



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109513340 A

(43)申请公布日 2019.03.26

(21)申请号 201811493348.3

(22)申请日 2018.12.07

(71)申请人 山东洲蓝环保科技有限公司  
地址 272503 山东省济宁市汶上化工产业  
园

(72)发明人 杜军 张燎原 梁军

(51)Int.Cl.

B01D 53/86(2006.01)

B01D 53/56(2006.01)

B01D 53/48(2006.01)

B01D 53/50(2006.01)

B01D 53/78(2006.01)

B01D 53/02(2006.01)

B01D 46/00(2006.01)

F23J 15/06(2006.01)

F23J 15/04(2006.01)

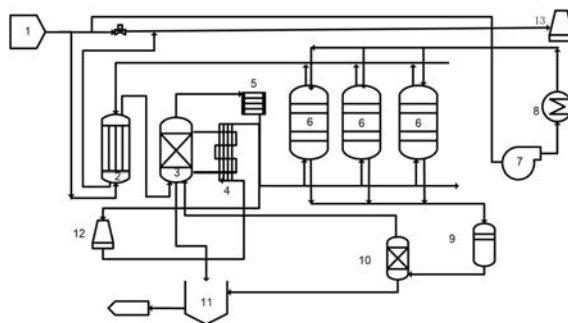
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54)发明名称

球团烟气低温脱硫脱硝方法

(57)摘要

本发明涉及一种球团烟气脱硫脱硝的方法，主要解决现有球团烟气脱硫脱硝运行成本高，产生二次污染的问题。本发明通过采用吸附的方法脱除球团烟气中的氮氧化物和硫化物，再生后的烟气中氮氧化物和硫化物进行制盐处理的技术方案，较好地解决了上述问题，该方法可用于钢铁厂烟气脱硫脱硝的工业生产中。



1. 一种球团烟气低温脱硫脱硝的方法,包括以下步骤:

球团烟道引出的含硫化物和氮氧化物的球团烟气,记为物流A,所述的物流A的温度为120~320℃;

物流A进入包含脱硝催化剂的脱硝塔,经催化还原后,形成物流B;

物流B进行余热利用,生产蒸汽或者热水,降温后的烟气形成物流C,所述的物流C的温度为100~180℃;

物流C进入冷却塔,经过冷却、除尘后,形成物流D,所述的物流D的温度为30~100℃;

物流D进入包含微晶吸附剂的吸附塔,吸附硫化物和氮氧化物后,形成物流E;

物流E进入烟囱排放;

步骤e)中吸附硫化物和氮氧化物饱和后的吸附塔,用100~10000m<sup>3</sup>/h的物流或者热空气再生,再生烟气形成物流F,其中所述的物流F的温度为120~350℃;

物流F进入包含氧化催化剂的氧化塔,经催化氧化后,形成物流G;

物流G进入再生尾气脱硫塔,用水或者碱液喷淋后,形成物流H,喷淋液进入废水处理系统或者提盐系统;

物流H进入步骤c)中的冷却塔。

2. 根据权利要求1所述的球团烟气脱硫脱硝的方法,其特征在于所述的物流A的温度为140~280℃;氮氧化物含量为100~1000mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为30~3000 mg/m<sup>3</sup>。

3. 根据权利要求1所述的球团烟气低温脱硫脱硝的方法,其特征在于所述的脱硝催化剂包括选自SSZ-13分子筛、TS-1、Ti-MWW、Ti-MOR、ZSM型分子筛、丝光沸石、β型分子筛、SAPO型分子筛、MCM-22、MCM-49、MCM-56、ZSM-5/丝光沸石、ZSM-5/β沸石、ZSM-5/Y、MCM-22/丝光沸石、ZSM-5/Magadiite、ZSM-5/β沸石/丝光沸石、ZSM-5/β沸石/Y沸石或ZSM-5/Y沸石/丝光沸石中的至少一种。

4. 根据权利要求3所述的球团烟气低温脱硫脱硝的方法,其特征在于所述的脱硝催化剂中还含有包括元素周期表中第IA、IIA、VA、IB、IIB、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB或第VIII族元素中的至少一种元素。

