

无损检测技术在公路工程检测中的应用分析

林果

金华市天平交通工程试验检测咨询有限公司, 浙江 金华 321000

[摘要] 作为我国基础设施的关键部分, 公路的质量对交通安全与效率具有至关重要的影响。传统的检测方法往往会对路面结构造成一定程度的破坏, 因此, 亟需引入更为先进的无损检测技术。该技术已经广泛应用于沥青路面的检测, 能够精确测量路面厚度、车辙、平整度等多个关键指标, 为公路工程的质量保障与优化管理提供了坚实的数据支持。

[关键词] 无损检测技术; 公路工程; 道路检测

DOI: 10.33142/sca.v8i1.15067

中图分类号: U459.2

文献标识码: A

Application Analysis of Non-destructive Testing Technology in Highway Engineering Inspection

LIN Guo

Jinhua Tianping Traffic Engineering Testing and Inspection Consulting Co., Ltd., Jinhua, Zhejiang, 321000, China

Abstract: As a key part of Chinese infrastructure, the quality of highways has a crucial impact on traffic safety and efficiency. Traditional detection methods often cause a certain degree of damage to road structures, therefore, it is urgent to introduce more advanced non-destructive testing technologies. This technology has been widely applied in the detection of asphalt pavement, which can accurately measure multiple key indicators such as pavement thickness, rutting, and smoothness, providing solid data support for the quality assurance and optimization management of highway engineering.

Keywords: non-destructive testing technology; highway engineering; road inspection

引言

随着交通需求的持续增长, 公路工程的质量在很大程度上决定了道路的使用寿命与安全性。尽管传统的检测方法局限性小, 但往往存在检测效率低和破坏性。无损检测技术的出现为公路工程带来了高效且精准的解决方案, 在不破坏路面结构的前提下, 关键数据能够被实时采集, 为道路的建设、维护及管理提供了可靠的科学依据。

1 无损检测技术在公路工程检测中的作用

无损检测技术在公路工程检测中的应用显著提升了检测效率, 确保了施工质量, 并优化了养护管理。通过该技术, 精准数据如路面厚度、平整度、车辙深度等关键指标得以迅速获取, 且在不破坏路面结构的前提下, 提供了科学依据用于工程的施工与验收。与传统检测方式相比, 无损检测不仅缩短了检测周期降低了成本, 还避免了可能对路面造成的损伤, 从而有效延长了路面的使用寿命。由于具备实时监测能力及广泛覆盖范围, 早期损坏的预测与修复已成为可能。尤其在大规模项目中, 其高效性与准确性为公路质量控制提供了强有力的支撑, 且为后续的养护与运营决策提供了宝贵的依据。

2 无损检测技术的分类与特点

2.1 超声波检测技术

超声波检测技术利用高频声波传播的特性来探测材料内部的缺陷, 已在公路工程中得到广泛应用, 尤其在评估沥青路面的结构损伤、裂缝以及层间黏结质量方面。基

本原理为通过传感器发射超声波信号, 当信号遇到不同的材料层或缺陷时会产生反射, 反射信号被接收后, 经过时间、强度与波形变化的分析, 可以判断路面结构的完整性及缺陷位置。这种技术具有非破坏性、高精度及高灵敏度等显著优势, 能够有效测量路面厚度、裂缝长度, 并探测到微小缺陷, 特别是在深层结构的检测中表现尤为突出。超声波检测操作简便, 检测结果可迅速获得, 适合大范围、快速的质量评估, 值得注意的是超声波检测对表面条件较为敏感, 若表面粗糙或存在积水时, 检测准确性可能受到影响。因此, 确保良好的环境条件对于提高其检测效果至关重要。

