

老赵王河拦蓄工程防渗设计方案

吕文翠

青岛市水利勘测设计研究院有限公司 山东济南 250013

摘要: 本工程结合老赵王河拦蓄工程防渗设计方案实例,介绍了该工程库区防渗设计、防渗材料的选择、库底膜下排水排气设计、护坡防渗设计等,通过全库底铺设复合土工膜方案,有效防治水库的渗漏,为工业供水、农业灌溉提供了有力的保证,促进了附近地区工业发展、农业发展,具有明显的生态效益、经济效益,并且给类似的水库防渗工程提供了参考。

关键词: 防渗;复合土工膜;材料

水库是关系民生的工程,由于工程地质的问题,水库的防渗漏的问题一向是关系设计成败的关键技术问题。水库库底和坝基渗漏产生的原因很多,主要是由于水库修建在透水性较大的土层上,并且防渗设施不完善,或存在溶洞、破碎带、断层等。随着科技的发展及技术条件的改善,防渗处理的方法呈现多样性,对于那些透水层埋藏不深的,可考虑清空库水,在迎水坡脚处设置混凝土截渗墙;破碎较严重的岩基,可采用帷幕灌浆、固结灌浆等方法进行处理。透水层很深时,应铺盖土工膜防渗。选择经济有效的防渗漏措施就显得尤为重要。

1 工程概况

本工程位于平原县王凤楼镇赵王河的下游,东南方向自老赵王河入口至西北方向纸厂东318省道桥南土堤。

老赵王河支流段自老赵王河入口(拦蓄段桩号0+000)至德派克纸厂、方源纸厂东318省道桥南土堤(拦蓄段桩号5+900)处,将河道改建为条带状拦蓄段,全长5.9km,河道平面走向保持与原河道一致,以河道中心线向两侧进行河道疏浚、拓宽开挖,增加蓄水量,将河口宽度由原来的40~50m加宽至90~122m,河段前后由引水泵站及土堤控制作为主库区。拦蓄工程南北两侧排水沟东南向连接赵王河,西北向接老赵王河,排水沟平面走向与拦蓄工程保持一致。

工程规模为小(1)型,工程等级为IV等;主要建筑物级别为4级,临时建筑物级别为5级^[1]。

通讯作者简介: 吕文翠,(1984.12.2),女,汉族,山东省济南市,青岛市水利勘测设计研究院有限公司,专业负责人,工程师,硕士,研究方向:水力学及河流动力学,邮箱:349655078@qq.com。

2 库区和坝基防渗的必要性

2.1 水文地质

拦蓄段地貌属于黄河冲积平原。根据钻孔资料,地面以下15.0m深度范围内的土层均为全新统松散沉积层。现将15.0m深度范围内的土层分为5层,评述如下:

第一层:该层岩性为砂壤土,场区均有分布,层位比较稳定,厚度变化大,一般1.80~7.60m。

第二层:该层以壤土为主,普遍分布,厚度变化较大,约为0.50~5.50m。局部夹有粘土薄层。

第三层:该层岩性以砂壤土为主,场区层位稳定,厚度变化较大,一般0.50~5.50m。

第四层:该层岩性以壤土为主,场区层位不稳定,厚度一般为0.30~6.20m。

第五层:该层岩性以砂壤土为主,层位不稳定,厚度变化较大,该层在坝轴线范围内未揭穿,最大揭露厚度为5.00m。

2.2 坝身渗流分析计算

坝身渗透计算采用《堤防工程设计规范》公式E.3.1,公式形式如下:

$$q = q_D + k_0 \frac{(H_1 - H_2)T}{L + m_1 H_1 + 0.88T}$$

式中: q_D —不透水地基上求得的相同排水型式的均质土堤单位宽度渗流量。

$$h_0 - H_2 = q / \left\{ \frac{k}{m_2 + 0.5} \left[1 + \frac{(m_2 + 0.5)H_2}{(m_2 + 0.5)(h_0 - H_2) + \frac{m_2 H_2}{2(m_2 + 0.5)}} \right] + \frac{k_0 T}{(M_2 + 0.5)(h_0 - H_2) + m_2 H_2 + 0.44T} \right\}$$

