

【文章编号】 1004-1540(2010)02-0113-05

S7-300PLC 的盘管泄漏检测系统设计

袁 寅,袁昌明

(中国计量学院 质量与安全工程学院,浙江 杭州 310018)

【摘要】 针对化工生产中盘管泄漏检测与控制的要求,结合自动化控制技术、智能传感技术、现场总线技术等,设计了一套基于西门子 S7-300PLC 的化工盘管泄漏自动检测系统. 详细介绍了该系统的硬件组成、工作原理和软件实现. 该系统同时采用“流量差”和“压力差”两种检测方法对盘管泄漏进行检测,并采用 PLC 实现对盘管泄漏的在线检测和全自动报警控制;再加上控制方式多样,从而使得这一套检测系统可以适应不同情况下的控制需要.

【关键词】 盘管;泄漏检测;报警控制

【中图分类号】 TP277

【文献标识码】 A

A system design of coil leak detection based on S7-300PLC

YUAN Yin, YUAN Chang-ming

(College of Quality and Safety Engineering, China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: For the requirements of coil leak detection and control in chemical production, a set of automatic detection system based on SIEMENS SIMATIC S7-300 PLC was designed. It was combined with the automatic control, the intelligent sensor, and the field bus technique, etc. The hardware composition, the working principle and the software implementation of the system were introduced in detail. The system monitored the coil leak by measuring the flow difference and pressure difference of inlet and outlet pipelines at the same time and achieved on-line detection and automatic alarm and control by means of PLC. In addition, there exist many ways of control which meet various control requirements in different conditions.

Key words: PLC; coil tube; leak detection; alarm and control

釜内冷却盘管是反应釜的主要冷却方式之一. 然而,由于盘管腐蚀和老化等原因,容易出现冷却水泄漏的问题. 冷却水泄漏进釜内会导致产品的质量下降,并且会与某些化合物反应而导致釜内压力和温度迅速升高,严重时还会导致工厂

停车,甚至损坏反应釜,造成重大的经济损失. 目前的化工生产已由原先的敞开式变为密闭式,一切加工过程都在密闭的管、泵、釜、罐中,其内部状况难以直接观察,较早的人工巡查方法已经不再适用. 整个生产情况都要根据由传感器、变送器输

【收稿日期】 2010-01-05

【作者简介】 袁 寅(1986-),男,云南昆明人,硕士研究生. 主要研究方向为安全检测技术.

送到控制中心的仪器仪表上的各种压力、流量等信号来反映,这就对操作、监测提出了更高的要求。

研究盘管泄漏的检测、报警与控制,主要是对泄漏报警的精度和准确性,还有报警控制的响应时间等方面入手。介于实际泄漏的情况复杂,单靠理论推导还不够,为此,必需构建相应的检测系统,才能准确地对工业生产运行过程中的非安全、非稳定状态进行检验和监测。现有的盘管泄漏检测系统主要以声学方法为主,但是由于周围环境的嘈杂等因素,该方法不能很好地检测到较小的管道泄漏,并且这些系统的硬件费用和维修费用都相对昂贵^[1]。本文的目的在于设计一个精度相对较好且成本相对合理的泄漏检测系统。

1 理论基础

根据质量守恒定律可知,流体作为一种连续介质同其他任何物质一样,既不能自行产生,也不能自行消失,亦即在流量沿流程不变的情况下,管道中任意两断面处的流量应该相等^[2]。

但由于能量损失和测量仪器的误差等方面的问题,实际情况下流量计测量到的管道中两断面处的流量信号大小可能并不严格相等^[3]。

工程中将两断面流量差值 ΔQ 稳定在一个范围 ξ 内波动即认为该管道处于正常状态,并不存在泄漏。因此可将进出口流量差值 ΔQ 是否大于额定值 ξ 作为一个判断盘管是否存在泄漏的标准。这就是流量差法的主要思想。

然而,该方法虽然简单方便,但是由于实际情况中的流体流动的复杂因素,容易造成误判。因此需要在流量差法的基础上再加入其他方法来提高检测系统的可靠性。

下面介绍压差法的主要思想。

若将盘管的进出口横截面作为参考用的过流断面,那么根据伯努利方程:

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{u_2^2}{2g} + h_{L1-2} \quad (1)$$

式(1)中: z_1, z_2 —盘管进出口的高度位置; p_1, p_2 —盘管进出口的压力值; u_1, u_2 —进出口的平均流速; ρ —介质密度; g —重力加速度; h_{L1-2} —实际流体总流从进口到出口所损失的能量。

