



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I865869 B

(45)公告日：中華民國 113 (2024) 年 12 月 11 日

(21)申請案號：111116623

(22)申請日：中華民國 111 (2022) 年 05 月 03 日

(51)Int. Cl. : F25J3/04 (2006.01)

(30)優先權：2021/05/06 美國 17/313,251

(71)申請人：美商氣體產品及化學品股份公司 (美國) AIR PRODUCTS AND CHEMICALS, INC.
(US)

美國

(72)發明人：奧康納 德克蘭派翠克 O'CONNOR, DECLAN PATRICK (IE)；勞 蓋瑞特 C LAU,
GARRET C. (US)

(74)代理人：陳展俊

(56)參考文獻：

TW 355146B

US 5471842A

US 2003/0089126A1

US 2003/0129127A1

審查人員：黃孝怡

申請專利範圍項數：20 項 圖式數：3 共 34 頁

(54)名稱

用於氙氣及/或氪氣回收之流體回收方法及裝置

(57)摘要

從進料氣中回收至少一種流體(例如氙氣及/或氪氣等)之方法可包括利用一壓縮系統、一初級熱交換器單元、一預純化單元(PPU)及其他單元來分離及回收至少一種所需流體。在一些實施例中，從裝置之第一熱交換器或一分離系統輸出的流體流可以被分流，以便輸出一部分流用於下游加工以純化氙氣(Xe)及/或氪氣(Kr)產品流，而另一部分流被回收至一壓縮系統或該 PPU 進行進一步之純化及熱交換，以使用於下游加工之產品輸出具有更高 Xe 或 Kr 濃度。一些實施例可以被配置為提供改進之 Xe 及/或 Kr 回收以及改進操作效率。

A process for recovering at least one fluid (e.g. xenon gas and/or krypton gas, etc.) from a feed gas can include utilization of a compression system, primary heat exchanger unit, a pre-purification unit (PPU), and other units to separate and recover at least one desired fluid. In some embodiments, fluid flows output from a first heat exchanger or separation system of the plant can be split so that a portion of a stream is output for downstream processing to purify xenon (Xe) and/or krypton (Kr) product flow(s) while another portion of the stream is recycled to a compression system or the PPU to undergo further purification and heat exchange so that the product output for downstream processing has a higher concentration of Xe or Kr. Some embodiments can be configured to provide an improved recovery of Xe and/or Kr as well as an improvement in operational efficiency.

指定代表圖：

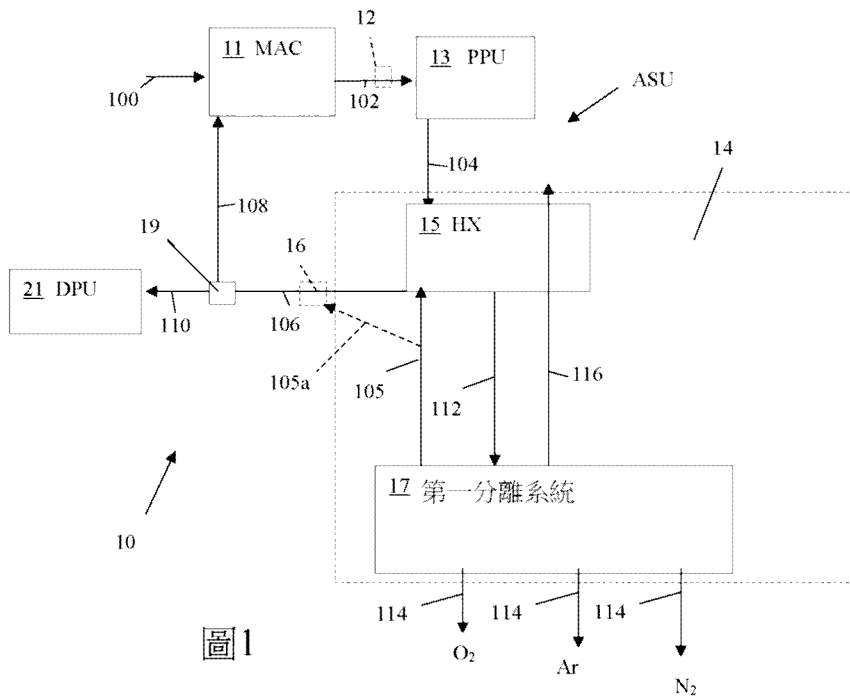


圖 1

符號簡單說明：

10:裝置

11:主壓縮系統

12:冷卻器

13:預純化裝置

14:冷箱

15:第一熱交換器

16:氣化器

17:第一分離系統

19:分流設備

21:下游加工單元

100:進料氣

102:加壓氣流

104:純化及加壓氣流

105:富含 Xe 及/或 Kr
之吹掃流105a:富含 Xe 及/或 Kr
之吹掃流106:升溫之富含 Xe
及/或 Kr 的吹掃流108:富含 Xe 及/或 Kr
之吹掃流的第二部分110:氙氣及/或氬氣流
體112:第一冷卻之第一熱
交換器輸出流

114:富氮產品流

116:廢物流



I865869

【發明摘要】

【中文發明名稱】 用於氙氣及/或氪氣回收之流體回收方法及裝置

【英文發明名稱】 FLUID RECOVERY PROCESS AND APPARATUS FOR

XENON AND/OR KRYPTON RECOVERY

【中文】

從進料氣中回收至少一種流體（例如氙氣及/或氪氣等）之方法可包括利用一壓縮系統、一初級熱交換器單元、一預純化單元（PPU）及其他單元來分離及回收至少一種所需流體。在一些實施例中，從裝置之第一熱交換器或一分離系統輸出的流體流可以被分流，以便輸出一部分流用於下游加工以純化氙氣（Xe）及/或氪氣（Kr）產品流，而另一部分流被回收至一壓縮系統或該PPU進行進一步之純化及熱交換，以使用於下游加工之產品輸出具有更高Xe或Kr濃度。一些實施例可以被配置為提供改進之Xe及/或Kr回收以及改進操作效率。

【英文】

A process for recovering at least one fluid (e.g. xenon gas and/or krypton gas, etc.) from a feed gas can include utilization of a compression system, primary heat exchanger unit, a pre-purification unit (PPU), and other units to separate and recover at least one desired fluid. In some embodiments, fluid flows output from a first heat exchanger or separation system of the plant can be split so that a portion of a stream is output for downstream processing to purify xenon (Xe) and/or krypton (Kr) product flow(s) while another portion of the stream is recycled to a compression system or the

PPU to undergo further purification and heat exchange so that the product output for downstream processing has a higher concentration of Xe or Kr. Some embodiments can be configured to provide an improved recovery of Xe and/or Kr as well as an improvement in operational efficiency.

【指定代表圖】 圖1**【代表圖之符號簡單說明】**

- 10：裝置
- 11：主壓縮系統
- 12：冷卻器
- 13：預純化裝置
- 14：冷箱
- 15：第一熱交換器
- 16：氣化器
- 17：第一分離系統
- 19：分流設備
- 21：下游加工單元
- 100：進料氣
- 102：加壓氣流
- 104：純化及加壓氣流
- 105：富含Xe及/或Kr之吹掃流
- 105a：富含Xe及/或Kr之吹掃流
- 106：升溫之富含Xe及/或Kr的吹掃流
- 108：富含Xe及/或Kr之吹掃流的第二部分
- 110：氙氣及/或氪氣流體
- 112：第一冷卻之第一熱交換器輸出流
- 114：富氮產品流
- 116：廢物流

【發明說明書】

【中文發明名稱】 用於氙氣及/或氪氣回收之流體回收方法及裝置

【英文發明名稱】 FLUID RECOVERY PROCESS AND APPARATUS FOR

XENON AND/OR KRYPTON RECOVERY

【技術領域】

【0001】 本創新涉及用於從空氣中回收流體（例如氙氣、氪氣、氧氣、氬氣及/或氬氣）之方法、被配置為從至少一種進料氣中回收除氬氣、氬氣及/或氧氣外之氙氣及/或氪氣的氣體分離裝置、利用多個塔回收除氬氣、氬氣及/或氧氣流體外之氙氣及/或氪氣流體的空氣分離裝置、空氣分離系統、系統以及製造及使用它們之方法。

