

## 关于本资料的出现

本人是一个专业的小型风扇销售工作者，在与众多的工程师及采购人员的沟通中发现，有很多人对其风扇并不了解，同时也造成了工作中的失误甚至是产品中的缺陷。

为了增进大家对风扇的了解，我特意筛选了这些资料，并对一些重要的地方加以增补，同时也在最后编写了一些工程师在选型中经常碰到的问题供大家参考。

如果大家还有什么疑问，可以把疑问发至 MAIL:a2961146@163.com，来信请注明联系方式。

本资料为免费，请不要用于出版等商业用途。

## 目录

- 1、直流风扇通用特性
- 2、交流风扇通用特性
- 3、如何选择正确的风扇或鼓风机
- 4、如何测量风量与风压的关系
- 5、温升与所需风量之换算表
- 6、风扇并联与串联运作
- 7、如何达成低噪音
- 8、直流风扇第三条导线讯号信息
- 9、如何从特性曲线判定风扇性能
- 10、直流风扇运转原理：
- 11、交流风扇运转原理：
- 12、产品寿命期望值 **MTTF** 及 **L10** 之计算
- 13、关于轴承的变革
- 14、风扇设计选型建议



## 直流风扇通用特性

<b>PBT94V-0</b>		
直流无刷		
<b>PBT 94V-0</b>		
滚珠轴承、含油轴承		
端子与外框内施以 500VDC 电流,测得 100M $\Omega$ 之绝缘值		
端子与外框内施以 1,200 VAC/50-60Hz,2 秒无异常现象		
含油轴承-10° C TO +70° C .		滚珠轴承-20° C TO +80° C
额定电压 $\pm$ 15%		
滚珠轴承 RH20%-85%.		含油轴承 RH20%-80%.
滚珠轴承	含油轴承	工作温度
60,000 小时	40,000 小时	AT 25°C
40,000 小时	25,000 小时	AT 40°C
25,000 小时	15,000 小时	AT 55°C
15,000 小时	10,000 小时	AT 70°C

## 交流风扇通用特性

<b>交流风扇通用特性</b>		
外框材质 :	铝合金	
马达:	交流电机	
扇叶材质:	PBT 94ULV	
轴承:	滚珠轴承、含油轴承	
绝缘阻抗:	端子与外框内施以 500VDC 电流,测得 100M $\Omega$ 之绝缘值	
绝缘耐压:	端子与外框内施以 1,200 VAC/50-60Hz,2 秒不被击穿	
工作温度:	含油轴承 0° C TO +80° C .	滚珠轴承-10° C TO +90° C
工作电压:	额定电压 $\pm$ 10%	
使用环境:	滚珠轴承-40TO+55 ° C 相对湿度 90%-95%.	含油轴承 -25 TO+40 ° C 相对湿度 90%-95%.
使用寿命:	滚珠轴承	含油轴承
	60,000 小时	30,000 小时
	40,000 小时	25,000 小时
	25,000 小时	15,000 小时
	15,000 小时	10,000 小时
		工作温度
		AT 25°C
		AT 40°C
		AT 55°C
		AT 70°C

## 如何选择正确的风扇或鼓风机

所有需要使用风扇散热的电机与电子产品的设计工程师，必须决定一个特定系统散热所需的风量，而所需的风量取决于了解系统的耗电量及是否能带走足够的热量，以预防系统过热的情形发生。事实显示，系统的使用年限会由于冷却系统的不足而降低，所以设计工程师也应该明白，系统的销售量与价格，可能因为系统的使用年限不符使用者的预期而下降。

欲选择正确的通风组件，必须考虑下列目标：

- ✿ 最好的空气流动效率
- ✿ 最小的适合尺寸
- ✿ 最小的噪音
- ✿ 最小的耗电量
- ✿ 最大的可靠度与使用寿命
- ✿ 合理的总成本

以下三个选择正确散热扇或鼓风机的重要步骤，可帮你达成上述几个目标。

### 步骤一：总冷却需求

首先必须了解三个关键因素以得到总冷却需求：

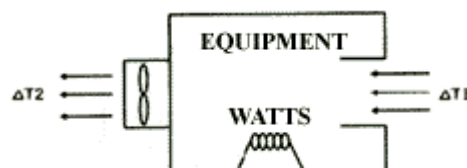


总冷却需求对于有效地运作系统甚为重要。有效率的系统运作必须提供理想的运作条件，使所有系统内的组件均能发挥最大的功能与最长的使用年限。

下列几个方式，可用来选择一般用的风扇马达：

1. 算出设备内部产生的热量。
2. 决定设备内部所能允许的温度上升范围。
3. 从方程式计算所需的风量。
4. 估计设备用的系统阻抗。
5. 根据目录的特性曲线或规格书来选择所需的风扇。

如果已知系统设备内部散热量与允许的总温度上升量，可得到冷却设备所需的风量。



以下为基本的热转换方程式:

$$H = C_p \times W \times \Delta T$$

其中

H = 热转换量

C<sub>p</sub> = 空气比热

ΔT = 设备内上升的温度

W = 流动空气重量

我们已知 W = CFM × D

其中 D = 空气密度

经由代换后, 我们得到:

$$Q(\text{CFM}) = \frac{Q}{C_p \times D \times \Delta T}$$

再由转换因子(conversion factors)与代入海平面空气的比热与密度, 可得到以下的散热方程式:

$$\text{CFM} = 3160 \times \text{千瓦} / \Delta^\circ\text{F}$$

然后得到下列方程式:

$$Q(\text{CFM}) = \frac{3.16 \times P}{\Delta T_f} = \frac{1.76 \times P}{\Delta T_c}$$
$$Q(\text{M}^3 / \text{Min.}) = \frac{0.09 \times P}{\Delta T_f} = \frac{0.05 \times P}{\Delta T_c}$$

