

公路工程施工中灌浆技术的应用分析

严迎雪

新疆北新路桥集团股份有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000

[摘要]公路承载我国大部分交通运输流量,对于我国交通建设具有重要意义,但公路路面在施工过程中会出现相关问题,从而缩短了公路的使用寿命。伴随科学技术的不断发展,人类对公路工程的施工技术以及施工质量也提出了更高的要求,来保证公路的正常使用,确保人类的生命财产安全。在公路工程施工过程中,灌浆技术属于一项应用较多的技术,此次研究主要分析公路工程施工中灌浆技术的应用,以此更好地提升工程整体质量。

[关键词]公路工程; 灌浆技术; 应用分析

DOI: 10.33142/aem.v7i10.18216

中图分类号: U445

文献标识码: A

Application Analysis of Grouting Technology in Highway Engineering Construction

YAN Yingxue

Xinjiang Beixin Road and Bridge Group Co., Ltd., Urumqi, Xinjiang, 830000, China

Abstract: Highways carry the majority of Chinese transportation flow and are of great significance to the country's transportation construction. However, related problems may arise during the construction process of highway pavements, which can shorten the service life of highways. With the continuous development of science and technology, humans have put forward higher requirements for the construction technology and quality of highway engineering to ensure the normal use of highways and the safety of human life and property. In the construction process of highway engineering, grouting technology is a widely used technique. This study mainly analyzes the application of grouting technology in highway engineering construction to better improve the overall quality of the project.

Keywords: highway engineering; grouting technology; application analysis

公路在整个运行阶段中会有很多外部干扰因素产生,造成严重病害问题,最为典型的就是沉陷问题。通常情况下,应选择压力灌浆技术进行病害处理达到效果,使得公路恢复正常运行。压力灌浆则是通过压力,通过钻孔把事先配比好的浆液灌入到土体孔隙中,挤出土体中存在的自由水以及空气,使得浆液凝结后可以和土地结合为完整的整体,进而将土地的强度、水稳定性提升,在一定程度上改善物理力学的性质,将沉陷病害问题有效解决^[1]。与此同时,此种路基施工技术还具备较多的优点,因此被广泛应用于实际公路建设中。

1 灌浆技术的原理

灌浆技术原理则是通过压力设备将调配好的浆液注入到路径孔隙、裂缝中,路径在长时间使用以及外部荷载作用下,会形成一定程度的孔隙裂缝,从而对路基的稳定性与承载能力产生影响。注入浆液后会填充空隙,和周围土体形成一个整体,加强路径的密实度与强度,伴随浆液凝固会将松散的土颗粒黏结在一起,将路基力学性能改善,

使其更好承受路面传来的压力。对于土壤结构,灌浆技术可改变土壤的物理性质,不同类型的土壤具有不同颗粒组成以及孔隙率,浆液注入土壤中会置换出土壤空隙中的水分空气,使得土壤颗粒进行重新排列。浆液中的凝结物质在土壤颗粒间形成胶结作用,将土壤的内聚力以及内摩擦角提高,加强土壤的承载能力以及抗变形能力。与此同时,路面基层是路面结构的主要组成,质量会影响路面使用性能,通过灌浆可填充基层中的空隙以及裂缝,以免水分渗入,将基层不均匀沉降减少,为路面铺设提供稳定的基层。

2 公路工程施工方案

2.1 处理区域及灌浆孔布设

在公路工程施工中,处理区域与灌浆孔的布设至关重要。由于本工程回填土质量未达到标准,施工需以回填土为主要处理对象。开挖过程中应加强对回填土施工质量的控制,若其质量不达标,将直接影响公路的整体稳定性与耐久性。因此,在灌浆施工中必须重点针对回填土进行加固处理^[2]。在进行处理区域的确定以及灌浆孔布设中,施

工团队应按照回填土具体情况进行规划,保证灌浆作业可以改善回填土的性能,将密实度与承载能力,为公路工程后续施工以及长期使用奠定基础。此次施工选择普通硅酸盐水泥材料,浆液密度 $1.6\sim1.8\text{g/cm}^3$,详细参数见表 1。

