

公路养护工程病害成因分析及处治对策

刘 鹤

南通市公路事业发展中心, 江苏 南通 226000

[摘要] 公路的完好度以及服役性能对路网通行效率, 运输成本以及行车安全有着直接的影响。伴随着我国公路总里程的不断增长、极端气候频繁出现以及交通负载持续加重, 导致常规的养护难度不断提高。基于此, 文章首先对公路养护工程病害成因进行系统性分析, 并在此基础上制定一系列针对性的处置对策和全周期预防管控策略, 确保公路养护工程规范化实施, 延长公路的使用寿命, 以供参考。

[关键词] 公路养护; 路面病害; 路基病害; 成因分析; 处治对策; 全周期管控

DOI: 10.33142/ec.v9i4.19474

中图分类号: TU7

文献标识码: A

Analysis of the Causes of Diseases in Highway Maintenance Engineering and Treatment Measures

LIU Hu

Nantong Highway Development Center, Nantong, Jiangsu, 226000, China

Abstract: The integrity and service performance of highways have a direct impact on road network efficiency, transportation costs, and driving safety. With the continuous growth of Chinese total highway mileage, frequent occurrence of extreme weather conditions, and increasing traffic loads, the difficulty of routine maintenance continues to increase. Based on this, the article first conducts a systematic analysis of the causes of diseases in highway maintenance engineering, and on this basis, develops a series of targeted disposal measures and full cycle prevention and control strategies to ensure the standardized implementation of highway maintenance engineering and extend the service life of highways for reference.

Keywords: highway maintenance; road surface diseases; roadbed diseases; cause analysis; remedial measures; full cycle control

引言

截止 2025 年底, 我国已建成全球规模最大的公路交通网络, 公路总里程已突破 550 万公里。随着公路服役年限的不断增加, 加之重载车辆长期通行等相关因素的影响, 导致公路路面病害问题日益突出。早期若未采取有效的干预措施, 处置轻微病害极易发展为重度病害, 对道路服务水平、行车安全有着直接的影响, 同时也提高养护成本。目前公路病害具有成因复杂, 种类繁多等特征, 通常单一病害会诱发次生病害, 从而形成恶性循环。传统的公路养护主要以被动修复为主, 这种养护方式存在“重治理、轻预防”的问题, 容易导致养护效率偏低, 病害反复出现等情况。基于此, 为了能够实现精准治理, 本文首先对病害的产生根源进行深入分析, 在此基础上构建“分类识别—成因解析—精准处置—长效防控”的全链条养护体系, 从而提高公路的养护质量。

1 公路工程典型病害类型及分布特征

公路病害主要集中于路面结构与路基主体, 路基病害

则是路面病害的核心诱因。梳理各类病害发生率与分布特征, 通过图表直观呈现病害占比情况, 为后续成因分析奠定基础。

1.1 沥青路面主要病害类型及占比

沥青路面占我国公路路面总面积的 85% 以上, 具有行车舒适、施工快捷、养护便捷等优势, 其病害以裂缝、车辙、坑槽、松散、泛油、拥包为主, 属于柔性路面典型病害。沥青路面主要病害类型占比统计见图 1。

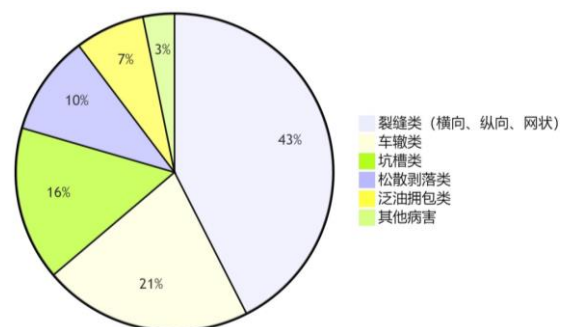


图 1 沥青路面主要病害类型占比统计图

从数据来看，沥青路面最主要的病害是裂缝类病害，占比超四成，通常是因早期温缩裂缝与荷载裂缝演化而来；车辙类病害占比次之，属于高温与荷载共同作用的结构性疾病，主要集中在重载交通路段、交叉路口与爬坡路段；坑槽、松散类病害多为裂缝渗水后引发的次生病害，是影响行车安全的病害类型，占比合计超 25%。

