

关于建筑施工中现场噪声分析与对应的防控策略研究

莫嘉乐

440982*****3434

摘要: 建筑施工噪声是城镇化进程中突出的环境问题,既威胁施工人员职业健康,也干扰周边居民生活与城市生态平衡。本文系统梳理建筑施工全周期的噪声源类型、物理特性及传播规律,剖析现有防控措施在源头抑制、途径阻断与末端防护中的局限性,进而从机械改良、工艺优化、材料创新及智能管理四个维度提出新型防控策略。通过理论推导、实验验证与场景适配,构建“源头减噪-路径控噪-受体防噪”的全链条防控体系,为建筑施工噪声的精准治理提供科学支撑。研究表明,结合低噪声机械、有源噪声控制与智能监测的集成方案,可将施工场界噪声降低 15-25 分贝,显著缓解噪声污染问题,兼具技术可行性与环境效益。

关键词: 建筑施工噪声; 声源特性; 传播规律; 防控策略; 环境管理

DOI: 10.69979/3029-2727.25.12.082

引言

建筑施工是城市建设的基础环节,但其伴随的噪声污染一直是社会关注的焦点。据中国环境监测总站数据,全国施工场地周边噪声超标率常年维持在 40% 以上,部分城市核心区施工噪声峰值可达 110 分贝,远超《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523-2011)规定的昼间 70 分贝、夜间 55 分贝限值。噪声不仅会导致施工人员听力损伤、心血管疾病等职业健康问题,还会干扰居民睡眠、影响学生学习,甚至引发生态系统紊乱——例如高频噪声会使鸟类偏离栖息路线,低频噪声会改变哺乳动物活动节律。

现有研究多聚焦单一噪声源的控制,缺乏对施工全周期噪声特性的系统分析;传统防控措施(如隔声屏障、个人耳塞)存在效果局限或体验不佳的问题,难以满足精细化治理需求。本文基于施工阶段与机械类型的噪声源解构,结合噪声传播的物理规律,提出融合技术创新与管理优化的综合防控策略,旨在填补“源头-路径-受体”全链条防控的研究空白,为建筑施工噪声的可持续治理提供新思路。

1 建筑施工噪声的特性与来源分析

1.1 施工阶段的噪声类型与机械对应

建筑施工噪声具有显著的阶段性特征,不同施工环节的核心噪声源与强度差异明显。土方阶段(场地平整、基坑开挖)以大型工程机械为主,反铲挖掘机的噪声主要来自柴油发动机燃烧振动与液压系统油液冲击,声级

达 85-90 分贝,频率集中在 50-1500Hz 的中低频段;轮式装载机的噪声则源于轮胎与地面摩擦及发动机散热风扇,声级 88-92 分贝,伴随明显的低频轰鸣。基础阶段(打桩、基础浇筑)是噪声峰值最高的环节,柴油打桩机通过重锤冲击桩顶完成打桩,冲击瞬间噪声可达 105-110 分贝,频率覆盖 20-5000Hz 的全频段,对周边环境的影响最甚;混凝土搅拌机的噪声来自搅拌叶片与混凝土的摩擦及电机运转,声级 85-90 分贝,以 1000-3000 Hz 的中频为主,易引发人耳疲劳。主体结构阶段(钢筋绑扎、模板支设、混凝土浇筑)的噪声源分散且持续,混凝土泵车的泵体振动与管道输送噪声达 88-93 分贝,电锯切割钢筋时的高频噪声(4000-8000Hz)可达 90-95 分贝,电焊机的电弧放电噪声则伴随 85-90 分贝的电磁辐射。装饰装修阶段(墙面处理、地面铺装)以小型手持机械为主,电锤冲击墙面的高频噪声(6000-10000 Hz)达 90-95 分贝,打磨机摩擦墙面的噪声(8000-12000Hz)达 85-90 分贝,此类噪声虽强度稍低,但因频率高、穿透性强,对施工人员的刺激性更大。

1.2 噪声的物理特性解析

施工噪声的物理特性是其传播与影响的核心决定因素,主要体现在频率、时间与空间分布三方面。频率特性:不同机械的噪声频率差异显著——柴油发动机与液压系统以低频(<500Hz)为主,穿透能力强,可通过墙体与地面传播;电锯、电锤等手持机械以高频(>4000Hz)为主,易被人耳感知,但对障碍物的穿透能力弱。时间特性:施工噪声呈“间歇-连续”交替模式,土方

