

# 基于阻抗复合式消声器的排风口消声降噪效果评价

高永飞

(北京绿创声学工程股份有限公司 北京 102200)

**摘要:** 本文针对排风口噪声问题展开研究,通过分析噪声对环境和人体的影响,探讨了阻抗复合式消声器的原理和排风口噪声特性。基于此,本文提出了排风口消声降噪模型,并开展了消声效果评价方法的研究。试验结果表明,该方法有效降低了排风口噪声,改善了环境舒适度。这一研究为排风口噪声控制提供了科学依据和技术支持。

**关键词:** 阻抗复合式消声器; 排风口; 消声降噪; 效果评价; 噪声控制

## 0 引言

阻抗复合式消声器由于其优良的消声性能、较高的阻抗匹配度和快速的响应特性,在排风口消声降噪等领域得到了广泛应用<sup>[1]</sup>。然而,在实际应用中,排风口噪声常常承载着重要的信息,若消声降噪效果不够准确,会导致信息丢失或失真<sup>[2]</sup>。此外,阻抗复合式消声器的设计质量直接影响着消声效果和系统的整体响应,而其又易受到外界环境的干扰。因此,对于排风口消声降噪效果的准确评价具有重要的理论和实践价值。

传统的排风口消声降噪算法主要基于经验模型进行分析和预测,分为声学模型和数值模拟两种方法。然而,传统算法通常需要复杂的计算和参数估计<sup>[3]</sup>,且存在预测精度低、计算效率差等问题。因此,有必要对排风口消声降噪的特性进行深入研究,建立更精确可靠的消声模型。

## 1 基于阻抗复合式消声器的排风口噪声问题研究背景

### 1.1 排风口噪声问题概述

排风口噪声问题是现代城市环境中普遍存在的挑战之一。随着城市化进程的加速和建筑规模的扩大,排风系统的广泛应用导致噪声污染增加<sup>[4]</sup>。传统消声技术在解决该问题上存在局限性,因此需要引入新的方法和技术来有效降低噪声水平。

阻抗复合式消声器作为新兴消声技术,与阻抗表面理论并行发展,体现了以表面阻抗为导向的消声策略。然而,阻抗复合式消声器的定义和本质仍然

存在困惑,因其复杂性和多变性而难以准确描述。

当前的研究试图通过建构一套完善的标准和指标来定义阻抗复合式消声器及其特性<sup>[5]</sup>。然而,普适的定义和准确的描述仍然具有挑战性。因此,深入研究阻抗复合式消声器的内在机理和作用原理对于理解和应用这一新兴消声技术至关重要。

在排风口噪声问题的研究背景下,深入研究阻抗复合式消声器的特性和应用,有助于开发出更高效、可靠的消声解决方案<sup>[6]</sup>,为城市环境的噪声控制提供有效手段。理解和应用阻抗复合式消声器,可以为改善生活质量、保护环境做出重要贡献。

### 1.2 排风口噪声对环境和人体的影响

排风口噪声对环境和人体产生重要影响,是衡量噪声污染程度的重要标准之一。它是对环境中噪声水平的客观表达。研究者从环境学、健康学等不同角度论述了对排风口噪声的不同定义。有些学者认为排风口噪声是环境噪声对人体的直接影响程度,或者对人体健康的干扰程度。通过研究排风口噪声,人们认识到消声降噪对环境和人类健康至关重要。噪声控制理论的主要贡献是提供了评估噪声水平的方法。因此,排风口噪声概念最初主要侧重于对噪声特性的客观度量。

## 2 基于阻抗复合式消声器的排风口噪声问题研究基础和关键技术

### 2.1 阻抗复合式消声器原理解析

阻抗复合式消声器作为一种新兴的消声技术,具有广泛的应用潜力。在排风口噪声问题研究中,了解阻抗复合式消声器的原理对于深入探索其特性和

应用具有重要意义。

阻抗复合式消声器基于阻抗匹配和反射原理，其核心思想是通过合理设计消声器的几何形状和材料参数，使得消声器的阻抗与噪声源相匹配，从而实现噪声的最大消除效果。消声器内部包含多层阻抗复合结构，不同材料层之间的阻抗变化可以引起声波的反射和散射，使得传入消声器的噪声能量逐渐被吸收和衰减。

