



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101177267 B

(45) 授权公告日 2010.10.13

(21) 申请号 200710053714.9

(22) 申请日 2007.10.31

(73) 专利权人 武汉凯迪电力环保有限公司

地址 430223 湖北省武汉市东湖新技术开发区江夏大道特1号凯迪大厦

(72) 发明人 韩旭 朱敬 李瑞鑫 余福胜 高翔鹏

(74) 专利代理机构 武汉开元知识产权代理有限公司 42104

代理人 胡镇西

(51) Int. Cl.

C01B 31/20(2006.01)

(56) 对比文件

CN 1356156 A, 2002.07.03, 说明书第1页第5行至第3页第12行.

CN 1887405 A, 说明书第1页第20行至第3页第13行.

CN 1872679 A, 2006.12.06, 说明书第3页第8-21行.

CN 201138116 Y, 2008.10.22, 权利要求1-5.

WO 2007/106372 A2, 2007.09.20, 说明书第1栏第7行至第5栏第20行.

CN 1537668 A, 2004.10.20, 说明书第1页第3行至第3页第8行.

审查员 胡昊明

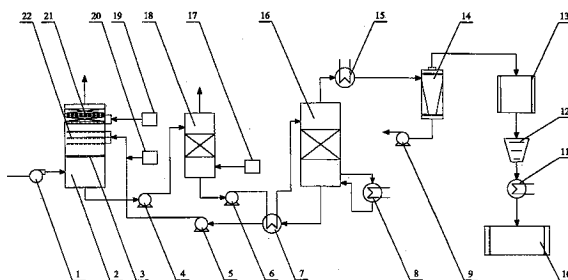
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法及其系统

(57) 摘要

一种利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法及其系统。该方法先采用醇胺溶液循环喷淋吸收烟气中的CO₂,然后采用惰性气体去除醇胺溶液富液中的杂质,再将其加热解析再生,所得醇胺溶液贫液继续进行吸收循环,所得CO₂气体则经过冷却、气液分离、干燥、压缩和冷凝处理,制成纯度高于99.9%的食品级液体二氧化碳。其系统主要通过泵和管道相连的二氧化碳吸收塔、气提塔、再生塔、冷却器、气液分离器、干燥器、压缩机和冷凝器组成。本发明能够完全适应电站锅炉尾部烟气流量巨大、成份复杂、二氧化碳浓度低的特点,既可以有效提高烟气中二氧化碳的脱除率,又可以生产出高纯度的液态二氧化碳,且其工艺流程简单、系统结构简化、投资及运行成本低廉。



1. 一种利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法,是对经过常规除尘和脱硫处理的电站锅炉尾部烟气进行再加工的过程,其特征在于:该方法包括如下步骤:

1) 以醇胺溶液作为 CO_2 吸收剂,采用喷淋的方式,将醇胺溶液均匀喷射到经过除尘和脱硫处理后的烟气中,使烟气中的 CO_2 气体与醇胺溶液雾滴充分逆向接触,发生气液两相化学反应,获得吸收了 CO_2 的醇胺溶液富液;其中:醇胺溶液由质量百分比浓度为 5 ~ 10% 的一乙醇胺、质量百分比浓度 20 ~ 30% 甲基二乙醇胺和水组成,所需醇胺与烟气中 CO_2 气体的摩尔比为 1.1 ~ 1.3;

2) 采用惰性气体提取的方式,使步骤 1) 所得醇胺溶液富液与惰性气体充分逆流接触,将醇胺溶液富液中含有的 O_2 、 NO_x 、 CO 杂质气体清除掉,获得纯净的醇胺溶液富液;

3) 对步骤 2) 所得纯净的醇胺溶液富液进行加热解析处理,再生获得高浓度的 CO_2 气体和脱除了 CO_2 的醇胺溶液贫液;其中:对所得纯净的醇胺溶液富液进行加热解析处理的温度为 100 ~ 115 $^{\circ}\text{C}$;

