



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103721548 B

(45) 授权公告日 2015.09.09

(21) 申请号 201410022770.6

(22) 申请日 2014.01.17

(73) 专利权人 东南大学

地址 211189 江苏省南京市江宁区东南大学  
路2号

(72) 发明人 杨林军 潘丹萍 吴昊 姜业正

(74) 专利代理机构 南京瑞弘专利商标事务所  
(普通合伙) 32249

代理人 冯慧

(51) Int. Cl.

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/50(2006.01)

B01D 50/00(2006.01)

(56) 对比文件

CN 102000490 A , 2011.04.06,

CN 101219333 A , 2008.07.16,

US 2007/0128090 A1 , 2007.06.07,

CN 101987274 A , 2011.03.23,

JP 特开昭 52-32884 A , 1977.03.12,

CN 103041690 A , 2013.04.17,

Bao Jingjing et al. Experimental study of fine particles removal in the desulfurated scrubbed flue gas. 《Fuel》. 2013, 第108卷

S. Heidenreich, F. Ebert. Condensational droplet growth as a preconditioning technique for the separation of submicron particles from gases. 《Chemical Engineering and Processing》. 1995, 第34卷(第3期),

赵汶等. 化学团聚促进燃煤细颗粒物脱除的试验研究. 《中国电机工程学报》. 2013, 第33卷(第20期),

审查员 徐汝隆

权利要求书2页 说明书6页 附图2页

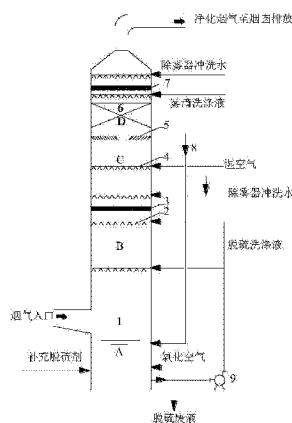
(54) 发明名称

一种促进湿法脱硫净烟气中PM<sub>2.5</sub>脱除的脱硫装置及其方法

(57) 摘要

本发明公开了一种促进湿法脱硫净烟气中PM<sub>2.5</sub>脱除的脱硫装置及其方法,为一个烟气脱硫洗涤装置和一个雾滴捕集装置串联组成,烟气脱硫洗涤装置由下向上依次为脱硫液氧化区、脱硫洗涤区、水汽相变区;雾滴捕集装置与烟气脱硫洗涤装置为一体式或分体式结构,设置在烟气脱硫洗涤装置之上或出口。其方法是烟气经脱硫洗涤区脱除SO<sub>2</sub>后进入水汽相变区,经湿空气分布器注入湿空气,使脱硫净烟气达到过饱和状态,过饱和水汽在PM<sub>2.5</sub>表面发生核化凝结,使PM<sub>2.5</sub>成为表面覆盖一层液膜的含尘雾滴,粒径增大,凝结长大的含尘雾滴进入雾滴捕集装置,由雾滴洗涤液和雾滴捕集装置除雾器捕集。本发明可有效降低建立过饱和水汽环境所需的能耗,解决湿法烟气脱硫系统PM<sub>2.5</sub>的排放问题。

CN 103721548 B



1. 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置, 其特征在于, 所述脱硫装置为一个烟气脱硫洗涤装置和一个雾滴捕集装置串联组成, 所述的烟气脱硫洗涤装置由下向上依次为脱硫液氧化区、脱硫洗涤区、水汽相变区; 在脱硫液氧化区设有氧化空气进口、补充脱硫剂进口和脱硫洗涤液出口; 在脱硫洗涤区由下往上依次设置有烟气入口、脱硫洗涤液进口、脱硫除雾器与脱硫除雾器冲洗水装置; 水汽相变区中部设有湿空气分布器; 所述的雾滴捕集装置与烟气脱硫洗涤装置为一体式结构, 设置在烟气脱硫洗涤装置之上, 所述雾滴捕集装置由下向上依次设有洗涤液收集器、洗涤液溢流口、雾滴洗涤液进口、雾滴捕集装置除雾器与雾滴除雾器冲洗水装置和烟气出口, 洗涤液溢流口通过溢流管与脱硫除雾器冲洗水装置和脱硫液氧化区相连通。

2. 根据权利要求 1 所述的促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置, 其特征在于, 所述的水汽相变区尺寸需满足烟气在其中的停留时间大于等于水汽在  $PM_{2.5}$  表面核化凝结长大所需时间。

