

冷却塔减震降噪技术措施

唐 娟

中南建筑设计院股份有限公司 湖北武汉 430071

【摘要】冷却塔减震降噪治理是一项综合性技术，冷却塔噪声由风机噪声和淋水所产生，通常采用主动降噪和被动噪声防护措施。文章从冷却塔电机噪音和风机换气系统振动噪音两大方面探讨，并结合案例介绍提出冷却塔降噪应用措施，系统分析冷却塔噪音的成因，为冷却塔噪音治理提供理论支持与实践指导。

【关键词】冷却塔；减震降噪；控制措施

引言：

现代工业与民用建筑中，冷却塔通过水与空气热交换机制有效降低系统温度，保障设备稳定运行。然而，冷却塔在各类建筑中运行时产生的噪音问题也逐渐明显，成为影响环境质量和干扰居民生活及工作效率的重要因素。冷却塔噪音主要包括水落差声音与电机产生的机械摩擦噪音、风机换气系统振动噪音等。风机换气系统是冷却塔实现热交换的核心部件，振动噪音问题不仅受风机自身质量和制造工艺及运行状态的影响，还与进风口设计和气流稳定性等外部条件密切相关。

1 冷却塔噪音形成

1.1 水落差与电机产生的噪音

冷却塔是工业与民用建筑中常见的散热设备，在运行过程中会产生噪音。冷却塔核心功能是通过水与空气的热交换来降低水温实现散热，在这一过程中水从塔顶或上部喷淋系统均匀洒落，形成水幕或水滴群与自下而上的空气流进行热交换。水在下落过程中重力作用会产生速度加快，与塔体内部构件（如填料、收水器等）以及下方集水池水面发生碰撞和冲击这些物理作用导致水落差产生噪音。首先，频谱特性广泛覆盖从低频到高频的多个频段，但以中高频为主高频声波在水滴碰撞和溅落时更容易被激发^[1]。其次，水落差噪音强度受多种因素影响，包括水流量、水喷淋系统的设计和塔体内部结构布局以及环境条件（如风速、风向）等。由于水流的连续性和不稳定性，水落差噪音往往呈现连续或波动的特性。冷却塔中的电机驱动风扇旋转，产生气流加速水与空气热交换。电机在运行过程中会产生机械噪音和电磁噪音与空气动力噪音。机械噪音源

于电机内部轴承磨损和转子不平衡等零部件摩擦，这些噪音通常以低频为主具有周期性和连续性。电磁噪音是由电机定子与转子之间气隙磁场相互作用产生的，频率与电机的转速和极数有关通常表现为高频噪声。

1.2 风机换气系统振动噪音

冷却塔作为工业和建筑中常见的热交换设备，风机换气系统的振动噪音是主要的噪音源之一。这种噪音不仅影响设备正常运行，还可能对周围环境和人员造成不良影响。风机质量不均是导致振动噪音大的重要原因。由于制造工艺、材料选择的不足，风机的转子和叶片等部件可能存在质量偏差，这种偏差在风机高速旋转时会产生不稳定的振动引发噪音，长期使用和磨损也可能导致部件质量分布不均加剧振动和噪音。风机轴承磨损和齿轮啮合不良以及润滑系统故障等因素风机在运行过程中产生额外振动和噪音^[2]。这些故障不仅影响风机运行效率，还可能对周围设备和结构造成损害。冷却塔风机运行过程中，进风口设计不合理和进气气流不稳定或受到干扰风机内部气流不均匀，从而引起风机振动和噪音。例如：进风口杂物堵塞或叶片角度调整不恰当会引起气流不稳定。冷却塔风机通常由电机驱动，电机运行状态直接影响风机的振动和噪音。电机不平衡或轴承损坏以及传动装置故障等都可能導致电机产生振动传递给风机和整个冷却塔系统。

