

# 660MW 机组 FGD 脱硫系统取消旁路烟道的应用总结

张天健, 任 君

(大唐南京发电厂, 江苏 南京 210059)

**摘 要:** 大唐南京发电厂一期搬迁扩建工程规模为  $2 \times 660\text{MW}$  超超临界燃煤发电机组, 采用石灰石粉-石膏湿法 (Flue Gas Desulfurization, FGD)、一炉一塔脱硫装置, 从环保和经济性的角度考虑取消烟气旁路。取消后对脱硫设备可靠性要求的提高, 由于国内刚刚起步, 本工程采取的针对性措施和改进, 为同类型燃煤火电机组无旁路设计和运行提供参考。

**关键词:** FGD; 取消旁路; 可靠性; 措施

## 0 引言

目前, 我国燃煤发电机组已建的绝大多数的脱硫装置均设有烟气旁路 (见图 1), 主要用来保障机组的安全可靠运行、保护脱硫装置在事故状态时不受损坏。但随着国家环保标准的不断提高, 对脱硫运行的要求越来越严格, 约束使用旁路, 直至取消脱硫装置烟气旁路已经成为一个选型的必然, 尤其是新建的  $600\text{MW}$  以上燃煤发电机组, 见图 2。

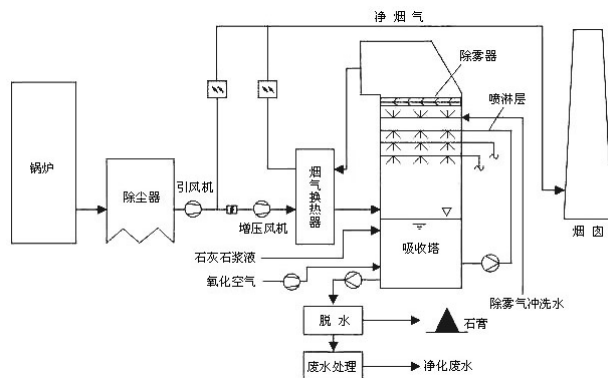


图 1 有旁路系统图

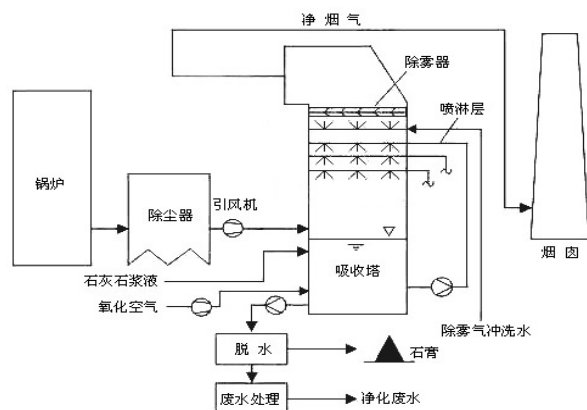


图 2 无旁路系统图

大唐南京发电厂一期搬迁扩建工程规模为  $2 \times 660\text{MW}$  超超临界燃煤发电机组, 烟气脱硫工程总承包招标, 由中环 (中国) 工程有限公司中标承建。本工程采用石灰石粉-石膏湿法 (Flue Gas Desulfurization, FGD)、一炉一塔脱硫装置, 无烟气旁路。

## 1 取消旁路对脱硫系统的影响

### 1.1 旁路的作用

在设置旁路挡板门的脱硫岛中, 当锅炉启动或 FGD 装置故障停运时, 关闭脱硫原烟气入口挡板, 开启旁路挡板, 原烟气由烟气旁路直接进入烟囱排放, 不进入吸收塔, 有利于保障机组的安全可靠运行, 并保护脱硫装置在事故状态时不受损坏。

### 1.2 取消旁路的优势

#### 1.2.1 提高环保指标

基本杜绝机组运行中开启旁路烟道甚至停运脱硫系统、利用旁路烟道使烟气不经脱硫直接排放的现象, 真正实现燃煤电厂脱硫系统与发电机组同时运行, 确保安装烟气脱硫设施的环保投资效果。