3. 根据权利要求 1 所述的促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置, 其特征在于, 所述的雾滴捕集装置与烟气脱硫洗涤装置替换为分体式结构, 所述雾滴捕集装置由下往上依次设有烟气进口、雾滴洗涤液出口、雾滴洗涤液进口、雾滴捕集装置除雾器与雾滴除雾器冲洗水装置和烟气出口。

4. 根据权利要求 1 或 3 所述的促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置, 其特征在于, 所述的雾滴捕集装置还加装 1 ~ 2 层板波纹或波纹丝网规整填料, 填料比表面积为  $125 \sim 375 m^2/m^3$ , 每层填料装填高度为 500 ~ 1000mm。

5. 根据权利要求 1 或 3 所述的促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置, 其特征在于, 所述的湿空气分布器是由湿空气主管、支管以及支撑架构成, 在同一主管或支管截面  $90 \sim 120^\circ$  的扇形区域内均匀设置至少 3 个布气孔, 布气孔沿湿空气主管或支管轴向的孔间距为 200 ~ 500mm, 布气孔的孔径为 3 ~ 10mm。

6. 一种应用权利要求 1 ~ 5 任一促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置的脱硫方法, 其特征在于, 脱除步骤为: 烟气由脱硫洗涤区下部进入后与脱硫洗涤液逆流接触, 经脱硫洗涤区后被水汽饱和或接近饱和, 烟温降至  $55 \sim 70^\circ C$ ; 然后由脱硫除雾器脱除脱硫浆液雾滴后进入水汽相变区, 经湿空气分布器注入湿空气, 湿空气与脱硫净烟气间发生热质交换, 使脱硫净烟气达到过饱和状态, 过饱和水汽在  $PM_{2.5}$  表面发生核化凝结, 使  $PM_{2.5}$  成为表面覆盖一层液膜的含尘雾滴, 粒径增大, 凝结长大的含尘雾滴进入雾滴捕集装置, 通过喷入的雾滴洗涤液脱除凝结长大的含尘雾滴, 然后通过雾滴捕集装置除雾器捕集洗涤液雾滴后的烟气由烟气出口排放。

7. 根据权利要求 6 所述的应用促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置的脱硫方法, 其特征在于, 所述湿空气添加量为脱硫净烟气体积量的 10 ~ 25%, 湿空气温度比脱硫净烟气低  $20^\circ C$  以上, 湿空气相对湿度  $RH \geq 60\%$ , 以使脱硫净烟气与湿空气混合后烟气过饱和度  $S$  由  $S \approx 1.00$  增至  $S = 1.05 \sim 1.20$ 。

8. 根据权利要求 7 所述的应用促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置的脱硫方法, 其特征在于, 所述湿空气取自燃煤电站冷却塔中经与循环冷却水发生热质交换的  $T \leq 40^\circ C$ 、 $RH \geq 85\%$  的湿空气, 或经喷水增湿后的  $T \leq 35^\circ C$ 、 $RH \geq 80\%$  湿空气, 或直接取自大气环境中的  $T \leq 25^\circ C$ 、 $RH \geq 60\%$  低温湿空气。

9. 根据权利要求 7 所述的应用促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置的脱硫方法, 其特征在于, 雾滴捕集装置内的液气比控制在  $1 \sim 5L/Nm^3$ ; 捕集含尘雾滴后的洗涤液和除雾器冲洗水由洗涤液收集器收集后经溢流管部分汇集于脱硫液氧化区, 部分作为脱硫除雾器的冲洗水。

## 一种促进湿法脱硫净烟气中 $PM_{2.5}$ 脱除的脱硫装置及其方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于一种烟气中  $PM_{2.5}$  排放控制的技术领域,特别涉及一种应用水汽相变原理促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置及其方法。

### 背景技术

[0002] 湿法烟气脱硫(WFGD)已成为我国脱除  $SO_2$  的主流技术,80%以上的大中型燃煤电站采用湿法烟气脱硫工艺,该工艺在燃煤工业锅炉、烧结烟气等领域的应用也日趋增多。在 WFGD 过程中,由于脱硫浆液的洗涤作用,虽可脱除烟气中的粗粉尘,但由于存在脱硫浆液雾化夹带、脱硫产物结晶析出,以及各种气-液、气-液-固脱硫反应等物化过程,本身又可能会形成  $PM_{2.5}$ ,使得烟气经湿法脱硫后  $PM_{2.5}$  排放浓度反而增加。如安装 WFGD 系统的燃煤电厂,排入大气环境的细颗粒物除燃煤飞灰外,还包括硫酸雾、脱硫形成的无机盐微粒;荷兰 Meij 分析发现,石灰石/石膏法脱硫系统出口细颗粒物基本属于  $PM_{2.5}$ ,除燃煤飞灰外,还含石膏和未反应的石灰石等组分(Fuel Processing Technology, 2004, 85(6-7):641-656)。

