

一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法

本申请要求于 2021 年 10 月 22 日提交中国专利局、申请号为 202111233307.2、发明名称为“一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

5

技术领域

本发明涉及环境保护、大气治理、资源利用技术领域，更具体地说，是涉及一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法。

背景技术

过去一百年来气候发生了显著的变化，根据联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）第五次报告（AR5）指出：全球地表温度 1880-2012 年间温度升高了 0.85℃，过去 3 个十年比 1850 年以来的任何一个十年都暖；全球海平面 1901-2010 年间上升了 0.19 米，1979-2012 年北极海冰的面积每十年减少 3.5%-4.1%。

近年来，为应对全球化的气候变暖，各国政府加强了国际间合作，纷纷出台了一系列的政策法规，抑制诸如二氧化碳等温室气体的排放。如《巴黎协定》明确提出要将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在 2℃之内，并努力将温度上升幅度限制在 1.5℃之内。IPCC 表示：要想在本世纪末成功逆转全球气温上升的趋势，需要将大气中的二氧化碳全部抽离出来。

作为应对全球气候变化的有效对策，对于捕集、回收、利用空气中的二氧化碳人们做了大量研究和开发工作。如，公开号为 CN102527191A 专利文献公开了一种二氧化碳回收设备和二氧化碳回收方法，主要利用溶液吸收二氧化碳；但该技术方案需要大面积的设备用地，不具备现实可操作性。再如，加拿大的 Carbon Engineering 公司利用氢氧化钾溶液对空气中的二氧化碳进行吸附；但其再生过程需要消耗的大量的热能，即再生过程需将材料加热到 900℃。

发明内容

有鉴于此，本发明的目的在于提供一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法，能够实现从空气中直接捕集二氧化碳并连续生产高纯度二氧化碳产

30

品,且捕集率高,同时该装置设备布置紧凑、占地面积小、无废固、废液排放,能够降低设备投资及二氧化碳的捕集成本。

本发明提供了一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置,包括:

薄层移动床;所述薄层移动床由滤栅外壳和滤栅内筒组成,所述滤栅外壳
5 和滤栅内筒之间形成环形间隙,所述环形间隙内填充球形固态胺吸附剂;

设置在所述薄层移动床顶部的高位罐和若干引风机;所述高位罐下部设有下料管,与所述环形间隙上部相通,顶部设有空气出口,通过所述若干引风机与滤栅内筒相通,上部设有快分头;

设置在所述薄层移动床底部的锥形下料口;

10 进料口与所述锥形下料口相通的解吸器;所述解吸器内部设有加热盘管、CO₂分布管和过滤筒,顶部设有CO₂出口,底部设有吸附剂出料口;

进料口与所述吸附剂出料口相通的冷却器;所述冷却器内部设有冷却管,顶部通过提升管与所述高位罐的快分头相通。

优选的,所述滤栅外壳的直径为2.1m~10.6m,滤栅缝隙为30μm~250μm;
15 所述滤栅内筒的直径为2m~10m,滤栅缝隙为30μm~250μm;

所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙的宽度为50mm~300mm。

优选的,所述球形固态胺吸附剂为树脂小球固态胺吸附剂;所述球形固态胺吸附剂的粒径为200μm~1000μm。

优选的,所述薄层移动床的高度为10m~25m。

20 优选的,所述空气出口设有过滤筒。

优选的,所述锥形下料口底部设有出料管,通过螺旋输送管与所述解吸器的进料口相通。

优选的,所述CO₂分布管经过滤筒与CO₂出口相通。

优选的,所述吸附剂出料口通过螺旋输送管与所述冷却器的进料口相通。

25 本发明还提供了一种从空气中直接捕集二氧化碳的方法,采用上述技术方案所述的装置,包括以下步骤:

将含CO₂的空气水平穿过滤栅外壳进入薄层移动床,与球形固态胺吸附剂接触进行CO₂吸附,捕集CO₂后的净化空气水平穿过滤栅内筒,经引风机从空气出口排出;吸附CO₂后的球形固态胺吸附剂自上而下移动,经锥形下料口进
30 入解吸器,通过加热盘管加热后,使CO₂从球形固态胺吸附剂中解吸出来由CO₂

