



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105013311 A

(43) 申请公布日 2015. 11. 04

(21) 申请号 201510446627. 4

(22) 申请日 2015. 07. 28

(71) 申请人 青岛京润石化工程有限公司

地址 266555 山东省青岛市经济技术开发区  
武夷山路 436 号 10 号网点

(72) 发明人 石宝珍 房媛媛

(51) Int. Cl.

B01D 53/78(2006. 01)

B01D 53/50(2006. 01)

B01D 53/96(2006. 01)

B01D 50/00(2006. 01)

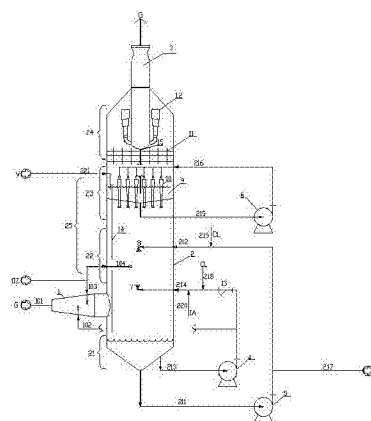
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

## (54) 发明名称

一种烟气脱硫除尘除雾方法

## (57) 摘要

本发明提供了一种烟气脱硫除尘除雾的方法，脱硫介质为碱性液体；脱硫塔底液体区的液体分别在吸收反应区底部和上部进入脱硫塔，底部进入的循环液雾化成小液滴随烟气并流与顶部的逆流循环液同时完成硫化物吸收反应；采用碱液小液滴并流捕捉和文丘里颗粒捕捉两级除尘；设置表面聚结和多级旋流器进行除雾，从而实现烟气净化。



1. 一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,含硫含尘的烟气经过以下过程实现净化:

①烟气在底部的烟气入口段进入,经脱硫塔自身的循环液体或外部补充液体作为急冷液体降温后进入脱硫除尘塔,向上依次经过并、逆流双作用硫化物吸收反应区、并流粉尘捕捉和文丘里捕捉除尘区、除雾区,净化后从塔顶烟囱排出;

②脱硫塔底设置循环液体区,在塔底循环液体区和硫化物吸收反应区底部之间设置液体循环,该部分循环液体在塔内用液体雾化器雾化成小液滴后与烟气并流,实现与含硫烟气的接触;

③在塔底液体区和脱硫吸收反应区顶部之间设置液体循环,该部分循环液体在塔内用液体雾化器雾化成液滴后靠重力与烟气逆流向下流动返回塔底液体区,流动过程中与烟气接触;

④脱硫碱液分别在并流和逆流循环液体泵出口管线上雾化前的位置与循环液混合,形成脱硫吸收反应液体,以并流和逆流两种方式实现烟气脱硫吸收反应;或者碱液在脱硫除尘塔塔底液体区和/或文丘里釜槽液体区注入,碱液注入后分别与塔底和文丘里的循环液混合;

⑤烟气中的粉尘先与反应区底部进入的并流循环液雾化成的小液滴接触,被小液滴捕捉;进而在脱硫吸收反应区和除雾区之间的文丘里除尘器内进行二次粉尘捕捉;粉尘与循环液体形成较大液滴,沉降到塔底液相区或沉降到文丘里除尘区的液体区内经液体下降管返回塔底的液体区;

⑥烟气完成脱硫、经过文丘里除尘区后,向上再进入除雾区,除去携带的液体后从烟囱排出;液体流入文丘里区的液体区;

⑦吸收反应区和除尘区捕捉下来的粉尘随液体进入塔底液体区;在塔底随部分循环液体从管线排出。

2. 如权利要求1所述的一种烟气脱硫除尘方法,其特征在于,烟气在塔内气速为2.0m/s-5m/s;烟气在脱硫吸收反应区停留时间3s-9s;并流循环液体量占比不大于并流和逆流总循环液体量的20%;塔底液体的PH值为6-9;文丘里区液体PH值为6-9。

