

## PID 调节原理

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 控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。

系统的[传感器](#)得到的测量结果 控制器作出决定 通过一个输出设备来作出反应 控制器从传感器得到测量结果，然后用需求结果减去测量结果来得到误差。然后用误差来计算出一个对系统的纠正值来作为输入结果，这样系统就可以从它的输出结果中消除误差。 在一个 PID 回路中，这个纠正值有三种算法，消除目前的误差，平均过去的误差，和透过误差的改变来预测将来的误差。 比如说，假如一个水箱在为一个植物提供水，这个水箱的水需要保持在一定的高度。一个传感器就会用来检查水箱里水的高度，这样就得到了测量结果。控制器会有一个固定的用户输入值来表示水箱需要的水面高度，假设这个值是保持 65% 的水量。控制器的输出设备会连在一个马达控制的水阀门上。打开阀门就会给水箱注水，关上阀门就会让水箱里的水量下降。这个阀门的控制信号就是我们控制的变量，它也是这个系统的输入来保持这个水箱水量的固定。

PID 控制器可以用来控制任何可以被测量的并且可以被控制变量。比如，它可以用来控制温度，[压强](#)，流量，化学成分，速度等等。

PID 调节原理如下：

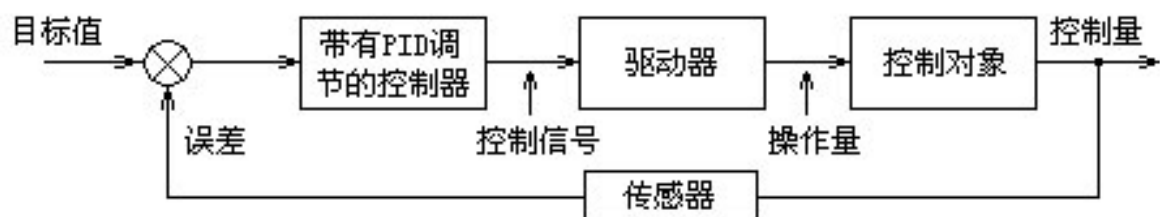


图1 反馈控制的原理图

一个自动控制系统要能很好地完成任务，首先必须工作稳定，同时还必须满足调节过程的质量指标要求。即：系统的响应快慢、稳定性、最大偏差等。很明显，自动控制系统总希望在稳定工作状态下，具有较高的控制质量，我们希望持续时间短、超调量小、摆动次数少。为了保证系统的精度，就要求系统有很高的放大系数，然而放大系数一高，又会造成系统不稳定，甚至系统产生振荡。反之，只考虑调节过程的稳定性，又无法满足精度要求。因

此，调节过程中，系统稳定性与精度之间产生了矛盾。

如何解决这个矛盾，可以根据控制系统设计要求和实际情况，在控制系统中插入“校正网络”，矛盾就可以得到较好解决。这种“校正网络”，有很多方法完成，其中就有PID方法。

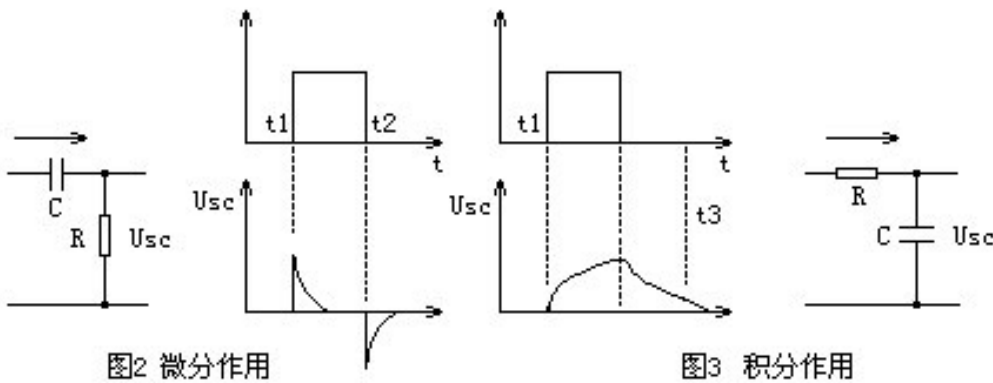
简单的讲，PID“校正网络”是由比例积分PI和比例微分PD“元件组”成的。为了说明问题，这里简单介绍一下比例积分PI和比例微分PD。

微分：

从电学原理我们知道，见图2，当脉冲信号通过RC电路时，电容两端电压不能突变，电流超前电压 $90^\circ$ ，输入电压通过电阻R向电容充电，电流在 $t_1$ 时刻瞬间达到最大值，电阻两端电压 $U_{sc}$ 此刻也达到最大值。随着电容两端电压不断升高，充电电流逐渐减小，电阻两端电压 $U_{sc}$ 也逐渐降低，最后为0，形成一个锯齿波电压。这种电路称为微分电路，由于它对阶跃输入信号前沿“反应”激烈，其性质有加速作用。

积分：

再来看图3，脉冲信号出现时，通过电阻R向电容充电，电容两端电压不能突变，电流在 $t_1$ 时刻瞬间达到最大值，电阻两端电压此刻也达到最大值。电容两端电压 $U_{sc}$ 随着时间 $t$ 不断升高，充电电流逐渐减小，最后为0，电容两端电压 $U_{sc}$ 也达到最大值，形成一个对数曲线。这种电路称为积分电路，由于它对阶跃输入信号前沿“反应”迟缓，其性质是“阻尼”缓冲作用。



插入校正网络的情况

首先讨论自动控制系统引入比例积分PI的情况，见图4。曲线PI(1)对阶跃信号的响应特性曲线，当 $t=0$ 时，PI的输出电压很小，（由比例系数决定）当 $t>0$ 时，输出电压按积分特性线性上升，系统放大系数 $U_e$ 线性增大。这就是说，当系统输入端出现大的误差时，控制输出电压不会立即变得很大，而是随着时间的推移和系统误差不断地减小，PI的输出电压不断增加，既，系统放大系数 $U_e$ 不断线性增大。我们称这种特性为系统阻尼。决定阻

尼系数因素是PI 比例系数和积分时间常数。要不断提高控制系统的质量，就要不断改变PI 比例系数和积分时间常数。

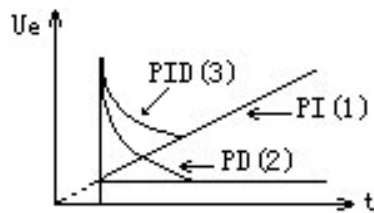


图4 PI与PD合成的PID作用

再讨论控制系统引入比例微分PD的情况，见图4。曲线PD（2）对输入信号的响应特性曲线，当  $t=0$  时，PD 使系统放大系数  $U_e$  骤增。这就是说，当系统输入端出现误差时，控制输出电压会立即变大。我们称这种特性为加速作用。可以看出，过强的微分信号会使控制系统不稳定。所以在使用中，必须认真调节PD 比例系数和微分时间常数。

为妥善解决系统稳定性与精度之间的矛盾，往往将比例积分PI 与比例微分PD 组合使用，形成“校正网络”，也称PID 调节。PID 调节特性曲线PID（3）（图4），是PI、PD 特性曲线合成的。适当的调节PI、PD 上述各系数，就能保证控制系统即快又稳的工作。

结论：

PID 调节器实际是一个放大系数可自动调节的放大器，动态时，放大系数较低，是为了防止系统出现超调与振荡。静态时，放大系数较高，可以捕捉到小误差信号，提高控制精度。