

梨园水电站引水道斜井导井施工方法探讨

杜宜斌, 韩顺波

(中国水利水电第七工程局有限公司 第一分局, 四川 彭山 620860)

摘要:梨园水电站引水道斜井地质条件较差, 围岩以IV、V围岩为主, 斜井导井施工中分别采用了人工正导井法、反井钻机法施工。在复杂地质条件下两种导井施工方法的施工安全、施工进度及施工质量等形成了鲜明对比。

关键词:梨园水电站; IV、V围岩; 斜井导井; 开挖方法; 探讨

中图分类号:TV52; TV7; TV554

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2013)01-0045-03

1 工程概述

梨园水电站工程属一等大(1)型工程, 主要永久性水工建筑物为1级建筑物。工程是以发电为主, 兼顾防洪、旅游等综合利用的水利水电枢纽工程。枢纽建筑物主要由面板堆石坝、右岸溢流道及消力池、左岸引水发电系统及岸边主副厂房、左岸泄洪冲沙洞等组成。水库库容为 $7.27 \times 10^8 \text{ m}^3$, 电站装机容量 2 400 MW ($4 \times 600 \text{ MW}$)。

梨园水电站引水系统共布置有4条引水道, 每条引水道均由上平段、斜井段、下平段组成, 斜井开挖成形直径为 13.6 m, 斜井与水平面夹角均为 48° , 如此平缓的斜井在国内比较少见。其中: 1#引水道斜井长 84.3 m, 2#引水道斜井长 78.8 m, 3#引水道斜井长 74.3 m, 4#引水道斜井长 69.5 m。

引水道斜井布置于厂房后边坡山体内部, 斜井施工时, 厂房后边坡已开挖形成, 其上覆岩体厚度约 40~60 m (靠外侧1#斜井相对较薄)。斜井通过地段分布的基岩为 P2d4 的玄武岩类, 其流层面产状 $N75^\circ \sim 85^\circ E, NW \angle 44^\circ \sim 65^\circ$, 各洞段依次通过属Ⅲ级结构面的 F10、F11 和 F6 等断层, 其中 F6 断层倾角较缓。除断层外, 属Ⅳ级结构面的小断层、挤压带和属Ⅴ级结构面的节理裂隙发育, 且部分为中缓倾角。引水隧洞开挖洞径规模较大, 隧洞最小净间距不足 1.5 倍洞径, 加之遭遇 F6 等小倾角断层洞段地质条件相对较差。

1#斜井围岩地质条件相对较好, 以Ⅲ类、次Ⅲ类为主, 2#、3#及4#斜井围岩地质条件较差, 以Ⅳ类为主; 而4#斜井围岩地质条件最差, 节理裂隙比较发育, 挤压带、泥质破碎带、断层分布错综复

杂, 岩体绿泥石化严重, 遇水或短时间暴露即软化, 围岩自稳能力极其低下。

2 人工正导井施工方案的确定

目前, 常见的斜井开挖施工方法有: 人工正导井法、人工反导井法、爬罐法及反井钻机法。导井施工方法已基本成熟, 只需在施工中根据各自工程不同的特点及施工需要采取适宜的方法而已。

根据以往的施工经验及前期施工规划, 该工程斜井采取先导井、后开挖的施工方法。而斜井施工的最大难度及对安全、进度起关键作用的则在导井施工环节上。目前国内最常见的斜井导井斜度均在 $60^\circ \sim 90^\circ$ 之间, 小于 60° 的斜井非常少见。梨园水电站斜井导洞除去上下弯段可水平开挖的洞段外, 斜井导井的开挖长度(1#~4#)分别为: 67 m、57 m、53 m、45 m, 其长度均不太长。

本工程引水道斜井导井坡度较缓且长度短, 利用反井钻机不能充分发挥其优越性, 且可能造成钻杆扭断的风险, 不仅造成资源浪费, 还将直接影响到施工安全和成本。经综合比选后决定采用人工正导井法施工, 待导井形成后再自上而下扩挖, 通过导井溜渣、下平段机械出渣的施工方案。施工顺序为先1#、3#, 后2#、4#, 两两错开。

3 人工正导井施工

3.1 导井布置

斜井导井由引水道上平段下半洞底板自上而下进行开挖, 开挖形式为 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 方形断面, 下倾角为 48° (与水平面夹角), 导井下部出口与引水道下平段顶拱相接。1#导井斜长 67 m, 3#导井斜长 53 m。为方便扩挖时排渣, 导井于斜井正中稍靠后布置(中导井)。

