

计算机控制系统在中小型装置上的应用

常 宏

(中国石化齐鲁分公司研究院, 山东淄博, 255400)

摘要 以制氢评价装置为例, 从硬件选型和软件设计角度, 介绍计算机测控系统如何实现对中小型装置的温度、压力、液位和流量各参数的采集与控制。先进的设计软件, 常规 PD 控制的优化及完善的报警系统, 使系统的精确性、安全性和平稳性都得到了极大的提高。

关键词 智能控制 联锁报警 PD 算法

中图分类号: TP273 文献标识码: B 文章编号: 1009-9859(2010)03-0251-05

先进的测控手段是试验取得可靠数据并达到良好效果的前提与保障, 随着工业自动化程度的不断提高, 装置对自动控制的要求也越来越高, 优良的硬件选型和良好的软件设计是实现最优控制的关键^[1]。本文以中国石化齐鲁分公司研究院(简称齐鲁研究院)小型制氢评价装置为例, 介绍了中小型试验装置控制系统的硬件配置和软件设计。根据小型试验装置的试验条件, 采用先进的智能控制手段, 并针对工艺特点优化控制算法, 发挥先进软件的强大功能, 通过计算机屏幕直观地展现整个试验流程, 同时对工艺运行状况实时采集与监控, 绘制关键点趋势图和试验数据报表, 实现装置的长周期平稳运转。

1 控制原理

制氢评价装置是一套集温度、压力、液位、流量等多种工艺参数微机控制的小型试验装置, 数字化与计算机控制是通过采样、数字/模拟转换和模拟/数字转换来实现的, 实际处理过程如图 1 所示。

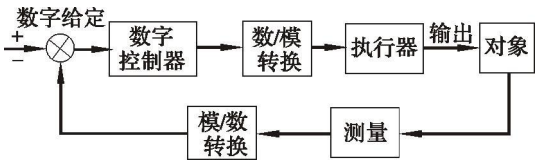


图 1 计算机控制原理示意

道中的数模(D/A)转换器转换成模拟量, 受控的生产过程的控制部件接受控制信号执行控制过程; 输入的模拟量也要经控制机的过程输入/输出通道的模数(A/D)转换器转换成数字量进入计算机。

2 硬件选型

根据具体工艺要求, 充分考虑控制原理和硬件选型依据, 本着低投入高回报的原则, 确定整个计算机测控系统的配置方案。系统由主机、采集子系统、控制子系统和联锁报警子系统 4 部分组成, 配置及工作流程如图 2 所示。

(1) 主机

考虑系统控制的可扩展性, 增强系统可靠性, 主机选用台湾研华 IPC-610 型工控计算机: 主频 Intel Pentium 4 3.0G, 内存 1G, 硬盘 320G。由于计算机本身通讯口的局限性, 配置研华公司 1 块 4 端口 RS-232 PCI 通讯卡 PCI-1610 可扩展 4 端口。配置 1 块 6 路 D/A 输出卡 PCL726 用于输出控制, 1 块 6 路计数/定时器卡 PCL-836 用于尾气计量。

(2) 采集子系统

包括温度采集、压力采集、液位采集和流量采集和尾气计量, 其中温度信号采集选用研华 8 路

收稿日期: 2010-07-27 修回日期: 2010-08-04

作者简介: 常宏(1976-), 女, 工程师。1999年毕业于青岛科技大学工业电气自动化专业。现在中国石化齐鲁分公司研究院科技信息中心工作。电话: 0533-7589667

热电偶输入模块 ADAM - 4018 压力、液位和气体流量信号采集均选用 8 路模拟量输入模块 ADAM - 4017, 精度 $\pm 0.05\%$, 通过 ADAM - 4520 转换器把 RS- 485 信号转换成 RS- 232 信号。

