

(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102553428 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 11

(21) 申请号 201210006822. 1

B01D 53/64 (2006. 01)

(22) 申请日 2012. 01. 10

(71) 申请人 华北电力大学 (保定)

地址 071003 河北省保定市永华北大街 619 号

申请人 山东永安环保工程有限公司

(72) 发明人 马双忱 李卫东 崔基伟 莫熔伟

(74) 专利代理机构 北京众合诚成知识产权代理有限公司 11246

代理人 黄家俊

(51) Int. Cl.

B01D 53/80 (2006. 01)

B01D 53/76 (2006. 01)

B01D 53/60 (2006. 01)

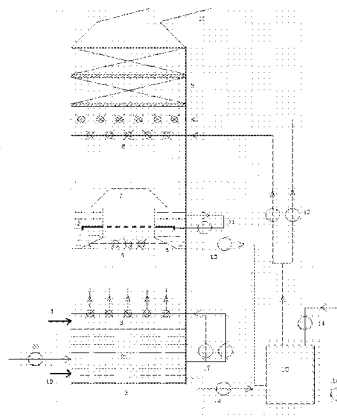
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

(54) 发明名称

一种顺逆流喷淋结合氧化剂脱硫脱硝的吸收塔及方法

(57) 摘要

本发明公开了属于大气污染控制领域的一种新型的顺逆流喷淋结合氧化剂脱硫脱硝的吸收塔及方法。该吸收塔分两个洗涤段：第一段是脱硫回路，设置于吸收塔的下部，采用浆液顺逆流与烟气接触洗涤脱除二氧化硫以及氯化氢；第二段采用浆液逆流与烟气接触洗涤被氧化后的烟气污染物，主要去除氮氧化物以及重金属汞。在两个洗涤段之间设置浆液分割器，在其底部为氧化区，在此区域喷入强氧化剂。为降低氧化剂消耗，在二回路浆液中加入催化剂以实现辅助氧化。本工艺可以在一个洗涤塔内同时去除二氧化硫、氮氧化物以及重金属汞等，具有高效、简约的特点。可适用于燃煤电站、垃圾焚烧厂、石化厂、有机和无机品生产企业等各种燃烧设备。



1. 一种脱硫脱硝吸收塔,包括塔身,其特征在于:所述塔身内腔从下到上依次设置有脱硫浆液池(21)、脱硫浆液喷嘴(3)、浆液分离器(4)、脱硝浆液喷嘴(8)和除雾器(9),塔身上设有烟气入口(1)和烟气出口(10),烟气入口(1)位于脱硫浆液喷嘴(3)和脱硫浆液池(1)之间,烟气出口(10)位于除雾器(9)上方,脱硫浆液喷嘴(3)通过脱硫浆液循环泵(17)与脱硫浆液池(21)相连通,脱硫浆液喷嘴(3)向上喷射浆液,浆液箱(15)通过脱硝浆液循环泵(12)向脱硝浆液喷嘴(8)提供浆液,脱硝浆液喷嘴(8)向下喷射浆液,脱硝后的浆液落入浆液分离器(4)形成脱硝浆液池,并通过脱硝浆液抽出泵(13)返回到浆液箱(15),浆液分离器(4)底部设置有氧化剂喷射管(5)。

2. 根据权利要求1所述的吸收塔,其特征在于:浆液分离器(4)主要由喉部、风帽(7)和挡板组成,吸收塔壁面和挡板连接,挡板和喉部相连,喉部上方设置有风帽(7)。

3. 根据权利要求1所述的吸收塔,其特征在于:在浆液分离器(4)的周围设有一个环形管道(6),环形管道(6)上设有向下的喷嘴,喷嘴向下喷射浆液以避免结垢,其喷射浆液来自于脱硝浆液池或浆液箱(15)。

4. 权利要求1~3任意权利要求所述吸收塔进行脱硫脱硝的方法,其特征在于:该方法包括如下步骤:

1) 经除尘后烟气首先经烟气入口(1)进入吸收塔,烟气与吸收塔脱硫浆液喷嘴(3)喷出的浆液接触,完成烟气脱硫过程;

2) 脱硫后烟气继续向上流动,与浆液分离器(4)底部的氧化剂喷射管(5)喷出的氧化剂接触氧化;

3) 经过浆液分离器(4)后的烟气与脱硝浆液喷嘴(8)喷出的浆液逆流接触完成脱硝;

4) 脱硝后烟气经除雾器(9)除雾后从吸收塔烟气出口(10)排出。

5. 根据权利要求4要求所述的方法,其特征在于:步骤2)所述氧化剂为臭氧、氯酸钠、次氯酸钠、过氧化氢或二氧化氯中的一种或几种。

6. 根据权利要求5要求所述的方法,其特征在于:采用臭氧作为氧化剂,臭氧的体积分数为1-5%,臭氧与烟气中的氮氧化物摩尔比为1:(0.5~2.0)。

7. 根据权利要求6要求所述的方法,其特征在于:所述脱硝浆液中加入有金属催化剂以辅助臭氧氧化。

8. 根据权利要求7所述的方法,其特征在于:金属催化剂为锌类金属盐,浓度为0.05-0.5mol/L。

9. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于:步骤1)中,脱硫区的烟气流速为3-4m/s,烟气在此区域被冷却,温度降为50-70℃;采用石灰石浆液与烟气接触洗涤脱除二氧化硫以及氯化氢,浆液的pH为4-5,液气比10-20L/m<sup>3</sup>。

