

Research on the Effectiveness of Vibration and Noise Reduction Measures in Urban Rail Transit

Yuxi Guo Yunxiao Nie

Shandong Environmental Protection Research and Design Institute Co., Ltd., Jinan, Shandong, 250109, China

Abstract

With the rapid development of urban rail transit, the problem of vibration and noise has gradually become prominent. Studying the effectiveness of vibration and noise reduction measures in urban rail transit is not only an urgent need to improve the quality of life of residents, but also the key to ensuring sustainable environmental development. This paper systematically analyzes the application status and effect of the existing vibration and noise reduction technology, evaluates its performance in actual operation, and puts forward optimization suggestions for different environments. In-depth research and innovation and optimization of existing technologies is not only an effective way to alleviate this problem, but also the key to laying the foundation for future urban development. The results show that the refined design and multi-dimensional optimization of vibration and noise reduction measures can effectively improve the overall comfort of the rail transit system and achieve the goal of taking into account efficiency and environmental protection.

Keywords

urban rail transit; vibration and noise reduction measures; effectiveness

城市轨道交通减振降噪措施有效性研究

郭宇曦 聂云晓

山东省环境保护科学研究设计院有限公司, 中国·山东 济南 250109

摘要

随着城市轨道交通的迅猛发展, 振动与噪声问题逐渐凸显。研究城市轨道交通减振降噪措施的有效性, 不仅是改善居民生活质量的迫切需求, 也是保障环境可持续发展的关键。论文通过系统分析现有减振降噪技术的应用现状和效果, 评估其在实际运行中的表现, 并提出针对不同环境的优化建议。对现有技术进行深入研究和创新优化, 不仅是缓解这一问题的有效途径, 更是为未来城市发展奠定基础的关键。研究表明, 减振降噪措施的精细化设计和多维度优化, 能够有效提升轨道交通系统的整体舒适度, 达到兼顾效率与环保的目标。

关键词

城市轨道交通; 减振降噪措施; 有效性

1 引言

在现代城市生活中, 轨道交通成为高效出行的重要选择, 然而, 它所带来的振动和噪声问题, 往往与便捷的出行体验相对立。居住在轨道交通沿线的居民常常深受振动和噪声困扰, 这不仅影响了他们的日常生活, 还对城市环境产生了不小的负面影响。尽管已有多种减振降噪措施得到了应用, 但实际效果因地制宜, 差异显著。城市轨道交通减振降噪的挑战在于, 如何在保证交通效率的前提下, 找到适应性强、效果明显的技术方案。

2 城市轨道交通减振降噪的背景与现状

城市轨道交通的迅速发展无疑提升了人们的出行效率, 也促进了城市的空间延展与经济发展。然而, 随之而来的振动与噪声问题, 却成为现代城市难以回避的痛点之一。轨道交通的便利带来了频繁的交通流动, 但每一列车的疾驰, 都伴随着无法忽视的噪声和震动, 侵蚀着居民的日常生活质量, 也对城市的整体生态构成了持续的威胁。我们可以看到, 城市轨道交通的振动和噪声问题, 早已不再仅仅是技术层面的挑战, 而是关系到人们生活环境舒适度以及城市发展可持续性的重要课题。

2.1 城市轨道交通振动与噪声的来源

理解噪声与振动的来源, 首先要深入探讨轨道交通的运行机理。轨道与列车间的摩擦是振动的直接来源, 而列车与轨道之间的碰撞、车轮与钢轨的磨合则产生了大部分的噪

【作者简介】郭宇曦 (1990-), 女, 中国黑龙江哈尔滨人, 硕士, 工程师, 从事环境影响评价研究。

声。轨道系统本身的结构、轨道周边的地质条件、列车的重量与速度等因素，都会在不同程度上加剧噪声和振动问题。而这些看似机械层面的互动，却往往因为重复性和持续性，放大了其影响的广泛性与长期性。这种情况在人口密集的城市显得尤为突出，每一次列车的通过都会扰乱沿线居民的生活节奏，甚至长久地改变周边生态环境的自然声场和结构稳定性^[1]。

2.2 振动与噪声对城市环境的影响

振动和噪声的叠加效应，不仅仅是对居民的耳朵带来刺耳的音波冲击，它对建筑物、道路、地下管网等城市基础设施也有潜在的破坏性。振动会逐渐削弱建筑物的结构稳定性，增加建筑物的维护和修缮成本。而长期暴露在噪声环境中的人群，心理压力增加，生活质量下降，甚至出现慢性健康问题，如失眠、焦虑和心血管疾病。轨道交通沿线的振动与噪声问题已经不仅仅是生活舒适度的考量，还是对整个城市环境耐久性、可持续性构成的实质威胁。轨道交通振动和噪声问题所带来的影响，远比我们最初想象的更为广泛和复杂。

