



Value & Technology

可编程序控制器 D4-454 PID 功能
使用手册

[第二版]

捷太格特电子(无锡)有限公司
JTEKT ELECTRONICS (WUXI) CO.,LTD.

D4-454 PID 功能使用手册

目录

1.1 D4-454 PID 回路的特点	1
1.1.1 主要特点	1
1.1.2 PID 回路基础	3
1.2 回路参数设定	5
1.2.1 回路控制表和回路数	5
1.2.2 PID 错误标志	5
1.2.3 回路控制表的空间大小和存储单元	6
1.2.4 控制回路参数表字定义	7
1.2.5 PID 方式设定 1 的位说明 (Addr+00)	8
1.2.6 PID 方式设定 2 的位说明 (Addr+01)	8
1.3 回路采样周期和程序流程	15
1.3.1 回路采样周期 Addr+07	15
1.3.2 选择最佳的采样周期	15
1.3.3 确定合适的采样周期 (Addr+07)	16
1.3.4 采样周期编程	16
1.3.5 PID 回路影响 CPU 扫描时间	17
1.4 过程控制成功的十个步骤	19
1.5 回路操作基础	21
1.5.1 数据存储单元	21
1.5.2 数据源	21
1.5.3 回路控制方式	22
1.5.4 如何改变回路控制方式	23
1.5.5 PID 方式的操作面板控制	24
1.5.6 PLC 方式对回路方式的影响	24
1.5.7 回路控制方式的替代	24
1.5.8 无扰动切换	25
1.6 PID 回路数据组态	26
1.6.1 回路参数数据类型	26
1.6.2 选择单极或双极类型	26
1.6.3 数据偏置量的处理	27
1.6.4 设定值 (SP) 的限制范围	27
1.6.5 设定值 (SP) 间接地址	28
1.6.6 过程变量 (PV) 的组态	28
1.6.7 控制输出组态	28
1.6.8 偏差项的组态	30
1.7 PID 算法	31
1.7.1 位置算法	31
1.7.2 速度算法	32
1.7.3 比例、积分、微分项	34
1.7.4 使用 PID 控制运算符模块	35
1.7.5 微分增益的限幅	36
1.7.6 偏移项	36

1.7.7 积分分离	37
1.8 回路调整过程	38
1.8.1 开环测试	38
1.8.2 闭环测试	39
1.8.3 串级调整回路	40
1.9 前馈控制	41
1.10 时间—比例控制	43
1.11 串级控制	45
1.11.1 简介	45
1.11.2 D4-454 CPU 中的串级回路	46
1.12 过程报警	47
1.12.1 PV 绝对值报警	48
1.12.2 PV 偏离报警	48
1.12.3 PV 变化率报警	48
1.12.4 PV 延迟报警	49
1.12.5 报警出错	49
1.13 上升/保持发生器	50
1.13.1 简介	50
1.13.2 上升/保持表	51
1.13.3 上升/保持表的标志	53
1.13.4 上升/保持发生器有效	53
1.13.5 上升/保持控制	53
1.13.6 上升/保持控制过程的监控	55
1.13.7 上升/保持编程错误	55
1.13.8 测试上升/保持控制过程	55
1.14 故障检修提示	55
1.15 参考文献目录	57
1.16 PID 回路术语汇总	57

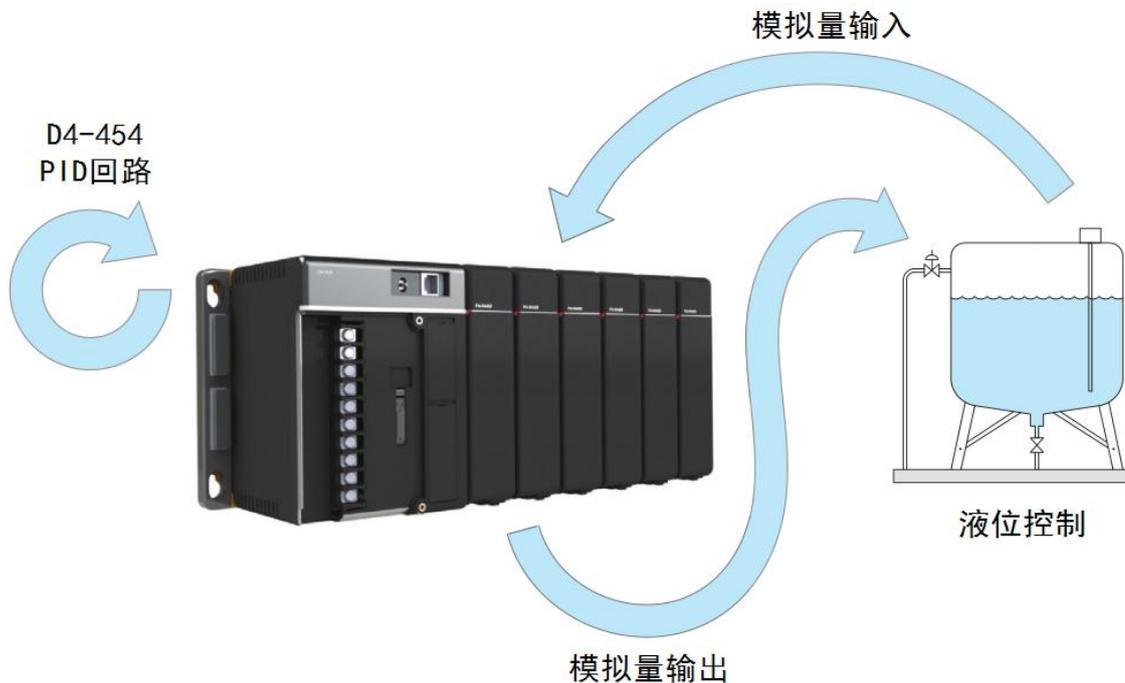
1.1 D4-454 PID 回路的特点

1.1.1 主要特点

D4-454 过程控制回路具有面向多种应用需求的优越的特点。主要特点为：

- 最多 16 个回路，采样速率可单独编程
- 输入与输出最大支持 16bit 大小的数据
- 具有手动/自动/串级功能
- 具有两种无扰动转换方式
- 丰富的报警功能
- 最大 16 段上升/保持发生器
- 自整定功能

D4-454 CPU 除了能够执行梯形图程序以外，还具备 PID 过程控制功能。你可选择组态最多 16 个 PID 回路。所有传感器和调节器的线缆都可以直接连接到 **DL405** 标准 I/O 模块上。每个回路的过程变量、增益值、报警级别等都存放在 CPU 内的回路控制变量表内。每次扫描时 **D4-454 CPU** 读过程变量值（PV）的输入。然后在每个 PLC 扫描周期内进行 PID 回路的计算，并刷新控制输出值。控制回路利用比例-积分-微分（PID）运算法则来产生控制输出。本章描述了 PID 回路是如何操作的，要组态和调整回路必须做哪些工作。



组态 **D4-454** 的 PID 回路需要的工具软件是 **KPP** 编程软件 1.6.2.6 以上的版本。CPU 固件版本需 v1.00 以上，**KPP** 利用对话框建立一个编辑器，帮助你建立符合要求的 PID 回路。完成了设定之后，你可以用 **KPP** 的 PID 监控画面调整每个回路。回路参数也可保存在磁盘上以供日后调用。

PID 回路性能	特点
回路数	最多 16 个回路
占用 CPU R 存储器	32 字 (R 存储区) / 回路, 使用上升/保持, 则 64 字。
PID 算法	位置或者速度方式的 PID 运算
控制输出极性	可选正向作用或反向作用
偏差项特性曲线	可选线性、偏差的开方、偏差的平方
回路刷新速率 (PID 的运算时间)	0.05-99.99s, 用户可选
最小回路刷新速率	1~4 回路 0.05s, 5~8 回路 0.1s, 9~16 回路 0.2s
回路方式	自动、手动 (操作员控制) 或串级控制
上升/保持发生器	每个回路最多 8 步上升/保持 (16 段), 有上升/保持步号显示
PV 曲线	选择标准线性, 或开方 (流量仪表输入)
设定值 SP 上下限	规定设定值 SP 的最小和最大值
测量值 PV 上下限	规定测量值 PV 的最小和最大值
比例增益	规定增益为 0.01-99.99
积分 (复位)	规定复位时间为 0.1-999.8, 以秒或分为单位。
微分 (比率)	规定微分时间为 0.01-99.99s
速率限制	规定微分增益限制为 1-20
无扰动切换 I	当控制开关从手动切换到自动时, 自动初始化偏差值和设定值
无扰动切换 II	当控制开关从手动切换到自动时, 自动设置偏差为控制输出
阶跃偏移	设定值变化过大时, 提供比例调整
防止超调	对于位置式 PID, 当控制输出达到 0% 或 100% 时 (当输出消除饱和时, 加速了回路的恢复), 它抑制了积分作用。
偏差死区	规定偏差项 (SP-PV) 的最大允许公差 (+/-), 使超出范围的偏差不再控制输出值。

报警特性	特点
PV 报警滞后	设定值 1~200 (字/二进制), 不影响所有警报, 如: PV 变化率报警
PV 报警值	选择低-低, 低, 高和高-高的 PV 报警设定值
PV 偏离	规定 PV 值偏离设定值的两个报警范围
变化率	当 PV 超过了规定的变化率上下限时进行检测

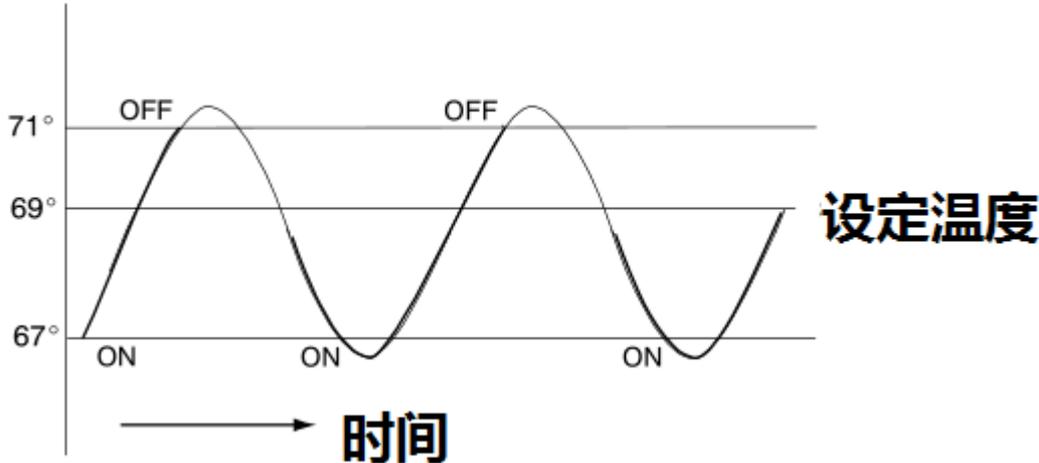
1.1.2 PID 回路基础

PID 控制的意义，在工业控制过程中我们经常会碰到一些可以利用一个模拟量输入和一个开关量输出的简单组合来对生产过程进行控制的案例。在此种情况下一般来说有两种控制方法可供我们选择：

1. ON-OFF 控制，ON-OFF 控制属于开环控制的一种。
2. PID 控制，PID 控制属于闭环控制的一种。

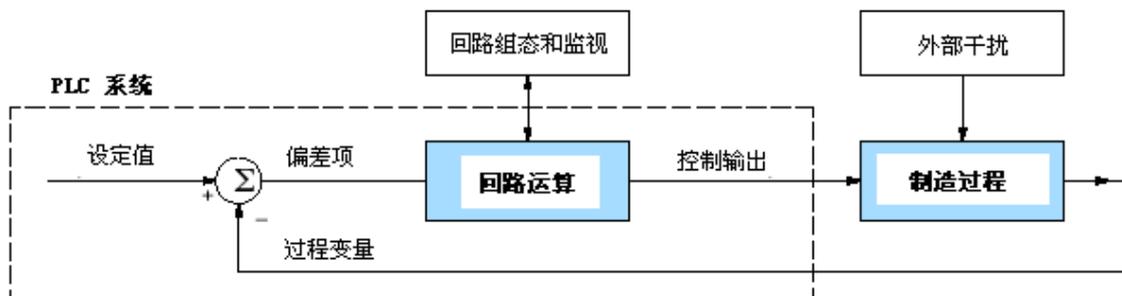
下面举一个简单的案例来对这两种控制进行说明：现假设有这样一个生产设备，其要求在一个液态容器中液体需要长时间保持一定的温度，并且实际温度与目标温度的偏差不得大于 5%，假设目标温度为 67 摄氏度，加热方法是利用电热丝加热，实际温度通过温度传感器返回给 PLC，电热丝通过 PLC 的一个开关量输出来控制。

由于大容积液体的加热和冷却都会有滞后特性（加热和冷却都需要一定的时间过程），所以如果使用 ON-OFF 控制方法，我们很难将实际温度稳定的控制到目标温度上，比如：设定实际温度高于 67 摄氏度就关闭电热丝，实际温度低于 67 摄氏度就开启电热丝这样做的话，根据其滞后特性，最后的控制结果将会如下图所示：



实际温度曲线会在目标温度附近不停的上下波动，这样的控制曲线很有可能并不符合生产上的要求，这种时候我们就可以考虑利用 PID 控制来解决这个问题。

PID 控制回路的关键部分如下面的方块图所示。从 PLC 到制造过程再回到 PLC 的这条路径，就是“闭环回路控制”。



制造过程—对原料施加一系列的作用，此过程可能包括材料的物理变化和/或化学变化。这种变化会使材料更利于其特定的用途，并最终有利于其成品的完成。

过程变量—原材料的一些物理特性的测量。用某些种类的传感器进行测量。例如，如果加工过程要用一个加热炉，要控制的就是温度。温度就是一个过程变量。

设定值—即理论上的理想的过程变量值，或能够生产出最佳产品的理想值。设备操作者知道这个值，并可以手工设置它或把它输入 PLC 程序以供以后自动运行使用。

外部干扰—控制系统试图消除无法预料的信号源所造成的偏差。例如，如果燃料的输入值是恒定的，那么加热炉在天热时要比在天冷时更热。加热炉控制系统必须抵销这种影响，在任何季节里都维持一个恒定的炉温。因此，天气（无法预料的）是此过程的干扰源之一。

偏差项—过程变量与设定值之间的代数差值。这是控制回路偏差值，当过程变量等于设定值（理想）值时，它等于零。一个运行良好的控制回路能够使偏差幅度较小。

回路计算—对偏差项的数学算法的实时应用，产生一个合适的控制输出命令，使偏差量最小化。可使用各种控制算法，D4-454 使用比例-积分-微分（PID）算法。

控制输出—回路计算的结果，是过程控制的输出（例如加热炉中的加热器刻度）。

回路组态—设置并优化控制回路执行的初始化操作。回路计算功能使用组态参数实时调整增益、偏移量等等。

回路监控—此功能可让操作者观察控制回路的方式和执行情况。它与回路组态一起使用，优化回路的执行结果（使偏差项最小）。

设：

T_s =采样率

K_c =比例增益

$K_i = K_c * (T_s / T_i)$ =系数积分项

$K_r = K_c * (T_d / T_s)$ =导数项系数

T_i =重置或积分时间

T_d =衍生时间或速率

SP =设定值

PV_n =过程变量 n

$e_n = SP - PV_n = n$ 采样差

M_o =初始化输出

则： M_n =控制输出

$$M_n = K_c * e_n + K_i \sum_{i=1}^n e_i + K_r (e_n - e_{n-1}) + M_o$$

从第二次采样开始则：

$$M_n = K_c * e_n + K_i \sum_{i=1}^n e_i + K_r (PV_n - PV_{n-1}) + M_o$$

当开发一个过程控制回路时，使回路的每个元件与其物理元件相结合是很重要的。下面提供的例子中，制造过程包括反应器中一定量的液体，探头可以测量过程变量的压力、温度或其它参数。传感器信号通过一个变送器被放大，并以模拟量的方式通过连接线路传送到 PLC 的输入模块。

PLC 从模拟量输入模块上读取 **PV 值**，CPU 进行回路计算，将计算得出的输出值传输给模拟量输出模块。控制输出信号可以是模拟量或数字量（on/off），可由回路设置。输出信号传送到制造过程前经变送器放大，使反应器中的液体进行物理或化学变化，变送器将信号送给加热器、阀、泵等。过了一段时间，液体发生了变化，传感器探头可以测量到其变化。过程也相应地产生了变化。接着就进行回路计算，回路以这种方式连续工作。

1.2 回路参数设定

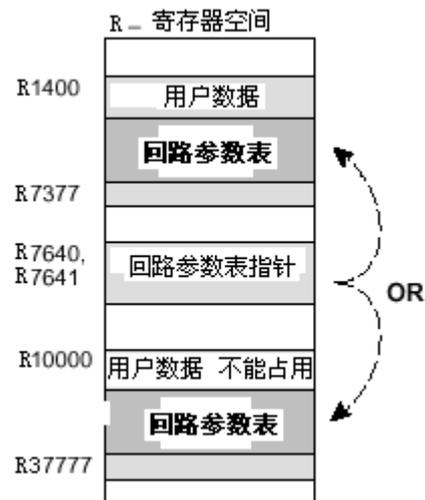
1.2.1 回路控制表和回路数

D4-454 PLC 只能从 R-存储器中的参数表获得其 PID 回路过程指令。对于 DirectLogic PLC 来说，梯形图中的并没有“PID 指令”这个种类。但是，CPU 可以从指定的 R 寄存器地址中读到参数设置。如下表所示，必须在 R7640 中设置一个地址值指向主控制回路参数表。然后需要用编程方式把想要 CPU 计算运行的回路数设置到 R7641 中。当 R7640 或 R7641 数据不正确时，R7642 中的错误标志将被置位。

地址	参数设置	数据类型	范围	读/写
R7640	回路参数表指针	八进制	R1400-R7340, R10000-R17740	写
R7641	回路数	BCD	0-16	写
R7642	回路错误标志	二进制	0 或 1	读

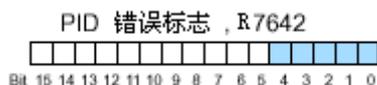
如果回路数是“0”，在梯形图程序扫描时，PID 回路控制器将被关闭。PID 回路控制器从 1 开始，按升序排列使用回路号。例如：你不能跳过回路 2、3 直接去使用回路 1 和 4。回路控制器控制 R7641 中规定的回路数。

回路参数表可能占用用户数据空间（R1400-R7340）的低位，或用户数据空间（R10000-R37777）的高位的存储器区，如右图所示。在存储器中保证选择可供你使用的有效空间。R7641 中的值会告诉 CPU 控制回路参数表有多大（每个回路有 32 个地址）。KPP PID Setup 对话框为你提供了设定这些参数的一种方法。也可以使用梯形图指令例如 LDA 或 LD，和 OUT 指令。但是，这些地址是停电保持参数的一部分，所以不需要把它们从 RLL 中写进来。



1.2.2 PID 错误标志

在 R7640 和 R7641 中 CPU 会报告设定参数的任何错误。这是通过 CPU 工作方式从编程到运行转换时，在 R7642 中设置相应的位来实现的。



如果你使用 KPP 回路设置对话框，它的范围自动检查功能会防止可能出现的设置错误。但是，设置参数可以用其它方法被写入，例如通过梯形图。所以在这种情况下，错误标志寄存器是十分有用的。

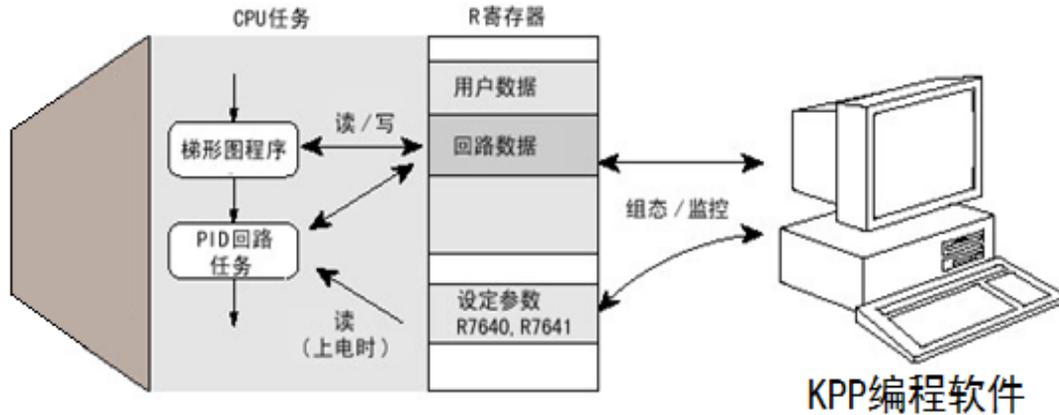
下表列出了 R7642 中可能记录的错误。

位	错误说明 (0=无错误, 1=错误)
0	起始地址 (R7640 中) 超出 R-寄存器低位范围。
1	起始地址 (R7640 中) 超出 R-寄存器高位范围。
2	选择的回路数 (R7641 中) 大于 16。
3	控制回路参数表超过了 R7377 的界限。请使用靠近 R1400 的地址。
4	控制回路参数表超过了 R37777 的界限。请使用靠近 R10000 的地址。

参数检查过程：如果 CPU 处于 Run 方式，并且 R7642=0000，就说明没有参数错误发生。

1.2.3 回路控制表的空间大小和存储单元

当程序转换到运行方式时，CPU 读出回路设置参数，如下图所示。此时，CPU 就知道了控制回路参数表的存储单元和它设置的回路数。然后，在程序扫描期间，PID 回路利用回路数据执行计算，产生报警等等。在每次回路计算时 CPU 将读出或写入一些回路控制表的参数。



