(19)国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 115105935 A
(43)申请公布日 2022.09.27

(21)申请号 202210828061.1

(22)申请日 2022.07.13

(71)申请人 中冶京诚工程技术有限公司
地址 100176 北京市大兴区北京经济技术开发区建安街7号

(72)发明人 朱繁 王建华 蔡长青 李春晓 邱明英 崔岩 李加旺 史光

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
专利代理师 闫加贺 张德斌

(51)Int.Cl.
B01D 53/60(2006.01)
B01D 53/86(2006.01)
B01D 53/88(2006.01)
B01D 53/83(2006.01)
B01D 53/34(2006.01)
B01D 53/30(2006.01)
B01D 39/14(2006.01)

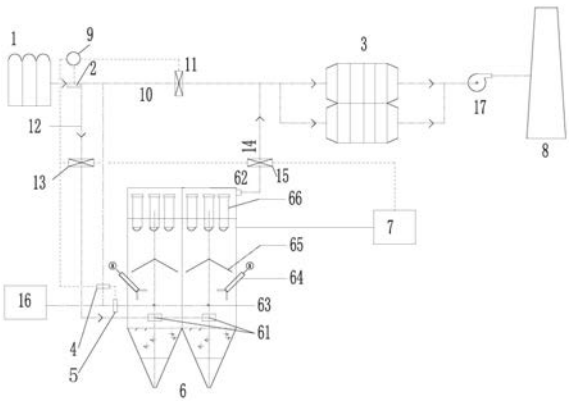
权利要求书2页 说明书10页 附图2页

(54)发明名称

一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法

(57)摘要

本发明提供一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法，系统包括热风炉、入口NOx含量检测装置、热风炉预热器、第一脱硫剂输送切换装置、第二脱硫剂输送切换装置、脱硝还原剂喷射装置及脱硫脱硝除尘装置；热风炉的烟气出口通过原烟道依次经由入口NOx含量检测装置、原烟道切断阀与热风炉预热器的入口连通；第一脱硫剂输送切换装置用于将脱硫剂喷入原烟道中；其烟气出口还通过入口烟道经由入口烟道切断阀与脱硫脱硝除尘装置的烟气入口连通，其烟气出口通过出口烟道经由出口烟道切断阀与热风炉预热器的入口连通；第二脱硫剂输送切换装置通过管路与脱硫脱硝除尘装置的脱硫剂喷入口连通；脱硝还原剂喷射装置用于向脱硫脱硝除尘装置中喷入脱硝还原剂。



CN 115105935 A

1.一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝的系统包括:热风炉、入口NOx含量检测装置、热风炉预热器、第一脱硫剂输送切换装置、第二脱硫剂输送切换装置、脱硝还原剂喷射装置及脱硫脱硝除尘装置;

其中,所述热风炉的烟气出口通过原烟道依次经由入口NOx含量检测装置、原烟道切断阀与所述热风炉预热器的入口连通;所述第一脱硫剂输送切换装置用于将脱硫剂喷入原烟道中;

所述热风炉的烟气出口还通过入口烟道经由入口烟道切断阀与所述脱硫脱硝除尘装置的烟气入口连通,所述脱硫脱硝除尘装置的烟气出口通过出口烟道经由出口烟道切断阀与所述热风炉预热器的入口连通;

所述第二脱硫剂输送切换装置通过管路与所述脱硫脱硝除尘装置的脱硫剂喷入口连通,以通过所述第二脱硫剂输送切换装置向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入脱硫剂;

所述脱硝还原剂喷射装置用于向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入脱硝还原剂。

2.根据权利要求1所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述系统还包括连锁控制装置,所述连锁控制装置分别与所述入口NOx含量检测装置、原烟道切断阀、入口烟道切断阀、出口烟道切断阀、第一脱硫剂输送切换装置、第二脱硫剂输送切换装置及脱硝还原剂喷射装置电连接。

3.根据权利要求1或2所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述脱硫剂喷入口位于所述烟气入口的上方,沿所述脱硫脱硝除尘装置的周向均匀分布,其数量为4-6个。

4.根据权利要求1所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述脱硫脱硝除尘装置还设置有动态扰动元件和静态扰动元件,其中,所述动态扰动元件设置于脱硫剂喷入口的上方,且其以与脱硫剂喷入平面呈10-30°的方式插入脱硫脱硝除尘装置内;

所述静态扰动元件设置于所述脱硫脱硝除尘装置内,且位于所述动态扰动元件的上方。

5.根据权利要求4所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述动态扰动元件为自动搅拌器。

6.根据权利要求4所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述静态扰动元件包括多根平行设置的钢折板,所述钢折板的宽度为30-100mm,相邻钢折板之间的距离为150-200mm,所述钢折板向下折向的角度为10-30°。

7.根据权利要求1、4-6任一项所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述脱硫脱硝除尘装置内还设置有过滤单元,其设置于烟气出口与静态扰动元件之间,且所述过滤单元中含有脱硝催化剂。

8.根据权利要求7所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统,其特征在于,所述过滤单元包括陶瓷纤维滤管、滤袋或者滤筒。

9.一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法,其特征在于,所述方法利用权利要求1-8任一项所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统实现,包括以下步骤:

利用入口NOx含量检测装置检测高炉热风炉烟气中的NOx含量,当NOx含量低于设定值时,打开原烟道切断阀并关闭入口烟道切断阀和出口烟道切断阀,通过第一脱硫剂输送切换装置向所述原烟道中喷入脱硫剂,于原烟道中完成对烟气的脱硫处理;

当NOx含量不低于设定值时，打开入口烟道切断阀和出口烟道切断阀并关闭原烟道切断阀，使高炉热风炉烟气通过入口烟道进入所述脱硫脱硝除尘装置，同时通过第二脱硫剂输送切换装置、脱硝还原剂喷射装置分别向所述脱硫脱硝除尘装置内喷入脱硫剂和脱硝还原剂，以使所述高炉热风炉烟气于脱硫脱硝除尘装置内完成脱硫、除尘及脱硝处理。

10.根据权利要求9所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法，其特征在于，所述高炉热风炉烟气的温度为260-450℃。

11.根据权利要求9或10所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法，其特征在于，脱硝的温度为250-440℃。

12.根据权利要求9或10所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法，其特征在于，所述脱硫剂包括小苏打或者石灰；所述脱硝还原剂包括氨气或一氧化碳。

13.根据权利要求9或10所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法，其特征在于，当所述高炉热风炉烟气中的SO_2含量/浓度超过300mg/Nm^3时，所述方法还包括在通过第二脱硫剂输送切换装置向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入脱硫剂后，再向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入雾化水。

一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法，属于烟气处理技术领域。

背景技术

[0002] 钢铁企业工序多，烟气排放成分复杂，不同工序适用的污染物排放治理方法各不相同；行业内从业者亦不断开发创新适合各工序特点的最佳烟气处理方法，技术路线频繁更迭换代，以达到既能有效治理又经济节能的目的。高炉热风炉为高炉鼓风加热服务，数量众多，同时高炉热风炉烟气具有新的特点，需要研究新的处理方案和减排方法。

[0003] 每座高炉热风炉的烟气排放量一般在15-40万Nm^3/h，烟气中SO_2和NOx的浓度一般都不超过200mg/Nm^3，但由于高炉数量众多，其排放总量不容忽视。目前，部分热风炉已增加了烟气脱硫脱硝处理装置，采用的脱硫工艺主要以固定床法脱硫、SDS脱硫为主，脱硝方法则以中温SCR脱硝、固定床为主。其中，采用固定床脱硫脱硝技术无废水产生，但该方法的脱硝效率不高，欲达到NOx超低排放，需投入大量的脱硝剂，这将使投资成本直线升高；而SDS脱硫方法则需保证烟气温度在140℃以上才具有良好的脱除效率。另外，由于中低温SCR脱硝技术受温度窗口的限制，需将烟气升温至200-280℃以上，为此系统需增设加热装置及大型换热器，从而导致了整体投资增大和系统运行能耗的升高。

[0004] 与本发明相关的现有技术一：

[0005] 现有技术一的技术方案：

[0006] 中国专利CN211936312U公开了一种高炉热风炉废气脱硫脱硝系统，其采用干法脱硫脱除SO_2，同时采用低温SCR脱硝催化剂来催化脱除烟气中的NOx，脱硫塔和布袋除尘器布置在脱硝反应器上游，脱硝反应器主框架的侧壁上安装热风炉组件，可以对烟气进行一定程度的控温，使其满足更好的催化效果，如果废气温度低于催化剂的最佳催化温度，通过热风分配管喷入高温烟气提升废气温度。

[0007] 现有技术一的缺点：

[0008] 该技术中，在热风炉系统尾部采用干法工艺进行脱硫，未考虑热风炉烟气温度低的工况特点对脱硫效率的不利影响；脱硝采用低温SCR脱硝，仍需配置热风炉组件对烟气温度进行提升，因而需消耗大量外部热源，运行成本增高。

[0009] 与本发明相关的现有技术二：

[0010] 现有技术二的技术方案：

[0011] 中国专利CN215233228U公开了一种热风炉烟气自动脱硫装置，用以解决热风炉烟气脱硫过程中，脱硫剂投入量不合理造成的浪费或二氧化硫排放超标问题。

[0012] 现有技术二的缺点：

[0013] 该技术仅研究了自动调节脱硫剂投入量的方案，虽然采用新型脱硫器进行脱硫，但未明确脱硫效果，未提出针对热风炉烟气特点的工艺技术方案。

[0014] 因此，提供一种新型的高效、稳定、低能耗的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法已经成为本领域亟需解决的技术问题。

发明内容

[0015] 为了解决上述的缺点和不足，本发明的一个目的在于提供一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统。

[0016] 本发明的另一个目的还在于提供一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法。

[0017] 为了实现以上目的，一方面，本发明提供了一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统，其中，所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝的系统包括：热风炉、入口NOx含量检测装置、热风炉预热器、第一脱硫剂输送切换装置、第二脱硫剂输送切换装置、脱硝还原剂喷射装置及脱硫脱硝除尘装置；

[0018] 其中，所述热风炉的烟气出口通过原烟道依次经由入口NOx含量检测装置、原烟道切断阀与所述热风炉预热器的入口连通；所述第一脱硫剂输送切换装置用于将脱硫剂喷入原烟道中；

