

公路工程中沥青混合料的试验检测分析

储 晖

皓泰工程建设集团有限公司 新疆 834000

【摘要】：沥青混合料是公路路面核心主材，性能直接决定公路施工质量与使用寿命，试验检测是把控其性能的关键。本文聚焦沥青混合料试验检测的核心价值与技术体系，分析密度特性、沥青与集料粘附性两大核心检测技术的适用范围、实操要点及应用效果，探究检测过程中的常见误差、影响因素及技术局限性，给出针对性优化路径。规范检测操作、优化工艺流程、强化质量管控，可提升检测精准性。研究成果能为公路工程沥青混合料检测工作提供技术参考，助力工程质量提升，保障公路通行安全与耐久性。

【关键词】：沥青混合料；试验检测；密度特性；粘附性；质量管控

DOI:10.12417/2811-0722.26.05.049

引言

公路工程是交通运输体系核心组成，路面质量关联通行安全、运营效率与使用寿命，沥青混合料性能优劣决定路面质量。公路建设等级持续提升，不同等级路段对沥青混合料性能要求更为严格，需科学规范的试验检测手段把控混合料质量，规避路面开裂、剥落等病害。沥青混合料试验检测已形成较完善技术体系，实际应用中仍存在误差控制不足、技术适配性有限等问题。本文聚焦沥青混合料试验检测技术，分析核心检测方法、现存问题及优化策略，为公路工程质量管控提供支撑，推动试验检测技术规范化、精准化发展。

1 沥青混合料试验检测的核心价值与技术体系

1.1 试验检测对公路工程质量的保障作用

沥青混合料是公路路面摊铺核心主材，性能优劣直接决定公路施工质量、运营耐久性与通行安全性，试验检测是把控其性能的关键技术手段，为公路工程质量筑牢源头防线。某公路工程项目全长 25.549km，2.811km 路段按国家一级公路标准施工，路基、路面宽度分别为 25.6m、25m，剩余路段按二级公路标准建设，路基与路面宽度为 13m、12.6m，不同等级路段对沥青混合料性能要求存在明确差异。系统性试验检测可判定混合料是否匹配对应施工规范，避免材料性能不达标引发路面开裂、剥落、车辙等质量问题，检测所得密度、空隙率、粘附性等核心数据，能为摊铺、碾压等施工工艺优化提供科学依据，实现施工过程精准管控，从材料层面保障公路工程整体建设质量，确保公路通车后使用安全与使用寿命。

1.2 沥青混合料试验检测的核心技术分类

沥青混合料试验检测技术体系围绕混合料核心路用性能构建，分为物理性能检测和界面结合性能检测两大核心类别，从不同维度表征混合料性能，构成检测工作核心框架。物理性能检测以密度特性检测为核心，评判混合料密实程度、结构稳定性，依沥青混合料吸水率不同，衍生出表干法、水中重法、蜡封法三种检测方法，适配不同吸水率区间混合料检测需求，

测定试件体积、密度、空隙率等指标，反映其物理结构特征。界面结合性能检测以沥青与集料粘附性检测为核心，关联公路路面水损害抵抗能力，核心有水煮法与水浸法两种常用技术，模拟水环境下二者结合状态，检测粘附性能等级，评判混合料实际使用中抵抗沥青膜剥落的能力。两类核心检测技术相互配合，全面覆盖混合料关键性能指标，为工程质量评估提供完整技术支撑（见图 1）。

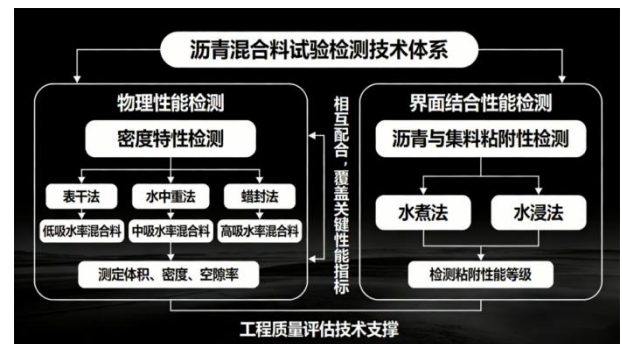


图 1 沥青混合料试验检测技术体系

1.3 试验检测的行业规范与执行标准

沥青混合料试验检测严格遵循国家与行业统一规范标准，形成专业规程为核心、配套标准为补充的执行体系，为检测操作规范性、结果科学性提供明确依据。核心执行标准为《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》（JTGE 20-2011），对密度检测、粘附性检测等各类方法的操作流程、技术参数、结果评定均有明确规定，水中重法（T 0705）测定沥青混合料毛体积密度时，粗集料密度测定需参照《粗集料密度及吸水度试验(网篮法)》（T0 304-2024），二者均基于阿基米德原理的浸水称重法，保障检测过程一致性与结果可比性。实际工程检测中，试件制备规格、试验环境温度控制、检测数据计算、结果评定，均需契合规范要求，各检测方法适用范围也由规范界定，水中重法仅适用于吸水率小于 0.5%的密实沥青混合料，蜡封法适用于吸水率>2%的混合料，行业规范的严格执行，是试验检测结果具备参考价值、能有效指导工程施工的重要前提。

