

江西大墩水库大坝主要病害检测分析

王周萼¹, 吴蒙蒙²

(1. 长江勘测规划设计研究院, 湖北省武汉市, 430011; 2. 长江勘测规划设计研究院, 湖北省武汉市, 430011)

摘要: 大墩水库大坝存在浆砌石砌体空隙率过大, 砼防渗面板质量差, 渗漏严重等病害。为保证大坝安全, 发挥水库效益, 需对大坝采取加固处理措施。采用钻孔电视、钻孔声波、钻孔压水试验以及实地调查等检测手段, 查明了大坝质量状况。大坝存在的主要问题: 坝基岩体较破碎, 完整性较差, 透水性不满足要求; 大坝砌石体空隙率不满足要求, 砂浆充填不饱满; 砼防渗面板质量较差, 不能起到防渗作用。针对大坝存在的质量问题, 后期进行了加固处理。经多年运行检验, 病害已消除, 说明处理有效, 大坝检测结果准确。

关键词: 钻孔电视; 声波检测; 压水试验; 质量检测; 大墩水库

中图分类号:

文献标识码: A

1 引言

大墩水库位于江西省铜鼓县大墩镇, 水库正常蓄水位 212.0m, 总库容 1.15 亿 m³, 属大(II)型水库。大坝为浆砌石重力坝, 最大坝高 43.4m, 坝顶长 358m, 分为十四个坝段, 上游面设砼防渗面板。

大坝经多年运行, 病害已很明显, 如浆砌石砌体空隙率过大; 砼防渗面板质量差, 渗漏严重, 导致廊道内大量积水。这些病害危及了大坝的安全和正常运行, 对大坝进行病害检测, 以便采取针对性的加固处理措施, 是十分必要的。采用钻孔检测、钻孔电视、钻孔声波、钻孔压水试验及现场调查等手段, 查明了坝基及坝体质量状况, 为大坝病害处理设计提供了准确依据。

2 坝基质量检测

坝基岩体为一套角岩化的深变质岩层, 岩性为深灰色中厚层状石英二云母角岩夹少量石英角岩, 岩质坚硬。该类岩体的特点是, 节理裂隙非常发育, 岩质硬且脆, 反映在钻孔岩芯上, 具有采取率低、岩芯呈小粒径碎石状、难以钻进等特点。为查明坝基岩体质量, 在典型坝段布置钻孔, 利用钻孔进行全柱面电视检测、声波检测及压水试验。

2.1 钻孔电视检测

钻孔电视原理: 将摄像头置于防水舱内, 然后放入钻孔, 将拍摄到的孔壁图像通过电缆传送到地面监视器, 检测人员就可实时观看孔壁图像, 同时图像经电缆设备传输到主机保存, 以备后期使用。钻孔电视可形成数字化钻孔岩芯, 用于孔壁裂隙或空隙的判别, 特别适合于难以取得实际岩芯的破碎地层。

钻孔电视已广泛应用于地质勘测领域^[1-2], 能直接观察坝基岩体的质量状况(图1)。

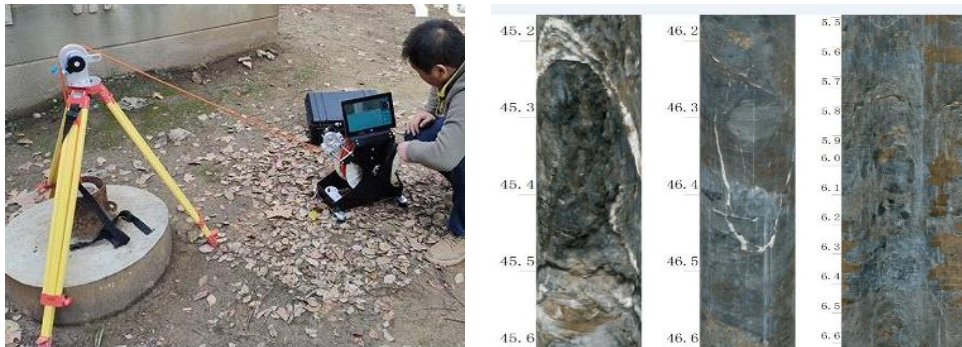


图1 钻孔电视现场检测(左)与数字岩芯及平面展开图(右)