[0019] 所述热风炉的烟气出口还通过入口烟道经由入口烟道切断阀与所述脱硫脱硝除尘装置的烟气入口连通，所述脱硫脱硝除尘装置的烟气出口通过出口烟道经由出口烟道切断阀与所述热风炉预热器的入口连通；

[0020] 所述第二脱硫剂输送切换装置通过管路与所述脱硫脱硝除尘装置的脱硫剂喷入口连通，以通过所述第二脱硫剂输送切换装置向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入脱硫剂；

[0021] 所述脱硝还原剂喷射装置用于向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入脱硝还原剂。

[0022] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述系统还包括连锁控制装置，所述连锁控制装置分别与所述入口NOx含量检测装置、原烟道切断阀、入口烟道切断阀、出口烟道切断阀、第一脱硫剂输送切换装置、第二脱硫剂输送切换装置及脱硝还原剂喷射装置电连接。

[0023] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述脱硫剂喷入口位于所述烟气入口的上方，沿所述脱硫脱硝除尘装置的周向均匀分布，其数量为4-6个。

[0024] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述脱硫剂喷入口沿所述脱硫脱硝除尘装置的周向同平面均匀分布。

[0025] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述脱硫脱硝除尘装置还设置有动态扰动元件和静态扰动元件，其中，所述动态扰动元件设置于脱硫剂喷入口的上方，且其以与脱硫剂喷入平面/脱硫剂喷入口所在的平面呈10-30°的方式插入脱硫脱硝除尘装置内；

[0026] 所述静态扰动元件设置于所述脱硫脱硝除尘装置内，且位于所述动态扰动元件的上方。

[0027] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述动态扰动元件设置于脱硫剂喷入口的上方，且动态扰动元件与脱硫剂喷入口的距离为0.5m；

[0028] 所述静态扰动元件位于所述动态扰动元件的上方，且其与脱硫剂喷入口的距离为1.0-1.5m。

[0029] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述静态扰动元件固定设置于所述脱硫脱硝除尘装置内。

[0030] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述动态扰动元件为自动搅拌器。

[0031] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述静态扰动元件包括多根平行设置的钢折板，所述钢折板的板长视脱硫脱硝除尘装置的尺寸而定，钢折板的宽度为30-100mm，相邻钢折板之间的距离为150-200mm，所述钢折板向下折向的角度为10-30°。

[0032] 本发明中，多根平行设置的钢折板中的每根钢折板向下折向的位置可以相同，也可以不同，其可根据实际工况流场情况在合适范围内进行调整。

[0033] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述脱硫脱硝除尘装置内还设置有过滤单元，其设置于烟气出口与静态扰动元件之间，且所述过滤单元中含有脱硝催化剂。

[0034] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述过滤单元包括陶瓷纤维滤管、滤袋或者滤筒。

[0035] 本发明中所使用的陶瓷纤维滤管、滤袋或者滤筒均为常规设备，可通过先将脱硝催化剂浸渍涂覆在纤维上，再以所得纤维为原料按照中国专利CN113603502A中公开的成型工艺制成陶瓷纤维滤管、滤袋或者滤筒等。

[0036] 本发明中，所述脱硝催化剂为本领域使用的常规脱硝催化剂，可根据现场实际作业情况进行合理选择，只要能够达到本申请的脱硝目的即可。

[0037] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述系统还包括烟囱，所述热风炉预热器的出口通过管路经由增压风机与所述烟囱的入口连通。

[0038] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述系统还包括脱硝还原剂生产及储存设备，用于提供脱硝还原剂。

[0039] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述脱硫脱硝除尘装置还设置有雾化水喷入口，其位于脱硫剂喷入口的上方，且与所述脱硫剂喷入口之间的距离大于>0.8m。

[0040] 本发明对所述脱硫脱硝除尘装置的形状等不做具体要求，可以根据现场实际工况情况进行合理调整。如在本发明的一些实施例中，所述脱硫脱硝除尘装置的横截面可为圆形或者正方形。

[0041] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的一具体实施方式，其中，所述脱硫脱硝除尘装置包括多个(不低于2个)并联设置的仓室。

[0042] 本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统可以插入式形式连接于现有高炉热风炉和热风炉预热器之间，以实现对高炉热风炉烟气中的氮氧化物、二氧化硫以及颗粒物的协同脱除，其可与现有高炉热风炉主系统高度融合，是一种适用于钢铁厂高炉热风炉工艺特点的超低排放治理系统；与现有技术中的先对烟气进行换热后再进行脱硫、脱硝的尾部处理技术相比，本发明所提供的系统设备少、流程短、故障点少，从而可降低系统故障率，节约投资成本；烟气温度高，可保证脱硫脱硝效率的最低限不会太低，使得系统运行更加稳定。

[0043] 另一方面，本发明还提供了一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法，其中，所述方法利

用以上所述的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统实现，包括以下步骤：

[0044] 利用入口NOx含量检测装置检测高炉热风炉烟气中的NOx含量，当NOx含量低于设定值时，打开原烟道切断阀并关闭入口烟道切断阀和出口烟道切断阀，通过第一脱硫剂输送切换装置向所述原烟道中喷入脱硫剂，于原烟道中完成对烟气的脱硫处理；

