

城市噪声污染分布特征及监测点布设优化分析

姜 杰

浙江云广检测技术有限公司 浙江 嘉兴 314300

【摘 要】：城市噪声污染严重影响居民生活与城市环境质量。研究城市噪声污染分布特征及监测点布设优化具有重要现实意义。通过对城市噪声污染数据的详细收集与分析，明确其不同区域、时段的分布特点，如交通干线附近噪声强度高、夜间生活噪声影响突出等。在监测点布设优化方面，综合运用多种方法，考虑人口密度、功能区分布等因素，以提升监测的准确性与全面性。结果表明，优化后的监测点能更精准反映噪声污染状况，为有效治理噪声污染提供科学依据，助力城市声环境改善。

【关键词】：城市噪声污染；分布特征；监测点布设；优化分析；声环境质量

DOI:10.12417/2811-0722.25.09.069

引言

随着城市化进程加速，城市噪声污染问题日益凸显。噪声不仅干扰居民正常生活、工作和学习，还对人体健康产生诸多负面影响，如听力损伤、睡眠障碍、心血管疾病风险增加等。准确把握城市噪声污染分布特征，并合理优化监测点布设，对有效防治噪声污染、提升城市宜居性至关重要。当前城市噪声监测与治理存在不足，亟待深入研究以改善现状。

1 城市噪声源类型解析

1.1 交通噪声：流动的城市声浪

交通噪声是城市中最普遍且影响范围广泛的噪声源。在现代都市，机动车、火车、飞机等交通工具构成庞大的移动声源网络。道路上，车辆发动机的轰鸣声、轮胎与路面的摩擦声，以及频繁的鸣笛声交织成嘈杂的声浪。公路与铁路沿线，车辆和列车的持续运行，使噪声像一条无形的带子贯穿城市。飞机起降时，巨大的引擎轰鸣声从高空传来，瞬间打破地面的宁静。

1.2 工业噪声：机械运转的轰鸣

工业生产是城市噪声的重要来源之一。各类工厂中，生产设备的运转、加工过程的操作产生持续不断的噪声。机械加工车间里，机床的切削、锻造设备的捶打，发出刺耳的中高频声响；冶金工厂中，熔炉的运作、金属的碰撞，形成低沉而强烈的噪声。这些工业噪声具有强度大、持续时间长的特点，往往在工厂周边形成噪声污染带。即便在工厂夜间停工时，设备的余热排放、通风系统的运行，仍会产生一定强度的噪声，持续影响周边居民生活。

1.3 建筑施工与社会生活噪声：城市建设与生活的嘈杂

建筑施工活动在城市建设进程中带来明显的噪声问题。打桩机的夯击、挖掘机的挖掘、运输车辆的往来，每一项施工操作都伴随着高强度噪声。这些噪声突发性强，瞬间的高分贝冲击会令人猝不及防。社会生活噪声则渗透在城市的各个角落。商业街区，商家的促销广播、人群的熙攘声此起彼伏；娱乐场所，深夜的音乐声、欢闹声不断；居民区里，邻里的装修声、日常活动的嘈杂声也时有发生。

2 噪声污染空间分布特征

2.1 区域尺度下的差异

从城市的区域层面来看，不同区域的噪声污染状况呈现出显著差异。商业区作为城市经济活动的核心地带，店铺林立、人流如织，各类商业活动频繁。商家为吸引顾客，不断播放促销广告和音乐，人群的交谈声、购物时的喧闹声交织在一起。商业区周边交通流量大，车辆的往来进一步加剧了噪声污染。与之相比，工业区的噪声污染程度因工业类型而异。传统重工业集中区域，大型机械设备的持续运转产生高强度噪声；而新兴工业园区注重环保与技术革新，通过采用先进设备和隔音措施，噪声相对较低。

