

关于 **PID** 控制器（硬件 **PID** 控制器）的 **PID** 参数整定，流行一些口诀，摘抄如下，仅供参考！

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。
曲线漂浮绕大弯，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。

西门子 S7-200CPU PID 控制图解之一

点击数：118 发布时间：2009 年 9 月 27 日 来源：

第一部分、PID 控制

S7-200 能够进行 PID 控制。S7-200 CPU 最多可以支持 8 个 PID 控制回路（8 个 PID 指令功能块）。

PID 是闭环控制系统的比例—积分—微分控制算法。

PID 控制器根据设定值（给定）与被控对象的实际值（反馈）的差值，按照 PID 算法计算出控制器的输出量，控制执行机构去影响被控对象的变化。

PID 控制是**负反馈闭环控制**，能够抑制系统闭环内的各种因素所引起的扰动，使**被控对象的实际值（反馈）**跟随**给定**变化。

根据具体项目的控制要求，在实际应用中有可能用到其中的一部分，比如常用的是 PI（比例—积分）控制，这时没有微分控制部分。

PID 算法在 S7-200 中的实现

PID 控制最初在模拟量控制系统中实现，随着离散控制理论的发展，PID 也在计算机化控制系统中实现。

为便于实现，S7-200 中的 PID 控制采用了迭代算法。详细的计算方法请参考《S7-200 系统手册》中 PID 指令部分的相关内容。

计算机化的 PID 控制算法有几个关键的参数 K_c （Gain，增益）， T_i （积分时间常数）， T_d （微分时间常数）， T_s （采样时间）。

在 S7-200 中 PID 功能是通过 PID 指令功能块实现。通过定时（按照采样时间）执行 PID 功能块，按照 PID 运算规律，根据当时的给定、反馈、比例—积分—微分数据，计算出控制量。

PID 功能块通过一个 PID 回路表交换数据，这个表是在 V 数据存储区中的开辟，长度

为 36 字节。因此每个 PID 功能块在调用时需要指定两个要素：PID 控制回路号，以及控制回路表的起始地址（以 VB 表示）。

由于 PID 可以控制温度、压力等等许多对象，它们各自都是由工程量表示，因此有一种通用的数据表示方法才能被 PID 功能块识别。S7-200 中的 PID 功能使用占调节范围的百分比的方法抽象地表示被控对象的数值大小。在实际工程中，这个调节范围往往被认为与被控对象（反馈）的测量范围（量程）一致。

PID 功能块只接受 0.0 - 1.0 之间的实数（实际上就是百分比）作为反馈、给定与控制输出的有效数值，如果是直接使用 PID 功能块编程，必须保证数据在这个范围之内，否则会出错。其他如增益、采样时间、积分时间、微分时间都是实数。

因此，必须把外围实际的物理量与 PID 功能块需要的（或者输出的）数据之间进行转换。这就是所谓输入/输出的转换与标准化处理。《S7-200 系统手册》上有详细的介绍。

S7-200 的编程软件 Micro/WIN 提供了 PID 指令向导，以方便地完成这些转换/标准化处理。除此之外，PID 指令也同时会被自动调用。

调试 PID 控制器

PID 控制的效果就是看反馈（也就是控制对象）是否跟随设定值（给定），是否响应快速、稳定，是否能够抑制闭环中的各种扰动而回复稳定。

要衡量 PID 参数是否合适，必须能够连续观察反馈对于给定变化的响应曲线；而实际上 PID 的参数也是通过观察反馈波形而调试的。因此，没有能够观察反馈的连续变化波形曲线的有效手段，就谈不上调试 PID 参数。

观察反馈量的连续波形，可以使用带慢扫描记忆功能的示波器（如数字示波器），波形记录仪，或者在 PC 机上做的趋势曲线监控画面等。

新版编程软件 STEP 7 - Micro/WIN V4.0 内置了一个 PID 调试控制面板工具，具有图形化的给定、反馈、调节器输出波形显示，可以用于手动调试 PID 参数。对于没有“自整定 PID”功能的老版 CPU，也能实现 PID 手动调节。

PID 参数的取值，以及它们之间的配合，对 PID 控制是否稳定具有重要的意义。这些主要参数是：

- 采样时间：

计算机必须按照一定的时间间隔对反馈进行采样，才能进行 PID 控制的计算。采样时间就是对反馈进行采样的间隔。短于采样时间间隔的信号变化是不能测量到的。过短的采样时间没有必要，过长的采样间隔显然不能满足扰动变化比较快、或者速度响应要求高的场合。

编程时指定的 PID 控制器采样时间必须与实际的采样时间一致。S7-200 中 PID 的采样时间精度用定时中断来保证。

- 增益（Gain，放大系数，比例常数）

增益与偏差（给定与反馈的差值）的乘积作为控制器输出中的比例部分。过大的增益会造成反馈的振荡。

- 积分时间（Integral Time）

偏差值恒定时，积分时间决定了控制器输出的变化速率。积分时间越短，偏差得到的修正越快。过短的积分时间有可能造成不稳定。

积分时间的长度相当于在阶跃给定下，增益为“1”的时候，输出的变化量与偏差值相等所需要的时间，也就是输出变化到二倍于初始阶跃偏差的时间。

如果将积分时间设为最大值，则相当于没有积分作用。

- 微分时间 (Derivative Time)

偏差值发生改变时，微分作用将增加一个尖峰到输出中，随着时间流逝减小。微分时间越长，输出的变化越大。微分使控制对扰动的敏感度增加，也就是偏差的变化率越大，微分控制作用越强。微分相当于对反馈变化趋势的预测性调整。

如果将微分时间设置为 0 就不起作用，控制器将作为 PI 调节器工作。

常问问题

1、对于某个具体的 PID 控制项目，是否可能事先得知比较合适的参数？有没有相关的经验数据？

虽然有理论上计算 PID 参数的方法，但由于闭环调节的影响因素很多而不能全部在数学上精确地描述，计算出的数值往往没有什么实际意义。因此，除了实际调试获得参数外，没有什么可用的经验参数值存在。甚至对于两套看似一样的系统，都可能通过实际调试得到完全不同的参数值。