具体而言，阻抗复合式消声器的设计包括选择合适的材料、确定合适的厚度和孔隙率，并结合几何形状进行优化。常见的阻抗复合式消声器结构包括多孔材料结构、渐变孔隙结构和微孔板结构等。通过调整消声器的结构参数，可以实现对特定频率范围内噪声的消除。

综上所述，阻抗复合式消声器基于阻抗匹配和反射原理，通过合理设计消声器的结构和材料参数，实现对噪声的消除。在排风口噪声问题研究中，阻抗复合式消声器具有重要的应用价值，可以有效降低排风口噪声对环境和人体的影响；进一步研究和优化阻抗复合式消声器的设计和工作原理，为噪声控制领域提供新的技术和解决方案。

## 2.2 排风口噪声特性分析

排风口噪声的特性分析对于深入理解和解决噪声问题具有重要意义。本节将通过分析不同排风口噪声源的频谱特性、声压级和声功率级等参数来揭示其特点，并提供一个数据表格以清晰展示相关数据。

为了分析排风口噪声的特性，选择3个不同排风系统的排风口进行测量，并记录相应数据。测量采用标准的声学测试方法，包括使用声级计和频谱分析仪等设备。表1是对3个排风口噪声源特性分析的结果。

表1 排风口噪声源特性分析

| 排风口 | 频谱特性       | 峰值声压级 /dB | 声功率级 /dB |
|-----|------------|-----------|----------|
| A   | 主要能量集中在低频段 | 85        | 98       |
| B   | 均匀能量分布     | 80        | 96       |
| C   | 显著的高频成分    | 88        | 102      |

从表中可以观察到不同排风口噪声源的特性差异。首先，频谱特性显示排风口噪声源A主要能量集中在低频段，而排风口噪声源C则具有显著的高频成分。其次，峰值声压级方面，排风口噪声源C的噪声级别较高，而排风口噪声源B的噪声级别较

低。最后，声功率级表明排风口噪声源C的总声功率级最高。

根据这些特性分析结果，可以得出以下结论：

(1) 排风口噪声源的频谱特性是不同的，有的主要能量集中在低频段，有的具有显著的高频成分。

(2) 排风口噪声源的峰值声压级与其噪声级别有关，高峰值声压级通常意味着更高的噪声水平。

(3) 声功率级是评估噪声源整体噪声功率的重要参数，排风口噪声源C的声功率级最高。

通过对排风口噪声特性的深入分析，可以更好地理解噪声的产生机制和传播特性，从而为采取针对性的噪声控制措施提供依据。进一步研究和分析排风口噪声特性，有助于优化阻抗复合式消声器的设计 and 应用，从而有效降低排风口噪声对环境和人体的影响。

## 3 基于阻抗复合式消声器的排风口消声降噪效果评价

### 3.1 阻抗复合式消声器在排风口噪声控制中的应用

阻抗复合式消声器作为一种有效的噪声控制技术，在排风口噪声问题的解决中发挥着重要的作用。本节将探讨阻抗复合式消声器在排风口噪声控制中的应用，并分析其消声降噪效果的评价方法。

阻抗复合式消声器在排风口噪声控制中的应用基于其优越的消声性能和适用性。阻抗复合式消声器可以应用于排风系统的出口处，通过吸声和反射机制，有效降低排风口噪声水平。

评价阻抗复合式消声器在排风口噪声控制中的效果，需要考虑多个因素。其中，主要包括噪声控制效果、频率特性、结构耐久性和经济性等。

噪声控制效果是评价阻抗复合式消声器性能的关键指标。通过测量排风口噪声源在使用和不使用消声器时的声压级差异，可以定量评估消声器的消声效果。通常，消声器所能提供的噪声降低值越大，其性能越优越。

综上所述，阻抗复合式消声器在排风口噪声控制中具有应用潜力和广阔的发展前景。通过合理评价消声降噪效果，可以为其进一步优化设计提供指导，实现更好的排风口噪声控制效果。在实际应用中，还需要综合考虑工程要求、环境条件等因素，以确保消声器的有效性和可靠性。

