



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 116059784 A

(43) 申请公布日 2023. 05. 05

(21) 申请号 202211558685.2

B01D 53/26 (2006.01)

(22) 申请日 2022.12.06

(71) 申请人 新疆中泰创新技术研究院有限责任公司

地址 830000 新疆维吾尔自治区乌鲁木齐市经济技术开发区阳澄湖路39号5楼509室

(72) 发明人 周恩年 李长福 张同心 郭彦斌 杨琦 马琦璐 罗书磊 严智刚 加依娜·库力斯坦 马晓欣

(74) 专利代理机构 北京轻创知识产权代理有限公司 11212

专利代理师 王澎

(51) Int. Cl.

B01D 53/047 (2006.01)

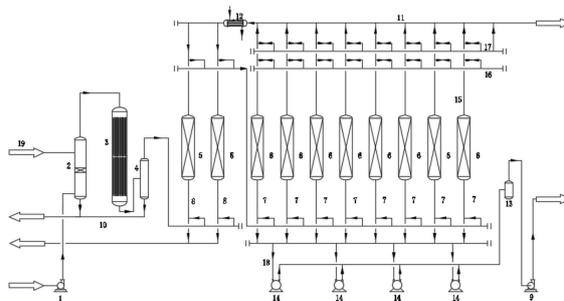
权利要求书2页 说明书7页 附图1页

(54) 发明名称

一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法及系统

(57) 摘要

本发明涉及一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法及系统,具体涉及二氧化碳捕集技术领域,包括烟气预处理系统,依次对烟气进行除尘降温、冷却脱水、气液分离、干燥,控制进入变压吸附系统烟气的粉尘含量与露点;变压吸附系统,变压吸附系统与预处理系统连通,对烟气中二氧化碳进行连续变压吸附,吸附塔与真空泵的入口连通,真空泵的出口与富CO₂缓冲罐的入口连通,富CO₂缓冲罐的出口与压缩机的入口连通实现二氧化碳连续变压吸附。通过预处理控制烟气中水的露点和粉尘,可避免烟气中游离水与二氧化碳争夺吸附剂活性点位、游离水和SO₂、NO_x结合腐蚀管道和设备、粉尘堵塞吸附剂孔隙和填装间隙,解决变压吸附效率降低、吸附剂寿命短、吸附能耗高的问题。



1. 一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法,其特征在于,包括以下步骤:

步骤(1):烟气经原料气鼓风机(1)加压后进入除尘降温设备(2)进行除尘以及降温;

步骤(2):经过除尘降温的烟气进入到冷却器(3)中进行冷却,除去部分游离水;

步骤(3):经过冷却后的烟气进入到气液分离罐(4)进行气液分离,并将所分离出的游离水经废水管线(10)排出;

步骤(4):经过气液分离的烟气进入干燥塔(5)进行干燥,进一步降低烟气中的游离水,并去除少量 NO_x 和 SO_2 ;

步骤(5):经过干燥的烟气进入吸附塔(6),所述吸附塔(6)内装填有吸附剂,对烟气中二氧化碳进行吸附,未被吸附的其他气体作为吸附尾气排出;

步骤(6):吸附过程结束后,所述吸附塔(6)中仍保留较高的压力,顺着吸附方向将塔内的较高压力的氮气、氧气放入其它已完成再生的较低压力所述吸附塔(6),完成降压、二氧化碳浓缩,可进行连续多次均压降压,保证二氧化碳的浓缩;

步骤(7):在均压降压过程结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵(14)对吸附床层进行抽真空,进一步降低床层的压力,使吸附剂得以彻底再生,抽真空解吸气送去富 CO_2 缓冲罐(13)经压缩机(9)后送去界外;

步骤(8):在抽真空再生过程完成后,用来自其它所述吸附塔(6)的较高压力气体依次对该所述吸附塔(6)进行多次均压升压;