3. 如权利要求1所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,并流和逆流循环液体泵出口后可以设计为多路并联进入脱硫塔。

4. 如权利要求1所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,文丘里除尘区并联设置多个文丘里管。

5. 如权利要求1所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,除雾区由表面聚结区和旋流分离区串联而成;烟气完成脱硫、经过文丘里除尘区后进入除雾除水区,该区下方设置表面聚结除雾区,上方设置旋流分离除雾区;烟气自下而上先经过聚结除雾区,与亲水表面接触实现液体聚结,液体沿表面材料重力向下流入文丘里区的液体区,该区同时实现含尘液滴聚结除尘;烟气向上再进入旋流除雾区,除去剩余液体后从烟囱排出,液体从管线流入文丘里区的液体区。

6. 如权利要求5所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,聚结除尘区聚结材料将塔横截面分割成众多条形或网格形烟气通道,聚结材料形成的表面竖直方向安装,与铅垂线的夹角不大于45°;聚结材料可以上下分层设置;各层聚结材料可以错开排列。

7. 如权利要求 5 所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,旋流除雾区并列设置多组旋流除雾器,旋流除雾器设置在脱硫塔内,入口设在上端;烟气自上端进入旋流器,在下端进入烟囱;每组旋流除雾器由上下串联的多级旋流器组成。

8. 如权利要求 1 所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,在烟气入口管道和/或脱硫塔脱硫吸收反应区注入臭氧,臭氧和氮化物反应实现脱硝。

9. 如权利要求 1 所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,在并流循环液体泵出口管道上设置粉尘过滤器,循环液过滤后进入雾化喷嘴。

10. 如权利要求 1 所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,在塔底液体区或文丘里液体区与各文丘里管出口上方设置循环液体。

11. 如权利要求 1 所述的一种烟气脱硫除尘除雾方法,其特征在于,在并流循环液体雾化喷嘴前的管线内送入气体,用气体实现并流循环液体的雾化成小液滴。

## 一种烟气脱硫除尘除雾方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于工业烟气净化技术领域,尤其涉及一种烟气湿式脱硫除尘除雾方法。

### 背景技术

[0002] 随着社会经济的高速发展和能源需求的逐年增加,工业排放废气量增长很快,并且随着含硫、氮、尘废气的增加,国家环保法规也会日益严格,因此,对烟气的净化处理迫在眉睫。烟气脱硫是控制酸雨和二氧化硫污染最为有效和主要的技术手段,但其基本原理都是以一种碱性物质作为二氧化硫的吸收剂。传统的湿法脱硫技术主要有石灰石-石膏法,海水脱硫法、氨水脱硫法、双碱法脱硫和钠碱法脱硫等等。

[0003] 石灰石-石膏脱硫法,烟气与循环浆液在吸收塔内逆流接触,发生传质与吸收反应,烟气中的二氧化硫、三氧化硫等被吸收,与氢氧化钙、亚硫酸钙化合成亚硫酸钙、硫酸钙等,进入循环池,在循环池中进行强制氧化和中和反应并形成石膏。洗涤脱硫后的烟气经除雾器除去小液滴,再通过烟气换热器从烟囱排放。该工艺成熟、运行可靠,可用率在 90% 以上,能耗低,但基建投资大,吸收剂原料消耗大,运行成本高。

[0004] 海水烟气脱硫基于海水具有天然碱性和缓冲能力,烟气中的二氧化硫被海水吸收后,转化为硫酸盐,而硫酸盐本身就是海水的一种天然组分。工业烟气首先经过静电除尘设备脱除烟气中的粉尘,然后进入脱硫塔,在填料中与海水逆流接触,充分脱硫。该工艺简单,不消耗脱硫剂,操作费用低,但是受地域限制很大,不适合推广。

