

# Application and optimization of sound barrier materials in high-speed systems

Long Hao

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

## Abstract

With the increasing of highway traffic flow, the problem of traffic noise pollution is increasingly prominent, and the sound barrier as an effective noise reduction measure has been widely used. This paper introduces the new carbon fiber materials used in highway sound barrier, including its acoustic properties, mechanical properties, durability and application way in the design of sound barrier structure, comparing the advantages of traditional sound barrier materials, and discusses the challenges in the practical application and future development prospects, aims to provide reference for the design, construction and material selection, promote the innovation and development of sound barrier technology, in order to better solve the problem of highway traffic noise pollution.

## Keywords

highway; sound barrier; carbon fiber; new materials

# 声屏障材料在高速中的应用与优化

郝龙

江苏金阳交通工程有限公司, 中国·江苏 盐城 224000

## 摘要

随着高速公路交通流量的不断增加, 交通噪声污染问题日益突出, 声屏障作为一种有效的降噪措施得到了广泛应用。本文重点介绍高速公路声屏障中使用的碳纤维新材料, 包括其声学性能、力学性能、耐久性以及在声屏障结构设计中的应用方式等方面, 对比与传统声屏障材料的优势, 并探讨其在实际应用中面临的挑战和未来的发展前景, 旨在为高速公路声屏障的设计、施工和材料选择提供参考, 推动声屏障技术的创新与发展, 以更好地解决高速公路交通噪声污染问题。

## 关键词

高速公路; 声屏障; 碳纤维; 新材料

## 1 引言

高速公路在促进区域经济发展和交通便利的同时, 也带来严重的交通噪声污染, 对沿线居民的生活和工作环境产生不良影响。声屏障作为一种常见的降噪手段, 其性能的优劣直接关系到降噪效果的好坏。传统的声屏障材料如金属、混凝土等在长期使用中暴露出一些局限性, 而碳纤维新材料的出现为声屏障的发展带来新的机遇。碳纤维具有高强度、低密度、耐腐蚀、耐疲劳等优异性能, 将其应用于高速公路声屏障领域, 有望提高声屏障的综合性能, 实现更好的降噪效果和更长的使用寿命。

## 2 碳纤维声屏障的声学性能

### 2.1 吸声性能

碳纤维本身具有一定的吸声能力, 其多孔结构和纤维

特性, 使声波在材料内部发生多次反射和散射, 从而将声能转化为热能等其他形式的能量而消耗掉。对碳纤维材料进行适当的表面处理和结构设计, 如制备成多孔碳纤维复合材料或在碳纤维表面涂覆吸声涂层, 可进一步提高其吸声性能。研究表明, 经过优化设计的碳纤维吸声材料在中高频段具有较好的吸声系数, 能有效吸收交通噪声中的高频成分, 对于降低高速公路噪声的尖锐感和刺耳程度具有显著效果<sup>[1]</sup>。

### 2.2 隔声性能

碳纤维材料的致密结构和高弹性模量, 使其具有良好的隔声性能。当声波传播到碳纤维声屏障时, 大部分声波能量会被反射回去, 只有少量声波能透过声屏障继续传播, 从而实现噪声的有效阻隔。与传统的金属声屏障相比, 碳纤维声屏障在相同厚度和质量的情况下, 提供更高的隔声量, 尤其是在低频段, 其隔声优势更为明显。对于阻挡高速公路上车辆行驶产生的低频噪声, 如发动机轰鸣声、轮胎滚动声等具有重要意义, 为沿线居民提供更加安静舒适的生活环境。

【作者简介】郝龙(1988-), 男, 中国江苏盐城人, 硕士, 工程师, 从事高速公路声屏障、高速交通安全设施研究。

### 3 碳纤维声屏障的耐久性

#### 3.1 耐候性

由于碳纤维具有优异的化学稳定性和耐紫外线性能，碳纤维声屏障在长期暴露于户外的恶劣气候条件下，如高温、高湿、严寒、强风、紫外线照射等，不易发生老化、褪色、变形、开裂等问题。其材料性能保持相对稳定，确保声屏障在长时间内持续发挥降噪作用，减少因材料老化而导致的降噪效果下降和维护成本增加等问题。在一些气候多变的地区，经过多年使用后，碳纤维声屏障的外观和结构性能依然能够保持良好状态，为高速公路周边环境的长期稳定降噪提供了可靠保障<sup>[2]</sup>。

