

隧道桥梁施工中灌浆技术的应用

黎中元¹ 夏济晴¹ 陈文伟²

1. 中冶建工集团有限公司 重庆 400000

2. 重庆海发工程项目管理咨询有限公司 重庆 400000

摘要:在现代交通基础设施建设中,隧道桥梁工程的重要性不言而喻。本文围绕隧道桥梁施工中灌浆技术的应用展开论述。先是阐述了灌浆技术的原理与类型,接着介绍施工前的准备工作,涵盖原材料及设备管理、施工现场准备等方面。重点呈现了灌浆技术在不同施工部位及地质条件下的具体应用情况,且从灌浆过程与施工后两方面详细说明了质量控制要点,包括灌浆压力、速度、浆液配比的把控以及强度、防渗性能等检测内容,旨在提升灌浆技术应用水平,保障隧道桥梁施工质量与性能。

关键词:隧道桥梁; 施工中; 灌浆技术; 应用

引言:在隧道桥梁施工领域,灌浆技术起着举足轻重的作用。随着交通基础设施建设不断推进,隧道桥梁的质量要求日益提高。灌浆技术能够有效加固地基、修复结构物、解决防水堵漏等诸多问题。然而,其应用涉及原理理解、准备工作落实、具体应用把握以及质量控制等多方面内容。因此,深入探讨隧道桥梁施工中灌浆技术的应用情况,对保障工程质量、提升隧道桥梁整体稳定性与安全性有着重要意义。

1 灌浆技术的原理与类型

1.1 灌浆技术的原理

灌浆法就是在进行注浆时,利用液压、气压或者电学原理,将能够固化的浆液在较高压力作用下注入到裂缝当中,进而使工程地基的物理性能以及化学性能都得到一定程度的改善。用灌浆法进行基础工程地基加固能够使水泥和其他不同介质的固化浆液在压力作用下通过渗透以及充填等形式形成浆柱体。浆柱体形成之后,与地基相结合,进而形成复合地基,复合地基中的基础地基与浆柱体之间会相互联系并相互作用,使地基的承载能力以及抗沉降能力都得到增强,进而提高地基整体质量。

1.2 灌浆技术的类型

1.2.1 静压灌浆

静压灌浆是一种较为传统的灌浆方式,它主要依靠浆液自身的重力和一定的压力差,使浆液缓慢地渗透到土体的孔隙或岩石的裂缝中。静压灌浆适用于处理较小孔隙或裂缝的地基,能够起到填充、加固和防渗的作用。在隧道桥梁施工中,静压灌浆常用于对地基的浅层加固和初步防渗处理。

1.2.2 高压喷射灌浆

高压喷射灌浆则是利用高压泵将浆液以高速喷射出去,对土体或岩石进行切割、破碎,同时浆液与被切割破碎的土体或岩石颗粒混合,形成新的固结体。这种灌浆方式具有加固效果好、处理深度大等优点。在隧道桥梁工程中,对于处理深层地基的软弱层或者对结构物进行加固时经常采用高压喷射灌浆技术^[1]。

2 隧道桥梁施工前灌浆技术的准备工作

2.1 原材料与设备的管理

2.1.1 原材料的选择与检验

在隧道桥梁施工中,灌浆所使用的原材料主要包括水泥、水、外加剂等。水泥应选择质量稳定、强度等级符合要求的产品,例如普通硅酸盐水泥。在材料进场以后,要对其进行二次检验,确保无质量问题以后才可以使用到工程当中。水的质量也会影响浆液的性能,应采用清洁、无杂质的水源。外加剂的使用则根据工程的具体需求,如为了提高浆液的流动性可以添加减水剂等,并且要对添加的外加剂进行质量检验和适配性试验

