

旧路改造工程中路面病害处理技术探讨

许红涛 李磊

河南交通投资集团有限公司商丘分公司 河南商丘 476000

DOI:10.12238/ems.v7i12.16447

[摘要] 高速公路由于长期承受着车辆荷载、自然环境以及养护滞后的影响,极易产生坑槽、裂缝等病害,严重影响通行安全与寿命。本文综合了高速公路日常养护及公路专项工程管理工作实践,并从交通荷载重复作用、雨水渗透侵袭、材料老化进程等方面全面剖析路面病害产生缘由。着重针对热拌沥青混合料坑槽修补、灌缝胶裂缝处理等关键技术展开研究,梳理其工艺要领并探寻适用场合,提出技术改良及品质管控策略,从而为增强旧路改良工程品质给予操作借鉴。

[关键词] 高速公路;旧路改造;路面病害;坑槽修补;裂缝处置;养护管理

引言:

伴随着我国高速公路运营年限的增长,早期建成路段普遍进入大修改造期。路面作为高速公路的核心结构层,直接承受车辆荷载和环境侵蚀,经常出现坑槽、裂缝等病害,不仅降低了行车舒适性,而且埋下了安全隐患。实践发现,科学的病害处理技术可以提高旧路改造的质量、延长路面的使用寿命。本文根据工程实践,系统阐述了路面病害成因及处理技术,为养护工程的实施提供技术支撑。

一、高速公路路面病害类型及成因分析

(一) 主要病害类型

依据日常养护巡查的数据来判断,将高速公路的路面常见病害划为两大类,即结构性病害和功能性病害。结构性病害主要是裂缝,有横向裂缝、纵向裂缝和网状裂缝,直接破坏路面结构的完整性;功能性病害则坑槽为代表,伴随车辙、松散等现象,影响路面的使用功能。除此之外,部分路段还存在唧泥、板底脱空等病害,需结合专项检测判定处理方案。

(二) 核心成因解析

荷载因素: 超载车辆持续碾压,致使路面结构层承受超出正常限度的力量,沥青路面出现疲劳开裂状况,水泥混凝土路面形成断板情况,车辆的行驶路线集中在某一处形成局部车辙,进一步诱发坑槽。

环境因素: 温缩和干缩作用造成路面出现横向裂缝,雨水从裂缝处渗透到基层内部,引起基层软化,在车辆荷载的作用下形成坑槽;冻融循环加重了基层的破坏,形成网状裂缝。

养护与施工因素: 如果日常养护不及时,小裂缝会变成大裂缝,小坑槽会变成连片的坑槽;施工时沥青混合料级配

不合理、压实度不够,或者水泥混凝土浇筑质量不好,均易引发早期病害。

二、高速公路旧路改造核心病害处理技术

(一) 坑槽修补技术

坑槽修补需要遵循“早发现、早处理”的原则,根据病害的严重程度选择相应的工艺,常用的有以下几种技术:

应急修补技术: 适用于日常养护中的小坑槽,用冷补沥青混合料来修补。施工流程为:划定修补范围→人工凿除破损路面→清理槽底杂物→喷洒粘层油→填入冷补料→压实成型。该技术不用加热设备,施工方便,可以在常温下作业,但是耐久性差,要定期复查。

永久性修补技术: 适合于专项改造工程中大、中型坑槽的热补沥青混合料施工。施工流程为:机械切割坑槽(深度不小于 5cm、壁面垂直)→清除槽内碎料和积水→烘干槽底基层→喷洒乳化沥青粘层油→填入热拌沥青混合料(温度不低于 130℃)→压路机分层压实(压实度不小于 96%)。基层已软化则要先将基层换成石灰土或者水泥稳定碎石的基层,之后才能开展面层修补。

连片坑槽处理技术: 连片坑槽(面积大于 10 m²)用铣刨重铺法处理。用铣刨机清除破损面层(深度 3~5cm),检查基层状况;基层完好,直接喷洒粘层油,然后铺新沥青面层;基层破损,铣刨至基层顶面,换填基层材料,再铺面层。这项技术可以完全消除病害,适合病害集中的路段。

(二) 裂缝处置技术

裂缝处治需依宽度、深浅及发展状况选择方法,避免雨水引发二次病害。以连霍改扩建工程为例,该路 2015 年通

车,运营近10年,采用双侧拼宽,双向八车道。因车流分布特点,横缝问题突出,可选用以下针对性技术:

灌缝技术:适用于本工程宽度0.5-10mm的非扩展性横缝。考虑到工程为双侧拼宽,新旧路面衔接处易出现此类裂缝,施工步骤如下:裂缝清理(用高压气流吹除缝隙内杂物及尘土)→加热裂缝(若施工时气温低于5℃,用喷灯加热裂缝表面至干燥)→灌注密封胶(采用灌缝机将热熔聚氨酯或改性沥青密封胶注入,胶面略高于路面2-3mm)→冷却成型。密封胶能符合路面温缩变形的情况,工程营运近10年,路面比较容易发生收缩变形。

