

# MOS 管与 TVS 管综合信息

## 三极管和 MOS 管的区别

MOS管的特性、工作原理，与真空电子管类似：栅极没有电流，即没有输入电流，具有高输入阻抗；漏极电流由栅极电压控制，是电压控制器件……  
半导体三极管是两个P-N结组成，由基极电流来控制集电极电流，是一个电流控制器件；基极输入的是电流，输入阻抗低，需要输入功率……

## 工作性质：

1、三极管用电流控制，MOS 管属于电压控制，

2、成本问题：三极管便宜，mos 管贵。

3、功耗问题：三极管损耗大。

4、驱动能力：mos 管常用来电源开关，以及大电流地方开关电路。

实际上就是三极管比较便宜，用起来方便，常用在数字电路开关控制。

MOS 管用于高频高速电路，大电流场合，以及对基极或漏极控制电流比较敏感的地方。

一般来说低成本场合，普通应用的先考虑用三极管，不行的话考虑 MOS 管

## 四、场效应管的作用

1、场效应管可应用于放大。由于场效应管放大器的输进阻抗很高，因此耦合电容可以容量较小，不必使用电解电容器。

2、场效应管很高的输进阻抗非常适合作阻抗变换。常用于多级放大器的输进级作阻抗变换。

3、场效应管可以用作可变电阻。

4、场效应管可以方便地用作恒流源。

5、场效应管可以用作电子开关。

## MOS 集成电路) 极易被静电击穿，使用时应留意以下规则：

(1) . MOS 器件出厂时通常装在玄色的导电泡沫塑料袋中，切勿自行随便拿个塑料袋装。也可用细铜线把各个引脚连接在一起，或用锡纸包装

(2) .取出的 MOS 器件不能在塑料板上滑动，应用金属盘来盛放待用器件。

(3) . 焊接用的电烙铁必须良好接地。

(4) . 在焊接前应把电路板的电源线与地线短接，再 MOS 器件焊接完成后在分开。

(5) . MOS 器件各引脚的焊接顺序是漏极、源极、栅极。拆机时顺序相反。

(6) .电路板在装机之前，要用接地的线夹子往碰一下机器的各接线端子，再把电路板接上往。

(7) . MOS 场效应晶体管的栅极在答应条件下，最好接进保护二极管。在检验电路时应留意查证原有的保护二极管是否损坏

实际上说电流控制慢，电压控制快这种理解是不对的。要真正理解得了解双极晶体管和 mos 晶体管的工作方式才能明白。三极管是靠载流子的运动来工作的，以 npn 管射极跟随器为例，当基极加不加电压时，基区和发射区组成的 pn 结为阻止多子（基区为空穴，发射区为电子）的扩散运动，在此 pn 结处会感应出由发射区指向基区的静电场（即内建电场），当基极外加正电压的指向为基区指向发射区，当基极外加电压产生的电场大于内建电场时，基区的载流子（电子）才有可能从基区流向发射区，此电压的最小值即 pn 结的正向导通电压（工程上一般认为 0.7v）。但此时每个 pn 结的两侧都会有电荷存在，此时如果集电极-发射极加正电压，在电场作用下，发射区的电子往基区运动（实际上都是电子的反方向运动），由于基区宽度很小，电子很容易越过基区到达集电区，并与此处的 PN 的空穴复合（靠近集电极），为维持平衡，在正电场的作用下集电区的电子加速外集电极运动，而空穴则为 pn 结处运动，此过程类似一个雪崩过程。集电极的电子通过电源回到发射极，这就是晶体管的工作原理。三极管工作时，两个 pn 结都

会感应出电荷，当做开关管处于导通状态时，三极管处于饱和状态，如果这时三极管截止，pn结感应的电荷要恢复到平衡状态，这个过程需要时间。而mos三极管工作方式不同，没有这个恢复时间，因此可以用作高速开关管。

