

# 河南舞阳铁矿深孔钻进工艺实践

王江平

(河南省有色金属地质矿产局第四地质大队,河南 郑州 450016)

**摘要:**通过深孔钻进实例,阐述了舞阳铁矿深孔钻进施工工艺及钻探事故的预防与处理技术措施,对类似矿种深孔钻进有一定的借鉴作用。

**关键词:**中深孔绳索取心钻进;破碎地层;钻进工艺;舞阳铁矿

**中图分类号:**P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2013)06-0027-04

**Practice of Deep Drilling Technology in an Iron Mine in Wuyang of Henan/WANG Jiang-ping** (No. 4 Geological Team, Henan Provincial Non-ferrous Metals Geological and Mineral Resources Bureau, Zhengzhou Henan 450016, China)

**Abstract:** With the case of deep drilling, the paper introduces the deep drilling construction technology in an iron mine of Wuyang and discusses the accident prevention and treatment measures, which can be reference to deep drilling in the similar project.

**Key words:** wire-line coring drilling in medium-length hole; broken formation; drilling technology; Wuyang iron mine

## 1 矿区概述

河南舞阳-新蔡铁矿区远景区是中国地质调查局圈定的全国铁矿八大重点找矿远景区之一,舞阳地区深部铁矿整装勘查项目是国土资源部找矿突破战略确定的47个整装勘查区之一,列入河南省地质找矿战略行动(2010~2015)重点勘查项目,该项目计划用3年时间完成普查、局部达到详查。拟投入钻探进尺10万m,预获(333)+(334)资源量6亿t。设计孔深在800~2500m之间。

舞阳地区深部铁矿整装勘查项目主要分布在舞钢市的朱兰、八台、武功、庙街等乡镇范围内。前期施工的部分深孔位于舞钢市朱兰乡铁山铁矿预查区。区域西部和南部为低山丘陵,东北部地势较低,其间岗丘交错,地势自南西向北东倾斜。年平均气温14.6℃,年平均降水量1065mm。区内河流纵横,地下水丰富。

## 2 区域地质和矿区地质概况

### 2.1 区域地质概况

舞阳地区深部铁矿勘查区位于华北板块南部边缘,为华北地层区豫东南分区马超营-拐河-确山断裂的北侧,鲁山背孜-西平出山盖层背斜的东端,是太华群地层在河南省最东部的出露区。

### 2.2 矿区地质概况

勘查区与铁矿体分布密切相关的主要地层自下

而上为:新太古界赵案庄组( $Ar_2z$ )、铁山庙组( $Ar_2t$ )、杨树湾组( $Ar_2y$ ),中元古界汝阳群云梦山组( $Pt_2y$ )及第四系。

#### 2.2.1 新太古界赵案庄组( $Ar_2z$ )

赵案庄组在勘查区出露面积小,多埋藏在400~2100m深度范围内。上段岩性主要由铁榴更长角闪片麻岩、铁榴角闪片麻岩组成,为矿带底板岩层,厚10~20m;中段主要由更长角闪片麻岩及条带状更长角闪片麻岩,蛇纹石磷铁矿、磁铁蛇纹岩、金云母片岩、透辉更长片麻岩等岩石组成,厚70~110m,是重要含矿岩段,磁铁矿体产于该岩段下部;下段主要由混合岩、混合花岗岩组成,平均厚132m,最大厚583m。

#### 2.2.2 新太古界铁山庙组( $Ar_2t$ )

下段为含砾长石英岩、底砾岩或火山角砾岩,厚度>500m,总厚度>1000m。花岗质条带状混合岩、铁铝榴片麻岩,厚度>500m,顶为白云石大理岩,下以更长角闪片麻岩为主,夹绿泥云母片岩和混合岩,全层以含星散状铁铝榴石为特征,厚度10~90m。条带状石英辉石磁铁矿,属厚度较大的多层矿体。

