



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104100964 A

(43) 申请公布日 2014. 10. 15

(21) 申请号 201410338973. 6

(22) 申请日 2014. 07. 16

(71) 申请人 西安西热锅炉环保工程有限公司

地址 710032 陕西省西安市兴庆路 136 号

申请人 西安热工研究院有限公司

(72) 发明人 王月明 牛国平 何育东 聂孝峰

张广才 董康田

(74) 专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 蔡和平

(51) Int. Cl.

F23C 5/08 (2006. 01)

F23J 15/00 (2006. 01)

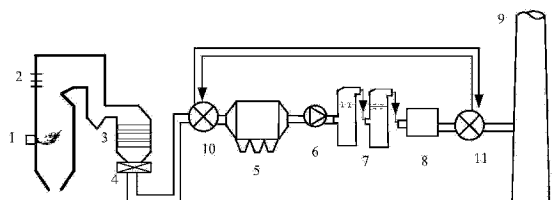
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统及方法

(57) 摘要

一种实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统及方法, 烟气冷却器、高效除尘器、高效湿法脱硫系统、湿式电除尘器组成的协同除尘系统可使烟囱中的总颗粒物排放控制在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内。选择性催化还原脱硝系统、高效除尘器、高效湿法脱硫系统、湿式电除尘器构成的协同脱汞系统能够实现烟囱处的烟气中汞的排放浓度低于 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。通过低氮燃烧器、选择性非催化还原脱硝系统、选择性催化还原脱硝系统组成的高效脱硝系统可将 NO_x 浓度控制到 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以内。采用双级循环双塔石灰石-石膏湿法脱硫系统, 取消回转式气气换热器, 避免原烟气向净烟气的泄露, 可将烟气中 SO_2 浓度控制在 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 以内。另外, 本发明整体投资水平低, 可将烟气中的余热进行回收降低能耗。



1. 一种实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:包括依次串联的低氮燃烧器(1)、选择性非催化还原脱硝系统(2)、选择性催化还原脱硝系统(3)、高效除尘器(5)、高效湿法脱硫系统(7)以及湿式电除尘器(8)。

2. 根据权利要求1所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:所述的高效除尘器(5)和高效湿法脱硫系统(7)之间设有引风机(6)。

3. 根据权利要求2所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:所述的引风机(6)为双级动叶可调轴流风机。

4. 根据权利要求1所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:所述的选择性非催化还原脱硝系统(2)的出口脱硝烟道上设有多个有特征的喷嘴。

5. 根据权利要求1所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:所述的选择性催化还原脱硝系统(3)中所采用的催化剂为添加有 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_2$ 的SCR钒系催化剂;且 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_2$ 占SCR钒系催化剂质量的1%~3%。

6. 根据权利要求1所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:所述的选择性催化还原脱硝系统(3)的出口设有空气预热器(4),空气预热器(4)和高效除尘器(5)之间设有烟气冷却器(10),湿式电除尘器(8)的出口设有烟气再热器(11),且烟气冷却器(10)的吸热端与烟气再热器(11)的放热端形成回路。

7. 根据权利要求6所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:所述的烟气再热器(11)的出口与烟囱(9)相连。

8. 根据权利要求1所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,其特征在于:所述的高效湿法脱硫系统(7)由串联在一起的一级石灰石-石膏湿法脱硫系统和二级石灰石-石膏湿法脱硫系统组成,且一级石灰石-石膏湿法脱硫系统和二级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔内均安装有塔内积液板以及管式除雾器,一级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔的入口处设有烟气冷却器,电除尘器的出口与一级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔的入口相连,二级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔出口与湿式电除尘器(8)相连。

9. 一种实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除方法,其特征在于,基于权利要求6所述的实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,包括以下步骤:

1) 空气及煤粉进入低氮燃烧器(1)进行 NO_x 浓度的初步控制,然后进入选择性非催化还原脱硝系统(2)中进行 NO_x 浓度的一次降低,最后由选择性催化还原脱硝系统(3)将烟气中 NO_x 浓度控制在 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以内,得到脱硝后的烟气;

