

超大直径工程井钻井垂直度控制工艺技术

杨宗仁¹, 张宁², 贺连杰², 王华明¹

(1. 河北大直径工程井建设有限公司, 河北 石家庄 050031; 2. 河北金汇岩土工程有限公司, 河北 石家庄 050031)

摘要:介绍了机械钻井法施工矿山竖井中, 直径 8.3 m、深度 286 m 条件下钻井施工井筒垂直度控制工艺技术, 主要包括增加粗径钻具重力控制和安设导向器控制钻井垂直度以及钻井垂直度的测量等关键工艺技术措施。

关键词:超大直径工程井; 钻井施工; 垂直度控制; 工艺参数

中图分类号: TD262 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2010)08-0044-03

Drilling Verticality Control Technology of Super-large Diameter Project Well/YANG Zong-ren¹, ZHANG Ning², HE Lian-jie², WANG Hua-ming¹ (1. Hebei Large Diameter Engineering Well Construction Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050031, China; 2. Hebei Jinhui Geo-engineering Co., Ltd., Shijiazhuang Hebei 050031, China)

Abstract: The paper introduced the shaft verticality control technology for shaft of mine (in the diameter of 8.3 m and depth of 286 m) constructed with mechanical drilling method, such as the key technical measures of increasing the weight of large diameter drilling tool, installing the drilling director and measuring the shaft verticality.

Key words: super-large diameter project well; drilling construction; verticality control; parameter

机械钻井法施工矿山竖井可实现竖井施工过程中人员不在井下工作的特点, 具有劳动强度低、生产安全、成井质量好等特点, 是在不稳定的富水漂砾石地层进行竖井施工的优选施工方法。其主要施工工序为: 机械钻井成井→预制井壁安放→壁后充填及充填质量检查→破除井壁底成井等。其中机械钻井成井垂直度的控制是确保井壁顺利安放到预定位置和井壁安放质量以及壁后充填质量的关键因素。钻井垂直度的控制主要采取以预防为主措施。

1 工程的基本情况

河北遵化铁矿竖井工程由主井、副井、风井组成。竖井施工采用机械钻井法和普通凿井法综合进行。上部不稳定的含水地层采用机械钻井法施工, 进入稳定的基岩地层 30 m 进行永久支护。钻井施工采用分级钻进成井工艺, 超前钻井直径为 3.5 m, 一级扩钻为 $\varnothing 6.3$ m, 二级扩钻为 $\varnothing 8.3$ m。

矿区施钻地层情况: 第四系地层主要为各类砂层和漂砾石地层, 通过钻头提钻携带至地表的最大漂砾石粒径达 1.0 m 以上; 基岩部分主要为微风化花岗片麻岩, 岩石的抗压强度达到 100 MPa 以上。具体地层情况如表 1 所示。AD-60 型钻机完成了副井机械钻井法井段的钻井施工。采用机械钻井法施工井段钻井设计参数为: 钻井直径 8.3 m, 钻井深

度 286 m, 进入基岩深度 30 m, 钻井垂直度 $\geq 1.0\%$, 竖井净径 6.2 m。

表 1 采用钻井法施工井段地层情况

层底深度/m	岩土名称及特性
113.9	粘性土及砂层、卵砾石层, 以粗砂砾石为主, 一般粒径为 2~6 cm, 最大粒径为 20~30 cm, 砾石的主要成分为石英岩、片麻岩, 其中局部层段为粘性土充填
231.6	粗砂、漂砾石层, 一般粒径为 10~20 cm, 最大粒径为 40~50 cm, 漂砾石的主要成分为石英岩、片麻岩, 局部层段为粘性土充填
251.0	漂砾石层, 最大可见粒径为 102 cm (通过钻头携带至地表), 一般为 20~40 cm, 漂砾石的主要成分为石英岩, 层底为黑色粘性土, 层厚约 1.9 m
286.0	花岗片麻岩, 灰绿色, 主要成分为石英、长石、角闪石等, 局部见少量石榴子石, 细粒变晶结构, 片麻状构造, 岩层的倾角为 35°, 微风化片麻岩的抗压强度最大为 101 MPa

