基于 DCS的循环流化床炉内喷钙脱硫控制系统的设计与实现

刘 岩[1], 王卫兵[1], 李 鹏[2]
(1. 哈尔滨理工大学 计算机科学与技术学院, 黑龙江 哈尔滨 150080; 2. 中电普瑞科技有限公司, 北京 100192)

摘 要:以循环流化床锅炉实施炉内喷钙脱硫工程改造为基础,设计并实现了一套完整的基于DCS自动控制的炉内喷钙脱硫控制系统. 在分析了该脱硫的工艺和系统的组成及功能的基础上,给出了系统的总体结构,讨论了系统各部分功能的实现方法和技术方案,详细说明了脱硫过程控制的实现方法. 实际运行结果表明,该系统具有结构合理,功能完善,自动化程度高,运行稳定可靠等特点,研究的结果对新电厂的设计和老电厂的改造具有一定的意义.

关键词:循环流化床; 炉内喷钙; 控制系统
中图分类号: TP273. 5 **文献标志码**: A **文章编号**: 1007- 2683(2009)05- 0056- 04

A Design and Implamentation of CFB Limestone Injection Desulfurization Control System Based on DCS

LIU Yan[1], *WANG Wei-bing*[1], *LI Peng*[2]
(1. School of Computer Science and Technology, Harbin University of Sience and Technology, Harbin 150080;
2. China Epri Science and Technology Corporation Limited, Beijing 100192, China)

Abstract: A completed DCS-based CFB (Circulated Fluidized Bed) limestone injection desulfurization control systems is designed and implemented in this paper, which takes a power plant project-based transformation as background. The overall structure, function method and technology programmes of every part of the system is given and illuminated in this article, based on the analysis of the system components and functions, the desulfurization process control is detailed description method. Actual operating results show that this system has features such as rational structure, function improved, high degree of automatization, stable and reliable operations. The results of the study of the new power plant design and the transformation of old power plants have a certain significance.

Key words: CFB; limestone injection desulfurization; control systems

在大气污染物排放中, SO_2 排放与电力行业发展密切相关. 燃煤电厂是煤炭的主要用户,电力耗煤占煤炭总产量的 60%,同时也是 SO_2 排放大户. 在我国现有的火电机组中,许多燃煤锅炉排放的烟气中 SO_2 浓度不能达到国家的 SO_2 排放标准,为了减少 SO_2 的排放和酸雨污染,未能达到标准的电厂都要相继进行脱硫装置的改造. 循环流化床燃烧技术是一种高效、低污染的清洁煤燃烧技术,其床内加钙固硫是被广泛应用的一种经济的脱硫方式. 它的脱硫效率高 (Ca/S 比为 1. 8～2. 5时,脱硫率可达 90%左右)、投资少、运行费用低,并且,由于其低温燃烧和分级送风,可同时控制 NO_x 的排放,在脱硫方面显示了突出的优点.

收稿日期: 2009 - 03 - 02
作者简介: 刘 岩 (1982—),女,硕士研究生, E-mail: liuyan1043@163. com.
王卫兵 (1964—),男,研究员.

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

本文将在分析流化床脱硫的原理和工艺以及系统的组成和功能的基础上,设计一套完整的基于 DCS自动控制的炉内喷钙脱硫控制系统.

1　循环流化床炉内喷钙脱硫原理及工艺流程

1.1　脱硫原理

循环流化床炉内喷钙脱硫一般是把经过破碎过的石灰石或人造脱硫剂用压缩空气喷射到流化床密相区,以实现在燃烧中脱硫的目的.天然的石灰石在炉内脱硫的原理可以用以下的化学反应式来表示.