步骤(9):均压升压过程完成后,用吸附尾气将所述吸附塔(6)压力升至吸附压力。

2. 根据权利要求1所述一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法,其特征在于,所述步骤(1)中,烟气经所述原料气鼓风机(1)加压到 $0.03\text{MPa (G)} \sim 0.2\text{MPa (G)}$;除尘降温后,将烟气含尘量降至 $<1\text{mg/m}^3$;所述步骤(2)中,所述冷却器(3)将烟气冷却到 $0 \sim 20^\circ\text{C}$ 。

3. 根据权利要求2所述一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法,其特征在于,烟气经过所述步骤(4)干燥后,控制烟气中水的露点,确保比在系统最高压力、最冷月平均气温下计算所得的露点温度至少低 5°C 。

4. 根据权利要求3所述一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法,其特征在于,所述步骤(5)中所述吸附塔(6)装填硅胶基、沸石分子筛基、活性炭基的一种或多种组合的吸附剂,实现吸附压力 $<100\text{kPa}$;经所述步骤(5),所述吸附塔(6)中未被吸附的其他气体作为吸附尾气排出,一部分吸附尾气从尾气出气管(11)送往烟道,另一部分吸附尾气经热换器(12)加热后送往所述干燥塔(5)作为再生气。

5. 一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的系统,其特征在于,采用权利要求1所述一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法实现变压吸附捕集烟气二氧化碳,所述系统包括烟气预处理系统,用于对烟气进行除尘降温、冷却脱水、气液分离并进行连续化干燥变温吸附,所述烟气预处理系统包括所述原料气鼓风机(1)、所述除尘降温设备(2)、所述冷却器(3)、所述气液分离罐(4)、所述废水管线(10)以及至少两台所述干燥塔(5),所述原料气鼓风机(1)的入口连通烟道,所述原料气鼓风机(1)的出口连通所述除尘降温设备(2)的入口,所述除尘降温设备(2)的出口连通所述冷却器(3)的入口,所述除尘降温设备(2)底部与废水管线(10)连通,所述除尘降温设备(2)的顶部连通喷淋管线(19),所述冷却器(3)的出口连通所述气液分离罐(4)的入口,所述气液分离罐(4)的底部与废水管线(10)连通,所述气液分离罐(4)的顶端内壁上置有除沫结构或除雾结构,所述气液分离罐(4)的顶端连通有所述干燥

塔(5)的底端;变压吸附系统,所述变压吸附系统与所述预处理系统连通,用于对经过连续化干燥后的烟气中二氧化碳进行连续变压吸附,变压吸附系统包括至少两台所述吸附塔(6),所有所述吸附塔(6)的底端均连通有第一管线(7)的一端,所述第一管线(7)的另一端与所述干燥塔(5)的顶端连通,所述第一管线(7)的中部连通有与第三管线(18)的一端,所述第三管线(18)的另一端连通有所述真空泵(14)入口,所述真空泵(14)的出口与所述富CO₂缓冲罐(13)的入口连通,所述富CO₂缓冲罐(13)的出口与所述压缩机(9)的入口连通。

6. 根据权利要求5所述一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的系统,其特征在于,所有所述干燥塔(5)的底端均连通有第二管线(8)的一端,所述第二管线(8)的另一端与所述气液分离罐(4)的顶端连通,所述第二管线(8)上设有支路,可将所述干燥塔(5)内气体排出界外,所有所述干燥塔(5)的顶端均连通有所述尾气出气管(11),所述尾气出气管(11)靠近所述干燥塔(5)的一侧设置有热换器(12),所述热换器(12)出口与所述干燥塔(5)顶端连通。

7. 根据权利要求6所述一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的系统,其特征在于,所有所述吸附塔(6)的顶端管线(15)依次连通有第一均压管线(16)、第二均压管线(17)以及所述尾气出气管(11)。

8. 根据权利要求7所述的一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的系统,其特征在于,所述真空泵(14)为干式真空泵。

