

电源防雷产品如何选用温度保险丝

How to select the thermal links for the Surge Protection Devices

刘东乐 Liu dongle

厦门赛尔特电子有限公司 邮编 :361101

联系电话 :0592-5718838 13599543357

摘 要：根据 GB18802.1-2002/ IEC61643-1:1998及 YD/T1235.1-2002等国家和行业防雷标准，其中都一致明确要求用于低压配电系统的浪涌保护器（SPD）宜有过热保护和热脱扣功能。针对这些规范，很多使用压敏电阻器的限压型电源防雷产品要么采用低温焊锡与弹簧等组成的机械式热脱扣机构，要么采用温度保险丝直接紧贴着压敏电阻器，作为热脱离方式。其中模块式 SPD 目前大多数采用机械式热脱扣装置，而在采用多片压敏电阻器并联的防雷箱体，以及一些浪涌能量不大，单一使用直径为 10、14及 20等压敏电阻器作为浪涌保护的场合，采用温度保险丝对压敏电阻器进行过热保护的较为普遍。本文介绍了两种温度保险丝的工作原理，就电源防雷产品如何选用温度保险丝，提出一些值得大家注意的一系列问题，并发人深省地提出忠告，有机物型温度保险丝由于内部结构的根本原因，不宜在电源防雷产品中使用。径向合金型温度保险丝由于其内阻小，不含接触电阻，内部的易熔合金丝还可以实现几根并联，通流能力完全能满足防雷设计需要，是目前甚为理想的防雷产品热脱离及保护器件。为了让温度保险丝与浪涌吸收器件压敏电阻器之间有更好的传热效果，还可把温度保险丝置入压敏电阻器内，构成热保护型压敏电阻，常称 TMOV。由于 TMOV 产品结构紧凑，热耦合性能相对优越，能有效防止压敏电阻器在各种失效模式下可能产生的火险隐患，现正受到市场的广为推崇，被大量使用。

关键词：温度保险丝 有机物型温度保险丝 通流容量 保持温度

热熔断体又称热熔断器，也称温度保险丝，一般在电路中与被保护器件相串联，用于感测电路的异常温度，当被保护器件过热时，它将通过自身的熔断来切断电路，从而起到防止火灾的作用。温度保险丝只有在达到熔断温度时才动作，且不可再复位，属一次性终极保护器件，目前应用十分广泛，很多家用电器为防止着火已基本使用，在电源防雷产品中，温度保险丝也常用来防止因压敏电阻器的劣化和失效而引起的过温。温度保险丝由于工作原理的不同及使用材料和结构的差异，在与压敏电阻器串联配合使用时，保护效果存在着一定的差别。

温度保险丝有多种工作原理及多种结构形式，由于电源防雷产品的特定性，需要满足一定的脉冲电流耐量（也称通流容量），因此，在电源防雷产品中，通常见到的有以下两种工作原理的温度保险丝。

第一种：有机物型温度保险丝。其结构示意图如下：



图 1

它由引线、封口树脂、陶瓷绝缘子、弹簧、星状簧片、圆片、热熔块及金属外壳等构成。在温度保险丝启动之前电流从左侧引线流向星状簧片，再通过金属外壳向另一侧引线流动。在外部温度达到它的动作温度时，有机物感温热熔块熔化，弹簧 B 会变松弛，同时弹簧 A 释放弹力推开星状簧片使之与左侧引线分离，从而断开电流通路，电路被永久切断。其产品内部构造分解图如下，从此图可十分清楚地了解有机物型温度保险丝内部结构情况。

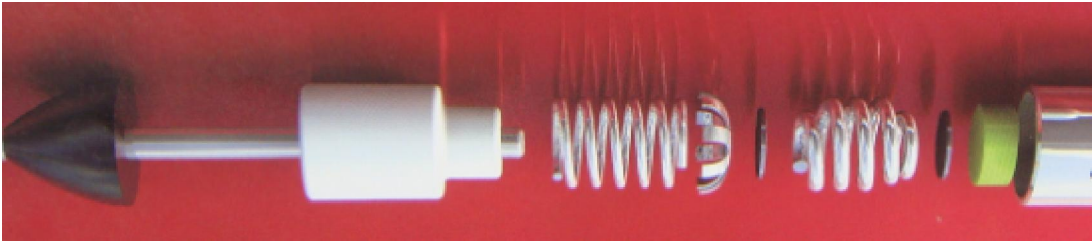


图 1- 1

第二种：合金型温度保险丝。它的工作原理是两引线间连接着一段易熔合金丝，特殊树脂（也称助熔断剂）包覆着易熔合金丝，电流可从一根引脚流向另一根引脚，当温度保险丝周围温度上升到它的动作温度时，其易熔合金熔化并在表面张力作用下及特殊树脂帮助下，收缩成球状附着在两引线末端。这样，电路被永久切断。它的结构也分为两种：

