

金湾公司#3 机组近零排放环保升级改造介绍

吴国昊（广东珠海金湾发电有限公司，广东珠海 519000）

摘 要：随着煤炭市场供应的不确定性，实际燃用的煤质含硫量与设计煤种存在一定的偏差，实际 FGD 入口 SO_2 浓度较高，且随着最新大气污染物排放标准的颁布实施，净烟气 SO_2 浓度已无法满足最新环保排放标准。为适应燃煤硫分提高的现状，以及满足最新环保标准要求，需要对原有脱硫系统进行扩容及取消旁路改造等综合升级改造。

关键字：环保指标；脱硫能力；环保升级改造

1 概述

珠海金湾发电公司#3#4 机组为国产超临界燃煤 600MW 机组，#3#4 机组分别于 2007 年初建成投产，脱硫部分与机组同时投运。脱硫系统为烟气脱硫装置采用石灰石—石膏湿法烟气脱硫、一炉一塔脱硫装置，在设计燃煤含硫量为 0.63%（FGD 入口 SO_2 浓度 $1354\text{mg}/\text{m}^3$ ），校核燃煤含硫量为 0.80%（FGD 入口 SO_2 浓度 $1808\text{mg}/\text{m}^3$ ），锅炉最大工况（BMCR）、处理 100%烟气量条件下，原脱硫装置脱硫率保证值大于 90%。

本次改造设计脱硫系统排放浓度满足《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011）中规定不大于 $50\text{mg}/\text{m}^3$ （标态、干基，6% O_2 ），脱硫效率不低于 97.7%（脱硫塔脱硫效率不低于 98.7%，GGH 漏风率按 1%计），年等效利用小时数不低于 5500 小时。并取消烟气旁路，原烟气旁路与烟囱要有明显的断口。要求脱硫系统在运行的各个时间段应可靠运行，通过改造能确保脱硫系统随主机全部运行的条件。

2 主要改造部分

2.1 吸收塔及附属系统

SO_2 吸收系统包括吸收塔、吸收塔浆液循环、石膏浆液排出和氧化空气、搅拌器、除雾器、冲洗等几个部分，还包括辅助的放空、排空设施、冲洗水收集系统、浆液取样及其冲洗水系统。吸收塔采用喷淋塔，吸收塔浆池与塔体为一体结构。搅拌器布置在吸收塔浆液池筒体上。搅拌系统能确保氧化空气的最佳分布和浆液的充分氧化，在任何时候都不会造成塔内石膏浆液的沉淀、结垢或堵塞。石灰石浆液通过循环泵从吸收塔浆池送至塔内喷嘴系统，与烟气接触发生化学反应吸收烟气中的 SO_2 ，在吸收塔循环浆池中利用氧化空气将亚硫酸钙氧化成硫酸钙。石膏排出泵将石膏浆液从吸收塔送到石膏脱水系统。脱硫后的烟气夹带的液滴在吸收塔出口的除雾器中收集，使净烟气的液滴含量不超过 $75\text{mg}/\text{Nm}^3$ （干态）。除雾器安装在吸收塔上部，用以捕集分离净烟气夹带的雾滴。除雾器出口烟气含水量不大于 $75\text{mg}/\text{Nm}^3$ （干态）。吸收塔壳体由碳钢制做，内表面采用衬鳞片树脂的防腐设计。吸收塔入口段干湿界面烟道采用合金（进口 C-276 合金，厚度 6mm）防腐。

#3 机组脱硫吸收塔改造大致改造部分，浆液循环泵利旧两台旧泵，新增三台大泵，其中旧泵流量为

6500m³/h, 新增泵流量为 11000m³/h。吸收塔搅拌器为四台单层搅拌器。喷淋层增加为五层喷淋, 每层喷嘴数量大约 124 个左右。除雾器由原来的两层屋脊式改造为底部一层管式加上部两层屋脊式除雾器。除雾器顶层加装一层除雾器冲洗水, 保证每一层除雾器有冲洗水冲洗。氧化风机更换为多级离心风机, 其中进入吸收塔布置方式也做了相应调整, 由原来的直插式更换为现在的管网式, 确保吸收塔内有足够的氧量将使吸收塔内的亚硫酸钙充分氧化成硫酸钙。具体改造前后设计参数如下:

吸收塔改造前后设备技术对比规范表

项 目	单 位	改造前	改造后
吸收塔型式		喷淋空塔	喷淋空塔
流向 (顺流/逆流)		逆流	逆流
吸收塔前烟气量 (标态、湿态)	Nm ³ /h	2152162	2152162
吸收塔后烟气量 (标态、湿态)	Nm ³ /h	2219722	2219722
设计压力	Pa	-2000~4000	-2000~4000
浆液循环停留时间	min.	4.52	4.52
浆液全部排空所需时间	H	14.52	16.7
液/气比 (L/G) (wet)	l/Nm ³	8.74	22.12
浆池固体含量: 最小/最大	Wt%	15~17	15~17
浆液含氯量	g/l	23.827	23.827
浆池高度	m	8	17
浆池直径	m	15.3	15.3
浆池容积	m ³	1470	2942
吸收塔吸收区直径	m	15.3	15.3
吸收塔吸收区高度	m	8.45	17
浆池液位正常/最高/最低	m	8/8.5/7.5	15/16.5/17.5
吸收塔总高度	m	29	42.6
吸收塔壳体 / 内衬		碳钢/树脂鳞片	碳钢/树脂鳞片

入口段材质/厚度		C276/6mm	C276/6mm
喷淋层/喷嘴		FRP/碳化硅	FRP/碳化硅
搅拌器轴/叶轮		不锈钢/合金钢不低于 1.4529	不锈钢/合金钢不低于 1.4529
氧化空气喷枪		氧化空气管：合金钢	氧化空气管：合金钢
喷淋层数/层间距		3/1.8	5/1.8
每层喷咀数		124	约 140
喷嘴型式		螺旋型	螺旋型
搅拌器或搅拌设备数量		4	4
搅拌器或搅拌设备轴功率	kW	30	50
搅拌器比功率	kW/m ³	0.082	0.082
氧化空气喷嘴数量		4	管网
氧化空气喷嘴位置		搅拌器附近	吸收塔 9 米位置
除雾器位置		吸收塔顶部	吸收塔顶部
除雾器级数		2	3
保温厚度	mm	50	50
保温材质		岩棉(容重不低于 150kg/m ³)	岩棉(容重不低于 150kg/m ³)
外包层材质		压型铝板	压型铝板

2.2 烟道系统

改造后的#3机组脱硫烟气系统主要由原烟道和净烟道、GGH（气—气加热器）、吸收塔及相应的辅助系统组成。烟道系统与锅炉两台引风机出口之间现有主烟道相连接，原烟气烟道由引风机出口开始，烟气再热器到吸收塔烟气入口，后经湿式电除尘，净烟气烟道由吸收塔烟气出口开始经烟气再热器加热到 80℃左右回到净烟道通过烟囱排放。主要改造内容包括：取消增压风机、烟气挡板门及其密封风系统，加装湿式电除尘，以及相应的烟道改造，GGH低泄露风机增加一台，GGH三向密封片改造，GGH吹灰器改造，吹灰器高压冲洗水喷嘴换型，净烟道GGH前加装疏水槽等。