4) 将步骤 3) 所得醇胺溶液贫液送回步骤 1) 中作为 CO_2 吸收剂继续循环,同时对所得 CO_2 气体进行冷却处理,使 CO_2 气体中热的水蒸汽产生凝结;

5) 对经过步骤 4) 冷却处理的 CO_2 气体进行气液离心分离处理,脱除其中的凝结水份,获得纯度高于 99.9% 的 CO_2 气体;

6) 将步骤 5) 所得 CO_2 气体进一步干燥,再经过压缩和冷凝处理,将其变成液态,即可制成食品级液体二氧化碳成品。

2. 根据权利要求 1 所述的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法,其特征在于:所说的步骤 1) 中,烟气中的 CO_2 气体与醇胺溶液的反应温度为 35 ~ 50 $^{\circ}\text{C}$,反应压力为 2500 ~ 3000Pa。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法,其特征在于:所说的步骤 4) 中,将所得 CO_2 气体冷却处理至温度为 35 ~ 45 $^{\circ}\text{C}$ 。

4. 一种采用权利要求 1 所述方法而专门设计的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统,包括通过管道相连的二氧化碳吸收塔 (2)、气提塔 (18)、再生塔 (16)、冷却器 (15)、气液分离器 (14)、干燥器 (13)、压缩机 (12) 和冷凝器 (11),其特征在于:所述二氧化碳吸收塔 (2) 为无填料的空塔结构,其下部烟气进口和顶部烟气出口之间自下而上依次设置有吸收剂喷淋装置 (22) 和除雾装置 (21),其底部醇胺溶液出口通过输送泵 (4) 与气提塔 (18) 的上部进口相连,气提塔 (18) 的下部出口通过富液泵 (6) 与再生塔 (16) 的上部液体进口相连,再生塔 (16) 的下部液体出口通过贫液泵 (5) 与吸收剂喷淋装置 (22) 相连,再生塔 (16) 的上部气体出口通过冷却器 (15) 与气液分离器 (14) 的进口相连,气液分离器 (14) 的气体出口依次与干燥器 (13)、压缩机 (12)、冷凝器 (11) 和液态二氧化碳储存槽 (10) 串连。

5. 根据权利要求 4 所述的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统,其特征在于:所说的吸收剂喷淋装置 (22) 的下方设置有促使烟气均匀分布的多孔板 (3),多孔板 (3) 的孔面积与板面积之比率为 30 ~ 40%。

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统,其特征在于:所说的吸收剂喷淋装置 (22) 设置有 3 ~ 5 个喷淋层。

7. 根据权利要求 4 或 5 所述的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统,其特征在于:所说的气提塔 (18) 的下部出口通过富液泵 (6)、贫富液换热器 (7) 与再生塔 (16) 的上部液

体进口相连,所说的再生塔(16)的下部液体出口通过贫富液换热器(7)、贫液泵(5)与吸收剂喷淋装置(22)相连。

8. 根据权利要求4或5所述的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统,其特征在于:所说的气液分离器(14)的凝结液出口通过回流泵(9)与二氧化碳吸收塔(2)上的回液口相连。

利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法及其系统

技术领域

[0001] 本发明涉及对燃煤电站锅炉尾部烟气进行综合利用的技术,具体地指一种利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法及其系统。

背景技术

[0002] 大气温室效应是人类所面临的最主要环境问题之一。二氧化碳是主要的温室气体,火电厂是二氧化碳的集中排放源,其二氧化碳排放量约占人类活动引起的二氧化碳总排放量的30%。一个600MW的火电厂每小时排放的二氧化碳量可达500吨。因此,为了减少大气中的二氧化碳含量,首要的是减少电站锅炉尾部烟气向大气排放二氧化碳。从另一方面讲,二氧化碳作为一种化工原料具有广泛的用途,可用于食品保鲜、膨化烟丝、生产甲醇、尿素、可降解塑料等,而现阶段随电站锅炉尾部烟气排放的二氧化碳大都白白浪费掉了。