2.1.2 设备的维护与调试

灌浆施工需要用到多种设备,如灌浆泵、搅拌机、钻孔设备等。很多设备长时间不用容易出现老化或者是磨损,所以在施工前要对设备进行全面的维护与养护。在设备准备好以后,还要对其运行是否良好进行实验,同时将灌浆压力调整到合适的水平上。例如,灌浆泵要检查其压力输出是否稳定,搅拌机的搅拌速度和均匀性是否满足要求等。

2.2 施工现场的准备

孔位放样 要做好浆液的优化配比,在浆液扩散过程中,其半径要与桥梁隧道的孔洞参数值保持一致,这样才能从整体上使桥梁隧道的孔位放样更加规范、标准。

准确的孔位放样是保证灌浆效果的重要前提，施工人员需要根据设计图纸，使用测量仪器精确确定灌浆孔的位置，并做好标记。

2.2.1 埋设灌浆嘴

当前使用的最为广泛的主要是灌浆盒以及灌浆管两种，而後者的应用范围更加的广泛，灌浆盒则一般使用裂缝的两侧位置上或者是贯穿缝上。在设置灌浆嘴的过程中，要保证每个裂缝的位置上都应该配置了一个进浆孔和排气孔。合理的埋设灌浆嘴可以确保浆液能够顺利地注入到需要处理的部位

2.2.2 封缝

该部分过程中主要是保证灌浆的区域内形成一个真空的环境，为灌浆的实施提供了有效的工作空间。施工的过程中，可以使用水泥砂浆密封裂缝，为了提升灌浆材料和周围材料的黏着力，应该在其表层的位置上涂刷一层环氧脂浆，然后填入必要的水泥砂浆。封缝之后应立即检查其最终的工程效果，保证通风性。

3 灌浆技术在隧道桥梁施工中的具体应用

3.1 不同施工部位的灌浆应用

3.1.1 地基加固中的灌浆

首先根据地基的地质条件与工程要求，选择合适的灌浆材料，如水泥浆、化学浆液等。对于松散的砂土或填土地基，可采用渗透灌浆，使浆液在压力作用下渗透到地基孔隙中，填充并固结土体，提高地基承载力与稳定性。在处理一些裂隙发育的岩石地基时，则运用劈裂灌浆，通过高压使浆液将岩石裂隙劈开并填充，增强地基的整体性。灌浆过程中，精准控制灌浆压力、流量与灌浆量等参数至关重要，压力过大可能破坏地基结构，过小则无法达到预期加固效果，且要通过监测设备实时观察地基的变化，确保灌浆均匀、有效，为隧道桥梁的基础提供坚实可靠的支撑。

3.1.2 结构物加固中的灌浆

结构物加固时的灌浆主要针对已建成的隧道桥梁结构出现的缺陷或强度不足等问题。当结构混凝土出现裂缝或蜂窝麻面等病害时，采用压力灌浆将具有粘结性与高强度的灌浆材料注入其中，修复结构完整性并增强其承载能力。例如，在桥梁梁体出现裂缝时，可沿裂缝钻孔，插入灌浆管，注入环氧树脂类灌浆材料，待其固化后，能有效恢复梁体的整体性，防止裂缝进一步扩展。对于一些因长期受力或环境侵蚀导致钢筋锈蚀的结构，还可通过灌浆对钢筋进行防护，如注入阻锈剂浆液，延缓钢筋锈蚀速度，延长结构使用寿命，保障隧道桥梁结构在运营过程中的安全性与耐久性^[2]。

3.1.3 防水堵漏中的灌浆

对于隧道渗漏，根据渗漏部位与水源情况选择合适的灌浆材料与工艺。如在隧道衬砌背后存在空洞导致渗漏时，采用填充灌浆，将水泥 - 水玻璃双液浆等材料注入空洞，填充并封堵渗漏通道。对于细微裂缝引起的渗漏，则使用化学灌浆，如聚氨酯灌浆材料，其遇水膨胀特性可有效封堵裂缝。在桥梁伸缩缝、桥台等部位渗漏处理中，先对渗漏点进行详细勘察定位，然后钻孔埋管，将防水堵漏灌浆材料高压注入，在渗漏缝隙中形成止水帷幕，防止水分进一步渗透，确保隧道桥梁内部结构免受水害侵蚀，维持其正常使用功能与结构稳定。

