 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v6i4.5301

# Design of noise pollution monitoring and intelligent control system based on artificial intelligence

**Siwen Peng Qingyu Shuai**

Wuhan Fangji Environmental Technology Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430000, China

**Abstract**

As an important interference factor in urban environment, noise pollution affects residents' health and urban operation efficiency for a long time. The traditional noise monitoring methods have significant limitations in accurate identification, real-time response and system regulation. The introduction of artificial intelligence technology provides a new technical path for noise pollution control. Through the integration of sensor network, machine learning algorithm and intelligent control system, efficient data acquisition, accurate noise recognition and automatic control response can be realized. This paper around the artificial intelligence driven noise pollution monitoring and intelligent control system system design research, build, including data acquisition, processing, visualization and control feedback, analyzing the whole process architecture of the core technology elements and operation mechanism, explore its application potential in urban complex sound environment, to the future urban sound environment systematic, intelligent management to provide theoretical basis and engineering support.

**Keywords**

noise pollution; artificial intelligence; intelligent monitoring; adaptive regulation; system design

# 基于人工智能的噪声污染监测与智能调控系统设计

彭思文 帅清昱

武汉方基环境科技有限公司，中国 · 湖北 武汉 430000

**摘 要**

噪声污染作为城市环境中的重要干扰因素，长期影响居民健康与城市运行效率。传统噪声监测手段在精准识别、实时响应及系统调控方面存在显著局限。人工智能技术的引入为噪声污染治理提供了新的技术路径，通过融合传感器网络、机器学习算法与智能控制系统，可实现高效的数据采集、精确的噪声识别及自动化调控响应。本文围绕人工智能驱动下的噪声污染监测与智能调控系统展开系统设计研究，构建包括数据采集、处理、可视化与控制反馈在内的全流程架构，分析其核心技术要素与运行机制，探索其在城市复杂声环境中的应用潜力，旨在为未来城市声环境的系统化、智能化治理提供理论依据与工程支撑。

**关键词**

噪声污染；人工智能；智能监测；自适应调控；系统设计

## 1 引言

城市化进程的不断加快使交通运输、商业活动、工业设施等噪声源日益复杂，噪声污染已成为影响城市生态系统协调发展的重要环境问题。现有治理体系普遍依赖静态采样和后期干预，难以实现对动态声环境的精准感知与实时调控，造成治理滞后、成本高企及效果不稳定等问题。面对城市环境治理智能化转型的时代背景，亟需构建一个集高精度监测、快速识别、自动响应于一体的噪声污染智能管理系统。人工智能技术具备模式识别、自主学习与实时反馈的优势，可在复杂环境下实现噪声数据的深度解析与主动干预控制，为噪声污染治理提供新的路径支持与系统保障。

## 2 噪声污染现状与智能化治理需求

### 2.1 城市环境中噪声污染的类型与成因

城市声环境复杂多变，噪声污染主要来源于交通运输、工业生产、商业活动和社会生活等多元化场景。道路交通噪声因车辆密度大、车速变化频繁而呈现持续性和高强度特征，轨道交通和航空运输则在特定时间段形成高分贝扰动。工业区域的机械作业与工艺设备运行产生结构性噪声，具有周期性与机械振动叠加的特点。商业街区扩音设备、施工区域设备运转及人口密集区域人群活动形成非连续性或瞬时性噪声扰动。这些声源相互叠加并在不同城市空间内传播，受到地形、气候与建筑密度的影响，易形成局部回响或扩散效应。噪声污染的形成机制复杂，具有强随机性、高波动性

【作者简介】彭思文（1986–），男，中国湖北武汉人，硕士，工程师，从事环境监测研究。

和区域差异性，不仅扰乱城市功能秩序，也严重影响居民健康与生活质量。

### 2.2 传统噪声监测与治理手段的局限性

传统噪声监测多依赖定点布设的噪声仪器，数据采样间隔长、覆盖范围有限，难以实时捕捉动态声环境变化。静态采集模式与人工巡查相结合的治理体系效率较低，无法应对城市噪声的高频波动特征与复杂源头识别需求。测量数据多以平均值或峰值呈现，缺乏对特定噪声频段、传播路径及影响范围的精确建模能力。治理手段以物理隔声和限时限音为主，缺乏主动识别、智能响应与效果评估机制，治理决策多依赖经验判断而非数据驱动。在交通枢纽、工业密集区和临近居民区等敏感区域，这种传统手段常出现响应滞后、调控无效或管控盲区等问题，难以满足城市噪声污染治理精细化、系统化与智能化的现实需求。

