

火电机组湿法脱硫系统自动化水平提升的策略与应用

傅喻帅¹, 夏牡丹²

(1. 广东省粤电集团有限公司珠海发电厂, 珠海 519000; 2. 南方电网珠海综合能源有限公司, 珠海 519000)

摘要: [目的]针对早期大型火力发电机组脱硫系统设计时自动化控制水平不足, 无法满足现行环保政策下机组安全性和控制效率低下问题。[方法]结合珠海电厂脱硫系统现场实际情况和多年运行经验, 探讨如何通过合理设置脱硫系统的顺序控制方式和模拟量控制调节方式, 以达到提高脱硫系统自动控制水平, 提高系统安全和可靠性, 降低操作人员工作强度, 提升系统和人员效率的目的。[结果]结果表明: 通过现场情况深入分析, 制定贴合现场实际情况的控制逻辑, 可以大幅度提升脱硫系统自动化控制水平, 提升机组安全性和运行效率。[结论]对于早期大型火电机组的脱硫自动化提升工作是确实可行, 行之有效的。可为情况相类似的提升改造项目提供借鉴经验。

关键词: 火电机组; 脱硫系统自动化提升; 顺序控制; 模拟量控制调节

中图分类号: TM611; X773

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2018)S1-0025-04

Strategy and Application of Upgrading Desulphurization Automation Level Promotion of the Thermal Power Unit

FU Yushuai¹, XIA Mudan²

(1. Zhuhai Power Station of Guangdong Yudean Group Co., Ltd., Zhuhai 519000, China;

2. China Southern Power Grid Energy Efficiency Zhuhai Energy Efficiency & Clean Energy Co., Ltd., Zhuhai 519000, China)

Abstract: [Introduction] Aiming at the lack of automatic control level in the design of desulfurization system for early large thermal power generating units, unable to meet the safety requirements and low control efficiency of the unit under the current environmental protection policy. [Method] Based on the actual situation of the desulfurization system in Zhuhai power plant and years of operating experience, the paper explored how to set SCS and MCS regulation modes of desulfurization system reasonably, so as to improve the automation level of the desulfurization system, improved the safety and reliability of the system, reduced work intensity of staff, purpose of improving system and personnel efficiency. [Result] The results show that through the field situation in-depth analysis, make the control logic of the actual situation on site, the automatic control level of desulfurization system can be greatly improved, improve the safety stability and operating efficiency of the unit. [Conclusion] For the early large-scale thermal power unit desulfurization automation work is effective, it can provide reference experience for similar projects.

Key words: thermal power unit; automatic upgrading of desulfurization system; sequence control system; modulating control system

本世纪初, 全国部分大型火力发电机组开始设计安装脱硫系统, 并投入使用。这部分脱硫系统在投入运行之初存在旁路系统, 即在脱硫系统异常时

机组可以无需脱硫运行; 根据脱硫可旁路的设计理念, 脱硫系统安全性要求较低。随着时代的发展, 国家对于环保工作的要求越来越严格, 与之相对火电机组脱硫系统也就成为了火电厂系统改造的前沿阵地^[1-6]。许多火力发电厂根据环保[2010]91号《关于火电企业脱硫设施旁路烟道挡板实施铅封的通知》政策要求, 先后取消了旁路挡板、提升吸

收稿日期: 2018-06-06 修回日期: 2018-07-24

基金项目: 广东省粤电集团有限公司珠海发电厂科技项目“珠海发电厂1、2号机组脱硫DCS改造工程”(ZHP-PJ-155128)

收塔高度增加脱硫效率,而后又取消了增压风机,拆除了脱硫烟道所有的挡板门。现阶段脱硫系统已经成为火电机组生产过程中必不可少的一部分,在锅炉启动前必须投入,在锅炉停炉后才能退出。对于相当于主机系统设备的安全可靠性要求,系统自动化水平却还停留在存在旁路挡板的最初阶段。这种自动化水平的低下严重影响机组安全和运行效率,所以脱硫系统自动化提升工作迫在眉睫。现阶段国内新上马的火电机组脱硫系统与主机一体,自动化水平也与主机相当。本文针对火电机组脱硫系统自动化提升的策略和方式进行分析讨论,以珠海电厂脱硫自动化提升为例改造,对设计工作提出建议,使得在役火电机组改造及以后的运行可以满足脱硫环保要求。

