

市政道路沥青路面车辙病害成因及防治措施

芦欢¹ 曾拥军² 马洪飞³ 光鹏⁴

1.江西省樟树市刘公庙镇横塘村 江西 樟树 331200

2.河南省上蔡县百尺乡大何庄村林庄 河南 驻马店 463800

3.山东省青岛市城阳区荟城路 506 号 山东 青岛 266000

4.安徽省枞阳县麒麟镇麒麟村 安徽 安庆 246700

【摘要】：沥青路面是目前市政道路工程的主要路面形式，具有行车舒适、噪音小、养护方便等优点。由于长时间的高温环境、复杂的交通荷载以及施工养护不善等原因，市政沥青路面很容易发生车辙病害。车辙会造成路面不平，影响行车安全和舒适性，严重的会造成路面开裂、渗水、基层破损等次生病害，大大缩短道路使用寿命。本文选取某城市主城区市政主干道为工程案例，对沥青路面车辙病害的种类和形成机理进行系统的分析，根据现场检测数据整理出病害的主要原因，从材料改善、结构设计、施工控制、养护维修、交通管理等几个方面提出相应的防治措施，可以为同类市政道路路面病害治理和品质提高提供技术上的借鉴。

【关键词】：市政道路；沥青路面；车辙病害；病害成因；防治措施

DOI:10.12417/3083-5526.26.02.016

1 工程概况

本次研究选择的是某城市主城区双向六车道市政主干道，该道路全长 3.2km，路面宽度为 24m，设计行车速度为 60km/h，路面结构为典型的市政沥青路面结构。路面自上而下结构为 4cm 细粒式改性沥青上面层、6cm 中粒式沥青中面层、8cm 粗粒式沥青下面层，基层为 36cm 水泥稳定碎石，底基层为 20cm 级配碎石。

2020 年建成通车，承担城区通勤、商贸运输、短途货运等任务，车流量大，车型杂乱。通车三年以后，道路行车轮迹带出现不同程度的车辙病害，以路口刹车路段、公交停靠站、重载车辆高频通过路段为主。现场检测发现局部路段车辙最大深度达到 28mm，大部分病害路段车辙深度在 10-20mm 之间，路面平整度明显降低，已经影响到道路正常通行功能，急需对病害成因进行分析并实施专项治理。

2 沥青路面车辙病害主要类型及现场检测结果

2.1 病害主要类型

根据市政道路的运行特点和现场病害的出现情况，该路段车辙病害可以分为结构型车辙、流动型车辙和压实型车辙。结构性车辙是由于路面基层、底基层强度不够或者变形造成的，变形范围贯穿整个路面结构层，辙槽宽度大、深度均匀，伴随路面整体沉降。流动性车辙主要出现在沥青面层，在高温下沥青混合料变软，车辆荷载反复碾压造成集料滑移、沥青胶浆流动，形成不规则的辙槽，辙槽边上还有隆起变形。压实性车辙主要是施工阶段混合料压实度不够，在通车后行车荷载作用下进一步压实沉降形成，病害均匀、变形量小。

2.2 现场病害检测数据

为了全面掌握病害的分布情况和严重程度，利用路面平整度仪、车辙检测仪分别对全线进行专项检测工作，按照轻、中、

重三级来划分病害程度，轻度车辙深度 < 10mm，中度车辙深度 10-20mm，重度车辙深度 > 20mm。检测统计结果如表所示。

表 1 案例路段沥青路面车辙病害检测统计表

病害等级	车辙深度 (mm)	病害路段长度 (m)	占比 (%)	主要分布区域
轻度	<10	1860	58.1	常规直行路段
中度	10~20	920	28.8	路口缓行路段
重度	>20	420	13.1	公交站台、重载通行路段

