

沥青路面预防性养护研究

赵文斌

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 832000

摘要: 随着交通流量持续增长与道路使用年限递增, 沥青路面承受的压力与日俱增, 病害问题愈发凸显。预防性养护作为先进的道路养护理念, 强调早期、主动干预, 可有效延缓路面病害发展, 延长路面使用寿命并降低全寿命周期养护成本。本文深入剖析沥青路面预防性养护的重要性, 详细阐述常见病害及成因, 系统介绍预防性养护技术的分类、原理、应用场景及具体技术细节与数据, 并提出实施预防性养护的策略和建议, 为沥青路面科学养护提供有力参考。

关键词: 沥青路面; 预防性养护; 病害成因; 养护技术

1 引言

沥青路面因其行车舒适、噪音小、施工周期短等优点, 在我国公路建设中得到了广泛应用。然而, 在车辆荷载、环境因素等长期作用下, 沥青路面不可避免地会出现各种病害, 如裂缝、坑槽、车辙等, 严重影响路面的使用性能和行车安全。传统的养护方式多是在路面出现明显病害后进行修复性养护, 这种方式虽然能够解决眼前的病害问题, 但往往需要投入大量的人力、物力和财力, 且修复后的路面性能难以恢复到原有水平。预防性养护则强调在路面状况尚好时, 采取适当的养护措施, 及时修复路面的早期损坏, 防止病害的进一步发展, 从而保持路面良好的使用性能, 延长路面的使用寿命。因此, 开展沥青路面预防性养护研究具有重要的现实意义。

2 沥青路面预防性养护的重要性

2.1 延长路面使用寿命

定期实施预防性养护可及时处理路面微小病害, 防止其扩大。以裂缝为例, 早期裂缝宽度一般在0.2-1mm之间, 若不及时处理, 在车辆荷载和水的作用下, 裂缝宽度每年可能以0.5-1mm的速度扩展。采用灌缝技术对早期裂缝进行处理, 可使裂缝扩展速度降低80%-90%, 有效阻止水分渗入路面基层, 避免基层软化, 从而显著延长路面使用寿命。研究表明, 适时进行预防性养护的路面, 其使用寿命可比未进行预防性养护的路面延长3-5年。

2.2 降低全寿命周期养护成本

预防性养护在路面病害早期介入, 所需材料和工艺简单, 成本较低。据统计, 在路面使用周期内, 每投入1元用于预防性养护, 可节省3-10元的修复性养护费用。例如, 对一条10公里长的高速公路进行预防性养护, 平均每年每公里养护成本约为5-10万元; 而若等到路面出现严

重病害后进行修复性养护, 每公里的修复成本可能高达50-100万元。

2.3 提高路面使用性能

预防性养护能及时改善路面平整度、抗滑性能、防水性能等。以微表处技术为例, 施工后路面平整度标准差可降低30%-50%, 摆式摩擦系数可提高20%-30%, 渗水系数可降低至50ml/min以下, 为车辆提供更安全、舒适的行驶环境, 降低交通事故发生率。

2.4 减少交通干扰

预防性养护施工速度快、开放交通早。如雾封层施工, 一般每公里施工时间仅需2-3小时, 施工完成后1-2小时即可开放交通; 而大规模的修复性养护工程, 每公里施工时间可能需要1-2周, 且对交通的影响较大。预防性养护可有效减少因道路施工导致的交通拥堵和延误, 保障交通顺畅。

3 沥青路面常见病害及成因

3.1 裂缝

裂缝是沥青路面最常见病害, 主要有横向裂缝、纵向裂缝和网状裂缝。横向裂缝多由温度变化引起, 当气温骤降时, 路面收缩应力超过沥青混合料抗拉强度(一般沥青混合料的抗拉强度在0.8-1.5MPa之间)便会产生裂缝^[1]。纵向裂缝常与路基压实度不均匀(压实度标准要求不低于96%)、路面接缝处理不当或车辆荷载反复作用有关。网状裂缝则是路面整体强度不足、基层软化(基层回弹模量低于800MPa)或沥青老化(针入度比小于60%)等原因导致。

3.2 坑槽

坑槽因路面基层或面层局部强度不足, 在车辆荷载反复作用下, 路面材料松散、脱落形成。其成因包括路面施工质量控制不严(如沥青混合料压实度不足95%)、

基层压实度不够（低于93%）、水损害导致基层软化以及车辆超载（超载率超过30%）等。

3.3 车辙

车辙表现为沿行车轮迹产生的纵向带状凹槽，主要由沥青混合料高温稳定性不足（动稳定度小于1000次/mm）引起。在高温（高于60℃）和车辆荷载共同作用下，沥青混合料流动变形。此外，交通荷载过大（日交通量超过50000辆）、渠化交通严重（某一车道交通量占比超过70%）以及路面结构设计不合理（如沥青层厚度不足10cm）等因素也会加剧车辙产生。