[0005] 氨法脱硫技术是采用氨作为吸收剂除去烟气中的二氧化硫的工艺。烟气进入塔内与氨吸收剂逆向接触混合,烟气中的二氧化硫与氨水反应生成亚硫酸铵,洗涤脱硫后的烟气经除雾器除水后从烟囱排放,脱硫副产物经过旋流器、离心机脱水成为脱水硫酸铵。该方法脱硫效率高,系统简单,设备体积小,但是吸收剂氨的价格太高了,高运行成本是影响氨法脱硫工艺的到广泛应用的到最大因素。

[0006] 双碱法包括钠钙双碱法、碱性硫酸铝法等,最常用的是钠钙双碱法,它采用钠碱吸收二氧化硫,吸收液再用石灰进行再生,生成亚硫酸钙和硫酸钙等沉淀物,再生后的溶液返回吸收器循环使用。该方法脱硫率高,不结垢,但流程较长,钠碱消耗高。

[0007] 钠碱法脱硫目前国内主要应用的是贝尔格的 EDV 技术。EDV 湿法脱硫技术是气液两相先通过喷淋区吸收脱硫,再经过滤清模块进行除尘,然后经水珠分离器除水后从烟囱排除。

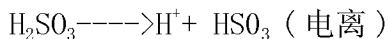
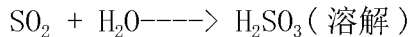
[0008] 从以上几种脱硫技术的优缺点可以看出,现有湿法脱硫技术主要采用逆流喷淋,碱性浆液从脱硫塔上方喷淋进入脱硫塔内,在重力作用下自由沉降与烟气逆流接触实现脱硫反应,但现有的湿法脱硫技术液滴液体平均当量直径达 3-5mm 甚至更大,单个液滴与烟气的接触面积很小,从而不得不提高循环浆液量来增大脱硫效果,导致浆液循环泵流量很大,从而增大电机功率,泵的电耗增大,操作费用高。

### 发明内容

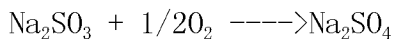
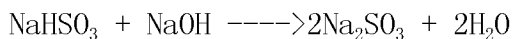
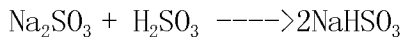
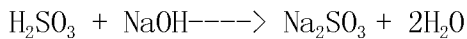
[0009] 本发明的目的在于提供一种烟气湿式脱硫除尘除雾方法,在本方法中,碱性液体作为脱硫介质,与循环液混合并雾化成液滴后在脱硫塔内与烟气接触,实现硫化物脱硫溶解吸收;脱硫塔底液体区的液体分别在烟气硫化物吸收反应区底部和上部循环进入脱硫塔,底部进入的循环液雾化成小液滴与烟气并流与顶部的逆流循环液同时完成硫化物吸收反应;采用碱液小液滴与烟气并流捕捉粉尘和文丘里颗粒捕捉两级除尘;设置表面聚结和多级旋流器对排出气体除雾,实现低能耗烟气净化。

[0010] 本发明所采用的脱硫原理:

本烟气脱硫工艺以 NaOH 作为脱硫剂与二氧化硫溶于水生成的亚硫酸溶液而进行的酸碱中和反应,并通过调节氢氧化钠的加入量来调节循环液的 pH 值。其化学方程式如下:



然后,亚硫酸与 NaOH 反应生成  $\text{Na}_2\text{SO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  与  $\text{H}_2\text{SO}_3$  进一步反应生成  $\text{NaHSO}_3$ ,  $\text{NaHSO}_3$  又与 NaOH 反应加速生成亚硫酸钠;生成的亚硫酸钠一部分作为吸收剂循环使用,另一部分去至废水处理单元经固液分离、氧化后作为无害的硫酸钠水溶液排放:



本发明所采用的技术方案是:入口烟气在底部的烟气入口段进入经急冷降温后进入脱硫除尘塔,向上依次经过并、逆流双作用硫化物吸收反应区、并流粉尘捕捉和文丘里捕捉除尘区、聚结旋流除雾区,净化后从塔顶烟囱排出。

[0011] 本发明中,脱硫除尘塔塔底设置循环液体区,在塔底循环液体区和脱硫吸收反应区底部之间设置液体循环,该部分循环液体从循环液体区抽出经并流循环液泵升压后,由泵出口管线进入塔内,在塔内用液体雾化器雾化成小液滴后与烟气并流,实现与含硫烟气的接触脱硫。