表 1 压力灌浆孔设计参数

项目	孔数(孔·排 ⁻¹)	孔数总量(孔)	孔距(m)	孔深(m)
参数	10	220	2.5	4

2.2 工艺流程

灌浆施工工艺流程为:①灌浆孔测量放样。施工人员应按照设计要求在处理区域准确测放灌浆孔位,并做好标记,为后续施工提供定位依据。②安装并固定钻机。将钻机运输到指定灌浆孔位置,确保其安装牢固,以免在钻孔过程中发生晃动,对成孔质量产生影响。③调整钻机参数。根据公路工程的具体要求以及现场的地质条件调整钻机的角度以及深度参数,确保钻孔符合设计标准。④钻孔作业。依据预定参数将钻机启动,而后进行钻孔,在钻孔中密切关注钻进情况,对可能出现的问题及时进行处理。⑤外管下孔。将预先准备好的外管,缓慢放入钻孔中,并确保外管位置准确无误。⑥浆液材料。将水泥、水等原料按照设计配合比进行搅拌,配制成符合施工性能要求的灌浆浆液。⑦内管下孔。在外管内部安装好内管,为灌浆作业提前做好准备。⑧灌浆处理。通过内管将制备好的浆液注入到钻孔中,填充土壤空隙,加强土体的强度与稳定性。⑨浆液补灌。检查灌浆效果,如存在不饱满的地方,应及时补灌,确保灌浆质量。⑩清理处理。灌浆作业完成后应清理施工现场,整理回收多余的材料与设备,确保施工现场的整洁。

3 公路工程施工中灌浆技术施工内容

3.1 测量放样

公路工程施工中测量放样属于关键环节,测量放样前需要详细勘察施工区域的原始地形、地貌,对相关收集。按照设计图纸以及现场控制点采用测量设备,对灌浆孔的位置进行确定,将控制点引入施工现场,建立施工控制网,确保测量的准确可靠性^[3]。在测量过程中需要做好标记,确定编号、深度等参数,测量中严格按照测量规范操作,并多次复核测量数据,以免出现误差。此外,对测量中的各项数据记录,完成测样后需要经过严格的质量检验,保证各灌浆孔的位置以及间距等符合要求,从而确保公路工程的整体质量。

3.2 钻孔

施工团队需要按照公路工程设计要求以及地质勘察

报告确定钻孔位置以及深度,全面调试钻孔设备,保证设备性能良好,且准备好相关材料与工具,为钻孔作业的顺利进行奠定基础。钻孔中需要严格把控各项参数,采用合适的钻头以及钻进速度,按照不同地质条件调整。软土地层适当降低钻进速度,以免出现坍塌;对于硬岩地层选择合适的钻头并提升钻进压力,确保钻孔效率。与此同时,密切关注钻孔垂直度,通过先进的测量仪器进行监测,对偏差及时纠正,保证钻孔垂直度符合设计标准。钻进中还需进行泥浆护壁工作,泥浆具备稳定孔壁、携带钻渣作用,合理控制泥浆比重以及黏度等指标,按照地质情况与钻孔深度进行调整,将孔内钻渣进行及时清理,以免钻渣堆积对钻孔质量产生影响。完成钻孔后需要进行严格质量检查,对钻孔深度、孔径与垂直度等质保检查,确保钻孔质量满足灌浆施工的需要。

3.3 外管下孔

外管下孔前需全面仔细检查钻孔,保证孔径、孔深以及垂直度符合设计要求,将孔内的杂物清理,确保外管顺利下放,质量检验外管,检查管径、壁厚、连接位置等位置是否达标,确保外管强度以及密封性良好。外管下放过程中应采用适合的方法与专用设备。通常需使用专用起吊设备缓慢吊运外管,并保持其垂直状态,避免与孔壁发生碰撞。下放时需安排专人进行监测,实时掌握下放深度和垂直度;每下放一定长度应及时固定外管,防止其在孔内晃动^[4]。当外管下放至设计深度后,应将外管固定并密封,一般采用水泥浆或其他密封材料填充管壁与孔壁之间的空隙,以增强外管的稳定性,并需检查外管连接部位是否牢固,防止灌浆过程中出现漏浆现象。完成外管下孔后需进行全面检查验收,检查外管下放深度、垂直度、固定情况等各项指标,满足设计标准后方可进行后续灌浆作业。

