

深度脱硫&高效除尘超低排放技术在镇江电厂的应用

何凯

(江苏镇江发电有限公司, 江苏镇江市丹徒区高资镇 212114)

摘要: 以江苏镇江发电有限公司#6机超低排放改造项目为例,介绍了深度脱硫&高效除尘技术在燃煤电厂超低排放中的应用,指出深度脱硫&高效除尘技术适用于超低排放项目,是一种适应环保政策变化、经济实用并且可推广的烟气治理技术,响应了我国煤电节能减排升级与改造的号召。

关键词: 烟气治理; 环保改造; 深度脱硫; 高效除尘; 超低排放

0 引言

近年来,国家和地方政府加大力度控制火电厂污染物排放浓度,提出了一系列严格的排放标准[1-2]。2014年11月10日,江苏省出台了《江苏省煤电节能减排计划与升级改造计划(2014-2020年)》,要求所有新建、在建火电机组必须实现超低排放,现有10万千瓦以上火电机组在2017年底前基本完成超低排放改造,达到燃气机组排放标准要求,即烟尘、SO₂及NO_x的排放值分别低于5mg/Nm³、35 mg/Nm³及50 mg/Nm³。

为保证环保指标先进性以及考虑到今后发展的需求,江苏镇江发电有限公司采用了深度脱硫&高效除尘技术进行超低排放升级改造,由武汉凯迪电力环保有限公司承担的改造工程采用了托盘、高效喷嘴和高性能屋脊式除雾器的吸收塔技术以及全系统计算机数值模拟精细化仿真技术,实现了烟尘排放浓度不高于5mg/Nm³,SO₂排放浓度不高于35mg/Nm³。

本文对华润镇江电厂#6锅炉烟气超低排放脱硫除尘一体化改造项目相关情况进行了介绍,论述了深度脱硫高效除尘技术在超低排放项目的可行性,为各发电企业环保升级改造技术和改造经验提供了重要参考,同时也为煤电绿色发展提供了一种新方向。

1 工程概述

江苏镇江发电有限公司三期2×630MW超临界燃煤机组电除尘系统为2004年2月由福建龙净环保股份有限公司生产的2BE416/2-4/35/405/14.685/3×4+2×2×

4+3×4-G型卧式电除尘器,电除尘器采用一室四电场,设计效率≥99.6%,每炉16个灰斗,灰斗采用电加热方式。脱硫系统在2004年2月由上海龙净环保科技工程有限公司承接建设,采用石灰石-石膏湿法工艺,按一炉一塔设计。在燃用脱硫设计煤种,BMCR工况时100%的烟气设计二氧化硫脱除率不小于95.5%。#5炉脱硫系统于2005年10月份投产,2014年#6炉电除尘及脱硫系统提效改造:电除尘第四电场更换为旋转电极、一二电场更换高频电源、电除尘入口加装调温装置;脱硫系统吸收塔三层喷淋层下方增加了一层喷淋层,并对原有烟道进行了优化,改造后电除尘效率提升至不小于99.82%,使电除尘器出口排放达到≤40mg/Nm³;SO₂脱除率不小于98.1%,脱硫装置出口SO₂浓度小于50mg/Nm³。

2015年7月由武汉凯迪电力环保有限公司进行了#6锅炉烟气超低排放脱硫除尘一体化改造。脱硫装置于2015年11月9日顺利通过了168小时试运行,机组运行期间,参数稳定、性能优良,平均负荷值为545MW,脱硫效率平均值99.03%,出口SO₂平均浓度为9.75mg/Nm³,出口烟尘平均浓度为2.14mg/Nm³。

作为烟气高效除尘及深度脱硫超低排放项目,镇江电厂脱硫改造项目如期、安全、保质的完成了各项预期目标,性能保证在标准范围以内,且各项排放指标均优于合同要求值,再次验证了“凯迪II代深度脱硫高效除尘托盘塔技术”高度的可行性和可靠性。

2 深度脱硫&高效除尘基本原理

一体化技术核心为烟气协同治理,对脱硫吸收塔的技术要求非常高:在满足深度脱硫的同时,还需要达到高效除尘的目的,相关技术近年来也有一定的发展[3-4]。目前,有多种技术能够实现深度脱硫,如:凯迪公司的高效II代沸腾托盘塔技术、龙源环保的诺尔双循环技术、龙净环保的单塔双区技术、清华同方的FGD PLUS技术等,但在高效除尘上,经过实践证明仅有个别技术达到要求,凯迪托盘塔技术是其中最为突出的。

