功率器件应用指南

概述：

本指南的目的是对数据手册中有关器件的测试条件、测试依据等作进一步的解释和补充。在这里我们将用一个具体的例子来对器件参数的意义和额定值作进一步的说明和解释。具体地我们将以 KP_B 2500-36 相控晶闸管为例进行说明和解释。

所有提供的数据能够完全满足晶闸管在-40℃ ~ 125℃的运行温度范围。

KP_B 2500-36 相控晶闸管这样参数如下：

V_{DSM} = 3700 V	（V_{DRM}＋100V）
I_{TAVM} = 2500 A	
I_{TRMS} = 3900 A	
I_{TSM} = 41000 A	
V_{T0} = 1.15 V	
r_T = 0.20mΩ	

通常当我们看到一种器件的这些关键特性参数时，我们可以从这些参数上大致的估计出器件的电流通过能力和电压水平。同样地，我们也可以从数据手册上查到这些参数，甚至更多更详细的信息。应当特别注意的是，我们所列出的器件的任何参数都是在一定的条件下获得的，如：I_{TSM} = 41000 A @ Tc = 125℃，t_p = 10 ms，V_R = 0。**因为在不同的条件下，器件可以获得不同的特性参数。**如图 3－1 所示。

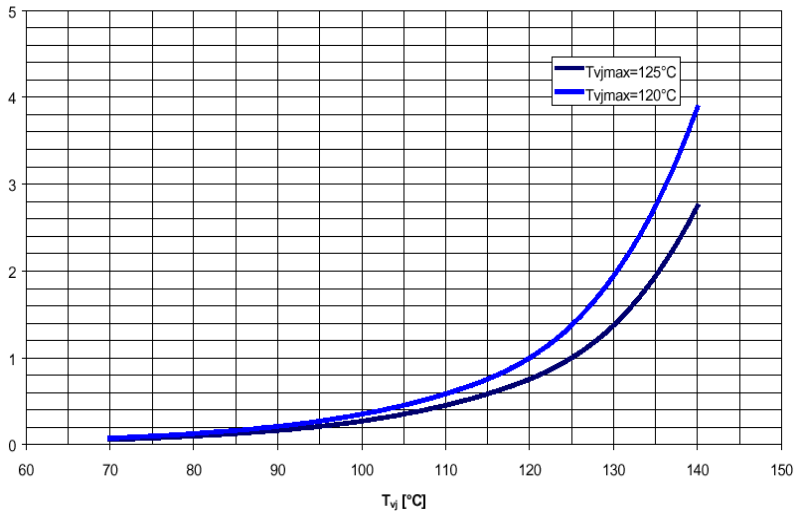


图 3－1 相同 V_{DRM}/V_{RRM}、不同温度的 I_{DRM}/I_{RRM} 曲线

株洲电力机车研究所电力电子事业部集数十年器件制造和应用经验，不断改进，不断创新，根据不同应用领域的特点，使其产品满足各种应用需要。为此我们对器件的主要特点进行介绍：

- 全压接硅芯片技术；
- 传动、能源和工业应用领域；
- 优秀的功率转换能力；
- 叉指状放大门极。

全压接硅芯片技术

全压接硅芯片技术的基础是其硅晶片不是直接键合在钼片上，而是使其硅芯片和钼片在外部压力的作用下封装在管壳的内部，与高温键合芯片技术相比，全压接硅芯片技术使用户的成本 —— 效率具有更大的优越性，并且可使工艺的变化和参数的波动保持在很小的范围内，这样的话可使得器件的静态和动态特性得到优化。

传动、能源和工业应用领域

因为上面的每一种应用均有其对半导体器件的特殊要求，TEG 数十年内已提供了许多的器件到这些领域应用，这使得 TEG 在满足客户的需求方面获得了独特的经验，其失效率特别低。

优化功能转换能力

上面已经谈到，TEG 获得了许多满足用户需要的独特经验，因此在我们的设计中特别注意作为工程应用时在静态和动态参数之间取得满意的优化组合，尤其像工作在较高频率的特殊应用情况时。

叉指状放大门极

放大门极允许用一个小的外部门极电流去触发最大的晶闸管，这样可允许用户用基本相同的门极单元去触发 TEG 的相控晶闸管。相对简单中心门极结构而言，叉指门极结构是门极分布在整个的晶闸管阴极面上，这样就可使得器件在开通期间加速导通区域的扩展，这样的门极结构可使开通损耗明显减小并允许器件承受较高的 d*i*/d*t*。

晶闸管通常在高电压、大电流工况下运行，下面是晶闸管在运行过程中可能出现的阳极电压和电流波形。

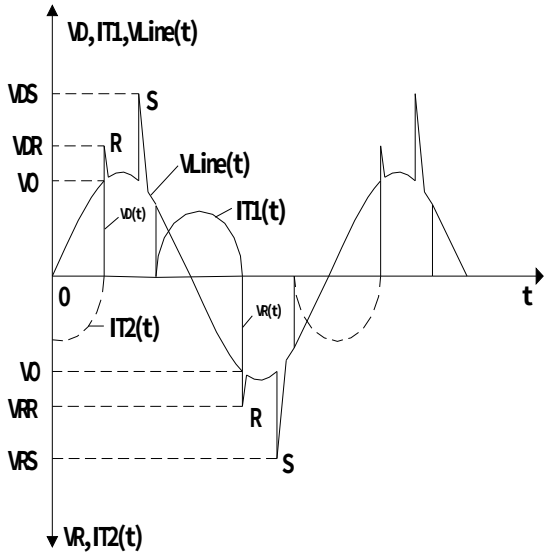


图 3－2　晶闸管运行模拟波形图

从图 3－2 我们可看出，为了晶闸管安全运行，**必须满足：**

$V_{DS} < V_{DSM}$；$V_{RS} < V_{RSM}$；$V_{DR} < V_{DRS}$；$V_{RR} < V_{RRM}$

• V_{DSM}；V_{RSM}

这里 V_{DSM} 和 V_{RSM} 表示在正向和反向最大的浪涌电压，也即这些电压的额定值代表晶闸管能承受宽度 t_p = 10ms 或者少于 10ms 的不重复瞬态脉冲电压能力。例如：这些电压是由外来的开关过电压或者是由闪电脉冲所产生的，因为由这些电压可引起误触发(正向)和严重的降低器件的阻断特性，甚至使在两个方向均造成永久性损坏。

频率 1Hz，底宽 10ms 的条件是 ZESEM 的器件出厂测量条件，在这里要强调的是浪涌电流的通过能力，即在两次浪涌脉冲之间的时间必须足够长(200ms 以上)，以确保晶闸管从浪涌应力中完全恢复过来（热应力）。

