

城市道路桥梁交通荷载影响分析与优化设计

陈宜炫

摘要: 随着城市交通的不断发展,城市道路桥梁所承受的交通荷载日益复杂。本文深入分析了交通荷载的组成与特性,探讨了其对城市道路桥梁承载能力、结构变形和耐久性的影响。在此基础上,提出了采用高性能材料、改进截面形式和优化支座条件等优化设计策略,旨在提高城市道路桥梁应对交通荷载的能力,保障桥梁的安全与耐久性,为城市道路桥梁的设计与建设提供理论支持和实践参考。

关键词: 城市道路桥梁; 交通荷载; 影响分析; 优化设计

引言

城市道路桥梁是城市交通系统中非常重要的一个部分,它承载了非常大的交通流量。伴随着城市化进程加快,交通需求越来越大,城市道路桥梁承受着越来越复杂而又严重的交通荷载。交通荷载大小,分布及作用方式对于桥梁结构性能及使用寿命起着决定性作用。所以深入分析城市道路桥梁在交通荷载作用下的受力情况,提出相关优化设计策略对确保桥梁安全运行和提升其耐久性有一定实际意义。

一、交通荷载的组成与特性

(一) 交通荷载的来源与分类

交通荷载是指桥梁结构在使用过程中受到的各种车辆、行人、风力等引起的外力。根据荷载性质和作用方式,交通荷载可分为静态荷载和动态荷载两种类型。

(1) 静态荷载: 主要包括桥梁自重、固定设备重量以及长期停驻的车辆重量。桥梁自重随着桥梁跨度和结构形式的变化而变化,固定设备重量如桥面铺装、护栏、照明设备等相对稳定。长期停驻的车辆重量则取决于车辆的类型和停放位置。

(2) 动态荷载: 主要指行驶中的车辆产生的冲击力、振动以及空气动力学效应。常见的动态荷载包括汽车荷载(图1)、轨道交通荷载等。汽车荷载通常采用均匀分布荷载或集中荷载的形式,其大小取决于车辆的重量、轴距和轮荷。轨道交通荷载是指地铁、轻轨等轨道交通工具引起的荷载,具有重复性和规律性的特点。

(二) 交通荷载的动态变化特性

交通荷载具有明显的动态变化特性,主要体现在以下几个方面:

(1) 随机性: 交通流量、车辆类型和行驶速度等因

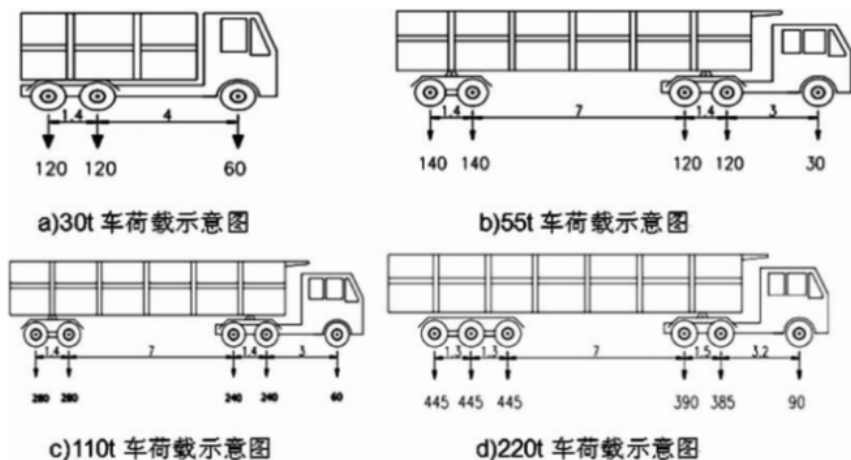


图1 汽车荷载示意

作者简介: 陈宜炫(1996.10——)男,汉族,本科学历,助理工程师,主要从事交通运输工程方面的研究工作。

素具有随机性，导致交通荷载的大小和分布也具有随机性。例如，在不同的时间段和路段，交通流量可能会有很大的差异，车辆的类型也各不相同，这些都会影响交通荷载的大小和分布。

(2) 重复性：在桥梁的使用过程中，交通荷载会反复作用于桥梁结构。长期的反复加载会导致桥梁结构产生疲劳损伤，降低桥梁的耐久性。例如，汽车在桥梁上行驶时，车轮与桥面的接触会产生反复的冲击力，这种冲击力会使桥梁结构内部产生循环应力，从而导致疲劳损伤。

