

# 沥青路面破损机理及其维护方法研究

徐德福 商显文

滕州市交通运输局

**摘要:** 沥青路面作为现代交通基础设施的重要组成部分,其破损机理的研究对于延长路面使用寿命和保障交通安全具有重要意义。本文首先分析了沥青路面破损的物理、化学和生物机理,包括温度变化引起的裂缝、车辆荷载引起的变形、沥青老化、水损害以及植物根系侵入和微生物活动等。接着,探讨了沥青路面的维护方法,包括预防性维护、修复性维护和预防性维护,如路面设计优化、施工质量控制、裂缝修补、坑槽填补、路面养护剂的应用和路面排水系统的改善等。最后,本文提出了维护方法的选择依据、实施步骤和效果监测与评估,并对未来研究方向进行了展望。

**关键词:** 沥青路面; 破损机理; 维护方法; 预防性维护; 修复性维护

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.14.052

## 引言

在交通流量不断增大、车辆载重不断加剧的情况下,沥青路面遇到了严重的断裂。破损不但影响路面平整度及行车安全,而且还会降低路面使用寿命及增加维修成本。所以,对沥青路面破损机理进行深入研究,提出行之有效的养护方法对改善道路质量和降低养护成本有实际意义。本论文研究目的是对沥青路面破损机理进行分析,并探索行之有效的养护策略,从而为道路建设与养护提供科学依据。

## 一、沥青路面破损机理及其维护方法的意义

沥青路面破损产生机理一般涉及很多因素,主要有交通荷载影响,环境作用,材料老化和施工质量。受交通荷载作用,车辆反复运行可使路面压实和变形而出现疲劳裂缝。温度变化、水分侵入等环境因素又可使沥青热胀冷缩、材料劣化等,如沥青在低温条件下脆性增大可造成冷裂、水分侵入可使基层结构破坏、坑洼、水损等。材料老化特别是沥青氧化、紫外线照射等都将造成沥青黏结力降低、路面易碎。最后施工质量还是一个关键的因素,施工方法不合适或者材料配置不合适都将使路面初始性能下降,使用寿命缩短。沥青路面养护方法很多,其目的都是为了延长其使用寿命、降低维修成本、同时确保交通安全。预防性维护措施主要有定期清洗、排水、避免水损、材料脱落等。裂缝填补作为常用的养护手段可以阻止水分及杂质向路基内部进一步渗透。封层或者薄层覆盖可对既有路面起到防护作用,避免其进一步氧化磨损。较严重断裂时,可需局部深层修

补或全路磨刨重铺。在这几种方法当中,选好时机、施工技术得当是保证维修效果的重点。

## 二、沥青路面破损机理

### (一) 物理破损

#### 1. 温度变化引起的裂缝

沥青路面受季节更迭和日夜温差等因素的作用,经历了一个错综复杂的热膨胀和收缩过程。夏季炎热,沥青吸热后变软,路面材料刚度减小,同时夜间气温降低,路面急剧变冷,造成应力积累。在冬天,温度突然下降,沥青材料变脆变硬,不能有效地抵抗内部应力所产生的形变,其后果就是产生裂缝。这些裂缝刚开始较小,如不加修复,将随时间及交通荷载而逐步扩展,从而影响路面整体性能。不同区域气候条件直接影响裂缝形成。以寒冷地区为例,所谓低温裂缝比较多见,这些裂缝一般由气温下降到沥青混合料为玻璃化状态而收缩所引起。相应地,热带和亚热带地区高温裂缝主要由沥青老化和高温蠕变引起。另外,温差诱发的疲劳裂缝由温度循环导致的重复应力积累形成,该裂缝可发生于各气候区域。为防止及缓解这种因温度变化而导致的路面裂缝问题,工程师开发出改性沥青并施加多种添加剂来改善混合料对温度的敏感性及抗裂性。与此同时,采取合适的路面结构设计及足够的维护策略是预防裂缝产生与发展的关键。