一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法及系统

技术领域

[0001] 本发明涉及二氧化碳捕集技术领域,具体为一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法及系统。

背景技术

[0002] 开发二氧化碳捕集技术是减少碳排放的重要途径。其中火电厂(含燃煤、燃油、燃气电厂等)会产生大量高温烟道气,其中含有粉尘和10%~15%(V)的二氧化碳,直接排放,既污染环境,又造成资源浪费。采用碳捕集技术将火电厂烟道气中的二氧化碳捕集下来,并将其作为原料生产化工产品,可降低火电厂二氧化碳排放,符合国家政策要求,具有良好的环保效益和经济效益。

[0003] 根据燃料种类、脱硫脱硝工艺不同,火电厂烟道气的组分不尽相同,但大多情况下,烟道气中二氧化碳浓度为10%~15%(V),水含量4%~9%(V)、尘含量7~10mg/m³,游离水中CO₂含量230mg/L,还含有一定量的盐分、COD。现有的二氧化碳捕集方法主要有化学溶剂吸收法、膜分离法、低温分离法以及变压吸附法,其中,化学吸收法对CO₂的捕获效果较好,但对设备的腐蚀性强、吸收剂再生耗能大;膜分离法虽分离效果较好,但由于膜材料的制备成本高、寿命短,目前还处于实验阶段;低温分离法因设备庞大、投资大、工艺复杂、能耗较高、分离效果较差,限制了其用。相较于前三种分离方法而言,变压吸附法脱除CO₂工艺过程简单、易于操作、能耗低、再生性强、无腐蚀、无污染,具有明显的大规模工业化应用优势。

[0004] 如中国专利CN113041782B所示烟道气首先通过含有疏水材料的第一级变压吸附装置,大部分水蒸气穿过吸附床被废气带走,第一级后的各级变压吸附装置吸附二氧化碳,每级吸附装置解吸下来的饱和水蒸气因为解吸后的温度低于吸附床内的温度,经冷凝后排除,然而未考虑到烟气中存在游离水,在变压吸附前需要除去,且未考虑到该技术在吸附工艺中去除水蒸气,解吸后蒸汽冷凝排出,在变压吸附过程中存在烟气腐蚀管道和设备的问题。中国专利CN1075394C每个吸附塔在一次循环周期中依次经历包括吸附、产品回收、均压降压,抽真空,均压升压,最终升压的工艺步骤,该工艺回收的产品为氮气和氢气,没有考虑游离水与二氧化碳争夺吸附剂活性点,造成吸附剂选择性和吸附容量降低的问题。申请号为202110275195.0(授权公告号为CN 113041782 B)的专利文件公开了一种气体变压吸附分离提纯系统的分离提纯方法,至少四个吸附塔通过原料输送管线、均压管线及连通管线相连接,并通过程控阀控制气体流向,经历重复循环步骤依次为吸附步骤、常规均压降压步骤、复合均压降压步骤、顺放步骤、逆放步骤、再生步骤、复合均压升压步骤、常规均压升压步骤和最终升压步骤,实现气体分离。但该方法“吸附-降压-解吸”循环中步骤较多,需要较多程控阀方能实现控制,另外吸附压力1.0~7.0MPa,变压吸附能耗较高。

[0005] 因此本领域技术人员提供了一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法及系统,以解决上述背景技术中提出的问题。

发明内容

[0006] 本发明所要解决的技术问题是提供一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法及系统,通过控制烟气中游离水的露点,去除游离水,避免游离水与二氧化碳争夺吸附剂活性点位,影响吸附剂的选择性和吸附容量,同时也能避免游离水与SO₂、NO_x结合腐蚀设备和管道;通过控制烟气含尘量避免烟尘堵塞吸附剂孔隙和填装间隙,避免气体在吸附塔内分布不均匀和短路,有效解决吸附效率降低和吸附剂寿命缩短的问题。

[0007] 本发明解决上述技术问题的技术方案如下:

[0008] 步骤(1):烟气经原料气鼓风机加压后进入所述除尘降温设备进行除尘以及降温;

[0009] 步骤(2):经过除尘降温的烟气进入到所述冷却器中进行冷却,除去部分游离水;

[0010] 步骤(3):经过冷却后的烟气进入到所述气液分离罐进行气液分离,并将所分离出的游离水经废水管线排出;

[0011] 步骤(4):经过气液分离的烟气进入所述干燥塔进行干燥,进一步降低烟气中的游离水,并去除少量NO_x和SO₂;

[0012] 步骤(5):经过干燥的烟气进入吸附塔,吸附塔内装填有吸附剂,对烟气中二氧化碳进行吸附,未被吸附的其他气体作为吸附尾气排出;

[0013] 步骤(6):吸附过程结束后,所述吸附塔中仍保留较高的压力,顺着吸附方向将塔内的较高压力的氮气、氧气放入其它已完成再生的较低压力所述吸附塔,完成降压、二氧化碳浓缩,可进行连续多次均压降压,保证二氧化碳的浓缩;

[0014] 步骤(7):在均压降压过程结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵对吸附床层进行抽真空,进一步降低床层的压力,使吸附剂得以彻底再生,抽真空解吸气送去所述富CO₂缓冲罐经所述压缩机后送去界外;

[0015] 步骤(8):在抽真空再生过程完成后,用来自其它所述吸附塔的较高压力气体依次对该吸附塔进行升压,这一过程与均压降压过程相对应,不仅是升压过程,而且更是回收其它塔的床层死空间气的过程,本流程共包括了连续多次均压升压过程;

[0016] 步骤(9):均压升压过程完成后,用吸附尾气将所述吸附塔压力升至吸附压力。

[0017] 本发明的有益效果是:

[0018] 1、控制原料气中水的露点,避免原料气中含有游离水,消除了游离水对吸附剂选择性的干扰和结构的破坏,提高吸附剂的吸附效率和使用寿命;避免游离水和SO₂、NO_x结合生成腐蚀性物质,可以降低管道和设备材质等级,减少投资成本;避免盐分、COD进入吸附系统,保证吸附剂吸附效率和吸附剂寿命,同时减少盐分对管道和设备的腐蚀;

[0019] 2、控制烟气含尘量避免烟尘堵塞吸附剂孔隙和填装间隙,避免气体在吸附塔内分布不均匀和短路,有效解决吸附效率降低和吸附剂寿命缩短的问题;

[0020] 3、通过除尘降温、冷冻、除雾、干燥,最大程度避免了烟气中粉尘、游离水、盐分、COD等杂质对吸附系统的影响,实现了变压吸附系统的稳定性和连续性;

[0021] 4、通过吸附塔装填硅胶基、沸石分子筛基、活性炭基的一种或多种组合的吸附剂,吸附压力<100kPa(G)可有效降低能耗,实现吨二氧化碳捕集能耗不高于2GJ;

[0022] 5、吸附塔对烟气中的二氧化碳进行吸附,并进行连续多次均压降压,保证二氧化碳的浓缩,实现“吸附-均压-再生”循环工艺,并将二氧化碳浓度由10%~15%提浓到30%~50%。

[0023] 在上述技术方案的基础上,本发明还可以做如下改进。

[0024] 进一步,所述步骤(1)中,烟气经所述原料气鼓风机加压到0.03MPa(G)~0.2MPa(G);除尘降温后,将烟气含尘量降至 $<1\text{mg}/\text{m}^3$;所述步骤(2)中,所述冷却器将烟气冷却到 $0\sim 20^\circ\text{C}$ 。

[0025] 采用上述进一步方案的有益效果是,控制原料气的压力范围,可以满足后续工艺要求,又不过度增加能耗;控制烟尘含量,可以减少烟尘堵塞吸附剂和吸附剂间隙,提高吸附剂的吸附效率和使用寿命;冷却器将烟气冷却到 $0\sim 20^\circ\text{C}$,可最大程度降低烟气中的游离水含量,降低后段干燥塔的负荷。

