



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103691267 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 02

(21) 申请号 201310701581. 7

(22) 申请日 2013. 12. 19

(71) 申请人 海南中航特玻材料有限公司

地址 571924 海南省澄迈县老城经济开发区  
南一环路

(72) 发明人 姜宏 贺建雄 鲁鹏 韦彦鹏

费晓勇 有学军 段秋桐 代志祥  
朱利方 王冠基

(74) 专利代理机构 洛阳明律专利代理事务所

41118

代理人 智宏亮

(51) Int. Cl.

B01D 53/75(2006. 01)

B01D 53/60(2006. 01)

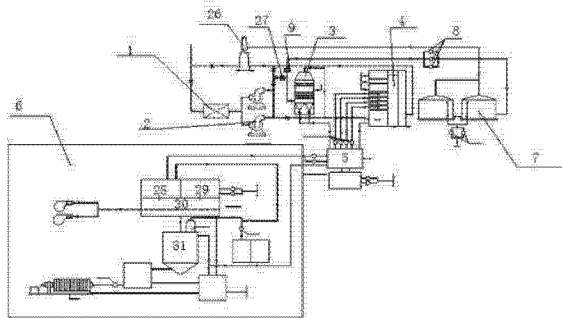
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54) 发明名称

一种烟气低温同步脱硝脱硫设备及工艺

(57) 摘要

本发明属于烟气净化技术领域,具体涉及一种烟气低温同步脱硝脱硫设备及工艺。提出的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备包括有余热锅炉(1)、反应塔(3)、吸收塔(4)和水循环系统(5);余热锅炉(1)设置在设备烟气的出口端;反应塔(3)设置在余热锅炉(1)的烟气出口端,反应塔(3)上具有烟气进口 I (10) 与烟气出口 I (11);反应塔(3)内设置有氨蒸汽喷入系统(5),氨蒸汽喷入系统(5)的入口位于烟气进口 I (10) 与烟气出口 I (11) 之间;吸收塔(4)上具有烟气进口 II (18) 和烟气出口 II (19)。本发明实现了烟气中 NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub> 的有效脱除,烟气达标排放,且产物为一种无机肥料,总体实现了零排放。



1. 一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,其特征在于:所述的烟气低温同步脱硝脱硫设备包括有余热锅炉(1)、反应塔(3)、吸收塔(4)和水循环系统(5);所述的余热锅炉(1)设置在设备烟气的出口端,用以对烟气进行余热回收,并将回收得后得到得余热进行发电,降低烟气的温度;所述的反应塔(3)设置在余热锅炉(1)的烟气出口端,所述的反应塔(3)上具有烟气进口 I (10) 与烟气出口 I (11);所述的烟气出口 I (11) 设置在反应塔(3)的顶部,并与吸收塔(4)连通;所述的反应塔(3)内设置有氨蒸汽喷入系统(5),氨蒸汽喷入系统(5)的入口位于烟气进口 I (10) 与烟气出口 I (11) 之间,烟气进入反应塔(3)后,烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  与氨蒸汽进行汽-气相混合反应对烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  进行一次吸收;反应后的烟气进入吸收塔(4);所述的反应塔(3)内还设置有用以低温催化剂箱体(15);所述反应塔(3)的底部设置有用以收集半干态产物的集料斗(7)和用以将液态产物送给吸收液循环池的集水渠(8);所述的吸收塔(4)上具有烟气进口 II (18) 和烟气出口 II (19);所述的吸收塔(4)内设置有多级喷淋装置和除雾装置(23);多级喷淋装置在吸收塔(4)内由上至下平行排列;多级喷淋装置均与吸收液循环池(5)连通,由吸收液循环池(5)为喷淋装置提供吸收液,由多级喷淋装置的吸收液对经由反应塔(3)进行吸收的烟气进行喷淋,进一步脱除烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$ ;所述的除雾装置(23)位于多级喷淋装置的上方;所述的烟气出口 II (19) 与烟囱(26)连通;所述的吸收塔(4)上具有与吸收液循环池连通的吸收液回流口(24);所述的吸收液循环池(5)与水循环系统(6)连通。

