

新型试验检测技术在公路桥梁检测中的应用分析

丁波

苏交科集团检测认证有限公司 江苏 南京 211100

摘要：本文分析新型试验检测技术在公路桥梁检测中的应用。概述无损检测、智能检测、动态检测技术；阐述其在桥梁结构完整性、材料性能、动力性能检测及健康监测中的具体应用；指出其提高检测准确性、效率，实现实时监测预警的优势；展望技术融合创新、智能化自动化提升、标准规范完善及人才培养等发展趋势。新型试验检测技术对保障公路桥梁安全意义重大，应加强研发应用与人才培养。

关键词：新型；试验检测技术；公路桥梁检测；应用分析

引言

当下，我国交通事业发展迅猛，公路桥梁建设规模持续扩张。桥梁作为交通网络的核心枢纽，其安全与否关乎交通畅通与民众生命财产安全。传统桥梁检测技术存在检测精度低、效率差、难以全面反映桥梁状况等局限，已无法适配现代检测需求。新型试验检测技术应运而生，它整合前沿科学理念与先进技术，可精准高效检测桥梁性能。深入探究其在公路桥梁检测中的应用，对提升检测水准、保障桥梁安全意义重大。

1 新型试验检测技术概述

1.1 无损检测技术

无损检测技术是在不破坏桥梁结构的前提下，对其内部缺陷、性能参数进行检测的技术。常见的无损检测技术包括超声波检测、雷达检测、光纤传感检测等。超声波检测利用超声波在介质中的传播特性，通过分析反射波、透射波等信号，判断桥梁结构内部是否存在裂缝、空洞等缺陷；雷达检测基于电磁波传播原理，能够快速探测桥梁结构的内部构造和病害分布；光纤传感检测则利用光纤的光学特性，实时监测桥梁结构的应变、温度等物理量变化^[1]。

1.2 智能检测技术

智能检测技术融合了物联网、大数据、人工智能等先进技术，实现了桥梁检测的自动化、智能化。智能检测系统通过在桥梁关键部位部署各类传感器，实时采集结构响应数据，并借助无线通信技术将数据传输至云端进行分析处理。基于大数据和人工智能算法，系统能够自动识别桥梁病害特征、评估结构安全状态，并及时发出预警信息。利用机器视觉技术对桥梁外观进行检测，通过图像识别算法快速定位裂缝、剥落等病害；基于深度学习的结构健康监测系统，能够对桥梁长期监测数据进行分析，预测结构性能退化趋势。

1.3 动态检测技术

动态检测技术主要用于检测桥梁在动荷载作用下的动力性能，包括自振频率、振型、阻尼比等参数。常用的动态检测方法有环境振动法、强迫振动法等。环境振动法利用自然环境激励（如风力、车辆行驶等）引起的桥梁振动响应进行检测，具有无需额外激励源、对桥梁正常运营影响小的优点；强迫振动法则通过人工施加激励力，使桥梁产生特定频率的振动，从而更精确地获取桥梁动力特性参数。动态检测技术能够有效评估桥梁结构的整体刚度、承载能力和工作状态，为桥梁运营管理和维护决策提供重要依据。

2 新型试验检测技术在公路桥梁检测中的具体应用

2.1 桥梁结构完整性检测

桥梁作为交通基础设施的关键组成部分，其结构完整性至关重要，直接关系到桥梁的使用寿命、承载能力以及过往行人与车辆的安全。桥梁结构完整性检测涵盖多个方面，内部缺陷检测与连接部位检测是其中极为关键的环节。在内部缺陷检测方面，无损检测技术是核心手段。超声波检测技术被广泛应用，它能精准地检测混凝土桥梁内部的各种缺陷^[2]。检测时，在桥梁表面合理布置多个检测点，向混凝土内部发射超声波信号，信号在遇到裂缝、空洞等缺陷时会发生反射和衰减。通过专业设备接收并分析这些信号，就能绘制出缺陷的详细图像，清晰呈现缺陷的深度、大小以及具体位置，从而准确评估缺陷的分布情况和严重程度，为后续的维修加固提供科学依据。雷达检测技术同样不可或缺，尤其适用于检测桥梁结构内部的分层、疏松等病害。在检测钢筋混凝土结构时，它能有效评估钢筋的锈蚀情况以及保护层厚度。雷达天线向桥梁结构发射高频电磁波，电磁波在不同介质中传播时会发生反射，反射波携带了结构内部的信息。通过分析这些反射波的特性，就能获取结构

