

灌浆加固技术在公路桥梁隧道施工管理中的应用

陈超 杜林岚*

四川沿江宜金高速公路有限公司

摘要:公路桥梁隧道工程的施工往往处于复杂环境条件下,且工程比较容易受到地质水文条件、环境温度变化以及外部荷载等多种因素的影响而产生裂缝等病害问题,严重威胁公路桥梁隧道工程整体结构的稳定性和安全性,因此需要采取有效的施工管理措施。灌浆加固是公路桥梁隧道工程施工管理中应用较为广泛的技术方法,能够对结构裂缝病害进行有效地处理,本文将对灌浆加固技术展开研究,以帮助施工单位准确掌握其技术特点,提高技术应用效果。

关键词:灌浆加固技术;公路桥梁隧道;施工管理;技术应用

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.17.065

灌浆加固技术是现阶段我国公路桥梁隧道工程施工管理中较为常用的一项施工技术,在治理公路桥梁隧道表面裂缝、加固桥隧结构等方面具有明显的技术优势。因此,为保证公路桥梁隧道工程的结构安全以及交通的安全畅通,施工单位应加强对灌浆加固技术的研究,充分了解公路桥梁隧道施工中较为常见的各项灌浆加固技术特点以及适用条件,准确掌握灌浆加固技术的施工要点,不断提高施工技术水平。同时,在公路桥梁隧道工程的施工实践中,施工单位应结合病害程度及特点等实际情况合理选择灌浆加固技术方法,制定科学的施工方案,科学确定相关技术参数,提高施工操作的规范性,全面提升施工质量和效率,以确保对公路桥梁隧道工程的裂缝等病害问题进行有效的加固处理,从而为公路桥梁隧道的安全畅通提供更加可靠的保障。

一、概述公路桥梁隧道施工管理中的灌浆加固技术

(一)概述灌浆加固技术

在公路桥梁隧道工程的施工管理中,灌浆加固是一项较为成熟的技术方法。所谓灌浆加固技术也就是通过向裂缝内注入浆液的方式来对公路桥梁隧道结构进行加固的施工方法^[1]。通常在应用灌浆加固技术时需要以钻进成孔方式来施作灌浆孔,之后再利用压密、渗透或者充填等方式促使能够固化的浆液进入不同介质裂缝内部,当浆液进入介质后可以沿缝隙蔓延,并在固化后形成网状的浆柱体,从而达到对介质结构进行加固的目的。应用灌浆加固技术能够有效治理公路桥梁隧道工程的裂缝病害,有效提高公路桥梁隧道工程的结构强度、抗沉降变形能力以及防渗透能力,因此灌浆加固技术在公路桥梁隧道施工管理中得到了广泛的应用。

(二)公路桥梁隧道施工管理中的灌浆加固技术应用

公路桥梁隧道工程在投入运营后,往往会受到通行荷载以及自然环境等因素的影响而产生裂缝等病害问题,这会给公路桥梁隧道工程的整体安全带来较大的风险隐患。因此在公路桥梁隧道的施工管理工作中应科学应用灌浆加固技术进行病害治理。在对公路桥梁工程的裂缝病害进行加固处理时,灌浆加固技术一般用于对桥台裂缝或者墩台裂缝的治理施工。施工单位应充分了解裂缝病害程度,并要根据裂缝的具体成因来采用不同的灌浆方式,以有效充填堵塞裂缝或孔洞,截断渗透水通道,从而改善公路桥梁工程的防渗性能,控制渗透量。同时应用灌浆加固技术还可以使公路桥梁工程的混凝土结构的完整性得到修复,以提高岩土体结构的力学强度,以达到加固的目的,对于保证公路桥梁工程的结构安全具有重要的作用。而在公路隧道工程的施工管理工作中,灌浆加固技术一般是用于对隧道工程的支撑结构或者隧道工程中出现松动情况的表面砌石进行加固处理。施工单位在应用灌浆加固技术时应准确确定病害具体点位和程度,以便制定相应的施工技术方案,选择相应的灌浆防渗。要注意的是,在公路隧道工程的表面砌石加固施工中应用灌浆加固技术时,为避免浆液的流失,对浆液的凝固速度有较高的要求;而在对隧道支撑柱进行加固时,则需要结合实际承重要求来科学地选择浆液材料。

