

抽水蓄能进出水口竖井导井施工方案比选

白 晶

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 郑州 450000

摘 要: 抚宁抽水蓄能电站下库进出水口闸门井分别采用反井钻机、冲击钻进行施工, 结合项目施工的实际情况, 本文分析总结反井钻机和冲击钻在导井施工的适用性和各自的优点。

关键词: 闸门井; 尾水洞; 反井钻机; 冲击钻

1 工程概况

河北抚宁抽水蓄能电站位于河北省秦皇岛市抚宁区内, 电站装机容量1200MW, 额定水头437m, 安装4台单级混流可逆式水泵水轮机。下库进出水口尾水事故、检修闸门井共4座, 包括1~4#闸门井, 分别位于下库1~4#尾水隧洞处, 桩号范围S11 2+106.234~S11 2+120.834。永久道路直通闸井平台, 闸门井平台高程232m, 井底板高程179.38m, 竖井高度52.62m, 竖井开挖尺寸为15.7m×9.8m(长×宽)。闸门井布置见图1。

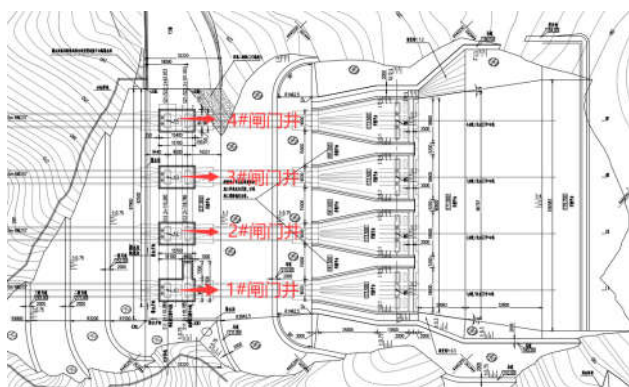


图1 闸门井平面布置图

2 工程地质情况

下水库进/出水口布置于下水库后门沟与黑沟之间的山梁上, 地面高程170~340m, 地面坡度15~40°, 局部较陡, 大于40°。下水库进/出水口洞脸边坡走向NE61°, 与自然边坡走向一致。边坡部位大部分基岩裸露, 局部有少量崩坡积碎石土分布, 厚度较小。出露岩性以钾长花岗岩为主, 局部有混合花岗岩, 岩质坚硬。该部位主要发育NNW、近EW、NE向三组裂隙, 以中陡倾角为主, 缓倾角发育较少, 三组裂隙为: ①NW330~360°NE(SW)∠60~85°、②NW270~290°NE(SW)∠60~88°、③NE30~50°NW∠60~80°(局部30~40°)。断层发育共揭露11条断层与1条节理密集带, 断层分别为f4、f306、f307、f308、f309、fp1~fp6, 以

陡倾角为主, 断层物质以断层泥和碎裂岩为主, 节理密集带为J1。fp5宽度为2m, J1为节理密集带, 宽度为1~3m, 属于Ⅱ级结构面。其余断层规模较小, 一般小于0.5m, 属Ⅲ级结构面。物理地质现象以风化、卸荷为主。基岩全、强风化带厚度1~10m, 弱风化带水平深度50~100m。卸荷水平深度一般为10~50m, 卸荷深度一般不超过弱风化深度。地下水埋深20~100m。洞脸边坡为岩质边坡, 岩性以钾长花岗岩为主, 岩质坚硬, 自然边坡稳定性好。闸门井以下边坡断层不发育, 边坡质量受节理裂隙控制, 边坡整体稳定性较好, 岩体质量总体以Ⅲ类为主。该段边坡主要发育有NNW、近EW和NE向三组裂隙, 洞脸边坡走向与NNW向裂隙夹角小于20°, 裂隙以陡倾角为主, 且有部分裂隙倾向坡外, 该组裂隙与其它裂隙组合切割易形不稳定块体, 开挖过程中容易塌落。闸门井以上边坡发育多条断层, 其中fp5与J1宽度较大, f306与边坡夹角为14°, 倾向坡外, 且与fp2~fp4交切后形成的块体在开挖后稳定性差, 对边坡稳定不利。边坡岩体质量总体以Ⅲ类为主, 其中, 断层及节理密集带部位为Ⅳ~Ⅴ类。需对闸门井以上部位边坡加强工程支护措施。

