



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101422691 B

(45) 授权公告日 2011. 12. 07

(21) 申请号 200810197731. 4

(22) 申请日 2008. 11. 20

(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 徐尹生 徐志安
李雄浩 严学安

(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

(56) 对比文件

CN 1589954 A, 2005. 03. 09, 具体实施方式.

CN 101177267 A, 2008. 05. 14, 说明书第 2 页第 3 段至第 4 页第 7 段.

CN 101259365 A, 2008. 09. 10, 说明书第 2 页第 3 段至第 5 页第 13 段.

CN 101108303 A, 2008. 01. 23, 具体实施方式.

审查员 孙思

(51) Int. Cl.

B01D 53/75 (2006. 01)

B01D 53/50 (2006. 01)

B01D 53/56 (2006. 01)

B01D 53/14 (2006. 01)

C01B 31/20 (2006. 01)

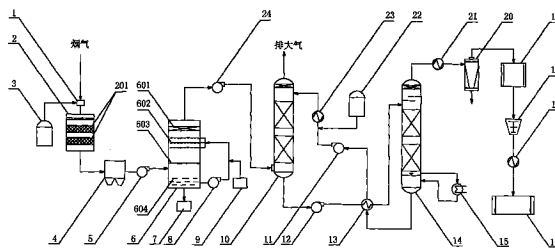
权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 1 页

(54) 发明名称

燃煤烟气多污染物脱除工艺及其设备

(57) 摘要

一种燃煤烟气多污染物脱除工艺及其设备。该工艺先用 SCR 脱硝法脱除烟气中的 NO_x, 其次用除尘器脱除烟气中的粉尘灰粒, 然后用湿式钙基脱硫法消除烟气中的 SO₂, 再用 MEA 脱碳法吸收烟气中的 CO₂, 同时将所生成的醇胺溶液富液加热解析再生, 所得醇胺溶液贫液继续循环使用, 解析出的高浓度 CO₂ 气体则经过冷却、气液分离、干燥、压缩和冷凝处理, 制成高纯度工业级液体二氧化碳。其设备主要由通过管道相连的 SCR 脱硝反应器、除尘器、湿式钙基脱硫反应器、MEA 脱碳吸收塔、再生塔、气液分离器、干燥器、压缩机和冷凝器等组成。本发明的设备整体设计简单紧凑、投资及运行成本低廉、工作稳定可靠, 能够对燃煤烟气中的各种污染物进行分类集成处理、高效同步脱除。



1. 一种燃煤烟气多污染物脱除工艺,是针对燃煤烟气中的二氧化硫、氮氧化物、粉尘和二氧化碳进行集成脱除处理的过程,其特征在于:该工艺包括如下步骤:

1) 将燃煤锅炉所产生的烟气直接引入 SCR 脱硝反应器内,使烟气中气态的 NO 和 NO₂ 在 SCR 催化剂的作用下与脱硝还原剂发生化学反应,转化为气态的 N₂;其中,SCR 脱硝反应器内的烟气温度控制在 350 ~ 400°C 之间,脱硝还原剂采用液氨、氨水或尿素中的一种;

2) 将经过脱硝处理后的烟气引入除尘器中,用以脱除烟气中混杂的粉尘灰粒;

3) 将经过除尘器处理后的烟气引入湿式钙基脱硫反应器内,使烟气中气态的 SO₂ 与液态的钙基脱硫剂发生化学反应,最终生成固态的 CaSO₄·2H₂O;其中,湿式钙基脱硫反应器内的烟气温度控制在 70 ~ 90°C 之间,钙基脱硫剂采用石灰石浆液、电石渣浆液中的一种;

4) 将经过湿式钙基脱硫反应器处理后的烟气引入 MEA 脱碳吸收塔内,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而被吸收,所得洁净烟气排入大气,同时获得醇胺溶液富液;其中,MEA 脱碳吸收塔内的烟气温度控制在 35 ~ 50°C 之间,反应压力控制在 2500 ~ 3000Pa 之间;

5) 将所得醇胺溶液富液引入再生塔中,进行加热解析处理,再生获得高浓度 CO₂ 气体和脱除了 CO₂ 的醇胺溶液贫液;

6) 将所得醇胺溶液贫液送回 MEA 脱碳吸收塔内继续循环,同时对所得高浓度 CO₂ 气体进行冷却处理,使其中含有的热水蒸汽产生凝结;

