

反井钻开挖大倾角斜井导孔的工程实践

傅自义,刘吉祥,吴华清

(中国葛洲坝集团柳洪水电站施工项目部,湖北 宜昌 443000)

摘要 针对柳洪水电站压力管道下斜段洞身长、倾角陡、工期紧、地质条件复杂、安全隐患突出等问题,开挖中采用反井钻开挖斜井导孔与人工开挖斜井导洞对接技术,安全隐患少,施工效率高。介绍了反井钻开挖大倾角斜井导孔的施工程序、操作步骤和导孔纠偏措施。在反井钻施工中通过调整主副泵工作压力、转速,合理调整稳定钻杆分布等措施控制孔斜,取得了反井钻实际钻孔 129 m、平均日进尺 7.5 m、导孔钻头落在距斜井中轴线下方 1.8 m 处的良好效果,成功与人工开挖导洞对接。

关键词 反井钻机 斜井开挖 大倾角斜井 柳洪水电站

中图分类号 TV53+8.3 P634.3+1 **文献标识码** B **文章编号** 1006-7647(2006)02-0053-03

Practice of using raise boring in excavation of guide hole for shaft with large angle of inclination//FU Zi-yi, LIU Ji-xiang, WU Hua-qing (Construction Item Department of Liuhong Hydroelectric Project, China Gezhouba Group Corporation, Yichang 443000, China)

Abstract :In consideration of some problems in second inclined section of the pressure conduit project at Liuhong Hydropower Station, such as long distance to be excavated, large angle of inclination, short construction period, complicated geological condition, and some hidden dangers, a construction scheme, i. e. excavation of the guide hole for the inclined shaft with raise boring and connection of the guide hole with another hole excavated manually, was adopted. The technique overcomes some hidden dangers and has high efficiency in construction. In this paper, the type selection for raise boring, steps for guide hole excavation, and measures for deviation rectification were introduced. By regulation of the working pressure and rotational speed of main pump and sub-pump, reasonable allocation of boring rods, and adoption of reasonable deviation rectification measures to control the angle of inclination, a satisfactory result with the length of excavation being 129 m, the daily mean excavation being 7.5m and the drill bit being located at 1.8m under the axis of inclined shaft was obtained, and the excavated guide hole was successfully connected with the manually excavated one.

Key words :raise boring ; inclined shaft excavation ; shaft with large angle of inclination ; Liuhong Hydropower Station

1 工程概况

柳洪水电站位于四川省凉山州美姑河下游尔其至柳洪沟河段,为引水式电站,电站装机容量 180 MW。压力管道从调压井至机组中心全长约 975.75 m,由上、中、下 3 个平段和上斜段、下斜段及 3 条岔支管组成。压力管道下斜段(即斜井)断面为直径 5 m 的圆形断面,长 281.83 m,下倾角 50°,洞身长,倾角陡,工期要求紧,施工质量要求高。

下斜段垂直埋深 50~100 m,水平埋深 140 m,岩体微风化至新鲜,相对完整,主要由奥陶系灰岩、砂质页岩组成,以Ⅲ类为主,部分Ⅱ类。管道水平段由于地层倾角较小,顶拱易出现楔形失稳块体或顺层塌落。另外,由于灰岩具溶蚀现象,管道在穿越灰岩时局部可能会遇较大的岩溶水。由此可知,下斜段

地质条件复杂,安全隐患突出,为此,开挖时下部 160 m 采用钻爆法人工开挖 2 m×2 m 的导洞,上部 120 m 采用 LM-120 型反井钻开挖直径 216 mm 的导孔。自下而上的人工开挖导洞与自上而下的反井钻导孔贯通后,再利用反井钻反向施工 1.4 m 的导井,最后自上而下全断面人工钻爆扩挖到设计断面。

