(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108332193 A
(43)申请公布日 2018.07.27

(21)申请号 201810020880.7

(22)申请日 2018.01.10

(71)申请人 清华大学
地址 100084 北京市海淀区北京市100084信箱82分箱清华大学专利办公室
申请人 北京热华能源科技有限公司

(72)发明人 李清海 张衍国 初雷哲 胡峰 刘戈

(51)Int.Cl.
F23B 10/02(2011.01)
F23J 15/00(2006.01)
F23J 15/02(2006.01)
F23J 15/04(2006.01)

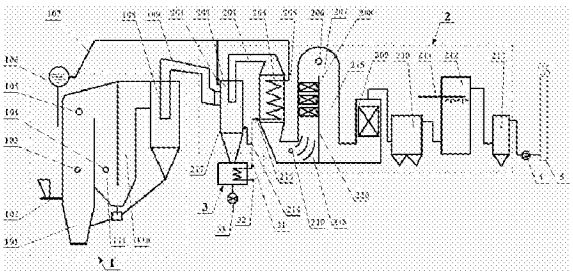
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统

(57)摘要

一种超燃气洁净的工业锅炉燃烧及烟气净化系统，包括低NOx燃烧装置、烟气净化系统，其中低NOx燃烧装置包括主燃室、副燃室、燃尽室、CFB分离器等；烟气净化系统包括高温除尘器、三级SCR吸附反应器、低温除尘器、脱硫塔和低低温除尘器等。三级SCR吸附反应器入口处依次设置有三级SCR还原剂入口和导流板。三级SCR吸附反应器中部设置有吸附剂喷口。导流板和吸附剂喷口之间设置有催化剂层。催化剂层设置若干层。若干层催化剂层内均装填有催化剂。催化剂选用蜂窝型钒钨钛催化剂。本发明针对SO_2、NOx、PM和重金属都采取多级净化措施联合脱除的方式，使燃煤烟气达到超燃气洁净的排放目标，具有实用性。



CN 108332193 A

1.一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，包括低NOx燃烧装置(1)、烟气净化系统(2)，所述低NOx燃烧装置(1)包括主燃室(101)、副燃室(111)、燃尽室(110)、CFB分离器(108)和设置在所述主燃室(101)前端的进料装置(102)；其特征在于：

所述烟气净化系统(2)包括通过烟道依次相连的高温除尘器(202)、省煤器(204)、三级SCR吸附反应器(207)、空气预热器(209)、低温除尘器(210)、脱硫塔(212)和低低温除尘器(214)；所述CFB分离器(108)通过CFB分离器出口烟道(109)与所述高温除尘器(202)相连；

所述主燃室(101)的中部设置有一级脱硫剂喷口(103)，所述主燃室(101)的上部设置有二级SNCR脱硝还原剂喷口(105)；所述副燃室(111)的中下部设置有二级脱硫剂喷口(104)；

以烟气流向为前后方向，所述三级SCR吸附反应器(207)入口处设置有三级SCR还原剂入口(219)和导流板(218)，且所述导流板(218)设置在所述三级SCR还原剂入口(219)之后；在所述三级SCR吸附反应器(207)的中部设置有吸附剂喷口(206)；在所述导流板(218)和所述吸附剂喷口(206)之间还设置有催化剂层(208)。

2.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述高温除尘器(202)选用水冷旋风除尘器。

3.按照权利要求1或2所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述高温除尘器(202)的下部设置有冷灰器(3)，所述冷灰器(3)的出口设置有锁气器(33)；所述高温除尘器(202)壳体由分离器水冷壁(217)围成；所述冷灰器(3)选用水冷或风冷。

4.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述三级SCR吸附反应器(207)为倒U形反应器，倒U形反应器中间设置有反应隔墙(216)隔开；吸附剂喷口(206)设置在所述三级SCR吸附反应器(207)的U形顶部内。

5.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述脱硫塔(212)的上部设置有脱硫吸收液给入装置(211)，用于喷入碱性吸收液。

6.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述二级SNCR脱硝还原剂喷口(105)和三级SCR还原剂入口(219)用于喷入还原剂，所述还原剂包括尿素溶液、氨水、氨溶液。

7.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述吸附剂喷口(206)用于喷入吸附剂，所述吸附剂选用活性炭粉末。

8.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：通过所述一级脱硫剂喷口(103)加入到主燃室(101)、通过二级脱硫剂喷口(104)加入到副燃室(111)内的脱硫剂选用钙基脱硫剂，包括石灰石颗粒、生石灰颗粒。

