(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108579396 A
(43)申请公布日 2018.09.28

(21)申请号 201810751440.9

(22)申请日 2018.07.10

(71)申请人 华润电力焦作有限公司
地址 454450 河南省焦作市博爱县柏山镇华润电力焦作有限公司

(72)发明人 杨翩 刘芳芳 席琳 刘宏伟 孙红亮 介为民 贺永刚 朱山中 赵予新 王宏博 李现彬 柴新伟 赵建利

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227
代理人 赵青朵

(51)Int.Cl.
*B01D 53/80*(2006.01)
*B01D 53/60*(2006.01)

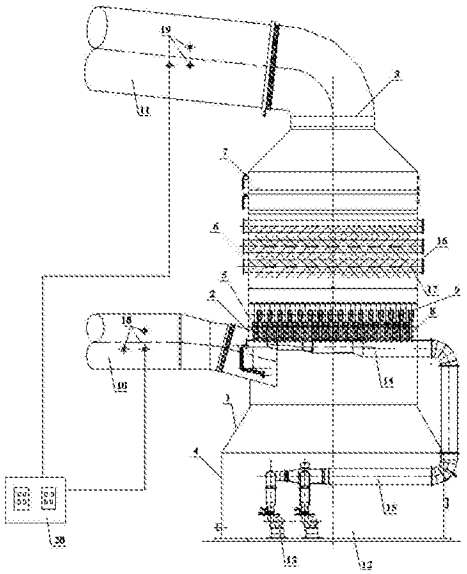
权利要求书1页 说明书9页 附图2页

(54)发明名称

一种烟气脱硫的装置及方法

(57)摘要

本发明提供了一种烟气脱硫的装置，包括：吸收塔塔体；所述吸收塔塔体下部设有烟气入口，顶部设有烟气出口；自下而上依次设置在所述吸收塔塔体内部的浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置和除雾装置；所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方；所述液柱喷射装置包括若干个液柱喷射支管；若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部一个或多个水平层面均匀分布；每个所述液柱喷射支管底端与所述浆液循环装置相通，顶端设有液柱喷射喷头；与所述烟气入口相通的进口烟道；与所述烟气出口相通的烟气烟道。本发明提供的烟气脱硫的装置能够实现液柱喷射和高效雾化喷淋的协同脱硫作用，具有脱硫效率高、脱硫效果好及节能减耗的优点。



CN 108579396 A

1.一种烟气脱硫的装置,包括:

吸收塔塔体;所述吸收塔塔体下部设有烟气入口,顶部设有烟气出口;

自下而上依次设置在所述吸收塔塔体内部的浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置和除雾装置;所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方;所述液柱喷射装置包括若干个液柱喷射支管;若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部一个或多个水平层面均匀分布;每个所述液柱喷射支管底端与所述浆液循环装置相通,顶端设有液柱喷射喷头;

与所述烟气入口相通的进口烟道;

与所述烟气出口相通的烟气烟道。

2.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述浆液循环装置包括:

设置在所述吸收塔塔体底部的浆池;所述浆池内设有浆液循环泵;

与每个所述液柱喷射支管相通的变径管;所述变径管的直径沿浆液流动方向减小;

连通所述浆液循环泵和变径管的浆液管道。

3.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部两个水平层面均匀分布;所述两个水平层面的间隔距离为0.8m～2m;每个水平层面设置2个/$m^2$～4个/$m^2$液柱喷射支管。

4.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述高效雾化喷淋装置包括:

雾化喷淋母管;

设置在所述雾化喷淋母管周围的若干个高效雾化喷头;

与所述雾化喷淋母管相通的浆液喷淋泵。

5.根据权利要求4所述的装置,其特征在于,所述高效雾化喷头为雾化实心锥喷头或雾化空心锥喷头。

6.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述液柱喷射装置设置在所述高效雾化喷淋装置的正下方;所述液柱喷射装置与所述高效雾化喷淋装置的间隔距离为3m～7m。

7.根据权利要求1所述的装置,其特征在于,所述高效雾化喷淋装置设置在所述除雾装置的正下方;所述高效雾化喷淋装置与所述除雾装置的间隔距离为1.5m～3m。

8.根据权利要求1～7任一项所述的装置,其特征在于,还包括:

设置在所述进口烟道的进口烟气检测点;

设置在所述烟气烟道的出口烟气检测点;

分别与所述进口烟气检测点和出口烟气检测点相连的控制室。

9.一种烟气脱硫的方法,包括以下步骤:

a)采用权利要求1～7任一项所述的装置,将待处理的烟气依次进行液柱喷射脱硫、紊流液滴接触脱硫和高效雾化喷淋脱硫,再脱除烟气中的液滴,得到净烟气。

10.根据权利要求9所述的方法,其特征在于,步骤a)中所述液柱喷射脱硫的喷射流速为5m/s～14m/s,液柱高度为0.8m～6m,单层液气比为13L/$m^3$～25L/$m^3$。

# 一种烟气脱硫的装置及方法

## 技术领域

[0001] 本发明涉及烟气脱硫技术领域，更具体地说，是涉及一种烟气脱硫的装置及方法。

## 背景技术

[0002] 随着国家对环境保护越来越重视，对火电、焦化、化工等行业的污染物的排放要求越来越严格。目前，在烟气脱硫脱硝行业中，主要有干法脱硫、半干法脱硫以及湿法脱硫等三种脱硫方式；其中，国际上在火电行业中应用的湿法脱硫占以上脱硫方法应用机组的80％；而石灰石—石膏法又占湿法脱硫中的85％以上。因火电、焦化行业的大气污染物排量放占据较高的比例，且石灰石—石膏法脱硫在行业应用中也非常的广泛，因此对其工艺的优化设计、节能减排，对整个环保行业来说具有重要的意义。