5. 根据权利要求1所述的球团烟气脱硫脱硝的方法,其特征在于所述的步骤d)中的冷却塔为喷淋塔或者换热器类型;物流D的温度为30~100℃;所述的物流E的温度为30~100℃;氮氧化物含量为1~200mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为0.1~100 mg/m<sup>3</sup>。

6. 根据权利要求1所述的球团烟气低温脱硫脱硝的方法,其特征在于所述的物流E的升温方式采用煤气加热升温方式,或者物流E和物流A换热升温方式,物流E经升温后,温度为80~200℃;步骤e)中,吸附塔的数量至少大于两个,吸附床操作温度为30~100℃,操作压力为0.1~20KPa。

7. 根据权利要求1所述的球团烟气低温脱硫脱硝的方法,其特征在于步骤e)中所述的微晶吸附剂选自包括X型分子筛、Y型分子筛、A型分子筛、SSZ-13分子筛、TS-1、Ti-MWW、Ti-MOR、ZSM型分子筛、丝光沸石、β型分子筛、SAPO型分子筛、MCM-22、MCM-49、MCM-56、ZSM-5/丝光沸石、ZSM-5/β沸石、ZSM-5/Y、MCM-22/丝光沸石、ZSM-5/Magadiite、ZSM-5/β沸石/丝光沸石、ZSM-5/β沸石/Y沸石或ZSM-5/Y沸石/丝光沸石中的至少一种。

8. 根据权利要求7所述的球团烟气低温脱硫脱硝的方法,其特征在于所述的微晶吸附剂中还含有包括元素周期表中第IA、IIA、VA、IB、IIB、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB或第VIII族元素

中的至少一种元素。

9. 根据权利要求1所述的球团烟气低温脱硫脱硝的方法, 其特征在于所述的氧化催化剂中含有包括元素周期表中第IA、IIA、VA、IB、IIB、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIB或第VIII族元素中的至少一种元素。

10. 根据权利要求7所述的球团烟气低温脱硫脱硝的方法, 其特征在于步骤h) 中所述的碱液为氢氧化钠溶液、氨水、剩余氨水、碳酸钠溶液、氢氧化钙溶液中的至少一种。

## 球团烟气低温脱硫脱硝方法

[0001]

### 技术领域

[0002] 本发明属于脱硫脱硝技术领域,具体涉及一种球团烟气脱硫脱硝方法。

### 背景技术

[0003]  $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 均为我国重要大气污染物,过量的排放会造成雾霾、酸雨和光化学烟雾等,严重危害生态环境及人类健康。化石燃料的燃烧是 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 的主要来源。煤炭是我国最重要的天然能源,作为我国第二大用煤领域,煤炭焦化是工业用煤领域主要污染源之一,球团烟气是大气重要的污染源。

[0004] 当前球团烟气脱硫领域应用较多的为氨法、石灰/石灰石法,双碱法、氧化镁法等为代表的湿法脱硫技术及半干法脱硫技术。湿法脱硫吸收利用率高,但是如石灰 / 石灰石-石膏法、双碱法、氧化镁法浆液中含有微小的亲水性离子,被烟道气带出,并排放至大气中,同时这些粒子表面很容易吸附二氧化硫、三氧化硫、氯化氢、氟化氢、氮氧化物、有害有机物和细菌等,引起大气悬浮粒子(通常所说的 $\text{PM}_{100}$ 、 $\text{PM}_{10}$ 、 $\text{PM}_{2.5}$ 等)含量的显著增加,而引起雾霾和大气光化学反应现象,造成严重的环境污染。亚硫酸钠(钾)法脱硫工艺、韦尔曼-洛德法脱硫脱硝工艺、有机酸-有机酸盐缓冲溶液法脱硫工艺,再生蒸汽耗能大、且再生率低,因此工业化难度大。氨法脱硫中氨腐蚀性大、造成设备腐蚀、且氨的生产过程是高能耗、高污染过程。半干法脱硫与湿法脱硫相比设备腐蚀小、无明显温降、利于烟囱排气扩散,但脱硫效率相对较低、反应速度慢。

