

基于DCS控制器的生物质锅炉燃烧控制系统的设计

王治江

(天津市星拓科技发展有限公司, 天津300384)

摘要：为改善生物质锅炉在实际应用中出现的鲁棒性差、燃烧效果不理想等现状，结合某糖厂的实际情况，基于DCS控制器设计了适用于生物质锅炉的燃烧控制方案。上位机选用MCGS组态软件，通过DDE技术完成MCGS组态软件和MatLab之间的通信，并通过MatLab完成了对燃烧控制系统中几个主要参数的控制；下位机选择用Atmega128作主控制器，完成数据的采集、上传等工作。实践证明，该设计方案可以提高该厂生物质锅炉在燃烧过程中的稳定性，具有一定的应用价值。

生物质 (biomass) 是指通过光合作用而形成的各种有机体，与目前常用的煤、石油、天然气等能源相比，来源广泛、丰富；宏观上看，其燃烧过程可以实现CO₂的零排放，为一种理想的绿色能源。目前针对我国具体国情，通过直接燃烧的方式利用生物质能源是现行应用最多、最为成熟的。

生物质锅炉因其绿色环保的特性被广泛地应用到很多工厂中，但仍需要对燃料量的控制、鼓风机风量的控制、引风机风量的控制等开展深入的讨论和研究。对燃料量精确的控制是保证炉膛内的主蒸汽量保持稳定的关键。在生物质燃烧过程中炉膛内的含氧量也是决定生物质燃烧质量的重要因素，而锅炉炉膛内的含氧量主要由鼓风机的送风量决定。所以，使生物质原料充分燃烧的同时又不被过大风量带走过多的热量，关键在于对鼓风机送风量的控制。最后，为了让炉膛内的压力保持在一个安全范围内，还需要对引风机的引风量进行控制，防止出现因为炉膛内压力太大而出现喷火、喷灰等现象，或者因压力过小而造成燃料燃烧不稳定甚至出现灭火的现象。为了解决上述问题，提高生物质锅炉在燃烧过程中的稳定性，文中基于DCS控制器设计了对生物质锅炉的燃烧过程进行控制的控制系统。

1 控制系统设计

生物质锅炉燃烧控制系统的设计，需要对系统的实时流量、液位、温度及压力等数据进行监控，以完成对蒸汽流量的统计，从而完成超限保护、报警及控制设备等功能。需要在整个控制过程中对风机、泵、电动阀等开关量，以及主蒸汽、温度、压力、气泡液位、流量等模拟量进行实时监控。该控制系统测点数量统计见表1。

表 1 测点数量

Tab.1 Number of measured points

项目	模拟量输入	模拟量输出	开关量输入	开关量输出
温度、压力	52			
电动机			24	24
气动调节阀	10	10	20	
电动阀			34	34
电磁阀、液压阀				18
其他	1		11	3
合计	62	10	89	79

设计选用的上位机为ADLINK工控机。该工控机主机频率为1.3GHz，CPU配置是Intel (R) Celeron，能够满足设计的基本需求。设计基于DCS网络结构，上位机选用MCGS组态设计软件。MCGS是具备快速构造和生成上位监控系统组态软件，具有对实时数据的显示、存储等基本功能，还能方便查找历史数据，且具备故障报警等功能。该系统采用可靠的DDE技术完成MCGS组态软件与MatLab之间的通信，充分地利用了MCGS组态软件界面可视化的很多功能与

MatLab便捷的控制方法及稳定的工程计算能力，以完成对生物质锅炉各项参数的精确控制。部分仪表的选型见表2。

表 2 部分仪表的选型

Tab.2 Selection of partial instrument

仪表	型号
溶解氧分析仪	AMloxytrace
压力变送器	EJA530A-ECS4N-02DF
差压变送器	EJA118W-DMHA1FB
变频器	ACS 510
涡街流量计	DY 150
流量测量装置	LGHP 40-25C

下位机选用的主控制器为Atmega128，基于Atmega128构建的 μ COS- 嵌入式操作系统，具备储存、报警、打印等功能，主要用于完成实时数据的采集工作，并将采集到的数据上传给上位机监控系统。系统结构如图1所示。

