

1. 一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质,所述方法包括:

将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;

将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;和

调节由所述反应区排出的二氧化碳在烟囱或冷堆和至少另一个排放点之间的供应摩尔速率的分布。

2. 如权利要求1所述的方法,

其中,所述调节步骤基于从所述反应区排出的二氧化碳的摩尔速率的指示。

3. 如权利要求1或2所述的方法,

将另一部分所述由工业过程排放的气态废料供应至所述烟囱。

4. 一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质,所述方法包括:

将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;

将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;

从所述反应区排放废气;

从由所述反应区排放的所述废气中分离出至少一种富氧产物;和
使所述富氧产物接触燃料以进行燃烧。

5. 如权利要求4所述的方法,

其中,使所述富氧产物接触燃料的步骤在所述工业过程的燃烧室中进行。

6. 如权利要求5所述的方法,

所述方法还包括在所述接触步骤之前将所述富氧产物供应至所述燃烧室。

7. 如权利要求4至6中任一项所述的方法,

其中,所述分离步骤包括从由所述反应区排放的所述废气中分离出贫氧产物;

并且还包括将所述贫氧产物供应至所述反应区。

8. 一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质,所述方法包括:

将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;

将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;

从所述反应区排放废气;

从由所述反应区排放的所述废气中分离出至少一种贫氧产物;和
将所述贫氧产物供应至所述反应区。

9. 一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包

含在所述反应区中能够生长的光养生物质,所述方法包括:

将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;

将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;

从所述反应区排放废气;和

用至少一部分所述气态废料加热排放的废气,从而产生经加热的废气。

10. 如权利要求9所述的方法,

其中,设置所述排放的废气以使其与所述至少一部分所述气态废料传热连通,从而进行所述加热。

11. 如权利要求10所述的方法,

其中,所述传热连通是间接的。

12. 如权利要求8至11中任一项所述的方法,

所述方法还包括使至少一部分经加热的废气接触燃料以进行所述燃料的燃烧。

13. 如权利要求8至11中任一项所述的方法,

所述方法还包括将至少一部分经加热的废气供应至燃烧室,并使所述至少一部分经加热的废气接触燃料以进行所述燃料的燃烧。

14. 如权利要求12或13所述的方法,

其中,在所述接触步骤之前,处理所述废气以产生富氧产物,其中,所述至少一部分经加热的废气包含所述富氧产物。

15. 一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质,所述方法包括:

将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;

将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;

从所述反应区排放废气;和

将至少一部分排放的废气再循环至所述反应区。

16. 一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质,所述方法包括:

将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;

将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;和

调节由所述反应区排出的二氧化碳向烟囱或冷堆的供应的摩尔速率。

管理光生物反应器废气的方法

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求发明名称为“管理光生物反应器废气的方法”的于2013年1月17日递交的美国临时专利申请61/753,711号和发明名称为“管理光生物反应器废气的方法”的于2013年2月1日递交的美国临时专利申请61/759,656号的权益。上述申请的全部内容以引用方式并入本申请。

技术领域

[0003] 本公开涉及一种生长生物质的方法。

背景技术

[0004] 出于生产燃料源的目的,已经广泛实施了对光养(phototrophic)生物的培养。通过供应在光合作用中供光养生物消耗的二氧化碳,还将工业过程的废气用于促进光养生物的生长。通过提供用于此目的的废气,降低了对环境的影响,并同时产生了潜在有用的燃料源。然而,依然存在的挑战是如何使该方法更具有经济吸引力,从而将其并入现有设备中。

发明内容

[0005] 一个方面提供了一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射的时候能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质。所述方法包括:将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;和调节由所述反应区排出的二氧化碳在烟囱和至少另一个排放点之间的供应摩尔速率的分布。

[0006] 另一个方面提供了一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质。所述方法包括:将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;从所述反应区排放废气;从由所述反应区排放的所述废气中分离出至少一种富氧产物;和使所述富氧产物接触燃料以进行燃烧。

[0007] 另一个方面提供了一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质。所述方法包括:将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;从所述反应区排放废气;从由所述反应区排放的所述废气中分离出

至少一种贫氧产物;和将所述贫氧产物供应至所述反应区。

[0008] 另一个方面提供了一种在反应区中生长光养生物质的方法,其中,所述反应区包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够进行光合作用,其中,所述反应混合物包含在所述反应区中能够生长的光养生物质。所述方法包括:将至少一部分由工业过程排放的气态废料供应至所述反应区;将所述反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,并使所述光养生物质在所述反应区中进行生长,其中,所进行的生长包括通过光合作用进行的生长;从所述反应区排放废气;和将至少一部分排放的废气再循环至所述反应区。

附图说明

[0009] 现在将通过以下附图描述本发明优选实施方式的方法:

[0010] 图1是实施所述方法的系统的实施方式的工艺流程图;

[0011] 图2A是实施所述方法的气体处理过程的子系统的实施方式的工艺流程图,显示了该子系统的单元操作的至少一部分。

[0012] 图2B是实施所述方法的气体处理过程的子系统的另一实施方式的工艺流程图,显示了该子系统的单元操作的至少一部分。

[0013] 图3是实施所述方法的系统的另一实施方式的工艺流程图;和

[0014] 图4是实施所述方法的系统的另一实施方式的工艺流程图。

具体实施方式

[0015] 在整个说明书中提到“一些实施方式”意味着:结合一些实施方式而描述的特定特征、结构或特性不必然指代相同的实施方式。另外,特定特征、结构或特性可以以任何适当的方式相互组合。

[0016] 参考图1,提供了有利于执行在光生物反应器12的反应区10中生长光养生物质的方法的系统。

[0017] 反应区10包含在暴露于具有光合活性的光照射时能够有效进行光合作用的反应混合物。反应混合物包含光养生物质、二氧化碳和水。在一些实施方式中,反应区包含设置在水性介质中的光养生物质和二氧化碳。在反应区10中,设置光养生物质使其与二氧化碳和水均保持传质连通。

[0018] “光养生物”是在接收光能量时能够在水性介质中进行光养生长的生物体,如植物细胞或微生物。光养生物是单细胞或多细胞生物。在一些实施方式中,例如,光养生物是已经被人工修饰或通过基因操纵被修饰的生物体。在一些实施方式中,例如,光养生物是藻类。在一些实施方式中,例如,所述藻类是微藻。

[0019] “光养生物质”是至少一种光养生物。在一些实施方式中,例如,光养生物质包括超过一种光养生物物种。

[0020] “反应区10”限定了光养生物质进行生长的空间。在一些实施方式中,例如,反应区中的压力是大气压。

[0021] “光生物反应器12”是为光养生物质的生长提供适合环境的任何结构、布局、地面构造或区域。可通过提供使光养生物质利用光能生长的空间而作为光生物反应器12使用的

