

# 工业噪声源识别与降噪技术适用性评估

赵江

邯郸市生态环境局大名县分局 河北 邯郸 056900

**摘要:** 工业噪声严重影响作业人员健康与生产环境。本文先对工业噪声源按发声机理、时间特性分类,列举常见高噪设备噪声级。接着介绍传统主观与近场识别法、声强法等多种噪声源识别技术,分析常用源头控制、传播路径控制等降噪技术及其适用性。最后构建涵盖技术可行性等五个维度的适用性评估体系,阐述评估流程,为工业噪声源识别与降噪技术选择提供全面参考。

**关键词:** 工业噪声; 噪声源识别; 降噪技术; 适用性评估; 多维度评价

引言: 工业生产中,噪声问题日益凸显,不仅损害作业人员听力,还干扰正常生产秩序。准确识别噪声源是有效降噪的前提,不同噪声源特性各异,识别方法也有所不同。同时,降噪技术多样,各有优劣与适用场景。因此,深入研究工业噪声源识别与降噪技术适用性评估,对于改善工业声环境、保障人员健康和提高生产效率具有重要意义。

## 1 工业噪声源的分类与特性

### 1.1 按发声机理分类

工业噪声按发声机理主要分为机械噪声、空气动力性噪声和电磁噪声三类。机械噪声是最常见的类型,由机械部件振动、摩擦、撞击或旋转产生,如机床齿轮啮合、轴承转动、冲压设备撞击等,其噪声频率与部件转速、结构刚度密切相关,多为中高频噪声,且传播距离较远。空气动力性噪声源于气体流动过程中的扰动,如风机、压缩机、喷气发动机等设备运行时,气体加速、减压或湍流产生的噪声,这类噪声强度大、频率范围广,易通过空气快速传播。电磁噪声由电磁场交替变化引发部件振动产生,常见于变压器、电动机、变频器等电气设备,噪声频率较低,多为低频嗡鸣,其强度与设备功率、电磁感应强度相关,三类噪声的发声机理不同,决定了其噪声特性和控制重点的差异。

### 1.2 按时间特性分类

工业噪声按时间特性可分为稳态噪声、非稳态噪声和脉冲噪声三类。稳态噪声是指噪声强度、频率在较长时间内保持稳定,波动范围不超过5dB(A),这类噪声在工业生产中最为普遍,如纺织机、水泵、风机等连续运行设备产生的噪声,长期接触易导致作业人员听力慢性损伤<sup>[1]</sup>。非稳态噪声是指噪声强度或频率随时间随机变化,无固定规律,如机床加工不同工件时的噪声、生产线间歇运行产生的噪声,其波动幅度较大,对人体的干扰更

具随机性。脉冲噪声是指持续时间短(通常小于1秒)、强度骤升骤降的噪声,如冲压、爆破、撞击等作业产生的噪声,峰值声级可达120dB(A)以上,瞬间冲击易造成作业人员急性听力损伤,甚至引发心理不适,不同时间特性的噪声,其危害程度和控制方式也存在明显区别。

### 1.3 常见高噪工业设备噪声级参考

工业生产中各类高噪设备的噪声级存在明显差异,结合实际生产场景,常见设备噪声级参考如下:风机类设备,离心风机运行时噪声级通常为85-105dB(A),轴流风机因气流扰动更剧烈,噪声级可达90-110dB(A);机床类设备,普通车床噪声级为75-85dB(A),铣床、磨床噪声级稍高,为80-90dB(A),冲压机床、锻压机等冲击类设备噪声级可达100-120dB(A);动力设备,空压机噪声级为85-100dB(A),柴油机、发电机运行时噪声级为90-115dB(A);其他设备,纺织机噪声级为80-95dB(A),破碎机、球磨机等粉碎设备噪声级为95-110dB(A),变压器噪声级为65-80dB(A)。这些参考值基于常规工况,实际噪声级会受设备型号、运行负荷、安装环境等因素影响,为噪声控制方案制定提供基础依据。

## 2 工业噪声源识别技术

### 2.1 传统主观与近场识别法

传统主观与近场识别法是工业噪声源识别中最基础、应用最广泛的方法,主要分为主观判断法和近场测量法。主观判断法依赖工作人员的听觉经验,通过现场聆听,结合设备运行状态,初步判断噪声源的位置和主要发声设备,该方法操作简便、无需复杂仪器,适用于噪声源相对单一、分布集中的场景,但主观性强,精度较低,易受环境噪声干扰。近场测量法通过将声级计贴近疑似噪声源表面(通常距离设备表面0.1-0.5米),测量各设备的噪声级,对比分析后确定主要噪声源,测量时需避免测量点受到其他设备噪声的叠加干扰,可搭配声级计、频

