



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 118543241 A

(43) 申请公布日 2024. 08. 27

(21) 申请号 202410997674.7

(22) 申请日 2024.07.24

(71) 申请人 北京中科润宇环保科技股份有限公司

地址 100080 北京市海淀区苏州街3号大恒科技大厦北座9楼

(72) 发明人 安璐 韩志明

(74) 专利代理机构 北京头头知识产权代理有限公司 11729

专利代理师 白芳仿 刘锋

(51) Int. Cl.

B01D 53/86 (2006.01)

B01D 53/18 (2006.01)

B01D 53/44 (2006.01)

B01D 53/14 (2006.01)

B01D 53/24 (2006.01)

B01D 50/40 (2022.01)

B03C 3/017 (2006.01)

B03C 3/16 (2006.01)

F27D 17/00 (2006.01)

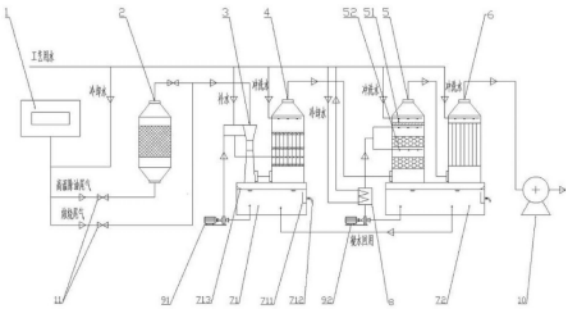
权利要求书2页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

一种脱硝催化剂生产尾气的净化方法及装置

(57) 摘要

本发明涉及尾气净化技术领域,具体为一种脱硝催化剂生产尾气的净化方法及装置,该装置包括催化氧化反应器,催化氧化反应器的入口与电阻炉或隧道窑的高温除油尾气管路相连,催化氧化反应器的出口与文丘里急冷吸收器的顶部入口相连,文丘里急冷吸收器的出口与旋流板喷淋除雾器的尾气入口相连;电阻炉或隧道窑的焙烧尾气管路与文丘里急冷吸收器的顶部入口相连;旋流板喷淋除雾器的尾气出口与填料塔的入口相连,填料塔的出口与湿式静电除雾器的入口相连,湿式静电除雾器的出口与引风机相连。本装置将催化剂生产的两个工序尾气的净化工艺有机整合在一起,有效地发挥除氨、除油一体化协同处理,节省投资和占地空间,有效实现尾气的达标甚至超净排放。



1. 一种脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:包括催化氧化反应器(2),所述催化氧化反应器(2)的入口与电阻炉或隧道窑(1)的高温除油尾气管路相连,所述催化氧化反应器(2)的出口与文丘里急冷吸收器(3)的顶部入口相连,所述文丘里急冷吸收器(3)的出口与旋流板喷淋除雾器(4)的尾气入口(41)相连,所述文丘里急冷吸收器(3)和旋流板喷淋除雾器(4)的下方设有储液池A(71);所述电阻炉或隧道窑(1)的焙烧尾气管路与文丘里急冷吸收器(3)的顶部入口相连;

所述旋流板喷淋除雾器(4)的尾气出口(48)与填料塔(5)的入口相连,所述填料塔(5)的出口与湿式静电除雾器(6)的入口相连,所述湿式静电除雾器(6)的出口与引风机(10)相连;所述填料塔(5)和湿式静电除雾器(6)的下方设有储液池B(72);

所述高温除油尾气管路、焙烧尾气管路、文丘里急冷吸收器(3)的顶部入口、旋流板喷淋除雾器(4)的上部入口、填料塔(5)的侧面入口、湿式静电除雾器(6)的侧面入口均与工艺用水管路相连,用于冷却尾气、补水和冲洗设备;所述储液池A(71)与循环泵A(91)相连,所述循环泵A(91)的出口分别与文丘里急冷吸收器(3)的环形喷嘴(34)、喉口喷嘴(35)、旋流板喷淋除雾器(4)的第一层旋流板喷淋装置(43)的入口相连;所述储液池B(72)与循环泵B(92)相连,所述循环泵B(92)的出口与冷却水换热器(8)相连,所述冷却水换热器(8)的出口与填料塔喷淋装置(52)相连,所述冷却水换热器(8)的换热入口和换热出口均与工艺用水管路相连。

2. 根据权利要求1所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:所述高温除油尾气管路和焙烧尾气管路上均设有切断阀(11)。

3. 根据权利要求1所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:所述文丘里急冷吸收器(3)为竖直布置,由上至下依次为渐缩管(31)、喉口(32)和渐扩管(33),所述渐缩管(31)的顶部设有环形喷嘴(34),所述渐缩管(31)的下部靠近喉口处均布有喉口喷嘴(35)。

4. 根据权利要求3所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:所述环形喷嘴(34)包括进水口(341),所述进水口(341)与布水环管(342)相连,所述布水环管(342)的壁面上均布有多个喷水孔(343),所述布水环管(342)内设有导流环管(345),所述导流环管(345)为半圆环和斜板组成的一体式结构,其截面呈“q”字形,所述半圆环位于布水环管(342)内,所述斜板的下部沿布水环管(342)下部的环隙缝(344)斜向伸出,所述环形喷嘴(34)的外侧设有连接法兰(346)。

5. 根据权利要求3所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:所述喉口喷嘴(35)与喉口(32)的距离为100-200mm;所述喉口喷嘴(35)的数量为多个,沿周向均布,为单流体空心锥结构,雾化角为 90° ~ 150° ;喉口(32)的喉口速度为35~60m/s;喉口的长度为喉口直径的1-3倍。

6. 根据权利要求1所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:所述旋流板喷淋除雾器(4)为多管设计,内装多个旋流子,每个旋流子由三层旋流板和连接的筒体组成;

所述三层旋流板分别为位于底部的第一层旋流板(42)、位于中上部的第二层旋流板(44)和位于顶部的第三层旋流板(46),所述第一层旋流板(42)的上方设有第一层旋流板喷淋装置(43);所述旋流板喷淋除雾器(4)的顶部设有冲洗装置(47)。

7. 根据权利要求6所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:旋流板包括位

于中央的旋流板盲板(442),所述旋流板盲板(442)的外侧设有多个呈螺旋式排布的旋流板叶片(441);

所述旋流板分为内向板和外向板,所述内向板是当气流通过叶片后有向内的向心分速度,内向板轨迹线较长;所述外向板是当气流通过叶片后有向外的分速度,液滴向外甩向壁面,外向板轨迹线较短,液滴到达壁面的时间较短,有利于气液的分离;

所述第一层旋流板(42)为内向板,所述第二层旋流板(44)和第三层旋流板(46)均为外向板;

所述旋流板采用 $22^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 仰角,径向角 $<55^{\circ}$;叶片数量为8~18;旋流板盲板(442)的直径 D_m 与旋流板叶片(441)的直径 D_x 满足 $D_m \geq 0.35D_x$ 。

8.根据权利要求1所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:所述填料塔(5)的冲洗水压为0.15~0.2Mpa,冲洗覆盖度为100%~300%;所述湿式静电除雾器(6)采用蜂窝式。

9.根据权利要求1所述的脱硝催化剂生产尾气的净化装置,其特征在于:所述储液池A(71)和储液池B(72)中均设有溢流挡板、油污排放口及液位计。

10.采用权利要求1-9任一所述净化装置的脱硝催化剂生产尾气净化方法,其特征在于:电阻炉或隧道窑排出的高温尾气为 $550\sim 650^{\circ}\text{C}$,当排出的是网带高温除油工序尾气时,打开高温除油尾气管路的切断阀,关闭焙烧尾气管路的切断阀,尾气先经过冷却水降温至 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 后,进入催化氧化反应器降解大部分油雾气后,再经文丘里急冷吸收器对尾气进行预处理,除去大部分的油雾,并将尾气降至 70°C 以下;文丘里急冷吸收器出来的尾气经过旋流板喷淋除雾器,对油雾进行喷淋吸收和分离除雾;然后进入填料塔,进一步深度除氨除油,尾气温度进一步降至 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$;最后再经过湿式静电除雾器进行深度除雾,干净的尾气通过引风机由烟囱排入大气环境中;

当排出的是催化剂焙烧工序尾气时,关闭高温除油尾气管路的切断阀,打开焙烧尾气管路的切断阀,尾气先经过冷却水降温至 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 后,直接进入文丘里急冷吸收器,然后依次进入旋流板喷淋除雾器、填料塔、湿式静电除雾器进行净化处理;

文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器的喷淋水汇流到储液池A中,填料塔和湿式静电除雾器的喷淋水汇流到储液池B中;储液池A和储液池B经过沉淀、澄清、排污后,由循环泵A和循环泵B增压;其中,循环泵A增压后再次经过喷嘴喷入到文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器中,循环泵B增压后进入到填料塔中,以实现喷淋水的循环利用;

