

老旧公路提质改造养护施工技术探析

郭彦汝

榆林市公路局神木公路段 陕西 榆林 719300

摘要：老旧公路长期服役后普遍存在路面、路基及附属设施多重病害，受自然、人为及材料多重因素影响，叠加施工条件受限、病害复杂等难题，通行安全性与服务性能大幅下降。本文系统梳理老旧公路典型病害及成因，针对性阐述路面、路基、附属设施提质改造核心施工技术，从施工全流程制定质量管控策略，结合智能化、新材料技术提出优化方案，为老旧公路改造养护工程提质增效、延长道路使用寿命提供技术参考。

关键词：老旧公路；提质改造；养护施工技术

引言：在道路交通网络常态化运营背景下，大量老旧公路因建设标准偏低、长期荷载碾压及自然侵蚀，陆续出现开裂、沉降、设施老化等病害，不仅降低行车舒适度，还埋下道路安全隐患，制约区域交通通行效率。老旧公路提质改造养护是完善路网功能、保障通行安全、盘活交通基础设施的关键举措。基于此，本文结合老旧公路病害特征与施工难点，探究科学高效的改造养护施工技术，完善质量管控体系，助力老旧公路实现性能升级与长效稳定运营。

1 老旧公路常见病害及改造养护难点分析

1.1 老旧公路典型病害类型

(1) 路面病害：主要包括裂缝（横向裂缝、纵向裂缝及网状裂缝）、路面坑槽与松散剥落、局部沉陷与波浪式车辙，以及路表起皮、麻面等结构性破坏与功能性衰减问题。这些病害直接影响行车平顺性与安全性。(2) 路基病害：常见为路基不均匀沉降、边坡土体坍塌与滑移、路基内部渗水导致基层软化，以及路肩破损、土体强度下降等稳定性问题。路基病害往往隐蔽性强，一旦显现，处治难度和成本显著增加。(3) 附属设施病害：表现为防撞护栏锈蚀老化、交通标线磨损模糊、沿线排水沟渠堵塞断裂、涵洞结构开裂渗漏，以及标志标牌缺失或信息不清等。配套设施的老化失效进一步降低了公路整体服务能力和安全水平。

1.2 病害产生的核心成因

(1) 自然因素：长期受雨水入渗与冻融循环作用，路面结构层强度下降；季节性温差与强紫外线辐射加速沥青材料老化脆裂；区域地质构造活动及软土地基固结沉降，诱发路基变形和路面开裂。(2) 人为因素：重载及超限车辆频繁通行，使路面结构承受远超

设计标准的疲劳荷载；日常养护资金投入不足，小修保养不及时，病害由轻微向严重发展；早期建设中施工质量控制不严，基层压实度、材料配合比等关键指标偏低，为后期病害埋下隐患。(3) 材料因素：路面沥青混合料经长期服役后，轻质组分挥发、氧化老化，导致粘结力下降、脆性增大；基层半刚性材料收缩开裂，反射至面层形成裂缝；路基填土长期受水侵蚀，力学性能衰变，承载力降低，材料本身的耐久性不足是病害发展的重要内因^[1]。

1.3 提质改造养护施工核心难点

(1) 施工条件受限：老旧公路多穿越村镇密集区，沿线管网错综复杂、建筑物紧邻道路边界，施工作业面十分狭窄，大型机械设备进出场困难，同时区域路网通行压力大，施工期间交通疏导组织难度较高，需兼顾施工进度与居民出行需求。(2) 病害复杂性高：不同路段病害类型多样且相互叠加，基层隐性裂缝、路基空洞、土体含水量异常等隐蔽性病害难以通过常规检测手段全面识别，设计方案与实际工况偏差较大，施工中需根据开挖揭露情况动态调整方案，精准处治难度显著增加。(3) 施工兼容性差：新旧路面材料性能差异显著，拼接缝位置易出现界面开裂、层间滑移等二次破损；路基拓宽段新旧结合部沉降不均，路面平整度和承载能力难以同步达标，若衔接处理不当，短期内即可能出现反射裂缝和差异沉降，直接影响改造工程整体质量和延长使用寿命。