#### 2.2.3 新太古界杨树湾组( $Ar_2y$ )

主要岩性为含石墨的片麻岩、次透辉石岩,总厚260m。

#### 2.2.4 中元古界云梦山组( $Pt_2y$ )

收稿日期:2013-03-21

作者简介:王江平(1963-),男(汉族),河北任县人,河南省有色金属地质矿产局第四地质大队副队长、工程师,地质与勘探专业,从事野外地质与勘探工作,河南省郑州市郑东新区金水东路16号,1326153842@qq.com。

由于岩浆侵入活动和构造错动,该层断续分布在勘查区的西部,主要岩性为厚层石英岩,层厚200~300 m。

### 2.3 地质构造

勘查区被第四系大面积覆盖,地质构造在地表难以识别。从钻孔取出的岩心分析深部掩埋断层较多,构造较为复杂,影响含矿层位和钻孔的深度。

### 2.4 岩浆岩

勘查区北部和东部有岩浆岩分布,主要为安山岩、安山质火山角砾岩,与矿体有关的正长岩岩体以岩株产出。

## 3 钻探施工的岩层及钻进难题

### 3.1 钻遇地层

由于勘查区内大面积被第四系覆盖,第四系覆盖层厚度80~160 m,主要为砾石层、砂层和粘土互层;古近系地层主要为安山岩、安山质火山角砾岩及杂色砾石层和粉砂质页岩,厚度50~300 m不等;赵案庄组地层主要为角闪片麻岩、蛇纹石磷铁矿、磁铁蛇纹岩、金云母片岩、混合岩、混合花岗岩等,厚65~583 m。铁山庙组地层为含砾长石石英岩、底砾岩、火山角砾岩、泥云母片岩、白云石大理岩,厚80~400 m,且互层。

总体而言,勘查区2100 m深度范围内,岩石抗压强度40~126 MPa,抗剪强度6.5~17 MPa,矿体围岩多为坚硬、半坚硬岩组,岩组结构较复杂,属于中等稳定类型。但局部有软弱夹层或透镜体分布,在风化带、构造破碎带、碳酸盐岩溶蚀带,产生变形破坏,工程地质条件属于复杂类型。

### 3.2 常遇到的问题

鉴于特殊的地质条件和复杂的岩性组合,以往在深孔施工中存在以下几方面问题:

(1)第四系、古近系松散覆盖层厚度大,岩性变化频繁,孔壁不稳定,易造成孔壁坍塌、缩径等事故;

(2)在风化带、蚀变带、构造破碎带钻进,岩石软硬不均、结构松散破碎,孔壁坍塌掉块,取心困难,部分钻孔760~820及880~940 m,岩层严重高岭土化,导致钻孔缩径;

(3)在矿层顶底板碳酸盐岩溶蚀带钻进,涌水、漏失交替发生,导致上部钻孔结构破坏。

## 4 钻探技术装备的优化设计

### 4.1 钻探设备及工器具选择

舞阳地区深部铁矿勘查区设计钻孔深度800~

1500 m,部分控制性钻孔深度1660~2200 m。由于设计钻探工作量10万m左右,施工周期要求严格,故开动钻机较多。以已经完成的ZK10708钻孔为例,简要介绍钻探装备组合。

该孔设计孔深1900 m,根据地层情况和以往中深孔施工经验,选择连云港黄海机械股份有限公司生产的XY-6B型钻机,并配置HCX-23型钻塔,BW-320型泥浆泵,电动机作为动力。

为适应深孔复杂地层钻进的需求,选用强度高、扭矩大的唐山金石超硬材料有限公司生产的加厚钻杆,并配置拧管机。为配置、调节和维护泥浆性能,配备振动筛和泥浆搅拌机等辅助设备。

### 4.2 钻孔结构的设计

根据地质设计,一般情况下钻孔设计终孔孔径75 mm,但特殊情况下可以用 $\varnothing 60$  mm终孔。以终孔口径75 mm为目标,加大成孔保险系数,钻孔结构设计如下:

0~120 m钻穿过第四系、古近系覆盖层下入 $\varnothing 127$  mm套管;

560 m左右穿过安山岩、安山质火山角砾岩等侵入岩体后,下入 $\varnothing 108$  mm套管;

