





西安中熔电气有限公司

- *中国熔断器**GB**标准参编单位
- *中国低压电器协会会员单位
- *国家科技部创新基金奖励单位
- *中国熔断器骨干企业

交流：石晓光



熔断器的 原理和性能

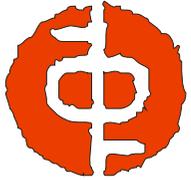
中熔电气，做中国最优质的熔断器



熔断器介绍

中熔电气，中国最优质的熔断器

- ◆ 过电流的危害：导线或母线的热损害
 - 绝缘损害
 - 金属汽化
 - 气体离子化
 - 燃弧，起火，爆炸
- ◆ 熔断器：经济、有效、可靠的过电流保护器件。
- ◆ 原理简介：熔断器电路中特别设计的薄弱环节，利用电流热效应，熔化特定导体，熄灭电弧，建立绝缘或产生高阻，从而限制和切断故障电流，保护设备和器件。
- ◆ 高性能限流熔断器：具有很强限流特性的高分断能力熔断器



中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

熔断器特点

限流熔断器提供过电流效应的可靠保护，具有下列各项特点：

- 高分断能力：可以达到**300kA**以上。
- 强限流特性：限制短路能量和峰值电流至极低水平
- 高可靠性：性能无需调试，无运动部件，一般密封结构，对尘埃、油或腐蚀性气氛等污染抗击能力强。
- 短路分断速度很快（毫秒级），极大降低短路故障对电网和设备的影响。
- 无需调试，过电流防护能力几十年可以保持不变；
- 强制消除故障且不能复位，迫使用户必需识别和消除故障，可以防止误动作造成次生事故；
- 方便和廉价的系统扩容，经济性。
- 标准的熔断器特性和高的限流等级保证了熔断器和其他电器之间的有效配合。
- 体积小。
- 成本低。
- **缺点：**是一次使用，动作后必须更换。



中熔电气

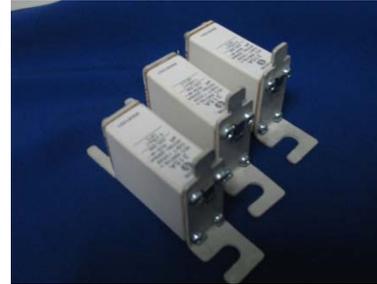
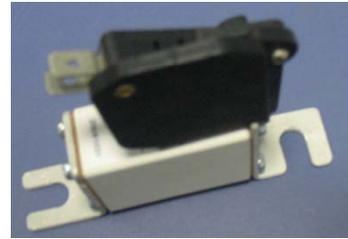
熔断器样式

中熔电气，中国最优质的熔断器

◆ 封闭管式熔断器常见式样：



带引线，焊接安装

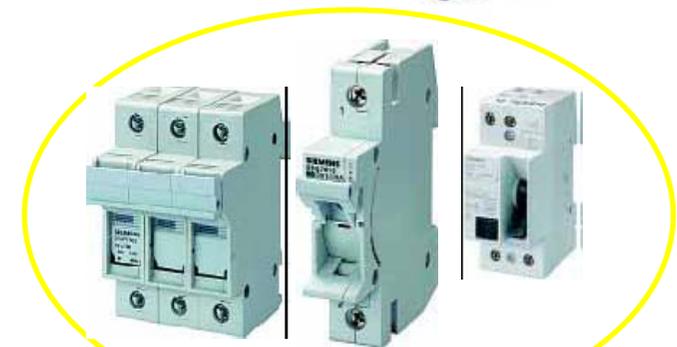


插入式，带底座，常见刀式和圆管型



旋入安转

螺栓或螺钉安转



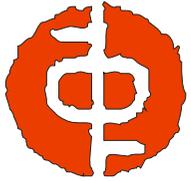
倾斜推入式安装，或熔断器-复合（负荷）开关



中熔电气，中国最优质的熔断器

低压熔断器的产品标准

- 主流标准有：**IEC**(等同中国**GB**,欧盟**EN**,德国**DIN**,英国**BS**)，美国**UL**（加拿大**CSA**）。
- **IEC60127**（微型熔断器）/**GB9364**：分断能力-几KA
- **IEC60269**(低压熔断器) /**GB13539**：至**AC1000V/DC1500V**，到**1250A**，有确定要求，此范围外，参考标准。
- **UL248-1-15**(低压熔断器)：**600V-6000A**，此范围外，参考标准。
- 有些国家自定标准
- 产品认证:欧洲-**CE**，**TUV**，**VDE**等
- *北美洲-**UL/CSA** 中国-**CCC***
- *其他国家---**UL,CE,CB**或各自国家要求的认证-限于实力一般要求非刚性*