[0003] 目前，对湿法脱硫技术的应用和研究都比较广泛。如公开号为CN101564641A的中国专利公开了一种喷淋优化的液柱塔，其特点是能在喷淋管内部设置调节脱硫洗涤液喷射的均流板，从而保证浆液喷射具有相同的高度；这种设计虽然有助于保证喷射喷嘴在浆液管中具有相近甚至相同的压力，但是在工程实际应用中，均流板与浆液管之间的角度难以确定，难以达到预期的脱硫效率，从而限制了该技术方案的进一步应用。而公开号为CN104084016A的中国专利公开了一种两级脱硫液柱塔，该发明将脱硫装置分为3个隔离室，第一室为雾化喷淋脱硫，第二室为液柱喷射脱硫，第三室为除雾器部分；这种设计虽然在一定程度上提高了脱硫效率，但是吸收塔占用的空间较大，不适合大烟气量的烟气脱硫。另外，公开号为CN202983508U的中国专利公开一种液柱塔多级多尺度喷射装置，其工艺特点为在吸收塔中设置不同型号、高度的喷射喷嘴，塔体空间内依次形成多层、滴径分级增大的液滴密集层，通过这种方式在不同高度上形成多个液幕层，而且下层的液滴直径小，向上逐层增大，实现拟连续、多尺度多级传质过程；但是该技术对脱硫效率提高和节能减耗的积极作用不大。

[0004] 综上所述，现有技术公开的技术方案大多是对喷淋洗涤塔和液柱塔的单独使用以及在工艺上对两者的分别优化，依然存在喷淋洗涤塔高能耗以及液柱塔脱硫不彻底的问题；个别技术方案虽然进行了浆液喷射和浆液雾化喷淋，但是是在两个不同的系统中的应用，并未产生协同作用，而且需要的吸收塔体积较大，对场地的要求较高。

## 发明内容

[0005] 有鉴于此，本发明的目的在于提供一种烟气脱硫的装置及方法，具有脱硫效率高、脱硫效果好及节能减耗的优点，并且占用空间较小，适合高浓度污染物及大流量的烟气脱硫。

[0006] 本发明提供了一种烟气脱硫的装置，包括：

[0007] 吸收塔塔体；所述吸收塔塔体下部设有烟气入口，顶部设有烟气出口；

[0008] 自下而上依次设置在所述吸收塔塔体内部的浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置和除雾装置；所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方；所述液柱喷射装

置包括若干个液柱喷射支管；若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部一个或多个水平层面均匀分布；每个所述液柱喷射支管底端与所述浆液循环装置相通，顶端设有液柱喷射喷头；

[0009] 与所述烟气入口相通的进口烟道；

[0010] 与所述烟气出口相通的烟气烟道。

[0011] 优选的，所述浆液循环装置包括：

[0012] 设置在所述吸收塔塔体底部的浆池；所述浆池内设有浆液循环泵；

[0013] 与每个所述液柱喷射支管相通的变径管；所述变径管的直径沿浆液流动方向减小；

[0014] 连通所述浆液循环泵和变径管的浆液管道。

[0015] 优选的，若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部两个水平层面均匀分布；所述两个水平层面的间隔距离为0.8m～2m；每个水平层面设置2个/$m^2$～4个/$m^2$液柱喷射支管。

[0016] 优选的，所述高效雾化喷淋装置包括：

[0017] 雾化喷淋母管；

[0018] 设置在所述雾化喷淋母管周围的若干个高效雾化喷头；

[0019] 与所述雾化喷淋母管相通的浆液喷淋泵。

[0020] 优选的，所述高效雾化喷头为雾化实心锥喷头或雾化空心锥喷头。

[0021] 优选的，所述液柱喷射装置设置在所述高效雾化喷淋装置的正下方；所述液柱喷射装置与所述高效雾化喷淋装置的间隔距离为3m～7m。

[0022] 优选的，所述高效雾化喷淋装置设置在所述除雾装置的正下方；所述高效雾化喷淋装置与所述除雾装置的间隔距离为1.5m～3m。

[0023] 优选的，还包括：

[0024] 设置在所述进口烟道的进口烟气检测点；

[0025] 设置在所述烟气烟道的出口烟气检测点；

[0026] 分别与所述进口烟气检测点和出口烟气检测点相连的控制室。

[0027] 本发明还提供了一种烟气脱硫的方法，包括以下步骤：

[0028] a)采用上述技术方案所述的装置，将待处理的烟气依次进行液柱喷射脱硫、紊流液滴接触脱硫和高效雾化喷淋脱硫，再脱除烟气中的液滴，得到净烟气。

[0029] 优选的，步骤a)中所述液柱喷射脱硫的喷射流速为5m/s～14m/s，液柱高度为0.8m～6m，单层液气比为13L/$m^3$～25L/$m^3$。

[0030] 本发明提供了一种烟气脱硫的装置，包括：吸收塔塔体；所述吸收塔塔体下部设有烟气入口，顶部设有烟气出口；自下而上依次设置在所述吸收塔塔体内部的浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置和除雾装置；所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方；所述液柱喷射装置包括若干个液柱喷射支管；若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部一个或多个水平层面均匀分布；每个所述液柱喷射支管底端与所述浆液循环装置相通，顶端设有液柱喷射喷头；与所述烟气入口相通的进口烟道；与所述烟气出口相通的烟气烟道。与现有技术相比，本发明提供的烟气脱硫的装置采用特定结构及连接关系，能够实现液柱喷射和高效雾化喷淋的协同脱硫作用，具有脱硫效率高、脱硫效果好及节能减耗的