2.3 减振降噪措施研究的必要性

正因为振动和噪声的多重影响，研究并应用有效的减振降噪措施，已成为城市交通工程领域亟需攻克的难题。面对城市轨道交通的快速扩张，我们不能简单地将技术问题局限于单一方面，而需要从综合性的角度出发，既要保持轨道交通的运力和高效性，也要减少其对城市生活和环境的负面影响。轨道结构优化、车辆设计改进、材料的应用创新，这些都是应对振动和噪声问题的必要技术方向。同时，不同城市的地理环境、人口密度、交通需求各不相同，因此减振降噪措施需要具备灵活性和针对性，不能一概而论。在减振降噪技术的研究和应用过程中，科学合理的设计和多方面的综合考量，是解决问题的关键。面对振动和噪声的挑战，我们迫切需要新一代的技术和思维方式，为城市居民创造更加和谐的生活环境^[2]。

3 常见的城市轨道交通减振降噪措施

城市轨道交通系统在提供便捷出行的同时，面临着振动和噪声问题的挑战。为了改善这一情况，各种减振降噪措施逐渐被提出和应用。通过深入探讨这些措施的具体内容与应用效果，可以更清晰地理解如何在繁忙的城市中寻求宁静。

3.1 轨道结构减振技术

轨道结构的设计与施工在减振方面起着至关重要的作用。采用弹性轨道床是一个有效的方式，这种设计通过弹性材料吸收列车运行时产生的振动，降低了振动的传播到周边环境的可能性。常见的轨道床材料包括橡胶垫和聚合物复合材料，它们能够在列车通过时产生有效的阻尼效果，减少振动幅度。此外，改良轨道几何形状也能显著降低振动影响。

通过精确的轨道对准和坡度调整，可以减少列车在运行过程中的不平衡现象，从而减少振动的产生。轨道的选材和设计在实际运行中展现出重要的有效性，成为减振工作的基础。

3.2 隔声屏障与吸声材料的应用

除了轨道结构外，隔声屏障的使用同样不可或缺。这些屏障通常被设置在轨道交通与居民区之间，以阻挡和吸收噪声传播。隔声屏障的高度、材料和位置都需要经过精心设计，以最大化其隔音效果。采用吸声材料作为屏障的表面处理能够进一步提升降噪效果，这些材料的选择不仅影响屏障的整体效果，也影响到其与周边环境的和谐性。除了传统的混凝土和金属材料，现代技术的应用使得植物墙和声学板等新型材料逐渐被引入，这种设计不仅能够降噪，同时还提升了城市美观度。在一些城市，隔声屏障的设立已经成为城市绿化与交通设施的一部分，为居民创造了更舒适的生活环境^[3]。

3.3 车辆降噪技术

车辆本身的设计也在降噪措施中发挥着重要作用。现代列车的设计越来越注重空气动力学，通过优化车体形状，减少风噪声的产生。同时，先进的材料技术为列车提供了更好的噪音控制。例如，使用轻质材料和吸声材料制造车厢，可以降低内部噪声水平。此外，动力系统的优化也是一项重要的降噪技术。电动列车的普及使得列车在行驶过程中产生的机械噪声显著降低，这种转变不仅提升了乘坐舒适度，也减少了对周边环境的影响。在车辆运行过程中，定期的维护和检修也至关重要，确保机件处于最佳状态，避免因老化或磨损产生额外噪声。

通过以上几种措施的综合应用，城市轨道交通的减振降噪工作正在逐步向前推进。然而，任何措施都不是万能的，效果的发挥往往取决于实际应用中的细节与配合。面对日益增长的城市交通需求，减振降噪措施的研究与实践需要不断创新与优化，真正实现高效与安宁的和谐共生。这不仅是对城市轨道交通发展需求的回应，更是对每一位城市居民生活质量的尊重与关怀。

4 减振降噪措施的效果分析与评估

随着技术的进步，各种减振降噪措施相继被提出并应用于实际运营中。然而，如何分析与评估这些措施的效果，进而实现可持续的城市发展，成为亟待解决的问题。

4.1 轨道减振措施的有效性分析

轨道减振措施的有效性分析涉及多个方面，首先是技术的选择与实施效果。采用弹性轨道床的城市轨道交通，显著降低了振动的传播。根据不同城市的轨道类型和运营条件，弹性材料的弹性模量和阻尼特性需要经过严格测试，以确保其最佳效果。在实际运营中，一些城市通过监测列车运行中的振动数据，发现轨道结构的优化能有效减少振动幅度，甚至在噪声高峰时段也能维持相对稳定的舒适度。这表明，针对具体情况进行定制化设计与实施，能够提升轨道减

