

注浆技术在建筑工程施工中的应用

文 / 田光清 衡宇建设集团有限公司

摘要: 为深入了解注浆技术在建筑工程施工中的应用情况,对其应用领域、难点及应对措施进行了全面探讨。文章重点分析了注浆技术在地基加固、防水防渗、土壤改良与加固以及裂缝修复等方面的应用。同时,指出了浆液选择、注浆深度与均匀性控制、环境因素影响以及施工质量监控等应用难点。通过深入研究,提出了合理选择浆液材料、精确控制注浆参数、加强质量监测以及制定适应环境变化的施工措施等应对策略。结果表明,有效解决注浆技术的应用难点,能够更好地发挥其在建筑工程施工中的作用,保障工程质量与安全。

关键词: 注浆技术; 建筑工程; 地基加固; 施工难点; 应用措施

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.05.027

引言

随着建筑行业的快速发展,建筑工程规模与复杂度不断提升,对施工技术的要求愈发严格。注浆技术作为一种关键的施工手段,在建筑工程中扮演着不可或缺的角色。它广泛应用于地基加固、防水防渗等多个领域,能有效提升建筑结构的稳定性与耐久性。然而,在实际施工过程中,注浆技术面临诸多难题。浆液的合理选择、注浆深度与均匀性的精准控制、复杂环境因素的干扰以及施工质量的有效监控等,都影响着注浆技术的应用效果。因此,深入研究注浆技术在建筑工程施工中的应用,探寻解决应用难点的有效措施,对保障建筑工程质量与安全,推动建筑行业的可持续发展具有重要意义。

一、注浆技术在建筑工程中的应用领域

(一) 地基加固

在建筑工程中,稳固的地基是建筑安全的基石。当地基土质不佳,如存在软土、砂土等情况时,其承载能力与稳定性难以满足建筑需求。注浆技术用于地基加固是利用压力将特定浆液注入地基土的孔隙或裂隙中。例如,水泥浆作为常用的注浆材料,在压力驱使下能填充土体孔隙,随着水泥的水化反应松散的土体颗粒被胶结在一起,形成具有较高强度的整体。在某高层住宅建设项目中,地基为深厚软土层,采用深层搅拌注浆法将水泥浆与软土充分搅拌混合,形成了一系列相互咬合的水泥土桩体大大提高了地基的承载能力,使建筑物能够安全稳定地屹立。这种加固方式有效减少了地基沉降保障了建筑结构的长期稳定性。

(二) 防水防渗

建筑的防水防渗性能关乎其使用寿命与使用体验。无论是地下建筑,如地下室、地下停车场,还是水工建筑,如水池、水坝等,都对防水防渗有着严格要求。注浆技术实现防水防渗的关键在于将具有防水特性的浆液注入混凝土结构内部存在的缝隙、孔洞等缺陷部位。以聚氨酯浆液为例,该浆液具有独特的亲水性与膨胀性。

当聚氨酯浆液与水接触后,能够迅速引发化学反应,在短时间内体积膨胀数倍,从而紧密填充混凝土结构中的缝隙,形成一道连续、致密的防水屏障,有效阻止外界水分的侵入。在地铁隧道建设工程中,由于隧道长期处于地下水位以下的复杂环境,防水工作成为建设的重点与难点^[1]。施工人员通过沿隧道衬砌的缝隙精准布置注浆孔,并采用高压注浆设备将聚氨酯浆液注入缝隙中。经现场检测,注浆后的隧道成功实现了零渗漏,有效避免了因地下水渗漏导致的结构钢筋腐蚀、电气设备短路故障等问题,为地铁的安全、稳定运营提供了有力保障。

(三) 土壤改良与加固

在一些特殊地质条件区域,如湿陷性黄土地区、膨胀土地区等,原生土壤无法直接满足建筑施工要求,需要进行改良与加固。注浆技术在此过程中发挥着关键作用。向土壤中注入特定的化学浆液,如石灰浆、水泥-水玻璃双液浆等,这些浆液会与土壤颗粒发生复杂的物理化学反应。一方面,浆液填充土壤孔隙,减少土体的渗透性;另一方面,化学反应生成的胶结物增加了土颗粒之间的黏聚力,提高了土壤的抗剪强度。在某机场跑道建设项目中,场地土壤为湿陷性黄土,通过分层注浆的方式,对跑道地基进行了加固处理。经过改良后的土壤,有效承载了飞机起降时的巨大荷载保证了跑道的稳定性与安全性。

(四) 裂缝修复

建筑结构在施工或使用过程中,由于温度变化、地基沉降、材料收缩等原因,容易产生裂缝。这些裂缝不仅影响建筑的美观,更可能危及结构安全。注浆技术是一种高效的裂缝修复手段。对于混凝土结构裂缝,根据裂缝的宽度、深度以及所处环境,选择合适的注浆材料。例如,对于宽度较窄的裂缝,环氧树脂浆液因其良好的渗透性与黏结性成为首选^[2]。在施工时,首先对裂缝进行清理,去除杂质与灰尘,然后沿裂缝设置注浆嘴,利用压力将环氧树脂浆液注入裂缝中(如图一所

