

山岭重丘区公路路面大修的沥青再生施工工艺与质量控制研究

谢洪方

曲靖市马龙区路政大队, 云南 曲靖 655199

DOI:10.61369/ETQM.2026050021

摘 要 : 山岭重丘区公路受纵坡大、弯道多、排水条件复杂及重载交通反复作用影响, 路面结构更易出现裂缝扩展、坑槽连片、局部沉陷和水损害叠加等病害。基于此, 文章围绕山岭重丘区公路路面大修中的沥青再生施工工艺与质量控制展开系统研究, 在分析该类道路大修特点与再生适用条件的基础上, 结合大东线路面大修实例, 归纳山岭重丘区条件下沥青再生施工的组织方法和质量保障路径, 为山岭重丘区农村公路和县乡道路大修提供可借鉴的技术思路。

关 键 词 : 山岭重丘区公路; 路面大修; 沥青再生; 施工工艺

Research on the Construction Technology and Quality Control of Asphalt Recycling for Major Road Pavement Repairs in Mountainous and Hilly Areas

Xie Hongfang

Qujing City, Malong District Road Administration Brigade, Qujing, Yunnan 655199

Abstract : Highways in mountainous and hilly areas are more susceptible to diseases such as crack propagation, continuous potholes, local subsidence, and water damage caused by large longitudinal slopes, multiple bends, complex drainage conditions, and repeated heavy traffic. Based on this, the article conducts a systematic study on the asphalt regeneration construction technology and quality control in the road surface overhaul of mountainous and hilly areas. Based on the analysis of the characteristics and applicable conditions of this type of road overhaul, combined with the example of the Great East Road pavement overhaul, the organizational methods and quality assurance paths of asphalt regeneration construction under the conditions of mountainous and hilly areas are summarized, providing reference technical ideas for the overhaul of rural roads and county roads in mountainous and hilly areas.

Keywords : mountainous and hilly areas, highways; road surface overhaul; asphalt regeneration; construction technology

引言

山岭重丘区公路多沿山体、沟谷和坡麓布设, 线形指标受地形约束显著, 局部路段长纵坡与小半径平曲线并存, 雨季地表径流集中, 地下水与边沟排水又常常相互影响, 致使路面结构长期处于复杂应力和水稳定性不利状态。沥青再生技术因其具备旧料利用、减少弃料、降低材料消耗和缩短工期等优势, 逐步成为山岭重丘区公路大修的重要技术方向^[1]。

一、山岭重丘区公路路面大修中沥青再生技术的应用基础

从工程实践看, 山岭重丘区公路路面病害往往表现出结构性与环境性双重特征, 一方面, 长期交通荷载使原有面层出现疲劳裂缝、车辙、松散及局部坑槽, 旧路材料仍具有一定再利用价值; 另一方面, 边坡渗水、排水不畅和冻融或干湿循环会使基层

局部失稳, 单纯表层再生难以完全替代结构修复。这就决定了山岭重丘区公路大修中的沥青再生必须建立在精细化路况调查和分层处治基础之上。对于面层老化但基层整体尚稳的路段, 可优先采用铣刨回收与厂拌热再生方式, 通过控制 RAP 掺量、再生剂类型和新旧料级配匹配, 恢复混合料的黏结性能与高温稳定性; 对于存在基层松散、翻浆或水损害的路段, 则应实施病害挖补、水稳补强与再生面层重建的组合方案。

作者简介: 谢洪方 (1976.10—), 男, 汉族, 云南马龙, 本科, 工程师, 主要从事: 公路建设、养护等工作。

二、山岭重丘区公路路面大修的沥青再生施工工艺

（一）病害调查与再生方案设计

山岭重丘区路面大修在进入再生施工前，必须先完成对旧路使用状态、病害分布、排水条件和结构承载能力的系统核查。调查阶段不能仅停留于裂缝率、坑槽面积和车辙深度等表观指标统计，还应结合钻芯取样、弯沉检测、弯拉响应分析及局部开挖结果，识别病害是否已由面层扩展至基层或路床^[9]。对于纵坡较大路段，还需重点研判制动区、弯道外侧和低洼积水点的局部破坏机理，避免将结构性病害误判为表层老化。基于调查结果，再生方案设计应采用分区分类原则，对轻中度老化段优先实施铣刨回收与再生加铺，对基层水损害段实施挖补换填与基层重建后再进行面层再生，对边沟堵塞、路肩失稳和渗水突出的区段同步完善排水与边部防护。