#### 1.2.2 降低工程造价

取消增压风机、净烟道挡板门、旁路挡板门及烟道各 2 套。以某  $2 \times 600\text{MW}$  机组配套建设脱硫工程为例, 按取消旁路烟道、同时取消进口挡板、旁路挡板、增压风机 (与引风机合并设置, 按减少 60% 风机费用计算), 则上述费用见表 1。

再考虑旁路烟道建设费用、节省的土地费用等, 节约了投资成本; 取消旁路烟道可相应取消 FGD 进口挡板门和旁路挡板门及其密封风系统, 同时可取消 GGH, 增压风机与引风机可合并布置, 可相对

减少故障点，并可防止净烟气部分回流从而避免原烟气部分烟道腐蚀。烟气从除尘器出口经引风机直接到吸收塔然后至烟囱排放，工艺系统简化、流程顺畅、并可降低系统的故障率及维护的成本。

表 1 2×600MW 机组配套建设脱硫工程取消旁路减少费用表

项目	减少费用/万元
进口挡板	2×75
旁路挡板及烟道	2×240
增压风机	2×450
累计	1530

1.2.3 降低运行电耗

取消旁路挡板门，从根本上避免了旁路泄露的可能性，有效提高了系统的脱硫效率；增压风机与引风机合二为一，烟气自引风机后烟道直接进入脱硫吸收塔反应。整个烟气系统的设计将更加简洁、高效，系统的阻力也将大大减小，可有效降低流体输送机械的动力消耗。

1.2.4 节省场地

取消烟气旁路烟道便于节省场地优化布置。

1.3 取消旁路后对脱硫装置的要求

(1) 取消旁路烟道，脱硫系统不可以脱离主系统，若出现重大故障时将引起主机强迫停运，大容量机组强迫停运对电网系统有较大冲击，可能影响电网运行稳定性，电力供应紧张时会加剧负面影响。

(2) 大容量超临界/超超临界机组计划外启停会加剧锅炉高温管材金属氧化皮脱落与汽机通流部分固体颗粒物冲蚀，对机组寿命有一定影响。

(3) 机组计划外启停将直接影响系统供电量与企业的经济效益，并将增加燃油、煤炭、电能与工质消耗、额外增加运行费用与污染物排放总量。以某电厂为例（300MW 机组），热态启动一次约需增加运行费用 30 万元，冷态启动一次约增加运行费用 50 万元，同时非计划停运超过规定还导致电网公司对电厂罚款（70 万元/次）。

(4) 运行和启动期间 FGD 入口烟尘浓度、油气含量、烟气温度的影响

(5) 取消旁路，对脱硫装置整体的可靠性要求非常高，而增压风机与引风机合并对系统的可控性的确要求也非常高。

(6) 在锅炉系统发生事故、脱硫系统出现故障情况下都要求有应对措施，特别是超超（超）临界机组计划外启停会加剧锅炉高温管材金属氧化皮脱

落与汽机通流部分固体颗粒物冲蚀，会影响到机组寿命。

(7) 为了提高整个系统运行的可靠性，减少故障几率，必须要求相关设备的质量更加可靠，热工控制的水平更高，并相应的增加设备购买费用。

1.4 取消旁路需重点考虑的问题

当锅炉投油启动、进入 FGD 的烟气超温（超过 160℃）或 FGD 浆液循环泵故障全部停止运行时，由于脱硫装置不能从主体脱开，烟气必须进入吸收塔反应。此时，对脱硫相关设备的保护就很重要。

