

强震区高拱坝复杂地层基础处理关键技术

谢文璐

中国葛洲坝集团市政工程有限公司, 湖北 宜昌 443002

[摘要] 辉绿岩脉遇水水泥化, 如果不处理好, 可能在坝基形成渗漏通道, 甚至影响到电站整体的安全稳定。根据目前国内外相关研究成果, 对于辉绿岩加固处理的研究还十分有限, 相关文献试验结果显示, III2 类以上的辉绿岩脉通过水泥灌浆基本能够满足设计要求, III2 类及以下辉绿岩脉水泥灌浆难以满足设计要求, 需要进行化学灌浆, 如果都采取化学灌浆, 工程投资将十分巨大, 通过对辉绿岩脉处理方案开展系统性的研究, 提出了深部置换网格+网格间加密固结灌浆+浅表混凝土置换+坝基全面固结灌浆+水泥化学复合灌浆等综合处理措施, 有效解决了工程难题, 取得了较好的经济效益。

[关键词] 强震区; 高拱坝; 辉绿岩脉; 深部置换网格; 网格间加密固结灌浆; 水泥化学复合灌浆

DOI: 10.33142/aem.v3i3.3895

中图分类号: TV642.4

文献标识码: A

Key Technology for Foundation Treatment of High Arch Dam in Complex Stratum in Strong Earthquake Area

XIE Wenlu

China Gezhouba Group Municipal Engineering Co., Ltd., Yichang, Hubei, 443000, China

Abstract: If the diabase vein is cemented, if it is not treated properly, it may form a leakage channel in the dam foundation and even affect the overall safety and stability of the power station. According to the relevant research results at home and abroad, the research on the reinforcement of diabase is still very limited. The test results of relevant literature show that the cement grouting of diabase dikes above III2 can basically meet the design requirements and the cement grouting of diabase dikes below III2 can not meet the design requirements, so chemical grouting is needed, The project investment will be huge. Based on the systematic study of diabase dike treatment scheme, the comprehensive treatment measures such as deep replacement grid, consolidation grouting between grids, superficial concrete replacement, comprehensive consolidation grouting of dam foundation, cement chemical composite grouting are proposed, which effectively solve the engineering problems and achieve better economic benefits.

Keywords: strong earthquake area; high arch dam; diabase dikes; deep displacement mesh; infill consolidation grouting between grids; cement chemical composite grouting

1 工程概况

某电站枢纽工程挡水建筑物为 210m 坝高的混凝土双曲拱坝, 地震基本烈度为 8°。设计地震加速度峰值取 100 年基准期内超越概率为 0.02, 相应基岩水平峰值加速度为 557.5gal。

该项目坝基以微红色~肉红色中粒花岗岩为主, 穿插 200 多条陡倾辉绿岩脉, 多条岩脉贯穿上下游, 坝区小断层多沿岩脉发育, 岩体风化卸荷强烈, 这些都对拱坝变形稳定、渗漏稳定、抗滑稳定有显著的不利影响。

2 研究目标及主要内容

2.1 技术研究目标

坝基辉绿岩脉贯穿大坝上下游, 陡倾角, 同时岩脉数量多, 宽度深度不一, 为此针对不同类型的岩脉, 需要研究采取针对性的处理措施。

针对影响范围较大、条件较差的坝基地质缺陷, 研究确定混凝土置换区域及设计方案。针对局部、条件较好坝基地质缺陷, 研究采取灌浆施工方法解决拱坝地基加固问题。

2.2 辉绿岩脉加固处理技术研究

2.2.1 辉绿岩脉处理方案研究

对于辉绿岩脉地质缺陷原设计方案主要采用灌浆处理, 但是试验成果表明对于 III2 及 IV 类以下辉绿岩脉, 普通水泥灌浆难以满足设计要求, 而如果都采用环氧进行化学灌浆, 工程投资非常巨大, 经参建各方研究, 提出了深部置

换网格+网格间加密固结灌浆+浅表混凝土置换+坝基全面固结灌浆+水泥化学复合灌浆等综合处理措施。

(1) 左岸岩脉 $\beta 21$

表层置换处理：高程 1022.00m 以下开挖 7m，总体呈梯形布置；高程 1022.00m 以上一起挖除。置换真深度约为 3m。
深部网格置换为置换网格加网格间固结灌浆：设置 4 条混凝土置换斜井和置换平洞，在平洞和斜井内进行加密固结灌浆。

(2) 右岸 $\beta 43$ 、 $\beta 8$ 岩脉

网格加网格间固结灌浆置换。 $\beta 8$ 岩脉置换系统设置平洞、置换斜井、公共斜井； $\beta 43$ 岩脉设置混凝土平洞、置换斜井、公共斜井；在平洞和斜井对辉绿岩脉进行加密固结灌浆。