【先前技術】

【0002】 空氣分離方法可配置為回收稀有氣體，如氙氣（Xe）或氪氣（Kr）以及氖氣（Ne）、氦氣（He）及/或氬氣（Ar）。美國專利號 4,568,528、5,309,719、6,164,089、6,658,894、6,735,980、6,843,973、6,848,269、7,285,154及8,795,411公開了此類系統之實例。

【0003】 在歷史上，氖氣、氬氣、氬氣及氬氣通常在空氣低溫分離成氧氣及/或氬氣產品中作為二次產品被回收。氬氣、氬氣及氬氣亦可從空氣及天然氣產生之合成氣生產氨方法中產生的吹掃氣體中回收。氬氣及氬氣可用於許多專業領域，包括研究、醫學、儀器儀錶、照明及太空應用。

【0004】 由於空氣分別僅含有百萬分之1.14及0.087體積 (ppmv) 之氮氣及氙氣，因此通過空氣之低溫分離回收這些成分在技術上可能很複雜且成本高昂。由於空氣分離裝置之空氣進料中存在輕質碳氫化合物 (例如甲烷)，回收往往進一步複雜化。氮氣、氙氣及甲烷，由於其相對於氧氣及氮氣之沸點，可在蒸餾過程中濃縮在液氧中。

【發明內容】

【0005】 我們已經確定，當在一空氣分離塔中產生富含氙氣及/或氮氣之吹掃流時，最好將其流量降至最低。我們已經確定，最小化此類流之流速有助於進一步下游純化，以獲得高濃度之氙氣 (Xe) 及/或氮氣 (Kr) 產品流，足以經濟地運輸到另一個位置進行進一步加工，形成Xe及/或Kr流體產品 (例如，濃度至少為20 mol% (摩爾百分比) Xe或至少為20 mol% Kr)，或足夠高之濃度，以使該裝置之下游加工設施能夠形成Xe或Kr之一產品流 (例如，至少90 mol% Xe、至少90 mol% Kr、至少95 mol% Xe、至少95 mol% Kr、至少99 mol% Xe、至少99 mol% Kr等)。

【0006】 我們亦確定，二氧化碳 (CO₂) 及一氧化二氮 (N₂O) 等低揮發性成分可與Xe及/或Kr一起濃縮，其低溶解度限值可決定富含Xe及/或Kr吹掃流之最小流速。如果CO₂/N₂O含量決定了該流之吹掃流速，我們確定最好再循環一部分流，以便將其再循環回前端預純化單元 (PPU) 或壓縮系統，隨後進行壓縮，然後與壓縮之進料空氣一起傳遞至PPU，以便再循環之部分通過PPU回傳，從而可通過PPU進一步去除CO₂/N₂O成分。我們確定，再循環這部分富含Xe及/或Kr之吹掃流可使Kr及Xe在吹掃流中積累至更高之濃度，輸出用於下游

加工，形成Xe及/或Kr產品流。亦允許將該吹掃流之流速降至最低。我們已經確定，這種Xe及/或Kr吹掃流加工方法可在裝置中使用更小之PPU及下游加工設備，這有助於降低資本成本，同時亦允許通過下游加工獲得更高純度之Xe產品流及/或Kr產品流，或以更低之加工成本獲得這些產品流之更傳統純度。實施例亦可以幫助提供改進之操作靈活性。

【0007】 我們已經確定，利用我們改進之Xe及/或Kr回收方案之實施例的方法和裝置允許將更小流量之富含Xe及/或Kr的流發送至下游加工，同時亦具有比傳統系統更高之Xe濃度及/或更高之Kr濃度，而不需要使用一個或多個低溫CO₂/N₂O吸附器或尺寸明顯過大之前端預純化器吸附器。這可以降低進一步下游加工Xe及/或Kr吹掃流之成本，而不會影響空氣分離單元（ASU）之成本。我們發現，在前端PPU上游再循環一部分富含Xe及/或Kr之吹掃流，以去除再循環流中額外CO₂及N₂O，可極大地提高方法效率，同時亦使加工對前端吸附器之不良效能更具彈性，從而對較高之CO₂/N₂O滑入冷箱具有較好之耐受性。例如，如果檢測到由於吸附材料或催化材料失活等原因而發生這種情況，則可通過增加上游再循環之富含Xe及/或Kr的吹掃流經PPU進一步純化之部分來修改方法以解決這種情況。

【0008】 作為另一實例，在某些情況下，PPU可設計為使得吹掃流中CO₂及N₂O保持在閾值以下所需之吹掃流導致相對高之吹掃流及非常低之Xe濃度及/或非常低之Kr濃度。我們已經確定，在此等情況下，在前端PPU上游再循環一部分富含Xe及/或Kr之吹掃流以去除再循環流中額外CO₂及N₂O亦可以極大地提高方法效率，同時亦使該加工對該前端吸附器之不良效能更具彈性，從而對較高之CO₂/N₂O滑入冷箱具有較好之耐受性。

【0009】 我們已經確定，在前端PPU上游再循環一部分富含Xe及/或Kr之吹掃流可幫助對現有ASU之Xe及/或Kr回收進行改造，其具有富含Xe及/或Kr之吹掃，具有相當低之Xe濃度及/或Kr濃度，以提高Xe及/或Kr之回收率，並提高正在改造之ASU的操作效率。例如，對ASU進行改造以利用我們Xe及/或Kr回收方法之一實施例可使富含Xe及/或Kr之吹掃流中的Xe濃度及/或Kr濃度足夠高，以允許通過下游加工進行Xe及/或Kr回收，而非損失Xe及/或Kr成分。

【0010】 在其他改造情況下，ASU可能具有預先存在之下游加工能力以形成Xe及/或Kr之產品流，改造操作可允許使用較小加工設備來完成這種下游加工，以允許輸送較低流量之富含Xe及/或Kr的吹掃流用於下游加工。此類尺寸減少可降低操作成本，即通過減少此類流之尺寸及方法要求，以及降低資本成本。

【0011】 通過利用我們Xe及/或Kr回收方案之實施例可解決之前端吸附器尺寸過大的另一個缺點係，通過在空氣預純化器中常見之13X或其他X沸石類型的吸附劑（例如NaMSX、NaLSX、CAX）上共吸附Xe而增加Xe損失。在某些情況下，當PPU之前端吸附器的大小被設置為同時去除CO₂及N₂O時，這種共吸附造成之Xe損失可能接近8%。我們Xe及/或Kr回收方案之實施例可最小化或完全避免Xe之這種損失，因為可利用較小PPU，並且PPU之一個或多個吸附床亦可利用不同之催化劑或沸石來最小化（如果非消除）Xe之共吸附。這亦可有助於增加富含Xe及/或Kr之吹掃流中的Xe濃度。

【0012】 結合這種方法之實施例可包括，在用於去除CO₂及N₂O之前端吸附器中使用小孔沸石，例如4A沸石（亦稱為NaA沸石）。4A沸石之孔徑可大至足以在其中吸附CO₂及N₂O，但亦可小至足以排除被純化流體中大部分Xe，這

樣就可以通過該PPU之該前端吸附器獲得更高Xe回收率，並在下遊低溫方法中對其進行濃縮。該4A沸石可完全或部分替代13X沸石。在一些實施例中，最有利的係將4A沸石定尺寸以去除CO₂及一些N₂O，同時保留一些13X沸石以去除微量碳氫化合物及剩餘N₂O。在另一些實施例中，可使用4A沸石完全替換13X沸石以將Xe損失減少高達10倍。除4A沸石外，亦可使用其他小孔沸石，或作為其替代品。這些其他小孔沸石可包括，例如，菱沸石、rho沸石、水鈣沸石或麥鉀沸石，以及這些沸石中陽離子組合。在其中一些實施例中，A沸石可包括鈉（Na）、鉀（K）、鈣（Ca）及鋅（Zn）中一個或多個。

