

农用墙排风风机性能参数的分析与选用

王惟德

(中国农业大学)

提 要 介绍了目前国内外常用的几种农用墙排风风机的性能数据,并用通风机相似理论进行了分析和计算,指出了厂家提供的数据中存在的问题,对畜禽舍怎样选择风机,厂家怎样高质量保证风机的特性提出了建议。

关键词 畜禽舍 通风 轴流风机 相似原理

Analysis and Selection of the Performance Parameter of Wall Exhaust Agri-fans

Wang Weide

(China Agricultural University, Beijing)

Abstract The performance data of several kinds of wall exhaust agri-fans used commonly in China and other countries was introduced, and the data was analyzed and calculated by the similarity principle. The author found fault with data which was provided by factories, and presented some suggestions to select fans and improve the quality of these products.

Key words Poultry house Ventilation Similarity principle

1 引 言

畜禽舍和温室等环境中使用的轴流风机属墙排风风机而非压力型管道风机,即风机进出口通常不接输送气体的管道,所需的压力不大,约为 20~30 Pa,而舍内通风阻力通常也不大,所需静压约为 20~40 Pa,故风机的全压为 70 Pa 左右。考虑到畜禽舍大多是高密度饲养,又采用纵向通风工艺,而在温室,其热负荷又很大,所以,在这些环境下工作的风机,要求是低压大流量风机。9FJ 系列风机即属于这一类,现已推广到全国 20 多个省市,销量达 10 万多台,已成为全国养鸡场和温室使用的主要机型。由于这种风机的设计工况与使用工况相匹配,且有突出的节能和低噪声效果,价格比工业风机低,其经济效益与社会效益非常显著,故几年来一直畅销不衰。在这种情况下,有的制造厂在风机的材料、制作、装配和检测等方面放松了质量要求,所确定的性能参数不准确,也未考虑相似换算关系,参数间不协调,出现风量定得大、功率不够等问题。有的鸡场对 9FJ 型和 T35-11 型风机的性能特点缺少了解,使

收稿日期: 1997-08-11

王惟德, 副教授, 北京海淀区清华东路 中国农业大学水利与土木工程学院, 100083

用时盲目选型, 效果欠佳。下面就以上问题作一些分析、讨论, 并提出建议。

2 墙排风风机性能参数分析

2.1 风机的相似换算原理

两个相似的通风机(同一系列), 在转速 n , 尺寸(外径 D) 及气体密度 ρ 发生变化时, 它们之间的风量 Q 、全压 p 及轴功率 N_s 等特性应用相似原理来进行性能换算, 其风量、全压和轴功率的换算式分别如下:

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^3 \quad (1)$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^2 \quad (2)$$

$$\frac{N_{s1}}{N_{s2}} = \frac{\rho_1}{\rho_2} \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3 \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5 \quad (3)$$

式中 n ——风机转速; D ——风机叶轮外径; Q ——风机风量; ρ ——气体密度; N_s ——风机轴功率; 脚标 1(或 2)代表模型机或标准状态下经过测试, 其性能参数比较准确的风机, 而另一脚标则代表要换算的风机。

在同一系列风机中, 若机号相同 ($D_1 = D_2$), 或转速相同 ($n_1 = n_2$), 或输送同一气体 ($\rho_1 = \rho_2$), 则以上公式可以简化, 而风机的噪声可以用 Madison 和 Graham 提出的计算式计算。

$$S_2 = S_1 + 70 \lg \left(\frac{D_2}{D_1} \right) + 50 \lg \left(\frac{n_2}{n_1} \right) \quad (4)$$

式中 $S_2 = S_1$ ——同系列两台风机的声压级, dB。

2.2 T35-11 型风机的性能换算

T35-11 型风机是在原 03-11 型风机基础上改进的工业风机, 由于它只有三种较高转速 (2 900、1 450 和 960 r/m in), 其静压和动压都较高, 不宜作墙排风风机。表 1 列出了这种风机的部分机号, 通过分析和计算, 可以看出:

