

大坝混凝土面板脱空检测方法与技术

张伯韬¹, 雷英成², 戴绘¹

(1. 国电大渡河猴子岩水电建设有限公司, 四川 康定 626005;

2. 四川中水成都院工程物探检测有限公司, 四川 成都 610072)

摘要:猴子岩水电站大坝混凝土面板脱空检测技术主要包括红外成像法进行测面普查、地质雷达法进行测线普查;地质雷达法和超声横波反射法进行缺陷详查。本文工程实例表明采用红外成像法、探地雷达法、超声横波法进行面板脱空检测能取得较好的效果。

关键词:面板检测;地质雷达;红外成像;超声横波

中图分类号:TV641.4;TV642;TU375.2

文献标识码: A

文章编号:1001-2184(2018)06-0160-03

0 引言

混凝土面板堆石坝是近二十年来发展较为迅速的新型坝型,有施工方便,受气候条件影响较小,工期短,工程造价相对较低等优点,目前国内已建和在建的混凝土面板堆石坝约260座^[1-4]。猴子岩水电站挡水建筑物为混凝土面板堆石坝,最大坝高223.50 m,为目前世界上已建和在建的同类型第二高坝,其大坝混凝土面板面积约为6万m²,混凝土方量约为3.96万m³,面板共分33块,河床受压区12 m宽面板11块,两岸受拉区6 m宽面板22块。面板底部高程1 636 m、顶部高程1 845 m,底部最大厚度1.048 m,顶部最小厚度0.4 m,所有面板均采用双层配筋,钢筋直径 $\phi 12 \sim \phi 22$,水平向与顺坡向钢筋间距15 cm。面板分为三期施工,其中一期面板高程为1 636 ~ 1 738 m,面积20 278 m²,面板厚度1.05 m ~ 0.73 m,混凝土方量约1.7万m³,一期面板分为17块,6 m宽面板6块、12 m宽面板11块,单块最大斜长175.5 m。

混凝土面板施工前和施工完成后,大坝填筑体在自重应力、上层填筑体的附加应力及水压力的作用下均会引起坝体沉降。当混凝土面板施工完成后坝体填筑料(主要是挤压边墙)出现继续变形时,由于刚性面板与大坝填筑体变形不一致,致使混凝土面板局部范围不再与挤压边墙连续接触,即混凝土面板下局部出现脱空,这种局部脱空状态下对混凝土面板的受力状况是极为不利的,

可能造成面板产生裂缝,若裂隙严重将会形成渗漏通道,对大坝造成潜在隐患^[5-6]。为有效检查、评估混凝土面板脱空缺陷,确定对猴子岩水电站面板进行无损检测工作^[7-11]。其中面板脱空检测工作分2个阶段进行:第一阶段为是普查阶段,采用方法为红外热成像和地质雷达扫描,其中红外热成像是测面的普查,地质雷达扫描是测线的普查;第二阶段为详查阶段,针对普查出有缺陷的位置,采用地质雷达检测和超声横波反射法对缺陷位置进行详查。

1 检测方法

1.1 红外成像检测法

猴子岩水电站面板采用红外成像法进行测面普查,利用面板脱空区与非脱空区存在温度差异,普查面板热辐射异常区,红外热成像对面板实施测面扫描检测。红外热像仪是用于红外无损检测的主要设备,其工作原理是通过对物体所辐射的红外线进行收集,对该物体表面不同部位的红外线辐射强度进行感应识别,将各点的红外线辐射强度以不同的颜色表示。并最终转换为红外热图,从而达到了将不可见的红外线转化为可见光的目的。

红外热成像检测主要采用不同测试距离、分时段、全覆盖采集的方式获得大坝面板的红外热成像图。其中测试距离分别为距大坝底部10 m、50 m、100 m的间距,每个距离位置上的测试时间间隔为1 ~ 2 h,测试时间段为早上8:00 ~ 20:00,

收稿日期:2018-10-17

通过对比不同距离不同时间段的红外热成像图来判断混凝土面板背后的脱空情况。

2.2 探地雷达检测法

地质雷达是利用高频电磁脉冲波来确定介质内部物质分布规律的一种物探方法,它基于地下介质的电性差异,向地下发射高频带短脉冲电磁波,并通过接收电性差异界面的反射波来探测目标体的内部结构及分布情况。