从检测数据可知，本路段轻度车辙比例最高，病害范围较广，中度和重度车辙主要出现在车辆启动和停车频繁、重载集中的路段上，车辙病害的发展同交通荷载特点、行车工况有关。

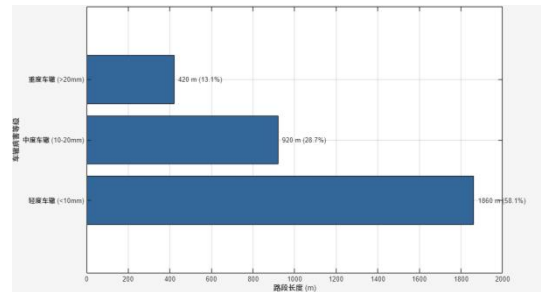


图 1 路面典型车辙病害占比

3 沥青路面车辙病害核心成因分析

3.1 交通荷载因素

交通荷载是造成车辙病害的主要原因，也是车辙病害发展的主要原因。该案例的道路位于城区的商贸核心区域，每天的交通流量很大，日均通过的车辆有 4.8 万辆以上，轻型货车、渣土车等重载车辆所占比例为 28%。重载车辆轴载压力远远大

于路面设计标准荷载，会大大增加沥青面层的剪切变形概率。

同时路口红绿灯的启停、公交站台车辆停靠制动等也会使车辆在局部路段低速行驶或者暂时停车，使路面受到的荷载时间变长。沥青混合料属于黏弹性材料，长时间的荷载作用下会使混合料内部产生累积塑性变形，集料骨架结构逐渐滑移错位，最终形成永久性车辙。反复的车辆碾压、制动剪切作用，会使辙槽不断加深、拓宽，形成恶性循环。

3.2 气候环境因素

项目所在城市夏季高温日数多，夏季路面最高温度达 65℃ 以上，远远高于沥青软化临界点。普通沥青材料在高温下黏度急剧下降，胶结性变差，沥青混合料的刚度明显减小，抗剪切、抗流动变形的能力也大为减弱。高温天气下，白天路面一直被高温暴晒，混合料处于软化松弛状态，夜间温度下降，材料逐渐收缩硬化，长时间反复的温变循环，会造成沥青混合料内部产生疲劳损伤。叠加日间行车荷载的持续作用，路面很容易出现流动变形，是夏季车辙病害快速发展的主要原因。雨季雨水进入路面结构内部后，会造成沥青、集料之间粘结力下降，基层材料变软，路面整体结构刚度减小，从而加快车辙病害的发展和蔓延。

3.3 材料性能与配合比设计缺陷

沥青混合料的材料品质和级配设计是否合理，直接影响到路面抗车辙性能的好坏。该道路施工阶段，上面层采用普通改性沥青，高温稳定性差，针入度指标偏大，高温天气下极易出现流动变形。混合料级配设计偏细，粗集料含量低，不能形成稳定的骨架密实结构，混合料抗剪切、抗挤压能力差，荷载作用下细集料容易产生位移。同时施工阶段沥青用量控制误差，局部路段沥青用量偏高造成混合料油石比大，成型后路面柔性大、刚性小，高温稳定性急剧下降。部分进场集料存在压碎值超标的状况，颗粒级配不均也会降低混合料的整体强度，给车辙病害的产生埋下隐患。

4 沥青路面车辙病害综合防治措施

4.1 优化原材料选型与混合料配合比

从源头提高路面抗车辙性能，选用高黏度改性沥青、橡胶沥青等高性能胶结料，控制沥青针入度、软化点等主要指标，提高沥青高温稳定性和抗老化性能。集料优先采用质地坚硬、压碎值小、耐磨性好的玄武岩、石灰岩集料，控制集料含泥量、杂质含量，保证集料颗粒均匀、级配连续。优化混合料级配设计，采用骨架密实型级配结构，适当提高粗集料的含量，形成稳定的集料骨架体系，显著提高混合料的抗剪切、抗变形能力。准确控制油石比，用马歇尔试验、高温车辙试验确定最佳沥青用量，防止沥青用量过多造成流动变形。同时掺入适量的抗车辙添加剂，提高混合料高温稳定性，从材料上消除车辙病害的根本原因。