出口排出；解吸CO₂后的球形固态胺吸附剂再进入冷却器冷却后，经提升管至高位罐，再经下料管输送到环形间隙上部循环使用。

优选的，所述通过加热盘管加热的温度为100℃~120℃；所述进入冷却器冷却的温度为30℃~50℃。

5 本发明提供了一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法；该装置包括：薄层移动床；所述薄层移动床由滤栅外壳和滤栅内筒组成，所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙，所述环形间隙内填充球形固态胺吸附剂；设置在所述薄层移动床顶部的高位罐和若干引风机；所述高位罐下部设有下料管，与
10 所述环形间隙上部相通，顶部设有空气出口，通过所述若干引风机与滤栅内筒相通，上部设有快分头；设置在所述薄层移动床底部的锥形下料口；进料口与
所述锥形下料口相通的解吸器；所述解吸器内部设有加热盘管、CO₂分布管和过滤筒，顶部设有CO₂出口，底部设有吸附剂出料口；进料口与
所述吸附剂出料口相通的冷却器；所述冷却器内部设有冷却管，顶部通过提升管与
15 所述高位罐的快分头相通。与现有技术相比，本发明提供的装置采用特定结构及连接关系，利用球形固态胺薄层移动床从空气中直接捕集二氧化碳，实现了高效率、大规模的二氧化碳捕集，并且能够连续生产高纯度二氧化碳产品；同时该装置设备布置紧凑、占地面积小、无废固、废液排放，能够降低设备投资及二氧化碳的捕集成本。实验结果表明，本发明提供的从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法的CO₂捕集率为70%~90%，可生产纯度95%~99%的CO₂产品。

20 此外，本发明采用特殊的换热工艺，大大提高了能源利用率；可采用大流量、低风压头的轴流引风机，应用于大规模CO₂捕集，具有广阔的应用前景。

附图说明

25 图1为本发明实施例提供的从空气中直接捕集二氧化碳的装置的结构示意图；

图2为本发明实施例提供的从空气中直接捕集二氧化碳的装置的工作过程示意图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例，对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述，显然，所描述的实施例仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

5 本发明提供了一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置，包括：

薄层移动床；所述薄层移动床由滤栅外壳和滤栅内筒组成，所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙，所述环形间隙内填充球形固态胺吸附剂；

设置在所述薄层移动床顶部的高位罐和若干引风机；所述高位罐下部设有下料管，与所述环形间隙上部相通，顶部设有空气出口，通过所述若干引风机
10 与滤栅内筒相通，上部设有快分头；

设置在所述薄层移动床底部的锥形下料口；

进料口与所述锥形下料口相通的解吸器；所述解吸器内部设有加热盘管、CO₂分布管和过滤筒，顶部设有CO₂出口，底部设有吸附剂出料口；

进料口与所述吸附剂出料口相通的冷却器；所述冷却器内部设有冷却管，
15 顶部通过提升管与所述高位罐的快分头相通。

请参阅图1，图1为本发明实施例提供的从空气中直接捕集二氧化碳的装置的结构示意图；其中，1为高位罐，2为引风机，3为高位罐分布管，4为下料管，5为滤栅内筒，6为滤栅外壳，7为薄层移动床，8为出料管，9为螺旋输送管，10为解吸器，11为加热盘管，12为CO₂分布管，13为吸附剂出料口，14为螺旋
20 输送管，15为空气出口，16为过滤筒，17为快分头，18为提升管，19为过滤筒，20为冷却器，21为冷却管，22为空气分布管。

在本发明中，所述薄层移动床为捕集二氧化碳的主要设备；所述薄层移动床由滤栅外壳和滤栅内筒组成，具体将滤栅内筒嵌套在滤栅外壳内；在此基础上，所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙，所述环形间隙内填充球形固
25 态胺吸附剂。

在本发明中，所述滤栅外壳的直径优选为2.1m~10.6m，滤栅缝隙优选为30μm~250μm；所述滤栅内筒的直径优选为2m~10m，滤栅缝隙优选为30μm~250μm；从而在确保放置在二者之间形成的环形间隙内的球形固态胺吸附剂颗粒不从滤栅缝隙中漏出的基础上，实现空气的自由流动。

