

土木工程中灌浆施工技术方法分析

赵军

凯里学院, 贵州 凯里 556000

摘要: 土木工程中, 灌浆施工技术作为一种有效的地基加固和防渗措施, 广泛应用于各类建筑工程之中, 该技术通过将浆液注入地基或结构内部, 填补空隙、提高承载力并减少水渗透性, 从而提升整体结构的稳定性与耐久性。本文系统分析了灌浆施工技术的定义、类型及其在土木工程中的具体应用, 重点探讨了灌浆设备的选择及功能, 包括灌浆泵、注浆管和相关辅助工具等, 进一步梳理了灌浆施工的工艺流程, 涵盖施工前准备、灌浆过程及施工后处理环节, 在质量控制方面, 通过质量标准的设定与过程监控, 结合灌浆质量评估方法, 实现施工效果的有效保证。

关键词: 土木工程; 灌浆施工; 地基加固

Analysis of Grouting Construction Techniques in Civil Engineering

Zhao Jun

Kaili University, Kaili, Guizhou 556000

Abstract: In civil engineering, grouting construction technology, as an effective measure for ground reinforcement and seepage prevention, is widely used in various types of construction projects. This technology involves injecting grout into the foundation or structure to fill voids, improve bearing capacity, and reduce water permeability, thereby enhancing the stability and durability of the overall structure. This paper systematically analyzes the definition, types, and specific applications of grouting construction technology in civil engineering. It focuses on exploring the selection and functions of grouting equipment, including grouting pumps, injection pipes, and related auxiliary tools. Furthermore, it summarizes the technological process of grouting construction, covering pre-construction preparation, grouting process, and post-construction treatment. In terms of quality control, effective assurance of construction effects is achieved through the establishment of quality standards, process monitoring, and the combination of grouting quality evaluation methods.

Keywords: civil engineering; grouting construction; ground reinforcement

一、灌浆施工技术概述

(一) 灌浆技术定义与分类

灌浆技术是一种广泛应用于土木工程中的加固和修复方法, 其本质是通过将浆液精确注入到岩层、土层或结构裂缝之中, 以实现填补空隙、增强地基、改善承载力或密封防水等目的, 根据浆液材料的不同, 灌浆技术可细分为水泥基灌浆与化学基灌浆, 水泥基灌浆的浆液由水泥与水按一定比例混合而成, 形成一种粘稠且具有一定强度的材料, 适用于一般性地基加固、裂缝填充以及在相对较大空隙中的应用^[1]。化学基灌浆则是利用环氧树脂、聚氨酯等化学材料, 这类浆液不仅具备较高的流动性, 还能迅速固化, 并具有优越的粘接力和防渗效果, 因此常用于需要迅速加固或高度密封的场景, 根据工程需求, 灌浆技术还可细化为不同的施工类别^[2]。例如, 防渗灌浆主要用于地下结构、水坝或隧道等工程, 旨在密封水流路径以防止渗漏; 加固灌浆则广泛应用于地基承载力提升以及土层稳定性增强方面, 适合于软土或松散砂土环境中的施工; 而修复灌浆主要用于对已受损结构裂缝的填补和修复, 通常用于桥梁、建筑物裂缝等工程, 以恢复结构的完整性和耐久性。

(二) 灌浆技术在土木工程中的应用

在土木工程领域, 灌浆技术因其独特的加固、密封和防渗功

能而被广泛应用, 为提升结构的承载能力、防水性以及既有建筑的整体加固提供了可靠的技术支持。在地基处理方面, 灌浆技术能够通过将浆液注入软弱土层或孔隙较大的地基内, 从而显著提升土体的密实度和承载力, 增强地基的稳定性, 确保其长期的承重效果^[3]。对于隧道、大坝等对防渗要求高的项目, 灌浆技术可用于封堵结构表面的微细裂隙, 防止地下水或其他水流对结构的渗透破坏, 从而有效地提升结构的耐久性和安全性。在既有建筑的维护中, 灌浆技术则被用于裂缝修复和结构整体性的增强, 通过注入适当的浆液材料, 可以修复和填补结构中的细小裂隙, 避免裂缝的进一步扩展, 并提升建筑的整体强度和抗震性能^[4]。灌浆技术随着工程技术的创新而不断优化, 例如高压喷射灌浆技术能够使浆液更深、更均匀地渗入地基中, 有效提高了灌浆的施工效率和环保性, 使得灌浆过程不仅更加节能环保, 还能适应复杂的工程环境需求。