在填料塔内,尾气从 70°C 降温至 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时,尾气中大量水蒸气会凝结汇流到储液池B中,这些凝结水泵送至储液池A中,实现水的梯级回用;

冷却水换热器通过对储液池B的循环水的不断冷却,带出系统热,以保证填料塔在工艺要求温度范围内工作。

一种脱硝催化剂生产尾气的净化方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及尾气净化技术领域,特别是涉及一种脱硝催化剂生产尾气的净化方法及装置。

背景技术

[0002] 氮氧化物 NO_x 是大气污染的主要成分之一,主要来源于燃煤电厂、钢厂、垃圾焚烧发电厂等的烟气排放。目前,SCR脱硝技术因其成熟稳定和高脱硝率而得到了广泛的应用。它是利用 NH_3 作为还原剂,在SCR脱硝催化剂作用下,选择性催化还原 NO_x 为 N_2 。SCR催化剂是脱硝的核心,由钒钨钛构成的SCR板式催化剂是常见的脱硝催化剂之一。

[0003] SCR板式脱硝催化剂生产制备工艺如图1所示,不锈钢网带作为板式催化剂的支撑件,首先进行开卷,然后放置于电阻炉/隧道窑进行高温除油,经过高温除油后的网带才能满足催化剂原料辊压附着其上的要求;经过辊压成型后的催化剂物料附着在网板上,再经过切割和装箱成催化剂小模块,然后放置于电阻炉/隧道窑中进行催化剂焙烧;焙烧后的催化剂小模块,再经过组装成板式催化剂单元模块,入库保存待售。其中,不锈钢网板的高温除油和催化剂焙烧两道生产工序,都需要在电阻炉/隧道窑中进行。

[0004] (1) 不锈钢网带高温除油工序尾气净化处理工艺

网板厂在生产过程中不锈钢网带表面上存在油污和水渍,在催化剂原料辊压前需要经过电阻炉/隧道窑对钢带表面的油污和水渍进行高温除油。网带上的油污主要为机械润滑油,300~550℃下会挥发蒸出。在电阻炉/隧道窑中,网带按照设定的程序升温曲线进行高温加热除油,加热温度为550℃~600℃,产生的尾气主要由空气和一些油雾气(VOCs)组成,直接外排会造成环境污染,需要对网带高温除油工序尾气进行净化处理。

[0005] 不锈钢网带高温除油雾尾气的净化方法常用水洗法。水洗法是一种价廉、应用广泛的油雾去除方法。通过喷淋塔的洗涤实现高温尾气降温和油雾捕集,在喷淋塔内,水通过喷嘴喷成雾滴状,当尾气通过水雾空间时,油雾与水雾之间发生碰撞、拦截和凝并,油雾随水滴降落下来,从而达到油雾的冷凝和捕集。但是,这种净化工艺存在问题:

a) 喷淋塔存在对高温尾气降温不到位的问题,影响油雾的有效捕集和凝并,这是因为尾气温度高,较多的油雾没有得到充分的润湿,仍以气相或者气溶胶状态被携带排放到环境中,不利于油雾凝并和捕集;

b) 设置于喷淋塔出口的除雾器,常采用折流板或者丝网除雾器,属于机械式除雾器,这类除雾器对油雾分离效果有限,除雾后的尾气仍会携带一部分微细液滴,排放到大气中;

c) 油雾的粘度大,多不溶于水,运行一段时间后,喷淋塔内粘附油污,包括塔壁面、填料、除雾器、出口管道以及引风机叶片上,导致喷淋塔/填料塔和引风机等无法长期稳定运行,不得不进行人工清理;

d) 喷淋塔底部的储液池中的油污不能及时排出,导致喷淋塔循环水的含油量持续累积,循环水难以实现循环再利用。

[0006] (2) 催化剂焙烧工序尾气净化处理工艺

催化剂焙烧工序是将辊压有催化剂原料的网带摆放在电阻炉/隧道窑上,使催化剂按照设定的程序升温曲线进行焙烧,焙烧温度一般为600℃~650℃。在焙烧的过程中产生的尾气主要由空气、氨气以及少量的SO₂、粉尘组成,直接外排会造成环境污染,需要对催化剂焙烧尾气进行净化处理。

[0007] 水洗法除氨净化技术是利用氨气极易溶于水的特性进行尾气净化处理方法,因其价格低、投资小、工艺简单,技术成熟,目前仍然是大多数企业采用的氨气净化处理工艺,即:直接冷却/余热回收+喷淋塔,即催化剂焙烧尾气在进入喷淋塔前,在冷却器中直接冷却,或者设置水冷换热器进行余热回收,以此降低尾气温度后,再进入喷淋塔对氨气进行吸收达标后排放。这种净化工艺存在问题如下:

a) 如果采用换热器进行尾气降温和余热回收,虽然可以回收大部分高温尾气的热量,但是换热器存在严重的糊堵问题。这是因为催化剂焙烧过程中(300~650℃)释放的氨气和二氧化硫在换热器的降温过程中,再合成硫酸氢铵(ABS)(合成温区在150~280℃),这些结晶盐不仅腐蚀换热器设备管道,而且粘附糊堵在管道上,一般的吹灰器很难清理,只能停炉后人工清洗,影响催化剂生产的稳定性。

[0008] b) 如果采用直接冷却降温尾气的方式,虽然不存在换热器糊堵的问题,但存在对高温尾气降温不到位的问题,不利于喷淋塔对氨气吸收,这是因为氨气溶解度随着尾气温度的升高而迅速降低,即,尾气温度越高,越不利于氨气的吸收,所以为了保证水对尾气中氨气的高效吸收,喷淋塔的温度越低越好。

[0009] c) 在经过喷淋塔水洗后的尾气除雾作用有限,除雾后的尾气携带大量的微小液滴,外排到大气中呈现白烟现象,尤其当环境温度较低、扩散较差的无风环境,白烟拖尾,对周边环境造成不良影响。

[0010] 虽然网带高温除油和催化剂焙烧的尾气存在污染物成分不同的差别,即,网带高温除油尾气的污染物是油雾;催化剂焙烧的尾气污染物主要是氨气,但是这两道工序也存在共同点如下:

a) 均可选择同一型号的电炉/隧道窑完成催化剂生产需要;排出的高温尾气温度均在550-650℃,且尾气成分中绝大部分是空气;

b) 两道工序排出的尾气流量相近;

c) 这两道工序的尾气均可采用水洗法进行净化处理。

[0011] 基于以上共同点,本领域有必要考虑采用一套尾气净化处理装置及净化方法,以同时满足高温除油尾气和催化剂焙烧尾气的净化处理。这将不仅节约设备投资和占地面积,而且这两种工序的尾气在一个净化装置中净化处理还可以发挥协同处理的优点,这是因为催化剂焙烧尾气中的氨气通过喷淋塔吸收后,形成循环喷淋氨水溶液,可对高温除油尾气引起的设备粘附的油污进行溶解和清洗,其原理是氨水溶液能与油污发生皂化反应,生成能溶于水的高级脂肪酸钠,可有效降低油污粘附污染。

发明内容

[0012] 针对目前脱硝催化剂生产尾气净化上存在的上述问题,本发明提供了一种脱硝催化剂生产尾气的净化方法及装置。该方法不仅可以解决目前催化剂生产尾气净化存在的问

题,如:换热器堵塞、急冷不到位、捕集效率低,除雾效果差、白烟拖尾、循环喷淋水难以循环再利用等问题,还能够同一套尾气净化装置中实现高温除油和催化剂焙烧这两种尾气协同处置,节约了设备的投资成本和占地面积,最终达到节能减排的目的。而目前市面上尚未有既吸收氨气又可除去油雾的脱硝催化剂生产尾气的高效净化处理装置,因此,本发明在充分考虑氨气的吸附特性和油雾的捕集特性的基础上,实现了尾气净化装置的协同处置和高效稳定运行。

[0013] 为了解决上述技术问题,本申请提供了如下技术方案:

一种脱硝催化剂生产尾气的净化装置,包括催化氧化反应器,所述催化氧化反应器的入口与电阻炉或隧道窑的高温除油尾气管路相连,所述催化氧化反应器的出口与文丘里急冷吸收器的顶部入口相连,所述文丘里急冷吸收器的出口与旋流板喷淋除雾器的尾气入口相连,所述文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器的下方设有储液池A;所述电阻炉或隧道窑的焙烧尾气管路与文丘里急冷吸收器的顶部入口相连;

所述旋流板喷淋除雾器的尾气出口与填料塔的入口相连,所述填料塔的出口与湿式静电除雾器的入口相连,所述湿式静电除雾器的出口与引风机相连;所述填料塔和湿式静电除雾器下方设有储液池B;

