

Treatment Technology of Granite Isolated Rock in Plastic Concrete Seepage Wall Construction of Xiaofeng Reservoir Dam

Guoping Li

Guangxi Zhuang Autonomous Region Water Resources and Electric Power Survey and Design Institute Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

Abstract

This study focuses on the reinforcement project of Xiaofeng Reservoir in Fangchenggang City, Guangxi. It systematically investigates granite isolated rocks encountered during construction and proposes three core technical measures: rotary excavator interlocking pile construction, optimized anti-seepage solutions, and targeted local treatments. The effectiveness is quantitatively evaluated from both construction progress and anti-seepage performance. The proposed floating rock treatment technology effectively addresses challenges such as grab hole formation difficulties and integrity damage to anti-seepage walls. Each anti-seepage wall demonstrates a permeability coefficient below 1×10^{-7} cm/s, with construction progress restored to the planned schedule, ensuring both engineering quality and system stability. The findings aim to provide valuable references for industry professionals.

Keywords

Xiaofeng Reservoir; Plastic Concrete Seepage Retaining Wall; Granite Isolated Rock; Rotary Drilling Machine Biting Pile; Curtain Groutin

小峰水库大坝塑性混凝土防渗墙施工中花岗岩孤石处理技术

李国平

广西壮族自治区水利电力勘测设计研究院有限责任公司, 中国 · 广西 南宁 530000

摘要

本文以广西防城港市小峰水库除险加固工程为背景, 针对在施工过程中遇到的花岗岩孤石, 通过对施工过程中出现的花岗岩孤石进行了系统的研究, 并结合工程实际, 提出旋挖机咬合桩施工、防渗方案优化调整、局部针对性处理等三项核心技术措施, 并从施工进度与防渗效果两方面开展处理效果量化评估。通过本文研究, 提出的浮石处治技术, 可有效地解决抓斗机成孔困难、破坏防渗墙完整性等难题, 且每道防渗墙的渗透系数都小于 1×10^{-7} cm/s, 施工进度恢复到计划工期, 确保工程施工质量和防渗体系稳定性。以期为行业内相关人员提供参考。

关键词

小峰水库; 塑性混凝土防渗墙; 花岗岩孤石; 旋挖机咬合桩; 帷幕灌浆

1 引言

小峰水库作为广西防城港市防城区的大(2)型综合水利工程, 承担着灌溉、防洪、发电与供水等多重功能, 在除险加固工程中, 主坝坝体及坝基采用“塑性混凝土防渗墙+帷幕灌浆”的核心防渗方案。工程施工阶段, 坝址区残坡积层与全风化岩体中广泛分布的球状风化花岗岩孤石, 成为防渗墙成槽施工的关键阻碍, 不仅导致常规抓斗机施工效率大幅下降, 还存在防渗墙连续性破坏、水库渗漏风险提升等问题。花岗岩孤石的高效处理直接关系到防渗墙施工质量、

工程进度与后期运行安全, 因此, 结合工程地质条件制定针对性的孤石处理技术方案, 是本次除险加固工程的重点与难点, 对同类工程也具有重要的实践指导意义。

2 工程地质条件

2.1 地层岩性

小峰水库主、副坝坝址区裸露层岩性由高到低, 从高到低分别为高坝回填土、冲洪积层、残坡积层和印支期黑云花岗岩。残坡积为褐红色粘土层, 土质为湿-中密型, 部分地段夹有球状风化花岗岩孤石, 孤石分布不规则; 全风化花岗岩多数风化为土质, 结构疏松, 部分地区尚存有未风化的花岗岩孤石, 其硬度高, 埋藏深度不均匀, 对防渗墙成孔施工造成了直接影响。

【作者简介】李国平(1972—), 男, 中国广西永福人, 本科, 副高, 从事工程地质研究。

2.2 地质构造

库区范围内发育的大基断层经勘察判定为非活动性断层,该水库不会发生地震,不会对库区的整体稳定产生明显的影响。主坝河床左岸存在一处破碎带,其内部裂隙发育,整体稳定性较差;该地区节理面广泛发育,既降低了岩体的总体强度,又加强了岩石的差异性风化,使孤石的生成和分布更加复杂,给隔离墙的施工带来了更大的困难。

3 花岗岩孤石对防渗墙施工的影响

3.1 施工进度受阻,成槽质量难以控制

花岗岩孤石硬度高且分布零散,传统的抓斗机在作业中不能进行正常的切割和开挖,在成槽时卡钻、偏孔等现象时有发生,严重影响了施工效率。在主坝塑性混凝土防渗墙施工过程中,由于受到孤石的影响,左坝肩4~6#、9#槽和右坝肩47~49#槽的实际成槽深度比前期勘察浅4.9-12.5m,有些槽段的成槽坡度超过了《水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范》(SL174-2014)6‰的限制,成槽质量控制困难,造成施工工序重复,总体进度落后。

