

河北省乐亭县滦河古河道深覆盖层钻探施工工艺

任晓顺, 太武, 刘建福, 王建兴, 高婷婷, 李培林, 刘莎莎, 孙秀梅
(河北省地矿局探矿技术研究院, 河北 三河 065201)

摘要:河北省乐亭县鲁家坨铁矿区第四系、第三系覆盖层厚,基岩地层破碎,钻探施工过程中坍塌卡钻、缩径、漏涌结合等事故多。选用新型土层专用取心钻具配合常规钻头及特殊金刚石钻头钻进覆盖层,采用加大孔径、优质化学浆液护壁及护孔堵漏相结合措施用绳索取心工艺钻进基岩层,同时强化了泥浆性能调节和维护,加强钻压、转速、大泵量的监护调节等管理措施,顺利完成了施工任务。原设计孔深1300 m,实际终孔深度1408 m,钻孔弯曲度 2.9° ,岩心采取率覆盖层平均高达80%,岩层100%,矿层100%,成孔周期75天,圆满完成了设计任务书要求,评为优质孔。

关键词:深覆盖层;粉砂;卵砾石;泥岩;钻头;冲洗液

中图分类号:P634 **文献标识码:**B **文章编号:**1672-7428(2015)01-0022-05

Drilling Construction Technology Used in Deep Overburden Layer of Luanhe Ancient Channel in Hebei/REN Xiaoshun, TAI Wu, LIU Jian-fu, WANG Jian-xing, GAO Ting-ting, LI Pei-lin, LIU Sha-sha, SUN Xiu-mei (The Institute of Exploration Technology, Hebei Provincial Bureau of Ge-exploration and Mineral Development, Sanhe Hebei 065201, China)

Abstract: The construction situation of Lujiatuo iron ore mine area is deep overburden layers in Quaternary and Tertiary systems, broken bedrock strata and accidents caused by collapse, sticking, diameter shrinkage and water leakage. The new special soil coring tool was selected for overburden layer drilling combined with conventional bit and special diamond bit; and wire-line core drilling technology was used for bedrock drilling with combination of enlarged borehole diameter, wall protection with high quality chemical grout and thief zone plugging. At the same time, mud performance adjustment and maintenance were strengthened, monitoring and adjusting of drilling pressure, drilling speed and pump amount were enhanced. The original designed hole depth was 1300m and the actual depth is 1408m with borehole curvature of 2.9° , the average coring rate is up to 80% in overburden layer, 100% in both rock formation and ore bed, the hole completion cycle is 75 days. The requirements of the design program are met and the borehole is evaluated as high-quality one.

Key words: deep overburden layer; silt; cobble and gravel; mudstone; bit; flushing fluid

1 施工目的及要求

该孔为河北省乐亭县境内鲁家坨矿区 ZK23-3 钻孔,目的是查明地表矿(化)体的产状、形态、厚度及品位等地质特征向深部变化情况,进一步了解探矿地质条件及成矿远景,并为含量计算提供依据。施工钻孔位于滦河改道前老河床上,施工场地地形条件较好,易于搬迁,但是覆盖层较深,平均 900 m 左右,稳定性差,施工难度较大。

1.1 地层概况

该矿区原是滦河改道前的古河床,覆盖层较深,700 m 以浅为第四系地层,700~900 m 为第三系地层,900 m 以深为基岩层。地下水丰富,地层易坍塌、掉块,不稳定。具体地层情况见表 1。

表 1 地层岩性分层情况

深度/m	岩性	备注
0~30	粉砂层	
30~120	卵砾石层夹杂砂砾石层	该层段易发生坍塌卡钻等事故
120~570	泥包卵石层(见图 1)	
570~600	大卵石层(见图 2)	最大卵石直径可超过 20 cm
600~700	泥包卵地层	
700~900	第三系泥岩、紫砂岩、玄武岩(见图 3)	
900 以深	基岩(见图 4)	地层岩石主要有角闪岩和黑云变粒岩、夹绢云石英片岩、绿泥石英片岩、角闪变粒岩、薄层斜长角闪岩及磁铁石英岩。950 m 以深破碎、漏水
980 左右	约 2 m 厚的高岭土化泥岩	遇水膨胀

1.2 施工质量要求

收稿日期:2014-03-18; 修回日期:2014-11-27

作者简介:任晓顺,男,满族,1984年生,工程队副队长,助理工程师,从事野外工程施工与管理工,河北省三河市燕郊开发区京哈路北侧燕灵路口西维纳斯酒店院里,renxiaoshun@163.com。



