市政道路改扩建工程路面病害治理研究

贺　强

新疆裕强建筑安装有限责任公司 新疆 图木舒克 843900

【摘　要】：现代综合立体交通运输体系建设背景下，我国城市路网不断完善，为满足日益增长的交通量需求，在新建公路的同时还应不断对既有公路进行升级扩建，公路改扩建是一项长期的、关系民生的重要工程。本文针对市政道路改扩建工程旧路面病害多发、处治不当易引发新铺层早期损坏的突出问题，梳理了裂缝、车辙、沉陷、坑槽等主要病害的类型与成因，提出基于技术状况评定的分类处治与加铺决策方法，并结合某市政道路改扩建案例，阐述病害调查、方案设计与效果评价全过程。研究表明，坚持检测评定先行、结构治本与质量控制并重，可显著提升处治效果与路面耐久性，并为同类工程提供参考。

【关键词】：市政道路；改扩建工程；路面病害

DOI:10.12417/2811-0528.26.21.069

市政道路是城市交通的重要载体，随着城镇化与机动车保有量增长，大批早年建成的城市道路相继进入改扩建，面临新旧结构衔接、交通组织、管线制约等矛盾，病害治理关系工程成败与运营安全。旧路面病害成因交织、隐蔽性强，若调查不清、处治不当，常出现新铺层迅速再坏、反复开挖。因此，系统研究改扩建路面病害的成因与科学处治技术，对提升工程质量、延长道路寿命、节约投资具有重要意义。

1 市政道路改扩建工程路面病害特征与成因

（1）病害类型与分布特征：市政道路改扩建工程面对服役多年、损伤叠加的旧路面，其病害在类型构成、空间分布与严重程度上明显区别于新建工程。按《城镇道路养护技术规范》（CJJ36—2016），车行道沥青路面损坏分为裂缝类、变形类、松散类与其他类四类：裂缝类含线裂、网裂、龟裂；变形类含拥包、车辙、沉陷、翻浆；松散类含剥落、坑槽、啃边；其他类含路框差、唧浆、泛油。改扩建路段多类病害并存，裂缝、坑槽与沉陷出现频率最高，且呈明显分带性，轮迹带因反复荷载损坏最重，路侧与超车道较轻；新旧路幅衔接、检查井与雨水口周边、桥头伸缩缝等刚度突变或结构薄弱区域成为病害集中点。多数病害呈递进演化，由线裂在荷载与水共同作用下扩展为网裂、龟裂，最终发展成坑槽与沉陷，若不及时干预，会由表及里扩大损坏范围、加速结构失效。（2）病害成因分析：其一，车辆荷载是基本诱因。城市道路渠化交通明显，重载与社会车辆混行，轮迹集中且时有超载，使路面长期处于高应力循环状态，加速疲劳开裂与车辙累积。其二，水是关键加剧因素。雨水沿裂缝与薄弱处下渗，滞留于基层与土基界面，在反复碾压下产生动水压力，冲刷、掏空基层形成唧浆，进而诱发坑槽与沉陷；地下水位较高、管线密集处，若排水不畅，积水更为突出。其三，温度应力影响显著。季节性温差与昼夜温差使面层与基层间产生收缩差，基层先开裂后反射至面层，形成规则横向裂缝。其四，结构与材料缺陷不容忽视。部分旧路基层强度不足、层间结合不良或混合料老化松散，成为病害反复根源；管线回填不密实、检查井周边刚度突变，也易造成局部沉陷与井周破损。其五，施工质量欠佳是直接诱因。摊铺离析、压实不足、接缝处理不当等均会留下隐患。多重因素交互使病害成因复杂而隐蔽，治理须查明主因、对症下药。由此可见，病害治理不能仅停留在表面修补，而应追本溯源，依据病害性质与结构状况选择相应处治深度与工艺。

