

# HT 型高效湿法脱硫技术

陈鸣楼

(浙江华特环保设备实业公司, 浙江 杭州 310006)

**摘 要:** 本文介绍了一种在改进的湿式石灰—石膏法脱硫工艺基础上研发的新型高效湿法脱硫设备及其工作流程、工作机理与技术特点。

**关键词:** 螺旋形旋流装置; 喷淋系统; 溅板式溢流装置; 除渣箱

中图分类号: X701.3 文献标识码: B 文章编号: 1006-5377(2005)12-0028-04

## High Efficiency and Wet Process of Desulfurization Technology of HT Model

CHEN Ming-lou

湿式石灰—石膏法脱硫工艺的 $\text{SO}_2$ 吸收是通过气液接触反应完成的, 反应过程不可逆, 而且不受平衡限制, 脱硫效率达95%以上。该工艺的脱硫剂石灰应用广泛, 易取得并易于制备, 终产物石膏可用作建材原料, 即使暂无条件加工利用而作贮存处置, 也不会对环境造成二次污染。

HT型高效湿法脱硫技术是以湿式石灰—石膏法脱硫工艺为基础, 结合螺旋型旋流装置, 吸取传统设备的优点并克服了以往技术如喷淋塔、喷射鼓泡塔、液柱塔、文丘里管、多孔塔等的不足, 历经5年时间研发而成的。

### 1 脱硫设备的结构与工作流程

脱硫设备由进口烟道、主塔体、除渣箱、出口烟道组成。主塔体分为外筒与内筒两部分, 外筒与内筒间设置螺旋形旋流装置、喷淋系统与溅板式溢流装置。脱硫设备结构示意图见图1。

烟气经除尘后通过烟道进入主塔体, 沿主塔体内、外筒间的螺旋形旋流装置的旋流板形成的通道作螺旋上升运动, 并与从喷淋系统的喷嘴喷射产生的幕帘状吸收剂顺流接触、混合。烟气中的 $\text{SO}_2$ 与吸收剂反应并生成

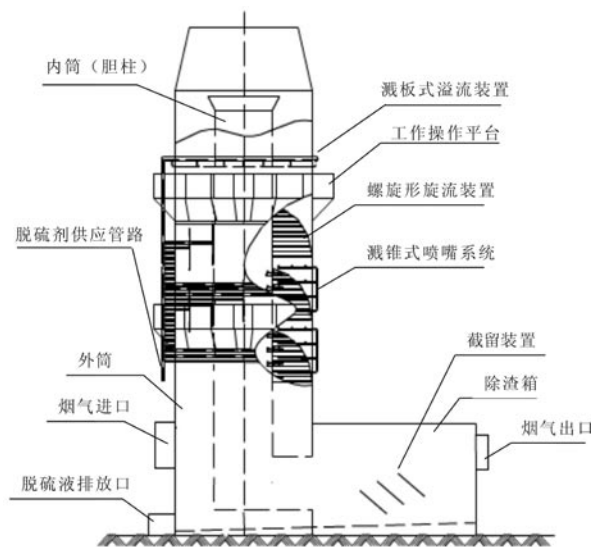


图1 脱硫设备结构示意图

$\text{CaSO}_4$ 与 $\text{CaSO}_3$ 。携带 $\text{CaSO}_4$ 与 $\text{CaSO}_3$ 的脱硫液混合物, 一部分由于惯性被螺旋形旋流装置中多层呈逆斜角的旋流板反复截留, 一部分在离心力的作用下甩向塔壁, 被从溅板式溢流装置中强力溢出并在塔壁上形成液膜的吸收剂捕集。这两部分脱硫液都在重力与各层螺旋作用下落入塔体底部。烟气从塔体上端进入内筒(胆柱)作垂

直向下的运动，烟气中残留的少量SO<sub>2</sub>与脱硫液进入塔体底部。而烟气继续进入除渣箱后，所携带的CaSO<sub>4</sub>、CaSO<sub>3</sub>与水蒸汽再次被除渣箱内的截留装置去除。脱硫并除雾后的净化烟气最终通过出口烟道，经烟囱排放。

进入塔体底部的脱硫混合液经排水口排至脱硫循环系统中的水处理装置处理后重复使用。排水口装有水封装置以隔断塔内烟气与大气。塔底部设有斜坡以防止CaSO<sub>4</sub>与CaSO<sub>3</sub>在底部沉积或结垢。

脱硫设备的主要设计参数见下表。

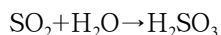
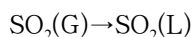
脱硫设备主要设计参数

