

固定设备

噪声污染防治

技术指引

(适用于商业经营活动和办公场所)

北京市科学技术研究院
城市安全与环境科学研究所



北京市生态环境局

2023年6月

前 言

随着社会经济发展和科技水平不断进步，商业经营活动和办公场所使用空调器、冷却塔、水泵、油烟净化器、风机、变压器、锅炉等各种类型的固定设备越来越普遍，这些点多量大的固定设备为人们生活带来舒适和便利的同时，由其产生的噪声污染问题也日渐增多，给周边群众的日常生活带来影响。固定设备噪声控制是应该进行统筹考虑的系统工程，需要专业的技术背景作为支撑，但固定设备的所有者或使用者，通常缺乏对噪声控制的必要了解，为求尽快解决噪声影响，采取的措施往往不能“对症下药”，不仅造成了重复治理、无效治理等现象，而且增加了时间和经济成本，甚至导致其他次生问题，进一步激化了矛盾。

为了保障公众健康，满足市民群众对美好生活的向往，加快解决市民群众关心的固定设备噪声污染问题，不断提升市民群众生态环境获得感、幸福感和安全感，降低商业经营活动和办公场所的固定设备噪声污染防治时间和经济成本，经北京市生态环境局提出，北京市科学技术研究院城市安全与环境科学研究所特编制本技术指引，为商业经营活动和办公场所等相关单位提供噪声污染防治技术方面的参考。有关设计、施工、运维等全过程涉及规划、施工、安全、消防等其它方面的问题，请遵守国家及北京市相关法律法规、政策文件、标准规范以及相关主管部门规定。

本技术指引从固定设备噪声污染的法律和标准规定、噪声控制的基本原理和方法，以及常见固定设备的噪声特性和控制要点等方面进行了简要介绍。本技术指引目的是帮助商业经营管理单位、企业事业单位充分认识在噪声污染防治中应承担的责任，初步了解固定设备噪声源特点和控制措施，在遇到此类噪声污染问题时，能够形成解决问题的基本方案或大致思路。涉及噪声控制措施的具体技术内容，建议咨询专业的噪声治理机构。本技术指引使用过程中，如

果有相关技术问题进行交流或探讨，可发送电子邮件至**bjast_iuse@126.com**进行联系。

提出单位：北京市生态环境局

编制单位：北京市科学技术研究院城市安全与环境科学研究所

主要起草人：户文成 刘 强 宋瑞祥 康钟绪 王文江 秦 勤 肖伟民

主要审查人：田 静 毛玉如 程明昆 林 杰 张 斌 吕亚东

目 录

第一部分 法律法规政策及标准	1
1 《中华人民共和国噪声污染防治法》	1
2 《北京市环境噪声污染防治办法》	1
3 《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》	2
4 固定设备噪声排放标准	2
第二部分 噪声控制原理	4
1 噪声和噪声污染	4
2 噪声的传播方式	5
3 噪声控制的基本方法	7
第三部分 噪声控制的具体措施	10
1 吸声材料和吸声结构	10
2 隔声屏障	12
3 隔声罩	13
4 隔声门和隔声窗	14
5 消声装置	15
6 隔振装置	16
第四部分 典型固定设备噪声控制	18
1 空调器	18
2 冷却塔	24
3 水泵	29

4 风机	36
5 油烟净化器	42
6 变压器	43
7 锅炉	48
8 多声源协同治理	50
第五部分 参考文献	52

第一部分 法律规章政策及标准

1 《中华人民共和国噪声污染防治法》

《中华人民共和国噪声污染防治法》（以下简称《噪声法》）对使用固定设备、设施排放噪声及噪声污染防治有相关的规定，如：

第二十二条 对噪声排放及防治责任进行了规定：“排放噪声、产生振动，应当符合噪声排放标准以及相关的环境振动控制标准和有关法律、法规、规章的要求。排放噪声的单位和公共场所管理者，应当建立噪声污染防治责任制度，明确负责人和相关人员的责任”。

第二十七条 对工艺和设备要求进行了规定：“国家鼓励、支持低噪声工艺和设备的研究开发和推广应用，实行噪声污染严重的落后工艺和设备淘汰制度。国务院发展改革部门会同国务院有关部门确定噪声污染严重的工艺和设备淘汰期限，并纳入国家综合性产业政策目录。生产者、进口者、销售者或者使用者应当在规定期限内停止生产、进口、销售或者使用列入前款规定目录的设备”。

第六十一条 和 第六十二条 对噪声排放及控制措施进行了规定：“文化娱乐、体育、餐饮等场所的经营管理者应当采取有效措施，防止、减轻噪声污染”，“使用空调器、冷却塔、水泵、油烟净化器、风机、发电机、变压器、锅炉、装卸设备等可能产生社会生活噪声污染的设备、设施的企业事业单位和其他经营管理者等，应当采取优化布局、集中排放等措施，防止、减轻噪声污染”。

第八十一条 对超过噪声排放标准排放社会生活噪声的违法处罚进行了规定：“责令改正，处五千元以上五万元以下的罚款；拒不改正的，处五万元以上二十万元以下的罚款，并可以报经有批准权的人民政府批准，责令停业”。

2 《北京市环境噪声污染防治办法》

《北京市环境噪声污染防治办法》第三十一条 对商业经营活动中的固定设备噪声提出了明确的要求：“在商业经营活动中使用空调器、冷却塔等可能产生环境噪声污染的设备、设施的，其经营管理者应当采取有效措施，使其边界噪声符合国家规定的环境噪声排放标准”。

3 《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》

《北京市新增产业的禁止和限制目录（2022年版）》中与固定设备噪声污染相关的规定：

全市范围内，禁止在居民住宅楼、未配套设立专用烟道的商住综合楼、商住综合楼内与居住层相邻的商业楼层内，新建、改建、扩建产生噪声污染的餐饮服务、服装干洗、机动车维修等。

首都功能核心区、城四区、北京城市副中心范围，禁止新建对居住、医疗卫生、文化教育、科研、行政办公等场所产生噪声污染的餐饮项目。

4 固定设备噪声排放标准

目前，商业经营活动和办公场所的固定设备噪声排放，一般执行《社会生活环境噪声排放标准》(GB 22337-2008)或《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008)。标准分别从适用范围、噪声排放限值以及测量方法等方面对涉及的噪声污染问题作出了明确规定。

上述两个标准分别对边界、厂界处的噪声排放限值和结构传播固定设备室内噪声排放限值进行了规定。边界、厂界处的噪声排放限值主要针对空气声，而结构传播固定设备室内噪声排放限值主要针对结构声。

例如，现行的《社会生活环境噪声排放标准》(GB 22337-2008)边界处的噪声排放限值如表1.1所示。

噪声排放限值的其他规定、结构传播固定设备室内噪声排放限值的规定以

及噪声排放的测量方法等详细内容可查阅上述两个标准。涉及到噪声污染问题时，应根据项目的具体情况，执行对应的最新版标准。

表1.1 社会生活噪声排放源边界噪声排放限值

单位：dB(A)

边界外声环境功能区类别	时段	
	昼间	夜间
0	50	40
1	55	45
2	60	50
3	65	55
4	70	55

备注：“昼间”为6:00至22:00之间的时段；“夜间”为22:00至次日6:00之间的时段。

第二部分 噪声控制原理

1 噪声和噪声污染

广义上来讲，干扰人们正常工作、学习和生活的声音，可统称为噪声。《噪声法》第二条明确定义：“本法所称噪声，是指在工业生产、建筑施工、交通运输和社会生活中产生的干扰周围生活环境的声音”。

通常用声级来描述噪声的强弱，日常多使用A计权声压级（简称A声级），单位为分贝，写作dB(A)，它是根据人耳的听觉特性对客观的声音强度进行修正得到的，能够很好反映人们对噪声的主观感觉。

常见的一些场景的A声级如图2.1所示。

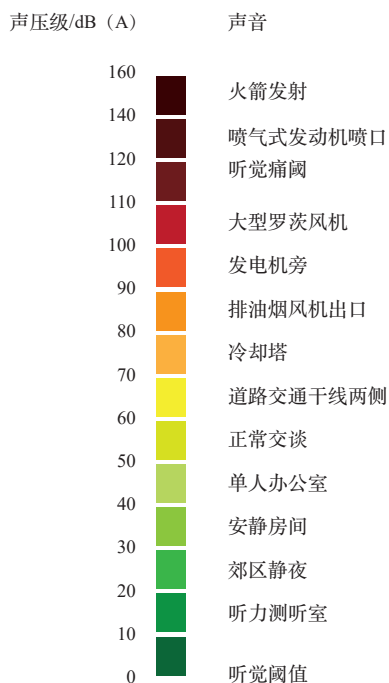


图2.1 不同场景的A声级

除了用声级来表示噪声强弱外，还会用频率（单位是赫兹，Hz）来表示噪声的声调特性。频率越高，噪声听起来越尖锐，比如轮轨啸叫声、电锯切割声、知了鸣叫声等；频率越低，噪声听起来越低沉，比如大型风机、变压器、

活塞空压机等设备运行时发出的噪声等。

噪声对人和周围环境产生不良影响，就形成了噪声污染，根据《噪声法》的规定，噪声污染是指超过噪声排放标准或者未依法采取防控措施产生噪声，并干扰他人正常生活、工作和学习的现象。

噪声污染防治对于保障公众健康、保护和改善生态环境、维护社会和谐、推动生态文明建设、促进经济社会可持续发展具有重要意义。

2 噪声的传播方式

声音是机械波，必须通过弹性介质传播，气体、液体、固体等均可以作为传播介质，而在日常生活中，固定设备噪声一般通过空气或固体介质进行传播。

噪声以空气为传播介质，传播到人耳被人们听到，称为“空气声”。例如人们听到的对面楼屋顶上的设备噪声，如图2.2所示。

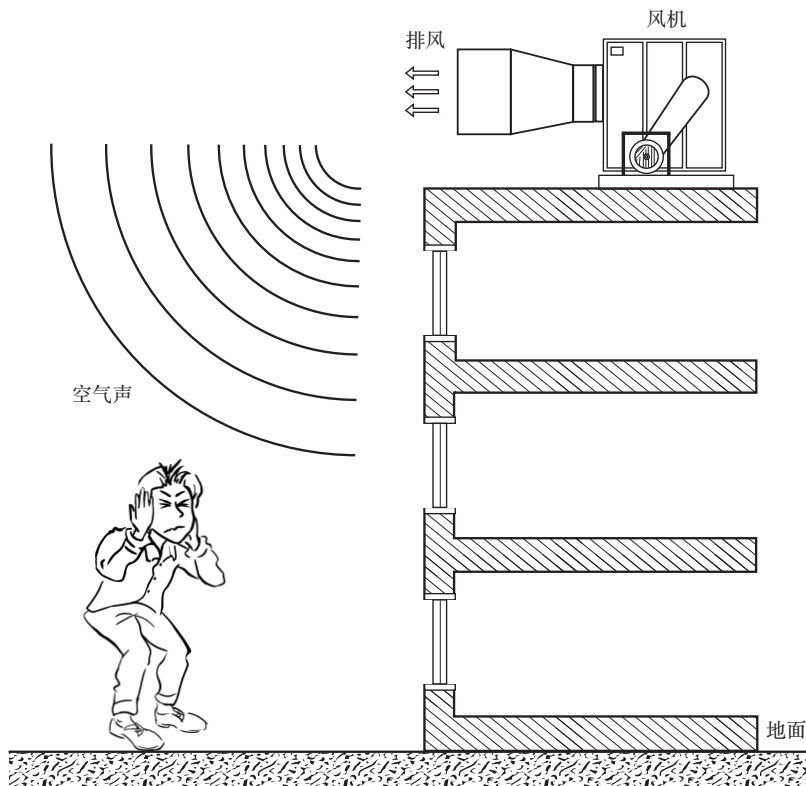


图2.2 空气声示意

设备振动经由建筑物的墙壁、楼板、管路等固体结构传导到不同位置的房间内，再激励内壁辐射而被人们听到的噪声，称为“结构声（或固体声）”。例如，居住在建筑物高层室内的人，听到地下室水泵、变压器等设备产生的结构声，如图2.3所示。

噪声在介质中的传播十分复杂，以人们最熟悉的空气为例，一般来说，随着传播距离的增加，噪声会逐渐减弱；但当噪声在传播过程中，遇到障碍物，又会发生反射、折射、散射、吸收等。当声源尺寸远远小于接收点到声源的距离时，这种声源可以被视为点声源，点声源在自由空间中的传播规律是距离每增加一倍，声压级减少6dB，例如距离一台风机10米处的声压级为80dB，距离20米处的声压级则降低至74dB。

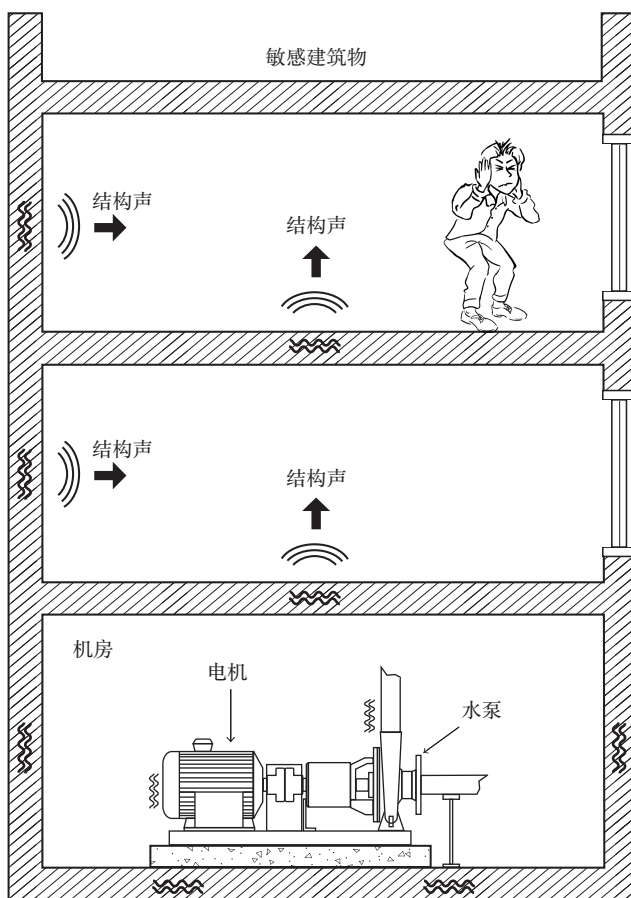


图2.3 结构声示意

3 噪声控制的基本方法

噪声控制主要从降低噪声源、阻隔噪声传播以及对敏感建筑物进行隔声防护三个方面开展相关工作。

(1) 优先使用噪声较低的设备

选择固定设备时，在满足使用功能需求的前提下，应优先选用噪声较低的设备，降低噪声源。设备噪声值可通过查看产品铭牌、产品说明书或咨询设备厂家等方式获得。

(2) 老旧设备更换和保养

固定设备使用年限较长、老化严重时，本体噪声和振动都会相应增大，应及时更换为新设备，避免产生噪声污染。当固定设备出现运行故障时，噪声和振动也会增大，应及时进行维修和保养。