#### 3.2 抗疲劳性能

高速公路上车辆行驶产生的振动和气流脉动等动态荷载，会对声屏障造成长期的疲劳作用。碳纤维材料具有出色的抗疲劳性能，能承受数百万次甚至更多的循环加载而不发生疲劳破坏。在声屏障的设计使用寿命内，碳纤维材料能稳定地抵抗这些动态荷载，保持其结构的完整性和声学性能的稳定，避免因疲劳损伤而引发的声屏障失效问题，提高声屏障的可靠性和安全性，减少因维修和更换声屏障而对交通运营造成的干扰和成本支出。

### 4 碳纤维声屏障的结构设计与应用

#### 4.1 面板设计

碳纤维声屏障的面板可采用碳纤维复合材料制成，借助模压、缠绕等工艺制备成具有一定形状和厚度的板材。面板的设计应考虑其声学性能、力学性能和美观性等因素。在声学性能方面，面板的表面可进行穿孔处理或采用特殊的纹理设计，以增加声波的反射和散射，提高吸声和隔声效果。在力学性能方面，根据声屏障的高度、跨度和所承受的风荷载、车辆碰撞荷载等，合理设计面板的厚度、加强筋结构和连接方式，确保面板具有足够的强度和刚度，能稳定地承受各种外力作用。同时，面板的颜色和外观可根据周边环境进行定制，使其与周围景观相协调，提高声屏障的视觉效果<sup>[3]</sup>。

#### 4.2 支撑结构设计

支撑结构是声屏障的重要组成部分，承担着将面板固定在适当位置并传递荷载的作用。对于碳纤维声屏障，支撑结构可以采用钢管、钢梁等金属材料与碳纤维复合材料相结合的方式，充分发挥金属材料的强度和碳纤维材料的耐腐蚀、轻质等特性。在设计支撑结构时，应根据声屏障的高度、长度、地形条件和安装位置等因素，合理确定支撑柱的间距、截面尺寸和基础形式，确保支撑结构具有足够的稳定性和承载能力，能够抵抗风荷载、地震荷载等各种自然力的作用，同时保证声屏障的整体垂直度和水平度符合设计要求，为声屏障的长期安全使用提供可靠保障（如图1）。

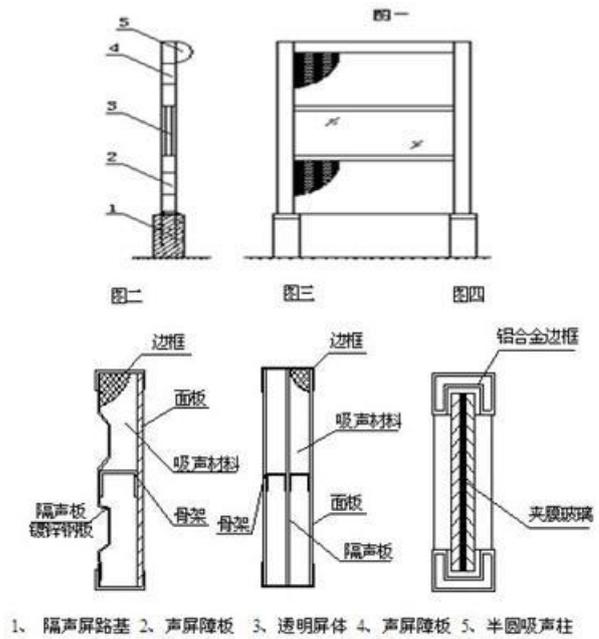


图 1 声屏障材料结构设计

#### 4.3 连接方式设计

碳纤维声屏障各部件之间的连接方式，影响声屏障的整体性能和稳定性。常见的连接方式包括螺栓连接、焊接、铆接和胶粘剂连接等。在选择连接方式时，应考虑连接的可靠性、施工的便利性和对材料性能的影响等因素。对于碳纤维复合材料与金属部件的连接，可采用特殊的连接件和胶粘剂，确保连接部位具有足够的强度和密封性，防止雨水、灰尘等杂质进入连接部位，影响连接的可靠性和材料的耐久性。同时，连接部位的设计应尽量减少应力集中，避免因连接不当而导致声屏障在使用过程中出现开裂、松动等问题，确保声屏障的整体性能和使用寿命<sup>[4]</sup>。