3.2 防渗墙完整性破坏,渗漏风险提升

如果对花岗岩块石处理不当,防渗墙在成槽时容易出现槽壁塌陷、孔底沉渣过多等不良现象,而且在浇筑后容易出现墙体夹渣、墙体开裂等质量缺陷,影响其连续和完整性。孤石周围的间隙和裂缝如不及时填补,将成为渗流通道,降低隔离墙的防渗能力,使其不能满足设计要求,极大地增大了库区运行期的渗漏风险,威胁到整个坝体的安全稳定。

4 花岗岩孤石处理核心技术

4.1 旋挖机咬合桩施工技术

2021年9月28日,针对溢洪道闸室段帷幕注浆施工过程中,发现坝体底部孤石较多的情况,施工单位建议采用旋挖机咬合桩进行施工,并在溢洪道闸室和右岸连接处采用了咬合桩替代原有的抓斗式施工方法,并进行了论证。本工程采用“混凝土咬合桩+帷幕注浆”相结合的方法,即先进行帷幕注浆,用普通C20砼咬合桩替代原来的塑性混凝土防渗墙,咬合桩直径1.2m,咬合深度100mm,垂直度控制在1/500以内,确保桩体紧密咬合形成连续防渗体。在此基础上,通过在心墙底之上增设5m的帷幕注浆,消除咬合桩和帷幕注浆间接合面的薄弱区域,并依据帷幕钻孔揭露的实际地质条件,动态调整心墙底线高程,保证与地层吻合。本发明的旋挖机使用了牙轮-斗齿组合的钻头,对花岗岩中的孤石进行了高效的粉碎,与传统的抓斗式相比,成槽效率提高了40%,成槽质量得到了明显的提高。

4.2 防渗施工方案整体调整

为避免帷幕灌浆钻孔对大坝防渗心墙施工造成的不利影响,对水库大坝进行了总体优化,采取“先注浆,后成墙”

的施工方法。首先,按照设计要求进行帷幕注浆,注浆孔的深度要根据具体的地质条件进行调整,保证贯穿孤石分布层,并在岩土分界线之上再加5m的帷幕注浆搭接长度,构成超前防渗隔墙;当帷幕注浆至设计强度后,即可进行防渗心墙成槽及浇筑,在此阶段,孤石周边地层通过灌浆充填后稳定性提升,可有效减少抓斗机成槽过程中的槽壁坍塌与卡钻问题,同时保证防渗心墙与帷幕灌浆的有效衔接,提升整体防渗体系的连续性。

4.3 局部槽段针对性处理措施

针对2#副坝14—18#槽沟底强风化岩体分布情况,以及抓斗机难以下到设计标高等实际情况,提出了有针对性的局部治理方案。经勘察,经批准,该段槽段在全、强风化层的实际界面处终止,并立即浇筑C20砼,以确保墙基与岩体的紧密结合;在防渗墙轴线上、下游0.6m位置,增设一组帷幕注浆孔,成“品”字形排列,构成立体防渗网,其顶部高程设在槽底5米,底部与原设计防渗墙底部高度相同,保证灌浆段与混凝土墙体有效搭接,填补因开挖深度不足造成的防渗薄弱区,消除局部渗流风险。

5 花岗岩孤石处理效果量化评估

5.1 施工进度恢复效果

采用旋挖机咬合桩施工、调整防渗方案和局部针对性加固等工艺措施,使花岗岩孤石难以成孔的难题得到了较好的解决,各个施工过程相互衔接,大大提高了施工效率。在溢洪道闸室和连接段实施旋挖机咬合桩后,单次成孔效率由原来的0.8m/天提高到3.5m/天,主坝未施工槽段采用“先灌浆、后成墙”工艺后,卡钻、偏孔等问题发生率降至5%以下,2#副坝14-18#槽段局部处理仅耗时7天,较原计划工期缩短5天。截止到项目竣工,各槽段的工作都如期进行,总体进度恢复到了预定的时间,没有出现孤石施工停滞的问题。

5.2 防渗性能检测结果

工程完工后,通过对主坝和各个副坝的防渗墙进行全面的注水测试,并在重要位置设置检验孔,测试各个部位的渗透系数,并对防渗效果进行评价,检测结果如表1所示。

由监测数据可知,主坝、1#、2#、3#副坝防渗墙各个检测断面的渗透系数小于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$,均小于设计要求,说明采用花岗岩孤石治理隔离墙的防渗效果是有效的。同时,通过对旋挖机咬合桩施工段、调整段和部分加固段的钻孔取样,取得了较好的芯样完整性,没有出现夹渣、断壁等质量问题,防渗墙与帷幕注浆的搭接部分结合紧密,没有出现渗漏通道,整个防渗系统的完整性和稳定性都满足设计要求。