#### 2. 车辆荷载引起的变形

沥青路面还有一个难题,就是车辆荷载产生的形变。在重型车辆长期加载下,路面将发生车辙,波浪和沉陷等各种变形。这些形变主要由反复加载过程中沥青材料塑性变形引起。车辙是最典型的一种表现形式,它直接影响到道路的使用寿命和行车安全。车辆荷载所产生的变形并不局限于路面表层上,这些变形有可能会渗透到基层甚至路基。在路面设计不足以承受实际交通荷载时,或因施工质量不过关而使路面材料与结构不能均匀地承受荷载时,都会造成部分或整体变形。另外,沥青混合料在荷载作用下会发生温度变化,温度过高会导致沥青进一步变软,加剧变形程度。为了保证路面具有足够承载能力,工程师在设计阶段就对期望交通荷载进行了计算,选取了适当材料及结构厚度。定期对路面进行评价和修复、执行有效重载管理政策都是预防车辆荷载引起沥青路面变形的重要措施。另外,技术革新还不断地提供新材料与新技术如高性能沥青混合料,应力吸收层来增强路面抵抗车辆荷载。

## （二）化学破损

### 1. 沥青老化

沥青老化是由沥青内部轻质分子逐步氧化、挥发而引起混合物硬化、弹性降低等多种因素参与的复杂物理、化学变化。紫外线与氧气是导致沥青加速老化的两个核心因素。长期日晒可导致路面沥青中因氧化沥青质逐渐变硬、弹性下降、最后开裂。另外，沥青内部挥发性分子随时间逸出，其余分子结构更致密，也使沥青柔韧性下降、抗裂性恶化。值得关注的是沥青老化并不只是一种表面现象，而是能够贯穿于沥青层的全过程。随着沥青层老化程度不断增加，路面整体性能受影响较大，例如防水性、黏合性能等降低，易造成裂缝、脱层等问题。为抵抗老化过程可向沥青中添加抗氧化剂、紫外线稳定剂等。这些添加剂可使沥青对氧气及紫外线的反应速度下降，以延缓老化过程。同时利用改性沥青或利用沥青乳化技术还可以有效地增强沥青耐老化性和维持沥青长期使用性能。

### 2. 水损害

水损害指水进入路面结构内，损害沥青和集料间黏结力而造成沥青混合料脱粘，强度降低甚至剥离。路面结构一旦存在水，冻融循环尤其对温带及寒带地区的破坏作用将加重。沥青混合料内部水分冻结后，其体积会发生膨胀，使原有孔隙及裂缝增加，进而使路面整体结构强度弱化。水对沥青膜造成的侵蚀也是水损害的一个方面。水渗入沥青与集料界面时，会降低沥青膜黏附力、增大沥青脆性并最终使沥青膜脱离集料表面。由于荷载促使水渗入更深沥青结构中，这类损伤往往在交通荷载作用下更加严重。为了降低水损害所带来的危害，需要重视路面设计与施工中的每一个细节问题。如保证排水系统的有效性和防止道路上水的堆积。采用排水性较好的基层材料，还有助于降低水对路基造成的破坏。同时将抗剥离剂等抗水损害添加剂应用于沥青混合料可显著提高沥青黏附性和降低水对沥青侵蚀。另外，通过定期进行维护和检查，例如寻找并修复裂缝，能够避免水分进一步渗入和对路面结构造成损害。

## （三）生物破损

### 1. 植物根系侵入

植物根系侵入在生物破损中非常普遍，特别在几乎荒废或者养护不当的地段。植物尤其是大型树木根系穿透力强、生长动力大，能穿透细小裂缝、孔隙并随根系逐渐扩张而损坏路面结构。根系的生长可使路面拱起和开裂，在一定条件下甚至可以损坏路基而使路面彻底丧失作用。除直接物理破坏以外，根系侵入也可引起水分渗透与聚集，这是因为根系产生了新的渠道，使水分更易地进入路基与路面结构中。这种状况可能会进一步加剧由化学或物理过程导致的损伤，例如水的损伤或冻融

循环的破坏。对植物根系侵入问题进行治理与防范的有效策略主要有植物选择与路缘治理。选择长势缓慢，根系不深的植物栽植于道旁，可降低根系入侵的概率。同时在靠近路基处设置根障，可从物理上阻碍根系在路面结构中生长，使路面免遭根系延伸。

