

# 麒麟区龙潭河水库输水隧洞施工工艺

张毅 赵永正 李琼丽

(云南省曲靖市麒麟区水务局,云南 曲靖 655000)

**【摘要】** 麒麟区龙潭河水库输水隧洞洞体围岩类别为V类,围岩极不稳定。鉴于此,采用全断面开挖及时喷混凝土,系统锚杆加钢筋网,及时浇筑混凝土衬砌,有效避免开挖过程中大体积塌方,保证了工程施工质量和施工人员安全,且节省了工程投资、提前了工期。本文对该工程地质条件进行了分析,并对此不良地质条件下输水隧洞的施工工艺进行了详细介绍,对施工效果进行了总结。该施工工艺可供其他类似工程施工参考。

**【关键词】** 龙潭河水库;输水隧洞;开挖施工;工艺

中图分类号: TV554

文献标识码: B

文章编号: 1005-4774(2018)01-044-04

## Construction process of water tunnel of Longtanhe Reservoir in Qilin District

ZHANG Yi, ZHAO Yongzheng, LI Qiongli

(Yunnan Qujing Qilin District Water Bureau, Qujing 655000, China)

**Abstract:** The surrounding rock belongs to class V in Qilin District Longtanhe Reservoir water tunnel. The surrounding rock is extremely unstable. Therefore, the whole section excavation timely shotcrete is adopted. System anchoring bolt is equipped with mesh reinforcement. Concrete lining is poured in time. effectively avoid large landslide during excavation can be effectively avoided, thereby ensuring the engineering construction quality and the safety of construction personnel. The project investment is saved, and the project is completed in advance. In the paper, the geological conditions of the project are analyzed. The construction process of the water tunnel under the bad geological conditions are introduced in details. The construction effects are summarized. The construction process can be used as reference for construction in other similar projects.

**Key words:** Longtanhe Reservoir; water tunnel; excavation construction; process

### 1 概述

龙潭河水库工程是一座解决集镇与农村人畜供水、农田灌溉供水和第三产业供水的中型水库。总库容 2106.4 万  $m^3$ ,兴利库容 1429.5 万  $m^3$ 。水库死水位 1900.30m,死库容 401.5 万  $m^3$ ;正常蓄水位 1921.10m,兴利库容 1429.5 万  $m^3$ ;设计洪水位 1921.23m,校核洪水位 1923.50m。

枢纽工程主要由大坝、溢洪道、导流输水隧洞组成。大坝为黏土心墙风化料坝,最大坝高 59.0m,坝顶

长 580m;溢洪道布置在大坝左岸坝肩,为有闸控制驼峰堰,全长 496.029m;输水隧洞与导流隧洞部分结合,共用后段隧洞。输水隧洞和导流隧洞进口段轴线在平面上呈“Y”字形布置,立面上两者采用“龙抬头”型式连接。输水管道工程由 1 条干管、5 条分干管、4 座管桥、1 座提水泵站和 5 个蓄水池组成。输水管道工程干管长 19.156km,分干管长 5.796km。

### 2 工程地质分析

输水隧洞布置在顺河流方向左岸,采用龙抬头方

式,进口底板高程 1896.50m,隧洞由进口明渠段、进口隧洞段、检修闸室段、闸室后压洞身段、出口闸阀室段组成,专用段总长 128.948m。隧洞沿线地表大部分为第四系残、坡积  $Q^{cd}$  乳白色砂质黏土、粉砂质黏土、含铁质侵染与铁质结核、黏土覆盖,铅直厚 0.0~3.0m,局部基岩裸露,其岩性为  $E_3c$  铁质含粉砂泥晶灰岩、细粒岩屑砂岩。岩层与轴线斜交,倾角  $5^\circ \sim 9^\circ$ 。根据工程地质条件,分段分析如下。

### 2.1 进口极不稳定段

里程  $SD0+000 \sim SD0+007.96m$ ,洞体围岩为  $E_3c$  铁质含粉砂泥晶灰岩、细粒岩屑砂岩。岩石全~强风化,洞轴线与层面走向近于斜交。该段围岩类别为 V 类,围岩极不稳定, $f=0 \sim 1, k_0=0.5 \sim 1MPa/cm$ 。该段成洞条件差,开挖需支护紧跟或超前支护,及时喷混凝土、系统锚杆加钢筋网,全断面浇筑混凝土衬砌。地下水位位于隧洞底板以下,雨季施工存在渗、滴水现象。洞顶围岩埋深一般为 0~20.4m。

