

公路沥青路面的常见病害及养护技术分析

文 / 任 娟 滨州市公路事业发展中心

摘要：为解决公路沥青路面在长期使用过程中常见的结构性病害、材料性病害及水损害问题，本文对各类病害的形成机理进行了分析，并探讨了针对性养护技术。通过研究预防性、修复性及结构性养护措施，提出优化路面维护的方法，包括改性沥青材料应用、智能化监测手段及绿色养护技术等，以提升道路耐久性和行车安全性。新型材料的使用可增强路面抗老化能力，智能化管理有助于精准养护，绿色技术则促进可持续发展。以期为相关工程提供技术参考，推动公路沥青路面养护技术的发展，提高道路长期服役性能。

关键词：公路沥青路面；常见病害；养护技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.14.059

引言

公路沥青路面作为现代交通基础设施的重要组成部分，在长期荷载和环境因素作用下，易出现结构损伤、材料老化及水损害等问题，影响行车安全和路面使用寿命。不同类型的病害具有复杂的形成机理，其发展受温度变化、车辆荷载及材料性能等多重因素影响。科学合理的养护措施能够延缓病害发展，提高路面耐久性，并降低道路维护成本。随着公路交通量的持续增长，传统养护模式面临技术与管理挑战，新型材料、智能监测及绿色养护手段的应用，为提升公路养护水平提供了新的方向。

一、公路沥青路面病害的形成机理分析

公路沥青路面病害的形成机理主要涉及车辆荷载作用、环境因素影响、材料性能退化及路面结构设计缺陷等多种因素的耦合作用。车辆荷载引起的动态应力导致路面结构产生累积塑性变形，尤其在高温条件下，沥青混合料内摩阻力降低，加剧车辙的形成。此外，重复荷载作用引发疲劳损伤，使基层裂缝逐步向面层扩展，最终形成网裂。环境因素中，温度变化诱发沥青老化和低温开裂，高温软化则导致粘结力下降和抗剪强度降低。水损害通过加速沥青膜剥离、降低骨料黏附性和引发基层冲刷，破坏整体承载能力。材料性能方面，沥青与矿料的匹配度、黏结性能及抗老化能力直接影响路面耐久性。结构设计不合理，如层间结合力不足、结构层厚度偏差等，也会导致应力集中，诱发早期破坏^[1]。

二、公路沥青路面的常见病害分析

（一）结构性病害

公路沥青路面的结构性病害主要由荷载作用、材料

疲劳及层间结合失效等因素导致，典型病害包括车辙、坑槽和裂缝。车辙主要由于重复荷载作用使沥青混合料发生剪切变形，导致材料逐步推移，进而形成纵向凹槽，特别是在高温条件下，沥青粘度下降，加剧塑性流动。坑槽的形成源于沥青层局部剥落，通常由水损害、材料老化及荷载冲击共同作用，基层失稳进一步加速破坏扩展。裂缝按照形态可分为纵向裂缝、横向裂缝及网裂，其中，纵向裂缝多由荷载集中应力引发，横向裂缝则主要由温缩应力导致，网裂通常表现为沥青层疲劳失效，反映出结构层抗拉能力不足。当结构性病害发生后，路面承载能力显著降低，进一步加剧病害扩展，影响行车安全与使用寿命。

（二）材料性病害

材料性病害主要由沥青老化、骨料剥落及结合料性能退化引起，典型表现包括沥青膜剥离、松散及表面抗滑能力下降。沥青老化主要受热氧化和紫外线辐射作用影响，导致沥青组分中轻质成分挥发，黏度升高，混合料脆性增强，使其抗裂性能降低。长期暴露于氧化环境下，沥青逐步失去延展性，进而导致路面裂缝增加，促使其他病害加速发展。骨料剥落通常由水侵蚀和荷载冲击引起，当沥青与集料的黏结强度不足，或矿料表面吸水后界面附着力降低，沥青膜易被剥离，进而形成表面松散。结合料性能退化不仅影响路面结构的整体性，还会削弱抗剪强度，使路面抵抗交通荷载和环境作用的能力下降，进一步导致表面破损及功能性劣化^[2]。

