

一、风扇散热使命

随着科技的不断进步，电子产品的功能愈强，个人电脑、视频监控、路由器、交换器等电子设备的普及，设备的功能的不断强大、电子元件的集成度愈发强大，电子元件所产生的热量和噪音，却让我们感到厌烦，因此电子元件的散热变的愈加重要。

风扇是利用强制热对流的方式散热，他凭借自身的导流作用，令空气以一定的速度、一定的方式通过散热片，利用空气与散热片之间的热交换带走其上堆积的热量，从而实现“强制对流”的散热方式。

二、风扇基础知识

风扇按照供电电压类型可分为直流无刷风扇和交流风扇两类，按照入风面和出风面方向上的差异，可以分为轴流风扇和离心风扇，按照轴承不同，也可分为滚珠轴承风扇和含油轴承风扇。



直流无刷风扇工作原理：风扇转子上存在磁性橡胶磁铁，电路板上霍尔元件会感应其磁场，以此决定电路对矽钢片上绕线线圈的通断电，两个磁场间产生的吸斥力推动风扇转动，霍尔同步感应橡胶磁铁磁极后再切换通电线圈，从而使风扇可以持续运转。

交流风扇运转原理：交流风扇线圈通电方向本身就在不停切换，所以不需要霍尔感应即可产生吸斥力，推动风扇运转。

风扇广泛应用在家电、IT、通讯、制冷、暖机、工业、办公等多个领域中，只要是需要增强或加快空气流通的环境都可能选用风扇来完成。

目前在风扇业界较有名的厂商有 EBMpapst、施乐百、台达、NMB、Nidec、Sanyo Denki、Rosenberg、Comair rotron、AVC、ADDA 等。

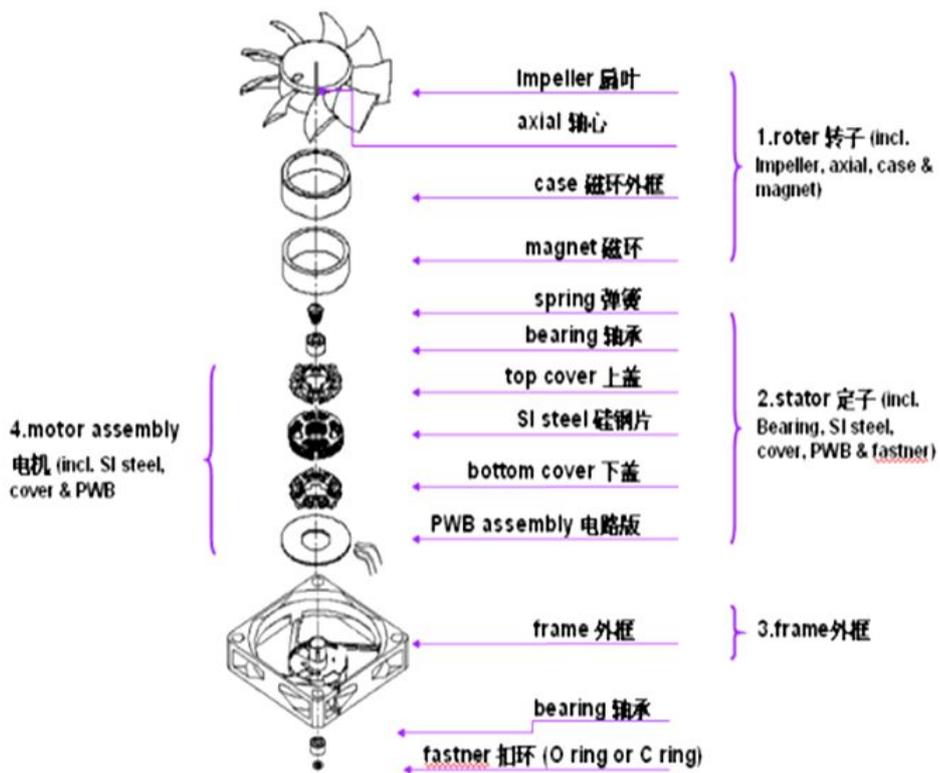
三、风扇结构介绍

1、 风扇组成

风扇由转子组合(rotor assembly)、定子组合(stator assembly)、轴承系统(bearing system)、弹簧(spring)、固定环(ring)以及其他一些辅助材料组成。



风扇组成



风扇转子

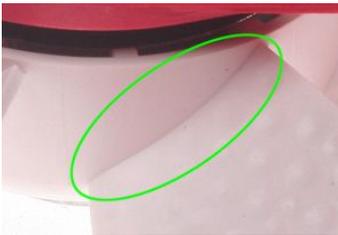
转子组合主要包括有扇叶 (impeller)、铁壳 (case)、磁带 (magnet)、轴心 (shaft) 组成。

扇叶

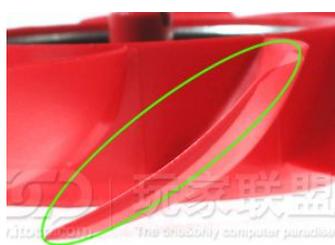
轴流风扇扇叶一般为翼型(air foil)叶，离心风扇情况有弧形叶、直板叶、翼型叶，按照扇叶角度又可分为前擎叶和后擎叶。

这里介绍几种扇叶参数对风扇性能的影响：

叶片倾角：倾角越大，叶片上下表面间压力差越大，相同转速下风压越大。但上表面压力过大，可能产生回流现象，反而降低风扇性能。因此，叶片倾角也应在一定限度内提升。



叶片曲率：在一定范围内，叶片曲率越大，相同转速下，气体动能也就越大，即风量与风压越大；同时，叶片所受的阻力也越大，要求电机的扭力更大。



左边猫头鹰 NF-P12 叶片曲率较小，右边安耐美火蝠叶片曲率较大。

叶片数目：各种规格风扇叶片的截面曲线、倾角等基本相若，每片叶片宽度往往取决于扇叶的高度。为了保证叶片间距不致过大，影响风压，径高比较小（即相对较薄）的风扇多采用增加叶片数目的方法弥补。不论叶片数目是多还是少，轴流风扇的叶片数目却往往是 3、7、11 等奇数，这是由于若采用偶数片形状对称的扇叶，又没有调整好平衡，很容易使系统发生共振，倘叶片材质又无法抵抗振动产生的疲劳，将会使叶片或心轴发生断裂，因此多设计为关于轴心不对称的奇数片扇叶设计。这一原则普遍应用于包括部分直升机螺旋桨在内的各种扇叶设计中。



左图的猫头鹰 NF-S12 扇叶为 7 片，右侧 NF-P12 扇叶为 9 片。

叶片光滑度：这是一项非设计因素影响的指标，基本上取决于生产者的模具成形与后期处理工艺。在设计曲线之外，叶片上的不平整会在旋转中产生紊流，增加摩擦，降低风扇效率，折损风扇性能，增大工作噪音。



从叶片光滑度来讲，左图酷冷至尊的 UV 扇是光滑扇叶的代表，右侧的 NF-S12B 表面有些许颗粒感。

叶片弧度：扇叶除了在截面上具有一定曲率外，在俯视平面内也并非沿着径向笔直延伸，而是向着旋转方向略有弯曲，呈一定弧度。如果叶片沿径向笔直延伸，风扇旋转所带动的气流在出风口一侧将呈散射状，送风距离短，且“力量”不集中；如现行产品版向着旋转方向略有弯曲，呈一定弧度，则可保证吹出气流集中在出风口正前方的柱状空间内，增加送风距离与风压。



左边 EVERFLOW 的风扇弧度较右边台达风扇弧度更大。

主轴直径：由于电机与轴承的存在，轴流风扇主轴所在的中心部分难免存在无气流通过的盲区，主轴直径便决定着此盲区的大小。主轴直径的大小则主要取决于风扇电机的功率——大功率的电机需要更大的定子绕组线圈，必然占用更多的空间，在无法纵向扩展（增加高度）的情况下，便只好横向扩展（增大面积）。



NMB-B19 额定功耗为 2.64W，猫头鹰 NF-P12 额定功耗 1.08W。因此 B19 的电机直径大于 P12。

扇叶平衡：扇叶的物理质心与轴心不在同一轴上，扇叶在运转时会造成扇叶的不平衡，即震动。

铁壳

风扇铁壳一般是转子磁场的载体，在直流风扇上使用的多为 SECC 冲压，在交流风扇上铁壳兼作驱动磁极使用，所以多为的多为磁性材料 35H440。

磁带

直流风扇使用的磁带多为 BQC14(TDK 型号)，交流风扇使用铁芯磁极，多使用矽钢片叠片，不使用橡胶磁带。

轴心

轴心一般选用 SUS 不锈钢材料车削加工，直流无刷风扇一般选用材质 SUS420。

定子组合

定子即风扇上不转动的部分。对直流无刷风扇而言，它包括有矽钢片、漆包线、电路板、固定框等；对交流风扇而言，它包括有矽钢片、绕线、固定框。一般直接将绕线线圈叫做定子。

矽钢片

矽钢片一般是含硅量在 0.8~4.8%的硅钢，低硅片含硅 2.8%以下，它具有一定机械强度，主要用于制造电机，俗称电机硅钢片；高硅片含硅量为 2.8%-4.8%，它具有磁性好，但较脆，主要用于制造变压器铁芯，俗称变压器硅钢片。风扇常用材质为 35H440(日本牌号)，冲压单片后采用叠片堆砌的方式，层与层之间绝缘。

