

降低空空冷异步电机通风噪声的有效方法

崔伟, 田丽丽, 贺玉民, 吴若欣

(湘潭电机股份有限公司电机研究所, 湖南 湘潭 411100)

摘要: 通风噪声是空空冷异步电机噪声的主要来源之一。结合实践经验, 介绍了常见的降低电机通风噪声的方法以及采用蜗壳风罩结构这种新方法。通过几个实例来说明其降噪效果, 为降低电机通风噪声提供了参考。

关键词: 空空冷异步电机; 通风噪声; 吸声器; 蜗壳风罩

中图分类号: TM 343⁺.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-6540(2020)07-0044-04

doi: 10.12177/emca.2020.066

Effective Methods to Reduce the Ventilation Noise of Air-Cooled Induction Motor

CUI Wei, TIAN Lili, HE Yumin, WU Ruoxin

(Motor Research Institute of Xiangtan Electric Manufacturing Co., Ltd., Xiangtan 411100, China)

Abstract: The ventilation noise is one of the main sources of air-cooled induction motor noise. Combined with practical experience, the common methods to reduce the ventilation noise of motor are introduced, and the new method of using volute wind cover structure is proposed. Several examples are given to illustrate the noise reduction effect of these methods. This research provides a reference for reducing the ventilation noise of motor.

Key words: air-cooled asynchronous motor; ventilation noise; sound absorber; volute wind cover

0 引言

电机噪声是电机的一项重要性能, 是评价电机质量的一项重要指标。工业运行中, 噪声污染为当代社会的公害之一, 国家环保部门也发布了一系列标准来降低工业噪声对环境质量的影响; 客户对电机噪声的要求一般是不超过 85 dB, 且需满足国家相关标准 GB 10069.3—2008 要求^[1], 但很多空空冷的工业电机还达不到此要求, 这样就迫使很多电机制造厂家采用不同的措施来解决。本文主要针对如何降低外通风噪声介绍几种常用的方法, 主要从源头^[2]和传播途径^[3]等方法来说明其降噪效果, 为降低电机通风噪声提供参考。

1 电机通风噪声

对于工业上 YXKK 系列 4、6 极电机来说, 外通风噪声问题是一个很突出的问题, 在电机的各种噪声来源中占比最大。对大部分电机来说, 解决了外通风噪声(空气动力噪声)就使电机满足了 85 dB 的要求, 相当于解决了电机噪声问题, 因此研究解决外通风噪声就变得很重要。

1.1 电机噪声测试方法

分析某公司大量的噪声频谱数据可知, 对于 4、6 极电机来说, 噪声成分大多以空气动力噪声为主, 测试方法距离电机本体 1 m, 如图 1 所示。

电机噪声测量顺序为: (1) 轴伸端(测量点 1); (2) 主出线盒侧(测量点 2); (3) 非轴伸端(风扇端)(测量点 3); (4) 测量点 4 和测量点 2(对面

收稿日期: 2020-05-07; 收到修改稿日期: 2020-05-26

作者简介: 崔伟(1982—), 男, 硕士, 工程师, 研究方向为交流异步电机设计、噪声。

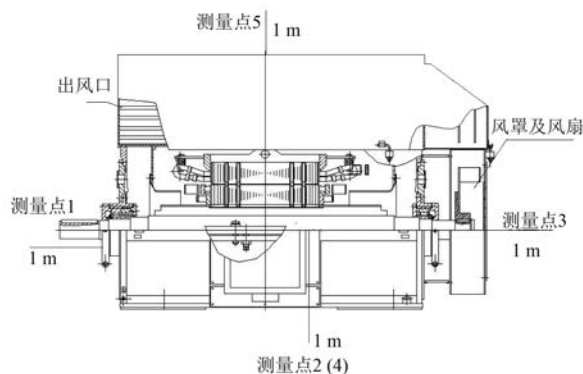


图1 电机噪声测量

测);(5)电机顶端(测量点5)。

1.2 噪声特点

对于YXKK系列4、6极电机,在定、转子槽配合选择较为理想、电磁噪声不是很突出的情况下,噪声有如下特点:轴伸端(出风口端)和非轴伸端(进风口端)噪声比较高,且非轴伸端(进风口端)噪声最高。电机各测量点噪声如表1所示。由表1可以看出,出风口主要由于受冷却管流出的气流的影响,当风速很大时,出风口噪声(测量点1)就会很大,因此冷却管内的风速不能设计得很大;进风口端(测量点3)噪声是因为风扇旋转产生的,而且该点噪声一般是最大的,同时会影响其他点噪声的测量值。因此,降低风扇产生的噪声(测量点3)变得极为重要。本文主要介绍如何降低测量点3的噪声,即降低风扇产生的噪声。