图1 泥包卵地层



图2 钻出卵砾石地层大漂石岩心

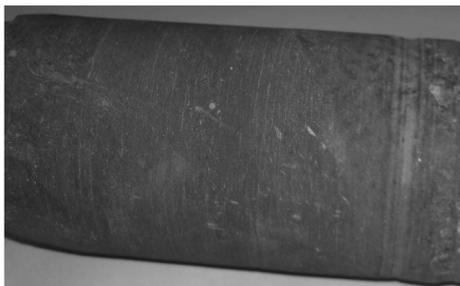


图3 第三系紫砂岩

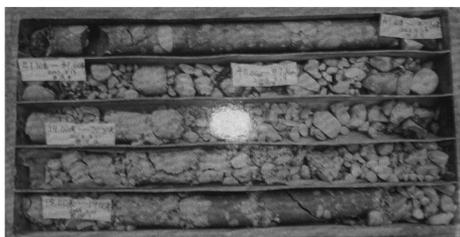


图4 基岩破碎带岩心

- (1) 设计孔深 1300 m, 直孔, 终孔直径 ≤ 75 mm;
- (2) 钻孔弯曲度每百米 $\geq 2^\circ$;
- (3) 初步要求全孔取心, 取心率覆盖层 $\geq 60\%$, 基岩 $\geq 75\%$, 矿层 $\geq 85\%$ 。

2 设备与工艺方法的选择

2.1 设备

根据钻孔设计要求及地层情况, 选用了黄海机械厂生产的 HXY-6B 型钻机, 配 23 m 四角钻塔, BW-320 型泥浆泵。考虑到砂、卵石地层容易影响泥浆质量, 为保证泥浆质量, 降低含砂量, 配备了振动筛净化泥浆。

2.2 工艺方法

为满足甲方要求(全孔取心), 针对覆盖层既厚又松散易坍塌和基岩地层既易缩径又破碎且漏涌结合等难题, 本施工钻孔采取全孔正循环回转钻进方法, 覆盖层选用可靠的普通单管钻具及新型土层专用取心钻具配合常规钻头及特殊金刚石钻头进行单管钻进, 避免双管钻进易糊钻和堵塞问题; 基岩钻进采用加大孔径至 77.8 mm、优质化学浆液护壁及护孔堵漏相结合等措施进行金刚石绳索取心钻进, 同时全孔强化泥浆性能调节和维护, 根据所采岩心分析地层岩性, 随时调配好相适应的泥浆, 控制好泥浆质量, 确保钻孔孔壁完整, 并加强钻压、转速、大泵量的调节控制等管理措施, 提高操作水平, 保证岩心采取率和预防事故发生。

3 孔身结构

根据地层特点及以往钻探工作经验, 经研究决定覆盖层采用四级口径施工, 下入三级套管护壁, 即 $\text{O}150$ mm 口径开孔, 跟管钻进至一定深度后, 分别采用 $\text{O}114.94$ mm 钻头钻进, 分别下入 $\text{O}108.89$ mm 两级套管护住上部覆盖层, 进入基岩后, 改用 $\text{O}77$ mm 绳索取心钻进方法进行施工至终孔, 实际终孔直径 77.8 mm。ZK23-3 钻孔孔身结构见图 5。

4 施工工艺

全孔采用泥浆护壁, 根据地层变化情况, 随时调整泥浆性能。

4.1 一开施工

开孔上部土层、粉砂层采用 $\text{O}150$ mm 硬质合金

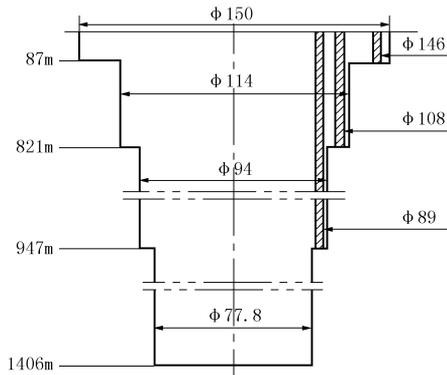


图5 ZK23-3 钻孔孔身结构

钻头、普通单管钻具取心钻进,稠泥浆护壁;砂、卵砾石层胶结性较差,采用 $\Phi 150$ mm 金刚石跟管钻头进行跟管钻进,为保证取心率,采用轻压慢转的钻进参数(102 r/min、孔底钻压 ≤ 15 kN)。