7) 对经过冷却处理后的高浓度 CO₂ 气体进行气液分离处理,脱除其中的凝结水份,获得纯度高于 99% 的 CO₂ 气体;

8) 将所得高纯度 CO₂ 气体进一步干燥,再经过压缩和冷凝处理,将其变成液态,即可制成工业级液态二氧化碳成品。

2. 根据权利要求 1 所述的燃煤烟气多污染物脱除工艺,其特征在于:所说的步骤 5) 中,对所得醇胺溶液富液进行加热解析处理的温度控制在 110 ~ 120°C 之间。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的燃煤烟气多污染物脱除工艺,其特征在于:所说的步骤 6) 中,将所得高浓度 CO₂ 气体冷却处理至 35 ~ 45°C。

4. 一种用于实现权利要求 1 所述工艺的燃煤烟气多污染物脱除设备,包括通过管道相连的 SCR 脱硝反应器 (2)、除尘器 (4)、湿式钙基脱硫反应器 (6)、MEA 脱碳吸收塔 (10)、再生塔 (14)、气液分离器 (20)、干燥器 (19)、压缩机 (18) 和冷凝器 (17),其特征在于:SCR 脱硝反应器 (2) 的烟气出口与除尘器 (4) 的烟气进口相连,除尘器 (4) 的烟气出口通过第一增压风机 (5) 与湿式钙基脱硫反应器 (6) 的烟气进口相连,湿式钙基脱硫反应器 (6) 的烟气出口通过第二增压风机 (24) 与 MEA 脱碳吸收塔 (10) 的烟气进口相连,MEA 脱碳吸收塔 (10) 的下部醇胺溶液富液出口通过富液泵 (12) 与再生塔 (14) 的上部进口相连,再生塔 (14) 的下部液体出口通过贫液泵 (11) 和第一冷却器 (23) 与 MEA 脱碳吸收塔 (10) 的上部醇胺溶液贫液进口相连,再生塔 (14) 的上部气体出口通过第二冷却器 (21) 与气液分离器 (20) 的进口相连,气液分离器 (20) 的气体出口依次与干燥器 (19)、压缩机 (18)、冷凝器 (17) 和液态二氧化碳储存槽 (16) 串连。

5. 根据权利要求 4 所述的燃煤烟气多污染物脱除设备,其特征在于:所说的 MEA 脱碳吸收塔 (10) 的下部醇胺溶液富液出口通过富液泵 (12)、贫富液换热器 (13) 与再生塔 (14) 的上部进口相连,再生塔 (14) 的下部液体出口通过贫富液换热器 (13)、贫液泵 (11) 和第一

冷却器 (23) 与 MEA 脱碳吸收塔 (10) 的上部醇胺溶液贫液进口相连。

6. 根据权利要求 4 或 5 所述的燃煤烟气多污染物脱除设备,其特征在於:所说的 SCR 脱硝反应器 (2) 的 SCR 催化剂层采用蜂窝式或板式结构。

7. 根据权利要求 4 或 5 所述的燃煤烟气多污染物脱除设备,其特征在於:所说的湿式钙基脱硫反应器 (6) 的烟气进口上方依次设置有一层多孔板 (603) 和二至四层钙基吸收剂喷淋装置 (602)。

燃煤烟气多污染物脱除工艺及其设备

技术领域

[0001] 本发明涉及对燃烧所排放烟气的净化处理技术,具体地指一种燃煤烟气多污染物脱除工艺及其设备。

背景技术

[0002] 酸雨问题和温室效应是当今人类面临的全球性环境问题。燃煤所产生的二氧化硫 SO_2 和氮氧化物 NO_x 污染是酸雨的主要原生物,所生产的二氧化碳 CO_2 则是主要的温室气体,其中 CO_2 的排放量约占人类活动引起的 CO_2 总排放量的 30%。我国的能源结构以煤炭为主,对燃煤烟气污染进行控制是实现经济、社会、环境协调发展的要求,也是发挥我国煤炭储量优势、实现社会自身可持续发展的要求。

[0003] 目前,对燃煤烟气污染的控制技术,如脱硫、脱硝、除尘和脱碳等大多数还是单独开发的,形成各自独立的技术装备和工艺流程。国内外燃煤电厂为了达到环保排放的要求,消除烟气中的 SO_2 、 NO_x 和粉尘,至少需要采用两套以上独立的脱硫、脱硝和除尘设备。面对全球性温室效应的加剧,国内外燃煤电厂也不得不研究燃煤烟气的脱碳技术,一些大型企业甚至已经在建设独立的电厂脱碳工程。

