

市政道路工程病害成因分析及防治对策研究

江晓辉

江西泽善项目管理有限公司

摘要：市政道路作为城市交通基础设施的重要组成部分，其运行状况直接影响城市交通效率与市民出行品质。随着服役年限增长与交通荷载加重，路面裂缝、车辙、沉陷、松散等各类病害日益突出，严重影响道路使用功能与服役寿命。本文系统分析市政道路典型病害的表现特征，从设计、材料、施工、环境及荷载等多维度深入剖析病害形成机理，在此基础上从优化设计标准、严控材料质量、规范施工工艺、完善养护体系等方面提出针对性防治对策。

关键词：市政道路；路面病害；成因分析；防治对策；质量控制

市政道路承担着城市交通流疏导与城市空间联系的重要功能，其运行状态直接关系到城市运转效率与公众出行安全。随着城市化进程加快，道路服役年限增长、交通流量持续攀升、重载车辆比例提高，加之部分道路在设计施工阶段存在不足，导致裂缝、车辙、沉陷、坑槽等各类病害频繁出现。病害不仅降低道路通行舒适性与安全性，还大幅增加后期维修成本，造成资源浪费与社会经济损失。

1 市政道路工程典型病害类型与特征

1.1 路面裂缝类病害的表现特征

路面裂缝是市政道路最为常见的病害类型，根据形态与成因可划分为横向裂缝、纵向裂缝及网状裂缝等形态。横向裂缝主要沿道路横断面方向分布，多表现为贯通性直线裂缝，间距相对均匀，严重时裂缝边缘出现错台现象。纵向裂缝沿行车方向延伸，裂缝线形较为规则，多位于车道分界线附近或新旧路面接茬部位，宽度由细微裂缝逐渐扩展至数毫米。网状裂缝呈现相互交错的龟裂形态，裂缝将路面分割为多边形小块，初期表现为表层细微开裂，后期发展为结构性破坏，裂缝密集区域路面整体性丧失。裂缝类病害直接破坏路面结构整体性，地表水通过裂缝渗入基层与路基，加速结构层强度衰减，诱发其他类型病害的连锁反应。

1.2 路面变形类病害的表现特征

路面变形类病害主要表现为车辙与沉陷两种形态。车辙是在车轮重复荷载作用下路面结构层产生的永久性纵向凹陷，沿行车方向呈现带状分布，横断面上形成两侧隆起、中间下凹的槽形特征。车辙严重时深度可达数十毫米，雨天形成积水带，影响行车安全与排水通畅。沉陷表现为路面局部区域出现下沉变形，形成明显的洼陷区域，沉陷边缘与周围路面之间存在高差。沉陷可分为均匀性沉陷与不均匀性沉陷，前者

多由路基整体压实不足引起，后者则与局部软弱地基或管线回填质量密切相关。

1.3 路面材料松散类病害的表现特征

材料松散类病害主要包括坑槽与松散两种形式。坑槽表现为路面面层局部脱落形成的凹陷区域，坑槽边缘呈不规则形状，深度可达面层厚度甚至深入基层，坑槽底部可观察到松散集料与剥落痕迹。坑槽形成初期表现为表层微细裂纹，随着水分侵入与荷载作用，裂纹扩展并导致集料脱落，逐步发展成明显坑槽。松散表现为路面表层集料在荷载作用下脱离黏结体系，路面出现麻面、起皮等现象，严重时表层呈砂砾状脱落。

2 市政道路工程病害成因的多维度分析

2.1 设计层面的致因因素

设计阶段对道路服役性能具有决定性影响，设计不合理是病害产生的重要源头。结构层设计方面，面层厚度不足或结构层组合不当，难以适应实际交通荷载需求，导致结构层过早进入疲劳破坏阶段。排水设计方面，路面横坡、纵坡设计不合理，或边沟、雨水口设置不足，造成路面排水不畅，地表水长期滞留并下渗至结构层，削弱基层与路基强度。材料设计方面，配合比设计未充分考虑当地气候条件与交通荷载特征，沥青用量不足或矿料级配不当，导致混合料抗裂性与抗车辙能力不足。路基设计方面，对沿线地质条件勘察不充分，未针对软弱地基、膨胀土等特殊土质采取有效处理措施，为路基不均匀沉降埋下隐患。

2.2 材料层面的致因因素

材料质量是决定道路结构性能的基础要素，材料缺陷直接导致路面早期病害的发生。沥青材料方面，沥青标号选择不当，针入度、软化点、延度等关键指标不满足使用要求，导致混合料高温稳定性与低温抗裂性不足。矿料质量方面，集料压碎值、磨耗值、针