2.3 加装湿式电除尘

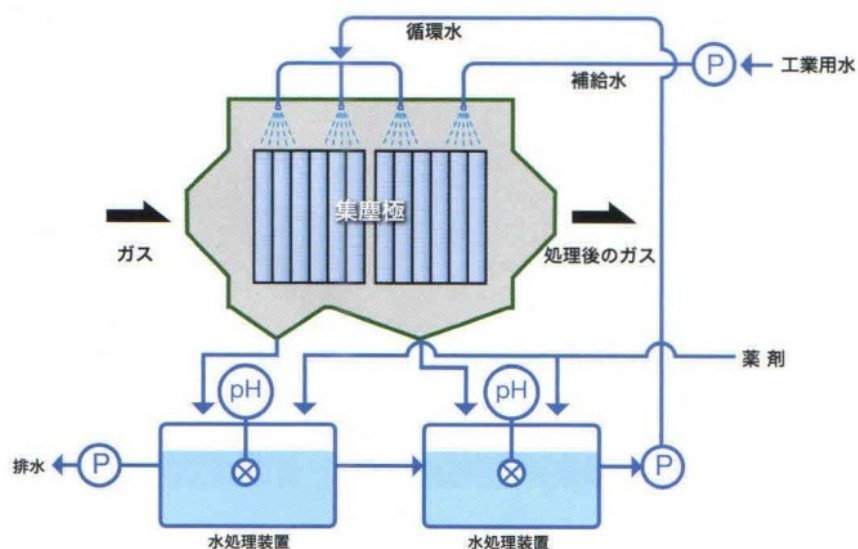
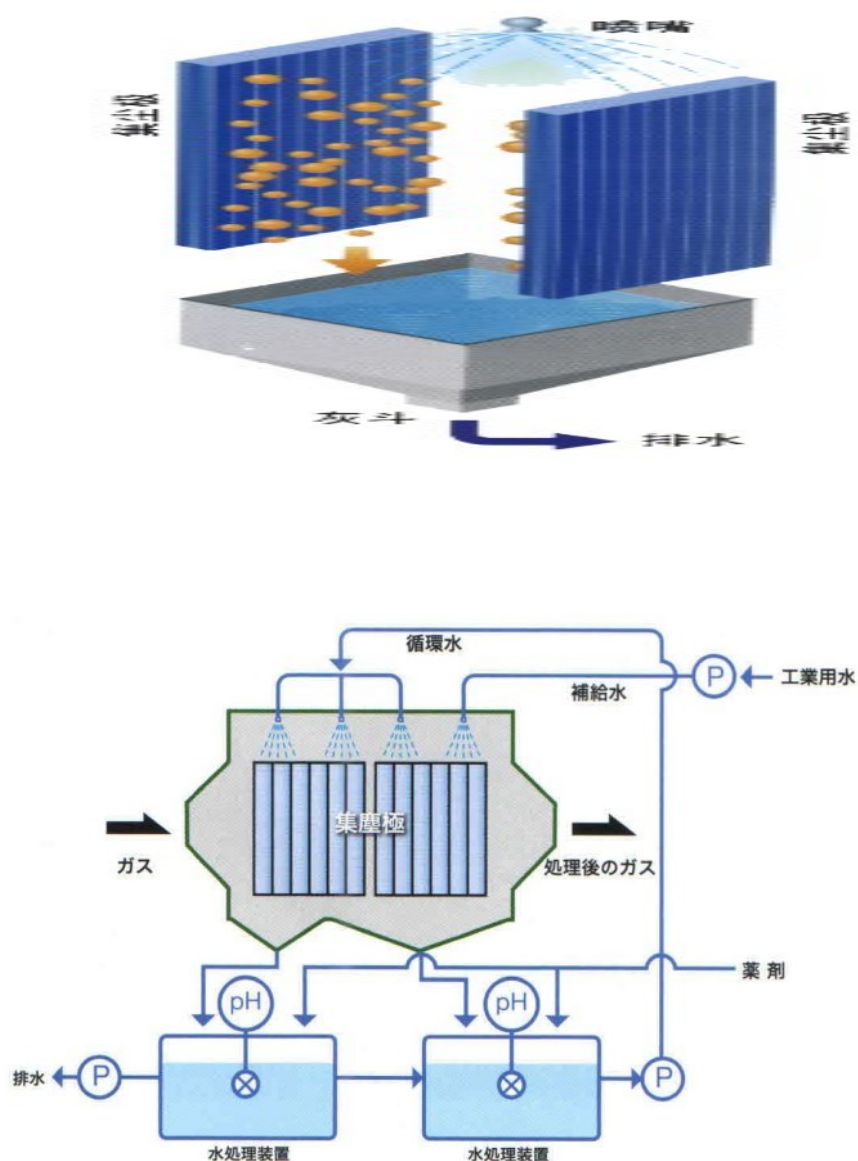
作为广东省首台示范工程，湿电的安装也是本次改造的重点和难点。面对供货商供货紧张，工期

