

448282

申請日期：89.10.9


案號：

89121124

類別：F25J.1/02

(以上各欄由本局填註)

發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	單一混合致冷劑的氣體液化流程
	英文	Single Mixed Refrigerant Gas Liquefaction Process
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 馬克·朱利安·羅勃茲 2. 拉凱許·阿格瓦 3. 塔馬拉·林·都德堤
	姓名 (英文)	1. Mark Julian Roberts 2. Rakesh Agrawal 3. Tamara Lynn Daugherty
	國籍	1. 美國 2. 印度 3. 美國
	住、居所	1. 美國賓州肯卜敦市肯納利士道8866號 2. 美國賓州依茅斯新共榮大道4312號 3. 美國賓州艾倫鎮馬瑞巷5518號
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 氣體產品及化學品股份公司
	姓名 (名稱) (英文)	1. Air Products and Chemicals, Inc.
	國籍	1. 美國
	住、居所 (事務所)	1. 美國賓州艾倫鎮漢彌爾頓大道7201號
	代表人 姓名 (中文)	1. 威廉·F·馬許
代表人 姓名 (英文)	1. Air Products and Chemicals, Inc.	
		

本案已向

國(地區)申請專利

美國 US

申請日期

1999/10/12 09/415636

案號

主張優先權

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



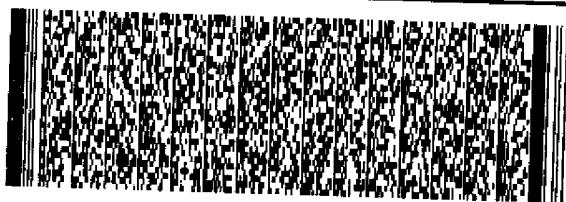
五、發明說明 (1)

發明背景

液化天然氣 (LNG) 的生產是通過一個循環致冷系統所提供的多個致冷劑流對進氣流的冷卻和冷凝達到的。天然氣進氣的冷卻是通過各種冷卻流程的循環完成的，例如大家所熟知的級聯循環，在這級聯循環中致冷是由三個不同的致冷劑回路提供的。一個這樣的級聯循環依次採用甲烷、乙烷和丙烷循環來產生三個不同溫度水平的致冷。另一個熟知的致冷循環採用丙烷預冷的，混合致冷劑循環，其中多成分的致冷劑混合物產生一個選定溫度範圍的致冷。混合致冷劑可包含一些碳氫化合物，如甲烷、乙烷、丙烷及其他輕的碳氧化合物，也可以包含氮。這類高效致冷系統被用於世界上的許多LNG設備中。

帶有或不帶有丙烷預冷的單或雙混合致冷劑循環一直被用於天然氣的液化。單混合致冷劑循環使混合致冷劑在一個或兩個不同壓力水平上汽化以便提供所需溫度範圍的致冷。

美國專利4,251,247公開了單混合致冷劑系統，其中致冷劑在兩個壓力上汽化。在壓縮機級間冷卻和/或在最後壓縮級冷卻至接近環境溫度之後壓縮的單一混合致冷劑流提供液體部分和蒸氣部分。蒸氣部分的致冷被用於提供天然氣從環境溫度至 -55°C 附近的或部分或全部冷卻。液體部分的致冷被用於在恢復冷卻的蒸氣部分產生致冷之前冷卻蒸氣部分。在本專利的圖4中，天然氣首先被匯合流產生的致冷從環境溫度冷卻至一個中間溫度，匯合流由全部



五、發明說明 (2)

液體部分和蒸氣部分的一部分匯合而成。在本專利的圖5中，利用的液體部分的一部分的致冷將天然氣從環境溫度冷卻至 20°C ，並且為了去除水，在吸附單元（脫水單元）中對天然氣進行處理。為了避免形成甲烷水合物，在吸附單元之前不要將天然氣冷卻到低於 20°C 以下很多的溫度。為了使天然氣從 37°C 冷卻至 20°C ，一部分液體致冷劑通過與天然氣的熱交換而部分汽化，並被帶回到位於壓縮機級間的分離器。但是從吸附單元流出的天然氣被單一混合致冷劑流的蒸氣部分產生的致冷從 20°C 冷卻至 -54°C 。

美國專利3,747,359敘述了一種單一混合致冷劑系統，其中致冷劑可在兩個壓力下沸騰。低壓混合致冷劑在熱的狀態下被壓縮，即它在與熱的天然氣進氣和高壓混合致冷劑進氣進行熱交換之後進入壓縮機。中壓混合致冷劑是在環境溫度以下冷卻之後而不是在環境冷卻之後獲得的。並且在環境溫度上不發生混合致冷劑的分離。

美國專利4,325,231公開了一種單一混合致冷劑系統，其中致冷劑在兩個壓力下汽化。在環境冷卻之後冷凝的高壓液體被過冷卻並在低壓下被汽化，而在環境冷卻之後留下的高壓蒸氣被進一步冷卻，從而產生第二液體流和第二蒸氣流。第二蒸氣流被液化、被冷卻並在低壓下被汽化，而第二液體流被過冷卻並在低壓和中壓下被汽化。環境溫度的高壓液體和高壓蒸氣流在分開的並列熱交換器中被冷卻。所有汽化的混合致冷劑流在壓縮之前被加熱到接近環境的溫度。



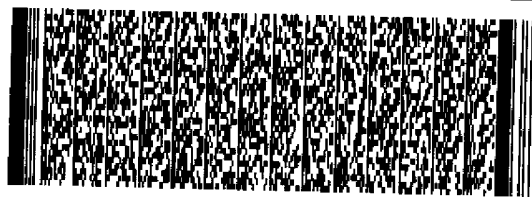
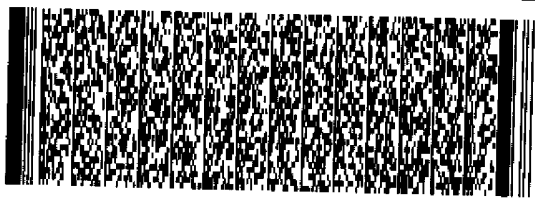
五、發明說明 (3)

美國專利5,657,643公開了一種單一混合致冷劑系統，其中致冷劑在一個壓力下沸騰。混合致冷劑受到兩級壓縮，並在中間冷卻器之後產生液體冷凝物，液體冷凝物被泵汲送並與最後壓縮級的排出物混合。在多流單一熱交換器中進行進氣和混合致冷劑的冷卻。

提高氣體液化的效率是人們的熱切願望並且是氣體液化技術發展新循環的主要目的。正如下面的敘述和下面申請專利範圍所確定的那樣，本發明的目的包括對採用單一混合致冷劑液化流程的一些改進。這些改進包括在降低的壓縮機入口溫度下壓縮汽化的致冷劑和在環境溫度下產生級間液體致冷劑流，這些改進可以有效地用在致冷循環中。

發明概述

本發明是一種氣體液化的方法，它包括通過與一個或一個以上汽化液體混合致冷劑流的間接熱交換在第一冷卻區對基本不含水的進氣進行冷卻，並從第一冷卻區抽出中間冷卻的進氣和第一汽化的混合致冷劑。通過與一個或一個以上汽化液體混合致冷劑流的間接熱交換在第二冷卻區對中間冷卻的進氣進行進一步冷卻，並從第二冷卻區抽出液化氣和第二汽化的混合致冷劑。壓縮並冷卻第一汽化的混合致冷劑和第二汽化的混合致冷劑，以便產生一個或一個以上的液體混合致冷劑流，其中冷卻是通過把熱轉移到環境熱沉的方法實現的環境冷卻。在第一冷卻區用來冷卻



五、發明說明 (4)

