

advPID 库使用说明文档
V2.0

深圳市合信自动化技术有限公司

2023 年 7 月 20 日

版本修订记录

发布日期	版本	修订内容	修订人	审批人
2021 年 8 月	V1.00	首版发布		
2023 年 7 月	V2.00	改善算法及增删功能		

目录

1. 概述	
1.1. 目的	
1.2. 适用范围	
1.2.1. 权责	
1.2.2. 定义	
2. 规格参数	
3. 其他内容	

1.概述

advPID 功能块是集成在 CPU 内部，不占用用户程序空间，作为一个库函数提供给用户使用。advPID 拥有能够对温度、湿度、流量、张力、压力、位置、速度等进行控制的高级 PID 算法，具有自整定、专家在线 PID 参数自校正调节算法(CT-TUNE)、预置 PID 模型参数等功能，用户无需复杂编程，只需设置一些简单的参数就可以使用。

注意：使用本库时，请注意 CPU 固件版本是否支持

1.1. 目的

作为用户手册让使用者更快上手

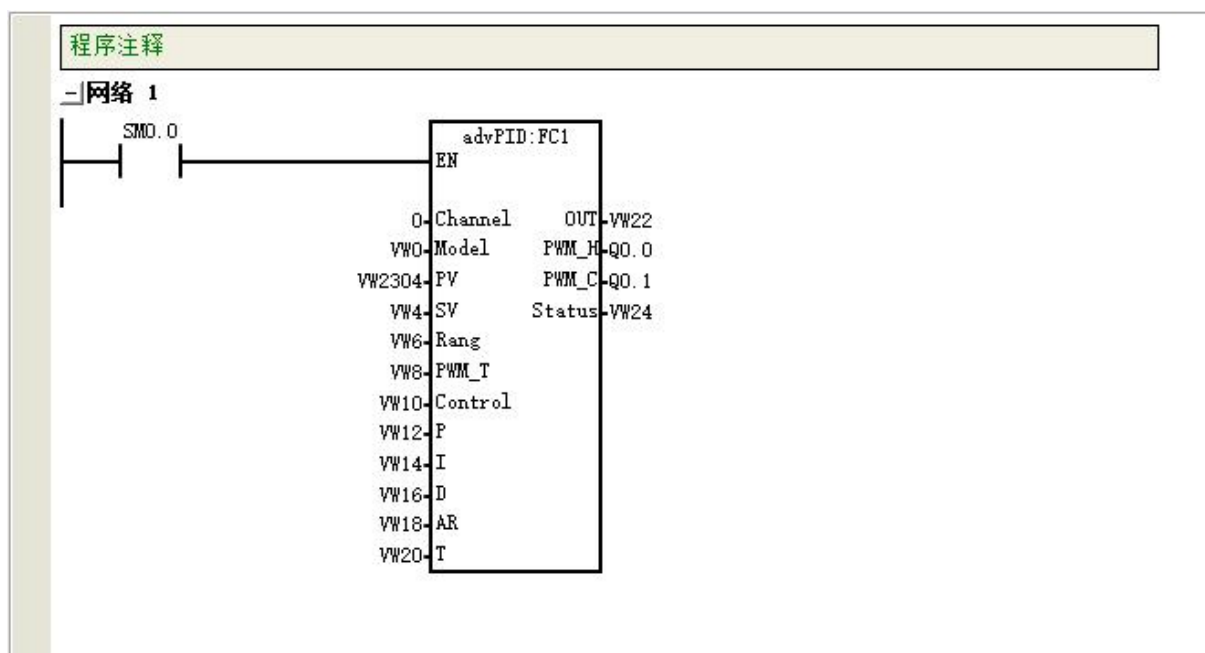
1.2. 适用范围

此技术手册用于内部评估

2. 规格参数

2.1 功能块示例

图 2-1



2.2 功能块输入输出参数列表

名称	数据类型	描述	默认值				
INPUT 输入							
Channel	WORD	表示 PID 的通道编号，每个通道的计算相互独立，在控制多个对象时，调用多个 PID 块，应使用不同的通道编号来控制。 ---取值范围：0 - 127 注：CPU 型号决定最大通道数	0				
Model	WORD	表示 PID 算法模式选择，可以根据被控对象来选择相应的模式，PID 块会给出相应的 PID 参数。 • 0：默认模式，标准 PID 控制，用于固定模型控制对象。 • 1：标准 PID 算法，同时启动参数在线智能校正模式，在该模式下，CT-TUNE 算法会根据调节的效果对 PID 参数进行实时校正,用于控制对象模型频繁变化的情况。 • 2：标准 PID 算法，运动控制模式，控制字会被设定为 1ms 时基，关闭微分作用，默认以 10ms 周期运行，用于张力控制,位置环，速度环控制对象。 • 3：增量算法 PI 控制模式，控制字会被设定为增量算法，关闭微分作用，一般用于执行器为带反馈的阀门或是对输出不能产生大扰动的对象。 • 4：增量算法 PID 控制模式。 注：模式切换时，同时会将相应控制字参数改变并关闭运行状态，运行请将控制字运行位重新设置。	0				
PV	WORD	PV（Process Variable）表示被控对象的值。比如被控对象的温度，压力，流量，等。最后一位为小数，例 4000 表示 400.0。 ---取值范围：-32000 - 32000	0				
SV	WORD	表示对被控对象的期望值，设定值。最后一位为小数，例 4000 表示 400.0。 ---取值范围：-32000 - 32000	0				
Rang	WORD	此版本未起作用 ---取值范围：-32000 - 32000	0				
