

高速公路施工中地聚物注浆技术的应用分析

宋 健

中交基础设施养护集团宁夏工程有限公司 宁夏 银川 750200

摘 要：随交通量迅猛增长与高速公路服役年限递增，路面沉降、裂缝等病害频发，传统维修方式成本高且影响通行。本文聚焦高速公路施工中地聚物注浆技术的应用。首先阐述该技术具有高强度、高流动性、高稳定性、耐久性好、施工方便及环保节能等特性。接着深入分析其在软土地基加固、路基病害处治、路面基层修复、边坡防护等多方面的应用。同时指出技术应用中存在原材料稳定性差、浆液性能调控难、施工工艺适配性低、质量检测体系不完善等问题。最后针对这些问题提出优化原材料预处理工艺、研发新型外加剂、构建适配性施工工艺、完善质量检测技术等优化对策，为该技术在高速公路施工中的推广应用提供参考。

关键词：高速公路；施工；地聚物注浆；技术应用；问题与对策

引言：在高速公路建设不断推进的过程中，施工质量和工程耐久性愈发受到重视。高速公路常面临复杂地质条件和多样病害问题，如软土地基沉降、路基裂缝、路面基层脱空等，传统处理方法存在诸多局限。地聚物注浆技术作为一种新型材料与技术，凭借其独特性能优势，在高速公路施工中展现出巨大潜力。它不仅能有效改善工程结构性能，还能在一定程度上降低成本、减少对环境的影响。深入研究地聚物注浆技术在高速公路施工中的应用，对于提升高速公路建设质量、保障行车安全以及推动行业技术进步具有重要意义。

1 高速公路施工中地聚物注浆技术的特性

1.1 高强度

地聚物注浆材料具有高强度特性。在高速公路施工中，其固化后能形成高强度的胶凝体，可有效承受车辆荷载及地基附加应力。相比传统注浆材料，在相同养护条件下，地聚物注浆材料强度提升显著，能为道路结构提供可靠支撑，增强整体稳定性，延长道路使用寿命。

1.2 高流动性

该技术所用浆液具备高流动性。在注浆过程中，浆液能凭借自身良好流动性，顺利渗透到高速公路地基、路基等部位的细微孔隙和裂缝中，实现均匀填充。即使面对复杂地质条件或狭窄空间，也能充分扩散，确保注浆效果，为工程质量提供坚实保障。

1.3 高稳定性

地聚物注浆材料展现出高稳定性。在高速公路复杂的使用环境下，它不易受温度、湿度变化以及化学物质侵蚀的影响，能长期保持性能稳定。无论是高温酷暑还是严寒冰冻，亦或是处于酸碱等特殊环境，都能维持良好的物理和化学性质，保障道路结构安全。

1.4 耐久性好

此技术具有出色的耐久性。地聚物注浆材料形成的结构紧密，能有效抵抗水分、氧气及其他有害物质的侵入，减缓材料的腐蚀和老化速度。在高速公路长期运营过程中，可大大降低因材料损坏而导致的维修频率，减少维护成本，确保道路长期保持良好的使用性能。

1.5 施工方便

地聚物注浆技术施工操作简便。其浆液配制过程相对容易控制，对施工设备和人员技术要求并非极高。在施工现场，可快速完成注浆作业，且施工过程受外界因素干扰较小，能根据工程进度灵活调整施工安排，有效缩短工期，提高施工效率。

1.6 环保节能

该技术符合环保节能理念。地聚物注浆材料多采用工业废渣等作为原料，减少了天然资源的开采，降低了对环境的破坏。同时，在生产和使用过程中，能耗较低，且不会产生大量有害废弃物，有助于减少碳排放，实现高速公路建设的绿色可持续发展^[1]。

2 高速公路施工中地聚物注浆技术的应用分析

2.1 软土地基加固中的应用

(1) 水分吸附与固化作用。在高速公路软土地基加固中，地聚物注浆技术能发挥显著的水分吸附与固化作用。软土地基含水量高、孔隙大，地聚物浆液注入后，其独特的化学成分可迅速吸附周围水分，降低地基含水量。同时，浆液与软土中的颗粒发生化学反应，逐渐固化形成具有一定强度的凝胶体。这种固化作用将松散的软土颗粒胶结在一起，增强了土体的整体性和稳定性，有效提高了软土地基的承载能力，减少地基沉降，为高速公路的稳定运行提供坚实基础。(2) 抗渗性提升作

用。地聚物注浆技术可大幅提升软土地基的抗渗性。软土本身渗透性较强,易导致水分渗透引发地基病害。当地聚物浆液注入软土地基后,会填充土体孔隙,形成致密的阻水屏障。浆液固化后,其结构紧密且化学性质稳定,能有效阻止水分渗透。这不仅避免了因水分侵入导致的地基软化、强度降低等问题,还能防止地下水对高速公路结构的侵蚀,保护道路基层和路面免受水损害,延长高速公路的使用寿命,保障行车安全。