从图 3－2 我们可以看出晶闸管在运行过程中会承受各种过电压，下面我们对器件电压选择准则作一个简要的介绍。

大家知道在器件的应用中要确切的知道器件承受的 V_{DS} 和 V_{RS} 的幅值常常是非常困难的，有时甚至是不可能的。这主要是由于它们与输入电压的质量有关。输入电压的质量它强烈地依赖于地域、环境和每天工作的时间，为此我们推荐如下的设计规则。

若：输入电压有效值为 $V_{i(RMS)}$则其峰值为

$V_0(max) = \sqrt{2}\ V_{i(RMS)}$　　这里取电压过冲系数为 2.5

则：$V_{DSM} = V_{RSM} = 2.5\ V_0(max)$

• **V_{DRM}；V_{RRM}**

V_{DRM}，V_{RRM} 表示晶闸管在正向和反向承受的**最大重复电压**，当电源频率为 50Hz(或 60Hz)，10ms(或少于 10ms)的正弦电压脉冲时晶闸管能够阻断这样级别的电压。在工作时不能超过这些额定值，因为一旦超过，将使器件漏电流和功耗急剧地增加而导致器件超出最大允许结温，随之使器件阻断能力变得不稳定，甚至造成器件永久损害。

• **I_{DSM}；I_{RSM}**

当在器件上施加 V_{DRM}/V_{RRM} 时，I_{DRM}/I_{RRM} 是规定的最大漏电流，一旦器件的漏电流超过此最大值，则无论器件上施加的电压是否达到 V_{DRM}/V_{RRM}，均被箝位在当前值，I_{DRM}/I_{RRM} 值的测量是在 T_C = 125℃和 t_p = 10ms 条件下获得的，当结温较低时，其 I_{DRM}/I_{RRM} 值较小。参看曲线 3－1。

• **断态电压临界上升率 dv/dt_{crit}**

在晶闸管阻断状态期间，当施加一个指数电压尖峰波形时晶闸管允许的最大阻断电压上升率。

dv/dt_{crit} 用下面图形进行定义

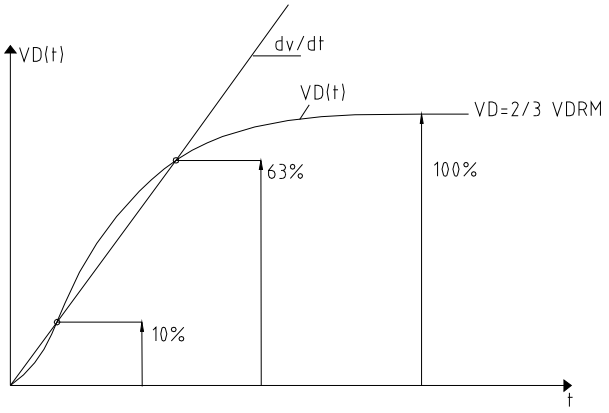


图 3－3：定义 dv/dt_{crit}

当超过 dv/dt_{crit} 时可以导致晶闸管的非受控触发，这种情况可能导致晶闸管的损坏。dv/dt 的触发在大多数情况下发生在硅晶片的局部，即门极结构的外面，由于是在门极结构的外面局部触发，形成局部电流，这可导致硅晶片上的热熔点。下面我们介绍 KP_B2500－36 器件的机械数据。

F	正　　常	70 kN
	最　　大	77 kN
	最　　小	43 kN
a	器件安装加速度	100 m/s^2
M	重　　量	1.67 kg
Ds	表面爬电距离	35mm
Da	空气放电距离	14mm

• **F**　这里的 F 是一个使器件能获得良好的电和热接触所必需的安装力，非常重要的一点是 F 的值必须持续、恒久的保持在最小值和最大值之间,以使器件受到恒定的夹紧力，保证器件因功耗而产生的热量能被传走。

一旦施加给器件的力超过 F 值，它将使硅晶片上机械应力增加，甚至使得硅晶片出现裂纹。大家知道器件的安装除了正确的安装力之外，仍需使其压力均匀的分布在接触面上，因为不均匀的压力可使管壳的铜极产生塑料变形，使器件硅晶片的局部产生机械应力造成器件性能降级或者器件损坏。

特别提示：当对器件进行检查时，如果没有外力施加于器件两端，器件不能形成良好的接触，这时就不可能正确的对器件进行阻断特性和门极特性的检查，TEG 的器件最小的检查压力大约在 1kN。

下面我们介绍 KP_B2500－36 器件的通态特性

$I_{T(AVM)}$	最大平均通态电流	2500 A	Tc = 70℃　正弦半波	
$I_{T(RMS)}$	最大 RMS 通态电流	3900 A		
I_{TSM}	最大峰值不重复浪涌电流	41000 A	正弦半波 tp = 10 ms	*T*c = 125℃
I^2t	电流时间积分	8410 kA^{2}S	正弦波　tp = 10 ms	
V_{TM}	通态峰值电压	2.5	I_{TM} = 6000 A	*T*c = 25℃
V_{T0}	门槛电压	1.15 V		*T*c = 125℃
r_T	斜率电阻	0.20 mΩ		
I_H	维持电流	500 mA	V_D = 12 V	*T*c = 25℃
I_L	擎住电流	3000 mA	V_D = 12 V	

• $I_{T(AVM)}$；$I_{T(RMS)}$

最大平均和均方根电流，其值可用下式进行计算：

将壳温固定在某一个确定值(例如 70℃)，则这里 $I_{T(AVM)}$和 $I_{T(RMS)}$是使器件加热到最大结温(如125℃)时的正弦半波通态电流的平均值和有效值，可用它来对不同产品的通态性能进行比较，因为**壳温对电流额定值影响非常大**。

对器件壳温作不同的规定，能获得器件不同的平均电流值。

$P=(T_{JM}-T_C)$ / Rth(J－C)　对任意一种器件，其 Rth(J－C)是一定的，最高结温也不能超过规定的上限值，当 T_C 降低时，功率增大，其平均电流自然也就能增大。

在工程应用中通常我们可以利用 V_{T0}，r_T 来计算 $I_{T(AV)}$和 $I_{T(RMS)}$值。

$$I_{TAV}=2\frac{\sqrt{V_{T0}^2+r_T\ \pi^2 P_{AVM}}-V_{T0}}{r_T\ \pi^2}$$

$$P_{AVM}=\frac{T_{vjmax}-T_c}{R_{thjc}}$$

$$I_{TRMS}=\frac{\pi}{2}I_{TAV}$$

这里：P_{AVM}：　瓦

T_{vjmax}，T_c：℃

V_{T0}：V

r_T：Ω

R_{thjc}：℃/W

• **I_{TSM}：**

I_{TSM} 是 t_p = 10ms 时的最大不重复浪涌电流值，注意它是**最大值**，即：晶闸管在额定通态电流满负载时施加的一个瞬时值，因此，晶闸管在浪涌过程中其结温将超过 T_{vjmax} = 125℃范围，也就是说此时晶闸管的结被加热到它的额定最高结温之上的某一个程度，这时晶闸管不再能够阻断额定电压，即 I_{TSM} 是器件在 $V_D = V_R \approx 0$ 条件下的测试值。