3 投标施工方案及工期安排

在同时满足竖井上部施工平台开挖结束、下部平洞从进出水口开挖至竖井底部两个条件后, 开始竖井施工, 采用反井钻机先施作直径2m的导井作为扩挖的临空面和出渣溜渣井, 后全段面自上而下(正井)分层扩挖成型。井口布置10t门式起重机, 采用10t门式起重机将XE85C型小型挖掘机吊入竖井作业面, 利用挖掘机将爆破石渣翻甩入导井溜渣, ZL-50装载机从进出水口进入通过尾水洞在竖井下部装渣, 20t自卸汽车拉运至南沟渣场。

施工顺序如下: 竖井平台以上边坡开挖支护施工→竖井平台下部边坡开挖支护施工→洞脸边坡贴坡施工→尾水洞洞挖及支护施工→竖井反井钻机正向导孔钻孔(Φ270mm)→竖井反井钻机反拉扩孔(直径2m)→竖

井井口防护、锁扣混凝土施工→竖井正井扩挖→竖井混凝土、平洞混凝土施工→进水塔施工。

竖井、洞挖的开挖施工顺序为：先1#、3#，再2#、4#。

4 方案优化的必然性

受到前期各种因素影响，竖井平台上部开挖支护施工开始日期延后，根据实际揭露的地质情况，在边坡又新增加支护工程及洞脸后边坡贴坡混凝土工程量，工期滞后、进水口施工工期压力大，同时由于反井钻机成孔（直径2m）费用相对较高，施工方案要进一步优化、施工组织需要调整。采用冲击钻施工既可以在下部平洞施工完成前提前进行竖井的导井施工、解决工期问题，施工成本大幅降低，施工用水、用电、场地等现场的施工条件均满足要求，竖井平台下部边坡的地质条件也满足泥浆护壁施工要求，施工安全、施工质量也能得到保证，最终经方案比选和对比分析，决定采用JKL8冲击钻进行竖井导井（直径2m）施工^[3]。

5 冲击钻施工方案

5.1 钻机就位

全站仪双测回法进行放样，精确测量出导井中心位置并用打入定位钢筋标示，采用十字交叉法在桩中心2m以外的安全、稳定位置埋设4根钢钉作为控制桩，用于校核。

竖井平台已进入基岩面，直接采用开挖细石渣对钻机平台进行整平、压实；钻机和钻架运输至竖井平台后，使用25t吊车将钻机安装在孔口外侧，钻机设置支撑垫木做到底座稳定，保证钻进过程中不因局部下层导致钻机倾斜、中心线位移等现象，支撑垫木不得压、碰钢护筒，避免冲桩过程中将钢护筒震动位移。开钻前，将钻头对准钻孔定位桩中心，调整钻机，使钻锥吊滑轮缘、钻锥中心和桩孔中心三者在同一垂线上。

5.2 护筒埋设

为保证成孔的垂直度，防止孔口坍塌，在孔口设置1.5m高钢护筒，护筒内径比钻头直径大30cm，护筒埋深1.2m、顶部高出基础面0.3m，机械开挖埋坑底部直径为3.6m。钢护筒采用6mm厚Q235B钢板制作，筒壁上开设4个900对称吊孔、并加装可拆卸式吊环，以方便安装和拆除予以循环使用；由于岩石开孔冲击力大，为增加护筒刚度，确保不因钻头反复撞击护筒导致护筒变形失圆，采用Q345B钢板分别在护筒距筒顶0.3m、筒中、距筒底0.2m处设置加劲环。

