



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101829468 B

(45) 授权公告日 2012. 05. 23

(21) 申请号 200910056939. 9

(22) 申请日 2009. 03. 10

(73) 专利权人 上海融新能源环境科技有限公司  
地址 200122 上海市浦东新区张杨路 828 号  
华都大厦 20 楼

专利权人 刘东初  
李建平  
陈焕莹

(72) 发明人 刘东初 李建平 陈焕莹

(74) 专利代理机构 上海浦一知识产权代理有限公司 31211  
代理人 王函

(51) Int. Cl.

B01D 50/00(2006. 01)

B01D 53/02(2006. 01)

B01D 53/83(2006. 01)

B01D 53/78(2006. 01)

F23J 15/00(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1887409 A, 2007. 01. 03, 说明书第 2-3 页, 附图 1.

CN 1605798 A, 2005. 04. 13, 说明书第 2、4 页, 附图 1.

CN 101112669 A, 2008. 01. 30, 说明书第 2-4 页, 附图 1.

CN 101112669 A, 2008. 01. 30, 说明书第 2-4 页, 附图 1.

CN 2682293 Y, 2005. 03. 02, 说明书第 2-3 页, 附图 1.

审查员 李晶晶

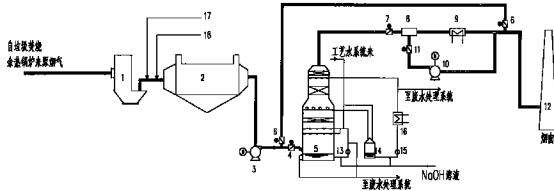
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

## (54) 发明名称

用于垃圾焚烧的烟气净化方法及系统

## (57) 摘要

本发明公开了一种用于垃圾焚烧的烟气净化方法, 该方法分两步进行, 先采用干法工艺, 利用吸附剂吸附烟气中的有害物质, 利用碱性吸收剂中和酸性气体; 然后采用湿法工艺, 利用湿式喷淋洗涤塔对烟气进行更高效率的净化。此外, 本发明还公开了一种用于垃圾焚烧的烟气净化系统, 包括冷却塔、布袋除尘器、湿式洗涤塔、烟气再热器。从余热锅炉出来的烟气经冷却塔降温后进入布袋除尘器。在进入布袋除尘器之前, 烟气内喷入活性炭和消石灰粉, 对烟气进行初步净化; 经净化的烟气经引风机引入湿式洗涤塔, 对烟气进行进一步处理; 最后净烟气经两级加热后, 通过烟囱排入大气。本发明能有效脱除烟气中的污染物, 净化后的烟气质量达到欧盟 2000 排放标准。



1. 一种用于垃圾焚烧的烟气净化方法,其特征在于:烟气的净化分两步进行,先采用干法工艺,利用吸附剂吸附烟气中的有害物质,利用碱性吸收剂中和酸性气体;然后采用湿法工艺,利用湿式喷淋洗涤塔对烟气进行更高效率的净化;该方法具体包括如下步骤:(1)烟气冷却,采用冷却塔降低烟气温度;(2)布袋除尘与初步净化,在烟道内喷入吸附剂和吸收剂,进入布袋除尘器后,会在滤袋表面形成一层薄的滤饼,当烟气通过布袋除尘器时,烟气中的有害物质会被吸附,酸性气体与碱性吸收剂发生中和反应,除去部分酸性气体和烟尘,烟气得到初步净化;(3)湿式喷淋洗涤,烟气进入湿式喷淋洗涤塔进行湿式喷淋洗涤;(4)烟气再热与排放,洗涤后的净烟气经两级加热后烟气温度达到160℃,经烟囱排入大气。

2. 根据权利要求1所述的用于垃圾焚烧的烟气净化方法,其特征在于,步骤(1)中,采用冷却塔降低烟气温度至150℃。

3. 根据权利要求1所述的用于垃圾焚烧的烟气净化方法,其特征在于,步骤(2)中,烟气进入布袋除尘器后,未完全反应的吸附剂附着在滤袋上形成一层滤饼,对烟气进行初步净化。

