

微机应用

PLC 在热媒间接加热系统中的应用

宋友乐*

(中国石油天然气管道科学研究院)

宋友乐:PLC 在热媒间接加热系统中的应用,油气储运,1999,18(4) 51~54。

摘 要 分析了管道系统大多数加热炉目前所采用的微机控制系统的运行状态,结果表明存在故障率较高、实时控制效果差及维护投资大等诸多问题。据此,给出了一种实用的加热炉控制系统的 PLC(Programmable Logical Controller)设计方法,该方法实际使用情况表明,对解决上述存在的问题是行之有效的。

主题词 加热炉 自动化 计算机 控制系统

近年来,管道系统加热炉自动控制系统有了较大的发展,但就目前所采用的微机监控系统运行状态看,还存在以下不足。

(1)不能长期可靠运行、故障率较高。其原因是工业控制计算机与普通计算机相比虽然在性能上有了较大的改进,但其可靠性、抗干扰能力还不能完全适应加热炉特定的环境。

(2)实时控制效果差。效果好坏除了对计算机的性能要求较高外,还取决于开关量、模拟量输入/输出接口卡的性能。尽管这些接口卡的价格较低,但其连续工作能力、抗干扰能力及稳定性等还不能满足生产过程的需要。

(3)采用多回路控制器,如 MICON P-200,控制系统的稳定性和可靠性大大提高,但其投资成倍增加。况且,随着时间的推移,该系统逐渐老化,备件紧缺,造成维护工作越来越困难。

结合实际工作经验,提出一种实用加热炉控制系统的 PLC(Programmable Logical Controller 可编程序逻辑控制器)设计方法,通过现场运行情况来看,效果很好。

一、设计原则

对 PLC 系统从软、硬件各个方面进行了深入细致的研究,根据工艺要求,在对前两代热媒炉仪表控

制系统进行大量分析的基础上,提出整体控制方案,即以 PLC 为控制主体,工控机作为上位机进行生产管理。也就是以“就地控制”为原则,由 PLC 和计算机构成分布式控制系统。

1、 PLC:数据采集和实时控制

采用具有模拟量和开关量输入/输出功能和通讯功能的可编程序逻辑控制器,例如 AB 公司的 SLC 5/03、欧姆龙 C200H 等,组成实时控制系统,完成加热炉的自动启、停逻辑控制、数据采集、实时控制、优化燃烧、安全报警等功能并通过通讯方式把数据传送给上位机。

2、 计算机:参数显示和生产管理

采用工业控制计算机与相应的外部设备组成的生产动态监视系统,接收来自 PLC 的数据,完成整个加热炉燃烧过程中必要参数的屏幕列表显示、流程图显示、开关状态显示、参数报警等监视功能;同时还完成数据存储、定时或随机打印等管理功能以及正常的启、停炉命令。操作人员通过观察工控机 CRT 上显示的参数,使用键盘对计算机和 PLC 的工作进行干预,包括调节系统的切换,修改调节参数,软手操等,计算机不参与实时控制。

3、 理由

(1)对象参数特点 加热炉自控系统要求能够连续监测温度、压力、流量、液位等参数,并对必要参数进行实时控制。对象的特点是对模拟信号和脉冲

* 065000,河北省廊坊市金光道 51 号;电话:(0316)2077289。

信号的连续调节过程,部分属于数字量与模拟量的共存过程。参数检测既要含有一定的数字量,又要含有模拟参数。控制过程既有位式调节,又有连续调节,还有大量的连锁保护要求。而这些恰恰是 PLC 强大的指令集所包容的。

(2)PLC 的特点 目前 PLC 发展很快,其特点是指令丰富灵活,可直接接受来自现场的控制信号,非常适合于时序控制或顺序控制,具有较高的性能价格比,特别是其抗干扰能力大大超出其他控制设备,可放置在现场一级,可靠性高,便于维护。另外,通讯功能、高级控制技术的不断增强(如 PID、自适应等)也使其应用范围日益广泛。