### 2.2 中部洞室不稳定段

里程  $SD0+007.96 \sim SD0+078.448m$ ,洞体围岩为  $E_3c$  铁质含粉砂泥晶灰岩、细粒岩屑砂岩。岩体弱风化,洞轴线与岩体层面走向近于斜交。岩体为块状~层状结构,完整性较差。地下水位多位于隧洞顶板之下,施工中局部存在渗、滴水现象。该段围岩岩体弱风化,围岩类别为 IV 类,围岩不稳定, $f=1 \sim 2, k_0=2 \sim 4MPa/cm$ ,全断面开挖及时喷混凝土,系统锚杆加钢筋网,浇筑混凝土衬砌。

### 2.3 出口闸阀室段渠基稳定好

边坡稳定段:里程  $SD0+342.448 \sim SD0+4372.448m$ ,该段渠道自然坡度约为  $8^\circ \sim 38^\circ$ ,地表为第四系残坡积  $Q^{cd}$  乳白色砂质黏土、粉砂质黏土、含铁质侵染与铁质结核、黏土覆盖,铅直厚度为 0~3.0m,下伏基岩岩石为  $E_3c$  铁质含粉砂泥晶灰岩、细粒岩屑砂岩,强~弱风化,岩层与轴线斜交,倾角  $5^\circ \sim 9^\circ$ 。由于岩体为块状~层状结构,虽然完整性差、强度低,但不存在压缩变形问题,稳定性好。

渠道两侧边坡与基础均置于第四系残坡积层内,渠线与岩层走向斜交,岩层倾向山内。地基承载力和抗滑稳定性均能满足上部荷载的要求。开挖渠道形成的边坡基本稳定。渠段沿线地下水埋藏在渠基以下,

对工程无影响;渠基中等透水~强透水。开挖边坡松散层坡比不陡于 1:1,弱风化基岩不陡于 1:0.5。

## 3 输水隧洞开挖工艺

### 3.1 施工布置

修筑一条连接隧洞进口或出口的施工道路,进行隧洞的开挖和出渣。

进出口和洞身石方开挖的空压机站设在进出口平台处,空压机均采用可移动式。闸门竖井和进出口石方开挖利用空压站供应压缩空气。供电由配电房采用电缆向工作面输电。

### 3.2 进出口石方明挖施工

#### 3.2.1 开挖程序

开挖程序如图 1 所示。

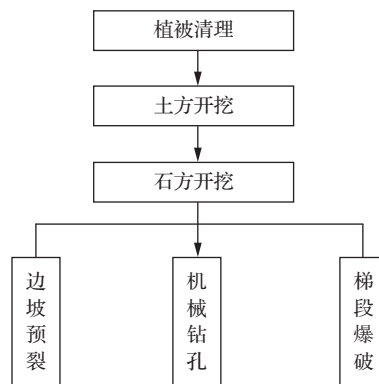


图 1 石方明挖施工程序

#### 3.2.2 石方明挖方法

石方明挖采用逐层向下开挖的方法。

根据第一次明开爆破作业(试验),作业程序严格遵循自上而下、由外向里、逐层逐段进行爆破施工,爆孔间距布置为 1m。普通爆孔采取不耦合柱装连续装药,非电毫秒延期雷管起爆。装药集中度控制在 0.30~0.35kg/m。临近设计轮廓线时,采取光面爆破,光面孔间距为 0.45~0.55m,装药集中度控制在 0.15kg/m。光面孔在普通的爆孔爆破后起爆,光面层厚度为 0.6~0.8m。

洞脸明挖石方施工方法如图 2 所示。

当开挖至底部临近建基面时,孔底设置柔性垫层。根据施工经验,孔底充填砂土或悬空装药以空气作柔性垫层,柔性垫层厚度不小于 20cm,有效保护基岩不受爆破损坏。

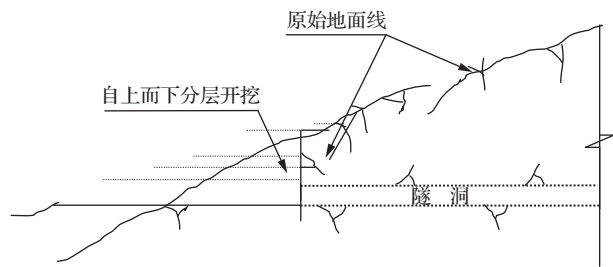


图2 隧洞进出口明挖开挖方法示意图

具体方案如下:

a. 在进行洞口其他一般石方爆破时,在边坡处预留1~2m左右的保护层。

b. 在进行边坡的光面爆破前,先沿边坡清除上部的覆盖层及杂草等。

c. 精确放样,定出洞脸部分的上部开挖轮廓线,并沿轮廓线布孔。

d. 爆破参数设定,光面爆破按自上而下进行,每层高度3m,即每个钻孔的深度3m,可根据地形适当进行调整。炮孔布置间距50cm,沿开挖轮廓线布置,因预留保护层2m,因此炮孔的排数为3排,第一排孔距轮廓线1.1m,其外部抵抗线为约90cm,第二层炮孔距开挖轮廓线50cm,外部抵抗线约60cm,第三层为光面孔,沿轮廓线布置,抵抗线约50cm。整个炮孔布置呈梅花形。

光面孔用YT-28手持式风钻造孔,钻孔直径为40mm,选用2号硝铵岩石炸药,药卷直径为25mm,孔口严密堵塞,堵长取60cm。采用线装药密度为0.30kg/m,单孔装药量为1.05kg。

起爆方式:采用非电毫秒延期雷管起爆,共分三段,最外层的崩落孔采用1段导爆管,第二层采用3段导爆管,光面孔起爆采用5段导爆管起爆,以获得时间差,使光面孔的爆破具有较大的临空面。所有导爆管均用火雷管一次性引爆。

装药方式:光面孔采用间隔装药,以取得均匀的爆破效果,其他炮孔采用密实装药。

堵塞长度:炮孔的堵塞长度均为60cm。孔口用黄泥、稻草堵塞,炸药使用乳化岩石炸药。

排险和出渣:爆破15min后,由爆破员和专门的排险人员进入爆破现场检查有无哑炮等险情。然后用挖掘机清除作业面石方,用自卸汽车运输至指定弃渣场堆放。

施工注意事项:

a. 测量放样。因山坡地形复杂,力求测量精确,标注每一点的孔位,根据地形采用适当的孔深。以便扶钻工准确地定孔位和孔深。

b. 钻孔。光面爆破的成功取决于钻孔质量的好坏,钻孔时一定要按测量点来定位,做到准、平、齐、直,即孔位要准,所有炮孔应彼此平行,孔底要落在同一平面上,直就是要求炮孔的孔斜度符合设计的边坡坡度,钻孔时应设一参照物加以控制。

c. 爆破工在装药时应严格按设计装药量进行装药,光面孔内采用间隔装药,除去堵塞长度后药量等分。采用密实装药的孔要捣实,孔口堵塞要密实,起爆时要切实做到分段准确。

爆破安全措施:

a. 爆破作业有统一的指挥信号,专人指挥警戒,人员设备撤到安全距离以外。根据现场实际情况规定爆破时间和爆破次数。

b. 爆破作业时其他工作一律停止,与爆破无关人员全部撤离工地现场。

c. 明挖石方采取控制爆破方法,严格控制装药量。

d. 爆破后通风散烟15min以上,检查人员才能进入爆破作业面,检查有无瞎炮及其他可疑情况、有无残余炸药和雷管、有无松动岩块、支护有无损坏和变形等。经过检查合格后,其他人员才能进入工作面进行下一工序施工。

e. 确保必需的安全投入。购置必备的劳动防护用品、安全设备及设施,满足安全生产的需要。

f. 积极做好安全生产检查,发现事故隐患,及时整改。

### 3.3 隧洞洞身开挖施工

#### 3.3.1 隧洞开挖程序

洞身石方开挖工程量比较大,开挖循环程序如图3所示。

采取全断面开挖施工方法。

用人工移动式排架(拆装简单)钻孔,非电毫秒导爆管雷管起爆,炸药选用2号岩石硝铵炸药或乳化炸药,洞内出渣采用扒渣机出渣,各工段配备两部小型自卸运渣车,弃渣场配备一台装载机。