根据典型坝段坝基岩体钻孔电视检测结果(表1),坝基岩体比较破碎,裂隙发育,裂隙宽度多在1mm左右,一般无充填,岩质新鲜,没有明显风化迹象。

表1 坝基岩体钻孔电视检测结果

钻孔编号	位置	彩色电视观测结果
ZK2	四坝段	0-2.6m为砼垫层,胶结好,孔壁光滑完整,与基岩面胶结良好。2.6-25.0m为角岩,深灰色。其中孔深2.6-16.5m裂隙很发育,岩体比较破碎,裂隙倾角25°-45°,倾向以100°及250°左右为主;孔深16.5-25.0m裂隙倾向110°左右;裂隙宽度多在1mm左右,大部分无充填。
ZK3	六坝段	0-2.7m为砼垫层,胶结好,孔壁光滑完整,0.94-1.77m处表面见有孔洞,孔径5-10mm。2.7-11.25m为角岩,深灰色,裂隙很发育,岩体破碎。裂隙倾角25°-45°,倾向250°-300°;裂隙宽度多在1mm左右,大部分无充填。
ZK5	八坝段	0-2.3m为砼垫层,胶结好,与基岩面接触一般。孔深2.3-19.82m为角岩,深灰色,裂隙很发育,岩体破碎。裂隙倾角25°-45°,倾向以50°及250°左右为主;裂隙宽度1mm左右,孔深9.0m以上裂隙一般张开无充填,9.0m以下裂隙大多充填钙质。

2.2 钻孔声波检测

钻孔声波能够检测岩体的完整性^[3-5]。检测原理:以水为声耦合剂,将换能器置于孔内,发射机通过换能器的发射器发射高频脉冲,沿介质表面传播至换能器的两个接收器接收(图2)。在接收机的显示系统得到传播时间 t_1, t_2 ,由 $V_p=L/\Delta T$ (换能器两个接收器的距离(m)/传播时间差(s))根据以下公式可获得此段岩体的声波波速 $V_p=L/\Delta T$,式中:

- V_p —声波纵波波速(m/s);
- L —换能器两个接收器的距离(m);
- ΔT —传播时间差(s)。

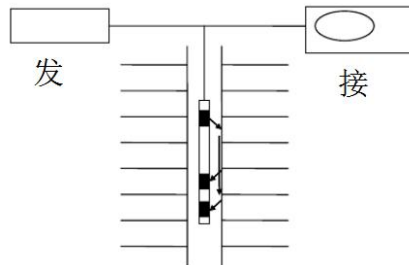


图2 单孔声波检测示意图

根据典型坝段坝基岩体钻孔声波检测结果(表2),岩体声波速度多在4200~4500m/s,ZK1岩体完整性指数为0.55,属较完整岩体;ZK2完整性指数为0.48,属较破碎岩体;ZK3完整性指数为0.49,属较破碎岩体。总体来看,坝基岩体总体较破碎。

表2 坝基岩体钻孔声波检测结果

钻孔编号	位置	测试深度(m)	统计指标			完整性指数
			最大值	最小值	平均值	
ZK2	四坝段	2.6-25.0	6128	3114	4553	0.55
ZK3	六坝段	2.7-13.4	5556	2632	4228	0.48
ZK5	八坝段	2.3-20.4	5660	3015	4274	0.49

2.3 钻孔压水试验

压水试验反映了岩体的渗透性^[6-8]。试验布置见图3,原理:用专门的止水设备把一定长度的钻孔试验段隔离出来,然后用固定的水头向试验段压水,水通过孔壁周围的裂隙向岩体内渗透,最终渗透的水量会趋于一个稳定值。根据压水水头、试段长度和稳定渗入水量,可以判定

岩体透水性的强弱，通常以透水率 q 表示，单位为吕荣 (Lu)。定义为水压力 1MPa 时，每米长度每分钟注入水量 1L 时，称为 1Lu。

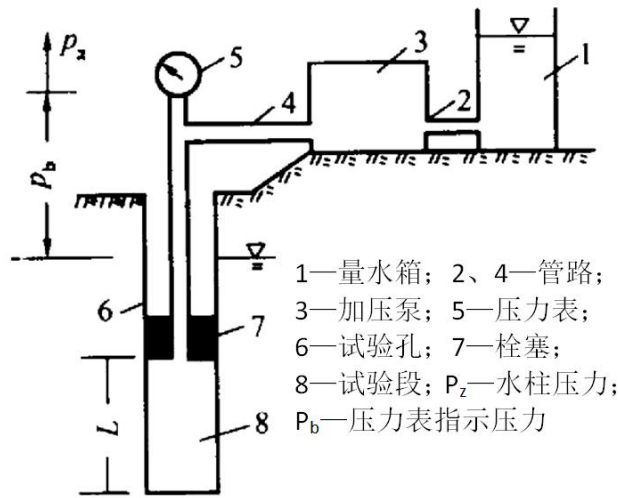


图3 压水试验布置示意图

根据典型坝段坝基岩体钻孔压水试验结果 (表 3)，14 段压水试验中，仅 3 段小于 5Lu，大于 5Lu 的段数占 79% 左右，最大透水率为 13.1Lu，坝基透水性不满足相关要求。