漆包线

漆包线一般为铜线外部包一层绝缘膜，绝缘膜不同其耐温也不一样，多数风扇制造厂商选用（聚胺基甲酸脂漆包线（型号为 UEW），它以 Polyester-thane 树脂为主体的油脂为绝缘皮膜烤漆於导体而成；其的最大特性为可直接焊锡且耐热等级为 130°C (B 级)，如果耐温达不到要求，则可能选用聚脂漆包线(型号为 PEW)，它以 Polyester 树脂为主体油脂为绝缘皮膜烤漆於导体而成；其的耐热等级为 155°C (F 级)。

电路板

一般交流风扇没有电路板，直流无刷风扇用电路板控制风扇磁极切换，以达到驱动的目的。风扇电路板裸板材质为 FR-4，一般厚度分为 0.8mm、1.0mm、1.2mm，又可分为单层板、双层板、四层板。

固定框

风扇的扇框一般起固定作用，因为定子固定在上面，同时固定风扇也是利用扇框上的安装孔。风扇扇框另外一个作用就是导流，部分风扇设计时设计了导流叶，则导流后静压就更好，从而提高风扇的使用特性。



风扇的轴承系统

轴承是风扇寿命关键器件,其类型包括有滚珠和含油两种。轴承作为风扇寿命的瓶颈因素,同时也对风扇的工作噪音、制造成本有着重要的影响。使用含油轴承,风扇的噪音和成本都相对较低,但是对应扇叶朝下、高温环境或大尺寸风扇(轴流风扇 12cm 以上,离心风扇 7cm 以上)的应用,可靠性较低,此时选用滚珠轴承会较好。

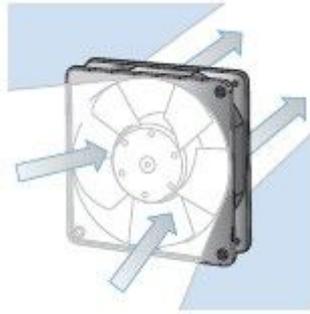
下图是各类轴承对应的寿命、工艺、噪音、价格关系,实际的寿命数值不一定准确,使用含油轴承的优势在于噪音小、成本低,在耐温和安装方向上可能不及滚珠轴承设计的自由度大,因为在高温或者倒立使用的情况下,含油轴承的使用寿命可能会比较低。(下图只做参考)

技术名称	结构特点	工艺要求	价格	噪音	寿命(单位:小时)	特殊需求适应能力		
						静音	暴力	长寿
含油轴承	利用润滑油填充、润滑	低	低	低	5000~8000	√	×	×
双滚珠轴承	以滚动摩擦替代滑动摩擦	较低	高	高	50000~100000	×	√	√
单滚珠轴承	双滚珠轴承的折衷产物	较高	一般	一般	40000以上	×	√	√
液压轴承	增加储油槽与自动回油设计	较高	较高	低	50000以上	√	√	√
来福轴承	增加逆向螺旋型导油槽	较低	较低	低	40000以上	√	×	√
Hypro 轴承	增加储油槽,强化轴承材料	较高	较低	低	50000以上	√	*	√
磁悬浮轴承	利用磁悬浮原理减少摩擦,配合其它轴承使用	高	很高	很低	50000以上	√	**	√
纳米陶瓷轴承	轴承材料与润滑剂采用纳米技术	较低	较高	低	80000~100000	√	√	√

散热风扇的分类及特点

通常,根据散热风扇的进出气流流向,可将其分为以下几类:

轴流风扇



流风扇的叶片推动空气以与轴相同的方向流动（如上图）。轴流风扇的叶片推动空气以与轴相同的方向流动。轴流风扇的叶轮和螺旋桨有点类似，它在工作时，绝大部分气流的流向与轴平行，换句话说就是沿轴线方向。轴流风扇当入口气流是 0 静压的自由空气时，其功耗最低，当运转时会随着气流反压力的上升功耗也会增加。轴流风扇通常装在电气设备的机柜上，有时也整合在电机上，由于轴流风扇结构紧凑，可以节省很多空间，同时安装方便，因此得到广泛的应用。

其特点：较高的流率，中等风压

以下介绍几种常见轴承

风扇的轴承系统一般建议最好选用滚珠轴承，因为扇热风扇的寿命通常取决于其轴承的可靠性，滚珠轴承系统已被证实具有高效率与低生热的特点。滚珠轴承属滚动摩擦，由金属珠滚动，接触面小，摩擦系数小；而含油轴承为滑动摩擦，接触面大，长期使用后，油会挥发，轴承容易磨损，摩擦系数大，后期噪音较大，寿命短。品质好的风扇除了通风量大、风压高以外，可靠性也是非常重要的，风扇使用的轴承形式在此显得非常重要。高速风扇一律使用滚珠轴承（Ball bearing）而低速风扇则使用成本低廉的含油轴承（Sleeve bearing）。

含油轴承风扇只用一个轴承；而滚珠轴承风扇都需要两个轴承，单滚珠轴承，是“1 Ball + 1 Sleeve”，依然带有含油轴承的成分。比单滚珠更高级的是双滚珠轴承，即 Two Balls。含油轴承寿命一般为 10000 小时，单滚珠轴承为 30000 小时，双滚珠轴承为 50000 小时以上（环境温度均设定在 25℃ 以下时）。风扇使用的含油轴承由铜基粉末烧结而成，使用含油轴承需加润滑油以减少滑动摩数，润滑油由锂基润滑脂加特制机油调制而成。随着长时间的运转，轴承内的机油会挥发而变干，摩擦系数增大，风扇运转受影响，可能出现异音，转速偏慢甚至不转现

象。而滚珠轴承由滚动摩擦取代了滑动摩擦，摩擦系数小并克服了摩擦系数容易变的缺点，因而运转稳定性强，寿命相对要长得多。

散热风扇的常见轴承有：滚珠轴承，含油轴承，磁悬浮轴承。

滚珠轴承

滚珠轴承（Ball Bearing）改变了轴承的摩擦方式，采用滚动摩擦，两个铁环中间有一些钢球或者钢柱，并辅以一些油脂润滑。这一方式更为有效的降低了轴承面之间的摩擦现象，有效提升了风扇轴承的使用寿命，也因此将散热器的发热量减小，使用寿命延长。所带来的缺点就是工艺更为复杂，导致成本提升，同时也带来更高的工作噪音。

单滚珠轴承

单滚珠轴承(1 Ball+1 Sleeve Bearing) 是对传统含油轴承的改进，采用滑动摩擦和滚动摩擦混合的形式，其实就是用一个滚珠轴承搭配一个含油轴承的方式来降低双滚珠轴承的成本，它的转子与定子之间用滚珠进行润滑，并配以润滑油。它克服了含油轴承寿命短，运行不稳定的毛病，而成本上升极为有限。单滚珠轴承吸收了含油轴承和双滚珠轴承的优点，将轴承的使用寿命提升到了 40000 小时，缺点是在加入滚珠之后，运行噪声有所增大，但仍小于双滚珠轴承。

双滚珠轴承

双滚珠轴承(2 Ball Bearing) 属于比较高档的轴承，采用滚动摩擦的形式，采用了两个滚珠轴承，轴承中有数颗微小钢珠围绕轴心，当扇页或轴心转动时，钢珠即跟着转动。因为都是球体，所以摩擦力较小，且不存在漏油的问题。双滚珠轴承的优点是寿命超长，大约在 50000-100000 小时。抗老化性能好，适合转速较高的风扇。

双滚珠轴承的缺点是制造成本高，并且在同样的转速水平下噪音最大。双滚珠轴承和液压轴承的封闭性较好，尤其是双滚珠轴承。双滚珠轴承被整个嵌在风扇中，转动部分没有与外界直接接触。在密封的环境中，轴承的工作环境比较稳定。因此 5000 转级别的大口径风扇几乎都使用双滚珠轴承。不过液压轴承由于具备独特的还回式油路，所以润滑油泄露的可能性较小，根

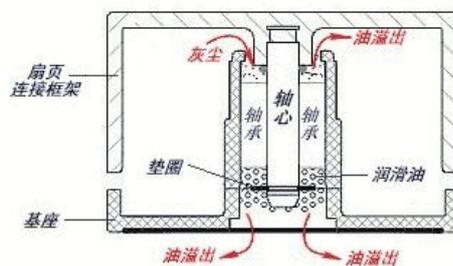
本不用过多担心。

含油轴承



含油轴承（Sleeve Bearing）是使用滑动摩擦的套筒轴承，使用润滑油作为润滑剂和减阻剂。可以说是现在市场上最常见的一种轴承技术，由于成本低廉，制造简单，不少产品包括知名品牌都还在继续使用中。

含油轴承初期使用时运行噪音低，制造成本也低。但这种轴承使用时间一长，由于油封的原因，润滑油会逐渐挥发，而且灰尘也会进入轴承，从而引起风扇转速变慢，噪音增大等问题，严重的还会因为轴承磨损造成风扇偏心引发剧烈震动。出现这些现象，要么打开油封加油，要么就只有淘汰另购新风扇。平均寿命只有 8000~1500 小时，与滚珠轴承相比有较大差距。