中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

UL熔断器的使用类别

UL/CSA熔断器的大致分类

1. 其类别（Class）有C, CA, CB, CC, G, J, K, L, R, H (H-N, H-R), T, PLUGFUSE, SEMICONDUCTOR-FUSE, SUPPLEMENTAL-FUSE, etc. 在同一Class下，还有细分的等级，如Class R下-RK1,RK5(区别是限流特性不同)，具体参考熔断器规格书参数。
2. 电子熔断器，微型熔断器
3. 按照特性不同分：半导体保护（快速），一般，时间延迟
4. 按照是否限流：分限流式和非限流式
5. 按照是否可复分：可复和非可复熔断器。

细分等级：

- 248-1 General Requirements
- 248-2, Standards for Safety – Class C Fuses
- 248-3, Standards for Safety – Class CA and CB Fuses
- 248-4, Standards for Safety – Class CC Fuses
- 248-5, Standards for Safety – Class G Fuses
- 248-6, Standards for Safety – Class H Non-Renewable Fuses
- 248-7, Standards for Safety – Class H Renewable Fuses
- 248-8, Standards for Safety – Class J Fuses
- 248-9, Standards for Safety – Class K Fuses
- 248-10, Standards for Safety – Class L Fuses
- 248-11, Standards for Safety – Plug Fuses
- 248-12, Standards for Safety – Class R Fuses
- 248-13, Standards for Safety – Semiconductor Fuses
- 248-14, Standards for Safety – Supplemental Fuses
- 248-15, Standards for Safety – Class T Fuses



中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

熔断器的特性参数

- ◆ 熔断器的使用类别
- ◆ 额定电压
- ◆ 额定电流
- ◆ 额定频率-**AC**
- ◆ 额定分断能力
- ◆ 截断电流峰值-限流特性的指标
- ◆ 熔断器时间电流特性
- ◆ 熔断器 I^2T 特性
- ◆ 电弧电压-操作过电压
- ◆ 恢复电压
- ◆ 熔断器温升和功耗
- ◆ 一般使用条件

