



(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 I534348 B

(45) 公告日：中華民國 105 (2016) 年 05 月 21 日

(21) 申請案號：101146857

(22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 12 月 12 日

(51) Int. Cl. : F04B37/08 (2006.01)

(30) 優先權：2012/03/07 日本

2012-050725

(71) 申請人：住友重機械工業股份有限公司 (日本) SUMITOMO HEAVY INDUSTRIES, LTD.
(JP)

日本

(72) 發明人：松井孝聰 MATSUI, TAKA AKI (JP)

(74) 代理人：林志剛

(56) 參考文獻：

CN 1459606

US 2009/0158752A1

US 2009/0282842A1

審查人員：施文彬

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：9 共 40 頁

(54) 名稱

低溫泵系統、低溫泵系統的運轉方法以及壓縮機單元

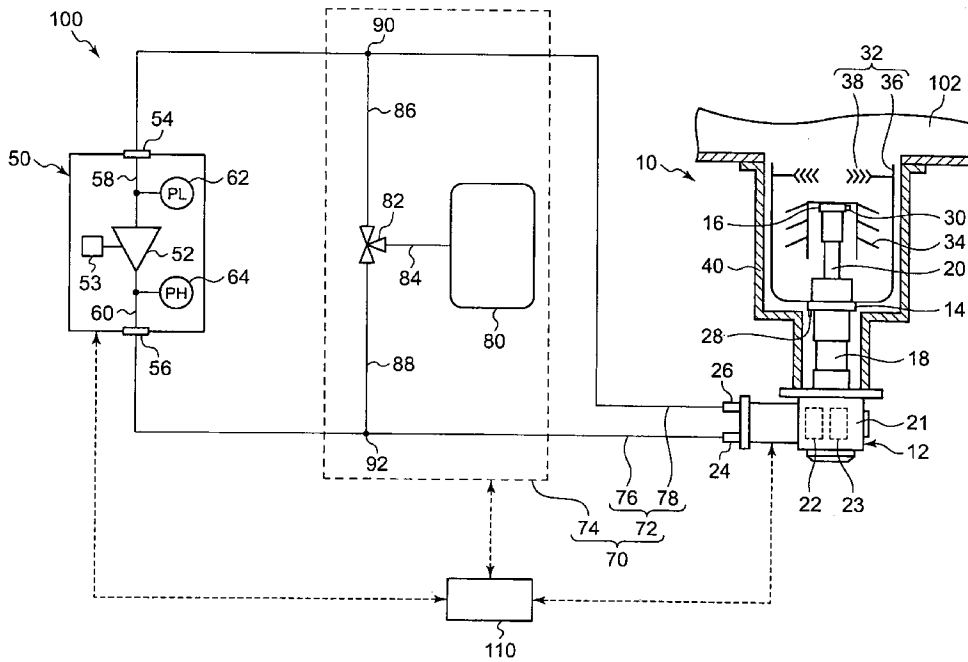
(57) 摘要

本發明提供一種由適當的作動氣體壓力運轉之低溫泵系統。

本發明的低溫泵系統(100)具備：低溫泵(10)，用於執行包括從室溫降溫至極低溫的準備運轉和極低溫的真空排氣運轉；作動氣體的壓縮機單元(50)，用於低溫泵(10)；氣體管路(72)，連接低溫泵(10)和壓縮機單元(50)；氣體容積調整部(74)，構成為與準備運轉時相比更增加真空排氣運轉之氣體管路(72)的作動氣體量；及控制裝置(110)，用於控制壓縮機單元(50)，以便對氣體管路(72)提供壓力控制。

指定代表圖：

第1圖



符號簡單說明：

- 100 . . . 低溫泵系統
- 50 . . . 壓縮機單元
- 54 . . . 低壓氣體入口
- 58 . . . 低壓流路
- 53 . . . 壓縮機馬達
- 60 . . . 高壓流路
- 62 . . . 第1壓力感測器
- 52 . . . 壓縮機
- 64 . . . 第2壓力感測器
- 56 . . . 高壓氣體出口
- 90 . . . 第1分叉部
- 86 . . . 氣體補充路
- 82 . . . 流路選擇部
- 84 . . . 緩衝流路
- 80 . . . 緩衝槽
- 88 . . . 氣體回收路
- 92 . . . 第2分叉部
- 110 . . . 控制裝置
- 70 . . . 作動氣體迴路
- 74 . . . 氣體容積調整部
- 72 . . . 氣體管路
- 76 . . . 高壓管路
- 78 . . . 低壓管路
- 10 . . . 低溫泵
- 16 . . . 第2載物台
- 40 . . . 低溫泵殼體
- 28 . . . 第1溫度感測器
- 26 . . . 低壓氣體出口

- 24 . . . 高壓氣體入口
- 22 . . . 冷凍機馬達
- 23 . . . 氣體流路切換機構
- 32 . . . 第 1 低溫板
- 38 . . . 擋板
- 36 . . . 熱護罩
- 102 . . . 真空腔室
- 30 . . . 第 2 溫度感測器
- 34 . . . 第 2 低溫板
- 20 . . . 第 2 缸
- 14 . . . 第 1 載物台
- 18 . . . 第 1 缸
- 21 . . . 馬達殼體
- 12 . . . 冷凍機

發明專利說明書

(本申請書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

公告本

※申請案號：101146857

※申請日：101年12月12日 ※IPC分類：F04B 37/08 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

低溫泵系統、低溫泵系統的運轉方法以及壓縮機單元

二、中文發明摘要：

本發明提供一種由適當的作動氣體壓力運轉之低溫泵系統。

本發明的低溫泵系統(100)具備：低溫泵(10)，用於執行包括從室溫降溫至極低溫的準備運轉和極低溫的真空排氣運轉；作動氣體的壓縮機單元(50)，用於低溫泵(10)；氣體管路(72)，連接低溫泵(10)和壓縮機單元(50)；氣體容積調整部(74)，構成爲與準備運轉時相比更增加真空排氣運轉之氣體管路(72)的作動氣體量；及控制裝置(110)，用於控制壓縮機單元(50)，以便對氣體管路(72)提供壓力控制。