[0012] 本发明中,在并流循环液体雾化喷嘴前的管线内送入气体,用气体实现并流循环液体的雾化成小液滴。在并流循环液体泵出口管道上设置粉尘过滤器,循环液过滤后进入雾化喷嘴。

[0013] 本发明中,在塔底循环液体区和脱硫吸收反应区顶部和烟气入口段之间设置液体循环,塔底循环液体从循环液体区抽出由逆流循环液泵升压后,一部分循环液经泵出口管线进入塔内脱硫吸收反应区上部,在塔内用液体雾化器雾化成液滴后靠重力与烟气逆流向下流动,流动过程中与烟气接触脱硫;一部分循环液经泵出口管线进入入口烟气段,在入口烟气段用液体雾化器雾化成液滴后与烟气接触,将烟气降至饱和温度。

[0014] 本发明中,碱液分两级注入,一部分碱液在并流循环液泵出口管线上雾化前的位置注入,另一部分碱液在逆流循环液泵出口管线上雾化前的位置注入,碱液注入后分别与循环液混合,形成脱硫反应液体,以并流和逆流两种方式实现硫化物吸收反应。

[0015] 本发明中,碱液分两级注入,一部分碱液在脱硫除尘塔塔底注入塔底液位,另一部分碱液在脱硫除尘塔文丘里塔釜注入,碱液注入后分别与循环液混合。

[0016] 本发明中,烟气中的粉尘先与脱硫吸收反应区底部进入的并流循环液雾化成的小

液滴接触,被小液滴捕捉;进而在脱硫吸收反应区和除雾区之间的文丘里除尘区内进行二次粉尘捕捉;文丘里除尘区并联设置多个文丘里管。文丘里液体区与各文丘里管出口上方设置循环液体。循环液体自文丘里液体区抽出,经文丘里循环液泵升压后,经出口管线进入塔内,与文丘里管出口烟气接触,粉尘与循环液体形成较大液滴,沉降到文丘里捕捉区的液体区内,经液体下降管返回塔底的液体区。

[0017] 本发明中,烟气经过脱硫吸收反应区、文丘里除尘区后,烟气向上再进入聚结旋流除雾区。聚结旋流除雾区由聚结除雾区和旋流除雾区串联而成。聚结旋流除雾区下方设置聚结除雾区,上方设置旋流分离除雾区,烟气自下而上先经过聚结除雾区,与亲水表面接触实现液体聚结,并沿表面材料重力向下流入文丘里区的液体区,该区同时实现含尘液滴聚结除尘;烟气向上再进入旋流除雾区,除去剩余液体后从烟囱排出,液体从管线流入文丘里区的液体区。

[0018] 本发明中,旋流除雾区由多组并列旋流除雾器组成,每组旋流除雾器设置上下串联的多级旋流器。

[0019] 本发明中,聚结除雾区采用聚结材料,聚结材料将塔横截面分割成众多条形或网格形烟气通道,聚结材料形成的表面垂直方向安装,与铅垂线的夹角不大于 $45^{\circ}$ ;聚结材料可以上下分层设置;各层聚结材料可以错开排列。

[0020] 本发明中,旋流除雾区设置在脱硫除尘塔内,入口设在上端;烟气自上端进入旋流器,在下端进入烟囱。烟气在聚结旋流除雾区除去剩余液体后从烟囱排出,从旋流除雾区分离下来的液体从管线液体分离管流入文丘里区的液体区。

