

基于公路桥梁结构响应的车辆荷载识别方法分析

朱学坤
江西南昌 330000

摘要：本文以基于公路桥梁结构响应的车辆荷载识别方法为研究对象，旨在提出一种有效的车辆荷载识别方法，以提高桥梁结构的安全性和可靠性，本研究为公路桥梁结构的健康监测和智能化养护提供了实用的方法和参考。

关键词：公路桥梁；车辆荷载；识别方法

引言：

公路桥梁作为重要的交通基础设施之一，承载着大量车辆的通行和货物的运输。然而，由于车辆荷载的复杂性和多变性，以及桥梁结构的长期使用和老化，导致桥梁容易出现超载和结构损伤的问题。因此，准确识别和监测车辆荷载对于保障桥梁结构的安全性和可靠性具有重要意义。

一、公路桥梁结构响应的车辆荷载识别的意义

1. 提高桥梁结构的安全性和可靠性

准确识别车辆荷载可以帮助工程师更好地评估桥梁结构的承载能力和健康状况，及时发现结构的超载和损伤情况，进而采取相应的修复和加固措施，提高桥梁的安全性和可靠性^[1]。

2. 评估和优化桥梁设计和养护方案

通过车辆荷载识别，可以对现有桥梁结构的实际工作状态进行准确的评估。这有助于工程师对桥梁的设计和养护方案进行优化，使其能够更好地适应实际工况，延长使用寿命，减少维修和养护成本。

3. 为桥梁重载管理提供科学依据

公路桥梁通常会面对不同类型和重量的车辆，通过车辆荷载识别，可以获取不同车辆类型和荷载水平的数据，为桥梁的重载管理提供科学依据。这有助于制定合理的限重政策，预防桥梁的超载破坏，提高公路运输的安全性和效率。中国的公路桥涵通用设计规范（JTG D60-2015）规定汽车荷载分为集中荷载与均布荷载，公路-I级均布荷载标准值 $q_k=10.5\text{kN/m}$ ，集中荷载标准值 P_k 如表1所示：

表1 公路桥涵通用设计规范汽车荷载值

计算跨径 L_0 (m)	$L_0 \leq 5$	$5 < L_0 < 50$	$L_0 \geq 50$
P_k (kN)	270	$2(L_0+130)$	360

二、基于公路桥梁结构响应的车辆荷载识别存在的挑战

1. 复杂的交通场景

公路交通场景中车辆的类型、速度、载重和行驶状态等因素都可能影响桥梁结构的响应特征，增加了车辆荷载识别的难度和复杂性。

2. 桥梁结构的动态特性难以捕捉

桥梁结构的动态特性与其自身的材料、结构、支承方式等有关，而其振动模式和频率分布特征也会随着车辆荷载的变化而发生相应变化，这种非线性和时变的响应特征较难精确捕捉和分析。

3. 数据量和数据质量难以保证

车辆荷载识别需要大量的数据样本来支持模型的训练和优化，但数据样本的采集和处理成本较高，标注过程中的影响因素也难以完全排除，导致数据量和质量的保证较为困难。

三、公路桥梁结构响应的车辆荷载识别方法

1. 基于传感器技术的桥梁结构响应监测方法

基于传感器技术的桥梁结构响应监测方法是目前常用且有效的方法之一。该方法通过安装传感器设备在桥梁上，实时获取车辆荷载的相关数据，以及桥梁结构的响应情况，从而对桥梁结构进行监测和分析。通过在桥梁上部或下部安装传感器，可以实时获取车辆荷载的信

息,如荷载大小、作用位置和荷载时程等。常用的传感器包括压力传感器、位移传感器、应变传感器和加速度传感器等。这些传感器可以精确测量结构的响应参数,如应变、位移和加速度等。基于传感器技术的桥梁结构响应监测方法主要包括以下几个步骤:首先,选择合适的传感器类型和布置位置。根据桥梁结构的特点和监测需求,确定安装传感器的位置和数量。通常,需要按照横向和纵向布置传感器,以获取全面的荷载和响应数据。其次,进行传感器设备的安装和调试。确保传感器设备的准确性和稳定性,安装前要对传感器进行校准和测试。根据实际情况,选择合适的安装方式和固定方法,确保传感器设备的可靠性。第三,进行数据采集和记录。安装好传感器设备后,启动数据采集系统,实时记录和存储车辆荷载和桥梁结构响应的数据。通过数据采集系统,可以对采集的数据进行处理和分析,得到相应的结果。最后,进行数据分析和评估。通过对采集的数据进行分析,可以得到桥梁结构的响应情况,如应变分布、位移响应和加速度响应等。基于得到的响应数据,可以评估桥梁结构的安全性和可靠性,提供科学依据和参考建议[2]。

