

公路大修工程中路基加固技术应用研究

张 华

榆林市公路局靖边公路段 陕西 榆林 718500

摘 要：公路长期运营会受行车荷载与自然环境双重影响，路基易产生沉降、开裂、水损等各类病害，造成结构稳定性与承载能力持续下降，影响道路通行品质与服役年限。本文结合公路大修工程实际工况，梳理路基典型病害的外在表现与形成核心机理，系统分析换填压实、压力注浆、土工材料铺设及深层固化四类主流加固工艺的应用要点。依托各类技术的施工特性与适用场景，总结适配性施工方法，为老旧公路路基大修提质提供技术参考。

关键词：公路大修；路基病害；加固技术

引言：路基是公路结构的核心承重主体，结构完整与性能稳定是保障道路安全通行的基础条件。多数老旧公路经过长期服役，土体结构持续劣化，各类路基病害频繁滋生，逐步影响道路整体使用性能。针对路基病害开展针对性整治与结构加固，是公路大修工程的核心内容。结合常见路基损伤类型，适配科学合理的加固工艺，能够有效修复路基结构缺陷，延缓道路老化速度，提升公路整体服役质量。

1 公路大修工程路基加固技术研究概述

自然环境的持续侵袭以及往来的车辆碾压作用，会让现役公路路基结构产生持续性的性能损耗，造成整体稳固性逐步弱化，干扰道路通行的平顺状态，缩短道路正常服役周期。路基承担着公路上部结构的全部荷载传递任务，自身承载性能与结构稳定性，是维系道路正常通行状态的根本条件，也是老旧公路大修改造过程中需要重点整治的结构部位。长期投入使用的公路，路基土体内部会不断积攒形变隐患与结构损伤，慢慢衍生出不均匀沉降、表层开裂、土体浸水松软等多种结构问题，间接破坏路面铺装层的完整状态，削弱道路整体通行体验。路基加固工艺主要依托现场针对性处理方式，改良原有路基土体的物理特性，调整结构内部受力分布，修复路基存在的各类结构损伤，从根本上增强路基承载性能与抗形变能力。现代交通通行体量不断增长，对公路路基的耐久性能与结构稳固程度有着更为严苛的建设标准。合理匹配不同工况对应的加固工艺，规范现场施工处理流程，能够有效改善老旧路基的工作状态，抑制各类路基病害的持续发展与扩散，稳固公路整体结构性能^[1]。这类技术处理方式可以夯实道路基础结构条件，保障后期路面施工质量，延长道路整体服役寿命，全面

提升公路工程的整体使用效能。

2 公路大修工程路基常见病害及形成机理

2.1 路基沉降病害表现

公路路基在长期运营过程中，土体自身物理状态会不断发生改变，叠加行车荷载的反复作用，结构内部会逐渐产生竖向变形积累，最终形成沉降缺陷，这类问题在老旧公路大修作业中出现频次极高。路基沉降的实际表现形式存在明显差异，可依据变形分布特征划分为全域均匀沉降与局部差异沉降两类。均匀沉降的发展过程相对平缓，整体路基竖向下沉幅度较为统一，道路表层平整度不会出现瞬时异常变化，短期不会对行车体验造成明显影响。但长期性的整体下沉会改变路基原始高程布局，干扰路段排水体系的正常运作，促使路基土体长期处于不良受力与含水状态，逐步滋生各类隐性结构问题。局部差异沉降的破坏性更为突出，大多发生在新旧填筑交接区域、道路过渡区段等结构稳定性偏弱的部位，会使路基表层出现不规则竖向变形，直接打乱路面结构的平整状态。这类变形会随运营时长持续扩张，引发路面表层形变、结构错位等现象，打乱路面正常受力分布，持续损耗路基结构的稳定性能，损害道路整体使用体验，是老旧公路结构破损、需要专项大修处理的重要原因。

2.2 路基裂缝病害表现

长期通车状态下的公路路基，土体组织结构会持续发生细微变化，在温度湿度交替波动以及车辆反复碾压的共同作用下，结构表层和浅层内部容易产生不同程度的开裂损伤，这类结构缺陷在老旧公路大修整治中出现频率较高。路基开裂问题的外观表现并不统一，会随着

土体受力状态、填筑材质以及环境变化呈现出差异化的延展特点。路面路基产生的裂隙主要包含纵向开裂、横向开裂以及网状细碎开裂几种典型形式,不同开裂形态对基础结构的破坏方式各不相同。纵向开裂沿道路走向延伸,多是填筑阶段土体密实度分布不均造成,后期土体自然收缩会让缝隙不断变长变宽,削弱路基表层整体连续性。横向开裂横穿道路断面,主要受土体干湿收缩与温度形变影响,缝隙分布较为零散,能够逐步穿透表层填土结构。网状开裂以大面积细碎缝隙交织分布为主要特点,直接破坏表层土体的整体性^[2]。各类开裂缺陷会打通地表水下渗路径,让路基内部土体长期处于受潮状态,不断削弱基础承载性能,加速结构损伤发展,对道路长期稳定使用造成不利影响。

