

4 结语

于2017-2023年地下水监测数据的时序分析表明,区域地下水位呈现显著的持续性下降趋势。通过对比吐鲁番市一区两县区域地下水位变化情况与灌溉面积和地下水实际开采量可看出,在吐鲁番市各区县灌溉面积与地下水埋深呈现较好的二次多项式关系;地下水位动态变化趋势与地下水开采量存在正相关关系,地下水开采量在一定程度上影响地下水位变化,其变化的相关性表现不明显,影响水平还需要进一步监测研究。

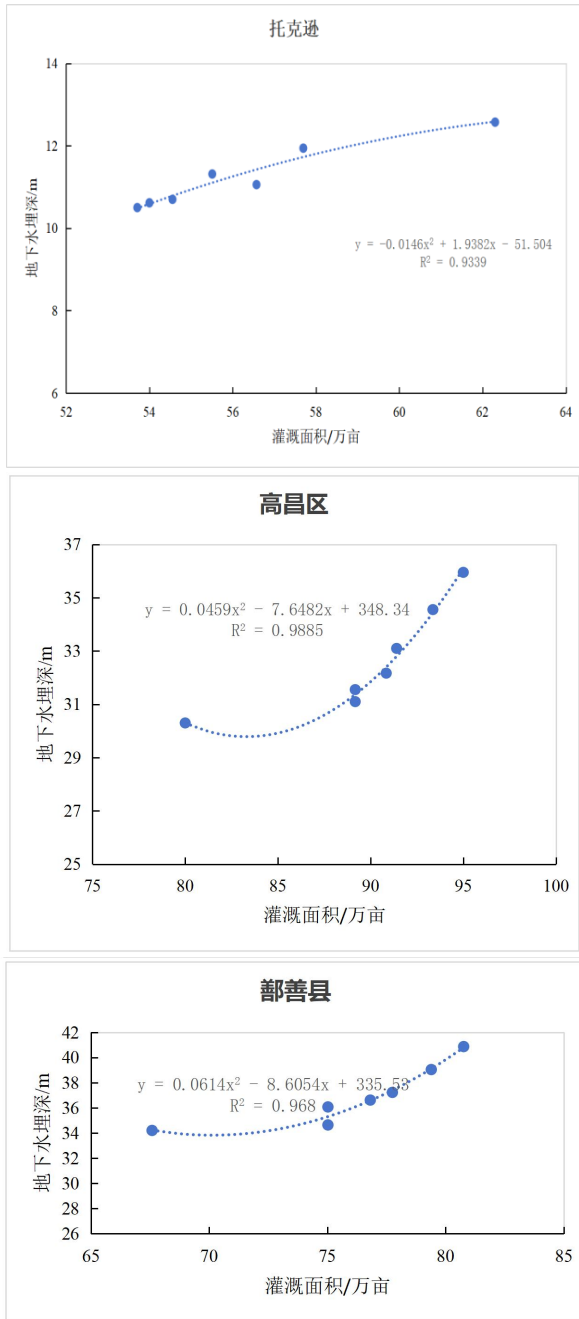


图3 吐鲁番市灌溉面积与地下水埋深关系

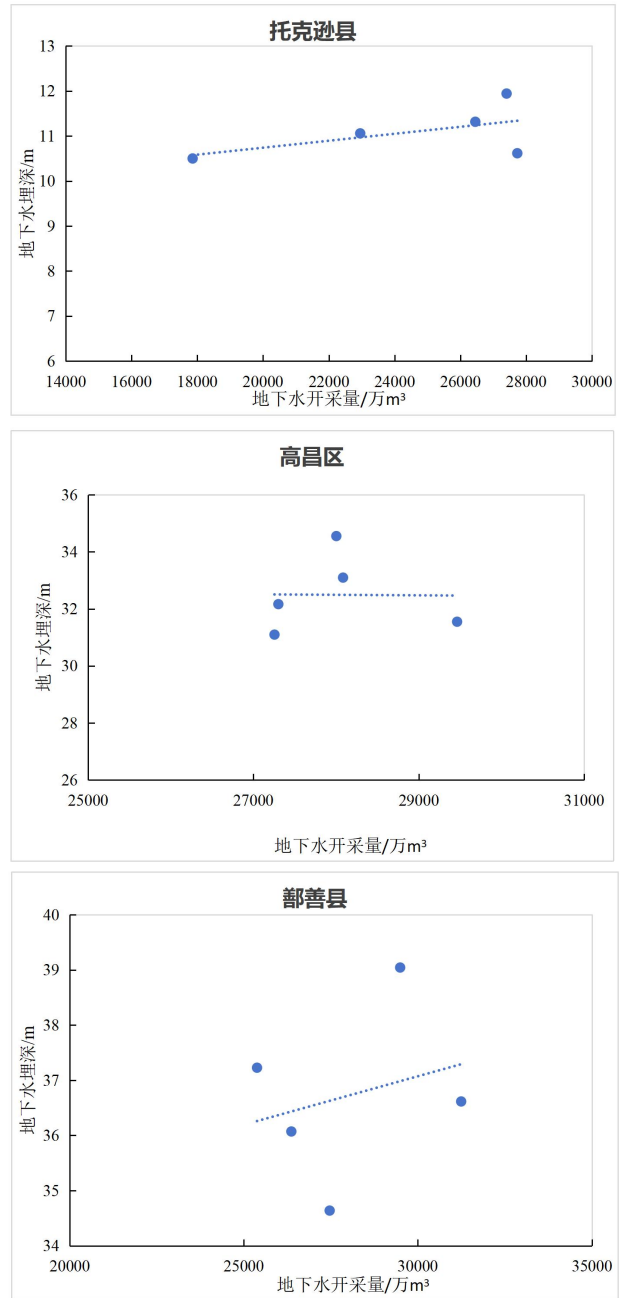


图4 吐鲁番市地下水开采量与地下水埋深关系

参考文献

- [1] 周蕾.吐鲁番市地下水超采现状评价与治理措施探究[J].陕西水利, 2021(1):3.
- [2] 商佐, 唐蕴, 杨姗姗.近30年吐鲁番盆地地下水动态特征及影响因素分析 [J] .中国水利水电科学研究院学报, 2020,10 (3) .
- [3] 田龙,苏海波.单位耗电量取水量法估算地下水取水量方法初探.水资源开发与管理 [J] .12(2020):8.
- [4] 吴润泽, and 吴旭. "邯鄹东部平原地下水位动态变化及影响分析." 水科学与工程 1(2020):4.

Discussion on the application of cement grouting waterproofing treatment technology in water conservancy engineering

Xiang Liu

China Water Resources and Hydropower Seventh Engineering Bureau Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

Abstract

Cement grouting seepage prevention technology significantly enhances construction quality while effectively mitigating potential leakage risks. This study investigates cement grouting applications in hydraulic engineering, systematically defining its core principles