PWM_T	WORD	设定 PWM 输出的周期,有效范围为 0.1 - 120.0 秒 注：为了减少外围输出元件寿命损耗，建议对于机械继电器取值一般不小于 5s. ---取值范围：1- 1200	0				
IN_OUTPUT 输入输出							
Control	WORD	<div>PID 算法的控制设定，以字的 16 个位进行功能选择</div> <table><tr><th>控制位</th><th>描述</th></tr><tr><td>Bit 0</td><td>1: 启动 PID 计算 0: 关闭 PID，PID 将停止运行，输出为 0</td></tr></table>	控制位	描述	Bit 0	1: 启动 PID 计算 0: 关闭 PID，PID 将停止运行，输出为 0	0
控制位	描述						
Bit 0	1: 启动 PID 计算 0: 关闭 PID，PID 将停止运行，输出为 0						

		Bit 1	1: 启动 PID 自整定算法，整定完成后自动复位 0: 关闭 PID 自整定算法	
		Bit 2	1: 输出为单端加热控制，PWM 仅热端输出，用于加热控制，out 输出范围为 0 - 32000 0: 未选择	
		Bit 3	1: 输出为单端制冷控制，PWM 仅冷端输出，用于制冷控制，out 输出范围为 -32000 - 0 0: 未选择	
		Bit 4	1: 关闭积分作用 0: 未选择	
		Bit 5	1: 关闭微分作用 0: 未选择	
		Bit 6	1: 启动 PID 专家在线自适应算法(CT-TUNE) 0: 未选择	
		Bit 13	1: PID 计算周期基数 1ms 0: PID 计算周期基数 100ms	
		Bit 14	1: 在线自适应 CT-TUNE 算法启动带宽扩展 0: 未选择	
		Bit 15	1: PID 参数复位 0: 无	
		注：1.启动 PID 必须同时选择加热或制冷或冷热同时控制，否则 PID 不会正常启动。 2.bit2 和 bit3 为组合控制，需要冷热共同控制时，请将 bit2,bit3 同时置 1，此时 out 输出范围为-32000 - 32000 ,PWM 冷热端输出 3.未列出的 bit 为预留位		
P	WORD	比例带，设定 PID 参数的比例范围，最后一位为小数 ---取值范围：0 - 32000	0	
I	WORD	积分时间，最后一位为小数，最大 3200.0s 注：当值为 0 时，取消积分作用 ---取值范围：0 - 32000	0	
D	WORD	微分时间，最后一位为小数，最大 3200.0s 注：当值为 0 时，取消微分作用 ---取值范围：0 - 32000	0	
AR	WORD	自整定参数性能档位 ---取值范围：0 - 2	0	
T	WORD	PID 计算周期时间，有效范围为 0.001 - 100.0 秒 注：基数以控制字 bit13 为准 ---取值范围：1 - 1000	1	
OUTPUT 输出				
OUT	WORD	PID 的输出，输出范围由控制字 bit2,bit3 的组合决定 ---范围：加热模式 0 - 32000 制冷模式 -32000 - 0 加热制冷模式 -32000 - 32000	0	
PWM H	BOOL	PWM 热端输出，1 为 ON,0 为 OFF	0	

