

浅析心墙堆石坝结构检测

李彬

(四川华电杂谷脑水电开发有限责任公司, 四川 成都 610095)

摘要:狮子坪水电站大坝在建设期间经历了2008年5.12汶川大地震,后期建设和运行期又经历了2013年7.0级“4.20芦山地震”、2014年6.3级“11.22康定地震”等多次地震。因此本文采用物探检测、钻探检测、坑探检测、土力学试验等方法对狮子坪水电站心墙堆石坝进行检测分析,总结检测方法和现场实施方案,对坝体进行结构及安全性评价分析,并提出相关建议。

关键词:心墙堆石坝;结构检测;分析

中图分类号:TV641.41

文献标识码:A

文章编号:1004-7344(2021)04-0099-02

1 工程概况

狮子坪水电站位于四川省阿坝藏族羌族自治州理县境内的杂谷脑河上游,是流域梯级开发的龙头水库。其主要任务为发电,采用混合式开发,电站装机容量195MW,多年平均发电量8.76亿kWh。水库正常蓄水位2540.00m,相应库容1.327亿m³,调节库容1.189亿m³,具有不完全年调节性能。拦河大坝采用砾石土心墙堆石坝,最大坝高136.00m,坝址河床覆盖层深达90余米,坝基防渗采用混凝土防渗墙全封闭处理。大坝蓄水按设计要求分一期和完建期两个阶段进行,一期蓄水于2009年9月21日开始实施,2009年10月11日,水位到达2490.00m,一期蓄水基本完成;2017年9月进行二期蓄水,蓄水起调水位为2482.33m,至10月17日蓄水至最高水位2540.00m。

2 检测目的

狮子坪水电站大坝在建设期间经历了2008年5.12汶川大地震,后期建设和运行期又经历了2013年7.0级“4.20芦山地震”、2014年6.3级“11.22康定地震”、2017年7.0级“8.8九寨沟地震”。在水库二期蓄水过程中,大坝沉降、坝体渗压、两岸渗流等监测量变化明显增加,根据蓄水后运行监测资料,与类似工程比较,部分监测点位的大坝变形指标值异常,坝顶局部区域出现超标准值的不均匀变形,根据大坝目前变形、渗流监测资料成果及巡视检查情况,并参考已建工程经验,需对大坝上部结构进行检测,通过对检测的数据、图像、样品进行分析,为下一步决策提供依据,以确保大坝安全稳定运行。

3 心墙堆石坝结构渗漏检测初步方案分析

心墙堆石坝因坝体各个区域的填筑材料不同,而其物理属性也有很大差异,导致坝体应力应变情况相对比较繁杂,再加之坝体填筑物料的孔隙规模、孔隙架构以及实际孔隙率也有所不同,那么会渗透的位置以及通道就相对较多。通常情况下,最大水平位移出现在防渗心墙的上端或者是中上端,最大竖向移动出现在心墙上端,最大压应力和拉应力遍布在墙体下端。针对狮子坪水电站大坝坝体防渗而言,坝体心墙和四周建筑物的联结方式

是防渗系统结构稳定的核心所在,柔性心墙和下端刚性建筑物的接触面存在渗漏通道的可能性极大,坝基混凝土防渗墙和下端水泥防渗帷幕如果产生缺陷或因地震产生断裂,局部位置都会有很高的渗漏可能性。

4 检测方法

针对狮子坪水电站坝顶裂缝和坝体变形、渗漏等情况,主要采用物探检测、钻探检测、坑探检测、土力学试验等方法进行检测分析。

4.1 物探检测

采取高密度电法和地质雷达检测,了解大坝心墙及下游侧坝体的含水情况、坝顶纵向裂缝发展深度、查明坝体是否存在大的结构面或坝体不密实等现象;采取扩散法测井、地震纵横波以及孔间电磁波CT成像检测,查清钻孔内含水层的位置及多层含水层之间的水力关系、孔间坝体情况以及纵横波波速情况。