中关村在线
ZOL.COM.CN

含油轴承又分为传统含油轴承、液体动压轴承和陶瓷轴承，之所以这样划分，主要是这几种轴承在设计及工艺上存在一定的差异，传统含油轴承是普通型套筒轴承，目前很多应用在 PC 上的风扇都采用这种轴承，液体动压轴承在原来传统工艺基础上在轴心和轴承上均增加油槽，让

润滑油可以在内部循环自润, 同时在结构上增加挡油圈、封闭油封及羊毛毡等延缓润滑油挥发。

轴承比较

项目	滚珠轴承	含油轴承
轴承工作方向	任何方向	水平方向
使用转速	中及高转	低转
声音区别	开始时噪音较大 长期使用噪音会变小	开始时噪音较小 长期使用噪音
工作温度	-10 ° C ~ +70 ° C	0 ° C ~ +60 ° C
储存温度	-40 ° C ~ +75 ° C	-40 ° C ~ +75 ° C
耐磨损	较耐磨损	不耐磨损
寿命	50,000 小时	30,000 小时
成本	高	低
量产	组件多, 加工不易	简单, 快速
未来发展	良好且稳定	不稳定

液压来福轴承

采用液压自动循环油路系统, 通过特殊油路连接轴承与储油槽, 令润滑油形成循环回路, 增加储油量, 避免油流失。是延长风扇寿命的经济型解决方案。

磁悬浮轴承

磁悬浮轴承(Magnetic Bearing)的马达采用磁悬浮(Magnetic System, MS)设计, 是利用磁力作用将转子悬浮于空中, 使转子与定子之间没有机械接触。其原理是磁感应线与磁浮线成垂直, 轴芯与磁浮线是平行的, 所以转子的重量就固定在运转的轨道上, 利用几乎是无负载的轴芯往反磁浮线方向顶撑, 形成整个转子悬空, 在固定运转轨道上。与传统的滚珠轴承、含油轴承相比, 磁轴承不存在机械接触, 转子可以运行到很高的转速, 具有机械磨损小、能耗低、噪声小、寿命长、无需润滑、无油污染等优点, 特别适用于高速、真空、超净等特殊环境中。磁悬浮事实上只是一种辅助功能, 并非是独立的轴承形式, 具体应用还得配合其它的轴承形式, 例如磁悬浮+滚珠轴承、磁悬浮+含油轴承、磁悬浮+汽化轴承等等。

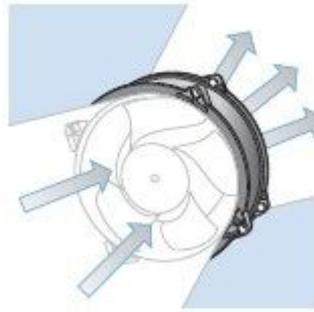
离心风扇



离心风扇工作时, 叶片推动空气以与轴相垂直的方向(即径向)流动, 进气是沿轴线方向, 而出气却垂直于轴线方向(如上图所示)。大多数情况下, 使用轴流风扇就可以达到冷却效果, 然而, 有时候如果需要气流旋转 90 度排出或者需要较大的风压时, 就必须选用离心风扇。风机严格而言, 也属于离心风扇。

其特点: 有限流率, 高风压

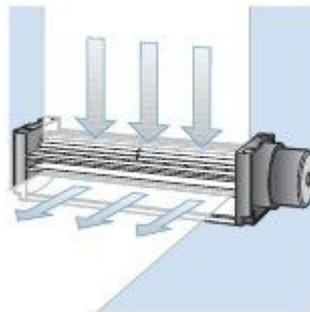
混流风扇



混流风扇又称对角线流向风扇，初一看，混流风扇和轴流风扇没什么不同，其实，混流风扇的进气是沿轴线的，然而出气却是沿轴线和垂轴线的对角线方向（如上图所示）。这种风扇由于叶片和外罩称圆锥形，因此致使风压较高，在相同尺寸和其他可比性能下，与轴流风扇相比，离心风扇的噪声更低。

其特点：高流率和相对较高的风压

贯流式风机



贯流式风风能产生大面积的风流，通常用于冷却设备的大表面。这种风扇的进气和出气均垂直于轴线（如右图）。贯流风机是使用一个比较长的圆桶状扇叶轮进行工作，这个圆桶状扇叶的口径都比较大，因为口径大，才能在保证整体空气循环量的基础上使用比较低的转速，从而，降低由于高速运转带来的噪音。

其特点：低流率，低风压

风扇尺寸规格

尺寸规格通常用一个 4 位数字来描述，例如：4010、4020、5010、9025 等。4 位数字的前两位代表风扇正方形底面的边长；后两位代表风扇的厚度，单位为毫米

风扇的电气参数

启动电压，即风扇最小可启动电压，输入该电压风扇马达产生的转矩可达到启动所需要的最小转矩。同尺寸风扇转速较低，启动也相对困难一些。厂商的启动电压通常都定义在室温下。

操作电压范围，指风扇可以运转的电压操作区间。电压操作范围由选用电子零件电压工作范围、电子零件温升和线圈温升决定，同系列风扇一般低速的电压操作范围较大，而最该一档转速的范围会缩小，这是因为在最高转速档电流较大，产生热量较大，从而导致各个电子零件及线圈温升较大，为保证达到安规温升要求和使用稳定性，控制温升而将电压使用范围缩小。

电流涉及到风扇实际功耗，是比较重要的参数。风扇的电流分为启动电流 (in-rush current)、额定电流 (rated current) 和安规电流 (safety current)，其中额定电流和安规电流一般会标注在规格书上，而启动电流通常都不会标注，启动电流有时比额定电流小，有时比安规电流大，所以有时会影响到整机的运转，部分风扇采用了软启动 (soft-start) 设计，启动电流较小不会影响到整机开局。

功耗就是使用时电压和电流的乘积。应用到电源上的风扇其功耗值尤其重要，因为电源本身提供功率，风扇消耗功率，减小功耗就意味着增加了输出，提高了电源利用效率。一般如果没有特殊要求应选用风压较小、风量合适的风扇，这样耗掉的功率相对较低，噪音也较小。

转速是风扇的基本参数，同尺寸风扇转速越高风压风量及噪音值也就越大，所产生的电流及功耗也就越大，转速的单位是 RPM (Revolution per minute)。转速数据一般用转速计测量，有时也用散频仪测量，在电路可以以风扇的 FG (F00) 信号侦测，风扇失效停转侦测则一般采用 RD (R00) 信号。风扇转速控制方式一般包括有调压控制、PWM 脉冲控制 (又分为 IC 控制和 MCU 控制)、逻辑控制和电压控制四种。在轴流风扇 PQ 曲线上存在一个失速区，一般应用需要避开这个区域，因为失速区的风压风量及转速均不稳定，而噪音值则较大。

风扇基本原理

因为最终主动散热器都需要通过风扇的强制对流来加快热量的散失，因此一款风扇的好坏，对整个散热效果起到了决定性的作用。配备一个性能优良的散热风扇也是保证机器顺利运转的关键因素之一。

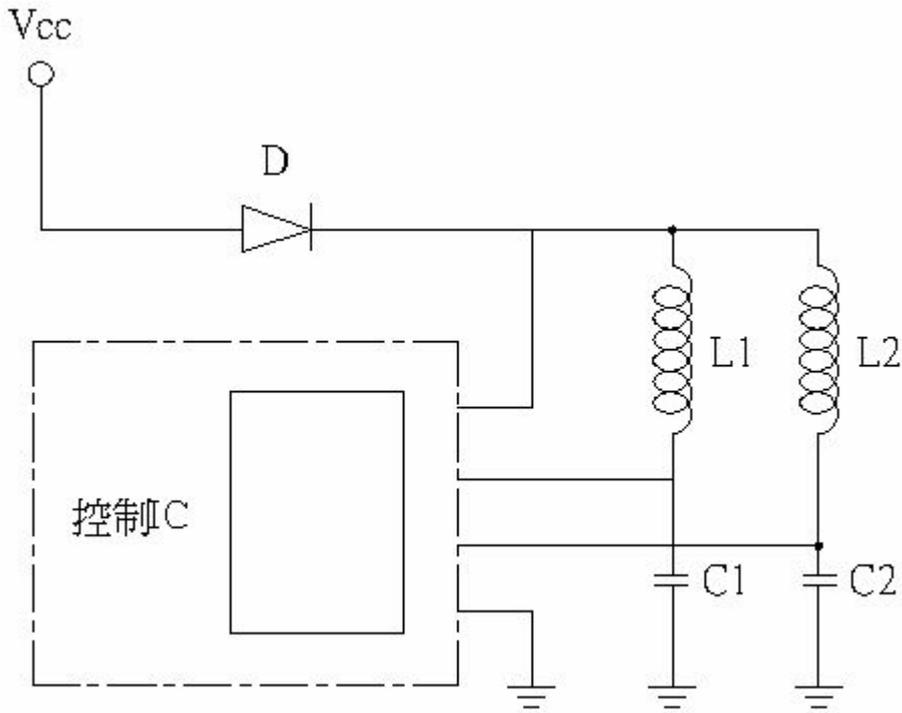
DC 风扇运转原理：

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。当吸斥力大于风扇的静摩擦力时，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。