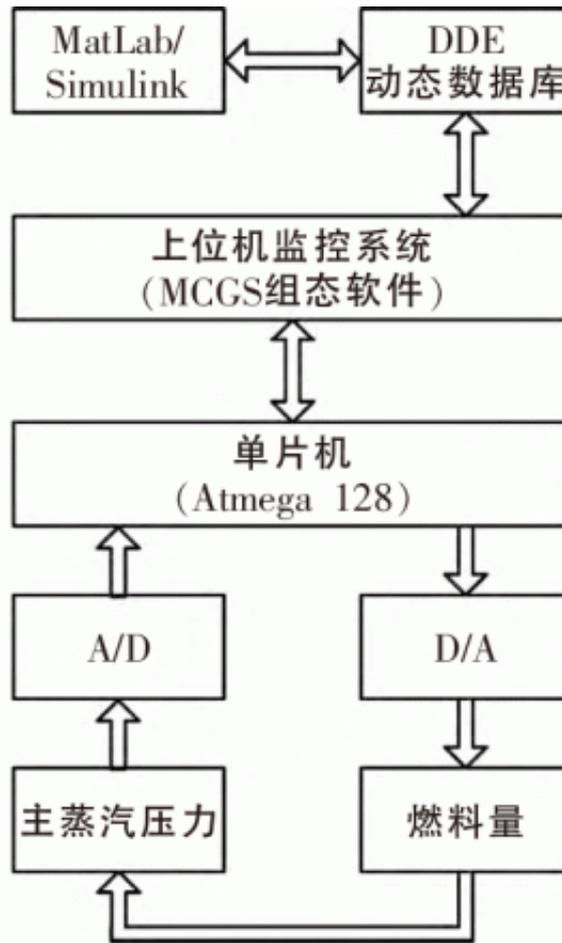


图 1 系统结构

Fig.1 System structure

根据 I/O 测点所需储存容量的经验公式

$$M_0 = \frac{(1.1 \sim 1.25) [10D_i + 5D_o + 100(A_i + A_o)]}{2} \text{ kb}$$

计算存储容量为

$$M_0 = \frac{1.25(10 \times 78 + 5 \times 89 + 100 \times 79)}{1024} \text{ kb} = 11.15 \text{ kb}$$

M_0 小于 Atmega 128 的容量, 表明 Atmega 128 满足控制要求。

目前，生物质锅炉燃烧控制系统多采用PID控制策略。整个燃烧控制系统由燃料量控制系统、送风量控制系统、引风量控制3个子系统构成，主要实现对以下几类变量的控制：生物质锅炉的蒸汽参数包括主蒸汽的温度及压力、炉内压力参数以及气泡水位值；生物质在炉膛停留的时间、燃料量、送风量、引风量，烟气含氧量等参数的精确控制。此外，控制系统还要实现生产过程的顺序控制、连锁保护和报警功能。

LabVIEW因其强大的图形语言开发环境被工业开发和试验调试中广泛使用，其中自带的PID控制工具包，命令行调用Simulink模型搭建控制回路，实现PID控制，串级控制，最终完成系统需要达到的程序控制。

2.1 燃料量的控制子系统

燃料量的供给状况是影响锅炉蒸汽压力的重要因素，而保持蒸汽的供需平衡是锅炉安全、稳定运行的关键。经过燃烧的一系列过程，燃料热值的变化和燃料流量的变化会带来主蒸汽压力值的改变，在燃烧的每个环节都存在迟滞，经过燃烧的整个过程后控制回路的滞后明显加大。针对这种总滞后大、环节复杂的生产过程，要达到高质量的控制目的，串级控制系统是最佳方案。

根据锅炉的燃烧特点和串联控制的工作原理，燃料控制的方案采用主蒸汽压力串联控制，其中将主被控变量设定为炉膛内的主蒸汽压力，副被控变量设定为锅炉炉膛温度。该部分控制系统的调节过程分为以下2种情况：

第1种情况当燃料的喂料器送到炉膛内的燃料流量发生变化的时候，短时间内主蒸汽压力不会改变，此时主控制器的输出不变，然而副控制器因为燃料的变化，炉膛内的温度发生变化，此时副控制器需要调整燃料喂料器的供给情况，来保持炉膛内温度值的稳定情况。当燃料的热值发生变化，主蒸汽压力短时间内保持稳定时，也会出现炉膛内温度变化的现象，主控制器根据反馈值调节输出，燃料的喂料器受到主控制器和副控制器的同时作用，可以提高控制的效果。

第2种情况生物质锅炉的主蒸汽压力变化的同时，炉膛的温度也在发生变化，此外锅炉中还存在其他多种扰动。主控制器通过主环调节炉膛温度控制器的设定值，调整燃料的供应量，使主蒸汽压力的参数值保持稳定状态；炉膛温度控制器除了接受主控制的信号，还要随着炉膛温度的实际值（通过测量得到）而随之变化，使得主蒸汽压力值保持在系统的设定值。为了让整个系统运行的更加安全可靠，需要在系统中加入报警及连锁保护功能。

