

公路路面坑槽修补工艺及质量控制要点

臧宝胜

德州市公路事业发展中心宁津分中心 山东 德州 253400

摘要:公路路面坑槽病害成因复杂,涉及材料老化离析、施工压实不足、环境温度雨水及交通荷载等因素。本文围绕坑槽修补工艺流程展开,涵盖施工准备、开挖基层处理、混合料制备摊铺、压实接缝处理及开放养护等环节。同时提出质量控制要点,包括材料、施工过程、关键工序控制及成品质量检测,还针对修补区域早期损坏、接缝开裂松散、表面平整度超标等常见问题给出预防措施,为提升公路路面坑槽修补质量提供参考。

关键词:公路路面;坑槽病害;修补工艺;质量控制;预防措施

引言:公路作为交通基础设施的关键部分,其路面质量直接影响行车安全与舒适度。坑槽作为公路路面常见病害,不仅破坏路面平整度,降低通行能力,还易引发交通事故,威胁行车安全。坑槽的形成受多种因素影响,材料性能劣化、施工工艺缺陷、环境条件变化以及交通荷载反复作用等,都可能导致路面出现坑槽。准确分析坑槽病害成因,采用科学合理的修补工艺,并严格把控质量,是恢复路面性能、延长使用寿命、保障公路安全畅通的重要举措。

1 坑槽病害成因分析

1.1 材料因素

沥青老化是路面材料性能衰减的主要诱因,长期暴露在自然环境中,沥青组分发生氧化、聚合反应,逐渐失去原有黏结性与塑性,变得脆硬易裂,无法有效胶结骨料,进而导致路面结构松散,在外界作用下形成坑槽^[1]。骨料离析会破坏混合料内部结构均匀性,粗骨料聚集区域黏结力不足,细骨料集中部位强度偏低,两种区域受力性能差异显著,易在薄弱处率先出现破损并逐步发展为坑槽。混合料配合比设计缺陷直接影响路面整体强度与耐久性,配合比不合理会导致混合料空隙率过大或过小,空隙率过大时水分易渗入,空隙率过小时路面抗裂性能下降,均会增加坑槽病害发生概率。基层材料强度不足会导致路面承载能力不足,无法有效分散交通荷载,长期受压下基层易产生变形、破损,进而传递至面层形成坑槽;基层反射裂缝会延伸至面层,破坏面层完整性,裂缝处易进水软化,加速坑槽形成进程。

1.2 施工因素

压实度不足是引发坑槽病害的关键施工诱因,压实作业不到位会使混合料内部空隙率过大,形成连通性孔隙,为水分渗透提供通道,同时降低路面整体密实度与强度,在交通荷载作用下,孔隙不断扩大,最终形成坑

槽。摊铺与碾压工艺缺陷会影响混合料摊铺均匀性与压实效果,摊铺速度不均、厚度偏差过大,会导致路面各部位密实度不一致,碾压顺序、碾压速度不合理,会使混合料颗粒排列紊乱,降低结构整体性,薄弱部位易发生破损。接缝处理不当会导致路面接缝处形成强度薄弱环节,横向、纵向接缝压实不充分,接缝处混合料黏结不紧密,易出现缝隙,水分渗入后软化基层,在交通荷载反复作用下,接缝处逐步破损并扩展为坑槽。

1.3 环境因素

温度变化引起的热胀冷缩会对路面产生反复应力作用,高温环境下沥青混合料软化、强度下降,低温环境下沥青混合料收缩易产生裂缝,长期温度循环会加剧路面材料疲劳损伤,裂缝不断扩展后,在外界荷载与水分共同作用下形成坑槽。雨水渗透是坑槽形成的重要助推因素,雨水通过路面裂缝、孔隙渗入基层,使基层材料软化、强度降低,失去对路面的支撑作用,面层在交通荷载作用下失去支撑而破损,逐步形成坑槽。交通荷载反复作用会使路面材料产生疲劳累积损伤,车辆荷载的竖向压力与水平剪力不断作用于路面,导致路面材料逐步磨损、开裂,裂缝处进水后损伤进一步加剧,最终形成坑槽,荷载等级越高、作用次数越多,坑槽病害发生速度越快。

2 坑槽修补工艺流程

2.1 施工准备与安全措施

施工准备与安全措施是坑槽修补工程的前置环节,需统筹推进勘察、管制与资源检查工作,为后续施工筑牢基础。开展现场勘察与坑槽尺寸测量工作,精准定位病害范围,明确坑槽深度、宽度及形状等关键参数,为后续开挖与修补作业提供精准依据。落实交通管制与安全防护要求,在施工区域周边合理设置警示标志,划分隔离区域,引导车辆与行人有序通行,防范施工安全隐

患^[2]。对施工所需机械设备与材料进行全面检查, 核查切割机、铣刨机、压路机等设备的性能状态, 确保设备正常运行; 检验热拌沥青、冷补料等修补材料的质量, 保障材料符合公路路面修补施工技术要求, 实现安全防护与资源调配的协同推进。