其中

Q: 冷却所需的风量

P: 设备内部散热量 (即设备消耗的电功率)

T<sub>f</sub>: 允许内部温升 (华氏)

T<sub>c</sub>: 允许内部温升 (摄氏)

DT = DT<sub>1</sub> 与 DT<sub>2</sub> 之温差

## 静压单位

N: Newton, 1n=0.101097Kgf

Pa: Pascal, Pa=N/m<sup>2</sup>

mmAq: Aq=Aqua(水柱)之简称;

mmAq 又称 mmH<sub>2</sub>O; 1mmAq=1Kg/m<sup>2</sup>

atm: 大气压; 一大气压等于在 0°C 干燥状态下 760mmHg 的压力。

因水银重量是水的 13.5947 倍,

所以一大气压又等于 10332mmH<sub>2</sub>O 的压力

bar: 1 bar=0.00001Pa=10<sup>-5</sup>Pa



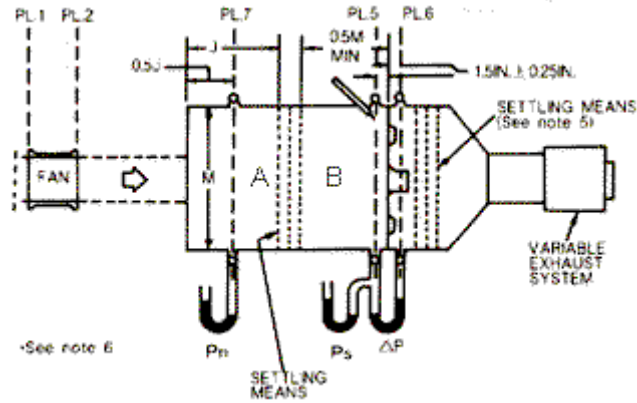
## 风量单位

- CFS: Cubic Feet Per Second, 立方英尺/秒(ft<sup>3</sup>/s)  
 CFM: Cubic Feet Per Minute, 立方英尺/分(ft<sup>3</sup>/min)  
 CMS: Cubic Meter Per Second, 立方公尺/秒(m<sup>3</sup>/s)  
 CMM: Cubic Meter Per Minute, 立方公尺/分(m<sup>3</sup>/min)  
 CMH: Cubic Meter Peter Hour, 立方公尺/时(m<sup>3</sup>/h)  
 L/min: Liter Per Second, 公升/分(L/min)

## 如何测量风量与风压的关系

一般而言，测量气流的特性十分困难，但仍有两种方式法用来测量静压与风量，一为风洞测试，另一种为双箱方式。

本网页所显示的风量和静压特性规格是采用双箱方式来测量，在此我们将解释何谓双箱方式(如图一)。可变排气系统(variable exhaust system)抽出空气来调整空气密度，瞬间打开喷嘴将造成静压与风量的瞬间变化，然后读取每个静压计上的压力读数。



最大风量的测量是调整可变排气系统使B箱的静压为零的条件下所测得的风量。此时，A、B箱之间的静压差是在风扇运转中而喷嘴打开时所测出。

最大静压的测量是A箱口的风扇处于运转中而喷嘴关闭时所测到的。此情形即造成密闭箱，故其静压可达到最大值。A箱之静压值即其最大静压与大气压之差压。

当风扇在额定电压运转稳定时，其实际测量值即可记录下来。

## 风量换算表

M <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /min	L/S	l/min	m <sup>3</sup> /h	ft <sup>3</sup> /S	CFM
1	6×10	1×10 <sup>3</sup>	6×10 <sup>4</sup>	3.6×10 <sup>3</sup>	3.531×10	2.118×10 <sup>3</sup>
1.66666×10 <sup>-2</sup>	1	1.66666×10	1×10 <sup>3</sup>	6×10	5.885×10 <sup>-1</sup>	3.531×10
1×10 <sup>-3</sup>	6×10 <sup>-2</sup>	1	6×10	3.6	3.531×10 <sup>-2</sup>	2.118
1.66666×10 <sup>-5</sup>	1×10 <sup>-3</sup>	1.666×10 <sup>-2</sup>	1	6×10 <sup>-2</sup>	5.9×10 <sup>-4</sup>	3.54×10 <sup>-2</sup>
2.77777×10 <sup>-4</sup>	1.66666×10 <sup>-2</sup>	2.77777×10 <sup>-1</sup>	1.66666×10	1	9.81×10 <sup>-3</sup>	5.886×10 <sup>-1</sup>
2.832×10 <sup>-2</sup>	1.69833	2.832×10	1.69833×10 <sup>3</sup>	1.019×10 <sup>2</sup>	1	6×10
4.72×10 <sup>-4</sup>	2.831×10 <sup>-2</sup>	0.472	2.831×10	1.6983	1.66666×10 <sup>-2</sup>	1

