农村公路沥青路面常见病害成因及预防性养护技术研究

伏　军

宁夏固原市西吉县公路养护中心　宁夏　固原　756200

摘　要：农村公路沥青路面病害，由材料性能、结构设计、施工质量、环境条件、交通荷载、养护管理多方共同左右。预防性养护常用表层封层、裂缝处置、薄层罩面、渗透加固、局部病害预处理。本文针对裂缝、变形、松散、水损害四类病害，分别梳理处置方案，并从材料适配、工艺改进、时机把握、常态管控四方面提出优化思路，以延长路面服役周期。

关键词：农村公路；沥青路面；预防性养护；病害成因；养护优化

引言：农村公路沥青路面在服役过程中承受气候、水文与车辆反复作用，早期病害若未及时干预，会由表层缺陷向结构层扩展。材料性能、结构组合、施工质量、环境侵蚀、荷载水平与养护方式共同塑造病害发展路径。预防性养护强调在结构尚稳时封闭水分通道、恢复表面功能、延缓材料老化。裂缝、变形、松散与水损害各有成因差异，处置措施需与病害类型和路段条件匹配。材料适配、工艺控制、时机选择和日常管控共同决定养护成效。

1 农村公路沥青路面病害形成成因分析

1.1 材料自身性能因素

沥青材料性能直接决定路面抗变形、抗裂和抗水损害能力。若沥青黏度、软化点、延度等指标与当地气候和荷载不匹配，高温时易变软，低温时易脆裂。集料级配不合理、粉尘含量偏高、与沥青黏附性不足，会削弱混合料整体强度。材料储存和加热过程控制不严，也会造成老化或离析。农村公路用料来源分散，批次差异大，若进场检验和配比控制不到位，路面在早期就埋下松散、坑槽和开裂隐患。

1.2 路面结构设计因素

结构设计要结合农村公路实际交通和地基条件。面层厚度不足、基层强度偏低、垫层缺失或排水层设置不当，都会让荷载向下传递不均。层间结合处理不好，面层和基层不能共同受力，容易产生推移和网裂。路基湿度变化、路肩宽度不足、边坡排水不畅，也会影响整体稳定。若设计时对轴载增长、地下水和冻融深度估计不足，路面在使用中就会出现沉陷、纵向裂缝和边缘破损。

1.3 施工工艺质量因素

施工环节对沥青路面寿命影响很直接。拌和温度不稳、油石比偏差、摊铺速度忽快忽慢，会造成混合料均匀性差。压实不足或过度压实，会留下空隙率偏大或骨料破碎问题。接缝处理粗糙、离析带未消除，雨水容易沿薄弱位置进入[1]。基层平整度和压实度不够，面层厚度随之波动。施工时气温、风速和运距控制不当，也会影响摊铺和碾压效果。这些缺陷在通车初期不明显，经过荷载和气候反复作用后逐渐发展成病害。

1.4 自然环境影响因素

自然环境是沥青路面病害的重要外部条件。高温使沥青变软，在车辆作用下产生车辙和推移。低温收缩使路面产生拉应力，抗裂能力不足时出现横向裂缝。降雨和积水会渗入结构层，削弱集料与沥青黏附，引发水损害。冻融循环使水分反复相变，导致基层松散和面层剥落。紫外线、氧气和温度变化还会加速沥青老化。地下水位高、排水不畅的路段，环境作用更明显，病害发展也更快。

1.5 交通荷载作用因素

交通荷载是路面损伤的直接动力来源。车辆轴载越大、作用次数越多，路面结构内应力越高。超载和偏载会超过设计承受范围，加快疲劳开裂和永久变形。农村公路常有农用运输车辆、工程车辆通行，轴型复杂，轮迹集中，局部位置受损更重。行车速度变化、制动和启动频繁，也会增加剪切破坏。雨水进入裂缝后，车轮反复挤压形成动水压力，进一步冲刷基层。

1.6 日常养护管理因素

日常养护决定路面早期病害能否被及时控制。巡查不到位，细小裂缝、松散和积水不能及时发现，后期就会发展成坑槽和沉陷。排水设施清理不及时，边沟和涵洞堵塞，水分长期滞留，结构层持续受损。裂缝封灌、坑槽修补若工艺粗糙，修补界面容易再次破坏。预防性养护缺失，路面长期带病工作，使用寿命缩短。养护资金、人员和机具配置不足，也会造成病害处理滞后。

2 农村公路沥青路面常用预防性养护技术

2.1 表层封层养护技术

表层封层是在原有路面上铺筑较薄的保护层，用来封闭表面微裂缝和空隙，减少水分进入结构层。它还能改善路面抗老化能力和抗滑性能，延缓沥青表层继续劣化。施工前要彻底清扫路面，清除浮尘、松散颗粒和杂物，对局部破损先做修补。封层材料要结合当地气候和交通选择，喷洒要均匀，集料撒布要连续，碾压要及时。温度过低或过高都会影响黏结和成型。封层适合路面结构基本完好但表面出现轻微老化、渗水或浅层裂缝的情况。若基层强度不足，单靠封层不能解决根本问题。

