

# 既有桥梁承载力检测与评定技术研究

徐莉莉

广东省有色工业建筑质量检测站有限公司 广东 广州 510725

**【摘要】：**城市化进程加速，既有桥梁数量增多，桥梁承载力的检测与评定已成为桥梁安全管理的重要内容。传统的检测技术存在一些局限性，难以全面、精准地评估桥梁的实际承载力。本研究通过分析现有桥梁检测技术，提出了一种新的评定方法，结合现代传感技术和数据分析手段，能够高效、准确地获取桥梁健康状态，并科学评估其承载力。该方法为桥梁的维护和管理提供了新的思路和技术支持，有助于延长桥梁使用寿命，提高交通安全保障能力。

**【关键词】：**桥梁承载力；检测技术；评定方法；健康状态；数据分析

DOI:10.12417/2811-0536.26.08.078

## 引言

基础设施的不断发展，桥梁作为重要的交通枢纽，发挥着不可或缺的作用。随着时间的推移，许多老旧桥梁面临着不同程度的损伤与老化，这给交通安全带来了潜在风险。因此，对桥梁的承载力进行准确评定，及时发现潜在隐患，成为了桥梁工程领域的关键课题。现有的检测方法多样，但各有优缺点，如何结合新技术进行全面评估，已成为亟待解决的问题。为了确保桥梁的长期安全运营，研究并优化桥梁承载力检测与评定技术显得尤为重要。

## 1 既有桥梁承载力评估的重要性

(1) 桥梁安全性与交通保障：桥梁作为城市交通网络的关键组成部分，其安全性直接影响交通畅通和公众安全。随着使用年限的增加，桥梁的承载力可能出现下降，尤其是在高强度交通流量的作用下。桥梁结构的疲劳、磨损及自然环境的影响，使得其承载力逐渐减弱。因此，对桥梁承载力进行定期评估，不仅能防范因结构损坏引发的安全事故，还能有效保障交通运输的稳定与顺畅。对于交通繁忙的城市尤其重要，桥梁承载力评估工作成为日常维护管理中的一项重要任务。

(2) 桥梁老化对承载力的影响：桥梁结构随着时间推移不可避免地会受到物理和化学因素的影响，导致材料老化及疲劳积累，进而影响其承载能力。常见的老化因素包括桥梁表面混凝土的裂缝、钢筋的锈蚀、支座的磨损等，尤其是在气候变化、重载交通及腐蚀性环境的影响下，桥梁的稳定性和安全性会面临极大挑战<sup>[1]</sup>。对于已使用多年的桥梁，定期评估其承载力是确保桥梁结构能承受日益增长的交通负荷的前提，避免因老化导致的突然结构失效。

(3) 现有评估方法的局限性：当前桥梁承载力评

估方法主要包括静载试验、动力试验和有限元分析等。这些方法仍存在一定的局限性。静载试验虽然可以较为直观地评估桥梁在一定负荷下的承载情况，但测试过程繁琐且无法全面反映桥梁的长期使用状态。动力试验则需要桥梁在运营时进行测试，且对于复杂结构的桥梁评估效果较差。有限元分析虽然能够模拟桥梁的多种运行工况，但其准确性依赖于模型的精细度及输入数据的可靠性。现有的评估方法尚难以做到全面、精确地评估所有类型桥梁的承载力。

## 2 桥梁承载力检测技术的现状与发展

(1) 传统检测方法的特点与不足：传统的桥梁承载力检测方法主要包括目视检查、钻芯取样、静载试验等。这些方法具有较为直接和简便的优点，例如目视检查能够迅速发现表面裂缝和明显损伤。目视检查容易漏检隐蔽性损伤，且无法对桥梁的整体承载力提供全面准确的评估。钻芯取样虽然能够获得材料的详细信息，但其局限性在于取样位置的代表性较差，且对桥梁结构的破坏较大。静载试验能够提供直接的承载力数据，但其测试过程复杂且成本较高，对桥梁的使用状况和日常运营产生一定影响。

(2) 现代检测技术的应用前景：科技的发展，现代桥梁检测技术逐渐在实际工程中得到广泛应用。超声波检测、声发射技术、X射线成像、光纤传感技术等先进手段开始替代传统方法。这些新型检测技术能够更加精确、全面地评估桥梁的健康状态，尤其在评估隐蔽性损伤和材料疲劳方面具有独特优势<sup>[2]</sup>。超声波检测通过声波传播特性判断裂缝和腐蚀的深度，而光纤传感技术则能实时监测桥梁的结构变化，提升承载力评估的准确性。现代检测技术的应用能够实现无损检测，减少对桥梁的干扰，且能够进行长期跟踪监测，为桥梁管理者提供数据支持，确保桥梁安全性。

