串级控温系统在生物质气化炉生产中的应用

吕大飞

(河北天善生物技术有限公司，河北唐山063000)

摘要：为了提高控制精度，生物质气化炉控制系统采用S7 200 SMART PLC作为核心控制器，采用串级控制进行温度调节，采用PID算法进行系统数据优化计算，采用PLC梯形图程序进行气化炉的优化控制，从而实现生物质气化炉的稳定高效工艺生产要求。

引言

生物质气化是利用空气中的氧气或含氧物作气化剂，在高温条件下将生物质燃料中的可燃部分转化为可燃气(主要是氢气、一氧化碳和甲烷）的热化学反应，生物质气化炉是采用生物质成型燃料或农林废弃物通过风机送风，实现了炉温和进风量的可控，使燃料在炉膛内充分气化和燃烧，产生生物质碳和生物质燃气等能源产品，在新能源环保方面具有重要作用。

生物质气化系统包括上料输送系统、气化炉体调节系统、出料系统、净化系统、气液分离系统、气体存储系统等部分。其中气化炉体调节系统是最关键的设备组成部分，包括鼓风机、电动调节进风阀、出气阀等电气设备。

系统一开始采用出气温度与进气阀组成闭环控制系统，如图1所示，根据出气温度设定值范围相应调整进炉气量，从而控制出气温度保持在设定值范围，但是在实际生产中发现生物质气化炉存在炉内气体燃烧不稳定，炉内各温度带出现迁移，出气温度滞后性大，反应缓慢，产碳质量不正常等情况。

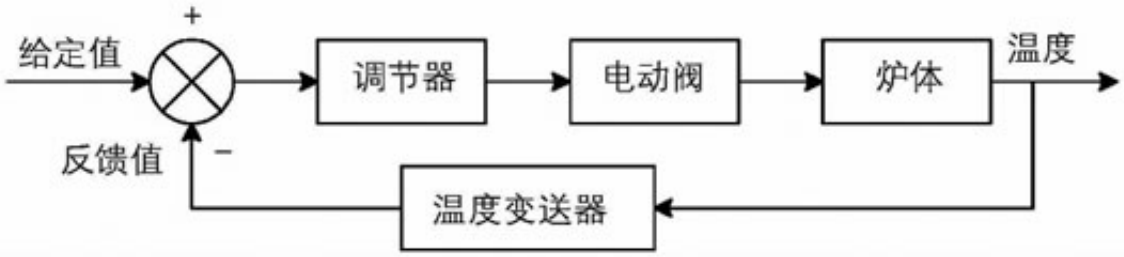

图 1 单闭环炉体温度控制系统图

Fig.1 Temperature control system of single closed loop furnace

1新型串级控温系统的设计

串级控制可以改善过程的动态特性，由于比单回路控制系统在结构上多了一个副回路，因此减少了回路中环节的时间常数，使系统的响应时间加快，提高了系统控制质量，能迅速克服进入副回路的二次扰动，提高了系统的整体性能。尤其对于容量滞后较大、纯时延较大、扰动变化激烈而且幅度大以及参数互相关联的过程等负荷变化串级控制的适应性较强。

因此，根据系统生产特点决定采用串级控温方式对炉体控制，串级控制炉体温度系统如图2所示，采用炉体温度与进气阀组成副闭环反馈系统，出气温度与进气阀组成主闭环反馈系统，利用主控制器的输出作为副控制器的给定值，副控制器的输出来控制进气阀，以实现对变量的控制。

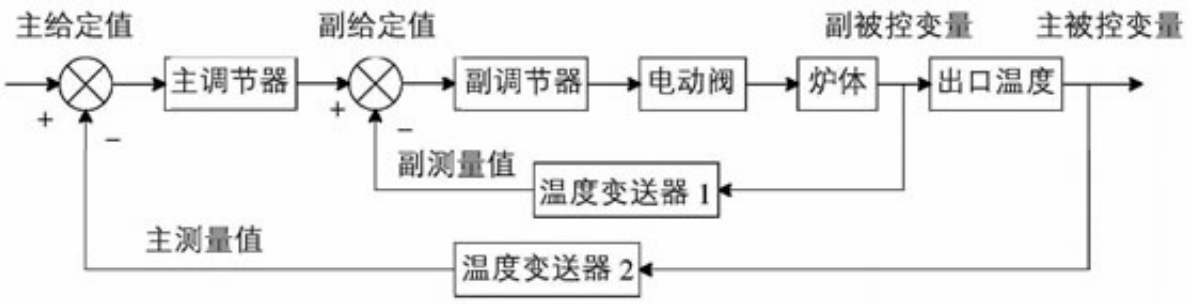

图 2 串级控制炉体温度系统

Fig.2 Cascade temperature control system of furnace

在初始阶段，出口温度值不变，主调节器的输出不变，电动阀就按副测量值和给定值进行比较调节，控制电动阀的开度，使炉温向设定温度调节。

当出口温度发生变化时，主调节器不断改变着副调节器的输入值，副调节器按照设定值和变化后的输入值进行比较并输出控制电动阀的开度，直到炉体出口温度重新恢复到设定值为止。

