

# 双里水库大坝渗流及变形发展规律分析

蔡铁力

(福建宏宇工程管理有限公司,福建漳州 363000)

**【摘要】** 本文通过实测数据整理,并结合勘察资料,分析了双里水库大坝渗流及变形的发展规律。结果表明,大坝的渗流量年际变化不大,符合达西定律,出现的个别异常点主要发生在水库加固期;结合钻探资料,大坝垂直位移与水平位移基本趋于稳定。该分析结果可为后期大坝运行管理提供可靠依据,同时也可为类似工程监测资料分析提供借鉴。

**【关键词】** 渗流;变形;渗流量;垂直位移;水平位移;工程监测

中图分类号: TV223.4

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)07-072-04

## Analysis on dam seepage and deformation development in Shuangli Reservoir

CAI Tieli

(Fujian Hongyu Engineering Management Co., Ltd., Zhangzhou 363000, China)

**Abstract:** The development law of dam seepage and deformation of Shuangli Reservoir is analyzed in the paper through sorting measured data and combining survey data. The results show that the seepage amount of the dam has slightly changed over the years, which is in accordance with Darcy's Law. Individual abnormal points mainly appear during reservoir reinforcement period. Drilling data is combined. Vertical displacement and horizontal displacement of the dam tend to be stable. The analysis results can provide reliable basis for subsequent dam operation and management. Meanwhile, it can provide reference for analyzing monitoring data in similar projects.

**Key words:** seepage; deformation; leakage; vertical displacement; horizontal displacement; project monitoring

### 1 工程概况

双里水库位于尤溪县,坝址控制流域面积 $34\text{km}^2$ ,河道长 $9.25\text{km}$ ,河道平均坡降 $35\%$ ,水库总库容 $1024\text{万m}^3$ ,是一座以灌溉为主,结合防洪、发电、渔业等综合利用的中型水利工程。水库于1971年11月破土动工,1975年1月大坝填筑完成,1976年8月进行保坝加固,2005—2011年对水库进行除险加固。水库正常蓄水位 $491.00\text{m}$ ,设计洪水位为 $494.65\text{m}$ ,校核洪水位为 $495.75\text{m}$ 。

### 2 监测系统及监测数据可靠性分析

#### 2.1 监测系统布置及可靠性分析

双里水库针对大坝的监测项目主要有渗流监测和变形监测。

大坝垂直位移监测采用S3型水准仪,水平位移监测采用J2经纬仪。

大坝共设置4个垂直坝轴线方向的监测断面(A1B1、A2B2、A3B3、A4B4)、2个平行坝轴线的监测断面(A、B)。共布置测压管6个,同时设置6个渗压计,

迎水坡、坝顶(防渗墙前)、背水坡分别布置2组。测压管水位监测采用电测水位计。大坝背水坡脚埋设有渗漏监测井。

大坝位移监测性能稳定,仪器监测精度满足规范要求。渗流监测设施渗漏监测量水堰完好。

## 2.2 监测数据可靠性分析

大坝渗流监测井自1985年建成后,仅在1989年1—5月进行渗流量监测,2000年11月重新开始渗流量监测,目前收集到2001—2017年的渗流量监测资料,符合连续性、一致性、相关性的原则,渗流量监测数据可靠。

大坝变形监测:垂直位移监测按三、四等水准测量精度进行,采用S3型水准仪监测其沉降变化。按照《水工建筑物监测工作手册》中规定,每一个测回闭合差小于 $\pm 2.8\sqrt{n}\text{mm}$ ( $n$ 为测站点)。水平位移监测采用视准线法,采用J2经纬仪监测其水平。按照《水工建

筑物监测工作手册》中规定,用视准线法监测水工建筑物上的位移标点,各测回允许误差应不大于 $\pm 4.0\text{mm}$ 。监测系列为1988—2017年,其中2005—2011年为水库加固期,只对水库进行施工前、施工中和施工后监测,本次采用2010年施工后的监测数据,其他监测数据由于施工中变化较大不列入本次分析中,因此变形监测资料连续性一般,符合一致性、相关性的原则,变形监测资料较为可靠。

## 3 监测资料分析

### 3.1 渗流资料整理分析

土石坝渗流问题是复杂的流固耦合问题,渗流特征及影响因素较多,主要指标有填筑土的土颗粒组成、孔隙率、渗透坡降和周边地质情况等,这些指标都可用渗漏量来体现。2001—2017年不同高程的渗漏量年际变化,如图1所示。

