单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺在大型火电厂中的应用

主要介绍了单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺原理、流程及技术特点。结合某2×300MW热电厂采用该脱硫工艺的实际运行情况，分析了该工艺的技术参数、脱硫效率以及SO_2排放浓度。

结果表明，该工艺脱硫效率可达99%以上，出口SO_2质量浓度能控制在50mg/m^3以内，对于高含硫烟气或对脱硫效率要求特别高的项目是非常适用的。

我国的电力结构中，火电机组装机容量约占全国总装机容量的67%，发电量约占全国总发电量的75%，成为我国电力工业的主体，同时也是SO_2排放的主要行业之一。

近年来，随着国家对火电厂SO_2等大气污染物的排放标准和减排要求的日趋严格，以及火电厂“超低排放”等相关要求的提出，很多电厂SO_2排放标准要求控制在50mg/Nm^3以下以及甚至更低的水平，高于国家现行标准的要求，火电厂的烟气脱硫任务越来越重，对烟气脱硫效率的提高也越来越紧迫。

而传统的石灰石-石膏湿法脱硫效率最高保证值为97%，并且随着低硫煤和高品位煤资源的日益匮乏，越来越多的高硫煤以及低热值煤被逐渐用来发电，SO_2产生质量浓度高达5000mg/Nm^3左右，脱硫效率要求99%以上，采用传统的石灰石-石膏湿法脱硫工艺已不能满足环保排放的要求。

为了满足新形势下高效脱硫工艺的需要，各大脱硫公司都在引进和研发新的脱硫工艺，单塔双区石灰石-石膏湿法脱硫工艺应运而生。

本次研究调研了单塔双区石灰石-石膏湿法脱硫工艺在大型火力发电机组的实际运行效果，为火电厂脱硫工艺的选择及设计提供了参考和借鉴，具有一定的参考价值和现实意义。

1“单塔双区”高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺

1.1传统脱硫工艺

目前广泛采用的石灰石-石膏湿法脱硫装置大多是单塔单区方式，主要特点是将早期的“塔+罐”型式合并为单个塔，将原吸收塔和氧化罐浆液部分合并为塔下部的浆池，并采用石灰石作为吸收剂，用来控制浆液的酸碱度。

但单塔单区存在着明显的问题：为兼顾吸收和氧化的效果，浆液pH只能采用5.0～5.5。这种结果虽能一定程度上兼顾酸碱度要求，但均离最佳值较远。从吸收角度而言，脱硫效率受限，最高保证值为97%，更高脱硫效率难以实现;而从氧化角度来看，则是牺牲掉一部分石膏纯度和粒径，易产生石膏纯度低与脱水困难等问题。

1.2基本原理

“双区”是对石灰石-石膏湿法脱硫过程中吸收区和氧化区的统称，吸收区完成对烟气中SO_2的吸收，生成$CaSO_3 \cdot 2H_2O$，而氧化区中则通过对SO_3^{2-}或HSO_3^{1-}的氧化并最终结晶，生成$CaSO_4 \cdot 2H_2O$（石膏）。其化学反应过程如下[1]：

吸收过程：

$$SO_2+H_2O \rightarrow H^+ + H_2SO_3^- \quad (1)$$

$$HSO_3^{1-} \rightarrow H^+ + SO_3^{2-} \quad (2)$$

$$H^+ + CaCO_3 \rightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- \quad (3)$$

$$Ca^{2+} + HSO_3^- + 2H_2O \rightarrow CaSO_3 \cdot 2H_2O + H^+ \quad (4)$$

$$Ca^{2+} + SO_3^{2-} + 2H_2O \rightarrow CaSO_3 \cdot 2H_2O \quad (5)$$

$$H^+ + HCO_3^- \rightarrow H_2CO_3 \quad (6)$$

$$H_2CO_3 \rightarrow CO_2 + H_2O \quad (7)$$

氧化过程：

$$CaSO_3 \cdot 2H_2O + H^+ \rightarrow Ca^{2+} + HSO_3^- + 2H_2O \quad (8)$$

$$HSO_3^- + 1/2O_2 \rightarrow SO_4^{2-} + H^+ \quad (9)$$

$$Ca^{2+} + SO_4^{2-} + 2H_2O \rightarrow CaSO_4 \cdot 2H_2O \quad (10)$$

单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺是在传统的石灰石-石膏湿法脱硫工艺基础上改进而来，克服了传统工艺的缺点与不足。在借鉴单塔单区的基础上，对吸收塔浆池部分进行重大变革，成功实现了在单塔浆池中维持上下两种不同pH环境的区域，吸收塔上部分pH可维持在4.9~5.5，下部分pH可维持在5.3~6.1，分别满足氧化和吸收所需，即实现单塔双区，双区运行目的。让常规的单区单回路系统达到双区循环系统的优点，从而提高脱硫系统的脱除效率和氧化效果。