3.4 浆液调制

调制浆液前需要按照设计要求与现场情况选择原材料,并对原材料进行质量检验,保证其性能符合标准。在浆液调配中准确控制配合比,将公路工程的具体要求、地质条件等进行综合考虑,对水泥与水比例、添加剂用量进行确定。如果配合比不准确会造成浆液性能不佳,并采用专业的搅拌设备确保浆液搅拌均匀,搅拌时间通常要持续数分钟,让各种成分充分融合,搅拌中还要观察浆液的状态是否符合要求。调制好的浆液要具备良好的流动性、稳定性以及凝胶时间,如果发现参数不符合要求,需要及时调整,保证灌装效果。

3.5 清孔

清孔工作通常在钻孔完成后、灌装开始前,清孔的主

要目的是将钻孔内的杂质去除,确保钻孔清洁度。钻孔方法按照钻孔方式以及地层情况不同主要为换浆清孔法,向孔内注入新鲜泥浆,有效置换孔内含有大量钻渣泥浆,此种方法操作简单,有效降低孔内泥浆的含砂率。清空中需要严格控制各项指标,孔内泥浆比重、粘度以及含砂率属于重要的控制参数,泥浆比重过大增加灌浆难度与成本,比重过小会出现塌孔,通常情况下公路工程中清孔后的泥浆比重应在1.03~1.10之间。

4 压力罐装施工技术要求

4.1 施工材料

水泥作为压力罐装施工的关键材料,一般选择硅酸盐水泥,水泥需要具备良好的安定性以及凝结时间,安定性不良会造成灌浆体后期膨胀开裂,对公路结构稳定性产生影响。选择细料时,应选用坚硬的天然砂,将含泥量控制在3%以内。合适的砂粒径能保证灌浆料的和易性,在压力作用下更好地填充孔隙^[5]。为改善灌浆料性能,通常需添加外加剂,其减水剂的应用可减少灌浆料用水量,提升其流动性与强度,防止出现收缩裂缝。与此同时,水的质量也不容忽视,需要采用清洁、无污染的饮用水,污水、含硫酸盐等有害物质的水会对水泥水化反应产生影响,将灌浆料的性能降低。材料进场时需要进行严格检验,保证其质量符合要求,储存过程中做好防潮、防雨等措施,以免材料变质。

4.2 施工机具设备

钻机作为压力罐装施工前期钻孔的关键设备,可按照施工要求在公路指定位置钻出孔洞,为后续灌浆做好准备。不同地质条件对钻机要求不同,软土地质应选择扭矩较小、转速较快的钻机,确保钻孔效率和孔壁稳定性。岩石地质需要采用高功率、大扭矩的钻机,确保可以穿透坚硬岩石。另外,钻孔深度、直径以及垂直度均需要符合设计标准,不然会对灌浆效果产生影响。除此之外,灌浆泵是压力罐装施工中输送浆液的核心设备,将配置好的浆液通过管道输送到钻孔中,并增加相应的压力,使得浆液充分填充孔洞。灌浆泵性能可直接影响灌浆质量,流量与压力需要按照不同施工阶段进行调整,灌装初期可以适当降低压力,增大流量;灌浆后期需要密实浆液,将压力提高,以免影响工程进度。

4.3 制浆

制浆基础内容为材料选择,应选择质量稳定和强度等级符合设计要求的产品,并对其进行严格检验,保证各项指标达标。对于外加剂需要按照工程的具体需求以及地质条件合理选用,其性能与质量同样需要经过严格把控,应

采用清洁、无杂质的水,以免水中的有害物质影响浆液性能。此外,制浆过程需要按照操作规范,依据设计配合比正确称量各种材料,控制误差在极小范围内,将水泥、外加剂等干料充分搅拌,而后缓慢加入水,一边加水一边搅拌,保证浆液的均匀性以及稳定性,一般机械搅拌时间应大于规定时间,保证浆液结块。完成制浆后检测浆液,检测浆液的密度、粘度、析水率,当各项指标均符合设计要求时浆液才能用于压力罐装施工,在储存以及运输浆液时要采取有效的措施防止浆液离析和沉淀,保证浆液在使用时性能稳定。