## 3 人工智能技术在噪声污染监测中的应用基础

### 3.1 机器学习在噪声识别与分类中的作用

噪声污染的动态变化和声源多样性使传统基于规则的识别方式难以胜任，而机器学习技术凭借强大的特征提取与模式识别能力，在噪声识别与分类中展现出显著优势。通过构建监督学习模型，系统可基于大量历史噪声样本进行训练，掌握不同噪声源的频率特征、时域变化与空间分布模式。卷积神经网络在音频信号的图像化处理上具有优秀表现，可自动提取高维声谱特征用于类别识别。循环神经网络适用于捕捉时间序列中的变化趋势，增强系统对周期性和突发性噪声事件的识别精度。在训练过程中引入迁移学习与数据增强策略，有助于模型在复杂城市环境中保持鲁棒性和泛化能力。结合实时流数据与离线历史库，机器学习实现了对多源噪声的精确分类与动态建模，为后续调控策略的制定与执行提供高质量的数据基础与算法支持【1】。

### 3.2 传感器网络与边缘计算的协同机制

噪声污染监测要求覆盖广泛、响应及时且资源高效，单一传感器无法满足复杂城市环境下的连续监测需求，因此构建分布式传感器网络成为基础手段。部署于城市关键节点的传感器终端具备实时采集、初步处理与无线通信功能，构成具有自治能力的前端网络结构。边缘计算节点嵌入系统架构中，与传感器网络协同运作，实现数据的本地预处理、异常筛选与初步分类，有效降低中心平台负荷与网络延迟。边缘计算单元可基于特定算法模型进行初步噪声源识别、波动趋势判断与数据压缩传输，提升整体系统的响应速度与处理效率。通过分布式处理与局部决策机制，系统具备高度灵活性与容错能力，即使在网络不稳定或中心服务器不可达的情况下仍可独立运行，保障监测连续性。传感器网络与边缘计算的紧密协同为构建高效、智能的城市噪声监测系统提供坚实技术支撑【2】。

### 3.3 数据融合与异常检测的智能算法模型

噪声监测过程中采集的数据来源多样、格式复杂，存在冗余、丢失和干扰等问题，单一数据流难以准确反映真实声环境状态，因此需借助智能算法进行数据融合与异常检测。融合算法以时间、空间和信号特征为核心参数，将多个传感节点上传的音频、频谱和环境数据统一校准与整合，构建多维度、动态化的噪声信息模型。在融合过程中引入加权平均、贝叶斯估计与主成分分析等方法，有效提升数据一致性与系统鲁棒性。异常检测环节通过构建基于聚类分析、自编码器或支持向量机的算法模型，对噪声数据中的突变、干扰与非法信号进行快速识别与隔离，避免误报与信息污染影响系统判断。结合历史数据库与实时流数据的比对分析，系统可持续优化检测边界与响应机制，提升噪声污染监测的稳定性、可靠性与智能水平。

## 4 噪声污染智能监测系统的架构设计

### 4.1 多源噪声数据采集终端设计要点

噪声污染智能监测系统对数据采集终端的性能提出高度要求，终端设计需兼顾灵敏度、稳定性、能耗与部署环境适应性。采集设备应具备高精度麦克风阵列结构，可捕捉不同频率范围内的环境声信号，同时具备抗干扰能力以应对复杂城市声场。终端内部嵌入初级信号处理模块，用于实时滤波、降噪与特征提取，以减少原始数据传输压力。设备应支持多种通信接口以接入局域网、蜂窝网络或低功耗广域网，确保数据上传的灵活性与持续性。针对不同布设场景，如道路沿线、工业区、居民楼外立面，终端外壳需具备防尘、防水与抗紫外性能，并配合太阳能电源与低功耗待机设计实现长期自主运行。采集终端不仅要实现声音信号的采样功能，还需对环境温湿度、风速等辅助变量进行同步采集，以增强后续数据融合与污染源判别的准确性与鲁棒性【3】。

### 4.2 实时数据传输与处理平台构建方案

噪声监测系统需构建高效稳定的数据传输与处理平台，实现多点数据流的实时接入、处理与调度。数据传输通道以分布式网络结构为基础，结合边缘计算节点与中心云平台的分层架构，提升网络弹性与通信效率。数据在传输前由边缘节点完成预处理，包括降采样、压缩与异常初筛，从而显著降低数据带宽压力。平台应具备高并发数据接入能力，能够容纳来自多个终端的同步传输，并保证数据包完整性与时间同步。数据处理引擎采用流式处理框架，支持实时数据入库、特征分析与动态建模，确保系统对突发噪声事件的响应速度。平台整体架构应采用模块化设计，便于后续算法更新、功能扩展与节点调配，并集成标准化接口以适配第三方系统或政府监管平台需求。系统还需具备异常数据报警与恢复机制，确保运行安全与数据连续性，满足城市级环境监管与治理的实际要求。