PWM_C	BOOL	PWM 冷端输出，1 为 ON,0 为 OFF																		
Status	WORD	当前 PID 的运行状态字，以相应位来表示状态，未列出状态位为预留位		0																
		<table><tr><th>状态位</th><th>描述</th></tr><tr><td>Bit 0</td><td>1: PID 正在运行 0: PID 停止运行</td></tr><tr><td>Bit 1</td><td>1: PID 自整定正在运行 0: PID 自整定未运行</td></tr><tr><td>Bit 2</td><td>1: PID 自适应正在运行 0: PID 自适应未运行</td></tr><tr><td>Bit 3</td><td>1: PWM 热端输出 ON 0: PWM 热端输出 OFF</td></tr><tr><td>Bit 4</td><td>1: PWM 冷端输出 ON 0: PWM 冷端输出 OFF</td></tr><tr><td>Bit 14</td><td>1: PID 计算故障，一般是 PV 超出限制 0: 正常状态</td></tr><tr><td>Bit 15</td><td>1: PID 自整定失败 0: 正常状态</td></tr></table>		状态位	描述	Bit 0	1: PID 正在运行 0: PID 停止运行	Bit 1	1: PID 自整定正在运行 0: PID 自整定未运行	Bit 2	1: PID 自适应正在运行 0: PID 自适应未运行	Bit 3	1: PWM 热端输出 ON 0: PWM 热端输出 OFF	Bit 4	1: PWM 冷端输出 ON 0: PWM 冷端输出 OFF	Bit 14	1: PID 计算故障，一般是 PV 超出限制 0: 正常状态	Bit 15	1: PID 自整定失败 0: 正常状态	
状态位	描述																			
Bit 0	1: PID 正在运行 0: PID 停止运行																			
Bit 1	1: PID 自整定正在运行 0: PID 自整定未运行																			
Bit 2	1: PID 自适应正在运行 0: PID 自适应未运行																			
Bit 3	1: PWM 热端输出 ON 0: PWM 热端输出 OFF																			
Bit 4	1: PWM 冷端输出 ON 0: PWM 冷端输出 OFF																			
Bit 14	1: PID 计算故障，一般是 PV 超出限制 0: 正常状态																			
Bit 15	1: PID 自整定失败 0: 正常状态																			

2.3 参数说明

EN:

功能块使能, 置 1 后将启用 advPID 功能块功能, 推荐使用 SM0.0 使能。

Channel:

功能块的通道编号, 根据 PLC 型号不同最高支持 128 个通道, 每个 advPID 功能块的通道编号都应该是唯一的。最大范围 0 – 127。

Model:

PID 算法模式选择, 可以根据被控对象的模型来选择相应的模式, 模式启动或切换后, 会自动给出相应的 PID 预置参数, 适用于大多场景, 也可以在模式基础上进行细微调节。

- 0: 标准 PID 算法, 用于固定模型控制对象, 多数场景使用。
- 1: 标准 PID 算法, 同时启动参数在线智能校正模式, 在该模式下, CT-TUNE 算法会根据调节的效果对 PID 参数进行实时校正, 用于控制对象模型频繁变化的情况。
- 2: 标准 PID 算法, 运动控制模式, 控制字会被设定为 1ms 时基, 关闭微分作用, 默认以 10ms 周期运行, 用于张力控制, 位置环, 速度环控制对象。
- 3: 增量算法 PI 控制模式, 控制字会被设定为增量算法, 关闭微分作用, 一般用于

执行器为带反馈的阀门或是对输出不能产生大扰动的对象。

- 4: 增量算法 PID 控制模式。

注：模式切换时，同时会将相应控制字参数改变并关闭运行状态，运行时请将控制字中 bit0 重新设置。在 PLC 上电使能后，如果参数 P 为 0，也会被设置预置参数。

PV:

PV (Process Variable) 表示被控对象的值。比如被控对象的温度，速度，压力，流量等。最后一位为小数，例 4000 表示 400.0。

---有效范围：-32000 – 32000

SV:

表示对被控对象的设定值。最后一位为小数，例 4000 表示 400.0。

---有效范围：-32000 – 32000

Rang:

此版本预留

PWM_T:

PWM 数字量 PWM_H 和 PWM_C 的输出周期，最后一位为小数，有效范围为 0.1 - 120.0 秒。

注：为了减少外围输出元件寿命损耗，建议对于机械继电器取值一般不小于 5s。

---取值范围：1- 1200

Control:

功能块的控制字段，由字的 16 个 bit 构成，每个位的 0 和 1 代表对应的功能开关。每个位的功能见上表中描述。

注：1. 启动 PID 必须同时使能加热或制冷或冷热同时控制位，否则 PID 不会正常启动。

2. 需要冷热共同控制时，请将 bit2,bit3 同时置 1,输出范围为-32000 - 32000 ,PWM 冷热端输出。

P:

比例带，设定 PID 参数的比例带的值，有效范围 0.1 - 3200.0 工程单位,最后一位为小数。

---取值范围：1 – 32000

I:

积分时间，单位秒，最后一位为小数，有效范围 0.0 - 3200.0 秒，当设置为 0 时，相当

于关闭积分作用。

---取值范围：1 – 32000

D:

微分时间，单位秒，最后一位为小数，有效范围 0.0 - 3200.0 秒，当设置为 0 时，相当于关闭微分作用。

---取值范围：1 – 32000

AR:

自整定调节参数的档位，在自整定完成后，自整定功能会给出新的比例带 P, 积分 I 和微分 D 值，这 3 个参数根据 AR 的 3 个档位来生成相应的值。

0: 最高性能，同时有可接受最大的超调量。

1: 平衡的性能，较小的超调量。

2: 相对低的性能，最小超调量。

---取值范围：0 – 2

T:

PID 运算周期时间，有效范围为 0.001 - 100.0 秒，时基由控制字中的 bit13 来决定，当 bit13 为 0 时，运算周期时间最小为 0.1 秒。当 bit13 为 1 时，运算周期时间最小为 0.001 秒。建议这个参数根据控制对象的特征进行设定，对于控制精度高，速度快的对象，如位置环，速度环，张力控制，可使用 0.01 秒的运算间隔，对于响应慢的系统，如温度控制，使用较慢的运算周期 0.1 秒或更长的周期时间。

---取值范围：1 – 1000

OUT:

PID 的输出量

---范围：加热模式	0 - 32000
制冷模式	-32000 – 0
加热制冷模式	-32000 – 32000

PWM_H:

数字量模拟 PWM 加热端输出，最高频率 10HZ，在 10HZ 下输出精度约 1%，可以在只使用数字量输出的条件下达到快速高精度的控制效果，降低使用成本。

PWM_C:

数字量模拟 PWM 制冷端输出，最高频率 10HZ，在 10HZ 下输出精度约 1%，可以在只使用数字量输出的条件下达到快速高精度的控制效果，降低使用成本。

Status:

功能块运行时的状态指示，由字 WORD 的 16 个位表示，详见上表。

注：当出现 PID 故障状态时，表示 PV 值超限，在多数情况下是由于传感器断线等因素

造成，恢复 PV 值至正常并启动 PID 即可自动复位此状态，如果在自整定时出现 PV 超限，会中断自整定过程直到恢复正常的 PV 值，如果在正常运行 PID 时出现 PV 超限，则输出为 0 直到恢复正常的 PV 值。

2.4 应用说明

PID 控制

PID 控制也被称为三项控制，其算法为根据一套规则，连续调整输出，补偿过程变量的变化，但是其参数设定需要满足控制过程的特征要求。

三项分别是：

比例项 PB。

积分项 TI。

微分项 TD。

advPID 算法基于位置（非渐进型）的 ISA 类型算法。算法输出是所有三项作用的结果。其简化拉普拉斯变换公式为：

$$OP/ER = (100/PB) (1 + 1/sTI + sTD)。$$

其输出是误差信号的大小和持续时间、过程变量值的变化率的函数。

可禁用积分项和微分项，仅使用比例项（P）来控制，或者使用控制项加积分项（PI）、比例项加微分项（PD）来控制。

一个关于 PI 控制的实例（即不使用 D 项）是制炼厂（流量、压力、液位），其内在不稳定型以及噪声的特点，易导致阀门波动较为剧烈。而 PD 算法可用于伺服机械的控制。

