

集散控制系统在小化肥厂造气炉中的应用

吴凤秋 郭芳瑞

(西安建筑科技大学, 西安 710055)

摘要:概述了造气炉生产半水煤气的工艺过程,着重介绍了小化肥厂造气炉集散控制系统(DCS)的硬件配置及软件设计,总结了氢氮比调节控制算法的心得体会。该系统因使用了仿人智能算法得到了满意的效果。

关键词:集散控制系统;氢氮比;控制算法;仿人智能算法

中图分类号:TQ052.5

文献标识码:A

Application of distributed control system (DCS) for gas furnace in small fertilizer factory

WU Feng-Qiu, GUO Fang-Rui

(Xi'an University of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Technical process of producing semi-water gas by gas furnace, hardware configuration and software design of its distributed control system (DCS) in small fertilizer factories are introduced. Experience of control algorithm for adjusting ratio of hydrogen to nitrogen is reviewed. This system has gained satisfactory results by using aperty intelligent algorithm.

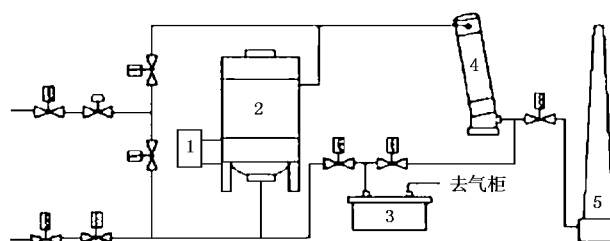
Key words: distributed control system (DCS); ratio of hydrogen to nitrogen; control algorithm; aperty intelligent algorithm

1 造气炉运行工艺

目前我国小氮肥行业大多以煤、水蒸气和空气为原料,利用固定床间歇式造气炉生产合成氨用的半水煤气。间歇式造气炉造气过程基本上分两部分,即吹风和制气。吹风过程是将空气通入造气炉的氧化层,使空气中的氧气与燃料发生剧烈化学反应,并放出大量的热量以提高炉温,为制气所需的热量做准备。

制气是吸热反应,因此随着不断地制气,炉温就会逐渐降低,于是就必须再通入空气(吹风)以提高炉温,炉温达到一定程度后再通入水蒸气制气。为了稳定气化层的温度和位置,保证生产过程的安全,控制好燃料层的分布,充分利用气体的热量提高气化率,造气过程并非简单的吹风和制气两步交替循环,而是要在整个半水煤气的生产过程中的每一个循环,分为 5 个阶段进行(参见图 1 造气炉工艺流程图)。

(1)吹风:吹风阀 F1、F2 及烟囱阀 Y 打开,空气经炉内、废热锅炉到烟囱,其目的是使煤炭化,升高炉温。吹风时间占整个循环周期的 20% ~ 27%。



1—自动机;2—造气炉;3—洗气箱;4—废热锅炉;
5—烟囱

图 1 造气炉工艺流程

(2)上吹:这时吹风阀 F1、F2 和烟囱阀 Y 关闭,蒸汽经总阀 CZ、调节阀 ZT、上行蒸气阀 SZ 由炉底通入,反应后的半水煤气由炉顶送出,经废热锅炉、上行煤气阀 SM、洗气箱至气柜。其操作时间是整个循

环周期的 20% ~ 28%。

(3)下吹:在上吹阶段中,炉底温度下降,炉内气化层位置上移,因此为了使燃料层中的气化上下均匀,气化层位置稳定及减少上吹时半水煤气带走的热量,必须在上吹一定时间后进行下吹制气。这时蒸汽由总阀 CZ、调节阀 ZT、下行蒸气阀 XZ 自炉顶送入,反应后的半水煤气从炉底送出,经下行煤气阀 XM、洗气箱入气柜。本阶段的操作时间占整个循环周期的 37% ~ 40%。

(4)二次上吹:经过下吹制气后,炉底充满半水煤气,这时若立即转入吹风阶段,空气与煤气相遇将发生爆炸事故。所以二次上吹的目的是吹净炉底的半水煤气,以便再次进入吹风阶段时确保安全生产。二次上吹时,蒸气阀 CZ、调节阀 ZT、下行蒸气阀 XZ、下行煤气阀 XM 均打开。本阶段的时间只是整个周期的 7% 左右。

(5)吹净:这时空气经吹风阀 F1、F2 进入炉底,半水煤气从炉顶经废热锅炉,上行煤气阀 SM、洗气箱入气柜。本阶段的目的是为回收上行煤气管道及设备内的煤气,否则,再次进入吹风时,不仅浪费残余的半水煤气,而且还会污染环境。本阶段操作时间只占整个循环周期的 3% 左右。

