

洪塘水库沥青混凝土心墙石渣坝设计

邓 刚 彭宗兵

重庆渝西水利电力勘测设计院有限公司, 重庆 永川 402160

[摘要]洪塘水库大坝坝型选择了沥青混凝土心墙石渣坝, 本次根据洪塘水库所选料场以及坝地质条件对大坝的筑坝材料及其填筑技术要求、基础处理、基础防渗进行简要的介绍, 同时对沥青混凝土心墙的材料要求以及沥青混凝土配合比提出了配合比参数, 以期对其他此类坝型设计提供借鉴。

[关键词]洪塘水库; 沥青混凝土心墙石渣坝; 设计

DOI: 10.33142/ec.v6i11.9913

中图分类号: TV641

文献标识码: A

Design of Asphalt Concrete Core Wall Stone Slag Dam in Hongtang Reservoir

DENG Gang, PENG Zongbing

Chongqing Yuxi Design Institute of Water Conservancy Electric Power Co., Ltd., Chongqing, 402160, China

Abstract: The dam type of Hongtang reservoir has chosen asphalt concrete core wall stone slag dam. This time, based on the selected material yard and geological conditions of the dam foundation of Hongtang reservoir, a brief introduction is given to the dam's construction materials, filling technical requirements, foundation treatment, and foundation anti-seepage. At the same time, the material requirements for asphalt concrete core wall and asphalt concrete mix proportion are proposed, in order to provide reference for other types of dam design.

Keywords: Hongtang reservoir; asphalt concrete core wall stone slag dam; design

1 工程概况

洪塘水库位于南川区大有镇大堡村1社, 所在河流为芙蓉江二级支流三江一级支流石砾河上, 是一座以城镇供水、农业灌溉和农村人畜饮水等综合利用的中型水利工程。水库工程规模为III等, 大坝、溢洪道、取水塔主要建筑物级别为3级, 按50年一遇洪水设计, 1000年一遇洪水校核。

工程区位于四川盆地南东边缘与云贵高原北端交汇地带, 属深切中低山地貌, 区域内均为沉积岩出露, 除缺失泥盆系外, 寒武系至白垩系地层均有出露, 第四系覆盖层零星分布。地层岩相为碎屑岩(砂岩、页岩、泥岩)与碳酸盐岩(灰岩、白云岩)相间分布。工程区地震基本烈度为Ⅵ度。

坝址河流流向E(90°), 为左缓右陡较对称的“V”型河谷。坝址处第四系主要分布在河床及右岸中部及上部, 厚度1~6m, 两坝肩岩层基本对称, 从上到下分别为下统湄潭组上段(O_1m^3)粉砂质页岩夹灰岩、下统湄潭组中段(O_1m^2)瘤状灰岩夹薄层页岩、湄潭组下段上部(O_1m^{1-2})泥质页岩及下统湄潭组下段(O_1m^{1-1})粉砂质页岩。岩层为单斜岩层, 岩层产状 $215^\circ \sim 320^\circ \angle 5^\circ \sim 10^\circ$, 缓倾向上游偏左岸。

2 大坝设计

2.1 结构布置

洪塘水库正常蓄水位745m, 设计洪水位745m, 校核水位746.18m, 死水位718m, 淤沙高程714.71m。坝轴线

长176.80m, 坝顶高程746.40m, 坝顶宽7m, 上游侧设置防浪墙, 墙顶高程747.60m。大坝底部最低高程为695.30m, 最大坝高51.1m。

大坝上游边坡采用二级坡, 坡比均为1:2.25, 折坡点高程为732.00m。下游边坡采用四级坡, 坝坡坡比为1:2.5、1:2.5、1:2.5、1:1.5, 折坡点高程分别为742.00m、731.40m、716.40m、704.50m。上、下游坝坡马道均宽3.0m。

大坝除沥青混凝土心墙外, 共分为8个区, A区为上游石渣料填筑区, B区为下游石渣料填筑区, C区为下游土石填筑区, D区为心墙上、下游过渡层, E区为碎石反滤过渡层, F区为下游水平排水带, G区为下游排水棱体, H区为下游弃渣回填区。上游高程716.00m以上护坡采用0.6m厚干砌块石, 下游坝面高程704.50m以上护坡采用C20混凝土框格植草皮护坡。心墙过渡层水平宽度上、下游侧均为3m。