### 静压换算表

Pa=N/m	MmH2O	InH2O	Kgf/cm	afm	bar	lbf/in
1	1.0197×10 <sup>-1</sup>	4.017×10 <sup>-3</sup>	1.0197×10 <sup>-5</sup>	9.869×10 <sup>-6</sup>	1×10 <sup>-5</sup>	1.450×10 <sup>-4</sup>
9.80665	1	3.939×10 <sup>-2</sup>	1×10 <sup>-4</sup>	9.678×10 <sup>-5</sup>	9.806×10 <sup>-5</sup>	1.422×10 <sup>-3</sup>
2.49×10 <sup>2</sup>	25.4	1	2.54×10 <sup>-3</sup>	2.46×10 <sup>-3</sup>	2.49×10 <sup>-3</sup>	3.61×10 <sup>-2</sup>
9.80665×10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	3.937×10 <sup>2</sup>	1	0.9678	0.980665	14.2234
1.01325×10 <sup>5</sup>	1.0332×10 <sup>4</sup>	4.071×10 <sup>2</sup>	1.03323	1	1.01325	14.6960
1×10 <sup>5</sup>	1.0197×10 <sup>4</sup>	4.018×10 <sup>2</sup>	1.01972	0.986923	1	14.5038
6.895×10 <sup>3</sup>	7.031×10 <sup>2</sup>	27.686	7.031×10 <sup>-2</sup>	6.805×10 <sup>-2</sup>	6.895×10 <sup>-2</sup>	1

本页所显示的特性曲线是在标准大气及固定的操作电压与频率之条件下，静压以风量容积为函数之表现。散热扇的静态效率等于风量之容积乘以静压再除以输入的电能。风扇是包括马达、扇叶与外框，因此其效率包括马达的电机效率，以及扇叶和外框的空气流动效率。

### 温升与所需风量之换算表

KWh		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
DT °C	DT °F										
50	90	18	35	53	70	88	105	123	141	158	176
45	81	20	39	59	78	98	117	137	156	176	195
40	72	22	44	66	88	110	132	154	176	195	220
35	63	25	50	75	100	125	151	176	201	226	251
30	54	29	59	88	117	146	176	205	234	264	293
25	45	35	75	105	141	176	211	246	281	316	351
20	36	44	88	132	176	220	264	308	351	396	439
15	27	59	117	176	234	293	351	410	469	527	586
10	18	88	176	264	351	439	527	615	704	791	879
5	9	176	351	527	704	879	1055	1230	1406	1582	1758

例一：设备内部消耗电功率为 500 瓦，温差为华氏 20 度，下列为其计算结果：

$$Q = \frac{3.16 \times 500(\text{watts})}{20} = 79\text{CFM} \quad \text{或}$$

$$Q = \frac{0.09 \times 500(\text{watts})}{20} = 2.25\text{M}^3/\text{Min.}$$

例二：设备内部消耗电功率为 500 瓦，温差为摄氏 10 度：

$$Q = \frac{1.76 \times 500(\text{watts})}{10} = 88\text{CFM} \quad \text{或}$$

$$Q = \frac{0.05 \times 500(\text{watts})}{10} = 2.5\text{M}^3/\text{Min.}$$



## 步骤二：全部系统阻抗 / 系统特性曲线

空气流动时，气流在其流动路径会遇上系统内部零件的阻扰，其阻抗会限制空气自由流通。压力的变化即测量到的静压，以英寸水柱表示。

为了确认每一槽排(slot)之冷却瓦特数，系统设计或制造厂商不但必须有风扇的有效风扇特性曲线以决定其最大风量，而且必须知道系统的风阻曲线。系统内部的零件会造成风压的损失。此损失因风量而变化，即所谓的系统阻抗。

系统特性曲线之定义如下：

$$DP = KQ^n$$

其中 K = 系统特定系数

Q = 风量 (立方呎)

n = 扰流因素,  $1 < n < 2$

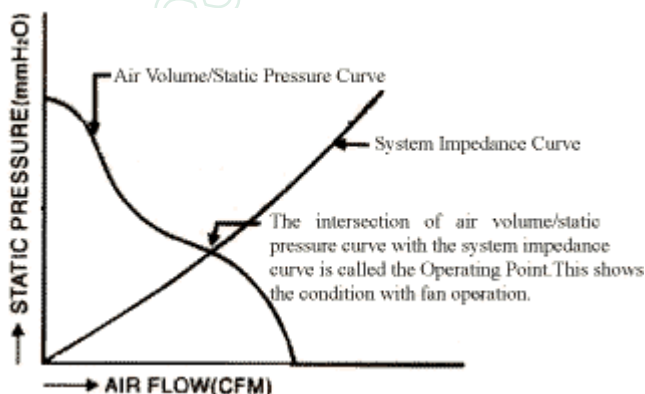
平层气流时,  $n = 1$

乱流气流时,  $n = 2$

## 步骤三：系统操作工作点

系统特性曲线与风扇特性曲线的交点，称为系统操作工作点，该工作点即风扇之最佳运作点。

### 操作工作点



在工作点，风扇特性曲线之变化斜率为最小，而系统特性曲线之变化率为最低。注意此时的风扇静态效率(风量 × 风压 ÷ 耗电)为最佳化。

设计时应考虑项目：

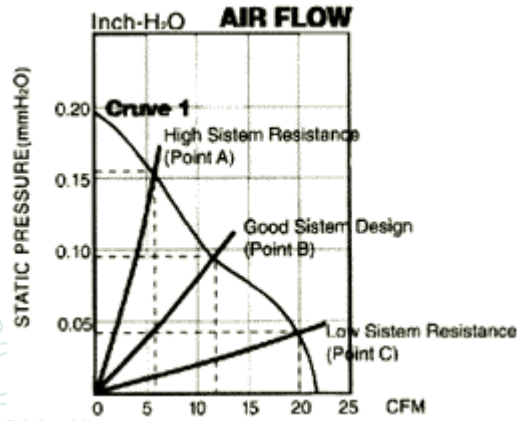
1. 保持空气流动尽量不受阻扰，入风口与出风口保持畅通。
2. 引导气流垂直通过系统，以确保气流顺畅而提升冷却效率。
3. 如需加装空气滤网，应考虑其增加的空气流动阻力。

