

温度控制

整定PID（三模式）控制器

整定温度控制器涉及设置比例、积分和微分值，以得到对特定过程的可能的最佳控制。如果控制器不包含自动整定算法，或者自动整定算法未提供适合特定应用的足够控制，则必须用试误法对装置进行整定。

下面是温度控制器的标准整定步骤。也可以采用其他整定步骤，但都使用类似的试误法。请注意，如果控制器使用机械式继电器（而非固态继电器），开始时应使用较长的循环时间（20秒）。

可能需要用到以下定义：

- 1) 循环时间 – 也称为工作周期，是控制器完成一个通断循环所用的总时间长度。示例：对于20秒的循环时间，10秒接通时间和10秒切断时间代表50%的功率输出。在比例带内时，控制器将循环接通和切断。
- 2) 比例带 – 以满量程的%或度表示的温度范围，控制器的比例作用发生在此范围内。比例带越宽，在其内发生比例作用的围绕设定值的区域越大。有时也用增益表示，增益是比例带的倒数。
- 3) 积分，又称为复位，是根据设定值调节比例带宽以补偿偏离设定值的偏移量（固定偏差）的一个函数，也就是说，它在系统稳定后将控制的温度调节到设定值。
- 4) 微分，又称为速率，感应系统温度上升或下降的速率，并自动调节比例带，从而将下冲或过冲降到最小。

PID（三模式）控制器如果正确整定和使用的話，能具有优异的控制稳定性。通过认真遵守这些指示，操作人员便可实现最快的响应时间和最小的过冲。整定这种三模式控制器的信息可能不同于其它控制器整定步骤。对于主输出，通常用自整定功能就可省去使用此手动整定步骤的需要，但是，需要时可对自整定值进行调整。

在控制器安装和接线后：

1. 向控制器加电。
2. 如果可能，禁用控制器输出。
3. 对于时间比例主输出，设置循环时间。输入以下值：

CYCLE TIME 1

5秒（只有在输出为时间比例输出时才显示。对于响应时间极快的系统，可能需要较短的循环时间。）

然后选择以下参数：

PR BAND 1 _____ 5% (PB)

RESET 1 _____ 0 R/M（切断复位函数）

RESET 2 _____ 0 R/M

RATE 1 _____ 0 MIN（切断复位函数）

RATE 2 _____ 0 MIN

注

在具有双三模式输出的装置上，主整定参数和辅整定参数独立设置，且必须分别整定。本节使用的步骤是针对主“加热”输出的。对于主“冷却”输出或辅“冷却”输出，可以使用类似的步骤。

A. 整定加热控制的输出

1. 启用输出并启动过程。
2. 过程应在设定值处运行，将用所需热量输入让温度稳定。
3. 在速率和复位断开的情况下，温度将稳定，并在设定值和实际温度之间存在稳态偏差，或固定偏差。通过观察显示屏上的测量值，密切注意此温度是否存在规则的循环或振荡。（振荡可长达30分钟。）

如果使用记录仪来监视过程温度，将更容易完成整定步骤。

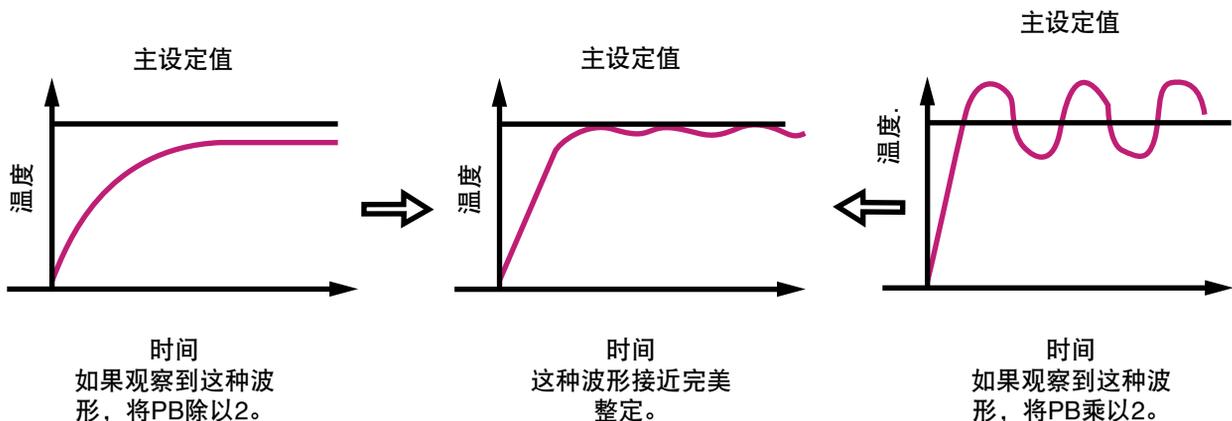


图1：温度振荡

整定PID控制器（续）

- 如果温度没有规则的振荡，将PB除以2（见图1）。让过程稳定下来，然后再检查是否有温度振荡。如果仍无振荡，再将PB除以2。重复此操作，直到得到循环或振荡。转至第5步。