(3) 合理安排固定设备位置

固定设备应尽量远离敏感建筑物，留出必要的防护距离，利用噪声随距离的增加而衰减的规律，降低噪声影响范围。

(4) 控制噪声传播方向

对于有较强指向性的设备，可以通过调整噪声辐射方向降低影响，如改变风机出风口或高压气体排放管口的方向，使其布设在背向敏感建筑物的方位，避开需要安静的场所（如住宅楼、办公楼等）。

(5) 采用吸声措施

吸声措施是使用具有吸声性能的材料或结构，减少反射声能。在吸声降噪实际应用中，常采用多孔吸声材料或共振吸声结构来实现降噪目的。每种吸声材料或吸声结构都有其各自的特点，如多孔吸声材料，一般对中、高频噪声有良好的吸声效果，而共振吸声结构在较低频率处能够实现较好的吸声性能。在实际使用中，应根据噪声的频率特性，有针对性的选择吸声材料或吸声结构。

(6) 采用隔声措施

隔声措施在噪声控制工程中应用较为广泛，是利用各种板材或封闭构件作为屏蔽物，将噪声控制在一定范围或区域内，使噪声在空气中的传播受到阻挡而不能顺利通过的措施。具有隔声能力的屏蔽物称作隔声材料，如隔声屏障、隔声罩、隔声门、隔声窗等。在实际工程中，通常用隔声量来表达隔声材料对空气声的隔绝能力。理想状态下，对于单层匀质的隔声板材，厚度每增加一倍其自身隔声量会增大6dB。

对于单层匀质隔声材料，只能通过提高质量或厚度来增加隔声量，但如果隔声量要求较高时，单纯依靠增大质量（密度）或厚度来提高隔声量，就显得很不现实，而且经济性较差。为解决此问题，工程中通常会采用多层复合材料（或结构）来实现隔声量的提高，不仅能够减轻隔声措施的质量，而且能够保证措施具有较高的隔声量。

此外，在工程应用中，为了达到更好的降噪效果，隔声材料（或结构）通常会和吸声材料（或结构）一起使用，即在隔声材料（或结构）面向噪声源的一侧，设置吸声材料（或结构）。

（7）采用消声措施

消声措施是在允许气流通过的同时可有效降低空气动力性噪声的一种声学控制措施。在工程应用中，消声措施通常指的是消声器、消声百叶、消声静压箱和消声风管等，主要应用于设备的进、排风口消声。

（8）采用隔振措施

隔振措施就是将振动源与建筑结构的刚性连接改为弹性连接，减少振动的传播，从而实现降噪的目的。隔振是控制结构声的主要措施，实际工程中，通常在固定设备基础与建筑结构之间安装隔振元件来进行“减振降噪”，从而减弱或消除结构声影响。除对固定设备基础采取隔振措施外，还需要对固定设备的管道支架、吊架、管道连接件等环节采取隔振措施。隔振元件有多种类型，工程中应用较多的包括隔振器、隔振垫、隔振台座、弹性支吊架、管道柔性接管

等。

(9) 对敏感建筑物进行隔声防护

对敏感建筑物进行隔声防护，主要是利用建筑隔声产品来降低噪声的影响。建筑隔声产品主要包括隔声门、隔声窗、复合隔声墙体等，它们主要是利用隔声原理来阻挡噪声传入敏感空间或传入人耳，从而达到保护接受者的目的。在实践中，对敏感建筑物进行隔声防护由于受多种因素制约而较少采用。

第三部分 噪声控制的具体措施

在噪声控制工程中，常见的声学控制措施主要包括吸声材料和吸声结构、隔声屏障、隔声罩、隔声门、隔声窗、消声装置、隔振装置等。

1 吸声材料和吸声结构

吸声材料和吸声结构是通过摩擦或粘滞效应把入射声能转变成热能进行耗散，从而达到降噪目的，是工程中重要的噪声控制手段。在实际中，通常用平均吸声系数反映吸声材料和吸声结构总体的吸声性能，平均吸声系数为125Hz、250Hz、500Hz、1000Hz、2000Hz和4000Hz六个频率吸声系数的算术平均值。

吸声材料和吸声结构不仅可以单独作为噪声控制措施使用，而且还是隔声和消声措施的重要组成部分。工程应用中，吸声材料和吸声结构可单独安装于机房内壁和顶棚，能够对声波反射形成的混响声进行有效控制。此外，吸声材料和吸声结构通常设置在隔声罩、隔声屏障、消声等降噪措施中，对降低噪声污染起到重要作用。吸声材料和吸声结构包括多孔吸声材料、共振吸声结构及特殊吸声结构。

(1) 常见的多孔吸声材料如玻璃棉板、铝纤维吸音板、金属泡沫铝、珍珠岩吸声板等，如图3.1所示。



(a) 玻璃棉板



(b) 铝纤维吸音板

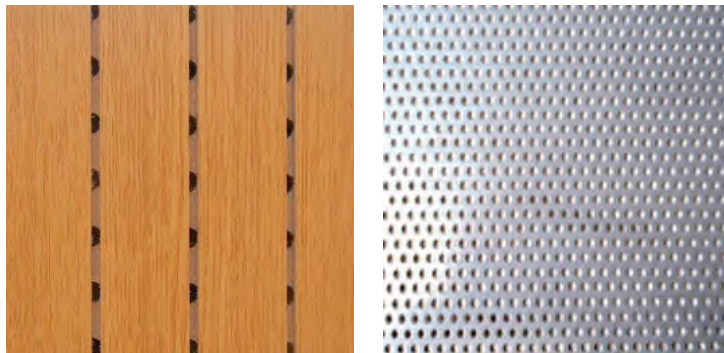


(c) 金属泡沫铝

(d) 珍珠岩吸声板

图3.1 常见多孔吸声材料

(2) 常见的共振吸声结构如木质穿孔板、金属穿孔板、微穿孔板等，如图3.2所示。



(a) 木质穿孔板

(b) 微穿孔板

图3.2 常见共振吸声结构

(3) 常见的特殊吸声结构如吸声尖劈、空间吸声体等，如图3.3所示。



(a) 吸声尖劈

(b) 空间吸声体

图3.3 常见特殊吸声结构

2 隔声屏障

隔声屏障是用来遮挡声源和敏感建筑物之间直达声的措施，其基本原理是将噪声反射回去或吸收，使屏障后面形成“声影区”，在“声影区”内中高频噪声会大幅降低。但较低频噪声因绕射能力较强，降噪效果较为有限。隔声屏障降噪原理如图3.4所示。

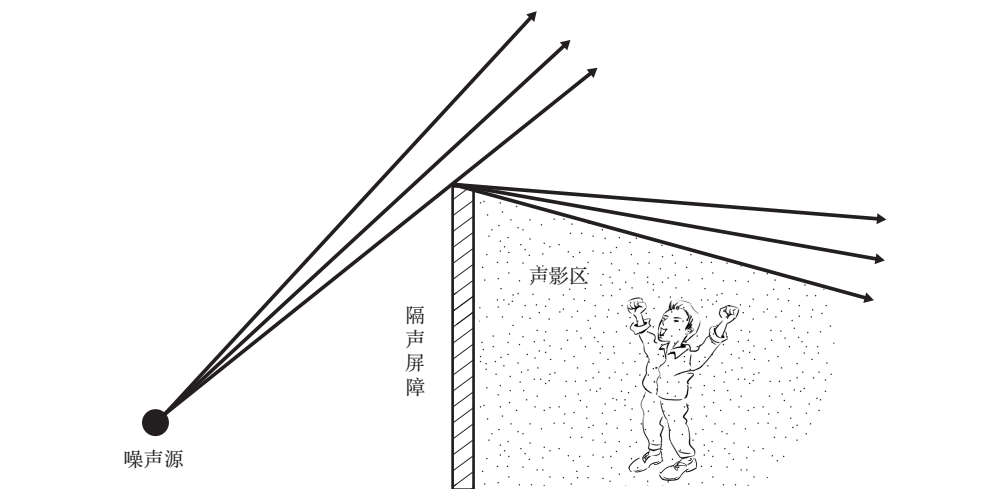


图3.4 隔声屏障降噪原理

隔声屏障的类型较多，在固定设备的降噪工程中，应用较为广泛的包括直立型隔声屏障和折板型隔声屏障。隔声屏障的几何尺寸、材质、安装位置等因素均会影响其降噪效果，是隔声屏障声学设计主要考虑的参数。不同型式的隔声屏障其隔声效果随敏感建筑物位置的变化而有很大差异，插入损失大致在3~10dB(A)。

隔声屏障设计的总原则是降噪效果好、结构安全可靠、材料经久耐用、使用寿命长以及景观协调，固定设备降噪工程上常见的不同型式屏障的特点如表3.1所示。

隔声屏障的选型和设计应根据噪声源情况、噪声源与敏感建筑物的位置关系、安装空间等实际情况进行综合考虑，以确保达到降噪效果要求。隔声屏障的结构设计还应考虑风荷载、雨雪荷载、防火阻燃及耐候性等要素。

表3.1 固定设备用常见隔声屏障的特点

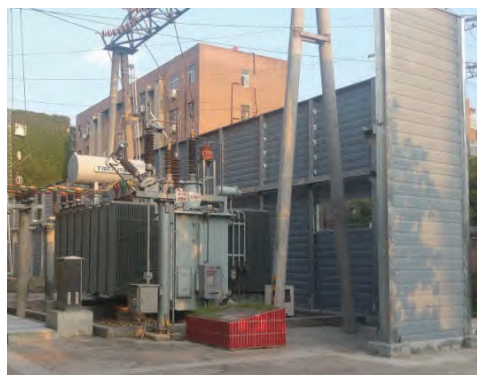
隔声屏障类型	结构材质	优点	缺点
金属（吸声型）隔声屏障	外侧镀锌板，内侧穿孔板，中间填充吸声棉。	吸声和隔声效果较好；强度高；防风、防雨、耐腐蚀。	成本相对较高；不透明，视觉效果差。
亚克力板隔声屏障	主体结构为亚克力板。	成本相对较低；透明，视觉效果好。	无吸声；易变色；强度低。
复合式隔声屏障	屏障的上下位置为金属（吸声型）材质，中间位置为亚克力板材质。	隔声效果较好；景观效果好。	成本相对较高，安装相对复杂。

在实际工程中，为达到最佳的降噪效果，隔声屏障应尽量设置在靠近噪声源的地方，并且以对接收点的视线遮挡作为最基本判据。此外，为提高隔声屏障的降噪效果，通常在面向噪声源一侧的隔声屏障表面设置吸声材料或吸声结构。

隔声屏障应用实例如图3.5所示。



(a) 风冷机组隔声屏障



(b) 变压器隔声屏障

图3.5 隔声屏障降噪实例

3 隔声罩

隔声罩是固定设备降噪工程中应用较广且效果较好的降噪措施，是一种将

噪声源完全围合、将噪声尽可能封闭在独立空间内的降噪措施。隔声罩可以是完全封闭的密闭结构，也可以是局部开敞的半封闭隔声罩。常规全封闭隔声罩的A声级插入损失约在20dB(A)及以上。

为降低隔声罩内的噪声能量密度，隔声罩内壁应进行充分吸声处理。隔声罩本身可以由各种材料构成，降噪工程上多采用复合结构，将吸声层、阻尼层、隔声层等组合在一起形成隔声罩主体。

由于隔声罩措施是将噪声源设备完全进行封闭，而大部分设备有通风和散热需求，因此在实际工程中，隔声罩通常会与通风消声器组合使用，即在隔声罩的适当部位分别设置进风和排风消声器，必要时还应加设强制通风机，以确保通风和散热的需求，同时保证隔声罩的整体隔声效果。隔声罩应用实例如图3.6所示。



(a) 冷却塔隔声罩



(b) 变压器隔声罩

图3.6 隔声罩降噪实例

4 隔声门和隔声窗

隔声门和隔声窗一般是指采取了专门结构设计以强化空气声隔声性能的门和窗。《建筑门窗空气声隔声性能分级及检测方法》（GB/T 8485-2008）对门窗的空气声隔声性能进行了分级，最低要求计权隔声量和交通噪声频谱修正量之和（ R_w+C_{tr} ）大于20dB。

隔声门和隔声窗普遍用于敏感建筑物的户门以及外窗的空气声隔声，直接

对敏感建筑物进行噪声防护。某些有日常检修维护或采光需求的固定设备隔声罩，也会以隔声门和隔声窗作为必备的辅助构件，能够为检修维护提供通道，满足采光需求，同时能够有效的保证隔声罩的整体隔声性能，防止噪声向外辐射。

隔声门和隔声窗的隔声能力主要取决于门扇(窗扇)的材质、边框(企口)构造以及缝隙密封效果。隔声门可以通过增加门扇重量和厚度或者采用多层复合结构提高隔声量，同时需要对安装缝隙做好隔声密封处理。隔声窗应选择平开窗，而普通推拉窗不宜作为隔声窗，可通过采用双层或多层中空玻璃结构、内外层玻璃不等厚设计、用夹胶玻璃代替单层玻璃等提高隔声性能，同时应注意窗扇玻璃、窗框材质和缝隙密封的优化。

5 消声装置

消声装置一般指消声器、消声百叶和消声风管，是一种既可以使气流顺利通过又能降低噪声的装置。消声器和消声风管在降噪工程中应用较广，能够有效降低空气动力性噪声。

对于消声器，实际中常见的包括阻性消声器、抗性消声器、微穿孔板消声器、阻抗复合式消声器以及小孔喷注消声器等，其中，阻性消声器是众多消声器中形式最多、应用场合也最广的一种，主要针对风机类固定设备、气体管道以及需要通风散热的场合。