### 5 碳纤维声屏障与传统声屏障材料的对比

#### 5.1 性能优势

碳纤维声屏障在吸声和隔声性能方面优于许多传统声屏障材料，尤其是在低频和高频段都能实现较好的降噪效果，更有效降低高速公路交通噪声对周边环境的影响，为居民提供更加安静的生活和工作环境；同时，碳纤维材料的高强度、高模量和低密度特性，使其在力学性能上远超传统的金属和混凝土声屏障材料。在承受风荷载、车辆碰撞荷载等外力作用时，碳纤维声屏障能够更好地保持结构的稳定性和完整性，减少因结构损坏而导致的降噪效果下降和安全隐患，提高了声屏障的可靠性和耐久性；此外，碳纤维材料的耐候性和抗疲劳性能优异，在恶劣的自然环境和长期的动态荷载作用下保持良好的性能，延长声屏障的使用寿命。相比之下，传统的金属声屏障容易受到腐蚀和疲劳损伤，混凝土声屏障出现开裂、剥落等问题，需要更频繁的维护和更换，

增加使用成本和对交通运营的干扰。

## 5.2 成本比较

虽然碳纤维材料的原材料成本相对较高,但其在性能和使用寿命方面的优势,在一定程度上弥补成本上的不足。从全生命周期成本来看,碳纤维声屏障由于其较低的维护成本和更长的使用寿命,在长期运行中具有与传统声屏障相当甚至更低的成本。传统金属声屏障需要每隔几年进行一次防腐处理和维修,而碳纤维声屏障在其设计使用寿命内,通常可达 20 - 30 年甚至更长,基本无需进行大规模的维护,减少人工、材料和交通管制等方面的费用支出。此外,随着碳纤维材料生产技术的不断进步和规模化生产的实现,其成本有望进一步降低,从而提高其在声屏障市场中的竞争力。

## 6 碳纤维声屏障应用面临的挑战与优化措施

### 6.1 成本问题

尽管从全生命周期成本考虑,碳纤维声屏障具有一定的优势,但目前其初始投资成本仍然较高,这在一定程度上限制了其大规模应用。为解决这一问题,一方面需进一步优化碳纤维材料的生产工艺,降低原材料成本和制造成本。改进碳纤维的制备技术,提高生产效率,减少生产过程中的能源消耗和原材料浪费,从而降低碳纤维的价格。另一方面,可优化声屏障的结构设计,合理选用碳纤维材料的规格和用量,在保证声屏障性能的前提下,降低材料成本。同时,政府和相关部门可出台一些鼓励政策,如补贴、税收优惠等,支持碳纤维声屏障的研发和应用,促进其市场推广。

### 6.2 设计与施工技术问题

碳纤维声屏障的设计和施工需要特殊的技术和经验,与传统声屏障相比,其结构设计和连接方式更为复杂,对施工人员的技术水平要求较高。目前,相关的设计规范和施工标准还不够完善,这给碳纤维声屏障的推广应用带来一定的困难。为解决这一问题,需加强对碳纤维声屏障设计与施工技术的研究和开发,制定完善的设计规范和施工标准,为工程实践提供指导。同时,加强对施工人员的技术培训,提高其对碳纤维材料特性和施工工艺的掌握程度,确保声屏障的

设计和施工质量。此外,建立专业的技术服务团队,为碳纤维声屏障的应用提供技术支持和咨询服务,及时解决设计和施工过程中出现的问题。

### 6.3 防火性能问题

碳纤维属于有机纤维材料,虽然其本身具有一定的阻燃性能,但在高温环境下仍存在燃烧的风险,这对于高速公路声屏障的防火安全提出了挑战。为提高碳纤维声屏障的防火性能,可以采用以下措施:一是对碳纤维材料进行阻燃处理,添加阻燃剂或采用表面涂层等,提高其阻燃性能,使其在遇到火灾时延缓燃烧速度,减少火灾的蔓延和危害。二是在声屏障的结构设计中,考虑设置防火隔离带或采用防火性能好的辅助材料,如防火板材、防火涂料等,增强声屏障的整体防火能力。同时,加强对声屏障的防火管理,制定相应的防火预案,定期进行防火检查和维护,确保声屏障在火灾发生时发挥一定的防火作用,保障人民生命财产安全。

## 7 结论

高速公路声屏障碳纤维新材料凭借其优异的力学性能、声学性能、耐久性和独特的材料特性,在解决高速公路交通噪声污染问题方面展现出了巨大的潜力和优势。与传统声屏障材料相比,碳纤维声屏障在降噪效果、结构稳定性和使用寿命等方面具有明显的优势,尽管目前在应用过程中面临着成本、设计施工技术和防火性能等方面的挑战,但不断的技术创新、成本控制和标准完善,这些问题有望逐步得到解决。随着碳纤维材料技术的不断发展和应用经验的积累,相信碳纤维声屏障将在未来的高速公路建设中得到更广泛的应用。

### 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.