

超高真空度控制用安捷伦和VAT电动 可变泄漏阀的国产化替代解决方案

Domestic Alternative Solution of Agilent and VAT Electric Variable Leakage Valve for Ultra-High Vacuum Control

摘要：目前在国内外超高真空控制领域普遍采用安捷伦、VAT和MDC公司的超低漏率可调泄漏阀进行超低进气流量的调节和控制，但这些进口产品存在价格昂贵和货期长问题，为此本文提出了相应的国产化替代解决方案。解决方案基于压力改变流量的原理，采用具有超低漏率的微流量阀门，通过改变进气压力来实现超高真空下的微小进气流量调节，由此直接将微流量调节技术直接升级到自动控制水平，且价格可降低到进口的一半以上。

1. 背景

超高真空度 ($10^{-10} \sim 10^{-3}$ Pa) 的形成和控制一般通过涡轮分子泵进行抽气和微流量调节阀控制进气，这就要求微流量调节阀具备小于 10^{-10} PaL/s 超低漏率的同时，还需具有微小流量调节功能。

目前市场上用于超高真空领域的低漏率和微流量调节阀主要是安捷伦、VAT和MDC等几个公司的产品，如图1所示。其中安捷伦产品只有一种手动调节泄漏阀，而VAT调节阀则有手动和自动调节泄漏阀两款产品，其电动调节泄漏阀是在手动调节阀基础上增加了电动装置和PID调节器。



图1 各种进口超低流量调节阀

目前这些进口的微流量调节阀存在的最大问题是价格昂贵和货期较长，如VAT手动调节泄漏阀价格在2万左右，而VAT手动调节泄漏阀价格则高达9万左右，且货期基本都是六个月以上。

上述进口低漏率和微流量泄漏阀的高价格和长货期为国产化替代提供了空间和市场驱动，为此，本文将提出相应的国产化替代解决方案，解决方案将采用压力改变流量的基本原理，直接将微流量泄漏阀升级到自动控制水平，价格有望降低到进口的一半以上。

2. 解决方案

超低漏率和超低流量调节阀与其他真空用较大流量调节阀一样，国内外所采用的技术基本都是在超低漏率的前提下，通过调节阀开度来进行流量调节，上述进口可调泄漏阀也是如此。

流量调节还有另外一种方法，即固定阀门的开度不变，通过改变进气压力大小来调节出气流量。改变阀门开度大小和改变阀门进气压力大小的这两种方法，都可以实现进气流量大小的精确调节，但对于微小流量调节而言，阀门的微小开度调节功能势必要会大幅增加阀门的复杂和精密程度，自动调节需要增加机械结构的电动装置，甚至还需采用一些特殊材料，这是造成进口调节阀价格高昂的主要原因。但对于微小流量调节而言，在保证超低漏率的前提下，固定阀门开度大小，通过改变进气压力则显著更有优势。解决方案中的微小流量调节阀由泄漏阀、压力调节阀和超高精度真空压力控制器组成，所构成的典型的超高真空度控制系统如图2所示。

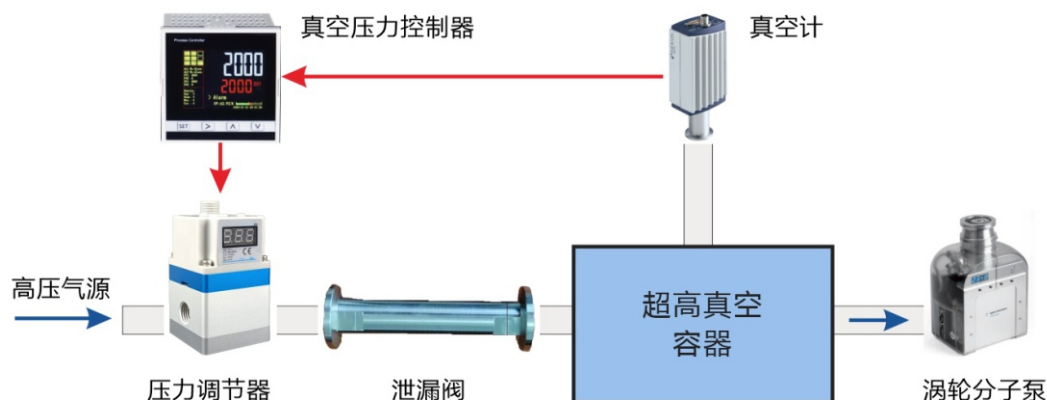


图2 超高真空度控制系统结构示意图

图2所示的微流量调节装置由泄漏阀和压力调节阀组成，完全可以替代VAT电动可调泄漏阀用于超高真空度的控制，同时这种分体结构形式还具有以下几方面的优势：

(1) 这种分体结构形式在具体应用中具有更强的灵活性，可构成闭环和开环控制回路对超高真空度进行控制。如在开环控制应用中，仅使用泄漏阀和压力调节器，只需手动操作压力调节器来改变进气压力，就可实现对泄漏阀的微小出气流量进行精密调节。如在闭环控制应用中，在泄漏阀和压力调节器集成上，增加真空压力控制器和真空计构成闭环控制回路，可实现任意超高真空度的设定点和曲线形式的精密控制。

(2) 采用固定漏率的泄漏阀，可大幅度简化泄漏阀结构和制造的复杂程度，可有效降低成本，但又能满足可调漏率的需要。泄漏阀可根据具体超高真空度系统需要进行选配，漏率范围可在 $10^{-8} \sim 10^{-10}$ PaL/s内选择。

(3) 通过改变进气压力大小可实现微小流量调节，通过压力控制阀对进气压力进行调节则很容易实现，这也是降低技术难度和成本的关键。压力调节范围为0~2MPa，由此可使微小流量在三个数量级范围内进行调节。另外，由于这种压力控制可以具有很高的精度，结合高精度的真空计和真空压力控制器，则可以很容易的实现超高精度的真空度控制。

3. 总结

综上所述，通过固定漏率和调节压力的解决方案及其相应的泄漏阀和压力调节阀，结合相应的真空控制器，可完全替代可调泄漏阀进口产品，在大幅降低造价的同时，还具有更强的使用灵活性，可实现各种超高真空应用场合的真空度精密调节和控制。