**温度位式控制系统与连续的PID控制系统的区别**

PID是由比例、微分、积分三个部分组成的，在实际应用中经常只使用其中的一项或者两项，如P、PI、PD、PID等，就可以达到控制要求。PLC编程指令里都会有PID这个功能指令。至于P,I,D 数值的确定要在现场的多次调试确定。

**比例控制（P）**

比例控制是最常用的控制手段之一，比方说我们控制一个加热器的恒温100度，当开始加热时，离目标温度相差比较远，这时我们通常会加大加热，使温度快速上升，当温度超过100度时，我们则关闭输出，通常我们会使用这样一个函数

**e(t) = SP – y(t)**

**u(t) = e(t)\*P**

SP ——设定值

e(t)——误差值

y(t)——反馈值

u(t)——输出值

P ——比例系数

滞后性不是很大的控制对象使用比例控制方式就可以满足控制要求，但很多被控对象中因为有滞后性。

也就是如果设定温度是200度，当采用比例方式控制时，如果P选择比较大，则会出现当温度达到200度输出为0后，温度仍然会止不住的向上爬升，比方说升至230度，当温度超过200度太多后又开始回落，尽管这时输出开始出力加热，但温度仍然会向下跌落一定的温度才会止跌回升，比方说降至170度，最后整个系统会稳定在一定的范围内进行振荡。

如果这个振荡的幅度是允许的比方说家用电器的控制，那则可以选用比例控制。

**比例积分控制（PI）**

积分的存在是针对比例控制要不就是有差值要不就是振荡的这种特点提出的改进，它常与比例一块进行控制，也就是PI控制。 其公式有很多种，但大多差别不大，标准公式如下：

**u(t) = Kp\*e(t) + Ki∑e(t) +u0**

u(t)——输出

Kp ——比例放大系数

Ki ——积分放大系数

e(t)——误差

u0 ——控制量基准值（基础偏差）

积分项是一个历史误差的累积值，如果光用比例控制时，我们知道要不就是达不到设定值要不就是振荡，在使用了积分项后就可以解决达不到设定值的静态误差问题，比方说一个控制中使用了PI控制后，如果存在静态误差，输出始终达不到设定值，这时积分项的误差累积值会越来越大，这个累积值乘上Ki后会在输出的比重中越占越多，使输出u(t)越来越大，最终达到消除静态误差的目的。

PI两个结合使用的情况下，我们的调整方式如下：

1、先将I值设为0，将P值放至比较大，当出现稳定振荡时，我们再减小P值直到P值不振荡或者振荡很小为止（术语叫临界振荡状态），在有些情况下，我们还可以在P值的基础上再加大一点。

2、加大I值，直到输出达到设定值为止。

3、等系统冷却后，再重上电，看看系统的超调是否过大，加热速度是否太慢。 通过上面的这个调试过程，我们可以看到P值主要可以用来调整系统的响应速度，但太大会增大超调量和稳定时间；而I值主要用来减小静态误差。

**PID控制**

因为PI系统中的I的存在会使整个控制系统的响应速度受到影响，为了解决这个问题，我们在控制中增加了D微分项，微分项主要用来解决系统的响应速度问题，其完整的公式如下：