[0003] 传统的二氧化碳治理或提取方法有多种,大致可以分为物理方法和化学方法两大类。物理方法主要包括溶剂吸收法、吸附分离法、薄膜渗透法以及低温蒸馏法等。化学方法主要指化学吸收法,其原理是使二氧化碳气体与化学溶剂发生化学反应而被吸收,吸收二氧化碳达到平衡的化学溶剂变成富液,富液进入再生塔加热分解出二氧化碳气体,从而达到分离回收二氧化碳的目的。较常见的化学溶剂是乙醇胺类的水溶液,工业上通常采用醇胺溶液在吸收塔和再生塔中脱除和回收二氧化碳,吸收塔采用填料结构,该方法虽然具有较大的醇胺溶液与二氧化碳的有效接触面积,但是反应物中的杂质成分容易造成吸收塔内的填料层堵塞,导致吸收塔无法正常工作。同时,由于填料层的结构复杂,使得设备运行和检修比较困难。该方法只适合于烟气成份简单、烟气流量不大的场合,离实际中电站锅炉尾部烟气的处理还有很大的差距。

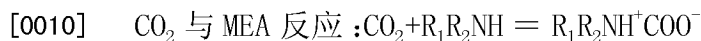
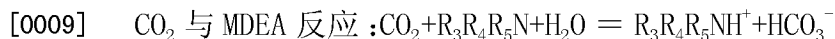
[0004] 电站锅炉尾部烟气的特殊性在于其二氧化碳含量偏低、杂质成份偏多且烟气流量巨大。经检测各种类型的电站锅炉尾部烟气,其CO₂浓度约为10~15%,其它组份有N₂、O₂、SO₂、H₂S、NO、CO及粉尘等。以一个600MW的发电厂为例,其锅炉尾部烟气排放量约2000000Nm³/h。采用上述醇胺溶液在常规填料式吸收塔中脱除二氧化碳时,会造成吸收塔体积庞大,施工、运行和设备检修困难,很难达到有效脱除烟气中二氧化碳并将其回收利用的目的。

发明内容

[0005] 本发明的目的就是要提供一种利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法及其系统。采用该方法及其系统能够完全适应电站锅炉尾部烟气流量巨大、成份复杂、二氧化碳浓度低的特点,既可以有效提高烟气中二氧化碳的脱除率,又可以生产出高纯度的液态二氧化碳,且其工艺流程简单、系统结构简化、投资及运行成本低廉。

[0006] 为实现上述目的,本发明所设计的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的方法,是对经过常规除尘和脱硫处理的电站锅炉尾部烟气进行再加工的过程。该方法包括如下步骤:

[0007] 1) 以醇胺溶液作为 CO₂ 吸收剂, 采用喷淋的方式, 将醇胺溶液均匀喷射到经过除尘和脱硫处理后的烟气中, 使烟气中的 CO₂ 气体与醇胺溶液雾滴充分逆向接触, 发生气液两相化学反应, 获得吸收了 CO₂ 的醇胺溶液富液。醇胺溶液由一乙醇胺 (MEA)、甲基二乙醇胺 (MDEA) 和水组成, 为了描述方便, 用 R₁R₂NH 表示一乙醇胺 (MEA), 其中 R₁ = H, R₂ = CH₂CH₂OH; 用 R₃R₄R₅N 表示甲基二乙醇胺 (MDEA), 其中 R₃ = CH₃, R₄ = R₅ = CH₂CH₂OH, 其与 CO₂ 的化学反应方程式如下:



[0012] MDEA 与 CO₂ 和 MEA 反应生成的质子发生交互反应:



[0014] 2) 采用化工领域常用的惰性气体提取的方式, 使步骤 1) 所得醇胺溶液富液与惰性气体充分逆流接触, 将醇胺溶液富液中含有的 O₂、NO_x、CO 杂质气体清除掉, 获得纯净的醇胺溶液富液, 以保证最终可以得到高质量食品级二氧化碳。

