

百万机组脱硫系统永久封闭旁路挡板逻辑改造及安全风险防控

朱海峰

(华能南京金陵发电有限公司, 江苏 南京 210034)

摘 要: 环保事业是关系千秋万代和绿色发展的国家发展大计, 尤其是进入 2012 年, 江苏省出台了新的节能减排标准和脱硫电价考核管理规程, 对脱硫系统的稳定运行更是提出了更高的要求。随着江苏省关于取消脱硫系统旁路挡板文件的颁发, 脱硫系统的重要地位日益凸显。本文就机组运行中取消旁路挡板的控制逻辑改造进行了总结和分析, 为进一步做好提高机组运行可靠性的质量管理提供依据。

关键词: 脱硫系统; 提高机组运行可靠性; 控制逻辑改造

1 概述

华能金陵电厂#1、2 机组所配锅炉为哈尔滨锅炉厂有限责任公司依据三菱重工业株式会社技术制造的 1030MW 级超超临界变压运行直流锅炉。单台机组锅炉最大连续蒸发量为 2953t/h 蒸汽, 烟气量 833.9Nm³/s (湿态、标准状况、锅炉设计煤种)。烟气脱硫装置的出力在锅炉 BMCR 工况的基础上设计, 最小可调能力与单台炉不投油最低稳燃负荷(即 35%BMCR 工况, 燃用设计煤种的烟气流量)相适应。机组烟风系统配有二台动叶可调轴流式送风机、二台静叶可调轴流式引风机、二台动叶可调轴流式一次风机及 2 台静叶可调轴流式增压风机。锅炉尾部配有石灰石—石膏湿法、一炉一塔脱硫装置, 控制系统采用西门子 T3000 系列 DCS 现场总线技术。单套脱硫装置设计煤种含硫量 Sar 为 1%, 在燃用设计煤种时 FGD 的设计处理烟气量为 3232440 m³/h (标态, 湿基, 实际 O₂), FGD 入口 SO₂ 浓度为 2142mg/m³ (标态, 干基, 6%O₂), 设计脱硫效率不低于 95%。脱硫装置设置有 GGH, 并设置有 100% 烟气旁路挡板, 控制系统采用西门子 S7-400 系列 PLC 现场总线系统。

2 脱硫旁路系统

2.1 脱硫旁路系统的作用

旁路系统最早应用于早期的发达国家脱硫系统中, 在我国引进国外脱硫技术的同时也沿袭了其旁路设置, 旁路烟道对系统的保护作用主要体现在以下三方面: ①锅炉启炉或低负荷稳燃时, 烟气走旁

路, 不让含有未燃尽油污、碳粒和高浓度粉尘的烟气进入到脱硫系统中, 对脱硫系统设备和浆液造成污染; ②进入脱硫系统的烟气参数异常时(如烟气超温、入口粉尘浓度过高等), 开启旁路烟道挡板门, 烟气由旁路直接进入烟囱排放, 不进入脱硫吸收塔, 保护脱硫装置; ③当脱硫系统设备出现异常无法正常运行时, 快速打开旁路烟气挡板门, 使脱硫系统解列, 脱硫装置被旁路隔离, 不对机组的安全运行产生影响。以华能金陵电厂已完成改造的#2 脱硫系统为例, 其监控画面如图 1 所示。

2.2 华能金陵电厂脱硫烟气旁路挡板配置情况

以本次实施改造的#2 机组中, 脱硫系统旁路烟道配置二套挡板门, 立体空间成上下布置。二套执行机构分别采用电动、气动控制。其中气动旁路挡板布置在下部旁路烟道, 采用失电、失气快开型操作机构, 动作时间≤15 秒。当脱硫系统运行过程中出现任何异常时, 气动旁路挡板能够快速打开烟气通道, 从而保护机组的运行安全, 是脱硫系统最重要的保护设备。取消脱硫旁路系统, 意味着作为辅助设施的脱硫增压风机、吸收塔等将并入主机风烟系统。改造工作完成后, 机组的启停方式、风烟系统正常运行调整以及脱硫设备自身的可靠性将直接影响锅炉设备的运行安全。