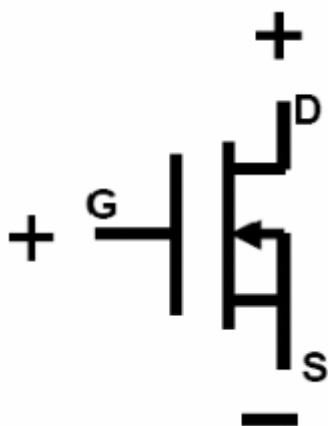
### 三、场效应管的参数

场效应管的参数很多，包括直流参数、交流参数和极限参数，但一般使用时关注以下主要参数：

- 1、 $I_{DSS}$  — 饱和漏源电流。是指结型或耗尽型绝缘栅场效应管中，栅极电压  $U_{GS}=0$  时的漏源电流。
- 2、 $U_P$  — 夹断电压。是指结型或耗尽型绝缘栅场效应管中，使漏源间刚截止时的栅极电压。
- 3、 $U_T$  — 开启电压。是指增强型绝缘栅场效应管中，使漏源间刚导通时的栅极电压。
- 4、 $g_M$  — 跨导。是表示栅源电压  $U_{GS}$  对漏极电流  $I_D$  的控制能力，即漏极电流  $I_D$  变化量与栅源电压  $U_{GS}$  变化量的比值。 $g_M$  是衡量场效应管放大能力的重要参数。
- 5、 $B_{UDS}$  — 漏源击穿电压。是指栅源电压  $U_{GS}$  一定时，场效应管正常工作所能承受的最大漏源电压。这是一项极限参数，加在场效应管上的工作电压必须小于  $B_{UDS}$ 。

MOS 场效应管比较“娇气”。这是由于它的输入电阻很高，而栅-源极间电容又非常小，极易受外界电磁场或静电的感应而带电，而少量电荷就可在极间电容上形成相当高的电压 ( $U=Q/C$ )，将管子损坏。因此了厂时各管脚都绞合在一起，或装在金属箔内，使 G 极与 S 极呈等电位，防止积累静电荷。管子不用时，全部引线也应短接。在丈量时应格外小心，并采取相应的防静电措施。

图 1-4-A 是 N 沟道 MOS 管的符号，图中 D 是漏极，S 是源极，G 是栅极，中间的箭头表示衬底，如果箭头向里表示是 N 沟道的 MOS 管，箭头向外表示是 P 沟道的 MOS 管。



### 5、MOS 管和晶体三极管相比的重要特性：

1) . 场效应管的源极 S、栅极 G、漏极 D 分别对应于三极管的发射极 e、基极 b、集电极 c，它们的作用相似，图 1-6-A 所示是 N 沟道 MOS 管和 NPN 型晶体三极管引脚，图 1-6-B 所示是 P 沟道 MOS 管和 PNP 型晶体三极管引脚对应图。



### 肖特基二极管与 TVS 管的区别:

肖特基 (Schottky) 二极管是一种快恢复二极管, 它属一种低功耗、超高速半导体器件。其显著的特点为反向恢复时间极短 (可以小到几纳秒), 正向导通压降仅 0.4V 左右。肖特基 (Schottky) 二极管多用作高频、低压、大电流整流二极管、续流二极管、保护二极管, 也有用在微波通信等电路中作整流二极管、小信号检波二极管使用。常用在彩电的二次电源整流, 高频电源整流中。

瞬态电压抑制二极管常称为防雷管, 是一种安全保护器件。这种器件在电路系统中起到分流、箝位作用, 可以有效降低由于雷电、电路中开关通断时产生的高压脉冲, 避免雷电、高压脉冲损坏其它器件。

### 稳压管与 TVS 管的区别

#### 稳压管的应用:

- 1、浪涌保护电路: 稳压管在准确的电压下击穿, 这就使得它可作为限制或保护之元件来使用, 因为各种电压的稳压二极管都可以得到, 故对于这种应用特别适宜。稳压二极管 D 是作为过压保护器件。只要电源电压 VS 超过二极管的稳压值 D 就导通, 使继电器 J 吸合负载 RL 就与电源分开。
- 2、电视机里的过压保护电路: EC 是电视机主供电压, 当 EC 电压过高时, D 导通, 三极管 BG 导通, 其集电极电位将由原来的高电平 (5V) 变为低电平, 通过待机控制线的控制使电视机进入待机保护状态。
- 3、电弧抑制电路: 在电感线圈上并联接入一只合适的稳压二极管 (也可接入一只普通二极管原理一样) 的话, 当线圈在导通状态切断时, 由于其电磁能释放所产生的高压就被二极管所吸收, 所以当开关断开时, 开关的电弧也就被消除了。这个应用电路在工业上用得比较多, 如一些较大功率的电磁吸控制电路就用到它。
- 4、串联型稳压电路: 在此电路中, 串联稳压管 BG 的基极被稳压二极管 D 钳定在 13V, 那么其发射极就输出恒定的 12V 电压了。这个电路在很多场合下都有应用

