



# (12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208839349 U

(45)授权公告日 2019.05.10

(21)申请号 201821146949.2

B01D 53/60(2006.01)

(22)申请日 2018.07.19

B01D 53/64(2006.01)

B01D 46/02(2006.01)

(73)专利权人 中冶节能环保有限责任公司  
地址 100088 北京市海淀区西土城路33号

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

专利权人 中冶建筑研究总院有限公司  
中国京冶工程技术有限公司

(72)发明人 李鹏飞 朱晓华 李昆 王雨清  
王博如 李洪全 陈媛

(74)专利代理机构 北京瑞思知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11341

代理人 张东山

(51)Int.Cl.

B01D 53/75(2006.01)

B01D 53/86(2006.01)

B01D 53/83(2006.01)

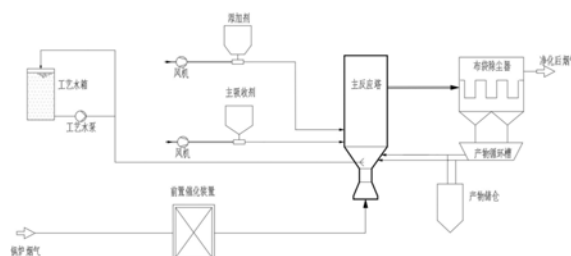
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

## (54)实用新型名称

一种能实现烟气超低排放的干法净化装置

## (57)摘要

本实用新型涉及一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,所述装置包括前置催化装置(2)、主反应塔、脉冲式布袋除尘器(16)、工艺水箱、主吸收剂送粉系统和添加剂送粉系统;经过初步除尘以后的烟气依次经过前置氧化装置,主反应塔和脉冲布袋式除尘器;NO<sub>x</sub>在前置催化装置中部分的被催化转化成NO<sub>2</sub>;主反应塔中的吸收剂吸收二氧化硫、氮氧化物及其他酸性气体,同时吸收剂对重金属等也有较好的控制作用。将烟气中的NO部分氧化生成NO<sub>2</sub>,并和SO<sub>2</sub>一起进入主反应塔,结合主反应塔布置形式以及反应温度的调整,使得主反应塔对SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>的脱除效果大大的增强,同时吸收剂可以实现对挥发/半挥发性重金属的脱除。



1. 一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,其包括前置催化装置(2)、主反应塔、脉冲式布袋除尘器(16)、工艺水箱、主吸收剂送粉系统和添加剂送粉系统;工艺水箱连接主反应塔,用于将水送入主反应塔,主吸收剂送粉系统、添加剂送粉系统分别连接主反应塔,用于将主吸收剂和添加剂送入主反应塔,前置催化装置(2)中装填有催化剂(20),前置催化装置(2)连接主反应塔底端,用于将经过前置催化装置(2)处理后的烟气送入主反应塔进行处理,主反应塔上端连接脉冲式布袋除尘器(16),用于将通过主反应塔处理后的烟气送入脉冲式布袋除尘器(16),脉冲式布袋除尘器(16)设置有清洁烟气排出口(17),经布袋除尘器(16)处理后的清洁烟气通过清洁烟气排出口(17)排出。

2. 根据权利要求1所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,所述干法净化装置还包括产物循环槽和产物储仓;产物循环槽为返料装置(15)并设置在脉冲式布袋除尘器(16)的下端,烟气通过脉冲式布袋除尘器(16)被分离下来的固体物料进入产物循环槽中,部分固体物料经回料管道直接返回主反应塔,重新参与主反应塔内化学反应过程,部分固体物料从乏料排出口(14)排出到产物储仓,以维持整个装置的固体物料平衡。

3. 根据权利要求1-2之一所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,所述前置催化装置(2)具有催化装置进口烟道(18)、前置催化装置外壳(19)和催化装置出口烟道(21),前置催化装置外壳(19)一端连接所述进口烟道(18),另一端连接所述出口烟道(21),前置催化装置外壳(19)中装填有催化剂(20)。

4. 根据权利要求1-2之一所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,前置催化装置(2)内填装催化剂,所述催化剂为蜂窝式,将烟气中的NO部分氧化为NO<sub>2</sub>。

5. 根据权利要求1-2之一所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,主反应塔构造为流化床反应器,其具有孔板布风装置(5),布风形式采用孔板布风,采用双段布置,孔板布风装置(5)以下为主反应塔入口段(4),孔板布风装置(5)以上为反应段,即主反应塔上段(9)。

6. 根据权利要求1-2之一所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,在主反应塔反应段孔板布风装置(5)以上安装第一层可开闭的工艺水喷枪,在第一层工艺水喷枪上方设置第二层可开闭的工艺水喷枪,工艺水箱可分别连接第一层工艺水喷枪和第二层可开闭的工艺水喷枪。

7. 根据权利要求6所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,第一层可开闭的工艺水喷枪布置在主反应塔反应段孔板布风装置(5)以上;第二层可开闭的工艺水喷枪布置在反应段的高度范围内,并且距离孔板布风装置(5)1/2到2/3的高度上。

8. 根据权利要求6所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,在反应塔上设置第一层主吸收剂入口(7)、第二层主吸收剂入口(11)、第一层添加剂入口(8)和第二层添加剂入口(12),第一层主吸收剂入口(7)和第一层添加剂入口(8)的设置位置位于第一层可开闭的工艺水喷枪上部0.5-2m,第二层主吸收剂入口(11)和第二层添加剂入口(12)的设置位置位于第二层可开闭的工艺水喷枪上部0.5-2m,主吸收剂送粉系统分别连接第一层主吸收剂入口(7)和第二层主吸收剂入口(11);添加剂送粉系统分别连接第一层添加剂入口(8)和第二层添加剂入口(12)。

9. 根据权利要求1-2之一所述的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,其特征在於,所述干法净化装置为一种能实现烟气二氧化硫、氮氧化物、重金属及粉尘超低排放的干

法净化装置。

## 一种能实现烟气超低排放的干法净化装置

### 技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,具体涉及一种能实现烟气二氧化硫、氮氧化物、重金属及粉尘超低排放的干法净化装置,属于环境保护工程技术领域的污染物控制技术,用于在一套工艺中同时脱除烟气中的多种污染物。