【0013】 在第一態樣中，用於分離包含氧氣、氮氣及氫氣（例如空氣）之進料氣之方法的實施例可包括，在將經過純化及壓縮之進料氣進料至第一分離系統之前，通過一預純化單元（PPU）對壓縮進料氣進行純化，以從進料氣形成至少一個產品流。該至少一個產品流可包括氮氣流、氧氣流及/或氫氣流。該方法亦可包括從該第一分離系統輸出包含氙氣（Xe）及/或氪氣（Kr）之一第一吹掃流，並分流該第一吹掃流，使得該第一吹掃流之第一部分被導向至少一個下游加工單元（DPU），以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且該第一吹掃流之第二部分被導向PPU之上游，以通過PPU進行額外之純化。

【0014】 在第二態樣中，該方法之實施例亦可包括，當二氧化碳（CO₂）及/或一氧化二氮（N₂O）之濃度達到或超過第一預選閾值時，調整該第一吹掃流之分流，使得該第一吹掃流之第一部分導向該至少一個DPU之流速減小，並且該第一吹掃流之第二部分導向該PPU之流速增加，使得再循環至該PPU之第一吹掃流的一部分增加。

【0015】 在第三態樣中，該方法亦可包括，當純化及壓縮之進料氣中的二氧化碳（CO₂）及/或一氧化二氮（N₂O）濃度達到或超過第一預選閾值時，調整第一吹掃流之分流，使得導向該PPU之第一吹掃流的一部分增加，使得再循環至該PPU之第一吹掃流的一部分增加。利用第三態樣之實施例可與第一態樣及/或第二態樣結合使用。

【0016】 在該方法之實施例中，PPU可包括吸附材料。吸附材料可包括從進料中吸附一種或多種不希望雜質之材料。在一些實施例中，該吸附材料可包括具有孔徑之沸石，該沸石之孔徑大小被設置為在本文接收及吸附CO₂及N₂O，同時排除在該PPU內進行純化之壓縮進料氣中的大部分Xe。例如，吸附材料可包括4A沸石、菱沸石、rho沸石、水鈣沸石及/或麥鉀沸石。

【0017】 在第四態樣中，該方法可被配置成使得第一吹掃流之分流經由閥門或分流設備來執行，使得該第一吹掃流之第一部分被導向至少一個DPU以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且該第一吹掃流之第二部分被導向該PPU上游以通過該PPU進行額外純化。在一些實施例中，該閥門或該分流設備可位於冷箱之外部。

【0018】 在第五態樣中，該方法可被配置為通過位於該PPU下游及第一分離系統上游之第一熱交換器執行第一吹掃流之分流，使得第一吹掃流之第一部分被導向至少一個DPU以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且該第一吹掃流之第二部分被導向該PPU上游以通過該PPU進行額外之純化。在一些實施例中，該第一熱交換器可以係一冷箱之熱交換器或被配置為冷箱。

【0019】 在第六態樣中，該方法可被配置為在一冷箱外部或在該冷箱中執行該第一吹掃流之分流，使得該第一吹掃流之第一部分被導向至少一個DPU，以形成包含Xe之該第一產品流及/或包含Kr之該第二產品流，並且該第一吹掃流之第二部分被導向該PPU上游以通過該PPU進行額外之淨化。

【0020】 在該方法之一些實施例中，可存在一裝置，其包括利用該方法之不同實施例的多個不同ASU，或者可有多個ASU組合利用該方法之實施例。在該方法之另一些實施例中，一裝置可包括利用該方法之實施例的單個ASU。

【0021】 在第七態樣中，亦提供了一用於回收氙氣（Xe）及/或氪氣（Kr）之裝置。該裝置之實施例可被配置為利用上面討論之第一至第六態樣或本文討論之其他實施例的一個或多個方法。

【0022】 在第八態樣中，該裝置之實施例可包括一分流設備，其定位為分流從第一分離系統輸出之包含氙氣（Xe）及/或氪氣（Kr）的第一吹掃流，使得該第一吹掃流之第一部分被導向至少一個DPU，以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且第一吹掃流之第二部分被導向PPU上游，該PPU被定位為純化壓縮進料氣以進料至該第一分離系統。

【0023】 該裝置可配置為改裝至一裝置或ASU中，或者可配置為包括在新裝置或ASU中。

【0024】 在第九態樣中，該裝置可包括該PPU。該PPU可定位為接收壓縮之進料氣以純化壓縮之進料氣，用於將壓縮之進料氣發送至該第一分離系統以形成來自該進料氣之至少一個產品流。該至少一個產品流可包括氮氣流、氧氣流及/或氬氣流。包括一PPU之該裝置的實施例可被配置為使得該PPU包括吸附材料，該吸附材料包含具有孔徑之沸石，該沸石之孔徑大小被設置為在本文

接收及吸附二氧化碳 (CO₂) 及/或一氧化二氮 (N₂O)，同時排除壓縮進料氣中大部分Xe。該吸附材料可包括例如4A沸石、菱沸石、rho沸石、水鈣沸石及/或麥鉀沸石。

【0025】 在第十態樣中，該裝置可包括一第一分離系統。該第一分離系統可被配置成輸出包含Xe及/或Kr之第一吹掃流，並且形成包括氮氣流、氧氣流及/或氬氣流之至少一個產品流。在一些實施例中，第一分離系統可包括多個塔。在該裝置之一些實施例中，第七態樣可包括第八、第九及/或第十態樣。

【0026】 在第十一態樣中，該分流設備可包括一閥門，或者該分流設備可位於該PPU下游及該第一分離系統上游之第一熱交換器內。在一些實施例中，該第一熱交換器系冷箱之第一換熱器或被配置為冷箱。

【0027】 在第十二態樣中，該裝置可被設計為使得該分流設備被配置為使該第一吹掃流分流，從而當二氧化碳 (CO₂) 及/或一氧化二氮 (N₂O) 濃度達到或超過第一預選閾值時，使得導向該至少一個DPU之該第一吹掃流的一部分減少，並且再循環至該PPU之該第一吹掃流的一部分增加。

【0028】 在第十三態樣中，該裝置可被設計為使得該分流設備被配置為使該第一吹掃流可分流，從而當純化及壓縮進料氣中二氧化碳 (CO₂) 及/或一氧化二氮 (N₂O) 濃度達到或超過第一預選閾值時，使得導向該PPU之第一吹掃流之第二部分流的流速被增至第一增加流速，使得再循環至該PPU之該第一吹掃流的一部分增加。

【0029】 在一些實施例中，該裝置可被配置為利用第十二及第十三態樣與第七態樣、第八態樣、第九態樣、第十態樣及/或第十一態樣之組合。這些實

施例可利用該方法之一態樣，包括第一態樣、第二態樣、第三態樣、第四態樣、第五態樣及第六態樣中一個或多個。

【0030】 其他元件亦可包括在該系統或該裝置之實施例中。例如，一個或多個泵、容器或其他單元亦可用於該系統或裝置之實施例中。應當理解，該系統或裝置之實施例可被構造及配置為利用增強之Xe及/或Kr回收方法的至少一個實施例。

【0031】 我們用於從空氣中回收流體（例如，除氧氣、氫氣及/或氮氣外之氫氣及/或氮氣）之方法的其他細節、對象及優勢、配置為從至少一種進料氣中回收除氮氣、氫氣及/或氧氣外之氫氣及/或氮氣的氣體分離裝置、利用多個塔回收除氮氣及/或氫氣及/或氧氣流體外之氫氣及/或氮氣的空氣分離裝置、空氣分離系統、系統、利用這些系統或方法之裝置以及製造及使用它們之方法將隨著下述對其某些例示性實施例之描述之進行而變得明顯。

【圖式簡單說明】

【0032】 用於從空氣中回收流體（例如除氧氣、氫氣及/或氮氣外之氫氣及/或氮氣）之方法、配置為從至少一種進料氣中回收除氮氣、氫氣及/或氧氣外之氫氣及/或氮氣的氣體分離裝置、利用多個塔回收除氮氣及/或氫氣及氧氣流體外之氫氣及/或氮氣的空氣分離裝置、空氣分離系統、系統、利用這些系統之裝置以及製造及使用它們之方法的例示性實施例如本文附圖所示。應當理解，附圖中使用之相似的附圖標記可標識相似之部件。