示)。浆液在裂缝中充分渗透、填充,固化后将裂缝两侧的混凝土牢固黏结在一起,恢复了结构的整体性与强度。在桥梁工程中,经常采用这种方法修复梁体裂缝确保桥梁的承载能力与行车安全。



图一 混凝土裂缝注浆

二、建筑工程施工注浆技术的应用难点

(一) 浆液选择问题

在建筑工程注浆施工中浆液的选择至关重要。不同的工程场景和地质条件对浆液性能要求各异。若选择不当,将严重影响注浆效果。比如,在加固地基时,若地质为砂性土,要求浆液有良好的渗透性以充分填充孔隙。然而,普通水泥浆颗粒较大,难以在砂性土中有效扩散,可能导致加固效果不佳。而在防水防渗工程中,若选用的浆液固化后抗渗性差,无法形成有效的阻水屏障,就无法达到预期的防水目的。此外,浆液的凝结时间、强度发展速度等也是关键因素。在一些对工期要求紧的项目中,若浆液凝结时间过长,会延误后续施工进度;反之,凝结过快则可能来不及充分注浆。同时,不同的浆液价格差异较大,在满足工程质量要求的前提下还需考虑成本因素这使得浆液选择更为复杂。

(二) 注浆深度与均匀性控制

准确控制注浆深度是确保注浆效果的关键环节。在实际施工中,由于地质条件复杂多变,钻孔过程可能遇到软硬不均的地层,导致钻孔偏斜,难以达到设计的注浆深度。而且,若注浆深度不足,无法对深部土层进行有效加固或处理,会影响整个建筑结构的稳定性。另一方面,注浆均匀性同样难以把控。注浆过程中,浆液可能会因土层的孔隙分布不均匀、存在障碍物等原因,出现局部集中或无法充分填充的情况。例如在土壤改良工程中,若浆液分布不均匀,会导致土体局部强度过高或过低,在建筑荷载作用下,容易产生不均匀沉降,进而损坏建筑结构。为实现均匀注浆,需要精确控制注浆压力和流量,但实际操作中由于设备精度、操作人员经验等因素很难保证在整个注浆区域内达到理想的均匀性。

(三) 注浆过程中环境因素的影响

环境因素对注浆施工有着不可忽视的影响。温度方面,在低温环境下,浆液的水化反应会减缓,导致凝结时间延长,强度增长缓慢,严重时可能出现浆液冻结,无法正常注浆。而在高温环境中,浆液水分蒸发过快,可能导致浆液变稠,流动性降低,影响其在土体中的扩散。湿度对注浆效果也有影响,若施工环境过于潮湿,对于一些遇水反应的浆液,可能提前发生反应,降低其有效性能^[3]。此外,地下水的流动也会干扰注浆。在地下水位较高且水流速度较快的区域,浆液可能会被水流稀释或冲走,无法在预定位置固化,从而无法达到加固或防水的目的。周边建筑物的震动、施工场地的地形地貌等,都可能对注浆过程产生不利影响,增加施工难度和不确定性。

(四) 施工质量监控问题

建筑工程注浆施工质量监控面临诸多挑战。首先,目前的检测手段存在局限性。例如常用的钻孔取芯法,只能对局部位置进行检测,无法全面反映整个注浆区域的质量情况。而且取芯过程中,可能因操作不当导致芯样损坏,影响检测结果的准确性。其次,注浆施工过程中的数据记录和分析不够完善。施工人员往往只注重注浆的基本参数,如压力、流量等,而对一些细节数据,如浆液的扩散路径、不同时间段的注浆量变化等记录不详细,难以通过数据分析及时发现潜在的质量问题。此外,质量监控的标准和规范在某些方面不够细化,导致在实际判断注浆质量是否合格时存在一定的主观性。再加上施工人员质量意识参差不齐,部分人员为赶工期可能忽视质量要求,使得施工质量监控难以有效落实从而影响整个建筑工程的质量和安全。

三、建筑工程施工注浆技术难点的应对措施

(一) 合理选择浆液材料

面对复杂工程需求与地质条件合理选择浆液材料是关键。全面勘察地质状况,明确土壤类型、孔隙大小与地下水位等信息。砂性土地基加固可选用水玻璃类浆液,其颗粒细小、渗透性强,能有效填充孔隙,提升地基承载能力。防水防渗工程优先考虑抗渗性良好的聚氨酯浆液(如图二所示),遇水膨胀,能紧密封堵渗漏水通道。工期紧张时,快凝型水泥基浆液可快速达到强度要求,不延误后续施工。同时,需兼顾成本,选择性价比高的材料。例如小型建筑项目,改良后的普通水泥浆可满足工程需求且降低成本^[4]。此外,关注新型材料应用。如纳米材料改性浆液,纳米颗粒能显著提升浆液强度与耐久性。在耐久性要求高的建筑结构中,纳米二氧化硅改性水泥浆增强了黏结力与抗侵蚀能力。还应重视环保性能,传统化学浆液可能含有害物质,可选用植物胶为原料的环保型浆液,既对环境友好又能满足部分性