选择最佳风扇的例子：

例一：

图一为典型 SUNON DC 散热扇  $60 \times 60 \times 25\text{mm}$  的特性曲线。此风扇可能操作在 A 点或 C 点，分别可输送 6 CFM 或 20 CFM。如果该系统之阻抗对于气流在 A 点会造成 0.16 吋水柱或 C 点 0.04 吋水柱的静压质。如果该系统因改良而运作于 B 点，则风扇可输送 12 CFM 而静压仅 0.09 吋水柱。

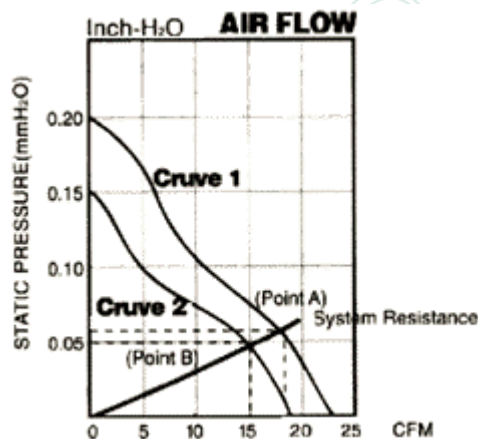
图一：  $60 \times 60 \times 25\text{mm}$  中速风扇之特性曲线



例二：

如图二所示，特性曲线二是同一尺寸与形状之风扇，但其转速比特性曲线一低。如果系统仅需要 15 CFM 风量在 0.05 吋水柱静压，则静压降与风量曲线之交点应通过 B 点，因此风扇在零静压时可输送 18 CFM 已足够冷却之需。因此最后的安排是选用低速风扇。

图二：  $60 \times 60 \times 25\text{mm}$  低、中速风扇之特性曲线



如图二依图表说明，从一种风扇改用另一种风扇的结论。当然有时可能甚至选用尺寸较小的风扇，如果系统阻抗能充分地减低，也可以获得相同的风量。

例三：

如图三所示，为  $40 \times 40 \times 6\text{mm}$  (曲线三)、 $30 \times 30 \times 6\text{mm}$  (曲线二)、 $25 \times 25 \times 6\text{mm}$  (曲线一) 中转速 DC 风扇之特性曲线。

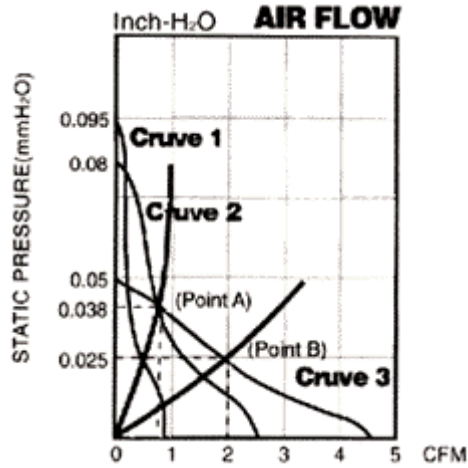


情况一：

假如系统阻抗为 0.025 吋水柱而需要 2 CFM 的风量来冷却，建议你使用 40×6mm DC 风扇。（请参考 B 点运作）

情况二： 假如有更多组件加进系统且(或)外形变得更密实时，将产生更多的系统阻抗。现在假设系统阻抗上升至 0.038 吋水柱，并需要 0.85 CFM 的风量来冷却，有两种风扇可供选择：40×6mm、30×6mm。（请参考操作工作点 A）。另一种用来冷却具有高系统阻抗之系统的选择为小型 DC 鼓风机。

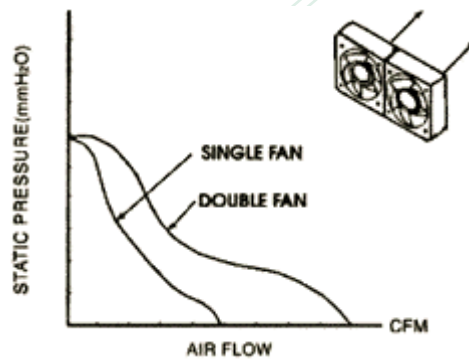
图三：40×40×6mm 与 30×30×6mm 风扇之特性曲线



### 并联与串联运作

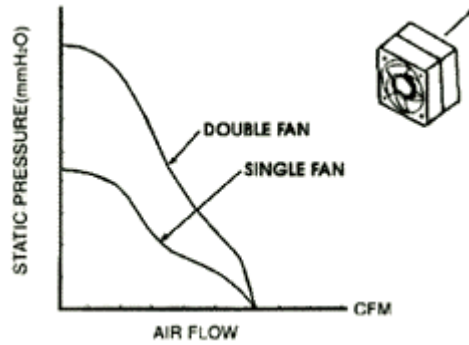
并联运作就是并列使用两个或两个以上的风扇。

并联风扇与单独风扇的运作曲线图



两个风扇并联所产生的风量体积，仅在自由空间条件下，为单一风扇风量的两倍，而当并联风扇应用于较高系统阻抗的情况时，系统阻抗愈高，并联风扇所能增加的风量愈低。因此，并联的应用仅在低系统阻抗的情况下建议使用，即风扇在几乎完全自由送风的情况下运作。

