

# Study on highway sound barrier design and noise reduction effect evaluation

Zhongxiang Zhang

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

## Abstract

With the rapid development of social economy and the acceleration of urbanization process, the scale of expressway construction is constantly expanding, which greatly promotes the economic connection and personnel flow between regions. In the noise control of expressway, the design and optimization of sound barrier are conducive to improving the noise reduction effect. This paper analyzes the design principle of the structure of acoustic barrier and discusses the design and noise reduction effect of expressway.

## Keywords

highway; sound barrier; design; noise reduction

# 高速公路声屏障设计与降噪效果评估研究

张中祥

江苏金阳交通工程有限公司, 中国·江苏 盐城 224000

## 摘要

随着社会经济的快速发展和城市化进程的加速, 高速公路建设规模不断扩大, 极大地促进区域间的经济联系和人员流动。高速公路的快速发展也带来日益严重的噪声污染问题, 对沿线居民生活质量和健康产生了不良影响。声屏障作为降低道路噪声污染的有效手段之一, 其通过隔声和吸声两种方式, 对车辆运行中产生的噪声进行反射、吸收及衍射, 从而阻隔噪声的传播并降低敏感点的声压。声屏障以其显著的降噪效果、灵活的安装方式、节约土地资源以及较强的环境适应性, 在国内外得到了广泛应用。在高速公路的噪声控制中, 声屏障的设计与优化, 有利于提升降噪效果。本文结合高速公路噪声产生机理, 分析声屏障结构设计原则, 探讨高速公路声屏障设计与降噪效果。

## 关键词

高速公路; 声屏障; 设计; 降噪

## 1 引言

高速公路作为现代交通体系的重要组成部分, 其建设规模与交通量不断增加。然而, 高速公路的快速发展, 在极大便利人们出行的同时, 也带来不容忽视的噪声污染问题。噪声污染不仅影响沿线居民的生活质量, 还对人们的健康造成长远损害, 如听力受损、耳鸣、头痛甚至失眠等。因此, 对高速公路进行有效的噪声控制, 成为当前亟待解决的重要课题。

## 2 高速公路噪声产生机理

高速公路噪声产生机理, 主要与车辆运动、路面特性以及环境因素密切相关。车辆在高速行驶过程中, 尤其是重型车辆, 其发动机噪声、轮胎与路面的摩擦声以及空气动力噪声共同作用, 形成复杂的噪声源<sup>[1]</sup>。高速公路产生机理如

图1所示。



图1 高速公路产生机理

### 2.1 发动机噪声

车辆在加速、减速及行驶过程中, 发动机运转产生的声音会随速度的增加而增强。尤其在重型卡车和公交车等大型车辆中, 发动机噪声的贡献更为显著。此外, 车辆的排气系统设计不当, 也可能导致噪声的进一步增加<sup>[2]</sup>。

### 2.2 轮胎与路面之间的摩擦声

轮胎在与路面接触时, 受到的力和摩擦的变化, 会产生不同频率和强度的噪声。不同类型的路面材料(如沥青、混凝土等)对噪声的产生具有不同的影响。粗糙的路面会增加轮胎与路面的摩擦, 从而产生更大的噪声<sup>[3]</sup>。此外, 轮胎

【作者简介】张中祥(1976-), 男, 中国江苏盐城人, 工程师, 从事高速公路声屏障、高速交通安全设施研究。

的设计和材料,也会影响噪声的产生,低噪声轮胎相较于普通轮胎,有效降低噪声水平。

### 2.3 空气动力噪声

空气动力噪声主要与车辆在高速行驶时,与空气的相互作用有关。随着车速的增加,车辆前方的空气阻力增大,车体周围的气流会产生涡流,这些涡流在与车身的接触过程中会产生额外的噪声。在高速公路上,尤其是在隧道和桥梁等特定环境中,空气动力噪声的影响更为显著<sup>[4]</sup>。

### 2.4 环境因素

地形、植被、气象条件等都会影响声波的传播和衰减,开阔的地形容易使噪声传播至更远的地方,而植被以及建筑物则能起到一定的声屏障作用,减轻噪声对周围环境的影响。

## 3 声屏障结构设计原则

### 3.1 声屏障的高度和长度

声屏障的高度和长度是设计中的重要参数,根据声源和接收点之间的距离,合理确定声屏障的高度,通常需确保声屏障上缘高于噪声源的发声点,以有效遮挡声波的传播路径。此外,声屏障的长度,应足够覆盖噪声源的宽度,避免因局部遮挡造成的噪声反射和绕射。