在常规烟气控制技术中,石灰石/石膏湿法脱硫装置是当前国内外应用范围最广的烟气脱硫技术[5-6]。现阶段的石灰石/石膏湿法脱硫技术,随着二氧化硫浓度排放要求越来越低,仅通过增加液气比等措施难以满足排放要求;另一方面,传统观念认为烟尘去除能力仅为50%,一些装置甚至会出现出口烟尘浓度不降反升的现象,这都是因为缺乏对脱硫装置的污染物脱除机理的深入研究,导致在工程实施以及运行中产生的问题。在先进的烟气协同治理技术中,湿法脱硫装置作为烟气污染物末端控制设备,主要起吸收二氧化硫以及其它酸性氧化物的作用,对粉尘的去除有着重要的协同作用。

深度脱硫高效除尘技术主要以托盘塔为核心,烟尘通过托盘、喷淋层及除雾器的三者耦合作用,得到高效净化。

2.1 深度脱硫机理

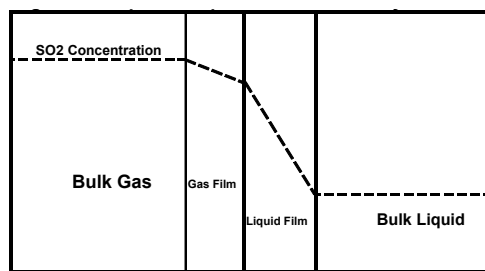


图1 SO₂吸收双膜理论示意图

石灰石/石膏法脱硫系统主要用于吸收二氧化硫,在吸收塔内液态悬浮吸收SO₂是一个气液传质过程,其传质过程可以用双膜理论来描述,如图1所示。依据双膜理论,在气液之间存在一个稳定的界面,界面两侧各有一层很薄的层流薄膜,即气膜和液膜,他们将气液吸收传质过程大致分为四个阶段[7]:

(1) 气态反应物质从气相主体向气—液界面的传递;

(2) 气态反应物穿过气—液界面进入液相,并发生化学反应;

(3) 液相中的反应物由液相主体向相界面附近的反应区迁移;

(4) 反应生成物从反应区向液相主体的迁移。

SO₂吸收原理:

吸收反应 $\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HSO}_3^- + \text{H}^+$

氧化反应 $\text{HSO}_3^- + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{SO}_4^{2-} + \text{H}^+$

结晶反应 $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

根据双膜理论和SO₂吸收原理,可以看出要提高SO₂的脱除率,就要尽量减少液相中HSO₃⁻的含量,而减少HSO₃⁻的含量就需要采取措施使上面三个化学反应方程式尽量向右进行。

因为SO₂吸收反应为可逆平衡反应,因此也决定了无论采用何种湿法工艺、何种吸收剂,脱硫效率始终无法达到100%。SO₂与H₂O之间在对应温度、浆液pH值会形成一个平衡浓度,脱除SO₂极限浓度与此平衡浓度相关,脱除的极限浓度只能无限接近该平衡浓度,却始终无法达到平衡浓度。

我们将能够做到接近SO₂平衡浓度的脱硫技术称之为“深度脱硫技术”,此时脱硫效率通常大于98%。

2.2 高效除尘机理

在带托盘的吸收塔,逆流方式布置,烟气从吸收塔进入,依次通过托盘、喷淋层及除雾器。喷嘴喷出的浆液由塔上部喷入落到托盘上,含尘烟气从下部进入喷淋塔,当含尘气体进入塔后,部分粉尘被托盘筛孔流下来的液滴所捕获,或由于气流在改变方向时的惯性力作用,部分较粗的尘粒沉降到塔的底部被底部液膜捕集;而大部分微细粉尘通过托盘的筛孔进入泡沫层,激起大量的气泡,粉尘在惯性、扩散作用的同时又不断地受到泡沫的扰动,使粉尘不断改变方向,增加了粉尘与液体的接触机会,气体得到净化,图2是高效托盘塔除尘机理流程示意图。

