

DOI: 10.3969/j.issn.1001-4551.2013.12.012

吸油烟机异音诊断分析及声音品质优化设计

李 斌

(宁波方太厨具有限公司, 浙江 宁波 315336)

摘要: 针对“吸油烟机离心风机运转过程中因电网中谐波分量与电机磁场谐波相互作用,激发系统产生电磁异音和振动”的问题,提出了优化减振系统吸收异常声频能量,消除异音和振动的技术思路。采用辐射噪声频谱分析法并结合对电源谐波特性的对比测试,对异音和振动的发生机理进行了分析,在明确了噪声线谱中对异音贡献最明显的特征频率及其特性后,通过对电机与蜗壳连接的减振垫结构的优化设计和效果评估,从而得到了较优的结构方案。研究结果表明,通过在电机减振垫上设置微型“弹性单元”阵列,可有效衰减声辐射线谱200 Hz处的能量,使声音品质和整机运转时的振动得到显著改善。

关键词: 吸油烟机; 声音品质; 异常声; 优化设计

中图分类号: TH122; TB52

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)12-1498-05

Diagnostic analysis of electromagnetic noise and optimal design to improve the sound quality of range hood

LI Bin

(Ningbo Fotile Kitchen Ware Co., Ltd., Ningbo 315336, China)

Abstract: Aiming at the abnormal electromagnetic noise and vibration occurred when the motor of the range hood's fan operated, which caused by interaction of the harmonic voltage in power grid and magnetic field of the motor, a technical approach about the vibration energy absorption system optimization design was presented to eliminate the abnormal noise and vibration. The radiation noise frequency spectrum analysis and power harmonic characteristic were adopted to analyze the mechanism of noise and vibration. Through the test, the most obvious characteristic line spectrum frequency was found. Different damping pad structure between the motor and volute were evaluated, and the best structure scheme was produced. The experimental results show that the new motor damping pad with micro-elastic units array could reduce the line spectrum of 200 Hz effectively, the sound quality and the whole machine vibration problem is improved significantly.

Key words: range hood; sound quality; abnormal sound; optimal design

0 引言

吸油烟机是家庭厨房中最重要的空气净化设施。随着人民生活水平的提高和住房条件的改善,除对吸油烟机的外观、吸油烟效果有要求外,现在购买者和使用者除对噪声大小有要求外,也越来越关注是否存在异常声等声音品质的问题。但就目前整个行业的发展现状来看,大多数生产企业都还只停留在使产品

噪声值控制达到国家标准^[1]要求的层面上,而对声音品质的优劣并没有过多的关注和研究。笔者所在企业作为吸油烟机行业的领军企业,多年来一直与高校合作,开展了一系列针对吸油烟机异常声的研究^[2-3]。通过对吸油烟机存在的异常声的测量与故障分析,从理论层面阐述了3种常见异常声的产生机理,但没有消除异常声进而提升声音品质的工程措施。在日常的产品生产和销售使用过程中,存在一定比例的产品,其风机在正常工作时,在正常的空气动力学噪声

收稿日期: 2013-08-12

作者简介: 李 斌(1974-),男,甘肃张掖人,高级工程师,主要从事高效率风机系统核心技术方面的研究. E-mail: lib@fotile.com

里面夹杂有持续的“嗡嗡声”,人耳可以明显听出。企业经常会因该问题进行产品的返修甚至停线;甚至也有用户投诉和上门维修的情况。但解决手段非常有限,只有通过多次地更换叶轮或者更换电机才能解决一部分。由于对问题的来源认识不清楚而相互指责和报怨,多年来该问题成为困扰吸油烟机制造厂家和叶轮、电机供应商的技术问题。

随着产品的更新换代和最近研究的不断深入,笔者进一步对形成“嗡嗡声”的机理有了深入的认识,并就如何消除这种异常声进而提升声音品质方面进行优化设计,提出可以批量化应用的解决方案并加以应用。

