

中华人民共和国国家标准

低压熔断器 半导体器件保护用熔断体的补充要求

GB 13539.4—92

Low-voltage fuses Supplementary requirements for fuse-links for the protection of semiconductor devices

本标准参照采用国际标准 IEC 269-4(1986)《低压熔断器 半导体器件保护用熔断体的补充要求》。

本标准应与 GB 13539.1—92《低压熔断器 基本要求》一起使用。除非本标准另有说明,半导体器件保护用熔断体,还应符合 GB 13539.1 的规定。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了半导体器件保护用熔断体的额定值、正常使用下的温升、耗散功率、时间-电流特性、分断能力、截断电流特性、 I^2t 特性、电弧电压特性、试验和标志。

本标准适用于交流额定电压不超过 1 200V 或直流额定电压不超过 1 500V 的电路中具有半导体器件的设备上使用的熔断体。

注:① 在多数情况下,以组合设备的一部分作为熔断体的底座。由于设备种类繁多,难以作出一般的规定。组合设备是否适合作熔断体的底座,应由用户与制造厂协商。但是,当采用独立的熔断器底座或支持件时,则它们应符合 GB 13539.1 的有关规定。

② 这种熔断体通常称为“半导体熔断体”。

2 引用标准

GB 321 优先数和优先数系

GB 13539.1 低压熔断器 基本要求

3 术语、符号、代号

3.1 术语

3.1.1 半导体器件 semiconductor device

基本特性是由于载流子在半导体中流动引起的一种器件。

3.1.2 半导体熔断体 semiconductor fuse-link

在规定条件下,能够分断 7.2 范围内的任何电流值的一种限流熔断体。

注:GB 13539.1 中术语:“(熔断体的)使用类别”本标准不适用。

3.2 符号

τ 时间常数

4 分类

GB 13539.1 的规定不适用。

5 特性

5.1 熔断体

电弧电压特性。

5.2 额定电压

若有特殊需要,用户可与制造厂协商,按 GB 321 中 R5 或 R10 系列选取。

5.3 额定频率

额定频率是指与性能数据有关的频率。

5.4 熔断体的额定耗散功率

除 GB 13539.1 中的规定外,制造厂还应规定耗散功率与 50%~100% 额定电流的函数关系或规定 50%, 63%, 80% 和 100% 额定电流时的耗散功率。

注:若需知道熔断体的电阻值时,此电阻值应根据耗散功率与电流的函数关系来确定。

5.5 时间-电流特性的极限

5.5.1 时间-电流特性、时间-电流带

熔断体的时间-电流特性随设计而改变,对于给定的熔断体,则与周围空气温度和冷却条件有关。

制造厂应按 8.2 规定的条件,提供周围空气温度为 20~25℃ 时的时间-电流特性。时间-电流特性是弧前时间-电流特性和在额定频率时,以电压为参数的熔断时间-电流特性。

直流的时间-电流特性是按表 4 规定的时间常数时的特性。

对于某些使用场合,特别是对于高的预期电流(时间较短),可以用 I^2t 特性来代替时间-电流特性或同时规定 I^2t 特性和时间-电流特性。

5.5.1.1 弧前时间-电流特性

对于交流,弧前时间-电流特性应以额定频率时的交流有效值表示。

注:在额定频率时的 10 个周波左右时间与实际上处于绝热状态很短的时间之间,这特别重要。

对于直流,对时间超过 15τ 的弧前时间-电流特性部分特别重要,并且与这区域内的交流弧前时间-电流特性相同。

注:① 由于实际使用中遇到的电路时间常数的范围比较大,时间短于 15τ 的特性,以弧前 I^2t 特性来表示较为方便。

② 选择 15τ 的数值是为了避免在较短时间时,电流增长的不同速率对弧前时间-电流特性的影响。

5.5.1.2 熔断时间-电流特性

对于交流,熔断时间-电流特性在规定功率因数下,与外施电压有关。原则上,熔断时间-电流特性应以导致最大熔断 I^2t 值的电流开始的瞬间为基础。电压参数至少应包括 100%, 50% 和 25% 的额定电压。

