

响水水库坝区灌浆试验分析与评价

屈昌华

(中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院, 贵州 贵阳 550008)

摘要:通过对响水水库坝区进行灌浆试验, 以了解坝区地层的可灌性, 确定合理的灌浆孔距、排距、孔深、施工工艺, 有效的钻灌方法、灌浆材料等技术参数, 为设计提供可靠的依据。详细介绍了试验区的选择、灌浆试验的设计与施工, 并对灌浆试验结果进行了分析, 对坝区地层的可灌性进行了综合评价。

关键词: 灌浆试验; 可灌性; 灌浆参数; 响水水库

中图分类号: TV543⁺.8 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-7428(2009)01-0065-03

Analysis and Evaluation of Grouting Test in Xiangshui Reservoir Dam Area/QU Chang-hua (Guiyang Hydropower Investigation Design & Research Institute, CHECC, Guiyang Guizhou 550008, China)

Abstract: Grouting ability was learned by the grouting test in Xiangshui reservoir dam area to determine the rational hole space, ranging distance, hole depth, construction technology, effective grouting method, grouting material and so on. The paper detailed the testing spots selection, design and construction of grouting test, analyzed the result of grouting test and made the comprehensive evaluation on grouting ability in the formation in dam area.

Key words: grouting test; grouting ability; evaluation; grouting parameter; Xiangshui reservoir

1 灌浆试验目的

响水水库是总装机 360 万 kW 的贵州盘南火电厂配套水源工程, 位于贵州盘南县境内南部, 水库拦河大坝为面板堆石坝, 最大坝高 85.45 m, 总库容 3357 万 m³。坝区地层为 P_{2β} 玄武岩, 裂隙发育。为了解坝区地层的可灌性, 确定合理的帷幕及固结灌浆的孔距、排距、灌浆孔深度、施工工艺、有效的钻灌方法、适宜的灌浆材料和较优的浆液配合比等技术参数, 为灌浆设计提供可靠的依据, 在开展灌浆施工前进行灌浆试验是必要的。灌浆试验的内容包括灌浆孔的孔距、灌浆压力、灌浆材料(普通 42.5R 及 32.5R 硅酸盐水泥)、资源配置、灌浆工艺、抬动观测等内容。

2 试验区选择

在进行试验区选择时, 遵循的原则为: 试验地段所具备的水文地质条件对整个防渗帷幕线应有一定的代表性, 以求得合适的灌浆指导; 尽量避开施工相互干扰; 为节省工程投资, 试验在帷幕线上进行。根据这些原则, 分别在左坝头平台(A区)及右岸坝头平台(B区)上选定二个试验区, 用来了解地层 P_{2β3-1}、P_{2β3-3} 和 P_{2β3-2} (玄武岩) 的弱至微风化、强风化岩体的灌浆参数; 在试验区内帷幕线上分别选择

2 段(A1、A2 及 B1、B2) 进行帷幕及固结灌浆对比试验。

3 灌浆试验设计与施工

3.1 灌浆孔孔位布置

左岸▽1483 岸坡(A1 区) 帷幕灌浆孔呈梅花型布置 2 排共 8 孔, 主要进行 3 个序次灌浆试验, 孔距 2.0 m、排距 1.5 m, 因该区灌浆孔 0~20 m 不灌浆, 用套管隔开, 故不做抬动观测孔; 左岸▽1452 平台(A2 区) 帷幕灌浆孔呈梅花型布置 2 排共 5 孔, 主要进行 2 个序次灌浆试验, 孔距 2.5 m、排距均为 2.0 m, 抬动观测孔布置在两排中间, 共 2 个; 右岸▽1463 岸坡(B1 区) 帷幕灌浆孔呈梅花型布置 2 排共 8 孔, 主要进行 3 个序次灌浆试验, 孔距 2.0 m、排距 1.5 m, 抬动观测孔布置在两排中间, 共 2 个; 右岸▽1452 平台(A2 区) 帷幕灌浆孔呈梅花型布置两排共 5 孔, 主要进行两个序次灌浆试验, 孔距 2.5 m、排距均为 2.0 m。抬动观测孔布置在两排中间, 共 2 个。

3.2 灌浆材料及浆液制送

所用灌浆材料为 P.O 42.5R 普通硅酸盐水泥。根据施工规模或施工现场布置, 采用集中制浆与分散制浆, 浆液由输浆管送至搅拌机进行灌浆。

3.3 灌浆孔深度及压力

收稿日期: 2008-06-01

作者简介: 屈昌华(1964-), 男(汉族), 四川人, 中国水电顾问集团贵阳勘测设计研究院工程师, 水文地质与工程地质专业, 从事水文工程地质及基础处理工作, 贵州省贵阳市解放路 85 号, chang418@163.com。

