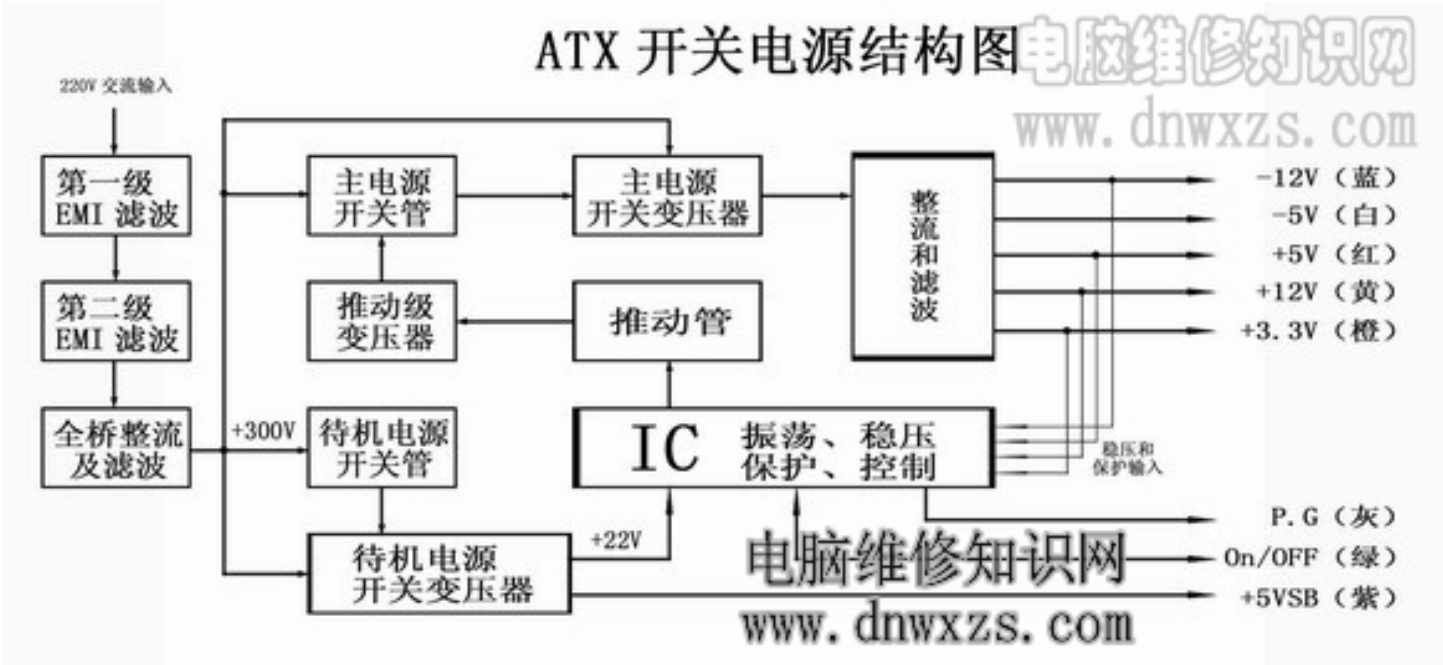


电脑电源工作原理

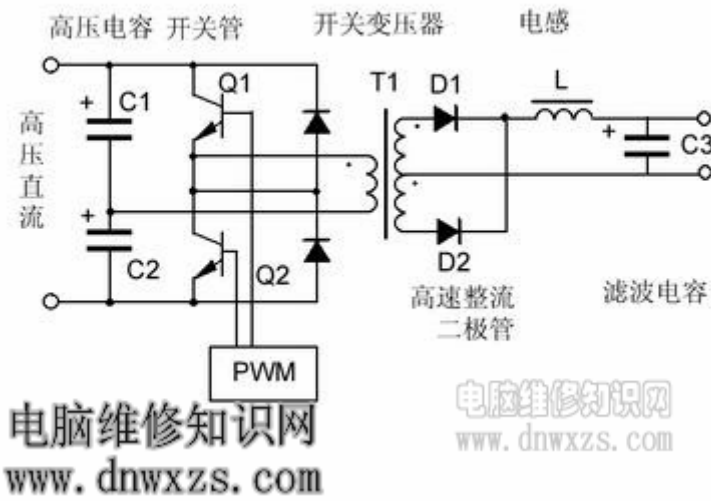
一、开关电源工作原理

ATX 开关电源的原理框图：



上图工作原理简述：

220V 交流电经过第一、二级 EMI 滤波后变成较纯净的 50Hz 交流电，经全桥整流和滤波后输出 300V 的直流电压。300V 直流电压同时加到主开关管、主开关变压器、待机电源开关管、待机电源开关变压器。由于此时主开关管没有开关信号，处于截止状态，因此主电源开关变压器上没有电压输出，上图中的 -12V 至 +3.3V，5 组电压均没电压输出。



但我们同时注意到，300V 直流电加到待机电源开关管和待机电源开关变压器后，由于待机电源开关管被设计成自激式振荡方式，待机电源开关管立即开始工作，在待机电源开关变压器的次级上输出二组交流电压，经整流滤波后，输出+5VSB 和+22V 电压，+22V 电压是专门为主控 IC 供电的。+5VSB 加到主板上作为待机电压。

当用户按动机箱的 Power 启动按键后，（绿）色线处于低电平，主控 IC 内部的振荡电路立即启动，产生脉冲信号，经推动管放大后，脉冲信号经推动变压器加到主开关管的基极，使主开关管工作在高频开关状态。主开关变压器输出各组电压，经整流和滤波后得到各组直流电压，输出到主板。但此时主板上的 CPU 仍未启动，必须等+5V 的电压从零上升到 95%后，IC 检测到+5V 上升到 4.75V 时，IC 发出 P.G 信号，使 CPU 启动，电脑正常工作。当用户关机时，绿色线处于高电平，IC 内部立即停止振荡，主开关管因没有脉冲信号而停止工作。 -12 至+3.3 的各组电压降至为零。电源处于待机状态。

输出电压的稳定则是依赖对脉冲宽度的改变来实现，这就叫做脉宽调制 PWM。由高压直流到低压多路直流的这一过程也可称 DC-DC 变换，是开关电源的核心技术。采用开关变换的显著优点是大大提高了电能的转换效率，典型的 PC 电源效率为 70—75%，而相应的线性稳压电源的效率仅有 50%左右。