谱分析仪等基础仪器,精度高于主观判断法,适用于中小型车间、设备布局相对简单的场景,其局限性在于无法识别复杂声场中相互叠加的噪声源,且对测量人员的操作规范性要求较高。

### 2.2 声强法

声强法是一种基于声能传播特性的噪声源识别技术,通过测量声强向量的大小和方向,精准定位噪声源位置并量化其辐射强度,不受环境背景噪声的影响,适用于复杂声场和多噪声源叠加的场景<sup>[2]</sup>。该方法利用声强探头同步测量两个相邻点的声压信号,通过计算声压差与距离的比值,得到声强值,进而绘制声强分布图,清晰呈现各噪声源的分布和辐射强度。声强法可分为扫描法和定点法,扫描法适用于大面积声场的噪声源筛查,定点法适用于精准测量单个噪声源的辐射特性,广泛应用于机床、风机、压缩机等设备的噪声源识别。

### 2.3 波束形成与声全息

波束形成与声全息是两种高精度、可视化的噪声源识别技术,适用于复杂工业场景下的噪声源定位和特性分析。波束形成技术通过阵列麦克风接收噪声信号,利用信号处理算法对不同方向的噪声进行聚焦,形成“声束”,进而定位噪声源位置,可分为固定波束和自适应波束,能快速识别远距离、大范围声场中的多个噪声源,广泛应用于车间、厂房等大型空间的噪声源筛查,其优势是测量速度快、可视化效果好,局限性是低频噪声识别精度较低。声全息技术通过测量声场中某一平面的声压分布,结合波动理论反演出声源的三维形貌和辐射特性,分为近场声全息和远场声全息,可精准获取噪声源的细节信息,适用于高精度噪声源定位和降噪方案优化,但对测量环境要求较高,操作复杂,设备成本远高于传统识别方法。

### 2.4 信号分析与盲源分离

信号分析与盲源分离技术是基于信号处理理论的噪声源识别方法,适用于多噪声源叠加、信号混合严重的复杂声场,无需已知噪声源的先验信息,可实现噪声源的分离和识别。信号分析技术通过对采集到的噪声信号进行频谱分析、时域分析、小波分析等,提取信号的频率、幅值、相位等特征,区分不同噪声源的信号特征,进而识别主要噪声源,常用仪器包括频谱分析仪、数据采集器等。盲源分离技术通过算法处理混合信号,将相互叠加的多个噪声源信号分离为独立的源信号,无需接触噪声源,可实现非侵入式识别,适用于无法近距离测量的场景,如封闭设备、高温高压环境下的噪声源识别。

## 3 常用降噪技术及其适用性

### 3.1 源头控制

源头控制是工业噪声控制的根本措施,核心是从噪声产生的源头入手,通过优化设备设计、改进生产工艺、选用低噪声设备等方式,减少噪声的产生,具有长效性和经济性,是噪声控制的首选方案。在设备设计阶段,可通过优化部件结构、采用阻尼材料、减少摩擦和撞击等方式,降低设备运行时的振动和噪声,如选用低噪声齿轮、轴承,优化风机叶片形状等。在生产工艺方面,可通过改进作业方式,减少冲击、摩擦等噪声产生环节,如采用液压代替冲压、采用柔性连接代替刚性连接等<sup>[3]</sup>。另外,选用符合国家噪声标准的低噪声设备,替换高噪声老旧设备,也是源头控制的重要手段,适用于新建项目、设备更新改造等场景。

### 3.2 传播路径控制

传播路径控制是通过阻断或削弱噪声的传播途径,降低噪声到达受体的强度,适用于无法从源头控制噪声的场景,是工业噪声控制中应用最广泛的辅助措施。主要方法包括隔声、吸声、消声和阻尼减振等。隔声通过设置隔声屏障、隔声罩、隔声门窗等,阻挡噪声的传播,适用于车间边界、设备周围等场景,如在高噪设备外设置隔声罩,在车间与办公区之间设置隔声屏障。吸声通过在声场中布置吸声材料(如岩棉、玻璃棉、吸声板等),吸收噪声能量,降低室内混响噪声,适用于车间内部、会议室等封闭空间。消声主要用于控制空气动力性噪声,如在风机、管道出风口设置消声器,削弱气流噪声的传播。阻尼减振通过在设备或结构表面涂抹阻尼材料,减少振动传递,进而降低噪声辐射,适用于振动类设备的噪声控制,该方法操作简便、成本适中,适用性强。

