

基于推断策略多介质反应温度控制系统研究与实现

李红斌,冯殿义,李卫民

(辽宁工业大学机械工程与自动化学院,辽宁 锦州 121001)

摘要:针对反应釜夹套多种热/冷介质温度自动控制检测硬件复杂、实现困难等问题,分析了夹套介质切换操作过程,提出了基于推断识别的夹套介质自动切换解决方案,最大程度地简化了系统硬件配置。通过记忆阀门操作推断识别夹套内当前介质,替代在线检测与分析物质成分检测系统。分析了影响压空时间的因素,关联了压空时间与压空用压缩空气压力的关系,并根据压空操作时间推断判定夹套介质压空终点,解决了传感器检测压空操作终点存在的问题。设计了基于推断识别的夹套介质自动切换控制系统,实际应用中克服了人工操作过程复杂、效率低和易出错等问题。实际应用表明,该方案介质切换的效率、安全可靠。

关键词:反应温度;推断识别;多介质;自动切换

中图分类号:TP273

文献标志码:A

文章编号:0253-4320(2015)02-0166-03

Research and realization of reaction temperature control system for multi medium based on inference strategy

LI Hong-bin, FENG Dian-yi, LI Wei-min

(Mechanical Engineering & Automation College, Liaoning University of Technology, Jinzhou 121001, China)

Abstract: Monitoring and auto-controlling the temperature of multi hot/cold medium in reactor jacket are complex and difficult to facilitate. In this study, the process of switching the medium in the reactor jacket is analyzed. The solution about auto-switching the jacket medium is put forward based on inference strategy, which makes the hardware configuration of the system greatly simplified. The inference and identification of the current medium in jacket reactor is conducted by memorizing valve operated instead of the system of on-line detection. The factors influencing the time of emptying jacket are analyzed. The relationship between the emptying time and the pressure of compressed air is studied. The emptying end is determined on the basis of the emptying time to solve the problem of detecting the emptying end of multi-medium by sensor. The control system of auto-switching jacket medium based on inference is designed, which overcomes the drawbacks such as complex process, low efficiency and error-prone of manual operation. The practical application shows that the scheme of medium-switching has the advantages of high efficiency, safety and reliability.

Key words: reaction temperature; inference and recognition; multi medium; auto-switching

化工生产过程中,反应温度条件常常随反应进程不断变化,不同阶段的反应温度幅值相差很大时,需使用多种不同温度的加热或冷却介质控制不同的反应阶段的温度。对于带夹套的反应釜,通常是通过改变夹套内的冷/热媒介质来实现^[1-3]。由于多种介质交替切换至夹套,使介质流程复杂、阀门多、操作过程复杂,人工切换夹套介质效率低,难以满足工艺温度控制快速性的要求,且易因误操作造成不同介质相互混乱导致停产损失。实现自动切换介质操作存在问题:①自动识别夹套当前介质,需要多种物质在线检测和分析设备,不仅成本高,且实现困难^[4-6];②自动识别夹套压空终点,介质切换时自动排空夹套介质,对于多种介质,常规传感器检测多种介质压空终点难以实现。为此,本文中提出基于推

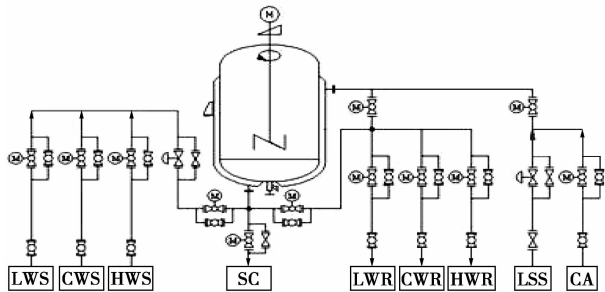
断识别的夹套当前介质,夹套压空终点的多种介质自动切换解决方案,设计了夹套多介质切换程序,嵌入到DCS控制系统中,并应用于某精细化工公司反应釜温度控制中,提高了生产效率和可靠性。

1 夹套多冷/热媒介质切换流程

1.1 夹套多介质流程

某精细化工公司反应釜生产过程中不同工艺步反应温度幅值相差很大,1个生产周期夹套需切换蒸汽、热水、冷却水和低碳酸等4种不同的冷热媒介质。各介质均设有供、回阀门及循环回路。不同介质切换前使用压缩空气将夹套中的当前介质经其循环回路压回到储槽内,即夹套“压空”操作。包括压空用压缩空气夹套共连接5种不同介质回路,介质