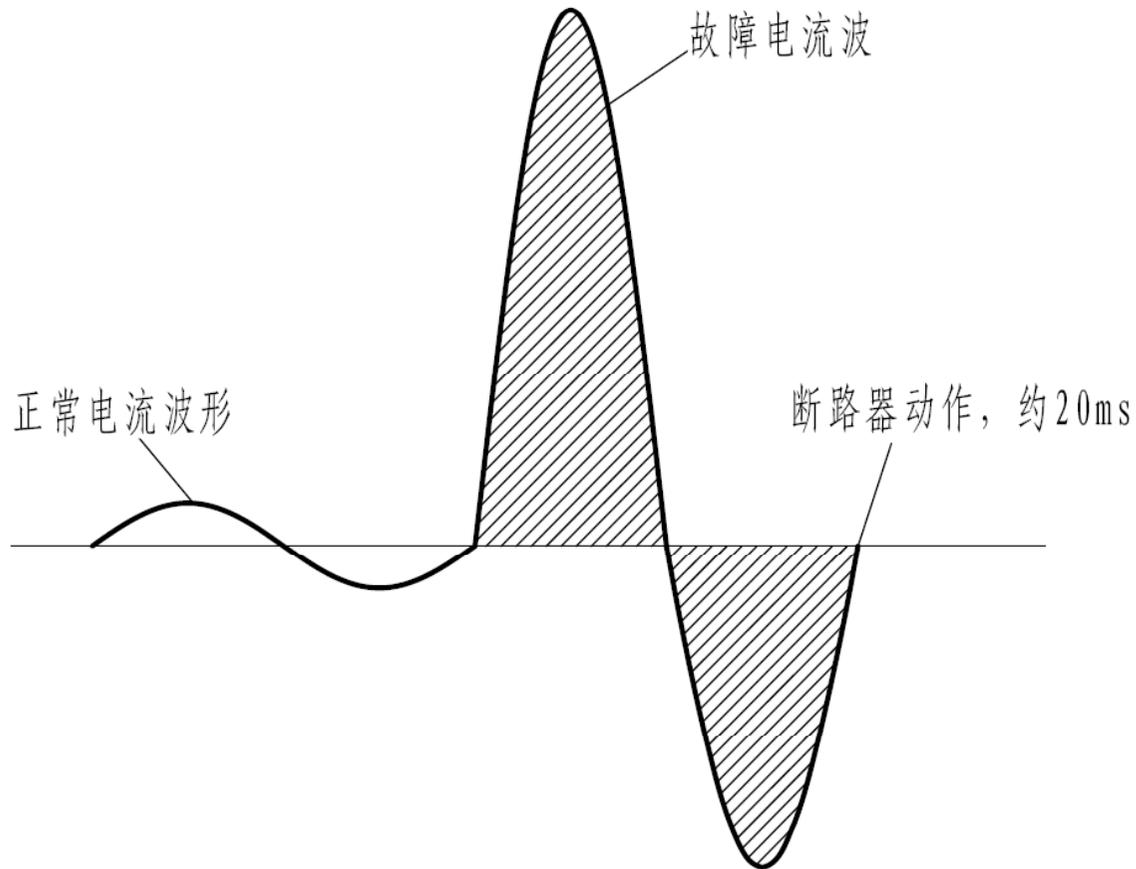


中熔电气 中熔电气，中国最优质的熔断器

熔断器性能特点 —限流特性-参数

- 未接入熔断器的故障电流波形，也称预期电流，标注有效值：

未接入熔断器，电路流过电流



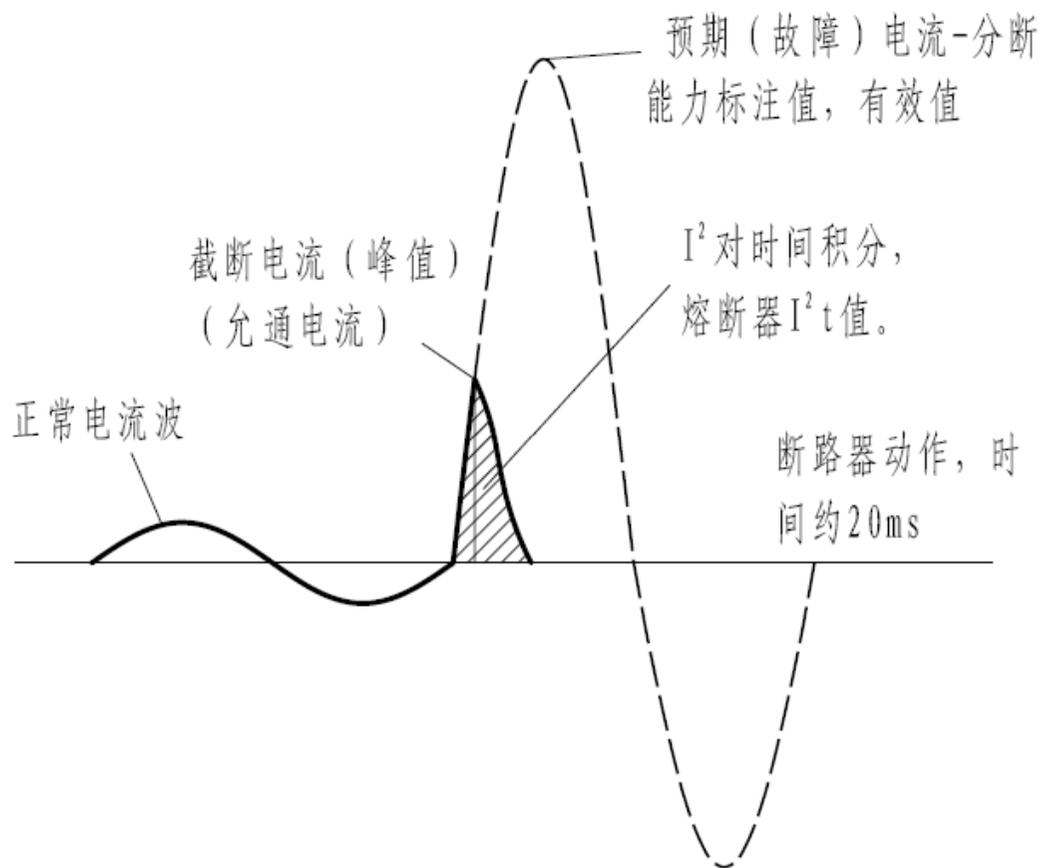


中熔电气

熔断器性能特点 —限流特性 2

中熔电气，中国最优质的熔断器

电路接入熔断器，流过电流波形





中熔电气，中国最优质的熔断器

保护类别

➤ IEC标准的熔断器使用类别

常用的使用类别代号：

特性类别代号—**g** 全范围保护：可分断熔体熔化至额定分断能力之间任何电流-适宜作为过载和短路保护；可作为独立保护电器使用。

特性类别代号—**a** 部分保护范围-可最小分断电流至额定分断能力之间任何电流-适宜作为短路(后备)保护；需要与其他保护器件组合，提供完善电流保护

保护器件和设备代号：**G**-一般设备，器件 **M**-电动机 **D**-时间延迟 **N**-无时间延迟 **R**-半导体器件和设备 **S**-低功耗



中熔电气，中国最优质的熔断器

保护类别

➤ IEC标准定义的主要保护类别

类型	应用	分断范围内	备注
gG	一般用途	全范围	常见保护导线,电动机,变压器,电容器,开关等.最广泛使用.
gM	电动机电路保护	全范围	罕见用于其他设备保护
aM	电动机电路保护	部分范围(后备)	罕见用于其他设备保护
gN	北美一般用于导线保护	全范围	
gD	北美一般用途延时	全范围	
aR	半导体保护	部分范围(后备)	并非总能做到,保护半导体器件不受不可逆转的伤害
gR,gS	半导体和导线保护	全范围	gR的 I^2t 较小,gS的功耗较小