[0004] 为了解决燃煤烟气污染物分散脱除技术所存在的问题,公开号为 CN2712446Y 和 CN2746971Y 的中国实用新型专利说明书分别提出了一种《烟气脱硫脱硝装置》和一种《脱硫脱硝一体化烟气净化塔》,但其脱硫脱硝设备均为体积笨大的填料装置,且直接采用氨水溶液来吸收烟气中的 NO_x ,不仅整个脱硫脱硝设备的阻力大幅增加,而且也不能有效除去烟气中的 NO_x ,因为 NO_x 组份中 90% 以上为一氧化氮 NO ,而 NO 很难溶解于水中,采用简单的洗涤法很难将 NO 吸收。公开号为 CN1559654A 的中国发明专利申请公开说明书介绍了一种《脱硫、除尘、脱氮、脱氟湿式烟气净化机组及其净化方法》,其利用碱液与烟气混合来脱除烟气中的多种污染物,但该机组及净化方法会产生大量的废水,不仅需要对废水进行再处理,而且该技术方案对 NO_x 的脱除效率太低,同时对设备的防腐要求也极高,导致工艺复杂、运行成本增高。

[0005] 由此可见,上述技术方案对燃煤烟气的综合净化处理效果并不理想,尤其是缺少对燃煤烟气中二氧化硫、氮氧化物、粉尘和二氧化碳进行综合集成处理的研究。

发明内容

[0006] 本发明的目的就是要提供一种燃煤烟气多污染物脱除工艺及其设备。采用该工艺能够对燃煤烟气中的二氧化硫、氮氧化物、粉尘和二氧化碳进行分类集成处理、高效同步脱除。且该设备应具有整体设计简单紧凑、投资及运行成本低廉、工作稳定可靠的特性。

[0007] 为实现上述目的,本发明所设计的燃煤烟气多污染物脱除工艺,是针对燃煤烟气中的二氧化硫、氮氧化物、粉尘和二氧化碳进行集成脱除处理的过程。该工艺包括如下步骤:

[0008] 1) 将燃煤锅炉所产生的烟气直接引入 SCR 脱硝反应器内,使烟气中气态的 NO 和

NO₂ 在 SCR 催化剂的作用下与脱硝还原剂发生化学反应, 转化为气态的 N₂ ;

[0009] 2) 将经过脱硝处理后的烟气引入除尘器中, 用以脱除烟气中混杂的粉尘灰粒 ;

[0010] 3) 将经过除尘器处理后的烟气引入湿式钙基脱硫反应器内, 使烟气中气态的 SO₂ 与液态的钙基脱硫剂发生化学反应, 最终生成固态的 CaSO₄ · 2H₂O ;

[0011] 4) 将经过湿式钙基脱硫反应器处理后的烟气引入 MEA 脱碳吸收塔内, 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而被吸收, 所得洁净烟气排入大气, 同时获得醇胺溶液富液 ;

[0012] 5) 将所得醇胺溶液富液引入再生塔中, 进行加热解析处理, 再生获得高浓度 CO₂ 气体和脱除了 CO₂ 的醇胺溶液贫液 ;

[0013] 6) 将所得醇胺溶液贫液送回 MEA 脱碳吸收塔内继续循环, 同时对所得高浓度 CO₂ 气体进行冷却处理, 使其中含有的热水蒸汽产生凝结 ;

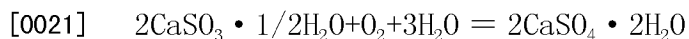
[0014] 7) 对经过冷却处理后的高浓度 CO₂ 气体进行气液分离处理, 脱除其中的凝结水份, 获得纯度高于 99% 的 CO₂ 气体 ;

[0015] 8) 将所得高纯度 CO₂ 气体进一步干燥, 再经过压缩和冷凝处理, 将其变成液态, 即可制成工业级液态二氧化碳成品。

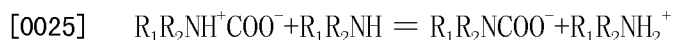
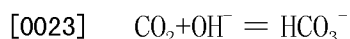
[0016] 上述步骤 1) 中, SCR 脱硝反应器内的烟气温度优选在 350 ~ 400℃ 之间, 以确保脱硝反应在最适宜的温度条件下进行。脱硝还原剂可以采用液氨、氨水或尿素中的一种, 其在喷淋状态下与烟气充分均匀混合, 能使烟气中的 NO 和 NO₂ 在催化作用下发生还原反应生成 N₂, 从而达到良好的脱硝效果。以液氨还原剂为例, 其化学反应方程式如下 :