2.2 交通枢纽与居住区的噪声困境

交通枢纽周边是噪声污染的高发区域。火车站内，列车的进站、出站，以及站台上旅客的喧闹声；汽车站里，车辆的启动、停靠和乘客的集散；机场附近，飞机的起降轰鸣，都使这些区域的噪声值居高不下。居住区的噪声状况则更为复杂。靠近交通干道的居住区，整日承受着车辆行驶的噪声干扰；毗邻商业区的住宅，夜间也难以摆脱商业活动的嘈杂。即便在居住区内部，若缺乏有效的环境管理，邻里之间的生活噪声、小区内的设施运行噪声也会给居民带来困扰。

2.3 功能区视角的噪声问题

从城市功能区划分角度分析，不同功能区的噪声污染情况各不相同。4a类功能区，即道路交通干线两侧区域，交通噪声是主要污染源，尤其在交通高峰时段，噪声超标严重。0类功能区作为康复疗养区，本应保持安静，但随着城市的扩张和周边开发活动的进行，噪声污染逐渐侵入，打破了原有的宁静。1类功能区，也就是居住文教区，对噪声较为敏感，夜间人们休息时，轻微的噪声都可能影响睡眠质量，然而由于各类噪声源的存在，该区域的噪声达标率一直偏低。



图 1: 城市噪声污染分布全景图

图片说明: 此图展示了城市噪声污染的分布情况,不同颜色区域直观体现了污染程度差异,交通干线、工业区和商业区是噪声污染的主要区域,而分布的监测点可用于对噪声情况进行实时监测

3 噪声污染时间变化规律

3.1 昼夜交替中的噪声起伏

城市噪声污染在一天之中随时间呈现出明显的起伏变化。昼间,城市进入活跃状态,交通噪声、工业噪声、社会生活噪声相互叠加,使整体噪声水平处于较高状态。清晨的交通早高峰时段,道路上车流量剧增,车辆的轰鸣声、鸣笛声交织,成为主导噪声源。随着时间推移,中午时段部分工业企业停工休息,交通流量也略有下降,噪声水平随之有所降低。但商业区和餐饮区依然保持着较高的人员流动和商业活动,噪声强度仍维持在一定水平。

3.2 夜间的噪声特征与影响

夜幕降临后,城市的节奏逐渐放缓,工业生产活动减少,交通流量大幅下降。此时,社会生活噪声成为主要噪声源。娱乐场所的音乐声、夜市的喧闹声在夜间尤为突出。一些地区还存在违规的夜间施工现象,建筑施工的高强度噪声打破了夜晚的宁静,严重影响周边居民的正常休息。夜间人们对声音更为敏感,轻微的噪声也可能被放大,睡眠质量极易受到干扰,长期下来会对居民的身心健康产生不良影响。

3.3 季节变换中的噪声差异

不同季节的城市噪声污染也存在明显差异。夏季,气温升高,居民户外活动显著增加,街道、公园、广场等地人流量增大,人们的交谈声、娱乐活动声等社会生活噪声增多。为了通风降温,居民开窗频率大幅提高,外界噪声更容易传入室内,进一步加剧了噪声影响。冬季,虽然户外活动减少,噪声源相对减少,但供暖设备的运行、冰雪清理作业等又会带来新的噪声,给城市声环境带来新的挑战。

4 现有监测点布设问题

4.1 布局不合理导致的监测滞后

随着城市的快速发展,区域功能不断变化,而部分城市噪声监测点未能及时进行相应调整。一些原本位于郊区的区域,在城市扩张过程中逐渐发展成为新的商业区或居民区,但周边却没有及时增设监测点。这使得这些区域的噪声污染情况无法被及时监测和掌握,城市管理者难以及时采取有效的治理措

施,导致噪声污染问题日益严重,居民的生活环境受到影响却得不到有效改善。

4.2 密度不均引发的数据偏差

城市噪声监测点的密度分布存在明显不均的问题。在人口密集、噪声污染严重的区域,监测点数量不足,难以全面覆盖噪声源和反映真实的噪声污染状况,导致监测数据缺乏代表性。而在一些人口稀少、噪声源较少的区域,监测点数量却相对冗余,造成资源的浪费。特别是在超大、特大城市的核心区域,由于人口和商业活动高度集中,噪声情况复杂,现有的监测点数量远远不能满足对噪声污染整体评估的需求,影响了噪声治理工作的科学性和有效性。