2.2 裂缝处置养护技术

裂缝处置是预防性养护中很关键的环节。路面出现裂缝后，水分会沿着缝隙进入基层，反复行车和温度变化会让裂缝继续扩展。处置前要先判断裂缝类型、宽度和活动程度，再选择灌缝、封缝或贴缝等方式。施工时要把缝内尘土、水分和杂物清理干净，保持干燥，否则材料难以牢固黏结。灌缝材料应具备弹性、黏结性和耐老化能力，能适应高温流淌和低温收缩。施工气温和缝宽会影响材料用量与效果[2]。及时处置细小裂缝，可以明显减缓路面整体损坏。若裂缝已伴随沉陷或严重网裂，就不能只做表面封闭。

2.3 薄层罩面养护技术

薄层罩面是在旧路面上加铺较薄的沥青混合料，用来恢复路面平整度、抗滑性能和防水能力。它适合路面结构承载能力尚可，但表面功能明显下降的情况。施工前要对基层和旧面层进行检查，局部损坏必须先处理，否则新铺层容易反射开裂。混合料设计要兼顾高温稳定性、低温抗裂性和抗水损害能力。摊铺过程中要保持厚度均匀，避免离析，压实要充分，接缝要平顺紧密。罩面能延长路面使用年限，但不能代替结构补强。如果基层已经松散或沉陷，薄层罩面只能短期改善表面。

2.4 渗透加固养护技术

渗透加固是通过喷洒渗透性材料，让材料进入沥青面层内部，恢复沥青活性，填充微小空隙，增强集料与沥青之间的黏附。这样做可以降低水分侵入，减轻老化、松散和剥落。施工前路面要清洁并保持干燥，材料喷洒要均匀，用量要根据空隙率和老化程度控制。温度、湿度和风速会影响渗透深度和固化效果。渗透加固适合表面出现轻度老化、渗水或轻微松散，但结构还没有严重破坏的路段。它不能处理结构性沉陷、严重坑槽和深层网裂。施工后需要适当时间养护，避免过早开放交通。

2.5 局部病害预处理技术

局部病害预处理是在实施预防性养护前，对坑槽、沉陷、严重裂缝、松散和翻浆等局部损坏进行专门处理。处理范围要超出可见损坏边界，保证新旧材料结合牢固。施工时要挖除失效部分，清理界面，保持干燥洁净，再分层回填和压实。基层问题必须同时解决，不能只修补面层，否则病害会很快反射到新铺层。排水不畅的位置还要改善排水条件，减少水分继续侵蚀。预处理后的平整度、压实度和接缝质量，直接影响后续封层或罩面的效果。局部处理到位，整体预防性养护才能发挥应有作用。

3 不同病害对应的针对性预防性养护方案

3.1 裂缝类病害预防性养护方案

裂缝病害养护，先手在于水分尚未沿缝下渗基层时，把缝隙封死。缝宽不大，灌缝工艺较对路。清掉缝内杂物，缝壁保持干燥，再灌入弹性、黏结性都好的密封材料。缝宽偏大，或轻微网裂伴生，贴缝带、网裂修复剂都能封闭[3]。2025 年，某地县级公路部门完成 9000 米路面灌缝，裂缝病害进一步发展被有效遏制。重载交通路段反射裂缝，情况更棘手。2026 年有工程选用生物基纤维复合封层技术，靠纤维加筋效应压制裂缝反射，施工方数据表明抗裂服役寿命可延 1 到 2 年。裂缝处置离不开早、准、匀。封灌趁早，定位找缝，用料匀实，病害扩展链条才可真正切断。

3.2 变形类病害预防性养护方案

车辙、推移、沉陷构成变形类病害。高温环境下沥青混合料抗变形能力偏低，重载车辆又反复碾压，病害由此孕育。养护提前介入，着力点落在面层材料高温稳定性与抗疲劳性能。铺改性沥青混合料，掺高模量抗疲劳改性剂，设纤维格栅加筋，皆属可行路径[4]。2025 年某重载路段日均车流逾 2000 辆次，PR 高模量抗疲劳改性剂投入使用，沥青层动稳定度自 2800 次/mm 升至 6500 次/mm，抗车辙性能提高 135%。另一重载路段以玄武岩

纤维格栅修补，车辙深度实测均值由 3.56 毫米降至 1.98 毫米，路面技术状况指标整体向好。变形病害处置，先分清结构性抑或功能性。结构性变形，基层承载不足须先补强；功能性变形，面层材料优化即可控制。