3.2 不同地质条件下的灌浆应用

3.2.1 软土地质

在软土地质的隧道桥梁施工中，灌浆技术应用具有独特性。软土通常具有含水量高、孔隙比大、抗剪强度低等特点。首先，灌浆材料多选用水泥 - 膨润土混合浆液，膨润土可改善浆液的流变性能，使其更好地在软土孔隙中扩散。施工时，采用低压、慢速灌浆的方式，避免因压力过大导致软土结构破坏或地表隆起。例如，在软土地基加固中，通过多排灌浆孔布置，以一定的间距和角度向地基内灌注浆液，使软土颗粒逐渐被胶结固化，提高地基的承载能力和稳定性，要密切监测软土地层的变形情况，根据监测数据及时调整灌浆参数，如灌浆压力、灌浆量等，以确保灌浆效果达到预期，有效控制软土地基沉降，为隧道桥梁的安全施工和长期运营奠定基础。

3.2.2 岩石地质

岩石地质条件下的隧道桥梁灌浆应用需依据岩石特性灵活开展。对于坚硬完整的岩石，如花岗岩等，若存在局部裂隙或节理，可采用裂隙灌浆。选用高强度的水泥浆或化学浆液，利用高压将浆液注入岩石裂隙中，增强岩石的整体性和抗渗性。在灌浆过程中，要精确探测裂隙的分布和走向，合理布置灌浆孔，使浆液能够充分填充裂隙。对于破碎的岩石地层，如断层破碎带，则需采用固结灌浆。先对破碎岩石进行一定的预加固处理，然后灌注具有良好胶凝性能的浆液，将破碎的岩石颗粒胶结在一起，形成一个相对完整稳定的岩体结构，提高其抗压强度和弹性模量，以满足隧道桥梁施工对围岩稳定性的要求，减少施工过程中的坍塌、掉块等风险，保障施工安全与工程质量。

4 隧道桥梁施工中灌浆技术的质量控制

4.1 灌浆过程中的质量控制

4.1.1 灌浆压力的控制

在灌浆过程中,必须精准控制压力。若压力过小,浆液难以有效渗透到预定的灌浆区域,无法充分填充孔隙或裂缝,导致加固或堵漏效果大打折扣。例如在地基加固时,可能使浆液无法深入深层地基,影响整体加固效果。反之,若压力过大,可能会破坏隧道桥梁的原有结构,如使衬砌开裂、地基土体发生剪切破坏等。因此,在灌浆前,需根据地质勘察报告、结构设计要求以及现场试验,确定合理的灌浆压力范围。在灌浆过程中,通过安装在灌浆管路上的压力传感器实时监测压力变化,一旦发现压力异常,立即调整灌浆泵的工作参数,确保压力始终处于安全且有效的范围内,保障灌浆施工的顺利进行与工程质量。

4.1.2 灌浆速度的控制

灌浆速度同样对灌浆质量有着重要影响。合适的灌浆速度能保证浆液均匀稳定地注入灌浆部位。如果灌浆速度过快,可能会使浆液在短时间内大量涌入,导致局部压力骤增,引发浆液的不均匀分布,甚至可能冲破薄弱部位造成浆液流失,影响灌浆效果。例如在防水堵漏灌浆时,过快的速度可能使浆液无法在渗漏缝隙中充分填充和固化。而灌浆速度过慢,则会延长施工时间,增加施工成本,还可能导致浆液在灌浆管内凝固堵塞管道。所以,要依据灌浆材料的特性、灌浆部位的具体情况以及施工环境等因素,计算出适宜的灌浆速度。在施工过程中,通过调节灌浆泵的流量来控制灌浆速度,并随时观察灌浆情况,根据实际效果适时调整,以确保浆液能够均匀、连续地注入,达到预期的灌浆质量目标。