[0045] 当NOx含量不低于设定值时，打开入口烟道切断阀和出口烟道切断阀并关闭原烟道切断阀，使高炉热风炉烟气通过入口烟道进入所述脱硫脱硝除尘装置，同时通过第二脱硫剂输送切换装置、脱硝还原剂喷射装置分别向所述脱硫脱硝除尘装置内喷入脱硫剂和脱硝还原剂，以使所述高炉热风炉烟气于脱硫脱硝除尘装置内完成脱硫、除尘及脱硝处理。

[0046] 本发明中，NOx含量的设定值可以根据现场实际工况进行合理确定。如在本发明的一些实施例中，NOx含量的设定值为150mg/Nm^3。

[0047] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法的一具体实施方式，其中，所述高炉热风炉烟气的温度为260-450℃。

[0048] 本发明中，高炉热风炉烟气在进入原烟道或者脱硫脱硝除尘装置前均未经预热器降温，其温度约为260-450℃，无论在原烟道中还是在脱硫脱硝除尘装置内均能保证干式脱硫剂所需要的高活性温度条件(小苏打≥140℃以及消石灰≥250℃)，在该高活性温度条件，烟气与喷入的干式脱硫剂进行充分接触，发生化学反应，实现烟气中SO_2的脱除。由于烟气温度高，干式脱硫剂的活性高，从而使SO_2的脱除效率大于98％。

[0049] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法的一具体实施方式，其中，脱硝的温度为250-440℃。

[0050] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法的一具体实施方式，其中，所述脱硫剂包括小苏打或者石灰;所述脱硝还原剂包括氨气或一氧化碳。

[0051] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法的一具体实施方式，其中，所述脱硫剂为600目以上的小苏打干粉。

[0052] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法的一具体实施方式，其中，所述脱硫剂为纯度不低于90％的消石灰粉末。

[0053] 作为本发明以上所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法的一具体实施方式，其中，当所述高炉热风炉烟气中的SO_2含量/浓度超过300mg/Nm^3时，所述方法还包括在通过第二脱硫剂输送切换装置向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入脱硫剂后，再向所述脱硫脱硝除尘装置中喷入雾化水，以提升烟气的脱硫效率。

[0054] 在本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法中，当NOx含量低于设定值时，只需要对烟气进行脱硫处理，脱硫处理过程中，利用所述连锁控制装置控制原烟道切断阀、入口烟道切断阀、出口烟道切断阀及第一脱硫剂输送切换装置的开启或者关闭。

[0055] 在本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法中，当NOx含量不低于设定值时，需要对烟气进行脱硫和脱硝处理，其中，脱硫剂由第二脱硫剂输送切换装置提供动力，通过脱硫脱硝除尘装置表面的脱硫剂喷入口喷入脱硫脱硝除尘装置，在动态扰动元件的充分搅拌下，脱硫剂干粉与烟气充分接触，随着烟气向上运动，通过静态扰动元件的扰动作用使气固接触更加均匀，在以上过程中实现了烟气中SO_2的脱除；

[0056] 脱硫后的烟气继续向上与喷入脱硫脱硝除尘装置中的脱硝还原剂均匀混合，而后继续通过过滤单元，通过所述过滤单元的过程中，脱硫后的烟气主要经历两个净化过程：首

先，携带颗粒物的烟气在经过过滤单元时，颗粒物被拦截在过滤单元表面，并在过滤单元的外表面形成粉饼层(含部分脱硫剂)，粉饼层进而会同时增强烟气的脱硫和除尘效果，实现了延长脱硫反应时间和以尘滤尘的效果；其次，在过滤单元内所含脱硝催化剂的催化作用下，脱硝还原剂同烟气中原有NOx进行反应，并且该反应在中高温条件下(250-440℃)进行，业内周知，SCR脱硝效率及脱硝催化剂活性随反应温度提高而提高，且高温下不易受SO_2等影响而中毒失活，相较于低温脱硝方法，中高温脱硝的效率高，稳定运行风险大幅降低，因此，本发明所提供的该方法中，脱硝反应结束后，90％以上的NOx完成脱除；

[0057] 另外，本发明中，具有催化作用的脱硝催化剂平均分布于过滤单元中的内部纤维，与烟气的接触面积大，能够使烟气的停留时间增加至1s左右，比传统SCR中的接触时间(0.2-0.3s左右)增加2-4倍；

[0058] 完成脱硫除尘脱硝后的热烟气通过出口烟道送入原热风炉预热器，与煤气或者空气等进行换热，通过原热风炉预热器降温后的净烟气，再经过增压风机送入原热风炉排放烟囱进行达标排放，整个系统阻力均由安装于末端的增压风机克服。

[0059] 与现有技术相比，本发明所能达成的有益技术效果包括：

[0060] 本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法可同时实现高炉热风炉烟气中SO_2、NOx的超净脱除，处理后的烟气中SO_2浓度<20mg/Nm^3，NOx浓度<30mg/Nm^3；

[0061] 本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法可充分利用高炉热风炉烟气自身余热，与常规后置脱硫脱硝技术中的后置SCR脱硝技术相比，无需补热升温，系统阻损小，可降低烟气脱硫脱硝的综合能耗；同时还无需配置加热炉和GGH换热器等分系统设备，故障点大幅降低，从而可以大幅度降低其对主工艺的影响；

[0062] 本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法采用硫硝和除尘协同处理的方案，节省占地和投资；