### 2. 微生物活动

微生物广泛存在于自然界，其活动还会破坏路面材料。细菌、真菌等微生物可在路面结构内有水时滋生。这些物质的代谢过程可能生成酸性成分，这些成分有可能对沥青和混凝土路面造成腐蚀，从而损害材料的结构完整性。微生物活动所产生的危害通常都比较微观，但是随时间累积会产生明显危害。比如一些细菌会生成硫酸盐，它们会和混凝土中钙发生化学反应，生成膨胀产物从而破坏材料结构。另外真菌生长还能生成生物膜，在道路表面形成一层滑腻子，减少抓地力和交通安全风险。预防微生物活动对路面造成损害需定期清理养护，降低微生物生长概率。如保持排水系统通畅、减少水分在路面堆积。另外还可研究利用抗微生物特性建筑材料或向已有材料中加入抗生素等抗微生物化合物抑制微生物生长。

## 三、沥青路面维护方法

### （一）预防性维护

#### 1. 路面设计优化

在沥青路面设计优化中，工程师要考虑到很多因素，才能保证设计的有效性以及实用性。其中包括未来交通流量预测，气候变化适应性，选材耐久性和其环境适应能力等。在设计阶段，选择合适的沥青混合料显得尤为关键，因为它需要能够适应某些特定地域的气候波动，如高温、低温和雨水侵蚀等环境条件。沥青路面结构设计时层次设置与选材一样关键。工程师需保证设计中各层能够承受期望的载荷，又要保持弹性足以抵抗交通加载及环境条件改变。在设计中还应考虑沥青路面排水系统以保证水能快速有效地排离路面，降低水损冲刷沥青。另外，在进行设计优化时，还需要充分考虑路面的总体结构，这包括路面的平整度和光滑度，这些因素都会直接影响驾驶的舒适度和车辆的磨损程度。

#### 2. 施工质量控制

就施工质量控制而言，施工团队专业技能与责任心已经成为保证沥青路面施工质量的关键因素。施工团队需严格遵守设计图纸及技术规范，保证每个环节的准确。沥青混合料摊铺时，对摊铺速度，温度以及压实度等参数进行控制是确保路面质量的重点。施工人员需通过对设备参数的实时监测、调整来保证沥青混合料的铺筑与压实达到最优。在施工期间还要密切注意天气情况，恶劣的气候会给物料的特性以及最终道路的质量带来不利。另外施工现场清洁度对质量有重要影响，杂

物、灰尘等都有可能对沥青-基层结合力产生影响。保证接缝处理质量,亦是施工控制的关键。接缝处理不当将造成路面早期破坏,所以在施工时接缝密封及处理要严格要求,以防日后路面出现问题。

### (二) 修复性维护

#### 1. 裂缝修补

裂缝修补作为沥青路面养护的常规作业,对减缓路面老化、防止结构损伤的扩展具有重要意义。在裂缝产生后,及时采取修补措施,可避免水渗入路基,阻止路面结构继续损坏。裂缝有多种形式,有横裂,纵裂和网裂,每类裂缝均需具体修补技术。在裂缝修补实施过程中,工程师首先需要将裂缝彻底清理干净,清除裂缝中杂物以及积水等,以保证修补材料能够很好地与原沥青路面材料相结合。然后,选择合适的填充材料如热倒缝密封胶,冷施封缝料或者专用聚合物改性沥青等对裂缝进行填充。优质的填充材料既能封闭裂缝、阻止水分、杂质渗透,又能恢复部分弹性来适应沥青因温度变化而产生的伸缩。在进行修补时,施工人员要保证填充材料温度及混合比例满足规范要求,才能使修补效果最佳。