具体结构的实例包括但不限于箱、池、槽、渠、塘、管路、管、沟和管道。所述光生物反应器可以为开放的、封闭的、部分封闭的、封盖的或部分封盖的。在一些实施方式中,例如,光生物反应器12是池,并且该池是开放的,在此情况下所述池易受的影响是不受控制地从周围环境接收物质和光能。在其他实施方式中,例如,光生物反应器12是封盖的池或部分封盖的池,在此情况下从周围环境接收物质至少部分地受到干扰。光生物反应器12包含含有反应混合物的反应区10。在一些实施方式中,光生物反应器12被构造为接收光养试剂供给(并且,在一些这些实施方式中,可选的是接收补充营养素),并且还被构造为能够排放在反应区10内生长的光养生物物质。在此方面,在一些实施方式中,光生物反应器12包含用于接收光养试剂和补充营养素供给的一个或多个入口,并且还包含用于回收或收获在反应区10中生长的生物物质的一个或多个出口。在一些实施方式中,例如,将一个或多个入口构造为以周期性或间歇性的时间间隔暂时密封。在一些实施方式中,例如,将一个或多个出口构造为以周期性或间歇性的时间间隔暂时密封或实质密封。光生物反应器12被构造为包含反应混合物,所述反应混合物在暴露于具有光合活性的光照射时能够有效进行光合作用。还将光生物反应器12构造为在光生物反应器12内建立具有光合活性的光照射(例如,波长约400nm~700nm的光,可由太阳或其他光源发射)以暴露光养生物物质。将反应混合物暴露于具有光合活性的光照射实现了光合作用和光养生物物质的生长。在一些实施方式中,例如,所建立的光照射由设置在光生物反应器12中的人工光源14提供。例如,合适的人工光源包括可浸入水中的光纤或光导、发光二极管(“LED”)、LED带和荧光灯。可以使本领域已知的任何LED带都适用于光生物反应器12。对于可浸入水中的LED,在一些实施方式中,例如,能源包括对LED供电的另类能源(alternative energy sources),例如风能、光电池、燃料电池等。在光生物反应器12内部或外部的荧光灯可用作备用系统。在一些实施方式中,例如,所建立的光来源于从光生物反应器12外部通过透射部件而透射的自然光源16。在一些实施方式中,例如,透射部件是光生物反应器12的包含结构的一部分,其对具有光合活性的光照射至少部分透明,并且被构造为使所述光透射至反应区10以便被光养生物物质接收。在一些实施方式中,例如,自然光由太阳能收集器接收,被选择性波长滤镜过滤,并随后通过光纤材料或光导而透射到反应区10。在一些实施方式中,例如,提供自然光源和人工光源以在生物反应器12内建立具有光合活性的光照射。

[0022] “水性介质”是指包含水的环境。在一些实施方式中,例如,水性介质还包含足够的营养素以促进光养生物物质的生存和生长。在一些实施方式中,例如,可包含补充营养素,例如NO_x和/或SO_x。合适的水性介质具体论述于:Rogers,L.J.和Gallon J.R.“Biochemistry of the Algae and Cyanobacteria,”Clarendon Press Oxford,1988;Burlew,John S.“Algal Culture:From Laboratory to Pilot Plant.”Carnegie Institution of Washington Publication 600.Washington,D.C.,1961(下文简称为“Burlew 1961”);和Round,F.E.The Biology of the Algae.St Martin’s Press,New York,1965;以上文献均通过引用方式并入本文。已知为“Bold氏基础培养基”的适合的补充营养素组合物描述于Bold,H.C.1949,The morphology of Chlamydomonas chlamydogama sp.nov.Bull,Torrey Bot.Club.76:101-8(另见Bischoff,H.W.和Bold,H.C.1963.Phycollogical Studies IV.Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species,Univ.Texas Publ.6318:1-95,和Stein,J.(编)Handbook of Phycological Processes,Culture

processs and growth measurements, Cambridge University Press, 7-24)。

[0023] “顶部空间”是光生物反应器12中位于光生物反应器12内的水性介质之上的空间。

[0024] 将二氧化碳供应至光生物反应器12的反应区10以进行光养生物质的生长。在一些实施方式中,例如,供应至光生物反应器的二氧化碳由含二氧化碳的气态废料产生过程16所排放的含二氧化碳的废料14的至少一部分供应。供应至光生物反应器12的含二氧化碳的废料14的至少一部分限定了光生物反应器供给122。

[0025] 在一些实施方式中,例如,基于含二氧化碳的气态废料14的总体积,含二氧化碳的气态废料14包含浓度为至少2体积%的二氧化碳。在一些实施方式中,例如,基于含二氧化碳的气态废料14的总体积,含二氧化碳的气态废料14包含浓度为至少4体积%的二氧化碳。在一些实施方式中,例如,气态废料反应14还包含 N_2 、 CO_2 、 H_2O 、 O_2 、 NO_x 、 SO_x 、 CO 、挥发性有机化合物(例如来自未燃烧燃料的挥发性有机化合物)、重金属、颗粒物和灰分中的一种或多种。在一些实施方式中,例如,基于含二氧化碳的气态废料14的总体积,含二氧化碳的气态废料14包含30体积%~60体积%的 N_2 、5体积%~25体积%的 O_2 、2体积%~50体积%的 CO_2 和0~30体积%的 H_2O 。还可以存在其他化合物,但通常以痕量存在(基于含二氧化碳的气态废料14的总体积,总计通常小于5体积%)。

[0026] 在一些实施方式中,例如,含二氧化碳的气态废料14包含有益于反应区10中的光养生物物质生长的除二氧化碳以外的一种或多种其他材料。气态废料中的有益于反应区10中的光养生物物质生长的材料包括 SO_x 、 NO_x 和 NH_3 。

[0027] 含二氧化碳的气态废料产生过程16包括进行含二氧化碳的气态废料14的产生和排放的任何过程。在一些实施方式中,例如,含二氧化碳的气态废料产生过程16是燃烧过程。在一些实施方式中,例如,燃烧过程在燃烧设备中进行。在一些这样的实施方式中,例如,燃烧过程进行了例如煤、油或天然气等化石燃料的燃烧。例如,燃烧设备是化石燃料火电厂、工业焚化设备、工业用炉、工业加热器或内燃机中的任一种。在一些实施方式中,例如,燃烧设备是水泥窑。

[0028] 在一些实施方式中,例如,补充营养素供给18被供应至光生物反应器12的反应区10。在一些实施方式中,例如,补充营养素供给18通过泵来实现供给,例如计量泵。在其他实施方式中,例如,补充营养素供给18被人工提供至反应区10。反应区10中的营养素被光养生物物质加工或消耗,并且理想的是在一些情况下重新补足所加工或消耗的营养素。合适的营养素组合物是“Bold氏基础培养基”,并且其描述于Bold, H.C. 1949, *The morphology of Chlamydomonas chlamydogama sp. nov.* Bull. Torrey Bot. Club. 76: 101-8(另见Bischoff, H.W. 和Bold, H.C. 1963. *Phycological Studies IV. Some soil algae from Enchanted Rock and related algal species*, Univ. Texas Publ. 6318: 1-95, 和Stein, J. (编) *Handbook of Phycological Processes, Culture processs and growth measurements*, Cambridge University Press, 7-24)。提供补充营养素供给18以补充供应至反应区中的营养素,例如“Bold氏基础培养基”,或其一种或多种溶解的成分。在此方面,在一些实施方式中,例如,补充营养素供给18包含“Bold氏基础培养基”。在一些实施方式中,例如,补充营养素供给18包含“Bold氏基础培养基”的一种或多种溶解的成分,例如 $NaNO_3$ 、 $CaCl_2$ 、 $MgSO_4$ 、 KH_2PO_4 、 $NaCl$ 或构成其的溶解成分中的其他成分。

