

小型水库加固工程的设计要点分析

张飞 刘振飞

华容县水利水电勘测设计院

摘要: 小型水库作为水利工程中重要的基础设施,其坝体的结构安全是水库发挥其作用的关键。本文利用水库加固工程的设计实例来进行说明,通过水库的洪水设计分析,得出水库加固工程的设计要点,小型水库除险加固设计要点主要在于大坝稳定分析,其中包括大坝整体稳定、大坝渗流稳定、大坝边坡稳定。以达到稳定水库坝体结构,确保水库运行安全的目的。

关键词: 水利工程建设; 水库加固; 设计要点

水利工程是我国重要的基础设施建设工程,特别是水库的作用,不仅在防洪抗旱方面有非常重要的意义,同时对地区经济的发展有着非常好的促进。为了确保现有水库的运行安全,对水库的坝体进行检测和加固是十分必要的,其中针对水库加固工程的设计,是对现有水库的维护保养重要的技术指导性文件。

一、项目概况

项目水库坝址位于长江支流水系。枢纽工程主要由大坝、溢洪道及输水设施组成。大坝为均质坝,坝顶宽3.3m,最大坝高6.9m,坝顶高程为56.9m,坝顶轴线长153m。水库控制集雨面积为0.168km²,干流长度0.848km,干流坡降107‰。水库校核洪水位55.5m,总库容10.57万m³。灌区设计灌溉面积300亩。是一座以灌溉为主,兼防洪、养殖等综合效益的小型水库。

溢洪道位于大坝右岸,为正槽开敞式,堰顶高程55.2m,宽度为4.0m,溢洪道由控制段和泄槽段组成。大坝输水设施由深水闸和浅水闸与对应的输水涵管组成。深水闸位于输水涵管位于大坝右侧坝内,长40m,为矩形浆砌石箱涵,断面尺寸0.40×0.40m,进口底部高程为50.5,出口底部高程为50.10m;浅水闸位于输水涵管位于大坝左侧坝内,长25m,为矩形浆砌石箱涵,断面尺寸0.40×0.40m,进口底部高程为53.00,出口底部高程为52.58m。

本项目加固设计的主要任务是通过水库大坝、输水设施、溢洪道等的除险加固、溢洪道及观测、管理设施的完善,提高水库的防洪标准,增强其抵抗自然灾害的能力,为地区的经济发展创造有利条件。

二、水库设计洪水

水库库区流域中心多年平均年最大24小时点雨量为279mm,多年平均年最大24小时点雨量变差系数为0.45;降雨初损为27mm。

三、水库加固设计

水库自建成完工后投入运行,受当时人力、物力、自然地理条件的限制,建设标准低,施工质量差,存在的隐患较多,通过现场勘察和加固设计调查分析,目前水库大坝的坝上游坡浪蚀,不平整,坝外坡不平整,杂草、灌木遍布;坝体上游坡无护坡,下游坝脚处无排水体,坝基散渗,坝身渗漏;溢洪道淤塞严重、无衬砌、无消力池;输水设施的取水闸设施损坏,取水困难,高、低输水涵管进口段存在渗漏,进口段局部破损。

(一) 大坝除险加固方案

大坝的内坡预制砼块护坡从高程死水位(50.50m)至校核水位(55.44m),校核水位至坝顶草皮护坡;黏土斜墙施工完成后沿大坝上游设坝体黏土斜墙+帷幕防渗,组成防渗体系;帷幕灌浆间距3.0m,布孔时将帷幕线往坝左右岸延伸,使坝身、坝头、坝基形成封闭、连续的防渗体系。

坝上游坝坡黏土斜墙设计,以上游坝坡校核水位(55.44m)处为控制线,按顶部平台宽2m,坝脚平台宽3m在下游坝坡设置黏土斜墙,大坝填筑黏土斜墙前坡面需清除表层松土和植物根茎,新老土体结合面开挖成0.5m×0.2m阶梯状;填筑标准以压实度和最优含水率作为设计控制指标,压实度应为96%,含水量控制在20%~30%,渗透系数≤5×10⁻⁶/cm/s;围堰后在坝脚处开挖1m深回填黏土作为截水槽。

(二) 坝坡加固设计

大坝上游以C15砼块护坡和黏土斜墙防渗以及修建施工平台坝基帷幕灌浆防渗。下游坝坡整坡后采用草皮护坡。上游坝坡护坡坝顶加固处理后坝顶高程不变,坝顶宽3.3m,坝顶路面采用泥结石路面,厚度0.2m;水库大坝上游坝坡原来是土坡,现局部出现沉陷破坏,设计采用C15砼块护坡和黏土斜墙防渗以及修建施工平台坝基帷幕灌浆防渗。