1) 风机的风量、轴功率和全压随叶轮直径和转速而变化, 完全符合相似换算法则。

当叶轮外径 D 和转速 n 不同时, 序号 4 和 6 的风量换算(见表 1): $D_1 = 710 \text{ mm}$, $D_2 = 1 000 \text{ mm}$, $n_1 = 1 450 \text{ r/m in}$, $n_2 = 960 \text{ r/m in}$, 当 $Q_1 = 21 895 \text{ m}^3/\text{h}$ 时, $Q_2 = Q_1 n_2 D_2^3 / (n_1 D_1^3) = 40 502 \text{ m}^3/\text{h}$ (表中值为 40 508)。

表 1 T35-11 型风机性能参数

序号	机号	叶轮直径 D/mm	转速 $n/\text{r}\cdot\text{m in}^{-1}$	全压 p/Pa	叶片角度 $\beta/(\text{°})$	风量 $Q/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	需用轴功率 N_s/kW	电机功率 N_e/kW	单位轴功率风量 $(Q/N_s)/\text{m}^3(\text{h}\cdot\text{kW})^{-1}$
1	N _α 6.3	630	960	98	25	10 128	302	370	33.5
2	N _α 6.3	630	1 450	224	25	15 297	1 043	1 500	14.7
3	N _α 7.1	710	960	125	25	14 498	551	750	26.3
4	N _α 7.1	710	1 450	284	25	21 895	1 892	2 200	11.6
5	N _α 9	900	960	200	25	29 529	1 797	3 000	16.4
6	N _α 10	1 000	960	247	25	40 508	3 044	4 000	13.3
7	N _α 10	1 000	960	266	30	44 062	3 627	4 000	11.0

序号 4 和 6 风机的全压换算: 当全压 $p_1 = 284 \text{ Pa}$ 时, $p_2 = p_1 / (n_1 D_1 / n_2 D_2)^2 = 247 \text{ Pa}$ (表中值)。

序号 4 和 6 风机的轴功率换算: 当轴功率 $N_{s1} = 1892 \text{ W}$ 时, $N_{s2} = N_{s1} n_2^3 D_1^5 / n_1^3 D_2^5 = 3043 \text{ W}$ (表中值为 3044 W)。

序号 1 和 6 风机的噪声差值计算: $D_1 = 630 \text{ mm}, D_2 = 1000 \text{ mm}, n_1 = n_2 = 960 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$, 由式(4), 声压级差 $S_2 - S_1 = 70 \lg(D_2/D_1) + 50 \lg(n_2/n_1) = 14 \text{ dB}$ 。

2) T35-11 型风机, 由于转速较高, 一般全压都较大, 如序号 4 的 No. 7.1 号风机, 全压 284 Pa , 经计算, 动压为 139 Pa , 静压为 145 Pa , 如用作墙排风风机, 则耗能较大。

3) 将序号 6 和 1 大小号风机相比, 前者风量为后者的 4 倍, 后者台数为前者的 4 倍, 后者单位轴功率风量是前者的 2.5 倍, 后者价格与前者之比为 $4 \text{ 台} \times 1681 \text{ 元} / 3624 \text{ 元} = 1.86$, 前者噪声在计入台数影响后比后者大 8 dB 。在选用 T35-11 大小号风机时要注意这些特点。

4) 从序号 7 的 No. 10 号风机看出, 增加叶片角度时, 风量和功率同时增加。

2.3 国外几种墙排风风机的性能特点

表 2 为国外部分常用的低压大流量农用墙排风风机, 其中序号 1~9 引用了美国 DC 系列风机的性能数据。它是经美国专门从事风机测试著称的 AMCA 送风控制公司测试的, AMCA 公司多年来就代表了行业标准。对于低压大流量的流量型风机来说, 前面已提到, 通常是以单位功率风量来衡量这种风机的通风效率(即单位功率所产生的风量大小)的, 它可以由式(1)和(3)联立求得:

$$\frac{Q_1}{N_{s1}} = \frac{Q_2}{N_{s2}} \left(\frac{1}{\frac{n_1 D_1}{n_2 D_2}} \right)^2 \tag{5}$$

