

关于公路水泥混凝土路面大修路面结构方案的探讨

黄 鹏

十堰市路纬交通勘察设计有限公司 湖北 十堰 442000

摘 要: 水泥混凝土路面长期服役过程中易受交通荷载与自然环境影响,产生各类结构病害,影响道路通行的稳定性与舒适性。路面大修施工需要依托科学的结构设计理念适配不同路段工况,本文结合路面大修的设计原则,系统梳理直接加铺、碎石化重构、局部置换、基层补强等主流大修结构形式。针对路基状态、交通荷载、气候环境等不同运行工况,分析各类结构方案的适配场景与应用特点,从结构层组合、材料适配、抗损性能三个维度提出针对性优化思路,为公路水泥混凝土路面大修结构设计与施工优化提供科学参考。

关键词: 公路工程;水泥混凝土路面;路面大修;结构方案;结构优化

引言: 水泥混凝土路面凭借优良的承载能力与稳定性,广泛应用于各类公路工程建设中。长期往复的车辆荷载与复杂多变的自然气候,会逐步造成路面结构性能衰减,引发开裂、沉陷、脱空等常见病害,影响道路通行质量。传统单一化的翻新改造模式难以适配差异化的路段工况,无法彻底解决路面结构存在的深层问题。结合大修设计基本原则,区分不同路面结构形式的应用优势,匹配各类施工工况完善结构设计方案,能够有效提升大修路面的整体服役品质,对推进公路养护改造工作具备积极作用。

1 水泥混凝土路面大修结构设计基本原则

1.1 结构整体性适配原则

水泥混凝土路面大修改造需依托路面层状结构体系的力学特性开展设计工作,维持路面整体结构的完整连续性与受力均衡性。大修施工会改变原有路面结构的层间状态与受力体系,新旧结构的衔接处理会直接影响路面整体承载性能^[1]。设计工作需要统筹面层、基层与垫层的结构衔接方式,弱化结构衔接部位的应力集中现象,让各结构层形成完整统一的受力载体。合理的结构设计能够让路面整体均匀传递外部交通荷载,规避局部结构受力不均引发的各类路面缺陷。整体结构设计需要统筹路面线形与竖向构造的完整统一,优化各结构层受力传导形式,让路面结构在长期交通荷载作用下维持平稳的工作状态。

1.2 路基路面协同适配原则

路基作为路面结构的支撑基础,自身的刚度、稳定性与变形特性直接决定路面大修结构的使用状态。路面大修设计不能单一聚焦表层结构改造,需要结合路基实际工作性能完成整体适配设计。设计过程需要匹配路基承载能力与变形特征调整路面结构组合形式,弱化路基

不均匀形变对上部路面结构产生的不利作用。针对不同稳定状态的路基,差异化布设路面结构层级与构造形式,实现上部路面结构与下部路基体系的力学匹配。通过科学的结构适配设计,提升路基与路面的协同工作性能,削减地基形变带来的结构开裂、板面破损等隐患,保障整体道路结构体系的稳定性。

1.3 结构耐久性适配原则

公路路面长期暴露于自然环境中,持续承受交通荷载往复作用与气候环境侵蚀影响,大修结构设计需要充分考量长期服役状态下的结构稳定性。设计环节需结合区域环境特征与道路通行条件,优化结构层材料适配性与结构构造形式,提升路面结构抗形变、抗冲刷、抗老化的综合能力。通过优化结构层厚度配比、层间防护构造与材料性能适配方式,延缓结构性能衰减速度,抵御温度湿度交替变化、雨水渗透侵蚀等外界因素带来的结构损伤。科学的耐久性设计能够延长路面大修结构的服役周期,减少结构性能退化引发的各类路面病害。

1.4 施工适配性统筹原则

路面大修结构设计方案需要贴合现场施工条件与工程实施条件,兼顾结构设计合理性与工程落地可行性。设计方案需适配公路大修工程的施工场景,适配现有施工技术与设备作业条件,简化复杂结构施工工序,保障各结构层施工可以有序推进。结构设计需兼顾施工操作的便捷性与施工质量的可控性,规避施工难度过高、工序衔接不畅引发的施工质量偏差。同时统筹工程施工周期与现场交通组织需求,优化结构构造设计,降低施工过程中对道路通行的干扰,保障大修工程保质高效推进,实现结构设计与工程施工的高度适配。