（二）旧路材料处治与再生混合料生产

旧路材料处治是决定沥青再生施工成败的关键工序。山岭重丘区道路受多年荷载与气候影响，铣刨料往往存在老化程度不均、含水率波动较大以及颗粒级配离散等问题，若不加预处理直接拌和，极易引发温度离析、油膜分布不均和成型后早期损坏^[3]。因此，施工中应先对RAP进行分类堆放与筛分处理，将不同来源、不同层位和不同老化程度的旧料分别存储，必要时采用破碎整形工艺提高级配连续性。混合料生产阶段应根据目标掺量同步确定新集料补充比例和新沥青标号，利用再生剂修复老化结合料的延度与黏附能力，使再生后的胶浆体系兼顾高温抗车辙与低温抗裂性能。拌和楼应采用二次计量和温度联控方式，重点控制RAP预热温度、再生剂喷入时机、干拌和湿拌时间以及出厂温度稳定区间，避免因过热导致二次老化，也避免因温度不足造成包裹不均。

（三）再生摊铺碾压与接缝成型

再生混合料进入现场后，摊铺和碾压环节直接决定实体质量。由于山岭重丘区公路线形起伏明显，部分路段施工机械受场地限制较大，若摊铺速度波动过快，极易导致厚度不均、料流不稳和离析带形成。因此，现场组织应遵循连续、均匀、渐变原则，在坡道路段和弯道路段合理设置运输等待区与机械错峰位置，尽量减少摊铺机停机次数。摊铺前应完成下承层清理、透层或粘层施工，并核准松铺系数与标高控制点，保证再生层与原结构之间形成可靠黏结^[4]。碾压工艺应坚持初压、复压和终压分段控制，根据气温、风速、层厚和混合料温度动态调整压路机机型组合、起压温度与遍数，尤其对长坡段应防止机械制动造成表面推移，对弯道超高段应防止边缘压实不足。

三、山岭重丘区公路路面大修的质量控制重点

（一）原材料与配合比控制

原材料控制应从源头防止再生混合料性能失稳。对RAP而言，应重点检测旧沥青含量、回收沥青针入度、软化点、矿料级配及含水率，掌握其老化程度和利用边界；对新集料而言，应控制压

碎值、针片状含量、含泥量和黏附性；对再生剂和新沥青则应检验黏度、延度、软化点和与旧结合料的相容性。山岭重丘区项目由于材料供应路径长、来源易变，更需要在施工前建立稳定的材料台账和进场复验制度^[9]。配合比设计阶段不能简单以室内马歇尔指标作为唯一依据，还应综合考虑道路交通等级、坡道路段抗滑需求、雨季水稳定性和施工温度损失特点，对油石比、矿粉用量和RAP掺量进行多轮验证。必要时可通过试拌、试铺和试压，校核再生混合料在实际气候和运输条件下的工作性与压实响应，避免实验室设计参数与现场工况脱节。只有把材料性能和配合比设计统一到路用功能目标上，质量控制才能真正落到实处^[9]。

