



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201720513 A

(43)公開日：中華民國 106 (2017) 年 06 月 16 日

(21)申請案號：104141110

(22)申請日：中華民國 104 (2015) 年 12 月 08 日

(51)Int. Cl. : **B01D53/14 (2006.01)**

(71)申請人：國立清華大學(中華民國) NATIONAL TSING HUA UNIOVERSITY (TW)

新竹市光復路 2 段 101 號

長春人造樹脂廠股份有限公司(中華民國) CHANG CHUN PLASTICS CO., LTD.

(TW)

臺北市中山區松江路 301 號 7 樓

長春石油化學股份有限公司(中華民國) CHANG CHUN PETROCHEMICAL CO.,

LTD. (TW)

臺北市中山區松江路 301 號 7 樓

(72)發明人：游承修 YU, CHENG HSIU (TW)；談駿嵩 TAN, CHUNG SUNG (TW)

(74)代理人：李世章；秦建譜

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：17 共 43 頁

(54)名稱

吸收氣體中一成分之裝置

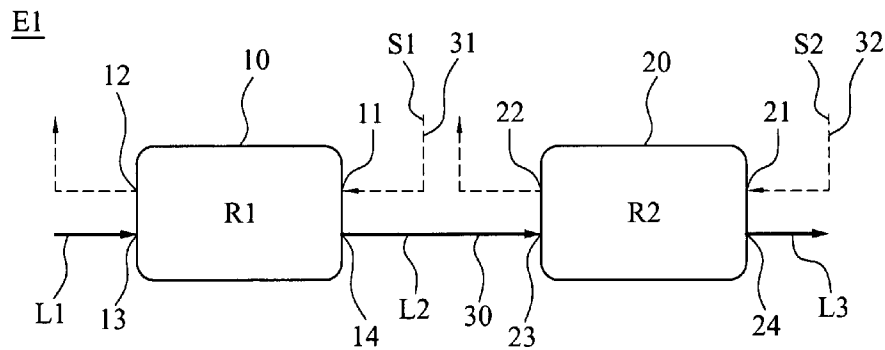
APPARATUS FOR ABSORBING A COMPONENT FROM A GAS MIXTURE

(57)摘要

一種吸收氣體混合物中某一成分氣體之裝置，包含第一旋轉填充床單元以及第二旋轉填充床單元。第一旋轉填充床單元以及第二旋轉填充床單元分別處理含有該成分氣體之第一氣流以及第二氣流。液體吸收劑依序通過第一旋轉填充床單元及第二旋轉填充床單元，以吸收第一氣流及第二氣流中的該成分氣體。

Disclosed herein is an apparatus for absorbing a component from a gas mixture. The apparatus includes a first rotating packed (RPB) and a second RPB. The first RPB and the second RPB are arranged to respectively treat a first gas stream and a second gas stream containing the component. A liquid absorbent sequentially passes through the first RPB and the second RPB to absorb the component in the first gas stream and a second gas stream.

指定代表圖：



第 1 圖

符號簡單說明：

10 . . . 殼體

11 . . . 第一氣體入口

12 . . . 第一氣體出口

13 . . . 第一吸收劑入口

14 . . . 第一吸收劑出口

20 . . . 殼體

21 . . . 第二氣體入口

22 . . . 第二氣體出口

23 . . . 第二吸收劑入口

24 . . . 第二吸收劑出口

30 . . . 管路

31 . . . 第一管路

32 . . . 第二管路

E1 . . . 裝置

L1、L2、L3 . . . 液體吸收劑

R1 . . . 第一旋轉填充床單元

R2 . . . 第二旋轉填充床單元

S1 . . . 第一氣流

S2 . . . 第二氣流

201720513

【發明摘要】

【中文發明名稱】 吸收氣體中一成分之裝置

【英文發明名稱】 APPARATUS FOR ABSORBING A
COMPONENT FROM A GAS MIXTURE

【中文】

一種吸收氣體混合物中某一成分氣體之裝置，包含第一旋轉填充床單元以及第二旋轉填充床單元。第一旋轉填充床單元以及第二旋轉填充床單元分別處理含有該成分氣體之第一氣流以及第二氣流。液體吸收劑依序通過第一旋轉填充床單元及第二旋轉填充床單元，以吸收第一氣流及第二氣流中的該成分氣體。

【英文】

Disclosed herein is an apparatus for absorbing a component from a gas mixture. The apparatus includes a first rotating packed (RPB) and a second RPB. The first RPB and the second RPB are arranged to respectively treat a first gas stream and a second gas stream containing the component. A liquid absorbent sequentially passes through the first RPB and the second RPB to absorb the component in the first gas stream and a second gas stream.

【指定代表圖】 第1圖

【代表圖之符號簡單說明】

10 殼體

- 11 第一氣體入口
- 12 第一氣體出口
- 13 第一吸收劑入口
- 14 第一吸收劑出口
- 20 殼體
- 21 第二氣體入口
- 22 第二氣體出口
- 23 第二吸收劑入口
- 24 第二吸收劑出口
- 30 管路
- 31 第一管路
- 32 第二管路
- E1 裝置
- L1、L2、L3 液體吸收劑
- R1 第一旋轉填充床單元
- R2 第二旋轉填充床單元
- S1 第一氣流
- S2 第二氣流

【特徵化學式】

無

【發明說明書】

【中文發明名稱】 吸收氣體中一成分之裝置

【英文發明名稱】 APPARATUS FOR ABSORBING A COMPONENT FROM A GAS MIXTURE

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種吸收氣體中一成分氣體之裝置。

【先前技術】

【0002】 工業蓬勃發展導致大量的溫室氣體排放至大氣中，進而造成溫室效應的發生。常見之溫室氣體包括二氧化碳(CO₂)、甲烷(CH₄)、一氧化二氮(N₂O)及六氟化硫(SF₆)等，其中又以二氧化碳之影響最為嚴重。根據研究，大氣中的二氧化碳濃度已由工業革命前的280 ppm上升至395 ppm，且每年仍以約2 ppm的速度增加。化石燃料提供全球超過85%的電力，同時也是最主要的二氧化碳排放源之一，其中燃煤電廠佔總排放量的43%。有鑑於此，必須發展更經濟有效的技術以移除發電廠之排放氣中的二氧化碳及其他溫室氣體。

【發明內容】

【0003】 本發明的一態樣是提供一種吸收氣體中一成分之裝置。此裝置不僅能有效地吸收氣體中的該成分，並能提供令人滿意的氣體處理量，更重要的是，再生吸收劑所

須消耗的能源遠低於習知技術。

【0004】 此裝置包含一第一旋轉填充床單元以及一第二旋轉填充床單元。第一旋轉填充床單元包含一第一填充床、一第一氣體入口、一第一氣體出口、一第一吸收劑入口以及一第一吸收劑出口。第一氣體入口、第一填充床以及第一氣體出口配置以讓含有此成分之一第一氣流從第一氣體入口經由第一填充床輸送至第一氣體出口，且第一吸收劑入口、第一填充床及第一吸收劑出口配置以讓一吸收劑從第一吸收劑入口經由第一填充床輸送至第一吸收劑出口。第二旋轉填充床單元包含一第二填充床、一第二氣體入口、一第二氣體出口、一第二吸收劑入口以及一第二吸收劑出口。第二氣體入口、第二填充床以及第二氣體出口配置以讓含有此成分之一第二氣流從第二氣體入口經由第二填充床輸送至第二氣體出口，其中第二旋轉填充床單元的第二吸收劑入口連接第一旋轉填充床單元的第一吸收劑出口，用以將通過第一旋轉填充床單元的吸收劑輸送到第二旋轉填充床單元的第二吸收劑入口。

【0005】 在某些實施方式中，上述裝置更包含一第一管路以及一第二管路，分別連接第一氣體入口及第二氣體入口，用以輸送第一氣流及第二氣流進入第一旋轉填充床單元及第二旋轉填充床單元。第一管路不連接第二氣體出口，且第二管路不連接第一氣體出口。

【0006】 在某些實施方式中，上述裝置更包含一第三管路，直接連接第二吸收劑入口和第一吸收劑出口。

【0007】 在某些實施方式中，上述裝置更包含一氣體分配單元，連接第一氣體入口以及第二氣體入口，氣體分配單元用以將含有成分之一氣體分流為第一氣流以及第二氣流。

【0008】 在某些實施方式中，第一氣體入口以及第二氣體入口連接同一氣體供應源。

【0009】 在某些實施方式中，上述裝置更包含一再生單元，用以移除吸收劑中至少一部分的成分，而得到一再生吸收劑，其中再生單元具有一第三吸收劑入口以及一第三吸收劑出口，第三吸收劑入口連接第二吸收劑出口，且第三吸收劑出口連接第一旋轉填充床單元的第二吸收劑入口。

【0010】 在某些實施方式中，再生單元包含一氣提塔。

【0011】 在某些實施方式中，再生單元還具有一第三氣體出口，用以輸出從吸收劑移除之部分的成分。

【0012】 在某些實施方式中，上述裝置更包含一純化單元，連接第三氣體出口，用以純化從再生單元輸送而來的此成分。

【0013】 在某些實施方式中，第一氣體出口及第二氣體出口直接與環境中的大氣連通，以允許經過第一旋轉填充床單元及第二旋轉填充床單元處理之第一氣流及第二氣流排放到環境中的大氣。

【圖式簡單說明】

【0014】

第 1 圖繪示本發明各式實施方式之吸收氣體中某一成分氣體之裝置的示意圖。

第 2 圖繪示本發明一實施方式之第一旋轉填充床單元的剖面示意圖。

第 3-10 圖依序繪示本發明比較例 1-8 之二氧化碳吸收裝置的示意圖。

第 11-14 圖繪示實施方式 3 與比較例 1-7 的裝置在不同 CO₂ 捕獲率(90%、80%、70%及 60%)下的氣體處理總量和再生能耗。

第 15 圖繪示實施方式 3 與比較例 1 在不同 CO₂ 捕獲率下的 CO₂ 捕獲量和再生消耗。

第 16 圖繪示本發明某些實施方式之吸收氣體中某一成分氣體之裝置的示意圖。

第 17 圖繪示本發明某些實施方式之吸收氣體中某一成分氣體之裝置的示意圖。

【實施方式】

【0015】 爲了使本發明的敘述更加詳盡與完備，下文針對了本發明的實施態樣及具體實施方式提出了說明性的描述；但這並非實施或運用本發明具體實施方式的唯一形式。在以下描述中，將詳細敘述許多特定細節以使讀者能夠充分理解以下的實施方式。然而，可在無此等特定細節之情況下實踐本發明之實施方式。在其他情況下，爲簡化圖式，熟知的結構與裝置僅示意性地繪示於圖中。關於本

文中所使用之「約」、「大約」或「大致」的用語一般通常係指數值之誤差或範圍約百分之二十以內，較佳地是約百分之十以內，更佳地則是約百分五之以內。文中若無明確說明，其所提及的數值皆視作為近似值，即如「約」、「大約」或「大致」所表示的誤差或範圍。本文中，當一元件被稱為「連接」或「耦接」至另一元件時，可以是一元件直接連接或耦接至另一元件；或是一元件與另一元件之間存在一或多個額外元件，亦即一元件經由一或多個額外元件而連接至另一元件。相對的，當一元件被稱為「直接連接」或「直接耦接」至另一元件時，其間沒有額外元件存在。