能需求。而且，针对特殊地质条件，如膨胀土地区，可研发专用的抑制土壤膨胀的改性浆液，确保工程长期稳定。



图二 聚氨酯浆液

（二）精确控制注浆压力与注入量

精确控制注浆压力与注入量对保证注浆效果至关重要。施工前，依据工程设计与地质条件，通过理论计算和现场试验确定合适参数。施工中，采用先进自动化注浆设备，利用传感器反馈数据实时调整注浆压力，确保不同地层下浆液均匀注入。操作人员经专业培训，凭经验根据现场情况调整参数，如钻孔进入空洞时，及时降低压力、增加注入量，保证空洞填充。引入数字化模拟技术，施工前利用软件模拟注浆过程，根据地质模型与设计的要求，预测不同参数下浆液扩散情况，提前优化方案。如大型地下停车场地基注浆，模拟发现地层断层导致浆液分布不均，调整注浆孔布置与参数后避免施工问题。建立实时监测系统，全方位监测压力、流量、地面沉降等数据，无线传输至控制中心，以便及时调整。并且，在不同季节施工时，考虑温度对浆液黏度的影响，动态调整注浆压力，保证注浆效果稳定。

（三）加强施工过程中的质量监测与检测

为确保注浆施工质量，必须加强质量监测与检测。除传统钻孔取芯法，还应结合先进技术，如地质雷达，对大面积注浆区域进行无损检测，清晰显示浆液分布，及时发现质量缺陷。施工中完善数据记录与分析体系，详细记录压力、流量、注浆时间、浆液扩散路径等参数，通过数据库与分析软件，及时发现异常并预警。细化质量监控标准，减少人为判断主观性，加强施工人员质量教育，确保按标准施工。采用声波检测技术，通过分析声波在注浆体中的传播参数，判断其密实度与强度^[5]。在桥梁桩基注浆中能快速准确检测桩身注浆质量，发现空洞或不密实区域。建立质量追溯体系，记录每批浆液、每个注浆孔的施工信息出现问题可追溯源头。引入第三方检测机构定期独立检测，确保结果公正客观。同时，利用大数据分析过往项目质量数据，建立

质量风险评估模型提前预判潜在质量风险。

（四）适应环境变化的施工措施

针对环境因素对注浆施工的影响，需制定相应措施。低温时对浆液预热或添加外加剂，加快水化反应、防止冻结；高温时遮阳、喷水降温，调整配合比保持流动性。潮湿环境中，对遇水反应浆液防潮包装，缩短使用时间。针对地下水流动，注浆前设置止水帷幕降低流速，或采用速凝型浆液快速固化。施工前对周边建筑震动、地形地貌进行评估，优化施工方案，减少不利影响。高海拔地区气压低需调整浆液配方增加稠度与稳定性。临近海边工程，海水侵蚀性强，选用抗海水腐蚀注浆材料，在注浆体表面涂抹防腐涂层。地震频发地区采用抗震性能好的注浆工艺，如设置加强筋。同时，在极端天气条件下，如暴雨后对施工现场进行全面检查，重新评估地质条件，调整注浆参数确保工程安全与质量。

结论

综上所述，注浆技术在建筑工程施工中占据着举足轻重的地位。其广泛应用于地基加固、防水防渗、土壤改良与加固以及裂缝修复等多个领域，为提升建筑结构的稳定性、耐久性与安全性发挥了关键作用。然而，在实际应用过程中，该技术面临着浆液选择、注浆深度与均匀性控制、环境因素影响以及施工质量监控等诸多难点。通过合理选择浆液材料，精确控制注浆压力与注入量，加强施工过程中的质量监测与检测，以及制定适应环境变化的施工措施，能够有效应对这些难点，充分发挥注浆技术的优势。这不仅有助于保障建筑工程的施工质量，减少因注浆不当引发的工程隐患，还能在一定程度上降低工程成本，提高施工效率。随着建筑行业的不断发展，注浆技术也需持续创新与完善，以更好地适应各类复杂的工程需求，为建筑工程的高质量建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1] 陈海洪. BIM技术在建筑工程施工中的应用[J]. 散装水泥, 2024, (06): 107-109.
- [2] 侯文人. BIM技术在建筑工程施工质量控制中的应用研究[J]. 智能建筑与智慧城市, 2024, (12): 79-81.
- [3] 罗器龙. 数字化技术在建筑工程施工中的应用探析[J]. 新城建科技, 2024, 33(11): 108-110.
- [4] 左雨菲. BIM技术在建筑工程施工中的应用研究[J]. 产业创新研究, 2024, (22): 112-114.
- [5] 杨志高. 绿色节能技术在房屋建筑工程施工中的应用[J]. 中国建筑装饰装修, 2024, (21): 84-86.

作者简介：田光清（1989-03），男，汉，安徽六安人，工程师，专科学历，研究方向：建筑工程。