**u(t) = Kp\*e(t) + Ki∑e(t) + Kd[e(t) – e(t-1)]+u0**

在PID的调试过程中，我们应注意以下步骤：

1、 关闭I和D，也就是设为0，加大P，使其产生振荡；

2、 减小P，找到临界振荡点；

3、 加大I，使其达到目标值；

4、 重新上电看超调、振荡和稳定时间是否吻合要求；

5、 针对超调和振荡的情况适当的增加一些微分项；

6、 注意所有调试均应在最大负载的情况下调试，这样才能保证调试完的结果可以在全工作范围内均有效。

**关于PID参数设置的问题**

基本的PID算法，需要整定的系数是Kp（比例系数）,Ki（积分系数）,Kd（微分系数）三个。这三个参数对系统性能的影响如下：

1. **比例系数 Kp**
2. 对动态性能的影响

比例系数Kp加大，使系统的动作灵敏，速度加快。Kp偏大，振荡次数加多，调节时间加长。当Kp太大时，系统会趋于不稳定，若Kp太小，又会使系统的动作缓慢；

1. 对稳态性能的影响

加大比例系数Kp，在系统稳定的情况下，可以减小静差，提高控制精度，但是加大Kp只是减少静差，不能完全消除。

1. **积分系数 Ki**
2. 对动态性能的影响

积分系数Ki通常使系统的稳定性下降。Ki太大，系统将不稳定；Ki偏大，振荡次数较多；Ki太小，对系统性能的影响减少；而当Ki合适时，过渡特性比较理想；

1. 对稳态性能的影响

积分系数能消除系统的静差，提高控制系统的控制精度。但是若Ki太小时，积分作用太弱，以致不能减小静差。

1. **微分系数 Kd**

微分控制可以改善动态特性，如超调量减少，调节时间缩短，允许加大比例控制，使静差减小，提高控制精度。但当Kd偏大或偏小时，超调量较大，调节时间较长，只有合适的时候，才可以得到比较满意的过渡过程。对系数实行“先比例，后积分，再微分”的整定步骤。

（1） 首先只整定比例部分。即将比例系数由小到大，并观察相应的系统响应，直到得到反应快，超调小的响应。

（2） 加入积分环节。整定时首先置积分系数Ki一个较小的值，并将第（1） 步中整定的比例系数略为缩小（例如缩小为原值的0.8倍），然后增大Ki，使在保持系统良好动态性能的情况下，静差得到消除。在此过程中，可根据响应的好坏反复改变比例系数与积分系数。

（3） 若使用比例积分调节器消除了静差，但动态过程经反复调整仍不能满意，则可加入微分环节。在整定时，可先置微分系数为0，在第一步的基础上，增大Kd，同时相应地改变比例系数和积分时间。

**PID参数调整**

PID参数整定方法就是确定调节器的比例带Pb、积分时间Ti和和微分时间Td。一般可以通过理论计算来确定，但误差太大。目前，应用最多的还是工程整定法：如经验法、衰减曲线法、临界比例带法和反应曲线法。各种方法的大体过程如下：

（1）经验法又叫现场凑试法，即先确定一个调节器的参数值Pb和Ti，通过改变给定值对控制系统施加一个扰动，现场观察判断控制曲线形状。若曲线不够理想，可改变Pb或Ti，再画控制过程曲线，经反复凑试直到控制系统符合动态过程品质要求为止，这时的Pb和Ti就是最佳值。如果调节器是PID三作用式，那么要在整定好的Pb和Ti的基础上加进微分作用。由于微分作用有抵制偏差变化的能力，所以确定一个Td值后，可把整定好的Pb和Ti值减小一点再进行现场凑试，直到Pb、Ti和Td取得最佳值为止。显然用经验法整定的参数是准确的。但花时间较多。为缩短整定时间，应注意以下几点：①根据控制对象特性确定好初始的参数值Pb、Ti和Td。可参照在实际运行中的同类控制系统的参数值，或参照表3-4-1所给的参数值，使确定的初始参数尽量接近整定的理想值。这样可大大减少现场凑试的次数。②在凑试过程中，若发现被控量变化缓慢，不能尽快达到稳定值，这是由于Pb过大或Ti过长引起的，但两者是有区别的：Pb过大，曲线漂浮较大，变化不规则，Ti过长，曲线带有振荡分量，接近给定值很缓慢。这样可根据曲线形状来改变Pb或Ti。③Pb过小，Ti过短，Td太长都会导致振荡衰减得慢，甚至不衰减，其区别是Pb过小，振荡周期较短；Ti过短，振荡周期较长；Td太长，振荡周期最短。④如果在整定过程中出现等幅振荡，并且通过改变调节器参数而不能消除这一现象时，可能是阀门定位器调校不准，调节阀传动部分有间隙（或调节阀尺寸过大）或控制对象受到等幅波动的干扰等，都会使被控量出现等幅振荡。这时就不能只注意调节器参数的整定，而是要检查与调校其它仪表和环节。