二、公路桥梁隧道施工管理中的主要灌浆加固技术类型分析

目前,在公路桥梁隧道施工管理实践中已经有多种不同类型的灌浆加固技术得到了推广应用。不同的灌浆加固技术在具体的技术特点以及适用条件等方面存在一定的差异,因此施工单位应加强对各类型灌浆加固技术的了解,才能更好地结合公路桥梁隧道施工管理的实际需要选择应用相应的灌浆加固技术。

(一)公路桥梁隧道加固施工中的充填灌浆技术类型分析

在公路桥梁隧道施工管理中还可以采用充填灌浆加固技术对桥梁隧道工程的裂缝以及孔洞等进行填充加固。虽未充填挂机加固技术主要是通过高压向公路桥梁隧道工程的结构裂缝或者空洞中注入浆液材料,以利用浆液将裂缝或空洞充填饱满,并在凝固后形成具有较高结构强度和整体性的结构。充填灌浆加固技术通常用于对公路桥梁隧道工程的沉降变形裂缝等进行加固处理以及公路桥梁隧道工程局部损坏结构体的修复加固。充填灌浆加固技术是公路桥梁隧道施工管理实践中应用较为广泛的一项灌浆加固技术。

（二）公路桥梁隧道加固施工中的电动化学灌浆技术类型分析

在公路桥梁隧道施工管理工作中，施工单位可以根据现场施工的实际情况或者裂缝特点采用电动化学灌浆加固技术。与其他灌浆加固技术相比，电动化学灌浆技术是以电化学理论为原理，并基于电渗排水技术以及传统灌浆技术而发展出来的灌浆加固技术，在应用该技术施工时，应将正负极分别设置于加固目标岩土体结构的两端，其中阳极应为带孔注浆管一端，而阴极则应为滤水管一端。当浆液由阳极被灌入裂缝内后，施工人员应在两极间直流电，且两电极之间的电压梯度通常应控制在 $0.3\text{V}/\text{cm}$ 到 $1\text{V}/\text{cm}$ 之间^[2]。此时孔隙水就会在电渗作用下从阳极向阴极流动，从而使浆液进入孔隙内部并固化，从而达到加固岩土体的目的。电动化学灌浆加固技术可以用于高等级公路桥梁隧道工程的维护施工管理，对于延长使用寿命以及提高工程结构强度具有重要的作用。

（三）公路桥梁隧道加固施工中的压密灌浆技术类型分析

在公路桥梁隧道施工管理中，施工单位还可以应用压密灌浆加固技术进行施工。所谓压密灌浆加固技术也就是向介质裂缝内注入浓稠浆液，并利用高压作用促使浆泡形成。当浆泡直径逐渐加大并扩散时，影响范围内的原岩土体将被浆液所取代，且周围岩土体也会在被压后产生弹性变形，因此密度将明显增加，从而达到加固公路桥梁隧道工程结构以及改善结构整体性、抗变形性能的目的。压密灌浆加固技术一般用于中砂地基的加固处理。当黏土地基中排水条件适宜时也可以应用该技术。当工程区域排水较为困难时，为避免土体中产生高孔隙水压力，应用该技术时应将灌浆速度降低。此外，压密灌浆还可用于公路隧道开挖施工中的邻近岩土体加固处理。

（四）公路桥梁隧道加固施工中的渗透灌浆技术类型分析

渗透灌浆技术是公路桥梁隧道施工管理中一个重要的灌浆加固技术类型。所谓渗透灌浆加固技术也就是在高压条件下促使特殊浆液向裂隙内渗透，从而使凝固后的浆液与介质形成具有较高稳定性的复合结构，以达到提高介质结构承载性能以及结构稳定性的目的。渗透灌浆加固技术凝固适用于复杂地质条件下的公路桥梁隧道工程的施工管理工作，例如对陡峭围岩结构进行加固等。同时，应用渗透灌浆加固技术所形成的复合型结构体具有较高的强度和抗剪能力，因此在公路桥梁隧道施工管理中受到了高度关注。不过渗透灌浆加固技术对技术水平有较高的要求，在一定程度上限制了该项技术的进一步推广应用。