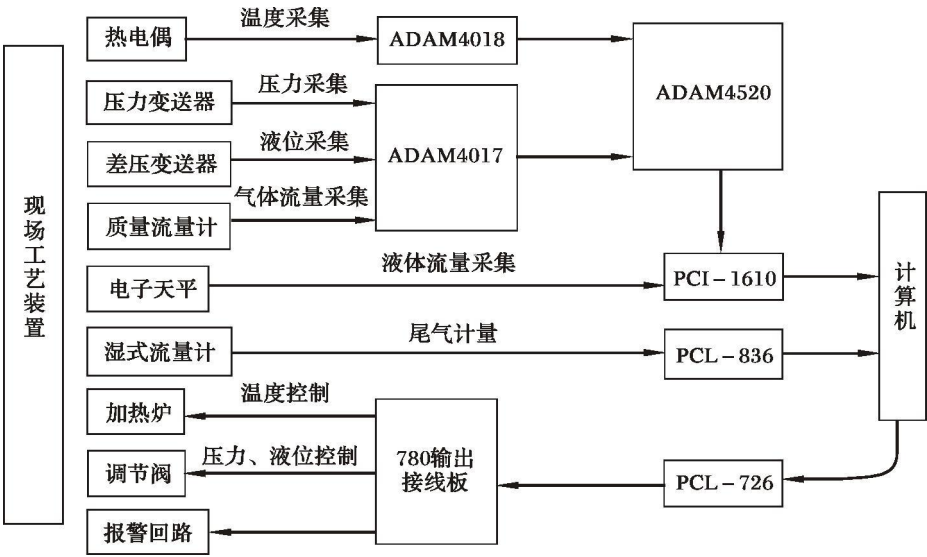


图 2 系统配置及工作流程

(3)控制子系统

包括温度控制、压力控制和液位控制, 主机根据采集子系统所得数据, 进行优化 PID 运算, 然后发送控制信号, 通过 PCL- 726 板卡经 780 输出接线板, 将温度控制信号传送给加热炉实现对温度控制, 温度控制采用移向触发方式, 具体温度控制功能图如图 3 所示。

主机经过优化运算, 分别将压力和液位控制信号传送给电气转换器, 通过调节阀实现对压力

和液位的控制, 具体控制功能如图 4 所示。

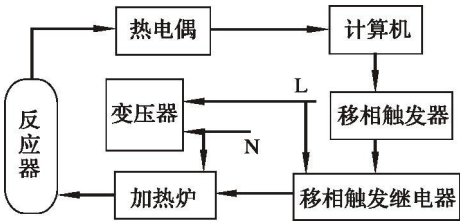


图 3 温度测控功能示意

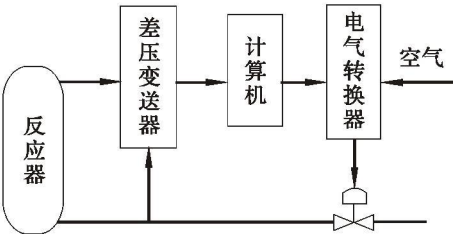
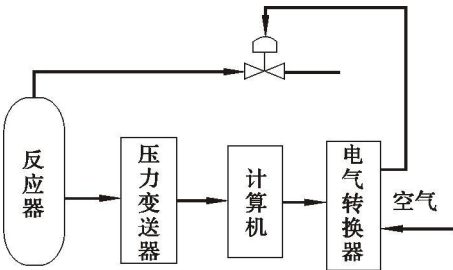


图 4 压力、液位测控功能示意

(4)联锁报警子系统

联锁报警子系统通过分析判断装置的运行状况, 自动采取安全措施, 并且利用扬声器和指示灯进行声光报警。如图 5 所示, 计算机联锁控制系统中, 通常采用软件技术来提高系统的安全可靠性。

装置在运行的过程中, 根据温度、压力以及液位各控制参数的变化, 可以将系统运行的状况分为正常、报警、联锁、断偶和复位五种状态, 根据不同的状态, 报警系统会从软件和现场回路中给出不同的响应, 并且具备良好的记忆和自动消除功能。