煅烧反应: $CaCO_3 = CaO + CO_2$

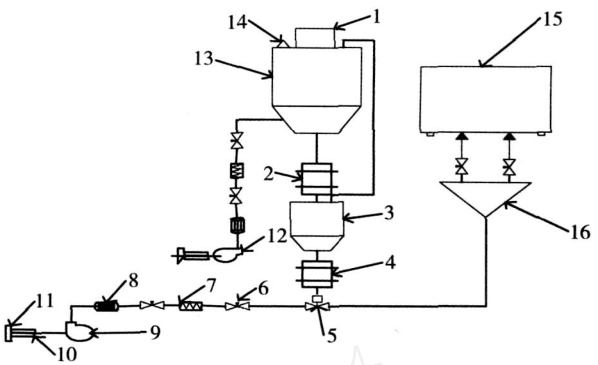
脱硫反应: $CaO + SO_2 + O_2 = CaSO_4$

石灰石中的碳酸钙在高温下发生分解反应,所生成的固体氧化钙再与二氧化硫及氧气反应,生成的固体硫酸钙随炉渣、飞灰一起排出炉膛,从而实现脱硫的目的.在一个大气压下,770 ℃时,CO_2 体积百分数为 15%时石灰石就开始分解.分解时 CO_2 逸出使锻烧后的石灰石 CaO颗粒上留下大量的微孔,给 SO_2 和 O_2 向颗粒内部扩散创造了有利的条件.

循环流化床锅炉脱硫情况优良[1].一方面由于在炉膛出口处安装了高效分离器,能把气流带出的,包括石灰石颗粒在内的固体颗粒分离出来,再返回床层,大大地增加了石灰石在炉膛中的停留时间,减少了石灰石颗粒的损失量.另一方面,循环流化床的气流流速高,石灰石颗粒在炉膛、分离器、回到床内的循环中,颗粒的团聚、颗粒团的崩溃导致固体浓度很高,相互碰撞,使得石灰石颗粒的已经吸收了二氧化硫的表面会被磨掉,露出颗粒的新表面,从而提高了石灰石的利用率.另外,其氮氧化物 (NO_x)排放量低,一是因为循环流化床锅炉燃烧温度一般控制在 850～950 ℃的范围内,此低温燃烧不仅是脱硫最有效的温度,而且空气中的氮一般不会生成 NO_x,二是由于循环流化床锅炉普遍采用分段 (或分级)送入二次风,这样可抑制燃料中的氮转化为 NO_x,并使部分已生成的 NO_x 得到还原.循环流化床锅炉的其他污染物如 CO、HCl、HF等的排放也很低.

1.2　工艺流程

炉内喷钙脱硫系统如图 1所示.由罐车送入电厂的石灰石粉以气力方式输送到石灰石仓,储仓下部装有震动仓底,使石灰石粉能够顺利由吸收剂仓流动到给粉机.给粉机的转速可以根据需求量来调整.输送风机把由给粉机下来的石灰石粉送入分配器,石灰粉与空气的混合物通过雾化喷嘴送入炉膛中的特定温度区域内.在炉膛中首先石灰石粉经过加热后分解为氧化钙和二氧化碳,之后发生氧化钙与烟气中二氧化硫及三氧化硫的反应,达到脱除 SO_2 的目的.脱硫副产品与锅炉飞灰在除尘器中被分离后送入副产品仓.为了提高吸收剂的利用率,可以把部分副产品送入反应塔入口,使剩余 $CaCO_3$ 继续脱硫[2-3].



1.布袋除尘器;2.电动给料机;3.缓冲仓;4.变频给料机;5.喷射器;6.手动闸阀;7.电加热器;8.扰性管;9.罗茨风机;10.消音器;11.过滤器;12.气化风机;13.主粉仓;14.连续料位计;15.锅炉;16.分配器

图 1　脱硫工艺图

2　系统工艺参数设计及系统功能

本控制系统对喷钙脱硫工艺过程进行完整的监测和控制.该系统主要任务是完成物料输送、计量、送粉量调节、炉内喷射,从而使石灰石粉在炉内锻烧分解,利用生成的 CaO与炉内烟气中的 SO_2 进行反应实现炉内脱硫.设计 Ca/S比为 2～3的远方操作运行控制及就地操作运行控制对系统运行过程中的设备运行故障信号、检测参数、报警信号等提供有效的联锁保护.