内部的图像信息,实现对病害的快速定位和定量分析,帮助检测人员及时发现潜在的安全隐患。桥梁的连接部位,如桥墩与梁体的连接、伸缩缝等,是结构受力的关键所在,其状态直接影响桥梁整体性能。新型检测技术为连接部位的病害检测提供了有力支持。对于沥青混凝土路面结构完整性检测,地质雷达技术发挥着重要作用。在沥青混凝土路面施工过程中,由于摊铺、碾压等工艺问题,可能会出现压实度不足、层间结合不良等缺陷。地质雷达利用高频电磁波在不同介质中的传播特性,当电磁波遇到路面结构层的界面或缺陷时,会产生反射信号。通过对这些反射信号的处理和分析,检测人员能够清晰了解沥青混凝土路面的结构层厚度、密实度以及层间粘结状态。当路面某区域存在空洞或松散情况时,雷达图像会呈现出明显的异常反射特征,帮助检测人员快速定位问题区域。

2.2 桥梁材料性能检测

桥梁材料性能检测对保障桥梁结构安全与耐久至关重要,混凝土和钢材作为主要建材,其性能检测尤为关键。混凝土是公路桥梁主体结构材料,其性能影响桥梁承载力与寿命。回弹法是常见混凝土强度无损检测手段,通过回弹仪弹击混凝土表面,结合碳化深度等参数计算强度,但存在局限。超声-回弹综合法弥补不足,将超声波传播速度与回弹值结合,能更全面准确评估混凝土强度与内部质量,对内部疏松、孔洞等缺陷更敏锐,为质量评估提供可靠依据。氯离子渗透测试技术也不可或缺,因氯离子会侵蚀钢筋,影响桥梁耐久性。对于钢结构桥梁,钢材性能检测是重点。磁粉检测利用磁粉在钢材表面缺陷处聚集的特性,直观显示表面和近表面裂纹、折叠等缺陷位置与形状。超声波检测则侧重内部缺陷检测,通过调整频率和探头角度,可深入钢材内部,检测不同深度和方向的缺陷。在沥青混凝土路面材料性能检测中,红外热像技术可检测温度离析,通过红外热像仪接收路面红外辐射能量并转化为温度图像,快速识别温度异常区域,还能检测早期病害,实现病害早期预警。

2.3 桥梁结构动力性能检测

对于沥青混凝土路面结构动力性能检测,落锤式弯沉仪(FWD)是常用的设备。FWD通过重锤下落产生的冲击荷载模拟车辆对路面的作用,测量路面在荷载作用下的弯沉盆。通过分析弯沉盆数据,可以计算出路面各结构层的模量,评估路面的承载能力。与传统的静态弯沉检测方法相比,落锤式弯沉仪检测速度快、精度高,能够更真实地反映路面在动态荷载作用下的力学性能。路面加速加载试验(ALF)也是研究沥青混凝土路面动

力性能的重要手段。通过在试验路段上模拟实际交通荷载,以较高的加载频率和轴载对路面进行反复加载,观察路面的变形、损坏情况。该试验可以在较短时间内获得路面在长期交通荷载作用下的性能变化规律,研究不同材料、结构和施工工艺对路面性能的影响,为沥青混凝土路面的设计和养护提供更可靠的依据。

2.4 桥梁结构健康监测

在沥青混凝土路面健康监测方面,基于物联网的传感器网络得到了广泛应用。在沥青混凝土路面内部埋设光纤光栅传感器、应变传感器等,实时监测路面的应变、温度等参数。这些传感器采集的数据通过无线通信模块传输至云端服务器,利用数据分析软件对数据进行处理和分析。当路面出现裂缝扩展、车辙深度增加等病害时,传感器数据会发生明显变化,系统能够及时发出预警信息,提醒养护人员进行处理^[1]。无人机巡检技术也为沥青混凝土路面健康监测提供了新的手段。无人机搭载高清摄像头和红外热像仪,能够快速获取路面的高清图像和温度信息。通过图像处理和分析技术,可识别路面的裂缝、坑槽等病害,并对病害的发展情况进行跟踪监测。

3 新型试验检测技术应用的趋势

3.1 提高检测准确性

新型试验检测技术在桥梁检测领域展现出显著优势,首要体现在检测准确性的大幅提升上。相较于传统检测技术,新型试验检测技术运用了更为先进的原理和技术手段。以无损检测技术为例,它无需对桥梁结构进行破坏性操作,就能深入获取结构内部的缺陷信息。在传统破损检测方法中,为获取结构内部情况往往需要钻孔、开槽等,这不仅会对桥梁结构造成一定损伤,还可能因取样有限导致检测结果不够全面准确。而无损检测技术如超声波检测、雷达检测等,通过发射特定信号并分析其反射、传播特性,能精准定位桥梁内部的裂缝、空洞等缺陷,极大地提高了检测结果的可靠性。智能检测技术同样是提高检测准确性的得力助手。它借助大数据和人工智能算法对海量检测数据进行深度分析处理。这些算法能够自动识别病害特征,从复杂的数据中挖掘出有价值的信息。

