

三原西郊水库均质土坝软基开挖与处理

周孝武,张少卫

(陕西工程管理局集团公司第三工程公司,陕西 咸阳 712000)

摘要 三原西郊水库均质土坝软基开挖与处理采用群井抽降地下水位,提前充分暴露开挖面达到疏散土壤饱和水的目的,结合干土换填铺路的方法完成土地开挖。同时,采用水泥石土封堵,加黏土混凝土防渗墙的方式来处理地基缺陷。

关键词 软土地基 土坝 三原西郊水库

中图分类号 TV223.2

文献标识码 B

文章编号 1006-7647(2002)07-0039-04

三原西郊水库位于陕西省三原县城以西约 3.0 km 的清峪河干流上,控制流域面积 1 018.4 km²,库容 3 050 万 m³,是一座以农业灌溉为主,兼有防洪、养殖等综合功能的三等中型平原型水库。该库主要利用泾惠渠灌区非灌溉季节的余弃水自流充库储水,来满足泾惠渠灌区枯水期灌溉用水和三原县城用水的需求。

水库由大坝、溢洪道、导流排沙泄洪洞、放水塔和抽水站等部分组成。其中大坝为渠库结合的均质土坝,最大坝高 42 m,坝顶长 208 m,宽 15 m,最大坝底宽度 218.5 m,坝底长 100 m,坝坡坡比 1:2.0~1:3.0,岸坡坡比 1:1.5~1:2.0。大坝清基高程为 392.0 m,截水槽高程为 386.0 m,最大挖深 16 m,大坝坝肩削坡量 19.81 万 m³,坝基水下开挖土方 12.4 万 m³。

1 工程概况

1.1 坝趾区地质条件

枢纽区河流由西向东呈近东西向,河谷呈 U 形,宽约 170~200 m,谷坡约 40°~60°。河床高程 394.0~396.0 m。清峪河一级阶地面高出河床 2~3 m,右岸阶地面宽 40~60 m,左岸阶地面宽 10~30 m,左岸阶地面有坡崩积物覆盖。

大坝为土质坝基,坝址区广泛分布的主要土层由河道基底层和河床覆盖层两部分组成。上部覆盖层为清峪河漫滩及一级阶地堆积粉土和粉质壤土、鸡窝状分布的砂卵石夹层等,厚度约 13 m 左右,具有“高地下水位”、“高压缩”等特点。河道基底层由粉质黏土、局部夹粉质壤土构成。粉质黏土层属中等压缩,微弱透水性,可作坝基防渗隔水层。

坝肩斜坡从上到下可分三部分:上部(高程 420.0~428.0 m)为黄土状壤土;中部(高程 420.0~406.0 m)为轻粉质壤土,夹粉细砂层或粉质壤土、粉质黏土;下层(高程 406.0 m 以下)为粉质壤土和粉质黏土夹细砂透镜体。右坝肩斜坡稳定性较好。左坝肩斜坡表面坡积、滑坡、错落体较多。两岸坡缘 30~60 m 范围内落水洞和裂隙发育,落水洞直径 1.0~15.0 m 不等,一般深度 2.0~7.0 m。坝肩在高程 406.0~420.0 m 的粉质壤土夹粉细砂层存在绕坝渗漏问题,设计上采用加黏土混凝土防渗墙进行处理。

1.2 坝趾区水文状况

两坝肩地下水位埋深 16~25 m,水位高程 408.0~411.0 m。清峪河阶地水位高程 398.0~395.0 m,埋深 1~3 m。清峪河常年过流,流量一般为 1~3 m³/s。清峪河两岸泉水分布较广,分布高程 398.0~407.0 m,流量多为 3.0~5.0 L/min。

1.3 气象情况

根据三原县气象局提供的资料:该地区多年平均气温 13.2℃,最大冻土深度 16 cm,多年平均降水量 536.6 mm,多年平均降水天数 89.4 d。

清峪河洪水系暴雨形成,暴雨发生日期最早 4 月下旬,最迟 10 月,大量级暴雨 7 月和 8 月份居多。大坝施工汛期防洪标准:1999 年汛期利用原河床过流 2000 年汛期防洪标准为 20 年一遇,防洪流量 151.3 m³/s。2001 年汛期防洪标准为 50 年一遇,防洪流量 840 m³/s。

