

陈台沟铁矿复杂地层深孔钻探施工技术

刘锡金

(辽宁省冶金地质勘查局402队,辽宁鞍山114002)

摘要:简述了陈台沟铁矿区地层的岩性及结构构造情况,总结了该矿区钻探施工所遇到的坍塌、掉块、漏水、涌水、缩径等不良地质现象所带来的施工问题,厚大千枚岩强烈造斜地层造成钻孔弯曲问题,深层钻进遇“打滑”地层等3大难题,提出了解决此3大问题的措施方法,取得了良好的效果。

关键词:复杂地层;深孔钻探;陈台沟铁矿

中图分类号:P634 文献标识码:B 文章编号:1672-7428(2014)10-0041-04

Construction Technology for Deep Hole Drilling in Complex Formation of Chentaigou Iron Mine/LIU Xi-jin (The 402 Team, Metallurgical Bureau of Geology & Exploration, Liaoning Province, Anshan Liaoning 114002, China)

Abstract: The paper briefly introduces the lithology and structure construction in Chentaigou iron mine, induces 3 aspects of difficultis of collapse, block falling, water leakage, water inflow and diameter shrinkage affected by bad geological conditions; hole bending caused by strongly deflecting formation of thick phyllite and slipping formation encountered in deep drilling. The measures and methods are put forward to these 3 problems with good effects.

Key words: complex formation; deep hole drilling; Chentaigou iron mine

1 概述

1.1 矿区概况

陈台沟铁矿位于鞍山市北东11 km,行政区划隶属于鞍山市千山区千山镇陈台沟村管辖。矿区距鞍千公路1 km,其间有乡村公路相通,环市铁路从矿区西侧1 km处通过,交通方便。矿区地貌属丘陵山地地形,总地势东高西低。最高山峰位于肖家北沟东侧,海拔标高为309.7 m,最低侵蚀基准面标高为33.8 m,相对比高275.9 m,一般比高50~150 m。山坡角 5° ~ 25° 不等。植被发育一般。区内水系较发育,于矿区东部有一条小河,为沙河上游支流,常年流水,流向由南至北。河床宽1~5 m不等,水深0.3~1 m,枯水期水量较小,丰水期水量较大,呈现季节性变化,补给来源主要为大气降水和选厂排水;于矿区西侧1 km处左右存在沙河上游支流,流向由南至北,在魏家屯北侧与上述小河汇合,流量很小,季节性变化明显。

矿区分普查和详查2个阶段,共计完成钻孔27个,累计完成钻探工程量34322.06 m。其中:0~1000 m钻孔3个,1000~1500 m钻孔19个,1500~2000 m钻孔5个。通过本次工作,基本查明了区内Fe1矿体的赋存状态和矿石质量情况,全矿床累计探求(332)+(333)类磁铁贫矿122846万t,新增磁

铁贫矿资源量8171万t。为鞍山五矿陈台沟矿业有限公司下一步开发利用提供地质依据。

1.2 矿区地层和地质构造

陈台沟铁矿床位于胡家庙子铁矿床南西侧0.5~1 km,二者矿体近乎平行,只是本矿床为隐伏矿床,矿区为单斜地层。矿区内的地层主要为太古界鞍山群樱桃园岩组变质岩(Arany)、下元古界辽河群浪子山组变质岩(Pt_1h_1)及新生界第四系(Q)。鞍山群地层与辽河群地层为不整合接触。

太古界鞍山群樱桃园岩组(Arany)为区内含矿地层,位于下元古界辽河群浪子山组(Pt_1h_1)地层之下,该组地层走向为 310° ~ 340° ,倾向北东,倾角一般在 68° ~ 78° ;主要岩性为绿泥石英片岩(分布在矿体的上、下盘)、磁铁石英岩等。绿泥石英片岩为鳞片粒状变晶结构,片状构造,矿物成分:石英50%左右,绿泥石30%左右,含少量白云母、碳质、磁铁矿。磁铁石英岩为粒状变晶结构,条纹状构造,矿物成分:石英45%,磁铁矿40%左右,含少量透闪石和绿泥石。