灌浆孔深度:帷幕灌浆孔的深度均为下游排(副排)40 m,上游排(主排)60 m,帷幕段的抬动观测孔深度均为 20 m。

灌浆压力:灌浆压力与孔深关系见表 1。

表 1 灌浆压力与孔深关系表

孔深/m	压力/MPa	孔深/m	压力/MPa
0~2.5	0.5	10~15	2.0
2.5~5	1.0	15~20	3.0
5~10	1.5	>20	3.0

3.4 抬动变形观测及声波测试

灌浆过程中,若发现岩层、混凝土或隧洞底板发生抬动,抬动值 >2 mm 或隧洞混凝土衬砌发生裂缝且缝宽 >0.2 mm 应立即降低压力,以此确定最大灌浆压力值。帷幕灌浆抬动观测孔各区各布置 2 个,每孔深 20 m。钻灌工作开始前利用抬动监测孔先作物探声波测试,钻孔直径 ≤ 76 mm,其钻孔、取心、压水试验按地勘标准进行,以查明岩石性状,分析岩体的透水性,进行岩体声波测试,测试后在测试孔内埋入 $\varnothing 20$ mm 钢筋,用 M30 砂浆回填密实,在以后每序孔钻灌时安装千分表监测岩石抬动情况,钻灌工作结束后,利用灌浆检查孔进行灌浆后的声波测试,以对比分析灌浆效果。

3.5 灌浆试验施工

3.5.1 钻孔

采用 SGZ-IA 和 SGZ-III A 型地质钻机造孔,用压力水将孔内岩屑冲出孔外,孔底沉淀 ≥ 30 cm,造孔深度全部满足要求。

3.5.2 施工工艺

采用孔口封闭、孔内循环的施工工艺。

3.5.3 洗孔(灌前简易压水)

洗孔分孔内泥砂清洗和裂隙冲洗,均为泵送清水进行,在施工过程中每个灌浆孔在钻孔结束后均进行裂隙冲洗和简易压水,裂隙冲洗及简易压水压力为灌浆压力的 80%,超过 1 MPa 采用 1 MPa。

3.5.4 灌浆

按施工技术要求及相关规程、规范进行施工。灌浆浆液水灰比采用 5、2、1、0.8、0.6、0.5 六个比级,开灌水灰比为 2;当吸浆量较大或遇特殊情况时,可根据以下原则变换浆液浓度:(1)当灌浆压力保持不变,注入率持续减小时,或当注入率不变而压力持续升高时,不得改变水灰比;(2)当某一比级浆液的注入量已达 300 L 以上或灌注时间已达 30 min,而灌浆压力和注入率均无改变或改变不显著时,应改浓一级;(3)当注入率 >30 L/min 时,可根

据具体情况越级变浓。

3.5.5 灌浆结束标准

在规定的压力下,当注入率 ≥ 1 L/min 时,延续灌注 60~90 min,灌浆即可结束。

3.5.6 封孔

每孔施工结束,在孔深、孔斜及灌浆质量经验收合格后即可封孔。帷幕灌浆采用水灰比 0.5 浓浆压力灌浆封孔后用砂浆回填至全孔密实不渗水为止。

3.5.7 检查孔

各试验区施工结束,根据施工中出现的問題及相关资料,需要检查的项目等综合确定检查孔位置,以检查灌浆施工质量。检查孔在该部位灌浆孔结束后 15 天以后进行,要求帷幕灌浆试验区检查孔的透水率 $q \leq 3$ Lu。检查孔应采取心样,心样获得率 $\geq 90\%$ 。经压水检查,各个部位的灌浆质量均达到要求。

4 灌浆资料的分析

4.1 帷幕灌浆试验各序次孔单位注入量分析

左岸 A 区与右岸 B 区帷幕灌浆均为 2 排孔,施工过程中严格按先下游排、后上游排,同排先 I 序、再 II 序、后 III 序的施工顺序进行施工。经灌浆资料分析,各区均存在上、下游排及排内序次(I、II、III 序)单位注入量递减的规律,即下游排 $>$ 上游排(递减率为 33.7%~54%),排内 I 序 $>$ II 序 $>$ III 序(递减率为 29.8%~51%),说明上、下排及各序次孔之间注入量的变化符合灌浆规律;灌浆过程中抬动变形观测装置随时观察岩石表面抬动情况,根据抬动观测资料反映,此灌浆段表层岩石抬动位移均未超过设计抬动值,最大抬动位移为 0.11 mm,绝大多数灌段岩体表面不产生抬动,说明灌浆压力、孔排距等参数的选用合适。

4.2 各序次孔单位注入量频率特点分析

从左右岸各试验区各序次孔单位注入量频率统计分析,其特征主要表现为单位注入量较大,其中单位注入量在 50 kg/m 以上的占 47.3%;各灌浆区浆液注入量最大达 188.59~366 kg/m、平均达到 49.55~59.25 kg/m。单位注入量总体呈 III 序 $<$ II 序 $<$ I 序并随施工时间的先后递减的规律。