2) 脱硝后的烟气进入烟气冷却器(10),烟气冷却器(10)将烟气温度降至 90°C 左右,烟气中的 SO_3 与水蒸气结合,生成硫酸雾,并被飞灰颗粒吸附,可有效降低粉尘比电阻,提高除尘效率,然后通过高效除尘器进行除尘,使烟气中烟尘浓度控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以内,接着烟气进入高效湿法脱硫系统(7)进行脱硫,脱硫后的烟气中 SO_2 浓度低于 $35\text{mg}/\text{m}^3$;

3) 脱硫后的烟气进入湿式电除尘器(8)脱除烟气中的 SO_3 酸雾、悬浮细微颗粒以及汞污染物,使烟气中的汞的排放浓度低于 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$,总颗粒物控制在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内;然后进入烟气再热器(11)中吸收来自烟气冷却器(10)冷却端循环水的热量,提高烟温到 80°C 以上,最后排放。

一种实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统及方法

技术领域

[0001] 本发明属于大气污染物的脱除领域,具体涉及一种实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统及方法。

背景技术

[0002] 继国务院印发大气污染防治行动计划的通知国发〔2013〕37号《大气污染防治行动计划》后,近期国家又密集出台了一系列环保政策:国家能源局于1月23日发布《加强能源行业大气污染防治工作方案》,《燃煤发电机组环保电价及环保设施运行监管办法》已于2014年5月1日起实施,新版《火电厂大气污染物排放标准》将于7月1日实施,环保部公告2013年第14号要求重点控制区火电行业燃煤机组将于2014年7月1日执行烟尘特别排放限值,《中华人民共和国环境保护法》将于2015年1月1日实施。

[0003] 部分地方政府也相继出台更严厉的环保要求:广州、山东(淄博)、陕西(关中)、河北(邯郸)、新疆(阜康)等地要求区域内燃煤机组执行特别排放限值;浙江现役600MW等级及以上燃煤机组需在2017年前达到燃机排放标准(二氧化硫 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 、氮氧化物 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 、烟尘 $5\text{mg}/\text{m}^3$)。

[0004] 国内环保要求日趋严格,燃煤机组实施清洁化生产大势所趋,特别排放限值甚至燃机标准有可能成为燃煤机组下阶段的排放要求,燃煤电厂满足天然气电厂的排放要求是一个发展趋势。

[0005] 目前,脱硝技术主要包括低氮燃烧器、选择性非催化还原脱硝(SNCR)及选择性催化还原脱硝(SCR)等方法;新建锅炉采用低氮燃烧器或现役锅炉进行低氮燃烧器改造后,炉膛出口 NO_x 排放都有不同程度的降低。但是,采用低氮燃烧技术可能对锅炉运行性能产生一些影响:锅炉燃烧效率可能降低,引起燃烧器区域水冷壁受热面的结渣与腐蚀加剧等问题。SNCR脱硝系统在实际应用中存在的主要问题是脱硝效率不高(约为15%~50%),而且锅炉容量越大,SNCR脱硝效率越低。另外,尿素利用率低(约15%~30%),尿素消耗量较大导致氨逃逸较高(约5~10ppm)。单独采用SNCR脱硝时,氨逃逸与烟气中的 SO_3 反应生成的硫酸氢铵将导致空预器受热面的沾污积灰与堵塞问题。中国几乎所有火电厂都安装了除尘装置,而WFGD也成为中国火电厂脱硫的主要技术。湿法脱硫还要消耗大量的水资源,必须平衡燃煤电厂脱硫系统与水资源和脱硫剂资源(如石灰石资源)的供应问题,同时解决硫资源化利用和湿烟囱问题。在除尘方面,需要平衡除尘器与脱硫的整体优化组合,以取得技术经济的除尘效果,节省投资与运行成本。

[0006] 国际上研究燃煤烟气多污染物协同控制是一种新的技术动向,烟气多污染物治理系统集成控制是主要方向。针对国家火电厂环保排放标准中的四个主要污染物: NO_x 、烟尘、 SO_2 以及将来要严格控制的剧毒污染物汞,火电机组需要采取一系列的深层次的环保措施来保证各污染物的超低排放。