2. 根据权利要求 1 所述的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,其特征在于:在余热锅炉(1)与反应塔(3)之间设置有氧化器(27),用于为反应塔提供氧化液,提高烟气中  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  的氧化效率,从而间接提高反应塔内脱硝脱硫反应效率。

3. 根据权利要求 2 所述的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,其特征在于:所述的氧化液为一种复合试剂,主要成份为过氧化氢液与盐酸液。

4. 根据权利要求 1 所述的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,其特征在于:所述的吸收液循环池(5)内吸收液的 PH 值采用  $\text{NaOH}$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  构成的双碱法浆液调控,PH 值为 8-9。

5. 根据权利要求 1 所述的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,其特征在于:设置由用以氨蒸汽喷入系统提供氨蒸汽的氨水装置;所述的氨水装置包括有氨水储罐(7)、氨水泵(8)和用以使氨水蒸发汽化的蒸发器(9)。

6. 根据权利要求 1 所述的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,其特征在于:为了保证氨蒸汽与烟气混合均匀度,所述的反应塔(3)内设置有与氨蒸汽的流向垂直的布烟装置(12)和导烟板(13),使得进入反应塔的烟气均匀且迅速在塔体内分布,提高反应效率。

7. 根据权利要求 1 所述的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,其特征在于:所述的反应塔(3)、吸收塔(4)内均设置有冲洗装置(25),以便及时对反应塔和吸收塔进行清洗。

8. 采用权利要求 1 所述的上述烟气低温同步脱硝脱硫设备进行脱硝脱硫的工艺,其特征在于:脱硝脱硫工艺的具体步骤如下:

1)、设备排出的烟气首先进入余热锅炉,并通过余热锅炉将烟气的热量送入余热发电系统,经过余热发电后温度在  $160\sim 180^\circ\text{C}$  的烟气进入反应塔;

2)、在反应塔内,烟气首先与氨蒸汽进行反应,将烟气中的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  进行同步脱除,为保证脱除效率,在反应塔中通过氧化器加入氧化液作为氧化助剂,作为促进  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  氧化的手段,保证氮氧化物及硫氧化物处于高价态,实现与氨蒸汽的有效反应及脱除;反应后的烟气

进一步引吸收塔,反应后的液态产物进入吸收液循环池;

3)、在吸收液循环池内加入 NaOH 与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  对吸收液进行 PH 值调控,使吸收液的 PH 值稳定在 8-9;

4)、吸收液通过吸收塔内的多级喷淋装置对烟气进行喷淋吸收,对烟气中的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  进行二次脱除,并由吸收塔内的除雾装置进行出尘除雾,使得经过吸收塔后的烟气达到排放标准;

5)、吸收液循环池内的循环液引入水处理系统进行处理排放或者再循环利用;在水处理系统中设置 pH 调节、沉淀、压滤、上清液再循环,最终产品为半干状态的硫酸盐及硝酸盐混合物,作为无机化肥使用。

