

虹吸放水管在病险水库除险加固中的应用

潘一婷,傅克平

(浦江县水务局,浙江 浦江 322200)

摘要:介绍小型病险水库除险加固涵管处理方案,对 3 种方案(破坝调换、原涵管封堵后开挖隧洞、原涵管封堵后设置虹吸管)进行技术经济比较后,提出将原涵管封堵后设置虹吸管进行放水的处理方案具有操作简单、投资省、施工工期短和管理方便等优点的设计论点,利用工程实例对虹吸放水管流量设计、安装高程、适应范围等进行详细阐述。

关键词: 水库除险加固 涵管 虹吸放水管

中图分类号: TV697

文献标识码: B

文章编号: 1006-7647(2005)S1-0090-03

小型水库在防洪、灌溉、供水、发电等综合利用各个方面与大中型水库相辅相成,在国民经济发展中发挥了巨大的社会效益和生态效益,绝大多数小型水库均修建于 20 世纪五六十年代,受当时历史条件的限制,工程建设标准低,挡水建筑物大多数为小型土坝,输水建筑物多采用坝内埋设涵管,其材料多为炼瓦管、素管、木管、砌石方涵等,加上施工质量差,以及管理工作跟不上,经过几十年的运行,工程老化、失修、失管,工程隐患十分突出,不仅造成水库效益锐减,而且严重威胁下游人民的生命财产安全。浙江省近年来投入巨额资金进行“千库保安”工程,对病险水库进行维修加固,使其发挥应有的工程效益。在除险加固工程中,如何消除小型土坝坝内涵管工程存在的隐患,已经成为人们必须面对的一道难题。

1 常见涵管断裂、渗漏处理方案

在水库放水涵管处理中,常有以下几个方案可供比较选择:①破坝调换。破坝将原炼瓦管(素管、木管、砌石方涵)替换为钢筋混凝土压力管,此方案开挖土方工程量大,施工周期长,是否能彻底解决问题尚难肯定。②对于较高的坝,可以开挖隧洞,同时封堵原涵管,但该方案受地形、地质条件限制。③对原放水涵管进行封堵后放置虹吸管放水。经分析比较,第三种方案操作简单、投资省、施工期短、管理方便,对于坝高较低的坝,一般都适用。

2 虹吸管参数设计

2.1 虹吸管管径的确定

虹吸管管径主要根据下游最大供水流量确定。

①下游最大供水流量根据水库的任务确定,对于以灌溉为主的水库,按最大灌溉用水量确定,对于工业或生活供水水库,按最大供水流量确定。②管径确定,可根据最大供水流量、管路布置情况及管道长度确定,亦可参照水库原涵管的大小确定管径,许多小水库的供水对象与原来建设时期相比并无变化或变化不大,可按原涵管管径确定。

2.2 虹吸放水管水力计算公式

流量按管流公式计算:

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gh_0}$$

其中 $\mu_c = \frac{1}{\sqrt{(\alpha + \sum \xi + \lambda L/D)}}$ (自由出流)

$\mu_c = \frac{1}{\sqrt{(\sum \xi + \lambda L/D)}}$ (淹没出流)

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} \quad C = \frac{R^{1/6}}{n}$$

式中: Q 为管道流量; μ_c 为流量系数; ξ 为局部损失系数,直角拐弯 $\xi = 1.00$,非直角拐弯 $\xi = 0.55$; A 为管道面积; h_0 为管道水头。

2.3 虹吸管安装位置的确定

虹吸管安装位置需要根据工程具体情况,按照节省费用、安装方便的原则确定,一般选在大坝或溢洪道位置较方便。

2.4 进、出口高程的确定

a. 进、出口高程应根据水库死水位确定,应保证进水口底部淹没在死水位下 0.5~0.8 m 左右,以避免潜水进口装置在输水过程中进气,潜水进口装置底部与库底应有足够的空间,一般不应小于 0.8