优点，并且占用空间较小，适合高浓度污染物及大流量的烟气脱硫。

[0031] 另外，本发明提供的装置能够实时监控烟气的各方面数据，并根据烟气量、$SO_2$浓度等数据对浆液循环泵及浆液喷淋泵进行调速控制，从而降低脱硫岛能耗，达到节能减排的效果。

## 附图说明

[0032] 图1为本发明实施例提供的烟气脱硫的装置的结构示意图；

[0033] 图2为本发明实施例提供的烟气脱硫的装置中液柱喷射喷头的实物图；

[0034] 图3为本发明实施例提供的烟气脱硫的装置实现液柱喷射和高效雾化喷淋的协同脱硫作用的原理图。

## 具体实施方式

[0035] 下面将结合本发明实施例，对本发明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发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，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，都属于本发明保护的范围。

[0036] 本发明提供了一种烟气脱硫的装置，包括：

[0037] 吸收塔塔体；所述吸收塔塔体下部设有烟气入口，顶部设有烟气出口；

[0038] 自下而上依次设置在所述吸收塔塔体内部的浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置和除雾装置；所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方；所述液柱喷射装置包括若干个液柱喷射支管；若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部一个或多个水平层面均匀分布；每个所述液柱喷射支管底端与所述浆液循环装置相通，顶端设有液柱喷射喷头；

[0039] 与所述烟气入口相通的进口烟道；

[0040] 与所述烟气出口相通的烟气烟道。

[0041] 在本发明中，所述烟气脱硫的装置包括吸收塔塔体、浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置、除雾装置、进口烟道和烟气烟道。请参阅图1，图1为本发明实施例提供的烟气脱硫的装置的结构示意图。其中，1为吸收塔塔体，2为烟气入口，3为烟气出口，4为浆液循环装置，5为液柱喷射装置，6为高效雾化喷淋装置，7为除雾装置，8为液柱喷射支管，9为液柱喷射喷头，10为进口烟道，11为烟气烟道，12为浆池，13为浆液循环泵，14为变径管，15为浆液管道，16为雾化喷淋母管，17为高效雾化喷头，18为进口烟气检测点，19为出口烟气检测点，20为控制室。

[0042] 在本发明中，所述吸收塔塔体优选采用本领域技术人员熟知的用于烟气脱硫的吸收塔的塔体即可，本发明对此没有特殊限制。在本发明中，所述吸收塔塔体下部设有烟气入口，待处理的烟气由此进入吸收塔塔体内部；所述吸收塔塔体顶部设有烟气出口，脱硫后的净烟气由此排出吸收塔塔体内部。

[0043] 在本发明中，所述进口烟道与所述烟气入口相通，用于将待处理的烟气输送至吸收塔塔体内部；所述烟气烟道与烟气出口相通，用于将脱硫后的净烟气排出吸收塔塔体内部。

[0044] 在本发明中，所述吸收塔塔体内部自下而上依次设置浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置和除雾装置；其中，所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方。

[0045] 在本发明中，所述液柱喷射装置包括若干个液柱喷射支管，用于喷射浆液形成液柱；每个所述液柱喷射支管底端与所述浆液循环装置相通，顶端设有液柱喷射喷头。在本发明中，若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部一个或多个水平层面均匀分布；在此情况下，浆液通过若干个所述液柱喷射支管同时喷射，能够在一个或多个水平层面形成液柱喷射层。在本发明优选的实施例中，若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部两个水平层面均匀分布，从而在两个水平层面形成液柱喷射层，通过控制所述两个水平层面的间隔距离，能够得到双层交叉液柱喷射层，从而避免在吸收塔塔体中形成烟气的沟流，增加烟气在喷射层的紊流度。在本发明中，所述两个水平层面的间隔距离优选为0.8m～2m，更优选为1.5m～2m。在本发明中，每个水平层面优选设置2个/$m^2$～4个/$m^2$液柱喷射支管。

[0046] 在本发明中，所述液柱喷射装置的浆液流量大，流速较快，能够形成高密度的液柱喷射层；喷射流速优选为5m/s～14m/s，单层液气比优选为13L/$m^3$～25L/$m^3$，远大于现有技术中的喷淋塔单层5L/$m^3$～8L/$m^3$的液气比。

[0047] 在本发明中，所述液柱喷射喷头的喷射方向为垂直上述水平层面向上；本发明采用的液柱喷射喷头根据烟气工况选型，采用统一固定孔径；在本发明优选的实施例中，所述液柱喷射喷头的实物图参见图2所示。脱硫运行过程中，根据项目运行负荷、烟气量、$SO_2$进口浓度、$SO_2$出口浓度等控制浆液喷射流量，进而控制喷射高度。在本发明中，所述液柱喷射喷头的孔径优选为15mm～45mm，更优选为25mm～45m；流量和喷射高度根据浆液工作压力而定，所述浆液工作压力优选为0.2kg～1.6kg，喷射高度优选为0.8m～6m，更优选为0.8m～5m。

