

文章编号: 1672 - 058X(2009)03 - 0291 - 04

中央空调噪声分析及控制研究^{*}

杜 力¹, 赵鹏云²

(1. 重庆工商大学 废油资源化技术与装备教育部工程中心, 重庆 400067; 2. 四川长虹中央空调研发中心, 四川 绵阳 621000)

摘 要:中央空调机组的噪声源主要来自于气动、机械和电磁等 3 个方面因素,并以此提出了中央空调机组噪声控制方法;从 3 个方面系统地分析和论述了噪声控制措施:选择包括高阻尼减振垫、叶片数量多的轴流风叶等性能良好的动力部件,利用金属网罩等特殊结构的隔音减振结构设计,采用合理的安装工艺并利用消声装置等机组合理的安装和配置等;实践表明,此方法较好地控制了中央空调的运行噪声。

关键词:噪声;消声器;隔震;阻尼;共振频率;自振频率

中图分类号: X707

文献标识码: A

随着物质生活水平的提高,写字楼、商场和宾馆等楼堂馆所都配备了集中式空气调节系统。但由于机房设置和空调房间排风口布局不合理,风机选型及其安装和系统管路设计存在缺陷,管路气流速度调节不均衡等原因,造成设备的不良运行,带来管路串声、固体传声、局部透声、空气动力性噪声超标等问题^[1]。国内不少学者就降噪进行了较多的研究,如文献 [1]对中央空调系统噪声进行了详细的测评后得出了控制的对策;文献 [2]、[3]、[4]均以典型事例分析了噪声源产生的机理,提供了有针对性的减振降噪设计方案等等。此外在对 3 类噪声源分析的基础上,对配套件选择、机组结构设计及机组安装和配置等 3 方面进行了较为具体全面的论述。

1 噪声源分析

从空调器的结构、工作原理以及对它的测试分析可知,其主要噪声是由气动噪声、机械噪声及电磁噪声 3 大部分组成。

(1) 气动噪声。它主要包括:风机噪声、管道噪声。风机噪声是风扇产生的较大的气体混流声,以空气动力性噪声为主,该噪声主要包括旋转噪声和湍流噪声。旋转噪声是由风机的叶轮在旋转时与空气质点相互作用引起的空气脉动产生的,其强度与风机片数,叶片的形状、尺寸,风机叶轮的转速,风机内风速及流量、静压等诸因素有关,其噪声呈宽频带的低、中频性。据研究表明,旋转噪声与叶轮的圆周速度的 10 次方成比例。涡流噪声的频率取决于叶片的形状及叶片与气体的相对速度,涡流噪声与叶轮圆周速度的 6 次方(或 5 次方)成比例。在风机叶轮直径一定的情况下,转速是影响轴流风扇噪声的重要因素,转速越高,噪声越大。涡流噪声与风扇电机的转速和排风量有关。而管道噪声是由于高速气流在流动中冲刷管道,激发管

收稿日期: 2009 - 04 - 16;修回日期: 2009 - 05 - 20。

* 基金项目: 国家自然科学基金(50675235)。

作者简介: 杜力(1971 -),女,重庆市人,博士,副教授,从事机构学方面研究。

壁并使之发生震动,形成“发生器”后经管壁向四面发射,管道的弯头、变径阀门以及风口等部位因涡流、涡阻现象严重,从而引发这些部位剧烈震动产生噪音。涡流噪声的频率峰值一般在 2 000 ~ 4 000 Hz,属中高频噪声^[5,6]。

(2) 机械噪声。机械噪声是空调器产生异常噪声的主要原因,空调内机的动力运动部件主要是电机和风扇,外机的动力运动部件主要是压缩机、电机及风扇。一方面各部件运行会产生振动和噪声,另一方面会激发与之相连的其他零部件(如电机支架、配管、底盘和箱体等)产生机械振动,并向外辐射噪声,包括了空调器内部各组件工作时自身发出的噪声和组件之间相互影响发出的噪声,它与结构设计方案以及制造、装配精度有关。机械噪声对分体空调器外机整机噪声的影响达到了 50%。