1 电磁噪声产生的机理分析

1.1 供电电源

在日常的生产实践和研究中发现,有“嗡嗡”异常声的吸油烟机(以下简称“故障机”)有一个非常显著的特征,当故障机供电电源由普通市电电网供电改为通过变频器稳压、滤波净化供电后,虽然其供电仍为220 V/50 Hz,但“嗡嗡声”会消失。通过对普通市电电源和变频器电源用示波器查看波形曲线,可得电源波形示意图如图1所示,普通市电的波形曲线为非标准正弦波,且曲线不光滑,存在大量的锯齿,这是由于电网电压存在谐波分量,致使电网电压和电流发生波动所致^[4]。变频电源可将电网中的谐波成分进行过滤去除,保证了供电电压、电流的恒定和频率的单一,因而波形曲线光滑度良好,基本为正弦波形。

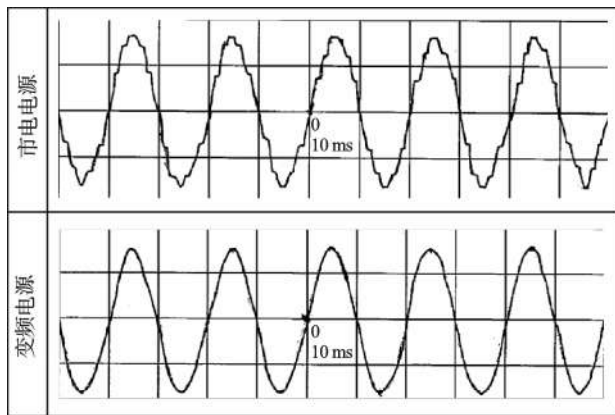


图1 电源波形示意图

1.2 吸油烟机辐射噪声

在实际生产过程中,每台吸油烟机都必须在流水线上输入市电电源后经过专业听音员对声音质量的评价,正常机的声音为风机运转产生的均匀、连续的

风声,而故障机的声音是在风声里面混有人耳易辨的“嗡嗡声”。因此对于是否是异常机的判定是比较准确的。这里用来进行辐射噪声测试的吸油烟机选择为普通市电供电时有“嗡嗡声”,而转换至变频电源供电时“嗡嗡声”消失的产品作为测试对象,并且这类产品为市场销量较大的欧式外观吸油烟机。

吸油烟机风机系统主要由电机、蜗壳、叶轮等部件组成,为排除叶轮转动其空气动力学噪声对分析电磁噪声的附加影响,试验过程中未安装叶轮,而是电机安装在蜗壳电机支架上未带负载空转,这种状态下可以清晰地听出电机运转传递到蜗壳上的机械振动噪声。为对比市电电源与变频电源两种供电条件下噪声的差异,本研究就同一台故障机接入两种电源分别进行了噪声测量。

测试环境可以是GB/T17713-2111《吸油烟机》附录E规定的半消声室,也可以在模拟厨房中进行,如果在模拟厨房中对吸油烟机进行辐射噪声的测量,应该保证模拟厨房的背景噪声应比被测吸油烟机所产生的噪声低6 dB(A声功率级)以上^[5]。

为尽可能地模拟到住宅厨房中操作者实际感受到噪声水平,本研究设计的测试方法如图2所示。在吸油烟机前侧蜗壳进风入口中心位置向前100 mm的位置布置了传声器,用于采集声音信号。测量所用仪器设备为与高校共同研发的异音诊断系统,其中传声器为声望MP201/MA211,数据采集系统由NI PXI1024/PXI4472组成。

