

探讨灌浆法在公路桥梁隧道工程施工中的应用

曾宪志

四川省交通建设集团有限责任公司 四川成都 610000

摘要: 本文聚焦于灌浆法在公路桥梁隧道工程施工中的应用,详细阐述了灌浆法的基本原理、主要类型及其在桥梁基础加固、裂缝修补和隧道施工中的关键技术要点。通过对多个实际工程案例的分析,深入探讨了灌浆法在不同施工场景下的应用效果和优势,同时指出了应用过程中存在的问题并提出了相应的改进措施。旨在为公路桥梁隧道工程中灌浆法的合理应用提供全面的参考,以提高工程质量和延长结构使用寿命。

关键词: 灌浆法;公路桥梁隧道;基础加固;裂缝修补;施工技术

公路桥梁隧道工程是交通基础设施建设的重要组成部分,其质量和安全性直接关系到人民生命财产安全和国民经济的发展。在公路桥梁隧道的建设与维护过程中,常常会遇到各种复杂的地质条件和结构问题,如地基承载力不足、结构裂缝等,这些问题如果得不到妥善处理,将对工程的安全和稳定构成严重威胁。灌浆法作为一种有效的工程技术手段,能够通过向结构内部注入特定的浆液,填充孔隙、加固结构、修复裂缝,从而改善结构的力学性能和耐久性。因此,深入研究灌浆法在公路桥梁隧道工程施工中的应用具有重要的现实意义。

一、灌浆法的基本原理与主要类型

(一) 灌浆法的基本原理

灌浆法是指利用压力或重力作用,将具有流动性和胶凝性的浆液注入到岩土体或结构的孔隙、裂隙中,使其填充、渗透、扩散,经过一定时间后浆液凝固、硬化,从而达到加固岩土体、堵塞孔隙、修复结构缺陷的目的。其核心在于浆液能够有效地填充目标区域的空隙,并且在固化后具有较高的强度和稳定性,与周围介质紧密结合,形成一个整体,共同承受外部荷载。例如,在软土地基处理中,通过向地基中注入水泥浆液,浆液与软土颗粒相互胶结,形成强度较高的结石体,提高了地基的承载力和抗变形能力^[1]。

(二) 灌浆法的主要类型

根据灌浆材料的不同,灌浆法可分为水泥灌浆、化学灌浆和黏土灌浆等。水泥灌浆是以水泥为主要原料,加入适量的水和外加剂配制而成的浆液,适用于岩石地基加固、大坝坝体防渗等工程。化学灌浆则是利用化学

材料如环氧树脂、聚氨酯等作为灌浆材料,具有渗透性强、可灌性好、强度高等特点,常用于混凝土裂缝修补、细小孔隙的加固等。黏土灌浆主要用于堤坝防渗处理,利用黏土的低渗透性和良好的止水性,在堤坝内部形成防渗帷幕。例如,在某水库大坝的防渗加固工程中,采用了水泥-黏土混合灌浆的方式,有效地解决了大坝的渗漏问题,提高了大坝的安全性。

二、灌浆法在公路桥梁隧道工程施工中的应用

(一) 在桥梁基础加固中的应用

1. 提高地基承载力

对于软弱地基上的桥梁基础,灌浆法可以显著提高地基的承载力。通过向地基中注入高强度的水泥浆液,浆液在地基孔隙中凝固,形成坚固的结石体,增大了地基的有效受力面积,从而分散上部结构传来的荷载,防止地基发生不均匀沉降。例如,在某跨海大桥的桥墩基础施工中,由于海底地质条件复杂,存在大量的淤泥质软土层,采用常规的基础形式难以满足承载力要求。施工团队采用了高压喷射灌浆技术,将水泥浆液与土体充分搅拌混合,形成了直径较大的水泥土桩体,极大地提高了地基的承载力,确保了桥墩的稳定性^[2]。

2. 加固既有基础

随着时间的推移和使用荷载的增加,桥梁基础可能会出现老化、损坏等问题,导致承载能力下降。此时,可以利用灌浆法对既有基础进行加固。例如,某老旧桥梁的基础出现了局部掏空现象,影响了桥梁的结构安全。技术人员通过钻孔灌注化学浆液的方法,将浆液注入基础底部的空洞和裂缝中,浆液凝固后填充了空洞,增强