上述 5 个阶段顺序地重复运行,直到炉内的燃料层下降到一定程度,需要停炉重新加煤时为止。

2 造气炉控制方案

杞县化肥厂有 3 台 $\Phi 2260$ 造气炉,一直使用老式仪表盘操作,耗煤多、耗电量大,生产过程不稳定,生产出的氮肥质量时好时坏,因此,必需改造老设备的检测与控制系统。

从上述工艺看到,这是一个间歇动态过程,干扰因素多、大纯滞后,是一个极其复杂而难以控制的系统,笔者要设计成两级集散控制系统(即 DCS 系统)需完成如下的控制任务:

(1)每台炉子的 8 个阀门按规定时间打开和关闭,3 台炉子的 24 个阀门再加上总蒸汽阀共 25 个阀门协调工作,顺序完成上述循环基本操作。

(2)3 台炉中任一炉的一个循环内的 5 个阶段,所用的时间必须随时可调,且保证每一循环的时间为 2.5 ~ 2.9 min。

(3)3 台炉子只允许 1 台在吹风,绝不允许 2 台或 3 台同时吹风,以免使供风负荷过重烧坏风机。

(4)控制氢氮摩尔比为 3:1。氢氮比是合成氨的重要经济指标和技术指标,它直接影响后续工序

氨合成的质量。我们采用测氢调氮的方法来将氢氮比调到 2.5 ~ 2.9。氢气检测点设在气柜后、变换后和合成前 3 个位置,将 3 个检测值加权平均作为 3 台炉子的公共氢检测信号,根据此信号的大小来控制加氮气的多少,加氮的多少实质上是进入炉内空气多少的问题。当检测氢信号低于正常设定值时,放空阀 Y 打开,同时吹风提高炉温;当氢信号值高于设定值时,延长吹风时间,若氢信号值不能回到设定值时,则在下一个循环吹风时提前关闭放空阀 Y。

(5)在进入上吹和下吹阶段时调节入炉蒸汽。根据蒸汽和燃料之间作用的化学反应机理,入炉蒸汽应该是递减加入,这样才能提高蒸汽分解率,增加半水煤气的产量。根据炉况递减的大小,要由蒸汽阀门的开度大小来控制。入炉蒸汽量的调节靠单独设置一个以炉子内气化层温度为反馈信号的反馈回路控制。

(6)上位机和下位机采用点对点控制,3 台下位机的启、停,参数设置、显示、调整等单独运行,无需相互通讯。

(7)各个阀门的开、关不到位,都要进行报警。

3 硬件配置

硬件配置的原则是:可靠性高,维护方便,资源丰富,投资不大,施工周期短。本系统采用上、下位机两级集散控制系统。下位机进行数据采集和现场控制、现场显示,它既可以现场检测与控制,又可以接受上位机下达的命令。上位机的主要任务是接收下位机传送上来的必要的的数据,这些数据经分析和处理后,显示当前工况并打印必要的记录。

(1)主机选型的考虑:主机选型应从前面造气炉的工艺过程及控制方案上考虑。这是一个复杂的过程控制,拟定采用上、下位机二级集散控制系统。对于所用计算机的选型我们作了市场调研和分析。目前工业 PC 机已非常便宜,若用单片机自行设计或用现成单片机的模板自行配置,其价格和工业 PC 机相差无几。另一方面,工业 PC 资源十分丰富,且编程简单,施工周期短,正常运行之后维护又方便。由以上分析考虑,决定采用工业 PC 机,上位机选用研华工控机(CPU 为 Pentium166,内存 32 兆),为日后维护方便,3 台下位机也选用与上位机同样的机型。

(2)通道配置:通道硬件是整个系统的嘴巴和咽喉,必须准确可靠。本系统所用 A/D、D/A、DI、DO 均选用康拓公司的产品。

(3)上下位机通讯:上下位机通讯是整个系统的

关键环节,本系统选用 RS-485 总线方式,另外又自行设计了一块 RS-232 和 RS-485 的通讯转换板。根据现场情况,3 台造气炉之间不需要相互通讯,而只需要上下位机点对点通讯,这样的设置完全满足了生产上的需要。整个系统结构如图 2 所示。

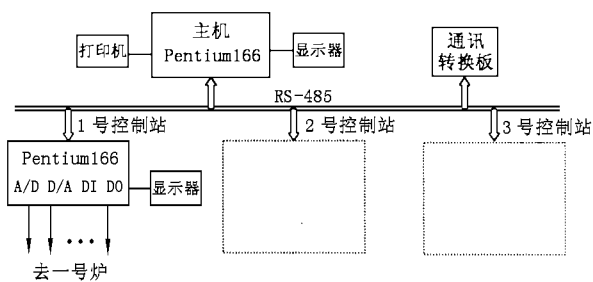


图 2 系统结构图

4 软件设计

软件设计采用模块结构化设计,主要有三大部分:上位机(管理层)模块、下位机(控制层)模块以及通讯模块。整个系统的软件设计在 Windows95 平台上,采用汇编和 Delphi 3 种语言混合编程。其中上、下位机界面均采用 Delphi 编程,其余的用 VC++ 和汇编编程。

