

城市道路沥青路面早期损坏问题及修复技术研究

文 / 李洪明 山东高元建筑工程有限公司

李晓明 潍坊昌大建设集团有限公司

摘要：文章分析了沥青路面早期损坏的主要成因和路面损坏的主要表现，探讨了不同损坏形式的产生机制及影响因素。在此基础上，进一步介绍了当前沥青路面损坏检测与诊断的先进技术。重点讨论了沥青路面早期损坏的修复技术，包括裂缝修补、车辙修复、全面修复等常用技术，并探讨了新型材料与技术的应用。研究沥青路面早期损坏问题，不仅有助于提高道路的使用寿命和降低养护成本，还对保障交通安全、提升城市交通效率、推动经济可持续发展具有深远的意义。通过探索有效的修复技术与管理策略，可以从根本上解决早期损坏带来的问题，促进沥青路面在城市交通中的可持续应用，为其他类似的城市道路工程提供经验借鉴。

关键词：城市道路；沥青路面；早期损坏问题；修复技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.050

引言

沥青路面因其优良的承载能力、较低的噪声污染和较高的舒适性，成为城市道路建设中的首选材料。然而，沥青路面在投入使用后，经常出现早期损坏的问题，尤其是在高负荷交通、极端气候条件及施工管理不当的影响下，损坏表现更加明显。早期损坏不仅影响了路面的使用寿命，还增加了道路养护成本，严重时甚至会影响交通安全和城市的正常运行。因此，如何有效识别、诊断和修复早期损坏，成为道路工程领域亟待解决的关键问题。

一、城市道路沥青路面早期损坏的成因分析

（一）施工质量问题

沥青路面的稳定性与施工质量有很大关系，由于其施工过程中存在着许多问题，如施工方法不合理或技术措施不合理，将严重降低沥青路面的耐久性及使用年限。沥青路面的性能与沥青配合比有很大关系，若加入沥青量太多或太少，均会造成道路使用性能降低。掺入沥青混合料过多会使道路产生较大的疲软和变形，而掺入量过小，又会造成较大的脆性和开裂。

沥青温度是影响路面工程质量的关键因素。在施工时，若摊铺温度过低，将造成沥青与骨料之间的黏结不够密实，从而降低路面强度，温度过高则会引起沥青的大量蒸发，降低其粘附性，危害道路的使用寿命。在摊铺时，若摊铺机工作状况不稳，或作业不当，会造成路面厚薄不均，密实度不足，从而产生开裂、沉降等危害。

（二）材料选择与管理问题

沥青原料的品质与管控，会对道路的使用寿命产生很大影响，而不合格的原料或不合理的管理则是造成道路过早损坏的主要因素。不同批次的沥青原材料品质差别很大，有的因原材料来源地或加工方法等因素造成其化学成分不稳定，从而影响其在不同天气和路况下的使用性能。

在一些沥青道路施工中，会使用回收沥青和材料来节约费用。只是由于原料本身的特性差异，如果没有对

原料进行仔细筛选和加工，使其掺了杂质或化学特性没有新原料那么稳定，将会对沥青路面产生抗裂性能差、容易老化等问题。

（三）环境与负荷因素

道路的使用年限受环境、行车荷载等影响巨大，其中，气象条件的突变及超负荷交通是造成路面过早损害的主要外在因素。气温和降雨等环境因素的变化，会对沥青路面的性能产生很大影响。温度变化越大，越容易引起沥青材料的伸缩变形，从而导致路面开裂。此外降雨也会导致沥青路面吸水膨胀，在长期湿润环境中，极易引起沥青面层剥落，特别是在寒冷环境中，更容易导致沥青路面的开裂和老化。



图1 沥青路面高温导致的车辙

城市道路经常会遇到车流量大，重载车辆频繁出入的状况。超载汽车及车轮轴重将对沥青路面产生严重的车辙与沉降，特别是在路面设计和施工没有计算极限荷载的情况下，这一现象尤为突出。

（四）养护管理不足

导致沥青路面损坏的最重要因素是定期监测和维修保养措施的缺失。对沥青路面的早期破坏如裂缝、车辙等要进行定期维修保养。否则随着养护时间延长，路面损坏状况逐步加重，将会给后期维修工作带来更大困难，同时也将增加维修费用。

在部分地区，特别是中小城市和经济落后地区，因经费紧张而无法进行道路养护工作的开展，导致沥青路面无法得到及时保养，从而加快了道路损坏。

二、城市道路沥青路面早期损坏的主要表现

（一）裂缝问题

在沥青路面的早期损坏中，开裂现象最为普遍，它不但降低了道路的正常使用寿命，而且对路面的进一步老化和破坏带来了不良影响。在沥青道路使用过程中，会发现沥青道路往往存在着较大的横向裂缝，这种裂缝往往是由温度变化过大引起的。在季节性差异大的区域，由于温度、湿度等因素的影响，导致沥青材料热胀冷缩，温度应力累积，从而产生横向裂纹。