在工程实际中，通常以插入损失来评价消声器的降噪性能，插入损失就是指设置消声器前后，在同一点测得的声级之差。消声器的插入损失能够达到10~40dB(A)，甚至更高，与消声器的长度、结构尺寸等参数相关。

消声器的设计，要针对噪声源的发声机理、频谱特性和风量风压等空气动力性参数以及降噪目标所需的插入损失，合理选择消声器的类型、布局和压力损失，同时，更完善的消声器设计还需考虑上限截止频率、气流再生噪声等因

素对降噪效果的影响。

消声器应用实例如图3.7所示。



(a) 片式消声器



(b) 阵列式消声器

图3.7 消声器降噪实例

6 隔振装置

隔振装置能够有效降低固定设备振动的传播，降低结构声影响。常见隔振装置如隔振器、隔振垫、隔振台座、浮筑楼板、管道柔性接管等。

隔振装置与其所承载的“参振质量”共同构成“质量—弹簧隔振系统”，这一系统的固有频率决定了总体的隔振效率，固有频率越低，能够消除的振动频率范围越宽，降噪效果越显著。隔振设计的核心就是合理设计“质量—弹簧隔振系统”的固有频率，应根据振动源特性以及隔振降噪目标值综合确定。对大多数固定设备而言，为获得更高的隔振效率和更稳定的工作状态（更好地避开共振区），通常可将固有频率设计为设备工作频率的0.5~0.6倍。

评价隔振器性能的重要参数包括刚度、承载能力以及压缩残余变形量。通常来讲，剪切挤压复合型橡胶/聚氨酯类隔振器具有较好的内阻尼特性且基本不存在高频失效问题，在转速1000rpm以上固定设备的隔振中较为常用；对于转速860rpm以下的固定设备的隔振，通常采用阻尼弹簧隔振器，同时加装橡胶隔振垫，防止“高频失效”问题。在工程应用中，为提高隔振效果，橡胶隔振垫通常采用2~3层叠放，层间用钢板隔离“串联”使用，但安装时应避免简单采用

贯穿螺栓固定，会因竖向短路丧失隔振效果。

隔振器应用实例如图3.8所示。

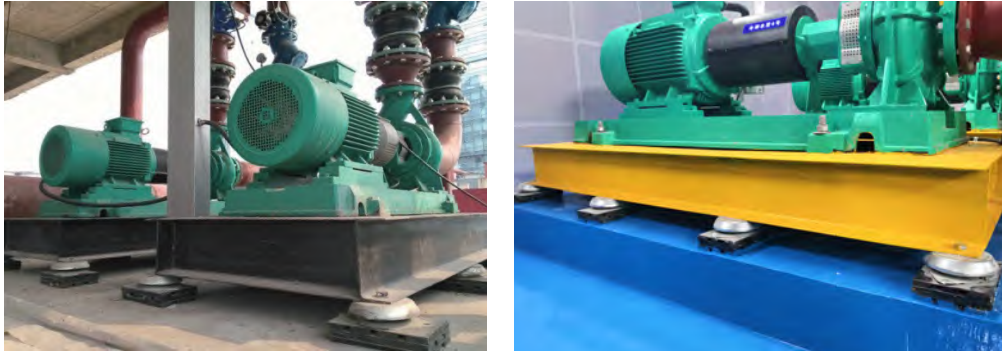


图3.8 水泵隔振降噪实例

第四部分 典型固定设备噪声控制

1 空调器

空调器是现代建筑广泛应用的对一定空间的温度、湿度以及洁净度等进行调节的机械装置，主要组成部分包括制冷（热）系统、风路系统、电气系统等。在日常生活中，常见的空调器设备主要是指空调室外机组，包括风冷式冷水（热泵）机组、中央空调室外机、空气源热泵机组等。空调器通常安装在建筑物屋顶或地面处，常见空调器设备如图4.1所示。



图4.1 常见空调器设备

1.1 噪声产生机理

空调器的空气声主要包括两个部分，一是风扇运转时发出的噪声，二是压缩机运行时发出的噪声。风扇噪声主要是叶片旋转时与空气发生相互作用产生的空气动力性噪声，压缩机噪声则以进气噪声为主，是由于压缩机工作时，气体间歇性被吸入气缸，在气管内形成压力脉动气流，向外辐射噪声。

空调器设备噪声产生及传播示意如图4.2所示。

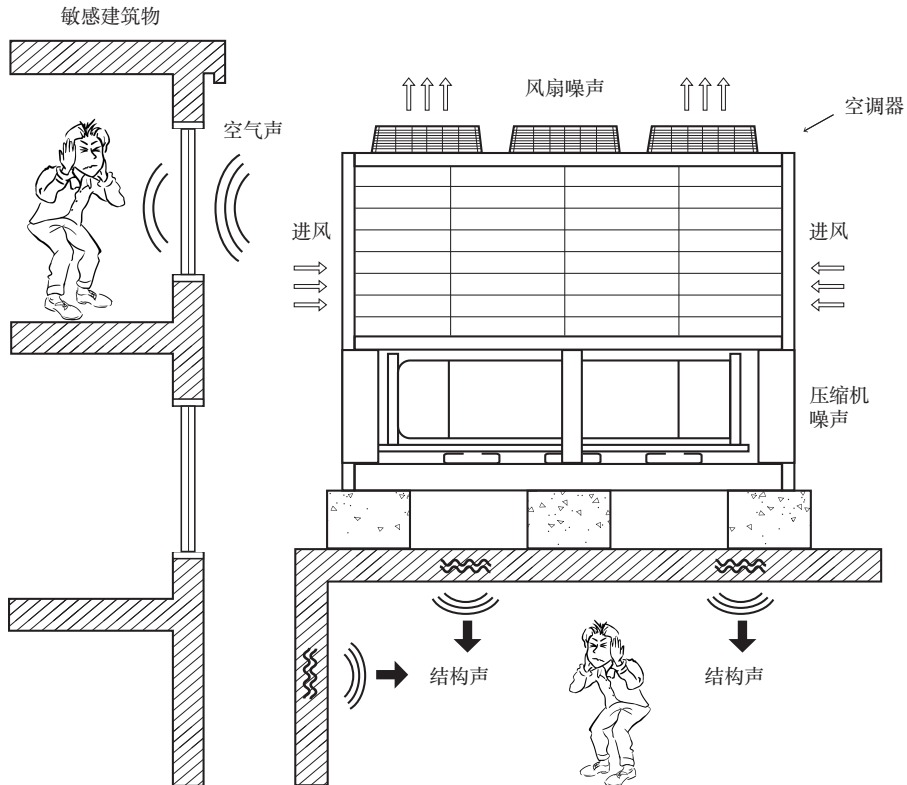


图4.2 空调器设备空气声和结构声

1.2 噪声特性

空调器的风扇噪声主要是空气动力性噪声，在频率上呈宽频带特性，即在很宽的频带上都有较高的噪声值。空调器的压缩机噪声主要是进气噪声，以较低频率为主，噪声强度随压缩机负载的增大而增强。结构声以较低频率为主，噪声能量主要分布在500Hz以下的低频段。因此，空调器设备噪声的特点是不仅呈宽频带特性，而且由于有较低频率的噪声成分，传播距离远、影响范围广、主观烦恼度高。

1.3 噪声控制方法

1.3.1 优先选用噪声低的空调器

一般来讲，空调器其他性能参数相同时，噪声低的空调器成本相对高一些，但从长远来看：①噪声低的空调器总体上意味着加工品质和动平衡精度高，运动部件日常磨损和养护维修的成本就相对较低，使用寿命相对较长，全生命周

期综合性价比反而高些；②噪声低的空调器降噪措施相对简化，在隔振降噪措施方面的投入成本明显低于噪声高的空调器；③噪声低的空调器因增加降噪措施所消耗的能量也相对少，故长期运行的能耗费用也较为节省。因此，采用噪声高的空调器再附加大量降噪措施，其总费用往往远高于采用噪声低的空调器，在满足使用需求的前提下，应优先选择噪声低的空调器。

对于老旧空调器的噪声控制更应统筹考虑改造费用与附加能耗的“综合性价比”，若旧设备老化严重或已经基本达到设备淘汰标准，或噪声控制综合成本大于更换新设备成本时，宜优先考虑更换噪声低的空调器。

1.3.2 因地制宜合理确定空调器安装位置

空调器的安装位置、朝向与噪声影响程度密切相关。应根据现场情况和客观条件，尽可能将空调器安装在远离敏感建筑物的位置并避开噪声辐射最强的朝向；或利用周边环境，放置在较大障碍物的后方，利用指向性衰减和障碍物遮挡获得对空调器的附加降噪增益。

1.3.3 采用声学控制措施

当采取上述方法不能有效地降低噪声污染时，就需要采取声学控制措施对空调器噪声进行控制。

(1) 隔声屏障措施

当降噪目标需求为10dB(A)以下，并且敏感建筑物与空调器位置的高差不大（或低于空调器位置的高度）时，可采用隔声屏障对空调器噪声进行简便控制。

空调器隔声屏障措施示意如图4.3所示。

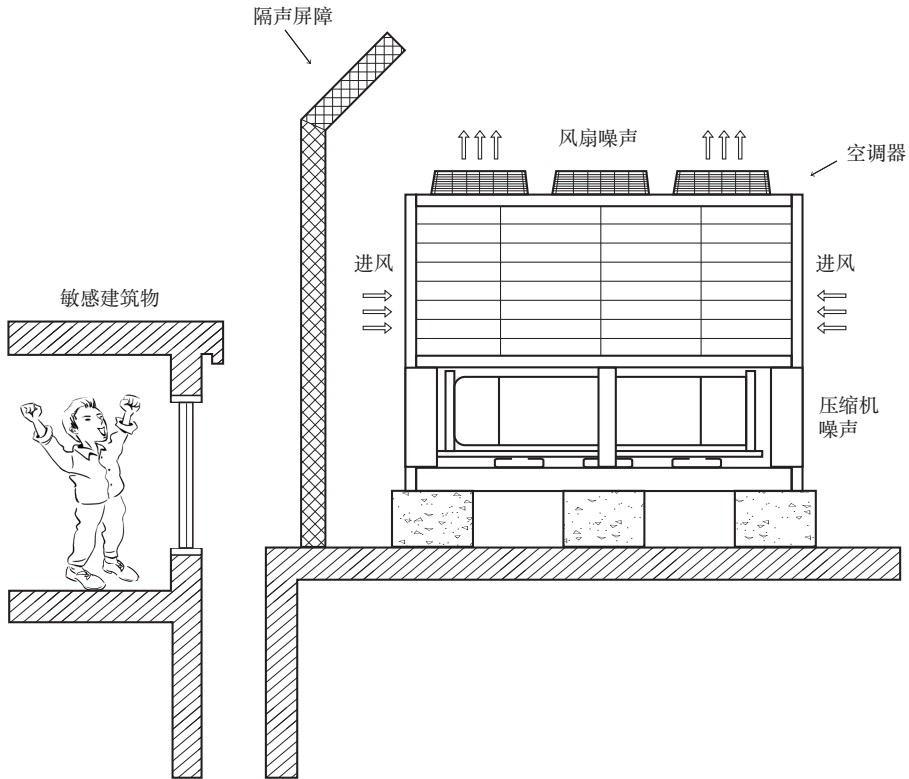


图4.3 空调器隔声屏障措施

(2) 隔声罩措施

当降噪目标需求大于 10dB(A) ，或敏感建筑物位置显著高于空调器所处位置的高度时，建议采用隔声罩措施对空调器噪声进行充分控制。

由于空调器正常运行时不仅需要散热，还需要以空气作为冷却源，因此隔声罩的设计必须最大限度地充分考虑通风和散热。通常采取的方式是在隔声罩的侧面(空调器侧向进风位置)和隔声罩的上部(空调器风扇排风位置)分别设置进风与排风消声器。

隔声罩和消声器的设计应以降噪目标需求为依据，从隔声罩的隔声量、消声器的消声量、安装空间等多种因素进行考虑。由于空调器的风扇压头较低，对排风阻力极为敏感，因此，进、排风消声器的通流面积要足够大、片间流速应尽可能低，尤其是应在排风消声器底边与风扇出风口之间，留出足够的缓冲过渡段。

空调器隔声罩措施示意如图4.4所示。

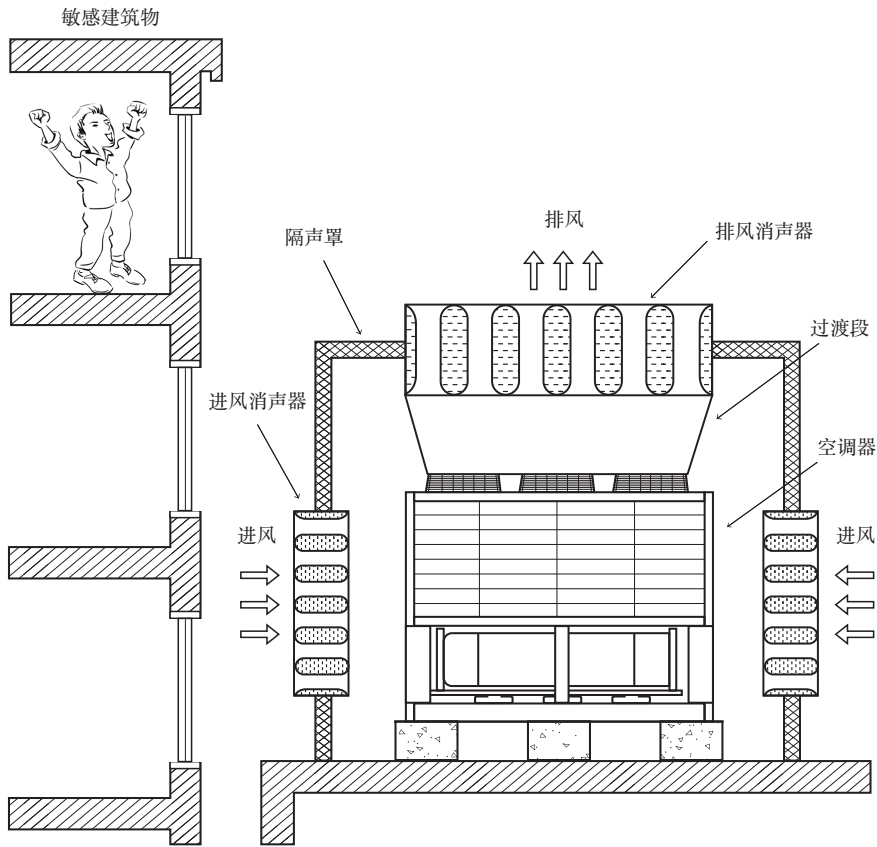


图4.4 空调器隔声罩措施

(3) 隔振措施

当空调器运行产生的噪声是通过建筑结构传播引起的结构声时，应对空调器以及配套的管道系统采取隔振措施。

工程上常用的做法是对空调器的设备基础以及管道的支架等处安装隔振器，必要时管道还应配套安装橡胶软接头，以确保将设备和管道系统与建筑结构进行完全分离，降低振动向建筑结构的传播，减小结构声影响。对于风冷式冷水（热泵）机组等较大型空调器设备，若设备下方敏感空间为住宅使用功能，则需考虑采用多级隔振系统对设备进行隔振处理，最大程度地降低结构声影响。

