



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113101779 A

(43) 申请公布日 2021.07.13

(21) 申请号 202110402135.0

B01D 53/48 (2006.01)

(22) 申请日 2021.04.14

B01D 53/78 (2006.01)

B01D 53/96 (2006.01)

(71) 申请人 浙江理工大学

地址 310018 浙江省杭州市下沙高教园区2号大街928号

申请人 杭州蕴泽环境科技有限公司

(72) 发明人 金玉珍 周煌 赵伟达 李泽清

(74) 专利代理机构 杭州合信专利代理事务所 (普通合伙) 33337

代理人 黄平英

(51) Int. Cl.

B01D 53/00 (2006.01)

B01D 50/00 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

B01D 53/18 (2006.01)

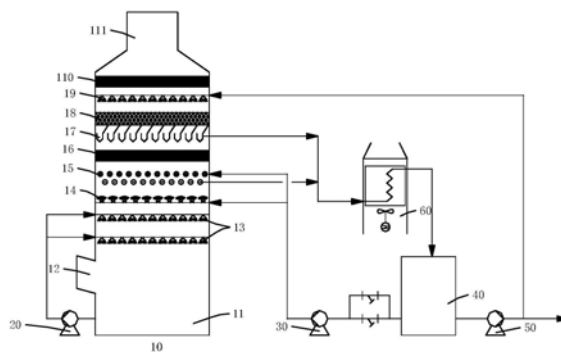
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种含硫、尘工业烟气净化系统及方法

(57) 摘要

本申请公开一种含硫、尘工业烟气净化系统及方法,包括洗涤塔、洗涤泵、增湿补水泵、循环水箱、冷凝泵和空气换热器;洗涤塔内由下至上依次设置洗涤液循环池、洗涤喷淋层、增湿雾化层、换热整流层、除沫层、回水层、填料层、换热喷淋层和除雾层;洗涤泵连通洗涤液循环池和洗涤喷淋层;增湿补水泵连通循环水箱与增湿雾化层以及连通循环水箱与换热整流层;冷凝泵连通循环水箱和换热喷淋层;回水层用于承接填料层的冷凝水出水,回水层的出液口和换热整流层的出液口均接入空气换热器,空气换热器的出液口接入循环水箱。本申请的处理系统水耗低、污染物协同效率高、运行稳定性强。



1. 一种含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在于,包括洗涤塔、洗涤泵、增湿补水泵、循环水箱、冷凝泵和空气换热器;

所述洗涤塔的侧壁上设置烟气入口、塔顶设置烟气出口,所述洗涤塔内由下至上依次设置洗涤液循环池、洗涤喷淋层、增湿雾化层、换热整流层、除沫层、回水层、填料层、换热喷淋层和除雾层,所述烟气入口位于洗涤液循环池与洗涤喷淋层之间;

所述洗涤泵的入液口通过管路连通洗涤液循环池、出液口通过管路连通洗涤喷淋层的入液口;

所述增湿补水泵的入液口通过管路连通循环水箱、出液口通过管路分别连通增湿雾化层的入液口和换热整流层的入液口;

所述冷凝泵的入液口通过管路连通循环水箱、出液口通过管路连通换热喷淋层的入液口;

所述回水层用于承接填料层的冷凝水,所述回水层的出液口和换热整流层的出液口均通过管路连通空气换热器的入液口,所述空气换热器的出液口通过管路连通循环水箱的入液口。

2. 根据权利要求1所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在于,所述增湿雾化层水平安装于洗涤塔内,包括配水主管和与配水主管相连通的若干根配水支管,所述配水支管沿配水主管的轴向等间距分布,所述配水支管上等间距设置若干个朝向增湿雾化层上方喷射的雾化喷嘴;雾化喷嘴进口水压为0.12MPa-0.30MPa,增湿液液气比为0.02L/Nm³-0.2L/Nm³。

3. 根据权利要求1所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在于,所述换热整流层水平安装于洗涤塔内,包括若干层水平设置的管栅;每层管栅包括若干根相互平行且等间距分布的金属管,金属管内为换热液流通通道;相邻层管栅的金属管的轴线相互平行且交错分布;所述金属管的直径为50mm-120mm;同一层管栅内相邻两根金属管的水平间隙为20mm-50mm;换热整流层内换热液液气比为0.2L/Nm³-1L/Nm³。

4. 根据权利要求1所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在于,所述除沫层水平安装于洗涤塔内,包括若干个竖向安装且沿洗涤塔径向等间距分布的金属折弯板;相邻两个金属折弯板间的缝隙形成上下贯通的气流通道;所述除沫层的高度为200mm-300mm;所述气流通道的宽度为5mm-15mm。

5. 根据权利要求1所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在于,所述回水层水平安装于洗涤塔内,包括若干个等间距且水平安装的接水单元和连通接水单元出水口的回水槽,所述回水槽的出水口汇入回水层的总出液口;所述接水单元的入水口承接填料层的冷凝液出口。

6. 根据权利要求5所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在于,所述接水单元包括接水斗、导流板和导水折边;