为进一步分析不同处理技术的应用效果,对各施工段的施工质量与施工效率进行对比,结果如表2所示。

表1 小峰水库主副坝防渗墙注水试验检测结果

坝体编号	检查孔数量(个)	注水试验段数(段)	渗透系数范围(cm/s)	设计标准(cm/s)	检测结果评价
1#副坝	3	8	$0.3 \times 10^{-7} \sim 0.8 \times 10^{-7}$	$\leq 1 \times 10^{-7}$	满足设计
2#副坝	1	3	$0.5 \times 10^{-7} \sim 0.7 \times 10^{-7}$	$\leq 1 \times 10^{-7}$	满足设计
3#副坝	2	2	$0.4 \times 10^{-7} \sim 0.6 \times 10^{-7}$	$\leq 1 \times 10^{-7}$	满足设计
主坝				$\leq 1 \times 10^{-7}$	满足设计

表2 小峰水库不同花岗岩孤石处理技术施工效果对比表

处理技术	应用部位	成槽合格率(%)	防渗合格率(%)	施工效率提升率(%)
旋挖机咬合桩施工	溢洪道闸室段、接头坝段	100	100	437.5
防渗方案调整	主坝未施工槽段	95	100	225.0
局部针对性处理	2#副坝14-18#槽段	98	100	114.3

由表2可知,采用旋挖式咬合桩施工工艺,其成槽合格率和防渗合格率为100%,提升率为437.5%。在工程实践中,采用的防渗方案调整和局部有针对性的治理措施,其防渗合格率达到100%,成槽合格率达95%和98%,可以根据孤石的分布特点和工程地区的特点,灵活运用。

6 工程实施关键注意事项

6.1 施工前地质勘察强化

在工程实施之前,必须进行精细的地质调查,利用地质雷达和钻探技术,精确测定花岗岩孤石的分布位置、埋深、大小、硬度和分布密度,探明孤石的分布规律,探明孔入岩深度在10m以内,以保证孤石的分布规律。为制订有针对性的治理方案,减少由于勘测不到位而引起的各种突发事件,提供了精确的地质基础。

6.2 施工过程动态监测与参数调整

在施工期间,要对成槽、混凝土浇筑、帷幕注浆等各个阶段进行动态监控,对成槽深度、孔斜率、桩身垂直度等重要参数进行实时监控,一旦出现异常,及时调整施工技术和施工参数。如在旋挖机中,根据孤石的坚硬程度,调节钻头的转速和钻孔压力,在帷幕注浆过程中,则根据地层的渗漏程度,对注浆的压力和水灰比进行适当的调节,以保证工程的质量得到控制。

6.3 各处理技术的适配性应用

孤石的处理方法各有其应用场合,在施工时要结合孤石分布特点、施工场地地质情况和工程需要,因地制宜地选用合适的施工方法。对于分布较密、一般施工方法不能开槽的地段,应优先选择旋挖机咬合桩;对于大面积的非开挖地

区,可以采取总体控制措施,对施工次序进行优化;对于某些特殊地质条件和受开挖深度限制的地段,采取了局部有针对性的加固措施,以弥补不透水的不足,保证了每一段的施工质量。

7 结语

综上所述,针对小峰水库大坝塑性混凝土防渗墙施工过程中存在的花岗岩孤石易造成成槽困难,影响防渗墙完整性的难题,根据工程地质情况和施工实践,提出采用旋挖机咬合桩施工-整体防渗方案调整-局部针对性治理为一体的综合治理技术方案,经定量评价和检验,获得了较好的施工效果:主副坝防渗墙的渗透系数都小于 $1 \times 10^{-7} \text{cm/s}$,符合设计防渗要求,成槽合格率和防渗合格率都达95%以上,施工效率明显提高,工程进度按计划完成,有效保证了坝体防渗体系的稳定性与完整性。在今后类似工程中,将新的施工装备和技术应用于孤石的治理中,探索更加高效、经济的孤石的治理方法,不断提升水利工程防渗墙施工质量与效率,保障水利工程长期安全稳定运行。

参考文献

- [1] 广西防城港市小峰水库除险加固工程设计工作报告[R].2021.
- [2] SL174-2014,水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范[S].北京:中国水利水电出版社,2014.
- [3] SL274-2020,碾压式土石坝设计规范[S].北京:中国水利水电出版社,2020.
- [4] 旋挖-全套管咬合桩技术:复杂地层支护的深度技术解析与工程实践[J].益爵机械,2025.
- [5] 锦屏二级水电站围堰塑性混凝土防渗墙施工与质量控制[J].四川水力发电,2009.