[0026] 进一步,烟气经过所述步骤(4)干燥后,控制烟气中水的露点,确保比在系统最高压力、最冷月平均气温下计算所得的露点温度至少低 5°C 。

[0027] 采用上述进一步方案的有益效果是,控制烟气中水的露点比系统最高压力、最冷月平均气温下计算所得的露点温度至少低 5°C ,可以确保烟气中的游离水不在吸附工艺阶段凝结,避免凝结水与 CO_2 争夺吸附剂的吸附点、破坏吸附剂结构。

[0028] 进一步,所述步骤(5)中所述吸附塔装填硅胶基、沸石分子筛基、活性炭基的一种或多种组合的吸附剂,实现吸附压力 $<100\text{kPa}$;经所述步骤(5),所述吸附塔中未被吸附的其他气体作为吸附尾气排出,一部分从所述尾气出气管送往烟道,另一部分吸附尾气经所述热交换器加热后送往所述干燥塔作为再生气。

[0029] 采用上述进一步方案的有益效果是,使用经换热后的吸附尾气作为变温吸附塔的再生气,无需为干燥塔增设新的再生气设备,具有工艺流程短、设备投资小的优点。

[0030] 一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的系统,所述系统包括烟气预处理系统,用于对烟气进行除尘降温、冷却脱水、气液分离并进行连续化干燥变温吸附,所述烟气预处理系统包括所述原料气鼓风机、所述除尘降温设备、所述冷却器、所述气液分离罐、所述废水管线以及至少两台所述干燥塔,所述原料气鼓风机的入口连通烟道,所述原料气鼓风机的出口连通所述除尘降温设备的入口,所述除尘降温设备的出口连通所述冷却器的入口,所述除尘降温设备底部与废水管线连通,所述除尘降温设备的顶部连通喷淋管线,所述冷却器的出口连通所述气液分离罐的入口,所述气液分离罐的底端设置有废水管线,所述气液分离罐的顶端内壁上设置有除沫结构或除雾结构,所述气液分离罐的顶端连通有所述干燥塔的底端;变压吸附系统,所述变压吸附系统与所述预处理系统连通,用于对经过连续化干燥后的烟气中二氧化碳进行连续变压吸附,变压吸附系统包括至少两台所述吸附塔,所有所述吸附塔的底端均连通有第一管线的一端,所述第一管线的另一端与所述干燥塔的顶端连通;所述第一管线的中部连通有与第三管线的一端,所述第三管线的另一端连通有所述真空泵入口,所述真空泵的出口与所述富 CO_2 缓冲罐的入口连通,所述富 CO_2 缓冲罐的出口与所述压缩机的入口连通。

[0031] 采用上述进一步方案的有益效果是:经过烟气预处理系统,控制原料气中水的露点,提高吸附剂的吸附效率和使用寿命,可以降低管道和设备材质等级,保证吸附剂吸附效率和吸附剂寿命,同时减少盐分对管道和设备的腐蚀。烟气通过所述除尘降温设备进行除尘避免气体在吸附塔内分布不均匀和短路,有效解决吸附效率降低和吸附剂寿命缩短的问题;通过除尘降温、冷冻、除雾、干燥,实现了变压吸附系统的稳定性和连续性。

[0032] 进一步,所有所述干燥塔的底端均连通有第二管线的一端,所述第二管线的另一

端与所述气液分离罐的顶端连通,所述第二管线上设有支路,可将所述干燥塔内气体排出界外,所有所述干燥塔的顶端均连通有尾气出气管,所述尾气出气管靠近所述干燥塔的一侧设置有热换器,所述热换器出口与所述干燥塔顶端连通。