2 路面技术状况检测与评价

（1）检测方法与指标体系：科学评定旧路面技术状况是改扩建工程病害治理的前提。检测手段分为人工调查与自动化检测两类：人工调查以目测、量测与踏勘为主，用于病害类型、范围与程度的详查；自动化检测借助车载式破损检测、激光平整度仪、弯沉仪与探地雷达等设备，快速获取破损率、平整度、弯沉与结构层内部状况等数据，可连续采样。路面技术状况以路面技术状况指数(PQI)为核心评定，其由路面损坏状况指数(PCI)、路面行驶质量指数(RQI)等分项加权合成。按照《公路技术状况评定标准》(JTG5210—2018)，路面损坏状况指数按式①与式②计算：

① PCI=100-a0-DR^a1

② DR=100×(∑wi-Ai)/A

式中，DR 为路面破损率；a0、a1 为回归系数，沥青路面分别 15.00 与 0.412；wi 为第 i 类损坏的权重系数；Ai 为第 i 类损坏的累计面积(m2)；A 为调查路段面积(m^2)。PCI 取值介于 0-100，按分值划分为优、良、中、次、差五个等级，据此明确各路段的损坏程度与养护需求。对于改扩建工程，还应结合回弹弯沉评定路面结构承载能力，弯沉值越大表明结构强度衰减越严重，是确定是否需要结构性补强或翻修的重要依据。此

外，国际平整度指数 IRI 与行驶质量指数 RQI 反映行车舒适性；探地雷达可无损评价结构层内部缺陷，弥补取芯的局限。

（2）检测评定流程：改扩建工程路面检测评定应遵循由宏观到微观、由表面到结构的递进流程。第一步为资料收集与现场踏勘，掌握道路等级、交通量、结构组成、施工与养护历史等基础信息，初步圈定病害重点路段。第二步为宏观快速检测，采用自动化设备对全线连续扫描，获取破损、平整度与弯沉等指标，计算各分项指数并划分评价单元。第三步为微观详查，对评定为中、差等级的路段及典型病害进行人工复核、取芯与探地雷达探测，查明病害类型、深度与结构层缺陷，判别病害是否已经发展至基层甚至土基。第四步为综合诊断与决策，将检测数据与结构状况相结合，判别病害成因并确定处治深度与方式，为后续方案设计提供依据。通过层层递进、相互印证的评定流程，可较为全面、准确地掌握旧路面技术状况，避免因调查不充分导致的处治不足或过度处治。

3 路面病害分类处治技术

（1）裂缝类病害处治：裂缝处治宜根据缝宽、缝型与成因区别对待。对缝宽小于 3mm、尚未形成网裂的轻微裂缝，可采用灌缝或贴缝处理，先清除缝内杂物并用压缩空气吹净，再灌注改性沥青或专用灌缝胶，或粘贴聚酯玻纤布、自粘式贴缝带，以封闭表面并防止雨水下渗。对缝宽较大或已发展为网裂、龟裂的区段，简单封缝难以奏效，应在查明基层状况后采用开槽灌缝或局部挖补，必要时切除并重铺表层，阻断裂缝向深层发展的路径。对由基层开裂反射形成的横向裂缝，应结合基层处置与应力吸收层的设置统筹考虑，避免治表不治本。（2）坑槽与松散类病害处治：坑槽与松散类病害多已伤及面层乃至基层，需采用挖补方法根治。处治时应先沿病害边界放样，用切割机将坑槽顺路方向切割成规整矩形，清除松散混合料与浮渣，检查基层状况；基层完好的按设计配比重新摊铺热拌沥青混合料，分层碾压成型，再在四周涂刷粘层沥青，确保新旧面层良好粘结，最后封边开放交通。对基层也出现破坏的坑槽，应先补强基层再修复面层，不可贪图省事直接在破损基层上铺面层。对应急性小面积坑槽，可采用冷补材料临时修补，并纳入后续正式处治计划，防止病害扩大。挖补处治的关键在于切割规整、清理彻底、分层压实与界面粘结(见图 1)，决定修补体的耐久性。