短等实际情况。公司大胆创新，由原来的全部进口更换了部分国产。大大缩短了工程工期，如期完成了改造任务。

2.3.1 湿式电除尘器的的工作原理

湿式静电除尘器的主要工作原理：将水雾喷向放电极和电晕区，水雾在针刺电极形成的强大的电晕场内荷电后分裂进一步雾化，电场力、荷电水雾的碰撞拦截、吸附凝并，共同对粉尘粒子起捕集作用，最终粉尘粒子在电场力的驱动下到达集尘极而被捕集。水在集尘极上形成连续的水膜，将捕获的粉尘冲刷到灰斗中随水排出。

参与冲洗的水，其中含有粉尘部分的水量（约占 28%）进入排水箱，加入 NaOH 溶液进行 PH 调整后，外排至脱硫系统，用作补充水。其余水量进入循环水箱，经 PH 调整后，作为湿式静电除尘器循环水，回流给喷嘴使用。外排损耗的水量，由工业水另行补充。原理图：



2.3.2 湿电中水的作用

湿式静电除尘器中的水主要以雾化的水滴存在, 根据国内研究水雾对湿式电除尘的除尘效率的提高有一系列的影响, 主要机理如下:

水雾可以保持放电极清洁, 使电晕一直旺盛; 雾粒击打在集尘极上形成薄而均匀的水膜, 它可以阻止低比电阻粉尘的“二次扬尘”, 对高比电阻粉尘起到调质作用而防止了“反电晕”现象的发生; 对粘滞性强的粉尘又可防止粘挂电极; 它还适合于收集那些易燃、易爆的粉尘。

水雾直接喷向放电极和电晕区, 放电极还兼起雾化器的作用, 采用同一电源可实现电晕放电、水的雾化、水雾和粉尘粒子荷电, 实现了静电和水雾的有机结合。

水雾直接喷向放电极, 荷电量高, 这种高荷质比水雾在电场中的碰撞拦截、吸附凝并作用可大大提高除尘效率。

水雾击打到集尘极上形成水流流下, 使集尘极始终保持清洁, 省去了振打装置, 同时避免了干式除尘由于振打清灰带来的一系列问题。

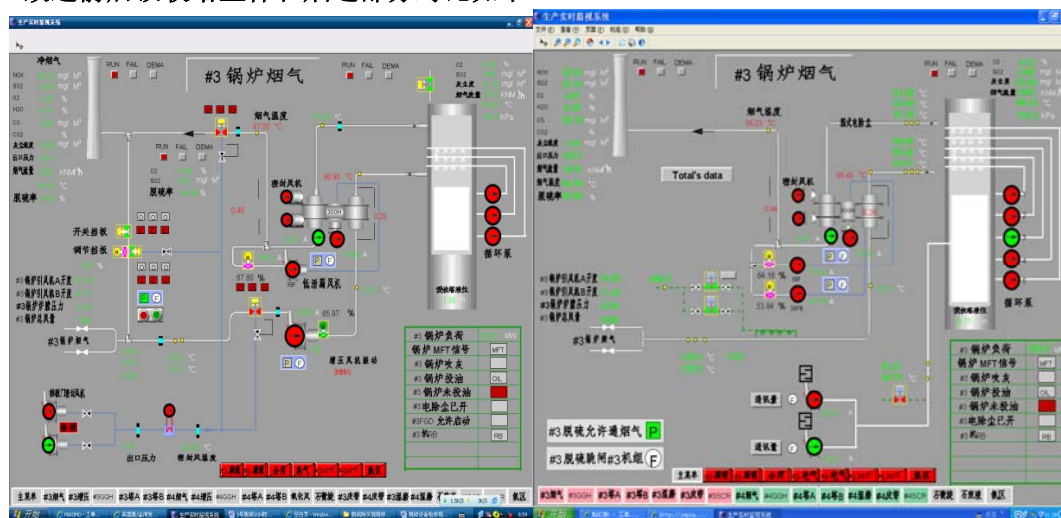
将水雾喷向放电极和电晕区使水雾进一步雾化的方法, 静电并不和喷雾装置直接接触, 所以几乎不存在绝缘问题。这种方法完全有别于“电晕放电使水雾化”的除尘技术, 后者由于水与电直接接触, 绝缘几乎不可能, 实际上很难实现工业应用。