二、保护电路的工作原理

在正常使用过程中，当 IC 检测到负载处于：短路、过流、过压、欠压、过载等状态时，IC 内部发出信号，使内部的振荡停止，主开关管因没有脉冲信号而停止工作。从而达到保护电源的目的。

由上述原理可知，即使我们关了电脑后，如果不切断交流输入端，待机电源是一直工作的，电源仍有 5 到 10 瓦的功耗。

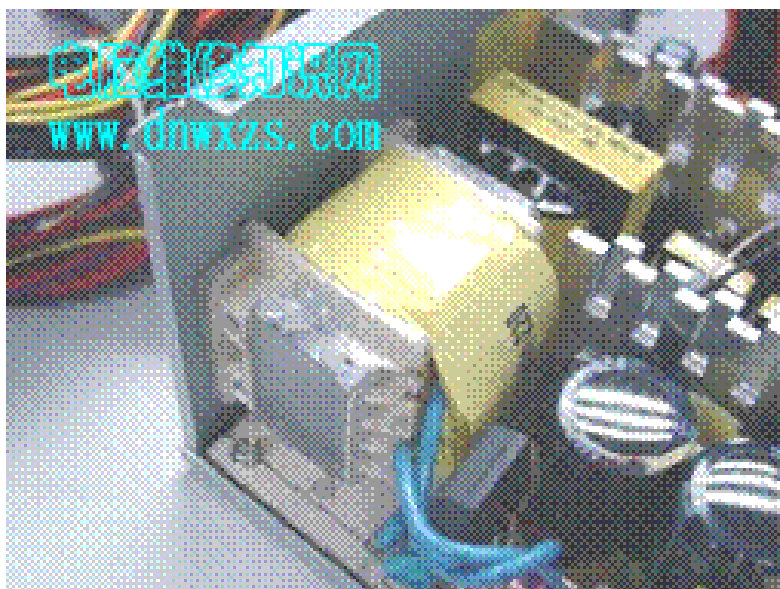
三、内部电路结构

电源的内部电路分为抗干扰电路、整流滤波电路、开关电路、保护电路、输出电路等。

（一）抗干扰电路电源的抗干扰电路位于电源输入插座后，由线圈和电容组成一个滤波电路（如图 1 ），它可以滤除电源线上的高频杂波和同相干扰信号，构成了电源抗电磁干扰的第一道防线。由于这部分电路不影响电源的正常工作，很多便宜的电源会把它省略。随着 3 C 认证制度的实施，在这部分开始增加 P F C （功率因数校正）电路，凡是 3 C 认证的电脑电源，必须增加 P F C 电路。PFC 电路可以减少对电网的谐波污染和干扰。

PFC 电路有两种：有源 PFC 和无源 P F C 。无源 P F C 一般采用电感补偿方法使交流输入的基波电流与电压之间相位差减小来提高功率因数，有源 P F C 由电感电容及电子元器件组成，能够获得更高的功率因数，但成本也相对较高。有源 P F C 电路具有低损耗和高可靠性等优点， 可获得高度稳定的输出电压，因此，有源 P F C 的电源不需要采用很大容量的滤波电容。PFC 电路是面已经提到 PFC，PFC 电路称为功率因素校正电路，功率因素越高，电能利用率就越大，目前 PFC 电路有两种方式：无源 PFC（对称作被动式 PFC）和有源 PFC（主动式 PFC）。

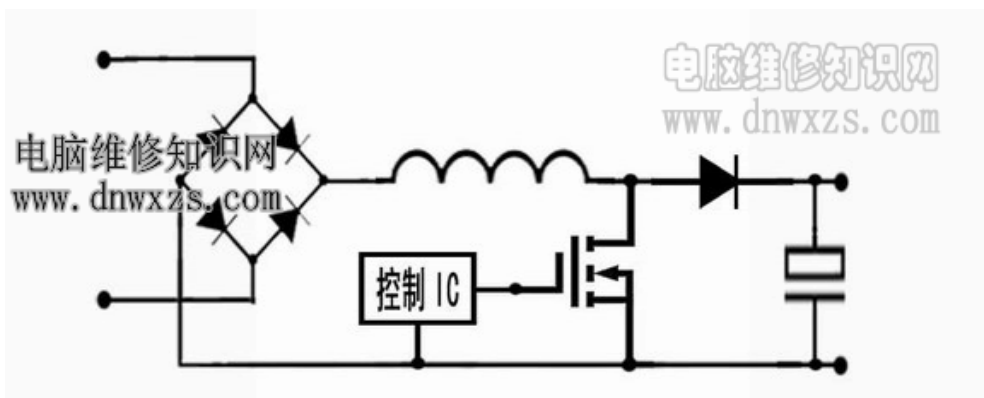
无源 PFC



无源 PFC：通过一个笨重的工频电感来补偿交流输入的基波电流与电压的相位差，强逼电流与电压相位一致。无源 PFC 效率较低，一般只有 65%—70%，且所用工频电感又大又笨重，但由于其成本低，许多 ATX 电源都采用这种方式（参见上图）。



有源 PFC：有源 PFC 由电子元器件组成，体积小重量轻，通过专通的 IC 去调整电流波形的相位，效率大大提高，达 95% 以上。采用有源 PFC 的电源通常输入端只有一只高压滤波电容，同时由于有源 PFC 本身可作辅助电源，因而可省去待机电源，而且采用有源 PFC 的电源输出电压纹波极小。但由于有源 PFC 成本较高，所以通常只有在高级应用场合才能见到。如下图所示：



