

# 注浆技术在土木工程建筑施工中的应用

何宏兵

淮南市新林建筑工程有限公司，安徽淮南，232095；

**摘要：**注浆技术作为土木工程领域一种关键的地基处理与结构加固方法，通过压力将具有胶结性的浆液注入地层或结构裂隙中，以达到加固、防渗、纠偏、抬升等多重目的。本文首先对注浆技术进行概述，阐述其基本原理与发展历程。其次，系统分析了注浆技术在工艺简单、施工范围小、综合性能高、绿色环保等方面的应用优势。进而，详细论述了静压注浆法、高压喷射注浆法、复合注浆法等土木工程中常用的注浆方法及其适用条件。论文重点探讨了注浆技术的应用要点，包括注浆材料的科学选择、规范化施工流程的遵循以及施工现场管理的严格把控。最后，结合工程实践，具体阐述了注浆技术在墙体结构防渗加固、厨房卫生间防水处理、地下室堵漏与地基加固等典型场景中的应用策略与成效，并对未来发展趋势进行展望。

**关键词：**注浆技术；土木工程；地基加固；防渗堵漏；施工工艺；应用要点

**DOI：**10.69979/3029-2727.25.02.077

## 引言

随着我国城市化进程的加速和基础设施建设的蓬勃发展，土木工程所面临的地质条件和工程环境日益复杂。既有建筑的病害治理、新建工程的地基处理、地下空间的开发利用等，都对工程的耐久性、安全性和稳定性提出了更高要求。在此背景下，注浆技术以其灵活高效、适应性强、效果显著的特点，成为解决诸多工程难题不可或缺的关键技术之一。注浆技术，亦称灌浆技术，其核心是利用液压、气压或电化学原理，通过钻孔或预设管路，将可固化（胶凝）的浆液材料注入到岩土体的孔隙、裂隙或混凝土结构的裂缝、空洞中。浆液经过渗透、填充、挤密、劈裂等作用，在特定范围内扩散、凝固，从而改善岩土体的物理力学性质（提高强度、降低压缩性）、恢复结构的整体性、形成防渗帷幕或实现结构纠偏与抬升。该技术起源于19世纪初的法国，最初用于矿山巷道堵水，后逐步扩展至水坝、隧道、桥梁、建筑地基等广阔领域。在我国，注浆技术经过数十年的研究与实践，已在材料、设备、工艺和理论方面取得了长足进步，形成了较为完整的技术体系，广泛应用于各类新建工程和既有建筑的加固维修中。

## 1 注浆技术概述

注浆技术本质上是一种针对介质缺陷（孔隙、裂隙、空洞）的主动修复与强化手段。其作用机理复杂，主要包括渗透注浆、劈裂注浆、压缩注浆和电动化学注浆等。渗透注浆要求浆液在不改变地层结构的情况下渗入孔隙，适用于砂层等渗透性地层；劈裂注浆则通过较高压力使浆液克服地层的初始应力和抗拉强度，沿弱面形成

脉状或板状浆脉网络，从而挤密和加固地层，适用于粘土、粉土等低渗透性地层<sup>[1]</sup>。

一个完整的注浆工程通常包括以下几个环节：地质勘察与方案设计、钻孔布置、浆液配制、注浆施工、质量检测与效果评估。技术的成功应用高度依赖于对工程地质条件的准确把握、适宜的浆液材料配比、合理的工艺参数（压力、流量、注浆量）以及精细的施工控制。

## 2 注浆技术应用优势分析

相较于其他地基处理或结构加固技术，注浆技术展现出独特的综合优势，这是其在土木工程中得以广泛应用的重要原因。

### 2.1 工艺相对简单，机动灵活

注浆施工过程中所使用的主要设备，例如钻机、注浆泵以及搅拌机等，整体设计相对紧凑，占用空间较小，因此对施工场地的具体要求并不高。这种特点使得这些设备能够在一些狭窄或者受到限制的空间内顺利完成作业任务，展现出较强的环境适应能力。其工艺流程十分清晰明了，操作人员可以根据施工现场的实际情况，灵活地对钻孔的位置进行调整，同时还能根据需求改变注浆的顺序以及相关的参数设置。正是由于这种高度的灵活性，注浆施工方法在众多场景下都具有独特的优势，尤其是在城市密集区域，在建筑内部开展相关工作时，以及针对正在运营中的设施进行维修和加固操作等场景之中，注浆施工都能够发挥出极为重要的作用，有效满足各种复杂条件下的施工需求<sup>[2]</sup>。