2.1　系统工艺参数设计

1)石灰石运输系统.石灰石粉仓当地石灰石矿供应,用封闭罐车运至厂内石灰石粉仓.为防止石灰石粉仓阻塞,设有空气泡及配套的管路系统.输送系统是以空压机作为动力源,采用高密度的低压栓流式输送,将物料从发送器以灰栓形式由管道输送至炉前仓.输送系统由发送器、进出料阀、补气阀、管路等组成.

2)石灰石给料调节系统.石灰石给料调节系统如图 2所示、采用串级控制系统,需要控制石灰石量与燃煤量的比例.由于石灰石送入炉膛在燃烧过程中受热分解需要的空气量与炉内脱硫反应的空气量不能完全相符,会影响炉内的空气过剩空气系数,所以在调节回路中须引入氧量校正. SO_2 含量测量值与给定值一起送入主调节器,在其中进行 PID运算后把运算

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

结果 (石灰石给料量要求)作为副调节器的定值,与石灰石流量测量值送入副调节器进行 PD运算,其运算结果经限幅处理后控制旋转密封给料阀的转速,以控制进入循环流化锅炉中的石灰石量,从而达到控制 SO_2 的目的. 由于当燃煤中硫分一定时,需要添加的石灰石量与给煤量有一定的对应关系;同时由于石灰石进入炉膛燃烧至烟气中 SO_2 能够反映需要时间较长,因而引入给煤量信号作为副调节器的前馈信号,提高系统的响应速度[4-6].

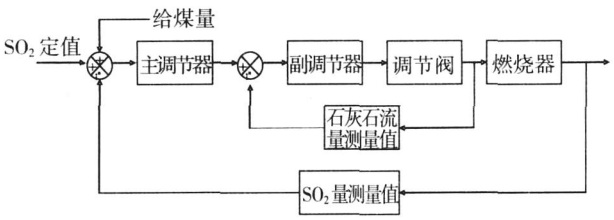


图 2 石灰石给料调节控制系统图

3) 喷吹系统. 喷吹系统是以罗茨风机作为动力源,由罗茨风机、电加热器、管路、弯头、喷射器、混合器、叶轮式旋转给料阀、插板门及控制电磁阀等组成. 石灰石粉给料量由叶轮式旋转给料阀通过变频调速器根据锅炉燃烧需用量进行调整. 叶轮式旋转给料阀与罗茨风机采用联锁控制,即先启动罗茨风机,再投运炉前仓下的叶轮式旋转给料阀. 当系统停运时,操作顺序相反.

4)炉内脱硫系统. 锅炉在燃用含硫量较高的燃料时,是通过炉前螺旋给煤机向炉内添加细粒石灰石来实现的,由于本燃烧系统采用低温燃烧,起燃烧温度区脱硫最有利,细粒石灰石在高流化风速下在整个炉膛内与烟气充分混合接触,又经分离器,脱硫的石灰石利用率都很高,煤中所含硫分在燃烧后被固化在炉渣中然后推出.

5)除灰渣系统. 除灰渣系统采用浓相力输送系统. 除尘器设有灰斗,灰斗下设有发射器,灰斗下来的直接落入泵仓内,当泵仓内灰达到一定量时,由压缩空气将仓内的灰输送至灰库. 灰库底部设有气化装置,使灰保持流化状态便于排灰. 灰库下设有双轴搅拌机,加湿搅拌装车外运. 锅炉采用连续排渣方式,炉渣经冷渣器冷却后进入炉底链斗排渣机,再经链斗排渣机直接提升至渣库. 渣库下设有一台散装机和一台双轴搅拌机. 干渣可用罐车或加湿搅拌装车送至综合利用厂家.

