猴子岩水电站45°缓坡斜井开挖施工技术

张学彬，　王　竣
（中国水利水电第七工程局有限公司，四川 成都　610081）

摘　要：猴子岩水电站45°出线斜井采用反井钻机施工工法，突破了反井钻机适合60°～90°斜井、竖井施工范围的限制，将反井钻机施工技术运用到45°斜井，创造了反井钻机长距离、缓倾角施工的国内、国际先例，将反井钻机施工范围扩大到45°～90°，规避了常规施工中有轨自上而下施工带来的施工进度慢、安全风险高、施工排水难的问题，不仅对该工程节约工程施工成本、提高施工进度、确保施工安全具有重要意义，更是对后续的类似工程施工具有借鉴作用，意义重大。

关键词：45°斜井开挖；钻机改造；基础设计；质量控制；猴子岩水电站
中图分类号：TV7；TV52　　**文献标识码**：B　　**文章编号**：1001-2184(2015)06-0020-04

1　工程概述

猴子岩水电站出线洞连接主变室与开关站，起点位于主变出线平台下游侧边墙，高程为1 716.5 m，出口位于开关站靠下游侧45 m处出线场，高程为1 845 m，全长703.6 m（平面长度）。分为上平段、斜井段、下平段，长度分别为184.6 m、185.1 m、388.1 m，出线斜井倾角为45°，断面分为两种，靠近平段部分斜井（长8 m）断面为8.2 m×7.35 m（宽×高），其余部位断面为6.72 m×6.78 m（宽×高），均为城门洞型。

2　出线斜井施工方案的选择

通过对斜井施工各种方案进行比较，猴子岩水电站出线斜井最终选用反井钻机施工工法。

根据岩石条件、斜井长度、扩孔直径、国内现有设备及以往取得的施工经验，最终选择LM－200型反井钻机施工（图1）。钻机主要部件尺寸及主要技术参数见表1。

图1　LM－200型反井钻机图

收稿日期：2015-10-20

表1　LM－200主要技术参数表

序号	名称	技术参数	备注
1	导孔直径/mm	216	
2	扩孔直径/mm	1 400/2 000	
3	钻孔深度/m	200/150	
4	钻孔倾角/°	60°～90°	
5	出轴钻速/r·mm^{-1}	0～36	
6	出轴扭距/kN	35～70	
7	推力/kN	350	
8	拉力/kN	850	
9	钻杆直径×有效长度/mm	182×1000	
10	主机总功率/kW	82.5	
11	主机重量/t	10	
12	主机运输尺寸/mm	2 950×1 370×1 700	
13	主机工作尺寸/mm	3 230×1 770×3 448	

该工程根据竖井、斜井洞径及长度选择了LM－200型反井钻机，其导孔直径216 mm，反扩直径1 400 mm。

3　反井钻机的改造及基础设计

3.1　反井钻机基础设计

图2为反井钻机水平倾角90°（竖井施工）工况的施工示意图，从图中可以看出：钻杆与地面的水平倾角主要由斜撑杆调节。在常规施工中，反井钻机的水平倾角受斜撑杆可调范围限制，只能将倾角在60°～90°范围调节。我们针对猴子岩水电站出线斜井45°倾角工况，为满足45°倾角需对斜撑杆进行改造（图3）或者通过对基础倾角进行调整（图4）。