10. 根据权利要求4所述的方法,其特征在于:步骤3)中,采用两层脱硝浆液喷嘴(8)喷淋浆液,浆液的碱性吸收剂为氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化钙或石灰石,pH值为5-6,液气比8-15L/m<sup>3</sup>。

## 一种顺逆流喷淋结合氧化剂脱硫脱硝的吸收塔及方法

### 技术领域：

[0001] 本发明涉及大气污染控制领域，旨在提供一种电站锅炉和工业锅炉烟气多污染物控制新方法。

### 技术背景：

[0002] 众所周知，化石燃料燃烧过程排放的  $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$ ，形成酸雨和其他二次污染物，已严重影响人类的生产和生活。因此， $\text{SO}_2$  和  $\text{NO}_x$  的控制与净化迫在眉睫，至关重要，关系到国民经济的可持续发展。传统的烟气脱硫脱硝工艺需要分级进行，存在投资高、占地面积大、系统复杂等缺点。因此，开发研究工艺简单、可靠、经济实用、适合我国国情的烟气多污染物控制工艺具有十分重要的意义。

[0003] 烟气脱硫是目前世界上开展的惟一大规模商业化应用的脱硫方法，是控制酸雨和  $\text{SO}_2$  污染的最为有效和主要的技术手段。其主流的技术是湿式石灰石石膏洗涤法，其技术比较成熟、脱除效率高、工艺可靠性好，但也存在设备投资高、系统复杂、设备易于堵塞、结垢、腐蚀、泄漏以及淤泥的后处理等问题。这些因素使得湿法脱硫在经济性、运行维护方面出现一定的局限性。这也促使我们改进湿法烟气脱硫，努力使其具有高效、低耗、多污染脱除等性能。

[0004] 在大气中的  $\text{SO}_2$  大量脱除后，在环保要求较高的地区， $\text{NO}_x$  即将成为酸雨前体物减排的主要控制目标。国家“十二五”环境规划已将氮氧化物列入下一步大气污染治理的重点。烟气脱硝是当前治理  $\text{NO}_x$  中最重要的方法。现行的  $\text{NO}_x$  治理技术主要是采用选择性催化还原法脱硝 (SCR)，SCR 法脱硝投资巨大，运行成本高，并不适合我国的经济现状，所以开发适合我国国情的廉价的烟气脱硝技术是我国大气环保的研究重点。

[0005] 新颁布的《燃煤大气污染物排放标准》(GB13223-2011) 已经对电力燃煤锅炉重金属汞的排放做出限制，但随着社会的发展，对环境保护要求的不断提高，重金属的排放必然越来越受到重视。燃煤烟气脱除汞等重金属已势在必行，通过不断创新，实现高效、清洁、经济的烟气多污染物的一体化控制是解决大气污染控制的重要途径。

[0006] 臭氧氧化法是利用臭氧强氧化性将烟气中的多种污染物氧化到高价态后脱除。该法相对能耗低，且脱除过程中不需要引入其他物质造成二次污染，工作温度较低，是一种比较有前景的烟气多污染物脱除技术，臭氧是氧分子的同素异形体，氧化性极强。目前广泛应用于水处理、医疗卫生、化学氧化、食品行业，但应用于烟气净化尚不多见。

[0007] 国外最先将臭氧应用于烟气处理的是美国的 BOC 公司，该公司开发的 LoTOx 技术首次利用臭氧氧化脱除烟气中的  $\text{NO}_x$ ，并结合尾部  $\text{CaCO}_3/\text{NaOH}$  的两级碱液吸收装置实现同时脱硫脱硝，脱除效率达到 90% 以上。

[0008] 中国实用新型专利 (200720036607.0) 公开了一种烟气同时脱硫脱硝一体化双级喷淋式吸收反应器，该专利采用了双筒式吸收塔结构，而且没有说明具体的脱硝方法，工艺结构和本方法相距很大。中国实用新型专利 (200720006067.1) 公开了一种脱硫脱硝一体化烟气净化装置，该专利塔体内设有上端与塔体顶板联接的隔离套，以使塔体内腔周部形