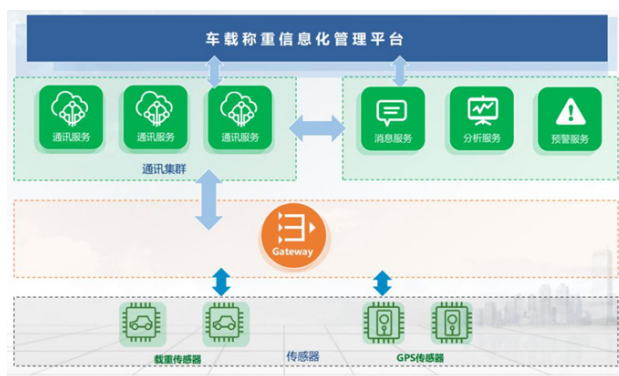


图1 基于传感器的车辆荷载管理平台

2. 基于影像处理技术的车辆荷载获取方法

基于影像处理技术旨在通过利用监控摄像头或其他影像设备捕捉到的实时道路交通图像,来获取公路桥梁结构的车辆荷载信息。这种方法的优势在于可以实现非接触式、连续性的车辆荷载监测,具有较高的可行性和实用性。为了准确获取车辆荷载信息,基于影像处理技术的方法需要经历以下几个主要步骤:首先,图像采集。在桥梁所在位置设置监控摄像头或其他影像设备,以获取实时道路交通图像。这些设备应该具备较高的分辨率

和帧率,以确保捕捉到的图像清晰、准确。其次,图像预处理。由于实际道路交通图像中可能存在噪声、模糊或光照等问题,需要进行图像预处理来提升图像质量。这包括图像去噪、图像增强、图像分割等步骤,以便更好地提取车辆信息。第三,车辆检测与跟踪。通过基于影像处理的车辆检测和跟踪算法,可以从预处理后的图像中提取出车辆的位置、大小和形状等相关信息,并实现对车辆的跟踪,以获取车辆的轨迹数据。第四,车辆参数提取。通过分析车辆在图像中的像素值和实际尺寸之间的关系,可以估计出车辆的实际大小,并结合车辆的运动速度和加速度等参数,计算出车辆的荷载信息,如车辆总质量、车辆轴载等。最后,数据处理与分析。将获取到的车辆荷载信息进行数据处理和分析,可以得出公路桥梁在不同时间段和不同位置的车辆荷载特征,帮助工程师进行桥梁结构设计和评估,以确保桥梁的安全性和可靠性。需要注意的是,基于影像处理技术的车辆荷载获取方法在实际应用中仍面临一些挑战和限制。例如,复杂的交通场景、光照条件不佳、车辆遮挡等因素可能影响车辆检测和参数提取的准确性。

3. 时频分析方法在车辆荷载识别中的应用

时频分析是一种把信号在时间和频率两个维度上进行分析的方法,可以有效地提取出车辆荷载信号中的时域和频域特征,从而实现对车辆荷载的识别和评估。首先,时频分析方法可以提供车辆荷载信号在时间维度上的动态演化过程。通过应用时频分析方法,如短时傅里叶变换(STFT)、小波变换(WT)等,可以得到车辆荷载信号在不同时间段内的频率成分和强度变化情况。这些时频信息可以反映车辆荷载的变化频率、周期和幅度等特征,为后续的荷载识别和评估提供重要线索。其次,时频分析方法可以实现车辆荷载信号在频域上的分析。通过对车辆荷载信号进行频谱分析,可以得到信号在不同频率上的能量分布情况。这些频域特征可以反映不同频率范围内车辆荷载信号的强度和特征,比如低频成分对应着缓慢变化的静态荷载,高频成分则对应着快速变化的动态荷载。通过分析频谱特征,可以识别不同类型和大小的车辆荷载。第三,时频分析方法还可以结合机器学习和模式识别算法,提高车辆荷载识别的准确性和稳定性。通过训练模型,可以从大量的车辆荷载信号样本中学习到不同类型荷载的时频特征模式,并将其应用于实时的荷载识别问题中。这种方法能够更加精确地识别和分类不同类型和重量范围的车辆荷载[3]。

结束语

本研究基于公路桥梁结构响应的车辆荷载识别方法，通过基于传感器技术的桥梁结构响应监测，影像处理技术和时频分析等方法，实现了对车辆荷载的准确识别，所提出的方法具有较高的识别精度和可靠性，能够有效提高桥梁结构的安全性和可靠性。本研究为公路桥梁结构响应的车辆荷载识别方法的发展和应用提供了有益的探索和实践，对于提高桥梁的安全性和可靠性具有重要意义。

参考文献

- [1] 李航, 邬晓光, 张彦飞等. 重载交通路段公路车辆荷载模型及其效应研究 [J]. 建筑结构, 2023, 53 (S1): 900-905.
- [2] 罗汉勇, 孟靖凯, 韩春华等. 高速公路桥梁多车辆荷载模型与识别仿真 [J]. 计算机仿真, 2022, 39 (10): 143-147.
- [3] 路璐. 公路桥梁设计荷载及其组合形式研究 [J]. 黑龙江交通科技, 2021, 44 (10): 70-71.

作者简介：朱学坤（1982年8月），男，汉族，研究生学历，副教授 / 高级工程师，主要从事路桥工程教学与研究工作。