



中文版本

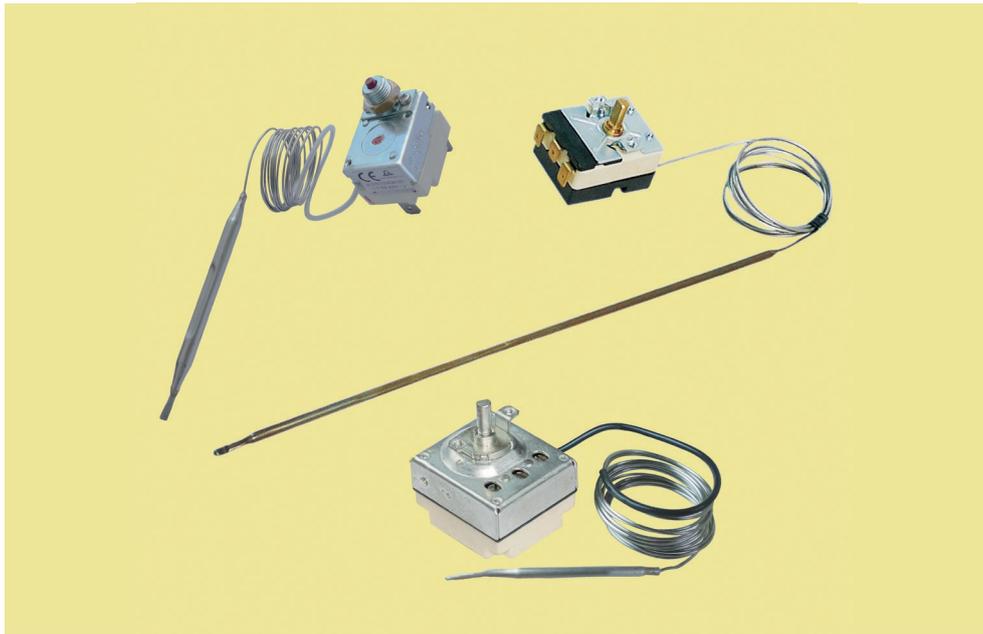


朱茂雅克

用于加热的元件的技术

第 24 章

电子电路基本机电温控器应用



机电装置



碟型温控器

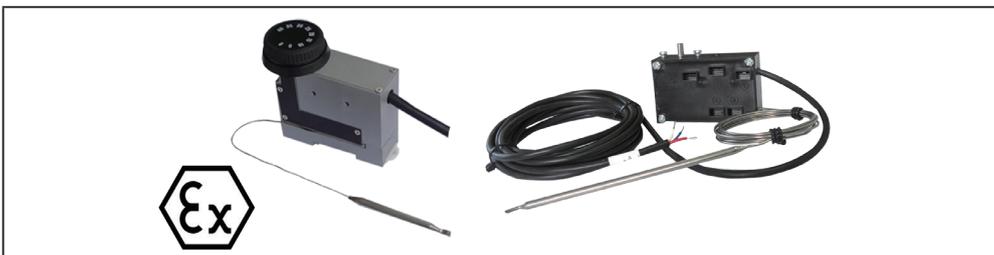
用于控制温控器或作为一个带手动复位的安全温控器，这些温控器由两块不同的金属薄片叠制成一个碟状件，用作温度传感元件。这两种金属的膨胀系数不同。因此，一个圆顶状的凸起的碟形件将会随着温度的升高而逐渐改变形状，直至它突然间从凹状变成凸状。当温度下降时，以同样的方式回到其原来的形状。这种突变激活接触片。这些温控器与1、2或3极触点并存。获得准确的温度和低差值的技术是复杂的，并且少数厂家能提供准确的数值和低差值。



球管及毛细管控制温控器

球管及毛细管温控器感应装置是由一个用一根球管制成的封闭件、一根毛细管和一条金属波纹管所组成。液体（或有时是气体）位于外壳里面，根据温度而膨胀，并且使壳体变形。该变形传递到速动开关装置。通过一根螺纹轴来取代波纹管，以允许温度调节。毛细管的破损会导致填充液流失，一般在这种情况下，触点保持闭合。最常见的范围从-35到+320°C。更高的设定点可达到750°C，但是他们要求毛细管液体能够承受这样的温度而不沸腾。这些高温版本（范围400°C以上）使用液态金属作为填充液体，通常是钠钾共晶。在球管或毛细管破损的情况下，水或大气湿度接触该产品是易燃的。因此，在他们的应用中有必要考虑到这点。由于在毛细管和波纹管的温度变化，毛细管温控器受寄生漂移所影响。球管和毛细管温控器的差值通常是不可调的，温度范围约是2.5%。他们是单极或三极版本。