1.2 水泥混凝土路面主要病害类型及占比

水泥混凝土路面属于刚性路面，病害以裂缝、断板、错台、拱胀、坑洞为主，多集中在面板接缝、边角部位。水泥混凝土路面主要病害类型占比统计见图 2。

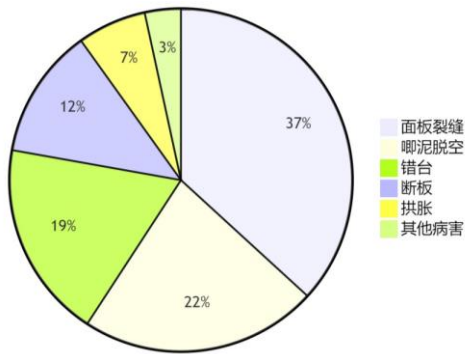


图 2 水泥混凝土路面主要病害类型占比统计

水泥混凝土路面病害核心集中在面板与基层结合部位，因接缝密封失效、雨水下渗导致基层软化引发，唧泥、错台、脱空占比超 40%；裂缝、断板占比近 50%，多为温度应力、荷载应力与基层不均匀沉降共同作用导致，修复难度大。

1.3 路基主要病害类型及分布

路基病害具有隐蔽性、滞后性特点，一旦出现病害会直接引发路面结构性破坏，主要病害包括不均匀沉降、路基沉陷、冻胀融沉等。其中，山区公路以边坡滑塌、路基沉陷为主，平原地区以不均匀沉降、翻浆冒泥为主，高寒冻土区以冻胀融沉为核心病害。

2 公路病害核心成因深度分析

公路病害是自然环境、交通荷载、施工质量、材料性能、后期养护五大因素相互叠加、共同作用的结果，且各类因素之间存在连锁反应，加剧病害演化速度。

2.1 自然环境因素：病害发生的基础性诱因

自然环境是导致公路病害的主要外部因素，受到雨水冲刷，温度波动等自然条件会对路基路面造成不可逆的损伤。沥青路面在夏季高温环境下容易出现变形病害，在冬季低温下容易出现横向开裂的情况，我国地域广阔，温差显著，在昼夜温差反复作用下，裂缝会进一步发展，甚至

会发展成为网状裂缝。受温度梯度变化影响，水泥混凝土路面容易发生断板、裂缝等病害。雨水、地下水等水源会加剧公路病害扩大，降低基层承载能力，削弱路基路面的结构强度，引发各类病害。水泥混凝土路面渗水后，基层细颗粒被水流裹挟形成唧泥，出现错台、断板；沥青路面渗水后，降低沥青与集料粘结力，导致松散、坑槽病害；土基含水量超标后会引发不均匀沉降与翻浆。

2.2 交通荷载因素：病害发展的加速性诱因

交通负荷是导致公路各类病害产生的关键外部作用力，其中超载车辆，重载车辆是造成道路损坏的主因。车辆超载会加快路面结构损坏以及筑路材料老化进程。超载车辆荷载大、冲击效应显著，对路面及路基造成的损伤严重且修复难度大，标准轴载的长期反复作用，易造成沥青路面出现网裂、龟裂，水泥混凝土路面产生裂缝、断板等问题。同时，因交通流量分布不均，不同车道重载车辆比例差异较大，也会造成单侧或局部路段病害集中出现。

2.3 施工建设因素：病害产生的先天性诱因

施工质量缺陷是导致公路病害出现的先天根源。在公路的建设阶段，因过程管控失控，工艺不规范，竣工验收把关不严等相关问题容易导致路面、路基存在先天质量隐患。路面施工时，水泥混凝土、沥青混合料、基层施工质量不达标，导致多种路面早期病害。据统计，约 30% 的公路早期病害源于施工质量缺陷。

2.4 材料性能因素：病害形成的内在性诱因

路基路面的材料性能对公路的抗病害能力有着直接的影响，若材料的质量不达标或选型不合理，均会降低结构的耐久性与强度，在公路长期服役下容易发生道路病害。沥青路面方面，沥青标号与技术指标不匹配、油石比控制不当，易出现松散、裂缝，导致路面早期破损。水泥混凝土材料方面，若集料含泥量超标，水灰比控制不合理，均会导致面板性能下降，引起开裂等病害。此外，材料在长期使用过程中容易发生性能衰减，在一定程度上加剧了道路病害的发生与发展。

2.5 后期养护因素：病害恶化的关键性诱因

后期养护管理不到位，是病害从轻度演变为重度、从单一演变为复合的关键因素，当前部分公路养护存在巡查不到位、处置不及时、工艺不规范、资金投入不足等问题，错失最佳养护时机。早期微小病害得不到及时处置，雨水下渗后快速发展为坑槽、沉陷等重度病害，且提高了后期的养护成本。修补材料选型不当，修补部位与原路面结合不紧密，易出现二次开裂、脱落，导致病害反复出现。同时，养护资金分配不均、巡查设备落后，也导致病害发现