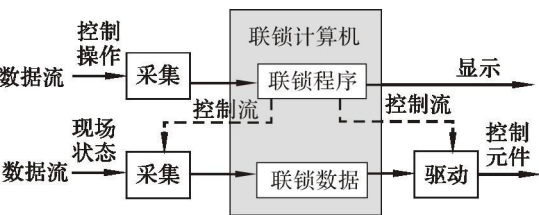


图 5 计算机联锁系统示意

3 软件设计

控制系统的软件设计依据操作界面简单、控制平台直观、控制操作多样、报警处理简便、数据存储查询方便的原则,采用面向对象的程序设计,使用微软公司开发的 Visual C++ 6.0作为开发平台,力求实现装置的实时操作、监控、工艺流程显示、历史趋势图、报警记录等均通过计算机完成,可实现打印记录,在上位机上进行控制参数的指令和修改等指令,达到试验设计目标^[2]。软件设计结构如图 6所示。

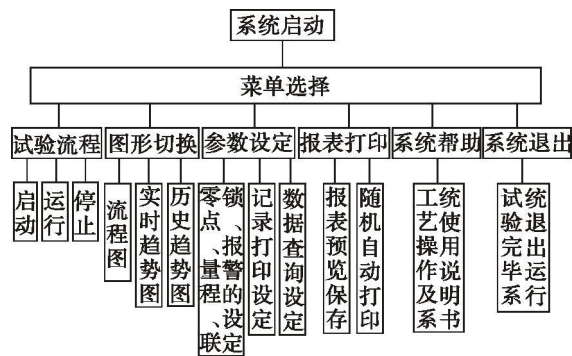


图 6 软件设计结构示意图

3.1 试验流程

- (1)启动: 界面切换到流程图, 通讯口打开并开始采集数据, 温度、压力、液位以及天平数据应显示到位, 从界面依次设定温度、压力、液位、泵和质量流量计的控制值, 准备开始试验。
- (2)运行: 试验开始, 程序开始升温, 报表文件记录数据, 调整温度、压力、液位、泵和质量流量计的控制值以满足工艺要求。
- (3)停止: 试验完毕, 停止加热, 关闭通讯口, 各项控制量恢复手动, 保存报表文件。

3.2 图形切换

在试验进行过程中实现界面在流程图、实时

趋势图和历史趋势图之间的相互切换, 并且按照不同的时钟同步刷新流程图和实时趋势图的数据, 帮助用户观察控制效果, 以便及时修正控制参数。

3.3 参数设定

- (1)零点、量程、报警值和联锁值设定: 在程序调试和试验开始前, 对温度、压力、液位以及流量的各项参数进行统一设定, 也可在试验开始后, 从流程图界面左键点击变量, 手动设定零点、量程、报警值和联锁值, 右键点击改变温度、压力及液位的 PID 控制参数。

- (2)记录打印设定: 用户在试验开始前和试验进行中, 可根据试验需要设定或修改记录报表的文件名和记录时间间隔, 以及修改自动打印时的时间间隔。

- (3)数据查询设定: 数据查询功能用于帮助用户查看计算机中保存的以往试验数据, 在输入正确的保存文件名后, 系统将以报表形式调用历史数据, 方便用户对不同阶段试验结果的有效分析。

3.4 报表打印

- (1)报表预览保存: 报表预览功能使报表格式和试验数据直观显示在显示屏上, 方便用户预先分析试验数据, 自主选择是否打印和保存试验数据, 大大提高了软件的实用性。

- (2)随机自动打印: 根据用户要求, 系统将打印分为随机打印和自动打印两种方式, 随机打印指当用户需要查看过去某个时间段的试验数据时, 可选择“打印预览”查看并打印当前试验的数据报表, 或者选择“数据查询”查看并打印历史试验数据; 自动打印指系统可根据用户设定的打印时间每隔一定时间自动打印某一时刻的试验数据。