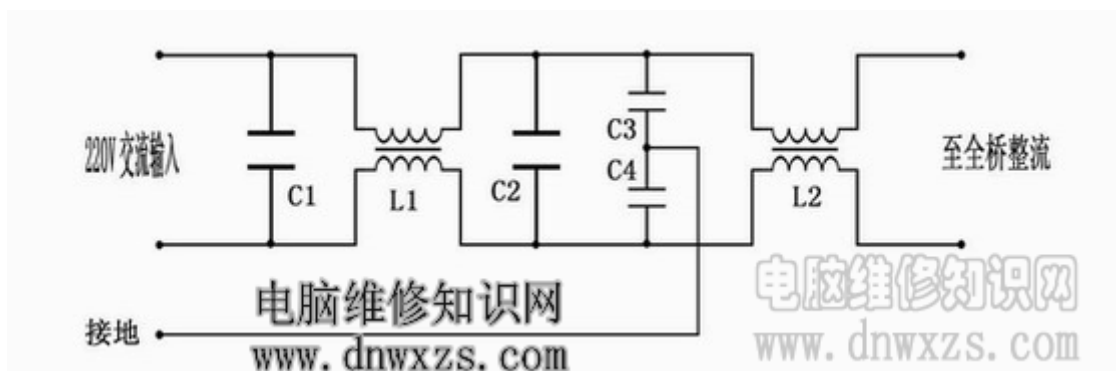
实物图如下图所示：



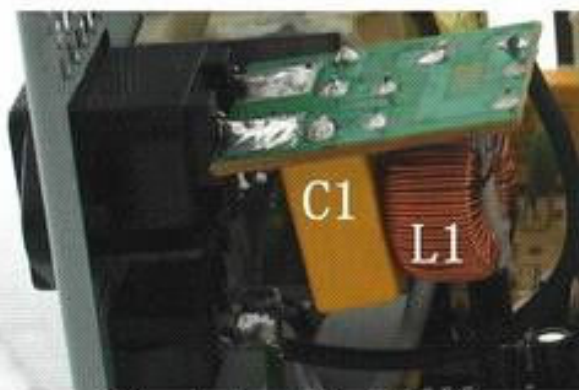
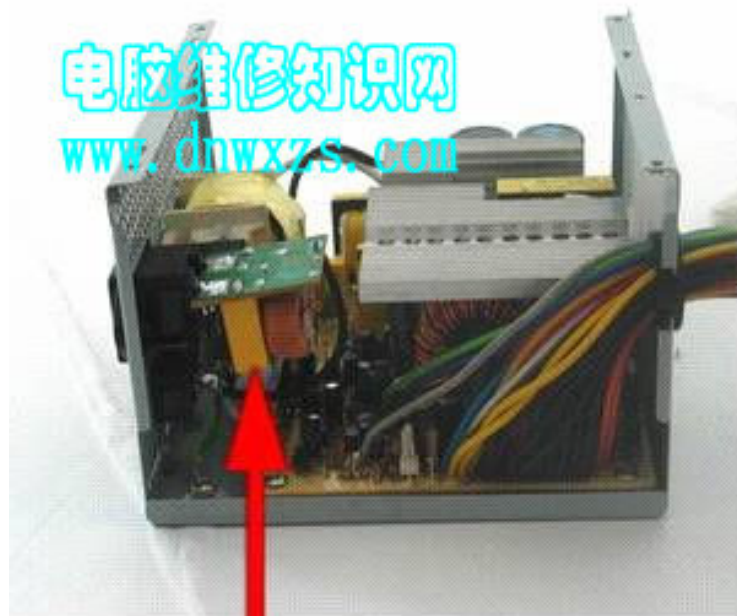


（二）EMI 滤波电路

EMI 滤波器主要作用是滤除外界电网的高频脉冲对电源的干扰，同时也起到减少开关电源本身对外界的电磁干扰。实际上它是利用电感和电容的特性，使频率为 50Hz 左右的交流电可以顺利通过滤波器，但高于 50Hz 以上的高频干扰杂波被滤波器滤除，所以它又有另外一种名称，将 EMI 滤波器称为低通滤波器（彩电上的称法），其意义为，低频可以通过，而高频则被滤除。下面是 EMI 滤波电路的线路图：



