



# TVS产品选型指南

Transient Voltage Suppressors Selection Guide



## 目录

1TVS工作原理.....	3
2TVS特点.....	4
3TVS典型应用.....	4
4TVS命名规则.....	5
5TVS电性检测.....	5
5.1 $V_{RWM}$ 截止电压、 $I_R$ 漏电流.....	5
5.2 $V_{BR}$ 击穿电压.....	6
5.3 $I_{PP}$ 峰值脉冲电流、 $V_C$ 钳位电压.....	7
6TVS选型注意事项.....	8
6.1最高工作电压 $V_{RWM}$ .....	8
6.2TVS功率选型.....	8
6.3 $V_C$ 钳位电压.....	8
6.4 $I_R$ 漏电流.....	9
6.5结电容.....	9
6.6 封装形式.....	9

## 1、TVS工作原理

TVS (Transient Voltage Suppressors)，即瞬态电压抑制器，又称雪崩击穿二极管。它是采用半导体工艺制成的单个PN结或多个PN结集成的器件。TVS有单向与双向之分，单向TVS一般应用于直流供电电路，双向TVS应用于电压交变的电路。如图1所示，应用于直流电路时单向TVS反向并联于电路中，当电路正常工作时，TVS处于截止状态（高阻态），不影响电路正常工作。当电路出现异常过电压并达到TVS（雪崩）击穿电压时，TVS迅速由高电阻状态突变为低电阻状态，泄放由异常过电压导致的瞬时过电流到地，同时把异常过电压钳制在较低的水平，从而保护后续电路免遭异常过电压的损坏。当异常过电压消失后，TVS阻值又恢复为高阻态。

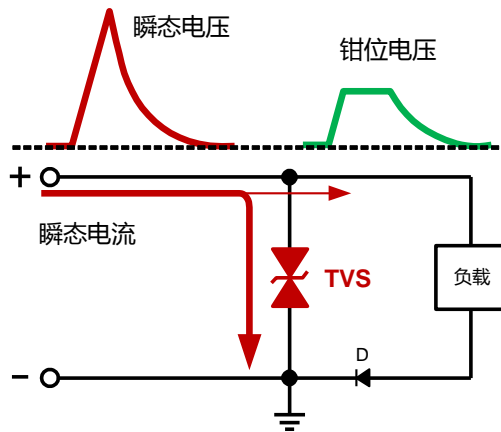


图1 TVS电路保护原理简图

TVS 的伏安特性曲线及相关参数说明如图 2 所示，双向 TVS 伏安特性曲线第一象限与第三象限极性相反，特性相似，如图 3。当 TVS 反向偏置时，TVS 有两种工作模式：待机（高阻抗）或钳制（相对的低阻抗），如图 2 第三象限。在待机状态下，流过 TVS 的电流称为待机电流（ $I_R$ ）或漏电流，该电流的大小随 TVS 的结温而变化。在 TVS 的伏安特性曲线中，由高阻抗（待机）向低阻抗（钳位）转变是雪崩击穿的开始，当 TVS 完全雪崩击穿时，TVS 会瞬间把高电压转化为流过其体内的大电流并保持 PN 结两端相对较低的钳位电压。

