

压敏电阻选型与应用

压敏电阻标称参数

1、压敏电阻的命名：我国规定压敏电阻用“MY”表示。J 为家用、后缀字母 W—稳压 G—过压 P 高频电路 L—防雷 H—灭弧 Z—消噪 B—补偿 C—消磁 N—高性能或高可靠。

2、压敏电阻虽然能吸收很大的浪涌能量，但不能承受毫安级以上的持续电流，在用作过压保护时必须考虑到这一点。

3、选用压敏电阻时一般选择标称压敏电压（ V_{1mA} ）和通流容量两个参数

1) 压敏电压；即击穿电压或阈值电压指在规定电流下的电压值，大多数情况下用 1mA 直流电流通入压敏电阻时测得的电压值，其产品电压范围可从 10—9000v 不等，可根据需要正确选用。一般 $V_{1mA}=1.5V_p=2.2V_{AC}$ （ V_p 是电路额定电流的峰值， V_{AC} 是额定交流电压的有效值。）ZnO（氧化锌）压敏电阻的电压值选择是至关重要的，它关系到保护效果与使用寿命，如家用额定电压是 220v 则： $V_{1mA}=1.5V_p=1.5 \times \sqrt{2} \times 220=467v$ ；因此 V_{1mA} 值可选： $V_{1mA}=2.2V_{AC}=2.2 \times 220=484v$ ；可在 470—484v 之间选择。

2) 通流容量；指最大脉冲电流的峰值是在环境温度 25°C 在时规定的冲击电流波形和冲击次数而言，压敏电阻的变化不超过 10% 时的最大脉冲电流值。为了延长器件的使用寿命，ZnO 压敏电阻所吸收的浪涌电流幅值应小于手册中给出的产品最大通流量。然而从保护效果出发，要求所选用的通流量大一些好。在许多情况下，实际发生的通流量是很难精确计算的，则选用 2—20KA 的产品。如手头产品的通流量不能满足使用要求时，可将几只单个的压敏电阻并联使用，并联后的压敏电压不变，其通流量为各单只压敏电阻数值之和。要求并联的压敏电阻伏安特性尽量相同，否则易引起分流不均匀而损坏压敏电阻。

4、压敏电阻的测量：压敏电阻一般并联在电路中使用，当电阻两端的电压发生急剧变化时，电阻短路将电流保险丝熔断，起到保护作用。压敏电阻在电路中，常用于电源过压保护和稳压。测量时将万用表置 10k 档，表笔接于电阻两端，万用表上应显示出压敏电阻上标示的阻值，如果超出这个数值很大，则说明压敏电阻已损。

压敏电阻器的应用原理

压敏电阻器是一种具有瞬态电压抑制功能的元件，可以用来代替瞬态抑制二极管、齐纳二极管和电容器的组合。压敏电阻器可以对 IC 及其它设备的电路进行保护，防止因静电放电、浪涌及其它瞬态电流（如雷击等）而造成对它们的损坏。使用时只需将压敏电阻器并接于被保护的 IC 或设备电路上，当电压瞬间高于某一数值时，压敏电阻器阻值迅速下降，导通大电流，从而保护 IC 或电器设备；当电压低于压敏电阻器工作电压值时，压敏电阻器阻值极高，近乎开路，因而不会影响器件或电器设备的正常工作。

压敏电阻器的应用广泛,压敏电阻主要可用于直流电源、交流电源、低频信号线路、带馈电的天馈线路。

压敏电阻的选用

选用压敏电阻器前，应先了解以下相关技术参数：标称电压是指在规定的温度和直流电流下，压敏电阻器两端的电压值。漏电流是指在 25℃条件下，当施加最大连续直流电压时，压敏电阻器中流过的电流值。等级电压是指压敏电阻中通过 8 / 20 等级电流脉冲时在其两端呈现的电压峰值。通流量是表示施加规定的脉冲电流（8 / 20μs）波形时的峰值电流。浪涌环境参数包括最大浪涌电流 I_{pm} （或最大浪涌电压 V_{pm} 和浪涌源阻抗 Z_o ）、浪涌脉冲宽度 T_t 、相邻两次浪涌的最小时间间隔 T_m 以及在压敏电阻器的预定工作寿命期内，浪涌脉冲的总次数 N 等。

