

刀片服务器散热系统噪声实验研究

张 寰, 陈 剑

(合肥工业大学噪声振动工程研究所, 合肥 230009)

摘要: 通过实验测量并且综合气动声学相关知识进行噪声源识别, 根据实验得到的数据结果判断服务器的噪声主要来源是风扇的旋转噪声并且求得噪声的频率值。同时运用 UG(Unigraphics)建立了服务器风扇框的 CAD(Computer Aided Design)模型, 运用 CFD(Computational Fluid Dynamics)软件 FLUENT 针对风扇框的流场进行仿真研究, 针对服务器的噪声源的特性以及流场模拟结果设计了一个吸声导流槽, 并取得了满意的降噪效果。

关键词: 刀片服务器; 轴流风扇; 流场

中图分类号: TB53

文献标识码: A

文章编号: 1000-3630(2008)-04-0584-04

Experimental research on noise of cooling system for blade server

ZHANG Huan, CHEN Jian

(Hefei University of Technology, Institute of Sound and Vibration Research, Hefei 230009, china)

Abstract: Through identifying the source of the server noise with aero-acoustics knowledge and experiments, it has been confirmed that the server noise is mainly the rotary noise and the noise frequencies are estimated. The CAD(Computer Aided Design) model of the blower frame is made by UG(Unigraphics) and then the simulation study of the air flow field of the blower frame is made by the CFD(Computational Fluid Dynamics) program package FLUENT. An acoustic attenuation module is designed based on the simulation study and the characteristics of the server noise source, and the satisfactory noise reduction result is achieved.

Key words: blade server; axial flow fan; air flow field

1 引言

同机架服务器相比, 刀片服务器最大的优点是可以在相同高度的机柜中集成更多服务器和网络、存储等设备。这种高性能、高集成的服务器设计必然引发服务器工作时的巨大热量排放问题以及散热不足导致系统运行的不稳定问题。

因此, 在刀片服务器内部采用若干风扇强制冷却, 是目前服务器常采用的散热方式之一。配合合理的流场、导流设计, 服务器的散热问题可以较好地得到解决。

但是, 风扇的强制散热噪声对工作环境的影响

导致了最终用户的品牌选择趋向。近年来 IT 行业正致力于解决电子产品的噪声问题。本文则对刀片服务器的降噪问题进行了实验研究。

2 刀片服务器噪声源识别

2.1 噪声测量

2.1.1 服务器机柜基本结构

服务器机柜基本结构为: 插板区域分成 14 个槽位, 即最多可以插 14 块单板(见图 1); 风扇框内装 12 个风扇, 前后分三排(见图 2); 进风口流场空间为深 $\times$ 宽 $\times$ 高 $= (20 \times 38 \times 10) \text{cm}^3$, 水平进风, 流向 90° 改向; 出风口流场空间为深 $\times$ 宽 $\times$ 高 $= (20 \times 38 \times 50) \text{cm}^3$, 端面受垂直放置的间隔为 2.5cm 的 14 片刀片服务器的阻碍, 水平出风, 流向 90° 改向。