可得出浸润线方程表达式形式如下:

$$x = k_0 T \frac{y - h_0}{q'} + k \frac{y^2 - h_0^2}{2q'}$$
$$q' = k \frac{H_1^2 - h_0^2}{2(L + \frac{m_1}{2m_1 + 1} H_1 - m_2 h_0)} + k_0 T \frac{H_1 - h_0}{L + m_1 H_1 - m_2 h_0}$$

式中: q' ——单位宽度渗透量 ($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$)

k ——堤身渗透系数 (m/s)

k_0 ——地基渗透系数 (m/s)

H_1 ——上游水位 (m)

H_2 ——下游水位 (m)

h_0 ——下游出逸点高度 (m)

m_1 ——上游坡坡率

m_2 ——下游坡坡率

T ——地基有效深度

经过计算, 水库的年渗流量为 202.07 万 m^3 。

坝段的坝体逸点平均高度为 3.67m。无防渗材料时坝体平均单宽渗流量 $Q=0.648\text{m}^3/\text{d}$, 年渗流量 = 202.07 万 m^3/y , 占总库容 (571.35 万 m^3) 35.37%; 渗漏严重, 应采取防渗措施^[2]。

3 水库防渗设计

3.1 防渗措施

防渗措施主要有两种方式: 垂直防渗和水平防渗。

方案一: 垂直防渗方案

垂直防渗的主要有深层搅拌桩、垂直铺塑、高压喷射灌浆防渗墙、混凝土防渗墙、振动切槽防渗板墙等。

垂直铺塑方案, 适用于防渗深度不超过 15m, 深层搅拌桩的防渗深度不超过 18m, 振动切槽防渗板墙防渗深度在我国一般未超过 25m; 拦蓄段库底位于第②、③层壤土、砂壤土层上, 渗透系数分别为 $8.67 \times 10^{-5}\text{cm/s}$ 、 $9.16 \times 10^{-4}\text{cm/s}$, 渗透性等级为中等, 土层厚不均匀, 并且不连续, 不能作为隔水层; ④层厚度不均匀, 渗透系数一般在 0.2~6.2m 左右, 渗透性等级为弱透水层; ⑤层在揭露深度内全部为砂壤土, 渗透性等级为中透土层。从河道底部土层渗透性上分析, 在勘探深度内, 不存在相对隔水层。根据本工程的截渗深度、国内类似的工程经验, 这几种方案不适用于本工程。

方案二: 水平防渗方案

水平铺塑防渗方案, 适用于新建河道防渗。边坡采用土工膜防渗, 底高程为 13.5m, 有利于水平铺塑; 底水平铺塑不破坏⑥层粉质粘层, 该层可作为天然铺盖层, 与土工膜一起作为河道防渗层, 该防渗方案渗流量小。

初拟底水平铺塑土工膜选用两布一膜, 膜厚度为 0.5mm, 上下层土工布均采用 $300\text{g}/\text{m}^2$, 土工膜的渗透系数为 $5 \times 10^{-10}\text{cm/s}$, 土工膜上面土层压重平均厚 1.0m。

3.2 方案比选

(1) 各方案防渗效果比较

针对垂直及水平两个防渗方案, 进行渗流稳定分析计算。

方案一 (混凝土防渗墙): 水库平均水位为 18.5m 时, 年渗流量为 162 万 m^3 ; 水库设计蓄水位为 21.1m 时, 年渗流量为 170 万 m^3 。

方案二 (库底全铺): 水库平均水位为 18.5m 时, 年渗流量为 8 万 m^3 ; 水库设计蓄水位为 21.1m 时, 年渗流量为 8.9 万 m^3 。

(2) 经济比较

两方案防渗工程投资:

方案一: 采用混凝土防渗墙方案, 单价为 420 元/ m^2 , 工程量为 8.05 万 m^2 , 工程投资为 3550.49 万元。

方案二 (库底全铺): 采用混凝土防渗墙方案, 单价为 44 元/ m^2 , 工程量为 77.94 万 m^2 , 工程投资为 3429.36 万元。

(3) 推荐方案

根据渗流计算结果可以看出, 方案一混凝土防渗墙方案渗流量较大; 由于场区地层不连续, 形成不了完整的防渗体系, 达不到混凝土防渗墙预期效果。底水平铺塑方案: 防渗效果好, 与堤防形成连续整体防渗层。缺点是土工膜铺设面积较大, 受地下水埋深的影响, 选择在地下水位较深的季节施工, 可减少施工排水的费用。