收稿日期: 2012-12-07

3.2 出渣系统的设计与布置

导井开挖出渣由上部出渣,出渣系统由8 t慢速卷扬机、渣斗、渣料提升系统三个主要部分组成。

轨道布置:提升系统轨道为[14槽钢,其余主、副构件采用工字钢、槽钢及角钢等焊接而成。轨道轴线中心和导井中轴线一致,轨距145 cm,随开挖延伸轨道。

渣斗:采用 0.75 m^3 拌和站提升斗。

渣料提升系统布置:卸渣系统(渣料提升架)利用 0.75 m^3 拌和站提升系统经局部改造直接使用。提升架基础为C20混凝土($30\text{ cm}\times 30\text{ cm}\times 20\text{ cm}$),基础内预埋 $\varphi 25(L=1.5\text{ m},$ 外露 $30\text{ cm})$ 插筋,该插筋与提升架立柱焊接。

卷扬机布置:将卷扬机布置在外框尺寸略大于卷扬机外形尺寸的混凝土基础上,卷筒横向中心和轨道中心一致,并将卷扬机机座和基础底板预埋插筋焊接牢固,连接渣斗的钢丝绳经提升架顶的导向滑轮和卷扬机卷筒相连,卷扬机与渣料提升架距离按30 m左右控制。

3.3 导井钻爆施工

导井开挖采用手风钻造孔、中部直孔掏槽、周边光面爆破的爆破方式,炸药为乳化炸药,雷管为电雷管。导井开挖渣料采用人工装渣至渣斗,由卷扬机提升至上弯井口后,经渣料提升架直接翻至5 t自卸汽车内,经1#支洞运出。

钻爆参数:中部直孔掏槽,中心设一空孔,掏槽孔及空孔孔深 $1.5\sim 1.8\text{ m}$;塌落孔间距 $60\sim 80\text{ cm}$,孔深 $1\sim 1.5\text{ m}$;周边孔间距 66 cm ,孔深 $1\sim 1.5\text{ m}$,循环进尺寸为 $1\sim 1.5\text{ m}$ 。起爆顺序为:掏槽孔→塌落孔→周边孔。

3.4 人工导井的实际施工情况

在实际施工中,1#导井采用人工正导法从上至下开挖,随着导井深度加深,导井通风散烟难度加大,炮后排烟时间加长,出渣效率也明显降低,施工进度不是很理想。后根据导井开挖过程中围岩地质条件相对较好的实际情况,在开挖至47 m深度后,决定停止正导法施工,余下20 m采用反导法(人工反向从下至上进行导井开挖),此法由于减少了人工出渣占用直线工期,效率较以前有较大提升,但安全危险性加大。同样,3#导井施工时,也采用正反导井相接合的施工方法,工期压力得到了一定程度的改善。

人工导井法在1#、3#导井施工的平均循环进尺为 0.8 m/d ,小于预期值。

4 斜井导井反井钻机施工

4.1 方案确定

2010年1月20日,4#斜井下弯段出现大塌方,塌方体及塌方面揭露出的斜井围岩地质条件太差,采用人工正导井法施工人员的安全难以保证,同时,由于塌方处理时间较长,原计划目标的实现已相当困难,若根据前期人工导井施工情况,如2#、4#导井仍采用人工正导井法施工,进度、安全、质量等方面均难以保证。若采用反井钻机施工,由于反井钻机施工角度有限,国内均在 $60^\circ\sim 90^\circ$ 之间,小于 60° 的斜井非常少见,同时,其施工成本与人工导井法相比成倍增加。但几经综合论证,项目部仍决定2#、4#导井采用反井钻机法施工。

根据2#、4#导井长度及施工条件综合考虑,最终选用LM-200型反井钻机。其主要由主机、操作车、泵车和钻具系统组成。导孔直径216 mm,扩孔直径 $1.2\sim 2\text{ m}$,施工角度为 $60^\circ\sim 90^\circ$ 。本次施工扩孔直径为 1.4 m ,施工角度 48° 。

4.2 施工布置

将反井钻机布置于导井开口底板混凝土基础上。由于2#、4#斜井围岩绿泥石化严重,岩性较软,强度低,遇水软化成泥浆,同时断层裂隙发育,因此本次施工中未采用泥浆护壁的方法,而是采用灌水泥浆固结法,布置中取消了泥浆池。

本次施工导井角度为 48° ,超过了反井钻机自身的角度调节能力,因而其混凝土基础面与水平夹角按不小于 17° 控制,以配合钻机钻进角度的调整。

4.3 采用反井钻机进行导井施工

施工顺序:先进行自上而下的导孔施工,然后自下而上进行导井反扩施工。

导孔直径为216 mm。导孔的钻进过程是反井钻施工中所有环节中相对关键的环节,导孔钻进也是对地层的勘探过程,根据其钻进过程观察到的返出岩屑的情况,可以对地层地质情况有初步的定性分析和了解,为扩孔施工以及后期全洞扩挖到设计直径提供参考。