2、PID 控制不稳定怎么办？如何调试 PID？

闭环系统的调试，首先应当做开环测试。所谓开环，就是在 PID 调节器不投入工作的时候，观察：

- 反馈通道的信号是否稳定
- 输出通道是否动作正常

可以试着给出一些比较保守的 PID 参数，比如放大倍数（增益）不要太大，可以小于 1，积分时间不要太短，以免引起振荡。在这个基础上，可以直接投入运行观察反馈的波形变化。给出一个阶跃给定，观察系统的响应是最好的方法。

如果反馈达到给定值之后，历经多次振荡才能稳定或者根本不稳定，应该考虑是否增益过大、积分时间过短；如果反馈迟迟不能跟随给定，上升速度很慢，应该考虑是否增益过小、积分时间过长.....

总之，PID 参数的调试是一个综合的、互相影响的过程，实际调试过程中的多次尝试是非常重要的步骤，也是必须的。

S7-200 的新一代产品提供了自整定的 PID 细调功能。

3、没有采用积分控制时，为何反馈达不到给定？

这是必然的。因为积分控制的作用在于消除纯比例调节系统固有的“静差”。没有积分控制的比例控制系统中，没有偏差就没有输出量，没有输出就不能维持反馈值与给定值相等。所以永远不能做到没有偏差。

4、如何实现 PID 反作用调节？

参见 PID 向导中的常问问题。

5、S7-200 控制变频器，在变频器也有 PID 控制功能时，应当使用谁的 PID 功能？

可以根据具体情况使用。一般来说，如果需要控制的变量直接与变频器直接有关，比如变频水泵控制水压等，可以优先考虑使用变频器的 PID 功能。

6、《S7-200 系统手册》上的附录 H.14“用 S7-200 实现 PID 控制”的例子，是否可以直接使用？

《S7-200 系统手册》中的附录 H 在英文原版中并不存在。

H.14 的 PID 例子是在第一代产品还不支持 PID 运算指令时的产物。现在用户可以使用 PID 指令块，或者 PID Wizard (PID 向导) 编辑 PID 控制程序。

PID Wizard - PID 向导

Micro/WIN 提供了 PID Wizard (PID 指令向导)，可以帮助用户方便地生成一个闭环控制过程的 PID 算法。此向导可以完成绝大多数 PID 运算的自动编程，用户只需在主程序中调用 PID 向导生成的子程序，就可以完成 PID 控制任务。

PID 向导既可以生成模拟量输出 PID 控制算法，也支持开关量输出；既支持连续自动调节，也支持手动参与控制。建议用户使用此向导对 PID 编程，以避免不必要的错误。如果用户不能确定中文编程界面的语义，我们建议用户使用英文版本的 Micro/WIN，以免对向导中相关概念发生误解。