（三）水损害病害

水损害病害由渗水作用、毛细吸水效应及冻融循环共同作用引起，主要表现为剥落、松散、基层冲刷及剪

切强度下降。水通过裂缝或渗透作用进入路面内部，导致沥青膜与矿料界面产生水膜效应，使黏结力显著降低，最终引发剥落和松散。毛细作用使基层长期处于潮湿状态，降低结构强度，并促使细颗粒材料迁移，导致基层稳定性下降，承载能力削弱。冻融循环作用加剧材料劣化，在低温环境下，渗入结构层的水分冻结膨胀，破坏沥青层微观结构，导致裂缝扩展，而融化时水分渗透加深，使病害进一步恶化。长期水损害作用会导致沥青层支撑能力下降，加速其他病害的发展，最终影响路面的耐久性与使用性能。

三、沥青路面的养护技术分析

(一) 预防性养护技术

预防性养护技术通过延缓材料老化、减少病害发生率及提升路面功能性，确保沥青路面长期保持良好使用

状态。封层技术是预防性养护的重要手段，其中雾封层通过喷洒乳化沥青，提高沥青膜的抗氧化能力，适用于微小裂缝修复；微表处技术采用改性乳化沥青与细粒级骨料混合料，可形成厚度约 8 ~ 15mm 的保护层，提高抗滑性能并封闭微裂缝。稀浆封层适用于轻度表面老化路段，其混合料空隙率控制在 8% ~ 14% 之间，有效提升耐久性。热再生技术可通过热拌或就地加热方式对旧沥青层进行软化、翻拌，并掺入 5% ~ 30% 的新沥青混合料，以恢复材料性能。冷再生则适用于基层结合力下降的路面，利用水泥或泡沫沥青稳定剂提高基层承载能力。预防性养护技术的应用可使沥青路面使用寿命延长 3 ~ 5 年，且养护成本较大修降低 30% ~ 50%，对提高道路资产管理效率具有重要意义^[3]。预防性养护技术类型及关键性能参数见表 1。

表 1 预防性养护技术类型及关键性能参数

养护技术	主要作用	适用范围	厚度 (mm)	延长寿命 (年)
雾封层	抗氧化、封闭微裂缝	轻微老化、微裂缝	0.3 ~ 0.6	2 ~ 3
微表处	提高抗滑性、封闭裂缝	轻度磨损、轻微车辙	8 ~ 15	3 ~ 5
稀浆封层	改善表面性能、抗老化	轻度老化、细微表面损伤	5 ~ 10	2 ~ 4
热再生	恢复材料性能、修复轻度损坏	轻至中度裂缝、轻微车辙	20 ~ 50	5 ~ 7
冷再生	提高基层强度、改善承载力	结构性损伤、基层松散	100 ~ 200	7 ~ 10

(二) 修复性养护技术

修复性养护技术针对已发生中、重度病害的沥青路面，通过局部或整体修复恢复路面功能并延缓进一步劣化。裂缝修补是常用技术之一，其中热灌缝采用高弹性密封胶填充宽度 1.5 ~ 10mm 的裂缝，可提高路面抗水损害能力，并降低裂缝扩展速率 50% 以上。对于较严重的网裂或疲劳裂缝，铣刨重铺可去除深度 20 ~ 50mm 的损坏层，再重新铺设新沥青混合料，恢复结构强度。表面修复方面，超薄磨耗层技术通过铺设 8 ~ 20mm 厚的改性沥青混合料，提高抗滑性能，并在高温季节降低路表温度 58℃，有效防止沥青软化。车辙修复通常采用铣刨加铺工艺，将变形层去除后重新摊铺沥青混合料，并增加

抗车辙剂，使抗塑性变形能力提升 30% ~ 50%。针对黏结力下降的老化路面，采用复合封层技术，可恢复表面结构，提升黏结性能并延长使用寿命 3 ~ 6 年。

(三) 结构性养护与大修

结构性养护与大修针对严重病害及整体性能衰退的沥青路面，通过结构补强、基层修复及全面翻新，提高承载能力并恢复路用性能。结构补强主要应用于层间结合失效及强度不足的路面，采用局部加铺方式，在原有沥青层上增设厚度 40 ~ 80mm 的改性沥青混合料（见图 1），提高疲劳寿命 30% ~ 50%。当基层受损严重时，采用深层铣刨与再生技术，去除 50 ~ 200mm 的损坏层，并掺入新材料重构基层，以恢复整体强度并减少裂缝反射