2 公路水泥混凝土路面大修常用结构形式

2.1 旧路面直接加铺结构形式

旧路面直接加铺是水泥混凝土路面大修中应用范围较广的结构处置形式,依托原有完好度较高的旧水泥面板作为基础支撑,在表层增设全新结构层完成路面功能升级。该类结构可充分保留原有刚性路面的承载优势,最大化利用既有道路结构的残余性能,缩减道路改造的工程量与资源消耗^[2]。结构改造主要分为刚性加铺与柔性加铺两类技术体系,通过对应的界面处理工艺优化新旧结构层的衔接状态。刚性加铺延续原有路面的刚性受力特征,提升整体结构的荷载扩散能力,适配长期重载通行的道路场景。柔性加铺构建刚柔结合的复合受力体系,优化路面表层的行车体验,弱化表层行车噪音与路面反光问题。设计过程需要针对旧路面接缝与细微裂缝做好预处理,搭配对应的隔离或粘结工艺,抑制结构应力向上传递引发的表层破损问题。

2.2 旧路面碎石化重构结构形式

旧路面碎石化重构属于彻底改造式的大修结构形式,通过专用设备将原有老化破损的水泥混凝土面板破碎为均匀颗粒材料,压实后作为全新道路结构的基层载体。破碎后的混凝土颗粒具备良好的嵌挤咬合性能,能够形成稳定性较强的柔性基层结构,消除原有板块接缝带来的应力集中隐患。重构结构可以彻底根除旧路面残余病害的延伸发展,规避旧面板开裂、脱空等缺陷对新铺面层的持续影响。改造后的基层结构均匀性更强,竖向变形更为协调,能够适配各类新型面层结构的铺设要求。该结构形式适配旧路面病害分布广泛、整体性能衰减严重的路段,通过重构基层受力体系,重塑道路整体承载结构,保障大修后路面结构的长期稳定状态。

2.3 局部置换修补复合结构形式

局部置换修补复合结构针对路面局部区域出现的板块断裂、沉陷、脱空等病害开展针对性处置,保留路面性能完好的主体板块结构。施工过程剔除病害严重的局部板块与薄弱基层,重新浇筑匹配的混凝土材料并搭配精细化界面处理工艺,形成新旧板块相互衔接的复合路面结构。该结构形式摒弃全域翻新的改造模式,精准定位结构缺陷区域完成修复作业,维持原有路面结构的整体连续性。置换区域通过强化材料性能与结构衔接质量,补齐局部结构承载短板,实现整体路面受力状态的均衡统一。复合结构可以有效适配病害零散分布的大修路段,保障道路通行性能的同时提升改造工程的经济性。

2.4 基层补强配套结构形式

基层补强配套结构聚焦路面下部支撑体系的性能提升,针对基层松散、强度不足、渗水变形等核心问题开展结构优化设计。路面表层病害的反复出现多与基层承

载性能衰减、整体稳定性不足相关,针对性的基层改造可以从根源改善路面结构受力条件。补强施工通过填充压实、材料置换、整体加固等方式,提升基层整体刚度与抗变形能力,优化基层排水防渗性能。稳定可靠的基层结构可以均匀承接并扩散上部面层传递的交通荷载,削减不均匀沉降对面层结构的破坏作用。

3 不同工况下大修路面结构方案适配分析

3.1 路基稳定工况的结构方案选择

路基保持良好稳定状态时,下部支撑体系具备充足刚度与均匀形变特性,整体受力状态可以满足路面长期通行需求。大修设计工作可以侧重优化上部路面结构的通行性能与耐久性能,依托原有路基的稳定基础开展面层改造作业^[3]。结构选型优先采用工艺成熟、服役性能稳定的路面大修形式,依托原有结构残余强度优化层间衔接方式。通过适度调整面层结构厚度与材料配比,提升路面抗磨损与抗开裂能力。结构布置模式能够简化大修施工流程,减少不必要的结构改造工序。

3.2 路基软弱工况的结构方案调整

路基土体强度偏低或压缩特性偏高会造成支撑体系整体偏弱,上部路面结构容易产生不均匀形变与持续性沉降问题。路面大修设计不能单纯处理表层结构病害,需要针对路基薄弱特性调整整体结构布置形式。工程设计侧重强化下部支撑体系的整体性能,通过优化基层结构厚度与填充材料属性提升整体承载能力。搭配针对性的防参与压实处理工艺,改善软弱路基的土体固结状态,弱化形变位移对上部路面产生的负面作用。结构体系侧重提升整体抗变形能力,协调路基与路面的形变节奏,规避路面板块脱空、断裂等重复性病害的产生。