#### 瞬态电压抑制二极管 (TVS 管)

瞬态电压抑制二极管常称为防雷管, 是一种安全保护器件。这种器件在电路系统中起到分流、箝位作用, 可以有效降低由于雷电、电路中开关通断时产生的高压脉冲, 避免雷电、高压脉冲损坏其它器件。

瞬态电压抑制二极管有单向、双向两种。单向的图形符号与稳压管相似, TVS 器件按极性可分为单极性和双极性两种; 按用途可分为通用型和专用型; 按封装和内部结构可分为轴向引线二极管、双列直插 TVS 阵列、贴片式和大功率模块等 [1]。轴向引线的产品峰值功率可达 400 W、500 W、600W、1500W 和 5 000W。其中大功率的产品主要用在电源馈线上, 低功率产品主要用在高密度安装场合。对于高密度安装的场合, 也可以选择双列直插和表面贴装等封装形式。

应用电路。当输入端有高压浪涌脉冲引入时, 不论脉冲方向如何, TVS 管能快速进入击穿状态, 对输入电压进行箝位。

(V) 击穿电压 (Vmin) 击穿电压 (Vmax) 测试电流 (mA) 最大箝位电压 (V) 最高脉冲电流 (A) 反向漏电流 (uA)

### TVS 的特性

TVS 的电路符号和普通的稳压管相同。其电压-电流特性曲线如图 1 所示。其正向特性与普通二极管相同, 反向特性为典型的 PN 结雪崩器件。图 2 是 TVS 的电流-时间和电压-时间曲线。在浪涌电压的作用下, TVS 两极间的电压由额定反向关断电压  $V_{WM}$  上升到击穿电压  $V_{BR}$ , 而被击穿。随着击穿电流的出现, 流过 TVS 的电流将达到峰值脉冲电流  $I_{PP}$ , 同时在其两端的电压被箝位到预定的最大箝位电压  $V_C$  以下。其后, 随着脉冲电流按指数衰减, TVS 两极间的电压也不断下降, 最后恢复到初态, 这就是 TVS 抑制可能出现的浪涌脉冲功率, 保护电子元器件的过程。当 TVS 两极受到反向高能量冲击时, 它能以 10~12s 级的速度, 将其两极间的阻抗由高变低, 吸收高达数千瓦的浪涌功率, 使两极间的电位箝位于预定值, 有效地保护电子设备中的元器件免受浪涌脉冲的损害。TVS 具有响应时间快、瞬态功率大、漏电流低、击穿电压偏差小、箝位电压容易控制、体积小等优点, 目前已广泛应用于家用电器、电子仪表、通讯设备、电源、计算机系统各个领域。

## TVS 二极管的优势

**TVS 与齐纳二极管：**与传统的齐纳二极管相比，TVS 二极管 P/N 结面积更大，这一结构上的改进使 TVS 具有更强的高压承受能力，同时也降低了电压截止率，因而对于保护手持设备低工作电压回路的安全具

有更好效果。**VS 与陶瓷电容：**很多设计人员愿意采用表面贴装的陶瓷电容作 ESD 保护，不但便宜而且设计简便，但这类器件对高压的承受力却比较弱。5kV 的冲击会造成约 10% 陶瓷电容失效，到 10kV 时，损坏率达到 60%，而 TVS 可以承受 15kV 电压。在手持设备的使用过程中，由于与人体频繁接触，各个端口必须至少

