

大河水库混凝土面板堆石坝设计*

邱镇辉

(广东省水利水电勘测设计研究院, 广州 510170)

摘 要:大河水库主坝为混凝土面板堆石坝, 介绍混凝土面板堆石坝坝体、面板、趾板、接缝止水设计及基础处理设计。

关键词:混凝土面板堆石坝; 坝体设计; 坝体材料分区; 基础处理

中图分类号: TV641.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) S2-0015-03

1 概 述

大河水库总库容为 3.32 亿 m^3 , 正常蓄水位为 110m, 设计洪水位 ($P=1\%$) 为 114.81 m, 校核洪水位 ($P=0.05\%$) 为 115.98 m, 电站装机容量为 3 万 kW. 枢纽建筑物有拦河坝、开敞式溢洪道、引水发电隧洞、发电厂房、泄洪(放空)隧洞等. 拦河坝最大坝高为 69.5 m, 坝顶长 240 m, 坝顶高程为 117 m, 坝型为混凝土面板堆石坝. 泄水建筑物为左岸山坳处布置开敞式溢洪道, 堰顶高程为 104.5 m, 校核情况 ($P=0.05\%$) 相应的下泄流量为 1 950 m^3/s . 发电引水隧洞及地面发电厂房均布置在左岸. 由导流洞改建的泄洪(放空)隧洞布置在右岸, 校核情况 ($P=0.05\%$) 相应的下泄流量为 348 m^3/s .

坝址两岸地形不对称, 河床高程约 53 m, 宽约 40 m, 河床比降约 2%, 70 m 高程以下基岩裸露, 岩坡陡峻, 两岸山顶高程不对称, 左岸为 132 m, 右岸为 154 m, 山顶各为一平台, 是区域 130~135 m 和 150~160 m 两级古夷平面的表征. 两岸平均坡: 左岸为 45°, 右岸为 40°. 坝址地层为寒武八系村群 b 组, 其产状为 $N25 \sim 40E$, $NW \angle 40 \sim 55^\circ$, 岩层走向基本上与河床垂直, 岩性为变质砂岩与绢云母板岩互层. 坝址处于区域断裂带内, 裂隙发育, 裂隙率达 30 条/ m^3 . 主要断层有 4 条: ① F_1 断层: 其产状为 $N30 \sim 40W$, $SW \angle 70 \sim 80^\circ$, 宽度 2.0~5.0 m. 是坝址最大的断层; ② F_6 断层: 其产状为 $N0 \sim 10W$, $SW \angle 70^\circ$, 宽度 0.5~1.0 m; ③ F_7 断层: 其产状为 $N40E$, $NW \angle 70 \sim 75^\circ$, 宽度 0.5 m; ④ F_8 断层:

其产状为 $N40E$, $NW \angle 70 \sim 75^\circ$, 宽度 0.5 m. 坝区岩石破碎, 岩体透水性较大. 强风化带透水率平均值为 26 Lu (吕荣), 弱风化带为弱透水, 透水率为 5 Lu, 微风化带可视为隔水层 ($q < 3$ Lu).

下游距坝址约 5 km 处及上游距坝址约 2.5 km 的石料场储量丰富, 质量能满足筑坝要求.

2 坝体设计

坝体结构包括: 混凝土面板、趾板、过滤层、主、次堆石区及坝顶防浪墙.

2.1 坝顶高程和坝顶宽度

采用防浪墙顶高程等于土石坝坝顶设计高程, 坝顶超高计算公式为:

$$y = R + e + A$$

式中: R 为最大波浪在坝坡上的爬高 (m), e 为最大风雍水面高度 (m), A 为安全超高 (m), y 为坝顶超高 (m).

经计算, 确定本工程防浪墙顶高程为 118 m, 防浪墙高为 1 m, 则坝顶高程为 117 m.