回路参数表包括了你在 R7641 中选择的那些回路的数据。每个回路配置在控制回路参数表中占用 32 字（八进制 0-37）。例如，假设你使用了 6 个回路，并且你选择了 R2000 作为起始地址。那么，回路 1 的回路参数表将占用 R2000-R2037，回路 2 将占 R2040-R2077，……回路 6 占用 R2240-R2277。

R 寄存器	
	用户数据
R2000	LOOP #1 32 words
R2037	
R2040	LOOP #2 32 words
R2077	
	LOOP #3 32 words
	LOOP #N 32 words

注意: 已被 PID 回路参数占用的 R 地址请不要再做它用。

使用 KPP 的 PID 设置菜单是最简单的设置 PID 参数的方法。D4-454 上电并连接到编程计算机。当 PLC 处于编程模式时可进行 PID 参数设置。在 KPP 中打开 PID 设置，在 PID 表地址对话框中键入起始地址。在下面的图中看到：输入地址后将会显示 PID 回路数（1 到 16）将占用的总 R 寄存器范围。起始 R 地址设置完成后，每个回路的基本参数都可以在设置窗口内进行设置。



1.2.4 控制回路参数表字定义

下表列出了有关每个回路的参数。地址偏移量是八进制的，有助于你在控制回路参数表中设置特殊参数。例如，如果一个表从 R2000 开始，那么复位（整数）项的地址为 Addr+11，即 R2011。注意不要用 word 号（第一列中）来计算地址。

Word 号	地址+偏移量	说明	类型	实时更新
1	Addr+0	PID 回路方式设置 1	位	是
2	Addr+1	PID 回路方式设置 2	位	是
3	Addr+2	设定值 (SP)	字/二进制	是
4	Addr+3	过程变量 (PV)	字/二进制	是
5	Addr+4	偏差(积分)	字/二进制	是
6	Addr+5	控制输出值	字/二进制	是
7	Addr+6	回路方式和报警方式	位	—
8	Addr+7	采样周期设定值	字/BCD	是
9	Addr+10	增益(比例)设定值	字/BCD	是
10	Addr+11	复位(积分)时间设定值	字/BCD	是
11	Addr+12	频率(微分)时间设定值	字/BCD	是
12	Addr+13	PV 值, 低-低报警	字/二进制	否*
13	Addr+14	PV 值, 低报警	字/二进制	否*
14	Addr+15	PV 值, 高报警	字/二进制	否*
15	Addr+16	PV 值, 高-高报警	字/二进制	否*
16	Addr+17	PV 值, 偏差报警(黄)	字/二进制	否*
17	Addr+20	PV 值, 偏差报警(红)	字/二进制	否*
18	Addr+21	PV 值变化率溢出报警	字/二进制	否*
19	Addr+22	PV 值报警滞后设定值	字/二进制	否*
20	Addr+23	PV 值偏差死区设定值	字/二进制	是
21	Addr+24	PV 低通滤波常数	—	—
22	Addr+25	回路微分增益限定默认值	字/BCD	否*
23	Addr+26	SP 值下限值设定	字/二进制	是
24	Addr+27	SP 值上限值设定	字/二进制	是
25	Addr+30	控制输出值下限值设定	字/二进制	否*
26	Addr+31	控制输出值上限值设定	字/二进制	否*
27	Addr+32	远程 SP 值 R 寄存器地址指针	字/十六进制	是
28	Addr+33	上升/保持 设定标志	位	是
29	Addr+34	上升/保持编程表起始地址	字/十六进制	否*
30	Addr+35	上升/保持编程表错误标志	位	否*
31	Addr+36	PV 自动传送功能对应通道号	字/十六进制	是
32	Addr+37	控制输出自动传送功能对应通道号	字/十六进制	是

*仅当报警状态位由 0→1 时才读数据。

*仅当 PLC 模式改变时，才读数据。

*实时更新：可在 PID 回路运行中随时更新数据。

1.2.5 PID 方式设定 1 的位说明 (Addr+00)

下表列出了 PID 方式设定 1 (Addr+00) 代码的单个位的定义情况。有关其它使用情况可从本章后面的段落中得到。

位	PID 方式设定 1 的说明	读/写	位=0	位=1
0	手动方式回路操作请求	写	—	0→1 请求
1	自动方式回路操作请求	写	—	0→1 请求
2	串级方式回路操作请求	写	—	0→1 请求
3	无扰动切换选择	写	方式 I	方式 II
4	正作用或反作用回路选择	写	直接	反作用
5	位置/速度算法选择	写	位置	速度
6	PV 线性/开方选择	写	直线	平方根
7	偏差项线性/平方选择	写	直线	平方
8	偏差死区	写	禁止	允许
9	微分增益限制选择	写	Off	On
10	偏置(积分器)冻结选择	写	Off	On
11	上升/保持操作选择	写	Off	On
12	PV 报警监控选择	写	Off	On
13	PV 偏差报警选择	写	Off	On
14	PV 变化率报警选择	写	Off	On
15	PID 模式与 CPU 模式的关联	写	无关 (独立运行)	关联

1.2.6 PID 方式设定 2 的位说明 (Addr+01)

下表列出了 PID 方式设定 2 (Addr+01) 代码的单个位的定义情况。有关使用的其它情况可从本章后面的段落中得到。

位	PID 方式设定 2 的说明	读/写	位=0	位=1
0	PV 输入单极/双极选择	写	单极	双极
1	回路数据类型选择	写	12 位	15 位
2	模拟量输入滤波	写	OFF	ON
3	SP 输入限幅	写	禁止	允许
4	积分增益(复位)单位选择	写	秒	分
5	选择自整定 PID 算法	写	闭环	开环
6	自整定选项	写	PID	PI
7	自整定开始	读/写	自整定取消	强制启动
8	PID 时钟扫描(内部用)	读	—	—
9	输入/输出数据 16bit 选择	写	非 16 位	16 位
10	输出数据的格式与输出数据一致性	写	相同格式	不同格式
11	控制输出数据范围的单极/双极选择	写	单级	双极
12	控制输出数据格式选择	写	12 位	15 位
13	输出数据 16bit 选择	写	非 16 位	16 位
14-15	预留	—	—	—

1.2.7 方式/报警监控字 (Addr+06)

下表列出了方式/报警监控 (Addr+06) 字的单个位的定义情况。有关使用的其它情况可从本章后面的段落中得到。更详细的说明在 PID 方式段落和报警段落中。

位	方式/报警位说明	读/写	位=0	位=1
0	手动方式指示	读	—	手动
1	自动方式指示	读	—	自动
2	串级方式指示	读	—	串级
3	PV 输入低-低报警	读	Off	0n
4	PV 输入低报警	读	Off	0n
5	PV 输入高报警	读	Off	0n
6	PV 输入高-高报警	读	Off	0n
7	PV 输入黄色偏差报警	读	Off	0n
8	PV 输入红色偏差报警	读	Off	0n
9	PV 输入变化率报警	读	Off	0n
10	报警值编程错误	读	—	错误
11	回路计算上溢/下溢	读	—	错误
12	自整定标记	读	Off	0n
13	自整定报错	读	—	错误
14-15	预留	—	—	—

1.2.8 上升/保持表标志 (Addr+33)

下表列出了上升/保持 (Addr+33) 代码的单个位的定义情况。更详细的说明在上升/保持工作段落中。

位	上升/保持标志位说明	读/写	位=0	位=1
0	启动上升/保持曲线	写	—	0→1 起动
1	保持上升/保持曲线	写	—	0→1 保持
2	恢复上升/保持曲线	写	—	0→1 恢复
3	渐进上升/保持曲线	写	—	0→1 渐进
4	上升/保持曲线完成	读	—	结束
5	PV 输入上升/保持偏差	读	Off	0n
6	维持上升/保持曲线	读	Off	0n
7	备用	读	—	—
8-15	上升/保持曲线的当前步	读	按字节译码(十六进制)	

8-15 位必须按字节读出，它表明了上升/保持发生器发生曲线的当前段号。该字节的值可以是 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F 和 10，分别代表了段 1-16。如果字节=0，那么上升/保持表不工作。

1.2.9 上升/保持表地址 (Addr+34)

所组态的每个回路都有专用于该回路的内置式上升/保持发生器。此特性产生 SP 值来进行控制。为了使用上升/保持特性，必须使用合适的值编制一个单独的 32 字表程序。*KPP* 对话框很容易做到这一点。在控制回路参数表中，上升/保持表指针 **Addr+34** 必须指向该回路的上升/保持数据的开头。它可能在用户存储器的某个地方，不必紧连着回路参数表，如左图所示。不管设置的段数如何，每个 R/S 表需要 32 字。

上升/保持表参数按下表定义。详细说明见此章中上升/保持段落。

R- 寄存器空间		地址 偏移量	级	说明	地址 偏移量	级	说明
	用户数据	+00	1	上升结束 SP 值	+20	9	上升结束 SP 值
R2000	LOOP #1 32 字	+01	1	上升斜率	+21	9	上升斜率
R2037	LOOP #2 32 字	+02	2	保持持续时间	+22	10	保持持续时间
		+03	2	保持 PV 偏差	+23	10	保持 PV 偏差
		+04	3	上升结束 SP 值	+24	11	上升结束 SP 值
		+05	3	上升斜率	+25	11	上升斜率
		+06	4	保持持续时间	+26	12	保持持续时间
R3000	采样/保持 #1 32 字	+07	4	保持 PV 偏差	+27	12	保持 PV 偏差
		+10	5	上升结束 SP 值	+30	13	上升结束 SP 值
		+11	5	上升斜率	+31	13	上升斜率
		+12	6	保持持续时间	+32	14	保持持续时间
		+13	6	保持 PV 偏差	+33	14	保持 PV 偏差
		+14	7	上升结束 SP 值	+34	15	上升结束 SP 值
		+15	7	上升斜率	+35	15	上升斜率
		+16	8	保持持续时间	+36	16	保持持续时间
		+17	8	保持 PV 偏差	+37	16	保持 PV 偏差

R 2034 = 3000 八进制
指向采样/保持表的指针

1.2.10 上升/保持 表编程错误标志 (Addr+35)

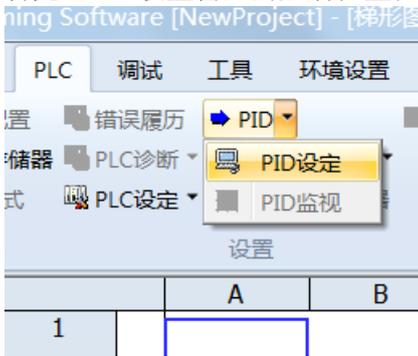
下表列出了上升/保持编程错误标志字 (Addr+35) 的单个位的定义。在 PID 回路方式段落及这一章后面的 PV 报警段落中将给出详细说明。

位	R/S 错误标志位说明	读/写	位=0	位=1
0	起始地址 R 寄存器范围低限溢出	读	—	错误
1	起始地址 R 寄存器范围高限溢出	读	—	错误
2-3	留作将来使用	—	—	—
4	起始地址在 R 寄存器系统参数范围内	读	—	错误
5-15	留作将来使用	—	—	—

1.2.11 KPP 的 PID 设置菜单

除了利用梯形图编程来进行参数设置之外，我们也可以利用 KPP 软件自带的 PID 设置窗口来对 PID 参数进行设置：

首先，PID 设置窗口的启动位置在：



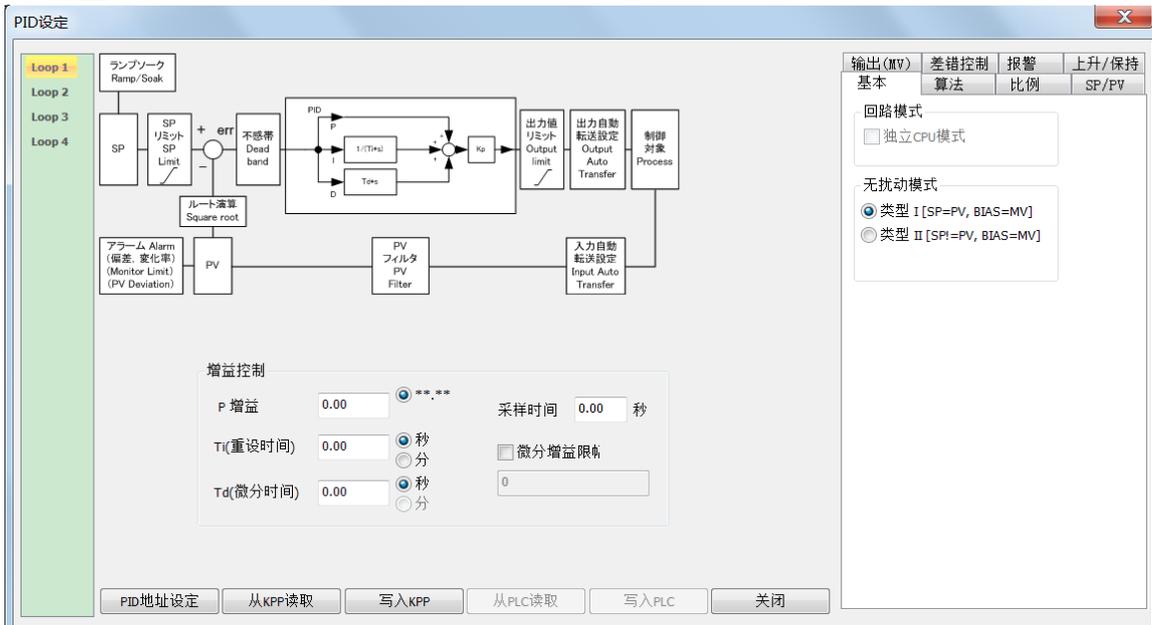
第一步：首先进行参数区起始位置和 PID 回路数量的设定。



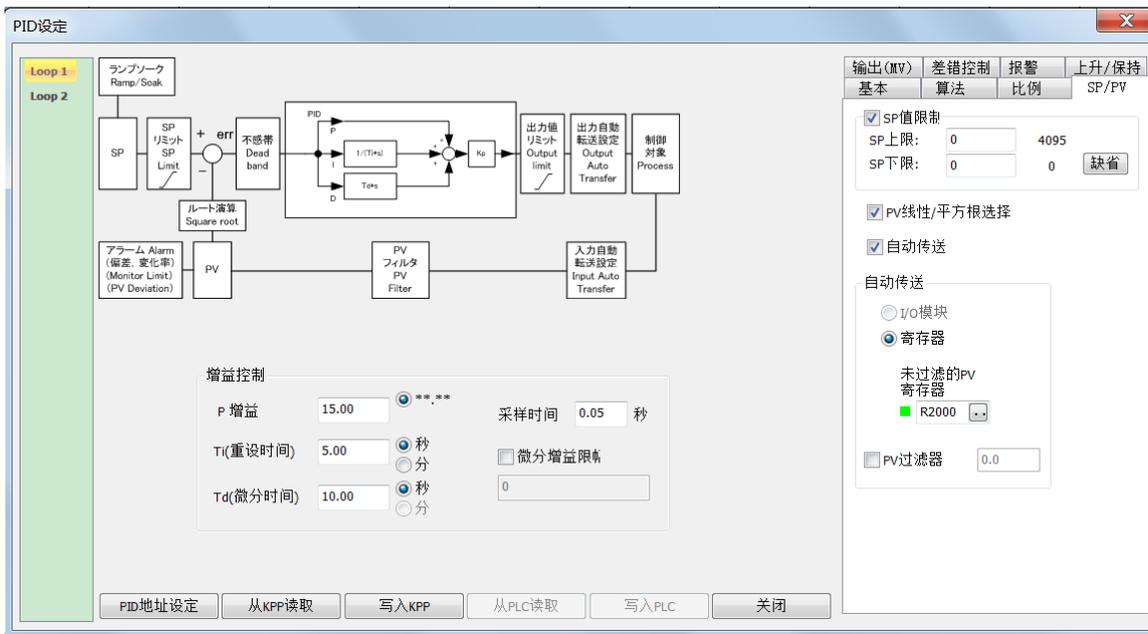
图示：设 R2000 为 PID 参数区起始地址，PID 回路数量为 4 个，点击“写入完成”完成第一步设定。

第二步：进行 PID 参数的详细设定（具体参数含义请参照本文其它部分）

1. 配置：

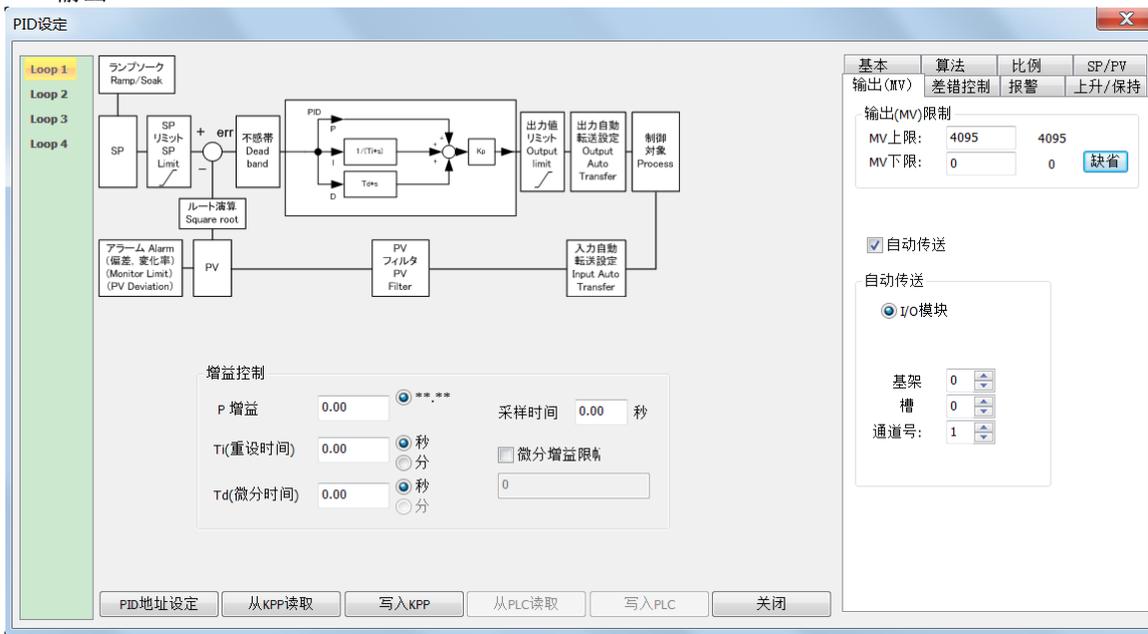


2. SP/PV（设定值与过程值）



注：自动传送功能可实现自动读取指定的模拟量模块输入通道或者 R 寄存器的数据作为 PV 值进行自动链接组态。PV 过滤器则是 PV 值变化率平滑功能，可设定数值范围为 0.0（无效）至 1.0（效果最大）之间

3. 输出



注：自动传送功能可实现将 PID 输出值直接送入指定的模拟量模块输出通道。PV 过滤器则是 PV 值变化率平滑功能，可设定数值范围为 0.0（无效）至 1.0（效果最大）之间

4. 整定（比例，积分，微分参数）

PID 设定

Loop 1: ランプソーク Ramp/Soak

Loop 2: SP リミット SP Limit, 不感帯 Dead band, ルート演算 Square root, アラーム Alarm (偏差, 変化率) (Monitor Limit) (PV Deviation), PV フィルタ PV Filter, 出力値リミット Output limit, 出力自動転送設定 Output Auto Transfer, 制御対象 Process

PID

増益制御

P 増益: 15.00 ***.*** 采样时间: 0.05 秒

Ti(重设时间): 5.00 秒 微分増益限幅

Td(微分时间): 10.00 秒 分

0

基本 | 算法 | 比例 | SP/PV
 输出(MV) | 差错控制 | 报警 | 上升/保持

误差

平方误差

误差死区
死区大小: 0

偏差冻结

PID地址设定 | 从KPP读取 | 写入KPP | 从PLC读取 | 写入PLC | 关闭

5. 报警

PID 设定

Loop 1: ランプソーク Ramp/Soak

Loop 2: SP リミット SP Limit, 不感帯 Dead band, ルート演算 Square root, アラーム Alarm (偏差, 変化率) (Monitor Limit) (PV Deviation), PV フィルタ PV Filter, 出力値リミット Output limit, 出力自動転送設定 Output Auto Transfer, 制御対象 Process

PID

増益制御

P 増益: 15.00 ***.*** 采样时间: 0.05 秒

Ti(重设时间): 5.00 秒 微分増益限幅

Td(微分时间): 10.00 秒 分

0

基本 | 算法 | 比例 | SP/PV
 输出(MV) | 差错控制 | 报警 | 上升/保持

PV 値报警

高-高: 20

高: 15

低: 10

低-低: 5

PV 偏差报警

红: 20

黄: 10

PV 値变化率报警 2

报警滞后

值: 1

PID地址设定 | 从KPP读取 | 写入KPP | 从PLC读取 | 写入PLC | 关闭

6. R/S 上升保持功能

PID 设置

基本 | 算法 | 比例 | SP/PV
 输出(MV) | 差错控制 | 报警 | 上升/保持
 位置: R4500 - R4537 有效

步 | 上升 | 保持

步	SP	斜率	时间(分)	偏差
1 & 2	10	1.00	5.0	0
3 & 4	15	0.50	5.0	0
5 & 6	20	2.00	7.0	0
7 & 8	0	0.00	0.0	0
9 & 10	0	0.00	0.0	0
11 & 12	0	0.00	0.0	0
13 & 14	0	0.00	0.0	0
15 & 16	0	0.00	0.0	0