2 反井钻开挖斜井导孔施工工艺

反井钻机是一种将竖井钻机和巷道掘进技术结合而成的设备,反井钻开挖斜井是一种高效、安全的凿井施工方法,自 20 世纪 60 年代出现以来,已广泛应用于我国煤矿、冶金矿山、水电等地下工程竖井施工中。近几年来,虽然水电工程项目也有将反井钻机用于长斜井施工,但就其施工质量而言鲜有成功的案例,导孔偏斜量往往超过设计值。

柳洪水电站工程采用的 LM 系列反井钻机主要包括主机和钻具两大部分。主机包括钻机架、液压泵站、操作控制部分、辅助设备及工具,钻具部分包括开孔钻杆、稳定钻杆、导孔钻头、扩孔钻头等。反井钻机施工时,先用三牙轮钻头钻进小直径导孔($\varnothing 216$),采用高压洗井液(泥浆或清水)将岩屑带出,然后采用滚刀扩孔钻头刷大(1.4 m),被破碎的岩石在自重作用下落入下部隧道中。

反井钻机施工斜井有以下特点:①施工安全性好。采用反井钻机施工,工人不需要进入迎头作业,工作环境和安全状况良好,避免了其他施工方法中落石、淋水、有害气体等对人的伤害。②有利于后续施工。反井钻机采用滚刀机械破岩,对围岩破坏小,井壁光滑,有利于扩孔溜渣、通风、排水。③操作安全简单。反井钻机操作简单、安全,改善了工人的劳动条件,减轻了劳动强度。

2.1 选型

在柳洪水电站斜井施工中计划反井钻钻孔深度为 120 m,因而选择 LM-120 型反井钻机。LM-120 型反井钻机主要技术参数为:导孔直径 216 mm,扩孔直径 1.2~1.4 m,设计钻孔深度 120 m,钻机最大扭矩 31 kN·m,钻机拉力 500 kN,转速 0~43 r/min,1 m 长钻杆质量 135 kg,钻机辅泵功率 11 kW,主泵功率 55 kW。主机外形尺寸 运输状态 2950 mm×1370 mm×1570 mm,工作状态 3230 mm×1770 mm×3448 mm。主机总质量 8277 kg。

2.2 施工准备

2.2.1 导孔施工程序

反井钻开挖斜井导孔的施工程序见图 1。

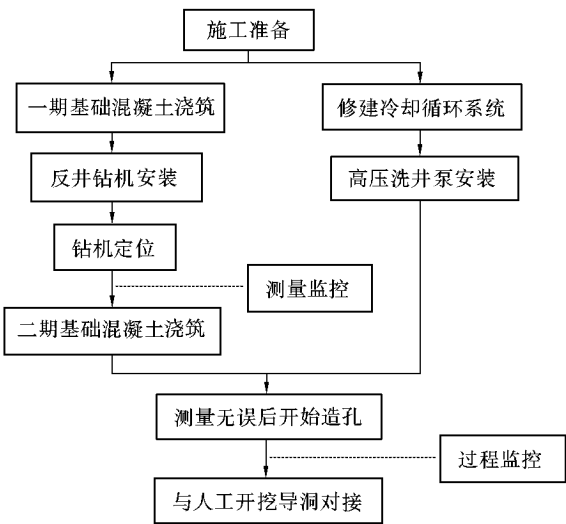


图 1 反井钻开挖导孔施工程序

2.2.2 钻机基座

根据斜井设计的倾角,加工反井钻机底座和钻机后面的调节螺杆支撑,浇筑 C25 一期混凝土基础,

并预留出地脚螺孔的位置,钻机吊装就位后,检查主机起钻孔口是否与斜井中心延长线吻合,准确无误后浇筑地脚螺栓二期混凝土。反井钻机施工平面布置示意图见图 2。

2.2.3 钻机冷却循环系统

反井钻机冷却循环系统由 TBW850/50 泥浆泵、水池和水沟组成。在反井钻机后部设置 5 m³ 水池,水池中间设一隔墙,将水池分隔成清水池和沉淀池,沉淀池和钻机孔口处由一水沟连接,施工中出现的回水、岩屑沿此沟回流至沉淀池,见图 2。架设 80 mm 供水管路,水量不小于 20 m³/h,安装闸阀向水池补充水源。