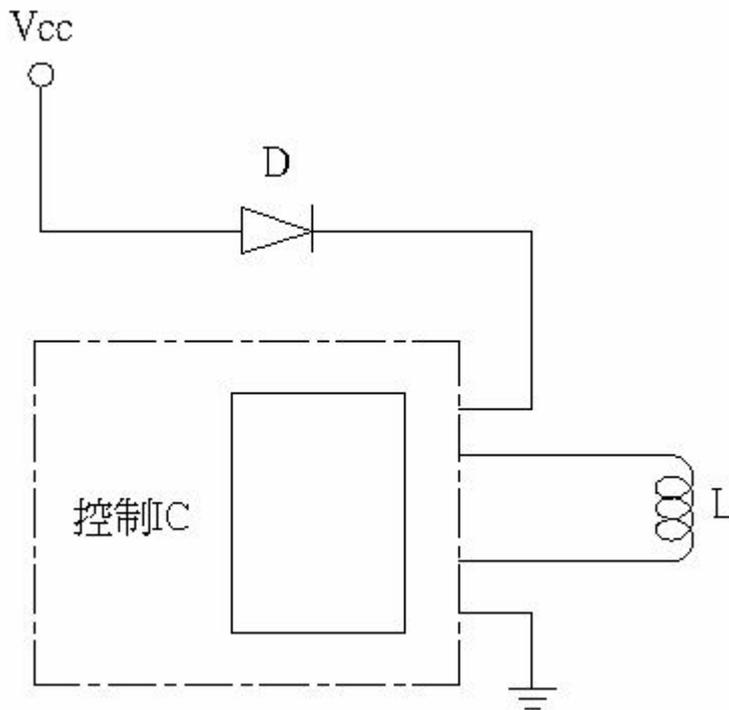
典型直流风扇控制电路

直流的风扇控制电路中应该有许多半导体无件，现在已经收纳在一个或多个 IC 里面，有许多厂商专门设计制造出很多型号控制马达 IC 供给风扇电路者设计使用。不同型号的 IC 控制电路不一样，但主要目的都是为更有效的控制和保护提供线圈的有效功能及风扇相关特性需求。

◆双线圈控制



◆单线圈控制



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。

我们常用的风扇散热器上应用的都是 DC 风扇。而一般一款好的风扇主要考察风量、转速、噪音、使用寿命长短、采用何种扇叶轴承等。下文将对这些参数分别加以说明。

散热风扇性能

制造商所提供的最大风压是指无风量输出时的风压，最大风量是指在自由场（空气自由流动，无阻碍的情况）条件下的风量输出，而标注噪音值即该条件下的噪音值，而实际应用中由于散热部件会阻碍空气的流动，造成一定的阻抗，克服该阻抗，风扇需要工作在一定风压下。实际上风扇就是在一定风压条件下输出风量，供部件散热，此时的风量可能在 0~1 倍最大风量之间，而噪音可能比自由场下的噪音大。

对于同一个系列的风扇，在转速差异不超过 30%的情况下，上述参数近似存在以下关系式：

$$Q1/Q2=N1/N2; P1/P2=(N1/N2)^2; DB2=DB1+60*Lg(N2/N1)$$

（其中 Q--风量、P 为风压、N 为转速、DB 为噪音值）

以下为各个性能的介绍：

功率

功率即风扇单位时间内所消耗的能量（电能），单位为 W-瓦。

额定工作电压与最大电流，将两个数值相乘即可得到风扇额定电压下的最大功率。

功率低，风扇电机发热量减少，可增加风扇的寿命。

启动电压

启动电压是指当突然通电后，能够使风扇启动的最小电压。

因板卡提供的电压可能会不稳定，启动电压越低，可确保在电压不稳时，能低压激活启动风扇。

常规风扇的启动电压都在 7V 以下。

风量

风量是指风扇通风面积与该面积平面速度之积。通风面积是出口面积减去涡舌处的投影面积。平面速度是气流通过整个平面的气体运动速度，单位是米/秒。平面速度一定时，扇叶叶轮外径越大，通风面积越大，风量则越大。风量越大，冷空气吸热量则越大，空气流动转移时能带走更多的热量，散热效果越明显。

简单的说风量是指风冷散热器风扇每分钟排出或纳入的空气总体积，如果按立方英尺来计算，单位就是 CFM；如果按立方米来算，就是 CMM。散热器产品经常使用的风量单位是 CFM（约为 0.028 立方米/分钟）。50x50x10mm CPU 风扇一般会达到 10 CFM，60x60x25mm 风扇通常能达到 20-30 的 CFM。

在散热片材质相同的情况下，风量是衡量风冷散热器散热能力的最重要的指标。显然，风量越大的散热器其散热能力也越高。这是因为空气的热容比率是一定的，更大的风量，也就是单位时间内更多的空气能带走更多的热量。当然，同样风量的情况下散热效果和风的流动方式有关。

1、风量单位

CFS: Cubic Feet Per Second, 立方英尺/秒 (ft³/s)

CFM: Cubic Feet Per Minute, 立方英尺/分 (ft³/min)

CMS: Cubic Meter Per Second, 立方米/秒 (m³/s)

CMM: Cubic Meter Per Minute, 立方米/分 (m³/min)

CMH: Cubic Meter Per Hour, 立方米/时 (m³/h)

L/s: Liter Per Second, 公升/秒 (L/s)

L/min: Liter Per Minute, 公升/分 (L/min)

2、风量单位换算关系：

$$1 \text{ CMS} = 60 \text{ CMM} = 3600 \text{ CMH}$$

$$1 \text{ CMM} = 35.3 \text{ CFM}$$

3、风量换算表

CMS	CMM	L/s	L/min	CMH	CFS	CFM
1	60	1K	60k	3.6k	35.3	2.118k
0.0167	1	16.7	1k	60	0.588	35.35
1mili	0.06	1	60	3.6	0.0353	2.118
16.7 μ	1mili	0.0167	1	0.06	588 μ	0.0353
277 μ	0.0167	0.277	16.7	1	9.81mili	0.588
0.0283	1.698	28.3	1.69k	101.9	1	60
0.47mili	0.0283	0.472	28.3	1.698	0.167	1
K=1000 ; mili=0.001 ; $\mu=10^{-6}=0.000001$						

风压

风压即风扇能够令出风口与入风口间产生的压强差，单位一般为 mm water column，即毫米水柱（类似于衡量大气压的毫米汞柱，但由于压强差较小，一般以水柱为单位）。

风压主要取决于扇叶的形状、面积、高度以及转速，前三者的影响较为复杂，于转速的关系则简单直接——转速越快，风压越大。

风扇产品所说明的风量与风压均为理想状态下的最大值，即风扇入风口与出风口之间无压强差状态下的风量（最大风量），以及风扇向密闭气室内吹风，直至风量为零状态下气室与外界气压的差值（最大静压）。它们并非两个孤立的性能指标，而是互相制约着，之间的关系就是流体力学中流速与压强间的关系——风量随着压强差的增大而减小，风量、风压的测量需要借助风洞仪进行。

一般来说，在厂商节约成本的考量下，要设计风扇的风量大，就要牺牲一些风压。如果风扇可以带动大量的空气流动，但风压小，风就吹不到散热器的底部（这就是为什么一些风扇转速很

高, 风量很大, 但就是散热效果不好的原因), 相反地, 风压大则往往意味着风量就小, 没有足够的冷空气与散热片进行热交换, 也会造成散热效果不好。

通常为进行正常通风, 需要克服风扇通风行程内的阻力, 风扇必须产生克服送风阻力的压力, 测量到的压力的变化值称为静压, 即最大静压与大气压的差压。它是气体对平行于物体表面作用的压力, 静压是通过垂直于其表面的孔测量出来的。 而把气体流动中所需要动能转化为压力形式称为动压。为实现送风的目的, 需要有静压和动压。全压为静压与动压的代数和, 全压是指由风扇所给定的全压增加量, 即风扇的出口和进口之间的全压之差。

1、静压单位

N: Newton, $1n=0.101097Kgf$

Pa: Pascal, $Pa=N/m^2$

mmAq: Aq=Aqua(水柱)简称

mmAq 又称 mmH₂O; $1mmAq=1Kg/m^2$

atm: 大气压; 一大气压等于在 0℃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 10332mmH₂O 的压力

bar: $1\ bar=10^5Pa$

$$1\ mm\ Aq = 1\ Kp/M^2 = 9.8\ Pa$$

$$1\ in\ H\ O = 25.4\ mm\ H\ O = 25.4\ mm\ Aq$$

(Aq = Aqueous)

2、静压换算表

Pa	mmH2O	inH2O	mmHg	Kgf/cm ²	atm	bar	Lbf/in ²
1	0.10197	4.017 mili	7.5 mili	10.197 μ	9.869 μ	10 μ	14.5 mili
9.80665	1	39.39 mili	73.558 mili	100 μ	96.78 μ	98.06 μ	1.422 mili
249	25.4	1	1.8683	2.54 mili	2.46 mili	2.49 mili	36.1 mili
133.228	13.5947	0.535	1	1.359 mili	1.3158 mili	1.3332 mili	10.337 mili
98.0665 K	10 K	393.7	990.1	1	0.9678	0.980665	14.2234
101.325 K	10.332 K	407.1	1023	1.03323	1	1.01325	14.696
100 K	10.197 K	401.8	1009.62	1.01972	0.986923	1	14.5038
6.895 K	703.1	27.686	69.61	70.31 mili	68.05 mili	68.95 mili	1
1 in=25.4 cm ; 1Lb=445g ; K=1000 ; mili=0.001 ; μ=0.000001							