800~1000 m下入 $\varnothing 89$  mm套管,用 $\varnothing 75$  mm钻具施工,直至终孔。

### 4.3 施工工艺及钻进参数的选择

根据以往施工经验及地层情况,采用“三级套管四级成孔工艺”,并针对不同的孔径,采取相应的技术措施。

(1)覆盖层钻进,地质设计不要求取心,开孔用 $\varnothing 133$  mm复合片不取心钻头配 $\varnothing 127$  mm岩心管保直钻具成孔,低转速、低钻压、大泵量钻进,并限制钻进速度。钻到完整基岩位置,下入第一层 $\varnothing 127$  mm套管。

(2)基岩层采用普通金刚石钻进工艺,用 $\varnothing 114$  mm金刚石钻头和 $\varnothing 108$  mm普通双管钻具,采用中钻压、中泵量钻进,根据岩石可钻性,适时调整钻压,钻穿上部安山岩、安山质火山角砾岩破碎地层、碳酸盐岩涌漏失地层后,下入 $\varnothing 108$  mm套管。

(3)500~800 m孔段,采用绳索取心金刚石钻进工艺, $\varnothing 94$  mm金刚石钻头和 $\varnothing 89$  mm绳索取心钻杆,高转速、中高钻压、中小泵量钻进。当钻穿构造破碎带、蚀变破碎地层时下入第三级 $\varnothing 89$  mm套管。

(4)孔深800 m以深,采用 $\varnothing 75$  mm绳索取心钻具, $\varnothing 77$  mm金刚石钻头,中高转速、中高钻压、中小泵量钻至终孔,当钻遇下层碳酸盐岩溶蚀涌水、漏失

地层时,严格控制钻进参数和泥浆性能,匀速钻进。

Ø60 mm 为备用孔径。

#### 4.4 冲洗液的配制和性能维护

##### 4.4.1 冲洗液材料的选择及配制

###### 4.4.1.1 开孔用冲洗液

该矿区上部为第四系、古近系覆盖层,不取心,但地层不稳定,既有容易坍塌的地层,又有缩径地层,且有造浆功能。要求冲洗液失水量小,粘度适中,能携带大颗粒岩粉,且有良好的护壁功能。

配方:山东潍坊优质钠基膨润土 8% ~ 10% + 高粘度羧甲基纤维素钠 0.5% + GSP 广谱护壁剂 0.3%。

冲洗液性能:密度 1.04 ~ 1.06 g/cm<sup>3</sup>, 胶体率 98% 以上,漏斗粘度 25 ~ 28 s,失水量 10 ~ 15 mL/30 min,泥皮厚度 < 1 mm。

###### 4.4.1.2 风化带、蚀变带、构造破碎带等严重破碎、取心困难地层采用的冲洗液

要求具有保护岩心和稳定孔壁的作用。

配方:山东潍坊优质钠基膨润土 8% ~ 10% + 高粘度羧甲基纤维素钠 0.5% + GSP 广谱护壁剂 0.3% + 植物胶 2.5%。

冲洗液性能:密度 1.04 ~ 1.06 g/cm<sup>3</sup>, 胶体率 98% 以上,漏斗粘度 25 ~ 28 s,失水量 10 ~ 15 mL/30 min,泥皮厚度 < 1 mm。

植物胶能在岩心表面形成一层保护膜,减少钻具对岩心的磨损和冲洗液对岩心的冲刷,能取得较高的采取率。

###### 4.4.1.3 缩径地层用冲洗液

由于断层等构造作用,在岩层中存在断层泥,断层泥普遍高岭土化,遇水膨胀,造成钻孔缩径,要求使用低密度、低固相、低失水的优质冲洗液,失水量 5 mL/30 min,固相含量 < 10%,防止泥层遇水膨胀和泥皮过厚。

配方:山东潍坊优质钠基膨润土 3% ~ 5% + 高粘度羧甲基纤维素钠 0.5% + GSP 广谱护壁剂 1.5% + KHm2.5%。

冲洗液性能:密度 1.03 ~ 1.04 g/cm<sup>3</sup>, 胶体率 98% 以上,漏斗粘度 28 ~ 30 s,失水量 3 ~ 5 mL/30 min,泥皮厚度 < 0.5 mm。