[0029] 在一些实施方式中,例如,控制向反应区10供应补充营养素供给18的速率,以使其

与反应区10中光养生物质的所需生长速率相符。在一些实施方式中,例如,通过测量反应区10中的pH、NO₃浓度和电导率来监控对营养素添加的调节。

[0030] 在一些实施方式中,例如,向光生物反应器12的反应区10供应补充水性材料供给20,从而重新补足光生物反应器12的反应区10中的水。在一些实施方式中,例如,并且如以下所进一步描述的,补充水性材料供给20通过置换而实现了产物从光生物反应器12中的排放。例如,补充水性材料供给20使产物从光生物反应器12中作为溢出物被排放。

[0031] 在一些实施方式中,例如,补充水性材料是水或基本是水。在一些实施方式中,例如,补充水性材料供给20包含通过分离器50(例如离心分离器)已从所排放的包含光养生物质的产物32中分离出的水性材料。在一些实施方式中,例如,补充水性材料供给20源自独立来源(即,所述方法之外的来源),例如市政水供应。

[0032] 在一些实施方式中,例如,补充水性材料供给20由已收集有从所述方法的排放物中回收的水性材料的容器提供,例如从排放的含光养生物质的产物中分离出的水性材料。

[0033] 在一些实施方式中,例如,补充营养素供给18与补充水性材料20在混合箱24中混合以提供富含营养素的补充水性材料供给22,并将富含营养素的补充水性材料供给22供应至反应区10。在一些实施方式中,例如,补充营养素供给18与补充水性材料20在已经收集了所排放的水性材料的容器中混合。在一些实施方式中,例如,富含营养素的补充水性材料供给18通过泵来实现供应。

[0034] 使在反应区10中设置的反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,从而进行光合作用。光合作用实现了光养生物质的生长。

[0035] 在一些实施方式中,例如,对反应区10提供光照射以进行光合作用。

[0036] 在一些实施方式中,例如,光照射的特征为400nm~700nm的波长。在一些实施方式中,例如,光照射的形式为自然阳光。在一些实施方式中,例如,光照射由人工光源提供。在一些实施方式中,例如,光照射包含自然阳光和人工光。

[0037] 在一些实施方式中,例如,对所提供的光照射的强度进行控制以符合反应区10中的光养生物质的所需生长速率。在一些实施方式中,对所提供的光强度的调节基于对反应区10中的光养生物质的生长速率的测量。在一些实施方式中,对所提供的光强度的调节基于向反应区进料80供应的二氧化碳的供应摩尔速率。

[0038] 在一些实施方式中,例如,根据反应区10的条件,以预定波长提供光照射。虽说如此,但通常将光以1:4的蓝光光源:红光光源比来提供。该比例根据所用的光养生物而改变。另外,在尝试模拟日循环时可以改变该比例。例如,在模拟黎明或黄昏时提供更多红光,在模拟中午条件时提供更多蓝光。此外,可以改变该比例以通过提供更多蓝光来模拟人工恢复周期。

[0039] 已经发现,蓝光刺激藻类细胞重构在显著生长期后可变得受损的内部结构,而红光促进藻类生长。另外,已经发现从光谱中剔除绿光可使藻类在反应区10中继续生长,甚至超出以前被确定为其水中的“饱和点”,只要提供充足的二氧化碳(在一些实施方式中还提供其他营养素)即可。

[0040] 对于人工光源,例如,合适的人工光源14包括可浸入水中的光纤、发光二极管、LED带和荧光灯。可以使本领域中已知的任何LED带适用于所述方法。对于可浸入水中的LED,设计方案包括使用太阳能电池来供电。对于可浸入水中的LED,在一些实施方式中,例如,能源

包括对LED供电的另类能源,例如风能、光电池、燃料电池等。

[0041] 对于将反应区10设置在包含箱的光生物反应器12中的那些实施方式,在一些这样的实施方式中,例如,光能由多个源的组合来提供(如下所述)。将太阳光形式的自然光源通过太阳能收集器捕获,并以定制镜(custom mirror)过滤,以对反应区10提供所需波长的光。来自太阳能收集器的经过滤的光随后通过光导或光纤材料传输到光生物反应器12中,在此其在反应区10中发生弥散。在一些实施方式中,除了太阳光外,光生物反应器12中的光管包含高能LED阵列,其可提供特定波长的光以弥补太阳光(必要时)或在黑暗期(例如,夜晚)提供所有必需的光至反应区10。在一些实施方式中,对于光导,例如,将透明的传热介质(例如二醇溶液)通过光生物反应器12内的光导来循环,从而调节光导的温度,并且在一些情况下提供对来自光导的和进入反应区10中的热的散热控制。在一些实施方式中,例如,可预测LED功率需要,并因此可根据针对含二氧化碳的气态废料14所观察到的趋势对LED功率需要进行控制,因为这些观察到的趋势有助于预测光养生物质的未来生长速率。

[0042] 在一些实施方式中,使反应混合物暴露于具有光合活性的光照射,同时将二氧化碳提供至反应区10。

[0043] 在一些实施方式中,例如,光养生物质的生长速率由反应区10中可用的二氧化碳来指示。进而,这限定了使光养生物质生长速率最大化所需的营养、水和光强度。在一些实施方式中,例如,提供控制器(例如计算机执行的系统)来监测和控制本文所公开的方法的各部件的运行,包括光、阀门、传感器、排风机、风扇、烟道挡板(damper)、泵等。

[0044] 在一些实施方式中,例如,反应区产物30从反应区10排放出。反应区产物30包含含有光养生物质的产物32。在一些实施方式中,例如,含有光养生物质的产物32包含反应区10的至少一部分内容物。在此方面,反应区产物30的排放实现了对光养生物质40的收获。

[0045] 在一些实施方式中,例如,通过从反应区10排放光养生物质32而实现了光养生物质的收获。

[0046] 在一些实施方式中,例如,光养生物质32从反应区10中的排放通过置换来实现。在一些这样的实施方式中,例如,所述置换通过对反应区10供应补充水性材料供给20来实现。在一些这样的实施方式中,例如,所述置换是溢出。在一些实施方式中,例如,光养生物质32从反应区10的排放通过重力来实现。在一些实施方式中,例如,光养生物质32从反应区10的排放通过与反应区10流动偶联的原动机来进行。

[0047] 在一些实施方式中,例如,使至少一部分包含二氧化碳的气态废料14经过进行光合作用的反应区10,从而使含二氧化碳的气态废料14的二氧化碳耗尽,并且使得气态光生物反应器废料60(包含光生物反应器排出的二氧化碳)产生并排放到顶部空间13中。在一些实施方式中,例如,气态光生物反应器废料60中的二氧化碳浓度低于含二氧化碳的气态废料14中的二氧化碳浓度。