【0016】 本發明是有關於一種吸收氣體中某一成分氣體之裝置、設備或系統。更具體的說，在此揭露的裝置、設備或系統可用以吸收氣體混合物中諸如二氧化碳等溫室氣體或其他氣體。在以下揭露的內容中，以二氧化碳為例示說明，以充分敘述在此揭露之裝置的各元件之功能及操作細節。本技術領域中具有通常知識者，能夠根據以下揭露的內容，將此裝置、設備或系統應用於吸收其他種類的氣體，例如臭氧、甲烷、笑氣、氫氟碳化物、全氟碳化物、氫氟碳化物等溫室氣體或其他氣體，因此本發明揭露的裝置、設備或系統並不限於吸收二氧化碳。例如，可藉由選擇不同的吸收劑，將本發明揭露之裝置應用於吸收其他的氣體。

【0017】 第1圖繪示本發明各式實施方式之吸收氣體中

某一成分氣體之裝置E1的示意圖。裝置E1主要包含第一旋轉填充床單元R1以及第二旋轉填充床單元R2。第一旋轉填充床單元R1用以吸收第一氣流S1中諸如二氧化碳等成分氣體，第二旋轉填充床單元R2用以吸收第二氣流S2中例如二氧化碳等氣體。第一氣流S1以及第二氣流S2經由各自的管路系統分別輸送到第一旋轉填充床單元R1以及第二旋轉填充床單元R2。

【0018】 第2圖繪示本發明一實施方式之第一旋轉填充床單元R1的剖面示意圖。請參照第1圖及第2圖，第一旋轉填充床單元R1包含殼體10、第一氣體入口11、第一氣體出口12、第一吸收劑入口13以及第一吸收劑出口14。第一氣流S1從第一氣體入口11進入第一旋轉填充床單元R1。

【0019】 第一旋轉填充床單元R1還包含第一填充床16，而且第一填充床16能夠在殼體10中進行旋轉。驅動第一填充床16旋轉的裝置或方式並無特殊限制，舉例而言，可藉由例如電動馬達之驅動裝置17來驅動第一填充床16進行旋轉。在數個實施方式，第一填充床16中填充有多個惰性填充物，並且在這些惰性填充物之間存有孔隙。

【0020】 第一氣體入口11、第一填充床16和第一氣體出口12的配置方式讓含有諸如二氧化碳的第一氣流S1從第一氣體入口11經由第一填充床16輸送至第一氣體出口12。舉例而言，第一氣流S1可從第一氣體入口11進入第一旋轉填充床單元R1中，並從第一填充床16的外側16a進入第一填充床16的內部，然後通過第一填充床16的內側16b，再從

第一氣體出口12離開第一旋轉填充床單元R1。本發明之第一旋轉填充床單元R1並不限於第1圖繪示的逆流式旋轉填充床單元，諸如錯流式旋轉填充床單元或其他種類的旋轉填充床單元也可適用在本發明。

【0021】 第一旋轉填充床單元R1中，第一吸收劑入口13、第一填充床16及第一吸收劑出口14的配置方式讓液體吸收劑從第一吸收劑入口13經由第一填充床16輸送至第一吸收劑出口14。舉例而言，液體吸收劑L1從第一吸收劑入口13進入第一填充床16的內部，當第一填充床16高速旋轉時，液體吸收劑受到離心力作用而從第一填充床16的內側16b向外側16a移動，並分散成細小的液膜或液滴。液體吸收劑與含有諸如二氧化碳的氣流在第一填充床16的孔隙中接觸，因此讓液體吸收劑能夠有效地吸收第一氣流S1中諸如二氧化碳的成分。在一實施方式中，第一填充床16為超重力旋轉床，其能夠透過高速旋轉產生100G以上的重力場。在另一實施方式中，液體吸收劑通過分散器18噴灑進入第一填充床16的內側16b。

【0022】 請再參照第1圖，第二旋轉填充床單元R2的構造可類似於第一旋轉填充床單元R1的構造。簡言之，第二旋轉填充床單元R2包含殼體20、第二氣體入口21、第二氣體出口22、第二吸收劑入口23以及第二吸收劑出口24。第二旋轉填充床單元R2當然還包含可旋轉的第二填充床(未繪示在第1圖中)配置在殼體20中。第二氣流S2從第二氣體入口21經由第二填充床輸送至第二氣體出口22。液體吸收

劑L2從第二吸收劑入口23經由第二填充床輸送至第二吸收劑出口24。

【0023】請注意，本發明的其中數個特徵是第一旋轉填充床單元R1和第二旋轉填充床單元R2與液體吸收劑傳輸路徑、第一氣流S1以及第二氣流S2之間的連接關係。具體的說，第一旋轉填充床單元R1與第二旋轉填充床單元R2是分別獨立地吸收第一氣流S1與第二氣流S2中的二氧化碳，但是液體吸收劑L1是依序通過第一旋轉填充床單元R1和第二旋轉填充床單元R2。更詳細的說，第一氣流S1經由第一管路31輸送到第一氣體入口11，第二氣流S2經由第二管路33輸送到第二氣體入口21。在某些實施方式中，第一管路31不連接第二氣體出口22，且第二管路32不連接第一氣體出口12。液體吸收劑L1從第一吸收劑入口13進入第一旋轉填充床單元R1，並在其中吸收第一氣流S1中的二氧化碳，然後從第一吸收劑出口14離開第一旋轉填充床單元R1。第一旋轉填充床單元R1的第一吸收劑出口14連通或連接第二旋轉填充床單元R2的第二吸收劑入口23，例如藉由管路30連接第一吸收劑出口14與第二吸收劑入口23。因此，通過第一旋轉填充床單元R1的液體吸收劑L2從第二吸收劑入口23進入第二旋轉填充床單元R2，並在其中吸收第二氣流S2中的二氧化碳，然後再從第二吸收劑出口24離開第二旋轉填充床單元R2。通過第一旋轉填充床單元R1的液體吸收劑L2吸收了第一氣流S1中的二氧化碳，所以液體吸收劑L2的二氧化碳「負載」(lean/rich loading，單位：

mol CO₂/mol 吸收劑)大於液體吸收劑L1的二氧化碳負載。同理，通過第二旋轉填充床單元R2的液體吸收劑L3吸收了第二氣流S2中的二氧化碳，所以液體吸收劑L3的二氧化碳負載大於液體吸收劑L2的二氧化碳負載。根據本發明的各種實施方式，通過第一旋轉填充床單元R1的液體吸收劑中的二氧化碳負載等於進入第二旋轉填充床單元R2的液體吸收劑中的二氧化碳負載。為簡化圖式標示之目的，第1圖中 L1、L2及L3標示的實線條也同時表示對應的液體吸收劑之輸送管路。S1及S2標示的虛線也同時表示對應氣流之輸送管路。

【0024】 根據本發明的各種實施方式，第一氣流S1與第二氣流S2的氣體成分可以相同或不相同。在一實施方式中，第一氣流S1與第二氣流S2具有相同的二氧化碳濃度。在另一實施方式中，第一氣流S1的二氧化碳濃度高於第二氣流S2的二氧化碳濃度。在其他實施方式中，第一氣流S1的二氧化碳濃度小於第二氣流S2的二氧化碳濃度。

【0025】 在某些實施方式中，第一氣流S1及/或第二氣流S2中二氧化碳的體積百分比為約1-30 vol.%。具體而言，第一氣流S1及/或第二氣流S2可例如為燃煤發電廠、天然氣發電廠或鋼鐵廠的排放氣。根據本發明的數個實施方式，第一旋轉填充床單元R1的第一氣體出口12以及第二旋轉填充床單元R2的第二氣體出口22直接與環境中的大氣連通，讓經過第一及第二旋轉填充床單元R1、R2處理的第一氣流S1及第二氣流S2排放到環境中的大氣。在其他實施方

式中，第一氣體出口12及/或第二氣體出口22可連接到其他的裝置或反應單元。

【0026】 下文中，將詳述本發明之實施方式以及各種比較例，使本發明所屬技術領域中具有通常知識者得以實現本發明，並充分瞭解本發明提供的突出技術效果。以下所述的實施方式及比較例不應被解釋為本發明之限制。

【0027】 實施方式1-2：

【0028】 在實施方式1及實施方式2中，使用第1圖及第2圖所示的設備進行試驗，第一及第二旋轉填充床單元R1、R2具有相同的結構及尺寸，第一及第二旋轉填充床單元R1、R2的詳細規格如以下表1所示。第一及第二旋轉填充床單元R1、R2的轉速設定為1600 rpm，操作溫度為50℃。使用40.8 wt%的單乙醇胺(monoethanolamine, MEA)作為液體吸收劑，單乙醇胺的流量設定為50 mL/min。在實施方式1中，第一氣流S1及第二氣流S2的流量分別為4.6及3.6 L/min。第一氣流S1及第二氣流S2中二氧化碳(下文以「CO₂」表示)的體積百分比為10 vol.%(其餘為氮氣)，第一及第二旋轉填充床單元R1、R2的CO₂捕獲率分別為90.9 %及88.8 %。在實施方式2中，第一氣流S1及第二氣流S2的流量分別為6.5及4.8 L/min，第一及第二旋轉填充床單元R1、R2的CO₂捕獲率分別為84.8 %及80.9 %。實施方式1及實施方式2的重要參數及試驗結果彙整在以下表2中。本文中，若未特別說明某一物理量的壓力條件時，則該壓力條件為約一大氣壓。在表一中，旋轉填充床單元R1、

R2的CO₂捕獲率以式(1)計算。

$$A = \frac{C_{in} - C_{out}}{C_{in}} \times 100\% \quad \text{式(1)；}$$

【0029】 在式(1)中， A 表示CO₂捕獲率， C_{in} 表示進料氣流中CO₂的濃度， C_{out} 表示輸出氣流中CO₂的濃度。

【0030】 表一

| | |
|--|-------|
| 旋轉填充床外徑 Do (cm) | 12.5 |
| 旋轉填充床內徑 Di (cm) | 2.5 |
| 旋轉填充床高度 H(cm) | 2.3 |
| 旋轉填充床體積 (cm ³) | 270.1 |
| 填充物表面積 (m ² /m ³) | 887.6 |

【0031】 表二

| | 實施方式 1 | | 實施方式 2 | |
|---|--------|-------|--------|-------|
| | 實驗值 | 模擬結果 | 實驗值 | 模擬結果 |
| 第一氣流 S1 流量 (L/min) | 4.6 | - | 6.5 | - |
| 第一氣流 CO ₂ 濃度(vol.%) | 10 | | 10 | |
| 第二氣流 S2 流量 (L/min) | 3.6 | - | 4.8 | - |
| 第二氣流 CO ₂ 濃度(vol.%) | 10 | | 10 | |
| 液體吸收劑流量 (mL/min) | 50 | - | 50 | - |
| R1 的 CO ₂ 捕獲率 (%) | 90.9 | 90.1 | 84.8 | 80.8 |
| 液體吸收劑 L1 的 CO ₂ 負載 (mol CO ₂ / mol MEA) | 0.334 | 0.345 | 0.334 | 0.345 |
| R2 二氧化碳捕獲率 (%) | 88.8 | 90.6 | 80.9 | 80.6 |
| 液體吸收劑 L2 的 CO ₂ 負載 (mol CO ₂ / mol MEA) | 0.381 | 0.392 | 0.396 | 0.405 |