## 一种烟气低温同步脱硝脱硫设备及工艺

### 技术领域

[0001] 本发明属于烟气净化技术领域,具体涉及一种烟气低温同步脱硝脱硫设备及工艺。

### 背景技术

[0002] 工业熔窑烟气脱硝,是国家近几年才提出并推进的环保政策,旨在保护环境,抑制行业产能过剩,促进行业技术转型;但适合工业熔窑烟气脱硝的配套技术,在国内外正处于发展探索阶段;目前工业熔窑烟气脱硝方法有 SNCR、SCR 法,均属于高温烟气脱硝,要求温度窗口高、需要催化剂等,然而对于工业熔窑一般都装有余热发电系统,因此高温及中温脱硝没有合适的温度切入点;应用 SCR 法脱硝,温度窗口为 390—420℃,应用 SNCR 法脱硝,温度窗口为 900—1100℃,选择 390—420℃ 和 900—1100℃ 的温度区间作为脱硝区,存在如下问题:首先,该区域属于高温高尘区,烟尘会使催化剂中毒,目前发现玻璃窑炉上使用 SCR 法已造成堵塞,使催化剂寿命短直至失效;若在该区域前先除尘,此温度下尚没有合适的除尘设备;其次,采用 SCR 法脱硝还会带来烟温降,增加系统阻力,降低余热锅炉的热效率约 20% 左右,减少了发电收益;采用 SNCR 法脱硝,由于温度区间的限制,一般需要对工业窑炉进行改造,可行性较低;为在不影响现有设施及窑炉正常运行及余热发电效率的前提下实现烟气脱硝脱硫,经过研究在余热回收后的低温区域进行  $\text{NO}_x/\text{SO}_2$  低温同步脱除,最为可行;随着烟气脱硫和脱硝技术的发展,各国都开展了低温烟气同时脱硫、脱硝技术的研究,但现在国内外还没有成熟的低温脱硝技术,都处于研发和试验阶段。

### 发明内容

[0003] 为解决上述技术问题,本发明的目的是提出一种烟气低温同步脱硝脱硫设备及工艺。

[0004] 本发明为完成上述目的采用如下技术方案:

一种烟气低温同步脱硝脱硫设备,所述的烟气低温同步脱硝脱硫设备包括有余热锅炉、反应塔、吸收塔和水循环系统;所述的余热锅炉设置在设备烟气的出口端,用以对烟气进行余热回收,并将回收得后得到得余热进行发电,降低烟气的温度;所述的反应塔设置在余热锅炉的烟气出口端,所述的反应塔上具有烟气进口 I 与烟气出口 I;所述的烟气出口 I 设置在反应塔的顶部,并与吸收塔连通;所述的反应塔内设置有氨蒸汽喷入系统,氨蒸汽喷入系统的入口位于烟气进口 I 与烟气出口 I 之间,烟气进入反应塔后,烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  与氨蒸汽进行汽-气相混合反应对烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  进行一次吸收;反应后的烟气进入吸收塔;所述的反应塔内还设置有用以低温催化剂箱体;所述反应塔的底部设置有用以收集半干态产物的集料斗和用以将液态产物送给吸收液循环池的集水渠;所述的吸收塔上具有烟气进口 II 和烟气出口 II;所述的吸收塔内设置有多级喷淋装置和除雾装置;多级喷淋装置在吸收塔内由上至下平行排列;多级喷淋装置均与吸收液循环池连通,由吸收液循环池为喷淋装置提供吸收液,由多级喷淋装置的吸收液对经由反应塔进行吸收的烟气进行

喷淋,进一步脱除烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$ ;所述的除雾装置位于多级喷淋装置的上方;所述的烟气出口 II 与烟囱连通;所述的吸收塔上具有与吸收液循环池连通的吸收液回流口;所述的吸收液循环池与水循环系统连通。

[0005] 在余热锅炉与反应塔之间设置有氧化器,用于为反应塔提供氧化液,提高烟气中  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  的氧化效率,从而间接提高反应塔内脱硝脱硫反应效率。

[0006] 所述的氧化液为一种复合试剂,主要成份为过氧化氢液与盐酸液。

[0007] 所述的吸收液循环池内吸收液的 PH 值采用  $\text{NaOH}$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  构成的双碱法浆液调控,PH 值为 8-9。

[0008] 设置由用以氨蒸汽喷入系统提供氨蒸汽的氨水装置;所述的氨水装置包括有氨水储罐、氨水泵和用以使氨水蒸发汽化的蒸发器。

[0009] 为了保证氨蒸汽与烟气混合均匀度,所述的反应塔内设置有与氨蒸汽的流向垂直的布烟装置和导烟板,使得进入反应塔的烟气均匀且迅速在塔体内分布,提高反应效率。