参数	单位	数值
烟气螺旋切线流速(旋流装置间通道)	m/s	16.5
烟气塔内平均上升流速	m/s	3.1
烟气内筒(胆柱)垂直下降流速	m/s	11.1
烟气除渣箱平均流速	m/s	3.2
液气比	l/m <sup>3</sup>	0.8

## 2 脱硫设备的工作机理

### 2.1 脱硫塔内发生的反应

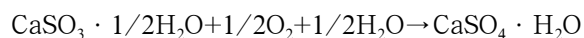
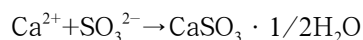
(1)SO<sub>2</sub>溶解与离解



(2)吸收剂溶解与离解



(3)反应生成脱硫产物



### 2.2 脱硫塔内主要参数的曲线关系

#### 2.2.1 烟气温降与脱硫液的关系

烟气在标态排放量为1500000Nm<sup>3</sup>/h的状态下，脱硫塔内脱硫液与烟气温降的关系见图2。

由图2可以看出，随着脱硫液的逐步增加，烟气的温度逐渐下降。脱硫反应为放热反应，从热力学的角度考虑，烟气温度的上升不利于反应进行，脱硫效率会随之降低。因此逐步增加脱硫液，使烟气温度逐步降低，可使脱硫反应在不同的温度段进行，有效促进SO<sub>2</sub>的吸收。而小液滴与SO<sub>2</sub>结合生成CaSO<sub>3</sub>，降低了反应势能，且小液滴改变了SO<sub>2</sub>在脱硫剂表面的吸附能力，增加了吸附量，提高了反应速度。但是过大增加液体会造成烟气含湿度增大，对设备造成腐蚀。

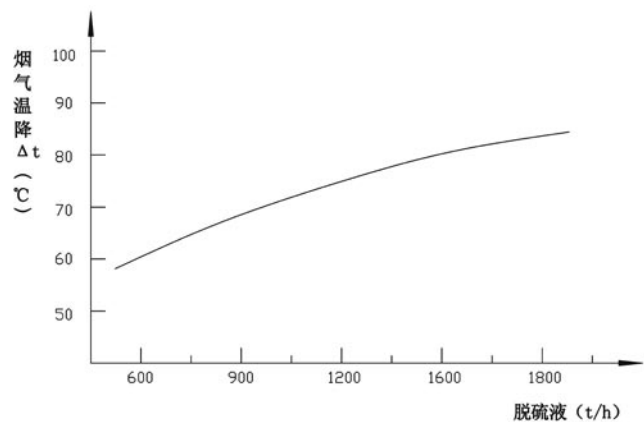


图2 烟气温降与脱硫液的关系

#### 2.2.2 阻力与烟气螺旋流速的关系

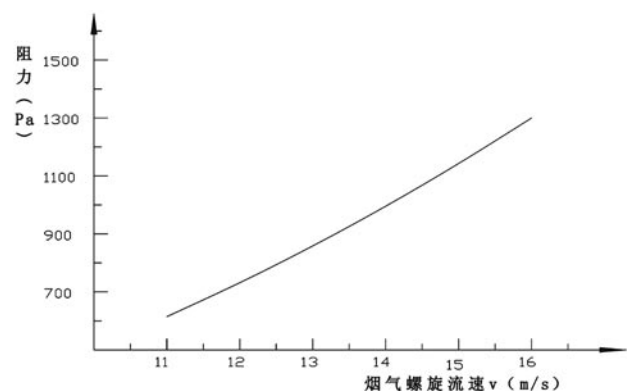


图3 阻力与烟气螺旋流速的关系

烟气在脱硫塔中沿螺旋切线流动，所遇到的阻力包括三部分：自身重力造成的阻力；脱硫塔设备内壁的离心摩擦阻力；喷淋液体造成的阻力。图3中，随着烟气流速的增加，阻力呈上升趋势，同时由于液体量的增加，阻力的上升速度会逐步减缓。阻力上升速度的减缓又会使烟气的流速相应减缓，也就增加了烟气在脱硫塔内的停留时间，烟气中的SO<sub>2</sub>可以更加充分地、有利于脱硫效率的提高。设计时应考虑烟气流速、阻力系数及脱硫液供给之间的最佳关系，使脱硫设备发挥最佳效果，若阻力过大，将会造成烟气阻塞，使设备无法正常工作。

#### 2.2.3 脱硫效率与Ca/S的关系

脱硫效率与Ca/S在定溶液量值的情况下成正比关系，随着Ca/S的增加，脱硫效率逐渐增加，然而随着反应的进行，吸收剂与SO<sub>2</sub>的接触面积逐渐减小，SO<sub>2</sub>的浓度在一个微小单元内逐渐降低，反应速度呈下降趋势，脱硫效率的提高也逐渐呈现减缓趋势。当Ca/S超