表1 电机各测量点噪声

型号	测量点噪声/dB				
	1	2	3	4	5
YXKK900-6-5800-6	89.5	84.9	98.5	86.0	85.0
YXKK630-4-1800-6	86.4	85.4	93.0	83.5	82.0
YXKK710-4-3150-10	86.4	84.8	94.0	84.3	84.0
YXKK500-4-900-6.3	86.6	82.7	90.5	83.7	82.5
YXKK560-4-1600-10	87.0	85.0	93.0	84.0	83.1
YXKK630-6-1250-6.6	83.6	81.3	87.9	82.1	78.3

有资料^[4]表明,在几何形状相似的风机中,其噪声声功率级、风扇外径、风扇外径边缘处线速度之间的关系可以表示为

$$W \propto \rho c^{-3} D_2^2 u_2^{5.5} \quad (1)$$

或者当转速一定时,有:

$$W \propto \rho c^{-3} D_2^{7.5} \quad (2)$$

式中: W 为声功率级,dB; ρ 为空气密度,常数取 1.2 kg/m^3 ; c 为声速,常数取 340 m/s ; D_2 为风扇外径,m; u_2 为风扇外径边缘处线速度,m/s。

由式(2)可看出,在转速一定的情况下,声功率级与风扇外径的7.5次方成正比。由此可知,降低风扇的外径是解决通风噪声的有效途径。

在设计阶段,应想办法降低测量点1和测量点3的噪声。

2 降低测量点3噪声的方法

2.1 传统方法

电机传统风扇及风罩结构如图2所示。因为效率低,所以需要加大外径以保证温升,这样会使通风噪声增大。对于温升裕度较多的情况可以牺牲部分温升裕度(只要保证温升要求),以降低风扇外径,进而降低噪声^[2-5]。

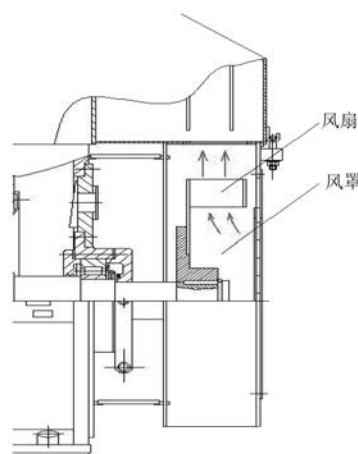


图2 电机传统风扇及风罩结构

该方法降噪效果有限,而且在电机温升裕度较低的情况下,很难通过该方法进行降噪。

2.2 增加吸声器

在进风口端增加吸声器,如图3所示。针对外风扇所产生的以中、低频为主的宽频带采用特殊的吸声棉,吸收某段频率的声波,进而使得声波能量减小,噪声减小。该类降噪措施的降噪效果与吸声棉的性能(比如各频率的吸声系数、密度等)相关,且与吸声棉的面积和厚度有关^[6]。同时,该类吸声棉还要注意防水、耐磨、耐温、阻燃等性能。

以2款电机为例进行分析,型号YXKK900-6的5800 kW、6 kV电机,加吸声器前后,进风口噪

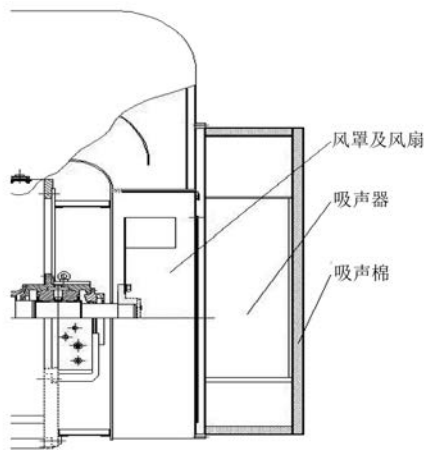


图3 风罩进风口增加吸声器

声声压级降低了 15.1 dB,温升增加了 4.9 K;型号 YXKK630-4 的 1 800 kW、6 kV 电机,加吸声器前后,进风口噪声声压级降低了 13.3 dB,温升由 58.0 K 增加到 61.9 K,增加了 3.9 K。吸声器性能试验数据如表 2 所示。