2.3 路基水损病害表现

路基土体与水体的长期接触作用会持续改变填土的物理属性,弱化土体固有结构状态,进而诱发各类水致破损问题,是公路运营阶段较为频发的结构病害类型。路基填筑土体本身具备一定孔隙结构,外部积水与地表水可通过表层缝隙不断渗入结构内部,改变土体原有干湿平衡状态。土体长期含水饱和后,颗粒之间的咬合黏结效应会持续减弱,整体结构的密实程度随之下降,基础承载条件逐步变差。水体在土体孔隙中持续流动的过程中,会持续冲刷内部细小填料组分,造成土体内部结构虚空化,原本紧实的填筑层逐渐出现松散、架空等问题。车辆通行带来的反复挤压作用会进一步加剧软化土体的变形程度,引发路基表层翻浆、局部塌陷、土体液化松散等多种破损现象。土体干湿状态的频繁切换会不断扰动内部结构体系,让路基损伤问题持续叠加累积。这类结构损伤会由表层缓慢向路基深层蔓延,持续恶化路基整体工作性能,造成道路基础结构稳定性持续下降,促使道路整体使用品质不断衰减。

2.4 路基病害形成核心机理

公路路基结构产生各类破损缺陷,根源在于土体自身结构演化、车辆力学作用以及自然环境影响的长期相互作用。路基填筑土体的颗粒组成、密实状态以及颗粒间结合性能,直接决定了基础结构的稳定能力。填筑施工过程中压实均匀性不足,会使路基内部存在结构薄弱区域,土体整体承载能力无法达到长期服役标准,为后续结构劣化提供基础条件。车辆通行带来的往复力学作用会不断对路基土体产生剪切与挤压效应,持续损耗土体固有结构强度,让内部微小形变不断积累,逐步演变为明显的结构变形与表层破损。外界环境的温度波

动、水分侵入等条件,会持续改变填土材料的物理力学特性。土体反复经历干湿交替与温度变化,会产生持续性的胀缩变形,逐步瓦解土体内部完整结构^[3]。各类内外影响条件持续相互叠加,会不断加剧路基原有结构缺陷,推动局部损伤持续发育扩张。路基内部受力平衡被逐步打破,结构整体承载与稳定性能持续下滑,最终造成路基整体服役状态持续劣化。

3 公路大修工程路基主流加固技术应用分析

3.1 换填压实加固技术应用要点

在公路路基大修的各类处理手段中,换填压实工艺多用于改善浅层路基土体松软、强度不足、整体稳定性偏弱的不良结构状态,依靠土体置换与压实固结的组合处理方式,优化路基基础的受力体系。该工艺主要通过剔除原有性能劣化的填土介质,更换为物理性状更为优质的填筑物料,以此改善路基浅层的结构缺陷,夯实道路基础的承载条件。施工筹备阶段,需对存在病害的路基表层土体进行全面清除,彻底清除松软土层与含水夹层,保证作业基底平整、坚实且受力均匀,为后续填筑施工创造稳定的作业条件。物料选配环节需要重点把控填料的颗粒级配、透水能力与结构强度,剔除含杂质、易浸水软化的劣质土料,保证填筑物料整体性能均匀统一。实际施工过程中需遵循分层铺设、分层夯实的作业原则,合理把控每层铺设厚度,通过有序压实作业挤压土体内部空隙,提升土体颗粒的紧密程度。压实工序结束后,预留充足时间让填筑土体完成自然固结,使新生路基结构逐步趋于稳定,弱化后期变形隐患。严格把控整套施工流程的细节标准,可以有效改善浅层路基的受力性能,增强基础结构的抗变形能力,让修复后的路基结构具备更持久的服役稳定性。

3.2 压力注浆加固技术应用要点

压力注浆处理方式多用于解决路基深层土体松散、内部裂隙贯通以及整体结构性偏弱等隐蔽性问题,在老旧公路大修改造中,可有效处理常规表层施工难以修复的深部结构缺陷。该工艺借助专业施工设备施加可控机械压力,将配置好的固化浆液推送至路基土体的孔隙与裂隙空间当中,依靠浆液自身渗透填充以及后期胶结固化的物理化学作用,重塑原有松散土体的结构形态。浆液在土体内部扩散过程中,可以逐步排挤出孔隙中积存的空气与水分,充分填充各类细小缝隙与疏松空洞。待浆液完成固化反应后,原本分散孤立的土颗粒会被牢牢黏结在一起,形成整体性更强、密实度更高的复合土体