对于直流,熔断时间-电流特性不适用。因为它对于时间大于 15τ 是不重要的(见 5.5.1.1)。

5.5.2 约定时间和约定电流

GB 13539.1 的规定不适用。

5.5.3 门限

GB 13539.1 的规定不适用。

5.5.4 过载曲线

5.5.4.1 过载能力

制造厂应标出几组沿着时间-电流特性的坐标点,这些点已按 8.3.2.3 规定程序得到了验证的。

验证过载能力的坐标点的数量和位置可由制造厂选定。验证过载能力的时间坐标点应选择在 0.01~60s 范围内。

如需增加坐标点数量,用户可与制造厂协商。

5.5.4.2 约定过载曲线

约定过载曲线是按 8.3.2.3 规定程序得到了验证的坐标点上引出直线段组成。从每组坐标点上引

出二根直线；

一根从已验证的坐标点出发，沿着电流坐标为常数而时间坐标递减的各点所连成的直线。

另一根从已验证的坐标点出发，沿着 I^2t 为常数而时间坐标递增的各点所连成的直线。

这些直线段到代表额定电流的直线为止，形成约定过载曲线(见图 1)。

注：实际使用中，经验证的过载能力的点，只要几个就足够了。当点数增加时，约定过载曲线更为精确。

5.6 分断能力范围与使用类别

GB 13539.1 的规定不适用。

5.7 额定分断能力

对于交流：额定分断能力是以在仅含线性阻抗的电路中，在额定频率时外施恒定正弦电压所进行的形式试验为依据。额定分断能力至少为 50kA。

对于直流：额定分断能力是以在仅含线性阻抗的电路中，外施平均电压所进行的形式试验为依据。额定分断能力至少为 8kA。

注：在实际应用中，增加非线性阻抗与电压直流分量都可能对分断的严酷性产生重大影响。

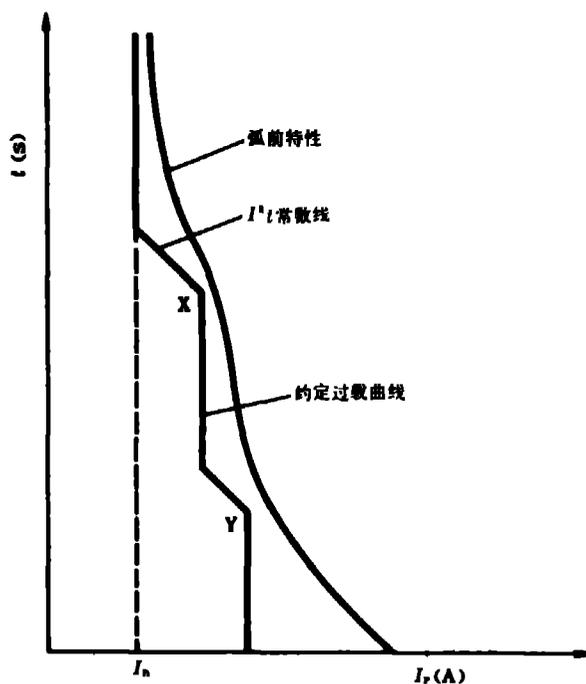


图 1 约定过载曲线(示意图)

注：X、Y 为已验证过载能力的坐标点。

5.8 截断电流特性和 I^2t 特性

5.8.1 截断电流特性

制造厂应按 GB 13539.1 中图 3 的例子，提供用双对数表示的截断电流特性，以横坐标表示预期电流，如有必要，以外施电压和(或)频率为参数。

对于交流：截断电流特性应代表在工作中可能出现的最大电流值，它们应该与本标准中相应的试验条件有关。例如：给定电压、频率和功率因数等。截断电流特性按 8.5 规定的试验来验证。

对于直流：截断电流特性应代表时间常数为 15~20ms 电路中，工作中可能出现的最大电流值。在时间常数较小的电路中，将超过这些值。制造厂应提供能够确定较大截断电流特性的有关资料。

注：截断电流特性随时间常数而变，制造厂应提供确定特性随时间常数变化的资料，至少应提供能确定时间常数为 5ms 和 10ms 的特性变化的有关资料。

5.8.2 I^2t 特性

5.8.2.1 弧前 I^2t 特性

对于交流：弧前 I^2t 特性应以额定频率时的交流有效值表示。

对于直流：弧前 I^2t 特性应以时间常数为 15~20ms 时的直流有效值表示。

注：对某些熔断体，弧前 I^2t 特性随着电路中的时间常数而变。制造厂应提供确定特性随时间常数变化的资料，至少应提供能确定时间常数为 5ms 和 10ms 的特性变化的有关资料。

5.8.2.2 熔断 I^2t 特性

对于交流：熔断 I^2t 特性在规定功率因数下，与外施电压有关。原则上，熔断 I^2t 特性应以导致最大熔断 I^2t 值的电流开始的瞬间为基础。电压参数至少应包括 100%，50% 和 25% 的额定电压。

对于直流：熔断 I^2t 特性应以外施电压为参数，并且对应于 15~20ms 中的某一时间常数。电压参数至少应包括 100% 和 50% 的额定电压。较低电压下的熔断 I^2t 特性可按表 4 试验来确定。

5.9 电弧电压特性

制造厂提供的电弧电压特性应给出以熔断体所在电路的外施电压为函数的电弧电压的最大值（峰值）。

对于交流：功率因数按表 5 的规定。

对于直流：时间常数为 15~20ms。

6 正常工作条件

6.1 电压

6.1.1 额定电压

对于交流：熔断体的额定电压与外施电压有关，它以正弦交流电压有效值表示，并且假定在熔断体整个熔断过程中外施电压保持不变。验证额定值的所有试验均以此为基础。

注：在很多使用场合，在熔断时间的大部分时间内外施电压相当接近正弦波。但也有许多场合，此条件得不到满足。

非正弦外施电压时的熔断体特性，可以通过对非正弦外施电压的算术平均值与正弦时作一比较来进行近似估算。

对于直流：熔断体的额定电压与外施电压有关，它以平均值表示。若直流是由交流整流而得，其脉动不应使电压（瞬时值）大于 105% 平均值或小于 91% 平均值。

6.1.2 工作中的外施电压

在工作状态下，外施电压是指在故障电路中使电流增长到熔断体将要熔断的电压。

对于交流：单相电路的外施电压通常与工频恢复电压相同。对非正弦交流电压，必须知道外施电压的时间函数。

脉动直流电压的主要数据有：

- a. 熔断体整个熔断时间的平均值；
- b. 接近燃弧终了的瞬时值。

对于直流：外施电压一般和恢复电压平均值基本相同。

6.2 电流

熔断体的额定电流是以额定频率时的正弦交流电流的有效值表示。

对于直流，认为电流有效值不超过额定频率时正弦交流的有效值。

注：熔体的热反应时间可能很短，以致在这非正弦电流的条件下熔体的熔断不能仅根据电流有效值来估算。这种情况特别出现在频率较低和电流出现较突出的峰值，而峰值间出现相当长时间的小电流。例如：在变频和牵引的使用场合。

6.3 频率、功率因数和时间常数

6.3.1 频率

额定频率是指型式试验中正弦电流和电压的频率。

注：当工作频率与额定频率相差很大时，用户应与制造厂协商。

6.3.2 时间常数(τ)