進氣的一個或一個以上的汽化液體混合致冷劑流完全來自由環境冷卻所獲得的一個或一個以上液體致冷劑流。

最好通過從天然氣的進氣流中去除水來提供基本不含水的進氣。

在循環致冷流程中可以提供第一和第二冷卻區的汽化液體混合致冷劑流，該循環致冷流程包括以下步驟：

(a) 把第二汽化的混合致冷劑壓縮到第一壓力水平，以便產生壓縮的第二混合致冷劑；

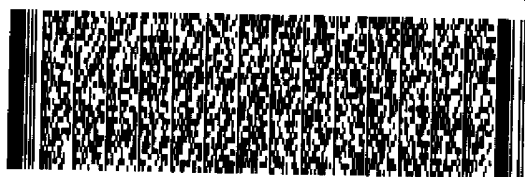
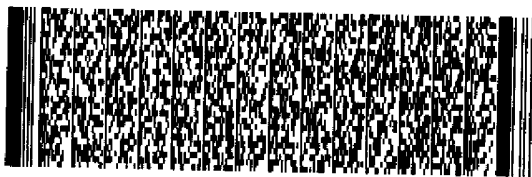
(b) 使壓縮的第二混合致冷劑與第一汽化的混合致冷劑匯合並壓縮所得到的匯合致冷劑流，以便產生壓縮的混合致冷劑流；

(c) 通過環境冷卻來冷卻並部分冷凝壓縮的混合致冷劑流，以便產生混合的致冷劑蒸氣和混合的致冷劑液體；

(d) 過冷卻混合的致冷劑液體並降低其壓力，以便提供第一冷卻區和第一壓力水平的汽化液體混合致冷劑流；及

(e) 冷卻、至少部分冷凝混合致冷劑蒸氣並降低其壓力，以便提供汽化液體混合致冷劑，液體混合致冷劑是在第二冷卻區和在第二壓力水平下被汽化的。

前述(b)中匯合的致冷劑流的壓縮是通過多級壓縮實現的，並且通過環境冷卻可使級間的蒸氣致冷劑流得到冷卻和部分冷凝，以便產生附加的混合致冷劑液體。可以選擇用泵加壓附加的混合致冷劑液體，並使得到的加壓的液體與壓縮的混合致冷劑流匯合。如果需要的話，可過冷卻



五、發明說明 (5)

附加的混合致冷劑液體並降低其壓力，以便在第一冷卻區提供另一個汽化液體混合致冷劑流。

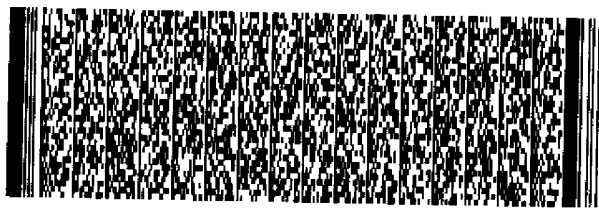
前述(e)中冷卻和部分冷凝混合致冷劑蒸氣的部分致冷由第一冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供。

前述(e)中冷卻和部分冷凝混合致冷劑蒸氣的另一部分致冷至少可以部分由第二冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供。

前述(d)中過冷卻混合致冷劑液體的至少部分致冷可以由第一冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供。過冷卻附加混合致冷劑液體的致冷至少部分可以由第一冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供。

在一個備選的實施例中，混合致冷劑蒸氣可以被冷卻、部分被冷凝並分離為第二混合致冷劑蒸氣和第二混合致冷劑液體。第二混合致冷劑液體可以被過冷卻並被降壓，以便提供第二冷卻區的汽化液體混合致冷劑流。過冷卻第二混合致冷劑液體的致冷部分地可由汽化液體混合致冷劑流提供，該液體混合致冷劑流是在第二冷卻區被汽化的。第二混合致冷劑蒸氣可以被冷卻，至少部分被冷凝並被降壓，以便提供第二冷卻區的另一個汽化液體混合致冷劑流。

冷卻第二混合致冷劑蒸氣的致冷至少部分可以由第二冷卻區的汽化混合致冷劑流提供。(d)步驟過冷卻之後，一部分混合致冷劑液體可以與第二混合致冷劑液體匯合，且所得到的匯合流可以被過冷卻、被降壓並在第二冷卻區



五、發明說明 (6)

的第二壓力下被汽化。

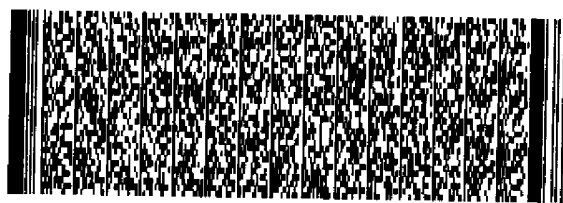
中間冷卻的進氣的溫度最好在約 10°C 以下。

發明詳述

本發明提供一種液化進氣流的高效流程，它特別適用於天然氣的液化。本發明用一種簡單的，需要熱交換器數量最少的單一混合致冷劑流程來達到高熱力學效率。在一種優選模式中，本發明利用一種配有單一混合致冷劑的循環致冷系統，該混合致冷劑通過與兩個壓力水平下汽化的混合致冷劑流的間接熱交換來冷卻進氣。該混合致冷劑是一種多成分的流體混合物，該混合物典型地包含從甲烷、乙烷、丙烷及其他輕碳氫化合物中選出的一種或一種以上的碳氫化合物，也可以包含氮。

在下面介紹的一些實施例中，在致冷線路中，本發明可採用品種繁多的熱交換器的任何一種，包括繞管式、翅片式、殼管式和鍋式熱交換器，也可以採用這些類型熱交換器的組合，視具體應用而定。本發明可用於液化任何進氣流，不過正如在下面流程的敘述中所說明的那樣，最好用於液化天然氣。

參考圖1，氣體流100，最好是天然氣，在預處理部件102中，可用已知的方法來進行清洗和乾燥，以便去除水、 CO_2 和 H_2S 之類的酸氣和其他污染物，如水銀。基本不含水的已處理過的進氣流104在熱交換器106中用汽化混合致冷劑流108冷卻至約 10°C 和 -90°C 之間，優選為約 0°C



五、發明說明 (7)

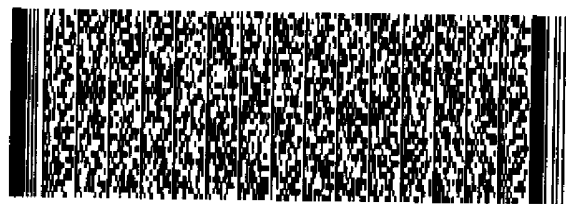
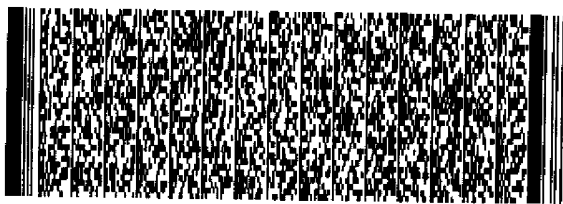
和 -50°C 之間的一個中間溫度。術語"基本不含水"是指在進氣流104中殘留水的濃度足夠低，使得在下游冷卻和液化流程中不會因水的凍結而引起運轉故障。

冷卻的天然氣流122在熱交換器124中被汽化混合致冷劑流132進一步冷卻至約 -190°C 和 -120°C 之間，最好在約 -170°C 和 -150°C 之間的一個溫度。所得到的進一步冷卻的流136就是產品液化天然氣(LNG)，它被送至儲存罐或進行進一步處理。

使天然氣進氣流104由接近環境的溫度冷卻至最終產品的冷凝溫度的致冷是由混合致冷線路提供的，該線路採用包含兩種或兩種以上成分的致冷劑。壓縮的混合致冷劑流148是由多級壓縮機174提供的，壓力在約25bar和100bar之間，最好是大約在40 bar和80 bar之間。在環境冷卻之後，壓縮並部分冷凝的流被分為蒸氣流116和液體流152。可供選擇地是，使液體流152的一部分118與蒸氣流116匯合。