樱桃园岩组(Arany)地层之上,其上部被新生界第四系(Q)覆盖,地表主要分布在矿区西侧。总体产状走向 340° ,倾向南西,局部倾向北东,倾角较缓,一般 $>45^{\circ}$,局部较陡可达 60° 以上。主要岩性

收稿日期:2014-02-24;修回日期:2014-07-01

作者简介:刘锡金(1966-),男(汉族),辽宁鞍山人,辽宁省冶金地质勘查局402队副队长、高级工程师,钻探工程专业,从事地质勘探技术工作,辽宁省鞍山市铁东区五一路60号,liuxijin1@sina.com。

为含碳质绢云石英千枚岩等。其碳质绢云石英千枚岩地层厚度达600~800 m。

工作区属于区域构造的一部分,同样经历了三期构造的叠加,由于强烈平行化的结果,形成了目前单斜地层的构造格局。断裂构造按展布方向又可分为北西向断裂及近东西向断裂二组。北西向断裂(F1):位于矿体西侧、花岗岩体与辽河群浪子山组地层接触带上,断层走向与矿体走向一致,倾向南西,倾角 $60^{\circ} \sim 80^{\circ}$,延长 >3 km。

2 前期钻探施工难题

本矿区钻探施工分成2个时间段,第一时间段从2008年3月开始至2010年年底结束,完成钻孔17个,完成钻探工程量20092.32 m。第二时间段从2011年6月开始至2012年12月底结束,完成钻孔10个,完成钻探工程量14229.74 m。前期钻探施工过程中,在遇到非常复杂的地质地层情况下,由于缺乏本地区施工经验,从而给施工带来严重的困难,钻探工作曾经中断近2个月,多个施工单位先后撤离矿区,最后只剩下2家施工单位。

(1) 矿区构造极其发育。每个钻孔都遇到多处构造,最多一个钻孔遇到5处构造,构造带岩石破碎厚度最大140 m。部分钻孔揭露的构造分布深度和对岩石质量影响情况分别见表1、表2。

表1 钻孔揭露构造发育深度一览表

钻孔编号	构造破碎发育深度/m	钻孔编号	构造破碎发育深度/m
CK1	355~379	ZK10	526~664
SK1	697~733	ZK15	1076~1113, 1245~1330
ZK5	468~490	ZK25	895~905
ZK6	800~886, 949~979		

从岩石种类上可以看出,由于构造造成的不良地质现象基本出现在碳质绢云千枚岩和绿泥石英片岩2种岩石上。通过钻孔岩心对2种岩石描述如下。

碳质绢云石英千枚岩(Cph):鳞片粒状变晶结

构,千枚状构造。矿物成分:石英45%左右,绢云母40%左右,含少量碳质、绿泥石、磁铁矿。在强烈构造作用下岩石呈碎块和泥状。

表2 钻孔揭露岩石质量极劣~劣深度统计表 /m

剖面编号	钻孔编号	浅部	深部	深部岩性
4300	ZK1	22.50	355.06~379.71	碳质绢云千枚岩
4900	SK1	306.33	697.20~732.80	绿泥石英片岩
6100	ZK10	278.40	525.70~663.56	碳质绢云石英千枚岩
6500	ZK15	/	1075.64~1112.74 1244.84~1329.84	绿泥石英片岩 绿泥片岩
4100	ZK25	68.20	895.00~904.57	碳质绢云千枚岩
5700	ZK5	223.62	468.25~489.80	碳质绢云千枚岩
4900	ZK6	49.06	799.90~886.20 949.10~978.56	绿泥石英岩 石英片岩

绿泥石英片岩:鳞片粒状变晶结构,片状构造。矿物成分:石英50%左右,绿泥石30%左右,含少量白云母、碳质、磁铁矿。在强烈构造作用下岩石呈碎块和泥状。

构造带钻探施工出现了坍塌、掉块、漏水、涌水、缩径等不良地质现象,造成卡钻、夹钻、埋钻、钻杆折断等众多井内事故,施工进度缓慢,施工成本急剧增加。

(2) 矿区厚大千枚岩地层走向为 $310^{\circ} \sim 340^{\circ}$,倾向北东,倾角一般在 $68^{\circ} \sim 78^{\circ}$ 。钻孔设计倾角 $78^{\circ} \sim 80^{\circ}$,方位角 343.39° 。在厚大千枚岩层钻探施工,尤其是当地层倾向和倾角与钻机钻进方向相近时,造成钻孔偏离勘探线距离较大,此问题严重困扰本次勘查工程质量及工作进度。