【0032】 在表2中還列出實施方式1及實施方式2的「模擬結果」，詳細的模擬方法及原理請參考下列本發明的發明人發表之期刊論文：

1. Hsu-Hsiang Cheng, Chung-Sung Tan, Separation and purification Technology, 82 (2011) 156-166.

2. Cheng-Hsiu Yu, Hsu-Hsiang Cheng, Chung-Sung Tan, International Journal of Greenhouse Gas control, 9 (2012), 136-147.

【0033】 下文中，將上述兩件期刊論文所述的模擬方法稱為「6槽串聯模型(6-tank in series model)」。從以上表二實施方式1及2的實驗值與模擬結果可知，「6槽串聯模型」能夠準確地模擬得到裝置E1的CO₂捕獲率以及液體吸收劑的CO₂負載。

【0034】 實施方式3：

【0035】 利用「6槽串聯模型」計算模擬第1圖繪示的裝置E1在第一及第二氣流S1、S2的CO₂捕獲率為90%、80%、70%及60%下的氣體處理總量(亦即，第一及第二氣流S1、S2的體積流量總和)和液體吸收劑中的CO₂負載。在實施方式3的模擬條件中，將初始液體吸收劑L1的CO₂負載設定為0.345，其他模擬條件則與實施方式1相同。得到液體吸收劑L3的CO₂負載後，利用商用Aspen Plus軟體模擬計算液體吸收劑再生所須的能源消耗(下文稱為「再生能耗」)。再生能耗的模擬條件為溫度120℃，壓力2大氣壓。第11-14圖繪示實施方式3和下述比較例1-7的裝置在不同CO₂捕獲率(90%、80%、70%及60%)下的氣體處理總量和再生能耗。下文中，將更詳細說明第11-14圖所示的結果。

【0036】 比較例1-7：

【0037】 第3-9圖依序繪示本發明比較例1-7之二氧化碳吸收裝置C1-C7的示意圖。在比較例1-7中，提供多種的旋轉填充床單元與固定床單元的組合方式及連接方式。比較例1-7與實施方式3是在相同的填充床體積的條件下進行模擬。更具體的說，在比較例1-7及實施方式3中，各裝置的填充床總體積為相同。此外，對於比較例1-7的旋轉填充床單元，使用上述「6槽串聯模型」模擬得到CO₂捕獲率和液體吸收劑的CO₂負載；對於固定床單元，利用商業化Aspen Plus軟體模擬得到CO₂捕獲率和液體吸收劑的CO₂負載。然後，利用Aspen Plus軟體模擬得到比較例1-7的液體吸收劑的再生能耗。

【0038】 在比較例1中，如第3圖所示，裝置C1僅包含單一個旋轉填充床單元R(2V)，但是旋轉填充床單元R(2V)的填充床體積是實施方式3中第一旋轉填充床單元R1(或第二旋轉填充床單元R2)之填充床體積的兩倍。所以，旋轉填充床單元R(2V)的填充床體積等於實施方式1中第一及第二旋轉填充床單元R1、R2之填充床體積總和。待吸收氣流S從氣體入口G1進入旋轉填充床單元R(2V)，然後從氣體出口G2離開旋轉填充床單元R(2V)。液體吸收劑L1從吸收劑入口A1進入旋轉填充床單元R(2V)，通過旋轉填充床單元R(2V)的液體吸收劑L2從吸收劑出口A2排出。其他的模擬條件與實施方式3相同。在上述條件下，模擬當CO₂捕獲率分別為90%、80%、70%及60%時的氣體處理總量、液體吸

收劑L2的CO₂負載以及液體吸收劑L2所須的再生能耗。

【0039】 在比較例2中，如第4圖所示，裝置C2僅包含單一固定床單元P(2V)，但是固定床單元P(2V)的填充床體積是實施方式3中第一旋轉填充床單元R1(或第二旋轉填充床單元R2)之填充床體積的兩倍。所以，固定床單元P(2V)的填充床體積等於實施方式3中第一及第二旋轉填充床單元R1、R2之填充床體積總和。待吸收氣流S從氣體入口G1進入固定床單元P(2V)，然後從氣體出口G2離開固定床單元P(2V)。液體吸收劑L1從吸收劑入口A1進入固定床單元P(2V)，通過固定床單元P(2V)的液體吸收劑L2從吸收劑出口A2排出。其他的模擬條件與實施方式3相同。在上述條件下，模擬當CO₂捕獲率分別為90%、80%、70%及60%時的氣體處理總量、液體吸收劑L2的CO₂負載以及液體吸收劑L2所須的再生能耗。

【0040】 在比較例3中，如第5圖所示，裝置C3包含旋轉填充床單元R以及固定床單元P。旋轉填充床單元R與實施方式3中第一旋轉填充床單元R1相同，固定床單元P的填充床體積與實施方式3中旋轉填充床單元R1(或R2)的填充床體積相同。旋轉填充床單元R配置以吸收第一氣流S1中的CO₂，固定床單元P配置以吸收第二氣流S2中的CO₂。第一氣流S1從氣體入口G1進入旋轉填充床單元R，然後從氣體出口G2輸出。第二氣流S2從氣體入口G3進入固定床單元P，然後從氣體出口G4輸出。液體吸收劑L1從吸收劑入口A1進入旋轉填充床單元R，然後從吸收劑出口A2離開旋轉

填充床單元R。通過旋轉填充床單元R的液體吸收劑L2從吸收劑入口A3進入固定床單元P，吸收CO₂後的液體吸收劑L3從吸收劑出口A4離開固定床單元P。其他的模擬條件與實施方式3相同。在上述條件下，模擬計算當CO₂捕獲率分別為90%、80%、70%及60%時的氣體處理總量、液體吸收劑L3的CO₂負載以及液體吸收劑L3所須的再生能耗。

【0041】 在比較例4中，如第6圖所示，裝置C4包含旋轉填充床單元R以及固定床單元P。比較例4的裝置C4類似於比較例3的裝置C3，不同之處在於，比較例4的液體吸收劑先通過固定床單元P，然後才通過旋轉填充床單元R。比較例4的其他模擬條件與比較例3相同。

【0042】 在比較例5中，如第7圖所示，裝置C5包含旋轉填充床單元R1和旋轉填充床單元R2。旋轉填充床單元R1和旋轉填充床單元R2各自處理第一氣流S1與第二氣流S，旋轉填充床單元R1和R2的構造及尺寸與實施方式3所述的相同。但是，液體吸收劑L平均地分流成兩股的液體吸收劑L1A和L2A，然後進入各自的旋轉填充床單元R1和R2，以吸收第一氣流S1及第二氣流S2中的CO₂。液體吸收劑L1A和L2A的體積流量總和等於實施方式3的液體吸收劑L1的體積流量。其他的模擬條件與實施方式3相同。在上述條件下，模擬計算當CO₂捕獲率分別為90%、80%、70%及60%時的氣體處理總量、液體吸收劑L1B和L2B的CO₂負載以及液體吸收劑L1B和L2B所須的再生消耗。

【0043】 在比較例6中，如第8圖所示，裝置C6包含固定

床單元P1和固定床單元P2。固定床單元P1及固定床單元P2各自處理第一氣流S1及第二氣流S，但是液體吸收劑是依序通過固定床單元P1及固定床單元P2。固定床單元P1(或P2)的填充床體積相同於實施方式3中旋轉填充床單元R1(或R2)的填充床體積。其他的模擬條件與實施方式3相同。在上述條件下，模擬計算當CO₂捕獲率分別為90%、80%、70%及60%時的氣體處理總量、液體吸收劑L3的CO₂負載以及液體吸收劑L3所須的再生消耗。

【0044】 在比較例7中，如第9圖所示，裝置C7包含固定床單元P1和固定床單元P2。固定床單元P1及固定床單元P2各自處理第一氣流S1及第二氣流S。液體吸收劑L平均地分流成兩股的液體吸收劑L1A和L2A，然後進入各自的固定床單元P1和P2，以吸收第一氣流S1及第二氣流S2中的CO₂。液體吸收劑L1A和L2A的體積流量總和等於實施方式3的液體吸收劑L1的體積流量。其他的模擬條件與實施方式3相同。在上述條件下，模擬計算當CO₂捕獲率分別為90%、80%、70%及60%時的氣體處理總量、液體吸收劑L1B和L2B的CO₂負載以及液體吸收劑L1B和L2B所須的再生消耗。

【0045】 第11圖繪示本發明實施方式3及比較例1-7各裝置在CO₂捕獲率為90%時的氣體處理總量以及液體吸收劑所須的再生消耗。第11圖中的長條圖表示氣體處理量，第11圖中的符號「■」表示再生消耗，第11圖中橫座標軸上方的數值為液體吸收劑的CO₂負載(rich loading)。在第

11圖中可發現，本發明的實施方式3具有最低的再生消耗，僅約5.32 GJ/ ton CO₂。另外，實施方式3的氣體處理量為約8.2 L/min，比較例5的氣體處理量為約9.2 L/min，雖然實施方式3的氣體處理量稍微低於比較例5，但是實施方式3的再生消耗卻是遠低於比較例5，而且實施方式3的氣體處理量仍然高於其他的比較例。第12-14圖繪示本發明實施方式3及比較例1-7在CO₂捕獲率為80%、70%及60%下的氣體處理總量以及液體吸收劑所須的再生消耗。在第14圖中，比較例2的模擬過程無法收斂，故欠缺模擬數值。在第12-14圖中，實施方式與比較例1-7的氣體處理量及再生消耗的趨勢類似於第11圖呈現的趨勢。

【0046】 本發明所屬技術領域中的技術人員陷入一個技術迷思，普遍認為從排放廢氣中有效率地移除CO₂是改善或緩和全球暖化現象的重要關鍵，因此認為CO₂捕獲率是最重要的考量因素。本發明的發明人研究發現，上述的CO₂捕獲率不應該是改善全球暖化現象的關鍵。具體的說，用來吸收CO₂的吸收劑必須再生，才能讓該製程方式符合對環境友善的要求。但是，再生吸收劑必須消耗額外的能源，為了供給吸收劑再生所須的能源，不可避免地伴隨產生CO₂。吸收劑的再生能耗愈大，產生的CO₂愈多。從整體效應來看，可能在甲地移除了廢氣中的CO₂，但是卻無法避免地在乙地產生CO₂以提供吸收劑再生所須的能源。有鑑於此，CO₂的整體移除效能必須將吸收劑的再生能耗一併納入考慮，才能得到客觀的結果。若僅只考慮CO₂的捕

獲率並不足以代表某一技術的優劣。另一方面，吸收劑的再生能耗也代表了整體裝置的操作成本，吸收劑的再生能耗愈大，操作成本也愈高。

【0047】 所以，在綜合考量吸收劑的再生消耗以及氣體處理量兩者的情況下，實施方式3才是較佳的方式，比較例5並非較佳的方式。

【0048】 另外，也發現一個重要的現象。本發明實施方式3與比較例1都是採用旋轉填充床單元來吸收CO₂，兩者的填充床體積相同，但是本發明實施方式3的氣體處理量以及再生消耗都優於比較例1。第15圖繪示實施方式3和比較例1在不同CO₂捕獲率下的CO₂捕獲量和再生消耗。當CO₂捕獲率為60-90%，實施方式3的再生消耗低於比較例1的數值，而且實施方式3的氣體處理量大於比較例1的數值。第15圖還呈現出另一個重要的現象，當CO₂捕獲率提高時，CO₂捕獲量反而會下降，這是因為欲達成較高的CO₂捕獲率，必須降低氣體處理量所致。此外，當CO₂捕獲率提高時，再生消耗也會提高。舉例而言，當CO₂捕獲率為60%時，不論是實施方式3或比較例1，都具有較高的CO₂捕獲量，同時也具有較低的再生消耗。第15圖的數據可以充分佐證，將二氧化碳吸收裝置設計或操作在相對較高的CO₂捕獲率下，並不是最佳的方式。