所述高温除油尾气管路、焙烧尾气管路、文丘里急冷吸收器的顶部入口、旋流板喷淋除雾器的上部入口、填料塔的侧面入口、湿式静电除雾器的侧面入口均与工艺用水管路相连,用于冷却尾气、补充喷淋水或冲洗设备;所述储液池A与循环泵A相连,所述循环泵A的出口分别与文丘里急冷吸收器的环形喷嘴和喉口喷嘴、旋流板喷淋除雾器的第一层旋流板喷淋装置的入口相连;所述储液池B与循环泵B相连,所述循环泵B的出口与冷却水换热器相连,所述冷却水换热器的出口与填料塔喷淋装置入口相连,所述冷却水换热器的换热入口和换热出口均与工艺用水管路相连。

[0014] 其中,所述高温除油尾气管路和焙烧尾气管路上均设有切断阀。

[0015] 其中,所述文丘里急冷吸收器为竖直布置,由上至下依次为渐缩管、喉口和渐扩管,所述渐缩管的顶部设有环形喷嘴,所述渐缩管的下部靠近喉口处均布有喉口喷嘴。

[0016] 其中,所述环形喷嘴包括进水口,所述进水口与布水环管相连,所述布水环管的壁面上均布有多个喷水孔,所述布水环管内设有导流环管,所述导流环管为半圆环和斜板组成的一体式结构,其截面呈“q”字形,所述半圆环位于布水环管内,所述斜板的下部沿布水环管下部的环隙缝斜向伸出,所述环形喷嘴的外侧设有连接法兰。

[0017] 其中,所述喉口喷嘴与喉口的距离为100-200mm;所述喉口喷嘴的数量为多个,沿周向均布,为单流体空心锥结构,雾化角为 90° ~ 150° ;喉口的喉口速度为35~60m/s;喉口的长度为喉口直径的1-3倍。

[0018] 其中,所述旋流板喷淋除雾器为多管设计,内装多个旋流子,每个旋流子由三层旋流板和连接的筒体组成;

所述三层旋流板分别为位于底部的第一层旋流板、位于中上部的第二层旋流板和位于顶部的第三层旋流板,所述第一层旋流板的上方设有第一层旋流板喷淋装置;所述旋流板喷淋除雾器的顶部设有冲洗装置。

[0019] 其中,旋流板包括位于中央的旋流板盲板,所述旋流板盲板的外侧设有多个呈螺旋式排布的旋流板叶片;

所述旋流板分为内向板和外向板,所述内向板是当气流通过叶片后有向内的向心分速度,内向板轨迹线较长;所述外向板是当气流通过叶片后有向外的分速度,液滴向外甩向壁面,外向板轨迹线较短,液滴到达壁面的时间较短,有利于气液的分离;

所述第一层旋流板为内向板,所述第二层旋流板和第三层旋流板均为外向板;

所述旋流板采用 $22^{\circ}\sim 30^{\circ}$ 仰角,径向角 $<55^{\circ}$;叶片数量为8~18;旋流板盲板的直径 D_m 与旋流板叶片的直径 D_x 满足 $D_m \geq 0.35D_x$ 。

[0020] 其中,所述填料塔的冲洗水压为0.15~0.2Mpa,冲洗覆盖度为100%~300%;所述湿式静电除雾器采用蜂窝式。

[0021] 其中,所述储液池A和储液池B中均设有溢流挡板、油污排放口及液位计。

[0022] 本发明的脱硝催化剂生产尾气净化方法,具体为:电阻炉或隧道窑排出的高温尾气为 $550\sim 650^{\circ}\text{C}$,当排出网带高温除油工序尾气时,打开高温除油尾气管路的切断阀,关闭焙烧尾气管路的切断阀,尾气先经过冷却水降温至 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 后,进入催化氧化反应器降解大部分油雾气后,再经文丘里急冷吸收器对尾气进行预处理,除去大部分的油雾,并将尾气降至 70°C 以下;文丘里急冷吸收器出来的尾气经过旋流板喷淋除雾器,对油雾进行喷淋吸收和分离除雾;然后进入填料塔,进一步深度除氨除油,尾气温度进一步降至 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$;最后再经过湿式静电除雾器进行深度除雾,干净的尾气通过引风机由烟囱排入大气环境中;

当排出的是催化剂焙烧工序尾气时,关闭高温除油尾气管路的切断阀,打开焙烧尾气管路的切断阀,尾气先经过冷却水降温至 $200\sim 400^{\circ}\text{C}$ 后,直接进入文丘里急冷吸收器,然后依次进入旋流板喷淋除雾器、填料塔、湿式静电除雾器进行净化处理;

文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器的喷淋水汇流到储液池A中,填料塔和湿式静电除雾器的喷淋水汇流到储液池B中;储液池A和储液池B经过沉淀、澄清、排污后,由循环泵A和循环泵B增压;其中,循环泵A增压后再次经过喷嘴喷入到文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器中,循环泵B增压后进入到填料塔中,以实现喷淋水的循环利用;

在填料塔内,尾气从 70°C 降温至 $50\sim 60^{\circ}\text{C}$ 时,尾气中大量水蒸气会凝结汇流到储液池B中,这些凝结水泵送至储液池A中,实现水的梯级回用;

冷却水换热器通过对储液池B的循环水的不断冷却,带出系统热,以保证填料塔在工艺要求温度范围内工作。

[0023] 与现有技术相比,本发明脱硝催化剂生产尾气的净化方法及装置至少具有以下有益效果:

(1) 本发明方法把催化剂生产两个工序尾气的净化工艺有机整合在一起,有效地发挥除氨、除油一体化协同处理,节省投资和占地空间,有效实现尾气的达标甚至超净排放。

[0024] (2) 催化氧化反应器设计充分利用高温除油工序尾气的本身具有的高温,无需外界热量即可完成氧化反应,使得尾气在进入水洗净化设备前,就已经降解除去了大部分的油雾,降低了油污对后续设备的粘附和糊堵的风险、减轻了后续设备的净化压力,节能降耗的同时,也提高了设备运行稳定性和可靠性。

[0025] (3) 文丘里急冷吸收塔的设计,尤其是第一层环形喷嘴和第二层喉口喷嘴的设计方式,不仅实现了除氨、除油、降温多效合一尾气净化处理,而且也实现了设备的壁面连续冲洗和高温保护,大大降低了油污粘附和超温的风险。

[0026] (4)旋流板喷淋除雾器采用了多管设计,每个旋流子采用三层旋流板和连接的筒体组成,第一层旋流板设计为内向板,且上面设置有喷淋装置,起到氨气吸收和油雾捕集作用;第二层和第三层为外向板,起到除雾分离的作用,两层外向旋流板实现对不同粒径液滴的分级捕集,保证较低运行阻力下的高效除雾,提高了设备的混合和除雾效率,避免了下游设备填料塔的油污粘堵问题,为填料塔设备的深度净化尾气创造了条件。

[0027] (5)填料塔设计进一步实现尾气中氨气和油雾的深度去除,可使尾气的氨气浓度降至很低的数值;填料塔出口折流板除雾器的合理设计,在有效降低油污的粘堵的基础上,对液滴进行初步的去除和分离;填料塔中可加入酸液进行化学吸收氨气(酸液可为磷酸溶液),以加强对氨气的吸收。

[0028] (6)湿式静电除雾器有效去除尾气中的微细液滴,消除了白烟对周边环境的不良影响,很好的保证了污染物的达标排放;湿式静电除雾器采用蜂窝式,不仅具有除雾效率高,结构紧凑,而且阻燃性好,有效避免尾气中油雾易燃可能存在的安全隐患。

[0029] (7)储液池和循环泵的设计,增大了塔内喷淋水的循环倍率,提高了传热传质和捕集效率;实现了系统循环利用、节能节水。储液池内设置了溢流挡板、油污排放口、液位计;当储液池的油污积累到一定时,液位计自动打开油污排放口,确保了储液池溢流挡板以上的所有油污均能泻流到油污排放口一侧,实现了漂浮油污的及时有效排出。填料塔凝结水汇流到储液池B,可泵送至储液池A中,实现循环水的梯级回用。

[0030] (8)冷却水换热器的设计可以保证带出系统热,使得填料塔出口尾气温度50~60℃以下,确保了氨气和油雾在填料塔内的深度去除。

[0031] 下面结合附图对本发明脱硝催化剂生产尾气的净化方法及装置作进一步说明。

附图说明

[0032] 图1为板式脱硝催化剂生产流程图。

[0033] 图2为本发明脱硝催化剂生产尾气的净化装置的结构示意图。

[0034] 图3为本发明脱硝催化剂生产尾气的净化方法的流程图。

[0035] 图4为文丘里急冷吸收器结构示意图。

[0036] 图5为环形喷嘴结构示意图。

[0037] 图6为喉口喷嘴布置示意图(即图4中“A-A”向视图)。

[0038] 图7为旋流板喷淋除雾器示意图。

[0039] 图8为图7中“B-B”向视图。

[0040] 图9为旋流板内向板的示意图。

[0041] 图10为旋流板外向板的示意图。

[0042] 其中,1-电阻炉或隧道窑;2-催化氧化反应器;3-文丘里急冷吸收器;4-旋流板喷淋除雾器;5-填料塔;51-折流板除雾器;52-填料塔喷淋装置;6-湿式静电除雾器;71-储液池A;72-储液池B;711-溢流挡板;712-油污排放口;713-液位计;8-冷却水换热器;91-循环泵A;92-循环泵B;10-引风机;11-切断阀;