导孔施工完成后,下部采用装载机配合,安装反扩钻头,从下至上反扩成设计图纸中的圆形导井;为后期方便溜渣,再自下而上将导井直径扩大至3 m。

4.4 导孔塌孔的处理

在2#导井导孔施工过程中,由于导孔钻井时在不同高程处遇到了泥质带、破碎带,且因导孔塌孔严重,固灌效果不佳,孔内循环水大部分从岩缝中漏走,孔内大量泥渣无法排出,在距导井出口7 m时,将钻头及钻杆抱死,导致钻机无法进退。后经测量定位导向,采用人工反导井法从下至上将导孔与下部导井打通,最终反井钻机扩孔成功。

4#斜井围岩绿泥石化严重、质地较软、遇水软化,同时经过两处大的泥质断层,导孔施工至1/2(20 m左右)深度时塌孔严重、经过多次固结灌浆均无法钻进,后经分析,由于泥质化严重,孔壁在高压水下塌孔严重,孔底及周边形成了一个大的孔隙,孔内岩屑经水浸泡,再经钻头搅磨形成了浓度较高的泥浆,停水固灌时,泥浆沉淀于孔底,灌浆后孔底便形成上部为水泥浆、下部为纯泥浆的分层结构,从而无法达到固灌效果。经论证后采取了以下方法得以解决:孔内注浆管采用高强耐用的PVC管,安插灌浆管时,同时向孔内压入高压水,压水管口与灌浆管同步伸至孔底,通过高压水使孔底泥浆及岩屑翻动,以利于灌浆管能安插到导孔底部,灌浆时,使水泥浓浆与泥浆充分混合而不至于分层,从而达到了固灌效果。

4.5 反井钻机施工情况小结

2#导井采用反井钻机施工,由于施工中围岩裂隙漏水导致无法排渣而将钻机抱死,该孔最后的7 m采用人工反导法施工造成施工进度一度缓慢,但随后进行的扩孔施工比较顺利,前后总用时10 d,平均每天进尺5.7 m。4#导井施工由于塌孔严重,固结灌浆多次失败,造成导孔施工困难,进度缓慢,但随后的扩孔施工亦较顺利。经统计:2#、4#导井施工从导孔施工至扩孔完成用时分别为10 d、19 d,导孔施工占用时间较长。施工平均进尺2.4~5.7 m/d,扩孔施工进尺最大达15 m/d。

5 施工方式对比

梨园水电站引水道斜井导井施工中分别采用了人工导井法和反井钻机钻进法两种施工方法,而人工导井法又分别采用了正导井及反导井法。人工导井法与反井钻机法两种施工方法的优缺点非常明显,现对比如下:

(1)施工准备:人工导井辅助项目较多,施工相对麻烦,需准备卷扬提升系统,这其中涉及到卷扬机安装、渣斗轨道安装、提升架制作及安装;而

反井钻机仅需施工一钻机平台、洞内提升吊钩及循环系统,准备工作相对简单。

(2)施工进度:人工导井法中的正导井施工平均进尺为0.8~1.5 m/d,最快进尺为1.5 m/d;而反井钻机平均进尺为2.4~5.7 m/d,远远高于人工导井法,如导孔施工顺利,平均每天进尺数更高,可达10 m/d。

(3)施工安全:人工导井法首先是辅助系统的安全,卷扬机、提升架、轨道等的安装运行安全要求均比较高,人员在井内钻孔、出渣安全危险性相对较大,井内通风、光线均较差;而反井钻机安全危险性则相对较小,在安装、调试、运行中按操作规程及相应的处理方法进行,均能比较顺利的完成施工,同时,施工环境相对较好。反井钻机法减少了对围岩的爆破震动,对导井围岩稳定起到了关键作用。

(4)施工质量:人工导井法由于在狭小的洞内施工,其造孔、装药、洞线控制均比较困难,往往导井成形质量较差,后期扩挖溜渣容易塞孔。而反井钻机经过控制,偏心较小,经二次扩挖后,导井线型、周边成形均较好,对后期全洞扩挖非常有利。

(5)施工成本:在同一竖(斜)井施工中,反井钻机每m的施工成本约为人工导井法的3倍(各地有差异),同时,反井钻机施工进退场费相对较高,因此,反井钻机比较适用于洞线长的竖井或斜度大、洞线长的斜井施工。而人工导井法相对比较适用于洞线短、围岩地质条件相对较好的导井施工。

6 结语

梨园水电站引水道斜井导井施工中人工导井及反井钻机两种施工方法的采用,其优缺点形成了鲜明对比,在实际施工中应根据各工程的实际情况合理选择。

同时,反井钻机在倾角小于60°斜井中的应用,打破了反井钻机仅能在60°~90°斜井中应用的常规,特别是在地质条件较差的IV、V类围岩中的成功应用,为同类工程反井钻机的施工提供了参考。

作者简介:

杜宜斌(1973-),男,四川广安人,副局长,高级工程师,学士,从事水电工程施工技术与管理工作;

韩顺波(1977-),男,四川苍溪人,项目总工程师,工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。

(责任编辑:胡友权)