二、灌浆施工设备与工具

(一) 灌浆泵的类型与选择

根据不同的工作原理和结构特点, 灌浆泵主要可分为往复式泵、隔膜泵和螺旋泵等类型, 往复式泵依赖活塞在缸体内的往

复运动，将浆液不断吸入和排出，是常见的高压小流量灌浆设备，适用于需要较高压力而对流量要求较低的工程，例如需要深层注浆或加固地基的场合，隔膜泵则利用柔性隔膜的周期性变形来推动浆液，使其具有无脉冲、压力稳定的特点，适用于精度较高且要求较少波动的灌浆场合，在需要精确控制压力且浆液具有腐蚀性时也有广泛应用，螺旋泵依靠螺旋杆的连续旋转将浆液向前推进，适合对连续性和均匀性要求较高的灌浆工程，特别适用于大流量且需长时间稳定供浆的施工环境，如填补大面积空隙或灌浆密实度要求较高的地基加固工程^[9]。在选择灌浆泵时，需根据工程的技术要求，综合考虑所需压力、流量以及浆液的物理、化学特性，并结合施工环境的具体条件，如高压需求场合适宜选用往复泵，而在环境较为复杂、要求无脉冲的工程中则适合隔膜泵，而对流量和连续性要求较高的应用可以选择螺旋泵。

（二）注浆管及配件

注浆管其种类、规格及配件的选择和安装对灌浆效果有直接影响，根据使用特性，注浆管可分为一次性注浆管和重复性注浆管两类，一次性注浆管设计为单次使用，施工完成后无需回收，适用于密闭环境或复杂结构的灌浆作业，以确保施工便捷和密封性，而重复性注浆管则可在多次灌浆施工中使用，但需在每次使用后彻底清洗，以保证浆液流通的顺畅和管道内壁的洁净，避免浆液残留影响管道寿命和后续使用效果。注浆管的规格一般根据实际应用需求而定，通常一次性注浆管的内径为8mm，外径为12mm，以便满足较小的施工缝或紧密接缝的灌浆需求；重复性注浆管的内径同样为8mm，但其外径则达到20mm，以应对较高的压力和更长时间的使用需求^[9]。选择注浆管时需考虑灌浆施工的具体条件，包括施工缝、冷接缝、管道渗漏和墙体接缝的具体情况，还需依据注浆压力和浆液的物理化学性质选择合适的管径和材质。注浆管的安装需要相应的配件来确保位置和效果，比如弹簧钢筋骨架能有效固定注浆管的位置，网片可以增强注浆区域的稳定性，防止管道因压力不均导致的变形或移位。

（三）灌浆施工中的其他辅助设备

在灌浆施工中，除了灌浆泵和注浆管之外，还有多种辅助设备共同参与，以确保工程的顺利进行，涵盖了从钻孔到灌浆全过程的各个环节，钻头和钻机是用于钻孔作业的重要工具，能够根据施工要求在不同类型的土壤或岩石中进行有效钻探，确保孔的深度和方向符合设计规范，钻孔完成后，钻孔冲洗设备用于清理孔内的泥沙和杂物，保持孔壁的清洁，以利于浆液的顺利注入，同时防止潜在的沉淀或堵塞问题，浆液搅拌机用于混合浆液，确保其组成均匀，避免因沉淀而影响灌浆效果，尤其是在处理需要添加化学剂的浆液时，搅拌机的作用尤为显著^[7]。在施工过程中，流量计和压力表是实时监测浆液流动状态和压力变化的设备，能够帮助施工人员及时调整灌浆参数，以保证浆液的有效注入和质量控制，防止因流量不足或压力不稳定而造成的施工失误，压力软管和供水管道及阀门是浆液输送的重要组成部分，能够有效连接各个设备，确保浆液的顺畅流动，并便于对流量和压力的调节。孔口封闭器或专用高压灌浆塞则用于封堵孔口，确保