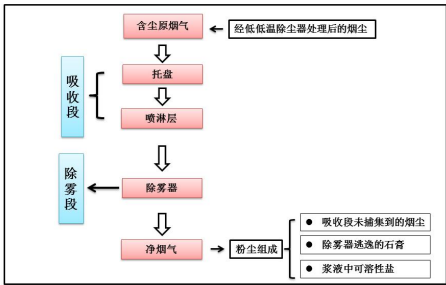


图 2 高效湿法脱硫除尘流程示意图

经过托盘净化过的含尘烟气继续向上运动，到达吸收塔的喷淋层，浆液由喷嘴喷出向下运动，与烟气逆流接触，气流充分接触并对烟气中的二氧化硫进行洗涤脱除，同时气流中的粉尘颗粒与液滴之间的惯性碰撞、拦截、扩散、凝聚以及重力沉降等作用，使粉尘被捕集，然后，得到托盘和喷淋层净化后的烟气夹带大量的液滴通过高效除雾器，经过高性能除雾器可拦截极限粒径以上的液滴，烟气得到进一步的净化[8]，粉尘和液滴得到高效捕集，吸收塔出口排放颗粒物浓度达到最优。图3是高效湿法脱硫除尘机理示意图。

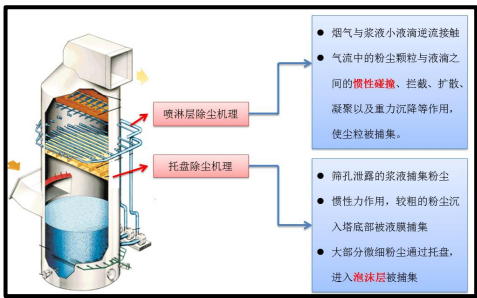


图 3 高效湿法脱硫除尘机理示意图

3 镇江电厂超低排放改造工程基本设计条件

3.1 煤质资料（见表 1）

表 1 设计煤质条件

煤元素成分	单位	设计煤种
收到基低位发热量 Qnet, ar	MJ/kg	18.95
收到基固定碳 FCar	%	37.04
收到基碳 Car	%	53.89
收到基氢 Har	%	3.5
收到基氧 Oar	%	5.32

煤元素成分	单位	设计煤种
收到基氮 Nar	%	1.03
收到基硫 Sar	%	1.1
收到基水分 Mar	%	18
收到基灰分 Aar	%	17.16
收到基挥发份 Var	%	27.8
空气干燥基水分 Mad	%	4.76
干燥无灰基挥发份 Vdaf	%	41.76

3.1 烟气脱硫系统入口烟气参数（见表 2）

表 2 烟气脱硫系统入口烟气参数

项目	单位	设计煤种	备注
SO ₂	mg/m ³	2497	标态、干基、6%O ₂
SO ₃	mg/m ³	42	标态、干基、6%O ₂
HCl	mg/m ³	76	标态、干基、6%O ₂
HF	mg/m ³	21	标态、干基、6%O ₂
灰尘	mg/m ³	50	标态、干基、6%O ₂

3.2 设计要求

根据煤质分析数据，当燃用含硫量1.1%的设计煤种时，入口SO₂浓度达2497mg/Nm³（标态，干基，6%O₂）。

（1）改造后在燃用设计煤种时，FGD系统出口SO₂浓度需小于35mg/Nm³（标态、干基、6%O₂），燃用设计煤种时，脱硫效率≥98.7%。

（2）改造后在燃用设计煤种及校核煤种时，FGD系统出口烟尘浓度需小于5mg/Nm³（标态、干基）。

（3）现有FGD雾滴含量75mg/Nm³，系统改造后FGD系统出口雾滴含量需小于30mg/Nm³。

4 镇江电厂超低排放改造工程设计方案

4.1 主要改造内容

(1) 在吸收塔入口上方和最下层喷淋层之间增设一层托盘, 提高脱硫除尘效率;

(2) 拆除原有增效环, 根据CFD模拟计算结果, 在脱硫区增设一层增效环;