### 背景技术

[0002] 我国是以煤炭为主要能源的国家,煤炭燃烧会形成多种污染物,如粉尘,重金属,氮氧化物,硫氧化物等。控制污染物的排放是煤炭清洁利用的重要内容。大型燃煤电站一般采用静电除尘,石灰石石膏法脱硫,氨-SCR法脱硝。但是石灰石石膏法脱硫,氨-SCR法技术用在规模相对较小的机组时,存在一系列问题,如石灰石石膏法脱硫工艺复杂,造价高;氨-SCR法存在着氨区安全隐患大,运行费用高等问题。

[0003] 小容量机组对污染物控制的特点是:对造价较敏感,对运行成本较敏感,要求技术尽量简单,对效率要求相对低。小容量机组的污染控制技术水平远低于大容量机组,迫切需要运行可靠,造价和运行成本低,工艺简单的污染物控制技术。

[0004] 现有电站机组污染物控制技术,一个反应器中仅脱除一种污染物,多个反应器串联脱除多种污染物,如SCR+FGD+ESP等。这种方式对单一污染的脱除效率高,但投资大,运行费用高,不适用于已有设备的改造;如何实现多种污染物的联合脱除,渐渐成为污染物控制的技术热点。现今已出现多种在一个反应器中同时脱除各种污染物的技术,虽然设备简单,投资和运行费用低,但因为各种污染物具有不同的脱除特点,在一个反应器中同时到达高效脱除,技术上难以实现。

### 实用新型内容

[0005] 本实用新型专利的目的在于提供一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,优选为一种能实现烟气二氧化硫、氮氧化物、重金属及粉尘超低排放的干法净化装置;以解决上述技术问题。

[0006] 所述干法净化装置包括前置催化装置、主反应塔、脉冲式布袋除尘器、工艺水箱、主吸收剂送粉系统和添加剂送粉系统;工艺水箱连接主反应塔,用于将水送入主反应塔,主吸收剂送粉系统、添加剂送粉系统分别连接主反应塔,用于将主吸收剂和添加剂送入主反应塔,前置催化装置中装填有催化剂,前置催化装置连接主反应塔底端,用于将经过前置催化装置处理后的烟气送入主反应塔进行处理,主反应塔上端连接脉冲式布袋除尘器,用于将通过主反应塔处理后的烟气送入脉冲式布袋除尘器,脉冲式布袋除尘器设置有清洁烟气排出口,经布袋除尘器处理后的清洁烟气通过清洁烟气排出口排出。

[0007] 其中,所述干法净化装置还包括产物循环槽和产物储仓;产物循环槽优选为返料装置并设置在脉冲式布袋除尘器的下端,烟气通过脉冲式布袋除尘器被分离下来的固体物料进入产物循环槽中,部分固体物料经回料管道直接返回主反应塔,重新参与主反应塔内化学反应过程,部分固体物料从乏料排出口排出到产物储仓,以维持整个装置的固体物料

平衡。

[0008] 其中,所述前置催化装置具有催化装置进口烟道、前置催化装置外壳和催化装置出口烟道,前置催化装置外壳一端连接所述进口烟道,另一端连接所述出口烟道,前置催化装置外壳中装填有催化剂。

[0009] 其中,前置催化装置内填装催化剂,所述催化剂优选为蜂窝式,将烟气中的NO部分氧化为NO<sub>2</sub>,催化剂活性组分为Fe、V、Mn氧化物中的一种或多种,载体为二氧化钛、活性氧化铝、4A分子筛中的一种或多种。催化剂还可以为四叶式或板式构型。

[0010] 其中,催化剂包括二氧化钛、FeO、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和MnO<sub>2</sub>;优选,催化剂以二氧化钛为载体,质量含量为70-90%,优选80%;优选,以FeO、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO<sub>2</sub>为活性成分;其中FeO的质量含量为3-6%,优选为5%;V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>质量含量为0.5-2%,优选为1%;MnO<sub>2</sub>质量含量12-18%,优选为14%。

[0011] 其中,催化剂构型为蜂窝式的催化剂,催化剂装填一定体积,使得催化反应空速为3000-6000h<sup>-1</sup>,烟气流速为3-6m/s;优选,使得前置催化装置中,烟气中40-65%体积分数的NO被氧化成NO<sub>2</sub>。

[0012] 其中,前置催化装置中将NO部分氧化成NO<sub>2</sub>;主反应塔内完成NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、重金属等的同时脱除;主反应塔内吸收挥发/半挥发性重金属,脉冲袋式除尘器辅助物料循环,同时脱除掉烟气中的粉尘,袋式除尘器上的滤饼也有脱除NO<sub>x</sub>和SO<sub>2</sub>的作用。

[0013] 其中,主反应塔构造为流化床反应器,其具有孔板布风装置,布风形式采用孔板布风,采用双段布置,孔板布风装置以下为主反应塔入口段,孔板布风装置以上为反应段,即主反应塔上段。优选,反应段的高径比控制在3-7,反应段表观气体流速控制在2-5m/s。优选主反应塔入口温度为90-160℃,物料循环倍率为20~200,出口烟气温度高于烟气出口露点温度15~35℃。

[0014] 其中,在主反应塔反应段孔板布风装置以上安装第一层可开闭的工艺水喷枪,在第一层工艺水喷枪上方设置第二层可开闭的工艺水喷枪,工艺水箱可分别连接第一层工艺水喷枪和第二层可开闭的工艺水喷枪。优选,只有当入口烟气中SO<sub>2</sub>含量高于1500mg/cm<sup>3</sup>时,或者喷水量需求大于10t/h时,才使用第二层可开闭的工艺水喷枪,与第一层工艺水喷枪同时喷水。