3 永久封闭脱硫旁路系统控制系统逻辑修改

3.1 改造后机组与脱硫系统的连锁保护

改造后机组与脱硫系统的连锁保护见表 1。

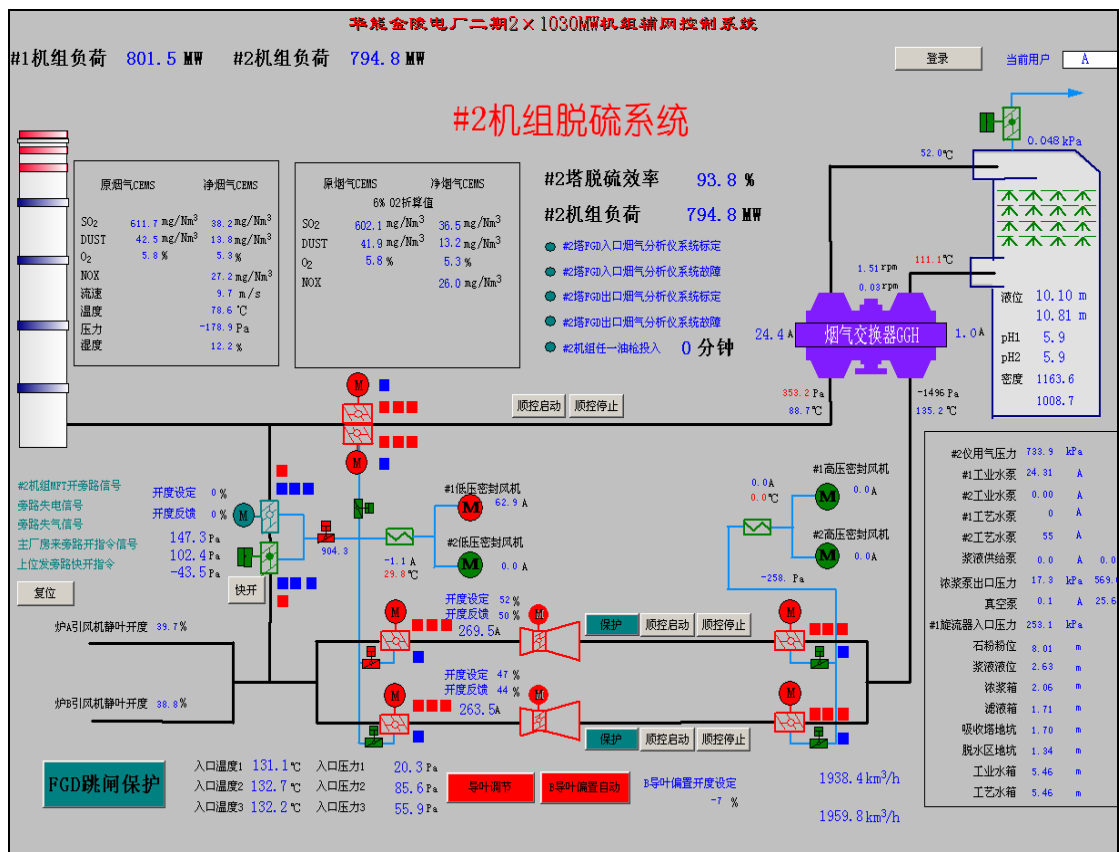


图 1 华能金陵电厂脱硫系统监控画面

表 1 改造后机组与脱硫系统的连锁保护

序号	信号条件	触发信号	信号源
1	2A、2B 增压风机均跳闸（二取二信号）	触发引风机跳闸，MFT	2A、2B 增压风机开关柜直送机组 DCS I/O 柜
2	原烟气挡板前压力 $\leq -2000\text{Pa}$ （三取二信号），延时 1s	触发 2A、2B 增压风机跳闸，MFT	#2 脱硫 PA 现场总线数据传输
3	4 台浆液循环泵均停运（四取四信号）且吸收塔出口温度 $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ，延时 1s	触发 2A、2B 增压风机跳闸，MFT	由脱硫 PLC 逻辑进行判断，通过 2A、2B 引风机开关柜和 2A、2B 增压风机开关柜之间的电气开关位置信号连锁实现
4	2A(或 2B)增压风机跳闸，延时 1s	联跳 2A(或 2B)对应侧引风机	2A(或 2B)增压风机开关柜直送机组 DCS I/O 柜
5		RB	2A(或 2B)增压风机开关柜直送机组 DCS I/O 柜
6	引风机触发造成 MFT 且机组负荷 $\geq 100\text{MW}$	触发 2A、2B 增压风机跳闸 2A、2B 增压风机静叶自动调节撤手动 2A、2B 增压风机进出口挡板全开	由机组 DCS 逻辑进行判断，向脱硫 PLC 输出跳闸命令 在脱硫 PLC 进行逻辑修改 在脱硫 PLC 进行逻辑修改
7	2A(或 2B) 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷 $\geq 100\text{MW}$ ，延时 1s	跳 2A(或 2B)对应侧增压风机	由 2A、2B 引风机开关柜直送脱硫 PLC 控制系统输出 DO 跳闸命令