1.4 度汛方式和截流前后施工安排

根据三原西郊水库水文地质状况、施工总进度计划安排以及导流排沙泄洪洞已建成且具备过流条

件的实际情况,截流时间安排在 1999 年 10 月中旬进行.截流前河床过水,截流后导流洞过流.截流前主要进行两坝肩削坡和河床两岸阶地开挖,截流后集中力量进行河谷部分坝基开挖与处理.其具体安排如表 1 所示.

表 1 坝基处理施工安排及时段划分

施工阶段	施工项目	工程量 /万 m ³	施工时间
截流前	左、右坝肩削坡	19.81	4月1日~9月8日
	坝基高程397.0m 以上开挖	6.30	9月10日~10月18日
截流后	坝基高程392.0~397.0m 开挖	5.05	10月18日~11月28日
	截水槽高程386.0~392.0m 开挖	1.05	11月28日~12月31日

注 除左、右坝肩削坡外,其他项目均为水下施工.

坝肩削坡从 1999 年 4 月 13 日开始进行,8 月份开挖至高程 402.0m,10 月 18 日截流前河床两岸阶地已基本开挖至高程 397.0m.1999 年 10 月 18 日顺利实现截流,11 月 28 日开始回填上游坝体小断面,年底坝基开挖工作全部完成,并通过验收.

2 坝基降水措施和效果

根据地质条件,坝趾区地下水位基本在高程 406.0m 左右,并由两岸高地向河床低凹处排泄.坝基位于河床内,河床过流明水随处可见.坝肩部分削坡,坝基开挖以及截水槽施工均处于地下水位以下 6.5~12.5m,开挖土方全部属于饱和水状态下的软基土开挖.

考虑坝基开挖的实际施工条件,为确保坝肩开挖边坡稳定,满足机械开挖坝基和截水槽的条件,保证坝体达到干地回填的要求,1999 年 2 月 3 日召开坝基排水方案专家研讨会,并通过现场抽水试验,确定了以井排为主,明抽为辅的坝基排水方案和地下水位降至建基面以下 2~3m 的降水要求.

2.1 坝基降水措施

- a. 坝肩顶部修截水渠拦截降雨形成的汇流,使其流入坝基开挖的基坑内.
- b. 坝肩削坡开口线以外 2~5 m 范围内间隔 30m 打深 65 m 左右的排水井,以确保降低坝肩地下水位,形成较缓的水力梯度线,保证基坑开挖后坝肩边坡的稳定.
- c. 坝基内布置 42 眼深 45~65 m 抽水井,井底高程 355.0~335.0m,井内安装高扬程小流量 15m³/h 潜水电泵抽水,以降低坝基地下水位,满足开挖和填筑要求.
- d. 坝肩抽水井分别抽水流入坝肩截水渠,汇流后集中用大流量(100m³/h)水泵排入泾惠渠一支渠内.
- e. 坝基抽水井分别采用闸阀控制并联或串联形式,用抽水管排入基坑以外的河道内.

2.2 坝基降水后的效果

坝基排水从 1999 年 6 月 8 日开始,15 d 后坝基群井水位基本上控制在高程 380.5 m 左右,通过洛阳铲在两井间打观测孔观测,地下水位基本上控制在高程 384.0 m.1999 年 11 月 28 日截水槽开挖至高程 386.0 m 时,未见明水出现.这说明坝基降水经过群井小流量、高扬程、定水位间歇抽水后降水效果非常理想,满足了坝基开挖和填筑的要求.

2.3 坝基排水施工注意事项

- a. 坝基排水造井要确保质量,特别是要保证洗井和排水井周围反滤料回填质量,否则将有可能形成兄弟单位在导流洞降水时的情况,或滤不出水或抽出为泥水.
- b. 坝基排水要固定专人负责,要坚持昼夜连续抽水,下雨等任何干扰都不能停抽.否则易形成降水容易、回升快的恶性循环.
- c. 要有足够的备用电源,以便停电后能很快启用备用电源,保证停排间歇小于 6 h.
- d. 要做好记录,随时采用自制电测水位计测量抽水井和观测孔的水位变化情况;同时采用秒表和水表观察抽水时间、抽水量变化,绘制降水过程图,分析降水情况和效果.并要注意出水的颜色等.