2 AD-60 型钻机主要技术参数

AD-60 型钻机采用动力头直接驱动钻杆, 主要驱动方式为: 电机→液压泵→液压马达→动力头 (传递扭矩) 和主油缸 (提升下放钻具)。AD-60 型钻机主要技术参数为: 钻井深度 300 m, 动力头输出扭矩 300 kN·m, 提升能力 3000 kN, 动力头输出转速 0~8~16 r/min, 配套钻杆 $\varnothing 406$ mm \times 20 mm, 主机功率 345 kW, 钻机总质量 360 t。

收稿日期: 2010-02-04

作者简介: 杨宗仁 (1971-), 男 (汉族), 内蒙古赤峰人, 河北大直径工程井建设有限公司副经理、注册安全工程师、注册建造师, 岩土工程专业, 从事大直径工程井施工技术及管理, 河北省石家庄市建华南大街 58 号, hbjkyzr@sina.com。

3 钻井垂直度的控制

《矿山井巷工程施工及验收规范》(GBJ 213 - 90)要求:钻井法施工矿山竖井,钻井的垂直度控制在 1‰以内,成井后井筒的垂直度控制在 0.8‰以内,才能保证井筒内采掘生产和设备正常运转的需要。深度 286 m 的钻井,井底处最大偏斜不得超过 286 mm,远远大于一般工程桩基础钻孔垂直度的要求。钻井垂直度的控制采取以预防为主措施,主要有 3 个方面:一是增加粗径钻具的重力预防钻井偏斜;二是在粗径钻具位置安装导向防斜装置预防钻井偏斜;三是加强钻井垂直度的检测,发现钻井偏斜及时采取措施进行处理。

3.1 增加粗径钻具的重力

钻井工程的粗径钻具一般是指钻头、钻头与导向器之间刚性连接加重钻具、导向器、柔性接头等连接组合部分,其参数是影响钻井垂直度等质量的关键因素。《矿山井巷工程施工及验收规范》(GBJ 213 - 90)要求,机械钻井法施工矿山竖井,钻井过程中加在井底的压力不超过粗径钻具重力(扣除浮力)的 60%,易偏斜的地层不超过 40%。在设备提升能力允许的情况下,尽量保证粗径钻具的重力。

AD-60 型钻机进行 $\phi 8.3$ m 扩井钻进时,粗径钻具的重力为 1900 kN,粗径钻具的最大长度为 15 m。正常情况下, $\phi 8.3$ m 扩井钻进时加至孔底的钻压为 600 kN 左右,为粗径钻具扣除浮力后重力的 37%,能够满足钻井时重力防斜的规范要求。在钻井进入 231.6 m 大粒径漂卵石地层和 251 m 基岩处易偏斜地层时,控制加至井底的钻压为 400 kN 左右,为粗径钻具扣除浮力后重力的 25%,粗径钻具的悬吊重力为 1200 kN,有效起到重力防斜的作用。 $\phi 8.3$ m 组合钻头环状带上布置有 30 把 12 系列的破岩滚刀,平均加载每把滚刀上的钻压 20 kN,加上钻头运转时产生的冲击载荷,正常情况下能够满足滚刀破碎岩石的压力要求。钻井施工过程中,采用自动恒定钻压钻进技术,使井底钻压始终保证为工艺参数所需的设定值,避免了人工操作因素引起的压力变化导致钻井偏斜。

3.2 安装导向器

钻头上部一定位置的粗径钻具部分安装导向稳定器,以限制钻头在回转运动过程中的侧向位移,控制钻井偏斜,保证钻井垂直度。导向器与钻头之间的有效距离直接影响着导向器的使用效果,在设备能力及粗径钻具刚度允许的条件下,保持粗径钻具的有效高度为钻头直径的 1.2 ~ 1.5 倍为宜。