标称电压选取

一般地说，压敏电阻器常常与被保护器件或装置并联使用，在正常情况下，压敏电阻器两端的直流或交流电压应低于标称电压，即使在电源波动情况最坏时，也不应高于额定值中选择的最大连续工作电压，该最大连续工作电压值所对应的标称电压值即为选用值。对于过压保护方面的应用，压敏电压值应大于实际电路的电压值，一般应使用下式进行选择：

$$V_{1mA} = av / bc$$

式中： a 为电路电压波动系数，一般取 1.2； v 为电路直流工作电压（交流时为有效值）； b 为压敏电压误差，一般取 0.85； c 为元件的老化系数，一般取 0.9；这样计算得到的 V_{1mA} 实际数值是直流工作电压的 1.5 倍，在交流状态下还要考虑峰值，因此计算结果应扩大 1.414 倍。另外，选用时还必须注意：

(1) 必须保证在电压波动最大时，连续工作电压也不会超过最大允许值，否则将缩短压敏电阻的使用寿命；

(2) 在电源线与大地间使用压敏电阻时，有时由于接地不良而使线与地之间电压上升，所以通常采用比线与线间使用场合更高标称电压的压敏电阻器。压敏电阻所吸收的浪涌电流应小于产品的最大通流量。

应用

电路浪涌和瞬变防护时的电路。对于压敏电阻的应用连接，大致可分为四种类型：

第一种类型是电源线之间或电源线和大地之间的连接，作为压敏电阻器，最具有代表性的使用场合是在电源线及长距离传输的信号线遇到雷击而使导线存在浪涌脉冲等情况下对电子产品起保护作用。一般在线间接入压敏电阻器可对线间的感应脉冲有效，而在线与地间接入压敏电阻则对传输线和大地间的感应脉冲有效。若进一步将线间连接与线地连接两种形式组合起来，则可对浪涌脉冲有更好的吸收作用。

第二种类型为负荷中的连接，它主要用于对感性负载突然开闭引起的感应脉冲进行吸收，以防止元件受到破坏。一般来说，只要并联在感性负载上就可以了，但根据电流种类和能量大小的不同，可以考虑与 R—C 串联吸收电路合用。

第三种类型是接点间的连接，这种连接主要是为了防止感应电荷开关接点被电弧烧坏的情况发生，一般与接点并联接入压敏电阻器即可。

第四种类型主要用于半导体器件的保护连接，这种连接方式主要用于可控硅、大功率三极管等半导体器件，一般采用与保护器件并联的方式，以限制电压低于被保护器件的耐压等级，这对半导体器件是一种有效的保护。

