暖通空调机房优化设计与降噪减振方案探讨

卜海鹏　杨　琼　明家瑞　史东洁
陕西冶金设计研究院有限公司　陕西　西安　710018

摘　要：暖通空调机房设备运行产生的噪声与振动，是影响建筑室内声环境与居住舒适度的关键因素。现有机房设计常存在布局不合理、防控措施单一等问题，难以有效管控扰动传播。此文从机房整体布局、通风散热、设备降噪、管路减振及运维协同管控多个维度，系统性梳理暖通机房优化设计方法，通过源头布局整改、传播路径阻断、设备工况调控的多层手段，搭建全方位降噪减振体系，有效弱化设备运行产生的噪声与振动扰动，提升暖通机房运行稳定性与建筑整体环境品质。

关键词：暖通机房；布局优化；隔声降噪；减振控制；运维优化

引言：现代建筑暖通系统规模化、设备集成化发展趋势下，空调机房运行引发的噪声与振动污染问题愈发突出。各类动力设备及管路系统产生的扰动，会通过建筑结构与空气介质持续扩散，干扰建筑使用功能，缩短设备使用寿命。为有效解决这类工程问题，从机房前期布局设计、专项降噪减振施工、后期运维管控等多个环节完善优化方案，依托精细化设计与系统化治理，改善机房运行工况，消解噪声振动带来的负面影响，为建筑暖通工程提质增效提供实操参考。

1 暖通空调机房总体布局优化设计

1.1 机房整体布局原则与选址优化

机房布局是暖通空调机房降噪减振的基础前提，不合理的选址与空间规划会大幅加剧噪声辐射和振动传递。本节从选址规划、空间布局、散热运维等维度开展源头优化，为后续专项降噪减振设计提供基础保障。

机房选址需结合建筑功能分区、结构荷载和室内环境需求综合确定，优先避开人员长期停留的核心功能区，从源头降低设备运行噪声、振动对室内环境的干扰。建筑底层、专用设备层及设备夹层为最优布设区域，此类区域结构承载力充足，可满足大型暖通设备荷载要求，有效减少设备运行对上层空间的扰动。选址阶段需精准复核结构承重参数，对设备集中区域提前实施结构加固，确保符合现行建筑安全规范。

机房内部空间需依据设备运行流程与检修需求规划，分区划分设备安装、管路敷设、运维操作专属区域。空间尺度适配设备规格，预留充足的设备拆装、部件检修空间，规避运维作业受阻问题。机房通道规整通畅，主通道宽度不小于 1.2m，次要通道宽度不低于 0.8m，满足日常巡检与维保通行标准。同时充分考量通风散热条件，规避设备密集堆砌形成的密闭死角，保障机房空气有序流通，为设备稳定运行营造良好环境。

1.2 设备排布与管线走向优化设计

机房设备排布严格遵循暖通系统工艺流程，按照空气处理、冷热交换、介质输送的顺序有序布设。功能相近设备集中布置、不同功能设备分区摆放，减少设备交叉干扰，简化管路对接与后期运维流程。冷水机组、空调水泵、送风风机等核心动力设备，优先布置于建筑承重主梁位置，依托主体结构分担设备自重与动态运行荷载，降低结构形变与振动传递风险。设备间距结合设备尺寸、散热范围及检修规范合理设定，杜绝间距过小引发的积热、作业受阻等问题。

管线设计坚持短程高效、排布规整原则，最大限度缩短敷设长度，降低介质输送能耗与管路阻力。空调水系统管路沿墙体、梁柱规整敷设，杜绝交叉堆叠、跨越设备主体的布设方式，保证管路层次清晰。风管系统优化输送路径，减少弯头、变径等异形管件用量，削弱气流扰动引发的噪声隐患。管路与设备接口精准对接，严控安装偏差，提升系统密闭性与运行稳定性。实行管线分类分层布设，空调、给排水、电气管线分区布置，规避管线交错引发的运行安全隐患。

1.3 机房通风与散热系统优化配置

暖通设备持续运行会产生大量余热，机房热量堆积会升高环境温度，加速设备部件老化、降低系统运行效率。科学配置通风散热系统，是保障设备长期稳定运行的关键。机房采用“机械通风 + 自然通风”组合模式，根据机房容积与设备散热功率精准计算通风量，及时排

出蓄积余热。遵循热对流规律，将进风口设于机房低位、出风口设于高位，形成有序气流循环，提升散热换气效率。

通风设备选型精准匹配机房通风负荷，精准核算风机风量、风压参数，避免选型不当造成的能耗浪费与散热不足[1]。针对高温设备集中区域增设局部排风装置，定向疏导集中热量，解决局部高温问题。通风管路避开设备核心运行区域，规避管线交叉冲突。实现散热系统动态调控，高温时段提升通风频次，低温时段适度降低通风量，将机房温度稳定在设备适宜运行区间，弱化温差波动对设备工况的不利影响。