（2）衰减曲线法是以4：1衰减作为整定要求的，先切除调节器的积分和微分作用 ，用凑试法整定纯比例控制作用的比例带Pb（比同时凑试二个或三个参数要简单得多），使之符合4：1衰减比例的要求，记下此时的比例带Pbs和振荡周期Ts。如果加进积分和微分作用，可按表3-4-2给出经验公式进行计算。若按这种方式整定的参数作适当的调整。对有些控制对象，控制过程进行较快，难以从记录曲线上找出衰减比。这时，只要被控量波动2次就能达到稳定状态，可近似认为是4：1的衰减过程，其波动一次时间为Ts。

（3）临界比例带法，用临界比例带法整定调节器参数时，先要切除积分和微分作用，让控制系统以较大的比例带，在纯比例控制作用下运行，然后逐渐减小Pb，每减小一次都要认真观察过程曲线，直到达到等幅振荡时，记下此时的比例带Pbk(称为临界比例带)和波动周期Tk，然后按表3-4-3给出的经验公式求出调节器的参数值。按该表算出参数值后，要把比例带放在比计算值稍大一点的值上，把Ti和Td放在计算值上，进行现场观察，如果比例带可以减小，再将Pb放在计算值上。这种方法简单，应用比较广泛。但对Pbk很小的控制系统不适用。 （4）反应曲线法，前三种整定调节器参数的方法，都是在预先不知道控制对象特性的情况下进行的。如果知道控制对象的特性参数，即时间常数T、时间迟延ξ和放大系数K，则可按经验公式计算出调节器的参数。利用这种方法整定的结果可达到衰减率φ=0.75的要求。

**PID参数的作用**

PID参数的整定就是合理的选择PID三参数。从系统的稳定性、响应速度，超调量和稳态精度等各方面考虑问题，三参数的作用如下：

1、比例参数KP的作用是加快系统的响应速度，提高系统的调节精度。随着KP的增大系统的响应速度越快，系统的调节精度越高，但是系统易产生超调，系统的稳定性变差，甚至会导致系统不稳定。KP取值过小，调节精度降低，响应速度变慢，调节时间加长，使系统的动静态性能变坏。

2、积分作用参数Ti的一个最主要作用是消除系统的稳态误差。Ti越大系统的稳态误差消除的越快，但Ti也不能过大，否则在响应过程的初期会产生积分饱和现象。若Ti过小，系统的稳态误差将难以消除，影响系统的调节精度。另外在控制系统的前向通道中只要有积分环节总能做到稳态无静差。从相位的角度来看一个积分环节就有90°的相位延迟，也许会破坏系统的稳定性。

3、微分作用参数Td的作用是改善系统的动态性能，其主要作用是在响应过程中抑制偏差向任何方向的变化，对偏差变化进行提前预报。但Td不能过大，否则会使响应过程提前制动，延长调节时间，并且会降低系统的抗干扰性能。总之PID参数的整定必须考虑在不同时刻三个参数的作用以及相互之间的互联关系。

**PID参数的设定与调节**

**PID控制简介**

目前工业自动化水平已成为衡量各行各业现代化水平的一个重要标志。同时，控制理论的发展也经历了古典控制理论、现代控制理论和智能控制理论三个阶段。智能控制的典型实例是模糊全自动洗衣机等。自动控制系统可分为开环控制系统和闭环控制系统。一个控控制系统包括控制器﹑传感器﹑变送器﹑执行机构﹑输入输出接口。控制器的输出经过输出接口﹑执行机构﹐加到被控系统上﹔控制系统的被控量﹐经过传感器﹐变送器﹐通过输入接口送到控制器。不同的控制系统﹐其传感器﹑变送器﹑执行机构是不一样的。比如压力控制系统要采用压力传感器。电加热控制系统的传感器是温度传感器。目前，PID控制及其控制器或智能PID控制器（仪表）已经很多，产品已在工程实际中得到了广泛的应用，有各种各样的PID控制器产品，各大公司均开发了具有PID参数自整定功能的智能调节器(intelligent regulator)，其中PID控制器参数的自动调整是通过智能化调整或自校正、自适应算法来实现。有利用PID控制实现的压力、温度、流量、液位控制器，能实现PID控制功能的可编程控制器(PLC)，还有可实现PID控制的PC系统等等。