3.4 松散

松散指沥青路面面层集料间粘结力丧失，集料脱落。成因是沥青与集料粘附性不足（水煮法试验粘附等级低于4级）、沥青老化、施工时混合料温度过低（低于140℃）导致压实不足以及车辆轮胎磨损作用等。

3.5 泛油

泛油是沥青从沥青混合料内部上浮到路面表面形成沥青膜。主要因沥青用量过多（超过最佳沥青用量0.3%-0.5%）、沥青稠度偏低（60℃动力粘度小于160Pa·s）、混合料级配不合理（细集料含量过多）以及交通荷载反复作用导致沥青上浮等引起。

4 沥青路面预防性养护技术的分类与应用

4.1 裂缝填封类

4.1.1 灌缝

灌缝是处理沥青路面裂缝常用方法，原理是将专用灌缝材料加热后灌入裂缝，填充空间，防止水分和杂物进入^[2]。灌缝材料有热沥青、改性沥青、密封胶等。热沥青灌缝成本低，但耐久性差，在正常使用条件下，其使用寿命一般为1-2年；改性沥青和密封胶弹性好、粘结性强，能适应裂缝变形，使用寿命可达3-5年。灌缝施工时，先清理裂缝，去除杂物和灰尘，然后用灌缝设备将材料灌入裂缝，确保填充饱满。灌缝速度一般为每分钟5-10米，灌缝宽度应比裂缝宽度宽2-3mm。

4.1.2 贴缝带

贴缝带由聚合物改性沥青和胎基布等制成，使用时直接粘贴在裂缝表面，封闭裂缝。贴缝带施工简便、快速，无需加热设备，对交通影响小。适用于宽度小于5mm的裂缝处理，能有效提高路面防水性能和耐久性。贴缝带的粘结强度一般不低于0.5MPa，使用寿命为2-3年。

4.2 表面封层类

4.2.1 雾封层

雾封层是将乳化沥青、改性乳化沥青等稀释后喷洒在路面表面，形成防水膜。能封闭路面微小孔隙，防止

水分渗入，补充路面损失沥青，恢复路面颜色和外观。雾封层施工简单、成本低，适用于路面老化、贫油、轻微裂缝等病害预防性养护。但雾封层会使抗滑性能下降，施工后路面摆式摩擦系数可能降低10%-20%，因此需根据路面实际情况评估使用。雾封层喷洒量一般为0.3-0.5L/m²，施工速度为每小时3000-5000m²。

4.2.2 稀浆封层

稀浆封层由乳化沥青、粗细集料、矿粉、水和添加剂等按比例拌和成稀浆混合料，摊铺在路面表面形成薄层结构。能填补路面微小坑槽和裂缝，改善平整度和抗滑性能，起到防水、耐磨作用。稀浆封层施工速度快，对交通干扰小，适用于中等程度老化沥青路面预防性养护。根据材料和工艺不同，分为细封层、中封层和粗封层^[3]。细封层集料最大粒径不超过4.75mm，适用于表面平整、裂缝较少的路面；中封层集料最大粒径为4.75-9.5mm，适用于有一定裂缝和坑槽的路面；粗封层集料最大粒径为9.5-13.2mm，适用于路面病害较严重的路面。稀浆封层摊铺厚度一般为3-10mm，施工速度为每小时2000-4000m²。

4.2.3 微表处

微表处是在稀浆封层基础上发展起来的预防性养护技术，采用高分子聚合物改性乳化沥青、优质集料、矿粉、水和添加剂等拌和成微表处混合料，通过专用摊铺设备一次性摊铺在路面表面。具有更高抗磨损性能、抗滑性能和防水性能，能迅速恢复路面使用功能，延长使用寿命。微表处适用于高等级公路、城市道路等交通量大、对路面性能要求高的路面。微表处混合料中改性乳化沥青含量一般为10%-12%，集料级配需满足相关规范要求，摊铺厚度一般为8-12mm，施工速度为每小时1500-3000m²。

4.3 薄层罩面类

4.3.1 薄层沥青混凝土罩面

薄层沥青混凝土罩面是在原有沥青路面上加铺一层厚度较薄的沥青混凝土面层，一般为2-4cm。能显著改善路面平整度、抗滑性能和行车舒适性，提高路面承载能力和耐久性。施工时需严格控制混合料级配、油石比和压实度等指标。级配应符合密级配沥青混凝土要求，油石比一般为4.5%-6.0%，压实度不低于96%。薄层沥青混凝土罩面适用于路面整体状况较好，但存在一定平整度不足、抗滑性能下降等病害的路面。