实际所要求的时间常数应符合表4的规定。

注：某些使用场合对时间常数的要求可能超出表4规定。这种情况，用户应与制造厂协商或熔断体经试验证明符合要求并应有相应标志。

6.4 壳内温度

熔断体的额定值是根据规定条件而定的，当规定条件不能满足安装地点的条件（包括局部空气条件）时，用户应与制造厂协商是否需要重新规定额定值。

6.5 使用类别和选择性

GB 13539.1 规定不适用。

7 设计标准条件

7.1 熔断体的温升与耗散功率

熔断体应设计成按8.2规定，通以额定电流进行试验时：

熔断体的温升不超过制造厂规定的熔断体上部最热金属部分的温升极限。

熔断体的耗散功率不应超过制造厂规定的耗散功率。

7.2 保护性能

熔断体应设计成能连续承载额定电流及以下的任何电流。

熔断体应能分断弧前时间不大于30s时的电流至额定分断能力之间的任何电流。

注：在用户和制造厂协商后，对于特殊使用场合，可以选择较短的时间。

7.3 分断能力

熔断体在不超过8.4规定的电压和下列的功率因数或时间常数时，应能分断7.2规定的任何预期电流：

对于交流：对应于该预期电流的功率因数不低于表3规定。

对于直流：对应于该预期电流的时间常数不大于15~20ms的范围。

7.4 I^2t 特性

按8.6确定的熔断 I^2t 值应不超过制造厂的规定。

按8.6确定的弧前 I^2t 值应不小于制造厂的规定。

7.5 电弧电压特性

按8.6.5规定测得的电弧电压值应不超过制造厂的规定。

7.6 特殊工作条件

特殊工作条件，如大的重力加速度，用户应与制造厂协商。

8 试验

8.1 总则

8.1.1 熔断体的布置

熔断体应开启安装在不通风的场所，除非另有规定，熔断体应垂直安装。试验装置的例子见图2和图3。

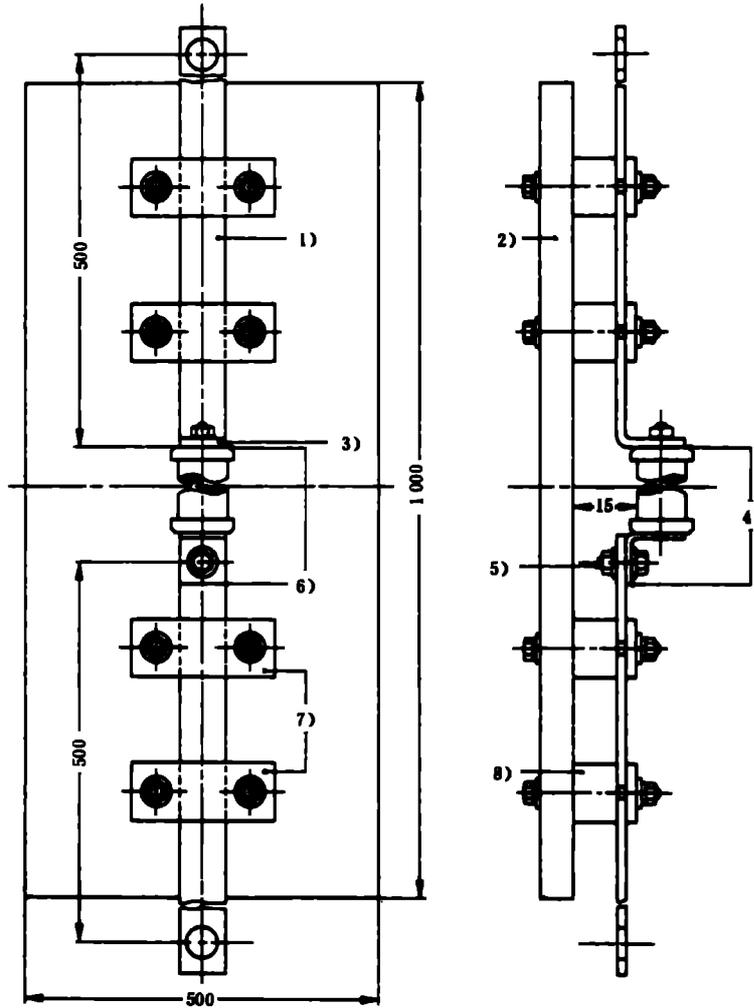


图 2 约定试验装置例(图中尺寸为近似值)

- 注：1) 无光泽的黑色涂层的铜排。
 2) 绝缘底板(如 16mm 层压板)。
 3) 热电偶安放点(由制造厂规定),热电偶固定在熔断体上部金属的最热点。
 4) 确定耗散功率选择的电压测量点。
 5) 紧固螺栓。
 6) 镀锡的接触面。
 7) 绝缘夹板。
 8) 绝缘块(如木块)。

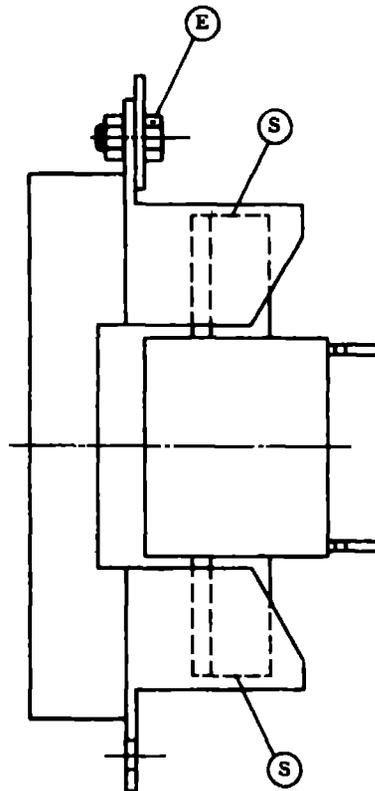


图3 具有熔断器底座的约定试验装置(示意图)