[0005] 球团烟气脱硝领域的主流技术为 $\text{NH}_3$ -SCR脱硝,SCR技术采用催化剂,催化作用使反应活化能降低。在钢铁厂中,由于烟气本身温度很低( $200^\circ\text{C} \sim 300^\circ\text{C}$ ),需采用低温脱硝催化剂使脱硝反应在此温度区间进行,且需向烟气中喷入氨气作还原剂。

[0006] 单独的脱硫、脱硝工艺不仅占地面积大,而且投资、操作费用高。同时脱硫脱硝技术具有减少设备配置,节省空间,材料来源广,价格低,可再生循环利用等优点。其中,以活性炭(焦)技术为代表的干法脱硫脱硝一体化技术是对烟气中的热能利用最多的技术。

[0007] 中国专利201410119747.9 利用烟道废气余热回收装置回收烟道废气余热,降低烟道废气的温度,利用焦炭具有的活性吸附能力和低温脱硝催化能力,实现烟道废气的脱硫、脱硝的一体化。该发明的具体操作步骤为1)烟道废气先经过废气余热回收单元,烟道废气的余热被回收,温度降低到 $100^\circ\text{C} \sim 150^\circ\text{C}$ ,随后进入低温SCR脱硫脱硝单元中,烟气中的 $\text{SO}_2$ 被焦炭吸附脱除,经过脱硫的烟气与氨气混合,以焦炭为SCR法的催化剂,发生脱硝还原反应,完成 $\text{NO}_x$ 的脱除;2)低温SCR脱硫脱硝单元中的焦炭供给来自于由提升机和水平刮板输送机组成的焦炭供给单元,脱硝还原反应后的焦炭排出至焦炭主罐中,定时由外排车辆外送;3)低温SCR脱硫脱硝单元排出的烟气经烟气净化单元除尘净化后送至烟囱,实现烟道废气的达标排放。所述废气余热回收单元中回收的余热送去蒸氨装置中,对焦化厂产生的剩余氨水进行蒸氨处理,为低温SCR脱硫脱硝单元中的脱硝还原反应提供必要的氨气。

[0008] 中国专利201810438291.0公开了一种低硫烟气脱硫脱硝装置。该装置包括吸附塔和振动筛,吸附塔沿烟气流通方向依次设有第一区、第二区和第三区,第一区设有烟气进气口和位于烟气进气口的喷氨格栅,第三区设有烟气的出气口,第二区内设有流动的活性炭层,活性炭层从吸附塔的顶部入口流入,底部出口流出;振动筛与吸附塔的底部出口连接,并通过输送机构与吸附塔的顶部入口连接。

[0009] 中国专利CN201611269710.X 公开了一种烧结烟气氨炭联合脱硫脱硝方法,烧结烟气经含氨吸收液脱硫后再经活性炭吸附;所述活性炭由质量比为2:1~5:1的炭质原料、金属氧化物源在850~1100℃乡下焙烧得到;所述的炭质原料为半焦,或者为煤和生物质的混合物。本发明中,通过将氨与本发明所述方法制得的活性炭联用,可以有效脱硫脱硝、还有助于降低二次污染、缩减工艺。

[0010] 以上文献均为活性炭(焦)同时脱硫脱硝,但都无法脱离氨作为还原剂脱硝这一步骤。由于球团烟道内流场不均、温度场不均、催化剂失效度不均,逃逸氨的体积分数很难低于设计规程。逃逸氨超标会造成二次污染,且腐蚀管道材料,氨的使用过程中存在着危险性,对人的身体危害不可忽视。

[0011] 针对以上问题,本发明提出了分子筛吸附法同时脱硫脱硝的技术,不使用氨,同时吸附球团烟气中的SO<sub>2</sub>及NO<sub>x</sub>,且具有一定的回收利用价值。