由于位于毛细管内部和薄膜内部的液体膨胀以抵抗环境温度的变化，它们受到设定点的影响。



带防爆电气触点的球管和毛细管温控器

与标准温控器相同的机械基底为基础，并在同样的温度范围可完成，这些温控器使用一个防爆微动开关，这是一个独特的设计理念。这个方法

的优点是避免沉重和昂贵的 IIB 或 IIC 金属盒，并且不需要关闭电源来进行温度设定点的调节。温控器可以安装在 Y8 系列标准的防水外壳，但它的输出电缆的连接必须在一个“提高安全”的外壳或危险区域的外面进行。最新版本包括一个内置的提高安全的外壳。根据不同的型号，电气额定值可以从 5A 250V 单刀双掷到 15A400V 单刀双掷。2 极的版本同样也可以。



带固定温度设定的液体膨胀式球管和毛细管的切断

这些装置的操作与液体膨胀式球管和毛细管温控器的原理相似，并且是不可调节的。它们包括了当温度上升后它已打开时，用一个复位按钮来关闭电气触点。

这些切断有一个变量，带有一个故障安全装置。如果毛细管或球管有渗漏或被切开，它会自动打开触点。

动力组件膜盒是人工膨胀的。在室温下，渗漏会导致膜盒爆破低于其额定厚度，一种特别的机械装置将探测到异常移位，这类似于一个非常低的周围温度感应。这个方法的缺点是，当周围温度下降到低于某个值时，一般在 $-10\sim-20^{\circ}\text{C}$ ，这些故障安全限制器同样也关闭。

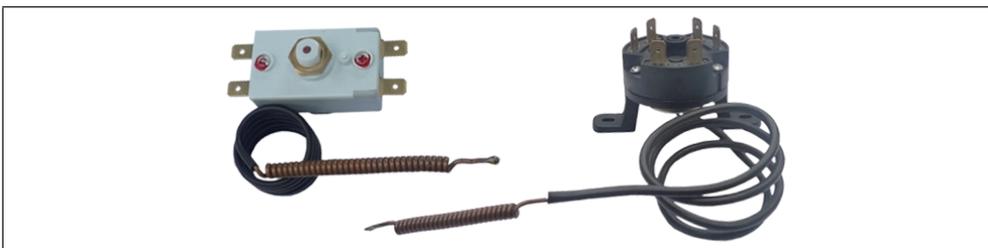
膜盒的人工膨胀也大大增加了它所含的液体的体积，从而使它们对温度高度敏感，温度偏移达到 $0.3^{\circ}\text{K}/^{\circ}\text{K}$ 。

除了一个机械式温控器或一个电子控制器外，它们可以被用作上限安全装置。他们可用在单极、二、三或四极的版本。他们通常仅在上升时打开触点。



带可调节设定点的液体膨胀式球管和毛细管切断

这些装置的操作与控制温控器的原理相同，但是特征是当温度上升后它打开时，用一个复位按钮来关闭电气触点。在一个机械温控器或一个电子控制器后面，它们可以被用作过热安全系统，该类型的温控器带有与控制温控器一样的调节范围并带有一个转换触点（这无需传输便能发出一个缺陷信号），并且范围高达 750°C 。



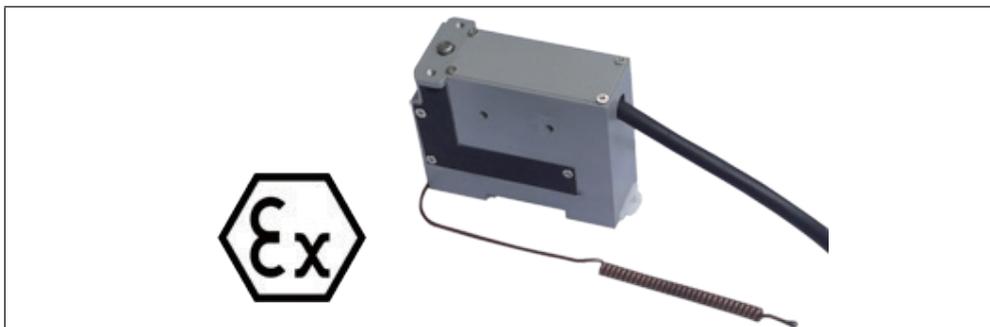
限制器球管和毛细管固定的温度，蒸气压力（也称为沸腾）

这些装置的操作与液体膨胀温控器的原理不相同。它们使用 50 年前

由 Wilcolator 公司发明的一种简单的机械装置。由于液体在一个密封的空间里沸腾，通过增加巨大的压力来激活凸起的碟形件的快速动作。这种设计理念提供了非常简单的机械装置。技术在于选择不同沸点的液体。操作温度范围与使用的液体及其沸腾温度有关。由于在沸腾过程中引致压力减损，阻碍它的操作，因此毛细管的长度也是有限制的。

