

沥青路面病害预防与维护技术探析

兰志光

中国葛洲坝集团路桥工程有限公司 湖北 宜昌 443000

摘要：沥青路面因行车舒适等优势广泛应用，但长期受多种因素影响易产生病害，影响使用寿命与通行安全。本文聚焦沥青路面病害预防与维护技术，分析了常见病害类型，包括裂缝类、变形类、松散类等，并从材料、设计、施工、环境和荷载五方面探讨成因。阐述了预防关键技术，涉及原材料优化、结构设计、施工管控及早期监测等；介绍了维护关键技术，针对裂缝、变形、松散类病害提出修复工艺。研究旨在为提升沥青路面使用寿命、保障道路通行安全提供技术参考，为相关工程实践提供科学依据。

关键词：沥青路面；病害预防关键技术；维护关键技术

引言：在交通基础设施中，沥青路面凭借优良的使用性能占据重要地位，但其在长期服役过程中，各类病害频繁出现，不仅大幅缩减路面使用寿命，还对通行安全构成严重威胁。当前学界与工程界对沥青路面病害的研究多集中于单一环节，在预防与维护技术的系统整合方面存在明显不足。鉴于此，本文深入分析常见病害的具体类型及形成机理，系统梳理病害预防与维护的关键技术，有助力道路养护水平的整体提升。

1 沥青路面常见病害类型及成因

1.1 沥青路面常见病害类型

沥青路面在长期使用中易出现多种病害，按形态与危害可分为四大类：（1）裂缝类病害。包括横向裂缝（多出现于路面中上层，与路线走向垂直，长度随病害发展延伸）、纵向裂缝（沿路线方向分布，常由路基沉降或施工接缝处理不当引发）、网状裂缝（以交叉口或重载路段为核心，呈不规则网格状扩散，是路面结构强度不足的典型表现）。（2）变形类病害。以车辙和拥包为代表，车辙表现为轮迹处的永久性凹陷，在高温季节或重载路段尤为明显；拥包则是路面局部隆起，多因材料推移或基层稳定性不足导致。（3）松散类病害。直接影响行车安全，如坑槽（路面局部材料脱落形成的凹坑，初期为小面积剥落，随雨水侵蚀扩大）、剥落（面层与基层或集料与沥青膜分离，呈现鳞片状脱落）。

1.2 沥青路面病害成因

病害的产生是多因素共同作用的结果，可归纳为五大类：（1）材料因素。沥青在紫外线、温度变化下易发生老化，导致粘结力下降；集料级配不合理会降低混合料稳定性，增加开裂与车辙风险。（2）设计缺陷为病害埋下隐患。结构层厚度不足难以承受长期荷载，排水设计缺失会导致雨水渗入基层，引发冻胀或路基软化；功

能层设置不合理会加速路面劣化。（3）施工质量直接影响病害发生率。摊铺时速度不均或厚度偏差会造成局部强度不足；碾压温度过低或压实度不够会导致混合料密实度差，易出现松散；接缝处碾压不充分则成为裂缝起点。（4）环境因素加剧病害发展。温度剧烈变化使路面产生热胀冷缩应力，反复循环后形成温度裂缝；降水通过缝隙侵入基层，在冻融作用下引发结构层松散，而长期干旱则加速沥青老化。（5）荷载因素是病害的主要驱动力，超载车辆产生的附加应力远超设计标准，导致路面结构提前破坏；交通量过大且分布不均，会使局部路段出现集中损坏^[1]。

2 沥青路面病害预防关键技术

2.1 原材料性能优化与混合料设计技术

原材料性能是决定沥青路面抗病害能力的基础，要通过多维度技术手段实现精准控制。沥青材料要采用针入度、延度、软化点等指标达标的基质沥青，结合工程环境特性选择改性剂类型，如SBS改性剂可提升高温稳定性，橡胶改性剂可增强低温抗裂性，改性后沥青的动态剪切流变仪测试结果需满足车辙因子和疲劳因子指标要求。集料需严格控制压碎值、洛杉矶磨耗损失、表观相对密度等指标，粗集料应选用表面粗糙、棱角性优良的玄武岩或花岗岩，细集料需控制含泥量在1%以内。混合料设计采用Superpave配合比设计方法，通过体积参数优化实现骨架密实结构。确定最佳油石比时，需同时满足空隙率3%-5%、矿料间隙率不小于15%、沥青饱和度65%-75%的要求。针对不同气候区调整级配曲线，高温地区采用中密型级配以抵抗车辙，低温地区采用偏粗级配增强抗裂性。

