

浅谈桂林青狮潭水库大坝加固工程施工经验

黄付辉

(南宁市邕江防洪大堤修建管理处, 广西南宁 530021)

摘要: 广西桂林青狮潭水库大坝在运行过程中, 检查发现, 在坝体下游高程为 183.00m 处有软弱的稀泥夹层, 在高程为 183.80m~188.10m 之间有较大的常年渗漏水处。为确保水库下游桂林市等市县人民政府和人民生命和财产的安全, 对水库大坝枢纽工程进行加固处理。本文总结了工程的加固处理措施和加固施工情况。

关键词: 水库大坝; 渗漏; 加固措施; 施工方法; 桂林青狮潭

中图分类号: TV 698.23 **文献标识码:** B **文章编号:** 1009-7716(2003)03-0071-03

1 工程概况

青狮潭水库, 位于广西桂林漓江的支流甘棠江上游, 灵川县青狮潭乡境内, 距桂林市 34 km。水库集水面积 474 km², 总库容 6 亿 m³, 是灌溉为主, 结合发电、养鱼等综合型的水利枢纽工程。灌溉面积 35084.2 hm², 电站装机容量为 1.23 万 kW。水库大坝长 230 m。在大坝的右岸设有 4 孔 7.2 m × 10 m 的弧形闸门的溢洪道和地下厂房水电站一座。枢纽工程于 1964 年建成投入运行。按枢纽工程规范及下游桂林市等各重集名城, 大坝属 I 级建筑物管理。

2 问题的提出

水库大坝枢纽工程建成投入运行中, 经检查, 发现了如下的问题:

(1) 坝体下游高程在 183.00m 处, 有一层软弱的稀泥夹层, 层厚 20~60 cm。软弱夹层的土质力学指标低, 致使大坝稳定的安全系数降低, 达不到大坝安全的要求, 对大坝的安全存在重大的隐患。

(2) 在坝体下游高程为 183.80~188.10m 间, 发现较大的常年渗漏水 5 处, 水的源头无法查明, 对大坝的安全存在重大的隐患。

3 处理措施

综合以上发现的问题, 水库大坝已存在严重

不安全因素。根据国家水利部的要求, 水库大坝的防洪标准要提高到可能最大的校核洪水位, 以确保水库下游桂林等市县人民政府和人民生产和财产的安全。经国家水利部批准, 对青狮潭水库枢纽工程进行加固处理。

(1) 在原坝上增高 2.2 m, 即坝顶高程从原来的 230.20 m 增高到 232.40 m。

(2) 坝体下游培土加厚, 增加坝体重量, 宽度 12~18 m。高程在 183.00~1220.00 m 之间, 用砂砾石料填筑, 高程在 220.00~229.50 m 间, 用砂砾质粘土填筑。

(3) 对坝左岸基础破碎带进行帷幕灌浆。

(4) 在平行坝轴线加设一道 C10 粘土混凝土防渗心墙。

(5) 加高加厚大坝堆石排水体。

(6) 溢洪道加固改建。

(7) 交通桥、启闭机房加宽加高改建。

4 大坝加固填筑料的主要物理指标

(1) 砂砾石料:

湿容重 $\gamma_{湿} = 18.5 \text{ t/m}^3$

干容重 $\gamma_{干} = 16.5 \text{ t/m}^3$

粘聚力 $C = 0$

内摩擦角 $\phi = 27^\circ$

(2) 砂砾质粘土:

湿容重 $\gamma_{湿} = 21 \text{ t/m}^3$

干容重 $\gamma_{干} = 15 \text{ t/m}^3$

粘聚力 $C = 4 \text{ kg/cm}^2$

内摩擦角 $\phi = 13^\circ 18'$

含水量 $W = 15\% \sim 20\%$

含砾石量 $P = 20\% \sim 40\%$

收稿日期: 2002-09-16

作者简介: 黄付辉(1953-), 男, 壮族, 广西崇左人, 高级工程师, 从事水利水电工民建建筑施工及技术管理。

5 施工工期

施工分为二期进行, 第一期为 150.00~229.50 m 高程的堆石排水及砂砾石料的施工; 第二期为 229.50~232.40 m 高程的砂砾质粘土的施工。工序为当第一期工程施工完工后, 进行粘土混凝土防渗心墙的施工, 待防渗心墙完工后再进行第二期砂砾质粘土的施工。

6 施工使用的主要机械设备

- (1) 载重量为 12 t 克拉斯自卸汽车 17 台, 5 t 自卸汽车 8 台, 装载机 6 台。
- (2) 120 匹马力推土机 8 台, 配套的小型推土机、羊足碾数台。
- (3) 2 m³ 的正反铲挖掘机 2 台, 链带式挖土机 4 台。
- (4) 振动力为 35 t 的振动式碾压机 1 台。