珠海发电厂为 2×700 MW火电机组,1996年11月项目正式开工建设,1号机组于2000年4月投入商业运行,2号机组于2001年2月投入商业运行。两台机组脱硫系统取消旁路改造于2012年11月开始,2013年6月完成。

1 设计与运行的沟通

对于已经投入运行多年的脱硫系统,系统设计之初可能存在的一些问题和设备特点已经显现的非常明显,所以对于自动化提升项目,让设计人员了解现场设备这些特点和特点是改造成功的基础。

以珠海发电厂脱硫系统自动化提升为例,在提升准备工作中,从事多年脱硫运行工作拥有丰富现场经验的运行人员与施工设计人员进行了大量的交流沟通(总时间超过80 h)。珠海电厂脱硫自动化提升工作进行前脱硫系统已经运行超过5年时间,运行人员脱硫系统的情况非常了解,而且由于在与设计施工人员进行交流前运行人员做了充分的准备工作,所以可以为设计施工人员详细的讲解现场存在的问题以及希望实现的运行模式,之后由设计人员给出备选方案,再由运行人员提供意见完善方案直至最终确定。在这种模式下,经过逐项讨论认定,该提升改造最终确定了包括球磨机顺控启停、循环浆泵顺控启停在内的15个顺控功能子组。确定了包括吸收塔液位自动控制、石灰石浆池液位自动控制在内的12个模拟量控制子回路。脱硫系统改造后运行操作方式基本完全符合运行人员的要求,既缩短了运行人员磨合的过程,提升了运行人

员使用效率,又使控制模式贴合脱硫系统现场实际情况,提升了系统运行效率。

2 顺序控制

由于脱硫系统的系统特点决定,控制系统的控制对象相对与汽轮机和锅炉比较简单,系统中很多的设备运行自动化可以使用顺序控制的方式来实现,所以顺控方式可以作为脱硫系统自动化提升的基础进行设计。珠海电厂脱硫自动化提升项目共设置了15个顺序控制功能子组,分别为:工艺水泵启动/停止功能子组;循环浆液泵启动/停止功能组;一级和二级除雾器冲洗子组;石灰石供浆功能子组;氧化风机启动/停止功能组;GGH吹灰功能子组;湿式球磨机启动/停止功能子组;石灰石浆液再循环泵功能子组;真空皮带机功能子组;石膏溢流浆液泵功能子组;石膏排出发泵启动/停止功能子组;废水旋流泵组功能子组;废水加药功能子组;污泥循环泵功能子组;压缩空气功能子组。

2.1 循环浆液泵的顺控停止案例分析

由于湿法脱硫系统采用石灰石浆液与含硫烟气反应脱除烟气中的硫元素,同时将吸收塔内生成的石膏排放脱水的脱硫工艺决定,脱硫系统全过程都会存在浆液管道。浆液管道对于自动控制的要求就是防止堵塞,每一段管道或者阀门在停止运行以后,都必须设置合理的冲洗过程,才能防止堵塞,停运过程中的自动冲洗,可以使用顺序控制结合自动控制的方式进行实现,将所有的手动冲洗过程自动化就可以大幅度提升脱硫系统的控制效率。以循环浆液泵的顺控停止举例,条件内容和动作步骤如下:

1) 允许停止条件(与)