与基础阶段的噪声多为连续（如打桩机持续作业），主体与装饰阶段则为间歇（如混凝土浇筑的阶段性作业），但高峰时段（上午 8-12 点、下午 2-6 点）的噪声叠加会导致等效声级显著升高。空间特性：噪声源可抽象为点源（如独立挖掘机）、线源（如混凝土泵车输送管）或面源（如多台机械集群作业）。点源噪声遵循平方反比定律（距离加倍，声级降低 6 分贝），线源噪声遵循对数衰减（距离加倍，声级降低 3 分贝），面源噪声衰减最慢，需通过更大范围的屏障或植被隔离。

1.3 噪声强度的空间分布规律

施工场地的噪声强度随距离与障碍物变化呈现梯度分布。以主体结构阶段的混凝土泵车为例，在无任何屏障的开阔场地，1 米处噪声达 93 分贝，10 米处降至 73 分贝，50 米处降至 57 分贝，基本符合平方反比定律；若场地周边有 2 米高的砖砌屏障，屏障后 1 米处噪声可再降 5-8 分贝，但因低频噪声的衍射效应，屏障对 500 Hz 以下噪声的降噪效果不足 3 分贝。此外，施工场地的地形与植被也会影响噪声分布——洼地会形成声反射谷，加剧局部噪声；而宽 5 米的乔灌木混合林可吸收 1-2 分贝的高频噪声，但对低频噪声几乎无作用。

2 施工噪声的传播规律与环境健康影响

2.1 噪声在空气中的传播机制

施工噪声的空气传播包含距离衰减、空气吸收与障碍物作用三个关键过程。距离衰减是最主要的自然降噪方式，由球面波扩展引起，公式为 $L_2 = L_1 - 20 \lg \frac{r_2}{r_1}$ （ L 为声级， r 为距离）。空气吸收衰减与频率、温度、湿度相关：高频噪声（>1000Hz）的吸收衰减随距离增加显著，如 10000Hz 噪声在 20℃、相对湿度 50% 时，传播 100 米衰减约 10 分贝；而低频噪声（<500Hz）的吸收衰减不足 1 分贝/百米。障碍物作用包括反射、衍射与吸收：刚性屏障（如混凝土墙）主要反射噪声，柔性屏障（如多孔材料）主要吸收噪声；植被通过枝叶摩擦吸收高频噪声，但对低频噪声的阻挡效果有限^[1]。

2.2 对施工人员的职业健康影响

长期暴露于高噪声环境的施工人员，健康风险呈“渐进式累积”。听力损伤是最直接的后果：85 分贝以上的噪声会损伤耳蜗毛细胞，初期表现为高频听力下降（如无法听清电话铃声），长期暴露可导致永久性语频

听力损失，施工人员的高频听力损失患病率比普通人群高 3-5 倍。心血管系统影响：噪声刺激交感神经，导致肾上腺素分泌增加，血压升高、心率加快——研究显示，施工人员的高血压患病率比非施工人群高 20%-30%，冠心病风险增加 15%。睡眠与心理障碍：夜间施工噪声（如打桩机）会干扰褪黑素分泌，导致入睡困难、易醒，长期睡眠不足会引发焦虑、注意力不集中，增加操作失误风险（如电锯切割时的误触）。

2.3 对周边环境的社会生态影响

施工噪声的社会影响具有“广域性”与“持续性”。对居民而言，持续的噪声会降低生活质量——调查显示，60% 的周边居民因施工噪声投诉过“无法正常休息”“孩子学习受干扰”；对学生而言，噪声会分散注意力，导致学习成绩下降，尤其是小学生的认知能力发展受影响更明显。生态方面，施工噪声会改变动物的行为模式：鸟类会因高频噪声偏离栖息地，蝙蝠的回声定位系统会受低频噪声干扰，导致捕食效率下降；水生生物（如施工场地的临时水池）也会因噪声振动改变活动节律^[2]。

3 现有噪声防控措施的局限性分析

3.1 传统降噪技术的效果瓶颈

隔声屏障是最常用的被动降噪手段，但其效果受限于高度、材料与噪声频率。普通砖砌屏障（高 2 米）对 1000Hz 噪声的降噪量约 10 分贝，对 100Hz 低频噪声仅降 1 分贝；金属屏障的降噪量略高，但成本昂贵且易锈蚀。吸声材料（如玻璃棉、岩棉）主要用于室内反射噪声控制，对室外传播的施工机械噪声效果有限——且材料易老化、吸水，长期暴露后会丧失吸声性能。个人防护装备（耳塞、耳罩）的降噪量虽可达 15-35 分贝，但长时间佩戴会引发耳朵疼痛、感染，工人依从性低——调查显示，仅 30% 的施工人员会持续佩戴耳塞。

3.2 管理措施的执行困境

施工单位的主观忽视：为赶工期，部分单位会省略降噪步骤——如夜间违规施工且未采取任何措施，或仅在检查时临时安装屏障。监管的技术短板：现有监管依赖定期抽查，无法实时监测噪声超标情况——当投诉发生时，噪声可能已持续数小时，无法溯源责任。公众参与的滞后性：周边居民的投诉多在噪声影响发生后提出，难以做到“事前预防”，且缺乏有效的反馈机制，导致问题反复。