4. 根据权利要求1或3所述的用于垃圾焚烧的烟气净化方法,其特征在于,所述的吸附剂为活性炭,活性炭用来吸附烟气中的有害物质二恶英;所述的吸收剂为消石灰,消石灰粉与烟气中的酸性气体发生中和反应,烟气得到初步净化。

5. 一种用于垃圾焚烧的烟气净化装置,其特征在于,包括冷却塔、布袋除尘器、湿式喷淋洗涤塔、两个烟气再热器;冷却塔出口与布袋除尘器进口相连接,布袋除尘器出口与湿式喷淋洗涤塔进口相连接,湿式喷淋洗涤塔出口与烟气再热器相连接;所述两个烟气再热器为第一级换热器和第二级换热器,第一级换热器采用混合式热交换器,第二级换热器采用蒸汽-烟气热交换器;加热蒸汽量根据第二级换热器出口的烟气温度进行控制;经过两级加热后的一部分烟气通过烟气循环风机引入第一级换热器,作为第一级换热器的热源;引入的烟气量根据第一级换热器出口的烟气温度来调整烟气循环风机出口挡板门的开度,实现对风量的控制。

6. 根据权利要求5所述的用于垃圾焚烧的烟气净化装置,其特征在于,所述布袋除尘器和所述湿式喷淋洗涤塔之间设有引风机,在所述湿式喷淋洗涤塔入口和出口设挡板门,在所述引风机出口和湿式喷淋洗涤塔入口挡板门之间引出旁路烟道;当湿式喷淋洗涤塔需要检修时,关闭湿式喷淋洗涤塔入口挡板门,打开旁路烟道挡板门,烟气走旁路烟道。

7. 根据权利要求5所述的用于垃圾焚烧的烟气净化装置,其特征在于,在所述冷却塔和布袋除尘器之间设活性炭喷射系统和消石灰喷射系统,经冷却塔冷却之后的烟气在进入布袋除尘器之前,通过活性炭喷射系统和消石灰喷射系统在烟道内喷入活性炭和消石灰,对烟气进行初步净化。

8. 根据权利要求5所述的用于垃圾焚烧的烟气净化装置,其特征在于,所述的湿式喷淋洗涤塔包括溶液池、冷却段和除湿段,塔体采用变截面结构;溶液池位于洗涤塔底部,冷却段位于洗涤塔中下部,除湿段位于洗涤塔顶部;高温烟气以与水平45°夹角向下进入洗涤塔,洗涤塔烟气入口以下为溶液池;NaOH溶液补入口、冷却水循环泵吸入口、液位计接口、溢流口和排空口均设置在溶液池内;原烟气与经雾化的NaOH溶液进行逆流接触反应,喷淋洗涤冷却,经冷却段上部设有的除雾器把烟气中携带的大液滴除去;烟气进入除湿段,

除湿段从下到上布置有气液分离箱、填料层、喷淋层和除雾器；烟气通过管箱上升，NaOH 溶液从喷淋装置分配到填料上形成薄膜层，在填料表面传质、吸收，随着填料层逐级下降，最后进入气液分离箱，净化后的烟气经除雾器除雾后进入混合式热交换器，液体由接管进入收集槽。

## 用于垃圾焚烧的烟气净化方法及系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种属于环保领域的烟气净化方法,尤其涉及一种用于垃圾焚烧的烟气净化方法;此外,本发明还涉及一种用于垃圾焚烧的烟气净化系统。

### 背景技术

[0002] 垃圾焚烧法是垃圾处理的一种重要方法,作为一种有效的工艺已越来越多地被经济发达而土地资源相对紧缺的地区所采用。由于垃圾的成分复杂,焚烧垃圾产生的烟气中含有大量的有毒有害物质,需要净化与脱除,以避免对环境的二次污染。