[0048] 在本发明中，所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方，待处理的烟气从所述烟气入口进入，同时液柱喷射装置使浆液液柱向上喷射，喷射向上的浆液会对烟气有一定的引射作用，减少塔内压降，同时液柱上升到最高处会自然散开，在重力作用下下降；整个过程中浆液有两次脱硫：一次是浆液喷射方向与烟气同向接触吸收$SO_2$，第二次是浆液到达最高处发散落下，与烟气逆向接触吸收$SO_2$，提高浆液利用率；并且，第二次脱硫效率高于第一次脱硫。另外，液柱喷射在浆液向上喷射和下降过程中，液滴之间相互碰撞，会形成大量新的液滴，同时还有液滴溶合等，能够不断产生新的气液接触面，提高气液传质效率。

[0049] 在本发明中，所述浆液循环装置包括浆池、变径管和浆液管道；其中，所述浆池设置在所述吸收塔塔体底部，用于回收浆液；所述变径管与每个所述液柱喷射支管相通，用于将浆液输送至所述液柱喷射支管；所述浆液管道连通所述浆液循环泵和变径管，用于输送浆液。

[0050] 在本发明中，所述浆池内设有浆液循环泵，用于为浆液提供输送及喷射动力。在本发明中，所述浆液循环泵优选为调速式浆液泵，从而在脱硫运行过程中，根据项目运行负荷、烟气量、$SO_2$进口浓度、$SO_2$出口浓度等控制浆液喷射流量，进而控制喷射高度。

[0051] 在本发明中，所述变径管的直径优选沿浆液流动方向减小，从而使浆液在变径管的流量随着浆液流动方向不断减小，保证管内浆液流速同一性，单位浆液内具有相同的动能，保证塔内浆液喷射在一个高度上，避免塔内液柱喷射高度参差不齐(若保持母管管径不变，母管末端浆液动能最小，在吸收塔喷射高度会随母管浆液方向逐渐降低)，影响脱硫效

果。

[0052] 在本发明中，所述高效雾化喷淋装置包括雾化喷淋母管、若干个高效雾化喷头和浆液喷淋泵。在本发明中，若干个所述高效雾化喷头设置在所述雾化喷淋母管周围；所述雾化喷淋母管用于输送浆液，并通过控制母管在吸收塔塔体中的分布形成特定区域的雾化喷淋层；在本发明优选的实施例中，所述雾化喷淋母管在吸收塔塔体中水平分布两层。在本发明中，所述浆液喷淋泵与所述雾化喷淋母管相通，用于为浆液提供输送及喷射动力。

[0053] 在本发明中，所述液柱喷射装置设置在所述高效雾化喷淋装置的正下方。本发明通过控制二者的间隔距离，使所述液柱喷射装置形成的液柱喷射层与所述高效雾化喷淋装置形成的雾化喷淋层实现协同作用，该原理图参见图3所示。雾化喷淋层中的雾化液滴经过液膜理论吸收$SO_2$后，进入液柱喷射层；雾化喷淋的浆液会加大液柱喷射层的紊流度，并且上部降下的液滴与下部上升的液滴、液柱相融合、碰撞，产生更多新鲜的液滴；同时，当液柱喷射的浆液达到最高高度的时候，处于临时静止状态，此时雾化液滴具有一定的动能，撞击最上部液柱、液滴等能够产生更多的液滴。根据液膜更新理论，液滴吸收了$SO_2$的表面会因为上部液滴的碰撞，形成新鲜的吸收膜，进而能够再次展现良好的$SO_2$吸收效果，提高该区域的液膜接触效率。在本发明中，所述液柱喷射装置与所述高效雾化喷淋装置的间隔距离优选为3m～7m，更优选为5m～7m。本发明通过调节液柱喷射层的高度控制雾化喷淋与液柱喷射之间液滴的碰撞效果。

[0054] 在本发明中，所述高效雾化喷头优选为雾化实心锥喷头或雾化空心锥喷头，更优选为雾化实心锥喷头。本发明采用上述高效雾化喷头具有良好的雾化效果；根据薄膜理论，同样的液气比，其与其它形式的浆液喷淋相比具有更好的气液传质效果。目前，国家$SO_2$超低排放的标准为35mg/$Nm_3$，仅依靠液柱喷射难以达到脱硫效果；如果仅依靠雾化喷淋，则因为浆液雾化背压过高，对循环泵的压头和扬程要求较高，导致喷淋能耗较高。本发明采用液柱喷射和浆液雾化喷淋协同脱硫，利用液柱喷射高气液比，低能耗，将大部分的$SO_2$脱除；但是此时液柱喷射难以保证脱硫效率或者保证脱硫效率的能耗较高，此时则可以利用高效雾化喷淋将烟气中的$SO_2$脱除到排放标准35mg/$Nm^3$以下。

[0055] 在本发明中，所述除雾装置优选为除雾器，用于脱除烟气中的饱和液滴。在本发明中，所述高效雾化喷淋装置设置在所述除雾装置的正下方；所述高效雾化喷淋装置与所述除雾装置的间隔距离优选为1.5m～3m，更优选为1.8m～2.4m。

[0056] 在本发明中，所述烟气脱硫的装置优选还包括进口烟气检测点、出口烟气检测点和控制室。在本发明中，所述进口烟气检测点设置在所述进口烟道；所述出口烟气检测点设置在所述烟气烟道；所述控制室分布与所述进口烟气检测点和出口烟气检测点相连。

