

第三讲：保险丝的选型及设计实例分析

2013-03-19 来源：电子元件技术网 [责任编辑：hedyxing]

分享到：



6



0分

我要评论

推荐同仁

【导读】保险丝被应用在各种各样的电子设备中，为设备的使用竖起一道安全的屏障。保险丝的原理相信大家都已经很熟悉了，但是保险丝在选型时该注意哪些因素，在实际产品中该怎样应用？这些都是本次大讲台将要讲解的内容。

保险丝选型所需的参数

1. 额定电流--- I_n

保险丝的额定电流是指它的公称额定电流，通常就是电路能够工作的最大电流值。正确选择保险丝的额定电流值，必须作如下考虑：

例如：电路的工作电流： $I_r = 1.5\text{ A}$ ，UL规格保险丝额定电流应是： $I_n = I_r / O_f = 1.5 / 0.75 = 2\text{ A}$ 。

这儿的 I_r 是电路工作电流， O_f 是 UL 规格保险丝的折减率，所以应该选择 2A 的保险丝，对于 IEC 规格保险丝则没有折减率要求，即： $I_r = I_n$ 。

如果特殊的额定电流不是通用的，应该选最邻近的较高值。

AEM 熔断器的 I_f2t 和 I_r2t 的大概关系

$I_r2t \leq 30\% I_f2t$ 100,000次

$I_r2t \leq 38\% I_f2t$ 10,000次

$I_r2t \leq 48\% I_f2t$ 1,000次

Littelfuse保险丝的 I_f2t 和 I_r2t 的大概关系

$I_r2t \leq 22\% I_f2t$ 100,000次

$I_r2t \leq 29\% I_f2t$ 10,000次

$I_r2t \leq 38\% I_f2t$ 1,000次

8. 耐久性/寿命

保险丝的寿命是很长的，在无故障的情况下几乎与设备的寿命是可以同步的。

测试IEC规格的小型管状保险丝寿命的方法：在直流电源条件下，以 $1.20 I_n$ （或 $1.05 I_n$ ）电流导通一小时，断开15分钟，连续100个周期，最后再以 $1.5 I_n$ （或 $1.15 I_n$ ）电流导通一小时，期间不能有熔断或其他异常现象。

保险丝的储存期，在正常条件下不少于两年，到期经复检合格后可再行储存。

9. 结构特征和安装形式

结构特征

结构特征

管状：玻璃管-低分断能力，陶瓷管-高分断能力；
填充细粒石英沙-用于灭弧，玻璃管变色-熔断指示；
内焊式与外焊式；

加引线套帽-用于焊接(有时需先将引线成型)

微型：电阻式，晶体管式，薄膜式

片式：薄膜式，多层独石，电阻式

其他：插片式，螺栓式，密封式，报警式

熔体结构：圆丝，扁丝，单丝，双丝，复合丝；

 直线状，波浪状，锯齿状；

 片状熔体（带一个或多个瓶颈部份）

 组合熔体：熔丝缠绕，加锡球，加金属片，电阻等

安装形式

面板安装：保险丝盒，保险丝插座

底板安装：保险丝夹，保险丝夹座

印刷线路板安装：

插件安装（波峰焊）：径向引线，轴向引线

表面安装（红外焊，回流焊）：多层独石，薄膜式

有时需要在管外加热缩套管，使保险丝与周围元件绝缘

悬挂式安装：保险丝套

10. 安全认证

保险丝是一种安全元件，它的质量直接关系到人身和财产的安全。作为一个安全元件必需经过有关机构的认证，才能生产，销售和使用。许多国家（地区）都对保险丝有各自的认证要求，经过认证并具有相应标记的保险丝才会被允许进入该国（地区）市场。

常用主要安全认证：

IEC规格：英国BSI 德国VDE 瑞典SEMKO 中国CCC

UL规格：美国UL列表/UR认可 加拿大CSA

其他规格：日本PSE

AEM SolidMatrix和AirMatrix 保险丝选型流程及范例

1、工作温度和温度折减

保险丝产品规格书里的熔断特性等电气性能指标是在室温（+25°C）下测试的。如果保险丝不是工作在+25°C 环境之下，那么在选型的时候须参考厂家给出的温度折减曲线来对保险丝进行温度折减。图5为AEM 保险丝产品的温度折减曲线。

1、工作温度和温度折减

保险丝产品规格书里的熔断特性等电气性能指标是在室温（+25°C）下测试的。如果保险丝不是工作在+25°C 环境之下，那么在选型的时候须参考厂家给出的温度折减曲线来对保险丝进行温度折减。图5为AEM 保险丝产品的温度折减曲线。