相对大体积的液体沸腾是有必要的，致使膜盒松开。这是为什么测量温度的毛细管末端是螺旋式的原因。如果毛细管不是螺旋式的，它至少有 30cm 必须浸入在受控的液体里。它们决不可调节，当由于温度上升而致打开时，它有一个复位按钮来切换一个电气触点。由于是在真空下进行填充的，所以在这系列温控器里有渗漏的话会触发机械装置。不像液体填充系统那样对温度的变化敏感，当温度下降至低于某一个界限时，它们不会触发。然而，他们对大气压力的变化轻度敏感，这限制了它们的使用高度。

在过热或电子控制器后面，它们可以被用作一个机械温控器的一个安全系统。它们可与单极、2、3 和 4 极触点一起使用。他们通常在温升时触点打开。某些型号中带有单刀双掷和双刀双掷触点。



带防爆开关的破损安全的球管和毛细管切断

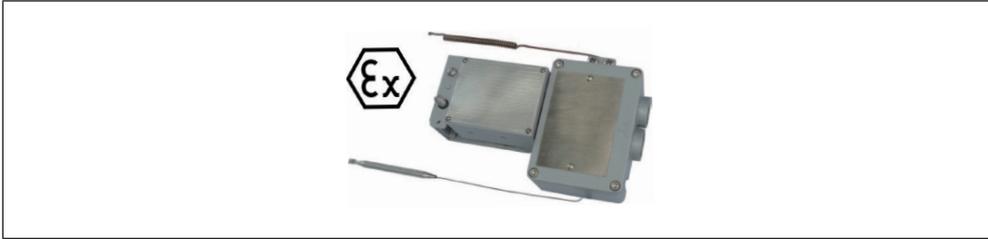
以与破损安全沸腾切断相同的机械基底为基础，并在同样的温度范围可完成，这些温控器使用一个防爆开关。这个方法的优点是避免沉重和昂贵的 IIB 或 IIC 防爆外壳。温控器输出电缆的连接必须在一个“提高安全”的外壳或危险区域的外面进行。最新版本包括一个内置的提高安全性的“e”外壳。根据不同的型号，电气额定值可以从 5A 250V 单刀双掷到 15A 400V 单刀双掷。2 极的版本同样也可以。



组合的球管和毛细管温控器 / 带可调节的设定点切断

这些装置的操作与控制温控器的原理相同，但是特征是配备了两根球管，一根用于控制，另一根用于手动复位。它们有一个可调节轴用于控制，以及一个手动复位按钮，以允许重新打开安全电气触点，当温度上升后，它会打开。这安全设定值是出厂时设定的。仅是在温度上升时触点才断开。虽然有单极常开和双极常开的版本，但它们主要用在三中的应用中。

这些带故障安全手动复位触点的设备有多个版本，但是当头部的周围温度发生变化时，它们有一个大的偏移，达到 $0.3^{\circ}\text{C}/^{\circ}\text{C}$ 。例如，如果在温控器头部的周围温度有 10°C 的变化时，设定点的偏移可以为 3°C 。



带液体膨胀式控制温控器和故障安全“沸腾”手动复位切断的组合控制器

这些装置通过液体膨胀来进行温度控制，并使用沸腾的故障安全机制来作手动复位切断。他们以这种方式满足更严格的安全要求，由于两种机械装置有不同的操作原理，因此在手动复位切断的周围温度偏移已被淘汰。Ultimheat 将此方法用于防爆应用的组合温控器。



热保险丝（也称为 TCO，用于热熔断路器）

热熔断路器是由一个触点的机械装置所组成，其通过一个金属或塑料颗粒的来触发。它们在一个给定的温度下不可反转地打开一个电气触点。其触发点应根据正常的操作温度来选择，并且要跟它保持足够远的距离，以免误触发。它们很难安装。一系列的 16A 250V 切断，是已接线的并用是硅胶绝缘的。它们易于安装在探温棒里。

技术信息 1: 术语及专业词汇

标准 EN60730 和 EN 60335 规定，词汇使用有时有差异。然而，这往往与实践中使用的有所不同。

常用的词汇：

设定点：在温度控制设备上的数值设定，相当于达到的温度。

差值：在触点打开和闭合之间的温度差别。

快动作：触点立即打开和闭合。

手动复位：人工干预打开的动作，温度上升加热的位置触点被打开，当温度下降时，它不会自动恢复到闭合的位置。

自动复位：当温度下降时触点自动关闭。

感应控制：开始通过一个元件感应以激活温度来进行自动控制

根据 EN60335-1，不同温度调节装置系统的定义

§ 3.7.1 温控器：温度感应系统的操作，其温度可能是固定的或可调节的，在正常的操作过程中，通过自动打开和关闭一个电路，让控制配件的温度保持在一定的范围。

§ 3.7.2 温度限制器：温度感应装置，操作温度要么就是固定的，要么就是可调节的，并且在正常的操作过程中，当受控配件的温度达到预定的数值时，通过打开或关闭一个电路来操作。