发明内容

[0007] 本发明的目的在于提供一种可实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统及方法。

[0008] 为了达到上述目的,本发明采用的技术方案是:包括依次串联的低氮燃烧器、选择性非催化还原脱硝系统、选择性催化还原脱硝系统、高效除尘器、高效湿法脱硫系统以及湿式电除尘器。

[0009] 所述的高效除尘器和高效湿法脱硫系统之间设有引风机。

[0010] 所述的引风机为双级动叶可调轴流风机。

[0011] 所述的选择性非催化还原脱硝系统的出口脱硝烟道上设有多个有特征的喷嘴。

[0012] 所述的选择性催化还原脱硝系统中所采用的催化剂为添加有 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_2$ 的 SCR 钒系催化剂;且 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_2$ 占 SCR 钒系催化剂质量的 1%~3%。

[0013] 所述的选择性催化还原脱硝系统的出口设有空气预热器,空气预热器和高效除尘器之间设有烟气冷却器,湿式电除尘器的出口设有烟气再热器,且烟气冷却器的吸热端与烟气再热器的放热端形成回路。

[0014] 所述的烟气再热器的出口与烟囱相连。

[0015] 所述的高效湿法脱硫系统由串联在一起的一级石灰石-石膏湿法脱硫系统和二级石灰石-石膏湿法脱硫系统组成,且一级石灰石-石膏湿法脱硫系统和二级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔内均安装有塔内积液板以及管式除雾器,一级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔的入口处设有烟气冷却器,电除尘器的出口与一级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔的入口相连,二级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔出口与湿式电除尘器相连。

[0016] 一种实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除方法,基于实现火电厂烟气多污染物超低排放的协同脱除系统,包括以下步骤:

[0017] 1) 空气及煤粉进入低氮燃烧器进行 NO_x 浓度的初步控制,然后进入选择性非催化还原脱硝系统中进行 NO_x 浓度的一次降低,最后由选择性催化还原脱硝系统将烟气中 NO_x 浓度控制在 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以内,得到脱硝后的烟气;

[0018] 2) 脱硝后的烟气进入烟气冷却器,烟气冷却器将烟气温度降至 90°C 左右,烟气中的 SO_3 与水蒸气结合,生成硫酸雾,并被飞灰颗粒吸附,可有效降低粉尘比电阻,提高除尘效率,然后通过高效除尘器进行除尘,使烟气中烟尘浓度控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以内,接着烟气进入高效湿法脱硫系统进行脱硫,脱硫后的烟气中 SO_2 浓度低于 $35\text{mg}/\text{m}^3$;

[0019] 3) 脱硫后的烟气进入湿式电除尘器脱除烟气中的 SO_3 酸雾、悬浮细微颗粒以及汞污染物,使烟气中的汞的排放浓度低于 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$,总颗粒物控制在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内;然后进入烟气再热器中吸收来自烟气冷却器冷却端循环水的热量,提高烟温到 80°C 以上,最后排放。

[0020] 与现有技术相比,本发明的有益效果在于:

[0021] 1、本发明将选择性非催化还原脱硝系统的 SNCR 脱硝技术和选择性催化还原脱硝系统的 SCR 脱硝技术,并结合低氮燃烧器的低氮燃烧技术,以实现电厂中烟气的深度脱硝,同时,高效除尘器、高效湿法脱硫系统、湿式电除尘器组成协同除尘系统,其中,高效除尘器能够有效降低粉尘比电阻,提高除尘效率,将高效除尘器出口烟尘浓度控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以内。湿式电除尘器布置在湿法脱硫装置后,作为最后一级除尘设备,在湿式电除尘器中,液

体流过集尘板并从其表面除去所吸附的物质,能有效脱除烟气中的 SO_3 酸雾、烟气携带的石膏雨等细微颗粒物以及 $\text{PM}_{2.5}$ 与氧化汞等污染物,烟囱中排放烟气中总颗粒物排放可控制在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内。另外,选择性催化还原脱硝系统、高效除尘器、高效湿法脱硫系统、湿式电除尘器构成协同脱汞系统,该协同脱汞系统能够稳定地将 90% 以上的单质汞氧化为二价汞,这部分二价汞能够由高效除尘器、高效湿法脱硫系统、湿式电除尘器脱除,脱除率在 90% 以上。本发明提出的协同脱汞系统对总汞的脱除率在 80% 以上,实现烟囱处的烟气中汞的排放浓度低于 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的目标。因此,本发明能够实现烟气中多污染物的超低排放。