1.1输出量的控制目标

气化炉炉内负压控制在-2kPa左右，炉体温度控制在520～550°C，炉内出气温度控制在450～480°C。

1.2控制系统硬件配置

硬件采用西门子S7 200 SMART PLC，SR60型开关量模块，AE08型，AQ04型，AM06型模拟量模块，对现场各种设备的运行状况以及运行时的压力、温度、流量等工艺参数进行采集，在研华上位机上进行显示，监控，存储。测温元件采用K型热电偶。

1.3控制系统软件配置

软件采用STEP7-MICROWIN SMART PLC编程软件进行梯形图编程，采用WinCC7.0软件进行监控画面编制，能在画面上进行现场各种设备的启动停止操作，能设置风机、电动调节阀的运行频率和开度，能进行PID调节的手动自动状态投入、退出及相应状态控制。

PID参数整定方法有响应曲线法、临界震荡法、衰减振荡法、继电器自整定法等，根据生产现场实际需要以及系统可操作性来考虑决定优先选择衰减振荡法。一般主控制器采用P控制，精度要求较高时用PI，主对象滞后较大时用PID；副对象一般用P控制，副对象时间常数过小时用PI控制。在实际使用时先将主调节器投入使用，将主调节器、副调节器的积分时间放置最大，微分时间放置最小；将主调节器的比例度放置100%刻度上，按4:1衰减比整定副环，在整定时副调节器的比例度由大往小逐步调节，求取该衰减比下副调节器的衰减比例度δ_{2S}和衰减操作周期T_{2S}。将副调节器的比例度放置于δ_{2S}位置，用同样方法和衰减比整定主环，求该衰减比下的主调节器的衰减比例度δ_{1S}和衰减周期T_{1S}。由所得数据结合选型表来选择适当的公式求出主调节器和副调节器的整定参数。初步得到$K_{P1}=7$，$T_{i1}=20$，$K_{P2}=6.5$。下载到PLC梯形图程序中投入使用。

在使用中分别设定炉体出口温度的不同取值通过串级控制来进行实际出口温度检测观察。本套气化炉采用双出气管路进行出气，为了使生产时炉内压力温度平衡统一，在实际生产时对两个出气管路的温度值采取平均值进行分析比较，给定温度也是对两个出气管路的平均温度值进行调节控制；通过实际温度取值，发现测量结果误差范围小，控制精度较高。测量值如表1所示，对应PID控制曲线及对应监控操作画面(部分)如图3、图4所示。

表 1 炉体出口温度测试数据表

Tab. 1 Test data table of furnace output temperature

序号	给定温度/℃	实测温度/℃	误差/%
1	450.0	452.1	0.467
2	470.0	467.3	−0.574
3	490.0	493.8	0.775
4	510.0	514.2	0.823
5	530.0	528.6	−0.264

