

几种温度跟踪控制方法及其 超高精度多功能PID控制器

Several Temperature Tracking Control Methods and Their Ultra-High Precision Multifunctional PID Controllers

摘要：针对温度跟踪控制中存在热电堆信号小致使控制器温度跟踪控制精度差，以及热电阻形式的温度跟踪控制中需要额外配置惠斯特电桥进行转换的问题，本文提出相应的解决方案。解决方案的核心是采用一个多功能的超高精度PID控制器，具有24AD和16位DA，可大幅提高温差热电堆跟踪温度控制精度。同时，此PID控制器具有远程设定点功能，两个热电阻温度传感器可直接接入控制器就能实现相应的温度自动跟踪控制。由此仅通过一个超高精度PID控制器，可实现热电偶和热电阻形式的高精度温度跟踪控制。

1. 问题的提出

在一些工业领域和热分析仪器领域内，常会用到温度自动跟踪功能，以达到以下目的：

(1) 保证温度均匀性：如一些高精度加热炉和半导体圆晶快速热处理炉等，为实现一定空间或面积内的温度均匀，一般会采取分区加热方式，即辅助加热区的温度会自动跟踪主加热区。

(2) 绝热防护：在许多热分析仪器中，如绝热量热仪、热导率测试仪和量热计等，测试模型要求绝热边界条件。这些热分析仪器往往会采取等温绝热方式手段，由此来实现比采用隔热材料的被动绝热方式更高的测量精度。

自动温度跟踪功能的使用往往意味着要实现快速和准确的温度控制，其特征是具有多个温度传感器和加热器，其中温差探测器多为电压信号输出的热电偶和电阻输出的热电阻形式。对于采用这两种温差探测器的温度跟踪控制，在具体实施过程中还存在以下两方面的问题：

(1) 在以热电堆为温差传感器的跟踪温度控制过程中，往往会用多只热电偶构成热电堆来放大，N对热电偶组成的热电堆会将温差信号放大N倍，但即使放大了温差信号，总的温差信号对应的输出电压也是非常小。如对于K型热电偶，1°C温差对应40uV的电压信号，若使用10对K型热电偶组成温差热电堆，则1°C温差时热电堆只有400uV的电压信号输出。对于如此小的电压值作为PID控制器的输入信号，若要实现小于0.1°C的温度跟踪控制，一般精度的PID控制器很难实现高精度，因此必须采用更高精度的PID控制器。

(2) 在以热电阻测温形式的跟踪温度控制过程中，情况将更为复杂，一般是采用复杂的惠斯登电桥 (wheatstone bridge) 将两只热电阻温度传感器的电阻差转换为电压信号，再采用PID控制器进行跟踪控制。但这样一方面增加额外的电桥仪表，另一方面同样要面临普通PID控制器精度不高的问题。

为此，针对上述温度跟踪控制中存在的上述问题，本文将提出相应的解决方案。解决方案的核心是采用一个多功能的超高精度PID控制器，具有24AD和16位DA，可大幅提高温差热电堆跟踪温度控制精度。同时，此PID控制器具有远程设定点功能，两个热电阻温度传感器可直接接入控制器就能实现相应的温度自动跟踪控制。由此通过一个超高精度PID控制器，可实现热电偶和热电阻形式的高精度温度跟踪控制。

2. 解决方案

为了实现热电堆和热电阻两种测温形式的温度跟踪控制，解决方案需要解决两个问题：

- (1) 高精度的PID控制器，可检测由多只热电偶组成的温差热电堆输出小信号。
- (2) 不使用电桥仪器，直接采用PID控制器连接两只热电阻温度传感器进行跟踪控制。