三、英文發明摘要：

四、指定代表圖：

(一) 本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二) 本代表圖之元件代表符號簡單說明：

100：低溫泵系統	50：壓縮機單元
54：低壓氣體入口	58：低壓流路
53：壓縮機馬達	60：高壓流路
62：第1壓力感測器	52：壓縮機
64：第2壓力感測器	56：高壓氣體出口
90：第1分叉部	86：氣體補充路
82：流路選擇部	84：緩衝流路
80：緩衝槽	88：氣體回收路
92：第2分叉部	110：控制裝置
70：作動氣體迴路	74：氣體容積調整部
72：氣體管路	76：高壓管路
78：低壓管路	10：低溫泵
16：第2載物台	40：低溫泵殼體
28：第1溫度感測器	26：低壓氣體出口
24：高壓氣體入口	22：冷凍機馬達
23：氣體流路切換機構	32：第1低溫板
38：擋板	36：熱護罩
102：真空腔室	30：第2溫度感測器
34：第2低溫板	20：第2缸
14：第1載物台	18：第1缸
21：馬達殼體	12：冷凍機

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種低溫泵系統及其運轉方法以及適於低溫泵系統使用之壓縮機單元。

【先前技術】

已知具備極低溫冷凍裝置和用於向該冷凍裝置供給壓縮氣體之壓縮機之冷凍系統。在容許冷凍性能下降時，壓縮機的氣體迴路的靜充氣壓力因氣體流入緩衝容積而減少。若再次要求大功率的冷凍，則靜充氣壓力藉由從緩衝容積排放氣體而恢復。只有靜充氣壓力發生變化，壓縮機以恆定速度動作。這樣，容許冷凍性能下降時的電力消耗降低。

（先前技術文獻）

（專利文獻）

專利文獻 1：日本特開 2009-150645 號公報

【發明內容】

（本發明所欲解決之課題）

低溫泵在相當寬之溫度範圍內動作。爲了真空排氣而冷卻至極低溫，相反，在再生時加熱至室溫或者稍微高於室溫之溫度。作動氣體溫度依據低溫泵的運轉溫度而改變。低溫泵和其壓縮機一般由封閉之作動氣體迴路連接，容納於其中之作動氣體量爲恆定。藉此，若作動氣體溫度

變低時，壓縮機的運轉壓力亦下降。運轉壓力與消耗電力相關。低溫泵系統中，近來最重要的要求之一係提供高節能性能。

若作動氣體溫度增高，則壓縮機的運轉壓力亦增高。壓縮機上大都預備有用於警告脫離規格上的動作範圍之設定。例如，電性或機械性地決定用於警告作動氣體的過度高壓之高壓設定值。因此，當作動氣體溫度較高時，運轉壓力達到其高壓設定值之可能性增大。

本發明的某一態樣的示例性目的之一為，提供一種由適當的作動氣體壓力運轉之低溫泵系統及適於該種系統之運轉方法以及壓縮機單元。

(用以解決課題之手段)

本發明的某一態樣的低溫泵系統具備：低溫泵，用於執行包括從室溫降溫至極低溫的準備運轉和極低溫的真空排氣運轉；作動氣體的壓縮機，用於前述低溫泵；氣體管路，連接前述低溫泵和前述壓縮機；氣體容積調整部，構成爲與前述準備運轉時相比更增加前述真空排氣運轉之前述氣體管路的作動氣體量；及控制裝置，用於控制前述壓縮機，以便對前述氣體管路提供壓力控制。

依該態樣，在準備運轉時冷卻作動氣體，在氣體管路循環之作動氣體的壓力，亦即壓縮機的運轉壓力下降。藉由增加作動氣體量，能夠使用於真空排氣運轉之運轉壓力適當地恢復。

壓縮機以恆定速度動作時，較低之運轉壓力減少消耗電力。但是，決定消耗電力之主要原因不只這一個。例如，壓縮機的壓縮比亦與消耗電力相關，較小之壓縮比減少消耗電力。在某一目標壓力下控制壓縮機時，運轉壓力較高，其壓縮比變小。與使壓縮機恆定地動作時相比，在這種壓力控制下較高之運轉壓力反而具有減少消耗電力之效果。因此，藉由增加作動氣體量來使運轉壓力恢復，藉此能夠降低壓縮機的消耗電力。

前述準備運轉可以包括前述低溫泵的再生。前述氣體容積調整部與前述真空排氣運轉時相比可以構成更減少前述準備運轉時之前述氣體管路的作動氣體量。

依該態樣，藉由低溫泵的再生而使作動氣體昇溫，壓縮機的運轉壓力亦上昇。藉由減少作動氣體量，能夠抑制運轉壓力的過度上昇，並使其恢復到適當的水平。

前述氣體容積調整部可以構成回收從前述氣體管路排出之作動氣體，並向前述氣體管路補充作動氣體。

依該態樣，已回收之作動氣體用於補充，因此氣體容積調整部能夠反覆執行作動氣體向氣體管路之進出入。

前述控制裝置可以控制前述壓縮機的轉速，以使前述壓縮機的高壓與低壓的差壓與目標值一致。

這種差壓控制係用於向系統提供恆定的冷凍能力之有效方法之一。在差壓控制下，運轉壓力越高，壓縮比越變小。藉此，既能夠維持系統的冷凍能力，又能夠降低消耗電力。

前述氣體容積調整部可以調整前述作動氣體量，以便使前述壓縮機的高壓停留在已設定之上限以下。

依該態樣，能夠使壓縮機的運轉壓力保持適當的水平，以免壓縮機的高壓超過已設定之上限。由於能夠避免過度高壓，因此有助於系統的運轉持續性。

本發明的另一態樣係具備低溫泵和用於該低溫泵之壓縮機之低溫泵系統的運轉方法。該方法具備：爲了開始前述低溫泵的真空排氣運轉，增加在前述低溫泵和前述壓縮機循環之作動氣體量，及爲了在前述低溫泵和前述壓縮機循環之作動氣體的壓力控制而控制前述壓縮機。

本發明的另一態樣係用於極低溫裝置之作動氣體的壓縮機單元。該壓縮機單元具備：壓縮機；氣體容積調整部，爲了調整在前述極低溫裝置和前述壓縮機循環之作動氣體量而設置；及控制部，控制前述壓縮機，以便提供作動氣體的壓力控制。前述氣體容積調整部將前述作動氣體量從初始氣體量調整爲比該初始氣體量更增加之通常氣體量，該作動氣體量用於前述極低溫裝置的通常運轉，該初始氣體量用於包括室溫至極低溫的冷卻之前述極低溫裝置的準備運轉。