2 老旧公路提质改造核心施工技术

2.1 路面提质改造施工技术

(1) 裂缝修补技术：针对不同缝宽与缝深采用差异化工艺。对于缝宽小于3mm的细微裂缝，采用高压吹

扫除尘后以专用贴缝带直接粘贴覆盖,施工便捷且开放交通快;对于缝宽3~15mm的贯穿性裂缝,采用开槽灌缝工艺,切割规整缝槽后灌注改性沥青或聚氨酯类高粘弹灌缝料,确保材料渗透至裂缝底部并形成有效粘结;对于缝宽大于15mm或伴有支缝的严重裂缝,采用注浆法,沿裂缝布设注浆孔,压力注入水泥基或化学浆液,填充裂缝并加固周边松散区域。各类灌缝材料需具备良好的高温稳定性和低温抗裂性,施工后应进行密封效果检测,避免雨水下渗加剧病害。(2)坑槽与沉陷修复技术:根据破损深度和范围选用针对性工艺。对于深度小于5cm的表层坑槽,采用热补法,先划定修补边界、切缝开挖、清理槽底浮灰,再涂刷粘层油、分层填入热拌沥青混合料并充分压实;对于深度超过5cm且波及基层的严重坑槽及沉陷路段,采用基层补强工艺,挖除面层和破损基层后,重新铺筑水泥稳定碎石或级配碎石基层,再恢复沥青面层。针对大面积连续沉陷路段,可采用就地热再生技术,通过加热软化路面、翻松添加再生剂和新料、重新拌和摊铺压实,实现旧料100%利用,有效恢复路面承载力和平整度,同时降低材料成本 and 环境影响^[2]。(3)路面薄层罩面技术:采用超薄磨耗层(厚度1.5~2.5cm)进行预防性养护罩面。施工前对原路面进行彻底清扫和病害预处理,喷洒高粘改性乳化沥青作为粘层,随即摊铺断级配热拌沥青混合料,采用橡胶轮胎压路机碾压成型。该技术可显著提升路面抗滑性能、降低行车噪音,同时改善路面平整度和防水效果,施工厚度薄、用料省、开放交通快,对沿线交通干扰小,适用于路面结构性尚好但功能性能衰减的路段。

2.2 路基加固养护施工技术

(1)路基注浆加固技术:针对路基内部空隙、松散及沉陷区域,采用钻孔注浆工艺。按设计间距布设注浆孔(孔径40~60mm,孔深穿透至病害层位以下0.5m),安装注浆管后采用分段前进式或后退式注浆方式,以0.5~2.0MPa压力注入水泥-水玻璃双液浆或改性水泥浆液。注浆过程中实时监控压力和流量参数,当注浆压力达到设计终压或相邻孔出现返浆时终止注浆。注浆完成后进行取芯检测和弯沉检测,确保浆脉充填密实、路基回弹模量达到设计要求,有效消除路基不均匀沉降隐患^[3]。(2)边坡防护改造技术:针对不同边坡破损类型选择适宜防护方案。对于土质边坡浅层滑塌,采用植草防护结合三维植被网,通过植被根系固土作用增强表层稳定性;对于坡度较陡、土体破碎的路段,采用锚杆框架防护,按2m×2m间距布设砂浆锚杆(直径

25mm,长度3~6m),锚杆端部安装钢筋混凝土框架梁,形成整体加固体系;对于岩质边坡或水流冲刷严重的路段,采用浆砌片石护坡,砌筑厚度30~50cm,设置泄水孔和伸缩缝,有效抵抗雨水冲刷和冻胀破坏。各类防护施工完成后需进行坡面平整度检查和整体稳定性验算。(3)排水系统优化技术:首先对全线边沟、截水沟、急流槽等排水设施进行全面清淤疏通,修复破损沟壁和沟底。在此基础上,针对地下水丰富或路基渗水严重路段,增设碎石盲沟或软式透水管等深层排水设施,沟底设置纵坡确保排水顺畅;在路面结构层底部增设防水土工布或沥青砂封层作为防渗层,阻断毛细水上升和地表水下渗通道。对路堑段增设截水沟拦截坡面径流,避免水流冲刷路基。排水改造完成后需进行雨后检验,确保排水畅通无积水。

2.3 公路附属设施升级改造技术

(1)交通安全设施改造:全面更换达到设计使用年限或锈蚀破损的波形梁护栏、混凝土护栏,新设护栏严格按现行规范确定防护等级和埋设深度,立柱基础采用现浇混凝土确保锚固力。对全线路面标线进行重新施划,采用热熔反光标线,确保夜间反光效果和耐久性,标线厚度不小于1.8mm。补充完善急弯、陡坡、村镇路段等关键部位的警告、禁令及指路标志,标志版面采用IV类反光膜,提升夜间辨识度。改造完成后进行护栏防撞性能验证和标线逆反射系数检测,确保各项指标满足规范要求。(2)涵洞及排水设施养护:对全线涵洞进行结构安全评估,清除洞内淤积物(淤泥、碎石、杂物),修复涵身裂缝及沉降缝破损,采用环氧砂浆或聚合物水泥砂浆进行结构补强。对涵洞进出口铺砌、翼墙等部位进行加固修复,消除冲刷掏空隐患。根据实际汇水面积和排水需求,优化调整涵洞纵坡及进排水口高程,确保过水能力满足设计标准,防止因排水不畅导致路基长期浸泡^[4]。(3)沿线配套设施完善:修补路肩破损和硬化路肩表面,确保路肩横坡与路面一致,便于排水。优化道路绿化,修剪遮挡视线的行道树枝叶,补植缺损绿化带,提升公路景观效果。完善沿线里程碑、百米桩、轮廓标等小型安全设施,确保设施齐全、位置准确。对沿线公交停靠站、临时停车区等进行路面硬化处理,提升公路整体通行环境和便民服务水平。各项配套设施完工后统一组织验收,确保功能完备、外观整洁统一。