将式中 z, ρ, g 和 h_{L1-2} 都近似看作恒定不变的常量,取盘管进出口的压力值 p_1, p_2 作为主要参考变量。当管道正常运行时,管道的进出口压力差值 Δp 应该维持在一个较小的范围内波动,取该范围的最大绝对值 η 作为管道泄漏的报警阈值。管道泄漏会引起管道中的流量发生变化,进而导致管道的进出口压力差值 Δp 明显增大,超出报警阈值,所以可以将压差值 Δp 是否超过额定的范围作为判断泄漏的一个标准^[4]。

该系统同时运用以上两种方法(流量差法和压差法)检测泄漏。下面重点介绍该系统的组成和工作原理。

2 系统总体设计方案

考虑到 PLC 具有可靠性高、抗干扰能力强、数据处理和通信方便、易于扩展等优点,该系统选用 PLC 作为其控制系统的核心。针对一般测控平台的特点,可以将该系统分为监测级,控制级和现场控制对象三个部分^[5]如图 1。

2.1 上位监测级

上位机为操作者提供人机交互的载体,是操作者监测与控制的主要工具。由于触摸屏能够提供更加美观友好的人机界面,并且操作简便,同时考虑到教学等多方面因素,所以本实验系统在传统的上位 PC 机的基础上,又添加了触摸屏监测。工控机除了同触摸屏一样具有监控显示功能以外,还要完成主控程序,主要包括人机界面的应用程序和 PLC 的泄漏报警控制程序等。

2.2 下位控制级

下位机选用 PLC,具有控制传感器的数据采集、执行控制算法,以及控制输入、输出等功能^[6]。该系统选用西门子 S7-300 系列 PLC,分别配置有 16 点的数字量开入/开出模块,8 路 AD 输入模块,8 路 DA 输出模块,MPI 通讯卡。PLC 与现场仪器仪表相连接,主要的输出输入信号包括:2 路流量信号的模拟量输入,2 路压力信号的模拟量输入,1 路液位信号的模拟量输入,1 路控制变频器的模拟量输出,1 路控制电动调节阀的模拟量输出,5 路数字量输出分别用来控制电磁阀、气动阀和报警器等。

2.3 现场控制对象级

现场控制对象主要由变频器控制的离心水泵、高精度电磁流量计、高精度压力变送器、控制

阀门(包括电磁阀和气动阀,还有电动调节阀)、液位变送器、声光报警器等组成.实验系统结构如图 2.