[0063] 本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法中使用的过滤单元采用硬质过滤材料，即陶瓷纤维滤管、滤袋或者滤筒，有效解决了现有技术中采用的布袋的寿命短，影响系统稳定运行的重大问题；此外，过滤单元中孔道曲长，可提高催化剂与烟气的接触时间，从而可使脱硝效率达到90％以上；

[0064] 本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法还可以根据烟气中NOx含量的实时监测数据，实时启闭系统的脱硝功能，在排放达标前提下，实现深度节能；

[0065] 综上，本发明所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法可以充分利用高炉热风炉烟气的自身热量，无需外部热源及加热、换热设备；同时将脱硫脱硝除尘装置布置在热风炉预热器前并采用高温脱硫、除尘及脱硝工艺，既提高了脱硫效率，又满足了中高温脱硝温度要求，属于低能耗、低投资、高稳定性的脱硫脱硝技术。

附图说明

[0066] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0067] 图1为本发明实施例1提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统的结构示意图。

[0068] 图2为本发明实施例1中所使用的静态扰动元件的结构示意图。

[0069] 主要附图标号说明：

[0070] 1、热风炉；

[0071] 2、入口NOx含量检测装置；

[0072] 3、热风炉预热器；

[0073] 4、第一脱硫剂输送切换装置；

[0074] 5、第二脱硫剂输送切换装置；

[0075] 6、脱硫脱硝除尘装置；

[0076] 61、烟气入口；

[0077] 62、烟气出口；

[0078] 63、脱硫剂喷入口；

[0079] 64、动态扰动元件；

[0080] 65、静态扰动元件；

[0081] 650、钢折板；

[0082] 66、过滤单元；

[0083] 7、脱硝还原剂喷射装置；

[0084] 8、烟囱；

[0085] 9、连锁控制装置；

[0086] 10、原烟道；

[0087] 11、原烟道切断阀；

[0088] 12、入口烟道；

[0089] 13、入口烟道切断阀；

[0090] 14、出口烟道；

[0091] 15、出口烟道切断阀；

[0092] 16、脱硫剂储罐；

[0093] 17、增压风机。

具体实施方式

[0094] 需要说明的是，本发明的说明书和权利要求书及上述附图中的术语“包括”以及其任何变形，意图在于覆盖不排他的包含，例如，包含了一系列步骤或单元的过程、方法、系统、产品或设备不必限于清楚地列出的那些步骤或单元，而是可包括没有清楚地列出的或对于这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

[0095] 在本发明中，术语“上”、“下”、“内”、“外”、“中”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系。这些术语主要是为了更好地描述本发明及其实施例，并非用于限定所指示的装置、元件或组成部分必须具有特定方位，或以特定方位进行构造和操作。

[0096] 并且，上述部分术语除了可以用于表示方位或位置关系以外，还可能用于表示其他含义，例如术语“上”在某些情况下也可能用于表示某种依附关系或连接关系。对于本领域普通技术人员而言，可以根据具体情况理解这些术语在本发明中的具体含义。

[0097] 此外，术语“设置”、“连接”应做广义理解。例如，“连接”可以是固定连接，可拆卸连

接，或整体式构造；可以是机械连接，或电连接；可以是直接相连，或者是通过中间媒介间接相连，又或者是两个装置、元件或组成部分之间内部的连通。对于本领域普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0098] 本发明所公开的“范围”以下限和上限的形式给出。可以分别为一个或多个下限，和一个或多个上限。给定的范围是通过选定一个下限和一个上限进行限定的。选定的下限和上限限定了特别范围的边界。所有以这种方式进行限定的范围是可组合的，即任何下限可以与任何上限组合形成一个范围。例如，针对特定参数列出了60-120和80-110的范围，理解为60-110和80-120的范围也是可以预料到的。此外，如果列出的最小范围值为1和2，列出的最大范围值为3，4和5，则下面的范围可全部预料到：1-3、1-4、1-5、2-3、2-4和2-5。

[0099] 在本发明中，除非有其他说明，数值范围“a-b”表示a到b之间的任意实数组合的缩略表示，其中a和b都是实数。例如数值范围“0-5”表示本发明中已经全部列出了“0-5”之间的全部实数，“0-5”只是这些数值组合的缩略表示。

[0100] 在本发明中，如果没有特别的说明，本发明所提到的所有实施方式以及优选实施方式可以相互组合形成新的技术方案。

[0101] 在本发明中，如果没有特别的说明，本发明所提到的所有技术特征以及优选特征可以相互组合形成新的技术方案。

[0102] 为了使本发明的目的、技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本发明进行进一步详细说明。下列所描述的实施例是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例，仅用于说明本发明，而不应视为限制本发明的范围。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。实施例中未注明具体条件者，按照常规条件或制造商建议的条件进行。所用试剂或仪器未注明生产厂商者，均为可以通过市售购买获得的常规产品。

[0103] 实施例1

[0104] 本实施例提供了一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统，其结构示意图如图1所示，从图1中可以看出，所述高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统包括：

[0105] 热风炉1、入口NOx含量检测装置2、热风炉预热器3、脱硫剂储罐16、第一脱硫剂输送切换装置4、第二脱硫剂输送切换装置5、脱硫脱硝除尘装置6、脱硝还原剂喷射装置7、烟囱8及连锁控制装置9；其中，所述脱硫脱硝除尘装置6的横截面形状可为圆形或者正方形，其包括两个并联设置的仓室；

