



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106582236 A

(43)申请公布日 2017.04.26

(21)申请号 201611131300.9

B01D 53/64(2006.01)

(22)申请日 2016.12.09

B01D 53/60(2006.01)

B01D 47/06(2006.01)

(71)申请人 江苏方天电力技术有限公司

地址 211100 江苏省南京江宁科学园天元
中路19号

申请人 东南大学 国网江苏省电力公司
国家电网公司

(72)发明人 黄治军 祁建民 王卫群 孙虹
华伟 黄翔 张磊 陈建明
周心澄

(74)专利代理机构 南京钟山专利代理有限公司
32252

代理人 戴朝荣

(51)Int.Cl.

B01D 53/78(2006.01)

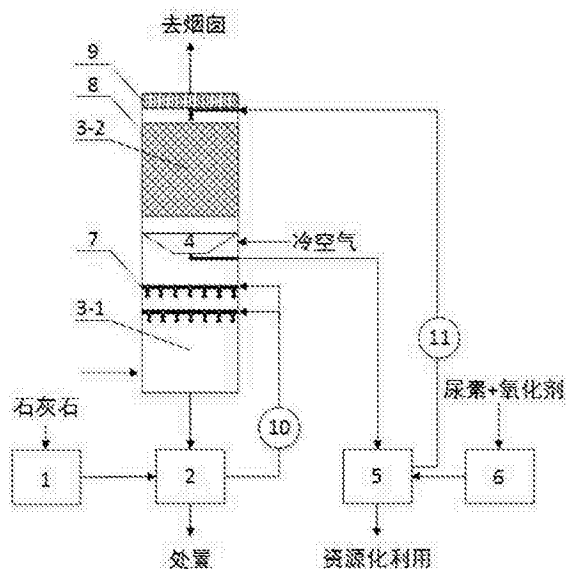
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg
的方法及装置

(57)摘要

本发明涉及一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/
NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法及装置,包括多功能洗涤吸
收塔、浆液配制槽、浆液循环槽组成,洗涤吸收塔
分脱硝脱汞脱PM_{2.5}段、湿法脱硫段上下两段,燃
煤烟气从底部进入多功能洗涤吸收塔湿法脱硫
段,由石灰石浆液脱硫后,烟气进入脱硝脱汞脱
PM_{2.5}段,与从顶部加入的吸收剂逆流接触,脱除
NO、单质汞,同时在脱硝脱汞脱PM_{2.5}段内高温湿
烟气和中低温洗涤液逆流接触过程中,烟气被增
湿冷却并达到过饱和状态,过饱和水汽以PM_{2.5}为
凝结核发生相变,使PM_{2.5}粒度增大并被洗涤液和
除雾器捕集。本发明可避免大部分氧化剂、尿素
消耗于SO₂的脱除过程中,显著降低吸收剂运行
费用。



1. 一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的装置,其特征在于:包括多功能洗涤吸收塔、新鲜石灰石浆液配制槽、石灰石浆液循环槽、脱硫脱汞浆液循环槽和新鲜脱硝脱汞浆液配制槽;

所述洗涤吸收塔下部设有烟气进口、上部设有烟气出口,所述洗涤吸收塔包括湿法脱硫段和脱硝脱汞脱PM_{2.5}段;所述湿法脱硫段设于脱硝脱汞脱PM_{2.5}段下方,中间设有气帽或集液槽将两段各自的浆液循环分开;

所述湿法脱硫段采用喷淋塔结构,内部设有脱硫浆液喷淋层,所述脱硫浆液喷淋层通过管道与设在多功能洗涤吸收塔外部的石灰石浆液循环槽通过脱硫浆液循环泵相连;

所述脱硝脱汞脱PM_{2.5}段采用填料塔结构,内部设有填料层,在所述填料层上方设有除雾器,脱硝脱汞浆液从脱硝脱汞浆液循环槽经脱硝脱汞浆液循环泵从脱硝脱汞脱PM_{2.5}段上方进入填料层;