3.5 系统帮助

以弹出窗口显示试验工艺控制要求和软件使用说明, 方便用户在试验过程中查看参考。

3.6 系统退出

系统关闭, 退出整个应用程序。

4 联锁报警系统设计

装置在运行过程中根据温度、压力、液位各控制参数的变化可将系统运行状况分为正常、报警、联锁、断偶和复位五种状态, 根据不同状态报警系

统从软件和现场回路给出不同响应,并且具备良好的记忆和自动消除功能。

4.1 正常

当各参数显示正常时,数值显示框背景为浅灰色,流程图右上角状态控制按钮显示“正常”。

4.2 报警

当温度显示超温或压力显示超压时,数值显示框背景变为黄色,状态按钮显示“报警”,同时现场警报提示灯闪亮,蜂鸣器间断鸣叫直至报警取消为止。

4.3 联锁

当温度、压力显示值超出并达到联锁值时,数值显示框背景变为红色,状态按钮显示“联锁”,同时加热炉停止加热,提示灯常亮,蜂鸣器连续鸣叫直至联锁取消为止。

4.4 断偶

当系统处于断偶保护状态时,系统给定温度一个特殊值“1999.9”,显示框背景颜色不变,状态按钮显示“断偶”,等待操作人员更换热电偶后,数据及状态恢复正常。

4.5 复位

报警或联锁状态下若点击状态控制按钮进入复位状态,显示框背景颜色不变,状态按钮显示“复位”,现场提示灯依旧闪亮,蜂鸣器停止鸣叫,等待工作人员处理报警状况,处理完毕后点击“复位”按钮,各显示值正常则状态按钮显示“正常”,可给加热炉送电,恢复正常工作,否则状态按钮仍显示“报警”或“联锁”,应继续处理报警状况。

5 优化控制算法的实现

5.1 常规 PID 算法

常规 PID 控制算法具有结构简单、物理意义清晰、便于实现的优点,因而成为当前工程应用中最普遍和最经典的控制算法。比例积分微分控制规律的输入输出关系可用式 (1) 表示:

$$\Delta p = \Delta p_p + \Delta p_i + \Delta p_d = K_p \left(e + \frac{1}{T_i} \int e dt + T_d \frac{de}{dt} \right) \quad (1)$$

式中: Δp ——PID 运算的输出;

Δp_p ——比例作用输出;

Δp_i ——积分作用输出;

Δp_d ——微分作用输出;

e ——回路偏差(给定值与过程变量之差);

K_p ——比例系数;

T_i ——积分系数;

T_d ——微分系数;

t ——时间参数。

由式 (1) 可见, PID 控制作用就是比例、积分、微分三种作用的叠加。随着控制过程日益复杂,由于被控参数具有时变、非线性、不确定等因素,常规 PID 控制算法难以满足控制要求。

5.2 控制算法优化

鉴于常规 PID 算法的局限性,本系统采用时间最优(B-B 控制)与积分分离 PID 控制的双模控制算法。时间最优控制可加快调节的作用,而 PID 控制则保证跟踪精确度与稳态误差满足要求。

时间最优控制模式见式 (2):

$$\text{当 } |S_k - R_k| = |e_k| \begin{cases} \geq E_1 & \text{时间最优控制模式} \\ < E_1 & \text{积分分离 PID} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{其中, 时间最优控制模式} \begin{cases} e_k > 0 & U_k = U_{\max} \\ e_k \leq 0 & U_k = 0 \end{cases}$$

式中: E_1 ——时间最优控制偏差门限;

S_k, R_k, e_k, U_k ——第 k 次采样时的设定值、检测值、偏差值、计算机输出值;