所述接水斗水平设置且顶部开放,接水斗的两端贯通并连通回水槽;

所述导流板的底端与所述接水斗的一侧衔接、顶端延伸至填料层的冷凝水出口处,导流板与水平面之间的夹角为40°~60°;

所述导水折边与导流板的顶端衔接并朝向远离接水斗一侧弯折;

接水单元之间以一个接水单元的导水折边延伸至相邻接水单元的接水斗上方安装。

7. 根据权利要求6所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在於,所述接水斗为V形接水斗;所述导水折边与导流板相垂直;所述导水折边的宽度为5mm~20mm;相邻接水单元之间的间隙为接水斗顶面宽度的40%~90%。

8. 根据权利要求1所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在於,所述填料层水平安装于洗涤塔内,包括若干个并行设置的塑料波纹状薄片或金属波纹状薄片,相邻波纹状薄片之间形成上下贯通的气液通道;所述填料层的高度为200mm-350mm;

所述换热喷淋层水平安装于洗涤塔内,包括布液管路和若干个均匀安装于布液管路上并与布液管路连通的布液喷嘴;所述换热喷淋层的液气比为 $1.2\text{L}/\text{Nm}^3$ - $3.0\text{L}/\text{Nm}^3$ 。

9. 根据权利要求1所述的含硫、尘工业烟气净化系统,其特征在於,所述增湿补水泵的进口管路上设有过滤器;所述过滤器内过滤网的孔径为0.2mm-0.5mm。

10. 一种含硫、尘工业烟气净化方法,其特征在於,包括:

(1) 含有硫、尘的高温工业烟气由烟气进口进入洗涤塔内向上流动,洗涤液循环池中的洗涤浆液经洗涤泵送至洗涤喷淋层布液后向下流动,在洗涤喷淋层下方,高温工业烟气与洗涤喷淋液逆向接触,脱除高温工业烟气中大部分的污染物,同时喷淋洗涤液中的部分液态水蒸发成水蒸气进入烟气中;

(2) 完成喷淋洗涤后的高湿烟气携带残留污染物进入增湿雾化层,低温循环水由增湿补水泵送至增湿雾化层并经高压雾化成细小雾滴与烟气接触换热,对不饱和的高湿烟气进行初步降温增湿;完成初步降温增湿的高湿烟气携带细小雾滴向上进入换热整流层,与换热整流层内部的低温循环水进一步间接换热降温,大部分的细小雾滴在惯性的作用下与换热整流层的管栅层表面发生碰撞捕集,并在管栅层表面形成液膜,防止管栅表面结垢堵塞;高湿烟气在换热整流层完成换热降温后达到过饱和状态,并经换热整流层整流后均匀向上流动进入除沫层,经除沫层去除残留细小雾滴;

(3) 完成整流换热后的过饱和和高湿烟气穿过回水层依次进入填料层和换热喷淋层,与填料层及换热喷淋层的低温循环水进行直接换热,过饱和和高湿烟气中的水蒸气在换热冷凝过程中以烟气中残留的粉尘颗粒物为凝结核,进行相变、凝结,生成液态水滴,并被捕集,完成相变、凝结后的烟气经除雾器除雾干燥后由洗涤塔顶部的烟气出口排出;

(4) 完成换热升温的循环水由填料层底部落入回水层,经回水层的接水单元导流至回水槽后,由回水层出液口导流至空气换热器,在空气换热器中低温环境空气与高温循环水间接换热,完成换热降温后的低温循环水由空气换热器的出液口送至循环水箱循环使用。

一种含硫、尘工业烟气净化系统及方法

技术领域

[0001] 本申请涉及资源与环境领域,具体涉及一种含硫、尘工业尾气净化系统及方法。

背景技术

[0002] 煤电、化工、烧结、建材、冶金等工业生产过程均向环境中排放大量含有硫、尘的高温烟气,必须对工业烟气中的硫、尘等污染物净化处理达标后才能进行排放。湿法洗涤净化工艺具有运行稳定、适应烟气工况波动能力强、净化效率高、维护简单等优点,在工业烟气净化领域得到广泛应用。随着人们对环境质量改善要求的不断提高、工业烟气污染物排放指标日益趋严,现有工业烟气湿法洗涤净化技术的局限性逐渐凸显,主要表现为:

[0003] (1) 系统耗水量大:工业烟气排烟温度高(120℃-200℃),在现有湿法洗涤净化系统内,高温烟气与洗涤液逆向接触净化过程中伴随着强烈的换热反应,洗涤液中大量液态水蒸发成气态水进入烟气,并随烟气排放进入大气环境中,造成大量水资源浪费。以燃煤发电机组为例,湿法洗涤后的烟气中水蒸气含量约120g/Nm³,即每燃烧1吨煤约向环境空气中排放1吨气态水,大量气态水进入环境空气中,造成排放源附近区域大气环境湿度增加,在冬季低温条件下,极易形成大雾天气。