(3) 传感技术在承载力评估中的应用: 传感技术作为桥梁承载力评估的重要手段, 已经逐渐成为主流应用技术之一。通过在桥梁关键部位布设传感器, 可以实时监控桥梁的变形、应力、振动等状态数据。这些传感器能够高频率地获取桥梁的实时运行状态, 结合数据分析模型, 能够准确评估桥梁的承载能力及其变化趋势。基于应变传感器的监测系统可以在桥梁发生微小损伤时提供预警, 避免结构性故障的发生。传感技术的优势在于能够长期、动态地跟踪桥梁的健康状况, 不仅提供实时数据, 还能通过历史数据分析, 预测桥梁可能的健康变化。这种技术的应用, 提升了桥梁评估的时效性和精确性, 也为桥梁维护决策提供了有力的数据支持。

### 3 桥梁健康状态评估的技术难点与挑战

(1) 数据采集与精度问题: 在传统的检测方法中, 数据采集往往依赖人工操作, 这可能导致数据的缺失或误差。现代检测技术虽然能够提供大量的实时数据, 但如何确保传感器设备的长期稳定性和数据的准确性依然是一大挑战。传感器的安装位置、安装角度以及设备本身的误差都可能对数据精度造成影响。尤其在复杂结构的桥梁中, 数据采集过程的局限性使得一些微小的损伤或结构性变化难以被捕捉到, 进而影响健康状态的准确评估。因此, 如何提高数据采集过程的精度、保证设备的长期稳定性, 是当前技术面临的重要问题。

(2) 环境因素对检测结果的影响: 桥梁的健康状态不仅受结构本身的影响, 还受到环境因素的作用。温度、湿度、风力、雨雪等自然环境的变化对检测结果的准确性产生了显著影响。温度的剧烈波动可能导致材料的膨胀和收缩, 从而影响传感器的读数<sup>[3]</sup>。雨水或腐蚀性气候条件则可能加速桥梁材料的老化, 进一步干扰健康状态评估。环境因素的变化常常难以控制和预测, 因此, 检测系统必须具备较强的抗干扰能力, 能够从多种环境因素的影响中提取有价值的数据。如何在复杂多变的环境条件下进行精准检测, 减少外部因素对评估结果的影响, 成为桥梁健康评估技术中的一个重要挑战。

(3) 评估模型的准确性问题: 桥梁健康状态评估不仅依赖于精确的数据采集, 还需要高效的评估模型来分析和处理这些数据。目前, 评估模型的准确性仍是制约桥梁健康状态评估技术发展的瓶颈之一。常见的评估模型包括基于有限元分析的计算模型、神经网络等机器学习模型。这些模型的准确性往往受到多个因素的影响, 如输入数据的质量、模型的假设条件以

及算法本身的局限性。在复杂的桥梁结构中, 由于力学行为的复杂性和不确定性, 现有的模型往往无法完全模拟实际情况。尤其在面对多源、多维度的动态数据时, 如何提高模型的准确性和可靠性, 成为进一步提升桥梁健康评估技术的关键问题。

### 4 优化承载力评定技术的方案设计

(1) 基于数据分析的评定方法: 现代信息技术的飞速发展, 数据分析在桥梁承载力评定中的应用逐渐成为主流手段。基于数据分析的评定方法通过对桥梁健康监测数据进行深入挖掘, 利用统计分析、回归分析等数学模型对桥梁的健康状态进行量化评估。这种方法能够从传感器采集的大量数据中提取有效信息, 全面分析桥梁在不同荷载作用下的响应特征, 进而评估其承载力。通过运用机器学习算法, 能够处理更为复杂的数据模式, 预测桥梁在未来一段时间内的健康状态及承载能力变化。基于时序数据的分析方法, 能够监测桥梁的动态行为, 实时评估结构的变化, 从而对桥梁承载力进行更加精准的评定。数据分析方法具有较强的灵活性, 可以根据不同的桥梁类型、使用环境和负载条件, 定制化地进行承载力评定。这使得数据分析方法在桥梁检测与评定中的应用具有广泛的前景, 能够提供更为精准和全面的承载力评估。

(2) 多源数据融合技术的应用: 桥梁健康状态的评估涉及到大量的多源数据, 包括视觉检测数据、传感器数据、环境监测数据等。这些数据来源不同, 格式各异, 但它们共同反映了桥梁的综合状态。为了从中提取出有价值的信息, 必须进行有效的数据融合。多源数据融合技术通过整合不同类型的数据, 能够提供更加全面、精确的桥梁承载力评定结果。该技术首先对不同来源的数据进行预处理和规范化, 然后利用数学模型或算法进行数据的深度融合<sup>[4]</sup>。通过对不同数据源的比较和交叉验证, 可以有效提高评定结果的准确性和可靠性。结合结构健康监测数据与环境因素数据, 通过多元回归分析或人工智能算法进行综合评估, 不仅可以准确反映桥梁的当前承载能力, 还能预测其在不同环境条件下的承载力变化。此类技术的应用解决了单一数据源无法全面反映桥梁健康状态的问题, 使得桥梁评定更加科学、全面和动态。多源数据融合技术的成功应用, 标志着桥梁健康评估进入了一个更加智能化的时代。