through practical construction experiences. The research analyzes the technical necessity of this method in water conservancy projects and explores implementation strategies with key implementation points. The paper focuses on four critical techniques: high-pressure jet grouting, dam body splitting grouting, gravel layer seepage curtain grouting, and controlled grouting. These methods are illustrated through case studies from real-world engineering projects.

Keywords

water conservancy engineering; cement grouting; waterproofing treatment; construction technology; application

水泥灌浆防渗处理施工技术在水利工程中的应用探讨

刘祥

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川成都 611130

摘要

水泥灌浆防渗处理施工技术有利于保障工程质量,且能够有效规避工程中可能出现的渗漏风险。本论文以水利工程中水泥灌浆防渗处理施工技术为研究对象,从水利建设实践出发,梳理水泥灌浆防渗处理的基本内涵,分析其在水利工程中的应用必要性,并深入探讨其在水利工程中具体施工技术路径及要点。文章聚焦高压喷射灌浆技术、土坝坝体劈裂灌浆技术、卵石层防渗帷幕灌浆技术、控制性灌浆技术四项关键应用做法,结合工程项目经验开展说明。

关键词

水利工程;水泥灌浆;防渗处理;施工技术;应用

1 引言

水利工程是基础建设的重要内容之一,具有良好的灌溉、防洪效果,若水利工程出现了渗漏问题,必定对整个工程产生严重的不良影响。因而,需要加强对水利工程防渗处理方面的重视,提高水利工程的质量,避免出现裂缝、渗漏等问题,以保障水利工程能够安全顺利地进行。有鉴于此,下文通过对该主题有关文献查阅并结合自身多年工作实践经验针对水泥灌浆防渗处理施工技术在水程中的应用提出几点看法,以供参考。