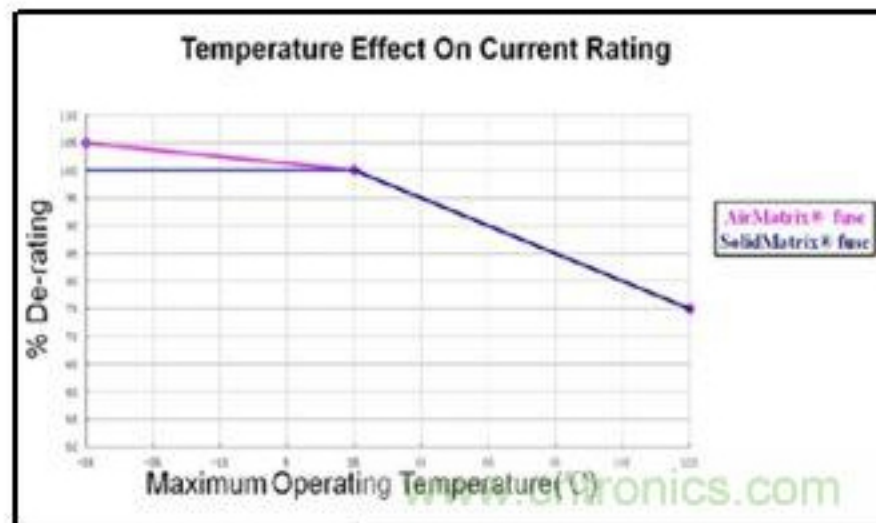


图5 温度折减曲线

2. 工作电压（Operating Voltage）和额定电压（Rated Voltage）

保险丝的最大工作电压应该在额定电压之内，但不能超过额定电压。保险丝的额定电压是和分断能力相关的安全指标。在这个电压下，保险丝可以安全截断不大于标称分断能力的电流。

3. 分断能力（Interrupting Rating）

分断能力的定义是在额定电压下的保险丝可以安全分断的最大电流。保险丝产品的分断电流是一个安全参数，它必须达到或者大于电路中的最大故障电流。这样，保险丝才会安全熔断，不产生燃烧、飞弧、爆炸等不安全现象。

4. 工作电流（Operating Current）和额定电流（Rated Current, In）


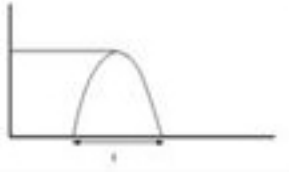
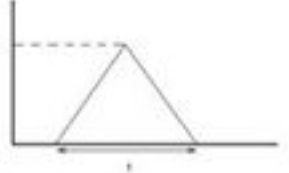
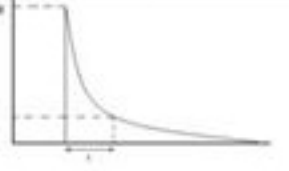
工作电流是电路在稳定工作状态下的最大电流。按照国际标准，保险丝产品在额定电流条件下工作，必须大于4小时不会断开（在环境温度+25°C条件下）。为了保证保险丝长期稳定工作，工作电流值需要小于75%的保险丝额定电流。

5. 脉冲电流的热熔值（I_{2t}）与脉冲折减（Pulse Derating）

大部分电路由于有储能器件，如电容或者电感的存在，在接通或者关闭电源的时候，都会有较大的脉冲电流。另外在某些电路中因为其他元件或者外部因素的缘故，如电磁感应，也能产生瞬时脉冲。在绝大多数情况下，用户都希望保险丝可以耐受多次脉冲冲击而不会引起熔断。

表2是几种常见脉冲波形的计算公式。脉冲电流的热熔值可以通过对脉冲电流波形数据的积分计算得到。

表2 几种常见脉冲电流热熔值计算

脉冲波形类型	脉冲波形图	热熔值计算公式
方波		I^2t
正弦波		$1/2 (I^2t)$
三角波		$1/3 (I^2t)$
衰减波		$1/2 (I^2t)$

由于脉冲电流通过保险丝的时候，会产生热量，所以虽然单次脉冲的能量不足以使保险丝熔断，但多次脉冲冲击会导致保险丝熔断。为了保证保险丝可以耐受规定次数的脉冲电流，需要依据表3中所示的脉冲折减系数计算保险丝的I²t规格。如果脉冲发生时，保险丝所处环境温度高于室温（+25°C），须做相应的温度折减。

表3 AEM SolidMatrix和AirMatrix 保险丝脉冲折减比例

脉冲电流的热熔值 I _p ² t 与保险丝的熔化热熔值 I _f ² t 的比例	耐受脉冲次数
I _p ² t ≤ 20% I _f ² t	100,000
I _p ² t ≤ 30% I _f ² t	10,000
I _p ² t ≤ 40% I _f ² t	1,000