成脱硫室,塔体内腔形成脱硝室,专利没有说明具体的脱硝方法,工艺结构和本方法相距很大。中国实用新型专利(200620200307.7)公开了一种双循环石灰石/石灰-石膏湿法烟气脱硫装置,但该装置不具备脱硝功能,也不能脱除汞等其它烟气污染物。与本工艺相比,塔的结构上没有氧化区。发明专利(201010039505.0)公开了一种电催化氧化联合石灰-石灰石的多种污染物脱除装置和方法,该装置的电催化氧化装置将氧化剂喷入到吸收塔前的烟道,脱硫部分采用的是逆流接触喷淋,其浆液分隔器设计与本专利亦有区别,本发明解决了浆液分隔器的沉积问题。发明专利(200910095344.4)公开了臭氧氧化结合双塔洗涤对烟气同时脱硫脱硝的装置和方法,该发明采用两个洗涤塔分别脱硫、脱硝,与本专利在结构上有重大区别。

#### 发明内容:

[0009] 针对现有的工业锅炉烟气二氧化硫和氮氧化物分别治理以及技术局限,本发明提供了一种新型的顺逆流喷淋结合氧化剂氧化脱硫脱硝的吸收塔及方法。该方法可实现一个塔内多污染物的脱除,可同时去除 NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub>, HCl, Hg 和其它的烟气污染物,其结构独特,具有高效、简约的特点,该工艺不仅可以满足目前环保的需要,而且可以满足未来环保标准提高的要求。可适用于煤粉锅炉、垃圾焚烧炉等各种锅炉燃烧设备。

[0010] 一种脱硫脱硝吸收塔,包括塔身,所述塔身内腔从下到上依次设置有浆液池、脱硫浆液喷嘴、浆液分隔器、脱硝浆液喷嘴和除雾器,塔身上设有烟气入口和烟气出口,烟气入口位于脱硫浆液喷嘴和脱硫浆液池之间,烟气出口位于除雾器上方,脱硫浆液喷嘴通过脱硫浆液循环泵与浆液池相连通,脱硫浆液喷嘴向上喷射浆液,浆液箱通过脱硝浆液循环泵向脱硝浆液喷嘴提供浆液,脱硝浆液喷嘴向下喷射浆液,脱硝后的浆液落入浆液分隔器形成脱硝浆液池,并通过脱硝浆液抽出泵返回到浆液箱,浆液分隔器底部设置有氧化剂喷射管。

[0011] 分隔器主要由喉部、风帽和挡板组成,吸收塔壁面和挡板连接,挡板和喉部相连,烟气由分隔器的喉部向上运动,喉部上方设置有风帽,风帽起到改变烟气运动路径、隔离浆液的作用,挡板起着约束烟气流动的作用;挡板及喉部与吸收塔壁面之间形成凹槽,脱硝后的浆液落入该凹槽内形成脱硝浆液池。

[0012] 在浆液分隔器的周围设有一个环形管道,环形管道上设有向下的喷嘴,喷嘴通常距脱硝浆液池底部平面 30-60cm,喷嘴向下喷射浆液以避免结垢,其喷射浆液来自于脱硝浆液池或浆液箱。

[0013] 本发明的核心是吸收塔设计,吸收塔被浆液分隔器分成两个回路:下回路为脱硫回路(也称为一回路),主要完成石灰的溶解和 SO<sub>2</sub> 的脱除;上回路为脱硝回路(也称为二回路),主要去除氮氧化物以及重金属汞,其排水经浆液分隔器上部引入塔外设置的浆液箱,在浆液箱加入新鲜吸收剂浆液,维持吸收需要的 pH 值。两个回路之间、浆液分隔器底部为还原性污染物的氧化区,此处通过臭氧喷嘴加入氧化剂(如臭氧)。氧化剂在此区域与氮氧化物混合,将 NO 氧化成更高氧化态的 NO<sub>x</sub>,高氧化态的 NO<sub>x</sub> 可以在后续的洗涤过程中被去除。

[0014] 上述吸收塔进行脱硫脱硝的方法,该方法包括如下步骤:

[0015] 1) 经除尘后烟气首先经烟气入口进入吸收塔,烟气与吸收塔脱硫浆液喷嘴喷出的

浆液顺逆流两次接触,实现烟气中二氧化硫的高效率脱除;

[0016] 2) 脱硫后烟气继续向上流动,与浆液分隔器底部的氧化剂喷射管喷出的氧化剂接触氧化,一氧化氮被快速氧化为高价态氮氧化物;

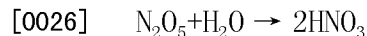
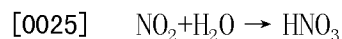
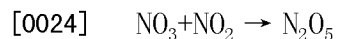
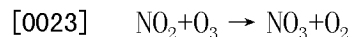
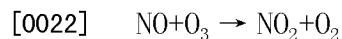
[0017] 3) 经过浆液分隔器后的烟气与脱硝浆液喷嘴喷出的浆液逆流接触完成脱硝;

[0018] 4) 脱硝后烟气经除雾器除雾后从吸收塔烟气出口排出。

[0019] 步骤 1) 中,采用浆液顺逆流与烟气两次接触洗涤脱除二氧化硫以及氯化氢,浆液的 pH 为 4-5,液气比 10-20L/m<sup>3</sup>。脱硫区底部浆液池可采用常规的强制氧化系统及外置式搅拌器;本发明中浆液优选采用石灰石吸收剂,但不限于石灰石,仍然可以采用氢氧化钙、氨水、氢氧化镁等传统吸收剂。