[0021] 本发明中,除尘区脱出的粉尘随液体进入塔底液体区;在塔底随逆流循环液泵出口管线排出。

[0022] 本发明中,在烟气入口段管线和/或脱硫塔脱硫吸收反应区通过管线注入臭氧,臭氧和氮化物反应实现脱硝。

[0023] 本发明中,补水在脱硫塔上部文丘里部分加入。

[0024] 本发明中,并流和逆流循环液体泵出口后可以设计为多路并联进入脱硫塔。

[0025] 本发明中,烟气在塔内气速为 $2.0\text{m/s}$ - $5\text{m/s}$ ,脱硫反应时间 $3\text{s}$ - $9\text{s}$ ,并流循环液体量占比不大于总并流和逆流总循环液体量的 $20\%$ ;塔底液体的PH值为 $6-9$ ;文丘里区液体PH值为 $6-9$ 。

[0026] 与现有技术相比,本发明的优点在于:

(1) 本发明烟气在入塔前先进行激冷降温,降低了对塔体材质的要求,从而减少了投资费用;

(2) 本发明脱硫采用并、逆流复合方案,增加了气液接触面积,降低了液体循环量,节省了运行费用;

(3) 本发明除尘采用并流捕捉和文丘里洗涤结合技术,提高了除尘效率;

(4) 本发明除水采用聚结和旋流组合的方式,减少了气体的二次夹带,提高了除雾效率。

## 附图说明

[0027] 图1是本发明的烟气脱硫除尘方法的一种示意图。

[0028] 图 2 是本发明的烟气脱硫除尘方法的另一种示意图。

[0029] 图中 :1、烟气入口段,2、脱硫除尘塔,3、烟囱,4、并流循环液泵,5、逆流循环液泵,6、文丘里循环液泵,7、并流雾化器,8、逆流雾化器,9、文丘里液体区,10、文丘里管,11、聚结除雾区,12、旋流除雾区,13、粉尘过滤器,14、液体下降管,15、液体分离管,16、急冷雾化器,21、塔底循环液体区,22、并逆流双作用脱硫吸收反应区,23、文丘里除尘区,24、聚结旋流除雾区,25、并流粉尘捕捉和文丘里捕捉除尘区,101、入口烟气管,102、急冷液体线,103、104 为臭氧注入线,211、逆流循环液塔底抽出线,212、逆流循环液入塔线,213、并流循环液塔底抽出线,214、并流循环液入塔线,215、文丘里循环液抽出线,216、文丘里循环液入塔线,217、循环浆液外派线,218、219、222、223 为注碱线,220、气体注入线,221、补水线。

[0030] 图中 :G 代表烟气,W 代表补水,CL 代表碱液,SF 代表浆液循环液,IA 代表气体,箭头代表物料流动方向。

### 具体实施方式

[0031] 如图 1 所示,烟气脱硫除尘方法,入口烟气 101 在底部的烟气入口段 1 经塔底循环液 102 急冷降温后进入脱硫除尘塔 2,向上依次经过并、逆流双作用脱硫吸收反应区 22、并流粉尘捕捉和文丘里捕捉除尘区 25、聚结旋流除雾区 24,净化后从塔顶烟囱 3 排出;

如图 1 所示,脱硫塔底设置循环液体区 21,在塔底循环液体区 21 和脱硫吸收反应区 22 底部之间设置液体循环,该部分循环液体 213 从循环液体区 21 抽出后经并流循环液泵 4 升压后,由泵出口管线 214 进入塔内,在塔内用液体雾化器 7 雾化成小液滴后与烟气并流,实现与含硫烟气的接触脱硫;在并流循环液体雾化喷嘴前的管线内送入气体,用气体实现并流循环液体的雾化成小液滴。在并流循环液体泵出口管道 214 上设置粉尘过滤器 13,循环液过滤后进入雾化喷嘴 7。

[0032] 如图 1 所示,在塔底循环液体区 21 和脱硫吸收反应区 22 顶部和烟气入口段 1 之间设置液体循环,塔底循环液体 211 从循环液体区 21 抽出由逆流循环液泵 5 升压后,一部分循环液经泵出口管线 212 进入塔内脱硫吸收反应区 22 上部,在塔内用液体雾化器 8 雾化成液滴后靠重力与烟气逆流向下流动,流动过程中与烟气接触脱硫;一部分循环液经泵出口管线 102 进入入口烟气管,在入口烟气管用液体雾化器 16 雾化成液滴后与烟气接触,将烟气降至饱和温度。