4.1.3 浆液配比的控制

浆液配比直接决定了灌浆材料的性能,进而影响隧道桥梁的灌浆质量。不同的工程需求和地质条件需要不同配比的浆液。例如在地基加固中,对于软弱地基可能需要较高强度的水泥浆液,通过调整水泥、水以及外加剂的比例来实现。若水泥含量过高,浆液流动性差,难以灌注且容易产生收缩裂缝;若水泥含量过低,则强度不足。在防水堵漏时,对于细微裂缝可能采用化学浆液,如聚氨酯浆液,其各组分的比例会影响浆液的固化时间、膨胀倍数等性能。若配比不当,可能导致浆液固化过快或过慢,无法有效封堵裂缝,或者膨胀倍数不够,不能完全填充裂缝空间。因此,在灌浆前,要根据工程的具体要求,通过大量的室内试验和现场试验确定最佳的浆液配比,并在灌浆过程中严格按照配比进行配制,同时对配制过程进行严格监督和检验,确保浆液质量稳定可靠,满足隧道桥梁灌浆施工的质量要求^[1]。

4.2 施工后的质量检测

4.2.1 强度检测

施工后的强度检测对于评估隧道桥梁灌浆效果至关重要。对于采用灌浆加固的地基或结构物,常采用多种方法进行强度检测。例如,在地基加固后,可运用平板载荷试验,在灌浆处理后的地基表面放置一定面积的刚性承载板,逐级施加竖向荷载,并测量相应的沉降量,根据荷载-沉降曲线确定地基的承载力是否达到设计要求。对于结构物加固部分,如混凝土梁体或柱体灌浆后,可采用回弹法或钻芯法。回弹法通过回弹仪测定混凝土表面的回弹值,结合相关经验公式推算混凝土的强度;钻芯法则是直接从结构物中钻取混凝土芯样,在实验室进行抗压试验,得出混凝土的实际强度值。通过这些强度检测手段,能够准确判断灌浆后结构的强度提升情况。

4.2.2 防渗性能检测

防渗性能检测是检验隧道桥梁灌浆防水堵漏效果的关键环节。对于隧道衬砌防水灌浆后,可采用压水试验进行检测。在衬砌上选定检测区域,设置进水管和出水管,向衬砌背后的灌浆区域施加一定压力的水,观测在规定时间内内的渗水量。若渗水量在设计允许范围内,则表明防渗效果良好;若渗水量过大,则说明灌浆存在缺陷,可能需要进一步补充灌浆或采取其他补救措施。在桥梁防水堵漏灌浆后,可利用雨后观察或人工模拟降水环境,检查桥梁伸缩缝、桥台等部位是否有渗漏现象,也可采用红外热像仪等无损检测设备,通过检测结构表面的温度差异来判断是否存在渗漏通道,因为渗漏部位与正常部位的温度在热传导作用下会有所不同。

结束语

隧道桥梁施工中的灌浆技术是保障工程质量与耐久性的关键手段。通过对其原理、类型的深入理解,做好施工前细致准备,在不同部位与地质条件下精准应用,并严格把控灌浆过程及施工后的质量检测,能有效解决地基不稳、结构缺陷和渗漏等难题。但灌浆技术仍需不断创新与优化,未来应进一步探索更适配的材料与工艺,结合先进监测技术实现智能化质量管控,以适应日益复杂的隧道桥梁建设需求,推动交通基础设施建设迈向更高质量、更安全可靠的新台阶。

参考文献

- [1]王劲琨.桥梁隧道施工中灌浆技术的应用[J].居业,2019(11):117-118.
- [2]吴添红.桥梁隧道施工中灌浆技术的应用分析[J].江西建材,2019(18):173-174.
- [3]冯博.灌浆技术在桥梁隧道施工中的应用探讨[J].中国设备工程,2019(05):171-172.