$\phi 3.5$ m 超前钻进时,导向器与钻头之间粗径钻具的有效长度为 7.8 m,是钻头直径的 2.2 倍, $\phi 6.3$ m 扩孔钻进时,导向器与钻头之间粗径钻具的有效长度为 7.8 m,是钻头直径的 1.24 倍。 $\phi 8.3$ m 扩孔钻进时,在钻头与导向器之间加设 7.5 m 长的刚性连接钻具,粗径钻具 $\phi 8.3$ m 部分的有效长度为 11.5 m,为钻头直径的 1.39 倍。导向器与钻头之间的刚性连接钻具为 $\phi 2.2$ m 的双壁结构形式,强度、刚度同时满足钻井施工过程中传递扭矩和防斜工艺的需要。导向器采用轴承结构形式,中心体部分随钻具旋转,导向体部分不转动于井壁支撑,减少了导向板与井壁相对转动导致对漂卵石井壁的扰动和导向板部分的磨损,保证井壁的安全。为了使导向器起到有效的导向防斜作用, $\phi 8.3$ m 导向器共设置有 16 个与井壁接触的导向板,导向板与井壁接触部分的有效高度为 2.0 m, $\phi 8.3$ m 组合钻头的围圈导向部分的高度为 2.0 m。导向器的直径一般控制在小于钻头直径 80 ~ 100 mm 的范围。 $\phi 8.3$ m 粗径钻具结构如图 1 所示。

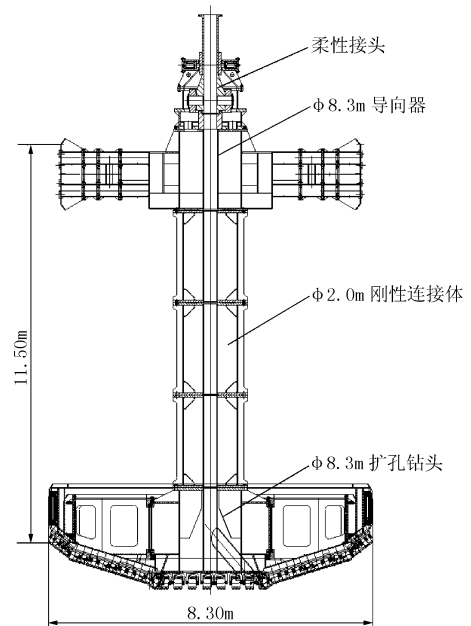


图 1 $\phi 8.3$ m 粗径钻具结构示意图

3.3 钻井垂直度的测量

钻井施工过程中,除了采用增加粗径钻具重力防斜和安装导向器防斜的措施外,同时要加强对钻井垂直度的监测。正常钻进时,251 m 以内覆盖层每 30 m 测量一次钻井的垂直度,进入 251 m 的大粒径漂卵石地层和基岩层位置处及时测量钻井垂直度,基岩钻进进尺每 10 m 测量一次钻井垂直度,发现钻井的偏斜率 $> 1‰$ 时,要及时采取措施进行扫孔。

纠正。钻井施工完成后,准确测量、分析钻井垂直度偏差,严格控制在1‰以内。同时精确计算出钻井井筒的整体有效断面直径,确保钻井垂直度 $<1‰$ 且井筒有效断面满足井壁安放和壁后充填固井止水工艺的要求。实际测量 $\varnothing 8.3$ m 钻井的垂直度为0.6‰,钻井的有效断面为 $\varnothing 8.12$ m,如图2所示。