(3) 冲击性：行驶中的车辆在加速、减速、制动等过程中会产生冲击力，这种冲击力会对桥梁结构造成瞬间的高强度加载。例如，当一辆货车高速通过桥梁时，其产生的冲击力可能会远远超过桥梁的设计荷载，对桥梁结构造成严重的破坏。

二、交通荷载对城市道路桥梁的影响分析

(一) 对桥梁承载能力的影响

在交通荷载作用下，桥梁的承载能力受到复杂而显著的影响。短期超载的危害性较大，超载车辆对设计标准瞬时造成了较大压力，特别是中、小型桥梁冗余度受限，极端载荷作用下脆弱性凸显，会造成梁体裂缝，桥墩偏斜等局部结构破坏。长期荷载累积同样不可忽视，连续荷载作用使得桥梁发生累积变形从而影响桥梁的长期稳定性及承载能力。长期的交通荷载作用使得桥梁结构内部的应力状态发生了变化，使得结构的强度与刚度逐步减小。例如，长时间的汽车荷载使梁产生下挠变形并随着时间的推移而加剧，最后影响到承载能力。另外，交通流量，车辆类型及行驶速度等因素的随机性导致荷载的大小及分布随机改变，这进一步加剧了桥梁承载能力不确定的程度，给桥梁安全带来了潜在的威胁。

(二) 对桥梁结构变形的影响

桥梁结构在交通荷载作用下所发生的变形涵盖了弹性及塑性变形两个方面，深刻影响着桥梁的使用性能及安全性。桥梁自重等静态荷载以及长时间停在桥梁上车辆重量等因素使得桥梁发生缓慢而逐渐的静态变形。桥梁梁体受自重的作用会发生一定的挠度，并且只要是处于设计容许的范围之内，该变形对于桥梁的影响是比较小的。但动态荷载所造成的作用更显著，运行车辆所引起的冲击力与振动使得桥梁发生了幅度更大、频率更高的动态变形。高速行驶中的车辆在桥梁上行驶时会引起剧烈的震动，造成桥梁结构连接部位出现松动和混凝土出现裂缝。而交通荷载具有随机性，使车辆在行驶速度，

载重不同时，引起的动态变形是不一样的。同时长期动态变形积累可能导致桥梁结构弹性变形发展为塑性变形并引起永久变形而严重影响其正常使用及安全性能。

(三) 对桥梁耐久性的影响

交通荷载作用下桥梁结构产生的变形，涵盖弹性与塑性变形，对桥梁使用性能和安全性影响深远。静态荷载如桥梁自重和长期停驻车辆重量，使桥梁产生缓慢、渐进的静态变形。桥梁梁体在自重作用下会产生一定挠度，只要在设计允许范围内，这种变形对桥梁影响相对较小。而动态荷载带来的影响更为显著，行驶中的车辆产生的冲击力和振动，使桥梁出现幅度和频率较大的动态变形。当高速行驶的汽车通过桥梁时，会引发强烈振动，导致桥梁结构连接部位松动、混凝土开裂等问题。而且交通荷载的随机性，使得车辆行驶速度、载重不同，产生的动态变形也不尽相同。同时，长期的动态变形累积，可能使桥梁结构的弹性变形向塑性变形发展，造成永久变形，严重影响桥梁的正常使用和安全性能。

三、城市道路桥梁的优化设计策略

(一) 采用高性能材料

采用高性能材料是提升城市道路桥梁性能与耐久性的关键途径。高性能结构材料以高强度、高韧性、耐高温、耐磨损及抗腐蚀为特征，能在极端环境下保持稳定性能，为桥梁应对复杂交通荷载提供坚实基础。金属基复合材料由金属基体和碳纤维、玻璃纤维等增强相组成，具备高强度、高刚度、优异耐腐蚀性和耐磨性，可显著提高桥梁承载能力与抗疲劳性能。聚合物基复合材料以聚酰亚胺、聚醚醚酮等为基体，搭配玻璃纤维、碳纤维等增强相，具有轻质、高强度、良好加工性能和成本效益等优势，有助于减轻桥梁自重，实现轻量化设计，降低能源消耗并提升设备性能。形状记忆合金如Ti-Ni合金、Cu-Zn-Al合金等，在一定温度范围内有可逆形状记忆效应，具备优异力学性能和可塑性，可用于桥梁特殊部位，增强结构稳定性与适应性。此外，像碳化硼聚乙烯板这类材料，结合了碳化硼高硬度和聚乙烯低密度的特点，有高硬度、轻量化和优良化学稳定性，能有效抵御机械冲击和划伤，适用于恶劣环境，可增强桥梁的防护性能和耐久性。