[圖1]係利用空氣分離方法之第一例示性實施例之裝置之第一例示性實施例的示意方塊圖。圖1中虛線顯示了一可選之氣化器16。可選之氣化器16可被配

置為在吹掃流作為液體或液體及蒸汽之混合物從冷箱14輸出之情況下蒸發吹掃流106。

[圖2]係利用空氣分離方法之第二例示性實施例之裝置之第二例示性實施例的示意方塊圖。

[圖3]係可以在裝置之第一例示性實施例或裝置之第二例示性實施例中使用之例示性控制器的方塊圖。

【實施方式】

【0033】 參照圖1-3，一裝置10可被配置為利用一空氣分離方法，該空氣分離方法可被配置為除了氫氣、氮氣及/或氧氣流體產品流114之外，亦便於回收至少一個氫氣及/或氮氣流體流110。該裝置10之實施例可利用控制器來幫助監視及/或控制裝置10之操作。在一些實施例中，該裝置10可配置為一空氣分離系統或一低溫空氣分離系統。該裝置10可以係一獨立設施，或者可以係一被併入具有其他裝置之較大設施中的設施（例如用於製造貨物之製造工廠、礦物精鍊設施、發電廠等）。該裝置10可具有一單個空氣分離單元（ASU），其可採用該空氣分離方法之實施例或可利用多個不同ASU。在具有多個ASU之裝置之一實施例中的一個或多個ASU可以利用該空氣分離方法之一實施例。

【0034】 參照圖1-3，該裝置10之實施例可包括氣體進料100。該進料100可以係從該裝置1外部大氣中獲得之空氣，或者可以係從與該裝置1相連之設施中獲得之方法氣體。該進料100可在一主壓縮系統11中壓縮，在一些實施例中，該主壓縮系統亦可被稱為「MAC」。壓縮進料流體之第一流可從該主壓縮系統11輸出，並通過PPU進料管道發送至一預純化單元（PPU）13，用於純化

該加壓之進料100，以在其壓縮後去除進料之某些成分。從該主壓縮系統11輸出之壓縮空氣在被進料至該PPU 13之前，可通過至少一個冷卻器12（圖1中虛線所示）進行冷卻。在其他實施例中，不能使用此類冷卻器。

【0035】 該PPU 13可被配置為包括一個或多個吸附器，該吸附器被配置為從進料中去除可能具有相對高沸點之微量成分，或者係可能表示可能出現操作問題之不良雜質，例如二氧化碳（CO₂）、一氧化碳（CO）、一氧化二氮（N₂O）、氫氣（H₂）、較重碳氫化合物（例如乙烯、乙炔及/或丁烷等）及/或水（H₂O）。

【0036】 在一些實施例中，該主壓縮系統11可將壓縮之進料作為加壓氣流102（例如，加壓空氣進料）輸出至PPU 13，並且PPU 13可在從其去除各種成分之後輸出該加壓氣流作為一純化及加壓氣流104。該純化及加壓氣流104可包括例如76-79%體積氮氣（N₂）、20-22%體積氧氣（O₂）及0.8%-3%體積氬氣（Ar）或76.59-78.12%體積N₂、20.5-20.95%體積O₂及2.87-0.93%體積Ar。此外，純化及加壓氣流104亦可包括0.080-0.094 ppmv氙氣（Xe）及1 ppmv至1.2 ppmv氪氣（Kr）。

【0037】 該純化及加壓氣流104可從該PPU 13輸出，並隨後經由至少一個PPU HX進料管道進料至一冷箱14之第一熱交換器（HX）15。在一些實施例中，該第一HX 15可被視為一冷箱14之主熱交換器，或一冷箱14之首要熱交換器（在圖1及圖2中以虛線示意性顯示）。

【0038】 該純化及加壓氣流104可通過至少一個管道直接從該PPU 13進料至第一HX 15，或者可分成多個流進料至第一HX 15。例如，在一些實施例中，該純化及加壓氣流104可包括經由至少一個管道進料至第一HX 15之第一部

分流及進料至第一HX 15之第二部分流。管道佈置可包括閥門或其他類型之分流機構，以將該純化及加壓氣流104分流成多個流。在一些實施例中，在被進料至第一HX 15之前，一些分流可被進一步壓縮，而一個或多個其他流從該PPU 13直接進料至第一HX。這些實施例亦可利用一個或多個其他第二熱交換器來冷卻分流流體，而非將流進料至第一HX 15或在將分流進料至第一HX 15之前。

【0039】 在這些實施例中，該純化及加壓氣流104之第一部分流的壓力可以是5大氣壓（atm）至30 atm之間或5巴至30巴之間之壓力。在進一步加壓以形成進一步加壓之第二部分流之後，該純化及加壓氣流104之第二部分流的壓力可處於5 atm至100 atm之間。例如，在一些實施例中，該純化及加壓氣流104之第一部分流的壓力可在5-15 atm、5-25 atm或10-30 atm之間，並且該純化及加壓氣流104之進一步加壓之第二流的壓力可大於5 atm且小於100 atm，大於10 atm且小於75 atm，或大於10巴且小於70巴。在另一些實施例中，可能只有一單獨純化及加壓氣流104，其壓力範圍在上述任何壓力範圍內（例如，在5 atm至100 atm、5-15 atm、5-25 atm、5-30 atm或10-30 atm等）。

【0040】 該純化及加壓氣流104可在該冷箱14之第一HX 15中冷卻，以形成一第一冷卻之第一熱交換器輸出流112，該輸出流被進料至冷箱14之第一分離系統17。該冷箱14之該第一分離系統17可以包括多塔組件之高壓（HP）塔107（例如，具有通過至少一個高壓塔進料管道在不同壓力下操作之多個塔的柱或塔）以及低壓（LP）塔。該HP塔可視為多塔組件之第一塔，在該多塔組件之塔的最高壓力下操作。例如，該HP塔之操作壓力可高於該多塔組件第二塔（例如LP塔）之操作壓力。

【0041】 該LP塔可視為該多塔組件之第二塔，其操作壓力低於第一塔（例如HP塔）之操作壓力。在一些實施例中，該第一分離系統17之該LP塔可在1.1 atm至8 atm之間、1.1 atm至3 atm之間或大於1巴且小於8巴之壓力下操作，該HP塔107可在4 atm至20 atm之間、4.5 atm至12 atm之間或大於4巴且小於12巴之壓力下操作。

【0042】 該第一分離系統17之HP塔及LP塔可被定位及配置為通過至少一個第一分離系統進料管道加工從第一HX 15輸出之該冷卻的純化及加壓氣流104（以及從其他並聯之第二熱交換器冷卻的空氣，如果如本文所討論那樣利用）作為第一冷卻之第一熱交換器輸出流112。從該第一HX 15發送至該第一分離系統17之一個或多個流可由第一分離系統17加工，以形成氧氣（O₂）及/或氮氣（N₂）及/或氬氣（Ar）流體作為產品流體及/或用作裝置10之其他元件中的方法流體。在一些實施例中，亦可產生額外產品流，其可包括至少一個廢物流116，其可作為冷卻介質傳遞給該第一HX 15，用於從該純化及加壓氣流104中吸收熱量送入第一HX。該廢物流116可包括至少一個富氮或富氧廢物流，其可在作為裝置10之至少一個排放物輸出之前或在用於另一個裝置方法（例如，作為另一個裝置方法中方法氣體）之前用作冷卻介質及/或吸附器再生流體。

【0043】 例如，被配置為生產氧氣作為初級產品之裝置10可具有至少一個用作冷卻介質之富氮廢物流或再生流體，用於再生該PPU 13之至少一個離線吸附器中使用之吸附材料或催化材料。作為另一個實例，被配置為生產氮氣作為初級產品之裝置10可具有至少一個富氧廢物流，用作冷卻介質或再生流體，用於再生該PPU 13之至少一個離線吸附器中使用之吸附材料或催化材料。

【0044】 該富氫產品流114可包括100-99體積百分比 (vol.%) 氫氣，其可作為第一產品流114從該第一分離系統17輸出。富氧液體及/或蒸氣流可作為產品流114輸出，以使這些流中每一個流中氧氣濃度至少為90摩爾百分比 (mol%) 氧氣或大於或等於99.5 mol%氧氣。在一些實施例中，富氫產品流114可包括0-4 vol.%氧氣、0-0.5 vol.%氫氣及餘量氫氣（例如100-95.5 vol.%氫氣）。該產品流114可作為液體產品輸出，或者可被輸送至至少一個熱交換器以形成氣體產品流（例如，被輸送至第一熱交換器15或該裝置10之另一個熱交換器以進行蒸發）。