三、灌浆加固技术在公路桥梁隧道工程施工管理中的应用要点分析

（一）公路桥梁隧道施工管理准备阶段灌浆加固技术应用分析

1、详细了解公路桥梁隧道工程情况

在公路桥梁隧道工程的施工管理工作中应用灌浆加固技术时，为保证技术应用科学有效，应做好充分的准备工作。首先施工单位应全面收集公路桥梁隧道工程的各项数据信息，详细工程区域的地质水文条件以及环境特征，准确掌握公路桥梁隧道工程的病害特点，病害成因以及病害程度等实际情况，以便为选择灌浆加固技术类型以及制定施工方案提供可靠的参考依据。

2、制定科学的灌浆加固施工方案

同时，施工单位严格遵守相关施工技术规范要求，结合前期勘察数据制定科学的灌浆加固施工方案。在施工方案中，施工单位应合理选择灌浆加固技术类型，且应根据公路桥梁隧道工程的现场情况确定相关技术参数。必要时可通过现场试验结合模拟分析等方法对各项技术参数加以验证和优化，从而为后续施工提供可靠的指导依据。同时，施工单位应对现场施工人员做好技术交底工作，确保所有人员均能够准确掌握各项施工技术要点和操作规程，为提高灌浆加固施工质量和效率奠定良好的基础。

3、加强对施工材料设备质量的控制管理

此外，施工单位应根据施工方案要求合理配置施工机械设备，并要加强对所有施工原材料质量性能的控制。在采购施工原材料时，施工单位应坚持因地制宜原则确定施工原材料的来源地，并要按照设计标准要求确定施工原材料的种类和规格。为保证施工原材料的质量，施工单位应对供应商的资质和生产能力进行全面的调查了解，且应在施工原材料进场前，指派专业质检人员、技术人员和施工管理人员对施工原材料的数量种类及规格进行核验，且应审核施工材料的出厂证明、产品合格证以及质量检测报告等相关证明文件的真实性和准确性。同时应采取随机抽检方式对施工原材料的各项指标参数进行检测分析。各批次材料均应分别采样检测。检测合格后的施工原材料才能进场使用。进场后的施工原材料应存放于指定地点，且应按照不同的类别、规格等分别码放整齐，并建立清晰的台账，详细记录材料的发放领域领取情况。施工单位还应做好施工原材料的保管工作，防尘、防火、防潮等措施要到位，以避免施工原材料在存放过程中因保管不当而出现质量性能下降的情况，影响灌浆加固效果。

此外，目前在公路桥梁隧道工程中应用灌浆加固技术时一般均需要使用机械设备，而机械设备的质量性能也直接关系到加固施工的质量和效率。因此施工单位应根据现场施工的实际需要合理配置相应的机械设备，以确保设备的型号、规格以及功能均能够与灌浆加固施工要求相适应。为避免机械设备在灌浆加固施工过程中发生故障而影响加固处理效果，施工单位还应指派专业检修人员做好机械设备的维修保养工作，及时发现机械设备的故障隐患，并采取有效的故障排查处理措施，以确保机械设备状态良好，能够满足连续施工的要求。

（二）公路桥梁隧道施工管理阶段灌浆加固技术应用分析

1、合理确定灌浆浆液配比

在公路桥梁隧道工程的施工管理中应用灌浆加固技术时，浆液配合比的合理性将直接关系到加固处理的效果，因此施工单位应加强对浆液配合比的控制。施工单位应以设计配合比为基础，结合公路桥梁隧道工程施工现场的具体地质水文条件、岩土体构造特征、施工环境以及加固要求等多种因素，通过现场试验对配合比进行验证，并可对设计配合比进行适当的优化调整，以更好地适应施工现场的实际情况，从而全面提高灌浆加固施工的质量和效率。

2、浆液制备施工技术应用要点分析

在制备浆液时，施工单位应严格按照配合比准确控制各成分的用量，将混合料搅拌均匀充分，且应合理控制搅拌时间，避免浆液出现沉淀或者离析现象。搅拌浆液时一般应采用低速搅拌方式，且应确保浆液各部分性质均匀一致。在浆液搅拌过程中为实现对浆液密度以及黏度等制备参数进行动态控制，施工单位可以结合自身技术水平等情况采用具有较高自动化以及智能化水平的搅拌控制设备，以便获取浆液的实时数据，从而能够对搅拌速度和时间等参数进行相应的调整。在完成浆液的搅拌后，施工单位应指派技术人员对浆液的流动性等各项工作性能进行检测，检验合格后采用使用。此外，施工单位应结合灌浆加固施工进度合理确定浆液的制备量，以确保浆液在制备完成后的2h内全部使用完毕，以防止浆液长时间静置而产生变质或者凝固等情况，影响灌浆加固施工质量并造成资源的浪费^[3]。