3.2 电气连跳回路

单台增压风机跳闸 RB 功能，通过电气硬接线的方式联跳同侧引风机来实现。在 DCS 中不作逻辑判断。若两台增压风机跳闸，联跳两台引风机，通过两台引风机全停来实现 MFT 功能。单台引风机跳闸，通过热控信号传到脱硫 PLC，联跳同侧增压风机，同时触发机组 RB 功能。

3.3 脱硫控制系统内部修改连锁保护改变情况

脱硫控制系统内部修改连锁保护改变情况见表

2。

4 实施永久封闭脱硫旁路系统工作的风险评估

根据环保部门的要求，#2 脱硫系统在本年度必须完成永久封闭旁路挡板实施工作。考虑到 2012 年度华能金陵电厂#2 机组无检修计划，因此该项工作必须在机组正常运行中进行实施。尤其是在线进行信号电缆敷设、接线、逻辑修改及下装等工作，牵涉 6kV 开关柜、风烟系统 MFT 跳闸信号等，整

个实施过程存在相当大的风险，因此我们进行了重 点工作风险评估。

表 2 脱硫控制系统内部修改连锁保护改变情况

序号	脱硫 控制器	FC 程序	NET 段	变量地址	注释	逻辑动作
1	TL21	FC70	4	M3000.0	2A 净烟气挡板允许关闭	禁止操作 2A 净烟气挡板
2	TL21	FC30	28	DB61.DBX3.3	2A 净烟气挡板开到位	置 1
3	TL21	FC70	2	M3000.0	2A 净烟气挡板关到位	置 0
4	TL21	FC17	16	M4300.0	2A 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	跳 2A 对应侧增压风机
5	TL21	FC17	16	M4300.1	2A 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	跳 2A 对应侧增压风机
6	TL21	FC17	16	M4300.4	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	跳 2A 对应侧增压风机
7	TL21	FC17	7	M4300.2	4 台浆液循环泵均停运（四取四信号）且吸收塔出口温度≥70℃，延时 1s	触发 2A 增压风机跳闸
8	TL21	FC17	5	M4300.3	原烟气挡板前压力≤-2000Pa（三取二信号），延时 1s	触发 2A 增压风机跳闸
9	TL21	FC17	1	M43.7	TL21 1FGD BH16（跳闸信号#2FGD 总出口）	闭锁#2FGD 跳闸信号输出
10	TL21	FC38	12	新增 M4300.1 常开	2A 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	触发 2A 增压风机跳闸
11	TL21	FC38	12	新增 M4300.4 常开	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	触发 2A 增压风机跳闸
12	TL21	FC38	12	新增 M4300.2 常开	4 台浆液循环泵均停运（四取四信号）且吸收塔出口温度≥70℃，延时 1S，触发 2A 增压风机跳闸	触发 2A 增压风机跳闸
13	TL21	FC38	12	新增 M4300.3 常开	原烟气挡板前压力≤-2000Pa（三取二信号），延时 1s	触发 2A 增压风机跳闸
14	TL21	FC38	13	M40.6	增压风机 1FGD 跳闸信号到且旁路打开	
15	TL21	OB32	5	新增 M4300.4 常开	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2A、2B 增压风机静叶自动调节撤手动
16	TL21	OB32	6	新增 M4300.4 常开	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2A 增压风机静叶自动强开至 75%
17	TL22	FC20	11	新增 M4300.4 常开	2B 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2B 增压风机静叶自动强开至 75%
18	TL21	FC69	4	M3000.0	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2A 增压风机出口挡板全开
19	TL21	FC69	5	M3000.0	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2A 增压风机出口挡板全开
20	TL21	FC68	5	新增 M4300.1 常开	2A 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	2A 增压风机进口允许关闭
21	TL21	FC68	6	新增 M4300.1 常开	2A 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	2A 增压风机进口保护关闭
22	TL21	FC68	13	新增 M4300.4 常开	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2A 增压风机进口挡板保护开