31-渐缩管;32-喉口;33-渐扩管;34-环形喷嘴;35-喉口喷嘴;

341-进水口;342-布水环管;343-喷水孔;344-环隙缝;345-导流环管;346-连接法兰;

41-尾气入口;42-第一层旋流板;43-第一层旋流板喷淋装置;44-第二层旋流板;45-旋流子筒体;46-第三层旋流板;47-冲洗装置;48-尾气出口;441-旋流板叶片;442-旋流板盲板。

具体实施方式

[0043] 如图2-10所示,一种脱硝催化剂生产尾气的净化装置,包括催化氧化反应器2,所述催化氧化反应器2的入口与电阻炉或隧道窑1的高温除油尾气管路相连,所述催化氧化反应器2的出口与文丘里急冷吸收器3的顶部入口相连,所述文丘里急冷吸收器3的出口与旋流板喷淋除雾器4的尾气入口41相连,所述文丘里急冷吸收器3和旋流板喷淋除雾器4的下方设有储液池A71;所述电阻炉或隧道窑1的焙烧尾气管路与文丘里急冷吸收器3的顶部入口相连。其中,高温除油尾气和焙烧尾气均可以由电阻炉排出,或者均可以由隧道窑炉排出。

[0044] 旋流板喷淋除雾器4的尾气出口48与填料塔5的入口相连,所述填料塔5的出口与湿式静电除雾器6的入口相连,所述湿式静电除雾器6的出口与引风机10相连;所述填料塔5和湿式静电除雾器6的下方设有储液池B72;

高温除油尾气管路、焙烧尾气管路、文丘里急冷吸收器3的顶部入口、旋流板喷淋除雾器4的上部入口、填料塔5的侧面入口、湿式静电除雾器6的侧面入口均与工艺用水管路相连,用于冷却尾气、补充喷淋水或冲洗设备;所述储液池A71与循环泵A91相连,所述循环泵A91的出口分别与文丘里急冷吸收器3的环形喷嘴34和喉口喷嘴35、旋流板喷淋除雾器4的第一层旋流板喷淋装置43的入口相连;所述储液池B72与循环泵B92相连,所述循环泵B92的出口与冷却水换热器8相连,所述冷却水换热器8的出口与填料塔喷淋装置(52)入口相连,所述冷却水换热器8的换热入口和换热出口均与工艺用水管路相连。

[0045] 如图2所示,高温除油尾气管路和焙烧尾气管路上均设有切断阀11。

[0046] 以下对本装置中的主要部件进行详细介绍:

(1) 催化氧化反应器

现有的尾气油雾(即VOCs)处理方法主要有:吸附法、冷凝法、光催化氧化法、等离子体法、直接燃烧法、催化氧化法。吸附法是利用多孔介质材料进行吸附,如活性炭、多孔二氧化硅、多孔树脂对VOCs进行吸附,适应于低浓度VOCs的去除,这种方法需要再生、能耗高、设备庞大、易产生二次污染;冷凝法通常采用廉价水作为冷凝介质(即,水洗法),把油雾冷凝为液体后,再进行捕集回收,这种方法投资低、设备简单、回收纯度高,但是净化效率低,适用范围有限,常常与其它工艺匹配来达到超低排放需求。光催化氧化法是在特定波长光照下(通常是紫外光)利用光催化剂(常用是 TiO_2)进行催化降解油雾,这种方法虽然能耗低,但是存在效率低(30%-50%),催化剂容易失活等问题;等离子体法是利用高压脉冲放电,产生高能活性粒子来降解油雾,这种方法能耗高,容易产生二次污染。直接燃烧法是直接在高温下进行燃烧($\geq 800^\circ\text{C}$),去除效率高,适应范围广,但是能耗高,焚烧炉中需要燃烧大量的燃油燃气,而燃烧后的烟气相应带来了氮氧化物、二噁英等新的二次污染问题。催化氧化法是在一定温度下(200~400 $^\circ\text{C}$)利用催化剂降解油雾,净化效率高,处理温度低,节能经济,无二次污染问题。

[0047] 催化氧化法是典型的气-固相催化反应,借助催化剂降低了反应的活化能,使其在

较低的温度(200℃~400℃)下进行无焰燃烧,产生CO₂和H₂O,并放出大量的热量,因其氧化反应温度低,所以极大抑制氧化过程中NO_x的产生。与传统的直接燃烧法相比,催化氧化优势有:(1)反应温度低、能耗少;(2)净化效率高,去除效率可达到80%以上;(3)适应氧浓度范围大、噪音小、无二次污染,运行操作简便。催化氧化法的催化剂主要有铂基、锰基、钴基、铜基;催化剂的载体主要有Al₂O₃、ZrO₂、SiO₂等。

[0048] 由于高温除油工序尾气中含有较高的油雾,一般通过单一处理方法很难达到超低排放的要求,本发明充分利用了已有的高温除油工序尾气温度特点(600~650℃),把催化氧化法与冷凝法(水洗法)两种工艺进行了有机的组合连用,如图3所示。这样设计的优点是尾气在进入水洗设备前,就已经降解去除大部分的油雾,降低了油污对后续设备的粘附和糊堵的风险,降低后续水洗设备的净化压力、提高了设备运行稳定性同时又节能降耗。尾气进入催化氧化反应器之前,通过一定量的喷水对尾气进行降温,调至催化剂需求的最佳反应温区(200℃~400℃),无需额外的加热设备即可实现低成本和高效率降解油雾的目的。

[0049] 当排出的是催化剂焙烧工序尾气时,尾气先经过冷却水降温至200~400℃后,直接进入文丘里急冷吸收器和后续设备进行净化处理,通过切断阀切换实现催化氧化反应器的旁路。这是因为催化剂焙烧工序尾气中含有少量的二氧化硫和烟尘,在降温过程中会再合成硫酸氢铵(ABS),引发催化氧化反应器中的催化剂中毒和失活。

[0050] (2) 文丘里急冷吸收器

如图4所示,文丘里急冷吸收器3为竖直布置,避免捕集下来的油污糊堵在文丘里喉口。由上至下依次为渐缩管31、喉口32和渐扩管33,所述渐缩管31的顶部设有环形喷嘴34,所述渐缩管31的下部靠近喉口处均布有喉口喷嘴35。

[0051] 工作时,高温尾气自顶部进入装置,首先被文丘里急冷吸收器顶部设置的环形喷嘴34,喷出的高速射流喷雾对尾气进行初步冷却;然后进入渐缩管31,在这里尾气逐渐被加速和混合;当尾气即将进入喉口32时,尾气速度达最高值,设置于喉口处的喉口喷嘴35,向下喷出高速射流喷雾,被喉口处高速尾气冲击和破碎,瞬间雾化成100~200微米的细小水珠,并充满整个喉口处,此时,气、液、固三相强烈混合形成高效湍流区,尾气完全被水饱和并降温70℃以下,氨气被吸收,油滴被水润湿和捕集,在极短时间内达到除氨去油的作用;经过喉口的高速尾气,再经过渐扩管33,速度逐渐降低并发生颗粒的凝并和重力沉降后进入到旋流板喷淋除雾器进一步净化。

[0052] 如图5所示,环形喷嘴34包括进水口341,所述进水口341与布水环管342相连,所述布水环管342的壁面上均布有多个喷水孔343,所述布水环管342内设有导流环管345,所述导流环管345为半圆环和斜板组成的一体式结构,其截面呈“q”字形,所述半圆环位于布水环管342内,所述斜板的下部沿布水环管342下部的环隙缝344斜向伸出,所述环形喷嘴34的外侧设有连接法兰346。

[0053] 由于文丘里顶部是高温烟气入口,是尾气净化系统中温度最高处(600~650℃),且温度降低后油雾易在设备壁面上粘结和糊堵,尤其是喉口直径较小处粘结糊堵问题尤为突出,因此,本发明设计的环形喷嘴,不仅对高温尾气起到喷射降温的作用,同时还防止油雾粘壁,达到及时冲洗的作用。当文丘里急冷吸收器工作时,循环水泵从储液池B把循环冷却水由环形喷嘴进水口送入到布水环管,设置多个进水口(2~6个)以便布水环管获得均匀的进水水压。一部分循环水通过喷水孔喷入,对高温起到初步冷却作用;另一部分循环水通过