(3) 电磁噪声。电磁噪声的产生是由于风扇电机多采用交流电机而引起的交流噪声也是一主要的噪声源。

2 中央空调机组噪声控制方法

2.1 选择性能良好的动力部件

首先,选择噪声低、振动小、整体性能好的空调压缩机,其减振垫应为高阻尼的减振垫圈,以减小压缩机底脚产生振动,从而减小噪声;同时选择翼形符合空气动力学理论的风扇,可以很大程度地降低空调器的整机噪声;第二,选择叶片数多的轴流风叶,以改变轴流风机的叶数。这是因为轴流风机产生的噪声既有离散噪声又有涡流噪声,所要做到是尽量降低其产生的噪声峰值。因此,用 6 叶的轴流风扇代替 4 叶轴流风扇,使得扇叶对稳定气流起到更加突出的作用。由于其扇叶靠得更加紧密,所以吸力边与压力边的附面层相对变薄,不易形成大的脉动,使其峰值下降^[7]。从 $f_0 = \frac{nz}{60}$ (n 为电机转速 r/min) 可以看出,旋转基频 (f_0) 发生了变化,这是因为叶片数目 (z) 增多的缘故,但不影响声能的下降,基频的增加有利于提高声波频率,高频声波在传递过程中衰减更快。第三,所选风扇应严格控制离心风轮和轴流风叶的静、动平衡精度;第四,在成本允许的情况下,风扇电机尽量使用多风扇电机代替单一电机,多动力部件系统辐射的声能要远远低于同功率情况下的单一动力部件系统;电机应选择高极数低速电机,该类型电机具有转速低,运转平稳,输入功率相对低,寿命长等优点;如果制冷量等性能能够得到保证,则可适当降低风扇电机的转速;第五,采用新型蜗壳,譬如吸声蜗壳,即在蜗壳进风口加滤波棉,蜗壳内用有机玻璃打孔,有机玻璃下面填充吸声材料;采用倾斜蜗舌或者蜗舌共鸣腔抑制旋转共振噪声;最后,在结构允许时室外机采用大直径轴流风扇,降低转速,但同时也增加了室外机的体积和成本;贯流风扇的选择、片数和片距非常重要,要尽量避开容易产生噪声的频率。

2.2 机组合理的隔音减振结构设计

(1) 利用金属网罩抑制室内离心风机的宽带噪声。离心风机的宽带噪声是由离心叶轮进气紊流噪声和涡流噪声组成,由于离心叶轮前部蒸发器的存在,导致离心风机进气紊流的加剧,从而辐射较大的紊流宽带噪声。为了控制该噪声,在离心风机叶轮进出气口加装了金属网罩。曾有人选用网丝直径为 0.28 mm、网孔尺寸为 2.0 mm × 2.0 mm 的金属网罩加装在 KC-20 离心风机上,测得改装前后的离心风机噪声功率谱,改装后,由于叶道内气流紊流强度及尾缘涡流脱落大小均得到了有效的控制,风机的噪声平均可以降低 3 ~ 5 dB,因而其室内评价点的噪声能量在宽频范围内得到了较大幅度地降低。该方法对大风量风机噪声降低是有益的,但同时应考虑压力损失会导致风量的变化。

(2) 利用特殊结构起到减振降噪的作用。一方面合理设计的压缩机吸、排气管道的弯度和长度尺寸,在弯管处加高阻尼减振胶,可起到减振降噪的作用。同时,在设计管道长度时,一定要避开共振管的长度;滚动转子式压缩机与蜗旋式压缩机是目前空调行业应用比较广泛的两种压缩机,根据其内部机构运动特性(图 1),压缩机在水平面内沿压缩机轮廓的切向振动较垂直方向的振动要大得多,因此,在管路设计时应保证管路在水平面有一定的跨度,这样不仅保证了运输中的可靠性,同时一定跨度的管路起到吸振降噪的作用,压缩机在水平面的振动沿管路传递到机体的能量会大大减少。

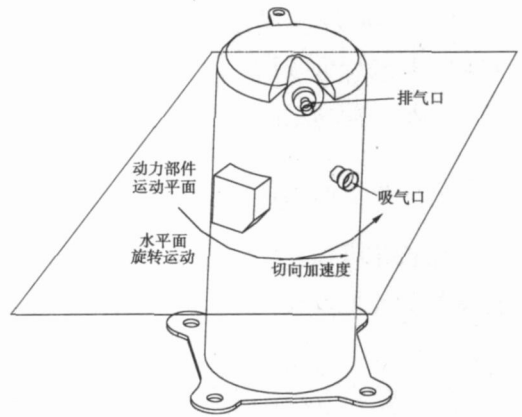


图 1 压缩机动力部件运动示意图

另一方面,空调器室内侧风道应平整光滑,风道应有必要的导风设计,控制由模具造成的接缝凸出部位,减少风阻,从而降低噪声;如图 2 所示,使风管的走向符合气流流向,尽量避免直角弯头及逆向弯头。设计合理的风道结构,并在风道壁上采用粘贴性吸声材料,可减少由于结构不合理而引起的噪声。

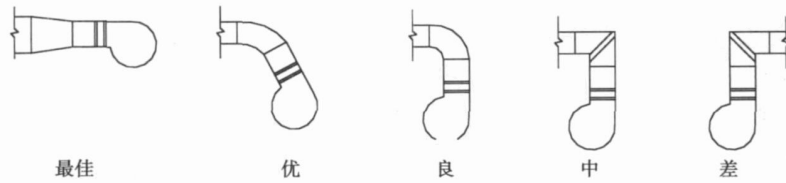


图 2 管道合理布置图

另外,在风管变径处应尽量采用渐扩(渐缩)管,不能急剧改变;风管弯头与弯头之间的间距不宜太小,否则会造成涡流严重,产生噪声。

2.3 机组合理的安装及配置设计

(1) 利用安装工艺起到减振降噪的作用。提高安装工艺的水平,合理设计电机支架截面形状,保证了支架具有良好的刚度,以此保证风扇电机轴的水平度,减少因电机晃动而产生的噪声;同时导风圈的安装应尽量减少动叶外径与外壳的相对间隙,在结构允许时,应保证轴流风扇 2/3 以上位于导风圈内。机组安装时采用基础防震,注意室内侧与室外侧分界隔离板处缝隙应密封好,室内、室外侧中间采用软性连接,压缩机与室内侧距离尽量拉大,减小室内侧噪声。