2 案例背景

某综合性三甲医院，门诊楼屋顶上安装了四组冷却塔，每组由两个单元模块组成，每个模块一台风机。由于周边新建了居民区，冷却塔与居民区最近处约20米，导致冷却塔运行时的噪音对居民生活造成了严重影响。经现场

检测,居民室内噪音超标严重需要院方采取有效措施进行治理。

3 冷却塔噪音降噪控制应用措施

3.1 主动降噪措施

在冷却塔降噪措施中,主动降噪是通过干预噪音源或噪音传播路径来减少噪音的技术手段。

首先,在充分考虑热力性能的前提下,采用换热面积大、耗电比小的冷却塔,耗电比小的塔型其风量相对低,减少了空气切割及摩擦引起的噪声。

其次,通过选择低转速和大直径的轴流风机或超静音风机,以减少空气动力性噪音。大直径、宽叶片、转速低风机能在保持足够风量同时还能降低转速和圆周速度,从而减少空气动力性噪音,可降低噪音5~10dB(A)。超静音风机

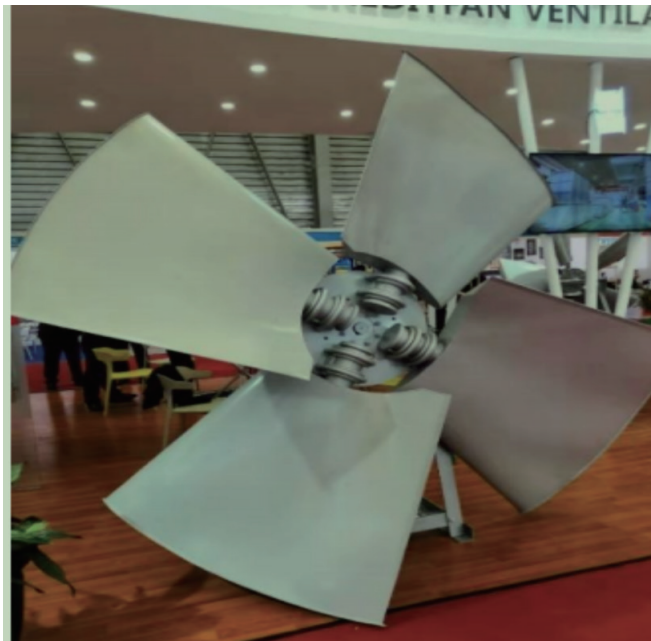


图1 大直径、宽叶片风机

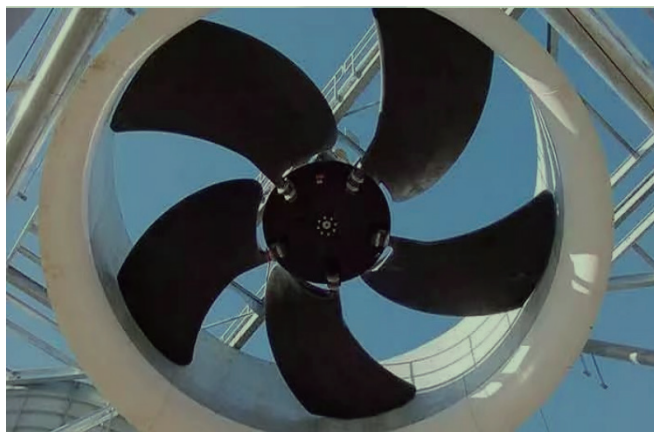


图2 超静音风机

因其特殊构造(如多层多叶片、航空级铝合金叶片等)和先进制造工艺,在保持高效能的同时大幅降低噪音(详见图2),可降低噪音10~15dB(A)。相比传统风机,转速可降低20%~30%。

再次,通过采用免维护直驱电机减少传动部件(如皮带、齿轮等),从而降低因传动部件摩擦和振动产生的噪音,预计可降低噪音2~4dB(A)。直驱电机还能提高传动效率减少能耗。相比传统电机,传动效率可提升5%~10%。