Ⓔ 温升测试点, Ⓕ 耗散功率测试点

8.1.2 熔断体的试验

8.1.2.1 全套型式试验

熔断体的全套型式试验见表1规定。

熔断体的电阻值应记录在试验报告中。

表1 全套型式试验项目表

序号	试验项目及相应条款		被试熔断体个数
1	尺寸		3
2	电阻		全部试品
3	8.2	温升和耗散功率	1
4	8.3.2.1	额定电流	1
对于交流:			
5	8.4	No. 2a 分断能力 ¹⁾	1
6		No. 2 分断能力 ¹⁾	3
7		No. 1 分断能力 ¹⁾	3

续表 1

序号	试验项目及相应条款		被试熔断体个数
8	8.5	No. 10 熔断特性 ²⁾	2
9		No. 9 熔断特性 ²⁾	2
10		No. 8 熔断特性 ²⁾	2
11		No. 7 熔断特性 ²⁾	2
12		No. 6 熔断特性 ²⁾	2
13	8.3.2.3	过载 ³⁾	1
	对于直流:		
14	8.4	No. 12a 分断能力和熔断特性	1
15		No. 12 分断能力和熔断特性	3
16		No. 11 分断能力和熔断特性	3

注: 1) 如果周围空气温度为 $20 \pm 5^\circ\text{C}$, 则对弧前 I^2t 特性有效。

2) 对截断电流特性、 J^2t 特性、电弧电压和弧前 I^2t 特性有效。

3) 验证过载能力的点数由制造厂规定。

8.1.2.2 同一熔断体组的熔断体型式试验

若同一熔断体组中最大额定电流的熔断体已按 8.1.2.1 的规定进行试验, 最小额定电流的熔断体按表 2 的规定进行试验, 其他中间额定电流的熔断体试验可以免做。

表 2 最小额定电流的熔断体型式试验项目表

序号	试验项目及相应条款		被试熔断体个数
1	尺寸		3
2	电阻		全部试品
3	8.2	温升与耗散功率	1
4	对于交流 8.5.2	No. 6 截断电流特性	2
5	对于直流: 8.5.2	No. 11 截断电流特性	3

8.2 温升与耗散功率

8.2.1 熔断体布置

试验只需要用一只熔断体, 熔断体应垂直安装在图 2 或图 3 所示的约定试验装置上。

作为约定试验装置组成部分的铜导体的电流密度应不小于 $1\text{A}/\text{mm}^2$, 不大于 $1.6\text{A}/\text{mm}^2$ 。这些数值应以熔断体的额定电流为依据。铜导体的宽度与厚度之比应符合下列规定:

对于额定电流小于 200A 者, 不大于 10,

对于额定电流等于和大于 200A 者, 不大于 5。

试验时的周围空气温度应在 $10 \sim 30^\circ\text{C}$ 范围内。

温升试验时, 连接约定试验装置和电源的导线截面很重要, 截面的选择应按 GB 13539.1 中表 11 的规定, 导线的长度至少为 1m。

对带有熔断器底座的熔断体,试验时熔断体可以装在熔断器底座上,连接导线的截面应按 GB 13539.1 中表 11 的规定进行选择。在其他情况下,试验必需按上述要求进行。

对特殊熔断体或特殊使用场合,约定试验装置不适用时,制造厂可以另行规定试验装置,并将全部有关数据记录在试验报告中。

8.2.2 熔断体耗散功率

熔断体耗散功率的测量点见图 2 或图 3 的规定。

除 GB 13539.1 中 8.3.4.2 规定外,至少还应在 50% 额定电流时测量耗散功率。

8.2.3 试验结果的判别

熔断体的温升极限和耗散功率应不超过制造厂的规定。试验结束后,熔断体的特性不应有显著的变化。

8.3 保护性能

8.3.1 熔断体布置

保护性能验证时,熔断体布置按 8.1.1 和 8.2.1 的规定。

8.3.2 试验方法和试验结果的判别

8.3.2.1 额定电流

熔断体按 8.2.1 规定的试验条件进行。

熔断体需要经受 100 个周期的试验循环,每个周期应包括在额定电流下的 0.1 倍约定时间的“通电”和 0.1 倍约定时间的“断电”,试验后,熔断体的特性不应有显著的变化。约定时间按 GB 13539.1 中表 1 的规定。

8.3.2.2 时间-电流特性

时间-电流特性可由 8.4 试验中示波图的数据来验证。

验证时确定下列时间:

- a. 从电路接通瞬间至电压测量装置指示出电弧出现瞬间;
- b. 从电路接通瞬间至电路完全断开的瞬间。

以上确定的弧前时间和熔断时间应在制造厂提供的时间-电流带之内。

对于交流:实际弧前时间小于额定频率的 10 个周波的预期电流至绝热熔化的电流值范围内,应使预期电流不包含非周期分量。

对于直流:交流电流下确定的时间-电流特性大于 15τ 的部分可以用于直流。

对于同一熔断体组的熔断体,按 8.4 的全套型式试验,仅适用于最大额定电流的熔断体。对于最小额定电流的熔断体只需验证弧前时间就可以了。

弧前时间-电流特性可在任何电压下和任意线性电路上进行测定。熔断时间-电流特性需要在规定的电压和电路特性时进行测定。

8.3.2.3 过载

熔断体按 8.2.1 规定的试验条件进行试验。

熔断体需要经受 100 个周期的负载循环,每个周期的全部时间为 0.2 倍约定时间,每个周期的“通电”时间和试验电流为要验证过载能力坐标点上的时间和电流,其余时间为“断电”时间,试验后,熔断体的特性不应有显著的变化。约定时间按 GB 13539.1 中表 1 的规定。

