超高精度PID控制器的特殊功能
第1部分：远程设定点功能及其应用

Special Functions of Super Precision PID Controller
Part 1: Remote Set Point Function and Its Application

摘要：远程设定点功能是超高精度PID控制器的重要拓展功能之一，其在实际自动控制中有着广泛的应用。本文详细介绍了远程设定点的功能和操作设置过程，同时还介绍了远程设定点功能在跟踪控制、串级控制和比值控制中的具体应用。

一、远程设定点的基本概念

PID控制器中的设定点（set point，简称SP）或设定值（set value，简称SV），是指控制对象最终想要达到的状态或目标。PID控制器作用就是不断检测被控对象与设定点之间的偏差，并通过PID算法设法使此偏差快速趋于最小并达到稳定。需要注意的是，这里所说的设定点只是一种泛指，实际上包括了不随时间变化的固定设定点和随时间变化的设定曲线。

PID控制器中的设定点一般分为以下两种：

（1）内部设定点。通常也称之为内部给定值或本地给定值，是指PID控制器内部给出的设定点，如通过控制器面板操作或通过通讯方式由上位机软件操作给出的设定点或设定曲线。

（2）外部设定点。通常也称之为远程设定值或遥控设定值，是指独立于PID控制器的外部装置按照输入信号的函数所给出的设定点，如外部传感器、外部电压电流信号源等。远程设定点与PID控制器其他功能的关系如图1所示。

在工业生产和一些实际应用中，设定点并不能事先人为的给出，设定点有时需要根据实际过程采取远程控制形式，而这些远程设定点一般会随时间和环境不断发生变化。例如在多回路的复杂控制过程中，回路中被控参数的选取会直接影响控制效果和效率，因此远程设定点主要功能对设定点进行优化和对控制系统进行局部调整和优化。

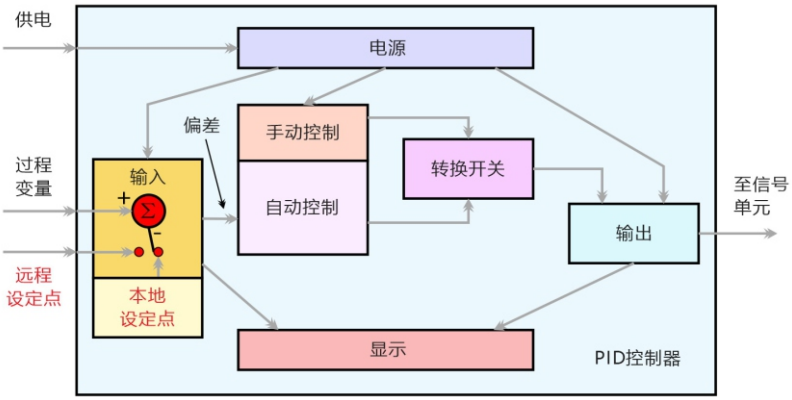

图1 远程设定点功能与PID控制器其他功能的关系图

二、远程设定点的操作设置

本文以VPC 2021系列多功能超高精度PID控制器为例，详细说明远程设定点的操作设置值。

带有远程设定值的控制器一般都有两个输入通道，第一主输入通道作为过程传感器输入，第二辅助输入通道用来作为远程设定点输入。与主输入信号一样，辅助输入的远程设定点同样可接受47种类型的输入信号，其中包括10种热电偶温度传感器、9种电阻型温度传感器、3种纯电阻、10种热敏电阻、3种模拟电流和12种模拟电压，即任何信号源只要能转换为上述47种类型型号，都可以直接接入第二辅助输入通道作为远程设定点源。

VPC 2021系列超高精度PID调节器是一台具有两路输入（主输入和辅助输入）和两路输出（主控输出1和2）的多功能控制器，具有远程设定点功能，在具体使用远程设定值功能时的具体接线如图2所示。需要注意的是，远程设定点功能只能在单点设定控制模式下有效，即在程序控制模式下无法使用远程设定值功能。

图中在主输入通道上连接的压力传感器为过程传感器，在主控输出1通道连接的是作为执行机构的高压比例阀，由此压力传感器、高压比例阀和PID调节器组成标准的闭环控制回路，在一般情况下可以通过内部设定点进行压力控制。