1) 轴向型温度保险丝。其结构示意图如下：



图 2

它由轴对称的引线、在规定温度下可熔化的易熔合金及为防止其熔化氧化的助熔断剂、封口树脂和绝缘外壳等构成。

2) 径向型温度保险丝。组成材料除外壳外，其它与轴向型基本相同，轴向型外壳多为陶瓷，径向型多为塑料也有使用陶瓷材料的。其结构示意图如下：

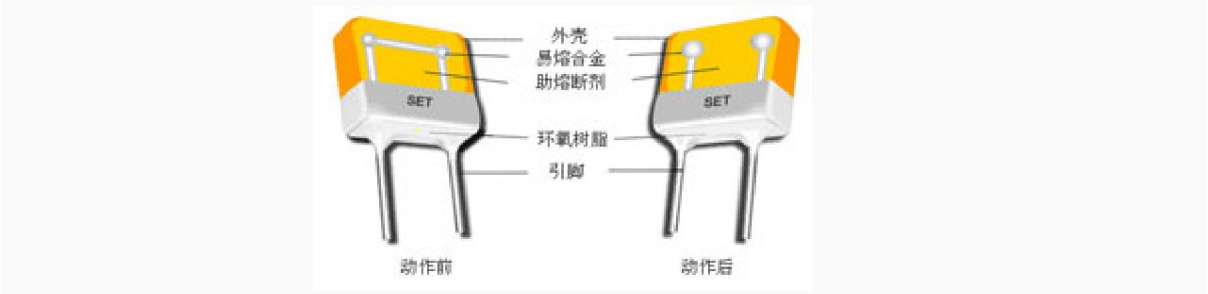


图 3

温度保险丝通常有以下几个主要技术参数：

- 1) 额定温度 (Tf)：温度保险丝按标准规定方法测试，改变其导电状态的温度。按基于 IEC60691 的安全标准规定，温度保险丝必须在上述温度 $+0/-10$ 范围内动作 (日本电气用品管理法规定公差范围为 ± 7 范围内动作)。额定温度必须标识于产品外壳上，而其它温度参数则没有标识。
- 2) 实测动作温度：温度保险丝在硅油池内以每分钟 $0.5-1$ 速率升温，检测电流在小于 100mA 条件下所测得的熔断温度。它是温度保险丝的实际动作温度。
- 3) 保持温度 (Th)：温度保险丝在通过额定电流时，能保持 168 小时而不会改变其导电状态的最高温度。此数值也用来指温度保险丝的使用温度。
- 4) 极限温度 (Tm)：温度保险丝能承受 10 分钟而不曾发生重新接通现象的最高温度，在此时间内温度保险丝的机械性能和电气性能不至被减弱。
- 5) 额定电流 (Ir)：温度保险丝能承载的最大电流。
- 6) 额定电压 (Ur)：温度保险丝最高工作电压。

由于温度保险丝在防雷产品中使用，除考虑温度保险丝的额定电流、额定电压、额定熔断温度 (Tf)、保持温度 (使用温度 Th) 和最大温度 (极限温度 Tm) 等技术参数外，还要考虑温度保险丝的脉冲电流耐量，以及温度保险丝与防雷器件之间的热耦合条件等因素，而不同额定电流和电压及不同熔断温度的温度保险丝其脉冲电流耐量是不相同的，甚至相同额定电流、电压、相同熔断温度的温度保险丝，而因其原理和结构的不同，脉冲电流耐量也存在着一定的差别，由于温度保险丝是保护器件，在防雷产品中该如何选用？我认为必须考虑以下几点：

