

隧洞竖井开挖施工工艺的选择及运用

杨在华 尹自萍

(施甸县水务局, 云南 宝山 678200)

【摘要】 在水利水电工程隧洞的施工过程中,经常会遇到竖井开挖的情况。而竖井开挖施工中的出渣环节,往往是决定掘进速度快慢的关键。本文就“先导井后扩挖”施工工艺在红谷田水库中的应用进行了阐述,并介绍了具体的施工工艺。在底部平洞具备出渣的条件下,通过采用“先导井后扩挖”施工工艺,既有利于出渣,又节约了施工成本。同时还加快了施工进度,经济和社会效益显著。

【关键词】 隧洞竖井; 先导井后扩挖; 施工工艺

中图分类号: TV52

文献标识码: A

文章编号: 1005-4774(2017)09-0009-04

Selection and application of tunnel shaft excavation construction technology

YANG Zaihua, YIN Ziping

(Shidian County Water Authority, Baoshan 678200, China)

Abstract: Tunnel shaft excavation is frequently encountered in the construction process of water conservancy and water resources project tunnel. The slagging link in the tunnel shaft excavation construction is the key to determine tunneling speed. In the paper, the application of construction technology ‘excavation following pilot shaft’ in Honggutian Reservoir is described. Concrete construction technology is introduced. The construction technology ‘excavation following pilot shaft’ is beneficial for slagging, and the construction cost is further saved when the bottom flat tunnel has slagging condition. Meanwhile, the construction progress is also accelerated with significant economic and social benefits.

Keywords: tunnel shaft; excavation following pilot shaft; construction technology

1 概 况

红谷田水库位于云南省保山市施甸县境内,怒江一级支流施甸河中游。坝址以上径流面积 50.5km^2 ,坝址高程 1593.80m ,地理坐标为东经 $99^\circ 12' 44''$ 、北纬 $24^\circ 49' 01''$ 。水库总库容 1190.3万 m^3 ,工程规模中型,工程等别Ⅲ等。主要功能是解决农村人畜饮水和农业灌溉供水,农村供水人口 4.79万 、牲畜 6.46万头 ,设计灌溉面积 2.68万亩 。水库枢纽工程由大坝、输水隧洞、溢洪道组成。

输水隧洞布置于左岸,输水隧洞与导流隧洞采用两洞结合的方式布置,输水隧洞全长 751.154m 。设计输水流量 $3.0\text{m}^3/\text{s}$,最大泄流量 $50.6\text{m}^3/\text{s}$ ($P=5\%$)。竖井断面为矩形,高 53.96m ,纵向长 9.9m ,横向宽 7.7m 。

输水隧洞穿越低中山山脊,坡度 $10^\circ \sim 30^\circ$,地形起伏不平,属构造侵蚀、剥蚀地貌。竖井出露地层为奥陶系下统老尖山组 (O_{11}),岩性主要为页岩、石英砂岩、砂岩,岩层产状 $N25^\circ \sim 50^\circ E, NW \angle 50 \sim 83^\circ$ 。受断层影响,局部夹陡倾泥化软弱夹层,全风化底界埋深 36m ,强风化底界埋深 45m 。地下水为裂隙水,主要受大气



降水补给,地下水位埋深 25m。岩体完整性较差,自地面以下 52m 围岩类别为 V 级,52m 至井底围岩类别为 IV ~ III 级。设计开挖初期支护为④井口至全风化底界采用钢筋混凝土倒挂井衬砌支护,每循环段衬砌完成后布置 $\varphi 22\text{mm}$ 系统锚杆锚固, $L=3\text{m}$,@ 1.5m;⑤全风化底界至强风化底界采用砂浆锚杆挂网支护,($\varphi 22\text{mm}$ 钢筋, $L=3\text{m}$ @ 1.5m) + 挂网($\varphi 6.5\text{mm}$ @ 200mm) + 喷 C20 混凝土厚 10cm;⑥弱风化岩体采用随机锚杆支护,($\varphi 22\text{mm}$ 钢筋, $L=3\text{m}$ 随机锚杆) + 喷 C20 混凝土厚 5cm。