[0004] (2) 污染物协同净化效率低:现有工业烟气湿法洗涤净化系统均采用喷淋洗涤工艺,喷淋洗涤过程对气态污染物和大颗粒粉尘具有较高的捕集效率,但对粒径小(PM_{2.5}、PM_{1.0})、危害性更大的超细粉尘颗粒物捕集效率较低;同时,湿法洗涤净化系统还向环境中排放了大量的浆液雾滴、可溶性盐的污染物,这些污染物排放到大气环境中,极易形成一次颗粒物和二次颗粒物。现有湿法洗涤净化工艺对超细颗粒物、浆液雾滴及可溶性盐等污染物的协同捕集效率亟待提高。

[0005] (3) 运行维护成本高:受气流偏流影响,高温含尘、含硫烟气在喷淋洗涤过程中,洗涤塔内不同界面上烟气流速分布不均匀,气液蒸发换热不均匀,完成净化洗涤后的部分烟气未达到饱和状态,不饱和烟气极易对净化装备表面的浆液雾滴进行换热蒸发,造成颗粒物、浆液雾滴、溶解盐等组分在装备表面形成沉积、堵塞,影响净化装备的运行效果及寿命,并增加系统运行阻力。

[0006] 因此,目前工业烟气湿法洗涤净化工艺普遍存在系统耗水量大、污染物协同效率低、易腐蚀堵塞等问题。开发低水耗、污染物协同效率高、运行稳定性强的工业烟气湿法洗涤净化技术具有重要意义。

发明内容

[0007] 本申请提供一种水耗低、污染物协同效率高、运行稳定性强的含硫、尘工业烟气净化系统及方法;采用低温冷凝液超细雾化增湿降温 and 间接整流换热,将不饱和的高湿烟气冷凝至过饱和状态,避免装置运行过程中的沉积、堵塞现象;对过饱和烟气采用填料及喷淋组合换热,利用水蒸气冷凝相变捕集烟气中残留的超细颗粒物和低浓度酸性气体,提高工业烟气中污染物净化效率。

[0008] 一种含硫、尘工业烟气净化系统,包括洗涤塔、洗涤泵、增湿水泵、循环水箱、冷凝泵和空气换热器;

[0009] 所述洗涤塔的侧壁上设置烟气入口、塔顶设置烟气出口,所述洗涤塔内由下至上依次设置洗涤液循环池、洗涤喷淋层、增湿雾化层、换热整流层、除沫层、回水层、填料层、换热喷淋层和除雾层,所述烟气入口位于洗涤液循环池与洗涤喷淋层之间;

[0010] 所述洗涤泵的入液口通过管路连通洗涤液循环池、出液口通过管路连通洗涤喷淋层的入液口;

[0011] 所述增湿水泵的入液口通过管路连通循环水箱、出液口通过管路分别连通增湿雾化层的入液口和换热整流层的入液口;

[0012] 所述冷凝泵的入液口通过管路连通循环水箱、出液口通过管路连通换热喷淋层的入液口;

[0013] 所述回水层用于承接填料层的冷凝水,所述回水层的出液口和换热整流层的出液口均通过管路连通空气换热器的入液口,所述空气换热器的出液口通过管路连通循环水箱的入液口。

[0014] 以下还提供了若干可选方式,但并不作为对上述总体方案的额外限定,仅仅是进一步的增补或优选,在没有技术或逻辑矛盾的前提下,各可选方式可单独针对上述总体方案进行组合,还可以是多个可选方式之间进行组合。

[0015] 可选的,所述增湿雾化层水平安装于洗涤塔内,包括配水主管和与配水主管相连通的若干根配水支管,所述配水支管沿配水主管的轴向等间距分布,所述配水支管上等间距设置若干个朝向增湿雾化层上方喷射的雾化喷嘴;雾化喷嘴进口水压为0.12MPa-0.30MPa,增湿液液气比为0.02L/Nm³-0.2L/Nm³。

[0016] 可选的,所述换热整流层水平安装于洗涤塔内,包括若干层水平设置的管栅;每层管栅包括若干根相互平行且等间距分布的金属管,金属管内为换热液流通通道;相邻层管栅的金属管的轴线相互平行且交错分布;所述金属管的直径为50mm-120mm;同一层管栅内相邻两根金属管的水平间隙为20mm-50mm;换热整流层内换热液液气比为0.2L/Nm³-1 L/Nm³。

[0017] 可选的,所述除沫层水平安装于洗涤塔内,包括若干个竖向安装且沿洗涤塔径向等间距分布的金属折弯板;相邻两个金属折弯板间的缝隙形成上下贯通的气流通道;所述除沫层的高度为200mm-300mm;所述气流通道的宽度为5mm-15mm。

[0018] 可选的,所述回水层水平安装于洗涤塔内,包括若干个等间距且水平安装的接水单元和连通接水单元出水口的回水槽,所述回水槽的出水口汇入回水层的总出液口;所述接水单元的入水口承接填料层的冷凝液出口。

[0019] 可选的,所述接水单元包括接水斗、导流板和导水折边;

[0020] 所述接水斗水平设置且顶部开放,接水斗的两端贯通并连通回水槽;

[0021] 所述导流板的底端与所述接水斗的一侧衔接、顶端延伸至填料层的冷凝水出口处,导流板与水平面之间的夹角为40°~60°;