[0015] 3) 对步骤 2) 所得纯净的醇胺溶液富液进行加热解析处理, 再生获得高浓度的 CO₂ 气体和脱除了 CO₂ 的醇胺溶液贫液。

[0016] 4) 将步骤 3) 所得醇胺溶液贫液送回步骤 1) 中作为 CO₂ 吸收剂继续循环, 同时对所得 CO₂ 气体进行冷却处理, 使 CO₂ 气体中热的水蒸汽产生凝结。

[0017] 5) 对经过步骤 4) 冷却处理的 CO₂ 气体进行气液离心分离处理, 脱除其中的凝结水份, 获得纯度高于 99.9% 的 CO₂ 气体。

[0018] 6) 将步骤 5) 所得 CO₂ 气体进一步干燥, 再经过压缩和冷凝处理, 将其变成液态, 即可制成食品级液体二氧化碳成品。

[0019] 在上述步骤 1) 中, 优选的醇胺溶液由质量百分比浓度为 5 ~ 10% 的一乙醇胺、质量百分比浓度 20 ~ 30% 甲基二乙醇胺和水组成, 所需醇胺与烟气中 CO₂ 气体的摩尔比为 1.1 ~ 1.3。同时, 设定烟气中的 CO₂ 气体与醇胺溶液的反应温度为 35 ~ 50℃, 反应压力为 2500 ~ 3000Pa。这样, 烟气中的 CO₂ 气体可以在合适的温度、压力下与醇胺溶液发生充分完全的反应, 使醇胺溶液吸收 CO₂ 气体尽快达到饱和平衡。

[0020] 在上述步骤 3) 中, 对所得纯净的醇胺溶液富液进行加热解析处理的优选温度为 100 ~ 115℃, 在此温度范围内, 被醇胺溶液所吸收的绝大部分 CO₂ 将从中解析出来, 获得高浓度的 CO₂ 气体。

[0021] 上述步骤 4) 中, 将所得高浓度 CO₂ 气体的温度冷却处理至 35 ~ 45℃, 即可使其中绝大部分的水蒸汽凝结出来。

[0022] 为实现上述工艺而专门设计的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统, 包括通过管道相连的二氧化碳吸收塔、气提塔、再生塔、冷却器、气液分离器、干燥器、压缩机和冷凝器。所述二氧化碳吸收塔为无填料的空塔结构, 其下部烟气进口和顶部烟气出口之间自下而上依次设置有吸收剂喷淋装置和除雾装置, 其底部醇胺溶液出口通过输送泵与气提塔的上部进口相连, 气提塔的下部出口通过富液泵与再生塔的上部液体进口相连, 再生塔的下部液体出口通过贫液泵与吸收剂喷淋装置相连, 再生塔的上部气体出口通过冷却器与气

液分离器的进口相连,气液分离器的气体出口依次与干燥器、压缩机、冷凝器和液态二氧化碳储存槽串连。由此,在脱除烟气中二氧化碳的同时,通过上述组合为一体的设备对其进行除杂、再生、脱水、干燥、压缩和冷凝等连续处理,直至获得食品级的液态二氧化碳。

[0023] 进一步地,在吸收剂喷淋装置的下方还设置有促使烟气均匀分布的多孔板,多孔板的孔面积与板面积之比率为 30~40%。同时,吸收剂喷淋装置最好设计 3~5 个喷淋层。这样,一方面烟气向上通过多孔板后,均匀充满整个二氧化碳吸收塔空腔,有效消除了烟气流死角,有利于与醇胺溶液吸收剂充分接触;另一方面醇胺溶液在多个喷淋层重叠喷射的作用下,可形成交叉致密的吸收剂雾滴,使烟气中的二氧化碳与其具有最大的接触面积,能够充分完全地发生化学反应而被吸收。

[0024] 进一步地,在富液泵和贫液泵的输送管路上还设置有贫富液换热器,气提塔的下部出口通过富液泵、贫富液换热器与再生塔的上部液体进口相连,再生塔的下部液体出口通过贫富液换热器、贫液泵与吸收剂喷淋装置相连。这样,可以充分利用从再生塔所分离出的贫液的余热,给进入再生塔的富液预热,同时将贫液冷却,实现热交换的良性循环,节省热能资源。