- 熔断器的额定电压，是经过分断能力试验验证的。**IEC**标准的最大使用（测试）电压 **+10%。690V+5%.**
- 额定电压选择：在交流系统的功率因素不小于**0.15**，直流系统时间常数（**L/R**）不大于**20ms**，系统电压不高于熔断器的最大使用电压下使用。同一电压等级，同一尺寸规格的熔断器，较小额定电流的分断能力余量较大。
- 熔断器串联增加额定电压，没有可靠试验数据推导换算方式。
- 熔断器降压使用， **I^2T** 会显著降低。
- 直流电压下分断电流更加困难。专用直流熔断器更可靠。交流熔断器有些情况下，可以代用直流熔断器，一般需要降压,建议进行配合试验或直流电压分断试验确定可靠性。
- 电路电感对分断能力影响巨大，影响熔断器最大使用电压。



中熔电气，中国最优质的熔断器

额定电流及调整

◆熔断器的额定电流值：在标准使用条件下测定，可以长期通过而熔断器没有损伤的最大电流值。有效值（均方根）。

◆使用条件变化，熔断器的额定电流也受影响而需要调整。冷却条件加强，额定电流增大，反之，需要降容。

◆使用条件调整额定电流的主要因素：

增强冷却-强制持续风冷水冷—熔断器额定电流增大。

周围空气温度-除非一直工作于低温，否则不宜增大额定电流。高于**40**度，需要额外降容。

连接母线截面尺寸—标准的试验条件对比，小于的额定电流降容。

交流频率--大于**500HZ**，随频率增大，额定电流降容。

相邻其他发热部件的影响

◆熔断器的额定电流调整系数请参照相关标准，或咨询制造厂商，或试验



额定电流规格选择原则

◆额定电流的选择：**A.可长期通过正常负载电流，包括允许的冲击电流 B.可以完成设定保护功能,器件或系统， C. 工作状态的温升功耗可接受,或符合要求， D.与其他器件之间配合符合设定要求.**

