

环保型沥青材料在路面养护施工中的应用

宋秋禾

(宁夏交通建设股份有限公司, 宁夏 银川 750000)

摘要 随着交通量增长和公路网扩张,传统沥青材料在施工和使用过程中暴露出高能耗、高污染、资源浪费等问题。环保型沥青材料在当前已成为推动公路养护绿色转型的关键技术,其应用不仅能降低挥发性有机化合物(VOCs)排放、减少废弃物产生、提升材料循环利用率,符合“双碳”目标要求,还能降低养护成本、延长道路使用寿命,经济和环境效益显著,值得广泛推广应用。

关键词 环保型沥青;路面养护施工;标杆工程

中图分类号:U414;U416

文献标志码:A

DOI:10.3969/j.issn.2097-3365.2025.34.030

0 引言

我国作为全球交通网络规模最大的国家,公路总里程已突破540万公里,然而长期依赖以热拌工艺与石油基材料为主的传统沥青路面养护方式,不仅导致施工过程能耗高、碳排放量大(占交通运输领域总排放量的15%以上),还因废旧沥青混合料(RAP)回收利用率不足30%,引发每年超千万吨的固废堆积问题。环保型沥青材料作为破解这一难题的关键技术,通过引入废旧轮胎胶粉、再生剂、温拌添加剂等环保组分,结合就地热再生、冷拌冷铺等低碳工艺,显著降低了施工过程中的能源消耗与污染物排放,降低了天然砂石开采量和沥青消耗,部分新型环保沥青(如净味沥青)还具有抑制挥发性有机物(VOCs)和颗粒物(PM)排放功能,为全国交通基础设施的绿色升级提供参考,因此值得就其在路面养护中的技术创新、实践成效与推广策略进行研究与探讨。

1 环保型沥青材料的定义与环保价值

1.1 环保型沥青材料的定义

环保型沥青材料是指通过原材料选择、生产工艺改进或添加剂使用等方式,显著降低资源消耗、能源消耗及环境污染,同时保持或提升路面使用性能的一类新型沥青材料。如以生物油、废旧轮胎胶粉、油砂等可再生资源替代传统石油组分的沥青产品,以及通过添加温拌剂或化学改性降低施工温度或实现常温施工的沥青产品,其核心目标都是在满足道路功能需求的前提下,实现全生命周期的绿色化、低碳化和可持续化(见表1)。

1.2 环保型沥青材料的经济与环境效益

环保型沥青材料已形成多元化技术路线,其经济与环境效益目前已可满足我国大部分公路养护施工的场景需求,具体如下:(1)降低养护成本。各类环保型沥青材料成本平均较传统SBS改性沥青下降,且延

表1 部分环保型沥青材料的类型、工艺、优势及应用一览表

材料类型	原料与工艺	核心优势	典型应用场景
净味环保沥青	石油沥青+净味添加剂 (化学吸附/反应)	通过添加净味添加剂或优化工艺,VOCs 排放量 $\leq 50 \text{ mg/m}^3$,远低于国标 (200 mg/m^3),无刺鼻气味	城市道路、旅游景区、 公路隧道
橡胶沥青	废旧轮胎胶粉+基质 沥青+交联剂	抗车辙、抗疲劳,降噪3~5分贝,软化点达 80℃以上,优于传统SBS改性沥青(75℃)	高速公路应力 吸收层、表面层
生物基沥青	植物油、可再生生物柴油	碳足迹降低50%以上,可完全降解,-30℃ 弯曲应变达6000 $\mu\epsilon$,适应严寒地区	市政道路、生态 园区道路
再生沥青	旧路面铣刨料+再生剂	资源循环率达90%,成本降低20%~30%	国省道修复、农村 公路“白改黑”

长路面寿命,可进一步压缩造价,减少养护频率,间接降低全生命周期能耗;(2)资源循环利用。环保型沥青材料通过回收废旧轮胎胶粉减少固废存量,直接或间接减少对石油资源的依赖,降低碳排放,符合当前的绿色发展国策;(3)施工工艺优化。以低温拌和技术为代表的环保型沥青材料施工工艺可减少能源消耗,有效降低 VOCs 排放量,减少路面养护施工对周边环境的影响,在社会上反响很好。

2 环保型沥青材料在路面养护施工中的应用

2.1 环保型沥青材料在高速公路养护施工中的应用

山东高速新材料集团研发了一种环保稳定型橡胶沥青,其核心原料为废旧轮胎胶粉颗粒,通过高效化学助剂实现体系均一化。该材料在储存稳定性、热储稳定性及流变性能(PG82-28 标准)上显著优于传统橡胶沥青,在东青高速改扩建项目中 K69+300-K74+300 路段(占总路段 11.7%),采用该橡胶沥青与间断级配矿料组成橡胶沥青混合料,沥青用量与施工工艺不变的条件下无需调整设备或流程,铺筑效果完全满足建设质量要求,显著提升了路面弹性与抗重荷能力,以及路面抗疲劳开裂、抗车辙能力,验证了材料在重载交通、复杂气候条件下的适应性,为同类工程提供可参考的经验。该材料不但动稳定度优于同级配 SBS 改性沥青混合料,而且较 SBS 改性沥青每吨成本降低 200~300 元,同时减少木质素纤维使用,能耗降低 50%,有害气体排放减少超 50%,有效降低工程造价的同时获得了显著的环保效益^[1]。