本發明的另一態樣的低溫泵系統具備：低溫泵；壓縮機；氣體管路，連接前述低溫泵和前述壓縮機；及氣體容積調整部，構成爲與前述低溫泵的真空排氣運轉時相比更減少前述低溫泵的再生時之前述氣體管路的作動氣體量。

此外，在方法、裝置、系統、程式等之間相互替換以

上的構成元件的任意的組合或本發明的構成元件或表現的態樣亦有效作為本發明的態樣。

（發明之效果）

依本發明，能夠提供一種由適當的作動氣體壓力運轉之低溫泵系統及適於該種系統之運轉方法以及壓縮機單元。

【實施方式】

第 1 圖係模式表示本發明的一實施形態之低溫泵系統 100 的整體構成之圖。低溫泵系統 100 爲了進行真空腔室 102 的真空排氣而使用。真空腔室 102 爲了對真空處理裝置（例如爲離子植入裝置或濺射裝置等半導體製造過程中使用之裝置）提供真空環境而設置。

低溫泵系統 100 具備 1 台或複數台低溫泵 10。低溫泵 10 安裝於真空腔室 102，並爲了將其內部的真空度提高至所希望的水平而使用。

低溫泵 10 具備冷凍機 12。冷凍機 12 例如爲吉福德-麥克馬洪式冷凍機（所謂 GM 冷凍機）等極低溫冷凍機。冷凍機 12 爲具備第 1 載物台 14 及第 2 載物台 16 之二階式冷凍機。

冷凍機 12 具備在內部分隔 1 階膨脹室之第 1 缸 18 和在內部分隔與 1 階膨脹室連通之 2 階膨脹室之第 2 缸 20。第 1 缸 18 與第 2 缸 20 串聯連接。第 1 缸 18 連接馬達殼

體 21 和第 1 載物台 14，第 2 缸 20 連接第 1 載物台 14 和第 2 載物台 16。第 1 缸 18 及第 2 缸 20 中分別內置有相互連結之第 1 置換器及第 2 置換器（未圖示）。第 1 置換器及第 2 置換器的內部組裝有蓄冷材料。

冷凍機 12 的馬達殼體 21 中容納有冷凍機馬達 22 和氣體流路切換機構 23。冷凍機馬達 22 係用於第 1 及第 2 置換器、以及氣體流路切換機構 23 之驅動源。冷凍機馬達 22 被連接於第 1 置換器及第 2 置換器，能夠使第 1 置換器及第 2 置換器分別在第 1 缸 18 及第 2 缸 20 的內部往返移動。

氣體流路切換機構 23 構成爲了周期性地反覆進行 1 階膨脹室及 2 階膨脹室的作動氣體的膨脹而周期性切換作動氣體的流路。冷凍機馬達 22 連接於該閥，以使氣體流路切換機構 23 的活動閥（未圖示）能夠正反運轉。活動閥例如爲迴轉閥。

馬達殼體 21 上設置有高壓氣體入口 24 及低壓氣體出口 26。高壓氣體入口 24 形成於氣體流路切換機構 23 的高壓流路的末端，低壓氣體出口 26 形成於氣體流路切換機構 23 的低壓流路的末端。

冷凍機 12 使高壓作動氣體（例如氦氣）在內部膨脹而在第 1 載物台 14 及第 2 載物台 16 產生寒冷。高壓作動氣體從壓縮機單元 50 通過高壓氣體入口 24 供給至冷凍機 12。此時，冷凍機馬達 22 切換氣體流路切換機構 23，以使高壓氣體入口 24 與膨脹室連接。若冷凍機 12 的膨脹室

被高壓作動氣體填滿，則冷凍機馬達 22 切換氣體流路切換機構 23，以使膨脹室與低壓氣體出口 26 連接。作動氣體斷熱膨脹，通過低壓氣體出口 26 排出至壓縮機單元 50。第 1 及第 2 置換器與氣體流路切換機構 23 的動作同步地在膨脹室往返移動。藉由反覆進行這種熱循環來冷卻第 1 載物台 14 及第 2 載物台 16。

第 2 載物台 16 被冷卻成低於第 1 載物台 14 的溫度。第 2 載物台 16 例如被冷卻至 10K~20K 左右，第 1 載物台 14 例如被冷卻至 80K~100K 左右。第 1 載物台 14 安裝有用於測量第 1 載物台 14 的溫度之第 1 溫度感測器 28，第 2 載物台 16 安裝有用於測量第 2 載物台 16 的溫度之第 2 溫度感測器 30。

冷凍機 12 構成爲，藉由冷凍機 22 的反轉運轉提供所謂反轉昇溫。冷凍機 12 構成爲藉由使氣體流路切換機構 23 的活動閥向上述冷卻運轉的反方向作動，從而使作動氣體產生絕熱壓縮。冷凍機 12 能夠由這樣得到之壓縮熱來加熱第 1 載物台 14 及第 2 載物台 16。

低溫泵 10 具備第 1 低溫板 32 和第 2 低溫板 34。第 1 低溫板 32 被以熱連接固定於第 1 載物台 14，第 2 低溫板 34 被以熱連接固定於第 2 載物台 16。第 1 低溫板 32 具備熱護罩 36 和擋板 38，並包圍第 2 低溫板 34。第 2 低溫板 34 在表面具備吸附劑。第 1 低溫板 32 容納於低溫泵殼體 40，低溫泵殼體 40 的一端安裝於馬達殼體 21。低溫泵殼體 40 的另一端的凸緣部安裝於真空腔室 102 的閘閥（未

圖示)。低溫泵 10 其本身可以為任意一個習知的低溫泵。

低溫泵系統 100 具備壓縮機單元 50 和連接低溫泵 10 與壓縮機單元 50 之作動氣體迴路 70。壓縮機單元 50 為了使作動氣體在作動氣體迴路 70 中循環而設置。作動氣體迴路 70 係包括低溫泵 10 封閉之流體迴路。

壓縮機單元 50 具備用於壓縮作動氣體之壓縮機 52 和用於使壓縮機 52 動作之壓縮機馬達 53。並且，壓縮機單元 50 具備用於引進低壓作動氣體之低壓氣體入口 54 和用於排放高壓作動氣體之高壓氣體出口 56。低壓氣體入口 54 經由低壓流路 58 連接於壓縮機 52 的吸入口，高壓氣體出口 56 經由高壓流路 60 連接於壓縮機 52 的吐出口。

