# 市政道路沥青路面早期病害机理及预防性养护技术

林　敏
江西省昌南建筑有限公司　江西南昌　330000

**摘　要：**本文聚焦市政道路沥青路面早期病害问题，深入分析其病害机理，包括荷载作用、环境因素、材料质量及施工工艺等方面对路面的影响。同时，详细探讨了预防性养护技术，如灌缝技术、封层技术、微表处技术等在市政道路沥青路面中的应用，旨在通过对病害机理的研究和预防性养护技术的实施，提高市政道路沥青路面的使用性能和使用寿命，降低养护成本，保障城市交通的安全与顺畅。

**关键词：**市政道路；沥青路面；早期病害机理；预防性养护技术

## 引言

市政道路作为城市基础设施的重要组成部分，对城市的正常运转和经济发展起着至关重要的作用。沥青路面因其具有平整度好、行车舒适性高、施工速度快、维修方便等优点，在市政道路建设中得到了广泛应用。然而，随着城市交通流量的不断增加、车辆荷载的日益增大以及环境因素的持续影响，市政道路沥青路面在使用早期就容易出现各种病害，如裂缝、坑槽、车辙等。这些早期病害不仅会降低路面的使用性能和行车舒适性，还会影响道路的使用寿命，增加养护成本，甚至危及行车安全。因此，深入研究市政道路沥青路面早期病害机理，并采取有效的预防性养护技术，对于提高市政道路的服务质量和运营效率具有重要的现实意义。

## 一、市政道路沥青路面早期病害类型与特征

### （一）早期病害的界定与分类

“早期病害”时间范围通常界定为沥青路面通车运营后几年内，不超设计预期寿命前期阶段。此阶段出现的结构性或功能性损坏，因发生早称为早期病害。市政道路沥青路面典型早期病害有：车辙，即路面受车辆荷载反复作用产生纵向凹陷；裂缝，包括横向（垂直道路中心线）、纵向（平行道路中心线）和网裂（交织成网状）；坑槽，指路面材料局部脱落形成的坑洼；松散，表现为路面集料与结合料分离，表面有松动集料颗粒。这些病害是评价路面早期使用状况的重要指标。

### （二）典型早期病害的形态与分布特征

每种典型早期病害有特定宏观表现形态。车辙在行车道轮迹带明显，呈规则纵向凹槽；裂缝形态各异，横向裂缝多为直线，可能贯穿路面宽度，纵向裂缝沿道路延伸，网裂由短小不规则裂缝交织成鱼鳞或网格图案；坑槽是路面材料缺失的局部坑洼，边缘不规则；松散表现为路面集料颗粒散落，严重时沥青结合料暴露。这些病害在市政道路不同区域分布有规律和差异。车辙和网裂在主干道行车道常见；交叉口和公交站点易出现纵向裂缝、坑槽和松散；坡道区域裂缝和车辙更严重；排水不畅的低洼路段易因水损害引发坑槽和松散。

### （三）早期病害对路面性能的影响

早期病害对路面关键性能影响显著。平整度上，车辙、坑槽和松散导致路面不平整，影响行车舒适性和安全性。抗滑性能方面，坑槽和松散减少路面与轮胎接触面积，降低摩擦系数，潮湿时易引发车辆打滑。承载能力上，裂缝扩展削弱路面整体性，水分侵入加速材料劣化，坑槽和松散减少路面有效厚度和刚度，使承载能力下降。早期病害还会引发次生问题，如裂缝使水分侵入加剧水损害，若不及时处理，可能引发更严重的结构性破坏，缩短路面使用寿命[1]。

## 二、沥青路面早期病害形成机理分析

### （一）材料因素与病害机理

沥青结合料本身的性能指标，如针入度、延度和软化点等，直接关系到其感温性和抗变形能力。如果这些指标未能满足特定气候和交通条件下的要求，例如针入度过高可能导致高温时软化流淌，延度过低则使得低温时易发生脆断，那么沥青混合料就难以适应温度变化和荷载作用，从而更容易引发早期裂缝和松散病害。此外，沥青材料使用中会因氧化、紫外线照射等老化，表现为针入度降低、延度减小、软化点升高，致韧性下降、脆性增加，显著促进裂缝产生发展，使路面更易松散。集料性质（单颗抗压强度、磨耗值、耐磨光性等）决定混

合料骨架支撑和抗磨损能力，强度不足易破碎致结构强度下降，耐磨性差使路面磨损、影响抗滑且可能松散。集料级配合理性（不同粒径颗粒搭配比例）直接影响混合料密实度、空隙率和内摩阻力，不合理级配（粗集料过多或不足、细集料分布不均等）会降低路面早期强度和耐久性，引发病害。矿粉作为填料，主要作用是吸附沥青形成结构沥青，增加粘结力和内聚力，用量不足或性质不佳（如亲油性差）会使沥青膜难形成稳定，致粘结力下降、路面强度降低，更易出现松散和裂缝[2]。