$U_{\max}$ ——计算机输出的最大值。

积分分离式 PID 控制可以增强抗积分饱和功能,防止超调和振荡。

加热炉系统是一个具有纯滞后的大惯性系统,若采用常规 PID 控制,在系统启动、大幅度改变给定值或遇到大的扰动时,由于短时间内产生很大偏差,控制器严重饱和,系统会出现较大的超调和长时间的振荡。采用积分可分离的 PID 控制可较好地解决这一问题。其基本思想是:当温度偏差较大时,取消积分作用,只进行 PD 调节;只有当偏差在某范围内时,才加入积分作用,进行 PID 调节。其控制方程可导出为式 (3):

$$U_k = \begin{cases} U_{k-1} + K_p \Delta e_k + K_D (\Delta e_k)^2 + K_I e_k & e_k \leq \varepsilon \\ U_{k-1} + K_p \Delta e_k + K_D (\Delta e_k)^2 & e_k > \varepsilon \end{cases} \quad (3)$$

式中: $\Delta e_k = e_k - e_{k-1}$;

$(\Delta e_k)^2 = \Delta e_k - \Delta e_{k-1}$;

K_p, K_I, K_D ——控制器的比例、积分、微分系数;

ε ——为积分作用门限值,其值需根据控制精度在调试时最后确定。

5.3 效果比较

优化后的控制器取得了较好的快速性和稳定性,特别是应对加热炉快速升温 and 遇到大的扰动,加热炉的目标温度为 800℃,系统的上升时间为 150 s,超调量为 1.5℃。与常规 PD 算法比较,如图 7 所示,响应快,控制效果好。

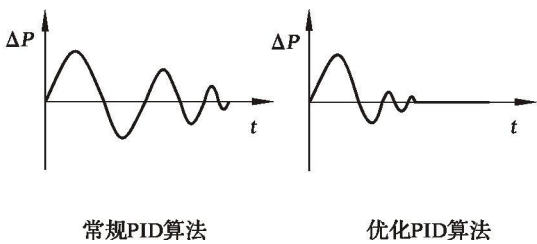


图 7 控制效果比较

6 实际应用

齐鲁研究院小型制氢试验控制系统以先进的测控理论为基础,通过由计算机、通讯板卡、数字采集模块、模拟和数字输出模块以及执行模块组成的硬件配置,采用面向对象的程序开发,实现了小型试验装置的自动控制。该系统操作界面简单友好,菜单设计符合工艺流程的人性化操作;控制平台直观,试验人员可以通过流程图、趋势图的简单切换,快捷方便地观察试验控制效果;报警系统

处理简便,用户可以根据数据显示颜色、状态提示按钮和现场声光报警提示,判断故障原因,及时解决问题以保证试验进行;试验数据的存储和查询也十分便捷,可随时调用实时数据和历史数据,对报表数据进行编辑修改;优化控制算法和联锁报警系统进一步提升了系统的控制水平,试验取得良好效果。

7 结论

计算机测控系统通过对数据采集、处理以及控制算法的系统研究,利用软件开发实现计算机对现场对象的远程智能控制,已在齐鲁研究院的多套中小型装置进行推广应用。实践证明运行情况良好,系统控制精度高,性能稳定,抗干扰能力强,数据后期处理规范完整,在降低开发成本的同时,增强试验的可信度。系统设计的通用性和扩展性也获得了极大增强,可广泛应用于各类中小型装置。

参考文献

1 陆德民 . 石油化工自动控制设计手册 . 3 版 . 北京: 化学工业出版社, 2001: 24~ 27
2 黄维通 . Visual C++ 面向对象与可视化程序设计 . 北京: 清华大学出版社, 2003

APPLICATION OF COMPUTER CONTROL SYSTEM IN MEDIUM AND SMALL SCALE UNITS

Chang Hong

(Research Institute of Qilu Branch Co., SINOPEC, Zibo, Shandong, 255400)

Abstract Taking hydrogen production and evaluation unit as an example, this article described the collection and control course of process parameters including temperature, pressure, liquid level and flow rate of medium and small scale units by computer detection and control system through hardware option and software design. The accuracy, safety and stability of process control system of units were improved greatly by adopting advanced software design, optimization of conventional PD control and perfect alarm system.

Key words intelligent control, interlock alarming, PD algorithm

欢迎投稿, 欢迎订阅, 欢迎刊登广告!