表 1 公路病害针对性处治对策表

病害类型	病害分级	核心处治工艺	关键技术参数要求	适用路段场景
沥青路面裂缝	轻度(宽<3mm)、中度(3~10mm)、重度(>10mm)	直接灌缝、开槽灌缝、局部挖补	灌缝胶软化点 $\geq 85^{\circ}\text{C}$, 挖补深度 \geq 面层厚度, 压实度 $\geq 96\%$	普通干线公路、高速公路全路段
沥青路面车辙	轻度(深<5mm)、中度(5~15mm)、重度(>15mm)	热再生修复、铣刨重铺、基层置换	铣刨深度贴合车辙深度, 重铺混合料动稳定度 ≥ 3000 次/mm	重载路段、交叉口、爬坡路段
水泥混凝土路面病害	轻微裂缝、脱空唧泥、断板错台	环氧树脂灌缝、高压注浆、面板更换	注浆压力 0.5~0.8MPa, 新浇混凝土强度 $\geq \text{C30}$, 切缝深度 6mm	国道、省道、农村公路刚性路面
路基病害	轻度沉降、中度滑塌、重度翻浆	注浆加固、开挖换填、边坡支护	路基压实度 $\geq 95\%$, 换填料粒径<15cm, 注浆浆液水灰比 1:1	山区路段、平原软土路段、高寒冻土路段

不及时、处置效率低下, 加剧公路病害恶化。

3 公路病害针对性处治对策

公路病害处治根据病害类型、严重程度、成因特点, 制定精准化处治方案, 兼顾短期修复效果与长期结构稳定, 杜绝治标不治本。

结合表 1 中的工艺选型标准, 下文针对三大类病害, 逐一细化具体处治操作流程与质量管控要点。

3.1 沥青路面病害处治对策

3.1.1 裂缝类病害处治

以裂缝的宽度分级为依据, 制定针对性的处置方案。

沥青密封胶灌缝处置适用于宽度小于 3mm 的微裂缝, 在处理过程中, 首先将裂缝内的杂物、灰尘彻底清理干净, 再加热密封胶灌注, 封闭裂缝防止渗水; 开槽灌缝工艺适用于宽度 3~10mm 的中等裂缝, 在处理过程中, 首先使用开槽机将裂缝切割成为规则的凹槽, 并将裂缝内的灰尘、杂物清理干净后涂刷粘层油, 再灌注高温密封胶; 局部挖补工艺适用于宽度大于 10mm 的重度裂缝且伴随松散、剥落的道路病害, 切割病害区域至基层顶面, 清理后铺设粘层油, 重新摊铺沥青混合料并压实。稀浆封层、微表处等预防性养护技术适用于网状裂缝大面积区域, 封闭表面裂缝, 以此提高路面的防水性能和耐磨强度。

3.1.2 车辙类病害处治

热再生养护技术适用于轻度车辙(深度小于 5mm), 加热车辙区域, 耙松后添加改性沥青混合料, 重新碾压成型; 铣刨重铺工艺适用于中度车辙(深度 5~15mm), 铣刨车辙部位面层, 清理后摊铺高模量沥青混合料; 重度车辙(深度大于 15mm), 伴随基层软化, 为了从根源解决结构性车辙, 铣刨面层与基层, 更换稳定基层材料, 重新摊铺面层。重载路段可采用改性沥青、橡胶沥青混合料。

3.1.3 坑槽、松散类病害处治

采用“圆洞方补、斜洞正补”原则, 划定病害修补范围, 切割至坚实基层, 彻底清理松散物料与积水, 涂刷粘

层油, 采用热拌沥青混合料分层摊铺、分层压实, 修补面略高于原路面, 确保与原路面衔接平顺。临时应急处置可采用冷补沥青料, 永久性修复必须使用热拌料, 保证修补质量, 防止二次破损。

3.2 水泥混凝土路面病害处治对策

3.2.1 裂缝、断板类病害处治

轻微裂缝采用环氧树脂灌缝封闭; 中等裂缝采用压力灌浆工艺, 通过高压将灌浆料注入裂缝内部, 填充空隙、恢复面板整体性; 重度裂缝与断板, 采用整块面板更换工艺, 切割破损面板, 清理基层, 重新浇筑混凝土面板, 做好接缝密封处理。面板边角破损, 采用快硬混凝土局部修补, 缩短养护时间, 快速恢复通行。