3.2 提升检测效率

新型检测技术在提升桥梁检测效率方面成效显著,其快速、高效的特点为桥梁的及时维护与安全保障提供了有力支持。雷达检测技术便是提升效率的典型代表。它能在极短时间内对大面积的桥梁结构进行全面扫描。传统检测方法往往需要逐点、逐区域进行,耗时费力。

而雷达检测凭借其强大的信号发射与接收能力,可快速覆盖桥梁关键部位,迅速获取结构内部的病害信息,如内部空洞、分层等缺陷的位置和大致情况,让检测人员能在第一时间掌握桥梁结构的整体健康状况,大大节省了检测时间。智能检测系统进一步推动了检测效率的提升。该系统实现了数据采集和分析的自动化,能够实时监测桥梁的健康状态。它无需检测人员频繁到现场进行人工检测,减少了人力、物力的投入以及时间成本。通过预设的程序和算法,智能检测系统可自动对采集到的数据进行分析处理,及时发现桥梁的异常状况并发出警报。动态检测技术采用环境振动法等非接触式检测方法,对桥梁正常运营干扰极小。

3.3 实现实时监测与预警

智能检测技术为桥梁检测带来革新,实现实时化与智能化,具备24小时不间断监测能力,有效保障桥梁安全运营。在桥梁关键部位部署传感器是实时监测的基础。这些传感器依据桥梁结构特点和检测需求,被精准安装在桥墩、主梁、伸缩缝等位置。传感器持续工作,实时采集桥梁结构的响应数据,涵盖应力、应变、振动频率、位移等关键参数。采集到的数据通过无线通信技术传输至云端,无线通信技术具备稳定、高效的特点,能确保数据在传输过程中不丢失、不延迟^[4]。数据到达云端后,分析系统立即启动处理流程。云端分析系统运用先进算法和模型,对实时数据进行深度分析。系统将当前数据与历史数据、预设阈值进行比对,判断桥梁结构是否处于正常状态。若发现异常,如应力值超出安全范围、振动频率异常等,系统会迅速发出预警信息。预警信息通过多种方式通知相关管理人员,包括短信、邮件、手机应用推送等。

4 新型试验检测技术的发展趋势

智能检测技术与动态检测技术的融合,能实现对桥梁健康状态的实时动态监测。通过在桥梁关键部位布置智能传感器,结合动态检测技术,可实时获取桥梁在动荷载(如车辆行驶、风荷载等)作用下的结构响应数据,如应变、位移、振动等。利用先进的算法对这些数据进行分析,能精准评估桥梁的健康状态,及时发现潜

在的安全风险,为桥梁的养护决策提供科学依据。随着新材料、新工艺不断涌现,新型检测技术也将持续创新,研发出更高精度、更高效的检测设备和方法,以满足日益复杂的检测需求。物联网、大数据、人工智能等前沿技术将为试验检测技术带来新的变革。智能检测系统借助深度学习算法,对海量的检测数据进行深度挖掘和分析,构建出更精确的桥梁结构健康评估模型,实现对病害的精准识别与预测。自动化检测设备的自主检测能力将进一步增强,能够按照预设程序自动完成检测任务,并实时对检测数据进行处理和分析,减少人工干预,提高检测效率和准确性。远程监控和诊断技术将得到更广泛的应用,检测人员通过互联网即可远程获取桥梁检测数据,实时进行诊断和决策,大幅提升检测效率与管理水平。为保障新型试验检测技术的健康发展,我国将加快完善相关标准和规范体系。制定统一的检测方法、评定标准与质量控制要求,确保不同地区、不同单位的检测结果准确可比。加强标准规范的宣传培训,提高检测人员对标准的认知和执行能力。

结语

新型试验检测技术于公路桥梁检测而言,作用关键且无可替代,全面渗透于结构完整性、材料性能、动力性能检测及健康监测等环节,大幅提升了检测的精准度与效率,达成实时监测预警并削减成本。展望未来,技术融合、智能化自动化升级、标准规范完善以及人才队伍建设等趋势,将助力其进一步发展。我们需积极跟进、深入钻研,优化技术应用,为公路桥梁安全保驾护航,推动交通事业稳步前行。

参考文献

- [1]许海峰.新型试验检测技术在公路桥梁检测中的应用分析[J].运输经理世界,2023(25):116-118.
- [2]李国栋.公路桥梁质量检测中新型试验检测技术的应用分析[J].运输经理世界,2024(4):112-114.
- [3]周艳杰.新型试验检测技术在公路桥梁检测中的应用探微[J].汽车博览,2024(14):190-192.
- [4]王芳.公路桥梁质量检测中新型试验检测技术的运用分析[J].运输经理世界,2024(27):67-69.