3、钻进成孔施工技术应用要点分析

在公路桥梁隧道工程中应用灌浆加固技术施工时，施工单位首先应准确测定孔位。施工单位应指派专业技术人员，应用具有较高精度的测量仪器设备，按照施工图要求测定灌浆孔的位置，且应清晰孔位。同时，在布孔时还应加强对孔间距的控制，为后续的钻进成孔作业提供可靠的参考依据。

其次，应将钻机安装就位，在完成了孔位的测定后，施工人员应合理选择钻机以及钻具，且应在确认钻机状态良好后将安装在测定的孔位上。在安装钻机时，施工人员应确保对位准确，且水平度和垂直度偏差值均控制在允许的范围内。为保证钻进成孔作业的顺利进行，施工人员还应注意检测钻机基座的承载能力。如基底承载性能较差时，施工人员可以采取垫设枕木或者钢板等方式来进行处理，并要在完成钻机位置的精调后，将钻机固定牢固。

第三，钻进成孔作业要点。在钻进成孔作业时，施工人员应根据事先勘测数据合理选择钻头和钻杆等钻具的种类和规格，且应加强对钻进速度以及角度的控制。钻头钻杆应保持垂直下放，且应避免碰触孔壁而引发塌孔等问题，在钻进过程中如果出现钻机卡顿等问题时，

施工人员应暂停施工，并对卡顿原因进行客观的分析，在故障排除后方可恢复施工。当钻至设计深度时，应及时停止钻进。施工人员应对钻孔位置、孔径大小以及孔壁垂直度等各项指标参数进行复核，并要做好清孔工作，在确认孔底沉渣厚度以及灌浆孔的各项参数均符合设计标准后，才能进行后续的施工作业。

4、安装导管施工技术应用要点分析

在下入导管时，施工人员应首先对导管进行检查，确认导管尺寸规格均与设计标准相符，且外观完好、顺直，无硬性弯折等问题存在后，施工人员还应做好导管内部的清理工作，避免有杂物等堵塞导管。之后施工人员方可将导管置入灌浆孔内。为避免导管在施工过程中受损而出现渗漏等问题，施工单位可以对导管采取必要的包裹加强措施。如需对导管进行接长时，应确保接口严密，无渗漏现象存在。

5、灌注浆液施工技术应用要点分析

在灌注浆液施工前，施工人员应再次复检浆液质量性能，检验合格后方可使用。灌浆过程中，施工人员应合理控制灌浆压力，浆液灌注要饱满充实。同时，施工人员应利用先进的监测设备加强对浆液扩散半径的监测控制，且应注意控制水头和灌浆面标高，以保持加固处理效果。浆液灌注一般应从孔底开始，逐步向上，直至浆液溢出孔口。为进一步提高灌浆加固效果，必要时浆液灌注可分两次进行，施工人员应合理控制两次注浆施工之间的间隔时间，以提高公路桥梁隧道工程结构的稳定性和安全性。

四、结语

公路桥梁隧道结构的稳定性直接关系到公路工程的通行能力和通行的安全畅通，因此应高度重视公路桥梁隧道施工管理工作。在现阶段的公路桥梁隧道施工管理实践中，通过应用灌浆加固技术能够对公路桥梁隧道工程的裂缝病害进行有效的修复处理。因此施工单位应充分了解灌浆加固技术的不同类型以及相关技术要点，以便根据公路桥梁隧道工程的不同情况以及病害的不同特点科学应用相应的灌浆加固方法，使灌浆加固技术能够充分发挥作用，从而有效提高公路桥梁隧道结构的稳定性和安全性。

参考文献

- [1]秦川. 灌浆加固技术在公路桥梁隧道施工管理中的应用研究[J]. 工程管理与技术探讨, 2023, 5(19).
 - [2]陈正军. 灌浆加固技术在公路桥梁隧道施工管理中的应用[J]. 电脑爱好者(普及版)(电子刊), 2020(11): 2410-2411.
 - [3]刘玉虎. 公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术的运用研究[J]. 砖瓦世界, 2020(22): 186.
- 作者简介：陈超（1984-），男，四川省西昌市，汉族，本科，工程师。
- 通讯作者：杜林岚（1995-），男，四川省泸州市，汉族，本科，助理工程师。