23	TL21	FC30	24	吸收塔液位 ID719 替换为 #2 机组负荷 DB19.DBD176，CMP≤6.3 修改为 CMP≥100；DB61.DBX2.7 吸收塔液位保护停止循环泵替换为 #2 机组负荷≥100MW	#2 机组负荷 DB19.DBD176≥100MW	传输至 TL22 CPU,在 TL22 中的地址为 DB101.DBX2.7(原吸收塔液位保护停止循环泵)
23	TL22	FC45	4	M3000.0	2B 净烟气挡板允许关闭	禁止操作 2B 净烟气挡板
24	TL22	FC45	2	M3000.0	2B 净烟气挡板关到位	置 0
25	TL22	FC45	11	M4300.0	2B 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	跳 2B 对应侧增压风机
26	TL22	FC45	11	M4300.1	2B 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	跳 2B 对应侧增压风机
27	TL22	FC45	11	M4300.4	2B 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	跳 2B 对应侧增压风机
28	TL22	FC45	12	M4300.2	4 台浆液循环泵均停运（四取四信号）且吸收塔出口温度≥70℃，延时 1s	触发 2B 增压风机跳闸
29	TL21	FC30	35	M4300.3	原烟气挡板前压力≤-2000Pa（三取二信号），延时 3s，触发 2B 增压风机跳闸	传输至 TL22 CPU,在 TL22 中的地址为 DB101.DBX5.1(主厂房来旁路开命令)
30	TL22	FC20	17	M3000.0	DB101.DBX5.1 主厂房来旁路开电动旁路挡板命令	置 0
31	TL22	FC45	13	M4300.3	原烟气挡板前压力≤-2000Pa（三取二信号），延时 3s	触发 2B 增压风机跳闸
32	TL22	FC37	11	新增 M4300.1 常开	2B 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	触发 2B 增压风机跳闸
33	TL22	FC37	11	新增 M4300.4 常开	2A 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	触发 2A 增压风机跳闸
34	TL22	FC37	11	新增 M4300.2 常开	4 台浆液循环泵均停运（四取四信号）且吸收塔出口温度≥70℃，延时 1s，触发 2A 增压风机跳闸	触发 2A 增压风机跳闸
35	TL22	FC37	11	新增 M4300.3 常开	原烟气挡板前压力≤-2000Pa（三取二信号），延时 1s	触发 2A 增压风机跳闸
36	TL22	FC37	12	M40.6	增压风机 1FGD 跳闸信号到且旁路打开	
37	TL22	FC47	4	M3000.0	2B 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2B 增压风机出口挡板全开
38	TL22	FC47	5	M3000.0	2B 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2B 增压风机出口挡板全开
39	TL22	FC46	5	新增 M4300.1 常开	2B 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	2B 增压风机进口允许关闭
40	TL22	FC46	6	新增 M4300.1 常开	2B 引风机跳闸，触发 RB 且机组负荷≥100MW，延时 1s	2B 增压风机进口允许关闭
41	TL22	FC46	13	新增 M4300.4 常开	2B 引风机触发造成 MFT 且机组负荷≥100MW	2B 增压风机进口挡板保护开
42	TL22	FC33	5	M3000.0	2C 浆液循环泵液位保护	置 0
43	TL22	FC34	5	M3000.0	2D 浆液循环泵液位保护	置 0
44	TL21	FC35	5	M3000.0	2A 浆液循环泵液位保护	置 0
45	TL21	FC36	5	M3000.0	2B 浆液循环泵液位保护	置 0

4.1 在线修改，激活逻辑导致设备误动风险

机组侧逻辑组态修改，程序激活主要取消脱硫系统各烟气挡板门位置判断连跳引风机保护。在组态逻辑修改后的激活过程中存在设备误动所导致的机组RB或MFT风险。

4.2 在运行机柜内拆、接线导致的机组风烟系统运行异常风险

本次拆、接线工作全部在#2锅炉电子间控制柜内进行，若误碰有关接线容易导致机组风烟系统保护误动。

4.3 人员安排不当，沟通不够，信息不灵导致的施工错误引起设备误动风险

本次#2脱硫旁路挡板取消工作涉及到多个部门、专业，存在由于人员组织、沟通、协调不到位所导致的设备误动风险。

4.4 风险防范预控措施

4.4.1 组织措施

改造工作开始前，成立#2炉脱硫旁路取消组织机构，统一领导，人员责任，分工明确。强调施工过程中的人员联系、明确施工原则，排除由于人员责任导致的沟通不畅。安排对西门子T-3000、西门子STEP-7控制系统非常熟悉的人员进行逻辑组态修改，专人全过程进行监护。机组DCS、脱硫PLC