術語"環境冷卻"的意思是這樣一種冷卻，它是通過與處於環境溫度上的流體，如冷卻水或環境空氣的間接熱交換把熱轉移給環境熱沈，如大氣或大量的水中而實現的。

後液體和蒸氣混合致冷劑流116和152以接近環境的溫度進入熱交換器106。在熱交換器106中，兩個致冷劑流被冷卻至約 10°C 和 -90°C 之間，最好是 0°C 和 -50°C 之間的一個溫度，作為流156和158而流出。流156通過減壓閥160被絕熱降壓至約4bar和30bar之間，優選為大約在8 bar和



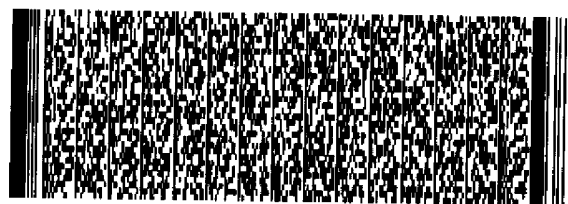
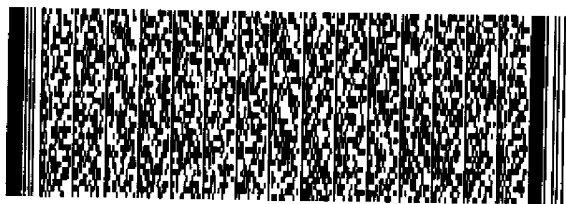
五、發明說明 (8)

20 bar 之間的一個壓力，並如前所述，作為流108被引入熱交換器106的冷端，以便提供致冷。汽化的致冷劑流114以或接近環境溫度的溫度由熱交換器106抽出。如果需要的話，流156可以在渦輪膨脹機中被做功膨脹降壓。

混合致冷劑流158被引入熱交換器124並在此被冷卻至約 -190°C 和 -120°C 之間，優選約為 -170°C 和 -150°C 之間的最終溫度。然後冷卻的液體流172的壓力通過減壓閥134降至約1 bar和10 bar之間，最好大約是在2 bar和6 bar之間的一個壓力。並作為流132被引至熱交換器124的冷端，以便提供這裏的冷卻。如果需要的話，流172可通過渦輪膨脹機中的做功膨脹而降壓。

兩個汽化的致冷劑流176和114返流到壓縮機174。仍然相當冷的流176在第一級壓縮中被冷壓縮到約4bar和30bar的之間，最好大約在8 bar和20bar之間的一個壓力。最好流176比流114更冷，後者典型地是很接近於環境溫度，以亞環境溫度返流的汽化的致冷劑流的壓縮被稱為冷壓縮，而且是有益的，因為冷氣體的密度更高，體積流速更低，所以可以減小熱交換器106和壓縮機的尺寸。

這裏用的術語"壓力水平"定義為在致冷線路中的管道和熱交換器的通道中的液體壓力，其中液體的壓力介於膨脹裝置的排出壓力和壓縮裝置的吸入壓力之間。例如，在圖1中，按照定義在減壓閥160下游和在壓縮機174第二級入口的管道和熱交換器通道中存在一個壓力水平。由於設備中的壓降，在該區任何點的流動液體的實際壓力都在減



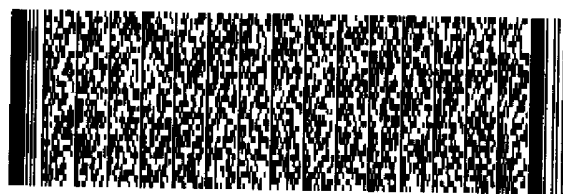
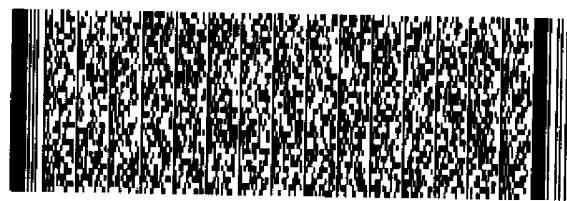
五、發明說明 (9)

壓閥160的出口壓力和壓縮機174的第二級入口壓力之間變化。同樣，按照定義，在減壓閥134的下游和壓縮機174第一級入口的上游的管道和熱交換器通道中存在著另一個壓力水平。

可供選擇地，在第一級壓縮之後，致冷劑流可在冷卻器178中通過環境冷卻進行冷卻，也可以為節省投資費而把冷卻器178作為可選項而省略掉。將第一級壓縮的排出流與汽化的混合致冷劑114匯合，且將這匯合流由在一個或一個以上的附加壓縮級上進一步壓縮至約25bar和100bar之間，最好是在大約40bar和80bar之間的一個最終高壓力上。

在該壓縮步驟中，在中間冷卻之後可選擇地至少得到一個液體流180，在該實施例中產生了可任選的液體流180，這液體流180在泵182中被壓縮至最終高壓，並與來自最後壓縮級的壓縮氣體流匯合。該匯合致冷劑流在冷卻器184中通過環境冷卻進行冷卻。

在圖1中，熱交換器106就是第一冷卻區，它對管道104中的進氣提供第一級冷卻，並且也對蒸氣致冷劑流116和液體致冷劑流152進行冷卻。在該熱交換器中至少部分致冷，最好是全部致冷都是在通過閥160降壓之後由至少汽化部分過冷液體流156提供的。致冷劑流156可由出自壓縮機174的壓縮致冷劑在冷卻器184中的環境冷卻得到。蒸氣流116在熱交換器中並不提供任何冷卻，而自身都被汽化液體致冷劑流108的致冷所冷卻。在冷卻和冷凝之後蒸



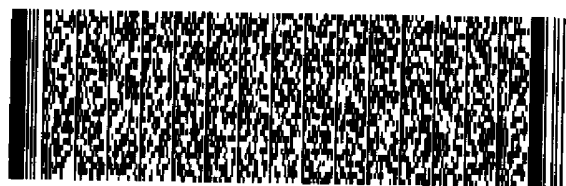
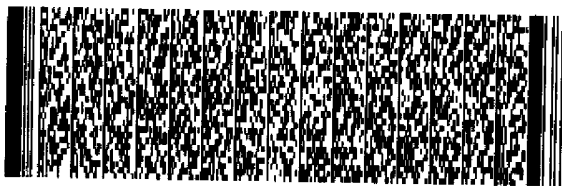
五、發明說明 (10)

氣流116最好被用於在熱交換器124中提供第二冷卻級的致冷。汽化的致冷劑流176不通過熱交換器106傳送，因此包含在該流的致冷不被用於進氣的第一級冷卻。

圖2說明另一個實施例，其中液體流280不像在前一個實施例中那樣被泵加壓，而是在熱交換器212中被過冷卻。在該實施例中，圖1中的單一熱交換器106被兩個熱交換器212和214所代替。液體流280在熱交換器212中被過冷卻，以便產生過冷卻液體流204。流204通過減壓閥208被絕熱降壓，與致冷劑流210（下面敘述）匯合，並作為流206被引入熱交換器212的冷端，在此它以一個確定的壓力被氣化，以便提供這裏的致冷。另外，流204的壓力可以通過做功膨脹而降壓。

液體流252在熱交換器212和214中被過冷卻，以便產生過冷卻的液體流256，它通過減壓閥260被絕熱降壓並作為流216被引入熱交換器214的冷端，流216以另一個壓力水平汽化，以便提供這裏的致冷。另外，流256的壓力可以通過做功膨脹機來降低。部分被加熱的致冷劑流210與前面所述通過減壓閥208降壓的致冷劑流匯合。在本實施例中，在減壓閥208和260下游和第二級壓縮機入口上游的管道和熱交換器通道中產生一個確定的壓力水平。

在圖2中，熱交換器212和214對進氣提供所需的約 10°C 以下，優選約 0°C 以下，更優選約 -20°C 以下的第一級冷卻。在第一級冷卻中，冷卻進氣104，液體流252和蒸氣流254的一部分致冷或者最好是全部致冷都由通過環境冷卻