2.2 坑槽开挖与基层处理

坑槽开挖与基层处理是保障修补质量的基础工序, 需连续作业以维持基层稳定性。开挖作业需先确定坑槽开挖范围, 通常采用方形或矩形开挖方式, 按测量尺寸精准切割边界, 严格控制铣刨深度, 确保开挖深度贴合病害实际情况, 开挖完成后及时清理槽内杂物、浮料及松散部分, 保证槽壁与槽底平整坚实。基层处理需先检查基层完整性, 排查基层裂缝、软弱层等病害, 对存在的裂缝进行填补修复, 对软弱层进行换填处理, 通过压实作业补强基层压实度, 提升基层承载能力, 处理完成后涂刷粘层油或透层油, 增强基层与面层的黏结效果, 为后续混合料摊铺奠定基础。

2.3 混合料制备与摊铺

混合料制备与摊铺直接决定修补层质量, 需从材料选择到摊铺工艺实施全程管控。结合坑槽病害实际情况与施工环境, 确定混合料类型, 可选用热拌沥青混合料或冷补料等适配材料, 确保材料性能与修补需求相匹配。拌和过程中严格控制拌和温度与拌和时间, 根据材料特性调整级配, 保证混合料均匀性与密实度, 避免出现离析、结块等问题。摊铺作业需控制摊铺厚度均匀性, 精准校准自动调平系统, 合理控制松铺系数, 确保摊铺层厚度符合设计要求, 摊铺过程中及时梳理摊铺表面, 避免出现波浪、凹陷等缺陷, 保障摊铺质量。

2.4 压实成型与接缝处理

压实成型与接缝处理是形成修补层密实度和整体性的关键工序, 需强化各环节管控以规避薄弱环节。压实作业划分初压、复压、终压三个阶段, 根据混合料类型与摊铺厚度, 合理控制压路机行驶速度与碾压遍数, 确保修补层密实度达到设计标准。针对坑槽边缘等不易压实部位, 采用小型压路机进行补压处理, 保障边缘压实效果, 避免出现压实不足导致的破损隐患。接缝处理需规范纵向与横向搭接方式, 区分热接缝与冷接缝施工要点, 严格控制接缝平整度与密实性, 施工后及时检查接缝质量, 杜绝接缝处出现缝隙、松动等问题, 保障修补层整体性。

2.5 开放交通与后期养护

开放交通与后期养护是修补工程的收尾与延续环节, 直接影响修补层长期耐久性。开放交通需满足明确

条件, 等待修补层充分冷却, 确保强度达到设计要求, 开放初期采取交通限制措施, 控制车辆行驶速度与荷载, 避免修补层早期受损。长期养护工作需做好封层处理, 增强修补层防水、抗损能力, 定期开展路面检测工作, 重点检测渗水系数、抗滑性能等指标, 及时排查修补层出现的微小破损, 采取针对性养护措施, 延长修补层使用寿命, 保障公路路面通行质量。

3 质量控制要点

3.1 材料质量控制

材料质量控制是坑槽修补质量的核心前提, 需贯穿材料选用、验证与储存全过程。对沥青、骨料、填料等原材料开展全面性能检测, 严格把控沥青黏结性、针入度等关键指标, 核查骨料级配、强度及耐磨性能, 检验填料细度与活性, 确保各类原材料符合公路路面修补材料技术标准^[3]。强化混合料级配与油石比验证工作, 根据修补需求优化级配组成, 精准调整油石比, 保障混合料密实度与黏结力, 避免因级配失衡或油石比不当导致修补层破损。做好冷补料储存条件与有效期管理, 控制储存环境温度与湿度, 避免受潮、结块或性能衰减, 严格遵循有效期要求使用材料, 杜绝过期材料投入施工。

3.2 施工过程控制

施工过程控制需强化各环节管控, 保障施工操作规范性与一致性。严格把控开挖尺寸与形状规范性, 按照勘查确定的参数精准开挖, 确保坑槽形状规则、尺寸达标, 槽壁垂直、槽底平整, 避免不规则开挖影响修补层整体性。重点管控基层处理后的压实度与平整度, 基层处理完成后及时检测压实度, 对未达标的部位进行补压处理, 同时修整基层表面, 确保平整度符合摊铺要求, 为后续工序奠定基础。严格控制摊铺温度与松铺系数, 根据混合料类型调整摊铺温度, 精准校准松铺系数, 避免温度过高或过低、松铺系数偏差导致摊铺层质量缺陷。优化压实设备组合, 合理设定碾压工艺参数, 确保压实作业有序推进, 保障修补层密实度均匀。

3.3 关键工序控制

关键工序控制是提升修补质量的关键环节, 需聚焦核心工序强化管控。确保粘层油、透层油涂刷均匀性, 涂刷前清理基层表面杂物与浮尘, 控制涂刷厚度均匀一致, 避免漏刷、积油现象, 增强基层与面层、面层与旧路面的黏结强度, 防止出现分层、脱落问题。加强接缝处高差与密实度检测, 规范接缝施工操作, 及时检测接缝处高差, 对超标部位进行修整, 同时核查接缝密实度, 杜绝接缝处出现缝隙、松动等薄弱环节。保障边缘压实度与顺直度, 针对坑槽边缘部位采取针对性压实措