建议用户使用较新的编程软件版本。在新版本中的 PID 向导获得了改善。

PID 向导编程步骤

在 Micro/WIN 中的命令菜单中选择 Tools > Instruction Wizard，然后在指令向导窗口中选择 PID 指令：

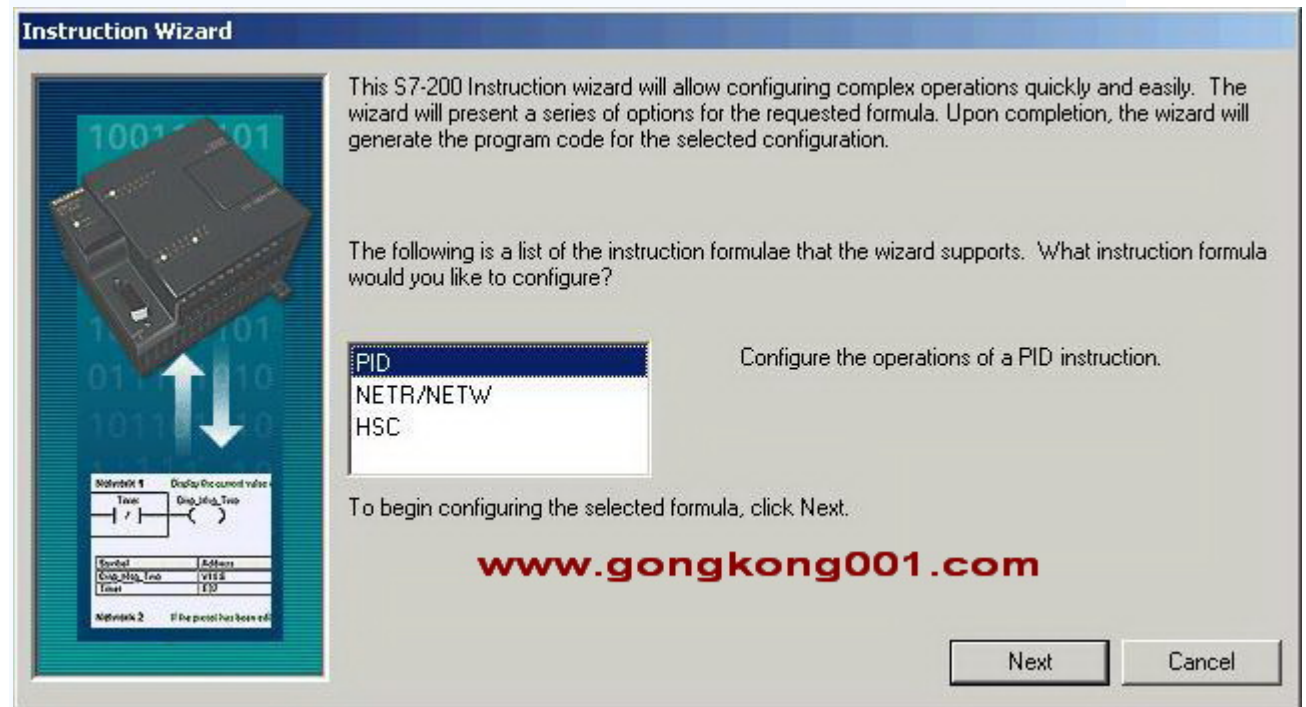


图 1. 选择 PID 向导

在使用向导时必须先对项目进行编译，在随后弹出的对话框中选择“**Yes**”，确认编译。如果已有的程序中存在错误，或者有没有编完的指令，编译不能通过。

如果你的项目中已经配置了一个 PID 回路，则向导会指出已经存在的 PID 回路，并让

你选择是配置修改已有的回路，还是配置一个新的回路：

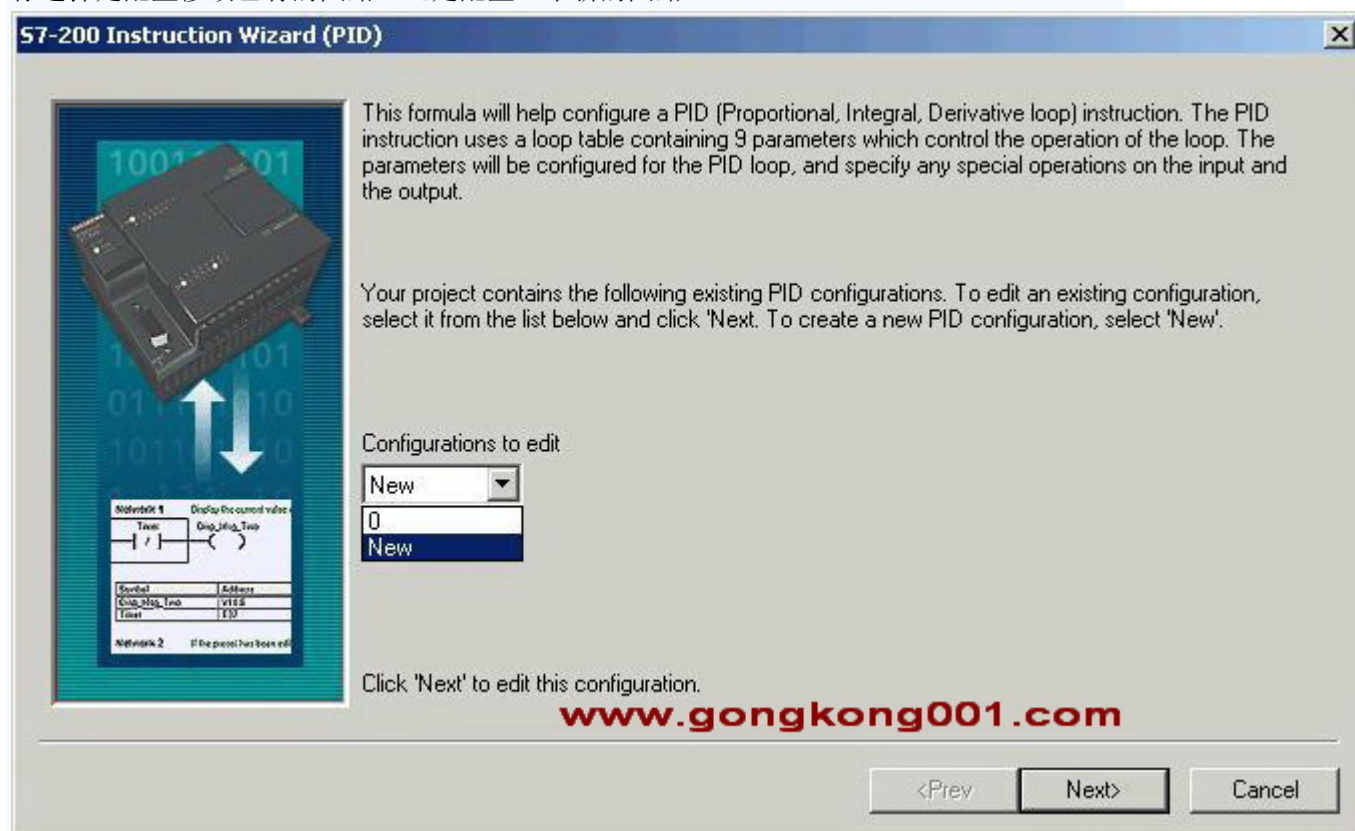


图 2. 选择需要配置的回路

第一步：定义需要配置的 PID 回路号

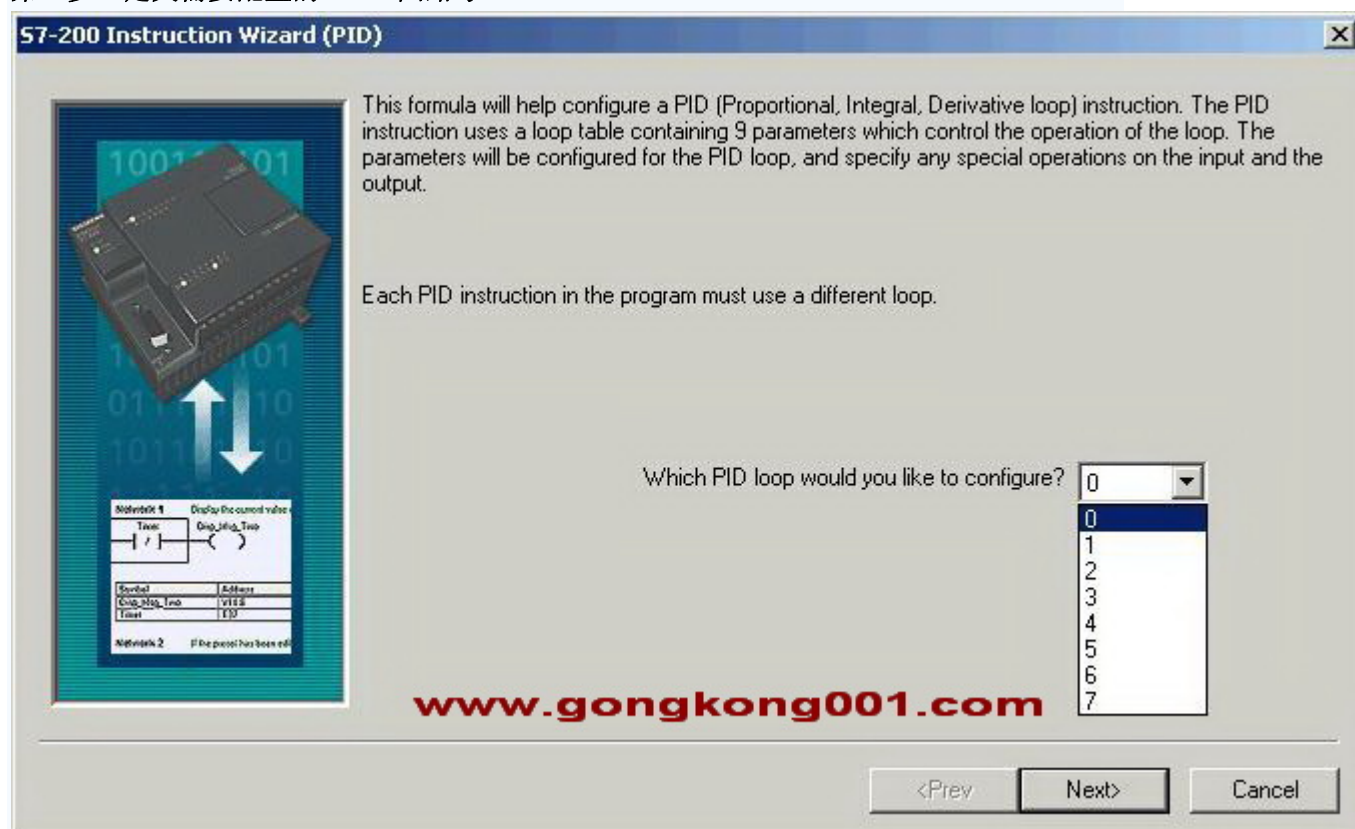


图 3. 选择 PID 回路号