[0003] 采用电袋、布袋、新型电除尘等除尘设施只能降低进入湿法脱硫塔的  $PM_{2.5}$  浓度,对于 WFGD 过程中形成的  $PM_{2.5}$  无能为力;在 WFGD 系统下游安装湿式电除尘虽可有效脱除脱硫净烟气中的  $PM_{2.5}$ ,但由于投资运行费用较高,还难以进入全面的实用阶段。此外,鉴于经烟气湿法脱硫后处于饱和状态,基于过饱和水汽在微粒表面凝结特性的水汽相变技术是促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的重要措施,采用该技术首先要使湿法脱硫净烟气达到过饱和,最简单易行的措施是添加蒸汽或设置热交换器使烟气冷却,但后者会导致过饱和水汽主要凝结于换热器壁面,减弱  $PM_{2.5}$  凝结长大效果,且能耗较高。采用添加蒸汽方式建立的过饱和度会随脱硫净烟气温度升高急剧减小,使得应用于脱硫净烟气温度较高( $\geq 55 \sim 70^\circ C$ ) 的场合时,蒸汽耗量过高。申请号为 200710132250.0 的发明专利公开了一种采用在脱硫净烟气中添加蒸汽建立  $PM_{2.5}$  凝结长大所需的过饱和水汽环境,然后由丝网除雾器脱除凝结长大的含尘雾滴的方法;但单靠添加蒸汽方式实现过饱和,能耗过高,特别是当脱硫净烟气温度较高时。同时,鉴于  $PM_{2.5}$  凝结长大后成为外表面覆盖一层液膜的含尘雾滴,需与可脱除雾滴的除尘设备配套,如湿式除尘器、除雾器等,其中丝网除雾器虽对于凝结长大后的含尘雾滴有较佳的脱除效果,但应用于石灰石-石膏法脱硫工艺时,易堵,且阻力较大;折流板除雾器虽是目前最为常用的湿法脱硫除雾器,但其只对数十微米的雾滴才有较佳脱除效果,而  $PM_{2.5}$  难以凝结长大至该粒度范围。

### 发明内容

[0004] 发明目的:本发明针对烟气经湿法脱硫后水汽含量处于饱和状态的特点,提供一种应用水汽相变原理促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置及其方法。

[0005] 技术方案:一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置,所述脱硫装置为一个烟气脱硫洗涤装置和一个雾滴捕集装置串联组成,所述的烟气脱硫洗涤装置由下向上依

次为脱硫液氧化区、脱硫洗涤区、水汽相变区；在脱硫液氧化区设有氧化空气进口、补充脱硫剂进口和脱硫洗涤液出口；在脱硫洗涤区由下往上依次设置有烟气入口、脱硫洗涤液进口、脱硫除雾器与脱硫除雾器冲洗水装置；水汽相变区中部设有湿空气分布器；所述的雾滴捕集装置与烟气脱硫洗涤装置为一体式结构，设置在烟气脱硫洗涤装置之上，所述雾滴捕集装置由下向上依次设有洗涤液收集器、洗涤液溢流口、雾滴洗涤液进口、雾滴捕集装置除雾器与雾滴除雾器冲洗水装置和烟气出口，洗涤液溢流口通过溢流管与脱硫除雾器冲洗水装置和脱硫液氧化区相连通。

[0006] 所述的水汽相变区尺寸需满足烟气在其中的停留时间大于等于水汽在  $PM_{2.5}$  表面核化凝结长大所需时间。

[0007] 所述的雾滴捕集装置与烟气脱硫洗涤装置替换为分体式结构，所述雾滴捕集装置由下往上依次设有烟气进口，雾滴洗涤液出口、雾滴洗涤液进口、雾滴捕集装置除雾器与雾滴除雾器冲洗水装置和烟气出口。

[0008] 所述的雾滴捕集装置还加装 1 ~ 2 层板波纹或波纹丝网规整填料，填料比表面积为  $125 \sim 375m^2/m^3$ ，每层填料装填高度为 500 ~ 1000mm。