[0010] 所述的反应塔、吸收塔内均设置有冲洗装置,以便及时对反应塔和吸收塔进行清洗。

[0011] 采用上述烟气低温同步脱硝脱硫设备进行脱硝脱硫的工艺,其具体步骤如下:

1)、设备排出的烟气首先进入余热锅炉,并通过余热锅炉将烟气的热量送入余热发电系统,经过余热发电后温度在  $160\sim 180^\circ\text{C}$  的烟气进入反应塔;

2)、在反应塔内,烟气首先与氨蒸汽进行反应,将烟气中的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  进行同步脱除,为保证脱除效率,在反应塔中通过氧化器加入氧化液作为氧化助剂,作为促进  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  氧化的手段,保证氮氧化物及硫氧化物处于高价态,实现与氨蒸汽的有效反应及脱除;反应后的烟气进一步引吸收塔,反应后的液态产物进入吸收液循环池;

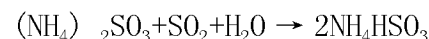
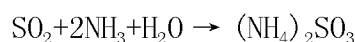
3)、在吸收液循环池内加入  $\text{NaOH}$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  对吸收液进行 PH 值调控,使吸收液的 PH 值稳定在 8-9;

4)、吸收液通过吸收塔内的多级喷淋装置对烟气进行喷淋吸收,对烟气中的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  进行二次脱除,并由吸收塔内的除雾装置进行出尘除雾,使得经过吸收塔后的烟气达到排放标准;

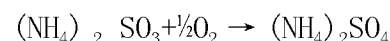
5)、吸收液循环池内的循环液引入水处理系统进行处理排放或者再循环利用;在水处理系统中设置 pH 调节、沉淀、压滤、上清液再循环,最终产品为半干状态的硫酸盐及硝酸盐混合物,作为无机化肥使用。

[0012] 上述过程中:脱除  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  的反应原理:

(1) 氨与烟气中的  $\text{SO}_2$  反应原理是

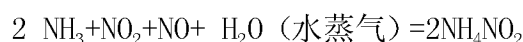


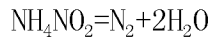
曝气强制氧化后:



(2) 氨与烟气中  $\text{NO}_x$  的反应是:

烟气中的  $\text{NO}_x$  主要是有  $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  组成,其中  $\text{NO}_2$  是酸性,则溶于水的气体即:  
 $2\text{NH}_3 + 2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} (\text{水蒸气}) = \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{NH}_4\text{NO}_2$





在上述反应中主要产物为  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ，并有部分  $\text{NH}_4\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2$  生成。通过加入  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  调节 PH，会产生  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  和少量  $\text{CaSO}_4$ ；该产物是一种无机肥料，可实现资源化利用。

[0013] 本发明提出的一种烟气低温同步脱硝脱硫设备及工艺，利用烟气的余热进行发电，节约了能源，然后再对  $160\sim 180^\circ\text{C}$  烟气中的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  采用氨蒸汽脱除与碱液吸收的双重脱硫脱硝工艺进行同步脱除，减少了运行成本；上述过程后烟气达标排放，循环液引入后续水处理系统进行处理排放或者再循环利用；在水处理系统中设置 pH 调节、沉淀、压滤、上清液再循环，最终产品为半干状态的硫酸盐及硝酸盐混合物，作为无机化肥使用；整个工艺过程，实现了烟气中  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  的有效脱除，烟气达标排放，且产物为一种无机肥料，总体实现了零排放。

### 附图说明

[0014] 图 1 为本发明的结构示意图。

[0015] 图 2 为本发明中反应塔的结构示意图。

[0016] 图 3 为本发明中吸收塔的结构示意图。

[0017] 图中：1、余热锅炉，2、风机，3、反应塔，4、吸收塔，5、吸收液循环池，6、水循环系统，7、氨水储罐，8、氨水泵，9、蒸发器，10、烟气进口 I，11、烟气出口 I，12、布烟装置，13、导烟板，14、氨蒸汽喷入系统，15、低温催化剂箱体，16、集料斗，17、集水渠，18、烟气进口 II，19、烟气出口 II，20、一级喷淋装置，21、二级喷淋装置，22、三级喷淋装置，23、除雾装置，24、吸收液回流口，25、冲洗装置，26、烟囱，27、氧化器。