2.2 路基病害处治中的应用

(1) 路基沉降处治。在高速公路路基沉降处治中,地聚物注浆技术优势明显。当路基出现不均匀沉降时,将地聚物浆液通过注浆管精准注入沉降部位。浆液凭借高流动性,能充分填充沉降产生的空隙。随着浆液固化,其高强度特性逐渐显现,可有效抬升下沉路基,恢复路基的平整度和承载能力。而且,地聚物注浆后与周围土体紧密结合,形成一个整体,增强了路基的稳定性,防止沉降进一步发展,保障高速公路的安全畅通,减少因沉降引发的交通事故和维护成本。(2) 路基裂缝处治。对于高速公路路基裂缝,地聚物注浆技术是有效的处治手段。先对裂缝进行清理和探测,确定注浆位置和深度。然后将地聚物浆液注入裂缝中,浆液的高流动性使其能深入裂缝内部,填充每一处细微空隙。固化后的浆液强度高、稳定性好,能与路基土体良好粘结,增强裂缝部位的强度和整体性。同时,地聚物注浆还能防止水分和杂质进入裂缝,避免裂缝因外界因素影响而进一步扩展,有效延长路基使用寿命,确保高速公路的行车安全。(3) 路基空洞处治。高速公路路基空洞严重威胁行车安全,地聚物注浆技术可有效解决这一问题。施工时,利用钻孔设备在空洞周围布置注浆孔,将地聚物浆液注入空洞。浆液在压力作用下迅速填充空洞空间,其高稳定性可保证填充后的结构不会轻易变形。固化后的地聚物形成坚实的支撑体,与周围路基土体紧密结合,恢复路基的承载能力。该技术还能对空洞周边可能存在的隐患区域进行加固,防止新的空洞产生,从根本上消除路基空洞带来的安全隐患,保障高速公路的稳定运行。

2.3 路面基层修复中的应用

(1) 基层脱空修复。在高速公路路面基层脱空修复中,地聚物注浆技术效果显著。先通过专业检测设备精确定位脱空区域,确定注浆孔位置与间距。随后将地聚物浆液以合适压力注入脱空部位,浆液凭借高流动性迅速填充脱空空间,排除内部空气。随着浆液固化,其高强度特性使脱空区域与周围基层紧密结合,形成一个整

体,有效恢复基层的承载能力,防止路面因脱空进一步出现裂缝、沉降等病害,延长路面使用寿命,保障车辆行驶的平稳性和安全性。(2) 基层松散修复。对于高速公路路面基层松散问题,地聚物注浆技术是理想的修复方案。施工时,对松散基层进行清理和预处理,然后布置注浆管。将地聚物浆液注入松散基层,浆液渗透到基层材料的孔隙中,与松散颗粒发生胶结作用。固化后,地聚物将松散的基层颗粒牢固粘结在一起,增强基层的密实度和整体性,提高基层的强度和稳定性。这种修复方式施工简便、效果持久,能有效解决基层松散导致的路面病害,提升高速公路的通行质量。

2.4 边坡防护中的应用

(1) 边坡土体加固。在高速公路边坡防护里,地聚物注浆技术对边坡土体加固效果突出。施工时,按一定间距和深度在边坡钻孔,将地聚物浆液注入土体。浆液凭借高流动性渗透到土体孔隙与裂隙中,与土颗粒发生物理化学反应。固化后,形成具有较高强度的网状结构,把松散土体紧密连接,增强土体凝聚力与内摩擦力。这不仅提高了边坡土体的抗剪强度,还提升了其整体稳定性,有效抵御雨水冲刷、地震等外力作用,防止边坡滑坡、坍塌,保障高速公路安全运营。(2) 边坡裂缝封堵。高速公路边坡裂缝若不及时处理,会威胁边坡稳定。地聚物注浆技术是封堵边坡裂缝的有效手段。先清理裂缝表面杂物,确定注浆位置。接着将地聚物浆液注入裂缝,其高流动性使浆液能深入裂缝内部,填充每一处细微空隙。固化后,浆液与裂缝周边土体紧密粘结,形成坚固的封堵体,阻止水分和空气进入裂缝,避免裂缝因冻融循环、化学侵蚀等进一步扩展,维护边坡结构的完整性,确保高速公路边坡长期稳定^[2]。

3 地聚物注浆技术在高速公路施工中的现存问题

3.1 原材料稳定性差,性能波动大

地聚物注浆技术所用原材料来源复杂多样,不同产地、批次的工业废渣等原料,其化学成分、矿物组成和粒度分布差异显著。即便同一来源的原料,也会因生产工艺的微小变动,导致性能出现波动。这使得制备出的地聚物浆液强度、凝结时间等关键性能指标不稳定,在高速公路施工中,难以保证每一处注浆部位都能达到预期的加固效果,给工程质量带来潜在隐患。