沥青混凝土心墙厚度根据《土石坝沥青混凝土面板和心墙设计规范》(SL501-2010)确定为0.50m~0.8m, 在底部3m范围内对心墙厚度按1:0.2的坡度进行扩大, 到接触面心墙厚度扩大为2m, 然后以0.3m深弧形与C30钢筋混凝土基座连接, 基座底宽7m, 高8.5m, 顶宽6.8m, 防渗标号W8。基座内设灌浆廊道, 廊道净空 3.0×3.5 m。心墙与基座间设铜片止水二道, 并喷涂 0.2kg/m^2 阳离子乳化沥青, 待充分干燥后, 涂一层厚度为2cm的砂质沥青马蹄脂。

表 1 坝体分区及填筑材料参数表

分区	填筑材料	料源	设计干容重 (kN/m ³)	孔隙率 %	渗透系数 (cm/s)	级配要求		
						<5mm	<0.075mm	d _{max}
上游石渣料填筑区 (A 区)	灰岩夹弱风化页岩料	溢洪道及料场开挖的灰岩料及弱风化页岩料	21	≤22	≥5×10 ⁻³	<20%	<5%	500
下游石渣料填筑区 (B 区)	弱风化页岩料	枢纽区及料场开挖的弱风化页岩料	20	≤22	≥1×10 ⁻³	<20%	<5%	500
下游土石填筑区 (C 区)	风化页岩夹土	枢纽区及料场开挖的风化页岩及土料	18		≥5×10 ⁻⁴	<20%	<5%	500
心墙上、下游过渡层 (D 区)	灰岩料	木老井采石场	22	≤18	≥5×10 ⁻²	25%~40%	<5%	80
碎石反滤过渡层 (E 区)	灰岩料	木老井采石场	22	≤18	≥5×10 ⁻²	25%~40%	<5%	80
下游水平排水带 (F 区)	灰岩料	木老井采石场	21	≤23	≥1×10 ⁻¹	<10%	<5%	600
排水棱体 (G 区)	灰岩料	木老井采石场	21	≤23	≥1×10 ⁻¹	<10%	<5%	600
下游弃渣回填区 (H 区)	风化页岩夹土	枢纽区及料场开挖的覆盖层等任意弃料	17		≥8×10 ⁻⁴	—	—	800

备注：根据类似工程经验提出的本工程坝体填筑材料技术要求，应采取现场碾压试验确定坝体填筑标准和压实采用的参数。

2.2 坝坝材料及填筑技术要求

2.2.1 上游石渣料填筑区 (A 区)

选用溢洪道开挖料和滴水滩石渣料场开挖的灰岩夹弱风化页岩料。设计干容重为 21kN/m³，孔隙率为 22%。粒径小于 5mm 的含量不宜超过 20%，最大粒径不超过 500mm，小于 0.075mm 含量不超过 5%。渗透系数 $K \geq 5 \times 10^{-3}$ cm/s。

2.2.2 下游石渣料填筑区 (B 区)

选用枢纽区开挖料和滴水滩石渣料场开挖的弱风化页岩料。设计干容重为 20kN/m³，孔隙率为 22%。粒径小于 5mm 的含量不宜超过 20%，最大粒径不超过 500mm，小于 0.075mm 含量不超过 5%。渗透系数 $K \geq 1 \times 10^{-3}$ cm/s。

2.2.3 下游 土石填筑区 (C 区)

选用枢纽区开挖的风化页岩及土料。设计干容重为 18kN/m³。渗透系数 $K \geq 5.0 \times 10^{-4}$ cm/s。

2.2.4 心墙上、下游过渡层 (D 区)、碎石反滤过渡层 (E 区)

选用木老井采石场的灰岩料，设计干容重为 22.0kN/m³，最大粒径不大于 80mm，粒径小于 5mm 的颗粒含量在 25%~40%，小于 0.075mm 的颗粒含量宜少于 5%。渗透系数 $K \geq 5 \times 10^{-2}$ cm/s。

2.2.5 下游水平排水带 (F 区)、排水棱体 (G 区)