(3) 高程 962.00m~977.00m 坝趾部位 IV 类辉绿岩脉 $\beta 41$ 开挖置换

置换深度最大约为 12m。

(4) 河床高程 940.00m~917.00m 混凝土置换

高程 917.00m~925.00m 开挖的 III₂~V 类岩脉按坡比 1:0.3 开挖至高程 917.00m 进行置换。

2.2.2 辉绿岩脉灌浆技术

(1) 高压水泥固结灌浆试验施工顺序与方法

先将水泥灌浆 I、II、III 序孔的第一段先完成钻孔灌浆，埋设孔口管待凝；各序孔施工顺序为：水泥灌浆 I 序孔→水泥灌浆 II 序孔→水泥灌浆 III 序孔→灌前测试孔扫孔复测→灌后检查孔→各项岩石物理力学性能检测。同类同序孔可同时进行施工。

采用 XY-2 型钻机分段造孔，全孔取芯、素描；钻孔偏斜测量采用 kXP-III 型井径测斜仪。孔口管埋设采用带法兰的无缝钢管，管径 $\phi 76\text{mm}$ ，孔口管顶端高出压浆板表面 10cm。灌浆方式为孔口封闭、孔内循环、自上而下分段灌浆。灌浆记录采用长江科学院研制的 GJY-IV 型三参数大循环记录仪，抬动变形监测采用人工与仪器相结合的监测方式，监测仪器为自主研发的 JC2002 智能位移测控仪；控制抬动值不超过 200 μm ，分为 100 μm （示警）、200 μm （控制）两阶段监控。

灌浆过程中，在抬动值不超过 200 μm 的情况下，灌浆压力采用较高的压力。升压中，一般采用一次升压法，如初始注入量在 30L/min 以上，则采用三级升压法，即 0.4p、0.7p 和 1.0p。

灌浆开灌水灰比为 2:1，浆液比级逐步按 1:1、0.7:1、0.5:1 由稀浆至浓浆变换。

在设计压力下，注入率不大于 1L/min 继续灌注 30min 后结束灌浆，结束后采用 0.5:1 浓浆置换后封孔，封孔屏浆时间为 30min，封孔压力为该孔段的最大灌浆压力。

(2) 高压化学复合固结灌浆试验施工工艺

施工顺序：I、II、III 序孔施工→待凝 28 天→检查孔施工和压水检测。

化学灌浆孔压水试验透水率均需满足不大于 2Lu，如果透水率大于 2Lu，则需先水泥灌浆后化学灌浆。

(3) CW1 环氧浆液配制方法

化学灌浆阻塞位置在该段上部 0.2m 处，采用分段阻塞的方式。当灌浆压力较高时，可使用顶压式阻塞灌浆方法。如下图 1。

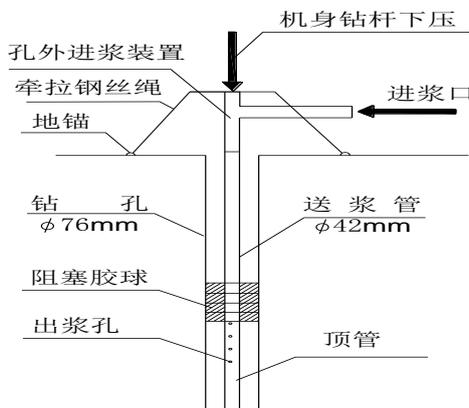


图 1 顶压式阻塞灌浆示意图

3 结论

(1) 采用水泥—化学复合灌浆技术处理复杂地基，经济合理、技术领先

国内对于复杂地层的处理途径有多种，本次研究首次系统提出水泥—化学复合灌浆技术处理复杂地基，充分利用灌浆材料的不同特性，发挥各自优势，采用价格较低的水泥灌浆封闭并充填较大的裂隙，使用价格较高而可灌性较好的化学材料，灌注细微裂隙和断层构造带等重点处理部位，有利于保证灌浆效果和节约投资，经济效益显著，技术领先。

(2) 总结高压水泥—化学复合灌浆工法，填补了复杂地基处理的空白

本次研究系统总结了水泥—化学复合灌浆工艺，并编写了《水泥—化学复合灌浆施工工法》，填补了国内对于复杂地基处理技术的空白。

(3) 采用检测与试验同步、室内模拟指导现场试验，做到有的放矢

本次研究分阶段进行，每阶段均进行检查，以比较灌浆效果；同时，为了验证 CW 系化学浆材对于辉绿岩地层的可灌性、适应性、可靠性及灌后岩石力学指标及抗渗性能，进行了室内高压模拟灌浆试验，以指导现场施工。

(4) 提出“压力下结束”+“定量灌注结束”化学灌浆双控技术

目前国内尚对化学灌浆的结束标准没有统一标准，为了保证灌浆的质量，同时考虑避免材料的无谓消耗，节省工程造价，研究提出并实施了化学灌浆同时采用“压力下结束”和“定量灌注结束”双控标准。经过试验检查，灌浆效果好，岩石物理力学性质指标、抗渗指标等均满足设计要求。

[参考文献]

[1] 李静, 陈健云, 徐强, 纪林强. 强震对高拱坝的承载能力影响研究[J]. 地震工程与工程振动, 2016, 36(5): 168-176.

[2] 李晓娜, 王嘉威, 李同春, 黄灵芝, 何金文. 强震作用下高拱坝抗震安全分析[J]. 西安理工大学学报, 2018, 34(3): 332-337.

作者简介：谢文璐（1987-），男，湖北省天门人，汉族，大学本科学历，中级工程师，研究方向市政工程施工、水利水电工程施工。