

呼吸阀在线检验装置中的正负压连续精密控制解决方案

Positive and Negative Pressure Continuous Precision Control Solution in Breathing Valve Online Inspection Device

摘要：本文针对目前国内呼吸阀在线检验装置中存在的正负压连续校准自动化能力差等问题，详细介绍呼吸阀检验过程中正负压连续精密控制的解决方案，并详细介绍其中的各种调节阀和控制器配置，由此可实现各种规格尺寸呼吸阀在连续正负压条件下的全自动化检验。

一、问题的提出

呼吸阀是指既保证密闭容器和贮罐空间在一定压力范围内与大气隔绝、又能在超过或低于此压力范围时与大气相通（呼吸）的一种阀门。其作用是防止容器和贮罐因超压或真空导致破坏，同时可减少贮液的蒸发损失。

呼吸阀作为石油、化工、燃气行业常压储罐的重要附件，对安全生产及环保等都起着至关重要的作用，对运输危险物品罐式车辆的年检中对呼吸阀的检验也是其中重要一环，对于保有量大的呼吸阀在线检测装置及方法提出了越来越高的要求，需要免拆装、方便、快捷、高效的呼吸阀在线检测装置及方法。目前在用的各种呼吸阀检验装置还存在以下问题：

(1) 现有方法中，一般都是现场安装一块压力表，仅能在正压条件下测量阀门的密封性能和正压开启值，无法确定阀门负压开启功能是否完好，这对于埋地油罐运行存在安全风险。

(2) 为安全起见，呼吸阀的呼吸与泄放压力范围较小，如-30.0Kpa至+50Kpa，常规检测装置难以在高精度条件下完成检验和校准。

(3) 呼吸阀的规格种类很多，口径不一，通经范围一般为DN20~DN300mm，现有的呼吸阀检测校准装置很难覆盖如此宽泛的呼吸阀。

(4) 目前已有的呼吸阀校验装置自动化水平较低，正负压不能连续自动精密控制，很多装置现场调压依靠人的经验，容易发生超压，损坏设备，严重时对油罐的运行安全造成影响；此外，很多测试记录依靠人工填写，容易出错，不利于归档保存。

本文将针对上述国内目前呼吸阀在线检验装置中存在的问题，详细介绍呼吸阀检验过程中正负压连续精密控制的解决方案，并详细介绍其中的各种调节阀和控制器配置，由此可实现各种规格尺寸呼吸阀在连续正负压条件下的全自动化检验。

二、解决方案

呼吸阀的检验校准原理是完全模拟呼吸阀的真空压力使用工况，在呼吸阀的测量端口处准确模拟出相应的正压和负压，同时监测呼吸阀动作时所处的真空压力值。多次重复此测试过程，由此来检验和校准呼吸阀。

为实现呼吸阀的全自动化检验，最好使正负压的模拟变化是一连续精密可控的往返过程，如在-30.0Kpa至+50Kpa真空压力范围内，从负压至正压，再从正压至负压，如此自动循环往复，由此可得到呼吸阀重复性检验结果。另外，呼吸阀的检验装置能满足各种规格尺寸呼吸阀的检验需要和精度要求。根据此设计要求，本文提出的解决方案基本原理如图1所示。

呼吸阀正负压精密连续控制的基本原理具体内容为：

(1) 控制原理基于密闭容器进气和出去的动态平衡法，这是一个典型的闭环控制回路。PID控制器采集真空压力传感器信号并与设定值进行比较并调节进气和抽气调节阀的开度，最终使传感器测量值与设定值相等而实现真空压力的准确控制。

