

公路工程沥青原材料针入度检测误差来源分析及试验操作规范化探讨

徐 想

新疆生产建设兵团建筑工程科学技术研究院有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

【摘要】：针入度检测作为公路工程沥青原材料质量管控的核心环节，直接关联沥青标号划分与路用性能评价。依托 JTG 3410-2025 行业标准，本文阐述检测技术基础与核心原则，剖析试样制备、设备运维、试验条件、人员操作层面的误差成因，提出统一标准作业流程、强化人员专业培训、健全全要素管控体系的规范化路径，为提升检测数据精准性、保障公路工程质量提供实操性支撑。

【关键词】：沥青原材料；针入度检测；规范化操作

DOI:10.12417/2811-0528.26.12.053

引言

公路工程质量与沥青原材料性能关联紧密，针入度作为评价沥青稠度及软硬程度的核心指标，检测数据可靠性直接影响工程设计与施工质量。当前沥青针入度检测面临试样制备不规范、设备运维不到位、试验条件管控不严、人员操作不熟练等现实问题，检测误差屡有发生。本文聚焦针入度检测技术基础与现实挑战，系统探讨规范化实施路径，为解决检测误差问题、提升沥青质量管控水平提供理论与实践参考。

1 沥青原材料针入度检测的技术基础与核心原则

沥青原材料针入度检测是公路工程沥青质量管控的核心技术环节，技术基础依托现行行业标准与沥青材料力学特性的内在关联。JTG 3410-2025《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》中 T0604-2011 方法明确，针入度检测以 25℃ 环境、100g 荷载、5s 作用时间下标准针贯入沥青试样的深度为计量依据，单位取 0.1mm，直接反映沥青稠度、软硬程度与感温性能，是沥青标号划分、路用性能评价及施工配合比设计的核心基准参数^[1]。检测全流程需恪守科学性、重复性、客观性与溯源性核心原则，全流程参数需与标准条文完全契合，不得随意调整，平行试验需满足精度偏差要求以保障数据稳定性，规避人为操作干预确保检测结果真实反映材料性能，依托设备定期校准与量值溯源实现检测数据可追溯性，为工程质量管控提供精准可靠的技术支撑。

2 当前沥青原材料针入度检测面临的主要挑战

沥青原材料针入度检测当前面临多维度实操挑战，直接影响检测数据精准与可靠性。试样制备环节，部分检测人员未严格遵循标准要求的加热温度与保温时长，过度加热引发沥青热老化改变稠度，搅拌不均则造成试样内部密度分层，使得贯入

深度出现无规律偏差。设备调试与运维方面，针入度仪水平度校准流于形式，标准针长期使用未及时更换导致锥度磨损、重量偏差超出允许范围，仪器计时精度不足、针杆卡顿等问题未被及时排查，构成系统性误差源。试验条件管控上，恒温水浴温度波动超出±0.1℃标准限值，试样水浴保温时间不足造成内部温度未完全平衡，实验室环境振动、气流扰动干扰贯入过程，显著提升数据离散性。人员操作环节，部分从业者对标准条文细节理解不深，手动操作时贯入速度、读数时机把控不一致导致平行试验偏差超标，在缺乏常态化误差排查意识的情况下难以识别隐性操作偏差，进一步放大检测风险。

3 公路工程沥青原材料针入度检测规范化实施路径

3.1 统一标准作业流程，细化全环节操作要求

公路工程沥青原材料针入度检测的规范化，核心是构建覆盖全流程的标准化作业体系，以流程刚性约束消解操作弹性引发的误差。见图 1



图 1 沥青原材料针入度检测标准作业全流程示意图

试样制备需严格依照 JTG 3410-2025 中 T0604-2011 要求，沥青加热温度控制在软化点以上 90℃~100℃，单次加热时长不超过 30min，杜绝反复加热造成的热老化；加热时用玻璃棒沿同一方向缓慢搅拌，速率维持 30~40 次/min，避免气泡混入与组分分层；搅拌完成后注入试模，置于 15℃~30℃室温冷却不少于 1.5h，冷却期间规避试模倾斜与外界振动，保障试样表面平整、内部密度均匀；针入度>350(0.1mm)时需选用长针入

