

# 伊朗 Mamloo 坝施工组织设计

汪朝松

(水利部淮河水利委员会 蚌埠 233001)

**摘要** 伊朗 Mamloo 坝具有工程施工工序多、工期紧、强度大、工艺复杂的特点。根据 Mamloo 坝工程特点和施工条件,除采用常规性的施工技术外,还采用一些特殊的施工技术,如导流隧洞全断面开挖、明渠开挖一次爆破至设计高程等,以确保工程施工质量和工程按期建成。

**关键词** 土石坝 施工导流 碾压 防渗墙 预裂爆破

伊朗 1967 年在 Jajrud 河上兴建了 Latiyan 水库,该库主要为德黑兰市提供  $16 \text{ 亿 m}^3$  的饮用水和为 Varamin 平原  $7 \text{ 万 km}^2$  耕地提供部分农业灌溉用水。由于该库库容不大,加之连年淤积,供水量已不能满足农业用水要求。因此,伊朗政府决定在 Jajrud 河上的 Latiyan 水库的下游修建 Mamloo 水库,用来调蓄 Latiyan 水库汛期的弃水及 Latiyan 至 Mamloo 坝址区间的径流,为 Varamin 平原尽可能多提供农业灌溉用水。

Mamloo 坝工程由中国水利部淮河水利委员会伊朗工程设计组设计。主河槽布置土石坝,最大坝高  $82 \text{ m}$ 。坝顶高程  $1305.0 \text{ m}$ (里海高程),轴线长  $728 \text{ m}$ 。右岸布置导流隧洞,导流任务结束后,作为永久性的非常溢洪洞。左岸布置溢洪道,全长  $432 \text{ m}$ 。百年一遇设计洪水位  $1300.5 \text{ m}$ ,两千年一遇校核洪水位  $1302.8 \text{ m}$ ,最大库容  $10 \text{ 亿 m}^3$ 。

## 1 施工导流

### 1.1 导流标准

伊朗同意采用中国的设计规程和规范,按中国水利电力枢纽等级划分及设计标准 SDJ12-78 的规定,Mamloo 水库工程属 II 级水工建筑物,相应的临时建筑物为 IV 级,其导流设计流量应选择相应于  $P=5\%$  频率的洪峰

流量。

由于 Mamloo 坝所控制流域面积的洪水,主要发生在每年的 1~3 月,洪水的形成来自暴雨和融雪,4 月过后,积雪基本消失,开始进入枯水期,区间来水主要是降雨汇流而成。

经过论证分析,导流隧洞和大坝底部的混凝土防渗墙于第一个枯水期(4~12 月)同时进行施工,并同时于该枯水期全部完成。第二个枯水期开始后,立即组织上、下围堰施工,要求两个月或两个半月内完成,隧洞开始导流,基坑开始排水、清基,混凝土防渗墙与心墙搭接部位的混凝土浇筑及坝体填筑采用流水作业全面施工。并要求坝体填筑高度必须满足抵挡汛期洪水。

根据上述条件,导流设计洪峰流量,可选用 4~12 月  $P=5\%$  频率相应的洪峰流量  $Q=256 \text{ m}^3/\text{s}$ ,作为施工导流的设计流量。

### 1.2 导流方式

Mamloo 坝址区,上宽下窄,河床宽近  $400 \text{ m}$ ,覆盖层最大深度达  $60$  余米;大坝为土石坝,不宜采用束窄河床分期导流;坝址地形不宜采用明渠导流。因此,选用导流隧洞导流比较经济合理,故在右岸布置导流隧洞,洞径  $8 \text{ m}$ ,洞挖岩石  $2.5 \text{ 万 m}^3$ ,混凝土衬砌  $0.5 \text{ 万 m}^3$ 。

### 1.3 围堰工程施工

上游横向围堰轴线长  $364 \text{ m}$ ,堰顶高程

1240 m,最大堰高 15 m,砂砾石填筑量 27 万  $\text{m}^3$ ,粘土斜墙和上游防渗铺盖填筑量 4.5 万  $\text{m}^3$ ,是大坝坝体的组成部分。4 月初,上游围堰施工从左右岸同时端进,由 4~8  $\text{m}^3$  挖掘机配 20~45 t 自卸汽车装运砂砾石料直接上坝,振动碾分层碾压。粘土斜墙和防渗铺盖也随坝壳的填筑相继进行,采用 2~4  $\text{m}^3$  反铲配 15~20 t 自卸汽车装运防渗料直接上坝,气胎碾分层碾压,5 月下旬全断面填筑至截流龙口,当上游来水量偏小时,立即组织截流合龙和龙口闭气。下游围堰施工略。