[0022] 所述导水折边与导流板的顶端衔接并朝向远离接水斗一侧弯折;

[0023] 接水单元之间以一个接水单元的导水折边延伸至相邻接水单元的接水斗上方安装。

[0024] 可选的,所述接水斗为V形接水斗;所述导水折边与导流板相垂直;所述导水折边的宽度为5mm~20mm;相邻接水单元之间的间隙为接水斗顶面宽度的40%~90%。

[0025] 可选的,所述填料层水平安装于洗涤塔内,包括若干个并行设置的塑料波纹状薄片或金属波纹状薄片,相邻波纹状薄片之间形成上下贯通的气液通道;所述填料层的高度为200mm-350mm;

[0026] 所述换热喷淋层水平安装于洗涤塔内,包括布液管路和若干个均匀安装于布液管路上并与布液管路连通的布液喷嘴;所述换热喷淋层的液气比为1.2L/Nm³-3.0L/Nm³。

[0027] 可选的,所述增湿水泵的进口管路上设有过滤器;所述过滤器内过滤网的孔径为0.2mm-0.5mm。

[0028] 本申请还提供一种含硫、尘工业烟气净化方法,优选采用本申请净化系统完成,包括:

[0029] (1) 含有硫、尘的高温工业烟气由烟气进口进入洗涤塔内向上流动,洗涤液循环池中的洗涤浆液经洗涤泵送至洗涤喷淋层布液后向下流动,在洗涤喷淋层下方,高温工业烟气与洗涤喷淋液逆向接触,脱除高温工业烟气中大部分的污染物,同时喷淋洗涤液中的部分液态水蒸发成水蒸气进入烟气中;

[0030] (2) 完成喷淋洗涤后的高湿烟气携带残留污染物进入增湿雾化层,低温循环水由增湿水泵送至增湿雾化层并经高压雾化成细小雾滴与烟气接触换热,对不饱和的高湿烟气进行初步降温增湿;完成初步降温增湿的高湿烟气携带细小雾滴向上进入换热整流层,与换热整流层内部的低温循环水进一步换热降温,大部分的细小雾滴在惯性的作用下与换热整流层的管栅层表面发生碰撞捕集,并在管栅层表面形成液膜,防止管栅表面结垢堵塞;高湿烟气在换热整流层完成换热降温后达到过饱和状态,并经换热整流层整流后均匀向上流动进入除沫层,经除沫层去除残留细小雾滴;

[0031] (3) 完成整流换热后的过饱和高湿烟气穿过回水层依次进入填料层和换热喷淋层,与填料层及换热喷淋层的低温循环水进行直接换热,过饱和高湿烟气中的水蒸气在换热冷凝过程中以烟气中残留的粉尘颗粒物为凝结核,进行相变、凝结,生成液态水滴,并被捕集,完成相变、凝结后的烟气经除雾器除雾干燥后由洗涤塔顶部的烟气出口排出;

[0032] (4) 完成换热升温的循环水由填料层底部落入回水层,经回水层的接水单元导流至回水槽后,由回水层出液口导流至空气换热器,在空气换热器中低温环境空气与高温循环水间接换热,完成换热降温后的低温循环水由空气换热器的出液口送至循环水箱循环使用。

[0033] 与现有技术相比,本申请至少具有如下有益效果之一:

[0034] (1) 本申请提供了一种提高工业尾气净化系统运行稳定性的解决方案,通过在洗涤喷淋层上方设置增湿雾化层和换热整流层,将完成洗涤后的不饱和高湿烟气进行两级冷凝增湿,达到过饱和状态,并利用细小雾滴在换热整流层表面形成液膜进行保护,可有效防止洗涤塔内各部件由于烟气不饱和造成颗粒物在设备表面形成沉积、堵塞,大幅提高净化系统的运行稳定性;

[0035] (2) 本申请提供了一种降低工业尾气净化系统运行耗水量的解决方案,通过的饱和烟气进行冷凝换热,将完成洗涤净化后高湿烟气中的气态水进行冷凝、相变和捕集,回收烟气中的气态水,并将回收气态水用于洗涤塔补水和制浆用水,大幅降低工业烟气净化系

统的耗水量；

[0036] (3) 本申请提供了一种提高工业尾气硫、尘捕集效率的解决方案；通过控制填料层和换热喷淋层的冷凝换热工艺参数，利用气态水相变过程的凝结成核机理，实现烟气中残留酸性气体和细颗粒物的高效协同捕集。

[0037] (4) 本发明提供了一种强化饱和湿烟气冷凝换热回收气态水的解决方案；采用喷淋布液与填料布液进行组合，提高低温冷凝液与饱和烟气的换热时间和换热面积，降低换热系统体积及运行阻力；将节水单元和回水槽进行有效组合，提高循环水回收效率，降低回水层运行压力降。