(3) 评定方法的可靠性验证: 任何一种桥梁承载力评定方法的有效性, 都需要经过可靠性验证。为了确保评定方法的科学性和准确性, 必须对评定过程中的数据质量、模型假设、算法及结果进行充分的验证。



需要建立标准化的实验和测试平台,进行对比实验,以检验评定方法在不同情况下的准确性与稳定性。在实际应用中,可以选取已知状态的桥梁作为验证对象,使用该方法进行评定,并与传统评定结果进行对比分析。通过长期的监测数据对评定方法进行反复验证,确保其在各种实际工况下均能提供准确可靠的评估结果。可靠性验证还包括评定方法在不同桥梁类型、不同交通负荷以及不同环境条件下的适应性测试,确保其具有广泛的适用性。随着智能化技术的发展,可以引入人工智能与机器学习算法,对评定模型进行不断优化,提升其自适应能力和预测精度。通过多次验证和修正,建立一套具有高可靠性的桥梁承载力评定方法,为桥梁安全管理提供科学依据。这种系统化、全方位的验证过程将极大提高评定方法的准确性与稳定性,为桥梁的长期安全运营提供保障。

## 5 桥梁承载力评估技术的未来展望

(1) 智能化技术在评估中的应用:智能化技术的不断进步,桥梁承载力评估将迈向更高效、更精准的水平。基于物联网(IoT)和智能传感器的技术正在被广泛应用于桥梁健康监测中。通过将智能传感器与自动化数据处理系统相结合,可以实现实时监控与动态评估。这种系统能够自主采集数据,自动分析桥梁的健康状况,并在发现潜在风险时及时发出警报,显著提高了桥梁管理的智能化水平。集成了机器学习算法的智能评估系统可以根据不同桥梁的特性和使用条件,自主调整评估模型,逐步提升评估结果的准确性和效率。未来,随着人工智能的发展,桥梁评估系统将能够实现更为精准的预测,优化维护方案,从而有效延长桥梁的使用寿命。

(2) 大数据与人工智能的结合:大数据与人工智能技术的结合为桥梁承载力评估带来了革命性变化。大数据技术能够通过海量的传感器数据、环境数据以

及历史检测数据,为评估模型提供更为全面的信息支持。与此同时,人工智能(AI)技术,特别是深度学习和神经网络的应用,能够处理复杂的非线性问题,发现传统方法难以捕捉的潜在规律。通过对大数据进行智能分析,AI系统能够从多维度数据中提取出影响桥梁承载力的关键因素,自动生成高精度的评估报告,并对未来的桥梁健康变化趋势进行预测<sup>[5]</sup>。人工智能还能够实现对各类桥梁健康状态的分类与诊断,辅助决策者制定更加科学的维护计划。大数据与人工智能的结合,不仅提高了评估的精度,还显著提升了评估效率,为桥梁管理提供了智能化支持。

(3) 评估技术的标准化与规范化:为了确保桥梁承载力评估技术的普适性和可靠性,评估方法的标准化和规范化将成为未来发展的重点。随着评估技术的不断更新,制定统一的技术标准和规范显得尤为重要。标准化不仅能为各类桥梁提供统一的评估框架,也能为不同地区和不同环境条件下的桥梁评估提供明确的技术指导。规范化将有助于确保评估数据的采集、处理与分析过程的一致性和透明性,避免因人为操作或设备差异导致的评估结果偏差。标准化和规范化的发展,不仅能提高桥梁承载力评估的普适性,还能推动评估技术在全球范围内的广泛应用。未来,随着行业标准的不断完善,桥梁承载力评估将走向更高效、精准、可操作的新时代。

## 6 结语

桥梁承载力评估技术不断进步,智能化、大数据及人工智能的结合为其带来了更高的精度和效率。随着技术的发展,评估方法将更加科学化、标准化,能够为桥梁管理提供有力支持。未来,基于现代技术的桥梁承载力评估将为保障交通安全、延长桥梁使用寿命提供更加精准的技术手段。

## 参考文献:

- [1] 梁鹏,吕纯万.基于双荷载箱自平衡法的桥梁桩基承载力检测技术[J].黑龙江交通科技,2025,48(4):35-38.
- [2] 伊廷华,郑旭,杨东辉,李宏男.公路桥梁承载能力检测评定技术进展[J].中国公路学报,2025,38(1):129-143.
- [3] 郑旭,伊廷华,杨东辉,李宏男,周宇.中小跨径桥梁承载能力快速检测与虚拟评定方法研究[J].工程力学,2025,42(4):69-77.
- [4] 陈永雷.既有桥梁承载能力评定方法和检测结果[J].工程建设与设计,2025(4):67-69.
- [5] 程沙沙.既有旧楼改造承载力检测及加固评定技术研究[J].科学技术创新,2023(21):132-136.