

# 某水库大坝管道型渗漏的应急抢险与除险加固措施分析

欧改宁

(平乐县水库工程管理中心, 广西 桂林 542403)

**摘要** 本文介绍了某水库大坝管道渗漏的现场处理情况, 对该水库大坝管道渗漏的成因进行了剖析, 并对现场处理漏水事故的处理方法进行了详细的阐述。实践证明, 采用涵管放水、用水泵应急抽水、级配封堵渗漏管道、在坝脚出水部位进行压渗等应急处理措施, 可以防止水库的溃坝, 并通过对渗漏渠道的追挖、回填、大坝防渗和灭白蚁等措施, 可以使水库的大坝得到有效的治理和加固。

**关键词** 谢家水库; 防渗; 紧急救援; 防灾加固

中图分类号: TV62

文献标识码: A

文章编号: 1007-0745(2023)06-0124-03

渗漏是一种普遍存在于土石坝中的病害。张建云等人<sup>[1]</sup>在对 3230 个病险水库的病害进行了分类的基础上, 提出了在防洪、渗漏、结构和抗震等方面的各种病害, 而在这些病害中, 渗漏是最常见的。谭界雄等<sup>[2]</sup>对 1744 个病险水库进行了研究, 结果表明, 以土石坝为主的大坝有 1627 个, 占 93.3%, 其中, 长期渗漏、管涌、散浸以及流土, 以及坝脚的泥泞等是渗漏的安全隐患。大坝的渗漏不但会影响到水库的蓄水效果, 而且还会对土石坝的安全构成极大的威胁。尤其当出现大量渗漏(管道渗漏)时, 水库溃堤的危险更大, 对下游居民的生命和财产造成极大的危害。据国际上关于大坝安全事故的统计, 30%~40% 的事故都是由渗漏安全问题引起的。李宏恩等人<sup>[3]</sup>统计了 2000~2018 年中国 84 次决口事件, 其中 74 次是土石坝, 38 次是由于渗漏问题导致的。由于土石坝结构复杂, 运行工况多样, 渗漏形态多样, 渗漏源头具有很强的隐蔽性和滞后性, 这为大坝渗漏的应急处理带来了很大的困难和不确定性。

## 1 项目介绍

谢家水库是平乐县二塘镇谢家屯的一个小型水库, 其坝址之上雨水汇集区域约 16.6 公里, 库容约 785.0 万 m<sup>3</sup>, 主要用于灌溉, 并辅以发电等。该水库始建于 1966 年, 1973 年正式投产, 迄今已经运行了 40 余个年头。谢家水库于 2020 年 12 月在桂林市水务局的监督下, 被评定为“三类坝”, 经自治区水务局审核, “三类坝”评定结果获自治区水务局批准。谢家水库的下游, 大约有二万亩的耕地和一万五千多人口, 管道渗漏会造成很大的破坏。所以, 要排除项目中的隐患。为了

保证谢家水库的正常运转, 使其得到最大限度的利用, 必须对其进行治理和改造。

## 2 水库大坝堵漏

### 2.1 堵漏方案设计

根据现场调查结果和相关法规, 采用“先压后灌”的方法, 在坝后出水口处加设混凝土盖板, 在坝基上加设防渗帷幕, 形成一种全面的封堵方法。不渗漏水的指标: 漏水量降低 90% 或大于渗透系数; 在坝后 Q1~Q5 处 5 处较大的渗漏部位, 进行了水下混凝土覆盖施工; 孔深至洞底 2m, 并设 3 个直径大于 150mm 的进沙孔, 在上游的排沙孔可根据封堵效果而增加或减少; 其他的每一座大坝都是单排的, 每一座大坝之间的距离都是 1m~5m, 每座大坝的深度都是 2m。

### 2.2 堵漏施工

1. 施工步骤和技术。该项目采取“先小后大, 后压后灌水”的方法, 即先堵小渗漏段, 再堵大渗漏段; 介绍了一种采用在大坝基础上对接触渗漏段进行堵漏, 再对浅表岩溶管线进行集中堵漏的施工方法。在封堵浅表岩溶管线的过程中, 首先在大坝后方出水口处浇注了水下混凝土, 然后进行了注浆处理。施工技术: 对于接触面漏失区, 采取“钻孔注浆, 栓塞封闭, 无需等待凝固”的技术; 对于浅表的岩溶管线, 采取了在其基础上进行钻孔注浆, 并在其上浇注水下混凝土。