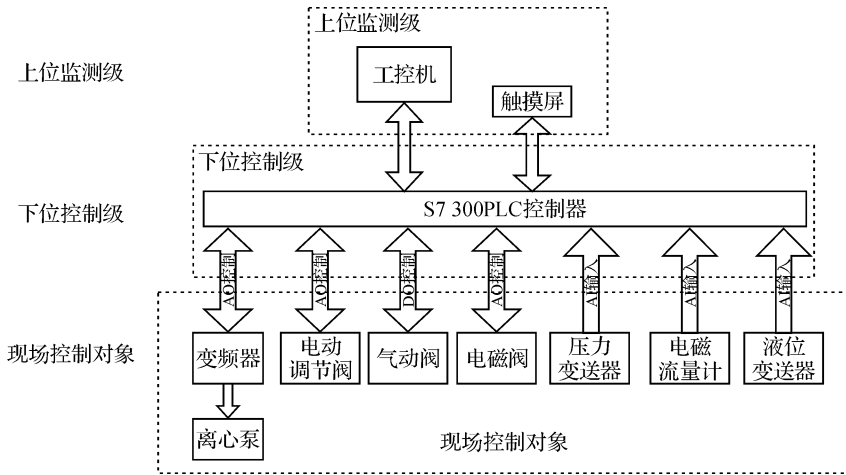


图 1 系统结构框图

Figure 1 System configuration

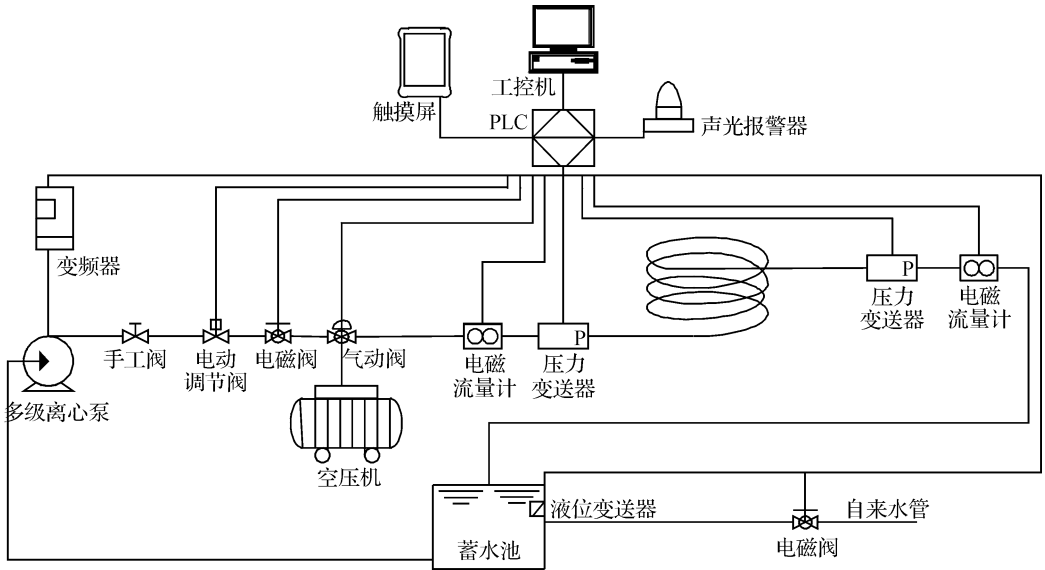


图 2 系统控制对象结构图

Figure 2 System control object structure

3 系统的工作原理

实验系统启动后,由离心泵向装置供水,各测控仪器开始工作.实验盘管的出入口处各装有一个高精度的电磁流量计和压力变送器,通过对一

定条件下的流量和压力进行检测,判断盘管是否存在泄漏.根据质量守恒定理和流体力学中的伯努利方程可知,在盘管无泄漏的情况下,盘管的进出口的流量差和压力差应该在一定范围内波动,将这个范围的绝对值的最大值作为泄漏报警阈

值,若系统检测到的信号超出了这个报警阈值,则系统做出泄漏的判断。

分别在定制的盘管的前部、中部、尾部处各安装有一个水龙头,在平台工作时将水龙头打开即可模拟泄漏,通过水龙头的开度大小控制泄漏量,可以模拟单点泄漏和多点泄漏。由于泄漏量可以自行控制,所以泄漏量大小是可知的,这样可为泄漏报警程序可靠性的检验提供了数据支持。

PLC将现场各种仪表所测量的参数包括流量、压力等信号(一般为4~20 mA的标准电流信号)在输入端进行A/D转换,转化为所需数字量输入到PLC中。然后PLC一方面将所采集到的参数值传输到上位监测级进行显示,另一方面通过内部程序对所测数据进行处理,然后将处理后的数据与泄漏报警阈值进行比较,判断盘管是否存在泄漏^[7]。若盘管无泄漏,则继续对盘管进行监控;如果PLC判断盘管存在泄漏,则控制声光报警器报警,同时通过控制变频器停止泵的运行,并通过控制继电器关闭电磁阀。(或同时关闭气动阀)。

系统中的主要参数(流量和压力)可以通过控制泵的出口压力大小和电动调节阀的开闭程度来调节^[8]。将变频器的模拟量控制端子与PLC的模拟输出模块相连,这样可以通过PLC的D/A转换模块,将PLC数字信号转换成电压信号,输入到变频器中,控制变频器工作,实现离心泵的无极调速。同样,将电动调节阀模拟量控制端子与PLC的模拟输出模块相连,可以控制电动调节阀的开闭程度(百分比调节),从而达到控制盘管中流量大小的效果^[9]。这样对研究不同流量和压力条件下的流体泄漏,建立盘管流体模型,绘制与流量和压力相关的特性曲线图都非常方便。

4 系统的软件设计

4.1 上位机程序设计

对上位机监控软件的设计编程主要是使用组态软件完成的。西门子定制了自己的上位机组态软件:SIMATIC WinCC。利用WinCC可以很方便的完成监控画面的绘制、上位机组态、PC-PLC通信等工作。

根据设计需要,将上位机程序设计分为以下3个部分:

1)参数显示系统。首先建立一个新的WinCC项目,在标签管理器中选择添加PLC驱动程序,然后建立一个PROFIBUS网络与S7-300相联结,设置对应的节点名、MPI地址等参数,然后在组态完的S7-300下设置标签,每个标签地址对应S7-300中的某一确定地址,将S7-300与WinCC之间需要通信的数据做成标签,即完成了S7-300与WinCC之间的链接。然后用图形编辑器制作生产工艺流程监控画面,并将变量标签与每个对象连接,也就相当于画面中各个对象与现场设备相连,从而可在工控机画面上监视控制现场设备。主要参数包括:管道进出口的流量值和压力值、液位值、电动调节阀的阀位、以及变频器频率值等。