切换过程中要严格防止介质的串混。液相介质低进高出有利于充满夹套,蒸汽和压缩空气由夹套上部进入,蒸汽冷凝水由夹套底部排出。为简化系统,各种液相介质均通过公用的温度调节阀进入夹套实现温度的自动控制。由于低压蒸汽性能参数与液相区别较大,独立使用蒸汽温度调节阀调节控制温度。反应釜夹套多介质切换工艺流程如图1所示。



LWS—低温水供;LWR—低温水回;CWS—冷却水供;
CWR—冷却水回;HWS—热水供;HWR—热水回;
LSS—低压蒸汽供;SC—蒸汽冷凝液;CA—压缩空气

图1 反应釜夹套介质工艺流程

由图1可以看出,完成一次不同介质的切换需准确无误地操作很多阀门。如冷却水降温切换至低碳醇降温的操作,需经关闭冷却水供回路、接通压空回路、关闭压空回路、切换到低碳醇循环回路4个步骤,操作14次阀门才能完成切换,手工操作效率底,易出错,为此采用自动控制。

1.2 夹套多介质切换工作流程

生产过程中工艺要求采用某种介质升温或降温时,程序根据夹套内当前介质判断是否调用压空子程序。介质切换操作执行条件是夹套当前介质与需要切入的介质一致或夹套内为空(压缩空气)。一旦夹套中当前介质与需要切入的介质不同,程序自动执行压空操作,完成后自动进行介质切换。以热水升温工艺为例说明夹套介质切换工作流程,如图2所示。

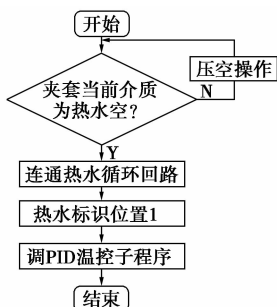


图2 夹套介质切换工作流程

2 控制程序设计

2.1 夹套当前介质推断识别策略

实现夹套介质的自动切换,首先需要能够准确地识别夹套中当前是何种介质,以便将夹套中的当前介质通过其循环回路压回到储槽中,不发生介质混乱现象。为使夹套介质压空操作安全可靠,要求无论是正常生产还是停产维修,无论手动还是自动操作,都能够准确识别最后通入夹套的介质。程序设计设置夹套介质标识位来标识夹套中的当前介质,即某种介质的标志位为1时夹套中为该种介质。

夹套公用工程介质包括蒸汽、热水、冷却水和低碳醇等4种介质,在线物质检测与分析系统识别夹套中当前介质,装置十分复杂,快速性差,实现困难^[7-8]。研究分析夹套介质切换过程,可以通过记忆介质进入夹套阀(供阀)开到位状态反馈推断当前夹套介质。当某种介质的供阀开到位状态有效,即认为夹套通入该介质,将其标志为位置1(同时将其他介质的标志位复位)。这种方法能够快速准确识别最后操作的某种介质供阀,进而推断夹套当前介质。这种基于推断策略的智能介质识别方法快速有效,且经济可行^[9-11]。

该推断识别策略在下面2种情况下可能出现误判:①当某种介质供阀开操作但未开到位,由于PLC系统未接收到阀门开到位状态反馈信号,程序无法判断该阀操作过,夹套当前实际介质不会改变,出现误判;②当正在执行压空操作过程中,人工现场打开其他介质供阀,造成夹套内不同介质混合,此时,自动识别程序仍按原来介质进行压空操作。

情况①属于阀门故障,程序将报警等待处理,处理完毕,即可恢复正常识别;情况②属违章操作,生产中严格禁止。因此,误判概率极小,实际应用中未出现过误判情况。

2.2 压空终点推断策略

当需要切换夹套介质时,首先调用夹套压空程序压空夹套中的当前介质。压空操作是介质安全切换的关键,需准确判断压空终点,防止残余介质与切入介质混合。由于介质包括有机物和无机物及其混合物等多种不同成分,操作参数包括低温、高温及不同压力条件,成分与参数多变,且反应釜间歇操作管路中介质为非稳态流动易引起管路震动,以及压缩空气作用液体介质中容易出现气泡等,夹套条件极其复杂,给压空终点的判断带了很多不确定的因素。常规液位开关检测夹套是压空终点,易出现误报,造

成夹套压空的误判。通过研究分析与现场试验,采用压空操作时间推断夹套压空终点策略是经济可行的解决方法。根据夹套入口与介质储槽入口间管路能量平衡,有:

$$P_1/\rho + 1/2u_1^2 = P_2/\rho + 1/2u_2^2 \sum h_f \quad (1)$$

式中, P_1 为夹套压缩空气压力, Pa; P_2 为介质储槽入口压力, $P_2 = 0$ (表压) Pa; u_1 为夹套入口液体流速, $u_1 \approx 0$ m/s; u_2 为储槽入口处液体流速, $u_2 = u$, m/s; u 为管路内的流速; $\sum h_f$ 为管路的总阻力。