[0025] 进一步地,气液分离器的凝结液出口通过回流泵与二氧化碳吸收塔上的回液口相连。这样,可以将分离出来的凝结液重新返回到二氧化碳吸收塔中进行循环,减少工艺用水量,降低生产成本。

[0026] 本发明与现有技术相比具有以下突出效果:

[0027] 其一,采用空塔结构的二氧化碳吸收塔,通过醇胺溶液吸收剂不间断循环喷淋的方式处理烟气中的二氧化碳,可以使醇胺溶液与二氧化碳在无任何障碍的有限空间内产生强烈的气液逆向湍流,既能大幅增加醇胺雾滴与二氧化碳的接触面积,又可避免因设置填料层而产生的堵塞现象,从而可以有效克服现有填料吸收方式的固有缺陷,其二氧化碳脱除效率可达 95% 以上,特别适合于处理二氧化碳浓度低、烟气流量大的燃煤电站锅炉尾部烟气。

[0028] 其二,通过各种泵和管道将二氧化碳吸收塔、气提塔、再生塔、气液分离器、冷却器、干燥器、压缩机和冷凝器等设备有机地组合成一个完整的工艺体系,既简化了工艺流程和系统结构,又大幅降低了设备的投资、运行和维护费用。

[0029] 其三,利用电站锅炉尾部烟气变废为宝,在有效减少二氧化碳温室气体排放的同时获得液态二氧化碳,其产品纯度可达 99.9% 以上,完全符合国际食品级标准。既有利于大气环境污染的综合治理,又有利于循环经济的良性发展,可实现电站锅炉尾部烟气的无害化和资源化利用,特别适合我国以燃煤发电为主的国情。

附图说明

[0030] 附图为本发明的利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统的结构原理示意图。

具体实施方式

[0031] 以下针对电站锅炉机组所排放的烟气,结合附图对本发明作进一步的详细描述:

[0032] 图中所示本发明利用电站烟气制取食品级二氧化碳的系统,主要由通过管道相连的二氧化碳吸收塔 2、气提塔 18、再生塔 16、冷却器 15、气液分离器 14、干燥器 13、压缩机 12

和冷凝器 11 等组成。二氧化碳吸收塔 2 为无填料的空塔结构,其下部烟气进口前设置有增压风机 1,其下部烟气进口和顶部烟气出口之间自下而上依次设置有多孔板 3、吸收剂喷淋装置 22 和除雾装置 21,多孔板 3 的孔面积与板面积之比率为 30 ~ 40%,可消除烟气死角,使烟气在二氧化碳吸收塔 2 内均匀分布。吸收剂喷淋装置 22 设置有 3 ~ 5 个喷淋层,以确保醇胺溶液吸收剂与烟气中的二氧化碳充分接触。除雾装置 21 可选用组合除雾装置,由上、下层除雾滤网和位于上、下层除雾滤网之间的清洗喷淋机构 19 构成,以完全清除烟气中的吸收剂液滴。

[0033] 二氧化碳吸收塔 2 底部的醇胺溶液出口通过输送泵 4 与气提塔 18 的上部进口相连,气提塔 18 的下部设有惰性气体输送装置 17,气提塔 18 的下部出口通过富液泵 6、贫富液换热器 7 与再生塔 16 的上部液体进口相连,再生塔 16 的下部液体出口通过贫富液换热器 7、贫液泵 5 与吸收剂喷淋装置 22 相连,吸收剂喷淋装置 22 的进口处还设置有醇胺溶液补给装置 20,再生塔 16 中的煮沸器 8 设置在塔底部。再生塔 16 的上部气体出口通过冷却器 15 与离心式气液分离器 14 的进口相连,气液分离器 14 的凝结液出口通过回流泵 9 与二氧化碳吸收塔 2 上的回液口相连,气液分离器 14 的气体出口与干燥器 13 的进口相连,干燥器 13 的出口与压缩机 12 的进口相连,压缩机 12 的出口与冷凝器 11 的进口相连,冷凝器 11 的出口与液态二氧化碳储存槽 10 相连。以上各部分设备均为化工领域常用设备,其具体结构不再赘述。