通过图3、图4所示的改造发现，对斜撑杆进行改造后，存在主机与小车冲撞及主机与吊杆冲撞两个问题。若只对基础进行改造，则存在主机

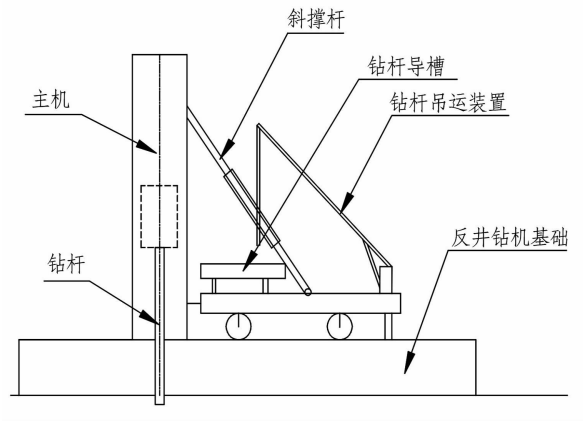

图2　反井钻机构造示意图

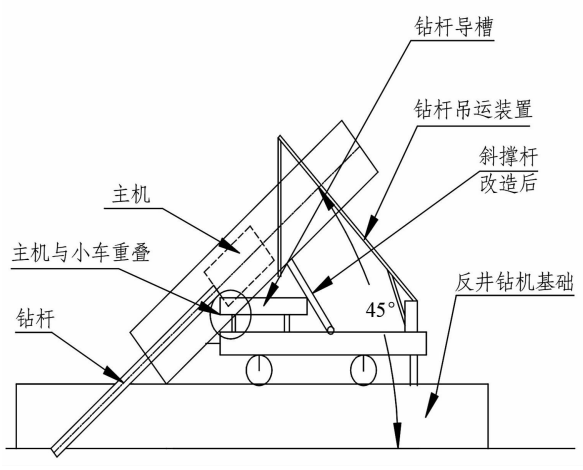

图3　45°倾角斜撑杆改造示意图

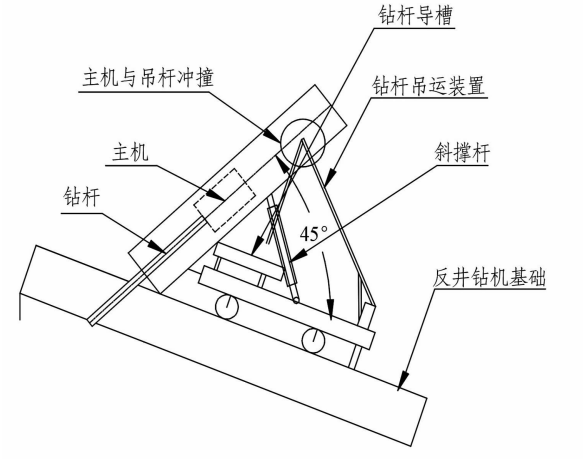

图4　45°倾角基础设计改造示意图

与吊杆冲撞问题。通过对比,现场选择了对基础进行改造的方案,主机与吊杆冲撞问题通过改造吊杆实现。

改造后的基础设计图见图4。

3.2　反井钻机的改造

对基础进行设计改造后,通过图5、6可以发现:

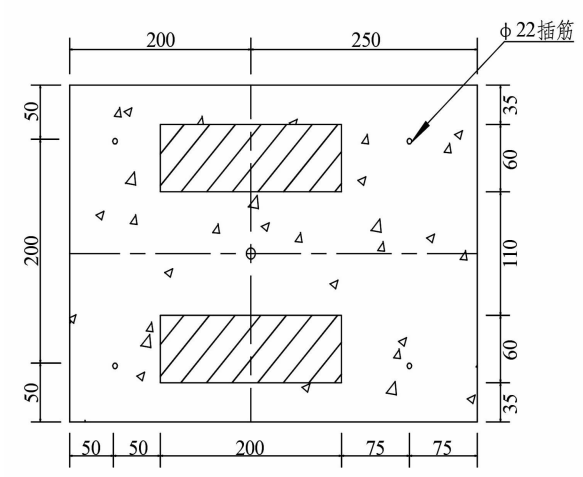

图5　反井钻机基础平面布置图

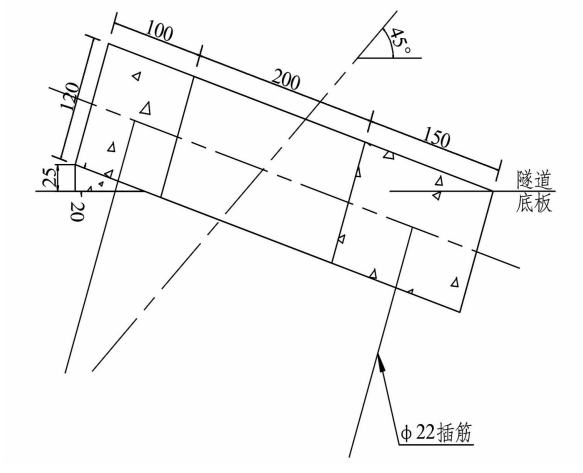

图6　反井钻机基础剖面图

主机与吊杆存在冲撞问题,现场需对反井钻机吊杆进行改造(图7)。

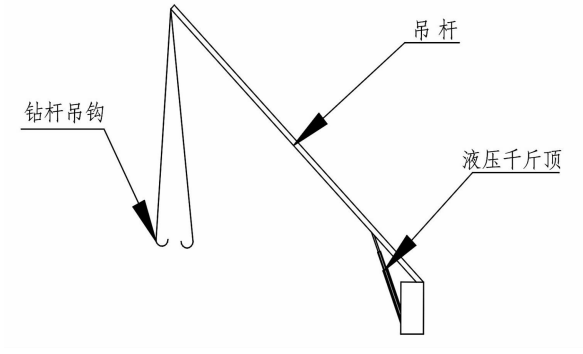

图7　钻杆吊运装置结构示意图

吊杆为固定长度,在主机水平安置倾角为60°~90°范围内,吊杆可以通过液压千斤顶调节以满足钻杆安装需要,在水平倾角小于60°时,则会出现主机与吊杆冲撞情况。项目部结合吊装结构情况,将定长吊杆换成双向可调节丝杆,改造后

