

# 交流电风扇能效检测方法探讨

马宇明,邵羽达

(江苏省计量科学研究院,江苏 南京 210007)

[摘要] 针对 GB/T 13380-2007《交流电风扇和调速器》中有关交流电风扇能效检测的方法以及所要求的检测系统,对检测所用设备的影响进行分析,通过对检测结果的计算,最终得到测量结果的不确定度,以分析、评估检测结果的可靠性.最后根据现有实验室水平提出了对检测设备改进措施的建议.

[关键词] 交流电风扇,能效检测,不确定度,检测结果可靠性,改进措施

[中图分类号] F203 [文献标志码] B [文章编号] 1672-1292(2014)02-0030-04

## Research on Testing Method of Energy Efficiency for AC Electric Fans

Ma Yuming, Shao Yuda

(Metrology Institute of Jiangsu, Nanjing 210007, China)

**Abstract:** According to the testing method from Chinese National Standard GB/T 13380-2007 with the title as AC electric fans and regulator (IEC 60879:1986, MOD), we analyze the influence of testing equipment, validate the data of testing results, and ultimately get the uncertainty of measurement so as to evaluate the reliability of testing results. At last we suggest to improve method for testing equipment according to the existing laboratory level.

**Key words:** AC electric fans, energy efficiency testing, uncertainty of measurement, reliability of testing results, improvement method

2004年8月,国家发改委和国家质检总局联合发布了《能源效率标识管理办法》,把空调、冰箱、电磁炉等常用的家用电器列入了需进行能效标识管理的范畴.交流电风扇总体属于小家电范畴,虽然小家电单个产品能耗对大家电不明显,但由于其产销量巨大,能耗总量不容忽视.根据国家发改委、国家质检总局制定的《中华人民共和国实行能源效率标识的产品目录(第五批)》、《交流电风扇能源效率标识实施规则》规定,从2010年3月1日开始,我国生产和进口的电风扇开始实施能效标识管理,其能效要求依据 GB 12021.9-2008《交流电风扇能效限定值及能效等级》,检测方法依据 GB/T 13380-2007《交流电风扇和调速器》,方法标准对应的国际规范是 IEC 60879:1986, MOD, 该 IEC 标准对于交流电风扇能效检测的方法体现的还是 1986 年的实验室水平.随着当前检测技术的发展,有必要对其能效检测方法进行探讨、改良,以适应能源效率标识的规范化管理,促进节能减排技术的发展.

## 1 国标对能效检测的技术要求

根据 GB 12021.9-2008 的要求,以台扇等较小尺寸的电扇为例,具体的能效值如表 1 所示.

GB 12021.9-2008 对于能效检测依据的方法标准是 GB/T 13380-2007, 本文依照方法标准对一台电容式、直径 400 mm 的台扇进行试验、分析.

风扇能效检测自动风量室如图 1 所示. 风量室高 3 000 mm, 长 4 500 mm, 宽 4 500 mm, 升降台应能够自动升降调节, 使风速仪的中心轴线高度与风扇叶片中心轴线平行处于同一水平面上, 风速仪与扇叶平面之间的距离应为风扇直径的 3 倍, 风速仪安装于自动导轨上, 能够垂直于风扇叶片中心轴线进行左右移动, 风速仪的检测数据能够自动传输到室外计算机上, 自动风量室内应能够自动对检测数据进行采集、分

收稿日期:2014-02-13.

通讯联系人:马宇明,高级工程师,研究方向:能源效率与电能. E-mail: njmayuming@163.com

析,并计算出能效检测结果.整套系统主要采用电脑控制,步进马达驱动,操作人员处于检测室外,人员不会对风场产生影响.