(1) 吸收塔系统如何满足事故状态下高温烟气的要求；

(2) 石灰石浆液制备系统（石灰石浆液泵或供浆管道）出现故障时，如何保证浆液的可靠供应；

(3) 正常工况下如何保障大容量电气设备的可靠性；

(4) 正常工况及事故工况下，如何保证热工自动系统的可控性。

2 取消旁路的应对措施

通过调研国内已有成功应用的实例工程，需要执行以下对应措施：

2.1 提高吸收塔内构件的可靠性

(1) 吸收塔喷淋主管材质采用碳钢双面衬胶。一方面省掉了使用 FRP 管道必须设置的底部支撑大梁，避免由于喷嘴的直接冲刷而造成支撑梁上涂刷的防腐鳞片的损坏，从而影响支撑梁的强度。另一方面喷淋主管采用碳钢双面衬胶后本身的耐冲刷性更好，减少了塔内件损坏的可能性。

(2) 增大顶层喷淋层与除雾器之间的距离，减小烟气当中的一些固体颗粒被直接携带至除雾器上的可能性，从而减少结垢的产生；

(3) 增加除雾器第四层冲洗系统来保证有效的冲洗水流量，细化局部冲洗。因除雾器设备处理的介质混有石膏、亚硫酸钙固体颗粒，如果冲洗不当，极易导致出现大范围的结垢产生，使除雾器的通道变窄，导致更快的烟气流速，直接将气流当中的固体颗粒带至除雾器后方，导致除雾器上表面出现结垢，从而影响除雾器性能，严重还会导致除雾器局部塌陷、模块脱落。增加第四层冲洗将能有效防止结垢的产生，保证除雾器的效果。

(4) 循环泵进口滤网、塔内氧化空气管道采用耐蚀合金。可减少因 FRP 材质管道断裂、破损产生的碎片等造成的循环泵堵塞、喷嘴堵塞现象，保证脱硫效率；

(5) 提高吸收塔喷淋的覆盖率，增大气液接触面积、提高吸收塔的传质效能，保证脱硫效率；

(6) 在吸收塔上增加排油口的设计，让大部分油能够通过溢流外排处理，尽量减小投运初期烧油对脱硫系统设备及副产品石膏的影响。如必要可设置油污处理设备，将处理后的废水回收利用。

## 2.2 石灰石浆液系统的冗余设计

对石灰石浆液制备系统设置备用，对 2 个脱硫塔的石灰石浆液供应系统采用并联管路设计，避免搅拌器等设备故障后无法供浆。增加一套石灰石浆液箱、浆液制备及供浆系统，石灰石供浆方式调节由原来的调节阀控制更改为变频控制，管路采用单元可切换方式。

## 2.3 增设事故喷淋系统

采用高位水箱布置+除雾器冲洗两种方案并联的事故喷淋装置，解决事故高温烟气问题并能有效应对全厂范围电源故障。

事故喷淋系统设置在吸收塔入口前有一定长度的原烟道上，包括事故喷淋水箱、事故喷淋系统、自动控制阀和液位计。工况一：当进入 FGD 的烟气超过 160℃ 时，自动开启事故喷淋系统，对进入吸收塔的烟气进行降温，当烟气温度低于 125℃ 后，自动关闭；工况二：在 3 台脱硫浆液循环泵出现故障时，快速开启对烟气降温，当烟气温度低于 75℃ 后自动关闭。事故发生时，在脱硫除雾器冲洗水泵未能启动前，首先由布置在高位的水箱作为缓冲水源接入事故喷淋系统，维持一定喷淋时间。随着脱硫除雾器冲洗水泵的启动，由脱硫系统提供稳定的工艺水作为水源，通过管道直接接入事故喷淋系统进行冷却。

## 2.4 其它

(1) 设两台吸收塔地坑泵，吸收塔地坑泵由原来的每坑一台更改为每坑两台，地坑泵采用立式泵，其中一台地坑泵与缓冲池相连；

(2) 与吸收塔连接的管道浆液阀门采用双阀门方式等；

(3) 设置事故浆液罐，将锅炉投油污染后的抛弃浆液外送；

(4) 可根据情况考虑每台炉设一台备用浆液循环泵；提高备用标准。

(5) 考虑到锅炉投油的影响，增加吸收塔排油口，并与吸收塔地坑相连。

(6) 在总平面布置允许的情况下，引风机出口直段应适当加长，直段后如有条件应采用缓转弯头。

## 3 关键设备的控制

取消烟气旁路对脱硫装置主、辅设备的可靠和稳定运行提出了更高的要求，可通过对设备的选择控制，比如部分关键设备采用进口，选用国产优质产品以减少故障率，加大设备制造监造力度，强化防腐施工的过程检验等方法来提高整个系统的可靠性，脱硫设备分类如表 2。