下游坝坡外坡坡比为1:2,设计考虑对坝面平整后用草皮护坡,并新建行人踏步,宽度为1.0m;大坝原下游坝坡无排水棱体,设计新建贴坡式排水体,新建贴坡式排水体顶部高程55.3m,顶宽0.5m,外坡坡比1:0.5。

(三) 坝基及坝肩帷幕灌浆设计

水库坝体填土与坝基接触带及坝基浅表部强风化岩体透水性较强,属中等透水带,坝基由于兴建及扩建时未清基或清基不彻底,施工质量差,存在渗流通道,致使坝基、坝肩部位渗漏严重。设计采取帷幕灌浆的方法对坝基及坝肩进行防渗处理。

帷幕灌浆孔布置在施工平台上,帷幕要求伸至相对不透水层(q≤10Lu),并根据大坝渗透剖面图将帷幕线往大坝左右岸延伸至水库设计正常位与相对不透水层在两岸的相交处。

灌浆段长度是根据岩石的裂隙发育程度、破碎情况、渗透性以及设备条件决定的。参照省内外帷幕灌浆取得的成功经验,并结合工程的具体情况,灌浆段长度采用5m,基岩条件较好时可适当加长,但不得大于10m,裂隙发育、岩石破碎段应减小灌浆段的长度。接触面单独做一段,灌段长1.5~2.0m。

浆液稠度根据基岩透水性不同而改变,起始水灰比采用3:1;以后采用2:1、1:1、0.8:1、0.6:1。接触面灌浆压力要求以不使坝体底部劈开或上抬为原则,根据《土坝灌浆技术规范》SL 564-2014,接触面灌浆压力控制在0.05MPa以内。

(四) 大坝加固后稳定分析

渗流分析计算采用北京理正研究院编制的《渗流计算分析程序》,其计算结果符合常规并具有较高的精度,能够满足工程设计要求。稳定渗流有限元分析基本方程为:

$$[K] \cdot \{H\} + [M] \cdot \left\{ \frac{\partial H}{\partial t} \right\} = [Q]$$

式中:[K]——透水系数矩阵;{H}——总水头向量;[M]——单元储水量矩阵;{Q}——流量向量。

非稳定渗流有限元分析基本方程为:

$$(\Delta t [K] + [M]) \{H_1\} = \Delta t \{Q_1\} + [M] \{H_0\}$$

式中:Δt——时间增量;H₁——时间增量结束时的水头值;H₀——时间增量开始时的水头值;Q₁——时间增量结束时的流量值;Q₀——时间增量开始时的流量值;

根据以上确定的公式计算,大坝坝体内最大渗透比降为0.25,下游坝坡出逸段最大渗透比降为0.27,坝体与坝基接触

面最大渗透比降为0.24,经过防渗处理后大坝局部最大渗透比降小于允许渗透比降0.3~0.4,满足规范要求。

四、设计要点分析

小型水库除险加固设计要点主要集中于大坝稳定分析,其中包括大坝整体稳定、大坝渗流稳定、大坝边坡稳定。

(一) 大坝整体稳定分析

小型水库大坝整体稳定计算较为简单,计算工况基本组合为设计洪水位,特殊组合为校核洪水位,计算的时候应注意大坝坝身浸润线以下部分土体应采用浮重度,大坝上游坝坡上水压力的向下分力应计入大坝自重。

(二) 大坝渗流稳定分析

大坝渗流稳定分析主要分为两大类,第一类是下游坝坡渗流稳定分析,第二类为上游坝坡稳定分析,计算方法采用有限元法。

其中下游坝坡稳定分析比较简单,计算的时候采用稳定渗流情况进行计算,计算工况基本组合为上游设计洪水位,下游无水或丰水期坝后最低水位;特殊组合为上游校核洪水位,下游无水或丰水期坝后最低水位。

上游坝坡渗流分析情况较为复杂,计算的时候应采用不稳定渗流情况进行,基本原理就是大坝从上游高水位,降落至较低水位,从向下游的稳定渗流变为大坝坝身含水向大坝两侧坝坡渗透直至稳定渗流状态,这种状态也是较为容易被防汛人员忽视的情况,由此引发的堤坝险情俗称落水险。计算工况的选取也较为复杂,一般选取以下几种水位降落工况:①上游水位由校核洪水位骤降至正常蓄水位;②上游水位由设计洪水位骤降至三分之一正常蓄水位;③上游水位由正常蓄水位骤降至死水位(水库空库)。水位降落的时长对大坝上游坝坡渗水出溢点的渗透压力影响也很大,因为本工程主要讨论为小型水