[0003] 烟气净化工艺是按照垃圾焚烧过程中产生的废气中污染物的组分、浓度及需要执行的排放标准来确定。通常情况下,烟气净化工艺主要针对酸性气体(HCl、HF、SO<sub>2</sub>等)、颗粒物及重金属进行控制,其工艺主要由两部分组成:即酸性气体脱除和颗粒物捕集。另外,烟气中含有的有机物、重金属等污染物质也在这个工艺中加以捕集与脱除。

[0004] 酸性气体脱除的基本原理是利用脱除剂(碱性物质)吸附烟气中的酸性气体。依据脱除剂与脱除装置的不同,烟气净化工艺基本分成三种形式:湿式洗涤法、半干式洗涤法和干式洗涤法。

[0005] 由于干式洗涤法中,固体与气体的接触时间有限且传质效果不佳,常需超量加药,药剂的消耗量大,整体的去除效率很低,单独采用干式洗涤法不能满足烟气排放要求。目前,国内外垃圾焚烧烟气净化多采用半干式洗涤法。

[0006] 在半干式洗涤法工艺中存在着一个很难平衡的矛盾:反应效率与反应产物粘壁的问题。在该工艺中,一般采用Ca(OH)<sub>2</sub>与水的混合浆液作为吸收剂,吸收剂浆液通过一个设置于反应塔顶部的旋转喷雾器横向喷入反应塔,并在反应塔内形成密集且极细小的液滴以捕捉并吸收烟气中的酸性成分,液滴蒸发以降低烟气温度从而使烟气中的重金属蒸汽凝结。为了不使液滴粒子粘附到反应塔壁上,设计时要求吸收剂浆液粒子在到达反应塔壁面时必须完全蒸发干,否则浆液粒子将在反应塔壁面上堆积而形成板结,随着板结的不断生长将会影响反应塔内的流场分布甚至影响反应塔的安全运行,因此在浆液粒子最终蒸干点与反应塔壁面之间往往留有一个安全距离。当然在这个安全距离内的烟气将没有机会接触到液态的吸收剂粒子,因此在此范围内烟气是没有进行脱酸反应的,这就是现有旋转喷雾法工艺无法克服的边界逃逸现象。

[0007] 若反应塔内气流分布不好容易造成塔壁积灰,一旦塔壁的板结块剥落坍塌,将会给反应塔下方的出灰口造成严重的堵塞。而且,由于旋转喷雾器的转速非常高,工作转速为12000~18000r/min,运行中容易发生旋转喷雾器圆盘和喷嘴磨损、旋转喷雾器振动以及辅机故障等。而且随着垃圾日处理量的增大以及污染物排放标准日益严格,半干式洗涤塔反应效率与反应产物粘壁的矛盾将更为突出。

### 发明内容

[0008] 本发明要解决的技术问题是提供一种用于垃圾焚烧的烟气净化方法,能有效脱除

烟气中的污染物质,提高污染物的去除效率,而且排放的烟气温度达160℃,非常有利于烟气扩散。为此,本发明提供一种用于垃圾焚烧的烟气净化系统。

[0009] 为解决上述技术问题,本发明提供一种用于垃圾焚烧的烟气净化方法,该方法分两步进行,利用吸附剂吸附烟气中的有害物质,利用碱性吸收剂中和酸性气体;然后采用湿法工艺,利用湿式喷淋洗涤塔对烟气进行更高效率的净化。

[0010] 该方法具体包括如下步骤:(1)烟气冷却,采用冷却塔降低烟气温度;(2)布袋除尘与初步净化,在烟道内喷入吸附剂和吸收剂,进入布袋除尘器后,会在滤袋表面形成一层薄的滤饼,当烟气通过布袋除尘器时,烟气中的有害物质会被吸附,酸性气体与碱性吸收剂发生中和反应,除去部分酸性气体和烟尘,烟气得到初步净化;(3)湿式喷淋洗涤,烟气进入湿式喷淋洗涤塔进行湿式喷淋洗涤;(4)烟气再热与排放,洗涤后的净烟气经两级加热后,经烟囱排入大气。