如果马上观察到振荡，将PB乘以2。观察得到的温度几分钟。如果振荡持续，以系数2不断乘PB，直到振荡停止。

- 此时，PB非常接近其临界设置。小心地增大或减小PB设置，直到温度记录中刚刚出现循环或振荡为止。

如果甚至在1%的最小PB设置时过程温度仍不发生振荡，请跳过下面的第6步到第11步，转至第B条。

- 在已经达到的“临界”BP设置下，读取设定值与实际温度之间的稳态偏差，或固定偏差。（由于温度有一点循环，请使用平均温度。）

- 测量相邻波峰或波谷之间的振荡时间，以分为单位（见图2）。使用图表记录仪最容易进行这种测量，但可每隔一分钟读取一次测量值，以掌握时间。

- 此时，增大PB设置，直到温度偏差（或固定偏差）增大65%。

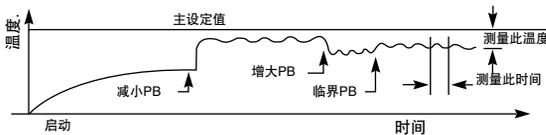


图2：振荡时间

用在“临界”BP设置下得到的初始温度偏差乘以1.65或者使用方便的线列图I（见图4）就可计算出所需的最终温度偏差。用试误法尝试几次PB控制的设置，直到得到所需的最终温度偏差。

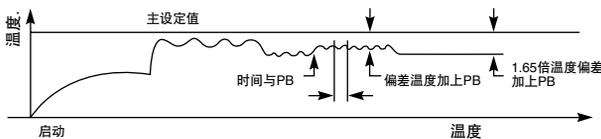


图3：计算最终温度偏差

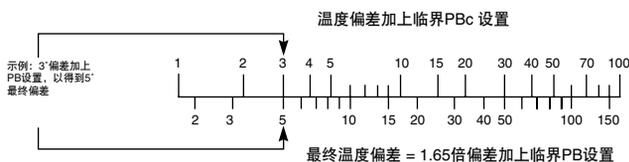


图4：线列图I

- 此时您已经完成了得到控制器最佳性能所需的所有测量。只需再做两项调整 – 速率和复位。

- 使用第7步中测得的振荡时间，按以下方法计算复位值，以每分钟重复次数为单位。

$$\text{复位} = \frac{8 \times 1}{5 T_O}$$

式中 T_O = 振荡时间，以分为单位。

或者使用线列图II（见图5）：

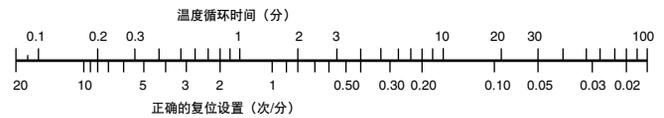


图5：线列图II

将此值输入给RESET 1。

- 再使用第7步中测得的振荡时间，按以下方法计算速率的值，以分为单位。

$$\text{复位} = \frac{T_O}{10}$$

式中 T_O = 振荡时间

或者使用线列图III（见图6）

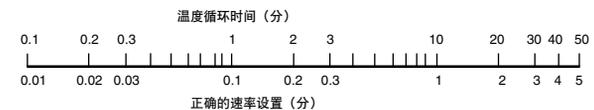


图6：线列图III

将此值输入给RATE 1。

- 如果出现过冲，可通过减少复位时间来消除。当对复位值进行了更改时，也应对速率调整进行相应的更改，使速率值等于：

$$\text{速率} = \frac{1}{6 \times \text{复位值}}$$

即：如果复位 = 2 R/M，则速率 = 0.08分钟

- 若想在对系统扰动的“响应时间”和“设置时间”之间得到正确的平衡，可能需要进行多次设定值更改和随之发生的复位和速率控制时间调整。快速响应常常伴随着较大的过冲，过程“稳定下来”所需的时间也较短。相反，如果响应较慢，过程趋向于慢慢滑行到最终值，过冲很小或者没有过冲。应由系统的要求决定采取哪种动作。

- 当得到满意的整定时，应增大循环时间以节省接触器的寿命（适用于只有时间比例输出的装置(TPRI)）。在不造成测量值因负载循环而振荡的情况下，应尽量增大循环时间。