(二) 改进截面形式

改进截面形式是提升城市道路桥梁性能的重要手段。合理的截面形式能显著提高桥梁的结构性能与承载能力。不同的截面形式在抵抗交通荷载方面各有优势。

箱形截面拥有良好的抗弯和抗扭性能，可有效抵御交通荷载引发的弯曲和扭转作用。其封闭性良好，能减少水分和腐蚀介质的侵入，增强桥梁耐久性。像在城市高架桥这类结构中，箱形截面可使桥梁结构更稳定，减少振动和变形，保障桥梁在复杂交通环境下的安全运行。

空腹式截面能减轻桥梁自重，提高跨越能力。其内部空间可用于布置管道、电缆等设施，提升桥梁空间利用率。在一些人行天桥的设计中，采用空腹式截面能让桥梁更显轻盈美观，同时方便设施布置，满足城市功能需求。

此外，在框架结构中，截面形式的改进还体现在焊接工艺优化上。通过提高焊接质量和效率，进一步增强连接稳固性，这种改进型完全焊接方式对提升整体结构的稳定性和承载能力意义重大。

在实际设计中，需依据桥梁的具体用途、跨度、所处环境等因素，综合考量选择合适的截面形式，以充分发挥不同截面形式的优势，实现桥梁性能的最大化提升，确保桥梁在长期使用中安全可靠地服务于城市交通。

（三）优化支座条件

优化支座条件对提升城市道路桥梁性能至关重要，涉及多方面的考量。从设计目标与约束来看，要综合考虑成本、强度、刚度、变形、稳定性和工艺等因素。在满足承载要求的前提下，实现支座的轻量化和紧凑化，减小其重量和外形尺寸，节省材料并降低运输安装成本，同时满足桥梁空间限制。还要最大化其转动和位移能力，均匀应力/应变分布，改善应力集中，延长疲劳寿命。

选择合适的支座类型也不容忽视。依据桥梁的结构形式、跨度、荷载等因素，常见的橡胶支座、钢支座、盆式支座等各有优势。橡胶支座弹性和减震性能好，能减少交通荷载冲击力；钢支座承载能力和稳定性高，适用于大跨度桥梁；盆式支座结合二者优点，适应性和耐久性佳。

优化支座布置同样关键。合理的布置能让桥梁结构受力更均匀，减少局部应力集中。在连续梁桥中，多支座布置可使梁体受力均匀，减少变形和裂缝。此外，还

需考虑支座在不同环境条件下的性能变化，如温度、湿度等，设计要具有灵活性，以适应未来技术发展和规范更新。同时，遵循节能减排原则，采用环保和可回收材料，降低能耗，减少对环境的影响。还要确保支座具有良好的弹性变形能力和恢复性，其变形性能与桥梁结构相匹配，通过试验检测保证满足设计要求。并且选用耐腐蚀、耐磨耗材料，保证长期稳定工作，降低维护成本。

结论

综上，城市道路桥梁在复杂交通荷载作用下面临诸多挑战，深入分析交通荷载影响并实施优化设计意义重大。交通荷载具有随机性、重复性和冲击性等动态变化特性，对桥梁承载能力、结构变形和耐久性产生显著影响。短期超载和长期荷载累积会降低桥梁承载能力，动态荷载引发的变形会影响桥梁使用性能，疲劳损伤和腐蚀则会削弱桥梁耐久性。

采用高性能材料、改进截面形式和优化支座条件等优化设计策略，能有效提升桥梁应对交通荷载的能力。高性能材料可增强桥梁强度与耐久性，合理的截面形式能提高结构性能，优化的支座条件可使桥梁受力更均匀。未来应持续加强对交通荷载的研究，完善设计理论与方法，加强监测与维护，确保桥梁安全运营，为城市交通发展提供坚实保障。

参考文献

- [1] 秦岭. 道路桥梁裂缝产生的设计与施工因素分析及对策[J]. 安家, 2023(1): 0178-0180.
- [2] 刘为俊. 公路桥梁设计中荷载及关键技术[J]. 交通世界, 2023(4): 180-182.
- [3] 韩松. 沥青路面施工病害成因及质量优化方法分析[J]. 智能城市应用, 2023, 6(10): 24-26.
- [4] 胡洁, 孔威, 付大国. 全寿命周期的公路桥梁耐久性设计与技术[J]. 新潮电子, 2024(9): 169-171.
- [5] 马玉鸿. 山区高墩大跨连续刚构桥抗风与施工控制研究[D]. 山东交通学院, 2023.