左右岸无特殊交通要求, 坝顶宽度只需满足施工条件及运行需要即可. 在面板拉模施工时, 防浪墙底 (114 m 高程) 即为施工平台, 拉模施工平台的最小宽度为 11 m, 依下游坡延伸至坝顶, 坝顶宽度定为 6 m (含防浪墙宽).

2.2 坝坡设计

堆石坝坝坡以吸取国内外已建或在建工程的经验为基础, 主要参考广东省水利电力勘测设计研究院设计的广州抽水蓄能电站上库混凝土面板堆石坝, 结合本工程的实际情况, 拟定坝体上、

* 收稿日期: 2001-07-30; 作者简介: 邱镇辉 (1961-), 男, 工程师.

下游边坡为 1:1.4, 并且在下游坝坡 85m 高程处设一宽度为 2 m 的马道。

2.3 坝体材料分区及坝料设计

2.3.1 坝体材料分区

坝体自上游至下游分为: 上游粘土铺盖、趾板、混凝土面板、小区、垫层、过渡区、主、次堆石区。坝体材料分区见坝体最大剖面图。

2.3.2 坝体材料设计

(1) 垫层区 (I 区): 垫层区的作用是为混凝土面板提供可靠的支撑, 是面板受水压后的传力层, 是从防渗角度出发而设置的第二道防线。要求垫层具有半透水性, 颗粒相对较细, 最大颗粒 < 80 mm, < 5 mm 的含量 < 30%, < 0.1 mm 的含量 < 5%。不均匀系数 $C_u > 10 \sim 60$, 曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$, 软化系数 > 0.7, 抗压强度 > 45 MPa, 孔隙率 < 19%, 设计干密度为 22 kN/m³, 渗透系数 < 1×10^{-3} cm/s。该区以人工碎石和天然砂按比例掺配 (控制含砂量 ≤ 35%)。采用等

宽垫层, 水平宽度为 2 m, 铺料层厚为 400 mm。

(2) 过渡区 (II 区): 过渡区位于垫与主堆石区之间, 填筑料要求最大粒径 < 300 mm, < 5 mm 的含量 < 25%, < 0.1 mm 的含量 < 5%, 软化系数 > 0.7, 抗压强度 > 45 MPa, 不均匀系数 $C_u > 10 \sim 60$, 曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$, 设计干密度为 21.5 kN/m³, 孔隙率 < 20.1%, 渗透系数 < 1×10^{-3} cm/s。要求对垫层的反滤条件为 $D_{15}/d_{85} \leq 4 \sim 5$, $D_{15}/d_{85} \geq 5$ (式中: D 为过渡料粒径, d 为垫层料粒径)。水平宽度为 3 m, 铺料层厚为 400 mm。

(3) 小区: 在大坝面板的周边缝下设特殊的小区。该部分地方狭窄, 不便大型碾压设备施工。因此要加强人工夯实或采用小型碾压设备。填筑料采用细砂, 最大粒径 < 200 mm, 并掺 5% 水泥。设计干密度为 21.5 kN/m³, 孔隙率 < 20.7%, 铺料层厚为 200 mm。

