

公路桥梁隧道工程灌浆施工工艺要点分析

王子飞

(山东东泰工程咨询有限公司, 山东 淄博 255000)

摘要 在公路桥梁隧道工程结构裂缝、下沉等问题处理方面, 灌浆法加固技术以其独特的加固原理和显著优势备受施工人员青睐。在桥梁隧道工程中, 科学运用灌浆技术能显著提升混凝土施工质量。然而, 在实际工程中, 由于地质条件复杂、施工环境多变等因素, 灌浆施工常常面临浆液扩散不均匀、灌浆效果不理想等诸多问题。本文就桥梁隧道工程灌浆施工工艺要点进行分析, 旨在明确技术应用关键点和需要注意的内容, 从而为实践工作开展提供参考。

关键词 公路桥梁隧道工程; 灌浆法加固技术; 钻孔施工; 压水试验; 灌浆施工

中图分类号: U445; U45

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2025.10.017

0 引言

公路桥梁隧道工程作为重要的基础设施, 其施工质量直接关系到广大人民群众出行安全, 对推动地方经济发展具有重要作用。高压旋喷灌浆施工是公路桥梁隧道工程建设中的关键环节之一, 它的质量控制技术对于确保工程质量和安全具有重要意义。然而, 在实际施工过程中往往会遇到各种质量问题, 如混凝土强度不达标、钢筋保护层不均匀和构件外形尺寸偏差等, 这些问题不仅影响了施工质量, 也威胁到了工程的安全性。

1 灌浆技术概述

在公路桥梁隧道工程领域, 结构体系的技术应用具有较高的复杂性和操作难度。为确保混凝土灌浆加固技术的有效实施, 必须预先开展全面的技术基础研究。在公路桥梁隧道施工中, 灌浆裂缝加固技术是一种普遍应用的混凝土补强方法。该技术通过巧妙整合气压、液压及电气化系统, 可实现对混凝土结构的有效加固。通过持续注入浆液能量, 能够促使混凝土在物理力作用下加速裂缝砂浆的固化与密实。无论是桥梁工程还是隧道工程, 在施工过程中都会遇到多种不可控因素, 如气候、环境和地质条件等, 在多种因素的共同作用下, 可能引发隧道裂缝, 进而影响桥梁隧道工程的整体施工安全与质量。近年来, 灌浆加固技术作为桥隧施工的核心工艺, 应用范围不断扩大, 技术体系日趋完善, 特别是在公路桥梁施工管理过程中, 该技术对处理灌浆裂缝难题展现出了显著成效。灌浆补强技术在建筑工程实践中展现出显著优势, 主要体

现在其兼具加固与防渗功能, 对提升工程整体质量具有显著促进作用。此外, 灌浆技术具备卓越的防渗特性, 可显著减少建筑物间的水分渗透, 从而全面提升加固工程的防水补强效果; 灌浆加固技术不仅能够强化局部裂缝的封堵效果, 还能提升建筑结构的整体性能, 通过优化组合实现性能的全面提升。灌浆加固技术在混凝土施工中不仅具有封堵功能, 还能有效校正结构偏差, 预防施工过程中可能出现的裂缝、砂浆不均匀及沉降等质量难题。在公路桥梁隧道工程加固实施过程中, 施工单位若能科学灵活地运用混凝土灌浆等技术, 不仅能显著提升隧道工程质量, 还能大幅增强施工过程的安全性^[1]。

2 灌浆法加固技术的应用流程

2.1 技术应用前的检查

灌浆法加固施工要求全面深入理解工程结构, 按照标准要求展开详细检查, 保障施工准确性和效果。其中, 由于裂缝是结构弱化的直接体现, 所以结构检查时应重点记录与分析裂缝情况, 尤其是裂缝宽度、深度和走向等与结构整体稳固性密切相关的因素。检查人员必须精确测量每条裂缝, 为后续灌浆方案设计提供重要的数据支持。裂缝特性受多种因素影响而存在差异, 所需灌浆材料类型、用量及施工工艺也有所不同。基础是工程的基石, 其承载能力影响着上部结构的安全性与稳定性。利用专业仪器和方法详细检测基础, 可及时发现潜在的安全隐患, 从而制订相应的加固措施。同时, 在施工前, 核实桥台、桥墩等关键部位的设计图也是必不可少的一步。这些部位承受着