2 施工方案及工艺流程

2.1 施工方案

在水利水电工程隧洞的施工过程中,经常会遇到竖井开挖,尤其是深竖井开挖,而竖井开挖施工中的出渣这一环节,往往是决定掘进速度快慢的关键。竖井施工方法一般有全断面开挖、导井开挖两种方法。全断面开挖方法凿井是从上部或下部掘进工作面的施工方法。导井施工是先施工小断面导井,以平洞作为出渣的通道。使其起到溜渣、通风、排水作用,然后再扩挖至设计断面的施工方法。导井又分为上导井和下导井两种,上导井采用钻爆提渣,下导井采用反井钻机等方式。

红谷田水库地下水位埋深 25m,岩体完整性较差,自地面以下 52m 围岩类别为 V 级,全断面开挖存在较大安全隐患。导井法施工由于出渣方式的变化可以节约施工成本,与全断面开挖的施工工艺相比,采用导井施工在安全、工期和投资方面效果明显。综合考虑安全、进度、投资等因素,红谷田水库竖井选择“先导井后扩挖”的上导井施工工艺。

2.2 施工工艺

红谷田水库竖井开挖设计断面为矩形,纵向长 9.9m,横向宽 7.7m。导井直径 1.5m,采用自上而下“先导井后扩挖”的方法施工。

2.2.1 锁口

a. 锁口基坑采用机械开挖,开挖完成后,及时进行锁口钢筋混凝土浇筑,锁口高 3.0m。

b. 锁口 C20 混凝土采用拌和机拌和,斗车运输。

c. 锁口混凝土高出地面 40cm,并设排水沟,以防止地表水进入井孔内。

2.2.2 竖井施工工艺

竖井施工工艺流程如图 1 所示。

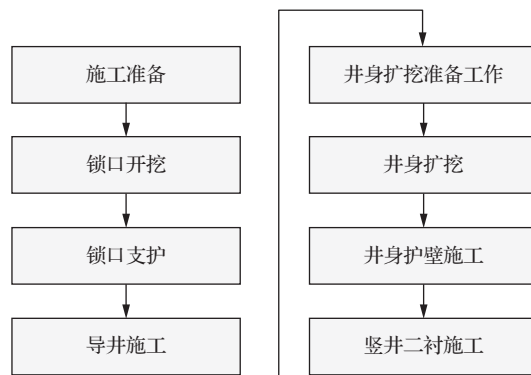


图 1 竖井施工工艺流程框图

3 导井施工方法及技术措施

3.1 放样

开工前先建立施工控制网,完成锁口后,复核控制网,并建立临时控制点。导井施工时,为控制导井轴线,在锁口顶部测设四个控制点(用锚筋锚入基岩形成),分别用型钢将两对角线连接,两对角线连接交点即为竖井中心点,施工时,挂重锤于该中心点,即可放出掌子面处的闸室井中心点。高程控制时在洞壁上设高程点,用钢卷尺丈量的方法进行传递。