【0045】 除了形成產品流114之外，該冷箱14之該第一分離系統17亦可形成富含Xe及/或Kr之吹掃流105，用於通過吹掃流管道從第一分離系統17進料至第一HX 15，或形成富含Xe及/或Kr之吹掃流105a，用於進料至該冷箱14外部之該氯化器16，用於通過吹掃流管道（圖1中虛線所示）使流蒸發。該富含Xe及/或Kr之吹掃流105或105a可包括200-1,000 ppmv Kr及15-200 ppmv Xe，或可包括高達1,000 ppmv Kr及至少30 ppmv Xe，或可僅包括15-100 ppmv Xe（對於該裝置10之方法，沒有Kr、最小量Kr或微量Kr）。在另一些實施例中，富含Xe及/或Kr之吹掃流105或105a可包括30-80 ppmv Xe，不含Kr、最小量Kr，或高達至少1000 ppmv量Kr。

【0046】 在一些實施例中，該吹掃流105或105a可具有最小允許流速。例如，在該裝置10之實施例中，其中CO₂及/或N₂O在吹掃流中溶解度限值可用於為該吹掃流105或105a建立最小流速閾值。在設計成使得該吹掃流中CO₂及/或N₂O之溶解度限值非該吹掃流流速之控制參數的實施例中，可以基於該吹掃流105或105a內預先選擇之允許碳氫化合物含量來確定最小吹掃流速。在一些實

施例中，該裝置10可操作為使得該吹掃流105或105a具有基於此類控制標準之最小允許流速。

【0047】 在一些實施例中，可將富含Xe及/或Kr之吹掃流105作為該第一分離系統17及/或該冷箱14之最終液體吹掃流輸出。對於制氧空氣分離系統，富含Xe及/或Kr之吹掃流105可以係LP塔之集水槽輸出之液氧吹掃流。該富含Xe及/或Kr之吹掃流105可形成為LP塔之輸出，或者可在液氧吹掃流經蒸發后輸出，以進一步濃縮在富含Xe及/或Kr吹掃流105中之Xe及Kr。

【0048】 對於被配置成空氣分離單元之該裝置10的實施例，其產生無顯著氧產品之氮氣產品，從低壓鍋爐輸出之粗液氧吹掃流可以係富含Xe及/或Kr之吹掃流105的來源。對於此類實施例，該富含Xe及/或Kr之吹掃流105可由吹掃再沸器及/或汽提塔形成，該吹掃再沸器及/或汽提塔可加工粗液氧吹掃流以形成富含Xe及/或Kr之吹掃流105。

【0049】 從該冷箱14之該第一分離系統17輸出之富含Xe及/或Kr的吹掃流105可被進料至第一HX 15以在其中加熱，同時亦充當供給其中之該加壓及純化氣流104的冷卻介質。該升溫之富含Xe及/或Kr的吹掃流106可從該冷箱或該氣化器16之第一HX 15輸出，並被引導至下游加工單元（DPU）21。例如，該DPU 21可包括多個蒸餾塔，或者可配置為單獨使用一個或多個吸附器，或者與一個或多個蒸餾塔組合使用。其他實施例可利用汽提器、塔或其他加工元件。在一些實施例中，這些元件可佈置成與一個或多個吸附器及/或一個或多個蒸餾塔組合使用。

【0050】 該DPU 21可配置為形成富含Xe及/或Kr之產品流（例如，Xe摩爾百分比至少為10%、至少為20%、至少為30%、至少為50%、超過80%、超過

90%或超過99%之Xe產品流及/或Kr摩爾百分比至少為10%、至少為20%、至少為30%、至少為50%、超過80%、超過90%或超過99%之Kr產品流)。從該DPU 21流出之Xe及/或Kr產品流的預選純度可取決於該流之現有濃度係成品氣亦係要運至別處進行進一步加工。

【0051】 在一些實施例中，該DPU 21可被配置為使得該進料流在被進料至該DPU之前被預加壓至至少4 atm。這種增壓可由至少一個壓縮機提供，該壓縮機被定位為DPU 21之部件或DPU 21的預壓縮系統。當需要時，或者可通過增加靜壓頭或泵來增加壓力。這種壓力增加可配置為在該冷箱14外部發生或可在該吹掃流105或105a進料至第一HX 15或氣化器16之前提供。

【0052】 在被傳遞至該DPU 21之前，升溫之富含Xe及/或Kr的吹掃流106可通過升溫之富含Xe及/或Kr的吹掃流分流設備19分流，該設備可包括閥或其他流量控制元件。該升溫之富含Xe及/或Kr之吹掃流的第一部分110可通過升溫之富含Xe及/或Kr的吹掃流分流設備19引導至該DPU 21，而升溫之富含Xe及/或Kr之吹掃流的第二部分108可再循環回至該主壓縮系統11或該主壓縮系統11下游及該PPU 13上游之位置，使得再循環之第二部分再次通過PPU 13以進行進一步純化以進一步去除可能包括在中之任何CO₂或N₂O。該分流設備19可位於該冷箱14內或該冷箱14外部。

【0053】 在一些實施例中，該分流設備19可結合至該第一熱交換器15中作為熱交換器分流設備15a，其實例在圖2中示出。對於該實施例，該熱交換器分流設備15a可在富含Xe及/或Kr之吹掃流105在第一HX 15內經歷升溫的同時將其分流，使得該升溫之富含Xe及/或Kr之吹掃流的第一部分110可被引導至該DPU 21，而該升溫之富含Xe及/或Kr之吹掃流的第二部分108可再循環回至該主

壓縮系統11或該主壓縮系統11下游及該PPU 13上游之位置，使得該再循環之第二部分108再次通過PPU 13以進行進一步純化以進一步去除其中可能包括之任何CO₂或N₂O。該等實施例可利用氣化器16（圖2中虛線所示）來向將被再循環回至PPU 13之再循環流提供額外加熱。

【0054】 將該富含Xe及/或Kr之吹掃流105或105a分成第一部分流110及第二部分流108亦可動態調整，以考慮方法參數。例如，隨著該PPU 13內吸附材料失去有效壽命，更多CO₂及/或N₂O可能會突破該PPU 13下游。在檢測到CO₂及/或N₂O濃度增加超過第一預選操作值時，可調整將該富含Xe及/或Kr之吹掃流105分為第一部分流110及第二部分流108，以便隨著CO₂及/或N₂O濃度增加超過第一預選值，更多富含Xe及/或Kr之吹掃流105被再循環。該富含Xe及/或Kr之吹掃流105之再循環量的該種增加可基於檢測到之CO₂及/或N₂O的特定濃度來動態調整，或者可以階梯式方式調整為對應於檢測到之CO₂及/或N₂O的濃度達到或超過不同預選閾值之不同增加水準。例如，該再循環之第二部分108可被調整到大於第一流速之第二流速，以回應於CO₂及/或N₂O達到或超過第一預選值（例如從初始流速增加到第一增加流速），然後可進一步調整到大於第二流速之第三流速以回應CO₂及/或N₂O濃度隨後達到或超過高於第一預選閾值之第二預選閾值（例如，從第一增加流速增加至第二增加流速），並且當CO₂及/或N₂O濃度達到或超過大於第二預選閾值之第三預選閾值時，可進一步調整到大於第三流速之第四流速（例如，從第二增加流速增加至第三增加流速）等。對該再循環之第二部分108的這種改變可以導致導向該DPU 21之該升溫之富含Xe及/或Kr之吹掃流的第一部分110隨著第二部分108之流速的增加而減少，以增加再循環回至該PPU 13之吹掃流105或105a的部分及/或再循環至該PPU 13之吹掃

流部分的流速。再循環至該PPU 13之吹掃流的該增加部分可以幫助避免進料至該DPU 21之該升溫之富含Xe及/或Kr之吹掃流中Xe及/或Kr濃度的降低，使得該DPU 21之操作效能不會因為在裝置操作期間可能發生之CO₂及/或N₂O的增加突破而實質上退化或變得不經濟。這可顯著改善裝置之操作效能，提高裝置之設計及操作靈活性。