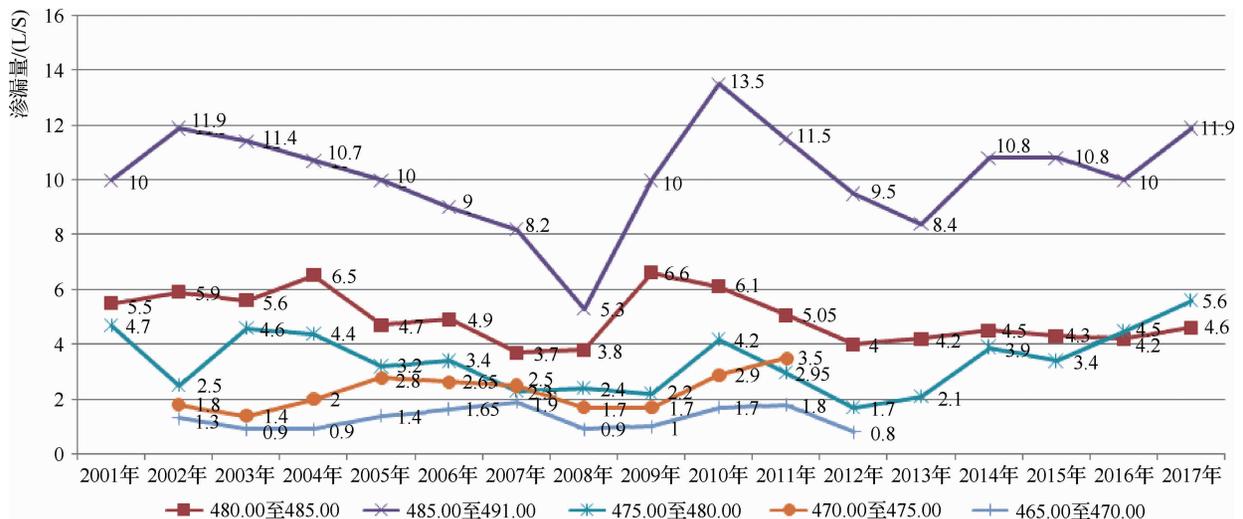


图1 渗流量年际变化

对图1进行分析可知:

a. 水库渗漏量年际变化不大,坝体渗流状态没有发生异常变化,但是水库加固后在低水位时渗漏量比加固前减少较多,在高水位时减少较小,结合地质勘察资料:坝体渗透系数平均值大于 $1 \times 10^{-4}\text{cm/s}$ ,满足规范要求,但F2产状 $N40^\circ W/NE \angle 75^\circ$ ,宽6~8m;充填断层角砾岩、破碎岩等,下盘面宽0.5m辉绿岩侵入,顺河贯穿坝基上下游,2010年虽对坝基进行全面帷幕灌

浆,但未彻底截断,断层带透率仍较大,造成高水位的渗漏量减少不大。但对加固前后渗漏水质进行对比,加固后水质较加固前清澈,无浑浊及其他可疑物质带出,表明大坝加固后在防渗墙影响下,渗漏的水量水质都有所改善。

b. 水库渗漏量随水库水位的升高而增大,符合达西定律,在同等条件下,上、下游水位差越大,单宽流量越大。

c. 出现个别异常点,特别是水位在 485.00 ~ 491.00m 时,2010 年渗漏量达 13.5L/s,分析主要原因是 2005—2011 年为水库加固期,当时施工时未对坝端排水沟进行及时修砌,山体部分地表水下渗至排水棱体,造成监测期间渗漏量都较大,加固完成后又趋于稳定。

### 3.2 大坝变形监测分析

#### 3.2.1 大坝垂直位移分析

土石坝是由散粒体堆筑而成,其变形主要是依靠土体自重应力进行固结的过程,是一个复杂的空间问题,其影响因素较多,主要有:孔隙率、压缩系数、压缩模量等,但其最终都可用大坝形体变形来体现。根据大坝各阶段变形监测资料,1988—2005 年沉陷位移实测资料,绘制测点累计沉陷量与时间关系线,如图 2、图 3 所示;2005—2017 年为水库除险加固期,根据 2010—2017 年沉陷位移实测资料,绘制该大坝测点累计沉陷量与时间关系线图 4、图 5。

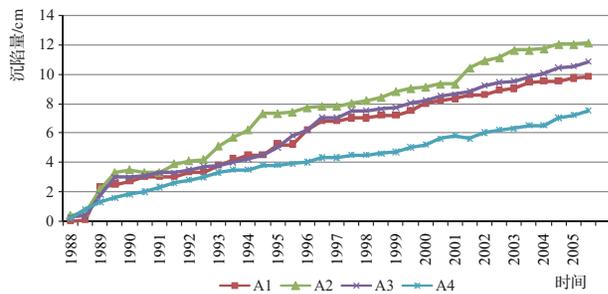


图 2 坝顶累计沉陷量与时间关系(1988—2005 年)