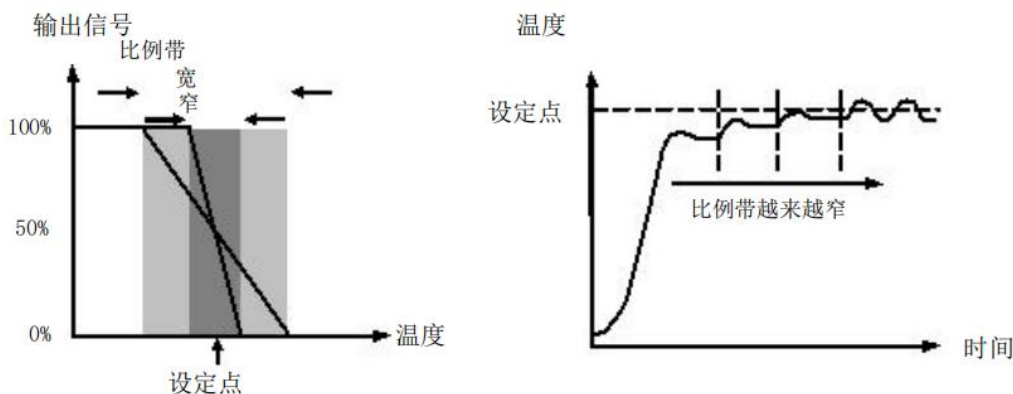
比例带（PB）

比例带，即增益，表示一个与 SP 与 PV 间误差信号大小成比例的输出。在此范围中，输出功率以直线型方式可从 0%到 100%连续调节（单加热控制）。下图中，在比例带范围之下，输出全开（100%），在比例带范围之上，输出全关（0%）。

比例带宽度决定误差响应大小。如果比例带过窄（高增益），系统会发生振荡，反应过激。如果比例带过宽（低增益），则系统就会变得迟钝。当比例带在不导致振荡的情况下尽可能窄最佳。

图中也显示出了比例带变窄对于振荡点的影响。宽比例带导致直线控制，但在设定点和实际温度间存在可感知的初始误差。随着比例带变窄，温度越来越接近设定点直到最后变得不稳定。

比例带可以按照工程单位定，也可以按照跨度的百分比来定（量程高-量程低）。因为易于使用，建议使用工程单位 -- 例如温度 C，目前默认参数都是以工程单位设定。

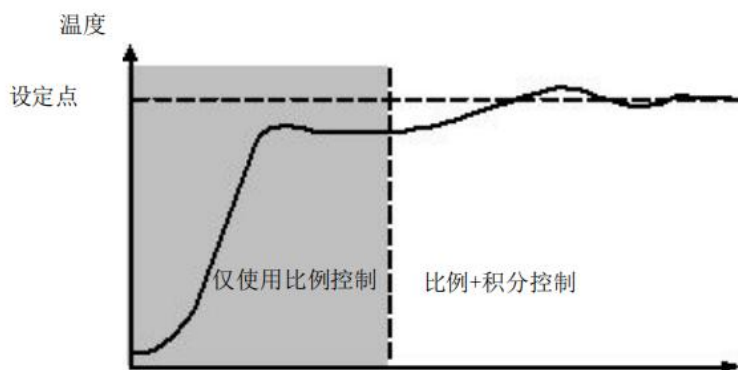


积分项（TI）

在仅使用比例项的控制中，设定点和 PV 之间必须存在一个误差，以驱动控制算法。引入积分项可以将此误差缩减为零，以达到稳态控制。

对于设定点和测量值之间存在的误差，使用积分项可以缓慢修改输出电平。如果测量值低于设定点，积分项通过逐渐增加输出来减小误差。如果测量值高于设定点，积分项会逐渐减少输出，或增加冷却功率，以校正误差。