（二）施工过程关键参数控制

施工过程控制的本质，是把影响质量的离散变量尽可能收敛到可控范围内。山岭重丘区再生施工中最容易失稳的参数主要包括铣刨深度、下承层处理质量、混合料出厂与到场温度、摊铺厚度、碾压时机、压实遍数及交通导改对工序连续性的干扰^[7]。对此，现场应建立分工明确的参数监测制度，铣刨阶段控制深度均匀和边角整齐，避免局部超铣或残留松散层；基层修补阶段控制补强范围和压实质量，防止新旧基层刚度差过大；拌和与运输阶段控制温度衰减和运输时间，避免混合料离析和结团；摊铺阶段控制螺旋布料均衡、找平基准稳定和人工修补最小化；碾压阶段控制起压温度窗口和轮迹重叠宽度，防止漏压、过压或局部推移。针对山岭重丘区常见的午后降雨和昼夜温差变化，还应设置天气预警与停工阈值，当路面潮湿、风速偏大或温度快速下降时及时调整施工计划。通过这种动态控制方式，可以将质量问题消除在成型之前。

（三）检测验收与缺陷处置控制

沥青再生路面完工后，检测验收不能仅停留于形式化抽样，而应服务于实体质量确认与后续缺陷治理。检测内容通常包括厚度、压实度、平整度、横坡、渗水系数、构造深度和外观质量等指标，其中山岭重丘区项目还应特别关注弯道路段和纵坡突变段的边缘密实性、接缝封闭性以及局部排水顺畅性^[8]。检测频率应结合线路长度和病害分布合理加密，对补强区、桥头搭接区和低洼积水区可实施重点复核。对于检测中发现的轻微离析、边部松散和接缝不顺适等问题，应在开放交通前完成封边、补料、切缝修整或局部铣刨重铺，防止小缺陷在雨季放大为系统性破坏。更重要的是，缺陷处置不应停留于表面修补，还应通过资料追溯查明问题源头，是设计分区不准、材料波动、温度控制不当，还是碾压组织失衡，并将经验反馈至后续施工段，这样才能形成真正意义上的质量闭环^[9]。

（四）施工环境与交通组织协同控制

山岭重丘区公路路面大修中的质量稳定性，除受材料性能和工艺参数影响外，还与施工环境及交通组织条件密切相关。由于此类路段普遍存在长纵坡、急弯、阴湿路段多、气温波动快以及局部会车条件受限等特点，沥青再生施工若缺乏环境协同与交通协同控制，极易造成混合料温降过快、摊铺节奏中断和碾压窗口缩短，进而影响压实效果与表面成型质量^[10]。基于此，施工前应结合地形条件、通行流量和天气变化规律，编制分时段、分路

段施工组织方案, 优先在温度较稳定、交通干扰较小的时段实施摊铺作业, 并对阴坡、桥头、弯道和陡坡等敏感区段进行专项标识与重点管控。运输组织方面, 应合理控制运距、车次和到场间隔, 减少待料与压车现象, 确保摊铺机连续运行。

四、大东线路面大修实例分析

(一) 项目概况与工艺组织

大东线案例段起于 K2+795, 止于 K4+462, 路线长度 1.667 km, 路基宽度和路面宽度均为 6.0 m, 现状结构恢复采用 30 cm 水泥稳定碎石基层、透层及 5 cm AC-16 中粒式沥青混凝土面层。资料显示, 该项目施工内容包括挖除旧路面、铣刨沥青路面、铣刨面层及水稳层、碎石换填、片石换填、透层施工和新面层铺筑等多个环节, 说明该路段病害处治并非单一罩面, 而是兼顾旧结构清除、局部基础修复与功能恢复的综合性大修。在这种工况下, 若将沥青再生理念引入项目组织, 就应把铣刨旧料的回收、筛分、运输和再利用纳入施工主线, 同时与基层补强、排水整治和交通导改协调推进。特别是在山岭重丘区, 施工单位更需要通过分段封闭、短链运输和机械连续作业提高效率, 避免因停机等待和雨季扰动造成质量波动。