2.2 烟气含氧量控制子系统

鼓风机的送风量决定了燃料在燃烧过程中是否燃烧充分。因生物质燃料中含有大量的N，C元素，如果鼓风机送风量不足，燃料燃烧不充分，会造成资源浪费；如果鼓风机的送风量过大，空气会带走大量的热量，不但造成资源的浪费还会因为生成氮氧化物带来环境污染，这就违背了生物质锅炉研制时经济、环保的初衷。通过控制鼓风机的送风量控制炉膛内的含氧量，让锅炉内的燃料达到最佳空燃比是此环节控制的最终目的。

本环节的控制系统仍然采用串级控制，将主控变量设定为鼓风机的送风量，副控变量是烟气中的含氧量。烟气含氧量调整回路和鼓风机送风总量调整回路构成的串级控制系统（带氧量修正的串级串级控制系统）。当风量的实际值偏离设定值时，实际的含氧值经过比较器和设定的含氧量经过比较修正，达到最佳含氧量的设定值，再根据具体的偏差量调整含氧量，校正总风量，最后确定总风量的设定值，通过调节送风机的转速和调节阀来控制总风量。烟气含氧量控制子系统的串级调节如图2所示。

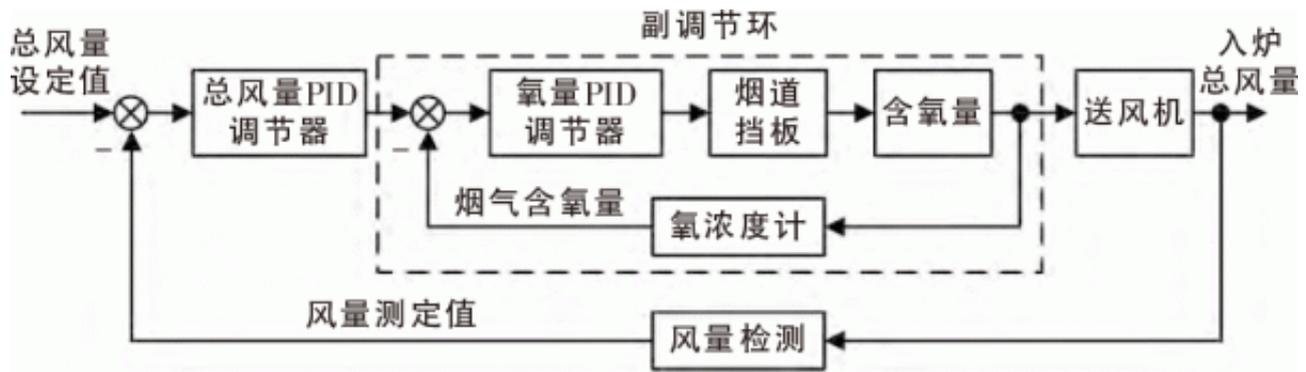


图2 送风量串级调节系统

Fig.2 Cascade control system for air supply

2.3引风量的控制子系统

炉膛内的压力值是影响炉膛安全运行的重要因素，通过调节引风机的引风量，将炉膛内的压力维持在安全范围内是该控制子系统要实现的控制目标。炉膛内的压力值直接受引风机引风量大小的影响，并且具有响应快、惯性小的特点，因此将两者做比例特性处理。对引风量的控制可以通过单回路闭环控制系统来实现，该子系统的串级调节如图3所示。