## 发明内容

[0012] 本发明所要解决的技术问题是现有钢铁厂球团烟气治理过程中,运行成本高,产生二次污染的技术问题,提供了一种球团烟气低温脱硫脱硝的方法,该处理方法具有流程短,设备投资省,再生简单,能耗低,无二次污染的优点。

[0013] 为解决上述技术问题,本发明采用一种球团烟气低温脱硫脱硝的方法,包括以下步骤:

a) 球团烟道引出的含硫化物和氮氧化物的球团烟气,记为物流A,所述的物流A的温度为120~320℃;

b) 物流A进入包含脱硝催化剂的脱硝塔,经催化还原后,形成物流B;

c) 物流B进行余热利用,生产蒸汽或者热水,降温后的烟气形成物流C,所述的物流C的温度为100~180℃;

d) 物流C进入冷却塔,经过冷却、除尘后,形成物流D,所述的物流D的温度为30~100℃;

e) 物流D进入包含微晶吸附剂的吸附塔,吸附硫化物和氮氧化物后,形成物流E;

f) 物流E进入烟囱排放;

g) 步骤e)中吸附硫化物和氮氧化物饱和后的吸附塔,用100~10000m<sup>3</sup>/h的物流或者热空气再生,再生烟气形成物流F,其中所述的物流F的温度为120~350℃;

h) 物流F进入包含氧化催化剂的氧化塔,经催化氧化后,形成物流G;

i) 物流G进入再生尾气脱硫塔,用水或者碱液喷淋后,形成物流H,喷淋液进入废水处理系统或者提盐系统;

j) 物流H进入步骤c)中的冷却塔。

[0014] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的物流A的温度为140~280℃;氮氧化物含量为100~1000mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为30~3000 mg/m<sup>3</sup>。

[0015] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的脱硝催化剂包括选自SSZ-13分子筛、TS-1、Ti-MWW、Ti-MOR、ZSM型分子筛、丝光沸石、 $\beta$ 型分子筛、SAPO型分子筛、MCM-22、MCM-49、MCM-56、ZSM-5/丝光沸石、ZSM-5/ $\beta$ 沸石、ZSM-5/Y、MCM-22/丝光沸石、ZSM-5/Magadiite、ZSM-5/ $\beta$ 沸石/丝光沸石、ZSM-5/ $\beta$ 沸石/Y沸石或ZSM-5/Y沸石/丝光沸石中的至少一种。

[0016] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的脱硝催化剂中还含有包括元素周期表中第IA、IIA、VA、IB、IIB、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIIB或第VIII族元素中的至少一种元素。

[0017] 上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的步骤c)之前,烟气先进行余热利用采用蒸汽球团,生产的蒸汽温度为120~180℃;上述技术方案中,优选的技术方案为,余热球团出来的烟气再进入换热器,所述的换热器为列管式或者翅片式换热器;所述的步骤d)中的冷却塔为喷淋塔或者换热器类型;物流D的温度为30~100℃。

[0018] 上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的物流D的温度为30~100℃;氮氧化物含量为1~200mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为0.1~100 mg/m<sup>3</sup>。

[0019] 上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的物流E和物流A换热升温后,温度为80~200℃。

[0020] 上述技术方案中,优选的技术方案为,步骤e)中,吸附塔的数量至少大于两个,吸附床操作温度为30~100℃,操作压力为0.1~20KPa。

[0021] 上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的步骤d)中的冷却塔为喷淋塔或者换热器类型;物流C的温度为40~60℃。上述技术方案中,优选的技术方案为,步骤e)中,吸附塔的数量至少大于两个,吸附床操作温度为30~100℃,操作压力为0.1~20KPa。

[0022] 上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的物流A的温度为200~300℃;氮氧化物含量为100~1000mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为40~3000 mg/m<sup>3</sup>。

[0023] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,步骤e)中,吸附塔的数量至少大于两个,吸附床操作温度为30~80℃,操作压力表压为0.5~5Kpa。