2.2 探地雷达检测技术

探地雷达 (GPR) 检测技术依托于高频电磁波穿透路面并反射回接收器的原理, 用于探测地下结构。在公路工程中, 探地雷达被广泛应用于评估路面厚度、构造层次以及潜在的缺陷, 通过向路面下方发射电磁波, 波遇到不同介质时会产生反射信号, 这些反射波被雷达接收器接收后, 通过对信号的时间延迟、幅度和波形变化的分析, 能够判断出路面结构的层次及异常位置, 该技术的显著优点在于能够实时、无损地探测路面下的各类结构, 无需进行挖掘或破坏, 这使它在桥梁检测、地下管线调查以及路面层间剥离等领域中具有显著的优势。探地雷达还可以提供较为准确的深度信息, 并且对于复杂结构的适应性较强。但探地雷达的检测精度会受到信号传播速度、土壤类型及设备

分辨率的影响。例如，湿润或黏土层可能会导致信号的衰减，从而影响检测结果的准确性。因此，在实际应用中，需根据具体的地质条件及检测要求，合理选择设备的频率与参数设置。

2.3 红外热成像技术

红外热成像技术通过捕捉物体表面辐射的红外热量来生成图像，从而分析路面或结构的温度分布。在公路工程中，这项技术常被用于识别路面潜在缺陷、结构不均匀性及温度异常。由于不同材料的热传导性差异，或受外部环境因素的影响，路面常常出现温度不均的现象，通过热图像的分析，潜在的裂缝、脱落层、基层不均匀或热损伤等问题得以精确揭示。该技术的主要优势在于其非接触式操作及快速检测能力，能够覆盖较大范围，仅需将红外摄像头对准路面，设备便能实时采集温度数据并生成热图，帮助检测人员迅速识别问题区域。此外，红外热成像技术可在不干扰交通流的情况下进行快速检测，尤其适合在夜间或低能见度环境中进行路面检查。尽管该技术对表面温度变化极为敏感，天气、环境温差及路面表面物质等因素可能会影响检测效果。例如，在温差较小的环境中，一些微小的结构性问题可能难以被发现。因此，结合其他检测手段进行综合评估，有助于提高检测结果的准确性。

2.4 激光扫描技术

激光扫描技术通过测量激光束反射回来的光波时间或强度，精确捕捉物体表面三维信息。在公路工程中，激光扫描被广泛应用于路面几何形态的测量、平整度分析、裂缝检测及其他结构变形的识别，工作原理是利用激光扫描仪快速扫描路面表面获取大量点云数据，从而准确反映路面的三维轮廓、表面缺陷及不均匀性。该技术的突出优势在于高精度、快速性与全面性，与传统方法相比，激光扫描能够在较短的时间内完成大范围区域的扫描，生成密集的点云数据，从而实现精确的测量与分析。尤其在复杂的道路环境中，它能够提供更详细的表面信息，帮助检测微小的结构变形或磨损。此外，激光扫描操作简便，且能够在不干扰交通流的情况下进行，显著提高了工作效率。尽管如此，激光扫描对环境条件具有较高的敏感性，强光、雨雪天气或较高的表面反射率均可能干扰扫描效果。因此，实际应用时，应根据环境特点选择合适的设备与操作时机。

3 无损检测技术在公路中的应用

3.1 厚度检测

厚度检测是无损检测技术在公路工程中不可或缺的一项应用，主要用于测量路面或路基材料的厚度，以确保符合设计规范。在公路建设中，路面材料的厚度对道路的耐用性、承载能力及行车舒适性起着至关重要的作用，准确测定这些厚度显得尤为重要。超声波检测技术是常见的厚度测量方法之一，通过向路面发射超声波信号，信号在不同材料之间传播速度的差异引发反射波的变化，根据反

射波的时间差，检测设备可精确计算出材料的厚度，这种方法具有高精度、非破坏性及广泛的适用范围，特别适合已施工完成的路面检测，避免了对原有结构的破坏。探地雷达（GPR）技术同样是进行厚度检测的有效手段，借助高频电磁波反射原理，GPR能够实时获取路面下层结构的详细信息，并精确测量各层的厚度。与超声波检测相比，GPR在复杂地质条件或多层路面结构中，表现出更强的适应性，能提供更加全面、详尽的数据。