第二步：设定 PID 回路参数

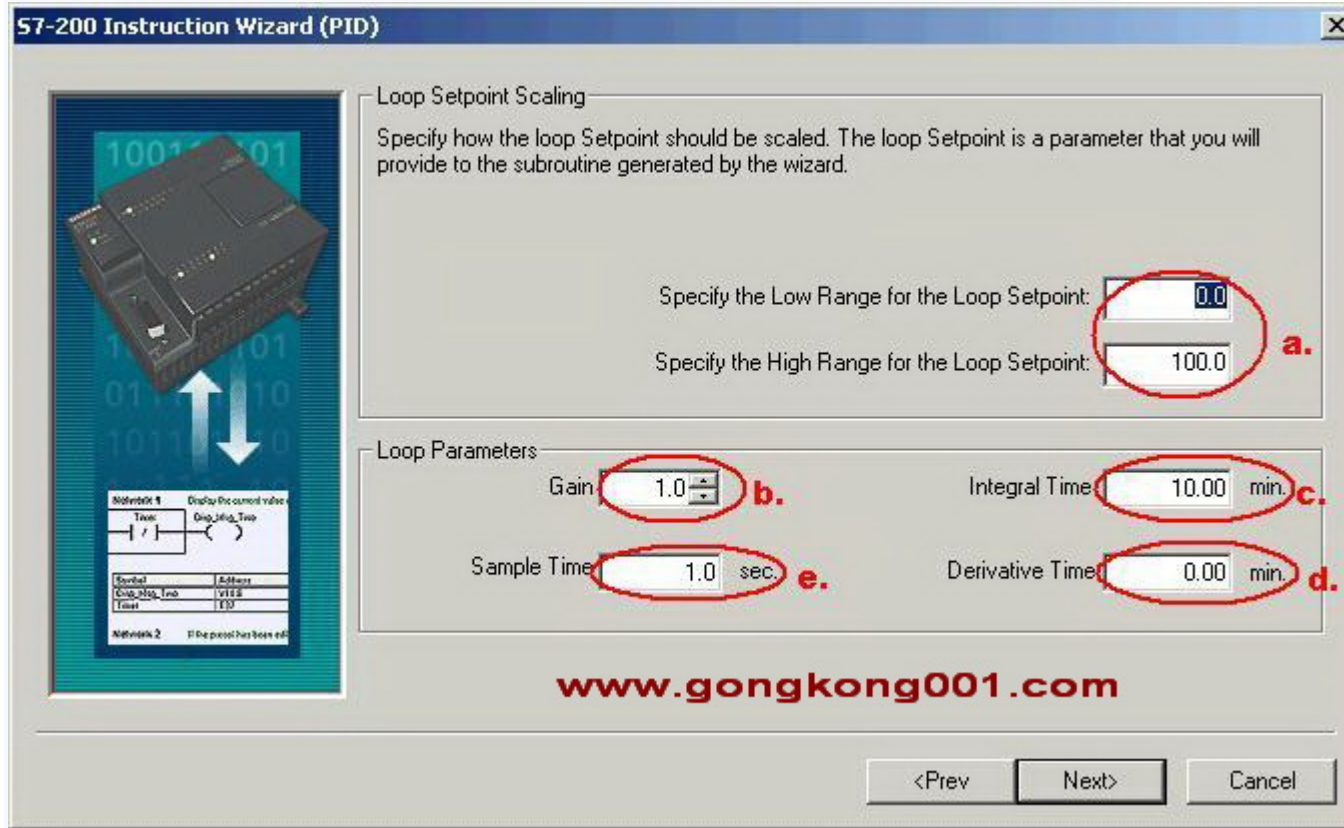


图 4. 设置 PID 参数

a. 定义回路设定值（SP，即给定）的范围：

在低限（Low Range）和高限（High Range）输入域中输入实数，缺省值为 0.0 和 100.0，表示给定值的取值范围占过程反馈量程的百分比。

这个范围是给定值的取值范围。它也可以用实际的工程单位数值表示。参见：[设置给定—反馈的量程范围](#)。

以下定义 PID 回路参数，这些参数都应当是实数：

- b. Gain（增益）：即比例常数。
- c. Integral Time（积分时间）：如果不想要积分作用，可以把积分时间设为无穷大：9999.99
- d. Derivative Time（微分时间）：如果不想要微分回路，可以把微分时间设为 0。
- e. Sample Time（采样时间）：是 PID 控制回路对反馈采样和重新计算输出值的时间间隔。在向导完成后，若想要修改此数，则必须返回向导中修改，不可在程序中或状态表中修改。

