JTEKT

Value & Technology

可编程序控制器 DL05 系列

PID 功能技术资料

[第二版]

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

目录

第一节　DL05 PID 回路的特点 1
一、主要特点 1
二、PID 回路基础 3
第二节　回路参数设定 5
一、回路控制表和回路数 5
二、PID 错误标志 5
三、回路控制表的空间大小和存储单元 6
四、控制回路参数表字定义 7
五、PID 方式设定 1 的位说明（Addr+00） 8
六、PID 方式设定 2 的位说明（Addr+01） 9
七、方式/报警监控字（Addr+06） 9
八、上升/保持表标志（Addr+33） 10
九、上升/保持表地址（Addr+34） 11
十、上升/保持 表编程错误标志（Addr+35） 11
第三节　回路采样周期和程序流程 12
一、回路采样周期 Addr+07 12
二、选择最佳的采样周期 12
三、确定合适的采样周期（Addr+07）: 13
四、采样周期编程 13
五、PID 回路影响 CPU 扫描时间 14
第四节　过程控制成功的十个步骤 16
第五节　回路操作基础 18
一、数据存储单元 18
二、数据源 18
三、直接存取模拟量 I/O 值 19
四、回路控制方式 20
五、CPU 方式和回路控制方式 21
六、如何改变回路控制方式 22
七、PID 方式的操作面板控制 23
八、PLC 方式对回路方式的影响 23
九、回路控制方式的替代 23
十、无扰动切换 24
第六节　PID 回路数据组态 25
一、回路参数数据类型 25
二、选择单极或双极类型 25
三、数据偏置量的处理 26
四、设定值（SP）的限制范围 26
五、设定值（SP）间接地址 27
六、过程变量（PV）的组态 27

七、控制输出组态 28
八、偏差项的组态 29
第七节 PID 算法 30
一、位置算法 30
二、速度算法 31
三、比例、积分、微分项 33
四、使用 PID 控制运算子模块 34
五、微分增益的限幅 35
六、偏移项 35
七、积分分离 36
第八节 回路调整过程 37
一、开环测试 37
二、手动调整过程 38
三、自整定过程 39
四、串级调整回路 43
第九节 PV 模拟量滤波 44
一、DL05 内置模拟量滤波器 44
二、在梯形逻辑程序中建立一个模拟量软件滤波 45
第十节 前馈控制 46
第十一节 时间—比例控制 48
第十二节 串级控制 50
一、简介 50
二、DL05 CPU 中的串级回路 51
第十三节 过程报警 52
一、PV 绝对值报警 53
二、PV 偏离报警 53
三、PV 变化率报警 54
四、PV 延迟报警 55
五、报警出错 55
第十四节 上升/保持发生器 56
一、简介 56
二、上升/保持表 57
三、上升/保持表的标志 59
四、上升/保持发生器有效 59
五、上升/保持控制 59
六、上升/保持控制过程的监控 60
七、上升/保持编程错误 60
八、测试上升/保持控制过程 60
第十五节 故障检修提示 61
附录 1 文献目录 62
附录 2 PID 回路术语汇总 63

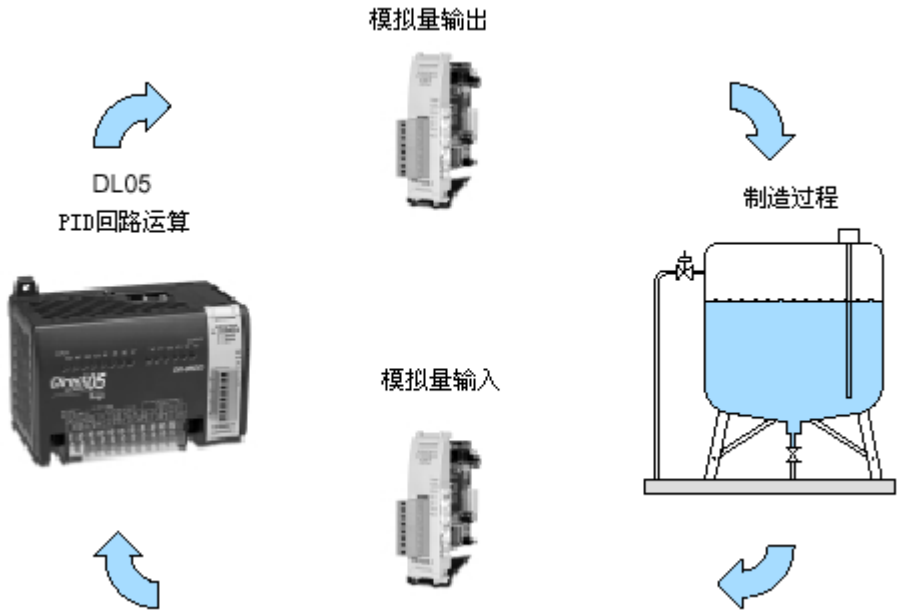
第一节　　DL05 PID回路的特点

一、主要特点

DL05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**4**个回路，采样速率可单独编程
- 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

DL05 CPU除了能够执行梯形图程序以外，还有过程控制功能。你可选择组态最多四个回路。所有传感器和调节器的线缆都直接连接到**DL05**模拟量模块上。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**DL05 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。



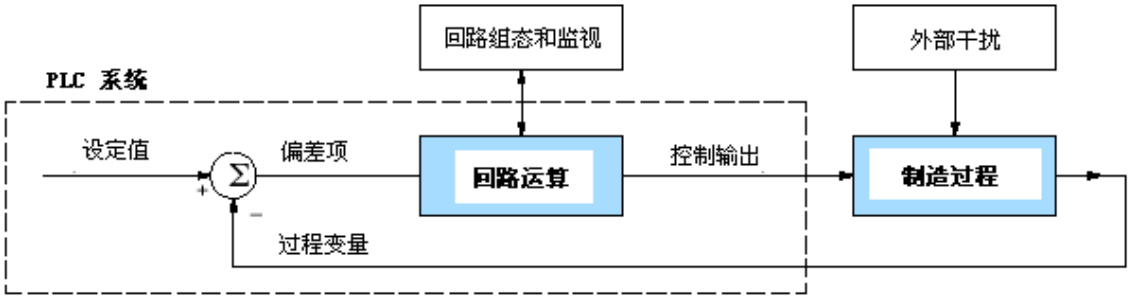
组态**DL05**闭环回路的最好工具是***Direct***SOFT32编程软件，**3.0c**版或更新的版本。***Direct***SOFT32利用对话框帮助你建立独特的闭环回路。完成了设定之后，你可以用***Direct***SOFT32的**PID** 趋势画面调整每个回路。你进行的组态和调整被存入**DL05**的永久性**FLASH**存储器中。回路参数也可保存在磁盘上以供日后调用。

PID回路性能	特点
回路数	最多4个回路
占用CPU V存储器	32字（R存储区）/回路，使用上升/保持，则64字。
PID算法	PID的位置和速度方程式
控制输出极性	可选正向作用或反向作用
偏差项特性曲线	可选择为线性、偏差的平方根、偏差的平方
回路刷新速率 （PID的运算时间）	0.05-99.99s，用户可编程
最小回路刷新速率	1-4回路0.05s
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）
设定值上下限	规定设定值的最小和最大值
测量值上下限	规定测量值的最小和最大值
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（频率）	规定微分时间从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，自动初始化偏移值和设定值
无扰动切换 II	当控制开关从手动切换到自动时，自动设置偏移为控制输出
阶跃偏移	设定值变化大时，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(当输出消除饱合时，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）的允许偏差（+/-），使控制输出值不作变化。

报警特性	特点
死区	规定所有报警的报警区死区是0.1%-5%
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超过了你规定的变化率上下限时进行检测

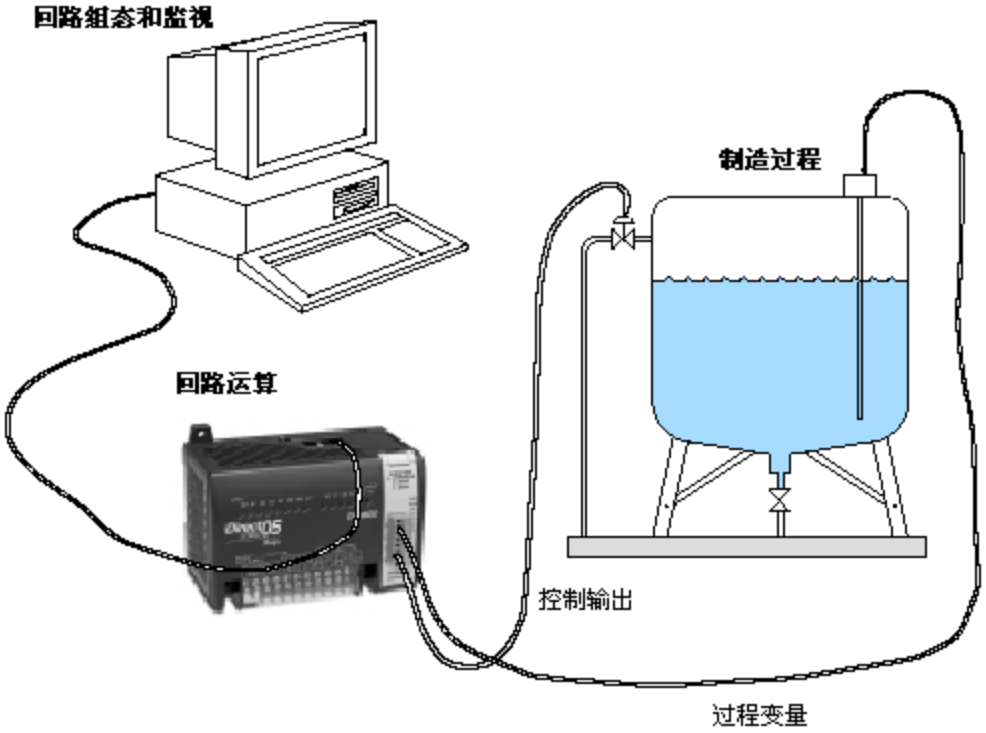
二、PID 回路基础

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，**DL05**使用比例-积分-微分（**PID**）算法（以后会更多）。
控制输出—回路计算的结果，就变成了过程控制要作的命令（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）。

下图以实物元件的形式来显示每个回路的组成。例子中的制造过程包括装有一种液体的反应容器。传感器探头测量的过程变量可能是压力、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出**PV**。**CPU**进行回路计算，并且写到模拟量输出端。在加工过程中，此信号传送给一个设备，例如一个加热器、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。紧接其后的回路就进行计算，回路以这种方式连续工作。



图中所示的个人电脑被用来运行***Direct***SOFT32，和***Direct***LOGIC可编程序控制器的**PLC**编程软件。***Direct***SOFT32, **3.0c**版或更新的版本，可以编制**DL05 PLC**的程序（包括**PID**特性）。软件以编辑器为特征组态回路参数。它还有**PID**回路趋势画面的性能，在回路调整过程中，这一点十分有用。如何使用该软件的详细说明包括在***Direct***SOFT32手册中。

第二节　　回路参数设定

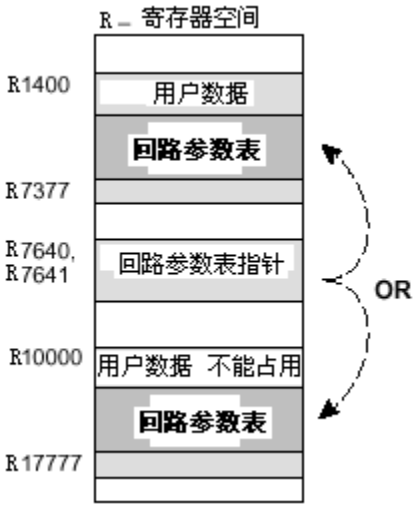
一、回路控制表和回路数

DL05 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***Direct*Logic PLC**来说，**RLL**中的这一类“**PID**指令”是不存在的。但是，**CPU**可以从储存的**R寄存器**地址中读到参数设置。如下表所示，你必须在**V7640**中设置一个值指向主控制回路参数表。然后你需要用编程方法把你想要**CPU**计算运行的回路数设置到**R7641**中。当**R7640**或**R7641**无法正常编程时，**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	**0-4**	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，回路控制器将被关闭。回路控制器从**1**开始，按升序排列使用回路。例如，当指到**2**和**3**时，你就不能用回路**1**和**4**。回路控制器试图控制**R7641**中规定的回路数。

回路参数表可能占用用户数据空间（**R1400-R7377**）的低位，或用户数据空间（**R10000-R17777**）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）。***Direct*SOFT32 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。



二、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**从程序到运行方式**转换时，在**R7642**中设置相应的位来实现的。

如果你使用***Direct*SOFT32**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**RLL**，所以在这种情况下，错误标志寄存器是十分有用的。

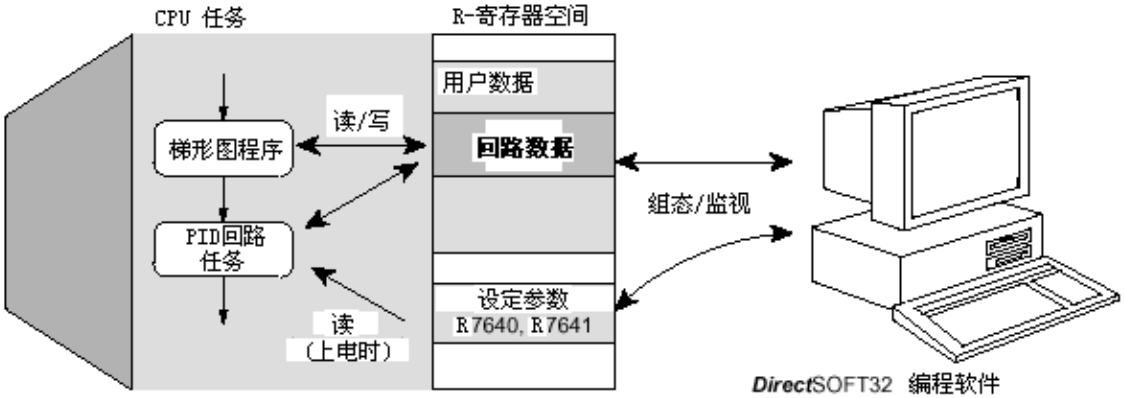
下表列出了**R7642**中记录的错误。

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4。
3	控制回路参数表超过了R7377界限。用靠近R1400的地址。
4	控制回路参数表超过了R17777界限。用靠近R10000的地址。

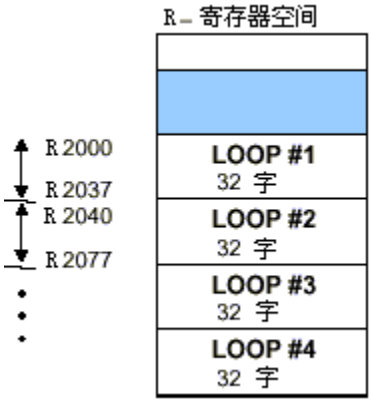
当快速检查时，如果**CPU**处于**Run**方式，并且**R7642=0000**，就没有编程错误发生。

三、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**4**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**将占用**R2040-R2077**，……回路**4**占用**R2140-R2177**。



四、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**。不用**word#**（第一列中）来计算地址。