[0024] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的微晶吸附剂选自包括X型分子筛、Y型分子筛、A型分子筛、SSZ-13分子筛、TS-1、Ti-MWW、Ti-MOR、ZSM型分子筛、丝光沸石、 $\beta$ 型分子筛、SAPO型分子筛、MCM-22、MCM-49、MCM-56、ZSM-5/丝光沸石、ZSM-5/ $\beta$ 沸石、ZSM-5/Y、MCM-22/丝光沸石、ZSM-5/Magadiite、ZSM-5/ $\beta$ 沸石/丝光沸石、ZSM-5/ $\beta$ 沸石/Y沸石或ZSM-5/Y沸石/丝光沸石中的至少一种。

[0025] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的微晶吸附剂中还含有包括元素周期表中第IA、IIA、VA、IB、IIB、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIIB或第VIII族元素中的至少一种元素。

[0026] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的氧化催化剂中含有包括元素周期表中第IA、IIA、VA、IB、IIB、IIIB、IVB、VB、VIB、VIIIB或第VIII族元素中的至少一种元素。

[0027] 在上述技术方案中,优选的技术方案为,所述的碱液为氢氧化钠溶液、氨水、剩余氨水、碳酸钠溶液、氢氧化钙溶液中的至少一种。

[0028] 在上述技术方案中,优选的技术方案,所述的分子筛吸附剂选自包括SSZ-13、TS-1、Ti-MWW、Ti-MOR、ZSM型分子筛、丝光沸石、 $\beta$ 型分子筛、SAPO型分子筛、MCM-22、ZSM-5/丝光沸石、ZSM-5/ $\beta$ 沸石、ZSM-5/Y、MCM-22/丝光沸石、ZSM-5/ $\beta$ 沸石/丝光沸石、ZSM-5/ $\beta$ 沸石/Y沸石或ZSM-5/Y沸石/丝光沸石中的至少一种。

[0029] 在上述技术方案中,优选的技术方案,所述的分子筛的硅铝摩尔比大于2。

[0030] 在上述技术方案中,优选的技术方案,所述的元素周期表中第IIA元素选自镁和钙中的至少一种;第IB族元素选自铜、银中的至少一种;第IIIB族元素选自镧、铈、钇中的至少一种。

[0031] 在上述技术方案中,优选的技术方案,所述的分子筛吸附剂中ZSM型分子筛选自包括ZSM-5、ZSM-23、ZSM-11、ZSM-48中的至少一种,其中所述分子筛的硅铝摩尔比大于20。

[0032] 在上述技术方案中,优选的技术方案,吸附床操作温度为30~50℃,操作压力为1~3Kpa,表压。

[0033] 在上述技术方案中,优选的技术方案,再生气氧化塔中通入空气、臭氧、双水氧水中的至少一种。

[0034] 在上述技术方案中,优选的技术方案,所述的分子筛吸附剂吸附饱和后,先用的热水冲洗,再用100~300℃氮气再生。

[0035] 采用上述技术方案,采用微晶吸附剂脱硫脱硝,微晶吸附剂对烟气净化处理有如下优点:可以有效吸附烟气中的二氧化硫和氮氧化物,使之达到排放标准;耐高温、结构稳定,可反复再生;吸附精度高,除了吸附二氧化硫以外,还可同时除尘除二噁英等有害物质,使之达到排放标准;微晶吸附剂使用寿命长,不产生危废。通过在烟气出口设立吸附塔,利用新型硅铝酸盐微晶吸附剂对烟气中的二氧化硫、氮氧化物进行吸附,吸附塔内新型硅铝酸盐微晶吸附剂吸附饱和后,通过高温烟气对微晶吸附剂进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮,再生烟气用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入生化系统或者去提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔循环。整个处理流程短,设备投资省,再生操作简单可靠,能耗低,烟气排放氮氧化物 $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ,二氧化硫 $\leq 30\text{mg}/\text{m}^3$ ,尘含量小于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ ,取得了较好的技术效果。