[0019] 上述步骤 3) 中, 湿式钙基脱硫反应器内的烟气温度优选在 70 ~ 90℃ 之间, 钙基吸收剂采用石灰石浆液、电石渣浆液中的一种。在湿式钙基脱硫反应器内, 烟气自下而上流动, 与向下喷射出的钙基吸收剂浆液雾滴逆流充分接触, 发生强烈的气液两相反应, 烟气中的 SO₂ 被钙基浆液雾滴吸收生成 CaSO₃ · 1/2H₂O, 然后浆液落入湿式钙基脱硫反应器的底部被强制氧化生成 CaSO₄ · 2H₂O, 从而实现烟气中 SO₂ 的脱除, 以石灰石吸收剂浆液为例, 其化学反应方程式为 :



[0022] 上述步骤 4) 中, MEA 脱碳吸收塔内的烟气温度优选在 35 ~ 50℃ 之间, 反应压力控制在 2500 ~ 3000Pa 的范围内。醇胺溶液是一乙醇胺 (MEA)、活化剂、防腐剂和水的混合溶液, 为了描述方便, 用 R₁R₂NH 表示一乙醇胺 (MEA), 其中 R₁ = H, R₂ = CH₂CH₂OH。醇胺溶液与 CO₂ 的化学反应方程式如下 :



[0026] 上述步骤 5) 中, 对所得醇胺溶液富液进行加热解析处理的温度优选在 110 ~ 120℃ 之间。在此温度条件下, 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。

[0027] 上述步骤6)中,将所得高浓度CO₂气体冷却处理至35~45℃,即可使其中绝大部分的水蒸汽凝结出来。

[0028] 为实现上述工艺而专门设计的燃煤烟气多污染物脱除设备,包括通过管道相连的SCR脱硝反应器、除尘器、湿式钙基脱硫反应器、MEA脱碳吸收塔、再生塔、气液分离器、干燥器、压缩机和冷凝器。SCR脱硝反应器的烟气出口与除尘器的烟气进口相连,除尘器的烟气出口通过第一增压风机与湿式钙基脱硫反应器的烟气进口相连,湿式钙基脱硫反应器的烟气出口通过第二增压风机与MEA脱碳吸收塔的烟气进口相连,MEA脱碳吸收塔的下部醇胺溶液富液出口通过富液泵与再生塔的上部进口相连,再生塔的下部液体出口通过贫液泵和第一冷却器与MEA脱碳吸收塔的上部醇胺溶液贫液进口相连,再生塔的上部气体出口通过第二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。

[0029] 进一步地,上述MEA脱碳吸收塔的下部醇胺溶液富液出口通过富液泵、贫富液换热器的吸热管与再生塔的上部进口相连,再生塔的下部液体出口通过贫富液换热器的放热管、贫液泵和第一冷却器与MEA脱碳吸收塔的上部醇胺溶液贫液进口相连。这样,可以充分利用从再生塔流出醇胺溶液贫液的余热,给进入再生塔的醇胺溶液富液预热,同时将醇胺溶液贫液冷却,实现热交换的良性循环,节省热能资源。

[0030] 进一步地,上述SCR脱硝反应器的SCR催化剂层采用蜂窝式或板式结构。这样,脱硝还原剂在喷淋和穿越SCR催化剂层的过程中可与烟气充分均匀接触,实现良好的脱硝效果。

[0031] 进一步地,上述湿式钙基脱硫反应器采用空塔喷淋结构,其烟气进口上方依次设置有一层多孔板和二至四层钙基吸收剂喷淋装置。多孔板上开设有许多圆形通孔,其孔面积与板面积之比率为30~40%,这样可以加大烟气流动的湍流强度,使得烟气分布更加均匀。而多层结构的钙基吸收剂喷淋装置相互叠加,可以使钙基吸收剂浆液雾滴的覆盖率达到200%以上,确保上行烟气与下行钙基吸收剂浆液雾滴充分逆流接触,从而能够有效脱除烟气中的SO₂气体。

[0032] 本发明与现有技术相比具有以下突出优点:

[0033] 其一,本发明对传统的燃煤锅炉尾部烟气脱硫、脱硝、除尘和脱碳各单元工艺和装置进行有机合理的组合、综合一体化的设计、高度集成化的处理,省去了各单元工艺和装置独立运行所需的庞大烟道连接系统、以及相应的烟气收集和扩散分布设施,大幅减少了投资和占地面积,也有效减少了设备的烟气流动阻力,节省了大量运行费用。

[0034] 其二,本发明首先对温度较高的燃煤锅炉尾烟气进行SCR脱硝工艺处理,脱除NO_x后的烟气温度明显下降,较适合于湿式钙基脱硫工艺的要求,此时再对烟气进行湿式钙基脱硫处理,脱除SO₂后的烟气温度进一步降低,更适合于MEA脱碳工艺的要求,此时不需要再单独设置烟气换热器来降低烟气温度,使得整个设备的结构更加紧凑,运行更加稳定可靠,有效降低了工程成本。

[0035] 其三,本发明利用电站锅炉尾部烟气变废为宝,在有效减少含氮氧化物、二氧化硫、二氧化碳和粉尘灰粒的污染烟气排放的基础上,可获得纯度可达99.5%以上的液态CO₂,完全符合国际工业级液态二氧化碳的标准。因而,其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

[0036] 附图为一种燃煤烟气多污染物脱除设备的结构示意图。

具体实施方式

[0037] 以下针对燃煤锅炉所排放的烟气,结合附图对本发明作进一步的详细描述:

[0038] 图中所示的燃煤烟气多污染物脱除设备,主要由通过管道相连的 SCR 脱硝反应器 2、除尘器 4、湿式钙基脱硫反应器 6、MEA 脱碳吸收塔 10、再生塔 14、气液分离器 20、干燥器 19、压缩机 18 和冷凝器 17 等装置优化集合组成。

[0039] SCR 脱硝反应器 2 的还原剂喷射装置 1 布置在 SCR 脱硝反应器 2 的烟气进口处,该还原剂喷射装置 1 与一个还原剂储存罐 3 相连。SCR 脱硝反应器 2 的内部设置有多个 SCR 催化剂层 201,SCR 催化剂层 201 采用有利于还原剂与烟气充分均匀接触的蜂窝式或板式结构。SCR 脱硝反应器 2 的烟气进口直接与燃煤锅炉的尾部烟气排放口相连,SCR 脱硝反应器 2 的烟气出口与除尘器 4 的烟气进口相连。

[0040] 除尘器 4 可以采用静电除尘器或布袋除尘器,用于清除烟气中夹杂的粉尘灰粒。要求其除尘效率达 95% 以上,以保证良好的粉尘脱除效果。除尘器 4 的烟气出口通过第一增压风机 5 与湿式钙基脱硫反应器 6 的烟气进口相连。

[0041] 湿式钙基脱硫反应器 6 采用空塔喷淋结构,在其烟气进口和烟气出口之间自下而上依次布置有一层用于烟气均流的多孔板 603、二至四层用于致密喷射的钙基吸收剂喷淋装置 602、及其一至二组用于清除烟气中的钙基吸收剂液滴的除雾器 601。湿式钙基脱硫反应器 6 的底部设置有钙基吸收剂浆液池 604,钙基吸收剂浆液池 604 的侧面出口通过浆液循环泵 8 与钙基吸收剂喷淋装置 602 相连,浆液循环泵 8 的出口管道上设置有用于补充新鲜钙基浆液的吸收剂储存罐 9,钙基吸收剂浆液池 604 的底部出口与石膏处理装置 7 相连。湿式钙基脱硫反应器 6 的烟气出口通过第二增压风机 24 与 MEA 脱碳吸收塔 10 的烟气进口相连。

[0042] MEA 脱碳吸收塔 10 内布置有填料层,填料层上方设置有醇胺溶液喷淋装置,其工作原理是将醇胺溶液均匀喷洒在填料层上,使其与上行的烟气均匀充分逆流接触,有效增大气液两相的接触面积,从而使烟气中的 CO_2 迅速吸收。MEA 脱碳吸收塔 10 的顶部烟气出口直接与大气相连。MEA 脱碳吸收塔 10 的下部醇胺溶液富液出口通过富液泵 12、贫富液换热器 13 的吸热管与再生塔 14 的上部进口相连。

