

PID

一、PID 控制分析

1.1 PID 介绍

PID 控制就是用线性组合的方式，把偏差的比例 P 、积分 I 、微分 D 组合构成控制量。对被控对象展开控制的方法。在 PID 控制器中，通过比例单元 P 将偏差进行比例放大得到输出，但通过这一过程无法消除余差，因此加以积分单元 I ，积分依照偏差累计，只要当偏差不为 0 时，积分值就不为 0，考虑到偏差变化有速度快慢之分，加以微分单元 D ，计算偏差变化的速率，PID 控制就是综合使用这三个单元来控制被控变量。其原理控制示意以图 1

1.2 PID 控制器原理性推导

PID 控制器是一种线性控制器，其根据给定值 $r(t)$ 与实际输出值 $y(t)$ 构成的控制偏差 $e(t)$ 为：

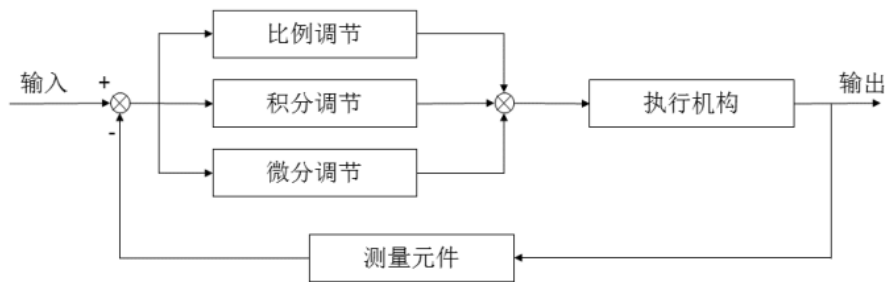


图 1 PID 原理图

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (1)$$

其输入控制偏差 $e(t)$ 与输出控制结果 $u(t)$ 的关系为：

$$u(t) = K_p e(t) + K_I \int_0^t e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

上式进行拉氏变换，得其传递函数为：

$$\begin{aligned} G(s) &= \frac{U(s)}{E(s)} \\ &= K_p + \frac{1}{K_I s} + K_D s \\ &= \frac{K(\tau_1 s + 1)(\tau_2 s + 1)}{s} \end{aligned} \quad (3)$$

其中， $K_p e(t)$ 为比例环节，随着 K_p 的增加，可以更好地减小偏差，但同时 K_p 还影响系统的稳定性， K_p 增加通常导致系统的稳定性下降，过大的 K_p 往往使系统产生剧烈的震荡和不稳定。

$K_I \int_0^t e(t)dt$ 为积分环节，消除系统静态误差，作用的强弱由 K_I 决定， K_I 越大，积分作用越强，反之则越弱，但同时积分环节也可能增大系统超调量。

$K_D \frac{de(t)}{dt}$ 为微分环节，针对被测量的变化速率来进行调节，预测偏差信号的变化趋势，在其出现较大变化之前引入修正信号与之低效，从而减小系统的调节时间。

1.3 实验分析

实验室倒立摆控制系统结构图如图 2

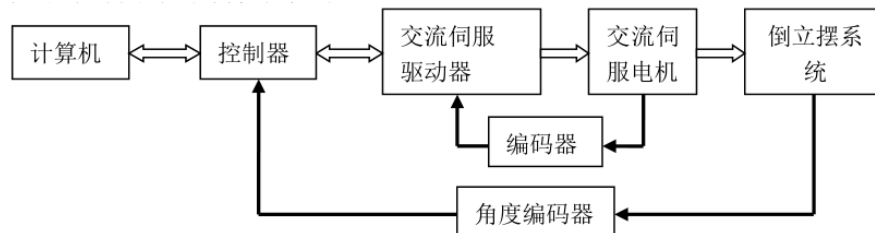


图 2 实验室倒立摆控制系统结构图

修改 PID 各项参数，通过角度编码器测量摆杆的摆动角度，通过伺服电机控制小车的位移速度和加速度，通过控制器利用摆杆的惯性力控制摆杆的位移速度和加速度，从而控制摆杆的角度，最终可以实现直线倒立摆的竖直稳定。

当其受到外界干扰时，在干扰停止作用后，系统能够很快地回到平衡位置。但是，整个控制系统中并无小车位移的反馈，只能通过角度编码器获取摆杆的角度，通过传动比转换近似得到小车的位移。因此 PID 控制器无法对小车的位置偏差进行修正，不能对小车的位置进行控制，当受到扰动时，小车会沿滑轨一直向扰动方向运动，撞到滑轨边缘，无法恢复到初始平衡位置。后续考虑使用其它控制方法，既能实现直线倒立摆的竖直稳定，又可以控制小车位置的稳定不变。