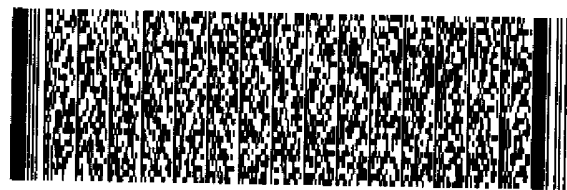
五、發明說明 (11)

得到的液體致冷劑流的汽化提供。在該例中，兩個液體流280和252是在接近環境溫度上通過環境冷卻得到的，且這兩個流都被用於第一級冷卻所需要的致冷。蒸氣流254在第一級冷卻中被冷卻，但僅在熱交換器220的第二級冷卻中為進氣提供致冷。

圖3說明本發明的一個優選實例，它是圖1的一個改進案例。在該實施例中，蒸氣致冷劑流116在熱交換器106中被部分冷凝，且所得到的兩相流158在分離器388中分為液體流362和蒸氣流364。在該實施例中，圖1的熱交換器124被熱交換器324和330所代替。進氣在熱交換器324和330中進一步進行第二級冷卻。

液體流362在熱交換器324中被過冷卻，以便產生溫度大約在 -150°C 和約 -70°C 之間，優選為大約在 -145°C 和 -100°C 之間的過冷卻流366。該流通過減壓閥368降壓至約1bar和10bar之間，優選為大約降壓至2bar和6bar之間的壓力水平，並與流370（以後敘述）匯合。另外，流366的壓力可通過做功膨脹機來降低。匯合流326在熱交換器324中以一個確定的壓力水平汽化，以便提供這裏的致冷。汽化的致冷劑流176以低於環境溫度的溫度、可能以低至 -90°C 的溫度被引入壓縮機174。

蒸氣致冷劑流364被引至熱交換器324，在這裏被冷卻至大約在 -150°C 和 -70°C 之間，優選大約在 -145°C 和 -100°C 之間的一個溫度。所得到的冷卻流310被引入熱交換器330，在這裏被冷卻至大約在 -190°C 和 -120°C 之間，優選大



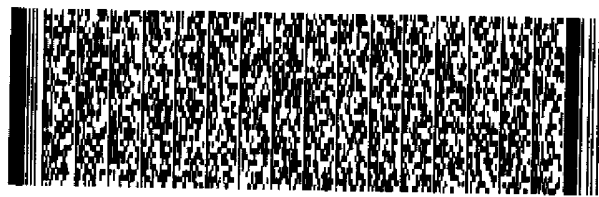
五、發明說明 (12)

約在 -170°C 和 -150°C 之間的一個溫度。過冷卻的液體流372通過減壓閥334被絕熱降壓至大約在1bar和10bar之間，優選大約在2bar和6bar之間的一個壓力水平，並作為流332被引入熱交換器330的冷端，在這裏以上述確定的壓力水平汽化，以便提供這裏的致冷，另外，流372的壓力可以通過做功膨脹機來降低，如前所述，部分被加熱的流370與來自減壓閥368的降壓的致冷劑流匯合。在該實施例中，確定壓力水平發生在減壓閥334和368下游和第一級壓縮機174入口上游的管道和熱交換器的通道中。圖3實施例的其他步驟與圖1敘述的步驟相同。

圖4說明本發明的另一個實施例，它是圖3的一個改進案例。在圖4的實施例中，來自熱交換器312的過冷卻的液體流156的一部分406與來自分離器388的液體流362匯合。匯合的液體流408在熱交換器324中被過冷卻，並如前所述，通過減壓閥368被降壓。圖4的其他步驟與圖3所敘述的步驟相同。

在上面圖1-4敘述的那些實例中，在致冷線路中本發明可採用品種繁多的熱交換器的任何一種，這些熱交換器包括繞管式、翅片式、殼管式和鍋式熱交換器。也可以採用這些類型熱交換器的組合，視具體應用而定。

在以上那些實施例中，沒有包括從進氣中去除較重碳氫化合物的步驟。但是，在某些情況下，視進氣組成和產品規格而定，這種去除步驟可能是需要的。這些重成分的去除步驟可採用本專業所熟知的幾種方法的任何一種方法



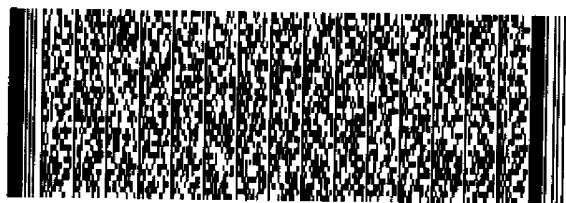
五、發明說明 (13)

在高於最終液化產品溫度的任何適當溫度下實施。例如，可以在第一級冷卻之後採用洗氣塔去除這種較重的碳氫化合物。在這洗氣塔中，天然氣的較重成分，如戊烷及更重的成分被去除。洗氣塔可以只採用一個汽提部件

(stripping section)，為了把重污染物，如苯去除到很低的水平也可以包括一個帶有冷凝器的精餾部件。當在最終LNG產品中要求重污染物的水平很低時，可對洗氣塔做些適當的改進，例如，可用較重的成分，如丁烷作清洗液。

如前所述，在天然氣液化之前必須去除其中的一些雜質，如水和二氧化碳。通常在預處理部件102中採用一個吸附單元來去除這些雜質。如果需要的話，天然氣流100可在吸附單元之前進行預冷。通常這樣的預冷將在 20°C 附近進行，以免甲烷水合物的形成，這種預冷可以由在壓縮的混合致冷劑流的環境冷卻之後所收集的至少部分液體致冷劑提供。因此，在圖1中，液體流152的一部分可被降壓並部分被汽化，以便冷卻流100或104（未畫出），並使所得到的被加熱的流返流到分離器181。在預冷之後天然氣被送到預處理部件102，以便去除水和其他污染物。基本不含水的進氣104被送到熱交換器106，去進行第一級冷卻，在這裏它被冷卻至約 10°C 以下，優選約 0°C 以下，更優選約 -20°C 以下。

實施例



五、發明說明 (14)

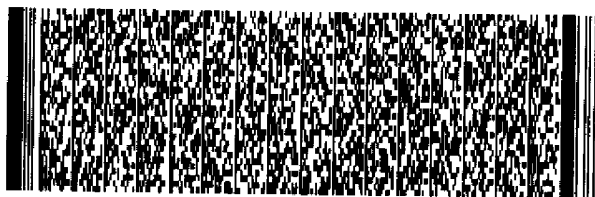
參考圖 3，天然氣進氣流 100 在預處理部件 102 中進行清洗和乾燥，用於去除水、酸氣，如 CO_2 和 H_2S 及其他污染物，如水銀。預處理過的進氣 104 的流速為 $26,700 \text{ kg-mole/hr}$ ，壓力約為 66.5 bar 溫度為 32°C ，摩爾組成如下表：

表 1
進氣的組成

成分	摩爾百分數
氮	0.009
甲烷	0.940
乙烷	0.031
丙烷	0.013
i-丁烷	0.003
丁烷	0.004

預處理過的氣體 104 進入第一熱交換器 106，並被冷卻至 -21°C 的溫度。冷卻是由加熱混合致冷劑流 108 得到的，混合致冷劑流的壓力約為 13 bar ，流速為 $30,596 \text{ kg-mole/hr}$ ，其組成如下表：

表 2
致冷劑的組成



五、發明說明 (15)

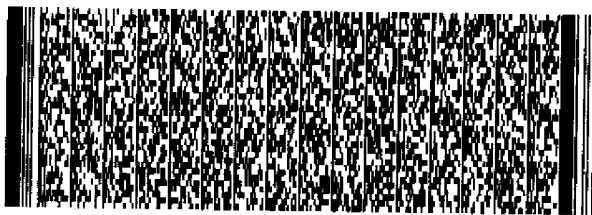
成分	摩爾百分數
氮	0.021
甲烷	0.168
乙烷	0.353
丙烷	0.347
丁烷	0.111