[0106] 其中，所述热风炉1的烟气出口通过原烟道10依次经由入口NOx含量检测装置2、原烟道切断阀11与所述热风炉预热器3的入口连通；所述脱硫剂储罐16通过管路经由第一脱硫剂输送切换装置4与原烟道10连通，以通过第一脱硫剂输送切换装置4将脱硫剂喷入原烟道10中；

[0107] 所述热风炉1的烟气出口还通过入口烟道12经由入口烟道切断阀13与所述脱硫脱硝除尘装置6的烟气入口61连通，所述脱硫脱硝除尘装置6的烟气出口62通过出口烟道14经由出口烟道切断阀15与所述热风炉预热器3的入口连通，所述热风炉预热器3的出口通过管路经由增压风机17与所述烟囱8连通；

[0108] 所述脱硫剂储罐16还通过管路经由第二脱硫剂输送切换装置5与所述脱硫脱硝除尘装置6的脱硫剂喷入口63连通，以通过所述第二脱硫剂输送切换装置5向所述脱硫脱硝除

尘装置6中喷入脱硫剂；

[0109] 所述脱硝还原剂喷射装置7用于向所述脱硫脱硝除尘装置6中喷入脱硝还原剂；

[0110] 其中，所述连锁控制装置9分别与所述入口NOx含量检测装置2、原烟道切断阀11、入口烟道切断阀13、出口烟道切断阀15、第一脱硫剂输送切换装置4、第二脱硫剂输送切换装置5及脱硝还原剂喷射装置7电连接；

[0111] 其中，脱硫脱硝除尘装置6还设置有动态扰动元件64、静态扰动元件65和过滤单元66，所述动态扰动元件64设置于脱硫剂喷入口63的上方，与脱硫剂喷入口63的距离为0.5m，且其以与脱硫剂喷入平面/脱硫剂喷入口所在的平面呈20°角度的方式插入脱硫脱硝除尘装置6内；

[0112] 所述静态扰动元件65固定设置于所述脱硫脱硝除尘装置6内，且位于所述动态扰动元件64的上方，与脱硫剂喷入口63的距离为1.2m；

[0113] 所述动态扰动元件64为自动搅拌器；

[0114] 图2分别显示了所述脱硫脱硝除尘装置6的横截面形状为圆形和正方形时，所述静态扰动元件65的结构示意图以及其于脱硫脱硝除尘装置6中的布设关系，从图2中可以看出，其包括多根平行设置的钢折板650，所述钢折板650的长度为3.8m，宽度为80mm，相邻钢折板之间的距离为150mm，所述钢折板650向下折向的角度为20°，且每根钢折板向下折向的位置相同；

[0115] 所述过滤单元66设置于烟气出口62与静态扰动元件65之间，且所述过滤单元65中含有脱硝催化剂，其中，所述过滤单元66为陶瓷纤维滤管，该陶瓷纤维滤管是通过先将脱硝催化剂浸渍涂覆在纤维上，再以所得纤维为原料按照中国专利CN113603502A中公开的成型工艺制得；

[0116] 其中，所述脱硫剂喷入口63位于所述烟气入口61的上方，沿所述脱硫脱硝除尘装置7的周向均匀分布，其数量为6个。

[0117] 实施例2

[0118] 本实施例提供了一种高炉热风炉烟气脱硫脱硝方法，其是利用实施例1提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统实现的，其中，所述方法包括以下具体步骤：

[0119] (1)利用入口NOx含量检测装置检测高炉热风炉烟气(SO_2浓度为200mg/Nm^3，温度为450℃)中的NOx含量，检测所得NOx含量为150mg/Nm^3，与设定值(150mg/Nm^3)相同，通过连锁控制装置打开入口烟道切断阀和出口烟道切断阀，关闭原烟道切断阀，同时缓慢启动增压风机；

[0120] (2)使高炉热风炉烟气通过入口烟道经烟气入口进入所述脱硫脱硝除尘装置，同时通过连锁控制装置启动第二脱硫剂输送切换装置，脱硫剂(小苏打)由第二脱硫剂输送切换装置提供动力，通过脱硫脱硝除尘装置表面的脱硫剂喷入口喷入脱硫脱硝除尘装置，在动态扰动元件的充分搅拌下，脱硫剂干粉与烟气充分接触反应，随着烟气向上运动，通过静态扰动元件的扰动作用使气固接触更加均匀，在以上过程中实现了烟气中SO_2的脱除，反应结束后，烟气中的SO_2被除去98％以上，并且出口浓度小于20mg/Nm^3；

[0121] (3)通过连锁控制装置启动脱硝还原剂喷射装置，并通过脱硝还原剂喷射装置向所述脱硫脱硝除尘装置内喷入脱硝还原剂(氨气或者一氧化碳)，脱硫后的烟气继续向上运动与喷入脱硫脱硝除尘装置中的脱硝还原剂均匀混合，而后继续通过陶瓷纤维滤管，通过