3.2 导井施工

3.2.1 注意事项

a. 导井第一仓混凝土临时衬砌高出地面 20cm,以防地面水流入井内或杂物落入井内。井口边 1m 范围内不得有任何杂物,堆土应在井口边 1.0m 以外。

b. 施工前后检查卷扬机、钢丝绳、挂钩(保险钩)、提桶等设施运行及安全状况,并对井壁、混凝土临时衬砌的外观进行检查,发现问题及时采取措施。

c. 井下施工工具,采用提升设备递送,禁止向井内抛掷。

d. 井孔上、下有可靠的通话联络,如对讲机等。

e. 现场施工人员佩带安全帽、安全带,安全带接绳由孔上人员负责随作业而加长,井下有人操作时,井上配合作业人员坚守岗位,不得擅自离岗。

f. 井底如需抽水时,在井下作业人员上地面后进行。

g. 现场用电均须安装漏电保护装置。

3.2.2 开挖

a. 根据岩层情况可以采用人工风镐凿挖,如遇硬岩采用爆破开挖,循环进尺 2.0m。

b. 弃渣采用卷扬机配装渣筒吊运至井口外 3.0m,再采用洞外运输的方式运至弃渣场。

c. 每开挖 2.0m,及时进行临时衬砌,当井壁层稳定性差时,缩短开挖进尺,以确保施工安全。

d. 施工过程中在开挖面挖集水坑,采用潜水泵将水抽至井口排水沟。

e. 竖井开挖时观察并描绘周边围岩状况,随时分析岩层的稳定性,绘地质柱状图,保证施工安全。

3.2.3 临时支护

a. 导井每开挖 2.0m 及时进行临时支护,临时支护采用 C15 混凝土,厚 10cm。

b. 临时支护采用普通钢模板。

c. 混凝土浇筑采用斗车运输,溜筒灌入,振捣采用插入式捣固棒。

d. 临时支护混凝土强度达到 75% 以上方可拆模,继续开挖下一段井身,直至闸室井底部。

4 竖井扩挖及支护施工

4.1 扩挖

a. 扩挖前将直径 2.0m 的钢筋防护网(间距约 15cm×15cm)铺盖于导井口,以防踩踏,施工人员须系安全绳。

b. 采用人工风镐凿挖,根据岩层情况也可采用钻爆开挖,循环进尺 2.0m。

c. 利用已贯通的导井,由底部平洞出渣。

d. 井身每开挖 2.0m,按设计扩挖完成后,及时进行支护,当井壁围岩稳定性较差时,缩短井身扩挖高

度,必要时加强初期支护,以确保施工安全。

e. 竖井开挖时观察并描绘周边围岩状况,随时分析岩层的稳定性,绘地质柱状图,保证施工安全。

4.2 混凝土倒挂井衬砌支护

a. 施工程序为岩面冲洗→断面校核→钢筋绑扎→立模→混凝土浇筑→拆模→扩挖。

b. 倒挂井锁口混凝土衬砌竖向钢筋必须穿过施工缝与下一浇筑段竖向钢筋焊接牢固,施工缝面采取措施尽量浇筑饱满密实。

c. 每扩挖循环段不超过 3m,具体可根据围岩情况,在确保井壁稳定的前提下进行调整,衬砌支护采用 C20 混凝土,厚度为 30cm。

d. 衬砌支护采用普通钢模板。

e. 混凝土浇筑采用斗车运输,泵管输入,振捣采用插入式捣固棒。

f. 衬砌支护混凝土强度达到 75% 以上方可拆模。

4.3 钢筋挂网喷混凝土衬砌支护

a. 施工程序为岩面冲洗→初喷混凝土→锚杆→挂钢筋网→标识喷混凝土厚度→第二次喷混凝土至设计厚度。

b. 竖井砂浆锚杆直径为 22mm 的Ⅱ级螺纹钢。

c. 水泥砂浆采用粒径不大于 2.5mm 的中细砂,其强度等级不低于 20MPa,水泥砂浆配合比在以下范围内通过试验确定:水泥:砂子为 1:1~1:2(重量比);水泥:水为 1:0.38~1:0.45。

d. 锚杆孔位偏差不超过 10cm,孔深偏差不得大于 5cm,钻头直径大于锚杆杆体直径 1.5cm。

e. 锚杆杆体插入孔内长度不小于设计规定的 95%,杆体露出岩面的长度不大于喷射混凝土的厚度,并与钢筋网片牢固连接。

f. 锚杆安装后,在水泥砂浆凝固前不得随意敲击、碰撞和拉拔锚杆。

g. 喷射混凝土强度等级为 C20,施工机具选择符合要求(密封性能良好,输料连续均匀,生产率大于 5m³/h,允许骨料最大粒径为 15mm,机旁粉尘小于 10mg/m³ 等)的喷射混凝土机。