[0009] 所述的湿空气分布器是由湿空气主管、支管以及支撑架构成，在同一主管或支管截面  $90 \sim 120^\circ$  的扇形区域内均匀设置至少 3 个布气孔，布气孔沿湿空气主管或支管轴向的孔间距为 200 ~ 500mm，布气孔的孔径为 3 ~ 10mm。

[0010] 一种应用促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置的脱硫方法，其特征在于，脱除步骤为：烟气由脱硫洗涤区下部进入后与脱硫洗涤液逆流接触，经脱硫洗涤区后被水汽饱和或接近饱和，烟温降至  $55 \sim 70^\circ C$ ；然后由脱硫除雾器脱除脱硫浆液雾滴后进入水汽相变区，经湿空气分布器注入湿空气，湿空气与脱硫净烟气间发生热质交换，使脱硫净烟气达到过饱和状态，过饱和水汽在  $PM_{2.5}$  表面发生核化凝结，使  $PM_{2.5}$  成为表面覆盖一层液膜的含尘雾滴，粒径增大，凝结长大的含尘雾滴进入雾滴捕集装置，通过喷入的雾滴洗涤液脱除凝结长大的含尘雾滴，然后通过雾滴捕集装置除雾器捕集洗涤液雾滴后的烟气由烟气出口排放。

[0011] 所述湿空气添加量为脱硫净烟气体积量的 10 ~ 25%，湿空气温度比脱硫净烟气低  $20^\circ C$  以上，湿空气相对湿度  $RH \geq 60\%$ ，以使脱硫净烟气与湿空气混合后烟气过饱和度  $S$  由  $S \approx 1.00$  增至  $S=1.05 \sim 1.20$ 。

[0012] 所述湿空气取自燃煤电站冷却塔中经与循环冷却水发生热质交换的  $T \leq 40^\circ C$ 、 $RH \geq 85\%$  的湿空气，或经喷水增湿后的  $T \leq 35^\circ C$ 、 $RH \geq 80\%$  湿空气，或直接取自大气环境中的  $T \leq 25^\circ C$ 、 $RH \geq 60\%$  低温湿空气。

[0013] 雾滴捕集装置内的液气比控制在  $1 \sim 5L/Nm^3$ ；捕集含尘雾滴后的洗涤液和除雾器冲洗水由洗涤液收集器收集后经溢流管部分汇集于脱硫液氧化区，部分作为脱硫除雾器的冲洗水。

[0014] 有益效果：

[0015] 1. 利用过饱和水汽在微粒表面的核化凝结特性是促使  $PM_{2.5}$  粒度增大的重要措施，特别适合于烟气中水汽含量较高的过程；烟气经湿法脱硫后，烟气相对湿度增大并可接近或达到饱和状态，较易建立  $PM_{2.5}$  凝结长大所需的过饱和水汽环境。

[0016] 2. 基于湿气体饱和蒸汽压和温度之间的非线性关系，混合两股不同温湿度的气

体可以建立过饱和水汽环境,其原理与湿法脱硫净烟气排入大气环境后产生白雾及大气环境中暖湿气流和冷空气交汇形成降水相仿。本发明利用上述技术原理,通过在脱硫净烟气中引入温度比脱硫净烟气低 20℃ 以上的湿空气建立  $PM_{2.5}$  凝结长大所需的过饱和条件,且混合气体的过饱和度随脱硫净烟气温度升高而增大,特别适合于脱硫净烟气温度较高 ( $\geq 55 \sim 70^\circ C$ ) 的场合;与添加蒸汽或设置热交换器使烟气冷却措施相比,可以显著降低建立  $PM_{2.5}$  凝结长大所需过饱和水汽环境的能耗。

[0017] 3. 本发明通过在烟气脱硫洗涤装置顶部或出口设置雾滴捕集装置,由雾滴洗涤液和雾滴捕集装置除雾器捕集凝结长大后的含尘雾滴,并通过加装 1~2 层板波纹或波纹丝网规整填料增进洗涤捕集效果。一方面,捕集效率显著提高;同时,因凝结长大的含尘雾滴进入雾滴捕集装置除雾器前已基本被洗涤捕集,可有效解决单靠除雾器捕集,运行过程中除雾器易堵塞的缺陷。