上图中的 C1 和 L1 组成第一级 EMI 滤波，C2、C3、C4 与 L2 组成第二级滤波。实物图如下图所示：



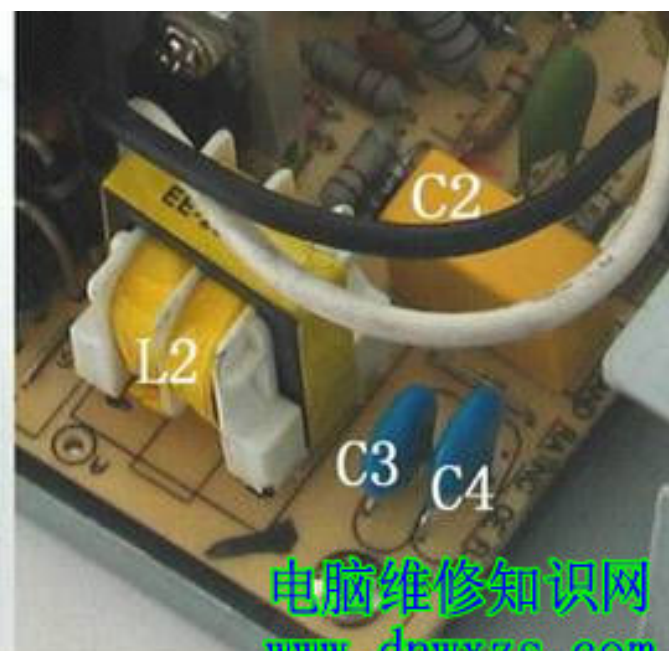
放大后的图象

第一级 EMI 电路



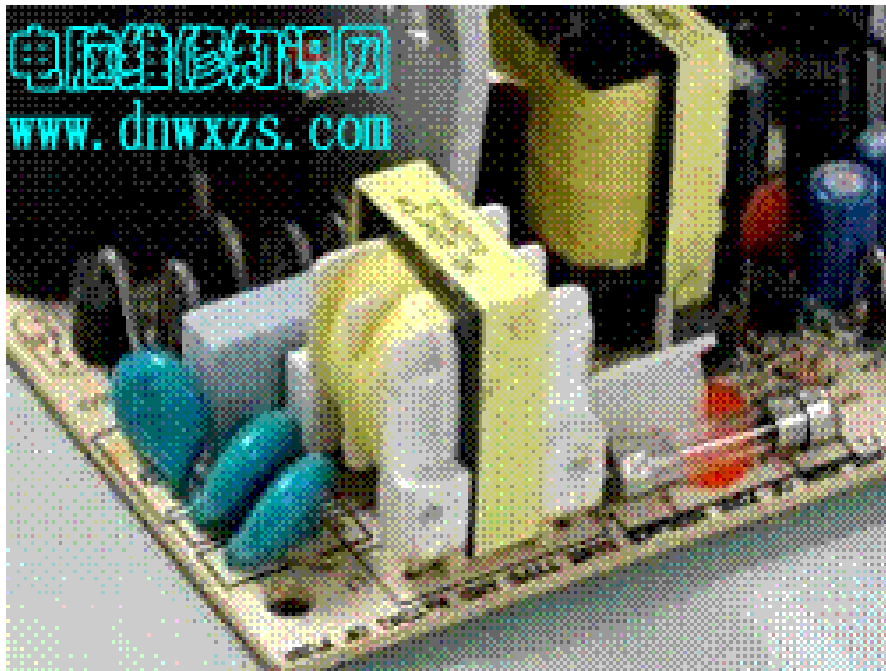


一级 EMI 滤波电路



第二级 EMI 滤波器





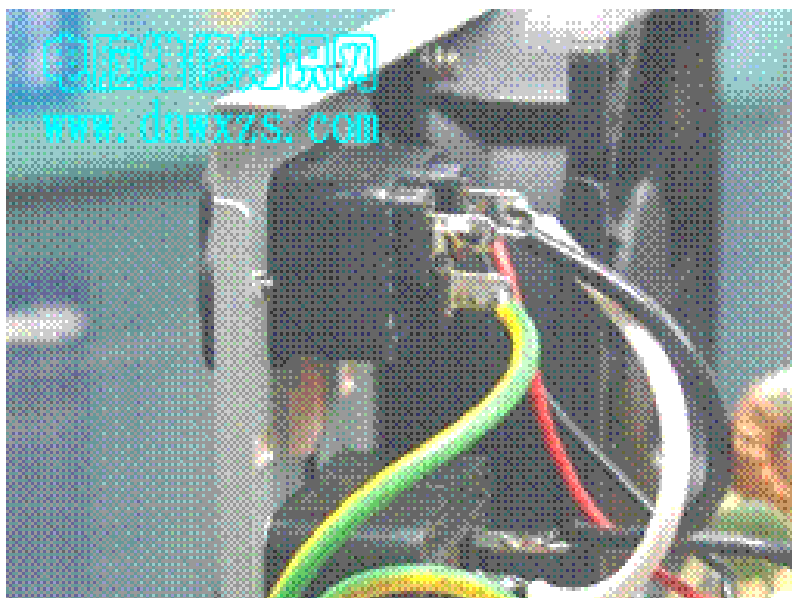
二级 EMI 滤波电路

两道 EMI 滤波电路都做在 PCB 板上的[下图]



在优质电源中，都有两道 EMI 滤波电路，其中一路在电源插座处，另外一路在电源的 PCB 板上(也有把两道 EMI 滤波电路都做在 PCB 板上的情况)，这两道 EMI 电路，可以很好地滤除电网中的高频杂波和同相干扰电流，同时把电源中产生的电磁辐射削减到最低限度，使泄漏到电源外的电磁辐射量不至于对人体或其它设备造成不良影响。劣质电源通常会省去第一级 EMI 滤波电路，甚至连第二级 EMI 滤波电路也省掉。

省掉了第一道 EMI（如下图）



（三）整流滤波电路

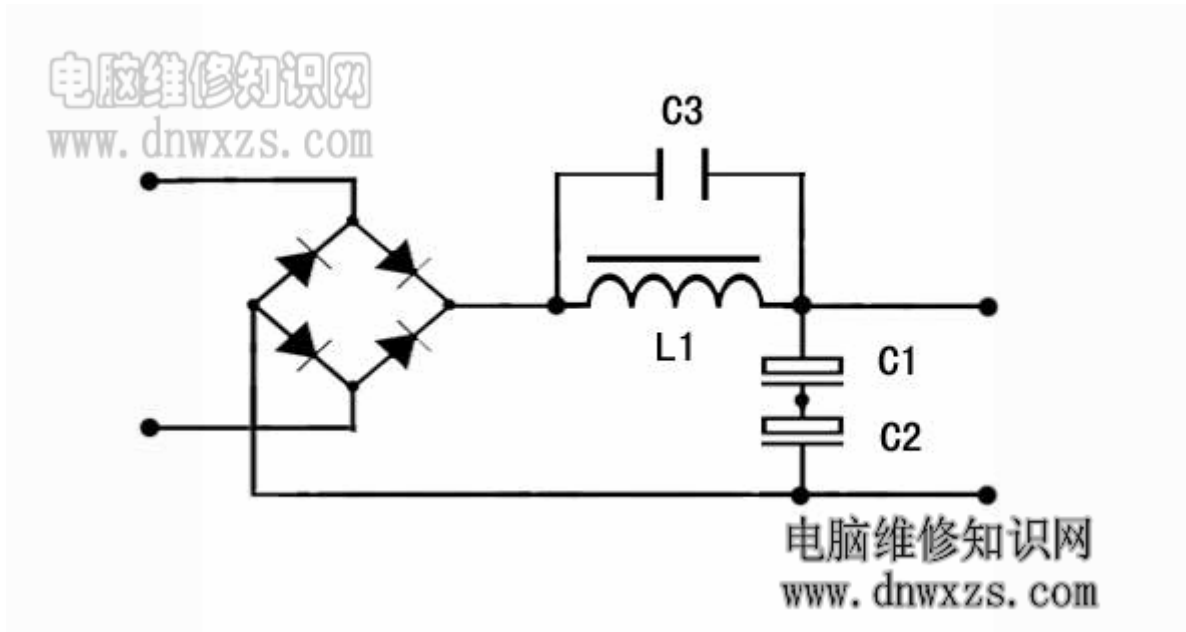
整流滤波电路由一个全桥和两个高压电解电容组成。全桥内部就是四个二极管，它负责把交流电转换成直流电。整流后的直流电波动很大，为了得到稳定的电压，需要用滤波电容滤波，滤波以后，电压就比较稳定了，整流全桥的耐压一般在 600 V 以上，它根据输出功率的大小选择最大电流，全桥后面的两个高大的筒状元件就是高压电解电容，其作用是滤除电流中的杂波，输出平稳的直流电，滤波电容的容量大小和滤波效果有很大关系。容量大的高压电解电容一般在 $470\text{ }\mu\text{ F}$ 以上，如笔者的电源采用了 $680\text{ }\mu\text{ F}$ 容量的高压电容（如图 2 ）。