[0015] 其中,第一层可开闭的工艺水喷枪布置在主反应塔反应段孔板布风装置以上,优选布置1-5只,再次优选为1-2只第一层可开闭的工艺水喷枪,喷枪类型优选为为双流体喷枪;第二层可开闭的工艺水喷枪布置在反应段的高度范围内,并且距离孔板布风装置1/2到2/3的高度上,优选布置1-5只,再次优选为1-2只第二层可开闭的工艺水喷枪,喷枪类型优选为为双流体喷枪。

[0016] 其中,在反应塔上设置第一层主吸收剂入口、第二层主吸收剂入口、第一层添加剂入口和第二层添加剂入口,第一层主吸收剂入口和第一层添加剂入口的设置位置位于第一层可开闭的工艺水喷枪上部0.5-2m,第二层主吸收剂入口和第二层添加剂入口的设置位置位于第二层可开闭的工艺水喷枪上部0.5-2m,主吸收剂送粉系统分别连接第一层主吸收剂入口和第二层主吸收剂入口;添加剂送粉系统分别连接第一层添加剂入口和第二层添加剂入口。优选,第一层的主吸收剂和添加剂入口的高度相同,每个主吸收剂入口的喷入量为100-3000kg/h,每个添加剂喷入点喷入量为100-1500kg/h。优选,当NO<sub>x</sub>含量超过500mg/m<sup>3</sup>,或者主吸收剂喷入量需求大于3000kg/h,或者添加剂喷入量需求大于1500kg/h时,启用第

二层主吸收剂入口和第二层添加剂入口,与第一层主吸收剂入口和第一层添加剂入口同时工作,第二层的主吸收剂和添加剂入口的高度相同,每个主吸收剂喷入点喷入量为100-3000kg/h,每个添加剂收剂喷入点喷入量为100-1500kg/h。采用两层喷入的方式,能实现物料分布均匀,实现在主反应塔上段的分层反应,提高脱除率。

[0017] 其中,主吸收剂为消石灰,消石灰中的Ca(OH)<sub>2</sub>质量含量大于80%,添加剂包括硫铁灰、电石渣、赤泥、白泥、洗煤泥、硅锰渣中的一种或几种,添加剂中的有效成分为其中所含有的碱性氧化物和碱性氢氧化物。优选,主吸收剂和添加剂的质量比,要求为:

$$[0018] \quad 0.1 < \frac{\text{添加剂}}{\text{主吸收剂}} < 0.5。$$

[0019] 其中,主吸收剂中Ca(OH)<sub>2</sub>和污染物的摩尔比控制在1-4,即单位时间喷入的消石灰中Ca(OH)<sub>2</sub>摩尔含量 $m_{ca}$ ,单位时间内烟气中总共的SO<sub>2</sub>摩尔含量为 $m_s$ ,NO的摩尔含量为 $m_N$ ,应保证 $m_{ca} : (m_s + 0.5 * m_N) = 1-4$ ,保证SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的高效脱除,“\*”为乘的含义,“+”为加的含义。

[0020] 其中,主吸收剂和添加剂的粒径 $D_{90} < 10\mu\text{m}$ ,塔内呈现快速床状态,主吸收剂和添加剂呈现上稀下密的分布状态,塔内进出口的压差控制在0.5-3kPa,流化床内的主吸收剂和添加剂对汞、砷、硒等重金属有非常强的吸收作用,从而达到脱除重金属的目的; $D_{90}$ 是筛分中特定表达方式,就是用特定孔径的筛子筛分时,此处特定孔径为10 $\mu\text{m}$ ,能够通过90%以上质量分数的颗粒。

[0021] 其中,本实用新型还提供一种能实现烟气二氧化硫、氮氧化物、重金属及粉尘超低排放的干法净化工艺,优选,净化工艺为采用上述一种能实现烟气超低排放的干法净化装置进行净化的净化工艺;其包括如下步骤:

[0022] 步骤(1)、烟气首先进入前置催化装置进行处理,通过前置催化装置中装填的催化剂将烟气中的一氧化氮(NO)催化转化为二氧化氮(NO<sub>2</sub>);

[0023] 步骤(2)、生成的二氧化氮NO<sub>2</sub>随烟气进入主反应塔,工艺水箱将水送入主反应塔,主吸收剂送粉系统、添加剂送粉系统分别将主吸收剂和添加剂送入主反应塔,在吸收剂、添加剂和水分的作用下,实现烟气中氮氧化物和二氧化硫(SO<sub>2</sub>)的吸收,同时对烟气中的重金属进行脱除;

[0024] 步骤(3)、经过主反应塔处理后的烟气送入脉冲式布袋除尘器,脉冲式布袋除尘器设置有清洁烟气排出口,经布袋除尘器处理后的清洁烟气通过清洁烟气排出口排出,从而实现烟气超低排放。

[0025] 本实用新型的原理是NO<sub>x</sub>在前置催化装置中部分的被催化转化成NO<sub>2</sub>;主反应塔中的吸收剂吸收二氧化硫、氮氧化物及其他酸性气体,同时吸收剂对重金属等也有较好的控制作用。主反应塔内流动状态为快速流化床,主反应塔内物料循环倍率为20-200倍,吸收剂由主吸收剂和添加剂组成,分为1-2层喷入,吸收剂喷入口下方0.5-1.5m处安装有工艺水喷口。经过主反应塔后烟气通过脉冲式袋式除尘器,除去烟气中的粉尘。过将烟气中的NO部分氧化生成NO<sub>2</sub>,并和SO<sub>2</sub>一起进入主反应塔,结合主反应塔布置形式以及反应温度的调整,使得主反应塔对SO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>的脱除效果大大的增强,同时吸收剂可以实现对挥发/半挥发性重金属的脱除。从而实现单一工艺流程脱除多种污染物。

[0026] 本实用新型提供一种技术流程简单,造价低,可靠性好,特别是能在75-140℃温度区间内,同时实现二氧化硫,氮氧化物,粉尘,重金属脱除的干法净化工艺。

[0027] 本专利净化工艺通过增加前置催化装置将一氧化氮(NO)催化转化为二氧化氮(NO<sub>2</sub>),生成的NO<sub>2</sub>随烟气进入主反应塔,进入主反应塔后,实现氮氧化物和二氧化硫(SO<sub>2</sub>)的吸收,同时对重金属也有较好脱除作用,通过脉冲袋式除尘器控制粉尘排放,从而实现多种污染物同时脱除的目的。