4.3 环境适应性差造成的监测误差

部分城市噪声监测点受周边环境因素干扰较大,导致监测数据失真。以某二线城市主干道旁的监测点为例,其紧邻商业综合体的空调外机集群,这些设备运行时产生的低频振动与高频气流噪声叠加,监测仪器采集到的声压级数据中,商业设施自噪声占比高达30%-40%。另有部分监测点设置在户外广告牌后方,广告灯箱散热风扇和LED显示屏驱动装置产生的持续性嗡鸣声,使得监测数据长期偏离真实环境噪声水平。监测点布设时未充分考虑城市地形地貌、建筑物分布等对噪声传播的影响。在高密度建成区,高层建筑物形成的“声峡谷”效应使交通噪声能量汇聚,监测点若未设置在声影区与声暴露区的交界处,极易低估噪声污染程度。而在山地城市,山谷的噪声反射叠加与山脊的屏障效应并存,某丘陵地带监测点因选址在坡顶开阔处,导致监测数据比实际居民区噪声值低5-8分贝。在复杂的城市环境中,建筑物的阻挡、地形的起伏会改变噪声的传播路径和强度,若监测点选址不当,就难以准确捕捉噪声污染信息,无法为噪声治理提供可靠的数据支持。

5 监测点布设优化策略

5.1 基于功能区的合理设置

优化城市噪声监测点布设,需以城市功能区划分为基础框架。商业区因密集的人流、车流及商业活动产生高频次间歇性噪声,且营业时间噪声波动显著,建议每平方千米设置3-5个监测点,重点覆盖大型商场、步行街、夜市等噪声高发区域;交通枢纽区域,如机场、火车站、地铁站及主干道交叉口,噪声呈现持续性、高强度特征,宜采用网格化加密布设,间隔200-500米设置监测点,并结合交通流量实时数据动态调整监测频率。工业区则根据生产工艺与设备类型分区监测,对机械加工、建筑工地等高噪声车间周边,需在厂界外1米处设置噪声监测点,同时在居住区与工业区之间的防护带增设背景噪声监测点。相较之下,公园、绿地等生态区域以自然声环境为主,可按每2-3平方千米设置1个监测点,重点关注临近道路或施工区域的噪声影响,实现监测资源的精准投放。

5.2 依据人口密度的精准布局

人口密度直接关联噪声污染的受影响人群规模,需构建差异化监测网络。在高密度居住区,考虑建筑分布与居民作息规律,应在每栋高层住宅周边、社区广场、出入口等位置设置监测点,形成“楼栋-社区-片区”三级监测体系;学校周边监测点需覆盖教学楼、操场、校门口等区域,尤其在上下学高峰时段启动实时监测,保障教学环境质量。医院作为特殊声环境敏感区,需在住院部、门诊部、停车场等区域设置静音监测点,采用低干扰设备进行24小时不间断监测,并设置噪声预警阈值。针对城中村、老旧小区等流动人口密集区域,需结合人口潮汐现象,在早晚高峰时段增加监测频次,通过连续监测数据构建噪声污染动态评估模型,为靶向治理提供数据支撑。

5.3 借助技术手段的科学优化

依托地理信息系统(GIS)构建城市噪声污染空间数据库,整合地形地貌、建筑高度、绿化植被等环境参数,运用声学仿真软件模拟噪声传播路径。通过射线追踪法模拟声波在建筑群中的反射、衍射现象,识别噪声传播的“热点”与“盲区”,指导监测点选址。结合全球定位系统(GPS)与物联网技术,为监测设备赋予精准定位与实时传输功能,形成“云-边-端”协同监测网络。引入机器学习算法对历史监测数据进行时空分析,预测噪声污染演变趋势,动态调整监测点布局。依据城市总体规划中的用地性质变更、交通线路规划等信息,预留监测点迁移或增设接口,建立弹性监测机制。在规划新建地铁线路时,提前在沿线居民区布设移动式监测设备,实现噪声污染的前瞻性防控,确保监测系统与城市发展同频共振。