纵向裂缝多发生于沥青道路的中间部位，也发生在车道接缝部位。其产生的原因有：摊铺不均匀，材料不均匀，温度控制不当，以及长时间的行车荷载等。在行车荷载较大的地方，往往会出现纵向裂纹，从而对道路的平整度和行车舒适性产生不利的影响。

因长期重复荷载的影响，造成沥青层内部应力的逐步累积与释放，从而引起材料的疲劳破裂，这种裂缝叫作疲劳裂缝，疲劳裂缝在车辆密度较大的地区，特别是在重载车辆较多的城市快速路和高速公路上最常见。



图2 沥青路面纵向裂纹

（二）车辙与沉陷

车辙与沉陷是沥青路面中普遍存在的一种现象，特别是在重载道路上。车辙是由于车辆车轮的多次挤压而造成的一种凹坑或痕迹。究其原因，是由沥青路面的承载能力不足、沥青混合料的密实度不高和沥青混合料的力学特性不佳造成的。在温度较高环境中，沥青的塑性逐渐增强，尤其是在车辆荷载重的影响下，路面容易出现较严重的车辙现象。车辆荷载，尤其是重载货车的反复碾压，导致沥青材料发生形变和聚集，从而产生了车辙。

沉陷通常出现在地基不均匀或地基有不良土壤的地方。地基沉陷一般是由于地基压实不足、地下水渗入以

及不良的地质条件所致。路面沉陷往往使道路局部产生显著的凹陷，从而影响行车安全，增加事故发生的概率。

（三）表面剥离与松散

表面剥离与松散是沥青路面普遍存在的一种损害现象，特别是在道路使用初期，这种损害对道路的平整与耐久性能产生了较大的负面作用。表面剥落是将沥青表层从骨料中剥离出来，使基层暴露出来。造成这种现象的原因有：沥青混合料配比不当，沥青与骨料之间的黏结力不够以及施工质量达不到要求等。在温度较高、湿度较大的环境中，表面剥落现象会更加频繁。特别是在交通压力过大、路面长期暴露于高温潮湿的条件下，极易产生骨料和沥青的脱离。

由于小块的沥青从表面上剥落，导致了路面的疏松。其原因主要是由于沥青混合料的密实度不够和摊铺不均匀造成的。另外，由于水的渗透作用，进入裂缝或沥青层，造成了沥青面层的硬化和脱落。

（四）油斑与油污

沥青路面容易出现油斑和油污，特别是在工业聚集区或者车流较多的地区，这些污渍对沥青路面的损害是不容忽视的。在重载交通工具泄漏或原油泄漏等情况下，油污会渗入到沥青表层，对其结构进行破坏。造成沥青面层变软或硬化不均，降低了沥青路面的抗压强度及抗裂性能。同时，由于油污的存在，也将加快沥青的老化速度，降低路面使用年限。

三、沥青路面早期损坏的检测与诊断方法

（一）传统检测方法

人工检查是一种最基础也是最直接的检验手段，它可以通过对沥青道路表面的观测，从而发现路面裂缝、车辙和表面疏松等损害。该方法造价低廉，易于操作，适合小型道路检查。但由于人工检查容易受气象、光照及工作经验等因素的干扰，难以对损坏程度进行准确评估，只适用于早期损坏筛选与检查。

核心钻探技术是通过在沥青路面上钻取样本，以检测路面的厚度、密实度、结构层次和内在缺陷。这种方法精度较高，可以反映出沥青路面的真实状况，非常适合对沥青路面的损坏程度进行深入研究。但钻探取样会对路面产生损坏，且样本的代表性不强，不能完全体现路面的整体状况，同时钻探取样费用高昂，工作效率低下。

（二）现代检测技术

采用高精度的激光测量仪在路面上进行扫描，可以迅速获取路面的高度、平整度以及裂缝的位置信息。该激光扫描技术可以获得准确的路面形貌信息，生成路面三维模型，实现对路面裂缝、车辙等表面损坏的定量分析。这种技术具有检测速度快、数据量大等特点，适合大范围、高精度路面检测。但是，该技术同样存在着设备费用高、无法对路面内部破损进行直接探测等不足。

采用红外热像技术可以对道路表面的温度进行探测，从而识别由材料不均、开裂或破损等原因导致的温度异常。利用红外热成像技术可以发现路面基层不均匀、含

气量超标等隐患，具有快速、无需破坏路面的优点。其不足之处在于容易受到外部环境温度的干扰，导致探测效果在低温或烈日条件下较差。

采用超声波检测技术将超声波信号发送到路面，其反射回来的波形可以极好地反映出路面内部的缺陷和问题。通过对路面结构层次变化的分析，可以提供准确的厚度数据，具有极高的精敏度。超声波检测是一种适于深层结构的无损检测方法，但由于其设备比较复杂，对作业有较高的要求，无法实现大范围的、实时的监控。

四、城市道路沥青路面修复技术

(一) 裂缝修补技术

冷补料修补是目前最普遍使用的一种裂缝修补方法，它适用于有裂缝或损坏不大的路面进行暂时性的修补。冷补料是一种常用的预制沥青混合料，它是由沥青、骨料和填料等组成，无需加热就能施工。冷补料修补适用于轻微裂缝和小范围的修补，它是通过对裂缝填入冷补料并压实的方法，使路面形成平坦的结构。在道路维修中，冷补料修补适用于应急状况，如有条件，可以采用热补料对路面进行修补。冷补料有点是不会因气候变化而受到限制，可适应低温、潮湿或寒冷环境。