[0022] 2、本发明是将现有系统有机的串联起来,使电厂的环保设施集成于一体,有利于实现整体的控制优化。

[0023] 3、本发明采用空气预热器以及由烟气冷却器和烟气再热器组成的 MGGH 系统,这样就能将烟气中的余热进行回收,降低了能耗,减轻腐蚀。

附图说明

[0024] 图 1 为本发明系统的示意图;

[0025] 1、低氮燃烧器,2、选择性非催化还原脱硝系统,3、选择性催化还原脱硝系统,4、空气预热器,5、低低温电除尘器,6、引风机,7、高效湿法脱硫系统,8、湿式电除尘器,9、烟囱,10、烟气冷却器,11、烟气再热器。

具体实施方式

[0026] 下面结合附图对本发明做进一步详细说明。

[0027] 本发明在达到超低排放要求的前提下,为最大限度地减小环保设施运行对锅炉热效率、厂用电率和机组效率的影响,需要对各种环保设施进行整体优化。同时,本发明适用于新建燃煤机组和老的燃煤机组,能够将电厂的环保设施视为一个有机整体,具有技术路线可靠、环保指标先进、整体投资水平低、节能降耗显著等优势。对于老燃煤机组需要基于现有的环保设施,对其进行改造,以节约成本。对于新建燃煤机组,可结合燃煤电厂特点,一次性地建成火电厂烟气多污染物超低排放的系统。

[0028] 参见图 1,本发明包括依次串联的低氮燃烧器 1、选择性非催化还原脱硝系统 2、选择性催化还原脱硝系统 3、空气预热器 4、烟气冷却器 10、高效除尘器 5、高效湿法脱硫系统 7、湿式电除尘器 8、烟气再热器 11 以及烟囱 9;其中,电除尘器与高效湿法脱硫系统 7 相连,引风机 6 为双级动叶可调轴流风机,烟气冷却器 10 的吸热端与烟气再热器 11 的放热端形成回路。

[0029] 本发明中的低氮燃烧器 1、选择性非催化还原脱硝系统 2、选择性催化还原脱硝系统 3、空气预热器 4、高效除尘器 5、高效湿法脱硫系统 7、湿式电除尘器 8、烟囱 9、烟气冷却器 10、烟气再热器 11 协同配合能够组成以下几个系统:

[0030] (一) 高效脱硝系统

[0031] 本发明的高效脱硝系统由低氮燃烧器 1、选择性非催化还原脱硝系统 2 和选择性催化还原脱硝系统 3 组成,高效脱硝系统将低氮燃烧技术、SNCR 和 SCR 这三种脱硝技术的整体优化组合方案,以实现深度脱硝。且选择性非催化还原脱硝系统 2 的出口脱硝烟道上设有多个喷嘴,使选择性催化还原脱硝系统 3 达到更好的脱硝效果;且在运行时,通过优化

低氮燃烧器运行方式（如 OFA 风率），严格监控锅炉排烟中的飞灰可燃物含量与 CO 含量，确保锅炉运行的安全性和经济性。

[0032] （二）高效湿法脱硫系统

[0033] 本发明的高效湿法脱硫系统采用双级循环双塔石灰石-石膏湿法脱硫系统，取消回转式气气换热器，避免原烟气向净烟气的泄露。为有效减轻“烟囱雨”问题，本发明高效湿法脱硫系统 7 由串联在一起的一级石灰石-石膏湿法脱硫系统和二级石灰石-石膏湿法脱硫系统组成，且一级石灰石-石膏湿法脱硫系统和二级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔内均安装有塔内积液板以及管式除雾器，一级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔的入口处设有烟气冷却器，电除尘器的出口与一级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔的入口相连，二级石灰石-石膏湿法脱硫系统的吸收塔出口与湿式电除尘器 8 相连。另外，为了进一步降低高效湿法脱硫系统出口的 SO_2 浓度，本发明对已装有脱硫装置的火电机组采取脱硫系统进行增容改造，即将原来的石灰石-石膏湿法脱硫系统拓展为串联在一起的一级石灰石-石膏湿法脱硫系统和二级石灰石-石膏湿法脱硫系统。