式(1)表明,影响介质流速(即影响压空时间)只有压力 1 个因素。系统流速变化不大,对于结构一定的循环回路 $\sum h_f = ku^2$ (k 为常数)。

整理式(1)得:

$$P_1/\rho = (1/2 + k)u^2 \quad (2)$$

式(2)可写成:

$$u \propto \sqrt{P_1}$$

压空时间 θ 与循环回路内流体流速呈正比,则:

$$\theta = K \sqrt{P_1} \quad (3)$$

式中, K 为常数。

通过现场实验获得不同结构反应釜压空时间系数 K ,按式(3)计算压空终点的时间 θ 。

2.3 夹套压空操作逻辑

夹套压空逻辑设计成独立的子程序,供生产工艺温度条件变化时调用。执行夹套压空时首先判断夹套中当前介质。关闭当前介质的供阀,打开或关闭回路上的相应阀门,形成压缩空气与介质储槽的通路,然后打开压缩空气阀通入压缩空气开始压空,当达到压空终点时间,关闭压缩空气阀,此时由于夹

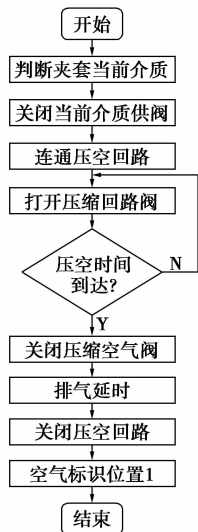


图 3 夹套压空执行工作流程图

套中仍然具有残存的压力,故延时等待夹套中的压力恢复为常压,关闭所有阀门,压空结束。夹套压空子程序如图 3 所示。

3 结语

(1)夹套多介质切换流程中液相介质共用温度调节阀,简化夹套冷热介质流程。

(2)通过记忆阀门的动作推断夹套内当前介质的智能识别策略,替代多种物质在线检测分析系统,夹套介质判断快速可靠;不增加任何硬件,结构简单经济,实际应用中未出现过误判现象。

(3)压空操作完成时间仅与压空用压缩空间压力的 1/2 次方呈正比。实验获得压空时间系数,根据压空操作时间推断压空操作终点的策略,解决了多介质、多工况传感器检测困难等问题,同时简化系统。

(4)生产工艺控制程序根据升温或降温要求,自动调用夹套介质自动识别、自动压空与自动切换操作,简化了操作过程,提高生产效率,有效地防止了生产中误操作引起的事故。

参考文献

- [1] 李雅侠,董国先,吴剑华,等. 反应釜内螺旋半圆管夹套内流体的湍流换热性能及焓产分析[J]. 过程工程学报,2013,13(4): 555-561.
- [2] 吴瑾,李庆. 某气相聚乙烯装置聚合反应温度控制的优化[J]. 化工进展,2011,30(s1):699-701.
- [3] 闫金银,王亚刚,孙会兵. 带夹套的反应釜温度控制及 LabVIEW 实现[J]. 化工自动化及仪表,2011,38(11):1291-1293.
- [4] 田原,张勇,宋安东,等. pH 反馈控制赖氨酸补料发酵中的碳氮源补加方法[J]. 过程工程学报,2011,11(3):492-496.
- [5] 李佳. 污水处理在线监测系统探讨[J]. 环境科学与技术,2012,35(s2):227-229.
- [6] 徐晓娟,王自强,杜英,等. 莽草酸发酵液快速检测方法[J]. 过程工程学报,2013,13(1):124-128.
- [7] 冯伟,陈闽杰,贺石中. 油液在线监测传感器技术[J]. 润滑与密封,2012,37(1):99-104.
- [8] 谢森林,王钦若,杜玉晓. 智能控制方法在反应釜温度控制中的运用[J]. 自动化仪表,2008,29(8):15-18.
- [9] 邱爽,宋一鸣. 间歇式反应釜温度串级预测函数控制[J]. 化学工程,2013,41(10):63-68.
- [10] 黄道平,刘乙奇,李艳. 软测量在污水处理过程中的研究与应用[J]. 化工学报,2011,62(1):1-9.
- [11] 曹鹏飞,罗雄麟. 化工过程软测量建模方法研究进展[J]. 化工学报,2013,64(3):788-800. ■