的情况见图 8。

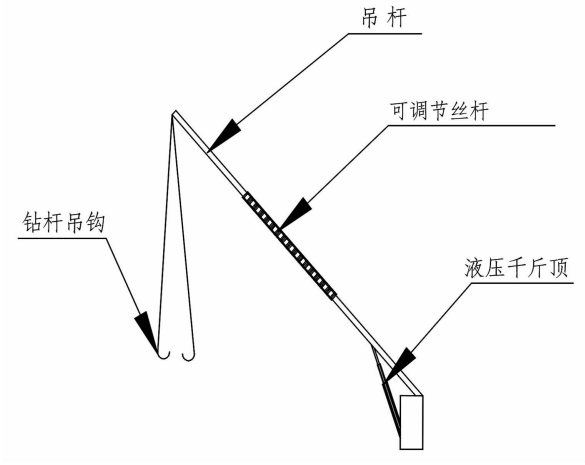

图 8　改造后的钻杆吊运装置结构示意图

4　45°斜井反井钻机施工方案

4.1　施工程序

钻机改造→基础混凝土浇筑→钻机安装与调试→φ216 导孔施工→φ1 400 扩孔施工→钻机拆除→全断面正向扩挖。

4.2　主要施工方法

(1) 钻机改造。

钻机吊杆改造方案如图 8 所示,吊杆由加工厂加工,现场安装。

(2) 基础混凝土浇筑。

基础结构见图 4、图 5。钻机安装前,反井钻机基础浇筑完成,现场施工由测量人员采用全站仪精确定位。

(3)钻机的安装及调试。

①安装斜井装置底板。钻机的吊装就位按照钻孔中心点的十字记号线方向放置反井钻机装置底板,然后将主机运进洞内,通过洞顶的吊装锚杆将主机吊起,对好位后拧紧连接螺栓,使主机和底板成为一体,再装上后支撑拉杆以稳定钻机。

②钻机定位及角度调节。

这一环节直接关系到斜井导孔的偏斜度,必须高度重视,其步骤为:

a. 调整钻机方位角和垂直度。

先用后支撑拉杆将钻机顶起,目测前后方向与地面大致垂直;然后调整钻机左右方向与地面的垂直。一般采用线垂测量法,在钻架的左右两边各悬挂一长 2 m 的线垂,通过在底板下方垫置斜铁等办法调整垂直度,允许偏差 0.5‰,完毕后再用全站仪测量钻机的方位角,确定无误后即可装上底脚螺栓进行基础二次混凝土浇筑。

b. 调整钻机倾斜角。

待反井钻机基础二次混凝土达到强度后,通过后支撑拉杆的伸缩调节钻机的倾斜角,经过计算调整好钻机倾角,锁紧螺母,然后用电焊将钻机与装置底板的几个铰接点焊住,防止在施工过程中后支撑拉杆松动、钻机发生移动,以确保导孔的施工精度。

(4)φ216 导孔施工。

①钻进参数。

根据该工程压力管道斜井及排风竖井施工总结的施工经验将钻进参数暂定(表 2),实施过程中根据实际情况进行调整。

表 2　45°斜井初拟钻进参数表

钻进位置或岩石条件	钻压 /kN	转速/r · min^{-1}	钻速 /m · h^{-1}
导孔开孔	50	10	0.1
钻透前	50 ~ 70	20	0.1
灰岩	15 ~ 25	20	0.2

②开孔钻进。

首先对钻杆进行改造,加工稳定钻杆。稳定钻杆与普通钻杆相比,稳定钻杆周边均匀焊接了 4 条 3 cm 长的钢肋板,其作用是导向,以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。