北美gN,gD:基本同上,额定电流选择时负载电流*1.25倍

A.半导体保护熔断器，额定电流不一定能连续工作。对于脉动电流，长期通过负载除考虑有效值外，还需要考虑单个脉动不至于对熔断器带来损害，或微小的累积损伤。

B.对于gG类熔断器，按照不同保护对象选择。

对于短路保护的半导体保护用熔断器，主要按照I²T选择。0.1S以上按照时间电流特性选择。

C.温度限制推荐g-110-130度，aR类允许150度。

D.保护配合参看后续信息。



中熔电气，中国最优质的熔断器

额定电流选择

◆工作时存在大于额定电流的启动涌入或持续电流的器件,如电动机,电容器,变压器,需要考虑熔断器对于此电流承受能力, 请参照相关标准给出的倍数, 或咨询或依据制造厂商提供数据, 或进行必要试验.

参考: **gG**电容器短路保护,参考额定电流倍数 **1.6-2.5**.标准中 较详细的数据表。

gG电动机保护,参考额定电流倍数 **2-3**。标准中较详细的 介绍。

- ◆电动机保护,除考虑启动电流,还需考虑与启动器,接触器等的配合
- ◆断路器和熔断器配合,需要依据保护设置,做好参数配合-见下页
- ◆半导体保护主要依据半导体器件的**I²T**选择保护性能



中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

选择性和配合

保护器件间,不同级间选择性和配合,适用熔断器与熔断器,断路器,接触器,继电器,开关,短路控制器件 等之间原则:

- ◆需要清晰规划,理清不同故障情况下的配合选择性的要求
- ◆熔断时间**0.1S**以上,熔断器选择性以时间电流特性和其他器件时间做配合.小于弧前时间可以认为熔断器没有动作,过最大熔断时间完成分断.
- ◆熔断时间小于**0.1S**,快速熔断器也可以是小于**0.01S**,熔断器选择性以 **I^2t** 特性和其他器件时间做配合.小于弧前 **I^2t** 可以认为熔断器没有动作,大于最大熔断 **I^2t** 完成分断.
- ◆通过不同规格,不同器件参数选择,以达到预设选择.
- ◆一定条件下,特定预期故障电流下,选择性可能做不到.



➤熔断器的额定频率：

熔断器的额定电压经过试验验证的频率。

➤较低的频率下使用增加熔断器分断电流的难度

➤较高频率（**500HZ**以上）会造成熔断器温升和功耗增加

➤交流熔断器使用于直流电路，需要试验验证。



中熔电气，中国最优质的熔断器

常用直流系统熔
断器保护

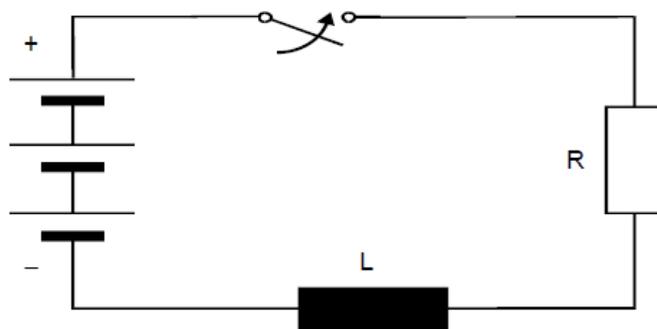
直流应用

短路保护

熔断体的直流性能不同于交流性能，交流额定值不能直接用于直流额定值。没有简单的法则能安全地将熔断体的交流电压额定值转换至直流电压额定值。交流电路中功率因数是考虑的主要因素；在直流电路中，时间常数 $T=L/R$ 是决定性因数。随着时间常数增加，最大直流运行电压需要降低。