可编程控制器(PLC)是利用其闭环控制模块来实现PID控制，而可编程控制器(PLC)可以直接与ControlNet相连，如Rockwell的PLC-5等。还有可以实现PID控制功能的控制器，如Rockwell的Logix产品系列，它可以直接与ControlNet相连，利用网络来实现其远程控制功能。

**1、 开环控制系统**

开环控制系统(open-loop control system)是指被控对象的输出(被控制量)对控制器(controller)的输出没有影响。在这种控制系统中，不依赖将被控量反送回来以形成任何闭环回路。

**2、 闭环控制系统**

闭环控制系统(closed-loop control system)的特点是系统被控对象的输(被控制量)会反送回来影响控制器的输出，形成一个或多个闭环。闭环控制系统有正反馈和负反馈，若反馈信号与系统给定值信号相反，则称为负反馈( Negative Feedback)，若极性相同，则称为正反馈，一般闭环控制系统均采用负反馈，又称负反馈控制系统。闭环控制系统的例子很多。比如人就是一个具有负反馈的闭环控制系统，眼睛便是传感器，充当反馈，人体系统能通过不断的修正最后作出各种正确的动作。如果没有眼睛，就没有了反馈回路，也就成了一个开环控制系统。

另例，当一台真正的全自动洗衣机具有能连续检查衣物是否洗净，并在洗净之后能自动切断电源，它就是一个闭环控制系统。

**3、 阶跃响应**

阶跃响应是指将一个阶跃输入（step function）加到系统上时，系统的输出。稳态误差是指系统的响应进入稳态后﹐系统的期望输出与实际输出之差。控制系统的性能可以用稳、准、快 三个字来描述。稳是指系统的稳定性(stability)，一个系统要能正常工作，首先必须是稳定的，从阶跃响应上看应该是收敛的﹔准是指控制系统的准确性、控制精度，通常用稳态误差来(Steady-state error) 描述，它表示系统输出稳态值与期望值之差﹔快是指控制系统响应的快速性，通常用上升时间来定量描述。

**4、 PID控制的原理和特点**

在工程实际中，应用最为广泛的调节器控制规律为比例、积分、微分控制，简称PID控制，又称PID调节。PID控制器问世至今已有近70年历史，它以其结构简单、稳定性好、工作可靠、调整方便而成为工业控制的主要技术之一。当被控对象的结构和参数不能完全掌握，或得不到精确的数学模型时，控制理论的其它技术难以采用时，系统控制器的结构和参数必须依靠经验和现场调试来确定，这时应用PID控制技术最为方便。即当我们不完全了解一个系统和被控对象﹐或不能通过有效的测量手段来获得系统参数时，最适合用PID控制技术。

PID控制，实际中也有PI和PD控制。PID制器就是根据系统的误差，利用比例、积分、微分计算出控制量进行控制的。

**比例（P）控制**

比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入误差信号成比例关系。当仅有比例控制时系统输出存在稳态误差（Steady-state error）。

**积分（I）控制**

在积分控制中，控制器的输出与输入误差信号的积分成正比关系。对一个自动控制系统，如果在进入稳态后存在稳态误差，则称这个控制系统是有稳态误差的或简称有差系统（System with Steady-state Error）。为了消除稳态误差，在控制器中必须引入“积分项”。积分项对误差取决于时间的积分，随着时间的增加，积分项会增大。这样，即便误差很小，积分项也会随着时间的增加而加大，它推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减小，直到等于零。因此，比例+积分(PI)控制器，可以使系统在进入稳态后无稳态误差。