表 2 国外几种墙排风风机比较

序号	型号	叶轮直径 $D/\text{mm}(\text{)}$	转速 $n/\text{r} \cdot \text{min}^{-1}$	静压为 0Pa 时 风量 $Q_0/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	静压为 38Pa 时 风量 $Q_{38}/\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$	电机功率 N_e/W	单位电机功率风量 $(Q_0/N_e)/\text{m}^3(\text{h} \cdot \text{W})^{-1}$	生产国
1	DC24G	610(24)	820	11 890	10 360	370	32.1	美国
2	DC24H	610(24)	949	13 590	12 570	550	24.7	美国
3	DC30G	762(30)	607	16 480	14 100	370	44.5	美国
4	DC36J	914(36)	575	23 280	20 390	550	42.3	美国
5	DC42H	1 076(42)	442	28 200	23 790	550	51.3	美国
6	DC48H	1 219(48)	354	34 000	27 520	550	61.8	美国
7	DC48J	1 219(48)	382	36 870	30 920	750	49.2	美国
8	DC54J	1 372(54)	311	42 650	35 420	750	56.8	美国
9	DC54K	1 372(54)	334	47 060	39 420	1 100	42.8	美国
10	NBF36K	914(36)	541	23 280	20 100	550	42.3	荷兰
11	NBF54L	1 372(54)	350	41 660	32 510	750	55.5	荷兰
12	EM 48	1 219(48)	430	36 530	29 820	750	48.7	意大利
13	CT48B	1 219(48)	556	34 830	30 860	750	46.4	美国
14	GCS4810	1 219(48)	352	36 850	30 900	750	49.1	美国
15	E-O T1250	1 250	445	43 000	37 500	1 100	39.1	意大利
16	FE100	1 000	380	23 000	18 000	670	34.3	德国
17	VDL 40	1 260	390	36 000	27 000	750	48.0	荷兰

当轴功率 N_s 不知道时,可用(5)式求出两台相似风机的 Q/N_s 值。因表2中缺少轴功率及其功率裕度,只粗略地用单位电机功率风量来作性能对比。通过分析和计算,可以看出:

1)该表DC系列各型号间基本符合相似换算法则。如序号4和6风机的换算,由式(1),当 $Q_1=23\ 280\text{m}^3/\text{h}$ 时,求得 $Q_2=33\ 985\text{m}^3/\text{h}$ (表中为 $34\ 000\text{m}^3/\text{h}$)。用式(3)求轴功率比值 $N_{s1}/N_{s2}=1.016$,而这两种风机的电机功率均为550W。由(5)式求得 $Q_2/N_{e2}=1.46Q_1/N_{e1}$ 。用式(2)求得全压 $p_1=1.48p_2$ 。用式(4)求得噪声声压级差 $S_2-S_1=1.78\text{dB}$ 。要注意的是表中的数据是实测数据,由于风机制造和测试有误差,特别是大小不同的风机,其测试结果与相似换算结果有时不尽相同,但还是可供参考。

2)DC系列风机,其直径愈大,转速愈低,风量和单位功率风量也愈大,这点与T35-11风机有所不同。

3)大直径风机(9DC54J)比小直径风机(DC24G),风量大3.6倍,单位电机功率风量大1.8倍,价格比为 $2\ 250\text{元}/4\text{台}\times 750\text{元}=1/1.33$,噪声(计入台数的影响)低3.5dB,所以应选大号风机。

4)在直径相同时,DC系列风机较其它几种国外风机单位功率风量大些,它们基本上代表了目前国外这类墙排风风机的技术特性水平。

2.4 国内几种农用墙排风风机的性能特点

1)9FJ型系列风机的性能特点:本系列风机(表3中序号1~7)的叶型与DC系列风机相似,均为翘曲扭面两面角叶型,可以看作同一系列。系列中9FJ12.5和9FJ7.1风机的性能数据是在标准的大型进气风室装置上测试的,且得到沈阳鼓风机研究所的认可。其它型号也是经过测试并参照相似计算法则确定的。虽然在设计风机时,对一些参数作了调整,在风机的结构、制造、装配和测试条件上与国外风机有所不同,性能数据会存在一些差别,但大体上与表2中DC系列风机相接近。序号1~7还列出了所需的轴功率 N_s ,用它可求出单位轴功率风量。