4.1 上位机(管理层)模块

主要包括主控程序、人机界面程序、任务调度程序及各种子程序。这里仅介绍人机界面,主要有:

(1)3 台炉子总的工况参数表,共显示 91 个参数。此表作为主画面,3 秒钟刷新一次。在主画面下面设置了 10 个系统功能键,例如:画面翻页键、系统键锁等。

(2)各个炉子的参数设置、调整表及各炉子主要参数的趋势曲线,其中氢、氮、CO₂、蒸汽流量等的趋势曲线尤为重要。当系统自身不能调整到正常参数时,操作工利用参数设置表用加 1、减 1 键调整参数到正常值,人工要强行干预控制。因此,各炉子主要参数趋势显示曲线和参数设置表在一个界面上。

(3)各个炉子的阀门报警表。报警时记录报警年、月、日、时、分、秒,同时在各炉的工艺流程图的阀门上,用红颜色显示有故障,用绿颜色显示正常工作。

(4)工艺流程图。需要观察各炉流程情况时,在工艺流程图上均可观察到大概的工况情况,例如各阀是否正常工作、炉内的温度、蒸汽的压力流量、气柜里水煤气的高低等,均可从工艺流程图上看出来。

4.2 下位机(控制参数)模块

主要包括通道程序和控制算法程序。

(1)通道程序主要有采样、滤波、标度变换、非线性校正、数据变换等子程序。

(2)控制算法子程序:在计算机过程控制系统中,控制算法就相当于控制理论中的调节器,因此任何计算机过程控制系统中,控制算法是系统的核心内容,整个系统运行的好坏主要取决于控制算法。本系统所用控制算法分两部分,一部分是氢氮比调节,另一部分是蒸汽流量调节。

① 氢氮比调节。

该系统是间歇循环运行系统,和常规的连续系统不同。这种系统每一循环的调节都要从头来,同时还要考虑上一个循环运行的结果。

此系统中氢氮比的控制是在造气炉中进行配氮,而控制效果要在合成塔处才能反应出来,显然此系统是大纯滞后系统,经过我们多次实测,滞后时间约 26 min。

由于系统的复杂性,这一系统的数学模型很难构造出来。

鉴于上述情况,在本系统上我们对多种控制算法作了研究和试调。首先采用了 PID 和 Smith 预估控制算法,其结果系统运行不稳定。后来我们先后采用了最优控制算法、Kalman 滤波预估状态反馈等算法也没有得到良好的结果,分析其原因是假定的二阶模型与系统的真实模型相差太远。最后我们总结了工人们的操作经验拟定了 11 条操作规则,当氢氮比在正常范围时,计算机像人一样按这 11 条操作规则自动调节氢氮比,不需人工干预;当因某种扰动使氢氮比超出允许范围,计算机又不能校正时,操作工利用加 1 减 1 键强行校正到氢氮比的正常范围。这一计算机控制与人工干预相结合的仿人智能控制算法十分有效。

②对蒸汽流量的调节。蒸汽调节的主要依据就是炉内气化层的温度。利用热电偶直接测得这一温度是十分困难的。而只能间接得到。我们经过多次统计实验,利用最小二乘法进行曲线拟合,找出了炉子的温度变化规律,得到了较为接近炉子真实温度的测量值,根据这一测量值采用积分分离、带死区的 PID 运算来控制蒸汽流量的大小,实际上是将总蒸汽开到最大调整各炉子蒸汽阀门的开度大小来递减控制的。

(下转第 51 页)