1.3流程简述

吸收塔浆池部分设置双区调节器和射流搅拌系统，通过两者的相互配合，使得浆液区pH调节器上部分pH可维持在4.9~5.5，而下部分pH可维持在5.3~6.1。吸收塔内，烟气在氧化区与吸收区内分别与吸收剂浆液接触混合，烟气中的SO_2与浆液中的碳酸钙以及鼓入的氧化空气进行化学反应后，SO_2被脱除，最终反应产物为石膏。

1.4技术特点

与传统的石灰石-石膏湿法脱硫工艺以及其它工艺相比，单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺具有以下技术特点：

(1)浆液池
分为氧化区和吸收区2个
区域，氧化区pH4.9~5.5生成高纯度石膏，吸收区
5.3~6.1高效脱除SO_2
，可以满足氧化、吸收不同阶段对不同浆液性质的要求，避免了影响运行的各工艺参数之间的相互制约，可以使反应过程更加优化，能快速适应煤种变化和负荷变化，脱硫效率可达99%及以上，对于高含硫烟气或者对脱硫效率要求特别高的项目是非常适用的。

(2)吸收剂的利用率高，石膏纯度最高，脱硫系统运行阻力低，比“塔+罐”或串联塔低150～250Pa。

(3)通过单塔布置达到了双区系统的优点，无需设置塔外罐(塔)及其配套设施，可节省电耗约200kW·h/h、节约占地500m^2以上(1×300MW机组);对于预留空间小、现场位置有限的已建电厂脱硫改造非常适用。

(4)系统简单，检修方便，初始投资及运行维护费用相比“塔+罐”或串联塔低。

2工程实例

某2×300MW热电厂位于河北省保定市。《火电厂大气污染物排放标准》(GB13223-2011)要求自2014年7月1日起，现有电厂SO_2排放限值为200mg/Nm^3，重点地区的电厂SO_2排放限值为50mg/Nm^3。

根据环境保护部《关于执行大气污染物特别排放限值的公告》，该燃煤电厂被列入执行大气污染物特别排放限值的重点地区，SO_2排放限值为50mg/Nm^3，原有的传统石灰石-石膏湿法脱硫工艺不能满足新的排放要求，该电厂经研究决定，采用单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺对现有脱硫工艺进行增容改造，以满足新的排放标准要求。

2.1脱硫装置设计条件

采用单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺(以下简称FGD)，采用1炉1塔脱硫装置，脱硫系统不设置旁路烟道和增压风机，不带GGH，烟气脱硫后排入烟塔排至大气。

FGD装置采用湿式强制氧化、石灰石-石膏回收工艺，吸收塔的类型是目前广泛采用的逆流喷淋塔，设5层喷淋层，吸收塔反应罐的设计采取了富有特色的射流泵浆液搅拌装置。

整个FGD工艺系统分为：烟气系统、吸收塔系统、石膏脱水系统、回流水和废水处理系统、石灰石粉储运系统、制浆和供浆系统、工艺水和压缩空气系统。事故浆液系统、石膏脱水系统、废水处理系统和石灰石粉制浆系统公用。FGD设计煤质参数见表1，FGD设计工况烟气参数见表2，吸收塔主要设计参数见表3。

2.2脱硫效果

(1)性能评估测试试验数据

表1FGD设计煤质参数

名　　称	单位	设计煤种	校核煤种
收到基碳　Car	%	54.24	52.42
收到基氢　Har	%	3.89	2.58
收到基氧　Oar	%	3.01	2.81
收到基氮　Nar	%	0.83	0.98
收到基全硫 St.ar	%	1.68	1.82
全水份　Mt	%	7.00	8.8
收到基灰份 Aar	%	29.35	30.59
空气干燥基水份 Mad	%	0.86	1.21
干燥无灰基挥发份 Vdaf	%	17.99	14.21
收到基低位发热量 Qnet,ar	MJ/kg	20.72	19.50