[0018] 4. 本发明工艺简单,只要对脱硫装置进行简单改造,在烟气脱硫洗涤装置内设置水汽相变区,顶部或出口设置雾滴捕集装置,在水汽相变区安装湿空气分布器,引入适量湿空气;即可在保证脱硫效率的前提下,有效脱除湿法烟气脱硫过程中形成的  $PM_{2.5}$  (如石膏、 $SO_3$  酸雾等),可广泛应用于安装有 WFGD 系统的燃煤电站、燃煤工业锅炉、烧结厂等。与在 WFGD 系统下游安装湿式电除尘器相比,投资运行费用低。

## 附图说明

[0019] 图 1 是本发明实施例 1 的装置结构示意图;

[0020] 图 2 是本发明实施例 2 的装置结构示意图;

[0021] 图 3 是本发明湿空气分布器结构示意图。

[0022] 图中:1—脱硫塔;2—脱硫液喷嘴;3—脱硫除雾器;4—湿空气分布器;4-1—湿空气主管、4-2—支管;4-3—支撑架;5—洗涤液收集槽;6—雾滴捕集装置填料;7—雾滴捕集装置除雾器;8—溢流管;9—脱硫液循环泵;10—雾滴洗涤液循环泵;A—脱硫液氧化区;B—脱硫洗涤区;C—水汽相变区;D—雾滴捕集装置。

## 具体实施方式

[0023] 下面结合图 1~3,对本发明作详细说明:

[0024] 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置,为一个烟气脱硫洗涤装置和一个雾滴捕集装置串联组成,所述烟气脱硫洗涤装置和雾滴捕集装置可以为一体式也可以为分体式设置。当为一体式时,则整体为脱硫塔形式,所述的烟气脱硫洗涤装置由下向上依次为脱硫液氧化区、脱硫洗涤区、水汽相变区;在脱硫液氧化区设有氧化空气进口、补充脱硫剂进口和脱硫洗涤液出口;在脱硫洗涤区由下往上依次设置有烟气入口、脱硫洗涤液进口、脱硫除雾器与脱硫除雾器冲洗水装置;水汽相变区中部设有湿空气分布器;所述的雾滴捕集装置与烟气脱硫洗涤装置为一体式结构,设置在烟气脱硫洗涤装置之上,所述雾滴捕集装置由下向上依次设有洗涤液收集器、洗涤液溢流口、雾滴洗涤液进口、雾滴捕集装置除雾器与雾滴除雾器冲洗水装置和烟气出口,洗涤液溢流口通过溢流管与脱硫除雾器冲洗水装置和脱硫液氧化区相连通。

[0025] 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置,所述脱硫装置中的水汽相变区

的尺寸以烟气在其中的停留时间不少于水汽在  $PM_{2.5}$  表面核化凝结长大所需时间确定, 约 50 ~ 200ms。所述的雾滴捕集装置可加装 1 ~ 2 层板波纹或波纹丝网规整填料, 填料比表面积为 125 ~ 375 $m^2/m^3$ , 每层填料装填高度为 500 ~ 1000mm。一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置, 所述雾滴捕集装置与烟气脱硫洗涤装置分体式布置。

[0026] 所述雾滴捕集装置可为喷淋洗涤塔、填料洗涤塔; 当为分体式结构时, 除了前两种还可以选择文丘里洗涤器结构。

[0027] 所述雾滴洗涤液出口通过雾滴洗涤液循环泵与雾滴洗涤液进口相连接。

[0028] 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的脱硫装置, 所述的湿空气分布器是由湿空气主管和支管构成, 在同一主管或支管截面 90 ~ 120° 扇形区域内均匀设置 3 个布气孔, 轴向孔间距为 200 ~ 500mm, 布气孔的孔径为 3 ~ 10mm。

[0029] 脱硫液氧化区的脱硫洗涤液出口通过脱硫液循环泵与脱硫液洗涤区的脱硫洗涤液进口连接。

[0030] 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的方法, 其脱除步骤为: 烟气经脱硫塔的脱硫洗涤区后被水汽饱和或接近饱和, 烟温降至 55 ~ 70°C; 然后由脱硫除雾器脱除水雾后进入水汽相变区, 经湿空气分布器注入适量湿空气, 湿空气与脱硫净烟气间发生热质交换, 使脱硫净烟气达到过饱和状态, 过饱和水汽在  $PM_{2.5}$  表面发生核化凝结, 使  $PM_{2.5}$  成为表面覆盖一层液膜的含尘雾滴, 粒径增大, 凝结长大的含尘雾滴进入雾滴捕集装置, 由洗涤液和设于雾滴捕集装置顶部的除雾器捕集。

