

一、PID 算法简介

在智能车竞赛中，要想让智能车根据赛道的不断变化灵活的行进，PID 算法的采用很有意义。

首先必须明确 PID 算法是基于反馈的。一般情况下，这个反馈就是速度传感器返回给单片机当前电机的转速。简单的说，就是用这个反馈跟预设值进行比较，如果转速偏大，就减小电机两端的电压；相反，则增加电机两端的电压。

顾名思义，P 指的是比例（Proportion），I 指的是积分（Integral），D 指微分（Differential）。在电机调速系统中，输入信号为正，要求电机正转时，反馈信号也为正（PID 算法时，误差=输入-反馈），同时电机转速越高，反馈信号越大。要想搞懂 PID 算法的原理，首先必须先明白 P, I, D 各自的含义及控制规律：

- ✧ **比例 P**：比例项部分其实就是对预设值和反馈值差值的放大**倍数**。举个例子，假如原来电机两端的电压为 U_0 ，比例 P 为 0.2，输入值是 800，而反馈值是 1000，那么输出到电机两端的电压应变为 $U_0 + 0.2 * (800 - 1000)$ 。从而达到了调节速度的目的。显然比例 P 越大时，电机转速回归到输入值的速度将更快，及**调节灵敏度**就越高。从而，加大 P 值，可以减少从非稳态到稳态的时间。但是同时也可能造成电机转速在预设值附近振荡的情形，所以又引入积分 I 解决此问题。
- ✧ **积分 I**：顾名思义，积分项部分其实就是对预设值和反馈值之间的差值在时间上进行累加。当差值不是很大时，为了不引起振荡。可以先让电机按原转速继续运行。当时要将这个差值用积分项累加。当这个和累加到一定值时，再一次性进行处理。从而避免了振荡现象的发生。可见，积分项的调节存在明显的滞后。而且 I 值越大，**滞后**效果越明显。
- ✧ **微分 D**：微分项部分其实就是求电机转速的变化率。也就是前后两次差值的差而已。也就是说，微分项是根据差值变化的速率，提前给出一个相应的调节动作。可见微分项的调节是**超前**的。并且 D 值越大，超前作用越明显。可以在一定程度上缓冲振荡。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。

二、参数调整一般规则

由各个参数的控制规律可知，比例 P 使反应变快，微分 D 使反应提前，积分 I 使反应滞后。在一定范围内，P, D 值越大，调节的效果越好。各个参数的调节原则如下：

PID 调试一般原则

- a. 在输出不振荡时，增大比例增益 P 。
- b. 在输出不振荡时，减小积分时间常数 T_i 。
- c. 输出不振荡时，增大微分时间常数 T_d 。

三、参数调整一般步骤

a. 确定比例增益 P

确定比例增益 P 时，首先去掉 PID 的积分项和微分项，一般是令 $T_i=0$ 、 $T_d=0$ ，PID 为**纯比例调节**。输入设定为系统允许的最大值的 60%~70%，由 0 逐渐加大比例增益 P ，直至系统出现振荡；再反过来，从此时的比例增益 P 逐渐减小，直至系统振荡消失，记录此时的比例增益 P ，设定 PID 的比例增益 P 为当前值的 60%~70%。比例增益 P 调试完成。

b. 确定积分时间常数 T_i

比例增益 P 确定后，设定一个较大的积分时间常数 T_i 的初值，然后逐渐减小 T_i ，直至系统出现振荡，之后在反过来，逐渐加大 T_i ，直至系统振荡消失。记录此时的 T_i ，设定 PID 的积分时间常数 T_i 为当前值的 150%~180%。积分时间常数 T_i 调试完成。

c. 确定积分时间常数 T_d

积分时间常数 T_d 一般不用设定，为 0 即可。若要设定，与确定 P 和 T_i 的方法相同，取不振荡时的 30%。

d. 系统空载、带载联调，再对 PID 参数进行微调，直至满足要求