2.2 系统功能

脱硫控制系统主要功能包括 4个方面:首先,监视功能,完成对包括石灰石运输系统、石灰石给料量调节系统、炉内脱硫系统、排灰系统的整个脱硫工艺流程中各项参数和各个设备的信息和状态采集,监视功能,实现画面显示、报警、报表生成和历史数据存储[7];其次,控制功能,完成脱硫工艺系统中受控参数和受控设备的自动控制功能,包括模拟量调节控制和开关量顺序控制,与传统的电厂 DCS对发电工艺过程进行自动化控制一样,设有过程自动控制系统和上位监控系统,自动控制系统通过测量模件检测生产过程热工参数,在控制器中进行修正、补偿、开环、闭环运算,同时在操作员监控终端上进行监控,系统运算结果输出控制现场执行设备;第三,联锁保护功能,既包括脱硫系统内部各工艺分区内及分区间设备和系统的相互联锁,设备保护功能,也包括脱硫系统与炉膛安全保护系统 FSSS之间的信息交换和安全联锁;第四,信息接口功能,控制系统除需要与就地设备自带的电气设备和电气控制柜进行连接,使工作人员在集中控制室通过控制系统屏幕对这些设备进行监视、控制之外,还应设置于单元机组控制系统的硬接线信号接口并实现与全厂实时监控系统 SIS的通讯接口功能.

本文设计的完整的脱硫控制系统由两部分构成:集中采集、监控部分和现场检测、执行部分. 每套控制系统从层次上分为三层结构,最底层为现场驱动、测量设备,中间层为控制系统的数据采集和自动控制设备,上层为运行人员的上位监控计算机和其他人机接口. 在三层以上是全厂信息网络层.

3 系统自动控制

脱硫控制系统采用集中控制方式,两台锅炉的脱硫系统合用一个集中控制室,将脱硫控制的监控界面布置在除灰集中控制室内. 在石灰石料仓区域设就地控制盘和 DCS的远程控制柜;在脱硫塔和压缩空气系统也设就地 DCS控制柜[8].

脱硫系统采用微处理器为基础的分散控制系统进行监控,辅以少量现场操作实现设备的启、停和正常运行时的监视和控制. 分散控制系统 (DCS),其功能包括数据采集和处理 (DAS),模拟量控制 (MCS)、顺序控制 (SCS)及联锁保护、脱硫变压器和脱硫厂用电源系统 (交流 380 V、6000 V)监控[9].

DCS将对所有设备进行操作、监视和控制;参数自动巡回检测,数据处理,制表打印,参数越限报警等均由 DCS实现. DCS在脱硫系统发生故障时,能通过自动联锁和保护,自动切除有关设备和系统,并与机组 DCS系统进行联锁、保证机组的正常运

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

行.脱硫控制室设置火灾报警区域盘以监测现场的火灾情况,并应与消防及空调系统联锁;脱硫系统的火灾报警系统应与全厂火灾报等系统的选型一致,并作为全厂火灾报警系统的一个子系统,将火灾信息与全厂火灾报警的主盘进行通讯,使主盘能报警、显示火灾火警部位和控制所有监测装置.

脱硫控制系统建成后,自动化控制水平达到在现场人员的配合下,运行人员可以在控制室内以 DCS的 LCD及其键盘为中心,完成对整个脱硫系统的正常启、停及其运行监视、操作和故障处理等.

4 结　语

该系统通过实际安装调试后,现已正式投入运行.实际运行结果表明,该系统具有结构合理,功能完善,自动化和信息化程度高,运行稳定可靠等特点,在 Ca/S比为 2～3时,脱硫率可达 87%左右,达到了国家标准《火电厂大气污染物排放标准》的要求.通过喷钙脱硫在本工程及其它 CFB锅炉上应用表明,该喷钙脱硫工艺系统先进,设备优良,脱硫效果良好.另外该工艺投资低,占地面积小,无二次污染,运行操作简单,避免了煤粉锅炉所需的价格昂贵的烟气脱硫装置,在技术和经济上以更为合理的方式解决了能源供应和环境保护两大难题,是循环流化床锅炉首选和前景广阔的脱硫技术装备.