桥梁的主要荷载,其大小和位置必须严格按照设计图施工,避免结构失稳和事故的发生。施工人员应对照设计图逐一核对各个关键部位,保证施工准确无误。

2.2 钻孔施工

在钻孔作业的维护环节,管理人员需严格遵循标准流程执行技术操作,全面监控设备运行状态,防止设备“带病”工作。依据施工设备运行状况,需实时调整钻头开孔位置与角度。若设备在作业中产生异常振动或噪声,应立即进行检修。在钻孔施工设计实施阶段,管理人员需严格把控钻进速率,确保孔深与孔径的合理匹配。各钻孔的垂直度偏差应维持在 $\pm 1\%$ 以内,若超出此限值,施工方须立即采取纠正措施进行调整。在隧道掘进过程中,钻孔作业面临诸多挑战,特别是复杂的地质环境对施工提出了更高要求。技术人员需整合长期积累的实践经验,采用液压钻机与风动潜孔钻机协同作业。施工过程中需重点防范卡钻风险,确保钻孔作业的安全性与施工效率。在完成钻孔灌浆施工准备后,需对钻孔段内的空隙进行清理。清理工作采用压力脉动冲洗技术。对于串通孔,可交替使用压缩空气和水流进行冲刷。完成冲刷试验后,可选择典型钻孔空隙进行冲压试验^[2]。

2.3 压水试验

压水试验在基岩灌段冲洗后进行,采用单点法,为灌浆压力的80%,根据试段深度的增加,压力逐渐加大,采用0.2~0.3 MPa。在压水试验之前,先观测地下水位作为计算全压力的参数,5 min观测一次钻孔内水位,当观测到的地下水位数据连续两次之差小于5 cm/min时,即可确定地下水位值,并以最后一次的观测数据作为地下水位值。“简易压水试验”的压水时间为20 min,每2~5 min测读一次压水流量,当连续4次压入流量的最大值与最小值之差小于最后一次流量值的10%即可结束,以最后一次流量值作为计算流量。

2.4 灌浆施工

在灌浆法加固施工中,将制备好的浆液以压力方式注入裂缝或空隙是核心步骤。此过程需精确控制,保证浆液能充分充填并固化,恢复结构整体稳固性。在施工过程中,灌浆的压力和速度是关键。压力大小决定浆液能否深入裂缝或空隙,而速度则影响浆液在结构内的分布均匀性。压力过小或速度过快都会导致充填不充分,影响加固效果。因此,施工人员需根据

具体情况严格控制这两个参数,保障浆液能均匀、密实地充填到每个加固部位。浆液流动性受黏度、施工环境温度、裂缝或空隙宽度和深度等多种因素影响。施工人员需时刻观察浆液流动状态,一旦发现流动不畅或局部积聚等异常,应立即调整施工参数或采取其他措施,使施工质量管理控制方案落到实处。此外,施工人员还需注意其他细节。例如,灌浆前应清理裂缝或空隙,去除杂物和灰尘,使浆液能与结构表面充分接触并黏结。对于较大裂缝或空隙,需采用分层灌浆方式,即先注入一层浆液,待其固化后再注入下一层,提升加固效果。严格控制施工参数、密切关注浆液流动情况,并处理好其他细节问题,是推动施工质量达到预期效果的基础。这一过程考验施工人员的技术水平和责任心,更是有力保障工程质量和安全性的有效举措。因此,在进行灌浆法加固施工时,要求工作人员保持严谨的工作态度和高度的责任心,为工程的长期稳定奠定坚实的基础。随着科技的不断发展进步,还应积极探索应用新的灌浆材料和施工技术。通过优化改进施工方法,提高加固效果和施工效率,为工程建设事业贡献更大力量。同时,应注重加强施工过程中的质量监控和验收工作,只有促使每个环节都符合规范要求,才能最终实现工程结构的稳定与安全^[3]。

2.5 线性控制要点

在公路桥梁隧道施工设计中,临时观测校准所需的水平点通常布置于隧道内每对主墩帽柱之间。这些点位在箱梁施工测量中作为关键高程控制基准使用。在施工过程中,需对临时水准点进行精确指导与精度管控,同时实施各阶段水准点间的同步联测,以保证观测校准的精度统一与线性一致性。在桥梁隧道工程的混凝土灌浆施工中,通常会利用连续梁基础施工初期设置的9个混凝土高度校准观测点作为临时性的线形尺寸控制基准。其中,6个观测点布置于隧道模板表面,主要用于监控混凝土立模的标高;在混凝土浇筑完成后,梁顶面设置了3个监测点,主要用于采集不同施工阶段中桥梁隧道主体结构的形变数据。通过分析这些数据,可以精确计算灌浆施工所需的泥浆用量,从而保证桥梁隧道的长度测量符合灌浆线形控制的技术规范。在桥梁隧道工程的混凝土灌浆施工设计中,采用线性灌浆控制技术,核心任务是实时监测并计算隧道主体高度。基于这些测量数据,需进行系统分析与统计处理,以优化混凝土灌浆过程中的泥浆配比,并加强施工后的灌浆质量控制。为确保桥梁隧道主体