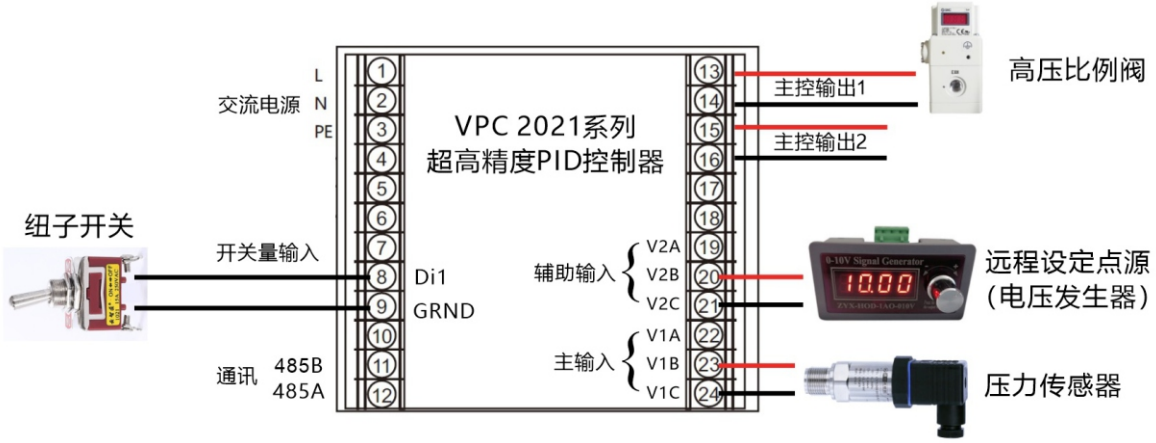

图2 使用远程设定点功能时的接线图

如果要使用远程设定点功能，如图1所示，需要在辅助输入通道接入远程设定点源，这里是电压信号发生器。在使用远程设定值功能前，需要对PID控制器的辅助输入通道相关参数进行设置，以满足以下几方面要求：

（1）辅助通道上接入的远程设定点信号类型要与主输入通道完全一致。

（2）辅助通道的显示上下限也要与主输入通道完全一致。

（3）显示辅助通道接入的远程设定点信号大小的小数点位数要与主输入通道保持一致。

完成辅助输入通道参数的设置后，开始使用远程设定点功能时，还需要激活远程设定值功能。远程设定值功能的激活有以下两种方式：

（1）仅使用远程设定点，不使用本地设定点：在PID控制器中，设置辅助输入通道2的功能为“远程SV”，相应数字为3。

（2）可进行远程和本地设定点之间切换：在PID控制器中，设置辅助输入通道2的功能为“禁止”，相应数字为0。然后设置外部开关量输入功能DI1为“遥控设定”，相应数字为2。通过这种外部开关量输入功能的设置，就可以采用图1中所示的纽子开关实现远程设定点和本地设定点之间的切换，开关闭合是为远程设定点功能，开关断开时为本地设定点功能。

需要注意的是，无论采用哪种远程设定点激活和切换方式，在输入信号类型、显示上下限范围和小数点位数这三个参数选项上，辅助输入通道始终要与主输入通道保持一致。

三、远程设定点功能的典型应用

远程设定点功能的用途十分广泛，在许多控制领域都可以得到应用，典型应用是手动设定点输入的自动跟踪控制，多个被控对象之间的主从自动跟踪控制、串级控制和比值控制中的自动从属调节等。

3.1 各种自动跟踪控制

自动跟踪控制会出现在许多实际应用中，一般是在两个以上被控对象中，要求一个被控对象始终跟随另一个被动对象的变化。一般自动跟踪控制应用中，要求两个或两个以上的被控对象随时间始终同步变化并尽可能的完全相同，最典型的应用场景是多温区的温度跟踪控制，其目的是实现各个温区的温度始终相同，从而起到温度均匀或使被跟踪对象处于绝热状态。

如图3所示，我们以两个被控对象之间的温度跟踪为例，其中物体A是主温度变化对象，物体B为防护温度变化对象，要求物体B的温度始终跟踪物体A并保持相同，从而使物体A始终处于等温绝热状态，这种等温绝热形式常用于绝热量热计。