3.2.2 唧泥、错台、脱空类病害处治

唧泥与面板脱空, 采用非开挖注浆加固工艺, 在面板钻孔, 高压注入水泥浆或改性灌浆料, 填充面板底部空隙, 加固基层、抬升面板, 恢复面板支撑力; 错台病害, 轻度错台采用机械磨平处置, 重度错台配合注浆抬升工艺, 调整面板高度, 保证路面平整度。接缝密封失效的, 重新更换优质密封胶, 做好接缝防水, 防止雨水下渗。

3.3 路基病害处治对策

路基不均匀沉降, 轻度沉降采用注浆加固工艺, 向路基内部注入浆液, 密实土体; 重度沉降需开挖路基, 更换优质填料, 分层填筑、分层压实。翻浆冒泥路段, 先开挖换填路基上部软土, 更换砂砾、碎石等透水性填料, 设置盲沟、渗沟排出地下水。边坡滑塌, 采用削坡减载、土工格栅加筋等工艺, 完善边坡排水设施。高寒冻土区路基, 采用保温护道、通风管路基等工艺, 减轻冻胀融沉危害。

4 公路病害长效预防管控措施

病害处治是短期补救手段, 长效预防才是降低病害发生率、延长公路使用寿命的核心。

4.1 强化设计阶段源头管控

充分围绕公路的交通量、地质条件、区域气候等相关因素合理选型路面结构与材料, 多雨的地区建议优先选择

密实型防水路面,严寒的地区建议选择低温抗裂性好的沥青混合料,重载路段选用高模量、高强度结构层。完善路基排水设计,地质复杂路段做好地基处理,半填半挖路段设置加固措施,从设计层面提升公路抗病害能力。

4.2 严控施工建设质量

在材料进场前应该做好把控,检查材料的质量性能,对于劣质材料杜绝使用。规范施工工艺,加强对施工人员的培训,使其能够严格按照工艺做好路基压实度、接缝、排水等施工环节;注重施工全过程的质量检测工作,根据工程的实际情况,加强完善质量管控体系标准,严格验收流程,从而消除先天性的病害隐患,提高公路建设质量。

4.3 推行全周期预防性养护

建立定期路况检测机制,采用智能巡检设备、路面检测车等,识别早期病害,建立病害台账;根据路况检测结果,制定预防性养护计划,在病害未发生或轻度阶段,及时采取灌缝、封层、微表处等养护措施,阻断病害演化;建立养护资金保障机制,配备专业养护人员与设备,提升养护规范化水平。

4.4 加强交通荷载管控

联合交通执法部门,加大超载车辆治理力度,严格管控公路轴载,减少超载车辆对公路的破坏性碾压;优化交通流量管控,均衡车道荷载分布,降低单侧路面重载压力,延长公路使用寿命。

4.5 推进智慧化养护管理

搭建公路养护智慧管理平台,整合路况检测、病害巡

查、养护施工、资金管理等数据,实现病害实时监测、养护任务智能派发、施工质量全程管控;利用 AI 技术提升病害识别精度,制定最优处治方案,推动公路养护向智能化、精准化、高效化转型。

5 结论

公路病害是自然环境、交通荷载、施工质量、材料性能、后期养护多因素共同作用的结果,轻度病害以封闭、修补为主,重度结构性病害需根治基层、面层隐患,同时通过全周期源头管控与预防性养护,实现病害长效防控。

[参考文献]

- [1]董雪山.探析高速公路路面病害成因及养护技术措施[J].人民交通,2020,(9):76-76.
 - [2]王运强.公路沥青路面病害成因分析及预防处置[J].中国公路,2020(11):174-175.
 - [3]刘婷.浅谈公路桥梁病害成因及养护管理[J].四川水泥,2018(5):19-19.
 - [4]余伦明.国省干线软基路段沥青路面病害原因及处置方案研究[J].运输经理世界,2022(21):102-104.
 - [5]李文海.新材料、新工艺在公路养护中的应用[J].黑龙江科学,2020,11(18):132-133.
 - [6]孙梁.公路路基路面病害成因及防治措施[J].交通世界,2021(11):68-69.
 - [7]戴陆梅.以公路养护技术为中心预防公路工程病害的措施[J].智能城市,2021(4):44-45.
- 作者简介:刘鹄(1976.07—),毕业于扬州大学土木工程专业,现就职于南通市公路事业发展中心。