(二) 质量检测结果与控制成效

从参考资料所列质量检测结果看, 大东线项目在完工后进行了厚度、平整度和横坡等主要技术指标检测, 其中面层厚度设计值为 5 cm, 芯样代表值达到 5.5 cm, 厚度合格率为 100%; 平整度允许偏差控制在 5 mm 以内, 45 个检测点全部合格; 横坡允许偏差控制在 0.5% 以内, 20 个检测点全部合格, 外观质量检查基本满足规范要求, 综合评定为合格工程。这组数据说明, 在山岭重丘区道路大修中, 只要能够把结构补强、层间处治、摊铺找平和碾压成型等工序组织到位, 即便施工条件复杂, 仍可获得较稳定

的路面实体质量。同时, 资料中也提出了局部边沟排水不畅、路肩杂草及沿线维护管理等后续问题, 表明质量控制不能只聚焦面层成型瞬间, 还必须延伸至排水系统恢复、边部整治和通车后日常养护。如果将沥青再生技术应用于同类项目, 这种“施工质量合格加运营缺陷预防”的思路更具有现实意义。

(三) 山岭重丘区公路大修再生施工的经验启示

结合大东线案例可以看到, 山岭重丘区公路路面大修要想实现再生施工的技术价值, 首先必须坚持病害分级处治, 不能把所有损坏都归结为面层老化, 而应根据基层完整性、水损害程度和边部排水条件分别确定再生、补强或重建方案; 其次, 应将旧料回收利用与现场组织统筹考虑, 尤其在山区道路运输成本较高、材料组织困难的情况下, 再生技术更应服务于降本增效和生态减扰目标, 但前提是严格做好旧料分类、掺配设计和温度管理; 再次, 质量控制必须体现山区道路特性, 不仅检查厚度和平整度, 更要关注纵坡段压实均匀性、弯道接缝完整性和排水系统连续性; 最后, 项目管理不能止于竣工验收, 还应通过通车后巡查、缺陷台账和季节性复核建立后评价机制, 把路面早期病害、排水问题和交通适应性情况及时反馈到下一轮大修设计中。这样形成的技术闭环, 才是山岭重丘区公路沥青再生施工真正可持续推广的基础。

五、结语

山岭重丘区公路路面大修中的沥青再生施工, 本质上是资源再利用、结构再优化与质量再保障的综合工程。面对复杂地形、敏感水环境和多变施工条件, 只有把病害调查、再生设计、拌和运输、摊铺碾压、检测验收和养护反馈贯通起来, 才能真正发挥再生技术在节约材料、提升质量和延长寿命方面的优势。

参考文献

- [1] 马德荣. 生态脆弱区干线路低噪橡胶沥青再生碎石封层技术研究与应用 [J]. 青海交通科技, 2025, 37(04): 91-94.
- [2] 邓琦. 就地热再生技术在高速公路沥青路面养护中的应用研究 [J]. 运输经理世界, 2025, (32): 102-104.
- [3] 李时宇. 绿色环保理念下公路工程沥青路面再生技术应用分析 [J]. 汽车周刊, 2025, (12): 18-20.
- [4] 王莹瑜, 孙鸣皋, 俞兰. 沥青混凝土再生技术应用于高速公路工程中的价值探析 [J]. 中国水泥, 2025, (11): 115-118.
- [5] 任海玉. 公路养护中废旧沥青混合料再生利用技术的应用研究 [J]. 运输经理世界, 2025, (31): 141-143.
- [6] 仲昊. 公路混凝土路面沥青混合料配合比设计、性能评估与试验检测 [J]. 运输经理世界, 2025, (20): 144-146.
- [7] 金星. 高温地区高速公路抗车辙沥青混合料配合比试验研究 [J]. 工程建设与设计, 2025, (06): 57-59.
- [8] 杨克, 李豪, 卢勇, 等. 高等级公路高层位乳化沥青冷再生混合料配合比设计与性能研究 [J]. 现代交通技术, 2025, 22(05): 14-18.
- [9] 严慧文. 江肇高速公路就地热再生沥青混合料配合比设计研究 [J]. 价值工程, 2025, 44(28): 135-137.
- [10] 梁永宁. 高速公路路面 SMA-13 沥青混合料配合比设计与马歇尔试验探究 [J]. 中国公路, 2025, (16): 108-110.