过载保护

在过载条件下（即非限流动作），熔断器在交流和直流电路中的动作是不同的（见图12）。由于无周期电流零点，直流电压额定值低于交流电压额定值。





中熔电气，中国最优质的熔断器

典型直流电路的 时间常数

- 交流熔断器使用于直流电路，电压和分断能力,时间常数L/R关系: 电路时间常数在**3ms**下，对分断能力影响较小。**3-7ms**,影响较为明显，**10ms-15ms**以上，影响显著。**20ms**以上，影响巨大,交流代用直流需要更多降低电压.
- 标准条件试验的直流熔断器,应用时间常数大于**15ms**，也需要降压使用.
- 典型直流电路的参考 应用时间常数ms

工业直流控制和负载电路 **≤10**

用于**UPS**的电池电源 **≤5**

直流电动机和驱动器 **20至40**

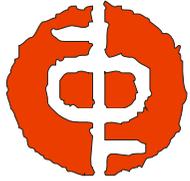
磁场电源至 **1 000**



中熔电气，中国最优质的熔断器

额定分断能力

- 熔断器额定分断能力是按照试验预期电流的最大值标定
 - 选择合适的额定分断容量和最小分断能力
 - 使用熔断器作短路保护，其额定分断能力，需要大于线路实际可产生的预期短路电流值
- 熔断器的最小分断能力，需要和其他器件的保护选择性配合。
- 全范围熔断器，可以独立完成过电流保护，也可以和其他器件组合保护。

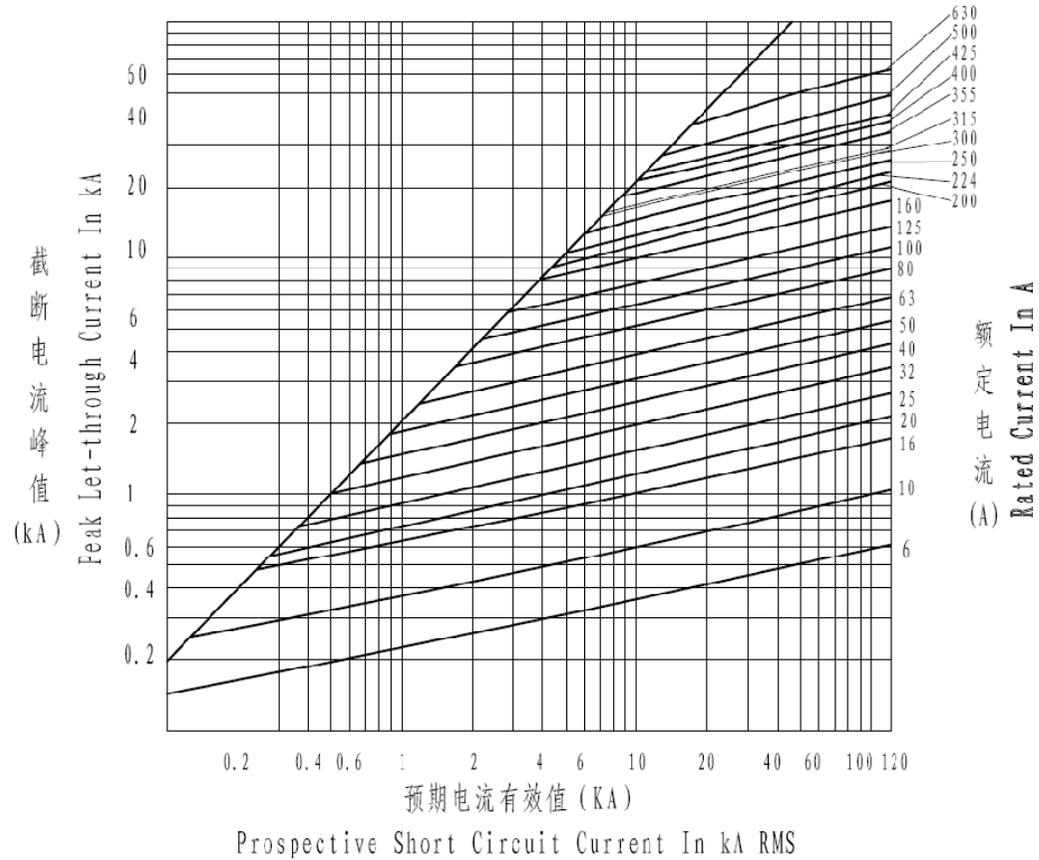


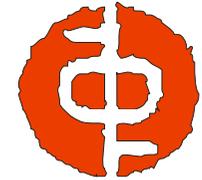
中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