9.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述催化剂层(208)设置若干层；所述催化剂层(28)装填有催化剂，所述催化剂选用蜂窝型钒钨钛催化剂。

10.按照权利要求1所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，其特征在于：所述低温除尘器(210)选用布袋除尘器；所述低低温除尘器(213)选用湿式电除尘器。

一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，尤其涉及一种超燃气洁净的低排放的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，属于燃用煤炭、固体废弃物、污泥、生物质等固体燃料的燃烧设备和烟气净化系统，特别适用于对烟气排放要求高但又实际缺乏天然气、需要用燃煤代替燃天然气的地区使用。

背景技术

[0002] 我国是以煤炭为主要能源的国家，煤炭占我国一次能源消耗的70%以上。由于我国的石油、天然气储量不足，这种现状在未来的10～20年内仍不可能得到根本性的转变。中国的发展，尤其是改革开放以来巨大的进步，煤起了巨大的作用。而今，由于环境的影响，尤其是PM2.5雾霾的污染，人们把罪魁祸首指向煤的利用，把责任全推给燃煤，采取严厉措施简单的限制燃煤，而这不能真正解决问题。事实上，据2012年BP能源统计，按照储采比R/P估算，全世界的天然气还够利用56年，石油还可利用53年，煤炭还可以利用110年。当天然气和石油耗尽后，还必须使用煤炭。与其将来不得已使用煤炭，不如现在将天然气、石油和煤炭等合理规划，互为补充进行调剂使用，“宜煤则煤、宜气则气”。

[0003] 由于环境污染问题日益突出，国家和地方制定了非常严格的污染排放标准。例如，北京市锅炉大气污染物排放标准(DB11139-2015)规定，无论是燃煤锅炉还是燃气锅炉，均需满足锅炉的颗粒物PM排放≤5mg/m^3，SO_2≤10mg/m^3，NO≤30mg/m^3。由于煤炭中的灰分高、硫分高，燃烧煤炭的颗粒物、NOx和SO_2等原始排放会显著高于燃天然气锅炉的原始排放。尽管可以通过投入更多的烟气治理设施来降低污染排放，但常规的燃煤锅炉燃烧方式和烟气处理方式已经难以达到相应的排放标准。目前，市场上急需一种经济高效的、烟气排放能满足苛刻的地方燃气锅炉排放标准的燃煤工业锅炉，即实现“燃煤锅炉超燃气洁净”。

发明内容

[0004] 本发明提出一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，通过“四重三元组合”将燃煤工业锅炉烟气的PM(颗粒物)、NOx(氮氧化物)、SO_2(二氧化硫)和重金属等四种污染物排放控制到燃气锅炉排放限值之下。

[0005] 本发明是通过以下技术方案实现的：

一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，包括低NOx燃烧装置、烟气净化系统，所述低NOx燃烧装置包括主燃室、副燃室、燃尽室、CFB分离器和设置在所述主燃室前端的进料装置；其特征在于：

所述烟气净化系统包括通过烟道依次相连的高温除尘器、省煤器、三级SCR吸附反应器、空气预热器、低温除尘器、脱硫塔和低低温除尘器；所述CFB分离器通过CFB分离器出口烟道与所述高温除尘器相连；

所述主燃室的中部设置有一级脱硫剂喷口，所述主燃室的上部设置有二级SNCR脱硝还原剂喷口；所述副燃室的中下部设置有二级脱硫剂喷口；

以烟气流向为前后方向，所述三级SCR吸附反应器入口处设置有三级SCR还原剂入口和导流板，且所述导流板设置在所述三级SCR还原剂入口之后；在所述三级SCR吸附反应器的中部内设置有吸附剂喷口；在所述导流板和所述吸附剂喷口之间还设置有催化剂层。