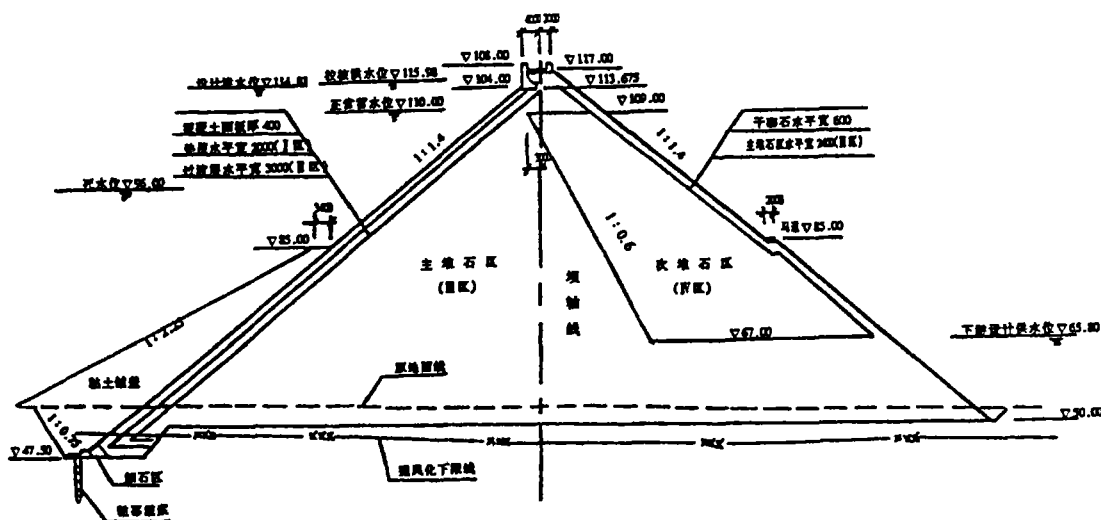


图1 坝体最大剖面图

(4) 主堆石区 (III 区): 主堆石区为大坝的主要支撑体, 要求主堆石区石料的最大粒径 < 600 mm, 抗压强度 > 40 MPa, 软化系数 > 0.7, 设计干密度为 21.5 kN/m³, 孔隙率 < 22.5%, 不均匀系数 $C_u > 30$, 曲率系数 $C_c = 1 \sim 3$, < 0.1 mm 颗粒含量 < 5~8%, 铺料层厚为 800 mm。压实机械陕西省水利机械修造厂生产的 YZT-18 型牵引式振动碾。

(5) 次堆石区 (IV 区): 次堆石区位于坝体下游的次要部位, 对填料的强度及级配可适当放宽, 最大粒径 800 mm, 设计干密度为 20 kN/m³,

孔隙率 < 26.5%, 饱和抗压强度 > 25 MPa 的石均可采用。铺料层为 800 mm。

(6) 上游粘土铺盖: 为封堵面板裂缝、周边缝、面板垂直裂缝, 在上游 85 m 高程以下面板上游侧及周边部位, 设粘土铺盖。粘土铺盖顶宽为 3.4 m, 上游坡度为 1:2.25, 要求分层夯实, 要求粘土的渗透系数 < $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-5}$ cm/s。

3 面板、趾板及接缝止水设计

3.1 面板设计

面板厚度按下式计算

$$T = 0.3 + 0.03H$$

式中: T 为面板厚度, 以 m 计. H 为该高程处面板的作用水头, 以 m 计.

经计算得面板顶部面板厚为 0.3 m, 底部面板厚为 0.5 m, 采用等厚度 0.4 m. 面板最长为 120 m. 面板分缝宽度考虑抗渗性及施工机具, 定为 12 m. 要求面板有较好的防渗性, 混凝土标号为 $R_{28}200\#$, 抗渗标号为 S8. 使用硅酸盐水泥和普通硅酸盐水泥. 当地天然河砂, 要求质地坚硬、清洁、级配良好, 其细度模数为 3.00 ± 0.20 . 骨料最大粒径为 50 mm. 粉煤灰掺入量为 30 kg/m^3 , 水灰比 < 0.5 , 塌落度为 5~8 cm. 面板采用单层双向配筋于中部, 采用 II 级钢, 配筋为 $\Phi 20@200$, 双向含筋率均为 0.4%, 在垂直缝和周边缝附近配置加强筋.

