

水利工程防渗处理中灌浆施工技术的应用分析

余 娟

(安徽水安建设集团股份有限公司, 安徽 合肥 230601)

摘 要 水利工程的防渗处理是保障工程得以安全运行的关键环节, 而灌浆施工技术作为防渗处理的核心手段, 在水利工程建设当中发挥着重要作用。本文针对水利工程防渗处理中灌浆施工技术的应用展开系统分析, 深入探讨灌浆施工技术的重要性以及防渗处理的意义, 详细阐述循环式灌浆技术、压力灌浆施工技术、高压喷射灌浆技术等常见技术类型, 并且结合实际工程案例对灌浆施工技术的应用流程进行细致说明。通过对施工准备、钻孔、压水试验以及灌浆施工等环节的分析, 明确灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的具体应用方法。结果表明, 科学合理地运用灌浆施工技术能够有效提升水利工程的防渗性能, 保障工程结构安全稳定地运行, 可为同类工程提供技术参考。

关键词 水利工程; 防渗处理; 灌浆施工; 循环式灌浆技术; 压力灌浆施工技术

中图分类号: TV543

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.18.018

0 引言

水利工程作为国民经济基础设施建设的重要组成部分, 其安全运行直接关联着防洪安全、供水保障以及生态环境保护等多重目标。在水利工程的建设进程中, 防渗处理是保障工程结构完整性和功能稳定性的关键技术环节。水利工程通常建设在地质条件复杂的区域, 地基及坝体存在不同程度的渗透性问题, 若不开展有效的防渗处理, 将会引发水资源流失、工程结构损坏甚至安全事故。灌浆施工技术作为防渗处理的主要方式, 通过向地层或结构缝隙注入浆液材料, 形成连续的防渗屏障, 能够有效阻断渗流通道。

1 水利工程中灌浆施工技术的重要性及防渗处理意义

1.1 灌浆施工技术的重要性

灌浆施工技术借助向地基或者结构缝隙注入浆液材料的方式, 能够填充孔隙并且形成连续的防渗体, 进而有效阻断渗流路径。在水利工程建设期间, 地基以及坝体通常存在天然裂隙或者施工形成的缝隙, 这些缺陷会成为渗水通道, 对工程整体防渗性能产生影响。灌浆施工能够针对不同类型的缝隙采用相应的工艺, 确保浆液充分填充并固化后形成稳定的防渗层。该技术适用在多种地质条件, 可以根据实际工程需求对浆液配比和灌浆参数进行调整^[1]。灌浆施工过程中能够通过压力控制来确保浆液的渗透深度和分布范围,

使防渗体与原有结构形成有机结合。灌浆材料的选择范围较为广泛, 涵盖水泥浆、化学浆液等, 能够满足不同工程环境的使用要求。

1.2 水利工程防渗处理的意义

1.2.1 保障工程结构安全稳定

水利工程的防渗处理工作直接关联着工程运行的安全性与使用寿命, 开展有效的防渗工作能够维持工程的结构稳定性。若渗流问题未能得到妥善处理, 将会导致地基承载力出现下降, 进而对坝体及其附属设施的稳定性产生影响。防渗处理可降低地下水对工程结构所造成的侵蚀程度, 从而延长工程的服役年限。在防洪工程当中, 防渗处理能够确保坝体在洪水期间维持完整状态, 避免因渗漏问题而引发溃坝风险。渗流压力过大时会导致坝体内部产生渗透变形现象, 严重情况下可能会引发管涌或者流土破坏, 通过实施系统的防渗处理措施, 能够阻断渗流通道, 降低渗透压力, 确保坝体以及地基处在稳定的状态^[2]。

1.2.2 提高水资源利用效率

在储水工程当中, 进行防渗处理能够有效减少库水的渗漏量, 进而提高水资源的利用效率, 水库蓄水后倘若存在渗漏通道, 就会导致大量的水资源出现流失情况, 从而影响工程蓄水功能的正常发挥。防渗处理可以切实封堵地层的裂隙和孔隙, 有效降低库区的渗漏损失, 以确保设计库容能够得到有效利用。对灌溉工程来说, 防渗处理能够减少渠道输水过程中的渗

作者简介: 余娟 (1989-), 女, 本科, 工程师, 研究方向: 水利施工。

漏量,从而提高灌溉水的利用系数。在供水工程中,防渗处理能够保证水源的稳定供应,减少因渗漏所导致的水量不足问题,通过实施防渗处理,水利工程能够达成设计蓄水量和供水量的目标,提升水资源的配置效率^[3]。

1.2.3 保护周边环境

防渗处理可有效防止污染物经渗流通道扩散,进而保护周边环境。水库蓄水后,库区水体可能包含各类物质,倘若通过渗流通道进入周边地层,将会对地下水水质产生影响。防渗处理能够阻断污染物的迁移路径,防止库水对周边地下水环境造成污染。对处在敏感生态区域的水利工程而言,防渗处理可减少工程运行对周边生态系统所产生的影响。防渗帷幕的形成能够有效控制渗流范围,避免地下水位异常变化对周边植被生长造成不利影响。通过系统的防渗处理,水利工程能够实现其设计功能,保障防洪、供水、发电等综合效益得以充分发挥。将防渗处理与生态环境保护相结合,能够实现水利工程与周边环境的协调发展,降低工程运行对生态系统的干扰程度。

