炭地质.2014,26(11):61-64.
- [11] 蔡正水,朱恒银.深部钻探泥浆护壁技术研究与应用[J].安徽地质,2016,26(03):212-216.
- [12] 徐国忠.我国深部找矿钻探技术探讨[J].西部探矿工程,2012,24(10):149-151,154.
- [13] 章术.地质钻探技术与应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2016,(23):77-78.
- [14] 牛磊星,孙平贺.丙烯酸高吸水膨胀树脂在深部钻探中的堵漏试验[J].地质科技情报,2017,36(1):208-212.
- [15] 蔡正水,朱恒银.深部钻探泥浆护壁技术研究与应用[J].安徽地质,2016,26(3):212-216.

(编辑 王文)