#### 1.4 导流隧洞封堵

a. 封堵时间。根据 Mamloo 坝址处年平均降雨量 250 mm,年内分配很不均匀,冬季占全年降雨量的 41.7%,春季占 30.8%,夏季占 30.8%,秋季占 24.3%。因此,选择第四个枯水期 6 月份进行封堵。

b. 封堵方法。导流隧洞进口段设置一扇临时闸门,由轮胎吊起吊下闸,以保证混凝土塞的干地施工。为防止闸门漏水,对闸门槽施工质量,闸门制作安装精度及闸止水都必须从严要求。

当闸门关闭后,进行立模,由混凝土搅拌车运送混凝土熟料至堵塞段,再由混凝土输送泵入仓浇筑。封顶时应事先预埋好灌溉管道,再用混凝土输送泵送料入仓,直至挤满为止,然后进行灌浆处理。

#### 1.5 基坑排水

基坑排水包括初期排水和经常性排水两部分。初期排水是指排除围堰闭气后,基坑的积水、渗水和雨水。经常性排水是指完成前者后,为保持大坝的干地施工条件,需要继续排除基坑内的各种渗水、雨水和施工用水。

##### 1.5.1 排水量估算

a. 初期排水量用下式计算

$$Q = KV_1 + V_2 + V_3$$

式中  $Q$  为排水量; $V_1$  为基坑积水, $V_1 = Ah$ , $A$  为基坑集水面积, $h$  为基坑平均水深; $K$  为经验系数,一般取 1.5~2.5; $V_2$  为渗水,指各种途径渗到基坑内的水,可应用斜墙加

铺盖的渗流计算方法求得(本工程初期排水时间很短,内外水位差不大,不予计算); $V_3$  为雨水,指在排水时间内,降雨在基坑集水面积范围内产生的径流。

根据上述计算方法,求得初期排水量为 27.4 万  $\text{m}^3$ 。

b. 经常性排水。围堰渗水量是根据围堰型式、基础地质条件及最高挡水位与基坑开挖高程等因素计算求得;雨水则按一定时段降雨强度,既可选用设计频率降雨强度,也可选用附近雨量实测降雨强度进行计算;施工弃水主要由填筑坝壳碾压时所洒的水量确定。本工程求得经常性排水量为 13.2 万  $\text{m}^3/\text{d}$ 。

##### 1.5.2 排水站装机容量的确定

由于第二个枯水期土石坝的填筑强度大、工序多、工期紧,初期排水时间应尽量压缩,将其定为 3 天,根据初期小时排水强度确定排水站的装机容量,并增加装机备用数量(装机容量的 20%~100%),由于未计围堰渗水量,因此,备用量应取偏大值。

## 2 主体建筑物施工方法

### 2.1 土石坝施工方法

Mamloo 坝轴线长 728 m,为砂砾石粘土砾石心墙坝,基础防渗采用混凝土防渗墙,上下游边坡均为 1:2.5,在高 1256 m 和 1280 m 处各设有 5 m 宽的平台。基础开挖土石方 44 万  $\text{m}^3$ ,土石方填筑 795 万  $\text{m}^3$ ,其中心墙砾质土 118 万  $\text{m}^3$ ,上游坝壳 300 万  $\text{m}^3$ ,下游坝壳 302 万  $\text{m}^3$ ,上游护坡块石 41 万  $\text{m}^3$ ,下游排水菱体 16 万  $\text{m}^3$ ,反滤料 18 万  $\text{m}^3$ ,混凝土防渗墙 1 万  $\text{m}^2$ 。

#### 2.1.1 坝料开采

a. 心墙防渗料源。经过初步勘探,坝区周围未发现粘土、砂质粘土、粉质粘土等心墙填筑料源。在坝址上游 7 km 处有一壤土区,坝址附近 1 km 处有风化砾石,砾石中含粘粒 10%~18%。经研究分析,决定采用 20% 的壤土掺合 80% 的风化砾石,作为大坝心墙的填料。掺合的方法,在坝址附近选择一块地