4.4 灌浆压力与方法

确定灌浆压力需要考虑多方面因素,不同的地质基层其孔隙率、渗透率差异较大,在松散砂质土层中,以免浆液过度扩散,通常控制在0.3~0.5MPa。另外,灌浆深度也会对压力大小产生影响,深度越深说明浆液输送阻力越大,因此所需压力则越高。灌浆法根据灌浆孔中灌浆程序的不同,主要分为一次灌浆法以及分段灌浆法,一次灌浆法用于地质条件相对均匀路段,一次性将浆液灌入到钻孔内,操作简单以及施工效率高。施工过程中需要保证灌浆管底端到达孔底,而后缓慢注入浆液,直至孔口返浆;分段灌浆主要用于较深或地质条件复杂的情况,将钻孔按照一定长度分段,逐段进行灌浆。每段灌浆前需要对此段进行清洗以及压水试验,确保灌浆效果。灌浆过程中从孔底开始逐渐向上灌浆,每段灌浆完成后需要等待一定时间,待浆液凝固后再进行下一阶段施工。此外还有纯压式灌浆,将浆液直接压入钻孔,操作简单,可用于吸浆量大、有大裂隙的地层。公路工程中,如地基存在较大缝隙,纯压式能快速填充缝隙,提升地基的稳定性。

4.5 钻孔

钻孔前需要进行准确测量以及定位,技术人员应按照设计图纸,并与现场实际情况结合,采用专业测量工具确定钻孔具体位置与深度,严格控制定位误差,保证压力罐装的正确性。而后按照公路工程的地质条件以及设计要求选择合适的钻机,软土地层可用轻便且机动性能好的钻机,坚硬岩石地层需要采用大功率、高转速钻机,并定期检查以及维护钻孔设备,保证性能稳定。钻孔过程中,需要控制钻进速度以及方向,如果速度过快容易造成偏差,过慢会降低施工效率。通常情况下,按照地层情况合理调整钻进速度,并做好钻进方向监控,及时调整偏差,确保钻孔的垂直度以及方向准确性。

4.6 灌浆施工结束标准

以灌浆压力方面而言,当灌浆压力达到预算设置的设

计压力，在此压力下保持压力稳定，以此作为结束标准，一般需要维持 10~15min，只有压力稳定才能确保浆液充分填充到孔隙与裂缝中，使得灌浆达到预期效果。以灌浆量角度分析，单位时间内的灌浆量会逐渐减少，达到设计规定的最小灌浆量时考虑结束灌浆，当灌浆量降低到每分钟 10L，表示孔隙基本被填满，继续灌浆会造成浪费，从而对周围土体产生不良影响。

5 结语

就目前而言，我国公路施工中灌浆技术逐渐成为一项处理地基加固、裂缝修复及防渗堵漏等关键问题的常见施工技术，并对公路的施工进度以及整体质量起到关键作用，此技术通过相关设备进行压力灌入施工，充分挤出土体内部的空气、水分，有效提升路基结构强度，将病害问题消除，消除公路病害问题，保证高速公路运行效果。

【参考文献】

- [1] 谢志丹.灌浆加固技术在公路桥梁隧道施工中的应用[J].工程技术研究,2025,10(20):59-61.
 - [2] 杨鹏鹏.公路桥隧工程施工灌浆法加固技术应用分析[J].运输经理世界,2025(22):77-79.
 - [3] 樊海剑.公路施工中灌浆技术的应用研究[J].四川建材,2022,48(3):152-153.
 - [4] 赵宏伟.公路桥梁隧道施工中灌浆法的应用[J].运输经理世界,2021(5):101-102.
 - [5] 于春生.公路桥梁隧道工程施工中灌浆法加固技术要点研究[J].建筑技术开发,2020,47(8):28-29.
- 作者简介：严迎雪（1995.9—），女，毕业院校：成都理工大学；所学专业：土木工程，当前就职单位：新疆北新路桥集团股份有限公司，职务：材料员，职称级别：助理工程师。