3.2 浆液性能调控难度大,适配性不足

高速公路施工环境多变,不同工程部位对地聚物浆液性能要求各异。如软土地基加固需要浆液具有较长的凝结时间和良好的流动性,而路面基层修复则要求浆液快速凝结且强度发展快。但目前浆液性能调控手段有

限,难以根据具体工况精准调整浆液的各项性能参数,导致浆液与实际工程需求的适配性不足,影响注浆效果和工程质量。

3.3 施工工艺适配性低,标准化缺失

高速公路各路段地质条件、病害类型千差万别,但现有的地聚物注浆施工工艺缺乏针对性适配。施工人员往往凭借经验选择施工参数,如注浆压力、注浆量等,缺乏科学依据。同时,行业内尚未形成统一、规范的施工工艺标准,不同施工单位的操作方法差异较大,使得施工质量参差不齐,难以保证地聚物注浆技术在高速公路施工中的有效应用和工程质量的一致性。

3.4 质量检测体系不完善,评价标准缺失

目前,地聚物注浆技术在高速公路施工后的质量检测缺乏全面、系统的体系。现有的检测方法多借鉴传统注浆技术,无法准确反映地聚物注浆体的独特性能,如地聚物的微观结构和长期耐久性等。而且,没有科学、统一的质量评价标准,对于注浆效果的好坏缺乏明确的判定依据,难以对工程质量进行客观、准确的评估,不利于及时发现和处理潜在的质量问题^[3]。

4 地聚物注浆技术在高速公路施工中的优化对策

4.1 优化原材料预处理工艺,保障性能稳定

高速公路地聚物注浆对原材料稳定性要求高。当前原材料因来源、批次不同,性能波动大。优化预处理工艺迫在眉睫,可建立严格筛选机制,按化学成分、粒度等分级存放。采用先进研磨设备,精准控制原料粒度,增强反应活性。同时,运用高温煅烧等手段,改善原料内部结构。通过这些预处理措施,能有效减少原料性能差异,使制备的地聚物浆液性能更稳定,为高速公路注浆施工提供可靠的材料基础,确保工程质量均匀性。

4.2 研发新型外加剂,提升浆液性能调控精度

高速公路施工场景多样,对地聚物浆液性能要求各异,但现有调控手段有限。研发新型外加剂是提升调控精度的关键。针对不同工程需求,开发能精准调节浆液凝结时间、强度增长速率和流动性的外加剂。通过实验室小试、现场中试等反复试验,优化外加剂配方。新型外加剂的应用,可使浆液性能更贴合实际工况,实现精准调控,提高地聚物注浆技术在高速公路施工中的适应性和加固效果。

4.3 构建适配性施工工艺,推进标准化建设

高速公路地质条件和病害类型复杂,现有地聚物注浆施工工艺适配性低且缺乏标准。需依据不同地质和病害情况,构建适配性施工工艺。通过大量现场试验和数据分析,确定最佳注浆压力、注浆量、注浆顺序等参数。同时,推进标准化建设,制定详细的施工操作规范和质量验收标准,对施工人员进行专业培训。这能提高施工质量和效率,减少人为因素影响,保障地聚物注浆技术在高速公路施工中的规范、稳定应用。

4.4 完善质量检测技术,建立评价标准

目前地聚物注浆质量检测体系不完善、评价标准缺失,影响工程质量评估。要完善检测技术,引入无损检测、微观结构分析等先进手段,全面检测注浆体的强度、密实度、耐久性等性能。在此基础上,结合高速公路实际使用要求,建立科学合理的质量评价标准,明确各项指标的合格范围和权重。通过完善检测技术和建立评价标准,能准确评估注浆质量,及时发现和处理问题,为高速公路的安全运营提供有力保障^[4]。

结束语

在高速公路施工领域,地聚物注浆技术凭借其环保、高效、性能优异等突出优势,展现出广阔的应用前景与巨大潜力。尽管当前在原材料稳定性、浆液性能调控、施工工艺适配及质量检测等方面仍存在问题,但通过优化原材料预处理工艺、研发新型外加剂、构建适配性施工工艺以及完善质量检测技术等一系列针对性优化对策,能够有效克服这些难题。随着技术的持续创新与完善,地聚物注浆技术必将在高速公路建设中发挥更为重要的作用,为提升高速公路工程质量、保障交通安全与稳定运营提供坚实有力的技术支撑。

参考文献

- [1]李腾.注浆技术在高速公路桥梁施工阶段的运用及技术要点[J].交通世界(中旬刊),2021(9):184-185
- [2]石峰.高速公路桥梁施工中注浆技术的应用探讨[J].建筑·建材·装饰,2022(12):80
- [3]张鸿燕.高速公路桥梁施工中注浆技术的应用与实施要点阐释[J].建设科技,2022(13):127
- [4]聂永杰.论高速公路桥梁施工中注浆技术的应用[J].科技传播,2021,(21):208-210.