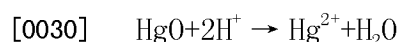
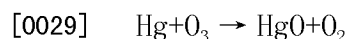
[0020] 步骤 2) 中所述氧化剂为臭氧、氯酸钠、次氯酸钠、过氧化氢或二氧化氯中的一种或几种。优选条件为:采用臭氧作为氧化剂,臭氧与烟气中的氮氧化物摩尔比为 1 : 0.5 ~ 2.0,臭氧将 NO 氧化成更高氧化态的 NO<sub>x</sub>,高氧化态的 NO<sub>x</sub> 可以在二回路的洗涤过程中被去除。二回路洗涤还可以除去氧化区残余的臭氧,以消除臭氧可能的二次污染。

[0021] 臭氧喷淋到烟气后,迅速氧化还原性烟气成分 - 氮氧化物和元素汞, O<sub>3</sub> 可以将 NO 氧化成 NO<sub>2</sub> 和 N<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub> 和 N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 是可溶性物质,采用湿法洗涤就很容易快速转化成 HNO<sub>3</sub>,基本反应原理如下:



[0027] 生成的 HNO<sub>3</sub> 被后续脱硫浆液的碱性物质中和生成稳定产物。

[0028] 氧化区加入的氧化剂也可以将烟气中元素汞氧化成二价汞,二价汞很容易在二回路的洗涤过程中被去除。以臭氧为例,基本反应原理如下:



[0031] 步骤 3) 中,可采用两层脱硝浆液喷嘴喷淋浆液,浆液的 pH 值为 5-6,液气比 8-15L/m<sup>3</sup>。浆液的碱性吸收剂可以为氢氧化钠、氢氧化钾、氢氧化钙或石灰石,但最好是水溶性好的碱吸收剂,比如氢氧化钠,以减少固形物沉积。

[0032] 为降低臭氧消耗,所述脱硝浆液中加入有金属催化剂以辅助臭氧氧化,金属催化剂浓度为 0.05-0.5mol/L,金属催化剂优选为锌类金属盐。催化剂加入到二回路浆液箱中,在二回路循环使用。

[0033] 本发明所指的氧化剂并不仅限于臭氧,其他氧化剂,比如次氯酸钠、过氧化氢等也可以代替或者以一定比例和臭氧一起按照本工艺原理加入到系统。

[0034] 本发明的两个回路的浆液系统可以完全独立,也可以公用一套系统,取决于对副产品的要求。

[0035] 本发明的有益效果为:本发明提出的一种新型的顺逆流喷淋结合氧化剂氧化脱硫脱硝的吸收塔及方法,可用于燃煤电厂的烟气多污染物控制,以解决现有烟气污染物分别治理以及技术局限,本发明方法和立意具有很大创新性。本发明在吸收塔内添加氧化剂

(如臭氧  $O_3$ )，将锅炉烟气中  $NO$  氧化成为易溶于水的高价态氮氧化物  $NO_2$ 、 $NO_3$  或  $N_2O_5$ ，然后采用传统的碱液水洗涤锅炉烟气，脱除烟气中的二氧化硫和氮氧化物。同时该工艺还具有较高的脱汞性能。与脱硫、脱硝分别治理工艺相比，该方法具有较高的脱硫和脱硝率，可以达到 95% 以上的脱硫率和 80% 以上的脱硝率。本发明可适用于燃煤电站、垃圾焚烧厂、石化厂、有机和无机品生产企业等各种燃烧设备。此发明也可用做现有湿式石灰石石膏法改造使其增加脱硝功能。

### 附图说明

[0036] 图 1 : 实施例 1 的顺逆流喷淋结合臭氧氧化脱硫脱硝的吸收塔 ;

[0037] 图 2 : 实施例 2 的顺逆流喷淋结合臭氧氧化脱硫脱硝的吸收塔 ;

[0038] 图 3 :  $[O_3]/[NO]$  与脱硝效率的关系图 ;

[0039] 图 4 : 添加催化剂与无催化剂条件下的脱硝效率的对比曲线 ;

[0040] 图中编号 : 1- 烟气入口, 2- 吸收塔, 3- 脱硫浆液喷嘴, 4- 浆液分隔器, 5- 氧化剂喷射管 (图 1 中为臭氧喷嘴), 6- 环形管道, 7- 风帽, 8- 脱硝浆液喷嘴, 9- 除雾器, 10- 烟气出口, 11- 脉冲喷射泵, 12- 二回路循环泵 (即脱硝浆液循环泵), 13- 二回路浆液抽出泵 (即脱硝浆液抽出泵), 14- 第二石灰石浆液泵, 15- 浆液箱, 16- 浆液排出泵, 17- 一回路浆液循环泵 (即脱硫浆液循环泵), 18- 石膏浆液抽出泵, 19- 氧化空气加入管, 20- 第一石灰石浆液泵, 21- 脱硫浆液池