所述新鲜石灰石浆液配制槽通过管道连接石灰石浆液循环槽;

所述新鲜脱硝脱汞浆液配制槽通过管道连接脱硫脱汞浆液循环槽。

2. 根据权利要求1所述的联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的装置,其特征在于:在所述脱硫浆液喷淋层上方设有进冷空气管道。

3. 根据权利要求1所述的联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的装置,其特征在于:进入填料层的脱硝脱汞浆液在完成脱硝脱汞除PM_{2.5}流程后经气帽或集液槽收集后经管路回到脱硝脱汞浆液循环槽。

4. 一种利用权利要求1-3所述装置联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法,其特征在于:包括以下步骤:

1) 烟气首先进入多功能洗涤吸收塔下部的湿法脱硫段,与从湿法脱硫段顶部喷入的石灰石浆液逆流接触,在接触反应的过程中脱除SO₂,烟气被增湿并在湿法脱硫段顶部达到饱和状态;

2) 在脱硫后的饱和烟气中添加冷空气使烟气达到过饱和状态;

3) 烟气进入多功能洗涤吸收塔的脱硝脱汞脱PM_{2.5}段,从脱硝脱汞脱PM_{2.5}段下部通过填料层的填料孔隙逆流而上,与填料层顶部喷淋至填料层的脱硝脱汞浆液密切接触反应,烟气中的NO、Hg⁰分别氧化为NO₂、Hg²⁺,进而被洗涤脱除;

4) 在脱硝脱汞脱PM_{2.5}段内,高温饱和烟气和中低温脱硝脱汞脱液逆流接触过程中,烟气被增湿冷却并达到过饱和状态,过饱和的水汽在PM_{2.5}表面发生核化凝结,PM_{2.5}粒度增大,凝结长大的含尘液滴由脱硝脱汞浆液和除雾器脱除;

5) 经脱硫和脱除PM_{2.5}后的净化烟气从功能洗涤吸收塔塔顶的烟气出口排出;脱硫产物通过管道进入石灰石浆液循环槽,从石灰石浆液循环槽底部排除;尿素脱硝产物通过管道进入脱硝脱汞浆液循环槽,从脱硝脱汞浆液循环槽底部排除。

5. 根据权利要求4所述的联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法,其特征在于:步骤2)中,冷空气添加量为脱硫饱和烟气体积量的10~20%,冷空气温度比脱硫饱和烟气低40℃以上,以使脱硫饱和烟气与冷空气混合后烟气过饱和度S由S≈1.00增至S=1.05~1.20。

6. 根据权利要求4所述的联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法,其特征在于:所述脱硝脱汞脱液由尿素、液相氧化剂组成;所述脱硝脱汞吸收液温度比进入填料的烟气温

度低20°C以上。

7. 根据权利要求6所述的联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法,其特征在于:所述液相氧化剂为下列物质的一种或多种组合:过硫酸铵、二甲基亚砷、次氯酸钠、亚氯酸钠、双氧水、过硫酸氢钾、乙二胺、三乙醇胺、漂白粉。

8. 根据权利要求4所述的联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法,其特征在于:步骤4)中,脱除的PM_{2.5}除原始燃煤烟气中的PM_{2.5}外,还包括脱硫洗涤中形成的PM_{2.5},包括SO₃酸雾滴、无机盐微粒。

一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法及装置

技术领域

[0001] 本发明属于燃煤电站锅炉、工业锅炉烟气多污染物协同控制技术领域,特别涉及一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法及装置。

背景技术

[0002] 我国煤储量丰富,煤炭占一次能源消费比重的60%以上,长期以煤炭为主的能源结构也导致了日益严重的大气污染问题。煤炭燃烧产生的二氧化硫、氮氧化物、细颗粒物、汞是造成酸雨、光化学污染、雾霾天气、土壤及水源污染的重要原因。为此,我国针对这些污染物排放制定了越来越严格的标准。燃煤烟气中SO₂、NO_x、细颗粒物和汞的排放控制是目前大气污染物控制领域的重要任务。