## TVS 管的作用

TVS 管是一种二极管形式的高效能保护器件。当 TVS 二极管的两极受到反向瞬态高能量冲击时，它能以 10-12 秒量级的速度，将其两极间的高阻抗变为低阻抗，吸收高达数千瓦的浪涌功率，使两极间的电压箝位于一个预定值，有效地保护电子线路中的精密元器件免受各种浪涌脉冲的损坏。由于它具有响应时间快、瞬态功率大、漏电流低、击穿电压偏差小、箝位电压较易控制、无损坏极限、体积小等优点，目前已广泛应用于计算机系统、通信设备、交/直流电源、汽车、电子镇流器、家用电器、仪器仪表、RS232/422/423/485、I/O、LAN、ISDN、ADSL、USB、MP3、PDAS、GPS、CDMA、GSM、数字照相机的保护、共模/差模保护、RF 耦合/IC 驱动接收保护、电机电磁波干扰抑制、声频/视频输入、传感器/变速器、工控回路、继电器、接触器噪声的抑制等各个领域。

TVS 器件的特点瞬态（瞬变）电压抑制二极管简称 TVS 器件，在规定的反向应用条件下，当承受一个高能量的瞬时过电压脉冲时，其工作阻抗能立即降至很低的导通值，允许大电流通过，并将电压箝制到预定水平，从而有效地保护电子线路中的精密元器件免受损坏。TVS 能承受的瞬时脉冲功率可达上千瓦，其箝位响应时间仅为 1ps（10<sup>-12</sup>S）。TVS 允许的正向浪涌电流在 T = 25°C，T = 10ms 条件下，可达 50~200A。双向 TVS 可在正反两个方向吸收瞬时大脉冲功率，并把电压箝制到预定水平，双向 TVS 适用于交流电路，单向 TVS 一般用于直流电路。

## 在选用 TVS 时，应考虑以下几个主要因素：

- (1) 若 TVS 有可能承受来自两个方向的尖峰脉冲电压（浪涌电压）冲击时，应当选用双极性的，否则可选用单极性。
- (2) 所选用 TVS 的 V<sub>c</sub> 值应低于被保护元件的最高电压。V<sub>c</sub> 是二极管在截止状态的电压，也就是在 ESD 冲击状态时通过 TVS 的电压，它不能大于被保护回路的可承受极限电压，否则器件面临被损坏的危险。
- (3) TVS 在正常工作状态下不要处于击穿状态，最好处于 V<sub>R</sub> 以下，应综合考虑 V<sub>R</sub> 和 V<sub>C</sub> 两方面的要求来选择适当的 TVS。
- (4) 如果知道比较准确的浪涌电流 IPP，则可利用 V<sub>C</sub>IPP 来确定功率；如果无法确定 IPP 的大致范围，则选用功率大些的 TVS 为好。PM 是 TVS 能承受的最大峰值脉冲功率耗散值。在给定的最大箝位电压下，功耗 PM 越大，其浪涌电流的承受能力越大；在给定的功耗 PM 下，箝位电压 V<sub>C</sub> 越低，其浪涌电流的承受能力越大。另外，峰值脉冲功耗还与脉冲波形、持续时间和环境温度有关。
- (5) TVS 所能承受的瞬态脉冲是不重复的，器件规定的脉冲重复频率（持续时间与间歇时间之比）为 0.01%。如果电路内出现重复性脉冲，应考虑脉冲功率的累积，不然有可能损坏 TVS。
- (6) 对于小电流负载的保护，可有意识地在线路中增加限流电阻，只要限流电阻的阻值适当，一般不会影响线路的正常工作，但限流电阻对干扰所产生的电流却会大大减小。但这样可能选用峰值功率较小的 TVS 管来对小电流负载线路进行保护。
- (7) 电容量 C 是由 TVS 雪崩结截面决定的，这是在特定的 1 MHz 频率下测得的。C 的大小与 TVS 的电流承受能力成正比，C 太大将使信号衰减。因此，C 是数据接口电路选用 TVS 的重要参数。对于数据 / 信号频率越高的回路，二极管的电容对电路的干扰越大，形成噪声或衰减信号强度也大，因此，需要根据回路的特性来决定所选器件的电容范围。高频回路一般选择电容应尽量小（如 LCTVS、低电容 TVS，电容不大于 3 pF），而对电容要求不高的回路，电容的容量选择可高于 40 pF。
- (8) 为了满足 IEC61000-4-2 国际标准，TVS 二极管必须达到可以处理最小 8 kV（接触）和 15 kV（空气）的 ESD