注：在应用的正常负荷次数中，一个温度限制器不会造成相反的操作。它也许需要或不需要手动复位。

温度限制器：在正常的操作条件中，也许有规定用户设定的条件，温度感应控制是用于保持一个温度低于或高于一个特别的数值。

一个温度限制器也许是自动的或者是手动复位类型。在应用的正常负荷次数中，它不会造成相反的操作。

§ 3.7.3 热熔断器：在正常的操作过程中，通过自动断路，设备将限制受控配件的温度，… 并已形成以导致它的设定不能由用户更改。

热熔断器：在正常的操作条件和没有规定让用户设定的条件中，温度感应控制用于保持一个温度低于或高于一个特别的数值。一个热熔断器也许是自动的、手动复位或非可重新调节的类型。

§ 3.7.4 自动复位热熔断器：装置的相关配件充分降温后热熔断器自动恢复电流。

§ 3.7.5 非自动复位的热熔断器：为了恢复电流，热熔断器要求一个手动操作来重新复位，或代替一个配件。

注：手动操作包括设备从电源断开连接。

§ 3.7.6 保护装置：设备，在不正常操作的条件下，其操作防止危险情况的发生

§ 3.7.7 热链接：热熔断器仅操作一次，并要求部分或完全复位。

故障安全温度限制器：温控器的故障安全被标准 EN60730-2-9 § 6.4.3.101 所定义，作为一个温度控制设备，其中的一种填充液体的渗漏不会升高温度设定点。更普遍地，一个系统被认为是故障保护，当流体流失（包括电力）时，会导致设备处于一个稳定的安全状态。随着时间的推移，必须保持在安全的状态。

推荐的温控器应用：

IEC (EN60730-1) 标准《家用和类似用途的自动电气控制器》，尤其是 IEC (EN) 60730-2-9-(2008)：《温度感应控制器的特殊要求》标准定义了温控器的功能特征。标准最新版本的附录 EE 描述了这些设备的所有建议的应用。

技术信息 2: 涉及控制器或安全电路标准的重要摘录

电气切断: (IEC 60335-1)

§ 3.8.1 全极点切断：两根导线在单个操作中切断，或用于三相部件，3 个导线在单步中切断… 注：用于三相的，中性导线不作为电力导体考虑。

§ 22.2: 相位切断：单极保护系统在 01 级设备的单极电路中切断加热元件，并持续连接的 01 级设备必须要连接到相位导线。

电气导线的颜色: (IEC60446)

§ 3.1... 对于识别导线，允许有以下的颜色：黑色、棕色、红色、橙色、黄色、绿色、蓝色、紫色、灰色、白色，粉色、蓝绿色。

§ 3.2.2 中性导线或中心导线：当电路包括一个中性的导线或通过颜色鉴别中性导线时，用于此目的颜色应该是蓝色。

注 2- 在美国、加拿大和日本，用白色或天然的灰色来鉴别中性导线或中间的导线是用于代替通过浅蓝色进行鉴别。

§ 3.2.3 AC 相导线：AC 系统的相位导线最优选的颜色是黑色和棕色。

§ 3.3.2 导线保护：双色调的绿色和黄色的组合必须用于识别保护导体，以排除任何其他用途。黄绿色是唯一公认的颜色设计，用于保护导线的鉴定。

注 2 - 在美国、加拿大和日本，用绿色来鉴别保护的导线，通常作一种替代品使用，以通过双色调的绿色和黄色的组合来鉴别。

故障安全、功能安全、安全级别：

这是欧洲指令 97/23 所要求的，热发生器、压力设备和锅炉的处理如下：《合格评定程序和指令的基本安全要求适用于完整的安全链。传感器本身

的要求可根据安全设计原理而有所不同，例如：多余度或故障安全》。许多“产品”的 IEC (EN) 60335-XXX 标准系列需要这种类型的安全。

涉及机能性安全的定义：这个概念是由 CEI61508: 1998 标准所引进的。

《机能性安全电气 / 电子及可编程的电子系统 (E / E / PES) 》。该标准定义了电子和可编程的复杂的系统和子系统的设计要求和规定。这是一个通用的标准，可用于所有工业领域。工业加热设备保护的类别被旧的标准 EN954-1 标准划分为三个级别。

级别 1 主要包括程序控制仪表：温度传感器、温控器、控制器、程序设计器。这个级别提供了一个永久的控制或由操作者发起的通过程序命令的连续控制（例如：控制盘、双金属器件、球管和毛细管温控器、电子温度控制）。

级别 2 基本上由一个使用仪器的组合构成，接近级别 1，但是功能上完全独立于这个级别。

此级别 2 通过一个间断的无系统的函数来保护程序，那也就是说并没有通过操作者进行初始化，从违反这程序的决定性参数的信息开始。（例如，碟型温控器 + 碟型限制器，球管和毛细管限温器 + 球管和毛细管温控器，双电子控制器）。