壓縮機單元 50 具備第 1 壓力感測器 62 和第 2 壓力感測器 64。第 1 壓力感測器 62 為了測量低壓作動氣體的壓力而設置於低壓流路 58，第 2 壓力感測器 64 為了測量高壓作動氣體的壓力而設置於高壓流路 60。此外，第 1 壓力感測器 62 及第 2 壓力感測器 64 可以在壓縮機單元 50 的外部設置於作動氣體流路 70 的適合部位。

作動氣體迴路 70 具備氣體管路 72 和用於調整氣體管路 72 的作動氣體量之氣體容積調整部 74。以下，為了便於說明，有時將容納於氣體管路 72 之作動氣體的物質量（莫耳）或質量稱為“氣體容積”。無疑義地規定在某一基準溫度及基準壓力下佔給定容積之作動氣體的物質量或質量。氣體管路 72 的容積實質上為恆定。因此，某一氣體

容積容納於氣體管路 72 時，若作動氣體溫度下降，則氣體壓力亦下降，若氣體溫度增高，則氣體壓力亦上昇。

氣體管路 72 具備：高壓管路 76，用於從壓縮機單元 50 向低溫泵 10 供給作動氣體；及低溫管路 78，用於使作動氣體從低溫泵 10 返回到壓縮機單元 50。高壓管路 76 係連接低溫泵 10 的高壓氣體入口 24 與壓縮機單元 50 的高壓氣體出口 56 之配管。低壓管路 78 係連接低溫泵 10 的低壓氣體出口 26 與壓縮機單元 50 的低壓氣體入口 54 之配管。

壓縮機單元 50 通過低壓管路 78 回收從低溫泵 10 排出之低壓作動氣體。壓縮機 52 壓縮低壓作動氣體，生成高壓作動氣體。壓縮機單元 50 通過高壓管路 76 將高壓作動氣體供給至低溫泵 10。

氣體容積調整部 74 具備緩衝容積例如至少一個緩衝槽 80。氣體容積調整部 74 具備用於選擇緩衝槽 80 與氣體管路 72 的連接流路之流路選擇部 82。流路選擇部 82 具備至少一個控制閥。氣體容積調整部 74 具備用於將緩衝槽 80 連接於流路選擇部 82 之緩衝流路 84。此外，可以設置有用於測量緩衝槽 80 的氣體壓力之緩衝壓力感測器。

並且，氣體容積調整部 74 具備：氣體補充路 86，用於使作動氣體從緩衝槽 80 向低壓管路 78 流出；及氣體回收路 88，用於使作動氣體從高壓管路 76 流入緩衝槽 80。氣體補充路 86 將流路選擇部 82 連接於低壓管路 78 的第 1 分叉部 90，氣體回收路 88 將流路選擇部 82 連接於高壓管

路 76 的第 2 分叉部 92。

流路選擇部 82 構成爲能夠選擇補充狀態和回收狀態。補充狀態係將氣體補充路 86 與低壓管路 78 連通，氣體回收路 88 被截斷之狀態。相反地，在回收狀態下，氣體補充路 86 被截斷，氣體回收路 88 與高壓管路 76 連通。

如圖示，流路選擇部 82 例如具備三通閥。三通閥的 3 個埠分別與緩衝流路 84、氣體補充路 86 及氣體回收路 88 連接。這樣，流路選擇部 82 能夠將緩衝流路 84 連接於氣體補充路 86 取得補充狀態，將緩衝流路 84 連接於氣體回收路 88 取得回收狀態。

氣體容積調整部 74 附屬設置於壓縮機單元 50，可視爲構成壓縮機單元 50 的一部份。氣體容積調整部 74 可以內置於壓縮機單元 50。作爲代替方案，氣體容積調整部 74 可以與壓縮機單元 50 分體地構成，且設置於氣體管路 72 的任意部位。

低溫泵系統 100 具備用於管理其運轉之控制裝置 110。控制裝置 110 與低溫泵 10（或者壓縮機單元 50）一體或分體地設置。控制裝置 110 例如具備執行各種運算處理之 CPU、儲存各種控制程式之 ROM、作爲用於儲存資料或執行程式之作業區來利用之 RAM、輸入輸出界面、記憶體等。控制裝置 110 能夠使用具備這種構成之習知的控制器。控制裝置 110 可以由單一的控制器構成，亦可包含各自發揮相同或不同功能之複數個控制器。

第 2 圖係表示用於本發明的一實施形態之低溫泵系統 100 的控制裝置 110 的構成的概略方塊圖。第 2 圖表示與本發明的一實施形態相關之低溫泵系統 100 的主要部份。

控制裝置 110 爲了控制低溫泵 10 (亦即冷凍機 12)、壓縮機單元 50 及氣體容積調整部 74 而設置。控制裝置 110 具備：低溫泵控制器 (以下，還稱作 CP 控制器) 112，用於控制低溫泵 10 的運轉；及壓縮機控制器 114，用於控制壓縮機單元 50 的運轉。

CP 控制器 112 構成爲接收表示低溫泵 10 的第 1 溫度感測器 28 及第 2 溫度感測器 30 的測量溫度之訊號。CP 控制器 112 例如基於接收之測量溫度控制低溫泵 10。這時例如，CP 控制器 112 控制冷凍機馬達 22 的轉速 (例如運轉頻率)，以使第 1 (或第 2) 低溫板 32 (34) 的目標溫度與第 1 (或第 2) 溫度感測器 28 (30) 的測量溫度一致。由於能夠依據熱負荷適當調整冷凍機馬達 22 的轉速，因此這種控制具有降低低溫泵 10 的消耗電力的作用。

壓縮機控制器 114 構成爲對氣體管路 72 提供壓力控制。爲了提供壓力控制，壓縮機控制器 114 構成爲接收表示第 1 壓力感測器 62 及第 2 壓力感測器 64 的測量壓力之訊號。壓縮機控制器 114 控制壓縮機馬達 53 的轉速 (例如運轉頻率)，以使壓力測量值與壓力目標值一致。

並且，壓縮機控制器 114 構成爲對氣體容積調整部 74 的流路選擇部 82 進行控制。壓縮機控制器 114 基於所需

資訊選擇上述的補充狀態或回收狀態，並依據選擇結果控制流路選擇部 82。參閱第 4 圖及第 5 圖，對壓縮機單元 50 及氣體容積調整部 74 的控制的詳細內容如後述。

第 3 圖係用於與本發明的一實施形態相關而說明低溫泵 10 的運轉方法之流程圖。該運轉方法包括準備運轉 (S10) 和真空排氣運轉 (S12)。真空排氣運轉為低溫泵 10 的通常運轉。準備運轉包含在通常運轉之前執行之任意的運轉狀態。CP 控制器 112 及時反覆執行該運轉方法。