特别注意的是，应结合空调器的情况，通过计算确定隔振器的选型，尤其是载荷、刚度、静态压缩量等与隔振效果密切相关的参数。随意选择和安装，

可能会存在选型不合理而起不到隔振作用。对于露天安装的橡胶隔振器，则应充分考虑防紫外线辐射等抗老化防护。

空调器隔振措施示意如图4.5所示。

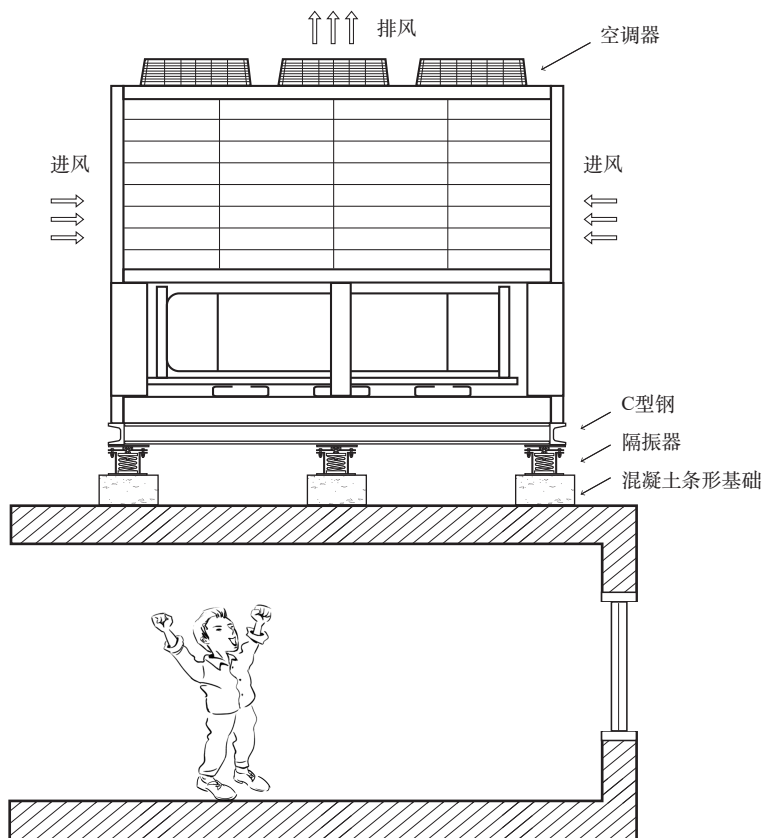


图4.5 空调器隔振措施

1.3.4 维护和养护

空调器长时间运转后，会出现零部件的磨损、松动、老化、锈蚀等，运转状态的恶化会导致设备本体振动、噪声的增加，因此，需要定期对空调器进行维护和保养，及时更换性能变差的零部件，降低设备噪声源强。

声学控制措施也需要定期进行维护和养护，防止由于降噪措施出现破损而导致效果变差。为延长降噪措施的生命周期，建议每年至少进行一次维护和养护。

1.4 小结

综上所述，空调器噪声主要来源于风扇噪声和压缩机噪声。空调器的噪声污染防治措施，首先前期设计阶段就应做好噪声污染防治规划，如选用噪声低的空调器、因地制宜合理确定空调器的安装位置（远离敏感建筑物）等，必要时应考虑采用声学控制措施降低空调器的噪声影响，并为后续采取降噪措施预留足够的安装空间。其次，使用中的空调器噪声污染，可通过采用隔声屏障、隔声罩、消声器、隔振处理等声学措施进行控制。最后，应加强空调器设备以及声学控制措施的日常维护和养护，避免重复出现噪声污染问题。

2 冷却塔

日常生活中，常见的冷却塔包括方形横流式冷却塔、方形逆流式冷却塔以及圆形逆流式冷却塔等，通常安装于建筑物屋顶或地面处，如图4.6所示。



(a) 圆形逆流式冷却塔



(b) 方形横流式冷却塔

图4.6 常见冷却塔

2.1 噪声产生机理

冷却塔空气声主要包括三个方面，分别是风扇噪声、淋水噪声以及机械噪声。风扇噪声要是叶片旋转时与空气发生相互作用产生的空气动力性噪声，淋

水噪声是水滴在下落时与接水盘中水面发生撞击产生的噪声，机械噪声主要是电机和减速机构运行时产生的噪声。

冷却塔设备噪声产生及传播示意如图4.7所示。

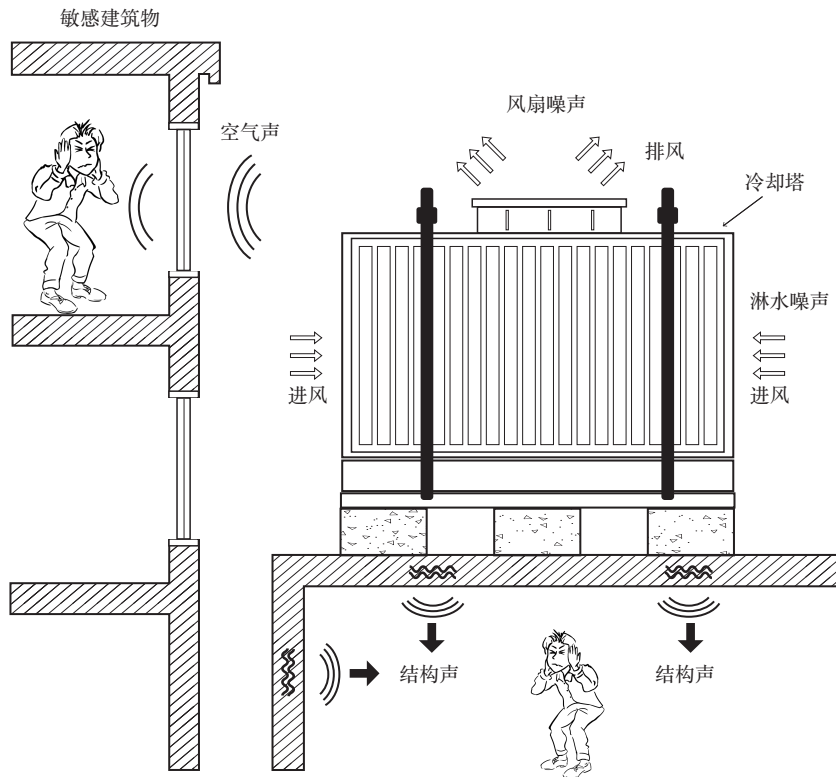


图4.7 冷却塔设备空气声和结构声

2.2 噪声特性

冷却塔风扇的空气动力性噪声是由旋转噪声和涡流噪声相互叠加形成的，在频谱上呈宽频带特性且个别较低频率成分突出的特点，而淋水噪声是以较高频率为主。风扇噪声、机械噪声与淋水噪声的叠加，使冷却塔噪声整体上呈现出较低频率较为突出的全频特性，即在很宽的频带上都有较高的噪声值，但因较低频率噪声的绕射和透射能力强、大气吸收衰减少，故对敏感建筑物的影响还是以中低频最为突出。冷却塔噪声与冷却水量有关，一般来讲，冷却水量越大，塔体尺寸和风扇直径越大、风扇电机功率越大，噪声就越高。冷却塔结构声则以较低频率为主。

2.3 噪声控制方法

2.3.1 使用低噪声冷却塔

冷却塔的选用可参考行业标准HJ/T 385-2007《环境保护产品技术要求低噪声型冷却塔》。标准中对冷却水量在500m³/h以下的低噪声冷却塔的噪声限值进行了规定，在满足冷却需求和正常使用的前提下，应优先选择低噪声冷却塔。

对于老旧冷却塔，当旧设备老化严重或已经基本达到设备淘汰标准，或噪声控制成本大于更换新设备成本时，可参考上述行业标准更换低噪声冷却塔设备，降低冷却塔设备噪声源强。

2.3.2 合理确定冷却塔安装位置

冷却塔的安装位置与噪声影响程度密切相关，根据现场情况，在条件允许时，应将冷却塔安装在远离敏感建筑物的位置，或利用周边地形，放置在较大障碍物的后方或下沉式布置。

2.3.3 采用声学控制措施

当采取上述方法不能有效地降低噪声污染时，就需要采取声学控制措施对冷却塔噪声进行控制。

(1) 隔声屏障措施

当降噪目标需求为10dB(A)以下，并且敏感建筑物与冷却塔位置的高差不大（或低于冷却塔位置的高度）时，可采用隔声屏障对冷却塔噪声进行简便控制。

冷却塔隔声屏障措施示意如图4.8所示。

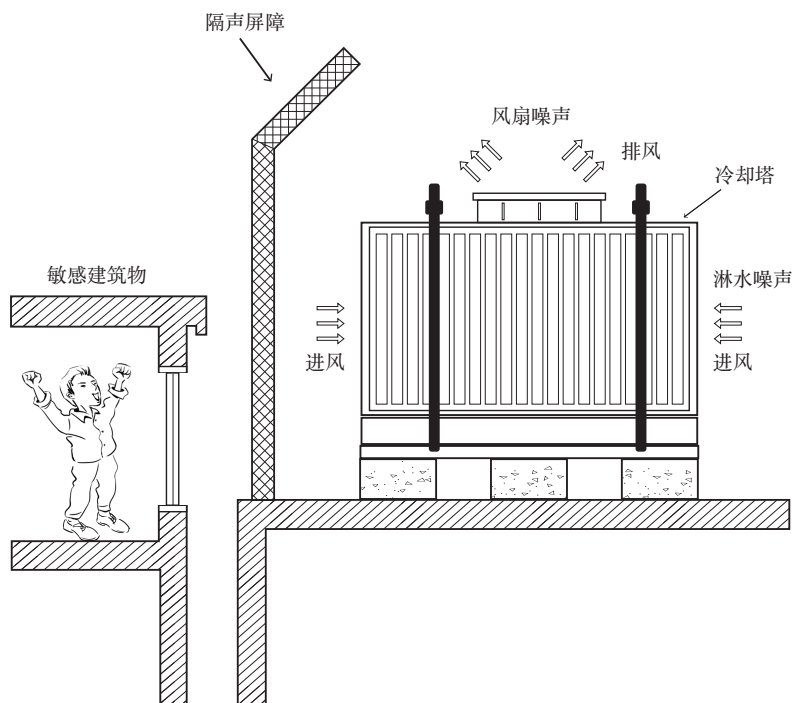


图4.8 冷却塔隔声屏障措施

(2) 隔声罩措施

当降噪目标需求大于 10dB(A) ，或敏感建筑物位置显著高于冷却塔所处位置的高度时，建议采用隔声罩措施对冷却塔噪声进行控制。

隔声罩措施是将冷却塔整体进行封闭，由于淋水处需要以空气进行冷热交换且顶部风扇需要将热气向空中排放，因此，需在隔声罩的侧向位置（淋水位置）安装进风消声器，隔声罩的顶部（风扇位置）安装排风消声器，不仅满足通风和散热需求，而且能够有效保证隔声罩的整体隔声能力。

特别需要注意的是，由于冷却塔的风扇压头较低（很多冷却塔风扇下还加装了收水板，阻力进一步加大），对进、排风系统的阻力较为敏感，因此进、排风消声器的通流面积要充分加大、片间流速应尽可能低，尤其是应在排风消声器底边与风扇出风口之间，留出足够的缓冲过渡段。

冷却塔隔声罩措施示意如图4.9所示。

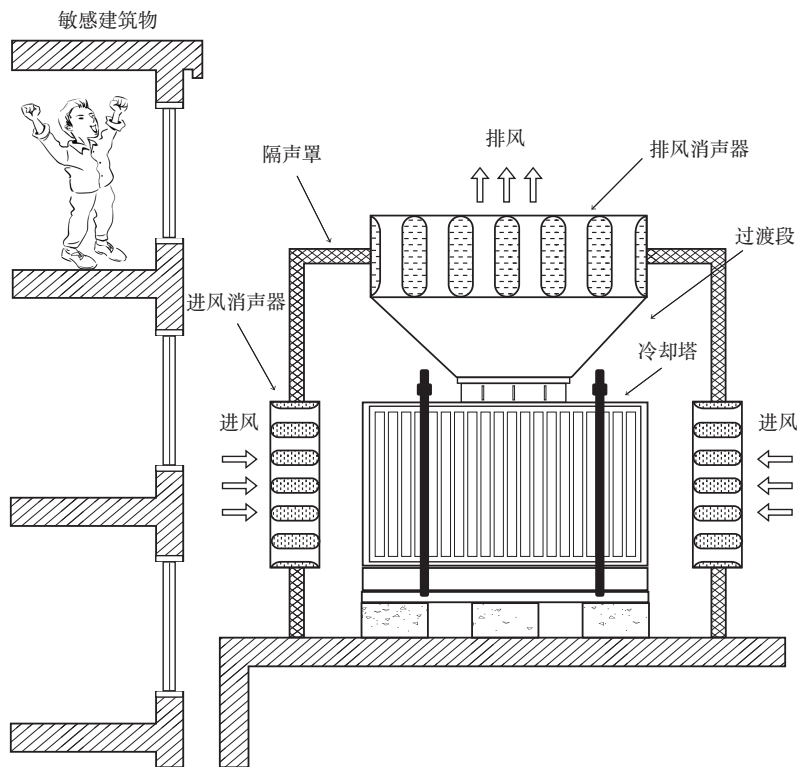


图4.9 冷却塔隔声罩措施

(3) 隔振措施

当冷却塔安装在建筑屋顶，由于其振动引起建筑室内结构声影响时，应对冷却塔设备的基础采取隔振措施，同时对配套水管的固定支架采取隔振处理。工程上常用的做法是对冷却塔基础及管道支架安装隔振器，必要时上水与回水管路还应配套安装橡胶软接头，以确保将冷却塔设备和管道支架与建筑结构进行分离，降低振动向建筑结构的传播，减小结构声影响。