[0034] 本发明利用电站烟气制取食品级二氧化碳的工艺流程如下:

[0035] 电站锅炉尾部烟气经过常规除尘和脱硫处理后,由增压风机 1 从二氧化碳吸收塔 2 下部的烟气进口输入塔中,穿越多孔板 3 上行。与此同时,醇胺溶液从吸收剂喷淋装置 22 中向下喷出。醇胺溶液由质量百分比浓度为 5 ~ 10%的一乙醇胺、质量百分比浓度 20 ~ 30%甲基二乙醇胺和水组成,保持烟气的温度在 35 ~ 50℃的范围内、压力在 2500 ~ 3000Pa 的范围内,并设定所喷射醇胺与烟气中 CO₂ 气体的摩尔比为 1.1 ~ 1.3。烟气中的 CO₂ 气体与醇胺溶液雾滴产生逆向接触,发生充分的化学反应而被醇胺溶液吸收。

[0036] 被醇胺溶液吸去 CO₂ 的烟气继续向上流动,经过布置在二氧化碳吸收塔 2 顶部的除雾装置 21 脱除吸收剂雾滴后,清洁烟气直接排入大气。而吸收 CO₂ 达到平衡的醇胺溶液富液落入二氧化碳吸收塔 2 底部,通过输送泵 4 从气提塔 18 上部进口输入。气提塔 18 为填料塔,塔内布置有喷嘴和填料层,醇胺溶液富液被喷洒在气提塔 18 的填料层上。与此同时,从气提塔 18 的下部惰性气体输送装置 17 中引入惰性气体(氮气或其他类似气体),与填料层上的醇胺溶液富液充分逆流接触,以除去醇胺溶液富液中的 O₂、NO_x、CO 等杂质。

[0037] 携带 O₂、NO_x、CO 等杂质的惰性气体直接从气提塔 18 的塔顶排出。而纯净的醇胺溶液富液沉入气提塔 18 的下部出口处,通过富液泵 6 输送到贫富液换热器 7 中,被从再生塔 16 下部液体出口流出的脱除了 CO₂ 的醇胺溶液贫液加热至 95 ~ 100℃,再从再生塔 16 的上部液体进口送入塔中。再生塔 16 也为填料塔,塔内布置有喷嘴和填料层,纯净的醇胺溶液富液被喷洒在再生塔 16 的填料层上,被上升的蒸汽气提,并经过塔底煮沸器 8 加热至 100 ~ 115℃,解析出高浓度的 CO₂ 气体,同时使醇胺溶液富液还原成脱除了 CO₂ 的醇胺溶液贫液。

[0038] 醇胺溶液贫液自再生塔 16 的下部液体出口引出,经贫富液换热器 7 换热后,由贫液泵 5 输送到吸收剂喷淋装置 22 中继续循环利用。温度大约在 90℃左右、压力约为

0.02Mpa 的再生气——高浓度 CO₂ 气体随同大量的水蒸汽由再生塔 16 的上部气体出口流出,进入冷却器 15 中,与冷却器 15 中的循环水换热后,气流被冷却至 35 ~ 45℃,其中的水蒸汽被凝结出来。

[0039] 经过冷却器 15 处理的再生气从气液分离器 14 的进口输入,通过离心作用将 CO₂ 气体中夹带的凝液分离出来,获得纯度高于 99.9% 的 CO₂ 气体。所分离出的凝液从气液分离器 14 的凝结液出口流出,通过回流泵 9 重新送入二氧化碳吸收塔 2 中循环。所分离出的高纯度 CO₂ 气体则送入干燥器 13,经干燥处理后再送至压缩机 12,经压缩处理,进入冷凝器 11,冷凝成液态,制成食品级液体二氧化碳成品,送入液态二氧化碳储存槽 10 中保存。