[0057] 在本发明中，所述进口烟气检测点和出口烟气检测点均采用本领域技术人员熟知的CEMS测点，用于检测烟气温度、$SO_2$浓度、压力等数据；上述数据能够传送至控制室，实时监控烟气中的$SO_2$浓度情况，并可采用自动控制方式通过调节浆液循环泵及浆液喷淋泵转速来控制出口污染物浓度具体数值。另外，烟气中的$SO_2$浓度主要与电厂煤质有关，电厂所烧的煤一般1-5天范围内煤质都是比较稳定的；控制室的工作人员能够通过人机界面观察到烟气进口和出口的浓度，根据运行工况选择投入液柱喷射或雾化喷淋或液柱喷射与雾化喷淋同时投入；并且液柱喷射的投入可实现调速运行调节浆液循环量，实现节能目的。

[0058] 本发明提供的烟气脱硫的装置采用特定结构及连接关系，能够实现液柱喷射和高

效雾化喷淋的协同脱硫作用，具有脱硫效率高、脱硫效果好及节能减耗的优点，并且占用空间较小，适合高浓度污染物及大流量的烟气脱硫。根据现场工程经验，本发明提供的烟气脱硫的装置能够与单独使用喷淋洗涤塔相同效率下，降低15％～35％的能耗；相对于单独使用液柱式喷射能够提高10％～15％的脱硫效率。

[0059] 本发明还提供了一种烟气脱硫的方法，包括以下步骤：

[0060] a)采用上述技术方案所述的装置，将待处理的烟气依次进行液柱喷射脱硫、紊流液滴接触脱硫和高效雾化喷淋脱硫，再脱除烟气中的液滴，得到净烟气。

[0061] 在本发明中，所述待处理的烟气优选为本领域技术人员熟知的火电、焦化、化工等行业排放的含有$SO_2$的烟气。本发明提供的烟气脱硫的方法能够处理高浓度污染物($SO_2$浓度达到5000mg/$Nm^3$)及大流量的烟气(烟气量达到2000000$Nm^3$/h以上)，本发明对此没有特殊限制。

[0062] 在本发明中，所述液柱喷射脱硫通过所述液柱喷射装置形成的液柱喷射层进行，具体包括两次脱硫：一次是浆液喷射方向与烟气同向接触吸收$SO_2$，第二次是浆液到达最高处发散落下，与烟气逆向接触吸收$SO_2$；另外，液柱喷射在浆液向上喷射和下降过程中，液滴之间相互碰撞，会形成大量新的液滴，同时还有液滴溶合等，能够不断产生新的气液接触面，提高气液传质效率。在本发明中，所述液柱喷射脱硫的喷射流速优选为5m/s～14m/s；所述液柱喷射脱硫的液柱高度优选为0.8m～6m，更优选为0.8m～5m；所述液柱喷射脱硫的单层液气比优选为13L/$m^3$～25L/$m^3$。

[0063] 在本发明中，所述紊流液滴接触脱硫通过所述液柱喷射装置形成的液柱喷射层与所述高效雾化喷淋装置形成的雾化喷淋层的协同作用实现，具体为：雾化喷淋层中的雾化液滴经过液膜理论吸收$SO_2$后，进入液柱喷射层；雾化喷淋的浆液会加大液柱喷射层的紊流度，并且上部降下的液滴与下部上升的液滴、液柱相融合、碰撞，产生更多新鲜的液滴；同时，当液柱喷射的浆液达到最高高度的时候，处于临时静止状态，此时雾化液滴具有一定的动能，撞击最上部液柱、液滴等能够产生更多的液滴。根据液膜更新理论，液滴吸收了$SO_2$的表面会因为上部液滴的碰撞，形成新鲜的吸收膜，进而能够再次展现良好的$SO_2$吸收效果，提高该区域的液膜接触效率。

[0064] 在本发明中，所述高效雾化喷淋脱硫通过所述高效雾化喷淋装置形成的雾化喷淋层进行。

[0065] 在本发明中，所述脱除烟气中的液滴通过所述除雾装置实现。

[0066] 本发明提供的烟气脱硫的方法在同一吸收塔内使用浆液喷射与雾化喷淋协同脱硫的方式，首先，下部喷射的浆液在上升过程中与烟气进行接触吸收，此时吸收效率较低；在喷射的浆液达到顶部的时候会因为重力作用分散开，形成小液滴，与烟气中的$SO_2$进行气液传质，吸收脱除$SO_2$，脱除效率较高；然后，在液柱喷射层与雾化喷淋层协同作用下，雾化喷淋的浆液会加大液柱喷射层的紊流度，并且上部降下的液滴与下部上升的液滴、液柱相融合、碰撞，产生更多新鲜的液滴；同时，当液柱喷射的浆液达到最高高度的时候，处于临时静止状态，此时雾化液滴具有一定的动能，撞击最上部液柱、液滴等能够产生更多的液滴，从而对烟气进行紊流液滴接触脱硫；最后，未被吸收的$SO_2$继续上升，与上层的雾化喷淋浆液接触，进行气液之间的传质，将烟气中的$SO_2$彻底脱除，达到超低排放要求，大大的提高$SO_2$的脱除效率。另外，所述浆液循环泵采用调速控制，能够根据烟气量、$SO_2$浓度等改变浆液循