虽然单次浪涌对硅单晶片不会造成任何致命的损害，但由于其浪涌期间 T_{vj} 超过 T_{vjmax}，因此它发生的次数不能太多，否则将对器件造成永久损害。

• I^2t

I^2t 是浪涌电流的积分值，它是 $\int I_T^2 dt$ 的缩写和表示方法，它是将上面曾经讨论过的 I_{TSM} 按下面公式计算获得的。

$$I^2t = \int_0^{tp} I_T^2 dt = \frac{I_{TSM}^2 \cdot tp}{2}$$

这里：t_p：浪涌脉冲电流的宽度，秒

I_{TSM}：浪涌脉冲电流，安培

I^2t 值也是使晶闸管获得保护的参数值，亦即所选择的熔断器的 I^2t 值必须小于被保护器件的最大 I^2t 值。

• V_T；r_T

我们可以很方便的由 $V_{(T0)}$和 r_T 来确定其通态特性

即：$V_T(I_T) = V_{T0} + r_T I_T$

用上述方程获得的近似通态特性其精度足以满足工程应用的需求。

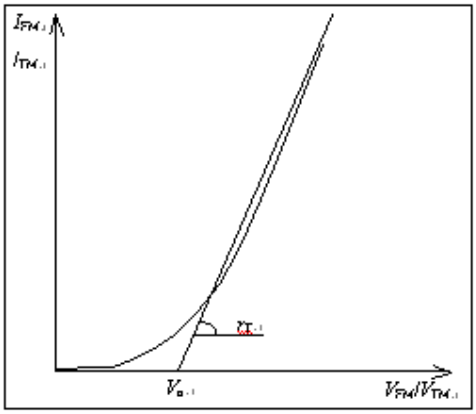


图 3－4 通态伏－安特性

• I_H

在样本手册中给出器件 25℃温度下的维持电流最大值，其值与应用条件密切相关，这里仅仅给出一个可选的范围值，通常我们这样定义维持电流(见图 3－4)：假设晶闸管在其门极电流被撤去后仍能维持导通，但此时若将阳极电流以非常小的速率(di/dt≤1A/μs)减小，如果阳极电流减小到某一个确切的电流值时它突然跌落到零，使器件恢复到阻断状态，此时我们将这个电流称之为维持电流。

• I_L

在样本手册中给出器件 25℃温度下的最大值，其定义如下：擎住电流是晶闸管的门极触发过程已经开始，并移去门极信号，需要维持晶闸管在它的导通状态的最小阳极电流。若此时刻的 I_T 低于 I_L，则 I_T 将跌落到零，晶闸管将重新恢复其阻断状态(见图 3－4)。

擎住电流和维持电流的定义如图 3－4 所示

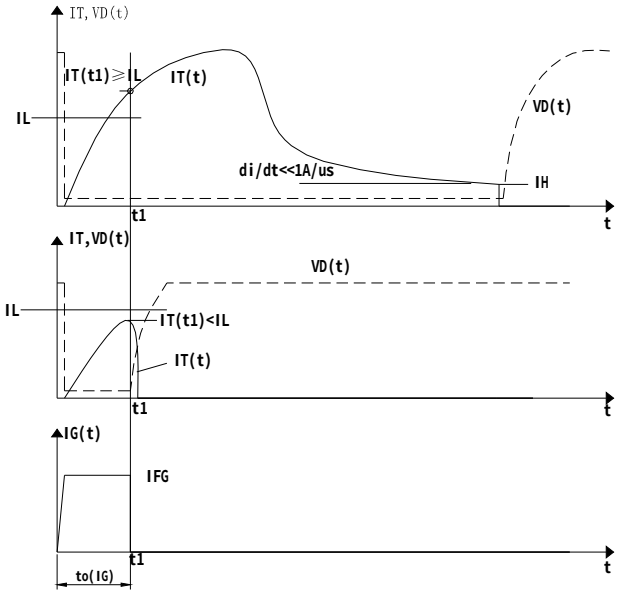


图 3－4：擎住电流和维持电流的图示定义

图中：a) 在 t_1 时刻 $I_T > I_L$，阳极电流 I_T 被擎住；

b) $I_T < I_L$，阳极电流跌落到零，器件恢复阻断；

c) 相应的门极电流

维持电流和擎住电流的异同：

相同点：

• I_H 和 I_L 都是维持通态的最小主电流；

• 两者都规定为晶闸管的直流参数，测试条件也有些相同，如温度(25℃)断态电压(12V 或 6V)和门极电路条件。

不同点：

• 器件状态变化过程不同， I_H 是由通态(大电流)到断态， I_L 是由断态到通态；

• I_L 要求器件一进入通态，即移除触发信号，而 I_H 与触发信号无关；

- I_H 规定为上、下限值，而 I_L 仅规定为上限值，二者上限值比较，通常 I_L 为 I_H 的 2 倍或更大；
- I_H 有时给出高温(Tjmax)值， I_L 仅有 25℃的值；

晶闸管的开关特性

di/dt_{crit}	通态电流临界上升率	200 A/μs	T_c = 125℃, f = 50Hz, V_D = 2/3V_{DRM}, I_{TM} = 5000A, I_G = 1.0A, t_r = 0.5μs
t_d	延迟时间	≤5μs	V_D = 0.4V_{DRM}, I_G = 1.0A, t_r = 0.5μs
t_q	关断时间	≤400μs	T_c = 125℃, V_D = 2/3V_{DRM}, dv/dt≥30A/μs, I_{TM} = 250A, V_R = 50V, dir/dt = 50A/μs
Q_r	恢复电荷	≤2600μC	T_c = 25℃, I_T = 500A, dir/dt = 5A/μs, V_R = 50V

- **di/dt_{crit}**

在这里给出了器件可以连续运行的通态电流临界上升率，在本参数的条件中，门极脉冲电流的上升时间 t_r 和门极脉冲电流的峰值 I_G 是非常重要的，因为前沿陡直(di_G/dt≥2A/μs)且具有恰当峰值的门极脉冲电流，能使晶闸管均匀地和安全地触发导通。但如果这个值太低且上升平缓，它造成晶闸管的局部触发，局部触发将造成门极或放大门极结构损坏，进而使器件失效。