2 目前水利工程防渗处理中常见的灌浆施工技术

2.1 循环式灌浆技术

循环式灌浆技术运用浆液循环流动的方式来完成灌浆作业,浆液自灌浆孔注入后会通过循环管路返回至浆液桶。此技术能够对浆液的流动状态进行实时监测,依据返浆情况来判断缝隙的填充程度。在循环式灌浆过程中,浆液在压力的作用下进入地层缝隙,未进入缝隙的浆液会通过回浆管返回,从而形成连续循环。施工人员可通过观察返浆浓度的变化来确定灌浆的终止时机,当返浆浓度接近注入浓度时则表明缝隙已基本填充。循环式灌浆适用在缝隙较大且连通性较好的地质条件,能够对浆液用量进行有效控制。该技术的设备配置相对简单,操作过程便于监控,可按照工程的实际需求对循环压力和流量参数进行调整。

2.2 压力灌浆施工技术

压力灌浆施工技术借助施加外部压力的方式,将浆液强制注入地层缝隙中,压力大小依据地质条件与防渗要求来确定。灌浆压力可推动浆液进入微小缝隙,进而提高浆液的渗透深度以及填充密实度。施工过程中必须严格控制压力值,防止因压力过高造成地层破坏,或者因压力过低影响灌浆效果。压力灌浆采用分段施工的方式,将灌浆孔划分为多个段次,然后依次开展灌浆作业。每段灌浆完成后,需进行压力稳定测试,确认该段灌浆质量符合要求后,再开展下一段的施工。

压力灌浆技术适用在渗透性较低的地层条件,能够通过压力作用改善浆液的扩散范围。施工设备涵盖高压泵、压力表以及控制系统,以此确保灌浆压力稳定且可控^[4]。

2.3 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术借助高压射流对地层进行切割,进而形成浆液混合体,通过喷射作用促使浆液与地层材料实现充分混合。此技术运用专用喷射设备,将浆液以高速射流的形式喷入地层,对原有土体进行切割并置换,以此形成防渗墙体。高压喷射灌浆能够形成连续的防渗帷幕,适用在松散地层或者覆盖层较厚的区域。施工过程中依据设计深度来确定喷射参数,其中包括喷射压力、提升速度以及旋转角度等。浆液与地层材料混合后固化形成防渗体,其强度以及防渗性能能够满足工程要求。高压喷射灌浆施工效率相对较高,可以在较短时间内完成大范围的防渗处理。该技术对设备要求较为严格,需要配备高压泵、喷射管以及提升装置等专业设备。

3 灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用

3.1 灌浆施工技术应用案例

某水利工程占地面积大约为 5 000 亩,水坝高度达到 100 米,总库容量为 5 000 万立方米,其主要功能为防洪和储水。在该工程中,为防止后续水利工程运行期间出现渗漏问题,在实际施工阶段,选用灌浆施工技术。在灌浆施工技术具体应用前,施工人员对现场环境展开详细勘察,清晰地掌握现场的水位情况、地质信息等一系列内容,并依据这些内容对钻孔位置、数量、深度以及钻孔机械设施等作出合理选择。技术人员根据钻孔信息以及实际工程防渗要求,配制灌浆液,经过实验测试后,确定其满足使用需求^[5]。

3.2 施工准备

在施工准备阶段,需要完成场地清理、设备进场以及材料检验等一系列工作,以此确保后续灌浆施工能够顺利进行。施工人员要依据设计图纸来确定灌浆孔位并且进行现场放样,标记出各个孔的位置以及编号,同时将孔位偏差控制在 5 厘米以内。灌浆材料进场后需要进行质量检验,其中包括浆液配比试验以及性能测试,水泥浆液水灰比通常要控制在 0.6~1.0 间,从而确认材料符合工程要求。施工设备涵盖钻孔机械、灌浆泵、搅拌机等,设备在进场前需要进行调试和试运行,灌浆泵额定压力需达到 5 兆帕以上。施工人员需要熟悉灌浆工艺流程以及操作规范,进行技术交底和安全培训,培训时间不少于 8 学时。施工现场需要

布置临时设施,包括浆液搅拌站、材料堆放区以及电力供应系统,搅拌站容量需满足每小时 20 立方米浆液制备需求。施工准备完成后需要进行验收,确认各项条件满足灌浆施工要求后方可进入下一道工序,验收合格率需达到 100%。