选型流程

稳态参数

1. 保险丝额定电流值 (I_n) ≥ 工作电流 (I) / 75%。
2. 依据工作温度，确定温度折减系数 (K)，满足稳态参数要求的保险丝电流值的计算公式：I_n ≥ I / 75% / K

瞬态参数

瞬态参数

3. 计算脉冲电流 I_2t ，参见表1 几种常见脉冲电流的热熔值的计算。复杂或非典型的波形可以用数字示波器的数据做积分计算；或者用简化算法，用可以完全覆盖脉冲波形的典型脉冲波形做近似计算。4. 脉冲折减，依据所需耐受脉冲次数，从表2 查找脉冲折减系数。5. 如果脉冲发生时环境温度会大于室温，需要做相应的温度折减。6. 确定可耐受脉冲次数的保险丝最小的电流值。

安规或者电路保护规定

7. 确定可以满足安规认证或者保护性能要求，例如受保护IC 的最大 I_2t 耐受值，保证电缆不会过热的最大电流和时间等。

选择满足设计规范的保险丝

以上第2、6 步的结果中较大的保险丝额定电流值决定了设计窗口的下限，第7 步确定了上限。选择的保险丝规格须落在这个设计窗口内。

测试验证

以上计算得到的选项规格，需要经过实际电路测试验证，特别是要模拟实际使用的环境，按照脉冲耐受次数的要求做全寿命测试。

计算选型范例

以下通过一个实际案例说明上述的选型流程

电路参数:

1、最大稳态工作电流: $I=0.6A$ 2、工作温度: $+65^{\circ}C$ 3、最大瞬态脉冲电流的波形为正弦波, 最大电流 $I_p = 45.5A$, 脉冲宽度 $t=120\mu Sec$ 4、所需耐受脉冲电流的次数: 100,000次5、过载电流和在该电流下的熔断时间: $I=10A$, 60Sec6、应用中可能出现的最大故障电流: 50A7、最大工作电压: 12V8、封装尺寸: 12069、安规认证标准: UL Recognized

稳态参数计算:

满足稳态参数要求的保险丝最小的额定电流为: $I_n \geq I / 0.75$ (电流折减系数) / K (温度折减系数) $= 0.6 / 75\% / 90\% = 0.89A$ 。这样额定电流大于或等于1A的保险丝可以满足稳态参数的要求。

瞬态参数计算:

I^2t 计算: 参见表一的公式计算脉冲电流的热熔值。同时需考虑到环境温度对脉冲耐受能力的影响。脉冲电流的热熔值: $I_p^2t = 0.5 \times (45.5A)^2 \times 120\mu Sec = 0.1243A^2Sec$ 该应用要求保险丝在 $+65^{\circ}C$ 条件下, 须耐受100,000次脉冲。这样需要同时考虑脉冲折减和温度折减。 $I_f^2t \geq I_p^2t / P$ (脉冲折减) / K (温度折减) $= 0.1243 / 20\% / 90\% = 0.69A^2Sec$ 比对AEM产品目录中的 I^2t vs t 曲线, 满足 $120\mu Sec$ 的热熔值 I_f^2t 大于 $0.69A^2Sec$ 的保险丝规格是不小于3.5A。这样, 额定电流大于或等于3.5A的F1206HI系列保险丝可以满足瞬态参数的要求。

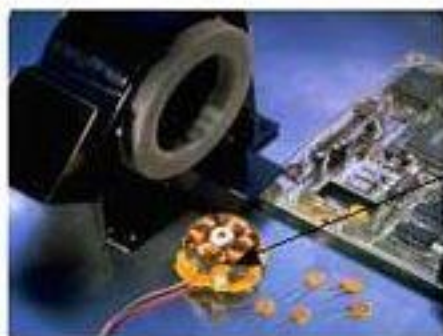
保护性能要求:

保险丝需要在10A电流情况下, 60秒钟内熔断。AEM的F1206HI 系列的熔断特性 (Clear-time Characteristics) 在200%过载电流时是小于60秒。所以应该选用不大于5A的保险丝。