[0031] 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的方法, 所述湿空气添加量为脱硫净烟气体积量的 10 ~ 25%, 湿空气温度比脱硫净烟气低 20°C 以上, 湿空气相对湿度  $RH \geq 60\%$ , 以使脱硫净烟气与湿空气混合后烟气过饱和度  $S$  由  $S \approx 1.00$  增至  $S=1.05 \sim 1.20$ 。

[0032] 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的方法, 所述湿空气可取自燃煤电站冷却塔中经与循环冷却水发生热质交换的湿空气 ( $T \leq 40^\circ C$ ;  $RH \geq 85\%$ ), 或经喷水增湿后的湿空气 ( $T \leq 35^\circ C$ ;  $RH \geq 80\%$ ), 也可直接取自大气环境中的低温湿空气 ( $T \leq 25^\circ C$ ;  $RH \geq 60\%$ )。

[0033] 一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的方法, 所述雾滴捕集装置液气比 1 ~ 5L/ $Nm^3$ ; 捕集含尘雾滴后的洗涤液和除雾器冲洗水由洗涤液收集器收集后经溢流管部分汇集于脱硫液氧化区, 部分作为脱硫除雾器的冲洗水。

[0034] 实施例 1:

[0035] 一种脱硫装置, 应用于所述的促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的方法中, 所述的脱硫装置的脱硫塔 1 为一个具有多级功能段的吸收塔, 塔底部为脱硫液氧化区 A, 中部为脱硫洗涤区 B, 顶部为  $PM_{2.5}$  发生凝结长大的水汽相变区 C 和捕集凝结长大后含尘雾滴的雾滴捕集装置 D。在脱硫液氧化区 A 设有氧化空气进口、补充脱硫剂进口和脱硫洗涤液出口。在脱硫洗涤区 B 的下部设有烟气进口, 顶部设有脱硫洗涤液进口, 可采用空塔喷淋、塔板或填料结构。水汽相变区 C 中部设有湿空气分布器 4, 湿空气分布器 4 是由湿空气主管 4-1、支管 4-2 及支撑架 4-3 构成, 在同一主管或支管截面 90 ~ 120° 扇形区域内均匀设置 3 个布气孔, 轴向孔间距为 200 ~ 500mm, 布气孔的孔径为 3 ~ 10mm; 水汽相变区 C 的尺寸以烟气在其中的停留时间不少于水汽在  $PM_{2.5}$  表面核化凝结长大所需时间确定, 约 50 ~ 200ms。雾滴捕集装置 D 可加装 1 ~ 2 层板波纹或波纹丝网规整填料形成雾滴捕集区填料 6, 雾滴捕集区填料 6 的比表面积为 125 ~ 375 $m^2/m^3$ , 每层填料装填高度为 500 ~ 1000mm。脱硫洗涤

区 B 与水汽相变区 C 间设有脱硫除雾器 3 与除雾器冲洗水系统 ;水汽相变区 C 与雾滴捕集装置 D 间设有洗涤液收集器 5 ;洗涤液收集器 5 通过溢流管 8 与脱硫除雾器冲洗水装置及脱硫液氧化区 A 相通 ;雾滴捕集装置 D 顶部设有雾滴捕集装置除雾器 7 与除雾器冲洗水装置。脱硫除雾器 3 选用低阻力除雾器,如折流板除雾器、旋流板除雾器,雾滴捕集装置除雾器 7 选用高效除雾器,如板波纹除雾器、丝网除雾器。