2 暖通空调机房降噪专项设计方案

2.1 机房围护结构隔声设计

机房围护结构是阻隔设备噪声向外扩散的核心屏障，其隔声性能直接决定建筑周边声环境质量。机房墙体优先选用高密度隔声建材，以实心砌块或加气混凝土砌块为基层，对中低频设备噪声具备优异的阻隔效果。墙体施工保证砌筑密实，全面封堵缝隙、孔洞，杜绝噪声透射扩散。墙体内侧增设复合隔声吸声层，通过多层复合结构提升墙体整体隔声量，有效削弱空气传声。

楼板与顶板重点管控竖向噪声传播，采用加厚钢筋混凝土结构提升基础隔声性能，表层铺设隔声垫层与吸声材料，弱化结构传声与空气传声叠加效应。顶板吊装专用吸声吊顶，缩短机房混响时间，抑制噪声叠加放大[2]。机房门窗采用复合隔声型材，接缝加装密封胶条，兼顾隔声与防火阻燃性能，彻底阻断噪声外泄缝隙。管线穿越墙体、楼板的孔洞，采用防火隔声材料密实填充，保障围护结构隔声连续性，针对高噪声设备对应区域差异化强化隔声配置，实现精准降噪。

2.2 设备空气传声降噪处理方案

风机、水泵、冷水机组等动力设备的持续运行噪声是机房核心噪声源，需结合设备噪声频率与传播特性针对性治理。高噪声设备外部加装定制复合隔声罩，外层保障结构强度，内层铺设多孔吸声材料，高效吸收设备散射噪声，大幅降低设备周边噪声分贝。隔声罩预留标准化检修口、观测口与散热通道，兼顾降噪功能与运维、散热需求。

风机进出口加装阻抗复合式消声器，匹配风机风量与噪声频段，同步削弱机械噪声与气流噪声。针对水泵机组中低频噪声特性，在设备周边布设局部吸声屏障，阻断噪声横向传播。机房墙面、柱面加装阻燃吸声板材，吸收室内反射散射噪声，弱化噪声叠加共振效应。所有降噪装置与设备精准匹配安装，不改变设备原有运行参数，定期检修更换老化破损构件，持续稳定降噪效果。

2.3 风管、风口气流噪声控制设计

风管内气流摩擦、涡流扰动产生的次生噪声，是空调系统噪声的重要组成部分，风管结构突变、风速超标、风口布设不合理均会加剧噪声。降噪设计以优化气流状态为核心，精准匹配风量确定风管管径，严格控制风速，送风主管风速≤ 6m/s，支管风速≤ 4m/s，规避高速气流摩擦噪声。

风管管路尽量平直规整，减少急弯、突变变径、三通等异形结构，必要的管件采用渐变结构，弱化气流扰动。施工中保证风管内壁平整、无杂物缺陷，全程做好密封处理，杜绝漏风引发的噪声与风量损耗。风口选用低噪声专用型材，优化叶片结构，保障气流均匀送出，弱化气流冲击噪声。风管主干管路分段设置管式消声器与静压箱，静压箱内部铺设吸声材料，稳定气流压力、吸收管路噪声，阻断噪声沿风管外传路径，保障送风系统低噪运行。

3 暖通空调机房减振专项设计方案

3.1 动力设备基础减振设计

动力设备运行产生的周期性振动，会通过设备基础传递至建筑主体，引发结构振动与次生噪声。设备基础减振通过结构优化、减振构件配置、荷载平衡调控，阻断振动传递路径。所有动力设备设置独立现浇混凝土减振基础，基础尺寸大于设备底座，预留充足减振安装空间，保障荷载均匀分布，提升基础整体刚度，规避开裂形变加剧振动的问题。

设备基础与建筑地面、楼板完全隔离，预留减振缝隙并填充柔性材料，切断刚性振动传递通道。依据设备参数适配减振构件，重型冷水机组、大型水泵选用阻尼弹簧减振器，吸收竖向振动、消耗残余振动能量；轻型风机适配高弹性橡胶减振垫，高效管控高频小幅振动。基础施工后精细化校准水平度，杜绝设备倾斜引发的偏心振动，通过优化基础配重降低共振概率，对高振动设备增设限位装置，管控设备位移，减少振动向结构扩散。

3.2 管道系统柔性减振优化设计

空调风、水系统管路会承接设备运行振动能量，刚性管路会实现振动远距离传递，引发管路共振、结构传声等次生问题。管道减振核心为打破刚性振动传递路径，依托柔性连接结构弱化振动传播效率[3]。设备进出

口统一加装柔性软接构件，水系统采用橡胶柔性接头，风系统采用帆布柔性软接，通过柔性形变吸收设备振动位移，阻断振动向整条管路扩散。

柔性接头规格匹配管路管径与介质运行压力，保障构件承压能力与密封性能满足系统运行标准，规避渗漏、破损等运行故障。长距离刚性管路分段设置柔性补偿结构，适配管路热胀冷缩形变的同时，切断振动连续传递路径。管道穿墙、穿楼板位置设置柔性套管，套管与管道间隙填充柔性减振密封材料，杜绝管路与建筑结构刚性接触产生的振动传递。