### 3.2 材料的选择

声屏障通常采用高密度、低透声性的材料,如混凝土、钢材或复合材料,有效吸收和反射声波,降低噪声传播。设计时,还应考虑材料的耐候性和抗腐蚀性,以延长声屏障的使用寿命。

### 3.3 结构的稳定性

声屏障需具备足够的抗风压能力,确保在恶劣天气条件下仍能保持稳定。设计过程中,应进行风洞试验和有限元分析,评估声屏障在不同风速下的受力情况,确保其结构安全性。

### 3.4 美观性

在美观性方面,声屏障的外观设计应与周围环境相协调。采用不同的颜色、形状和表面处理技术,使声屏障在功能性与视觉效果之间取得平衡,减少对景观的负面影响。例如,采用绿化或艺术装置的方式,既能实现噪声控制,又能美化环境,提升区域的整体形象。

## 4 高速公路声屏障设计与关键技术

### 4.1 新型材料在声屏障中的应用

新型材料在声屏障中的应用日益受到重视,尤其是在高速公路建设中,材料的选择直接影响声屏障的降噪效果和整体性能。采用新型材料,声屏障不仅有效减弱噪声传播,还能在耐久性、环保性和美观性等方面表现优越。聚合物材料是新型声屏障中应用广泛的一类,其轻质、高强度的特性,使得聚合物材料在不增加结构负荷的情况下,提供良好的声学性能。例如,一些聚乙烯和聚氨酯材料被用于声屏障的制

造,这些材料具有优良的吸声特性,有效降低中高频噪声。在实际案例中,某高速公路项目采用聚合物复合材料构造的声屏障,经过现场监测,降噪效果明显,尤其在车辆通过的高频噪声方面表现突出;金属材料也是新型声屏障设计中的重要组成部分。铝合金和镀锌钢板因其良好的强度和耐候性被广泛应用。与传统混凝土声屏障相比,金属声屏障的安装更为方便,且实现更复杂的形状设计,以适应不同的环境需求。此外,金属表面进行涂层处理,提高其耐腐蚀性和美观性。在某些城市高速公路中,采用铝合金声屏障,结合绿化设计,不仅达到降噪目的,还提升了城市景观;复合材料的使用也逐渐增多。复合材料通常由不同物质的结合,结合各类材料的优点。例如,某些声屏障采用混合聚合物纤维与矿物材料的复合设计,增强声屏障的吸声能力和结构稳定性。这种材料在降噪的同时,具有良好的隔热效果,适应复杂气候条件下的使用需求。

### 4.2 声屏障安装与维护注意事项

在高速公路声屏障的设计与实施过程中,应遵循以下注意事项:首先,选择合适的安装位置。声屏障应尽量靠近噪声源,且必须考虑到地形和周边环境的影响。安装高度应足够,以确保声屏障能够有效阻挡噪声传播。此外,声屏障的倾斜角度,也需按照设计规范进行设置,以优化声波的反射和衰减效果;其次,材料选择与安装工艺,应符合相关标准。声屏障的材料需具有良好的隔音性能、耐候性和抗腐蚀性,例如,使用高强度的混凝土或特种塑料材料。同时,在安装过程中必须确保连接点的牢固性,使用合适的紧固件和密封材料,避免因风吹雨打导致的材料老化或连接松动;第三,加强声屏障维护。定期检查声屏障的结构完整性,是保障其功能的重要措施。检查内容包括材料的磨损情况、连接点的紧固情况以及表面涂层的完整性。在发现问题时,应及时进行修复,以防止小问题演变为大的隐患。例如,若发现表面涂层剥落,应立即进行重新涂装,以防止锈蚀。此外,清洁也是维护工作的一部分。清除声屏障表面的污垢、植物生长等障碍物,有助于保持声屏障的美观及功能。特别是在雨季,植物的生长会影响声波的传播,定期清理可确保声屏障保持最佳的工作状态。

## 5 高速公路声屏障降噪效果评估

### 5.1 评估方法

评估高速公路声屏障的降噪效果,通常采用现场检测和分析数据相结合的方法。现场检测涉及实地测量声屏障前后噪声水平的变化,以获取真实的降噪效果数据。这一过程通常包括选择不同的测量点,确保测量的全面性和代表性。测量设备一般采用声级计,记录在不同时间段、不同交通流量条件下的噪声水平。在现场检测中,需科学选择测量点,通常在声屏障的正前方、侧方以及背后设置多个测点,以便全面评估声屏障的影响区域。测量过程中,需考虑到环境因