表 3 坝基岩体压水试验成果

孔号	钻孔位置	试段深度 (m)	试段高程 (m)	透水率 q (Lu)	透水性等级
ZK2	四坝段	3.0-6.0	169.0-172.0	8.7	弱透水
		9.0-12.0	163.0-166.0	4.6	弱透水
		15.0-18.0	157.0-160.0	5.0	弱透水
		21.0-26.0	149.0-154.0	5.8	弱透水
ZK3	六坝段	3.0-6.0	171.0-174.0	8.9	弱透水
		6.0-9.0	168.0-171.0	11.8	中等透水
		12.0-15.0	162.0-165.0	9.3	弱透水
		18.0-21.0	156.0-159.0	13.1	中等透水
ZK5	八坝段	25.0-30.0	147.0-152.0	4.3	弱透水
		2.0-5.0	178.0-181.0	11.2	中等透水
		8.0-11.0	172.0-175.0	10.6	中等透水
		14.0-17.0	166.0-169.0	11.0	中等透水
		17.0-20.0	163.0-166.0	8.7	弱透水
		23.0-25.0	158.0-160.0	4.8	弱透水

3 坝体质量检测

浆砌石坝体砌石为微新角岩，岩质致密坚硬，属中硬~坚硬岩，胶结材料为水泥砂浆。坝体质量主要从砌石质量与空隙率两个方面进行衡量。在典型坝段布置钻孔，并在孔内进行全柱面彩色电视，以了解砌石体质量状况。

3.1 坝体钻孔检测

根据钻孔检测结果 (图 4、表 4)，坝体浆砌石一般新鲜，局部砌石存在风化迹象。因钻具研磨砂浆残留较少。在可见砂浆中，质量一般较差，存在较多空洞、蜂窝等现象。下部砼垫层质量较好，少数岩芯存在孔洞，孔径小，未发现贯通现象。



图4 钻孔揭示砂浆中存在空洞，岩芯呈蜂窝状

表4 大坝砌石体钻孔检测结果

钻孔编号	坝段	钻孔岩芯简述
ZK1	二坝段	0.0-0.3m 为坝面砼，0.3-37.4m 为浆砌石，因钻具研磨砂浆残留很少，胶结质量一般，岩质一般新鲜，局部有风化迹象。孔深 0.3-0.8m、3.1-3.4m 砂浆质量较差；孔深 22.8-24.8m 部分砌石风化强烈；孔深 27.0m，28.1m 砂浆质量较差；29.8-31.4m 为砼，局部呈蜂窝状，砼质量差；孔深 32.8-33m、33.5-35.5m 砂浆质量差；37.4-40.8m 为砼垫层，岩芯表面局部见有直径 3mm 孔洞，深 5-10mm，未贯通。
ZK3	六坝段	0.0-0.3m 为坝面砼；0.3-39.3m 为浆砌石，因钻具研磨砂浆残留较少，胶结质量一般。岩质一般新鲜，未见明显风化迹象；39.3-42.3m 为砼垫层，局部岩芯表面见较多孔洞，孔径 0.5cm 左右，深 0.5-1cm，未见连通。
ZK4	七坝段	0.0-0.3m 为坝面砼，0.3-33.6m 为浆砌石，因钻具研磨砂浆残留较少，胶结质量一般。岩质一般新鲜，未见明显风化迹象。孔深 4.5m 处见有砂浆，砂浆中存在空洞；16.0-21.0m 砂浆较多，多呈蜂窝、麻花状，有较多孔洞，直径多在 0.2-0.5cm，胶结质量一般；孔深 21.0-26.0m 砂浆多呈蜂窝、麻花状，夹有大量木片；33.6-36.0m 为砼垫层，岩芯表面见有 0.3cm 孔洞，深 0.5-1cm，未见贯通。
ZK6	九坝段	0.0-0.3m 为坝面砼，0.3-30.8m 为浆砌石，因钻具研磨砂浆残留较少，胶结质量一般。岩质一般新鲜，未见明显风化迹象。孔深 12.0-16.5m 砂浆质量较差，有较多孔隙、孔洞，其中 13m 处一岩芯完全由粒径 3-5cm 碎石与砂浆构成，孔洞非常多，直径在 0.3-0.5cm 左右；27.0-30.8m 砂浆呈蜂窝状，质量较差；30.8-33.4m 为砼垫层，胶结较好，岩芯表面有较多孔洞，直径 2-5mm，最大约 1cm，未贯穿。