4.3 压水试验成果分析

灌前灌后均进行了压水试验,其中灌后压水试验布置在注入量较大孔段附近、注入量出现异常的部位、重要部位、施工过程中出现质量问题的部位及工程地质条件较差的部位;各灌区灌前压水试验透水率

>3 Lu 占 88% ~ 92%, 平均值为 11.65 ~ 15.99 Lu, 远大于防渗标准(透水率 > 3 Lu), 而灌后透水率均小于 3 Lu(区间值为 0.5 ~ 1.76 Lu), 满足防渗标准。

4.4 灌浆前后岩体波速对比分析

灌浆前在各灌区的抬动观测孔内做岩体波速测试, 灌后在各区检查孔中做了岩体波速测试。灌前各区岩体波速为 1832 ~ 2826 m/s, 灌后有所提高: 左岸 A1 区岩层比较完整, 灌后波速提高到 2902 ~ 3376 m/s, 平均提高 550 ~ 1070 m/s, 增幅为 19.5% ~ 58.4%, 说明岩体的整体性和防渗能力都有较大的提高, 起到良好的灌浆效果。

5 综合评价

根据钻灌工艺及灌浆试验成果资料分析, 灌浆过程的质量控制以及灌浆前后岩体波速对比、压水试验透水率对比、岩体抬动位移的变化等评价如下。

(1) 各灌区各序次灌浆孔单位注入量呈递减趋势, 符合灌浆规律; 灌浆前后岩体波速有较大的提高、透水率显著变小, 说明灌浆试验所用的灌浆压

(上接第 64 页)

3 设备工艺改进的建议

设备工艺改进的思路: 目前长螺旋钻机施工 CFG 桩的设备、工艺虽然已趋成熟, 但是在保证施工质量方面仍然有改进的空间, 应当针对常见的质量事故, 在保持设备总体不变的前提下设计相应的机构元件, 同时完善现场工艺, 以可靠避免问题桩的出现。

3.1 设备方面

3.1.1 泵送和提钻的联动问题

建议增加一套数控的泵送和提钻的联动系统。使现场人员可以根据有关参数调整系统设置, 实现泵送和提钻的联动, 避免提钻与灌注配合不当的问题, 提高效率减少事故。

3.1.2 弯头曲率半径、弯头材料

混合料由砼泵通过刚性管、高强柔性管、弯头最后到达钻杆心管内, 因此弯头曲率半径成为能否让砼保持顺畅的关键。弯头曲率半径过大过小都不合

力、孔排距、浆液配合比、灌浆材料、施工工艺等符合各试验区的岩层特征。

(2) 各试验区灌浆前压水试验透水率远大于防渗标准, 灌浆后压水试验透水率小于灌前透水率, 且全部小于设计要求的防渗标准, 能达到防渗目的。

(3) 左岸 A1 区和右岸 B1、B2 区灌浆试验所在位置为强至弱风化岩层, 岩体完整性差, 风化带内夹层多充填次生粘泥, 局部充填不均匀, 这类岩层的水理性较差, 遇水极易软化, 其饱和湿抗压强度较天然状态抗压强度降低幅度很大, 基于这个原因, 建议在该部位施工过程中尽量减少水对岩体特别是新鲜岩石的影响以及大的灌浆压力可能对岩层整体造成的破坏, 因此在该部位灌前的压水试验应少做或不做, 灌浆压力可适当减小。

(4) 左岸灌浆廊道和右岸的帷幕灌浆孔孔、排距宜采用 1.5 m, 最大灌浆压力 ≥ 2.5 MPa。为减少水对夹层泥质充填物的影响, 可用风钻造孔, 少做或不做灌前简易压水; 左岸趾板帷幕灌浆孔孔距宜采用 2.0 m、排距采用 1.5 m, 最大灌浆压力 ≥ 3.0 MPa。

适。制作具有合理曲率半径的弯头需要优选制造材料。

3.2 工艺方面

解决挤桩工艺难题, 可采用以下 2 种方法:

(1) 建议优先采取隔桩跳打(多台钻机施工时, 可以用网络图的方式, 增大跳打的距离, 加大隔桩数量)的方式, 同时大量采用菱形布桩的方法, 在上述泵送和提钻的联动实现的条件下可以缩短砼的初凝时间。

(2) 在保证土的置换率前提下, 建议适当采用“短径长桩”的方法, 改善施工中桩间应力状态。

参考文献:

- [1] 徐至钧, 王曙光. 水泥粉煤灰碎石桩复合地基[M]. 北京: 机械工业出版社, 2004.
- [2] 龚晓南. 地基处理新技术[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1997. 46 - 54.
- [3] JGJ 79 - 2002, 建筑地基处理技术规范[S].