3.2 趾板设计

趾板连接坝体防渗面板和坝基, 其作用为: ① 施工时作为面板的支承结构, 维护面板稳定; ② 作为基础帷幕灌浆的压重层, 确保帷幕灌浆的质量; ③ 是整个混凝土面板坝止水系统的重要组成部分. 因此, 趾板建基面落在弱风化带顶板线以下 1~2 m. 趾板宽度按垂直趾板控制线 (“X 线”) 采用 $(1/10 \sim 1/20)H$, H 为校核洪水位至趾板基面的高度, 以 m 计. 经计算采用二种宽度, 即 5 m 和 4 m, 相应厚度为 0.5 m 和 0.4 m. 趾板混凝土的各项指标要求与面板相同, 趾板钢筋配于表层, 采用 II 级钢, 配筋为 $\Phi 20@200$, 双向含筋率均为 0.4%.

3.3 分缝及止水设计

3.3.1 分缝种类 含周边缝; 面板垂直缝, 间距为 12 m; 趾板伸缩缝, 间距为 12 m, 与面板垂直缝错开设置; 防浪墙底与面板顶面的接缝.

3.3.2 止水设计 接缝止水是混凝土面板堆石坝防渗体系中最关键的一个环节, 必须安全可靠. 周边缝共设三道止水, 即底部止水铜片, 中部 H861 塑料止水带, 顶部为沥青橡胶填料. 面板垂直缝设二道止水, 底部为止水铜片, 顶部为沥青橡胶填料, 趾板伸缩缝共设三道止水, 与周边缝止水结构大体相同. 防浪墙与面板的接缝设两道止水, 即底部止水铜片, 顶部沥青橡胶填料.

4 基础处理

大坝的基础处理分为: 坝基开挖、固结灌

浆、帷幕灌浆及断层破碎带处理.

4.1 坝基开挖

混凝土面板堆石坝作用于基面上的应力相对较小, 对基础的要求不高, 主要满足稳定和沉降要求. 因此, 大坝建基面开挖到弱风化带以下 1~2 m. 由于趾板为应力和变形的主要区域, 要求趾板建基面开挖到弱风化带以下 1~2 m, 鉴于弱风化带埋藏较深, 两岸岸坡部分强风化带较厚, 无法全部清除, 故将坝横 0+000 至坝横 0+060, 坝横 0+165 至坝横 0+240 两段趾板建基面放在强风化带中部. 在趾板下再作楔形槽挖, 槽宽 2 m, 槽深为 4~10 m.

4.2 固结灌浆

固结灌浆只在趾板基础范围内进行. 其目的是增强趾板混凝土与岩基的结合, 提高坝基与岩体的整体性和抗渗能力, 提高帷幕灌浆的压力. 固结灌浆孔布置两排, 排距为 3 m、4 m 两种, 分别距趾板上下游边 0.5 m, 孔距为 3 m, 孔深 5 m, 灌浆压力为 0.3 MPa.

4.3 帷幕灌浆

帷幕灌浆沿趾板全长布置于趾板中心线上, 帷幕灌浆底线在 5 Lu 线以下 3~5 m, 孔距 2 m, 灌浆压力为 0.5 MPa. 考虑到两岸强风化带较厚, 为避免绕坝渗漏, 右岸帷幕灌浆延伸至坝横 0+260 桩号, 左岸延伸至坝横 0+035.7 桩号.

4.4 断层破碎带的处理

对于基坑开挖所揭露的断面破碎带 (F_1 、 F_6 、 F_7 、 F_8 断层), 采用挖除回填混凝土塞处理, 塞深为 2 倍断层宽度. 趾板部位附近的断层破碎带除进行挖除回填混凝土塞外, 还进行固结灌浆, 并将帷幕灌浆深度加大, 以截断渗流通道.

5 结 语

大河水库混凝土面板堆石坝已于 1998 年 12 月下闸蓄水投入运行, 大坝运行情况良好, 坝体变形及坝基渗漏均达到设计要求, 说明大坝坝体布置、材料分区、止水设计合理, 坝基处理正确, 施工质量控制较好.

参考文献:

- [1] 傅志安, 凤家冀. 混凝土面板堆石坝. 武汉: 华中理工大学出版社.
- [2] 混凝土面板堆石坝设计导则. DL5016-93.