- 1) **通流容量要适合**。即温度保险丝的标称通流容量要与防雷器件的最大通流容量要匹配相当，这点非常重要。因为若温度保险丝的通流容量不足于防雷器件的最大通流容量时，这样防雷器在做最大通流试验时，温度保险丝就会提前断路，抑制了浪涌吸收能力，破坏了防雷功能。如选择温度保险丝的通流容量很高，不仅增加了采购成本，也会导致压敏电阻器炸裂或击穿时而温度保险丝尚未动作，达不到保护的效果。一些工程师在设计时常把压敏电阻器的通流标称值与温度保险丝通流标称值误认为同一概念，因压敏电阻器的标称值与最大值有很大差别，通常最大值是标称值的两倍，而温度保险丝的标称值即是允许使用的最大值，一般两者数值较为接近，这点在设计中要特加留意。径向低熔点合金型温度保险丝，由于其径向的结构，内部的易熔合金丝还可采用几根并联，因此，在额定电流相同的情况下，径向型通流容量可做得比轴向型大一些。
- 2) **熔断温度要适宜**。温度保险丝按熔断温度可以分为许多不同的规格，分别满足不同场合的保护需要。温度保险丝要满足防雷器在测试中的各项要求，如热稳定性试验等，这就要合理选择温度保险丝的熔断温度。合金型温度保险丝的熔断温度是由其内部的易熔合金配方决定的，易熔合金的配比确定了，其熔点也就确定了，其熔点也一定是唯一性的，其熔点决定了温度保险丝的熔断温度。熔断温度既不能选得太高，也不能选得太低，选得太高虽然可满足防雷器的使用环境温度及在焊接时不当心温度保险丝会提前熔断，但难以满足防雷器测试时表面温度不能超过 120 的规范要求；温度选得太低，虽然不当心温度保险丝在使用中不脱扣，但无法满足保持温度要在 80 以上的参数条件，以及温度较低，同一系列的温度保险丝通流容量也会减少，将增大通流匹配成本；再者，也不适宜波峰焊接，给大量生产带来很大不便。由于温度保险丝的长期连续工作环境温度不能超过它的保持温度，而防雷器的长期使用温度也要达到 80 ，因此应用于防雷产品中的温度保险丝的熔断温度，至少选用标称温度为 115 才合适，其实际熔断温度为 111 ± 2 ，保持温度值一般在 80 以上，这样才能同时满足国家防雷规范和温度保险丝的各项性能指标。
- 3) **额定电流要适当**。合金型温度保险丝在断开过程中，低温合金的距离从零开始增大，会产生一定的电弧，电弧的能量大小与回路的电流、电压大小成正比，过大的电弧将对温度保险丝产生破坏，乃至引起火灾。合格的温度保险丝应能安全切断其标称的额定电压、额定电流所组成的电路；在 IEC60691 标准中以 1.1 倍的额定电压、 1.5 倍的额定电流的负载来鉴定温度保险丝的安全切断能力。温度保险丝的额定电流值越大，不仅安全切断电流的能力越强，而且耐脉冲电流能力也越

强。以熔断温度为 115 的轴向合金型温度保险丝为例，额定电流为 1 A 的温度保险丝，脉冲通流 (8/20us) 能力为 1KA (两次)；额定电流为 2A 的温度保险丝，脉冲通流 (8/20us) 能力为 2 KA (两次)；额定电流为 5A 的温度保险丝，脉冲通流 (8/20us) 能力为 5KA (两次)；额定电流为 10A 的温度保险丝，脉冲通流 (8/20us) 能力为 10KA (两次)；额定电流为 15A 的温度保险丝，脉冲通流 (8/20us) 能力为 15KA (两次)；额定电流为 20A 的温度保险丝，脉冲通流 (8/20us) 能力为 20KA (两次)。防雷器在进行动作负载测试中，温度保险丝要能反复经受多次的脉冲电流冲击，额定电流只有达到一定数值，才能满足测试要求。目前厦门赛尔特电子有限公司生产的单只合金型温度保险丝，额定电流就可达到 100 A，脉冲通流 (8/20us) 能力也可达到 100KA，当属全球独创。通过上述数据可以得知，为保护 14 的压敏电阻至少要选用额定电流为 5 A 的温度保险丝，为保护 20 的压敏电阻至少要选用额定电流为 10 A 的温度保险丝，只有这样温度保险丝的通流能力和工频电流分断能力才能同时满足要求，若选用较低额定电流的温度保险丝，虽有成本优势，但防雷功能会大大降低。

4) 引线长度要适中。温度保险丝的引线长度关系到防雷器的电压保护水平和有效使用，特别是在焊接时，为避免受热冲击，影响温度保险丝的通流容量，温度保险丝的引线不能太短，但引线也不宜太长，否则会增加残压值，提高了电压保护水平，可采用倒置安装 (如图 4)，引线弯曲两边要尽量对称，使弯曲部份的电感量相互抵消。焊接时还要采取导热措施，尽量不让温度保险丝内的合金丝受热导致线径收缩，提高了内阻值，降低了通流容量，通常在焊接时可采用湿的橡皮泥包裹着温度保险丝来吸收热量，因橡皮泥吸热能力强，在焊接后易于清除，还有不破坏环境的优点。图示的安装焊接方式，还增加了温度保险丝的引线与压敏电阻器之间的接触，有利于温度保险丝与压敏电阻器之间的热传导效果。

