

电气比例阀作为先导阀结合真空背压阀和外置传感器实现低气压控制的考核试验

Assessment Test of Electric Proportional Valve as Pilot Valve Combined With Vacuum Back Pressure Valve and External Sensor to Realize Low Air Pressure Control

摘要:本文针对电气比例阀普遍缺乏外置传感器和无法实现闭环控制功能这一问题,提出了一种外置传感器和闭环控制解决方案,即在现有电气比例阀基础上,增加外置传感器和PID控制器,并由PID控制器调节电气比例阀,由此形成闭环控制回路。本文还介绍了采用此方案进行的真空度控制考核试验,考核试验证明通过外置真空计和真空背压阀,通过PID控制器调节电气比例阀可使真空度恒定控制的波动率小于0.5%,证明了此方案的可行性和准确性。

一、背景介绍

电气比例阀作为一种典型双阀结构的压力调节阀,是根据内置传感器压力测量信号和设定信号之间的差值大小来调整进气阀和出气阀开启时间而达到调节压力的目标和要求。电气比例阀应用十分广泛,但由于电气比例阀仅适用于低压和小流量应用领域,所以电气比例阀常被用作先导阀以驱动各种压力放大器,如真空背压阀和高压背压阀,由此来满足工艺中对更高压力和更大流量的需求。

电气比例阀一般都集成了压力传感器,在作为先导阀驱动各种压力放大器时,电器比例阀可以作为开环控制阀使用,可替代手动减压阀实现远程控制和程序控制,但无法对压力放大器回路中的压力和流量进行闭环控制。

为了实现对压力放大器回路中的压力和流量进行闭环控制,势必要在压力放大器回路中接入压力或流量传感器进行实时监控。这种外置传感器方式是电气比例阀作为先导阀应用中普遍需要解决的问题,目前也只有美国艾默生公司的TESCOM ER5000系列电子压力控制器具备外置传感器形成闭环控制的功能。

本文将针对电气比例阀普遍缺乏外置传感器和无法实现闭环控制功能这一问题,提出一种外置传感器和闭环控制解决方案,即在现有电气比例阀基础上,通过增加外置传感器和PID控制器,并由PID控制器调节电气比例阀,由此形成闭环控制回路。本文还介绍了采用此方案进行的真空度控制考核试验,考核试验证明通过外置真空计和真空背压阀,通过PID控制器调节电气比例阀可使真空度恒定控制的波动率小于0.5%,证明了此方案的可行性和准确性。

二、技术方案

电气比例阀作为先导阀来驱动压力放大器(如高压背压阀和真空背压阀),并通过外置压力传感器和PID控制器形成闭环控制回路的技术方案如图1所示。其中外置的压力传感器获取压力放大器管路中的压力信号并传给PID控制器,控制器对电气比例阀进行调节控制,由此实现闭环回路控制。

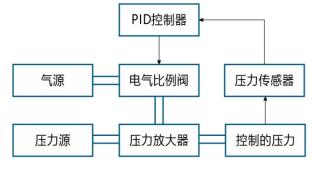
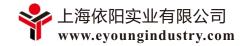


图1 技术方案示意图



三、考核试验装置

为了对上述技术方案进行考核,我们首先对真空低压控制方式进行考核,搭建了下游模式的真空度控制考核试验装置,后续还将对高压压力控制进行考核。真空低压控制考核试验装置结构如图2所示,装置中采用了普通的电气比例阀,还包括上海依阳公司的真空比例阀、高精度PID控制器和真空腔体,真空计采用了英福康公司的薄膜电容真空计,整个试验装置如图3所示。