表 2 吸声器性能试验数据

型号	进风口噪声/dB		温升/K	
	原结构	加吸声器	原结构	加吸声器
YXKK900-6-5800-6	98.5	83.4	74.3	79.2
YXKK630-4-1800-6	93.0	79.7	58.0	61.9

该方法优点是:可以在很大程度上降低外通风噪声(测量点 3 的噪声)。一般情况下,外通风噪声均可用此方法解决。冷却器出口端也可以通过该方法降低测量点 1 的噪声。

该方法缺点是:(1) 消声器的增加会增大风阻,进而影响温升,从试验结果来看温升将增加 3~5 K;(2) 增加消声器会导致成本增加;(3) 增加消声器需要电机轴向距离有一定的空间(与电机安装场合有关);(4) 外观不美观。

2.3 蜗壳结构法

该方法是以更加高效的蜗壳风罩代替传统风罩。蜗壳风罩的优点是其螺旋型的蜗板更容易把风扇产生的风量从风罩内部引导出去,因此蜗板的好坏关系着风量的利用效率,影响风扇设计外径的大小,进而影响噪声的大小。新结构蜗壳风罩及风扇如图 4 所示。其中,集流器将气体平滑地导向叶轮,以达到提高叶轮效率的目的。集流器采用锥弧形,由于后面弧形与叶轮弧形轮盖起

始段的形状贴近,可以基本消除叶道入口的漩涡。该类集流器广泛用于大比转速的高效率的风机^[4,7-9]。蜗板采用阿基米德螺旋线,使气体沿着整个叶轮出口均匀地流出,气流从入口到出口基本沿着不同弧线流动,使得各种损耗大幅降低,流量损失大幅减小。这样可以较大幅度地降低叶轮外径来达到同样的用于热交换的风量的目的。以 3 款电机为例说明其降噪效果。

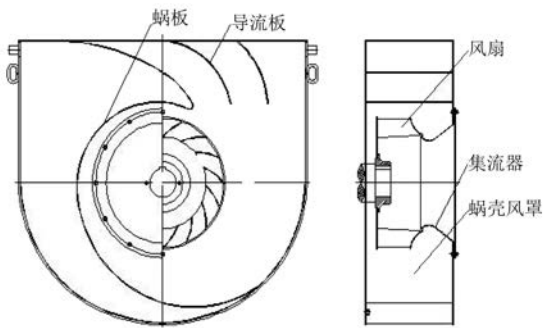


图4 新结构蜗壳风罩及风扇

型号 YXKK630-4 的 1 800 kW、6 kV 电机,采用蜗壳结构后,进风口噪声声压降低了 10 dB,温升由 58.0 K 降到 56.6 K,减少了 1.4 K;型号 YXKK710-4 的 3 150 kW、10 kV 电机,采用蜗壳结构后,进风口噪声声压降低了 8.6 dB,温升由 69.5 K 降到 65.3 K,减少了 4.2 K;型号 YXKK500-4 的 900 kW、6.6 kV 电机,采用蜗壳结构后,进风口噪声声压降低了 9.2 dB,温升由 66.8 K 降到 58.9 K,减少了 7.9 K。蜗壳结构性能试验数据如表 3 所示。

表 3 蜗壳结构性能试验数据

型号	进风口噪声/dB		温升/K	
	原结构	蜗壳结构	原结构	蜗壳结构
YXKK630-4-1800-6	93.0	83.0	58.0	56.6
YXKK710-4-3150-10	97.6	89.0	69.5	65.3
YXKK500-4-900-6.3	90.6	81.4	66.8	58.9