[0028] 本实用新型的有益效果:本实用新型提供的净化工艺,通过将NO氧化成NO<sub>2</sub>,并在SO<sub>2</sub>促进下,可以大大的促进主反应塔对NO<sub>x</sub>的脱除效果;同时高密度的循环物料和较低的喷水的条件下,主反应塔可以实现挥发/半挥发性重金属的脱除,为相关机组的加装以及改造现有烟气净化装置提供了成本廉价、性能高效、运行稳定的脱除工艺。本工艺能为电厂和环保公司,提供准确的二氧化硫、氮氧化物、重金属、粉尘同时控制的工艺布置方案和运行参数,提高国内污染物协同控制的技术水平,装置简单,运行可靠,降低了污染物控制的成本。

### 附图说明

[0029] 图1是二氧化硫、氮氧化物、重金属及粉尘超低排放干法净化装置工艺流程图;

[0030] 图2是干法净化装置的布置图;

[0031] 图3是干法净化工艺前置氧化装置剖视图;

[0032] 图4是NO和SO<sub>2</sub>的脱除过程图

[0033] 图中标记:1-入口烟气,2-前置催化装置,3-入口前垂直烟道,4-主反应塔入口段,5-孔板布风装置,6-第一层工艺水喷枪,7-第一层主吸收剂入口,8-第一层添加剂入口,9-主反应塔上段,10-第二层工艺水喷枪,11-第二层消石灰喷入口,12-第二层添加剂喷入口,13-排出的乏料口,14-乏料排出口,15-返料装置,16-脉冲式布袋除尘器,17-清洁烟气排出口。18-前置氧化装置进口烟道,19-前置催化装置外壳,20-前置催化装置内装催化剂,21-前置氧化装置出口烟道。

### 具体实施方式

[0034] 如图1、2所示,一种能实现烟气超低排放的干法净化装置,优选为一种能实现烟气二氧化硫、氮氧化物、重金属及粉尘超低排放的干法净化装置,其包括前置催化装置2、主反应塔、脉冲式布袋除尘器16、工艺水箱、主吸收剂送粉系统和添加剂送粉系统;工艺水箱连接主反应塔,用于将水送入主反应塔,主吸收剂送粉系统、添加剂送粉系统分别连接主反应塔,用于将主吸收剂和添加剂送入主反应塔,前置催化装置2中装填有催化剂20,前置催化装置2连接主反应塔底端,用于将经过前置催化装置2处理后的烟气送入主反应塔进行处理,主反应塔上端连接脉冲式布袋除尘器16,用于将通过主反应塔处理后的烟气送入脉冲式布袋除尘器16,脉冲式布袋除尘器16设置有清洁烟气排出口17,经布袋除尘器16处理后的清洁烟气通过清洁烟气排出口17排出。所述干法净化装置还包括产物循环槽和产物储仓;产物循环槽优选为返料装置15并设置在脉冲式布袋除尘器16的下端,烟气通过脉冲式布袋除尘器16被分离下来的固体物料进入产物循环槽中,部分固体物料经回料管道直接返回主反应塔,重新参与主反应塔内化学反应过程,部分固体物料从乏料排出口14排出到产物储仓,以维持整个装置的固体物料平衡。

[0035] 如图3所示,所述前置催化装置2具有催化装置进口烟道18、前置催化装置外壳19

和催化装置出口烟道21,前置催化装置外壳19一端连接所述进口烟道18,另一端连接所述出口烟道21,前置催化装置外壳19中装填有催化剂20。前置催化装置2内填装催化剂,所述催化剂优选为蜂窝式,将烟气中的NO部分氧化为NO<sub>2</sub>,催化剂活性组分为Fe、V、Mn氧化物中的一种或多种,载体为二氧化钛、活性氧化铝、4A分子筛中的一种或多种。优选,催化剂20包括二氧化钛、FeO、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>和MnO<sub>2</sub>;优选,催化剂以二氧化钛为载体,质量含量为70-90%,优选80%;优选,以FeO、V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、MnO<sub>2</sub>为活性成分;其中FeO的质量含量为3-6%,优选为5%;V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>质量含量为0.5-2%,优选为1%;MnO<sub>2</sub>质量含量12-18%,优选为14%。其中,催化剂构型为蜂窝式的催化剂,催化剂装填一定体积,使得催化反应空速为3000-6000h<sup>-1</sup>,烟气流速为3-6m/s;优选,使得前置催化装置2中,烟气中40-65%体积分数的NO被氧化成NO<sub>2</sub>。

[0036] 如图1、2所示,在前置催化装置2中将NO部分氧化成NO<sub>2</sub>;主反应塔内完成NO<sub>x</sub>、SO<sub>2</sub>、重金属等的同时脱除;主反应塔内吸收挥发/半挥发性重金属,脉冲袋式除尘器辅助物料循环,同时脱除掉烟气中的粉尘,袋式除尘器上的滤饼也有脱除NO<sub>x</sub>和SO<sub>2</sub>的作用。主反应塔构造为流化床反应器,其具有孔板布风装置5,布风形式采用孔板布风,采用双段布置,孔板布风装置5以下为主反应塔入口段4,孔板布风装置5以上为反应段,即主反应塔上段9。优选,反应段的高径比控制在3-7,反应段表观气体流速控制在2-5m/s。优选主反应塔入口温度为90-160℃,物料循环倍率为20~200,出口烟气温高于烟气出口露点温度15~35℃。在主反应塔反应段孔板布风装置5以上安装第一层可开闭的工艺水喷枪6,在第一层工艺水喷枪6上方设置第二层可开闭的工艺水喷枪10,工艺水箱可分别连接第一层工艺水喷枪6和第二层可开闭的工艺水喷枪10。优选,只有当入口烟气中SO<sub>2</sub>含量高于1500mg/cm<sup>3</sup>时,或者喷水量需求大于10t/h时,才使用第二层可开闭的工艺水喷枪10,与第一层工艺水喷枪6同时喷水。第一层可开闭的工艺水喷枪布置在主反应塔反应段孔板布风装置5以上,优选布置1-5只,再次优选为1-2只第一层可开闭的工艺水喷枪,喷枪类型优选为为双流体喷枪;第二层可开闭的工艺水喷枪布置在反应段的高度范围内,并且距离孔板布风装置51/2到2/3的高度上,优选布置1-5只,再次优选为1-2只第二层可开闭的工艺水喷枪,喷枪类型优选为为双流体喷枪。