2. 施工机械。SGZ-II 型钻机, SCB6-10 型灌浆泵, JJS-400 型两层制浆机, 砂浆泵, 特殊灌浆螺栓等。

3. 注浆。其工艺包括: 造孔、下栓塞、注浆、封孔。为了封闭浅表岩溶管线, 在灌注了水下混凝土覆盖物

48 小时后,用 3 个 150mm 的沙孔将沙粒倒入洞穴中,直到出水口出现沙粒,然后加入水玻璃和水灰比为 0.5 的水泥浆(双管双液),一直到出水口的渗漏水减少为止,最后进行加压注浆,完成封闭。在全部注浆完毕后,方可重新打穿孔洞。

4. 质量管理。按照设计要求和有关的规范进行控制,本工程的质量控制点以浅层岩溶管道封堵时的施工控制为主,由技术人员在现场进行操作,这样就确保了施工的质量。

### 2.3 防渗措施的有效性评价

1. 单位注入量对比。注浆分序、加密性好,先开第一个孔,再开第二个孔。因为每一个序次孔的施工顺序都不一样,所以它的水泥注入量也是不一样的。从理论上来说,它的单位注入量应该是按照 I 序孔比 II 序孔要大的原则来进行的。本工程的注浆也是按照这一原则进行的。(各序次孔注入量分别为: I 序孔 418.66kg/m, II 序孔 180.05kg/m)。这就表明,在对 I 序孔进行灌注的时候,对 II 序孔产生了影响,但是却获得了更好的效果。

2. 检查孔取心及压水检查。注浆完毕后,在每一座大坝上都布下了三个岩心根据取样结果,每一个孔口都布下了一块水泥石,表示明水浆已经填满了水泥石,从而堵塞了岩溶管线。

3. 渗流量实测对比。在堵漏之前和堵漏之后,都展开了渗流量的实测。在堵漏之前,坝后实测渗流量为  $0.706\text{m}^3/\text{s}$ 。在堵漏后,实测渗流量为  $0.0047\text{m}^3/\text{s}$ ,并且主要为闸门渗流。在堵漏完成之后,渗流量为堵前的 0.7%,渗流量下降了 99.3%,这表明堵漏效果十分明显。

4. 效益分析。(1) 工期短,损耗小,是一种经济适用的方法。从接手工作到完成堵塞工作,只用了不到 3 个月,缩短了 6 个月的合同期限,缩短了 1 倍的时间,取得了明显的时限效益;该技术的应用,使得该技术在很短的时间里就得到了很好的应用,使得该技术的应用受到了很大的限制。(2) 成本低廉;与其他治理方案(化学灌浆、放空水库等)比较,该治理方案的成本节约 40%~60%,具有显著的经济效益。

5. 施工技术分析。对已经建成的中小型水库的大坝基础上的岩溶管道渗流进行堵漏,首先要进行调查,明确其发育的范围和类型,不要盲目进行堵漏;针对岩溶泄漏管线,通过控制出水口的流量,在适当的地方“封压”(水底的混凝土覆盖物),按照现场的具体条件,制订封堵方案,可以有效地减少泄漏的水流速度,减少泄漏的水量,然后使用水泥注浆,可以获得较好的结果。