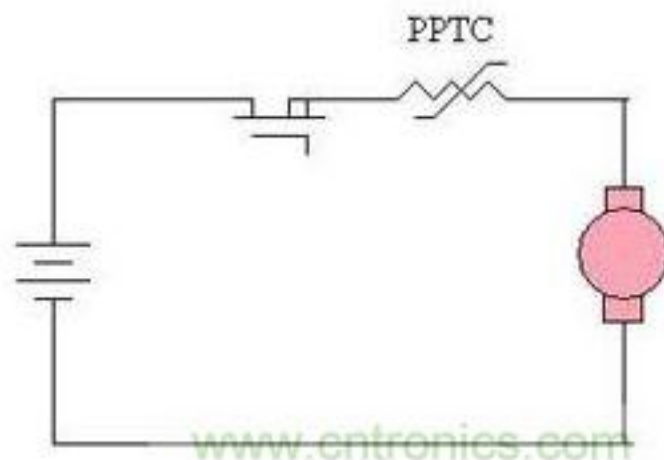
保险丝应用实例分析

自恢复保险丝在电机失速中的保护

运动机械均有可能出现堵塞或断裂故障, 并可导致电机失速。在电机失速时继续供给电源会导致电机的损坏和/或驱动装置的损毁。将自恢复保险丝器件与电机驱动器串联起来后, 可以保护电机和驱动电子电路, 防止在失速或负载过大的状态下系统发生故障。在故障清除后(而且电源断开后), 系统可以重新开始正常的运行, 无需进行维护或更换部件。多年以来, 自恢复保险丝器件一直是汽车工业中最为常用的保护车座、车窗和其它电机的方案。在这些应用中, 使用自恢复保险丝器件要求考虑串联电阻的阻值和器件的最大保持电流额定值。室温下的最大工作电流为, 16V下为15A, 30V下为9A。



PPTC



错误的选择：把希望保险丝熔断的电流值作为额定电流值。

2. 额定电压---Un

保险丝的额定电压是指它的公称额定电压，通常就是保险丝断开后能够承受的最大电压值保险丝通电时两端所承受的电压大大小于其额定电压，因此额定电压基本上无关紧要。

正确选择保险丝额定电压应该等于或大于电路电压。

例如：250V的保险丝可以用于 125V的电路。

对于低电压的电子应用，一个交流额定保险丝可以用于直流电路中。

关于保险丝的额定电压主要应考虑：当电路电压不超过熔断器额定电压时，保险丝是否有能力分断给出的最大电流。

认识的误区：保险丝的额定电压必须跟电路电压一致！

3. 环境温度

保险丝所处小环境温度或已知的工作温度，对保险丝的动作是有影响的环境温度越高，保险丝的工作时就越热，其寿命也就越短不管是 UL 规格还是 IEC规格，保险丝的各项指标都是指在25 0C，如小环境工作温度较高，则要考虑保险丝的温度折减率（见图1）。

在这些应用中，当这些系统由于过电流或过热状态而导致外部故障时，自恢复保险丝器件能够允许电机驱动和控制器系统继续运行。其优点在于提供了一种功能强大和可靠的产品，在其它部件出现故障时可以保护系统。

过流保护PTC现已广泛的应用于通讯领域、多媒体设备、卫星接收设备、机动车辆、工控设备、各种开关电源、电池及电池组的防护。目前的应用领域还在不断扩大。

保险丝在汽车上的应用

1) 线束保护 随着电力需求的增加，提高了线束的复杂度，增加了对汽车的电线、重量以及封装的限制。每条电气线路都要求针对短路和过载提供充足的电路保护措施，传统的熔断器在熔断后必须进行更换。这项特点要求熔断器盒安装在易于接触到的地方，此要求支配并限制了系统的架构，迫使在封装形式和系统布线方面做出让步。传统的做法是将相似的电路

集中起来，用单独的熔断器加以保护。熔断器的额定值设定必须能够承受各种受保护负载所通过的电流总和；而且为了限制发生损坏和其它的危险，从熔断器连接至每个负载的线路必须根据熔断器的设定值进行选择。

这种选择的结果是：具有较高电流承载能力的、尺寸过大的线路经常为只需较小电流的负载设备供电。随着粗大线径导线的使用，端子和接头的尺寸、重量都增加了，因而增加了配线的重量和汽车的重量，进一步增加了成本，后者还会影响到燃料的效率。由于自恢复保险丝（PTC）能够在故障状态消除后和电路电源断开后复位，所以通常不需要进行例行的更换或维修，因此可以布置在车门内侧、开关组件内、仪表盘后、电子模块内以及其它不可触及的部位，采用最为直接和有效的布线方式来布置电源线，无需通过一个集中布置的熔断器盒，从而减少了配线中导线的数量，并能够减少导线的重量和长度。