#### 2. 坑槽填补

在沥青路面上,坑槽属于一种常见的局部破损现象,如果不及时修补坑槽,在长期冲击荷载的影响下,极易损坏局部路段。坑槽修补的病害主要包括坑槽、局部网裂及龟裂等,同时还能修补局部沉陷、滑移裂缝等。坑槽作为路面损坏的常见表现形式,一般是由于车辆反复装载,材料疲劳或者下水道管道漏水而引起。坑槽的出现不仅会对行车安全造成影响,也会对车辆造成损害,所以及时填补是非常关键。填补坑槽之前,工程师及施工人员需要认真检查损伤区域,并对坑槽尺寸,深度以及周围路面情况做出评价。接着,对坑槽内进行全面清理,去除全部疏松碎石和沥青碎片等杂质。为加强修复区域附着力,施工人员将黏结剂涂在坑槽底及边缘。然后,挑选适当的修复材料,例如快速干燥的沥青混合物或其他特定的混合材料,来填充坑洞。这类材料要求在维持一定的温度下迅速地进行施工才能保证性能达到最佳状态。填补材料应逐层铺筑夯实,每层应保证完全夯实,以免日后沉降或者重新形成坑槽。施工结束时,为了保证修补处及周边路面平稳过渡,一般都需对其表面进行整平。最后在修补区域内做了必要的路面标线修复,保证交通安全。

### (三) 预防性维护

#### 1. 路面养护剂的应用

路面养护剂作为一种高效的预防性养护材料,以延长道路表面层使用寿命为设计目标,通过在道路表面形成保护膜以抵抗各种环境因素对道路的影响。其中侵袭主要有:温度波动,水,化学物质和交通负荷引起的磨

损等。养护剂可渗入沥青微孔及裂纹内,帮助固化原沥青而阻止新裂缝出现。养护剂施入前必须将路面完全清洗干净,清除一切尘土,油渍及杂物等,保证养护剂能完全黏结路面材料。工人在施工时采用专业喷洒设备,以保证养护剂在路面上均匀覆盖。另外,在施工过程中还要考虑到气候条件的影响,才能保证养护剂在气候条件最优的情况下能凝固,从而提供最优的防护效果。养护剂定期建造可以显著提高道路耐久性并减少维修频率。

#### 2. 路面排水系统的改善

优化路面排水系统,是保证路面长久健康运行的基石之一。高效的排水系统可快速将雨水疏导出路面并减少积水,避免水冲刷路面材料及冰冻融化破坏路基。这一点在温带和寒带地区尤其重要,因为冰冻融化过程可能导致路面结构受损,增加了路面维修的难度和成本。完善排水系统一般是指更新原有排水设施,其中包括排水沟、管道的清洗与疏通,保证水可以畅通而不堆积于道路。另外,也可包括对路面进行坡度再设计,以便于水流能够更加高效地排入旁侧沟渠或者地下排水系统。新修公路时应把排水设计纳入初始规划,以免日后排水出现问题。养护期间,要经常检查、清理排水系统,尤其要保证大雨过后排水系统不受阻塞、排水沟、管道不受破坏。对容易阻塞的排水设施可设置过滤装置,以避免杂物的进入。另外,对地势低洼或者积水问题比较严重的地区,地表或者地下排水系统可能会有更深的改造要求。其中可包括装设新排水管道,修建蓄水池或渗水系统和采用透水性路面材料和其他先进工艺。

### 结束语

通过本文的研究,我们认识到沥青路面破损是一个复杂的过程,涉及多种机理的相互作用。预防性维护、修复性维护和预防性维护是维护沥青路面的有效方法。未来的研究应更加注重破损机理的精细化分析,以及维护方法的创新和优化,以实现路面的长期稳定和可持续使用。

### 参考文献

- [1] 绳少萌. 沥青路面典型隐性病害三维探地雷达识别应用研究[D]. 内蒙古农业大学, 2023.
- [2] 裴莉莉. 基于多源感知数据的沥青路面服役性能演变预测方法研究[D]. 长安大学, 2023.
- [3] 韩诚嘉. 沥青路面智能化养护管理关键技术研究[D]. 东南大学, 2022.
- [4] 陈明辉. 路段级沥青路面数字孪生体演化趋势预测技术研究[D]. 东南大学, 2022.
- [5] 王永浩. 沥青路面坑槽破损机理与修补技术研究[J]. 中国新技术新产品, 2019, (11): 95-96.