## 3 水库大坝除险加固

### 3.1 渗漏通道处理

谢家水库在紧急情况下,采用抛填级配碎石的方法,虽取得了较好的防渗效果,但对大坝结构造成的破坏较大,威胁到了大坝的安全。经过分析,采用了大坝渗漏通道进行追索开挖,之后用粘性土进行换填,并恢复原设计体型的处理方案。其具体措施有:回填粘土料渗透系数不大于  $1 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ ,压实度不低于 96%。用 1.5m 厚的砂石反滤在黏土材料和下游堆石块之间;在尾矿库的底部,采用钻孔灌注法对尾矿库进行了施工,当尾矿库的孔隙度比较大时,采用高流量的混凝土进行灌注<sup>[4]</sup>。沿着抢险时抛投的碎石和探绳轨迹,对泄漏通道展开了追掘,最终,在实际的追掘过程中,被追掘到了高程 199.00m。从现场的角度来看,泄漏通道及周边的大坝都没有出现显著的空腔,但是,在抢险时,探绳及碎石轨迹基本上是以  $75^\circ$  倾角向下延伸,高程 199.00m 以上的通道与 2011 年除险加固充填灌浆孔范围基本相同。故不能排除原静压注浆封孔的质量问题,使漏泄通道的形成更加严重。从大坝的实际分区和渗透破坏的位置来看,在渗透破坏的位置,水头差大约是 18.25m,渗径大约是 17.9m,在集中渗透破坏的位置,其渗透比降大约是 1.02,大于相应部位大坝填料的允许渗透比降<sup>[5]</sup>。

### 3.2 大坝加固与防渗

谢家水库的这次渗漏事故,其根本原因是由于其本身的固有缺点,以及在几次增建、加固工程中,坝身的填充质量不佳。据残存的库区数据和参与施工的人的记忆,大坝被划分为四个区域: I 区是堆石区, II 区是反滤层, III 区是细粒土壤, IV 区是粘性土坡面。在应急抢险之后,在大坝上设置了 12 个地质勘探钻孔和 2 个探槽,对大坝进行了原位注水试验、标准贯入试验和动态触探试验,并设置了 4 个高密度电法勘探剖面,并进行了钻孔注水、电视录像等一系列的现场和实验室试验。勘察成果表明:(1) 堆石区海拔低于 212.00m,剖面形状不规则,压实程度参差不齐,部分地区压实程度较差,动触探中 N63.5 锤击次数最大值为 56.48,最小值为 5.08。(2) 二段以砂砾岩为主,不以级配型为主,多为 0.8m~1.6m 厚,并有部分断裂带。(3) 地层中的细颗粒填充物中的碎石、岩石颗粒含量高,土层厚度小,渗透性在  $10^{-3}\sim 10^{-4}\text{cm/s}$  之间;在坝轴线上的钻孔电视视频中,发现在海拔 205.00m 的地方,存在着一条被水冲蚀而成的、直径大约 15cm 的孔洞;根据 SL274-2001《碾压式土石坝设计规范》中对坝身

压实率不小于96%~98%的规定,部分坝身压实系数达93.4%<sup>[6]</sup>。(4)IV区防渗斜墙不是连续的,在大坝的内部,靠近上游侧高程202.96m的地方,都是粘土斜墙,在上游坝面高程210.66m以上,粘土斜墙过薄(只有0.1m~0.5m),芯样中有一个直径大约1cm的孔洞,这些孔洞中有大约17%的粗颗粒,且它们的结构较为松散。

针对以上问题,在坝轴线上游(距坝轴线10.6m)处,进行一道厚60cm,顶部高度为214.00m,底部埋入基岩不少于1m的混凝土防水墙,防水墙的28天抗压强度为10MPa,抗渗级别为W6,容许比降值为80;在大坝的上游,在大坝的边坡上,用混凝土面板护面,并在面板和大坝的中间加设一层反渗透;在大坝顶部筑一堵1.2m高的水泥挡土墙,并在挡土墙与挡土墙间回填粘土。经加固后,大坝顶部高程为220.00m,防浪墙顶部高程为220.50m,大坝最大高度为33.31m,大坝的设计洪水水位为218.68m,校核洪水水位为219.24m,水库的总蓄容为124.74万m<sup>3</sup>。在防渗墙施工中,B0+048~B0+053在靠近建基面的位置上,遇到了厚2m左右的块石,并且在渗漏通道的正下方出现了漏浆。这表明,溢流通道位置的堆石体面积较大,大坝填土层较薄,大坝较易发生渗漏失稳。