4.2 钻探检测

采取钻探检测,查明坝顶纵向裂缝深度,检查大坝心墙土料及施工质量;取样并对坝体填筑料质量进行检测;结合钻孔进行心墙区孔内物探(电磁波CT成像、地震纵横波、扩散法测井)检测。

4.3 坑探检测

采取挖坑检测,查明坝顶心墙纵向裂缝深度,检查大坝心墙土料及施工质量,复核大坝心墙顶高程是否满足设计要求;同时查明大坝裂缝发展走向,对下一步的大坝修复加固等方案提供充足证据。

4.4 大坝填筑料土力学试验

采取样品进行土体室内试验,查清大坝变形、破坏方式机理,提出用于坝体渗流稳定与变形的土体物理力学参数。

5 现场工作方案及布置

5.1 物探检测

本次狮子坪水电站大坝上部结构物探检测,针对大坝变形渗

漏问题并结合现场情况,分别在坝后 2500m 高程以上位置和坝顶心墙区钻孔位置开展物探检测工作。其中,在坝顶 2544m 高程和坝后斜马道 2525m、2510m 高程附近分别进行高密度电法和地质雷达测试工作,其目的是查明大坝心墙及下游侧坝体的含水情况以及坝体是否存在大的结构面或坝体不密实现象;对坝顶心墙区钻孔开展扩散法测井、孔内水位观测、地震纵横波以及孔间电磁波 CT 成像测试;为了进一步明确检测情况,必要时采取了瞬变电磁、高密度电法等方法对大坝的实际渗透位置予以精准化的探测,其目的是查明钻孔内含水层的位置及多层含水层之间的水力关系以及孔间坝体心墙的密实情况和渗水情况。

5.2 钻探检测

勘探孔沿整个坝轴线在心墙上下游对称布置,现场根据钻勘情况或者在槽壁坍塌、横跨防渗墙断层等位置,相应地减小孔距或者增加布孔。同时在坝体上、下游分别沿水流方向布置一些检查观测孔,以便于更加高效地观察;遇必要情况,采取着色剂或有关食盐示踪测验、地下水实际速度评测、水位估测、钻孔彩色电视以及基岩压水测验等方法,明确坝体水位等值线图,构建渗漏水流的流速、流向以及渗流通道关系网图。在堆石坝心墙、混凝土防渗墙顶、下端以及灌浆帷幕等位置,勘探钻孔取芯,通过试验室分析得出准确数据。钻孔取芯按照下列流程进行:钻孔位置准确布孔→测量孔位三轴坐标值→钻孔取芯→孔位封堵→室内试验。钻孔统一分类编号,如“ZK10”表示“大坝 10 号钻孔”,孔位根据现场实际情况进行确定。大坝钻孔深度为 30~50m,孔径采用 110mm;钻孔平面位置与申请孔位位置偏差不得超过 20cm,孔向为铅垂方向,偏差控制在 2.5°以内。钻孔孔位放样采用钢卷尺沿纵横两个方向进行准确定位,钻机就位时保证开孔偏差在规定的范围内。深孔钻进时,钻机设地锚,每台钻机在四脚锚固,锚固点 4 个。钻机固定牢固,严禁钻机机台底面与地面呈“点”接触状态。

5.3 坑探检测

在变形最大区域及最大坝高处分别进行坑探,各探坑深度约为 5.0m,坑探过程中未采用实际标尺进行尺寸标注与刻画,实际开挖与地质异常情况均以文字描述及数字表示为主。

5.4 土力学试验

对大坝心墙、大坝垫层料分别进行物理性质试验、室内力学试验,再结合坝基地质勘察报告以及作业期间所采取的坝料属性等技术资料进行分析,初步分析坝肩是否也出现渗漏问题。

6 检测成果分析报告

综合以上检查结果及试验数据,主要分析成果如下:

(1)坝后斜马道上的部分坝体堆石区和心墙位置未见大范围的明显结构面发育,高密度电法部分垂直测试面往里 40m 范围内,坝体电性差异较小,未见明显的大范围结构面发育或大规模含水发育。