- **t_d**

延迟时间 t_d 它是这样定义的：10%峰值门极电流 I_G 和 90%阳极电压之间的时间间隔(见图 3－5)，从图 3－4 我们可看到陡直的初始门极脉冲可使门极延迟时间缩短，这一点在晶闸管的串联应用工况显得特别重要，因为它可使串联运行的晶闸管开通尽量保持一致。

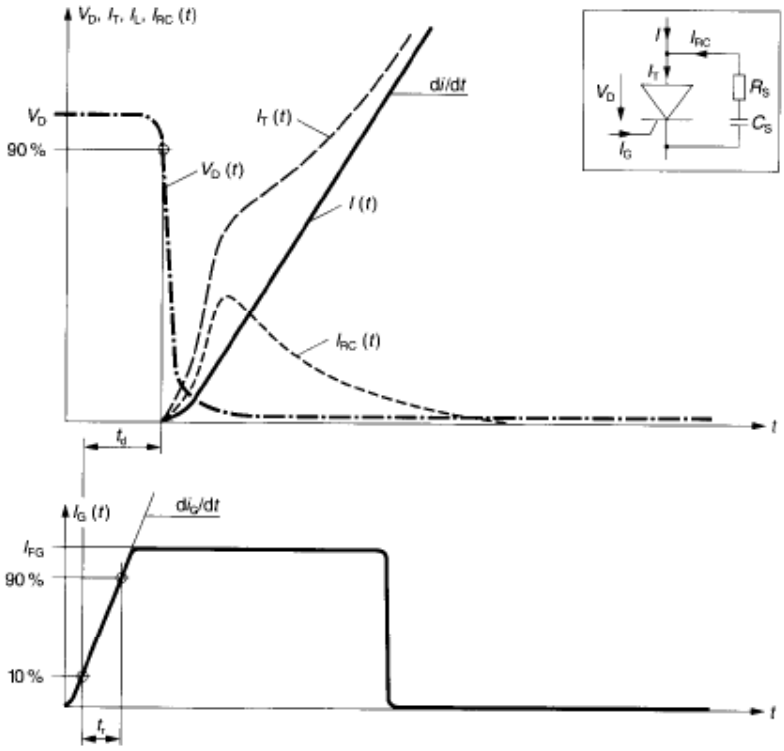


图 3－5：定义晶闸管的开通波形

• t_q

电路换向关断时间 t_q 是这样来定义的：晶闸管阳极电流过零和可能施加阳极电压给晶闸管瞬间的时间间隔，具体波形如图 3－5 所示，数据手册里提供的 t_q 是最大值，若超过它，一旦电路条件合适，可能发生晶闸管不可控触发(图 3－5)甚至损害晶闸管。如果应用条件不满足本数据表中条件时，其 t_q 值也不一样，下面给出不同情况时的 t_q 比值。

a.

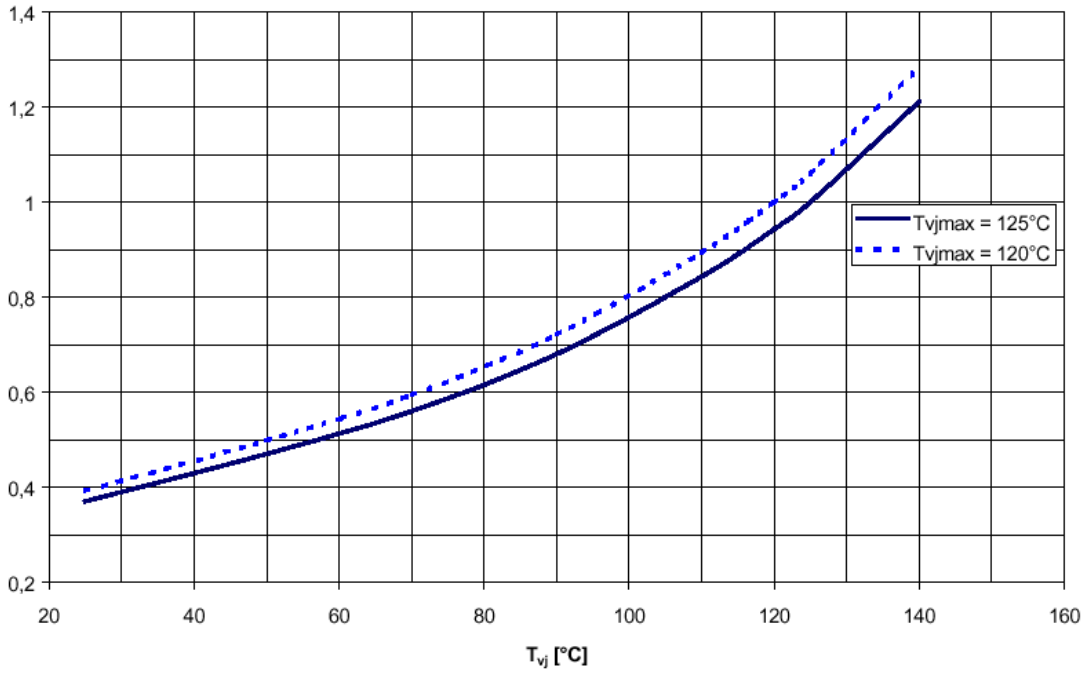
T_j	125℃	100℃	75℃
t_q	1.0	0.80	0.62

b.

di/dt	60A/μs	40 A/μs	20 A/μs
t_q	1.0	0.96	0.88

c.

