

天生桥水库山体防渗底层帷幕灌浆设计优化

周彩贵^{1,2}, 曹必正²

(1、中国地质大学研究生院, 湖北武汉 430074; 2、西北勘测设计研究院基础工程公司, 甘肃兰州 730050)

摘要: 作为一项重要隐蔽工程的帷幕灌浆, 其施工工艺应在实施过程中根据受灌岩体的地质特性作适时调整。分析讨论天生桥水库山体防渗底层帷幕在特殊地质条件下优化原设计工艺后的效果, 旨在抛砖引玉, 说明工程实施过程中根据实际情况适时进行优化设计方案的重要性。

关键词: 帷幕灌浆; 岩溶; 设计优化

1 概述

1.1 工程概况

天生桥水库是汉中二郎坝水电工程的龙首工程, 位于陕西省汉中市宁强县境内的西流河上, 距宁强县城 38 km。该水库不同于其它工程以坝型和轴线选择为主的设计原则, 利用了天然有利的自然条件, 用混凝土拱堵体封堵暗河, 以山体挡水形成水库。由于坝址区处于以白云岩为主的岩溶发育区, 故而山体防渗帷幕是水库枢纽的重点工程之一, 其成败直接影响天生桥水库枢纽工程乃至二郎坝水电工程的正常运行。

防渗帷幕由左岸 F₁ 断层开始, 穿过暗河拱堵体至右岸古河道右侧山体, 全长 808m, 帷幕顶高程 1181m, 最低帷幕底高程 1030m, 总高 151m, 防渗面积约 1.0 × 10⁴ m², 承受水头 100m, 原设计防渗工程量 7 × 10⁴ 余米, 分三层施工。上层轴线长 549m, 右岸(HM 段)以地面施工为主, 左岸(AH 段)为廊道内施工; 中层

轴线长 808m, 底层轴线长 375m, 中、底层均为廊道内施工。

1.2 工程地质条件

天生桥水库地处嘉陵江二级支流西流河中游峡谷, 河流在天生桥穿山而过, 形成了一段长 235m、宽 30.5~55.5m、高 25~28.5m 的暗河, 进出口高程 1080~1078m, 其右侧西流河古河道为卵石及坡积物所覆盖, 地面高程 1180m。

坝址区分布有寒武系、下奥陶系及第四系地层, 主要岩性为砂质白云岩及白云质砂岩, 岩层产状 NE17°~30°, NW15°~17°, 岩溶、断层、裂隙较发育。岩溶发育形态表现为暗河、溶洞、溶蚀裂隙等, 分布面较广; 与帷幕相关的断层有多条, 其中影响较大的 F₁ 断层从天生桥上游 200m 处横切河谷, 为坝区奥陶系与寒武系地层的分界边界, 产状为 NE55°~65°, NW 48°~90°。

根据前期勘探、施工期先导孔及物探 CT 测试结果, 底层左岸岩体完整性较好, 岩石级别为 iv~Ⓔ级; 底层右岸岩体完整性

表 1 地基检测结果统计表

实验项目	试验深度 (m)	试验数量	试验结果	承载力特征值 (kPa)
湿陷性试验	1~5.0	71 件	δ _{Smax} = 0.012 δ _{Smin} = 0.000 δ _S = 0.003	无湿陷
查表法	1~5.0	71 件	q _m = 0.725 W _m = 13.77	220
动力触探试验	1~5.0	124 点次	N _{63.5max} = 25 N _{63.5min} = 7 N _{63.5} = 18	270
标准贯入试验	1~5.0	42 点次	N _{63.5max} = 31 N _{63.5min} = 10 N _{63.5} = 19	250
载荷试验	0~0.5	3 组	fak ₁ = 295 fak ₂ = 271 fak ₃ = 262	270

7 结论

葡萄酒厂的强夯地基处理, 是通过新疆地区多年总结的经验, 以及现场试夯取得相关技术参数的基础上施工的, 这是葡萄酒厂的强夯施工成功的保证, 通过现场采用局部强夯置换法的综合施工工艺, 没有出现孔隙水压力消散的“橡皮土层”。上述检测手段对拟建物地基检测结果表明, 经强夯处理后的地基土密实度明显提高, 经处理后的地基承载力特征值 fak ≥ 200kPa。消除了基底以下 5.0m 范围内地基土的湿陷性, 该厂房已投入使用, 情况良好。

参考文献:

- [1] 湿陷性黄土地区建筑规范(GBJ25-90)[S].
- [2] 建筑地基处理技术规范(JGJ79-2002)[S].

相对较差, 局部岩溶较发育, 岩石级别为 ④~ ⑤级。

2 施工过程中所采取的几项主要优化设计措施

原设计底层暗河混凝土拱堵头部位帷幕灌浆采用“栓塞法”, 其余部位均采用“孔口封闭、自上而下分段、孔内循环式灌浆法”。孔距均采用 2.0m, 为双排孔, 排距 1.6m(后因廊道开挖断面尺寸不够改为 1.4m)。由于工程条件的复杂性, 在通过灌浆试验进行分析研究的基础上, 施工过程中根据工程的实际情况, 对原设计灌浆工艺作了不少优化和改进。

2.1 增大孔距

坝址区除局部地段岩溶、断层及裂隙发育外, 岩石完整性较好, 底层 L₂M₂ 段的灌浆完成后, 经整理分析灌浆成果, 认为通过下游排灌浆, 帷幕已基本形成, 后灌的上游排吸浆量很小, 而且灌浆试验结果分析认为, 对于本工程微岩溶、完整性较好、强度较高的岩体, 帷幕灌浆孔距以 2.5m 为宜, 遂研究决定对底层桩号 0+361 以左的帷幕孔距作了适当增加, 将原设计的基本孔距由 2m 改为 2.5m; 而距离堵体较远的底层 0+152~0+240 段岩体因岩溶不太发育、完整性很好、强度高, 将帷幕灌浆孔距改为 3m。