(2) 控制回路分别配备了真空泵（负压源）和气源（正压源），以提供足够的低压和高压能力。

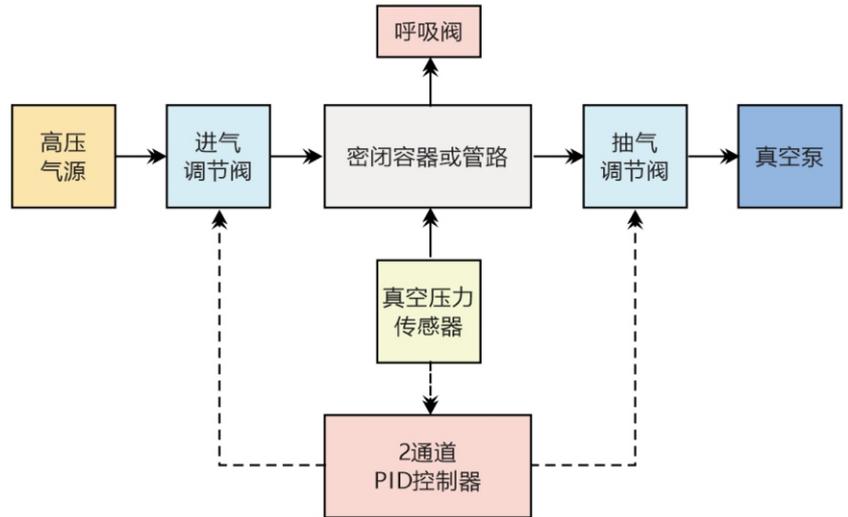


图1 呼吸阀检验装置正负压控制系统原理示意图

(3) 为了覆盖负压到正压的整个真空压力范围（如-30.0Kpa至+50Kpa），可以配置一个测试量程在要求范围内的高精度绝对压力传感器，绝对压力传感器对应上述真空压力范围输出数值从小到大的直流模拟信号（如0~10VDC）。此模拟信号输入给PID控制器，由PID控制器调节进气阀和排气阀的开度而实现压力精确控制。采用绝对压力传感器的优势是不受当地大气气压变化的影响，也不用采取气压修正，更能保证检验的准确性。

(4) 当控制是从负压到正压进行变化时，一开始的进气调节阀开度（进气流量）要远小于抽气调节阀开度（抽气流量），通过自动调节进出气流量达到不同的平衡状态来实现不同的负压控制，最终进气调节阀开度逐渐要远大于抽气调节阀开度，由此实现负压到正压范围内一系列设定点或斜线的连续精密控制。对于从正压到负压的变化控制，上述过程正好相反。