参 考 文 献:

[1] 路春美.循环流化床锅炉设备与运行[M].北京:中国电力出版社, 2003: 30 - 39.

[2] 张焕江,钟祚群.喷钙脱硫技术在中小型循环流化床锅炉上的应用[J].电站系统工程, 2008(2): 53 - 54.

[3] 杨吉青,周俊虎.煤粉炉喷钙脱硫技术的研究进展[J].中国电力, 2005(11): 97 - 99.

[4] 史鸿钊,林景栋.基于模糊 PID算法的燃烧机温控系统[J].自动化技术与应用, 2008, 27(7): 12 - 13.

[5] 王正华,周　昊.炉内喷钙脱硫对锅炉运行的影响[J].锅炉技术, 2003(1): 77 - 79.

[6] 陈　瑞,周　征.在线自校正模糊 PID控制器的研究[J].自动化技术与应用, 2008, 27(12): 49 - 52.

[7] 王常力,罗　安.分布式控制系统(DCS)设计与应用实例[M].北京:电子工业出版社, 2004: 24 - 26.

[8] 聂云峰,荣丽红,高　飞,等.模糊预测控制在热电厂锅炉燃烧系统中的应用[J].自动化技术与应用, 2008, 27(2): 19 - 21.

[9] 王卫兵,李　涛,王　健. 300MW机组中压缸启动控制研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2006, 11(3): 110 - 113.

(编辑:温泽宇)

(上接第 55页)

种方法少的情况下,检测效果相比较来说依然很不错.说明混合匹配规则算法生成的检测器质量很高,可以在较少检测器情况下依然达到检测效果的要求,同时降低了检测阶段的运算负荷.

综上所述,混合匹配规则否定选择算法生成的检测器质量要比前两种匹配规则生成的检测器质量要高很多,即生成了更多的有效检测器,而生成了较少的错误检测器,从而很好地避免了检测器集黑洞问题.而且,在保证了检测器质量的同时,算法的时间代价并没有增加多少.

4 结　语

基于海明距离整体匹配的段内 R连续比特匹配规则否定选择算法,即混合匹配规则算法,结合两种匹配规则,在达到优势互补的同时,摒弃了单一匹配规则算法各自的缺点.经过以上分析和实验表明,其生成的检测器的检测效果比前两种单一匹配规则的检测器生成算法要好很多,同时时间效率也达到了比较理想的情况,有进行更深一步研究的价值.

参 考 文 献:

[1] 魏　兴,张凤斌,王占锋. 否定选择算法在网络入侵检测中的应用[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2006, 11(2): 90 - 96.

[2] THOMAS S, JONATHAN T, CLAUDIA E. A Comparative Study of Real-valued Negative Selection to Statistical Anomaly Detection Techniques [C]. In ICARIS, 2005: 262 - 275.

[3] Wenjian LUO, Xin WANG, Ying TAN. A Novel Negative Selection Algorithm with an Array of Partial Matching Lengths for Each Detector [J]. Lecture Notes in Computer Science, 2006(4193): 112 - 121.

[4] 姜恩龙,张凤斌,杨　洋. 基于海明匹配的 r连续位匹配规则的研究[J]. 哈尔滨理工大学学报, 2007, 12(5): 91 - 93.

[5] 程永新,许家玲,陈　科. 一种新型入侵检测模型及其检测器生成算法[J]. 电子科技大学学报, 2006, 35(2): 235 - 238.

[6] 严宣辉. 免疫入侵检测模型中抗体/抗原编码的一种改进[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(31): 151 - 153.

[7] THOMAS S, JONATHAN T, CLAUDIA E. On Permutation Masks in Hamming Negative Selection [C]//In ICARIS, LNCS 4163, 2006: 122 - 135.

(编辑:付长缨)

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net