结构。现场施工前期,需要精准判定路基深部缺陷的分布范围,合理规划钻孔位置与孔深参数,确保加固范围可以完整覆盖土体薄弱区域,杜绝局部加固不彻底的问题。浆液配制阶段需根据现场土体条件调整物料状态,保证浆液流动性能适配深部渗透需求,同时具备稳定的固化特性。注浆作业全程保持压力匀速输出,避免压力波动对原有路基结构造成二次扰动。注浆工序结束后,依托静置养护条件让浆液充分成型硬化^[4]。整套施工流程的精细化落实,可以有效改善路基深部结构的完整度,优化土体力学特性,增强路基深层结构的承载水平与整体耐久性能。

3.3 土工材料加固技术应用要点

现代公路路基大修施工中,土工合成材料属于实用性突出的新型加固辅料,凭借自身抗拉强度、隔离过滤以及整体拉结的综合性能,能够有效改良传统路基填土的结构短板,优化基础土体的受力状态。该类加固手段的核心实施逻辑,是将专用土工构件铺设于路基填筑结构内部,借助材料与土体的相互作用实现层间约束、应力消解与排水疏导,限制土体松散变形,增强路基整体结构的稳固程度。正式铺设作业前,需要对路基作业基面进行精细修整,清理表层坚硬杂物与高低起伏结构,保证作业基面平整均匀,避免铺设过程中材料出现划伤、架空等问题,为后续结构成型提供良好基础。材料布设阶段需要合理调控张拉程度,维持贴合土体的平整状态,减少褶皱堆积与过度拉伸情况,让土工材料充分贴合填土层面,最大化发挥结构拉结效果。材料搭接与端部固定工序需要精细落实,保证衔接位置紧密牢靠,规避后期土体位移引发的材料滑移、脱开等隐患。材料布设完毕后,有序开展分层回填与夯实作业,依靠土体与土工材料的摩擦嵌固作用形成复合型承载结构。此种加固模式可以有效化解路基局部集中受力问题,阻隔水分异常渗透带来的结构破坏,弱化干湿循环对填土结构的负面影响,持续增强路基结构的承载能力与长期服役稳定性。

3.4 深层固化加固技术应用要点

对于路基深部填土松软、含水状态异常、结构强度偏弱的不良工况,深层固化处理工艺可以发挥显著的改

良效果,能够弥补常规浅层加固手段无法触及深层结构的技术短板,适用于各类厚层路基的大修提质作业。这类工艺主要依靠专用固化介质与原位深层填土的充分融合,通过物质间的理化作用改变原始土体的结构特质,重塑填土骨架体系,弱化软弱土层带来的结构缺陷。实际施工过程中,需依据路基深层土体的真实状态确定施工深度与固化介质配比,让固化改良效果完整覆盖整体软弱土层,消除路基深处的结构薄弱区域。土体与固化介质的混合均匀程度直接决定改良效果,作业过程中需保证介质均匀分散于填土内部,防止出现局部改良不彻底、结构强度差异过大的问题,维持路基深层结构受力的均衡状态。混合工序结束后,土体内部会持续发生固化反应,逐步生成结构致密、整体性良好的固化层,有效限制深层填土的各类位移变形。固化阶段需要维持作业区域结构稳定,降低外界扰动对土体成型的干扰,保障土体结构强度稳步增长^[5]。这种改良方式能够有效治理路基深层土体的结构缺陷,控制深部土体变形发育,显著增强厚层路基的结构完整度与长期服役稳定性。

结束语:未来,公路大修工程的路基整治工作,会更加侧重精细化、适配化的加固施工理念,依托不同病害类型与路基工况匹配针对性加固技术。各类路基加固工艺具备差异化的适用优势,浅层置换、深层注浆、材料拉结与土体固化的组合应用,可全方位解决路基深浅层结构缺陷。持续优化各类加固技术的施工细节,把控现场施工质量,能够有效提升路基结构耐久性,为老旧公路提质改造、长效安全运营提供坚实保障。

参考文献

- [1] 雷添荃. 大修工程中提高路基承载力的加固技术[J]. 中国科技信息,2025,(18):59-61.
- [2] 康映德. 现代公路工程中路基加固技术的创新与应用[J]. 四川水泥,2025,(1):241-242+251.
- [3] 汪兴华. 乡镇公路路基加固工程中土工袋技术的应用分析[J]. 建筑技术开发,2025,52(7):128-130.
- [4] 史宏杰. 公路路基加固中强夯技术的应用研究[J]. 四川建材,2025,51(1):175-178.
- [5] 韦友助. 公路路基加固中强夯技术的应用要点[J]. 交通世界,2025,(26):77-80.