## 串联风扇与单独风扇的运作曲线图

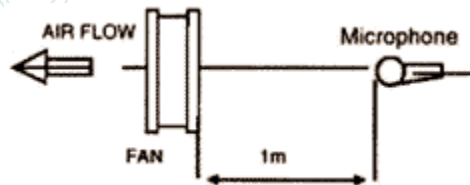


串联运作就是串行使用两个或两个以上的风扇。

两个风扇串联产生的静压，在零风量条件下可达两倍，但在自由空间的情况下，并不能增加风量。多加一个串联风扇，在较高静压之系统，可增加风量。

因此，串联运作对高系统阻抗的系统，可达到最高的效果。

SUNON 风扇的噪音是在背景噪音低于 15 dBA 无回响室中所测量。待测风扇在自由空气中运转，距入风口一米处置一噪音计。



音压级 (Sound Pressure Level) 依背景因素而定，与音能级 (Sound Power Level) 由下列公式表示之：

$$SPL = 20 \log 10P / Pref$$

$$\text{及 } SWL = 10 \log 10W / Wref$$

其中 P = 音压

Pref = 基准音压

W = 音源的噪音能量

Wref = 音源的噪音能量

风扇的噪音值通常以音压级 (SPL) 之倍频带绘出。分贝 (dBA) 的改变所形成的效应，如下列征兆所示：

3 dBA 几乎没有感觉

5 dBA 感觉出来

10 dBA 感觉两倍大声响

噪音程度：

0 ~ 20 dBA 很微弱

20 ~ 40 dBA 微弱

40 ~ 60 dBA 中度

60 ~ 80 dBA 大声

80 ~ 100 dBA 很大声

100 ~ 140 dBA 震耳欲聋

## 如何达成低噪音

下列五项准则提供风扇使用者最佳方法，以降低噪音至最小：

### 1. 系统阻抗： (System Impedance)

一个机壳的入风口与出风口之间范围占全部系统阻抗的 60%至 80%，另外气流愈大，噪音相对愈高。系统阻抗愈高，冷却所需的气流愈大，因此为了将噪音降至最小，系统阻抗必须减至最低程度。

### 2. 气流扰乱

延着气流路径所遇到的阻碍而造成的扰流会产生噪音。因此任何阻碍，特别在关键的入风口与出风口范围，必须避免，以降低噪音。

### 3. 风扇转速与尺寸

由于高转速风扇比低转速风扇产生较大的噪音，因此应尽可能尝试及选用低转速风扇。而一个尺寸较大、转速较低的风扇，通常比小尺寸、高转速的风扇，在输送相同风量时安静。

### 4. 温度升高

在一个系统内，冷却所需的风量与允许的温升成反比。允许温升稍微提高，即可大量减少所需的风量。因此，如果对强加之允许温升的限制略微放松一些，所需风量将可降低，噪音亦可降低。

### 5. 振动

有些情形，整个系统的重量很轻，或系统必须按照某种规定方式运作时，特别建议采用柔软的隔绝器材，以避免风扇振动的传递。

### 6. 电压变动

电压变动会影响噪音程度。加到风扇的电压愈高，因转速升高，振动就愈大，产生的噪音也愈大。

### 7. 设计的考虑：

构成风扇的每一零件设计，均会影响噪音程度。下列设计的考虑可达成降低噪音：绕线铁心的尺寸，扇叶与外框的设计及精确的制造与平衡。

## 直流风扇第三条导线讯号信息

### 1. 风扇之切换驱动电路设计提供转速的测量：

此风扇马达有三条导线（红线：+，黑线：-，黄线：第三条讯号传出导线）

#### OCM 型：

- ✦ 低电压激活
- ✦ 第三条导线方形波经一晶体管放大后输出  
(开集极回路型, open collector type)

#### TM 型：

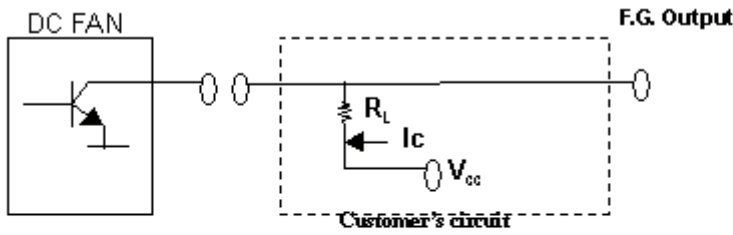
- ✦ 第三条导线方形波经一晶体管放大后输出

#### M 型：

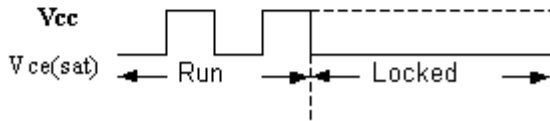
- ✦ 第三条导线方形波未经晶体管放大  
仅 0.5 ~ 2.2V (5V 风扇) 或 0.5 ~ 6V (12V 风扇)