[0048] 在一些实施方式中,例如,将至少一部分含二氧化碳的气态废料14供应至气体处理工序100,并作为预处理的气态废料141产生经处理的气态废料142。气体处理工序100包含一个或多个分离单元操作,以进行至少一部分预处理的气态废料141的分离,从而产生经处理的气态废料142。示例性单元操作包括袋室、 NO_x 过滤器、 SO_x 过滤器、静电流化床、膜分离单元操作(例如用于实现气态双原子氧与预处理的材料141的分离)。

[0049] 在一些实施方式中,例如,将至少一部分经处理的材料142作为光生物反应器供给

122来供应。

[0050] 在一些实施方式中,例如,将至少一部分经处理的材料142供应至烟囱200。在一些实施方式中,例如,将一部分经处理的材料142作为烟囱供给201供应至烟囱200,而另一部分经处理的材料142则作为光生物反应器供给122供应至光生物反应器12。在一些实施方式中,例如,作为烟囱供给201供应的部分和作为光生物反应器供给122供应的部分由烟囱中的烟道挡板或烟囱帽来202确定。烟道挡板或烟囱帽202发生偏斜(例如通过弹簧力而偏斜),从而封闭经处理的材料142和烟囱之间的流体连通,由此使所有经处理的材料142被供应至光生物反应器12的反应区10。烟道挡板或烟囱帽202经构造而设置成当经处理的材料142的流体压力足以克服将烟道挡板或烟囱帽偏斜成对流体连通进行封闭的状况的力时,能够在经处理的材料和烟囱之间实现流体连通,从而使流体连通开放,进而将一部分经处理的材料转移到烟囱200。

[0051] 在一些实施方式中,例如,不存在气体处理工序100,并将至少一部分废料14作为烟囱供给直接供应给烟囱200。在一些这样的实施方式中,例如,一部分废料14作为烟囱供给201供应给烟囱200,而另一部分废料14则作为光生物反应器供给122供应给光生物反应器12。在一些实施方式中,例如,如上所述,作为烟囱供给201供应的部分和作为光生物反应器供给122供应的部分由烟囱中的烟道挡板或烟囱帽202来确定。

[0052] 从光生物反应器12中排放出光生物反应器废料60。

[0053] 基于各种气体(例如二氧化碳、双原子氧、 N O_x 和 SO_x)的感测浓度,废料60的排放速率由阀1200在局部排放61和进一步加工排放62之间调节。理想的是,具有过高的二氧化碳、 N O_x 或 SO_x 浓度的废料60不是在地面水平上局部排放,而是引导所述废料60在所述方法中进行再循环,或将其引导至烟囱200或冷堆300。根据系统的构造,感测的气态双原子氧可确定是将废料再循环(例如,如果气态双原子氧浓度低于燃料进行燃烧的最小阈值)还是将废料导向过程16(例如,如果气态双原子氧浓度足以进行燃料的燃烧),或以上两种情况的组合。对一种或多种所述气体的过高浓度的感测将启动废料60向进一步加工排放62的供应,或增加该供应的速率,并且可以在一些操作模式中暂停局部排放61。

[0054] 参考图1、2A和2B,在一些实施方式中,例如,气体处理工序100包含一个或多个膜分离单元操作(或其他气体分离单元操作,例如一个或多个气体吸收器)以将富氧流与源自废料60的流601分离,并将气态双原子氧浓度足以进行燃料燃烧的气体输送到工业过程16,以进行燃料的燃烧。在一些实施方式中,例如,流601被至少一部分气态废料14间接加热。对流601的加热提高了流601的内能,包括与流601分离的富氧流的内能,因此通过使富氧流与燃料接触而进行的燃料燃烧凭借对富氧流的加热而得到增强。另外,所述间接加热导致了含二氧化碳的气态废料14的冷却,从而减轻了因使光养生物质暴露于高温而导致的对光养生物质的有害效果。在一些实施方式中,例如,间接加热在热交换器900中进行,将流601布置成与至少一部分气态废料14保持间接传热连通。

[0055] 参考图2A,在一些实施方式中,例如,气体处理工序100包含单个膜分离单元操作101,以便富集气态双原子氧。单元操作101接收废料60的流601(或已通过工序100中的另一单元操作对流601进行预处理后,源自流601的处理后流)以便将富氧流612和贫氧流614从流601中分离。相对于贫氧流614,富氧流612富含氧气和氮气以及任何其他相对较小的分子(例如,汞)。相对于富氧流612,贫氧流614富含二氧化碳、 N O_x 、 SO_x 、挥发性有机化合物和其

他相对较大的分子。富氧流612在过程16和烟囱200之间的供应受阀6003的调节,所述调节响应于流612中感测到的气态双原子氧浓度。对于足以使燃料燃烧的气态双原子氧浓度,开始将流612作为流622供应至过程16,或提高作为流622被供应至过程16的流612的摩尔速率。对于低于足以使燃料燃烧的浓度的感测到的气态双原子氧浓度,开始将流612作为流624供应至烟囱200,或提高作为流624被供应至烟囱200的流612的摩尔速率。将富含二氧化碳、 NO_x 、 SO_x 、挥发性有机化合物和其他相对较大分子的贫氧流614作为至少一部分经处理的材料142引导,并将至少一部分经处理的材料142供应到反应区10。在此方面,将富含促进光养生物质生长的营养素的至少一部分贫氧流614供应到光生物反应器12,并耗尽对反应区10中光养生物质的生长有害的气态双原子氧。从流601中去除材料(包含气态双原子氧)也免除了对更大气体处理设备的需要,如果在将流614再循环至光生物反应器12的反应区10之前没有从流614中去除所述材料,则可能需要所述更大气体处理设备。

[0056] 参考图2B,在一些实施方式中,例如,气体处理工序100包含两个膜分离单元操作101、102,其依次设置以进行气态双原子氧的两段富集。单元操作101接收流601(或在通过工序100中的另一单元操作对流601进行预处理后,源自流601的处理后流)以将富氧流612和贫氧流614从流611中分离。相对于贫氧流614,富氧流612富含氧气和氮气以及任何其他相对较小的分子(例如,汞)。相对于富氧流612,贫氧流614富含二氧化碳、 NO_x 、 SO_x 、挥发性有机化合物和其他相对较大的分子。将富氧流612供应到膜分离单元操作201,并分离成另一富氧流622和富氮流624。将所述另一富氧流622供应至工业过程16,将富氮流624供应至烟囱200。将富含二氧化碳、 NO_x 、 SO_x 、挥发性有机化合物和其他相对较大分子的贫氧流614作为至少一部分经处理的材料142引导,并将至少一部分经处理的材料142供应到光生物反应器12的反应区10。在此方面,将富含促进光养生物质生长的营养素的至少一部分贫氧流614供应到光生物反应器12,并耗尽对反应区10中光养生物质的生长有害的气态双原子氧。从流601中去除材料(包含气态双原子氧)也免除了对更大气体处理设备的需要,如果在将流614再循环至光生物反应器12的反应区10之前没有从流614中去除所述材料,则可能需要所述更大气体处理设备。

