

# 啥是PID? PID可以吃吗?

virtualwiz 直观学机械 3月20日

点上面蓝色字体[直观学机械](#)可长期订阅我们

法律顾问: 赵建英律师

作者: virtualwiz

来源: DF创客社区



## 啥是PID?

PID, 就是“比例 (proportional)、积分 (integral)、微分 (derivative)”, 是一种很常见的控制算法。



PID已经有107年的历史了。

它并不是什么很神圣的东西, 大家一定都见过PID的实际应用。

比如四轴飞行器, 再比如平衡小车.....还有汽车的定速巡航、3D打印机上的温度控制器....

就是类似于这种: 需要将某一个物理量“保持稳定”的场合 (比如维持平衡, 稳定温度、转速等), PID都会派上大用场。

## 那么问题来了:

比如, 我想控制一个“热得快”, 让一锅水的温度保持在50°C, 这么简单的任务, 为啥要用到微积分

的理论呢



### 你一直在想:

这不是so easy嘛~ 小于50度就让它加热, 大于50度就断电, 不就行了? 几行代码用Arduino分分钟写出来。

没错~在要求不高的情况下, 确实可以这么干~ But! 如果换一种说法, 你就知道问题出在哪里了:

### 如果我的控制对象是一辆汽车呢?

要是希望汽车的车速保持在50km/h不动, 你还敢这样干么。

设想一下, 假如汽车的定速巡航电脑在某一时间测到车速是45km/h。它立刻命令发动机: 加速!

结果, 发动机那边突然来了个100%全油门, 嗡的一下, 汽车急加速到了60km/h。

这时电脑又发出命令: 刹车!

结果, 吱.....哇.....(乘客吐)



所以, 在大多数场合中, 用“开关量”来控制一个物理量, 就显得比较简单粗暴了。有时候, 是无法保持稳定的。因为单片机、传感器不是无限快的, 采集、控制需要时间。

而且, 控制对象具有惯性。比如你将一个加热器拔掉, 它的“余热”(即热惯性)可能还会使水温继续升高一小会。

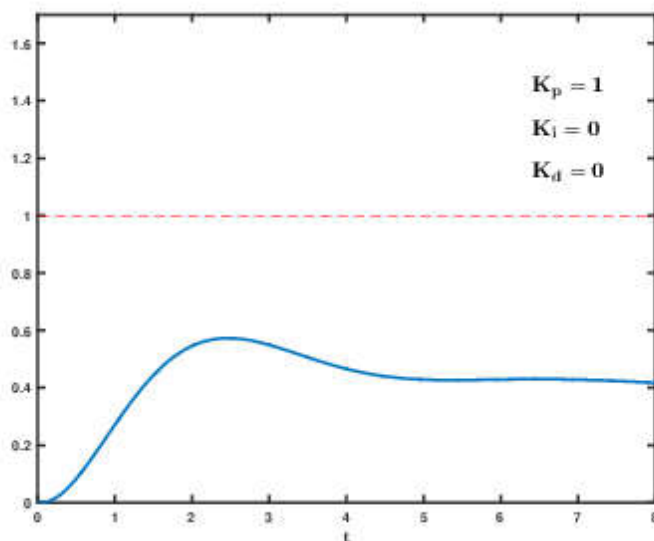
### 这时, 就需要一种『算法』:

- 它可以将需要控制的物理量带到目标附近
- 它可以“预见”这个量的变化趋势
- 它也可以消除因为散热、阻力等因素造成的静态误差
- ....

于是, 当时的数学家们发明了这一历久不衰的算法——这就是PID。

你应该已经知道了, P, I, D是三种不同的调节作用, 既可以单独使用 (P, I, D), 也可以两个两个用 (PI, PD), 也可以三个一起用 (PID)。

这三种作用有什么区别呢? 客官别急, 听我慢慢道来



我们先只说PID控制器的三个最基本的参数:  $k_P, k_I, k_D$ 。

### $k_P$

P就是比例的意思。它的作用最明显, 原理也最简单。我们先说这个:

需要控制的量, 比如水温, 有它现在的『当前值』, 也有我们期望的『目标值』。

- 当两者差距不大时, 就让加热器“轻轻地”加热一下。
- 要是因为某些原因, 温度降低了很多, 就让加热器“稍稍用力”加热一下。
- 要是当前温度比目标温度低得多, 就让加热器“开足马力”加热, 尽快让水温到达目标附近。

sv: setpoint value设定值, pv: process value过程值

这就是P的作用, 跟开关控制方法相比, 是不是“温文尔雅”了很多。

实际写程序时, 就让偏差 (目标减去当前) 与调节装置的“调节力度”, 建立一个一次函数的关系, 就可以实现最基本的“比例”控制了~

$k_P$ 越大, 调节作用越激进,  $k_P$ 调小会让调节作用更保守。

$$P = k_P * (sv - pv) \\ (\text{设定值} - \text{过程值}) * \text{系数}$$

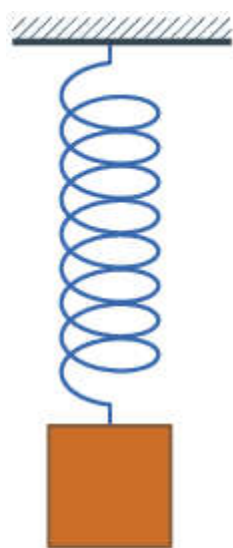
要是你正在制作一个平衡车，有了P的作用，你会发现，平衡车在平衡角度附近来回“狂抖”，比较难稳住。

