

# 公路试验检测技术探讨

巩鹏亮

新疆生产建设兵团建设工程质量检测中心有限责任公司 新疆 乌鲁木齐 830000

**摘要：**公路试验检测技术是保障公路工程质量、控制成本、推进进度及验收的核心手段。本文围绕其重要性展开，阐述了压实度、弯沉、平整度及混凝土强度等关键指标的检测技术，包括灌砂法、贝克曼梁法、3m直尺法、回弹法等常用方法。同时，分析了该领域的发展趋势，指出智能化与自动化、无损检测技术升级、多技术融合及数据信息化管理将成为未来方向。研究旨在为公路试验检测实践提供技术参考，推动行业规范化与高效化发展。

**关键词：**公路；试验；检测；技术

引言：随着交通基础设施建设的快速推进，公路工程质量与耐久性日益受到关注，试验检测技术作为工程质量控制的关键环节，其作用愈发凸显。公路试验检测通过科学方法对工程材料、结构性能及施工参数进行监测，不仅能及时发现潜在问题，保障行车安全，还能工程决策提供数据支撑。当前，传统检测技术不断优化，新兴技术逐步应用，但仍面临效率低、精度不足等挑战。本文从技术重要性出发，系统分析主流检测方法，并探讨未来发展趋势，以期提升公路工程质量管控水平提供思路。

## 1 公路试验检测的重要性

### 1.1 保障工程质量

公路工程质量直接关系到行车安全与使用寿命，试验检测是保障质量的核心手段。通过对原材料（如沥青、水泥、砂石）的性能检测，可避免不合格材料用于施工；对施工环节（如路基压实、路面平整度）的实时监测，能及时发现压实度不足、强度不够等问题，防止质量隐患累积。例如，通过压实度检测可确保路基承载能力达标，减少后期沉降；混凝土强度检测能避免结构开裂等风险。

### 1.2 控制工程成本

试验检测通过提前干预减少返工与浪费，实现工程成本的有效控制。在材料进场阶段，检测不合格材料可避免因使用劣质材料导致的后期维修费用；施工过程中，对压实度、混凝土配比等参数的监测，能及时调整施工工艺，避免因参数偏差造成的材料过量消耗或工程返工。此外，精准的检测数据可优化材料用量与施工方案，在保证质量的前提下降低资源消耗，实现成本与效益的平衡。

### 1.3 确保工程进度

试验检测通过提前发现问题、规范施工流程，为工

程进度提供保障。在施工前，对材料与设备的检测可避免因材料不合格或设备故障导致的停工；施工中，实时检测数据能指导施工工艺调整，减少因质量问题引发的返工延误。例如，通过平整度检测及时修正摊铺机参数，可避免后期路面修整占用工期。

### 1.4 为工程验收提供依据

工程验收是公路交付使用的关键环节，试验检测数据是验收的核心依据。验收阶段需通过对路基、路面、结构物等指标的全面检测，验证工程是否符合设计标准与规范要求。例如，压实度、弯沉值、混凝土强度等检测结果直接决定工程是否合格。检测数据的客观性与准确性，可避免验收过程中的主观判断偏差，确保验收公平公正<sup>[1]</sup>。

## 2 公路试验检测技术分析

### 2.1 压实度检测技术

#### 2.1.1 灌砂法

灌砂法是公路工程中最常用的压实度检测方法之一，其原理是利用标准砂的单位重量恒定特性，通过测量填满试坑所需标准砂的体积，推算试坑内土或路面材料的体积，再结合材料干密度计算压实度。操作时需先挖掘试坑，收集坑内材料称重并测定含水率，随后用标准砂置换试坑体积。该方法适用于土路基、砂石基层及沥青面层等多种场景，检测精度高，但操作流程较繁琐，耗时较长，且对操作人员技能要求较高，易受试坑形状不规则影响结果准确性。

#### 2.1.2 环刀法

环刀法通过将一定体积的环刀切入土中，取出带有土样的环刀，称量土样质量并计算湿密度，再结合含水率求得干密度，进而与最大干密度对比得到压实度。此方法操作简便、成本低，适用于细粒土路基及基层的压实度检测，尤其适合室内试验或现场小型检测。但环刀

法仅能反映环刀范围内的局部密度,代表性有限,且不适用于含粗颗粒较多的土或坚硬路面材料,易因取样过程中土体扰动导致误差。

### 2.1.3 核子密度仪法

核子密度仪法利用放射性元素发射的射线与物质相互作用的原理,通过测量土壤或路面材料的密度和含水率来计算压实度。检测时仪器直接置于测点表面,数分钟内即可完成读数,适用于快速检测路基、基层及沥青混凝土面层。该方法具有高效、便捷的优势,可实现连续多点检测,但设备成本较高,且存在放射性安全隐患,检测结果易受材料成分、含水率及操作人员经验影响,需定期校准以保证精度,在关键工程中常作为辅助手段与灌砂法结合使用。