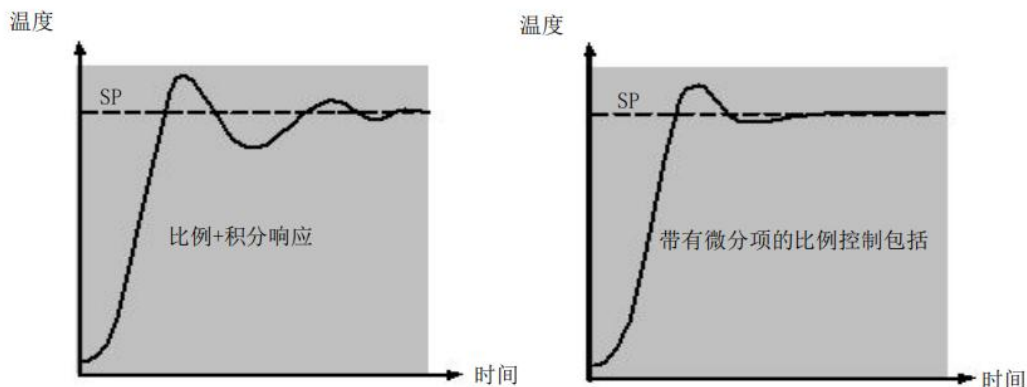
下图说明了引入积分项后的作用效果。



积分单元的测量通过时间来确定。积分时间常数越长，输出修改的越慢，响应越迟钝。积分时间常数过短则会导致过程过冲，还可能会导致振荡。可通过设置该项值为关闭（0）来禁用积分项，这种情况下需要打开手动复位。

微分项（TD）

微分可在误差发生快速变化时为输出增加大幅变化。如果测量值降低很快，使用微分可以将输出变化也变大，使得在测量值降得过低前校正扰动。从小微扰动中恢复最有益。



微分项控制输出，减少误差的变化率影响。结果是输出变化，PV 量也变化，消除瞬态影响。增加微分时间将降低回路对于瞬态变化的稳定时间。

微分通常被错误地和过冲抑制而非瞬态响应关联。实际上，微分不应该用于抑制系统在启动时的过冲，因为这将影响到系统的稳态性能。过冲抑制最好方法是通过控制参数、高低削减实现。

微分通常用于增加回路的稳定性，不过，也有一些情况使用微分会导致系统不稳定。

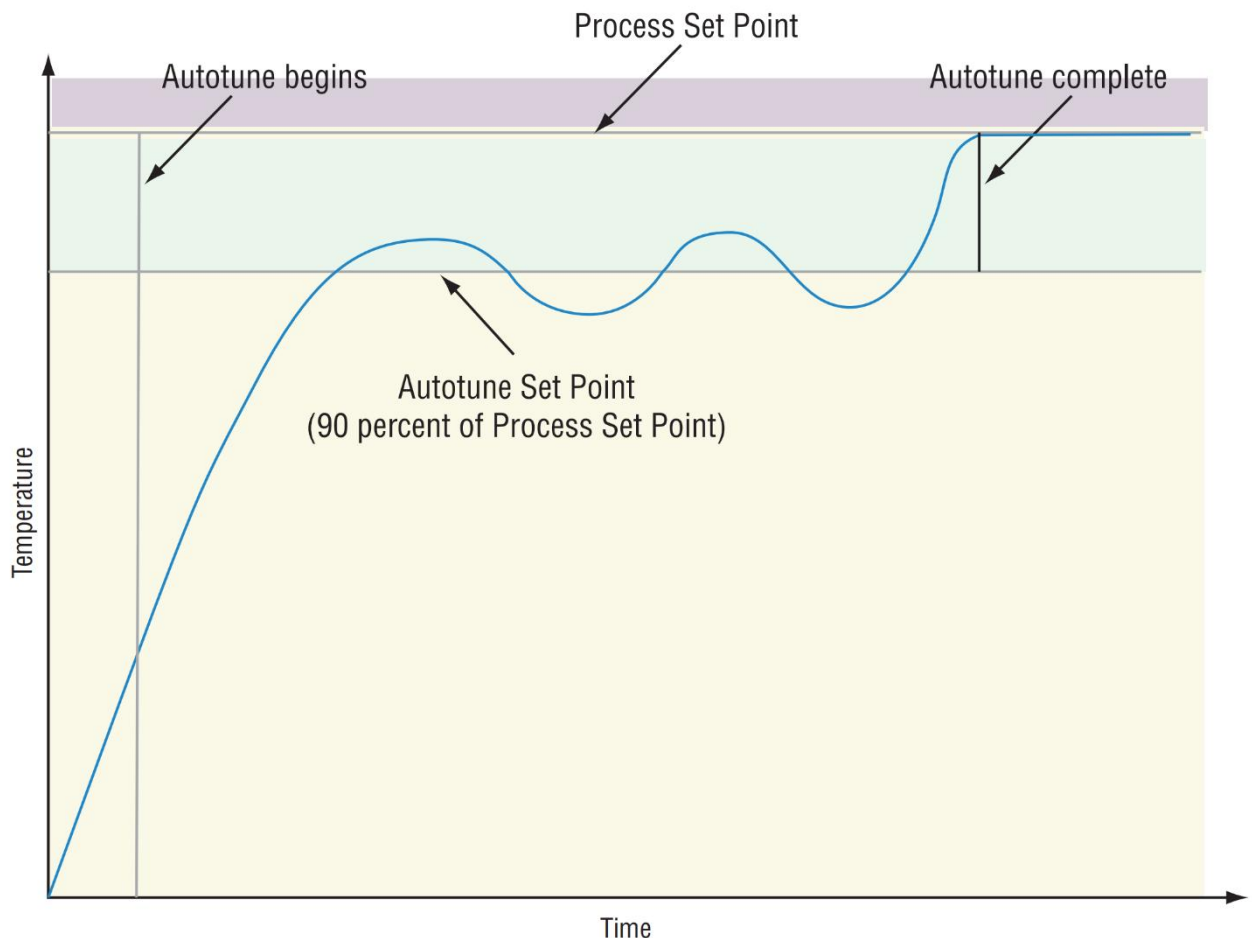
例如，如果 PV 有电气噪音，则微分会增强这些噪音，并导致输出变化过多，在这些情况中，通常禁用微分和重新调谐回路会比较好。