势平坦且具有足够面积处,作为心墙填料的掺合场地。采用  $12 \sim 15 \text{ m}^3$  铲运机从壤土料场铲运壤土至掺合料场,均匀铺散,推土机平整,铺土厚度  $20 \text{ cm}$ ,再用自卸汽车装运风化砾石散铺在壤土层上,铺料厚度  $80 \text{ cm}$ ,重复交替上升进行备料,堆高以  $8 \text{ m}$  为宜。上坝时,采用正铲由备料底部向上开挖几遍,使其均匀掺合,再装自卸汽车上坝。

**b. 坝壳填料。**坝址上下游砂砾石料储量丰富。开采的顺序是先上游后下游,先近后远。开采的方法,一种是掌子高度在  $8 \text{ m}$  左右,宜用正铲配自卸汽车运料上坝;另一种是掌子偏低,宜用大斗容的装载机配自卸汽车运料上坝。

**c. 块石料。**块石料应在坝址附近选择岩石坚硬、新鲜完整、储量充足、开采条件好、运输方便的料场。通过爆破试验,取得块石获得率高,块石成形好的爆破参数,进行块石开采。

#### 2.1.2 坝面作业

**a. 铺料。**铺料厚度根据坝料性质,压实机械性能而定。鉴于本工程的实际情况,心墙铺料以  $30 \sim 40 \text{ cm}$  进行控制,坝壳铺料厚度以  $60 \sim 80 \text{ cm}$  控制,使心墙每上升两层坝壳上升一层,便于心墙和坝壳交替上升,也有利反滤层的施工。

**b. 压实。**心墙碾压机械选用  $30 \text{ t}$  的气胎碾。在心墙填筑之前,按铺土厚度  $30 \sim 40 \text{ cm}$  做碾压试验,以确定合理的碾压参数。坝壳碾压机械选用  $15 \text{ t}$  的振动碾,在坝壳填筑初期,按铺料厚度  $60 \sim 80 \text{ cm}$  做碾压试验,确定其碾压参数。由于心墙采用气胎碾碾压,每层碾压结束时,必须采用刨毛机进行刨毛,使层间保持良好的结合。坝壳采用振动碾碾压时,必须洒水,以提高压实效果。

### 2.2 混凝土防渗墙施工

#### 2.2.1 施工准备

**a. 造孔平台回填。**造孔平台需高出河道水位以上  $1.0 \text{ m}$ ,其水位应是  $4 \sim 12 \text{ 月 } P = 5\%$  频率河床束窄一半的(采取分期施工)相

应水位,平台宽度应满足冲击钻机的造孔工作宽度加混凝土浇筑运输的要求。平台砂砾石填料粒径不得超过  $15 \text{ cm}$ ,在填筑前要进行超径处理。

**b. 泥浆系统。**泥浆是冲击钻造孔固壁的必要材料。造孔前制浆系统必须建成,制浆系统包括制浆机、制浆池、供水设施、输浆管道及制浆材料等。

**c. 混凝土供料系统。**混凝土熟料供应是从供料系统按照设计配比进行配料,由混凝土搅拌车拌和、运输至浇筑平台。

#### 2.2.2 混凝土防渗墙施工

**a. 造孔。**主孔由中国制造的 CZ-30 型冲击钻机造孔,采用粘粒含量高的泥浆固壁(含粘量  $38\%$  以上)。副孔小于  $30 \text{ m}$  深的采用液压抓斗抓挖;超过  $30 \text{ m}$  深的副孔,上部用液压抓斗抓挖,下部用冲击钻机劈孔至设计高程。

**b. 混凝土防渗墙浇筑。**采用  $6 \text{ m}^3$  混凝土搅车运送混凝土熟料至防渗墙施工平台,通过溜管下到槽孔底部,进行水下混凝土浇筑,浇至设计高程  $1218 \text{ m}$ 。

### 2.3 隧洞开挖方法

**a. 进、出口段。**在设计开挖线上布置预裂爆破孔,孔径  $80 \text{ mm}$ ,孔距  $80 \text{ cm}$ ,孔深一次打到设计高程(但要预留裂缝延长深度),按预裂爆破的设计参数进行预裂爆破。在进出口前沿(轴线方向)采用手风钻钻爆破,为梯段爆破创造临空面,然后用中国制造的 YQ-100 型潜孔钻打梯段爆破孔,进行梯段爆破。底部保护层开挖,爆破孔可一次打到设计高程,在装药前,必须将爆破孔底部加入柔性垫层,以防底部受爆破冲击波而破坏。最后采用正铲配自卸汽车出碴。