2 沥青混合料关键性能试验检测技术研究

2.1 密度特性试验检测方法及应用要点

密度特性试验检测的表干法、水中重法、蜡封法,各有明确适用范围与实操要点,需结合沥青混合料吸水率特征选择应用,操作细节直接影响检测结果准确性。表干法适用于吸水率 $<2\%$ 的沥青混合料,试验需重点控制试件浸水时间与表面擦拭操作。试件短时间浸水、湿毛巾擦拭不规范,会导致吸水体积不足、缝隙水分清理不彻底,湿毛巾吸水性为不可控变量,易造成试件干湿状态偏差,影响密度、吸水率检测结果。水中重法依托阿基米德原理,通过测定试件水中重量推算密度,无需繁琐表面擦拭操作,规避擦拭误差,操作简便且结果准确。其仅适用于吸水率小于 0.5% 的密实沥青混合料,粗集料质量对检测结果影响显著,混合料中粗集料存在性能缺陷,会直接导致检测结果严重偏差,丧失参考价值。蜡封法是吸水率 $>2\%$ 沥青混合料的专属检测方法,应用需重点把控蜡封工艺。蜡封层厚度难以精准掌握、过程易产生不可消除的气泡,石蜡还会顺着试件缝隙渗入内部、覆盖表面凹陷,导致检测体积偏大,最终使密度检测结果偏小,实际操作需规范蜡封流程,最大程度减少此类误差。某公路项目吸水率小于 0.5% 的混合料检测中,三种方法所得试件密度数值相近但有细微差异,水中重法的空隙率与吸水率结果更低,蜡封法结果相对较高,实际应用需结合工程设计要求与材料特性,选择适配检测方法。

2.2 沥青与集料粘附性试验检测技术分析

水煮法与水浸法是沥青与集料粘附性检测的核心技术,模拟不同水环境条件,直观评判二者界面结合性能,试件制备、试验流程、适用场景各有侧重,需遵循严格操作规范保障结果准确。水煮法适用于粒径 $13.2\text{--}19\text{mm}$ 的集料检测,试验需选取代表性烘干集料与沥青样品,按比例混合均匀制备试件,室温冷却 15min 后放入微沸水中浸煮 3min ,让沥青与集料充分受热膨胀,取出冷却后浸入温水,观察沥青膜剥落程度与面积,评定粘附性能等级。该方法可模拟高温水环境下二者结合状态,适配高等级公路路面混合料水稳性检测,需对同一样品开展平行试验,由两名专业人员共同确定结果,减少人为评定误差。水浸法适配粒径 $9.5\text{--}13.2\text{mm}$ 的集料,试验前集料用洁净水清洗,置于 $(105\pm 5)\text{C}$ 烘箱烘干,冷却后按规范温度加热沥青,与集料搅拌约一分半钟至完全裹覆表面。选取 20 颗裹覆集料冷却后,连同玻璃板一同浸入冷水槽,观察沥青膜剥落情况,剥落面积同样由两名工作人员共同评定,检测结果报告需标注选用方法与集料粒径。两种方法均模拟实际道路水损害场景,检测沥青与集料粘附稳定性,是评判混合料水稳性的关键手段,为公路路面抵抗雨水侵蚀、延长使用寿命提供性能评估依据。

2.3 混合料路用性能关联检测技术探究

沥青混合料的密度特性、沥青与集料粘附性检测并非独立开展,与混合料整体路用性能高度关联,两类核心检测技术结果直接反映密实性、水稳性、耐久性等关键路用性能,构成混合料路用性能评估的核心依据。密度特性检测所得的密度、空隙率指标,关联混合料抗渗性、抗车辙能力,空隙率过大会导致雨水渗入内部,引发集料与沥青界面剥离,降低结构密度,使路面在车辆荷载下更易产生车辙、变形。粘附性检测结果决定混合料水损害抵抗能力,粘附性能等级较低时,水环境与车辆荷载共同作用下,沥青膜易从集料表面剥落,导致混合料结构松散,引发路面坑槽、剥落等病害。某公路项目检测实践中,吸水率小于 0.5% 的混合料经检测显示,水中重法测得的空隙率更低,对应的混合料密实度更高,结合粘附性检测结果,此类混合料若沥青与集料粘附性能良好,整体水稳性与抗变形能力更优,能更好适配一级公路高使用要求。密度特性与粘附性检测相互印证、协同分析,可全面评估沥青混合料路用性能,为工程选材、施工工艺优化提供针对性技术指导,确保混合料路用性能匹配公路工程建设标准与使用需求。