~1.0m 的距离。

b. 虹吸管驮峰顶部高程的确定. 虹吸管路中的最高部分为驮峰顶部. 根据工程具体布置情况, 驮峰可为一个点, 也可为一段管道。

c. 出水口高程的确定. 出水口高程的确定应保证在水库死水位时虹吸管能正常供水. 根据工程具体布置情况, 在水流克服管路损失后能有不小于 0.5~1.0m 的压力水头供水。

管道布置应牢固, 原则上可以露天敷设或埋设, 需根据各工程具体条件确定. 管道敷设应尽量减少弯曲, 特别注意减少直角弯头. 拐弯处应固定, 不允许有任何的位移与转角。

2.5 镇墩、支墩、拦沙坝、截水环

a. 镇、支墩设计. 在虹吸管的敷设中, 一般每隔 3~6m 应设置一个支墩, 小管径的支墩间隔可适当加长, 大管径的支墩间隔适当缩短. 在管道的拐弯处应布置重力式镇墩固定管道, 避免管道在使用过程中产生位移与转角。

b. 拦沙坝的设计. 许多小(2)型水库和山塘, 属纯灌溉水库, 不设死库容, 要求潜水装置放置在库底, 以便充分利用库水灌溉. 在此情况下就需要设计拦沙坝以阻挡泥沙淤积, 避免堵塞潜水装置进口. 拦沙坝宜用高 0.5m 的浆砌块石砌筑而成, 平面尺寸 2.5m×2.5m. 潜水装置底部应离开库底 0.8m 以上。

c. 截水环设计. 埋设式敷设的虹吸管, 应在跨过坝体部分的管道中设置截水环阻水, 以避免库水位漫过驮峰顶部时沿管壁的渗流破坏. 出口处宜设置一个消力池, 以减少水流对出口建筑底面的冲刷。

3 工程实例

后印水库位于浦江县浦阳办事处石马行政村, 工程建于 1959 年, 集雨面积 0.22km², 大坝为黏土心墙坝, 相对坝高 12.5m, 坝顶长 73m, 坝顶宽 4m, 总库容 16.17 万 m³, 是一座以灌溉为主的小(2)型水库. 该水库放水涵管为炼瓦管外包混凝土, 这种涵管一方面本身难以满足安全运行的要求, 另一方面耐久性差、寿命短. 根据实际地形条件及相似工程处理

方法, 输水涵管改为虹吸管输水, 如图 1 所示。

基本资料: 原水库死水位 109.2m, 进水口底部淹没在死水位 0.5~0.8m 左右, 因而进水口高程 108.5m, 出水口 107.2m, 该水库为需采取除险加固的工程, 供水对象与原来建设时期变化不大. 虹吸管管径与原涵管管径相同, 即虹吸放水管采用 $\varnothing 30$ 钢管, 管道长 58m, 弯头 5 处, ξ 取 $0.55 \times 5 = 0.275$ 。

3.1 虹吸放水管输水能力

虹吸管是直径和糙率沿程不变且无分支的单一管道, 过流量按短管流计算, 原坝放水涵管内径为 0.3m, 与之相应拟定的虹吸管内径为 0.3m。

糙率 $n = 0.011$, 流量按管流公式计算:

$$Q = \mu_c A \sqrt{2gH} = 0.187 \text{ m}^3/\text{s}$$

其中, $\mu_c = \frac{1}{\sqrt{(\sum \xi + \lambda \frac{L}{D})}} = 0.4216$

$$C = \frac{R^{1/6}}{n} = 59.036$$

$$\lambda = \frac{8g}{C^2} = 0.0225$$

计算结果表明, 虹吸放水管的输水能力满足用水要求。

3.2 管道安装高程真空度复核

虹吸管是借助于真空抽吸作用输水的管道, 管道内大部分压强均小于大气压, 其中管道顶部最小, 为了不使气体液化, 须限制管内真空值不超过 7~8m(水柱)。

选死水位自由面(高程为 109.2m)为基准面, 令 B—B 断面中心(即管顶轴线, 高程为 115.3m)至上游死水位高差为 h_s , 对上游断面 O—O 及断面 B—B 列能量方程(图 1), 忽略行近流速, 即 $v_1^2 = \frac{Q}{A} = 2.65 \text{ m/s}$, 代入下列能量方程:

$$0 + 0 + 0 = h_s + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + h_{w1-2}$$