準備運轉 (S10) 例如為低溫泵 10 的啓動。低溫泵 10 的啓動包括將低溫板 32、34 從低溫泵 10 設置之環境溫度 (例如室溫) 冷卻至極低溫之降溫。降溫的目標冷卻溫度係為了進行真空排氣運轉而設定之標準運轉溫度。如上述，關於第 1 低溫板 32 該標準運轉溫度例如從 80K ~ 100K 左右的範圍，關於第 2 低溫板 34 該標準運轉溫度例如從 10K ~ 20K 左右的範圍來選擇。

準備運轉 (S10) 還可以為低溫泵 10 的再生。在這次的真空排氣運轉終止後，為了準備下次的真空排氣運轉而執行再生。再生係第 1 低溫板 32 及第 2 低溫板 34 的再生即所謂完全再生，或者是第 2 低溫板 34 再生之部份再生。

再生包括昇溫過程、排出過程及冷卻過程。昇溫過程包括將低溫泵 10 昇溫至高於上述標準運轉溫度之再生溫度之步驟。當完全再生時，再生溫度例如為室溫或稍高於室溫之溫度 (例如為約 290K ~ 約 300K)。用於昇溫過程

之熱源例如為冷凍機 12 的反轉昇溫和 / 或附設於冷凍機 12 之加熱器 (未圖示) 。

排出過程包括將從低溫板表面再氣化之氣體排出至低溫泵 10 的外部之步驟。再氣化氣體依據需要與導入之吹掃氣體一同從低溫泵 10 排出。在排出過程中，停止冷凍機 12 的運轉。冷卻過程包括為了重新開始真空排氣運轉而再冷卻低溫板 32、34 之步驟。冷卻過程作為冷凍機 12 的運轉狀態與用於啟動之降溫相同。

準備運轉期間相當於低溫泵 10 的停歇時間 (亦即，停止真空排氣運轉之期間)，以盡量較短為較佳。另一方面，通常的真空排氣運轉係用於保持標準運轉溫度之穩定的運轉狀態。為此，與通常運轉相比，準備運轉對低溫泵 10 (亦即冷凍機 12) 之負荷變大。例如，與通常運轉相比，降溫運轉要求冷凍機 12 具備更高之冷凍能力。同樣，反轉昇溫運轉要求冷凍機 12 具備較高之昇溫能力。藉此，在大部份情況下，在準備運轉時冷凍機馬達 22 以相當高之轉數 (例如，容許之最高轉數的附近) 運轉。

可以與低溫泵 10 的準備運轉並聯地進行壓縮機單元 50 的準備運轉。壓縮機單元 50 的準備運轉可包括用於進行本發明的一實施形態之氣體容積調整之準備動作。該準備動作可包括用於使緩衝槽 80 的壓力恢復至初始壓力之復位動作。該初始壓力相當於作動氣體向作動氣體迴路 70 之封入壓力。

為了進行復位動作，在壓縮機單元 50 停止運轉且氣

體管路 72 的高壓和低壓大致均勻化時，壓縮機控制器 114 向氣體管路 72 開放緩衝槽 80。這樣，能夠使緩衝槽 80 恢復至壓縮機單元 50 的高壓與低壓的中間壓力。在冷凍機 12 的運轉停止期間（例如，再生的排出過程）進行準備動作。

真空排氣運轉（S12）係藉由冷凝或吸附將從真空腔室 102 朝向低溫泵 10 飛來之氣體分子捕捉於被冷卻至極低溫之低溫板 32、34 的表面之運轉狀態。在該冷卻溫度下蒸氣壓充份變低之氣體（例如水分等）被冷凝於第 1 低溫板 32（例如擋板 38）上。在擋板 38 的冷卻溫度下蒸氣壓不會充份變低之氣體通過擋板 38 進入熱護罩 36。在該冷卻溫度下蒸氣壓充份變低之氣體（例如氫氣等）被冷凝於第 2 低溫板 34 上。在第 2 低溫板 34 的冷卻溫度下蒸氣壓亦不會充份變低之氣體（例如氫等）被第 2 低溫板 34 的吸附劑所吸附。這樣，低溫泵 10 能夠使真空腔室 102 的真空度到達所希望的水平。

第 4 圖係用於說明本發明的一實施形態之低溫泵系統 100 的運轉方法之流程圖。該運轉方法包括氣體容積調整（S20）和壓力控制（S22）。壓縮機控制器 114 及時反覆執行該運轉方法。

氣體容積調整（S20）係調整氣體容積亦即在低溫泵 10 和壓縮機單元 50 循環之作動氣體量之處理。參閱第 5 圖對一例進行後述。

壓力控制（S22）係在已調整之氣體容積下控制壓縮

機馬達 53 的轉數（例如運轉頻率），以使壓力測量值與壓力目標值一致之處理。與低溫泵 10 的準備運轉或真空排氣運轉並聯地繼續執行該壓力控制。

壓力目標值例如為壓縮機 52 的高壓與低壓之差壓的目標值。此時，壓縮機控制器 114 執行差壓恆定控制，該差壓恆定控制控制壓縮機馬達 53 的轉數，以使第 1 壓力感測器 62 的測量壓和第 2 壓力感測器 64 的測量壓之差壓與差壓目標值一致。此外，可以在執行壓力控制時改變壓力目標值。

依壓力控制，能夠依據冷凍機 12 的所需氣體量而適當地調整壓縮機馬達 53 的轉數，因此具有降低低溫泵系統 100 的消耗電力之作用。並且，冷凍機 12 的冷凍能力由差壓決定，因此依差壓恆定控制，能夠使冷凍機 12 維持著目標的冷凍能力。因此，從能夠兼顧冷凍機 12 冷凍能力的維持和降低系統的消耗電力之觀點考慮，差壓恆定控制尤其適合於低溫泵系統 100。

作為代替方案，壓力目標值可以為高壓目標值（或低壓目標值）。此時，壓縮機控制器 114 執行高壓恆定控制（或低壓恆定控制），該高壓恆定控制控制壓縮機馬達 53 的轉數，以使第 2 壓力感測器 64（或第 1 壓力感測器 62）的測量壓與高壓目標值（或低壓目標值）一致。

第 5 圖係用於說明本發明的一實施形態之氣體容積調整處理之流程圖。如上述，為了進行氣體容積調整（第 4 圖的 S20），壓縮機控制器 114 控制流路選擇部 82。因