3 老旧公路提质改造养护施工质量控制与技术优化策略

3.1 施工前期质量筹备控制

(1) 开展现场精细化勘察: 采用人工详查与路面雷达探测、弯沉检测等仪器手段相结合的方式, 全面查明路段路面破损状况、基层隐性裂缝、路基空洞及含水量分布等隐蔽性缺陷, 建立病害位置、类型、严重程度三维信息台账, 为后续设计方案优化和施工组织提供精准数据支撑。重点排查桥梁搭板脱空、涵洞基础沉降等高风险隐患点, 避免后期施工被动。(2) 制定针对性施工方案与专项质量管控细则: 依据勘察成果分路段、分病害编制差异化施工组织设计, 明确各工序技术参数、质量检验标准及验收方法。针对新旧结构衔接、交通导改过渡等关键环节编制专项施工方案, 同步制定质量通病防治清单, 对裂缝处治不彻底、层间粘结失效等常见问题预先提出工艺控制红线, 确保质量管控有据可依。(3) 落实材料与设备进场检验制度: 沥青、集料、灌缝料、注浆材料等主材须逐批检测, 各项技术指标满足设计及规范要求方可入场。摊铺机、压路机、注浆泵等核心施工设备进场后试运行标定, 计量器具按时检定, 确保拌和温度、碾压速度、注浆压力等关键参数控制精准, 从源头保障施工质量。

3.2 施工过程核心质量管控要点

(1) 严格把控各工序施工工艺标准: 细化每一工序的质量控制要点, 明确碾压温度、压实遍数、接缝处理等关键参数。实施“自检+互检+专检”三级质量检验制度, 上道工序未验收合格不得进入下道工序。关键工序施工时技术负责人全程旁站, 确保标准化作业落地。(2) 强化新旧结构衔接施工管控: 新旧路面拼接缝位置须精准弹线切割, 接缝面涂刷高粘改性乳化沥青, 确保界面粘结牢固; 路基拓宽段采取台阶开挖搭接, 每级台阶宽度不小于 1m, 严格按设计压实度分层碾压, 从源头规避衔接裂缝、差异沉降及平整度超限等质量问题。(3) 落实全过程现场动态监测: 采用压实度快速检测仪、平整度连续检测仪等设备实时监控施工质量, 发现异常即时叫停整改。对注浆加固、排水隐蔽工程等重点工序留存影像资料和检测记录, 确保质量可追溯, 做到质量问题早发现、早纠正、早验收^[5]。

3.3 后期养护与技术优化改进

(1) 建立常态化后期巡检养护机制: 交工验收后制

定周期性巡查计划, 雨季加密巡查频率, 重点监测路面裂缝发展、沉陷变化及排水设施运行状况, 发现初期病害及时采取灌缝、局部修补等预防性养护措施, 防止小病害扩大为大面积结构性破损, 延长改造工程使用寿命。(2) 引入新型环保耐久材料与智能化技术: 积极推广应用高性能冷拌冷铺沥青混合料、水性环氧树脂灌缝胶等节能环保材料, 降低能耗与排放; 引入智能压实控制系统、无人机巡检等数字化技术手段, 提升施工精准度和效率。同时探索采用物联网传感设备对重点路段进行实时健康监测, 积累运营期数据, 为后续养护决策提供科学依据。(3) 总结施工经验优化工艺体系: 每完成一段改造施工后及时组织技术总结, 分析质量检测数据, 对比不同工艺条件下完工效果差异。提炼成功做法、记录失败教训, 编制企业级工法或作业指导书, 形成可复制推广的老旧公路改造施工技术标准体系, 为同类工程提供技术储备, 持续提升施工效率和工程质量水平。

结束语

老旧公路提质改造养护是一项系统性、精细化的工程, 需精准把控病害成因与施工难点, 依托专业化施工技术落实路面、路基及配套设施改造。本文总结的差异化病害处治技术、全流程质量管控及智能化优化策略, 可有效解决老旧公路改造中的常见质量问题。未来应持续推广新型材料与智能施工技术, 优化养护工艺体系, 建立常态化养护机制, 全面提升老旧公路通行质量与耐久性能。

参考文献

- [1] 李强, 张军. 普通国省干线老旧公路提质改造关键技术研究[J]. 公路, 2023, 68(04): 189194.
- [2] 王骁, 陈柏宇. 老旧公路路面病害处治及提质改造施工技术研究[J]. 中外公路, 2024, 44(03): 7883.
- [3] 周宇, 吴昊. 低等级老旧公路提质改造中路基病害处置技术[J]. 公路交通科技, 2022, 39(S2): 142147.
- [4] 刘凯, 杨泽刚. 国省干道旧路提质改造工程养护施工质量管理研究[J]. 建筑科学, 2023, 39(S1): 211216.
- [5] 唐浩. 老旧普通公路提质改造养护施工技术应用研究[J]. 西部交通科技, 2025, 16(02): 118121.