注:对于弧前时间大于 15τ 时,这些试验可用来验证直流熔断体的过载能力。

8.3.2.4 熔断指示器、熔断撞击器的动作(若有这些装置的话)

熔断指示器、熔断撞击器的特性和特性验证应由制造厂与用户协商确定。

8.4 分断能力

8.4.1 熔断体布置

除 8.1.1 和 8.2.1 规定外,作如下补充:

熔断体的安装应与实际使用状况相似,特别是导体的位置。若熔断体仅可在一端刚性固定下使用,则试验也应一端刚性固定安装。若熔断体两端刚性固定下使用,则试验也应两端刚性固定安装。

8.4.2 试验方法

8.4.2.1 为了验证熔断体是否满足 7.3 规定,下述 No. 1、No. 2 和 No. 2a 的试验都应采用表 3 规定的参数。

试验 No. 1 和 No. 2:

每一试验应用三个熔断体进行。

若在试验 No. 1 中,有些试验满足了试验 No. 2 的要求,则这些试验可作为试验 No. 2 的一部分,无需重复进行。

试验 No. 2a 和 No. 12a

对于交流,试验电流值应符合表 3 的规定。并可以在任意瞬间闭合电路。

对于直流,试验电流值应符合表 4 的规定。

表 3 交流分断能力试验参数

	8.4.2.1 的试验项目		
	No. 1	No. 2	No. 2a
工频恢复电压 ¹⁾ , V	$(110^{+5}_0)\%U_n^{2)}$		
预期试验电流, A	I_1	I_2	I_{2a}
电流允差	$+10\%_0^{3)}$	不适用	
功率因数	$I \leq 20\text{kA}$ 时, 0.2~0.3 $I > 20\text{kA}$ 时, 0.1~0.2		0.3~0.5 ³⁾
相对于电压过零后的接通角	不适用	$0^{+20}_0^\circ$	不规定
相对于电压过零后的电弧始燃角	65°~90°	不适用	

注: ① I_1 表示额定分断能力。

② I_2 表示试验时电弧能量近似为最大的电流。

若开始燃弧时电流的瞬时值达到预期电流(有效值)的 $0.60\sqrt{2} \sim 0.75\sqrt{2}$ 倍,则认为电弧能量为最大的条件能得到满足。实际上可以认为: I_2 是弧前时间为半波的电流(对称有效值)的 3~4 倍。

③ I_{2a} 表示导致弧前时间为 30~45s 之间的电流,但制造厂同意,可超过此上限值。

1) 对于单相电路,实际使用中外施电压的有效值等于工频恢复电压的有效值。

2) 如制造厂同意,可超过此偏差。

3) 如制造厂同意,功率因数允许小于 0.3。

表4 直流分断能力试验参数

	8.4.2.1 的试验项目		
	No. 11	No. 12	No. 12a
恢复电压平均值 ¹⁾ , V	$(115^{+5}_0)\%U_n^{2)}$		
预期试验电流, A	I_1	I_2	I_{2a}
电流允差	$+10\%_0^{2)}$	不适用	
时间常数 ³⁾ , ms	15~20		

注: ① I_1 表示额定分断能力。

② I_2 表示试验时电弧能量近似为最大的电流。

若开始燃弧时电流已达到预期电流的 0.5~0.8 倍之间, 则认为电弧能量为最大的条件能得到满足。

③ I_{2a} 表示导致弧前时间至少为 30s 的电流。如制造厂同意, 可超过此上限值。

1) 此允差包括脉动。

2) 如制造厂同意, 可超过此上限值。

3) 在某些实际应用中, 可能时间常数比试验中规定的小, 这样可能使熔断体性能更好。比规定大得多的时间常数在多数场合将严重影响熔断体性能, 特别是对于额定电压。对于这些应用, 制造厂应提供更多资料。

8.4.2.2 对于试验 No. 2 中一次试验和试验 No. 2a, 恢复电压至少应在以下时间内保持在 $(100^{+15}_0)\%$ 的额定电压:

- a. 熔断后 30s 内(不含有有机材料的熔断体);
- b. 熔断后 5min 内(所有其他情况)

若转换时间(无电压的时间)不超过 0.1s, 允许在 15s 后转换到另一电源。

对于所有其他试验, 熔断体熔断后, 上述规定的恢复电压应保持 15s。

8.4.3 试验结果的判别

若在试验过程中, 出现下列情况(一种或一种以上), 应认为熔断体不符合本标准:

- a. 熔断体引燃, 除任何纸质标签或作指示装置用的类似品外;
- b. 约定试验装置发生机械损坏;
- c. 熔断体发生机械损坏(允许熔断体有热开裂, 只要仍保持成一整体);
- d. 端帽(盖板或触刀)烧坏或熔化;
- e. 端帽(盖板或触刀)显著移位。

8.5 截断电流特性

8.5.1 试验方法

试验布置、试验电路、测试仪器、试验电路的整定和示波图的分析都应与分断能力试验一样。这些试验可用于验证同一熔断体组的特性。

对于交流: 试验应按照表 5 规定进行。对于 No. 6~No. 10 的每个试验, 应取同一熔断体组中最大额定电流的 2 个熔断体进行试验, 此外, No. 6 试验还应取同一熔断体组中最小额定电流的 2 个熔断体进行试验。若 No. 6 试验中一次或多次试验满足 No. 7 试验的要求, 则可认为这些试验可代替 No. 7 的试验。