环隙缝沿渐缩管内壁均匀流下,形成一层水膜,实现设备壁面降温的同时,也对壁面进行冲洗。布水环管对设备顶部进行了全包裹,这样对处于温度最高的文丘里顶部起到完全的冷却保护。喷水孔位于布水环管的中部,在环管上等间距开孔,开孔形状为扁形结构,多个扁形喷孔喷射后汇合成的水雾喷射面与来流尾气呈 90° 的横向交叉流,有利于尾气与循环冷却水的充分混合;环隙缝位于布水环管的底部,沿着环管开孔,开孔形状为狭长缝隙结构,以便在较小水量下,文丘里上部全部被水流淌覆盖到;环形喷嘴设置有导流环管,由半圆环和斜板两部分组成,半圆环目的是导流循环冷却水、降低流动阻力、避免冷却水流动短路、使得布水环管壁得到充分冷却;斜板作用是:(1)支撑环形喷嘴作用;(2)和环隙缝一起形成导流结构,冷却渐缩管31及喉口32;(3)与渐缩管31进行焊接或者法兰连接,完成设备的部件组装。环形喷嘴的连接法兰346便于文丘里急冷吸收器与上游段烟道连接。

[0054] 如图6所示,喉口喷嘴35与喉口32的距离为100-200mm,因为如果喷嘴距离喉口太远了,对喉口高速尾气喷射作用减弱,达不到在喉口处尾气被密集喷射的作用;但是距离喉口太近了,对喉口过分密集的喷射,会存在尾气喉口阻力明显加大,甚至出现喉口液封现象,导致设备无法正常工作。根据设备的容量大小,喉口喷嘴35的数量为多个,沿周向均布,为单流体空心锥结构,雾化角为 $90^\circ\sim 150^\circ$ 为宜(喷嘴喷雾形成的圆锥体锥顶夹角),这样可以在采用较少的喷嘴数量情况下,保持良好的雾化覆盖度,多只喷嘴共同汇合形成的喷射面向下投影面可覆盖整个喉口,以便流经喉口的所有尾气被喷雾水覆盖和湿润,避免出现尾气短路现象。

[0055] 文丘里喉口设计也是重要参数之一,要综合考虑降温、氨气吸收、油雾捕集及耗能等因素。喉口的直径的大小决定着喉口的速度的大小,一般喉口速度越高,造成气液相对运动速度就越高,传热传质捕集效率就越高,除油除氨效率也就越高,但是过高的速度不仅带来高耗能,而且引起设备的冲击振动,因此需要选择合适的喉口速度(v_0)和喉口直径(D_0)。一般,喉口速度大于35m/s即可达到氨气的良好吸收和油雾的润湿和捕集,因此,本发明文丘里喉口速度选择在35~60m/s。喉口的长度(L_0)影响着喉口气液的混合时间,一般设计为1-3倍的 D_0 即可保证气液混合良好。渐缩管设计考虑运行阻力和设备长度等因素,一般设计的尾气入口速度为15~25m/s,收缩角为 $10\sim 12.5^\circ$;渐扩管设计考虑液滴沉降、设备长度、运行阻力等因素,一般设计的尾气出口速度为15~25m/s,收缩角为 $3\sim 5^\circ$ 。

[0056] (3)旋流板喷淋除雾器

尾气经过文丘里急冷吸收器后进行初步的降温和除油除氨后,进入到旋流板喷淋除雾器做进一步的除油除氨。

[0057] 如图7所示,旋流板喷淋除雾器4为多管设计,内装多个旋流子,每个旋流子由三层旋流板和连接的筒体组成;所述三层旋流板分别为位于底部的第一层旋流板42、位于中上部的第二层旋流板44和位于顶部的第三层旋流板46,所述第一层旋流板42的上方设有第一层旋流板喷淋装置43;所述旋流板喷淋除雾器4的顶部设有冲洗装置47。

[0058] 尾气从下部尾气入口进入旋流板喷淋除雾器,由上部尾气出口排出,尾气被分成多股气流进入旋流子,旋流子中的旋流板使尾气形成向上旋转流动的离心力,强化了气液两相的混合和分离,使得尾气得到充分混合和分离。旋流板喷淋除雾器为多管设计,这是因为离心力的计算公式显示,质量一定的液滴颗粒所受离心力的大小和旋转半径成反比例,半径越大则离心力越小,效果越差,即:旋流板的直径越小,效率越高,多管设计可明显提高

设备的混合除雾效率。

[0059] 旋流板具有结构简单、制造成本低、体积小、效率高、不易堵塞等优点,如图8所示,旋流板包括位于中央的旋流板盲板442,所述旋流板盲板442的外侧设有多个呈螺旋式排布的旋流板叶片441。

[0060] 旋流板结构参数主要有:叶片数 m 、叶片直径 D_x 、盲板直径 D_m 、叶片仰角 α 、径向角 β 。当气体通过旋流叶片时形成旋转气流,产生的离心力使气液两相充分混合或分离;根据径向角 β (旋流板半径与叶片开缝线的夹角)的不同,旋流板可分为内向板和外向板。如图9-10所示,内向板是当气流通过叶片后有向内的向心分速度,内向板轨迹线较长,通常用于传质和吸收;外向板与之相反,当气流通过叶片后有向外的分速度,液滴向外甩向壁面,外向板轨迹线较短,液滴到达壁面的时间较短,有利于气液的分离,通常用作分离的除雾器。

[0061] 第一层旋流板42为内向板,且上面设置有喷淋装置;尾气经过第一层旋流板,在以一定的仰角做旋转向上的内旋运动,并不断和循环喷淋液进行混合,达到氨气吸收和油雾捕集;所述第二层旋流板44,起到除雾分离的作用,气流在旋流板叶片导流下外旋向上运动,液滴迅速被甩向壁面,并逐渐凝并成大液滴,沿壁面向下流动汇到储液池;第三层旋流板46设计为外向板,以便对第二层未能捕获的更小液滴进行捕获和分离。

[0062] 两层外向旋流板的设计可实现对不同粒径液滴的分级捕集,通过对旋流板上盲板直径大小,叶片数,仰角、以及旋流速度(如第一级采用较小的旋流速度,第二级采用较大的速度)的合理设计,可实现在不同层旋流板的液滴由大到小的逐级捕集和去除,保证较低运行阻力下的高效除尘除雾。旋流子第二层和第三层之间的筒体设计为文丘里形式,目的是在尾气高速旋流后经过文丘里缩口进一步加速,以强化混合和凝并,有利于雾滴的脱除。

[0063] 一般地,旋流板效率和压降是随着气体流速、叶片数、仰角和径向角的增大而增加;在仰角超过 30° 或者径向角大于 55° 后,压降急剧增大,因此旋流板以 $22^\circ\sim 30^\circ$ 仰角、径向角 $<55^\circ$ 的设计为宜;叶片数量也不易太多,以 $m=8\sim 18$ 为宜,以防尾气中的油雾对叶片糊堵;盲板直径 D_m 也不能太小,与叶片直径 D_x 以满足 $D_m\geq 0.35D_x$ 为宜。

[0064] 穿过旋流板的速度也不能太高,气体旋流流速过高,被分离液滴会破裂成更加细小的液滴,在壁面或叶片上的液膜会撕裂,被高速的气流再次携带出外向旋流板,导致除雾分离效率反而下降,发生液滴“二次夹带”现象,因此气流流速 $\leq 4.0\text{m/s}$ 为宜。

[0065] 旋流板喷淋除雾器顶部设置的冲洗装置可定期或不定期对旋流板喷淋除雾器壁面和旋流板进行冲洗,防止油污粘附,确保除雾器的稳定运行。

[0066] (4) 填料塔

填料塔主要用来深度去除尾气中的氨气和油雾,可使污染物浓度降至很低的数值。根据排放要求不同,填料塔可采用一级,或者多级填料的方式。填料塔尾气采用逆流布置,尾气自塔底进入,由塔顶排出;循环水从塔顶经喷淋装置52喷入,经过填料与尾气充分接触后,汇流到底部的储液池B,再经过循环泵B送入到塔顶的喷嘴实现连续喷淋、循环使用。当循环水物理吸收氨气依然不能实现超低排放时,可在填料塔塔中加入酸液进行化学吸收氨气(酸液可为磷酸溶液),以加强对氨气的吸收。

[0067] 填料塔出口设置机械除雾器,形式有:旋流板式、丝网式、折流板式等。由于尾气中含有油雾,容易发生粘堵,因此采用折流板式机械除雾器,这种除雾器具有不容易堵塞、阻力小(一般每级小于 100Pa)、允许较高的烟气流速等优点。折流板除雾器51布置在填料塔的