4.2 优化路面结构设计

根据市政道路交通的特点来优化路面结构组合设计。重载路段、路口、公交站台等薄弱处加厚沥青上面层和中面层厚度，提高面层整体刚度和抗变形能力。合理优化基层结构，选用高强度、稳定性好的水泥稳定碎石基层，控制好基层压实度和强度，防止基层变形引起结构车辙。在沥青面层与基层之间设防水粘结层，阻止雨水渗透到结构内，防止基层软化、损坏，保证路面结构的整体性。对城市道路低速重载路段实施专项路面结构验算，适度改动结构层参数来加强路面总体承载性能，契合复杂交通环境的要求。

4.3 强化施工现场精细化管控

规范沥青路面施工全过程工艺，达到精细化质量控制的目的。沥青摊铺前，对混合料出场温度、运输温度进行检测，保证混合料温度合格、无离析现象。摊铺过程保持匀速、连续作业，控制摊铺厚度和平整度，防止厚度偏差。压实作业严格遵守高温、紧跟、匀速、稳压的原则，合理搭配初压、复压、终压设备，规范压实遍数和压实速度，全方位保证路面压实度达到规范要求，将混合料空隙率控制在合理的范围内。重点加强路口、公交站台、车道变换路段等重要部位的压实控制，适当增加压实遍数，消除施工薄弱环节。规范施工接缝处理，提高路面结构整体性，防止接缝变形造成车辙病害。

4.4 完善预防性养护与病害处治体系

创建常态化的路面巡检体系，定时开展路面车辙深度、平整度等参数的检测工作，准确把握病害的发展趋向，执行预防性养护任务。对深度小于 10mm 的轻度车辙使用微表处、稀浆封层等养护措施来修补路面平整度，阻止病害继续发展。对于 10-20mm 的中度车辙，用铣刨重铺上面层的方式进行局部修复，消除辙槽变形。对于大于 20mm 的重度车辙，彻底铣刨破除沥青面层，检测基层完整性，对破损、软化基层同步修复后重新铺筑沥青结构层，彻底根治病害。同时定期对路面进行封水养护，防止雨水侵蚀，减缓路面材料老化，提高道路的整体耐久性。

4.5 优化交通管控与运维管理

根据道路通行条件，完善交通管控措施，在道路入口处设置重载车辆限行标识，严格控制超载、超限车辆通行，从源头上减少路面重载损伤。在路口、公交站台等容易产生车辙的地方设置低速警示、平稳行驶提示，减少车辆长时间停留、频繁刹车给路面造成的剪切破坏。改善城区交通疏导状况，削减主干道路口的车流集中程度，防止出现拥堵状况。建立道路运维台账，安排专人定期进行路面养护，对路面早期病害做到及时发现、及时处理，防止小病变成大病，减少路面大面积破损，提高道路使用寿命。

5 工程应用效果

5.1 效果评价依据与检测方案

本次工程效果评价严格按照城镇道路路面技术状况评价相关规范,结合市政主干道路面养护验收标准进行,主要从车辙深度、路面平整度、路面损坏状况指数、高温稳定性等几个方面来评价。根据案例路段的差异化病害等级,采用定点跟踪检测和全域普查相结合的方式,在整治完成后3个月、6个月、12个月开展阶段性检测,对路面病害的变化和各项性能指标的数据进行准确的记录,客观地评价出综合防治措施的应用效果。

5.2 不同等级病害整治效果分级分析

5.2.1 轻度车辙路段整治效果

本段轻度车辙病害最多,用微表处预防性养护技术进行处理。整治之后路面原有的细辙槽全部被清除,路面平整度得到改善。经过12个月的运行监测,常规直行路段没有新的车辙病害出现,路面整体变形量满足规范要求。高温季节路面没有出现混合料软化、轻微流动变形等问题,病害复发率很低,实现了早期病害抑制、延缓路面老化治理的目标,大大降低了病害升级的风险。