增益控制
 P 增益: 15.00 ***
 Ti(重设时间): 5.00 秒
 Td(微分时间): 10.00 秒
 采样时间: 0.05 秒
 微分增益限制: 0

按钮: PID地址设定 | 从KPP读取 | 写入KPP | 从PLC读取 | 写入PLC | 关闭

注：使用此功能必须先指定表格位置（上升保持参数存储区起始地址）

1.3 回路采样周期和程序流程

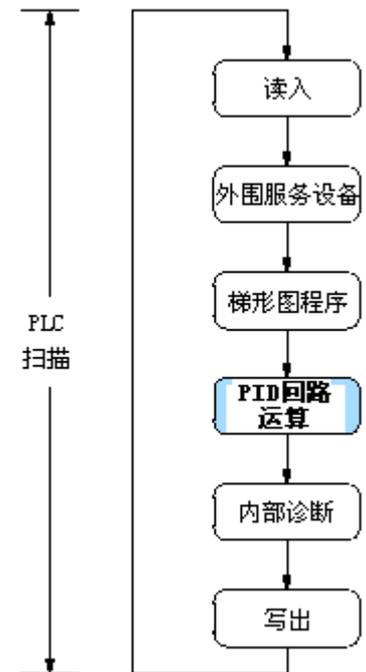
1.3.1 回路采样周期 Addr+07

CPU 的主要任务可分成如右图所示的几类。此图表示当 CPU 处于运行方式下，每次 PLC 扫描时所完成的工作。注意在梯形图程序工作之后进行 PID 回路运算。从用户的角度来看，当不在梯形图方式时可调整回路。

一个控制回路的**采样周期**仅仅是 PID 运算频率。每次运算都产生一个新的控制输出值。对于 D4-454 CPU，可以把一个回路的采样周期设定为 50ms-99.99s。因此大多数回路不需要在每次 PLC 扫描时都进行 PID 运算。事实上，一些回路可能在每 1000 次扫描后才需运算一下。你可以选择每个回路理想的采样周期，CPU 会在合适的扫描周期上自动安排和执行 PID 运算。

最大回路数	最快采样速率
1~4 回路	50~99ms
1~8 回路	100~199ms
1~16 回路	200ms 以上

D4-454 CPU 允许在采样速率和最大回路数之间进行选择，如右图所示，如果要限制回路的最快采样速率小于 100ms，则要限制在 4 个回路以下，若 $100\text{ms} \leq \text{采样速率} < 200\text{ms}$ ，则要限制在 8 个回路以下，若采样速率在 200ms 以上，则允许选择 16 个回路。



1.3.2 选择最佳的采样周期

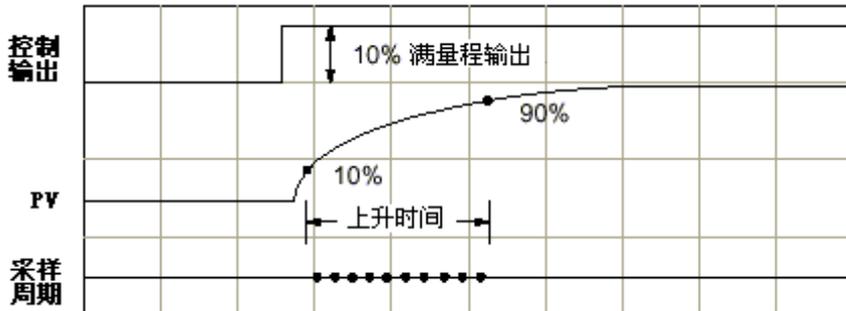
对于任一特定的控制回路，不会存在一种固定的最佳采样周期。一个适合的采样周期一定是能同时满足各种要求的一个折衷值：

- 理想的采样周期与控制输出中每一次的变化以及 PV 值的响应时间成正比。通常，处理的东西多，采样周期就慢，处理的东西少，采样周期就快。
- 较快的采样周期会提供比较平滑的控制输出和精确的 PV 特性，但需要更多的 CPU 处理时间。采样周期比浪费在必要的 CPU 处理服务上的时间更快。
- 较慢的采样周期提供了粗略的控制输出和不太精确的 PV 特性，但使用的 CPU 处理时间更少一些。
- 采样周期过慢将导致系统不稳定，尤其是当设定值发生改变或发生干扰时。

首先，为回路确定一个采样周期，它应足够快，以避免不稳定的控制（这是尤为重要的）。按下页的步骤找出一个起始采样周期。

1.3.3 确定合适的采样周期 (Addr+07)

1. 如果回路还没有作组态，将回路切换到开环。如果已经对回路进行了组态，并且回路在 手动方式，将 CPU 切换到运行方式。手动设定控制输出值，使 PV 稳定在安全的范围内。
2. 当过程量有可忽略的干扰时，选择一个时间，然后对控制值施加一个 10%的阶跃变化。
3. 记录下 PV 的上升或下降时间（10%–90%两点之间的时间）。
4. 把记下的上升或下降时间除以 10，就可以作为开始调整回路的初始采样周期。

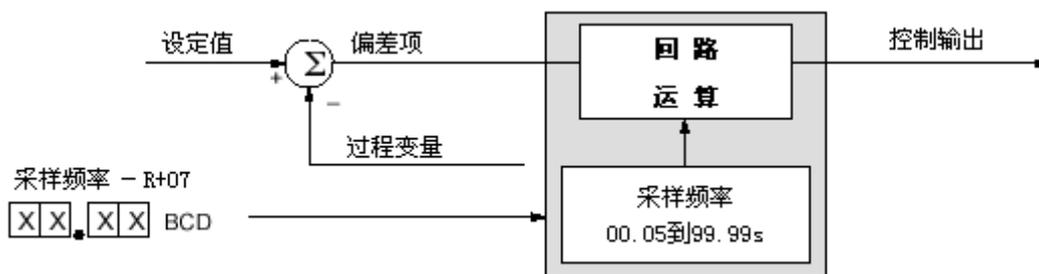


上图中，假设测量到的 PV 的上升时间响应值是 25s。根据此测量值，假设采样周期为 2.5s。按图所示，在整个上升时间周期内，采样周期时间线显示了十个采样点。这里把 PID 运算频率显示为 PV 变化值。当然，采样周期和 PID 运算在工作时是连续的。

注意：采样周期过快将减少 PV 变化率报警的分辨能力，因为报警值是根据每个采样周期中 PV 的变化而确定的。例如，采样周期为 50ms 表示我们可以检测到的 PV 变化率报警是 20 个 PV 值（最少有效点数）/秒或最少 1200 个有效点数/分。

1.3.4 采样周期编程

每个回路的回路参数表都有一个采样周期的数据地址。参见下图，地址 R+07 包含一个 00.05–99.99（带一个隐含的十进制小数点）的 BCD 码。它代表 50 ms–99.99s。该数值可以用 *KPP* 的 PID 设置画面，或其它写入 R 寄存器方法来设置。在回路正确工作之前，必须用编程方法设置它。



1.3.5 PID 回路影响 CPU 扫描时间

因为 PID 回路的运算是 CPU 扫描任务的一部分，所以使用 PID 回路将增加平均扫描时间。扫描时间的增加与使用的回路数和每个回路的采样周期成正比。

单个回路的执行时间取决于选项数量，例如，报警，偏差平方等。右图给出了你想要的时间范围。

PID运算时间	
最小	150 μS
标准	250 μS
最大	350 μS

为了计算扫描时间的增加值，我们还必须知道（或估算）梯形图（无回路时）的扫描时间。当在每种情况下都使用相同的 PID 回路运算时，快速扫描时间增加的百分比将比慢速扫描时间更小。平均扫描时间的计算公式是：

$$\text{带PID回路的平均扫描时间} = \left[\frac{\text{无PID回路的扫描时间}}{\text{回路采样频率}} \times \text{PID运算时间} \right] + \text{无PID回路的扫描时间}$$

例如，假定没有回路运算时的预计扫描时间是 50ms，回路采样时间是 3s。现在，计算新的扫描时间：

$$\text{带PID回路的平均扫描时间} = \left[\frac{50 \text{ ms}}{3 \text{ sec.}} \times 250 \mu\text{s} \right] + 50 \text{ ms} = 50.004 \text{ ms}$$

根据计算表明，增加一个慢速采样周期回路时，对扫描时间的影响很小。下面，使用上面的等式，说明增加了几个回路后的影响：

$$\text{带PID回路的平均扫描时间} = \left[\sum_{n=1}^{n=L} \frac{\text{无PID回路的扫描时间}}{\text{第n个回路的扫描时间}} \times \text{PID运算时间} \right] + \text{无PID回路的扫描时间}$$

在上面的新公式中，你可以计算出从 1-L（最后一个回路）每个回路的求和项（在括号内），最后再加上最右边一项“无 PID 回路时的扫描时间”。假定有一台 D4-454 PLC 控制四个回路。下表表示了每个回路的数据和求和项值。

回路数	描述	采样频率	累加项
1	进气阀蒸汽流量	0.25 sec	50 μs
2	水槽温度	30 sec	0.42 μs
3	主罐染料液位	10 sec	1.25 μs
4	高压釜蒸汽压力	1.5 sec	8.3 μs

现在把求和项加起来，再加上最初的扫描时间值，我们得到以下结果：

$$\text{带PID回路的平均扫描时间} = \left[50 \mu\text{s} + 0.42 \mu\text{s} + 1.25 \mu\text{s} + 8.3 \mu\text{s} \right] + 50 \text{ ms} = 50.06 \text{ ms}$$

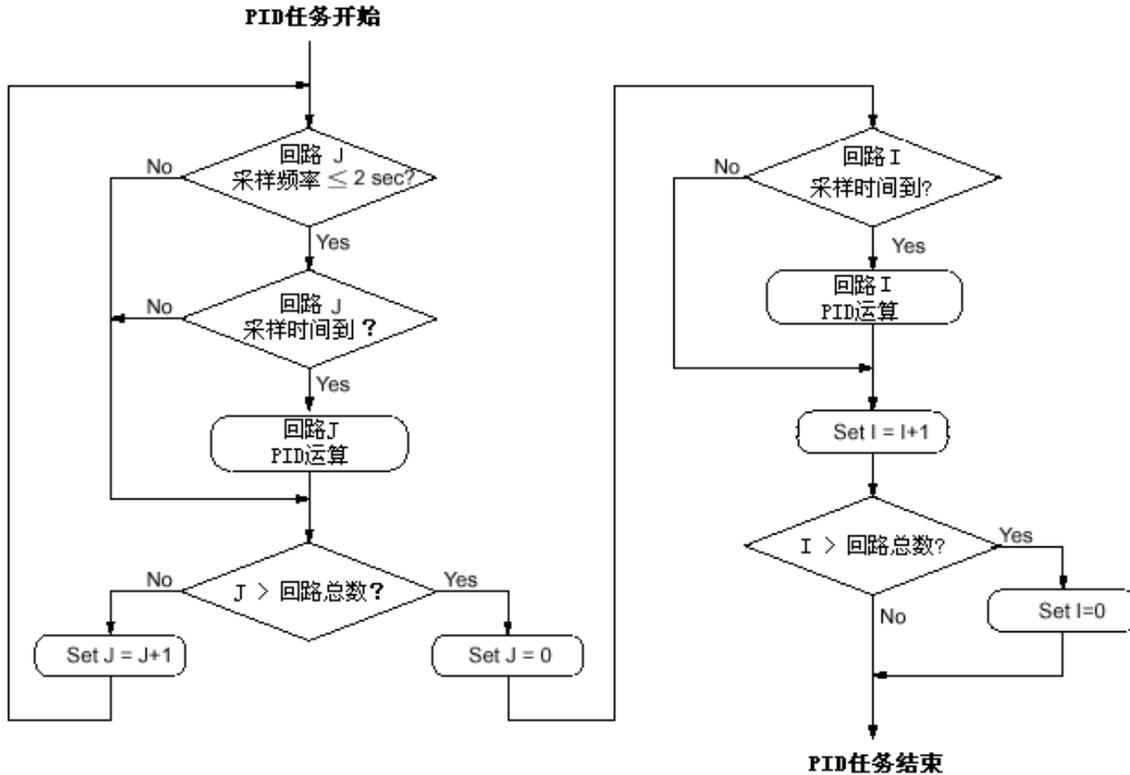
D4-454 CPU 仅在回路的特殊扫描时才进行 PID 运算。内部的回路程序的应用遵循下列规则：

- 采样周期 $\leq 2s$ 时，与多个回路都需要维持每个回路的采样周期一样处理。用快速采样周期来定义回路会增加 PLC 的扫描时间，因此，如果需要的话，请仅使用这种性能。
- 采样周期 $>2s$ 时，以一个回路或较少回路的扫描速率进行处理，最小速率需要维持每个回路的采样周期。

下面的流程图显示了回路运算程序的执行，是 CPU 扫描流程图中有关“PID 回路运算”任务的详细内容。指针

回路的采样时间 ≤ 2 秒：

回路的采样时间 > 2 秒：



“I”和“J”分别对应于慢速回路（ $>2s$ ）和快速回路（ $\leq 2s$ ）。如果指定了快速回路，流程图中指针 J 从回路 1 到最后一个回路递增。指针 I 每次扫描时只递增一次，仅当下一慢速回路刷新时再增 1。用这种方法，指针 I 和 J 从 1 到最大回路数循环往复，不同的采样周期除外。它们的组合保持所有回路的彻底刷新。

1.4 过程控制成功的十个步骤

现代化的电子控制器，例如 D4-454 CPU 等，提供了卓越的控制处理特性。自控系统的调试有一定的难度，因为某个故障现象可能是由许多原因引起的。我们建议有步骤地在线建立新的控制回路：

步骤 1:

了解方法

最重要的知识是一如何制造你的产品。这种知识是设计一个有效的控制系统的基础。一个好的过程建立的“方法”如下：

- 确定所有相关的过程变量，例如温度，压力，或流速等需要精确控制的量。
- 绘制一个过程周期内每个过程变量的设定值。

步骤 2:

设计控制策略

简而言之，就是用来控制过程变量跟踪其设定值的方法。这涉及到许多问题和需协调的方面，例如能效，设备成本，生产中维修设备的能力等。你还必须确定在过程中如何产生设定值，以及设备操作员是否可以改变 SP 值。

步骤 3:

确定元件的规格和测量范围

假定控制策略是合理的，那么规格正确的调节器和测量范围正确的传感器是至关重要的。

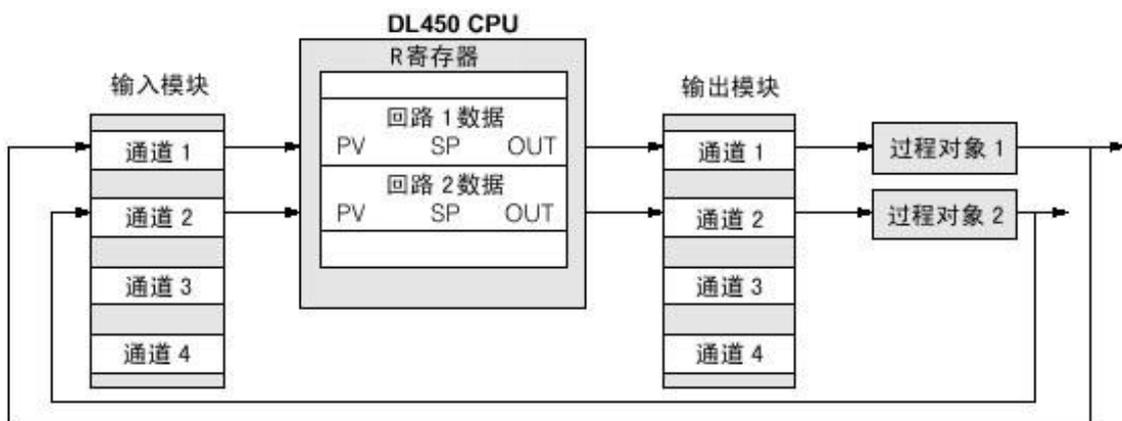
- 选择一个与负载规格相匹配的调节器（加热器，泵等）。大规格的调节器将会在 SP 变化后对过程产生的影响很具优势。规格过小的调节器会在 SP 变化后或过程干扰后使 PV 滞后或产生偏离。
- 选择一个与过程的变化范围和控制相匹配的 PV 传感器。决定 PV 的控制精度（如 2°C 以内），保证传感器提供至少 5 次满足此精度 (LSB 级) 的输入值。但是，传感器过分灵敏可能会导致控制上的波动等。D4-454 提供了 12-位和 15-位，单极和双极数据类型选择。这些选择会影响 SP, PV, 控制输出和积分和。

步骤 4:

选择 I/O 模块

在决定了回路数，测量值 PV 和 SP 值后，你就可以选择合适的 I/O 模块。参见下一页的图。在多数情况下，几个控制回路可以使用相同的输入/输出模块。示例中两个回路的 PV 值和控制输出使用相同的一套模块。

记住，PLC Direct 为 DL405 模拟量模块提供 4、8 和 16 通道，每个模块有不同的信号类型和范围。更多信息请参阅销售样本的特殊模块部分。



步骤 5: 接线和安装

在选择并购置了所有回路元器件和 I/O 模块后，就可以进行接线和安装。参阅 DL405 PLC 使用手册第 2 章中的接线图和 DL405 模拟量 I/O 模块一章。安装 PID 控制回路时最常见的接线错误是：

1. 颠倒了传感器和执行机构接线端的极性。
2. 回路元件间的信号接地线接错。

步骤 6: 回路参数

接线安装完以后，选择回路设置参数。编制控制回路参数表的最容易的办法是用 *KPP* (2.2 或更高的版本)。该软件提供了 PID 设置对话框，从而简化了这项工作。注意：在选择键入的数值之前，先理解本章中提到的所有回路参数的含义是十分重要的。

步骤 7: 检查开环执行情况

传感器和控制调节元件接好线，回路参数键入后，必须仔细地检查新的控制系统（用手动方式）。

1. 确定来自传感器的 PV 值是否正确。
2. 如果一切正常，逐渐增加控制输出，看 PV 是否响应（并按正确的方向移动！）

步骤 8: 回路调整

如果开环调试（见第 8-38 页的回路调整）PV 是正确的并且控制输出正确作用于过程，则可进行闭环调整（见第 8-39 页的自动方式），调整回路使 PV 自动跟踪 SP。

步骤 9: 运行过程

如果闭环调试 PV 能跟踪 SP 的细微变化，则可运行一个真实的过程。要用编程来实时产生 SP 值。

警告： 保证急停和断电装置在过程失控时能迅速动作。某些过程的失控会导致设备损坏或严重的人员伤害。

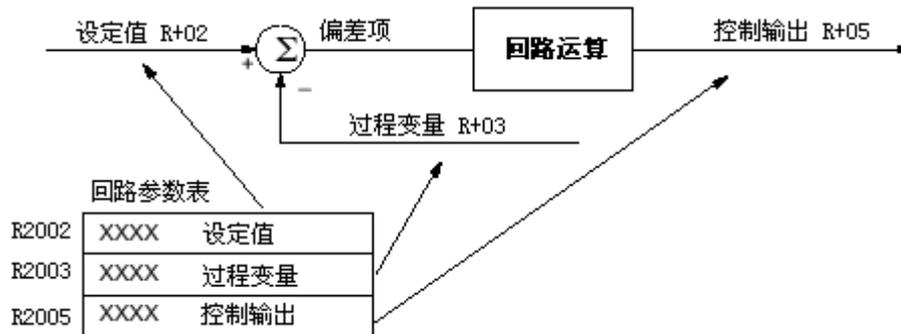
步骤 10: 保存参数

回路调试和调整工作完成后，一定要把所有回路设置参数保存到磁盘上。

1.5 回路操作基础

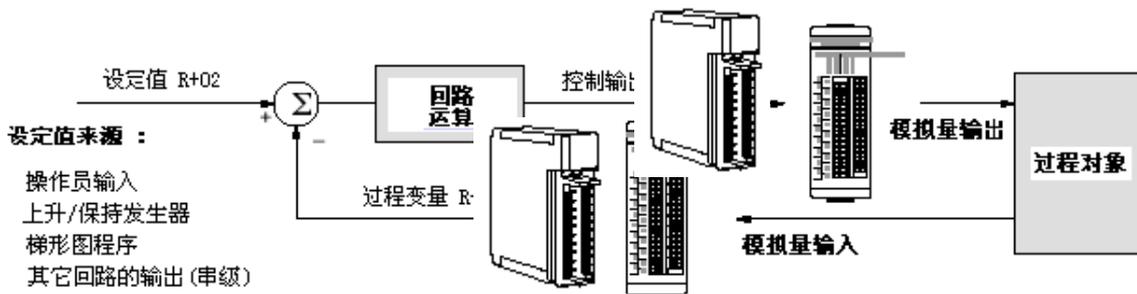
1.5.1 数据存储单元

每个PID回路都取决于它对应的控制回路参数表中的指令和数据。下列图表说明了控制回路参数表的存储单元，它对应于三个主要回路变量：SP，PV 和控制输出。下例从 R2000 开始（可以用互不冲突的存储器单元）。SP，PV 和控制输出被分配的地址如下所示。



1.5.2 数据源

下图中，每个回路变量的控制输出和过程变量值与模拟量输入和输出模块连接再与过程对象相连。要用几行梯形图程序将数据从模拟量模块送到控制回路参数表，或反之。梯形图程序例子可参见 DL405 PLC 使用手册中的模拟量模块一章。