贴缝技术:针对工程中小于5mm宽度的细小横缝,网状裂缝等,在三四车道小车通行的地方较多。施工前清理裂缝表面油污和浮尘,涂刷基层处理剂,干燥后再张贴自粘式贴缝带,然后用压路机碾压紧密。该技术施工快、成本低,可以快速封堵细微缝隙防止渗水,且对交通干扰小,适应高速运行要求,但是不可用于已扩展的横缝路段。

罩面技术:若工程中某些路段横缝比较密(大于5条/m),特别是大货车较多的一二车道,因重载而产生的裂缝也较密集时可采用该技术。轻度密集横缝采用稀浆封层罩面,将乳化沥青、矿料、水搅拌成稀浆,均匀摊开3-5mm,做成封闭层,严重密集横缝路段用沥青混凝土罩面,铣掉原路面表层2-3cm,再摊开AC-13型薄层沥青混凝土,恢复路面平整度和密封性,增添双侧拼宽路面的使用寿命。

裂缝灌浆技术:当工程横缝深度大于5cm时,属于结构性裂缝的采用,多出现于路基与桥梁衔接处的双侧拼宽部位以及重载的二三车道上。施工前用压缩空气检测裂缝深度,确定0.2~0.5MPa的灌浆压力,用压力灌浆机注水泥浆或环氧树脂浆液,浆液渗透到基层缝隙,固化后形成整体结构,增强路面承载力,适应工程重载车道的受力要求和双侧拼宽的结构特点。

(三) 其他常见病害处理技术

车辙处理技术:对于深度小于2cm的车辙,用铣刨找平工艺,铣刨车辙凸起部分后铺设薄层沥青混合料;对于深度大于2cm的车辙,铣刨到车辙底部,换填抗车辙沥青混合料(掺加聚酯纤维或抗车辙剂),压实度达到97%以上。

基层病害处理技术:当基层出现软化、唧泥现象时,用换填法处理,挖除破损基层(深15-20cm,换填水泥稳定碎

石或石灰粉煤灰稳定碎石,分层压实(每层压实厚度不大于15cm),养护7天后铺面层;对于板底脱空的水泥混凝土路面,用压力注浆法注入水泥粉煤灰浆液,填充脱空区域,恢复板底支撑。

三、旧路改造病害处理技术应用质量管控

(一) 施工前质量管控

病害检测与评估:采取人工巡查与设备检测相结合的综合方式。人工巡查用专业技术人员通过步行或者车载方式,重点核查路况坑槽和裂缝的位置情况、病害的大概状况,进行初步的判定。而设备检测就用上了路面雷达、平整度仪这些高端仪器,将裂缝有多深,基层到底有多结实这样的数据给精确地测出来。其中路面雷达能穿透面层探测隐蔽病害,而平整度仪则量化了路面行驶品质。通过对数据进行汇总来建立详细的病害台账,依据病害的类别、危害等级将治理的顺序分好类,并且为后期施工提供参考数据。

材料质量控制:沥青混合料要仔细检测马歇尔稳定度、流值这些关键指标,保证高温抗车辙,低温抗开裂性能合格。冷补料应该满足常温的粘结强度要求,保障快修后修补的耐久性。密封胶需检测针入度、软化点和弹性回复率,保证其在不同温度下有较好的密封、回复性能。基层材料严格控制级配和压实度,通过筛分实验和压实度检测保证基层结构强度和稳定性,所有材料都符合国家以及行业规范标准。

(二) 施工过程质量管控

工艺参数控制:热补沥青混合料摊铺时要严格控制温度,一般要求在130~150℃之间,这个温度可以使沥青流动性良好,使混合料和旧路面能够很好粘结;压实时温度应不小于110℃,以保证压实时的效果,提升路面对石子的密度。灌缝施工时,密封胶要加热到180~200℃熔化状态,灌注时应保持0.5~1.0L/min的均匀速度,匀速灌注可以避免产生气泡,固化后不会因空洞存在而降低防水效果。铣刨重铺作业中铣刨深度误差控制在±5mm之内,保证旧路路面结构强度;面层摊铺平整度用3m直尺检查,误差控制在3mm之内,保证新铺路面的行车舒适性和安全性。

现场监管管控:组建专业的监理队伍,实行全程现场监督,并用深度尺、测温仪等设备重点检测坑槽清除深度是否符合设计要求,粘层油洒布是否均匀(覆盖面积要≥95%),并用灌砂法、核子密度仪来实时测量压密度,使压密度≥98%。

关于裂缝的处理情况, 监理要对清理过的裂缝宽度和深度进行量化, 并用数值形式表示, 用动态的方式监测注浆压力, 控制在 0.3~0.5MPa, 一旦有压力失常或是清理不完全等问题马上下达停工整顿的通知, 同时建立一个台帐, 利用闭环管理保证每一个工序都达到技术规范的要求。