3 沥青混合料试验检测的问题与优化策略

3.1 试验检测过程中的常见误差与影响因素

沥青混合料试验检测存在多种常见误差,来源涉及操作流程、材料特性、环境条件等多个方面,直接影响检测结果准确性与参考价值。密度特性检测中,表干法误差源于人为操作不确定性,湿毛巾擦拭力度、方式无统一评判标准,试件缝隙内水分难以彻底清理,浸水时间不足会使试件未达标准饱和状态,造成吸水体积、密度测定偏差。水中重法误差多与粗集料质量相关,混合料中粗集料若存在密度不均、孔隙过大等问题,会直接影响浸水称重结果,导致毛体积密度推算偏差。蜡封法误差源于蜡封工艺可控性差,蜡封层厚度不均、气泡产生、石蜡渗入试件缝隙等,均会造成试件体积检测偏大,进而使密度结果偏小。粘附性检测中,水煮法试验水温、浸煮时间控制不当,会导致沥青受热膨胀程度不均,影响沥青膜剥落情况的观察与评定。水浸法集料烘干温度、沥青加热温度偏离规范要求,会造成沥青与集料裹覆不充分,人为对剥落面积的评定存在主观偏差,易导致粘附等级判定不准确。试验环境温度、湿度波动,试件制备规格偏差,也会成为检测误差的潜在影响因素,各类误差相互叠加,会降低检测结果精准度。

3.2 现有检测技术的应用局限性分析

当前沥青混合料试验检测核心技术已在工程中广泛应用,受方法原理、适用范围、操作特性等因素限制,仍有明显应用局限性,难以完全适配各类工程场景检测需求。表干法适用于中低吸水率混合料,操作中不可控变量过多,且吸水率无相关标准推定,无法明确检测精确度与适用边界,所得数据应用价

值受限。水中重法结果准确、操作简便,适用范围却狭窄,仅能检测吸水率小于0.5%的密实沥青混合料,对吸水率较高的混合料检测误差较大,且高度依赖粗集料质量,在粗集料性能波动的工程场景中难以应用。蜡封法作为高吸水率混合料核心检测方法,虽具针对性,蜡封工艺的固有缺陷却难以彻底解决,石蜡物理特性决定蜡封过程中气泡、渗透等问题无法完全消除,仅能通过规范操作减少误差,检测结果精准度仍受制约。粘附性检测中,水煮法与水浸法均有场景局限性,水煮法更适用于大粒径集料,水浸法仅适配中粒径集料,粒径超出规定范围的集料尚无精准检测方法。两种方法均为定性半定量结合的评定方式,缺乏精准定量检测指标,人为评定的主观因素难以完全规避,影响检测结果客观性与可比性。现有检测技术多聚焦混合料单一性能指标,对多因素耦合作用下的混合料性能检测缺乏有效手段,难以全面反映混合料实际使用中的性能变化。

3.3 提升试验检测精准性的实践优化路径

提升沥青混合料试验检测精准性,需围绕检测操作、工艺优化、质量把控、人员管理等方面制定针对性实践优化路径,从源头减少误差、突破技术局限性,保障检测结果准确性与参考价值。操作流程规范上,针对密度特性检测不同方法制定标准化操作细则,表干法明确试件浸水时间、擦拭统一标准,用专用工具替代湿毛巾清理表面水分,减少人为操作不确定性。蜡封法优化蜡封工艺,采用恒温蜡封设备控制蜡液温度与蜡封

层厚度,通过真空消泡技术减少蜡封过程气泡产生,避免石蜡渗入试件缝隙。材料质量把控上,水中重法检测前对粗集料进行前置检测,剔除密度不均、性能缺陷的粗集料,确保混合料中粗集料质量符合规范,从材料层面减少检测偏差。粘附性检测优化上,引入数字化检测设备,对沥青膜剥落面积进行精准定量测量,替代人工主观评定,提升粘附等级判定的客观性与准确性。根据集料粒径范围,研发适配不同粒径的粘附性检测辅助装置,弥补水煮法、水浸法的粒径适用局限性。试验环境与试件制备管控上,搭建恒温恒湿标准试验环境,减少温度、湿度波动对检测结果的影响。统一试件制备模具与操作流程,确保试件规格、形态符合规范,降低试件制备偏差。加强检测人员专业培训与考核,提升操作人员对规范标准的掌握程度与实操能力,建立双人双检、结果复核工作制度,通过多层级审核减少人为误差。

4 结语

沥青混合料试验检测是公路工程质量管控核心环节,对保障公路施工质量、延长使用寿命、提升通行安全性意义重大。本文系统梳理试验检测核心价值与技术体系,研究密度特性、粘附性等关键检测技术的应用要点,剖析检测过程中的误差来源与技术局限性,提出针对性优化路径。试验检测精准性,离不开规范操作流程、科学工艺优化、严格质量把控及专业人员管理。

参考文献:

- [1] 黄忆,谭洪川.热再生沥青混合料理论最大相对密实度试验[J].中国水运,2025,(16):134-135+138.
- [2] 李文亮,谢永军,雷鹏飞,等.热拌沥青混合料温度和压实遍数对其热传导的影响试验研究[J].机械工程师,2025,(08):132-135+139.
- [3] 梁智婷.路桥工程中沥青混合料的试验检测方法分析[J].汽车画刊,2025,(07):149-151.
- [4] 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.
- [5] 王宇东.公路工程中沥青混合料的试验检测分析[J].江苏建材,2025,(03):32-33+37.