设置微分时间为 0 可停用微分项。

自整定

自整定时，控制器根据系统的热响应，自动选择 PID 参数进行最优控制。尽管这些值通常不能提供最优控制。PID 值可以自动调整或手动调整。当自整定启动时，当前设定点用于计算整定设定点。控制器将忽略所有设定点的变化，直到调整过程完成。例如，如果自整定启动前设定点设置为 180° ，启动自整定后，然后切换设定点为 200° ，则自整定功能利用 180° 进行整定。在某些场合，减少自整定的 SP 可以防止整定过程中过大的过冲量。

自整定根据系统的响应计算最佳加热和/或冷却 PID 参数设置。无论 STC 自校正是否启用，都可以启用自整定。由自整定产生的 PID 参数将被使用，直到自整定功能重新运行，手动调整 PID 值或启用专家在线自适应算法(STC)。如果在 120 分钟内无法完成自整定，则自整定超时，原有设置生效。温度必须跨越自动调谐设定点五次才能完成自整定过程。一旦完成，控制器控制在正常设定点，使用新的参数。



如果需要，还提供了一些设置来调整整定参数的效果。自整定调节参数的档位，在自整定完成后，自整定功能会给出新的比例带 P, 积分 I 和微分 D 值，这 3 个参数根据 AR 的 3 个档位来生成相应的值，当控制字设定为 PI 控制时(关闭微分)，将会给出适合 PI 控制的参

数。

- 0: 最高性能，同时有可接受最大的超调量。
- 1: 平衡的性能，较小的超调量。
- 2: 相对低性能，最小超调量。

CT-TUNE 自适应算法

CT-TUNE 自适应算法是一种内置的专家在线参数自校正算法，可在线优化 advPID 功能块的 PID 值，提高对动态过程的控制效果。CT-TUNE 监控过程值并自动调整控制参数，以在设定值和负载变化期间保持过程值(PV)处于设定值(SV)。当处于自适应控制模式时，advPID 功能块确定适当的输出信号，并随着时间的推移调整控制参数以优化响应性和稳定性。

最佳的使用方法是先建立初始控制 PID 参数，再使用自适应模式微调。或者先将控制模式设置为自整定，使用整定完成后的参数继续使用自适应模式微调。先设置 PID 参数的初始值，然后切换到自适应模式，微调 PID 参数。

在一种极少遇到的场景中（高频率的大幅度 PV 值变化），可能会导致 CT-TUNE 不运行，此时可以尝试将控制字 bit14 置 1，增加 CT-TUNE 计算带宽。

注：此算法仅在标准 PID 算法模式下有效