[0006] 上述技术方案中，所述高温除尘器选用水冷旋风除尘器。

[0007] 上述技术方案中，所述高温除尘器的下部设置有冷灰器，所述冷灰器的出口设置有锁气器；所述高温除尘器壳体由分离器水冷壁围成；所述冷灰器选用水冷或风冷。

[0008] 上述技术方案中，所述三级SCR吸附反应器为倒U形反应器，倒U形反应器中间设置有反应隔墙隔开；吸附剂喷口设置在所述三级SCR吸附反应器的U形顶部内。

[0009] 上述技术方案中，所述脱硫塔的上部设置有脱硫吸收液给入装置，用于喷入碱性吸收液。

[0010] 上述技术方案中，所述二级SNCR脱硝还原剂喷口和三级SCR还原剂入口用于喷入还原剂，所述还原剂包括尿素溶液、氨水、氨溶液。

[0011] 上述技术方案中，所述吸附剂喷口用于喷入吸附剂，所述吸附剂选用活性炭粉末。

[0012] 上述技术方案中，通过所述一级脱硫剂喷口加入到主燃室、通过二级脱硫剂喷口加入到副燃室内的脱硫剂选用钙基脱硫剂，包括石灰石颗粒、生石灰颗粒。

[0013] 上述技术方案中，所述催化剂层设置若干层。若干层催化剂层内均装填有催化剂。催化剂选用蜂窝型钒钨钛催化剂。

[0014] 上述技术方案中，所述低温除尘器选用布袋除尘器。

[0015] 上述技术方案中，所述低低温除尘器选用湿式电除尘器。

[0016] 本发明与现有技术相比，具有以下优点及突出性效果：① 本发明将清洁燃烧CFB技术与烟气净化技术组合，能够深度降低PM、SO_2、NOx和重金属的排放。② 与燃气锅炉相比，在相同出力条件下，运行成本低。③由于煤炭资源比天然气和石油资源丰富，与相同排放标准的燃气和燃油锅炉相比，本发明的燃煤锅炉系统具有更强的适用性。

附图说明

[0017] 图1为本发明所提供的其中一种实施方式的超燃气洁净的工业锅炉燃烧及烟气净化系统示意图。

[0018] 图中：1－低NOx燃烧装置；101－主燃室；102－进料装置；103－一级脱硫剂喷口；104－二级脱硫剂喷口；105－二级SNCR脱硝还原剂喷口；106－锅筒；107－给水汇集管道；108－CFB分离器；109－CFB分离器出口烟道；110－燃尽室；111－副燃室； 2－烟气净化系统；201－分离器水冷壁热水出口；202－高温除尘器；203－高温烟道；204－省煤器；205－省煤器水出口；206－吸附剂喷口；207－三级SCR吸附反应器；208－催化剂层；209－空气预热器；210－低温除尘器；211－脱硫吸收液给入装置；212－脱硫塔；213－低低温除尘器；214－分离器水冷壁给水入口；215－省煤器水入口；216－反应隔墙；217－分离器水冷壁；218－导流板；219－三级SCR还原剂入口；3－冷灰器；31－冷却介质出口；32－冷却介质入口；33－锁气器；4－引风机；5－烟囱。

具体实施方式

[0019] 下面结合附图对本发明的具体实施方式及工作过程作进一步的说明。

[0020] 本申请文件中的上、下、左、右、前和后等方位用语是基于附图所示的位置关系而建立的。附图不同，则相应的位置关系也有可能随之发生变化，故不能以此理解为对保护范围的限定。

[0021] 本发明所述的一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，旨在通过“四重三元组合”将燃煤工业锅炉烟气的PM、NOx、SO_2和重金属等四种污染物排放降低到燃气锅炉排放限值之下。每种污染物的脱除均采用三级串联或者三种手段的三元组合，即：1)颗粒物PM通过一级高温旋风除尘+二级低温除尘+三级低低温除尘的三元串联方式；2)NOx通过一级CFB低NOx燃烧+二级SNCR(选择性非催化还原)+三级SCR(选择性催化还原)的三元组合方式；3)SO_2通过一级炉内干法FGD(flue gas desulfurization，烟气脱硫)+二级炉内干法FGD+三级烟气湿法FGD的三元串联方式；4)Hg等重金属通过一级吸附剂吸附+二级FGD脱除+三级除尘脱除的三元组合方式。

[0022] 如图1所示，一种超燃气洁净的燃煤工业锅炉燃烧及烟气净化系统，包括低NOx燃烧装置1、烟气净化系统2、引风机4等。其中，低NOx燃烧装置1包括主燃室101、副燃室111、燃尽室110、CFB(循环流化床)分离器108和设置在所述主燃室101前端的进料装置102。主燃室101、副燃室111、燃尽室110之间依次并列水平布置，且形成折返式物流通道。CFB分离器108设置在燃尽室110出口处。CFB分离器108优选旋风分离器。

[0023] 烟气净化系统2包括通过烟道依次相连的高温除尘器202、省煤器204、三级SCR吸附反应器207、空气预热器209、低温除尘器210、脱硫塔212和低低温除尘器214。CFB分离器108通过CFB分离器出口烟道109与高温除尘器202相连。

[0024] 主燃室101的中部设置有一级脱硫剂喷口103，主燃室101的上部设置有二级SNCR脱硝还原剂喷口105；副燃室111的中下部设置有二级脱硫剂喷口104。通过所述一级脱硫剂喷口103加入到主燃室101、通过二级脱硫剂喷口104加入到副燃室111内的脱硫剂选用钙基脱硫剂，包括石灰石颗粒、生石灰颗粒。