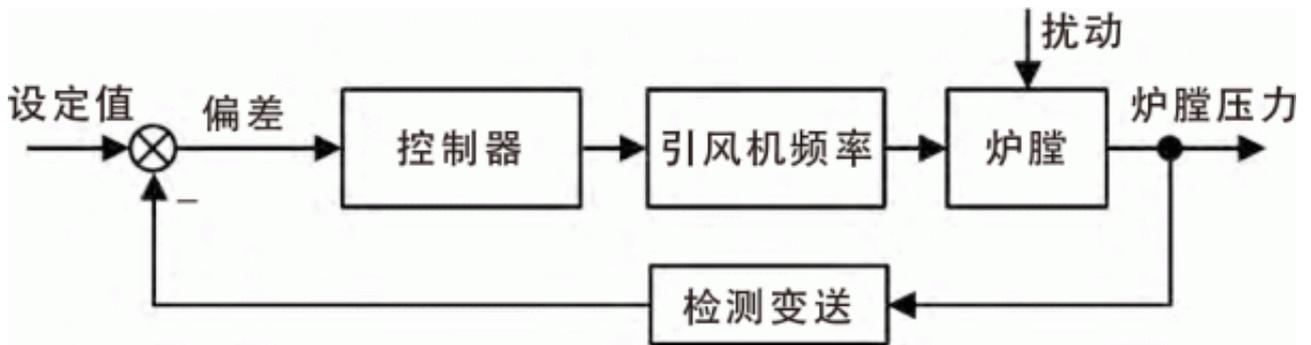


图3 引风量串级调节系统

Fig.3 Cascade regulation system for lead air

3系统的应用

所采用的燃烧控制方案在某糖厂的生物质锅炉中，响应时间达到60s，蒸汽压力最大超调量为0.4%。在燃烧过程中，空气流量、燃料量、主蒸汽压力等相关的主要参数曲线如图4所示。

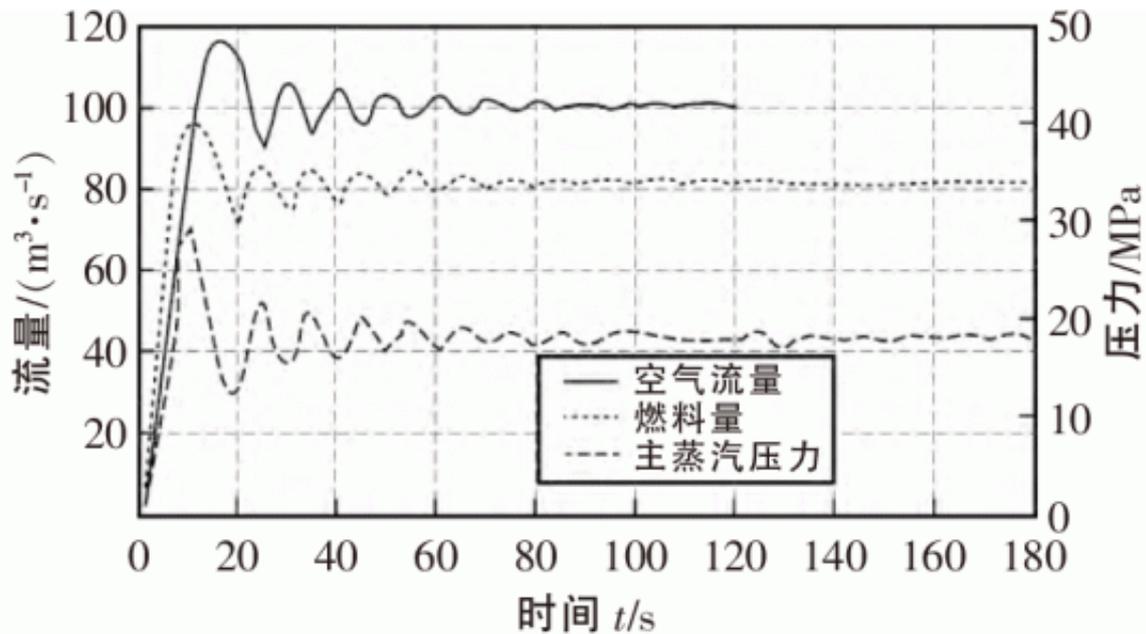


图 4 燃烧过程的主要参数曲线

Fig.4 Main parameter curves of combustion process

4结语

根据糖厂生物质锅炉的控制特点和性能要求，设计了基于DCS网络结构的锅炉燃烧控制系统，采用基于串级控制技术控制主蒸汽压力以及烟气含氧量，基于反馈控制技术控制炉膛压力的控制方案。实践证明，该系统可以实现对生物质锅炉燃烧过程的自动控制，使得锅炉在燃烧过程中的重要参数达到相应的指标要求，有效地改善了系统燃烧效果不理想、鲁棒性能差等问题，能够让系统实现安全运行、稳定运行，具有一定的环保意义和很好的应用价值。

参考文献：

- [1]秦建南，叶权圣，陈骏佳，等.糖厂生物质锅炉燃烧自动控制研究方案[J].轻工科技，2017，34（7）：26-27.
- [2]秦国栋，沈建明，基于CAN总线的生物质燃料锅炉温度集中控制研究[J].科技与创新，2017，4（1）：91-92.
- [3]孙阳阳，姚国鹏，钟祎劼，等.700 超超临界燃煤发电机组关键部件验证试验平台控制系统设计[J].热力发电，2016，45（9）：56-60.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/136234.html>