

公路工程路基路面施工质量的试验检测方法研究

张 涛

山西煤炭运销集团晋城有限公司 山西 晋城 048000

摘要：本文围绕公路工程路基路面施工质量检测展开研究，分析路基路面结构与质量要求，阐述检测方法分类及基本原理，介绍压实度、地基承载力、平整度等实用检测技术，探讨无损检测技术在路基路面病害识别中的应用，并提出多方法协同检测、新技术与新设备应用、检测流程标准化与智能化等优化创新方向，为公路工程质量控制提供科学依据。

关键词：公路工程；路基路面；施工质量；检测方法；无损检测

引言：公路作为交通基础设施，其质量关乎行车安全与效率。路基路面作为公路核心部分，施工质量检测不可或缺。传统检测方法虽有一定作用，但存在局限性。随着科技发展，新检测技术与设备不断涌现。深入研究公路工程路基路面施工质量试验检测方法，优化创新检测手段，对于提升公路质量、保障交通顺畅具有重要意义，本文将就此展开探讨。

1 路基路面施工质量检测基础

1.1 路基路面结构与质量要求

路基与路面是公路工程中至关重要的组成部分，各自承担着不同的功能，并有着特定的结构组成。路基作为公路的基础支撑结构，主要功能是承受路面传递下来的行车荷载，并将其均匀扩散到地基中，保证公路的稳定性和耐久性。其结构组成通常包括路基填土、路基排水设施以及必要的加固结构等。路面则直接与行车接触，为车辆提供平整、舒适的行驶表面，同时还要具备良好的抗滑性能和耐久性。路面结构一般由面层、基层和底基层等层次构成，不同层次采用不同的材料和施工工艺，以满足不同的功能需求。在路基路面施工过程中，施工质量关键指标是衡量工程是否达到设计要求的重要标准^[1]。压实度是衡量路基填土压实程度的指标，它直接影响到路基的强度和稳定性。只有达到规定的压实度，才能保证路基在行车荷载作用下不发生过大变形。平整度是路面质量的重要指标之一，它关系到行车的舒适性和安全性。平整度不良的路面会导致车辆颠簸，增加行车阻力，甚至可能引发交通事故。强度是路面结构抵抗外力破坏的能力，包括抗压强度、抗弯拉强度等。强度不足的路面在车辆荷载作用下容易出现裂缝、破损等病害，严重影响公路的使用寿命。

1.2 检测方法分类

路基路面施工质量检测方法可以根据检测对象和检

测原理进行分类。按检测对象分类，可将检测方法分为路基检测方法和路面检测方法。路基检测方法主要针对路基填土的压实度、强度等指标进行检测；路面检测方法则侧重于路面面层、基层的平整度、强度、抗滑性能等指标的检测。按检测原理分类，检测方法可分为物理检测、化学检测和无损检测等。物理检测方法主要基于力学、光学等物理原理，如压实度检测中的灌砂法、环刀法等；化学检测方法则通过分析材料的化学成分来评估其质量，如对路基填土中有机质含量的检测；无损检测方法在不破坏被检测对象的前提下，利用声波、电磁波等物理信号来检测其内部质量，如地质雷达检测路基内部缺陷。

1.3 检测方法的基本原理

各类检测方法都有其独特的理论依据与核心逻辑。压实度检测基于密度与体积关系，通过测量路基填土的干密度和最大干密度，计算出压实度，以此评估路基的压实质量。弯沉检测基于弹性力学理论，通过测量路面在荷载作用下的变形量来评估路面的承载能力。弯沉值越大，说明路面的承载能力越差。检测方法与工程质量有着密切的关联性。合理的检测方法能够准确反映工程质量状况，为施工质量控制提供科学依据。例如，通过定期对路基进行压实度检测，可以及时发现压实不足的区域，并采取相应的补救措施，确保路基压实度达到设计要求。对路面平整度进行检测，可以评估路面施工质量，指导施工人员进行调整和修复，提高路面的平整度。强度检测则能够评估路面结构的承载能力，预防路面过早出现裂缝和破损等病害。因此选择合适的检测方法对于保障路基路面施工质量至关重要。

2 路基路面施工质量检测的实用技术

2.1 路基检测技术

2.1.1 压实度检测方法

压实度检测旨在评估路基材料的密实程度，灌砂法与核子密度仪法是常用手段。灌砂法通过标准砂置换试洞内材料测量密度，适用于各类土基尤其是粒径较大的填石路基。该方法检测结果准确性高，能真实反映实际压实状态，是传统可靠的检测方式。但操作流程繁琐，需携带砂筒、量砂等设备，检测效率较低，且对人员操作技能要求高，大规模检测时耗费人力物力较多。核子密度仪法利用放射性元素测定密度与含水量，具有快速便捷的特点，可在短时间内获取压实度数据，适合施工过程中的实时质量控制^[2]。此方法能减少对施工进度的干扰，提升检测效率。但检测精度受材料级配、湿度影响较大，大粒径骨料或级配不均的路基可能导致结果偏差，且使用时需严格遵循辐射防护规定，确保操作人员安全。