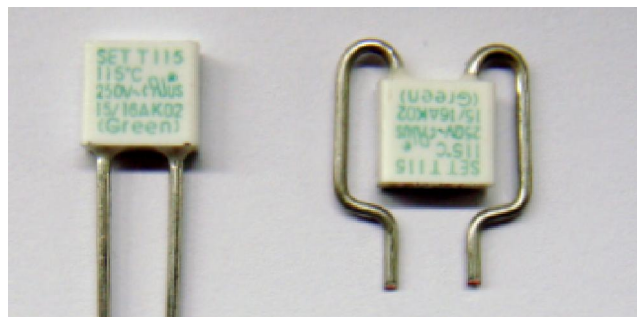


图 4

5) 内阻值要适量。温度保险丝本身具有一定的阻抗，虽然数值很小，一般在几毫欧到十毫欧不等，但长期在电流的作用下，也会发热，引起温升，尤其在较大脉冲电流作用下，发热非常明显，温度保险丝在用于防雷产品时，因要承载浪涌，其阻抗越小，温度保险丝自身引起的温升也越小，保护效果就愈好。否则在较大的浪涌作用下，其自身就会熔断，起不了保护作用。实验还证明阻抗越小的温度保险丝，其保持温度值相对较高，不仅耐老化，工作寿命持久，而且热稳定性也较优越，即在未达到熔断温度时不动作，在达到熔断温度时一定动作的能力。径向合金型温度保险丝，其内部低温合金丝与引线在焊接时有较大的接触面，可减少接触电阻的产生；而轴向型在焊接时，内部合金丝与两端引线间的接触面相对较小，在焊接过程中易产生一定的接触电阻，轴向型通流容量与径向型相比通常会略有偏低。

6) 热耦合要适度。温度保险丝在外靠压敏电阻对其进行过温保护时，温度保险丝与压敏电阻通过外壳相互接触，由于压敏电阻表面不平，热传导存在一定介质，因此，两者之间的热耦合往往不是很理想，为增加热耦合效果，可在两者之间加导热硅胶，再用绝缘胶带绑扎或套热缩管等。轴向合金型温度保险丝陶瓷材料传热效果要优越于塑料外壳，在可利用引线传热的场合，二者传热效果没有多大差别，另外陶瓷材料存在性脆，有韧性不足的缺陷，在过载试验中，会经常发生外

有机物型温度保险丝，外壳为金属，导热效果非常良好，但从其结构看，内部引线可与可移动簧片和金属外壳之间都存在接触电阻，在一定幅值的脉冲电流冲击下，宜发生电流焊接而导致永久短路，呈现永远也不能断开的情形，完全丧失温度保护功能，易遭致火灾事故。如下图所示。

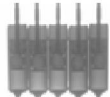



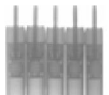
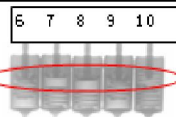
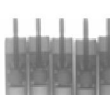
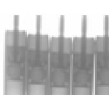
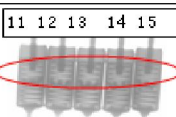


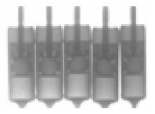
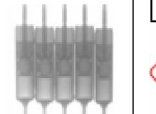
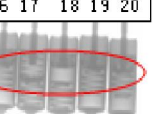

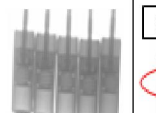
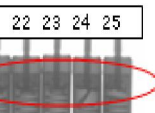
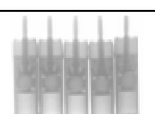
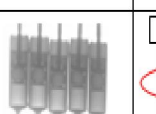
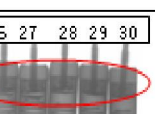
有机物型温度保险丝引线与簧片被电流焊接

因此,有机物型温度保险丝不宜用于防雷产品中。目前国内知名的生产防雷插座企业北京突破电器就明文规定禁止有机物型温度保险丝用于防雷插座。另外,有机物型温度保险丝不仅易发生电流焊接,其通流能力也有限,以额定电流为 15 A,熔断温度为 113℃ 产品为例,其通流能力仅为 3 kA,远不足于和金型温度保险丝,早在 2008 年厦门赛尔特电子公司的工程技术人员曾对有机物型温度保险丝的通流情况做过很多试验(具体参见下表)。由表可知,有机物型温度保险丝用在防雷产品上是不合适的,建议有关部门对此引起关注和重视,以保障用户使用安全。