级别 3 是程序的最终保护。它不包括与这些级别 1 和 2 的相同的仪器，但是设备操作无需辅助的能源（例如：由电子控制器控制的，在电路上带手动或自动复位的固定温度限制器、由碟型或球管和毛细管温控器系统控制的热保险丝）。

技术信息 3: 不同的标准化的温控器电气寿命等级

在机电温控器的规格里，预计的使用寿命是根据机械及电气寿命时间而定的。

机械寿命：

这是指定的将会操作的、运行的最小周期数（打开和闭合的动作）及断开指定负载耐无触点粘合或焊接，并不超过该设备的电气规格。

机械寿命：

这是当保持机械的完整性时，一个温控器预期执行的操作次数。机械寿命通常无负载或电压施加在电源触点测试，而这不是这文件的一部分。

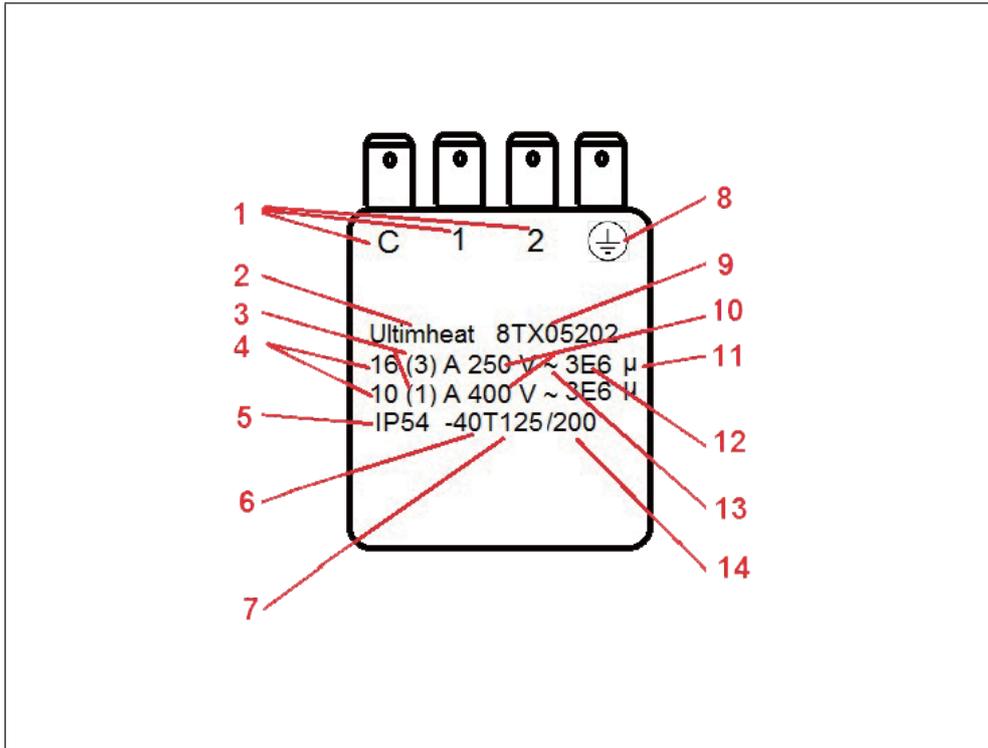
开关性能受多种因素的影响，包括：工作频率、负载类型、温度、湿度、海拔高度。电气额定值已经试验性地在标准 UL 1054、CSA22.55 或 IEC61058-1 (电气开关) 里标准化。标准 IEC60730-x 已描述测试方法和首选的用于电气控制和安全开关的电气寿命级别。这些寿命级别（次数）有：300 000、200 000、100 000、30 000、20 000、10 000、6 000、3 000 (1)、1000(1)、300 (2)、30(2)(4)、1(3)。

- 1) 不适用于温控器或其他快速循环的动作。
- 2) 仅适用于手动复位。
- 3) 仅适用于每次操作后要求更换一个配件的动作。
- 4) 仅能在生产厂商维修过程中复位。

在大多数的应用中，额定值表格该被视为工作的最大值。当它们被用在其他负载和电压时，下文中给出了一些应用限制。

温控器开关的额定电流在他们的技术数据单里有给出，在 250 或（和）400V 交流电的电阻性负载并给出操作次数。当有足够的空间时，这些数值被印在产品上。在大多数情况下，只有最少强制信息被印。周期数会额外印刷，但是，这是最关键的参数之一，以用来估计温控器的预期寿命。

技术信息 4: 根据 IEC60-730-1 § 7-2 印在温控器上的数值说明



1: 如果它们适用于线或中性导线, 或两者均适合的, 端子的鉴别适用于外部导线的连接。

L = 必须用于在英国使用的线, 地其他国家的没有限制。如果端子必须要用于零线的, N 必须要使用 (所有国家)。

2: 生产厂商名称或商标。

3: 电感负荷额定值带功率因数 = 0.6 (当电感负荷数值没有印刷时, 这些触点也许使用在一个电感负载上, 假如功率因数不少于 0.8, 并且提供电阻性负载的电感负载不超过电流额定值的 60%。)