(3)就地控制的特点 实际生产过程中,受控设备面很广。以往,为了使用计算机控制,总是把它们联系起来,进行集中监督和控制。这样就增加了传输距离,引入附加误差,使系统复杂化。而计算机本身的抗干扰能力差,对现场的要求较高,必然降低系统

的可靠性。采用就地控制,只有必要的信息,才送到计算机中,实际控制权由 PLC 掌握,这样就提高了控制系统的稳定性和可靠性。

二、技术方案

1、 系统分析

根据工艺特性,热媒炉仪表控制系统主要分为以下几个子系统,共六个调节回路(见表 1)。

- (1)热媒炉启、停炉程序控制及安全保护系统;
- (2)热媒炉出口温度控制及优化燃烧控制系统;
- (3)原油出口温度控制系统;
- (4)燃油温度控制系统。

几个系统既相互关联又相互制约,构成了一个有机的整体。整套热媒炉仪表控制系统共涉及的参数:模入 11 个,模出 4 个;开入 15 个,开出 10 个。

表 1 各回路功能表

回路名称	回路功能	给定值显示 SP	过程值显示 PV	输出显示 OUT
烟气含氧量调节回路	氧量微调	内给定氧含量	实测氧含量 %	
热媒温度调节回路	热媒出炉温度调节	外给定热媒温度	热媒出炉温度 °C	
鼓风流量调节回路	助燃风量调节	内给定助燃风量	助燃风实测值 m ³ /h	风量控制阀位 %
燃油流量调节回路	燃油流量调节	内给定油量	燃油量实测值 L/h	燃油控制阀位 %
原油温度调节回路	原油—热媒换热调节	外给定原油温度	原油温度实测值 °C	热媒三通阀阀位 %
燃油温度调节回路	燃料油—热媒换热调节	外给定燃油温度	燃油温度实测值 °C	燃油换热器热媒阀位 %

三、方案实施

设计开发过程如下:控制器的选型;方案设计;应用程序设计;实验室模拟。方案设计和程序设计是重点环节。

1、 控制器的选型

针对加热炉其特定的小系统,开关量和模拟量较少,选用大型 PLC 系统是不经济的,宜选用一台小型、价格低廉的 PLC 与一台工控机配上相应的外部设备就可完成生产过程的数据采集、参数监测、实时控制等多种功能。方案确定后,进行了全面细致的

选择,主要从以下几方面考虑:

- (1)作为一个系统控制单元,应完成热媒炉的全部控制要求,同时又具有标准的通讯接口,可与上位机相连;
- (2)产品可靠性,确保热媒炉安全稳定运行;
- (3)生产厂家的信誉、经验及对系统的支持程度,保证售后服务;
- (4)性能价格比。

根据上述考虑,选择了 AB 公司(Allen-Bradley)的 SLC5/03 小型逻辑控制器,上位机采用了性能价格比较高的研华系列工控机。

SLC5/03 是一种指令丰富、功能极强的小型逻

辑控制器,同时又具有模拟量调节、回路 PID 调节等多种控制功能,为针对热媒炉开发设计出一套更高水平的控制系统提供了有利条件。

2、 方案设计

PLC 选定后,方案设计就成为最关键的因素。如何充分发挥 PLC 的功能,高质量地实现总体方案的设计思想,从而使整个控制系统达到所要求的程度呢?