### 具体实施方式

[0041] 实施例 1 :

[0042] 如图 1, 顺逆流喷淋结合臭氧氧化脱硫脱硝的吸收塔, 吸收塔 2 塔身内腔从下到上依次设置有脱硫浆液池 21、脱硫浆液喷嘴 3、浆液分隔器 4、脱硝浆液喷嘴 8 和除雾器 9, 塔身上设有烟气入口 1 和烟气出口 10, 烟气入口 1 位于脱硫浆液喷嘴 3 和脱硫浆液池 21 之间, 烟气出口 10 位于除雾器 9 上方, 吸收塔被浆液分隔器 4 分成两个回路: 下回路为脱硫回路 (也称为一回路), 主要完成石灰的溶解和  $SO_2$  的脱除; 上回路为脱硝回路 (也称为二回路)。一、二回路的吸收浆液独立循环使用, 一回路由第一石灰石浆液泵 20 向脱硫浆液池 21 提供石灰石浆液维持一回路 pH 值, 脱硫浆液池 21 通过脱硫浆液循环泵 17 向脱硫浆液喷嘴 3 提供浆液, 脱硫浆液喷嘴 3 向上喷射浆液, 二回路设置单独的浆液箱 15 提供浆液, 第二石灰石浆液泵 14 向浆液箱 15 提供石灰石浆液维持其 pH 值, 浆液箱 15 通过脱硝浆液循环泵 12 向脱硝浆液喷嘴 8 提供浆液, 脱硝浆液喷嘴 8 向下喷射浆液, 脱硝后的浆液落入浆液分隔器 4 形成脱硝浆液池, 并通过脱硝浆液抽出泵 13 返回到浆液箱 15, 其中一部分浆液由浆液排出泵 16 抽出处理, 浆液分隔器 4 底部设置有臭氧喷嘴 5, 臭氧来源于吸收塔外的臭氧发生器, 通过臭氧喷嘴 5 加入臭氧。

[0043] 浆液分隔器 4 起到将二回路浆液与一回路分隔的作用, 浆液分隔器 4 主要由喉部、风帽 7 和挡板组成, 挡板和吸收塔壁面连接, 挡板和喉部相连, 烟气由分隔器 4 的喉部向上运动, 喉部上方设置有风帽 7, 风帽 7 起到改变烟气运动路径, 隔离浆液的作用, 挡板起着约束烟气流动的作用; 挡板和喉部与吸收塔壁面之间形成凹槽, 脱硝后的浆液落入该凹槽内形成脱硝浆液池。

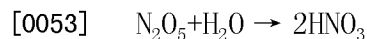
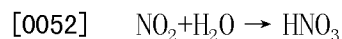
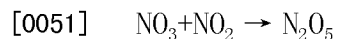
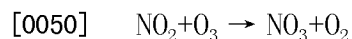
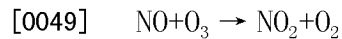
[0044] 为避免二回路浆液沉积,在浆液分隔器 4 的周围设有一个环形管道 6,环形管道 6 上设有向下的喷嘴,距脱硝浆液池底部平面 40cm,喷嘴向下喷射浆液以避免结垢,其喷射浆液由二回路脉冲喷射泵 11 抽取脱硝浆液池的上层浆液提供。

[0045] 一回路底部脱硫浆液池 21 采用搅拌器搅拌;除雾器 9 设在吸收塔顶部里。

[0046] 吸收塔进行脱硫脱硝的方法如下:经除尘后烟气沿入口烟道从吸收塔烟气入口 1 进入吸收塔 2 第一回路,经脱硫浆液喷嘴 3 喷射的石灰石浆液洗涤脱硫,烟气中的  $\text{SO}_2$  几乎被完全吸收,生成  $\text{CaSO}_3$  进入吸收塔 2 底部的脱硫浆液池 21,脱硫浆液池 21 由氧化空气加入管 19 通入氧化空气, $\text{CaSO}_3$  氧化生成石膏,达到一定浓度后的石膏浆液作为副产物由石膏浆液抽出泵 18 送至石膏脱水系统,经脱水后可制得满足品质要求的商品石膏。脱硫后的烟气继续上升,在浆液分隔器 4 内,烟气和臭氧喷嘴 5 喷出的臭氧充分接触反应氧化  $\text{NO}_x$ ,烟气向上经过浆液分隔器风帽 7 进入二回路,在二回路被二回路脱硝浆液喷嘴 8 喷出的石灰石浆液以逆流的方式洗涤,生成副产物硝酸钙。经脱硫脱硝后烟气由除雾器 9 除去烟气中携带的小水滴,最后由吸收塔出口 10 排出。