特别注意的是，应结合冷却塔设备的情况，通过计算确定隔振器的选型，包括载荷、刚度、静态压缩量等与隔振效果密切相关的参数，尤其是冷却塔隔振器的选型要考虑在极限风荷载作用下有可靠的抗倾覆的限位功能。对于露天安装的橡胶隔振器，则应充分考虑防紫外线辐射等抗老化防护。

冷却塔隔振措施示意如图4.10所示。

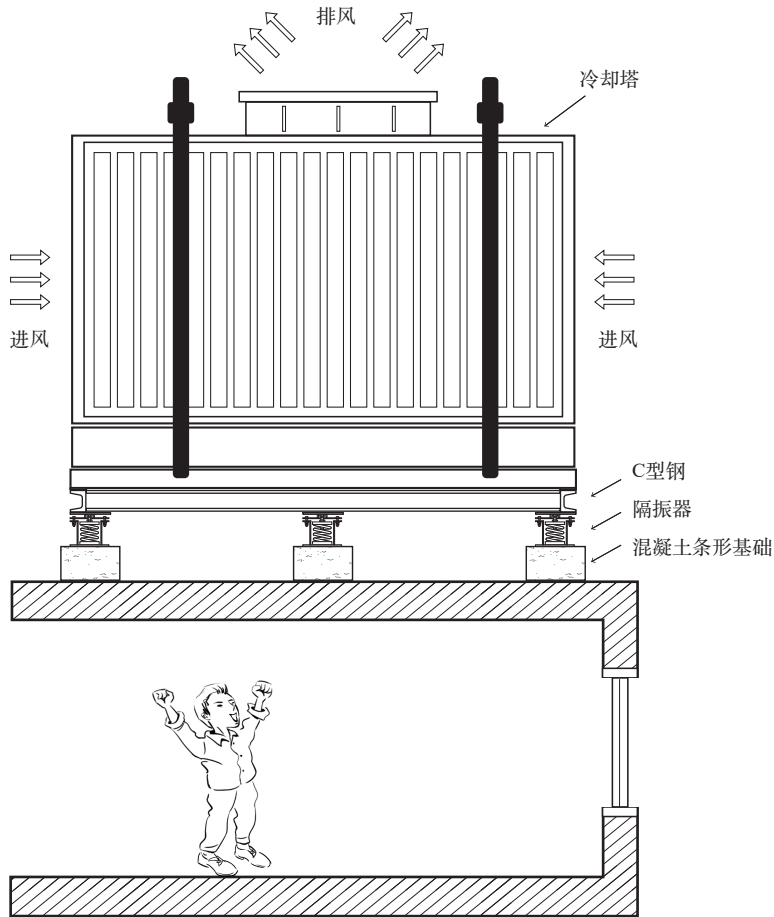


图4.10 冷却塔隔振措施

2.3.4 维护和养护

冷却塔设备长时间运转后，会出现零部件的磨损、松动、老化、锈蚀等，尤其是风扇位置，运行工况的恶化会导致设备本体噪声的增加。因此，需要定期对冷却塔设备进行维护、保养和内部清洁，及时更换性能变差的零部件，以降低设备的本体噪声。此外，还应经常检查风扇减速传动皮带是否磨损，应及时打蜡或涨紧，确保冷却效率的同时，避免产生额外噪声。

声学控制措施同样需要定期进行检查和维护，防止在冷却塔温湿环境下，降噪措施出现锈蚀、堵塞等造成隔声和消声性能下降。一般来讲，建议每年至少进行一次维护和养护。

2.4 小结

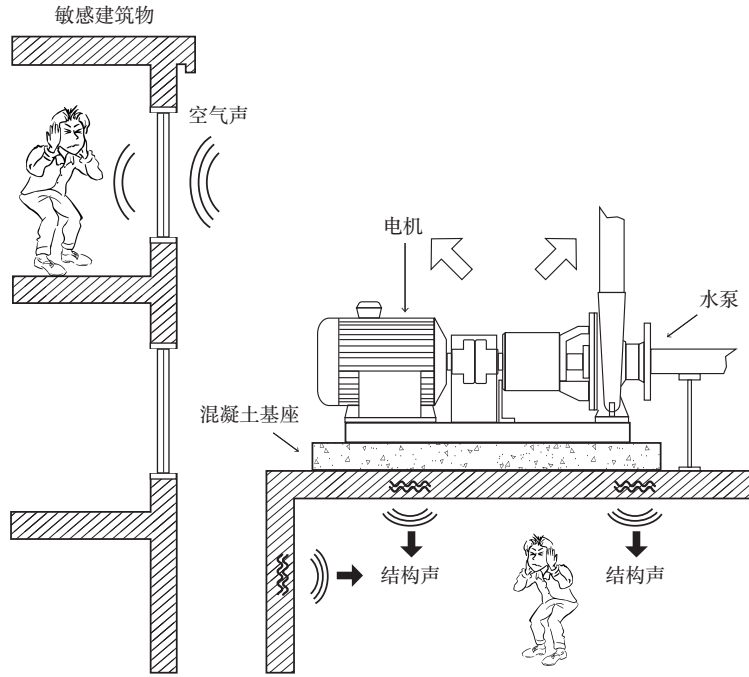
综上所述，冷却塔噪声主要来源于风扇噪声、淋水噪声以及机械噪声。冷却塔的噪声污染防治措施，首先前期设计阶段就应做好噪声污染防治规划，如选用低噪声型冷却塔、因地制宜合理确定冷却塔的安裝位置（远离敏感建筑物）等，必要时应考虑采用声学控制措施降低冷却塔的噪声影响，并为后续采取降噪措施预留足够的安裝空间。其次，使用中的冷却塔噪声污染，可通过采用隔声屏障、隔声罩、消声器、隔振处理等声学措施进行控制。最后，应加强冷却塔设备以及声学控制措施的日常维护和养护，避免重复出现噪声污染问题。

3 水泵

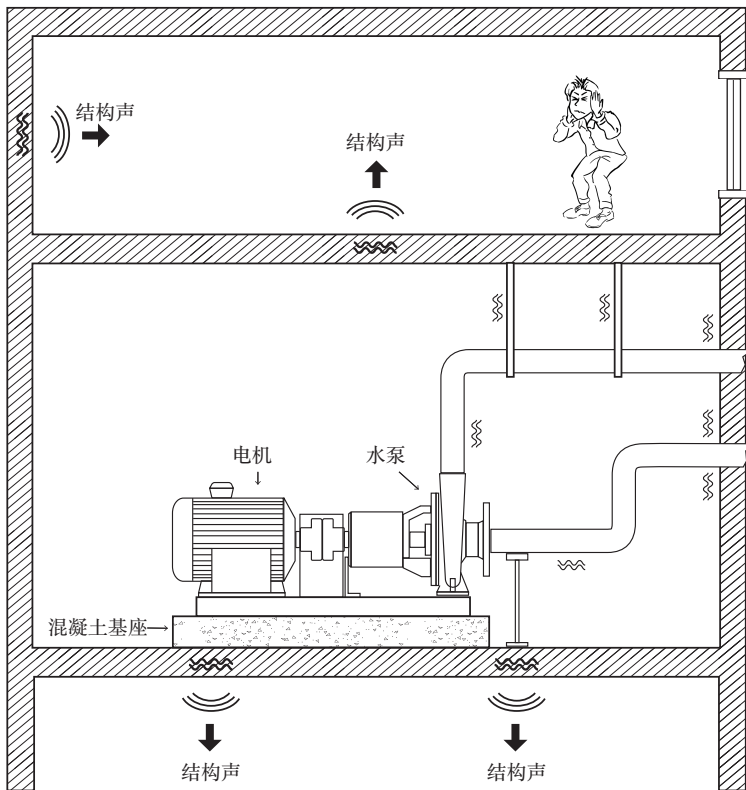
3.1 噪声产生机理

水泵运行的噪声影响包括结构声影响和空气声影响，日常生活中，由水泵振动引起的结构声影响较为常见，而水泵的空气声影响相对较小。水泵通常布置在地下机房，有些水泵也会安装在楼内设备层机房或建筑物屋顶，其振动引起的结构声也是噪声影响的主要因素。水泵空气声影响主要是由水泵运行时的电机、管路和阀门等形成的噪声排放。

水泵噪声产生及传播示意如图4.11所示。



(a) 水泵安装在建筑屋顶



(b) 水泵安装在建筑内

图4.11 水泵结构声和空气声

3.2 噪声特性

不同类型、不同规格型号（主要对应流量和扬程）甚至不同厂家的水泵，其噪声和振动特性都有一定差异。水泵结构声通常频率较低，一般来讲处于100Hz~315Hz范围内，呈现某一频率具有较高峰值的特点，但某些压力和管道流速较高的水泵系统，也会呈现宽频带特征。对于水泵的电机噪声，一般来讲，水泵的运行功率越大，电机噪声越大。水泵系统中特有的止回阀、过滤器以及各种节流阀、调压阀等，也常构成特殊的噪声和振动污染源，如阀门和管道设计安装不合理导致的流激噪声或湍振。

3.3 噪声控制方法

3.3.1 优先使用噪声低的水泵

噪声低的水泵，运动部件日常磨损和养护维修的成本相对较低，使用寿命相对较长，全生命周期综合性价比较高；此外，噪声低的水泵降噪措施相对简化，在隔振降噪措施方面的投入成本明显低于噪声高的水泵。因此，在满足使用需求的前提下，应优先选择屏蔽泵或运行功率低的水泵，降低水泵本体的振动和噪声。

对于老旧水泵，当旧设备老化严重或已经基本达到设备淘汰标准，或噪声控制成本大于更换新设备成本时，可优先考虑更换噪声低的水泵，以降低水泵的噪声源强。

3.3.2 合理确定水泵安装位置

水泵噪声影响主要是通过建筑结构传播引起的结构声，应从水泵基础、管道支架和吊架、管道软接以及管道穿墙等环节开展隔振降噪，必要时对机房内壁及顶棚采取吸声处理。

工程上常用的做法：水泵基础安装惰性台座和隔振器；管道落地支架安装隔振器或多层隔振垫；管道吊架安装吊装隔振器；管道与水泵连接处安装橡胶软接头；管道穿墙处管道与套管之间缝隙以岩棉填充并封堵；通过上述措施，

将水泵和管道系统与建筑结构进行分离，降低振动传播，减小结构声影响。

机房内壁和顶棚采取吸声处理，通常由50~100mm厚吸声棉与穿孔铝板构成吸声结构，必要时可增加隔声层，增大机房墙体的隔声性能。

特别注意的是，惰性台座的尺寸和重量、隔振器的载荷、隔振系统的固有频率等参数，需要结合水泵设备的情况，通过专业计算开展针对性的设计，不能随意选型和安装，防止因选型不合理而达不到预期的降噪效果。