附图说明

[0038] 图1为本申请含硫、尘工业烟气净化系统的结构示意图。

[0039] 图2为图1中增湿雾化层的结构示意图。

[0040] 图3是图1中换热整流层的结构示意图。

[0041] 图4是图3中A部分的B向视图(图中箭头所示为换热液流通方向)。

[0042] 图5为图1中回水层的结构示意图。

[0043] 图6为图5中接水单元部分的分布示意图。

[0044] 图中所示附图标记如下：

[0045]	10-洗涤塔	20-洗涤泵	30-增湿补水泵
[0046]	40-循环水箱	50-冷凝泵	60-空气换热器
[0047]	11-洗涤液循环池	12-烟气入口	13-洗涤喷淋层
[0048]	14-增湿雾化层	15-换热整流层	16-除沫层
[0049]	17-回水层	18-填料层	19-换热喷淋层
[0050]	110-除雾层	111-烟气出口	
[0051]	141-配水主管	142-配水支管	143-雾化喷嘴
[0052]	151-金属管	152-进液总管	153-出液总管
[0053]	171-接水单元	172-回水槽	
[0054]	171a-接水斗	172b-导流板	173c-导水折边

具体实施方式

[0055] 下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。

[0056] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请。

[0057] 如图1所示，一种含硫、尘工业烟气净化系统，包括洗涤塔10、洗涤泵20、增湿补水泵30、循环水箱40、冷凝泵50和空气换热器60。

[0058] 洗涤塔10的侧壁上设置烟气入口12、塔顶设置烟气出口111，洗涤塔10的塔体内底

部为洗涤液循环池11,洗涤液循环池11上方由下至上依次为洗涤喷淋层13、增湿雾化层14、换热整流层15、除沫层16、回水层17、填料层18、换热喷淋层19和除雾层110,洗涤喷淋层13位于烟气入口12的上方。洗涤喷淋层13与洗涤液循环池11之间由洗涤泵20连通,洗涤液循环池中的浆液在洗涤泵20的作用下由洗涤喷淋层进行循环喷淋。

[0059] 增湿补水泵30的入液口通过管路连通循环水箱40,增湿补水泵30的出液口通过管路分别连通增湿雾化层14的入液口和换热整流层15的入液口;冷凝泵50的入液口通过管路连通循环水箱40,冷凝泵50的出液口的其中一路通过管路连通换热喷淋层19的入液口;回水层17用于承接填料层的冷凝水,回水层17的出液口和换热整流层15的出液口均通过管路连通空气换热器60的入液口,空气换热器60的出液口通过管路连通循环水箱40的入液口。

[0060] 含硫、尘等污染物的烟气由烟气入口12进入洗涤塔10内,向上流动,依次经洗涤喷淋层13、增湿雾化层14、换热整流层15、除沫层16、回水层17、填料层18、换热喷淋层19和除雾层110净化处理后,由塔顶的烟气出口111排放。来自除雾层110、喷淋换热层19和填料层18的冷凝水由回水层回收,并经空气换热器冷凝降温后送入循环水箱40,可回用于增湿除雾层14、换热整流层15和换热喷淋层19,保证烟气净化效果的同时降低水耗。

[0061] 空气换热器60为常规空冷设备,例如,如图1所示,包括壳体、风机和换热管,壳体的一端开设空气入口、另一端开设空气出口,换热管设置在空气入口与空气出口之间的空气路径上,风机可设置在空气入口处也可设置在空气出口处,如图所示的实施方式中,风机设于空气入口处,换热管可采用常规的换热管如蛇形换热管,管热管的进液口与连通换热整流层和回水层的管路相连,换热管的出液口与连通循环水箱的管路相连。来自换热整流层和回水层的高温冷凝液进入空气换热器的换热管内,在风机作用下,高温冷凝液与低温环境空气进行间接换热降温,生成低温冷凝液,完成降温的低温冷凝液经空气换热器出液口进入循环水箱,循环使用。

[0062] 循环水箱40为常规的液体容纳设备;洗涤泵20为常规的浆液泵;增湿补水泵30和冷凝泵50为常规的水泵;各连接管路上可根据需求设置对应的控制阀。

[0063] 洗涤喷淋层13位于烟气入口12上方、增湿雾化层14下方,用于向烟气中喷淋洗涤液,洗涤喷淋层13本身可为湿法喷淋塔的常规喷淋设备,一种具体的实施方式中,在洗涤净化塔内水平设置2-3层洗涤喷淋层,每层洗涤喷淋层包括若干根布液管廊,每根布液管廊上均匀设置雾化喷嘴,雾化喷嘴与布液管廊连通,朝下喷淋。

[0064] 含有硫、尘等污染物的高温工业烟气由烟气进口进入洗涤塔向上流动,洗涤液循环池中的洗涤浆液经洗涤泵送至洗涤喷淋层布液后向下流动,在洗涤喷淋层下方,高温烟气与洗涤喷淋液逆向接触,脱除烟气中的大部分硫、尘等污染物,同时喷淋洗涤液中的部分液态水蒸发成水蒸气进入烟气中;受气流分布不均匀影响,完成喷淋洗涤后的烟气湿度大大增加,但部分烟气仍未达到饱和状态。