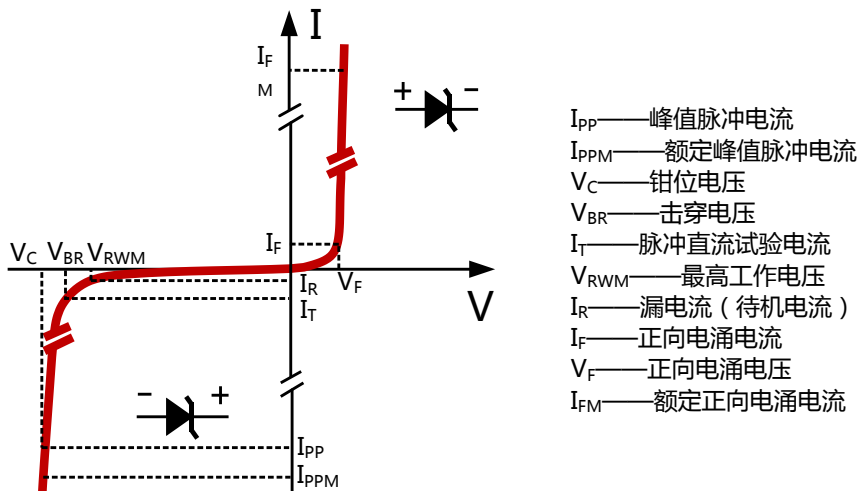


图2 单向TVS伏安特性曲线

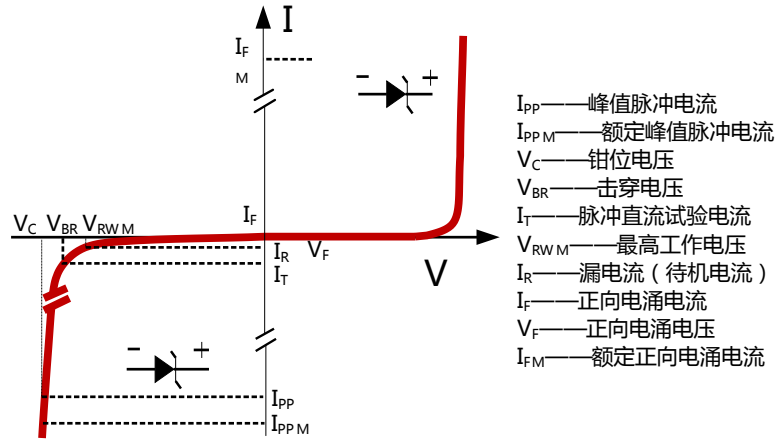


图 3 双向 TVS 伏安特性曲线

## 2、TVS 特点

- TVS 内部芯片为半导体硅材料，采用半导体工艺制成，具有较高的可靠性。
- TVS 具有较低的动态内阻，钳位电压低。
- TVS 较其他过压保护器件，具有较快的响应速度。
- TVS 电压精度高，击穿电压一般为  $\pm 5\%$  的偏差，在特殊应用场合，还可以通过工艺改善或参数筛选达到更高的精度。
- TVS 封装多样化，贴片封装有 SOD-123、SMA (DO-214AC)、SMB(DO-214AA)、SMC(DO-214AB)、DO-218AB 等，插件封装有 DO-41、DO-15、DO-201、P-600 等。
- TVS 在 10/1000 $\mu$ s 波形下瞬态功率可达 200W~30000W，甚至更高。在 8/20 $\mu$ s 波形下瞬态峰值脉冲电流可达 3kA、6kA、10kA、16kA、20kA 甚至更高。
- 工作电压范围可从 3.3V~600V，甚至更高。

## 3、TVS 典型应用

TVS 由于具有响应速度快，钳位电压低，电压精准等优点，因而应用于对保护器件要求较高的场合，如汽车电子、工业控制、照明，通信等行业，如 DC 电源线，RS485 接口，通信电源，I/O 口等。图 4 至图 6 是一些典型应用案例。