【0049】 比較例8：

【0050】 美國專利公開號 US 2013/0319235 揭露一種二氧化碳吸收裝置，其包含兩個旋轉填充床單元。第10圖

繪示根據該專利內容所建立的模型C8的示意圖。模型C8包含兩個旋轉填充床單元R1及R2。待處理氣流S1依序通過旋轉填充床單元R1和旋轉填充床單元R2，但是旋轉填充床單元R1及R2分別具有獨立的液體吸收劑供給管路。更詳細的說，待處理氣流S1從第一氣體入口11進入旋轉填充床單元R1，然後從第一氣體出口12離開旋轉填充床單元R1。通過旋轉填充床單元R1的氣流S2接著從第二氣體入口21進入旋轉填充床單元R2，再進行一次CO₂吸收程序。之後，經旋轉填充床單元R2處理過的氣流S3由從第二氣體出口22排出。另一方面，液體吸收劑L1A從第一吸收劑入口13進入旋轉填充床單元R1，吸收CO₂後的液體吸收劑L1B從第一吸收劑出口14離開旋轉填充床單元R1。類似地，液體吸收劑L2A從第二吸收劑入口23進入旋轉填充床單元R2，吸收CO₂後的液體吸收劑L2B從第二吸收劑出口24離開旋轉填充床單元R2。

【0051】 利用上述「6槽串聯模型」模擬計算模型C8在CO₂捕獲率為90%(相較於帶處理氣流S1)條件下的氣體處理總量以及液體吸收劑L1B及L2B的CO₂負載，並利用上述Aspen Plus軟體模擬計算液體吸收劑L1B及L2B所須的再生能耗。其他的模擬條件與實施方式3相同，比較例8的模擬結果彙整在以下表三中，實施方式3的模擬結果整理在以下表四中。

【0052】 表三

| | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| | 美國專利公開號(模型 C8) US 2013/0319235 |
| R1 進料液體吸收劑 L1A 的 CO ₂ 負載 | 0.345 |

| | |
|--|-------|
| (mol CO ₂ / mol MEA) | |
| R2 進料液體吸收劑 L2A 的 CO ₂ 負載 (mol CO ₂ / mol MEA) | 0.345 |
| R1 液體吸收劑流量(mL/min) | 50 |
| R2 液體吸收劑流量(mL/min) | 50 |
| 液體吸收劑 L1B 的 CO ₂ 負載 (mol CO ₂ / mol MEA) | 0.422 |
| 液體吸收劑 L2B 的 CO ₂ 負載 | 0.372 |
| 再生能耗 (GJ/ton CO ₂) | 7.9 |
| 氣體處理量 (L/min) | 10 |
| CO ₂ 捕獲量 (L/min) | 0.91 |

【0053】 表四

| | |
|--|--------|
| | 實施方式 3 |
| 液體吸收劑 L1 的 CO ₂ 負載 (mol CO ₂ / mol MEA) | 0.345 |
| 液體吸收劑 L1 流量 (mL/min) | 50 |
| 液體吸收劑 L2 的 CO ₂ 負載 (mol CO ₂ / mol MEA) | 0.392 |
| 液體吸收劑 L3 的 CO ₂ 負載 (mol CO ₂ / mol MEA) | 0.430 |
| 第一氣流 S1 流量 (L/min) | 4.6 |
| 第二氣流 S2 流量 (L/min) | 3.6 |
| 再生能耗 (GJ/ton CO ₂) | 5.32 |
| 氣體處理量(S1+S2) (L/min) | 8.2 |
| CO ₂ 捕獲量 (L/min) | 0.74 |

【0054】 從表三及表四的結果可知，模型 C8 的氣體處理量及 CO₂ 捕獲量分別為 10 L/min 和 0.91 L/min，本發明的實施方式 3 的氣體處理量及 CO₂ 捕獲量分別為 8.2 L/min 和

0.74 L/min。模型C8的再生能耗為7.9 GJ/ton CO₂，本發明的實施方式3的再生能耗5.32 GJ/ton CO₂。雖然模型C8的氣體處理量及CO₂捕獲量比本發明的實施方式3高出約22%，但是模型C8的再生能耗也比本發明實施方式3高出約48%。在綜合考慮吸收劑的再生消耗以及氣體處理量的情況下，本發明的實施方式3還是優於上述美國專利的裝置。

【0055】 雖然實施方式1-3中的第一及第二旋轉填充床單元R1、R2的體積為相同，但本發明不限於此。在其他的實施方式中，第一及第二旋轉填充床單元R1、R2的填充床體積可以不同，端視需求而調整。

【0056】 另外，根據本發明的其他實施方式，裝置E1可以包含三個以上的旋轉填充床單元，如第16圖所示。裝置E1包含旋轉填充床單元R1、旋轉填充床單元R2、以及旋轉填充床單元R3。旋轉填充床單元R1、R2、R3分別處理第一氣流S1、第二氣流S2及第三氣流S3。液體吸收劑L串接式地通過第一、第二及第三旋轉填充床單元R1、R2、R3，以吸收第一氣流S1、第二氣流S2及第三氣流S3中的二氧化碳。

【0057】 第17圖繪示本發明某些實施方式之吸收氣體中某一成分氣體之裝置100的示意圖。裝置100包含前述的裝置E1以及再生單元130。再生單元130用以移除液體吸收劑中至少一部分的二氧化碳，而得到再生的液體吸收劑。再生單元130具有吸收劑入口133以及吸收劑出口134，吸收劑入口133經由管路系統133a連接至第二旋轉填充床單

元R2的第二吸收劑出口24，用以將通過第二旋轉填充床單元R2的液體吸收劑輸送至再生單元130。再生的液體吸收劑從吸收劑出口134經由管路系統134a輸送至第一旋轉填充床單元R1的第一吸收劑入口13。在一實施方式中，再生單元130可例如為氣提塔(stripper)或另一個旋轉填充床單元，用以將液體吸收劑中至少一部分的二氧化碳轉變為氣態的二氧化碳，而得到回收的二氧化碳氣體。在此實施方式中，再生單元130還包含氣體出口132，用以輸出二氧化碳氣體。

【0058】 在某些實施方式中，裝置100更包含純化單元140，純化單元140經由管路系統140a連接再生單元130的氣體出口132，純化單元140用以純化回收的二氧化碳氣體。在某些實施方式中，回收的二氧化碳氣體中含有少量的吸收劑和水，因此純化單元140可包含吸收劑移除單元142和乾燥單元146。吸收劑移除單元142連接再生單元130的氣體出口132，從再生單元130輸送而來的二氧化碳氣體依序通過吸收劑移除單元142和乾燥單元146。吸收劑移除單元142可例如為水洗塔，其中利用水吸收二氧化碳氣體中殘存的吸收劑。然後，乾燥單元146移除二氧化碳氣體中殘存的水，因此得到高純度的二氧化碳，並將所得之高純度二氧化碳輸送至一管路系統148。

【0059】 在數個實施方式中，裝置100更包含氣體分配單元150，其連接第一旋轉填充床單元R1的第一氣體入口11以及第二旋轉填充床單元R2的第二氣體入口21。氣體分

配單元150將管路系統156輸送而來的待處理氣體分流為第一氣流S1以及第二氣流S2。在一實施方式中，氣體分配單元150包含第一鼓風機152以及第二鼓風機154，藉由控制第一鼓風機152及第二鼓風機154可調整第一氣流S1及第二氣流S2的壓力以及體積流量。在另一實施方式中，第一氣體入口11以及第二氣體入口21連接相同的氣體供應源158，因此第一氣流S1之組成與第二氣流S2之組成相同。在其他實施方式中，第一氣體入口11以及第二氣體入口21可分別連接不同的氣體供應源，因此第一氣流S1之組成與第二氣流S2之組成並不相同。

【0060】 雖然本發明已以實施方式揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作各種之更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。

【符號說明】

【0061】

10 殼體

11 第一氣體入口

12 第一氣體出口

13 第一吸收劑入口

14 第一吸收劑出口

16 第一填充床

16a 外側

16b 內側

- 17 驅動裝置
- 18 分散器
- 20 殼體
- 21 第二氣體入口
- 22 第二氣體出口
- 23 第二吸收劑入口
- 24 第二吸收劑出口
- 30 管路
- 31 第一管路
- 32 第二管路
- 100 吸收氣體中某一成分氣體之裝置
- 130 再生單元
- 132 第三氣體出口
- 133 第三吸收劑入口
- 133a 管路系統
- 134 第三吸收劑出口
- 134a 管路系統
- 140 純化單元
- 140a 管路系統
- 142 吸收劑移除單元
- 146 乾燥單元
- 148 管路系統
- 150 氣體分配單元
- 152 第一鼓風機
- 154 第二鼓風機

156 管路系統

158 氣體供應源

A1、A2、A3、A4 吸收劑入口

C1、C2、C3、C4、C5、C6、C7 裝置

C8 模型

D_o 旋轉填充床外徑

D_i 內徑

E1 裝置

G1、G2、G3、G4 氣體入口

H 高度

L、L1、L2、L3 液體吸收劑

L1A、L1B、L2A、L2B 液體吸收劑

P、P(2V)、P1、P2 固定床單元

R、R(2V)、R1、R2、R3 旋轉填充床單元

R1 第一旋轉填充床單元

R2 第二旋轉填充床單元

S 氣流

S1 第一氣流

S2 第二氣流

S3 第三氣流

【發明申請專利範圍】

【第 1 項】一種吸收氣體中一成分之裝置，包含：

一第一旋轉填充床單元，包含一第一填充床、一第一氣體入口、一第一氣體出口、一第一吸收劑入口以及一第一吸收劑出口，其中該第一氣體入口、該第一填充床以及該第一氣體出口配置以讓含有該成分之一第一氣流從該第一氣體入口經由該第一填充床輸送至該第一氣體出口，且該第一吸收劑入口、該第一填充床及該第一吸收劑出口配置以讓一吸收劑從該第一吸收劑入口經由該第一填充床輸送至該第一吸收劑出口；以及

一第二旋轉填充床單元，包含一第二填充床、一第二氣體入口、一第二氣體出口、一第二吸收劑入口以及一第二吸收劑出口，其中該第二氣體入口、該第二填充床以及該第二氣體出口配置以讓含有該成分之一第二氣流從該第二氣體入口經由該第二填充床輸送至該第二氣體出口，其中該第二旋轉填充床單元的第二吸收劑入口連接該第一旋轉填充床單元的該第一吸收劑出口，用以將通過該第一旋轉填充床單元的該吸收劑輸送到第二旋轉填充床單元的該第二吸收劑入口。

【第 2 項】如請求項 1 所述之裝置，更包含一第一管路以及一第二管路，分別連接該第一氣體入口及該第二氣體入口，用以輸送該第一氣流及該第二氣流進入該第一旋轉填充床單元及該第二旋轉填充床單元，其中該第一管路不連接該第二氣體出口，且該第二管路不連接該第一氣體

出口。

【第 3 項】請求項 1 所述之裝置，更包含一第三管路，直接連接該第二吸收劑入口和該第一吸收劑出口。

【第 4 項】如請求項 1 所述之裝置，更包含一氣體分配單元，連接該第一氣體入口以及該第二氣體入口，該氣體分配單元用以將含有該成分之一氣體分流為該第一氣流以及該第二氣流。