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

五、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	偏差死区有效	写	无效	有效
9	微分增益限制选择	写	断	通
10	偏置(积分器)冻结选择	写	断	通
11	上升/保持操作选择	写	断	通
12	PV报警监控选择	写	断	通
13	PV偏差报警选择	写	断	通
14	PV变化率报警选择	写	断	通
15	设置时，回路方式与CPU方式无关	写	有CPU方式的回路	与CPU方式无关的回路

六、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	输入(PV)和控制输出范围 单极/双极选择 (见注1和2)	写	单极	双极
1	输入/输出数据类型选择 (见注1和2)	写	12 位	15位
2	模拟量输入滤波	写	Off	On
3	SP输入有效限制	写	无效	有效
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	自整定选择	写	PID	仅PI (微分时间=0)
7	自整定启动	读/写	自整定完成	强制启动
8	PID时钟扫描(内部用)	读	—	—
9	输入/输出16-位数据类型选择 (见注1和2)	写	无16位	选择16位
10	选择输入、输出的单独数据类型 （见注2和3）	写	相同类型	单独类型
11	控制输出范围 单极/双极选择 （见注2和3）	写	单极	双极
12	输出数据类型选择 （见注2和3）	写	12位	15位
13	输出数据16-位类型选择 （见注2和3）	写	无16位	选择16位
14-15	留作将来使用	—	—	—

注1：如果第**9**位的值为**0**，那么第**0**和**1**位的值被读出。如果第**9**位的值为**1**，那么第**0**和**1**位的值不被读出，并且第**9**位将定义数据类型（范围自动定为单极）。
注**2**：如果第10位的值为0，那么第0、1和9位的值确定了输入和输出的范围以及数据类型（第11、12和13位的值不被读出）。如果第10位的值为1，那么第0、1和9位的值只确定了输入的范围和数据类型，第11、12和13位的值被读出，并且规定了输出范围和数据类型。
注**3**：如果第10位的值是1，第13位的值是0，那么第11和12 位被读出并确定了输出范围和数据类型。如果第10和13位的值都是1，那么第11和12位不被读出，并且第13位规定了数据类型。（输出范围自动定为单极）

七、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	断	通
4	PV输入低报警	读	断	通
5	PV输入高报警	读	断	通
6	PV输入高-高报警	读	断	通
7	PV输入黄色偏差报警	读	断	通
8	PV输入红色偏差报警	读	断	通
9	PV输入变化率报警	读	断	通
10	报警值编程错误	读	—	错误
11	回路计算上溢/下溢	读	—	错误
12	回路自动-调整指示	读	断	通
13	自动-调整错误指示	读	—	错误
14-15	留作将来用	—	—	—

八、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启动
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	断	通
6	维持上升/保持曲线	读	断	通
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)	

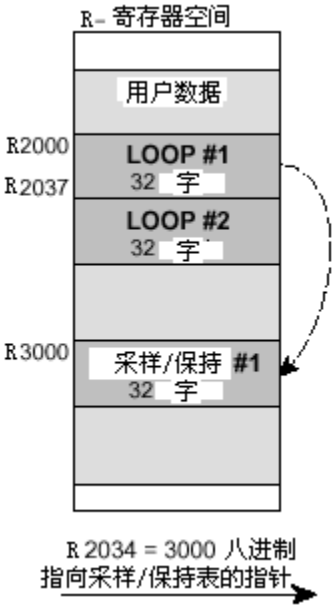
8-15位必须按字节读出，它表明了上升/保持发生器发生曲线的当前段号。该字节的值可以是1，2，3，4，5，6，7，8，9，A，B，C，D，E，F和10，分别代表了段1-16。如果字节=0，那么上升/保持表不工作。

九、上升/保持表地址（Addr+34）

你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，你必须用合适的值编制一个单独的32字表程序。***Direct***SOFT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。



地址偏移量	级	说明		地址偏移量	级	说明
+00	**1**	上升结束 SP值		**+20**	**9**	上升结束SP值
+01	**1**	上升斜率		**+21**	**9**	上升斜率
+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
+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

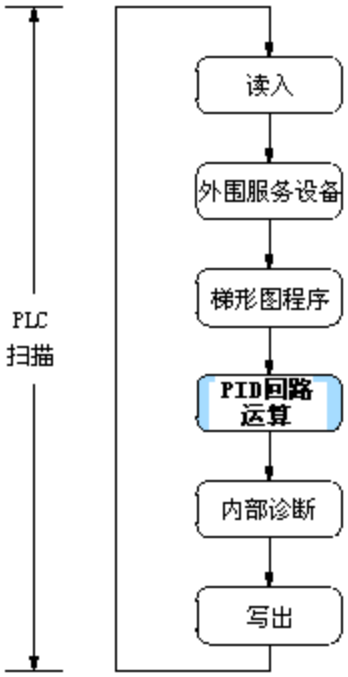
十、上升/保持 表编程错误标志（Addr+35）

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	—	—	—

第三节　　回路采样周期和程序流程

一、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。

注意：当不运行梯形图程序时，也可保持**PID**回路平稳运行。你可以选择直接进入Addr+36并将Addr+00的第15位置1来实现。一个控制回路的**采样周期**就是简单的PID运算频率。每次运算都产生一个新的控制输出值。对于DL05 CPU，你可以把一个回路的采样周期设定为50mS-99.99s。大多数回路不需要在每次PLC扫描时重新进行PID运算。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。

二、选择最佳的采样周期

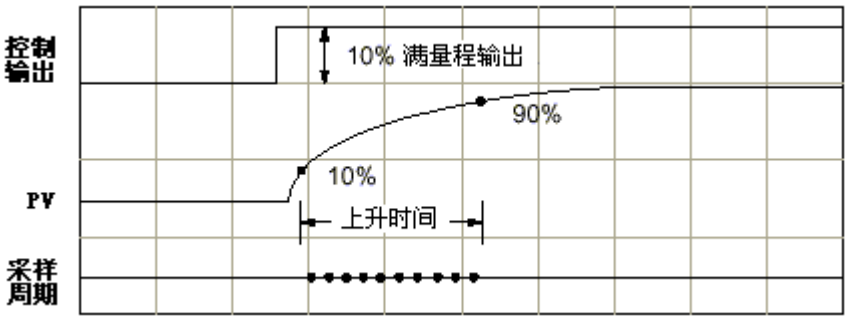
对于任一特殊的控制回路，不会只能使用一种最佳采样周期。一个好的采样周期是能同时满足各种要求的一个折衷值：

- 理想的采样周期与控制输出中每一次的变化，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，为你的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。

三、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。

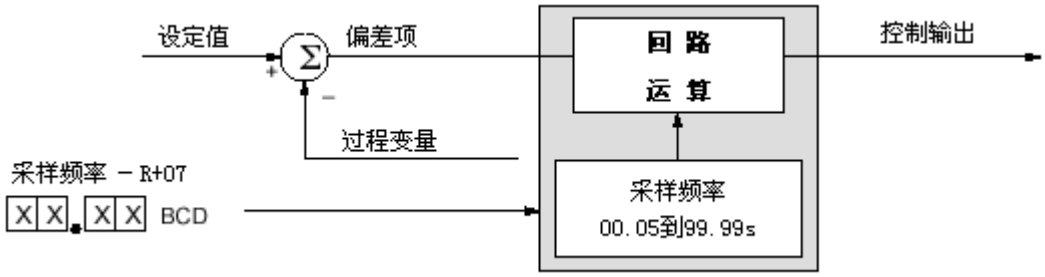


上图中，假设测量到的PV的上升时间响应值是25s。根据此测量值，假设采样周期为2.5s。按图所示，在整个上升时间周期内，采样周期时间线显示了十个采样点。这里把PID运算频率显示为PV变化值。当然，采样周期和PID运算在工作时是连续的。

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。

四、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***Direct*SOFT32** 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。



五、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有关，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50 mS，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：

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

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**DL05 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

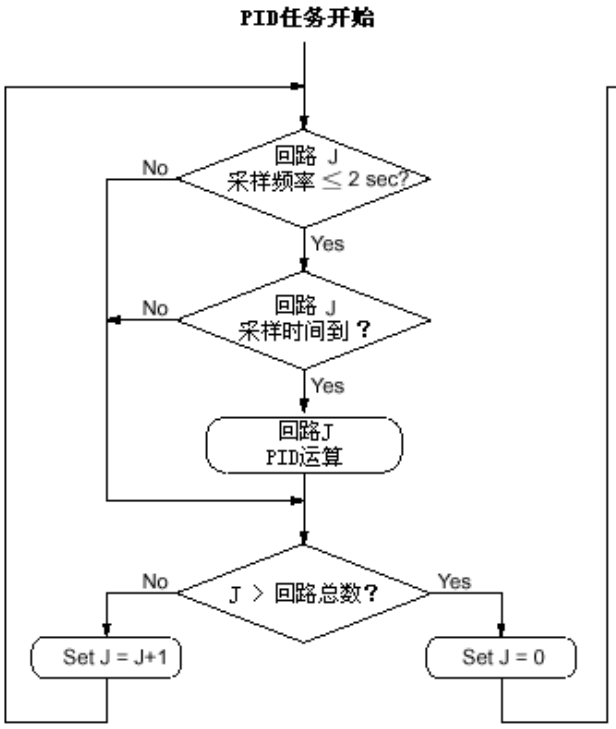
现在把求和项加起来，再加上最初的扫描时间值，我们有：

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

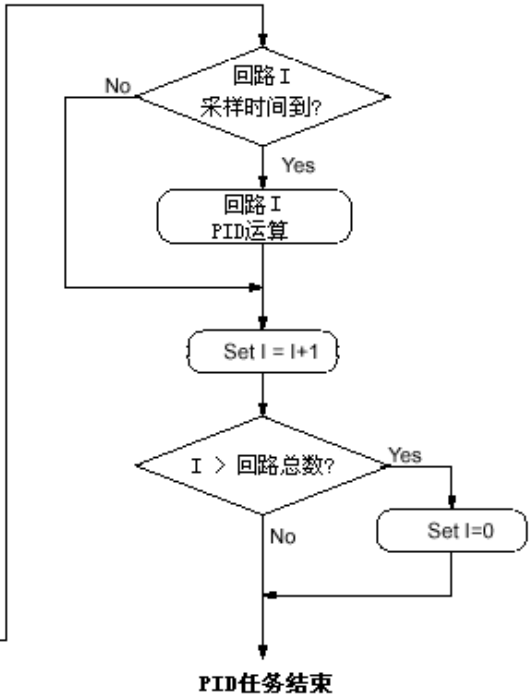
DL05 CPU仅在回路的一次特殊扫描时才进行PID运算。内部的回路程序的应用遵循下列规则：

- 采样周期≤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。

回路的采样时间 ≤2 秒：



回路的采样时间 >2 秒：



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“I”和“J”分别对应于慢速回路（>2s）和快速回路（≤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。

第四节　　过程控制成功的十个步骤

现代化的电子控制器，例如**DL05 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—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等。你还必须确定在过程中如何产生设定值，以及是否设备操作员可以改变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。

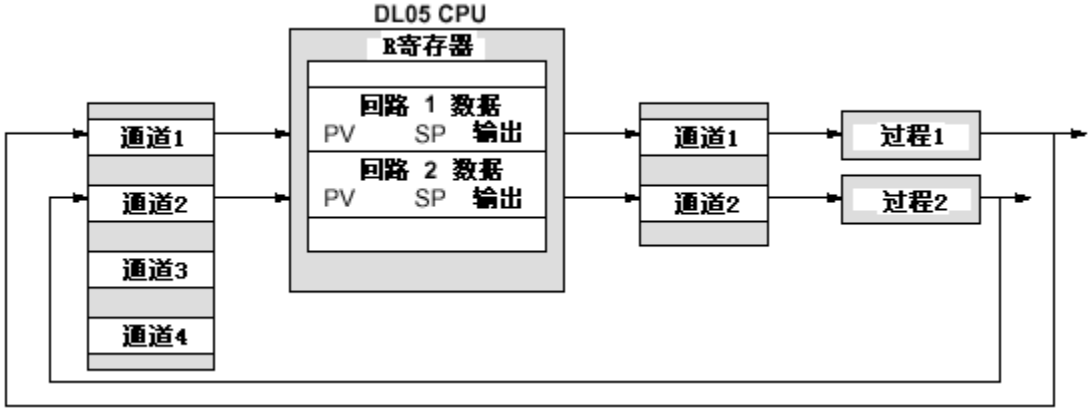
- 选择一个与负载规格相匹配的调节器（加热器，泵等）。大规格的调节器将会在SP变化后对过程产生的影响很具优势。但是，规格过小的调节器会在SP变化后或过程干扰后使PV滞后或产生偏离。
- 选择一个与过程的变化范围和控制相匹配的PV传感器。决定PV的控制精度（如2℃以内），保证传感器提供至少5次满足此精度(LSB级)的输入值。但是，传感器过分灵敏可能会导致控制上的波动等。DL05提供了12-位和15-位，单极和双极数据类型选择，以及16-位单极选择。这些选择会影响SP，PV，控制输出和积分和。

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，**Automationdirect**提供的**DL05**模拟量模块，每模块4通道。这些模块可接收0-20mA或4-20mA的信号。详见产品销售样本。



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。参阅本手册第2章中的

接线图和DL05模拟量输入模块一章。安装PID控制回路时最常见的接线错误是：
—颠倒了传感器和执行机构接线端的极性。
—回路元件间的信号接地线接错了。

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***Direct***SOFT32(3.0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）。
—确定来自传感器的PV值是否正确。
—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。

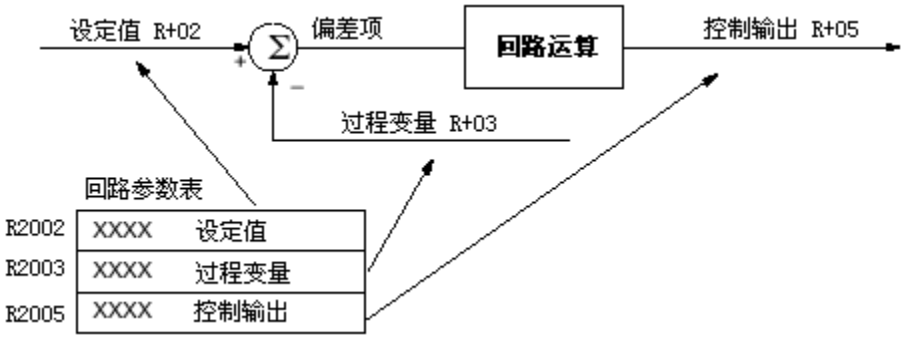
步骤10：保存参数

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。

第五节　　回路操作基础

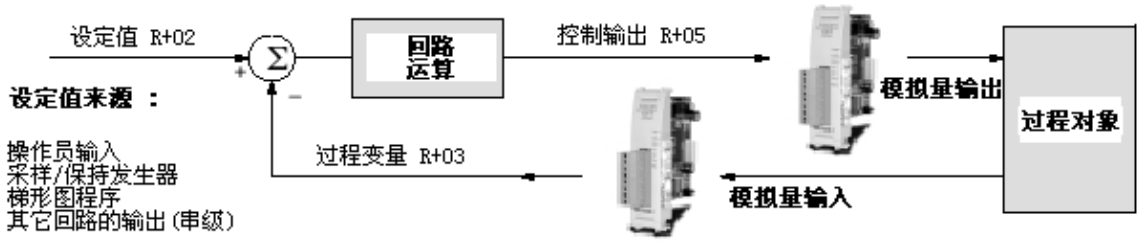
一、数据存储单元

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。



二、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彡 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本手册中模拟量模块一章。