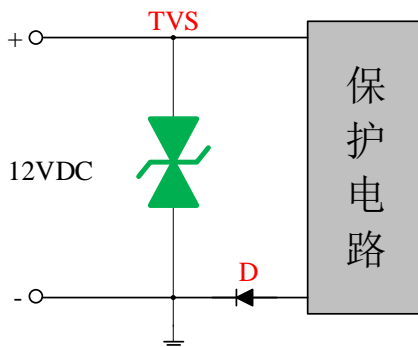


图 4 12VDC 电源线防护

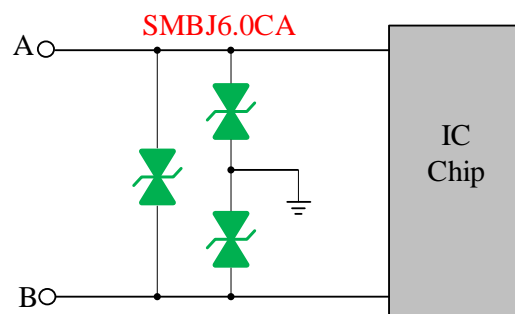


图 5 RS485 接口保护

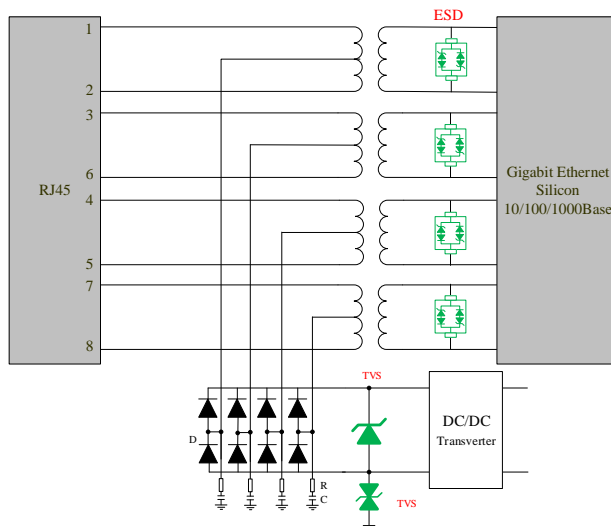
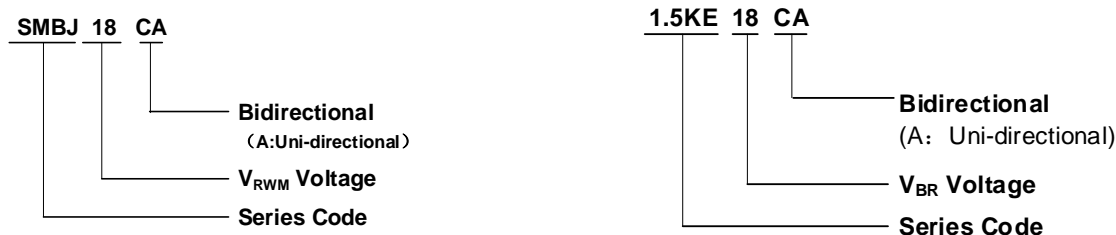


图 6 100M PoE 接口保护

## 4、TVS 命名规则



## 5、TVS 电性参数

表 1 TVS 规格参数，下面分别针对以下参数简单介绍：

表 1 TVS 产品电性参数

Part Number		Device Marking Code		Reverse Stand-Off Voltage	Breakdown Voltage @ $I_T$	Test Current	Maximum Clamping Voltage @ $I_{PP}$	Peak Pulse Current	Reverse Leakage @ $V_{RWM}$
Unidirectional	Bidirectional	UNI	BI	$V_{RWM}(V)$	$V_{BR}(V)$	$I_T(mA)$	$V_C(V)$	$I_{PP}(A)$	$I_R(\mu A)$
SMBJ5.0A	SMBJ5.0CA	KE	AE	5.0	6.4~7.0	10	9.2	65.2	800
SMBJ6.0A	SMBJ6.0CA	KG	AG	6.0	6.7~7.4	10	10.3	58.3	800