(3) 拆除原有的两级屋脊式除雾器, 更换为三级屋脊式除雾器; 增设除雾器冲洗水。

4.2 主要改造措施

4.1.1 托盘技术

针对高效脱硫及除尘的超低排放要求, 镇江电厂采用了托盘技术, 烟气经托盘均布后, 吸收塔截面的速度离散偏差(CV)小于20%, 以保证烟气与浆液充分接触, 而无偏流发生。烟气通过托盘时与托盘上的液膜进行气、液相的均质调整, 在吸收区域的整个高度以上可以实现气体与浆液的最佳接触。另外, 由于托盘可保持一定高度液膜, 增加了烟气在吸收塔中的停留时间。当气体通过时, 气液接触, 可以起到充分吸收气体中部分污染成分的作用, 进而有效降低液气比, 提高了吸收剂的利用率, 有助于深度脱硫。脱硫塔中托盘的除尘机理可以近似理解为泡沫除尘器的除尘机理, 托盘增加了粉尘在吸收塔中与液体的接触机会, 实现了对粉尘的高效捕集。

4.1.2 防泄漏措施

由于吸收塔周边喷嘴覆盖密度不如中部喷嘴覆盖密度大, 因此吸收塔周边区域阻力较小, 导致大部分烟气从靠近塔壁附近通过喷淋层, 会造成整个吸收塔截面上液气比分布不均匀, 引起脱硫、除尘效率下降。为了避免此种情况导致的效率下降, 合理设置增效环的数量、尺寸、形状、位置是有必要的。电厂调整了原有增效环的设置方式, 将靠近塔壁的烟气驱赶到吸收塔中间区域, 使各个区域的液气比尽可能接近平均液气比, 从而增加烟气与液滴的接触, 提高脱硫和除尘效率。

4.1.3 高性能除雾器

镇江电厂除雾器采用塔内三级高效屋

脊式除雾器, 并设置相应除雾器冲洗水系统, 全部采用AGILIS最新高效系列产品。脱硫后烟气夹带的液滴在吸收塔除雾器中收集, 以降低液滴中携带石膏的影响, 保证净烟气的液滴含量不超过30mg/m³。

4.1.4 烟气流场 CFD 精细化模拟

根据计算流体力学(CFD)的相关理论, 对喷淋吸收塔内气液两相流特性进行分析, 并利用CFD技术对镇江电厂超低排放脱硫除尘一体化改造项目的烟道和吸收塔内流场进行精细化模拟, 量化托盘、喷嘴以及增效环对塔内烟气的均流作用以及对CV的改善情况, 使关键截面的CV不大于20%。本项目的CFD模拟优化了污染物和吸收剂流场分布, 消除偏流效应, 降低污染物逃逸现象; 并在满足性能的前提下, 降低高速区, 减少了系统阻力, 起到节能降耗的作用。

按照镇江电厂脱硫改造项目系统布置情况, 三维模型按照1:1的尺寸建立, 从吸收塔入口到吸收塔出口段, 包含塔内喷淋管、增效环、托盘、除雾器。模拟充分考虑了塔内件对流场的影响, 塔内件按照1:1的真实比例建模。吸收塔从塔内浆液液位的真实高度开始模拟, 完全模拟了塔内烟气走向。根据托盘施工图, 塔内托盘按照真实的开孔孔径、开孔距离布设, 并将托盘模拟成多孔介质代入模型计算。

由于吸收塔周边喷嘴覆盖密度不如中部喷嘴覆盖密度大, 因此吸收塔周边区域阻力较小, 导致部分烟气从塔壁附近通过喷淋层, 局部烟气流速过大会造成吸收塔截面上液气比分布不均匀, 形成烟气逃逸从而引起脱硫、除尘效率下降。增效环的布置能有效的减少烟气逃逸, 将烟气往塔中心聚拢。同时, 浆液在喷到吸收塔内壁上时, 会形成液膜沿吸收塔内壁流下来产生挂壁, 设置增效环也能有效的减少浆液的挂壁现象。但是, 增效环的布置会阻挡部分浆液的喷射, 即增效环下部区域液滴较少, 造成脱硫效率下降, 对于低液气比的塔型, 影响更为明显。因此, 增效环的优势需要发挥, 但数量并不是越多越好, 其尺寸、形状、位置需要在实施过程中根据每个项目的实际情况进行精确的数