率。大修工程通常涉及全深式重建，将老化结构完全清除，重新铺设基层和面层，使路面承载能力提升 40% 以上，使用寿命延长 10 ~ 15 年^[4]。复合式养护结合稳定剂加固基层，并采用 SMA（石料骨架密实型沥青混合料）面层，提高抗车辙能力和抗滑性能，降低长期维护成本 20% ~ 35%。



图 1 改性沥青混合料铺设

四、养护技术的优化与发展趋势

（一）新型材料与智能化养护技术

新型材料的应用能够有效提升沥青路面的耐久性和抗损坏能力，提高养护工作的长期效益。改性沥青技术广泛采用 SBS（苯乙烯-丁二烯-苯乙烯）改性剂，使沥青混合料的高温稳定性提升 40% ~ 60%，低温抗裂性能提高 25% 以上。自修复沥青材料利用微胶囊技术，在沥青老化或微裂缝出现时释放修复剂，可使裂缝闭合率达到 80%，显著降低维护成本。纳米技术增强沥青与矿料的黏附力，使抗水损害能力提高 30% 以上。智能化养护技术结合光纤传感、温控材料及智能监测系统，实现对路面温度、应力及裂缝扩展情况的实时检测，确保精准养护。

（二）养护管理的智能化与信息化

智能化与信息化技术在公路养护管理中的应用能够提高决策精度，优化资源配置，并降低长期维护成本。基于 GIS（地理信息系统）与 GPS（全球定位系统）的智能养护管理系统，可实时采集和分析路面病害信息，使养护决策效率提高 30% 以上。高精度激光扫描设备可检测 0.1mm 级别的裂缝宽度，结合 AI 图像识别技术，对

病害分类精度达到 95% 以上。无人机遥感技术可实现大面积道路巡查，较传统人工检测速度提升 5 倍，并减少 80% 的人力投入。物联网（IoT）传感器可嵌入路面内部，实时监测温度、湿度及荷载响应，使预测性养护精度提高 40%^[5]。

（三）可持续发展与绿色养护技术

绿色养护技术强调降低碳排放、节约资源及减少环境污染，提高公路养护的可持续性。温拌沥青技术可将施工温度降低 30 ~ 50℃，减少 CO₂ 排放 30% 以上，并降低能耗 20% ~ 25%。再生沥青利用废旧路面材料，通过热再生或冷再生技术重新利用，最高可替代 30% ~ 50% 的新沥青材料，显著减少资源消耗。透水沥青路面优化雨水渗透性能，使透水率提高至 20% ~ 30%，降低城市内涝风险，并改善路面抗滑性能。植物纤维改性沥青可提高混合料的高温稳定性 10% 以上，同时减少老化速率。太阳能路面技术集成光伏板，可提供 30 ~ 50W/m² 的电力输出，拓展了道路能源利用的新方向。

结语

总而言之，公路沥青路面在长期荷载作用和环境影响下，容易出现结构性、材料性及水损害等病害，严重影响道路使用性能和安全性。针对不同类型的病害，合理选择预防性、修复性及结构性养护技术，可有效延缓路面老化，提高使用寿命。新型材料、智能化监测及绿色养护技术的应用，为公路养护提供了更高效、环保的解决方案。未来，随着技术进步和管理优化，公路沥青路面的养护方式将更加精准、智能，确保道路长期稳定运行，提高交通基础设施的可持续发展水平。

参考文献

- [1] 张劲桥. 公路沥青路面常见病害及养护技术措施 [J]. 四川建材, 2024, 50 (05): 153-154+157.
- [2] 马金库. 高速公路沥青路面的常见病害及养护技术分析 [J]. 运输经理世界, 2022, (11): 133-135.
- [3] 胡石涛. 公路沥青路面病害及养护施工技术研究 [J]. 运输经理世界, 2021, (25): 116-118.
- [4] 张欢. 高速公路沥青路面常见病害及养护对策分析 [J]. 时代汽车, 2024, (23): 190-192.
- [5] 陶玉彬. 公路沥青路面养护施工技术研究 [J]. 中国高新科技, 2022, (16): 67-68.