[0036] 根据本发明,一种促进湿法脱硫净烟气中  $PM_{2.5}$  脱除的方法如图 1 所示 :烟气由脱硫塔 1 下部烟气入口进入塔内,与经循环泵 9、脱硫液喷嘴 2 喷出的脱硫洗涤液逆流接触,烟气在与脱硫液逆流接触过程中被增湿冷却,经脱硫洗涤区 B 后被水汽饱和或接近饱和,烟温降至  $55 \sim 70^{\circ}C$ 。然后由脱硫除雾器 3 脱除脱硫浆液雾滴后进入水汽相变区 C,经湿空气分布器 4 注入适量湿空气,湿空气与脱硫净烟气间发生热质交换,使脱硫净烟气达到过饱和状态,过饱和水汽在  $PM_{2.5}$  表面发生核化凝结,使  $PM_{2.5}$  成为表面覆盖一层液膜的含尘雾滴,粒径增大,质量增加 ;湿空气添加量为脱硫净烟气体积量的  $10 \sim 25\%$ ,湿空气温度比脱硫净烟气低  $20^{\circ}C$  以上,湿空气相对湿度  $RH \geq 60\%$ ,以使脱硫净烟气与湿空气混合后烟气过饱和度  $S$  由  $S \approx 1.00$  增至  $S=1.05 \sim 1.20$  ;湿空气可取自燃煤电站冷却塔中经与循环冷却水发生热质交换的湿空气 ( $T \leq 40^{\circ}C ;RH \geq 85\%$ ),或经喷水增湿后的湿空气 ( $T \leq 35^{\circ}C ;RH \geq 80\%$ ),也可直接取自大气环境中的低温湿空气 ( $T \leq 25^{\circ}C ;RH \geq 60\%$ )。凝结长大的含尘雾滴进入雾滴捕集装置 D,通过喷入的雾滴洗涤液以脱除凝结长大的含尘雾滴,控制雾滴捕集装置内的液气比为  $1 \sim 5L/Nm^3$ ,然后经雾滴捕集装置除雾器 7 捕集洗涤液雾滴后由脱硫塔 1 顶部的烟气出口经烟囱排放。捕集含尘雾滴后的洗涤液和除雾器冲洗水由洗涤液收集器 5 收集后经溢流管 8 部分汇集于脱硫液氧化区 A,部分作为脱硫除雾器 3 的冲洗水。

[0037] 实施例 2 :

[0038] 如图 2 所示,与实施例 1 不同的是,雾滴捕集装置 D 与烟气脱硫洗涤装置为分体式设置,烟气脱硫洗涤装置为脱硫塔 1,脱硫塔 1 只包含脱硫液氧化区 A、脱硫洗涤区 B 和水汽相变区 C ;所述雾滴捕集装置可为喷淋洗涤塔、填料洗涤塔、文丘里洗涤器等结构,捕集含尘雾滴后的洗涤液和除雾器冲洗水部分经雾滴洗涤液循环泵 10 循环使用,部分返回脱硫液氧化区 A 或作为脱硫除雾器 3 的冲洗水。其余同实施例 1。

[0039] 实施例 3 :

[0040] 烟气由全自动燃煤锅炉产生,烟气量为  $300Nm^3/h$ ,脱硫塔采用塔径  $200mm$ 、塔高  $4500mm$  的喷淋塔,三级喷淋,液气比  $18L/Nm^3$ ,湿法脱硫技术为石灰石-石膏法。脱硫塔上部设置水汽相变区和雾滴捕集装置,水汽相变区与脱硫洗涤区间安装折流板除雾器 ;水汽相变区与雾滴捕集装置间设有洗涤液收集器,洗涤液收集器通过溢流管与脱硫液氧化区相通,水汽相变区中部设有湿空气分布器 ;雾滴捕集区内安装两块金属孔板波纹规整填料,填料比表面积为  $250m^2/m^3$ ,填料层总高  $500mm$  ;雾滴捕集装置出口安装 DP 型(高效型)丝网除雾器,除雾器高  $150mm$ ,除雾器为比表面积  $625m^2/m^3$ 。全自动燃煤锅炉产生的含尘烟气经电除尘器脱除粗粉尘后进入脱硫塔的脱硫洗涤区,与石灰石脱硫浆液逆流接触 ;烟气经脱硫洗涤区脱除  $SO_2$  后依次进入水汽相变室、雾滴捕集装置。经 WJ-60B 型皮托管平行全自动烟尘采样仪测试,脱硫塔出口粉尘总浓度为  $42mg/m^3$  ;其中,采用电称低压冲击器 ELPI 在线测试,脱硫塔出口  $PM_{2.5}$  质量浓度为  $16mg/m^3$ 。通过湿空气分布器在水汽相变区每  $Nm^3$  烟气中注入  $0.15Nm^3$  湿空气,湿空气温度  $18^{\circ}C$  (比脱硫净烟气低  $45^{\circ}C$ ),湿空气相对湿度为  $70\%$ ,雾滴



洗涤区喷淋  $0.6\text{m}^3/\text{h}$  洗涤水 (液气比  $2\text{L}/\text{Nm}^3$ ) ;经测试,脱硫塔出口粉尘总浓度、 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度分别降至  $18\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $8\text{mg}/\text{m}^3$ 。