[0033] 如图 1 所示,碱液分两级注入,一部分碱液 218 在并流循环液泵 4 出口管线 214 上雾化前的位置注入,另一部分碱液 219 在逆流循环液泵 5 出口管线 212 上雾化前的位置注入,碱液注入后分别与循环液混合,形成脱硫反应液体,以并流和逆流两种方式实现脱硫反应。

[0034] 如图 1 所示,烟气中的粉尘先与脱硫吸收反应区 22 底部进入的并流循环液 214 雾化成的小液滴接触,被小液滴捕捉;进而在脱硫吸收反应区 22 和除雾区 24 之间的文丘里除尘区 23 内进行二次粉尘捕捉;文丘里除尘区 24 并联设置多个文丘里管 10。文丘里液体区 9 与各文丘里管 10 出口上方设置循环液体。循环液体 215 自文丘里液体区 9 抽出,经文丘里循环液泵 6 升压后,经出口管线 216 进入塔内,与文丘里管出口烟气接触,粉尘与循环液体形成较大液滴,沉降到文丘里捕捉区的液体区 9 内,经液体下降管 14 返回塔底的液体区。

[0035] 如图 1 所示,烟气经过脱硫吸收反应区 22、文丘里除尘区 23 后,烟气向上再进入聚

结旋流除雾区 24。聚结旋流除雾区 24 由聚结除雾区 11 和旋流除雾区 12 串联而成。聚结旋流除雾区 24 下方设置聚结除雾区 11, 上方设置旋流分离除雾区 12, 烟气自下而上先经过聚结除雾区 11, 与亲水表面接触实现液体聚结, 并沿表面材料重力向下流入文丘里区的液体区 9, 该区同时实现含尘液滴聚结除尘; 烟气向上再进入旋流除雾区 11, 除去剩余液体后从烟囱排出; 液体从管线流入文丘里区的液体区 9。

[0036] 如图 1 所示, 聚结除雾区采用聚结材料, 聚结材料将塔横截面分割成众多条形或网格形烟气通道, 聚结材料形成的表面垂直方向安装, 与铅垂线的夹角不大于  $45^{\circ}$ ; 聚结材料可以上下分层设置; 各层聚结材料可以错开排列。旋流除雾区 12 设置在脱硫除尘塔 2 内, 入口设在上端; 烟气自上端进入旋流器, 在下端进入烟囱 3。烟气在聚结旋流除雾区 24 除去剩余液体后从烟囱 3 排出, 从旋流除雾区 24 分离下来的液体从管线液体分离管 15 流入文丘里区的液体区 9。

[0037] 如图 1 所示, 除尘区 25 脱出的粉尘随液体进入塔底液体区 21; 在塔底随逆流循环液泵 5 出口管线 217 排出。

[0038] 如图 1 所示, 在烟气入口段 2 管线 103 和 / 或脱硫塔脱硫吸收反应区 22 通过管线 104 注入臭氧, 臭氧和氮化物反应实现脱硝。

[0039] 如图 1 所示, 补水 221 在脱硫塔上部文丘里部分加入塔内文丘里液位内 9。

[0040] 如图 2 所示, 碱液分两级注入, 一部分碱液 222 在脱硫除尘塔 2 塔底注入塔底液位, 另一部分碱液 223 在脱硫除尘塔文丘里塔釜注入, 碱液注入后分别与循环液混合。

## 实施例

[0041] 烟气入口条件:  $200000\text{Nm}^3/\text{h}$ , 二氧化硫浓度  $1260\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 粉尘浓度  $180\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 温度  $230^{\circ}\text{C}$ , 压力  $4\text{KPa}$ 。经过脱硫除尘后烟囱出口气体中的二氧化硫浓度  $52\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 粉尘浓度  $11.4\text{mg}/\text{Nm}^3$ 。脱硫效率为  $95.9\%$ , 除尘效率为  $93.7\%$ 。