[0011] 步骤(1)中,采用冷却塔降低烟气温度至150℃。

[0012] 步骤(2)中,烟气进入布袋除尘器后,未完全反应的吸附剂附着在滤袋上形成一层滤饼,对烟气进行初步净化。

[0013] 所述的吸附剂为活性炭,活性炭用来吸附烟气中的有害物质二恶英;所述的吸收剂为消石灰,消石灰粉与烟气中的酸性气体发生中和反应,烟气得到初步净化。

[0014] 此外,本发明提供的一种用于垃圾焚烧的烟气净化系统包括冷却塔、布袋除尘器、湿式喷淋洗涤塔、两个烟气再热器;冷却塔出口与布袋除尘器进口相连接,布袋除尘器出口与湿式喷淋洗涤塔进口相连接,湿式喷淋洗涤塔出口与两个烟气再热器相连接。

[0015] 所述布袋除尘器和所述湿式喷淋洗涤塔之间设有引风机,在所述湿式喷淋洗涤塔入口和出口设挡板门,在所述引风机出口和湿式喷淋洗涤塔入口挡板门之间引出旁路烟道;当湿式喷淋洗涤塔需要检修时,关闭湿式喷淋洗涤塔入口挡板门,打开旁路烟道挡板门,烟气走旁路烟道。

[0016] 所述两个烟气再热器为第一级换热器和第二级换热器,第一级换热器采用混合式热交换器,第二级换热器采用蒸汽-烟气热交换器;加热蒸汽量根据第二级换热器出口的烟气温度进行控制;经过两级加热后的一部分烟气通过烟气循环风机引入第一级换热器,作为第一级换热器的热源;引入的烟气量根据第一级换热器出口的烟气温度来调整烟气循环风机出口挡板门的开度,实现对风量的控制。

[0017] 在所述冷却塔和布袋除尘器之间设活性炭喷射系统和消石灰喷射系统,经冷却塔冷却之后的烟气在进入布袋除尘器之前,通过活性炭喷射系统和消石灰喷射系统在烟道内喷入活性炭和消石灰,对烟气进行初步净化。

[0018] 所述的湿式喷淋洗涤塔包括溶液池、冷却段和除湿段,塔体采用变截面结构;溶液池位于洗涤塔底部,冷却段位于洗涤塔中下部,除湿段位于洗涤塔顶部;高温烟气以与水平45°夹角向下进入洗涤塔,洗涤塔烟气入口以下为溶液池;NaOH溶液补入口、冷却水循环泵吸入口、液位计接口、溢流口和排空口均设置在溶液池内;原烟气与经雾化的NaOH溶液进行逆流接触反应,喷淋洗涤冷却,经冷却段上部设有的除雾器把烟气中携带的大液滴除去;烟气进入除湿段,除湿段从下到上布置有气液分离箱、填料层、喷淋层和除雾器;烟气通过管箱上升,NaOH溶液从喷淋装置分配到填料上形成薄膜层,在填料表面传质、吸收,随着填料层逐级下降,最后进入气液分离箱,净化后的烟气经除雾器除雾后进入混合式换热

器，液体由接管进入收集槽。

[0019] 与现有技术相比，本发明的有益效果在于：

[0020] (1) 多种脱酸工艺（干法和湿法）综合使用并多次洗涤烟气，污染物去除效率较高。对垃圾焚烧产生的主要酸性气体 HCl 去除效率达到 99.8%，对 SO<sub>2</sub>、HF 等酸性气体去除效率达 99%。净化后的烟气质量达到欧盟 2000 排放标准，可以满足未来越来越高的环境要求，并支持更大负荷的污染物浓度。