表 1 交流电风扇能效等级

Table 1 Energy efficiency grades for AC electric fans

种类		规格/ mm	能效值/( $\text{m}^3/(\text{min}\cdot\text{W})$ )		
			1 级	2 级	3 级
台 扇、转 页 扇、壁 扇、台 地扇、落地扇	电 容 式 罩 极 式	200	0.71	0.60	0.54
			0.63	0.51	0.45
	电 容 式 罩 极 式	230	0.84	0.70	0.64
			0.65	0.57	0.50
	电 容 式 罩 极 式	250	0.91	0.79	0.74
			0.72	0.61	0.54
	电 容 式	300	0.98	0.86	0.80
		350	1.08	0.95	0.90
		400	1.25	1.06	1.00
		450	1.42	1.19	1.10
		500	1.45	1.25	1.13
		600	1.65	1.43	1.30

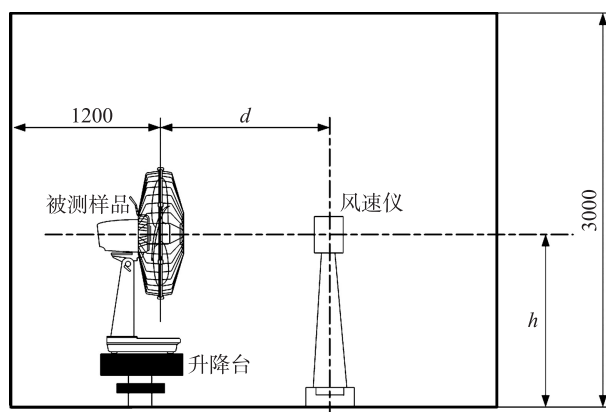


图 1 风扇能效检测自动风量室示意图

Fig. 1 Layout of automatic energy efficiency testing room for AC electric fans

试验时,应从距离扇叶轴线 20 mm 左右两点处开始测量,以每 40 mm 的增量沿着水平直线逐点向两边移动,直到所测得的平均风速下降到低于 24 m/min 时为止.

电风扇的总输出风量为通过直到读数限度的所有圆环的风量总和:

$$\text{总风量} = \sum Q = \sum V \cdot S = \sum V \cdot 2\pi r d / 10^6, \quad (1)$$

式中,  $Q$  为通过圆环的风量/( $\text{m}^3/\text{min}$ );  $V$  为同一圆环半径上的平均风速/( $\text{m}/\text{min}$ );  $R$  为圆环的平均半径/mm;  $D$  为圆环的宽度,取 40 mm;  $S$  为圆环的面积/ $\text{m}^2$ .

电风扇的能效值是在额定电压、额定频率和最高转速档位运转时测得:

$$\eta = (\sum Q) / P, \quad (2)$$

式中,  $\eta$  为交流电风扇的能效/%;  $\sum Q$  为交流电风扇的总风量/( $\text{m}^3/\text{min}$ );  $P$  为交流电风扇的输入功率/W.

## 2 现有实验室条件下的检测结果与分析

### 2.1 总风量不确定度

对样品进行 6 次重复测量,所得总风量测量数据如表 2 所示.

#### 2.1.1 总风量标准不确定度 A 类评定

实际检测中只进行一次试验,因此根据贝塞尔公式计算得到测量重复性导致的测量不确定度为:

$$u_1(\sum Q) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\sum Q_i - \overline{\sum Q})^2}{n-1}} = 1.16 \text{ m}^3/\text{min}.$$

#### 2.1.2 总风量标准不确定度 B 类评定

按照 GB/T 13380-2007 的规定,风速仪需使用叶轮式.本例中实验室选用一款 435-2 型叶轮式风速仪,最大允许误差为  $\pm(0.1 \text{ m/s} + 0.015 \times \text{测量值})$ ,假定为平均分布,则得到分析数据如表 3 所示.

各检测点风量不确定度相互独立,由表 3 中各检测点的风量不确定度,得到风速仪引入的总风量不确定度为  $0.888 \text{ m}^3/\text{min}$ .