[0033] 采用上述进一步方案的有益效果是,烟气经过变温吸附干燥处理,进一步的去除烟气中的游离水、少量 NO_x 和 SO_2 ,至少两台干燥塔中至少一台进行进料吸附,一台处于再生状态,两台交替进行吸附与再生,实现原料气连续化干燥;对部分变压吸附后的尾气进行加热作为再生气送往干燥塔,并将再生后的吸附尾气经过第二管线送回烟道,可以利用现有工艺气体作为干燥塔再生气,不用新增再生气设备,缩短流程,减少投资。

[0034] 进一步,所有所述吸附塔的顶端管线依次连通有第一均压管线、第二均压管线以及所述尾气出气管。

[0035] 采用上述进一步方案的有益效果是,吸附塔对烟气中的二氧化碳进行吸附,并进行连续多次均压降压,保证二氧化碳的浓缩,并通过真空泵实现吸附剂再生,并将浓缩二氧化碳送至富二氧化碳储罐,实现“吸附-均压-再生”循环工艺。

[0036] 进一步,所述真空泵为干式真空泵。

[0037] 采用上述进一步方案的有益效果是,干式真空泵不会二次将水带入系统,保证系统干燥,维持产品气中水露点在工艺要求范围内。

附图说明

[0038] 图1为本发明的原理示意图。

[0039] 附图中,各标号所代表的部件列表如下:

[0040] 1、原料气鼓风机;2、除尘降温设备;3、冷却器;4、气液分离罐;5、干燥塔;6、吸附塔;7、第一管线;8、第二管线;9、压缩机;10、废水管线;11、尾气出气管;12、热换器;13、富 CO_2 缓冲罐;14、真空泵;15、顶端管线;16、第一均压管线;17、第二均压管线;18、第三管线;19、喷淋管线。

具体实施方式

[0041] 以下对本发明的原理和特征进行描述,所举实例只用于解释本发明,并非用于限定本发明的范围。

[0042] 实施例1

[0043] 如图1所示,本实施例提供一种变压吸附捕集烟气二氧化碳的方法,包括以下步骤:

[0044] 步骤(1):烟气经原料气鼓风机1加压后进入所述除尘降温设备2进行除尘以及降温;

[0045] 步骤(2):经过除尘降温的烟气进入到所述冷却器3中进行冷却,除去部分游离水;

[0046] 步骤(3):经过冷却后的烟气进入到所述气液分离罐4进行气液分离,并将所分离出的游离水经废水管线10排出;

[0047] 步骤(4):经过气液分离的烟气进入所述干燥塔5进行干燥,进一步降低烟气中的游离水,并去除少量 NO_x 和 SO_2 ;

[0048] 步骤(5):经过干燥的烟气进入吸附塔6,吸附塔6内装填有吸附剂,对烟气中二氧

化碳进行吸附,未被吸附的其他气体作为吸附尾气排出;

[0049] 步骤(6):吸附过程结束后,所述吸附塔6中仍保留较高的压力,顺着吸附方向将塔内的较高压力的氮气、氧气放入其它已完成再生的较低压力所述吸附塔6,完成降压、二氧化碳浓缩,可进行连续多次均压降压,保证二氧化碳的浓缩;

[0050] 步骤(7):在均压降压过程结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵14对吸附床层进行抽真空,进一步降低床层的压力,使吸附剂得以彻底再生,抽真空解吸气送去所述富CO₂缓冲罐13经所述压缩机9后送去界外;

[0051] 步骤(8):在抽真空再生过程完成后,用来自其它所述吸附塔6的较高压力气体依次对该吸附塔6进行升压,这一过程与均压降压过程相对应,不仅是升压过程,而且更是回收其它塔的床层死空间气的过程,本流程共包括了连续多次均压升压过程;

[0052] 步骤(9):均压升压过程完成后,用吸附尾气将所述吸附塔6压力升至吸附压力。

[0053] 所述步骤(1)中,烟气经所述原料气鼓风机1加压到0.03MPa(G)~0.2MPa(G);除尘降温后,将烟气含尘量降至<1mg/m³;所述步骤(2)中,所述冷却器3将烟气冷却到0~20℃。