4.2 二开施工

钻至孔深 87 m 后,改用 $\Phi 114$ mm 金刚石钻头进行钻进,钻至 120 m 后,出现泥包卵地层,标准的金刚石钻头产生糊钻、憋泵等现象,影响钻进效率,改为 $\Phi 114$ mm 合金钻头进行钻进;为提高钻进效率,我院及时加工了大水口锯齿型金刚石钻头(见图 6)与合金钻头交替使用,大大提高了钻进效率,延长了钻头寿命;钻进至 570 m 时,卵石增大,最大直径超过 200 mm,改用专门钻进卵砾石层的 $\Phi 114$ mm 特备金刚石钻头(加大胎块,提高抗冲击韧性),钻进至 600 m 后穿过大卵石层(见图 4),重新进入泥包卵石地层,至 700 m 变为第三系地层,采用 $\Phi 114$ mm 锯齿型金刚石钻头钻进至 821 m,见地层较完整,下入 $\Phi 108$ mm 套管。



图6 防糊梯齿金刚石钻头

4.3 三开施工

下入 $\Phi 108$ mm 套管后,考虑到单管取心钻进取心时辅助时间较长,上部地层有 $\Phi 108$ mm 套管护

壁,且已接近设计基岩地层,决定采用 $\Phi 75$ mm 绳索取心钻进(钻头外径 77 mm)。调整泥浆粘度,减少固相含量,使冲洗液性能既能适应绳索取心钻进要求,又能满足护壁要求。钻至 947 m 取心时见完整基岩岩心,确定已进入基岩,立即停钻,采用 $\Phi 94$ mm 钻头扩孔至 947 m,下入 $\Phi 89$ mm 套管。

4.4 终孔孔径绳索取心钻进施工

绳索取心钻进第三系玄武岩段时,有微掉块及漏水现象,扩孔时重新调整泥浆粘度,增加固相含量,下 $\Phi 89$ mm 套管时,为便于终孔后起拔,最底层套管外部 150 m 涂抹上了黄油,孔口处密封好,防止岩粉进入套管间隙,抱死套管。 $\Phi 89$ mm 套管下入后,调整冲洗液,进行 $\Phi 75$ mm 绳索取心钻进。

5 钻进过程中冲洗液的配制与应用

针对本钻孔超厚覆盖层及大部分基岩缩径、破碎、漏涌结合的不稳定性,配制了几种不同性能的冲洗液,并在施工过程中,严格控制泥浆的失水量、粘度、密度、含砂量等,每班都有专人负责监测,达不到要求,立即调整;同时使用振动筛除砂,并增加循环槽长度和沉淀坑数量,保证冲洗液具备低的含砂量。

5.1 覆盖层钻进冲洗液基本配方

冲洗液配制比例:8%~10%白纳土+1‰~2‰磺化沥青+2‰~3‰高粘 CMC+0.5%~1%腐植酸钾。泥浆性能参数:失水量 ≥ 10 mL/30 min;粘度,砂层 30~50 s,卵砾石层 50~70 s,第三系泥岩地层 25~30 s;pH 值 9~12;含砂量 $< 1\%$ 。

5.2 绳索取心钻进用冲洗液材料及配方

配方:0.5‰~1‰磺化沥青+0.5‰~1‰腐植酸钾+0.5‰~1‰护壁剂+0.5‰~2‰聚丙烯酰胺(2300 万分子量)。粘度 25~30 s。

基岩钻进时部分孔段出现漏水、涌水、掉块、井温过高,注水泥难度大等情况时,调整泥浆粘度,调整至 25~35 s。

6 钻进参数的选择

为满足钻孔施工需求,保证钻孔垂直度,第四系地层采用轻压慢转,在保证正常进尺的情况下,孔底钻压 ≥ 1.5 kN,转速为 102 r/min;钻进第三系地层时,孔底压力控制在 1.5 kN 左右,转速提高至 177 r/min;基岩钻进时,为充分发挥绳索取心钻进优越性,在确保安全的情况下,将转速提高到 492 r/min,

钻压控制在 1.5 ~ 3.0 kN。

7 施工难点问题及解决办法

7.1 覆盖层厚度大且地层胶结性差,易坍塌卡钻

覆盖层厚度大,砂层、砂砾石、卵砾石等地层胶结性较差,易坍塌,钻进时加杆困难

针对此类地层,在控制好泥浆性能的前提下,对砂、卵砾石等不稳定地层采取小一级口径钻进取心,大一级口径跟管钻进方法进行施工。即在将 $\varnothing 150$ mm 跟管钻具放入孔内钻进前,先用 $\varnothing 114$ mm 钻具进行取心钻进,钻探超出 $\varnothing 150$ mm 钻具底部 2 m 左右,这样进行跟管钻进,一是减少跟管钻进阻力,二是保证岩心采取率。如此反复交替进行,直到跟管完毕。