3 坝基开挖的施工顺序和方案

根据目前的施工机械、施工手段和经验,考虑坝体回填的要求,坝基开挖以反铲逐层分区分块开挖为首选方案.

3.1 坝基开挖时段划分

坝基开挖时段主要考虑截流和 1999 年年底前坝体上游小断面回填至高程 396.0 m 的目标要求,将坝肩削坡和坝基开挖分截流前后两阶段进行,其具体时段划分见表 1.

3.2 坝基开挖分层和分块

坝肩削坡自上而下分层开挖,层高 3~4 m,分左、右两工作面进行.坝基开挖至高程 397.0 m 以上分左、右两大块进行施工.坝基开挖至高程 397.0 m 以下分左、右岸和河床段三大块和坝轴线上、下游两大区施工.坝基开挖层高为 2.5~3.5 m.

3.3 坝基开挖的顺序和方向

坝肩削坡开挖的顺序为自上而下.由于受地理条件限制,左坝肩弃土场在下游,开挖顺序从上游向下游方向进行;右坝肩弃土场在上、下游均有布设,其开挖顺序为从坝轴线向上、下游方向开挖为主.

坝基高程 397.0 m 以下开挖分三大块两大区进行,即以坝轴线为界分为两大区,以河床段和左、右岸分为三大块.开挖时分别从上、下游向坝轴线掘

进,然后由左、右岸向河床段开挖。

4 坝基开挖与处理的施工方法

4.1 施工道路

坝肩削坡和坝基开挖的施工道路主要包括开挖面至弃土场的施工道路和大坝基坑内开挖过程中的施工道路。开挖面至弃土场的施工道路自 1999 年 3 月陆续修通并硬化了所有施工道路。而基坑内施工道路由于基坑位于清峪河河道内,河谷淤积严重,地下水位较高,因而施工道路修筑相对费事。施工时主要采用换填 0.8~1.0 m 厚干土,进占铺干土换填的方法修路,即分别从上、下游采用进占换填的方法修一条或两条主干道,然后以满足反铲开挖半径为要求,采用进占换填的方法修分干道,形成树枝状基坑内开挖施工道路。同时换填的施工道路应尽可能位于两开挖层之间,以满足两层开挖的需求。通过实践,这种方法施工比较经济实用,坝基共完成水下挖土方 12.4 万 m³,修筑换填施工道路用干土 4.2 万 m³,占总开挖量的 34%。

4.2 坝基开挖与处理

a. 坝肩削坡和 397.0 m 以上的开挖采用 1.0 m³反铲配 5~8 t 自卸汽车分层开挖的方式进行,分层厚度 3~4 m,人工配合进行坡面整修。在 400.0~397.0 m 开挖时,将小部分开挖土堆于河道两侧,其目的是防止河道涨水后淹没两岸阶地开挖好的工作面(因河道未截流,又处于多雨洪水季节)。同时在开挖过程中沿两岸边坡和靠近河床部位开挖部分排水沟和龙头坑,便于提前疏散下层土体和河谷边缘土体的水分以及坡面雨水汇流抽排等。

b. 高程 397.0~392.0 m 的开挖在 1999 年 10 月 18 日截流后进行。由于截流前已将两岸阶地提前开挖至高程 397.0 m,清峪河在坝基开挖范围内实际上已形成地上悬河。截流完将河道余水进行抽排后,用 1.0 m³反铲配 5~8 t 自卸汽车分别从左、右岸将河道两边大部分土体及河道淤泥开挖。然后利用高程 395.0 m 的基坑施工道路在河道两侧用反铲配合自卸汽车开挖形成两道沟,以充分提前暴露工作面,达到提前疏散水分的目的,便于后期开挖。