综合以上经济技术比较分析, 推荐采用水平防渗方案即库底铺塑防渗方案。

4 防渗材料选择

根据实际情况, 选取复合土工膜和土工织物膨润土垫 (GCL) 进行方案比较。

4.1 复合土工膜

本工程选用两布一膜, PE 膜厚 0.5mm, 上下层土工布均为 $300\text{g}/\text{m}^2$, 土工布上铺土压重厚 1.0m。

优点: 国内有用于水库库底防渗的先例, 防渗效果较好; 造价较低, 两布一膜单价 13 元/ m^2 。

缺点: 土工膜分幅之间需焊接, 施工费用高, 工期长; 库底膜下浅层土为非饱和土, 被土工膜封闭后, 出现膜下气场问题, 膜下气体可托起土工膜, 并可能顶破土工膜, 导致水库漏水, 影响水库的正常运营。这种现象在山东省内采用库底铺膜防渗方案的水库中出现过。

4.2 覆膜型膨润土防水毯 (BentomatCL)

优点: 施工简单, 分幅之间可以措接, 不需焊接, 工期短; 由于分幅之间搭接, 留有排气通道; 膨润土是天然无机材料, 无害无毒, 属于环保材料。

缺点: 国内主要用于垃圾填埋场防渗, 水利行业水库工程应用较少。材料造价较高, 覆膜型膨润土防水毯 30元/m²。

4.3 综上所述

复合土工膜价格较低, 针对可能存在的非饱和土排气问题, 可以采取设置排气盲沟、逆止式排气阀、压重等措施予以改善。缺点是膜幅需要焊接, 施工工期较长。

覆膜型膨润土防水毯 (BentomatCL) 是由国外引进的新型防渗材料, 不但具有复合土工膜的防水性能, 而且采用搭接处理接缝, 不需要膜下排气设施, 施工简单, 工期较短; 缺点是材料价格较高。

综合考虑, 推荐全库底敷设复合土工膜方案。

5 护坡防渗设计

护坡的迎水面采用现浇混凝土板护坡, 下侧铺设复合土工膜, 形式为两布一膜, PE膜厚度为0.5mm, 上下两层土工布均采用200g/m², 中粗砂垫层10mm。复合土工膜顶部插入防浪墙底, 底端埋至坝脚浆砌块石齿坎底部与坝基水平铺塑焊接在一起。

6 库底膜下排水排气设计

水库库底全部布土工膜, 待水库蓄水后, 随着土工膜上部水重的不断增加, 膜下支撑土体将被压缩, 空隙压力增大, 伴随着地下水的上升侵入, 土体空隙中的空气会产生进一步的压缩, 若不能及时有效排出气体, 土

工膜就会有被顶穿的危险, 因此需要采用可靠的工程措施。

针对水库土工膜敷设面积较大, 工程采用排气盲沟和压重结合的方式, 复合土工膜底部的盲沟按间距50m布设, 盲沟为碎石外面包裹土工布滤层。

为了保证土工膜铺盖效果, 防止施工过程中和工程运行中的损坏, 复合土工膜上部需设置保护土层, 填土的厚度主要考虑地下水水位的变化、土工膜下的气体压力、风浪作用、施工机械等因素, 水库现状地下水水位平均埋深7.76m以下, 库内筑坝取土深约6.0m, 考虑水库蓄水后地下水水位抬升, 膜上填土压重土料本着经济合理、就地取材的原则从库内取土, 结合已建工程经验, 设计确定膜上压重的厚度为1.0m^[3]。

7 结束语

本次老赵王河拦蓄工程防渗设计方案在经济、有效的前提下, 通过全库底铺设复合土工膜方案, 有效防治水库的渗漏, 为工业供水、附近地区农田灌溉提供了有力的保证, 促进了工业发展、附近地区农业发展, 具有明显的生态效益、经济效益, 并且给其他水库防渗工程提供了成功的借鉴经验。

参考文献:

- [1] 顾淦臣. 土工膜用于水库防渗工程的经验[J]. 水利水电科技进展, 2009, (10): 6-9.
- [2] 肖殷. 复合土工膜在水库防渗加固工程中的施工技术分析[J]. 黑龙江水利科技, 2015, (10) 39-41.
- [3] 冯缠利, 高旭艳, 罗文刚等. 陕西秦岭北麓生态治理规划思路研究[J]. 陕西水利, 2017 (1): 21-23.