3、空气量

送风机单位时间吸入的空气流量称为空气量(Air volume, Air quantity), 通常以 Q(m³/min) 为气体量在吸入空气时特称为空气量, 风扇的场合又称风量。(Capacity) 气体依其压力、温度而改变体积, 所以提到吐出空气量时, 一定要记该场所的压力和温度, 故称吸入空气量。

4、标准状态空气:

温度 20° C、大气压 760mmHg, 湿度 65%的潮湿空气为标准空气, 此时单位体积空气的重量(又称比重)为 1.293Kg/m³

5、基准状态空气:

温度 0° C、大气压 760mmHg、湿度 0%的潮湿空气为标准空气, 此时单位体积空气的重量(又称比重)为 1.293Kg/m³。以 Nm³/min 表示。

在实际应用中, 标称的最大风量, 并不是实际扇热片得到的送风量。风量大, 并不代表通风能力强。因空气流动时, 气流在其流动路径会遇上扇热片或元件的阻扰, 其阻抗会限制空气自由流通。即风量增大时, 风压会减小。因此必须有一个最佳操作工作点, 即风扇性能曲线与风阻曲线的交点。在工作点, 风扇特性曲线之斜率为最小, 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。当然有时为了能减少系统阻抗, 甚至选用尺寸较小的风扇, 也可以获得相同的风量。

风扇转速

风扇转速是指风扇扇叶每分钟旋转的次数，单位是 rpm。风扇转速由电机内线圈的匝数、工作电压、风扇扇叶的数量、倾角、高度、直径和轴承系统共同决定。转速和风扇质量没有必然的联系。风扇的转速可以通过内部的转速信号进行测量，也可以通过外部进行测量。

转速可以影响到风速、风量、风压、噪音、功率，甚至使用寿命。转速越高，风扇性能越强，即风速越快，风量越大，风压越大；同时，转速高，摩擦、振动就多、噪音就大，轴承等损耗设备的寿命就短。因此，在风量满足散热要求的情况下，应尽量使用低转速风扇。

风扇产品就算不标明风量、风压，也都会标明额定转速；一些对各种风扇比较熟悉的玩家更是可以根据一款风扇的尺寸规格、扇叶形状以及转速判断出它的性能。对几种常见尺寸规格的正常轴流风扇略加说明：

边长 6cm，转速约 3500rpm 可获得尚可的风量及可接受的噪音，低于此转速则可能因风量不足而影响散热效果；进一步提高转速至约 5000rpm，可获得不错的风量与风压，但噪音急剧增加；转速超过 6000rpm 便可列入“暴力”扇之列。

1. 边长 7cm，转速约 2500rpm 可获得尚可的风量及较低的噪音，低于此转速则可能因风量不足而影响散热效果；进一步提高转速至约 4000rpm，可获得较大的风量与风压，但噪音急剧增加；转速超过 5500rpm 便可列入‘暴力’风扇。

3. 边长 8cm，转速约 2000rpm 即可获得不错的风量及很低的噪音，即便低于此转速也可保证尚可的风量，充分体现了大口径风扇的优势；进一步提高转速至约 3000rpm，可获得相当不错的风量与风压，噪音仍然较低；转速超过 5000rpm 便可列入“暴力”扇之列，噪音急剧增加，挑战人耳的忍耐极限。

4. 边长 12cm，转速约 1200rpm 即可获得不错的风量及很低的噪音，低于此转速虽然风量尚可，但风压较弱，所幸多用于液冷散热排等风道式散热片，用于计算机开关电源散热则对空气流动设计提出了一定要求；进一步提高转速至约 1500rpm，即可获得较大的风量，噪音仍可接受；转速超过 2000rpm，便可获得

颇大的风量，风压尚可，碍于扇叶较大等不利条件，噪音会急剧增加。

5. 9cm（边长 92mm）轴流风扇扇叶尺寸与过风面积较 8cm 增加不多，但在同等的风量下较 8cm 风扇噪音更低，受到了小范围的青睐，不过并不常见。

另一种较常见散热风扇——出风口边长 8cm 的涡轮风扇：

转速约 1500rpm 即可获得不错的风量及较低的噪音，低于此转速则可能因风量不足而影响散热效果；进一步提高转速至约 2500rpm，可获得不错的风量，且风压较大，噪音勉强可接受；转速超过 3500rpm 便可列入“暴力”扇之列，由于特殊的设计结构，噪音已可与 8cm 轴流“暴力”扇比肩，挑战人耳的忍耐极限。

风扇噪音

除了散热效果之外，风扇的工作噪音也是人们普遍关注的问题。风扇噪音是风扇工作时产生杂音的大小，受多方面因素影响，单位为分贝 (dB)。通常一般嘈杂大街为 90 分贝，普通会话为 60 分贝，深夜、图书馆为 30 分贝，噪音控制好的风扇应在 27 分贝以内为宜，越低越好。噪音值的单位为 dB (A)，它通常可用噪音计测量得到。

风扇噪音与摩擦力、空气流动有关。风扇转速越高、风量越大，造成的噪音也会越大，另外风扇自身的震动也是不可忽视的因素。当然高品质的风扇的自身震动会很小，但前面两个者却是难以克服的。要解决这个问题，我们可以尝试使用尺寸较大的风扇。应在在风量相同的情况下，大风扇在较低转速时的工作噪声要小于小风扇在高转速时的工作噪声。另外一个我们容易忽略的因素是风扇的轴承。由于风扇高速转动时转轴和轴承之间要摩擦碰撞，不但产生噪音，而且影响性能，缩短器件寿命。

一、风扇噪音的来源：

1. 振动

一般采用塑料制作的风扇扇叶具有一定的韧性，可以承受一定程度的物理形变，同样也会在推动空气过程中因受力发生振动，但幅度一般较小。

另一种较为严重的振动则是由于扇叶质量分布不均，质心与旋转轴心存在偏心距所致。当扇叶

面积（质量）或偏心距较大的情况下，会带动风扇整体发生振动。

对超出平衡等级的扇叶，可通过扇叶平衡校正仪来校正。

2. 风噪

风扇工作时，由于叶片周期性地承受出口不均匀气流的脉动力作用，产生噪声；另一方面，由于叶片本身及叶片上压力的不均匀分布，转动时对周围气体及零件的扰动也构成旋转噪声；气体流经叶片时产生湍流附层面、旋涡及旋涡脱离，引起叶片上压力分布的脉动而产生涡流噪声。这三种原因所引起的噪音可以综合性地称为“切风噪音”，一般风量风压大的风扇，其切风噪声也较大。

简单的说就是流动的空气之间互相冲扰，与周围物体发生摩擦，叶片对气流的分离作用，周期性送风的脉动力等，都会产生噪音。空气流速越快，湍流越多，往往风噪也越大，而且会随着风速的提高呈加速度增大。

3. 异音

风噪听起来只有单纯的风声，而异音则不同，风扇运转时，除风声外，若还有其它声音发出，即可判断风扇出现了异音。异音可能因轴承内有异物或变形，以及组装不当而出现碰撞，或电机绕组缠绕不均，造成松脱，都可能产生异音。

异音检测普遍用耳听的方法，主观因素较大，不容易识别，也易引起争议，通常以建立限度样品为标准，检验人员需经过培训后可以上岗作业

二、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。

风扇 FG 信号

风扇除正负两条电源线以外，还有第三条导线，输出 FG 信号。

FG 信号的作用是供主板计算风扇的转速，还有当风扇出现异常停止转动时，信号线输出高压信号反馈给主板报警。

3Pin 风扇无方波或波形有长短波，突波，都可能导致主板无法测速或出现测速误差。

风扇的 PWM 信号

4Pin 接口将提供 PWM(风扇转速模组)，新一代 PWM 模组采用以电源的频率范围来调整其功率，而没有采用较为常见的减少电压方式，令风扇不会因为经常改变电压而损坏。

在很多 i915/i925X 主板来看，未来风扇的接口将逐渐从 3Pin 向 4Pin 转变。当然，并不是说 3Pin 接口的风扇不能用于 4Pin 接口，只要插前三个针角就可以了

有经验的朋友知道，以往的风扇都是 3pin 的，其中的功能是，一个电源，一个接地，一个是

信号线，用来向主板发送风扇转速的信息。那么 4pin 风扇多出来的一根线是做什么的呢？这根线就是 Intel 在 socket T 架构的原包风扇中采用的 PWM 智能温控风扇的 PWM 信号线。下面就来简单介绍一下 PWM 风扇的技术背景，

功能特点，和简单原理。

1. PWM 的技术背景

随着 CPU 技术的发展，更多的晶体管和更高的主频，以及纳米级的工艺，都造成了 CPU 功率的飙升。尤其是第一个走进 90 纳米的 Intel。更高的功率，就需要更好的散热设备。Intel 为了对付 prescott 核心，开始从多方面加强散热，比如 38 度机箱，比如 BTX，比如 9CM 风扇的主流应用，其中 PWM 技术，是最重要的技术之一。

传统的温控风扇是利用风扇轴承附近的测温探头侦测风扇的进风口温度，从而对风扇的转速进行调节。这种温控虽然解决了一定的问题，但是存在着精度粗糙，而且温控的转速只能做到高速低速两极变速。

PWM 是脉宽调制电路的简称，它本身并不是一个新技术，在工业控制，单片机上早已经广泛的应用。而 Intel 将他和主板的 CPU 温度侦测相结合，将其应用于散热器风扇的转速精确控制上，取得了良好的效果。