7.2 提钻拧卸钻杆时易掉岩心,同时发生喷浆等现象,工作环境污染大,工人劳动强度高

为解决此类问题,采用了新型专用钻具。改用 $\varnothing 114$ mm 口径钻头钻进后,使用了该院研制的“松软土层钻进、取心专用钻具”(专利产品,工作原理示意图见图 7)进行施工。该钻具有卡心取心装置,配有特殊钻杆和岩心管接头,钻进时冲洗液可直接进入岩心管内进行正常钻进,提钻取心时,可改换水路途径,钻杆径内冲洗液从接头处流向岩心管外面,对岩心不产生任何冲压作用,保证了岩心采取率。使用该钻具后第三系地层岩心采取率达到 70% ~ 80%,第四系地层岩心采取率达到 90% 以上,基本杜绝了喷浆现象,取得了很好的效果。

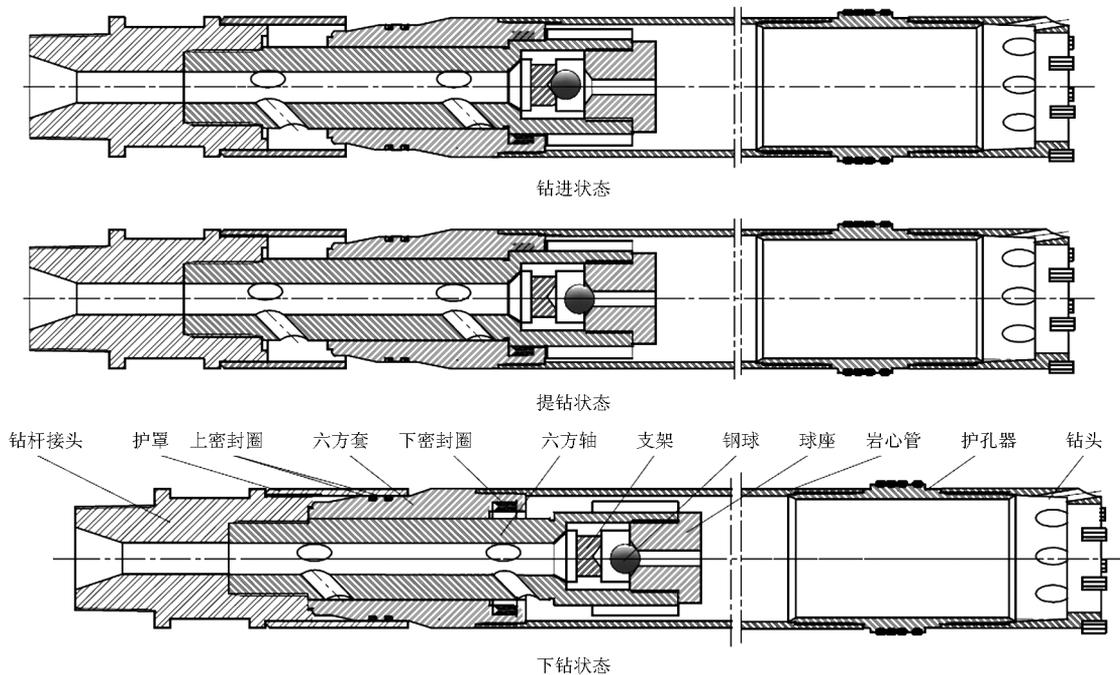


图 7 新型土层钻进取心专用钻具工作原理

7.3 泥包卵石地层糊钻,有轻微缩径

通过改变钻头形状,加大钻头外径来加以解决。施工前即考虑到会有缩径地层,即将钻头外径 $\varnothing 110$ mm 加工成 $\varnothing 114$ mm, $\varnothing 91$ mm 加工成 $\varnothing 94$ mm,保证在钻孔缩径情况下也不影响正常起下钻和下套管。此外严格控制泥浆失水量,使之保证在 10 mL/30 min 以内,以有效防止孔壁岩层过度膨胀引起坍塌。

7.4 第三系地层漏水、掉块

绳索钻进取心完成后,调整泥浆,破碎孔段提高粘度,并加入部分惰性材料。

7.5 基岩破碎,缩径、涌漏水严重

基岩钻进时,也出现了缩径、破碎、漏水,对钻探施工造成了影响,由于孔底温度高达 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$,注水泥有危险。