浆液不泄漏，进一步增强灌浆效果，选用合适的辅助设备并合理配置它们，不仅能够提高灌浆施工的效率，还能够很大程度上保证工程质量，确保灌浆过程的安全和可靠。

三、灌浆施工工艺流程

（一）施工前准备

在灌浆施工的工艺流程中，通过对施工区域进行全面的考察，技术人员能够明确灌浆的具体位置和所需深度，不仅涉及土壤或岩石的类型分析，还需评估地下水位和其他可能影响灌浆效果的环境因素，将为后续的施工方案制定提供可靠依据。灌浆材料的选择和检验必须确保所用材料符合相关标准和工程要求，不同的灌浆材料具有不同的物理和化学性质，其性能将直接影响到工程的稳固性和耐久性^[9]。在制定施工方案时，需要对施工方法进行详细规划，包括具体的施工步骤、时间安排以及所需的人力和物力资源。施工现场的安全隐患必须识别和评估，以确保施工人员的安全，在施工设备方面，检查和调试也是准备工作的重要环节，所有设备需在施工前进行全面的维护和测试，以确保其能够正常运转，避免因设备故障导致的施工延误，通过对人员的技能提升和安全意识培养，能够有效提高施工效率，减少安全事故的发生。

（二）灌浆施工过程

灌浆施工过程是整个工艺流程的核心，其步骤的合理性和操作的规范性直接影响到灌浆效果，灌浆施工通常从钻孔开始，钻孔的深度和直径需根据设计要求和地质条件确定，钻孔完成后，进行清孔操作，以清除孔内的杂物和积水，确保浆液能顺利注入^[9]。随后，进行注浆管的安装，注浆管的布置应保证浆液能均匀分布至整个灌浆区域，灌浆材料的配制是施工过程中的关键步骤，需要严格按照配比进行，以确保浆液的性能符合设计要求。灌浆过程中，需要实时监控压力和流量，以调整灌浆速度和压力，防止过灌或欠灌，灌浆完成后，需对注浆孔进行封堵，防止浆液倒流。整个灌浆过程中，应严格遵守操作规程，确保施工安全和工程质量。

（三）施工后处理

在灌浆施工完成后，灌浆区域需接受系统的观测与监测，以全面评估灌浆效果及结构稳定性，监测工作包括沉降和位移的跟踪，结合对灌浆体强度与完整性的检查，以确定其是否达到设计要求并确保其稳固性，若在监测过程中发现异常情况，则应立即开展补救，调整灌浆措施或进行补充灌浆，以确保结构安全和项目质量。与此同时，经过灌浆材料处理的设备需要仔细清理，以免浆液残留对设备造成腐蚀或堵塞，设备维护措施不仅延长设备的使用寿命，也为后续工程提供了保障。场地的清理工作则是最后的整理环节，包含施工废弃物的分类收集与安全处理，且需对施工造成的污染或干扰进行清理和修复，保持现场整洁，以便进行后续管理，整个过程完成后，最终编制施工报告，详细记录施工数据、监测结果和处置方案，为后续验收及长期监测提供科学依据。

四、灌浆施工质量控制

(一) 灌浆施工质量标准

灌浆施工的质量标准通常包含注浆的饱满度、强度、密实性和灌浆体与周围结构的结合度等关键指标，且需与施工前的技术规范和设计参数一致，在具体操作中，通过对灌浆浆液的密度、流动性、凝固时间、浆液成分配比等进行全面检测，以确保其符合要求并适合项目条件，施工中还要求控制压力和灌浆速率，直接影响到浆液的扩散范围与灌浆效果，质量标准的制定需根据工程的具体需求灵活调整，如对于承载力要求较高的建筑结构，需制定较高的密实度与强度标准，而在防渗工程中，灌浆的密封效果则成为重点，严格按照质量标准执行，有助于减少灌浆施工中的缺陷，提高施工的稳定性与安全性。