c. 高程 392.0~386.0 m 截水槽的开挖采用 1.0 m³反铲配 5~8 t 自卸汽车分层开挖,分层厚度 2.5~3.5 m。由于截水槽部位地质条件较好,开挖时仍采用干土换填施工道路的方法,施工道路分别在 392.0 m 和 389.0 m 处,开挖从两端向中心退,并从下游弃土。

d. 坝基高程 392.0~388.6 m 砂卵石的处理。坝基挖至高程 392.0 m 时,出现一条宽约 45~20 m 的砂

卵石夹层,经开挖探测砂卵石底部高程在 388.6 m。为保证坝基防渗能力,1999 年 10 月 8 日组织召开专家咨询会,决定将其全部挖除。随后采用重新换填干土铺路的方法分上、下游采用机械挖除,然后采用与坝体同时回填的方式进行夯填处理。

e. 坝肩高程 393.7~399.3 m 砂壤土透水体的处理。坝肩高程 393.7~399.3 m 透水现象严重,补充地质资料显示:渗透系数 $k = 8 \times 10^{-4}$ cm/s,允许渗透比降 $J = 0.125$,经计算分析:虽渗漏量不大,但允许渗透比降很小,渗透稳定问题较大,必须进行处理。1999 年 11 月 26 日,根据专家咨询会意见并结合现场实际,大坝填筑时采用水泥土封堵的方法进行处理。即在 393.0~400.0 m 之间采用水泥土封堵技术,将该部位砂壤土透水体封死,满足上坝施工的要求。其水泥土处理方法如图 1 所示。

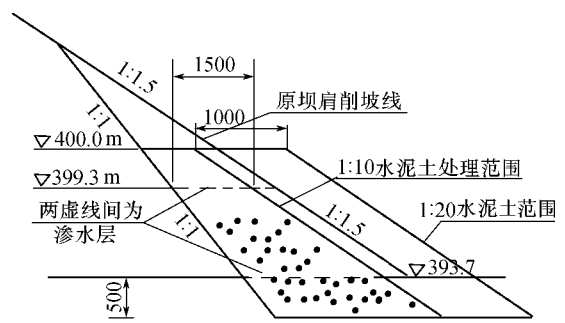


图 1 水泥土处理示意图(单位:mm)

水泥土封堵根据西北水利科学研究所的试验,采用 1:10 外包 1:20 水泥土。水泥土夯填坚持人工电夯分段分层快速施工的原则,严禁大吨位碾压机靠近或碾压。水泥土控制干密度在 1.65~1.70 g/cm³ 之间。

f. 坝肩高程 420.0~406.0 m 绕坝渗流问题的处理。设计时,对坝肩高程 420.0~406.0 m 绕坝渗流问题采用两坝肩各修长 100 m 的混凝土防渗墙进行处理,以延长渗径,减少渗漏量,保证水库在高水位运行时大坝的安全。

坝肩加黏土混凝土防渗墙采用人工分段开挖,卷扬机提升,混凝土倒挂壁支护的方式开挖。加黏土混凝土采用湿法生产,分段采用串桶入仓由底向上一次浇筑的方法施工。从试验资料和取岩芯检测来看,处理质量比较好,经过建设、监理及质检部门检测验收,质量被评为优良。

g. 坝肩落水洞的处理。坝肩落水洞采用反铲挖除,然后同填体一样用土料夯填的方法来处理。

5 施工存在的问题和解决办法

坝基开挖和处理中主要存在两个问题:

a. 坝基淤泥的堆弃问题。坝基水下开挖的土方

基本上呈软泥状,其弃于土场后形成铺散状,大量占用弃土场.解决的方法是尽量利用沟道结合填沟造田堆积,并与库区护岸削坡弃土同时进行,以利用护岸削坡的弃土硬化基坑开挖堆弃的软泥,达到少占弃土场的目的.

b. 坝基排水井和泉水的处理.坝基降水共造井42眼,在坝体填筑过程中分高程逐步封堵.而坝肩泉水也按高程逐步封堵.其处理方法是抽水井和泉水均采用安装井管,井管外包无纺布,下泵抽排的方法来处理.待坝体回填一定高程后,采用下部回填砂石混合料,上部用150号混凝土封1.5m的方法封死.