值模拟计算，衡量其有利及不利影响后最终确定。原有较大尺寸的增效环切除对阻力优化有一定贡献，气流的均匀分配也能起到降低阻力损失的作用。

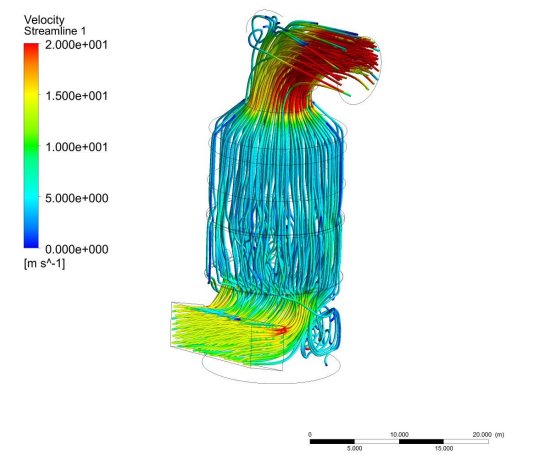


图 3 系统流线图

从上图镇江项目的模拟结果可看出，烟气进入吸收塔后，由于托盘的气流分布作用，塔内的流场均匀稳定。经过各喷淋层后，烟气因喷淋主管及喷淋效果的影响，对区域速度场略有影响。烟气在通过增效环后产生了聚集效果，同时也造成了局部一定程度气速的增加，增效环附近区域液滴浓度受到了一定削弱。平衡利弊本项目建议仅采用1层增效环，设置在第三层和第四层喷淋管之间，这样的布置形式，能有效减少烟气逃逸而不阻挡每层喷淋层周边区域的浆液喷射，实现了塔壁浆液再分配，使喷淋区的气液适配更符合高效除尘脱硫的需求。

根据6#机组实际运行测量结果，在100%BMCR负荷（594MW，（详见下表3））运行工况条件下，脱硫进口原烟气的烟气流量为：2137762Nm³/h（6%O₂，标干）（详见下表4），脱硫装置阻力为2104Pa（详见下表5）；折算至额定负荷工况下，即机组负荷630MW、原烟气流量2404737Nm³/h（6%O₂，标干）后，脱硫装置阻力为2367Pa。实际运行与理论计算时脱硫系统阻力的对比如表6所示。

表 3 试验期间锅炉运行参数记录

序号	参数名称	单位	记录

1	记录时间	---	09:15	11:15	13:00	16:00	平均
2	机组负荷	MW	595	594	594	595	594
3	主蒸汽压力	MPa	24.36	24.23	24.16	24.09	24.21
4	主蒸汽温度	℃	566	564	570	565	566
5	主蒸汽流量	t/h	1797	1773	1806	1812	1797
6	燃煤量	t/h	249	248	258	261	254.0

表 4 烟气流量、烟温、烟气湿度

序号	检测时间	原烟气标干 Nm ³ /h	净烟气标干 Nm ³ /h	原烟气温度 ℃	净烟气温度 ℃	原烟气湿度 %	净烟气湿度 %
1	13:50	2146699	2165549	116	51	5.6	12.9
2	14:30	2127932	2149298	117	52		
3	15:00	2138654	2158250	114	52		
平均	/	2137762	2157699	116	52		

表 5 脱硫系统阻力检测结果

序号	检测时间	原烟气动	原烟气静	净烟气动	净烟气静	系统阻力

		压	压	压	压	
1	13:50	120	2320	591	-280	2129
2	14:30	91	2350	604	-260	2097
3	15:00	94	2330	604	-267	2087
均值	/	102	2333	600	-269	2104

注：表 2、表 3、表 4 数据均来源于《江苏镇江发电有限公司#6（1×630MW）机组超低排放改造工程烟气脱硫性能试验报告》，记录日期：2015 年 11 月 17 日。

表 6 实际运行与理论计算阻力对比表

参数	实际运行 (折算前)	实际运行 (折算后)	理论计算	偏差说明
机组负荷 (MW)	594	630	630	/
原烟气量 (6%O ₂ , 标干)	21377 62	24047 37	24047 37	/
脱硫系统 总阻力 (Pa)	2104	2367	2893	总阻力减小 526Pa (与烟气流场优化、 理论计算设计裕量 等有关)
吸收塔 入口 阻力 (Pa)	/	352 (估算值)	352	/
喷淋区 阻力 (含托 盘) (Pa)	/	1723 (估算值)	2209	此项理论 计算时考 虑了一定的 阻力裕量, 且增设托 盘、增效 环的优化 配置可优 化塔内烟 气流场,进