注意：关于具体的 PID 参数值，每一个项目都不一样，需要现场调试来定，没有所谓经验参数。

第三步：设定回路输入输出值

S7-200 Instruction Wizard (PID)

Specify how the loop Process Variable (PV) should be scaled. The Loop PV is a parameter you specify for the subroutine generated by the wizard.

Scaling

Unipolar **a.**

☐ Use 20% Offset

Low Range **b.** 0

High Range 32000

Specify how the loop Output should be scaled. The Loop Output is a parameter you specify for the subroutine generated by the wizard.

Output Type

Analog **c.**

Analog

Digital

Scaling

Unipolar **d.**

☐ Use 20% Offset

Low Range **e.** 0

High Range 32000

www.gongkong001.com

<Prev Next> Cancel

图 5. 设定 PID 输入输出参数

在图 5 中，首先设定过程变量的范围：

a. 指定输入类型

- o Unipolar: 单极性，即输入的信号为正，如 0—10V 或 0—20mA 等。
- o Bipolar: 双极性，输入信号在从负到正的范围内变化。如输入信号为 $\pm 10V \pm 5V$ 等时选用。
- o 20% Offset: 选用 20%偏移。如果输入为 4—20mA 则选单极性及此项，4mA 是 0—20mA 信号的 20%，所以选 20% 偏移，即 4mA 对应 6400，20mA 对应 32000。

b. 反馈输入取值范围

- o 在 a.设置为 Unipolar 时，缺省值为 0 - 32000，对应输入量程范围 0 - 10V 或 0 - 20mA 等，输入信号为正。
- o 在 a.设置为 Bipolar 时，缺省的取值为-32000 - +32000，对应的输入范围根据量程不同可以是 $\pm 10V$ 、 $\pm 5V$ 等。
- o 在 a.选中 20% Offset 时，取值范围为 6400 - 32000，不可改变此反馈输入 也可以是工程单位数值，参见：设置给定—反馈的量程范围。然后定义输出类型。

c. Output Type（输出类型）

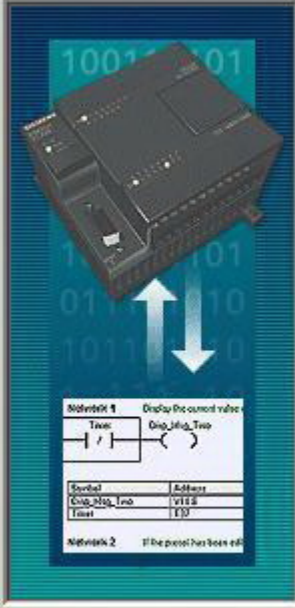
可以选择模拟量输出或数字量输出。模拟量输出用来控制一些需要模拟量给定的设备，如比例阀、变频器等；数字量输出实际上是控制输出点的通、断状态按照一定的占空比变化，可以控制固态继电器（加热棒等）

d. 选择模拟量则需设定回路输出变量值的范围，可以选择：

- o Unipolar: 单极性输出, 可为 0—10V 或 0—20mA 等。
- o Bipolar: 双极性输出, 可为正负 10V 或正负 5V 等。
- o 20% Offset: 如果选中 20% 偏移, 使输出为 4 - 20mA 。
- e. 取值范围:
 - o d 为 Unipolar 时, 缺省值为 0 到 32000
 - o d 为 Bipolar 时, 取值-32000 到 32000
 - o d 为 20% Offset 时, 取值 6400 - 32000, 不可改变 如果选择了开关量输出, 需要设定此占空比的周期。

第四步：设定回路报警选项

S7-200 Instruction Wizard (PID)



Loop Alarm Options

The wizard can provide outputs for various loop conditions. The outputs are set when the alarm condition is met.

☒ Enable Low Alarm (PV) Normalized Low Alarm Limit **a.** 0.10

☒ Enable High Alarm (PV) Normalized High Alarm Limit **b.** 0.90

☒ Enable Analog Input Module Error At what position is the Analog Input module attached? **c.** 0

www.gongkong001.com

<Prev Next> Cancel

图 6. 设定回路报警限幅值

向导提供了三个输出来反映过程值(PV)的低值报警、高值报警及过程值模拟量模块错误状态。当报警条件满足时，输出置位为 1。这些功能在选中了相应的选择框之后起作用。

a.使能低值报警并设定过程值(PV)报警的低值，此值为过程值的百分数，缺省值为 0.10，即报警的低值为过程值的 10%。此值最低可设为 0.01，即满量程的 1%。

b.使能高值报警并设定过程值(PV)报警的高值，此值为过程值的百分数，缺省值为 0.90，即报警的高值为过程值的 90%。此值最高可设为 1.00，即满量程的 100%。

c.使能过程值(PV)模拟量模块错误报警并设定模块于 CPU 连接时所处的模块位置。“0”就是第一个扩展模块的位置。

第五步：指定 PID 运算数据存储区



图 7. 分配运算数据存储区

PID 指令（功能块）使用了一个 120 个字节的 V 区参数表来进行控制回路的运算工作；除此之外，PID 向导生成的输入/输出量的标准化程序也需要运算数据存储区。需要为它们定义一个起始地址，要保证该地址起始的若干字节在程序的其它地方没有被重复使用。如果点击“Suggest Address”，则向导将自动为你设定当前程序中没有用过的 V 区地址。