冲击，有的半导体生产厂商在自己的产品上使用了更高的抗冲击标准。而对于某些有特殊要求的便携设备应用，设计者可以按需要挑选器件。

## TVS 瞬态干扰抑制器性能与应用

### 瞬态干扰

瞬态干扰指交流电网上出现的浪涌电压、振铃电压、火花放电等瞬间干扰信号，其特点是作用时间极短，但电压幅度高、瞬态能量大。瞬态干扰会造成控制系统的电源电压的波动；当瞬态电压叠加在控制系统的输入电压上，使输入控制系统的电压超过系统内部器件的极限电压时，便会损坏控制系统内部的设备，因此必须采用抑制措施。

### 硅瞬变吸收二极管

硅瞬变吸收二极管的工作有点象普通的稳压管，是箝位型的干扰吸收器件；其应用是与被保护设备并联使用。硅瞬变电压吸收二极管具有极快的响应时间(亚纳秒级)和相当高的浪涌吸收能力，及极多的电压档次。可用于保护设备或电路免受静电、电感性负载切换时产生的瞬变电压，以及感应雷所产生的过电压。TVS 管有单方向(单个二极管)和双方向(两个背对背连接的二极管)两种，它们的主要参数是击穿电压、漏电流和电容。使用中 TVS 管的击穿电压要比被保护电路工作电压高 10% 左右，以防止因线路工作电压接近 TVS 击穿电压，使 TVS 漏电流影响电路正常工作；也避免因环境温度变化导致 TVS 管击穿电压落入线路正常工作电压的范围。TVS 管有多种封装形式，如轴向引线产品可用在电源馈线上；双列直插的和表面贴装的适合于在印刷板上作为逻辑电路、I/O 总线及数据总线的保护。

### TVS 的主要参数

\*最大反向漏电流  $I_D$  和额定反向关断电压  $V_{WM}$ 。 $V_{WM}$  是 TVS 最大连续工作的直流或脉冲电压，当这个反向电压加于 TVS 的两极间时它处于反向关断状态，流过它的电流应小于或等于其最大反向漏电流  $I_D$ 。

\*最小击穿电压  $V_{BR}$  和击穿电流  $I_R$ 。 $V_{BR}$  是 TVS 最小的击穿电压。在 25°C 时，低于这个电压 TVS 是不会发生雪崩的。当 TVS 流过规定的 1mA 电流( $I_R$ )时，加于 TVS 两极的电压为其最小击穿电压  $V_{BR}$ 。按 TVS 的  $V_{BR}$  与标准值的离散程度，可把  $V_{BR}$  分为 5% 和 10% 两种。对于 5% 的  $V_{BR}$  来说， $V_{WM}=0.85V_{BR}$ ；对于 10% 的  $V_{BR}$  来说， $V_{WM}=0.81V_{BR}$ 。