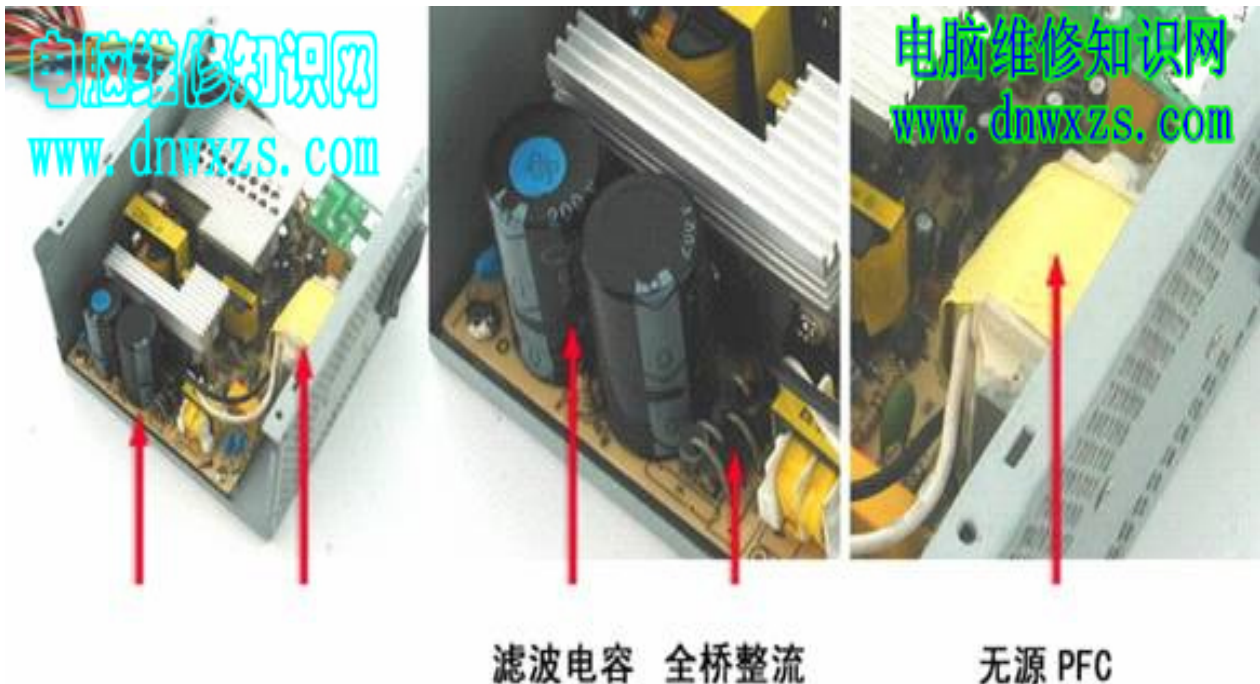
（四）桥式整流和滤波

将输入端的交流电转变为脉冲直流电，目前有两种型式，一种是用四个二极管组成桥式整流电路；另一种是将四个二极管封装在一起。两种接法效果都一样，二极管的正向导通电流不小于 1A，反向击穿电压不小于 700V。

高压部分的滤波主要由电容组成，一般有二个电容：200W 电源，电容 $\geq 330\mu\text{F}$ ；250W 电源，电容 $\geq 470\mu\text{F}$ ；300W 电源，电容 $\geq 680\mu\text{F}$ 。如图所示：