式中: h_{w1-2} 为水头损失。

$$h_{w1-2} = \left(1 + \lambda \frac{l_1}{d} + \sum \xi\right) \frac{v_1^2}{2g} = 1.20 \text{ m}$$

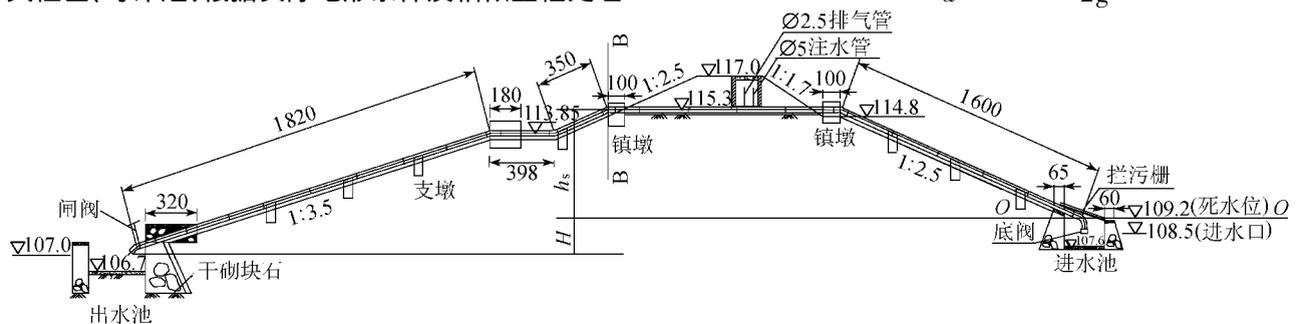


图 1 后印水库虹吸管纵断面图

令 $\alpha_2 = 1$, 代入能量方程得 $\frac{P_2}{\gamma} = 7.60 \text{ m}$, 说明管顶断面的真空度为 7.60 m , 在允许范围内, 故安装高度为 $115.3 - 109.2 = 6.1 \text{ m}$ 是可行的。

3.3 虹吸放水管施工与操作

a. 施工安装. 放水管管材选用 A3 钢, 管内径 0.3 m , 壁厚 6 mm , 内外涂沥青防腐. 钢管沿坝坡铺设, 每隔 $6 \sim 8 \text{ m}$ 设置支墩, 管底离坝坡 $15 \sim 20 \text{ cm}$. 横管两端设置镇墩. 进水口设置拦污栅, 进水口设置底阀(有滤网). 出水口设置闸阀, 调节控制流量. 横管段焊接排气管与注水管, 排气管内径为 25 mm , 注水管内径为 40 mm , 管材为镀锌管. 管轴线附近可按需要建 1 座 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 的泵房, 配 10.162 cm 离心泵, 以作临时注水之用。

b. 放水操作步骤. 当水库下游需用水时, 可按下列操作步骤放水: ①关闭出水口闸阀; ②用离心泵抽取水库水, 通过管顶注水管向虹吸管充水或人工充水; ③虹吸管充满水后即可开启出水口闸阀, 进行放水。

c. 原涵管封堵. 为彻底解除原坝下涵管给水库安全运行带来的隐患, 须将原坝下涵管作堵封处理. 堵封可用 C20 混凝土回填或水泥砂浆回填灌浆, 为加强封堵效果, 原涵管穿越心墙部位可用冲钻在坝