3.2 车辙检测

车辙检测在公路工程中至关重要，主要作用是评估路面的性能与高温稳定性。车辙是由长期交通荷载作用引起的局部沉陷或凹陷现象，若不加以处理，严重时不仅会影响行车安全，还可能加速路面的损坏，通过及时检测车辙的深度与范围，能够有效评估路面承载能力、抗车辙能力，以及是否需要进行修复或重铺。常见的车辙检测方法包括激光扫描技术与高精度车辙深度测量仪的应用，激光扫描技术利用高精度的激光扫描仪捕捉路面表面的三维形态，迅速获取大范围的车辙信息，并生成精确的三维数据，这为工程师分析车辙的分布与形态提供了有力支持。与传统人工测量相比，激光扫描不仅效率更高，还能更加全面地获取车辙数据，特别适合大范围路面检测^[1]。此外，车辙检测还可结合数字影像分析、探地雷达技术等手段，综合考虑路面温度、湿度及交通流量等因素，进一步分析车辙的形成原因与发展趋势，这些技术不仅能够准确评估车辙的现状，还能预测未来潜在的车辙问题，为相关部门提供有力的预防性维护依据。

3.3 平整度检测

平整度检测是评估公路路面质量的重要指标之一，直接关系到驾驶的舒适性与行车安全。路面平整度反映了路面表面的光滑度，任何不均匀的起伏都可能对车辆行驶产生不良影响，甚至带来潜在的安全隐患。因此，确保路面平整度符合设计要求，采用高效且精准的无损检测技术显得尤为重要。目前，激光扫描技术与路面平整度测量仪是常用的检测手段，激光扫描技术通过高精度设备记录路面的纵向与横向形态生成点云数据，进而通过对这些数据的分析，精确识别路面起伏的变化，该技术的优势在于能够在短时间内完成大范围的平整度检测，且无需与路面接触，避免了人工测量可能带来的误差。路面平整度测量仪则通过车载设备在道路上行驶，实时监测路面的不平整情况，测量数据经过分析后能够生成详细的平整度报告，帮助工程师迅速定位问题区域，这些设备通常配备高精度传感器与数据处理系统，确保检测结果的准确性与可靠性。平整度检测不仅能够判断路面是否符合建设标准，还为后续养护工作提供了科学依据。定期进行平整度检测，路面变形的趋势能够及时发现，从而采取有效的修复和加固措施，避免路面进一步损坏。

3.4 弯沉检测

弯沉检测是评估公路路面承载能力与结构健康的关键方法。弯沉现象指路面在车辆荷载作用下发生的垂直变形,通常表现为轻微下沉或弯曲,此类现象在公路使用过程中较为常见,且过大的弯沉会影响行车稳定性,甚至可能带来交通安全风险,通过弯沉检测潜在的路面损坏或结构问题能够及时发现,并采取必要的维护措施。常用的弯沉检测技术包括静载试验与动态载荷试验,静载试验通过弯沉仪在路面上施加一定的静载荷,进而测量路面的沉降量,通过对不同位置的弯沉数据进行对比,路面承载能力是否均匀以及是否存在软弱区能够得出结论。动态载荷试验则通过车辆或专用设备施加动态荷载,模拟交通荷载对路面的影响,真实地反映路面实际的承载状况。随着技术的进步,激光扫描技术与探地雷达已逐渐应用于弯沉检测,激光扫描技术通过非接触式扫描,能够快速获取路面弯沉的精确数据,适用于大范围、长期的弯沉监测^[2]。而探地雷达则通过分析路面下层结构的变化,帮助工程师全面评估弯沉的深度及影响范围。定期开展弯沉检测不仅能够有效监控道路使用情况,还能及时发现潜在问题并进行修复,从而确保道路的长期安全使用。

