

Study on high-speed sound barrier design and noise reduction effect

Lian Li

Jiangsu Jinyang Transportation Engineering Co., Ltd., Yancheng, Jiangsu, 224000, China

Abstract

With the rapid development of modern traffic, the traffic flow of expressway is increasing day by day, and the traffic noise pollution is becoming increasingly serious, which has many adverse effects on the living, working and learning environment of residents along the road. As the key facility to reduce traffic noise, the scientific design and the accurate study of noise reduction effect are particularly important. This paper conducts in-depth research on high-speed sound barrier, expounds the design principle of sound barrier, including acoustic principle, structural design, material selection, etc., and comprehensively evaluates its noise reduction effect through field monitoring and data analysis. The results show that the reasonably designed high-speed sound barrier can significantly reduce the traffic noise, provide effective noise protection for the surrounding residents and the environment, and also provide scientific basis and practical guidance for the optimal design and wide application of the sound barrier.

Keywords

high-speed sound barrier; design principle; noise reduction effect; traffic noise

高速声屏障设计与降噪效果研究

李镰

江苏金阳交通工程有限公司, 中国 · 江苏 盐城 224000

摘 要

在现代交通飞速发展的当下, 高速公路车流量与日俱增, 随之而来的交通噪声污染问题日益严峻, 对沿线居民的生活、工作和学习环境产生了诸多不良影响。高速声屏障作为降低交通噪声的关键设施, 其科学设计与降噪效果的精准研究显得尤为重要。本文针对高速声屏障展开深入研究, 详细阐述了声屏障的设计原理, 包括声学原理、结构设计、材料选择等方面, 并通过实地监测和数据分析, 全面评估了其降噪效果。研究结果表明, 合理设计的高速声屏障能够显著降低交通噪声, 为周边居民和环境提供有效的噪声防护, 同时也为声屏障的优化设计和广泛应用提供了科学依据和实践指导。

关键词

高速声屏障; 设计原理; 降噪效果; 交通噪声

1 引言

高速公路是现代交通中重要的基础设施, 虽然促进了经济发展与区域交流, 但也引发了交通噪声污染等消极问题。交通噪声不但干扰沿线居民正常的生活、学习及工作, 而且对人体健康也有不利影响, 例如引起听力下降、睡眠障碍及心血管疾病。为有效治理交通噪声传播、保护周边环境、提高居民生活质量, 高速声屏障是目前应用较为广泛的重要降噪措施之一。但不同声屏障设计其降噪效果是不一样的, 所以对高速声屏障设计及降噪效果进行深入研究有实际意义及理论价值, 其目的是找到一种更加高效合理的声屏障设计

方案, 以达到有效治理交通噪声、促进环境可持续发展的目的。

2 高速声屏障设计原理

2.1 声学原理

声屏障降噪效果, 主要是根据声波反射、透射、衍射原理。声波与声屏障相遇后, 部分声波将反射回到声源的方向上, 部分声波将穿过声屏障不断扩散, 声波将绕过声屏障的边缘出现衍射现象。通过对声屏障高、长、形及材料声学性能等方面进行合理设计, 可使声波反射与衍射损耗最大化, 声波透射减小, 进而实现噪声传播减小。如基于惠更斯-菲涅耳原理将声屏障边缘形状设计为弧形, 可有效降低声波衍射并增强降噪效果^[1]。

2.2 结构设计

声屏障结构设计要兼顾稳定性、耐久性、安全性等, 从结构形式看, 常用直立式、折板式和弧形。直立式声屏障

【作者简介】李镰(1995-), 男, 中国江苏盐城人, 本科, 助理工程师, 从事高速公路声屏障、高速交通安全设施研究。

具有构造简单、易于建造的特点,适合大部分地形条件;折板式声屏障改变声波传播路径,使声波反射次数增多,降噪效果增强;弧形声屏障不仅在外观设计上更具吸引力,而且在声学 and 视觉效果方面也表现得相当出色。

2.3 选材方面

声屏障选材直接关系到声屏障声学性能及使用寿命。常见的有金属、混凝土、木材和吸声材料。金属声屏障强度大、耐久性强、易于安装,但是声学性能比较差,一般需与吸声材料复合;混凝土声屏障具有稳定的结构和良好的隔音效果,但其自重较高,且施工困难;木材声屏障声学性能良好、自然美观,但是需防腐防火。玻璃棉、岩棉和泡沫塑料等吸声材料能有效吸收声波能量,并增强声屏障降噪效果。

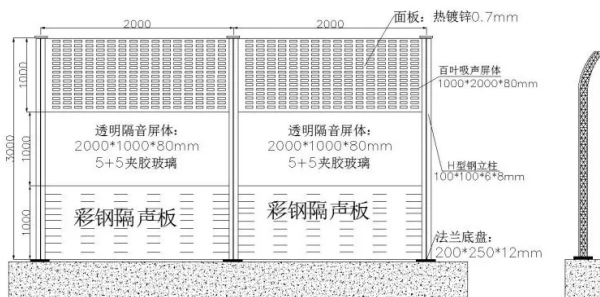


图1 选材设计

3 高速声屏障设计方法

3.1 声学性能的优化设计

高速声屏障设计时,声学性能的优化是一个核心因素,关键是合理选用材料和精心设计结构,才能使声屏障阻隔吸收交通噪声能力最大化,其中选材很关键,在吸声材料方面,例如玻璃棉,具有丰富的内部纤维结构和高孔隙率。当声波进入时,可以通过摩擦和粘滞作用将声能转换为热能并消耗掉。一般情况下,使用容重 48kg/m^3 ,厚 50mm 离心玻