此，壓縮機控制器 114 首先接受用於氣體容積調整之所需資訊的輸入（S30）。

所需資訊可包含第 1 壓力感測器 62 的測量壓及第 2 壓力感測器 64 的測量壓。並且，壓縮機控制器 114 可以從 CP 控制器 112 獲得該所需資訊。亦即，所需資訊可包含第 1 溫度感測器 28 的測量溫度及第 2 溫度感測器 30 的測量溫度以及低溫泵 10 的運轉狀態。

壓縮機控制器 114 基於已輸入之所需資訊判定是否進行氣體容積調整（S32）。壓縮機控制器 114 例如從低溫泵 10 的運轉狀態判定是否進行氣體容積調整。此時，壓縮機控制器 114 在降溫運轉結束時刻或真空排氣運轉的開始時刻，可判定需增加氣體容積。若如此，能夠經降溫運轉後從壓縮機單元 50 的運轉壓力最小化的狀態使運轉壓力有效地恢復。

另一方面，壓縮機控制器 114 在真空排氣運轉終止時刻或再生開始時刻，可判定需減少氣體容積。在再生開始當初，有運轉壓力較大提升等之經驗見解。因此，若如此，能夠使運轉壓力有效地恢復至適當水平。此外，當隨著真空排氣運轉終止而停止冷凍機 12 的運轉時（亦即未實施反轉昇溫時），壓縮機控制器 114 在降溫運轉之前的任意時刻，可判定需減少氣體容積。

某一實施例中，壓縮機控制器 114 可以根據低溫泵 10 的運轉溫度判定是否進行氣體容積調整。壓縮機控制器 114 可以將第 2 溫度感測器 30 的測量溫度用作低溫泵 10

的運轉溫度。此時，當測量溫度低於第 1 閾值溫度時，壓縮機控制器 114 可判定需增加氣體容積。並且，當測量溫度超過第 2 閾值溫度時，壓縮機控制器 114 可判定需減少氣體容積。

與真空排氣運轉的標準運轉溫度相關地設定第 1 閾值溫度及第 2 閾值溫度。例如，第 1 閾值溫度可設定為降溫運轉的目標冷卻溫度。若如此，能夠結束降溫運轉的同時增加氣體容積。第 2 閾值溫度高於標準運轉溫度且選自例如 20K（或 30K）以下的溫度範圍。若如此，能夠開始再生的同時減少氣體容積。

此外，壓縮機控制器 114 可以代替低溫泵 10 的運轉溫度根據作動氣體迴路 70 的測量壓判定是否進行氣體容積調整。如前述，由於在作動氣體迴路 70 中作動氣體的溫度和壓力連動，因此在基於測量壓時亦同樣能夠適當判定是否進行氣體容積調整。

繼判定是否進行氣體容積調整之後，壓縮機控制器 114 執行緩衝連接流路選擇（S34）。當判定為需進行氣體容積調整時，壓縮機控制器 114 切換緩衝槽 80 向氣體管路 72 的連接流路。另一方面，當判定為無需進行氣體容積調整時，壓縮機控制器 114 保持著緩衝槽 80 向氣體管路 72 的連接流路。

當判定為需增加氣體容積時，壓縮機控制器 114 截斷氣體回收路 88，打開氣體補充路 86 將緩衝槽 80 連接於低壓管路 78（參閱第 1 圖）。緩衝槽 80 作為相對於低壓管

路 78 之高壓氣體源發揮作用。積存於緩衝槽 80 中之作動氣體通過氣體補充路 86 補充於低壓管路 78。氣體管路 72 的作動氣體量從初始氣體量增加至通常氣體量。初始氣體量是用於進行低溫泵 10 的準備運轉之氣體容積，通常氣體量係用於進行通常運轉（亦即真空排氣運轉）之氣體容積。從緩衝槽 80 向低壓管路 78 排放作動氣體，使緩衝槽 80 降壓。

另一方面，當判定為需減少氣體容積時，壓縮機控制器 114 截斷氣體補充路 86，打開氣體回收路 88 將緩衝槽 80 連接於高壓管路 76。緩衝槽 80 作為相對於高壓管路 76 之低壓氣體源發揮作用。作動氣體從高壓管路 76 排出至氣體回收路 88，並回收於緩衝槽 80。如此，氣體管路 72 的作動氣體量從通常氣體量減少至初始氣體量。從高壓管路 76 向緩衝槽 80 填充作動氣體，從而使緩衝槽 80 昇壓。

這樣，氣體容積調整（第 4 圖的 S20）終止，在已調整之氣體容積下執行壓力控制（第 4 圖的 S22）。此外，為了進行氣體容積調整而開放之氣體補充路 86 或氣體回收路 88 可以保持開放至進行下次調整為止，亦可以在之前及時封閉。

此外，CP 控制器 112 可以代替壓縮機控制器 114 控制氣體容積調整部 74 的流路選擇部 82。此時，CP 控制器 112 可以從壓縮機控制器 114 獲得測量壓，並利用該些測量壓和/或其他所需資訊來控制流路選擇部 82。

第 6 圖係表示本發明的一實施形態之壓縮機單元 50 的運轉壓力變化的概略圖。第 6 圖中縱軸表示壓力，橫軸表示時間。關於壓縮機單元 50 的高壓 PH（亦即，壓縮機 52 的吐出壓力）和壓縮機單元 50 的低壓 PL（亦即，壓縮機 52 的吸入壓力），表示通過低溫泵 10 的降溫運轉期間 A、真空排氣運轉期間 B 及再生運轉期間 C 之變動。圖示的例中，壓縮機單元 50 藉由差壓恆定控制來運轉。因此，高壓 PH 與低壓 PL 的差壓 ΔP 保持恆定。

降溫運轉期間 A 的當初，由於低溫泵 10 的運轉溫度為高溫（例如為室溫），因此壓縮機單元 50 的運轉壓力亦較高。隨著藉由降溫運轉進行冷卻，在冷凍機 12 中作動氣體降溫並收縮。為此，停留於冷凍機 12 的膨脹室之氣體量逐漸增加。譬如說，作動氣體從氣體管路 72 吸入冷凍機 12 的膨脹室。這樣，氣體管路 72 的作動氣體量減少，如圖示，壓縮機單元 50 的高壓 PH 及低壓 PL 亦分別逐漸下降。