素,如天气情况、风速、温度等,对噪声传播产生影响。因此,测量应在相对稳定的天气条件下进行,以确保数据的准确性;在数据分析部分,需加强对现场检测数据的整理与处理。结合统计分析,比较声屏障前后的噪声级差,利用统计学方法评估降噪效果的显著性。常见的分析方法包括方差分析(ANOVA)和t检验等,有效判断不同条件下声屏障的降噪能力。此外,使用声学模型对数据进行模拟分析,进一步理解声屏障的降噪机制。

## 5.2 评估指标

降噪效果评估的指标,是评判高速公路声屏障设计是否有效的重要依据,主要包括降噪量、频谱特性以及可听性三个方面。降噪量是指声屏障在特定位置对交通噪声的抑制效果,通常通过比较声屏障前后的声压级计算,声压级的变化通过现场检测获得,常用的单位为分贝(dB)。例如,某高速公路声屏障设计在安装后,前方测得的声压级为85dB,而声屏障后方测得的声压级为75dB,计算得出的降噪量为10dB。这一数值在实际应用中被认为是显著的降噪效果,有效改善居民的生活环境;频谱特性分析涉及对噪声频率分布的研究,噪声的频谱特性影响声音的感知和干扰程度,对交通噪声进行频谱分析,可了解声屏障对不同频率噪声的抑制能力。例如,某些声屏障对低频噪声(如大型卡车产生的低频噪声)具有较好的抑制效果,而对高频噪声的抑制效果则相对较弱。在评估中,采用频谱分析仪器,测量声屏障前后不同频率的声压级变化,从而获得详细的频谱特性;可听性是指噪声对人耳的影响程度,涉及人们对噪声的感知和反应。即使降噪量较大,如果噪声的频谱特性或时域特性不佳,仍会造成居民的不适感。因此,在评估声屏障的降噪效果时,需结合主观听感调查与客观测量数据,了解居民对噪声的感知程度。调查包括问卷形式,询问居民对噪声的接受程度以及对声屏障效果的满意度。

## 5.3 降噪效果

在实际评估中,降噪效果主要现场测量和对比分析获取数据。降噪效果的具体表现通常通过降噪量来衡量。降噪

量是指声屏障设置前后,特定地点的噪声级别变化。例如,在某些高速公路项目中,声屏障的建设前,交通噪声的音量可达到80分贝(dB),而设置声屏障后,相同地点的噪声水平下降至65分贝,降噪量达到15分贝。这一结果显示声屏障在控制噪声传播方面的显著作用。此外,降噪效果还受到声屏障高度、材料特性、设置位置等因素的影响。在一些案例中,较高的声屏障有效阻挡来自高速公路的噪声,特别是在多车道行驶情况下,声波的反射和衍射现象会进一步增强降噪效果。采用吸声材料的声屏障,相较于传统硬质材料,在高频噪声的处理上表现更佳,进一步提升整体降噪效率;不同类型声屏障的降噪效果也值得关注。例如,采用透明材料的声屏障,能在保护视线和美观的同时,保持良好的降噪性能。在某些城市环境中,这种声屏障的应用不仅减少噪声污染,还提升了周围环境的视觉美感。例如,某城市在新建高速公路时,设置多种类型的声屏障,评估结果显示,基于混合材料的声屏障在不同频段的降噪效果,均优于传统混凝土屏障,尤其在中高频段表现突出,为后续声屏障的设计与选择提供重要依据。

## 6 结语

综上所述,优化声屏障的设计,有利于提升高速公路的降噪效果,降低噪声污染对沿线居民的影响,改善人们的生活环境,为高速公路噪声控制提供理论依据和技术支持,推动相关领域的科研和技术进步。

## 参考文献

- [1] 王立璇. 高速公路声屏障降噪效果研究[J]. 北方交通,2022(5): 64-67.
- [2] 郝龙,林倩,宋迎前,等. 高速公路声屏障降噪有限元仿真研究[J]. 现代交通与冶金材料,2023,3(1):89-93.
- [3] 张湾. 高速公路声屏障设计方法研究[J]. 工程建设与设计,2021(4):63-65.
- [4] 张轩. 高速公路声屏障设计研究[J]. 交通世界(上旬刊),2020(9):26-27.