表5 截断电流特性、 I^2t 特性和电弧电压特性试验的参数

	8.5和8.6的试验项目				
	No. 6 ¹⁾	No. 7 ¹⁾	No. 8 ¹⁾	No. 9 ¹⁾	No. 10 ¹⁾
工频恢复电压为额定电压的百分数 ²⁾	100% ³⁾			50% ³⁾	25% ³⁾
预期试验电流, A	I_1	I_2	I_3	I_7	I_8
电流允差	±10%	不适用	±30%	不适用	
功率因数	$I \leq 20\text{kA}$ 时, 0.2~0.3 ⁴⁾ $I > 20\text{kA}$ 时, 0.1~0.2				
相对于电压过零后的接通角	不适用	$0^{\circ+20^{\circ}}_0$	不适用		
相对于电压过零后的电弧始燃角	65°~90°	不适用	65°~90°		

注: ① I_1 见表3中注①。

② I_2 见表3中注②。

③ I_3 表示 I_1 和 I_2 的几何平均值。

④ I_7 表示 $(0.5 \sim 1)I_1$ 。

⑤ I_8 表示 $(0.25 \sim 1)I_1$ 。

1) 试验 No. 6、No. 7、No. 8 是在额定电压下确定特性。

试验 No. 9、No. 10 是在低于额定电压下确定特性。

2) 对于单相电路, 在实际应用中, 外施电压的有效值等于工频恢复电压的有效值。

3) 允许有±5%工频电压的偏差。如制造厂同意, 可超过此偏差。

4) 在有些实际使用中, 可能功率因数低于试验规定值, 但可以认为这不会显著影响熔断体的特性, 当功率因数显著高于试验规定值, 则可能产生更好的性能, 特别是对于 I^2t 值。对于这使用情况制造厂应提供更多资料。

对于直流, 应按 8.4 和表 4 规定进行试验。

8.5.2 试验结果的判别

对于交流: 峰值电流不应超过制造厂规定的数值(一定外施电压时)。截断电流特性应经试验 No. 6~No. 10 来验证。

对于直流: 截断电流特性应经试验 No. 11、No. 12 和 No. 12a 来验证。

8.6 I^2t 特性和过电流选择性

8.6.1 试验方法

按 8.5.1 的规定进行试验。

8.6.2 试验结果的判别

对于交流: I^2t 特性按表 5 中的试验 No. 6~No. 10 的结果来验证。

对于直流: I^2t 特性按表 4 中的试验 No. 11、No. 12 和 No. 12a 来验证。

每一个预期电流时的弧前 I^2t 值不应小于制造厂的规定。

每一个预期电流时的熔断 I^2t 值不应超过制造厂的规定(一定外施电压时)。

8.6.3 “gG”和“gM”熔断体 0.01s 时 I^2t

GB 13539.1 的规定不适用。

8.6.4 过电流选择性

GB 13539.1 的规定不适用。

8.6.5 电弧电压特性和试验结果的判别

下列每个试验所测得的电弧电压最大值不应超过制造厂的规定。

对于交流,电弧电压特性用表 3 和表 5 中的全部试验来验证。若试验 No. 7 所得的电弧电压明显超过试验 No. 6 所得数值,则应在 50%和 25%的额定电压下再进行电流 I_n 下的试验,以确定较低电压下的最大电弧电压。

对于直流,电弧电压特性用表 4 中的全部试验来验证。

9 检验规则

9.1 定期试验

熔断体的定期试验项目,对于交流,为表 1 中 1,2,3,4,6 和 13 项,对于直流,为表 1 中 1,2,3,4,15 和 16 项。试验仅对同一熔断体组中最大额定电流的熔断体进行。

9.2 常规试验

熔断体常规试验项目,表 1 中序号 2。

9.3 出厂抽样试验

熔断体出厂抽样试验项目:表 1 中序号 1。

10 标志、包装、运输和贮存

10.1 熔断体的标志

除 GB 13539.1 中 10.1.2 规定外,还应标志:

- a. 额定分断能力;
- b. 500A 及以上熔断体在 $20\pm 5^\circ\text{C}$ 时的电阻值。

附录 A

熔断体与半导体器件配合导则

(参考件)

本导则仅适用于半导体变流器之类电路中使用的熔断体。

本导则所涉及的是在所述条件下熔断体的性能,而对于熔断体与变流器的适应问题将不予阐述。

注:特别要注意这样的情况,即用于交流的熔断体并不一定适用于直流,在直流下使用的问题,必须与制造厂协商。

特别是交流额定电压与直流额定电压关系不能作笼统说明。本导则关于直流使用的少量说明是很不完全的,而且不包括这种用途的所有重要因素。

A1 目的

本导则的目的是从熔断体的额定值及其所在电路的特性方面来阐明熔断体应具有的性能,使本附录可成为选用熔断体的依据。

A2 术语

(半导体熔断体中的)脉动电流 pulsed current

瞬时值周期性变化,并且零电流或很小电流值的时间间隔在整个周期中占较大比例的单向电流。

(半导体熔断体中的)脉动负载 pulsed load

电流的有效值周期性变化,并且零电流或很小电流值的时间间隔在整个负载周期中占较大比例的负载。

注:在整流器电路内,脉动负载可由直流电路电流的周期性通断造成。例如,起动和停止电动机。

A3 载流能力

A3.1 额定电流

半导体熔断体的额定电流由制造厂规定,并由温升试验(8.2)和额定电流验证(8.3.2.1)规定来验证。

注:无老化的载流能力与温度变化有密切关系。制造厂提供的资料与试验条件(8.1.1和8.2)有关,冷却条件决定于熔断体的物理性能、冷却介质的流动、连接导体、相邻发热体的型式和温度。