由表 3 可以看出,采用蜗壳结构可以使风扇产生的噪声降低约 10 dB,而且温升还有很大裕度,可以进一步降低电机的噪声。

该结构可以结合第 2.2 节的增加消声器在蜗板背面和风罩内部,进一步降低噪声。

该方法优点是:(1) 可以较大幅度降低外通风噪声(测量点 3 的噪声),一般情况下,对于风量要求不是特别大的电机,其外通风噪声均可用

此方法解决;(2) 该结构与传统风罩风扇相比,损耗较小;(3) 外观比较漂亮。

该方法缺点是:为了制造出性能良好的产品,该蜗壳风罩结构及叶轮结构都需要不同的模具,导致成本增加。

3 结 语

本文介绍的 3 种降低外通风噪声的方法是湘潭电机股份有限公司实际采用过的方法,经过多次试验证明行之有效。3 种方法各有优缺点,达到不同程度的降噪效果,具体降噪程度还需参考设计能力、材料、制造能力等因素。电机噪声实际影响因素比较多,未来将进一步展开研究。

【参 考 文 献】

- [1] 中国电器工业协会. GB 10069.3—2008: 旋转电机噪声测定方法及限值, 第 3 部分: 噪声限值[S]. 北

京: 中国标准出版社, 2008.

- [2] 崔伟, 史建萍, 吴若欣, 等. 降低电机通风噪声的一种可行方案[J]. 电机与控制应用, 2013, 40(11): 50.
- [3] 庄重, 张国强. 空空冷却高压异步电动机的降噪措施[J]. 电机技术, 2016(2): 29.
- [4] 张玉成, 仪登利, 冯殿义. 通风机设计与选型[M]. 北京: 化学工业出版社, 2011.
- [5] 吴若欣, 崔伟, 史建萍. 空空冷异步电机降低噪声方法探讨[J]. 通讯世界, 2015(8): 199.
- [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] 周玲慧, 向善海, 陈华. 高效高功率密度低噪声电机研究[J]. 电机与控制应用, 2015, 42(7): 71.
- [8] 周志勇, 王宗娟, 周滕佳, 等. 吸声蜗壳在离心风机降噪中的应用研究[J]. 机械制造, 2018(1): 59.
- [9] 王立名, 苏国霞. 降低异步电动机通风噪声的方法研究[J]. 防爆电机, 2018, 53(4): 22.

(上接第 38 页)

电磁仿真和工程热分析的计算结果较准确地反映了电机的外特性和温升特性, 从而更加准确地指导电机设计。该设计流程可快速完成电机方案的初步设计, 适用于设计初期的选型计算, 为下一步发电机成本估算、结构优化设计和最终方案确定提供理论依据。

【参 考 文 献】

- [1] 夏荣立, 贺小兵, 彭怀午. 陆上风电场 2.5 MW 及以上风电机组发展综述[J]. 西北水电, 2017(3): 5.
- [2] 欧金生, 雷雄, 尹曾锋. 大型半直驱式永磁风力发电机的电磁设计[J]. 电机与控制应用, 2015, 42(5): 58.
- [3] 刘万平, 张新丽, 赵祥, 等. 大功率永磁电机温度场数值计算及实测对比[J]. 船电技术, 2010, 30(9): 7.

- [4] BUKHARI A A S, ALALIBO B P, CAO W, et al. Switched reluctance motor design for electric vehicles based on harmonics and back EMF analysis[J]. The Journal of Engineering, 2019, 17: 4220.
- [5] 陈世坤. 电机设计[M]. 2 版. 北京: 机械工业出版社, 1997.
- [6] 唐任远. 现代永磁电机理论与设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2015.
- [7] 朱公栋, 王益轩, 高丹. 基于 Ansoft/RMxpert 的大功率永磁同步风力发电机优化设计[J]. 上海大中型电机, 2014(1): 28.
- [8] 汪文博. 永磁同步电机的热路模型研究[D]. 杭州: 浙江大学, 2014.
- [9] 丁舜年. 大型电机的发热与冷却[M]. 北京: 科学出版社, 1992.
- [10] 魏永田. 电机内热交换[M]. 北京: 机械工业出版社, 1998.