过1.2时, 增加脱硫剂对脱硫效率的影响不再明显, 而且还会导致设备和管线结垢及堵塞。

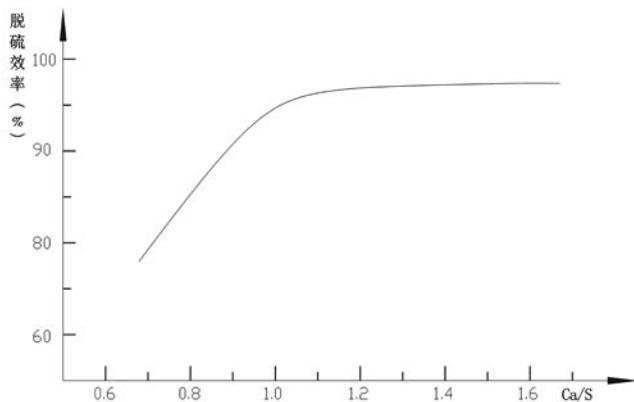


图4 脱硫效率与Ca/S的关系

### 2.3 脱硫设备吸收效率最大化的条件

脱硫设备要同时提高传质数 $K$ 、气液相际接触面积 $F$ 与传质推动力 $\Delta Y_m$ 三个参数, 优化传质过程, 提高吸收效率, 确保吸收效率的最大化。

### 2.4 设备组成部分的工作机理

#### (1) 螺旋形旋流装置

由呈逆斜角旋流板组装而成的螺旋形旋流装置强制烟气作高速螺旋形上升运动, 同时对烟气与液相吸收剂进行反复且充分的撞击与拦截。

在螺旋形旋流装置与喷淋系统的联合作用下, 气相的烟气与液相的吸收剂均处于高度湍流状态。气液二相传质膜的厚度减小, 使烟气中 $SO_2$ 由气相转入吸收剂的扩散阻力迅速下降, 传质系数 $K$ 得到迅速提高。

在螺旋形旋流装置的旋流板形成的螺旋通道内, 气液二相因处在顺向高度湍动的动力状态条件下而连续分散, 互相形成超细气液粒子状乳化物, 气液相际接触面积 $F$ 得以最大化。

由于螺旋形旋流装置的截留作用, 使得塔内沿螺旋切线作高度湍流的气液二相微粒获得不断的惯性撞击和拦截, 不断更新气液接触表面, 气液混合物中的各组分始终存在浓度梯度, 传质过程持续更新, 传质推动力获得吸收 $SO_2$ 的最佳效果。

#### (2) 喷淋系统

液相吸收剂经喷淋系统的多组溅锥式喷嘴喷射呈锥形高强度的液幕帘。

喷淋系统中的各组喷嘴设置于旋流通道的各个断面, 烟气与喷嘴中喷出的吸收剂连续接触, 烟温逐渐降低, 烟气中的 $SO_2$ 与吸收剂中的 $Ca(OH)_2$ 在不同的温度段

逐步发生反应, 因而获得最佳的吸收脱硫效果。

#### (3) 溅板式溢流装置

溅板式溢流装置使得吸收剂在装置内强力反射, 从而在外筒内壁形成完整而均匀的液膜。

#### (4) 内筒(胆柱)

烟气在塔体上端外筒与内筒的连接段扩张后, 进入内筒作高速垂直下降运动。

内筒有效地阻断了脱硫前后的烟气, 同时强化了反应并延长了反应时间。

#### (5) 除渣箱

除渣箱截留装置的多层截留板依靠惯性对含湿烟气中的混合物和水蒸汽进行反复撞击, 有效拦截能力达90%。

含湿烟气通过旋流装置与除渣箱截留装置断面的速度(临界气流速度)设计合理, 可获得最佳的除雾效率, 又可避免二次带水对烟道与烟囱造成结露腐蚀。

### 2.5 设备的设置、材料及使用

脱硫设备一般设置在除尘器和引风机后端, 也可根据现场实际条件安装在引风机前端。如有必要, 也可用作脱硫除尘一体化设备。

脱硫设备主体与内部主要附属装置的材料, 除特制配件外均为普通碳素钢, 预成型后在现场组装。脱硫塔主体与附属装置采用鳞片树脂内衬技术。树脂涂料具有良好的耐化学腐蚀性, 而鳞片的多层平行排列呈迷宫型途径, 使酸性介质无法垂直渗透, 故具有优异的抗渗透防腐性能。脱硫塔与烟道采用密度小、强度高、导热系数低的硬质聚氨脂材料填充保温。保温层采用现场浇注发泡作业制作。