如上所示，设定值有几种来源。在不同的时候许多应用使用两种或两种以上的来源，这取决于回路方式。另外，回路控制策略和编程方法也决定了如何产生设定值。

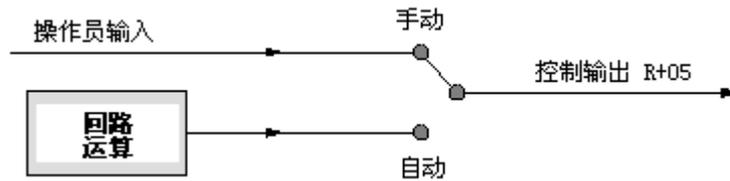
当使用内部的上升/保持发生器或串级回路时，PID 控制器自动将设定值写入 R+02 中。

任何时候，三个主要回路参数各自只能有一个来源或去向。在开发应用时，最好先画出回路控制框图来表示数据来源等。

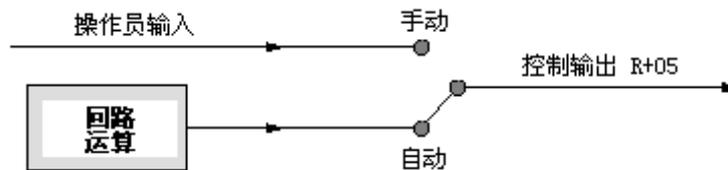
1.5.3 回路控制方式

D4-454 提供了三种控制方式：手动，自动和串级。三个基本变量 SP，PV 和控制输出在每种控制方式下的来源是不同的。下面介绍三种控制方式和其信号源。

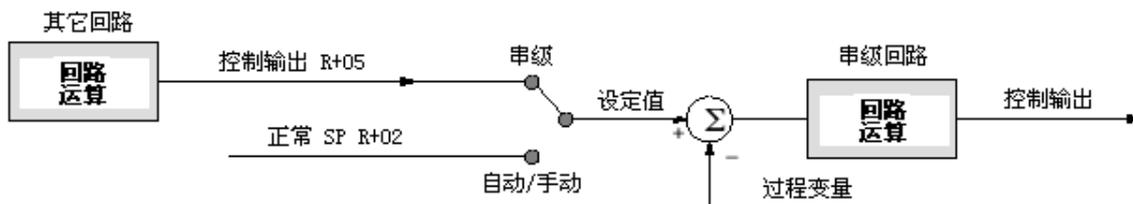
在**手动方式**下，回路不进行 PID 运算（但是，回路报警仍起作用）。对于控制回路参数表，CPU 禁止把数值写到 R+05 中。希望操作者或其它智能设备通过监视 PV 把数据写到 R+05 中，从而控制过程对象。下图表示了手动方式等价图解。



在**自动方式**下，回路正常工作并产生新的控制输出值。回路每个采样周期都进行 PID 运算并将结果写到 R+05 中。如下图所示。



在**串级方式**下，回路的运行与自动方式有一重要的不同。设定值 SP 的改变仍然是通常的地址 R+02，而控制输出值则来自另一回路。所以在自动或手动方式时，回路运算使用 R+02 里的数据，在串级方式下，回路运算则读取另一个回路的参数表中的控制输出值。

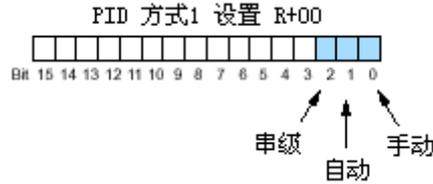


按下图所示，回路可以从一种方式切换到另一种方式，但不能从手动方式直接切换到串级方式，或反之。因为一个回路要同时改变两个数据源的话，会引起失控。



1.5.4 如何改变回路控制方式

PID 方式 1 的字 (R+00) 的前三位对应回路的运行方式。注意：这些位是方式改变的请求位，而不是命令（某些条件可以禁止特殊方式的改变一见下页）。



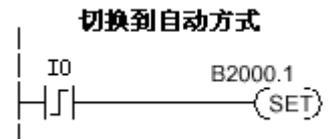
这些控制方式请求位在正常情况下是“000”。要改变控制方式，必须在第一次扫描时把相应位设成“1”。PID 回路控制器收到方式改变请求后，会自动把这些位复位成“000”。请求控制方式改变的方法是：

—KPP 的 PID 视图—这是最简单的方法。单击 radio 按钮，设置相应的位。

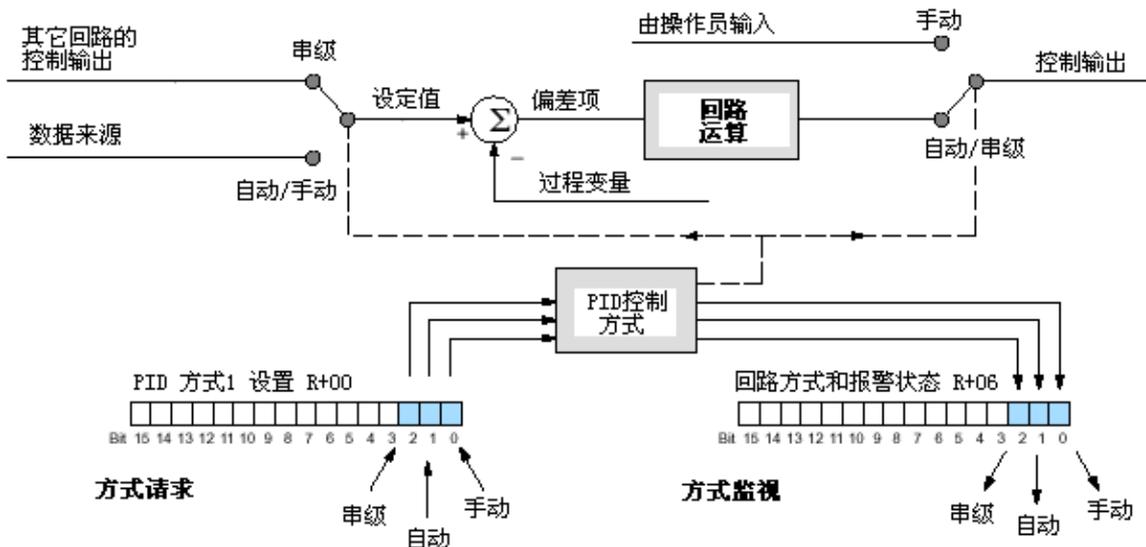
—HPP—用字方式 (WD ST) 监视 R+00 的内容，它是 4-位 BCD/十六进制值。将 R+00 正确的方式位与它的当前值相或 (OR) 输入 R+00。

—梯形图程序—当 PLC 处于运行方式时，梯形逻辑程序可以请求任何回路控制方式。这在开始使用后是十分必要的。

用如右图所示的程序将方式位置 on（不使用输出线圈）。当 I0 由 0 变为 1 时，回路将自动位设置成 1。回路控制器会把它复位。



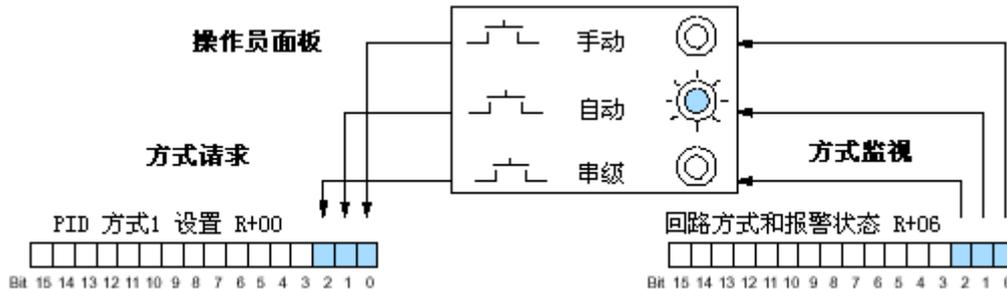
—操作面板—用标准方法把操作面板和梯形逻辑程序连接起来，然后用上面的方法设置方式位。因为我们只能请求控制方式的改变，所以 PID 回路控制器决定什么时候允许控制方式改变并提供回路方式。它报告回路方式位 0, 1, 2 的当前方式和回路参数表 R+06 的报警状态字。请求/监视功能如下图所示。图中还表示了两个与回路方式相关的 SP 来源和两个可能的控制输出。



1.5.5 PID 方式的操作面板控制

由于手动，自动和串级方式是最基本的、最重要的 PID 控制，可以采用“硬接线”方式的操作员面板控制开关，许多应用只用手动和自动控制（一些高级应用采用串级控制）。记住，方式控制实际上是方式请求位，实际的回路控制方式在其它地方显示。

下图是一个使用一触式按钮改变 PID 控制方式的操作员面板。面板的方式指示灯不连到开关上，而是连接到对应的数据接口上。



1.5.6 PLC 方式对回路方式的影响

若选择以下 PLC 方式，PLC 方式（编程、运行）对一组回路有影响，概括如下：

1. 当 PLC 处于编程方式时，所有回路都处于手动方式且不进行回路运算。要注意，输出模块（包括模拟量输出）在此方式下是关断的。所以此方式下，手动控制是不可能的。
2. 只有 PLC 在运行方式下，CPU 才允许回路控制方式改变。因此，CPU 把 16 个回路的方式记录下来作为要求的工作方式。如果 PLC 运行时突然掉电又恢复，则 CPU 将返回所有回路先前的方式（手动，自动或串级）。
3. 当从编程切换到运行方式时，CPU 将强制每个回路返回到最后一次 PLC 运行记录下的方式。
4. 只有当 CPU 在编程方式时，才能添加和组态新的回路。新回路自动以手动方式开始运行。

1.5.7 回路控制方式的切换

一般情况下，回路的控制方式由 R+00 的请求位 0，1 和 2 来决定。但在某些情况下，将无法改变请求方式：

—串级回路的主环只有在副环切换到串级方式时，才能从手动切换到自动方式。

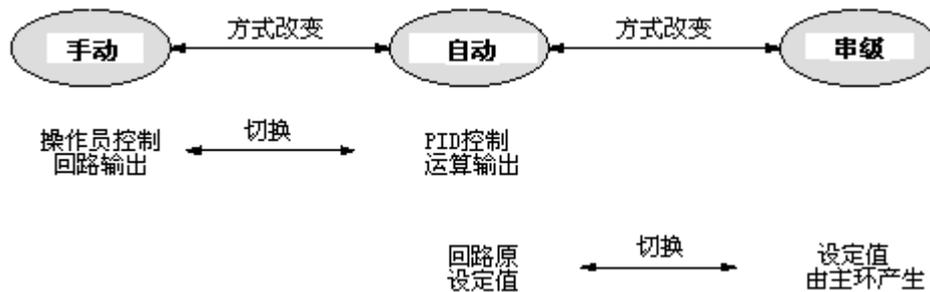
在其它情况下，PID 回路控制器会自动改变回路的方式以保证安全：

—回路发生了错误，则会自动转到手动方式。

—如果串级回路的副环由于某些原因不处于串级方式，则主环自动转换成手动方式。

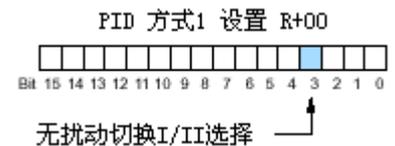
1.5.8 无扰动切换

在过程控制中，“切换”一词有其特殊的含义。当要改变回路操作方式时，就要进行方式切换，如下所示。当改变回路方式时，就是要使一些控制参数从一个数据源变成另一个数据源。例如，当某个回路从手动方式变成自动方式时，输出控制就从操作员控制变成回路控制器控制。当回路从自动方式变成串级控制方式时，就由主环的输出作为设定值 SP 输入。



回路切换是回路参数的两个不同数据源相互切换，会产生不同的数值。它使 PID 运算产生不希望出现的阶跃变化，或使控制输出受“冲击”，因而使回路发生了一些程度的混乱。“无扰动切换”特性可在回路方式改变时，使一个参数等于另一个参数，所以转换是平滑的（在控制输出时不会陡然变化）。

D4-454 回路控制器的无扰动切换有两种类型：无扰动切换 I 和无扰动切换 II。用 *KPP* 的 PID 设置对话框选择转换类型，或者用图示的 PID 方式 1 R+00 的位 3 设置。



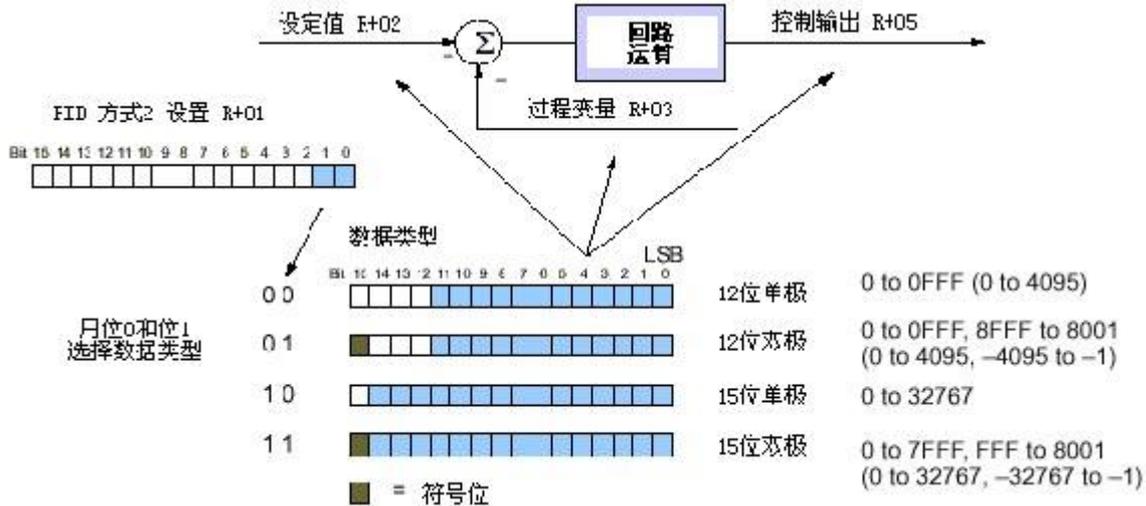
无扰动切换 I 和 II 的转换类型的特点如下表所示。注意，它们的操作也取决于所使用的 PID 算法，PID 的位置或速度算式。注意，当使用 PID 算法的速度算式时，必须使用无扰动切换方式 I。

转换类型	转换选择位	PID 运算	手动-自动转换	自动-串级转换
无扰动切换 I	0	位置	使偏差=控制输出 使 SP=Pv	使主环输出=副环 PV
		速度	使 SP=Pv	使主环输出=副环 PV
无扰动切换 II	1	位置	使偏差=控制输出	无
		速度	无	无

1.6 PID 回路数据组态

1.6.1 回路参数数据类型

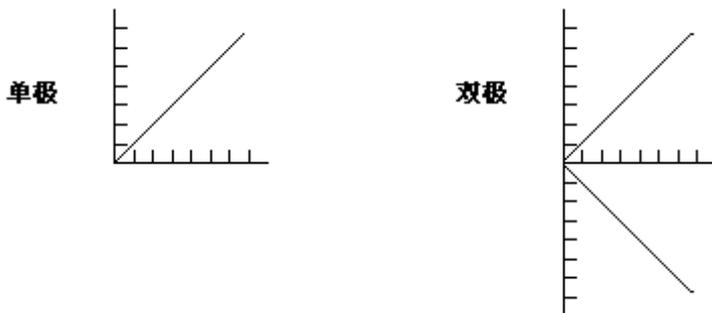
在选择过程变量范围和精度时，三个主要回路变量的数据类型要进行相应的选择：SP、PV 和控制输出（在 R+04 中的积分和也用此数据类型）。使用的四个数据类型是第 12 或者 15 位，带符号的或不带符号的（在双极类型中 MSB 是符号位）。PID 方式 2 的字 R+01 的四位二进制的位 0 和位 1 决定类型。当你从菜单中选择数据类型时，*KPP* PID 设置对话框会自动设置这些位。



数据类型是最有用的设置，因为它决定了 PID 回路和 PV 传感器，控制输出设备之间的数字接口。设定值也必须是相同的类型。通常在回路最初组态时选择数据类型且不再改变。

1.6.2 选择单极或双极类型

选择数据类型包括决定是否使用单极或双极数字。多数应用如温度控制，只用正数，因此需要单极类型。通常，由控制输出来决定单极/双极选择。例如，速度控制可能包括正、反向控制。速度设定值为 0 时，理想的控制输出也是 0。在这种情况下，必须使用双极类型。



1.6.3 数据偏置量的处理

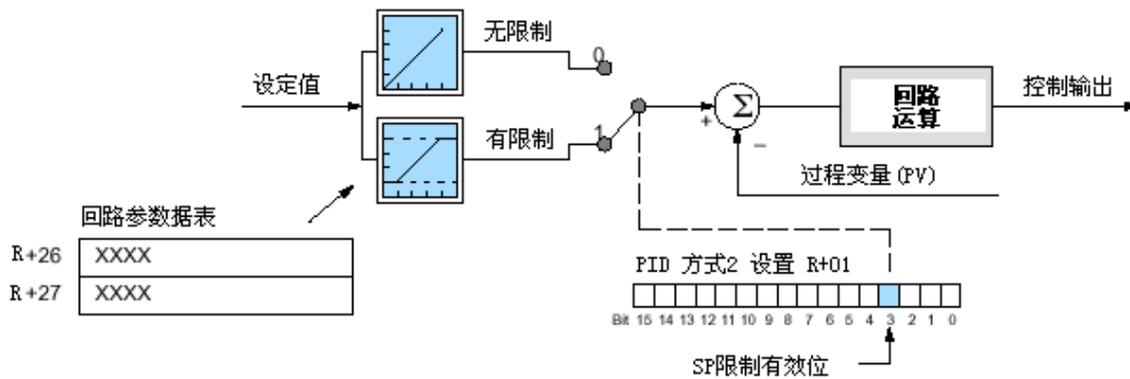
在许多批量加工应用中，传感器或调节器用 4-20mA 的信号连接到 D4-454 模拟量模块。这种信号类型有 20% 的偏置量，因为零点是 4mA 而不是 0mA。但模拟量模块会把信号转变成数据，同时减去偏置量。例如，一个 4-20mA 的信号通常被转换成十六进制的 0000-0FFF，或十进制的 0-4095。因此要做的就是选择 12-位单极数据类型，并保证梯形图程序在控制回路参数表和模拟量模块之间正确地传送数据。

—PV 的偏置量—：如果 PV 值有了 20% 的偏置量，则减去其上限值的 20%，使偏置量为零，再乘以 1.25。

—控制输出—：如果控制输出送给设备的数据有 20% 偏置量，则在手动向自动方式切换之前，用梯形图程序把与偏置量相等的值写入积分寄存器（R+04）。然后，回路将这个偏置量看作是过程的一部分，自动地监视它。

1.6.4 设定值（SP）的限制范围

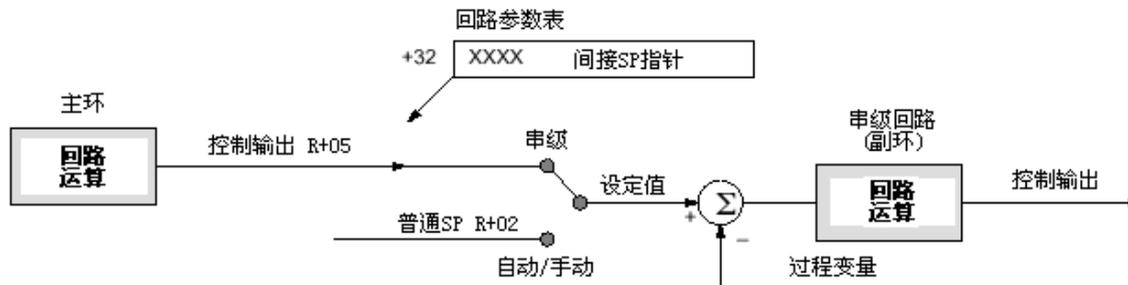
R+02 中的设定值表示了过程变量的理想值，在选择变量的数据类型之后，可以设置回路运算的 SP 值的范围。许多回路有两个或两个以上的数据源在不同的时间写设定值，设定的限制范围将保护过程不受错误的 SP 值的影响。下图中，SP 有一个可供选择的限制功能，通过 PID 方式 2 设置 R+01 字的第 3 位使其起作用。如果该作用有效，那么地址 R+26 和 R+27 决定了 SP 的相应的上限和下限。回路内部运算使用该限制值，所以可将任意值写入 R+02 中。



在每次计算前，回路运算会检查这些 SP 的上限和下限。这意味着控制过程中，梯形逻辑程序可以改变限制值的设定，从而监视 SP 输入值。

1.6.5 设定值 (SP) 间接地址

PID 回路控制器内可以根据当前回路方式在两个数据源之间进行选择。参见下图。在自动或手动方式下，回路从 R+02 中读出其设定值。如果要在任意时刻使用串级方式，则用设定值间接指针设定回路控制参数表。SP 间接指针位于控制回路参数表的 R+32 中。由于回路要切换到串级（副环），要用主环的控制输出地址的地址来设定这个地址。找出主环参数表的起始地址并加上偏移量+05。