## 2.2 弯沉检测技术

### 2.2.1 贝克曼梁法

贝克曼梁法是传统的静态弯沉检测方法,原理是通过杠杆原理,测量在标准轴载车辆荷载作用下路面产生的回弹弯沉值,反映路面结构的承载能力。操作时将贝克曼梁支架置于测点,利用载重汽车加载,通过百分表读取梁端位移量。该方法设备简单、成本低,适用于各级公路的路基、路面弯沉检测,尤其是基层施工阶段的常规检测。

### 2.2.2 自动弯沉仪法

自动弯沉仪法基于贝克曼梁原理实现自动化检测,通过安装在检测车底盘的多点位移传感器,在车辆缓慢行驶中连续测量路面弯沉。设备可自动记录数据并计算弯沉值,适用于高等级公路的路面整体弯沉评估。其优势在于检测效率高、数据连续性强,减少了人为误差,但仍属于静态或准静态检测,受行驶速度影响较大,且对路面平整度敏感,在颠簸路段易产生数据偏差。

### 2.2.3 落锤式弯沉仪法

落锤式弯沉仪法通过重锤自由落下模拟动态冲击荷载,利用阵列式传感器测量路面瞬时弯沉盆数据,反映路面在动态荷载下的承载能力。检测速度快,可获取弯沉盆全曲线,为路面结构层模量反算提供依据,适用于高速公路、重载交通道路的深度检测。该方法能模拟实际行车荷载状态,数据精度高,但设备昂贵,操作复杂,对基层刚度较低的路面易出现传感器耦合不良问题,需专业人员进行数据解读。

## 2.3 平整度检测技术

### 2.3.1 3m直尺法

3m直尺法是简单直观的平整度检测方法,原理是将3m长直尺置于路面,测量直尺与路面之间的最大间隙,

以此反映路面局部不平整程度。操作时在测点处将直尺放平,用塞尺量取间隙值,每段路面需多次测量取平均值。该方法设备轻便、成本极低,适用于基层、面层施工阶段的现场抽检,尤其适合农村公路或小型工程。但检测范围有限,仅能反映局部平整度,效率低且受人为读数影响大,难以全面评估长距离路面的平整性。

### 2.3.2 连续式平整度仪法

连续式平整度仪法通过机械传感装置实现连续检测,仪器由3m直尺、量测轮、位移传感器及数据记录仪组成,在检测车牵引下沿路面行驶,实时记录路面凹凸引起的传感器位移变化,计算国际平整度指数(IRI)。该方法可连续测量长距离路面,数据客观性强,适用于高等级公路的竣工验收及日常养护检测。其检测效率高于3m直尺法,但设备对行驶速度敏感,在坑洼或陡坡路段易产生测量误差,且需定期校准传感器精度。

### 2.3.3 车载式颠簸累积仪法

车载式颠簸累积仪法通过测量车辆行驶时的竖向振动加速度来评估平整度,原理是路面不平整会导致车辆颠簸,颠簸程度与平整度成正相关,仪器将振动信号转化为颠簸累积值(VBI),再换算为国际平整度指数。该方法检测速度快,可在正常行车速度下完成长距离检测,适用于高速公路、干线公路的快速评估。其优势在于不影响交通、效率极高,但结果受车辆悬挂系统、行驶速度影响较大,需与连续式平整度仪法校准后使用,更适合路面整体平整度的宏观评价。

## 2.4 混凝土强度检测技术

### 2.4.1 回弹法

回弹法是基于混凝土表面硬度与强度相关性的检测方法,通过回弹仪弹击混凝土表面,测量弹击回弹值,结合混凝土碳化深度等参数推算其抗压强度。操作时在构件表面选取多个测区,连续弹击后取平均值计算。该方法设备轻便、操作简单、检测速度快,适用于现场混凝土结构的快速抽检,尤其适合桥梁、涵洞等构件的初步强度评估。但结果受表面质量、碳化程度影响较大,仅反映表层强度,对内部缺陷敏感性低,精度相对有限,常作为辅助检测手段。

### 2.4.2 超声回弹综合法

超声回弹综合法结合超声波传播速度与回弹值评估混凝土强度,原理是超声波速度反映混凝土内部密实度,回弹值体现表面硬度,两者结合可减少单一方法的误差。检测时在测区同时测量回弹值与超声波在混凝土中的传播时间,通过校准曲线计算强度。该方法弥补了回弹法仅测表面的局限,能更全面反映混凝土质量,适

用于强度等级C10-C80的混凝土结构检测,尤其适合因表面损伤或碳化严重导致回弹法精度不足的场景。但对操作人员技能要求较高,且受钢筋布置、内部缺陷干扰,需严格遵循检测规范。