竖井扩挖混凝土衬砌支护施工示意图如图2所示。

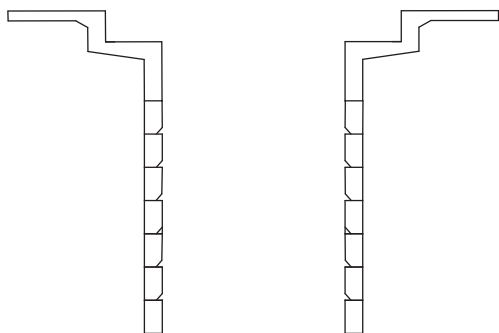


图2 竖井扩挖混凝土衬砌支护施工示意图

4.4 钻爆布置

4.4.1 主炮孔爆破参数

- 孔径 d 的确定:一般钻头的直径为42mm。
- 孔距 a 、排距 b 的选定:一般孔深在1.5m以下取 $a=1.0\text{m}$ 、 $b=0.8\text{m}$;孔深在1.5m以上取 $a=2.0\text{m}$ 、 $b=1.0\text{m}$ 。保护层一次性开挖取 $a=1.0\text{m}$ 、 $b=0.8\text{m}$ 。
- 单位耗药量 q : $q=0.4\text{kg/m}^3$, 每米装药量1.0kg。竖井爆破参数见下表。

竖井爆破参数表

炮眼深度/ m	钻孔孔径/ mm	钻孔倾角/ (°)	底盘抵抗线/ m	孔距/m	排距/m	单孔装药量/ kg	单耗/ (kg/m ³)	堵塞长度/ m	最大单孔药量/ kg
1.0	42	90	0.8	1.0	0.8	0.32	0.4	0.68	<20
1.5	42	90	0.8	1.0	0.8	0.48		0.52	
2.0	42	90	1.0	2.0	1.0	1.6		0.40	
3.0	42	90	1.0	2.0	1.0	2.4		0.60	

- 孔深 H :结合开挖分层情况,最大孔深控制在3m以内。

- 单孔装药量 Q :计算公式为

$$Q = abqH$$

4.4.2 周边预裂孔爆破参数的选定

- 孔距:预裂孔的孔距,根据钻孔机械的性能和施工经验,可根据下式计算:

$$a = (1 \sim 12)D$$

式中 D ——成孔的孔径,此处为浅孔预裂爆破取 $a=0.5\text{m}$ 。

在实际施工中,预裂孔的孔距可结合开挖进行实地试验逐步调整,以获得最佳孔距。

- 线装药密度:线装药密度是指预裂孔的每米装药量(堵塞长度除外),其公式为

$$Q_x = 0.042\sigma^{0.63}a^{0.60}(\text{g/m}) = 200\text{g/m}$$

- 堵塞长度:根据工程经验取 $L_2=0.5\text{m}$ 。

5 施工总工期及工程成效

5.1 施工总工期

红谷田水库工程竖井总消耗时间为6个月,其中:锁口及导井1个月,井身扩挖2个月,衬砌施工3个月。

5.2 工程成效

红谷田水库工程采用“先导井后扩挖”施工工艺,与自上而下的全断面开挖工艺相比,主要优点包括:①导井贯通后,形成自然通风系统,加快了扩挖爆破作业循环;②扩挖时爆破石渣不用提升,直接滑到竖井底部,由平洞出渣,提高了出渣效果;③导井施工对各类围岩条件的适用性好,施工安全;④节省劳动力,有利于降低工程造价;⑤增加了平行作业机会,加快了竖井施工进度。

“先导井后扩挖”的施工,导井有效排泄或降低地下水,解决了水文地质条件差等不利因素,排除了安全隐患,保证了工程的安全,加快了施工进度,节约了投资,经济和社会效益显著。◆