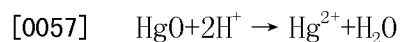
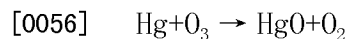
[0047] 步骤 1) 中,脱硫区的烟气流速 3-4m/s,烟气在此区域被冷却,温度降为 50-70℃;采用石灰石浆液顺逆流与烟气两次接触洗涤脱除二氧化硫以及氯化氢,浆液的 pH 为 4-5,液气比 10-20L/m<sup>3</sup>。本实施例以石灰石吸收剂为例来说明工艺过程,但碱性吸收剂并不仅限于石灰石,本发明仍然可以采用石灰、氨水、氢氧化镁等传统吸收剂。

[0048] 本实施例采用臭氧作为氧化剂,臭氧以气体形式从臭氧喷嘴 5 喷出,臭氧喷嘴中臭氧的浓度(体积分数)为 1-5%;臭氧与烟气中的 NO 摩尔比为 1 : 0.5 ~ 2.0,浆液分隔器 4 喉部的气流速度为 15-40m/s,在此处气流剧烈混合,使臭氧和烟气混合均匀。臭氧迅速氧化还原性烟气成分-氮氧化物和元素汞,  $\text{O}_3$  可以将 NO 氧化成  $\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}_5$ ,氧化时间在 0.5 ~ 3 秒。 $\text{NO}_2$  和  $\text{N}_2\text{O}_5$  是可溶性物质,在二回路的洗涤过程中被去除,基本反应原理如下:



[0054] 生成的  $\text{HNO}_3$  被后续脱硫浆液的碱性物质中和生成稳定产物。

[0055] 臭氧将烟气中元素汞氧化成二价汞,二价汞在二回路的洗涤过程中被去除,基本反应原理如下:



[0058] 二回路洗涤还可以除去氧化区残余的臭氧,以消除臭氧可能的二次污染。

[0059] 步骤 3) 中,采用两层脱硝浆液喷嘴 8 喷淋浆液,浆液的 pH 为 5-6,液气比 8-15L/m<sup>3</sup>。所述脱硝浆液中加入有金属催化剂以辅助臭氧氧化。所述金属催化剂为硝酸锌,浓度为 0.1mol/L,金属催化剂加入到二回路浆液箱 15 中,在二回路循环使用。

[0060] 图 3 为在室温为 20℃,控制 NO 初始浓度为 600mg/m<sup>3</sup> 的条件下,用去离子水作为吸收剂,通过变化臭氧浓度,改变  $[\text{O}_3]/[\text{NO}]$  摩尔比值,测定其对 NO 脱除率的影响效果;图 4 为添加催化剂与无催化剂条件下的对比曲线,可见添加催化剂的脱硝效率要明显优于不添加

催化剂的脱硝效率。

[0061] 实施例 2：

[0062] 如图 2,本流程是针对改变氧化剂,可采用其它液相氧化剂,比如次氯酸钠,液相氧化剂通过环形氧化剂喷射管 5 在浆液分离器 4 下方喷入氧化剂,在此处发生气液剧烈混合,将烟气中 NO 氧化成高价态,其他与实施例 1 相同。

[0063] 实施例 3：

[0064] 本发明还有其他可改变之运行方式,比如如果仅要求脱硫,则停止添加氧化剂,二回路作为脱硫吸收段使用;如果仅要求脱硝,则一回路可以停运,仅保证二回路运行即可。