顶造孔, 回填黏土。

4 结 语

a. 浦江县现有小型水库 58 座, 其中有病险水库 28 座, 这些病险水库中有 10 座由于放水涵管问题而被认定为病害水库. 这类水库占病害水库总库容数的 35.7% , 这些水库 80% 建于 20 世纪五六十年代, 限于当时财力、物力以及技术条件, 坝下涵管大多采用炼瓦管外包混凝土、砌石方涵等, 经过多年运行, 工程老化, 致使许多涵管断裂、渗漏水, 带走涵管周围坝土, 严重影响工程的安全运行, 对这些水库急需进行除险处理. 用虹吸放水管更替原坝内涵管不失为一种投资省、施工期短、操作简便的有效方法。

b. 设置虹吸管时, 安装高度 h_0 不能太高, 一般限制真空最大值不超过 $7 \sim 8 \text{ m}^{[1]}$, 即允许真空度 $h_{\text{允}} = 7 \sim 8 \text{ m}$, 因此, 它一般适应于坝高较低的土石坝。

参考文献:

- [1] 吴持恭. 水力学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1998: 217-219.

(收稿日期 2005-08-25 编辑 高建群)

(上接第 20 页) 0.7670 亿元; 总投资为 4.04 亿元时, 安置总人数 13058 人, 总利税 1.2363 亿元。

由表 4 可知, 当总投资由 2 亿元增至 4 亿元时, 可行企业项目由 10 个增至 12 个. 其中, 这 10 个项目(第 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 个项目)在两种方案下均能完成预定目标. 经计算可发现, 在总投资为 4 亿元的情况下, 这 10 个项目共投资 3.0008 亿元, 安置人口 11517 人, 完成利税 1.0846 亿元, 指标较好, 因而可以把它们优选为备选项目。

3.2.2.2 d 取原约束的 2%

采取与上述相同的步骤计算, 结果表明, 当总投资由 2 亿元增至 4 亿元时, 仍有 10 个项目(第 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 个项目)在两种方案下均能完成预定目标. 同时, 在总投资为 4 亿元的情况下, 这 10 个项目共投资 2.5903 亿元, 安置人口 11526 人, 完成利税 1.0927 亿元, 与 d 取原约束 1% 的情况相比, 可减少投资 0.1415 亿元, 多安置 9 人, 多完成利税 0.0081 亿元, 以更少的投资实现了更多的安置人口及利税。

4 结 语

本文考虑到现实生活中常常遇到约束条件不明

确, 带有一定模糊性的情况, 把模糊数学中模糊规划的相关理论应用到水库移民安置中, 通过对收缩因子的选择及调整, 使水库移民安置问题得到了更好的解决. 文中以黄河中游某大型水库为例, 当总投资为 4 亿元时, 采用普通线性规划模型计算, 第 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12 个项目共投资 2.9603 亿元, 安置人口 11301 人, 完成利税 1.0585 亿元. 而采用基于模糊集理论的模糊规划模型, 选取收缩因子为 2% 时, 这 10 个项目可节省投资 0.37 亿元, 增加安置人口 225 人, 增加利税 0.0342 亿元. 基于模糊集的模糊规划理论为水库移民安置问题的解决提供了一种更为理想的思想。

参考文献:

- [1] 彭祖赠, 孙毓玉. 模糊数学及其应用[M]. 武汉: 武汉大学出版社, 1998: 328-330.
[2] 刘普寅, 吴孟达. 模糊理论及其应用[M]. 长沙: 国防科技大学出版社, 1998: 145-147.
[3] 赵敏, 胡维松. 企业项目安置水库移民优选模型[J]. 水利水运科学研究, 1994(12): 159-164.
[4] 黄健元. 模糊集及其应用[M]. 宁夏: 宁夏人民教育出版社, 1999: 236-239.

(收稿日期 2004-12-25 编辑 骆超)