**（二）结构因素与病害机理**

路面结构的设计，包括各结构层的厚度、材料选择、层间结合处理以及排水系统的设计，是保证路面使用性能和耐久性的基础。如果结构层厚度设计不足，无法提供足够的结构承载能力来分散车辆荷载，特别是在重载交通条件下，就容易出现早期车辙。层间结合处理不当，例如界面污染、未喷洒足够的粘层油或粘层油质量不合格，会导致上下结构层之间粘结力不足，在车辆荷载剪切作用下易产生层间滑移，不仅加速车辙发展，还可能引发纵向裂缝。排水设计不合理，如路面横坡不足、纵坡设计不当导致低洼积水、或者路面边缘排水不畅等，会使水分长时间滞留在路面结构内部，尤其是在半刚性基层上，水分会显著降低其强度和模量，引发水损害，表现为坑槽、松散，并可能加速裂缝的产生和扩展。施工质量控制不严也是一个关键因素。例如，沥青混合料压实度不足会使路面空隙率偏大，降低路面强度和耐久性，使水分易侵入，加剧水损害和冻胀破坏，还因密实度不够易产生早期车辙。基层和底基层是路面主要承重层，其材料性能和结构强度很重要。若基层或底基层材料强度不足或施工质量差（如压实度不够、材料离析），无法提供足够支撑，车辆荷载作用下沥青面层会产生过大弯拉应力，易引发疲劳裂缝。此外，基层或底基层若有裂缝，在温度变化和荷载作用下可能向上扩展穿透沥青面层，形成反射裂缝，这是常见早期病害[3]。

**（三）环境与荷载因素与病害机理**

市政道路的交通荷载通常具有其特殊性，例如重载车辆（如公交车、货车）的比例可能较高，车辆在交叉口、公交站点等地方频繁启动和制动。重载车辆会产生更大的垂直压力和剪切应力，加速沥青混合料的永久变形，是导致早期车辙的主要荷载因素。频繁的启动和制动则会产生显著的纵向水平力，容易在路面表面引发推移和剪切变形，尤其是在纵坡路段或转弯处，这也会加剧车辙和产生纵向裂缝。温度变化，尤其是日温差和年温差大时，会显著影响沥青路面。高温降低沥青结合料粘度，增加混合料流动变形，促使车辙形成；低温使沥青结合料变硬变脆，降低抗拉强度与变形能力，易引发低温收缩裂缝。温度循环还会造成路面材料疲劳损伤，加速疲劳裂缝发展。降水（包括雨水冲刷渗入、冬季融雪剂化学侵蚀）会损害沥青路面。水分侵入削弱沥青与集料粘附力，导致松散和坑槽；冻融循环对含水路面结构产生破坏性胀力，加剧裂缝和坑槽发展。融雪剂中的化学物质会侵蚀沥青、加速老化，可能腐蚀路面下钢筋或结构物，还会污染周边环境。

**（四）综合作用机制**

早期病害的形成往往并非单一因素作用的结果，而是材料性能、结构设计、施工质量、环境条件以及交通荷载等多种因素复杂交织、共同作用的过程。例如，即便材料性能与结构设计基本合理，若施工时压实度控制不严、空隙率大，在潮湿环境与交通荷载共同作用下，更易发生水损害和早期车辙。反之，若材料抗老化性能差，在温度变化和氧气作用下性能劣化，即便初始结构设计良好，承载能力和耐久性也会下降，更易在荷载作用下产生病害。环境因素常起加速或诱发的催化作用，它影响材料性能、改变荷载作用方式，并与荷载共同作用于有缺陷的结构。所以，理解这些因素间的相互影响关系，对准确预测病害、制定有效预防措施和养护策略至关重要[4]。

**三、沥青路面预防性养护技术及其应用**

**（一）预防性养护理念与原则**

预防性养护是指一种主动的路面维护策略，其定义是在路面结构强度尚可、病害处于萌芽状态或尚未形成显著损坏之前，采取一系列维护措施。其核心思想在于提前干预，通过早期投入来防止或延缓更严重病害的发生和发展，而不是在病害已经造成显著功能或结构性损坏后再进行修复。在市政道路维护中，预防性养护具有重要性，因为它有助于维持道路网络的通行能力，保障行车安全与舒适性，并显著降低长期维护成本。预防性养护应遵循“适时、适技、适材”的原则。“适时”意味着养护措施必须在最恰当的时间窗口内实施，过早或过晚都可能效果不佳或造成浪费；“适技”是指选择的技术方法必须与当前的路面状况和预期达到的维护目标相匹配；“适材”则要求所使用的材料性能符合设计要求，能够有效地发挥作用。