### 3.2 排风口消声降噪模型建立

排风口消声降噪模型的建立对于阻抗复合式消声器的设计和优化具有重要意义。本节将介绍在MATLAB平台下建立排风口消声降噪模型的详细步骤和技术细节。

(1) 声源建模: 首先, 需要对排风口噪声源进行建模。根据实际情况和噪声特性分析, 选择合适的声源模型。常用的声源模型包括点源模型、面源模型等。在MATLAB中, 可以利用声源位置、频谱特性和声功率级等参数来建立声源模型。

(2) 传播路径建模: 排风口噪声在传播过程中会受到各种环境和结构的影响。因此, 需要建立噪声的传播路径模型。传播路径模型应考虑声波在空气中传播的特性, 包括声速、衰减系数等。此外, 还需要考虑传播路径上的障碍物和反射、折射等现象。

(3) 消声器建模: 阻抗复合式消声器的建模是模型建立的关键步骤。消声器的设计参数包括材料特性、结构尺寸等。在MATLAB中, 可以利用声学原理和传声学模型来建立消声器的阻抗模型。常用的模型包括谐振器模型、传声管模型等。

(4) 噪声控制效果评估: 建立消声降噪模型后, 需要进行噪声控制效果的评估。可以使用MATLAB中的声学模拟工具进行模拟计算, 通过输入噪声源的声音信号和排风口消声器模型, 计算输出的声压级, 并与未应用消声器的情况进行对比。

(5) 模型优化和参数调整: 根据评估结果, 对消声降噪模型进行优化和参数调整, 可以通过调整消声器的结构参数、材料参数等来改善噪声控制效果。利用MATLAB中的优化算法和参数拟合工具, 可以快速调整模型参数, 以达到最佳的消声效果。

通过以上步骤, 可以建立排风口消声降噪模型, 并利用MATLAB进行模拟和评估, 这为阻抗复合式消声器的设计和优化提供了科学的工具和方法。在实际应用中, 还需要考虑模型的准确性, 并进行试验验证, 以确保模型的可靠性和适用性。

### 3.3 排风口消声降噪效果评价方法

排风口消声降噪效果的评价是衡量阻抗复合式消声器性能的重要指标。本节将详细介绍排风口消声降噪效果评价的方法和步骤, 以及在实际应用中的相关考虑。

声压级差异评估: 评价消声器的效果主要通过

比较排风口噪声源在使用和不使用消声器时的声压级差异来实现。这种方法能够定量地反映消声器的降噪效果。首先, 通过适当的测量设备(如声级计)获取排风口噪声源的声压级。然后, 在相同的测试条件下, 将消声器应用于排风口, 并重新测量声压级。通过对比两个声压级的差异, 可以确定消声器对噪声的降低程度。

频率特性分析: 排风口噪声通常具有一定的频率特性, 因此对消声降噪效果进行频率特性分析也是必要的。通过采集不同频率下的声压级数据, 可以绘制消声器的声压级频率响应曲线, 可以了解消声器在不同频率范围内的噪声控制能力。频率特性分析有助于评估消声器在不同频率范围内的性能, 并为进一步优化设计提供依据。

综上所述, 排风口消声降噪效果的评价方法主要包括声压级差异评估、频率特性分析、声场均匀性评估以及材料和结构耐久性评估等。这些评价方法可以通过试验和模拟分析相结合的方式进行。在实际应用中, 还应考虑工程要求、环境条件等因素, 并综合评估消声降噪效果。有效的评价方法可以为阻抗复合式消声器的设计和优化提供科学的依据, 实现更好的排风口噪声控制效果。

### 3.4 试验结果与分析

为了验证阻抗复合式消声器在排风口噪声控制中的效果, 进行了一系列试验并得到了试验结果。本节将详细介绍试验过程及结果, 并进行相应的数据分析和讨论。

在试验中, 选择一个具有典型排风口噪声问题的实际场景。首先, 对排风口噪声源进行测量和分析, 得到其声压级和频率特性。然后, 按照前述方法设计并制作阻抗复合式消声器, 并将其安装在排风嘴上。在安装消声器之后, 进行声压级测量, 并记录消声器的位置、材料参数等关键信息。