[0003] 目前,燃煤电站锅炉、工业锅炉烟气的治理技术较多,其中技术成熟且具有代表性的脱硫技术有石灰石-石膏法、氨法、双碱法等,湿法烟气脱硫技术下浆液洗涤过程虽可协同脱除烟气中的粗粉尘,但由于存在浆液雾化夹带、脱硫产物结晶析出等问题,反而会造成PM_{2.5}排放浓度增加的问题,而对于不溶于水的Hg⁰和NO,捕捉效果极不显著;脱硝技术主要有选择性催化还原法(SCR)、选择性非催化还原法(SNCR)结合低氮燃烧技术等,其中SCR技术存在催化剂费用高,催化剂再生困难等问题,SNCR脱硝则难以保证脱硝效率,而仅依靠低氮燃烧技术很难达到排放标准;细颗粒脱除技术有在湿法脱硫系统后增设湿式电除尘器、电袋复合技术等,均存在投资费用高、脱除效果有限等问题;烟气脱汞技术国内起步较晚,脱汞吸附剂是目前唯一一种在燃煤电厂烟气汞控制方面可以商业应用的技术,其中活性炭吸附剂成本过高,飞灰、钙基吸附剂等尚在研究阶段。总体而言,以上这些技术设备都几乎只能针对单一污染物进行脱除,且工序繁琐,占地面积大,运行维护成本高,因此,进一步研发燃煤烟气SO₂、NO_x、PM_{2.5}、Hg协同技术是大势所趋,具有广阔的应用前景。

[0004] 现有的燃煤烟气联合脱硫脱硝脱汞除尘技术大多由联合脱硫脱硝技术发展而来,这是因为不少脱硫脱硝技术同时具有一定的脱汞除尘效果,如基于大多数电厂湿法烟气脱硫系统的湿法联合脱硫脱硝脱汞除尘技术,该技术的关键是针对湿法脱硫过程中NO、Hg⁰的溶解度低的问题,利用添加各种强氧化剂,将不溶于水的NO、Hg⁰分别氧化成NO₂、Hg²⁺,进而在脱硫洗涤塔内实现SO₂、NO_x、Hg联合脱除。该方案虽然在原理上技术可行,但现有研究仍存在各种问题,如:基于钙基湿法的气相氧化吸收工艺通过加入臭氧、Cl₂等提高NO、Hg氧化率,可大大增强WFGD系统对于NO、Hg的脱除效果,但运行成本高,气体运输储存困难;尿素协同氧化吸收工艺指在现有湿法脱硫工艺中引入NO_x吸收剂尿素及促进吸收的强氧化剂,使原有的湿法烟气脱硫系统同时具有脱硝功能,但由于烟气中SO₂浓度通常远高于NO、Hg,加入的大部分氧化剂、尿素都消耗在了SO₂的氧化、脱除过程,相对石灰石价格更高的尿素、氧化剂的大量添加使得运行费用增高,此外由于尿素脱硝产物与脱硫产物混在一起,资源化利用难以实现;现有的脱硫脱硝脱汞技术并没有对除尘加以特别关注,在脱硫脱硝脱汞的过程中还有可能使PM_{2.5}浓度增高。本发明致力于开发的这一新产品,能够有效弥补以上这些工艺的不足,降低了运行费用与占地面积,对于协同控制多种污染物具有十分重要的意

义。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对燃煤电站锅炉、工业锅炉烟气SO₂、NO_x、Hg单独处理投资运行费用高,提供一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法及装置。

[0006] 为达到上述目的,本发明提供的技术方案是:

[0007] 一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的装置,包括多功能洗涤吸收塔、新鲜石灰石浆液配制槽、石灰石浆液循环槽、脱硫脱汞浆液循环槽和新鲜脱硝脱汞浆液配制槽。