[0065] 增湿雾化层14水平安装于洗涤塔内,位于洗涤喷淋层13的上方,一种实施方式中,其结构示意图如图2所示,包括配水主管141和若干根配水支管142,配水主管141的入液口连接与增湿补水泵30连通的管路,配水支管142分布于配水主管的两侧,且均与配水主管连通,配水主管两侧的配水支管可对称布置,配水支管沿配水主管的轴向等间距分布。各配水支管上等间距设置若干个雾化喷嘴143,雾化喷嘴143朝向增湿雾化层上方喷射增湿液。雾化喷嘴进口水压为0.12MPa-0.30MPa,增湿雾化层的液气比为 $0.02\text{L}/\text{Nm}^3$ - $0.2\text{L}/\text{Nm}^3$ 。

[0066] 完成喷淋洗涤后的高湿烟气携带少量硫、尘等残留污染物进入增湿雾化层14,低温循环水由增湿水泵30送至增湿雾化层14经高压雾化成细小雾滴与烟气接触换热,对不饱和和高湿烟气进行初步降温增湿。

[0067] 换热整流层15水平安装于洗涤塔10内,位于增湿除雾层14的上方,一种实施方式中,换热整流层包括若干层水平设置的管栅;每层管栅包括若干根相互平行且等间距分布的金属管,金属管内腔为换热液流通通道,相邻层管栅的金属管的轴线相互平行且交错分布,也可以理解为每根金属管位于上层管栅相邻两根管栅下方的中部,换热液在金属管内流通。

[0068] 一种实施方式中,如图3和图4所示(以两层管栅为例说明),上层管栅内的金属管151的一端与下层管栅内对应金属管151的一端连通。上层金属管的另一端为入液口,入液口连通进液总管152,进液总管的入液口与连通增湿水泵30的管路连通;下层金属管的另一端为出液口,出液口连通出液总管153,出液总管的出液口与连通空气换热器的管路连通。

[0069] 作为换热整流层15管栅的一种具体选择,金属管的直径可选择50mm-120mm;同一层管栅内相邻两根金属管的水平间隙可选择20mm-50mm;换热整流层内换热水液气比为 $0.2\text{L}/\text{Nm}^3-1\text{L}/\text{Nm}^3$ 。

[0070] 完成初步降温增湿的高湿烟气携带大量细小雾滴向上进入换热整流层15,与换热管栅内部的低温循环水进一步换热降温,大部分细小雾滴在惯性的作用下与管栅层表面发生碰撞捕集,并在管栅层表面形成液膜,防止管栅表面结垢堵塞。经过增湿雾化层和换热整流层两级冷凝后,烟气降温幅度为 $0.5-3^{\circ}\text{C}$ 。

[0071] 除沫层16水平安装于洗涤塔10内,位于换热整流层15上方,一种实施方式中,该除沫层包括若干个竖向安装且沿洗涤塔径向等间距分布的金属折弯板;相邻两个折弯板间的缝隙形成上下贯通的气流通道;除沫层的高度可选择200mm-300mm;气流通道的宽度可选择5mm-15mm。在其他的实施方式中,除沫层也可采用湿法塔内常用的除雾设备。

[0072] 高湿烟气在换热整流层15完成换热降温后达到过饱和状态,并经换热整流层整流后烟气均匀向上流动进入除沫层16,经除沫层16去除残留细小雾滴。

[0073] 回水层17水平安装于洗涤塔10内,位于除沫层16上方,用于承接经由填料层18下落的冷凝水,一种实施方式中,如图5和图6所示,回水层17包括若干个接水单元171和回水槽172,若干个接水单元等间距且水平安装于塔横截面上,接水单元171用于承接来自填料层的冷凝水,回水槽172与接水单元171两端的出水口连通,用于收集接水单元的冷凝水并汇入回水层17的总出水口,由总出水口排出。作为接水单元的一种具体实施方式,如图6所示,包括接水斗171a、导流板171b和导水折边171c,接水斗171a为两端贯通、顶部开放的承接容器,水平设置,贯通的两端部与回水槽172连通,导流板171b为倾斜板,底端与接水斗171a的一侧缘衔接、顶端延伸至填料层18的冷凝水出口处,导流板171b与水平面之间的夹角为 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$;导水折边171c与导流板171b的顶端衔接并朝向远离接水斗171a一侧弯折。

[0074] 一种实施方式中,若干个接水单元171之间以一个接水单元171的导水折边171c延伸至相邻接水单元171的接水斗171a上方安装于对应的支撑结构上,如图6所示,该安装方式下,受上升气流作用,由填料层下落的冷凝水一部分由导流板导流至该接水单元的接水斗,一部分由导水折边导流至相邻接水单元的接水斗,可确保所有冷凝水均进入接水单元

内。

[0075] 一种更具体的实施方式中,接水斗171a为V形接水斗;导水折边171c与导流板171b相垂直;导水折边171c的宽度为5mm~20mm;相邻接水单元之间的间隙为接水斗顶面宽度的40%~90%。导水折边173的宽度可以理解为导水折边的外边缘与弯折线之间的间距。