3.3 交通荷载频繁工况的结构配置

道路通行过程中高频往复的车辆荷载会持续消耗路面结构性能,加速结构层疲劳损伤的累积速度。大修结构配置需要强化整体承载与抗疲劳性能,提升结构体系应对往复荷载作用的适应能力。结构层级布置适当提升面层与基层的整体刚度,选用抗疲劳、高强度的工程材料搭建路面主体结构。优化层间受力传递路径,分散集中应力的分布范围,降低高频荷载作用下结构疲劳破损的发生概率。合理的结构配置可以延缓路面性能衰减速度,增强道路结构对高频交通通行环境的适配能力,延长路面大修后的服役周期。

3.4 复杂气候工况的结构优化配置

区域温度湿度的频繁变化、雨水持续渗透等自然因素会持续侵蚀路面结构,改变结构层内部的材料性能与受力状态。复杂气候环境下的大修结构配置需要强化结

构防护与自适应能力,针对环境影响因素优化结构构造设计。提升面层材料的抗冻、抗冲刷与抗老化性能,增设科学的内部排水构造,及时疏导渗入结构内部的水分^[4]。优化结构层温度形变适配能力,缓解温度升降带来的结构伸缩形变问题,减少裂缝开展与结构松散现象。多维度的结构优化配置可以提升路面结构对复杂气候环境的抵御能力,维持结构性能的长期稳定。

4 公路水泥混凝土大修路面结构优化思路

4.1 路面结构层组合优化思路

水泥混凝土路面大修工程的结构层组合设计直接决定道路整体受力状态与长期服役品质。传统固定化的层状结构布置模式难以适配不同路段的通行条件与地基状态,需要依托路面层间受力传递规律开展精细化优化调整。结合大修路段的实际支撑条件与荷载特征,合理调配面层基层垫层的层级排布方式,优化各结构层厚度配比。科学的层级组合能够理顺路面荷载扩散路径,提升结构整体受力均匀度,减少应力集中带来的结构损伤。调整层间衔接工艺,强化不同结构层的贴合程度,弱化层间脱离、滑移等不良工作状态。

4.2 结构层材料适配优化思路

结构材料的性能匹配程度是提升大修路面使用品质的核心环节,材料选型需要贴合各结构层的功能定位与服役环境特征。面层材料重点强化抗磨损、抗老化与抗形变能力,抵御外部交通摩擦与自然环境侵蚀带来的性能损耗。基层材料侧重提升整体强度与压实稳定性,保障下部支撑体系的均匀承载特性。垫层材料优先选用透水防渗、形变协调性能优良的材质,改善路面结构内部的水文状态。依据不同工况的服役需求调整材料配比与性能指标,让各类材料的力学特性与结构层级的工作需求高度匹配。

4.3 整体结构抗损性能优化思路

路面大修结构长期面临交通荷载往复作用与自然环境持续侵蚀,结构抗损能力直接决定道路服役年限。整体结构优化需要聚焦抗裂、抗冲刷、抗形变等核心性能维度,完善路面整体防护体系^[5]。优化板面结构构造设计,改善应力分布状态,抑制细微裂缝的产生与延展。完善路面内部排水体系,快速疏导结构内部积水,削弱水分渗透对结构层的软化冲刷作用。强化结构整体刚度均匀性,弥补结构薄弱部位的性能短板,提升路面体系应对复杂外力与环境变化的适应能力。

结束语

水泥混凝土路面大修结构设计是保障道路改造质量的核心环节,需要兼顾结构整体性、协同性、耐久性与施工可行性。通过梳理各类大修路面结构形式的适用特点,结合路基条件、交通荷载、气候环境等工况差异完成方案适配,能够有效提升路面改造的科学性与针对性。针对性优化结构层组合方式、适配专业化施工材料、强化整体结构抗损性能,可以全方位完善路面大修设计体系,提升公路路面结构的稳定性与耐久性能,助力公路基础设施养护建设质量稳步提升。

参考文献

- [1]杨春会,曹才勇,杨梦,等.高速公路旧水泥混凝土路面大修改造结构组合方案研究[J].湖南交通科技,2023,49(2):86-89,126.
- [2]欧阳朝晖.水泥混凝土路面碎石化技术在溆浦县G241国道大修项目中的应用[J].交通世界,2023(22):83-85.
- [3]蒋名星.公路水泥混凝土路面维修及养护管理[J].交通世界,2023(13):60-62.
- [4]谭睿智,涂雪礼.高速公路大修工程路面结构设计及材料选型[J].工程技术研究,2026,11(2):178-180.
- [5]郭馨.高速公路大修工程路面结构及材料设计应用分析[J].工程建设与设计,2025(12):81-83.