三、方案具体内容

本文方案的具体实施内容如图2所示，主要包括高压气源、电动针阀、密闭容器或管路、压力传感器、高精度PID控制器和真空泵或真空发生器几个部分。

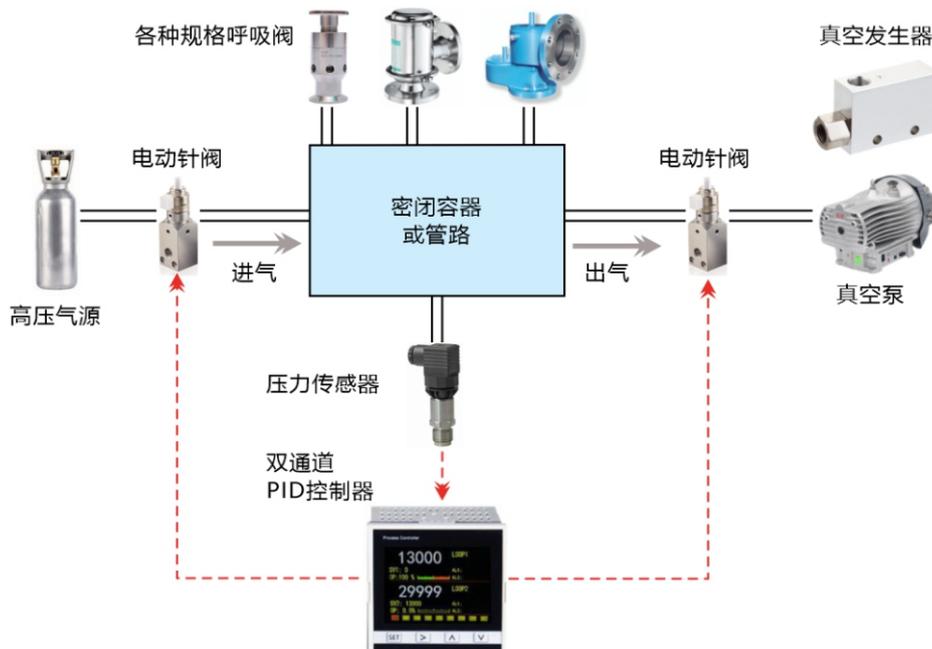


图2 呼吸阀在线检验校准装置正负压控制系统结构示意图

在图2所示的控制系统中，密闭容器或管路可以直接采用现场容器和管理，也可以采用独立的密闭容器或管路并安装上被检呼吸阀。独立的密闭容器尺寸以满足最大口径呼吸阀为准，由此同时可用来进行其他小口径呼吸阀的检验校准。

正负压精密控制采用了两个NCNV系列的电动针阀，此电动针阀本身就是正负压两用调节阀，其绝对真空压力范围为0.01Pa~0.7MPa，完全能满足绝大多数呼吸阀的正负压检验要求。

在图2所示的控制系统中使用了两个电动针阀来实现正负压的连续调节和控制，如可以从正压到负压的压力线性变化控制，也可以从负压到正压的压力线性变化控制。如果在真空压力线性变化过程中，呼吸阀的反应动作都会在压力控制曲线上产生突变而得到体现，由此可根据突变点位置自动判断出呼吸阀是否满足使用要求。

对于很多在用的呼吸阀，其工作压力基本都在一个标准大气压附近。对于标准大气压附近的真空压力精确控制，如控制精度为 $\pm 1\%$ 甚至更小，一般都需要采用调节抽气阀的双向动态模式，即通过双通道PID控制器，一个通道用来恒定进气口处电动针阀的开度基本不变，另一个通道根据PID算法来调节排气口处的电动针阀开度。

呼吸阀检验校准过程中的正负压控制精度，主要由压力传感器、PID控制器和电动针阀的精度决定。其中的PID控制器采用的是24位AD和16位的DA，电动针阀则是高精度步进电机，因此此解决方案的测试精度主要取决于压力传感器精度。压力传感器可根据呼吸阀检验校准要求进行选择。

对于呼吸阀的检验校准，要实现密闭容器内正负压范围内的多次往复变化，可以在PID控制器中进行程序设定，设定程度是一条从正压到负压（或负压到正压）的斜线以及重复次数，由此可实现正负压往复变化的自动控制。

在本文所述的解决方案中，为实现正负压的精密控制，如图2所示，针对负压的形成配置了真空泵。真空泵相当于一个负压源，但采用真空发生器同样可以达到负压源的效果，因此图2中也给出了真空发射器的具体配置。负压源采用真空发生器的优点是整个系统只需配备一个高压气源，减少了整个系统的造价、体积和重量，真空发生器连接高压气源即可达到相同的抽气效果。

四、总结

本文所述解决方案，完全可以实现呼吸阀检验校准过程中正负压范围内真空压力的连续控制和往复交变控制，并且可以达到很高的控制精度和速度，全程完全自动化。

本方案除了正负压的自动精密控制之外，另外一个特点是可以满足多种规格尺寸呼吸阀的检验校准，真空压力范围也比较宽泛，整个系统小巧和集成化，便于形成便携式在线检验装置。

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和PID控制器，都是目前上海依阳实业有限公司特有的标准产品，其他的压力传感器、真空泵、真空发生器和高压气源等也是目前市场上常见的标准产品。

本文所述解决方案，同样可以适用于各种管端式呼吸阀、管道式呼吸阀、单呼阀和单吸阀等多种形式的呼吸阀和安全阀。