[0034] （三）协同除尘系统

[0035] 本发明采用高效除尘器 5、高效湿法脱硫系统 7、湿式电除尘器 8 组成协同除尘系统。

[0036] 本发明的高效除尘器 5 前布置烟气冷却器 10 烟气冷却器 10 能够将烟气温度降至酸露点温度以下，烟气流速随烟温降低相应下降，电场烟气速度降低有利于细微粉尘的捕集；同时可实现烟气余热的回收利用；具有高效除尘、节能、节水的优势。采用本发明的高效除尘器可有效降低粉尘比电阻，提高除尘效率，将高效除尘器出口烟尘浓度控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以内。

[0037] 湿式电除尘器 8 布置在高效湿法脱硫系统 7 后，作为最后一级除尘设备，在湿式电除尘器 8 中，液体流过集尘板并从其表面除去所吸附的物质，能有效脱除烟气中的 SO_3 酸雾、烟气携带的石膏雨等细微颗粒物以及 $\text{PM}_{2.5}$ 与氧化汞等污染物，烟囱的总颗粒物排放可控制在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内。

[0038] （四）协同脱汞系统

[0039] 本发明中的协同脱汞系统由选择性催化还原脱硝系统 3、高效除尘器 5、高效湿法脱硫系统 7、湿式电除尘器 8 构成，它能有效控制汞的排放浓度。

[0040] 首先，借助选择性催化还原脱硝系统 3 中的 SCR 钒系催化剂将一部分气态单质汞氧化为二价汞，由于煤种及其它条件的不同，氧化率从 40%~60% 不等。为进一步提高 SCR 钒系催化剂对汞的氧化率，本发明在选择性催化还原脱硝系统 3 中布置的 SCR 钒系催化剂中添加了 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_2$ ，且 $\text{MnO}_x\text{-CeO}_2$ 占 SCR 钒系催化剂质量的 1%~3%；从而保证单质汞的氧化率可以稳定达到 90% 以上。

[0041] 借助高效除尘器 5、高效湿法脱硫装置 7 与湿式电除尘器 8 能够将烟气中以颗粒形式存在的颗粒汞、易溶于水的二价汞脱除，颗粒汞及二价汞的脱除率在 90% 以上。同时，为抑制浆液中二价汞的还原，提高 WFGD 系统的脱汞效率，本发明采用固化二价汞的硫氢化钠添加剂。最终，本发明对总汞的脱除率在 80% 以上，实现烟囱处的烟气中总汞的排放浓度低于 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 的目标。

[0042] （五）MGGH

[0043] 本发明的烟气冷却器 10 和烟气再热器 11 组成 MGGH 系统,脱硝后的烟气经空气预热器 4 换热后进入烟气冷却器 10 中,烟气冷却器 10 中循环工质(水)吸收烟气中的热量,将烟气温度降至 90℃左右,并将该热量传递到烟气再热器 11 的放热端, SO_3 与水蒸气结合,生成硫酸雾,并被飞灰颗粒吸附,可有效降低粉尘比电阻,提高除尘效率然后通过高效除尘器进行除尘。通过热媒水的密闭循环流动,将从降温换热器获得的热量去加热脱硫后净烟气,使其温度从 50℃左右升高到 80℃以上。

[0044] 为了实现 NO_x 排放控制到 $50\text{mg}/\text{m}^3$ (标准状态、干基、6% O_2) 以下的超低排放目标,首先,由低氮燃烧器 1 来将 NO_x 浓度的初步控制,然后进入选择性非催化还原脱硝系统 2 将 NO_x 浓度一次降低,最后由选择性催化还原脱硝系统 3 将 NO_x 浓度控制到 $50\text{mg}/\text{m}^3$ 以内,得到脱硝后的烟气;