#### 2.4.3 钻芯法

钻芯法是直接获取混凝土芯样进行抗压试验的检测方法,通过专用钻机在构件上钻取圆柱体芯样,经切割、磨平后在压力机上测试其抗压强度,结果直观可靠。该方法适用于对强度有争议或重要结构的精准检测,是混凝土强度检测的“基准方法”。其优势在于数据准确性高,能反映混凝土实际强度及内部质量,但若芯样数量不足可能影响代表性,且钻孔会对构件造成局部损伤,需控制钻芯数量与位置,避免影响结构安全,检测后需对孔洞进行修补<sup>[2]</sup>。

### 3 公路试验检测技术的发展趋势

#### 3.1 智能化与自动化趋势

随着人工智能、物联网等技术的渗透,公路试验检测正加速向智能化与自动化转型。传统依赖人工操作的检测环节,如路面平整度测量、材料强度试验等,逐渐被自动化设备取代。例如,搭载激光雷达和高清摄像头的智能检测车,可实时采集路面数据并自动生成病害分析报告,效率较人工提升5-10倍。同时,AI算法能通过历史数据训练,精准识别裂缝、沉降等隐蔽性病害,减少人为判断误差。自动化试验设备的普及,还实现了混凝土抗压强度、沥青针入度等指标的连续测试与数据自动上传,不仅降低了人力成本,更确保了检测过程的标准化与结果的可靠性,为公路工程质量管控提供了高效技术支持。

#### 3.2 无损检测技术持续发展

无损检测技术因无需破坏构件结构、可实现原位检测的优势,成为公路试验检测领域的重点发展方向。超声回弹综合法、电磁感应法、红外热成像技术等不断升级,应用场景持续拓展。在桥梁检测中,超声波检测仪可穿透混凝土层,探测内部空洞或钢筋锈蚀情况;地面三维激光扫描技术能快速获取路基边坡的变形数据,精度达毫米级。近年来,基于微波雷达的无损检测设备逐渐成熟,可穿透路面结构层,识别基层松散、脱空等隐患,且检测速度提升至传统方法的3倍以上。无损检测技术的进步,不仅减少了对交通通行的干扰,还能实现对公路结构全生命周期的健康监测,为预防性养护提供科学依据。

#### 3.3 多技术融合与集成化

单一检测技术的局限性推动了多技术融合与集成化发展,形成“1+1>2”的协同效应。例如,将地质雷达与地震波反射法结合,可同时获取地下管线分布与路基压实度数据,综合判断路基稳定性;无人机遥感技术与红外热成像技术联用,能快速排查桥面铺装层脱空与防水层破损问题。集成化检测平台成为趋势,通过统一的数据接口,将无损检测、力学性能测试、环境监测等设备接入中央控制系统,实现多参数同步采集与综合分析。在高速公路改扩建工程中,这种集成化技术可一次性完成旧路面结构层厚度、强度、病害分布等指标的检测,数据整合效率提升60%以上,为设计方案优化提供全面的数据支撑。

#### 3.4 数据化与信息化管理

公路试验检测正迈入“数据驱动”时代,数据化与信息化管理成为提升检测效率的核心手段。检测数据从纸质记录转向电子存储,通过区块链技术确保数据不可篡改,满足溯源需求。基于BIM(建筑信息模型)的检测信息管理系统,可将试验数据与工程构件模型关联,直观展示不同部位的质量指标,实现“模型-数据-分析”的闭环管理。大数据分析平台能对海量检测数据进行挖掘,识别质量波动规律,例如通过分析不同标段混凝土强度数据,预警配合比设计缺陷。移动端APP的普及让检测人员可现场录入数据并实时上传云端,管理人员通过网页端即可查看检测进度与结果,大幅缩短了报告审批周期,推动公路工程质量管控向精细化、动态化转变<sup>[3]</sup>。

#### 结束语

综上,公路试验检测技术是保障交通工程质量的核心环节。从传统人工操作到智能化设备普及,从单一检测手段到多技术融合,其发展始终与工程需求同频共振。当前,智能化、无损化、集成化与数据化的技术趋势,不仅提升了检测效率与精度,更构建了全生命周期质量管控体系。未来,随着新技术的深度应用,公路试验检测将向更智能、更精准、更高效的方向迈进,为打造安全耐久、绿色智能的现代交通网络提供坚实技术支撑,推动公路工程建设迈向更高质量发展阶段。

#### 参考文献

- [1] 骆耀.公路隧道试验检测技术及应用研究[J].黑龙江交通科技,2020(10):255-257.
- [2] 米春波.公路隧道试验检测技术应用与细节问题研究[J].交通世界,2022(36):98-99.
- [3] 廖雪汝.公路隧道试验检测技术的应用探讨[J].黑龙江交通科技,2021(11):226-228.