[0021] (2) 新型湿式脱酸洗涤塔比现有洗涤塔对有机污染物（如 PCDD、PCDF 等）和重金属有更高的去除效率。

[0022] (3) 处理后的烟气最终排放温度达到 160℃，非常有利于烟气扩散。

## 附图说明

[0023] 图 1 是本发明用于垃圾焚烧的烟气净化方法的工艺流程图，其中，1 是冷却塔，2 是布袋除尘器，3 是引风机，4 是喷淋塔入口烟气挡板门，5 是湿式喷淋洗涤塔，6 是旁路烟道挡板门，7 是喷淋塔出口烟气挡板门，8 是第一级换热器，9 是第二级换热器，10 是烟气循环风机，11 是风机出口挡板门，12 是烟囱，13 是冷却段洗涤液循环泵，14 是除湿水箱，15 是除湿段洗涤液循环泵，16 是除湿段洗涤液冷却器，17 是活性炭喷射系统，18 是消石灰粉喷射系统；

[0024] 图 2 是本发明用于垃圾焚烧的烟气净化系统中的湿式喷淋洗涤塔的结构示意图，其中，21 是溶液池，22 是冷却段喷淋层，23 是除雾器，24 是气液分离箱，25 是填料层，26 是除湿段喷淋层，27 是除雾器，28 是除湿水入口，29 是除湿水出口，30 是液位计接口，31 是冷却水循环泵吸入口，32 是溢流口，33 是 NaOH 溶液补入口，34 是排空口。

## 具体实施方式

[0025] 下面结合附图和实施例对本发明作进一步详细的说明：

[0026] 如图 1 所示，本发明垃圾焚烧湿式烟气净化工艺方法的工艺流程分为以下几个步骤：

[0027] (1) 烟气冷却

[0028] 垃圾焚烧后产生的烟气温度较高，在余热锅炉与布袋除尘器 2 之间设有冷却塔 1 喷水以降低烟气温度。冷却水与压缩空气一同通入冷却塔 1 顶部的喷嘴，压缩空气将冷却水雾化，藉由水分的挥发将烟气温度从 190℃ 降至约 150℃，这个温度是适合 Ca(OH)<sub>2</sub> 吸附中和 HCl 气体反应的温度。此冷却塔 1 的冷却效果由喷入的冷却水量控制。由于冷却水在塔内完全挥发，不会造成后续烟道结露腐蚀，也不易堵塞布袋除尘器 2。烟气中的部分颗粒物质会沉积于冷却塔 1 底部，因此冷却塔 1 底部设有飞灰收集装置。

[0029] (2) 初步净化与布袋除尘

[0030] 经冷却塔 1 冷却之后的烟气在进入布袋除尘器 2 之前，在烟道内通过活性炭喷射系统 17 和消石灰粉喷射系统 18 分别喷入活性炭和消石灰粉 (Ca(OH)<sub>2</sub>)，活性炭吸附烟气中的二恶英与重金属颗粒，Ca(OH)<sub>2</sub> 吸附 HCl 等酸性气体并与之中和反应。未完全反应的吸附剂随着烟气被带入布袋除尘器 2，附着在滤袋上形成一层滤饼并与通过滤袋的酸性气体再次反应，使去除效率进一步提高，从而提高了吸附剂的使用效率。在这个过程中烟气得到了

初步净化。

[0031] 布袋除尘器 2 拦截捕集烟气中大部分的固体颗粒。通过布袋除尘器 2 的烟气经过引风机 3 加压后进入湿式喷淋洗涤塔 5。在湿式喷淋洗涤塔 5 的入口和出口设喷淋塔入口烟气挡板门 4 和喷淋塔出口烟气挡板门 7。引风机 3 与湿式喷淋洗涤塔 5 放在布袋除尘器 2 后面可以减少引风机 3 叶片的磨损并防止粒状污染物堵塞湿式喷淋洗涤塔 5 的喷嘴。在引风机 3 出口和喷淋塔入口烟气挡板门 4 之间设有旁路烟道挡板门 6，引出旁路烟道。当湿式喷淋洗涤塔 5 需要检修时，关闭喷淋塔入口烟气挡板门 4，打开旁路烟道挡板门 6，烟气走旁路烟道。