所述陶瓷纤维滤管的过程中，脱硫后的烟气主要经历两个净化过程：首先，携带颗粒物的烟气在经过陶瓷纤维滤管时，颗粒物被拦截在陶瓷纤维滤管表面，并在陶瓷纤维滤管的外表面形成粉饼层(含部分脱硫剂)，粉饼层进而会同时增强烟气的脱硫和除尘效果，实现了延长脱硫反应时间和以尘滤尘的效果；其次，在陶瓷纤维滤管内所含脱硝催化剂(如中国专利CN108435237A中公开的中低温NH_3-SCR催化剂或者为在250-440℃具有高活性的商用脱硝催化剂)的催化作用下，脱硝还原剂同烟气中原有NOx进行反应，并且该反应在中高温条件下(250-440℃)进行，脱硝反应结束后，90％以上的NOx完成脱除，NOx出口浓度<30mg/Nm^3，烟气中颗粒物浓度下降至5-10mg/Nm^3，完成脱硫、除尘及脱硝处理；

[0122] (4)完成脱硫、除尘及脱硝的烟气，温降控制在5-20℃，经过出口烟道送至热风炉预热器与煤气或者空气等进行换热，换热后的烟气由增压风机增压约3000-4000Pa后送入原热风炉的烟囱进行达标排放。

[0123] 实施例3

[0124] 本实施例利用实施例1提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统对某厂区高炉热风炉烟气进行脱硫脱硝，包括：首先按照如图1所示的连接关系将脱硫脱硝除尘装置等设备连接于某厂区高炉热风炉和热风炉预热器之间，并按照实施例2中的操作步骤进行脱硫脱硝；

[0125] 其中，某厂区高炉热风炉的排放烟气量为350000Nm^3/h，烟气温度为300℃，脱硫脱硝除尘装置入口SO_2浓度为150mg/Nm^3，通过实施例1提供的该系统脱硫之后，脱硫脱硝除尘装置内脱硫段前后的烟气温度没有明显变化，出口SO_2浓度<20mg/Nm^3；

[0126] 烟气在进行除尘脱硝前的烟温约为300℃，脱硝处理过程中无需额外的外部热能，脱硝后，烟气中颗粒浓度<5mg/Nm^3，NOx浓度<30mg/Nm^3；相较于常规后置脱硫脱硝技术中采用的温度条件为150-280℃的后置式中高温SCR，本发明实施例中无需增加烟气升温炉以及气-气换热器的投资，每立方烟气可节省约7万元的投资成本；

[0127] 经过脱硫脱硝除尘装置脱硫、除尘及脱硝处理后的烟气温度约下降10℃，温度约为290℃，处理后的烟气经过出口烟道送回至热风炉预热器。相较于常规后置脱硫脱硝技术中的预热器后置的SCR脱硝技术，本实施例在烟气换热前完成脱硝，可节约高炉煤气消耗约5000Nm^3/h(高炉煤气热值为750Kcal/Nm^3)，降低了系统能耗，提高了系统整体经济效益；

[0128] 热风炉预热器出口烟气通过增压风机引至烟囱排放，增压风机全压为3500Pa，由于高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统无需配置烟气升温设备和脱硝前后换热设备，减少了设备阻损，使得其压降明显低于常规后置脱硫脱硝技术的压降(6500-8000Pa)，从而可以降低系统电耗；

[0129] 其中，常规后置脱硫脱硝技术流程为换热器(主机部分)换热后烟气烟气升温(视脱硫情况要求)脱硫脱硝前换热GGH烟气升温脱硝脱硝后换热GGH排放。

[0130] 与现有技术相比，本发明实施例所能达成的有益技术效果包括：

[0131] 本发明实施例所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法可同时实现高炉热风炉烟气中SO_2、NOx的超净脱除，处理后的烟气中SO_2浓度<20mg/Nm^3，NOx浓度<30mg/Nm^3；

[0132] 本发明实施例所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法可充分利用高炉热风炉烟气自身余热，与常规后置脱硫脱硝技术中的后置SCR脱硝技术相比，无需补热升温，系统阻损小，可降低烟气脱硫脱硝的综合能耗；同时还无需配置加热炉和GGH换热器等分系统设备，故障点大幅降低，从而可以大幅度降低其对主工艺的影响；

[0133] 本发明实施例所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法采用硫硝和除尘协同处理的方案，节省占地和投资；

[0134] 本发明实施例所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法中使用的过滤单元采用硬质过滤材料，即陶瓷纤维滤管、滤袋或者滤筒，有效解决了现有技术中采用的布袋的寿命短，影响系统稳定运行的重大问题；此外，过滤单元中孔道曲长，可提高催化剂与烟气的接触时间，从而可使脱硝效率达到90％以上；

[0135] 本发明实施例所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法还可以根据烟气中NOx含量的实时监测数据，实时启闭系统的脱硝功能，在排放达标前提下，实现深度节能；

[0136] 综上，本发明实施例所提供的高炉热风炉烟气脱硫脱硝系统及方法可以充分利用高炉热风炉烟气的自身热量，无需外部热源及加热、换热设备；同时将脱硫脱硝除尘装置布置在热风炉预热器前并采用高温脱硫、除尘及脱硝工艺，既提高了脱硫效率，又满足了中高温脱硝温度要求，属于低能耗、低投资、高稳定性的脱硫脱硝技术。

[0137] 以上所述，仅为本发明的具体实施例，不能以其限定发明实施的范围，所以其等同组件的置换，或依本发明专利保护范围所作的等同变化与修饰，都应仍属于本专利涵盖的范畴。另外，本发明中的技术特征与技术特征之间、技术特征与技术发明之间、技术发明与技术发明之间均可以自由组合使用。

