

公路工程中沥青路面施工现场试验检测技术分析

文 / 刘南宁 中铁十九局集团华东工程有限公司

摘要：沥青路面施工现场试验检测是控制公路工程质量的环节。本文系统分析了施工现场中的核心试验检测技术，包括原材料进场检测、沥青混合料施工过程控制及路面成型后的性能评价。针对弯沉、平整度、渗水性与抗滑性等关键指标，探讨了其检测方法与技术要点，并指出当前存在的标准体系不完善、人员技能不足和传统检测方法效率低等问题。在此基础上，提出了建立健全标准化检测流程、加强人员培训与认证管理、推广智能检测设备与数据分析系统等优化对策，为提升沥青路面施工质量与检测效率提供参考。

关键词：沥青路面；现场检测；施工质量；无损检测

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.22.044

引言

沥青路面是我国高等级公路的主要路面形式，其施工质量直接影响到路面的使用寿命、行车安全及舒适性^[1]。现场试验检测作为质量控制的核心手段，贯穿于原材料进场、混合料生产、摊铺碾压及最终成型的全过程。随着公路交通量的增长和对路面性能要求的提高，传统的检测方法在效率、精度和可靠性方面面临挑战。因此，对当前施工现场试验检测技术进行系统分析，并针对存在的问题提出优化对策，对推动行业技术进步和保障工程质量具有重要意义。

一、沥青路面施工现场核心试验检测技术

（一）原材料进场检测技术

原材料进场检测是保障沥青路面质量的源头性和基础性环节，其结果的准确性与可靠性直接影响最终路面的性能与耐久性^[2]。该环节主要针对沥青、集料、矿物填料及改性剂、纤维等外掺材料进行严格的质量控制。对沥青材料，需重点检测其三大指标（针入度、软化点、延度）以评价其粘滞性、高温稳定性和低温抗裂性，同时还需进行薄膜加热试验（TFOT）或旋转薄膜加热试验（RTFOT）以模拟老化后性能变化，确保其抗老化能力。对道路石油沥青，还需检测其溶解度、闪点等指标。

对集料而言，关键检测项目包括颗粒级配分析、压碎值、磨耗值、针片状颗粒含量、含泥量、粘附性等。级配决定了混合料的骨架结构和密实程度，而压碎值和磨耗值直接关联集料的抗荷载能力与耐磨性，粘附性等级则评价沥青与石料之间的包裹效果，是防止水损害的重要指标。细集料还需进行砂当量或亚甲蓝试验，以评价其洁净程度。矿物填料需检测其粒度分布和亲水系数，以确保其能有效填充空隙并增强沥青胶浆的粘结力。

（二）沥青混合料施工过程检测技术

沥青混合料施工过程检测是实现质量动态控制、确保设计意图得以在现场准确贯彻的核心手段，其贯穿于拌和、运输、摊铺及碾压等关键工序^[3]。在拌和阶段，需重点监控拌和温度（沥青加热温度、集料加热温度及

混合料出料温度），防止温度过高导致沥青老化或温度过低影响摊铺压实效果。同时，必须每日进行抽提试验，用以验证生产配合比，检测沥青用量及矿料级配是否与目标配合比相符，确保油石比和级配曲线的偏差在规范允许范围内。

在运输过程中，需监测混合料的温度离析和颗粒离析情况，要求运输车辆加盖苫布保温，并尽量减少装卸料过程中的高差以避免离析。摊铺时，除连续监测摊铺温度外，还应控制摊铺机的行进速度、料位高度和振捣频率，以确保摊铺层的均匀性和初步密实度。碾压是形成最终密实度的关键，需采用配套的压路机组合，并严格监控碾压温度（初压温度、复压温度和终压温度）、碾压遍数及碾压速度，避免过压或欠压，并通过现场快速检测实时反馈碾压效果，指导碾压作业，追求均匀且达到要求压实度的路面结构。