[0032] (3) 湿式喷淋洗涤

[0033] 如图 2 所示，湿式喷淋洗涤塔分溶液池 21、冷却段和除湿段，塔体采用变截面结构。溶液池 21 位于洗涤塔底部，冷却段位于洗涤塔中下部，由于烟温较高，塔径略粗；除湿段位于洗涤塔顶部，塔径小。高温烟气从冷却段塔侧壁处进入洗涤塔。洗涤塔烟气入口以下为溶液池 21。NaOH 溶液补入口 33、冷却水循环泵吸入口 31、液位计接口 30、溢流口 32 和排空口 34 均设置在溶液池 21 内。NaOH 溶液补入口 33，用于补充与酸性气体反应消耗的 NaOH 溶液；冷却水循环泵吸入口 31，溶液池 21 内的冷却水通过冷却段洗涤液循环泵 13（见图 1）循环使用以冷却烟气；液位计接口 30，用于安装液位计，控制液位在设定范围内；当液位超过最高工作水位时，塔内溶液通过溢流口 32 排至附近排水池；NaOH 溶液的补给量根据溶液池 21 的 PH 值进行调节。冷却段与除湿段为二级喷淋洗涤系统。

[0034] 在冷却段，高温烟气以与水平 45° 夹角（烟气入口设置为与水平面成 45° 夹角）向下进入洗涤塔，这样可以延长气液接触时间。循环喷淋的冷却水中通过 NaOH 溶液补入口 33 加入新鲜 NaOH 溶液，在冷却段喷淋层 22 的喷嘴中以雾状喷淋下来，与烟气逆流接触反应，同时冷却烟气。烟气中大部分的酸性气体、有机污染物、吸附有重金属与二恶英的颗粒物被洗涤进溶液池 21。溶液池 21 底部设有排空口 34，可以将洗涤产生的废水与污泥排入废水处理系统进行处理。

[0035] 冷却段上部设有除雾器 23，将烟气中携带的大液滴收集，减少烟气带走的水分，降低冷却段补水量。

[0036] 除湿段（吸收段）在冷却段上部。除湿段从下到上布置有气液分离箱 24、填料层 25、除湿段喷淋层 26 和一级除雾器 27。烟气在通过冷却段后经过除湿段的气液分离箱 24 进入除湿段填料层 25。在除湿段，烟气再次得到喷淋洗涤。喷淋下来的 NaOH 溶液在填料层 25 内继续与烟气中酸性气体等污染物反应。NaOH 溶液从喷淋装置分配到填料上形成薄膜层，在填料表面传质、吸收，随着填料层 25 逐级下降，最后进入气液分离箱 24。填料层 25 内滤料有较大的比表面积。填料层 25 的存在大大延长了喷淋液体与烟气的反应时间，提高了吸收效率。吸收后的洗涤液落入除湿段下部的气液分离箱 24 后通过除湿水出口 29 由接管引入收集槽，并被送入除湿水箱 14，再通过除湿段洗涤液循环泵 15 和除湿段洗涤液冷却器 16 进入除湿段喷淋层 26 被循环利用（见图 1）。除湿水入口 28 用于补入除湿水。气液分离箱 24 允许烟气由下至上通过并防止除湿段喷淋液落入冷却段，同时也能起到烟气导流作用，使塔内烟气流场更均匀。由于在之前的冷却段中已经去除了烟气中大部分的污染物，除湿段所产生的废水仅需做活性炭吸附即可满足排放要求。冷却段与除湿段二级喷淋洗涤系统可以有效地降低废水处理负荷。除湿段污染物吸收负荷较小，因此此段塔径可以