《地质岩心钻探规范》(DZ/T 0227-2010)、《铁、锰、铬矿地质勘查规范》(DZ/T 0200-2002)和地质技术要求中规定顶角偏差 $<2^{\circ}/100$ m,方位偏差小于勘探线间距的 $1/4$ 。矿区普查剖面线间距为400 m,从表3中可以看出,实际钻孔偏差已经远远大于规范和地质技术要求,有的钻孔在没有见矿之前由于钻孔顶角方位偏差太大而导致钻探无法施工。

表3 前期部分钻孔顶角及方位偏差一览表

钻孔编号	孔深/m	方位角/ $(^{\circ})$	开孔倾角/ $(^{\circ})$	出矿点偏线距/m	最大顶角弯曲/ $[(^{\circ}) \cdot (50 \text{ m})^{-1}]$	备注
ZK20	1534.36	243.39	79.5	Fe1: -294.21, Fe2: -352.68	5	
ZK25	1514.63	243.39	79	Fe1: -162.30, Fe2: -198.71	5.2	
ZK14	1777.10	243.39	79.8	Fe1: 189.06, Fe2: 212.62, Fe3: 251.01, Fe5: 98.91	5.3	
ZK19	1278.20	243.39	77	Fe1: -119.23, Fe2: -148.56, Fe3: -179.41	6.4	
ZK23	1349.90	243.39	78	Fe1: -26.95, Fe2: -34.85, Fe3: -50.63	4.6	
ZK13	1333.25	243.39	81	Fe1: -293.12	6.5	
ZK27	1078.72	248.39	80	Fe1: -120.37	4.5	
SK1	1200	5.81	83.5	-9.11	6.7	水文孔

(3) 钻孔深, 岩层可钻性等级高。1500 m 左右及以深钻孔存在一层赤铁矿, 厚度在 100 ~ 130 m 之间, 埋藏深度在 1300 ~ 1600 m 之间, 岩石可钻性等级达到 12 级, 每班 8 h 进尺一般不超过 2 m, 是国内公认的最难钻进的坚硬致密“打滑”地层之一。由于需要经常上下钻处理钻头上金刚石的出露问题, 一方面带来孔壁不稳定, 另一方面造成效率低下、成本大幅度上升。

对前期 7 个钻孔 6752.97 m 钻探工作量统计, 报废工程量 785 m, 累计扩孔深度 672 m, 平均台月效率 204 m, 钻探平均成本大幅度上升。

3 针对施工难题采取的技术措施

3.1 针对钻孔漏失、坍塌掉块、缩径采取的措施

(1) 采取合理的钻孔结构, 1000 m 以浅的构造破碎带全部使用套管隔离, 套管隔离之后, 钻孔的漏失、坍塌掉块、缩径问题可得到根本解决。总体钻孔结构设计满足表 4 要求。由于不同的钻孔所在的构造破碎带位置不同, 按钻孔实际构造破碎带深度进行逐级换径, 可隔离三段较大的破碎带, 基本上可满足施工要求。

表 4 钻孔结构设计

序号	孔径/mm	设计深度/m	套管规格/mm
1	150	0 ~ 50	146
2	130	51 ~ 200	127
3	110	201 ~ 350	108
4	96	351 ~ 1000	89
5	76	1001 ~ 终孔	
6	60	备用口径	

开孔采用 $\varnothing 150$ mm 复合片取心钻头钻进; $\varnothing 130$ 、110 mm 口径采用金刚石双管取心钻进; $\varnothing 96$ 、76 mm 口径采用金刚石绳索取心钻进。实际钻进过程中因地层的复杂性, 不允许跳级换径钻进。

(2) 在每一层套管下入之前的钻进过程中, 有针对性使用多功能冲洗液进行护壁堵漏, 防坍塌掉块, 防缩径。不同的地层所使用的冲洗液如下。

完整地层钻进: 水 + 低荧光特效降失水剂 + 润滑剂;