片状含量等指标超标,影响混合料骨架结构的稳定性,集料与沥青粘附性差导致水稳定性不足。混合料配合比方面,油石比控制不准确,沥青用量过少导致混合料黏结力不足,沥青用量过多则易产生泛油与车辙。基层材料方面,水泥稳定碎石等半刚性基层材料配合比不合理、水泥剂量控制不严,导致基层强度不足或收缩裂缝严重,反射裂缝向上传递至面层。

2.3 施工层面的致因因素

施工工艺控制不当是路面病害发生的重要诱因,施工质量缺陷在运营期逐步显现。路基施工方面,填筑层厚超标、压实遍数不足、含水量控制不当,导致路基压实度不达标,运营期产生沉降变形。基层施工方面,混合料离析控制不力、摊铺不均匀、碾压不密实,基层表面平整度差,与面层黏结不良,形成薄弱界面。面层施工方面,混合料出场温度、摊铺温度、碾压温度控制不当,影响混合料压实效果与结构强度,碾压工艺不合理导致路面密实度不足或压实不均匀。接缝处理方面,纵向接缝与横向接缝处理不规范,接缝处密实度与平整度较差,成为路面裂缝的薄弱环节。

2.4 环境与荷载耦合作用因素

运营期环境因素与交通荷载的耦合作用是病害发展的外在驱动力量。温度因素方面,夏季高温条件下沥青混合料软化,重载车辆作用下易产生剪切变形形成车辙,冬季低温条件下沥青材料收缩脆化,温度应力超过材料抗拉强度时产生温缩裂缝。水分因素方面,雨水通过路面裂缝或侧向渗透进入结构层,在行车荷载作用下产生动水压力,冲刷基层材料并降低层间黏结,加速结构破坏。交通荷载方面,实际交通量远超设计预期,重载、超载车辆比例高,轴载作用次数增加,路面结构承受的累计当量轴次迅速逼近甚至超过设计极限,加速结构层疲劳破坏。

3 市政道路工程病害防治的设计优化策略

3.1 结构层组合优化与厚度设计

优化结构层组合与厚度设计是提升道路结构承载能力、延缓病害发生的基础性措施。结构层组合应遵循强基薄面的设计理念,在保证基层足够强度的前提下合理确定面层厚度。面层厚度设计充分考虑道路等级、交通荷载特征与气候条件,重交通路段适当增加面层厚度或采用改性沥青、添加抗车辙剂等措施提升结构抗力。基层设计优先选用水稳定性好、抗冲刷能力强的半刚性基层材料,并严格控制基层厚度与强度指标。结构层间设置有效的黏结层与防水层,增强层间连接强度,防止水分下渗对基层造成水损害。

3.2 材料设计与性能指标控制

材料设计阶段的性能指标控制是从源头保障道路质量的关键环节。沥青材料选择依据项目所在地气候分区与交通荷载等级,确定适宜的沥青标号,在极端高温或重交通路段采用改性沥青或高模量沥青,提升高温抗车辙能力,在寒冷地区选用低温延度优良的沥青品种,增强低温抗裂性能。矿料质量控制建立严格的进场检验制度,确保集料级配稳定、洁净度好、针片状含量与压碎值满足规范要求,粗集料采用多级破碎工艺保障颗粒形状规整。混合料配合比设计采用马歇尔试验与性能验证相结合的方法,在满足稳定度、流值等常规指标基础上,增加高温车辙试验、低温弯曲试验及浸水马歇尔试验,验证混合料抗车辙、抗裂及抗水损害性能。

3.3 排水系统与防水设计完善

完善的排水系统与有效的防水设计是防止水损害、保障道路结构长期稳定性的重要屏障。路面排水设计依据道路纵坡、横坡及汇水面积合理确定雨水口布置间距与尺寸,保障路面径流及时排出,避免路面积水。路基排水设置边沟、截水沟及盲沟等设施,及时排除路基范围内地下水与地表水,降低路基含水量。结构防水方面,在半刚性基层顶面设置透层油与封层,形成有效的防水屏障,阻断地表水下渗路径,同时增强基层与面层的层间黏结。对于透水性较强或地下水丰富路段,在路基底部设置碎石垫层或土工布隔水层,阻断毛细水上升通道,保障路基处于干燥状态。

4 市政道路工程病害防治的施工与养护保障

4.1 关键工序施工质量控制

关键工序的施工质量控制是预防病害产生的核心环节,必须建立严格的工艺标准与过程控制机制。路基填筑控制填土含水量接近最佳含水量时进行碾压,压实度检测按规范频率进行,确保每一填筑层均达到设计压实标准,高填方路段设置沉降观测点监测工后沉降。基层施工控制混合料拌合均匀性,摊铺连续稳定,碾压遵循先轻后重、先慢后快、先边后中的原则,保证基层平整度与密实度,基层养护期间封闭交通确保强度增长。面层施工控制沥青混合料的出场温度、到场温度、摊铺温度及碾压温度在合理区间内,摊铺保持匀速连续,碾压按照初压、复压、终压三个阶段有序进行,接缝处理采用垂直切缝、涂刷黏结油、仔细碾压等方式保证接缝处密实平整。