振措施的有效性。与此同时,对轨道进行定期的检查与维护,也能够及时发现潜在问题,从而保证减振措施的持续效果。

4.2 隔声屏障的降噪效果评估

隔声屏障作为城市轨道交通减振降噪的重要组成部分,其降噪效果的评估需要综合考虑设计、材料以及布置的方式。根据已有的研究,合适高度和位置的隔声屏障能够有效降低沿线居民的噪声暴露水平。在某些案例中,城市设置的隔声屏障成功将噪声降低至法规标准之下,这为周边居民提供了更为安静的生活环境。具体而言,材料的声学性能直接影响屏障的降噪效果,常见的混凝土和金属材料相对有效,但结合现代科技,吸声材料和植物墙的引入使得屏障不仅具有降噪功能,也能够提升城市的绿化水平。在实际评估中,噪声监测仪器在隔声屏障设立前后的对比数据,能够直观反映降噪效果,从而为后续的改进与设计提供依据。

4.3 车辆噪声控制的效果测评

车辆噪声控制效果的测评是一个复杂的过程,涉及车体设计、动力系统及运行状态的各个方面。通过现代声学技术,对列车在不同速度、不同工况下的噪声水平进行监测,能够准确获取车辆噪声的变化趋势。电动列车因其较低的机械噪声,逐渐成为城市轨道交通的主流选择。与传统的柴油机车相比,电动列车的设计与运行对环境的影响显著减轻。在测评过程中,车内外噪声分布与变化关系能够提供车辆噪声控制的有效数据。通过对比不同类型列车的运行数据,城市交通管理部门可以明确哪些技术措施最为有效,并据此进行改进与推广。

4.4 综合减振降噪方案的适用性

综合减振降噪方案的适用性需要从城市的实际情况出发,进行全面评估。每个城市的环境条件、人口密度及交通需求各不相同,因此,减振降噪方案不能“一刀切”。在一些人口稠密的区域,采取综合措施,如轨道结构优化、隔声屏障与吸声材料相结合等,能够显著提升减振降噪的综合效果。而在城市边缘地区,可能只需适度的减振措施,就能满足居民的生活需求。通过建立数据反馈机制,实时监测减振降噪措施的实际效果,能够为未来的调整与优化提供科学依据。

4.5 不同环境下减振降噪措施的优化建议

在城市轨道交通的建设与运营中,减振降噪措施的优化显得尤为重要,尤其是在不同环境条件下。每个城市都有其独特的地理、社会和经济背景,这些因素共同影响着噪声的传播与居民的感知。因此,针对不同环境提出优化建议,是提高城市生活质量的重要一步。在城市中心区域,人口

密集且交通繁忙,噪声污染往往更为严重。在这种环境下,建议结合隔声屏障与吸声材料的应用。隔声屏障能够有效地阻挡来自轨道交通的直接噪声,吸声材料则能降低反射声,使声音的传播变得更加温和。此类措施可以选择环保材料,以减少对城市景观的影响。同时,在选择隔声屏障的位置和高度时,需充分考虑周边建筑的布局,以确保能够最大程度地遮挡噪声源。在工业区附近,轨道交通的运行可能与工厂的噪声交织在一起,形成复杂的噪声环境。在此情况下,轨道结构减振技术显得尤为关键。通过在轨道床上使用高性能的弹性材料,可以显著降低振动的传播,这不仅能够减少交通噪声,还能减轻工业噪声对居民生活的影响。此外,车辆的噪声控制技术也需与之相结合,定期对运行的列车进行噪声测评与维护,确保技术措施始终发挥最佳作用。在城市边缘地区,轨道交通的建设可能与自然环境和居民生活产生较大的互动。在这样的环境中,建议通过灵活的方案进行减振降噪。例如,可以针对特定区域进行集中监测,分析噪声源和居民的反馈,针对性地调整运行计划或采取临时措施。同时,鼓励居民参与到减振降噪的讨论中,了解他们的需求和意见,这将有助于更好地制定适合当地的措施。

减振降噪措施的效果分析与评估并非一蹴而就,而是需要长期的观察与持续的改进。通过科学的方法、灵活的策略和全面的数据支撑,城市轨道交通可以在提升出行效率的同时,也为居民营造一个更加和谐安静的生活环境。这一过程不仅仅是对技术的追求,更是对人类居住环境的尊重与关怀。

5 结语

减振降噪的探索,不仅仅是工程技术的进步,更是人类对更好生活环境的追求。城市轨道交通在满足人们对高效交通需求的同时,也在不断面临生态和人文的双重考验。通过对减振降噪技术的科学分析与持续优化,城市可以在繁华与宁静之间找到平衡。这是一项长期的挑战,但也是通往和谐城市生活的重要一步。未来,我们需要更具创新性和前瞻性的思考,为轨道交通减振降噪开辟更广阔的空间。

参考文献

- [1] 余才高,曲村,郑军,等.城市轨道交通轨道振动噪声成因及整治措施研究[J].现代交通技术,2021,18(5):83-87.
- [2] 乔志.城市轨道交通减振降噪分析及工程措施刍议[J].时代汽车,2020(22):193-194.
- [3] 张海洋.城市轨道交通轮轨主要减振降噪措施对比分析[J].住宅与房地产,2020(27):195-196.