库,根据溢洪道的泄洪能力和放水涵的过流能力计算,结合水库的库容可准确计算出骤降时长,降落时长如不足2小时的按计算取值,水位降落时长超过2小时的一般按2小时考虑。

(三) 大坝边坡稳定分析

加固后大坝下游坝坡在正常蓄水位、设计洪水位和校核洪水位情况下,用有效应力法算得的毕肖普法最小抗滑稳定安全系数均大于规范规定的最小值(正常运用情况 $[K]=1.15$,非常运用情况 $[K]=1.05$);大坝上游坝坡在上游最不利水位情况下用有效应力法算得的毕肖普法最小抗滑稳定安全系数大于规范要求的最低值;大坝计算断面上游坝坡在库水位骤降时,用有效应力法算得的毕肖普法最小抗滑稳定安全系数大于规范要求的最低值;可见大坝上游坝坡在水位骤降时是稳定的。

结束语

水库事故的损失是巨大的,根据以往统计资料,小型水库大坝安全事故多发生在低水头建筑物,约占总事故概率的60%~70%,事故的主要原因多在于施工缺陷、水文地质调查不充分,工程老化出现病险等,因此针对小型水库加固设计要点的研究具有十分重要的意义。通过本文的实例可以看出,为了确保小型水库的运行状态良好,整体结构可靠,在进行加固设计时,必须从坝体整体稳定、渗流稳定以及边坡稳定等多方面进行综合考虑,同时加强施工过程中的坝体结构观测与检验,保障水库整体状态的稳定,确保水库运行拥有足够的安全系数。

参考文献

- [1] 李金红. 东二洼水库大坝坝体防渗加固设计及施工要点[J]. 黑龙江水利科技, 2018, 46(09):162-163+209.
- [2] 杨素丽. 水利工程病险水库的加固设计探讨[J]. 工程技术研究, 2018(07):205-206.

(上接第204页)

构件进行相应的防护处理,以保障整个水利水电建筑工程的整体结构稳定性。在养护工作中需要注意的是对混凝土水化作用集中放热导致裂缝的预防工作,刚刚完成浇筑的混凝土结构相对较为脆弱,因此需要对混凝土表面进行洒水、覆草保温以及人工自然养护等方式,进而最大限度的提升对砼裂缝的防治水平,保障水利水电工程的承载能力和预期的韧性。同时,随着对以往水利水电建筑病害情况的收集整理和分析,现代水利水电建筑工程往往着重对后期维护中的抗腐蚀能力更加关注,比如通过减少碱性骨料的使用、在水泥混凝土表面进行水泥砂浆和沥青的敷设等方式降低裂缝的出现。

(五) 工程质量管理措施

在工程技术控制措施之外,施工过程归根到底是由施工人员完成的,因此应在施工过程中加强质量管理责任机制和相应的奖惩制度,特别应加强对领导、中层干部的施工质量意识和培训,从施工全流程的角度对水利水电建筑工程施工过程中出现的问题进行及时发现和处理。比如,在进行施工立项前,无论项目大小,必须邀请相应领域的专家进行技术方案论证,在得到专家的首肯后方可施工;建设过程中应抓住经济杠杆,对不同参与方进行约束,立足长远,避免节约一时资源,为未来水利水电设施的使用埋下隐患。这也要求每个施工参与人员都要具有强烈的质量安全意识。对于时间跨度长、施工人员流动大的施工项目,应抓住管理人员的监督、示范作用,对项目施工质量监测的标准应综合考量施工人员的业务水平和责

任意识,这样才能有效保障水利水电建筑工程施工的质量,预防砼裂缝的出现。

结束语

水电建筑工程项目选址特殊,一般具有较为复杂的地质、水文和气候环境,在其施工过程中极易出现砼裂缝。因此,相关设计、施工单位必须结合实际工作,根据以往建设的经验教训和理论研究提供的思路,不断创新砼裂缝预防技术和方法,在规范允许的前提下利用经济、有效的方式降低砼裂缝对水利水电建筑工程的损害。

参考文献

- [1] 谢忠良,喻伟. 浅论水利水电工程建设的混凝土裂缝修补与防治[J]. 建筑工程技术与设计, 2016,(30)
- [2] 彭东方. 土木工程施工中大体积混凝土裂缝成因及其防治措施分析[J]. 商品与质量, 2017,(36):274
- [3] 尹志友,姬伦,吕永武. 水利施工中混凝土裂缝的原因分析及防治措施探讨[J]. 大科技, 2013,(9):148-149
- [4] 来珺. 水利工程混凝土施工裂缝的防治对策研究[J]. 商品与质量(建筑与发展), 2012,(3)
- [5] 李祥龙,陈廷涛. 浅谈水利工程中混凝土裂缝渗透成因及其预防措施[J]. 科技创业家, 2012,(6)
- [6] 吕俊. 分析水工建设中混凝土产生裂缝的原因及其对策[J]. 科技与生活, 2010,(13)