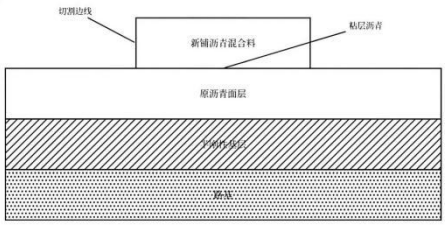


图 1 典型坑槽挖补处治结构示意

（3）车辙与沉陷类病害处治：车辙与沉陷类病害反映路面结构与材料整体稳定性不足，处治深度需依据病害程度与弯沉评定结果确定。对车辙较浅、未触及结构层的路段，可铣刨后加铺薄层恢复平整，铣刨深度以消除辙槽并保留一定结构层为准；对车辙较深或伴随结构性沉陷的路段，应通过弯沉与取芯查明薄弱层位，必要时铣刨重铺面层，并对强度不足的基层注浆加固或翻挖补强。对软基或管线回填不实引起的沉陷，应先处理路基或地基，再从基层到面层逐层修复，否则极易再次沉降。车辙、沉陷处治应坚持结构治本，兼顾面层高温稳定性与基层整体承载能力。处治混合料宜采用改性沥青并掺加抗车辙剂，基层补强宜选用水泥稳定碎石并严格控制强度，保证结构整体性。

（4）加铺罩面与翻修决策：当旧路面结构整体强度尚可、仅表面功能下降时，宜采用加铺罩面方案，即在处治局部病害后加铺一层或多层沥青混合料，恢复平整度与抗滑性，延长使用寿命；加铺前应做好表面清理、病害预处治与粘层设置，防止反射裂缝与层间滑移。当结构强度不足、病害严重且大面积分布时，则应考虑整体翻修或结构性补强，重新设计路面结构，从根本上消除病害根源。加铺与翻修决策应综合权衡技术可行性、工程投资与交通影响，依据 PCI、弯沉等评定结果与经济分析科学比选，避免片面追求低成本造成短期反复维修。

4 工程案例分析

（1）工程概况与病害调查：为验证上述方法的适用性，选取某市 A 大道改扩建工程作为案例进行分析。该道路全长 3.6km，原路面为半刚性基层沥青路面，面层厚约 10cm，双向六车道，承担着较为繁重的城市客货交通，平均日交通量约 4.5 万辆次。改扩建前对该路段进行了全面检测，结果显示路面损坏以裂缝、坑槽与沉陷为主，其中横向裂缝间距均匀、多呈反射裂缝形态；轮迹带坑槽连片，井周破损明显，局部路段弯沉偏大、结构强度不足。表 1 给出了主要病害的调查统计结果。

表 1 案例路段主要病害调查统计

病害类型	损坏面积/m²	占调查面积比例/%	主要分布位置
横向裂缝	4280	13.6	8~15m 全线，间距约
纵横向网裂	3150	10.0	轮迹带
坑槽	1760	5.6	轮迹带、井周
沉陷	1240	3.9	交叉口、管线沟槽
车辙	980	3.1	爬坡与渠化段

由表 1 可知，裂缝类病害占比最高，是制约路面服务能力的主要因素；坑槽与沉陷虽面积占比小，但因伤及结构层，处

治难度与返修风险较大。结合弯沉与取芯结果，该路段整体评定为中等偏差，判定面层老化开裂明显、局部基层强度不足，需采用局部挖补与加铺罩面相结合的方案处治。

（2）处治方案设计：依据检测评定结论，对该道路分段、分类处治。横向裂缝缝宽较小的开槽灌缝，缝宽较大或网裂区段局部铣刨重铺；坑槽切割成矩形后分层挖补，基层破坏的先补强基层；沉陷路段先对强度不足的基层注浆加固或翻挖补强，再修复面层；井周破损拆除并重做检查井圈周边结构。病害处治并经检测确认结构强度满足要求后，全线铣刨表层 1.5cm 并喷洒粘层沥青，统一加铺 4cm 改性沥青混凝土面层，形成加铺罩面结构。施工中严格控制混合料温度、摊铺速度与碾压工艺，分层压实，做好新旧层界面与施工接缝处理。施工期间合理组织交通、分段封闭、快速摊铺，减少对城市交通的影响。