3.2 坝体钻孔电视检测

根据钻孔彩色电视检测结果（表 5），坝体砌石一般新鲜，无明显风化迹象。CZK4 钻孔在孔深 16.5-20.0m 之间部分砌石风化痕迹明显。砌石与砂浆间胶结一般较差，较多地段存在空洞，少数部位空洞较大。砌石体空隙率在 4.8%~6.5%之间，超过大坝设计规定的空隙率不高于 3%~5%的要求。

表 5 大坝砌石体钻孔彩色电视检测结果

钻孔 编号	位置	测试	检测现象简述	空隙率
		深度 (m)		
ZK1	二坝段	35.93	立面显示砌石厚度大多在 10-30cm，少数约 50cm；砂浆质量一般，与砌石胶结质量总体较差，可见明显空隙，其中孔深 12.5-14.5m、19.5-21.6m、27.1-29.0m、29.6-30.5m 砂浆质量很差；砌石局部存在较大空洞。	平均 空隙率 6.1%。
ZK3	六坝段	38.14	立面显示砌石厚度大多在 10-30cm，少数约 50cm；孔深 19.7-19.9m、21.5-22.5m、24.6-25.4m、31.3-31.7m 砂浆缺失较严重，块石间空洞较多；孔深 8.2-9.4m、23.3-24.2m、26.2-27.4m、28.2-30.0m、32.0-36.0m 孔壁光滑完整，砂浆与块石结合紧密。	平均 空隙率 6.5%。
ZK4	七坝段	31.88	立面显示砌石厚度大多在 10-30cm，最大约 45cm。孔深 0.3-2.1m、3.0-9.0m、14.7-16.0m 砂浆与块石胶结一般，存在少量空洞；其余孔段砂浆充填较好。整个孔段砌石岩质较新鲜，未发现明显风化痕迹；砼垫层与砌石接触良好。	平均 空隙率 5.3%。
ZK6	九坝段	30.20	立面显示砌石厚度大多在 10-30cm，最大约 80cm；孔深 1.0-6.1m 砌石以碎块石为主，架空现象严重；孔深 16.5-20.0m 部分块石风化痕迹明显，砂浆充填密实，空隙率较小；孔深 9.0-11.5m、23.5-24.7m 块石质量好，砂浆用量少，充填密实。	平均 空隙率 4.8%。

3.3 大坝砼防渗面板质量调查

砼防渗面板位于大坝上游面，呈折线形，面板厚度不一，顶部厚 0.5m，往下厚度逐步增大，底部厚 2.62m。根据砼防渗面板调查结果（图 5、表 6），各个坝段均不同程度存在质量缺陷，质量问题多集中于坝段分缝位置，其次是坝段内部的施工接缝部位。质量问题多表现为分缝裂开，露出钢筋，锈蚀严重，局部见木屑；砼碳化严重且高低不平，形成错位现象，部分有钙质析出；有些部位面板外凸，施工接缝起伏大，最大起伏差可达 20cm，一般也有 5-10cm。由此说明，砼防渗面板质量较差，无法起到防渗作用，廊道侧壁大范围潮湿、排水孔长期大量渗水就是明证。





图5 砼防渗面板分缝裂开，钢筋外露锈蚀

表6 砼防渗面板调查结果表

位置	现象简述
一坝段	存在两处裂缝并有钙质析出：一处高程 210.5m，水平析钙；二处高程 209.0m，垂直长度 7m。与二坝段之间分缝已裂开，下部缝宽 1-3cm，上部 0.5cm。高程 212.0m 到坝顶明显外凸，起伏差 8-10cm。
二~三坝段分缝	分缝破损严重，砼炭化。高程 208.3m 存在竖向空洞，长 30cm，宽 4cm，可见木块。高程 212m 施工接缝破损严重，接缝不平整，砼炭化。
五~六坝段分缝	由坝顶延伸至水面，破损严重，砼炭化，坝面凸凹不平，裂缝宽 5cm，砼质量很差。高程 213m 以下凸出严重，最大起伏差达 10cm。
六~七坝段分缝	质量很差，凸凹不平，表面错开 8cm，分缝处已裂开，缝宽 2-4mm，局部存在空洞，长 10cm，宽 4cm。高程 210.5m 处钢筋外露，锈蚀严重，可见面积 1.5m ² ，砼质量极差。
七~八坝段	高程 213.3m 处，施工接缝水平错位，上部外凸 5-10cm，露出钢筋，锈蚀严重。
八坝段	砼破损严重，形成蜂窝麻面，局部露出钢筋，锈蚀严重，质量很差。
九~十坝段分缝	分缝裂开，缝宽 2-4mm，砼炭化严重，接缝两侧高低不平，形成错位，有钙质析出。局部面板外凸，最大起伏差达 20cm，一般 5-10cm。
十~十一坝段分缝	分缝两侧错位，起伏差 4-7cm，黑色防水橡胶已裂开。

