

# 脱硫系统保护连锁与控制

高爱民，顾兴俊

(江苏方天电力技术有限公司，江苏 南京 211102)

**摘 要：**针对火电机组取消脱硫烟气旁路门后，如何提高脱硫系统主要设备保护连锁的可靠性，增强机组风烟系统与脱硫系统的协调控制，改善机组在增压风机跳闸后的 RB 控制等环节进行探讨，以确保机组的安全稳定运行。

**关键词：**脱硫系统；增压风机；保护连锁；RB

## 0 引言

江苏并网电厂 135MW 容量以上火力发电机组均配置了脱硫系统。随着环保力度的加强，火力发电机组将不允许设置脱硫旁路门，原脱硫旁路烟道所起的作用将全部失去，锅炉燃烧后产生的烟气在任何工况下只能经由电除尘→吸风机→原烟道→增压风机→吸收塔内喷淋层→除雾器→烟囱后排入大气。脱硫系统将作为锅炉烟气流程的一部分始终伴随机组的长期运行。

由于脱硫系统在机组运行过程中的重要性得到显著提高，脱硫系统的安全稳定将成为影响机组可靠运行的一个重要环节，重要程度等同于锅炉、汽轮机、发电机等重要设备。尤其是锅炉仅配置单台增压风机的发电机组，脱硫系统所涉及的增压风机、浆液循环泵等设备的保护连锁的可靠性显得至关重要，相关设备保护连锁误动作将导致脱硫系统跳闸，使机组被迫停运。

在脱硫旁路门取消后，锅炉的运行方式必将进行调整，锅炉主保护 MFT、锅炉吹扫条件、辅机连锁保护等应作相应的修改。本文重点对相关设备所涉及的保护连锁以及调节机构的控制进行探讨。

## 1 锅炉 MFT 保护及吹扫条件

脱硫系统跳闸后，因脱硫旁路门取消，将使烟气流程中断，锅炉无法维持正常运行。因此，当脱硫系统停运后，应增加锅炉与脱硫系统相关的保护连锁条件，完善锅炉 MFT 主保护的配置。以下条件任一满足时，触发脱硫系统去 MFT 跳闸条件的指令信号。

a) 循环浆泵全部失去；

- b) 增压风机全部跳闸且不能作为烟气通道运行；
- c) 原烟气温度高；
- d) 净烟气温度高。

脱硫系统旁路门取消后，锅炉点火前无法打开旁路门进行通风吹扫。需当脱硫系统具备一定条件时，锅炉方能进行吹扫点火。在现有锅炉典型吹扫条件中，需增加锅炉吹扫允许条件，以下两项条件均满足，触发“锅炉 FGD 允许锅炉吹扫”条件，与锅炉其它条件综合判断后形成锅炉允许吹扫条件：

- (a) 任何一台增压风机运行；
- (b) 至少一台循环浆泵运行。

## 2 引风机保护连锁

脱硫旁路门取消后，引风机启动与脱硫系统烟气通道的运行状态存在较大的关联性，增压风机在建立启动风道后，方能允许引风机启动，有别于脱硫旁路门的启动方式。因此，应增加锅炉脱硫系统允许启动引风机条件，以下条件任一满足，触发“脱硫系统允许启动引风机”条件：

- (a) 任意一台增压风机运行且原烟挡板已开且增压风机 A 静叶开度大于 10%（建议值）；
- (b) 任意一只原烟挡板已开且增压风机静叶开度大于 80%（建议值）。

应将引风机出口压力作为引风机的保护连锁条件，当压力过高时，需跳闸引风机。根据引风机出口至增压风机入口之间烟道的承压能力，确定压力高的跳闸定值。

## 3 增压风机保护连锁及动（静）叶控制

各电厂增压风机配置情况不尽相同，部分电厂取消了增压风机，而对引风机进行增容改造。近来

投产的机组中一般采用甲、乙侧分别布置增压风机，前期进行脱硫改造的机组一般配置单台增压风机。在脱硫旁路门取消后，增压风机作为机组主要设备而连续运行。增压风机长期可靠运行对于机组的安全运行起到关键作用。除增压风机设备本身的可靠性以外，防止热控保护连锁误动作，也是一个关键的技术环节。尤其对于仅配置单台增压风机的机组，增压风机保护连锁的可靠性显得至关重要。增压风机的保护连锁设置的基本原则，应保证风烟系统、脱硫系统以及风机自身的安全。相关保护连锁应本着安全可靠的原则，从测点信号、逻辑构成上进行优化设计。为此，当以下条件任一满足时，触发“锅炉增压风机连锁停”指令：