### 3.3 白蚁防治

谢家水库是我国重要的白蚁灾害区域,前期研究表明,在该水库的两个坝肩下游分别存在200m<sup>2</sup>左右的老龄蚁巢和30m<sup>2</sup>左右的幼年巢,且在下游每时每刻都能看到白蚁的活动迹象<sup>[7]</sup>。在以往除险加固中,虽已消灭了白蚁,但并没有完全消灭,因此不能排除有白蚁在此栖息繁殖,导致漏泄通道的形成。在进行除险加固的时候,在大坝及其周围100m范围之内,对白蚁危害的地区,可以采用挖除白蚁巢、设防白蚁隔离毒带、钻孔灌药防治、安装诱杀监测装置、药物预防等各种方法来进行防治。在这些药剂中,常用的药剂有凯奇杀白蚁悬浮剂、灭蚁粉、灭蚁灵毒饵等,药剂的浓度为0.4%,药剂的浆液含量为0.2kg/m<sup>3</sup>~0.4kg/m<sup>3</sup><sup>[8]</sup>。并在墙体内加入杀蚁剂,以预防墙体内可能存在的白蚁对墙体的破坏。

## 4 结语

谢家水库在出现大坝渗漏时,及时采取了科学的应急措施,使大坝没有崩塌。在后来的地质勘探和在施工过程中揭示的实际情况的基础上,确定并证实了造成本次险情的最大因素是大坝结构的缺陷,同时也不能排除白蚁筑巢和静压灌浆封孔的质量缺陷,从而加重了渗漏通道的形成。对谢家水库的大坝进行了全面的治理,对大坝的渗漏通道进行了追尾、回填,对大坝进行了防渗和加固,并用药剂防治白蚁,使大坝

的安全问题得到了有效的解决。到目前为止,该水库的除险加固处理工作已经完成并通过了验收,现在水库的水位保持在215m的范围内,没有出现任何的异常情况。谢家水库虽小,但其所遇到的险情及其处置方法具有一定的代表性,对其它水库的防灾、减灾具有一定的借鉴意义。

1. 谢家水库属“三边”型,在施工阶段,没有任何勘察资料,没有任何设计条件,没有施工质量,没有运行管理,这就造成了紧急救援和除险加固的难度很大。中国的小型水库有很多,其中以土石坝为主,建设时间又比较长,与谢家水库的状况十分类似。水库管理机构要对此给予足够的关注,增加投资,尽快对此类水坝进行排查和治理,避免像谢家水库水坝漏水那样的突发性危险事件再次发生。

2. 谢家水坝的险情之所以能够顺利化解,不仅是因为及时发现,并制定了相应的救援技术计划,更是因为救援指挥的及时,各方的配合以及强大的支持。

3. 谢家水库采取“进水封闭,出水压渗,自排水,排水抽水”的方法,在58小时之内就消除了库区的危险,防止了库区的崩溃,可供其他一些较小的水库参考。与此同时,在应急抢险的过程中,需要对渗漏量、大坝变形展开实时监控,监测结果可以用来及时管控特殊情况、及时实施应急避险预案。因其是可以看见水流湍流的情况下进行“堵塞”救援,故其适用范围有限,且在水库规模大、洪头大等潜在的高破坏性溃坝条件下,或现场专家无法识别大坝变形信息的情况下,也存在一定的限制。

## 参考文献:

- [1] 张建云,杨正华,蒋金平.我国水库大坝险情及溃决规律分析[J].中国科学(技术科学),2017,47(12):1313-1320.
- [2] 谭界雄,位敏,徐轶,等.水库大坝渗漏病害规律探讨[J].大坝与安全,2019(04):12-19.
- [3] 李宏恩,马桂珍,王芳,等.2000~2018年中国水库溃坝规律分析与对策[J].水利水运工程学报,2021(05):101-111.
- [4] 杨启贵,谭界雄,卢建华,等.堆石坝加固[M].北京:中国水利水电出版社,2018.
- [5] 杨启贵.病险水库安全诊断与除险加固新技术[J].人民长江,2015,46(19):30-34.
- [6] 谭界雄,高大水,周和清,等.水库大坝加固技术[M].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [7] 李识博,王常明,王钢城,等.粗粒土淤堵模式判别及最优淤堵粒径区间确定[J].水利学报,2013,44(10):1217-1224.
- [8] 杨启贵,高大水.我国病险水库加固技术现状及展望[J].人民长江,2011,42(12):6-11.