结构的精准度,需在几个关键节点进行基础高度检测:隧道灌浆前、施工结束后分别测量主体高度;在灌浆及施工过程中,还需对预应力混凝土关键部位进行梁顶高度测量,分别在施加预应力前后进行。通过对前期两次测量数据的对比分析,可初步判断隧道灌浆施工参数是否达到预期控制效果。结合后期两次测量结果的综合分析,能够进一步评估施工过程对桥梁隧道及其关键受力部位的结构作用程度。通过对比第二项数据,可评估桥梁隧道工程灌浆施工的线性控制效果是否与理论参数相符^[4]。

2.6 裂缝再生与预防措施

施工过程中即便细致入微,仍可能产生裂缝,这主要源于环境变化导致的内应力重新分布。为预防此现象,需在设计阶段全面考量温差、地震等不利因素,并预留充分安全余量。首先,优选高质量原料并严格遵循操作流程,尤其要重视核心步骤的精准把控。其次,强化日常巡检机制,及时排查隐患并实施预防性维护,防止小问题演变为重大故障。最后,定期开展关键部位的性能评估,提前识别潜在风险并进行针对性处理^[5]。

3 实施全过程质量监控

实施全过程质量监控是公路桥梁隧道工程高压旋喷灌浆施工质量保障的重要手段。从前期准备到施工过程,再至工程完工和后期评估,全方位、全过程的质量监控是确保工程质量、安全和稳定的基础。在前期准备阶段,明确技术标准与规范、进行人员培训与资质检查是确保所有参与方对质量标准和施工要求有清晰理解的前提。技术培训能够确保施工人员具备必要的技能和质量意识,而资质检查则是确保施工人员符合施工要求的重要环节。在施工过程中,实时监测与数据记录、过程质量检查与纠正、技术交底与现场指导成为质量监控的核心。实时监测不仅能为质量控制提供数据支持,还能及时发现和纠正问题,防止质量问题的发生和扩大。技术交底和现场指导能确保施工人员明确施工要求和质量标准,确保施工过程的质量。工程完工后,成果质量检验、质量评估与总结是评估和保证工程质量的重要环节,通过对灌浆体的强度、密度和均匀性等进行检测,确保工程质量符合设计要求和质量标准。质量评估与总结能为后续工程提供宝贵的经验和参考,同时也能提出质量改进措施。在后期评估与维护阶段,定期检查与维护、质量反馈与改进是确保工程长期稳定和安全的措施。定期

检查能及时发现和处理问题,质量反馈与改进则能提高质量监控的效果和效率。此外,质量管理体系的建设和完善,包括质量监控标准、质量检查制度和质量评价体系的建立,是保证质量监控系统性和持续性的基础。利用信息技术,实现质量信息化管理,能提高质量监控的效率和准确性。

总体来说,通过全过程质量监控,能有效保证桥梁隧道工程高压旋喷灌浆施工的质量,确保工程的安全、稳定和耐久性,同时为施工方提供宝贵的经验和数据,有助于不断提高施工质量和效率。全过程质量监控体现了质量管理的系统性、预防性和全员参与性,是推进桥梁隧道工程高压旋喷灌浆施工质量持续改进的重要保障^[6]。

4 结束语

在公路桥梁隧道工程施工中,灌浆法加固技术以独特优势被广泛应用。该技术通过注入浆液,有效充填裂缝与空隙,可显著提升结构整体稳固性,实施过程简单且效果显著,为工程安全与持久提供了坚实的保障。在现代隧道工程施工期间,随着各种技术的发展,灌浆材料与施工方法持续创新,加固效果更显著。在应用灌浆法加固技术的过程中,施工人员须严格遵循操作规范,精确控制每个环节。质量检测与评估是不可或缺的环节,可为工程质量确认提供科学依据。展望未来,灌浆法加固技术将在公路桥梁隧道工程中发挥更大作用。随着科研的深入与实践的积累,该技术将更成熟完善,为我国交通建设事业贡献更大力量。

参考文献:

- [1] 王宇锋.道路桥梁隧道工程高压灌浆加固施工技术研究[J].工程机械与维修,2024(06):166-168.
- [2] 杨涛.桥梁隧道工程灌浆施工工艺要点分析[J].运输经理世界,2024(13):125-127.
- [3] 黄秋平.高压旋喷灌浆技术在大坝防渗处理中的应用:以藤县大任水库大坝施工为例[J].中国高新技术企业,2014(23):57-59.
- [4] 邓林书.高压旋喷灌浆技术在大坝防渗处理中的应用:以上林南岩水库大坝施工为例[J].技术与市场,2010,17(09):39-41.
- [5] 黄远亮.桥梁隧道灌浆施工流程与技术要点分析[J].四川水泥,2022(12):263-265.
- [6] 李颖.浅谈混凝土防渗墙+帷幕灌浆处理工程措施在劲卯水库除险加固中的应用[J].中国住宅设施,2023(03):100-102.