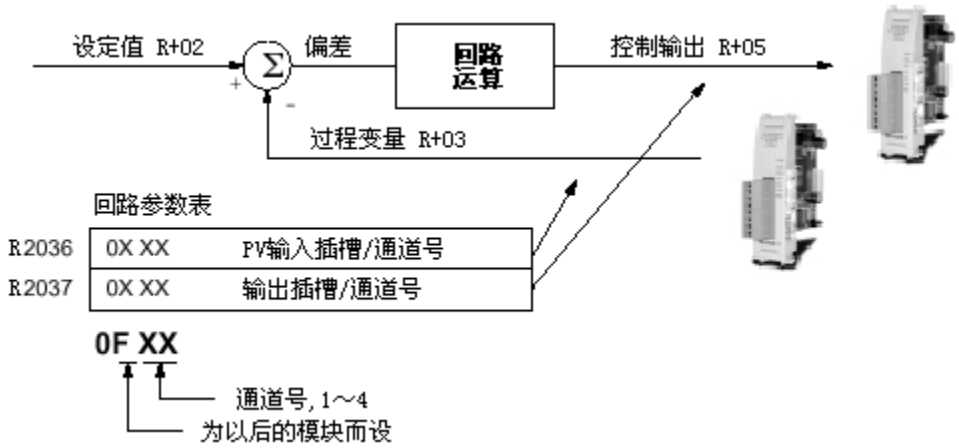
如上所示，设定值有几种来源。在不同的时候许多应用使用两种或两种以上的来源，这取决于回路方式。另外，回路控制策略和编程方法也决定了如何产生设定值。
当使用内部的上升/保持发生器或串级回路时，PID控制器自动将设定值写入R+02中。**如果想使用其它来源的设定值的话，梯形图程序必须将设定值写到控制回路参数表R+02中。**
任何时候，三个主要回路参数各自只能有一个来源或去向。在开发应用时，最好先画出回路控制框图来表示数据来源等。

三、直接存取模拟量 I/O 值

DL05 PLC中的回路控制器能直接存取模拟量输入和输出值，且与梯形程序扫描无关。这些值代表了过程变量（PV）和控制输出。直接存取特性可使回路控制器在CPU处于编程方式时进行闭环控制。

回路控制器直接从模拟量输入模块中读出模拟量PV值，还可以按相同的或不同的数据类型把控制输出值写到模块量输出模块。当直接存取时，每个对应回路每进行一次PID运算，就只存取一次模拟量值。然而，当CPU运行时，可按标准方法（LD指令）或指针同时存取相同的模拟量数据。

通过把正确的值放到相关的控制回路参数表寄存器中，可随意地对每一个回路组态以存取模拟量I/O值（PV和控制输出）。下图说明了控制回路参数表的R+36和R+37以及直接存取模拟量值的作用。



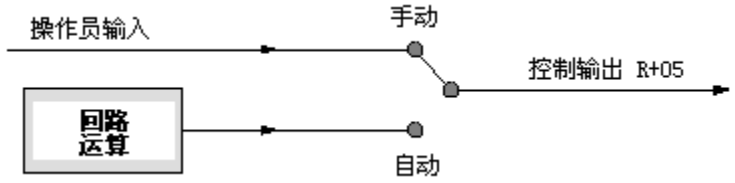
你可以直接用编程方法来设置这些控制回路参数表参数，或使用***Direct*SOFT32** 对话框设置。例如，寄存器R2036中的值“0F02”控制回路控制器从模拟量输入模块的通道1中读出PV数据。寄存器中的值为“0000”则表示回路控制器不能直接存取对应的模拟量值。在这种情况下，梯形图程序必须在控制回路参数表和模拟量输入模块之间传送数据。

如果PV或控制输出值需要用梯形图程序作一些运算处理，就不能使用回路控制器的直接存取功能。在这种情况下，梯形图程序就必须将从模拟量模块输入的数据进行运算和控制输出。

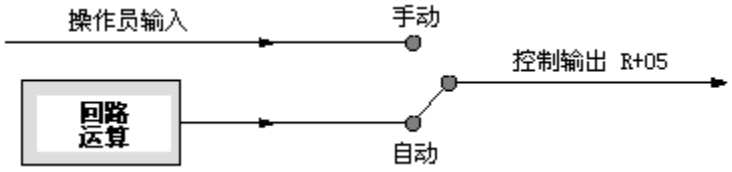
注意：回路控制器使得模拟量数据输入和输出的方法受到限制，换句话说，必须指定模拟量模块直接存取或用梯形图程序存取。

四、回路控制方式

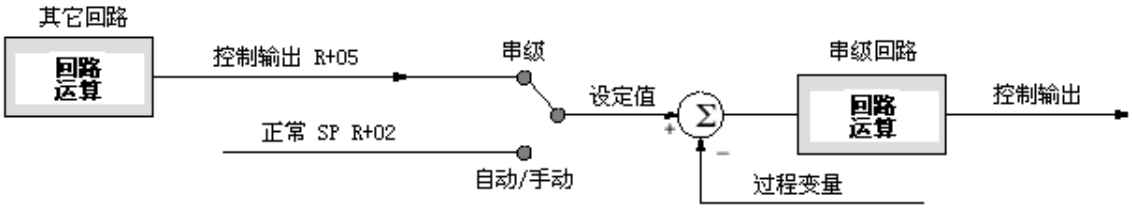
DL05提供了三种控制方式：手动，自动和串级。三个基本变量SP，PV和控制输出在每种控制方式下的来源是不同的。下面介绍三种控制方式和其信号源。
在**手动方式**下，回路不进行PID运算（但是，回路报警仍起作用）。对于控制回路参数表，CPU禁止把数值写到R+05中。希望操作者或其它智能设备通过监视PV把数据写到R+05中，从而控制过程对象。下图表示了手动方式等价图解。



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。



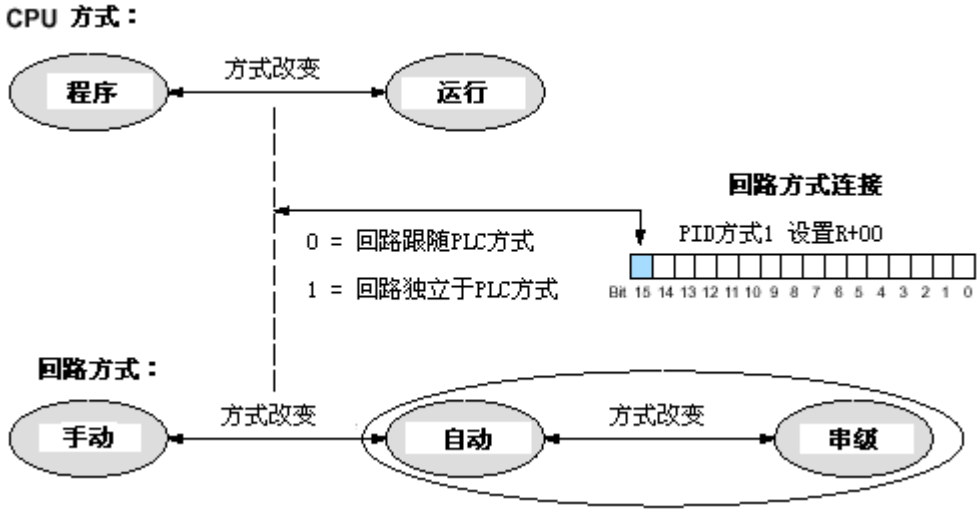
在**串级方式**下，回路的运行与自动方式有一重要的不同。设定值SP的改变仍然是通常的地址R+02，而控制输出值则来自另一回路。所以在自动或手动方式时，回路运算使用R+02里的数据，在串级方式下，回路运算则读取另一个回路的参数表中的控制输出值。



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。

五、CPU 方式和回路控制方式

当**DL05 PLC CPU**处于编程方式时，可以进行PID运算。通常，CPU处于编程方式时会中止其它操作。但是，编程方式下的**DL05 PLC**能不能进行PID运算（并提供PID控制输出），要取决于所作的组态设置。由于回路运行时它与梯形逻辑程序无关，因此可以在控制过程中修改梯形逻辑。这点尤其益于大量复杂或不能间断的连续过程。
独立于梯形图扫描的回路必须能直接存取模拟量模块通道上的PV和控制输出值。回路控制器具有这种性能，其内容包括在有关模拟量I/O的直接存取一段中（本章的前面）。
CPU方式和回路方式之间的关系如下图所示。垂直虚线说明选择的方式切换之间的关系。PID方式1的设置字(R+00)的第15位决定了选择的方式。如果设成0，那么回路处于CPU方式，然后把CPU置于编程方式将会使所有回路变成手动方式。同样，把CPU置于运行方式将会使每个回路返回到前一方式（包括手动，自动和串级）。通过改变CPU的方式，可以自动影响回路的方式。

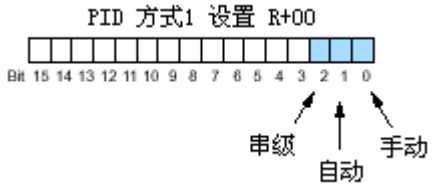


如果第15位被设成1，那么回路将独立于CPU方式之处运行。就象在CPU中有两个独立的处理器……一个运行梯形图程序，另一个运行过程控制回路。

注意：要改变任何控制回路参数表的参数，PID回路必须处于手动方式且PLC必须停止运行。如果已选择了PID回路独立于CPU方式的操作，则必须确定要改变回路参数。通过将位15设为0暂时使回路跟随CPU方式。接着，用编程工具（例如***Direct*SOFT32**）将回路设置成手动方式。改变回路的参数设置以后，应把第15位恢复成1，重新使PID独立于CPU运行。

六、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—见下页）。

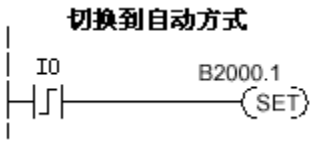


这些控制方式请求位在正常情况下是“000”。要改变控制方式，必须在第一次扫描时把相应位设成“1”。PID回路控制器收到方式改变请求后，会自动把这些位复位成“000”。请求控制方式改变的方法是：

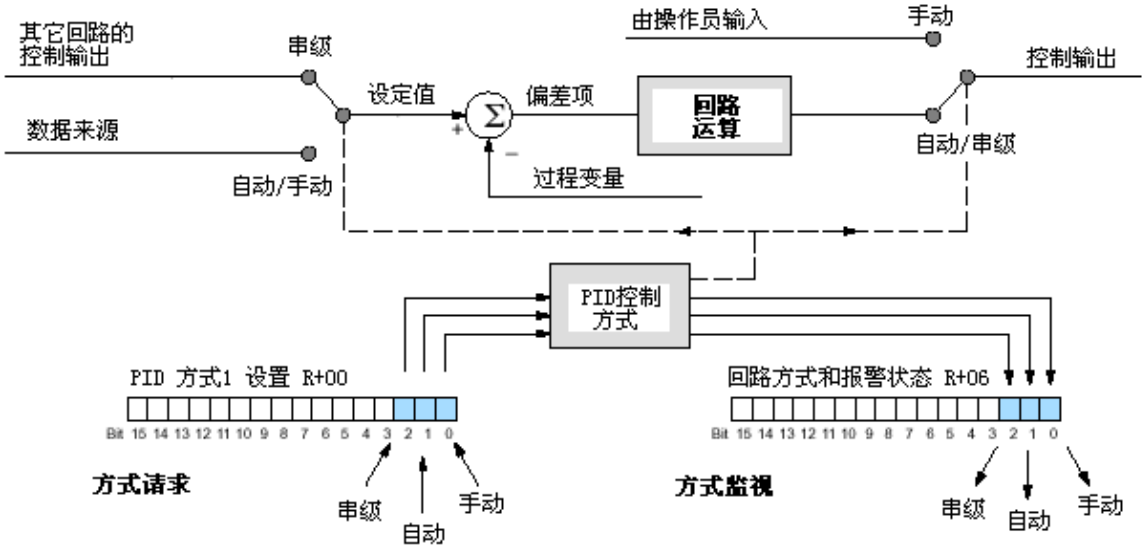
—***Direct***SOFT32的**PID 视图**—这是最简单的方法。单击radio 按钮，设置相应的位。

—**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。

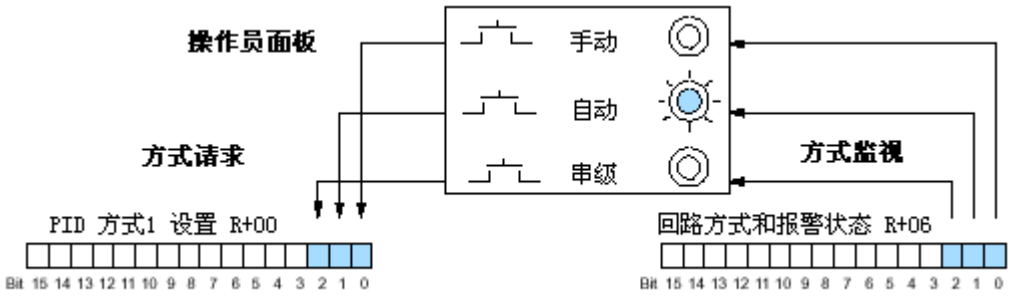


—**操作面板**—用标准方法把操作面板和梯形逻辑程序连接起来，然后用上面的方法设置方式位。因为我们只能请求控制方式的改变，所以PID回路控制器决定什么时候允许控制方式改变并提供回路方式。它报告回路方式位0，1，2的当前方式和回路参数表R+06的报警状态字。请求/监视功能如下图所示。图中还表示了两个与回路方式相关的SP来源和两个可能的控制输出。



七、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，而连接到对应的数据接口上。



八、PLC 方式对回路方式的影响

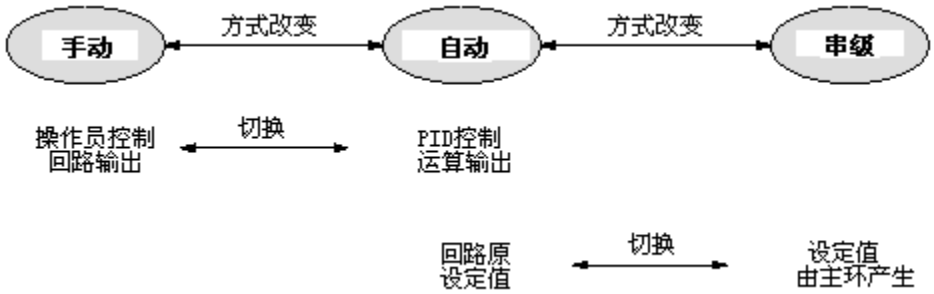
若选择以下PLC方式，PLC方式（编程、运行）对一组回路有影响，概括如下：
—当PLC处于编程方式时，所有回路都处于手动方式且不进行回路运算。要注意，输出模块（包括模拟量输出）在此方式下是关断的。所以此方式下，手动控制是不可能的。
—只有PLC在运行方式下，CPU才允许回路控制方式改变。因此，CPU把16个回路的方式记录下来作为要求的工作方式。如果PLC运行时突然掉电又恢复，则CPU将返回所有回路先前的方式（手动，自动或串级）。
—当从编程切换到运行方式时，CPU将强制每个回路返回到最后一次PLC运行记录下的方式。
—只有当CPU在编程方式时，才能添加和组态新的回路。新回路自动以手动方式开始运行。