- 转至第C节。

B. 未观察到振荡时的整定步骤

1. 在最小PB设置下，测量设定值与实际温度之间的稳态偏差，或固定偏差。
2. 增大PB设置，直到温度偏差（固定偏差）增大65%。线列图I（见图4）提供了计算所需最终温度偏差的简便方法。
3. 将RESET 1设置为一个较高的值(10 R/M)。将RATE 1设置为一个对应的值(0.02分)。此时，因复位作用，测量值应稳定在设定温度。
4. 由于我们无法确定临界振荡时间，必须用试误法确定复位和速率调整的最佳设置。在温度稳定在设定值后，将设定温度的设置增加10度。观察实际温度上升过程中伴随的过冲。然后将设定温度的设置返回其初始值，再观察实际温度上升过程中伴随的过冲。

过冲过大表明复位和/或速率值设置得太高。过阻尼响应（无过冲）表明复位和/或速率值设置得太低。请参看图7。需要改善性能时，一次改变一个整定参数，并观察设定值改变时该参数对性能的影响。让参数递增变化，直到性能得到优化。

5. 当得到满意的整定时，应增大循环时间以节省接触器的寿命（适用于只有时间比例输出的装置(TPRI)）。在不造成测量值因负载循环而振荡的情况下，尽量增大循环时间。

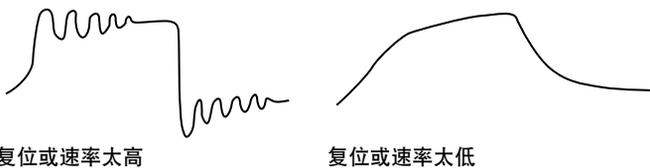


图7：设置复位和/或速率

C. 整定冷却控制的主输出

使用与加热相同的步骤。过程应在一个设定值处运行，要求在温度稳定前进行冷却控制。

D. PID控制器的简化整定步骤

下面的步骤是分析过程对步进输入的响应曲线的图形方法。使用长图记录仪读取过程变量（PV）会更加简单。

1. 从冷启动（PV在室温下）开始，在控制器不在环路中的情况下（即开环时）以最大功率给过程供电。记录此开始时间。

2. 经过一些延迟后（让热量到达传感器），PV将开始上升。再经过一段延迟后，PV将达到最大变化速率（斜率）。记录出现该最大斜率时的时间以及此时的PV。记录最大斜率，以度/分为单位。关闭系统电源。
3. 从最大斜率点开始向后到环境温度轴画一条线，得到总系统延时 T_d （见图8）。也可以用下面的公式得到延时： $T_d = \text{达到最大斜率时的时间} - (\text{最大斜率处的PV} - \text{环境温度}) / \text{最大斜率}$

4. 应用下面的公式获得PID参数：

$$\text{比例范围} = T_d \times \text{最大斜率} \times 100 / \text{量程} = \text{量程的}\%$$

$$\text{复位} = 0.4 / T_d = \text{次/分}$$

$$\text{速率} = 0.4 \times T_d = \text{分}$$

5. 重启系统，在控制器处在环路中的情况下将过程带到设定值，并观察响应。如果响应过冲太大或者振荡，可以在以下方向改变PID参数（稍稍改变，一次改变一个参数，并观察过程响应）：

加宽比例带，降低复位值，并增大速率值。

示例：图8中的图表记录是在以最大功率给加热炉供电时获得的。图表比例尺为 $10^\circ\text{F}/\text{cm}$ 和 $5\text{分}/\text{cm}$ 。控制器范围为 $100 \sim 600^\circ\text{F}$ ，或者说 500°F 的量程。

$$\begin{aligned} \text{最大斜率} &= 18^\circ\text{F}/5\text{分} \\ &= 3.6^\circ\text{F}/\text{分} \end{aligned}$$

$$\text{延时} = T_d = \text{大约} 7\text{分}$$

$$\text{比例带} = 7\text{分} \times 3.6^\circ\text{F}/\text{分} \times 100 / 500^\circ\text{F} = 5\%$$

$$\text{复位} = 0.4 / 7\text{分} = 0.06\text{次/分}$$

$$\text{速率} = 0.4 \times 7\text{分} = 2.8\text{分}$$

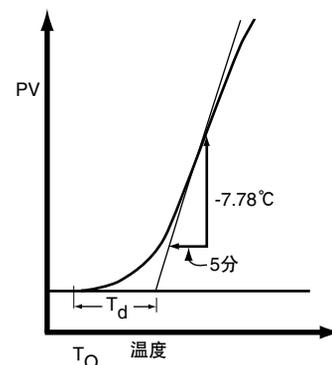


图8：系统延时