

气控自动排液系统在天然气集气站的应用^{*}

罗华¹ 张光函¹ 吕荣美²

(1.四川大学制造科学与工程学院 2.中国石油新疆油田公司)

罗华等.气控自动排液系统在天然气集气站的应用.天然气工业,2008,28(11):109-111.

摘要 自动排液系统是油气田天然气处理、加工装置的重要辅助设备,其安全性、可靠性和工艺性直接影响到天然气的稳定生产和输送过程。针对目前常见的机械式、电控式和电气联控式自动排液系统的一些缺点,设计了一种气控的自动排液系统。该装置主要由压力气源、磁浮子液位计、磁—气控制装置和气动调节阀等组成。磁浮子液位计安装于分离器积液包上,根据液位计中的磁浮子指示的液位高度,磁—气控制装置把磁信号转换为气控信号,控制气动调节阀在高液位慢速开启,在低液位快速关闭,从而按工艺要求实现压力容器的自动排液。实际应用证明,该系统能够更好地满足天然气生产的自动排液工艺要求,具有控制精度高、安全性好、性能稳定可靠、易于安装维护等特点。

关键词 排液 自动化系统 液面计 磁感应 气动系统 控制

天然气集输过程中,经常会使用到自动排液系统。目前,常用的自动排液装置按控制类型分有两类,一类是机械式,如疏水阀和排污阀等,采用浮筒或浮球与连杆放大机构连接,在浮力作用下的机械动作控制阀门开闭,实现容器自动排液;另一类是电控式或电气联控式,由液位检测计输出电信号控制执行器对阀门进行开闭,实现自动排液。

机械式普遍体积大,机构较为复杂,安装、调整、维护工作量大,难以实现液位调整、超限报警、排液计数、集中监控等重要功能^[1]。而对现场用电不方便、供电不稳定或防爆要求很高的场合,电控装置的使用就会受到很大的限制;而且电控式本身结构也比较复杂,对电动执行阀的要求较高^[2];电气联控虽然不使用电动执行阀,但其电—气转换时依然离不开对电能的依赖,对转换装置的可靠性要求也非常高,导致最终结构复杂。

针对天然气集气站等场合高压、易燃易爆等特点以及生产要求液位控制系统性能稳定、可靠、易于安装维护的具体情况,开发和研制出了一种气控自动排液系统,不但可以避免电控式、电气联控、机械式的上述缺点,并且更加符合天然气生产的排液工艺要求,其设备成本仅与电控式相当,而长期使用维

护成本、安装成本和周期明显低于这几种结构。

一、主要结构

图1是基于“磁—气控制”的气控自动排液系统的结构图。

调节阀装于容器的排液管路上,调节阀后(或前)连接能控制排液速度的流量控制阀;气源向传感

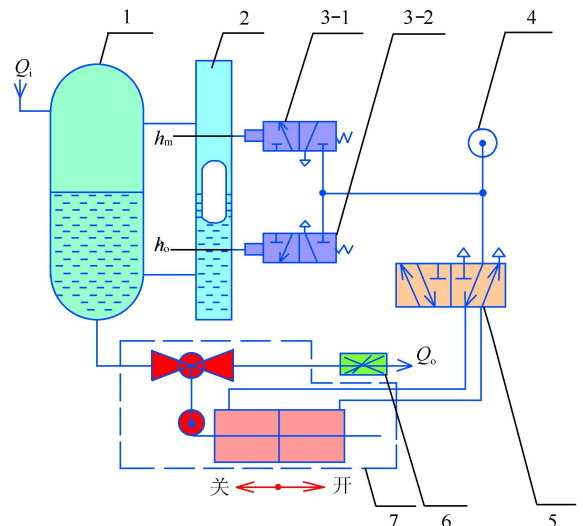


图1 磁—气控制自动排液系统结构图

注:1.容器;2.磁浮子液位计;3-1、3-2.磁性气动传感器;4.气源控制装置;5.二位五通气控阀;6.流量控制阀;7.气动调节阀

^{*} 本文受到四川省科技厅科技支撑计划(编号:07GG008-026)的资助。

作者简介: 罗华,1972年生,讲师,硕士;1997年毕业于四川大学并获硕士学位;主要从事工业自动化和仪器仪表的研究工作。地址:(610065)四川省成都市四川大学制造科学与工程学院。电话:(028)85408381,13908085055。E-mail:luohuabox@163.com