**b. 洞身段。**在洞身段设计开挖线上和开挖岩体上,采用多臂台车分别打预裂爆破孔和松动爆破孔,再用毫秒雷管进行爆破,其中周边预裂爆破孔装零段雷管,中心掏槽爆破孔装 1 段和 2 段雷管,掏槽孔外围的梯段爆破孔分别装 3 段、4 段、5 段雷管。在起爆(下转第 49 页)

重的。首先对裂缝进行普查,编号记录,然后根据设计代表的意见,对9#坝段裂缝采取了两期化学灌浆、上扣半圆钢管、铺两层 $\varnothing 28$ 的阻裂钢筋等措施。对通向上游面的裂缝,自顶面钻1~2个骑缝孔至缝的底部,孔内灌注水溶性聚胺脂化学材料封堵;对于其它裂缝,凡深度小于20cm的,开挖三角槽并涂注环氧基液,或用风镐人工挖除,然后用干硬性砂浆回填,并视裂缝情况铺适量阻裂钢筋。对于深度在20~50cm的裂缝,处理措施同上,并铺一层阻裂钢筋,必要时埋管化学灌浆。深度在50~100cm的裂缝,处理措施同9#坝段;深度大于1.0m的裂缝,则需专题研究处理措施。另外,对于通向上游面的“劈头缝”,在上游面凿三角槽,回填SR防渗材料后,用环氧材料封堵以防渗。

## 2.4 小 结

a. 石漫滩水库工程碾压混凝土的裂缝均属表面裂缝,虽较多,密度也较大,但缝宽、缝深都不大,且未发现水平裂缝,因而对结构的影响不大,经过慎重的处理,完全可以满足

结构要求。

b. 对于一般碾压混凝土坝,宜于一个枯水季节一次完成。如做不到而被迫长间歇,则即使时处夏季,也要采取措施保护,以防气温骤降导致混凝土开裂。尤其是北方地区,昼夜温差大,加上碾压混凝土早期强度低,内部升温过程又长,不加保护是极其危险的。对结构上存在孔洞等不利部位处,更应采取加强保护措施。

c. 碾压混凝土养护也是防裂的重要措施之一。北方地区气候干燥,即使是夜间,亦应专人养护,防止混凝土失水造成质量缺陷。长间歇混凝土的养护期限,规范规定不少于28d,笔者认为是不够的,应养护至设计龄期(一般为90d)。

d. 加浆振捣工艺生产的碾压混凝土,虽然单位用水量较多,但只要认真操作,严格控制浆液配比,也能保证混凝土的质量,从而减少或避免产生裂缝。

(收稿日期:1996-01-11)

(上接第45页)

的瞬间,预裂缝首先形成,接着掏槽孔爆破,在隧洞中部掏出临空面,挨着掏槽孔外围的梯段孔分别起爆。这样,全断面爆破将完成一次进尺循环。

c. 竖井段。在导流隧洞内用柱架钻向上打孔,钻孔布置和爆破方法同于洞身段。通过隧洞出碴。

## 2.4 溢洪道混凝土施工方法

左岸溢洪道全长432m,其中进口明渠段252m,为矩形断面,底板净宽22m,底板和侧墙厚度均为1m,渠底纵坡1:3.5,进口段设有两孔平板闸门。隧洞段长120m,纵坡1:12.5,隧洞断面为马蹄形,底板净宽10m,顶拱半径5m,侧墙净高6m,衬砌厚度均为1m。出口段长60m,纵坡1:12.5,断面为矩形,由10m底宽渐变到20m,末端设有挑流鼻坎。

a. 明渠段混凝土浇筑。底板混凝土和侧墙混凝土浇筑采取流水作业,先浇底板,后浇侧墙。底板中心顺水流方向分一条纵缝,垂直水流方向每隔12m分一条横缝,从上游向下游进行跳仓浇筑。侧墙高4m,分两层浇筑。混凝土熟料采用6m<sup>3</sup>混凝土搅拌车送入混凝土输送泵直接进入仓浇筑。

b. 隧洞段混凝土浇筑。隧洞段的混凝土浇筑由下而上逐段浇筑,每段浇筑长度为10m,先浇底板,次浇边墙,后浇顶拱。顶拱模板采用钢模台车,由混凝土输送泵直接入仓,插入式振捣器振实,待顶拱混凝土达到设计龄期后,进行回填灌浆,灌浆范围为顶120度,灌浆分两序孔自下而上进行,两序孔灌浆间隔72h,灌浆浓度和压力由小逐渐加大,直至达到设计值。

(收稿日期:1996-05-11)