2) 电子控制模块保护 随着在越来越小的空间内封装了越来越多的线路，印刷电路板（PCB）上的铜线宽度也在减小。由于汽车上的附件通常采用大电流电路供电，这些狭窄的铜线容易受到过大电流的损坏。受横截面积的限制，它们只能承受一定的电流才不至于因功率损耗产生的热量导致铜线的熔化或因过热而剥离，从而损坏PCB板和板载器件。电子模块的输出一般情况下也需要对由于短路或电机堵转所造成的过电流进行保护。而电子模块也有可能由于系统其他部分的故障而出现损坏，例如二极管短路或电源接地断开。对于这些潜在的问题，熔断器并不被认为是可以接受的方案，这由于熔断器是一次性的器件，且在发生故障后必须更换。还有应用基于感测和开关的多器件电路或SmartFET（智能化场效应管），但这些设计需要格外的仔细，占用了较多的宝贵的板卡空间，且成本非常高。

自恢复保险丝（PTC）对于电子模块的过电流或过热保护来说，是一项适用、高效而经济的方案。自恢复保险丝通常用于计算机和外设的IEEE1394输出的限流保护，以及对全球定位系统（GPS）、DVD、无线电和远程信息通讯电路板的限流保护。由于自恢复保险丝能够快速有效的将电流限制在安全的范围内，且其体积小巧，能够直接安装在电路印刷板上，控制模块内的每个电源回路均可单独采用一个器件进行保护。

3) 小型电机的保护 绝大多数的汽车执行器所执行的操作中均要求执行器将某种物体移动至其移动范围的限度为止。例如，移动座位或关闭车窗。由于这些操作也可手动控制，执行器在器械达到其移动限度时仍可能接通电源，此种情况下执行器电机堵转，其反电动势（EMF）降为零。由于这一方向与供电电压相反的反电动势消失时，执行器电机的电流可能迅速上升，通常可达到正常运行值的2--4倍。由于执行器电机的绕组采用极细的导线绕制，这种高的堵转电流将导致其温度快速上升。很多情况下，几秒钟之内温度将上升到足以对执行器电机绕组的绝缘漆造成永久的损坏。若绝缘消失，则匝间短路可能扩大到整个线圈，使执行器无法工作并可能引发火灾事故。

自恢复保险丝可以与电机绕组串联安装在电机的端盖处，以达到更好的热耦合。在绕组的电流或温度上升到某一特定值以上时，自恢复保险丝保持在一个高阻值状态下，将电流限制在一个很低的数值，并防止执行器电机出现损坏。在故障消除和电源断开后，自恢复保险丝冷却下来，恢复到低阻值，电流即可正常通过。

保险丝的应用有千万种，但其作用都是一致的，为保护电路的安全而努力战斗着！

例: 选用快熔断保险丝在90 °C小环境下和 1.5A 电流下工作,参阅下图,其折减率 (Tf) 是95%。

若选用 IEC规格保险丝,那么额定电流就是: $I_n = I_n / T_f = 1.5A / 0.95 = 1.58 A$ 推荐1.6A或2A的保险丝;

若选用UL规格保险丝 那么额定电流就是: $I_n = I_n / O_f \times T_f = 1.5A / 0.75 \times 0.95 = 2.1A$ 应选2.5A的保险丝。