【第 5 項】如請求項 4 所述之裝置，其中該第一氣體入口以及該第二氣體入口連接同一氣體供應源。

【第 6 項】如請求項 4 所述之裝置，其中該第一氣體入口以及該第二氣體入口分別連接不同的氣體供應源。

【第 7 項】如請求項 1 所述之裝置，更包含一再生單元，用以移除該吸收劑中至少一部分的該成分，而得到一再生吸收劑，其中該再生單元具有一第三吸收劑入口以及一第三吸收劑出口，該第三吸收劑入口連接該第二吸收劑出口，且該第三吸收劑出口連接該第一旋轉填充床單元的該第一吸收劑入口，其中該再生吸收劑經由該第三吸收劑出口輸送至該第一吸收劑入口。

【第 8 項】如請求項 7 所述之裝置，其中該再生單元

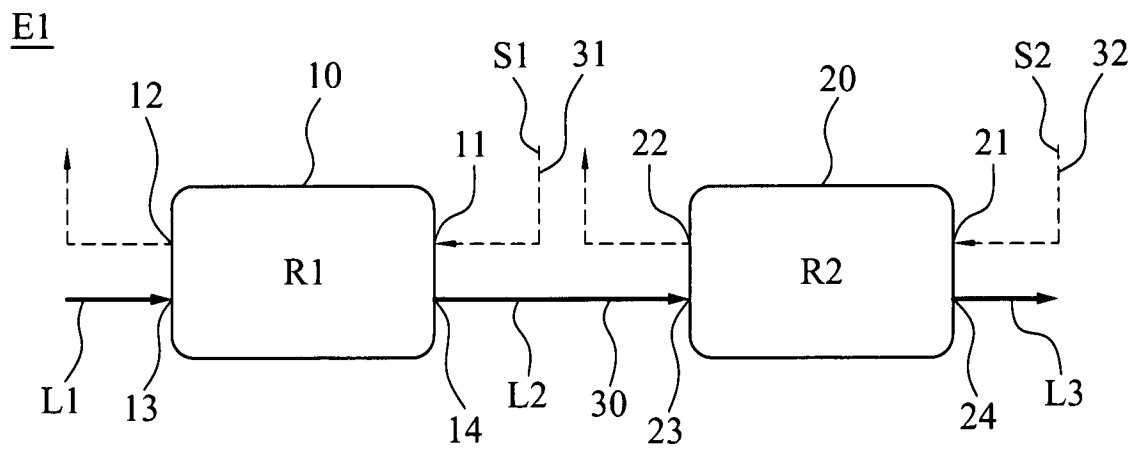
包含一氣提塔或一第三旋轉填充床單元。

【第 9 項】如請求項 7 所述之裝置，其中該再生單元還具有一第三氣體出口，用以輸出從該吸收劑移除之該部分的該成分。

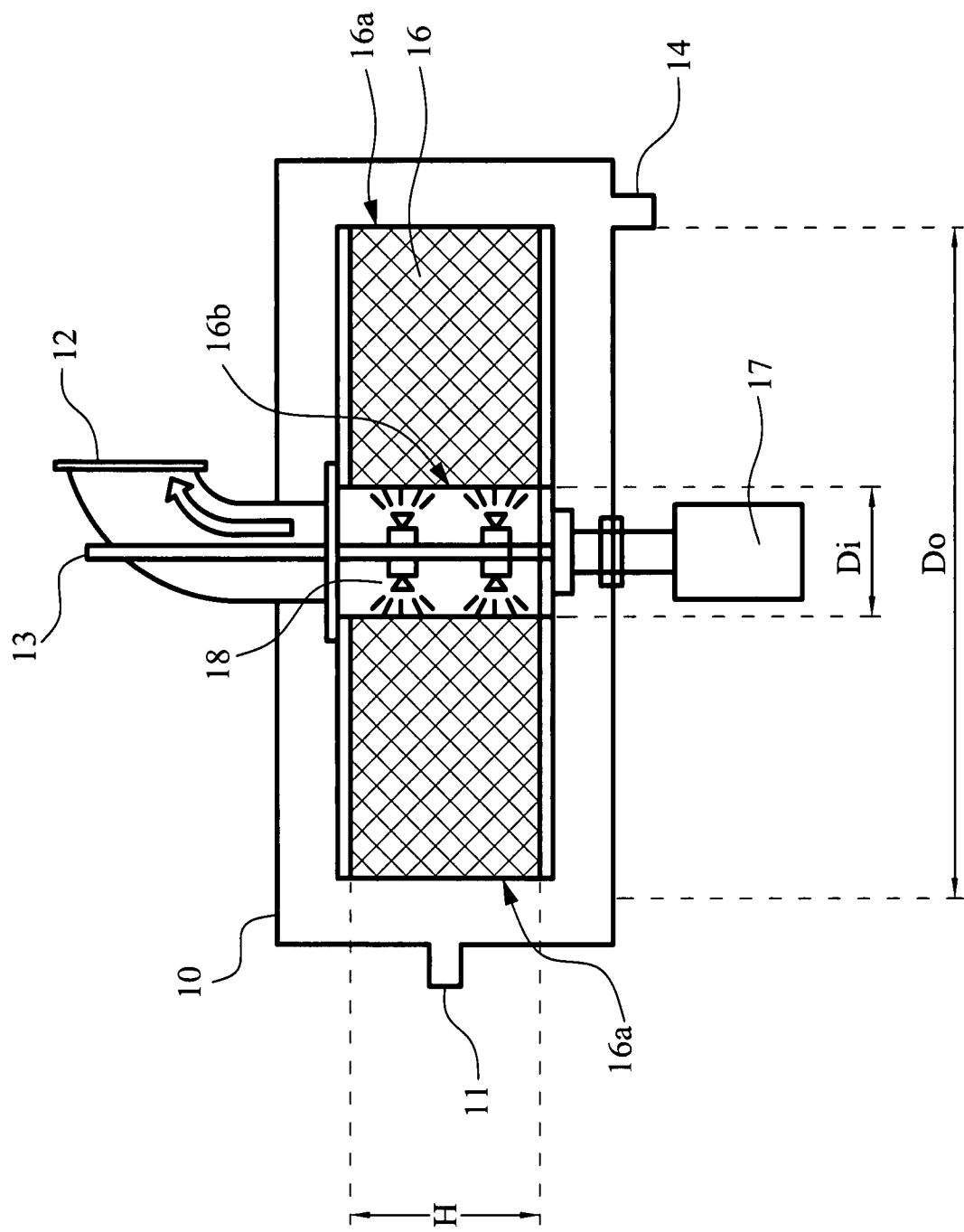
【第 10 項】 如請求項 9 所述之裝置，更包含：
一純化單元，連接該第三氣體出口，用以純化從該再生單元輸送而來之該部分的該成分。

【第 11 項】 如請求項 1 所述之裝置，其中該第一氣體出口及該第二氣體出口直接與環境中的大氣連通，以允許經過該第一旋轉填充床單元及該第二旋轉填充床單元處理之該第一氣流及該第二氣流排放到環境中的大氣。