**微分（D）控制**

在微分控制中，控制器的输出与输入误差信号的微分（即误差的变化率）成正比关系。

自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳。其原因是由于存在有较大惯性组件（环节）或有滞后(delay)组件，具有抑制误差的作用，其变化总是落后于误差的变化。解决的办法是使抑制误差的作用的变化“超前”，即在误差接近零时，抑制误差的作用就应该是零。这就是说，在控制器中仅引“比例”项往往是不够的，比例项的作用仅是放大误差的幅值，而目前需要增加的“微分项”，它能预测误差变化的趋势，这样，具有比例+微分的控制器，就能够提前使抑制误差的控制作用等于零，甚至为负值，从而避免了被控量的严重超调。所以对有较大惯性或滞后的被控对象，比例+微分(PD)控制器能改善系统在调节过程中的动态3 特性。

**5、 PID控制器的参数整定**

PID控制器的参数整定是控制系统设计的核心内容。它是根据被控过程的特性确定PID控制器的比例系数、积分时间和微分时间的大小。PID控制器参数整定的方法很多，概括起来有两大类：一是理论计算整定法。它主要是依据系统的数学模型，经过理论计算确定控制器参数。这种方法所得到的计算数据未必可以直接用，还必须通过工程实际进行调整和修改。二是工程整定方法，它主要依赖工程经验，直接在控制系统的试验中进行，且方法简单、易于掌握，在工程实际中被广泛采用。

PID控制器参数的工程整定方法，主要有临界比例法、反应曲线法和衰减法。三种方法各有其特点，其共同点都是通过试验，然后按照工程经验公式对控制器参数进行整定。但无论采用哪一种方法所得到的控制器参数，都需要在实际运行中进行最后调整与完善。现在一般采用的是临界比例法。利用该方法进行

PID控制器参数的整定步骤如下：

(1)首先预选择一个足够短的采样周期让系统工作﹔

(2)仅加入比例控制环节，直到系统对输入的阶跃响应出现临界振荡，记下这时的比例放大系数和临界振荡周期﹔

(3)在一定的控制度下通过公式计算得到PID控制器的参数。

PID参数的设定：是靠经验及工艺的熟悉，参考测量值跟踪与设定值曲线，从而调整P\I\D的大小。

PID控制器参数的工程整定,各种调节系统中P.I.D参数经验数据以下可参照：

**温度T: P=20-60%，I=180-600s，D=3-180s；**

**压力P: P=30-70%，I=24-180s；**

**液位L: P=20-80%，I=60-300s；**

**流量L: P=40-100%，I=6-60s。**

**书上的常用口诀：**

**参数整定找最佳，从小到大顺序查**

**先是比例后积分，最后再把微分加**

**曲线振荡很频繁，比例度盘要放大**

**曲线漂浮绕大湾，比例度盘往小扳**

**曲线偏离回复慢，积分时间往下降**

**曲线波动周期长，积分时间再加长**

**曲线振荡频率快，先把微分降下来**

**动差大来波动慢。微分时间应加长**

**理想曲线两个波，前高后低4比1**

**一看二调多分析，调节质量不会低**

**曲线振荡很频繁，比例系数要放大**：说明当前的输出的调节量小，系统输出存在稳态误差，需要加大比例系数，从而成比例地响应输入的变化量。

**曲线漂浮绕大湾，比例系数往小扳**：说明调节过冲，比例的作用是过程迅速响应输入的变化，如果P过大，很容易产生比较大的超调，必须适当减少比例系数。

**曲线偏离回复慢，积分时间往下降**：由于积分是为了消除稳态误差，随着积分时间的增大，积分项会增大，即是积分项很小，积分项也会随着时间的增加而加大，它推动控制器的输出增大，使稳态误差进一步减小。如果控制输出回复慢，说明稳态误差比较小，需要适当减少积分时间。

**曲线波动周期长，积分时间再加长**：积分控制是对输入量对时间的积累，如果曲线波动周期长，说明系统存在较大的稳态误差，需要适当增加积分时间，进一步减少稳态误差。

**曲线振荡频率快，先把微分降下来**：由于微分控制的输出与输入信号的变化率成比例关系，虽然它可以超前控制作为，但如果微分时间太长，容易产生控制量的严重超调，即加速曲线振荡；

**动差大来波动慢 微分时间应加长**：积分控制是减少稳态误差，而微分是减少动态误差，所以如果动差大，必须适当提供微分时间，加快系统的过渡过程。

这里介绍一种经验法。这种方法实质上是一种试凑法，它是在生产实践中总结出来的行之有效的方法，并在现场中得到了广泛的应用。

这种方法的基本程序是先根据运行经验，确定一组调节器参数，并将系统投入闭环运行，然后人为地加入阶跃扰动（如改变调节器的给定值），观察被调量或调节器输出的阶跃响应曲线。若认为控制质量不满意，则根据各整定参数对控制过程的影响改变调节器参数。这样反复试验，直到满意为止。