璃棉板就能达到中高频段吸声系数较大,吸声系数均值能达到 0.8 以上^[2]。为了确保玻璃棉的安全并增强其声学特性,会在其表面铺设一层微小的穿孔金属板,确保穿孔的比例在 $2\%\sim 3\%$ 之间,而孔的直径则控制在 $0.8\sim 1\text{mm}$ 范围内,这种结合不仅可以确保透声性好,而且可以避免雨水和灰尘腐蚀吸声材料。

在声屏障外形设计中,顶部折角或者弧形的设计可以有效提高声学效果。举例来说,当声屏障的顶端被设计成 45° 的折角,基于声波的反射和衍射机制,可以有效地引导声波向上反射,从而降低声波向声屏障背后区域的扩散。经过实际试验,与传统的直立式声屏障相比较,距声屏障 50m 的折角式声屏障能够提高噪声降低量 $3\sim 5\text{dB}(\text{A})$ 。另外,声屏障高度对声学性能有重要影响。一般来说,对于车流量较大、车速较高的高速公路路段,声屏障高度应设置在 $3.5\sim 5\text{m}$ 之间。举例来说,在那些日均车流量高达 5 万辆、平均车速为 100km/h 的路段上,如果设置一个 4.5m 高的声屏障,可以有效地降低道路两侧 100m 范围内的噪声值 $10\sim 15\text{dB}(\text{A})$,本实用新型有效降低了交通噪声对周围环境的影响,给住户提供了一个较为宁静的居住空间。

3.2 结构力学稳固设计

高速声屏障需要有坚固的结构来抵抗各种外力作用,并保证长期服役时的安全可靠,在基础设计中,针对不同地质条件,采取了对应形式^[3]。在软土地基的区域,通常会选择使用桩基础,桩的直径通常在 $0.6\sim 1\text{m}$ 之间,而桩的长度则是根据地质勘察的结果来确定的,通常介于 $8\sim 15\text{m}$ 之间,为了保证声屏障能稳定地立于基础之上,以免由于基础沉降造成声屏障的偏斜或者坍塌。对于地质状况较为优越的区域,可以考虑扩大基础,其基础的埋藏深度应在 $1.5\sim 2\text{m}$ 之间,而底部的面积则应根据声屏障的高度和其自身重量来确定,通常每平方米所受压力不得大于 200kN ,以确保基础能均匀分散声屏障重量并提供充分支撑力。

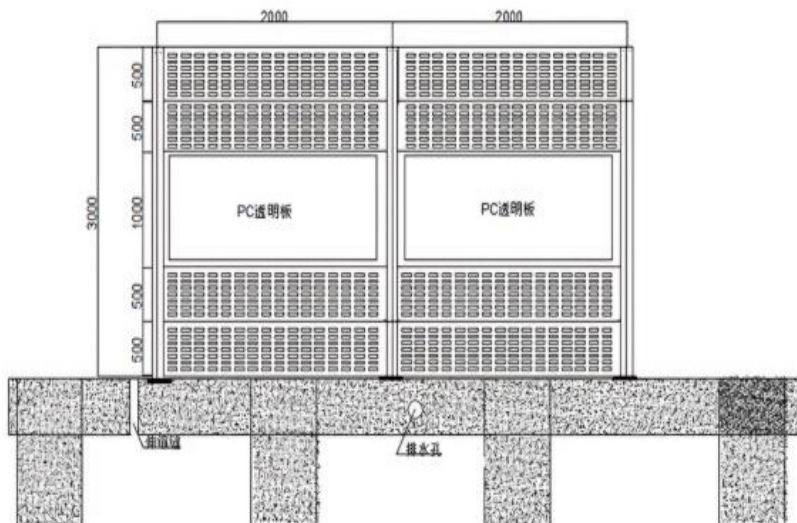


图2 结构设计

声屏障主要受力构件——立柱的设计同样至关重要，常见的立柱材料是 Q235 或 Q345 钢材，截面形状通常是矩形或圆形。矩形立柱的截面尺寸可以是 100mm×150mm~150mm×200mm，而圆形立柱的直径范围是 100~150mm，壁厚则是 4~6mm。经过精确的结构分析，确定了立柱之间的距离应为 2~3 米，这不仅确保了声屏障的整体稳固性，还在满足力学标准的同时，实现了材料成本的节约。在联接部分，例如立柱和基础，立柱和屏体等，用高强度螺栓联接，螺栓的规格以 M16~M20 为宜，以保证联接牢固，避免风荷载、车辆行驶振动及其他外力的作用发生松动或者脱落。通过模拟计算及实际工程验证表明：按以上设计参数施工的声屏障在风力小于 12 级时，结构的位移及应力都处于安全许可范围之内，确保了周围环境及过往车辆安全。