2.2 环保型沥青材料在国省道养护施工中的应用

G105 京澳线修复工程济南段养护工程中使用一种由废旧轮胎胶粉为核心原料,经化学助剂改性与特殊工艺制成的环保稳定型橡胶沥青,其与无纤维 SMA-13 可构成混合料,大量简化了拌合工艺。本次实践中沥青配比达到 6.0% 时,与传统工艺最低标准持平,铺筑效果即可达到设计要求,原材料成本下降约 15% 左右,且高低温性能优异,路面抗裂性及耐老化性全面优于传统材料。养护后该路段服役寿命延长,疲劳性能更优,综合养护成本降低 30%~50%,节省大量公路养护资金,间接经济效益显著,实现经济效益与环境效益双提升。

2.3 环保型沥青材料在市政道路养护施工中的应用

环保型沥青材料在市政道路养护施工中适用于不规则坑槽,支持“圆坑方补、斜坑正补”,可提升施工灵活性,在低温环境下仍能保持良好和易性,压实后稳定性强。如在寒冷地区 0℃ 环境下可应用,施工无需高温加热,突破传统热沥青季节性限制,适用于

预防性养护;而在 40℃ 的湿热多雨地区,其耐候性强、抗水损害能力突出的特点显著,利用流动性深入裂缝内部,形成高强度粘结层,有效防止水分渗入路面基层,降低重复修补频率。例如:三明市区道路养护通过应用阴离子乳化沥青材料,不受阴雨、高温气候影响,支持全天候作业,结合机械化施工提升效率,单日施工面积可达 1.5 万 m²,快速固化后 30 分钟内即可开放交通,有效缓解了交通压力,且施工过程实现了零 VOC 排放,减少了扰民现象,获得了稳定的环保效益^[2]。

3 环保型沥青材料在路面养护施工中推广的阻碍

3.1 技术标准覆盖性不强

完善环保型沥青材料的行业标准可以促进设备制造商、材料供应商、施工企业等产业链环节协同创新,推动低温拌和设备、净味剂生产等配套技术发展。但截止到目前,我国对环保型沥青材料性能评价体系尚未完善。2025 年交通运输部颁布《低温改性沥青》(JT/T 1540—2025)行业标准,规定了低温改性沥青分类、型号、技术要求、试验方法等,明确要求通过低温改性技术降低施工温度(120~160℃),减少能源消耗和污染物排放,也限制了净味沥青有害物质含量,设定气味控制测试方法,减少施工及使用中的异味污染等标准,但重点倾向于环保性指标而非技术性指标,对其他环保型沥青如再生沥青的黏度、弹性模量等指标未有提及,生物基沥青等特种沥青的标准仍留有一定空白,容易导致部分工程因沥青配比控制不精准出现路面强度不足问题。应进一步细化技术标准,为市场提供依据。

3.2 应用范围不够普遍

目前我国大多数省份的路面养护施工中,均不同程度地应用了低温改性沥青材料,也客观上验证了其应用于不同地理气候环境下的普适性与可靠性^[3]。但其应用多集中于高速公路及城市快速路,国省道应用占比不足 15%,推广缓慢。以净味沥青为例,目前年消费量约 600 万吨,这远远不能支撑我国路面养护施工的庞大需求体量。目前在区域试点中,规模应用也略显不足,目前仅有重庆市直接提出 2025 年高速公路废旧路面材料循环利用率达 100%,在其它省份中尚未有直接提出应用目标,由此可见环保型沥青材料在中、低等级公路面层铺筑中的采用率还需进一步打开应用前景。

4 环保型沥青材料在路面养护施工中的推广策略

4.1 落实关于环保型沥青材料的专项补贴政策

环保型沥青材料关乎高耗能行业节能改造、固废资源化利用等“十四五”绿色低碳转型目标,其规模

化应用可通过国家或地方性专项补贴政策进一步推广,可采取设备投资补贴、节能改造补贴、资源循环利用补贴等方式,对环保型沥青从生产到实际应用给予分类支持,降低业主单位养护成本:(1)生产企业补贴。对使用废胎胶粉生产橡胶改性沥青的企业,补贴胶粉采购成本,降低原材料费用;(2)技术应用补贴。对沥青生产企业实施废气处理设备(如吸附—脱附—催化燃烧装置)升级的,给予一定投资补贴,对采用低温改性沥青技术(如USP低温改性沥青)的企业,补贴其低温拌和、摊铺设备的购置成本;(3)节能减排补贴。可对通过环保沥青技术实现年度碳排放强度下降5%以上的企业给予碳减排先进奖励,或给予专项优惠政策,等等。当前,我国已有河北、海南等少数省份直接、间接推广沥青再生技术,或对废旧轮胎回收利用企业给予税收优惠,或要求建筑垃圾资源化为沥青混合物料中再生骨料,但这些还远远不够,各省应冀通过分类标准与补贴政策挂钩,优先支持符合行业标准的环保型沥青产品,逐渐将不符合环保要求的传统材料淘汰出养护工程供应链^[4]。