[0045] 其次,脱硝后的烟气经空气预热器 4 换热后进入烟气冷却器 10,烟气冷却器 10 将烟气温度降至酸露点温度以下,然后通过高效除尘器 5,在高效除尘器 5 有效降低粉尘比电阻并回收余热,将高效除尘器 5 的出口处除尘后的烟气中烟尘浓度控制在 $30\text{mg}/\text{m}^3$ 以内;除尘后的烟气进入高效湿法脱硫系统 7 脱硫,脱硫后的烟气中 SO_2 浓度低于 $35\text{mg}/\text{m}^3$;

[0046] 湿式电除尘器 8 布置在高效湿法脱硫系统后,作为最后一级除尘设备,最后,脱硫后的烟气进入湿式电除尘器 8 中,液体流过湿式电除尘器的集尘板并从其表面除去所吸附的物质,能有效脱除烟气中的 SO_3 酸雾、烟气携带的石膏雨等细微颗粒物以及 $\text{PM}_{2.5}$ 与氧化汞等污染物,烟气中的总颗粒物排放可控制在 $5\text{mg}/\text{m}^3$ 以内,烟气在引风机 6 的引力作用下进入烟气再热器 11 中吸收来自烟气冷却器 10 冷却端循环工质的热量,最后通过烟囱 9 排入大气。本发明中所提到的浓度均为标准状态、干基、6% O_2 时所测得的。

[0047] 本发明的效果在于:本专利把脱硝、脱硫、除尘、余热利用、风机、烟囱等结合在一起,把风机系统和污染物脱除系统相结合;将相对独立的沿烟气流程变为一个有机整体。采用的热媒水热量回收系统(MGGH)与高效除尘器将除尘技术和余热利用技术有机结合起来,实现了节能和环保的统一。本发明通过将低氮燃烧器 1、选择性非催化还原脱硝系统 2、选择性催化还原脱硝系统 3、空气预热器 4、高效除尘器 5、高效湿法脱硫系统 7、湿式电除尘器 8 以及烟囱 9 合理的集合在一起,最终实现 NO_x 排放低于 $50\text{mg}/\text{m}^3$,烟尘浓度低于 $5\text{mg}/\text{m}^3$, SO_2 排放低于 $35\text{mg}/\text{m}^3$ 的超低排放要求,同时可保证烟囱处的烟气中汞的排放浓度低于 $6\mu\text{g}/\text{m}^3$ 。

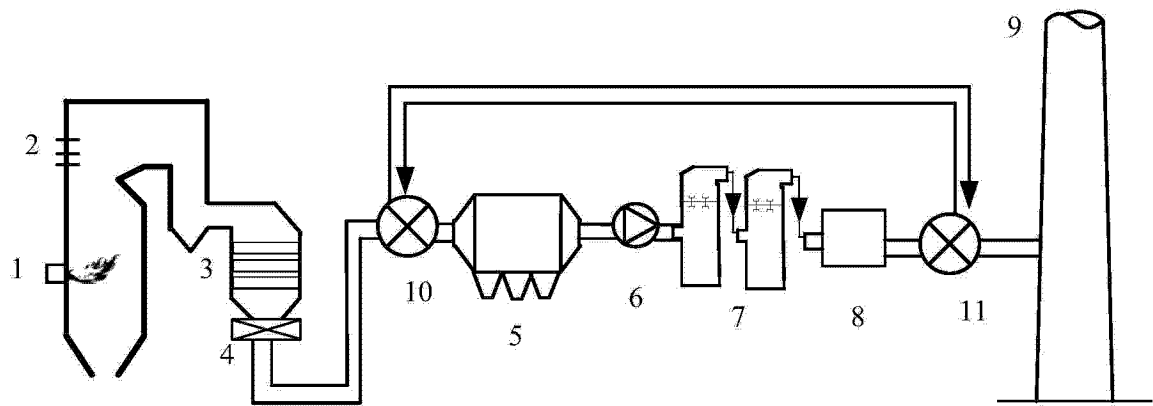


图 1