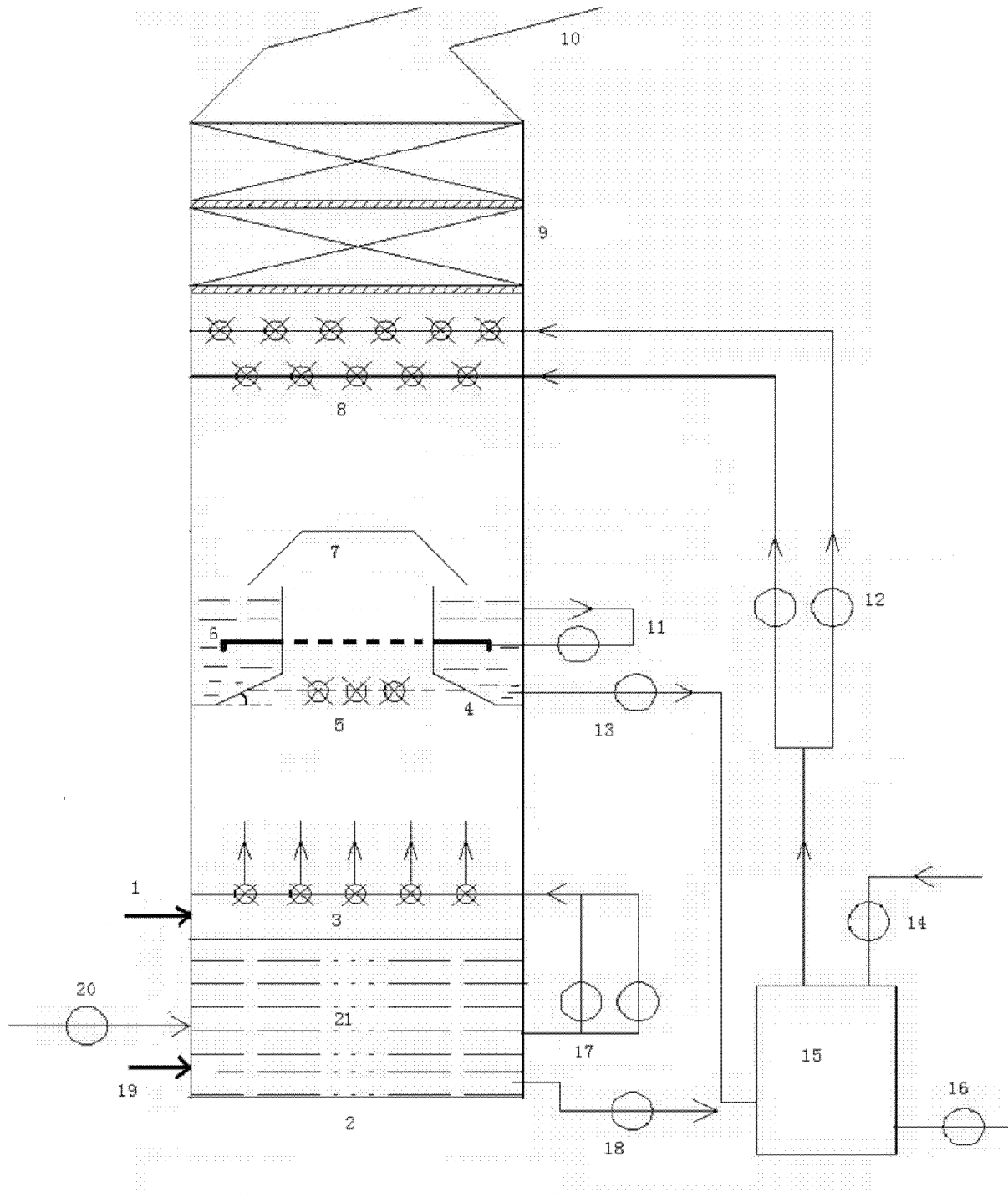


图 1

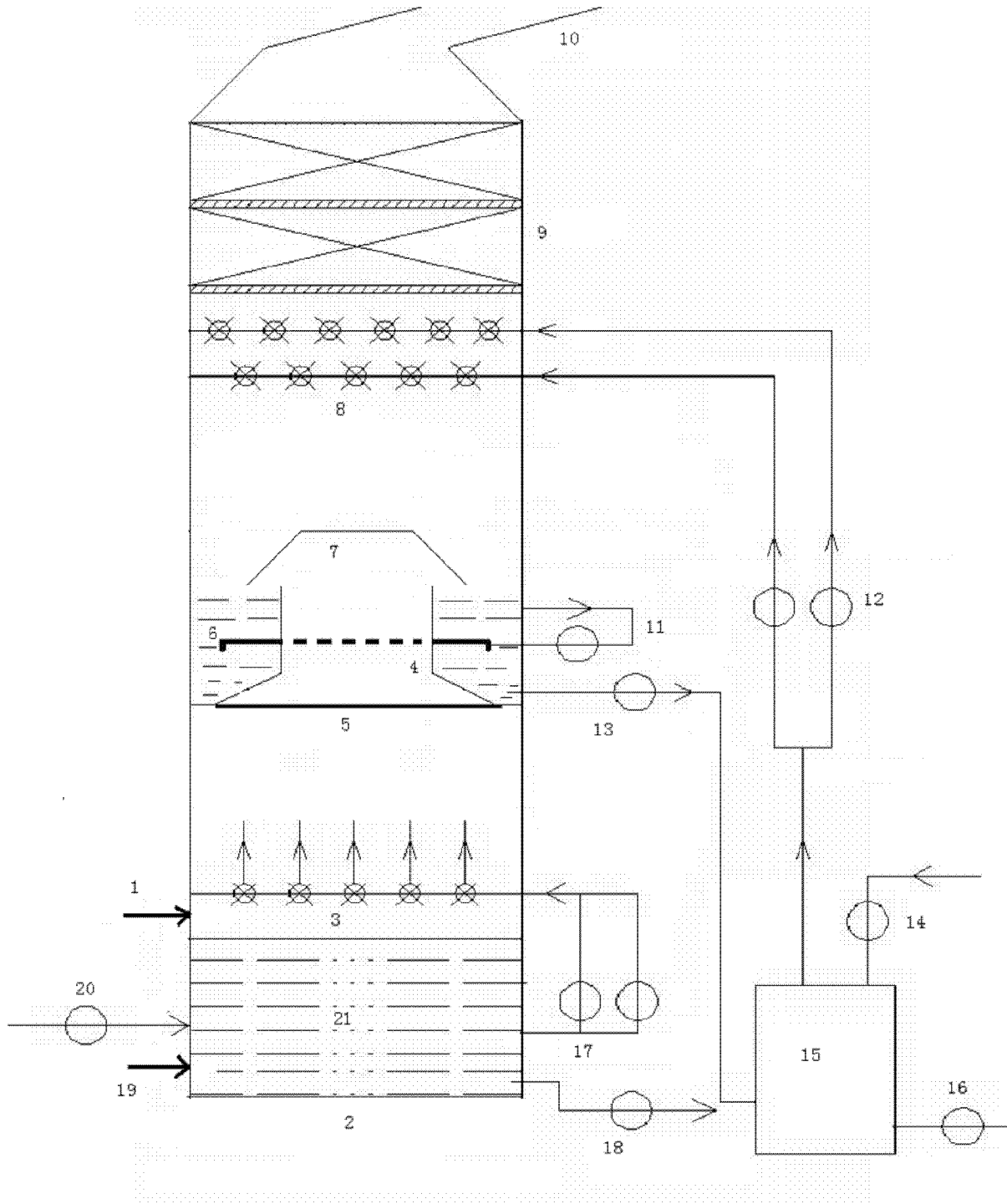


图 2