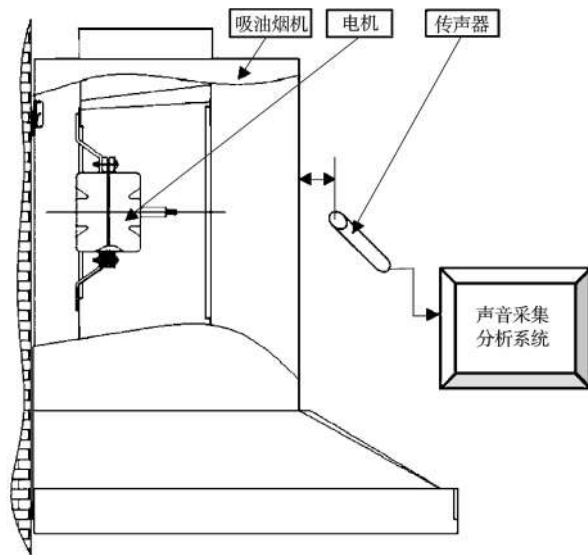


图2 吸油烟机(卸除叶轮)噪声辐射测试示意图

1.3 噪声信号的频谱特性

为全面分析噪声信号的特征,本研究对采集到的

每一组声音信号均通过声压级谱、功率密度谱和幅度谱3张谱对比分析在各频率下其声压级噪声、功率密度和幅度的差异,针对特异频率的分布情况,对生成机理进行分析。

不同供电条件下吸油烟机电机空载时的辐射声谱如图3所示,其中,普通市电供电条件下的辐射声谱如图3(a)所示;变频电源供电条件下的辐射声谱如图3(b)所示。从上到下分别为辐射噪声的幅度谱、功率密度谱和声压级谱。从图3(a)与3(b)的对比可以看出,无论在哪种电源下,电机空载运转时的辐射声谱中,200 Hz处的幅度、功率密度和声压级噪声值都明显高于其他频率。但普通市电供电条件下与变频电源供电的条件下相比,变频电源供电的条件下200 Hz处的谱线强度明显更小,声压级噪声也低3.4 dB。

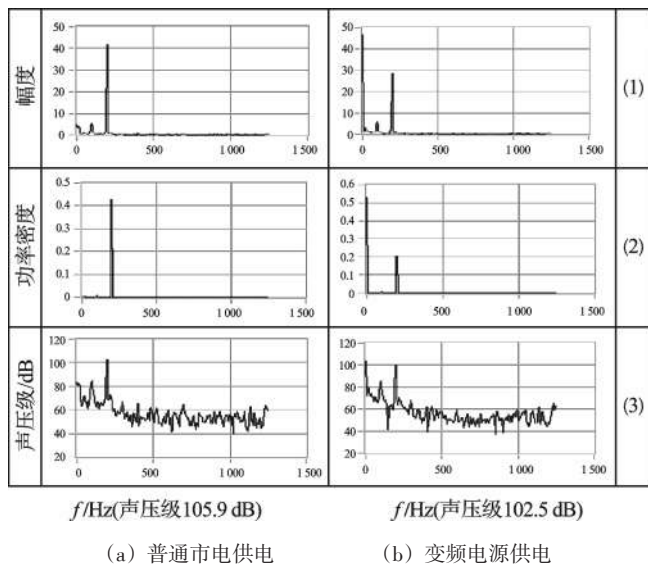


图3 不同供电条件下的辐射声谱

1.4 故障分析

通过对两种供电状态下的辐射噪声的测量和上述频谱分析,综合多年来在线检测过程中积累的经验,可以明确电源质量对形成电磁噪声有比较大的影响,其声音特性为产生类似“嗡嗡声”的异常声音。从频谱看,是因200 Hz能量集中,其线谱过分突出造成。由于吸油烟机普遍使用电容动转小功率单相交流4极电机,而供电电网为工频50 Hz的交流电,当电机转子运转一周会对电机磁场发生4次切割,必然会产生200 Hz的振动频率。因此在日常生产中将这类异常声音界定为电磁异响也正是基于这个故障机理。但并不是说由于上述特性存在就一定会产生异常噪声。研究结果表明,电源质量的好坏、电机制造工艺的水平和整个系统的刚性都对激发这种异常噪

声能被人耳辨识有很大的关系。往往3种因素相互作用,会显著增加产生异响的概率。当电网供电质量差时,电网中非正弦波可以分解成一系列高次谐波分量,会与电机气隙磁场中的谐波分量相互作用而产生谐波干扰^[6],加之系统刚性差或减振不良时会发出电磁噪音。尤其是夏季到来时,因空调、电风扇等家用电器使用率高,使市网感性负载增加,电网波形品质不好,整机运行中频频出现谐波干扰的电磁噪音。改用变频电源供电,因变频电源输出电源波形接近正弦波,可有效缓解谐波干扰,从而电磁噪音减弱。

