

高精度真空压力控制在长光程 气体吸收池气压控制中的应用

Application of High Precision Vacuum Pressure Control Technology In Air Pressure Control of Long Optical Path Gas Absorption Cell

摘要：目前用于气体吸收池真空压力控制的压力控制器存在有残留气体和无法进行高真空测量的问题，无法进行微量气体的光谱分析。为此，本文提出了动态平衡法的解决方案，即采用两个高速真空低漏率的电子针阀分别调节进气和出气流量，电子针阀由连接电容压力计的真空压力控制器进行调节。此解决方案可在非常宽的量程范围内实现真空压力精密控制，并彻底解决了残留气体问题，并为微量气体进样和测量奠定了的技术基础。

1. 问题的提出

长光程气体池主要应用于空气污染研究、环境监测、气体纯度分析、工业生产过程监测、排放气体分析和石油勘探地质录井过程监测等领域。如图1所示，长光程气体池由防震底座、池体、凹面反射镜、平面反射镜、窗片、标准光纤接头和气体进出口等组成。在具体应用中，需将池体防震底座安装在仪器箱体内，待测气体经过气体进口进入气体池，由出口排出。测量光射入气体池并在池体内多次反射后进入光谱仪分析。



图1 长光程气体池

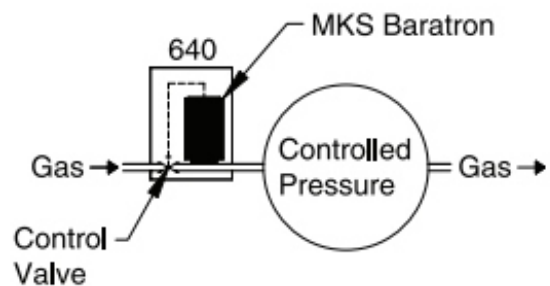


图2 压力控制器模式

在气体池具体应用过程中，需要对气室内的真空压力进行精确控制以消除温度和内部气压变化对气体折射率和气室尺寸的影响。特别是对气室内部气体压强的精密控制，还存在以下问题：

(1) 目前很多气体吸收池的压力控制基本都是采用压力控制器模式，如图2所示，即采用集成了真空度传感器的单阀结构的绝对压力控制器来控制进气口或出气口压力。由于这种方法是一种控压模式，只能快速调节进气或出气的单端通断，无法在对应的出气或进气端进行调节，尽管可以将吸收池内的压力进行准确控制，但气室内还会残留被测气体之外的其他气体。

(2) 无法进行高真空控制，对于微量气体导入后的气压无法控制，同时也存在残留气体。

为了解决上市问题，特别是真正解决气体吸收池内部真空压力的全量程精密调节，并为微量气体进样提供准确的控制，本文将提出如下解决方案。

2. 解决方案

解决方案将采用一种不同于上述压力控制的动态平衡法，即通过调节气室的进气和出气流量并达到平衡，从而使气室内的压力精确达到设定值。气室真空压力控制装置的结构如图3所示。

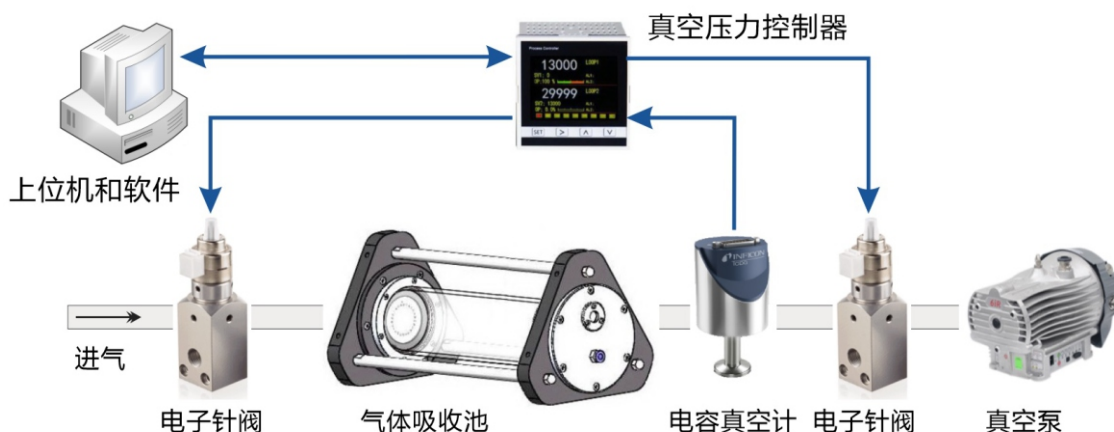


图3 吸收池真空压力控制装置结构示意图

图3所示的真空压力控制装置主要由数字针阀、真空计、真空泵和PID控制器构成，其中真空泵提供负压源，两个电子针阀分别用来调节进气和出气流量，真空计用来检测气室内的气压值并将测量信号传输给控制器，PID控制器则根据设定值或设定程序分别对两个电子针阀进行调节并最终达到控制要求。采用图3所示控制装置进行长光程气体吸收池内真空压力控制的步骤如下：

(1) 排除吸收池气体：首先关闭进气针阀，并使排气针阀全开。启动真空泵将整个气室和管路内的气体完全排出，即气体吸收池内的真空度达到极限真空（气压最小），由此使得吸收池和管路内的环境气体浓度达到最低，避免对样品气体的检测形成干扰。

(2) 进样气体导入：打开进气针阀，导入样品气体。

(3) 气室压力控制：真空压力PID控制器根据设定值或设定曲线，并依据真空计测量值对进气针阀和出气针阀的开度进行快速调节，使得真空计测量值与设定值快速重合，实现准确控制。

从上述结构和操作过程可以看出，此种真空压力控制方法和装置具有以下优点：

(1) 可以有效的排出环境气体，并在整个测试过程中不会再有环境气体的残留。

(2) 整个真空压力的控制过程，仅是对样品气体进行进气和排气流量操作，而且真空压力控制范围可以覆盖负压和正压，如0.001Pa~0.5MPa（依据所用真空压力传感器量程）。

(3) 由于采用了高速和真空低漏率的电子针阀，其全程运行时间小于1s，漏率小于 -11 量级，高压耐压达到了0.7MPa，这是保证真空压力宽量程和快速控制的基础。电子针阀采用0-10V模拟电压进行控制，可直接与各种控制器连接进行调节。

(4) 电子针阀还可以配备FFKM全氟醚橡胶密封件，具有超强耐腐蚀性，可用于各种腐蚀性气体的检测。另外，电子针阀有多种流量通经规格，可适用于各种型号和尺寸规格的气体吸收池的真空压力控制。

(5) 真空压力PID控制器是一种双通道超高精度PID控制器，两个通道是独立的闭环控制通道，每个通道都是24位AD、16位DA和0.01%最小控制输出百分比，这使得控制可以达到很高的精度。此控制器的两个输入端可连接两个真空压力传感器来实现全量程的覆盖，两个输出通道可连接两个电子针阀。整个控制器带有RS485通讯和计算机软件，可通过计算机直接进行各种控制参数设置、控制程序运行、过程参数显示和存储，整个控制过程显示直观。

3. 总结

综上所述，采用本文解决方案中的进气和出气流量调节方法的吸收池压力控制，除了可以宽量程和高精度控制之外，优势是可以完全消除残留环境气体对测量的影响。更重要的是，这种真空压力控制方式也同样非常适用于微量样品气体的检测，为某些稀少气体和毒性气体进行高真空微量气体的检测奠定的硬件基础。