参数	实际运行 (折算前)	实际运行 (折算后)	理论计算	偏差说明
				而有效降低了喷淋区的阻力
除雾器 阻力 (Pa)	/	160 (平均)	200	此项理论 计算时考 虑了一定的 阻力裕量, 除雾器在 正常运行 时阻力约 为 75Pa, 并在冲洗 周期内增 大至 180~ 200Pa; 烟气流场 的优化也 会降低除 雾器阻力
吸收塔 出口 阻力 (Pa)	需实测数据	32 (估算值)	32	/
烟道阻 力 (Pa)	需实测数据	100 (估算值)	100	/

从上表的对比中可看出,①喷淋区阻力比理论计算值小486Pa,主要是因为理论计算时考虑了一定的阻力裕量,且通过增设托盘以及增效环的优化配置,优化了塔内烟气流场,进而有效降低了喷淋区的阻力;②除雾器阻力比理论计算值小40Pa,是因为理论计算时考虑了裕量,除雾器在正常运行时阻力约为75Pa,并会随着除雾器冲洗水的间断运行周期性增大至180~200Pa,不超过性能保证值,同时,烟气流场的优化也会降低除雾器阻力。以上两项共减少了526Pa阻力,这证实了通过精细化的CFD模拟可明显优化烟气流场,可有效降低脱硫系统的阻力。

5 镇江电厂超低排放改造工程投运情况

江苏镇江发电有限公司#6机超低排放改造工程已一次性顺利通过168小时试运行，平均负荷值为545MW，脱硫效率平均值99.03%，出口SO₂平均浓度为9.75mg/Nm³，出口烟尘平均浓度为2.14mg/Nm³。截止目前，经超低排放改造后系统运行稳定、性能良好。

6 镇江电厂超低排放环保验收及性能试验情况

6.1 环保验收监测结果

表 7 #6 机组脱硫系统烟气监测结果汇总表

设备名称	检测日期	频次	负荷 MW	煤种 硫份 %	#6 脱硫系统进口 (Q5)		#6 炉烟囱排口 (Q6)		脱硫效率 %
					SO ₂ 排放浓度	SO ₂ 排放速率	SO ₂ 排放浓度	SO ₂ 排放速率	
					mg/m ³	kg/h	mg/m ³	kg/h	
#6 脱硫系统	2015.11.17	1	6007	1	2150	4757	24	52.2	98.9
		2			2156	4747	25	54.1	98.9
		3			2129	4732	24	54.3	98.9
	2015.11.18	4	6001	1	2127	4724	25	56.3	98.8
		5			2141	4752	24	54.0	98.9
		6			2133	4717	24	54.1	98.9

设备名称	检测日期	频次	负荷	煤种 硫份	#6 脱硫系统进口 (Q5)		#6 炉烟囱排口 (Q6)		脱硫效率
					SO ₂ 排放浓度	SO ₂ 排放速率	SO ₂ 排放浓度	SO ₂ 排放速率	
			MW	%	mg/m ³	kg/h	mg/m ³	kg/h	%
			范围				2127~2156	4717~4757	24~25
标准值				/	/	≤35	/	/	
达标情况				/	/	达标	/	/	

表 8 #6 机组除尘系统烟气监测结果汇总表

设备名称	检测日期	频次	负荷 MW	煤种 灰分 %	#6 脱硝系统出口 A (除尘进口) (Q3)		#6 脱硝系统出口 B (除尘进口) (Q4)		#6 炉烟囱排口 (Q6)		除尘效率 %
					烟尘排放浓度	烟尘排放速率	烟尘排放浓度	烟尘排放速率	烟尘排放浓度	烟尘排放速率	
					mg/m ³	kg/h	mg/m ³	kg/h	mg/m ³	kg/h	
#6 除尘	2015.11.11	1	600	25.9	24603	29114	24603	29434	2.93	4.99	99.91