2.2 结构与功能层优化技术

路面结构设计需建立基于荷载与环境耦合作用的多

因素分析模型,采用分层弹性体系理论计算各结构层应力应变。面层厚度设计需满足轮迹荷载作用下的弯拉应力不超过材料疲劳强度,基层采用半刚性材料时,需控制其7天无侧限抗压强度在3-5MPa,底基层强度不低于2MPa。对于季节性冰冻地区,基层与面层之间应设置防冻层,采用级配碎石或水泥稳定碎石,厚度根据最大冻深确定。功能层设置需体现系统性防水理念,在基层顶部铺设透水性土工布或乳化沥青下封层,下封层厚度控制在0.6-1.0cm,采用喷洒法施工时确保覆盖率达100%。路缘石内侧设置纵向排水盲沟,沟内填充粒径2-5cm的碎石,与横向排水渗沟形成网状排水系统,排水坡度不小于2%。

2.3 结构与功能层优化技术

路面结构组合设计需基于轴载谱分析结果,采用多层弹性理论计算程序进行力学响应模拟。面层采用沥青玛蹄脂碎石混合料时,基层宜选用水泥粉煤灰稳定碎石,底基层采用级配碎石,通过模量匹配实现应力梯度合理分布。结构层厚度设计需满足轴载累计作用次数下的疲劳寿命要求,高速公路面层总厚度不宜小于18cm,其中上面层采用4-5cm改性沥青混合料,中面层采用6-8cm中粒式沥青混合料,下面层采用8-10cm粗粒式沥青混合料。路基处理采用冲击碾压技术,碾压遍数根据路基土性质确定,一般为15-20遍,碾压后压实度需达到96%以上,回弹模量不小于30MPa。对于软土地基,采用水泥搅拌桩或CFG桩进行处理,桩长根据地基承载力要求计算确定,桩间距控制在1.2-1.5m,成桩后单桩承载力不低于设计值^[2]。

2.4 施工全过程质量管控技术

拌合环节采用间歇式沥青拌合楼,严格控制拌合温度,改性沥青混合料拌合温度为170-180℃,基质沥青混合料为150-160℃,拌合时间控制在45-60秒,确保混合料均匀一致。拌合过程中实时监测油石比偏差,通过在线检测系统将偏差控制在±0.3%以内,同时每小时检测混合料马歇尔稳定度、流值等指标。运输车辆需配备保温篷布,确保混合料到场温度不低于160℃(改性沥青)或140℃(基质沥青),卸料时采用三次卸料法减少离析。摊铺环节采用沥青摊铺机连续作业,摊铺速度控制在2-6m/min,保持匀速行驶,螺旋布料器高度为摊铺厚度的2/3,料位保持与螺旋器齐平。摊铺温度不低于150℃(改性沥青)或130℃(基质沥青),采用非接触式平衡梁控制摊铺厚度,偏差不超过±5mm。碾压分为初压、复压和终压三个阶段,初压采用双钢轮压路机,温度不低于140℃,碾压速度2-3km/h;复压采用胶轮压路机或双钢

轮压路机组合,温度120-130℃,碾压速度3-5km/h,直至压实度达到96%以上;终压采用双钢轮压路机,温度不低于80℃,消除轮迹。

2.5 早期监测与预防性养护技术

路面施工完成后需建立常态化监测体系,采用人工巡查与自动化检测相结合的方式。人工巡查重点关注早期裂缝、松散等病害,每周不少于1次;自动化检测采用激光平整度仪、地面三维激光扫描系统等设备,每季度检测1次路面平整度、抗滑性能、结构强度等指标,数据精度需满足国际平整度指数(IRI)测量误差≤0.3m/km,抗滑系数(SFC)测量误差≤5。基于监测数据实施预防性养护,当路面出现轻微裂缝(宽度<5mm)时,采用热沥青灌缝技术,灌缝材料需满足软化点≥60℃,低温延伸率≥10mm;当路面抗滑性能下降(SFC<50)时,实施微表处处理,采用改性乳化沥青,矿料级配为MS-3型,厚度3-5mm,摊铺温度控制在15-35℃;当路面平整度劣化(IRI>2.0m/km)但结构强度达标时,采用超薄罩面技术,罩面厚度1.5-2.5cm,采用高粘度改性沥青混合料,碾压温度不低于160℃。预防性养护施工需避开雨天及低于10℃的环境,确保材料与原路面粘结强度≥0.6MPa^[3]。