收稿日期: 2007-11-01; 修回日期: 2007-12-20

作者简介: 张寰(1981-), 男, 河北遵化人, 硕士研究生, 研究方向为噪声振动与控制。

通讯作者: 张寰, E-mail: hgdzh@163.com

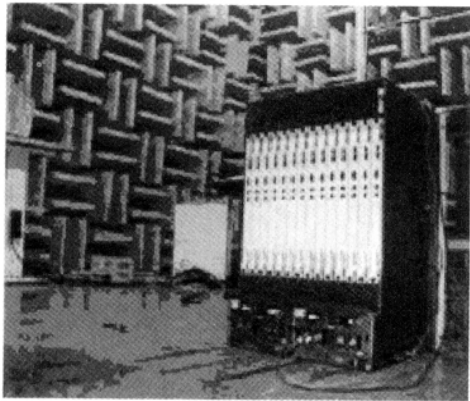


图 1 服务器外观
Fig.1 Appearance of the Blade Server



图 3 传声器位置
Fig.3 Position of the sensor

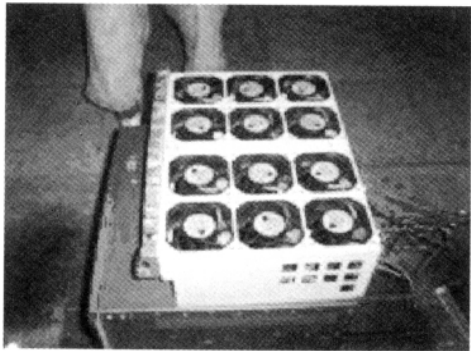


图 2 风扇框外观
Fig.2 Appearance of blowers frame

2.1.2 实验设备及方法

实验目的:简单的定性机箱噪声的频谱,分析不同工况下不同位置处的噪声频谱,运用国家标准中规定的方法对机箱进行声功率的测量。对服务器的前后左右和上五个不同的位置进行声压级的测量。

测试对象:某企业刀片服务器机箱一台。

实验仪器:

- (1)INV 组合式抗混合滤波放大器一台。
- (2)INV306 智能信号采集处理器(四通道)一台。
- (3)声望传声器若干。
- (4)信号线若干。
- (5)电脑笔记本+采集分析软件+软件狗(一个)一台。

测试点位置如图 3,测试结果如表 1 所示。

通过表 1 可以看出声压级较高的位置集中在前面进风口。下面对这个位置上的噪声信号作频谱分,分析参数为采样频率:10.24kHz;分析频率:4000Hz;分析点数:1024;谱线条数:400;加窗:hanning;分析方式:线性平均;范围:全程。

2.2 噪声源的识别

表 1 水平四个方向的声压级(调速 70%)
Table 1 Acoustic pressures at 70% rev

位置	左	前	后	右
声压级/dB	67.1	71.7	67.1	66.2

2.2.1 服务器噪声产生的原理

在服务器机箱内有 12 个微型轴流风扇,它们是噪声的主要来源。在机箱内部形成的空气流场特性也是由轴流风扇引起的,所以有必要先对轴流风扇进行一下了解。

对于微型轴流风扇和其他风扇最大的区别就是它的电机自身占用通风道很大的面积,相对于整个风扇面积不能忽略,由此在风道的中心轴部位有一块很大的紊流区,这也是引起噪声的一个重要因素。另外微型轴流风扇的紊流区不能对 PCB 板进行很好的散热,从而导致不同的 PCB 板散热效果不同,为了能使所有的 PCB 板都达到预定散热效果,不得不整体提高风扇转速,这样也变相的提高了整体服务器的噪声。

2.2.2 轴流风扇噪声

轴流风扇含有各种噪声源,但只有气动噪声是主要的声源。根据轴流风扇产生噪声的频谱分析,其特点为在宽频带上叠加离散频率的频带。因而风扇的噪声有两种产生的机理:离散峰值的旋转噪声和宽频带的湍流噪声。对风扇气动声学理论上的研究往往是从噪声的频谱特性上来分析声源的特性。从频谱特性上来分把轴流风扇的气动噪声分为:干涉噪声(interaction noise)和自噪声(self noise)或宽频噪声(broadband noise)两类。

2.2.3 服务器噪声源

由图 4 可以看出服务器噪声的主要频率非常集中主要为频率在 700Hz 处有一个明显的峰值,这是实验数据所得到的结果。

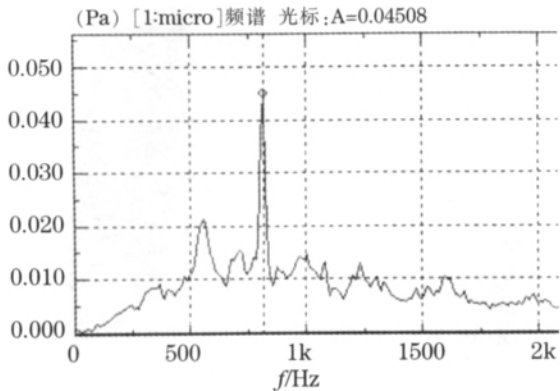


图4 70%转速下进出噪声信号频谱图

Fig.4 The noise frequencies of at 70% rev

下面在理论上分析服务器噪声的频谱特性。前面已经说到轴流风扇噪声的一个重要来源为旋转噪声。旋转噪声是旋转的叶片周期性地打击空气质点或临近部位(如蜗舌)引起空气的压力脉动所产生的离散频率噪声。它的频率求解公式已经被大家公认为:

$$f_1 = \frac{nZ_1}{60} i \tag{1}$$

$$f_2 = \frac{n(Z_1 + Z_2)}{60} i \tag{2}$$

式中 f_1 —动叶与气流作用的噪声频率

f_2 —动叶与导叶相互干扰的噪声频率

Z_1 —动叶片数

Z_2 —导叶片数

n —叶轮转速, r/min

i —噪声基频谐波序号($i=1, 2, 3$ 等)

求出的旋转噪声主频和测得的实际频率符合。最终得到结论服务器的最重要的噪声源是旋转噪声而湍流噪声不是主要的。

3 服务器风扇框内部流场仿真研究

3.1 三维模型建立

按照风扇框的尺寸应用UG软件建立了三维实体模型,在不影响计算结果的前提下对一些零部件的细小结构做了合理的简化,在FLUENT前处理软件GAMB IT中,建立了总的计算流域模型。

3.2 流场仿真

对服务器的风扇框作流场分析结果如图5~7。

结果表明进风口附近的最大速度出现在第一列风扇处。也就是说整个服务器的主要噪声在进风口,而在进风口的最主要噪声为第一列风扇处。在整个机柜内部均存在最强的紊流区域。在第一列风扇的

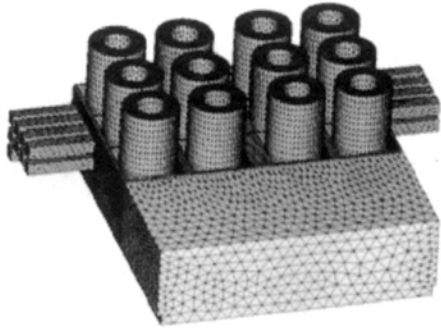


图5 流体网格图

Fig.5 Grid of the blowers

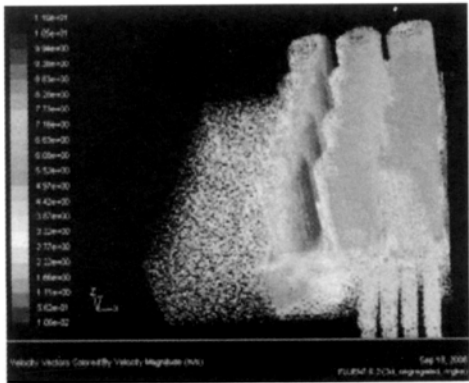


图6 速度场图

Fig.6 Speed of the blowers

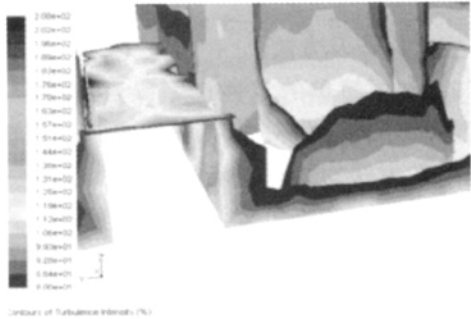


图7 紊流强度

Fig.7 Intensity of the liquid

间隙处,存在局部紊流最大区。必须对风扇框、风扇间隙PCB板间隔等进行流场设计。整个风扇框的气流速度在拐角处最大,这是因为气道进气畸变所引起的。

4 降噪措施

4.1 轴流风扇噪声问题的一般解决办法

对于机箱降噪的措施有两种:

一是治标,从控制噪声传播途径着手,采取消声、隔声和吸声等方法;二是治本,从改进产品结构

入手,着重运用气动声学原理考虑降噪措施。

前者则存在着某些缺陷,首先是低频噪声无法消除,其次增加了系统的附加质量,后者难度比较大,在这方面国内外都已经开展了不少工作,但是尚不够成熟。

通过观察服务器内部流场不难发现风扇位置以及风道不合理是噪声的根本原因,所以最好也是最根本的办法是进行流场和风扇的再设计。但考虑企业成本和本身通讯行业服务器机柜的统一标准限制,我们在不改变原来风扇框架的基础上采用隔声吸声的降噪措施。