4 结论

(1) 采用钻孔电视、钻孔声波与钻孔压水试验三种方法对坝基岩体质量进行了检测，结果表明，坝基岩体较破碎，完整性较差，但岩质新鲜，风化迹象不明显，透水性不满足要求。

(2) 采用钻孔探测与钻孔电视检测了坝体质量，结果表明，坝体砌石一般新鲜，无显著风化，个别砌石有明显风化。砌石间存在较多空洞，少数部位空洞较大，砂浆充填不饱满；砌石体空隙率 4.8%~6.5%，不满足空隙率不超过 3%~5%的要求。

(3) 砼防渗面板质量较差，尤其是坝段分缝以及坝段内部的施工接缝部位质量更差，表现为分缝裂开，钢筋露出且严重锈蚀，砼炭化，表面高低不平形成错位，施工接缝起伏大，不能起到防渗作用。

(4) 针对坝基与坝体存在的质量问题，后期根据检测结果进行了处理。从处理后多年运行情况看，病害已不明显，说明处理有效，所依托的大坝检测结果准确可靠。

参 考 文 献:

- [1] 仝卫超, 井下电视成像技术在水利勘察工程中的应用探讨.广东水利水电, 2018年1月.
- [2] 王锡勇, 成功, 李冬伟, 钻孔电视技术在三维地质建模中的应用.世界核地质科学, 2018年9月.
- [3] 汪进超, 王川婴, 胡胜, 基于定向声波扫描的钻孔围岩结构探测方法.工程科学与技术, 2020年1月.
- [4] 原野, 王志修, 于世波, 基于声波钻孔测试技术的岩体完整性分析.中国矿业, 2019年6月.
- [5] 秦秀山, 曹辉, 基于钻孔超声波成像测试技术的岩体完整性分析.有色金属工程, 2017年2月.
- [6] 牛明智, 某水电站工程坝基岩体钻孔压水试验与结果分析.东北水利水电, 2014年第6期.
- [7] 佟长江, 压水试验方法对测定岩体透水性的影响分析.资源环境与工程, 2015年10月.
- [8] 殷黎明, 杨春和, 罗超文等, 高压压水试验在深钻孔中的应用.岩土力学, 2005年10月.

Detection and analysis of main dam diseases of Daduan reservoir in Jiangxi Province

Wang Zhou'e¹, Wu Meng Meng²

(1.Changjiang Survey Technology Research Institute , Ministry of Water Resources , Wuhan 430011 , China ;
2.Changjiang Survey Technology Research Institute, Ministry of Water Resources, Wuhan 430011, China)

Abstract: There are some problems in the dam of Daduan reservoir, such as excessive void ratio of masonry, poor quality of concrete impervious panel and serious leakage. In order to ensure the dam safety and give full play to the reservoir benefits, it is necessary to take reinforcement measures for the dam. By means of borehole TV, borehole acoustic wave, borehole water pressure test and field investigation, the dam quality status was found out. The main problems of the dam are as follows: the bedrock of the dam is broken, the integrity is poor, and the water permeability does not meet the requirements; the voidage of the masonry body of the dam does not meet the requirements, and the mortar filling is not full; The quality of concrete impervious panel is poor and can not play an anti-seepage role. In view of the quality problems existing in the dam, reinforcement treatment was carried out in the later stage. After years of operation, the disease has been eliminated, which shows that the treatment is effective and the dam detection results are accurate.

Key words: borehole TV; acoustic detection; water pressure test; quality inspection; daduan reservoir

第一作者: 王周萼 (1974-), 男, 副总工程师, 高级工程师, 主要从事水利水电工程地质及岩土工程工作;

通讯地址: 湖北省武汉市江岸区解放大道 2689 号;

电话: 13971671010,18502773299;

E_mail: wzhe588@163.com