自动分配的地址只是在执行 PID 向导时编译检测到空闲地址。向导将自动为该参数表分配符号名，用户不要再自己为这些参数分配符号名，否则将导致 PID 控制不执行。

第六步：定义向导所生成的 PID 初使化子程序和中断程序名及手/自动模式

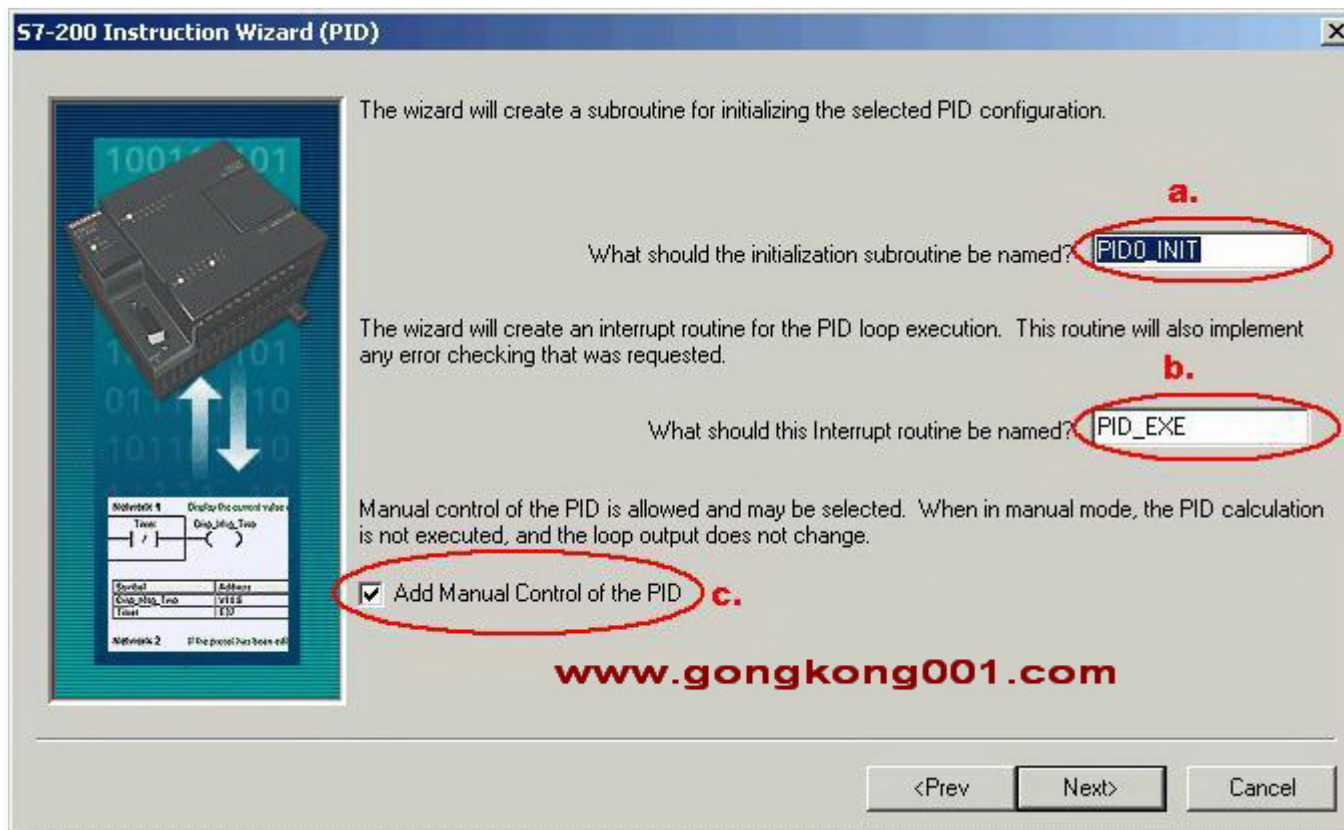


图 8. 指定子程序、中断服务程序名和选择手动控制

向导已经为初使化子程序和中断子程序定义了缺省名，你也可以修改成自己起的名字。

a. 指定 PID 初使化子程序的名字。

b. 指定 PID 中断子程序的名字

注意： 1.如果你的项目中已经存在一个 PID 配置，则中断程序名为只读，不可更改。因为一个项目中所有 PID 共用一个中断程序,它的名字不会被任何新的 PID 所更改。

2.PID 向导中断用的是 SMB34 定时中断，在用户使用了 PID 向导后，注意在其它编程时不要再用此中断，也不要向 SMB34 中写入新的数值，否则 PID 将停止工作。

c.此处可以选择添加 PID 手动控制模式。在 PID 手动控制模式下，回路输出由手动输出设定控制，此时需要写入手动控制输出参数一个 0.0—1.0 的实数，代表输出的 0%—100%而不是直接去改变输出值。此功能提供了 PID 控制的手动和自动之间的无扰切换能力。