混凝土面板脱空检测时,由于脱空空腔内的介质(空气、水等)与周围混凝土面板之间存在较大的电性差异,这就为地质雷达探测提供了良好的地球物理条件。其工作过程是由发射天线向面板发射高频带短脉冲电磁波,当其在面板传播过程中遇到混凝土面板与挤压边墙之间存在脱空时,一部分电磁波能量会由脱空位置反射回来,另一部分电磁波继续往前透射,反射回的电磁波被接收天线记录,得到脱空位置的反射波双程走时、波形波幅特征、同相轴的几何形态变化特征等目标体的反射电磁波信息,这些反射波信息将随脱空范围、脱空高度、空腔填充情况的变化而变化,通过分析这些特征信息,可探测面板背后脱空的规模。地质雷达探测的效果主要取决于不同介质的电性差异,差异越大,则探测效果越好。

猴子岩水电站大坝混凝土面板脱空地质雷达检测过程中,结合现场大坝面板情况,地质雷达数据采集设备放入自制推车内,推车下缘的角度与面板倾角一致,推车上缘为水平面操作平台,采用卷扬机牵引推车在面板上滑动,利用竹杆支撑雷达天线,使天线紧贴面板表面移动的方式进行现场测试工作。根据检测目的及任务要求,在大坝面板表面采用3m间距的测线进行全面普查,然后针对异常区域采用加密复测的方式进行详查。

2.3 超声横波检测法

超声反射法所采用的仪器是引进国外军工技术生产的混凝土质量检测设备,该系统基于超声横波反射法,类似于医院常用的彩超。当超声波在混凝土中传播时遇到了波阻抗有差异的物体,如钢筋、空洞或欠密实区域等,就会产生反射波,通过接收到的反射波可以判断混凝土中是否存在缺陷。如果已知混凝土中超声波的速度 c ,超声

波的走时 Δt ,可以根据公式计算出反射体的位置。在了解混凝土设计资料后,排除钢筋等造成的正常反射波以后,剩下的反射体就是混凝土内缺陷的反映。

传统的超声波检测方法利用的是超声纵波,使用横波的优点是,由于横波不能在流体和空气中传播,当它遇到混凝土-空气界面时几乎全部被反射,接收换能器会接收到幅度很大的反射波,甚至可以接收到波在混凝土表面和缺陷部位间来回反射形成的多次反射波。与纵波相比,横波检测对混凝土内脱空、缝隙等的反应更敏感。另外,超声横波装置为多发多收装置,相比一般的单发单收或单发多收装置,测量精度更高。针对地质雷达检测的异常测段,采用超声横波反射法进行详查,并在地质雷达检测未发现异常的测段抽取部分测线进行比对分析。

2 工程实例

2.1 红外成像

图1是一期面板1636~1665m高程段各典型时段的红外热成像图,拍摄时间是2015年3月(春季);由一期面板(图1)不同时段的热像图进行综合分析可知:从早8:00~晚8:00,各时段的红外热像图反映出整个面板温度有规律的逐渐同步升高,逐渐同步降低。单个时段的热像图上,面板温度变化的色谱分布均匀,色彩总体相对单一,表明整个面板温度分布基本均匀,各区域间温度差异小,未见明显有意义的斑块状温度变化区(局部规则色差变化多为面板自然表层差异形成,如防水接缝、集水井口、涂料区等,无实质意义)。由此推断,大坝一期混凝土面板1636~1738m高程范围内,混凝土面板与挤压边墙间未发现大面积连续性的脱空缺陷。

2.2 探地雷达

采用地质雷达检测混凝土面板脱空时,根据反射电磁波走时、波形波幅、频率、能量衰减情况以及同相轴的形态和连续性来判断脱空的位置和规模。当混凝土面板与坝体之间存在脱空时,脱空体与混凝土之间的电性差异大,地质雷达检测混凝土面板脱空为半定量检测。

大坝混凝土面板地质雷达测试成果图像清

晰,混凝土面板与坝体接触面的反射电磁波特征明显,异常易于判别。根据53条地质雷达测线测试成果表明:一期混凝土面板与挤压边墙间未发现大面积连续性的脱空,共发现缺陷14处,缺陷范围在雷达图像上反应长度一般为1~3m,横向宽度较小,未发育至相邻测线,累计长度约25.0m,占总测线长度的0.36%。推断异常雷达图像可能为混凝土面板与挤压边墙局部接触不紧密、挤压边墙局部不平整、挤压边墙局部压实效果稍差所致。