优化管路荷载分布，规避局部荷载集中引发的管路形变与振动加剧问题。高温、高压工况管路强化柔性减振配置，适配复杂运行环境的减振需求。定期检测柔性构件的形变与老化状态，及时更换性能衰减的配件，持续保障管道系统减振效果。整套柔性减振体系适配管路运行特性，在不影响介质输送效率的前提下，最大化削弱振动传递能力。

3.3 支架、吊架减振降噪配套设计

常规刚性支吊架会连通管路与建筑结构，形成高效振动传播通道。机房所有水平风管、水管全部更换为专用减振支吊架，构件增设减振垫片与阻尼结构，弱化刚性接触振动传导。支吊架间距严格按规范布设，小管径管路间距≤ 2m，大管径管路适度加密，保证荷载均匀分摊，避免管路下垂引发异常振动。

支吊架垂直规整安装，接触位置增设柔性缓冲垫层，消除摩擦振动与撞击异响。顶部悬吊大型风管、设备的吊架增设阻尼减振结构，抑制管路微幅振动与共振现象，竖向固定支架同步采用减振设计，全方位管控振动扩散。所有减振构件参数经精准核算，兼顾结构安全与减振性能，严控安装精度，全面弱化支吊架引发的结构传声与振动干扰。

4 机房运维构造优化与噪声振动协同控制

4.1 机房构造细节优化设计

细节优化可补齐降噪减振体系短板，提升机房运行稳定性。机房地面采用隔声防滑地坪，下部增设减振吸声垫层，削弱地面振动反射与结构传声；地面设置规范排水构造，及时排出冷凝水与积水，防止设备锈蚀、场地受潮变形。施工阶段对墙体拼缝、管线穿孔、设备基座缝隙全面密实封堵，阻断细微噪声、振动传播通道。规整固定室内管线与电气线路，减少构件松动异响，对检修平台、防护护栏等附属设施的连接节点做减振密封处理，降低次生扰动影响。

4.2 噪声、振动协同防控优化策略

机房噪声与振动存在耦合效应，振动易诱发结构传声，噪声传播会叠加振动扰动，单一防控措施难以达到最优治理效果。需构建源头管控、路径阻断、全域抑制的一体化协同防控体系。在源头通过设备基础减振、柔性管路连接、设备隔声封闭，降低噪声与振动生成强度；在传播路径上依托围护隔声、支架阻尼缓冲、管路柔性减振，阻断扰动外传；通过室内全域吸声、气流工况优化，抑制噪声混响与设备共振[4]。同时实行分级防控，强化设备高扰动区域的防护等级，合理配置辅助区域防控设施，实现治理效果与资源配置的平衡。

4.3 设备运行工况优化降振降噪设计

设备工况失衡是机房设备产生异常噪声与振动的核心诱因，参数偏移、启停方式不当、负荷匹配失衡，会引发气流紊流、水力冲击及部件共振，削弱前期降噪减振工程成效。运维阶段需以降振降噪为核心，从运行源头管控扰动生成。设备采用变频缓变启停模式，规避荷载突变造成的冲击振动与瞬时异响；结合建筑实时冷热负荷动态调控设备运行台数与频率，杜绝长期高负荷运行引发的紊流与共振问题。定期校准风机、水泵、机组核心运行参数，清理叶轮与管路积垢杂物，消除气流不均、管路堵塞引发的次生噪振。同时常态化调试设备衔接构件与减振配件状态，通过精细化工况调控，实现机房设备长期低噪低振的稳定运行。

结束语：暖通空调机房的降噪减振治理是一项系统性工程，需兼顾前期设计优化与后期运维管控。通过布局规整、设备隔声、管路柔性减振、支架阻尼改造等多项技术手段，可全方位削减噪声振动的产生与传播。依托噪声与振动协同防控策略、设备工况动态调控机制，能够补齐机房运行管控短板，稳定系统运行状态，切实提升暖通机房的运行安全性、稳定性与环境适配性，为同类暖通机房降噪减振改造提供成熟的技术参考。

参考文献

[1] 薛亮. 建筑暖通设计中噪声与振动通病的防治探究 [J]. 工程学研究与实用,2025,6(7).

[2] 潘卓兮. 医院建筑暖通设计创新探讨——以无锡市锡山人民医院东亭分院为例 [J]. 智能建筑与智慧城市,2026(1)：138-141.

[3] 李锐林, 刘坤. 智能技术在建筑暖通噪声与振动防治中的应用分析 [J]. 建材发展导向,2026,24(16)：82-84.

[4] 陈颉, 韩梦涛, 王凡, 等. 制冷机房顶部楼板与管道振动分析及控制设计 [J]. 噪声与振动控制,2024,44(4)：258-265.