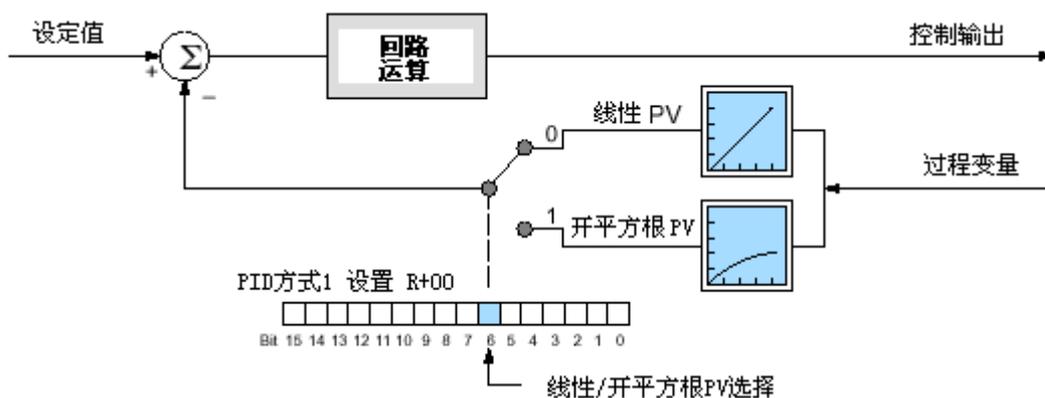


如果知道地址，可以在 KPP32 回路设置对话框中键入 SP 间接指针。否则，可以用 HPP 键入或梯形图的 LDA 指令设置。

1.6.6 过程变量 (PV) 的组态

每个回路的过程变量是最终要控制的值，使它等于设定值并尽快地跟随设定值的改变而改变。用于过程变量的多数传感器具有主要的线性响应曲线。大多数温度传感器在其传感范围内基本上是线性的。但是，用于孔板技术的流量检测给出的信号是流量的平方（估计值）。因此，使用线性控制系统的检出信号之前，必须先开平方根（例如 PID）。

某些流量传感器有开平方功能，但这增加了传感器的成本。PID 回路 PV 输入值可选用开平方功能，见下图。用 PID 方式设置字 R+00 的第 6 位，可选择使用常规的（线性）PV 数据，或开平方根后的数据。



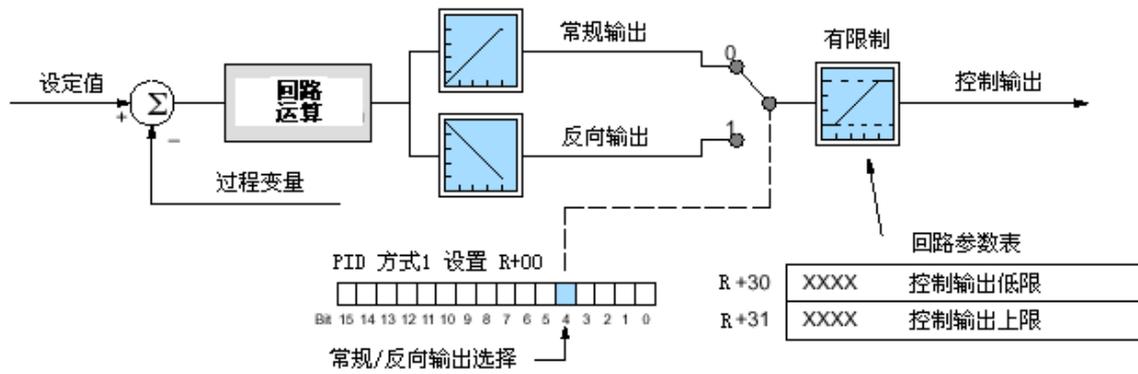
重点：如果你使用 PV 的开平方根，就必须调整 SP 的标度，因为回路驱动输出，使 PV 的平方根等于 PV 的输入。用平方根除以 SP 值，并使用 SP 的 R+02 地址中的结果。这样会减少 SP 的精度，但大多数流量控制不需要太精确（流量仪表会消除偏差）。根据所使用的数据类型，选用 SP 的下列公式，将 SP 的上限设定在允许范围内。

数据类型	SP 调整	SP 范围	PV 范围
12-位	SP=PV 输入/64	0-64	0-4095
15-位	SP=PV 输入/181.02	0-181	0-32767

1.6.7 控制输出组态

控制输出值是 PID 运算的数字结果。所有其它参数的选择最终会影响每次运算的回路控制输出值。可使用一些专门用于控制输出的最终过程选择，如下图。在图的最右边，最终的输出值被限制在上限和下限内。用 KPP 的 PID 对话框可设置 R+30 和 R+31 的值。

当回路发生错误时（例如 PV 传感器信号丢失），控制输出的上限和下限会有助于防止超调。若不使用这些限制值来限制机械运动，可能会毁坏设备（取代使用硬接线限制开关）。

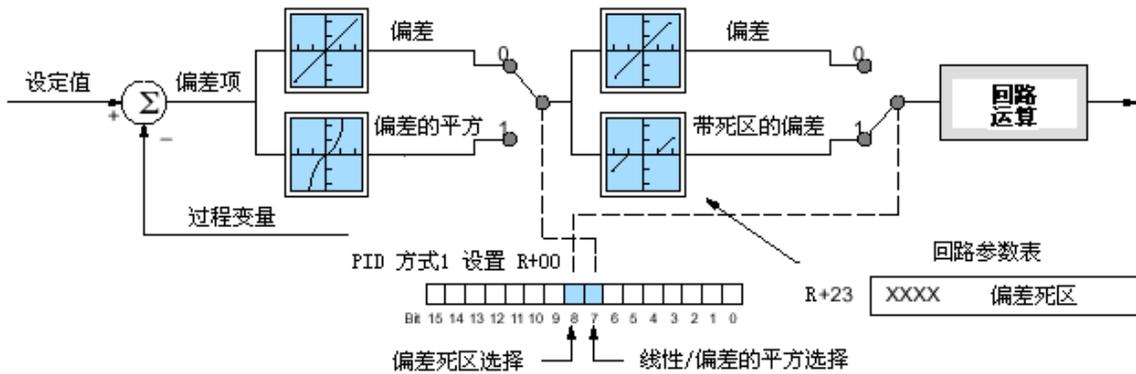


另一选择是常规/反向输出选择（在 *KPP* 中被称为“正向/反向”）。用 PID 方式 1 设置字 R+00 的第 4 位来设置输出。一个常规的输出在正向偏差时输出上升或在反向偏差时输出下降（偏差=（SP-PV））与单极或双极类型无关。反向输出与变化方向相反。常规/反向输出选择用来组态正作用/反作用回路。此选择由控制输出以一特定方向改变的过程变量的响应方向决定的。参见 PID 运算段落中正/反作用回路内容。

1.6.8 偏差项的组态

偏差项在 CPU 的回路控制器内部，且在每次 PID 运算时又再次产生。虽然此数据无法直接得到，但可以用子程序计算出来：偏差 = (SP - PV)。如果 PV 平方根有效，那么偏差 = (SP - (sqrt(PV)))。在任何情况下，偏差大小和运算标志决定了每次 PID 运算时控制输出的下一次变化。现在将一些“特殊的作用”迭加到上述的偏差项上。参见下图。PID 方式 1 设置字 R+00 的第 7 位可选择线性或平方根偏差项，并且第 8 位允许或禁止偏差死区。

注意：当第一次组态时，最好是使用标准偏差项。回路调整后，就能看到这些功能是否会增强控制。



偏差平方—选择此项时，偏差平方功能只简单地对偏差项平方（但保留原来的代数符号）。通过减小对较小偏差值的响应、保持对较大偏差值的响应来影响控制输出。偏差平方项用于下列一些情况：

有干扰的 PV 信号—使用偏差项的平方可以减少使控制系统不稳定的低-频电信号对 PV 的干扰影响。偏差的平方保持了对大偏差的响应。

非线性过程—某些过程（如 PH 值控制）需要非线性控制器以得到最佳效果。另一个应用是缓冲罐的控制，其控制输出信号必须是光滑的。

偏差死区—当选择此项时，偏差死区功能在零点附近获得一个小偏差值范围，在此范围内的偏差值将被视为 0。如果偏差值超出死区范围，则偏差值发挥作用。

回路参数地址 R+23 必须用要求的死区数值来设置。SP 和 PV 的单位一样（12-位方式下 0-FFF，15-位方式下 0-7FFF）。PID 回路控制器自动地将死区与零点对称。

1.7 PID 算法

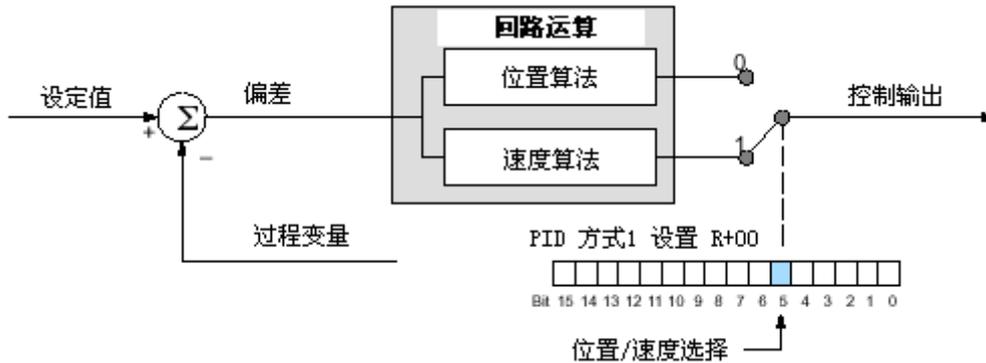
比例-积分-微分（PID）算法广泛用于过程控制。D4-454 CPU 通过软件来执行 PID 算式。I/O 模块只用于把电信号转换成数字形式（或反之）。

D4-454 具有两种 PID 控制类型：“位置”和“速度”。要视控制情况而定：

PID 位置算法—控制输出运算以响应 PV 向 SP 的偏移（偏差项）。

PID 速度算法—控制输出运算以代表 PV 的变化速率（速度）等于 SP。

多数应用使用 PID 算式的位置算法。如果无法确定使用哪种算法，就首先选用位置算法。用 *KPP* 的 PID 视图设置对话框选择算法，或使用如下所示的 PID 方式 1 设置 R+00 的第 5 位来选择算法。



注意：选择 PID 算法是控制回路工作的基础，一旦回路组态设置好之后，一般不再被改变。

1.7.1 位置算法

位置算法用 PID 公式计算控制输出 M_n ：

$$M_n = K_c * e_n + K_i * \sum_{i=1}^n e_i + K_r * (e_n - e_{n-1}) + M_0$$

在上面的公式中，累加项与初始输出值相加成为“偏移”项： M_x 。用偏移项，定义采样时刻的偏移和控制输出公式：

$$M_{x0} = M_0$$

$$M_{xn} = K_i * e_n + M_{xn-1}$$

$$M_n = K_i * \sum_{i=1}^n e_i + M_0$$

$$M_n = K_c * e_n + K_r * (e_n - e_{n-1}) + M_{xn} \dots \text{第“n”次采样时刻输出}$$

位置算法变量及相关变量为：

T_s =采样周期

K_c =比例增益

$K_i=K_c*(T_s/T_i)$ 积分项系数

$K_r=K_c*(T_d/T_s)$ 微分项系数

T_i =积分时间常数

T_d =微分时间常数

SP_n =第“n”次采样时刻的设定值（SP 值）

PV_n =第“n”次采样时刻的过程变量（PV）

$e_n=SP_n-PV_n$ =第“n”次采样时刻的偏差项

M_0 =初始控制输出值

M_n =第“n”次采样时刻的控制输出

这些公式的分析可在有关控制过程的大多数资料中找到。如下所示，PID 位置算式被分成了几部分，分别是 P，I，D 项，最下方是偏移项。

$$M_n = K_c * e_n + K_i * \sum_{i=1}^n e_i + K_r * (e_n - e_{n-1}) + M_0$$

初始输出是假定当回路从手动方式转换成自动时的输出值。初始输出和积分项的和是偏移项，它保持输出的“位置”。所以，下面讨论的速度算法没有偏移项部分。

1.7.2 速度算法

PID 公式的速度算法可以通过位置算法的第 n 次算式减去第 (n-1) 次算式的变换得到。

速度算法的变量和相关变量是：

T_s =采样周期

K_c =比例增益

$K_i=K_c*(T_s/T_i)$ 积分项系数

$K_r=K_c*(T_d/T_s)$ 微分项系数

T_i =积分时间常数

T_d =微分时间常数

SP_n =第“n”次采样时刻的设定值（SP 值）

PV_n =第“n”次采样时刻的过程变量（PV）

$e_n=SP_n-PV_n$ =第“n”次采样时刻的偏差项

M_n =第“n”次采样时刻的控制输出

PID 速度算法的最后公式是：

$$\Delta M_n = M_n - M_{n-1}$$

$$\Delta M_n = K_c * (e_n - e_{n-1}) + K_i * e_n + K_r * (e_n - 2 * e_{n-1} + e_{n-2})$$

正作用和反作用回路

一个过程的增益部分在一定程度上决定了它如何被控制。下图所示的过程有一个正增益，我们称“正作用”。这表示当控制输出增加时，控制变量也增加。当然，一个真正的过程通常是一种复杂的函数转换包括时间延迟。这里，我们只讨论被控过程变量的变化方向。

大多数过程回路是正作用的，例如温度回路。升温则温度 PV 也增加。



“反作用”回路就是过程有负增益的回路，如下所示。控制输出的增加导致 PV 的减小。通常在冷却控制中会碰到，冷却输入的增加导致 PV（温度）的减小。

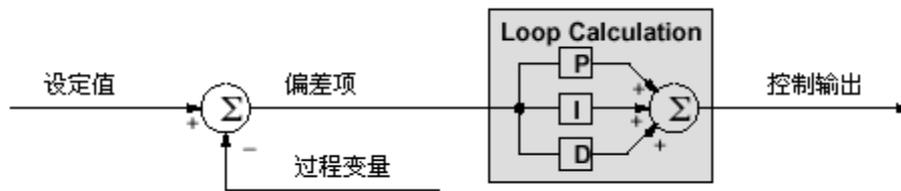


知道一个特定回路是正作用还是反作用是十分关键的！在流量控制中，阀位控制回路的组态和连线反作用与正作用一样容易。要弄清楚回路作用的最简单的方法就是在手动方式下运行回路，此时必须手动产生控制输出值。观察 PV 随着控制输出的增加是上升了还是下降了。

在自动或串级方式下，控制回路必须正确组态（参见上一段有关控制输出组态的内容）。把“正输出”用于正作用回路，把“反输出”用于反作用回路。为了对反作用回路进行补偿，PID 控制器必须使控制输出相反。如果对回路进行组态并连接成正作用，在回路调整过程中将更便于观察和解释回路的数据。

1.7.3 比例、积分、微分项

下图显示了PID运算的结构图，图中，控制输出是比例，积分和微分项的和。在回路每次运算时，每一项都会得到同样的偏差信号值。



比例、积分和微分项在控制中的作用是：

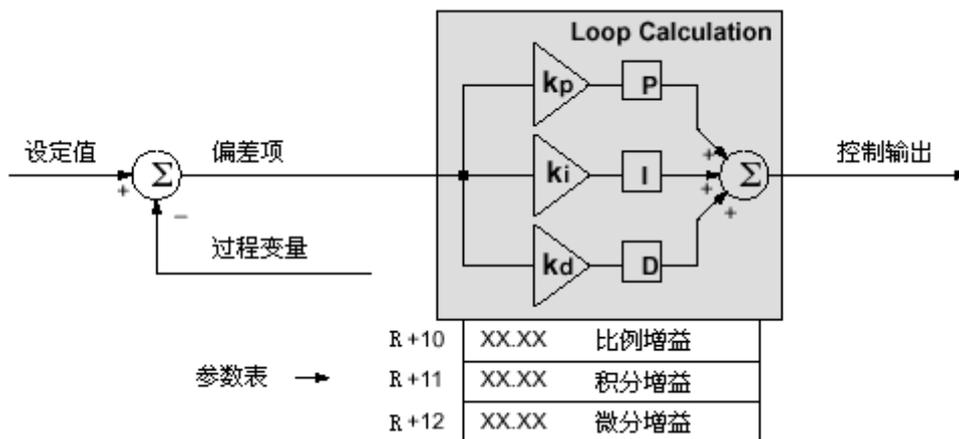
比例—比例项与当前偏差成正比。每次PID运算时回路控制器都计算出比例项，当偏差为零时，比例项也是零。

积分—积分项求历次采样时刻的偏差的累积值。在进入自动方式后，开始进行PID运算，积分器保留偏差的累积值。对于PID的位置算式，当达到动态平衡时，保持当前PV的位置。

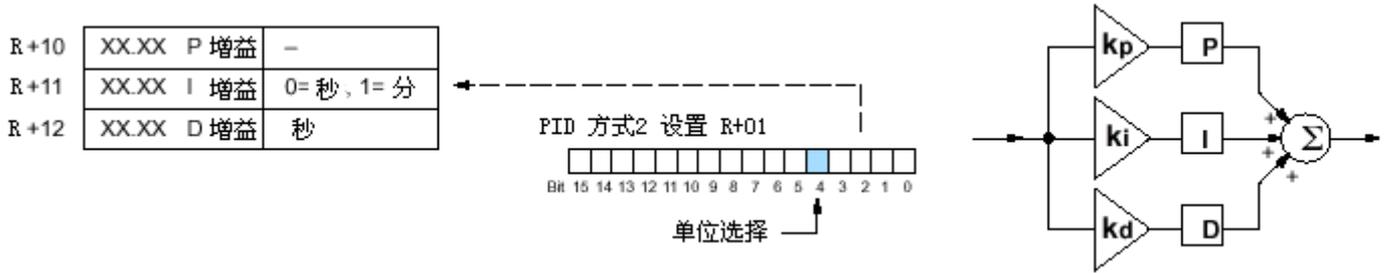
微分—微分项正比于从上次PID运算的偏差到当前偏差的变化。它的作用就是预计可能出现偏差的增加并预先对输出产生作用。

下图中P, I和D三项分别包括增益值Kp, Ki和Kd，它们在回路参数表中的位置如图所示。回路调整的目的是使所有的回路获得最好的增益值。

注意：比例增益也称为“放大系数”。



P、I 和 D 增益是 4-位 BCD 码，数值范围 0000-9999。中间包含一个隐含的十进制小数点，所以数值实际上是从 00.00-99.99。一些增益值有单位—积分增益以秒或分为单位，按如下所示设置位。微分增益以秒为单位。



在 *KPP* 的趋势图中，可以在回路运行时实时地设置增益值和单位。仅在回路调整过程中进行。

比例增益—这是最基本的增益。数值范围从 0000~9999，内部视作 xx.xx。键入“0000”可去掉比例项。用于 ID 算法或 I 算法。

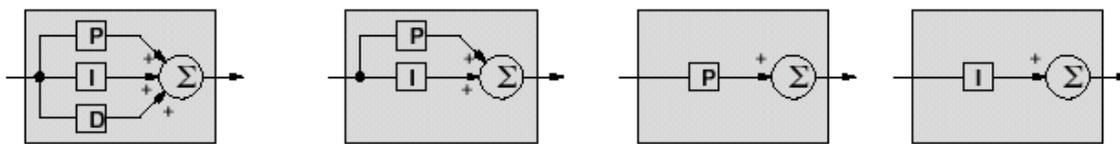
积分增益—数值范围 0001~9998，内部视作 xx.xx。键入“0000”或“9999”将使积分时间为“∞”，可去掉积分项。用于 PD 算法。积分增益的单位可以是秒或分，如上所示。

微分增益—数值范围 0001~9999，内部视作 xx.xx。键入“0000”可去掉微分项。用于 PI 或 I 算法。微分项可选择增益限幅特性，详见下一节。

注意：怎样增加和减少增益是很重要的。比例和微分增益数值越小，比例、微分作用越小，数值越大，比例、微分作用越大。但是，积分作用是增益的倒数 ($1/T_s$)，即数值越小，积分作用越大，数值越大，积分作用越小。

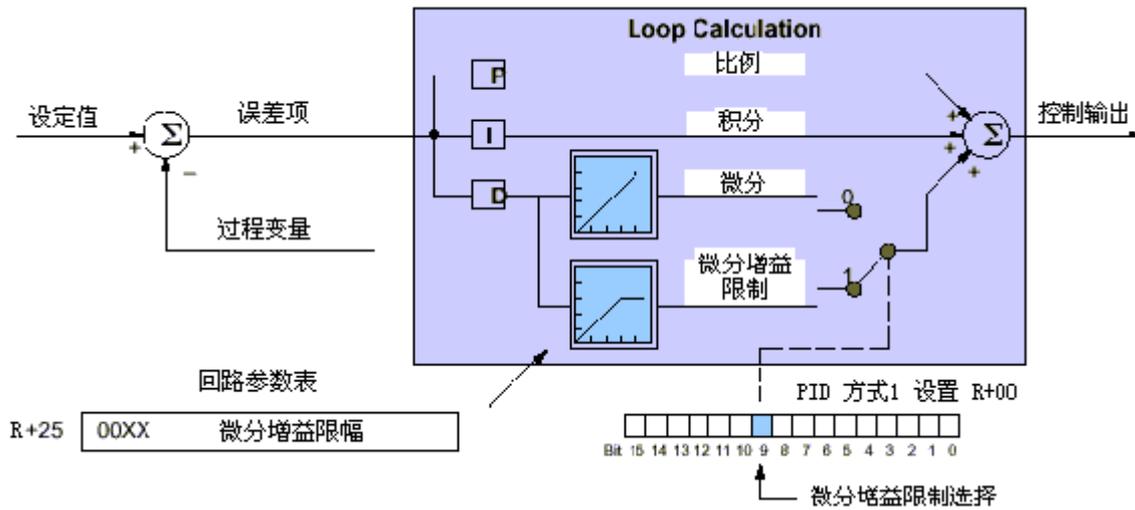
1.7.4 使用 PID 控制运算符模块

P、I、D 作用都可以从 PID 公式中去掉。实际上许多应用使用 PID 控制运算符模块可很好地工作。下图提供了 D4-454 的各种 PID 控制相结合的情况。建议不要使用其它种类的控制，因为它们多数不稳定。