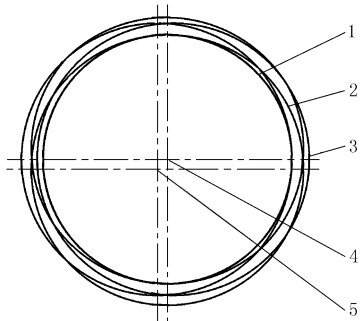


图2 $\varnothing 8.3$ m 钻井垂直度及有效断面示意图

1—内包络圆(钻井有效断面);2、3—钻井不同深度的水平断面;4—设计钻井中心;5—实际钻井中心

4 几点体会

(1) 超大直径钻井施工一般都采用分级扩钻成井工艺,使用的滚刀钻头结构有平底、截锥体和球面体等型式。 $\varnothing 4.0$ m 以上滚刀钻头一般为截锥体组合型式。从控制钻井垂直度的因素考虑,平底钻头

优于截锥体和球面体结构型式。超大直径钻井施工,综合考虑钻井洗井排渣、垂直度控制等因素,一般情况下优先选用截锥体或球面体结构型式钻头,解决钻井洗井排渣能力不足问题,同时增加钻头围圈高度,采取安置导向器和增加粗径钻具重力的措施控制钻井垂直度。选用截锥体型式扩孔组合钻头,锥体部分的锥角一般控制在 130° 左右为宜,排渣口设置在锥体与平底部分的过渡区,能取得良好效果。

(2) 在各种控制钻井垂直度的工艺措施中,宜优先选用在粗径钻具的位置设置导向器的控制方法。增加粗径钻具的重力控制钻井垂直度在大深度、要求钻井偏斜量小的钻井施工中效果不明显,同时增加粗径钻具的重力还受设备提升能力的影响。

(3) 超大直径钻井施工钻井垂直度控制要采取以预防为主措施,控制钻井垂直度要综合考虑各种因素的共同作用,包括地层、设备、工艺等因素,在实际施工中,只要工艺措施得当、参数选取合理,完全能够控制钻井的垂直度满足设计规范要求。

参考文献:

- [1] 翁家杰. 井巷特殊施工[M]. 北京:煤炭工业出版社,2000.
- [2] 靖向党. 钻孔工程[M]. 北京:冶金工业出版社,1999.

(上接第43页)

(2) 由于采用干孔成孔工艺,避免了冲洗液对孔壁的冲蚀,减少了塌孔事故;

(3) 由于空气潜孔锤钻进工艺的“小压力、慢转速”和气举正循环的“孔底加压、悬垂钻进”特点,使钻孔的垂直度提高,钻孔垂直偏差 $\leq 1\%$;

(4) 捞砂桶与孔壁环状间隙过小导致较大岩屑无法上返,孔底重复破碎严重,捞砂桶结构的合理性有待于进一步完善;

(5) 钻杆与孔壁环状间隙过大,降低了岩屑上返流速,加重了孔底重复破碎;

(6) 由于采用空气正循环排渣,孔口排出粉尘量很大,对环境造成很大的污染,笔者建议根据多喷嘴引射器原理,利用压缩空气高速喷射在孔口部位形成真空负压,抽吸孔口粉尘沿着一定管路排出并

收集,具体设计方案有待于进一步的研究。

本文为大直径钻孔硬岩钻进技术提供了一种新的高效高质量的新方法,对提高我国大直径钻孔水平具有重要意义,必将有广阔的市场前景。

参考文献:

- [1] 王茂森,殷琨,张晓光. 大直径环式组合潜孔锤及钻进工艺研究[J]. 地质与勘探,2006,42(2):90-96.
- [2] 博琨. 贯通式潜孔锤反循环钻进技术钻具优化及应用研究[D]. 长春:吉林大学,2009.
- [3] 张祖培,殷琨,蒋荣庆,等. 岩土钻掘工程新技术[M]. 北京:机械工业出版社,2003.
- [4] 李世忠. 钻探工艺学[M]. 北京:地质出版社,1988.
- [5] 何智敏,隆威,万步炎,等. CJ-130型双向气动潜孔锤施工工艺初步研究[J]. 探矿工程(岩土钻掘工程),2009,36(11):65-68.