## 附图说明

[0036] 图1为本发明的球团烟气脱硫脱硝方法的流程示意图。

[0037] 图1中1为球团烟气,2为脱硝塔,3为余热蒸汽球团,4为冷却塔,

4为换热器,5为电捕雾,6为吸附塔,7为风机,8为加热器,9为氧化塔,10为喷淋塔,11为沉淀池,12为冷却塔,13为烟囱。

[0038] 下面通过实施例对本发明作进一步的阐述,但不仅限于本实施例。

## 具体实施方式

### [0039] 【实施例1】

160万立方米240℃的球团烟气,氮氧化物含量为 $500\text{mg}/\text{m}^3$ ,硫化物含量为 $200\text{mg}/\text{m}^3$ ,烟气进入脱硝塔,在240℃,在ZSM-5分子筛催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热球团,产生蒸汽,烟气温度降低到180℃左右;然后烟气进入自换热器,和进入烟囱的冷烟气换热,温度降低到110℃左右;110℃的烟气通过喷淋降温到50℃,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去生化系统;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用3个 $200\text{m}^3$ 的吸附塔,两开一备,每个吸附塔内装填 $120\text{m}^3$ 微晶材料,共计 $360\text{m}^3$ 微晶材料丝光沸石;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;烟气除去硫化物和氮氧化物后,进入自换热器,和热烟气换热后,达到100℃以上,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为 $50\text{mg}/\text{m}^3$ ,硫化物含

量为 $20\text{ mg/m}^3$ 。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用 $3000\text{m}^3/\text{h}$ 的热烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入生化系统或者去化产提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

#### [0040] 【实施例2】

具体的实施方式如附图1所示的装置流程,150万立方米 $260^\circ\text{C}$ 的烟气,氮氧化物含量为 $400\text{mg/m}^3$ ,硫化物含量为 $100\text{ mg/m}^3$ ,烟气进入脱硝塔,在 $240^\circ\text{C}$ ,在ZSM-5分子筛催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热球团,产生 $150^\circ\text{C}$ 蒸汽,烟气温度降低到 $140^\circ\text{C}$ 左右;然后烟气进入喷淋降温到 $40^\circ\text{C}$ ,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去生化系统;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用3个 $200\text{m}^3$ 的吸附塔,两开一备,每个吸附塔内装填 $120\text{m}^3$ 微晶材料,共计 $360\text{ m}^3$ 微晶材料ZSM-5分子筛;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;烟气除去硫化物和氮氧化物后,进入自换热器,和热烟气换热后,达到 $100^\circ\text{C}$ 以上,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为 $50\text{mg/m}^3$ ,硫化物含量为 $20\text{ mg/m}^3$ 。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用 $3000\text{m}^3/\text{h}$ 的热烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入生化系统或者去提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

#### [0041] 【实施例3】

具体的实施方式如附图1所示的装置流程,140万立方米 $300^\circ\text{C}$ 的烟气,氮氧化物含量为 $450\text{mg/m}^3$ ,硫化物含量为 $200\text{ mg/m}^3$ ,烟气进入脱硝塔,在 $300^\circ\text{C}$ ,在铜负载的ZSM-5分子筛催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热球团,产生 $160^\circ\text{C}$ 蒸汽,烟气再进入自换热器,和进入烟囱的冷烟气换热,温度降低到 $110^\circ\text{C}$ 左右; $110^\circ\text{C}$ 的烟气通过烟气温度降低到 $110^\circ\text{C}$ 左右; $110^\circ\text{C}$ 的烟气通过喷淋降温到 $50^\circ\text{C}$ ,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去生化系统;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用3个 $200\text{m}^3$ 的吸附塔,两开一备,每个吸附塔内装填 $120\text{m}^3$ 微晶材料,共计 $360\text{ m}^3$ 微晶材料ZSM-5分子筛;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;烟气除去硫化物和氮氧化物后,进入自换热器,和热烟气换热后,达到 $110^\circ\text{C}$ 以上,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为 $40\text{mg/m}^3$ ,硫化物含量为 $10\text{ mg/m}^3$ 。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后,用高温烟气自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用 $3000\text{m}^3/\text{h}$ 的 $240^\circ\text{C}$ 烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入含有钒系催化剂的氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入生化系统或者去提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