2. PWM 智能温控风扇的功能特点

首先，PWM 风扇调节风扇转速是直接从 CPU 获取温度信息，在风扇上无任何测温装置。根据不同的 CPU 温度，温控风扇会有不同的转速调节与之对应，并且风扇的转速变化可以做到四级五级，甚至更多，基本上是无极变速的感觉。由于是脉宽信号的实时调节，风扇转速的变化非常灵敏，转速和 CPU 温度的变化几乎是同步的。

第二，PWM 风扇在计算机待机的时候，可以保持在一个非常低的转速上。例如原包的 Intel 风扇，在待机时候，CPU 温度在四五十度以下，其转速仅为一千多转，大大降低了运转的噪音。而设计的最高转速，四千多转，只有在 CPU 温度接近极限温度，即 65-67 度时候，才会出现。相比传统的温控风扇有着更大的转速控制范围，更好的解决了噪音和性能的问题。

第三，PWM 温控风扇在开机的瞬间，转速会提升到最高，持续数秒后，降低到待机的低转速水平。这个特点也是 PWM 智能温控风扇的最明显特征，可以用来判断风扇和主板是不是真的具有 PWM 功能，或者其功能是否有故障，甚至可以用来作为真假盒包散热器的参考判断标准。

3. PWM 智能温控风扇的简单原理。

在具有 PWM 功能的主板上，除了原先的测温电路之外，多了一个 PWM 的控制芯片，他的作用是根据测温电路测得的 CPU 温度，发出不同占空比的 PWM 脉冲信号。这个脉冲是一种方波，在一个周期内，此方波信号的高电平时段占整个周期的比例，我们称之为占空比。整个周期都是高电平信号，则占空比为 100%，反之占空比为零。最简单的 PWM 温控电路，在风扇的电路板上多了个控制电路，我们把它简单的理解为一个三极管，其中一级和 PWM 的方波脉冲连接，这个级上如果出现高电平，则三极管另外两极处于导通状态，如果是低电平，则另外两极处于断开状态。如果发出的方波脉冲信号的占空比为 50%，即高电平信号占一个周期的一半时间，那么此三极管在一个周期内就有一半时间处于导通状态。通过此三极管在一个周期内的导通时间长短，我们很容易实现对风扇转速的控制。如果 PWM 的方波脉冲信号的占空比可以做到多种级别，那么风扇的转速也可以做到多种级别。

以上就是最简单的 PWM 智能温控风扇的原理，其中很多地方都简化了，在实际中，不是一个三极管这么简单，还有一个另外的电路和芯片负责此功能，但是其原理都是类似的。我不是电子专业的，上述有什么不专业和不标准的地方，请大家包涵。

4. 最后，有一点需要注意。此只能温控风扇的信息来源是主板的测温电路。但
我们知道，目前各个厂家在测温时候的误差有大有小，温度的补偿也不一样。最后提一句，千万不要把 4pin 的散热器插在 3pin 的电源口使用。这样使用只要插的对，不会有任何危险，但是这样的话风扇就是工作在最高转速的定转速风扇了，噪音。

风扇的寿命

风扇的使用寿命是指散热器产品正常工作的无故障工作时间，优质产品的使用寿命一般都能达到几万小时。在价格和性能差不多的情况下，选择使用寿命长的产品显然更能保护我们的投资。
风扇的寿命由：电机寿命、使用环境、电力供应等各方面因素所组成。

1、送风形式

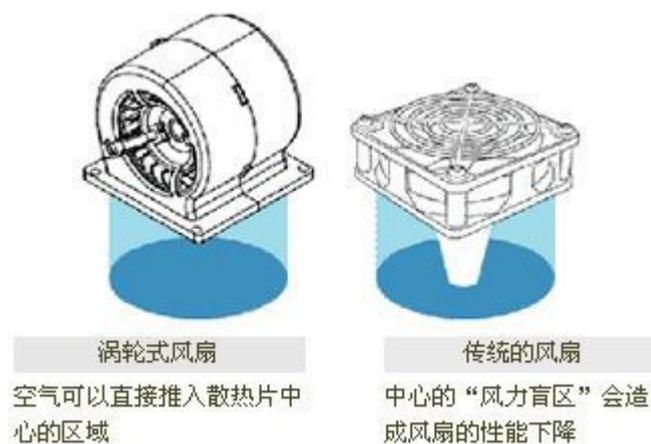
最广泛的形式就是用轴流风机（也就是最普遍的那种风扇）向下鼓风，之所以这么流行是因为综合效果好且成本低廉。如果把轴流风机的方向反过来，就变成向上抽风，在某些特别型号的散热器中会采用这种形式。

两种送风形式的差别在于气流形式的不同，鼓风时产生的是紊流，风压大但容易受到阻力

损失；抽风时产生的是层流，风压小但气流稳定。理论上说，紊流的换热效率比层流大得多，因此才成为主流设计形式。但是气流的运动与散热片也有直接关系。在某些散热片设计中（比如过于紧密的鳍片），气流受散热片阻碍非常大，此时采用抽风可能会有更好的效果。至于采用侧面鼓风的设计，通常不会和顶部鼓风的效果有什么差别。而比较有效的改进方法是建立 CPU 专用的散热风道，这样便不会受到 CPU 附近热空气的影响，相当于降低了环境温度。

轴流风机虽然应用广泛，但是也存在固有的缺陷。轴流风机受电机位置的阻挡，气流不能流畅通过鼓风区域的中部，这称为“死区”。而在典型的散热片上，恰恰中部鳍片的温度最高。由于存在这种矛盾，采用轴流风机时，散热片的散热效果并不充分。

离心风机是与轴流风机完全不同鼓风形式，也逐渐开始使用在 CPU 散热当中，通常被电脑用户称为“涡轮风扇”。这种风扇的优越之处在于很好地解决了“死区”问题。离心风扇与传统风扇的不同之处是其叶片旋转是在垂直的平面内进行的，进风口位于风扇的侧面。散热器底面接收到的气流分布较均匀。



离心风机的鼓风方向上没有障碍物，所以在各个位置都有同样的气流。同时它的风压和风量的调节范围也更大，转速控制的效果更好。负面的影响和大功率轴流风机一样——价格高、噪音大。

2、改进风道设计

另外一种解决风力盲区的办法是改变风扇的出风方向。传统的散热器安装方式是气流朝

下，即垂直于 CPU。改进风道设计之后，风扇改为侧向吹风，让气流的方向平行于 CPU。

侧向吹风的首要好处是彻底解决风力盲区，因为气流是平行通过散热鳍片的，气流截面的四条边上的气流速度最快，而 CPU 的发热点正好位于一条边上。这样 CPU 散热底座吸收的热量可以被及时带走。另外一个好处是没有反弹的风压（通常向下吹风时，一部分气流冲至散热底面并反弹，这会影响散热器内的气流运动方向，使的热交换的效率受到损失）。热交换效率要高于向下吹

风扇应用及选型

一、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：

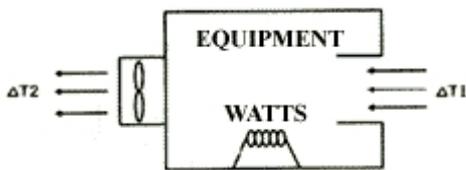
- 必须转换的热量（即温差 DT）
- 抵消转换热量的瓦特数（W）
- 移除热量所需的风量（CFM）

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选用步骤：

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。



风量选择方法

基本常识介绍如下：

- 1 卡等于 1g 重 0℃ 的水使其温度上升 1℃ 所需的热量。
- 2 瓦特的功率工作 1 秒钟等于 1 焦尔。
- 3 卡等于 4.2 焦尔
4. 空气的定压 (10mmAq) 比热 (C_p) = 0.24 (Kcal/Kg℃)
5. 标准状态空气：温度 20℃、大气压 760mmHg、湿度 65% 的潮湿空气为标准空气，此时单位体积空气的重量（又称比重量）为 1200g/M³
6. CMM、CFM 都是指每分钟所排出空气体积，前者单位为立方米/每分；后者单位为立方英尺/每分钟。1CMM=35.3CFM。

基本热转换方程式：

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

其中

H = 热转换量

Cp = 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, 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:

$$\text{CFM} = 3160 \times \text{千瓦} / \Delta T$$

然后得到下列方程式:

$$Q = (P \times 60) / 1200 \cdot 4.2 \cdot 0.24 \cdot \Delta T_c$$

$$Q = 0.05P / \Delta T_c \dots \dots \dots (\text{CMM})$$

$$= 0.05 \cdot 35.3 P / \Delta T_c = 1.76 P / \Delta T_c \dots \dots \dots (\text{CFM})$$

换算华氏度数为: $Q = 0.05 \cdot 1.8 P / \Delta T_f = 0.09P / \Delta T_f \dots \dots \dots (\text{CMM})$

$$= 1.76 \cdot 1.8P / \Delta T_f = 3.16P / \Delta T_f \dots \dots \dots (\text{CFM})$$

$$\Delta T_f \dots \dots \dots (\text{CFM})$$

$$(\Delta T_f = 1.8 \Delta T_c)$$

温升与所需风量换算表

KWh		0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5
DT	DT										
°C	°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