[0008] 所述多功能洗涤吸收塔由下至上依次设置有湿法脱硫段、脱硝脱汞脱PM_{2.5}段。所述洗涤吸收塔下部设有烟气进口、上部设有烟气出口。燃煤烟气进口设置在所述湿法脱硫段上,净烟气出口设置在所述脱硝脱汞脱PM_{2.5}段上。所述湿法脱硫段和脱硝脱汞脱PM_{2.5}段之间设置仅供烟气通过的气帽或集液槽装置。所述气帽或集液槽将上部的脱硝脱汞脱PM_{2.5}段、下部的湿法脱硫段各自的浆液循环分开。

[0009] 所述湿法脱硫段采用喷淋塔结构,内部设有脱硫浆液喷淋层,所述脱硫浆液喷淋层通过管道与设在多功能洗涤吸收塔外部的石灰石浆液循环槽通过脱硫浆液循环泵相连;所述脱硫剂浆液喷淋层设置在燃煤烟气进口和所述气帽或集液槽装置之间。

[0010] 所述湿法脱硫段设有石灰石浆液入口和石灰石浆液出口。所述石灰石浆液入口和石灰石浆液出口均与所述石灰石浆液循环槽相联。所述脱硫剂浆液喷淋层与所述石灰石浆液循环槽相连通,通过所述外部的循环泵将所述石灰石浆液循环槽内的浆液导入到所述脱硫剂浆液喷淋层中,构成浆液循环回路。

[0011] 所述脱硝脱汞脱PM_{2.5}段采用填料塔结构,内部设有填料层,所述填料层设置在所述气帽或集液槽和所述净烟气出口之间。

[0012] 所述脱硝脱汞脱PM_{2.5}段设有脱硝脱汞浆液入口和脱硝脱汞浆液出口。所述脱硝脱汞浆液入口和脱硝脱汞浆液出口均与所述脱硝脱汞浆液循环槽相联。所述脱硝脱汞浆液经所述脱硝脱汞浆液入口从脱硝脱汞脱PM_{2.5}段上方进入所述内部填料,在填料内与烟气发生气液接触并反应后经所述脱硝脱汞浆液出口与脱硝脱汞浆液循环槽连通,经设置在所述脱硝脱汞脱PM_{2.5}段外部的循环泵引回所述脱硝脱汞脱PM_{2.5}段,构成浆液循环回路。

[0013] 所述脱硝脱汞脱PM_{2.5}段内还设置有除雾器,所述除雾器布置在所述脱硝脱汞浆液入口上方。

[0014] 所述新鲜石灰石浆液配制槽通过管道连接石灰石浆液循环槽,石灰石加入到所述新鲜石灰石浆液配制槽,再引入所述石灰石浆液循环槽。

[0015] 所述新鲜脱硝脱汞浆液配制槽通过管道连接脱硫脱汞浆液循环槽。尿素和所述液相氧化剂是加入所述新鲜脱硝脱汞浆液配制槽,再引入所述脱硝脱汞浆液循环槽。

[0016] 在所述脱硫浆液喷淋层上方设有进冷空气管道,烟气经所述湿法脱硫段脱硫后,向脱硫后的饱和烟气中添加冷空气,使所述饱和烟气达到过饱和状态,冷空气添加量为脱硫饱和烟气体积量的10~20%,冷空气温度比脱硫饱和烟气低40℃以上,以使脱硫饱和烟气与冷空气混合后烟气过饱和度S由S≈1.00增至S=1.05~1.20。

[0017] 进入填料层的脱硝脱汞浆液在完成脱硝脱汞除PM_{2.5}流程后经气帽或集液槽收集后经管路回到脱硝脱汞浆液循环槽。

[0018] 本发明还公开一种利用上述装置联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法,包括以下步骤:

[0019] 湿式脱硫阶段:烟气首先进入多功能洗涤吸收塔下部的湿法脱硫段,与从湿法脱硫段顶部喷入的石灰石浆液逆流接触,在接触反应的过程中脱除SO₂,烟气被增湿并在湿法脱硫段顶部达到饱和状态;