2 水泥灌浆防渗处理概述

在水利工程防渗处理中,水泥灌浆防渗处理指在坝基、坝体、围岩或土层裂隙内通过注入以水泥为主的浆料,使浆液渗透、填充并固结裂隙、孔隙、弱界面,从而形成连续或

近连续密实体,阻滞或减缓水流渗透路径。中国《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》已将水泥为主要材料的灌浆工程纳入规范适用范围,包括地基加固、隧洞围岩防渗以及混凝土坝接缝灌浆等^[1]。在实际工程中,水泥灌浆防渗处理通常包括钻孔定位、浆料配制、注浆、监测与封孔等流程,并依据地质条件、施工结构类型、渗流特征分别制定配套技术措施。

3 水泥灌浆防渗处理施工技术在水程中的应用必要性

在水利工程领域,由于地质条件复杂、构筑物处于地下或浸水状态、设计水头和水压变化大、长期运行后裂隙、孔洞或老化结构增多,使渗流通道往往隐蔽且多变。一旦渗漏形成,不仅可能导致库体下游出水点高程上升、水头消减、结构稳定性降低,而且可能引起管涌、坝基失稳、导流洞渗流侵蚀等二次病害。传统防渗措施在某些条件下难以满足连续性、密实性及耐久性要求。水泥灌浆防渗处理施工技术因其施工适应性强、胶结性好、成本相对可控、可在运行期补

【作者简介】刘祥(1988-),男,中国湖北随州人,本科,工程师,从事水利水电施工及管理研究。

强施工,故在水利工程中具有显著的应用必要性。比如,在 水库坝基、堤防加固、隧洞渗水治理等实际场景中,通过水泥灌浆可直接作用于裂隙通道、降低渗流速率、提升整体防渗体系的可靠性。此外,随着水利工程规模和建设标准的提升,项目对防渗性能、寿命周期及维修便捷性的要求不断提高,水泥灌浆技术成为必要的施工手段。

4 水泥灌浆防渗处理施工技术在水利工程中的应用

4.1 高压喷射灌浆技术

水利工程中高压喷射灌浆技术应用要点主要包括以下几点,具体为:首先,针对高压喷射灌浆施工钻孔及喷射孔设计环节,企业结合前期地勘数据和设计方案在现场科学布置孔位及确定下孔距、孔径与深度,同时选用配备有水平仪与全站仪的钻孔机开展钻孔作业,孔位偏差控制在方案要求 $\pm 5\text{ cm}$ 范围内,并在钻孔过程中采用护壁或泥浆护壁措施以避免孔壁坍塌;孔钻成后应对孔内进行冲洗、压水试验、沉渣清除直至见水清,确认孔壁稳定后方可插设喷射管。其次,浆液配制需严格控制水胶比、掺加适量砂料及减水剂,以确保浆液在高压喷射状态下具备良好渗透性和早期强度增长能力;典型水胶比为 0.45-0.55,含砂量可达 10% ~ 20%,流变特性应通过现场坍落度、渗透试验确认。同时在喷射施工前对相关参数予以调整,通常高压喷射压力控制在 6-12MPa 内,角度约为 30° - 45° ,并且作业过程中喷嘴距离土体面保持在 0.5 ~ 1.0m^[2]。接着在高压喷射灌浆施工阶段,应按“下插管、设参数、试喷、注浆、提升管”流程开展,喷射管插至设计深度后通常回退 15-20 cm 设定喷嘴位置,并通过高压泵系统将浆液以规定压力(根据裂隙特性及设计要求)注入,强调“边喷边振、边抬边回”操作模式—即喷射过程中管子缓慢上提并伴随振动以促进浆液与周围介质充分搅拌、扩散与固结;与此同时需实时监控注浆压力、浆量、返浆情形及出浆比重,若发现返浆严重或压力异常,应立即暂停并评估原因后重试。此外,需要注意施工时采用从低压至高压递增的方法,以初期低压开孔导入浆液形成预注层,再切换至高压喷射以破裂并扩散浆液,在整个过程中严控浆液回流量、注入量及渗出情况,并实时监测喷射压力、注入速率、浆液浸润长度等参数,确保固结范围满足设计要求。最后,在高压喷射灌浆施工实施与质量监测阶段,应配备自动记录设备记录喷射过程中的压力曲线、注入量曲线、注浆时间曲线,并结合现场岩心回取或声波检测、孔隙水压测试、渗流系数测试等手段对灌浆固结效果开展确认性检查,从而确保水利工程高压喷射灌浆施工质量。