控制柜内拆、接线工作由经验丰富，动手能力强、工艺作风好的技术人员担任，拆接信号前进行两侧信号电缆仔细核对。

4.4.2 安全措施

改造工作过程中，维持#2机组负荷稳定，尽量减少机组风烟系统及脱硫系统各项操作；强制2A、2B增压风机运行信号为“1”，强制2A、2B增压风机停止信号为“0”，强制#2炉脱硫通道关闭跳引风机A信号为“0”，强制#2炉脱硫通道关闭跳引风机B信号为“0”，运行人员将2A、2B引风机控制方式切换为试验位置，派专人监视#2炉风烟系统设备运行状况，发现异常立即通知检修人员停止工作。

4.4.3 技术措施

根据#2炉脱硫旁路挡板取消实施方案，编制设备异动报告，进行相关部门会前，并审核批准；编制施工步骤，逐条分析工作风险，制定预控措施；按照两票三制的要求，逻辑修改过程中执行专项制度，专人修改，专人监护。

4.5 评估结论

严格执行组织、安全及技术措施后，除组态逻辑激活过程中的风险不可控之外，其余风险均可控。详细内容如表3所示。

表3 评估内容

步序	工作内容	存在风险	防控措施	是否可控
1	强制 2A 增压风机运行信号为“1”	强制错误	专人监护	安全可控
2	强制 2A 增压风机停止信号为“0”	强制错误	专人监护	安全可控
3	强制 2B 增压风机运行信号为“1”	强制错误	专人监护	安全可控
4	强制 2B 增压风机停止信号为“0”	强制错误	专人监护	安全可控
5	强制脱硫通道关闭停 2A 引风机信号为“0”	强制错误	专人监护	安全可控
6	强制脱硫通道关闭停 2B 引风机信号为“0”	强制错误	专人监护	安全可控
7	按异动报告内容进行逻辑修改	修改错误	专人监护	安全可控
8	和继电保护、燃料电控专业核对引风机信号并做好标识，电缆挂牌	信号核对错误	多次核对	安全可控
9	拆除原 2A、2B 增压风机运行，停止信号电缆（至脱硫）	设备误动	仔细核对后拆除接线	安全可控
10	拆除 FGD 运行，停止信号电缆（至脱硫）	设备误动	仔细核对后拆除接线	安全可控
11	拆除脱硫旁路挡板打开，关闭信号电缆（至脱硫）	设备误动	仔细核对后拆除接线	安全可控
12	接入 2A、2B 引风机运行停止信号至转接端子	设备误动	专人监护	安全可控
13	转发#2 机组 MFT 信号至 TL_22 控制器	设备误动	专人监护	安全可控
14	编译保存修改的逻辑并下装	设备误动，机组 RB	专人监护	不可控
15	投入增压风机跳引风机保护投入开关	设备误动	检查无增压风机跳闸信号	安全可控

5 结束语

通过多个部门和专业技术人员的努力，2012 年 11 月 27 日，华能金陵电厂#2 脱硫旁路挡板终于在机组运行中成功实现永久封闭，整个过程安全、可

控，井然有序。随着江苏省烟气污染源排放环保新条例、旁路挡板永久封闭等一系列政策的落实，对脱硫系统提出了更高、更新的要求。进一步深挖潜力提高设备的精度和可靠性，落实百万千瓦机组锅炉、脱硫设备安全运行措施，将是一项任重而道远

的工作。

参考文献:

- [1] 华能金陵电厂.华能金陵电厂二期工程 2×1030MW 超超临界燃煤发电机组脱硫系统技术协议[Z].
- [2] 华能金陵电厂.华能金陵电厂#2 脱硫系统取消旁路挡板实施方案[Z].
- [3] 华能金陵电厂《华能金陵电厂#2 脱硫风烟系统异动报告》[Z].
- [4] 华能金陵电厂.华能金陵电厂#2 机组脱硫烟气旁路挡板取消风险评估报告[Z].
- [5] 朱海峰.国产首台百万发电机组烟气脱硫控制系统组成及应用[A].中国电机工程学会第十届青年学术会议论文

集[C].2008.

作者简介:

朱海峰 (1976-), 男, 大专学历, 现为华能金陵发电有限公司燃脱部电控专工。2005 年 9 月起分别参与华能玉环电厂海水淡化系统、化学水处理(现场总线)系统及华能金陵电厂输煤程控, 烟气脱硫(西门子现场总线)、电除尘等控制系统调试, 目前主要从事电厂脱硫、燃料、电除尘及输灰电控设备的专业技术管理工作。