其中°F表示华氏度，°C表示摄氏度（华氏温度与摄氏度之间的关系式： $^{\circ}\text{F}=1.8^{\circ}\text{C}$ ）

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

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

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

例二：设备内部耗电功率为 500 瓦，温差为摄氏 10 度：

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

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

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，以英尺水柱表示。

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

系统的风阻特性曲线，根据流体力学分析风阻，风压与风量的关系为：

$$\Delta P = p \hat{Q}^n$$

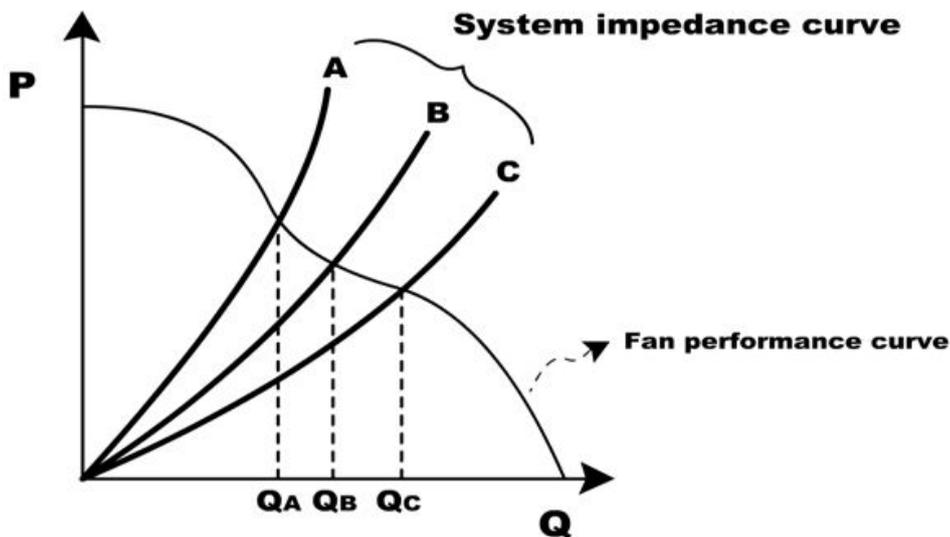
其中 ΔP 为风压，假设密度 p 为常数，则上式可以写成下式：

$$\Delta P = K \hat{Q}^n$$

其中 K 为风阻系数，随系统而定， N 的值在流场中为层流 (LaminarFlow) 时， $n=1$ ；流场为紊流时， $n=2$ ；一般风扇散热系统的流场都是紊流，所以得到：

$$\Delta P = K \hat{Q}^2$$

若画成风压与风量的关系图，其曲线为抛物线，称作风阻曲线（如下图所示），由于风压和风量有这种抛物线形的关系，只要得到一组系统的风压风量值，便可得到整条的系统风阻曲线。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。



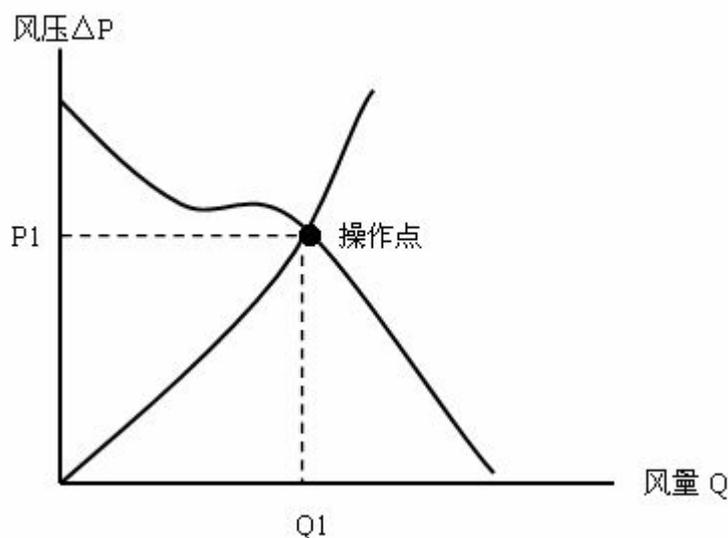
A 为高风阻

C 为低风阻

操作工作点 的设定

前面曾介绍这两种曲线：风扇性能曲线和系统风阻曲线，性能曲线和风阻曲线的交点称作“操作点”，操作点的意义便是风扇装在系统上时所产生的风压风量，如下图：

操作点的风量越大，自然有较优的散热效果，但是还需考虑噪音、空间、功率、成本等因素才能得到一个最佳的设计。



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：

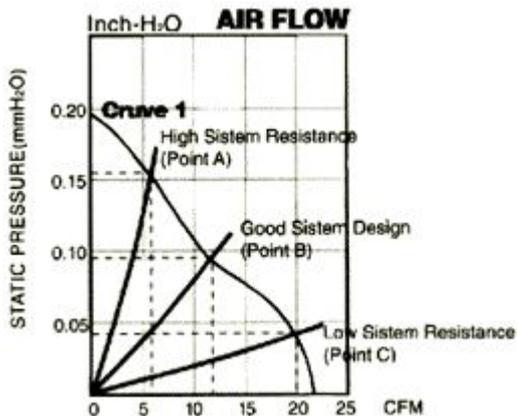
1. 保持空气流动尽量不受干扰，入风口与出风口保持畅通。
2. 引导气流垂直通过系统，以确保气流顺畅而提升冷却效率。
3. 如需加装空气滤网，应考虑其增加的空气流动阻力。

选择最佳风扇的例子：

例一：

图一为典型 SUNON DC 散热扇 60×60×25mm 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。

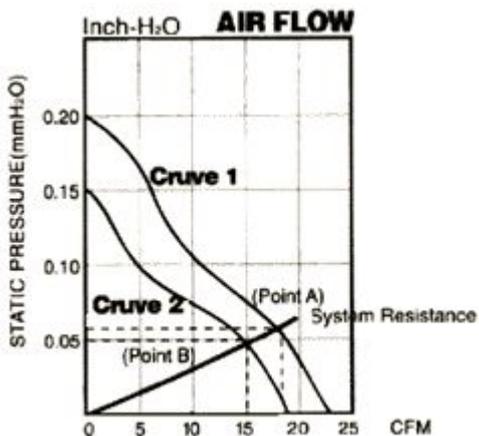
图一：60×60×25mm 中速风扇之特性曲线



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。

图二：60×60×25mm 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。

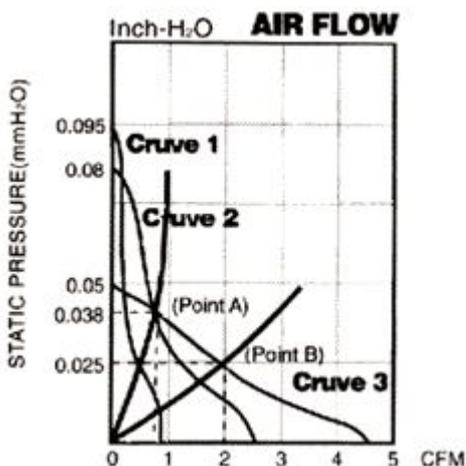
例三：

如图三所示，为 40×40×6mm(曲线三)、30×30×6mm(曲线二)、25×25×6mm(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



系统设计的重点 (吹气式和抽气式)

许多系统都等电路设计完成之后再作考虑风扇的选用, 这时可能已造成先天限制而无法在散热效果上得到满意, 较恰当的做法应该是在设计阶段将风扇/Cooler 列入考虑, 而不是事后再作补救。

气流方式: 散热风扇的使用有吹气式和抽气式两种, 其优劣比较如下:

- ◆ 防尘的比较: 使用吹气式便利在入口装设防尘网阻绝灰尘进入系统, 又由于系统内部处于较高气压下, 系统所有缺口风都会向外吹, 同样起到防尘作用。
- ◆ 散热的比较: 吹气式风扇将风扇的热量带进系统, 抽气式则将风扇所有的热量送到外界。
- ◆ 操作温度的比较: 吹气式风扇在较低温度下操作, 所以能有较长的寿命, 抽气式风扇的操作温度高, 寿命相对短。

◆ 气流比较：风扇在气流吸入部份是平均吸入，而吸出的气流则较集中，使用吹气式便利设计者选择重点散热区域加强吹气

干扰问题

直流风扇在运转时由于电流的切换以及线圈电感的影响，将会产生传导性 EMI，设计者必须注意到是否会与共同电源的线路发生干扰。如果风扇在严重 EMI 的环境下运转，就要考虑一些敏感零件受到幅射 EMI 干扰的可能性，另外，永久磁铁与线圈可能会有少量磁场外溢，即所谓的 UMF，如果刚好靠近一些敏感电路或是 CRT，可能就会对系统造成干扰，提供良好的

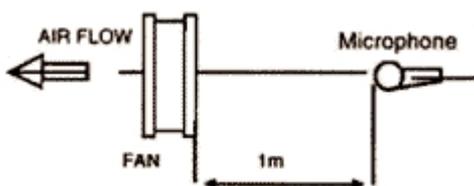
UMF 遮蔽外壳是风扇制造厂商的责任，但是从使用者的角度，替风扇选取适当的位置是减少干扰的有效做法。

降低系统噪音的原则

- ◆ 减少风阻，以免需要更大更快的风扇来达成散热目的。
- ◆ 减少流场干扰，以降低紊流产生的噪音
- ◆ 在相同的风量需求之下，尽量选用尺寸大而转速小的风扇。
- ◆ 使用柔软且富有弹性的材料为风扇和系统做振动隔离，避免振动发出噪音。