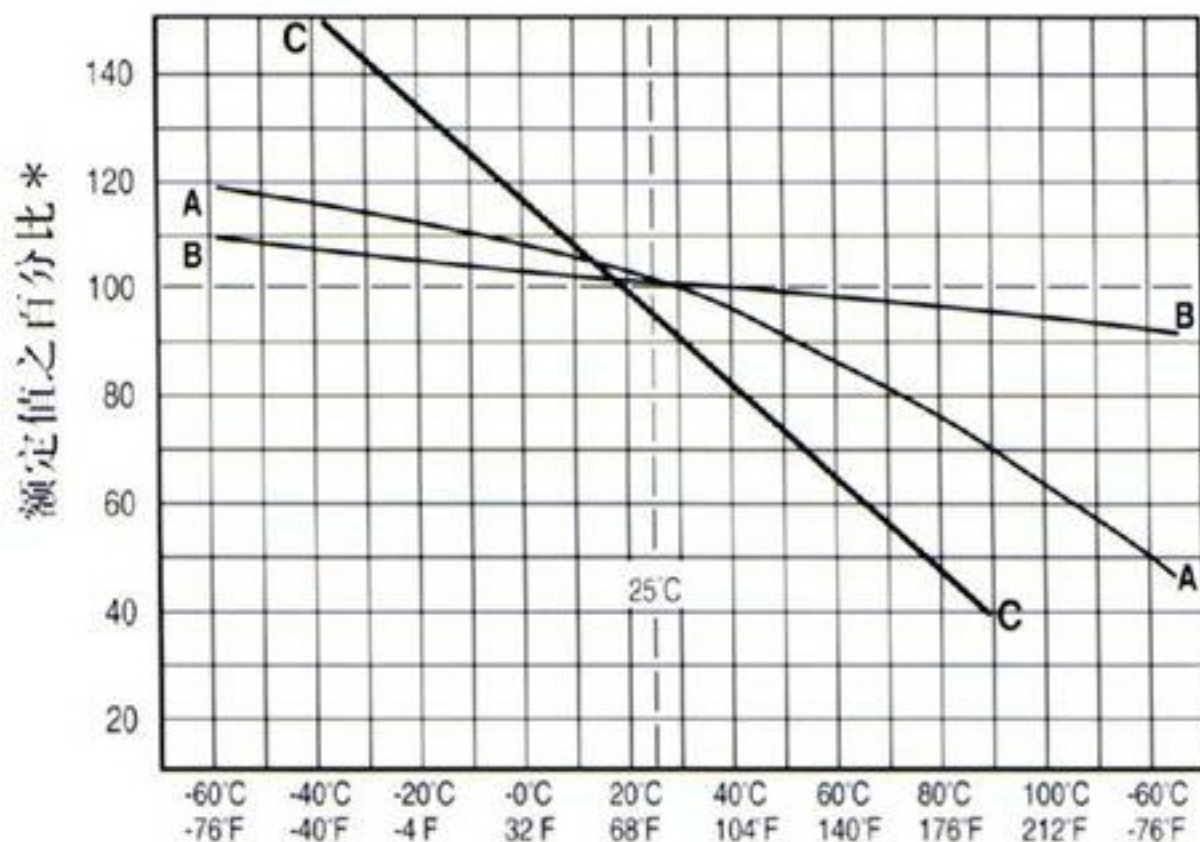


图1 曲线A: 传统的慢熔断保险丝 曲线B: 特快熔断,快熔断和螺旋式绕制的保险丝 曲线C: 可恢复PTC

4. 电压降/冷电阻 --- U_d/R

一般情况下，保险丝的电阻值与它的额定电流值成反比。在保护电路中要求保险丝阻值越小越好，这样它的损耗功率就小；因此在保险丝技术参数中规定了最大电压降或冷电阻值，但不作为产品验收依据。

保险丝的电压降：通以直流额定电流，使保险丝达到热平衡后所得的读数。

保险丝的冷电阻：在小于额定电流10%的条件下测得的读数。保险丝的电压降和冷电阻可以互相换算。小规格保险丝的电压降对低压电路的影响较大，务必注意，极端情况下由于电阻太大会无法输出需要的工作电流。

5. 熔断特性

也称作保险丝的时间-电流特性或I-T特性或安秒特性，是保险丝最主要的电性能指标，它表明了保险丝在不同过载电流负载下熔断的时间范围。

当流经保险丝的电流超过额定电流时，熔体温度逐渐上升，以至最后保险丝被烧断，我们把这都归属为一种过载状态。

保险丝需要有一定的过载能力：UL规范保险丝的最大不熔断电流是110% I_n ； IEC规范保险丝的最大不熔断电流是150% I_n 或120% I_n 保险丝也要求在超过限量的过载电流能及时地烧断：UL规范保险丝的最小熔断电流在130% I_n 左右； IEC规范保险丝的最小熔断电流在180% I_n 左右；

根据熔断特性不同，可以把保险丝分为快速型和延时型等：快速保险丝常用在阻性电路中，保护一些对电流变动特别敏感的元器件；延时保险丝常用在电路状态变化时有较大浪涌电流的感性或容性电路中，它能承受开关机时浪涌脉冲的冲击，而真正出现故障时仍能较快的断开电路。每一条曲线代表了一个规格保险丝的熔断特性，对应每一个负载电流都能找到它的熔断时间。不同类型保险丝具有不同形状的特性曲线。