若到達至降溫的目標冷卻溫度，則降溫運轉期間 A 終止。在降溫運轉期間 A 的結束時刻到達至本運轉的最低溫度。在之後的真空排氣運轉期間 B，低溫泵 10 以保持著該冷卻溫度地穩定運轉。因此，在降溫運轉期間 A 的結束時刻，壓縮機單元 50 的運轉壓力亦同樣變得最低。

在從降溫過渡至真空排氣運轉時，完成氣體容積增加調整。氣體容積調整部 74 呈補充狀態，藉此氣體管路 72 的作動氣體量從初始氣體量增加至通常氣體量。換言之，

從緩衝槽 80 通過流路選擇部 82 向低壓管路 78 開放緩衝壓力。這樣，如圖示，在降溫運轉期間 A 與真空排氣運轉期間 B 的邊界，壓縮機單元 50 的高壓 PH 及低壓 PL 間斷地昇壓。

在真空排氣運轉期間 B，壓縮機單元 50 在通常氣體量下穩定地執行差壓恆定控制。壓縮機單元 50 的運轉壓力保持藉由氣體容積的增加調整提高之壓力水平。與保持初始氣體量以較低壓力水平執行差壓恆定控制時相比，壓縮機單元 50 的壓縮比變小。能夠藉由較小之壓縮機轉數實現較小壓縮比。因此，氣體容積的增加調整具有降低真空排氣運轉的消耗電力之效果。

在從真空排氣運轉過渡至再生時，完成氣體容積減少調整。氣體容積調整部 74 呈回收狀態，藉此氣體管路 72 的作動氣體量從通常氣體量減少至初始氣體量。換言之，從高壓管路 76 通過流路選擇部 82 向緩衝槽 80 填充作動氣體，恢復緩衝壓力。這樣，如圖示，在真空排氣運轉期間 B 與再生運轉期間 C 的邊界，壓縮機單元 50 的高壓 PH 及低壓 PL 間斷地降壓。

若開始再生，則進行低溫泵 10 的反轉昇溫。與降溫時相反，從冷凍機 12 向氣體管路 72 釋放作動氣體。氣體管路 72 的作動氣體量增加，如圖示，壓縮機單元 50 的高壓 PH 及低壓 PL 亦分別逐漸增高。

基於氣體容積調整之運轉壓力的變化量依緩衝容積及緩衝壓力而改變。緩衝壓力取決於向作動氣體的作動氣體

迴路 70 之封入壓力。因此，緩衝容積及作動氣體封入壓力被設計成對運轉壓力帶來所希望的變化。例如，緩衝容積及作動氣體封入壓力被設計成使作動氣體因降溫而產生之降壓量的至少一部份恢復。或者，緩衝容積及作動氣體封入壓力還可設計成藉由氣體容積增加調整昇壓超出上述降壓量。

但是，當壓縮機單元 50 的高壓 PH 到達規格上的界限壓力時，壓縮機單元 50 有時構成爲從穩定運轉（例如差壓恆定控制）強制切換至用於降低壓力之保護運轉或停止運轉。該界限壓力例如爲了警告作動氣體的過度高壓而電性或機械性決定之高壓設定值。

爲了防止該等情況，如圖示，以昇壓之壓縮機單元 50 的高壓 PH 停留在已設定之上限壓力 P_{max} 以下之方式決定運轉壓力的昇壓量。設定上限壓力 P_{max} 例如從壓縮機單元 50 的界限壓力減去預定裕度來設定。若這樣，能夠使運轉壓力保持適當水準。能夠防止壓縮機單元 50 偶發的運轉停止或保護運轉。

同樣，緩衝容積及作動氣體封入壓力被設計成藉由氣體容積減少調整吸收作動氣體因昇溫而產生之昇壓量的至少一部份。在該情況下，以已昇壓的壓縮機單元 50 的高壓 PH 停留在設定上限壓力 P_{max} 以下之方式決定昇壓量。

如以上說明，依本實施形態，爲了進行低溫泵 10 的準備運轉而減少氣體容積，爲了進行通常運轉而增加氣體

容積。這樣，能夠依據低溫泵 10 的運轉狀態將壓縮機單元 50 的運轉壓力調整至適當的水平。提供一種具有降低通常運轉時之消耗電力且提高準備運轉時之運轉持續性之壓縮機單元 50 之低溫泵系統 100。

以上，依實施例對本發明進行了說明。本發明並不限定於上述實施形態，本領域技術人員可理解的範圍內進行各種設計變更，可實現各種變形例，並且這種變形例亦屬於本發明的範圍內。

氣體容積調整部 74 並不限於第 1 圖所示之具體構成。例如，如第 7 圖所示，流路選擇部 82 可以具備複數個控制閥。如圖示，流路選擇部 82 具備第 1 控制閥 120 和第 2 控制閥 122。第 1 控制閥 120 及第 2 控制閥 122 係雙通閥。第 1 控制閥 120 設置於氣體補充路 86 的中途，氣體補充路 86 將緩衝槽 80 連接於低壓管路 78。第 2 控制閥 122 設置於氣體回收路 88 的中途，氣體回收路 88 將緩衝槽 80 連接於高壓管路 76。

並且，如第 8 圖所示，氣體容積調整部 74 可以具備複數個緩衝槽。如圖示，氣體容積調整部 74 具備第 1 緩衝槽 124 和第 2 緩衝槽 126。第 1 緩衝槽 124 通過氣體補充路 86 連接於低壓管路 78，第 2 緩衝槽 126 藉由氣體回收路 88 連接於高壓管路 76。與第 7 圖所示之實施例同樣，氣體補充路 86 上設置有第 1 控制閥 120，氣體回收路 88 上設置有第 2 控制閥 122。

第 8 圖所示之實施例中，第 1 緩衝槽 124 的壓力藉由

氣體容積增加調整而下降。第 1 緩衝槽 124 的壓力藉由氣體容積減少調整而上昇。因此，及時進行已經敘述之復位動作爲較佳。亦即，在壓縮機單元 50 的運轉停止時，向氣體管路 72 分別開放第 1 緩衝槽 124 及第 2 緩衝槽 126，將各自的氣體壓力復原至初始壓力。

第 8 圖所示之實施例中，還能夠視爲氣體容積調整部 74 具備氣體補充部 128 和氣體回收部 130。氣體補充部 128 具備第 1 緩衝槽 124 和第 1 控制閥 120。氣體回收部 130 具備第 2 緩衝槽 126 和第 2 控制閥 122。氣體補充部 128 可以具備比低壓管路 78 高壓的作動氣體源來代替第 1 緩衝槽 124。氣體回收部 130 可以具備用於從高壓管路 76 引進作動氣體之貯槽來代替第 2 緩衝槽 126。

