

防渗处理施工技术在水利工程中的实践

李文斌

身份证号码: 622425198411237014

DOI: 10.12238/ems.v8i1.17716

[摘要] 本文聚焦防渗处理施工技术在水利工程中的应用,通过垂直防渗墙、高压喷射灌浆技术、土工膜铺防渗等技术的适用场景,对比总结防渗施工的共性规律与差异化策略。详细阐述高压喷射灌浆技术的操作流程,结合质量检测数据,验证该技术防渗效果。

[关键词] 防渗处理施工技术; 水利工程; 实践应用

水利工程作为国家基础设施的核心,其防渗处理直接关系到工程效能与民生安全。本文系统梳理混凝土防渗墙、高压喷射灌浆等技术的实施要点,分析其不同地质条件下的适应性,并探讨施工中的质量控制与效益评估,为水利工程防渗设计和施工提供科学参考。

一、水利工程常用防渗处理施工技术

(一) 混凝土防渗墙施工技术

混凝土防渗墙在水利工程当中是广泛应用的防渗结构,通过在地下或者地基里建造连续混凝土墙体来实现防渗功能,该技术适用于砂砾石、卵砾石等类型的松散地层,特别适合处理深厚覆盖层或者复杂地质条件下的防渗需求。施工时首先要预定位置开展造孔作业,一般采用冲击钻、回转钻或者抓斗等设备开挖成槽以形成垂直或倾斜的槽段,接着进行清孔作业从而清除孔底沉渣来确保槽壁稳定,最后在槽段内浇筑混凝土以此形成连续的墙体,墙体厚度通常处于0.6-1.3米的范围之间,深度能够达到数十米甚至上百米,具备结构强度高、耐久性好、防渗性能稳定的特点。混凝土防渗墙能够有效阻隔地下水的渗透,降低坝体出现渗漏情况的风险,同时增强地基的承载能力,延长工程的使用年限,施工过程中需要严格控制混凝土的配合比、浇筑速度以及振捣工艺,以此确保墙体连续密实且没有裂缝。该技术成本处于适中水平,施工工艺较为成熟,是水利工程中基础防渗方面的常规选择^[1]。

(二) 高压喷射灌浆防渗技术

高压喷射灌浆防渗技术通过高压射流冲击地层形成固结体,适用于砂土、粉土、黏性土以及碎石土地层等地质条件。特别适用于既有水利工程防渗加固及新建工程的垂直防渗体系构建。相较于传统防渗工艺,具有施工扰动小(影响半径 $\leq 1.5\text{m}$)、成墙连续性好(渗透系数可达 $10^{-6}\sim 10^{-7}\text{cm/s}$)、经济性显著(成本较混凝土墙降低约40%)等技术优势。施

工先在预定位置钻孔到设计的深度,接着把带有喷嘴的灌浆管插入孔底,再利用高压泵将水泥浆液以20-40MPa的压力从喷嘴射出,冲击破坏土体结构并和土体混合形成混合体,最终固结成具有较高强度的防渗帷幕。该技术可以分成定喷、摆喷和旋喷这三种方式,其中旋喷所形成的圆柱状固结体防渗效果是最好的,高压喷射灌浆具备施工设备简单、适应性强、施工速度快等优点,特别适合处理地基不均匀沉降或者地质条件复杂的情况。施工过程中需要严格控制喷射压力、提升速度以及浆液配比,以此确保固结体均匀连续。

(三) 土工膜防渗施工技术

土工膜防渗技术是用高分子聚合物材料制成土工膜当作防渗层,广泛用于水库、渠道、堤防等工程的防渗处理工作。土工膜一般采用聚乙烯、聚氯乙烯等材料制作,厚度处于0.5~2.0毫米的范围之间,具备优良的防渗性能和耐腐蚀特性;施工时先对基面开展清理、平整以及压实等处理,保证基面没有尖锐物且不存在凹凸不平的情况,接着把土工膜展开并且进行铺设操作,铺设过程当中需要保持膜面平整而没有褶皱,接缝的地方采用热焊接或者粘接剂粘接来确保连接牢固,最后在土工膜的表面铺设保护层,比如砂土、碎石或者混凝土板等,以此防止膜材被阳光暴晒或者遭受机械破坏。

二、防渗处理施工技术在水利工程中的技术要点——以高压喷射灌浆防渗技术为例

(一) 钻孔定位与成孔作业

钻孔定位运用网格化布点的方法,依据设计防渗墙的轴线位置,沿着轴线方向每隔1.5~2.0米设置钻孔点位,孔径偏差必须控制在 ± 5 厘米以内。钻孔设备选择地质钻机或者旋挖钻机,并且配备合金钻头或者金刚石钻头,根据地层岩性挑选合适的钻进参数。在松散砂卵石地层当中,采用泥浆护壁钻进的工艺,泥浆比重需控制在1.1-1.2之间,粘度控制在20~25秒,以此确保孔壁稳定不会坍塌;在软弱黏土夹