dv/dt	200V/μs	50 V/μs	20 V/μs
t_q	1.0	0.82	0.70



曲线 3－2 不同结温时 tq 比值

若需要较小 t_q 值的器件，TEG 亦能满足要求。

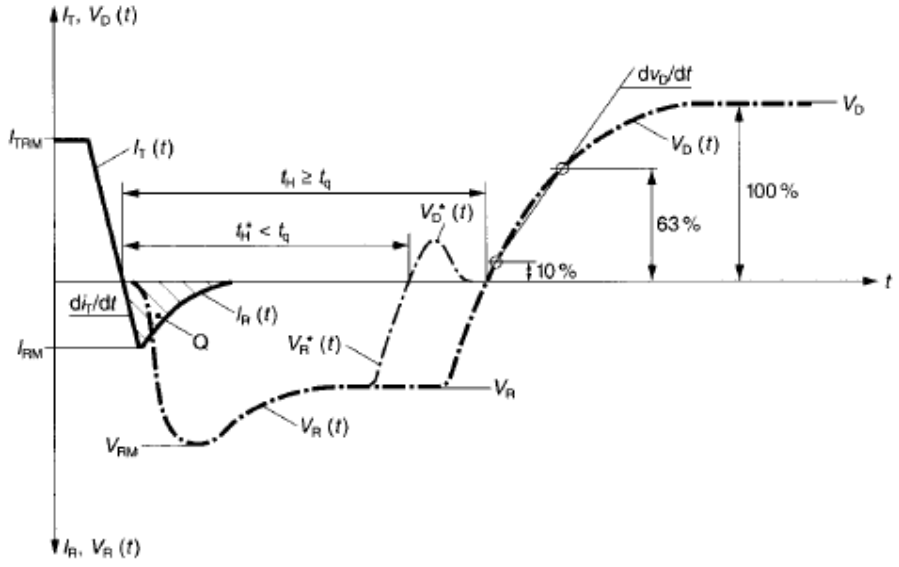


图 3－6 晶闸管关断波形

若需要较小 t_q 值的器件，TEG 亦能提供满足要求的器件。

这里：t_H 是由应用电路提供的一个换相裕量时间，从波形图上可看出，陡直的阳极电压波形表示晶闸管已成功关断，能承受正常的阻断电压，即当 $t_H >$ 关断时间 t_q 的最大额定值时晶闸管能够阻断正向阳极电压，但如果 $t_H < t_q$，从带*号的电压曲线波形图上可看到在晶闸管还未可靠关断时又提

供一个正向阳极电压，这可使晶闸管在没有触发脉冲时，再一次发生导通，这种情况可使晶闸管发生损害，应当避免。

• Q_r

恢复特性是这样定义的：在反向恢复时间内电流 I_R 曲线所包围的面积，其波形如图 3—6 所示。Q_r 的值即图中阴影部分的面积。

晶闸管门极触发特性：

V_{GT}	门极触发电压	3.0 V	T_c = 25℃
I_{GT}	门极触发电流	30 mA ~ 200 mA	T_c = 25℃
V_{GD}	门极不触发电压	0.2 V	T_c = 125℃ $V_D = 0.4V_{DRM}$
V_{FGM}	门极正向峰值电压	16 V	T_c = 125℃
V_{RGM}	门极反向峰值电压	5 V	T_c = 125℃
I_{FGM}	门极正向峰值电流	5 A	T_c = 125℃
$P_{G(AV)}$	门极平均电率	4 W	T_c = 125℃

• **V_{GT}；I_{GT}**

门极触发电压和电流，它是触发晶闸管所必需的最小门极电压/电流，这二个参数是晶闸管的阳极电压为 12V，T_c = 25℃条件下测量的，**特别注意的是这二个参数仅仅是使晶闸管能触发的参数值，并不能认为它就是晶闸管能在高电压大电流工况下安全、可靠运行的触发条件，**

• **V_{GD}；I_{GD}**

门极不触发电压和电流，它是这样定义的：为避免晶闸管误触发的最大允许门极电压/电流，它是在 T_c = 125℃和 $V_D = 0.4V_{DRM}$ 条件下进行测量的，降低阳极电压和增加结温其值增加，当晶闸管运行在强电磁干扰环境时，这二个参数是特别重要的，因为一旦干扰信号超过这个值，这不仅会引起晶闸管误触发，导致换流不正常，而且会由于晶闸管局部触发(干扰信号虽说大于 V_{GD}，I_{GD}，但仍远小于正常工作时的触发信号)损坏放大门极结构而造成晶闸管损害。通常我们可以采用门极信号滤

波器的方法，降低干扰信号，使不大于 V_{GD}/I_{GD}。

• V_{FGM}

门极正向峰值电压，如果我们对晶闸管施加一个上升时间短，且幅值高的门极脉冲，使之触发导通，而导通时阳极电流的上升率很高(具有高的 d*i*/d*t*)，这时可能瞬时的在晶闸管门-阴极间产生这个电压 V_{FGM}。

• I_{FGM}

它表明晶闸管的门极接触点的电流通过能力，它是持续时间小于 100μs 的脉冲最大值，如果门极是直流时，I_{FGM} 则必须减小，门极功率不超过最大连续门极功率损耗为宜。

• V_{RGM}

反向门极峰值电压，它受最大反向门极功耗限制。

• P_G

门极平均功率：这是晶闸管在门极区域可承受的最大连续门极功率，对脉冲信号而言，这个值较高。

晶闸管的热特性：

Tvjmax	最高结温	125℃	
Tstg	存贮温度范围	-40 ~ 150℃	
Rthjc	结—壳热阻	0.008℃/W	双面冷却，直流值
Rthcs	接触热阻	0.002℃/W	双面冷却

• **Tvjmax**

受阻断能力限制的最高工作结温，在工作时，若设计工作温度超过它，漏电流剧增，而使得器件的阻断能力不稳定。在设计变流器时，应对最高结温留有 10 ~ 15℃的安全裕量(甚至可多于 15℃)。

• **存贮温度**

存贮温度范围，推荐的最高存贮温度为 150℃，即晶闸管器件中所有材料不被损坏所能承受的最高温度，大家知道，晶闸管芯片封装在其管壳里时其内部充有保护性气体，当器件没有被压装好或夹持住时，如果此时器件的温度超过 150℃，器件内部的气体受热膨胀，其压力超过环境压力时，将使得管壳的铜极向外鼓凸，使其内部的芯片变成自由状态(轻轻摇晃，可听到响声)，此时必须特别

注意器件不能再遭受机械振动或冲击。

• **Rthjc；Rthcs**

这二个数据是结—壳热阻和接触热阻，它是在满足下述条件时进行测量的。

1. 安装力满足器件机械数据特性值范围。
2. 安装力均匀地分布在器件的整个接触面上。
3. 散热器表面、晶闸管台面粗糙度≤1μm，不平整度≤15μm。
4. 保护接触面传热良好。

瞬态热阻抗方程式

$$Zthjc = \sum_{i=1}^{\frac{n}{2}} Ri(1 - e^{-t/\tau i})$$

由此可获得 KP_B 2500-36 器件的热阻抗数值

i	1	2	3	4
Ri (k/W)	0.0035	0.0035	0.0010	
τ i (s)	1.0231	0.5199	0.0160	

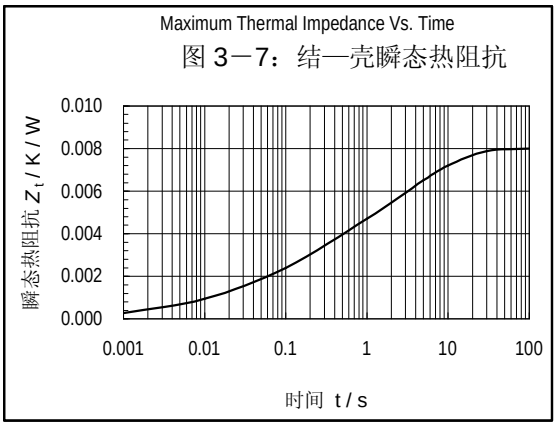


图 3—7：结—壳瞬态热阻抗

图 3—7 所提供的曲线是在双面冷却条件，且将其附加热阻(0.8 ~ 2 k/kW)加到 Rthjc 之后获得的，从图 3—7 可知，稳态 Zthjc 等于 Rthjc，通常我们用 Zthjc 来计算不同功耗时的温度，但这个温度随时间变化。