水泵安装在地下机房或楼内设备层机房时，水泵（房）隔振降噪措施如图4.12所示。

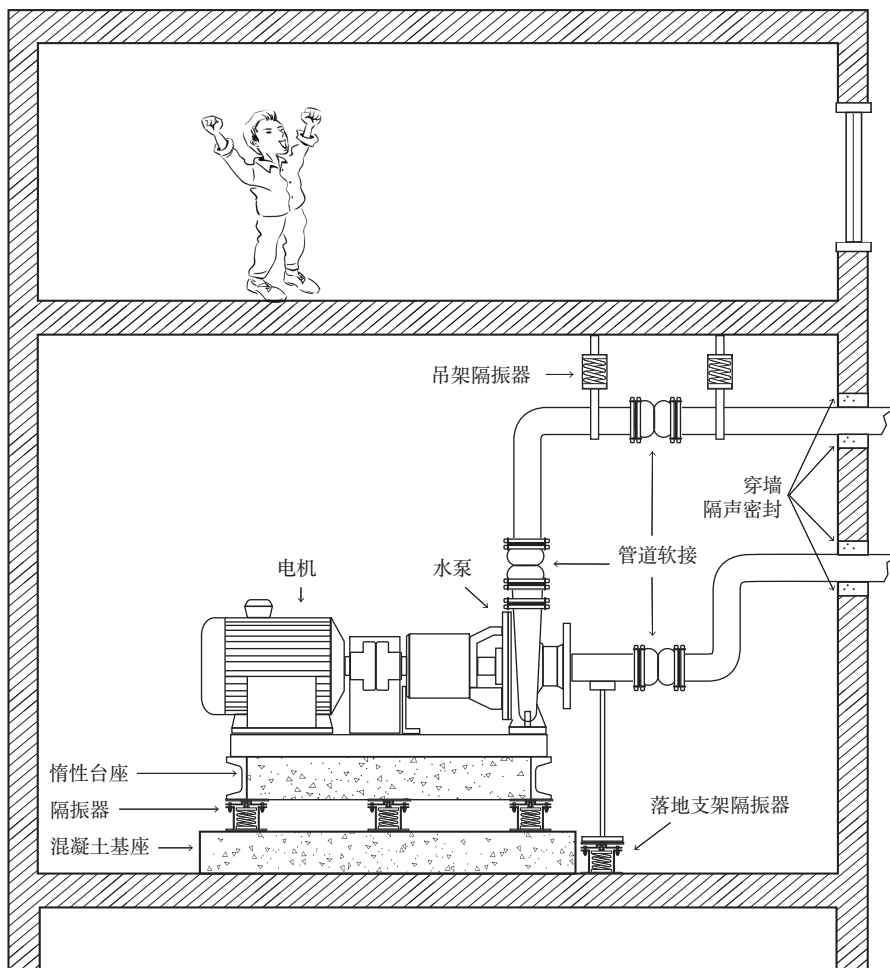


图4.12 水泵（房）隔振降噪措施

(2) 水泵安装在建筑物屋顶时

若水泵露天布置，其运行噪声以空气为传播介质对周围环境产生影响时，可通过采取隔声屏障或隔声罩的方式对噪声进行控制。

当降噪目标需求为10dB(A)以下，并且敏感建筑物与水泵位置的高差不大（或低于水泵位置的高度）时，可采用隔声屏障对水泵噪声进行简便控制。

露天布置的水泵隔声屏障措施如图4.13所示。

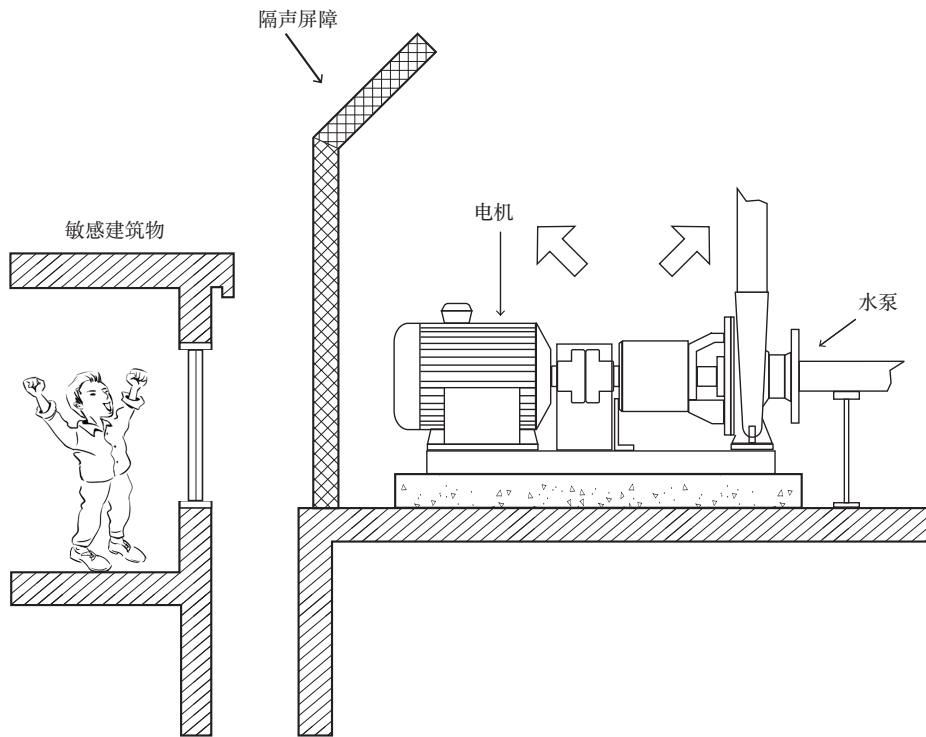


图4.13 水泵隔声屏障措施

当降噪目标需求大于10dB(A)，或敏感建筑物位置显著高于水泵位置的高度时，建议采用隔声罩措施对水泵噪声进行控制。

水泵正常运行时电机需要散发热量，因此隔声罩的设计必须考虑散热。工程上通常采取的方式是在隔声罩的下部和上部分别安装消声器，用于隔声罩内、外的气流交换，防止隔声罩内温度过高而造成设备停机。

露天布置的水泵隔声罩措施如图4.14所示。

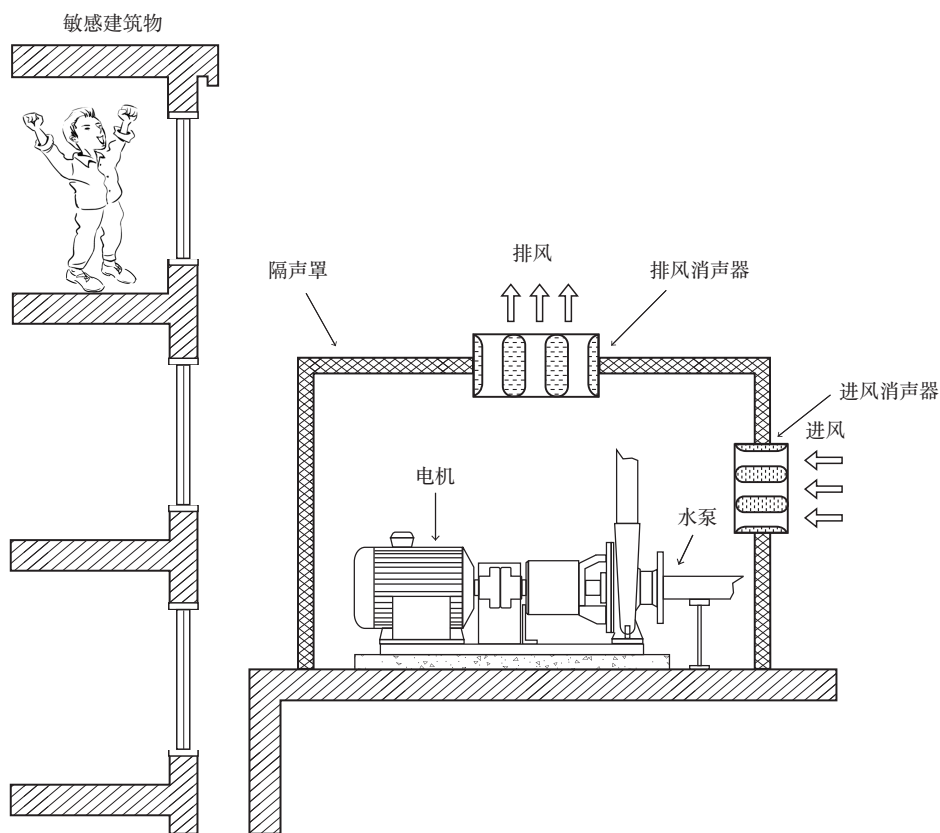


图4.14 水泵隔声罩措施

水泵安装于建筑物屋顶，也会对楼下敏感空间产生结构声影响，需要对水泵及管道安装隔振降噪措施，可参考水泵布置于地下机房时的具体做法。

3.3.4 维护和养护

水泵设备长时间运转后，会出现零部件的磨损、松动、老化、水垢堵塞、密封泄露、局部汽蚀和外部锈蚀等问题，运行工况的恶化会导致设备本体噪声和振动的增加，因此，需要定期对水泵设备进行维护和保养，降低设备本体噪声和振动，降低空气声和结构声影响。

声学控制措施同样需要定期进行检查和维护，尤其是隔振器、隔振垫等隔振元件，应及时检查是否仍处于正常状态，防止元件失效产生噪声污染。

3.4 小结

综上所述，水泵噪声主要为结构声影响，露天布置的水泵也会有空气声影

响。水泵的噪声污染防治措施，首先前期设计阶段就应做好噪声污染防治规划，如选用噪声和振动低的水泵、因地制宜合理确定水泵的安装位置（远离敏感建筑物）等，必要时应考虑采用声学控制措施降低水泵的噪声影响，并为后续采取降噪措施预留足够的安装空间。其次，使用中的水泵噪声污染，可通过采用隔振处理、隔声屏障、隔声罩、消声器等声学措施进行控制。最后，应加强水泵设备以及声学控制措施的日常维护和养护，避免重复出现噪声污染问题。

4 风机

风机设备种类较多，社会生活中常见的主要有排油烟风机、送风风机、排风风机以及排烟兼排风风机等，通常设置在建筑物屋顶和地下机房内。

日常生活中常见的风机如图4.15所示。



(a) 排油烟风机

(b) 排风风机

图4.15 常见风机设备

4.1 噪声产生机理

风机噪声主要包括风扇噪声、风口气流噪声、设备运转的机械噪声、风管振动辐射的噪声以及振动引起的结构声。风扇噪声主要是叶片旋转时与空气发生相互作用产生的噪声，风口的气流噪声是由于气流流速过快产生的噪声，机械噪声是电机设备运转产生的噪声，结构声是风机设备振动引起的建筑室内噪声。

风机噪声产生及传播示意如图4.16所示。

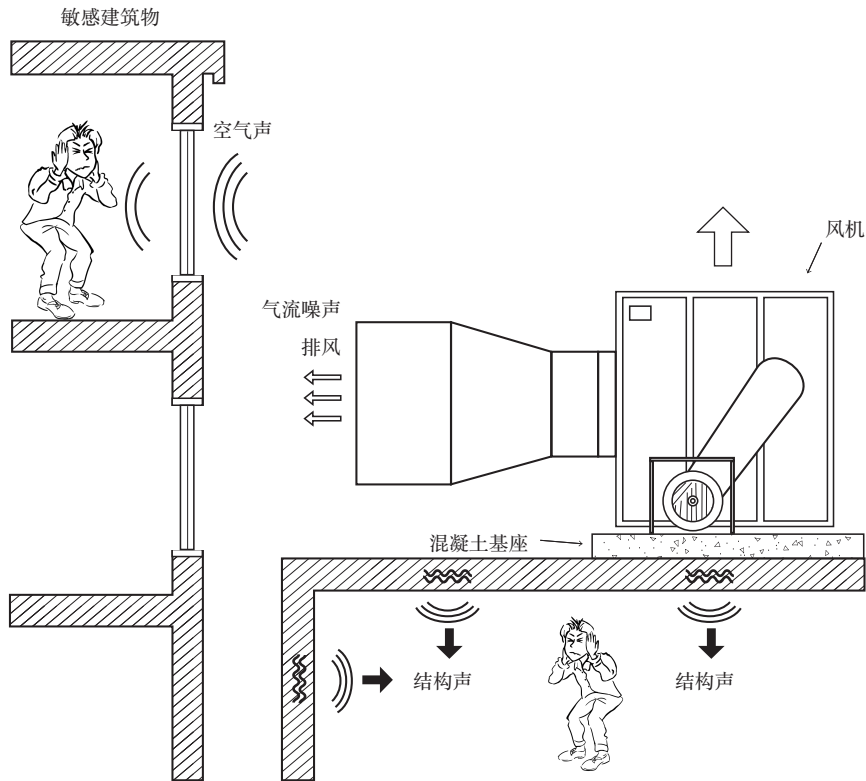


图4.16 风机设备噪声

4.2 噪声特性

风机的风扇噪声主要是空气动力性噪声，其噪声源强与风量的一次方和风压的二次方成正比。风扇噪声和气流噪声在频率上都呈宽频带特性，即在很宽的频率上都有较高的噪声值，且会在个别频率处出现较高峰值。结构声则以较低频率为主，噪声能量主要分布在500Hz以下的低频段。

4.3 噪声控制方法

4.3.1 使用噪声低的风机

一般来讲，风机其他性能参数相同时，噪声低的风机成本相对高一些，但从长远来看：①噪声低的风机，运动部件日常磨损和养护维修的成本就相对较低，使用寿命相对较长，全生命周期综合性价比反而高些；②噪声低的风机降噪措施相对简化，在隔振降噪措施方面的投入成本明显低于噪声高的风机。因此，采用噪声高的风机再附加大量降噪措施，其总费用往往远高于采用噪声低

的风机，在满足使用需求的前提下，应优先选择噪声低的风机。

对于老旧风机，当旧设备老化严重或已经基本达到设备淘汰标准，或噪声控制成本大于更换新设备成本时，可优先考虑更换噪声低的风机，以降低风机的噪声源强。

4.3.2 合理确定风机安装位置

风机的安装位置与噪声影响程度密切相关，根据现场情况，在条件允许时，将风机安装在远离敏感空间的位置，或利用周边地形，放置在较大障碍物的后方。

4.3.3 改变风口方向

若降噪目标需求在 5dB(A) 以下时，可尝试利用声源指向性，改变风机风口朝向来降低噪声影响（使风口背向敏感建筑物），如图4.17所示。

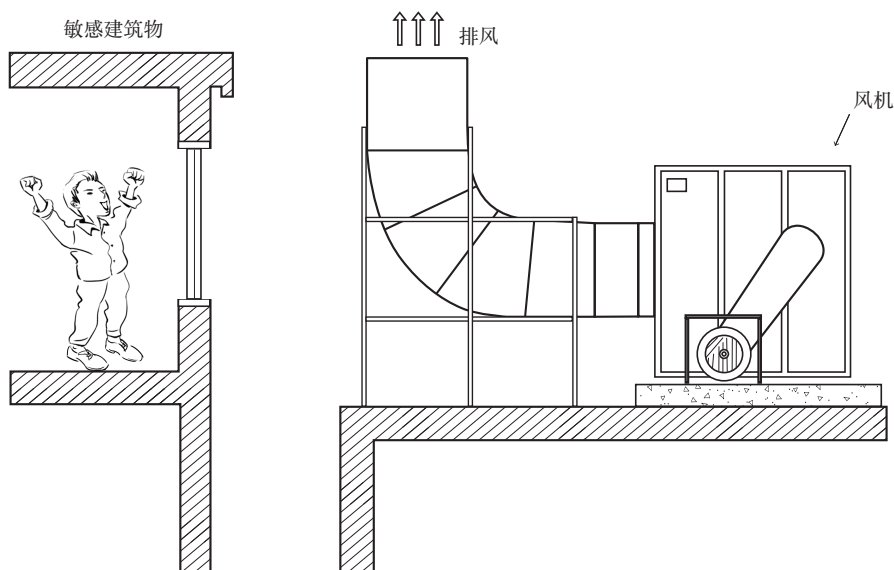


图4.17 改变风机风口方向措施

4.3.4 采用声学控制措施

当采取上述方法不能有效地降低风机噪声污染时，就需要采取声学控制措施对风机噪进行控制。

(1) 空气声控制措施

工程应用中，对风机空气声进行控制，通常从风口消声、风机隔声、管道隔声包扎等多个环节进行综合控制。

风口消声器：在风机风口处安装消声器，能够有效消除风扇空气动力性噪声，工程上应用最为广泛的是阻性消声器，一般来讲，消声器有效吸声长度越长，其插入损失越大，降噪效果越好。消声器的设计要点参照“第三部分 第5节 消声装置”的相关内容。

风机隔声罩：能够有效消除风扇噪声透过风机壳体向外传播的噪声、风机运行的机械噪声等。若电机为外置且安装在隔声罩内，需考虑电机的通风散热，工程上常用做法是在隔声罩的下部和上部分别安装通风消声器。隔声罩的设计要点参照“第三部分 第3节隔声罩”的相关内容。

管道隔声包扎：能够有效消除风管振动向外辐射的噪声。在工程中，管道隔声包扎通常采用复合结构，由阻尼材料、吸声材料和隔声材料组成，阻尼材料可有效降低管道的振动，吸声和隔声材料可有效隔绝管道噪声向外部环境的传播。