九、回路控制方式的替代

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：
—某个回路没有设定为独立于PLC方式，当PLC在编程方式时，不能改变控制方式。
—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。

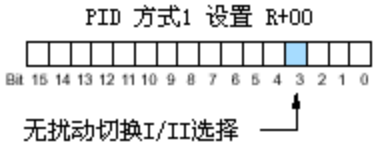
十、无扰动切换

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）。

DL05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***Direct***SOFT32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。



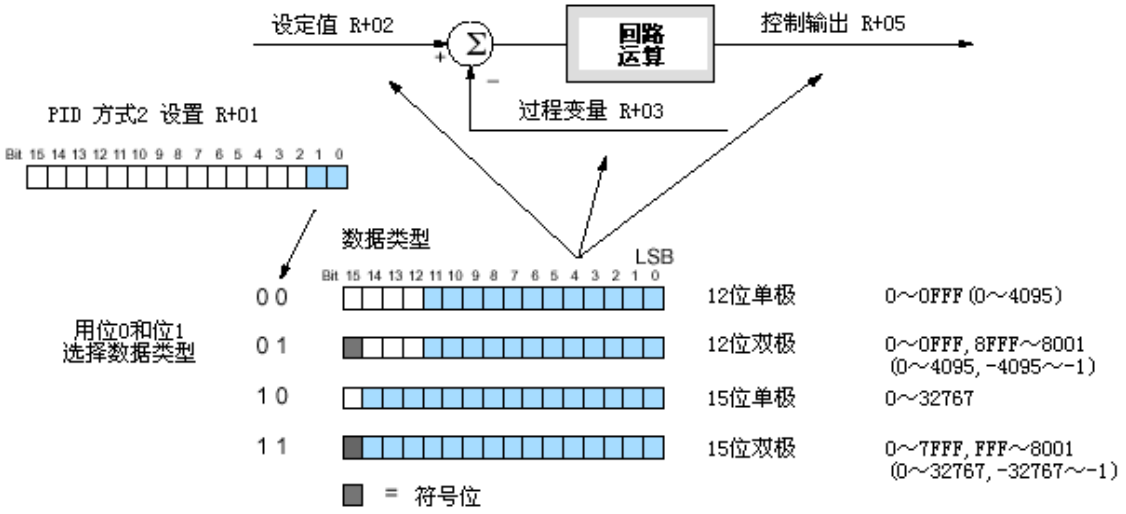
无扰动切换Ⅰ和Ⅱ的转换类型的特点如下表所示。注意，它们的操作也取决于所使用的PID算法，PID的位置或速度算式。注意，当使用PID算法的速度算式时，必须使用无扰动切换方式Ⅰ。

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

第六节　　PID回路数据组态

一、回路参数数据类型

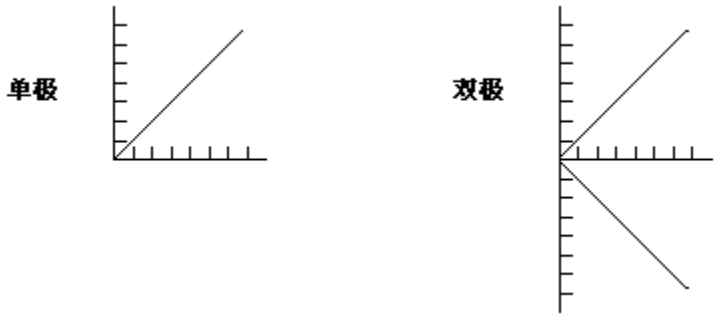
在选择过程变量范围和精度时，三个主要回路变量的数据类型要进行相应的选择：SP，PV和控制输出（在R+04中的积分和也用此数据类型）。使用的四个数据类型是第12或者15位，带符号的或不带符号的（在双极类型中MSB是符号位）。PID 方式 2的字R+01的四位二进制的位0和位1决定类型。当你从菜单中选择数据类型时，***Direct***SOFT32 PID设置对话框会自动设置这些位。



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。

二、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。在这种情况时，必须使用双极类型。



三、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DL05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。

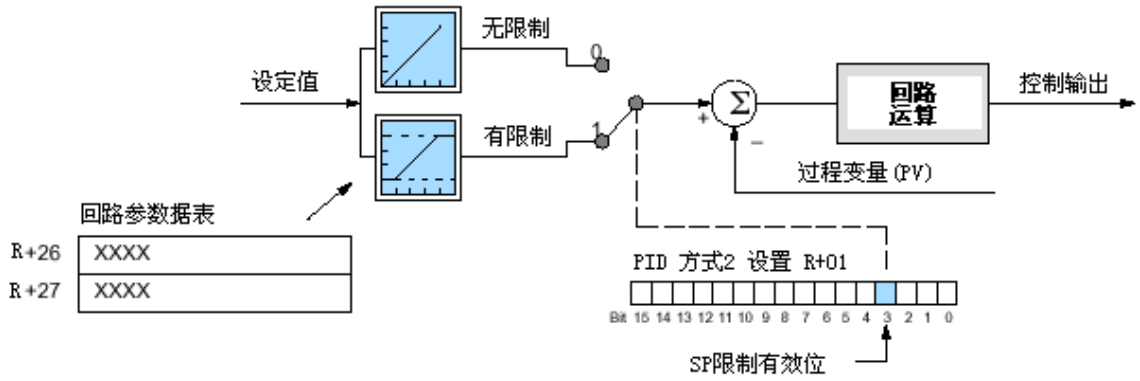
—**PV的偏置量**—如果PV值有了20%的偏置量，则减去其上限值的20%，使偏置量为零，再乘以1.25。

—**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。

四、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，在选择了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。

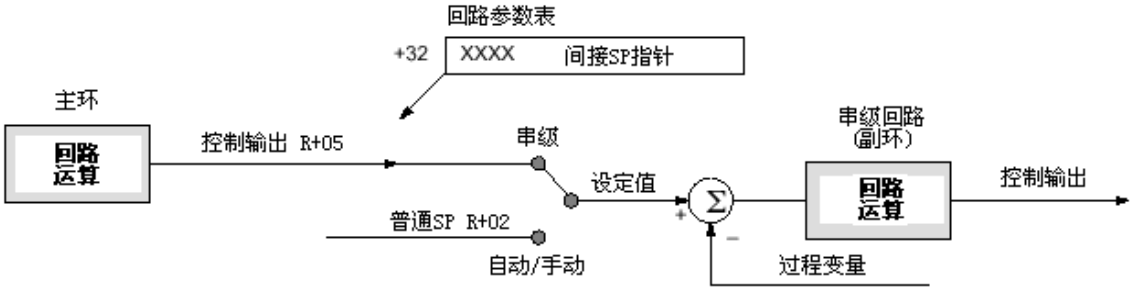
下图中，SP有一个可供选择的限制功能，通过PID 方式 2 设置R+01字的第3位使其起作用。如果该作用有效，那么地址R+26和R+27决定了SP的相应的上限和下限。回路内部运算使用该限制值，所以可将任意值写入R+02中。



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。

五、设定值（SP）间接地址

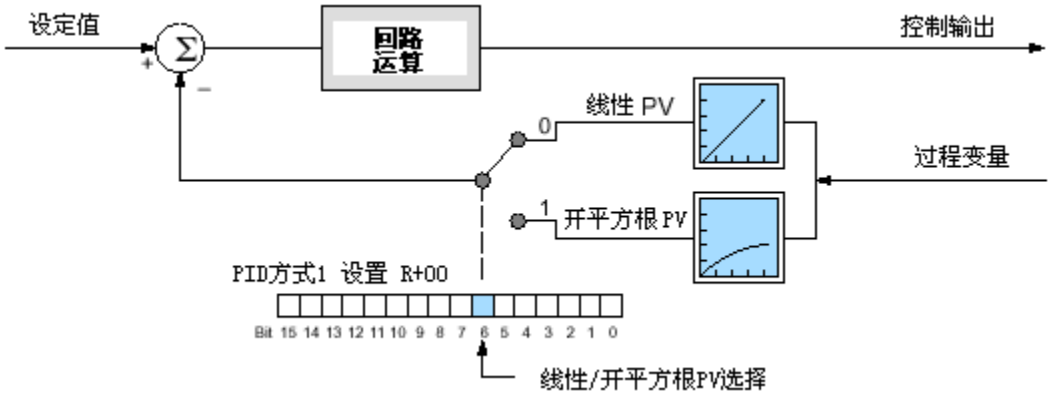
PID回路控制器内可以根据当前回路方式在两个数据源之间进行选择。参见下图。在自动或手动方式下，回路从R+02中读出其设定值。如果要在任意时刻使用串级方式，则用设定值间接指针设定回路控制参数表。
SP间接指针位于控制回路参数表的R+32中。由于回路要切换到串级（副环），要用主环的控制输出地址的地址来设定这个地址。找出主环参数表的起始地址并加上偏移量+05。



如果知道地址，可以在***ect***SOFT32 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。

六、过程变量（PV）的组态

每个回路的过程变量是最终要控制，使它等于设定值并尽快地跟随设定值的改变而改变的值。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回路的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。



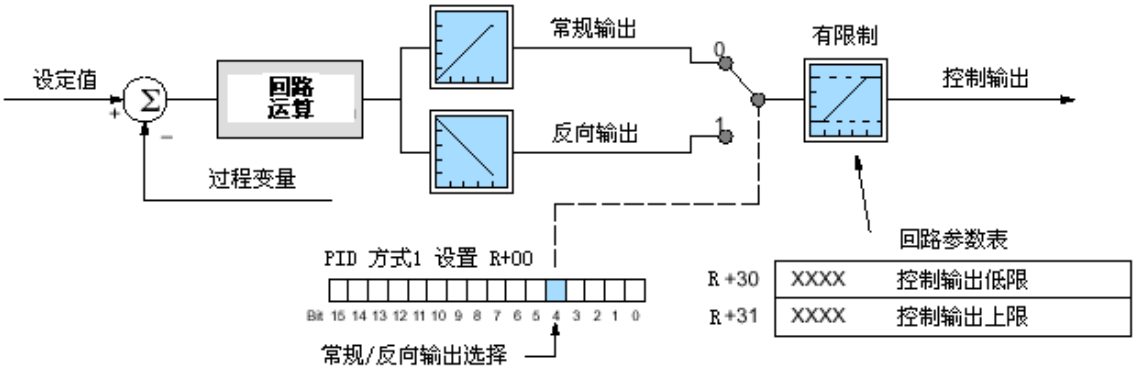
重点：如果你使用PV的开平方根，就必须调整SP的标度，因为回路驱动输出，使PV的平方根

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**

七、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***Direct***SOFT32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。但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）。

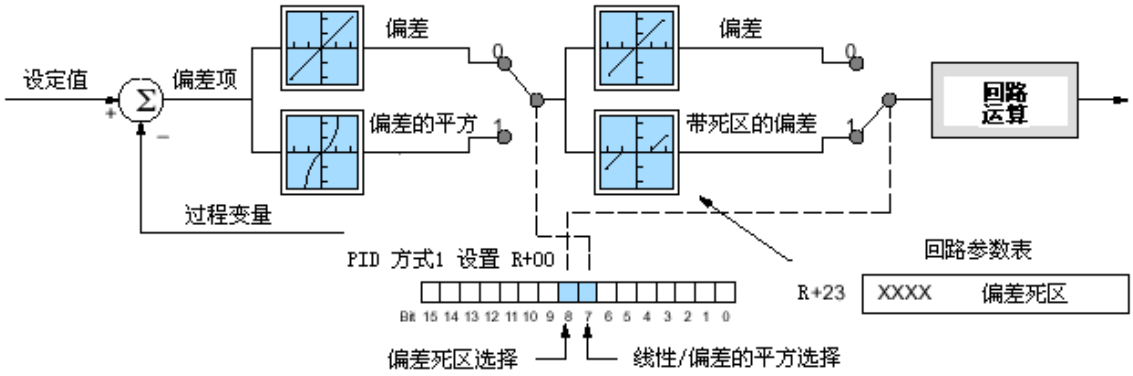


另一选择是常规/反向输出选择（在***Direct***SOFT中被称为“正向/反向”）。用PID 方式1 设置字R+00的第4位来设置输出。一个常规的输出在正向偏差时输出上升或在反向偏差时输出下降（偏差=（SP-PV））与单极或双极类型无关。反向输出与变化方向相反。常规/反向输出选择用来组态正作用/反作用回路。此选择由控制输出以一特定方向改变的过程变量的响应方向决定的。参见PID运算段落中正/反作用回路内容。

八、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。回路调整好后，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—当选择时，偏差死区功能在零点附近获得一个小偏差值范围，并把零替换成偏差值。如果偏差比死区范围大，则偏差值正常使用。
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。

第七节　　PID算法

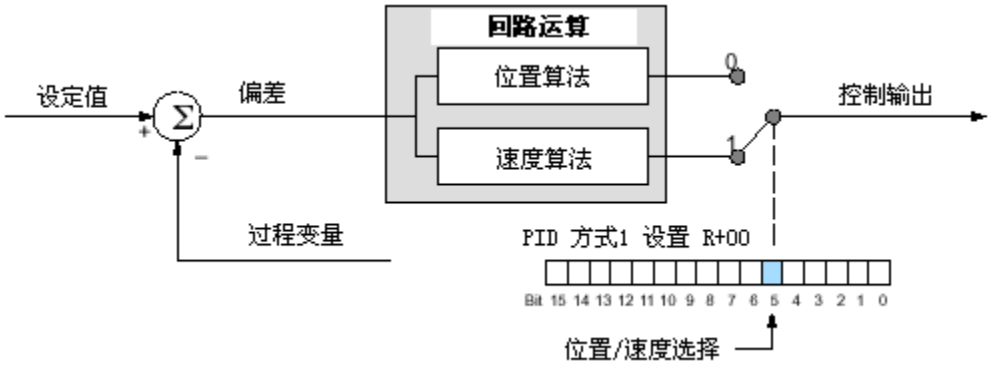
比例-积分-微分（PID）算法广泛用于过程控制。DL05 CPU通过软件来执行PID算式。I/O模块只用于把电信号转换成数字形式（或反之）。

DL05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***Direct***SOFT32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。

一、位置算法

位置算法用PID公式计算控制输出Mn：

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

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

$$Mx_o = M_o$$

$$Mx_n = K_i * e_n + Mx_{n-1}$$

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

$$M_n = K_c * e_n + K_r * (e_n - e_{n-1}) + Mx_n$$ ..... **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课本中找到。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。

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

控制输出　比例项　积分项　微分项　初始运算输出　偏移项

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。

二、速度算法

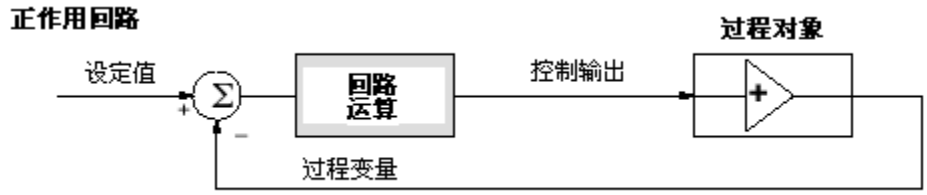
PID公式的速度算法可以通过位置算法的第n次算式减去第（n-1）次算式的变换得到。
速度算法的变量和相关变量是：
Ts=采样周期
K_c=比例增益
$K_i=K_c*(T_s/T_i)$积分项系数
$Kr=K_c*(T_d/T_S)$微分项系数
T_i=积分时间常数
T_d=微分时间常数
SP_n=第“n”次采样时刻的设定值（SP值）
PV_n=第“n”次采样时刻的过程变量（PV）
$e_n=SP_n-PV_n$=第“n”次采样时刻的偏差项
M_n=第“n”次采样时刻的控制输出
PID速度算法的最后公式是：