表 2 交流电风扇总风量检测数据

Table 2 Testing data of total air flow for AC electric fans

测量次数 $n$	总风量 $\sum Q/(\text{m}^3/\text{min})$
1	62.30
2	61.40
3	63.70
4	64.20
5	62.10
6	61.50
平均值	62.50
试验标准偏差	1.16

表 3 风速仪引入的风量检测不确定度  
Table 3 Uncertainty for air flow testing caused by anemoscope

测点数	平均风速 $V/(m/min)$	风速不确定度 $V/(m/min)$	灵敏系数 $S/m^2$	风量不确定度 $u_i/(m^3/min)$
1	216.98	5.34	0.005	0.027
2	213.88	5.32	0.0151	0.080
3	210.22	5.28	0.0251	0.133
4	200.12	5.20	0.0352	0.183
5	178.12	5.01	0.0452	0.226
6	152.53	4.79	0.0553	0.265
7	127.13	4.57	0.0653	0.298
8	97.54	4.31	0.0754	0.325
9	72.31	4.09	0.0855	0.350
10	48.02	3.88	0.0955	0.371
11	30.72	3.73	0.1055	0.394

2.1.3 总风量标准不确定度合成

因为测量重复性以及风速仪带来的不确定度相互独立,由不确定度合成原理,得到两因素带来的总风量的合成不确定度为  $u(\sum Q)=\sqrt{u_1^2(\sum Q)+u_2^2(\sum Q)}=1.461\text{ m}^3/\text{min}$ .

除以表 2 中的总风量平均值,得到总风量相对标准不确定度为  $u_{\text{rel}}(\sum Q)=2.334\%$ .

2.2 能效相对不确定度

风量检测与功率检测相互独立,由式(2),可以得到能效的相对标准不确定度:

$$u_{\text{rel}}^2(\eta)=u_{\text{rel}}^2(\sum Q)+u_{\text{rel}}^2(P). \tag{3}$$

实验室所用功率计为日本恒河 WT210,最大允许误差为:  $\pm(0.1\% \text{ Rd}+0.1\% \text{ Fs})$ ,被测电扇额定功率为 55 W,试验中功率计自动调整至 0.5 A 档,即满量程近似为 100 W,由此得到最大允许误差为  $\pm 0.155 \text{ W}$ ,设功率计误差为平均分布,通过计算可得出功率测量的相对不确定度为:  $u_{\text{rel}}(P)=0.163\%$ .

由式(3)可得  $u_{\text{rel}}(\eta)=\sqrt{u^2(\sum Q)+u^2(P)}=2.34\%$ .

取扩展因子为  $k=2$ ,得到电风扇能效的扩展相对不确定度为  $U_{\text{rel}}=4.68\%$ , ( $k=2$ ).

3 存在问题以及改进措施

对比表 1 中的数据,400 mm 电风扇 1 级与 2 级能效的极差为  $0.19\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{W})$ ,相对 1 级能效  $1.25\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{W})$ ,极差所占百分比为 15.2%. 在现有条件下得出的扩展不确定度  $U_{\text{rel}}=4.68\%$  ( $k=2$ ) 能够满足级差的 1/3,检测结果是可靠的. 但通过观察表 1,该型号电风扇在 2 级与 3 级能效之间极差只有  $0.06\text{ m}^3/(\text{min}\cdot\text{W})$ ,极差相对 2 级能效值所占百分比不到 6%,如果在该区域同样用本系统测量,不确定度超过了级差的 1/2,可能会给测量结果带来误判. 在本示例的分析中,相对不确定度没有把风扇的轴向定位、风速仪移动位移以及室温所带来的误差等因素考虑进去,而是假定这些因素的不确定度已经体现在 A 类评定中,实际上位移的误差等因素对风扇能效检测结果会有直接影响,并且可能占有不少比重. 若把那一部分因素考虑进来,不确定度会更大.