[0076] 填料层18水平安装于洗涤塔10内,可以回水层顶端作为支撑,一种实施方式中,填料层包括若干个并行设置的塑料波纹状薄片或金属波纹状薄片,相邻波纹状薄片之间形成上下贯通的气液通道;填料层的高度可设置为200mm-350mm。烟气与冷凝水在填料层的气液通道内逆向接触,直接换热。在其他的实施方式中,填料层本身的结构也可采用喷淋塔其他常用填料结构。

[0077] 换热喷淋层19水平安装于洗涤塔内,位于填料层18上方,用于下喷淋冷凝液,可采用常规湿法塔内的常规喷淋设备,一种实施方式中,包括布液管路和若干均匀安装于布液管路上并与布液管路连通的布液喷嘴,布液喷嘴向下喷淋;换热喷淋层的液气比为1.2L/Nm³-3.0L/Nm³。

[0078] 完成两级冷凝、增湿、换热后的过饱和烟气穿过回水层17依次进入填料层18和换热喷淋层19,与填料层和换热喷淋层的低温循环水进行直接换热,过饱和烟气中的水蒸气在换热冷凝过程中以烟气中残留的粉尘颗粒物为凝结核,进行相变、凝结,生成液态水滴,并被捕集,完成相变、凝结后的烟气经除雾器除雾干燥后由洗涤塔烟气出口排出。

[0079] 完成换热升温的循环水由填料层底部落入回水层17,经接水单元导流至回水槽后,由回水层出液口导流至空气换热器60,在空气换热器风机的推动下,低温环境空气与高温循环水快速间接换热,完成换热降温后的低温循环水由空气换热器出液口送至循环水箱循环使用。

[0080] 增湿水泵30的进口管路上设有过滤器;用于过滤循环水中的杂质。过滤器内过滤网的孔径可选择0.2mm-0.5mm。

[0081] 一种利用上述净化系统进行含硫、尘污染物烟气的净化方法,包括:

[0082] (1) 含有硫、尘等污染物的高温工业烟气由烟气进口进入洗涤塔向上流动,洗涤液循环池中的洗涤浆液经洗涤泵送至洗涤喷淋层布液后向下流动,在洗涤喷淋层下方,高温工业烟气与洗涤喷淋液逆向接触,脱除高温工业烟气中的大部分硫、尘等污染物,同时喷淋洗涤液中的部分液态水蒸发成水蒸气进入烟气中;受气流分布不均匀影响,完成喷淋洗涤后的烟气湿度大大增加,但部分烟气仍未达到饱和状态。

[0083] (2) 完成喷淋洗涤后的高湿烟气携带少量硫、尘等残留污染物进入增湿雾化层,低温循环水由增湿水泵送至增湿雾化层经高压雾化成细小雾滴与烟气接触换热,对不饱和的高湿烟气进行初步降温增湿;完成初步降温增湿的高湿烟气携带大量细小雾滴向上进入换热整流层,与换热管栅内部的低温循环水进一步换热降温,大部分细小雾滴在惯性的作用下与管栅层表面发生碰撞捕集,并在管栅层表面形成液膜,防止管栅表面结垢堵塞;高湿烟气在换热整流层完成换热降温后达到过饱和状态,并经管栅层整流后烟气均匀向上流动进入除沫层,经除沫层去除残留细小雾滴。

[0084] (3) 完成两级冷凝、增湿、换热后的过饱和烟气穿过回水层进入填料层和换热喷淋层,与填料层和换热喷淋层的低温循环水进行直接换热,过饱和烟气中的水蒸气在换热冷凝过程中以烟气中残留的粉尘颗粒物为凝结核,进行相变、凝结,生成液态水滴,并被捕集,

完成相变、凝结后的烟气经除雾器除雾干燥后由洗涤塔烟气出口排出。

[0085] (4) 完成换热升温的循环水由填料层底部落入回水层,经接水单元导流至回水槽后,由回水层出液口导流至空气换热器,在空气换热器风机的推动下,低温环境空气与高温循环水快速间接换热,完成换热降温后的低温循环水由空气换热器出液口送至循环水箱循环使用。

[0086] 烟气中水蒸气在冷凝换热过程生成的液态水造成循环水箱水量不断增加,生成的液态水一部分由增湿水泵送至增湿雾化层,作为洗涤塔补水,另一部分由冷凝泵送至洗涤塔制浆系统,降低工业烟气净化系统耗水量。

[0087] 以上所述实施例的各技术特征可以进行任意的组合,为使描述简洁,未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述,然而,只要这些技术特征的组合不存在矛盾,都应当认为是本说明书记载的范围。

[0088] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本申请构思的前提下,还可以做出若干变形和改进,这些都属于本申请的保护范围。因此,本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