[0037] 图2所示,在反应塔上设置第一层主吸收剂入口7、第二层主吸收剂入口11、第一层添加剂入口8和第二层添加剂入口12,第一层主吸收剂入口7和第一层添加剂入口8的设置位置位于第一层可开闭的工艺水喷枪6上部0.5-2m,第二层主吸收剂入口11和第二层添加剂入口12的设置位置位于第二层可开闭的工艺水喷枪10上部0.5-2m,主吸收剂送粉系统分别连接第一层主吸收剂入口7和第二层主吸收剂入口11;添加剂送粉系统分别连接第一层添加剂入口8和第二层添加剂入口12。优选,第一层的主吸收剂和添加剂入口的高度相同,每个主吸收剂入口的喷入量为100-3000kg/h,每个添加剂喷入点喷入量为100-1500kg/h。优选,当NO<sub>x</sub>含量超过500mg/m<sup>3</sup>,或者主吸收剂喷入量需求大于3000kg/h,或者添加剂喷入量需求大于1500kg/h时,启用第二层主吸收剂入口11和第二层添加剂入口12,与第一层主吸收剂入口7和第一层添加剂入口8同时工作,第二层的主吸收剂和添加剂入口的高度相同,每个主吸收剂喷入点喷入量为100-3000kg/h,每个添加剂收剂喷入点喷入量为100-1500kg/h。采用两层喷入的方式,能实现物料分布均匀,实现在主反应塔上段的分层反应,提高脱除率。主吸收剂为消石灰,消石灰中的Ca(OH)<sub>2</sub>质量含量大于80%,添加剂包括硫石灰、电石渣、赤泥、白泥、洗煤泥、硅锰渣中的一种或几种,添加剂中的有效成分为其中所含



有的碱性氧化物和碱性氢氧化物。优选，主吸收剂和添加剂的质量比，要求为：

$$[0038] \quad 0.1 < \frac{\text{添加剂}}{\text{主吸收剂}} < 0.5 \quad (\text{KG/KG})。$$

[0039] 其中，主吸收剂中Ca(OH)<sub>2</sub>和污染物的摩尔比控制在1-4，即单位时间喷入的消石灰中Ca(OH)<sub>2</sub>摩尔含量m<sub>ca</sub>，单位时间内烟气中总共的SO<sub>2</sub>摩尔含量为m<sub>s</sub>，NO的摩尔含量为m<sub>N</sub>，应保证m<sub>ca</sub> : (m<sub>s</sub>+0.5\*m<sub>N</sub>) = 1-4，保证SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的高效脱除，\*为乘的含义，+为加的含义。主吸收剂和添加剂的粒径D<sub>90</sub><10μm，塔内呈现快速床状态，主吸收剂和添加剂呈现上稀下密的分布状态，塔内进出口的压差控制在0.5-3kPa，流化床内的主吸收剂和添加剂对汞、砷、硒等重金属有非常强的吸收作用，从而达到脱除重金属的目的；D<sub>90</sub>是筛分中特定表达方式，就是用特定孔径的筛子筛分时，此处特定孔径为10μm，能够通过90%以上质量分数的颗粒。

[0040] 如图1-2所示，一种能实现烟气超低排放的干法净化工艺，优选为一种能实现烟气二氧化硫、氮氧化物、重金属及粉尘超低排放的干法净化工艺，优选，净化工艺为采用图1-2所示的一种能实现烟气超低排放的干法净化装置进行净化的净化工艺；其特征就在于，其包括如下步骤：

[0041] (1) 烟气首先进入前置催化装置2进行处理，通过前置催化装置2中装填的催化剂20将烟气中的一氧化氮(NO)催化转化为二氧化氮(NO<sub>2</sub>)；

[0042] (2) 生成的二氧化氮NO<sub>2</sub>随烟气进入主反应塔，工艺水箱将水送入主反应塔，主吸收剂送粉系统、添加剂送粉系统分别将主吸收剂和添加剂送入主反应塔，在吸收剂、添加剂和水分的作用下，实现烟气中氮氧化物和二氧化硫(SO<sub>2</sub>)的吸收，同时对烟气中的重金属进行脱除；

[0043] (3) 经过主反应塔处理后的烟气送入脉冲式布袋除尘器16，脉冲式布袋除尘器16设置有清洁烟气排出口17，经布袋除尘器16处理后的清洁烟气通过清洁烟气排出口17排出，从而实现烟气超低排放。

[0044] 本实用新型的进一步说明为：

[0045] 1) 前置催化装置2(附图3)，安装有催化剂20，烟气流过以后，氮氧化物NO部分被氧化为NO<sub>2</sub>，催化剂采用Mn系或Fe系催化剂，催化剂形式为蜂窝式，氧化后的氮氧化物部分会和SO<sub>2</sub>结合，生成硫氮化合物，继续进入后续反应塔内。