施, 确保边缘压实度达标, 修整边缘线条, 保障顺直度, 避免边缘破损影响整体修补效果。

3.4 成品质量检测

成品质量检测是验证修补效果的重要手段, 需全面覆盖修补层关键性能指标。采用3m直尺法开展修补区域平整度检测, 精准测量修补表面平整度, 排查表面波浪、凹陷、凸起等缺陷, 对不达标部位进行修整, 保障路面通行舒适性。通过钻芯法或核子密度仪进行压实度检测, 随机选取检测点位, 确保检测结果真实反映修补层密实度, 对压实度不足的部位采取补压处理。开展渗水系数与抗滑性能验证, 检测修补层防水性能与抗滑能力, 确保渗水系数符合标准, 抗滑性能满足通行安全要求, 全面保障坑槽修补成品质量, 延长修补层使用寿命。

4 常见问题与预防措施

4.1 修补区域早期损坏

修补区域早期损坏是坑槽修补工程中较为突出的问题, 其产生与压实、材料、基层处理等环节密切相关^[4]。压实不足会导致修补层密实度不足, 形成连通性孔隙, 水分易渗入且无法有效分散交通荷载, 长期作用下修补层易出现松散、破损。材料离析破坏混合料内部结构均匀性, 粗骨料聚集部位黏结力不足, 细骨料集中区域强度偏低, 易在受力过程中率先出现损坏。基层处理不当会导致基层承载能力不足, 无法为修补层提供稳定支撑, 进而引发修补层开裂、下沉等早期损坏现象。针对此类问题, 需加强压实工艺管控, 优化压实设备组合与碾压参数, 确保修补层密实度达到设计标准; 优化混合料设计, 合理调整级配与油石比, 避免材料离析; 严格落实基层处理要求, 全面排查基层病害并彻底修复, 提升基层稳定性, 从源头预防早期损坏。

4.2 接缝处开裂或松散

接缝处开裂或松散是影响修补层整体性的关键问题, 主要由接缝处理工艺与温度控制两方面因素导致。接缝处理工艺缺陷会使接缝处混合料黏结不紧密, 形成强度薄弱环节, 在交通荷载反复作用下, 接缝处易出现缝隙, 进而发展为开裂、松散。温度控制不当会影响混合料黏结效果, 摊铺或碾压温度过高易导致混合料老化, 温度过低则会使混合料黏结力不足, 均会加剧接缝处病害产生。预防此类问题需规范接缝搭接方式, 明确

纵向与横向接缝施工流程, 确保接缝处搭接紧密、平整; 严格控制摊铺与碾压温度, 根据混合料类型与环境条件合理调整温度参数, 保障接缝处混合料充分黏结, 提升接缝整体性与稳定性, 避免开裂或松散问题出现。

4.3 表面平整度超标

表面平整度超标会影响公路通行舒适性, 同时加剧修补区域磨损, 其成因主要集中在摊铺设备与松铺系数两方面^[5]。摊铺机自动调平系统故障会导致摊铺过程中厚度控制不均, 出现波浪、凹陷等现象, 直接造成表面平整度超标。松铺系数不合理会使摊铺层厚度与设计要求存在偏差, 压实后表面平整度无法达标, 影响修补效果。预防此类问题需定期校准摊铺设备, 排查自动调平系统故障并及时维修, 确保设备运行精准, 保障摊铺厚度均匀; 优化松铺系数设计, 结合混合料类型、摊铺厚度与施工环境, 合理确定松铺系数, 摊铺过程中实时监测调整, 确保修补区域表面平整度符合公路通行标准。

结束语

公路路面坑槽修补是保障道路安全畅通的关键环节, 其质量受材料性能、施工工艺及环境因素等多重影响。通过系统分析病害成因, 明确修补工艺流程中的关键控制点, 如材料选择、基层处理、压实成型等, 并针对常见问题提出预防措施, 可有效提升修补质量, 延长路面使用寿命。实践中, 需结合具体工程条件, 灵活应用修补技术, 强化施工过程管控, 确保修补层与原路面结构紧密结合, 形成整体承载能力, 为公路安全运营提供坚实保障。

参考文献

- [1]王丹,刘晨旭.高速公路路面坑槽修补技术及应用实践[J].建筑工程与设计,2025,4(6):238-241.
- [2]赵春旭.交通工程中的路面坑槽修补材料、工艺及技术研究[J].汽车导报,2025(1):130-132.
- [3]孙彬,梁宇轩.农村道路沥青路面常见病害与修复措施研究[J].公路交通科技,2021,38(2):115-120.
- [4]陈章杰.冬季雨季公路沥青路面坑槽快速维修技术分析[J].运输经理世界,2021,(24):35-37.
- [5]郑祖权.农村公路沥青路面坑槽成因及修补措施研究[J].城市建筑空间,2022,29(S1):239-240.