2.1.2 地基承载力检测

地基承载力检测是判断路基承载能力的核心环节，动力触探与静力触探技术应用广泛。动力触探通过落锤冲击将探头打入土层，依据贯入度评估承载力。技术实施中需控制落锤重量、落距及贯入深度，保证试验条件一致，同时记录一定深度的锤击数。该方法设备简单、操作方便，适用于浅层地基层初步勘察，但结果受锤击能量传递与土层均匀性影响，存在离散性。静力触探通过机械匀速压入探头测量阻力，测试数据连续、精度高，受人为因素干扰小，适用于软土地基等复杂地层。关键要点是控制探头压入速度在规定范围，准确测量比贯入阻力、锥尖阻力等参数，并结合地区经验或规范转化为承载力指标，为路基设计提供可靠数据。

2.1.3 动态性能检测

动态性能检测是评估路基在动荷载作用下特性的一项关键工作。动态荷载试验作为核心手段，实施过程涵盖准备、加载及数据采集三大环节。试验前，需对场地进行平整处理，确保荷载板与路基表面紧密贴合，合理布置各类传感器。加载过程采用分级递增方式，每级荷载持续作用直至变形稳定，期间同步记录沉降量与应力变化。数据分析阶段，需先对异常数据进行剔除，随后绘制荷载-沉降曲线，计算动弹模量等关键参数，并结合有限元模拟进行结果验证，以此全面评估路基的动态性能与长期稳定性。

2.2 路面检测技术

2.2.1 平整度检测

平整度直接影响行车体验，3m直尺法与连续式平整度仪法对比明显。3m直尺法通过测量直尺与路面间隙评定平整度，操作简单、成本低，适合施工现场日常

检测，能直观发现局部不平整。但检测为离散点，无法反映整体状况，长距离检测效率低下，依赖人员经验判断，结果客观性不足。连续式平整度仪通过传感器连续测量纵断面高程，计算平整度指标，检测速度快、数据连续、精度高，可全面评估路面整体性能。检测时可设定速度与采样间隔，适用于施工验收与养护管理，为质量调整与养护决策提供准确数据。但设备成本较高，需定期校准维护，对检测车行驶状态要求严格。

2.2.2 强度与刚度检测

弯沉检测是评估路面强度刚度的关键，自动化设备提升了检测效能。激光弯沉仪利用激光测距实时测量变形，具有非接触、速度快、精度高的特点，减少对路面损伤；落锤式弯沉仪通过冲击荷载模拟车辆作用，获取动态弯沉盆与分层强度信息^[3]。自动化设备自动采集处理数据，降低人为误差，快速生成报告，结合设计系统可优化路面结构设计，适用于大规模检测与性能预测。

2.2.3 材料性能检测

沥青混合料马歇尔试验的关键参数控制决定试验有效性。沥青用量需严格按设计要求，矿料级配应符合规范以形成良好嵌挤结构，击实功大小直接影响试件密实度，需按规程操作。试验中测量稳定度、流值、空隙率等指标，稳定度体现抗破坏能力，流值反映变形能力，空隙率影响耐久性。需控制试验环境温湿度，避免参数波动，通过优化配合比确保沥青混合料路用性能达标。

2.3 无损检测技术

2.3.1 路基病害识别

探地雷达发射高频电磁脉冲，接收反射信号分析路基内部结构。可清晰显示土层分层、地下水位、裂缝、空洞等病害，检测速度快、分辨率高、图像直观，适用于不均匀沉降、软弱夹层等问题的识别，为病害成因分析提供依据。超声波检测利用声波传播特性，通过速度、振幅等参数判断材料完整性，设备轻便、操作简单、成本低，适用于浅层病害检测，常与探地雷达结合实现全面评估。

2.3.2 路面病害检测

路面雷达针对路面结构层检测，可探测各层厚度、裂缝深度与脱空区域。准确测量裂缝宽度、走向及是否贯穿结构层，定位脱空位置与范围，检测速度快且可不中断交通，适合繁忙路段病害排查。红外热成像技术通过表面温度场差异识别病害，当存在裂缝、脱空或水损害时，温度场异常变化可通过成像仪实时捕捉，具有非接触、范围广、实时预警的优势，能发现早期隐性病害，为养护提供及时信息。