4.3.2 超薄磨耗层

超薄磨耗层采用特殊工艺和材料施工，厚度一般在1-2.5cm之间。具有优异抗滑性能、抗磨损性能和降噪性

能,能有效提高路面使用品质。通常采用改性沥青、高粘度沥青等作为结合料,选用坚硬、耐磨的集料。改性沥青的针入度一般为40-60(0.1mm),60℃动力粘度不小于18000Pa·s;集料的压碎值不大于26%,磨光值不小于42。通过特殊摊铺和碾压工艺施工,摊铺温度一般不低于160℃,碾压遍数根据实际情况确定,一般为4-6遍。超薄磨耗层适用于对路面性能要求极高的城市道路、机场跑道等路面的预防性养护和功能性提升。

4.4 就地热再生类

就地热再生利用专用设备对旧沥青路面加热、耙松、添加再生剂和新沥青混合料等,重新摊铺、压实形成新路面结构。能充分利用旧路面材料,减少新材料开采和使用,降低工程造价,减少环境污染。适用于路面病害主要集中在表面层,且基层状况良好的沥青路面。再生剂添加量一般为旧沥青质量的3%-8%,新沥青混合料添加量根据路面状况确定,一般为旧路面材料质量的10%-30%。就地热再生施工速度一般为每小时500-1000m²。

5 沥青路面预防性养护的实施策略和建议

5.1 建立科学的路面检测与评价体系

准确的路面检测数据是实施预防性养护的基础。应建立定期路面检测制度,采用先进检测设备和技術,如无损检测技术(落锤式弯沉仪、激光平整度仪等)、自动化检测系统等,对路面平整度(标准差不大于1.5mm)、抗滑性能(摆式摩擦系数不小于45)、裂缝状况(裂缝率不大于2%)、车辙深度(不大于10mm)等指标全面、准确检测。同时,建立科学路面评价体系,根据检测数据评估路面技术状况,确定养护需求和优先级,为制定合理预防性养护计划提供依据。

5.2 制定合理的预防性养护规划

根据路面检测与评价结果,结合道路交通流量、使用年限、重要性等因素,制定长期、系统的预防性养护规划。规划应明确不同阶段目标、任务和养护措施,合理安排养护资金和施工时间^[4]。如对于交通流量大的高速公路,预防性养护周期可设定为2-3年;对于交通流量较小的城市支路,养护周期可适当延长至3-5年。在制定规划时,充分考虑不同预防性养护技术适用条件和效果,选择最适合路面的养护方案。

5.3 加强养护施工质量管理

预防性养护施工质量直接影响养护效果和使用寿命。必须加强养护施工质量管理,严格按相关规范和标准施工。施工前对施工人员进行技术培训,使其熟悉

施工工艺和质量要求;施工过程中加强对原材料质量检验,严格控制混合料配合比、施工温度、压实度等关键指标。如沥青混合料施工温度,摊铺温度一般不低于150℃,初压温度不低于140℃,终压温度不低于110℃;压实度应不低于96%。施工完成后按规定进行质量验收,对不合格工程及时整改。

5.4 注重技术创新与研发

随着道路养护技术发展,新的预防性养护材料、工艺和设备不断涌现。应注重技术创新与研发,积极引进和推广国内外先进预防性养护技术和经验,结合我国沥青路面实际情况开展针对性研究和试验,不断提高预防性养护技术水平与效果。如研发新型高性能灌缝材料,提高其粘结强度和耐久性;开发智能化养护施工设备,提高施工效率和质量。同时,鼓励科研机构、高校和企业加强合作,共同攻克预防性养护领域技术难题。

5.5 加强宣传与培训

预防性养护理念推广和实施需得到广大道路管理部门、养护企业和公众支持配合。应加强宣传与培训工作,通过举办培训班、研讨会、技术交流会等形式,向相关人员普及预防性养护知识和技术,提高对预防性养护重要性认识。同时,利用各种媒体渠道向公众宣传预防性养护意义和作用,增强公众爱路护路意识。

结语

沥青路面预防性养护是科学、经济、有效的养护方式,能延长寿命、降低成本、提升性能。通过分析病害成因,采取裂缝填封、表面封层、薄层罩面、就地热再生等技术,可及时修复早期损坏。实施时应建立检测体系、制定规划、强化质量与技术创新。未来应紧跟科技发展,加强国际交流,推动养护水平提升,为交通发展提供保障。

参考文献

- [1]苏强盛.公路沥青路面常见病害的预防性养护对策研究[J].汽车周刊,2025,(06):54-56.
- [2]田硕.沥青路面典型病害成因及预防性养护技术分析[J].交通世界,2025,(11):74-76.
- [3]齐勇.沥青路面预防性养护施工技术研究[J].价值工程,2025,44(09):13-15.
- [4]张涛.公路沥青路面预防性养护技术探讨[C]//中国公路学会养护与管理分会.中国公路学会养护与管理分会第十四届学术年会论文集.甘肃省庆阳公路事业发展中心,2025:459-461.