然後冷卻的流122在熱交換器324中通過加熱混合致冷劑流326被進一步冷卻至 -133°C 的溫度，流326是以約3bar的壓力水平進入熱交換器324的。然後所得到的冷卻流328在熱交換器330中被進一步冷卻至 -166°C 的溫度。在熱交換器330中的致冷是由3bar壓力水平下汽化的混合致冷劑流332提供的。所得到的LNG產品流136被送去儲存或做進一步處理。

使天然氣流104從接近環境的溫度冷卻至最終產品溫度的致冷是由循環混合致冷線路提供的。流148是以60bar的壓力、67,900kg-mole/hr的流速從多級壓縮機174排出的高壓混合致冷劑流，該流的組成如下表：

表 3
致冷劑的組成

成分	摩爾百分數
氮	0.0057



五、發明說明 (16)

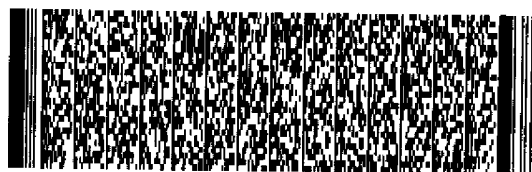
甲烷	0.274
乙烷	0.334
丙烷	0.258
丁烷	0.077

流148被分離為蒸氣流116和液體流152。占液體流152 16%的一部分118與蒸氣流116再匯合。然後液體和蒸氣的混合致冷劑流以32°C的溫度進入熱交換器106。在熱交換器106中，致冷劑流被冷卻至-21°C的溫度，作為冷卻的致冷劑流156和158離開。流156通過減壓閥160被絕熱降至約13bar的壓力水平，並作為流108被引入熱交換器106的冷端，以便提供那裏的致冷。

流158被分離為液體流362和蒸氣流364，且這兩個流被引入熱交換器324，在此它們被冷卻至-133°C的溫度，過冷卻的液體流366通過減壓閥368被絕熱降壓至大約3bar的壓力，並作為流326被引入熱交換器324的冷端以便在那裏通過一定壓力水平下的汽化提供致冷。

流310被引入熱交換器330，在熱交換器330中被冷卻至-166°C的最終溫度。然後過冷卻的液體流372通過減壓閥334降至3bar的壓力水平，並作為流332被引入熱交換器330的冷端，以便提供那裏的致冷。

兩個汽化的致冷劑流176和114被送到壓縮機174。流176在第一壓縮級被壓縮到接近13bar的壓力，並在冷卻器178中通過把熱量轉移給環境熱沈冷卻至32°C。第一級壓



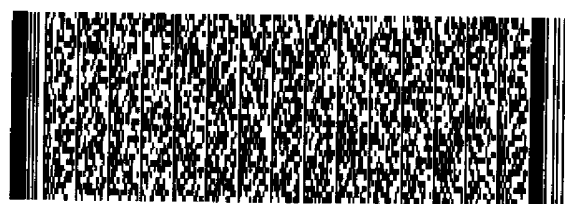
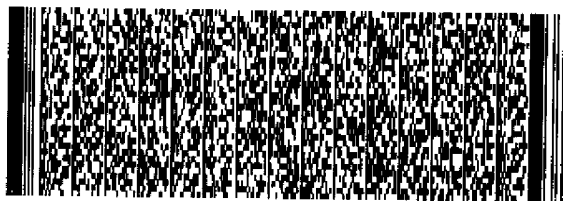
五、發明說明 (17)

縮的排出流與汽化的致冷劑流144匯合並在兩級壓縮中被壓縮到60bar的最終高壓力上。在該壓縮步驟中，在中間冷卻之後產生了液體流180。流速為5600kg-mole/hr和壓力為27bar的液體流184在泵182中被加壓至最終壓力，並在進入冷卻器184之前與從最後壓縮級排出的流匯合。

因此，本發明是一種氣體液化的方法，其中進氣的冷卻和液化是由單一的循環混合致冷劑循環提供的，其中致冷由組成不同的兩個混合致冷劑流提供，其中一個流是低壓，另一個是中間的較高壓力水平。液體流和蒸氣致冷劑流的多種組成和流是通過給蒸氣致冷劑流施加一個或一個以上的部分冷凝步驟提供的。中壓的汽化致冷劑為氣體進氣提供第一級的冷卻，而低壓汽化致冷劑在第二級冷卻中進一步使氣體冷卻並部分冷凝，以便提供最終液體產品。

本發明的一個優點是，一個或一個以上液體致冷劑流被過冷卻，並在中壓水平下被汽化，以便為進氣提供第一級的致冷，而且，這些液體致冷劑流完全由壓縮的致冷劑蒸氣的環境冷卻得到。

在壓縮之前，先將低於環境溫度的低壓混合致冷劑返回壓縮步驟，而不是進一步將這致冷劑加熱到環境溫度，這種做法可減小換熱和壓縮設備的尺寸，也可換個說法，在熱交換器尺寸不變的情況使生產量增加。在壓縮期間產生級間致冷劑液體可提高流程的效率。冷壓縮加上級間致冷劑液體的產生可提高流程的效率，增加產量，因而可降



五、發明說明 (18)

低投資。

本發明的基本特徵在前面的公開內容中已有完整敘述。本專業技術人員能夠理解本發明並能在不離開本發明精神和不離開下面申請專利範圍和相當內容的情況下做各種修改。



圖式簡單說明

圖1是本發明一個實施例的流程示意圖，其中部分循環的汽化致冷劑被冷壓縮，並在壓縮期間形成級間致冷劑液體。

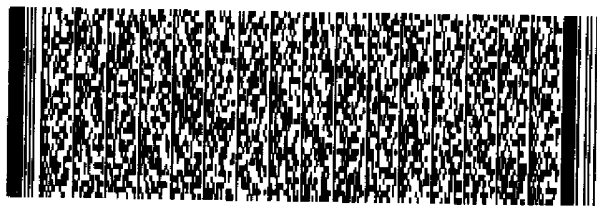
圖2是本發明另一個實施例的流程示意圖，其中在壓縮期間形成級間致冷劑液體，並使其過冷卻，降壓和汽化，以便提供致冷。

圖3是本發明另一個實施例的流程示意圖，其中致冷劑蒸氣流在亞環境溫度下被部分冷凝，以便形成冷的蒸氣和液體致冷劑流。

圖4是說明圖3實施例的一種改進方案的流程示意圖，其中部分過冷卻的混合致冷劑液體與由部分冷凝致冷劑蒸氣所獲得的混合致冷劑液體匯合。

主要元件圖號說明

102.. 預處理部件	106, 124, 212, 214, 220, 324, 330..	熱交換器
	134, 160, 208, 260, 334, 368..	減壓閥
181, 388.. 分離器	174.. 壓縮機	178, 184.. 冷卻器
182.. 泵		

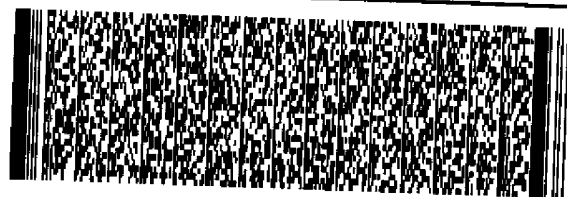


四、中文發明摘要 (發明之名稱：單一混合致冷劑的氣體液化流程)