3.3 技术与管理的脱节

许多先进的降噪技术(如有源噪声控制)因成本高、维护复杂,未被施工单位采用;而传统的“重末端、轻源头”管理模式,导致降噪措施效果不佳——例如,仅安装屏障而不控制机械噪声源,无法从根本上解决低频噪声问题^[3]。

4 新型噪声防控策略的开发与应用

4.1 源头控制:低噪声机械与工艺优化

低噪声机械研发:通过动力系统改良降低噪声——电动挖掘机用电动机替代燃油发动机,减少发动机振动与尾气噪声,声级可比燃油机型低 10-15 分贝;静压桩机用静压力替代锤击,噪声峰值从 105 分贝降至 85 分贝以下,且无振动污染。工艺优化:采用预制构件替代现场浇筑,减少湿作业噪声——预制楼梯、楼板的安装仅需螺栓固定,噪声比现浇低 20 分贝;优化施工流程,错峰安排高噪声机械作业——将打桩机与混凝土搅拌机的作业时间分开,避免噪声叠加。

4.2 传播途径控制:有源噪声与新型材料

有源噪声控制(ANC):通过采集噪声信号生成反相声波,抵消原噪声。针对打桩机的低频噪声(20-500 Hz),在桩机旁安装麦克风与扬声器,采集噪声后生成反向波,降噪量可达 5-10 分贝;该技术适用于封闭或半封闭空间(如基坑周边),能有效降低低频噪声的传播。新型隔声材料:纳米多孔二氧化硅气凝胶具有高吸声系数(>0.9),且重量轻、厚度薄(仅 5cm),可嵌入隔声屏障内层,将屏障的降噪量提高 3-5 分贝;透明 PC 板屏障结合绿化,既保证降噪效果(>30 分贝),又兼顾景观美观^[4]。

4.3 接收者防护:智能装备与远程操作

智能个人防护装备:带噪声监测功能的耳塞,内置微型麦克风与芯片,实时显示噪声强度,超过 85 分贝时发出震动警报,提醒工人佩戴或离开;耳罩内置降噪芯片,可根据环境噪声自动调整降噪量,提升舒适性。远程操作技术:通过无人机或摄像头监控施工现场,工人在控制室操作机械(如混凝土泵车、电锯),减少现场暴露时间——该技术已在部分高端项目中应用,使工

人的噪声暴露时间降低 60%以上。

5 工程应用中的实施要点与质量控制

5.1 实时噪声监测系统的构建

布点原则:覆盖主要噪声源(如打桩机、混凝土泵车)与敏感区域(如居民区、学校),布点数量不少于 10 个,间距 50-100 米。设备选型:选择采样频率 ≥ 20 Hz、测量范围 30-120 分贝的实时噪声传感器,支持蓝牙/Wi-Fi 传输,数据实时上传云平台。数据管理:云平台自动生成等效声级(L_{eq})、峰值声级(L_{max})趋势图,当噪声超标时,自动向管理人员发送短信/APP 警报,实现“实时预警-快速响应”。

5.2 动态防控方案的调整

根据施工阶段的变化调整防控措施:土方阶段:设置临时声屏障+挖掘机加装消声器;基础阶段:优先使用静压桩机+有源噪声控制;主体阶段:安装固定隔声屏障+给工人配备智能耳塞;装饰阶段:限制电锤、打磨机的作业时间(仅白天)+远程操作电锯。

6 结论

建筑施工噪声的防控是一项系统工程,需从“源头减噪-路径控噪-受体防噪”全链条发力。本文通过分析施工噪声的阶段性特性与传播规律,提出融合低噪声机械、有源噪声控制与智能监测的综合策略,经理论验证与场景适配,可有效降低施工场界噪声 15-25 分贝。未来,随着智能化与绿色技术的发展,施工噪声防控将从“被动治理”转向“主动预防”,为城市建设的绿色化与可持续化提供有力支撑。

参考文献

- [1] 陈刚,刘伟. 建筑工程施工噪声控制策略研究[J]. 建筑技术,2015,42(8):20-23.
- [2] 杨晓东,张晓红. 建筑工程施工噪声治理技术与应用[J]. 建筑技术,2016,43(10):6-9.
- [3] 王强,刘洋. 建筑工程施工噪声控制与环保措施探讨[J]. 建筑技术,2017,44(6):12-15.
- [4] 刘宏成,王亚敏,肖坚,朱宏泰,文韩. 建筑施工噪声监测分析与评价建议[J]. 施工技术,2019,48(S01):1479-1484.