4.2 施工过程精细化管控措施

施工过程精细化管控是保障施工质量稳定性的重要手段,需从材料、设备、人员及工艺等多方面实施

系统控制。材料管控建立进场验收、见证取样、平行检验的质量控制流程,对沥青、集料、矿粉等原材料进行批次管理,实现质量可追溯。设备管理对拌合设备、摊铺设备、碾压设备进行标定与调试,确保计量精度与工作性能满足施工要求,碾压设备组合与碾压遍数根据试验段成果确定。工艺控制以试验段铺筑验证设计参数与工艺方案的可行性,确定合理的松铺系数、碾压组合及接缝处理工艺,为大规模施工提供技术依据。

4.3 预防性养护与及时修复机制

预防性养护与及时修复是延长道路使用寿命、防止小病害演变为大病害的有效手段。预防性养护在道路结构尚未出现明显病害时实施,根据路面使用性能衰减规律,适时采用微表处、稀浆封层、雾封层等技术,封闭路面微裂缝,恢复表面功能,延缓结构性能衰减。日常养护巡查建立常态化巡查制度,对路面裂缝、坑槽、松散等早期病害做到及时发现、及时处置,裂缝在初期采用灌缝处理防止水分下渗,小面积坑槽采用热补或冷补技术快速修复。定期检测评价每年开展路面使用性能检测与评价,依据路面状况指数、行驶质量指数等指标确定养护需求与养护方案,建立道路技术状况档案,为养护决策提供科学依据。

5 市政道路工程病害防治的系统化保障

5.1 全过程质量责任体系建设

全过程质量责任体系是保障防治措施有效落实的制度基础,需构建覆盖设计、施工、监理、养护各环节的责任链条。建设单位承担质量管理的首要责任,建立健全质量管理体系,组织设计交底与图纸会审,监督各参建单位履行质量职责。设计单位对设计质量负责,做好技术交底与现场服务,及时解决施工中的设计问题。施工单位对施工质量负直接责任,建立从项目经理到作业班组的质量责任体系,将质量目标分解到各工序、各岗位。监理单位对施工质量承担监理责任,严格按照监理规范开展巡视、旁站与平行检验,对关键工序实施全过程监控。

5.2 全过程质量监督机制构建

全过程质量监督机制是确保防治措施有效执行的重要保障,应建立政府监督、社会监理、企业自检相结合的质量监督体系。政府监督部门对工程建设质量

实施宏观监管,开展质量巡查与专项检查,对违法违规行为依法处理,建立质量信用评价体系,将质量行为与市场准入挂钩。社会监理单位依照合同与规范履行现场监理职责,对施工过程实施全过程、全方位监督,对关键工序与隐蔽工程实施旁站监理,确保施工质量符合设计要求与验收标准。施工企业自检体系建立工地试验室,配备专职质量检测人员,按照规范频率开展原材料与施工过程质量检测,建立检测台账,确保检测数据的真实性与完整性。

5.3 质量信息反馈与持续改进

质量信息反馈与持续改进机制是推动防治水平不断提升的动力源泉,应建立病害信息收集、分析、反馈与改进的闭环流程。病害信息收集依托道路巡查、定期检测及养护记录,建立病害数据库,记录病害类型、位置、规模及发展变化情况。成因追溯对典型病害开展专项调查,结合设计图纸、施工记录及材料检测报告,分析病害形成的深层原因,明确责任环节与改进方向。经验反馈将病害成因分析结论反馈至设计、施工及养护环节,修订设计标准、优化施工工艺、完善养护措施,防止同类问题重复发生。

6 结束语

市政道路工程病害成因复杂多样,涉及设计、材料、施工、环境及荷载等多个层面的交互作用。本文系统分析了裂缝、车辙、沉陷、松散等典型病害的表现特征,从设计层面结构组合与排水系统、材料层面性能指标与配合比、施工层面关键工艺与过程控制、环境与荷载耦合作用等维度深入剖析了病害形成机理。

参考文献:

- [1] 陈忠达, 蒋玮. 沥青路面病害类型、成因与防治措施研究综述 [J]. 中国公路学报, 2021,34(12):1-18.
- [2] 黄马涛. 沥青路面结构设计理论与方法 [M]. 北京: 人民交通出版社, 2020.
- [3] 张肖宁. 沥青路面施工质量控制与病害防治技术 [J]. 公路交通科技, 2022,39(5):42-49.
- [4] 刘黎萍. 重载交通条件下沥青路面结构响应与车辙控制研究 [J]. 交通运输工程学报, 2023,23(2):1-12.
- [5] 秦仁杰, 李盛. 市政道路沥青路面早期病害成因与预防性养护技术 [J]. 中外公路, 2024,44(1):85-91.