[0043] 再生塔 14 也为填料塔,塔内布置有喷嘴和填料层,与再生塔 14 配套的煮沸器 15 设置在塔底部外侧,其工作原理是将醇胺溶液富液喷洒在填料层上,使其被上升的蒸汽气提,并经煮沸器 15 加热,解析出高浓度的 CO_2 气体,同时使醇胺溶液富液还原成脱除了 CO_2 的醇胺溶液贫液。再生塔 14 的下部液体出口通过贫富液换热器 13 的放热管、贫液泵 11 和第一冷却器 23 与 MEA 脱碳吸收塔 10 的上部醇胺溶液贫液进口相连,贫液泵 11 的出口管道上设置有用于补充新鲜醇胺溶液的醇胺储罐 22。

[0044] 再生塔 14 的上部气体出口通过第二冷却器 21 与气液分离器 20 的进口相连,气液分离器 20 的气体出口依次与干燥器 19、压缩机 18、冷凝器 17 和液态二氧化碳储存槽 16 串

连。

[0045] 上述燃煤烟气多污染物脱除设备的工艺过程是这样的：

[0046] 燃煤烟气从 SCR 脱硝反应器 2 的烟气进口输入，还原剂储存罐 33 中的液氨通过还原剂喷射装置 1 以雾滴形式喷入，在 SCR 催化剂层 201 的表面上，烟气中的 NO、NO₂ 与液氨发生化学反应，被还原为 N₂。脱硝后的烟气从 SCR 脱硝反应器 2 的烟气出口输入除尘器 4 中，除尘器 4 将烟气中 95% 以上的灰尘除去。

[0047] 除尘后的烟气经第一增压风机 5 从湿式钙基脱硫反应器 6 的烟气进口输入，穿越多孔板 603、钙基吸收剂喷淋装置 602 上行，与向下喷出的钙基吸收剂浆液雾滴充分逆流接触，形成具有较高湍动能的多相流动，烟气中的 SO₂ 与钙基吸收剂雾滴发生化学反应而被脱除。钙基吸收剂浆液雾滴吸收 SO₂ 后落入到钙基吸收剂浆液池 604 中，钙基吸收剂浆液池 604 表面的一部分浆液经浆液循环泵 8 重新进入钙基吸收剂喷淋装置 602 循环，吸收剂储存罐 9 中的新鲜钙基浆液也在浆液循环泵 8 出口处同时加入。钙基吸收剂浆液池 604 底部固含量较大的浆液则被排入到石膏处理装置 7 中。

[0048] 脱硫后烟气再由第二增压风机 24 从 MEA 脱碳吸收塔 10 的烟气进口输入塔内，在向上流动的过程中与醇胺溶液逆流接触，烟气中的 CO₂ 被醇胺溶液吸收，脱碳后的净烟气经 MEA 脱碳吸收塔 10 的顶部烟气出口排入大气。吸收 CO₂ 后的醇胺溶液富液落入塔底，通过富液泵 12 输送到贫富液换热器 13 的吸热管中，被从再生塔 14 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 14 的上部液体进口送入塔中，醇胺溶液富液被上升的蒸汽气提，并经过煮沸器 15 加热至 110 ~ 120℃，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。

[0049] 醇胺溶液贫液自再生塔 14 的下部液体出口引出，经贫富液换热器 13 的放热管换热后，由贫液泵 11、第一冷却器 23 输送到 MEA 脱碳吸收塔 10 中继续循环利用，醇胺储罐 22 中的新鲜醇胺溶液也同时在贫液泵 11 的出口处加入。所解析出的高浓度 CO₂ 气体伴随着大量水蒸汽，由再生塔 14 的上部气体出口流出，进入到第二冷却器 21 中，气流在此被冷却至 35 ~ 45℃，其中的水蒸汽被凝结出来。

[0050] 经过第二冷却器 21 处理后的高浓度 CO₂ 气体，进入气液分离器 20 中，通过离心作用将 CO₂ 气体中夹带的凝结液完全分离出来，获得纯度高于 99.5% 的 CO₂ 气体。所分离出的凝结液从气液分离器 20 的凝结液出口流出，所分离出的高纯度 CO₂ 气体则送入干燥器 19，经干燥处理后送至压缩机 18，经压缩处理后，再进入冷凝器 17，冷凝成液态，制成工业级液体二氧化碳成品，最后送入液态二氧化碳储存槽 16 中保存。