经验法简单可靠，但需要有一定现场运行经验，整定时易带有主观片面性。当采用PID调节器时，有多个整定参数，反复试凑的次数增多，不易得到最佳整定参数。

下面以PID调节器为例，具体说明经验法的整定步骤：

【1】让调节器参数积分系数S0=0，实际微分系数k=0，控制系统投入闭环运行，由小到大改变比例系数S1，让扰动信号作阶跃变化，观察控制过程，直到获得满意的控制过程为止。

【2】取比例系数S1为当前的值乘以0.83，由小到大增加积分系数S0，同样让扰动信号作阶跃变化，直至求得满意的控制过程。

【3】积分系数S0保持不变，改变比例系数S1，观察控制过程有无改善，如有改善则继续调整，直到满意为止。否则，将原比例系数S1增大一些，再调整积分系数S0，力求改善控制过程。如此反复试凑，直到找到满意的比例系数S1和积分系数S0为止。

【4】引入适当的实际微分系数k和实际微分时间TD，此时可适当增大比例系数S1和积分系数S0。和前述步骤相同，微分时间的整定也需反复调整，直到控制过程满意为止。

注意：仿真系统所采用的PID调节器与传统的工业PID调节器有所不同，各个参数之间相互隔离，互不影响，因而用其观察调节规律十分方便。

PID参数是根据控制对象的惯量来确定的。大惯量如：大烘房的温度控制，一般P可在10以上,I=3-10,D=1左右。小惯量如：一个小电机带一水泵进行压力闭环控制，一般只用PI控制。P=1-10,I=0.1-1,D=0,这些要在现场调试时进行修正的。

以下提供一种增量式PID供大家参考

**△U(k)=Ae(k)-Be(k-1)+Ce(k-2)**

**A=Kp(1+T/Ti+Td/T)**

**B=Kp(1+2Td/T)**

**C=KpTd/T**

**T采样周期**

**Td微分时间**

**Ti积分时间**

用上面的算法可以构造自己的PID算法。

**U（K）=U（K-1）+△U（K）**

**比例（P）控制**

比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入误差信号成比例关系。当仅有比例控制时系统输出存在稳态误差（Steady-state error）。

**积分（I）控制**

在积分控制中，控制器的输出与输入误差信号的积分成正比关系。对一个自动控制系统，如果在进入稳态后存在稳态误差，则称这个控制系统是有稳态误差的或简称有差系统（System with Steady-state Error）。为了消除稳态误差，在控制器中必须引入“积分项”。积分项对误差取决于时间的积分，随着时间的增加，积分项会增大。这样，即便误差很小，积分项也会随着时间的增加而加大，它推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减小，直到等于零。因此，比例+积分(PI)控制器，可以使系统在进入稳态后无稳态误差。

**微分（D）控制**

在微分控制中，控制器的输出与输入误差信号的微分（即误差的变化率）成正比关系。 自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳。其原因是由于存在有较大惯性组件（环节）或有滞后(delay)组件，具有抑制误差的作用，其变化总是落后于误差的变化。解决的办法是使抑制误差的作用的变化“超前”，即在误差接近零时，抑制误差的作用就应该是零。这就是说，在控制器中仅引入“比例”项往往是不够的，比例项的作用仅是放大误差的幅值，而目前需要增加的是“微分项”，它能预测误差变化的趋势，这样，具有比例+微分的控制器，就能够提前使抑制误差的控制作用等于零，甚至为负值，从而避免了被控量的严重超调。所以对有较大惯性或滞后的被控对象，比例+微分(PD)控制器能改善系统在调节过程中的动态特性。