### 4.3 噪声污染分布可视化与预警模块设计

可视化与预警模块是智能监测系统面向用户展示与决策支持的核心环节，其设计需兼顾数据表达的直观性、信息传递的及时性与预警逻辑的科学性。系统应构建多层次地理

信息映射模型，融合实时监测数据与历史记录，在城市地图上动态呈现噪声强度分布、污染等级区划与变化趋势。可视化界面支持缩放操作、分时段回溯与热点区域标识，辅助监管人员全面掌握声环境状态。预警模块基于统计分析与机器学习模型构建动态阈值判断体系，能够对异常强度增长、声源频率异常或干扰信号持续出现等现象进行识别与分级响应。系统自动推送告警信息至相关管理部门或平台，并记录预警事件全流程数据以供追溯分析。通过对可视化图层与预警信息的有效整合，模块实现了从感知到响应的闭环管理机制，显著提升了城市噪声污染治理的决策效率与执行精度【4】。

## 5 智能调控系统的构成与关键技术路径

### 5.1 自适应降噪策略的算法实现方式

自适应降噪策略的设计关键在于构建能动态识别声源特征并实时调整响应行为的智能算法模型。系统通过对历史与实时数据的联合分析，提取不同类型噪声在频谱、幅值与时间序列中的变化规律，构建基于多维输入的决策函数。典型算法如自适应滤波器、动态贝叶斯网络与模糊控制模型，可根据声环境状态变化自动调整降噪参数以实现最佳干预效果。系统训练过程中引入反馈学习机制，使控制模型在实际运行中持续优化，逐步提升对特定噪声类型的抑制能力。在多目标场景下，算法需兼顾噪声控制效果与环境舒适度，通过调节降噪装置强度、频率响应区间与开启时长等参数，形成多层级、分区域的协同控制策略。算法部署在边缘节点或终端控制器中，具备实时响应、低延迟与高容错能力，保障系统在动态环境中的降噪精度与自适应能力。

### 5.2 噪声源主动干预与响应机制设计

智能调控系统需具备面向噪声源的主动干预能力，通过识别声源位置、性质与强度，启动相应控制手段以达到污染抑制目的。系统融合声源定位技术与分类算法，对高风险声源实时追踪并建立响应优先级机制。在交通噪声治理中，系统可通过与信号灯控制、车流引导系统对接，调节交通节奏以降低峰值声强；在施工区域，则联动智能屏障或降噪装置启动声学干预程序。干预机制需设定多种响应模板，根据噪声类型与环境敏感程度自动匹配控制指令，确保响应具有目标针对性与场景适应性。反馈环节通过持续监测调控前后的声环境变化，实现调控效果评估与参数自我修正。机制设计中嵌入动态调度逻辑，可在多源声干扰情境下实现多级联动干预，提升治理范围与协调效率，使系统不再仅是被动应对噪声问题，而是具备主动压制与过程调控的智能特征。

### 5.3 智能控制系统与城市基础设施的集成模式

实现噪声调控系统的全面功能需将其与现有城市基础设施进行深度融合，构建感知、通信、响应一体化的运行体系。系统通过标准化接口与城市交通系统、建筑管理平台、市政设施控制网络进行数据与指令交互，实现跨系统数据共享与控制协同。传感节点布设于路灯、信号塔、监控杆等基础设施上，实现低成本、高密度的部署覆盖。调控设备嵌入声屏障、电控百叶、动态信号装置等城市构件中，在接收到指令后即时执行降噪措施。控制系统以城市管理平台为核心，统一调度多个子系统的感知与控制模块，形成从数据感知、处理分析到调控反馈的闭环路径。系统设计注重兼容性与可拓展性，适应不同城市建设阶段与管理需求，支持模块更新与功能升级。通过智能控制系统与城市基础设施的融合，噪声污染治理能力由局部应对迈向全域协同，实现技术系统与城市运行结构的深度耦合。

## 6 结语

基于人工智能的噪声污染监测与智能调控系统，突破了传统声环境治理的技术瓶颈，构建了集数据采集、智能识别、实时响应与主动干预于一体的综合体系。通过多源信息融合、边缘计算协同与智能算法驱动，系统实现了对城市复杂声环境的高精度感知与高效控制，为实现精细化、动态化的噪声治理提供了可行路径。该系统的构建不仅提升了城市环境管理的科技含量，也为未来智慧城市环境治理体系的拓展奠定了坚实基础。

## 参考文献

[1] 张祥钊,刘璐.城市区域环境噪声污染的监测方法研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(02):56-58.

[2] 张洋.人工智能在环境监测中的应用策略探讨[J].中国轮胎资源综合利用,2024,(11):75-77.

[3] 王慧萍.自动噪声监测系统在城市生态规划中的作用[J].皮革制作与环保科技,2024,5(20):175-177.

[4] 黄丹雯.智能溯源让噪声“无处逃”[J].环境,2024,(10):31-33.