[0020] 饱和烟气增湿阶段:脱硫后的饱和烟气中添加冷空气使烟气达到过饱和状态;

[0021] 脱硝脱汞脱PM_{2.5}阶段:烟气进入多功能洗涤吸收塔的脱硝脱汞脱PM_{2.5}段,从脱硝脱汞脱PM_{2.5}段下部通过填料层的填料孔隙逆流而上,与填料层顶部喷淋至填料层的脱硝脱汞浆液密切接触反应,烟气中的NO、Hg⁰分别氧化为NO₂、Hg²⁺,进而被洗涤脱除;

[0022] 在脱硝脱汞脱PM_{2.5}段内,高温饱和烟气和中低温脱硝脱汞脱液逆流接触过程中,烟气被增湿冷却并达到过饱和状态,过饱和的水汽在PM_{2.5}表面发生核化凝结,PM_{2.5}粒度增大,凝结长大的含尘液滴由脱硝脱汞浆液和除雾器脱除;脱除的PM_{2.5}除原始燃煤烟气中的PM_{2.5}外,还包括脱硫洗涤中形成的PM_{2.5},包括SO₃酸雾滴、无机盐微粒。

[0023] 经脱硫和脱除PM_{2.5}后的净化烟气从功能洗涤吸收塔塔顶的烟气出口排出;脱硫产物通过管道进入石灰石浆液循环槽,从石灰石浆液循环槽底部排除;尿素脱硝产物通过管道进入脱硝脱汞浆液循环槽,从脱硝脱汞浆液循环槽底部排出。

[0024] 所述脱硝脱汞脱液由尿素、液相氧化剂组成;所述脱硝脱汞吸收液温度比进入填料的烟气温度低20℃以上。所述液相氧化剂为下列物质的一种或多种组合:过硫酸铵、二甲基亚砷、次氯酸钠、亚氯酸钠、双氧水、过硫酸氢钾、乙二胺、三乙醇胺、漂白粉。

[0025] 本发明具有以下有益效果:

[0026] 1.与WFGD、SCR、湿式电除尘器等技术相比,该装置能同时高效脱除多种污染物,提高了烟气污染治理的效率。且该装置主体结构简单,占地面积小,投资费用少,运行维护成本低。

[0027] 2.液相氧化剂、尿素价格高于石灰石,而燃煤烟气中SO₂浓度通常明显高于NO、汞,使得大部分氧化剂、尿素消耗于SO₂的氧化脱除过程中,大量添加的尿素及氧化剂使运行成本增加。本发明在脱硫段使用石灰石浆液作为吸收剂,尿素和氧化剂仅用于脱硫脱硝脱汞脱PM_{2.5}的过程中,尽管因吸收塔设备需适当增高及需分别构建石灰石、脱硝脱汞浆液循环槽和配制槽等设备,投资费用会有所增加,但用于购置氧化剂和尿素的费用将大大降低。

[0028] 3.尿素脱硝产物与脱硫产物石膏分开,可以实现脱硫脱硝产物的资源化利用。

[0029] 4.湿法脱硫的同时将烟气中的Hg²⁺一同洗涤脱除,难以被脱除的Hg⁰可以在脱硝的同时进行二次脱除,大大提高了汞的脱除效率。而且这种工艺不用单独再配置脱汞系统,相比于工业上独立使用的脱汞装置,大大节省了环保费用和占地面积,提高了企业的经济效益。

[0030] 5.与之前的脱硫脱硝脱汞协同技术相比,本发明同时具有高效脱除PM_{2.5}的能力。通过向脱硫后的饱和烟气中添加冷空气,使所述饱和烟气达到过饱和状态,过饱和的水汽在PM_{2.5}表面发生核化凝结,PM_{2.5}粒度增大,凝结长大的含尘液滴由所述脱硝脱汞吸收液和所述除雾器脱除。