噪音值

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：

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

及 $SWL = 10 \log 10W / W_{ref}$

其中 $P =$ 音压

$P_{ref} =$ 基准音压

$W =$ 音源的噪音能量

$W_{ref} =$ 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

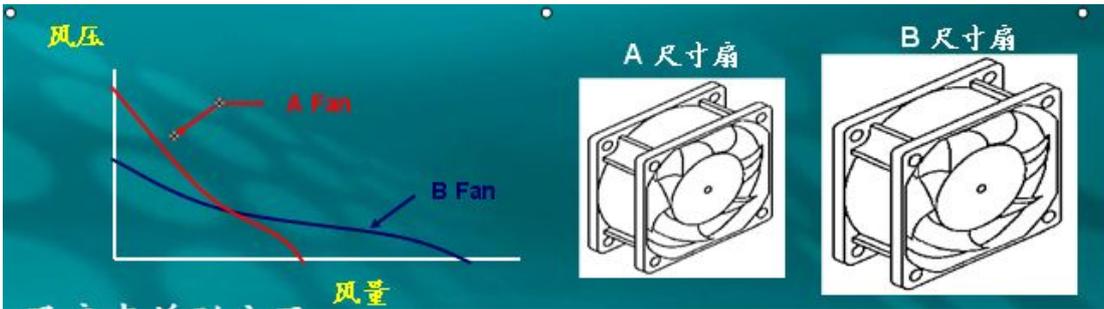
60 ~ 80 dBA 大声

80 ~ 100 dBA 很大声

100 ~ 140 dBA 震耳欲聋

风扇比较应用

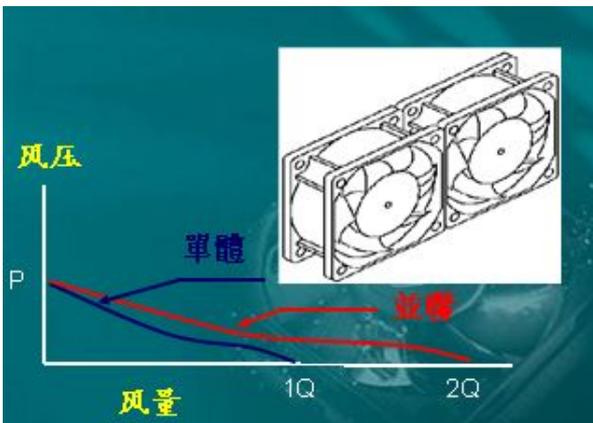
1、不同尺寸的风扇特性去向比较



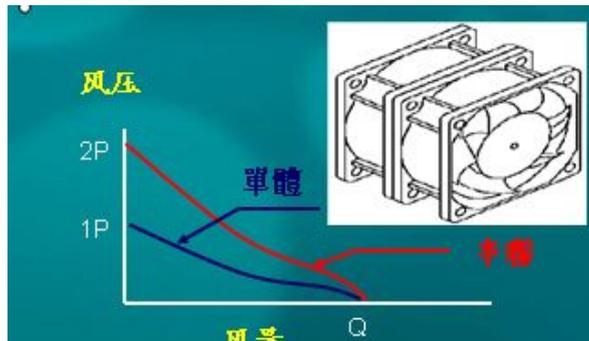
风扇串并联应用

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。

风扇尺寸规格选择注意事项

用户在选择风扇时，尺寸规格方面需要考虑的问题主要有：

1. 能否与散热片实现良好的结合，主要取决于底面的尺寸规格；
2. 散热器能否正常安装，主要取决于风扇增加的体积是否会与其它设备或整体空间冲突；
3. 风扇能否为散热片提供合适的气流，尺寸规格的改变可能会影响风扇气流的覆盖范围、走向等；但具体影响较为复杂，且涉及到多方面的因素，将在后文中相关部分分别说明。

风扇的应用

应用于 notebook cooler: 2010、2507、2510、3007、3010、4007、4010 等。

应用于 GPU\VGA cooler: 4007、4010、5010 等。

应用于 CPU cooler: 5010、5015、6010、6015、6025、7015、7025、8025、9025 等。

应用于 power cooler: 8025、9025、12025 等。

应用于 HDD cooler: 5010、6010、7015 等。

应用于 system cooler: 8025、9025、12025 等。

风扇常见失效

1 风扇不转

风扇不转分为两种情况，一种是通电有电流但不运转，一种是没有电流。造成风扇不转有很多可能的原因，如电路不通(电子零件烧死、电路板不通、引线断线、电路板虚焊、电路板翘皮…等)、感应之霍尔 IC 烧死、磁带未充磁、线圈烧死等，出现情况较多的是电路不通和线圈烧死。检查的时候这两项也比较直观，拆开就可以见到。

造成失效的原因有厂商制程控制不良，导致电子零件烧死及线圈破皮烧死，有 PWB 翘皮和端子接触不良，有耐压测试电压过高，导致失效的，也有线圈断线的情况。

2 风扇时转时不转或半转

风扇时转时不转失效表现为在部分停顿点可启动，部分停顿点不能启动，启动后风扇一会快一会慢，不能到全速。这一般是风扇绕线线圈烧了一组(或有一组断线、接触不良)，或是霍尔 IC 工作不正常，输出有部分损坏。

3 风扇无法启动

风扇无法启动，即上电风扇不能运转。该失效分为两种情况，一种是在最低启动电压不能启动，一般是风扇转子本身充磁不饱满，或磁带和霍尔 IC 感应较差；一种是在额定电压附近无法启动，此时失效可认为和 4.1 的情况一样。

4 风扇声音异常

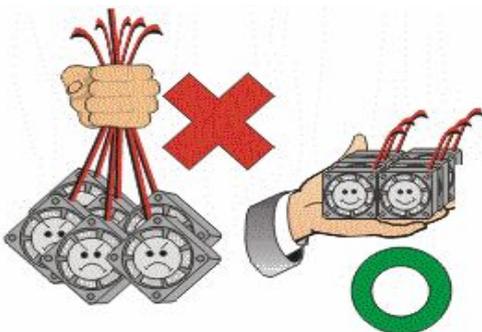
系统设计与风扇干涉或导致风扇严重变形会产生磨擦的声音，由于风扇本身结构上干涉(材料变形、设计余量不足、制程不良)产生的磨擦声音，风扇本身振动较大或风扇与系统共振产生的声音，风扇转速切换产生的声音等都有可能判定为异常的声音。异常声音具体表现形式包括有人耳能感受到的”很响”，”周期性往复的明显高低声(如嗡嗡~嗡嗡~嗡嗡…，吱~吱~吱…)”。

5 风扇可靠性试验失效

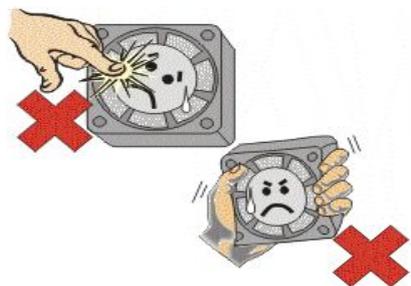
可靠性试验失效，可能不转或者声音异常，一般很少电流超标或转速超过最小值，造成失效的原因基本

风扇使用注意事项

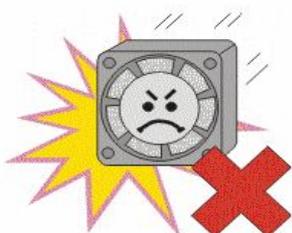
1、取用风扇，拿取外框两侧，不可拉扯导线



取用风扇，不可碰触或挤压扇叶与外框。



风扇严禁掉落地面，或敲击外框任何面。



风扇电源需依照规格电压安装使用



风扇料号编码原则

RA-D-4010-D-M-3 -01

1 2 3 4 5 6 7

1: RA 表示风扇成品代码

2: 表示风扇功能

D: 普通风扇 (General)

B: 鼓风机风扇 (Blower)

T: 温控风扇 (Temperature)

L: LED 风扇 (LED)

A: 自动启动风扇 (Atuo Start)

R: 温控风扇+自动启动风扇 (Temperature and Atuo Start)

P: 带 PWM 功能+自动启动风扇 (PWM and Atuo Start)

O: 其它类型风扇 (Other)

3: 表示风扇外形尺寸规格 (最大尺寸)

3010: 30*30*10 4010: 40*40*10

4020: 40*40*20 5010: 50*50*10

6010: 60*60*10 7015: 70*70*15

4: 表示轴承类型

S: 代表 Sleeve Bearing, 即含油轴承

E: 代表 Long Life Bearing 即来福轴承

B: 代表 1B /1S Bearing, 即单滚珠轴承

C: 代表 Two Ball Bearing, 即双滚珠轴承

D: 代表 Ceramic Bearing, 即陶瓷轴承

5: 表示风扇转速

L: 代表 Low Speed , 即低转速

风扇选型热线: 010-82149008



M: 代表 medium Speed, , 即中转速

H: 代表 high Speed, 即高转速

V: 代表 Very high Speed, 即高转速

6: 表示风扇线材端子

0: 代表引线, 没有端子

2: 代表端子为 2Pin 的线材

3: 代表端子为 3Pin 的线材

4: 代表端子为 4Pin (2510) 的线材

5: 代表端子为大 4Pin 的线材

7: 表示同规格的流水码