#### 4.4.2 冲洗液性能维护

(1)对需用材料进行鉴定,以防止购买到假冒和伪劣产品,利用现场的简易工具对所用材料进行检测,以免影响冲洗液性能。

(2)必须进行充分水化和浸泡。粘土、植物胶、

化学处理剂原理不尽相同,根据不同要求采取不同的溶解方式。比如膨润土、植物胶、钠羧基纤维素等浸泡时间至少 8 h 以上,有机高分子处理剂必须浸泡 12 h 以上,否则不能充分水化溶解,达不到护壁等应有的效果。

(3)注重添加顺序。为避免因添加剂之间阻溶和互相交联等不良现象,必须按先无机后有机,分子量由小到大顺序添加。一般顺序是纯碱→膨润土→纤维素→广谱护壁剂→植物胶。

(4)充分搅拌。各种添加剂的交联作用必须具备充分的接触条件,膨润土要充分搅拌,至少 30 min 以上,其他经过浸泡的添加剂加入后至少搅拌 10 ~ 15 min,使其充分溶解、混合。

(5)冲洗液在使用过程中要对其积极维护。使用泥浆的现场应备有粘度计、密度计、含砂量计、失水量仪以及 pH 值试纸等。正常情况下每班至少测定一次冲洗液性能,并将测得数据填入班报表。现场泥浆管理员应定时清理循环系统,注意根据冲洗液使用情况和孔内情况及时调整泥浆性能;不准向冲洗液中任意添加清水,杜绝雨水流进循环槽中。

(6)根据现场情况泥浆池要尽可能大,且有备用泥浆池,循环槽按要求挖砌并尽量曲折,以使岩粉充分沉淀,防止因岩粉重复循环造成孔内岩粉过多而导致埋钻和断钻杆事故的发生。

(7)冲洗液不符合要求时及时更换,为避免冲洗液浪费,现场要有过滤筛,把不符合要求的冲洗液过滤,再加入适当的添加剂,符合要求时重新使用。

## 5 钻孔实际施工情况及处理措施

### 5.1 ZK10708 钻孔施工情况

#### 5.1.1 开钻前准备

该钻孔设计孔深 1900 m,钻孔位于农耕地内,为保证施工场地平整、坚固、稳定、适用,对施工场地进行了水泥硬化,并对塔脚地基进行了加固。2 个泥浆池容量约 40 m<sup>3</sup>,尺寸为 5 m × 4 m × 1.5 m;一个沉淀池,尺寸为 2 m × 2 m × 1.5 m;循环槽长度约 20 m,槽宽高为 30 mm × 30 mm。套管、钻杆、钻具齐备,膨润土及添加剂用塑料纸盖好备用,安全设施齐全,于 2012 年 3 月 8 日开钻。

#### 5.1.2 钻进过程及遇到钻探问题处理措施

覆盖层钻进至 89 m 遇完整基岩,下入 Ø127 mm 套管 94 m。后换用 Ø108 mm 普通双管钻具继续钻进,钻进过程中遇安山岩、安山质火山角砾岩漏失、并伴有掉块现象,掉块严重时用水泥封孔,本孔共封

孔4次。钻进到700 m时见碳酸盐岩溶蚀层,无涌水现象,但冲洗液漏失严重,水泥封孔3次,效果均不理想,在冲洗液中加入锯末、布片、棉絮等惰性堵漏材料,前期效果明显,随后效果差;加大锯末、麻布片、棉絮用量,反复多次压入,终于取得了较好的堵漏效果,钻至930 m穿越漏失层,达到完整的片麻岩层,下入 $\varnothing 108$  mm套管935 m。

根据钻孔实际情况,为加快施工进度,决定直接采用 $\varnothing 71$  mm绳索取心钻杆、 $\varnothing 77$  mm金刚石钻头施工,于2012年8月17日终孔,终孔深度2060.06 m,圆满完成了施工任务。

