

绿色公路养护技术及其环境影响评价

冯晓庆

周口市公路勘察设计院有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i9.8404

[摘要] 伴随着交通运输事业的发展和私家车数量的日益增多,公路项目使用过程中病害问题时有发生,科学的养护处理有利于提升结构的稳定性,延长项目使用年限。现阶段绿色公路养护技术已经成为应用广泛的养护方法,有效弥补了传统养护工作中所存在的缺陷和不足。下文首先从绿色养护技术优势入手,随后讨论了绿色养护技术在公路养护中的具体应用,最后分析了绿色养护技术的环境影响评价,仅供参考。

[关键词] 公路工程;绿色养护技术;环境影响

Green Highway Maintenance Technology and Its Environmental Impact Assessment

Feng Xiaoqing

Zhoukou Highway Survey and Design Institute Co., Ltd.

[Abstract] With the development of transportation industry and the increasing number of private cars, disease problems often occur during the use of highway projects. Scientific maintenance treatment is conducive to improving the stability of the structure and extending the service life of the project. At present, green highway maintenance technology has become a widely used maintenance method, effectively filling the gaps and deficiencies in traditional maintenance work. The following text first starts with the advantages of green maintenance technology, then discusses the specific applications of green maintenance technology in highway maintenance, and finally analyzes the environmental impact assessment of green maintenance technology for reference only.

[Key words] highway engineering; Green maintenance technology; environmental impact

引言

在社会经济发展中,公路项目具有重要性不言而喻,但是受到车辆荷载、自然因素、周围环境等多方面情况的影响,就对公路养护提出了更为具体的要求,通过绿色养护技术的合理化应用,可有效提升资源的利用率,具有重要的环境保护和节能减排作用。

1 绿色养护技术的优势

1.1 节能减排

相较于传统热拌沥青养护技术,温拌沥青技术可显著降低能源消耗,主要得益于其较低的拌和温度要求。具体而言,热拌沥青混合料的拌和温度通常介于 150℃至 180℃之间,需要大量燃料加热;而温拌沥青混合料的拌和温度可降至 120℃至 150℃,通过添加温拌剂优化沥青性能,从而减少约 20%至 30%的能源消耗。超薄磨耗层技术因结构厚度较薄,施工过程中所需加热能量相对较少,同样具备显著节能效果,可减少 10%至 15%的能耗。此外,温拌沥青技术与微表处技术等绿色养护工

艺在施工过程中产生的温室气体排放量显著低于传统热拌沥青养护技术。

1.2 提升资源利用率

据统计,可再生技术可使旧路面材料利用率达 70%至 90%,大幅减少新石料与沥青的开采需求。典型案例如大型公路改造项目,采用热再生技术回收利用旧路面材料,通过破碎、筛分和重新拌和,将旧料转化为新混合料,既降低工程成本 15%至 25%,又减少了运输和处置的能源消耗。微表处技术及超薄磨耗层技术亦可部分利用旧路面材料,从而减少新材料消耗,避免资源浪费。此类技术不仅有助于保护自然资源,如减少对山体石料的开采破坏,更能显著降低石料开采与沥青生产过程对环境的影响,包括水土流失和生态破坏风险,促进可持续发展。

1.3 保护环境

温拌沥青技术可有效抑制沥青烟等有害气体排放,改善施工区域空气质量,尤其在城市密集区域可减少对居民健康的负面影响。微表处技术采用常温施工工艺,基本不产生沥青烟、

一氧化碳或苯系物等污染物，避免了高温作业的污染源。与传统热拌沥青养护技术相比，此类绿色养护技术在减少氮氧化物、二氧化硫等有害气体排放方面具有明显优势，这直接贡献于改善大气环境质量。再生技术通过避免废弃旧路面材料，减少废弃物对土地资源的占用量。传统养护技术中，旧路面材料常作为建筑垃圾处置，不仅大量占用土地资源，还存在污染土壤与水体的潜在风险，如重金属渗滤和地下水污染；而再生技术将这些材料回收利用，有效防止了环境污染事件的发生。

2 绿色养护技术在公路养护中的应用

2.1 预防性养护技术的应用

第一种为封层技术。为预防沥青路面裂缝产生，可采用封层技术。通过将乳化沥青、稀浆封层等环保材料，利用专业喷洒设备均匀覆盖于结构表面，形成致密保护膜。该技术能有效阻隔外部水分、紫外线及污染物渗入，及时封闭表层微孔，增强路面整体密实度，从而显著延长路面使用寿命，适用于新铺路面或老化路面的预防性维护。

第二种为雾封层技术。实施雾封层技术时，养护人员需选用具有高渗透性与粘附性的材料，通过高压喷雾设备以雾化形态均匀喷洒于路面表层。该技术既可预防路面氧化、老化隐患，又能通过填充细微裂缝提升结构完整性与安全性。其操作流程简便快捷，仅需单车道封闭即可完成，在控制养护成本的同时，兼具经济效益与环境效益。