埋坑开挖成型后对基础面进行整平，利用控制桩放样、将钻孔中心标示在坑底，采用25t吊车将护筒吊装就位入坑，利用十字线找出护筒圆心，移动护筒确保护筒

圆心与放样的钻孔中心重合，同时检查护筒的垂直度，护筒的圆心与钻孔中心偏差不大于50mm、护筒的倾斜度不大于1%时固定护筒。埋坑内护筒外侧分层回填粘土至地面、护筒内部回填粘土0.3m，回填时对称回填、分层夯实，填筑过程中随时校验护筒的垂直度，防止护筒偏移、变形。

5.3 泥浆制作

每个导井附近开挖形成一个泥浆循环池，池内铺设防水布，泥浆池按照导井出渣量1.5倍配置足量的泥浆，沉淀池按照出渣量1.5倍考虑容量，泥浆循环池的池面高程比护筒低0.5~1m以利于泥浆回流畅顺。

制浆材料采用优质“低密度、低粘度、低失水”的膨润土，泥浆比重、粘度、失水率、胶体率等指标根据现场不同的地层情况通过现场试验确定，保证泥浆能很好地起到护壁、和携渣的作用。定时对泥浆进行检测和试验，填写泥浆试验记录，严格控制其稠度，不合格时及时调整，为保证良好的孔壁稳定性。桩基钻孔过程中应保证孔内泥浆水头比地下水高，以免发生孔壁坍塌。

泥浆经过滤、沉淀后由污水泵送回导井内，利用泥浆泵向外排渣，泥浆循环使用，废弃泥浆沉淀后运至污水处理厂“压饼”后弃至渣场。

5.4 开孔及钻进

由于岩石较硬，选择直径2000mm十字型实心钻头施工。开孔前，再次再次检查护筒的垂直度、护筒的密封性、钻头对中偏差，备足膨润土。开始钻孔时，先在护筒内灌注水，再直接投放膨润土，用钻锤小冲程反复冲击制造泥浆；开孔段5m范围采用小冲程（1.0~1.2m）、慢速（16~20次/min）进行开孔，每钻进0.5m提钻扫孔检查垂直度，冲击时避免碰撞护筒。钻进5m后逐步加大冲程，每钻进1m测孔径；钻进15m后全参数钻进，每3m测沉渣厚度，最大冲程不宜超过6m。在穿破碎带、断层时，采用适当加大泥浆比重，控制钻进速度，采用中、小冲程进行施工。

根据地层情况，控制钢丝绳单次放松量、放松间隔、钢丝绳张力、放松速度，均匀放松钢丝绳，避免钢丝绳松绳过少、打空锤，使钻机、钻架和钢丝绳受到过大的冲击力受损，松绳过多、减少冲程，降低钻进速度，同时可能引发钢丝绳缠绕事故。

定期检查和维修转向装置，避免转向装置失灵、总在一个方位冲击，形成梅花孔卡钻。钻进过程中如泥浆有损耗、漏失，应及时补充，如出现泥浆突然漏失严重、孔内水位突然降低现象，应立即停钻，及时采用应急措施和处理办法。在钻孔排渣、提钻、除土或因故障

停钻时,应保持孔内有规定的水头和符合要求的泥浆密度、粘度、防止塌孔^[1]。

5.5 终孔、钻机拆除和泥浆清理

根据钢丝绳下放长度,计算出锤底部至终孔面的距离,提前减少冲程,降低冲击力,终孔时使用测深锤量测孔深与钻具的有效进尺长度是否相等,不得提前终孔。终孔后,将锤头提出导井,采用水泵将泥浆抽排至导井外,然后将钻机设备拆除,然后对孔口采用跳板进行封闭。钻进过程中产生的泥浆、钻渣和清理后泥浆均运至渣场进行填埋^[2]。

5.6 卡钻事故处理

卡钻的主要原因:钻孔形成梅花孔,冲锥被狭窄部位卡住;未及时补焊冲锥,冲孔缩小,补焊后冲锥变大、采用大冲程猛冲被卡住;孔内的探头石未被冲碎或孔内、孔口掉落的块石卡住冲锥;钢丝绳松绳太多,冲锥倾倒顶住孔壁等。