OCM 与 TM 型之输出线路为晶体管之集极(开集极设计)

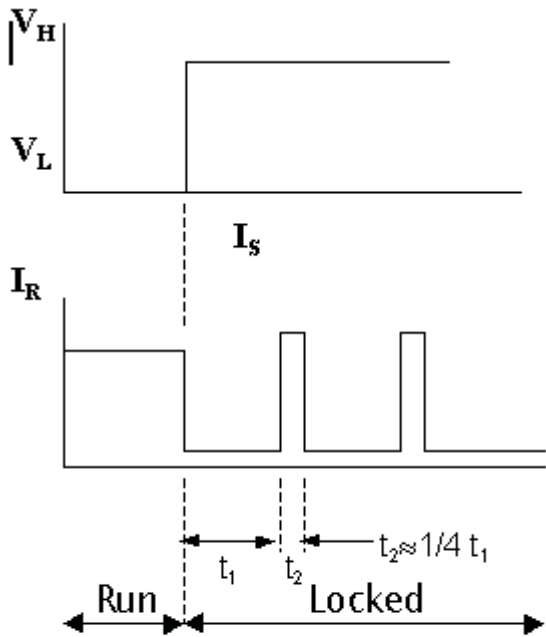


$V_{cc}=+30\text{max}$   
 $I_c=10\text{mA max}$   
 $V_{ce(sat)}=0.5\text{V max}$



2. 风扇采用驱动集成电路 (IC)

★ R 型 (运转检知器)

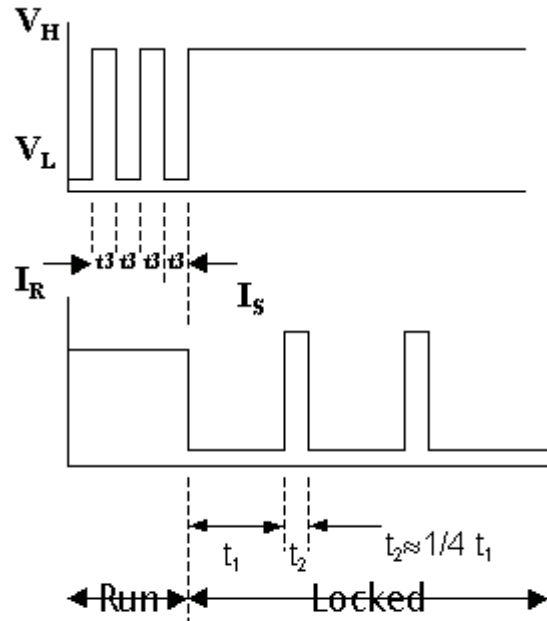


3<sup>rd</sup> wire signal:  
 Run :  $V_L$   
 Locked :  $V_H$

第三条导线讯号:

运转时: 低电位 ( $V_L$ )  
 锁住时: 高电位 ( $V_H$ )

★ F 型 (方形波产生器)



3<sup>rd</sup> wire signal:  
 Run : Square Wave  
 Locked :  $V_H$

第三条导线讯号:

运转时: 方形波  
 锁住时: 高电位 ( $V_H$ )

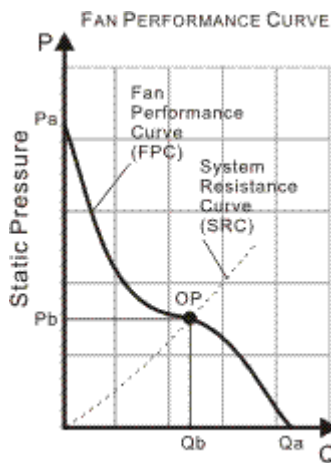
$t_1$ : 切断运转电流 ( $I_R$ ), 以保护锁住的马达

$t_2$ : 送出激活电流 ( $I_S$ ), 自动再激活

$t_3$ : F 型风扇有开即极回路 (open collector) 之设计, 以提供转速之测量 转速 (rpm) =  $60 / t_3 \times$  极数



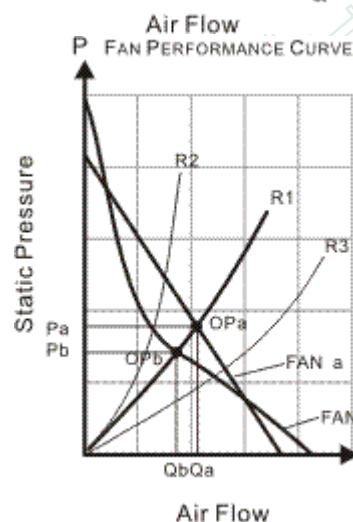
## 如何从特性曲线判定风扇性能



A. 何谓风扇特性曲线？何谓客户系统阻抗？

1. 实线 FPC 系风扇特性曲线；需由风洞量测

2. 虚线 SRC 系客户系统阻抗；亦需由风洞量测，因客户之不同所以一般 Fan 仅秀出 FPC。



3. FPC 与 SRC 交界点即为客户使用操作点 OP； $Q_b$  与  $P_b$  是可满足客户使用上所需求特性；因此客户选择风扇时仅以  $Q_a$  与  $P_a$  来选择并不是最适切的；建议客户提供系统给我们为您免费测出 SRC 可较容易选择适用风扇 以及判定您的系统阻抗设计是否得宜。