3.3 钻孔

钻孔作业依据设计所规定的孔位以及深度要求来开展,借助专用的钻孔机械完成钻孔施工工作。在钻孔前需要复核孔位的坐标,以此确保钻孔位置能够准确无误,要将坐标误差控制在 3 厘米的范围内。在钻孔过程中需要对钻进速度以及钻进压力加以控制,从而避免出现孔壁坍塌或者偏斜的情况,钻进速度通常控制在每分钟 0.5 ~ 1.5 米。钻孔深度按照防渗设计的要求来确定,一般需要穿透渗透层进而进入相对隔水层,深度范围通常在 20 ~ 80 米间。钻孔完成后需要进行孔深以及孔径的测量,记录钻孔相关参数并绘制钻孔柱状图,孔径一般设计为 75 ~ 110 毫米。钻孔过程中所产生的岩屑以及泥浆需要及时清理,以此保持孔内的清洁,每钻进 5 米就需要进行一次清孔作业。针对复杂的地质条件,可以采用套管护壁的方式来防止孔壁出现坍塌现象,套管长度根据地质实际情况确定为 10 ~ 30 米。钻孔质量会直接对灌浆效果产生影响,需要严格依照技术规范来控制钻孔精度以及孔壁的完整性,孔斜率不得超过 1%。

3.4 压水试验

压水试验的作用是测定地层渗透性参数,以此为灌浆施工提供必要的技术依据。试验开展时,需将钻孔进行分段封闭处理,后向孔内注入清水,同时记录压力以及流量数据,且分段长度通常设定为 5 米。通过分析压力与流量间的关系来计算地层渗透系数,进而判断地层渗透性的强弱,其中渗透系数单位采用吕荣值来表示。压水试验的结果可用在确定灌浆压力、浆液配比以及灌浆段次等参数,试验压力一般设定在 0.3 ~ 1.0 兆帕的范围。试验过程中要保持压力稳定,记录各压力等级下的流量变化情况,每个压力等级的稳定时间不少于 10 分钟。压水试验完成后需要对试验数据进行分析,绘制压力流量曲线并计算渗透系数,当吕荣值小在 1 时为微透水,1 ~ 10 为弱透水,大在 10 则为强透水。对在渗透性较强的地层段,需要增加灌浆段次或者调整浆液配比,强透水段的灌浆段次可增加至 3 ~ 5 段。压水试验数据需要纳入工程档案,作为灌浆质量评定的参考依据,试验记录要包含压力、流量、温度以及时间等完整参数。

3.5 灌浆施工

灌浆施工严格依照设计参数开展,将配置好的浆液注入钻孔以形成防渗体,灌浆前要对灌浆设备以及管路连接进行检查,以此确保系统能够正常运行,且管路承压能力必须达到设计压力的 1.5 倍。灌浆过程中需要对灌浆压力和灌浆量加以控制,根据吸浆情况对灌浆参数作出调整。灌浆压力通常控制在 0.5 ~ 2.0 兆帕,灌浆采用分段施工的方式,每段灌浆完成后需等待浆液初凝再进行下一段施工。初凝时间一般为 2 ~ 4 小时,灌浆过程中要记录灌浆压力、浆液用量以及灌浆时间等数据,单段灌浆量通常处在 0.5 ~ 3 立方米间。当吸浆量降至规定值或者达到设计灌浆量时,就可以终止该段灌浆作业,吸浆量终止标准为每分钟小于 0.4 升,灌浆完成后要进行封孔处理,以此防止浆液回流或者孔口渗漏。孔材料采用高标号水泥砂浆,灌浆施工结束后需整理施工记录,从而形成完整的灌浆施工资料,资料包含灌浆压力曲线、浆液消耗量以及施工时间等关键数据。

4 结束语

水利工程防渗处理中应用灌浆施工技术,可有效提升工程防渗性能,保障工程结构安全稳定运行。借助循环式灌浆、压力灌浆及高压喷射灌浆等技术手段,能针对不同地质条件采用相应工艺,形成连续可靠的防渗体系。在灌浆施工过程中,需严格控制施工准备、钻孔、压水试验及灌浆作业等环节,确保各工序质量符合设计要求。实际工程应用显示,科学合理的灌浆施工技术可显著降低渗流量,延长工程使用寿命。灌浆施工技术的应用需结合工程实际情况,综合考虑地质条件、防渗要求及施工条件等因素,制定针对性施工方案。灌浆施工质量控制是确保防渗效果的关键,需建立完善的质量管理体系,对施工全过程进行有效监控。

参考文献:

- [1] 刘雨.灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025(16):120-122.
- [2] 伏杰,徐书洋,戴莹,等.灌浆施工技术在水利工程防渗处理中的应用[J].中国新技术新产品,2023(24):118-120.
- [3] 张玉婷.农业水利工程施工中防渗技术的应用[J].农业工程技术,2023(13):41-42.
- [4] 郭涛.防渗处理施工技术在水利工程中的具体应用[J].科技与创新,2024(14):182-184.
- [5] 任晓雯.水利渠道防渗漏控制技术及其应用[J].水利技术监督,2025(01):272-274,278.