2)表3中序号8和9为某厂生产的大号风机,都属9FJ系列。今以表2中DC48H风机

表3 国内墙排风风机性能参数

序号	型号	叶轮直径 D/mm	转速 $n/\text{r}\cdot\text{m}\cdot\text{in}^{-1}$	静压为0Pa时 风量 $Q_0/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	静压为38Pa时 风量 $Q_{38}/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	电机功率 N_e/W	单位电机功率风量 $(Q_0/N_e)/\text{m}^3(\text{h}\cdot\text{W})^{-1}$	需用轴功 率 N_s/W
1	9FJ5.6	560	930	10 400	9 000	250	41.6	220
2	9FJ6.0	600	930	12 000	10 470	370	32.4	270
3	9FJ7.1	710	635	13 800	12 000	370	37.3	335
4	9FJ9.0	900	520	20 100	17 000	550	36.5	380
5	9FJ10.0	1 000	475	26 000	21 570	550	47.3	460
6	9FJ12.5	1 250	320	33 000	27 000	750	44.0	560
7	9FJ14.0	1 400	340	57 000	51 400	1 100	51.8	955
8	9FJ12.5-D	1 250	350	48 000	34 000	750	64.0	
9	9FJ15-A	1 500	350	68 000	57 000	1 100	61.8	
10	QCHS-71	710	560	17 930	15 550	370	48.5	
11	QCHS-90	900	560	26 700	23 800	550	48.5	
12	QCHS-125	1 250	325	40 500	34 550	750	54.0	

作为模型机,将 9FJ12.5-D 和 9FJ15-A 与之进行换算,求出的风量后两者分别为 36 660 和 63 350 m^3/h ,这说明表中厂家定的风量偏大。

3)表 3 中序号 10~12 为另一厂家生产的三种风机,也属 9FJ 系列,今将 QCHS-125 与 DC48H、QCHS-71 与 DC30G 分别进行换算,求出的风量 QCHS-125 为 33 670 m^3/h ,QCHS-71 为 12 400 m^3/h ,这也说明表中厂家定的风量偏大。

4)表 4 为另一种叶型风机,这个 SFT 系列不能与 DC 系列相互换算。在它自身系列中,虽也存在制造与测试误差,但也应大致符合相似换算法则。如该表中序号 2 与 1、4 与 3 的换算,算后 SFT-No. 7B 风量为 22 880 m^3/h ,全压为 175 Pa, SFT-No. 11 风量为 42 740 m^3/h ,均比表 4 中的值小。

表 4 SFT 型风机性能参数

序号	型号	叶轮直径 D/mm	转速 $n/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	全压 p/Pa	风量 $Q/\text{m}^3\cdot\text{h}^{-1}$	电机功率 N_e/W	单位功率风量 $(Q/N_e)/\text{m}^3(\text{h}\cdot\text{W})^{-1}$
1	SFT-No. 7	700	900	70	14 500	370	39.2
2	SFT-No. 7B	700	1 420	320	18 750	2 200	8.5
3	SFT-No. 10	1 000	700	70	32 100	750	42.8
4	SFT-No. 11	1 120	700	90	50 000	1 500	33.3

2.5 鸡舍风机的选用

鸡舍的通风量应以控制达到一定的风速为主要目标。当鸡舍长度较小,夏季气温不高(30 左右),饲养密度又较低时,舍内风速 $v=1\text{m}/\text{s}$ 左右;若鸡舍长度较大(110~120m),气温在 35 左右,饲养密度较大时, $v=1.5\sim 2.0\text{m}/\text{s}$;若气温在 38 左右,饲养密度大,如叠层笼养等, $v=2\sim 2.5\text{m}/\text{s}$ 。例如:黑龙江一鸡场,其长(L) \times 宽(B) \times 高(H)=41m \times 10m \times 3.6m,养种鸡 5 000 只,根据他们计算,所需风量为 87 876 m^3/h ,选用 03-11No. 7 型风机 6 台。今重新进行计算,考虑到鸡舍长度较小,又为平养,取舍内风速 $v=1.2\text{m}/\text{s}$,故所需风量 $Q=3\ 600BHv=155\ 520\text{m}^3/\text{h}$ 。由表 3,选用 9FJ12.5 型风机,与前者对比如表 5。