B. 假设有 A、B 二风扇，应如何自特性曲线选择较适合风扇？

Q1. 答案是 FAN a 为较适用风扇；因为特性曲线交叉于 R1 上之操作点  $OP_a$  较操作点  $OP_b$  特性佳， $Q_a > Q_b$  (风量)， $P_a > P_b$  (静压)。

2. 此 FAN b 虽然风量与静压都较 FAN a 高，但客户使用上应以  $OP_a$  为最佳选择；非仅以风扇最大风量与最大静压作为选择依据。

3. 而系统阻抗设计的好坏也是选择风扇的重点之一；图中 R1 系最佳系统阻抗设计，R2 系系统阻抗较高，R3 较低；要改善系统阻抗设计应自系统进出风口之大小调整、系统内组件排放位置调整等，再经由风洞之测试即可调整及验证出最佳的系统阻抗。

4. 比较 FAN a 与 FAN b 可得知 FAN a 之马达扭力与扇叶、外框设计特性 较 FAN b 佳。

## DC 风扇运转原理：

根据安培右手定则，导体通过电流，周围会产生磁场，若将此导体置于另一固定磁场中，则将产生吸力或斥力，造成物体移动。在直流风扇的扇叶内部，附着一事先充有磁性之橡胶磁铁。环绕着硅钢片，轴心部份缠绕两组线圈，并使用霍尔感应组件作为同步侦测装置，控制一组电路，该电路使缠绕轴心的两组线圈轮流工作。硅钢片产生不同磁极，此磁极与橡胶磁铁产生吸斥力。当吸斥力大于扇叶的静摩擦力时，扇叶自然转动。由于霍尔感应组件提供同步信号，扇叶因此得以持续运转，至于其运转方向，可依佛莱明右手定则决定。

## AC 风扇运转原理：

AC 风扇与 DC 风扇的区别。前者电源为交流，电源电压会正负交变，不像 DC 风扇电源电压固定，必须依赖电路控制，使两组线圈轮流工作才能产生不同磁场。

AC 风扇因电源频率固定，所以硅钢片产生的磁极变化速度，由电源频率决定，频率愈高磁场切换速度愈快，理论上转速会愈快，就像直流风扇极数愈多转速愈快的原理一样。不过，频率也不能太快，太快将造成激活困难。



## 产品寿命期望值 MTTF 及 L10 之计算

1. 产品寿命期望值 MTTF 是指产品发生 63.2%不良时之预期时间，或称信赖度 36.8%之时间。

产品寿命期望值 L10 是指产品发生 10%不良时之预期时间，或称信赖度 90%之时间。

$$MTTF=t_1+(t_2-t_1)*0.632$$

$$L10=t_1+(t_2-t_1)*0.1$$

t1: 达不良率值最短时间

t2: 达不良率值最长时间

2. 所请不良之定义并无一定之规范，譬如：

(1) 可以用一批产品作测试，经 2000, 3000, 5000, 10000, 18000 小时后测试其转速、消耗电流是否超出规格做为不良之定义。

(2) 或以精密测量仪器测量轴心润滑油料残余量剩多少为不良之定义。

3. 测试之样品数越多则数据越可靠，最少三个。

4. 测试时间可以 2000, 3000, 5000, 10000, 18000 小时做为规范。也就是说测试时间点 i 为 1,2,⋯,n, 因测试点有五点，所以 n=5, i=1,2,3,4,5 共五点。

i	1	2	3	4	5
t(小时)	2000	3000	5000	10000	18000

5. 假设现有一风扇产品，以轴心油料消耗至 50%时即视为不良，因油料耗至 50%时间相当长，故必需以外差法求其时间。

若油料损耗曲线趋近线性，油耗公式可写为  $Y=Ax+b$

Y: 经过 i 时间后油指残余量

X: 时间(单位: 小时)

a: 曲线斜率。等于  $\frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}$

b: 常数(单位: %) 等于  $\bar{Y} - [\frac{\sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})}{\sum (X_i - \bar{X})^2}] * \bar{X} = \bar{Y} - a\bar{X}$

注: 计算时，若 b>100%以 100%计算

X: =各测试时间点之平均值

$$= (2000+3000+5000+10000+18000)/5 = 7600 \text{ 小时}$$

Y: 各测试时间点油脂残余量平均值，假设有三个样品 S1、S2、S3 经过 i 时间其油脂残余量如下：

(1) S1 样品

Xi(小时)	2000	3000	5000	10000	18000
S1(%)	99.9	99.8	99.6	99.1	98
S1(%)	99.5	99.2	97	93	87
S1(%)	99.5	99.3	98	96	93

$$X=7600, Y=(99.9+99.8+99.6+99.1+98)/5=99.28\%$$

$$a = \frac{(2000-7600)(99.9-99.28) + (3000-7600)(99.8-99.28) + (5000-7600)(99.6-99.28) + (10000-7600)(99.1-99.28) + (18000-7600)(98-99.28)}{[(2000-7600)^2 + (3000-7600)^2 + (5000-7600)^2 + (10000-7600)^2 + (18000-7600)^2]} = \frac{(-3472) + (-2392) + (-832) + (-432) + (-13312)}{[(31360000) + (21160000) + (6760000) + (108160000)]} = -20440/167440000 = -0.000122$$

$$b = Y - aX = 99.28 - (-0.000122 * 7600) = 99.28 + 0.927 = 100.2(\%), \text{ 以 } 100(\%) \text{ 计算}$$