圖式



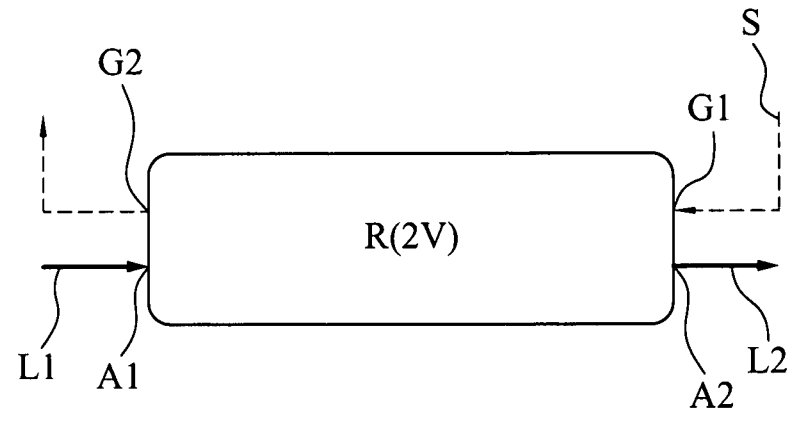
第 1 圖



R1

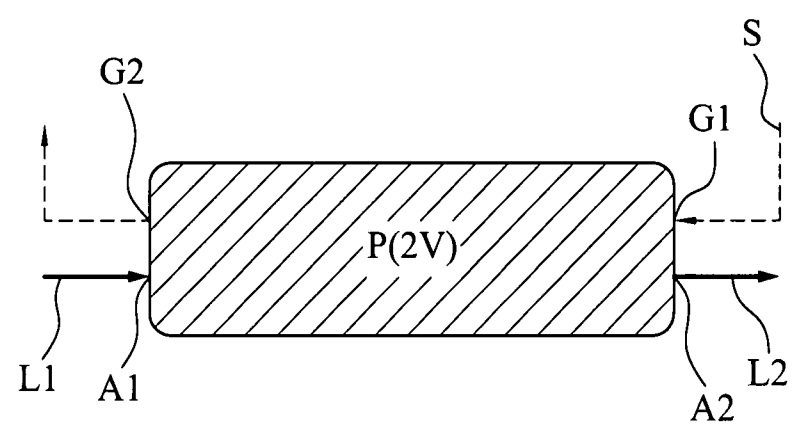
第 2 圖

C1

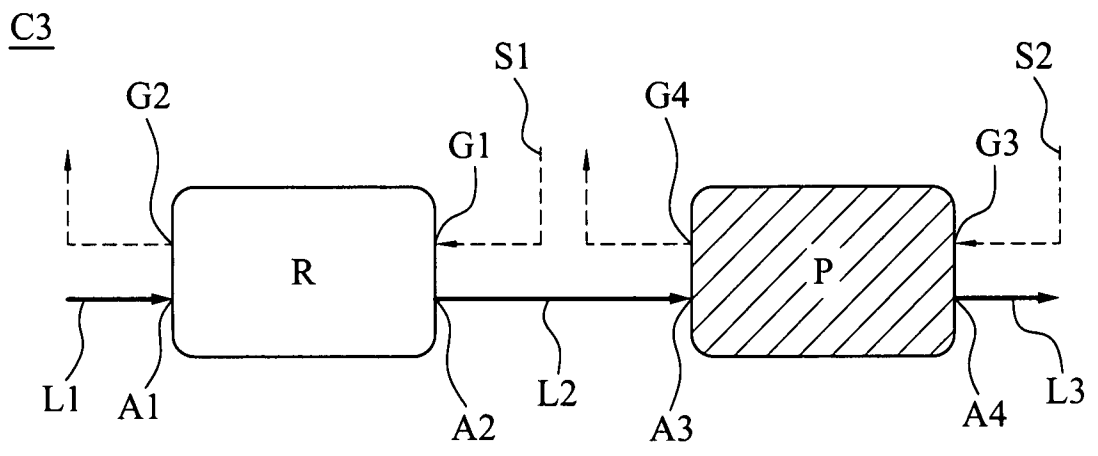


第 3 圖

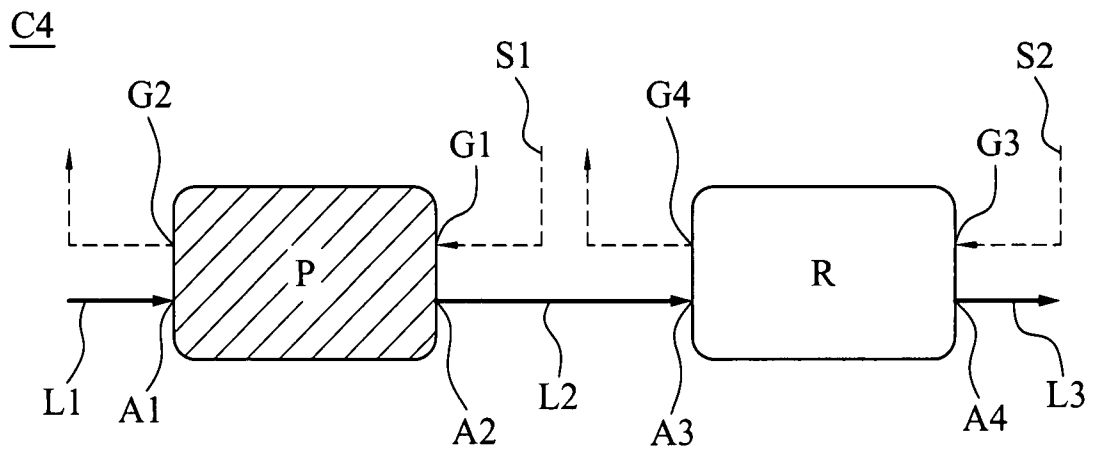
C2



第 4 圖

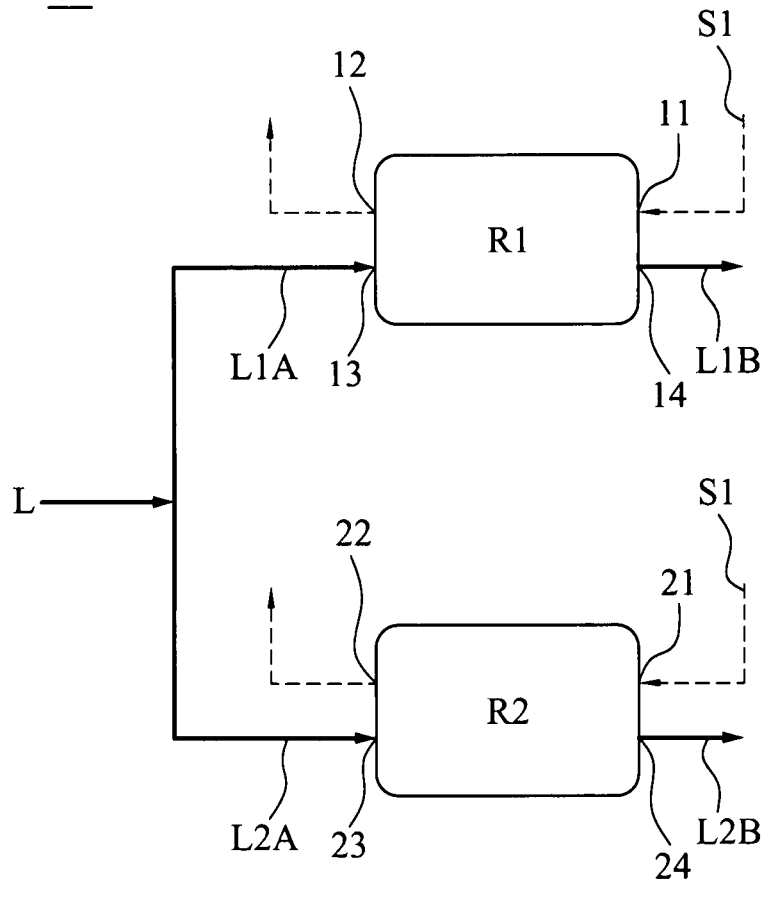


第 5 圖