### 3.3 受体防护

受体防护是针对噪声受体(主要是作业人员)采取的防护措施,核心是通过佩戴防护用品、优化作业时间等方式,减少噪声对人体的危害,适用于源头控制和传播路径控制难以达到噪声标准的场景,是一种被动防护措施。常用的个人防护用品包括耳塞、耳罩、头盔等,其中耳塞适用于中低频噪声环境,耳罩适用于高频噪声环境,头盔适用于高噪声、高冲击的作业场景,佩戴时需保证密封良好,才能达到有效的防护效果。还可通过优化作业制度,实行轮岗作业、缩短作业人员在高噪声环境中的停留时间,减少噪声累积危害,同时在车间设置隔声休息室,为作业人员提供安静的休息空间,缓解噪声带来的疲劳和不适。

### 3.4 主动降噪(ANC)

主动降噪(ANC)是一种基于声波干涉原理的新型

降噪技术,通过产生与噪声声波频率相同、相位相反的抵消声波,与原噪声相互干涉,从而削弱或抵消噪声,适用于特定频率范围的噪声控制,尤其适用于低频噪声和封闭空间的噪声控制。该技术主要由噪声采集模块、信号处理模块和发声模块组成,采集模块实时采集环境噪声,信号处理模块快速分析噪声特征并生成抵消信号,发声模块发出抵消声波,实现降噪效果。在工业场景中,主动降噪技术可应用于耳机、隔声罩、封闭车间等场景,如为作业人员配备主动降噪耳机,在精密设备车间设置主动降噪系统,降低低频噪声对设备精度和人员的影响。其优势是降噪效果好,可针对性控制特定频率噪声,局限性是设备成本高、技术复杂,对环境适应性要求较高,不适用于高频、宽频率范围的噪声控制。

#### 4 降噪技术适用性评估体系

##### 4.1 评估维度

降噪技术适用性评估体系需围绕技术可行性、经济合理性、环境适应性、降噪效果和安全可靠性五个核心维度展开,全面评估不同降噪技术的适配性,为降噪方案选择提供科学依据。技术可行性主要评估降噪技术是否符合车间设备布局、生产工艺要求,是否具备实施条件,如老旧车间是否适合大规模隔声改造、设备是否允许安装隔声罩等。经济合理性评估包括前期投入、运行成本、维护成本和投资回报率,优先选择成本适中、性价比高的降噪技术,避免过度投入。环境适应性评估降噪技术对工业环境(如温度、湿度、粉尘、振动等)的适应能力,确保技术在复杂工业环境中稳定运行。降噪效果评估通过测量降噪前后的噪声级,判断是否达到国家噪声标准和企业要求。安全可靠性评估降噪技术是否会影响设备正常运行、作业人员操作安全,是否存在安全隐患,五个维度相互关联、缺一不可。

##### 4.2 评估流程

工业降噪技术适用性评估需遵循规范的流程,确保

评估结果科学、准确,主要分为四个步骤。第一步,前期调研,全面收集车间噪声相关信息,包括噪声源类型、噪声级、频率分布、设备布局、生产工艺、作业环境等,明确降噪控制目标和要求,确定评估范围<sup>[4]</sup>。第二步,技术筛选,根据前期调研结果,筛选出符合基本条件的降噪技术,梳理各技术的特点、适用场景和优缺点,形成候选技术清单。第三步,多维度评估,按照评估维度,采用定量与定性相结合的方式,对候选技术进行逐一评估,量化各项指标的评分,计算综合得分,排出优先级。第四步,方案优化与确定,结合评估结果,分析各候选技术的不足,对方案进行优化调整,综合考虑技术、经济、环境等因素,确定最优降噪技术方案,同时制定实施计划和后期监测方案,确保降噪技术有效落地,定期评估降噪效果,及时调整优化方案。

#### 结束语

工业噪声源识别与降噪技术适用性评估是一个复杂且系统的工程。通过对噪声源分类、特性研究,以及多种识别技术的分析,可精准定位噪声源。结合不同降噪技术特点与适用性,依据科学评估体系与流程,能选出最优降噪方案。未来,随着技术发展,需不断优化评估方法,推动工业噪声控制水平提升,营造更安静、健康的工业生产环境。

#### 参考文献

- [1]陈新杰,李良和,葛成伟,等.压缩机噪声源识别的稀疏近场声全息方法[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2025,48(11):1452-1458.
- [2]翁梦倩.基于计算机视觉的噪声源识别方法研究[J].电声技术,2025,49(1):50-52.
- [3]杨博全,郭强,时胜国.基于球面阵的低频噪声源定位识别方法[J].哈尔滨工程大学学报,2023,44(3):361-369,465.
- [4]余元强,李顺,冯德军.基于小波相干算法的工厂噪声源识别[J].农业装备与车辆工程,2025,63(12):94-97.