(2)部分检测段波波速波动幅度较大,心墙堆积料均一性较差,且总体上呈团状分布。

(3)存在孔外水体进入钻孔的现象,大坝心墙中存在渗水通道,由于上述钻孔渗漏孔段均位于同期库水位以上,因此渗入钻孔的水体不是直接来自库水,可能来自坝体心墙内前期存留水。

(4)电磁波 CT 成像测试成果中可见总体上呈云团状,分布零散的电磁波高吸收区域,这些区域为心墙砾石土欠密实区域。

(5)综合地震纵横波法、扩散法测井、电磁波 CT 成像法三种方法检测成果来看,大坝心墙未见明显结构贯通裂缝。

(6)高程 2519m 左右以下钻孔钻进过程中返浆情况较好(高程 2504m 左右个别钻孔存在局部渗漏、塌孔等情况),心墙芯样采取率较高,岩芯完整且呈柱状,局部存在渗漏但未见较大的渗水通道。

(7)结合探坑挖掘情况看来,探坑局部变形及沉降都较为严重,整个挖掘过程呈现出阶梯型裂缝;探坑出现两条裂缝,一条约在 0~80cm 处时继续向下游发展,另一条于 0~4.8m 处时向上游发展与心墙接触。两个坑整个挖掘过程中充填部分都较为松散,心墙下部相对密实,局部有砾石超径情况。

(8)从土工试验成果分析,大坝心墙探坑土样具有弱透水性,低压缩性,较高抗剪强度。

7 处理意见和建议

(1)由现有检测成果反映出坝体存在不均匀变形问题,局部欠密实等情况,同时存在的坝后渗漏量无监测,渗压分布无明显异常等情况,要求班组在大坝运行管理过程中,加强日常监测频率与数据初步分析工作,密切监测库区水位变化对坝体变形情况的影响,特别是裂缝的延伸及渗水量的变化等相关性。同时,对狮子坪电站大坝坝顶增加相应监测设施,及时掌握狮子坪大坝心墙内部渗水及坝顶变形情况。

(2)对相关缺陷进行工程处理,以维护电站大坝的安全正常运营。考虑到心墙堆石坝坝体分区烦琐,各区域填筑材以及地层介质的物理属性不具备统一性,针对的渗漏机理也有所差异,多重差异较大介质构成的坝体结构提升了这一坝体以及坝基的渗漏查漏技术应用的难度系数,为了很好地处理堆石坝渗漏等结构不稳定的问题,工作人员通过现场仔细检查工作,首先明确坝体的渗漏通道,根据现有地质资料以及作业质量等资料,初步解析极易产生的渗漏位置;然后再进一步采取物探检测方法,更加精准地评判出极易出现渗漏的位置以及相关的机理;接着再进一步补充钻探,利用钻孔方法再综合其他多元化的测试手段明确渗漏位置、渗透路径以及渗漏机理;在进行工程灌浆处理时,根据分区坝料属性分批次成孔以及灌浆工作,为了确保质量,同时提高了对灌浆浆材属性、处置技术的需求标准。

(3)加强日常检修维护,定期对坝体进行结构及安全性评价分析,同时针对可能出现的危险点制定专项应急预案,及时按照预案处置异常情况。

参考文献

- [1] 林学贵.三道白河水电站沥青心墙堆石坝防渗结构研究与分析[J].大连水产学院学报,2016(4):43.
- [2] 冯蕊,何蕴龙,白新革.高心墙堆石坝坝基廊道受力特性研究[J].岩土工程学报,2017(7):11-12.
- [3] 李小群,刘斯宏,赵红伟,等.观音岩水电站心墙堆石坝施工质量强度检测[C]//土石坝技术 2015 年论文集,2015:22-23.

收稿日期:2020-12-23

作者简介:李彬(1973-),女,汉族,四川成都人,工程师,本科,主要从事水利水电工程相关工作。