#### [0042] 【实施例4】

具体的实施方式如附图1所示的装置流程,200万立方米 $180^\circ\text{C}$ 的烟气,氮氧化物含量为 $1000\text{mg/m}^3$ ,硫化物含量为 $500\text{ mg/m}^3$ ,烟气进入脱硝塔,在 $180^\circ\text{C}$ ,在丝光沸石催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热球团,每小时产生10吨 $165^\circ\text{C}$ 蒸汽,烟气温度降低到 $120^\circ\text{C}$ 左右; $120^\circ\text{C}$ 的烟气通过喷淋降温到 $40^\circ\text{C}$ ,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去化产的提盐系统;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用4个 $200\text{m}^3$ 的吸附塔,三开一备,每个吸附塔内装填 $120\text{m}^3$ 微晶材料,共计 $360\text{ m}^3$ 微晶材料SSZ-13分子筛;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;烟气除去硫化物和氮氧化物后,进入自换热器,和热烟气换



热后,达到100℃以上,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为50mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为20 mg/m<sup>3</sup>。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用2000m<sup>3</sup>/h的热烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入含有铜系催化剂的氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入化产提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

#### [0043] 【实施例5】

具体的实施方式如图1所示的装置流程,200万立方米180℃的烟气,氮氧化物含量为1000mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为500 mg/m<sup>3</sup>,烟气进入脱硝塔,在180℃,在铜锌负载的ZSM-5分子筛催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热球团,产生150℃蒸汽,烟气降温到170℃,然后烟气进入自换热器,和进入烟囱的冷烟气换热,温度降低到130℃左右;烟气进入喷淋塔,通过喷淋降温到40℃,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去化产的提盐系统;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用4个200m<sup>3</sup>的吸附塔,三开一备,每个吸附塔内装填120m<sup>3</sup>的Y沸石微晶材料,共计360 m<sup>3</sup>微晶材料铜ZSM-5分子筛;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;烟气除去硫化物和氮氧化物后,进入自换热器,和热烟气换热后,达到100℃以上,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为40mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为10 mg/m<sup>3</sup>。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用3000m<sup>3</sup>/h的180℃烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入含有铜系催化剂的氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入化产提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

#### [0044] 【实施例6】

具体的实施方式如图1所示的装置流程,200万立方米260℃的烟气,氮氧化物含量为400mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为100 mg/m<sup>3</sup>,烟气进入脱硝塔,在250℃左右,在稀土丝光沸石催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热球团,产生170℃蒸汽,烟气降温到175℃,然后烟气进入自换热器,和进入烟囱的冷烟气换热,温度降低到130℃左右;进入喷淋降温到50℃,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去生化系统;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用3个200m<sup>3</sup>的吸附塔,两开一备,每个吸附塔内装填120m<sup>3</sup>微晶材料,共计360 m<sup>3</sup>微晶材料,微晶材料包含镧和锌改性的ZSM-5分子筛;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;烟气除去硫化物和氮氧化物后,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为30mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为5mg/m<sup>3</sup>。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用4000m<sup>3</sup>/h的180℃的烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入氧化塔,在250℃氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入生化系统或者去提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

#### [0045] 【实施例7】

具体的实施方式如附图1所示的装置流程,180万立方米240℃的烟气,氮氧化物含量为400mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为100 mg/m<sup>3</sup>,烟气进入脱硝塔,在240℃,在稀土Y分子筛催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热蒸汽球团,产生145℃蒸汽,烟气降温到160℃,通过喷淋降温到40℃,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去生化系统;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用3个200m<sup>3</sup>的吸附塔,两开一备,每个吸附塔内装填120m<sup>3</sup>微晶材料,共计360 m<sup>3</sup>微晶材料ZSM-5分子筛;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;