[0046] 2) 前置催化装置2出口需要通过喷水控制烟气温度，要求进入反应塔前烟气温度控制在合理的温度范围95~135℃。喷水量根据烟气降温幅度计算。

[0047] 3) 吸收剂由主吸收剂和添加剂组成，主吸收剂为消石灰，消石灰中的Ca(OH)<sub>2</sub>质量含量大于80%，添加剂包括硫铁灰、电石渣、赤泥、白泥、洗煤泥、硅锰渣中的一种或几种，添加剂中的有效成分为其中所含有的碱性氧化物和碱性氢氧化物。从实现最佳脱除效果的角度说，主吸收剂和添加剂的质量比，要求：

$$[0048] \quad 0.1 < \frac{\text{添加剂}}{\text{主吸收剂}} < 0.5 \quad \text{kg/kg}。$$

[0049] 4) 本实用新型要求主吸收剂中有效成分和污染物的摩尔比控制在1~4，即单位时间喷入的消石灰中Ca(OH)<sub>2</sub>摩尔含量m<sub>ca</sub>，单位时间内烟气中总共的SO<sub>2</sub>摩尔含量为m<sub>s</sub>，NO的摩尔含量为m<sub>N</sub>，应保证m<sub>ca</sub> : (m<sub>s</sub>+0.5\*m<sub>N</sub>) = 1~4，保证SO<sub>2</sub>和NO<sub>x</sub>的高效脱除。

[0050] 5) 本实用新型要求主反应塔为流化床反应器，布风形式采用孔板布风，采用双段

布置,孔板以下为进口段,孔板以上为反应段,反应段的高径比控制在3~7,反应段表观气体流速控制在1~4m/s。入塔物料的粒径 $D_{90}<10\mu\text{m}$ ,塔内呈现快速床状态,物料呈现上稀下密的分布状态,塔内进出口的压差控制在1~3kPa。流化床内的主吸收剂和添加剂对汞、砷、硒等重金属有非常强的吸收作用,从而达到脱除重金属的目的。

[0051] 6) 在主反应塔反应段布风板以上1~3m安装第一层1~2只工艺水喷枪,喷枪类型为双流体喷枪。除了采用可开闭的第二层喷枪以外,还可以在距离布风板1/2到2/3的反应段高度的位置预留第二段喷枪安装孔,用法兰盘密封,当入口烟气中 $\text{SO}_2$ 含量高于 $1500\text{mg}/\text{cm}^3$ 时,或者喷水量大于 $10\text{t}/\text{h}$ 时,使用两层喷枪,在第二层也布置1~2只喷枪。每根喷枪的喷水量相同,喷水量范围为1~5t/h,工艺水的喷入量,根据要求的 $\text{SO}_2$ 和 $\text{NO}_x$ 脱除率调节,脱除率要求越高喷水量越大,采用两层喷口,可以使得喷入的水层更加均匀,并且实现分层反应,从而提高脱除率。水的喷入后,需保证主反应塔出口温度高于烟气出口露点温度 $15\sim 35^\circ\text{C}$ 。

[0052] 7) 复合吸收剂分成1~2层喷入,第一层喷入点位置为第一层工艺水喷枪上部0.5~2m位置,第二层喷入点在第二层工艺水喷枪上部0.5~2m位置。同一层的主吸收剂和添加剂喷入点的高度相同,每个主吸收剂喷入点喷入量为 $100\sim 3000\text{kg}/\text{h}$ ,每个添加剂收剂喷入点喷入量为 $100\sim 1500\text{kg}/\text{h}$ ,当 $\text{NO}_x$ 含量超过 $500\text{mg}/\text{m}^3$ ,或者主吸收剂喷入量大于 $3000\text{kg}/\text{h}$ ,或者添加剂喷入量大于 $1500\text{kg}/\text{h}$ 时,启用第二层喷入点,第二层每个主吸收剂喷入点喷入量为 $100\sim 3000\text{kg}/\text{h}$ ,每个添加剂收剂喷入点喷入量为 $100\sim 1500\text{kg}/\text{h}$ 。采用两层喷入的方式,能实现物料分布均匀,实现主反应塔上段的分层反应,提高脱除率。

[0053] 8) 进过主反应塔后,烟气以及从吸收塔内携带出的吸收剂等固体物料进入脉冲布袋式除尘器中,固体物料被除尘器分离下来,净化后的烟气通过图2中的清洁烟气排出口17排出。分离下来的固体物料主要含有 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 以及脱硫产物,脱硝产物等,为提高吸收剂的利用率,将被分离下来的部分固体物料循环使用,经回料管道附图2中的返料装置15直接返回流化床反应器,重新参与主反应塔内化学反应过程。部分固体物料从排灰口附图2中的乏料排出口14排出,以维持整个系统的固体物料平衡。

[0054] 9) 经过运行参数调整和调整反应塔改造,并加装前置氧化反应器以后,便可用于实现同时脱除二氧化硫、氮氧化物、粉尘、重金属的工艺,获得多种污染物同时控制的效果。

[0055] 本实用新型的工艺过程如下:烧结机、回转窑、燃煤锅炉等燃烧出的烟气(含有二氧化硫、氮氧化物、重金属以及粉尘),经过电除尘器初步除尘以后,就作为本实用新型所述净化工艺的入口烟气1。烟气经过前置催化装置2,装置2中装填有催化剂。催化剂的实施例:催化剂以二氧化钛为载体,质量分数为80%,以 $\text{FeO}$ 、 $\text{V}_2\text{O}_5$ 、 $\text{MnO}_2$ 为活性成分,质量含量分别为5%、1%和14%,催化剂构型为蜂窝式的催化剂。催化剂装填一定体积,使得催化反应空速为 $3000\sim 6000\text{h}^{-1}$ ,烟气流速为 $3\sim 6\text{m}/\text{s}$ 。在前置催化反应装置中,40~65%体积分数的 $\text{NO}$ 被氧化成 $\text{NO}_2$ ,然后进入图1的主反应塔中。主吸收剂和添加剂通过送粉系统,经由图2中的第一层主吸收剂入口7、第一层添加剂入口8或第二层消石灰喷入口11、第二层添加剂喷入口12送入主反应塔中,工艺水经由图2中的第一层工艺水喷枪6或第二层工艺水喷枪10进入到主反应塔中。

[0056] 如图4所示,在主反应塔中,主吸收剂、添加剂、水分和烟气发生如下的反应:

[0057]  $\text{NO}+0.5\text{O}_2+(\text{M})\rightleftharpoons\text{NO}_2+(\text{M})$ , (M)代表低温催化剂;

[0058]  $\text{NO} + \text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_3$ ;