（三）沥青路面成型后关键性能检测技术

沥青路面成型后的检测是对施工成果的最终检验，旨在综合评价路面是否具备设计所要求的各项服务性能，包括结构承载能力、功能性和耐久性^[4]。其中最主要的是压实度检测，通常采用钻芯取样法，在实验室测量芯样的毛体积相对密度，并计算其相对于最大理论密度或实验室标准击实密度的百分比，这是控制路面耐久性和抗水损害能力的关键指标。弯沉检测是评价路面整体结构强度的重要方法，常用贝克曼梁或落锤式弯沉仪（FWD）进行，通过测量在荷载作用下路表的回弹弯沉值，来反算路基路面各结构层的模量，评估其承载能力是否满足要求。

此外，功能性检测包括平整度、抗滑性能及渗水系数检测。平整度直接关乎行车舒适性；抗滑性能关系到行车安全，尤其是雨天的安全性；渗水系数则评价路面的密水性能，数值过大会导致水进入结构层，引发水损害、剥落等早期病害。这些成型后的检测数据是工程交竣工验收的主要依据，也为未来的养护决策提供基础数据支撑。

二、公路工程中沥青路面现场试验检测内容及技术要点

(一) 路面弯沉检测

路面弯沉检测是评价沥青路面整体结构强度和承载能力的关键技术之一，其核心在于测量在特定荷载作用下路面表面的垂直变形量（回弹弯沉值），单位通常为0.01毫米^[5]。该值直观反映了路面各结构层的整体刚度及其抵抗垂直变形的能力，是竣工验收和养护决策的重要依据。

目前，主要采用贝克曼梁法和落锤式弯沉仪法(FWD)。贝克曼梁法操作简便、成本较低，属于静态检测，但效率低且存在人为误差风险，见图1所示；而FWD则通过液压系统提升并下落重锤产生瞬态冲击荷载，模拟实际行车作用，利用传感器阵列快速采集多点弯沉数据，绘制“弯沉盆”，其自动化程度高、数据精度高、效率优异，更适用于大规模快速检测。FWD还能通过反算软件评估各结构层的弹性模量，为结构设计提供深层数据支撑。检测时须严格控制温度和测点代表性。

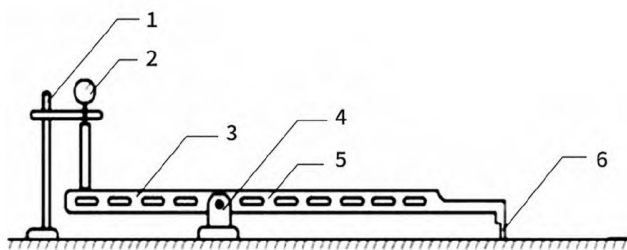


图1 贝克曼梁弯沉仪构造图

注：1—表架；2—百分表；3—后杠杆；4—支撑座；5—前杠杆；6—探头

(二) 平整度检测

平整度是评价沥青路面行车舒适性、安全性与施工质量水平的核心功能性指标，它反映了路面表面纵向起伏情况。平整度不佳会加剧车辆振动，增加燃油消耗和车辆损耗，影响驾驶平稳性和乘客舒适度^[6]。

国际平整度指数（IRI，单位m/km）是国际通用的评价指标。检测方法主要分为断面类（直接测量纵断面高程，计算IRI）和响应类（通过测量车辆振动响应间接评价）。断面类设备如激光断面仪和连续式平整度仪，精度高、结果可靠，已成为主流；响应类设备如颠簸累积仪，价格低但需定期标定。激光断面仪能以正常行车速度进行连续测量，高效且数据客观。

技术要点包括：检测前设备需严格标定；选择干燥、清洁的路面条件；检测车速保持恒定；按规定覆盖所有车道。根据规范要求，高速公路和一级路面的平整度IRI通常要求不大于1.8~2.0m/km（如用3m直尺检测，最大间隙 $h \leq 5\text{mm}$ ）。