器以及气控气阀提供 0.3~0.8 MPa 压力的气体介质,并由气控气阀直接控制调节阀工作(即开或关阀门)^[3]。

磁浮子液位计中的磁浮子随着容器中的液面升降而上下浮动,并可由液位计的磁性指示器显示出容器的液面高低。下液位 h_0 是排液工艺要求的最低液位,而 h_m 是最高液位,它们可以根据排液的工艺进行无级调节。

气动调节阀主要由高压开关型阀门(如球阀、闸阀、蝶阀、旋塞阀等)^[4]和阀门气动执行器组成,由气控气阀控制其开或关动作。气控气阀是一种二位五通气阀,并具有记忆功能,当传感器发出气动脉冲信号后,气控气阀可稳定保持相应工作位置,使调节阀执行对应的开或关动作。

该装置所用的压力气体,可以利用生产现场已有压力气体,如管道或分离器中的天然气;站场生活用气;也可以采用压缩空气或瓶装的惰性气体,例如氮气、氦气等。根据工程实际需要,通常将生产现场的 2~10 MPa 天然气,经降压至 1 MPa 以下和过滤处理后,直接用作该装置的动力源。

二、工作过程

在图 1 所示,容器的进液管道以流量 Q 输入液体,调节阀处于开放状态,容器中液体以流量 Q_0 排出液体,由于 $Q_0 \gg Q$,容器中液面迅速降低,液位计中的磁浮子不断向下降,当降至 h_0 液位时,传感器(3-2)在磁力驱动下,由图 1 所示右位换至左位,由气源送至压力气体经传感器(3-2)至气控气阀左端;气控气阀右端与优越性传感器(3-1)连通,并通回气管路,因而气控气阀由图示右位换到左位;与此同时,由气源来的压力气体,经过气控气阀左位后推动调节阀上的气动执行器(气缸)向右移动,使阀门关闭,此时排液管无流体排出。此时容器仍以 Q 不断输入液体,液体累积使液面上升,液位计中磁浮子也逐步升高,磁浮子的磁力远离传感器(3-2),传感器(3-2)恢复原位,即图 1 中所示的右位,气控气阀左端经传感器(3-2)与回气管相通,由于气控气阀具有记忆功能,仍处于左位,调节器仍处于关闭状态;随着液位持续上升,磁浮子也上浮至 h_m 位置时,传感器(3-1)在浮子的磁力驱动下,从图 1 所示右位换至左位,由气源来的压力气体,经传感器(3-1)至气控气阀右端,由于气控气阀左端已通回气管,使得气控气阀由左位换至右位;与此同时,由气源来的压力气体,经气控气阀右位,驱动调节阀的气缸向右运动,使阀门

向逆时针回转并开启。容器中液体经阀门以流量 Q_0 排出,由于 $Q_0 \gg Q$,液面带动磁浮子一同下降,离开 h_m 位置,传感器(3-1)上磁力作用消失,传感器(3-1)恢复原状(图 1 所示右位),气控气阀右端经优越性传感器(3-1)回排气管,在气控气阀的记忆效应下仍保持右位,使调节阀仍保持开启状态,直至液面降至 h_0 位置时,又自动重复上述过程。

三、技术性能分析

1. 液位控制的准确性

由于控制系统自身具有响应迟滞时间,因而存在着液位控制误差。其中高液位误差为:

$$\Delta = h_{\max} - h_m = \frac{Q_0}{C} \tau \quad (1)$$

而低液位误差为:

$$\Delta = h_0 - h_{\min} \cong \frac{Q_0}{C} = \frac{p}{CR} \tau \quad (2)$$

式中: Q 为输入流量(即积液流量); Q_0 为输出流量(即排液流量); C 为容器的截面积; p 为容器压力; τ 为滞后时间; h_0 为低液位设定高度, h_m 为高液位设定高度, h_{\max} 为液位高限, h_{\min} 为液位低限。

由于 $Q_0 \gg Q$,因而 $\Delta > \Delta$ 。为了提高这类系统液位准确性,就必须减小 τ 值。

机械式、电控式和电气联控式自动排液系统的 τ 通常在 1.8~3.7 s 之间,而磁—气自动排液系统的滞后时间仅为 0.5~1 s。因而具有更高的液位控制准确度。在具体调节液位时,应考虑 τ 值影响,按照实际滞后时间提高低液位位置,降低高液位位置,可以很好地解决这个问题^[5]。