在设计初期,对第二代热媒炉仪表控制系统进行了深入细致的分析,认为其设计思想是合理、完善的,最为关键的燃烧控制系统所采用的交叉限幅控制是先进的,完全起到了总体方案所要求的以下几方面的作用(见图 1)^[1]。

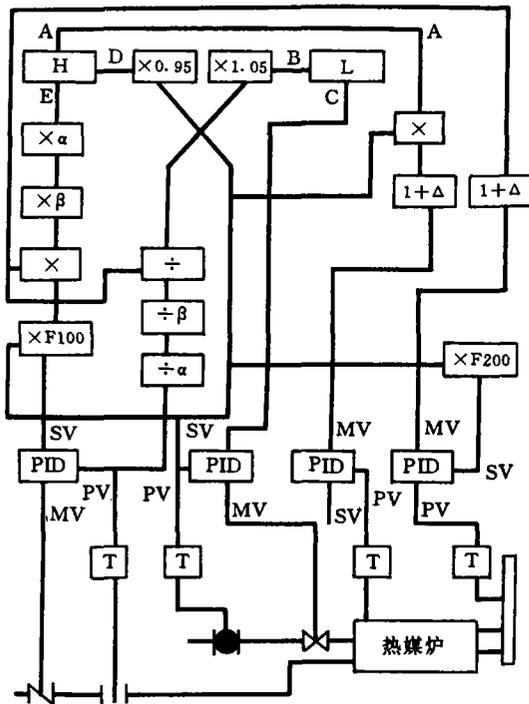


图 1 交叉限幅调节系统控制原理图

α —空气过剩系数; β —理论空气系数, m^3/kg 。

(1)以热媒出口温度作为主被调参数,它可根据热媒间接加热系统负荷的变化,自动调整加热炉的负荷。

(2)根据加热炉的热负荷,自动选择适合该工况的风油配比,严格控制过剩空气系数,即使在低负荷区也可获得优良的燃烧性能。

(3)由于交叉限幅的作用,防止了动态过程中空气流量不足造成的缺氧燃烧,同时也可防止由于干

扰造成的空气流量和燃料流量控制系统的摆动现象。

(4)采用氧量信号作为校正信号,弥补了交叉限幅的不足之处,消除了由于风量、油量测量不准所带来的误差。

3、 程序设计

PLC 的程序设计是硬件知识和软件知识的综合体现,需要计算机知识、控制技术和现场经验等诸多方面的知识。将其分为以下几个步骤:

- ①熟悉 SLC5/03 的使用方法和指令系统;
- ②定义 PLC 编程地址分配表;
- ③框图设计;
- ④程序的编制;
- ⑤编写程序说明书。

(1)SLC5/03 的使用方法和指令系统

SLC5/03 的专用系统软件为 APS(Advanced Program System)高级编程软件包,通过计算机进行程序设计,再经过专用通讯组件下载到 PLC 内,其使用的语言为应用最广泛的梯形图语言。该种语言形式表达的逻辑关系简明,是基于继电器控制系统的梯形原理图开发而来的。它融逻辑运算、控制于一体,是一种高级的、实时的、图形化的编程语言。非常直观,易于理解,很适合工程技术人员使用。可将其分为三级。

基本指令:包括逻辑操作、计时、计数和一般算术运算,支持小型的控制系统。

高级指令:包括复杂的算术运算、数据处理、高速计数等,与基本指令的区别在于运算功能的增强。

扩展指令:含有浮点运算、PID 调节、回路控制、通讯功能等,在这种指令支持下,可完成许多复杂的闭环控制。

(2)定义参数地址分配表

参数地址是程序设计的基础,针对热媒炉控制系统逻辑关系复杂,中间变量较多的情况,不仅对输入输出信号根据框架号、模板序号、信号端子号进行了排列,还对大量的位文件状态、浮点文件、连锁状态及定时器等做了尽可能详细的说明。

(3)框图设计

程序框图分为程序结构框图和控制功能框图两种。采用了后一种功能框图,它是描述某一种控制功能在程序中的具体实现方法及控制信号流程。如燃气含氧量控制系统框图(见图 2)。