系 统	.1 7	2	6	24 31 7	28 98 4	24 51 8	29 31 2	2 .5	5 .4 8	99 .9 91			
				24 50 5	29 03 9	24 38 8	29 25 8	2 .3	5 .1 6	99 .9 91			
		20 15 . 11 .1 8		4	6 5 0 0	2 5 . 9 5	23 17 1	27 33 6	23 55 3	28 45 8	2 .6	5 .6 8	99 .9 90
							23 56 7	27 61 5	23 53 5	28 38 0	2 .3	5 .1 5	99 .9 91
	6		23 46 4	27 61 7			23 66 0	28 76 8	2 .7	5 .8 8	99 .9 90		
	范围		23 17 1 ~ 24 60 3	27 33 6 ~ 29 11 4	23 53 5 ~ 24 60 3	28 38 0 ~ 29 43 4	2 .3 ~ 2 . 7	4 .9 9 ~ 5 .8 8	99 .9 90 ~ 99 .9 91				
		标准值	/	/	/	/	≤ 5	/	/				
		达标情况	/	/	/	/	达 标	/	/				

注：表 7、表 8 数据均来源于《江苏镇江发电有限公司#6 机组污染物超低排放改造工程竣工验收监测报告》。

6.2 性能实验检测结果

表 9 性能实验检测结果

序号	项目	单位	保证值	检测结果	评价
1	脱硫效率	%	≥98.7	99.3	合格
2	出口二氧	mg/Nm ³	≤35	15	合

序号	项目	单位	保证值	检测结果	评价
	化硫浓度				格
3	出口烟尘排放浓度	mg/Nm ³	≤5	4.29	合格
4	原烟气流	Nm ³ /h	/	2137762	/
	净烟气流	Nm ³ /h	/	2157699	/
5	脱硫系统阻力	Pa	≤3200	2104	合格
6	出口烟气温度	℃	≥48	51.8	合格
7	出口雾滴浓度	mg/Nm ³	≤30	28.2	合格
8	表面温度	℃	45	<45	合格

注：上表数据来源于《江苏镇江发电有限公司#6（1×630MW）机组超低排放改造工程烟气脱硫性能试验报告》。

7 总结

（1）在燃煤电厂烟气协同治理技术基础上，凯迪环保公司开发了托盘+高效喷嘴+增效环+高性能除雾器的深度脱硫高效除尘集成技术，采用该技术可以实现脱硫装置出口满足SO₂不高于35mg/Nm³、烟尘不高于5mg/Nm³的超低排放标准。

（2）深度脱硫&高效除尘技术在江苏镇江发电有限公司#6机超低排放改造工程的成功投运，再次验证该技术在实现超低排放上取得了突破。

（3）深度脱硫&高效除尘技术在华润镇江电厂的成功投运及经济优势表明该技术值得大力推广应用。通过对阻力的对比说明了精细化的CFD模拟可明显优化烟气流场，有效降低脱硫系统的阻力。

（4）由于镇江电厂实际运行时间较短，实际运行数据偏少，后期有待对镇江电厂运行情况进行密切跟踪，收集现场运行数据并进行比较分析，进一步对深度脱硫&高效除尘技术进行规律性研究。

参考文献:

- [1] 中国环境保护产业协会脱硫脱硝委员会, 我国脱硫脱硝技术的发展及应用. 2014.
- [2] 徐秋红, 电力行业洁净煤脱硫技术应用的技术经济分析及政策探讨. 2000, 中国社会科学院研究生院.
- [3] 焦东伟, 胡廷学, 金会心等. 高硫煤脱硫技术及展望. 能源工程, 2010(04): p. 55-58.
- [4] 2014 年烟气脱硫新技术的应用. 浙江电力, 2015(01): p. 65-66.
- [5] 孙克勤, 钟秦. 火电厂烟气脱硫系统设计、建造及运行[M]. 化学工业出版社, 2005.
- [6] 韩新奎, 张斌. 湿式石灰石-石膏烟气脱硫技术在电厂应用中探讨. 广州化工, 2010(04): p. 205-206+218.
- [7] Gutiérrez, F.J., et al., A technical pilot plant assessment of flue gas desulfurisation in a circulating fluidised bed. Advances in Environmental Research, 2002. 7(1): p. 73-85.
- [8] 张轶, 赵红, 石峰等. 脱硫除雾器对烟尘排放影响的研究. 广州化工, 2014(17): p. 108-109+208.

作者简介:

何 凯,男,工程师,江苏镇江发电有限公司锅炉专业工程师。

注:

何 凯 , 13861399622 , 0511-85302101 ,
kaih@crpzj.com.cn, 江苏省镇江市江苏镇江发电有
限公司技术支持部, 212114。