30 在本发明中，所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙的宽度优选为

50mm~300mm。

在本发明中，所述球形固态胺吸附剂优选为树脂小球固态胺吸附剂，更优选为聚苯乙烯与固态胺合成的小球吸附剂（DRC吸附剂）；所述球形固态胺吸附剂的粒径优选为200 μ m~1000 μ m，更优选为300 μ m~600 μ m。本发明对所述球形固态胺吸附剂的来源没有特殊限制，采用本领域技术人员熟知的市售商品即可。在本发明中，每公斤球形固态胺吸附剂颗粒能够捕集30g~60g的CO₂。

在本发明中，所述薄层移动床的高度优选为10m~25m。

在本发明中，所述薄层移动床的顶部设置有高位罐和若干引风机，其中，所述高位罐位于顶部中心位置，若干引风机沿圆周布置在高位罐周围。

10 在本发明中，所述高位罐下部设有下料管，与所述环形间隙上部相通；在此基础上，高位罐中的球形固态胺吸附剂能够经下料管进入环形间隙中。在本发明中，所述下料管的个数不唯一，采用本领域技术人员熟知的方便在环形间隙中填充球形固态胺吸附剂的设置个数均可。

在本发明中，所述高位罐顶部设有空气出口，通过所述若干引风机与滤栅内筒相通，使滤栅内筒中的空气能够在引风机的作用下由空气出口排出；所述空气出口优选设有过滤筒。

在本发明中，所述高位罐上部设有快分头，用于将提升管中的球形固态胺吸附剂重新回到高位罐中。

在本发明中，所述高位罐内部优选还设有高位罐分布管。

20 在本发明中，所述薄层移动床的底部设有锥形下料口；所述锥形下料口由滤栅内筒下端连接的锥形封头和滤栅外壳下端连接的锥形漏斗组成；所述锥形下料口底部优选设有出料管，通过螺旋输送管与所述解吸器的进料口相通。

本发明设计了自上向下移动薄层移动床，空气垂直穿过薄层移动床吸附CO₂，实现了在0.3kPa~1kPa超低压降条件下捕集CO₂，可采用大流量、低风压头的轴流引风机，可应用于大规模CO₂捕集，可降低设备投资、降低CO₂捕集成本。

在本发明中，所述解吸器为捕集二氧化碳的球形固态胺吸附剂进行脱附的主要设备；所述解吸器内部设有加热盘管、CO₂分布管和过滤筒；其中，所述加热盘管优选为蛇形蒸汽加热盘管，热源（水蒸汽）由一端进入加热盘管经换热后冷凝水由另一端排出。

在本发明中,所述解吸器顶部设有CO₂出口,所述CO₂分布管优选经过滤筒与CO₂出口相通。

在本发明中,所述解吸器底部设有吸附剂出料口,所述吸附剂出料口优选通过螺旋输送管与所述冷却器的进料口相通。

5 在本发明中,所述冷却器为脱附后的球形固态胺吸附剂进行冷却的主要设备;所述冷却器内部设有冷却管,所述冷却管优选为蛇形冷却管,冷却水由一端进入经换热后由另一端排出。

在本发明中,所述冷却器内部还设有空气分布管。

10 在本发明中,所述冷却器顶部通过提升管与所述高位罐的快分头相通,从而使冷却后的球形固态胺吸附剂能够重新回到高位罐中循环使用。

本发明提供的上述装置实现了从空气中直接捕集CO₂生产过程的连续操作,CO₂捕集率为70%~90%,可生产纯度95%~99%的CO₂产品;同时,该装置的设备布置紧凑、占地面积小、无废品、废液排放。

15 本发明还提供了一种从空气中直接捕集二氧化碳的方法,采用上述技术方案所述的装置,包括以下步骤:

20 将含CO₂的空气水平穿过滤栅外壳进入薄层移动床,与球形固态胺吸附剂接触进行CO₂吸附,捕集CO₂后的净化空气水平穿过滤栅内筒,经引风机从空气出口排出;吸附CO₂后的球形固态胺吸附剂自上而下移动,经锥形下料口进入解吸器,通过加热盘管加热后,使CO₂从球形固态胺吸附剂中解吸出来由CO₂出口排出;解吸CO₂后的球形固态胺吸附剂再进入冷却器冷却后,经提升管至高位罐,再经下料管输送到环形间隙上部循环使用。