为解决温度跟踪控制中的上述两个问题，解决方案将采用VPC-2021系列多功能超高精度的PID控制器。此控制器的外观和背面接线图如图1所示。

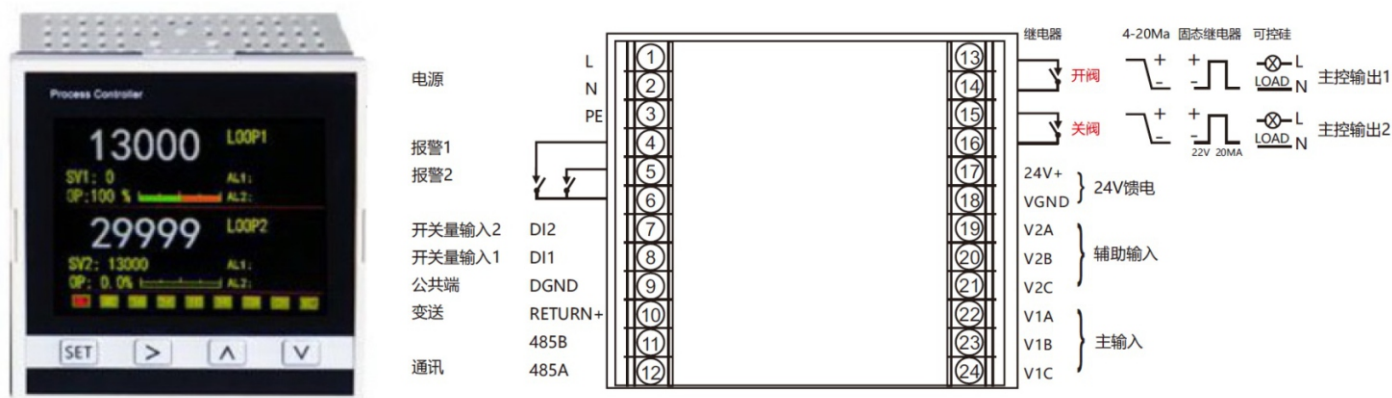


图1 VPC 2021系列多功能超高精度PID控制器

针对温度跟踪控制, VPC 2021系列多功能超高精度PID程序控制器的主要特点如下：

- (1) 24位AD, 16位DA, 双精度浮点运算, 最小输出百分比为0.01%。
- (2) 可连接模拟电压小信号, 可连接各种热电偶, 可连接各种铂电阻和热敏电阻温度传感器, 共有多达47种输入信号形式。
- (3) 具备远程设定点功能, 即将外部传感器信号直接作为设定点来进行自动控制。

对于由热电偶组成的热电堆温差探测器形式的温度跟踪控制, 具体接线形式如图2所示。

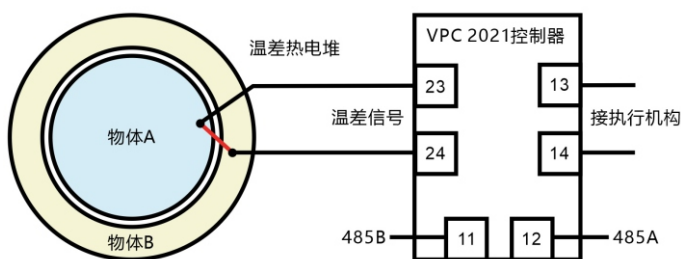


图2 温差热电堆控制器接线图

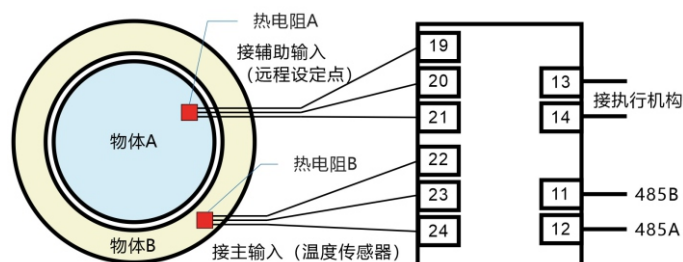


图3 热电阻温度传感器控制器接线图

图2是典型的温差热电堆控制器接线形式, 其中用了两只或多只热电偶构成的热电堆检测物体A、B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。

对于由热电阻温度传感器形式构成的温度跟踪控制, 具体接线形式如图3所示。这里用了控制器的远程设定点功能, 这时需要物体A、B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。

3. 总结

高精度的温度跟踪控制一直以来都是一个技术难点，如对于热电偶组成的温差热电堆温度跟踪控制，若采用普通精度的PID控制器还有实现高精度的温度跟踪控制，通常需要增加外围辅助技术手段，一是通过增加热电偶对数来增大温差电压信号，但这种方式工程实现难度较大且带来导线漏热问题，二是采用较高品质的直流信号放大器对温差电压信号进行放大，这同时增加了控制设备的复杂程度和造价。

对于采用热电阻温度传感器进行温度跟踪控制，以往的实现方法是采用复杂的惠斯登电桥 (wheatstone bridge) 将两只热电阻温度传感器的电阻差转换为电压信号，这同样增加了控制设备的复杂程度和造价。

由此可见，采用VPC 2021系列多功能超高精度PID调节器，可直接与相应的温度传感器进行连接，简化了温度跟踪控制的实现难度和装置的体积，更主要的是超高精度的数据采集和控制可大幅提高温度跟踪的控制精度。