[0057] 参考图3,在一些实施方式中,例如,未将气体处理工序100设置为进行气态双原子氧的富集,因此,响应于对足以使燃料燃烧的气态双原子氧浓度的感测,至少一部分废料60被供应至到过程16。在此方面,在一些实施方式中,例如,提供阀6005来调节流601在过程16和向光生物反应器10的再循环流之间的供应。在此方面,响应于对足以使燃料燃烧的气态双原子氧浓度的感测,开始将流601作为流632供应至过程16,或提高作为流632向过程16供应的流601的摩尔速率。同时,暂停将流601作为流634向经处理的废料142供应,或降低作为流634向经处理的废料142供应的流601的摩尔速率。反之,响应于对低于足以使燃料燃烧的浓度的气态双原子氧浓度的感测,暂停将流601作为流632向过程16供应,或降低作为流632向过程16供应的流601的摩尔速率。同时,开始将流601作为流634向经处理的废料142供应,或提高作为流634向经处理的废料142供应的流601的摩尔速率。

[0058] 参考图1和3,在一些实施方式中,例如,于一些不利的条件下,至少一部分废料60被引导至烟囱200或冷堆300,从而以高于地面水平的高度将其排放到环境中。烟囱200可以是在使用光生物反应器12之前就已经在接收来自过程16至少一部分废料14的预先存在的烟囱,或当前正在接收来自过程16的至少一部分废料14的烟囱,例如在将一部分废料14作

为光生物反应器供给122供应至光生物反应器12的同时进行接收。然而,如果烟囱200远离光生物反应器12,则可以靠近光生物反应器12提供冷堆300以实现与烟囱200相同的功能,而不会增加不得不将废料60长距离地导引至远处烟囱200所需的基础设施和花费。在正常操作条件下,不将废料60排放至烟囱200或冷堆300,而是如上所述将其基本保持在系统中,除非被感测的气体成分的感测浓度低至足以允许通过阀1200进行局部排放。然而,在不利的条件下,例如当气体处理设备失灵或当暂停光养生物质的生长时,则可能不期望将至少一部分废料60作为进一步加工的排放物62排放用于进一步下游处理(如上所述)。在此情况下,设置阀6007以调节至少一部分排放物62作为流642向烟囱200供应的速率,并且,当感测到不利条件并且感测的气体浓度(例如,二氧化碳浓度)超出预定阈值时,阀6007可变为使反应区10和烟囱200之间实现流体连通。类似地,提供阀6009以调节排放物62作为流652向冷堆300供应的速率,并且,当感测到不利条件并且感测的气体浓度(例如,二氧化碳浓度)超出预定阈值时,阀6009可变为使反应区10和烟囱300之间实现流体连通。

[0059] 参考图4,在一些实施方式中,例如,所述方法包括:调节从光生物反应器排出的二氧化碳(即,光生物反应器排出的二氧化碳62)在烟囱200和至少另一个排放点800之间的供给摩尔速率的分布。所述至少另一个排放点可包括用于将排出的二氧化碳62作为光生物反应器废料60的一部分供应至任一个上述再加工操作的排放点。所述至少另一个排放点800还可以是向局部环境中排放,例如在地面水平排放。

[0060] 调节包括以下操作中的任一个:(a)启动光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应;(b)暂停光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应;(c)提高光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率;或(d)降低光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率。通过启动光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应或提高光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率,暂停了光生物反应器排出的二氧化碳向至少另一个排放点的供应,或降低了光生物反应器排出的二氧化碳向至少另一个排放点的供应的摩尔速率。通过暂停光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应或提高光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率,启动了光生物反应器排出的二氧化碳向至少另一个排放点的供应,或提高了光生物反应器排出的二氧化碳向至少另一个排放点的供应的摩尔速率。

[0061] 在一些实施方式中,例如,正在由包含二氧化碳的气态废料产生过程16排放的一部分含二氧化碳的废料14被供应至烟囱200,而另一部分含二氧化碳的废料14被供应至反应区10。在此方面,正在被供应至反应区10的至少一部分包含二氧化碳的气态废料14少于正在由含二氧化碳的气态废料产生过程16排放的二氧化碳气态废料14的全部或基本全部。

[0062] 在一些实施方式中,例如,所述调节基于对从光生物反应器12中的排出的二氧化碳的摩尔速率的指示来进行。在一些实施方式中,例如,所述指示是感测的指示。在一些这样的实施方式中,例如,感测的指示包括:含二氧化碳的气态废料14中的感测二氧化碳浓度、或气态光生物反应器废料60的感测二氧化碳浓度、或从光生物反应器12排放的二氧化碳的感测摩尔速率。对二氧化碳浓度的感测可通过二氧化碳传感器进行。对从光生物反应器12排出的二氧化碳的摩尔速率的感测可通过流量传感器和二氧化碳传感器的组合来进行。

[0063] 在一些实施方式中,例如,所述调节是:启动光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱

200的供应,或增加光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率,并且所述调节响应于对以下(i)或(ii)中的一个的感测来进行:(i)气态光生物反应器废料60中超出了预定浓度的二氧化碳浓度的指示;(ii)气态废料14中超出了预定浓度的二氧化碳浓度的指示。预定浓度是表示阈值二氧化碳浓度的浓度,高于该浓度,光生物反应器排出的二氧化碳应当供应至烟囱200,其目的是环境减除。在此方面,二氧化碳传感器感测二氧化碳浓度,并将代表所感测的二氧化碳浓度的信号发送至控制器,控制器将所接收的信号与代表预定浓度的设定点进行比较,确定所感测的二氧化碳浓度超出了预定浓度,并将信号发送给设置在光生物反应器12和烟囱200之间的流量控制装置1200,以便选择性干扰光生物反应器12和烟囱100之间的流体连通,从而启动光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应,或增加光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率。

[0064] 在一些实施方式中,例如,所述调节是:启动光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应,或增加光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率,并且所述调节响应于对超过预定摩尔流速的从光生物反应器12排放的二氧化碳的摩尔速率的感测。预定的摩尔流速是表示阈值摩尔流速的速率,高于该速率时,光生物反应器排出的二氧化碳应当向烟囱200供应,其目的是环境减除。在此方面,二氧化碳传感器感测排放的光生物反应器废料60中的二氧化碳浓度,并将代表所感测的二氧化碳浓度的信号发送至控制器,同时,流量传感器感测光生物反应器排放的光生物反应器废料60的流的摩尔速率,并将感测到的摩尔流速的信号发送至控制器。控制器接收信号并产生代表由光生物反应器12排放的二氧化碳的摩尔速率的值,并且将所产生的值与代表预定摩尔流速的设定点比较,确定代表由光生物反应器12排放的二氧化碳的摩尔速率的所产生的值超过了预定摩尔流速,并将信号发送至设置在光生物反应器12和烟囱200之间的流量控制装置1200,以便选择性干扰光生物反应器12和烟囱200之间的流体连通,从而启动光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应,或增加光生物反应器排出的二氧化碳向烟囱200的供应的摩尔速率。