表 1 TVS 电性参数

### 5.1 $V_{RWM}$ 截止电压, $I_R$ 漏电流

**$V_{RWM}$** ，截止电压，TVS 的最高工作电压，可连续施加而不引起 TVS 劣化或损坏的最大的直流电压或交流峰值电压。在  $V_{RWM}$  下，TVS 呈现高阻态，认为是不工作的，即是不导通的。

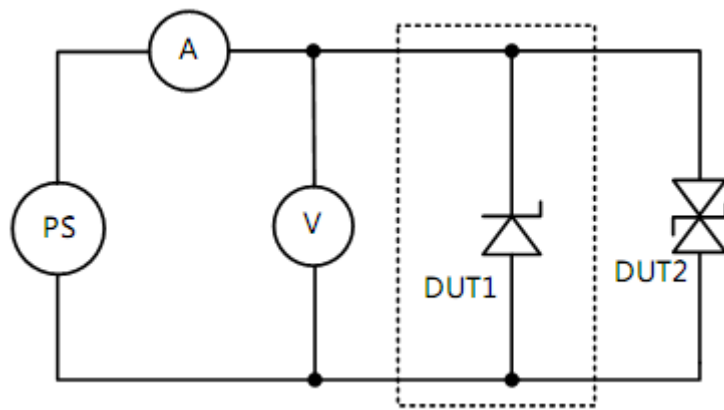
**$I_R$** ，漏电流，也称待机电流。在规定温度和最高工作电压条件下，流过TVS的最大电流。TVS的漏电流一般是在截止电压下测量，对于某一型号TVS， $I_R$ 应在规定值范围内。

VRWM 和 IR 测试回路如图 7 所示，对 TVS 两端施加电压值为 VRWM，从电流表中读出的电流值即为 TVS 的漏电流 IR，其中虚线框表示单向 TVS 测试回路。如对于我司型号为 SMBJ5.0A 的 TVS，当加在 TVS 两端的电压为 5VDC 时，流过 TVS 的电流应小于 800 $\mu$ A。对于同功率和同电压的 TVS，在 VRWM $\leq$ 10V 时，双向 TVS 漏电流是单向 TVS 漏电流的 2 倍。

## 5.2 VBR 击穿电压

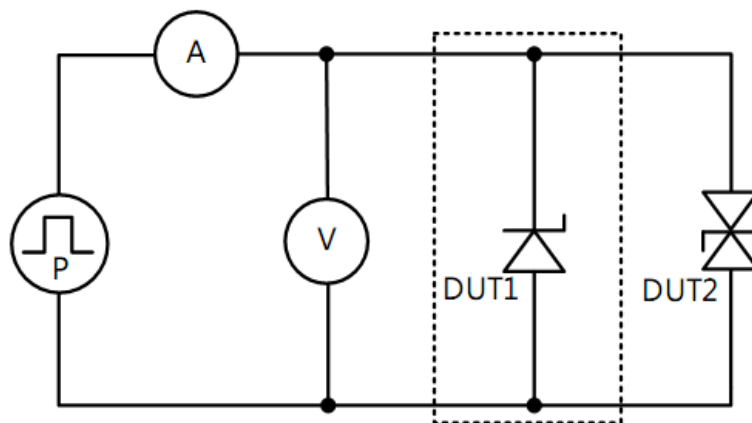
击穿电压，指在 V-I 特性曲线上，在规定的脉冲直流电流 IT 或接近发生雪崩的电流条件下测得 TVS 两端的电压。

对于低压 TVS，由于漏电流较大，所以测试电流选取的 IT 较大，如 SMBJ5.0A，测试电流 IT 选取 10mA。VBR 测试电路如图 8 所示，使用脉冲恒流源对 TVS 施加 IT 大小的电流时，读出 TVS 两端的电压则为击穿电压。电流施加时间应不超过 400ms，以免造成 TVS 受热损坏。测量时，VBR 落在 VBR MIN. 和 VBR MAX. 之间视为合格品。



- PS-可调直流电压源(如为交流实验,则为交流电压源)
- V- 数字电压表(如为交流实验,则为示波器)
- A- 直流微安表(如为交流实验,则为交流微安表)
- DUT1-单向受试元件
- DUT2-双向受试元件