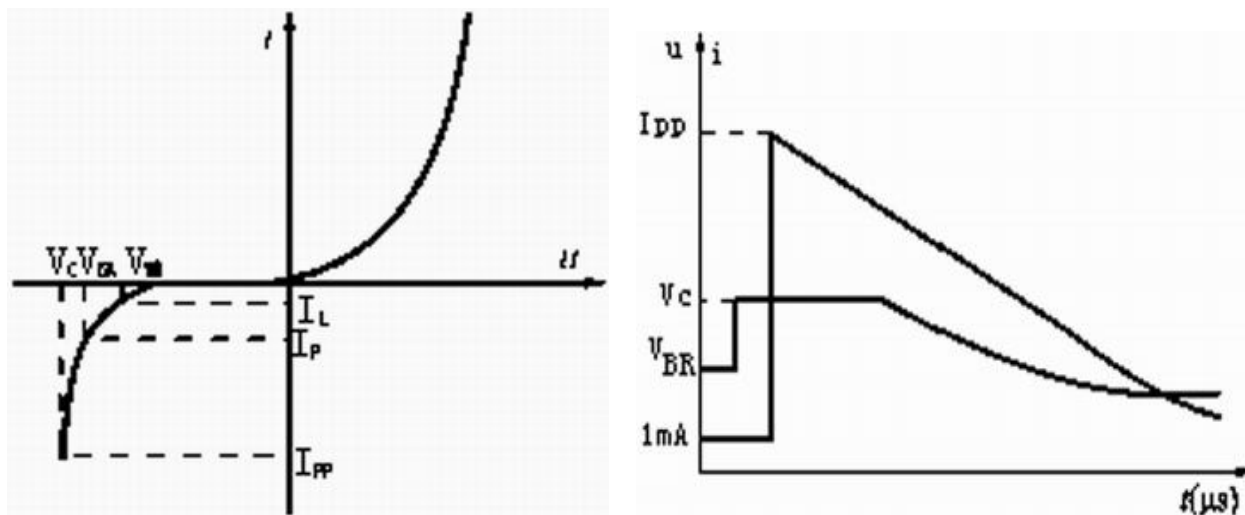


图 1 TVS 电压—电流特性

### 图 2 TVS 电压(电流)时间特性

\*最大箝位电压  $V_C$  和最大峰值脉冲电流  $I_{PP}$ 。当持续时间为 20ms 的脉冲峰值电流  $I_{PP}$  流过 TVS 时，在其两端出现的最大峰值电压为  $V_C$ 。 $V_C$ 、 $I_{PP}$  反映了 TVS 的浪涌抑制能力。 $V_C$  与  $V_{BR}$  之比称为箝位因子，一般在 1.2~1.4 之间。

\*电容量  $C$ 。电容量  $C$  是由 TVS 雪崩结截面决定的，是在特定的 1MHz 频率下测得的。 $C$  的大小与 TVS 的电流承受能力成正比， $C$  太大将使信号衰减。因此， $C$  是数据接口电路选用 TVS 的重要参数。

\*最大峰值脉冲功耗  $P_M$ 。 $P_M$  是 TVS 能承受的最大峰值脉冲功率耗散值。在给定的最大箝位电压下，功耗  $P_M$  越大，其浪涌电流的承受能力越大；在给定的功耗  $P_M$  下，箝位电压  $V_C$  越低，其浪涌电流的承受能力越大。另外，峰值脉冲功耗还与脉冲波形、持续时间和环境温度有关。而且，TVS 所能承受的瞬态脉冲

是不重复的，器件规定的脉冲重复频率(持续时间与间歇时间之比)为 0.01%。如果电路内出现重复性脉冲，应考虑脉冲功率的累积，有可能损坏 TVS。

\*箝位时间 TC。TC 是从零到最小击穿电压 VBR 的时间。对单极性 TVS 小于  $1 \times 10^{-12}$ s；对双极性 TVS 小于  $10 \times 10^{-12}$ s。

## TVS 的分类

TVS 器件按极性可分为单极性和双极性两种；按用途可分为通用型和专用型；按封装和内部结构可分为：轴向引线二极管、双列直插 TVS 阵列、贴片式和大功率模块等。轴向引线的产品峰值功率可以达到 400W、500W、600W、1500W 和 5000W。其中大功率的产品主要用在电源馈线上，低功率产品主要用在高密度安装场合。对于高密度安装场合还可以选择双列直插和表面贴装的封装形式。

## 4TVS 的选用

\*确定被保护电路的最大直流或连续工作电压，电路的额定标准电压和最大可承受电压。

\*TVS 的额定反向关断电压 VWM 应大于或等于被保护电路的最大工作电压。若选用的 VWM 太低，器件可能进入雪崩或因反向漏电流太大影响电路的正常工作。

\*TVS 的最大反向箝位电压 VC 应小于被保护电路的损坏电压。

\*在规定的脉冲持续时间内，TVS 的最大峰值脉冲功率 PM 必须大于被保护电路可能出现的峰值脉冲功率。在确定了最大箝位电压后，其峰值脉冲电流应大于瞬态浪涌电流。一般 TVS 的最大峰值脉冲功率是以 10/1000ms 的非重复脉冲给出的，而实际的脉冲宽度是由脉冲源决定的，当脉冲宽度不同时其峰值功率也不同。如某 600W TVS，对 1000ms 脉宽最大吸收功率为 600W，但是对 50ms 脉宽吸收功率就可达到 2100W，而对 10ms 的脉宽最大吸收功率就只有 200W 了。而且吸收功率还和脉冲波形有关：如果是半个正弦波形式的脉冲，吸收功率就要减到 75%，若是方波形式的脉冲，吸收功率就要减到 66%。