2)控制系统。将控制系统界面与现场控制对象相联接,通过向PLC发送控制命令对各个现场对象进行控制,控制对象主要包括变频器、电动调节阀、电动阀、气动阀。其中对变频器和电动调节阀的控制为模拟量控制,而对电动阀和气动阀的控制为开关量控制。

3)报警系统。报警系统主要包括泄漏报警和故障报警两个部分。泄漏报警主要是包括对泄漏报警阈值的设定和声光报警器的启动和关闭。故障报警主要是对系统设备的检测,系统初始化后,执行预置的开机指令,首先进行各种设备的故障检测,如无故障警示就开始实验流程。若系统检测到故障则启动报警提醒实验人员,同时记录报警的数据如时间、类型以及故障点等。将元件故障报警、操作故障报警组成报警列表^[10],以便实验人员通过查询数据分析报警原因。

4.2 下位机程序设计

西门子S7-300系列的PLC产品编程是通过标准的SIMATIC Step7软件进行的。首先在Step7中创建新工程,然后进行硬件组态,根据盘管泄漏检测实验装置的工艺流程定义过程变量及中间变量,并用梯形图实现所要求的逻辑控制,然后将程序下载到PLC中,并在线调试,进一步完善程序。

系统的自动控制流程如图3。

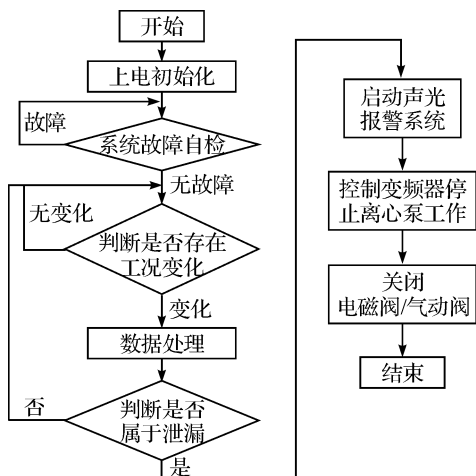


图3 系统控制流程图

Figure 3 System control flow chart

5 结语

综上所述,该泄漏检测系统具有以下几个特点:

1)充分利用计算机、通信、自动化控制等技术建立了一套集监测、报警与控制于一体的全自动控制系统。

2)该系统同时采用“压力差”和“流量差”两种检测方法对盘管进行检测。

3)实现自动(动态)恒压供水,还可以根据需要调节管道中的流量。

4)该系统由性能较高的西门子 S7-300PLC 控制,不但可靠性高,而且响应速度快。再加上控制的方式多样,因此可以适应不同情况下的控制需要。

5)整套系统有完善的设备故障判断功能,可为操作人员迅速排除故障提供方便。

另外,该系统不但可以用于盘管泄漏报警方面的研究,还可以用于短管路的流量与压力关系方面的研究,所得结论将有望运用到工程当中。该系统既适用于实验研究,也适用于课程教学;并且在前面所介绍的功能的基础上,还可以对本实验系统进行许多扩展,比如做一些简单的改进即可引入温度参量。

【参 考 文 献】

- [1] ZHONG T, ALOUANI A T. ANN based tube leak detection system [C] // Proceedings of the 29th Southeastern Symposium on System Theory. Washington: IEEE Computer Society, 1997:211-215.
- [2] 汪楠,陈桂珍. 工程流体力学[M]. 北京:石油工业出版社,2007:46-70.
- [3] 梁国伟,郑颖君. 液体质量控制中的动态误差分析及应用[J]. 中国计量学院学报,1999,1(18):44-48.
- [4] 刘涛,严莹. 基于压差法油液污染在线监测研究[J]. 科技资讯,2008,1(9):71.
- [5] 陈一鑫,林中达. 基于 PLC 的自动控制实验平台设计[J]. 工业控制计算机,2008,21(10):68-69.
- [6] 卿兆波,孙卫红. 薄壁轴瓦壁厚分选系统研究[J]. 中国计量学院学报,2008,19(1):47-50.
- [7] 章皓,王先忱. 混合机配料自动控制系统设计[J]. 中国计量学院学报,2003,14(1):29-31.
- [8] 林愉,王福吉. 型料实验输送管道控制系统的设计[J]. 有色金属,2002,54(2):28-30.
- [9] 陈浩. 案例解说 PLC、触摸屏及变频器综合应用[M]. 北京:中国电力出版社,2007:89-128.
- [10] 申小中. 基于 S7-200 型 PLC 的制冷空调系统全自动控制[J]. 中原工学院学报,2005,15(5):52-55.