脱硫设备使用时应注意严格控制液相吸收剂的pH值。供应吸收剂时, 需在循环系统中设浆液搅拌装置, 避免因消石灰沉淀而造成pH值降低。同时还应注意在循环使用的吸收剂中保持适当数量的石膏固体, 使石膏晶体的成长占优势, 防止系统的石膏结垢。

## 3 脱硫设备的技术特点

(1) 钙硫比低( $\leq 1.03$ );

(2) 液气比低( $\leq 0.8l/m^3$ );

(3) 排放烟气温度高( $\geq 63^\circ C$ ), 不需配置烟气升温系统(如GGH);

(4) 设备具有强大的除雾功能, 排放烟气含湿率低( $\leq 2.54\%$ ), 不会对烟道、烟囱造成结露腐蚀;

(5)系统具有自清洗功能,可避免结垢;

(6)100%烟气作脱硫处理,脱硫率 $\geq 95\%$ ;

(7)塔内不设填料,喷淋系统、螺旋型旋流装置、除渣箱截留装置易于保养、更换;

(8)系统优化,复杂系数低,可用率 $\geq 95\%$ ;本体连续正常运行时间 $\geq 3$ 年;

(9)系统设计合理、紧凑,塔内无填充层,阻力小( $\leq 1000\text{Pa}$ );

(10)该工艺适用于各种炉型与吨位的锅炉(尤其适用于200M~1200MW机组锅炉)和高中低含硫煤,在烟气流速、液气比等关键参数不变的情况下,确保设备稳定运行;

(11)项目总投资低,系统造价一般只需260元/kW;

(12)运行费用低,一般只需0.002元/kW·h;

(13)如不增加氧化装置,脱硫副产物中亚硫酸钙残留度低( $< 8\%$ ),利用方便,利用成本低;

(14)工艺中消耗水量少,脱硫循环水利用率 $\geq 97.5\%$ ;

(15)工艺控制自动化程度高。

#### 4 结语

综上所述,HT型高效湿法脱硫技术实现了简化工艺环节、节省项目投资与系统优化的有机结合。该技术将为我国加快火电行业的锅炉烟气脱硫改造步伐、减轻环保投资压力起到积极的作用。 ■

简 讯

BRIEF NEWS

## 国家将加强对包装物回收利用的管理

中图分类号:X705 文献标识码:D

据介绍,目前,我国已成为世界第三包装大国,其中纸包装制品年产量已超过1400万吨,塑料、金属和玻璃等包装制品占世界第四位。包装业在“十一五”期间仍将是持续快速发展的行业之一,预计到2010年其年产值将达到4500亿元。

但与此同时,我国包装工业的许多企业仍未摆脱高投入、高消耗、高污染和低产出的粗放型经营模式。另外,包装物回收率低,除部分(如PET瓶和饮料罐)回收利用情况较好外,其他类型包装物的回收利用率都相对较低。据统计,我国目前城市生活垃圾中,包装废弃物约占到15%~20%。尽管其中有一部分得到了回收再利用,但不到1/5的回收量还是让大量可回收利用的资源白白流失,更造成了巨大的环境负担。统计数据表明,在我国每年数量惊人的包装废弃物中,除纸箱、啤酒瓶和塑料周转箱回收情况稍好外,其他产品的回收率都相当低,而整个包装产品的回收率还达不到总产量的20%。

有关专家认为,包装工业属于资源消耗型产业,包装产品的生命周期比其他工业产品要短,因此,包装业必须走可持续发展的循环经济之路。包装工业首先要改变其粗放型的发展模式,即由传统的“资源—产品—废物”的线性模式,转变为“资源—产品—再生资源”的多重闭环的环境友好型模式。包装行业要以资源高效利用

和循环利用为核心,以“减量化、再使用、再循环”为原则,以全生命周期分析为发展载体,以清洁生产为手段,积极开展绿色包装生产、消费和循环再生利用,促进这一行业持续、健康地发展。

目前国家发改委正在研究起草《循环经济促进法》。同时,针对包装物回收利用的专项法规《包装物回收利用管理办法》也正在研究制订中。该管理办法将着重突出以下内容:

1、针对不同种类包装物的回收利用现状,采取动态管理方式,即通过调整《回收利用包装物管理目录》的方式,适时地将不同的包装物纳入管理范围;

2、针对包装物所涉及的生产、销售、利用的各相关责任方分别做出不同的要求;

3、在对包装物回收利用进行管理的同时提出包装物减量化的要求,商场、超市、便利店等应鼓励消费者使用可重复使用的包装物,逐步减少一次性包装物的使用;

4、保留现有有效运行的回收利用渠道,同时加强管理使之逐步规范化,鼓励更多的企业和个人加入废弃包装物的回收网络;

5、鼓励对各种包装采取押金制。

(本刊编辑部摘编)