[0059]  $2\text{SO}_2 + \text{N}_2\text{O}_3 + \text{H}_2\text{O} + (\text{M}) \rightleftharpoons \text{NO}-\text{O}-\text{SO}_2-\text{HO} + (\text{M})$ , (M) 代表主吸收剂, 添加剂,  $\text{CaSO}_3$  等;

[0060] 首先NO在催化剂作用下部分氧化成 $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ 和NO结合生成 $\text{N}_2\text{O}_3$ , 随后 $\text{N}_2\text{O}_3$ 和 $\text{SO}_2$ 在主吸收剂、添加剂表面羟基、吸附水分以及 $\text{O}_2$ 的作用下, 结合成一种硫氮化合物, 硫氮化合物又称为铅室晶体, 能分解成 $\text{SO}_3$ 和 $\text{N}_2\text{O}_3$ , 并和吸收剂反应生成 $\text{CaSO}_4$ 和 $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ 。

[0061] 主反应段进口温度为 $135^\circ\text{C}$ , 进口烟气中NO含量为 $450\text{mg}/\text{Nm}^3$ , 进口 $\text{SO}_2$ 含量为 $1700\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,  $\text{O}_2$ 含量为5%, 入口烟气流量为 $100000\text{Nm}^3/\text{h}$ , 前置催化装置中填装有 $40\text{m}^3$ 的催化剂, 垂直于烟气流动方向的催化剂的截面积为 $10\text{m}^2$ , 前置催化装置内烟气流速为 $4.05\text{m}/\text{s}$ , 经过前置催化装置, NO氧化成 $\text{NO}_2$ 的比例为45%。烟气经由主反应塔入口段进入主反应塔。经过孔板布风装置后, 进入主反应塔上段, 主反应塔的截面直径为4m, 烟气的表观流速为 $3.22\text{m}/\text{s}$ 。第一层总计两根喷枪, 每根 $0.523\text{t}/\text{h}$ , 第二层总计两根喷枪, 每根 $0.523\text{t}/\text{h}$ 。吸收剂从第一层喷入, 第一层主吸收剂喷入量 $328\text{kg}/\text{h}$ , 添加剂喷入量 $100\text{kg}/\text{h}$ 。消石灰中的 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 含量为80%, 此时Ca和污染物的摩尔比例 $m_{\text{ca}}: (m_{\text{s}} + 0.5 * m_{\text{N}}) = 1.3$ ; 出口烟温为 $100^\circ\text{C}$ 。反应塔内压差为 $1.5\text{kPa}$ , 此时物料循环倍率为100倍左右。通过乏料排每小时排出 $428\text{kg}$ 的乏料。经过本干法净化工艺以后,  $\text{SO}_2$ 出口含量脱除率大于98%, 出口 $\text{SO}_2$ 浓度低于 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ;  $\text{NO}_x$ 的脱除率大于89%, 出口NO浓度低于 $50\text{mg}/\text{Nm}^3$ 挥发性和半挥发性重金属Hg, As, Se, Pb等脱除率大于80%, 粉尘排放浓度小于 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