选用木老井采石场灰岩料，设计干密度为 21kN/m³，孔隙率不超过 23%。最大粒径不超过 600mm，小于 5mm 的含量不宜超过 10%；小于 0.075mm 的含量不超过 5%。渗透系数 $K \geq 1 \times 10^{-1}$ cm/s。

2.2.6 下游弃渣回填区 (H 区)

主要为枢纽区和滴水滩石渣料场开挖的覆盖层等任意弃料，设计干容重为 17kN/m³，最大粒径不超过 800mm，渗

透系数 $K \geq 8 \times 10^{-4}$ cm/s。坝体分区及填筑材料参数详见表 1。

2.2.7 沥青混凝土心墙

沥青混凝土采用碾压式致密中粒沥青混凝土，原材料包括沥青、骨料、填料和掺料等。沥青初选 AH-70 沥青。粗骨料采用灰岩破碎的碎石，细骨料选用天然砂，填料采用石灰岩粉、白云岩粉等碱性岩石加工的石粉。沥青混凝土孔隙率 ≤ 3%；渗透系数 ≤ 1×10⁻⁸ cm/s，水稳定系数 ≥ 0.9，沥青含量可为 6%~7.5%；粗骨料最大粒径不宜大于 19mm，并满足相应的柔性和力学指标。

表 2 沥青的技术要求

序号	项目	单位	质量指标
1	针入度 (25° C, 100g, 5s)	1/10mm	SG90
2	延度 (5cm/min, 15° C)	cm	≥150
3	延度 (1cm/min, 4° C)	cm	≥20
4	软化点 (环球法)	° C	45~52
5	溶解度 (三氯乙烯)	%	≥99
6	脆点	° C	≤-12
7	闪点 (开口法)	° C	230
8	密度 (25° C)	g/cm ³	2.4
9	含蜡量 (裂解法)	%	≤2
薄膜烘箱后	质量损失	%	≤0.3
	针入度比	%	≥70
	延度 (5cm/min, 15° C)	cm	≥100
	延度 (1cm/min, 4° C)	cm	≥8
	软化点升高	° C	≤5

根据国内类似工程类比以及重庆市内类似工程的经验，初步推荐采用以下配合比，最终配合比应根据试验最

终确定。

表3 沥青混凝土配合比的材料和级配参数表

配 比 参 数				材 料				密 度 (KN/m ³)
骨料最大 粒径 (mm)	细骨 料率 (%)	矿粉 含量 (%)	沥青含 量 (%)	粗骨 料	细骨 料	矿 粉	沥 青	
19	37	14	7	灰岩	天然 砂	石灰 岩粉	AH-70	23.85

3 基础处理设计

3.1 坝基处理

坝基出露为奥陶系统下湄潭组上段 (O_1m^3) 页岩、粉砂质页岩及薄层状粉砂岩夹薄层灰岩, 湄潭组中段 (O_1m^2) 薄~厚层状瘤状灰岩夹页岩, 湄潭组下段部 (O_1m^1) 页岩、砂质页岩、含粉砂页岩; 第四系全新统残坡积层 (Q_4^{eld})、崩坡积层 (Q_4^{col+d1})、冲洪积层 (Q_4^{alp})。

奥陶系统下湄潭组页岩、粉砂质页岩、含粉砂页岩、瘤状灰岩分布在河床及左右岸, 强风化层厚度小, 裂隙发育, 稳定性差, 亦不直接作为心墙持力层, 需清除。弱风化层强度较高、抗滑及抗变形能力均能满足坝基持力层的要求。开挖揭露到软弱夹层或裂隙密集带应清除后以混凝土回填, 对可能隐伏于浅层的可通过固结灌浆来加固。

第四系全新统冲洪积层 (Q_4^{alp}): 灰褐色、灰色砂土及孤块碎石夹砂砾石。砂土结构松散~稍密, 厚 2~6m。孤块碎石夹砂砾石, 孤块碎石主要为灰岩, 含量约占 35%~50%, 结构松散, 砂砾石充填于孤块碎石空隙中, 透水性强。分布于河床, 均一性差, 结构松散~稍密, 承载力低, 不宜直接作为坝基, 按开挖清除处理。