第七步：生成 PID 子程序、中断程序及符号表等一旦点击完成按钮，将在你的项目中生成上述 PID 子程序、中断程序及符号表等。

图 9. 生成 PID 子程序、中断程序和符号表等

第八步：配置完 PID 向导，需要在程序中调用向导生成的 PID 子程序（如下图）



www.gongkong001.com

图 10. PID 子程序

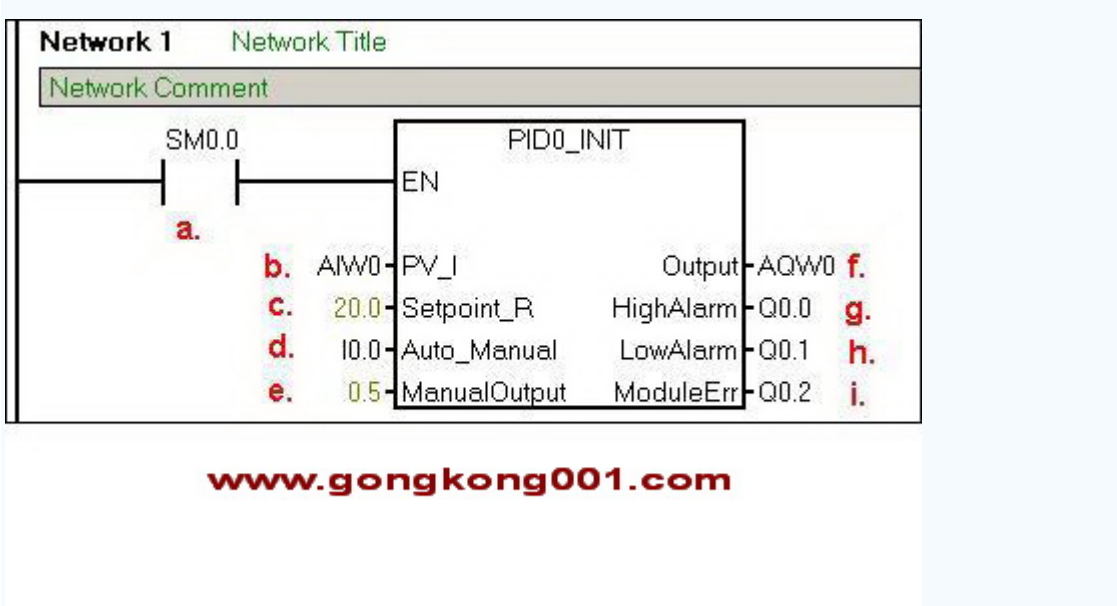


图 11. 调用 PID 子程序

- a.必须用 SM0.0 来使能 PID，以保证它的正常运行
- b.此处输入过程值（反馈）的模拟量输入地址
- c.此处输入设定值变量地址（VDxx），或者直接输入设定值常数，根据向导中的设定 0.0—100.0，此处应输入一个 0.0—100.0 的实数，例：若输入 20，即为过程值的 20%，假设过程值 AIW0 是量程为 0—200 度的温度值，则此处的设定值 20 代表 40 度（即 200 度的 20%）；如果在向导中设定给定范围为 0.0 - 200.0，则此处的 20 相当于 20 度.
- d.此处用 I0.0 控制 PID 的手/自动方式，当 I0.0 为 1 时，为自动，经过 PID 运算从 AQW0 输出；当 I0.0 为 0 时，PID 将停止计算，AQW0 输出为 ManualOutput（VD4）中的设定值，此时不要另外编程或直接给 AQW0 赋值。若在向导中没有选择 PID 手动功能，则此项不会出现
- e.定义 PID 手动状态下的输出，从 AQW0 输出一个满值范围内对应此值的输出量。此处可输入手动设定值的变量地址（VDxx），或直接输入数。数值范围为 0.0-1.0 之间的一个实数，代表输出范围的百分比。例：如输入 0.5，则设定为输出的 50%。若在向导中没有选择 PID 手动功能，则此项不会出现

f.此处键入控制量的输出地址

g.当高报警条件满足时，相应的输出置位为 1，若在向导中没有使能高报警功能，则此项将不会出现

h.当低报警条件满足时，相应的输出置位为 1，若在向导中没有使能低报警功能，则此项将不会出现

i.当模块出错时，相应的输出置位为 1，若在向导中没有使能模块错误报警功能，则此项将不会出现调用 PID 子程序时，不用考虑中断程序。子程序会自动初始化相关的定时中断处理事项，然后中断程序会自动执行。

第九步：实际运行并调试 PID 参数

没有一个 PID 项目的参数不需要修改而能直接运行，因此需要在实际运行时调试 PID 参数。查看 Data Block（数据块），以及 Symbol Table（符号表）相应的 PID 符号标签的内容，可以找到包括 PID 核心指令所用的控制回路表，包括比例系数、积分时间等等。将此表的地址复制到 Status Chart（状态表）中，可以在监控模式下在线修改 PID 参数,而不必停机再次做组态参数调试合适后，用户可以在数据块中写入，也可以再做一次向导，或者编程向相应的数据区传送参数。

西门子 S7-200 系列 PLC 的 PID 功能块的实际应用

收藏此信息 打印该信息 添加：用户发布 来源：未知

PID 参数的整定：

1、可以在软件中进行自动整定；

2、自动整定的 PID 参数可能对于系统来说不是最好的，就需要手动凭经验来进行整定。P 参数过小，达到动态平衡的时间就会太长；P 参数过大，就容易产生超调。

PID 功能块在梯形图（程序）中应当注意的问题：

1、最好采用 PID 向导生成 PID 功能块；

2、我要说一个最简单的也是最容易被人忽视的问题，那就是：PID 功能块的使能控制只能采用 SM0.0 或任何 1 个存储器的常开触点并联该存储器的常闭触点这样的永不断开的触点！

笔者在以前的一个工程调试中就遇到这样的问题：PID 功能块有时间动作正常，有时间动作不正常，而且不正常时发现 PID 功能块都没问题（PID 参数正确、使能正确），就是没有输出。最后查了好久，突然意识到可能是使能的问题——我在使能端串联了启动/停止控制的保持继电器，我把它改为 SM0.0 以后，一切正常！

同时也明白了 PID 功能块有时间动作正常，有时间动作不正常的原因：有时在灌入程序后保持继电器处于动作的状态才不会出现问题的，一旦停止了设备就会出现问题的——PID 功能块使能一旦断开，工作就不会正常！