钻杆分布: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 后未设置稳定钻杆。

(5)φ1 400 扩孔施工。

①对接扩孔钻头。

钻头对接前,将导孔透孔部位进行扩挖,形成对接小平台,用手拉葫芦将扩挖钻头提升到小平台进行对接,具体操作步骤如下:

a. 放下钻杆,对接钻头。

将扩孔钻头放到斜井下部与下平段交接处,放下钻杆对接。

b. 扩孔钻头提升。

提升时,采用小油泵,计算钻杆及钻头重量,

设定油泵压力,提升时不转动钻杆,超过设定压力后慢速转动,顺利将扩孔钻头提升到反导洞顶部。

②扩孔钻进。

扩孔钻进相对于前面的工序简单,岩石较硬,平均每m进尺按照用时5~8 h控制。

(6)钻机拆除。

将扩挖钻头卡固在钢轨上,拆掉钻机的斜撑杆及各种油管,吊出主机,然后再将反扩钻头取出。

(7)全断面正向扩挖。

①施工前采用钢筋、钢管制作简易人行爬梯,提供斜井人员、设备施工通道。

②为减少开挖后人工扒渣的工程量及难度,在导井区域首先形成一个"漏斗区",尽量让渣料滚入井内,漏斗区直径约为3 m,深度约为1.5 m,开挖完成后立即将渣料通过导井清除,并启动全断面开挖爆破钻孔。

③为严格控制渣料粒径,防止堵井,需严格控制爆破孔深度和间距,通过爆破试验得到的经验,爆破孔间距和抵抗线均为60 cm左右。

④通过爆破试验研究,采用高延时爆破工艺有助于漏斗区渣料充分溜入导井内,以减少因大体积渣料爆破可能造成的堵井风险并减少扒渣的体积。严格控制爆破的孔距及排距,按照爆破设计要求进行施工,孔深利用测量进行精确控制,尽量减少底部因开挖造成的不平整而导致后续扒渣工作难度加大。

⑤采用人工进行扒渣工作,制作简易溜渣槽进行扒渣,减少扒渣的水平距离,提高施工效率。

5　反井钻机施工质量控制

5.1　开孔精度控制

(1)钻进参数。

钻进参数的选择主要是依据水平倾角、地层条件、钻进部位等多方面因素确定。施工时,应根据不同情况予以调整。

(2)开孔钻进。

开孔前,对钻孔中心及钻孔角度再次进行校核,确认无误后开孔;开孔钻进时,利用开孔扶正器和开孔钻杆配合,慢速开孔,斜井1~20 m设为开孔段,钻速1 m/10 h。连接导孔钻头的第1根钻杆放置高精度稳定钻杆(φ216),开孔段每3 m放置稳定钻杆(φ216),开孔段以后按照第23 m、第27 m、第35 m、第50 m……放置稳定钻杆,其余钻进过程使用普通钻杆(φ182)。

5.2　导孔纠偏措施

在出线洞导孔施工、钻机定位时,其定位夹角为45°30′,预留30′下沉量。钻进20 m时倾角基本未变,钻进至约100 m时下倾角约为44°,偏斜值为1°。此时,主要采取了以下纠偏措施:

(1)加快钻进速度,钻速为1.5 h左右钻进1 m;

(2)减少主泵供水量,使导孔内的水压降低,所残留的少量岩屑有利于将钻头向上托起;

(3)减少稳定钻杆,80 m以后未设置稳定钻杆。

6　结　语

(1)在反井钻机安装时,必须精确控制水平位置、方位角及倾角,反井钻机的偏斜率不得超过1%,偏斜主要是向右下方。对于断面面积大于控制偏斜率的斜井,钻机应定位在斜井中心点上,调整钻机角度应遵照斜井的实际倾角,无需刻意向上或下调整。对于断面面积小于控制偏斜率的斜井,反井钻机的定位可向左上方移动。

(2)导孔施工时,应根据水平倾角、地层条件慢速钻进,开孔采用扶正器,最好保持连续钻进,这样钻孔产生上下偏差的几率较小。钻孔一旦产生偏差,采用扫孔纠偏的方法效果并不明显。

(3)使用测斜仪对钻进倾角进行检测。

(4)扩孔应使用寿命较长的硬岩滚刀,尽可能地避免或减少中途更换滚刀的次数。

(5)施工精度:溜渣井导孔贯穿偏差为1.65 m,贯通精度为0.89 %。

(6)施工效率:反井钻机φ216导孔平均施工效率为5.95 m/d;φ1 400反导井扩挖平均施工效率为9.23 m/d;全断面扩挖与支护平均施工效率为1.39 m/d。

作者简介:

张学彬(1974-),男,四川资阳人,项目总工程师,高级工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

王　峻(1987-),男,重庆黔江人,助理工程师,从事水电工程及高速铁路施工技术与管理工作.

(责任编辑:李燕辉)