[0065] 在一些实施方式中,例如,供应至反应区10的至少一部分含二氧化碳的气态废料14间接地加热光生物反应器排出的二氧化碳62,使得排出的二氧化碳62的温度上升,从而在接收排出的二氧化碳62时使烟囱(或冷堆300)内的烟囱效应增强。另外,这种间接加热冷却了含二氧化碳的气态废料14,从而减轻了因光养生物质暴露于高温而引起的对光养生物质的有害效应。在一些实施方式中,例如,间接加热在热交换器901中进行,以将排出的二氧化碳62设置与至少一部分气态废料14间接传热连通。

[0066] 在一些实施方式中,例如,利用来自工业过程的低等级热或利用太阳照射(例如太阳照射的不用于在反应区10中进行光合作用的被滤除部分)对光生物反应器排出的二氧化碳62进行间接加热。这种对排出的二氧化碳的加热提高了排出的二氧化碳62的温度,从而在接收排出的二氧化碳62时使烟囱(或冷堆300)内的烟囱效应增强。

[0067] 图1、2A、2B、3和4所示的系统可包括控制器和各种传感器,以便对阀进行所需的控制,由此传输和引导材料。另外,可提供各种流量计以验证所需的流体输送的发生,并确认不利条件以便能够执行规避措施,从而预防或减轻气体向局部环境中的非故意排放。

[0068] 在以上描述中,出于说明目的而阐述了很多细节来提供对本公开的完整理解。然而,对本领域技术人员显而易见的是,不必需这些特定细节来实施本公开。虽然描述了某些尺寸和材料可用于实施公开的示例实施方式,但其他合适的尺寸和/或材料也可以在本公