温度保险丝突波冲击测试记录表

试样来源: 客户委托测试 试样类型: 有机物型温度保险丝
 测试方法: 首先对试样进行突波冲击测试, 测试波形 8/20us, 突波冲击测试后将试样放入 150℃ 恒温试验箱中 10 分钟。
 测试设备: CJL3 冲击电流发生器 TDS1002 示波器 微电阻测试仪 X 光机 恒温试验箱
 测试对象: 某知名品牌有机物型温度保险丝数量 30 只 (额定电流 15A、额定电压 250Vac、额定温度 113℃)
 测试条件: 温度 26℃ 湿度 60%RH
 测试日期: 2008 年 5 月 26 日
 测试资料:

序号	电阻值(m Ω)			电流值(KA)	测试温度(℃)	加温时间(min)	试样X光透视图片			测试结果		
	初始值	突波测试结束	加温测试结束				试样初始图片	试样突波测试结束图片	试样加温测试后图片			
1	0.729	0.581	0.562	5.15	150	10			<div>1 2 3 4 5</div> 	共5只编号为1~5试样在1次5KA突波测试后形成永久短路故障。		
2	0.715	0.572	0.589									
3	0.717	0.858	0.581									
4	0.769	0.602	0.613									
5	0.739	0.606	0.613									
6	0.733	0.623	0.613									
7	0.765	0.611	0.593	4.14		150	10			<div>6 7 8 9 10</div> 	共4只编号为6~9试样在1次4KA突波测试后形成永久短路故障。	
8	0.775	0.625	0.585									
9	0.695	0.618	0.724									
10	0.725	0.633	/									
11	0.707	0.675	/									
12	0.687	0.633	/									
13	0.684	0.659	/	2.99			150	10			<div>11 12 13 14 15</div> 	共5只编号为1~15试样能通过1次3KA突波测试。
14	0.62	0.659	/									
15	0.719	0.661	/									

序号	电阻值(mΩ)			电流值(KA)	测试温度(℃)	加温时间(min)	试品X光透视图片			测试结果
	初始值	突波测试结束	加温测试结束				试品初始图片	试品突波测试结束图片	试品加温测试后图片	
16	0.768	0.731	0.73	6.28	150	10				共4只编号为16~20试品在1次6KA突波测试后形成永久短路故障
17	0.725	0.837	/							
18	0.651	0.667	0.62							
19	0.725	0.831	0.68							
20	0.725	0.619	0.61							
21	0.71	0.585	0.64	7.38						共5只编号为21~25试品在1次7KA突波测试后形成永久短路故障
22	0.837	1.037	0.74							
23	0.673	0.601	0.57							
24	0.861	0.607	0.56							
25	0.748	0.843	0.78							
26	0.748	0.933	0.98	8.26						共5只编号为26~30试品在1次7KA突波测试后形成永久短路故障
27	0.813	0.835	0.99							
28	0.653	1.083	1.23							
29	0.805	0.753	0.79							
30	0.765	0.827	1.3							
结论	由于有机物型温度保险丝星状簧片与引线 and 金属外壳都存在接触电阻，在一定幅值的脉冲电流冲击后会发生电流焊接现象导致永久短路，如图中红圈部分所示，在高温试验后，星状簧片与引脚和外壳之间与试验前对比没有明显的位移，说明在突波发生时，星状簧片与引脚和外壳已经焊住，以致丧失过温保护功能，故可判断有机物型温度保险丝不具备耐受8/20us突波冲击的特性，不适合作为突波保护设施的过温保护器件。									

随着相关法规的日益完善和实施，对防雷产品的测试标准将日趋严格，对温度保险丝各方面技术要求也将相应提高，径向合金型温度保险丝将凭借其简单的结构，良好的热稳定型，较大的通流能力，能很好的满足防雷产品多方面要求，既可外靠，也可内置，而深受人们喜爱。现在为避免选用和使用温度保险丝的一系列麻烦，也可直接使用设有合金型温度保险丝的压敏电阻（简称 TMOV），装置于防雷产品中，实现性能更优越，保护更可靠，安全更有保障的品质理念。

参考文献： 1) GB18802.1-2002/ IEC61643-1:1998
2) 热熔断体的要求和应用导则 GB9816-2008/ IEC60691:2002;
3) 厦门赛尔特电子有限公司温度保险丝产品资料及技术部实验室资料
4) 某生产有机物型温度保险丝厂家对外宣传资料