2 声音品质优化设计

考虑到200 Hz的振动频率是必然存在的,并且供电电网的输入质量对于普通用户来讲也不可控,那么通过吸油烟机本身电控系统、风机系统的结构入手消除异常声、改善声音品质切实可行。经过对吸油烟机电控系统的优化设计发现,要通过增加电容、电感电路对输入电机的电源进行滤波处理,其性价比非常低。一方面优化电路硬件体积很大,在油烟机上没有足够的空间安装,另外其成本与电机价格相当。因此放弃了这个优化方向。

吸油烟机风机系统是主要是由蜗壳、电机、叶轮3大部件组成,一般情况下,电机是通过螺钉直接固定在蜗壳上。但由于蜗壳在通常情况下由薄板件制成,电机在带动叶轮高速运转时,会产生振动。造成机器运转时噪声增大,严重时因失稳而抖动,而噪音的高低是衡量油烟机品质的一个重要指标。因此为达到减振效果,通常都会在电机和与电机相连接的蜗壳电机支架之间通过增加类似橡胶垫的方式来实现^[7-12]。电机与蜗壳电机支架的安装示意图(优化前)如图4所示,这是优化以前电机与蜗壳固定的结构方式,电机通过4组橡胶减振垫与垫圈螺钉的组合件固定于蜗壳电机支架上,虽然这种橡胶减振垫可以起到一定的减

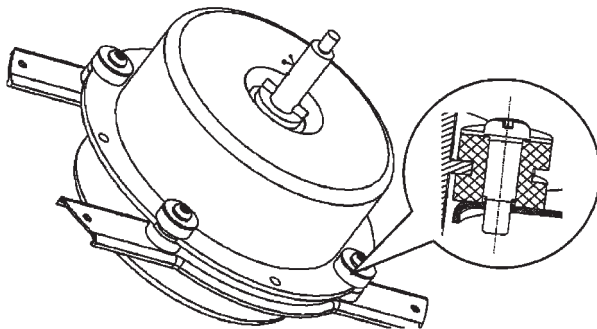


图4 电机与蜗壳电机支架的安装示意图(优化前)

振作用,但却不能消减电机产生的电磁噪声,图3(a)就是这种安装结构的电机运转频谱。

对电机固定结构实施优化的方案如图5所示。新设计的减振垫结构如图6所示。从图5、图6可以看出:在减振本体的上端面和下端面上沿圆周间隔设置有多个径向缺口,形成内凹的刻花面,增加消音减振垫与被安装部件的摩擦力,防止消音减振垫周向滑移而降低减振效果;另外径向缺口使接触表面分为若干小的“弹性单元”,可以减小本体与被连接体之间的接触面积,当本体受到螺钉的旋紧挤压后,连接力被分散到每个独立的“弹性单元”,当电机带动负载旋转时,振动会被这些“弹性单元”阻挡、吸收,有效地减小了振动能量向薄板壳体的传递,特别是应用于风机这类的系统,可以有效地达到减小振动、衰减声音放大的作用;另外在设置径向缺口的本体在有合适的上下变形能力的前提下,又不会影响本体的整体强度,保证减振消音垫具有较低的自振频率和足够的阻尼,经试验证明,该减振消音垫的硬度适中,因电机振动产生的噪音和电磁异音能有效进行衰减,不会与壳体振动频率叠加而恶化。

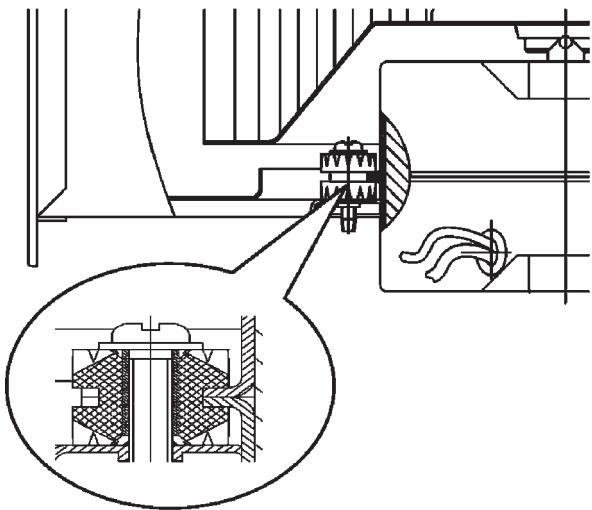


图5 电机与蜗壳电机支架的安装示意(优化后)