截断电流特性

- 截断电流特性是熔断器限流特性
- 曲线事例
- 曲线的使用





中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

时间电流特性

- 时间电流特性是熔断器熔断时间的曲线。
- 曲线事例,--下第一页
- 时间电流特性一般给出的是弧前时间
- 时间电流特性是选择和其他电流保护器件配合的重要曲线
- 事例一下第页
- 时间电流特性是一个带,电流误差约**10%**

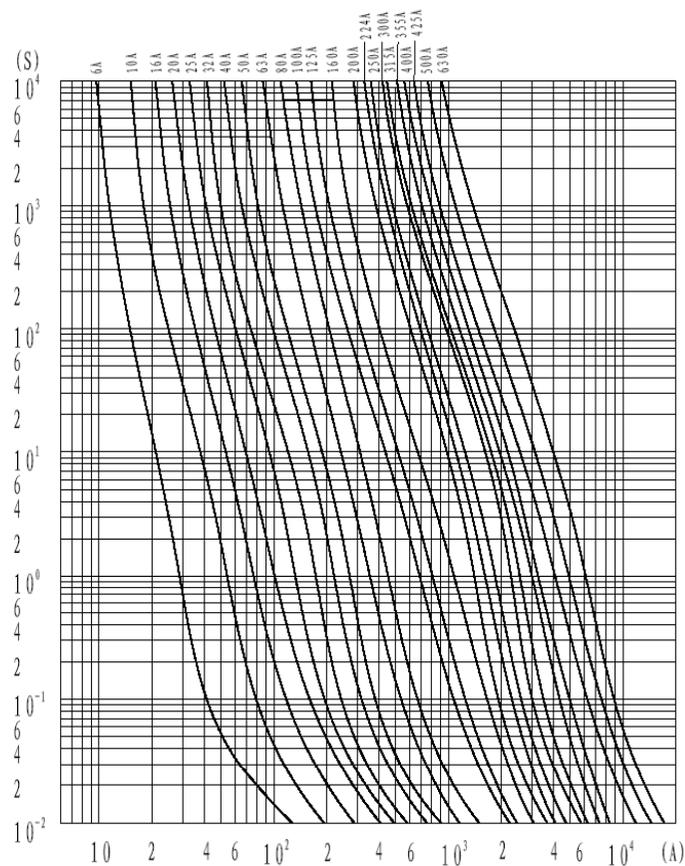
CAXA电子图板2007
(企业版)