### 2.2 施工影响范围小，微扰动

与大面积开挖换填或者桩基施工这样的传统方式相比,注浆作业则呈现出截然不同的特点。注浆作业通常表现为“点状”或者是“线状”的形式,这种独特的作业形态使得它在施工过程中对周边土体所产生的整体扰动相对较小。在实际操作中,通过精确地控制注浆的压力以及注浆的速率,就能够针对特定的深度范围进行精准的加固处理。由于这种精准性,注浆作业对邻近建筑物所造成的影响是能够得到有效控制的,同时对于地下管线以及周围环境所产生的影响也处于可控的范围内。这一系列的特性使得注浆作业非常符合“微扰动”施工的理念,“微扰动”施工理念强调在施工过程中尽量减少对周围环境和既有结构的干扰,而注浆作业凭借其独特的优势恰好满足了这一理念的要求。

### 2.3 综合性能高,用途广泛

注浆技术是一种非常实用且高效的工程技术手段,它具有多种功能和广泛的应用范围。首先,通过将特定的浆液注入地基内部,这一技术能够显著提升地基的承载能力以及整体模量,从而有效解决因地基不均匀而导致的沉降问题。同时,注浆技术还可以快速形成一道防渗止水帷幕,这对于治理各类工程中的渗漏病害尤为关键,尤其是在水利工程、隧道施工以及其他需要防水处理的场景中表现得尤为突出<sup>[3]</sup>。

除此之外,注浆技术还具备纠正建筑物倾斜的功能,当建筑物由于地基问题或其他原因发生偏移时,可以通过精准的注浆操作来进行调整,使其恢复到正常状态。

### 2.4 绿色环保,材料可设计性强

现代注浆材料,如水泥基浆材、化学浆材(改性环氧树脂、聚氨酯等),正朝着环保、低毒、高性能方向发展。通过材料配比设计,可以调整浆液的流动性、凝胶时间、固结体强度及耐久性,以满足不同工程需求。注浆过程无大规模土方开挖,噪音、振动污染小,符合绿色施工要求。

## 3 土木工程中常用的注浆方法

根据注浆原理、施工工艺和设备的不同,土木工程中常用的注浆方法主要分为以下几类:

### 3.1 静压注浆法

这是最传统和应用最广泛的注浆方法。在较低压力(一般小于5MPa)下,将浆液通过注浆管缓慢、稳定地压入目标地层或结构缺陷中。它主要依靠浆液的自重和压力进行渗透、填充。根据注浆管设置方式,可分为花管注浆、袖阀管注浆(可重复分段注浆)、埋管注浆等。

静压注浆适用于砂卵石层、破碎岩体及结构裂缝的填充加固,以及渗透系数较大的地层防渗。

### 3.2 高压喷射注浆法

利用高压泵(通常20-40MPa或更高)将浆液通过带有特殊喷嘴的钻杆喷射而出,高速射流冲击、切割、搅拌原地层土体,同时将浆液与土粒强制混合,形成连续、均匀的圆柱状、板状或扇形状固结体,称为旋喷桩、定喷墙或摆喷墙。该方法形成的固结体强度高、质量可控,尤其适用于软弱土层(淤泥、粉土、砂土)的地基加固和深基坑止水帷幕施工<sup>[4]</sup>。

### 3.3 复合注浆法

指将两种或两种以上注浆工艺结合使用,以发挥各自优势,解决复杂工程问题。常见组合如:静压注浆与高压喷射注浆复合,先利用高压旋喷形成主体加固桩或止水帷幕,再通过静压注浆填充帷幕间可能存在的薄弱区域或处理更深部地层;化学注浆与水泥注浆复合,先注入廉价的水泥浆进行大体积填充,再注入渗透性强的化学浆材进行精细补强和防渗。复合注浆法体现了注浆技术发展的精细化、定制化趋势。

## 4 注浆技术的应用要点

### 4.1 注浆材料的合理选择

材料是注浆技术的物质基础。选择时需综合考虑:

工程目的:以加固为主时,优先选用高强度水泥浆或水泥-水玻璃双液浆;以防渗堵漏为主时,可选用超细水泥、丙烯酸盐或水溶性聚氨酯等;动水堵漏则需选用速凝型聚氨酯浆材。

地质与结构条件:地层的孔隙大小、渗透系数、地下水流速决定浆液的可注性和类型。混凝土裂缝的宽度、湿度影响化学浆材的选取。

环保要求:优先选用无毒或低毒、污染小的环保型浆材,特别是在饮用水源附近或室内工程中。

经济性:在满足性能要求的前提下,进行技术经济比较,选择性价比高的材料。

### 4.2 遵循规范的施工流程

规范的流程是质量的保证,主要包括:

详细勘察与试验:施工前必须进行详细的地质勘察和必要的现场注浆试验,以验证设计参数(浆液配比、压力、扩散半径等)。

精准钻孔:按设计孔位、孔深、角度施工,确保钻孔精度,这是有效注浆的前提<sup>[5]</sup>。

严格制浆:按照经试验确定的配比精确称量,保证

搅拌充分、均匀，防止浆液沉淀或离析。

控制注浆参数：实时监控并记录注浆压力、流量、注浆量。压力应由低到高逐步增加，防止压力骤升导致劈裂失控或结构破坏；流量应平稳，避免过大导致浆液过早凝固堵管。

序次施工：通常采用分段、间隔、跳孔的方式进行注浆，有利于压力消散和浆液均匀扩散。

### 4.3 把控施工现场管理工作

精细化的现场管理是落实施工方案的关键：

人员培训：操作人员需熟悉设备性能、工艺流程和安全规程。

设备维护：确保钻机、注浆泵、搅拌机、监测仪表等设备处于良好工作状态。

过程监控与记录：详细记录每个钻孔、每段注浆的施工参数和异常情况，实现过程可追溯。

应急处理：制定应对冒浆、串浆、压力异常、设备故障等突发情况的预案。

环境保护：妥善处理废弃浆液和冲洗废水，防止污染环境。

## 5 土木工程施工中注浆技术的具体应用

### 5.1 在墙体结构中的应用

墙体裂缝、砌体松散是常见的建筑病害。对于承重墙体的结构性裂缝，可采用高强度环氧树脂浆液进行压力注浆，恢复其整体性和承载力。对于非承重填充墙的裂缝或砌体渗漏，可采用柔性或弹性较好的聚氨酯浆液进行注浆密封，既止水又适应一定的变形。施工时需沿裂缝布置注浆嘴，采用低压慢注的方式，确保浆液充满裂缝。

### 5.2 在厨房、卫生间中的应用

厨房、卫生间是建筑防水的重点和难点部位，管道根部、地漏周边、墙面阴角易发生渗漏。对此类局部、隐蔽的渗漏点，常采用精准化学注浆。使用小型电钻在渗漏点附近钻孔至结构层，埋设专用注浆针头，利用手持式注浆泵将水性或油性聚氨酯浆液注入。该材料遇水膨胀，能迅速堵塞渗水通道，形成弹性止水塞，效果持久。此法无需大规模拆除饰面层，施工快捷，对居民生活影响小。

### 5.3 在地下室中的应用

地下室工程面临复杂的土-水压力环境，注浆技术应用尤为广泛：

底板与侧墙渗漏治理：对于裂缝或施工缝渗漏，采

用与墙体类似的注浆堵漏方法。对于大面积慢渗或湿渍，可能需要进行背水面整体或局部注浆帷幕施工。

后浇带与沉降缝止水：在后浇带混凝土浇筑前，可对先浇部分接茬面进行预注浆处理；对于沉降缝止水带失效引起的渗漏，可采用在缝隙两侧钻孔注浆形成新的止水带的方法进行修复。

地基加固与抗浮处理：当地下室因地下水浮力或地基软弱发生上浮或不均匀沉降时，可通过底板钻孔，采用静压或高压注浆的方式，在底板下形成加固墩体或抗浮锚杆（注浆锚杆），增加抗浮力或补偿地基承载力。

基坑工程：如前所述，高压喷射注浆常用于基坑外围形成止水帷幕；静压注浆可用于封堵支护桩间渗漏、加固坑底软弱土层防止管涌隆起。

## 6 结束语

注浆技术作为一种成熟而富有生命力的土木工程技术，在应对地基加固、防渗堵漏、结构修复等各类工程挑战中发挥着不可替代的作用。其优势在于能将强化材料精准送达需要处理的部位，实现“靶向治疗”，具有工艺灵活、适应性强、综合效益高的特点。

未来，注浆技术的发展将呈现以下趋势：一是材料创新，开发更环保、高性能、智能响应（如自修复）的新型注浆材料；二是工艺智能化与精细化，结合物联网、传感器和BIM技术，实现注浆过程的实时监测、数据反馈与智能控制，提升施工质量和可控性；三是理论深化，借助数值模拟和人工智能，更精确地预测浆液扩散规律和加固效果，实现从“经验型”到“预测型”设计的转变；四是应用领域拓展，在海上风电基础、核电站维护、文物建筑保护、地质灾害防治等新兴或特殊领域发挥更大价值。

### 参考文献

- [1] 刘家俊. 注浆技术在土木工程建筑施工中的应用[J]. 工程技术研究, 2025, 10(22): 59-61.
- [2] 刘金燕. 注浆技术在土木工程施工中的应用[J]. 四川水泥, 2022, (07): 139-141.
- [3] 贾俊峰. 建筑屋面防水技术在土木工程施工中的应用[J]. 中国高新科技, 2021, (05): 75-76.
- [4] 魏海昆. 深基坑支护技术在建筑土木工程施工中的应用分析[J]. 科技创新导报, 2020, 17(20): 139-140+143.
- [5] 党立涛. 注浆技术在建筑土木工程施工中的应用标准探究[J]. 中国多媒体与网络教学学报(上旬刊), 2020, (01): 212-213.