(1)840 ~ 960 m 孔段,有较大裂隙,破碎,钻进时漏水严重。采用锯末 + 砂子 + CMC 直接注入,堵漏效果明显。停钻时漏水改为涌水,涌水高度自孔口可高达 7 m 左右,针对此现状,钻进时适当加大冲洗液粘度,停钻后提下大钻时,搅拌大密度泥浆注入孔内,注满全孔,泥浆密度调到 $1.14 \sim 1.16\text{ g/cm}^3$,

抑制涌水,重新钻进时,调整冲洗液首先进行冲孔。

(2)980 m左右孔段,夹杂有高岭土化泥岩,遇水膨胀,将基岩用冲洗液配方材料调至配方的最大值,控制失水量,加大钻头外径($\varnothing 75$ mm钻头增至 $\varnothing 77$ mm)。

8 钻进技术效果

施工过程中,通过上述技术手段和方法,超额完成了钻探施工任务(原设计孔深1300 m,实际终孔深度1408 m),钻孔弯曲度 2.9° ,全孔岩心采取率覆盖层平均高达80%,岩层100%,矿层100%,圆满完成了设计任务书要求,被评为优质孔。由于技术工艺恰当,本钻孔综合钻探效率较高,取得了较显著的效果。从开孔至封孔共用75天,而同矿区相邻钻孔钻进较顺利的105~120天不等,施工工艺处理不当的甚至一年都未完工。

9 结语

(1)深覆盖层进行岩心钻探施工,泥浆是关键,通过强化泥浆性能调节和维护、根据所采岩心分析地层岩性,随时调配好相适应的泥浆,控制好泥浆质量,以确保钻孔孔壁完整,通过护孔堵漏相结合等措施来解决较大裂隙破碎、钻进时漏水问题有较好效果;通过适当增加固相含量,加大冲洗液粘度和密度可有效抑制涌水。

(2)针对覆盖层厚度大,砂层、砂砾石、卵砾石等胶结性较差、易坍塌地层,在控制好泥浆性能的前提下,可采取小一级口径钻进取心,大一级口径跟管钻进方法进行施工。

(3)为保证覆盖层钻孔垂直度,在保证正常进尺的情况下,宜采用轻压慢转,第四系地层钻进孔底钻压 ≥ 1.5 kN,转速102 r/min左右;第三系地层孔

底压力1.5 kN左右,转速可提高至177 r/min左右。

(4)使用了我院研制的“松软土层钻进、取心专用钻具”进行施工,在第三系地层岩心采取率达到70%~80%,第四系地层岩心采取率达到90%以上,基本杜绝了喷浆现象。

(5)施工前即考虑到会有缩径地层,即将钻头外径110 mm加工成 $\varnothing 114$ mm, $\varnothing 91$ mm加工成 $\varnothing 94$ mm,保证在钻孔缩径情况下也不影响正常起下钻和下套管。此外严格控制泥浆失水量,使之保证在10 mL/30 min以内,以有效防止孔壁岩层过度膨胀引起坍塌。

(6)施工前对施工条件进行深入细致的研究,制定出比较符合实际的钻进工艺方法,严格遵守钻探多项操作规程及加强机、班长责任心,勤于发现问题是钻探施工成功的关键。

参考文献:

- [1] 于孝民,杨春光,董国明,等.唐山市第一眼蓟县系地热井钻探及成井技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):41-44.
- [2] 刘治,李宁,刘长江.谈钻探项目施工管理[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(2):82-84.
- [3] 王稳石,张恒春,闫家.科学超深井硬岩取心关键技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):9-12.
- [4] 尹峰,张瑜,熊菊秋,等.绳索取心钻杆丝扣结构力学仿真分析[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(1):66-69.
- [5] 钱书伟,张绍和,李锋,等.软弱易冲蚀地层钻探施工技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2013,40(10):29-31.
- [6] 吴文飞,欧汉森.浅析复杂覆盖层钻探工艺技术及应用[J].资源环境与工程,2013,(4):513-514,521.
- [7] 徐永福,汪晓东,冯本强.许昌武庄铁矿深孔绳索取心钻进技术[J].探矿工程(岩土钻掘工程),2014,41(7):33-35.
- [8] 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.
- [9] 付兵,邱太宝.深厚砂卵砾石层金刚石钻探施工技术和工艺[J].四川水力发电,2007,(1):87-89.

恭祝广大读者、作者新春快乐!羊年吉祥!