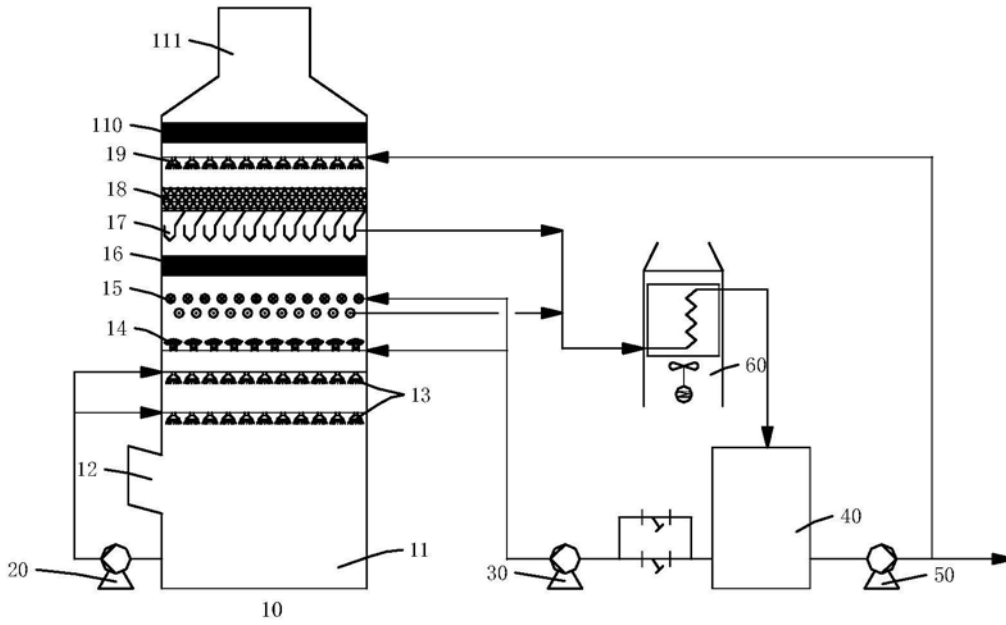


图1

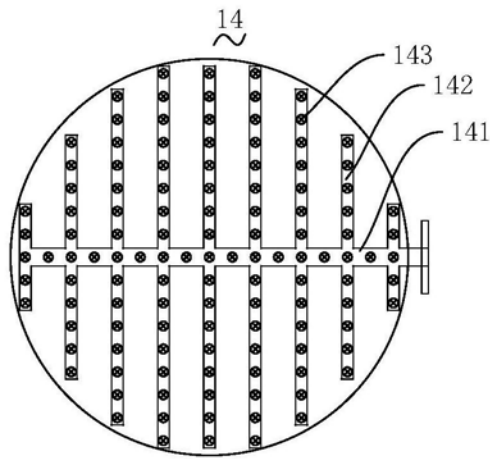


图2

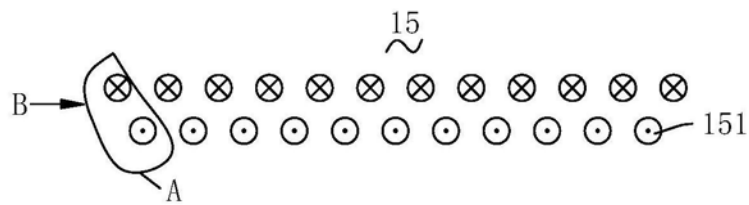


图3

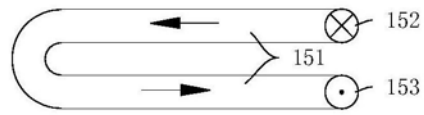


图4

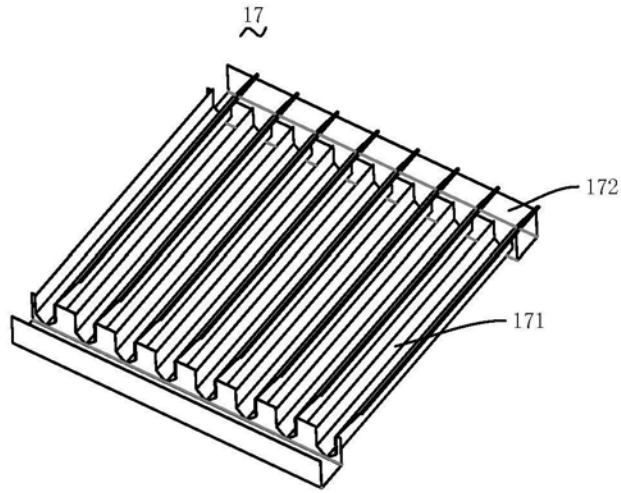


图5

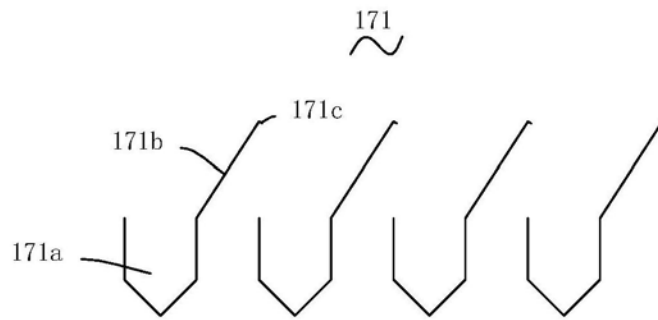


图6