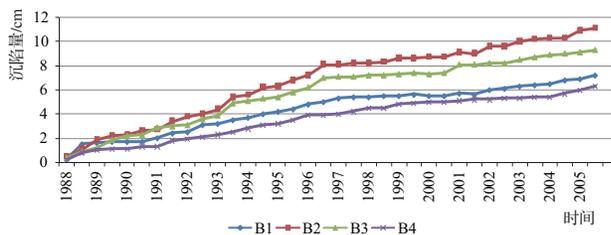


图 3 迎水面累计沉陷量与时间关系(1988—2005 年)

对图 2 ~ 图 5 进行分析可知:

a. 1988—2005 年大坝最大沉降量为测点 A2,监测值为 12.1cm;2010—2017 年大坝最大沉降量为测点 B2,监测值为 1.9cm;其次为测点 A3,监测值为 2.0cm,

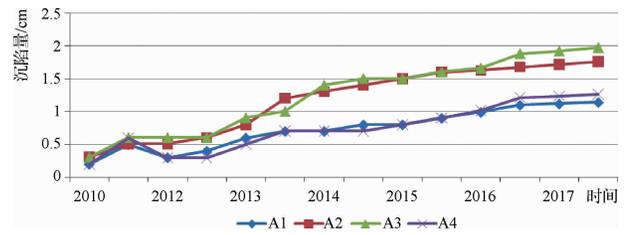


图 4 坝顶累计沉陷量与时间关系(2010—2017 年)

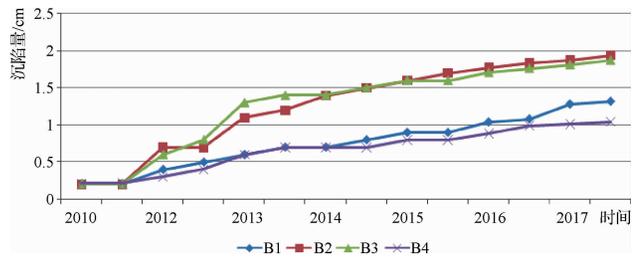


图 5 迎水面累计沉陷量与时间关系(2010—2017 年)

表明大坝沉陷趋于稳定。

b. 大坝中间测点的沉降比两边大。测点 A2、A3 和测点 B2、B3 位于河谷,填土厚度大,沉陷量大,测点 A1、A4 和测点 B1、B4 位于大坝两端,填土厚度小沉陷量小,这符合岩土固结理论。

c. 根据图 3、图 4 可知,1988—2005 年大坝左边测点的沉陷量比右边的大,大坝存在少量不均匀沉降;但根据图 4、图 5 可知 2010—2017 年两坝端的沉陷量基本一致,表明大坝沉陷趋于均匀。

d. 根据大坝运行情况及累计沉陷量变化规律,个别监测数据不能准确反映大坝沉陷位移情况,分析是监测仪器较为陈旧而造成的误差所致。

#### 3.2.2 大坝水平位移分析

根据 1988—2005 年沉陷位移实测资料,绘制测点累计沉降量与时间关系线图 6、图 7;根据水库大坝自 2010—2017 年的实测资料,绘制水平位移过程线图 8、图 9。

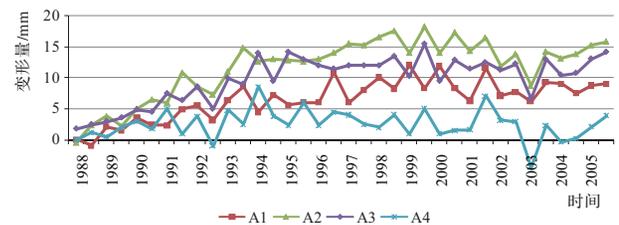


图 6 坝顶水平位移过程线(1988—2005 年)

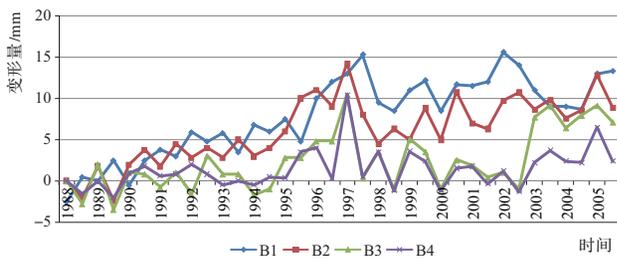


图7 迎水面水平位移过程线(1988—2005年)