依据油耗公式  $Y=aX+b$ , 得知 S1 风扇在润滑油量(Y)剩 50%之时间 X;

$$X = (Y-b)/a = (50-100)/(-0.000122) = -50/(-0.000122) = 409836 \text{ 小时}$$

(2) S2 样品



$$X=7600, Y=(99.5+99.2+97+93+87)/5=95.14\%$$

$$a=[(2000-7600)(99.5-95.14)+(3000-7600)(99.2-95.14)+(5000-7600)(97-95.14)+(10000-7600)(95-95.14)+(18000-7600)(87-95.14)]/$$

$$[(2000-7600)^2+(3000-7600)^2+(5000-7600)^2+(10000-7600)^2+(18000-7600)^2]=[(-24420)+(-18680)+(-4840)+(-5140)+(-84660)]/[(31360000)+(21160000)+(6760000)+(108160000)]=-137740/167440000=-0.0008226$$

$$b=Y-aX=95.14-(-0.0008226*7600)=95.14+6.25=101.39(\%), \text{ 以 } 100\% \text{ 计算}$$

依据油耗公式  $Y=aX+b$ , 得知 S2 风扇在润滑油量(Y)剩 50%之时间 X:

$$X=(Y-b)/a=(50-100)/(-0.0008226)=-50/(-0.0008226)=60782 \text{ 小时}$$

### (3) S3 样品

$$X=7600, Y=(99.5+99.3+98+96+93)/5=97.16\%$$

$$a=[(2000-7600)(99.5-97.16)+(3000-7600)(99.3-97.16)+(5000-7600)(98-97.16)+(10000-7600)(96-97.16)+(18000-7600)(93-97.16)]/$$

$$[(2000-7600)^2+(3000-7600)^2+(5000-7600)^2+(10000-7600)^2+(18000-7600)^2]=[(-13104)+(-9844)+(-2184)+(-2784)+(-43264)]/[(31360000)+(21160000)+(6760000)+(108160000)]=-71180/167440000=-0.0004251$$

$$b=Y-aX=0.90-(-0.0004251*7600)=97.14+3.23=100.37(\%), \text{ 以 } 100\% \text{ 计算}$$

依据油耗公式  $Y=aX+b$ , 得知 S3 风扇在润滑油量(Y)剩 50%之时间 X:

$$X=(Y-b)/a=(50-100)/(-0.0004251)=-50/(-0.0004251)=117619 \text{ 小时}$$

6.由以上三样品得知:

油料最先消耗 50%的风扇为 S2, 时间为 60782 小时

最慢者为 S1, 时间 409836 小时

所以得知  $t_1=60782$  小时,  $t_2=409836$  小时

$$7. \text{MTTF} = t_1 + (t_2 - t_1) * 0.632 = 60782 + (409836 - 60782) * 0.632 = 60782 + 220602 = 281384 \text{ 小时}$$

$$L_{10} = t_1 + (t_2 - t_1) * 0.1 = 60782 + (409836 - 60782) * 0.1 = 60782 + 34905 = 95687 \text{ 小时}$$

## 关于轴承的变革

由于行业技术的改进, 近来出现了多种多样的轴承类型, 但万变不离其宗, 最终都是在含油及滚珠的基础上加以改良。

在对特殊轴承风扇选型时, 要加以区分, 应要求供应商提供第三方的认证以验证其产品的质量及可靠性。



## 风扇设计选型建议

风扇选型的科学性将影响到产品的质量，必须充分的考虑到产品的可靠性、经济性及可行性。

而这也是为什么要了解风扇各种特性的原因。以下是选型步骤：

电压 影响价格及设计

风量 影响散热效果、噪音、价格（需考虑静压、余量、环境温升、控制温度等）

尺寸 影响价格、噪音（需考虑安装方式、要大小等）

寿命 影响价格、可靠性（需考虑设计寿命、使用环境等）

轴承 影响价格、可靠性、应充分考虑实际的使用环境（需考虑高温、高湿、震动、灰尘、发尘量、噪音等）

在设计选型时，如果能有供应商介入配合，考虑多方的建议，将会使设计简化，同时也不会像很多工程师那样设计出一个找不到或紧缺的器件，从而缩短开发周期、节约成本、提高可靠性。

案例 1：工作在无尘室的风扇，必须考虑到它的发尘量，风扇本身的灰尘主要产生于轴承中润滑油的挥发，这时应尽量选用含油量少的滚珠轴承，同时应在满足风量的情况下尽量降低转速。

案例 2：工作在通讯机柜的风扇，必须考虑供电电压及环境中的灰尘、温升、使用寿命，这时应尽量选用滚珠轴承。

案例 3：工作在机车上的电源风扇，必须考虑环境的温升、寿命、震动，应当在满足震动的情况小选择滚珠轴承，但在震动的情况下应尽量选用含油轴承以满足对可靠性的要求。

案例 4、工作在监护室的风扇、必须考虑噪音，此时应尽量考虑选择大尺寸、低噪音、含油轴承。

在实际的设计中，考虑的问题是相当多的，以上给出的案例都是比较浅薄，所以建议大家在选择的时候应当尽量让专业的风扇供应商来辅助。

最后祝大家工作愉快。

工作在 SH 的 YUHE。XIONG

THANK YOU