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

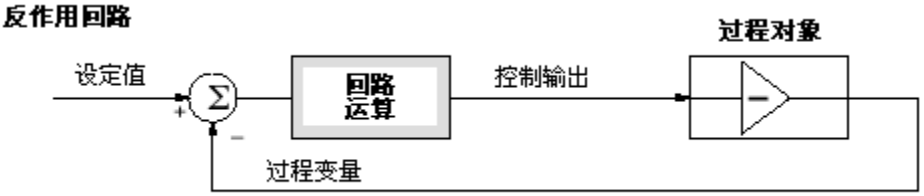
三、正作用和反作用回路

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。



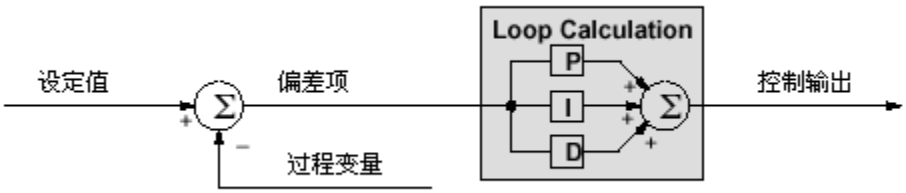
“反作用”回路就是过程有负增益的回路，如下所示。控制输出的增加导致PV的减小。通常在冷却控制中会碰到，冷却输入的增加导致PV（温度）的减小。



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。

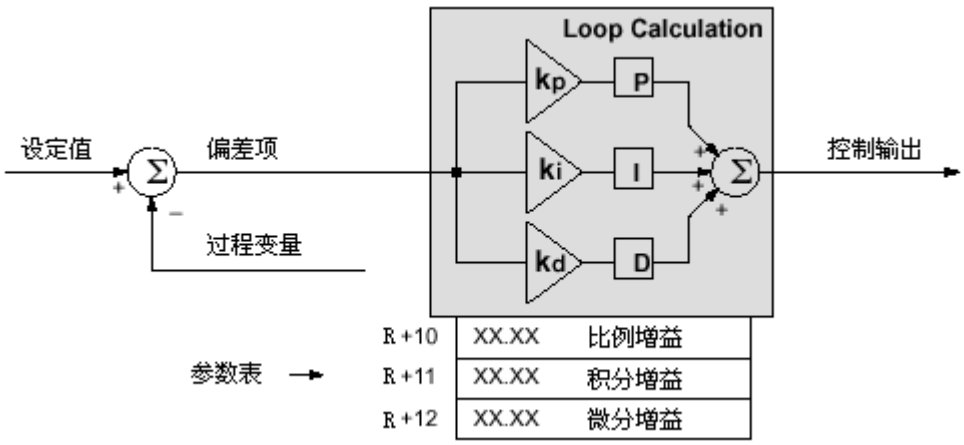
三、比例、积分、微分项

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。

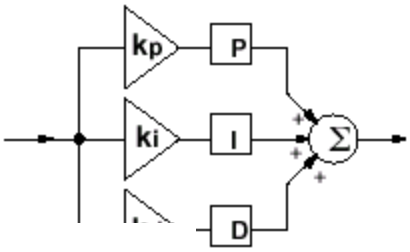


比例、积分和微分项在控制中的作用是：
—**比例**—比例项与当前偏差成正比。每次PID运算时回路控制器都计算出比例项，当偏差为零时，比例项也是零。
—**积分**—积分项求历次采样时刻的偏差的累积值。在进入自动方式后，开始进行PID运算，积分器保留偏差的累积值。对于PID的位置算式，当达到动态平衡时，保持当前PV的位置。
—**微分**—微分项正比于从上次PID运算的偏差到当前偏差的变化。它的作用就是预计可能出现偏差的增加并预先对输出产生作用。
下图中P，I和D三项分别包括增益值Kp, Ki和Kd，它们在回路参数表中的位置如图所示。回路调整的目的是使所有的回路获得最好的增益值。

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。



R+10	XX.XX P 增益	–
R+11	XX.XX I 增益	0= 秒，1= 分
R+12	XX.XX D 增益	秒

PID 方式2 设置 R+01

Bit 15 14 13 12 11 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

单位选择

在***Direct***SOFT32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。

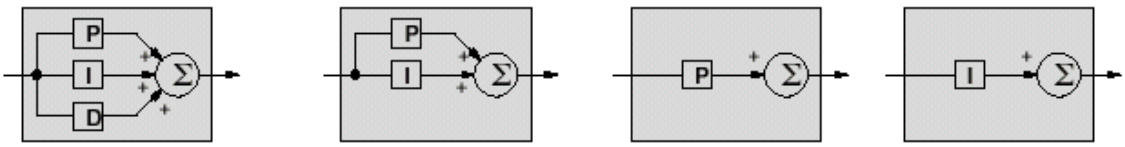
积分增益—数值范围0001～9998，内部视作xx.xx。键入“0000”或“9999”将使积分时间为“∞”，可去掉积分项。用于PD算法。积分增益的单位可以是秒或分，如上所示。

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/Ts**），即数值越小，积分作用越大，数值越大，积分作用越小。

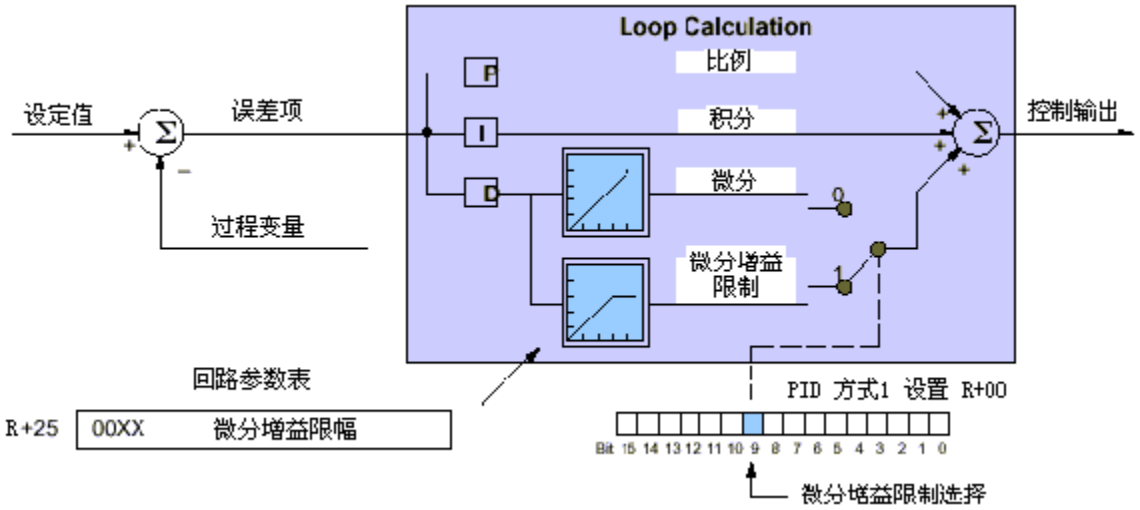
四、使用 PID 控制运算子模块

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控制运算子模块可很好地工作。下图提供了DL05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。



五、微分增益的限幅

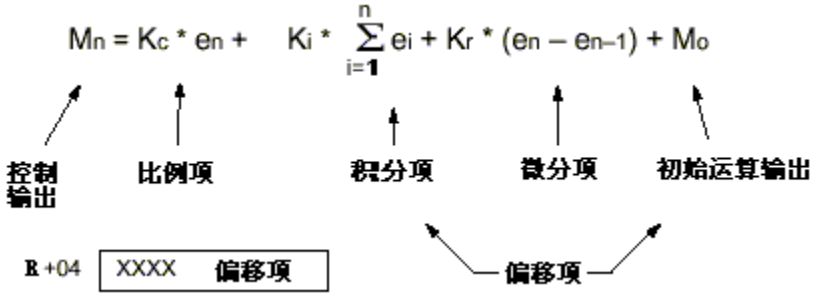
微分项具有增益限幅特性。该功能在微分项对PV的干扰信号或PV突然波动无效时起作用。增益限幅功能如下所示。用PID方式1 设置字R+00 的第9位使增益限幅有效。



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。

六、偏移项

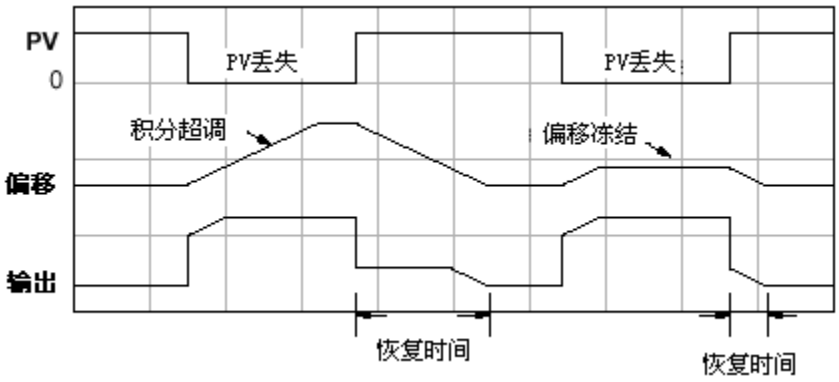
在PID广泛使用的位置控制方式中，控制输出值的重要部分是如下所示的偏移项。它在控制回路参数表中的地址是R+04。在每次回路运算后，回路控制器存入一个新的偏移项。



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（Mo）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。

七、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。从而避免了积分饱合，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***Direct***SOFT32 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。

第八节　　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。

自整定与手动调整的比较—可以直接改变PID增益的值（手动调整），或者可以用CPU中的PID过程工具自动计算出增益（自整定）。使用自整定可以比手动调整更好地进行逐步逼近法试算，尽管其它的手动调整变化也可使增益值接近其最佳值，但是执行自整定过程将使增益更接近最佳值。

警告：只有完全熟悉整个控制过程的人员才能对回路整定参数进行改动。使用回路自整定会影响过程，包括引起控制输出值的巨大变化。一定要全面考虑任何变化产生的影响，以使人员伤害和设备损坏的危险达到最小。DL05中的自整定功能不会取代你的过程控制知识。

一、开环测试

无论使用手动调整还是自整定，重要的是在进行调整前先要验证新安装的过程的基本特征。使回路处于手动方式，验证每个新回路的下列几项。

—**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l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。

二、手动调整过程

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***Direct***SOFT的PID视图功能。

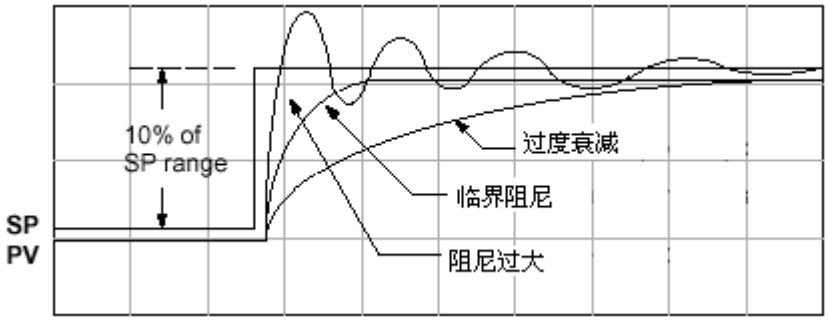
注意：无论是在SP/PV范围和偏移/控制输出情况下，我们建议使用PID 趋势视图设置菜单选择垂直定标作为手动。除此之外，自动定标特性将改变过程参数的垂直定标并给回路调整过程增加了混乱。

—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***Direct*SOFT32**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）×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。

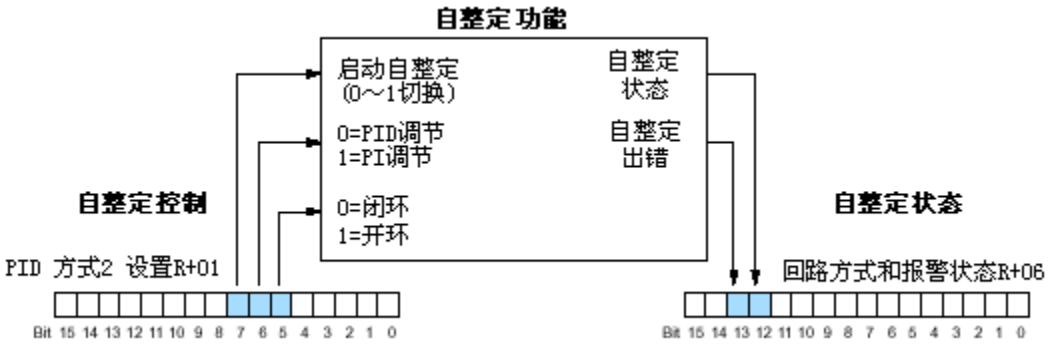
三、自整定过程

在***Direct***SOFT32开始启动时自整定。可以用自整定来建立初始的PID参数值（在工作时自整定不是连续运行）。当回路发生动态变化时，就需要重复调整过程以得到最佳控制所要求的新增益。

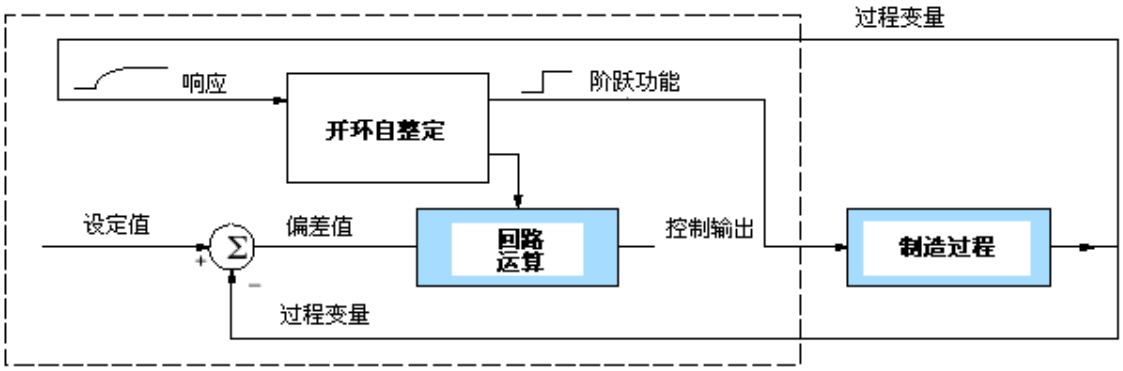
警告：只有熟练掌握过程控制的人员才能对回路调整常数进行改动。用回路自整定过程会对控制过程产生作用，包括引起控制输出值的巨大变化。要全面考虑任何变化产生的影响，以使人员伤害和设备损坏的危险达到最小。DL05中的自整定功能不会取代你的过程知识。