吸收塔地坑液位 < 2.8 m。

任一其他循环浆泵运行,或锅炉MFT且FGD入口原烟气温度的 < 70 °C(三取二)。

2) 动作步骤

动作:停循环浆泵;反馈:循环浆泵已停,延时60 s。

动作:关循环浆泵入口门;反馈:循环浆泵入口门已关。

动作:开循环浆泵排放门;反馈:循环浆泵排放门已开,延时1200 s(暂定)。

动作:关循环浆泵排放门;反馈:循环浆泵排

放门已关。

动作: 开循环浆泵冲洗水关断阀; 反馈: 循环浆泵冲洗水关断阀已开, 延时 300 s。

动作: 关循环浆泵冲洗水关断阀; 反馈: 循环浆泵冲洗水关断阀已关。

动作: 开循环浆泵排放门; 反馈: 循环浆泵排放门已开, 延时 300 s。

动作: 关循环浆泵排放门; 反馈: 循环浆泵排放门已关。

动作: 开循环浆泵冲洗水关断阀; 反馈: 循环浆泵冲洗水关断阀已开, 延时 300 s。

动作: 关循环浆泵冲洗水关断阀; 反馈: 循环浆泵冲洗水关断阀关闭。

循环浆液泵的顺控停止方式就是典型的脱硫系统设备停运防止堵塞自动冲洗的控制方式。

2.2 脱水系统顺控启动和停止案例分析

多源头多目的地的浆液输送方式也是湿法脱硫系统的特点之一, 举例来说, #1、#2 吸收塔的石膏浆液通过石膏旋流站后可以进入 1 号脱水皮带也可以进入 2 号脱硫皮带进行脱水。及石膏输送存在 1、2 号吸收塔至 1、2 号脱水皮带的四种模式。针对这种工况的特点, 可以使用带预选投入的顺序控制方式解决上述的问题, 但从吸收塔至脱水皮带石膏仓, 在过程中需要许多设备参与控制, 一个顺控逻辑无法满足控制需求达到控制目的, 需要先制定各个小系统的顺控逻辑, 再通过大系统顺控逻辑对小系统顺控逻辑的各个调用最终完成系统整体的工作, 达到自动控制的预期目的, 提升自动控制能力。以脱水系统顺控启动和停止为例, 试验条件内容如下:

2.2.1 启动顺控

步号 1——动作: 调用相应真空皮带机启动顺控; 反馈: 真空泵和皮带机已运行。

步号 2——动作: 打开预选石膏旋站底流至皮带机分配阀; 关闭至石膏溢流浆液箱分配阀; 反馈: 预选分配阀已开, 至石膏溢流浆液箱分配阀已关。

步号 3——动作: 打开预选旋流器入口门, 全开预选旋流站压力调节阀; 反馈: 预选旋流器入口门已开, 预选旋流站压力调节阀已开。

步号 4——动作: 打开预选吸收塔至石膏旋流站的气动阀, 关闭预选吸收塔石膏排出泵出口至事

故浆罐门; 反馈: 预选吸收塔至石膏旋流站的气动阀已开。

步号 5——动作: 调用预选吸收塔的预选石膏排出泵启动顺控; 反馈: 预选石膏排出泵已启, 延时 2 min

步号 6——动作: 预选旋流子压力调节阀投自动, SP 置 0.15 MPa; 反馈: 预选旋流子压力调节阀在自动位

2.2.2 停止顺控

步号 1——动作: 调用预选吸收塔石膏排出泵停止顺控, 预选压力调节阀控制切手动; 反馈: 预选石膏排出泵的冲洗水门与出口门全开。

步号 2——动作: 预选压力调节阀控制投自动, SP 置 0.1 MPa; 反馈: 预选压力调节阀在自动位, 延时 4 min。

步号 3——动作: 全开预选压力调节阀控制切手动, 全关预选旋流站入口门; 反馈: 预选旋流站入口门全关。

步号 4——动作: 关闭预选旋流站底流至真空皮带机分配阀; 反馈: 预选旋流站底流至真空皮带机分配阀已关。

步号 5——动作: 调用真空皮带机停止顺控; 反馈: 皮带机与真空泵均停。

运行人员通过控制画面对脱水顺控方式进行简单设置, 其后脱水顺控在进行中对多个小系统顺控进行逐个调用, 将多源头多目的地的系统按照运行人员希望的方式进行规划, 完成对现场设备的一系列控制。达到运行人员控制目的, 提升自动控制水平, 降低运行人员的操作量提升效率。

3 模拟量控制回路

在使用顺序控制方式解决自动化提升的基本问题后, 脱硫系统模拟量控制回路就成为继续提升自动化水平的必选方式。火力发电机组脱硫系统常见的模拟量控制子回路一般包括: 吸收塔内浆液 pH 值自动控制, 吸收塔液位自动控制, 工艺水母管压力自动控制, 滤液去湿磨再循环箱液位自动控制等。这些回路的合理设置可以将脱硫系统存在扰动的被控参数归入自动控制的范畴, 进一步提升脱硫系统的自动化程度。

珠海电厂脱硫系统自动化提升项目共设置了 11 个模拟量自动控制回路, 分别为: 石膏浆排放控

制；石灰石浆液池液位自动控制；石膏脱水自动控制；吸收塔 pH 值自动控制；石灰石旋流站进口压力自动控制；球磨机进水量和给料量自动控制；再循环箱液位自动控制；石灰石浆液密度自动控制；石膏旋流站压力自动控制；制浆区工艺水压力自动控制；废水加药计量泵加药量自动控制。