[0025] 低NOx燃烧装置1顶部设置有锅筒106。省煤器204设置有省煤器水出口205和省煤器水入口215。

[0026] 高温除尘器202选用水冷旋风除尘器。此时，高温除尘器202壳体由分离器水冷壁217围成。高温除尘器202的上部设置有分离器水冷壁热水出口201，下部设置有分离器水冷壁给水入口214。分离器水冷壁热水出口201和省煤器水出口205通过给水汇集管道107与锅筒106相连。

[0027] 高温除尘器202的下部设置有冷灰器3，用于冷却除下来的热灰。冷灰器3选用水冷或风冷。冷灰器3上设置有冷却介质出口31和冷却介质入口32。当冷却介质为水时，冷却介质入口32通入冷却水，冷却介质出口31通过管道与分离器水冷壁给水入口214和省煤器水入口215相连，如图1所示。当冷却介质为风时，冷却介质入口32通入冷空气，冷却介质出口31通过管道与空气预热器209相连。冷灰器3的出口设置有锁气器33。

[0028] 低温除尘器210选用布袋除尘器。低低温除尘器213选用湿式电除尘器。高温除尘器202、低温除尘器210和低低温除尘器213一起构成了三级深度除尘。

[0029] 以烟气流向为前后方向，三级SCR吸附反应器207入口处设置有三级SCR还原剂入口219和导流板218，且所述导流板218设置在所述三级SCR还原剂入口219之后。导流板218用于对喷入的还原剂起导流作用。在所述三级SCR吸附反应器207的中部设置有吸附剂喷口

206；在所述导流板218和所述吸附剂喷口206之间还设置有催化剂层208。作为一种优化的技术方案，三级SCR吸附反应器207为倒U形反应器，倒U形反应器中间设置有反应隔墙216隔开。吸附剂喷口206设置在三级SCR吸附反应器207的U形顶部内。

[0030] 二级SNCR脱硝还原剂喷口105和三级SCR还原剂入口219用于喷入还原剂，所述还原剂选用尿素溶液或氨水或氨溶液。吸附剂喷口206用于喷入吸附剂，所述吸附剂选用活性炭粉末。催化剂层208设置若干层。若干层催化剂层内均装填有催化剂。催化剂选用蜂窝型钒钨钛催化剂。

[0031] 低NOx燃烧装置1与二级SNCR、三级SCR构成了三级深度脱除NOx。

[0032] 本发明所述脱硫塔选用湿法FGD脱硫塔，脱硫塔212的上部设置有脱硫吸收液给入装置211，用于喷入碱性吸收液。本领域一般技术人员能够理解，干法或者半干法脱硫塔也是可能的利用方案。

[0033] 燃料煤在低NOx燃烧装置1中进行低氮燃烧，首先减少了NOx初始排放浓度，同时在炉内两级脱硫和CFB分离器作用下，SO_2和粉尘的初始排放浓度也大为降低。然后经过高温除尘器202、省煤器204、三级SCR吸附反应器207、空气预热器209、低温除尘器210、脱硫塔212和低低温除尘器214的减温、除尘、脱硫脱硝，达到优于燃气的超洁净净化的烟气，由引风机4抽取，通过烟囱5排放。

[0034] 其中一个实施例：

对于一台燃35t/h的燃贫煤的工业锅炉，煤中灰分含量15%、硫含量0.6%。当不增加任何环保设施时，通过低NOx燃烧装置1燃烧后的烟气中飞灰含量约20000mg/m^3、SO_2排放约1500mg/m^3、NOx约200mg/m^3。由于综合采取了“四重三元组合”的方式，PM、SO_2、NOx等得到高效脱除，各级的脱除效果如下：

除尘即去除颗粒物(PM)，采用三级除尘。原始烟气中飞灰含量20000mg/m^3。高温除尘器的效率约95%，经过高温除尘后烟气中的PM约为1000mg/m^3；布袋除尘器的除尘效率大于99%，经过布袋除尘器后烟气的颗粒物已经小于10mg/m^3；经过湿法FGD脱硫塔后，烟气会因为携带盐类而导致颗粒物增加，最终通过湿式电除尘最终捕集(捕集效率大于80%)，最终烟气中的PM排放小于5mg/m^3。