中熔电气，中国最优质的熔断器

时间电流特性

➤ 时间电流特性
曲线事例



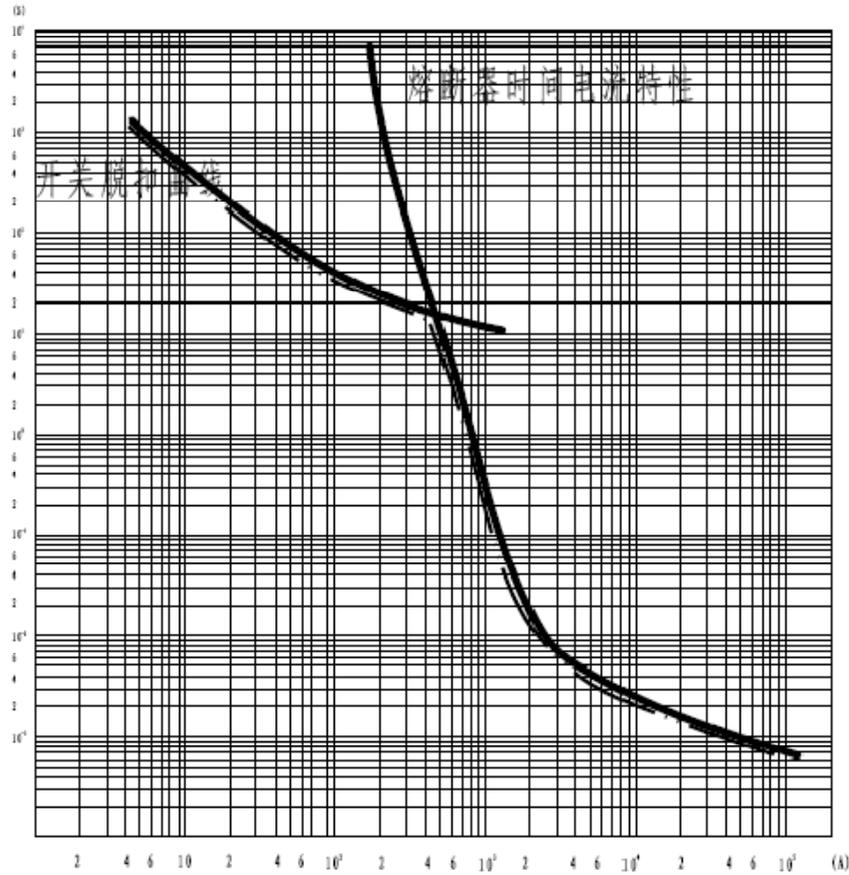


中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

时间电流特性

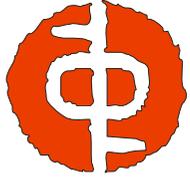
➤时间电流特性
常见配合曲线
事例：熔断器
发挥分断能力
高，短路分断
快的优势，断
路器发挥可关
合以及过载分
断可复位的优
势



弧前时间-预期电流特性曲线



- I^2t 是短路电流状况下较精确选择熔断器的依据（0.1S弧前时间或者0.01S以下）
- 在通过大电流,弧前时间**10mS**以下，熔断器弧前 I^2t 和熔断器结构和设计有关，而熔断 I^2t 不仅和熔断器结构和设计有关，和线路电压及电路的参数直接有关。
- 过载分断时由于散热，弧前时间很大， I^2t 极大，数据几乎没有价值,这时采用时间-电流特性选用熔断器和做配合。
- 对于要保护设备和器件，按照 I^2t 选择熔断器的依据是：熔断器的熔断 I^2t 小于保护设备和器件,设计常约留**10%冗余**。
- 级间配合原则：弧前 I^2t ，大于下级熔断器的熔断 I^2t 。



中熔电气

- 熔断器快速开断时，电流变化可能在电路中产生操作过电压，也称电弧电压.电弧电压与分断时电流变化率，电路的电感参数相关。
- 恢复电压数值和系统电压接近,系统恢复电压的过程对于熔断器有一定考验.
- IEC**标准试验规定的一般额定分断能力试验电路，交流电路**COS ϕ 0.1-0.2**，直流电路的时间常数**10-15ms**.感性负载的分断对熔断器最为严酷。
- 电弧电压会对电路的元件和绝缘带来一定的压力。选用熔断器时需要考虑。



中熔电气，中国最优质的熔断器

一般使用条件

- 熔断器的特性和额定参数是在标准规定的使用条件下测定的。
- 条件变化会对熔断器的性能产生影响
- 主要影响因素：环境温度，冷却条件，连接母线，临近的发热部件，电流频率，海拔高度，简单介绍一下影响。
- 冲击振动的影响—电连接可靠性和构件机械强度：相比较弹簧卡接，熔断件自身抗击震动能力较强，对于螺栓连接，需要整体考察。



中熔电气，中国最优质的熔断器

太阳能产品

◆熔断器保护电池部分和变频部分

光伏电池保护熔断器部分特点:需要更加灵敏的过载保护

需要耐受一定高温

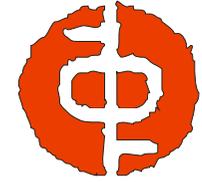
短路电流很小

开路电压高,实际电压低

时间常数小,隔离电网和电池

新标准IEC60269-6 .约定电流特性:1.1,1.45(1.35)

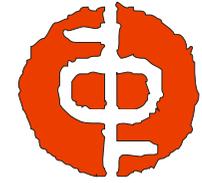
变频部分熔断器和其他变频类似.隔离电网和电池第一道.



中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

Any Question ?



中熔电气

中熔电气，中国最优质的熔断器

Thank You !