环量，充分发挥液柱喷射$SO_2$的吸收效率；而在脱硫岛中浆液循环泵具有较高的功率，因此实行浆液循环泵的调速控制能够降低脱硫岛能耗，达到节能减排的效果。

[0067] 本发明提供了一种烟气脱硫的装置，包括：吸收塔塔体；所述吸收塔塔体下部设有烟气入口，顶部设有烟气出口；自下而上依次设置在所述吸收塔塔体内部的浆液循环装置、液柱喷射装置、高效雾化喷淋装置和除雾装置；所述液柱喷射装置设置在所述烟气入口上方；所述液柱喷射装置包括若干个液柱喷射支管；若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部一个或多个水平层面均匀分布；每个所述液柱喷射支管底端与所述浆液循环装置相通，顶端设有液柱喷射喷头；与所述烟气入口相通的进口烟道；与所述烟气出口相通的烟气烟道。与现有技术相比，本发明提供的烟气脱硫的装置采用特定结构及连接关系，能够实现液柱喷射和高效雾化喷淋的协同脱硫作用，具有脱硫效率高、脱硫效果好及节能减耗的优点，并且占用空间较小，适合高浓度污染物及大流量的烟气脱硫。

[0068] 另外，本发明提供的装置能够实时监控烟气的各方面数据，并根据烟气量、$SO_2$浓度等数据对浆液循环泵及浆液喷淋泵进行调速控制，从而降低脱硫岛能耗，达到节能减排的效果。

[0069] 为了进一步说明本发明，下面通过以下实施例进行详细说明。本发明以下实施例所用的烟气脱硫的装置的结构示意图参见图1所示；其中，其中，1为吸收塔塔体，2为烟气入口，3为烟气出口，4为浆液循环装置，5为液柱喷射装置，6为高效雾化喷淋装置，7为除雾装置，8为液柱喷射支管，9为液柱喷射喷头，10为进口烟道，11为烟气烟道，12为浆池，13为浆液循环泵，14为变径管，15为浆液管道，16为雾化喷淋母管，17为高效雾化喷头，18为进口烟气检测点，19为出口烟气检测点，20为控制室。

[0070] 实施例1

[0071] 将上述烟气脱硫的装置应用在烟气量为350000$Nm^3/h$的示范工程，该工程$SO_2$浓度为5000$mg/Nm^3$，烟气温度为125℃。

[0072] 吸收塔塔体设计为塔高29m，直径8m，浆池高7m，烟气入口在8.5m处；若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部两个水平层面均匀分布，形成两层液柱喷射层，第一层布置在9m，第二层交叉布置在10.5m；设置两层雾化喷淋母管，形成两层雾化喷淋层，第一层布置在17.5m，第二层布置在19.5m。所述高效雾化喷头全部为雾化实心锥喷头，布置两层，共100个；所述液柱喷射喷头交叉布置，单层布置96个。

[0073] 设置两台流量为2000$m^3/h$的浆液喷淋泵，功率分别为160KW和185KW；设置两台流量为2000$m^3/h$的变频式浆液循环泵，功率分别为160KW和185KW。

[0074] 按照实施例1中的工程条件，考察满负荷下不同条件下的脱硫效率、压降和能耗。分别考察的情况包括：(1)满负荷条件下仅使用液柱喷射脱硫；(2)满负负荷条件下仅使用高效雾化喷淋脱硫；(3)满负荷条件下使用单层液柱喷射和单层高效雾化喷淋脱硫；(4)满负荷条件下使用两层液柱喷射和两层雾化喷淋协同脱硫。工程结果参见表1所示。

[0075] 表1四台泵开到最大功率时的脱硫效果数据

[0076]

| | 进口 $SO_2$ ($mg/Nm^3$) | 出口 $SO_2$ ($mg/Nm^3$) | 脱硫效率 (%) | 塔内烟阻 (Pa) | 能耗 (kw.h/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| 仅使用液柱喷射脱硫 | 5000 | 2085 | 58.3 | 320 | 690 |
| 仅使用高效雾化喷淋脱硫 | 5000 | 2330 | 53.4 | 460 | 750 |
| 使用单层液柱喷射和单层高效雾化喷淋脱硫 | 5000 | 1900 | 62 | 400 | 630 |
| 使用两层液柱喷射和两层雾化喷淋协同脱硫 | 5000 | 35 | 99.3 | 800 | 1500 |

[0077] 由表1可知，液柱喷射脱硫效率略高于高效雾化喷淋脱硫，能耗也较低；使用单层液柱喷射和单层高效雾化喷淋，脱硫效率高于单独使用液柱喷射和单独使用高效雾化喷淋的脱硫效率；使用两层液柱喷射和两层雾化喷淋协同脱硫效率较高，脱硫效率能够达到99.3%，$SO_2$的排放浓度为35$mg/Nm^3$。

[0078] 实施例2

[0079] 按照实施例1中的基础条件，更改两层雾化喷淋层，第一层布置在16.5m，第二层布置在18.5m；同时，理论在调速循环浆液泵全开的时候，上层液柱喷射的高度能够达到首层雾化喷淋层高度。

[0080] 按照实施例2中的工程条件，考察液柱喷射和雾化喷淋之间不同高度差下的脱硫效率、压降和能耗。分别考察的情况包括：(A)四台循环泵全开(上层液柱喷射高度能够达到第一层雾化喷淋层)；(B)控制变频式浆液循环泵，使总浆液循环量为7000$m^3$/h(上层液柱喷射高度能够达到的高度距离第一层雾化喷淋层1m)；(C)控制变频式浆液循环泵，使总浆液循环量为6500$m^3$/h(上层液柱喷射高度能够达到的高度距离第一层雾化喷淋层1.5m)；(D)控制变频式浆液循环泵，使总浆液循环量为6000$m^3$/h(上层液柱喷射高度能够达到的高度距离第一层雾化喷淋层2m)。工程结果参见表2所示。