顶部,依靠重力和惯性撞击作用捕集小雾滴。选择合适的折流板叶片的间距、冲洗水压、冲洗覆盖度均可以有效防止油污的粘堵在折流板叶片上。叶片间距过大,除雾效率低,尾气带水严重,间距选择过小,压损加大,叶片上容易导致油污糊堵,因此,充分考虑除雾效率、压损和堵塞问题的基础上,叶片间距设计选择以40~50mm为宜。过低冲洗水压,冲洗效果差,油污难以冲掉;过高冲洗水压,不仅尾气带水严重,也降低了折流板的寿命。

[0068] 填料塔5的冲洗水压为0.15~0.2Mpa,为了保证除雾器断面上得到充分冲洗,冲洗覆盖度(冲洗水对除雾器断面的覆盖程度)为100%~300%。

[0069] (5) 湿式静电除雾器

机械式除雾器对于较大颗粒和液滴具有较好的除雾效果,通常直径大于50 μ m的液滴可用重力沉降法分离;5 μ m以上的液滴可用惯性碰撞以及离心力进行分离;而机械式除雾器不能有效去除氨气、油雾、微尘、SO₃、气溶胶、汞等重金属等微细颗粒。湿式静电除雾器依靠高压静电场的作用,将各种微细液滴收集至集尘极,在内壁形成液膜,液膜在重力作用下汇流到储液池B中。由于水的存在,油雾、氨气被水润湿后,比电阻下降,更容易静电捕集,除雾率高达90%以上,大大降低了排烟的不透明度(浑浊度),白烟问题得到了很好的解决。

[0070] 湿式静电除雾器主要形式有蜂窝和矩形两种形式,本发明采用蜂窝式,这是因为蜂窝式不仅具有除雾效率高,结构紧凑、导电性能好的特点,而且阻燃性好,即使电场内拉弧也不会引燃沉淀极管,有效避免尾气中油雾易燃可能存在的安全隐患;为了防止氨水和油污的腐蚀,设备材质为玻璃钢;湿式静电除雾器顶部设有冲洗水装置,隔一定时间对电极进行冲洗。

[0071] (6) 储液池

文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器的喷淋液汇流到储液池A中,填料塔和湿式静电除雾器的喷淋液汇流到储液池B中,如图2所示。储液池A和储液池B经过沉淀、澄清、排污后,由循环泵A和循环泵B增压后,再次经喷嘴喷入到文丘里急冷吸收器、旋流板喷淋除雾器和填料塔中,以实现喷淋水的循环利用。储液池和循环泵的设计,增大了塔内喷淋水的循环倍率,提高了传热传质和捕集效率,实现系统循环利用、节能节水。

[0072] 储液池A和储液池B的内部均设置溢流挡板711、油污排放口712、液位计713,如图2所示。尾气水洗捕集的油污漂浮于储液池A和储液池B的液面上,不断累积增厚,影响设备正常运行。

[0073] 当储液池的油污积累到一定高度时,液位计713指示灯亮,并自动打开油污排放口712,对储液池内的油污进行排放。本发明针对油污特性,储液池内专门设计了溢流挡板,目的是当油污排放口打开的时候,确保溢流挡板以上的所有漂浮油污均能泻流到油污排放口一侧(如果不设置溢流挡板,不能把漂浮的油污全部排出,而排出的大部分是水)。

[0074] 旋流板喷淋除雾器的出口尾气含湿量已达到70℃饱和态,在填料塔内,尾气从70℃降温至50~60℃时,尾气中大量水蒸气会凝结汇流到储液池B中,这些凝结水可泵送至储液池A中,实现水的梯级回用。

[0075] (7) 冷却水换热器

旋流板喷淋除雾器的出口尾气含湿量已达70℃饱和态,在填料塔内,尾气从70℃降温至50~60℃时,尾气中水蒸气在凝结过程中也释放大量的气化潜热,这些热量转移到循环水中,会使循环水温度持续升高。为了保证填料塔出口尾气温度50~60℃以下,这样有利

于氨气和油雾的深度去除,该装置还设有冷却水换热器,通过对储液池B的循环水的不断冷却,带出系统热,以保证填料塔在工艺要求温度范围内工作。

[0076] 冷却水换热器设计为管式换热器,管内工质为25℃-32℃工业冷却水,管外工质为需要冷却的循环水。通过冷却水换热器不断对系统热量带出,保证尾气的温度降至50~60℃以下,确保氨气和油雾在填料塔内的深度去除。

[0077] 如图3所示,采用上述净化装置的脱硝催化剂生产尾气净化方法,具体为:

电阻炉或隧道窑排出的高温尾气为550~650℃,当排出网带高温除油工序尾气时,打开高温除油尾气管路的切断阀,关闭焙烧尾气管路的切断阀,尾气先经过冷却水降温至200~400℃后,进入催化氧化反应器降解大部分油雾气后,再经文丘里急冷吸收器对尾气进行预处理,除去大部分的油雾,并将尾气降至70℃以下;文丘里急冷吸收器出来的尾气经过旋流板喷淋除雾器,对油雾进行喷淋吸收和分离除雾;然后进入填料塔,进一步深度除氨除油,尾气温度进一步降至50~60℃;最后再经过湿式静电除雾器进行深度除雾,干净的尾气通过引风机由烟囱排入大气环境中;

当排出的是催化剂焙烧工序尾气时,关闭高温除油尾气管路的切断阀,打开焙烧尾气管路的切断阀,尾气先经过冷却水降温至200~400℃后,直接进入文丘里急冷吸收器,然后依次进入旋流板喷淋除雾器、填料塔、湿式静电除雾器进行净化处理;

文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器的喷淋水汇流到储液池A中,填料塔和湿式静电除雾器的喷淋水汇流到储液池B中;储液池A和储液池B经过沉淀、澄清、排污后,由循环泵A和循环泵B增压;其中,循环泵A增压后再次经过喷嘴喷入到文丘里急冷吸收器和旋流板喷淋除雾器中,循环泵B增压后进入到填料塔中,以实现喷淋水的循环利用;

在填料塔内,尾气从70℃降温至50~60℃时,尾气中大量水蒸气会凝结汇流到储液池B中,这些凝结水泵送至储液池A中,实现水的梯级回用;

冷却水换热器通过对储液池B的循环水的不断冷却,带出系统热,以保证填料塔在工艺要求温度范围内工作。

[0078] 以上所述的实施例仅仅是对本发明的优选实施方式进行描述,并非对本发明的范围进行限定,在不脱离本发明设计精神的前提下,本领域普通技术人员对本发明的技术方案作出的各种变形和改进,均应落入本发明权利要求书确定的保护范围内。