回路控制器提供了开环和闭环方式。如果打算使用自整定特性的话，我们建议你先使用开环方式。当回路在自动方式下时，允许使用自整定的闭环方法。下一节说明了如何使用自整定特性以及在开环和闭环自整定时的情况。

如下所示，自整定控制功能使用了PID 方式2字R+01中的三位。当使用***Direct***SOFT中的自整定特性时，***Direct***SOFT32将自动处理这些位。或者可以用梯形逻辑程序直接控制这些位，即允许其它的如专用的操作员界面来控制。一个控制位可让你启动自整定过程，选择PID或PI调整，选择开环或闭环调整。如果你选择PI调整，自整定过程将把微分增益置为0。回路方式和报警方式字R+06给出了自整定的方式。当处于自整定周期时，第12位将为on（1），当自整定结束后，它自动回到off（0）。



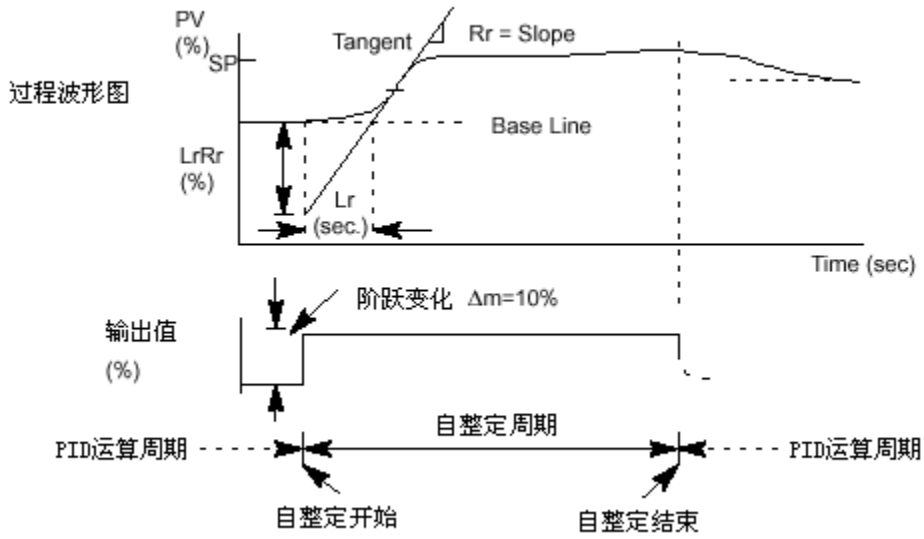
开环自整定—在开环自整定周期内，回路控制器按下图所示工作。在开始本过程之前，先使回路处于手动方式，保证PV和控制输出值在限幅范围内。



注意：理论上，SP的值无关紧要，因为回路不是闭环的。但是，系统要求在开始自整定周期前SP的数值应比PV数值大205（正作用时SP小于等于205，反作用时SP大于等于205）。
自整定时，回路控制器会引起输出产生一个阶跃变化，观察PV的响应，自整定功能计算出增益和采样时间。它自动地将结果存放在控制回路参数表相应的寄存器中。

下面的时序图显示了开环下的自整定过程。自整定功能控制输出并产生10%的阶跃变化。如果回路控制器观察到的PV变化小于2%，那么将输出阶跃变化增加至20%。

开环自整定波形：阶跃响应方法



• 自整定开始时，阶跃变化输出△m=10%。
• 自整定时，控制器输出达到满刻度正限幅值。自整定停止，在报警标志位中的自整定错误标志位被接通。
• 当PV的变化小于2%时，输出应有20%的变化。

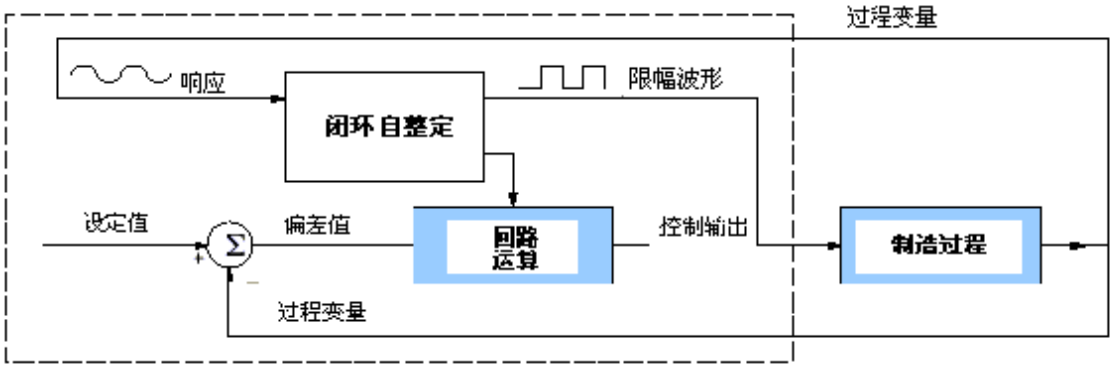
当回路调整监控结束后，回路控制器计算出Rr（最大斜率，以%/秒为单位）和Lr（静止时间，以秒为单位）。自整定功能按齐格勒-尼古拉斯公式计算出增益，如下所示：

PID调节：	**PI调节：**
P = 1.2 * Δm/LrRr	P = 0.9 * Δm/LrRr
I = 2.0 * Lr	I = 3.33 * Lr
D = 0.5 * Lr	D = 0
采样周期 = 0.056 * Lr	采样周期 = 0.12 * Lr

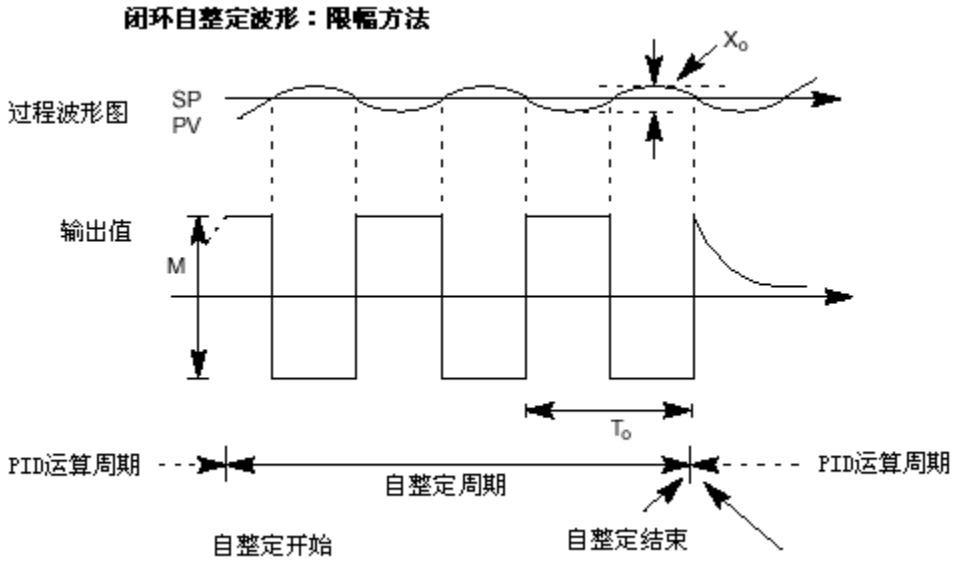
Δm = 输出阶跃变化 (10% = 0.1, 20% = 0.2)

建议把***Direct***SOFT32用于自整定的界面。每次自整定的持续时间取决于过程对象。PV变化得慢，将会导致自整定的周期时间延长。自整定结束时，在控制回路参数表地址R+01，R+11和R+12中相应的比例，积分和微分增益值会自动被刷新。在R+07中的采样时间也被自动刷新。你可以通过闭环时调节输出使PV产生变化来测试自整定是否有效。方法介绍在手动调整过程一段中（在自整定段落的前面）。

闭环自整定—在闭环自整定时，回路控制器的工作如下所示。



自整定时，回路控制器把一个方波加到输出端上。当PV值超过（或低于）SP值时，就会发生一次输出变换。因此，限幅次数大致与过程对象的变化次数成正比。PV开始响应调节后，自整定功能计算出增益和采样时间。它自动地将结果存放在控制回路参数表相应的寄存器中。
下面的时序图显示了闭环回路自整定的过程。自整定功能检查PV偏离SP的方向。然后自整定功能对控制输出进行控制并产生与SP变化幅度方向相反的阶跃变化。每次当偏差SP-PV的符号发生改变时，输出按与SP变化幅度相反方向发生变化。这种变化将持续三个周期。



*Mmax=输出值的上限设定值　Mmin=输出值的下限设定值
*此例为正作用。当设为反作用时，输出相反。

结束回路调整监控完成以后，回路控制器计算出To(阶跃周期)和Xo（PV的变化幅度）。然后用这些值计算出Kpc（灵敏度限幅）和Tpc（周期限幅）。从这些值中，回路控制器的自整定功能按如下所示的齐格勒-尼古拉斯公式计算出PID增益和采样周期：

Kpc = 4M / (π * Xo)　　Tpc = 0

M = **输出幅度**

PID调节：	**PI调节：**
P = 0.45 * Kpc	P = 0.30 *Kpc
I = 0.60 * Tpc	I = 1.00 * Tpc
D = 0.10 * Tpc	D = 0
采样周期 = 0.014 * Tpc	**采样周期** = 0.03 * Tpc

自整定出错—如果自整定的错误位（回路方式和报警方式字R+06的第13位）为on，请核实PV和SP的值应在满量程的5%以内，正如自整定功能所要求的。如果使用闭环方式，该位也接通，输出在限幅范围内。

注意：如果PV值很不稳定，可能需要使用内置的模拟量滤波器（参见page 8-45）或在梯形逻辑程序中进行软件滤波（参见page 8-46示例）。

四、串级调整回路

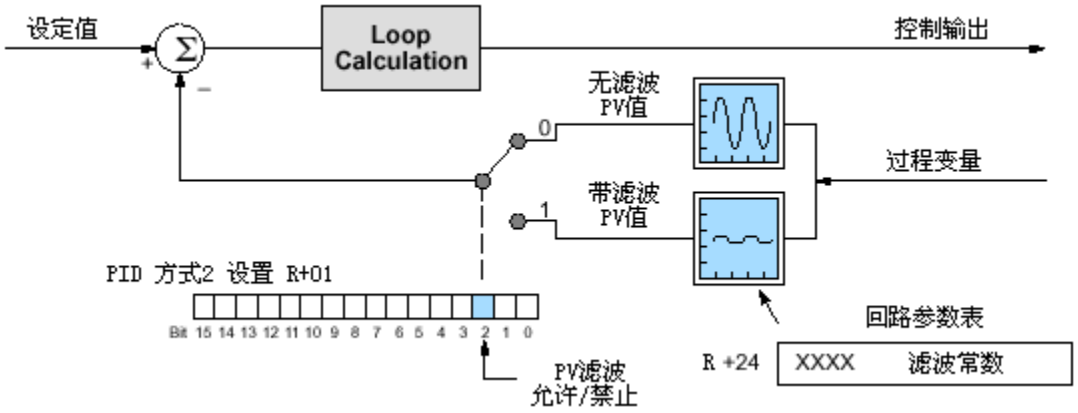
串级回路调整中，首先断开串级方式，用前述单个回路的调整方法对回路逐个调整，。
1．在手动方式下，用本章前述方法找出副环的回路采样周期。使主环的采样周期比副环的采样周期慢10个时基。用这个值作为起始值。
2．先调整副环。将主环切换到自动方式，按上述所说的回路调整过程手动改变副环的SP值。
3．在自动方式下，确定副环对SP值的变化产生10%的临界衰减。这样就完成了副环的调整。
4．在这一步中，将副环切换到串级方式下，主环在自动方式下。我们将把副环看作是整个过程的一个串联部分来调整主环。因此，调整主环时就不要再回过头去调整副环了。
5．按本节中标准回路调整步骤来调整主环。主环PV值的变化实际上就是整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

第九节　　PV模拟量滤波

带干扰的PV信号会使调整品质差，并且使控制输出过于变化，因为输出要努力响应PV的峰值和谷值。有两种PV输入的滤波方法，使回路更稳定。第一种方法是使用DL05的内置滤波器。第二种方法是用梯形逻辑程序进行软件滤波。

一、DL05 内置模拟量滤波器

DL05提供了一个低通PV输入滤波器，在自整定的闭环方式下，它尤为有用。如下图所示，**我们建议在自整定时使用滤波器。**或者在PV输入信号受到干扰时继续使用它。



PID方式设置2的第2位为低通PV滤波提供了有效/无效控制位（0=无效，1=有效）。单极低通滤波的滚降频率由回路参数表中的寄存器R+24来控制，即滤波参数。滤波参数的数据类型是BCD码，和一个隐含的十进制小数点00x.x，如下：

- 滤波常数的有效范围为000.1~001.0。
- ***Direct***SOFT32将数值限定在000.1~001.0之间。
- 滤波常数越接近001. 0，滚降滤波频率越高，当滤皮常数的值越接近000. 1时，滚降频率越低。

我们建议把***Direct***SOFT32用于自整定的界面。每次自整定的持续时间取决于过程对象。PV变化得慢，将会导致自整定的周期时间延长。自整定结束时，在控制回路参数表地址R+01，R+11和R+12中相应的比例，积分和微分增益值会自动被刷新。在R+07中的采样时间也被自动刷新。你可以通过闭环时调节输出使PV产生变化来测试自整定是否有效。方法介绍在手动调整过程一段中。

内置滤波器的算法如下：

$Q_i=k(I_i-Q_{i-1})+Q_{i-1}$

Q_i是滤波的当前输出

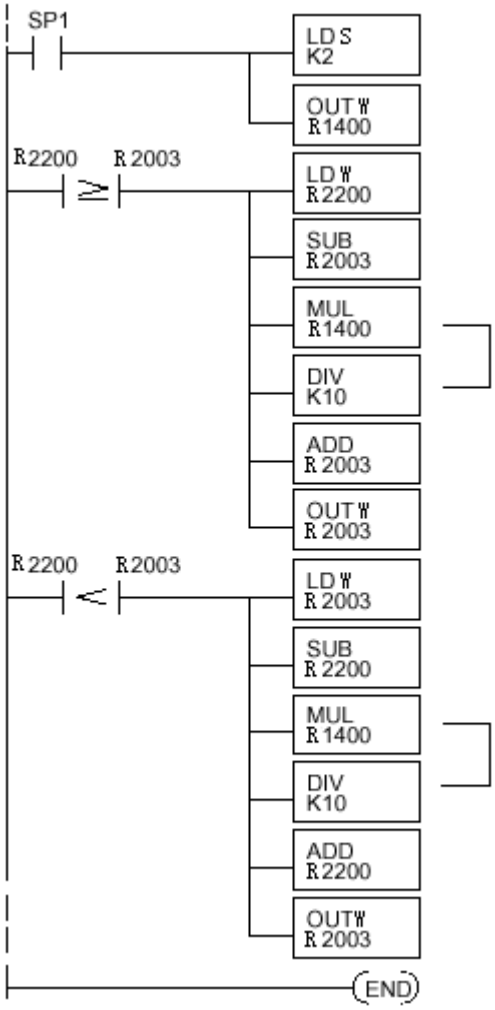
I_i是当前滤波输入

Q_{i-1}是滤波的前一次输入

k 是PV模拟量输入滤波系数

二、在梯形逻辑程序中建立一个模拟量软件滤波

类似的算法可以用梯形程序实现。下面的实例对梯形逻辑程序软件滤波作了说明。改变例子中的存储器以保证适合你的应用。
由于“修整作用”，在你的输出滤波会引起1/1000的偏差。如果你的过程不允许1/1000的偏差，那么不要使用滤波。因为修整偏差，就不应该用零或满刻度作为报警点。另外，滤波常数越小，平滑效果越好，但响应时间越慢。在控制过程对象时确定它可以接受较慢的响应。