- a) 省煤器出口温度高且循环浆泵全部停运；
- b) MFT 复位且循环浆泵全部停运；
- c) 原烟温度高且循环浆泵全部停运；
- d) 增压风机运行中原烟挡板不在开位且在关位；
- e) 引风机全部跳闸；
- f) 润滑油系统故障。

不宜设置振动、喘振、轴承温度、润滑油温度等单点保护，应通过测点的冗余性布置加以完善。在无法进行改造时，应通过逻辑运算增强保护连锁的可靠性，将保护连锁误动的可能性降至最低。

以下条件全部满足时，触发“锅炉增压风机允许启动”条件：

- a) 锅炉省煤器 A、省煤器 B 出口温度、原烟温度均小于  $70^{\circ}\text{C}$  或至少一台循环浆泵运行；
- b) 任一侧送、吸风机入口导叶开度大于 80%；
- c) 增压风机入口导叶开度  $< 5\%$ 、增压挡板在关位。

对于引风机增容改造的机组，引风机控制功能中应增加连锁关闭功能。双侧布置增压风机时，增加以下条件任一满足时，触发增压风机动（静）叶连锁关闭信号。

- (a) 增压风机（引风机）停运且另外一台增压风机（引风机）运行；
- (b) 省煤器出口（省煤器 A 或省煤器 B 出口温度）烟气温度高且循环浆泵全部停运；
- (c) MFT 复位且循环浆泵全部停运；
- (d) 原烟温度高且循环浆泵全部停运。

增加锅炉增压风机动（静）叶全开信号。以下条件任一满足时，触发增压风机动（静）叶全开指令。对于引风机增容改造的机组，引风机控制功能

中也应增加连锁开启逻辑，以下条件任一满足时，触发引风机动（静）叶全开指令。

(a) 至少一台循环浆泵在运行且失去两台增压风机；

(b) 原烟温度、省煤器出口 A、省煤器出口 B 烟气温度均小于  $70^{\circ}\text{C}$  且失去两台增压风机。

#### 4 原烟气挡板保护连锁

当采用无旁路挡板运行方式时，原烟气挡板将始终处于全开状态，保护连锁功能将失去作用。在锅炉启动时，必须先开启原净烟气挡板。为了防止挡板出现误关，需切断电动执行器电源。原净烟气挡板电动执行器电源切断后，需要其动作的整组程序启停逻辑将不可用，如增压风机程序启动。当机组处于无旁路挡板运行方式时，不得将原净烟气挡板电动执行器电源送电。

#### 5 循环浆泵跳闸条件

浆液循环泵是脱硫系统的主要设备之一，保护连锁也应以安全可靠为前提条件。以下任意条件满足时，将连锁跳闸循环浆泵：

- (a) 循环浆泵运行且吸收塔液低；
- (b) 循环浆泵运行且进浆门未开；
- (c) 循环浆泵电机驱动端轴承温度高；
- (d) 循环浆泵电机非驱动端轴承温度高。

#### 6 风烟系统 RB 控制

机组风烟系统的主要设备包括：送风机、引风机、空气预热器、一次风机。这些设备的故障跳闸将引起锅炉风量发生巨大的扰动。机组通常进行快速减煤、减风的控制过程。风烟系统辅机设备 RB 控制过程中，锅炉主要控制参数为炉膛压力。将炉膛压力有效控制在合理范围之内是风烟系统 RB 控制的首要任务之一。

脱硫旁路门取消前，送风机、引风机、空气预热器、一次风机 RB 通常连锁开启脱硫旁路门，增压风机基本不适时参与控制。炉膛压力控制相对独立，不存在与脱硫系统烟压控制之间的关联作用，炉膛压力易于控制，锅炉较易趋于稳定运行。

脱硫旁路门取消后，为了稳定锅炉炉膛压力、引风机出口压力，增压风机入口动（静）叶应随机组负荷进行协调控制。引风机、增压风机控制简图

如图 1 所示。在送风机、引风机、一次风机等 RB 工况下，增压风机入口动（静）叶应随着锅炉风量的变化快速超驰关闭，再释放为自动调节的过程。在此过程中，需整定引风机与增压风机的自动控制参数。消除引风机与增压风机之间的耦合现象，防止引风机与增压风机自动调节回路出现耦合振荡，引起炉膛压力、引风机出口压力出现大幅度摆动，危及锅炉运行。