卡钻时先弄清楚情况,根据不同的卡钻的原因进行处理。当形成梅花孔卡钻时,转动钻头角度,往孔径较大有活动余地的方向往上提钻;钻头上方向有轻卡的块石时,可适当放松钢丝绳,左右晃动使块石脱离卡点调入孔壁,或由下向上轻撞解除卡点;若仍无法解决,水下采用工具处理或炸药爆破处理。

5.7 塌孔事故处理

如为轻微塌孔,立即增大泥浆比重、提高泥浆水头,降低冲程和速度钻进施工;塌孔不深时,加长井下沉护筒,护筒穿过不稳定地层。

如发现孔内水位突然下降、进尺异常加快、泥浆大量冒泡、钻机负荷突然减轻、孔口地面下沉等塌孔迹象时,立即停止冲钻,缓慢、谨慎的将钻头提升至孔外安全位置,避免钻头被埋。选用膨润土+片石对塌孔区域进行回填,孔内回填时,分批、缓慢、均匀的投入孔内,回填至塌孔位置以上2m;避免大块材料一次性倒入,形成冲击造成二次塌孔。

回填后不能立即重新钻进,视严重程度静置数小时到24小时甚至更长,让回填材料在孔内充分浸泡、水化、密实,静置期间补充泥浆维持孔内水头。

静置足够时间后,缓慢下放钻锤至回填面,采用0.5~1m的小冲程、低频率冲钻,钻进的同时将回填材料

重新冲击密实、挤入加固孔壁。在处理过程和重新钻进塌孔段时,大幅提高泥浆性能,加大泥浆比重、提高泥浆粘度、降低失水率,维持高水头,同时密切观察孔口情况、泥浆变化和钻机负荷。

6 冲击钻施工成效

原方案施工需要等下部平洞施工结束后再开始,竖井导井施工工期1个月。采用冲击钻施工后,不用再等竖井下部平洞施工完成,在竖井平台开挖完成后即可施工,在下部洞挖完成前有充足的时间施工,进出水口工期提前1个月。导井(直径2m)采用反井钻机施工成本5000元/m,冲击钻施工成本元2500/m,节约成本 $52.62 \times 4 \times 2500 / 10000 = 52.62$ 万元。

结束语

冲击钻机作为一种典型的冲击式成孔设备,其机械构造简单、施工操作便捷、易于掌握,施工成本低,尽管钻机本身冲孔速度相对较慢,但在竖井导井施工时,可以不用等待下部洞挖贯通就开始施工、提前工期,可以在水电工程竖井施工中广泛推广运用。但同时,也需要关注和解决如下问题。

1.冲击钻是通过冲击锤反复冲击将岩石破碎,冲击压力大,要求竖井离边坡有一定的距离,避免冲击破坏边坡;

2.钻孔采用泥浆护壁,要求竖井下部岩石地质条件好,不能有大的裂隙、断层和溶洞等,否则无法进行钻孔施工,还会因为泥浆对断层的渗透、侵蚀造成安全隐患,同时也要求竖井平台有足够的宽度不足泥浆池等;

3.冲击钻可以在下部洞挖未开始前施工,但一定不能先行贯通洞挖再进行冲孔施工,同时为避免冲孔造成洞挖塌方现象,竖井底部洞室需要预留,同时在施工过程中需要对周边洞室和边坡加强监测;

参考文献

- [1]《禄劝核桃箐水库导流输水隧洞检修竖井开挖支护施工》;后增毅,代伟,黄亮;《云南水力发电》;2019年第4期
- [2]《应用冲击成孔施工技术开挖竖井导井施工实践》;侯振,王澜,徐柱花;《城市建设理论研究(电子版)》;2016年第14期;
- [3]《冲击钻钻孔用于长大山岭隧道通风竖井的施工》;任登富、刘石磊;《山西建筑》2011年30期;