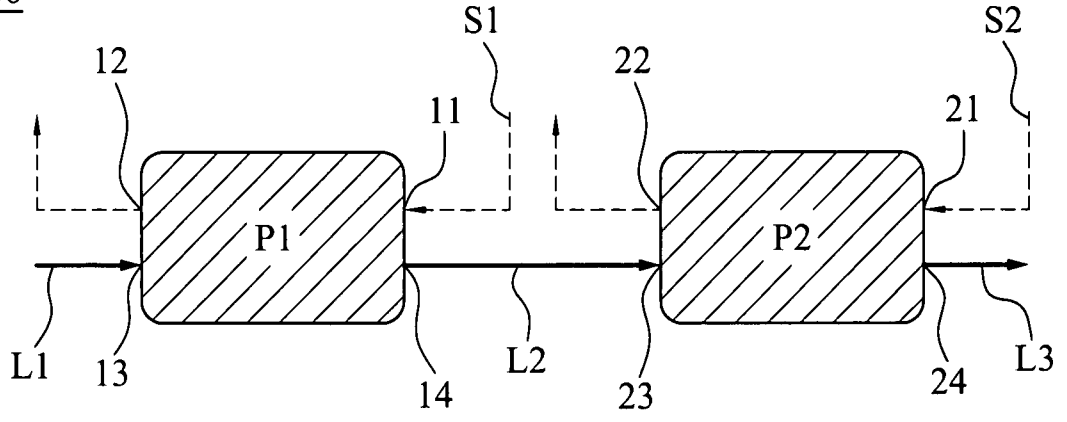
第 6 圖

C5



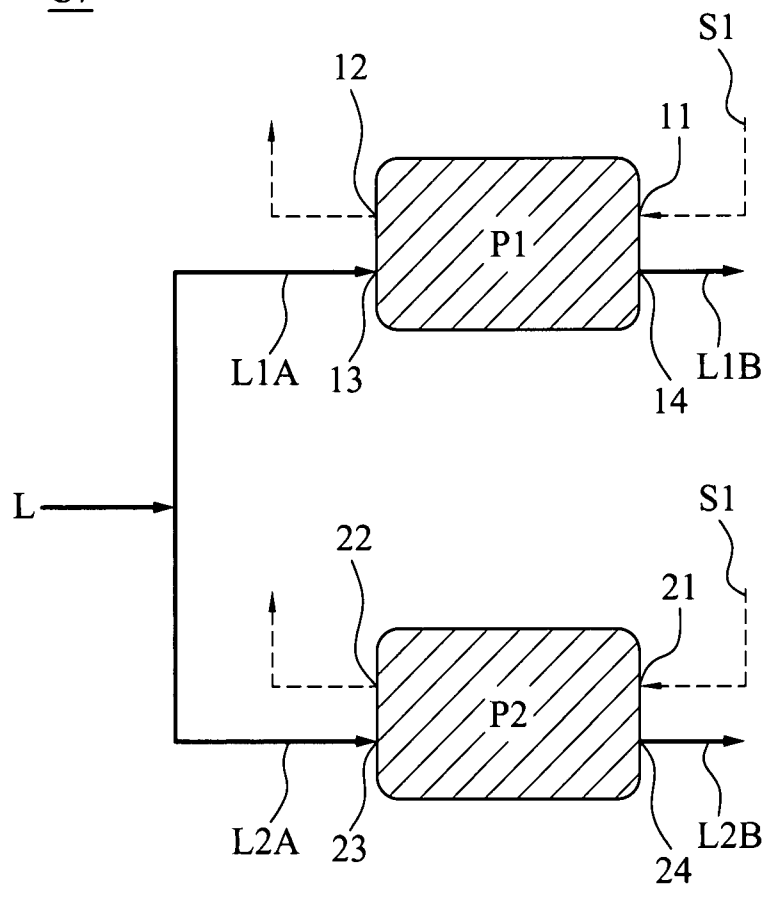
第 7 圖

C6



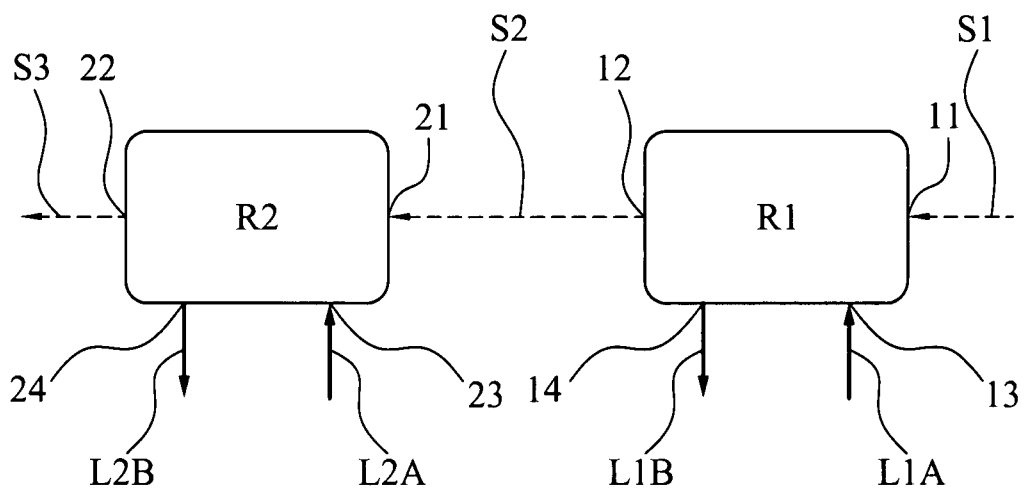
第 8 圖

C7

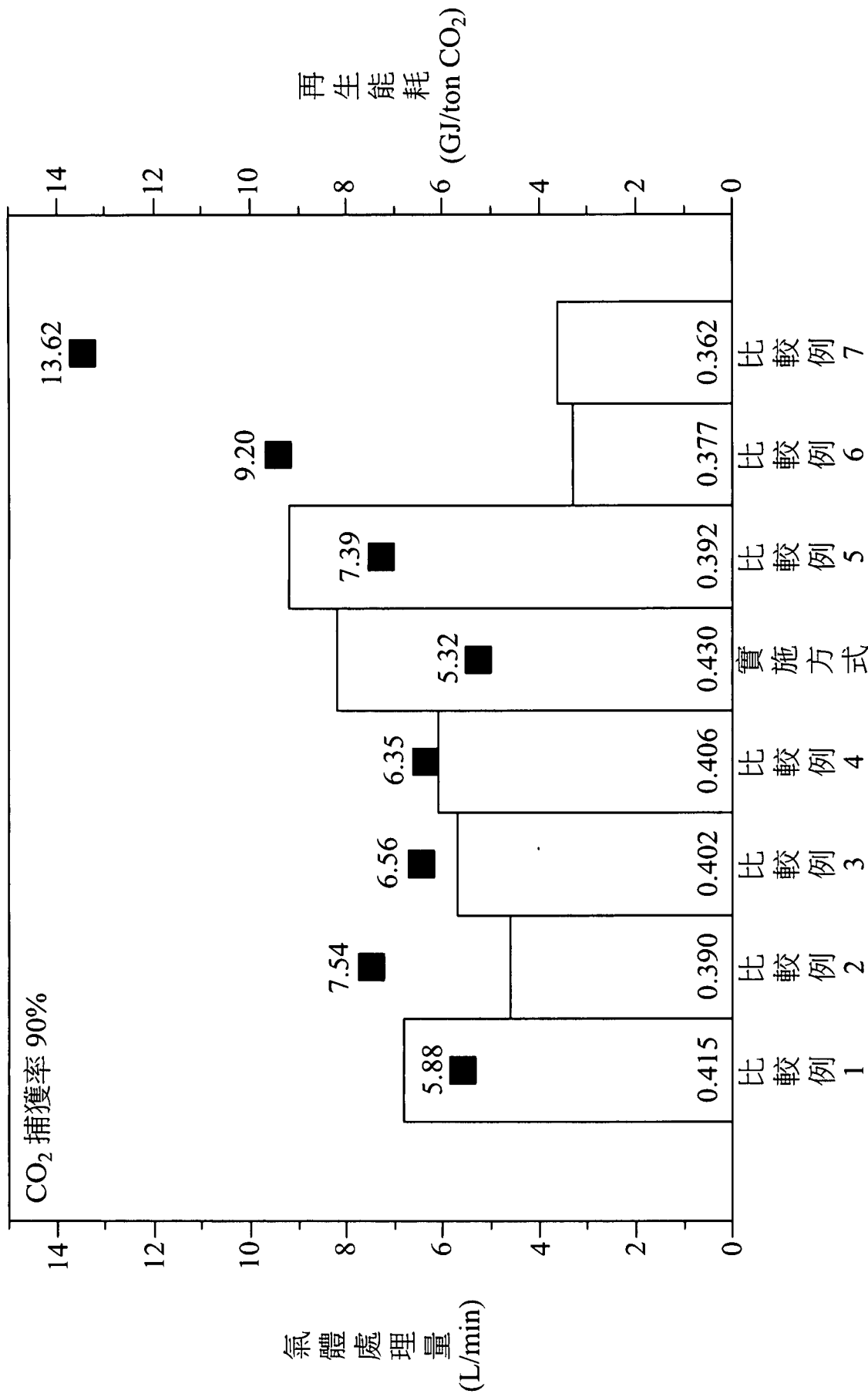


第 9 圖

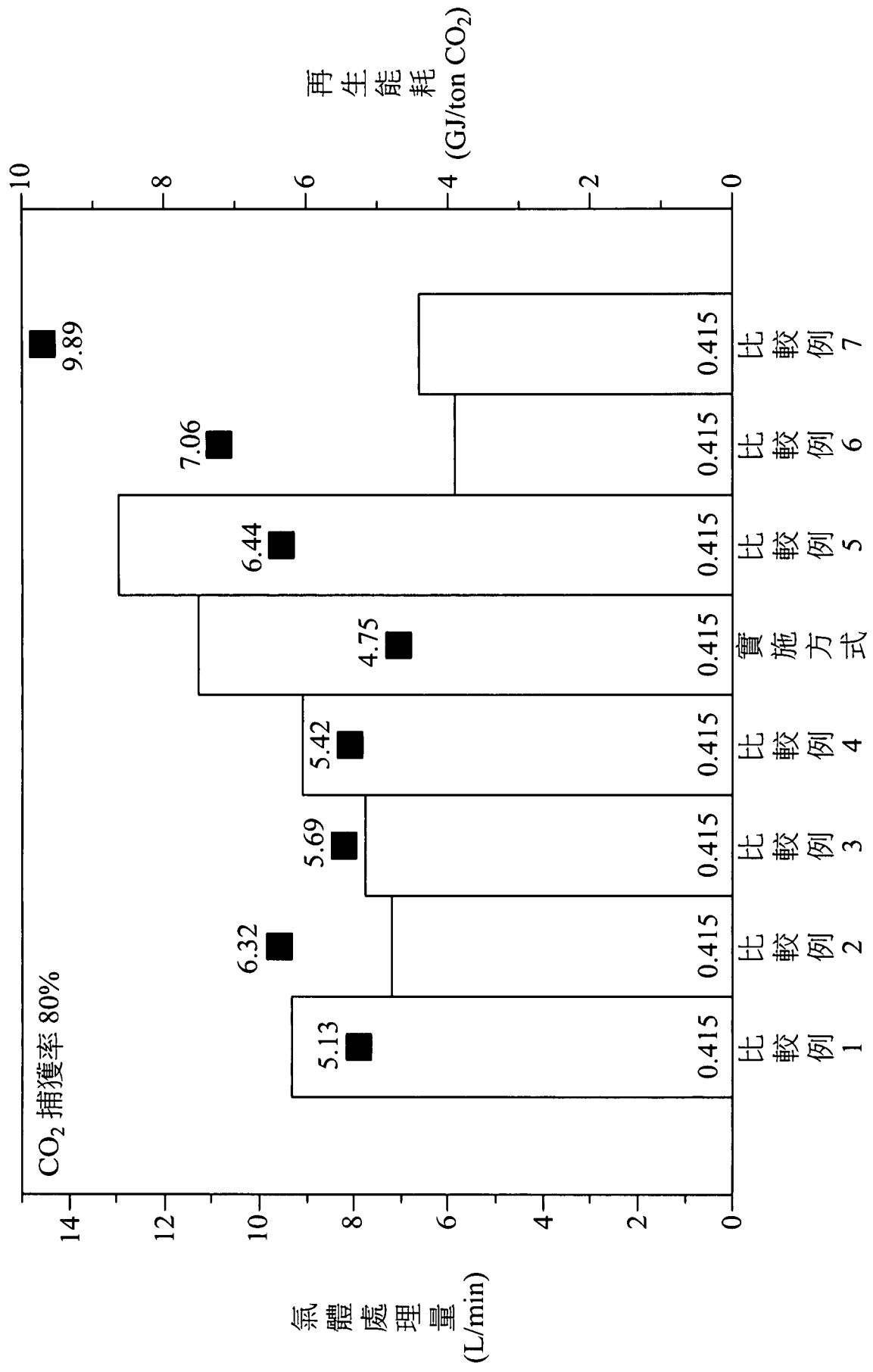
C8