【0055】 如上所述，該PPU 13可配置為從該加壓氣流102中去除CO₂、N₂O、CO、H₂以及較重碳氫化合物（例如丁烷、乙烯及/或乙炔等）。CO₂及N₂O之揮發性非常低，在操作過程中可能仍有微量突破PPU。當該PPU之吸附材料開始接近其使用壽命時，並且接近該PPU之在線吸附器可能被安排進行再生操作之時間時，尤其會發生這種情況。如果CO₂及/或N₂O能夠突破該PPU並保持在該PPU輸出之該純化及加壓氣流104內，由於其低揮發性，它們可能會積聚在富含Xe及/或Kr之吹掃流105中。由於該裝置10之操作溫度及其冰點，這些不需要成分（CO₂及/或N₂O）之存在可能會凍結，這可能會造成重大操作問題，如流動障礙，以及可能因凍結而對方法元件造成之損壞。即使該純化及加壓氣流104中CO₂及/或N₂O之微量突破亦可限制該富含Xe及/或Kr之吹掃流105可能減少之程度，以提高流中Xe及/或Kr濃度，這可限制該富含Xe及/或Kr之吹掃流105中的Xe濃度及/或Kr濃度。

【0056】 這個問題可以以經濟高效方式進一步解決，同時亦允許該富含Xe及/或Kr之吹掃流105的Xe及/或Kr濃度通過再循環（或動態再循環）該富含Xe及/或Kr之吹掃流105的一部分至該主壓縮系統11來顯著改善，以便該部分可以再次通過該PPU 13進行純化以進一步去除CO₂及N₂O。為了幫助最大化Xe回收率，同時亦保持或改進CO₂及N₂O之去除，該PPU 13可以在該PPU之至少一個

前端吸附器中包括小孔沸石，例如4A沸石（亦稱為NaA沸石），用於CO₂及N₂O去除。4A沸石之孔徑可以大到足以讓CO₂及N₂O在其中吸附，但亦可以足夠小以排除被吸附流體中大部分Xe，這可以通過該PPU 13之吸附器實現更高Xe回收率，並在該PPU 13下游之該裝置10的下游方法中提供更高Xe濃度。該結果可進一步增強由上述富含Xe及/或Kr之吹掃流之該第二部分108之可調整回收操作所提供的改進。

【0057】 該4A沸石可作為該PPU 13中13X沸石之全部或部分替代物。在一些實施例中，最有利的係將4A沸石定尺寸用於去除CO₂及一些N₂O，同時保留一些13X沸石以去除微量碳氫化合物及剩餘N₂O，作為該PPU 13之吸附材料。在另一些實施例中，該吸附材料可不具有任何13X沸石，而是可以包括4A沸石，用於進一步減少Xe損失（例如，最多減少10倍）。除4A沸石外，亦可使用其他小孔沸石，或作為其替代品。這些其他小孔沸石可包括，例如，菱沸石、rho沸石、水鈣沸石或麥鉀沸石，這些沸石內具有不同骨架外陽離子組合。在其中一些實施例中，該A沸石可包括以下一種或多種骨架外陽離子：鈉（Na）、鉀（K）、鈣（Ca）及鋅（Zn）。

【0058】 我們確定，如本文所述，再循環部分該吹掃流105或105a，以及動態調整再循環至該PPU 13之該吹掃流部分，可在操作及資本成本方面提供顯著操作及裝置設計改進。此外，在Xe及/或Kr含量顯著增加（例如，超過100倍或約500倍等）後，將部分此類吹掃流再循環至該PPU，然後，通過將吹掃氣體之再循環部分與壓縮進料空氣或進料空氣混合，將該增加濃度之稀有氣體流體再循環以稀釋稀有氣體成分，此係出乎意料的。該再循環部分之這種混合可導致稀有氣體成分之濃度降低回至接近其在進料空氣中初始低濃度之水準。這在

傳統上被認為係不可取的。然而，如本文所述，這種設計之實施在操作效率及裝置設計方面提供了令人驚訝之改進。如本文所討論之實施例可以提供與本領域之標準實踐及協議相反的裝置設計及裝置操作方案，以提供令人驚訝之操作效率的改進，同時亦允許降低資本成本。

【0059】 應瞭解，該裝置10之實施例可包括一種佈置，其中存在單個DPU 21，由來自一個或多個ASU之組合之富含Xe及/或Kr的流對其進行供給。在可利用多個ASU之此類實施例或其他實施例中，該裝置10可利用一部分富含Xe及/或Kr之吹掃流再循環至多個ASU中僅一個之PPU或不同ASU之不同PPU。在此類實施例中，該富含Xe及/或Kr之流的再循環可被輸送至多個不同ASU之PPU中僅一個，或可存在多個再循環流，每個再循環流被再循環回至該裝置10之不同ASU的相應PPU。

【0060】 該裝置10之實施例可利用一控制器來監視及控制該裝置10之操作。例如，圖1-2所示之該裝置10的實施例以及本文明確討論之其他實施例可包括一控制器，例如圖3所示之該例示性控制器。可包括溫度感測器、壓力感測器、流量感測器及濃度感測器（用於檢測一種或多種化合物（例如O₂、Ar、CO₂、N₂、Xe、Kr、CO、CH₄、水等）之濃度）用於感測及/或檢測流經該裝置不同元件或單元及/或這些單元之間管道之流體的流速、濃度、溫度或壓力。例如，可設定感測器，用於檢測（i）進料至該主壓縮系統11之空氣的空氣流速、壓力、溫度及進料濃度，（ii）進料至一熱交換器（例如，第一HX 15）之該主壓縮系統11輸出之空氣的流速、壓力、溫度及/或進料濃度，（iii）從一熱交換器輸出之空氣的流速、壓力、溫度及進料濃度，用於向另一個裝置單元進料，及/或（iv）從一裝置單元輸出之流體的流速、壓力、溫度及成分濃度。該裝置

10中亦可安裝其他感測器，以監測及控制該裝置10之這些元件之操作。可提供一控制器以接收來自這些感測器之資料，並根據接收到之感測器資料調整不同元件之操作。這種控制器之實例如圖3所示，可包括連接到一非瞬態電腦可讀介質之處理器及用於與感測器通信之至少一個介面。該處理器可運行儲存在電腦可讀介質（例如非瞬態記憶體、快閃記憶體等）中至少一個自動控制程式，該程式定義了用於控制裝置及/或裝置之一個或多個元件之操作的方法。

【0061】 應當理解，該控制器之實施例亦可被配置為利用其他感測器資料來驅動不同裝置操作，並使用不同管道來實現流體進出不同元件之不同流動路徑。在一些實施例中，該控制器可以連接到顯示器及至少一個輸入設備及/或輸入/輸出設備便於向使用者或操作員輸出資料並從操作員接收輸入。例如，該控制器可以連接到操作員工作站或裝置操作員之電腦。該控制器亦可連接到其他裝置控制元件，以便併入裝置更大自動化方法控制系統。

【0062】 我們已經確定，我們的裝置10、空氣分離方法以及製造及使用它們之方法的實施例可以配置為增加氙氣（Xe）及/或氪氣（Kr）之回收率，同時亦通過減少操作所需電力或能量，允許以較低操作成本進行裝置操作，此係由於可以在純化來自該第一HX 15或該第一分離系統17之Xe及/或Kr輸出以供進料至至少一個DPU 21方面提供改進。而且，實施例可以提供增強之操作靈活性，以解決在該裝置10之操作期間可能出現之雜質突破事件。

【0063】 我們改進之Xe及/或Kr回收方法的實施例亦可包括允許對現有空氣分離裝置或其他類型空氣分離單元進行修改以執行Xe回收，及/或具有改進之Xe回收及/或Kr回收的套件。例如，一些實施例可為裝置操作員提供套件以升級該裝置10以包括一分流設備19及/或一熱交換器及/或PPU之新配置，從而裝