7 工程施工情况

7.1 大坝推石排水体施工

基础开挖采取机械施工为主, 人工修挖为辅。先用推土机前后排列式方法推集土, 再用反铲挖掘机装于汽车外运, 人工配合基础底部土层和边坡的修整和削坡处理。施工时, 水库内的水位高程为 214 m, 由于内外水位高差较大, 基坑周围出现了渗漏水现象, 加上河卵石与泥土混合, 给施工带来困难。因此, 我们每天安排三班连续作业, 每班平均挖运土方约 500 m³, 历时 31 天完工, 共用机具台班 300 多个。

7.1.1 堆石排水体反滤料的铺筑

堆石排水体基础开挖结束经验收合格后, 即进行底部反滤料的铺筑工作。根据设计要求, 反滤料分三层铺筑, 每层厚为 20 cm, 所用的三级配反滤料均经人工筛分级配所得。第一层为砂子, 砂子粒径 $d=1\sim 5\text{ mm}$, 第二层为中砾石, 粒径 $d=5\sim 50\text{ mm}$, 第三层为河卵石, 粒径 $d=50\sim 100\text{ mm}$ 。施工方法, 是用打桩挂线方法控制铺料厚度, 人工挑料进工作面, 推平并用木板锤打拍平压实, 并逐段分层铺筑, 保证反滤料密实和层厚符合设计和规范要求。

7.1.2 堆石排水体的施工

新增的堆石排水体, 是附在原堆石排水体的下游坡面上, 其规格长 \times 宽 \times 高为 100 m \times 10 m

$\times 8.5\text{ m}$ 。使用的片石块, 是当地新开采的质地坚硬的石灰岩石。汽车运输至工作面边, 由人工搬运到堆石工作面, 分层砌筑, 每层厚度 80 cm, 保证堆石体块石相互交错, 接触紧密。

7.2 大坝培厚加高施工

7.2.1 填筑材料布置

大坝培厚加高填筑材料的部位布置, 在 220.00 m 高程以下的坝体培厚, 是采用透水性好且容重大的自然河床中的砂砾石, 220.00~232.40 m 高程间的坝体培厚, 是采用防渗性能较好的天然的砂砾质粘土。

7.2.2 施工方法

用人工清除原坝坡的护坡草, 要求挖深 10 cm 左右。对岸坡上松动的石块, 人工撬和推土机推相配合。填筑基础经过清杂、碾压并经试验符合设计要求后即进行回填程序。随着填筑的增高, 用推土机把原坝坡面推成台阶式, 台阶高度与填筑层厚相同, 以便新旧接触面的紧密结合。

采取挖土机挖装, 自卸汽车沿坝坡面的临时修筑的道路直接运料至坝体填筑工作面, 推土机推铺, 每层厚 0.8~1.0 m, 由当班现场技术员控制, 用振动力为 35 t 的振动式碾压机碾压 6~8 遍, 经现场取样试验合格后再继续上一层的填筑工作。在 200.00 m 高程之间, 设置了皮带运输设施。施工中, 部分汽车直接运料至工作面, 部分汽车运料至皮带进口处, 利用皮带输送机送至工作面, 这样的施工安排, 解决了车辆在坝坡路上的拥挤问题, 加快了运料和填筑的进度, 日均填筑 850 m³, 日填高 0.8~1.0 m。

大坝左右两岸坡的连接部位, 振动碾压机无法碾压, 是用电动式蛙式打夯机夯打。

在 220.00 m 高程以上的进料道路, 采取经原坝顶推斜坡修筑临时道路直至工作面。层厚控制在 40 cm, 振动碾压机振碾 8~10 遍, 由于砂砾质粘土经碾压后表面光滑, 为了接触面能紧密, 采用羊足碾压机充分打麻处理。

8 施工过程中发现的问题和采取的处理措施

(1) 当坝体培厚填土至 208.00 m 高程时, 检查发现在高程为 218.40~220.20 m 之, 在原坝坡面与轴线平等的方向, 发现长为 112 m, 宽为 20~50 mm 的裂缝, 可见深度 50~100 cm。经挖坑检查和日常观察分析, 这条裂缝应是早期发生, 为

何未被发现,主要是护坡草复盖所致。当施工设置的皮带运输机在运行中产生的震动和振动辗动辗压机工作时振动波的影响,以及堆积在皮带运输机出口处的填料没有及时堆平,这样就使裂缝增大,在此范围内有10处渗漏水现象,经取7个试样实测结果,干容重最大值仅 $\gamma = 11.5 \text{ t/m}^3$,土体含水量大,处于饱和状态。