1.7.5 微分增益的限幅

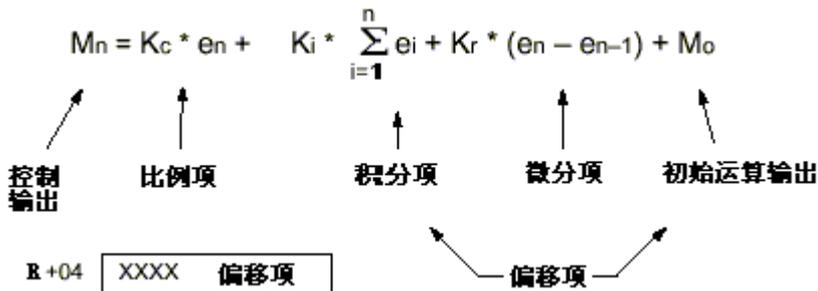
微分项具有增益限幅特性。该功能在微分项对 PV 的干扰信号或 PV 突然波动无效时起作用。增益限幅功能如下所示。用 PID 方式 1 设置字 R+00 的第 9 位使增益限幅有效。



在 R+25 中的微分增益限幅值必须是一个 0~20 之间的 BCD 码。只有当有效位=1 时该设置值才起作用。增益限幅在回路调整中尤为有用。大多数回路在不发生剧烈波动时允许加一点微分增益。

1.7.6 偏移项

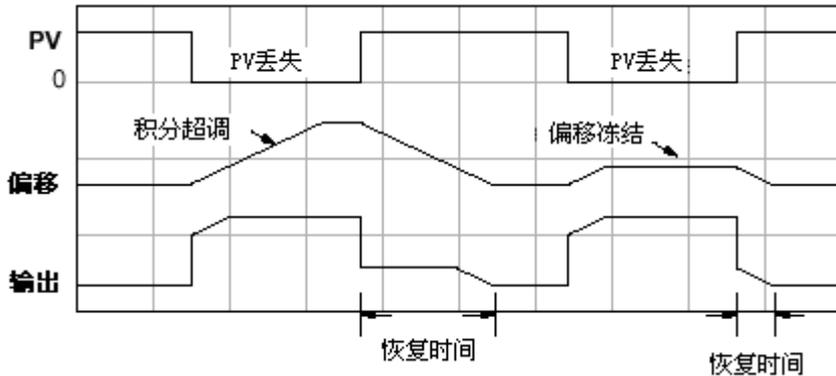
在 PID 广泛使用的位置控制方式中，控制输出值的重要部分是如下所示的偏移项。它在控制回路参数表中的地址是 R+04。在每次回路运算后，回路控制器存入一个新的偏移项。



如果我们使两个或两个以上的采样周期的偏差变成零，那么比例和微分项就取消掉了。偏移项就是积分项和初始输出 (M_o) 的和。偏移项为控制输出建立一个“工作区”。当偏差越接近零时，输出越接近偏移值。这个概念非常重要，因为它说明了为什么积分项对偏差的响应比比例项或微分项慢得多的原因。

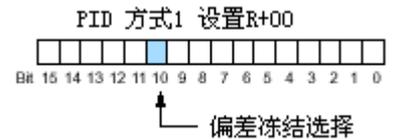
1.7.7 积分分离

在“积分超调”的情况下，不希望积分器产生作用的特性，参见下图。假设 PV 信号被断开，且 PV 值变成了零。当发生这种回路故障时，积分作用会使它变得更糟。注意，在 PV 断开时，偏移项（积分）仍然使积分起作用，直到达到上限值。当 PV 信号恢复后，偏移值处于饱和并要花很长时间才能恢复到正常值。因此回路输出恢复时间会延长。在恢复之前，输出是错误的且会引起一系列的问题。



在图中第二次 PV 信号丢失时，积分分离功能起作用。当控制输出超出范围时，它使偏移值冻结。从而避免了积分饱和，输出恢复时间也短得多。

在大多数应用情况下，积分分离功能如上述所示工作。你可以用 *KPP* PID 视图设置对话框，或如右所示的 PID 方式 1 设置 1 字的第 10 位使该功能起作用。



注意：当控制输出达到最大时，积分分离功能就停止偏移项。如果你对控制输出还设置了其它的限制范围（例如，对于单极/12 位回路设置为 0-4095），则偏移项仍为最大数值，偏移冻结不起作用。在本章后面讨论的前馈方式下，直接在梯形图逻辑程序写偏移值，但是，这不与积分分离特性相矛盾，这是因偏移项时常与前馈相关联。

1.8 回路调整过程

在闭环过程控制中这可能是最重要的。回路调整过程的目的是为了调整回路的增益，从而使回路在动态状况下具有最佳的工作性能。回路工作的质量一般根据 SP 阶跃变化后，PV 是否能很好地跟踪 SP 来判断的。

1.8.1 开环测试

将回路切换到闭环方式（自动）之前，我们先在开环方式（手动）下检查下列参数：

设定值—验证产生设定值的信号源。可以将 PLC 置于运行方式，但回路处于手动方式。然后监视控制回路参数表 R+02，观察 SP 的值。即测试的是上升/保持发生器。

过程变量—核实 PV 值是一个精确的测量值，并且在控制回路参数表 R+03 中的 PV 数据是正确的。如果 PV 信号受到干扰，可以通过硬件（RC 低通滤波器），或使用数字式 S/W 滤波器对输入进行滤波。

控制输出—如果安全的话，手动将输出值作较小的改变（大概 10%）并观察对过程变量的影响。弄清楚过程是正作用还是反作用的，并检查控制输出的设定值（正反方向）。保证控制输出的上限和下限不相等。

采样周期—开环工作是找到理想采样周期的好时机（其步骤在本章的前面已给出）。但是，如果你打算使用自整定的话，注意除了 PID 增益之外，自整定过程还将自动计算采样周期。

下一页开始讨论的是手动调整过程。如果只想进行自整定的话，请跳过下一段，直接进行自整定那一段。

1.8.2 闭环测试

在转换到自动方式之前，使用下列检查：

—监视带回路趋势仪表的回路参数。我们建议使用 *KPP* 的 PID 视图功能。

注意：无论是在 SP/PV 范围和偏移/控制输出情况下，我们建议使用 PID 趋势视图设置菜单选择垂直定标作为手动。除此之外，自动定标特性将改变过程参数的垂直定标并给回路调整过程增加了混乱。

调整增益使比例增益=10，积分增益=9999，微分增益=0000。这样使积分和微分项不起作用，只提供一点儿比例增益。

检查回路参数表（R+04）中的偏移值。如果不是零，那么用 *KPP* 或 HPP 等把它设成零。

现在可以把回路切换为自动方式。检查并监视其方式位是否正确，如果回路不在自动方式，核查本章最后的故障检修提示。

警告：如果 PV 和控制输出值开始波动了，立即减小增益值。如果回路没有马上稳定下来，那么将回路转换到手动方式并手工将一个安全值送到控制输出。在进行回路调整过程中，始终保持用于控制回路工作电源的急停开关在监控方式下，以便必要时可迅速切断。

由于无扰动转换的特性，应使 $SP = PV$ 。为了扩大偏差范围值，将 SP 增大一点。只有当比例增益起作用且偏移项=0 时，可得出控制输出值：

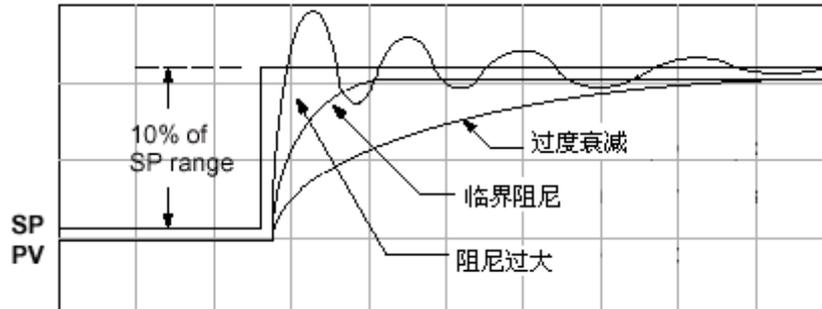
控制输出 = $(SP - PV) \times$ 比例增益

如果控制输出值改变，调整器，升温设备或其它装置作用于回路，则 PV 应根据 SP 的值进行变化。如果 PV 不变化，则增加比例增益直到它变化。

现在，添加少量积分增益。**记住，数据大则积分作用小，数据小则积分作用大。**此后，则 PV 应等于或非常接近 SP。

至此，我们只使用了比例和积分增益。现在我们对过程加一个“跳变”（将 SP 改变 10%），并且改变增益使 PV 有一个最佳响应。参见下图。根据 PID 趋势图来调整增益。在没有波动的情况下，所示的临界衰减响应将使 PV 最快响应。

- 过度衰减—增益太小，所以要逐渐加大增益，首先是比例增益。
- 阻尼过大—增益太大。先减小积分增益，必要的话减小比例增益。
- 临界阻尼—这是最佳增益设定值。你可以通过稍微增加比例增益来检验它是最好的响应。然后应该有 1~2 次小波动。



现在你可能想要增加一点微分增益来进一步证明上述的临界响应。注意比例和积分增益将十分接近它们的最终值。在不引起回路波动的情况下，增加微分作用允许稍微增加一些比例增益。微分作用受比例作用影响，所以要一起调整这些增益。

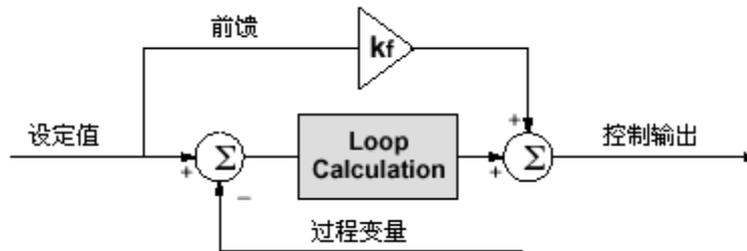
1.8.3 串级调整回路

串级回路调整中，首先断开串级方式，用前述单个回路的调整方法对回路逐个调整，。

1. 在手动方式下，用本章前述方法找出副环的回路采样周期。使主环的采样周期比副环的采样周期慢 10 个时基。用这个值作为起始值。
2. 先调整副环。将主环切换到自动方式，按上述所说的回路调整过程手动改变副环的 SP 值。
3. 在自动方式下，确定副环对 SP 值的变化产生 10% 的临界衰减。这样就完成了副环的调整。
4. 在这一步中，将副环切换到串级方式下，主环在自动方式下。我们将把副环看作是整个过程的一个串联部分来调整主环。因此，调整主环时就不要再回过头去调整副环了。
5. 按本节中标准回路调整步骤来调整主环。主环 PV 值的变化实际上就是整个串级回路的响应。

1.9 前馈控制

前馈控制比标准闭环控制更为优化。它能削弱由于回路的干扰或设定值引起的突然变化。可以对 D4-454 使用此特性。不过，前馈对于回路调整不是最好的调节手段，只有在需要时才加上它。“前馈”参见如下图所示的有关控制技术。PID 运算的外环加入的与输出值相加的是前馈。



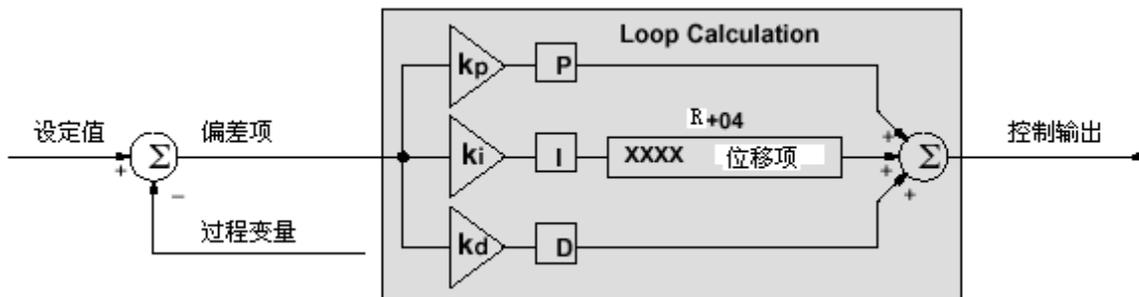
在上一节偏移项的介绍中，我们讲过偏移项建立了一个“工作区”或控制输出的操作点。当偏差越接近零点时，输出就越接近偏移项。当设定值发生变化时，产生了偏差且产生新的输出值。如因干扰产生新的偏置量，也会如此。积分作用必须增加/减少，直到消除偏差。

假定我们知道设定值改变会使输出作某种变化，如果能尽快调整输出，就可以在一开始就避免许多偏差。如果知道被控对象会怎样跟踪设定值变化，那么就可以直接改变输出值（这就是前馈）。使用前馈的益处在于：

在预计的设定值变化时或回路输入信号受到干扰时，可减小 SP-PV 的偏差。

前馈的正确使用可减少积分增益。减小积分增益会使控制系统更稳定。

D4-454 回路控制器的前馈控制使用很容易，如下所示，允许用户在特殊的 PID 控制参数表读/写地址 R+04 中填写偏移项。

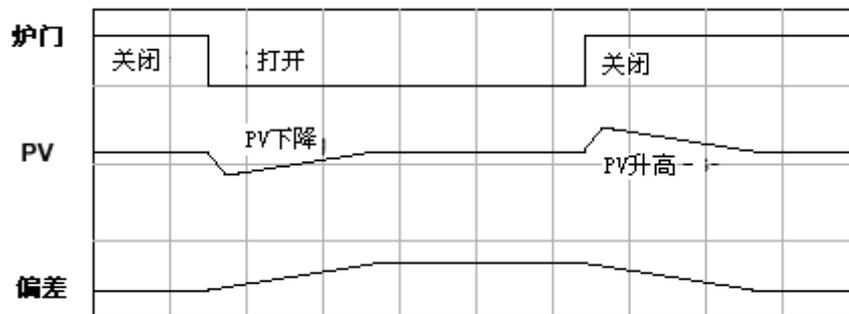


为了改变偏移量，梯形逻辑程序只须把理想值写入 R+04。PID 运算回路首先从 R+04 中读出偏移值并根据当前积分运算修正偏差。然后再把结果写到地址 R+04。这种方式一目了然，所以前馈控制就是将合适的数值在适当的时候写入偏差项（如下例所示）。

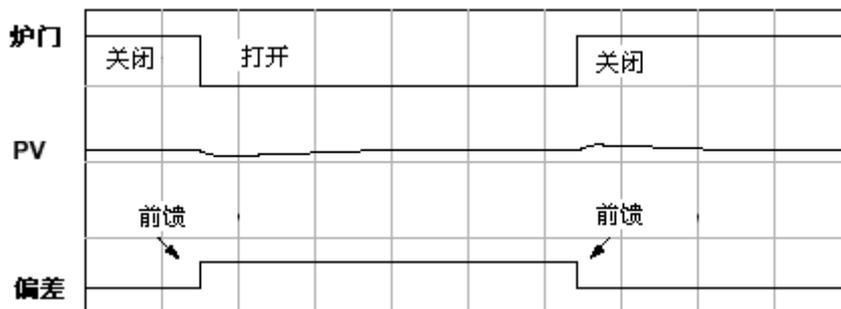
注意：必须注意设计梯形逻辑程序时会产生新的偏差，但偏差项只能写入一次。如果在每次扫描时梯形逻辑程序都写偏差值，那么回路积分器就无法有效工作。

前馈举例：

假定我们有一个炉温控制回路，并且我们已经把回路调整到最佳工作方式，参见下图。当操作工打开炉门时，温度会下降一点，则要调整回路偏差减少热损失。当门关上时，温度就升高，超过 SP，直到回路再次调整它。前馈控制会有助于减小这种影响。



首先，回路控制器记下当门打开或关上时产生的偏差值的变化大小。然后，写入一段梯形逻辑程序来监控炉门的限位开关的位置。当门打开时，梯形图程序就从 R+04 中读出当前的偏差值，加上理想的变化量，再写回到 R+04 中。当门关上时，重复这些步骤，但要减去理想的变化量。结果如下图所示。



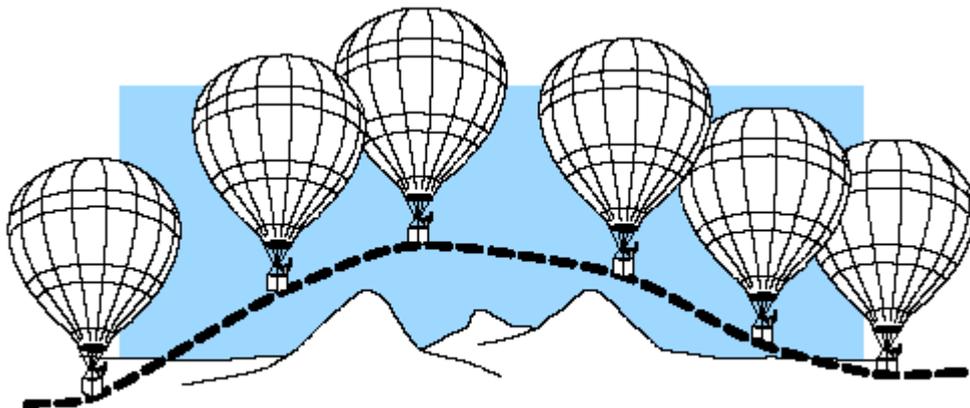
偏差的阶跃变化是我们两次前馈写入偏差值的结果。我们可以看到 PV 的变化被大大减少了。同样的方法也可用于设定值的改变。

1.10 时间—比例控制

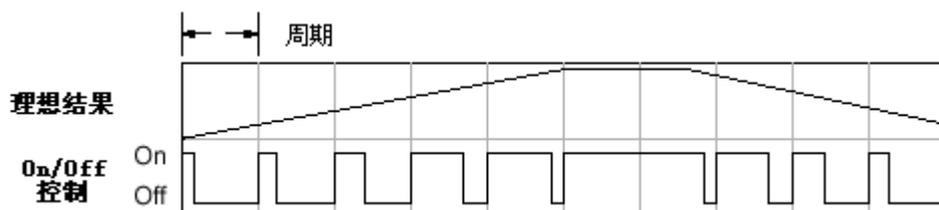
在 D4-454 CPU 中的 PID 回路控制器会产生一个平滑的控制输出信号。这个控制输出值适于驱动一个与过程相连接的模拟量输出模块。在过程控制领域中，它被称作连续控制，因为输出始终是接通的。

要使连续控制平滑而又稳定，回路元器件的成本（例如调整器，加热器放大元件）可能很昂贵。有一种简单的控制方式被称作时间比例控制，此方法使用可通断的执行机构（没有中间方式）。通断型控制系统的回路元件比同样的连续控制部分的成本更低。

本节中，我们将向你说明怎样把回路的控制输出转换成时间-比例控制。先来回顾一下如何交替地接通、断开一个负载来控制一个过程。下图给出了一只热气球按某条路径越过一些山脉的示意图。理想的路径就是设定值。气球飞行员不断地接通和断开燃烧器，这就是他的控制输出。气球中的大量空气有效地平衡了燃烧器的作用，把燃烧的热量转换成一种连续的作用：慢慢地改变气球的温度，达到最终的高度，这就是过程变量。



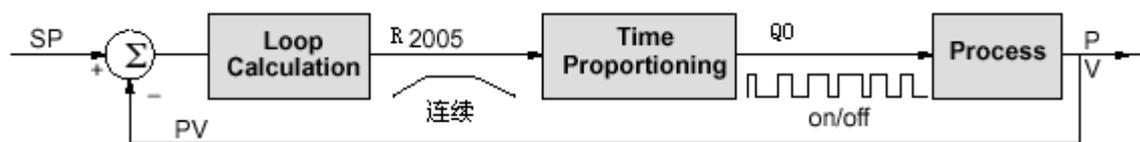
时间-比例控制的负荷与 ON 时间/OFF 时间比率近似于连续控制。下图显示了当负荷被整个过程均分时，它是如何近似于一个连续曲线的例子。



如果我们绘制出热气球中燃烧器的 on/off 时间，我们将会看到对气球温度和高度的类似的影响关系。

On/Off 控制的程序例子

下面的梯形图片段提供了一个时间比例 on/off 控制输出。它把 R2005 中的连续输出值转换成输出线圈 Q0 的 on/off 控制。



例子中的程序使用

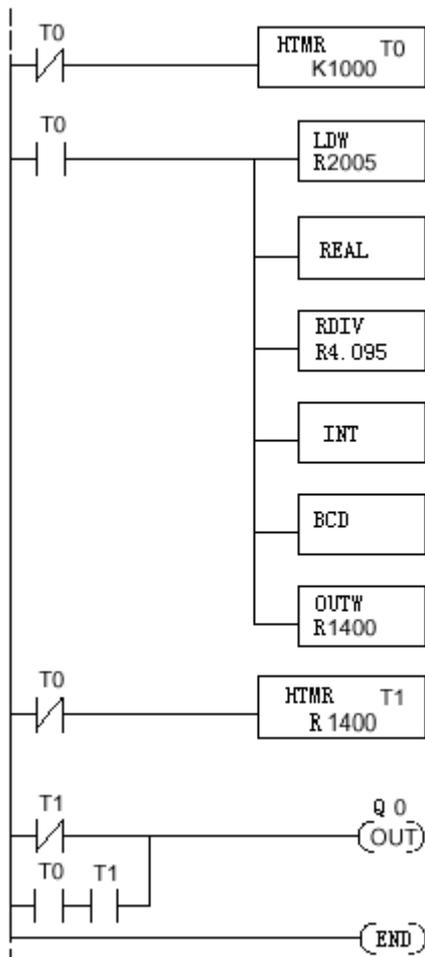
两个定时器来进行 On/Off 控制。要做以下设定：

控制回路参数表从 R2000 开始，控制输出在 R2005。

控制输出的数据类型为 12-位，单极（0-FFF）。

On/Off 波形的时基（一个完整周期）是 10 秒，约等于采样周期。我们用一个高速定时器（0.01s/时钟脉冲），计到 1000 个时钟脉冲（10s），使控制输出的分辨率为 1/1000，如果回路的采样周期比此分辨率快得多，就要用连续控制。