上图，L1 和 C3 组成无源 PFC 电路，C1、C2 为滤波电容。实物图如下图：



高压滤波电容



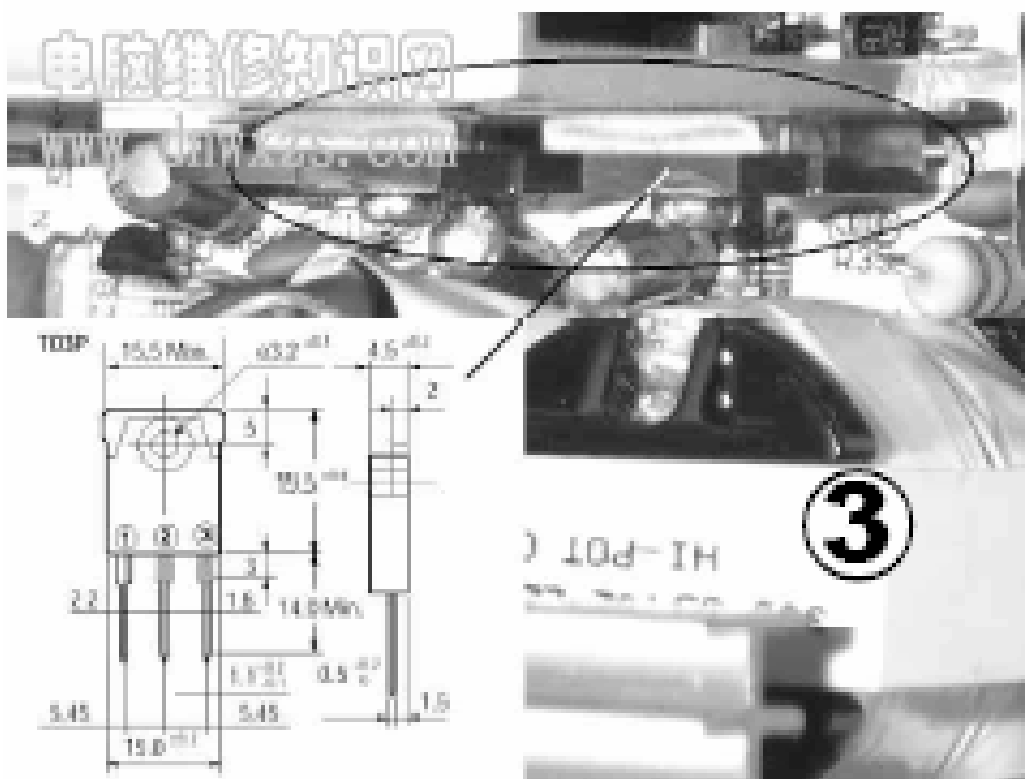
低压滤波电容

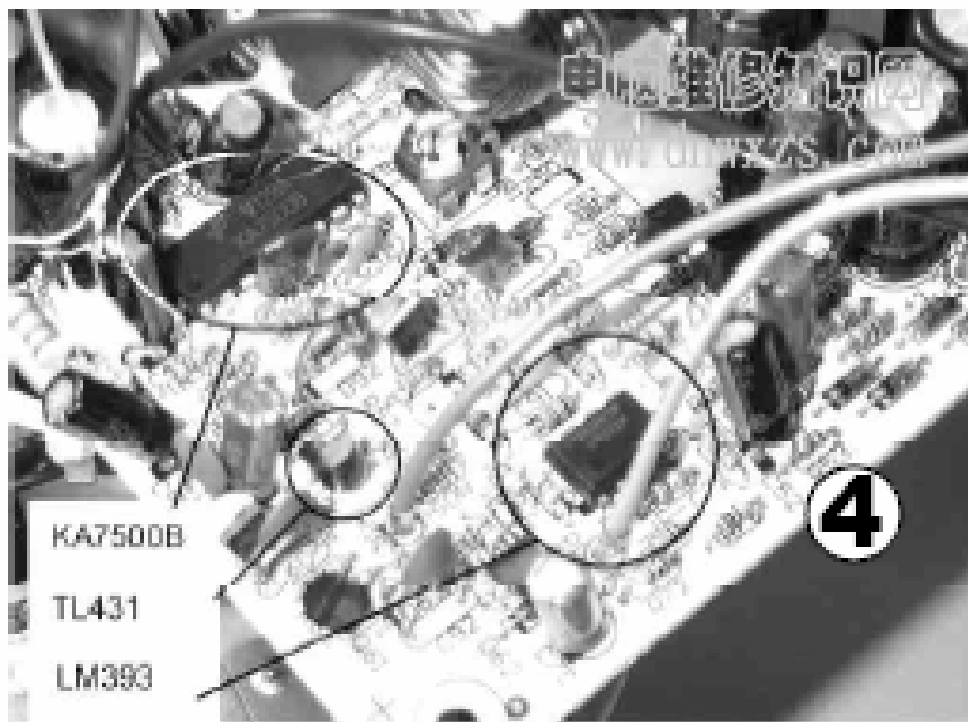


劣质电源使用小容量的滤波电容,以降低成本,如 200W 只用 220uF,300W 只用 470uF,甚至使用旧电容来降低成本。PFC 电感量不足或省掉 PFC。

（五）开关电路

开关电路是电源的核心部分。主要由开关管、P W M 控制芯片、开关变压器和高频整流二极管组成。由开关管和 P W M 控制芯片构成振荡电路，产生高频脉冲，经开关变压器得到多组输出，各组输出经高频整流二极管整流得到不同的电压（如图 3）。开关电路的输出端和输入端有反馈电路，因而电路可根据输出端反馈的信号自动调整振荡频率，从而影响输出电压。当输出电压偏高时，振荡频率会因反馈信号而降低，从而使输出电压也降低，反之亦然。通常电压功率大的话，开关变压器的体积也会大一些。P W M 控制芯片用于驱动开关管输出的工作电压，该控制芯片的型号往往是 TL494 或相同功能的 KA7500B（如图 4），辅助的电路还包括基准电压电路、取样电路、比较电流和保护电路。





由于开关电源的开关管只工作在“开”和“关”两种状态，关的时候几乎不消耗功率，而开的时候由于自身压降很小，所以自身的损耗也很小，这就是开关电源发热量低、效率高的原因。高频开关变压器同样是整个电路中的核心部件（如图 5）。

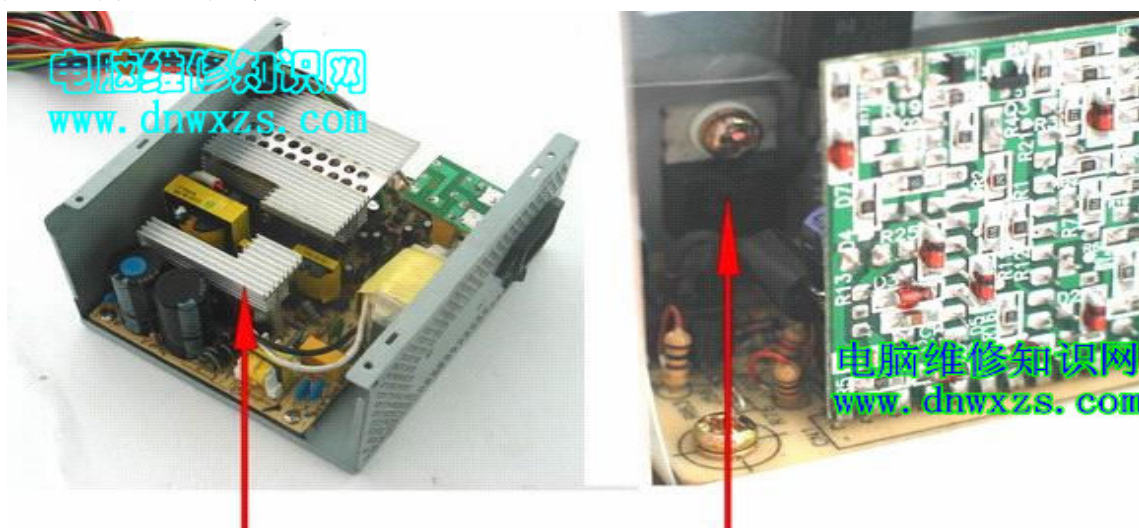


经过高频开关变压器降压后的电流同样要使用二极管和电容进行整流和滤波，只是整流时的工作频率很高，必须使用具有快速恢复功能的肖特基整流二极管，普通的整流二极管难当此任，而整流部分使用的电容不但容量要大，还要有较低的交流电阻才行，否则就无法滤除电流中的高频交流电成分。此外

还能见到一两个体积硕大的带磁心的电感线圈，与滤波电容一起滤除高频的交流电成分，保证输出纯净的直流电（如图 6）。一款优质的电源的电感线圈不仅尺寸大，而且绕线也很规范。而劣质电源的线圈非常小而且绕线不规则，附近的滤波电容也非常小。



开关三极管和开关变压器是开关电源的核心部件，通过自激式或它激式（需要一个独立的脉冲信号振荡器，ATX 电源的主开关管采用这种方式）使开关三极管工作在饱和、截止（即开、关）状态，从而在开关变压器的副绕组上感应出高频电压，再经过整流、滤波和稳压后输出各路直流电压。所以开关三极管和开关变压器的质量直接影响电源的质量和使用寿命，尤其是开关三极管，工作在高反压状态下，没有足够的保护电路，很容易击穿烧毁。下图散热片下面就是开关三极管：