[0031] 6.湿法脱硫段与脱硝脱汞脱PM_{2.5}段上下连通但相对互相独立,可以根据烟气中各污染物浓度高低灵活调整两段高度,提高了污染物脱除效率。

附图说明

[0032] 图1:本发明的装置结构示意图。

[0033] 图中:1.新鲜石灰石浆液配制槽;2.石灰石浆液循环槽;3-1.湿法脱硫段;3-2.脱硝脱汞脱PM_{2.5}段;4.气帽或集液槽;5.脱硝脱汞浆液循环槽;6.新鲜脱硝脱汞浆液配制槽;7.脱硫浆液喷淋层;8.填料;9.除雾器;10.脱硫浆液循环泵;11.脱硝脱汞浆液循环泵。

具体实施方式

[0034] 下面结合具体实施例对本发明作进一步说明。

[0035] 如图1所示,本发明的一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的装置,主要由包含湿法脱硫段3-1、脱硝脱汞脱PM_{2.5}段3-2组成的多功能洗涤吸收塔、新鲜石灰石浆液配制槽1、石灰石浆液循环槽2、脱硫脱汞浆液循环槽5、新鲜脱硝脱汞浆液配制槽6组成。湿法脱硫段3-1设于脱硝脱汞脱PM_{2.5}段3-2下方,中间设有气帽或集液槽4将两段各自的浆液循环分开,由于SO₂、尿素具有腐蚀性,多功能洗涤吸收塔和气帽或集液槽4均采用耐腐蚀材料制作。湿法脱硫段3-1采用喷淋塔结构,内部设有脱硫浆液喷淋层7,喷嘴可选用实心锥喷嘴或螺旋喷嘴。脱硫浆液喷淋层7通过管道与设在多功能洗涤吸收塔外部的石灰石浆液循环槽2通过脱硫浆液循环泵10相连。冷空气在脱硫浆液喷淋层7上方加入。脱硝脱汞脱PM_{2.5}段3-2采用填料塔结构,内部设有填料8,填料8上方设有除雾器9。脱硝脱汞浆液从脱硝脱汞浆液循环槽5经脱硝脱汞浆液循环泵11从上方进入填料8,在完成脱硝脱汞除PM_{2.5}流程后经气帽或集液槽4收集后回到脱硝脱汞浆液循环槽5。脱硫剂的更新方式是向新鲜石灰石浆液配制槽1中加入石灰石,再通过管道将新鲜脱硫剂从新鲜石灰石浆液配制槽1引入石灰石浆液循环槽。同样,脱硝脱汞浆液的更新方式是向新鲜脱硝脱汞浆液配制槽6中加入尿素和氧化剂,再通过管道将新鲜脱硝脱汞浆液从新鲜脱硝脱汞浆液配制槽6引入脱硝脱汞浆液循环槽5。

[0036] 一种联合脱除燃煤烟气中SO₂/NO_x/PM_{2.5}/Hg的方法为:来自燃煤电站锅炉或工业锅炉的烟气首先进入多功能洗涤吸收塔下部的湿法脱硫段3-1,与从湿法脱硫段3-1顶部喷入的石灰石浆液逆流接触,在接触反应的过程中脱除SO₂,烟气被增湿并在湿法脱硫段3-1顶部达到饱和状态。在脱硫后的饱和烟气中添加冷空气使烟气达到过饱和状态,冷空气添加量为脱硫饱和烟气体积量的10~20%,冷空气温度比脱硫饱和烟气低40℃以上,以使脱硫饱和烟气与冷空气混合后烟气过饱和度S由S≈1.00增至S=1.05~1.20。烟气在脱硝脱汞脱PM_{2.5}段3-2从下部通过填料8孔隙逆流而上,与脱硝脱汞浆液密切接触反应,NO、Hg⁰分别氧化为NO₂、Hg²⁺,进而洗涤脱除。脱硝脱汞液由尿素、液相氧化剂组成,液相氧化剂为下列物质的一种或多种组合:过硫酸铵、二甲基亚砷、次氯酸钠、亚氯酸钠、双氧水、过硫酸氢钾、乙二胺、三乙醇胺、漂白粉。在脱硝脱汞脱PM_{2.5}段内高温饱和烟气和中低温吸收液逆流接触过程中,烟气被增湿冷却并达到过饱和状态,所述脱硝脱汞吸收液温度比进口烟温低20℃以上。在脱硝脱汞脱PM_{2.5}段3-2,过饱和的水汽在PM_{2.5}表面发生核化凝结,PM_{2.5}粒度增大,凝结长大的含尘液滴由脱硝脱汞浆液和除雾器9脱除。脱除的PM_{2.5}除原始燃煤烟气中的PM_{2.5}外,还包括脱硫洗涤中形成的PM_{2.5},如SO₃酸雾滴、无机盐微粒等;经脱硫和脱除PM_{2.5}后的净化烟气从塔顶烟气出口排出。脱硫产物从石灰石浆液循环槽2底部排除,尿素脱硝产物从脱