压敏电阻器简称 VSR，是一种对电压敏感的非线性过电压保护半导体元件。它在电路中用文字符号“RV”或“R”表示，图 1-21 是其电路图形符号。

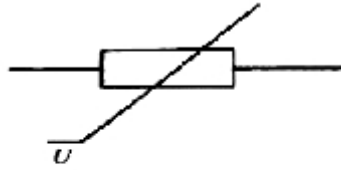


图 1-21 压敏电阻器的电路图形符号

（一）压敏电阻器的种类

压敏电阻器可以按结构、制造过程、使用材料和伏安特性分类。

1. 按结构分类 压敏电阻器按其结构可分为结型压敏电阻器、体型压敏电阻器、单颗粒层压敏电阻器和薄膜压敏电阻器等。

结型压敏电阻器是因为电阻体与金属电极之间的特殊接触，才具有了非线性特性，而体型压敏电阻器的非线性是由电阻体本身的半导体性质决定的。

2. 按使用材料分类 压敏电阻器按其使用材料的不同可分为氧化锌压敏电阻器、碳化硅压敏电阻器、金属氧化物压敏电阻器、锗（硅）压敏电阻器、钛酸钡压敏电阻器等多种。

3. 按其伏安特性分类 压敏电阻器按其伏安特性可分为对称型压敏电阻器（无极性）和非对称型压敏电阻器（有极性）。

（二）压敏电阻器的结构特性与作用

1. 压敏电阻器的结构特性 压敏电阻器与普通电阻器不同，它是根据半导体材料的非线性特性制成的。

图 1-22 是压敏电阻器外形，其内部结构如图 1-23 所示。

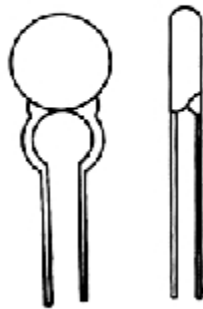


图 1-22 压敏电阻器外形

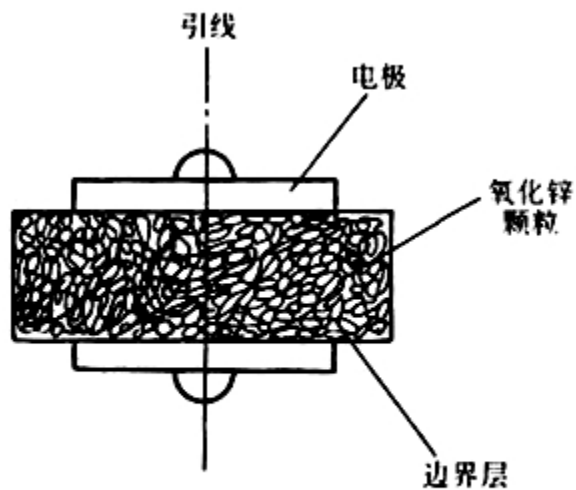


图 1-23 压敏电阻器的内部结构

普通电阻器遵守欧姆定律，而压敏电阻器的电压与电流则呈特殊的非线性关系。当压敏电阻器两端所加电压低于标称额定电压值时，压敏电阻器的电阻值接近无穷大，内部几乎无电流流过。当压敏电阻器两端电压略高于标称额定电压时，压敏电阻器将迅速击穿导通，并由高阻状态变为低阻状态，工作电流也急剧增大。当其两端电压低于标称额定电压时，压敏电阻器又能恢复为高阻状态。当压敏电阻器两端电压超过其最大限制电压时，压敏电阻器将完全击穿损坏，无法再自行恢复。

2. 压敏电阻器的作用与应用 压敏电阻器广泛地应用在家用电器及其它电子产品中，起过电压保护、防雷、抑制浪涌电流、吸收尖峰脉冲、限幅、高压灭弧、消噪、保护半导体元器件等作用。

图 1-24 是压敏电阻器的典型应用电路。

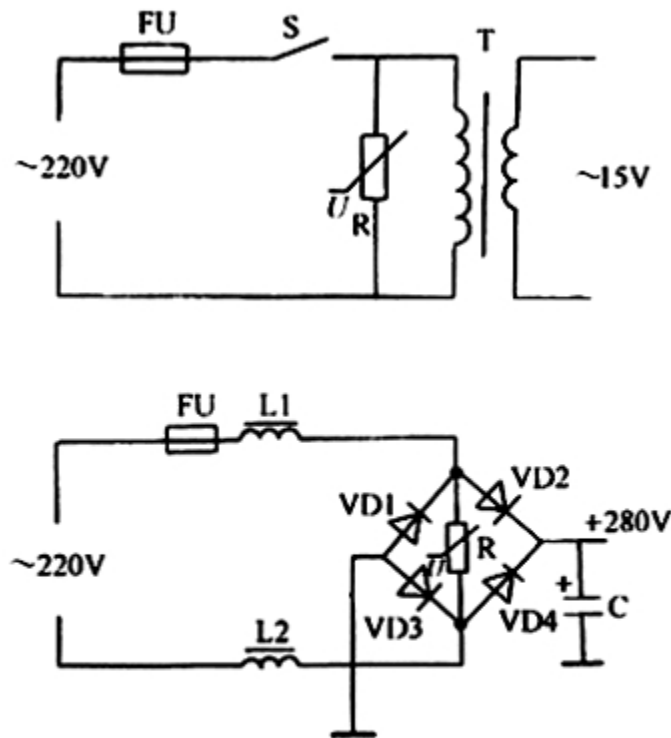


图 1-24 压敏电阻器的典型应用电路

3.压敏电阻的选用

1、氧化锌压敏电阻器应用原理

压敏电阻是一种限压型保护器件。利用压敏电阻的非线性特性，当过电压出现在压敏电阻的两极间，压敏电阻可以将电压钳位到一个相对固定的电压值，从而实现对后级电路的保护。

压敏电阻的主要参数有：压敏电压、通流容量、结电容、响应时间等。

压敏电阻的响应时间为 ns 级，比空气放电管快，比 TVS 管稍慢一些，一般情况下用于电子电路的过电压保护其响应速度可以满足要求。压敏电阻的结电容一般在几百到几千 pF 的数量级范围，很多情况下不宜直接应用在高频信号线路的保护中，应用在交流电路的保护中时，因为其结电容较大会增加漏电流，在设计防护电路时需要充分考虑。压敏电阻的通流容量较大，但比气体放电管小。