(2) 利用消声装置起到减振降噪的作用。在压缩机吸、排气处增设消声器或者将压缩机用吸声材料包扎,当然这里必须采用阻燃材料;由于电机的噪声主要是转子偏心引起,可通过加工制造保证精度,轴承径向游隙的调整,径向游隙保证在 0.013 ~ 0.028 mm 之间,轴承噪声就会显著降低;另外在一些特殊场合,可采用消声罩,同时在消声罩内粘贴消声材料,选择像泡沫塑料或海绵等内部多孔且互相连通的材料,采用消声罩应考虑电机散热。如图 3 所示减振器的应用^[8]。

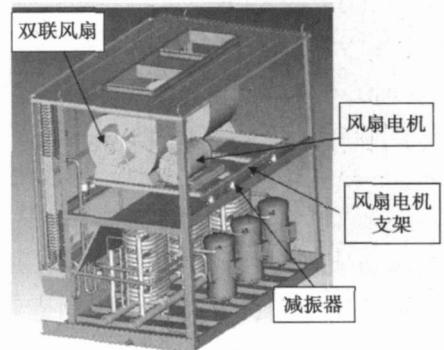


图 3 减振器的应用实例图

总之,风机噪声为低中频性,离心风机以低频为主,轴流风机以中频为主,适合用抗性消声器。而管道噪声为中高频噪声(频

率一般为 2 000 ~ 4 000 Hz), 适合用阻性消声器; 压缩机曲轴旋转噪声属于中高频噪声, 需用阻性消声器; 机械震动噪声属于低频噪声。

对于消声静压箱的应用, 在风道系统中排风口采用消声静压箱, 不仅能稳定气流, 同时能降低噪声, 尤其是低频噪声。同时, 由 $f_n = \frac{n}{60}$ (n 为设备每分钟的转速) 与 $f_0 = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{g}{h}}$ (h 为静态下沉量) 可见, 机组动力部件采用机械隔振, 要求干振频率 f_n 与减振器竖向自振频率 f_0 的比值大于 2.5, 则隔振率大于 80%, 才能保证良好的隔振效果。

3 结 论

中央空调噪声治理是一个系统工程, 不仅涉及机组本身质量, 还包括机组选型, 机组安装, 风管水管设计等诸多工程问题, 其中机组是最重要的噪声源, 很多工程上的不合理设计只是对噪声起到了放大或引起次生噪声的作用, 因此对噪声源头的控制是至关重要的, 在此侧重阐述了机组本身噪声控制的一些常用的方法, 对一些忽略的问题着重进行了探讨。

参考文献:

- [1] 张弛. 中央空调系统噪声测评与控制对策 [J]. 环境污染治理技术与设备, 2005, 6(7): 77-79
- [2] 蒋芝楠, 卜冬青, 蒋文生, 等. 中央空调噪声治理 [J]. 噪声与振动控制, 2002(4): 46-48
- [3] 罗银森, 王振林. 建筑物附属系统减振降噪的应用研究 [J]. 振动与冲击, 2001, 20(2): 11-13
- [4] 李丽. 空调设计中的噪声防治措施 [J]. 振动与噪声控制, 2004(8): 15-17
- [5] 马大猷. 噪声控制学 [M]. 北京: 北京科学出版社, 1987
- [6] 马大猷. 噪声与振动控制工程手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2002
- [7] 智乃刚. 风机噪声控制技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 1985
- [8] 车世光. 建筑声环境 [M]. 北京: 清华大学出版社, 1988

Analysis and control of noise in central air conditioning system

DULI¹, ZHAO Peng-yun²

(1. Engineering Research Center for Waste Oil Recovery Technology and Equipment, Ministry of Education, Chongqing Technology and Business University, Chongqing 40067;

2 R&D Center of Air-Conditioning, Sichuan Chang Hong Corporation, Sichuan Mianyang 621000, China)

Abstract: In this paper, the noises resources of central air conditioning unit were summarized as following three factors being from pneumatic, mechanism and electromagnetic, and the measures for controlling noise of central air conditioning system were proposed, including the choice of good power parts with high damping pad and multi-blade axial flow blade, the design of rational sound proof damping structure with metal net mask and the rational design and installation of units by using rational installation technology and sound damping device. The practice shows that the noise of central air conditioning system can be easily controlled by using the methods proposed in this paper

Keywords: noise; muffler; vibration isolation; damping; dry-vibration self frequency; self-vibration frequency

责任编辑: 代晓红