第四系全新统崩坡积层 (Q_4^{col+d1}): 孤石、块碎石夹黄褐色砂土, 孤石成分主要为灰岩, 含量约占 20%~40%, 结构较松散, 具架空结构; 块碎石成分主要为泥质页岩、砂质页岩及少量灰岩, 含量约占 50%~60%, 砂土主要为页岩风化形成; 崩积层厚 2~10m。主要是由于奥陶系中上统 (O_{2+3}) 灰岩受裂隙切割影响, 以及奥陶系下统湄潭组 (O_1m) 泥质页岩、含粉砂质页岩浅层风化裂隙发育, 在自身重力和人类工程活动作用下发生崩塌而成。分布右岸边坡中下部。均一性差, 结构松散, 具架空结构, 不宜直接作为坝基, 按开挖清除处理。

第四系全新统残坡积层 (Q_4^{eld}): 黄褐色砂土、砂质黏土夹碎石, 松散~中密结构, 稍湿, 碎石主要以页岩为主, 层厚 0.5~3m, 局部厚度稍大, 主要分布在两岸斜坡一带。以细粒结构为主, 松散~中密结构, 承载力低, 不宜直接作为坝基, 按开挖清除处理^[1]。

3.2 心墙混凝土基座基础处理

沥青混凝土心墙底部设置混凝土基座与基岩连接, 为保证混凝土基座与基岩的整体性, 同时也确保心墙与混凝土基座连接的可靠性, 要求混凝土基座须嵌入弱风化基岩中上部。待浇筑混凝土底板后对基岩进行固结灌浆以及锚固处理。固结灌浆布置 2 排, 间距 3m, 梅花形布置, 深入基岩 8.0m。锚杆采用 $\Phi 25$, 长 5m、9m, 间排距 2m, 采用梅花形布置。

3.3 岸坡处理

岸坡处理包括坝体覆盖范围内的岸坡处理和防渗体与岸坡接触范围内的岸坡处理两方面。

3.3.1 坝体覆盖范围内的岸坡处理

坝基范围内覆盖层应清除, 并清除岸坡表面松动块石、凹处积土和突出的岩石, 坝基开挖时预留保护层, 待开始回填时, 随挖随填, 或开挖后用喷水泥砂浆或喷混凝土保护。

3.3.2 防渗体与岸坡接触范围内的岸坡处理

沥青混凝土心墙与岸坡通过 C30 钢筋砼心墙基座和锚杆紧密连接。为保证混凝土基座与基岩的整体性, 同时也确保心墙与混凝土基座连接的可靠性, 要求混凝土基座须嵌入弱风化基岩中上部, 以弱风化基岩中上部为基础持力层, 并对基岩进行固结灌浆处理。心墙基座左坝肩纵向坡比为 1:1.25, 右坝肩纵向坡比为 1:1.26, 河床建基面高程 686.80m。

3.4 坝基防渗处理

基础垂直防渗采用帷幕灌浆, 沿心墙混凝土基座布置, 在左坝肩条带状灰岩层帷幕灌浆采用两排, 排距 1.5m, 孔距 2m, 其余段采用单排, 孔距 2m, 孔深要求深入相对隔水层 ($q \leq 5Lu$) 以下至少 5.0m 处。左、右岸将坝基防渗帷幕延伸至正常蓄水位与地下水位线相交处, 左岸延伸 72m, 右岸延伸 58m, 形成岸幕, 以减少两岸的绕坝渗漏^[2]。

4 结语

洪塘水库大坝坝型选择了具有结构布置相对简单、能合理利用开挖料减少弃渣、抗渗能力强、适应变形能力大, 投资最省的沥青混凝土心墙石渣坝, 工程设计对其他此类坝均有借鉴意义。

[参考文献]

- [1] 索丽生, 刘宁. 水工设计手册(第2版)第6卷土石坝[D]. 北京: 中国水利水电出版社, 2014.
 - [2] 王为标, 孙振天. 沥青混凝土心墙石渣坝筑坝材料力学指标分析[J]. 水利技术监督, 2019(4): 21-22.
- 作者简介: 邓刚 (1983—), 男, 汉族, 四川资中人, 硕士研究生, 高级工程师, 重庆市渝西水利电力勘测设计院有限公司, 研究方向: 水工设计。