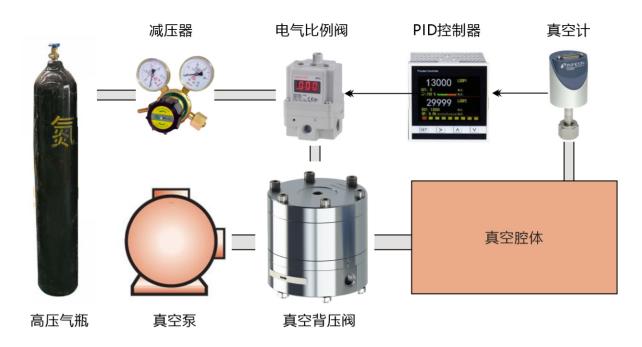


图2 真空低压控制考核试验装置结构示意图

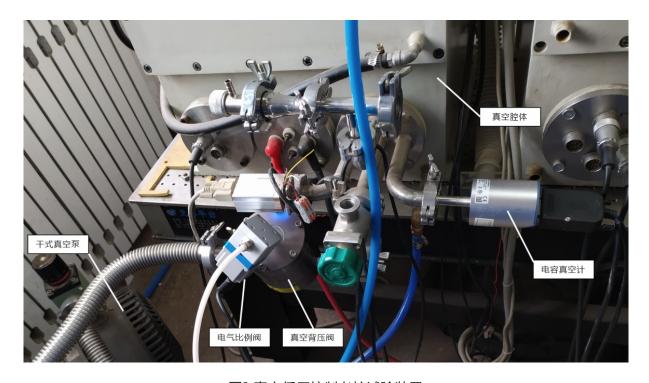


图3 真空低压控制考核试验装置

考核试验装置中的PID控制器和计算机如图4所示,其中还配备了高精度数据采集器和软件以记录和观测整个真空度控制过程和控制精度。_____

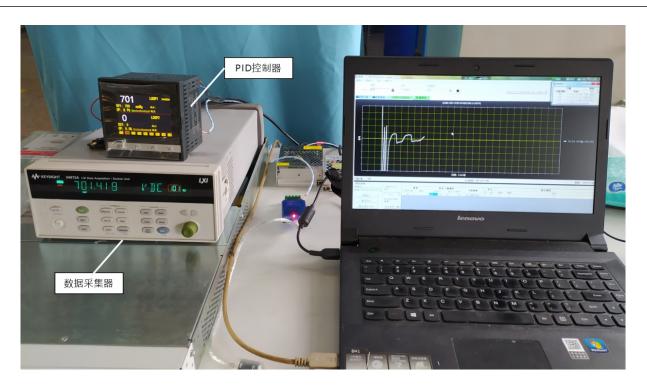


图4 高精度PID控制器、数据采集器、软件和计算机

四、考核试验结果

考核试验内容是对不同的真空度进行精确控制,具体真空度控制点分别为700、500、300和100torr。在对第一个700Torr真空度设定点进行控制前,进行了PID参数的自整定,后续真空度的控制都采用自整定获得的PID参数进行。整个控制过程的真空度变化曲线如图5所示。

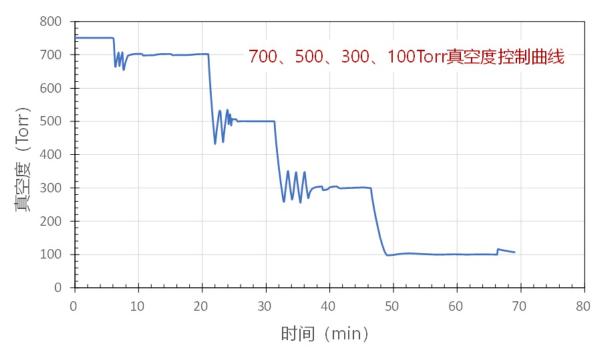


图5 真空度控制考核试验结果

从图5所显示的试验结果可以看出,整个控制过程可以依据设定点对真空度进行精密控制。 为了量化控制的准确性,我们将图5所示的每个真空度控制结果进行放大,如图6所示。从图6中可以看出,在所有真空度恒定控制过程中,波动率都可以控制在±0.5%以内。

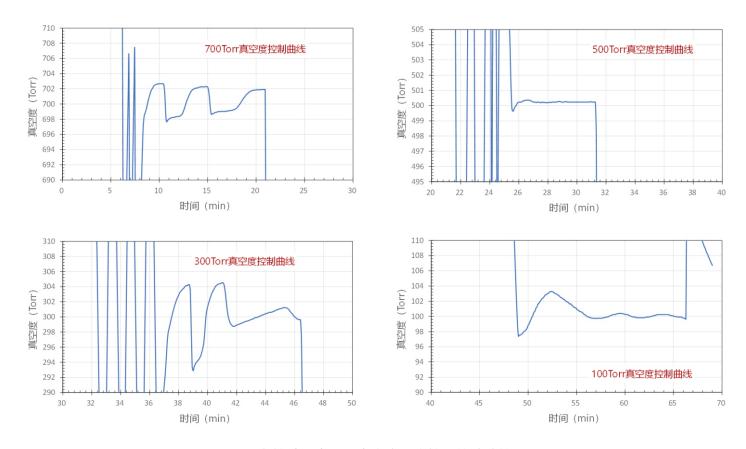


图6 考核试验中不同真空度恒定控制的波动性

五、结论

通过上述考核试验,可得出以下结论:

- (1) 本文提出的外置传感器技术方案是可行性的,即基于电气比例阀,通过外置真空压力传感器,并结合高精度PID控制器和压力放大器,可扩大电气比例阀的控制能力范围,可实现低压和高压甚至流量的精密控制。
- (2) 采用整体精度为3%以上的普通电气比例阀,结合全量程0.25%精度的电容真空计和高精度24位PID控制器,通过真空背压阀可实现全量程任一真空度±0.5%以内的控制稳定性。如果采用更高精度的电气比例阀,有望实现更高精度的压力和流量控制。
- (3) 本文所述的真空控制过程中,PID参数为自整定方式获得。通过进一步细化PID参数或改进PID算法,可进一步提高达到稳定的速度并降低超调。

本文所述的考核试验,尽管仅是对真空度控制方式的验证,但外置传感器技术方案的有效性同样适用与高压压力和流量控制。后续我们将针对高压压力控制进行专项考核。