[0042] 烟气进入烟气入口段, 在急冷液体雾化器的作用下降温至饱和温度  $59.8^{\circ}\text{C}$ , 其中激冷循环液流量:  $464000\text{kg}/\text{h}$ 。降温后烟气进入脱硫除尘塔。脱硫塔直径:  $6\text{m}$ , 在塔内, 烟气从下往上, 进入并逆流双作用脱硫吸收反应区, 并流采用 45 支液体雾化器, 其中循环液流量:  $85000\text{kg}/\text{h}$ , 气体流量为:  $2550\text{kg}/\text{h}$ ; 逆流液体雾化器采用三层、每层 40 个布置, 其中逆流循环液流量:  $1145000\text{kg}/\text{h}$ 。脱硫后的烟气进入文丘里除尘, 文丘里除尘区采用 15 个文丘里管和 15 个液体雾化器, 其中文丘里循环液流量为:  $257000\text{kg}/\text{h}$ 。然后烟气进入聚结旋流除雾区, 聚结区采用条状聚结材料, 交错排列, 旋流除雾器采用六组多级旋流除雾器, 经聚结旋流除雾区后的烟气含水几乎为零。除水后的烟气从烟囱外排。装置外排至污水处理单元的废水量  $17950\text{kg}/\text{h}$ 。新鲜碱液流量为  $1060\text{kg}/\text{h}$ , 脱硫除尘塔文丘里部分注入量为  $74\text{kg}/\text{h}$ , 塔底液位注入量  $986\text{kg}/\text{h}$ 。塔底循环液和文丘里循环液的 PH 值为 7。脱硫除尘塔的补水量为:  $34642\text{kg}/\text{h}$ 。