针刺电极能产生很强的静电场, 同时具有很好的电晕放电能力, 静电和水雾协同作用, 具有很高的除尘效率。

2.4 供浆和排放系统

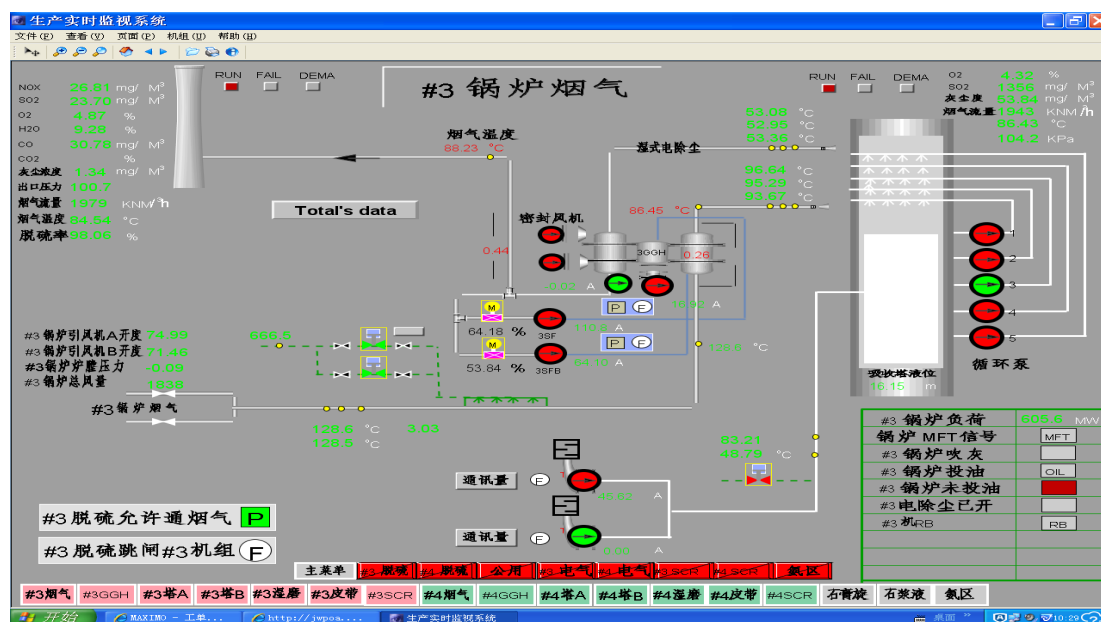
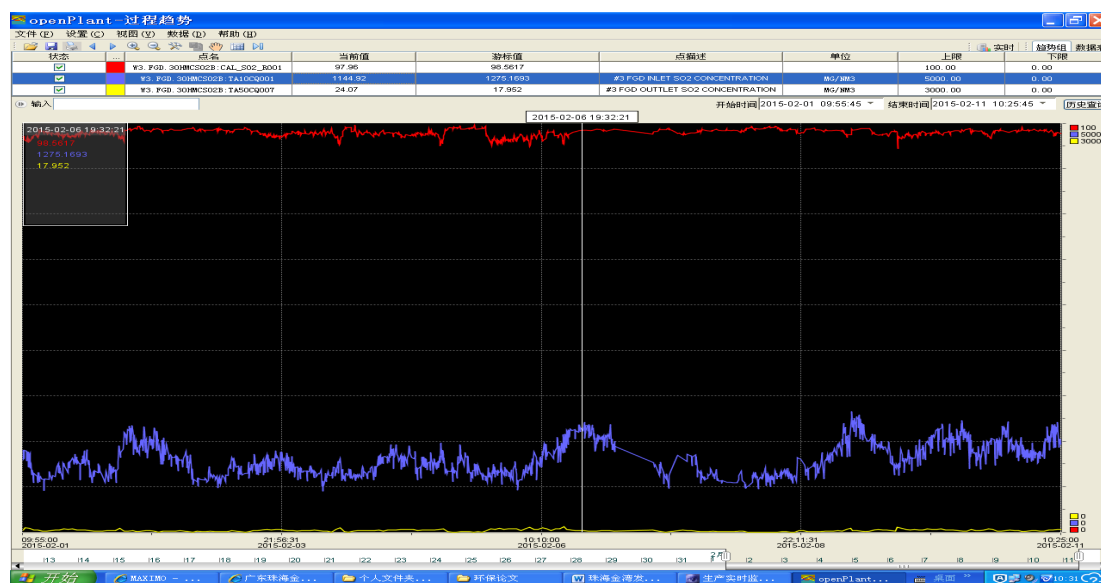
原 FGD 岛内设置一个四台炉公用的事故浆液罐, 脱硫改造后新增加了一个事故浆液罐。在吸收塔重新启动前, 通过泵将事故浆液箱的浆液送回吸收塔。增加一套石灰石粉仓系统, 保证石灰石浆液系统故障时粉仓可以随时配密度合适的浆液供吸收塔。粉仓容积满足改造后 2 台炉 BMCR 工况下 3 天的石灰石粉耗量。