On/Off 的控制输出是 Q0。Q0 波形的循环周期与 10 秒周期的 R2005 中的控制输出值相匹配。



使用 0.01 秒定时器，K1000 为 10 秒预置值，T0 常闭触点使其自复位，T0 每到 10 秒就 ON

到 10 秒，T0 接通，从回路参数表 R+05 地址 R2005 读入控制输出值(二进制)

因为要作无量纲换算，所以将数值转换为实数

用 4.095 除以控制输出，将 0~4095 之间的数值转换为 0~1000 范围的数值，和 10 秒计时器范围相匹配

将实数转换为二进制数

将累加器中的数值转换为 BCD 码，作为计时器预置值

结果输出到 R1400，作为第二个计时器预置值

第二个定时器也从 0 计到 1000，10 秒定时，当达到

预置值时，T1 由 ON 变为 OFF

输出线圈在 10 秒时基开始时 on

主程序结束

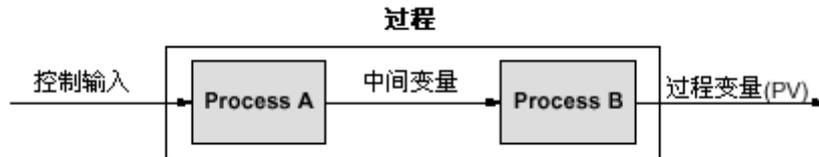
1.11 串级控制

1.11.1 简介

串级回路是一种先进的控制技术，它优于某些情况下的单个控制回路。串级的意思就是一个回路与另一个回路相串联。除了手动（开环）和自动（闭环）方式，D4-454 还提供串级方式。

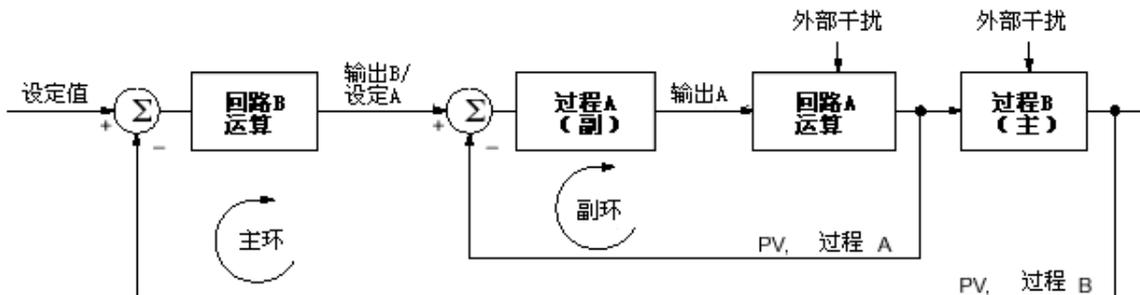
注意：串级回路是一种先进的过程控制技术。所以我们建议只有富有经验的过程控制工程师才能使用它。

当加工过程较复杂且从控制输入到过程变量输出之间有一段滞后时间的话，就算对单个回路进行最完善的调整，可能也只能得到缓慢而不精确的控制。它可能只是一种纯粹的调节器，由不同的物理特性来计量，最后会影响过程变量。识别出了中间变量，我们就可以把过程分成下图所示的两个部分。



串级回路的原理很简单，我们只要加上另一个过程回路来更精确地控制中间变量就行了！它把控制滞后的对象也分成两部分。

下图给出了一个串级控制系统，可以看到它很简单，把一个回路嵌入另一个回路就好了。里面的回路被称作副环，外面的回路被称为主环。为了整个回路的稳定性，副环必须是两个回路中响应最快的那个回路。我们不必再另外增加传感器测量中间变量（过程 A 的 PV）。注意，通过使用主环的输出，自动产生副环的设定值。一旦串级控制被程序设置并调试好，那么我们只需处理初始设定值和过程变量。串级回路可当作一个回路，但同时它改进了以前的单回路的工作性能。



通过检查它对外部干扰的响应，可以看到串级控制有其优越性。记住，副环比主环动作得更快。因此，如果干扰影响了副环中的过程 A，那么回路 A 的 PID 运算会在主环受到影响之前修改偏差。

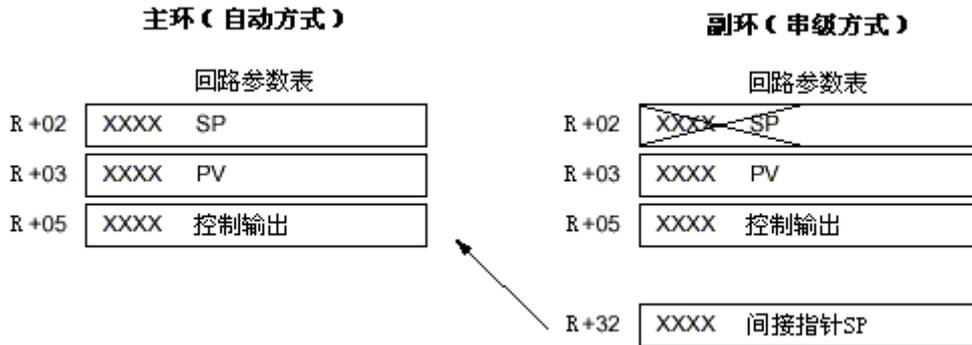
1. 11. 2 D4-454 CPU 中的串级回路

在使用“串级回路”时，必须注意实际上只有副环切到串级方式，通常，主环必须处于自动方式。如果把两个以上的回路串联在一起，那么运行时最外面的回路（主）回路必须在自动方式下，里面的回路在串级方式下。

注意：按严格的过程控制术语，主环和副环都是“串联”的。遗憾的是，在控制中我们无法恪守此规定。记住，所有副环都将处于串级方式，只有最外面的（主）回路处于自动方式。

你可以按 D4-454 的需要把许多回路串联起来，还可以有多组串级回路。为了符合串级回路，必须对主环和副环使用相同的数据范围（12/15 位）和相同的单极/双极设定。

为了把串级方式下工作的回路作成副环，你必须用程序在其回路参数表地址 R+32 中设置间接设定值指针，如下所示。指针必须是主环的 R+05 地址（控制输出）的地址。在串级方式下，副环将忽略它本身的 SP 寄存器（R+02），而读出主环的控制输出作为它的 SP。



使用 KPP 的 PID 视图来监视副环的 SP 值时，KPP 自动读出主环的控制输出并把它显示成副环的 SP。副环正常的 SP 地址，R+02，仍然不变。

现在，我们用上面回路参数的排列画出它的等效回路图，如下所示。



记住，如果副环脱离了串级方式，那么主环自动变成手动方式。

1.12 过程报警

一个过程控制回路的性能通常由过程变量如何跟踪设定值来确定。工业中，大多数过程控制回路是连续工作的，由于偏差，总会使 PV 失控。及早发现偏差，过程报警是非常重要的，并且它可以使车间人员引起警觉，人工控制回路或采取其它措施直到故障被解除。

D4-454 CPU 给每个回路提供了一套卓越的报警性能：

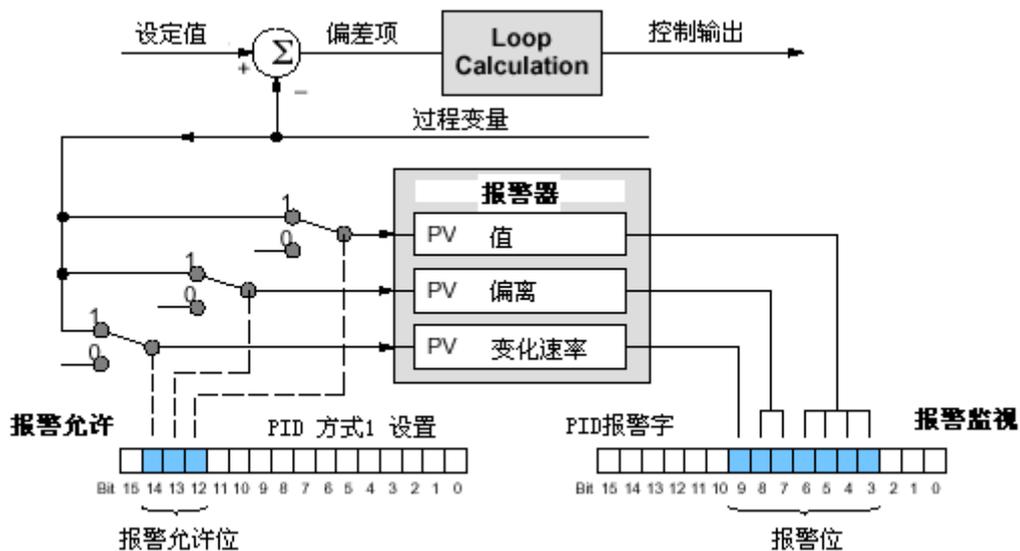
PV 绝对值报警—监视 PV 的两个下限值和两个上限值，无论何时当 PV 超出这些设定限幅值时就产生报警。

PV 偏离报警—监视 PV 与 SP 之间的偏差值。当 PV 和 SP 之间的偏差达到设置的报警值时就报警。

PV 变化率报警—计算 PV 的变化率，超过设定的报警值就报警。

报警滞后—它与绝对值报警和偏离报警一起作用，以消除报警点附近的“抖动”。

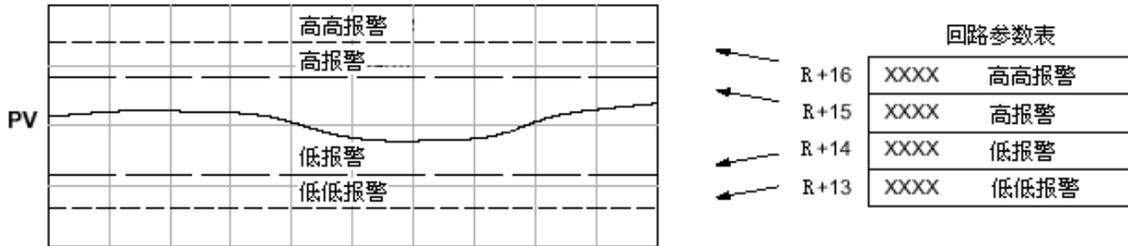
报警点是完全可编程的，并且每一种报警都可以独立地进行监控。下图说明了 PV 的监控功能。在回路参数表的 **PID 方式 1 设置字 R+00** 的第 12, 13 和 14 位可使报警有效/无效。**KPP** 的 **PID 视图设置** 画面可以对报警进行编程和监控。通过检查控制回路参数表 R+06 的第 3-9 位，PID 方式和报警方式字，梯形逻辑程序可以监控报警方式。



与 PID 运算不同，当 CPU 处于运行方式的任何时候，报警都会起作用。回路可能在手动，自动或串级方式，如果上面所列的有效位被置为 1 则报警就起作用。

1.12.1 PV 绝对值报警

PV 绝对值报警由两个上限报警和两个下限报警组成。只要 PV 值处于上限报警和下限报警之间的区域内，报警状态不成立（不报警），如下所示。最靠近安全区的报警被称为高报警和低报警。如果回路失控了，PV 将首先越过其中一个限幅点。所以，你可以在如右图所示的控制回路参数表地址中设置合适的报警限幅值。数据类型与 PV 和 SP 一样（12 位或 15 位）。如果过程失控，这些报警的限幅值应设定好，以便操作员能及时得到报警。

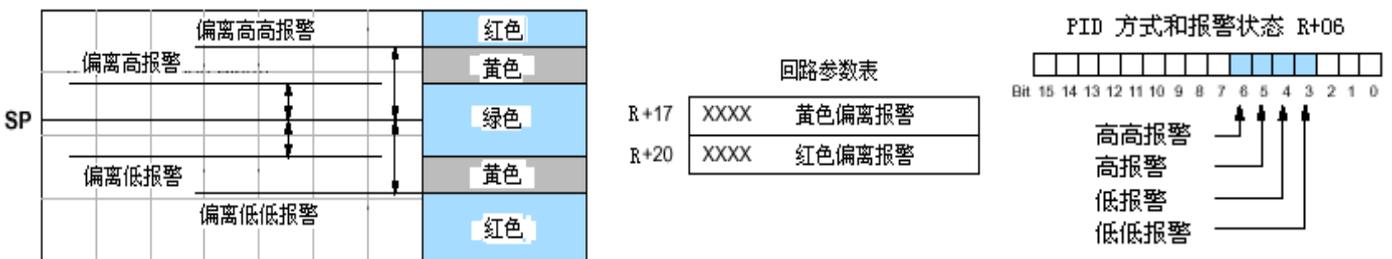


如果在一段时间内过程仍然失控，最后 PV 将越过外面的报警限幅，即高-高报警和低-低报警。它们的限幅值用上面列出的控制回路参数寄存器设置。高-高或低-低报警表明情况严重，需要操作员立即注意。

控制回路参数表中 PID 方式和报警方式字中的 4 个标志位报告了 PV 的绝对值报警，如右所示。我们建议用梯形逻辑程序监控这些位。位操作指令会很容易地办到。除此之外，你还可以用 *KPP* 监视 PID 报警。

1.12.2 PV 偏离报警

PV 偏离报警监视 PV 偏离 SP 的值。偏离报警有两个可编程的限幅值，每个限幅值都对应于当前 SP 值的上端和下端，使之大于和小于它。在下图中，较小的偏离报警被称为“黄色偏离”，回路为报警警告。较大偏离的报警被称为“红色偏离”，表明回路 PV 严重偏离。限幅值使用所示的回路参数表地址 R+17 和 R+20。



限幅确定了相对于 SP 值的波动区域。SP 值周围的绿区代表安全（无报警）方式，黄区在绿色区域的外面，红区在这两个区的外面。

PV 偏离报警由控制回路参数表中 PID 方式和报警方式字中的两位表示，如右所示。我们建议使用梯形逻辑程序来监控这些位。位操作指令可很容易地做到。另外，你还可以用 *KPP* 监控 PID 报警。

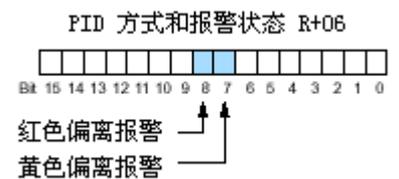
用 PID 方式设置字 R+00 的第 13 位，PV 偏离报警可单独报警。

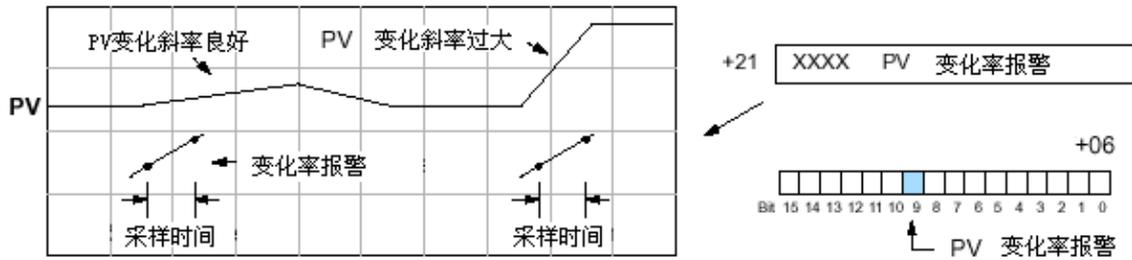
报警滞后作用可与偏离报警和绝对值报警一起工作，详细内容在本节的末尾。

1.12.3 PV 变化率报警

要得到过程错误的早期警告的一个有效办法就是监视 PV 的变化率。大多数批量过程都有大量的、变化缓慢的 PV 值。PV 的变化相对快，则是由于 PV 或控制输出的信号线断、SP 值出错或其它原因引起的。如果操作者能迅速有效地响应 PV 的变化率报警，那么 PV 的绝对值将不会达到使加工材料被毁坏的点。

D4-454 回路控制器提供了一种可编程的 PV 变化率报警，如下所示。变化率被定义为单位 PV 的变化量/回路采样时间。该值可用编程方法在控制回路参数表 R+21 中设置。





在本例中，假定 PV 是我们过程的温度值，并且当温度变化超过 15 度/分时，我们想要它报警。我们必须知道 PV 数量/度和回路采样周期。然后，假定 PV 值（在 R+03 地址中）表示成 10 个值/度，并且回路采样周期为 2s。我们用下面的公式把我们的工程技术单位转换成数量值/采样周期：

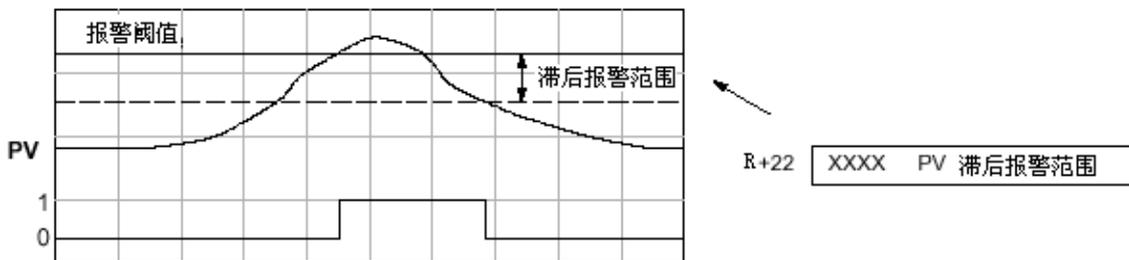
$$\text{报警变化率} = \frac{15}{1 \text{ 分}} \times \frac{10 \text{ 个值/度}}{30 \text{ 个回路采样/分}} = \frac{150}{30} = 5 \text{ 个值/采样周期}$$

根据计算结果，在控制回路参数表中我们把变化率设置成值“5”。用 PID 方式 1 设置字 R+00 的第 14 位，PV 变化率报警可单独报警。报警延迟特性（下面要讨论的）不影响变化率报警。

1.12.4 PV 延迟报警

PV 绝对值报警和 PV 偏移量报警用限幅值来设置。当绝对值或偏移量超过限幅值时，报警方式变成真。实际上，PV 信号会有一些干扰，这将引起 CPU 中 PV 值的波动。当 PV 值超过某个报警限幅时，这种波动会使报警断断续续，引起过程操作者的烦恼。解决的办法就是使用 PV 报警延迟功能。

PV 报警滞后量可程序设置，范围 1-200（十六进制）。当使用 PV 偏移量报警时，设置的滞后量必须小于设定的偏移量值。下图说明了当 PV 值超过限幅值并再次降到限幅值时，延迟报警是如何起作用的。

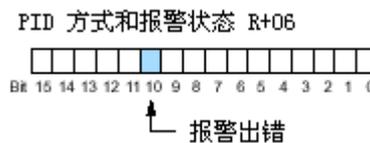


超过限幅值后，使用滞后量让它朝安全区变化。用此方法，报警一超过设置的限幅值就发生作用。它延时关闭，直到 PV 值已按滞后量回到限幅值。

1.12.5 报警出错

PV 报警阈值必须按某种数学关系得出，要求如下。如果不符合，报警编程错误标志位将被设定，如右所示。

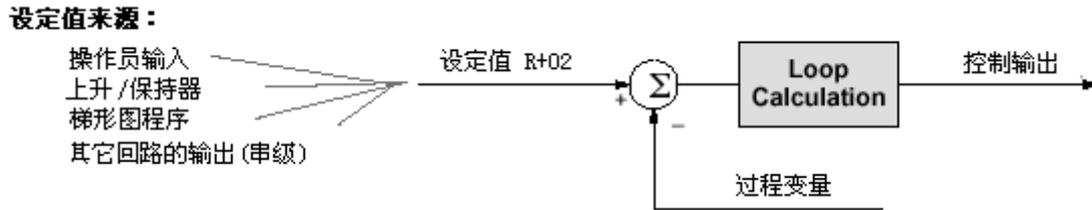
- PV 绝对值报警要求：
低-低<低<高<高-高
- PV 偏移量报警要求：
黄<红



1.13 上升/保持发生器

1.13.1 简介

我们讨论基本回路工作时，要注意回路的设定值将以何种方法产生，它取决于回路工作方式和编程的优先权。下图中，上升/保持发生器是产生 SP 的方法之一。**梯形程序就是要保证在任一特定的时间只有一个设定值来源向 R+02 中写 SP 值。**

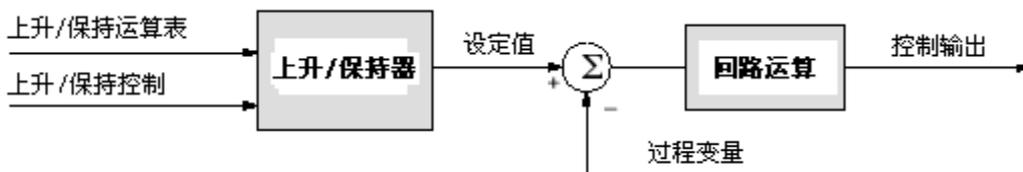
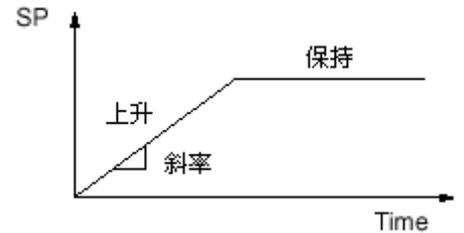