最后,在冷却塔设备底座上安装弹簧减振器,采用刚性好、阻尼大的材料,减少因支撑结构振动引起的噪音,可降低设备振动引起的噪音约5~10dB(A)。

3.2 被动降噪措施

为了有效降低冷却塔噪音对周围敏感区域(如居民区和医疗卫生、文化教育等)的影响,设计可以采取被动降噪措施。

首先,加装导风筒是一项关键策略,通过改变冷却塔的出风方向避免噪音直接朝向这些区域,以此能降低噪音传播距离约5%~10%。为了进一步提升降噪效果可以采用带角度的导风筒设计,这项设计能更顺畅地引导风流改变方向减少湍流和涡流产生,从而额外降低噪音约3~5dB(A)。(详见图3)。在风筒内部和外部安装玻璃纤维或多孔泡沫塑料等吸音材料吸收噪音,消声风筒可降低噪音5~10dB(A)。

其次,通过在冷却塔出风口处安装消声风箱,内部结构和吸音材料降低噪音10~20dB(A)^[4]。

再次,在面临噪声敏感建筑侧采用厚度为200mm、高度为3米的隔声屏障,并配合高性能的吸音材料,有效降低噪音5~15dB(A)。在安装隔声屏障时需根据冷却塔尺寸和形状以及周围环境噪音的传播性,进行精确的声学模拟与分析,以确定隔声屏障的最佳位置、高度和厚度(详见图4)。隔声屏障与地面及冷却塔进风面紧密连接防止噪音通过缝隙泄漏,墙体内部可设置隔音空腔或填充吸音材料增强降噪效果。隔声屏障应至少高于冷却塔进风口一定距离,以确保噪音在传播过程中得到有效阻挡。吸音材料性能则直接关系到降噪效果的好坏,高性能吸音材料能更有效吸收噪音降低噪音反射与透射。

通过安装隔声屏障与进风口消声器,冷却塔的整体降噪效果达到10~30dB(A)(详见表1)。

表1 冷却塔降噪表数据

降噪措施	描述与细节	降噪效果 dB(A)
角度设计导风筒	在导风筒基础上增加角度设计，减少湍流和涡流	3-5
消声风筒（内部吸音）	风筒内外安装玻璃纤维或多孔泡沫塑料等吸音材料	5-10
出风口消音箱	通过内部结构和吸音材料降低噪音	10-20
隔声屏障	根据声学模拟与分析确定最佳位置、高度和厚度，内部填充吸音材料	5-15
进风口消声器	设计和材料选择合理，降低进入冷却塔的空气噪音	3-8
整体降噪效果	综合以上措施，冷却塔的整体降噪效果	10-30



图3 消声风筒

结束语

通过主动降噪与被动降噪措施的综合应用，该医院冷却塔噪音控制取得了显著成效。通过加装导风筒、增加隔声屏障被动降噪手段，冷却塔运行时居民区噪声得到了很好控制，效果确保了冷却塔运行噪音对周边环境的影响降至最低，提升了居民生活品质并同时为保护生态环境提供有力保障。



图4 隔声屏障

参考文献：

[1] 郭彦玲, 田沛灵, 唐川宇, 等. 冷却塔机房噪声测量及物理封堵降噪效果评估[J]. 山西建筑, 2022, 48 (14): 6-9+14.

[2] 党鹏刚, 张英, 刘毅. 工业冷却塔噪声治理及案例分析研究[J]. 中国环保产业, 2022, (06): 76-79.

[3] 王飞, 孙远涛, 韩毅, 等. 自然通风冷却塔的新型节能降噪协同技术研究[J]. 科技创新与应用, 2022, 12 (10): 156-159.

[4] 朱自淙, 韩雨桐. 基于低噪声风机的冷却塔噪声控制方法[J]. 电声技术, 2022, 46 (02): 4-7+16.