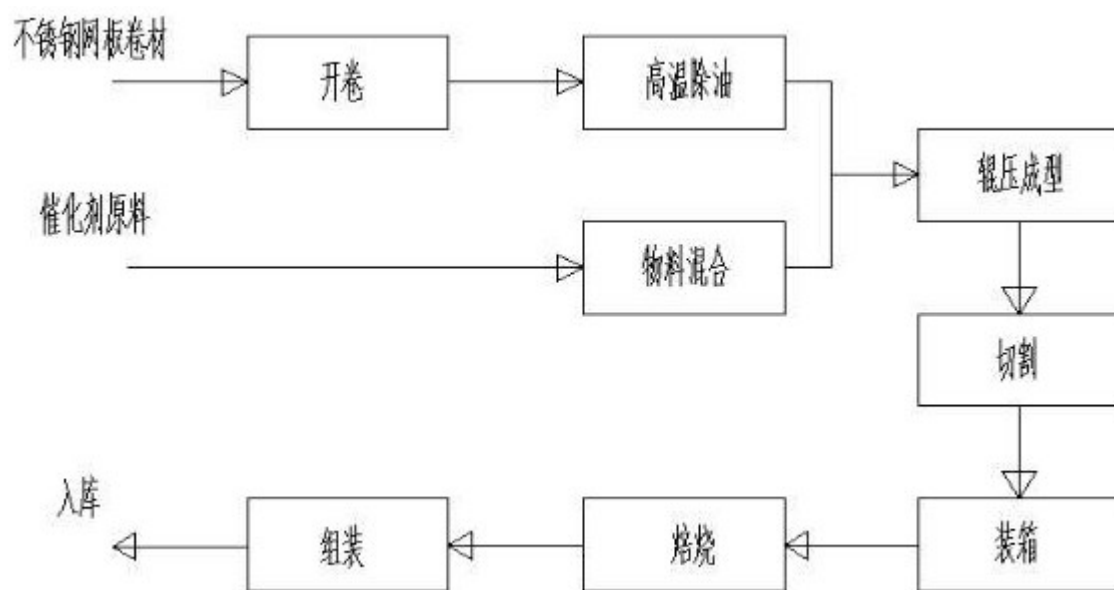


图 1

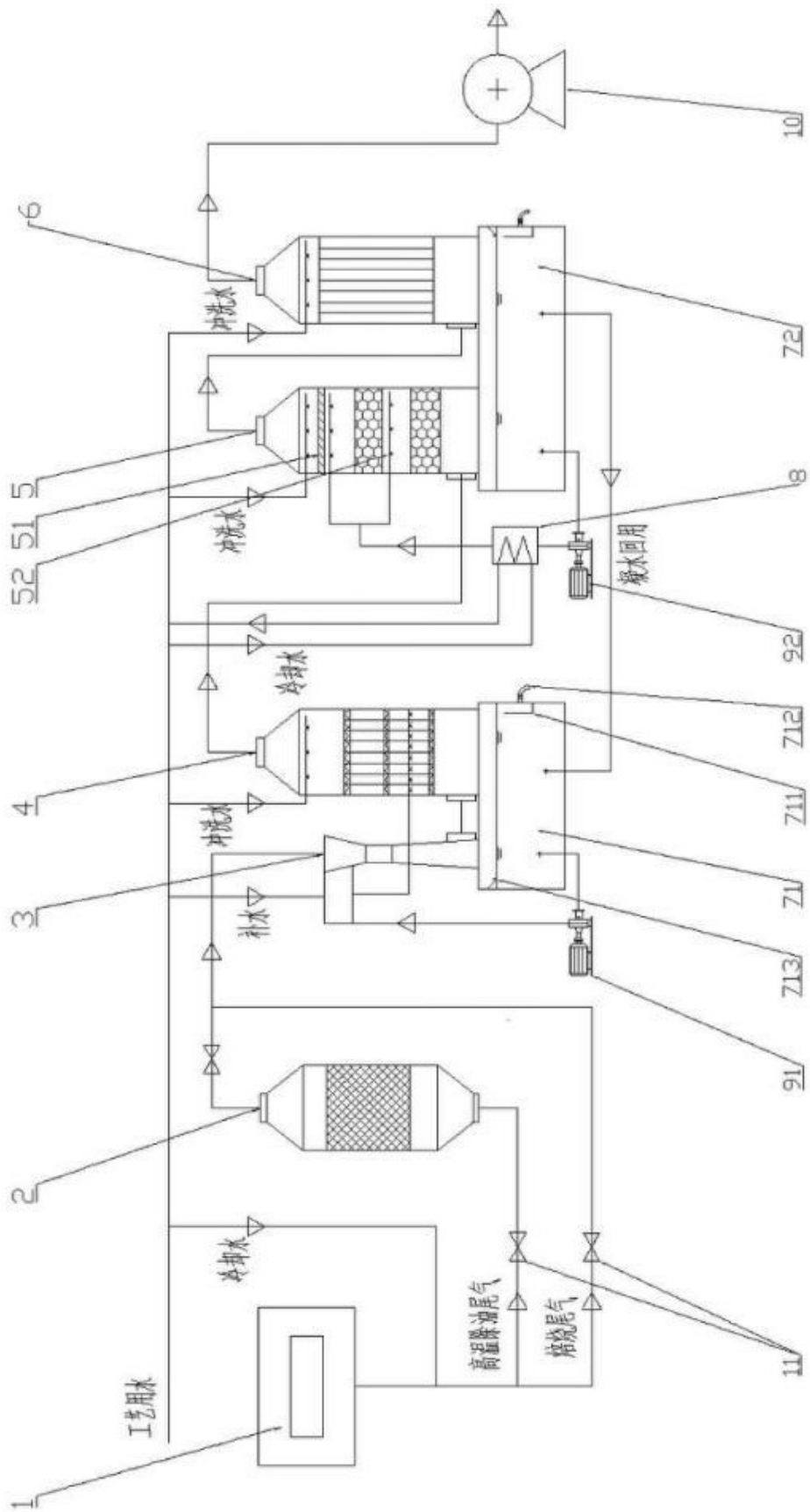


图 2

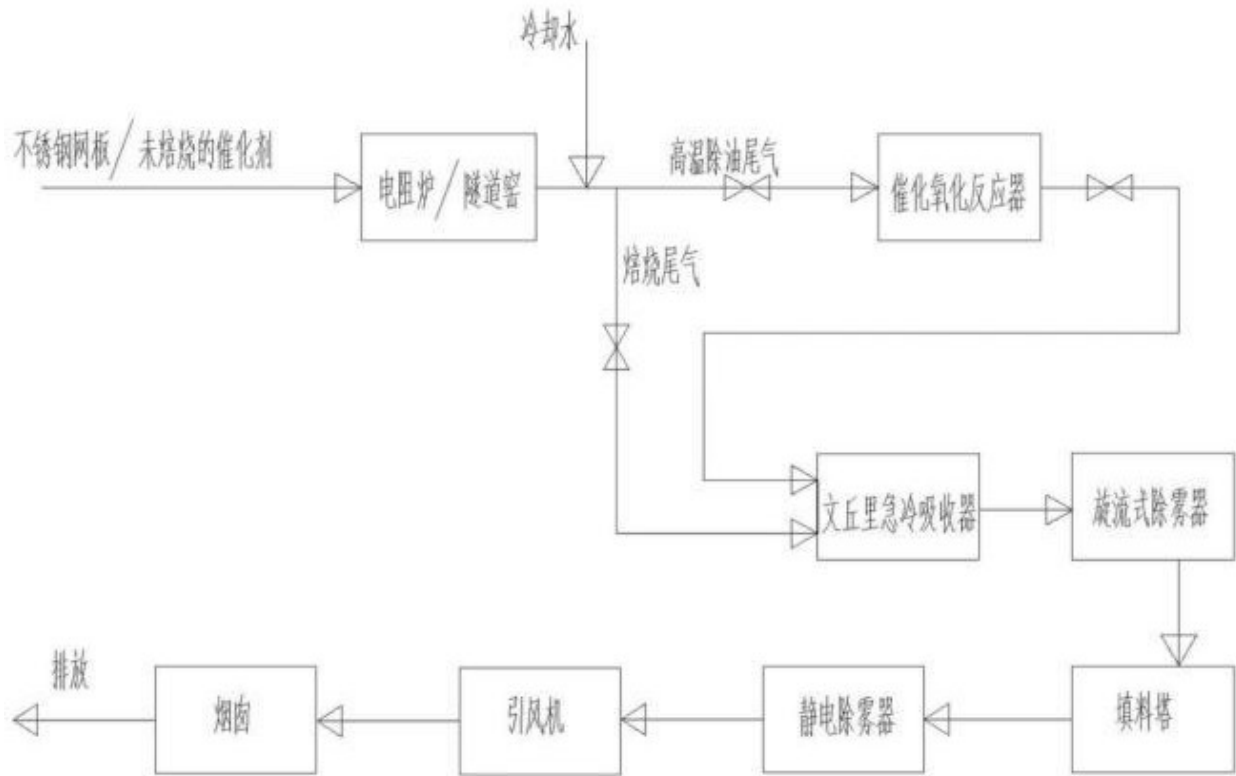


图 3

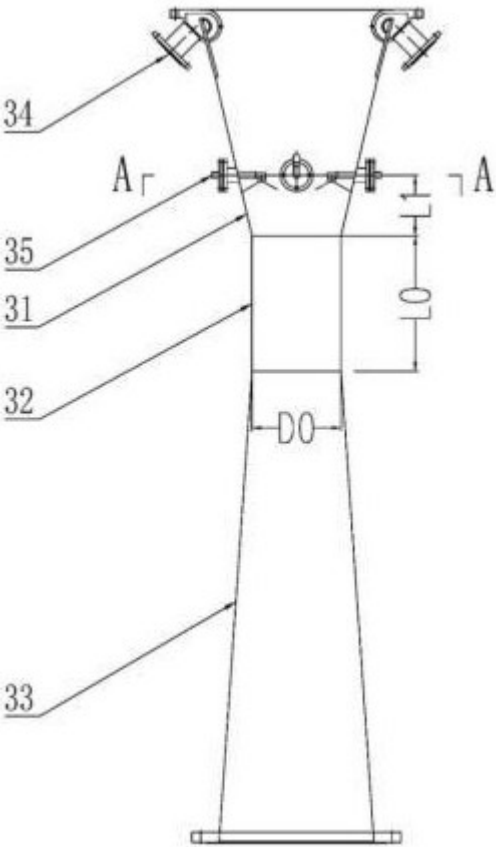


图 4

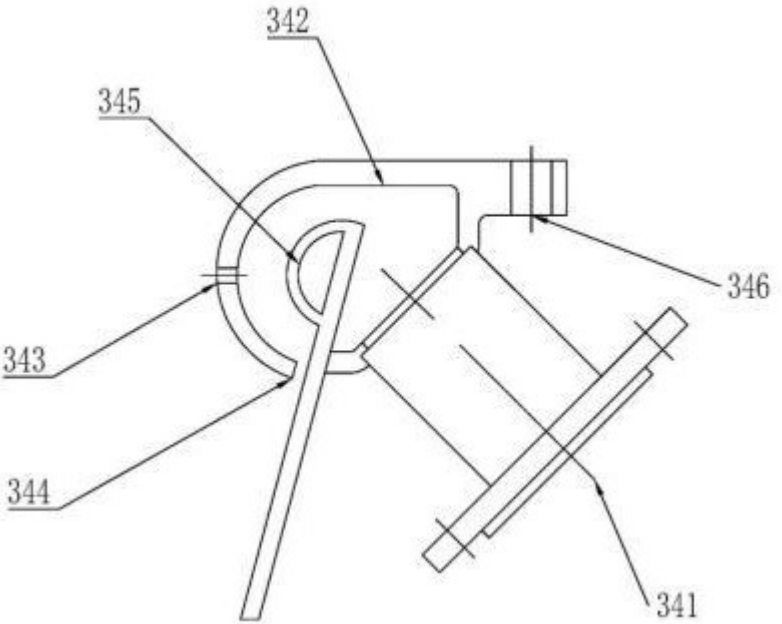


图 5