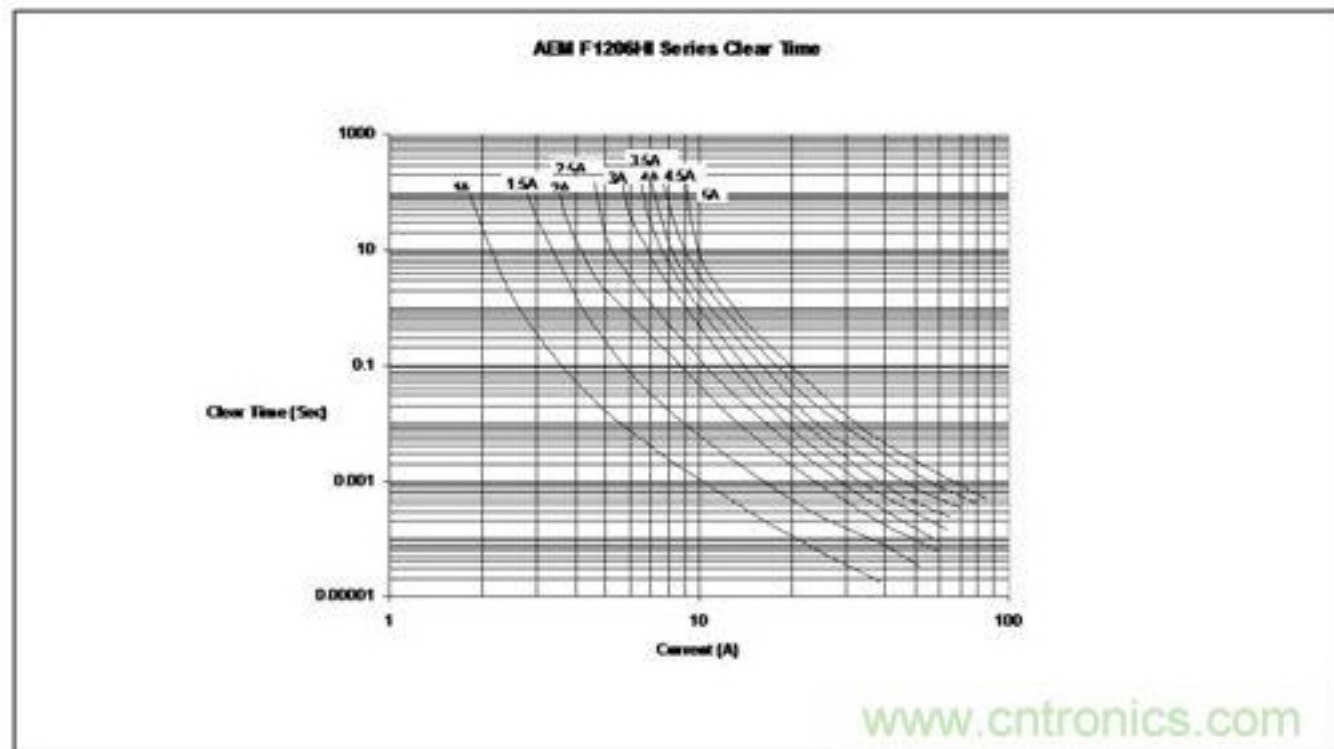


图2 时间/电流特性曲线最好地描绘了保险丝的过载性能，供设计师选用保险丝规格时主要的参考

时间-电流特性表

时间-电流特性表

% of Ampere Rating	Opening Time at 25°C	
	Min.	Max.
100%	4hou rs	
100%	1sec.	120sec.
100%	0.1se c.	3sec.
100%	0.00 2sec.	0.05sec.

6.分断能力---I_r

分断能力也称为最大分断能力或短路分断能力或遮断电流。

分断能力是保险丝最主要的安全指标。它表明了在规定电压下，保险丝能安全地切断的最大电流。

当流经保险丝的电流相当大以至短路的时候，仍要求保险丝能安全分断电路，且不带来任何破坏性。

当超过额定分断电流值时，保险丝有可能出现破碎，爆炸，喷溅，引起周围人身或其他元器件的燃烧和破坏等不安全现象。

保险丝的分断能力取决于保险丝的结构和所用的材质，一般来说低分断能力保险丝大部份都是玻璃壳体的，高分断能力保险丝通常有陶瓷壳体，其中许多还填充有纯净颗粒状石英材料按照常规，当被保护系统是直接联接到电源输入电路和保险丝被置于电源输入部份时，一定要使用高分断能力保险丝。

在大部分二次电路中，特别是电压低于电源电压时，选用低分断能力保险丝就足以能胜任了。

7. 熔化热能值—I²t

熔断器的熔化热能值(I²t)是指熔体熔断所需要的能量值，通常被用于熔断器承受浪涌能力的技术指标，其中 I 为过载电流，t 为熔断时间电路中出现浪涌时所释放出来的能量值(I²t)

方法(见下图)熔断器的熔断时间跟电流产生的热量,散热条件及熔断器的热容特性等都有关,许多因素都会影响熔断器的熔断时间,所以熔断器在不同的分断电流或分断时间会有不同的 I^2t ,也就是说 I^2t 并不是一个常数 I^2t-t 曲线就是反映不同熔断时间时熔断器的 I^2t 值(见图3)