## 5.2 ZK23112 钻孔施工情况

### 5.2.1 开钻前准备

该钻孔设计孔深1550 m,该钻孔位于村庄附近,场地相对较稳固,只对钻塔四角灌入混凝土加固,由于场地狭小,泥浆池只有 $20\text{ m}^3$ 左右,循环槽约12 m,沉淀池 $1.5\text{ m} \times 1.5\text{ m} \times 2\text{ m}$ ,其他与ZK10708基本相同,于2012年9月3日开钻。

### 5.2.2 钻进过程及遇到的钻探问题处理措施

该孔覆盖层113 m,115 m见完整基岩,下入 $\varnothing 127$  mm套管115.5 m。换用 $\varnothing 108$  mm钻具后钻进到121 m处,岩层开始破碎,取心困难,配置植物胶优质冲洗液后岩心采取率明显提高,达到地质要求,掉块严重和钻孔漏失时用水泥封孔,继续钻进到360 m时发现冲洗液性能明显改变,钻孔开始涌水,立即调整冲洗液,增大冲洗液粘度,添加重晶石粉和粉细砂,加大冲洗液密度,压制地下水涌上。

由于涌水层位埋藏较深,钻孔环状空间内水头压力较大,对涌水压力有一定的平衡作用,为此在原浆中(钠基膨润土8%~10%+羧甲基纤维素钠0.5%+GSP护壁剂0.3%+植物胶2.5%)加入少量的重晶石粉就可以抑制地层涌水。钻至孔深592 m,穿过第二层涌水地层后下入第二层 $\varnothing 108$  mm套管。用 $\varnothing 89$  mm绳索取心钻杆、 $\varnothing 94$  mm金刚石钻头施工,钻进到780 m时遇到蚀变破碎带,钻孔缩径严重,岩粉明显增多,且钻杆内有结垢现象,及时减少膨润土量,加大GSP护壁剂和KHm用量,使冲洗液的失水量明显降低,有效阻止了钻孔缩径。用同样方法又穿过820~835和891~910 m处的缩径地

层,钻进到1055 m处进入片麻岩层,下入 $\varnothing 89$  mm套管,换用 $\varnothing 71$  mm绳索取心钻杆、 $\varnothing 77$  mm金刚石钻头继续钻进,于2012年12月18日终孔,终孔深度1674.20 m。

由于钻孔结构设计合理、预防措施得力,钻进过程中严格按照钻进技术参数操作,圆满完成了施工任务。

## 6 结语

通过在舞阳地区深部铁矿勘查区施工的ZK10708、ZK23112两个超过1600 m的中深钻孔实践,在深孔施工中取得如下体会:

(1)首先应认真研究矿区地层、构造、岩浆岩等与钻探施工有关的地质资料,根据设计的孔深和质量要求,充分做好钻孔施工设计和技术装备与配套工作;

(2)中深孔施工安装钻机时,塔基应进行加固,钻机坐稳坐牢,避免底盘不稳导致孔斜和钻塔倾覆事故;

(3)下套管前,应充分研究勘查区地质构造、岩层蚀变程度、破碎带厚度等,在进入完整岩层一定深度后方可下入技术套管;对于漏失程度低、涌水量小、坍塌掉块不严重,尚能正常钻进时,尽量不下套管,为下部复杂地层钻进留有余地;

(4)钻进过程中,根据岩层蚀变、破碎、溶蚀情况和孔壁稳定程度,及时调整冲洗液性能,以满足钻进要求,保持孔壁稳定。

## 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] 宋端正.甘肃西和大桥金矿区复杂地层钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(3):34-36.
- [3] 刘维平,胡元彪.牡丹江金厂矿区钻井液选用与堵漏技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(6):13-15.
- [4] 黄建宁,刘文革.渭北煤田澄合矿区复杂地层钻孔施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(6):22-25.
- [5] 黄平.河坝井田复杂地层钻探施工技术难点及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2010,37(5):27-30.
- [6] 屠厚泽.钻探工程学[M].湖北武汉:中国地质大学出版社,1988.