(上接第20页)消除了坝体坝基可能产生的渗透破坏的隐患,确保了工程安全.

对于混凝土坝的防渗加固一般是在其表面锚固或粘结土工膜(如图6所示).落坡岭水库拦河坝位

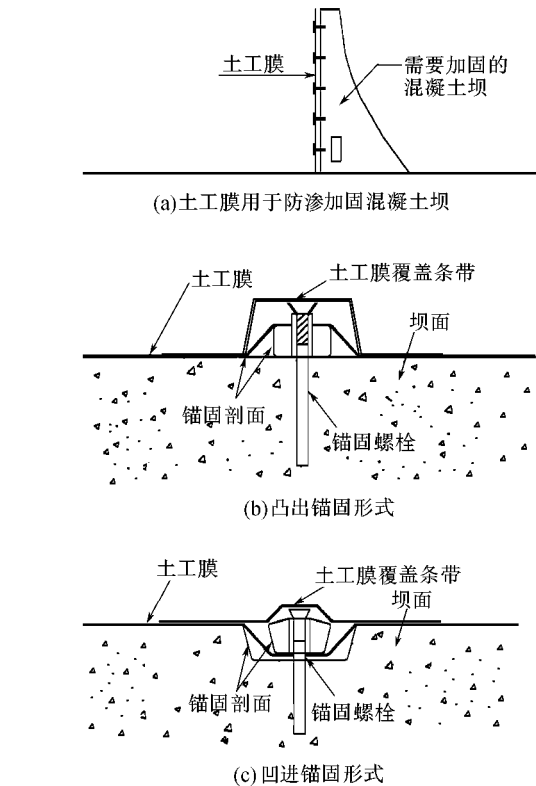


图6 土工膜用于混凝土坝加固

于永定河上,为混凝土重力坝,坝顶高程204.0m,坝长220.75m,最大坝高19.5m,1971年动工修建,1975年建成,1976年7月正式投入运行.1976年11月即已发现右岸挡水坝段裂缝,1981年12月漏水量增大,此时裂缝已经上下贯穿,随后进行了系列观测,当时测得平均裂缝宽度为3.5mm,最大裂缝宽度为4mm,最大漏水量13.5L/min,最小漏水量6.6L/min,并进行了氰凝灌浆处理.1993年3月观察,不断有水从裂缝流出,说明裂缝受温度的影响较

6 结 语

1999年12月10日,坝基全部开挖至建基面设计高程392.0m后,对坝基进行了初验.1999年12月31日截水槽开挖完后,由省质检站组织对整个坝基进行了验收.验收专家组对“高地下水”“高压压缩”等复杂地质条件下坝基开挖与处理达到了建基面平整、边坡稳定、开挖尺寸准确、地下水位得到有效控制给予了很高的评价,一致认为坝基开挖与处理工程优良,为以后类似工程的基础处理积累了经验.

(收稿日期 2002-02-06 编辑 熊水斌)

大,仅靠灌浆处理不能完全解决问题,决定在上游裂缝面粘结锚固一条橡胶薄膜,以适应裂缝的伸缩变形.施工时沿裂缝锚固粘结一条长3m,宽57cm,厚1.4mm的三元乙丙橡胶薄膜,处理后没有漏水发生.

6 结 语

土工膜作为一种轻便的,便于施工、造价低廉、性能可靠的防渗材料在水利工程中有着广泛的应用.它在土石坝、混凝土坝、渠道、防渗加固等工程的应用取得了良好的效果.土工膜不仅在水利工程中有应用,而且在路桥工程、环境工程、地下工程等其他工程也有很多重要的应用.

参考文献:

- [1] 《土工合成材料应用手册》编写委员会.土工合成材料应用手册[M].第二版.北京:中国建筑工业出版社,2000.
- [2] 顾淦臣.论土工膜防渗结构[J].人民黄河,1987.14~17.
- [3] 合成土工膜的推广应用[J].水利水电快报,2000.21~23.

(收稿日期 2001-12-15 编辑 马敏峰)