3 检测方法的优化与创新方向

3.1 多方法协同检测策略

在公路工程检测中,单一检测方法往往存在局限性,难以全面反映路基路面的真实质量状况。采用多方法协同检测策略,将物理检测与无损检测有机结合,成为提高检测精度与效率的有效途径。物理检测方法,如灌砂法、环刀法等,能够直接获取路基路面的物理参数,如压实度、密度等,具有直观、准确的特点。然而,物理检测通常需要破坏路面结构,且检测范围有限。无损检测方法,如探地雷达、超声波检测等,则能够在不破坏路面结构的前提下,快速、大面积地获取路面内部信息,如病害位置、缺陷程度等。但无损检测的精度受多种因素影响,如设备性能、操作人员经验等。将物理检测与无损检测相结合,可以充分发挥两者的优势。例如,在路基压实度检测中,可先采用探地雷达进行大面积扫描,初步确定压实度可能不足的区域,再利用灌砂法或环刀法在这些区域进行精确测量。这种“先雷达后钻芯取样”的策略,既提高了检测效率,又保证了检测精度。不同检测数据的融合分析也是多方法协同检测的重要环节。例如,压实度与弯沉值之间存在一定的关联性。压实度不足可能导致路面弯沉值增大,进而影响路面的使用性能。通过融合分析压实度与弯沉值的数据,可以更全面地评估路基路面的质量状况,为后续的养护维修提供科学依据。

3.2 新技术与新设备的应用

随着科技的飞速发展,人工智能与大数据技术在公路工程检测领域展现出巨大的潜力。传统的检测数据分析方法往往依赖于人工判断,存在主观性强、效率低等问题。而人工智能技术,如深度学习、机器学习等,能够自动识别、分析检测数据中的异常特征,实现病害的自动识别与分类。例如,在路面病害检测中,可以利用卷积神经网络(CNN)对路面图像进行训练,使其能够自动识别裂缝、坑槽等病害类型,并评估病害的严重程度^[4]。这种基于人工智能的病害识别方法,不仅提高了检测效率,还减少了人为因素的干扰,使检测结果更加客观、准确。无人机、机器人等新型设备在复杂环境下的应用前景也十分广阔。在公路工程检测中,常常需要面对地形复杂、交通繁忙等困难条件。无人机具有灵活机动、视野开阔的特点,能够快速获取路面图像、地形数

据等信息,为检测人员提供全面的现场资料。机器人则可以在危险或难以到达的区域进行检测,如桥梁底部、隧道内部等,提高检测的安全性及效率。

3.3 检测流程的标准化与智能化

检测流程的规范化建设是确保检测质量的基础。在公路工程检测中,应建立完善的检测流程管理制度,明确检测人员的职责与权限,规范检测设备的操作与维护流程。例如,制定详细的人员培训计划,提高检测人员的专业技能与素质;建立设备校准制度,确保检测设备的准确性与可靠性。智能化检测系统的开发是检测流程优化的重要方向。随着物联网、云计算等技术的不断发展,智能化检测系统能够实现检测数据的实时采集、传输与分析,提高检测的自动化水平。例如,开发自动化弯沉检测车,利用高精度传感器与智能控制系统,实现弯沉值的自动测量与数据处理。这种智能化检测系统不仅提高了检测效率,还减少了人为误差,使检测结果更加稳定、可靠。智能化检测系统还可以与公路工程管理平台进行对接,实现检测数据的共享与应用。通过大数据分析技术,可以对检测数据进行深度挖掘,发现潜在的质量问题与风险点,为公路工程的养护维修提供决策支持。

结束语

公路工程路基路面施工质量试验检测方法研究涵盖多个方面,从基础理论到实用技术,再到优化创新方向,为保障公路工程质量提供了全面指导。通过多方法协同检测、新技术新设备应用以及检测流程标准化智能化等措施,能够有效提高检测精度与效率,及时发现并解决质量问题。未来,应持续关注检测技术发展,不断优化检测方法,为公路工程建设与管理提供更有力的技术支持。

参考文献

- [1]汤秋艳.公路工程路基路面施工质量的试验检测方法研究[J].工程机械与维修,2024,(03):128-130.
- [2]瞿阳.公路工程路基、路面弯沉检测方法的分析和探讨[J].工程与建设,2017,31(03):373-374.
- [3]张国花.公路路基路面的试验检测技术研究与应用[J].时代汽车,2023,(09):196-198.
- [4]刘漫杰.公路桥梁过渡段路基路面施工技术研究[J].未来城市设计与运营,2023(10):77-79.