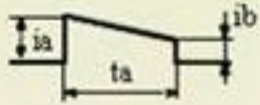

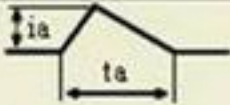

波形	I^2t 值计算公式	波形	I^2t 值计算公式
 矩形波	ia^2ta	 正弦波	$(1/2) ia^2ta$
 梯形波	$(1/3)(ia^2+iaib+ib^2)ta$	 变形波	$(1/5) ia^2ta$
 三角形波	$(1/3) ia^2ta$	 充、放电波	$(1/2) ia^2ta$

图3 ia —脉冲电流波形, ta —脉冲电流持续时间

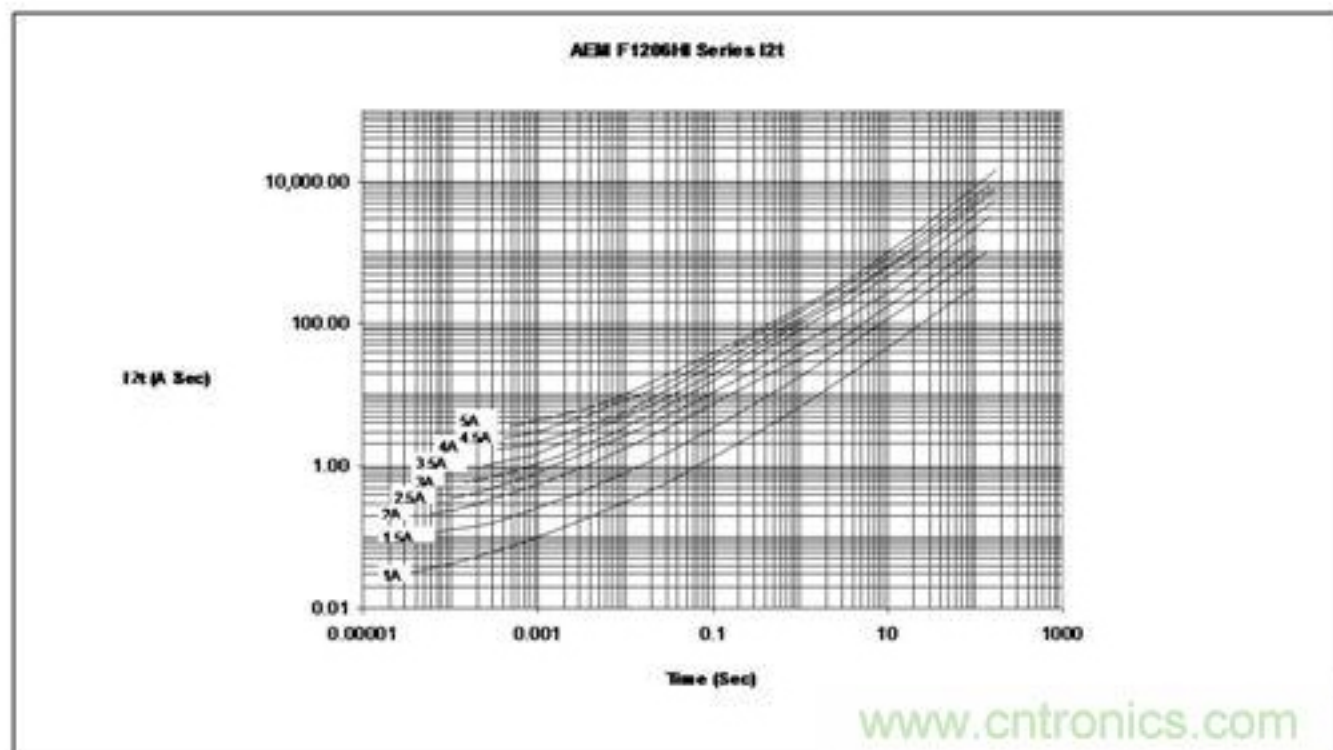


图4 能量/时间曲线最好地描绘了保险丝的熔化热能变化情况，供设计师选用保险丝耐脉冲能力时主要的参考

耐脉冲冲击次数

当 $I_f^2t > I_r^2t$ 时,熔断器应能承受脉冲的冲击,不会被熔断但会受到一些损伤,从而略微降低它的 I_f^2t 。

通过计算和选择 I_f^2t 和 I_r^2t 的关系,可以知道熔断器能够承受的脉冲次数,反过来说需要熔断器能够承受多少次以上的浪涌冲击,就必须选择熔断器的 I_f^2t 与电路脉冲的 I_r^2t 关系。

AEM 熔断器的 I_f^2t 和 I_r^2t 的大概关系