在本发明中,所述从空气中直接捕集二氧化碳的方法整体分为三个过程:

25 (1) 吸附过程: 利用引风机(如本领域技术人员熟知的斜流风机)大风量的将空气引入捕集设备,与向下流动的球形固态胺吸附剂进行气-固接触,从而使球形固态胺吸附剂与空气充分接触,高效率吸附二氧化碳;

(2) 脱附过程: 吸附饱和后的球形固态胺吸附剂输送至解吸器中,通过加热实现脱附;

(3) 冷却过程: 完成脱附的球形固态胺吸附剂继续输送至冷却器,通过冷却水实现降温;降温后的球形固态胺吸附剂提升至高位循环使用。

30 在本发明中,所述含CO₂的空气优选为含200ppm~600ppm CO₂的空气,本

发明对其来源没有特殊限制。在本发明中，经过上述吸附过程，含10ppm~100ppm CO₂的净化空气水平穿过滤栅内筒，经引风机从顶部排出。

在本发明中，所述通过加热盘管加热的温度优选为100℃~120℃；所述进入冷却器冷却的温度优选为30℃~50℃。

5 本发明着眼于大规模的空气直捕工作，形成流化工艺捕集，通过流化床工艺实现了规模化，大幅降低了投资成本与捕集成本，实现了高效率、大规模的空气捕集；同时采用特殊的换热工艺，大大提高了能源利用率；而且可采用大流量、低风压头的轴流引风机，应用于大规模CO₂捕集，具有广阔的应用前景。

10 本发明提供了一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法；该装置包括：薄层移动床；所述薄层移动床由滤栅外壳和滤栅内筒组成，所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙，所述环形间隙内填充球形固态胺吸附剂；设置在所述薄层移动床顶部的高位罐和若干引风机；所述高位罐下部设有下料管，与所述环形间隙上部相通，顶部设有空气出口，通过所述若干引风机与滤栅内筒相通，上部设有快分头；设置在所述薄层移动床底部的锥形下料口；进料口
15 与所述锥形下料口相通的解吸器；所述解吸器内部设有加热盘管、CO₂分布管和过滤筒，顶部设有CO₂出口，底部设有吸附剂出料口；进料口与所述吸附剂出料口相通的冷却器；所述冷却器内部设有冷却管，顶部通过提升管与所述高位罐的快分头相通。与现有技术相比，本发明提供的装置采用特定结构及连接关系，利用球形固态胺薄层移动床从空气中直接捕集二氧化碳，实现了高效率、
20 大规模的二氧化碳捕集，并且能够连续生产高纯度二氧化碳产品；同时该装置设备布置紧凑、占地面积小、无废固、废液排放，能够降低设备投资及二氧化碳的捕集成本。实验结果表明，本发明提供的从空气中直接捕集二氧化碳的装置和方法的CO₂捕集率为70%~90%，可生产纯度95%~99%的CO₂产品。

25 此外，本发明采用特殊的换热工艺，大大提高了能源利用率；可采用大流量、低风压头的轴流引风机，应用于大规模CO₂捕集，具有广阔的应用前景。

为了进一步说明本发明，下面通过以下实施例进行详细说明。

实施例

30 本发明采用上述技术方案所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，具体参见图1所示；其中，1为高位罐，2为斜流风机，3为高位罐分布管，4为下料管（个数为20个），5为滤栅内筒（直径为10m，滤栅缝隙优选为200μm），6为

滤栅外壳（直径为10.2m，滤栅缝隙优选为200 μ m），所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙的宽度为100mm，7为薄层移动床（高度为20m，填充球形固态胺吸附剂，具体为DRC吸附剂，粒径为300 μ m~600 μ m），8为出料管，9为螺旋输送管，10为解吸器，11为蛇形加热盘管，12为CO₂分布管，13为吸附剂出料口，14为螺旋输送管，15为空气出口，16为过滤筒，17为快分头，18为提升管，19为过滤筒，20为冷却器，21为蛇形冷却管，22为空气分布管。