表 5 两种风机比较

型号	叶轮直径 D/mm	转速 $n/\text{r}\cdot\text{min}^{-1}$	风量 $Q/\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$	电机功率 N_e/W	单位电机功率风量 $(Q/N_e)/\text{m}^3(\text{h}\cdot\text{W})^{-1}$	噪声 $L_A/\text{dB}(\text{A})$	所需风机 台数与价	风机布置 与安装
03-11No. 7	700	960	15 800(全压 107 Pa)	1 100	14.4	75	10 台 \times 1 926 元	欠方便
9FJ12.5	1 250	320	27 000(静压 38 Pa)	750	36	69	6 台 \times 1 650 元	方便

从表中知,在所需的风量一定时,从风量、能耗、单位功率风量、台数、价格、噪声、安装布置维护保养等方面考虑,选用低压大流量的 9FJ 型大号风机比采用早已淘汰的能耗大的 03-11 型风机要好,且 9FJ 型风机还有护网和百叶窗等附件,更适合养鸡场的需要。

3 如何保持和提高风机的技术特性

厂家和用户可以从以下几方面来考虑:

1)要保证叶形准确,如 9FJ 型风机,设计时是以 10 个横剖面 and 1 个纵剖面作为叶片成型和检验的主要依据。但有的厂家制造时未能做到按图生产,制出的模具不准确,叶片加温

加压不够,产生回弹和皱褶,叶剖面走形,这直接影响了风机的气动特性。

2) 各性能参数要互相匹配,因流量、全压和轴功率分别与叶轮外径的3次、2次、5次方成正比,也分别与转速的1次、2次、3次方成正比,所以,直径和转速的选取非常重要。有个厂家生产的9FJ9型风机,风量达不到,主要是转速定低了。也有的风量定得很大而电机功率却配得小,以致超载烧毁电机。

3) 结构参数要合理,对低压大流量的9FJ系列风机,轮毂比是很小的,只有0.16,而有的厂家,改变了叶根处的结构形状,增大了叶轮毂盘的直径(轮毂比增大),这不仅改变了这种风机的几何相似条件,而且增加了流道阻力,降低了风机的效率和风量。又如,叶轮与集风器间的径向间隙 Δ 与叶长 L 的比值应小于0.01,但有的9FJ风机达0.02~0.04,且周向不均匀,这就降低了风机的全压与效率。

4) 要防止带轮打滑,带传动的设计要保证带的型号和根数,并随时去掉叶片上的积尘,否则带会超载伸长,疲劳寿命降低。安装时两带轮要共面,以免带产生侧弯与偏磨,以致断裂。当带松弛后要及时张紧。

5) 要保持百叶窗的开度与灵活性,有的百叶窗不能完全打开(成 90°),主要原因是百叶片两边支承孔不同心,叶片边缘与连杆相碰,或者叶片变形,积尘过多。这样就增大了气流阻力,风量下降。

4 结 论

1) 改变风机的直径和转速,其风量、全压、轴功率和噪声也随之改变。同系列的风机,这些性能参数可以相互换算,但随制造厂家的不同有所不同。

2) 9FJ系列风机的设计工况与畜禽舍、温室等使用工况相匹配,具有低压、大风量、节能、低噪等特点,比T35-11和03-11等风机更适合墙排风使用,且价格低,应优先选用,并按所需静压来选风量。

3) 在9FJ系列中,从风量大、能耗低、台数少,安装、布置与维护方便,噪声和价格较低等综合考虑,特别在规模化集约化的高密度层叠笼养与连栋鸡舍中,应优先选用大号风机。

4) 厂家要从风机的结构、材质、制造、装配、检测等方面下功夫,保证风机的性能和使用寿命,向用户提供可靠的优质产品。用户也应加强对风机使用中的维护与管理。

参 考 文 献

- 1 李庆宜 通风机 北京:机械工业出版社,1986
- 2 崔引安 农业生物环境工程 北京:农业出版社,1994
- 3 王惟德 大型节能农用节能风机的研制 农业工程学报,1995,11(增刊):78~82
- 4 Augsburg N D, et al Environmental Control Handbook ACME Engineering & Manufacturing Corp, 1980