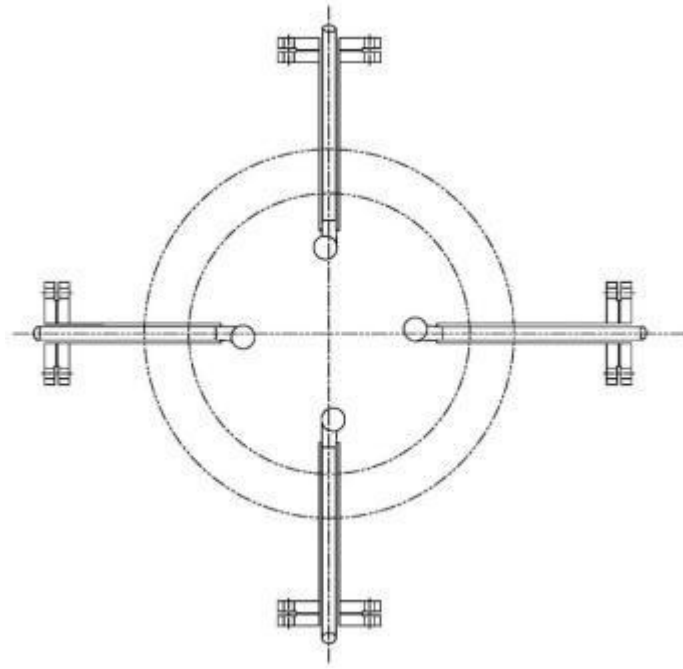


图 6

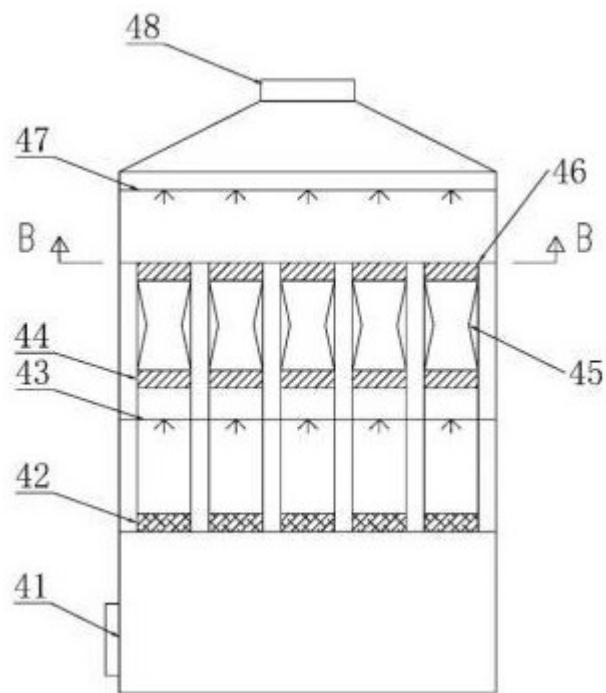


图 7

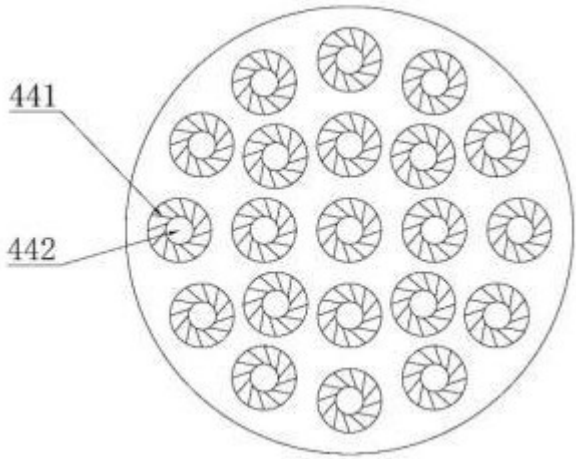


图 8

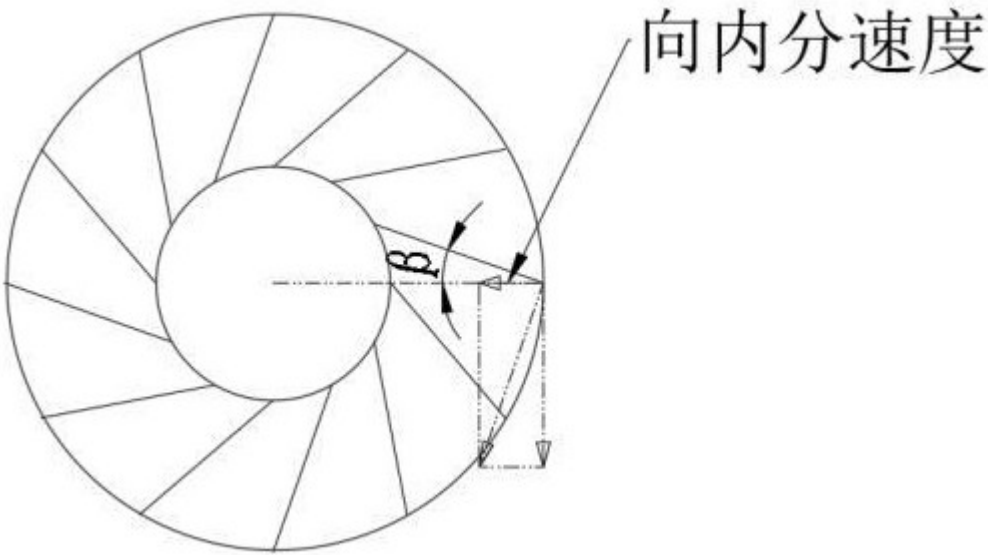


图 9

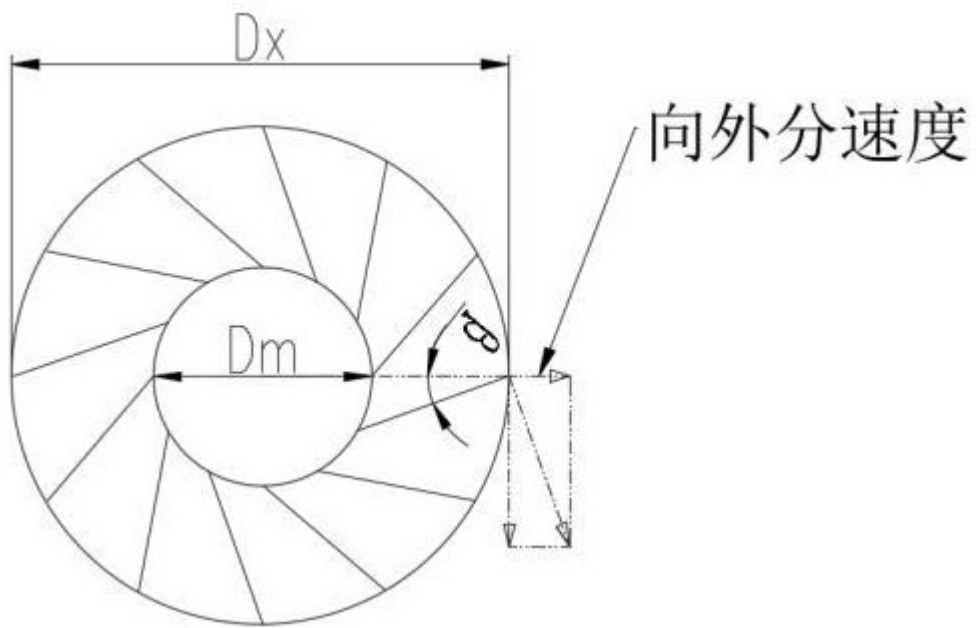


图 10