4.2 吸声导流槽

通过实验了解到服务器噪声的主要部位是在进风口,所以在进风口部位设计了一个对高频噪声有显著效果的吸声导流槽。

首先在吸声材料的选择上,对比了玻璃棉、毛毡等不同的材料,另外对于在吸声材料上有无微孔的不同情况进行了对比。最终确定效果最好的材料为带微孔的玻璃棉。

吸声导流槽的尺寸要正好和风扇框装配在一起,其装配示意图如图 8。如果吸声导流槽与风扇框装配的非常的紧凑,那么吸声效果会更好,但是这样会影响到空气流量从而影响到散热效果。所以对服务器的 PCB 板进行实时温度监控,同时改变进风口大小,在保证原来散热效果的同时,尽可能的使吸声导流槽更紧凑地与风扇框连接,以达到更理想的降噪目的。

由于服务器整体内部流场除了进出风口外都是密封的环境,噪声泄露出来的主要部位也集中在进出风口,在前端装配吸声导流槽后会对前端的噪声有一定的反射效果,导致后端的出风口噪声有轻微的上升。但是,通过流场分析得知,前端进风口是主要噪声源,所以对前端进行降噪处理后,虽然后端有轻微上升,但在保证散热效果的前提下,总体噪声声功率有明显改善,达到了企业的标准。

装上吸声导流槽后,再用前面所讲的方法对服务器进行声压级测量(见表 2),通过对比前后的数据得到了较为满意的结果。

表 2 改进后服务器的声压级

Table 2 acoustic pressure after amelioration

位置	左	前	后	右
声压级/dB	65.2	68.4	68.6	64.0

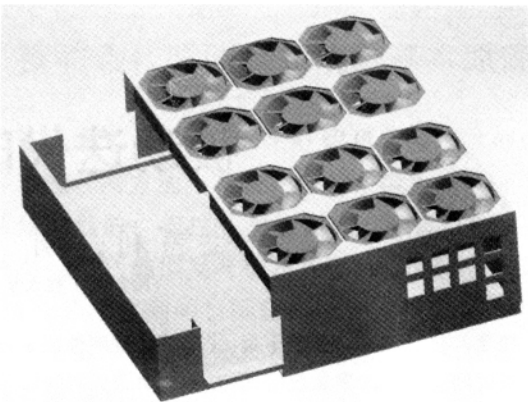


图 8 吸声导流槽

Fig.8 Acoustic attenuation module

5 结 论

- (1) 通过实验和理论两方面验证了服务器噪声源为风扇旋转噪声。
- (2) 对于风扇框的流场分析能更清楚了解机柜内的气流是如何流动的,为作出正确的降噪措施起到指导作用。
- (3) 吸声导流槽的设计不仅要求要对噪声降低起到作用,还要能和风扇框装配良好并且美观。
- (4) 在以后工作中应该尽量在服务器的整体设计阶段就开始考虑噪声问题,这样可以更好的控制噪声的产生从而降低成本。

参 考 文 献

[1] 钟芳源, 陆桂林. 叶片机械气动声学译文集[M]. 机械工业出版社, 1987. 258-271.

ZHONG Fangyuan, LU Guilin. Lamina machine aeroacoustics translation[M]. China Machine Press, 1987. 258-271.

[2] 中国环境保护标准汇编[M]. 中国标准出版社. 2000. 31-35.

China environment standards[M]. Standards Press of China, 2000. 31-35.

[3] 叶轮机械气动热力学的回顾与展望[J]. 西安交通大学学报, 1999. 1-12.

Review and prospect of aerothermodynamics of turbomachinery[J]. Journal of Xi'an Jiaotong University, 1999. 1-12.

[4] 智乃刚, 萧滨诗. 风机噪声控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985. 13-14.

ZHI Naigang,XIAO Binshi. Technic of controlling blower noise[M]. China Machine Press, 1985. 13-14.

[5] T.Fukano Y.kodama Y.Senoo. Noise generated by low pressure axial flow fans I: Modeling of the turbulent noise [J]. Journal of Sound and Vibration, 1977, 5: 32-36.