晶闸管热特性数据表上标出的是器件直流稳态值，但当器件工作在 180° 导通正弦波和梯形波时，器件结温会随电流脉冲的变化而发生一定的变化，这主要是由于器件在 360℃范围内有 180° 未导电，此时器件被冷却，这种工况我们可以用一个等效热阻△Rthjc 来表述结温的波动△Tvj，因

此结温 Tvj 的峰值由下述计算。

T_{vj} 峰值 $= P_{AV}(R_{thjc} + \triangle R_{thjc}) + T_c$

这里：P_{AV} = 平均功率

图 3－7 给出 f = 50Hz 或 60Hz 时，典型电流波形的$\triangle R_{thjc}$值，$\triangle R_{thjc}$随频率的增高而减小，当 f > 200Hz 时，可以忽略$\triangle R_{thjc}$。

图 3－8 给出了在标称电流范围内由 V_{T0} 和 r_T 线性近似的器件通态特性。

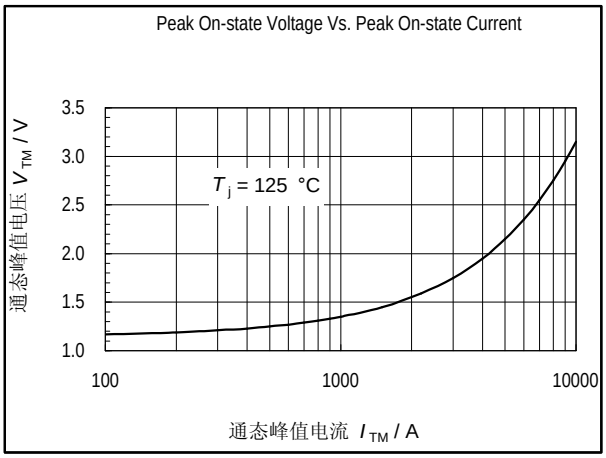


图 3－8 通态特性(标称电流、大电流范围)

特别注意：给出在器件数据表里的 V_{TM} 值应该是晶闸管在整个结面积上全导通后的值，整个结面积的全导通时间取决于电流波形和晶闸管结构，相控晶闸管的这个时间通常在 100μs ~ 几个毫秒之间。

功率损耗和最大壳温关系：

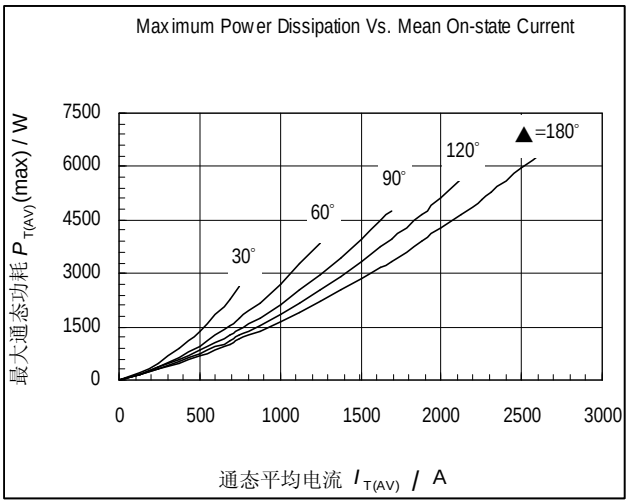


图 3－9 通态功率(P_T) ~ 平均通态电流(I_{TAV})

注意：我们在确定这些曲线时，不考虑开通和关断损耗，仅作通态功耗考虑。

从图 3－9 我们可以看出在典型电流波形时，通态功率损耗 P_T 是通态平均电流 I_{TAV} 的函数曲线。

这样的话，我们可以用 P_T 数值以及器件应用时给出的最大环境温度和从下面的图 3－10 中查找出最大器件壳温来计算可选用的散热器的热阻。

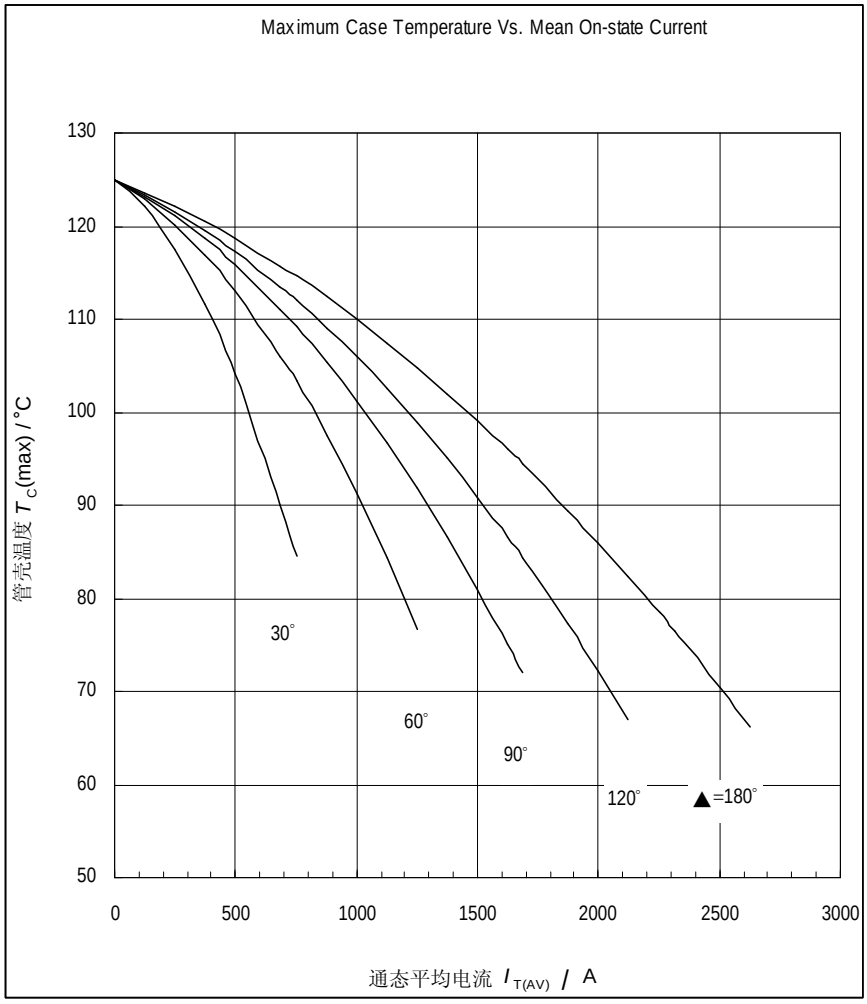


图 3－10　　最大允许壳温(T_c) ~ 通态平均电流(I_{TAV})