我们采取的处理措施是:把皮带机出口处堆积的约500多立方米的砂砾石料推铺,临时停止皮带运输机运行。用推土机将裂缝范围老填土推深1.5~2m,再用相同的土料进行分层回填压实。对于渗漏水现象,采取集中埋管引流的方法处理。采取上述的处理方法,清除了发现的问题和事故的隐患,效果良好。

(2) 当堆石排水体基础开挖至174.00m高程时,基坑四周出现渗漏水情况,特别是靠近原坝体边,渗漏水量较大,经集水井测试,基坑的渗漏水量为 $41.49 \text{ m}^3/\text{h}$ 。经观察,渗漏点没有带出砂粒泥尘,水质清洁。施工中,我们采取处理措施是:引水集中,用水泵连续不停地向外抽排,使工作面保持干燥,符合设计的要求。当堆石排水体砌筑到渗漏水能自流并不影响施工后,则停止抽水。

(3) 堆石排水体的外坡面,原设计是干砌片石护坡,施工中我们了解到,漓江的支流甘棠江洪水期水位较高,如果用干砌片石护坡,可能因水的冲刷而淘空堆石体基脚,我们提出了建议并得到同意,即使用混凝土预制块铺砌护坡,预制块规格为 $60 \text{ cm} \times 50 \text{ cm} \times 15 \text{ cm}$,混凝土标号为C15,保证了堆石排水体外观美又能防水冲刷的作用。

(4) 原设计砂砾石料的施工压实干容重 $\gamma = 16.5 \text{ t/m}^3$,施工中,试验实得施工压实干容重均值 $\gamma = 22 \text{ t/m}^3$,故建议设计单位修改参数,同意改为压实干容重 $\gamma = 20 \text{ t/m}^3$ 控制。砂砾质粘土,原设计的施工压实干容重 $\gamma = 15 \text{ t/m}^3$,施工中,取样试验均很难达到设计要求。经分析,指定使用的填料,其含水量和含砾石量均偏大,故施工碾压很难达到设计的参数指标要求。建议并得到设计单位的同意。压实参数指标改为 $\gamma = 14.6 \text{ t/m}^3$ 。

9 对加固工程施工质量分析

9.1 基础的开挖和处理

测量定点放样后,由人工清理工作面的杂草、树根、腐植物,推土机推集工作面一定深度内的杂

泥土,装载机、汽车配合外运废料。开挖至设计高程后,经设计、建设、施工等三家单位有关单位人员验收合格后,方进行下道工序的施工。开挖使用机械为主,人工修削为辅,施工质量良好。

9.2 砂砾石料填筑施工质量分析

先对指定的料区取样试验,得结果为:含砾量为76%,粒径5mm以下的含量为16%,含泥量为8%,不均匀系数 $C = d_{60}/d_{30} = 4.9 < 5$,可见颗粒的粒度分布广,属于不均匀级配。由于砂砾石含量高,在工程中可起到骨架和压重的作用。施工中,经振动辗压机振压,细颗粒料充实缝隙,其施工控制指标干容重和相对密实度即能达到或超过设计要求。

工程施工的质量控制办法,我们的做法是:在工作面上,设置相对的固定点,当碾压一定遍数后,即现场使用灌砂法进行试验,试验合格的,则进行下道工序的施工,否则增加碾压遍数再经试验合格为止。

经统计,现场试验的各项参数指标是:平均干容重 $\gamma = 22.0 \text{ t/m}^3$,平均含水量 $W = 7.12\%$,孔隙比 $E = 0.063$,砾石含量 $P_{石} = 72.1\%$,砂子含量 $P_{砂} = 19.3\%$,含泥量 $P_{泥} = 8.6\% < 10\%$,相对紧密度 $D = 0.697 > 2/3$ 。可见砂砾石料填筑达到紧密状态。施工各项参数指标累计合格率达96%。砂砾石料填筑工程施工质量优良。

(3) 砂砾质粘土填筑施工质量分析

工程施工的质量控制方法与砂砾石料填筑的方法类同。使用环刀试验法取样试验,经统计,现场试验的各项技术参数指标是:平均干容重 $\gamma = 15.7 \text{ t/m}^3$,平均含水量 $W = 24.4\%$,含砾石量 $P_{石} = 50.6\%$,凝聚力最大值为 $C_{max} = 0.26$,最小值 $C_{min} = 0.2$,施工各项参数指标累计合格率达99%。砂砾质粘土料填筑工程施工质量优良。

10 结束语

青狮潭水库大坝加固工程,坝体的加固措施是心墙混凝土防渗和坝体身培厚加重。填筑材料为河床天然级配的砂砾石料和天然的砂砾质粘土。采用砂砾石料作大坝加固填筑料在广西首例,没有施工经验借鉴。施工中,我们主要按设计的技术参数指标控制,严格把握各个施工环节。采用了吨位重容积大的施工机械最优组合,充分发挥了机械的作用,提高施工机械台班产量。