2.3 超声横波

针对红外成像和地质雷达普查异常区域,利用超声横波反射进行详查复核。由于挤压边墙与混凝土的力学性质存在一定差异,对超声横波而言混凝土面板与挤压边墙交界处是一个反射界面。面板与挤压边墙间如果存在脱空或不紧密,会使得反射系数增大,反射能量强、且反射界面连续。通过比较在不同部位测得的混凝土底界面反射能量的强弱及反射界面连续性,判断混凝土面板有无缺陷存在。超声横波发射成果资料可见两处主要的反射界面:一是深度约0.2m处,为表层钢筋网的反射;二是深度约0.8~1.1m处,混凝土底界面的反射。

当混凝土底界面反射能量整体较弱,判断为面板和挤压边墙结合紧密,当混凝土底界面反射能量整体较强,结合地质雷达资料判断为面板和挤压边墙间接触不紧密。

2.4 综合分析

根据大坝混凝土一期面板1636~1738m高程段红外热成像、地质雷达及超声横波反射资料,大坝混凝土一期面板无损检测主要成果:(1)一期混凝土面板与挤压边墙间未发现大面积连续性的脱空缺陷;(2)部分测线局部桩号段存在小范围、不均匀、不连续的接触不紧密等缺陷,缺陷范围在雷达图像上反应长度一般为1~3m,横向宽度较小,未发育至相邻测线。缺陷共14处,累计长度约25.0m,占总测线长度的0.36%,所占比例较小。(3)推断缺陷可能为混凝土面板与挤压边墙局部接触不紧密、挤压边墙局部不平整或挤压边墙局部压实效果稍差所致。

3 结语

猴子岩水电站挡水建筑物为混凝土面板堆石坝,混凝土面板堆石坝最大坝高223.50m,为目前世界上已建和在建的同类型第二高坝。混凝土面板施工前和施工完成后,大坝填筑体在自重应力、上层填筑体的附加应力及水压力的作用下会引起坝体沉降。当混凝土面板施工完成后坝体填筑料出现继续变形时,由于刚性面板与大坝填筑体变形不一致,可能使混凝土面板局部范围不再与挤压边墙连续紧密接触,出现局部脱空。猴子岩水电站大坝混凝土面板脱空检测技术主要包括红外成像法进行测面普查、地质雷达法进行测线普查;地质雷达法和超声横波反射法进行缺陷详查。本文工程实例表明采用红外成像法、探地雷达法、超声横波法进行面板脱空检测能取得较好的效果。

参考文献:

- [1] 杨泽艳,周建平,蒋国澄等.中国混凝土面板堆石坝的发展[J].水力发电,2011,37(2):18-23.
- [2] 邴能惠,杨泽艳.中国混凝土面板堆石坝的技术进步[J].岩土工程学报,2012,34(8):1361-1368.
- [3] 陈生水,霍家平,章为民.汶川地震对紫坪铺混凝土面板坝的影响及原因分析[J].岩土工程学报,2008,30(6):795-801.
- [4] 孙役,李昌彩,王云清.高混凝土面板堆石坝设计与施工理念[J].水力发电,2007,33(8):5-10.
- [5] 秦朋,彭成军,李战备.猴子岩混凝土面板堆石坝施工期沉降变形分析[J].人民长江,2015,46(增1):153-163.
- [6] 王鹏.挤压边墙在竣工期和蓄水期对混凝土面板砂砾石坝的影响分析[J].西北水电,2015,34(1):46-48.
- [7] 刘湘龙,姚佳良.地震波法检测混凝土路面板脱空的试验研究[J].公路,2016,60(2):28-33.
- [8] 高才坤,陆超,王宗兰等.采用综合物探法进行大坝面板脱空无损探测[J].地球物理学进展,2005,20(3):843-848.
- [9] 苗壮,朱良.探地雷达在混凝土面板结构厚度检测中的应用[J].人民珠江,2014,35(6):105-107.
- [10] 刘艳红.某水库大坝混凝土面板检测及裂缝处理[J].湖南城市学院学报(自然科学版),2011,20(3):9-12.

作者简介:

张伯韬(1987-),男,吉林松原人,助理工程师,本科,从事水电工程建设技术与管理工作;

雷英成(1986-),男,四川泸州人,工程师,硕士,从事工程物探检测及监测相关工作;

戴绘(1988-),男,湖南溆浦人,工程师,硕士,从事水电工程建设技术与管理工作。

(责任编辑:卓政昌)