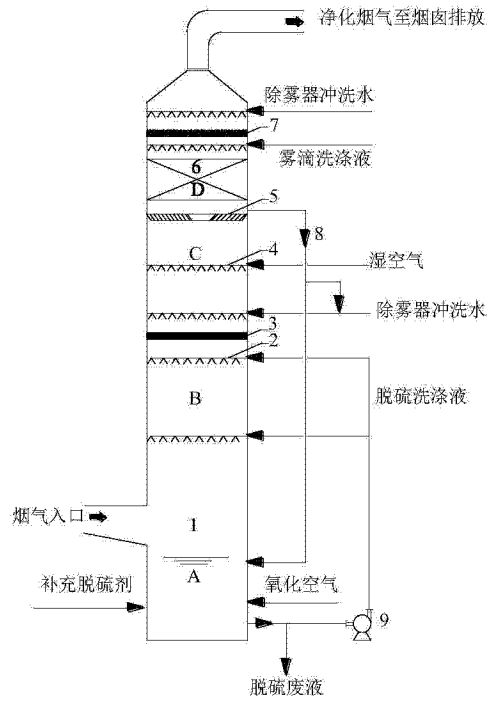


图 1

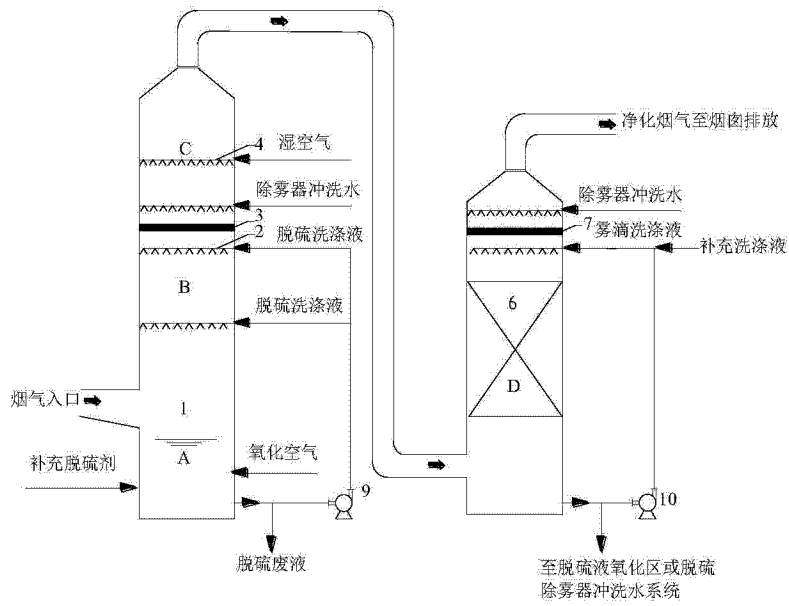


图 2

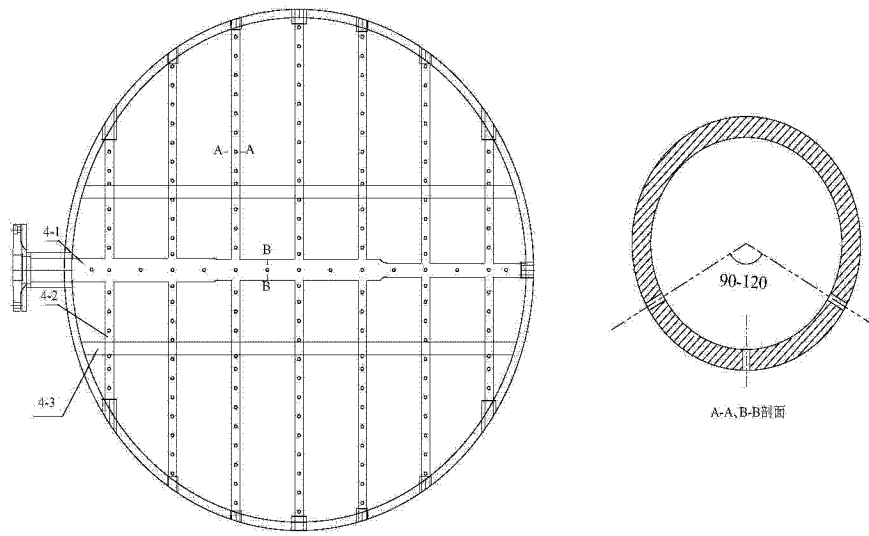


图 3