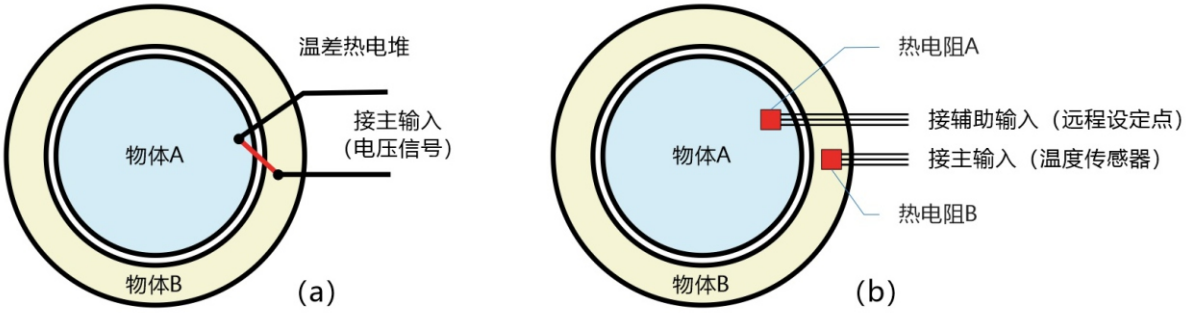

图3 温度自动跟踪中的传感器形式： （a）温差热电堆， （b）热电阻远程设定点

图3给出了温度跟踪中的两种温度传感器连接方式，图3(a)是典型的温差热电堆形式，其中用了两只或多只热电偶构成的热电堆检测物体AB之间的温差，温差信号（电压）直接连接到PID控制器的主输入端，PID控制器调节物体B的加热功率，使温差信号始终保持最小（近似零），从而实现物体B的温度始终跟踪物体A。

在有些应用场合无法使用热电偶而只能使用热电阻，那么温度跟踪一般会采用图3(b)所示的远程设定点功能。这时需要物体AB上分别安装两只热电阻温度计，其中物体B上的热电阻（两线制或三线制）连接到PID控制器的主输入端作为控制传感器，物体A上的热电阻（与物体B热电阻制式保持相同）连接到PID控制器的辅助输入端作为远程设定点传感器，由此实现物体B的温度调节始终跟踪物体A的温度变化。

采用热电阻温度传感器进行温度跟踪控制一直是个技术难点，以往的实现方法是采用复杂的惠斯登电桥（wheatstone bridge）将图3(b)中的两只热电阻温度传感器的电阻差转换为电压信号，这样就等同于图3(a)所示的功能。由此可见，采用远程设定点功能简化了热电阻温度跟踪的实现难度和装置的体积及造价。

3.2 串级控制（级联控制）

远程设定点功能最主要的应用是在串级控制系统中。一般串级控制系统由两个或两个以上的控制器串联连接组成，一个控制器的输出作为另一个控制器的设定值。串级控制系统的特点是将两个PID调节器相串联，主调节器的输出作为副调节器的设定，当被控对象的滞后较大，干扰比较剧烈、频繁时，可考虑采用串级控制系统。特别是需要进行超高精度控制，以及跨参数和跨量程控制时，串级控制系统则能重复发挥其优势。

图4所示是一个典型的串级控制在管壳式热交换器温度控制中的应用，其中离开热交换器的液体的温度是最终需要的控制变量，即通过操控蒸汽调节阀，使液体温度恒定在某一个设定值上。进入换热器的蒸汽流量直接影响温度，但只要控制好温度，我们并不关心流量有多少。所需的蒸汽量将取决于工作流体的流速和进口温度与出口温度设定点之间的差异。

我们可以用一个PID控制器来控制温度，温度作为输入，输出连接到调节阀。虽然这种安排可以控制温度。但是，在实际控制中存在一些问题：

（1）蒸汽集管压力可能发生变化，导致流入换热器的蒸汽流量突然减少。温度控制器将把温度带回它的设定值，但是，由于温度控制器需要缓慢的调谐，校正将花费比预期更长的时间。

（2）温度循环，可能包含多个滞后和死区，是一个更难调优的循环。阀门中的非线性将进一步使调谐复杂化。

如图4所示，使用串级控制方式将纠正这两个问题。在此串级控制系统中，采用了两路控制（或两个PID控制器），其中一个作为主控制器（温度控制器）采集最终需要控制的离开换热器的流体温度，同时根据本地设定点（温度值）进行控制，控制器的输出信号作为作为从控制器（流量控制器）的远程设定点，流量控制器采集流量传感器信号，并根据远程设定点控制调节阀的开度大小。