针对以上情况,实验室采取了以下三方面的改进措施:

(1) 目前在低风速下,热球式风速仪准确度普遍比叶轮式要占有优势,最大允许误差比之于叶轮式风速仪能够减小一半,因此本实验室采用了热球式风速仪替换原有叶轮式风速仪,该热球式风速仪经校准在检测风速范围内最大允许误差为  $\pm 1\%$ ,在对 400 mm 的台扇进行检测过程中数据取得了很好的一致性.

(2) 用定位感应器对位移进行精确控制,以提高位移的准确度,减小位移误差所引起的不确定因素.

(3) 用稳定性能更高的实验室电源替换现有电源,严格控制温湿度的波动,有效减少检测结果的重复性误差.

改进的风速仪以及导轨布局如图2所示.经过三方面的改进后,重新进行检测与分析,试验结果如表4所示.根据贝塞尔公式计算得到测量重复性导致的测量不确定度为 $0.85 \text{ m}^3/\text{min}$ .

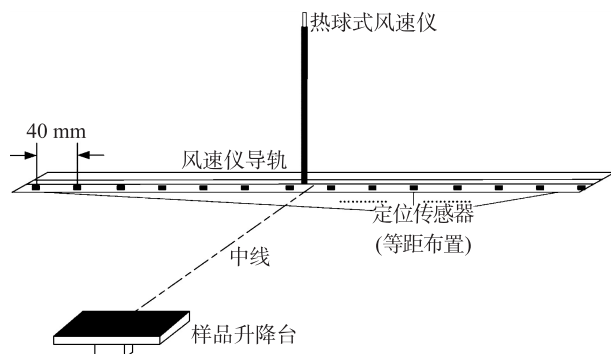


图2 改进的风速仪以及导轨布局

Fig.2 layout of improved anemometer and guide rail

表4 改进装置后交流电风扇总风量检测数据

Table 4 Testing data of total air flow for AC electric fans under improved device

测量次数 $n$	总风量 $\sum Q / (\text{m}^3/\text{min})$
1	63.40
2	62.10
3	61.90
4	62.40
5	61.60
6	63.70
平均值	62.50
试验标准偏差	0.85

根据表3同样的分析方法,可得到风速仪引入的总风量不确定度为 $0.12 \text{ m}^3/\text{min}$ .

根据前述的总风量合成评定方法,可以得到总风量相对标准不确定度为 $u_{\text{rel}}(\sum Q) = 1.37\%$ .

合成前述功率计的相对不确定度 $0.163\%$ ,得到被测交流电风扇能效的相对不确定度为 $u_{\text{rel}}(\eta) = 1.38\%$ .

取扩展因子为 $k=2$ ,得到试验装置改进后电风扇能效的扩展相对不确定度为 $U_{\text{rel}} = 2.76\%$ , ( $k=2$ ).

改进后的扩展不确定度能够满足小于2、3级级差的 $1/2$ 的要求,提高了检测结果的可靠性.

## 4 结语

本文通过对台扇的能效数据进行分析,得到测量结果的不确定度,从扩展不确定度可以看出,如果不对标准规定的检测系统性能严格把关,系统的测量不确定度可能会超出极差的二分之一,从而会给测量结果带来误判.因此,在实验室筹建阶段,需要对检测系统进行不确定度分析,以合理配置资源,保证检测结果的稳定可靠.

在提高检测结果可靠性措施上,可以采取以下方法:(1)其热球式风速仪代标准规定的叶轮式风速仪进行探索,本次检测过程中对某款400 mm的台扇进行试验取得了很好的效果,但热球式风速仪是否对所有的交流电风扇都有效,还需要在以后的工作中进一步验证;(2)用定位感应器或者伺服电机替代步进电机的措施来提高风速仪位移的准确度;(3)采取各种方式减少环境因素对测试过程的影响,以减少环境因素的波动所带来的重复性误差.