制造厂应提供有关这些因素影响的资料。

A3.2 持续工作制电流

对于大多数半导体器件保护用熔断体,持续工作制电流就是额定电流(A3.1)。然而,对于设计时不考虑持续承载额定电流的熔断体在持续工作制下使用时,就应降低额定值。

A3.3 重复工作制电流

额定电流验证是验证熔断体在规定试验条件下,至少能够重复承受100次额定电流负载。随着实际负载电流相对于额定电流减小时,用重复次数表示的预期寿命增加。

熔断体是否适用于所要求的重复工作制,必须与制造厂协商。

A3.4 过载电流

制造厂提供的过载能力(5.5.4.1)是以一个或几个时间和电流的坐标点为基础的,其过载能力已经在与额定电流验证条件相同的条件下进行过验证。以这些验证点为依据的约定过载特性是过载能力的保守估计。

因为实际过载与时间的函数关系很少像约定过载与时间的函数关系,所以必须转化为如下一种等效的约定过载:

使实际过载的最大值等于等效约定过载的最大值;

等效约定过载的时间应使其 I^2t 等于实际负载在熔断体约定时间的 0.2 倍时间内积分的 I^2t 。

接近 0.2 倍约定时间的任何负载值,对熔断体来说,都应视为持续负载。

然而,因过载能力的验证以 100 次过载循环为基础,所以实际情况中的重复过载,可能需要降低额定值,必须与制造厂协商。

A3.5 峰值电流(截断电流)

当熔断体在绝热条件熔断时,可得到峰值电流的最大值。

在电流上升率基本为常数的条件时,弧前时间末的电流瞬时值,按上升率的立方根增加,对大多数熔断体来说,基本上这就是峰值。对于明显较晚达到(在燃弧时间内)电流峰值的熔断体来说,不能作一般说明,应从制造厂获得有关资料。

A4 电压特性

A4.1 额定电压

半导体器件保护用的熔断体的额定电压(5.2)是由制造厂指定的额定频率时(某些情况下为直流)的正弦外施电压。熔断体的数据与额定电压有关,仅仅在电压额定值基础上对不同制造厂的熔断体进行比较是不够的。

A4.2 工作中的外施电压

外施电压就是在故障电路中造成故障电流流动的电压。在大多数情况下可以认为故障电路中的空载电压为外施电压,因为通常可以忽略电压降的影响。

注:外施电压可能受熔断体熔断时发生的整流影响或受另一只熔断体电弧电压的影响。

在弧前时间内,外施电压和电路的自感决定故障电流的上升率(通常从零增长到接近其峰值)。在给定的电路中,即对一给定自感, I^2t 值决定了弧前时间的结束,而这时间的外施电压的积分决定了弧前时间末的电流瞬时值。

在燃弧时间内,电弧电压与外施电压之差决定了电流的变化率,一般它是从峰值下降到零。在此差的积分等于弧前时间内外施电压的积分的瞬间即达到零。在电弧电压小于外施电压时电流继续增加,但在大多数情况下,这时间是短暂的,故与此有关的电流增加可以忽略。

对于在绝热区域或绝热区域附近熔断的熔断体,弧前 I^2t 是一个很明确的量。而即使燃弧时间相同,燃弧 I^2t 可呈现非常不同的值。在燃弧期间的早期阶段,电弧电压达到其最大值时,燃弧 I^2t 为最小。

A4.3 电弧电压

制造厂提出的电弧电压峰值是最不利条件下所获得的电压值。电弧电压特性是外施电压的函数。电弧电压的峰值应限制在半导体器件所能承受的范围內。

A5 耗散功率特性

A5.1 额定耗散功率

额定耗散功率是以额定电流和标准试验条件(8.1.1,8.2.1)为依据。熔断体的电阻温度系数所引起的耗散功率的增加比电流平方引起的增加更快。由于这个原因,制造厂提供电流与耗散功率关系的资料可用耗散功率特性的形式或用分散点数据的形式。

由于安装条件与试验条件不同,耗散功率特性可能偏离额定值。

A5.2 影响耗散功率的因素

由于实际电流与额定电流之间的关系对耗散功率影响显著,可能需要使用比重复工作制和过载所确定的额定电流更大的熔断体。但较大的额定电流意味着 I^2t 值也较大。使用能合理保护的最大额定电流的熔断体可同时减小耗散功率并解决重复工作制和过载问题。

使用较高额定电压的熔断体必然导致较大的耗散功率。例如尽管电弧电压较大,仍然可能使用,那么就可以减小燃弧 I^2t 值这样可允许选择较大额定电流的熔断体,结果可减小耗散功率。

当带铁制零件的熔断体使用在频率高于额定频率时,耗散功率将显著增大。

A5.3 相互影响

熔断体与有关半导体装置间非常短的电连接会产生显著的热耦合,因此熔断体耗散功率的任何减小可改善半导体装置的电流负载。

A6 时间-电流特性

A6.1 弧前特性

在整流器或变压器臂中出现的脉动电流不能仅仅在有效值基础上处理。在边缘情况,必需确保仅仅单个脉动不会损坏熔体。例如:按 8.3.2.3,考虑短时过载(如 0.1s 以下),那么实际过载的峰值不是最大的有效值,而是最高脉动的峰值。

除了上述提到的区域外,高于额定频率的任何频率的电流,实际上对弧前 I^2t 特性没有影响。对于额定频率下弧前时间小于 1/4 周波的预期电流,频率较高弧前时间较小。对低于额定频率的频率,影响正好与上面所述相反。但必需注意弧前时间的增加甚至可能更显著,特别是对较大预期电流。