(三) 施工后质量管控

质量检测: 施工完成后要严格按照有关的技术规范做多方面质量检验。用压实度检测仪对修补区进行深度检测, 保证压实度实现设计要求, 为路面结构稳定性打下基础; 用平整度仪精确测量路面平整度, 消除由于不平整造成的行车安全隐患和车辆磨损问题; 用渗水仪测定路面渗水系数, 使沥青路面渗水系数控制在不大于 300ml/min 以内, 防止水分渗入路基造成损坏。对于灌缝与贴缝的部位, 要采用雨后实地查看的方法, 详细检查有无渗水问题, 发现封口不严等问题要立即解决。

养护与跟踪: 对不同的施工工艺路段, 设置不同的养护跟踪方案。应急修补路段三天后第一次复查, 查看修补情况和周围状况。热补路段一周内连续跟踪查看, 看病害有无再次出现和发展情况。同时完善养护档案, 对处理过的路段高频次开展定期巡查, 每月巡查次数不少于 2 次。用信息化管理方式来更新路面状况数据, 使病害处于动态监管之下, 从而保证高速公路路面始终保持良好的运行状态。

四、技术优化与专项工程管理实践

(一) 技术优化策略

材料优化: 推广使用 SBS 改性沥青混合料, 它用高分子聚合物改性, 高温时分子结构稳定, 软化点提高 20~30℃, 能有效地抑制车辙形成; 低温时分子链柔性增强, 抗裂性能提高 40%以上, 大大降低了温缩裂缝的风险。另外, 研发新型冷补料, 加入抗老化剂延缓材料氧化, 复合粘结剂增强集料之间粘结力, 使应急修补过的路面在-20℃~60℃条件下, 使用年限为一般冷补料的 2-3 倍。

工艺融合: 创新“裂缝灌缝+稀浆封层”工艺, 先用缝, 再做 ES-3 型稀浆封层形成 3-5mm 防护层, 阻止雨水二次渗透。坑槽处治推行“基层处理+面层修补+封边处理”三步走, 基层病害处治后贴玻纤格栅, 面层用热拌沥青料压实, 槽壁涂聚硫密封胶, 让修补部位和原路面的粘结力提高 60%, 防止出现唧浆, 啃边等二次损坏。

(二) 专项工程管理实践要点

方案编制: 专项改造工程正式启动前要整合病害台账和专业检测数据, 编制针对性、可操作性都很强的施工方案。在方案里, 要清楚标明各种路面病害(龟裂、沉陷、车辙)的处理技术, 详细规定施工工序和质量验收标准。同时根据路段日均交通流量和高峰时段特点灵活制定交通导行方案。比如交通流量大的路段可以实行半幅交替施工, 减少施工对交通的影响; 选择在夜间车流量小时进行夜间施工, 提高施工速度, 减少对通行的影响。

安全管理: 严格按照规范要求, 在施工区域设置符合标准的安全警示标牌、限速牌、导向牌、警示灯等, 施工区域和通行区域进行区分。配专职安全员, 负责现场安全巡查、监督。夜晚施工作业, 除要开启警示灯外, 所有人员要穿反光背心, 保证施工人员安全的同时保证车辆安全。

五、结论

高速公路旧路改造中坑槽和裂缝成为主要路面病害, 其成因是荷载、环境及养护管理等因素引起的。应急修补、热补技术可处理坑槽, 灌缝、贴缝和罩面技术可有针对性地解决裂缝问题, 与施工全周期质量管控相结合, 改造质量得以提高。同时专项工程中的科学方案、进度控制和安全管理是技术落地的关键。未来病害处理技术会向着智能化和绿色化方向发展, 用大数据分析实现精准养护, 研发环保材料, 降低环境污染, 运用预防性养护的理念, 由“事后修复”变成“事前防控”, 提高高速公路的使用寿命和降低养护成本。

[参考文献]

- [1] 谈小云. 高速公路路面病害检测及预防养护探究[J]. 工程抗震与加固改造, 2025, 47 (04): 196.
- [2] 李岩. 高速公路沥青路面常见病害处治措施研究分析[J]. 工程建设与设计, 2025, (14): 132-134.
- [3] 吴宇. 高速公路路面结构结合部病害成因及处治措施[J]. 交通世界, 2025, (21): 53-55+61.
- [4] 宋迪. 高速公路沥青路面养护施工微表处技术的应用[J]. 工程建设与设计, 2025, (13): 210-212.
- [5] 范佳颜. 高速公路路面预防性养护技术成本效益与应用策略分析[J]. 运输经理世界, 2025, (18): 121-123.
- [6] 谢杰. 高速公路改扩建工程路面施工关键技术研究[J]. 交通世界, 2022, (33): 45-48.