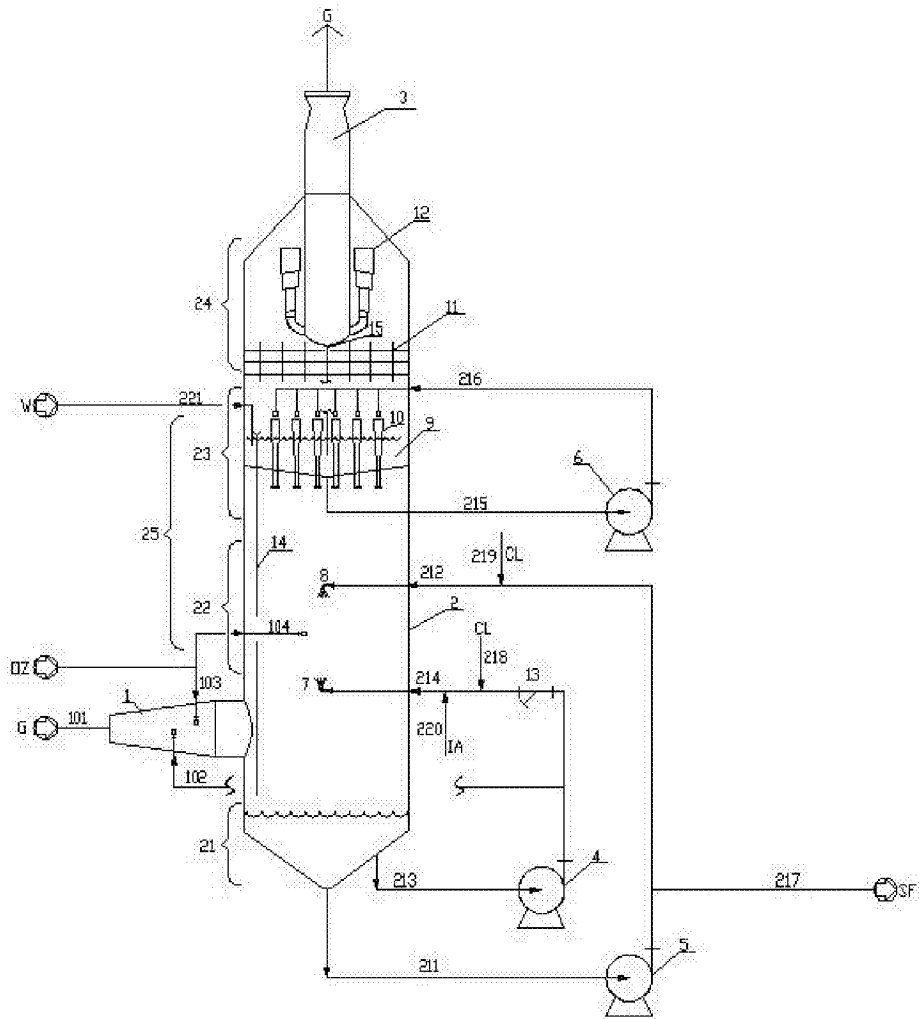


图 1

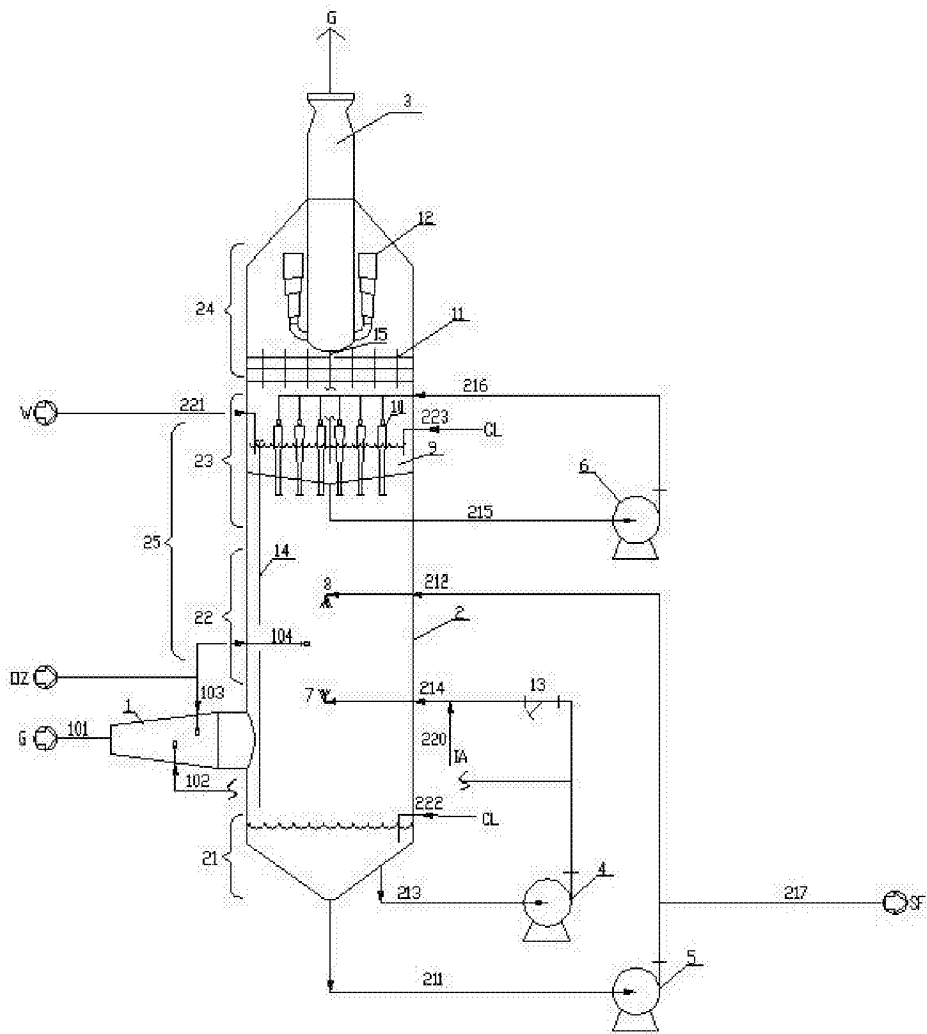


图 2