### 具体实施方式

[0018] 结合附图和具体实施例对本发明加以说明：

如图 1 所示，一种烟气低温同步脱硝脱硫设备，所述的烟气低温同步脱硝脱硫设备包括有余热锅炉 1、反应塔 3、吸收塔 4 和水循环系统 6；所述的余热锅炉 1 设置在设备烟气的出口端，用以对烟气进行余热回收，并将回收得到的余热进行发电，降低烟气的温度；所述的反应塔 3 设置在余热锅炉 1 的烟气出口端；结合图 2，所述的反应塔 3 上具有烟气进口 I 10 与烟气出口 I 11；所述的烟气出口 I 10 设置在反应塔 3 的顶部，并与吸收塔 4 连通；所述的反应塔 3 内设置有氨蒸汽喷入系统 14，氨蒸汽喷入系统 14 的入口位于烟气进口 I 10 与烟气出口 I 11 之间，烟气进入反应塔 3 后，烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  与氨蒸汽进行汽-气相混合反应对烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  进行一次吸收；反应后的烟气进入吸收塔 4；所述的反应塔 3 内还设置有低温催化剂箱体 15，低温催化剂箱体 15 内的低温催化剂已另案申请，低温催化剂作用在于催化并提高烟气中  $\text{NO}_x$  的吸收反应效率；所述反应塔 3 的底部设置有用以收集半干态产物的集料斗 16 和用以将液态产物送给吸收液循环池的集水渠 18；结合图 3，所述的吸收塔 4 上具有烟气进口 II 18 和烟气出口 II 19；所述的吸收塔 4 内设置有多级喷淋装置和除雾装置 23；该实施例中，共有三级喷淋装置，即：一级喷淋装置 20、二级喷淋装置 21 和三级喷淋装置 22；三级喷淋装置在吸收塔 4 内由上至下平行排列；三级喷淋装置均与吸收液循环池 5 连通，由吸收液循环池 5 为喷淋装置提供吸收液，由喷淋装置的吸收液对

经由反应塔进行吸收的烟气进行喷淋,进一步脱除烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$ ;所述的除雾装置 23 位于多级喷淋装置的上方;所述的烟气出口 II 19 与余热锅炉 1 连通,将经吸收塔处理后的烟气进行循环脱硫脱硝;所述的吸收塔上具有与吸收液循环池 5 连通的吸收液回流口 24;所述的吸收液循环池 5 与水循环系统连通 6;所述的水循环系统 6 采用现有技术中已有的成熟技术,所述的水循环系统 6 包括有缓冲池 28、加碱池 29、曝气中和池 30、沉淀池 31、浓缩池等等,在此不对其具体工作过程做过多说明。

[0019] 在余热锅炉 1 与反应塔 3 之间设置有氧化器 27,用于为反应塔提供氧化液,提高烟气中  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  的氧化效率,从而间接提高反应塔内脱硝脱硫反应效率。

[0020] 所述的氧化液为一种复合试剂,主要成份为过氧化氢液与盐酸液。

[0021] 所述的吸收液循环池内吸收液的 PH 值采用  $\text{NaOH}$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  构成的双碱法浆液调控,PH 值为 8-9。

[0022] 设置由用以氨蒸汽喷入系统提供氨蒸汽的氨水装置;所述的氨水装置包括有氨水储罐 7、氨水泵 8 和用以使氨水蒸发汽化的蒸发器 9。

[0023] 结合图 2,为了保证氨蒸汽与烟气混合均匀度,所述的反应塔内设置有与氨蒸汽的流向垂直的布烟装置 3 和导烟板 4,使得进入反应塔的烟气均匀且迅速在塔体内分布,提高反应效率;所述的布烟装置由两层相互垂直的布风板制成,每层所述的布风板为与反应塔塔体的垂直面呈  $45^\circ$  角布置的多个,且每层所述的布风板均由左右对称的两部分构成;所述的导烟板 4 采用单层布风板其板面与塔体垂直面成平行,并相互水平排布满整个塔体。