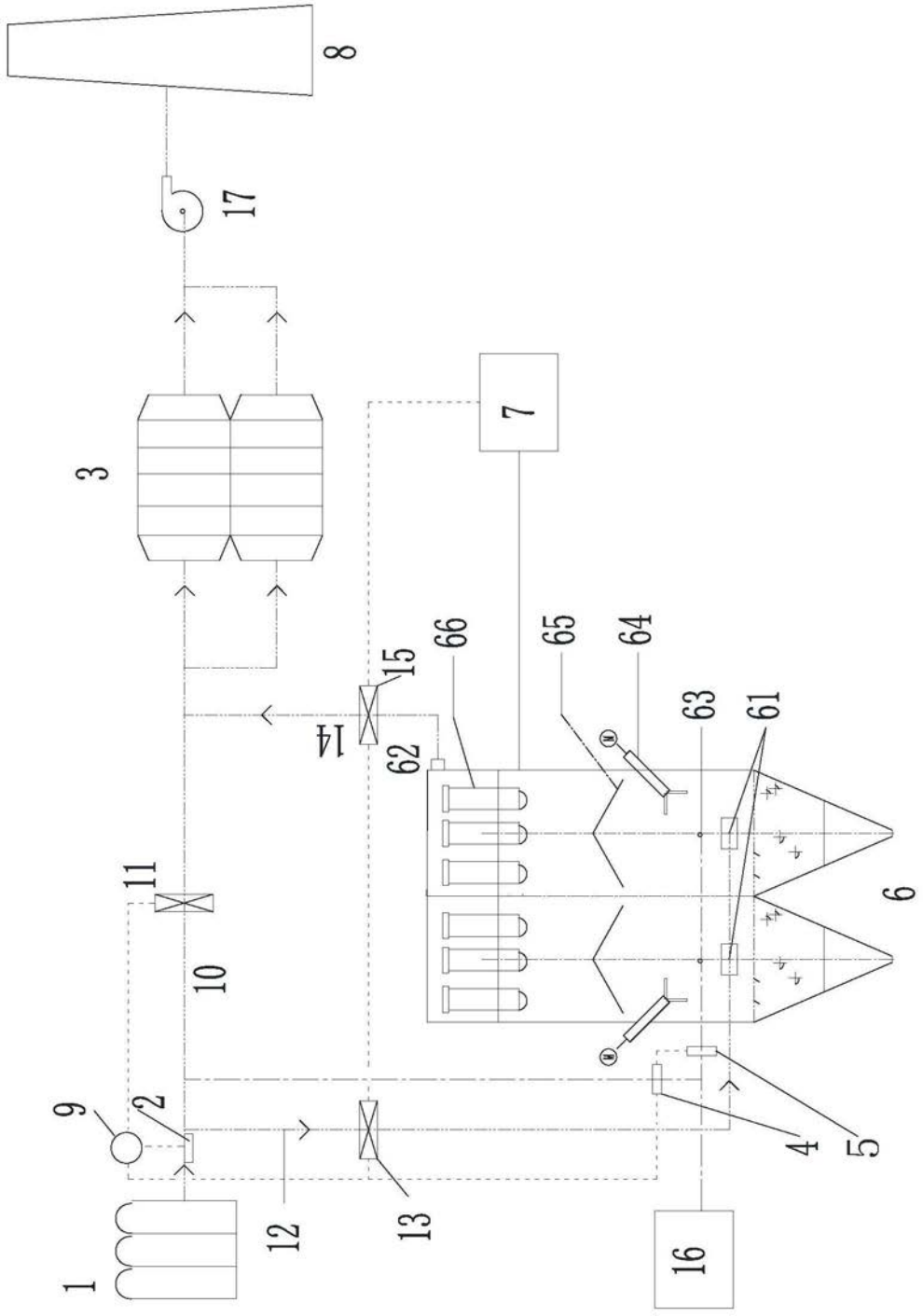


图1

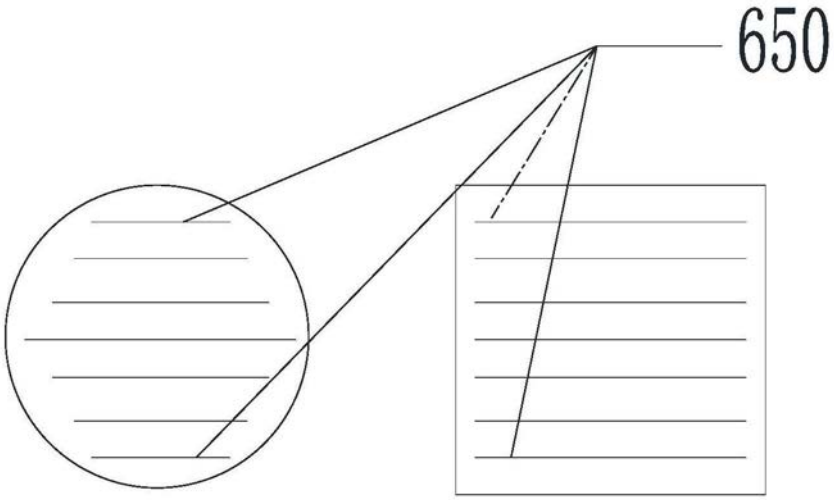


图2