## [参考文献] (References)

- [1] 刘伟,迟学君,成建宏. GB 12021.9-2008 交流电风扇能效限定值及能效等级[S]. 北京:中国标准出版社,2008.  
Liu Wei, Chi Xuejun, Cheng Jianhong. GB 12021.9-2008 Minimum Allowable Values of Energy Efficiency and Energy Efficiency Grades for AC Electric Fans[S]. Beijing:Standards Press of China,2008. (in Chinese)
- [2] 陈汉桂,王攀,赖春生. GB/T 13380-2007 交流电风扇和调速器[S]. 北京:中国标准出版社,2007.  
Chen Hangui, Wang Pan, Lai Chunsheng. GB/T 13380-2007 AC Electric Fans and Regulator[S]. Beijing:Standards Press of China,2007. (in Chinese)
- [3] 叶德培,赵峰,施昌彦. JJF 1059.1-2012 测量不确定度的评定与表示[S]. 北京:中国质检出版社,2012.  
Ye Depei, Zhao Feng, Shi Changyan. JJF 1059.1-2012 Evaluation and Expression of Uncertainty in Measurement[S]. Beijing:China Zhijian Press,2012. (in Chinese)
- [4] 王攀.《交流电风扇能效限定值及能效等级》标准动态[J]. 家用电器,2007(9):20-22.  
Wang Pan. Trend of national standard with the title as Minimum allowable values of energy efficiency and energy efficiency grades for AC electric fans[J]. Household Appliances,2007(9):20-22. (in Chinese)

(下转第60页)

- [11] Wei Y H. Fuzzy hopfield neural network clustering for single-trial motor imagery EEG classification[J]. Expert Systems with Application, 2012, 39(1): 1 055–1 061.
- [12] 吴婷, 颜国正, 杨帮华, 等. 基于有监督学习的概率神经网络的脑电信号分类方法[J]. 上海交通大学学报: 自然科学版, 2008, 42(5): 803–806.  
Wu Ting, Yan Guozheng, Yang Banghua, et al. Electroencephalography classification based on probabilistic neural network with supervised learning in brain computer interface[J]. Journal of Shanghai Jiaotong University: Natural Science Edition, 2008, 42(5): 803–806. (in Chinese)
- [13] Zou L, Duan S L, Ma Z H, et al. Single-trial event related potentials extraction by using independent component analysis[C]// 2th International Conference on Biomedical Engineering and Informatics. Tianjin, 2009: 1–5.
- [14] Zou L, Xu S K, Ma Z H, et al. Automatic removal of artifacts from attention deficit hyperactivity disorder electroencephalograms based on independent component analysis[J]. Cognitive Computation, 2013, 5(2): 225–233.
- [15] Muhammad T A, Wataru M, Christopher J J. Employing spatially constrained ICA and wavelet denoising, for automatic removal of artifacts from multi-channel EEG data[J]. Signal Processing, 2012, 92(2): 401–416.

[责任编辑: 黄 敏]

(上接第33页)

- [5] 赵轶, 胡国辉, 韦跃平, 等. 电风扇调速方法的探讨[J]. 电气技术, 2009(3): 80–81.  
Zhao Yi, Hu Guohui, Wei Yueping, et al. Explore the method in speed regulation of electric fan[J]. Electric Technic, 2009(3): 80–81. (in Chinese)
- [6] 李亮亮, 王东, 杨志刚, 等. 叶轮式风速计方向敏感性风洞试验与数值模拟[J]. 计算机辅助工程, 2008(12): 30–35.  
Li Liangliang, Wang Dong, Yang Zhigang, et al. Wind tunnel experiment and numerical simulation on orientation sentivity of propeller anemometer[J]. Computer Aided Engineering, 2008(12): 30–35. (in Chinese)
- [7] 陆青松, 王元. 热线风速仪制作的初步研究[J]. 南京建筑工程学院学报, 2002(3): 62–65.  
Lu Qingsong, Wang Yuan. Preliminary study on Preparation of the hot wire anemometer[J]. Journal of Nanjing Architetur and Civil Engineering Institute, 2002(3): 62–65. (in Chinese)

[责任编辑: 严海琳]