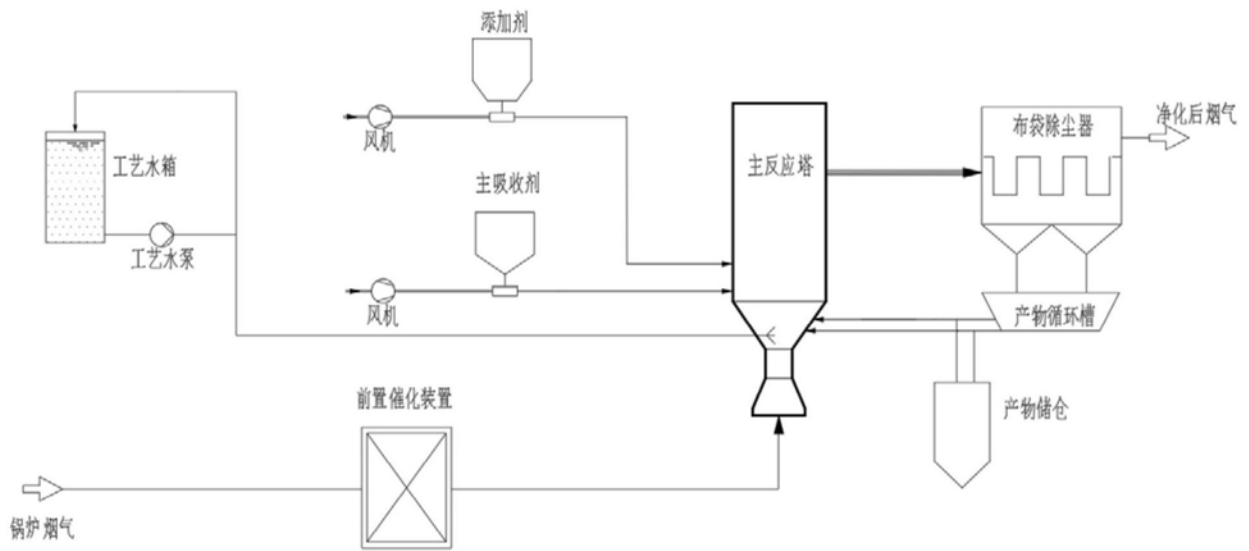


图1

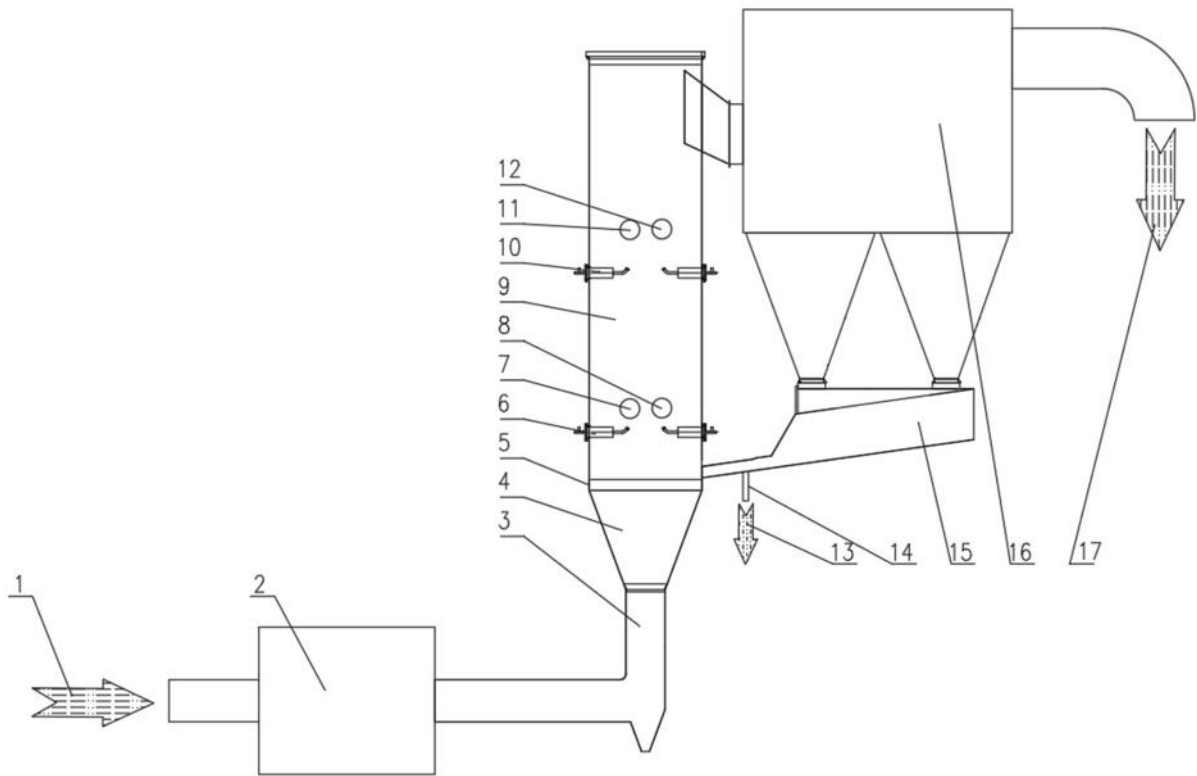


图2

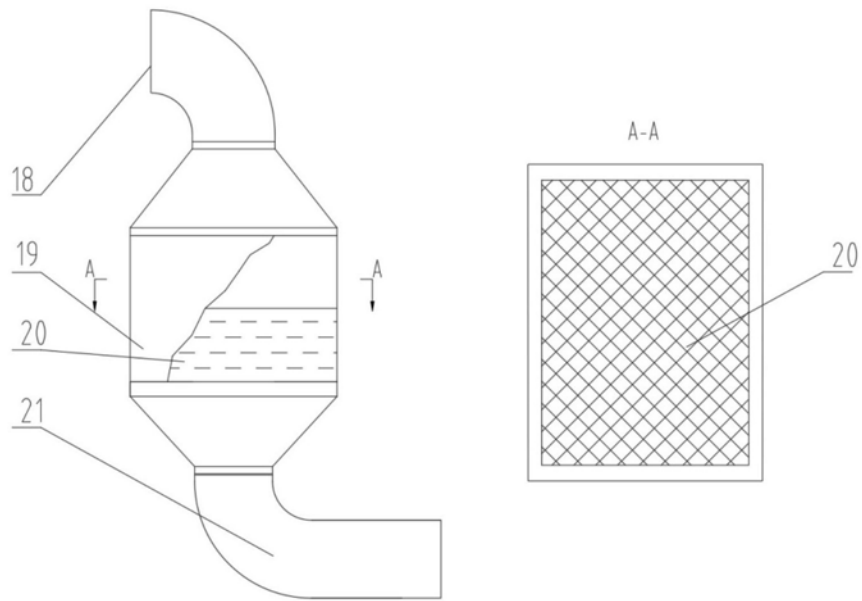


图3

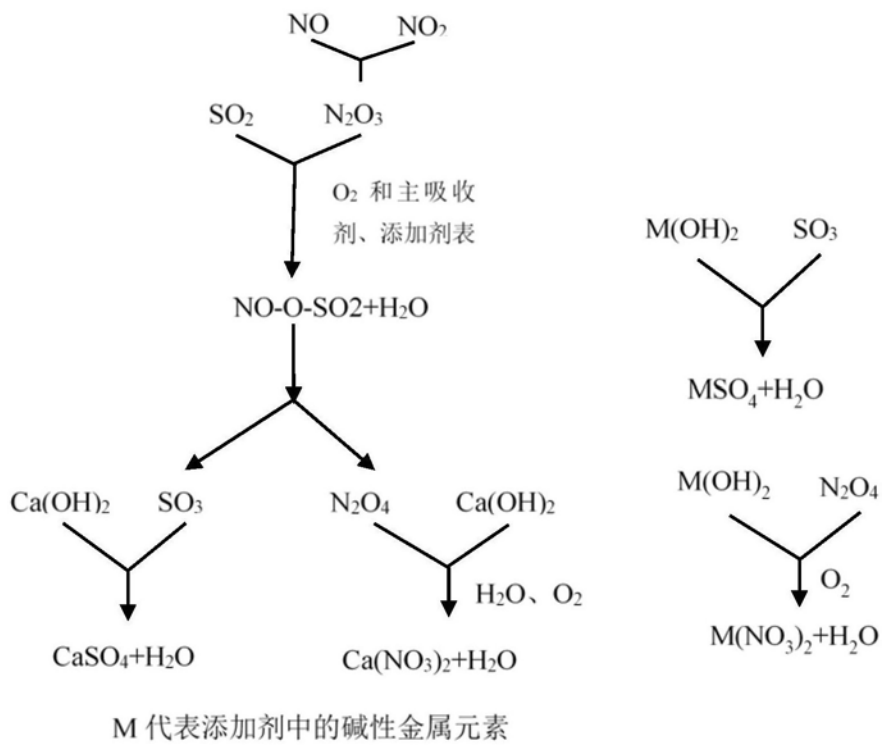


图4