滤波常数读入累加器，为了模拟内置滤波器，使用1和10之
间的数，相当于内置滤波器0.1~1.0的范围

输出到未使用的常规内存

若未经处理的模拟量输入(R2200中)大于或等于PID回路参
数表(R2003)中的PV经过值，则将其读入累加器

模拟量输入减去回路参数表中的值

MUL和DIV指令使用的结果使数据小数点限定在0.1和1.0
之间

与未处理的模拟量输入与PV之间的差相加,再送回到PV

用新的滤波值代替回路参数表中的PV值

若未经处理的模拟量输入小于PID回路参数表(R2003)中的
PV经过值,则将PV经过值读入累加器

减去未经处理的模拟量输入

使数据小数点限定在0.1和1.0之间

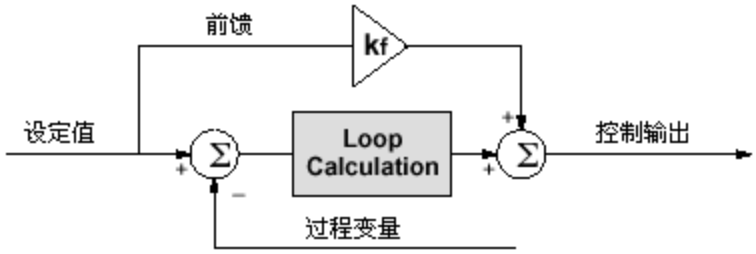
与未处理的模拟量输入与PV之间的差相加,再送回到PV

用新的滤波值代替回路参数表中的PV值

主程序结束

第十节　　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DL05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的控制技术。PID运算的外环加入的与输出值相加的是前馈。



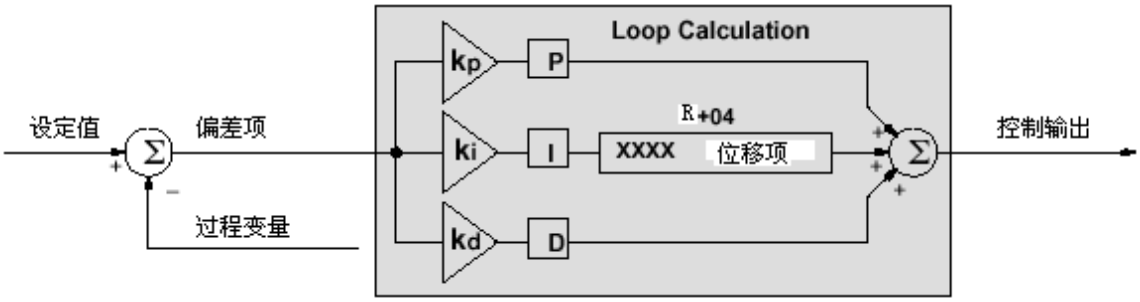
在上一节偏移项的介绍中，我们讲过偏移值建立了一个“工作区”或控制输出的操作点。当偏差越接近零点时，输出就越接近偏移值。当设定值发生变化时，产生了偏差且产生新的输出值。如因干扰产生新的偏置量，也会如此。积分作用必须增加/减少，直到消除偏差。

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。

DL05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。

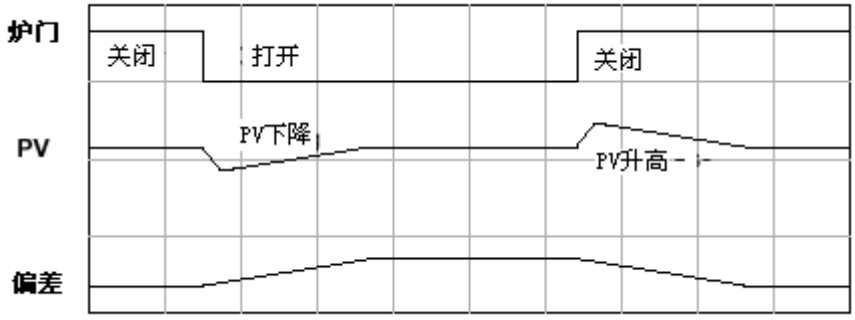


为了改变偏移量，梯形逻辑程序只须把理想值写入R+04。PID运算回路首先从R+04中读出偏移值并根据当前积分运算修正偏差。然后再把结果写到地址R+04。这种方式一目了然，所以前馈控制就是将合适的数值在适当的时候写入偏差项（如下例所示）。

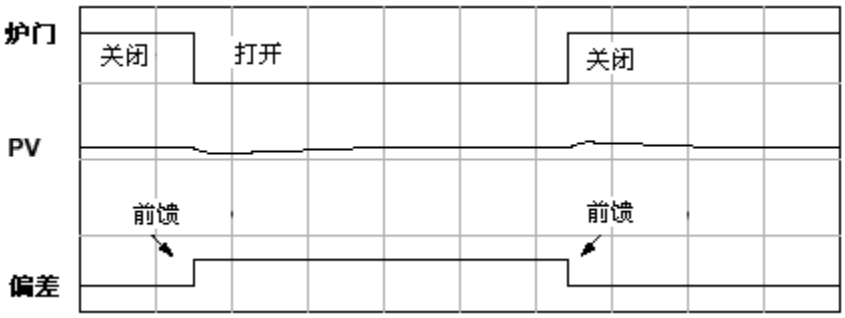
注意：必须注意设计梯形逻辑程序时会产生新的偏差，但偏差项只能写入一次。如果在每次扫描时梯形逻辑程序都写偏差值，那么回路积分器就无法有效工作。

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。



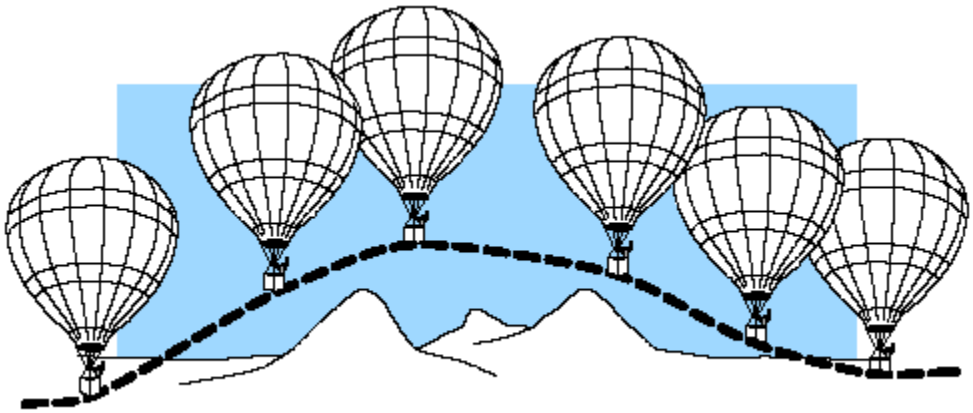
偏差的阶跃变化是我们两次前馈写入偏差值的结果。我们可以看到PV的变化被大大减少了。同样的方法也可用于设定值的改变。

第十一节　　时间—比例控制

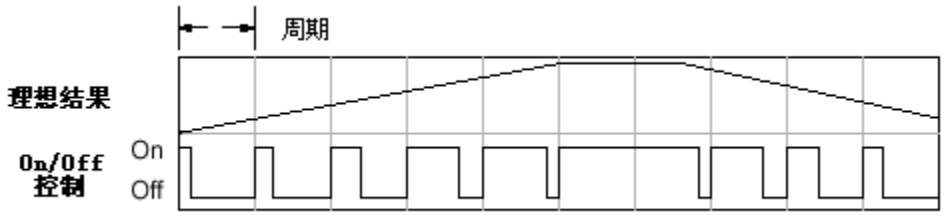
在**DL05 CPU**中的**PID**回路控制器会产生一个平滑的控制输出信号。这个控制输出值适于驱动一个与过程相连接的模拟量输出模块。在过程控制领域中，它被称作连续控制，因为输出始终是接通的。

要使连续控制是平滑而又稳定，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。**



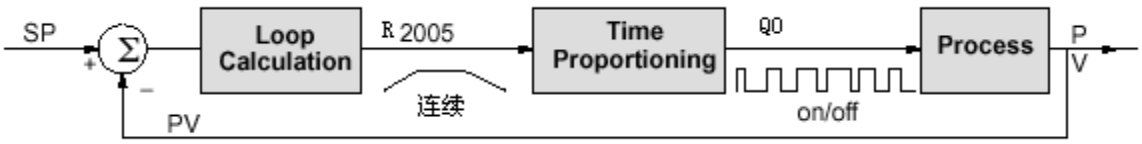
时间-比例控制的负荷与ON时间/OFF时间比率近似于连续控制。下图显示了当负荷被整个过程均分时，它是如何近似于一个连续曲线的例子。



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

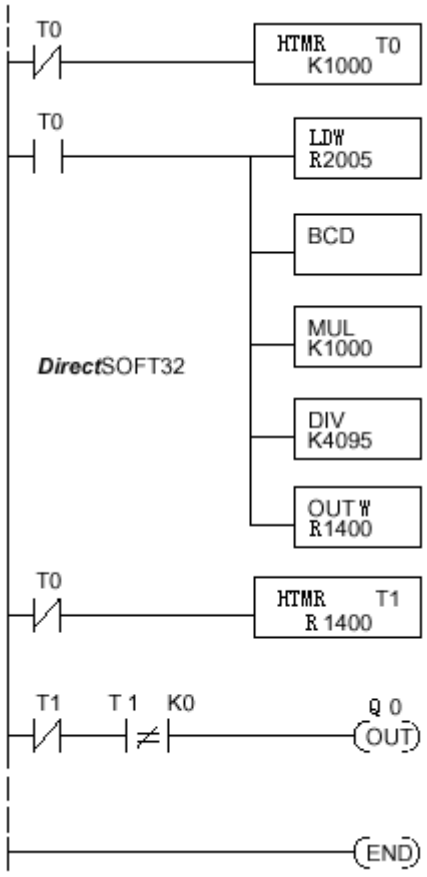
On/Off控制的程序例子

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。要做下列**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。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）。
—On/Off的控制输出是Q0。
时间比例程序必须使输出的系数（1/1000）与T0时基的系数（1/1000）相匹配。

注意：某些过程使用时间比例控制变化过快，当你选择这种控制方法时应考虑过程对象的反应速度。若使用时间比例控制方法，过程变化过快，则使用连续控制。



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)

将累加器中的值转换为BCD码

BCD码乘以1000

完成范围0~4095到0~1000的转换,与10秒范围相匹配

结果输出到R1400,作为第二个时间预置值

第二个定时器也使用0.01秒定时器,因此它的范围也是0~1000,当它达到预置值时,使输出线圈Q0 off

输出线圈在10秒时基开始时on，当T1接通时，Q0 off

主程序结束

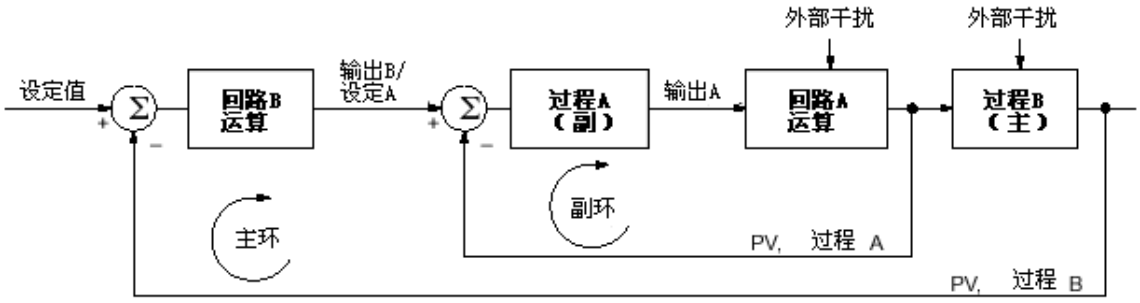
第十二节　　串级控制

一、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，DL05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作师才能使用它。
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。

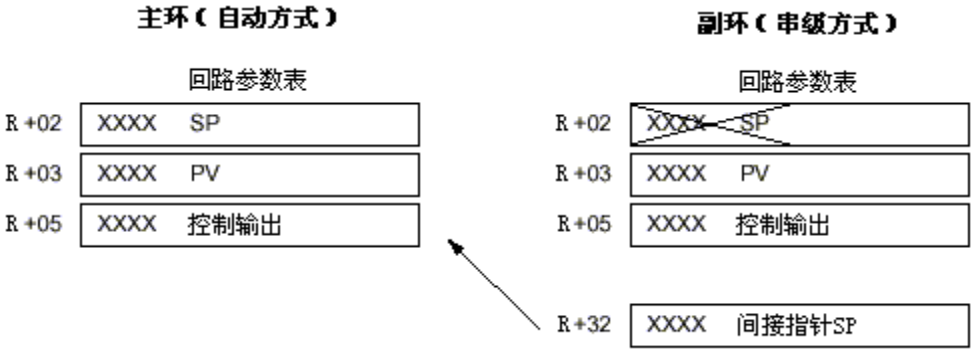


通过检查它对外部干扰的响应，可以看到串级控制有其优越性。记住，副环比主环动作得更快。因此，如果干扰影响了副环中的过程A，那么回路A的PID运算会在主环受到影响之前修改偏差。

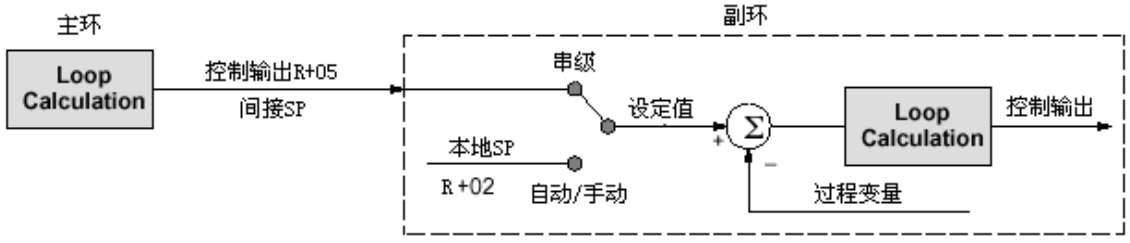
二、DL05 CPU 中的串级回路

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DL05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***Direct***SOFT32的PID视图来监视副环的SP值时，***Direct***SOFT32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。