4: 带功率因数的电阻性负载额定值 = 0.95+/-0.05。

5: 外壳提供的保护级别, 并不适用于控制器或配件, 其归类为 IP00, IP10, IP20, IP30 和 IP40。

6: 如果不是 55°C, 开关头的高温限制 (最高温度)。

7: 如果低于 0°C, 开关头的低温限制

8: 接地端识别 (如果有的话)

9: 特别型号的编号

10: 额定电压或以伏特 (V) 为单位的额定电压的范围 (如果不是用于 50 Hz 至 60 Hz 范围的电感负载, 频率印刷是强制性的)。

11: 微断开 (减少触点间隙), 并不是强制性印刷。

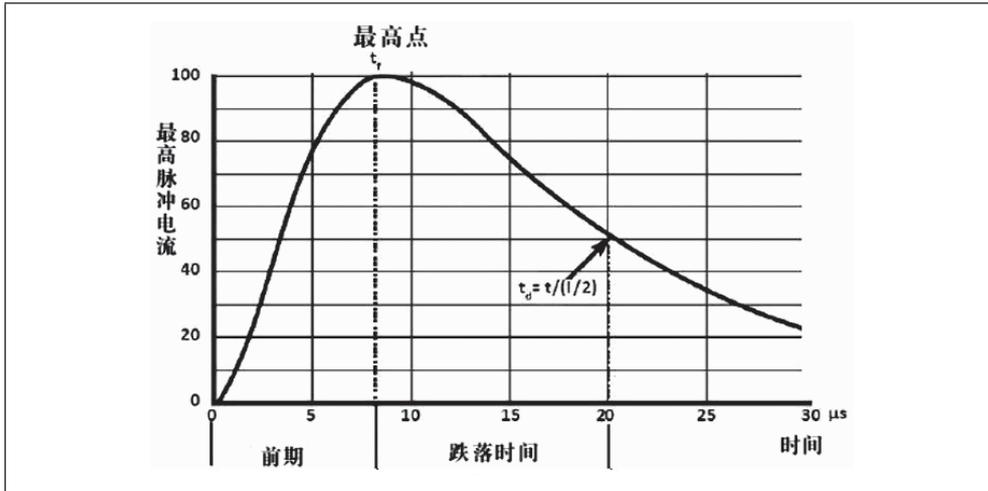
12: 每个手动动作的驱动次数 (用于手动复位温控器)。

每个自动动作的自动循环次数 (用于温控器)。不是强制性印刷的。

13: 使用在两者择一的电路上, 50~60Hz 包括 60Hz。

14: 如果大于 20K 高于最高温度的, 安装表面的温度限制 (TS)。

技术信息 5: 在电感性负载上电气触点额定值降低



冲击电压:

电流量是流过触点直接地影响触点的寿命。脉冲电压是关键数值，由于转换一个电感负载，当电压瞬间急剧上升时，开关必须能够承受住。它们产生电流的冲击波，普遍形成一个 20 至 50 微秒的脉冲宽度。急剧上升的脉冲额定值通过它的强度及其宽度来表明。脉冲宽度是从脉冲开始到降至它的最大电流值的 50% 的时间测量。

图表显示了一个 8/20 μ s 的速率曲线。

转换电压: 交流电和直流电

当一个开关破坏一个电感性负载，一个相当高的反电动势（逆电动势）会产生在开关触点电路中。反电动势越高，对触点的损坏就越大。当开关是使用直流电电路时，这影响有一个巨大的重要性，将导致切换功率显著地减少。这是因为没有开关的零交叉点。一旦电弧已经产生，它不容易减弱，延长电弧的时间。此外，在直流电路中的电流单向流动，可能会导致在触点之间发生金属沉积并令触点快速损耗。

电机负载脉冲电压:

在启动过程中，电动机可拉动其运行电流的 600% 或以上。因此，在启动时，一个 3 安培的电机实际上可拉动 18 安培或以上的电流。此外，在断开时，因为它减缓至停止，所以一个电动机充当电压发电机。根据电机而定，它可以反馈到电路电压中涌出超过的额定线电压。这些电压穿过分离的触点出现，可能会在触点间产生一种破坏性的弧，这会导致触点早期的失效。

灯负载脉冲电压:

一盏钨丝白炽灯，当灯丝是冷的时候，有一个初始的涌入电流，它是 10 至 15 倍的额定电流。

变压器电感负载:

当从一个变压器中将电源移出，它的核心可能含有剩磁。当电压与剩磁的极性是相同时，如果再重新接通电源，在重新接通电源的第一个半周期的过程中，核心可进入饱和状态。其结果是，感应系数将会是最小的，并且也许会存在 1,000% 的涌入电流数次，直至核心从饱和状态出来为止。同样，因为带有电机负载，当电源从一个变压器中移出时，变压器将会促发一个反电压，这可能会导致在分离的触点之间存在有破坏性的弧。