[0054] 烟气经过所述步骤(4)干燥后,控制烟气中水的露点,确保比在系统最高压力、最冷月平均气温下计算所得的露点温度至少低5℃。

[0055] 所述步骤(5)中所述吸附塔6装填硅胶基、沸石分子筛基、活性炭基的一种或多种组合的吸附剂,实现吸附压力<100kPa;经所述步骤(5),所述吸附塔6中未被吸附的其他气体作为吸附尾气排出,一部分从尾气出气管11送往烟道,另一部分吸附尾气经热换器12加热后送往所述干燥塔5作为再生气。

[0056] 所述系统包括烟气预处理系统,用于对烟气进行除尘降温、冷却脱水、气液分离并进行连续化干燥变压吸附,所述烟气预处理系统包括所述原料气鼓风机1、所述除尘降温设备2、所述冷却器3、所述气液分离罐4、所述废水管线10以及至少两台所述干燥塔5,所述原料气鼓风机1的入口连通烟道,所述原料气鼓风机1的出口连通所述除尘降温设备2的入口,所述除尘降温设备2的出口连通所述冷却器3的入口,所述除尘降温设备2底部与废水管线10连通,所述除尘降温设备2的顶部连通喷淋管线19,所述冷却器3的出口连通所述气液分离罐4的入口,所述气液分离罐4的底端设置有废水管线10,所述气液分离罐4的顶端内壁上设置有除沫结构或者除雾结构,所述气液分离罐4的顶端连通有所述干燥塔5的底端。所述冷却器3可以是一台或者是多台冷却器串联,实现一级冷却或多级冷却,除去烟气中的水,变压吸附系统,所述变压吸附系统与所述预处理系统连通,用于对经过连续化干燥后的烟气中二氧化碳进行连续变压吸附,变压吸附系统包括至少两台所述吸附塔6,所有所述吸附塔6的底端均连通有第一管线7的一端,所述第一管线7的另一端与所述干燥塔5的顶端连通,所述第一管线7的中部连通有与第三管线18的一端,所述第三管线18的另一端连通有所述真空泵14入口,所述真空泵14的出口与所述富CO₂缓冲罐13的入口连通,所述富CO₂缓冲罐13的出口与所述压缩机9的入口连通。所述压缩机9和所述真空泵14均采用不带入游离水的压缩机、真空泵等设备,防止除尘除水后烟气中游离水量增加而导致露点升高。

[0057] 所有所述干燥塔5的底端均连通有第二管线8的一端,所述第二管线8的另一端与所述气液分离罐4的顶端连通,其中至少一台所述干燥塔5用于进料吸附,至少一台所述干燥塔5用于再生,所述第二管线8上设有支路,干燥塔5再生气经第二管线8支路回烟道,可将所述干燥塔5内气体排出界外,所有所述干燥塔5的顶端均连通有尾气出气管11,所述尾气

出气管11靠近所述干燥塔5的一侧设置有热交换器12,所述热交换器12出口与所述干燥塔5顶端连通,可以为处于再生状态的干燥塔5提供再生气,热交换器12介质可以是热水或者蒸汽,两台所述干燥塔5交替进行吸附与再生,实现烟气连续化干燥。

[0058] 所有所述吸附塔6的顶端管线15依次连通有第一均压管线16、第二均压管线17以及所述尾气出气管11,所有所述吸附塔6均借助程控阀调控,通过所述顶端管线15、所述第一均压管线16、所述第二均压管线17控制进行吸附、均压、再生的所述吸附塔6的数量,实现吸附-均压-解吸附循环进行,避免某一所述吸附塔6故障而影响工艺稳定性和可靠性,所述第三管线18设置有多分支用于与所有所述吸附塔一一连通。