第三种为裂缝填补技术。若未及时处置路面裂缝，水分侵入将加速结构损坏，导致基层松散或坑洞形成。裂缝填补技术采用热灌与冷灌两类材料：热灌材料适用于宽度超过5毫米的较大裂缝修复，凭借优异粘附性及高温稳定性，形成弹性密封层以延长路面寿命；冷灌材料则用于细微裂缝修补，便于快速施工，有效阻隔水分侵蚀，减轻路面损坏程度，并适应季节性温度变化，减少养护中断时间。

第四种为微表处技术。微表处工艺可实现快速养护，作业时需用环保搅拌设备将集料、填料及添加剂充分混合成均匀浆料后，采用摊铺机械平整覆盖路面。该技术可显著提升路面抗滑性能，保障公路沥青路面在雨雪天气的安全通行，并降低后期磨损、车辙病害及松散风险的发生概率，适用于高交通量路面的功能性修复。

2.2 再生技术的应用

第一种为就地热再生技术的应用，需通过高效加热设备将废旧沥青路面均匀升温至适宜温度范围，软化沥青层以便后续处理。随后，利用翻松机械将加热后的材料彻底翻松至松散状态，消除原有结构缺陷；在此基础上，掺入预定比例的新沥青混合料和再生剂等组分，通过专业拌合设备确保各材料充分均匀融合，以恢复沥青的粘结性能。接着，采用重型压路机进行多遍压实工序，提升路面密实度和结构稳定性，从而延长使用寿命。

第二种为冷再生技术。主要是在常温环境下对废旧沥青路面进行处理，无需外部热源。具体操作包括：对废旧路面材料进行初步粉碎，利用筛分装置按粒径分级，分离出可用骨料；随后在常温条件下，将分级后的再生料与添加的新骨料、水泥等稳定剂投入拌合机充分拌合，稳定剂的作用是增强混合料的水稳性和强度，防止松散。拌合均匀的混合料装入运输车，运至现场后由摊铺机铺设，并立即用压路机压实成型，确保路面密实。冷再生工艺具有经济性显著、能源消耗低、适用范围广的特点，尤其适用于交通量较小的路段或气候多变区域。

第三种为厂拌热再生技术。厂拌热再生工艺需将废旧混合料集中运输至固定拌合厂，在受控环境下进行预处理。具体流程为：先在工厂内使用破碎机依据粒径分级对废旧料进行精细破碎，分离出杂质；随后置入旋转式加热装置，在特定温度下持续加热，有效脱除沥青老化组分，恢复其胶结性能和流动性；继而与新沥青混合料在拌合仓中均匀拌合，添加适量再生剂以优化性能。拌合完成后，混合料通过保温运输车运至现场，使用摊铺机均匀铺筑，并配合振动压路机压实成型，提升再生路面的平整度与耐久性。对于破损程度较高的路面，如出现严重车辙或裂缝，厂拌热再生技术能提供高效修复方案，同时通过标准化工厂控制保障再生沥青混合料的质量稳定性和一致性，减少现场变量影响。

2.3 环保材料的应用

第一种为再生材料的应用。再生材料的应用首先涉及对废旧沥青混合料进行高效回收。通过专用破碎设备对回收料进行精细破碎，再配合多级振动筛分处理，可获得规格清晰、粒径分布均匀的多种再生骨料。这些经过处理的优质再生骨料，能够直接按特定比例替代天然碎石、砂砾等天然骨料，用于拌制新的沥青混合料。再生材料的成功应用高度依赖于先进的加工技术和严格的质量控制体系，要求施工单位在破碎粒度、筛分精度、杂质剔除及骨料清洁度等关键工艺环节实施精准把控，确保再生骨料性能满足新拌混合料的各项要求。

第二种为低挥发性有机化合物含量材料的应用。传统材料中的挥发性有机化合物是主要污染源，推广低挥发性有机化合物含量材料至关重要。优化生产过程，使用低挥发性有机化合物含量沥青材料可减少环境影响。特别是在路面标线施划、裂缝填补等作业环节，此类环保材料可大幅减少挥发性有机化合物的释放量，有助于维持作业区域的空气质量。然而，鉴于低挥发性有机化合物材料可能对某些性能产生影响，养护单位应结合实际工程需求进行选择，在保障现场人员健康安全的同时，提升公路沥青路面养护的环境效益。

2.4 节能型养护设备的应用

第一种为节能型加热设备。加热是沥青路面养护工艺中的关键环节，直接影响材料性能与施工质量。传统加热设备由于技术限制，能耗较高且热分布不均匀，易导致材料局部过热或

冷却不均，影响路面耐久性。应用节能型加热设备后，通过集成智能温控系统，可实时监测并精准调控加热温度与时间，有效降低能源消耗并显著提升热效率。同时，养护作业可借助微波或红外辐射等先进加热技术，实现对沥青材料表面的快速均匀加热，减少热传导损失，显著降低传统加热方式的热能损失。设备配置的智能控制系统能依据不同材料的加热需求自动调整参数，确保加热过程温度恒定且均匀分布，从而优化养护效果并延长设备使用寿命。