2.5 改造前后吸收塔主体和烟道部分对比如下

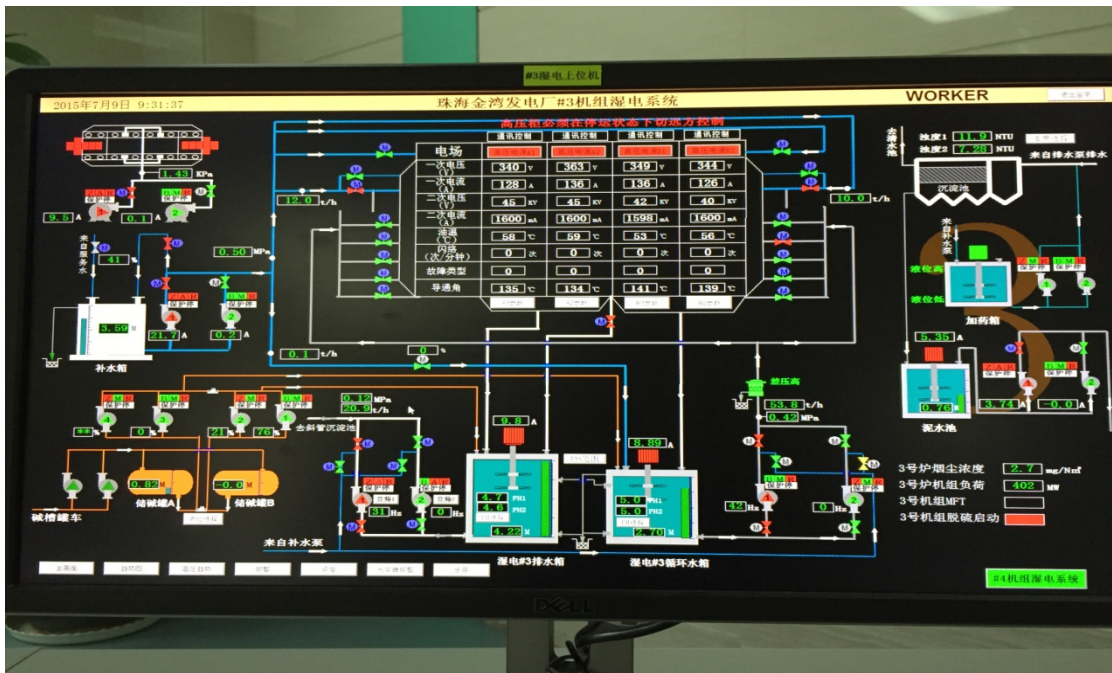


(其中上左图为改造前脱硫系统, 上右图为改造后脱硫系统)

#3 机组本次扩容改造工期约 78 天左右，整体投运后#3 机组脱硫系统运行正常。各设备运行稳定，达到设计要求。下图为投运后#3 机组脱硫率，机组负荷，硫份曲线图：



(#3 脱硫系统图)



(#3 机组脱硫湿电系统图)

参考文献:

[1]周至祥 等 《火电厂湿法烟气脱硫技术手册》中国电力出版社

[2]赵毅 胡志光等《电力环境保护实用技术及应用》中国水利水电出版社

[3]周祖飞. 影响脱硫系统运行经济性的因素及改进措施[J]. 电力环境保护

[4]徐有宁, 关多娇. 燃煤电厂烟气脱硫技术及脱硫工艺选择[J].

[5]陈媛, 李强. 燃煤机组烟气脱硫系统应用[J].