图 7 TVS 截止电压 (VRWM) /漏电流 IR 试验电路



- P- 脉冲恒流源
- V- 电压表
- DUT1- 受试单向器件
- DUT2- 受试双向器件

图 8 TVS 击穿电压 (VBR) 测试电路

## 5.3、 $I_{PP}$ 峰值脉冲电流 / $V_C$ 钳位电压

$I_{PP}$ ，峰值脉冲电流，给定脉冲电流波形的峰值。TVS一般选用10/1000 $\mu$ s电流波形（图9）。  
 $V_C$ ，钳位电压，施加规定波形的峰值脉冲电流 $I_{PP}$ 时，TVS两端测得的峰值电压。  
 $I_{PP}$ 及 $V_C$ 是衡量TVS在电路保护中抵抗浪涌脉冲电流及限制电压能力的参数，这两个参数是相互联系的。对于TVS在防雷保护电路中的钳位特性，可以参考 $V_C$ 这个参数。对于相同型号TVS，在相同 $I_{PP}$ 下的 $V_C$ 越小，说明TVS的钳位特性越好。TVS的耐脉冲电流冲击能力可以参考 $I_{PP}$ ，同型号的TVS， $I_{PP}$ 越大，耐脉冲电流冲击能力越强。

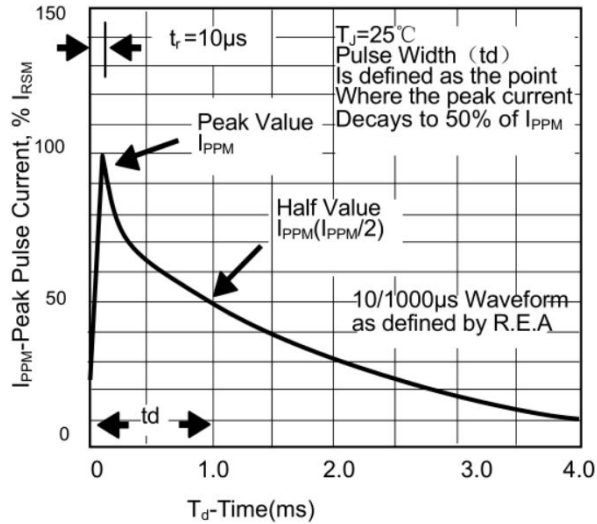
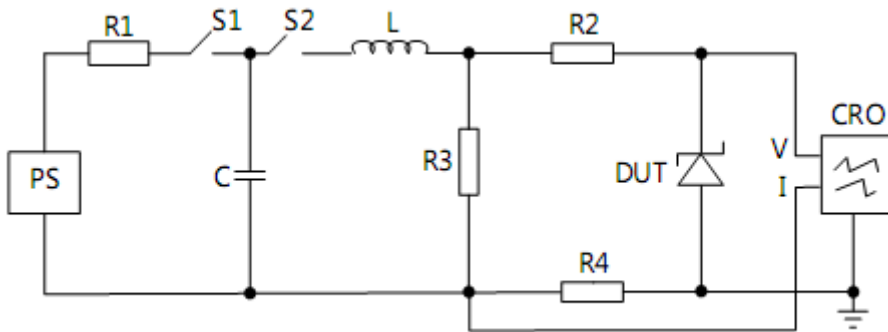


图9 10/1000 $\mu$ s 电流波形

下图（图10）为TVS峰值脉冲电流（ $I_{PP}$ ），钳位电压（ $V_C$ ）测量试验回路示意图，测量时应考虑到TVS的散热问题，两次测试时间间隔不能太短，以免对TVS造成损坏。



- |               |                            |
|---------------|----------------------------|
| PS-DC 充电电源;   | R3-调波电阻                    |
| S1-充电开关       | R4-电流传感电阻或可采用适当额定值的电流互感器探头 |
| S2-放电开关       | C-储能电容器                    |
| R1-充电电阻       | L-调波电感                     |
| R2-调波限流电阻     | CRO-用于观察电流和电压的示波器          |
| DUT- 试样 (TVS) |                            |
- 注：所示回路仅为示意图，应采用大电流及高频试验的测量技术