坍塌掉块、漏失地层: 水 + 低荧光特效降失水剂 + 801 堵漏剂 + 聚丙烯酰胺 + CMC + 润滑剂;

坍塌掉块、漏失、缩径地层: 水 + 低荧光特效降失水剂 + 801 堵漏剂 + 聚丙烯酰胺 + CMC + 重晶石粉 + 润滑剂;

1000 m 以浅钻孔润滑使用高效润滑剂, 1000 m

以深由于地层温度升高的影响, 高效润滑剂部分失效, 降低润滑效果, 换用高效切削油润滑。

3.2 针对钻孔弯曲采取的措施

降低钻孔弯曲率需采取防治相结合的方法进行施工, 预防为主, 治理为辅。

3.2.1 综合预防措施

(1) 在钻进参数上进行调整, 采取低压快转, 控制钻进速度, 钻进参数见表 5。

表 5 钻进参数

钻头规格 /mm	钻进压力 /kN	转速 /($r \cdot \min^{-1}$)	泵量 /($L \cdot \min^{-1}$)
150	16 ~ 20	150 ~ 300	100 ~ 130
130	14 ~ 18	200 ~ 400	90 ~ 110
110	12 ~ 16	200 ~ 400	80 ~ 100
96	12 ~ 14	300 ~ 700	60 ~ 90
76	10 ~ 12	300 ~ 700	40 ~ 70

在表 5 的钻进参数选择上, 钻进压力和泵量取低值, 转数取高值, 钻进速度 ≥ 2 m/h, 这样有利于钻杆柱在孔内回转时稳定, 从而起到降低钻孔弯曲的效果。

(2) 增加钻具长度, 用长钻具在孔内的导向作用来降低钻孔弯曲率。钻具的长度增加至 15 ~ 20 m, 单根钻具用扩孔器连接, 除连接钻头的扩孔器外, 至少使用 2 ~ 3 个扩孔器连接钻具。

(3) 用测斜仪随时进行监测。尤其是已经出现较大弯曲的趋势时每钻进 10 ~ 20 m 测斜一次, 做到心中有数, 为下一步采取措施提供准确数据。

3.2.2 综合治理措施

(1) 水泥灌孔, 重新钻进。在预防措施不理想的条件下, 将超差弯曲的孔段用高标号水泥进行灌注, 水泥面需高出超差弯曲段 20 m, 待水泥完全凝固后达到能够取得完整岩心时, 用超长钻具进行重新钻进。利用水泥柱的强度和岩石强度不一致的特点钻出符合要求的新孔。水泥使用 800 号高强度普通硅酸盐水泥, 采用泵送灌注方法, 水灰比 0.5。灌注之前, 在地表一定要做好实验, 模拟井下环境, 严格测定好水泥的初凝时间, 现场测定水泥初凝时间 78 min。透孔前水泥凝固时间 ≤ 72 h。

(2) 使用连续纠斜器进行纠偏。在其他预防治理措施无效的情况下, 使用连续纠斜器进行纠偏。使用连续纠斜器纠偏必须设在完整地层地段, 每次纠斜段长度为 10 m, 每次纠斜顶角 $\geq 1^\circ$, 方位角 $\geq 10^\circ$, 纠斜段过后需要至少有 10 m 的自然钻进段, 使钻孔曲线自然平滑, 否则纠斜后钻进时会在此段出现钻杆折断事故, 给后续施工埋下隐患。

在本矿区尽管连续纠斜器有纠斜效果,但是仍不作为优选的孔斜治理手段,其原因是:强烈的造斜地层每50 m即可造成钻孔顶角上漂 $4^{\circ} \sim 6^{\circ}$,而每一次10 m纠斜只能控制在 1° 范围内,其纠斜效果不明显,显然纠的没有跑的快,实际上只起到减缓偏斜的作用。

3.3 针对“打滑”地层采取的措施

(1)调整钻进参数:在表5的钻进参数中,钻压和转数取最高值,泵量取最小值。经过高压对岩石的压碎压裂作用,增加转数提高对同一点的磨削次数,降低泵量增加孔底岩粉留存量和留存时间研磨钻头胎体使金刚石出刃,钻进效率有所提高。