5.2.2 中度车辙路段整治效果

对路口缓行路段中度车辙病害采取铣刨重铺沥青上面层的方式进行处理,同时改善局部路段混合料配比,提高路面抗剪切变形能力。整治之后路口车辆制动、低速碾压处路面受力均衡,无局部凹陷、隆起变形。经过夏季高温和雨季极端工况之后,路面没有产生二次病害,路面结构整体性较好,彻底解决了原来累积的塑性变形问题,恢复了路段正常的通行性能。

5.2.3 重度车辙路段整治效果

公交站台和重载通行路段重度车辙病害,用面层整体铣刨、基层修复、重新铺筑沥青结构层的综合治理方案,加强关键区域施工压实控制。整治之后,原有的20mm以上深辙槽全部消失,路面结构层的受力体系被重新塑造。从长期监测结果可知,重载车辆反复碾压、频繁制动工况下,路面无明显变形、渗水和基层破损现象,结构稳定、荷载承载能力明显提高,彻底消除重度车辙和次生病害隐患。

5.3 整治前后核心指标对比分析

为了量化治理效果,选取车辙最大深度、路面平整度、病害发生率三个主要指标来对比整治前后路段的性能,具体的数据见下表。

表2 路段整治前后核心性能指标对比表

检测阶段	最大车辙深度 (mm)	路面平整度偏差 (mm)	整体病害发生率 (%)
整治前	28.0	12.6	100
整治后3个月	4.2	3.8	12.5
整治后12个月	4.8	4.1	15.0

从指标数据可知,综合治理之后路面各项主要性能得到明显改善。整治12个月后,最大车辙深度保持在5mm以下,满足市政主干道路面车辙控制规范要求,路面平整度明显改善,仅有少量可控的初期轻微变形,没有中重度病害的再次发生,路面整体性能稳定可靠。

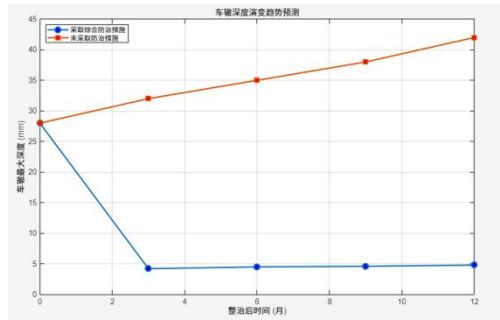


图2 车辙深度演变趋势预测

6 结论

市政沥青路面车辙病害是交通荷载、气候环境、材料性能、施工质量、养护管控等多因素相互作用的结果,重载反复碾压、高温环境作用是病害发展的主要外部条件,材料配比不合理、施工控制不严是病害产生的根本原因,养护滞后和交通管控不到位会加快病害的发展。防治车辙病害要采取源头防控、过程控制、事后处理相结合的方式,依靠改善原材料及混合料比例、加强路面结构设计、加强施工精细化管理、严格执行预防性养护、规范交通管控等手段,从各个方面提高沥青路面抗车辙性能。结合工程案例针对性施策,可以有效地降低车辙病害的发生率,提高市政道路的通行质量、使用寿命,给城市道路交通基础设施的稳定运行提供有力保障。

参考文献:

[1] 周晨光. 市政沥青路面车辙病害损坏机理分析 [J]. 运输经理世界, 2024, (25): 103-106.
 [2] 郑远彪,张建飞,夏仁北,等. 宁波地区沥青路面主导病害调研及病害防治 [J]. 城市建筑, 2020, 17 (23): 132-134+164.
 [3] 程伟,王小丽. 基于 SATCC 的赞比亚市政道路车辙形成机理研究 [J]. 工程技术研究, 2020, 5 (13): 166-167.
 [4] 张振华. 市政道路沥青路面常见病害分析及处理措施 [J]. 建材与装饰, 2020, (16): 282-283.
 [5] 赖春燕. 关于市政道路沥青路面施工及质量控制的分析 [J]. 建材与装饰, 2018, (32): 271-272.