图10 TVS 钳位电压（ $V_C$ ），峰值脉冲电流（ $I_{PP}$ ）试验回路

以上对于TVS的测量，图中所示电路为电路的基本原理，目前市面上有多种TVS电性检测仪器，如晶体管图示仪，TVS检测仪等，浪涌发生器、TVS逆向功率测试仪等。

## 6、TVS 选型注意事项

### 6.1 最高工作电压 VRWM

在电路正常工作情况下，TVS 应该是不工作的，即处于截止状态，所以 TVS 的截止电压应大于被保护电路的最高工作电压。这样才能保证 TVS 在电路正常工作下不会影响电路工作。但是 TVS 的工作电压高低也决定了 TVS 钳位电压的高低，在截止电压大于线路正常工作电压的情况下，TVS 工作电压也不能选取的过高，如果太高，钳位电压也会较高，所以在选择 VRWM 时，要综合考虑被保护电路的工作电压及后级电路的承受能力。

### 6.2 TVS 功率选型

产品的额定瞬态功率应大于电路中可能出现的最大瞬态浪涌功率，具体可参照如下计算方法。

TVS 的额定功率记为 P<sub>PPM</sub>，则 P<sub>PPM</sub> 的功率可估算为：

$$P_{PPM} = V_C \times I_{PP}$$

其中，V<sub>C</sub> 为 TVS 的钳位电压，I<sub>PP</sub> 为 TVS 在 10/1000μs 波形的峰值脉冲电流。

对于不同功率等级的 TVS，相同电压规格的 TVS 其 V<sub>C</sub> 值是一样的，只是 I<sub>PP</sub> 不同。故 P<sub>PPM</sub> 与 I<sub>PP</sub> 成正比，I<sub>PP</sub> 越大，P<sub>PPM</sub> 也越大。

对于某一电路，有对应的测试要求，设实际电路中的最大测试电流为 I<sub>actual</sub>，则 I<sub>actual</sub> 可估算为：

$$I_{actual} = \frac{U_{actual}}{R_i}$$

其中 U<sub>actual</sub> 为测试电压，R<sub>i</sub> 为测试内阻。

TVS 要通过测试，故实际电路中要求 10/1000μs 波形下 TVS 的最小功率 P<sub>actual</sub> 为：

$$P_{actual} = V_c \times I_{actual} \times \Delta \frac{di}{dt} = V_c \times \frac{U_{actual}}{R_i} \times \Delta \frac{di}{dt}$$

其中  $\Delta \frac{di}{dt}$  为波形转换系数，如实际测试波形为其他波形，如 8/20μs 波形，建议  $\Delta \frac{di}{dt}$  取

$$\frac{1}{3-5} @ 8/20\mu s \text{ 或 } \frac{1}{1.5-2} @ 5/320\mu s; \Delta \frac{di}{dt} \text{ 与 TVS 的材质有关，详细可咨询我司技术人员。}$$

实际选型中，TVS 应留有一定的裕量，TVS 的功率 P<sub>PPM</sub> 选择应遵循 P<sub>PPM</sub> ≥ P<sub>actual</sub>；

### 6.3 V<sub>C</sub> 钳位电压

TVS 钳位电压应小于后级被保护电路最大可承受的瞬态安全电压，大多数 TVS 的 V<sub>C</sub> 与 V<sub>BR</sub> 及 I<sub>PP</sub> 都成正比。对于同一功率等级的 TVS，其击穿电压越高 V<sub>C</sub> 也越高。



## 6.4 I<sub>R</sub>漏电流

在一些低功耗电路或高精度采集电路中，I<sub>R</sub>过大可能导致电路功耗过大或信号的采集精度超标。因低压（V<sub>RWM</sub><10V）TVS 的 I<sub>R</sub>较大，如果后级电路耐受能力较强的话，尽量选择 10V 或以上的 TVS；如果后级电路耐受能力不足，需要选择小 I<sub>R</sub>且低电压的 TVS，我司也可以提供这类产品。

## 6.5 结电容

TVS 的结电容一般在几十皮法至几十纳法。对于同一功率等级的 TVS，其电压越低，电容值越大。在一些通信线路中，要注意 TVS 的结电容，不能影响电路正常工作。

## 6.6 封装形式

TVS 的功率从封装形式上也可以体现，封装体积越小，其功率一般也越小，因为 TVS 的芯片面积直接决定了 TVS 的功率等级。电路工程师可根据电路设计及测试要求选择合适封装的 TVS 器件。