**（二）常用预防性养护技术介绍**

适用于预防或延缓市政道路沥青路面早期病害的常

用预防性养护技术有多种。雾封层是一种通过喷洒轻质、慢凝的乳化沥青或改性乳化沥青形成的极薄沥青膜，其工艺特点在于快速、简单，对交通影响小。它的主要作用是封堵路表微小的空隙和裂缝，阻止水分下渗，同时恢复路表被磨损的沥青膜，提高抗水损害能力。微表处/薄层罩面是将改性乳化沥青与骨料、填料、水和外掺剂按比例拌合后摊铺在路面形成薄保护层。需专门拌合和摊铺设备，厚度较大，可填补车辙与磨损表面，恢复平整度和抗滑性，提供防水屏障。裂缝填封是用填缝材料填充、密封路面裂缝，先清理裂缝，再填入填缝料，能阻止水分下渗，防止裂缝两侧路面材料松散、破坏。碎石封层是先喷洒沥青结合料，再撒布单粒径碎石并碾压成型，能快速恢复路面抗滑性，提供良好纹理、改善抗滑性，还能封水、防止表面松散[5]。

**（三）预防性养护技术的选择依据**

选择何种预防性养护技术并非随意，需要综合考虑多种因素。首要考虑的是病害的类型与程度，例如，对于以渗水为主的病害，优先考虑封水效果好的技术如雾封层；对于存在较多细微裂缝和表面磨损的情况，微表处可能更合适；而对于已经形成的较宽裂缝，则必须进行裂缝填封。其次，路面整体结构状况很关键，若基层或底基层严重损坏，单纯表面预防性养护效果有限甚至掩盖问题。交通量决定所选技术对交通的影响及耐久性要求，高交通量道路需选更耐久、抗磨性好的技术。气候条件，如降雨量和温度变化幅度，影响技术选择和施工效果，寒冷地区要考虑材料低温性能。经济性也重要，需在满足维护目标前提下选成本效益最优方案。技术选择要与病害形成机理匹配，如针对沥青老化、粘附性下降导致的松散，选补充粘结料、恢复粘附性的技术更有效。综合评估这些因素，才能达最佳预防和修复效果。

**（四）预防性养护的实施效果**

合理地实施预防性养护技术，能够对沥青路面的长期性能产生显著积极影响。通过及时封堵微小裂缝和空隙，可以有效阻止水分侵入路面结构内部，从而延缓因水损害引发的松散、坑槽和强度下降。改善路表性能的技术，如微表处，能够恢复路面的平整度和抗滑性能，提升行车安全性和舒适性。补充粘结料的技术有助于减缓沥青的老化进程，维持路面的整体性和耐久性。总体而言，预防性养护能够有效延缓早期病害的扩展和恶化，保持路面的使用性能在一个较好的水平，延长路面从新建到需要进行结构性大修的整个使用寿命，从而在宏观上降低道路全生命周期的维护成本，提高市政道路资产的管理效率。

## 结语

市政道路沥青路面早期病害是一个复杂且影响深远的问题，其形成受到材料、结构、环境与荷载等多种因素的综合作用。这些早期病害不仅会增加交通事故风险、降低路面承载能力，还会引发一系列次生问题，缩短路面使用寿命。然而，通过实施预防性养护技术，可以有效应对这些问题。预防性养护理念强调提前干预，遵循“适时、适技、适材”的原则，采用雾封层、微表处/薄层罩面、裂缝填封、碎石封层等常用技术，根据病害类型与程度、路面结构状况、交通量、气候条件和经济性等因素综合选择合适的技术方案，能够显著改善路面性能。为了更好地保障市政道路沥青路面的质量和使用寿命，相关部门应加强对早期病害的监测和预警，及时发现潜在问题。同时，在道路建设和养护过程中，要严格把控材料质量、优化结构设计、加强施工质量控制，从源头上减少病害的发生。此外，还应不断加大对预防性养护技术的研究和应用力度，提高养护技术的科学性和有效性。总之，解决市政道路沥青路面早期病害问题需要各方共同努力，通过科学的管理和有效的技术手段，确保市政道路的安全、畅通和高效运行，为城市的发展和居民的出行提供有力保障。

## 参考文献

[1] 单路路.市政道路沥青路面预防性养护技术研究[J].居　舍，2020（8）：46-46.DOI：CNKI：SUN：JUSH.0.2020-08-038.

[2] 成世坤.探讨市政道路沥青路面预防性养护技术的应用要点[J].安防科技，2021（8）：86-87.

[3] 马凌，汪彬，蒋朝旭.沥青路面病害成因及预防性养护技术[J].2021.

[4] 杨杰.高速公路沥青路面典型病害及预防性养护技术分析[J].黑龙江交通科技，2023，46（2）：76-78.

[5] 于明.高速公路沥青路面典型病害及预防性养护技术[J].商品与质量，2023：117-120.