[0081] 表2控制变频式浆液循环泵功率时的脱硫效果数据

[0082]

| 考察情况 | 进口 $SO_2$ ($mg/Nm^3$) | 出口 $SO_2$ ($mg/Nm^3$) | 脱硫效率 (%) | 浆液循环量 ($m^3$/h) | 能耗 (kw.h/h) |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 5000 | 650 | 87 | 8000 | 1350 |
| B | 5000 | 35 | 99.3 | 7000 | 900 |
| C | 5000 | 290 | 94.2 | 6000 | 780 |
| D | 5000 | 395 | 92.1 | 6500 | 1100 |

[0083] 由表2可知，A情况的能耗最高，但是脱硫效率最小，这是因为上层的液柱喷射高度达到了第一层高效雾化喷淋的高度，使得高效雾化喷淋难以展现雾化效果；B情况下液柱喷射能够达到的高度距离第一层高效雾化喷淋有1m的间隔，脱硫效果最高，这说明该处为最佳两层浆液混合距离；C和D情况下的脱硫效率逐渐降低，分别为94.2%和92.1%，说明该条件下液柱喷射能够达到的高度距离第一层高效雾化喷淋有1.5m和2m的间隔，脱硫效果有所

下降。综上所述，液柱喷射层喷射最高高度距离最低雾化喷淋层1.0m时，能够达到最佳脱硫效果。

[0084] 实施例3

[0085] 将上述烟气脱硫的装置应用于某项目660MW机组脱硫岛，烟气处理量为2120248$Nm^3/h$，脱硫岛入口烟气$SO_2$浓度为4400$mg/Nm^3$。

[0086] 吸收塔塔体直径16.8m，浆池高13.3m；若干个所述液柱喷射支管沿所述吸收塔塔体内部两个水平层面均匀分布，所述两个水平层面的间隔距离为1.5m，形成两层液柱喷射层，每层布置235个孔径为40mm的液柱喷射喷头；设置两～三层雾化喷淋母管，整体形成雾化喷淋层，其与液柱喷射层的高度差为6.5m。所述高效雾化喷头采用SIC实心锥喷头和空心锥喷头，按照一般常规布置。

[0087] 所述浆液循环泵A/B采用调速控制，流量为12000$m^3/h$；所对应的浆液喷淋泵的流量与所述浆液循环泵单台循环泵的流量相同。

[0088] 所述除雾装置为除雾器，距离雾化喷淋层2m高。

[0089] 经工程检验在机组满负荷工况下，本发明提供的烟气脱硫的装置能够实现$SO_2$超低排放($SO_2 \leq 35mg/Nm_3$)；同时，能够降低脱硫岛电耗15％～30％左右。

[0090] 所公开的实施例的上述说明，使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的，本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下，在其它实施例中实现。因此，本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例，而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