缩小以降低成本。

[0037] 在除湿段顶部也设有除雾器 27, 收集水分并减少下游烟道结露腐蚀的危险。

[0038] 湿式喷淋洗涤塔这部分烟道设有旁路系统, 在该湿式喷淋洗涤塔需要检修时可使烟气直接通过旁路烟道排放。

[0039] (4) 烟气再热与排放

[0040] 为避免低温高湿烟气排放产生白雾, 喷淋洗涤后的烟气需要加温后再排放。第一级换热器 8 采用混合式热交换器, 第二级换热器 9 采用蒸汽 - 烟气热交换器。加热蒸汽量根据第二级换热器 9 出口的烟气温度进行控制; 经过两级加热后的一部分烟气通过烟气循环风机 10 引入第一级换热器 8, 作为第一级换热器 8 的热源; 引入的烟气量根据第一级换热器 8 出口的烟气温度来调整烟气循环风机出口挡板门 11 的开度, 实现对风量的控制。升温后的烟气最终排放温度达到 160°C, 非常有利于烟气扩散。洗涤后的净烟气经两级加热后烟气温度达到 160°C 排入烟囱 12, 经烟囱 12 排入大气。

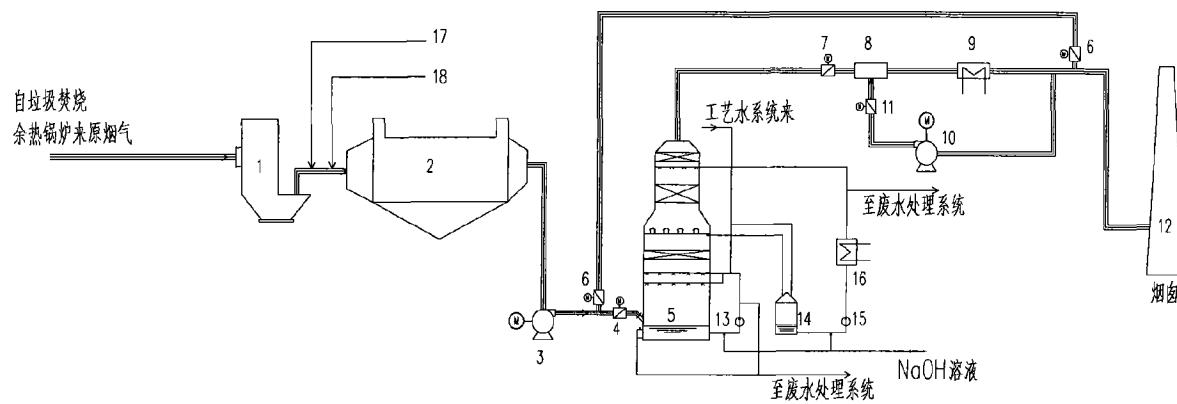


图 1

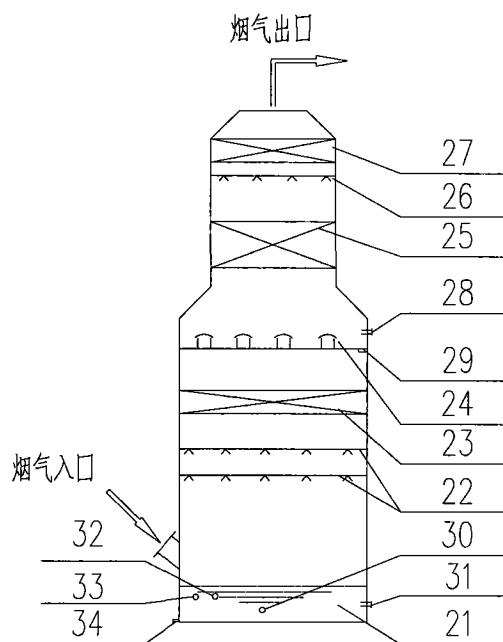


图 2