(2)增加孕镶金刚石钻头工作层厚度和使自锐出刃的物理方法:本矿区的赤铁矿埋藏深度1300~1600 m、厚度100~130 m,要求钻头尽可能地提高寿命和提高工作效率,实现少提钻多进尺,尽快突破“打滑”地层。因此,将钻头的工作层厚度由原来的7 mm提高到10 mm,钻进过程中出现地层打滑现象时,由钻杆内向井内投粉碎后粒径为0.5~1 mm的坚硬石英砂粉。投入量控制在填入孔底0.3~0.5 m高度,使石英砂研磨钻头胎体,促使金刚石出刃。采用低挡转数、小泵量、高钻压进行研磨,间隔2~3 min将钻具上下往复串动3~5次。另外,由于以井内投砂研磨为主,钻头胎体硬度就不能选择低硬度胎体,使用胎体硬度HRC35~40金刚石钻头更适合投砂研磨这种方式。

4 结语

(1)全矿区27个钻孔,采用合理的钻孔结构,

套管完全隔离破碎带,多功能冲洗液护壁堵漏、防缩径的方法,从根本上解决了断裂构造带的钻进难题。

(2)厚大千枚岩强烈造斜地层在采取综合防治措施后,在13个钻孔应用,每50 m顶角上漂基本控制在 $1^{\circ} \sim 2.5^{\circ}$ 之内。有些钻孔控制效果不是很理想,我们也曾向国内多位知名的专家进行咨询和请他们现场指导,但是受施工时间和施工成本的限制,也没有更好的办法从根本上加以解决。

(3)遇到“打滑”地层的钻孔共有7个,8 h班进尺由原来的平均2.0 m提高到6.5 m,单个钻头的提钻周期由原来9.8 m提高到25.3 m。要想彻底攻克“打滑”地层钻进难点,尤其是在深部钻进中,还需要进一步的研究和总结。

(4)通过对复杂地层采取综合治理的方法,单机平均台月效率由原来的204 m提高到369.25 m,对整个项目顺利完成起到至关重要的作用。

参考文献:

- [1] DZ/T 0227-2010,地质岩心钻探规程[S].
- [2] 代万庆,卢守卿,李长美,等.桐柏老湾金矿上上河矿区金刚石钻进“打滑”地层所遇问题及对策[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):32-35.
- [3] 郑思光.迁安红山铁矿破碎复杂地层钻探施工技[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(8):15-18,22.
- [4] 郑思光,赵志杰,王克佳,等.司家营(南)区大贾庄铁矿复杂地层深孔钻探技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2011,38(7):36-39,46.
- [5] 孙宗席.甘肃文县阳山矿区复杂地层用冲洗液研究[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2012,39(12):32-35.

青海油田英西深层勘探获重大突破

《中国矿业报》消息(2014-10-13) 位于青海油田英西地区狮子沟构造的狮42井日前在裸眼段中途测试时,喜获高产工业油气流,自喷折算日产原油173.62 m³、天然气2.442万 m³。这口井的高产标志着英西地区深层勘探获重大突破,证实了这一地区的勘探潜力,为下步勘探开发指明了方向。

今年年初,青海油田公司加大了对英西深层目标精细评价的攻关力度,立足叠前深度资料和老井分析,重点加强断裂展布、有利储层及油藏控制因素研究,先后论证部署了狮40井、狮41井和狮42井3口探井。目前,狮40井和狮42

井相继获得突破。狮40井钻至井深4045 m时,井口出现溢流现象,在4045~4181 m井段槽面见到油花,显示段压力高,油气层厚,为深层高产富集区。狮42井钻至设计井深4000 m时,技术人员通过与邻井对比,结合地震资料分析,认为4000 m以下的地震响应特征与狮40井油气显示段相似,钻至井深4079 m时,终获高产工业油气流。

据悉,目前,青海油田正在总结分析这一地区深层油藏主控因素,研究解决制约深层勘探的主要地质问题,为今后目标评价、扩大深层油藏规模、寻找高产富集区总结经验。