[0024] 所述的反应塔 3、吸收塔 4 内均设置有冲洗装置 25 (反应塔内冲洗装置未显示),以便及时对反应塔和吸收塔进行清洗。

[0025] 采用上述烟气低温同步脱硝脱硫设备进行脱硝脱硫的工艺,其具体步骤如下:

1)、设备排出的烟气首先进入余热锅炉 1,并通过余热锅炉 1 将烟气的热量送入余热发电系统,经过余热发电后温度在  $160\sim 180^\circ\text{C}$  的烟气经风机 2 送进反应塔 3;

2)、在反应塔内,含量为  $20\sim 30\%$  的氨水由氨水储罐 7 通过氨水泵 8 送往反应塔前部的蒸发器 9,蒸发器 9 将液态氨水转换为汽态氨;烟气首先与氨蒸汽进行反应,将烟气中的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  进行同步脱除,在反应塔内烟气中的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  与氨蒸汽进行汽—气相混合反应,这种混合迅速且均匀;通过反应生成亚硫酸铵、氨气和水;汽—气相混合均匀度是决定反应效率及是否产生氨逃逸的重要条件;为了创造更好的汽—气混合条件,反应塔内设布烟装置,导烟板,均采用与氨汽垂直接触的方式布置,这种布置方式增加了烟气与氨蒸汽的对流混合均匀度,从而实现快速反应生成湿态亚硫酸铵,控制氨逃逸;氨蒸汽与烟气混合接触反应后,生成的湿态亚硫酸铵对吸收二氧化硫产生一种正向促进作用,这种反应不仅提高了脱硫效率,还使湿态亚硫酸铵晶体增大有利于结晶体的沉降;另外,脱硫时生成的亚硫酸铵对  $\text{NO}_x$  的脱除反应也实现了正向促进作用;从而使该工艺实现了同步脱硝脱硫,并具有相互正向促进作用,大大提高了双脱效率;为保证脱除效率,在反应塔中加入氧化助剂,作为促进  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  氧化的手段,保证氮氧化物及硫氧化物处于高价态,实现与氨蒸汽的有效反应及脱除;反应后的烟气进一步引吸收塔,反应后的液态产物进入吸收液循环池;经反应塔反应物一部分产物,主要为硝酸铵 / 硫酸铵的混合结晶体,以半干态落入反应塔下方的集料斗内,还有大部分已液态经由反应塔下方的集水渠流入吸收液循环池;

3)、在吸收液循环池 5 内加入  $\text{NaOH}$  与  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  对吸收液进行 PH 值调控,使吸收液的 PH

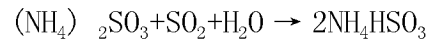
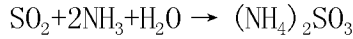
值稳定在 8-9；

4)、吸收液通过吸收塔 4 内的多级喷淋装置对烟气进行喷淋吸收,对烟气中的  $\text{NO}_x$ 、 $\text{SO}_2$  进行二次脱除,并由吸收塔内的除雾装置进行出尘除雾,使得经过吸收塔后的烟气达到排放标准；

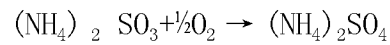
5)、吸收液循环池内的循环液引入水处理系统进行处理排放或者再循环利用；在水处理系统中设置 pH 调节、沉淀、压滤、上清液再循环,最终产品为半干状态的硫酸盐及硝酸盐混合物,作为无机化肥使用。

[0026] 上述过程中:脱除  $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$  的反应原理:

(1) 氨与烟气中的  $\text{SO}_2$  反应原理是

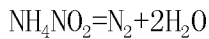
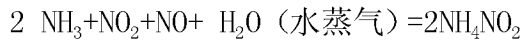
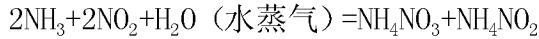


曝气强制氧化后:



(2) 氨与烟气中  $\text{NO}_x$  的反应是:

烟气中的  $\text{NO}_x$  主要是有  $\text{NO}$  和  $\text{NO}_2$  组成,其中  $\text{NO}_2$  是酸性,则溶于水的气体即:



在上述反应中主要产物为  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 、 $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ,并有部分  $\text{NH}_4\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2$  生成。通过加入  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  调节 PH,会产生  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  和少量  $\text{CaSO}_4$ ;该产物是一种无机肥料,可实现资源化利用。



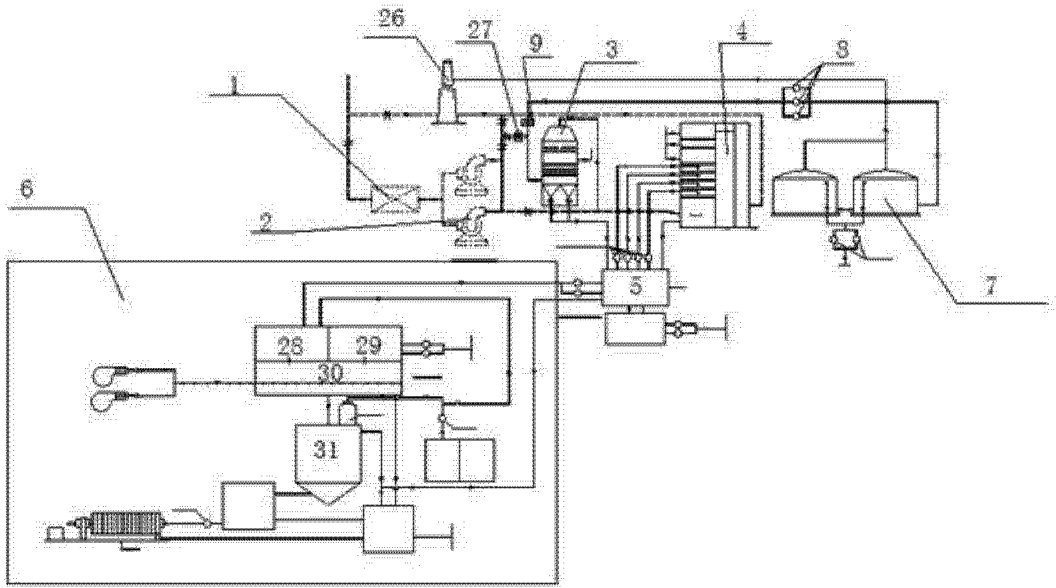


图 1

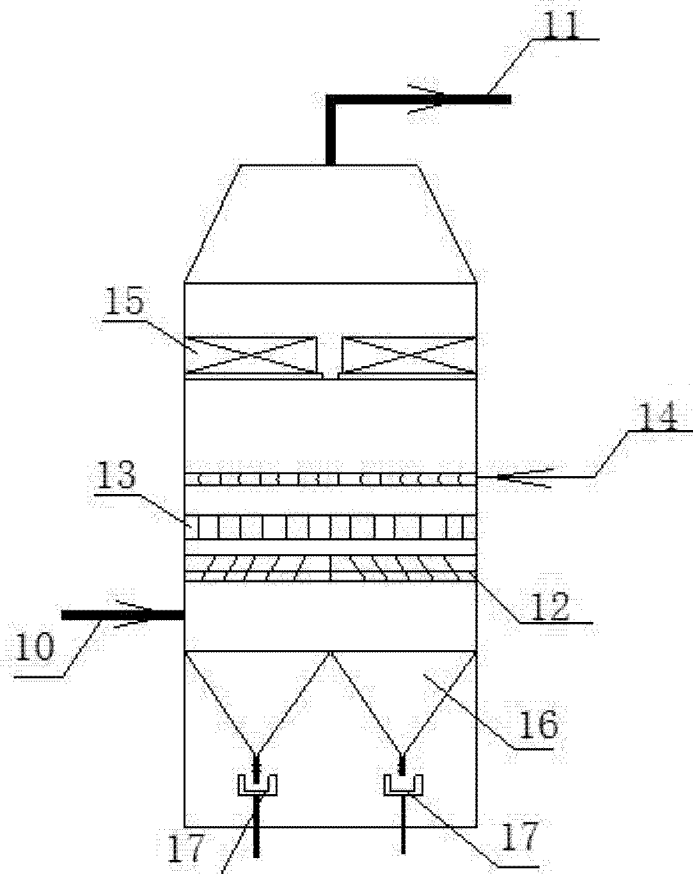


图 2

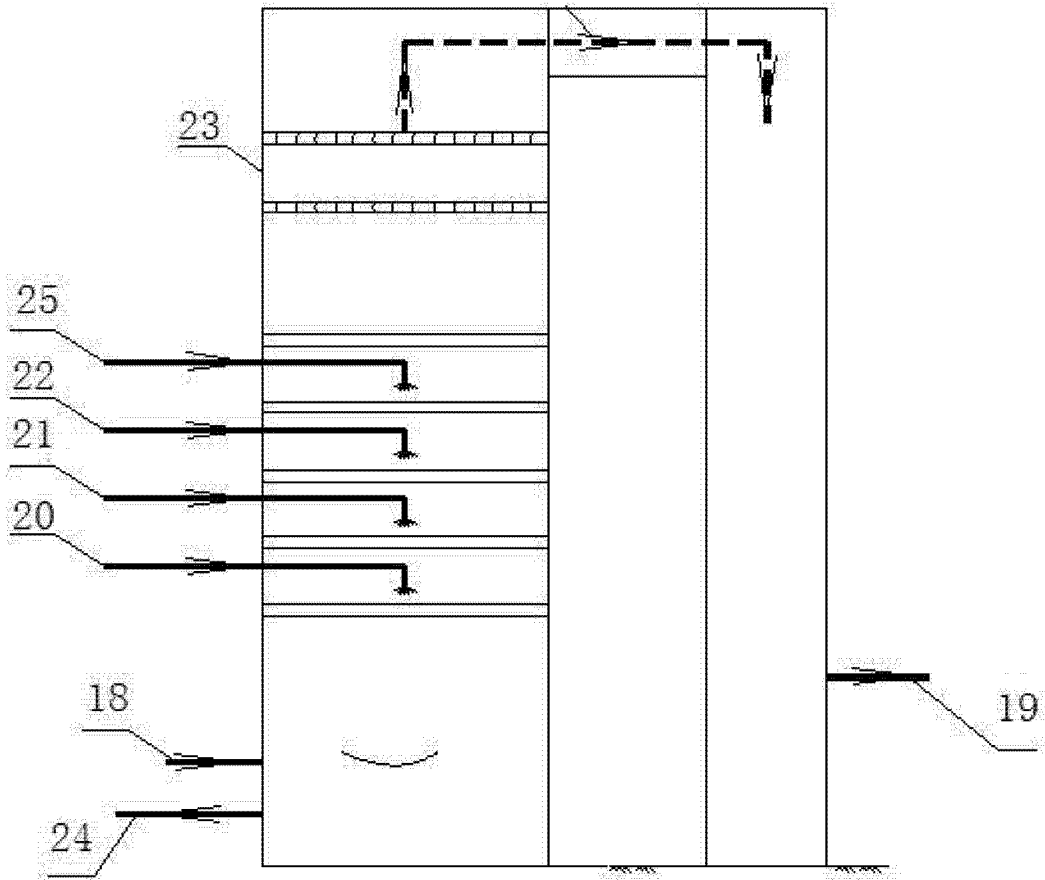


图 3