(三) 渗水性检测

渗水性检测用于评估沥青路面的抗渗透能力，即阻止自由水渗入路面结构内部的能力。水是导致沥青路面早期水损害的主要原因，因此该指标对路面耐久性至关重要。现场检测主要依据规范，采用路面渗水仪进行。该仪器由透明有机玻璃量筒（容积600mL，带刻度）、底座、开关和排气孔等组成。测试时，需在干燥洁净的路面测点处用密封材料形成 $\Phi 150\text{mm}$ 的密封区域，固定好仪器并加水排气后，打开开关，记录水面从100mL刻度下降至500mL刻度所需的时间 T （秒），或直接测定3分钟内渗入的水量。渗水系数 C_w 按公式 $C_w = (V_2 - V_1)/(t_1 - t_2) \times 60$ 计算，单位mL/min。

主要技术要点包括：测点具代表性；密封必须严密防侧漏；新建路面宜在碾压成型后12小时内检测；若水从密封处渗出，结果无效。规范要求，沥青面层渗水系数应不大于120mL/min，对于密级配沥青混合料，优良工程一般要求不大于80mL/min。

(四) 路面抗滑性检测

路面抗滑性能直接关系到道路的行车安全，特别是在潮湿状态下。足够的抗滑能力可以保证车辆有效制动、防止侧滑，并缩短制动距离。抗滑性能由路面表面的微观纹理和宏观纹理共同决定^[7]。

现场检测主要评价指标包括摩擦系数和构造深度。摩擦系数常用摆式摩擦系数测定仪（测定摆值BPN）和横向力系数测试车（测定横向力系数SFC）来检测。摆式仪操作简便，适用于定点测量，但其结果受操作影响较大；SFC测试车则能高速连续测量，更真实地模拟实际行车状态。构造深度反映了路面的宏观排水能力，最初采用手工铺砂法（测量铺砂摊开面积计算MTD），现在逐步发展为激光构造深度仪（测量MPD并与MTD建立相关关系）。

技术要点：摆式仪检测前需对仪器进行水平调平与标定，并在湿路面状态下测试；铺砂法要求砂粒规格统一、摊铺均匀。规范要求，高速公路、一级公路交工验收时，抗滑性能通常要求横向力系数 $SFC \geq 50$ ，摆值 $BPN \geq 45$ ，构造深度TD一般要求在0.6~1.0mm范围内。

三、当前沥青路面现场试验检测中存在的问题

(一) 标准体系与执行规范尚不完善

我国不同地区及项目间标准规范存在差异，地方标准与行业标准不完全统一，严重影响检测工作的规范性和结果可比性。部分检测规程更新滞后，无法适应温拌沥青、高模量沥青等新材料的检测需求，导致新型沥青混合料缺乏权威统一的检测依据。现有标准对检测频率、取样方法和测点分布等关键操作环节规定不够具体，实际操作中自由裁量空间过大，不同人员执行易产生偏差。此外，标准对数据处理、分析评判及边界值处理的规定

表 1 现场试验检测技术要点

检测项目	主要检测指标	常用方法与设备	技术要点与规范要求
路面弯沉检测	回弹弯沉值 (0.01mm)	贝克曼梁法、落锤式弯沉仪法 (FWD)	温度修正；测点代表性；代表弯沉值≤设计值
平整度检测	国际平整度指数 IRI (m/km)	激光断面仪、连续式平整度仪	设备标定；恒定车速； $IRI \leq 1.8-2.0$ m/km
渗水性检测	渗水系数 C_w (mL/min)	路面渗水仪	密封严密；新路面检测； $C_w \leq 120$ mL/min
路面抗滑性检测	摩擦系数 (BPN, SFC)、构造深度 (TD, mm)	摆式仪、横向力系数测试车、铺砂法	湿路面检测；温度修正； $SFC \geq 50$, $BPN \geq 45$, $TD=0.6-1.0$ mm