从图 3－10 我们可以看出器件在典型电流波形时的最大允许壳温 T_c 和通态平均电流 I_{TAV} 的关系。曲线是在下面条件下的计算获得的：规定电流波形的热阻，双面冷却和 T_{vj} = 125℃。

通常相控晶闸管工作在 50Hz 或 60Hz 环境下，故在这里我们不考虑开通和关断损耗。即 —— 这两组曲线是在忽略开通和关断损耗情况下获得的。

浪涌特性

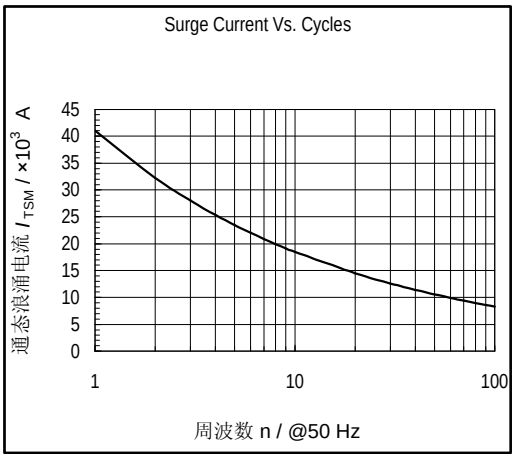


图 3－11 通态浪涌电流与周波数关系

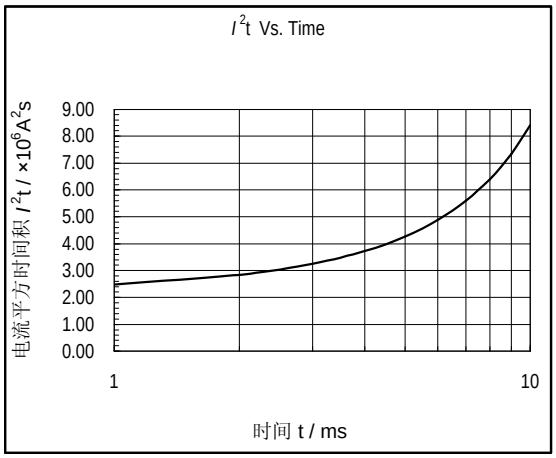


图 3－12 I^2t 特性曲线

这二组曲线可用于正弦半波、不重复浪涌电流脉冲，其浪涌电流曲线是在 T_{vj} = 125℃，f = 50Hz，t_p = 10ms 的严酷条件下进行的，即曲线合适于 f = 50Hz，t_p = 10ms 的情况。

门极触发特性

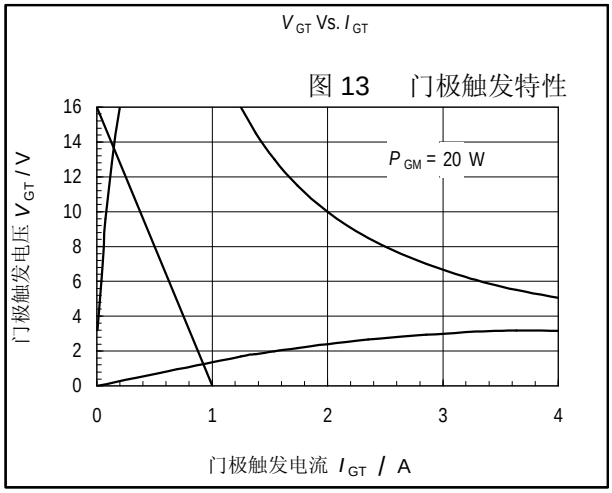


图 13 门极触发特性

从图 3－13 可看出晶闸管的触发可分为三个不同的区域，其中 B 区为不可触发区，C 区为可能的触发区，A 区为安全触发区，C 区部分主要是受器件门极特性的分散性和结温的影响而形成的。

对直流门极电流，器件的门极最大功率是 4W。

附录一：KP_B2500－36 数据手册

株洲电力机车研究所
电力电子事业部

版本 5.0 2005年3月

KP_B 2500-36~42

普 通 晶 闸 管

Phase Control Thyristor

关键参数 Key Parameters

V_{DRM}	3600~4200	V
$I_{T(AV)}$	2500	A
I_{TSM}	41	kA
V_{TO}	1.15	V
r_T	0.2	mW

应用 Applications

●大功率传动	High power drive
●高压电源	High voltage supplies
●电机控制	Motor control

特点 Features

●平板压装，双面冷却	Double-side cooling
●高平均电流	High mean current
●高浪涌电流	High surge current

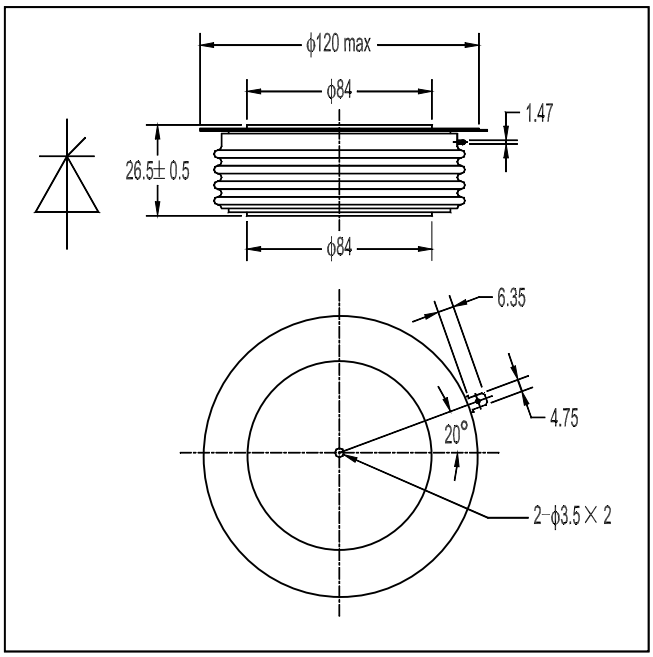
热和机械数据 Thermal & Mechanical Data

符 号	参 数 名 称	最小	典型	最 大	单 位
R_{jc}	结壳热阻	-	-	0.008	K / W
R_{cs}	接触热阻	-	-	0.002	K / W
T_{vj}	内部等效结温	-40	-	125	°C
T_{stg}	贮存温度	-40	-	150	°C
F	紧固力	-	70	-	kN
m	质量	-	1.67	-	kg