3.3 松散类病害预防性养护方案

路面表层集料脱落、麻面、掉粒，统归松散类病害。沥青老化，黏结力衰减，集料与胶结料之间黏附性跟着变差，这是根源。养护提前介入，核心是让沥青胶结料重新获得活性与粘结力。渗透还原技术用得较多。喷洒渗透性还原剂，药剂渗入面层内部 3 到 4 厘米，补回老化流失的轻质油分，胶结料弹性与粘结性得以恢复，长效保护层随之形成。2025 年一项工程显示，渗透再生技术施工 6 个月后，路面渗水系数降到 0.05ml/s，老化沥青性能改善明显。处置前须把表面浮尘与松散颗粒清干净，否则还原材料渗不进去。处置后开放交通时间要控制，材料充分固化需要留出余量。

4 农村公路沥青路面预防性养护技术优化策略

4.1 养护材料适配性优化

材料适配性优化的落脚点，是让养护材料跟当地气候、交通荷载和原有路面状况真正对得上。不同区域温差、湿度和紫外线强度差异明显，同一款材料在不同路段的表现可能截然不同。2025 年，一项新型沥青路面网裂修复技术得到推广，该技术采用常温沥青路面网裂修复剂配合细粒玄武岩实施修复，通过修复剂渗透还原老化沥青活性，再用细粒集料紧密填充裂缝，形成持久防水抗渗层。这种做法不需要大型机械设备，处理零星分散病害时不用断交，施工完毕即可开放通行，尤其适合建设标准有限、交通压力大的农村公路。与此同时，2025 年一项基于大模型的高性能养护材料智能化设计平台进入应用阶段，该平台通过机器学习分析路况数据，自动生成适配不同环境的养护材料设计方案。材料适配从经验判断走向数据驱动，选材准确率明显提升。

4.2 养护施工工艺优化

施工工艺改进，落点在于少依赖原材料，压低能耗与废弃物，养护质量不能退。旧路面层铣刨外运的老办法，建筑垃圾量大，运输与材料开销跟着涨。2025 年某公路路面改造首次用沥青路面冷热协同零废弃再生技术。就地冷再生设备铣刨破碎原沥青路面，掺泡沫沥青、水泥、水，自然温度下现场拌和，摊铺碾压后构成新结构层[5]。固废全循环利用，原材料省下，能耗与碳排放下降，工期也缩短。灌缝施工另见进展。2025 年有项目用复合清缝工艺加“30 秒极速封砂”，沥青加热与浇灌精准控制，比传统工艺快 50%，质量抽检合格率 100%。工艺优化要害在工序衔接紧凑，脱节少了，质量波动才压得住。

4.3 常态化养护管控优化

常态化养护管控解决的是养护工作能不能持续、能不能闭环的问题。传统养护模式依赖人工巡查和经验判断，病害发现周期长，处置效率不稳定。2025 年，某地在全省首创农村公路智慧管养一张图，实施路长制加信息化管养机制，整合卫星遥感、AI 巡检和病害识别等技术手段，全县 2907 公里农村公路实现云端把脉。群众也可以通过路边公示牌扫码上报险情，监管员手机即刻收到预警，专业养护队能在 30 分钟内赶到现场处置。2024 年路况抽检数据显示，该地路况优良率提升至 89.3%，次差路修复进度达 30%，效率同比提升 15%。常态化管控还要求建立动态监测台账，安排专人定期巡检，紧盯关键指标变化，隐患早发现早处置。

结束语：预防性养护的意义，在于病害尚处轻微阶段就加以控制，结构性修复需求随之减少。材料选用要看气候与荷载条件是否匹配，施工工艺要盯住均匀性与密实度，作业时机须赶在病害扩展之前，日常管控则靠巡查、处置、复核串成连续链条。裂缝封闭、变形抑制、松散修复、水损害阻断，各依路况分别施策，单一措施包打天下的做法行不通。材料、工艺、时机、管理几方面协同推进，农村公路沥青路面服务能力方能保持稳定，养护资金使用效益也更高。

参考文献

[1] 汪大勇. 农村公路沥青路面常见病害与养护施工技术 [J]. 工程技术研究,2026,11(10):69-71.

[2] 王蓉. 县域农村公路沥青路面病害机理与养护对策分析 [J]. 运输经理世界,2026(2):132-134.

[3] 高亮, 曹兴元, 景一波. 公路沥青路面常见病害及养护技术措施 [J]. 建材与装饰,2026,22(4):139-141.

[4] 曾艳, 李军. 农村公路沥青混凝土路面病害的处理措施 [J]. 中国水泥,2025(8):129-131.

[5] 麻智勇. 农村公路沥青路面病害及养护施工技术 [J]. 建材发展导向,2024,22(4):113-115.