表 2　FGD 设计工况烟气参数

项　　目	单位	设计煤种	校核煤种
入口烟气量	m^3/s（标态，干基，6%O_2）	349.46	340.33
入口烟气温度	℃	135	135
SO_2	mg/m^3	4250	5000
SO_3	mg/m^3	≤150	≤150
Cl(HCl)	mg/m^3	◁50	◁50
F(HF)	mg/m^3	◁25	◁25
烟尘浓度	mg/m^3	≤200	≤200

表 3　脱硫吸收塔主要设计参数

项目名称	单位	数据
设计压力	Pa	1 000～5 000
浆液循环停留时间	min	4
液/气比	L/m^3	17.13
烟气流速	m/s	3.29
烟气停留时间	s	5.88
化学计量比 Ca/ S	mol/mol	1.028
流向（顺流/逆流）		逆流
吸收塔总高度	m	39.2
喷淋层数		5
喷淋层间距	m	2.0
搅拌器数		采用射流搅拌系统

根据该电厂2014年1月的烟气脱硫装置性能评估测试试验报告，2台机组FGD脱硫装置测试结果见表4、表5。

表 4　1 号机组 FGD 测试结果

项　　目	单 位	测试结果
脱硫系统烟气量		
标态，湿基，实际氧	m^3/h	1 156 000
标态，干基，实际氧	m^3/h	1 045 000
原烟气SO_2浓度（标态，干基，6%O_2）	mg/m^3	4 628
净烟气SO_2浓度（标态，干基，6%O_2）	mg/m^3	27
脱硫效率（标态，干基，6%O_2）	%	99.41
石膏品质		
纯度[1)]	%	90.43
含湿量[1)]	%	13.14
$CaSO_3 \cdot 1/2H_2O$含量(以SO_2计)[1)]	%	0.19
碳酸钙[1)]	%	2.05

注：[1)]以质量分数计，表 5 同。

表 5　2 号机组 FGD 测试结果

项目	单 位	测试结果
脱硫系统烟气量		
标态，湿基，实际氧	m^3/h	1 386 396
标态，干基，实际氧	m^3/h	1 282 860
原烟气SO_2浓度（标态，干基，6%O_2）	mg/m^3	4510
净烟气SO_2浓度（标态，干基，6%O_2）	mg/m^3	25
脱硫效率（标态，干基，6%O_2）	%	99.29
石膏品质		
纯度	%	89.65
含湿量	%	13.06
$CaSO_3 \cdot 1/2H_2O$含量(以SO_2计)	%	0.19
碳酸钙	%	2.82

由表4与表5可以看出，1号机与2号机FGD进口SO_2质量浓度均较高，分别为4628、4510mg/m^3，出口SO_2质量浓度分别为27、25mg/m^3，均小于特别排放限值50mg/m^3，脱硫效率均在99%以上，分别为99.41%与99.29%;脱硫石膏纯度分别为90.43%与89.65%，品质较好。

(2)CEMS在线数据

该电厂2014年7月中旬至8月中旬连续1个月的CMSE在线监测数据见表6。

由表6可以看出，1号机与2号机FGD进口SO_2质量浓度均较高，分别为3211、3797mg/m^3，出口SO_2质量浓度分别为24、21mg/m^3，均小于特别排放限值50mg/m^3，脱硫效率均在99%以上，分别为99.25%与99.44%。

综上所述，从该电厂性能评估测试试验数据以及CMES在线监测数据均可以看出，2台机组采用单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺，在处理高含硫烟气时，出口SO_2浓度可以满足特别排放限值50mg/m^3，脱硫效率可以达到99%以上。脱硫石膏品质较好。

3小结

单塔双区高效石灰石-石膏湿法脱硫工艺对于高含硫烟气或者对脱硫效率要求特别高的项目是非常适用的，具有脱硫效率高、系统能耗低、投资与占地面积省的特点。该工艺应用于大型火电厂，可成功实现脱硫效率99%以上，出口SO_2质量浓度能很好控制在50mg/m^3以内，满足环保要求。

原文地址：http://www.china-nengyuan.com/tech/133299.html