上述从空气中直接捕集二氧化碳的装置的工作过程示意图参见图2所示，具体工作过程如下：

在斜流风机作用下，将含400ppm CO₂的空气水平穿过滤栅外壳进入薄层移动床，与向下流动的球形固态胺吸附剂气-固接触进行CO₂吸附，捕集CO₂后的净化空气（含10ppm CO₂）水平穿过滤栅内筒，从顶部的空气出口排出；吸附CO₂后的球形固态胺吸附剂自上而下移动，经锥形下料口、出料管、螺旋输送管，进入解吸器，通过蛇形加热盘管加热（利用饱和水蒸气换热）至110℃后，使CO₂从球形固态胺吸附剂中解吸出来，实现脱附，同时CO₂由CO₂出口排出，得到纯度为95%的CO₂产品；解吸CO₂后的球形固态胺吸附剂再由吸附剂出料口、螺旋输送管，进入冷却器冷却（利用冷却水换热）至40℃后，经提升管至高位罐，再经下料管输送到环形间隙上部循环使用；该从空气中直接捕集二氧化碳的装置的CO₂捕集率为97.5%。

以上所述仅是本发明的优选实施方式，应当指出，对于本技术领域的普通技术人员来说，在不脱离本发明原理的前提下，还可以做出若干改进和润饰，这些改进和润饰也应视为本发明的保护范围。

权 利 要 求

1、一种从空气中直接捕集二氧化碳的装置，包括：

薄层移动床；所述薄层移动床由滤栅外壳和滤栅内筒组成，所述滤栅外壳
5 和滤栅内筒之间形成环形间隙，所述环形间隙内填充球形固态胺吸附剂；

设置在所述薄层移动床顶部的高位罐和若干引风机；所述高位罐下部设有
下料管，与所述环形间隙上部相通，顶部设有空气出口，通过所述若干引风机
与滤栅内筒相通，上部设有快分头；

设置在所述薄层移动床底部的锥形下料口；

10 进料口与所述锥形下料口相通的解吸器；所述解吸器内部设有加热盘管、
CO₂分布管和过滤筒，顶部设有 CO₂ 出口，底部设有吸附剂出料口；

进料口与所述吸附剂出料口相通的冷却器；所述冷却器内部设有冷却管，
顶部通过提升管与所述高位罐的快分头相通。

2、根据权利要求1所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，其特征在
15 于，所述滤栅外壳的直径为 2.1m~10.6m，滤栅缝隙为 30 μ m~250 μ m；

所述滤栅内筒的直径为 2m~10m，滤栅缝隙为 30 μ m~250 μ m；

所述滤栅外壳和滤栅内筒之间形成环形间隙的宽度为 50mm~300mm。

3、根据权利要求1所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，其特征在
于，所述球形固态胺吸附剂为树脂小球固态胺吸附剂；所述球形固态胺吸附剂
20 的粒径为 200 μ m~1000 μ m。

4、根据权利要求1所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，其特征在
于，所述薄层移动床的高度为 10m~25m。

5、根据权利要求1所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，其特征在
于，所述空气出口设有过滤筒。

25 6、根据权利要求1所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，其特征在
于，所述锥形下料口底部设有出料管，通过螺旋输送管与所述解吸器的进料口
相通。

7、根据权利要求1所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，其特征在
于，所述 CO₂ 分布管经过滤筒与 CO₂ 出口相通。

30 8、根据权利要求1所述的从空气中直接捕集二氧化碳的装置，其特征在

于，所述吸附剂出料口通过螺旋输送管与所述冷却器的进料口相通。

9、一种从空气中直接捕集二氧化碳的方法，其特征在于，采用权利要求1~8任一项所述的装置，包括以下步骤：

将含CO₂的空气水平穿过滤栅外壳进入薄层移动床，与球形固态胺吸附剂接触进行CO₂吸附，捕集CO₂后的净化空气水平穿过滤栅内筒，经引风机从空气出口排出；吸附CO₂后的球形固态胺吸附剂自上而下移动，经锥形下料口进入解吸器，通过加热盘管加热后，使CO₂从球形固态胺吸附剂中解吸出来由CO₂出口排出；解吸CO₂后的球形固态胺吸附剂再进入冷却器冷却后，经提升管至高位罐，再经下料管输送到环形间隙上部循环使用。

10、根据权利要求9所述的从空气中直接捕集二氧化碳的方法，其特征在于，所述通过加热盘管加热的温度为100℃~120℃；所述进入冷却器冷却的温度为30℃~50℃。