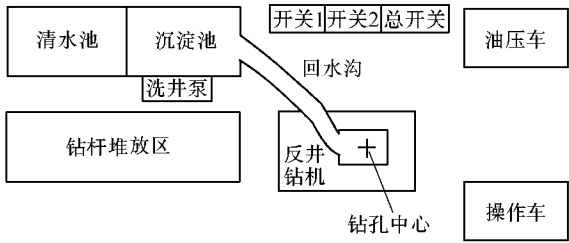


图 2 反井钻施工平面布置示意图

3 反井钻开挖大倾角斜井导孔施工

施工的关键在于先导孔 $\varnothing 216$ 钻孔的质量,先导孔的偏斜值若超过设计洞边线,则该导孔为废孔。开钻后偏离误差通过测斜仪检测,根据检测的结果实施不同的主副泵工作压力、转速,合理调整稳定钻杆分布,采取过程纠偏等措施控制孔斜。

3.1 人力资源的配置

现场操作班由 9 人组成,每班操作人员 1 人,辅工 2 人。

3.2 反井钻机操作

a. 反井钻机就位、开机试运转时,操作手要先进行空载运转,检查动力水龙头的上下运行和旋转以及机械手和转盘吊的工作状况,观察液压系统有无漏油,机械系统是否运转灵活,操作手柄是否灵活可靠,各仪表指示是否正常,各种控制阀是否工作可靠,液压油温度有无异常,发现问题应及时处理。

b. 钻进时,应经常清理钻机附近及场地周围的杂物,保持施工现场整洁干净,文明施工。注意观察反井钻机的运转情况,发现异常及时检修。

c. 反井钻机加接钻杆时,推进油缸停止工作,同时把钻具提起 50 mm 以上,根据孔深继续冲洗 2 min 以上,观察钻孔内的返渣情况,确定孔内无沉渣后再接钻杆。

d. 接钻杆时,动力水龙头要提至最高位置,以免机械手输送钻杆时钻杆与动力水龙头碰撞。

e. 卸钻杆时,先将下卡瓦装入卡套,卸开钻杆和接头体丝扣,然后装上卡瓦,卸掉钻杆下部丝扣,上提动力水龙头,由机械手抱住钻杆,取出上卡瓦,卸下钻杆和接头体丝扣。卸扣时,为确保安全,辅工人员要撤离至主机一侧操作。

f. 操作手工作时应根据导孔返水或返岩屑的情况不断调整钻进参数。

g. 操作手对当班的钻井深度、设备运转状态、地质状况等要记录清楚。

3.3 导孔钻进施工

首先检查操作把手是否处于闭锁状态,接着启动水泵并开机,检查洗井循环系统和冷却循环系统是否正常工作,一切正常后开始钻进。钻进导孔时,如发现钻具钻进困难,此时可能遇到裂隙或岩层塌落,应把钻具旋转提到一定高度,再慢慢向下扫孔,若经反复扫孔仍无效果时,一定要提钻,查明原因进行处理。当发现导孔钻头水眼堵塞时,要及时提钻处理。

3.4 稳定钻杆的分布、钻速的控制

与普通钻杆相比,稳定钻杆周边均匀焊接了 4 条 3 cm 长的钢板,其作用是导向,防止随钻孔深度的增加,钻杆因旋转产生过大的弯曲和摆幅,同时有效减少钻杆与孔壁的接触磨损。柳洪水电站斜井采用的钻杆分布是:开钻前 10 m 全部使用稳定钻杆;10 ~ 30 m 调整为 3 根普通钻杆设 1 根稳定钻杆,并安装扶正器以保证钻孔的开孔质量,钻速为平均 3 ~ 4 h 钻进 1 m;30 ~ 80 m 每隔 20 m 设 1 根稳定钻杆,钻速为平均 2 ~ 3 h 钻进 1 m;80 m 后视斜度测量情况重新分布稳定钻杆的位置。