分布式线路电容负载:

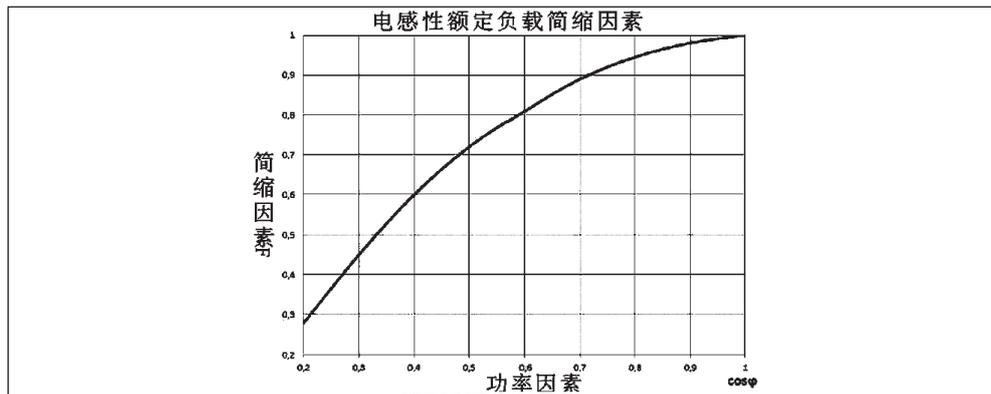
当一个开关从负载到被转换，是位于一个相当大的距离时，这种情况

会发生。触点瞬间闭合，在负载电流流动前，分布式线路电容充电。这电容能够作为一个触点的初始短路出现，并能够很好地拉动电流超出负载电流。

消弧：

在这些高电感性负载的应用中，用于抑制电弧它是可取的。消弧的技巧在我们特定的技术数据单里有说明。

技术信息 6：平均电感负载校正系数（如果没有使用电弧抑制装置）



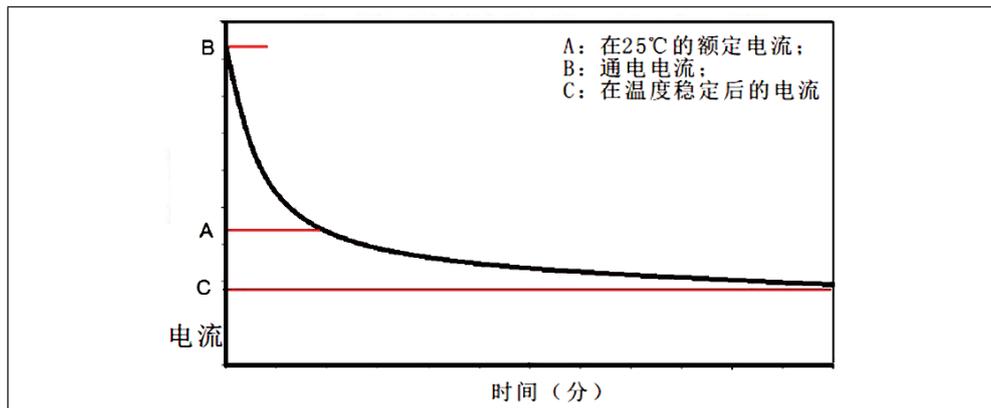
技术信息 7：自动调节电缆的突入电流冲击

由于带负载的触点开关的相互作用，与短暂的电流比较，这是一个完全不同的效果。

这种电流冲击是由于自动调节电缆的 PTC 设计及耗用几分钟便消失而产生的。

通常情况下，当最初接通时，发热电缆将会在相对低的温度（并因此低电阻）。低电阻将因此而引出一个高的启动电流，环境温度成反比。它可以达到生产厂商所给出的在 25°C 的 2 倍额定数值。

请参阅电缆制造商的记录，以检查突入电流值。



技术信息 8：指示性平均电流额定值换算系数

电阻性负载	白炽灯**	电磁感应圈	变压器	单相马达	三相马达	自动调节的发热电缆*
1	0.8	0.5	0.5	0.12/0.24	0.18/0.33	0.6

* 平均值，根据在启动时电缆的周围温度而定，请查看生产厂商手册及 CEI60898 标准。

** 带热灯丝

技术信息 9: 一个额定值为 15A250V, 300000 次的 温控器开关的平均电气寿命



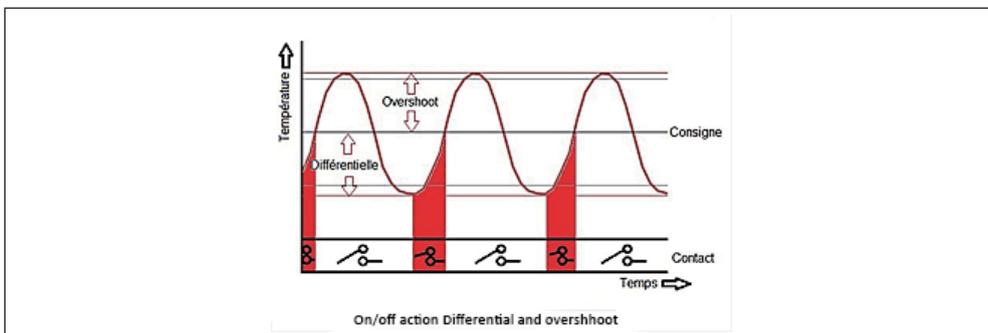
用于带银触点的一个快动作机械装置的平均近似值。

特征点:

- A: 接触片金属疲劳的机械断裂区。
- B: 由于电感电流、高电压和高强度的结合而导致有触点快速融化区。
- C: 由于大的电弧而引起有触点的迅速恶化区。
- D: 由于接触片受焦耳效应影响发热并丧失其弹性特性, 并且结合电弧反应而造成触点受损区。

技术信息 10: 温度控制模式

通常当温控器仅是在开 / 关模式操作时, 电子控制器可以调节的两种主要模式: 带可调节差值或 PID 的开 / 关。



开 / 关动作

在开 / 关动作中, 当达到设定点时加热器是关闭的, 而当温度降低到低于设定点负的差值时重新启动。这是传统的机械式温控器的操作模式。这种模式的成功运作主要根据在热源附近温度传感器的正确位置和发热功率和需要被加热的环境之间的通用性而定。由于系统的热惯性, 在关闭加热后, 开 / 关动作通常不会阻碍温度达到峰值 (过冲)。

可调节的差值: 一个低的差值通常与控制精度有关。然而, 过低的差值将会导致加热周期短, 而且如果使用一个功率继电器的话, 会过早地磨损触点, 或者如果系统是用来控制一台冰箱的, 会导致压缩机快速衰退。电子控制器有一个可调的差值以优化此操作。

PID 动作 (比例、积分和微分的缩写)。

PID 动作是一种控制模式, 包括反馈的概念。简单地说, 这意味着当温度上升到什么程序会产生一定量的能量供应给发热装置并且当温度上升多长时间会这样, 均将会对这些进行分析。此动作包括了三个不同的设置。

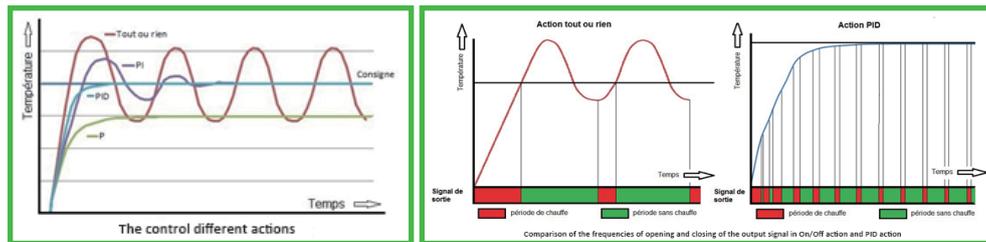
比例带：此带在设定点之前是一个区域，其中电子控制器将逐渐减小功率，它是提供给加热装置的。从设定点开始，在最远的末端，功率将会是100%，当达到设定点时达到0%。比例带的目的是为了避开过冲的现象。由于温度接近设定点，功率的变化通常逐渐减少加热时间。带的范围越大，达到设定点的时间就会越长。由于热损失和交换，当温度稳定性是在低于设定点时，通常仅仅一个比例作用是不足以达到设定点。

通过积分作用纠正比例作用的不足。只要加热装置的加热温度不等于设定点，这个积分作用将继续提供一种加热控制信号。此作用，它也整合了系统升温的时间

这个动作是等于被一个时间常数将积分从设定点脱离。这个时间常数相当于设置一。当积分时间设置为0，可取得一个简单的比例作用。当程序开始时，在数次的振荡后，比例 - 积分作用允许达到设定点数值

我们可以通过引入另一校正来限制这些振荡：导数作用，这可以预测过冲。

导数作用从温度变化曲线调节输出功率。在之前输出信号动作的基础上，它包括预测温度的变化。通过在之前输出信号动作的基础上来预测温度的变化，它可以补偿由于热惯性而导致的反应时间，加快系统的响应并提高回路的稳定性。因发生干扰或设定点突然的变异，同时允许快速减弱振荡。



如果 PID 动作能够改良一些配置的控制，那其缺点是输出信号将非常快速地循环，从而大大地降低了电源继电器的寿命，并在大多数情况下需要使用固态继电器。

自动调整功能（自行调节）：

通过计算或通过连续的近似值来决定 P、I、D 的参数，是一项枯燥并且复杂的操作。新一代的自动调整机将对在两个开 / 关功能的循环中进行分析，热系统将有何反应，然后自动计算最佳的 PID 参数。