热补料修补技术是一种更为长效的修补技术，它是将沥青混合料加热到某一特定温度，将其填补到裂缝中，整个修补过程需要将沥青加热到较高温度，再将其涂抹在裂缝上。这期间要保证它与原来的路面充分黏结。经高温处理后的沥青混合料，能够充分填充缝隙，并产生较好的黏合强度。对于较大、较深的裂缝，采用热补剂进行修补，可以对裂缝进行有效的填补，并在形成一层强度很高的黏结层，适宜作中长期的修补。在流量较大和负荷较大的道路，采用热补料修补技术可以提高路面的承载力，降低路面开裂的概率。

注射修复技术是将高黏度的沥青或树脂材料，通过专用的注射设备，向裂缝中注射，并借助其自身的流动特性，对裂缝中的细小空隙进行充填，从而形成一层很坚固的修复层。注射修复技术可以深入到裂缝深处，将裂缝中的空隙修补起来，同时阻止了水的渗入，从而降低了裂缝的扩展速度。注射修复技术适用于深度裂缝的修补，可有效地处理裂缝中的空隙问题。

(二) 车辙修复技术

局部铣刨加铺技术是采用铣刨机将受损道路面层铣刨掉，再铺设上新的沥青面层，以达到恢复道路平整和承载力的目的。这种技术适用于车辙较为严重的路面。首先，用铣刨机将车辙地带的沥青表层铣刨掉，以除去受损的沥青面层。在此基础上，再按路面构造要求，对新的沥青混合料进行加铺。修补完毕后，再进行压实，以保证路面的压实度及强度。

热再生技术是一种通过对老旧沥青路面加热实现路面再生的修补手段，它主要适用于对有车辙的路段进行全面修补。热再生技术通过对老化沥青路面进行高温处理，将沥青材料的黏结性恢复，同时采用专用的再生设

备对路面表层进行搅拌、松散再重新摊铺，既能修复车辙路面，又能实现对沥青材料的高效再利用。为改善道路的使用性能，还可以在再生路面中加入新的沥青和骨料。

(三) 新型材料与技术应用

自修复沥青材料作为一种新型的路面自动修复技术，兼具良好的耐久性能和良好的自我修复性能，在车辆密度较高的路段有着广泛的应用前景。自修复沥青的修复机制主要有两种：一是微胶囊技术，它是通过微胶囊破裂从而释放出修补材料，填充裂缝。二是以热敏性材料为基础，随着路面温度的上升，沥青材料的自我修复功能被激活，从而实现裂缝边缘的重新黏合。自修复技术可以有效地改善路面的抗裂抗老化性能，降低养护频率。该方法能有效地解决沥青路面开裂问题，减少了人工介入及维修的需求，从而大大降低了后期的维修费用。

抗裂纤维添加技术是指在沥青混合料中掺入一定数量的特定纤维，从而提高沥青的抗裂性能，增强其韧性效果。抗裂纤维的添加能改善沥青混合料的结构稳定性，并能有效地改善其对裂缝的抵抗力。由于这些纤维具有良好的分散性，因此，当路面出现形变时，可以起到扩散作用，抑制裂缝的扩展。

结语

综上所述，城市道路沥青路面作为交通基础设施的重要组成部分，长期面临着早期损坏的问题。早期损坏主要表现在裂缝、车辙、表面剥离与松散等方面，这些问题的产生受到多方面因素的影响，包括施工质量、材料选择与管理、环境因素等。不同类型的损坏需要采取不同的修复技术，包括冷补料修补、热补料修补、局部铣刨加铺、热再生技术等。随着科技的发展，新型材料和技术在沥青路面修复中得到了越来越广泛的应用，这些创新材料和技术不仅能提高沥青路面的耐久性、抗裂性和抗老化能力，还能够提升修复效果和延长路面使用寿命。

参考文献

- [1] 李兴荣. 沥青路面裂缝类型及修复施工技术研究[J]. 交通世界, 2024, (11): 102-104.
- [2] 欧善涛, 陶沛峰, 李万鹏, 王惠宁. 沥青路面再生技术在路面结构性修复养护中的应用[J]. 山东交通科技, 2023, (06): 55-57.
- [3] 刘璐. 城市市政道路沥青路面裂缝及检测修复技术[J]. 智能城市, 2023, 9(01): 41-43.
- [4] 郭树春. 沥青路面预防性养护技术开发与应用研究[J]. 合成材料老化与应用, 2022, 51(06): 102-104.
- [5] 秦泽豹. 沥青路面裂缝的成因及其防治与修补技术[J]. 四川水泥, 2022, (08): 200-202.
- [6] 施天明. 公路沥青路面施工技术管理存在的问题及对策[J]. 科技创新与应用, 2022, 12(21): 185-188.
- [7] 王利伟. 沥青路面车辙的形成原因及防治措施[J]. 交通世界, 2020, (17): 80-81.