第二种为破碎筛分设备。在再生技术实施过程中，废旧沥青路面的破碎筛分至关重要，直接影响再生材料的质量和资源利用率。高效能的破碎筛分设备可大幅提升作业效率并减少废弃物的产生，避免环境污染。集成锤式、剪切式等多样化结构的设备能快速完成废旧路面材料的粉碎任务，将其破碎至预设粒径规格，确保颗粒大小一致。此外，引入智能筛分控制系统，可根据材料使用要求自动优化筛分模式，实时调整筛网尺寸和振动频率，从而提升筛分效率与精度。这不仅缩短了处理时间，还降低了人工干预需求，使再生过程更经济高效。

第三种为混合搅拌设备。采用先进搅拌技术与节能设计的低能耗混合搅拌设备，可优化新旧骨料的融合均匀性，确保再生沥青混合料具备更优路用性能，如提高抗压强度与耐磨性。该设备能够自主调节搅拌速率，基于实时传感器数据实现传动系统的智能优化控制，防止材料离析或过度搅拌。通过应用轻量化材料及高效节能设计，如优化电机功率和热能回收机制，可显著降低能耗并减少碳排放。同时，设备结构紧凑且操作简便，提升了施工效率与安全性，为可持续路面养护提供可靠支持。

3 绿色养护技术的环境影响评价分析

公路绿色养护技术评价需系统性评估项目的整体情况，涉及社会、环境、经济及可持续性等多维度。方法选择基于评价目标和对象特征，实际操作中可依情境选用以确保结果准确可靠。具体评价方式有以下几种。

3.1 指标法

指标法要求系统考量养护活动的经济性、环境友好性及社会性等因素，通过建立科学合理的评价体系，从众多潜在指标中筛选出与绿色养护密切相关的核心指标，如养护效能、环境影响、养护成本以及资源消耗量等，这些指标通常需结合行业标准和实际工程数据进行权重分配。该方法强调对筛选出的指标进行量化处理，采用多维度评分模型，对不同预防性养护方案进行对比分析与综合评价，以识别最优方案。目前应用较为广泛的指标还包括能源效率、碳排放量和社会接受度等，确保评价过程全面客观。

3.2 层次分析法

层次分析法是一种量化的绿色评价方法，适用于复杂决策场景。该方法通过构建层次结构模型，将评价对象的指标与

层次进行系统性分解，如目标层、准则层和方案层，进而实施量化的对比研究。运用此法时，需系统分析各指标的影响程度，通过专家打分或数据收集确定权重，并进行一致性检验以确保逻辑合理。在此基础上，综合归纳各层次得分，得出评价结论，帮助决策者优化绿色养护策略。

3.3 模糊综合评价法

模糊综合评价法基于模糊数学理论，是一种具有较强灵活性与适用性的绿色评价方法，尤其适用于处理评价对象存在的模糊性与不确定性，如主观判断或数据缺失情况。该方法需建立模糊综合评价模型，包括定义模糊集、隶属度函数和模糊运算规则，以实现针对不同预防性养护方案更为全面的对比分析与综合评价。通过模糊推理和去模糊化过程，将定性信息转化为定量结果，增强评价的可靠性与适应性，适用于多变工程环境。

3.4 生命周期评价法

生命周期评价法的评价对象为评价对象在其全生命周期内的资源消耗与环境影响，其核心出发点是生命周期思维，强调从摇篮到坟墓的系统分析。通过应用此法，可详细评估不同阶段内预防性养护方案的经济与环境影响，如原材料开采、能源使用、废弃物排放和回收潜力，量化关键指标如碳足迹和水足迹。从而有助于确立更为适宜且高效的绿色养护措施，支持可持续发展目标，如降低长期运营成本和生态风险。

结束语

总之，在进行公路项目养护的过程中，绿色养护技术的应用至关重要。对于不同公路项目的实际情况，选择合适的养护方法，能够有效延长公路工程的使用寿命，更为灵活地应对所存在的缺陷和病害问题，同时将对周围的不良影响降到最低，实现节能减排和环境保护，为社会的可持续发展提供有效推动。

[参考文献]

- [1]赵冉.绿色养护技术在公路沥青路面中的应用探讨[J].工程建设与设计, 2023, (23): 82-84.
- [2]韩永康.沥青路面预防性养护技术在公路养护中的应用[J].运输经理世界, 2023, (06): 139-141.
- [3]刘思佳, 赵涛, 李丽娜.基于绿色养护的公路路面维修技术研究[J].公路, 2024, 65(1): 67-73.
- [4]孙冬雪, 王思琪, 李少琼.公路绿色预防性养护研究综述[J].交通技术与装备, 2023, 6(4): 66-72.
- [5]王震, 刘伟, 周立新.公路沥青路面预养护技术的应用研究[J].道路工程学报, 2023, 38(4): 52-59.
- [6]刘思佳, 赵涛, 李丽娜.基于绿色养护的公路路面维修技术研究[J].公路, 2024, 65(1): 67-73.
- [7]章泳.试析公路养护新技术在节能减排中的应用[J].建材与装饰, 2023(28): 287-288.
- [8]余冬兰.现代公路养护技术管理的实践路径探寻[J].企业科技与发展, 2024(7): 162-163.