第十三节　　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。

DL05 CPU给每个回路提供了一套卓越的报警性能：

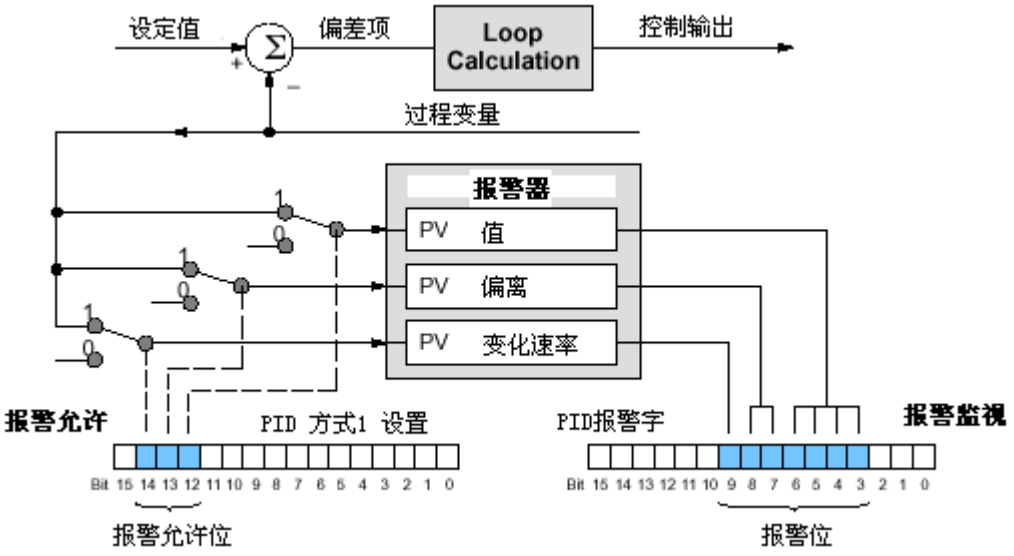
—**PV绝对值报警**—监视PV的两个下限值和两个上限值，无论何时当PV超出这些设定限幅值时就产生报警。

—**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”。

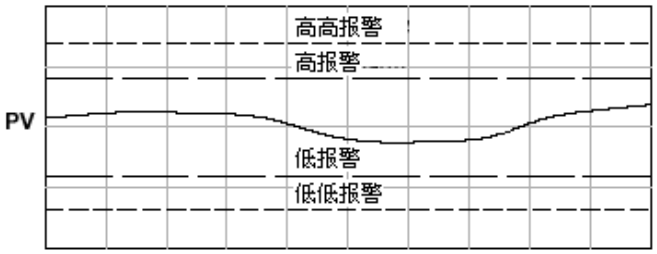
报警点是完全可编程的，并且每一种报警都可以独立地进行监控。下图说明了PV的监控功能。在回路参数表的**PID方式 1 设置字 R+00**的第12，13和14位可使报警有效/无效。***Direct***SOFT32的**PID视图设置**画面可以对报警进行编程和监控。通过检查控制回路参数表R+06的第3-9位，PID方式和报警方式字，梯形逻辑程序可以监控报警方式。



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。

一、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。

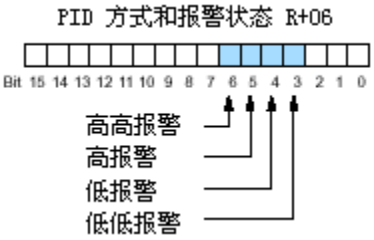


回路参数表

R+16	XXXX	高高报警
R+15	XXXX	高报警
R+14	XXXX	低报警
R+13	XXXX	低低报警

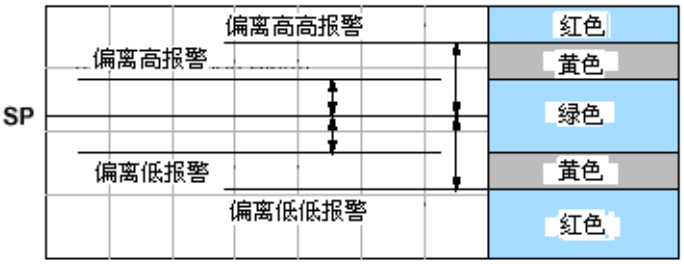
如果在一段时间内过程仍然失控，最后PV将越过外面的报警限幅，即高-高报警和低-低报警。它们的限幅值用上面列出的控制回路参数表寄存器设置。高-高或低-低报警表明情况严重，需要操作员立即注意。

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***Direct***SOFT监视PID报警。



二、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，每个限幅值都对称于当前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。



回路参数表

R+17	XXXX	黄色偏离报警
R+20	XXXX	红色偏离报警

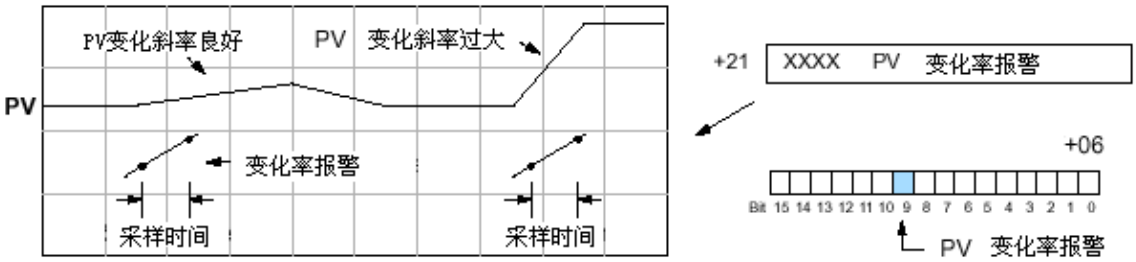
限幅确定了相对于SP值的波动区域。SP值周围的绿区代表安全（无报警）方式，黄区在绿区的外面，红区在这两个区的外面。

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***Direct***SOFT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。
记住报警滞后作用可与偏离报警和绝对值报警一起工作，在本节的末尾将被讨论。

三、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值错了、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。
DL05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。



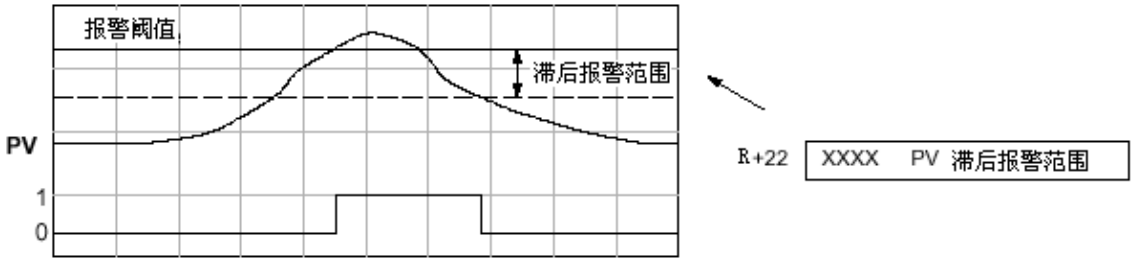
在本例中，假定PV是我们过程的温度值，并且当温度变化超过15度/分时，我们想要它报警。我们必须知道PV数量/度和回路采样周期。然后，假定PV值（在R+03地址中）表示成10个值/度，并且回路采样周期为2s。我们用下面的公式把我们的工程技术单位转换成数量值/采样周期：

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

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。

四、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。

五、报警出错

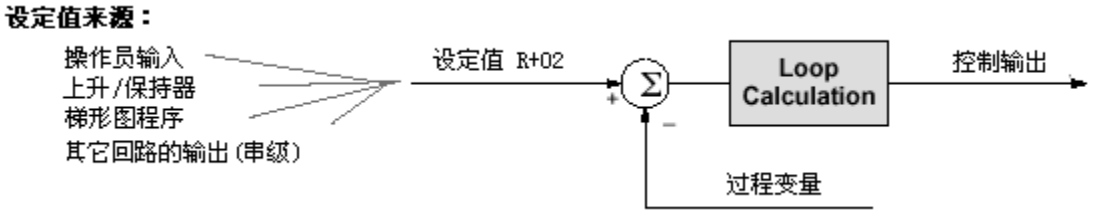
PV报警阈值必须按某种数学关系得出。所列要求如下。如果不符合，报警编程错误标志位将被设定，如右所示。

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

第十四节　　上升/保持发生器

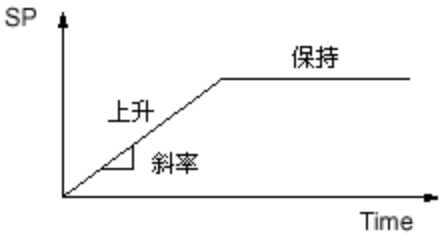
一、简介

我们讨论基本回路工作时，要注意回路的设定值将以各种方法产生，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。***



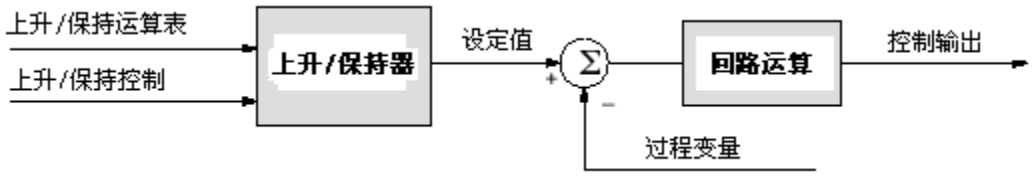
如果你的过程的SP极少变化或允许阶跃变化的话，你可能不需要使用上升/保持发生器。但是，一些过程需要根据不断变化的SP的值来精确控制。上升/保持发生器可大大减小这些应用需要的编程量。

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量/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进行必要的运算时，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，其特殊的性能如下：

—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）。

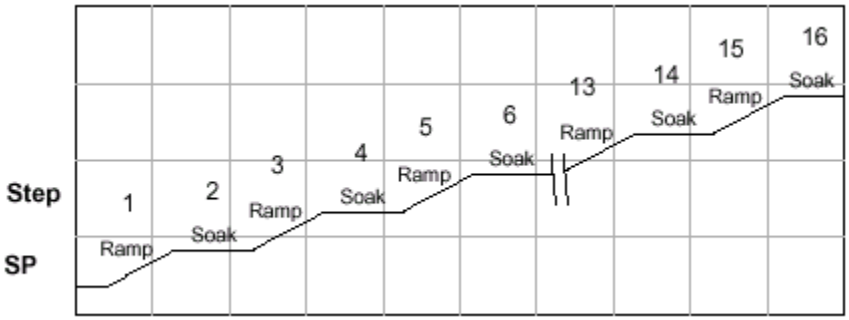
—PLC处于运行方式时，上升/保持发生器就可以工作。其工作与回路方式（手动或自动）无关。

—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。

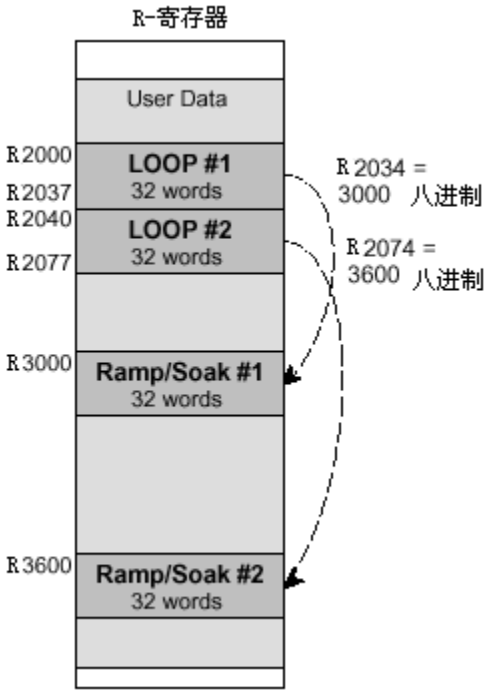
下图显示了包括多段上升/保持的SP控制。这些段被单独按数字编成1-16步。每段上升的梯度可

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。



二、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，只要它们不重迭。



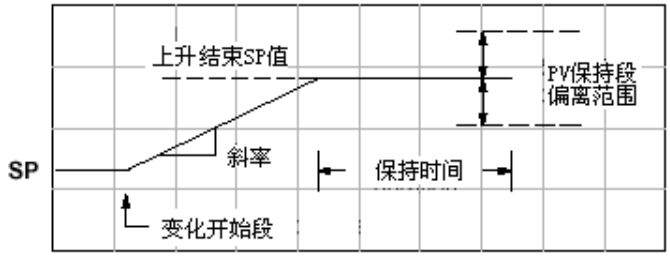
在上升/保持表中的参数必须是用户定义的。最方便的方法是用***Direct***SOFT，它有对该表的特殊编辑器。需要四个参数来确定一对上升和保持段，如下所示。

—**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。



+00	XXXX	上升结束语SP值
+01	XXXX	上升 斜率
+02	XXXX	保持时间
+03	XXXX	PV保持段偏离范围

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

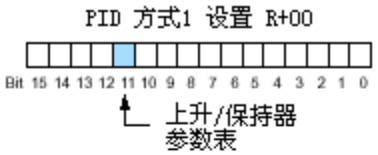
三、上升/保持表的标志

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发生器无分布曲线图。
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	Off	On
8-15	R/S控制过程中的当前步	读	按字节编码（十六进制）	

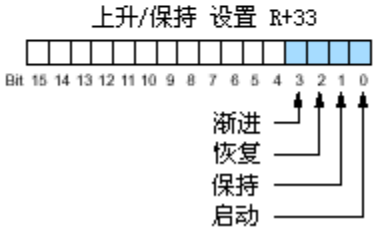
四、上升/保持发生器有效

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。

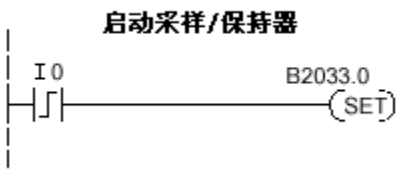


五、上升/保持控制

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。***Direct***SOFT32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。

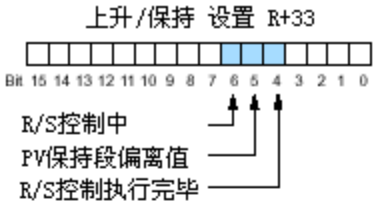


上升/保持控制位的正常方式是全为零。梯形逻辑程序一次只能设置一个控制位。

- **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。

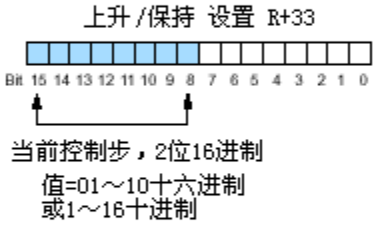
六、上升/保持控制过程的监控

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。



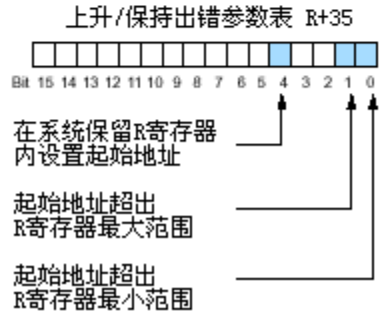
- R/S控制过程结束—当被设置的最后一步完成后，=1。
- 保持 PV偏移量—当偏差（SP-PV）超过R/S表中规定的偏差量时，=1。
- R/S控制过程在保持方式—当控制过程执行但现在正处于保持方式时，=1。

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。



七、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***Direct***SOFT32来组态上升/保持参数表。它自动检查地址范围。



八、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***Direct***SOFT32的**PID View**是一种实时保护图，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。

第十五节　　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：

—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，控制输出始终是零。

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。

—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 ***Direct***SOFT, 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 *Direct*SOFT32 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．*Direct*SOFT32 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 ***Direct***SOFT32 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。

附录1　　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

附录2　　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　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 DL05 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）。

JTEKT

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
网址：https://www.jtektele.com.cn

JELWX-M4127B

2024 年 7 月