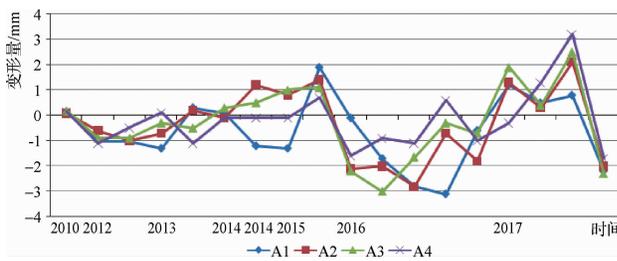


图8 坝顶水平位移过程线(2010—2017年)

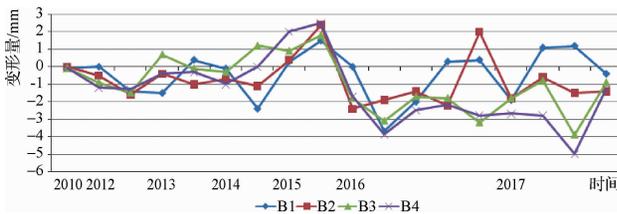


图9 迎水面水平位移过程线(2010—2017年)

对图6~图9进行分析可知:

a. 1988—2005年测点水平位移基本上是往下游方向发展,测点A2的水平位移最大,达18.2mm,1993—2005年测点水平位移增长缓慢,且上下波动,水平位移总体上不大。2010—2017年测点的水平位移上下波动,测点B4的水平位移最大2.5mm,水平位移总体上变化不大。

b. 根据大坝运行情况及总体大坝水平位移变化规律,个别监测数据不能准确反映大坝水平位移情况,推测是监测仪器较为陈旧造成的误差所致。

结合2003年及2017年勘察资料进行分析:

2003年勘察资料:筑填土的干密度 $\rho_d$ 取1.39~1.62g/cm<sup>3</sup>,平均值为1.52g/cm<sup>3</sup>;孔隙 $e$ 为0.682~0.963,平均值0.794;压缩系数 $a_{v1.2}$ 为0.543,压缩模量 $E_{s1.2}$ 取5.60,液性指数0.0~0.67,平均值0.23。

2017年勘察资料:填筑土干密度 $\rho_d$ 取1.56~1.70g/cm<sup>3</sup>,平均值为1.62g/cm<sup>3</sup>;孔隙 $e$ 为0.701~0.856,平均值0.786,压缩系数 $a_{v1.2}$ 为0.33,压缩模量 $E_{s1.2}$ 取5.21,液性指数0.1~0.51,平均值0.3。

对两次勘察成果进行分析,两次勘察较为接近,虽然2017年填筑土干密度大于2003年勘察成果,原因主要是,2017年钻孔邻近于高压旋喷和钻孔灌注桩,受高压旋喷和钻孔灌注桩施工过程中挤压而增加填筑土密实度,远离高压旋喷和钻孔灌注桩坝体密实度与2003年勘察时基本一致。

结合变形资料分析,通过两次勘察资料,表明坝体固结度较高,这与2010—2017年两坝端的沉陷量(见图4、图5)监测数据相吻合。大坝的变形,实质上是土体的固结过程。从监测资料及勘察资料结合分析,大坝变形趋于稳定。

## 4 结论

a. 通过对双里水库的监测数据进行分析,其符合连续性、一致性、相关性的原则,资料较为可靠。分析水库渗漏量,水库在加固前后,渗漏量在高水位时变化不大,但水质有所改善,较为清澈,无浑浊及其他可疑物质带出,表明大坝加固后在防渗墙影响下,渗漏量从水量水质都有所改善,后期应加强监测;分析垂直监测数据,大坝沉降量中间大于两端,但随着时间的增长,趋于均匀;分析水平监测数据,大坝水平位移上下波动,增长缓慢,但随着时间的增长,总体上变化不大。

b. 土石坝渗流及变形是一个比较复杂的空间问题,理论计算比较复杂,渗流计算一般都近似地作为平面问题来分析;变形计算基于固结理论的基本假设条件下进行分析,但实际运行中每一座水库影响渗流及变形的因素都不同。本文对实测资料进行整理,通过理论结合勘察资料,分析研究影响双里水库大坝渗流及变形的原因及对发展趋势的影响。监测数据系列有限,建议进行进一步监测,建立监测数据信息管理系统,实现自动监测。◆