[0059] 所述原料气鼓风机1、所述除尘降温设备2、所述冷却器3、所述气液分离罐4、所述干燥塔5、所述吸附塔6、所述真空泵14、所述富CO₂缓冲罐13以及压缩机9依次通过管道串联连接。

[0060] 本实施案例中,使用时,脱硫脱硝后电厂烟气经过原料气鼓风机1加压至0.03MPa.G~0.2MPa.G,加压后的烟气进入除尘降温设备2通过喷淋水进行除尘和降温,将烟气中的含尘量控制在小于1mg/m³,除尘降温后的烟气随后进行冷却器3进行冷却,烟气需冷却至0~20℃除去凝水,随后进入气液分离罐4将被冷却器3冷凝的游离水从原料气中除去,并经过废水管线10送至排水车间,如图1所示,经过冷却的烟气进入两台并联连接的干燥塔5进一步除游离水,并控制干燥后烟气中水的露点,确保比在系统最高压力和最冷月平均气温下计算所得的露点温度至少低5℃,干燥塔5内均设置有脱硫剂和脱氮剂除去烟气中的NO_x和SO₂,经过干燥塔5处理的烟气进入并联连接的吸附塔6中,如图1所示,设置有8台吸附塔6,其中3台吸附塔6正处于吸附状态,2台吸附塔6处于抽真空再生的CO₂;另外3台吸附塔6处于均压状态。处于吸附状态的3个吸附塔6的吸附压力为50~60kPaG,未被吸附的其他气体作为吸附尾气部分从尾气出气管11排至烟道,另一部分吸附尾气经过热交换器12进行加热作为送至干燥塔5中经第二管线8回烟道。此时如图所述的两台干燥塔5中,一台用于原料气干燥,一台用于经过加热后的吸附尾气进行再生,从而达到两台干燥塔5进行交替吸附与再生,实现原料气连续化干燥。

[0061] 在吸附过程结束后顺着吸附方向将塔内的较高压力的氮气、氧气放入其它已完成再生的较低压力吸附塔6,完成降压、二氧化碳浓缩,可进行连续多次均压降压,保证二氧化碳的浓缩,在均压过程结束后,为使吸附剂得到彻底的再生,用真空泵14对吸附床层进行抽真空,进一步降低床层的压力,使吸附剂得以彻底再生,抽真空解吸气送去富CO₂缓冲罐13经增压后送去界外,在抽真空再生过程完成后,用来自其它吸附塔6的较高压力气体依次对该吸附塔6进行升压,这一过程与均压降压过程相对应,不仅是升压过程,而且更是回收其它塔的床层死空间气的过程,本流程共包括了连续多次均压升压过程,均压升压过程完成后,用吸附尾气将吸附塔6压力升至吸附压力,如此往复,吸附塔6完成一个“吸附-均压-再生”循环可实现连续变压吸附烟道气中的二氧化碳,提浓后的产品二氧化碳进入富CO₂缓冲罐13,达到二氧化碳回收率不小于90%,且将气体中二氧化碳浓度由10%~15%提浓到30%~50%,经压缩机9送出界区。

[0062] 本发明对烟道除尘降温、水气分离、变温吸附干燥的方法不仅适用于火电厂烟道气的处理,还适用于含有粉尘和游离水的窑炉气、工业尾气等的处理。

[0063] 在本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、

“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”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,仅是为了便于描述本发明和简化描述,而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作,因此不能理解为对本发明的限制。

[0064] 此外,术语“第一”、“第二”仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0065] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0066] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触,或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且,第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方,或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方,或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0067] 在本说明书的描述中,参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中,对上述术语的示意性表述不必针对的是相同的实施例或示例。而且,描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外,在不相互矛盾的情况下,本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0068] 尽管上面已经示出和描述了本发明的实施例,可以理解的是,上述实施例是示例性的,不能理解为对本发明的限制,本领域的普通技术人员在本发明的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