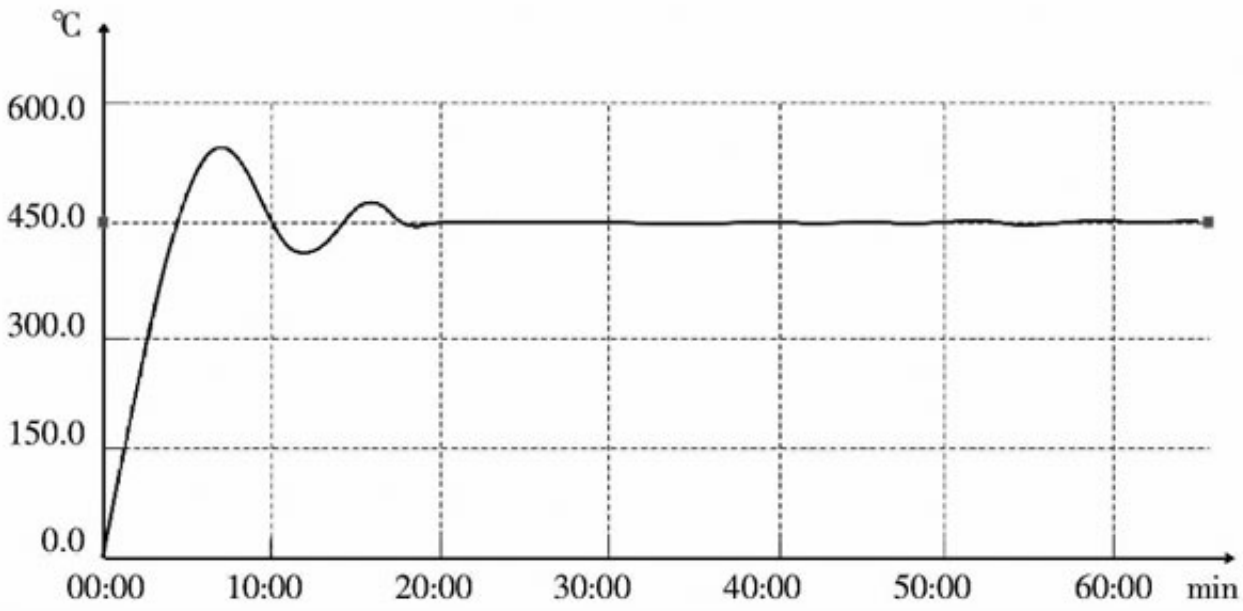

图 3 炉体出口温度实时曲线

Fig.3 Real time curve of furnace output temperature

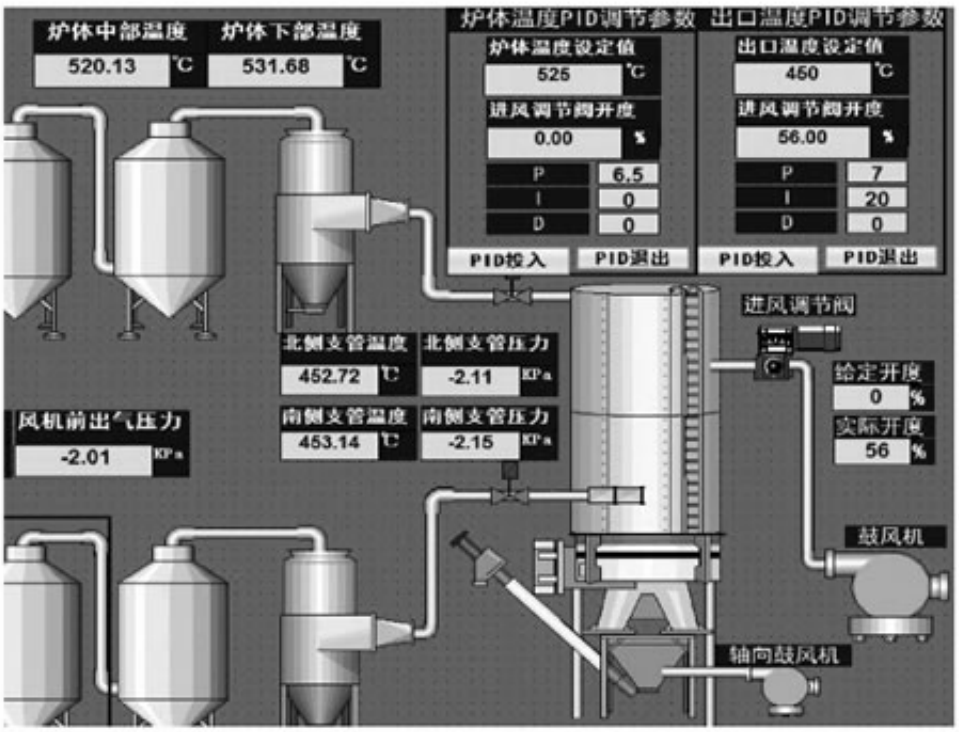

图 4 监控操作画面（部分）

Fig.4 Monitor operation screen (part)

在实际使用过程中由于主副调节器的共同作用，进气电动阀门的开度会进行位置变化，使生产过程中有波动的出口温度能很快恢复到设定值，从而保证了生产工艺的要求。由于副调节器具有粗调的作用，而主调节器具有细调的作用，两者互相配合，控制质量必然高于单回路控制系统。

2结语

该串级控温系统较以往生物质气化炉生产控制系统在稳定性、控制品质、控制性能上均得到很大的提升，取得了很好的应用效果，引入该系统以后完全达到了生物质气化炉的连续生产的要求，产生的生物质产品在质量和数量上均满足了生产工艺的要求，取得了良好的经济效益，具有十分广阔的应用前景。

参考文献

[1]罗及红.基于PID算法的炉窑温度串级控制系统设计[J].计算机测量与控制，2012，20(12):3243-3245.

[2]邵裕森，戴先中.过程控制工程[M].北京：机械工业出版社，2000.

[3]王伟，张晶涛，柴天佑.PID先进整定方法综述[J].自动化学报，2000,26(3):348-356.

[4]李茜，李彬，朱雪丹.模糊自整定PID控制器的设计与仿真[J].化工自动化及仪表，2010,37(3)25-28.

[5]林杰德.过程控制仪表及控制系统[M].北京：机械工业出版社，2006.

[6]刘增环，张文奎.串级控制在中频感应加热温度控制系统中的应用[J].制造业自动化，2014(13)5-8.

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/155850.html