电压额定值 Voltage Ratings

器 件 型 号	断态和反向重复峰值电压 V_{DRM}/V_{RRM}(V)	测 试 条 件
KP_B 2500-36	3600	T_C = 25，125 °C
KP_B 2500-38	3800	$I_{DRM} = I_{RRM}$ = 400 mA
KP_B 2500-40	4000	门极断路
KP_B 2500-42	4200	$V_{DM} = V_{DRM}$
		$V_{RM} = V_{RRM}$
		t_p = 10 ms
		断态不重复峰值电压：$V_{DSM} = V_{DRM} + 100$
		反向不重复峰值电压：$V_{RSM} = V_{RRM} + 100$

外型图 Outline



电流额定值 Current Ratings

符 号	参 数 名 称	条 件	最 小	典 型	最 大	单 位
$I_{T(AV)}$	通态平均电流	正弦半波，T_C = 70 °C	-	-	2500	A
$I_{T(RMS)}$	通态方均根电流	T_C = 70 °C	-	-	3930	A
I_{TSM}	通态不重复浪涌电流	T_C= 125 °C，正弦半波，底宽10ms，V_R = 0	-	-	41	kA
I^2t	电流平方时间积	正弦波，10ms	-	-	841	10^4A^2s

特性值 **Characteristics**

符 号	参 数 名 称	条 件	最 小	典 型	最 大	单 位
V_{TM}	通态峰值电压	T_C = 25 °C，I_{TM} = 6000 A	-	-	2.50	V
I_{DRM} I_{RRM}	断态重复峰值电流 反向重复峰值电流	T_C = 25 °C，125 °C，V_{DRM}/V_{RRM}，门极断路	-	-	400	mA
V_{TO}	门槛电压	T_{vj} = 125 °C	-	-	1.15	V
r_T	斜率电阻	T_{vj} = 125 °C	-	-	0.2	mΩ
I_H	维持电流	T_C = 25 °C，I_G = 400 mA，I_{TM} = 50 A，V_D = 12 V	-	-	500	mA
I_L	擎住电流	T_C = 25 °C，I_G = 400 mA，V_D = 12 V	-	-	3000	mA

动态参数 **Dynamic Parameters**

符 号	参 数 名 称	条 件	最 小	典 型	最 大	单 位
dv/dt	断态电压临界上升率	T_C = 125 °C，门极断路电压线性上升到67%V_{DRM}	-	-	300	V/μs
di/dt	通态电流临界上升率	T_C = 125 °C，V_{DM} = 2/3 V_{DRM}，f = 50 Hz，t = 5 s， I_{TM} = (2～3) $I_{T(AV)}$，I_{FG} = 1.0 A，tr = 0.5 μs	-	-	200	A/μs
t_q	关断时间	T_C = 125 °C，t_p = 1000 μs，V_{DM} = 67% V_{DRM}，f = 1 Hz， dv/dt = 30 V/μs，V_R ≥ 50 V，-di/dt = 50 A/μs，I_T = 250 A	-	350	-	μs
Q_r	恢复电荷	T_C = 25 °C，-di/dt = 5 A/μs，t_p = 700 μs，I_T = 500 A， V_R = 50 V，梯形波	-	2800	-	μC

门极特性 **Gate Parameters**

符 号	参 数 名 称	条 件	最 小	典 型	最 大	单 位
I_{GT}	门极触发电流	T_C = 25 °C，V_D = 12V，R_L = 6Ω	30	-	200	mA
V_{GT}	门极触发电压	T_C = 25 °C，V_D = 12V，R_L = 6Ω	-	-	3	V
V_{GD}	门极不触发电压	T_C = 125 °C，V_D = V_{DRM}	0.2	-	-	V
V_{FGM}	门极正向峰值电压	T_C = 125 °C，方波，t = 3s，阳、阴极断路	-	-	16	V
V_{RGM}	门极反向峰值电压	T_C = 125 °C，工频正弦，t = 3s，阳、阴极断路	-	-	5	V
I_{FGM}	门极正向峰值电流	T_C = 125 °C，方波，t = 3s，阳、阴极断路	-	-	4	A
P_{GM}	门极峰值功率	T_C = 125 °C，方波，t = 3s，阳、阴极断路	-	-	16	W
$P_{G(AV)}$	门极平均功率	T_C = 125 °C，方波，t = 3s，阳、阴极断路	-	-	3	W

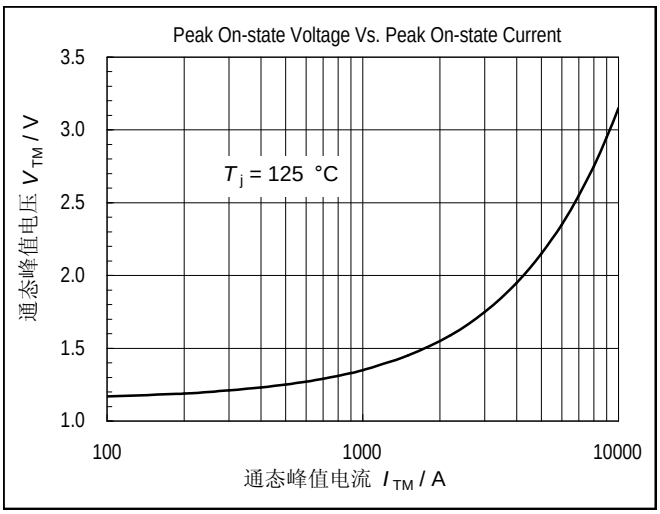


图1. 通态伏安特性曲线

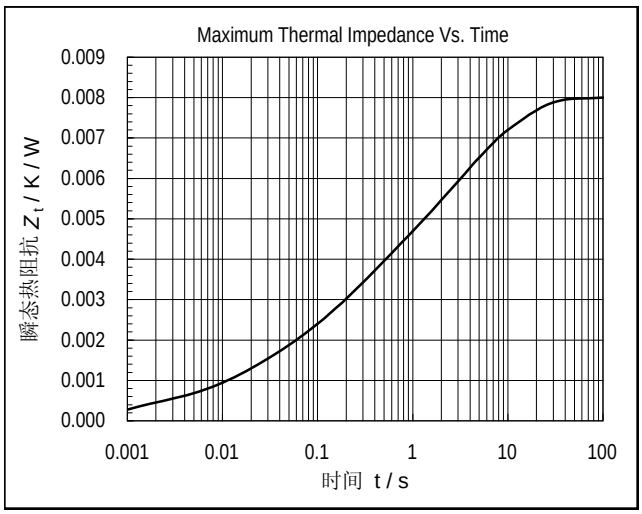


图2. 瞬态热阻抗曲线