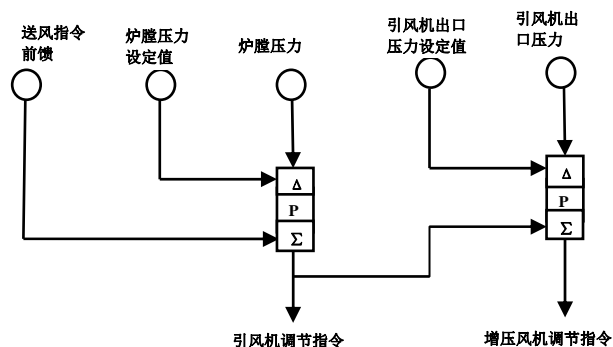


图 1 引风机、增压风机控制简图

## 7 增压风机 RB 控制

### 7.1 双侧增压风机配置

对于双侧增压风机配置或者引风机增容改造的机组，单侧增压风机跳闸时，机组应快速减负荷，减少锅炉的燃料量和风量。单台增压风机跳闸后，除快速跳闸磨煤机外，可连锁跳闸同侧引风机、送风机等设备，快速减小烟气流量。此外，若甲乙侧引风机出口设置联络风门，也可保持两台引风机并列运行。送风机、引风机、一次风机超驰关闭，快速减小相关设备的出力，而无需跳闸引风机、送风机等设备。增压风机跳闸后，进、出口挡板应连锁关闭，加以隔离。剩余增压风机的动（静）叶应根据风机最大出力，超驰开至上限值，维持锅炉和脱硫系统的稳定运行。

### 7.2 单台增压风机配置

一般情况下，单台增压风机跳闸后，将直接触发锅炉 MFT。为了减少机组非计划停运，可以对增压风机跳闸后，依据增压风机自身的安全状态，对增压风机跳闸的原因进行划分，确定机组运行方式，触发增压风机 RB 控制，维持机组的连续运行。但在增压风机设备自身发生故障或不具备通风条件时，如增压风机轴承温度高、润滑油条件不满足、事故按钮停增压风机时，应直接触发 MFT，确保增

压风机的设备安全。但除此以外，在增压风机电机停运后，增压风机仍可以作为通风烟道，锅炉可减出力运行。增压风机触发 RB 动作后，增压风机进出、口风门全开，动（静）叶全开。快速减负荷至 50% 左右（视 RB 试验情况确定目标负荷），送风机超驰关，炉膛压力维持自动调整。快速跳闸相关磨煤机，投油枪助燃。

但增压风机一般为轴流式定速风机，在风机跳闸后，风机不具备带载恢复启动的能力。增压风机只能在停炉后重新启动。对于变频控制的增压风机，基本具备在线启动的可能性，可以通过控制变频器指令，逐步恢复增压风机的控制，使增压风机恢复正常运行。

## 8 结论

脱硫旁路门取消后，风烟系统的运行方式势必发生较大的变化。引风机、增压风机、循环浆泵等保护连锁逻辑应与运行方式相适应。相关保护连锁的可靠性必须得到提高，以满足机组安全稳定运行的需要。保护连锁的设计原则应遵循多重冗余的分散原则，避免单个测点参与保护的逻辑设置。对于单台增压风机配置的脱硫系统，增压风机的保护连锁可靠性将对机组稳定运行将产生直接的影响。脱硫系统的跳闸应纳入锅炉主保护，以完善对锅炉设备、脱硫系统设备的安全保护。

此外，应开展脱硫增压风机 RB 工况的试验研究工作，尤其需开展单台增压风机跳闸后，锅炉风烟系统的出力试验研究工作，提高增压风机跳闸时，机组自动化控制水平，减少机组非计划停运。但提高脱硫系统运行可靠性的根本措施是对风烟系统进行改造，对增压风机进行冗余双侧布置，消除单台增压风机给机组运行造成的瓶颈制约。或者取消增压风机，对双侧引风机进行增容改造，以从根本上提高脱硫系统长期运行的可靠性。

### 作者简介：

高爱民（1969—），男，江苏宝应人，高级工程师，长期从事发电厂热控自动化控制系统调试与技术监督工作，

E-mail: gamnj@tom.com;

顾兴俊（1970—），男，江苏海安人，高级工程师，长期从事火电厂环境保护技术监督及污染物减排技术研究，

E-mail: ft6902@163.com。