一種氣體液化的方法，其中冷卻和液化基本不含水進氣的致冷由一單一循環混合致冷劑的循環提供，在該循環中致冷由兩個組成不同的混合致冷流分別在較低和較高壓力水平下的汽化提供，較低壓力水平的汽化致冷劑在第一冷卻區冷卻進氣流，而較高壓力水平的汽化致冷劑在第二冷卻區進一步冷卻並冷凝冷卻的進氣，以便提供最終液體產品。較低壓力水平的汽化致冷劑是由通過環境冷卻壓縮的混合致冷劑蒸氣所獲得的一種或一種以上液體提供的。汽化的較低壓力水平的致冷劑可以在沒有進一步加熱的情況下以低於環境溫度的溫度返流到致冷劑壓縮機，且該冷卻的致冷劑被壓縮並與汽化的較高壓力水平的致冷劑匯合，後者以大約是環境的溫度返流。

英文發明摘要 (發明之名稱：Single Mixed Refrigerant Gas Liquefaction Process)

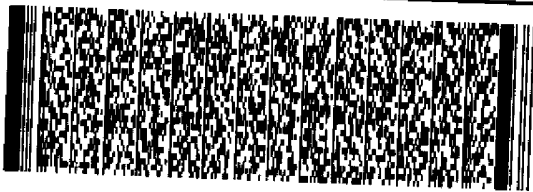
A method of gas liquefaction wherein the refrigeration to cool and liquefy an essentially water-free feed gas is provided by a single recirculating mixed refrigerant cycle in which refrigeration is provided by the vaporization of two mixed refrigerant streams of different compositions at a lower and higher pressure levels respectively. A lower pressure level vaporizing refrigerant cools the feed gas stream in a first cooling zone and a higher pressure level



四、中文發明摘要 (發明之名稱：單一混合致冷劑的氣體液化流程)

英文發明摘要 (發明之名稱：Single Mixed Refrigerant Gas Liquefaction Process)

vaporizing refrigerant further cools and condenses the cooled gas in a second cooling zone to provide the final liquid product. The lower pressure level vaporizing refrigerant is provided by one or more liquids obtained by ambient cooling of compressed mixed refrigerant vapor. The vaporized lower pressure level refrigerant can be returned to the refrigerant compressor at a temperature below ambient, without further warming, and this cool refrigerant is compressed and combined with the



四、中文發明摘要 (發明之名稱：單一混合致冷劑的氣體液化流程)

英文發明摘要 (發明之名稱：Single Mixed Refrigerant Gas Liquefaction Process)

vaporized higher pressure level refrigerant, which is returned at about ambient temperature.



六、申請專利範圍

1. 一種氣體液化的方法，它包括：

(a) 通過在第一冷卻區與一個或一個以上汽化液體混合致冷劑流的間接熱交換來冷卻基本不含水的進氣氣體，並從第一冷卻區抽出中間冷卻的進氣和第一汽化的混合致冷劑；

(b) 通過在第二冷卻區與一個或一個以上汽化液體混合致冷劑流的間接熱交換進一步冷卻中間冷卻的進氣，並從第二冷卻區抽出液化氣和第二汽化的混合致冷劑；及

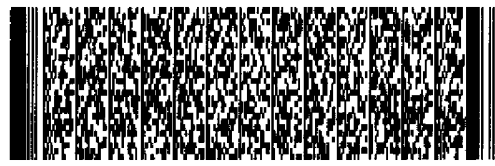
(c) 壓縮並冷卻第一汽化的混合致冷劑和第二汽化的混合致冷劑，以便產生一個或一個以上液體混合致冷劑流，其特徵在於，冷卻是由把熱量轉移給環境熱沈所實現的環境冷卻；

其中，在(a)中的用於在第一冷卻區冷卻進氣的一個或一個以上的汽化液體混合致冷劑流完全是由(c)的一個或一個以上液體混合致冷劑流得到的。

2. 如申請專利範圍第1項的方法，其中，該基本不含水的進氣是由天然氣進氣流去除水得到的。

3. 如申請專利範圍第1項的方法，其中，在第一和第二冷卻區的汽化液體混合致冷劑流是在循環致冷流程中提供的，該流程包括以下步驟：

(a) 使第二汽化的混合致冷劑壓縮到第一壓力水平，以便產生壓縮的第二混合致冷劑；



六、申請專利範圍

(b)使上述的壓縮的第二混合致冷劑與第一汽化的混合致冷劑匯合，並壓縮所得到的匯合致冷劑流，以便產生壓縮的混合致冷劑流；

(c)通過環境冷卻使壓縮的混合致冷劑流冷卻並部分冷凝，以便產生混合的致冷劑蒸氣和混合的致冷劑液體；

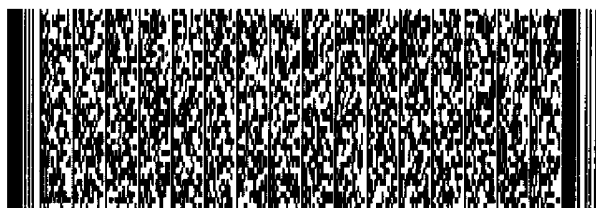
(d)過冷卻混合致冷劑液體並降低其壓力，以便在第一冷卻區提供第一壓力水平的汽化液體混合致冷劑流；及

(e)冷卻並至少部分冷凝混合致冷劑蒸氣，並降低其壓力，以便提供汽化液體混合致冷劑，後者是在第二冷卻區在第二壓力水平下汽化的。

4. 如申請專利範圍第3項的方法，其中，在步驟(b)中的匯合致冷劑流的壓縮是在多級壓縮中實現的，其特徵還在於，通過環境冷卻來冷卻並部分冷凝級間蒸氣致冷劑流，以便產生附加的混合致冷劑液體。

5. 如申請專利範圍第4項的方法，其中，該附加的混合致冷劑液體由泵加壓，並使所得到的加壓的液體與壓縮的混合致冷劑流匯合。

6. 如申請專利範圍第3項的方法，其中，在步驟(e)中的冷卻並部分冷凝該混合致冷劑蒸氣的部分致冷由第一冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供。



六、申請專利範圍

7. 如申請專利範圍第6項的方法，其中，在步驟(e)中冷卻和部分冷凝混合致冷劑蒸氣的另一部分致冷至少一部分是由第二冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供的。

8. 如申請專利範圍第6項的方法，其中，在步驟(d)中混合致冷劑液體過冷卻的至少部分致冷是由第一冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供的。

9. 如申請專利範圍第4項的方法，其中，該附加的混合致冷劑液體被過冷卻並被降壓，以便提供第一冷卻區的另一汽化液體混合致冷劑流。

10. 如申請專利範圍第9項的方法，其中，用於過冷卻附加混合致冷劑液體的致冷至少部分由第一冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供。

11. 如申請專利範圍第3項的方法，其中，該混合致冷劑蒸氣被冷卻，部分被冷凝並被分離為第二混合致冷劑蒸氣和第二混合致冷劑液體。

12. 如申請專利範圍第11項的方法，其中，該第二混合致冷劑液體被過冷卻並被降壓，以便提供第二冷卻區的汽化液體混合致冷劑流。



六、申請專利範圍

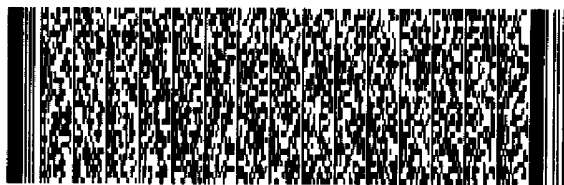
13. 如申請專利範圍第12項的方法，其中，用於過冷第二混合致冷劑液體的致冷部分是由汽化液體混合致冷劑流提供的，該汽化液體混合致冷劑流是在第二冷卻區被汽化的。

14. 如申請專利範圍第12項的方法，其中，該第二混合致冷劑蒸氣被冷卻，至少部分被冷凝並被降壓，以便提供第二冷卻區的另一個汽化液體混合致冷劑流。

15. 如申請專利範圍第14項的方法，其中，用於冷卻第二混合致冷劑蒸氣的致冷至少部分由第二冷卻區的汽化液體混合致冷劑流提供。

16. 如申請專利範圍第12項的方法，其中，在步驟(d)中過冷卻之後，部分混合致冷劑液體與第二混合致冷劑液體匯合，且所得到的匯合流在第二冷卻區被過冷卻、被降壓並在第二壓力水平下被汽化。