- (3):151~154
- [6] 聂亚峰,薄文福,张晋华.废塑料处理技术进展与展望[J].城市环境与城市生态,2001,14(1):18~20
- [7] 周卫平,龙正宇.塑料污染及其治理对策[J].现代化工,2000,20(6):1~4
- [8] 李青山,王慧敏,蔡传英.塑料再生与利用的新进展[J].化学通报,2000(3):17~21
- [9] 李万海,张松滨,王红.废聚苯乙烯泡沫塑料制取涂料[J].环境保护,2000(7):44~45
- [10] 杨震.废聚苯乙烯塑料热分解生产苯乙烯单体的研究[J].环境科学,1997,18(2):43~45
- [11] 邹盛敏.塑料解聚技术[J].塑料科技,1998,126(4):54~57
- [12] 李慧,马正先.废旧塑料的粉碎[J].中国塑料,2001,15(4):86~90
- [13] Stückrad B T O, Löhr K, Vogt V. Sorting of waste plastic mixtures by flotation[A]. In: Hoberg H, von Blottnitz. Proceedings of the XX international mineral processing congress [C]. Aachen, Germany. GMD B Clausthal-zellerfeld, 1997. 307~318
- [14] Guern C L, Conil P, Houot R. Role of calcium ions in the mechanism of action of a lignosulphonate used to modify the wettability of plastics for their separation by flotation[J]. Minerals Engineering, 2000, 13(1): 53~63
- [15] Inculet I I, Castle G S P. Tribo-electrification of commercial plastics in air[J]. Institute of Physics Conference Series, 1991, 118: 217~222
- [16] Shen Huiting, Forssberg E, Pugh R J. Selective flotation separation of plastics by particle control[J]. Resources, Conservation and Recycling, 2001, 33(1): 37~50
- [17] Singh Bimal P. Wetting mechanism in the flotation separation of plastics [J]. Filtration and Separation, 1998, 35(6): 524~527
- [18] Pascoe R D, Hou Y. Investigation of the importance of particle shape and surface wettability on the separation of plastics in a larcodems separator[J]. Minerals Engineering, 1999, 12(4): 423~431
- [19] 张仲燕,赵根妹,梁璇琪.聚酯(PET)废塑料分离回收方法研究[J].环境科学,1994,15(3):26~29
- [20] Shibata J, Matsumoto S, Yamamoto H, et al. Flotation separation of plastics using selective depressants[J]. International Journal of Mineral Processing, 1996, 48: 127~134
- [21] Zhang Shunli, Forssberg Eric. Mechanical separation-oriented characterization of electronic scrap [J]. Resources, Conservation and Recycling, 1997, 21: 247~269
- [22] Buchan R, Yarar B. Application of mineral-processing technology to plastic recycling[J]. Mining Engineering, 1996, 48(11): 69~72
- [23] Stückrad Björn, Löhr Karsten. Method for sorting plastics from a particle mixture composed of different plastics[P]. US, 5566832. 1996-10-22
- [24] Sumio Izumi, Hiroshi Tanaka. Method for separation of mixture of plastics[P]. US, 3925200. 1975-12-09
- [25] Sumio Izumi. Flotation method for separation of mixture of plastics[P]. US, 3926790. 1975-12-16
- [26] Günther Deiringer, Gerhard Edelmann, Bernhard Rauxloh. Process for the separation of plastics by flotation[P]. US, 5248041. 1993-09-28
- [27] Sisson Edwin A. Process for separating polyethylene terephthalate from polyvinyl chloride[P]. US, 5120768. 1992-06-09
- [28] Gisela Ablas Marques, Jorge Alberto Soares Tenório. Use of froth flotation to separate PVC/PET mixtures[J]. Waste Management, 2000, 20: 265~269
- [29] Valdez E G, Wilson W J. Separation of plastics by flotation[P]. US, 4167477. 1979-09-11 ■

(上接第45页)

4.3 通讯模块

通讯模块是保证上下位机通讯可靠性及实时性的关键。我们采用主从式通讯结构方式,利用自行开发的通讯转换板和 RS-485,定义了适用本系统的网络通讯协议,将协议程序和上下位机的相关程序密切配合,保证上下位机之间的一对一通讯(本系统下位机之间设计成不通讯)。

5 运行结果

该系统已正常运行一年多,安全可靠,没有出过问题,效益明显。根据厂方提供的数据,吨氨耗煤量下降 4.25%,吨氨耗蒸汽量下降了 23.7%;氨氮比控制在 2.7 左右,误差限制在 ± 0.2 以内,原来手动氨氮比控制的合格率只有 70%,现在稳定在 93% 以

上。大大提高了控制精度,稳定了生产工况;此外,由于计算机代替了老式仪表盘,不但检测准确控制可靠,而且系统的工作状态 94 个工况参数都显示在屏幕上。方便了操作,减小了劳动强度。

笔者认为化工生产的好坏在于合理的生产工艺,合理的生产工艺离不开先进的检测与控制手段,旧设备采用计算机检测控制也能生产出高质量的产品。对于这种间歇式生产过程控制,常规 PID 算法以及所谓的高级算法,如最优控制、Kalman 滤波及状态反馈控制等都得不到满意的结果,而采用模糊控制^[1]、仿人智能控制反而能得到明显的效果。分析其原因,关键是这种间歇式生产过程太复杂了,通常使用的二阶模型与这种系统相差太远,因此,一般算法或高级算法很难奏效。我们采用仿人智能算法,抗干扰能力强、运行稳定。■