\*平均稳态功率的匹配对于需要承受有规律的、短暂的脉冲群冲击的 TVS，如应用在继电器、功率开关或电机控制等场合，有必要引入平均稳态功率的概念。举例说明，在一功率开关电路中会产生 120Hz，宽度为 4ms，峰值电流为 25A 的脉冲群。选用的 TVS 可以将单个脉冲的电压箝位到 11.2V。此中平均稳态功率的计算为：脉冲时间间隔等于频率的倒数  $1/120=0.0083$ s，峰值吸收功率是箝位电压与脉冲电流的乘积  $11.2V \times 25A=280W$ ，平均功率则为峰值功率与脉冲宽度对脉冲间隔比值的乘积，即  $280 \times (0.000004S/0.0083S)=0.134W$ 。也就是说，选用的 TVS 平均稳态功率必须大于 0.134W。

\*对于数据接口电路的保护，还必须注意选取具有合适电容 C 的 TVS 器件。

\*根据用途选用 TVS 的极性及其封装结构。交流电路选用双极性 TVS 较为合理；多线保护选用 TVS 阵列更为有利。

\*温度考虑瞬态电压抑制器可以在  $-55^{\circ}C \sim +150^{\circ}C$  之间工作。如果需要 TVS 在一个变化的温度下工作，由于其反向漏电流 ID 是随温度增加而增大；功耗随 TVS 结温增加而下降，从  $+25^{\circ}C$  到  $+175^{\circ}C$ ，大约线性下降 50%；击穿电压 VBR 随温度的增加按一定的系数增加。因此，必须查阅有关产品资料，考虑温度变化对其特性的影响。

## TVS 管在使用中应注意的事项

对瞬变电压的吸收功率(峰值)与瞬变电压脉冲宽度间的关系。手册给的只是特定脉宽下的吸收功率(峰值)，而实际线路中的脉冲宽度则变化莫测，事前要有估计。对宽脉冲应降额使用。

对小电流负载的保护，可有意识地在线路中增加限流电阻，只要限流电阻的阻值适当，不会影响线路的正常工作，但限流电阻对干扰所产生的电流却会大大减小。这就有可能选用峰值功率较小的 TVS 管来对小电流负载线路进行保护。

对重复出现的瞬变电压的抑制，尤其值得注意的是 TVS 管的稳态平均功率是否在安全范围之内。

## 降额使用

作为半导体器件的 TVS 管，要注意环境温度升高时的降额使用问题。特别要注意 TVS 管的引线长短，以及它与被保护线路的相对距离。当没有合适电压的 TVS 管供采用时，允许用多个 TVS 管串联使用。串联管的最大电流决定于所采用管中电流吸收能力最小的一个。而峰值吸收功率等于这个电流与串联管电压之和的乘积。

TVS 管的结电容是影响它在高速线路中使用的关键因素，在这种情况下，一般用一个 TVS 管与一个快恢复二极管以背对背的方式连接，由于快恢复二极管有较小的结电容，因而二者串联的等效电容也较小，可

满足高频使用的要求。

#### 结语

各种电子系统及通信网络等，经常会受到外来的电磁干扰，这些干扰主要来自电源线路的暂态过程、雷击闪电、以及宇宙射电等。这些干扰会使得系统动作失误甚至硬件损坏。对这些问题，要做好全面的预防保护措施，设计选用合适的硅瞬变吸收二极管是解决瞬态干扰的良好方案。但随着电子工业界探索更多地提高效率和增加功能、集成度不断提高的电子产品，设计提供完整的电路保护解决方案，将形成电路保护技术的又一次革命。