如果你的过程的 SP 极少变化或允许阶跃变化的话，你可能不需要使用上升/保持发生器。但是，一些过程需要根据不断变化的 SP 的值来进行精确控制。上升/保持发生器可大大减小这些应用需要的编程量。

在过程控制行业中，“上升”和“保持”有特殊的含义，在温度控制应用中要参考理想的设定值（SP）。右图中，设定值在上升段时增加。在保持段时它稳定地保持在某个值。

通过规定一系列上升/保持段可以产生复杂的 SP 控制。上升段被定义成单位 SP/秒。保持时间也以分来进行编程。

把上升/保持发生器看作是产生 SP 值的一种专用功能是具有指导意义的，如下所示。有两类输入决定了 SP 值的产生。上升/保持表必须被提前设置好，包括定义上升/保持控制的值。每次 PID 进行运算时，回路从表中读出它们。上升/保持控制字就是特殊控制回路参数表字中的位，该表控制上升/保持发生器的实时启/停工作。梯形程序可监视上升/保持控制的方式（当前上升/保持序号）。



现在我们已经说明了一般上升/保持发生器的工作情况，它的特殊性能如下：

每个回路都有各自的上升/保持发生器（可任选）。

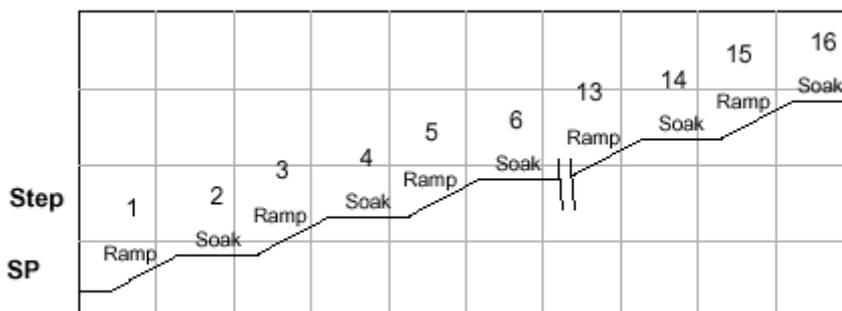
最大可以规定八段上升/保持（16 段）。

PLC 处于运行方式时，上升/保持发生器就可以工作。其工作与回路方式（手动或自动）无 关。

上升/保持实时控制包括启动，保持，恢复和渐进工作。

上升/保持监控包括控制完成，保持偏差（SP-PV），和当前上升/保持步序号。

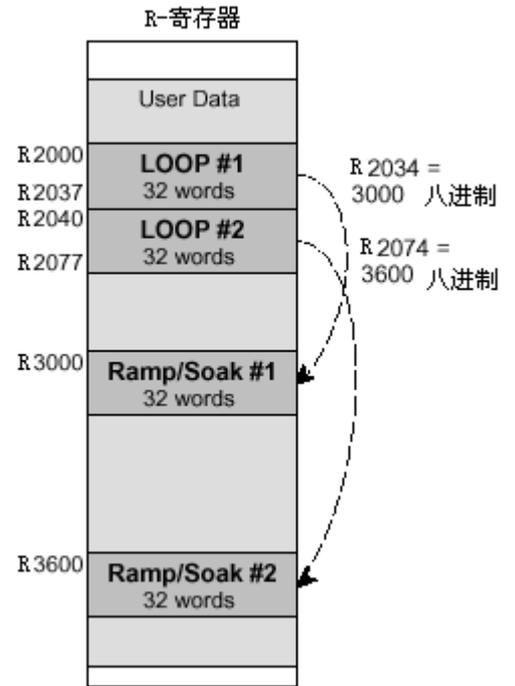
下图显示了包括多段上升/保持的 SP 控制。这些段被单独按数字编成 1-16 步。每段上升的梯度可以是增加的或减小的。根据上升最后一个点的相对值，上升/保持发生器自动获知 SP 是增加的还是减小的。这些值来自上升/保持表。



1.13.2 上升/保持表

回路上升/保持控制的参数在上升/保持表中。每个回路有它各自的上升/保持表，它是可选择的。回路参数表包括每个回路的 32-字存储器块，它们一起占用一个相邻的存储器区。但是，回路的上升/保持表的位置是独立的，因为对于每个回路来说，它是可选择的。在控制回路参数表地址 R+34 中的地址指针规定了上升/保持表的起始地址。

右边的例子中，回路#1 和#2 的回路参数表占用相邻的 32-字存储器块。每块都有上升/保持表的一个指针，单独被放在用户 R-寄存器的某个地方。当然，你可以把所有表组成一组，只要它们不重叠。



在上升/保持表中的参数必须是用户定义的。最方便的方法是用 *KPP*，它有对该表的特殊编辑器。需要四个参数来确定一对上升和保持段，如下所示。

上升的末端值—规定上升末端的 SP 的最终值。这个数字的数据类型必须与你使用的 SP 的数据类型相同。它可能大于或小于起始的 SP 值，所以斜率可能是上升或下降的（我们不必知道上升#1 的起始 SP 值）。

上升梯度—规定 SP 按单位值/秒的增加情况。它是 BCD 数，从 00.00–99.99（使用隐含的十进制小数点）。

保持周期—规定保持段的时间，以分为单位，范围从 000.1–999.9 分，BCD 码（隐含十进制小数点）。

保持 PV 偏移量—（可选择的）规定了保持周期内 PV 上、下偏离 SP 值的偏移量。PV 偏移量报警方式位由上升/保持发生器产生。



当上一个保持段结束后，上升段就开始工作。如果上升是第一段，那么当上升/保持发生器启动时它就开始工作，并且自动把当前的 SP 值假设成起始的 SP。

地址偏移	步序	说明	地址偏移	步序	说明
+00	1	上升 SP 末端值	+20	9	上升 SP 末端值
+01	1	上升斜率	+21	9	上升斜率
+02	2	保持周期	+22	10	保持周期
+03	2	保持 PV 偏离量	+23	10	保持 PV 偏离量
+04	3	上升 SP 末端值	+24	11	上升 SP 末端值
+05	3	上升斜率	+25	11	上升斜率
+06	4	保持周期	+26	12	保持周期
+07	4	保持 PV 偏离量	+27	12	保持 PV 偏离量
+10	5	上升 SP 末端值	+30	13	上升 SP 末端值
+11	5	上升斜率	+31	13	上升斜率
+12	6	保持周期	+32	14	保持周期
+13	6	保持 PV 偏离量	+33	14	保持 PV 偏离量
+14	7	上升 SP 末端值	+34	15	上升 SP 末端值
+15	7	上升斜率	+35	15	上升斜率
+16	8	保持周期	+36	16	保持周期
+17	8	保持 PV 偏离量	+37	16	保持 PV 偏离量

1.13.3 上升/保持表的标志

许多应用不需要 16 段上升/保持。不使用的段在表中全为零。当发现上升斜率=0 时，R/S 发生器不控制。下表列出了上升/保持参数表标志（地址+32）字的单个位的定义。

位	上升/保持标志位的说明	读/写	位=0	位=1
0	启动上升/保持控制过程	写	—	0→1 启动
1	保持上升/保持控制过程	写	—	0→1 保持
2	恢复上升/保持控制过程	写	—	0→1 恢复
3	渐进上升/保持控制过程	写	—	0→1 渐进
4	上升/保持控制过程完成	读	—	结束
5	PV 输入上升/保持偏移量	读	Off	On
6	上升/保持控制过程保持方式	读	Off	On
7	保留	读	—	—
8-15	R/S 控制过程中的当前步	读	按字节编码（十六进制）	

1.13.4 上升/保持发生器有效

允许 SP 值的上升/保持发生器控制有效，如右所示的 PID 方式 1 设置字 R+00 的第 11 位。上表中在 R+33 中的其它上升/保持控制不工作，整个上升/保持过程中此位=1 时除外。

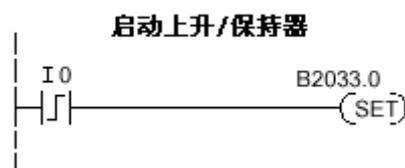


1.13.5 上升/保持控制

上升/保持发生器的四个主要控制字是在回路参数表中上升/保持设置字的第 0-3 位。*KPP* 直接从上升/保持设置对话框中控制这些字。但是，在程序执行期间，必须用梯形逻辑程序设置这些字。我们建议使用位操作指令。

梯形逻辑程序必须把控制位设置成“1”，执行相应的功能。当回路控制器读到上升/保持的值时，它自动切断该位。因此，当 CPU 处于运行方式时，此位不需要复位。

右边所示的程序回路例子说明了一个外部开关 I0 怎么接通，以及 PD 触点如何使用上升沿设置控制位来启动上升/保持控制过程，要使用位设置指令。



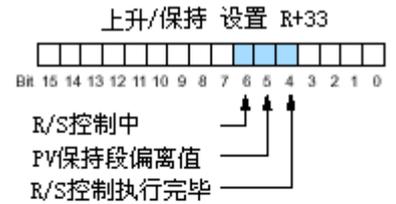
上升/保持控制位的正常方式是全为零。梯形逻辑程序一次只能设置一个控制位。

- **启动**—一次 0-1 的跳变将可启动上升保持控制过程。CPU 必须处于运行方式，回路可以处于手动或自动方式。如果控制过程不被保持 (Hold) 或渐进 (Jog) 命令中断的话，就能正常工作。
- **保持**—0-1 跳变将停止当前方式下的上升/保持控制过程，SP 值将被冻结。
- **恢复**—如果上升/保持发生器处于保持方式时，0-1 跳变将使它继续工作。SP 值将继续使用以前的值。
- **渐进**—0-1 的跳变将使上升/保持发生器中止当前段（步），转到下一段。

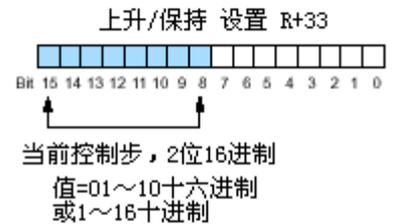
1. 13. 6 上升/保持控制过程的监控

你可以用上升/保持 设置 R+33 字中的其它位来监视上升/保持控制过程方式，如右所示。

- R/S 控制过程结束—当被设置的最后一步完成后为 1。
- 保持 PV 偏移量—当偏差 (SP-PV) 超过 R/S 表中规定的偏差量时为 1。
- R/S 控制过程在保持方式—当控制过程执行但现在正处于保持方式时为 1。

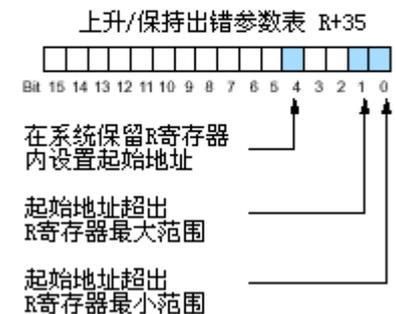


当前步序可在上升/保持 设置 R+33 字的高 8 位中得到。这些位表示了 2 位十六进制数，范围从 1-10。梯形逻辑程序可监视这些位，使程序的其它部分与上升/保持控制过程同步。把这个字装入累加器中并且右移 8 位，你就能得到步序号。



1. 13. 7 上升/保持编程错误

上升/保持的起始地址必须是一个有效地址。如果地址指针超出了用户 R-寄存器范围，那么当上升/保持发生器被启动时右边的一位将被接通。我们建议用 *KPP* 来组态上升/保持参数表。它自动检查地址范围。



1. 13. 8 测试上升/保持控制过程

在用你的上升/保持控制过程控制过程之前先进行测试是一个好办法。这很容易做到，因为当回路处于手动方式时，上升/保持发生器将会运行。用 *KPP* 的 PID View 是一种实时监视图，因为它将为你在屏幕上画出控制过程。保证把趋势时基设置的足够慢以便在波形图中完整地显示上升-保持阶梯图。

1. 14 故障检修提示

Q. 回路不进入自动方式。

A. 检查下列可能的原因：

PLC 在编程模式。回路要运行，必须使 PLC 在 RUN 模式。

存在 PV 报警，或存在 PV 报警程序错误。

回路为串级回路的主环，副环不在串级方式下。

Q. 当回路处于自动方式时，控制输出始终为零。

A. 检查下列可能的原因：

控制回路参数表地址 R+31 中的控制上限是零。

所有的整定参数都为 0。

回路达到饱和，因为偏差不可能是零值并且不能改变（运算）符号。

Q. 控制输出值不是零，但也不正确。

A. 检查下列可能的原因：

输入的增益不正确。记住，当 SP 和 PV 是二进制数时，输入控制回路参数表中的增益就是 BCD 码。如果你使用 *KPP*，它以十进制（BCD）显示 SP，PV，偏移和控制输出，在变更控制回路参数表之前把它转换成二进制。

Q. 当激活启动位时，上升/保持发生器不工作。

A. 检查下列可能的原因：

上升/保持有效位禁止。检查回路参数表地址 R+00 的第 11 位的方式。它必须被置为 1。

在上升/保持控制中，保持位或其它位为 on。

起始的 SP 值和第一个上升段结束时的 SP 值相同，所以第一个上升段没有斜率而且没有持续周期。上升/保持发生器很快地移到保持段，给出了一种第一个上升段不工作的假象。

回路处于串级方式，正努力接收远程的 SP。

在控制回路参数表地址 R+27 中的 SP 上限值太低。

检查你的梯形程序，确认它不对 SP 地址（在控制回路参数表中的 R+02）写操作。做这项工作最快的方法就是临时在你的程序开头放一个结束线圈，然后转入 PLC 运行方式，手动启动上升/保持发生器。

Q. 即使模拟量模块收到了 PV 信号，在表中的 PV 值仍是不变。

A. 你的梯形程序必须成功地从模块中得到模拟量值并把它写到控制回路参数表 R+03 的地址中。确认模拟量模块工作正常，而且梯形图正在工作。

Q. 微分增益似乎对输出没有影响。

A. 可能达到了微分限幅值（见有关微分增益限制值一段）。

Q. 回路设定值自己变化。

A. 检查下列可能的原因：

上升/保持发生器起作用，并且正在产生设定值。

如果在回路从手动-自动方式转换时出现此现象，那么回路自动设置为 SP=PV（无扰动转换特性）。

检查你的梯形程序，确认它不对 SP 地址（控制回路参数表中的 R+02）进行写操作。进行 这些工作最快的办法就是在你的程序开头临时放一个结束线圈，然后进入 PLC 运行方式。

Q. 用 *KPP* 输入的 SP 和 PV 值能正常工作，但当梯形程写数据时这些值没有工作。

A. *KPP* 的 PID 视图可让你输入十进制的 SP，PV 和偏差值并且经十进制方便地显示出来。例如，当数据类型是单极 12 位时，数值范围从 0-4095。但是，控制回路参数表实际上需要十六进制的数，所以 *KPP* 要把它们进行转换。在表中的数值的范围从 0-FFF，12-位单极类型。

Q. 无论使用什么方法，回路似乎不稳定而且无法调整。

A. 检查下列可能的原因：

回路采样时间被设得太长。参见本章前面的有关选择回路刷新时间的段落。

增益太高。把微分增益减小到零。然后减小积分增益，必要的话减小比例增益。

在你的过程中的传送滞后作用太多。此意味着 PV 控制输出的作用缓慢。可能是由于调整器和 PV 传感器之间的“距离”太长，或调整器传输到过程中的能力太弱。

可能有超过回路调整能力的过程干扰。当 SP 不变化时，保证 PV 相对稳定。

1.15 参考文献目录

过程控制的基本原理，第二版 作者：Paul W. Murrill 出版社：美国仪器协会 ISBN 1-55617-297-4	过程控制的应用概念 作者：Paul W. Murrill 出版社：美国仪器协会 ISBN 1-55617-080-7
PID 控制器：原理，设计和调整，第二版 作者：K. Astrom 和 T Haggiund 出版社：美国仪器协会 ISBN 1-55617-516-7	温度，压力和流量测量的基本原理，第三版 作者：Robert P. Benedict 出版社：John Wiley 和 Sons ISBN 0-471-89383-8
过程/工业仪器&控制手册，第四版 作者（主编）：Douglas M. Considine 出版社：McGraw-Hill, Inc. ISBN 0-07-012445-0	PH 测量和控制，第二版 作者：Gregory K. McMillan 出版社：美国仪器协会 ISBN 1-55617-483-7
过程控制，第三版 仪器工程师手册 作者（主编）：Bela G. Liptak 出版社：Chilton ISBN 0-8019-8242-1	过程测量和分析，第三版 仪器工程师手册 作者（主编）：Bela G. Liptak 出版社：Chilton ISBN 范 0-8019-8197-2

1.16 PID 回路术语汇总

自动方式	回路的一种操作方式，在此方式下，回路进行 PID 运算并刷新回路的控制输出。
偏移冻结	当控制输出超出范围时，将偏移值保留下来，抑制积分作用。其好处在于使回路调节恢复得更快。
偏移项	PID 公式的位置方式，它是积分器和初始控制输出值的和。
无扰动切换	改变回路工作方式的一种方法，以避免控制输出的突变。通过人工地使 SP=PV，或在方式改变的那一刻使偏差=控制输出来避免突变。
串级回路	串级回路把另一个回路的输出作为其设定值。串级回路有主/副关系，并且共同工作并最终控制一个 PV。
串级方式	回路的一种工作方式，在此方式下，它使用另一个回路的输出作为其 SP。
连续控制	过程控制是通过传送光滑的（模拟量）信号作为控制输出来完成的。
正作用回路	PV 增加，控制输出也增加的回路。换句话说，过程有正增益。
偏差	SP 与 PV 之间的差值，偏差=SP-PV。
偏差死区	当偏差很小时，回路对偏差灵敏度的选择特性。你可以规定死区的大小。
偏差平方差的作用。	偏差乘以偏差的可选特性，但是保留最初的运算符号。它减小了小偏差的影响，而扩大了大偏差的作用。
前馈	当设定值改变，或输入信号有干扰时，对回路的控制进行优化的一种方法。
控制输出	PID 算式的运算结果。
微分增益	决定了 PID 微分项的大小。
积分增益	决定了 PID 积分项的大小。
主环	在串级控制中，它就是产生串级回路设定值的回路。
手动方式	回路的一种工作方式，在此方式下，PID 运算被禁止。操作者必须直接写入控制输出值来控制回路。
副环	在串级控制中，副环就是从主环中接收其 SP 的副回路。

- On/Off 控制** 控制过程的一种简单的方法，将整个过程化为对 on/off 的响应，以得到相对光滑的 PV。一个简单的梯形程序就可以把 D4-454 的连续回路输出转换成 on/off 控制。
- PID 回路** 一种闭环回路控制的数学方法，其中包含三个基本项：比例，积分和微分项的和。这三项都有其独立的增益值，可以用其中一项来优化（调整）回路以得到某一特殊的应用系统。
- 位置运算** 计算出控制输出，使它响应 PV 对于 SP（偏差项）的偏移量（位置）。
- 过程** 把数据值施加到原材料上去的控制过程。过程控制尤指过程中引起的材料的化学变化。
- 过程变量（PV）** 过程中材料的物理特性的一种定量的测量值，它会影响最终的产品质量并且监视和控制它是十分重要的。
- 比例增益** 这个常量决定了当前偏差的 PID 比例项的大小。
- PV 绝对值报警** 把 PV 值与报警阈值进行比较的一种可编程报警。
- PV 偏移量报警** 把 SP 与 PV 的差值与偏移量阈值进行比较的一种可编程报警。
- 上升/保持控制过程** 一系列的 SP 值称作一个控制过程，它在每次回路计算时实时产生。控制包括一系列成对的上升和保持段。
- 速率** 也叫微分器，响应偏差项的变化的速率。
- 间接设定值** 在串级回路中当回路被组态成副环时，它读取其设定值的地址。
- 复位** 也称作积分器，复位项就是把每次被采样到的偏差与上一次的偏差相加，保持一个偏移累加值。
- 积分分离** 当回路无法达到平衡并且偏差使积分（复位）累加过剩（超调）时，建立的一种方法。当原始回路故障被修复后，积分超调将使恢复时间延长。
- 反作用回路** PV 增加控制输出减少的回路。换句话说，过程有负增益。
- 采样时间** PID 运算间隔时间。过程控制的 CPU 方式被称为采样控制器，因为它只周期地采集 SP 和 PV。
- 设定值（SP）** 过程变量的理想值。在闭环回路工作时，设定值（SP）是回路控制器的输入值。
- 保持偏移量** 保持偏移量是当上升/保持发生器工作时，在上升/保持控制过程处于保持段内时测量的 SP 与 PV 间的偏差值。
- 步序响应** 过程变量响应 SP 的步序变化（闭环工作时），或控制输出的步序变化（开环工作时）的工作情况。
- 切换** 把回路从一种工作方式变成另一种工作方式（手动，自动或串级）。
- 速度算法** 使 PV 等于 SP 的控制输出，表达成 PV 的变化速率（速度）。



捷太格特电子(无锡)有限公司
JTEKT ELECTRONICS (WUXI) CO.,LTD.

地址：江苏省无锡市滨湖区建筑西路 599 号 1 栋 21 层
邮编：214072
电话：0510-85167888 传真：0510-85161393
[http: //www. jektele. com. cn](http://www.jektele.com.cn)

JELWX-M4527B

2024 年 7 月