了基础的整体性和承载能力，使桥梁能够继续安全使用。

3. 防止基础冲刷

在河流或其他水体附近的桥梁基础容易受到水流冲刷作用而破坏。灌浆法可以用于加固基础周围的河床，减少水流对基础的冲刷。例如，在某跨河桥梁的基础保护工程中，施工人员在基础周边注入速凝水泥浆液，形成一道坚固的防护屏障，有效抵御了水流的冲刷，延长了基础的使用寿命^[3]。

（二）在桥梁裂缝修补中的应用

1. 表面裂缝修补

对于桥梁结构表面的微小裂缝，可采用表面涂抹灌浆材料的方法进行修补。常用的材料有环氧树脂砂浆等，将其均匀涂抹在裂缝表面，通过材料的粘结性和强度，封闭裂缝，防止水分和有害气体侵入，同时也能恢复结构表面的平整度。比如，在某混凝土连续梁桥的表面裂缝处理中，首先对裂缝进行清理和打磨，然后涂抹环氧树脂砂浆，经过一段时间的固化后，裂缝得到了有效的修补，桥梁的外观和耐久性都得到了改善。

2. 深层裂缝修补

当桥梁结构出现较深的裂缝时，需要采用压力灌浆的方式进行修补。通过在裂缝两侧钻孔，设置灌浆嘴和排气管，然后利用压力将化学浆液注入裂缝深处，使浆液充分填充裂缝空间，并在裂缝内固化。这种方法能够有效地修复深层裂缝，恢复结构的完整性和承载能力。例如，在某预应力混凝土箱梁桥的腹板裂缝修补工程中，由于裂缝深度较大且贯穿整个腹板厚度方向，采用了压力灌注环氧树脂浆液的方法。在灌浆过程中，严格控制灌浆压力和流量，确保浆液能够均匀地充满裂缝。经过修补后的结构检测表明，裂缝得到了有效封堵，箱梁的承载能力和耐久性均满足设计要求^[4]。

3. 内部缺陷修复

除了表面和深层裂缝，桥梁结构内部可能存在蜂窝、孔洞等缺陷。这些缺陷可以通过灌浆法进行修复。例如，在某桥梁承台施工中，发现内部存在蜂窝状缺陷。施工人员通过预埋灌浆管，将高性能水泥浆液注入缺陷部位，使其充满并固化，从而提高了承台的整体性和强度。

（三）在隧道施工中的应用

1. 超前地质预报与加固

在隧道掘进过程中，为了提前了解前方地质情况并确保施工安全，常常采用超前地质钻探和灌浆加固相结合的方法。通过向掌子面前方的围岩中注入灌浆材料，

使浆液渗透到围岩的裂隙中，形成一定厚度的加固区，从而提高围岩的稳定性和自承能力，减少施工过程中可能出现的塌方、涌水等地质灾害。例如，在某山区高速公路隧道施工中，由于地质条件复杂多变，存在较多的断层破碎带。施工方在每次掘进前，都会进行超前地质钻探，并根据钻探结果向前方围岩中注入水泥-水玻璃双液浆，有效地加固了围岩，保障了隧道施工的安全顺利进行^[5]。

2. 衬砌背后注浆

隧道衬砌施工完成后，为了填充衬砌背后可能存在的空隙，保证衬砌与围岩之间的密实性，需要进行衬砌背后注浆。通常采用水泥浆或其他合适的灌浆材料，通过预埋的注浆管将浆液注入衬砌背后。这样不仅可以提高衬砌结构的防水性能，还能增强衬砌与围岩的整体稳定性。例如，在某城市地下隧道工程中，在二次衬砌施工完成后，进行了衬砌背后注浆作业。注浆过程中，严格控制注浆压力和注浆量，使浆液能够充分填充衬砌背后的空隙，经检测，衬砌背后的密实度达到了设计要求，有效提高了隧道的防水和结构安全性能。

3. 治理隧道渗漏

隧道在使用过程中可能出现渗漏问题，影响其正常使用和安全性。灌浆法可以用于治理隧道渗漏。例如，在某铁路隧道渗漏治理工程中，施工人员首先确定了渗漏位置和范围，然后选择合适的灌浆材料（如聚氨酯浆液），通过注浆管将浆液注入渗漏通道中。浆液在压力作用下迅速扩散并填充渗漏通道，最终成功堵住了渗漏点。