硝脱汞浆液循环槽5底部排出,可加以资源化利用。

[0037] 以下结合实施例对本发明作进一步说明,但本发明不只限于此实施例。

[0038] 实施例1

[0039] 烟气由全自动燃煤锅炉产生,烟气量为 $300\text{Nm}^3/\text{h}$, SO_2 及 NO 由配气系统提供,通过质量流量计控制 SO_2 在烟气中的浓度为 $2286\text{mg}/\text{m}^3$, NO 在烟气中浓度为 $1071\text{mg}/\text{m}^3$,辅以SAG-410型气溶胶发生器在烟气中添加适量燃煤飞灰,使燃煤烟气中含尘浓度为 $4750\text{mg}/\text{m}^3$,其中 $\text{PM}_{2.5}$ 浓度为 $165\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0040] 多功能洗涤吸收塔塔径200mm,总高4600mm,除填料层段采用玻璃圆筒外壳,其他部分均采用316型不锈钢材料或防腐配件。湿法脱硫段高2800mm,采用喷淋塔结构,内部设有三层喷淋,采用螺旋喷嘴。脱硝脱汞脱 $\text{PM}_{2.5}$ 段高1800mm,采用填料塔结构,填料层采用250Y型不锈钢板波纹规整填料,填料层高900mm,脱硝脱汞脱 $\text{PM}_{2.5}$ 段顶部安装折流板除雾器。含尘烟气首先进入湿法脱硫段,与顶部喷入的石灰石浆液逆流接触,在接触反应的过程中脱除 SO_2 ,脱硫入口烟温为 181°C ,经三级喷淋,液气比 $15\text{L}/\text{Nm}^3$,温度降低至 105°C ,相对湿度增加至74.5%。在烟气进入脱硝脱汞脱 $\text{PM}_{2.5}$ 段前通入温度为 25°C 的冷空气,冷空气添加量为脱硫饱和烟气体积量的20%,使湿烟气达到过饱和,过饱和的水汽在 $\text{PM}_{2.5}$ 表面发生核化凝结,含尘液滴凝结长大。在脱硝脱汞脱 $\text{PM}_{2.5}$ 段入口,烟温降至 85°C ,脱硝脱汞浆液采用尿素和漂白粉配置,温度为 20°C 。烟气与脱硝脱汞浆液在填料中逆流接触反应,经脱硝脱汞脱 $\text{PM}_{2.5}$ 段顶部除雾器除去液滴后排放。经WJ-60B型皮托管平行全自动烟尘采样仪测试,多功能洗涤吸收塔出口粉尘浓度为 $72\text{mg}/\text{m}^3$;其中,采用电称低压冲击器ELPI在线测试,多 $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度为 $23\text{mg}/\text{m}^3$ 。经多J2KN Pro型多功能烟气分析仪测试,功能洗涤吸收塔出口 SO_2 、 NO 质量浓度分别为 $207.5\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $318.5\text{mg}/\text{m}^3$ 。