17. 如申請專利範圍第1項的方法，其中，中間冷卻的進氣溫度在 10°C 以下。



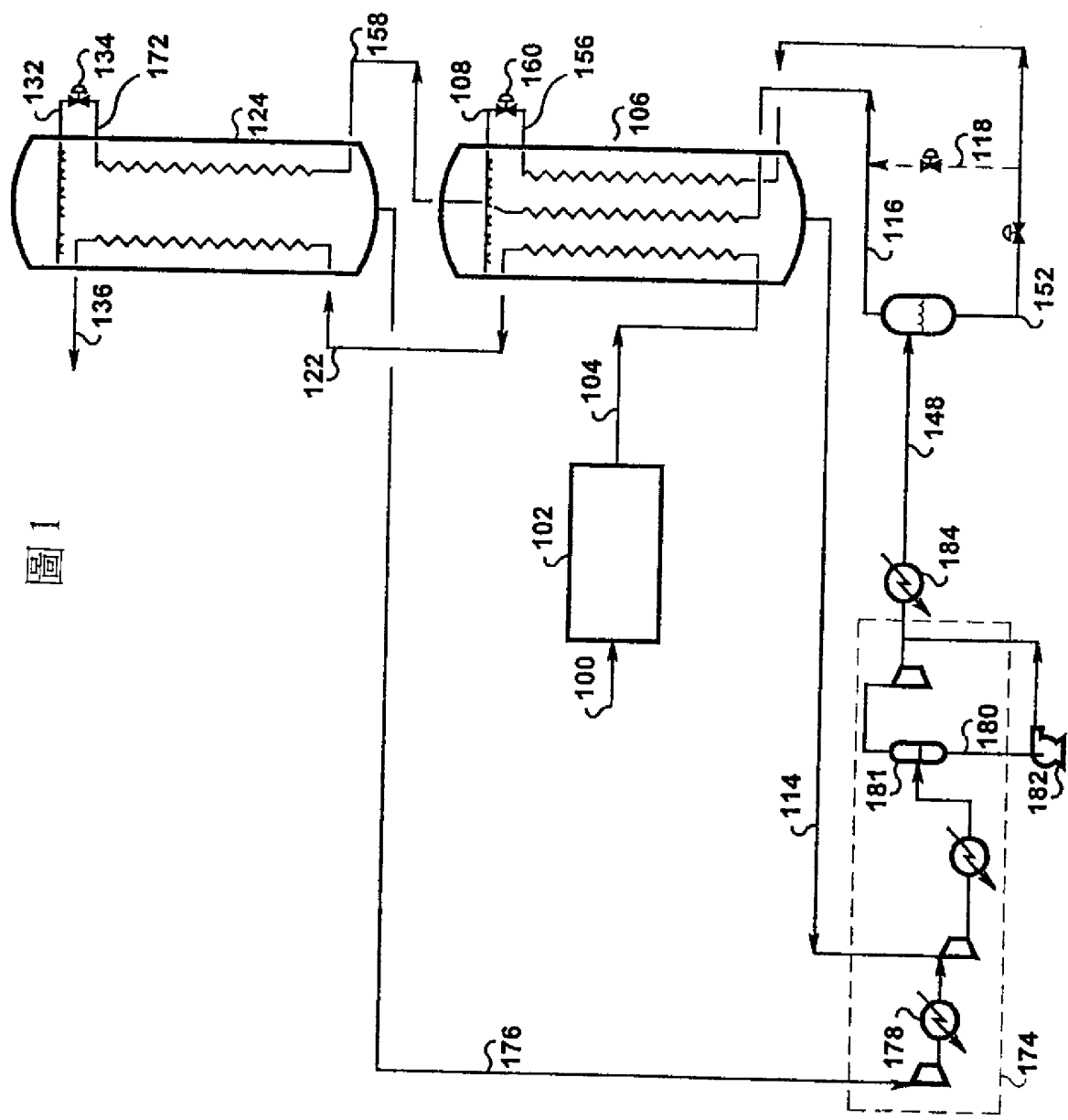
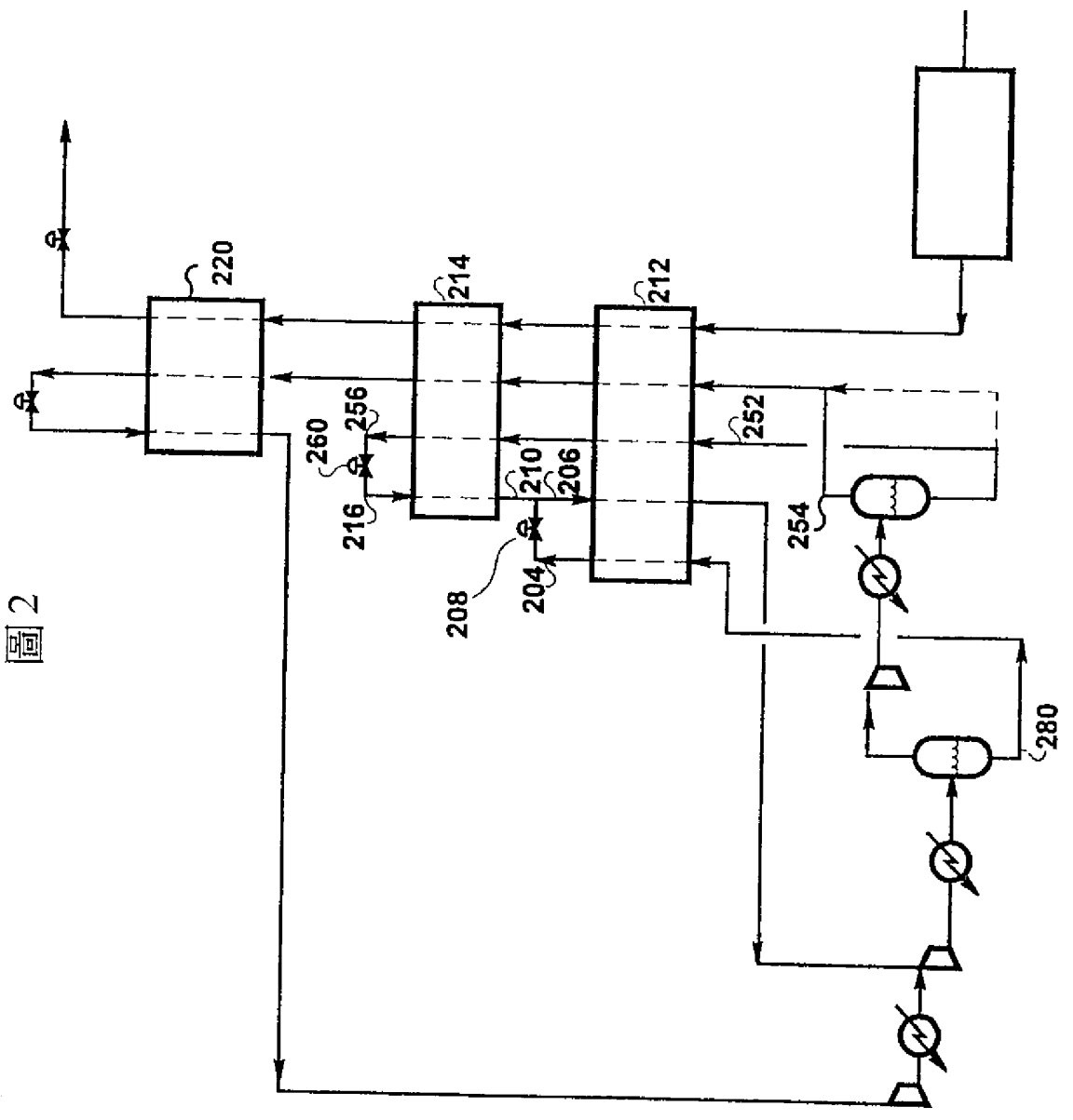