4.2 土坝坝体劈裂灌浆技术

基于水利工程中水泥灌浆防渗处理的实际经验,针对土坝坝体劈裂灌浆技术具体做法可细化为如下方面:首先,在坝体检测阶段,通过声波穿透、雷达反射、钻探剖面及

压监测等手段划识裂隙分布、走向、贯通状态,并据此编制灌浆部位图,明确灌浆孔位、孔径、孔深、注浆顺序;基于坝体结构参数、土石混合体特性及裂隙几何特征,随后企业结合土坝坝体灌浆技术规范中关于劈裂灌浆要求,设计孔径一般为 $\text{O}25 \sim 130\text{mm}$,孔深至裂隙末端或地质变弱面,且孔距、排距根据裂隙针入情况予以布置。随后,钻孔施工采用回转式或冲击式钻机(坝高 $\leq 25\text{m}$ 可用冲击式, $> 25\text{m}$ 一般采用回转式)进行钻进,钻孔后必须用压缩空气反复冲洗孔体,清除裂隙内部的泥土、粉尘、碎石及浮砂,以保证浆液沿裂隙顺利扩散及充填。清洗过程中应记录返气量、返砂情况,并结合孔内残余水量判断冲洗充分性。之后,制备水泥-水玻璃或水泥-膨润土组合浆液,水泥比、胶凝剂掺量、浆体黏度、稠度应通过预先试验确定,浆体密度一般控制在 $1.2 \sim 1.6\text{g/cm}^3$,黏度须保证在裂隙能有效扩散但又不会造成过早返浆^[3]。注浆时采用孔底注浆管底至裂隙末端,由下向上注入,逐渐提高浆液压力至设计压力,常用稳压方式,必要时采用脉动方式以控制扩散范围;在注浆过程中,应持续监测浆液流量、返浆量、注浆压力变化、管顶封浆情况、裂隙充填反应,并依据返回的砂量、压力波动情况即时判断是否需转孔或终止灌浆。灌浆完成后,应对固化效果进行监测:包括穿刺钻探检测浆体硬化情况、抽水或压水试验检测裂隙通道是否仍渗流,并结合渗压计读数变化及水位微差判断裂隙密闭效果。最后,应将各灌浆孔施工作业汇总成报告,记录灌浆量、压力曲线、返浆情况、固化时间、检测结果,以便于后续监测与维修。

4.3 卵砾石层防渗帷幕灌浆技术

针对水利工程中卵砾石层防渗帷幕灌浆技术的应用,企业首先对目标地层开展详尽地质和水文勘察,明确卵砾石的颗粒组成、孔隙结构、水位变化及含水状态,并据此确定帷幕灌浆的深度、厚度、注浆孔间距及倾斜角度,地质报告应对砾石直径分布、大颗粒含量、泥砂含量及渗透系数进行量化分析,从而为灌浆设计提供参数依据。其次,在灌浆孔设计与布置方面,应采用环形或直线布置方式,孔径通常选为 $\Phi 100$ - 150mm ,孔距控制在 2.0m 以内,并结合卵砾石层大粒径特征采用倾斜孔或斜向布置以增加灌浆覆盖面,同时每孔注浆深度应覆盖砾石层至母岩界面以上至少 0.5m,以确保形成连续背水帷幕。再者,浆液配制及注浆工艺应依据卵砾石层的高渗性能选择水灰比适当、含有膨润土或粘土混合水泥浆体,其初期流动性需适中以促渗入,而固结强度应在 28d 内达到至少 5MPa,配合必要的膨胀剂以填充大孔隙,同时采用分级加压注浆技术:初期低压渗入、随后逐渐提升至 2.0-3.0MPa 维持渗透扩散并进行补注,以应对大粒径空间。与此同时,施工中必须实时监控注浆压力、注浆量及回流状况,若发现浆液回流或超量注浆应立即停止并调整孔位或加设旁孔,施工过程中建议采用套阀管或下管压浆方式以防止浆液在孔隙中过早固结导致后续空隙不填^[4]。最后,