层中,可以适当把泥浆比重提高到1.2-1.3,从而增强护壁的效果。钻进过程中需要实时记录钻进速度、泥浆消耗量以及地层变化情况,每钻进5米就要进行一次孔深测量,以此确保钻孔深度能够达到设计要求,一防渗墙深度要穿透渗透层,并进入相对不透水层1~2米。成孔之后需要进行孔径、孔斜以及孔深检测,孔径偏差不能超过 ± 2 厘米,孔斜率不能大于1%,孔深偏差不能超过 ± 10 厘米。检测合格后使用清水冲洗孔壁,清除孔内残留的泥渣,确保孔内清洁没有杂物,为后续喷射灌浆作业创造良好条件^[2]。

(二) 高压喷射灌浆操作

高压喷射灌浆作业作为防渗墙形成的关键环节,需要严格控制喷射参数以及施工工艺。喷射设备选用三管法高压旋喷装置,同时配备高压泵、空压机、注浆泵以及旋转提升装置,高压泵压力通常控制在35-40兆帕,空压机压力通常维持在0.7-0.8兆帕,注浆泵流量通常保持在80~100升/分钟。喷射之前需要进行试喷调试工作,以此确定最佳喷射角度、提升速度以及旋转速度,提升速度通常控制在15~20厘米/分钟,旋转速度通常控制在10-15转/分钟,从而确保浆液射流与土体充分混合形成连续防渗墙。喷射过程中需要实时监测浆液压力、流量以及提升速度,并且根据地质条件变化来调整相关参数,在砂卵石地层中,可以提高喷射压力至40-45兆帕,以此增强切割混合效果;在软弱黏土夹层中,降低提升速度至10~15厘米/分钟,从而延长浆液凝结时间确保防渗墙连续均匀。喷射作业需要连续不断地进行,避免中途停喷造成防渗墙出现断裂情况,如因设备故障或其他原因必须停喷时,需要及时记录停喷位置,重新启动时从停喷点以下0.5米处开始喷射,确保防渗墙搭接长度不小于20厘米,进而形成完整连续的防渗结构。

(三) 浆液制备与配比控制

浆液制备必须严格控制好浆液的配比以及质量,水泥浆液采用机械搅拌的方法来制备,将水泥与水按照水灰比1:1-1:1.2的比例加入搅拌机,且搅拌时间不能少于3分钟,以此确保浆液均匀且没有颗粒。掺合料可以选择粉煤灰或者矿渣粉,掺量控制在水泥用量的10%~20%,能改善浆液的流动性和后期强度;减水剂掺量为0.5%~1.0%,能够提高浆液的流动性,速凝剂掺量为2%~3%,可以缩短浆液的凝结时间,以适应复杂地质条件。浆液质量检测需要每批次都进行,检测项目包含浆液密度、粘度、凝结时间以及结石强度,密度控制在1.5~1.6克/立方厘米,粘度为20~30秒,初凝时间2~4

小时,终凝时间6~8小时,结石强度不低于10兆帕。浆液制备完成之后,需要通过滤网进行过滤,去除其中的杂质颗粒,然后存放于带有搅拌装置的储浆罐中,避免浆液出现析沉淀的情况,从而确保施工使用的浆液质量稳定可靠^[3]。

(四) 质量检测与验收

质量检测与验收作为确保防渗墙施工质量的关键步骤,需要选用适当的检测方法。根据墙体结构形式和深度,高喷墙防渗性能的检查方法主要有围井法和钻孔法。两种方法均属于抽样检查,重点应在地层复杂部位、漏浆严重部位、可能存在质量缺陷部位实施检查。

围井检测法的优势:①理论明确:围井法基于达西定理计算渗透系数值,成果可信;②简便易行:每3~5个单元布置一个围井就可检查;③时效性强:在高喷灌浆结束7d后即可进行,如需要开挖或取样,在14d后即可进行;④应用广泛:围井法适用于所有结构形式的高喷墙。

在水利工程实际中,围井法时间更短,检测易实施,更能反映工程的实际质量,因此,通常用围井法作为防渗性能质量的检测方法。

相对而言,而钻孔法的限制在于:①主要适用于厚度较大的和深度较小的高喷墙;②钻孔检查在相应部位高喷灌浆结束28d后才可进行;③每个单元工程需要布置一个检查孔;④检查孔需自上而下分段钻孔、取芯和进行静水头压水试验;⑤钻孔法检查尚无计算K值的合理方法和公式,仅以《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》DL/T 5148-2001为参考标准并推荐计算透水率q作为质量评定标准。

结束语

综上所述,防渗处理是水利工程安全运行的生命线。本文通过技术分析,展示了防渗施工从方案优化到效果验证的全流程管理逻辑。未来需进一步融合BIM建模、智能监测等数字技术,推动防渗施工向精准化、可持续方向发展。期待本研究能为同类工程提供可复制的技术路径,助力水利工程高质量建设与长期运维。

[参考文献]

- [1] 余鑫. 水利水电工程防渗施工技术分析[J]. 中国住宅设施, 2024, (12): 50-52.
- [2] 曾凡妮, 李瑶. 水利堤坝加固工程中塑性混凝土防渗墙施工技术研究[J]. 产业科技创新, 2024, 6(06): 40-43.
- [3] 苏娅. 水利工程中的农田灌溉防渗渠道衬砌施工技术[J]. 农业开发与装备, 2024, (12): 220-222.