圖 1

圖 2



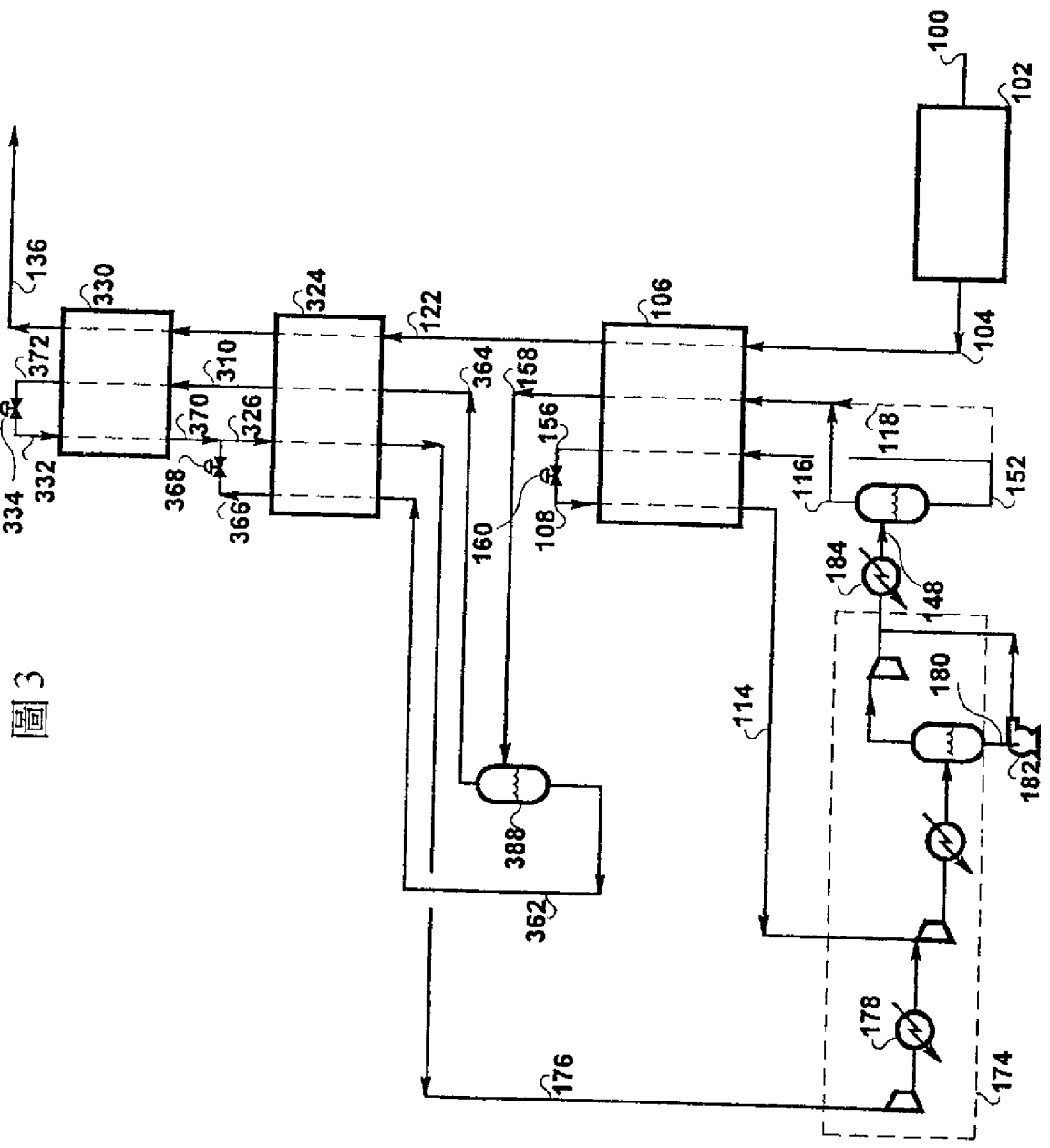


圖 3

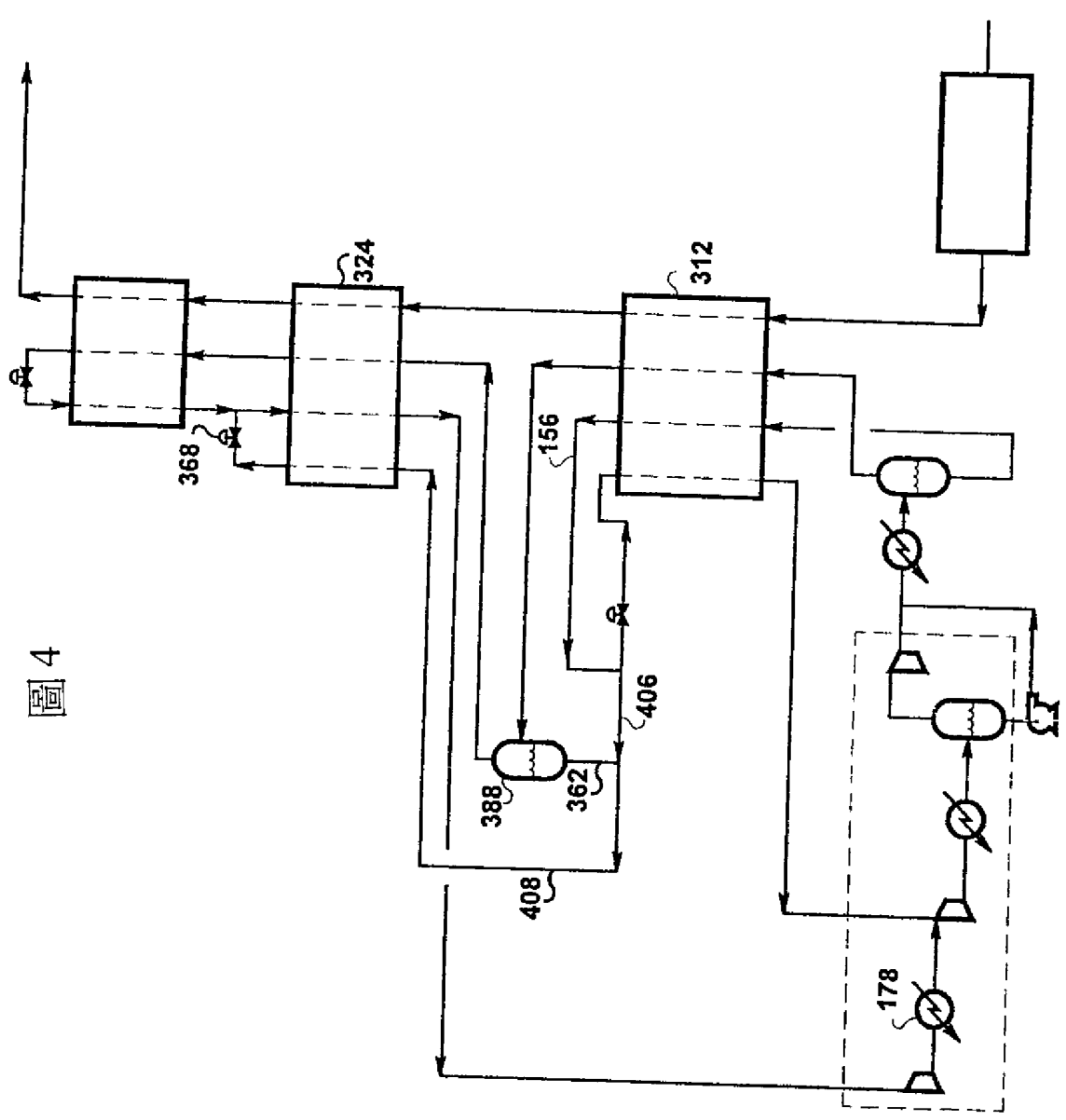


圖 4