2.2 加密灌浆及增大孔深

底层右岸 L₂M₂ 段原设计为双排孔, 排距 1.4m, 孔距 2m, 由于在孔深 20m 以上浅部分有充填式溶洞存在, 按原设计方案处理后, 检查结果显示未能达到设计防渗标准, 考虑到底层帷幕在水库蓄水后受到的水头压力最大, 在两排帷幕孔的中间加布一排 29 个浅孔, 孔深 15~20m, 进行补强灌浆。

在设计终孔段, 若单位注入量 > 50kg/m, 则该孔加深一段 (5m), 直至终孔段单位注量 < 50kg/m。

2.3 底层堵头段灌浆工法的改变

原设计底层暗河混凝土拱堵头段灌浆采用“栓塞法”, 最大灌浆压力 3MPa。施工过程中由于种种原因, 由某单位承建的暗河混凝土拱堵头质量远未达到设计要求。为此, 基于以下几点, 将该部位灌浆方法由“栓塞法”改为“孔口封闭法”, 并将灌浆压力提高为 5MPa。

(1) 堵头两侧灌浆压力均为 5MPa, 而堵头段采用 3MPa, 如此形成的帷幕整体性较差。

(2) 堵头浇筑质量欠佳, 若采用较高压力灌浆, 则其抗压及抗渗性能会有所改善。

(3) 采用“栓塞法”则无需埋设孔口管, 而“孔口封闭法”则须要埋设孔口管, 若将孔口管插入基岩内, 则对浇筑质量不太好的堵头来说相当于安插了两排排距为 1.4m、间距为 2m 的锚杆, 更进一步增强了堵头的安全性。

3 设计优化后的效果分析及评价

3.1 确保工程质量

(1) 双排帷幕: 双排帷幕先灌下游排孔, 后灌上游排孔。

由表 1 统计数据可看出, 排间或排内单位注入量顺序递减规律比较明显。

上游排 ④序孔灌前共作简易压水试验 862 段, 其中 $q < 3L_u$ 的有 830 段, 占 96.3%, 而灌浆后完成的 28 个检查孔压水试验结果全部满足设计防渗标准, 说明灌浆质量良好。

(2) 溶洞段加密灌浆: 底层廊道右岸 0+432~0+488 段孔深 20m 以上分布有充填式溶洞, 设计为排距 1.4m、孔距为 2m 的

双排帷幕, 但灌浆布置完成的 7 个检查孔压水试验结果表明, 有 3 段超过设计防渗标准。为此, 在两排帷幕孔中间加布一排浅孔 (29 个) 补强, 孔深 15~20m, 而且将第一段的灌浆压力由原设计的 0.5MPa 增大到 1.5MPa, 灌浆结果见表 2。

表 1 双排帷幕水泥注入量统计表

灌浆排序	灌浆孔序	孔数 (个)	灌浆量 (m)	水泥注入量 (kg)	单位注入量 (kg/m)
下游排	iv	44	2200.2	396134.8	180.0
	⑤	40	1945.7	163790.9	84.2
	④	80	3953.2	331030.2	83.7
上游排	iv	38	1864.8	112340.3	60.2
	⑤	41	2006.2	45216.7	22.5
	④	81	4013.5	70998.8	17.7

表 2 底层廊道溶洞段加密灌浆成果统计

孔序	孔数 (个)	灌浆量 (m)	水泥注入量 (kg)	单位注入量 (kg/m)	递减率 (%)
iv	8	159.3	34922.4	219.2	
⑤	7	124.2	22063.7	177.7	18
④	14	208.5	4592.7	22.0	87

由单位注入量较大的递减率和 ④序孔较小的吸浆量说明加密高压灌浆已取得了良好的效果, 而灌浆后完成的 3 个检查孔作的 12 段压水试验结果均满足设计防渗标准, 说明加密灌浆有力地保证了防渗帷幕的质量。

由 (1)、(2) 分析可知, 灌浆工艺的优化, 更进一步地完善了灌浆方案, 保证了工程质量。

3.2 节约工程投资

由于资料分析及及时, 在保证工程质量的前提下, 适当加大了孔距, 使得底层廊道减少灌浆孔 56 个, 相应工程量 2050m, 节省工程投资约 80 万元。

4 结束语

汉中天生桥水库山体防渗帷幕灌浆工程在实施过程中的设计优化, 在确保工程质量的基础上节约了工程投资, 同类工程值得借鉴。

Design Optimizing of Bottom Curtain Grouting Technics of Hanzhong Tianshenqiao Reservoir Mountain Seepage Preventing

ZHOU Cai-gui¹, CAO Bi-zheng²

(1, Engineering Faculty, China University of Geosciences, Wuhan Hubei 430074 China; 2, Engineering Investigation & Research Institute Northwest Investigation, Design & Research Institute, Lanzhou, 730030)

Abstract: As an important covered engineering, the curtain grouting technics should be adjusted duly in course of construction according to characteristic of grouted rock. Through analyzing the effect of adjusting bottom curtain grouting technics of hanzhong tianshenqiao reservoir mountain seepage preventing in specific geology, it shows the importance that the design plan be timely optimized in course bringing into effect.

Key words: curtain grouting; karst; design optimizing