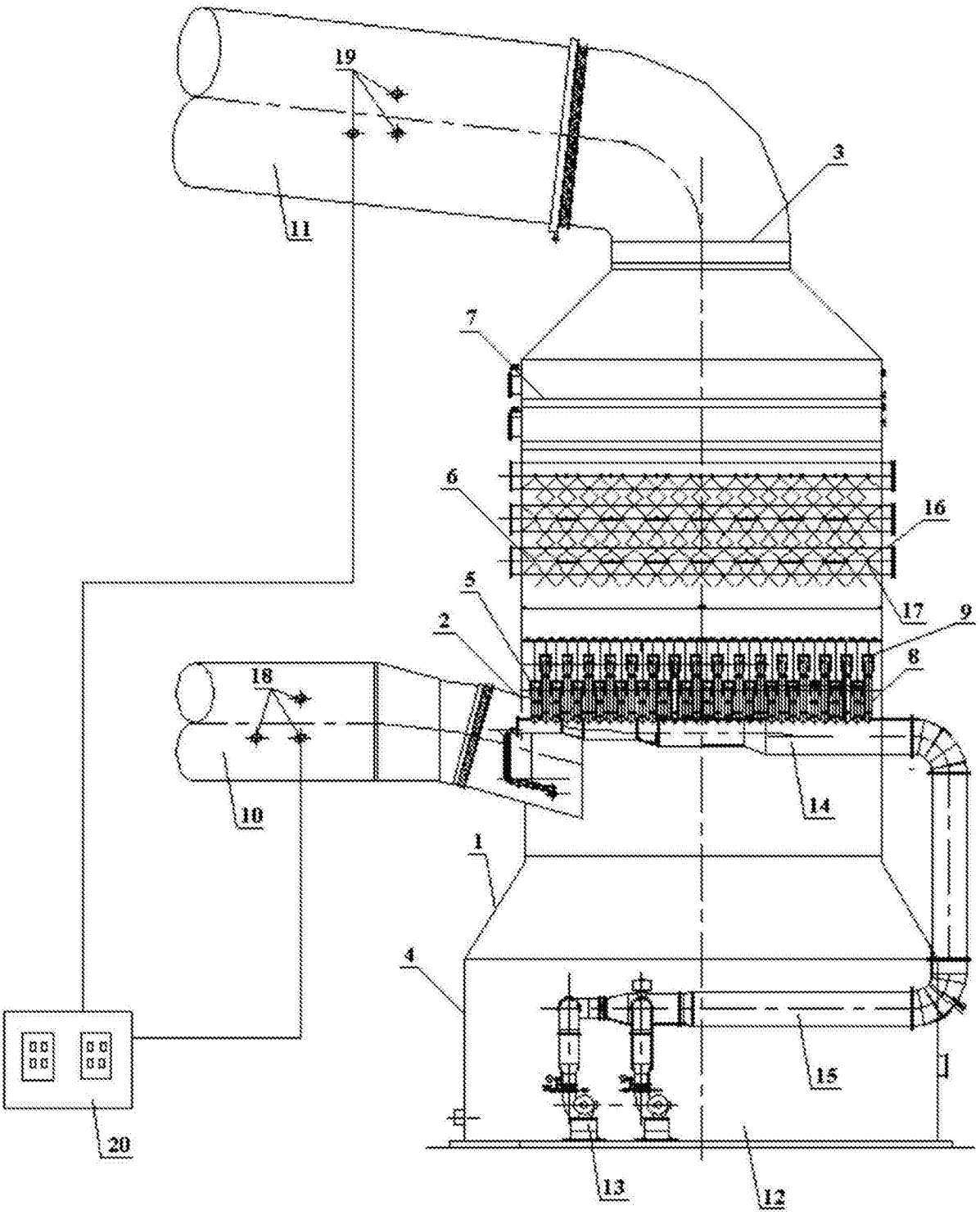



图1

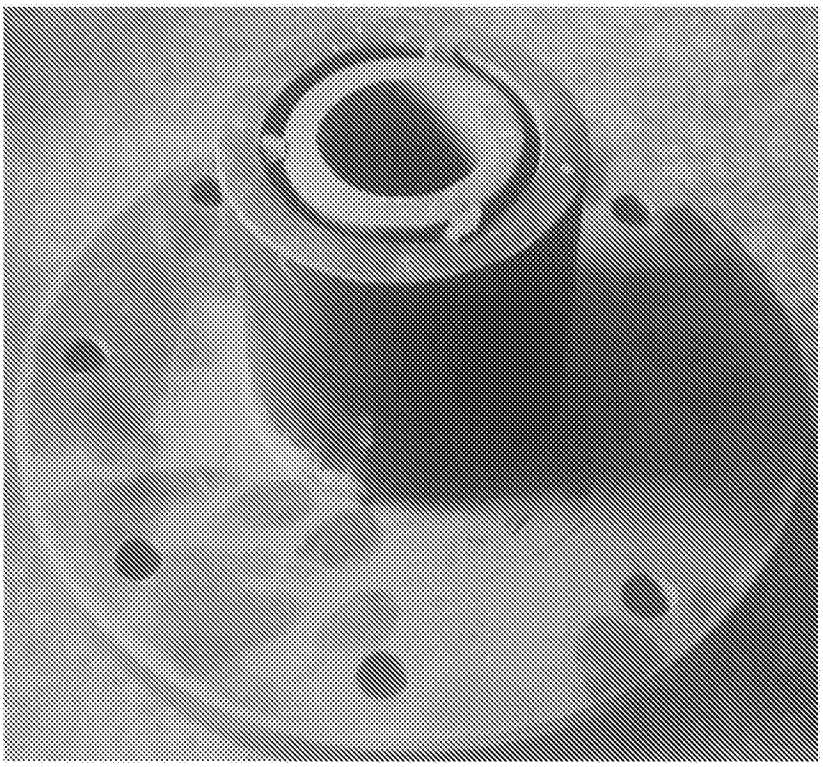


图2

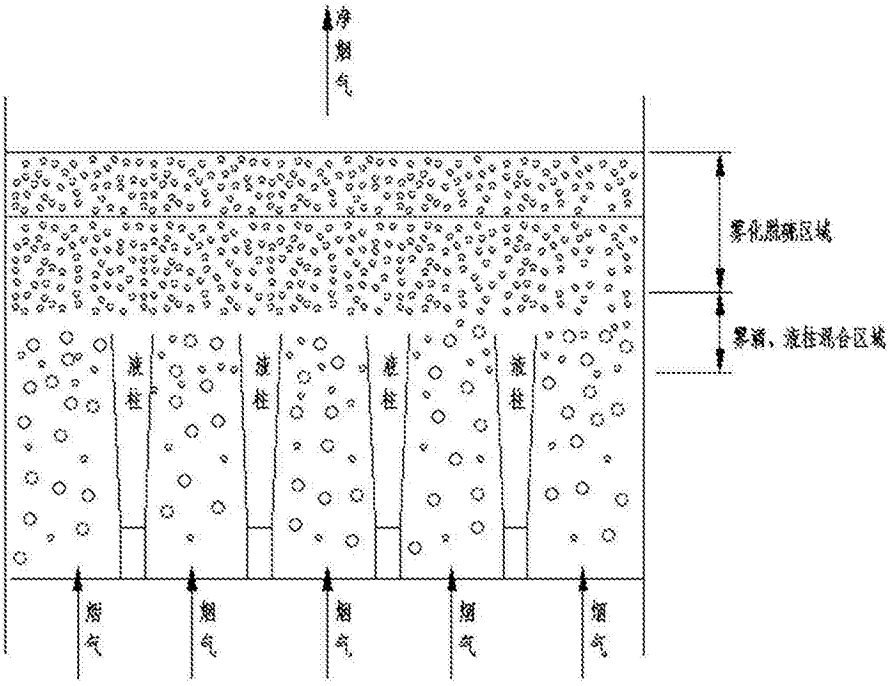



图3