不难看出,针对系统分析中所介绍的热媒炉控制系统,采用该种功能框图的设计方法是非常有效的,而且对阅读程序清单及以后编制说明书都大有帮助。

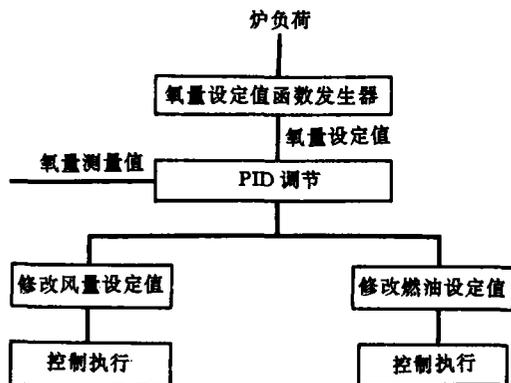


图 2 烟气含氧量控制系统框图

(4) 程序设计

编写程序是整个工作的核心部分。需要做大量的工作,解决具体问题。热媒炉 PLC 控制系统涉及很多的 PID 控制、逻辑控制、输入输出信号的接口、数据处理等多种问题,下面简单说明需要考虑的几个问题。

①逻辑/顺序控制 在热媒炉众多控制中,启、停炉程序控制和安全保护系统是最为关键的。它关系到能否安全生产,体现着控制系统的自动化水平,而其中则包含了大量的顺序控制和逻辑连锁功能。

在设计过程中,对连锁过程较多的情况进行了分段处理,既便于程序设计、阅读清单,又便于今后现场调试。

顺序控制设计中,本着严谨的工程设计态度,采用了行之有效的工程设计方法——状态分析法,从而保证了实时控制软件的实用性和安全性。

②PID 控制设计 PID 控制是热媒炉控制系统的核心问题,是优化燃烧、优化运行的基础。

PLC 的 PID 设计是以连续系统的 PID 控制规律为基础,将其数字化,写成离散形式的 PID 控制方程,根据离散方程再进行控制程序设计。

SLC5/03 使用的是带相关增益的 PID 方程。见下式

$$\text{Output} = K_c[(E) + 1/T_I \int (E)dt + T_D \cdot d(PV)/dt] + \text{bias} \quad (1)$$

随着 PLC 的发展,指令功能越来越强大,而使

用趋向于简单化、功能化。SLC5/03 的 PID 设计是一个 23 字节的指令,工程技术人员只需将其所要求的参数输入到相应的字节,然后根据框图的需要,输入到梯形图控制功能中即可实现。

③模拟量输入输出的数值整定 SLC5/03 指令系统可以依据数据地址,直接读取接收模入板的现场信号,但需做以下几步工作。

(a)将输入的模拟量信号线性转换为 PLC 所能接收的数字量信号,就需要将输入的模拟量信号根据 PLC 的数值范围进行定标。模拟量输出时要反向处理。

(b)热媒炉的控制系统安全是第一位的,为此对输入的模拟量信号作了上下限制。

④浮点数的处理 设计当中经常涉及许多浮点数运算以及浮点数与整数之间的转换,处理不当会降低精度,直接影响调节品质。采用将浮点数放大运算、最后还原的处理方法,收到了很好的效果。

(5) 编写程序说明书

编写程序说明书是程序设计的重要一步,为此重新对功能框图进行了检查,并且逐级对梯形图编写了注释,充分保证了程序的可用性。在此基础上,编制了程序的综合性说明,结束了设计阶段的工作。

4、 实验室模拟

为保证软件的实用性和现场调试的顺利,在完成初步设计后,根据工艺要求,重点对启、停炉控制,自动安全保护控制及报警管理等方面的功能进行了反复多次的室内模拟试验,完成了最后设计。

五、结 论

通过几年的运行情况充分证明:采用 PLC 设计的热媒炉控制系统,不仅能满足实际生产的需要,达到其他产品同样高的自动化水平,而且可从根本上解决热媒炉控制系统存在的问题,完全可以作为热媒炉控制系统的升级换代产品。

参 考 文 献

1, 叶树达:热媒炉第二代仪表控制系统,管道科学研究院论文集,清华大学出版社(北京),1994。

(收稿日期:1998-10-30)

编辑:孟凡强