压敏电阻器与被保护的电器设备或元器件并联使用。当电路中出现雷电过电压或瞬态操作过电压 V_s 时，压敏电阻器和被保护的设备及元器件同时承受 V_s ，由于压敏电阻器响应速度很快，它以纳秒级时间迅速呈现优良非线性导电特性(见图 3 中击穿区)，此时压敏电阻器两端电压迅速下降，远远小于 V_s ，这样被保护的设备及元器件上实际承受的电压就远低于过电压 V_s ，从而使设备及元器件免遭过电压的冲击。

2、氧化锌压敏电阻器压敏电压的选择

根据被保护电源电压选择压敏电阻器的规定电流下的电压 V_{1mA} 。一般选择原则为：

对于直流回路： $V_{1mA} \geq 2.0VDC$

对于交流回路： $V_{1mA} \geq 2.2V$ 有效值

特别指出对于压敏电阻压敏电压的选择标准是要高于供电电压，在能够满足可以保护需要保护器件的同时，尽可能选择压敏电压高的压敏电阻，这样不仅可以保护器件，也能提高压敏电阻的使用寿命。比如要保护的器件耐压为 $V_{dc}=550V_{dc}$ ，器件的工作电压 $V=300V_{dc}$ ，那么我们选择压敏电阻就应该是压敏电压为 470V 的压敏电阻，压敏电压范围是(423-517)，压敏电压最大负误差 $470-47=423V_{dc}$ 大于器件的供电电压 $300V_{ac}$ ，最大正误差为 $470+47=517V_{dc}$ 小于器件的耐压 $550V_{dc}$ 。

时还必须注意：

(1) 必须保证在电压波动最大时，连续工作电压也不会超过最大允许值，否则将缩短压敏电阻的使用寿命；

(2) 在电源线与大地间使用压敏电阻时，有时由于接地不良而使线与地之间电压上升，所以通常采用比线与线间使用场合更高标称电压的压敏电阻器。

3、通流量的选取

通常产品给出的通流量是按产品标准给定的波形、冲击次数和间隙时间进行脉冲试验时产品所能承受的最大电流值。而产品所能承受的冲击数是波形、幅值和间隙时间的函数，当电流波形幅值降低 50% 时冲击次数可增加一倍，所以在实际应用中，压敏电阻所吸收的浪涌电流应小于产品的最大通流量。

4、应用

图 1 所示是采用压敏电压器进行电路浪涌和瞬变防护时的电路连接图。对于压敏电阻的应用连接，大致可分为四种类型：

第一种类型是电源线之间或电源线和大地之间的连接，如图 1 (a) 所示。作为压敏电阻器，最具有代表性的使用场合是在电源线及长距离传输的信号线遇到雷击而使导线存在浪涌脉冲等情况下对电子产品起保护作用。一般在线间接入压敏电阻器可对线间的感应脉冲有效，而在线与地间接入压敏电阻则对传输线和大地间的感应脉冲有效。若进一步将线间连接与线地连接两种形式组合起来，则可对浪涌脉冲有更好的吸收作用。

第二种类型为负荷中的连接，见图 1 (b)。它主要用于对感性负载突然开闭引起的感应脉冲进行吸收，以防止元件受到破坏。一般来说，只要并联在感性负载上就可以了，但根据电流种类和能量大小的不同，可以考虑与 R-C 串联吸收电路合用。

第三种类型是接点间的连接，见图 1 (c)。这种连接主要是为了防止感应电荷开关接点被电弧烧坏的情况发生，一般与接点并联接入压敏电阻器即可。

第四种类型主要用于半导体器件的保护连接，见图 1 (d)。这种连接方式主要用于可控硅、大功率三极管等半导体器件，一般采用与保护器件并联的方式，以限制电压低于被保护器件的耐压等级，这对半导体器件是一种有效的保护。