（3）处治效果评价：处治完成后，对该路段进行了复测，路面技术状况得到明显改善，效果理想。表 2 给出了处治前后主要技术指标对比。

表 2 处治前后路面技术状况对比

评价指标	处治前	处治后
路面损坏状况指数 PCI	68.4	92.6
国际平整度指数 IRI/(m·km^{-1})	4.8	2.1
弯沉代表值/(0.01mm)	42	26
技术状况等级	中	优

由表 2 可见，处治后 PCI 由 68.4 提升至 92.6，技术状况等级由中提升至优；平整度显著改善，行车舒适性提高；弯沉代表值由 42 降至 26，表明结构承载能力得到有效恢复与增强。经运营一年后复查，该路段未出现明显再坏，验证了检测评定、分类处治与加铺罩面相结合方案的合理性，也说明坚持结构治本与质量控制是保证治理效果的关键。

5 病害治理质量控制与全寿命管理对策

（1）施工质量控制要点：病害治理效果很大程度上取决于施工质量。材料控制方面，应选用符合要求的沥青与集料，严格控制配合比与油石比，保证拌和均匀；摊铺压实方面，严格控制碾压温度、遍数与速度，确保压实度满足规范要求，防止低温或过度碾压造成孔隙率异常；层间处理方面，新旧面层界面应清洁干燥，足量涂刷粘层沥青，确保基层与面层间良好粘结；接缝处理方面，施工接缝应切除不规整部分并对齐、压实，横向接缝采用斜面搭接，避免接缝成为渗水与开裂的薄弱面。此外，挖补与加铺应避开不利天气，做好临时排水，防止雨水侵入未成型结构层。通过强化全过程质量管控，可从源头抑制病害复发，保证处治工程整体质量。

（2）全寿命周期养护管理对策：一是建立路面技术状况动态检测与信息化管理体系，将检测数据、处治记录与养护档案统一纳入数据库，实现病害跟踪监测与趋势预测，为养护决策提供支撑。二是推行预防性养护，在路面尚未出现明显病害或病害处于初期阶段时，及时采取灌缝、微表处、雾封层等低成本措施，延缓性能衰减，降低长期养护费用。三是优化养护决策机制，综合运用技术状况评定、交通量与投资约束等要素，科学安排处治时机与方式，避免病害发展至严重阶段后再实施昂贵的结构性翻修。四是加强施工与养护衔接管理，落实病害处治后的跟踪回访与效果评价，形成“检测—处治—评价—再养护”闭环管理，持续提升市政道路改扩建工程路面病害治理的科学化、精细化水平。通过持续监测与科学决策，可显著降低全寿命周期成本，实现经济与技术效益统一。

6 结语

近年来我国公路的通达性得到了显著提高，公路工程也得到了前所未有的考验与发展机遇。市政道路改扩建工程路面病害治理是涉及检测、设计、施工与管理的系统工程，坚持检测评定先行、结构治本、分类处治与质量控制相结合的原则。通过病害调查摸清底数，依据技术状况评定划分处治深度，合理选用灌缝、挖补、铣刨重铺与加铺罩面等措施，强化全过程质量管控，方能抑制病害复发、恢复功能。案例实践表明该方法切实可行，后续应引入智能检测与全寿命周期管理，推动病害治理向预防性、精细化转变。

参考文献：

[1] 董卓.市政道路改扩建中病害产生原因及其防治策略[J].建材发展导向,2025,23(10):49-51.

[2] 张洪铭,窦照金,赵得权.改扩建公路路面病害调查及防治研究[J].建筑安全,2022,37(10):26-29.

[3] 牟林,吴泰达,高菊花.高速公路改扩建工程原沥青路面病害处治技术探究[J].低碳世界,2021,11(4):280-281.

[4] 田桐,赵晅.高速公路改扩建施工既有路面病害处治施工技术分析[J].工程技术研究,2021,6(7):92-93.