隔声罩和消声器控制措施如图4.18所示。

当降噪目标需求为10dB(A)以下，并且敏感建筑物与风机位置的高差不大（或低于风机位置的高度）时，也可采用隔声屏障措施对风机噪声进行控制，如图4.19所示。

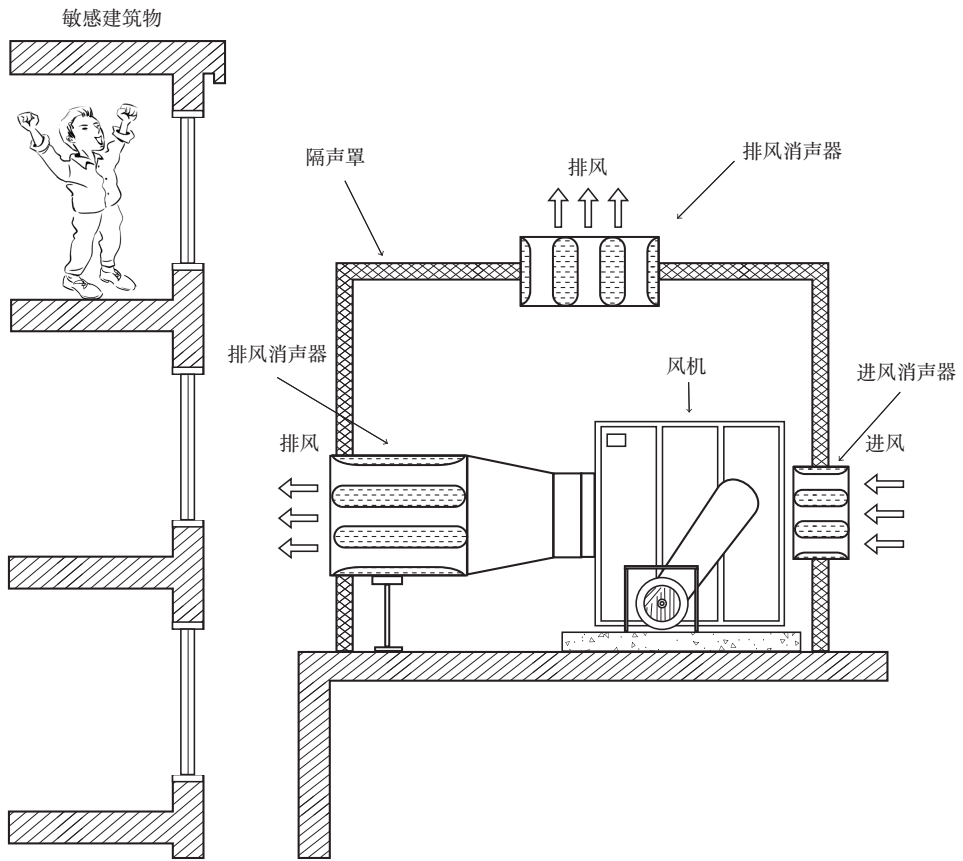


图4.18 风机隔声罩和消声器措施

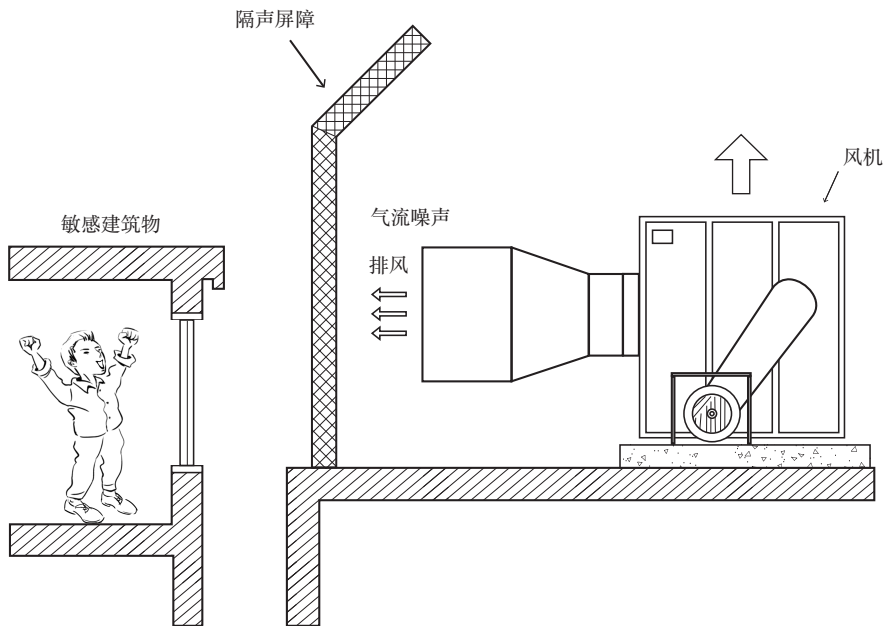


图4.19 风机隔声屏障措施

(2) 结构声控制措施

当风机噪声影响主要是通过建筑结构传播引起的结构声，应从风机基础、风管支架和吊架以及风管穿墙等环节开展隔振降噪，必要时对机房内壁及顶棚采取吸声处理。

工程上常用的做法：风机基础安装橡胶/弹簧隔振器；管道落地支架安装隔振器或多层隔振垫；管道吊架安装吊装隔振器；管道穿墙处管道与套管之间缝隙以岩棉填充并封堵；通过上述措施，将风机和管道系统与建筑结构进行分离，降低振动传播，减小结构声影响。

风机结构声控制措施如图4.20所示。

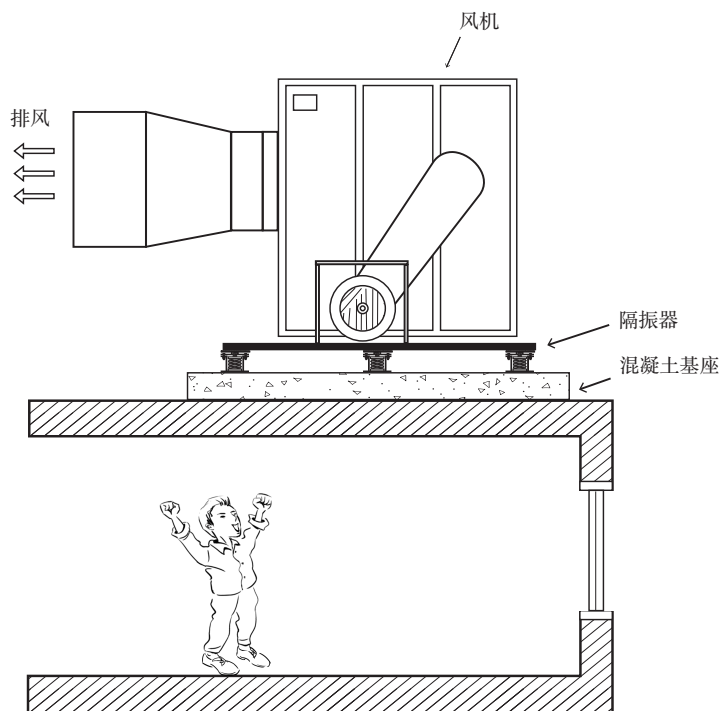


图4.20 风机隔振措施

4.3.5 维护和养护

风机设备长时间运转后，会出现零部件的松动、老化等，运行工况的恶化会导致风机本体噪声的增加，因此，需要定期对风机设备进行维护和保养，及时更换性能变差的零部件，降低设备的噪声源强。

声学控制措施同样需要定期进行检查和维护，防止出现材料或结构的破损而导致降噪效果变差。特别是与油烟净化器配套使用的排油烟风机，其声学控制措施较易出现因油污堵塞造成降噪性能变差，应及时清洗或更换新的声学控制措施。

4.4 小结

综上所述，风机噪声主要包括风扇噪声、风口气流噪声、设备运转的机械噪声、风管振动辐射的噪声以及振动引起的结构声。风机的噪声污染防治措施，首先前期设计阶段就应做好噪声污染防治规划，如选用噪声低的风机、因地制宜合理确定风机的安装位置(远离敏感建筑物)等，必要时应考虑采用声学控制措施降低风机的噪声影响，并为后续采取降噪措施预留足够的安装空间。其次，使用中的风机噪声污染，可通过采用隔声屏障、隔声罩、消声器、隔振处理等声学措施进行控制。最后，应加强风机设备以及声学控制措施的日常维护和养护，避免重复出现噪声污染问题。

5 油烟净化器

5.1 噪声产生机理

油烟净化器本身的噪声不高，其噪声过大一般与排油烟风机有关，当排油烟风机与油烟净化器不匹配时，会造成油烟净化器内部气流流速过高，产生气流噪声。若油烟净化器清洗不及时，内部出现堵塞时也会一定程度上增大噪声。

5.2 噪声特性

油烟净化器的噪声往往和排油烟风机相关，其噪声主要呈宽频带特性，此外，对于静电式油烟净化器，会存在较高频率的放电声，但噪声值较低。

5.3 噪声控制方法

在降噪工程中，对油烟净化器进行噪声控制，实际上是对“油烟净化器—排油烟风机”这一套系统采取措施。油烟净化器本身并不是动力设备，主要的噪

声和振动均是由排油烟风机引起，因此，在“油烟净化器—排油烟风机”这一系统中，噪声控制主要是针对排油烟风机而展开的。

对排油烟风机的噪声控制，包括空气声和结构声控制两个方面，其声学控制措施可参照“第四部分 第4节风机”固定设备的相关内容执行。

5.4 小结

综上所述，油烟净化器本身噪声不高，主要是与其配套使用的排油烟风机噪声。油烟净化器的噪声污染防治措施，应针对“油烟净化器—排油烟风机”这一套系统开展相关工作。首先前期设计阶段就应做好噪声污染防治规划，如选用噪声低的排油烟风机、排油烟风机和油烟净化器的设备参数匹配合理、因地制宜合理确定油烟净化器和排油烟风机的安装位置（远离敏感建筑物）等，必要时应考虑采用声学控制措施降低噪声影响，并为后续采取降噪措施预留足够的安装空间。其次，使用中的油烟净化器和排油烟风机噪声污染，可通过采用隔声屏障、隔声罩、消声器、隔振处理等声学措施进行控制。最后，应加强设备以及声学控制措施的日常维护和养护，避免重复出现噪声污染问题。

6 变压器

6.1 噪声产生机理

变压器噪声包括两个部分，一是变压器本体噪声，二是冷却系统噪声。本体噪声主要是铁芯和绕组产生的噪声，铁芯产生噪声的原因是在交变磁场的作用下，铁芯产生主频为100Hz的磁致伸缩振动，向外传导振动激励并直接辐射噪声；绕组产生噪声的原因是电流在绕组中流通产生电磁力而引起振动，向外辐射噪声。冷却系统噪声包括风扇和油泵噪声，主要是油泵和风扇运行时产生振动，向外辐射的噪声，此外，变压器本体振动通过油、联管等装配件传递给冷却系统，引起冷却系统振动加剧，向外辐射噪声。布置在建筑物内的小型干式变压器通常无冷却系统，但铁芯和绕组的振动激励与噪声辐射依然存在。

常见变压器如图4.21所示。



图4.21 常见变压器

6.2 噪声特性

变压器噪声以铁芯噪声为主，通常100Hz为变压器噪声的基频，变压器的容量越大，则基频噪声占比越高。一般来讲，变压器的噪声以较低频率为主，主要处于100Hz~800Hz频率范围内。因较低频率噪声绕射和透射能力强、衰减慢，且100Hz电磁噪声属于烦恼度较高的有调噪声，故其影响范围较大。

6.3 噪声控制方法

6.3.1 使用噪声低的变压器

选用变压器时，应优先选择噪声低的设备，对于老旧变压器的噪声治理，当旧设备使用时间较长、老化严重，已经基本满足设备淘汰标准，或噪声控制成本大于更换新设备成本时，可优先考虑更换噪声低的变压器。

6.3.2 合理确定变压器安装位置

新安装变压器或对现有变压器进行噪声控制时，若具备足够的条件，变压器的安装位置应尽量远离敏感建筑物。

6.3.3 采用声学控制措施

当采取上述方法不能有效地降低变压器噪声污染时，就需要采取声学控制

措施对变压器噪声进行控制。

(1) 空气声控制措施

当变压器安装于地面处时，对周围敏感建筑物的影响主要是空气声影响，可通过采用隔声屏障或隔声罩的方式对变压器噪声进行控制。

工程实际中，需要针对项目的具体情况，结合降噪目标需求、变压器噪声源情况、噪声源与敏感建筑物的位置关系、安装空间等多种因素，来确定究竟采用隔声屏障或隔声罩哪一种形式进行噪声控制。特别注意的是，当采用隔声罩对变压器进行噪声控制，需考虑散热，通常做法是在隔声罩的合适位置设置进风和排风消声器。