2. 液位调节幅度和周期

实际液位调节幅值 $\Delta h = h_{\max} - h_{\min} = h_m - h_0 + \Delta + \Delta$,而自动循环周期 $T = t_1 | t_2 = T_1 + T_2 + 2\tau$,当 $Q_0 \gg Q$,在 τ 值很小时,可以近似计算为:

$$T \cong t_1 = (h_{\max} - h_{\min}) \cdot C / Q \quad (3)$$

3. 系统稳定自动循环的条件

磁浮子液位计中磁浮子升或降的位移,经传感器时发出信号,使调节阀在时间泄后 τ 范围内完成打开或关闭阀门,此时磁浮子位移(升或降)距离 L 应仍处于传感器磁力驱动范围内,即应满足:

$$h' \tau = \frac{Q_0}{C} \tau = \frac{p}{CR} \tau \leq L \quad (4)$$

为了满足式(4)的条件,必须限制液位升降速度 $h' \leq 1\ 000$ mm/min,这可以用流量控制阀调节流量 Q_0 的大小来实现,同时也提高了液位控制精度,减少液面误差 Δ 值,确保系统长期稳定工作。

四、实际应用对比

通过在四川、重庆、云南等地天然气集气站的长时间试用,与其原有的自动排液装置对比,得到表 1 所示的性能指标比较表。

表 1 主要技术性能指标比较表

主要性能指标	气控	电动或电气联动	疏水阀
排液功能是否用电	否	是	否
排液量限制	由排液管公称通径决定,不受系统限制	由排液管公称通径决定,不受系统限制	受疏水阀的公称通径限制
安装维护	简单	中等	复杂
体积	小	较小	大
液位显示	直观显示	直观显示	无显示
安全性	高	较高	中
扩展性	报警、排液计数、集中监控	报警、排液计数、集中监控	无扩展性
机械结构	简单	中等	复杂
测量范围	大于 50 mm,随工艺可调	大于 50 mm,随工艺可调	安装固定后不可调
经济性	压力越大越好	压力越大越好	压力越小好
配套要求	无需防雷,接地	需防雷、无需接地	无需
工艺适应性	强,支持“慢开快闭”	中,不支持“慢开快闭”	差,不支持“慢开快闭”

可以通过具体的结构设计和调整,来达到排液的其他工艺需要。天然气分离器的一个高端的排液工艺要求就是阀门慢开快闭,以确保排液安全,在气控自动排液系统中可以通过气动控制回路设计来实现,而在电控式和机械式中却无法做到。

(2)可靠性和安全性高。该系统中的磁浮子液位计和调节阀等核心元件均可采用工业上成熟的高压设备,经长期实践证明其可靠性和稳定性好。磁一气控制装置与高压容器之间没有直接连接,在回路上保持相对独立,并采用低压 0.4~0.8 MPa 的气源作动力;而且可以采用具自动和手动双功能的气动调节阀,除正常情况下自动循环工作外,还能够在故障或检修状态下用手动方式进行人工强制开闭,所以安全性极强。

(3)安装维护简单,不会出现机械式自动排液系统因凝析油或杂质堵塞的情况^[1],无需定期排污除垢。装置很容易设计成模块化结构,不但可以节省安装时间和费用,而且在一定条件下还能够做到不停产在线安装和检修。

(4)具有多种附加功能。气控自动排液系统能够实现排液计数、计量、超限报警、传输液位高度和

五、结 论

(1)气控自动排液系统的液位控制精度高,性能好。经实践证明,液位控制重复精度小于等于 1.5 mm。在工艺上,不但上下液位设定调节方便,而且

阀门开闭信息等电控系统才能实现的功能,还能够扩展 SCADA 以及其他数字监控系统的数据接口,以满足各种用户不同的需求。

(5)从经济性分析,气控自动排液系统虽然设备成本略高于其他系统,但其安装成本少,长期使用成本低,从实际的现场安装使用效果来看,其实际投入总体成本还低于其他排液装置。

参 考 文 献

- [1] 张建华, 牛天军, 罗长斌, 等. 天然气疏水阀在长庆气田的运用 [J]. 石油化工应用, 2006(1): 21-23.
- [2] 张书, 单新宇, 蒋昌星, 等. 长庆气田自动排液系统优化与改进 [J]. 石油化工应用, 2007, 26(1): 40-43.
- [3] 何衍庆, 邱宣振, 杨洁, 等. 控制阀工程设计与应用 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [4] MARK SIMMS. Pneumatic valves for every application [J]. Industrial Technology, 2007, 2: 30-33.
- [5] 陆道政, 季新宝. 自动控制原理及设计 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978.

(修改回稿日期 2008-09-25 编辑 罗冬梅)