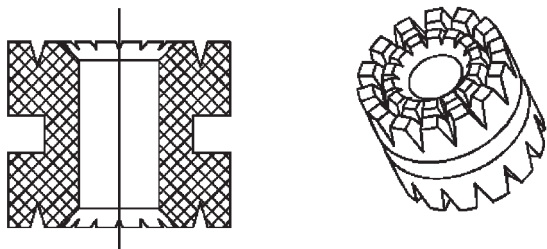


图6 优化设计的减振垫结构

普通市电供电条件下,更换优化设计后的减振消

声垫后电机空载的辐射声谱如图7所示;对比图3(a)和图7可以看出,优化减振结构前后,在相同的供电电源下,电机空载时200 Hz处的幅度、功率密度和声压级有显著不同,优化后的谱线幅度、功率密度大大降低,且声压级噪声还下降了2.6 dB。整机安装叶轮后电磁异常声听觉已无法听出。

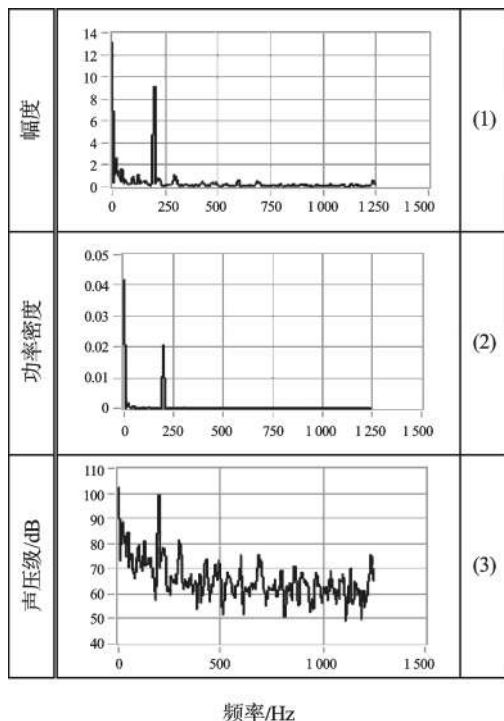


图7 普通市电供电,结构优化后的辐射声谱
(声压级 103.3 dB)

优化方案经过大批量实施后,在成本没有增加的前提下,基本解决了电磁异常声的问题,产品声音品质得到了很大改善,且大大降低了对电网质量的要求。另外,长期以来都认为电磁异音主要应该由电机供货商通过稳定工艺过程,控制原材料质量波动重点加以改善,如果出现异音问题,更换下来的电机均会按不合格品退回,电机厂家为此承担了较大的次品退货压力。通过该方案的实施,电机退货的比例大幅度下降,效益可观。

3 结束语

该优化方案实施后,无论从声辐射的频谱特征分析还是听觉特征分析,均证明问题得到较好改善,且批量应用效果良好。

(1) 通过对吸油烟机声音辐射信号进行多谱线的定量化测量、分析,发现异常声音信号在特定200 Hz处能量非常集中,这为研究者认清问题本质发挥了非常重要的作用。

(2) 长期以来研究的重点都放在设计净化输入电源质量和加严对电机的品质管控方面。在认清了200 Hz振动频率发生作用的机理后,本研究通过创新的解决思维,将抑制异常声音的解决重点放在对特定振动频率的衰减、吸收的改善方面并获得成功,为今后解决类似问题拓展了空间。

(3) 吸油烟机产品除了降低噪声分贝值外,其声音品质的好坏也应该是考核、评价其产品性能的一个重要维度,应该得到行业生产厂家的重视。

参考文献(References):