[0035] 脱硫采用炉内两级脱硫和烟气湿法FGD组合。原始烟气中SO_2约1500mg/m^3，通过炉内两级脱硫，烟气中的SO_2降低到100mg/m^3。湿法FGD的效率大于90%，经过湿法FGD后，烟气中SO_2小于10mg/m^3。

[0036] 脱硝采用低NOx燃烧、SNCR和SCR组合。低NOx燃烧后烟气中的NOx已经小于200 mg/m^3，SNCR的效率可达60%，SCR的效率80%，SNCR和SCR组合的脱硝效率达92%，则烟气中NOx的排放为16mg/m^3。

[0037] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已，并不用于限制本发明，对于本领域的技术人员来说，本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

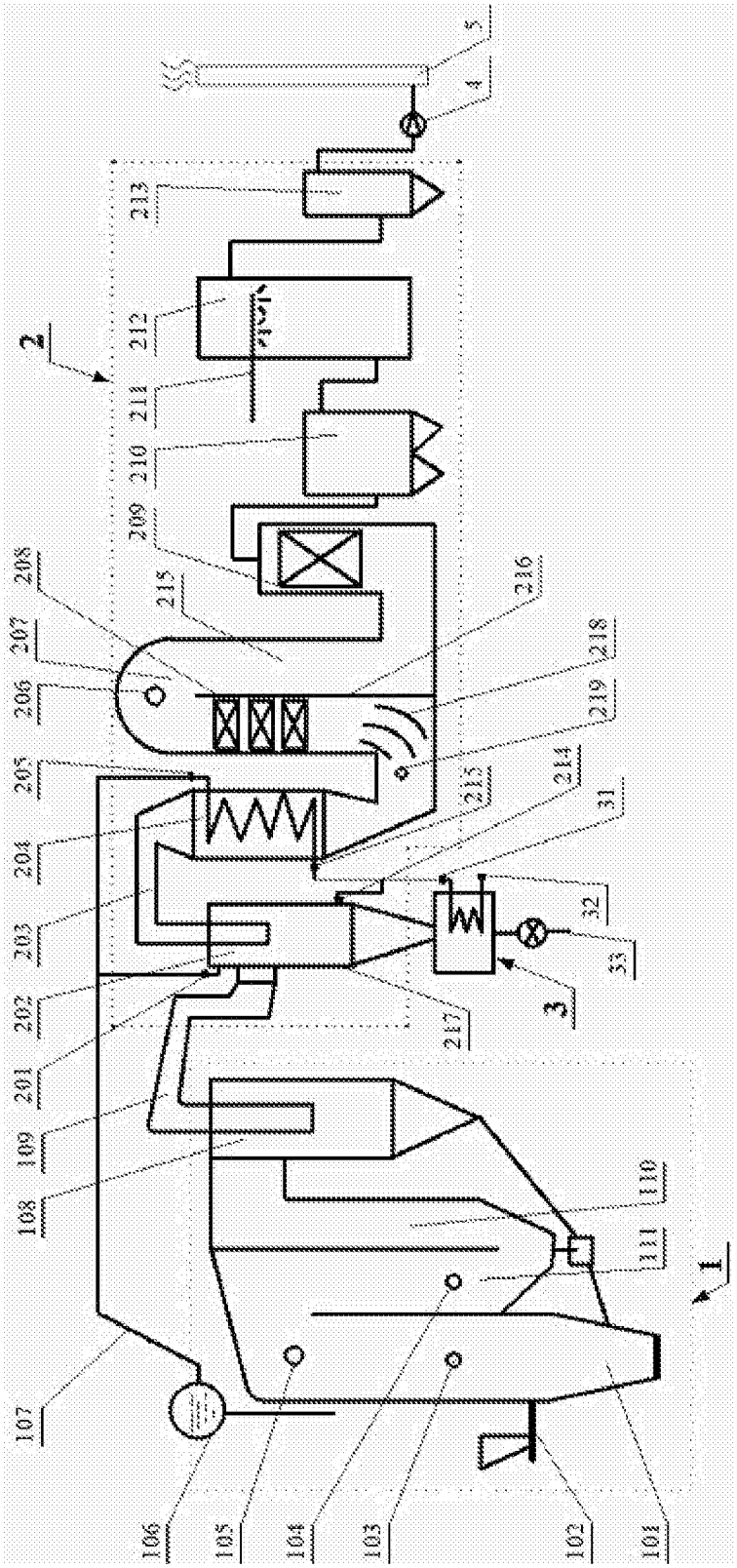

5
4
213
212
211
210
209
208
207
206
205
204
203
202
201
109
108
107
106
105
104
103
102
101
110
111
215
216
218
219
214
31
32
33
217
2
3
1

图1