3 沥青路面病害维护关键技术

3.1 裂缝类病害修复技术

裂缝修复需根据宽度、深度及发展阶段选择适配工艺。对于宽度小于5mm的细微裂缝,采用灌缝技术处理,先通过高压空气清理缝内杂物,确保缝壁干燥,再选用热熔型密封胶,其软化点需≥70℃,低温延伸率≥15mm,施工时胶温控制在180-200℃,灌注高度略高于路面3-5mm,自然冷却至常温后切除多余胶体。针对宽度5-15mm的中等裂缝,采用贴缝技术增强密封效果,清理裂缝后涂刷基层处理剂,选用厚度1.5-2mm的改性沥青贴缝带,其断裂拉伸强度≥8kN/m,粘贴时需从一端向另一端碾压,确保与路面紧密贴合,接缝处重叠宽度不小于5cm。对于宽度超过15mm的宽深裂缝或网状裂缝,采用注浆结合面层修补的复合工艺。注浆材料选用环氧树脂浆液,其抗压强度≥30MPa,粘结强度≥2.5MPa,通过注浆泵以0.3-0.5MPa压力注入裂缝深处,待浆液固化后(一般24小时),铣刨裂缝区域3-5cm面层,铺设改性沥青混合料,压实度需达到96%以上。

3.2 变形类病害治理技术

车辙治理要依据深度和范围确定工艺。深度小于2cm的浅层车辙,采用热再生修补技术,通过红外线加热板将路面加热至160-180℃,加热深度5-8cm,利用耙松机破

碎表层混合料,添加3%-5%的再生剂,再生剂需满足粘度(60℃)300-500mPa·s,混合均匀后重新摊铺,采用振动压路机碾压,压实温度不低于140℃。深度超过2cm的深层车辙,采用铣刨重铺技术,铣刨深度至稳定基层顶面,清除铣刨料后喷洒乳化沥青粘层油,用量0.3-0.5L/m²,选用间断级配沥青混合料(AC-16)铺设,摊铺厚度比设计值高5%-10%,采用钢轮压路机与胶轮压路机组合碾压,初压温度150-160℃,终压温度不低于90℃,确保压实度≥97%。拥包处理需先判断成因,若因材料推移形成,直接铣刨拥包部分,深度至正常路面以下1-2cm,铣刨面需平整,涂刷粘层油后采用细粒式沥青混合料(AC-13)填补,碾压时遵循“先低后高”原则。若因基层变形引发,需铣刨至基层,处理基层病害后重新分层铺筑面层,每层厚度不超过8cm,层间均需喷洒粘层油。

3.3 松散类病害处理技术

坑槽修补要遵循“圆洞方补”原则,确定修补范围后,采用切割机沿病害边缘外扩5-10cm切割成矩形,深度至稳定结构层,清除槽内松散材料及灰尘,槽壁与槽底需干燥。涂刷改性乳化沥青粘层油,用量0.4-0.6L/m²,选用冷补料或热补料填充,冷补料需满足-20℃不脆裂、60℃不流淌,压实采用小型振动压路机,压实度≥95%;热补料需加热至160-180℃,摊铺后立即碾压,初压温度不低于150℃。剥落病害处理重点在于增强界面粘结,对于面积较小的表层剥落,先清除剥落颗粒,采用高压水冲洗表面,干燥后涂刷沥青再生剂,再生剂渗透深度需≥3mm,再撒布0.3-0.5cm粒径的石屑,碾压至石

屑嵌入沥青膜。对于深层剥落(涉及基层),需铣刨至坚实基层,采用水泥稳定碎石修补基层,养护7天后铺筑面层,面层与基层间设置防水层,防水层采用SBS改性沥青,用量1.2-1.5kg/m²。面层与基层分离的处理需进行界面重构,沿病害区域铣刨面层,暴露基层顶面,检测基层强度,若基层完好,喷洒透层油(用量1.0-1.2L/m²),铺设玻璃纤维格栅,格栅抗拉强度≥50kN/m,搭接宽度≥10cm,再铺筑新面层;若基层松散,需铣刨基层至稳定层,采用贫混凝土(强度等级C15)修补,养生期不少于14天,层间设置乳化沥青粘层油^[4]。

结束语:沥青路面病害的预防与维护需统筹多方面技术。通过优化原材料、设计及施工等可有效预防病害;针对不同病害类型采取适配的修复技术能及时治理。然而,技术应用中仍面临复杂环境等挑战。未来应持续研发新型材料与技术,推动智能化监测与维护发展,进一步提升沥青路面的耐久性与安全性,为道路工程的可持续发展奠定基础。

参考文献

- [1]段宇.沥青路面预防性养护技术应用于公路养护中的对策[J].四川水泥,2020(2):157,148.
- [2]魏安泰.沥青路面预防性养护与CAP还原封层技术应用探究[J].科技资讯,2022,20(17):90-93.
- [3]鲍先旗.探析公路沥青路面养护技术[J].建筑工程技术与设计,2020(10):112-113.
- [4]张贵锁.公路工程沥青路面病害预防性养护技术分析[J].电脑爱好者(普及版)(电子刊),2020(6):1837-1838.