烟气除去硫化物和氮氧化物后,进入自换热器,和热烟气换热后,达到100℃以上,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为50mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为20 mg/m<sup>3</sup>。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用3000m<sup>3</sup>/h的热烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入生化系统或者去提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

[0046] 【实施例8】

具体的实施方式如附图1所示的装置流程,180万立方米米210℃的烟气,氮氧化物含量为400mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为100 mg/m<sup>3</sup>,烟气进入脱硝塔,在210℃,在铜和钨负载的ZSM-5分子筛催化剂作用下,氮氧化物还原成氮气,反应后的烟气进入余热球团,产生160℃蒸汽,烟气降温到185℃,然后烟气进入自换热器,和进入烟囱的冷烟气换热,温度降低到130℃左右;通过喷淋降温到50℃,喷淋水通过循环使用,部分废水中和后,去焦化的提盐车间;降温后的烟气通过除雾设备后,进入吸附塔;采用4个200m<sup>3</sup>的吸附塔,三开一备,每个吸附塔内装填150m<sup>3</sup>微晶材料,共计450 m<sup>3</sup>含有丝光沸石和ZSM-5分子筛的微晶材料;吸附塔规格为直径4.8米,高12.0米;烟气除去硫化物和氮氧化物后,进入自换热器,和热烟气换热后,达到100℃以上,进烟囱排放,烟气中氮氧化物含量为50mg/m<sup>3</sup>,硫化物含量为20 mg/m<sup>3</sup>。吸附塔内装填脱硫、脱硝、除尘微晶吸附剂,吸附饱和后自动切换循环再生;每7天自动切换一个塔再生,饱和的吸附塔用4000m<sup>3</sup>/h的240℃的烟气进行再生,脱附的氮氧化物和硫化物进入氧化塔,氧化成三氧化硫和二氧化氮;混合气体降温后,用水喷淋吸收,部分废水中和后,排入生化系统或者去提盐车间,尾气进入烟气喷淋塔。

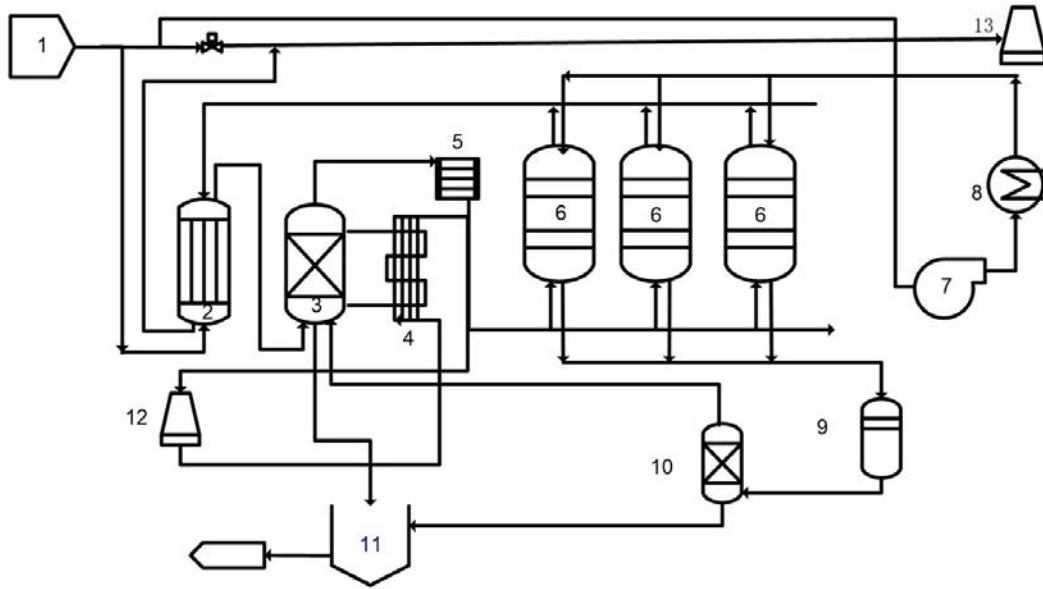


图1