对于较小预期电流,非对称电流(具有瞬态直流分量的交流)的唯一影响是使电流的有效值有微小增加。

在绝热区域中,最好把影响考虑为上升率的增加或减小,用在弧前时间有相同(或相似)上升率的对称电流代替实际电流。

在弧前 I^2t 特性偏离绝热区域的临界区中,必须区分电流的非周期性程度,电流的非周期分量大的会使弧前 I^2t 值减小,反之则使弧前 I^2t 增加。

在考虑熔断体承受非对称电流的能力时,必须考虑非对称峰值。

在直流情况下,基于交流的弧前 I^2t 特性可能根本不能应用,或者仅仅部分适用,这取决于电路参数。

若电路时间常数小于所考虑的最短时间,预期电流就等于外施电压为电阻除所得的值。

若电路自感量很大,可采用弧前 I^2t 特性的绝热区域,只要当横坐标以上升率代替预期电流时,也就是直流的上升率由外施电压除以自感量所决定。进一步认为预期电流值(外施电压除以电阻)显著高于(3 倍或更多)在所考虑的电流上升率下的截断电流。

对于直流的其他情况,很难从交流基础上的正常弧前 I^2t 特性来作出有关弧前时间的重要结论,应该与制造厂协商。但是,上述提到的适用于大多数实际情况。

就非正弦电流来说,正常弧前 I^2t 特性不提供有关性能的很多资料,但上升率占优势的(即非常大的电流)情况或电流值很小,而时间很长,允许使用有效值的情况,则为例外。

A6.2 熔断 I^2t 特性

对于给定的预期电流,弧前 I^2t 特性和熔断 I^2t 特性之差为燃弧 I^2t 。在画出熔断 I^2t 特性的各种条件下,燃弧 I^2t 可能为最大。制造厂提供的数据是以低功率因素(0.3 以下)及外施电压的有效值为基础的。

最坏情况是外施电压的瞬时值在整个弧前时间和燃弧时间内都尽可能地大,这种情况极少发生。

对于相同外施电压及相同的预期短路电流,较高频率意味着较低的自感值,因此燃弧时间减少,而且在实际极限内与频率成反比。

对于相同外施电压及相同的预期短路电流,较低频率意味着较高的自感值,因此燃弧时间增加。而且在实际极限内与频率成反比。

注:由于燃弧时间较长,电弧能量较大,因此不能保证熔断体适用于低于额定频率的频率,当使用频率低于额定频率时,应与制造厂协商。

选择燃弧时间最大值时,必须考虑非对称电流的影响。

弧前 I^2t 是根据上升率判断(A6.1)的所有直流情况下(A1.1),而且在弧前时间未发生截流的情况下,只要电压参数(有效值)选择为外施直流电压小于 90%交流电压有效值时,则熔断 I^2t 也是有效的。

其他情况需要特殊考虑或从制造厂获得有关资料。

A7 分断能力

在额定值内,对非正弦交流电流的分断能力对于半导体器件保护用的熔断体影响较小。

对于较高电压值(高压熔断体),分断小电流可能是问题,但此问题是在本文所述电流范围之外。

只要不超过额定频率时电流上升率的最大值,频率高于额定频率,对分断能力没有影响。低于额定频率时,在熔断体中释放出的能量大于额定频率下释放出的能量。应从制造厂获得有关资料,资料可包括按 8.4.2.1 在较低频率下的试验。

对于直流分断能力,在熔断体中释放出的能量在大多数情况下,大于额定频率下释放出的能量。只有当使用交流额定电压明显大于直流电源电压的熔断体才可保证满意的熔断。应从制造厂获得附加资料。

A8 换流

半导体器件装置中的短路电流一般涉及有几个桥臂的电路,当熔断体熔断时,在各臂之间发生换流,这种换流起因于交流电源电压周期性变化、晶闸管导通或另一只熔断体的电弧电压。

换流改变电路结构、电路常数以及外施电压(例如:增加电弧电压),从而影响熔断体的熔断。

另一种可严重影响熔断体工作的非故意换流,起因于二次故障电流的出现。

附录 B

制造厂应在产品样本或使用说明书中提供的资料

(交流和直流的资料应分别给出)

(补充件)

- B1 厂名或商标;
- B2 产品型号或目录号;
- B3 额定电压(见 6.1.1);
- B4 额定电流(见 6.2);
- B5 额定频率或其他频率(见 5.3);
- B6 额定分断能力(额定电压和不同外施电压下)(见 5.7 和 8.4);
- B7 弧前和熔断时间-电流特性(图表)(见 5.5.1 和 8.3.2.2);
- B8 弧前 I^2t 特性(见 5.8.2.1 和 8.6.2);
- B9 在指明功率因数或时间常数下与电压有关的熔断 I^2t 特性(见 5.8.2.2 和 8.6.2);
- B10 25%,50%,100%额定电压时的电弧电压或以图表形式表示(见 5.9 和 8.6.5);
- B11 截断电流特性(见 5.8.1 和 8.5);
- B12 在约定试验条件下的额定电流温升,并指明规定的测试点(见 7.1 和 8.2.3);
- B13 至少 50%和 100%额定电流下的耗散功率,或以图表形式表示该范围内的耗散功率(附加参数可以是 63%和 80%)(见 7.1 和 8.2.3);
- B14 熔断指示器所需的最小动作电压(见 8.3.2.4);
- B15 允许电流和周围空气温度的关系(图表)(见 8.3.2.1);
- B16 安装说明,需要的话由简图给出有关尺寸;
- B17 特殊安装条件(如连接导线的截面。不适当的冷却、附加热源等)下的载流能力。

注:若条件特殊应与制造厂协商。

附加说明：

本标准由中华人民共和国机械电子工业部提出。

本标准由机械电子工业部上海电器科学研究所归口。

本标准由机械电子工业部上海电器科学研究所、上海电器陶瓷厂、上海金山电器厂、宁波开关厂等单位负责起草。

本标准主要起草人陈谦、章永孚、陆宝发、方天童、吴庆云。