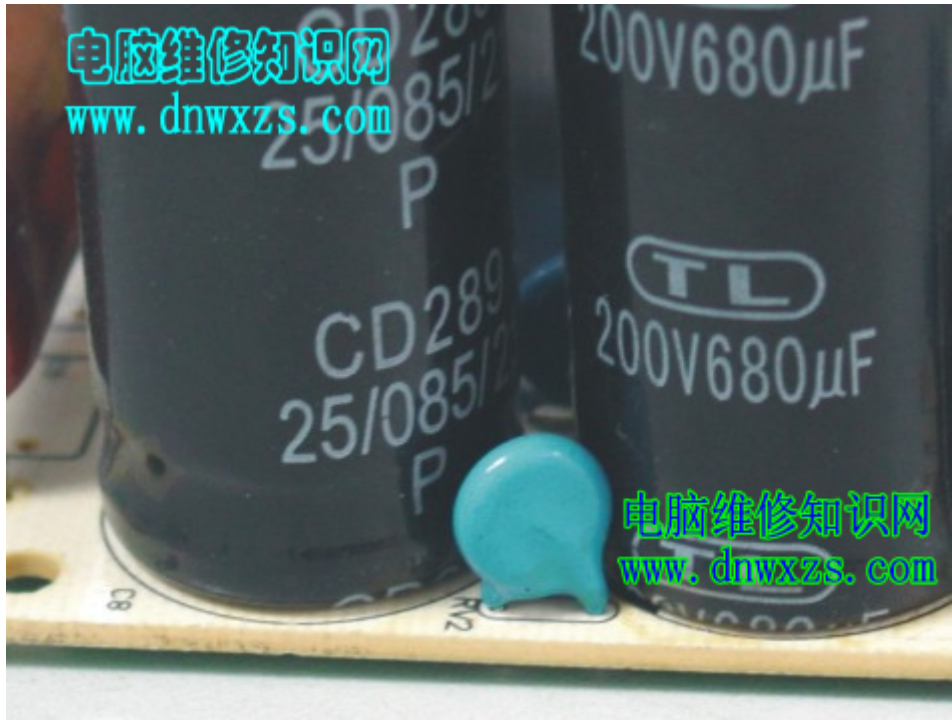
开关三极管

（六）保护电路

一些电源具有四重保护电路，即过流、过压、过载和短路保护。

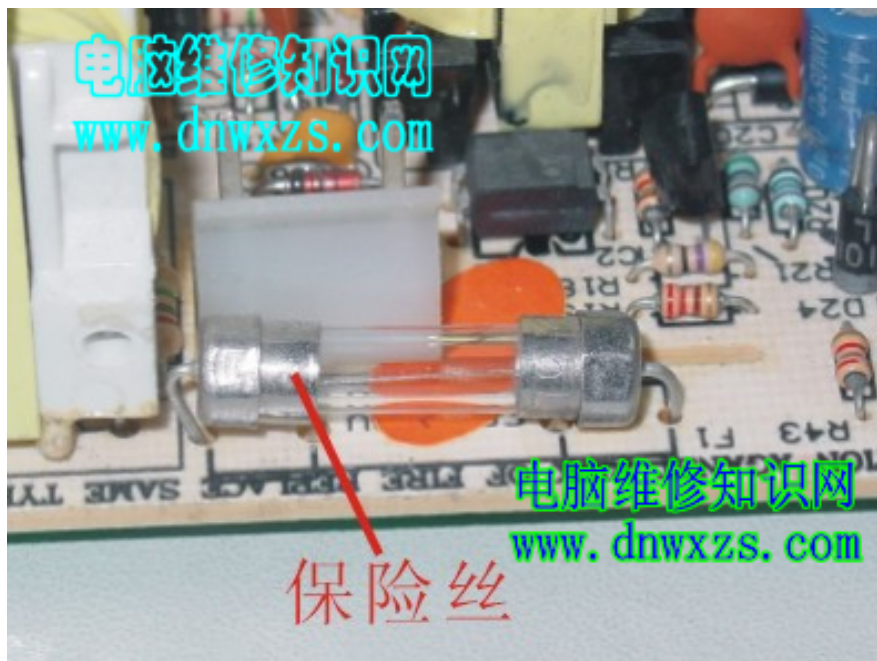
1、输入端过压保护

电源的高压滤波电路边上，有两个蓝色的压敏电阻，其耐压值为 270V，当市电电压超过 270V 时，压敏电阻就会被击穿，从而保护电源其它电路以及电脑配件的安全。



2、输入端过流保护

第二道 EMI 滤波电容旁边，会有一根保险丝，当瞬间电流非常大时，保险丝就会熔断，从而保护电源和电脑。



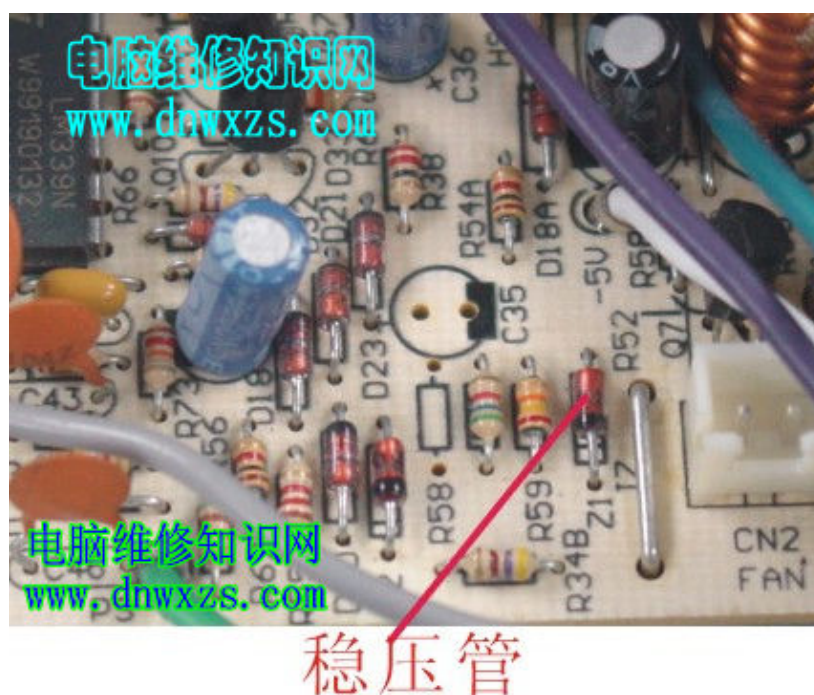
3、输出端过流保护

过电流会损伤电源和配件。在下图中，有两根细导线连接了控制电路部分和驱动变压器，当控制电路监测到输出端有过大的电流时，通过导线反馈到驱动变压器，驱动变压器就会相应动作，关断电源的输出。



4、 输出端过压保护

输出端输出过高的电压，会对电脑配件造成致命的损害，因此防止输出过压是非常重要的功能，在磐石 355 的输出端的控制电路中，分布着一些稳压管，当比较器检测到的输出电压与基准电压偏差较大时，稳压管就会对电压进行调整。