(二) 施工过程中的质量监控

通过对灌浆量、压力、流速等数据的实时监测，施工团队可以及时发现施工偏差并进行调整，避免灌浆不均或施工缺陷的出现，通常情况下，质量监控分为自动化监测与人工检查两部分，自动化监测能够提供精确的数据支持，确保在不同阶段及时记录施工变化，且有助于大规模灌浆施工中的信息管理，人工检查则可细化对施工细节的把控，包括对浆液流向、扩散范围、渗漏等潜在问题的处理，通过实时监控系统与人工操作的配合，施工团队能及时调整工艺参数，确保施工过程的质量与进度，进而确保最终灌浆体的密实性与强度。

(三) 灌浆施工质量的评估方法

灌浆施工完成后，通过多种方法确保灌浆体的性能符合设计

要求并满足工程的长期稳定性需求，质量评估主要从密实度、强度和饱满度等指标进行测试，以此验证灌浆施工的实际效果^[10]。其中，钻芯取样是一种常用的检测方法，通过对灌浆体样品的强度和完整性进行分析，评估其物理性能是否符合设计参数。此方法能够精确地反映灌浆体的内部状况，对于判断灌浆质量具有高度准确性，采用无损检测技术，如超声波检测和密度测试等手段，能够有效评估灌浆体与周围地基的结合情况。在此过程中，无损检测不仅可以提供灌浆体密度和均匀性的相关数据，还能帮助排查施工过程中存在的空隙或弱层，确保灌浆体的整体稳定性，在防渗要求较高的灌浆工程中，渗透试验作为评估防渗效果的关键方法，通过测试灌浆体的渗透性能以验证其在防水方面的可靠性和耐久性。

五、结论

在现代土木工程建设中，地基加固和结构防渗处理日益成为确保工程质量和使用寿命的关键环节，灌浆施工技术因此得到广泛应用，随着工程规模的扩大和技术要求的提高，灌浆施工技术在设备选择、工艺流程以及质量控制等方面不断发展和优化。本研究通过对灌浆技术的定义、应用设备及工艺流程的系统分析，进一步明确了其在提升工程稳定性和耐久性方面的有效性。此外，基于施工质量控制标准及评估方法的实践探索，有助于提升灌浆施工的整体效果，为土木工程领域的应用与发展提供了坚实的技术支持。

参考文献

- [1] 李阳. 高压旋喷桩灌浆技术在南王水库大坝除险加固中的应用[J]. 小水电, 2024, (05): 77-80.
- [2] 李同. 灌浆法加固技术在桥隧施工中的应用分析[J]. 四川水泥, 2024, (10): 181-183.
- [3] 张天翔. 水利水电工程中灌浆施工技术的应用[J]. 工程建设与设计, 2024, (18): 191-193.
- [4] 王铁. 公路桥梁加固中的灌浆施工技术[J]. 运输经理世界, 2024, (27): 88-90.
- [5] 肖娜. 水泥灌浆技术在住宅建筑地基施工中的应用[J]. 山西建筑, 2024, 50 (19): 88-90.
- [6] 张利, 王玉华, 曹捷. 帷幕灌浆施工技术在水利工程中的应用探究[J]. 农业开发与装备, 2024, (08): 127-129.
- [7] 魏蕊. 深水条件下灌浆施工平台建设技术探析[J]. 河北水利, 2024, (07): 38-39.
- [8] 郭涛. 装配式建筑工程中钢筋套筒灌浆连接施工技术浅析[J]. 中国设备工程, 2024, (14): 211-213.
- [9] 梁英福. 土木工程中灌浆施工技术方法分析[J]. 建材发展导向, 2024, 22 (05): 101-103.
- [10] 陈一林. 水工建筑工程施工中的帷幕灌浆施工技术研究[J]. 珠江水运, 2022, (01): 37-38.