6 优化效果评估方法

6.1 数据准确性的对比检验

在评估监测点布设优化效果时,数据准确性对比检验是关键环节。采用“实地测量+模型预测”的双重验证体系,构建三维数据校验模型:在空间维度上,于城市商业区、交通干道、居民住宅区等典型区域,分别选取5-8个代表性监测子区域;在时间维度上,覆盖工作日早高峰(7:00-9:00)、午间平峰(12:00-14:00)、夜间时段(22:00-24:00)等噪声波动显著时段;在设备维度上,同步使用精密声级计(精度 $\pm 0.5\text{dB}$)与分布式传感器网络进行测量。通过构建偏差矩阵,计算优化前后

参考文献:

- [1] 赵伟,徐梦珍,赵凯.城市道路交通噪声污染特征及防治对策研究[J].噪声与振动控制,2022,42(3):231-235.
- [2] 刘春阳,杨海,刘建伟.基于GIS的城市区域环境噪声监测与评价研究[J].环境科学与技术,2023,46(增刊1):402-407.
- [3] 孙晓菲,王洪臣,宋晓东.城市功能区环境噪声污染现状及防治措施分析[J].环境工程,2024,42(6):181-186.
- [4] 吴雪娇,李新,高宇.城市轨道交通噪声污染特征及控制技术研究[J].环境监测管理与技术,2022,34(4):29-33.
- [5] 陈宇,张宁,刘婷.新型噪声监测技术在城市环境管理中的应用与展望[J].中国环境监测,2025,41(1):129-136.
- [6] 王琳,李勇,赵亮.城市声环境质量评价体系优化与提升策略研究[J].环境科学研究,2023,36(8):2067-2075.

数据与真实值的均方根误差(RMSE)、平均绝对误差(MAE)等指标,结合显著性检验($p<0.05$)判断优化效果。若优化后RMSE降低30%以上,且不同测量设备数据吻合度提升至92%以上,可认定优化措施显著提升了数据准确性。

6.2 数据代表性的深入分析

数据代表性评估需建立时空多维分析框架。在空间层面,按城市用地性质划分为7大类功能区(商业金融、文教卫生、工业仓储等),构建噪声污染热力图谱,对比优化前后监测点对各功能区的覆盖完整性;在时间层面,以小时为单位分析昼夜噪声变化曲线,通过动态聚类算法识别不同区域的噪声特征模式。引入信息熵计算方法,量化评估监测数据对城市噪声分布的信息捕捉能力。若优化后信息熵值提高40%以上,且各功能区典型噪声特征曲线完整度达95%,表明监测点布设优化显著增强了数据对城市噪声时空演变规律的表征能力,为污染溯源与精准治理提供可靠数据支撑。

6.3 居民满意度与成本效益的综合考量

构建“社会效益-经济效益”双维度评估体系。在居民满意度调查中,设计包含10个维度的李克特五级量表,覆盖睡眠质量改善、日常活动干扰减少等核心诉求,结合网格化抽样方法,确保样本覆盖不同年龄、职业群体。通过建立噪声投诉量与满意度的回归模型,量化分析优化措施的实际效果。经济效益评估采用成本-效益分析(CBA)模型,详细核算监测点设备采购、网络通信、运维管理等全生命周期成本,同时引入数据价值评估模型,测算优化后监测数据在政策制定、污染治理等场景下产生的经济价值。当成本效益比(BCR)提升至1.8以上,且居民满意度评分提高2个百分点时,可认定优化方案实现了环境效益与经济效益的协同提升。

7 结语

对城市噪声污染分布特征的研究揭示了其在空间和时间上的复杂变化规律,现有监测点布设的问题也得到清晰呈现。通过实施科学合理的优化策略,城市噪声监测的准确性与全面性得以提升。未来,随着技术进步与城市发展,应持续关注噪声污染新动态,进一步完善监测点布设,加强多部门协作,综合运用多种手段防治噪声污染,为居民营造安静舒适的城市声环境,推动城市可持续发展。