开的范围内使用。所有这些修改和变化(包括所有合适的现有和未来的技术改变)均认为处于本公开的范围。本文提到的所有参考文献以引用方式全文并入本文。

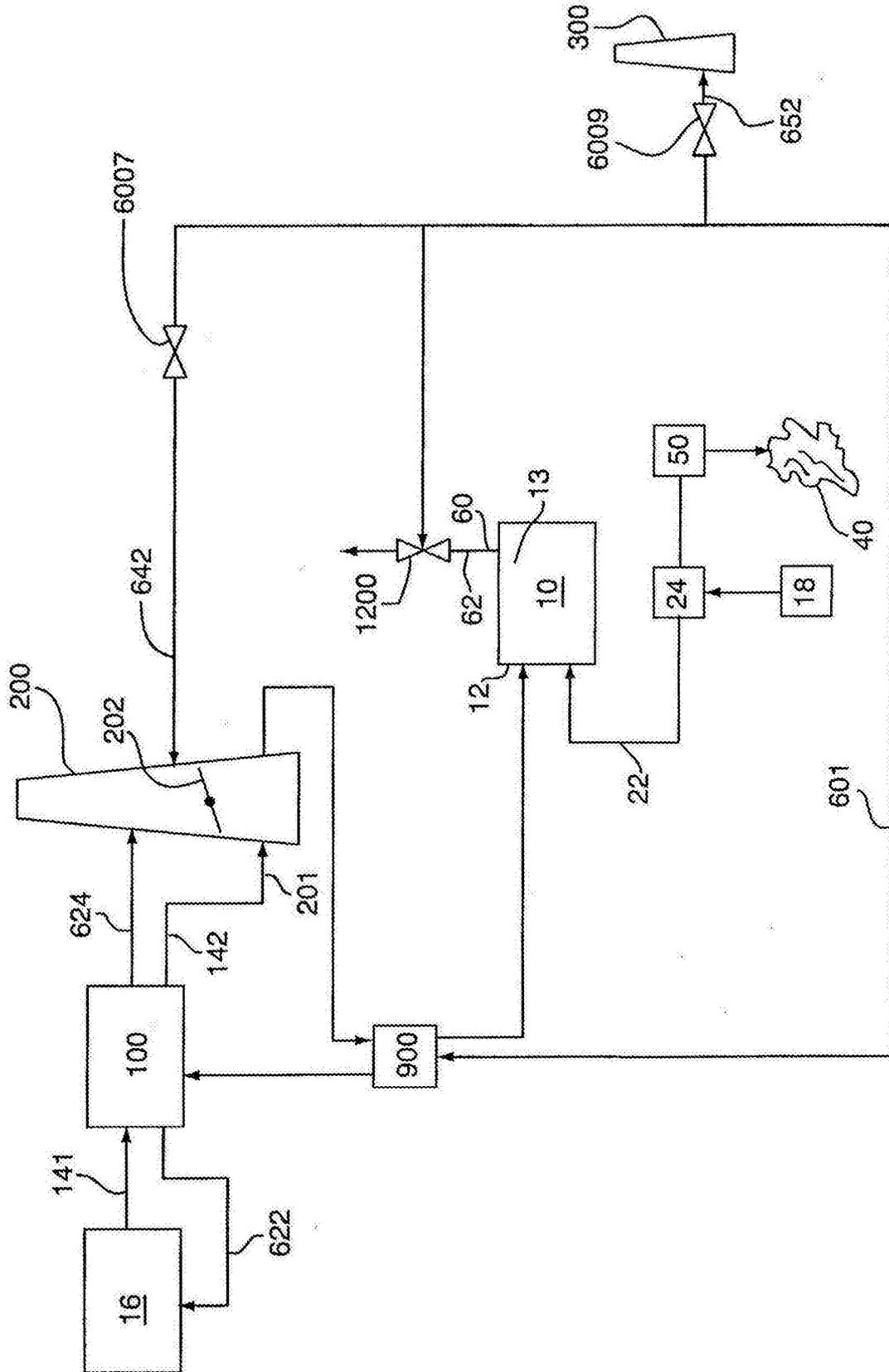


图1

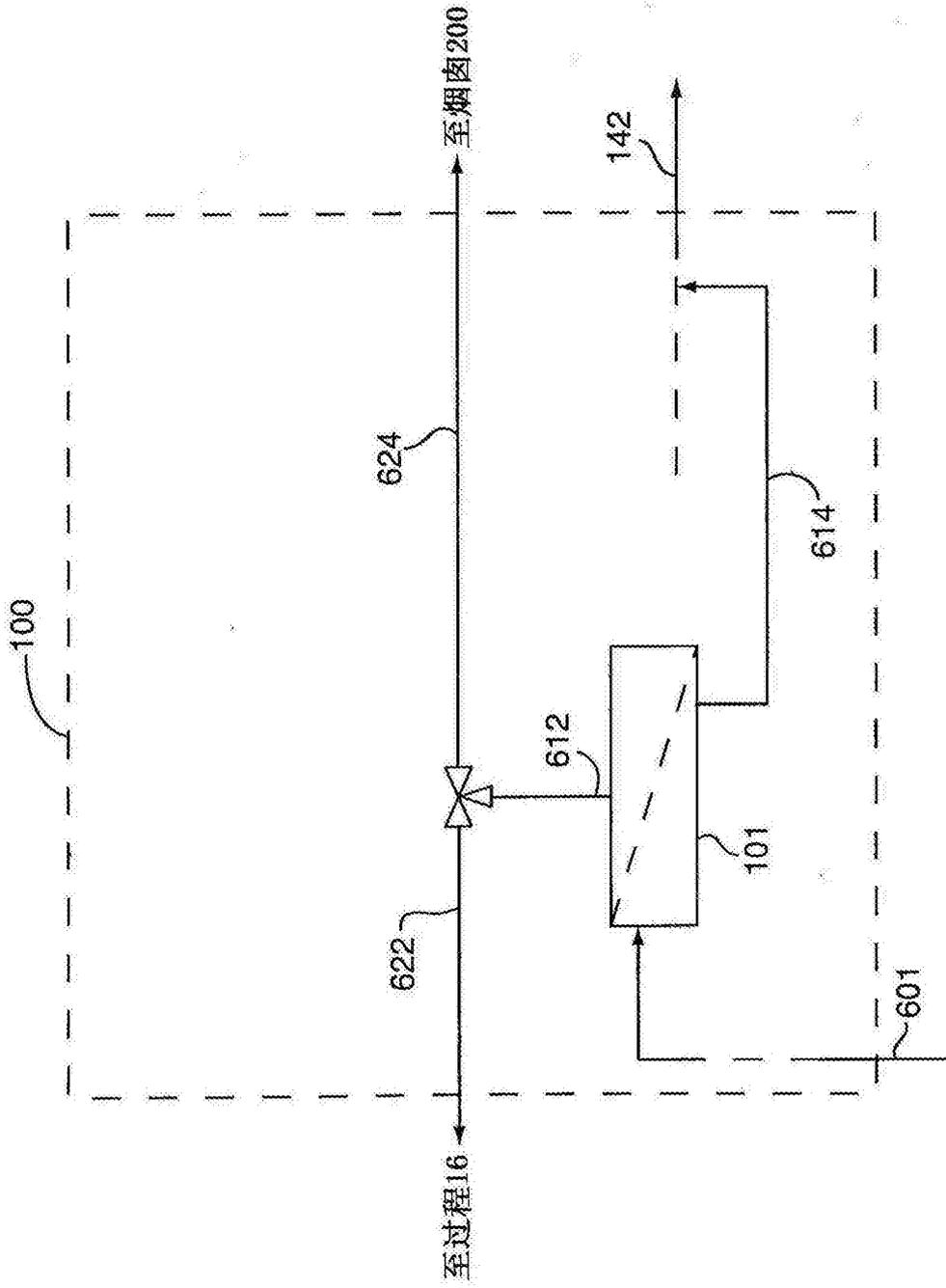