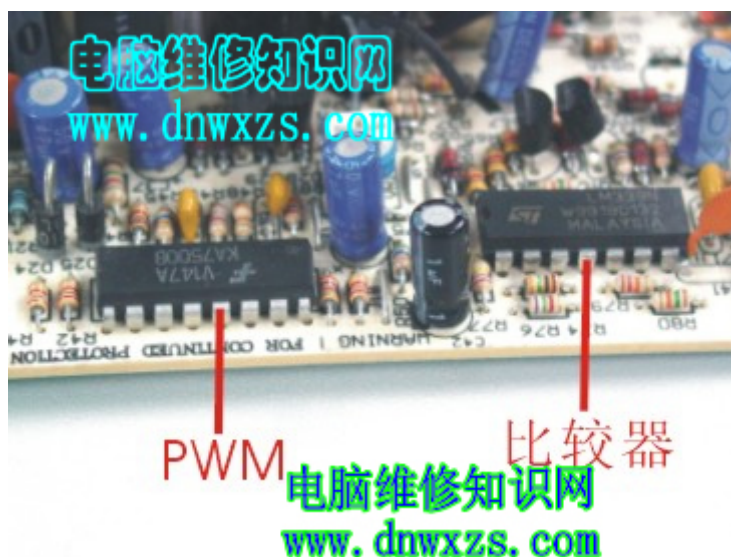
5、 输出端过载保护

电源是能量的转换设备，而不是像电池是存储能量的设备，因此其输出不受额定功率的限制，比如额定 150W 的电源，可以提供 200W 甚至更高的功率，但此时输出电压将出现很大的波动，跌出正常的 5% 的范围，并且产生的热量甚至可以烧毁电源，因此不设过载保护的电源是危险的。

过载保护的机理与过流保护一样，也是由控制电路和驱动变压器进行的。

6、 输出端短路保护

输出端短路时，LM339N 的比较器会侦测到电流的变化，并通过驱动变压器、PWM 关断开关管的输出。



7、 温度控制

电脑电源的转换效率通常在 70~80% 之间，这就意味着相当一部分能量将转化为热量，热量积聚在电源中不能及时散发，会使电源局部温度过高，从而对电源造成伤害。一些电源设计了温控电路，散热片附近的温度探头会检测电源内部温度，并智能调整风扇转速，对电源内部温度进行控制。



电源不仅要保证输出到电脑配件的功率，还必须保证输出的质量。

稳压电路通常是从电源输出端的输出电压取样出部分电压与标准电压作比较，比较出的差值经过放大后去调节开关管的所占空比。从而达到电压的稳定。保护电路作用是通过检测各端输出电压或电流的变化，当输出端发生短路、过压、过流、过载、欠压等现象时，保护电路动作，切断开关管的激励信号，使开关管停振，输出电压和电流为零。起到保护作用。稳压、保护、振荡电路、控制电路均集成在一块 IC 上如图：



控制 IC

电源的散热风扇不仅可以冷却电源内部元件，而且可以起到冷却整个系统的作用，但要定期清洁，如果使用感觉风扇噪音变大，应清理里面的灰尘（或换一个质量好的风扇）以提高电源工作时的稳定性。

（七）电源的性能指标

在购买电源时要特别注意一下电源表面的标签标有的电源功率大小、交流输入电压和直流输出电压的详细指标。此外，还要注意一下电源的认证情况，进口电源还标有国际认证的 FCC A 和 FCC B 标准，在国内也有国标 A（工业级）和国标 B 级（家用电器级）标准，中国电子工业合格产品标准，长城

认证电源、3 C 认证等权威认证（如图 8 ）。



1、电源的功率

电源能够输出的功率，与开关管、开关变压器、电源的散热设计都有关系，其中，开关管是关键部件。三极管输出电流越大、内阻越小，电源输出的功率就会越大。使用两个 KSE13007 三极管作为开关管，采用 TO-220 的封装，个头较小，使用这种元件的电源其输出功率一般只能最大输出 200 到 250W；而使用 TO-03 封装的 2SC2625 三极管的电源可以提供 250~300W 的输出功率，这种三极管的个头要大一些，所以通过三极管外形的识别也能够快速的区分电源最大输出功率的高低。还有很多电源采用 13009 三极管，通常用在 250~300W 的电源上。

2、电压的波动

电压的波动与电源的负载有很大关系，随着硬件数量的增加，耗电量也随之增加，电源各个输出端的输出电流也会明显增加，而电源固有的内阻将会损耗掉部分能量而导致输出电压逐渐降低，当负载超过电源的限度时其输出电压就会产生明显的下降，所以我们可以从电源的各个输出端电压值下降的幅度来判断电源是否已经出现功率不足的情况。

为了保证输出电压的稳定，ATX 电源内部设计了一套补偿电路，能够根据输出电压下跌的幅度自动进行补偿来抵消输出电压的下降，但通常 ATX 电

源并没有为每一路输出电压提供单独的稳压电路，而是同时补偿，比如+3.3V、+5V 和+12V 中的+5V 因为负载太大而导致输出电压开始下降，电源会同时增加这三路的输出电压，并不会单独对+5V 进行控制，其结果必然导致+3.3V 和+12V 的输出电压过渡补偿而超过额定的电压，当电源设计欠佳或输出功率不足时这种特有的现象就更加明显！

BIOS 显示的电压以及一些检测软件检测的电压，往往与实际电压并不完全相等，其间存在着一定的误差，而且这种误差随着负载的增加而逐渐加大，开始时只有 0.05~0.1V，到后来就增加到 0.1~0.25V，所以大家不能完全信任主板监控得到的电压的大小，还是使用万用表测量更加准确。

不过大家还是可以通过 BIOS 中轻重负载下电压变化的幅度来了解电源的情况，如果出现电压大跌大涨时同样说明电源的功率可能已经不足了。另外要注意的是，不同主板上 BIOS 显示的电压与实际电压的误差大小也不完全相同，有的主板上即使在轻负载下也有 0.2V 甚至更大的误差。

（八）细节部分

了解电源的品质，往往有些地方容易被我们忽视。

电源盖壳上的黄色马拉胶，为什么会有这么一条胶带呢？这是因为电源 PCB 板边缘与底座的铁板距离非常近，在使用时可能产生高压打火，贴上一条马拉胶可以防止高压打火。

黑色的“结”是一个磁环。电源内部有一些线圈，电流流过是会产生交变的磁场并向外辐射，而这个磁环就是来抵消磁场产生的电磁辐射的。其实在一些做工很不错的机箱中也可以见到这个东西。

散热片旁边的透明塑料隔离可以防止元器件之间意外接触散热片发生故障等。除了以上的细节外，电源内部采用的固定胶水、焊点等也会影响电源的寿命。