把这个给大家说说，以免出现同样失误。

下面是 PID 控制器参数整定的一般方法：

PID 控制器的参数整定是控制系统设计的核心内容。它是根据被控过程的特性确定 PID 控制器的比例系数、积分时间和微分时间的大小。PID 控制器参数整定的方法很多，概括起来有两大类：一是理论计算整定法。它主要是依据系统的数学模型，经过理论计算确定控制器参数。这种方法所得到的计算数据未必可以直接用，还必须通过工程实际进行调整和修改。二是工程整定方法，它主要依赖工程经验，直接在控制系统的试验中进行，且方法简单、易于掌握，在工程实际中被广泛采用。PID 控制器参数的工程整定方法，主要有临界比例法、反应曲线法和衰减法。三种方法各有其特点，其共同点都是通过试验，然后按照工程经验公式对控制器参数进行整定。但无论采用哪一种方法所得到的控制器参数，都需要在实际运行中进行最后调整与完善。现在一般采用的是临界比例法。利用该方法进行 PID 控制器参数的整定步骤如下：(1) 首先预选择一个足够短的采样周期让系统工作；(2) 仅加入比例控制环节，直到系统对输入的阶跃响应出现临界振荡，记下这时的比例放大系数和临界振荡周期；(3) 在一定的控制度下通过公式计算得到 PID 控制器的参数。

PID 参数的设定：是靠经验及工艺的熟悉，参考测量值跟踪与设定值曲线，从而调整 P\I\D 的大小。

比例 I/微分 D=2，具体值可根据仪表定，再调整比例带 P，P 过头，到达稳定的时间长，P 太短，会震荡，永远也打不到设定要求。

PID 控制器参数的工程整定, 各种调节系统中 P. I. D 参数经验数据以下可参照：

温度 T： P=20~60%， T=180~600s， D=3-180s；

压力 P： P=30~70%， T=24~180s；

液位 L: $P=20\sim 80\%$, $T=60\sim 300s$;

流量 L: $P=40\sim 100\%$, $T=6\sim 60s$ 。

书上的常用口诀:

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 4 比 1;

一看二调多分析, 调节质量不会低。

经过多年的工作经验, 我个人认为 PID 参数的设置的大小, 一方面是要根据控制对象的具体情况而定; 另一方面是经验。P 是解决幅值震荡, P 大了会出现幅值震荡的幅度大, 但震荡频率小, 系统达到稳定时间长; I 是解决动作响应的速度快慢的, I 大了响应速度慢, 反之则快; D 是消除静态误差的, 一般 D 设置都比较小, 而且对系统影响比较小。对于温度控制系统 P 在 5-10%之间; I 在 180-240s 之间; D 在 30 以下。对于压力控制系统 P 在 30-60%之间; I 在 30-90s 之间; D 在 30 以下。

这里介绍一种经验法。这种方法实质上是一种试凑法，它是在生产实践中总结出来的行之有效的办法，并在现场中得到了广泛的应用。

这种方法的基本程序是先根据运行经验，确定一组调节器参数，并将系统投入闭环运行，然后人为地加入阶跃扰动（如改变调节器的给定值），观察被调量或调节器输出的阶跃响应曲线。若认为控制质量不满意，则根据各整定参数对控制过程的影响改变调节器参数。这样反复试验，直到满意为止。

经验法简单可靠，但需要有一定现场运行经验，整定时易带有主观片面性。当采用 PID 调节器时，有多个整定参数，反复试凑的次数增多，不易得到最佳整定参数。

下面以 PID 调节器为例，具体说明经验法的整定步骤：

A. 让调节器参数积分系数 $S_0=0$ ，实际微分系数 $k=0$ ，控制系统投入闭环运行，由小到大改变比例系数 S_1 ，让扰动信号作阶跃变化，观察控制过程，直到获得满意的控制过程为止。

B. 取比例系数 S_1 为当前的值乘以 0.83，由小到大增加积分系数 S_0 ，同样让扰动信号作阶跃变化，直至求得满意的控制过程。

C. 积分系数 S_0 保持不变，改变比例系数 S_1 ，观察控制过程有无改善，如有改善则继续调整，直到满意为止。否则，将原比例系数 S_1 增大一些，再调整积分系数 S_0 ，力求改善控制过程。如此反复试凑，直到找到满意的比例系数 S_1 和积分系数 S_0 为止。

D. 引入适当的实际微分系数 k 和实际微分时间 T_D ，此时可适当增大比例系数 S_1 和积分系数 S_0 。和前述步骤相同，微分时间的整定也需反复调整，直到控制过程满意为止。

PID 参数是根据控制对象的惯量来确定的。大惯量如：大烘房的温度控制，一般 P 可在 10 以上， $I=3-10$ ， $D=1$ 左右。小惯量如：一个小电机带一台水泵进

行压力闭环控制，一般只用 PI 控制。 $P=1-10$ ， $I=0.1-1$ ， $D=0$ ，这些要在现场调试时进行修正的。

PID 控制说明：

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。

比例（P）控制：比例控制是一种最简单的控制方式。其控制器的输出与输入误差信号成比例关系。当仅有比例控制时系统输出存在稳态误差。

积分（I）控制：在积分控制中，控制器的输出与输入误差信号的积分成正比关系。对一个自动控制系统，如果在进入稳态后存在稳态误差，则称这个控制系统是有稳态误差的或简称有差系统。为了消除稳态误差，在控制器中必须引入“积分项”。积分项对误差取决于时间的积分，随着时间的增加，积分项会增大。这样，即便误差很小，积分项也会随着时间的增加而加大，它推动控制器的输出增大使稳态误差进一步减小，直到等于零。因此，比例+积分 (PI) 控制器，可以使系统在进入稳态后无稳态误差。

微分（D）控制：在微分控制中，控制器的输出与输入误差信号的微分（即误差的变化率）成正比关系。自动控制系统在克服误差的调节过程中可能会出现振荡甚至失稳。其原因是由于存在有较大惯性组件（环节）或有滞后组件，具有抑制误差的作用，其变化总是落后于误差的变化。解决的办法是使抑制误差的作用的变化“超前”，即在误差接近零时，抑制误差的作用就应该是零。这就是说，

在控制器中仅引入“比例”项往往是不够的，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。所以对有较大惯性或滞后的被控对象，比例+微分(PD)控制器能改善系统在调节过程中的动态特性。