**（一）先来彻底搞懂PID到底是啥？**

**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。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。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。

算法是不可以吃的。

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℃

这么简单的任务，为啥要用到微积分的理论呢。

**你一定在想：**

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。

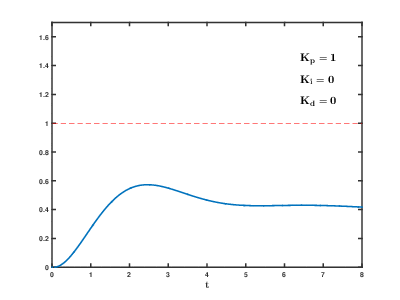
**这时，就需要一种『算法』：**

* **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：kP,kI,kD。

**kP**

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。**

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~

kP越大，调节作用越激进，kP调小会让调节作用更保守。

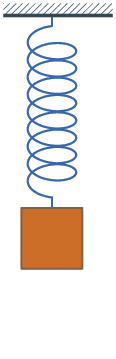
要是你正在制作一个平衡车，有了P的作用，你会发现，平衡车在平衡角度附近来回“狂抖”，比较难稳住。

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三兄弟好想还有一位。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℃。**

在P的作用下，水温慢慢升高。直到升高到45℃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℃，永远到不了50℃。

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？

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℃和50℃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℃。

kI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。

**（二）再来看看PID到底怎么调？**

**（PID参数调整口诀）**

**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，前高后低四比一  
一看二调多分析，调节质量不会低**

**若要反应增快，增大P减小I**

**若要反应减慢，减小P增大I**

**如果比例太大，会引起系统震荡**

**如果积分太大，会引起系统迟钝**