3.5 构造深度检测

构造深度检测是评估水泥混凝土路面或沥青路面表面构造深度的重要手段,构造深度是指一定面积的路表面凹凸不平的开口孔隙的平均深度,主要用于评定路面表面的宏观粗糙度、排水性能及抗滑性能。路面构造深度直接影响车辆的行驶安全,构造深度越大路面的抗滑性能越好,较大的构造深度可以提供更好的抓地力,减少车辆在行驶过程中的打滑和侧滑现象,从而提高行车的安全性。然而,过大的构造深度也可能导致车辆在行驶过程中产生较大的震动和噪音,影响驾驶体验。常见的构造深度检测方法包括手工铺砂法、电动铺砂仪法,虽然该方法具有较高的精度与适应性,但该方法很大程度上取决于检测人员技术水平,检测效率低,劳动强度大。随着无损检测技术的不断发展,激光扫描技术逐渐成为更加常见的选择,激光扫描技术通过精密的光束扫描,能够快速获取路面形态变化,其输出的测试结果是沿测线断面一定间距长度内的平均深度数据,从而高效地获取路面构造深度。无论选择哪种检测方法,构造深度的监测为路面养护与质量评估提供了重要的数据支持。通过定期检测,路面结构的变化能够及时发现,避免因构造深度不足而引发的高交通事故率,从

而有效提高道路的安全性与耐用性。

3.6 横向力系数检测

横向力系数检测是评估沥青路面与车辆轮胎之间摩擦特性的关键手段,主要用于测量路面在行车过程中的抗滑能力。横向力系数指车辆轮胎与路面之间横向摩擦力与垂直力的比值,直接影响车辆的操控性、稳定性及安全性,尤其在湿滑、冰雪或雨天等不良天气条件下,较低的横向力系数可能导致打滑或侧翻,从而严重危及行车安全^[3]。常见的横向力系数检测方法依赖于专用设备,如横向力测定仪和摩擦测试车等,这些设备能够模拟车辆行驶时与路面的接触情况,在不同的行驶条件下测量摩擦力的变化,进而计算横向力系数,通过在不同路段与不同时间段进行测试,路面的抗滑性与耐久性能能够被全面评估,尤其对于弯道和坡道等特殊路段的检测至关重要。随着技术的不断发展,激光扫描与红外成像等新技术也已被引入横向力系数检测领域,显著提升了数据采集的精确性与测试的非破坏性。无损且实时的检测方式使得路面性能变化得以精准监测,并及时识别路面磨损、油污或水膜等因素对摩擦性能的影响。横向力系数的定期检测不仅有助于交通管理部门识别潜在的安全隐患,还为路面的维护与改进提供了有力的数据支持,通过有效监测,道路维持最佳摩擦性能的确保得以实现,从而保障司机在各种天气条件下的行车稳定性与安全性。

4 结语

无损检测技术在公路工程中的应用日益广泛,尤其在沥青路面检测方面,检测的准确性与效率得到了极大的提升。通过超声波、探地雷达、红外热成像、激光扫描等技术,路面的性能能够被精确评估,潜在问题得以及时发现,从而采取有效的养护措施,减少对路面造成的破坏。随着技术的持续发展,预计无损检测将会被更加广泛地应用于道路建设与养护工作中,从而进一步保障道路的质量与安全,推动公路工程朝着更加高效与智能的方向不断发展。

[参考文献]

- [1] 韩莹. 无损检测技术在公路工程检测中的应用分析[J]. 时代汽车, 2024(5): 195-197.
- [2] 高菊. 无损检测技术在建筑工程检测中的应用分析[J]. 工程与建设, 2022, 36(4): 1031-1032.
- [3] 葛世儒. 地质雷达检测技术在公路工程检测中的应用分析[J]. 运输经理世界, 2022(5): 34-36.

作者简介: 林果(1992.3—), 男, 职称: 工程师, 籍贯: 浙江武义。