度针及配套特殊盛样皿。设备调试需建立标准化操作步骤,每日试验前用精度 0.02mm/m 的水平仪校准针入度仪底座水平度,偏差控制在 0.2° 以内,检查标准针外观无磨损锈蚀,通过精度 0.01g 的电子天平校准总重量至 $100\text{g}\pm 0.05\text{g}$;校准计时精度确保 5s 误差不超过 $\pm 0.1\text{s}$,调试针杆滑动灵活性消除卡顿,完成后以空白试验验证设备状态。试验操作需 1min 内完成试模安装定位,确保针尖轻触试样表面,稳定状态下 5s 后读数;每个试样平行测定3次(测点间距及距边缘均 $\geq 10\text{mm}$);针入度 $>200(0.1\text{mm})$ 时,标准针需3次试验完成后再取出,不可单次取出。数据读取采用 0.1mm 分度值刻度盘,视线垂直减少视差,结果取平均值,极差超标需复检,记录完整保障可追溯,全流程标准化实现操作同质化,从源头降低人为误差^[2]。

3.2 强化人员专业培训,规范试验操作要点

检测人员的专业素养与操作规范性是保障针入度检测精准性的核心支撑,需构建分层分类、常态化的专业培训体系,全面提升人员实操能力与标准执行力。培训体系以行业标准为核心,围绕T0604-2011方法的条文细节开展深度解读,重点拆解试样加热温度控制、恒温水浴保温时长、标准针校准、长针与特殊盛样皿选用等关键环节技术要求,结合实际检测案例剖析操作偏差对结果的影响,明确不同类型沥青的检测操作差异,规避通用化操作引发的系统性误差。实操培训采用“理论+实操+考核”闭环模式,设置模拟操作场景,针对试样搅拌均匀、试模冷却环境不达标、标准针定位偏差等常见问题开展专项训练,要求参训人员独立完成从试样制备到数据处理的全流程操作,资深检测人员现场纠偏,确保操作动作完全符合标准要求。常态化培训机制同步建立,每季度开展标准更新培训跟进行业规范修订内容,每月组织操作技能比武以赛促训强化人员操作熟练度,检测数据合格率、平行试验偏差率纳入人员绩效考核,倒逼操作规范性提升。新入职人员需完成为期3个月的岗前培训与跟岗实习,通过全流程操作考核并取得合格证书后方可独立上岗,从源头把控人员操作水平。

参考文献:

- [1] 马晓颖.道路桥梁工程的原材料试验检测技术研究[J].科技资讯,2025,23(19):167-169.
- [2] 刘强.道路桥梁工程施工原材料试验检测技术[J].智能建筑与工程机械,2025,7(4):111-113.
- [3] 陈国伟,王金生,叶忠明,张韩帅.基于沥青路面原材料物联网检测的路面质量评估探究[J].福建建筑,2024(6):80-84.

3.3 健全全要素管控体系,保障检测精准可靠

针入度检测精准性需试验环境、设备运维、质量管控全要素协同保障,构建系统化全链条管控体系可消除隐性误差源。试验环境管控遵循标准要求,建立实时监测制度,通过精度 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 温度传感器、 $\pm 2\%\text{RH}$ 湿度传感器 24h 监测温湿度,确保实验室温度稳定在 $23^\circ\text{C}\pm 5^\circ\text{C}$ 、恒温水浴波动 $\leq \pm 0.1^\circ\text{C}$,试样水浴保温 $\geq 1.5\text{h}$,试样表面水深 $\geq 10\text{mm}$ 。优化实验室布局,将针入度检测区域与振动设备、通风设备等隔离,规避外界振动、气流扰动对贯入过程的干扰,检测区域设置独立操作台并配备减震垫,进一步降低环境干扰。设备运维管控建立全生命周期管理体系,制定针入度仪、标准针、电子天平、恒温水浴等设备的定期校准与维护计划:针入度仪每年送资质计量机构校准1次,标准针每年标定质量并目视检查,电子天平、恒温水浴每年校准1次,校准数据留存归档确保设备量值溯源合规。日常维护明确操作规范,每日试验后清洁针入度仪针杆与标准针并涂抹防锈油,检查设备各部件运行状态;每周对恒温水浴进行清洁与温度校准;每月对设备开展全面检修,及时更换老化零部件,避免设备故障引发检测误差。质量管控体系建立三级审核制度,检测人员完成试验后,班组负责人对操作流程、数据记录进行一级审核,实验室技术负责人对检测报告进行二级审核,机构质量负责人进行最终审核,确保检测全流程符合标准要求^[3]。

4 结语

沥青原材料针入度检测的精准性是公路工程质量管控的关键前提,误差多来自操作流程、人员能力、环境设备等方面因素。标准化作业流程的构建、常态化培训机制的完善、全要素管控体系的健全,能够有效规避各类误差源,保障检测数据的真实性与可靠性。本文提出的规范化路径实操性较强,可为检测机构优化管理、提升技术水平提供借鉴,对推动公路工程沥青质量管控标准化、保障工程长期稳定运行具备重要现实意义。