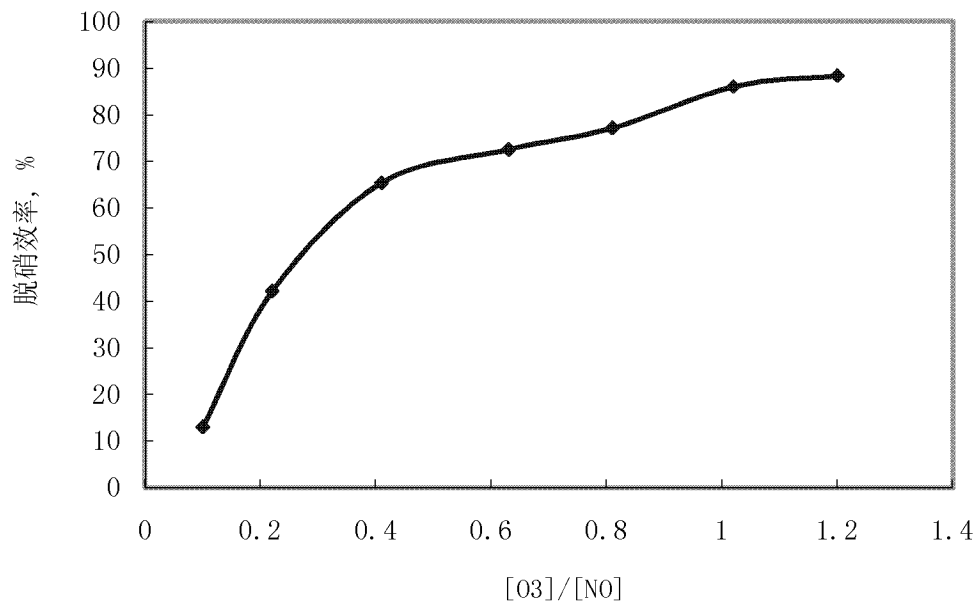


图 3

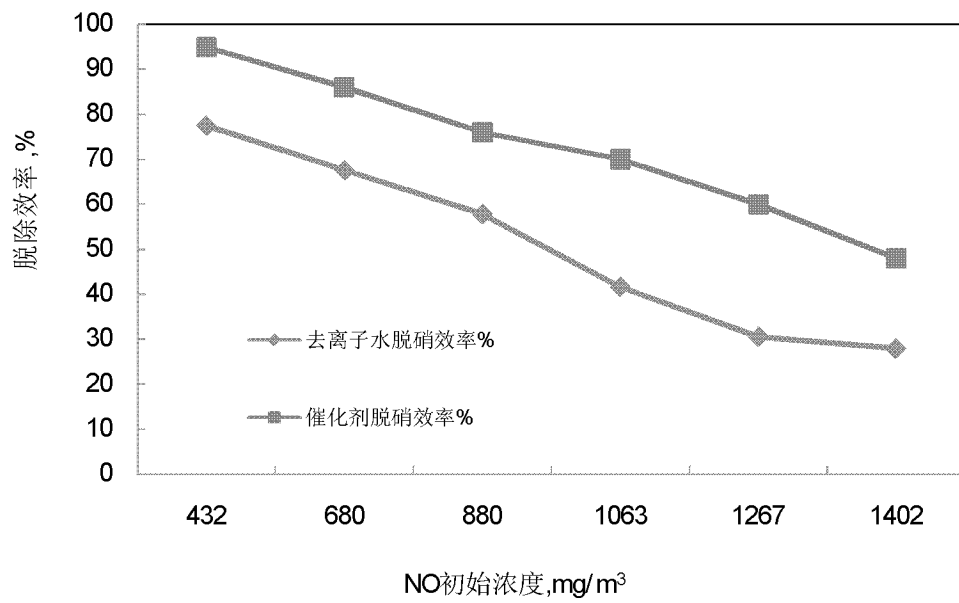


图 4