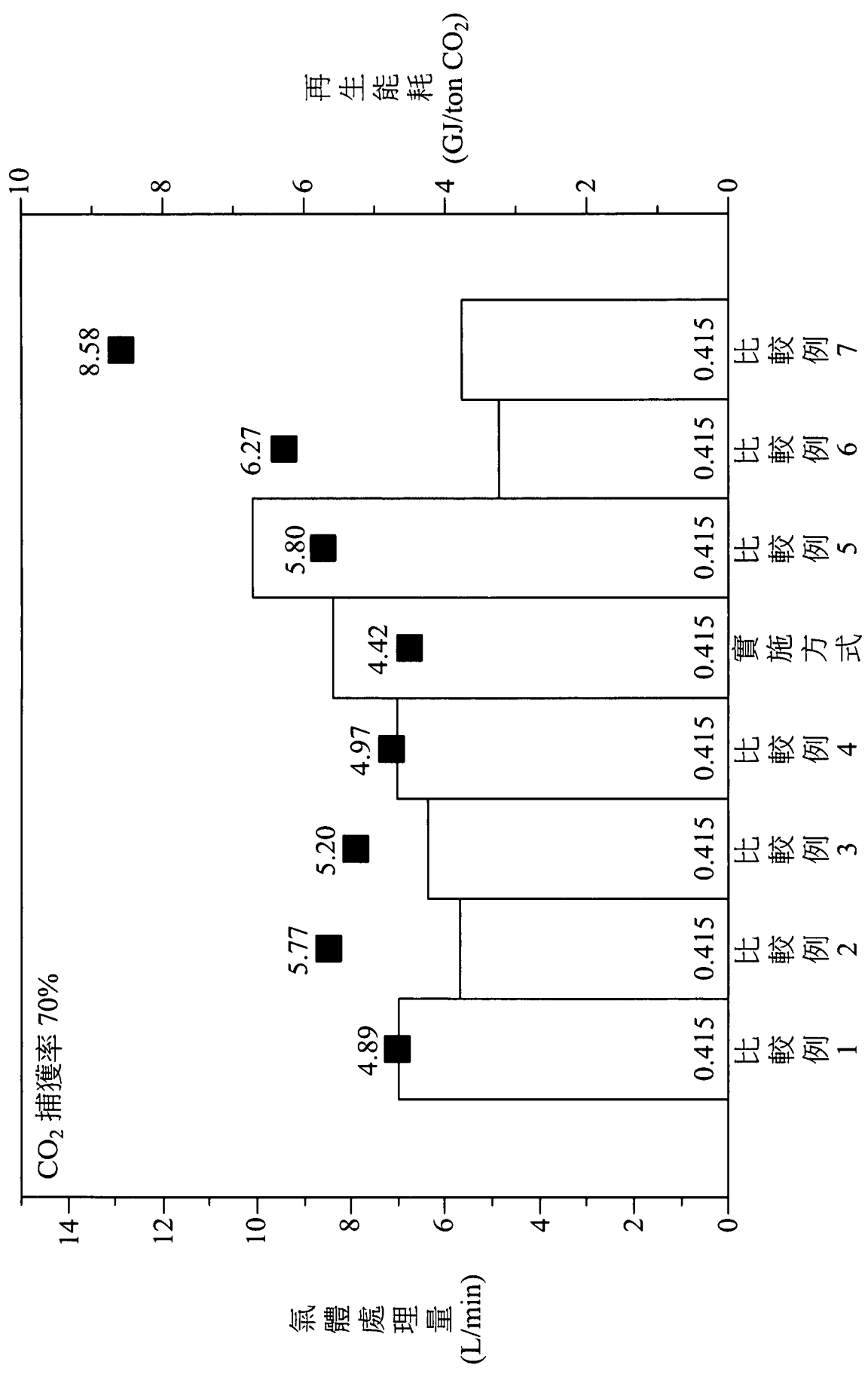
第 10 圖



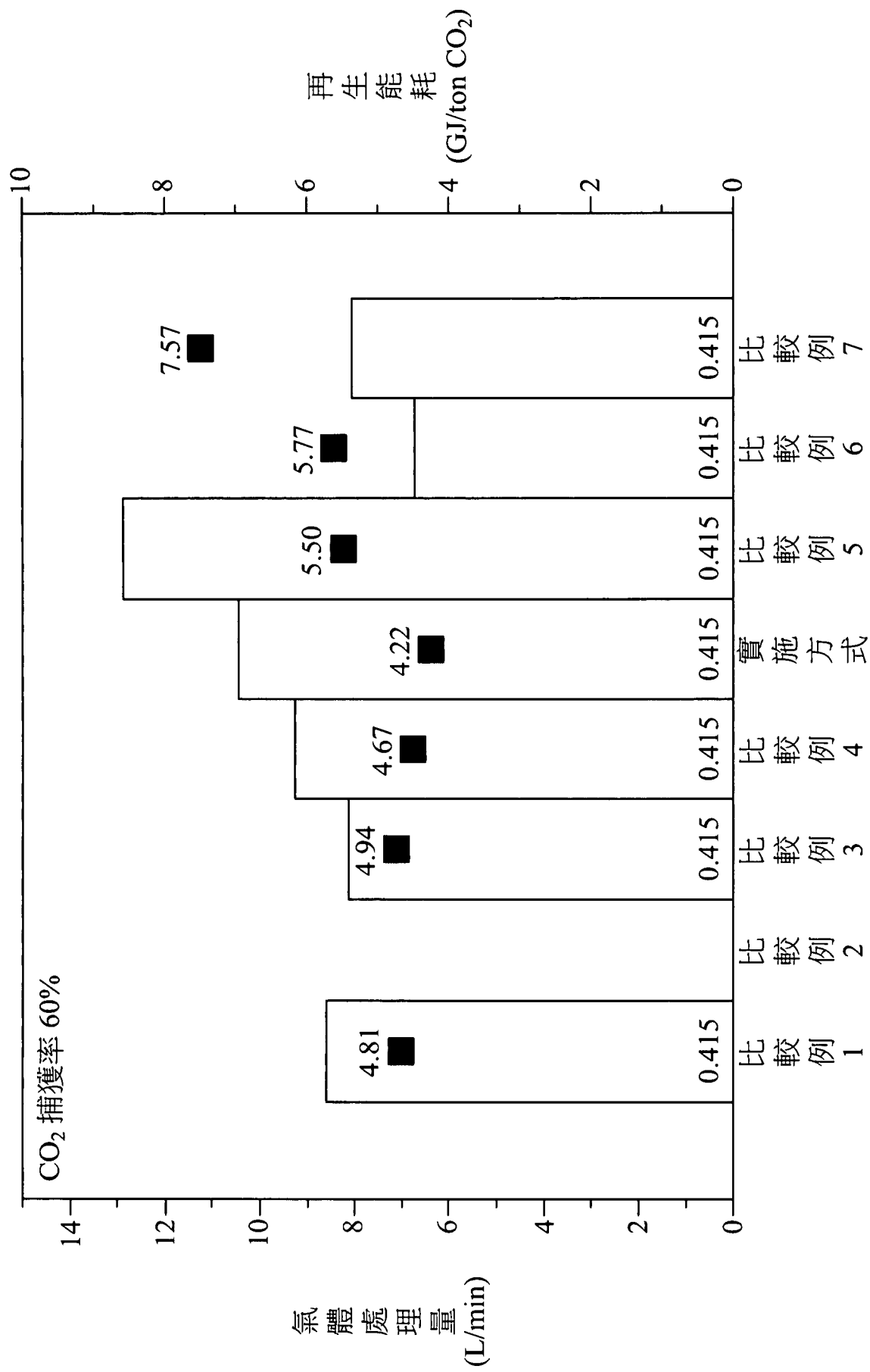
第 11 圖



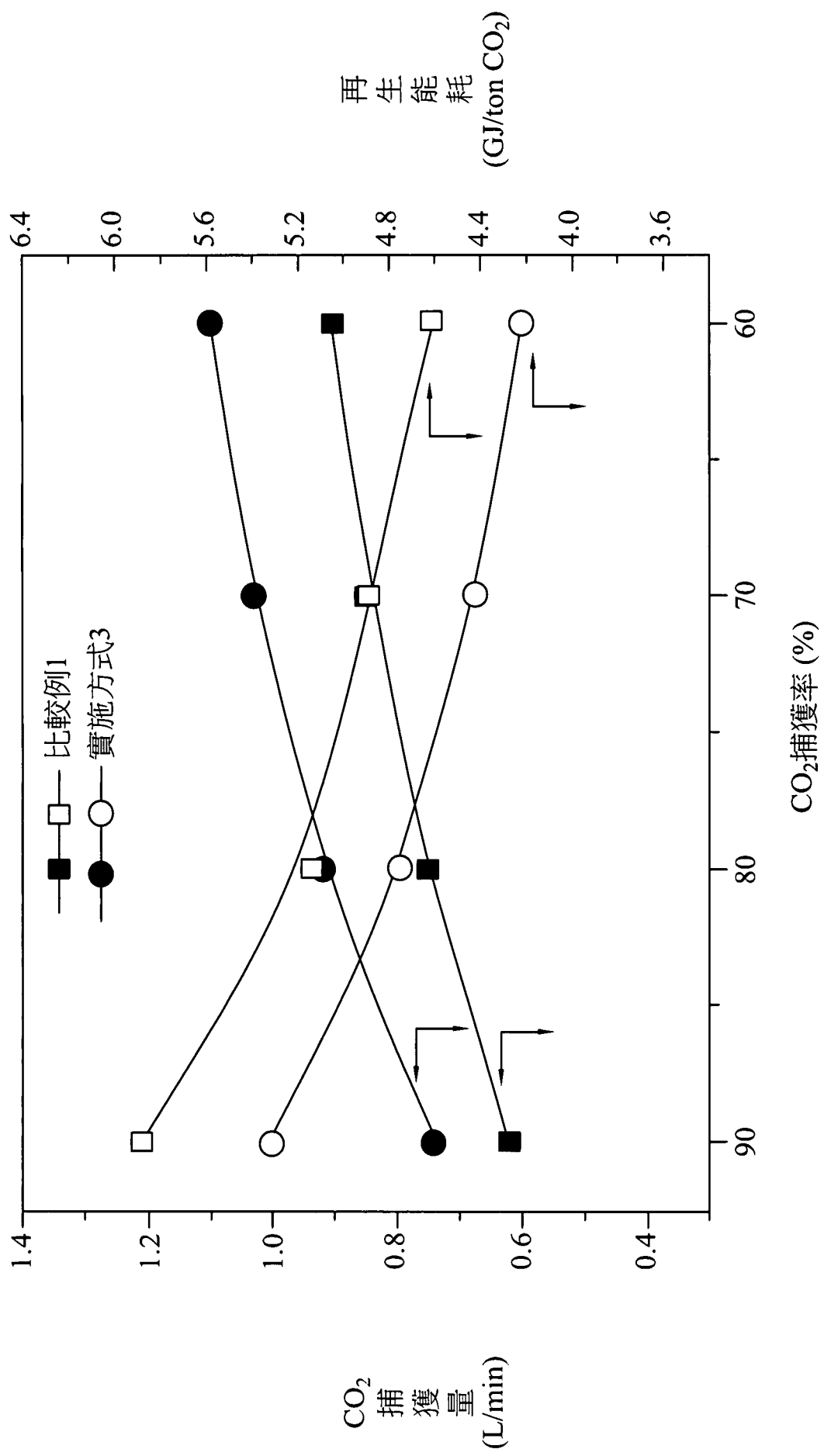
第12圖



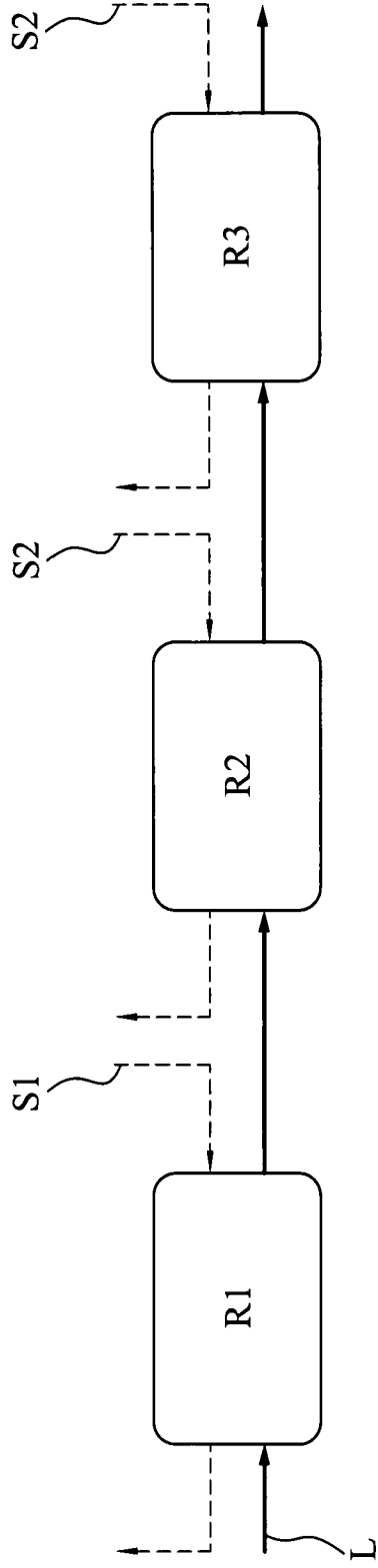
第 13 圖



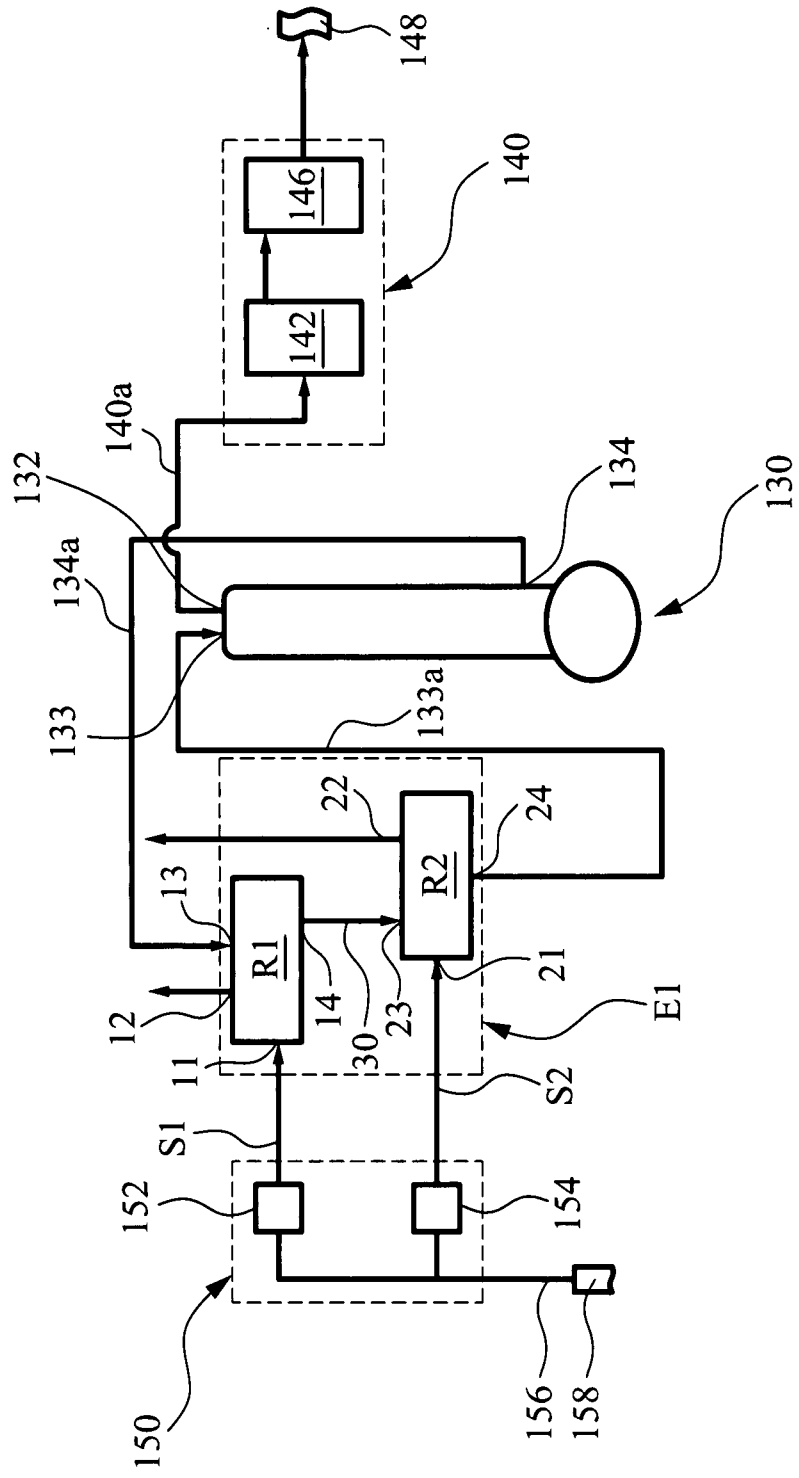
第 14 圖



第 15 圖



第 16 圖



第17圖