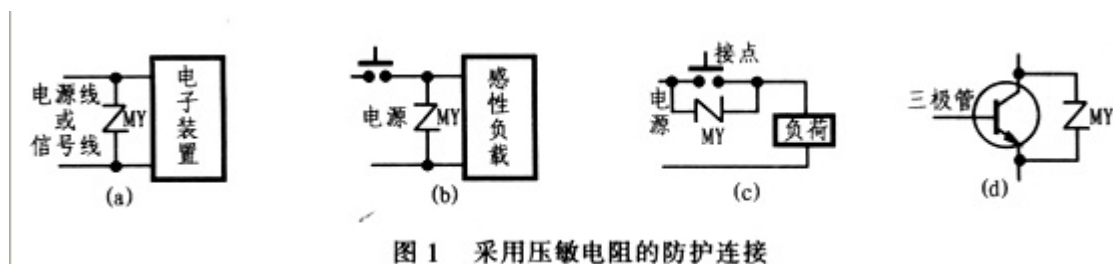


图 1 采用压敏电阻的防护连接

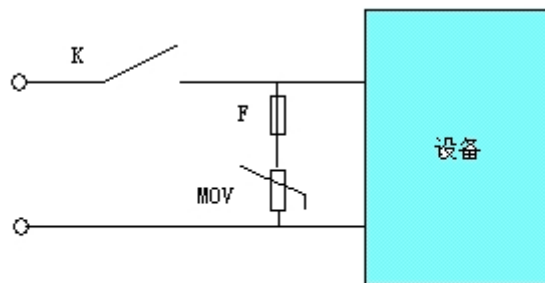
5、选型原则

如果电器设备耐压水平 V_0 较低，而浪涌能量又比较大，则可选择压敏电压 V_{1mA} 较低、片径较大的压敏电阻器；如果 V_0 较高，则可选择压敏电压 V_{1mA} 较高的压敏电阻器，这样既可以保护电器设备，又能延长压敏电阻使用寿命。

压敏电阻器主要应用于各种电子产品的过电压保护电路中，它有多种型号和规格。所选压敏电阻器的主要参数（包括标称电压、最大连续工作电压、最大限制电压、通流容量等）必须符合应用电路的要求，尤其是标称电压要准确。标称电压过高，压敏电阻器起不到过电压保护作用，标称电压过低，压敏电阻器容易误动作或被击穿。

6、氧化锌压敏电阻器的使用方法

压敏电阻器是一种无极性过电压保护元件，无论是交流还是直流电路，只需将压敏电阻器与被保护电器设备或元器件并联即可达到保护设备的目的(如图 4 所示)



F-熔断器 FUSE
图4 压敏电阻器接线图
FIG4. THE WIRING DIAGRAM

当过电压幅值高于规定电流下的电压，过电流幅值小于压敏电阻器的最大峰值电流时(若无压敏电阻器足以使设备元器件破坏)，压敏电阻器处于击穿区，可将过电压瞬时限制在很低的幅值上，此时通过压敏电阻器的浪涌电流幅值不大($<100A/cm^2$)，不足以对压敏电阻器产生劣化；当过电压幅值很高时，压敏电阻器将过电压限制在较低的水平上(小于设备的耐压水平)，同时通过压敏电阻器的冲击电流很大，使压敏电阻器性能劣化即将失效，这时通过熔断器的电流很大，熔断器断开，这样既可使电器设备、元器件免受过电压冲击，也可避免由于压敏电阻器的劣化击穿造成线路L-N、L-PE之间短路(推荐的熔断器规格见表 1)。

表 1 推荐熔断器规格

品 种	5K	7K	10K	14K	20K
推荐熔断器规格	3A	5A	7A	10A	10A

压敏电阻器在电路的过电压防护中，如果正常工作在图 3 的预击穿区和击穿区，理论上是不会损坏的。但由于压敏电阻器要长期承受电源电压，电路中暂态过电压、超能量过电压随机的不断冲击及吸收电路储能元件释放能量，因此，压敏电阻器也是会损坏的，它的寿命根据所在电路经受的过电压幅值和能量的不同而不同。

在电子镇流器和节能灯过电压保护的压敏电阻,一般小于 20W 选用 MYG07K 系列, 30W-40W 一般选用 MYG10 系列的压敏电阻做过压保护。