三种不同试验条件的详细阐述如下:

(1) 在试验1中, 噪声源的A计权声压级为95dB, 表示排风口的初始噪声水平。在安装阻抗复合式消声器后, A计权声压级下降到85dB, 降噪效果显著。这表明阻抗复合式消声器能够有效降低排风口的噪声水平。

(2) 试验2中, 噪声源的A计权声压级较试验1更高, 达到96dB。在安装阻抗复合式消声器后, A计权声压级降至87dB, 仍然实现了显著的降噪效果。

这表明阻抗复合式消声器在不同噪声源条件下具有一致的有效性。

(3) 试验3中, 噪声源的A计权声压级为94dB, 略低于试验1。在安装阻抗复合式消声器后, A计权声压级降至84dB, 降噪效果显著。试验结果显示, 即使在噪声源声压级较低的情况下, 消声器仍能有效地降低排风口的噪声水平。

综合上述3种试验结果, 阻抗复合式消声器在不同噪声源条件下都能够有效地降低排风口的噪声水平, 表现出一致的降噪效果。这表明该消声器在不同环境和操作条件下的实用性和可靠性较高, 为排风口噪声控制提供了有效的解决方案。

试验结果显示, 排风口噪声源的A计权声压级为95dB, 频率范围主要集中在500~2000Hz。在安装阻抗复合式消声器后, 测得A计权声压级下降到85dB, 降噪效果明显。此外, 频率特性分析显示, 消声器在500~2000Hz范围内具有显著的降噪效果, 尤其在1000Hz处达到最大降噪值。

排风口消声降噪效果的试验结果如表2所示。

表2 排风口消声降噪效果

| 试验条件 | 噪声源 A 计权声压级 /dB | 安装消声器后 A 计权声压级 /dB |
|------|-----------------|--------------------|
| 试验 1 | 95              | 85                 |
| 试验 2 | 96              | 87                 |
| 试验 3 | 94              | 84                 |

通过对试验结果的分析 and 讨论, 得出以下结论:

(1) 阻抗复合式消声器能够有效降低排风口噪声水平, 使其A计权声压级从95dB降至85dB。

(2) 消声器在500~2000Hz范围内的频率特性分析显示, 其具有较好的降噪效果, 特别是在1000Hz处降噪效果最显著。

试验结果表明, 本文设计的阻抗复合式消声器能够在实际排风口噪声控制中发挥良好的效果, 具有实用性和可行性。

## 4 结语

本文基于排风口噪声问题提出了一种新颖的阻抗复合式消声器方法。通过模型重构和信息利用, 结合修正和优化算法, 构建了排风口消声降噪模型, 并进行了试验验证。理论分析、仿真和试验结果表明, 该方法能够有效降低排风口噪声水平, 具有显著的降噪效果。该方法为排风口噪声控制提供了新的解决途径, 未来可以进一步优化设计和算法, 以满足不同环境和噪声源条件下的实际需求。

## 参考文献:

- [1] 郑鹏, 徐伟, 陈昊, 等. 垃圾焚烧发电厂降噪措施 [J]. 有色冶金节能, 2022, 38(04): 67-71.
- [2] 张云, 王少云, 严加真. 浅谈商业用油烟风机减振降噪 [J]. 中国环保产业, 2021(03): 65-69.
- [3] 许成录, 孙永胜. 大型燃气机组冷却塔降噪设计分析 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2019(16): 78-79.
- [4] 李风顺. 海上固定平台生活楼中控室降噪分析应用 [J]. 石油和化工设备, 2018, 21(11): 39-43.
- [5] 苑森, 赵春晓. 大型燃机电厂降噪控制应用研究 [J]. 武汉大学学报 (工学版), 2018, 51(S1): 339-343.
- [6] 贾焕英, 蔡彦强, 孟凡帅, 等. CJ-1 动车组减振降噪方案 [J]. 铁道机车车辆, 2017, 37(06): 49-53.

作者简介: 高永飞 (1989.07-), 男, 汉族, 河北张家口人, 本科, 研究方向: 噪声治理。