脱硫系统模拟量被控对象大多为液位、压力、密度、pH 值等。这些参数都关乎烟气脱硫质量和系统安全稳定运行，而且部分参数调整延迟大，涉及扰动参数多，需要结合多个参数同完成自动控制提升任务。

以吸收塔 pH 值控制回路为例：控制石灰石浆液补充量的闭环控制，吸收塔 pH 值为反馈信号，二氧化硫含量和烟气流量为前馈信号，控制回路示意图如图 1 所示。由一个反馈闭环回路和一个开环回路叠加而成。将石灰石浆液供浆流量引入副回路，改善对象特性，加快调节过程，起到提前进行控制的作用，有一定的自适应能力，有效克服滞后提高控制质量。

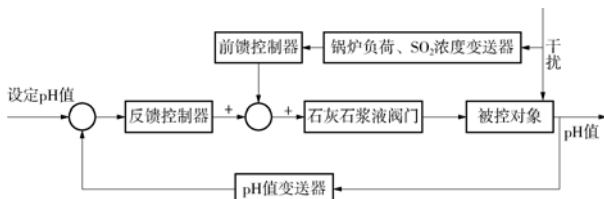


图 1 模拟量控制回路示意图

Fig. 1 Sketch map of analog signal control circuit

通过模拟量控制回路对脱硫系统诸如压力、液位、流量等重要参数进行自动控制，进一步提升了脱硫系统的整体自动化水平，提升了系统安全性和效率降低了操作人员的工作强度。

4 结论

经过珠海电厂脱硫系统自动化水平提升改造项目，我们实践探索出了一种针对经过取消旁路改造后的脱硫系统自动化水平提升的方法：依据脱硫系统运行多年的设备运行特点，通过有现场经验的运行人员和设计施工人员深入沟通，使逻辑设计人员深入了解运行人员需求和现场设备特点，再根据这些需求和特点对系统整体规划，顺序控制逻辑和模拟量控制逻辑合理配置，最终大幅度提升脱硫系统自动控制水平。这种改造提升的经验在脱硫设备情

况相类似珠海发电厂的火电厂中并不丰富。所以本次提升一次性解决了困扰珠海电厂多年脱硫系统自动化水平不足的问题，在提升脱硫系统安全性和可靠性的同时，提高了运行人员工作效率。达到了脱硫系统自动化提升的设计目的的结果，为新的环保要求下经过取消旁路改造的湿法脱硫系统自动化提升改造提供了借鉴经验。

参考文献：

- [1] 陈伟. 300 MW 燃煤机组烟气湿法脱硫程控系统 [D]. 保定: 华北电力大学, 2012.
- [2] 黄红艳, 陈华东. 2×300 MW 机组湿法烟气脱硫控制系统的应用与分析 [J]. 华东电力, 2005, 33(10): 56-58.
HANG H Y, CHEN H D. Application of control system of wet flue gas desulfurization for 2×300 MW units [J]. East China Electric Power, 2005, 33(10): 56-58.
- [3] 王雷. 大型火力发电机组烟气脱硫控制系统设计 [J]. 中国电力, 2005, 88(1): 76-79.
WANG L. Design of FGD control system of large size thermal power generating units [J]. Electric Power, 2005, 88(1): 76-79.
- [4] 郑晖. 火电厂烟气脱硫控制策略研究 [J]. 电子设计工程, 2009, 17(10): 94-97.
ZHENG X. Research of control strategy for power plant flue gas desulfurization [J]. Electronic Design Engineering, 2009, 17(10): 94-97.
- [5] 谭学谦. 超大型机组湿法脱硫吸收塔喷淋系统设计优化 [J]. 南方能源建设, 2015, 2(增刊 1): 98-100 +104.
TAN X Q. Design optimization of spray bank in large-scale wet FGD absorber [J]. Southern Energy Construction, 2015, 2(Supp. 1): 98-100 +104.
- [6] 林梓桦, 王观华. 热电厂循环流化床炉外脱硫的深度治理研究及优化 [J]. 南方能源建设, 2016, 3(4): 73-77 +101.

作者简介：



FU Y S

傅喻帅(通信作者)

1985-, 男, 山东青岛人, 热控主任技师/工程师, 自动化学士, 主要从事火电厂自动化设备维护和改造工作 (e-mail) fuyushuai10@163.com。

夏牡丹

1975-, 女, 浙江宁海人, 综合部主管/工程师, 学士, 主要从事电力系统节能研究的工作 (e-mail) xiamd@csg.com。

(责任编辑 郑文棠)