置可以利用我們的方法的實施例，通過增加進料至該DPU 21之流中的Xe及/或Kr濃度，從該進料氣100中提高Xe及/或Kr之回收率，及/或提高操作效率。該套件可包括調整該PPU吸附材料及/或該PPU 13，調整一熱交換器之管道及/或提供該DPU 21方法元件，用於純化該含有Xe及/或Kr之吹掃流105，以生產至少一個包含Xe及/或Kr之產品流。該所提供套件可以允許操作員再循環一部分該含有Xe及/或Kr之吹掃流105，使得當檢測到更多CO₂及/或N₂O亦通過該PPU 13時，可以增加再循環之部分（例如，包括控制器或新控制器之軟體升級等）。由於包含至少一個DPU 21，此類套件可以幫助裝置操作員調整操作以提供新產品，或提高現有Xe及/或Kr回收操作之產量及利潤。

【0064】 應當理解，可以對本文明確示出及討論之實施例進行修改以滿足一組特定設計目標或一組特定設計標準。例如，閥門、管道及其他管道元件（例如管道連接機構、管道、密封件等）之該佈置用於互連裝置之不同單元，以在不同單元之間進行流體流之流體連通，以滿足一種特定裝置佈局設計，該設計考慮了裝置之可用面積、裝置之設備尺寸及其他設計考慮因素。例如，可修改實施例中使用之任何熱交換器、吸附器、壓縮機、塔、管道、膨脹器、泵或壓縮機的尺寸及配置，以滿足一組特定設計標準。作為另一個實例，通過一個或多個熱交換器以及通過其他裝置元件之流體的流速、壓力及溫度可以變化，以考慮不同裝置設計配置及其他設計標準。作為又一實例，可以調整裝置單元之數量及其佈置方式，以滿足一組特定設計標準。作為又一實例，用於裝置及裝置單元之不同結構部件的材料組合物可以係可能需要滿足一組特定設計標準之任何類型的合適材料。

【0065】 應當理解，該裝置之實施例可以被配置成空氣分離裝置或其他類型之裝置，其中希望從進料氣（例如空氣、來自裝置之廢物排放等）中回收氮氣及/或氫氣。該裝置10可以被配置成包括被定位及配置成監視及控制操作之方法控制元件（例如，溫度及壓力感測器、流量感測器、具有至少一個工作站之自動化方法控制系統，該工作站包括處理器、非瞬態記憶體及用於與感測器元件通信之至少一個收發機、閥門及控制器（用於為可以在裝置之工作站及/或另一電腦設備上运行之自動化方法控制系統提供用戶介面）等）。

【0066】 作為另一實例，可以設想所描述之特定特徵，無論係單獨描述或者作為實施例之一部分，都可以與其他實施例之其他單獨描述之特徵或部分結合。因此，本文描述之各種實施例的元件及動作可組合以提供進一步實施例。因此，儘管上面已經示出並描述了用於從空氣中回收流體（例如，氧氣、氫氣及/或氮氣以及氮氣及/或氫氣）之方法、被配置為從至少一種進料氣中回收氮氣、氫氣及/或氧氣之氣體分離裝置、空氣分離裝置、空氣分離系統、利用這種系統或方法之裝置以及製造及使用它們的方法的某些例示性實施例，但是應當清楚地理解，本發明並不侷限於此，而是可以在以下申請專利範圍內以其他不同方式體現及實踐。

【符號說明】

【0067】

10：裝置

11：主壓縮系統

12：冷卻器

- 13：預純化裝置
- 14：冷箱
- 15：第一熱交換器
- 15a：熱交換器分流設備
- 16：氣化器
- 17：第一分離系統
- 19：分流設備19
- 21：下游加工單元
- 100：進料氣
- 102：加壓氣流
- 104：純化及加壓氣流
- 105：富含Xe及/或Kr之吹掃流
- 105a：富含Xe及/或Kr之吹掃流
- 106：升溫之富含Xe及/或Kr的吹掃流
- 108：富含Xe及/或Kr之吹掃流的第二部分
- 110：氙氣及/或氪氣流體
- 112：第一冷卻之第一熱交換器輸出流
- 114：富氮產品流
- 116：廢物流

【發明申請專利範圍】

【請求項1】 一種分離包含氧氣、氮氣及氫氣之進料氣的方法，該方法包括：

在將經過純化及壓縮之進料氣進料至一第一分離系統之前，通過一預純化單元（PPU）對該壓縮進料氣進行純化，以從該進料氣形成至少一個產品流，該至少一個產品流包括氮氣流、氧氣流及/或氫氣流；

從該第一分離系統輸出包含氙氣（Xe）及/或氪氣（Kr）之第一吹掃流；
及

分流該第一吹掃流，使得該第一吹掃流之第一部分被導向至少一個下游加工單元（DPU），以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且該第一吹掃流之第二部分被導向該PPU之上游，以通過該PPU進行額外純化。

【請求項2】 如請求項1之方法，其包含：

當二氧化碳（CO₂）及/或一氧化二氮（N₂O）之濃度達到或超過第一預選閾值時，調整該第一吹掃流之分流，使得該第一吹掃流之該第一部分導向該至少一個DPU之流速減小，並且該第一吹掃流之該第二部分導向該PPU之流速增加，使得再循環至該PPU之該第一吹掃流的一部分增加。

【請求項3】 如請求項1之方法，其包含：

當該純化及壓縮之進料氣中二氧化碳（CO₂）及/或一氧化二氮（N₂O）濃度達到或超過第一預選閾值時，調整該第一吹掃流之分流，使得導向該PPU之該第一吹掃流的一部分增加，使得再循環至該PPU之該第一吹掃流的一部分增加。

【請求項4】如請求項3之方法，其中該PPU包括吸附材料，該吸附材料包含具有孔徑之沸石，該沸石之孔徑大小被設置為在本文接收及吸附CO₂及N₂O，同時排除在該PPU內進行純化之該壓縮進料氣中的大部分Xe。

【請求項5】如請求項4之方法，其中該吸附材料包括4A沸石、菱沸石、rho沸石、水鈣沸石及/或麥鉀沸石。

【請求項6】如請求項1之方法，其中該第一吹掃流之分流經由閥門或分流設備來執行，使得該第一吹掃流之該第一部分被導向至少一個下游加工單元（DPU）以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且該第一吹掃流之該第二部分被導向該PPU之上游以通過該PPU進行額外純化。

【請求項7】如請求項6之方法，其中該閥門或該分流設備位於冷箱外部。

【請求項8】如請求項1之方法，其中通過位於該PPU下游及該第一分離系統上游之第一熱交換器執行該第一吹掃流之分流，使得該第一吹掃流之該第一部分被導向至少一個下游加工單元（DPU）以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且該第一吹掃流之該第二部分被導向該PPU之上游以通過該PPU進行額外純化。

【請求項9】如請求項8之方法，其中該第一熱交換器係一冷箱之第一熱交換器。

【請求項10】如請求項1之方法，其中在一冷箱外部或在該冷箱中執行該第一吹掃流之分流，使得該第一吹掃流之該第一部分被導向至少一個下游加工單元（DPU），以形成包含Xe之該第一產品流及/或包含Kr之該第二產品流，並且該第一吹掃流之該第二部分被導向該PPU之上游以通過該PPU進行額外淨化。

【請求項11】 一種用於回收氙氣 (Xe) 及/或氪氣 (Kr) 之裝置，包含：

一分流設備，其定位為分流從第一分離系統輸出之包含氙氣 (Xe) 及/或氪氣 (Kr) 的第一吹掃流，使得該第一吹掃流之第一部分被導向至少一個下游加工單元 (DPU)，以形成包含Xe之第一產品流及/或包含Kr之第二產品流，並且該第一吹掃流之第二部分被導向一預純化單元 (PPU) 之上游，該PPU被定位為純化壓縮進料氣以進料至該第一分離系統。

【請求項12】 如請求項11之裝置，包括：

該PPU，該PPU可定位為接收該壓縮之進料氣以純化該壓縮之進料氣，用於將該壓縮之進料氣送至該第一分離系統以形成來自該進料氣之至少一個產品流，該至少一個產品流包括氮氣流、氧氣流及/或氫氣流。

