

温度敏感材料干燥过程中的 真空度精密控制解决方案

Solution of Vacuum Precision Control in Drying Process of Temperature Sensitive Materials

摘要：目前一些常用的真空干燥箱都配备有数字温度控制，但基本都采用手动真空控制阀。针对一些客户提出对干燥箱进行真空度自动控制的升级改造要求，本文介绍了真空度精密控制解决方案。解决方案详细介绍了几种不同控制方法，同时还包括温度和真空度同时控制的解决方案，以满足不同客户真空干燥设备的自动化控制需要。

一、背景介绍

温度敏感材料是一类物理性质随温度呈现剧烈和不连续变化的材料，众多不同行业都需要对温敏材料进行干燥处理，如各种添加剂制造、生命科学、组织工程、液相色谱、药物输送和研发，其他温敏材料包括水果、蔬菜和其他植物。

干燥热敏性和/或氧敏性材料的理想方法是真空干燥法，因为它具有在较低温度下去除水分和最小化可能氧化反应的优点。此外，真空干燥还具有干燥速度更快的优点，且可以在缺氧的加工环境中进行。

温敏材料的干燥需要在真空干燥装置内进行，为避免损坏产品，需要对真空干燥装置内的温度和真空度进行精密控制，其中的真空度控制尤为重要，这是因为基于饱和蒸气压原理的真空干燥过程中，真空度的高低决定了水分蒸发温度的上限。

目前一些常用的真空干燥箱都配备有数字温度控制，但基本都采用手动真空控制阀。针对一些客户提出对干燥箱进行真空度自动控制的升级改造要求，本文将介绍真空度精密控制解决方案。解决方案详细介绍了几种不同控制方法，同时还包括温度和真空度同时控制的解决方案，以满足不同客户真空干燥设备的自动化控制需要。

二、技术方案

真空干燥工艺和设备有多种形式，概括起来主要有以下三种类型：

- (1) 密闭腔体式。
- (2) 充惰性气体。
- (3) 不同体积容器。

针对上述几种类型的真空干燥装置需要采用相应的真空度控制装置，本文提出的解决方案如图1所示，通过此方案中的相应部件的选择可完全满足上述几种类型真空干燥装置的需要。下面将对上述不同类型的控制进行详细描述。

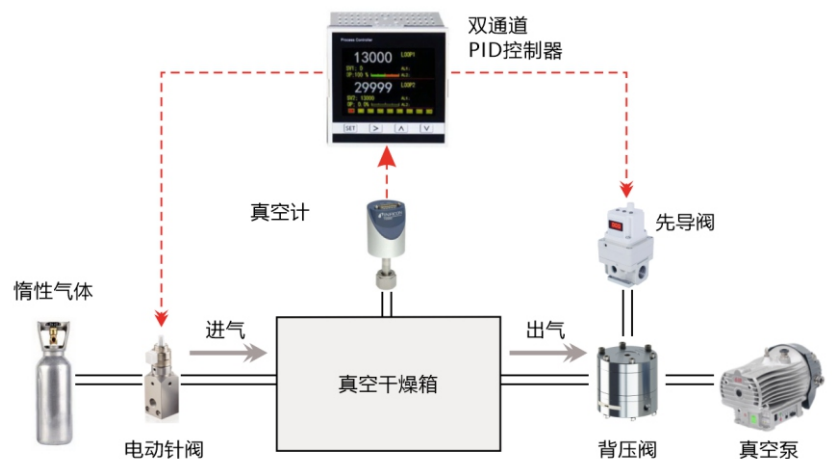


图1 干燥装置真空度控制系统结构示意图

2.1 密闭腔体的压力调节方法

对于密闭腔体结构的真空干燥设备，可以直接采用控制压力的方式来实现干燥设备内部真空度的精密控制。具体压力控制装置是只连接图1中干燥箱右边部分的部件（背压阀和真空泵），并采用外置真空计方式并结合PID控制器进行真空度调节。

其中背压阀为真空型背压阀，通过电气比例阀来驱动真空背压阀。外置真空计、PID控制器和电气比例阀构成闭环控制回路，由此可对干燥箱体內的真空度按照任意设定值进行控制，也可按照设定程序进行真空度曲线控制。

2.2 充气过程的流量调节方法

对于有些氧敏材料的真空干燥有时需要充入惰性气体进行氧气置换。在这种情况下，干燥箱真空度的控制则需采用调节进气和出气流量达到动态平衡，此时的整个真空度控制系统结构完全如图1所示。

如图1所示，进气流量通过电动针阀进行调节，出气流量可以通过真空背压阀进行调节，也可以采用电动球阀（图中未画出）进行调节。进出气流量的调节则通过真空计和2通道PID控制器构成的闭环回路来实现。同样，由此可对干燥箱体內的真空度按照任意设定值进行控制，也可按照设定程序进行真空度曲线控制。

2.3 大尺寸腔体的大口径调压阀方法

对于一些大批量产品进行真空干燥的大尺寸腔体，真空度控制的关键是要采用大口径的调节阀，即图1中的真空背压阀（或电动球阀和电动蝶阀）都需要较大口径以实现较大抽速和真空度的快速控制。目前各种大口径调节阀技术已经成熟并有标准产品。

2.4 温度和真空度同时控制方法

对于绝大多数真空干燥设备而言，需要同时控制温度和真空度两个变量。在本文所提出的技术方案中采用了2通道的高精度PID控制器，两个通道可以分别用来同时控制温度和真空度，即通过连接温度传感器和真空度传感器来形成两个独立的闭环回路进行控制。

两通道的PID控制器除了可接入真空度传感器输出的0-10V电压信号之外，还可以连接各种温度传感器（热电偶、铂电阻、热敏电阻等）的输入信号。特别是采用了24位A/D模数和16位D/A数模转换器，此两通道PID控制器可以实现很高的控制精度。

三、总结

通过上述技术方案，完全可以满足温敏材料干燥过程中温度和真空度自动化控制要求，并且可以达到很高的控制精度（绝对压力10Pa~0.1MPa，控制精度优于2%）。

本文解决方案的技术成熟度很高，方案中所涉及的电动针阀、电动球阀、真空背压阀和PID控制器，都是目前依阳实业特有的标准产品，其他的真空计、电气比例阀、真空泵和高压气源等也是目前市场上的标准产品。