变压器隔声屏障和隔声罩措施分别如图4.22和4.23所示。

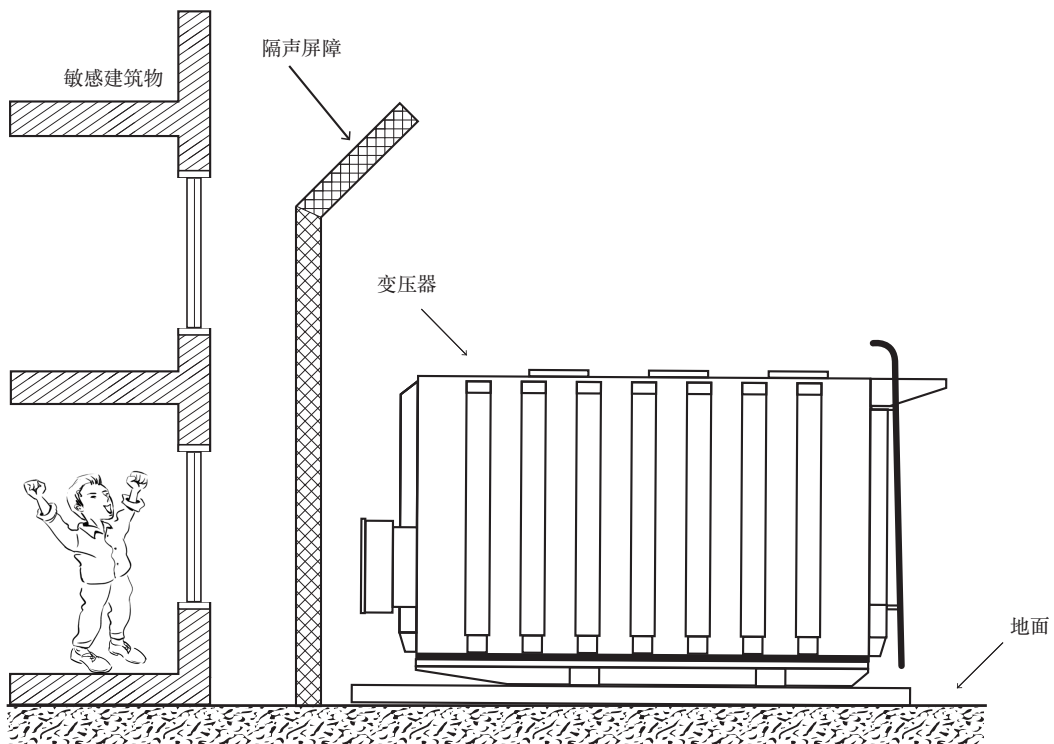


图4.22 变压器隔声屏障措施

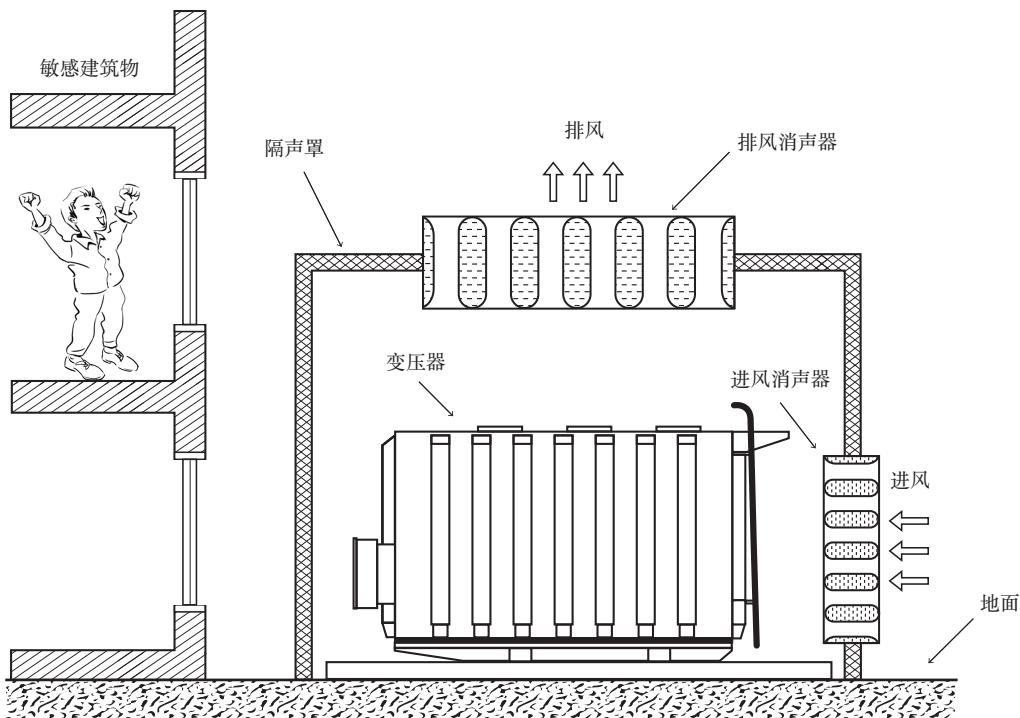


图4.23 变压器隔声罩措施

(2) 结构声控制措施

当变压器安装于建筑物内，其噪声影响主要是通过建筑结构传播引起的结构声，应从变压器基础、变压器母排连接等环节开展隔振降噪，必要时对机房内壁及顶棚采取吸声处理。

工程上常用的做法：变压器基础安装隔振系统，通常由隔振器和隔振垫组成；变压器母排选择软连接。通过上述措施，将变压器与建筑结构进行分离，降低振动传播，减小结构声影响。

变压器基础隔振示意如图4.24所示。

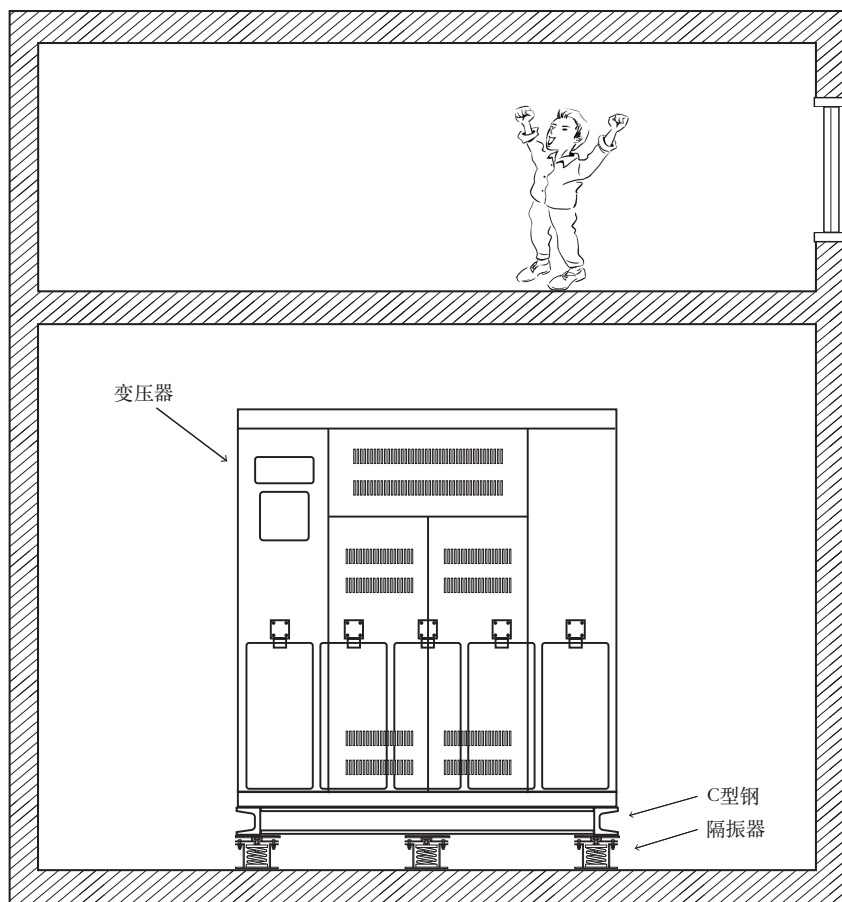


图4.24 变压器基础隔振措施

6.3.4 维护和养护

变压器设备长时间运转后，会出现零部件的松动、老化等，运行工况的恶化会导致设备本体噪声的增加，因此，需要定期对变压器设备进行维护和保养，降低变压器的噪声源强。

声学控制措施同样需要定期进行维护，防止出现材料或结构的破损而导致降噪性能变差。

6.4 小结

综上所述，变压器噪声主要包括本体噪声和冷却系统噪声，以较低频率噪声为主。变压器的噪声污染防治措施，首先前期设计阶段就应做好噪声污染防治规划，如选用噪声低的变压器、因地制宜合理确定变压器的安装位置（远离

敏感建筑物)等,必要时应考虑采用声学控制措施降低变压器的噪声影响,并为后续采取降噪措施预留足够的安装空间。其次,使用中的变压器噪声污染,可通过采用隔声屏障、隔声罩、消声器、隔振处理等声学措施进行控制。最后,应加强变压器设备以及声学控制措施的日常维护和养护,避免重复出现噪声污染问题。

7 锅炉

7.1 噪声产生机理

常用锅炉分为燃煤、燃气、燃油锅炉,目前北京市使用的为燃气、燃油锅炉。锅炉一般安装于锅炉房内,锅炉房常设置在地下室或地面处。锅炉的噪声主要包括燃烧器噪声、排气放空噪声、烟囱噪声以及通风机、循环水泵等辅助设备的运行噪声。

7.2 噪声特性

锅炉设备燃烧器运行产生的噪声和烟囱噪声以较低频率为主,且噪声强度较高,影响范围广,配套风机设备的噪声则呈宽频带特性。

7.3 噪声控制方法

7.3.1 使用噪声低的锅炉

选用锅炉时,应优先选择噪声低的产品,对于老旧锅炉的噪声治理,当旧设备使用时间较长、老化严重,已经基本满足设备淘汰标准,或噪声控制成本大于更换新设备成本时,满足使用需求条件下,应优先考虑更换噪声低的锅炉设备。

7.3.2 合理确定锅炉安装位置

新安装锅炉或对现有锅炉进行噪声控制时,若具备足够的条件,锅炉的安装位置应尽量远离敏感建筑物,并布置在锅炉房内。

7.3.3 采用声学控制措施

当采取上述方法不能有效地降低锅炉噪声污染时，就需要采取声学控制措施对锅炉噪声进行控制。

根据项目的具体情况，可通过采用下述相关措施对锅炉噪声进行控制。

(1) 燃烧器隔声罩：锅炉燃烧器噪声一般通过对燃烧器安装通风消声隔声罩（通风消音箱）进行控制，隔声罩采用复合结构，由隔声材料、吸声材料、阻尼材料等组合而成。采用全封闭结构时需考虑消声通风散热。如图4.25所示。

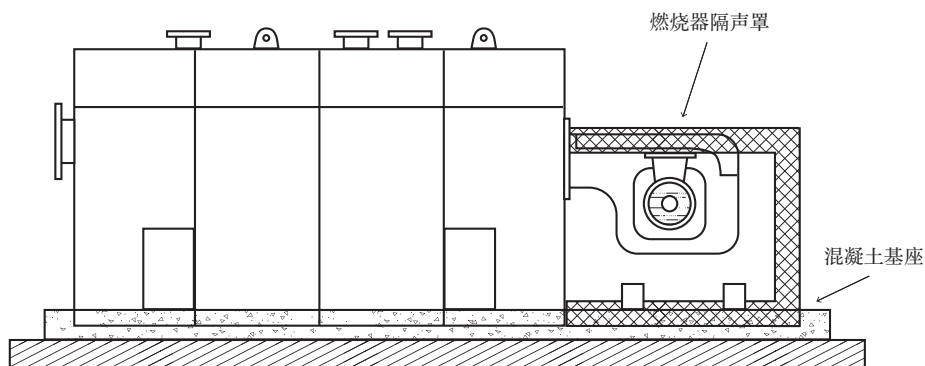


图4.25 锅炉燃烧器隔声罩措施

(2) 排气放空消声器：锅炉排气放空噪声通过安装小孔喷注或节流降压与小孔喷注复合排气放空消声器进行控制，应根据降噪目标值和排放气体的温度、压力、流量等要素，对消声器开展专门设计。

(3) 锅炉烟囱消声器：烟囱噪声通过在烟囱管道上安装消声器进行控制，烟囱消声器宜放置在锅炉房内，必须露天放置在锅炉房外时，要考虑对其进行二次隔声，防止较低频率噪声泄露造成扰民。

(4) 当锅炉噪声主要通过锅炉房的窗户、机房门、墙体等位置向外排放时，应通过安装隔声窗、隔声门、复合隔声墙体等方式对噪声进行控制。

(5) 锅炉配套使用的风机、水泵等辅助设备噪声，应通过增强锅炉房的整体隔声性能进行控制。若涉及到辅助设备布置于锅炉房外的情况，应按照上述风机、水泵章节的隔声降噪做法采取相应措施进行噪声控制。

(6) 对于泄爆口处向外传播的噪声，若泄爆口为封闭式设置，可通过设置

隔声层对噪声进行控制，若泄爆口为敞开式，可通过设置消声器对噪声进行控制。

(7) 锅炉振动引起的结构声影响，应通过隔振措施进行控制，工程上通常做法是对锅炉基础安装隔振器、管道支吊架采用弹性支吊架等方式进行隔振处理。

7.3.4 维护和养护

锅炉设备长时间运转后，会出现零部件的松动、老化等，运行工况的恶化会导致设备本体噪声的增加，因此，需要定期对锅炉设备进行维护和保养，降低锅炉设备的噪声源强。

声学控制措施同样需要定期进行检查和维护，防止材料或结构出现破损而导致降噪效果变差。

7.4 小结

综上所述，锅炉噪声主要是燃烧器噪声、烟囱噪声以及结构声，以较低频率噪声为主。锅炉的噪声污染防治措施，首先前期设计阶段就应做好噪声污染防治规划，如选用噪声低的锅炉、因地制宜合理确定锅炉（房）的安装位置（远离敏感建筑物）等，必要时应考虑采用声学控制措施降低锅炉的噪声影响，并为后续采取降噪措施预留足够的安装空间。其次，使用中的锅炉噪声污染，可通过采用隔振处理、消声器、隔声罩等声学措施进行控制。最后，应加强锅炉（房）以及声学控制措施的日常维护和养护，避免重复出现噪声污染问题。

8 多声源协同治理

前述章节针对不同类型的固定设备，分别给出了噪声控制措施的建议，但在实际中，部分项目会存在不同类型的固定设备集中在一起，并且设备数量众多的情况，大大提高了对周围敏感建筑物的噪声影响，对于此种情况，建议从以下几点进行固定设备噪声的管理和控制。

(1) 规划和场地选择：条件允许时，在项目设计之初即考虑固定设备的噪声影响，合理规划，将安装固定设备的场所选在远离敏感建筑物的位置。

(2) 设备选型：每种设备在选型时，在满足使用需求和条件允许时，尽量选用噪声低的产品，或者以多个小功率设备代替大功率设备，降低噪声源强。

(3) 设备安装布局：将噪声高的设备放置在远离敏感建筑物的位置，降低噪声影响范围。

(4) 统筹安排，集中治理：固定设备数量较多时，宜集中布置，并统一采取噪声控制措施，噪声控制措施类型的选择应根据声源特性、设备占地面积、降噪目标、周围环境、投资费用等综合考虑。

第五部分 参考文献

- [1] 全国人民代表大会常务委员会. 中华人民共和国噪声污染防治法[EB/OL].[2021-12-24]. <http://www.npc.gov.cn/npc/c30834/202112/528c29567316465894e6bf6040c33a8c.shtml>.
- [2] GB12348-2008, 工业企业厂界环境噪声排放标准[S/OL]. [2008-10-01]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/wlhj/hjzspfbz/200809/W020161230342919235970.pdf>.
- [3] GB22337-2008, 社会生活环境噪声排放标准[S/OL]. [2008-10-01]. <https://www.mee.gov.cn/ywgz/fgbz/bz/bzwb/wlhj/hjzspfbz/200809/W020111121353694435553.pdf>.
- [4] 北京市人民政府. 北京市环境噪声污染防治办法[EB/OL]. [2006-11-27]. www.beijing.gov.cn/zhengce/gfxwj/sj/201905/t20190522_56690.html.
- [5] 北京市发展和改革委员会等. 北京市新增产业的禁止和限制目录(2022年版)[EB/OL]. [2022-02-14]. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202203/t20220314_2629801.html.

宁静
—
和谐
—
美丽