【請求項13】 如請求項12之裝置，包含該第一分離系統，該第一分離系統被配置為輸出包含Xe及/或Kr之該第一吹掃流，並且形成包括該氮氣流、該氧氣流及/或該氫氣流之該至少一個產品流。

【請求項14】 如請求項11之裝置，其中該分流設備包括一閥門。

【請求項15】 如請求項11之裝置，其中該分流設備被配置為使得該第一吹掃流分流，從而當二氧化碳 (CO₂) 及/或一氧化二氮 (N₂O) 濃度達到或超過第一預選閾值時，使得導向該至少一個DPU之該第一吹掃流的一部分減少，並且再循環至該PPU之該第一吹掃流的一部分增加。

【請求項16】 如請求項11之裝置，其中該分流設備被配置為使得該第一吹掃流可分流，從而當該純化及壓縮進料氣中之二氧化碳 (CO₂) 及/或一氧化二氮 (N₂O) 濃度達到或超過第一預選閾值時，使得導向該PPU之該第一吹掃流

之該第二部分流的流速被增至第一增加流速，使得再循環至該PPU之該第一吹掃流的一部分增加。

【請求項17】 如請求項12之裝置，其中該PPU包括吸附材料，該吸附材料包含沸石，該沸石之孔徑大小被設置為在本文接收及吸附二氧化碳（CO₂）及/或一氧化二氮（N₂O），同時排除該壓縮進料氣中之大部分Xe。

【請求項18】 如請求項17之裝置，其中該吸附材料包括4A沸石、菱沸石、rho沸石、水鈣沸石及/或麥鉀沸石。

【請求項19】 如請求項13之裝置，其中該分流設備位於該PPU下游及該第一分離系統上游之第一熱交換器內。

【請求項20】 如請求項19之裝置，其中該第一熱交換器係一冷箱之第一熱交換器。

【發明圖式】

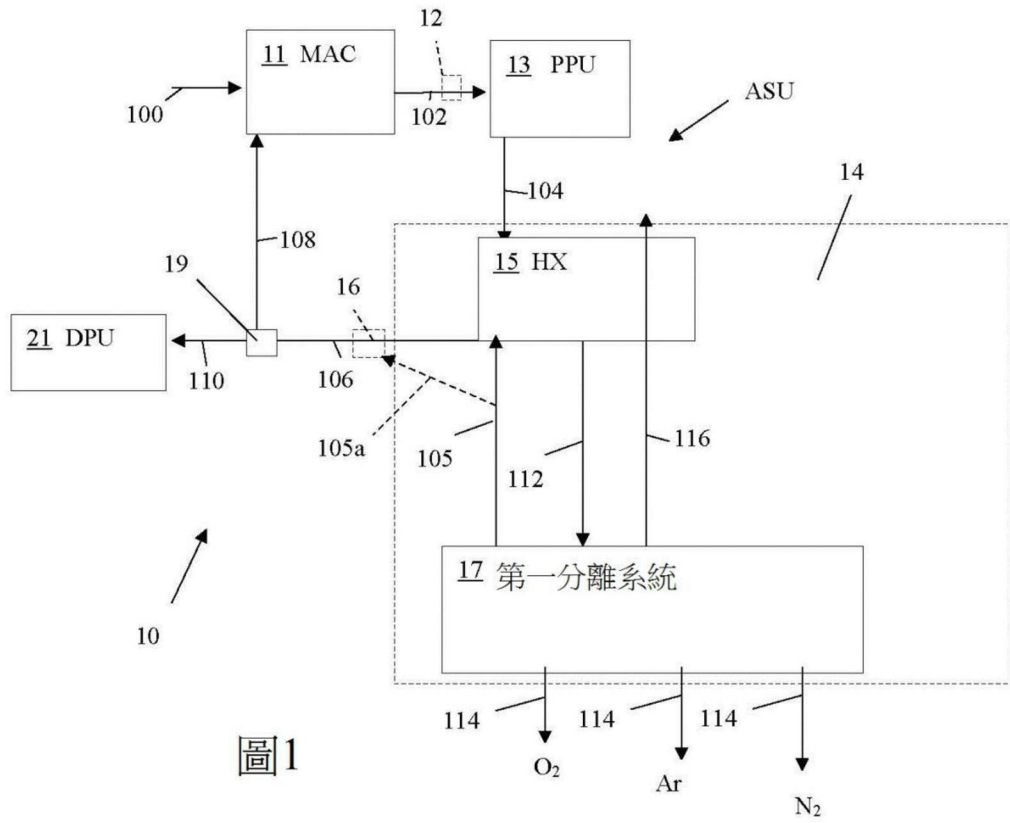


圖1

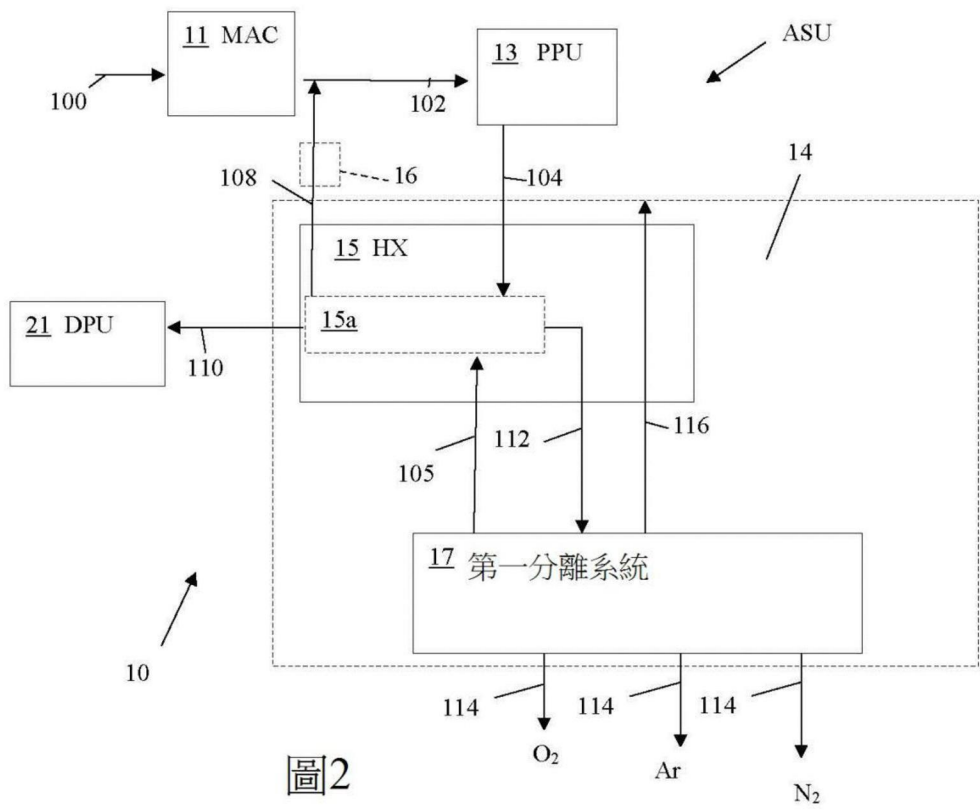


圖2

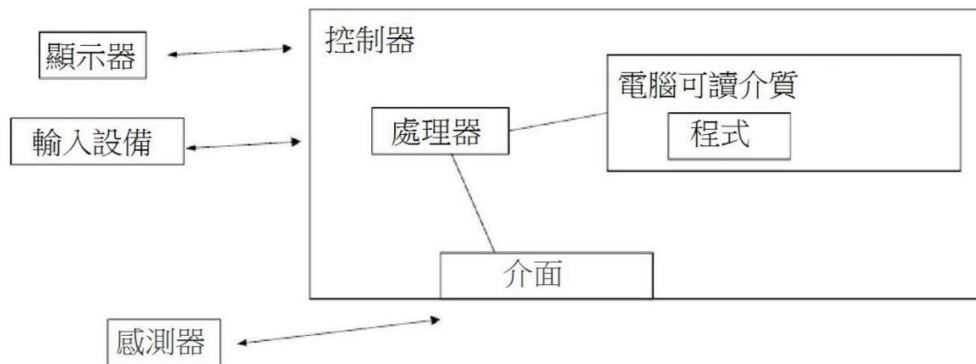


圖3