一般情况下,导孔钻进转速高于开孔钻进速度,对于松软地层和过渡地层应采用低钻压;对于硬岩和稳定地层宜采用高钻压。操作手根据不同的岩层调节钻压和钻速,同时注意返渣的情况。如遇地层结构极大或地层不稳定(如大裂隙或溶洞等),造成钻孔时孔内不返渣,应进行地质处理。

3.5 导孔渗水处理

柳洪水电站斜井反井钻施工中,在钻到 36 m 和 78 m 两处时分别发现导孔内渗水量较大,出现不返水和返岩屑的现象。采取的处理方案是将钻杆全部提起,向孔内灌注水泥浆进行护壁、堵漏。送浆量通过孔深和预计流失量计算。实践中,第一次灌注 2.5 m³ 水泥浆,第二次灌注 2 m³ 水泥浆,水灰比均为 0.45,并掺速凝剂,待水泥浆凝固 24 h 后重新扫孔钻进。

3.6 导孔纠偏

在柳洪水电站斜井反井钻导孔施工中,采用了中地设备集团重庆地质机器厂生产的 JQX-1 数字化测

斜仪检测导孔倾角,作为纠偏的参考依据。钻机定位时,其定位夹角为 50°26′(两侧分别为 50°21′和 50°31′),预留 26′下沉量。钻进 10 m 时倾角基本未变,钻进 100 m 时倾角约为 38°,偏斜值近 2°,导孔已接近斜井的设计边线。此时,主要采取了以下纠偏措施:①加快钻进速度,1.5 h 左右钻进 1 m,最快时 45 min 钻进 1 m;②减少主泵供水量,使导孔内水压降低,残留少量岩屑以利于将钻头向上托起;③减少稳定钻杆。除在钻头后的 1 号、3 号、5 号为稳定钻杆外,其余不设置稳定钻杆。经过以上一系列措施的处理,钻孔方向明显上抬,取得了比较理想的效果。

3.7 导孔施工效果

葛洲坝集团柳洪水电站施工项目部利用 LM-120 反井钻机开挖导孔,2004 年 12 月 6 日 18 00 开钻,2005 年 1 月 8 日 4 20 时钻孔 129 m,历时 33 d,实际工作时间 16 d,平均日进尺 7.5 m,导孔钻头落在距斜井中轴线下 1.8 m 处,成功与人工开挖导洞对接。无论是施工质量还是施工进度都实现了水电史上反井钻机开挖大倾角长斜井历史性的突破。

4 结 语

柳洪水电站斜井反井钻导孔施工在工期紧、洞身长、地质条件复杂的情况下,顺利地完成了施工任务,施工质量好,速度快。从这次工程实践中可以得出:①利用 LM 系列反井钻机施工大倾角、高埋深的长斜井导孔,比纯人工开挖进度快、安全度高,并可以有效控制孔斜,确保钻孔质量。②钻机基础混凝土要密实、牢固,钻机定位要准确,这样才能确保施工过程中钻机不移位。③施工中不能盲目追求进尺,确保开孔时的导孔质量非常关键,开孔后的 30 m 应缓慢钻进,30 m 之后应参考斜度测量情况和地质条件不断调整施工方案,如出现偏斜应及时采取纠偏措施。一般纠偏措施有调节稳定钻杆,调整轴向压力和钻进速度,增减排岩屑的水量和对岩层处理等。④导孔钻进过程中应加大观察力度,如导孔钻到断层,要加大循环量,将断层中泥质部分冲洗干净后,提钻进行灌浆处理,并在水泥浆液中按比例掺加速凝剂,待达到一定强度后继续钻进。⑤钻机定位时,要预留一定的向下偏斜量。如果发现向下偏斜超过设计值,可以采取妥善措施处理。如果发现向上偏斜,处理的方法有限,很难达到理想的效果。⑥充分认识反井钻机的性能和特点,精心组织施工,及时妥善处理施工中出现的各种问题,采用反井钻机施工大倾角斜井,能够有效控制孔斜,达到速度快、质量好、安全性高的效果。

(收稿日期 2005-01-13 编辑 骆超)