表 2 脱硫设备分类图

序号	关键设备	重点设备	辅助设备
1	吸收塔本体	石膏旋流器、废水旋流器	电动葫芦
2	吸收塔喷淋层	非金属膨胀节	阀门
3	喷嘴	卧式浆液泵	橡胶膨胀节
4	除雾器	液下泵	清水泵
5	浆液循环泵	废水处理系统设备	非标箱罐
6	真空皮带机	厢式压滤机或离心脱水机	储气罐
7	侧进式搅拌器	顶进式浆液搅拌器	离心风机
8	浆液蝶阀	粉仓附属设备	
9	氧化风机	衬胶管道及管件	
10	烟气挡板门	皮带输送机	
11	烟道、设备防腐内衬	计量泵	

## 4 结论

大唐南京发电厂一期工程 2×660MW 机组脱硫取消旁路项目是必要的，技术上可行的。面对取消旁路对系统的影响，主要从以下几个方面进行了改进。

(1) 提高脱硫系统的现行设计标准和建设标准，增加关键设备的数量和备用容量、提高材料耐腐蚀等级以延长使用寿命，研究解决吸收塔入口烟气超温、入口烟尘浓度过高和消除油气的影响等技术问题。

(2) 选择目前市场上业绩优，质量好的国内外脱硫设备供应商，提高关键设备的质量，提高 FGD 的可用率，达到与主机的可靠性一致的要求。

(3) 增压风机与引风机合并设置，细致研究对锅炉防爆压力设计的影响及采取的对策。

(4) 运行和启动期间，使用等离子点火系统，做到无油点火；加强入口烟温的控制；保证电除尘

的正常运行，减少启动时造成的废浆量。

(5) 研究系统对燃煤含硫量的适用范围，科学的选择适用燃煤，保证实际燃煤硫  $S_{ar}$  的含量偏差在合理范围内。

(6) 加强人员培训，提高运行维护和管理水平。

目前，机组经调试已投入正式运行，脱硫效率稳定，设备运行良好。取消烟气湿法脱硫旁路烟道，先进国家已经商业运行多年，国内还处于起步阶段，需要不断的摸索和总结，努力提高脱硫系统的稳定性，保障电力的安全绿色生产。

#### 参考文献：

- [1] 蒋进从,封乾君. 国华三河电厂脱硫装置取消烟气旁路技术[J]. 电力建设, 2008,29(2): 61-63.
- [2] 曾庭华. FGD 系统不宜取消旁路的分析[J]. 中国电力, 2008, 41(2): 60-64.

- [3] 赵生光. 火电厂湿法烟气脱硫取消旁路烟道可行性分析与探讨[J]. 中国电力, 2007, 40(6):81-85.
- [4] 曾庭华,杨华,马斌,等. 湿法烟气脱硫系统的安全性及优化[M]. 北京:中国电力出版社, 2004.
- [5] 杨佳珊,黄涛. 火电厂废水处理后回用于烟气脱硫系统的可行性[J]. 东北电力技术, 2007, (11):9-11.
- [6] 电力规划设计总院.火力发电厂湿法烟气脱硫取消旁路烟道可行性专题研究报告[R].2007.
- [7] 中环工程有限公司.FDG 系统培训教材[Z].

---

#### 作者简介：

张天健（1981-），男，江苏南京人，助理工程师，从事电站锅炉、脱硫脱硝设备管理工作；

任 君（1966-），男，江苏南京人，工程师，从事电站锅炉、脱硫脱硝设备管理工作。