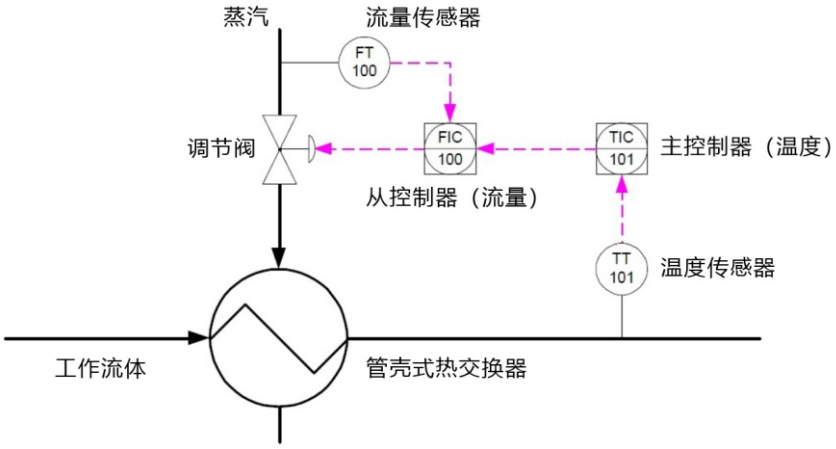

图4 热交换器温度控制中的串级控制系统

由此可见，采用串级控制方法，如果管路内压力发生变化而导致流量发生改变，流量测量将检测到这种变化，并立即可以得到反馈和纠正，从而平稳快速的实现温度的最终控制。

这里需要注意的是，主控制器的输出量为电压（或电流值），是作为从控制器的远程设定值，那么此远程设定值的变化范围应与流量传感器的信号类型（电压或电流）和量程保持一致。

3.3 比值控制

远程设定值功能经常在比值控制中得到应用。比值控制，也称之为比率控制，是使得两种或两种以上被控变量的比值保持恒定的一种控制方法。

如图5所示是一个典型的流体混合比值控制应用，通过比值控制方式控制一种流体（受控流体）与另一种流体（自由流体）按照设定的流量比值进行混合。实际上，这也是一种跟踪控制形式，即受控流体的流量按照设定比值自动跟踪自由流体的流量变化。

在图5中，用流量传感器1测量自由流体的流量，此流量信号乘以比值发生器的设定比值输出远程设定点信号。PID控制器控制分别接收远程设定点信号作为设定值和接收流量传感器2作为测量信号，由此来控制被控流体。

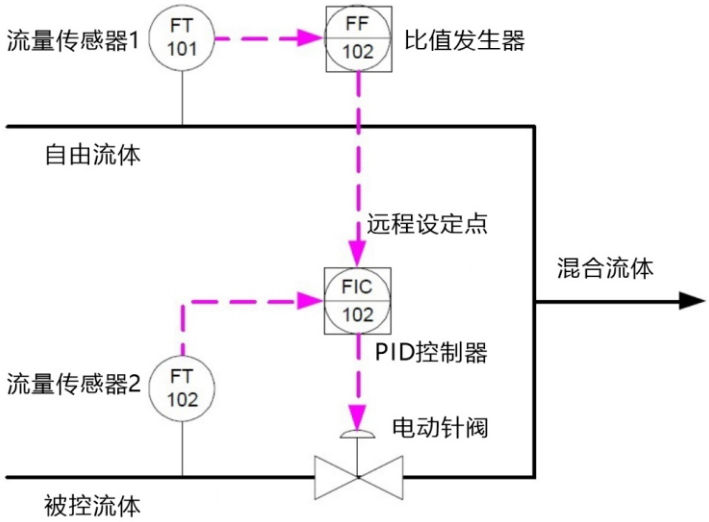

图5 流体混合中的比值控制系统

在具体应用过程中，比值发生器可采用以下两种方式实现：

（1）从图5可以看出，比值发生器类似于图4所示串级控制系统中的主控制器，控制电动针阀的PID控制器相当于串级控制系统中的从控制器。因此，采用两路PID控制就可实现比值控制。

（2）更简单的方式是直接采用图2所示的PID控制器的远程设定点功能，将流量传感器1和传感器2分别连接到主输入和辅助输入通道，其中辅助输入通道作为远程设定点。而远程设定点的比值大小则可以通过修改辅助通道的显示上下限来进行改变，但需要注意的是辅助输入通道的信号类型和显示小数点位数要与主输入通道保持一致。

四、总结

远程设定点功能是超高精度PID控制器的重要拓展功能之一，在实际自动控制中有着广泛的应用，但详细介绍远程设定点功能的具体操作设置和实际应用的资料内容很少。本文重点侧重介绍远程设定点的功能和操作设置过程，以期便于具体操作使用人员的快速设置和投入控制运行。

远程设定点功能在各种复杂PID控制中的应用十分广泛，本文只是列举了远程设定点功能在自动跟踪、串级控制和比率控制中的典型应用，而在实际控制中还可以有更多种的应用演变。