如果已经到了这一步——恭喜你！离成功只差一小步了~

## kD

D的作用更好理解一些，所以先说说D，最后说I。

刚才我们有了P的作用。你不难发现，只有P好像不能让平衡车站起来，水温也控制得晃悠悠，好像整个系统不是特别稳定，总是在“抖动”。



你心里设想一个弹簧：现在在平衡位置上。拉它一下，然后松手。这时它会震荡起来。因为阻力很小，它可能会震荡很长时间，才会重新停在平衡位置。

请想象一下：要是把上图所示的系统浸没在水里，同样拉它一下：这种情况下，重新停在平衡位置的时间就短得多。

我们需要一个控制作用，让被控制的物理量的“变化速度”趋于0，即类似于“阻尼”的作用。

因为，当比较接近目标时，P的控制作用就比较小了。越接近目标，P的作用越温柔。有很多内在的或者外部的因素，使控制量发生小范围的摆动。  $D = k_d * (e_0 - e_1)$  最近2次误差之差 \* 系数

D的作用就是让物理量的速度趋于0，只要什么时候，这个量具有了速度，D就向相反的方向用力，

尽力刹住这个变化。

kD参数越大，向速度相反方向刹车的力道就越强。

如果是平衡小车，加上P和D两种控制作用，如果参数调节合适，它应该可以站起来了~欢呼吧



等等，PID三兄弟好像还有一位。看起来PD就可以让物理量保持稳定，那还要I干嘛？

因为我们忽视了一种重要的情况：

**ki**

还是以热水为例。假如有个人把我们的加热装置带到了**非常冷**的地方，开始烧水了。**需要烧到50°C**。

在P的作用下，水温慢慢升高。直到升高到**45°C**时，他发现了一个不好的事情：**天气太冷，水散热的速度，和P控制的加热的速度相等了**。

这可怎么办？

- P兄这样想：我和目标已经很近了，只需要轻轻加热就可以了。
- D兄这样想：加热和散热相等，温度没有波动，我好像不用调整什么。

于是，水温永远地停留在45°C，永远到不了50°C。

作为一个人，根据常识，我们知道，应该进一步增加加热的功率。可是增加多少该如何计算呢？



$I = k_i * (e_0 + e_1 + e_2 + e_3)$   
所有误差的累计和乘以一个系数

前辈科学家们想到的方法是真的巧妙。

设置一个积分量。只要偏差存在，就不断地对偏差进行积分（累加），并反应在调节力度上。

这样一来，即使45°C和50°C相差不太大，但是随着时间的推移，只要没达到目标温度，这个积分量就不断增加。系统就会慢慢意识到：还没有到达目标温度，该增加功率啦！

到了目标温度后, 假设温度没有波动, 积分值就不会再变动。这时, 加热功率仍然等于散热功率。但是, 温度是稳稳的 $50^{\circ}\text{C}$ 。

$k_I$ 的值越大, 积分时乘的系数就越大, 积分效果越明显。

所以,  $I$ 的作用就是, 减小静态情况下的误差, 让受控物理量尽可能接近目标值。

$I$ 在使用时还有个问题: 需要设定积分限制。防止在刚开始加热时, 就把积分量积得太大, 难以控制。

End

作者: virtualwiz

来源: DF创客社区

[评论处大家可以补充文章解释不对或缺的部分, 这样下一个看到的人会学到更多, 你知道的正是大家需要的。。。。](#)

[阅读原文](#)

P: 让偏差 (目标值-当前值) 与调节装置的 “调节力度” 建立一次函数的关系, 实现最基本的比较调节。  
 $k_P$  越大, 调节作用越激进,  $k_P$  越小, 调节作用越保守。

D: 让物理量的变化速度趋于0, 无论什么时候, 只要这个物理量有了速度,  $D$ 就向相反的方向用力, 尽力刹住这个变化, 类似阻尼的作用。  
 $k_D$  越大, 向速度相反方向刹车的力度就越强。

I: 设置一个积分量, 只要偏差存在, 就不断的对偏差进行积分(累加), 并反应在调节力度上, 减少静态误差, 让受控物理量尽可能接近目标值。  
 $k_I$  越大, 积分时乘的系数就越大, 积分效果越明显。