- [1] 中国轻工业联合会. GB/T 17713-2011 吸油烟机[S]. 北京:中国标准出版社,2012.
- [2] 侯 宏,滕月慧,田 宏,等. 油烟机电机异音分析与故障诊断[J]. 测控技术,2008,27(3):85-87.
- [3] 田 宏,侯 宏,杨建华,等. 来自油烟机叶轮的异音分析及其故障诊断[J]. 测控技术,2008,27(5):87-89.
- [4] 杨承上,陈辉明,王正仕. 电网电压存在谐波情况下静止同步补偿器的前馈控制[J]. 机电工程,2013,30(5):610-613.
- [5] 中国科学院. GB/T 4214. 1-2000 家用电器及类似用途器具噪声测试方法[S]. 北京:中国标准出版社,2000.
- [6] 刘晋平. 电网谐波对电动机运行的影响分析[J]. 科技情报开发与经济,2006,16(23):193-194.
- [7] 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.
- [8] 俱利锋,席德科. 离心式通风机噪声机理及设计与改造中的降噪方法综述[J]. 机械科学与技术,2002(3):465-467.
- [9] 李春曦,郭 宁,叶学民. 带进气箱的离心风机导流器调节时性能与噪声特性试验研究[J]. 流体机械,2013,41(1):1-5.
- [10] 阮秀菊. 机械式轮胎硫化机脱模机构优化设计[J]. 机电技术,2013(2):22-24.
- [11] 沈阳鼓风机研究所. 离心式通风机[M]. 北京:机械工业出版社,1984.
- [12] 潘仲麟,翟国庆. 噪声控制技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.

[编辑:洪炜娜]

本文引用格式:

李 斌. 吸油烟机异音诊断分析及声音品质优化设计[J]. 机电工程,2013,30(12):1498-1502.

LI Bin. Diagnostic analysis of electromagnetic noise and optimal design to improve the sound quality of range hood[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2013, 30(12): 1498-1502.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>

(上接第1497页)

电路和采样保持电路滤波,进入高精度A/D转换器进行信号采集,最后单片机根据特定公式计算出真实的温度值。该系统能够有效克服铂电阻自身的引线电阻,减小自热效应,降低外界干扰对测量系统的影响。

通过恒温槽测温实验和误差分析可知,该测温系统达到了测量精度高、误差小的设计要求,具有良好的可靠性、稳定性和实用性,标定后温度测量误差小于 ± 0.03 °C,可以满足工业生产中对温度测量的高精度要求。

参考文献(References):

- [1] 薛清华. 高精度多通道温度测量技术研究[D]. 武汉:华中科技大学机械工程学院,2007.
- [2] 易先军,文小玲,刘翠梅. 一种高精度温度测量电路设计[J]. 仪器仪表用户,2008(6):72-73.
- [3] 方益喜,雷开卓,张群飞,等. 基于三线制恒流源驱动的高精度温度测量系统[J]. 计算机工程与应用,2012,48(S2):531-532.
- [4] 汪定国,王怡苹. 一种高精度铂电阻温度测量方法[J]. 电子测量技术,2012(11):104-107.
- [5] 朱育红. 工业铂电阻精确测温的方法[J]. 中国测试技术,2007(4):50-52.
- [6] 北京赛亿凌科技有限公司. 铂电阻温度传感器 Datasheet [EB/OL]. [2010-04-10]. <http://www.bjsailing.com.cn/product/images/wendu2.pdf>.
- [7] 赵金奎. 共模干扰和差模干扰及其抑制技术[J]. 电子质量,2006(5):72-76.
- [8] 刘洪涛,吴云洁. 高品质抗混叠滤波器设计[J]. 仪器仪表用户,2006(1):97-98.
- [9] 桂静宜. 二阶有源低通滤波电路的设计与分析[J]. 电子科技,2010(10):15-17,21.
- [10] 杨国强. 基于模糊自适应控制的锅炉温度控制[J]. 轻工机械,2013,31(2):52-55.
- [11] 李 刚,程立君,林 凌. 高精度数据采集中抗混叠滤波器的设计[J]. 国外电子元器件,2007(8):30-33,38.

[编辑:张 翔]