[0041] 对比例1

[0042] 湿法脱硫段顶部不通入冷空气,其余同实施例1。经测定,脱硝脱汞脱 $\text{PM}_{2.5}$ 段入口烟气温度为 105°C ,多功能洗涤吸收塔出口粉尘浓度为 $114\text{mg}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ 质量浓度为 $43\text{mg}/\text{m}^3$,功能洗涤吸收塔出口 SO_2 、 NO 质量浓度分别为 $247.4\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $351.1\text{mg}/\text{m}^3$ 。

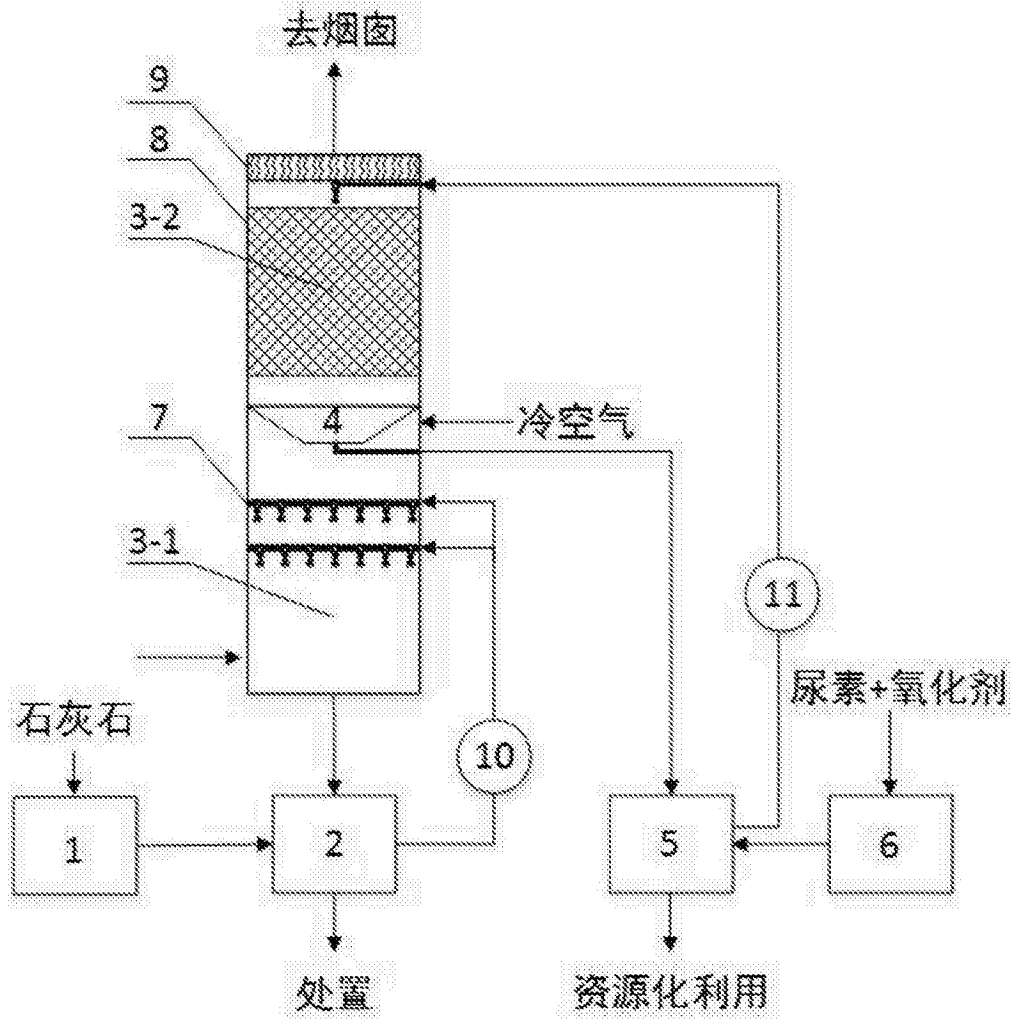


图1