3.3 外观与环境适配的设计

高速声屏障在外观设计上既要符合美学要求又需要与周围环境和諧统一，并融入地方自然、人文景观。选择颜色时，要以周围环境主色调为基础。比如在山区附近、植被较多的地段，可以利用绿色或者灰色系声屏障与自然环境相融合，以降低视觉突兀感。城市周边或者工业园区内，可以综合考虑建筑风格及功能需要，选用银灰色、米白色等朴实大方的色彩，以体现现代感与工业气息。

从造型设计上看，除普通直立式、折板式造型外，也可以结合地方特色文化元素创新设计。例如在历史文化底蕴深厚的区域，声屏障顶端可以设计为仿古建筑屋檐造型，用木质或者仿木材料装饰，不仅可以达到降噪的效果，还可以作为展现地方文化的景观。从材质的纹理来看，对居民区或者商业区附近的地段，可以选择表面平整、纹理细腻的材质，比如铝合金或者是精细处理过的混凝土板等，以增强整体美观；并且在自然环境比较原始的地区，可以使用有质感的石材或者粗糙质地的混凝土材料来创造一种与自然协调相处的气氛。另外声屏障景观绿化设计是一个重要步骤。声屏障底部或者中部留出一定空间栽植攀缘植物如爬山虎和常春藤。这类植物既可美化声屏障外观，又可不同程度地吸收噪声，净化空气，调节当地小气候。例如，爬山虎在一年的成长过程中，能够覆盖声屏障表面的 60%~80%，从而形成一个绿色的屏障，并且在夏天还能使声屏障表面的温度下降 5℃~10℃，给周围环境增添了生机和活力，将高速声屏障打造成高速公路中具有实用功能和景观价值双重功能的装置，改善了公路沿线整体环境质量。

4 高速声屏障设计的降噪效果

高速声屏障降噪效果显著，在提高高速公路周围声环境质量方面发挥着至关重要的作用，汽车在高速公路行驶过

程中会发出大量的噪声，并以声波方式向周围扩散，声屏障的建立有效地阻隔了声波直接扩散的途径。

由实际监测的数据可知，设置声屏障之后，不同距离处、不同频段的降噪效果都得到了明显的反应。在与高速公路相对接近的地方，例如在距离路肩 30 米的区域，噪音可以减少大约 10~15dB(A)。这就意味着本来喧闹的环境大大改观，比如本来因为交通噪声很难明确沟通的状况有所减轻，住户可以在户外更舒适地对话和休息。在距离高速公路 50~100 米的范围内，声屏障仍然能够有效降低噪声，通常可以将噪声减少 6~10dB(A)，这对于周边学校来说是非常有益的，也为周边医院和其他需要声环境的地方提供一个比较宁静的环境来帮助学生学习的，患者恢复和医护人员工作。

在频段上，声屏障在中高频噪声降噪效果特别明显。中高频噪声来自汽车发动机高频运转声、轮胎和路面摩擦声及高速行驶气流声。声屏障在反射、吸收及衍射过程中能有效地消减上述中高频噪声的传播。通常，在中到高频范围内，声屏障能够使噪声降低 8~12dB(A)，这大大减少了尖锐和刺耳的噪声成分，从而提高了周围环境的声学质量。

不同地形及交通条件下声屏障降噪效果存在差异。空旷平坦地形条件下，声屏障降噪效果比较稳定，容易预测；并且在地形起伏大或者有障碍物地区，声屏障可以与地形特点相结合，例如利用山坡阻挡作用来进一步提高降噪效果等。在交通流量大，速度快的时间段，尽管噪声源强度加大，但是声屏障降噪效果也愈加显著，可以有效减轻交通繁忙对噪声污染的压力，对沿线居民及生态环境起到了重要保护作用，促进了交通和环境协调发展，改善了全区宜居性及生态质量。

5 结语

本文对高速声屏障设计及降噪效果进行研究，阐明声屏障设计原则、降噪效果，认为高速声屏障是控制交通噪声的有效措施，并在实践中发挥着重要作用。但是在交通技术不断发展以及人们对于环境质量的要求越来越高的今天，还需进行更深入的研究与创新来不断地优化声屏障设计与表现，以更好地解决高速公路交通噪声污染问题，为人们创造一个安静、舒适的生活和工作环境，推动交通与环境的协调发展。

参考文献

- [1] 蔡涛. 赣深高速铁路桥上半封闭式声屏障设计[J]. 工程建设与设计, 2024(07): 112-115.
- [2] 林向楠, 乔小龙, 王琳. 京津冀地区高速公路车辆噪声分析与声屏障设计研究[J]. 交通世界, 2024(07): 7-9.
- [3] 周继超, 郑博文. 高速铁路声屏障通透隔声板选型设计研究[J]. 铁道勘察, 2024, 50(01): 8-15.