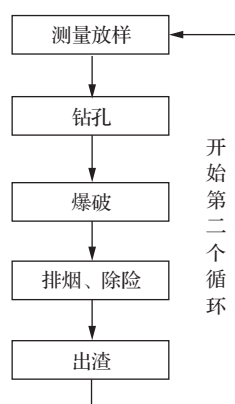


图3 开挖循环程序

### 3.3.2 隧洞开挖与出渣

掏槽眼槽口尺寸选择  $0.3\text{m}^2$ 。采用单空孔掏槽钻孔布置,中空孔直径定为  $50\text{mm}$ 。

辅助孔及崩落孔的作用是进一步扩大槽口体积和爆破量,逐步接近开挖断面形状,为周边眼创造有利的爆破条件。

辅助眼的布置原则:取  $E/W = 0.6 \sim 0.8$ ,采用孔底连续装药。辅助眼由内向外逐层布置,逐层起爆。

钻孔是隧洞开挖中的主要工序,钻孔的快慢直接影响工程进度。

导流隧洞洞径较小,使用人工拆装式操作平台钻孔。每一循环钻孔深度以  $2.5\text{m}$  为宜。断层地段及特殊地质条件地段的钻孔进尺可现场调整,以采取短进尺为宜。根据钻孔数量和投入的机械设备,配置 4 把风钻,正常每一钻孔循环时间为  $3 \sim 4\text{h}$ 。

炸药品种选择乳化炸药。起爆材料选择塑料导爆管与电雷管。塑料导爆管采用电雷管起爆。

为保证洞内空气的畅通和施工人员健康,在隧洞出口布置轴流式通风机,用  $\phi 600\text{mm}$  管道向洞内送风,为保证开挖工作面有足够的新鲜空气,通风管出口距工作面距离保持在  $30\text{m}$  以内。所有进洞的施工人员必须佩带防尘口罩。

为控制钻孔过程中产生的粉尘,钻孔作业采取湿钻法施工。坚决遵循先送水后送风、无水不开钻的原则。

放炮后安排专门排险人员站在爆堆上将洞顶、洞壁及工作面上的悬石、破碎体等撬除,消除安全隐患,保证洞内施工人员安全。

出渣是隧洞施工的基本作业之一。出渣作业能力

的强弱,决定了其在整个作业循环中所占时间的长短。因此,出渣作业能力的强弱在很大程度上影响施工进度。根据洞径和洞深,采用扒渣机出渣,由小型自卸车直接装运至洞口以外的弃渣场堆放。

### 3.3.3 支护施工

支护工程主要包括进口边坡支护与隧洞支护。进口边坡支护采用  $\phi 22 @ 1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 、 $L = 3000\text{cm}$  砂浆锚杆、 $\phi 8 @ 200 \times 200\text{cm}$  钢筋网制安、喷 C20 混凝土进行支护。隧洞洞身支护采用 I14 号工字钢拱架结合 5 号槽钢连接件等形成钢格栅、 $\phi 50\text{L} = 1500\text{cm}$  超前钢管的支护措施。

锚杆施工按施工图纸在施工面测量定位布置钻孔位置,锚杆的孔轴方向垂直于开挖面;局部加固锚杆的孔轴方向与可能滑动面的倾向相反,其与滑动面的夹角大于  $45^\circ$ 。锚杆孔采用手风钻造孔。

钢筋网在后方钢筋加工厂,依施工设计图中网格尺寸规格,按每一片  $2 \sim 4\text{m}^2$  进行编焊,用 5t 载重汽车运至施工现场运,挂网前先清除污锈,钢筋的直径与钢筋网的间距应符合设计要求;网片与锚杆和钢支撑等用铅丝牢固绑扎和点焊连结牢固,网片搭接长度为  $20\text{cm}$ 。

钢格栅拱架安置就位后,应与相邻段焊牢。每根格栅拱架之间的 5 号槽钢应确保焊接牢靠,保持连续。格栅拱架之间采用 5 号槽钢制成挡网,以防止岩石掉块。

喷混凝土施工前清除开挖面浮石、石渣或堆积物,挖除欠挖部位,用高压水枪冲洗受喷岩面,受喷面经验收合格后,设立喷厚标志,喷混凝土厚度满足设计要求。

## 4 结 语

麒麟区龙潭河水库输水隧洞洞体围岩为  $E_3c$  铁质含粉砂泥晶灰岩、细粒岩屑砂岩。岩石全~强风化,洞轴线与层面走向近于斜交。该段围岩类别为 V 类,围岩极不稳定。通过采用全断面开挖及时喷混凝土,系统锚杆加钢筋网,及时浇筑混凝土衬砌,有效避免开挖过程大体积塌方,开挖施工中没有出现大体积塌方,保证了施工作业人员的人身安全,工程质量得到保证,比预期节省工程投资约 30 万元,比预定工期提前 25 天完工。该工程于 2017 年 10 月 25 日通过单位工程验收,工程质量评定为优良。◆