较为笼统，缺乏质量隐患早期判别的清晰指南。这种体系不完善和执行不规范的问题，直接影响了检测结果的准确性和公正性，难以对工程质量实现有效管控。

(二) 检测人员技能水平参差不齐

检测人员专业素养和操作技能对保证检测结果准确性至关重要，但目前从业人员技能水平参差不齐的问题突出。许多一线检测人员缺乏专业教育背景，知识体系不完整，对检测原理、仪器工作原理和数据处理解理解不足，仅限于机械操作，遇到异常情况无法有效处理。检测单位特别是中小机构培训投入不足，内容陈旧，未能及时涵盖新标准、新技术和新设备，导致人员技能更新滞后。行业人员流动性大，经验丰富的技术人员流失后，新员工未经系统培训就上岗，加剧了技术水平不稳定。现场操作不规范现象普遍，如贝克曼梁支点位置不准、渗水仪密封不严等细微失误都会导致数据失真，甚至存在数据造假现象，使检测工作失去应有的监督意义。

四、沥青路面施工现场试验检测技术优化对策

(一) 建立健全标准化检测流程与质量管控体系

构建科学统一的标准化检测流程与质量管控体系是提升检测规范性的基础。建议由行业主管部门牵头，联合科研院所、检测机构及施工单位系统修订现有技术规范。重点针对温拌沥青、高模量沥青等新型材料，补充完善现场检测方法与评价指标。应细化检测各环节技术要求，包括测点布置原则、环境控制标准、设备操作规程、校准周期及数据记录规范等，最大限度减少人为操作差异。

(二) 强化检测人员培训与技术认证管理

提升检测人员专业素质是保证数据准确性的关键。需建立系统化的培训与认证机制，制定统一的能力标准和分级认证制度，将专业知识、操作技能、数据分析和职业素养纳入考核体系。从业人员须通过严格的理论与

实操考核，获得相应等级证书后方可上岗。培训机构应由行业协会或权威单位主导，培训内容应结合工程实际，涵盖最新技术标准、先进检测方法及典型案例分析。建议每年开展不少于 40 学时的继续教育，定期组织技能竞赛与交流活活动。关键岗位人员应要求具备高级认证和丰富实践经验。通过建立技术档案和信用管理制度，将认证结果与执业信用关联，增强人员责任意识，从根本上解决技能不足和操作不规范问题。

结语

沥青路面施工现场试验检测技术的完善与创新是保障公路工程质量的关键。通过明确检测内容、规范技术要点、着力解决标准、人员及技术方法中存在的问题，并积极推进智能化、标准化发展，能够有效提升检测工作的科学性、准确性和效率，为我国公路基础设施的长寿命和高性能提供有力支撑。在后续工作中，进一步加强多技术融合与数据分析能力，推动检测技术向数字化、智慧化方向迈进。

参考文献

[1] 詹武练. 公路工程沥青路面施工现场试验检测技术 [J]. 中华建设, 2025, (09):195-197.
 [2] 尚守国. 公路工程沥青路面施工现场试验检测技术分析 [J]. 交通科技与管理, 2025, 6(15):100-102.
 [3] 付阳. 公路沥青路面施工现场试验检测技术的实践探讨 [J]. 交通科技与管理, 2025, 6(15):97-99.
 [4] 白祺锋. 公路工程沥青路面施工现场试验检测技术分析 [J]. 运输经理世界, 2025, (14):22-24.
 [5] 安雪利. 基于现场试验检测技术的公路沥青路面施工分析 [J]. 时代汽车, 2025, (10):165-167.
 [6] 高峰, 谭阳. 公路工程沥青路面施工现场试验检测技术研究 [J]. 运输经理世界, 2025, (12):23-25.
 [7] 唐飞. 公路工程沥青路面施工现场试验检测技术分析 [J]. 运输经理世界, 2025, (10):65-68.