图2A

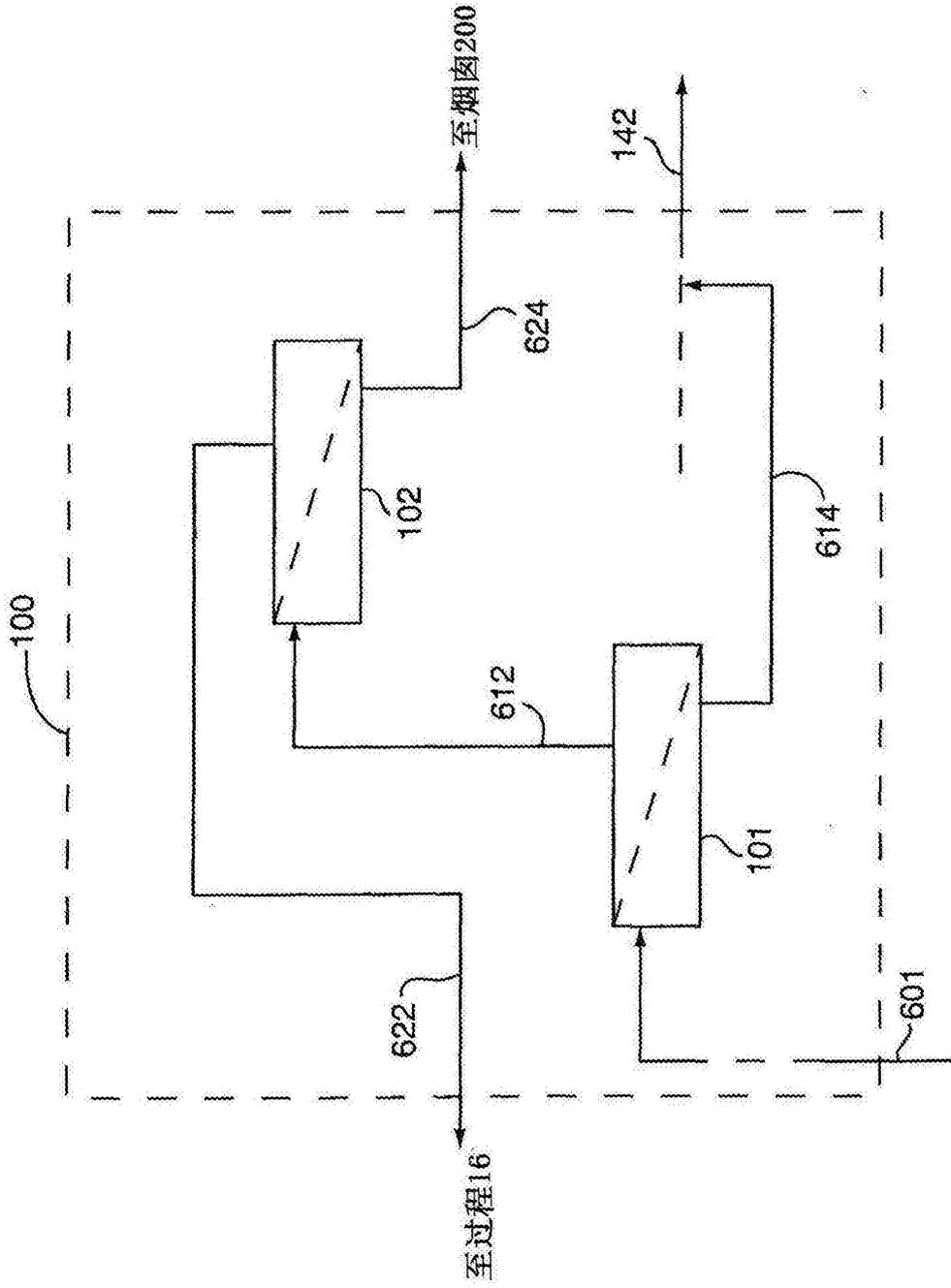


图2B

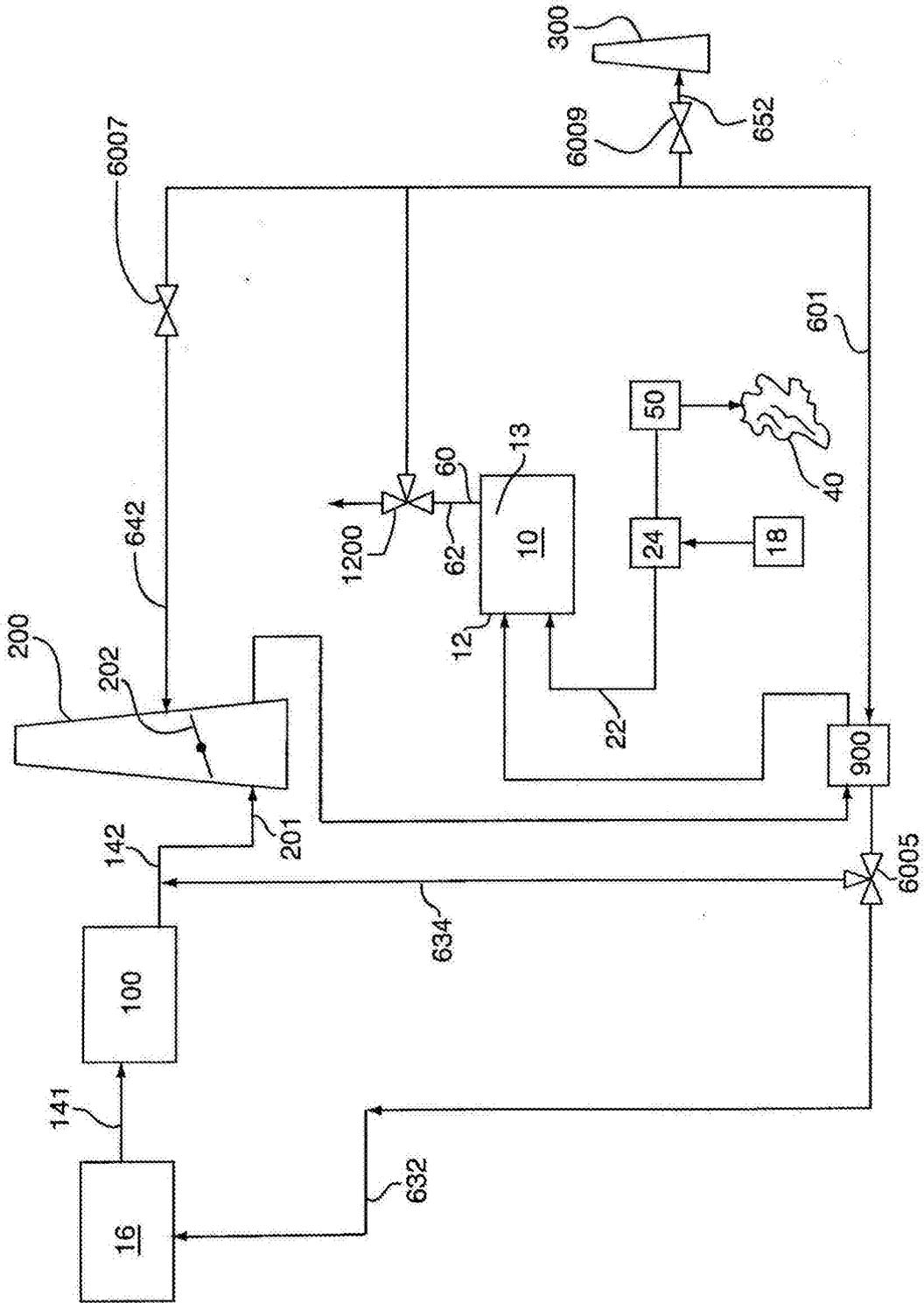


图3

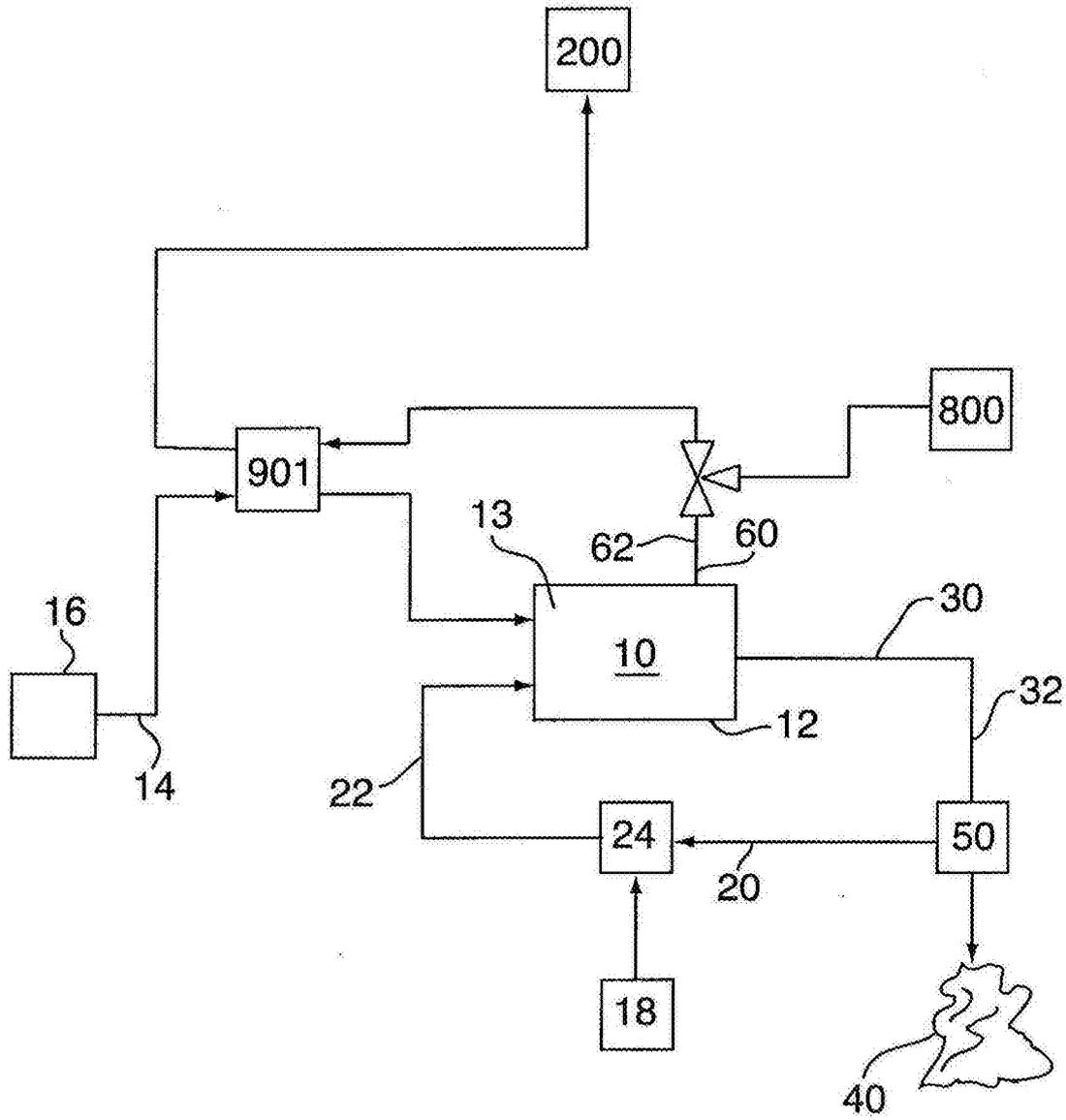


图4