4.2 进一步完善环保型沥青的行业标准

随着我国“碳达峰、碳中和”目标的提出,通过制定行业标准推广环保型沥青材料,可有效规范技术路径、提升产品质量、促进市场应用。《低温改性沥青》(JT/T 1540—2025)在核心施工工艺标准方面如降低施工温度(120~160℃)等为行业标准的规范推进了一大步,同时山东高速集团在新型橡胶沥青的技术指标如摊铺温度、规定针入度、延度和软化点等核心参数的设计,在基层处理平整度误差、同步洒布沥青与碎石量、初压速度等关键施工工艺指标方面积累的经验,也进一步加速了环保型沥青材料应用标准的推进。在这些经验基础上,交通运输部应推动制定《环保型沥青材料性能评价规范》,明确再生沥青、橡胶沥青等材料的明确PG分级、动稳定度等核心指标,建立明确的施工工艺规范,确保环保型沥青材料的性能稳定和施工质量可控性。

4.3 标杆工程的示范作用

标杆工程通常采用行业领先的技术和工艺,提升环保沥青材料在路面养护施工中的示范性,这有助于引导更多公路养护工程采用环保型沥青材料,实现绿色施工。标杆工程应建立一系列明确的技术管理规范及应用方案,有代表性的施工流程和技术要求,并为其其他公路养护工程提供可复制、可借鉴的经验^[5]。例如:中国石化自主开发的净味环保沥青的温拌沥青施工温度较传统热拌沥青降低30~40℃,能耗减少30%,

温室气体排放降低40%以上,在广州增城新塘大道的养护施工中应用后VOCs等污染物排放总体减少40%~60%,现场异味明显降低,适用于广东地区60%以上的城市道路、公路隧道、机场路面等场景,目前其已为华南地区低温或紧急抢修工程打下了良好的示范性基础,推动更多公路养护工程采用环保型沥青材料,目前粤港澳大湾区路面养护施工计划已将这种环保型沥青纳入应用计划之中,展现了推广示范对路面养护施工绿色、可持续发展的引领作用。

4.4 市场培育与产业链协同

上下游产业链的协同可以为环保型沥青材料的推广提供样板化的平台,如山东高速集团由创新研究院牵头,联合基础设施建设公司、新材料集团等单位组建专班,对超耐久配方优化、低成本胶粉改性技术,生产设备改造等工作进行了专班运营,建成400吨/天生产线,灵活生产橡胶改性沥青、复合改性沥青,提升规模化生产能力,材料成本再降10%~20%,目标寿命从15年延长至20年,同时降低施工温度至120℃以下,进一步减少能耗。有鉴于此,各地可在环保型沥青的产业链协同方面探索“材料供应+施工服务+性能担保+推广租赁”一体化模式,针对中小型养护单位,由材料企业承担部分质量风险,提供环保型沥青拌合设备租赁服务,降低初期投入,增强业主单位采用意愿。

5 结束语

在“双碳”目标与新型城镇化双重驱动下,环保型沥青材料已从可选方案转变为基础设施建设的必然选择。其技术成熟度、经济性、环保性三重优势,正推动行业从“规模扩张”向“绿色创新”转型。未来随着政策激励、标准完善与市场培育的深化,环保型沥青有望成为中国基建“绿色化”的核心载体,其技术标准必将进一步发展向细节规范,融入并引领全球标准体系,提升我国在全球环保领域的地位。

参考文献:

- [1] 丁鑫华,张龙杰,韦钊延,等.绿色环保型钢渣沥青混凝土的性能研究及应用[J].建筑施工,2025,47(01):85-89.
- [2] 黄万身,叶圣洪,曾健,等.环保型高性能沥青混合物料在高速公路长寿命路面中的应用与性能评估[J].西部交通科技,2025(03):24-27.
- [3] 张琨.试论道桥施工中路面病害及维护技术的有效运用[J].居业,2025(08):67-69.
- [4] 孙政.改性沥青新材料在公路道路中的应用[J].运输经理世界,2024(30):159-161.
- [5] 窦国涛.新型环保改性沥青在路面施工中的应用技术[J].山西建筑,2022,48(10):121-123.