三、灌浆法应用中的关键问题与解决措施

（一）关键问题

1. 灌浆材料的选用

不同的工程环境和结构问题对灌浆材料的性能要求不同，如果灌浆材料选择不当，可能无法达到预期的灌浆效果。例如，在有水环境的条件下，若选用普通水泥灌浆材料，可能会因水泥的水化反应受到水的稀释而影响其强度增长；而对于细小裂缝的修补，如果选用粘度较大的灌浆材料，则难以将其注入裂缝深处。

2. 灌浆压力的控制

灌浆压力是影响灌浆效果的重要因素之一。如果灌浆压力过小，浆液无法充分填充孔隙和裂缝；而灌浆压力过大，则可能导致结构破坏、地面隆起等问题。在实际施工中，确定合适的灌浆压力是一个难点。例如，在某建筑地基加固灌浆工程中，由于对地基土的性质和灌

浆范围估计不足，初始设定的灌浆压力偏小，导致部分区域浆液未能有效扩散，后期不得不重新调整灌浆压力并进行补充灌浆。

3. 灌浆效果的检测与评估

由于灌浆过程通常在地下或结构内部进行，具有一定的隐蔽性，如何准确检测和评估灌浆效果是一个关键问题。目前常用的检测方法如钻芯取样、声波检测等都存在一定的局限性，难以全面、准确地反映灌浆效果。

(二) 解决措施

1. 合理选择灌浆材料

在选择灌浆材料时，应充分考虑工程的具体条件，如地质环境、结构特点、灌浆目的等因素。对于有水环境的情况，可选用具有良好抗水性能的灌浆材料，如水泥-水玻璃双液浆；对于细小裂缝的修补，则应选择粘度较低、渗透性较好的化学灌浆材料。同时，还可以通过试验室试验和现场试验相结合的方式，确定最适合的灌浆材料配比和性能参数^[6]。

2. 精确控制灌浆压力

在施工前，应根据工程地质勘察报告、结构设计要求以及以往的施工经验，初步确定灌浆压力的范围。然后在灌浆过程中，通过实时监测灌浆压力、流量、浆液扩散半径等参数，根据监测结果及时调整灌浆压力。例如，在某隧道注浆工程中，采用了自动化的压力控制系统，能够根据预设的压力值和实际监测数据自动调节注浆泵的流量和压力，确保灌浆压力始终处于合适的范围内。

3. 综合运用多种检测方法

为了准确评估灌浆效果，应综合运用多种检测方法。除了传统的钻芯取样、声波检测外，还可以结合无损检测技术如雷达检测、红外热像检测等。同时，建立完善的质量检测体系，制定详细的检测标准和流程，从灌浆材料的检验、灌浆过程的监控到灌浆后的长期观测，全

方位地对灌浆效果进行评估。例如，在某大型桥梁基础加固工程中，除了进行常规的钻芯取样检测外，还采用了雷达检测技术对灌浆区域进行扫描，通过分析雷达波的反射特征判断浆液的分布情况和灌浆效果。经过多种检测方法的综合评估，最终确定了该基础加固工程的质量符合设计要求^[7]。

结束语

灌浆法作为一种重要的工程施工技术，在公路桥梁隧道工程施工中具有广泛的应用前景。通过对灌浆法的原理、类型及其在桥梁基础加固、裂缝修补和隧道施工等方面的应用分析可知，该方法能够有效地提高地基承载力、修复结构缺陷、增强结构稳定性和防水性能。然而，在实际应用过程中也存在一些问题，如灌浆材料选用、灌浆压力控制和灌浆效果检测等。但通过采取合理的解决措施，这些问题可以得到有效解决。

参考文献

- [1] 李佳徐. 公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术的应用[J]. 科技与创新, 2025, (02): 213-215+219.
- [2] 李冰. 灌浆法在公路桥梁隧道工程施工中的应用研究[J]. 运输经理世界, 2024, (28): 92-94.
- [3] 陈京贤. 灌浆法在公路桥梁隧道施工中的应用[J]. 运输经理世界, 2024, (23): 94-96.
- [4] 武正鹏. 灌浆法在公路桥梁隧道工程施工中的应用研究[J]. 大众标准化, 2024 (9): 132-134.
- [5] 谢利利. 解析公路桥梁与隧道施工中灌浆法加固技术的应用[J]. 汽车周刊, 2024 (1): 0133-0135.
- [6] 洪林燕. 公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术探析[J]. 2024 (24): 10-12.
- [7] 潘冬. 隧道施工中灌浆法加固技术的应用分析[J]. 广东建材, 2024, 40 (2): 135-137.