某一實施例中，氣體容積調整部 74 可以只具備氣體補充部 128 或氣體回收部 130 中的任一個。藉由具備氣體補充部 128，能夠提供用於真空排氣運轉之氣體容積增加調整。例如，當再生中不實施反轉昇溫時，這種構成亦可能有用。另一方面，藉由具備氣體回收部 130，能夠提供用於準備運轉之氣體容積減少調整。

並且，與緩衝槽 80 的氣體管路 72 的改接時刻及低溫泵運轉狀態的切換無需完全同步。例如，當從降溫過渡至真空排氣運轉時，可以在降溫時執行氣體容積增加調整。此時，可以與低溫泵 10 的降溫連動而階段性（或連續性）地從氣體容積調整部 74 向氣體管路 72 補充作動氣體。因此，氣體容積調整部 74 可以在氣體補充路 86 上具

備依據測量溫度（或測量壓力）而進行控制之流量控制閥。另外，還可以在真空排氣運轉開始後執行氣體容積增加調整。

同樣，當從真空排氣運轉過渡至再生時，可以在再生時執行氣體容積減少調整。此時，可以與低溫泵 10 的昇溫連動而階段性（或連續性）地將作動氣體從氣體管路 72 回收至氣體容積調整部 74。因此，氣體容積調整部 74 可以在氣體回收路 88 上具備依據測量溫度（或測量壓力）而進行控制之流量控制閥。另外，還可以在真空排氣運轉終止前執行氣體容積減少調整。

並且，如第 9 圖所示，低溫泵系統 100 可以具備複數個低溫泵 10。相對於壓縮機單元 50 及氣體容積調整部 74 並聯設置有複數個低溫泵 10。基於氣體容積增加調整之消耗電力降低效果與 1 台壓縮機單元 50 控制之低溫泵 10 的數量成比例而增加。因此，本發明適合於具備複數個低溫泵 10 之低溫泵系統 100。

某一實施例中，可以設置具備冷凍機 12 之極低溫裝置來代替低溫泵 10。本領域技術人員顯然知道本發明的一實施形態之氣體容積調整還可適用於具備這種極低溫裝置之極低溫系統。

【圖式簡單說明】

第 1 圖係模式表示本發明的一實施形態之低溫泵系統的整體構成之圖。

第 2 圖係表示用於本發明的一實施形態之低溫泵系統之控制裝置的構成概略之方塊圖。

第 3 圖係用於與本發明的一實施形態相關而說明低溫泵的運轉方法之流程圖。

第 4 圖係用於說明本發明的一實施形態之低溫泵系統的運轉方法之流程圖。

第 5 圖係用於說明本發明的一實施形態之氣體容積調整處理之流程圖。

第 6 圖係表示本發明的一實施形態之壓縮機單元的運轉壓力變化的概略圖。

第 7 圖係模式表示本發明的另一實施形態之低溫泵系統的整體構成之圖。

第 8 圖係模式表示本發明的另一實施形態之低溫泵系統的整體構成之圖。

第 9 圖係模式表示本發明的另一實施形態之低溫泵系統的整體構成之圖。

【主要元件符號說明】

10：低溫泵

12：冷凍機

50：壓縮機單元

52：壓縮機

72：氣體管路

74：氣體容積調整部

100 : 低溫泵系統

110 : 控制裝置

114 : 壓縮機控制器

七、申請專利範圍：

1. 一種低溫泵系統，其特徵為，具備：

低溫泵，具備有：使高壓作動氣體在內部膨脹而在載物台產生寒冷的冷凍機、及熱連接於前述載物台的低溫板；且用於執行包括從室溫降溫至極低溫的準備運轉和極低溫的真空排氣運轉；

壓縮機，用於前述低溫泵之作動氣體；

氣體管路，連接前述低溫泵和前述壓縮機；

氣體容積調整部，構成為增加前述真空排氣運轉之前述氣體管路的作動氣體量；及

控制裝置，用於控制前述氣體容積調整部，以便與前述準備運轉相比更增加前述真空排氣運轉之前述氣體管路的作動氣體量。

2. 如申請專利範圍第 1 項記載之低溫泵系統，其中，

前述準備運轉包括前述低溫泵的再生，

前述氣體容積調整部構成為與前述真空排氣運轉相比更減少前述準備運轉之前述氣體管路的作動氣體量。

3. 如申請專利範圍第 1 或 2 項記載之低溫泵系統，其中，

前述氣體容積調整部構成為回收從前述氣體管路排出之作動氣體，並向前述氣體管路補充作動氣體。

4. 如申請專利範圍第 1 或 2 項記載之低溫泵系統，其中，

前述控制裝置控制前述壓縮機的轉數，以便使前述壓縮機的高壓與低壓的差壓與目標值一致。

5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項記載之低溫泵系統，其中，

前述氣體容積調整部調整前述作動氣體量，以便使前述壓縮機的高壓停留在已設定之上限以下。

6. 一種低溫泵系統的運轉方法，該低溫泵系統具備低溫泵和用於該低溫泵之壓縮機，其特徵為，該方法具備：

為了開始前述低溫泵的真空排氣運轉，增加在前述低溫泵和前述壓縮機循環之作動氣體量，

為了進行在前述低溫泵和前述壓縮機循環之作動氣體的壓力控制而控制前述壓縮機。

7. 一種壓縮機單元，係用於使高壓作動氣體在內部膨脹而在載物台產生寒冷的極低溫裝置之作動氣體的壓縮機單元，其特徵為，具備：

壓縮機；

氣體容積調整部，為了調整在前述極低溫裝置和前述壓縮機循環之作動氣體量而設置；及

控制部，控制前述壓縮機，以便提供作動氣體的壓力控制，

前述氣體容積調整部將前述作動氣體量從初始氣體量調整為比該初始氣體量更增加之通常氣體量，該作動氣體量用於前述極低溫裝置的通常運轉，且該初始氣體量用於

包括從室溫冷卻至極低溫的前述極低溫裝置的準備運轉。

8. 一種低溫泵系統，其特徵為，具備：

低溫泵，具備有：使高壓作動氣體在內部膨脹而在載物台產生寒冷的冷凍機、及熱連接於前述載物台的低溫板；

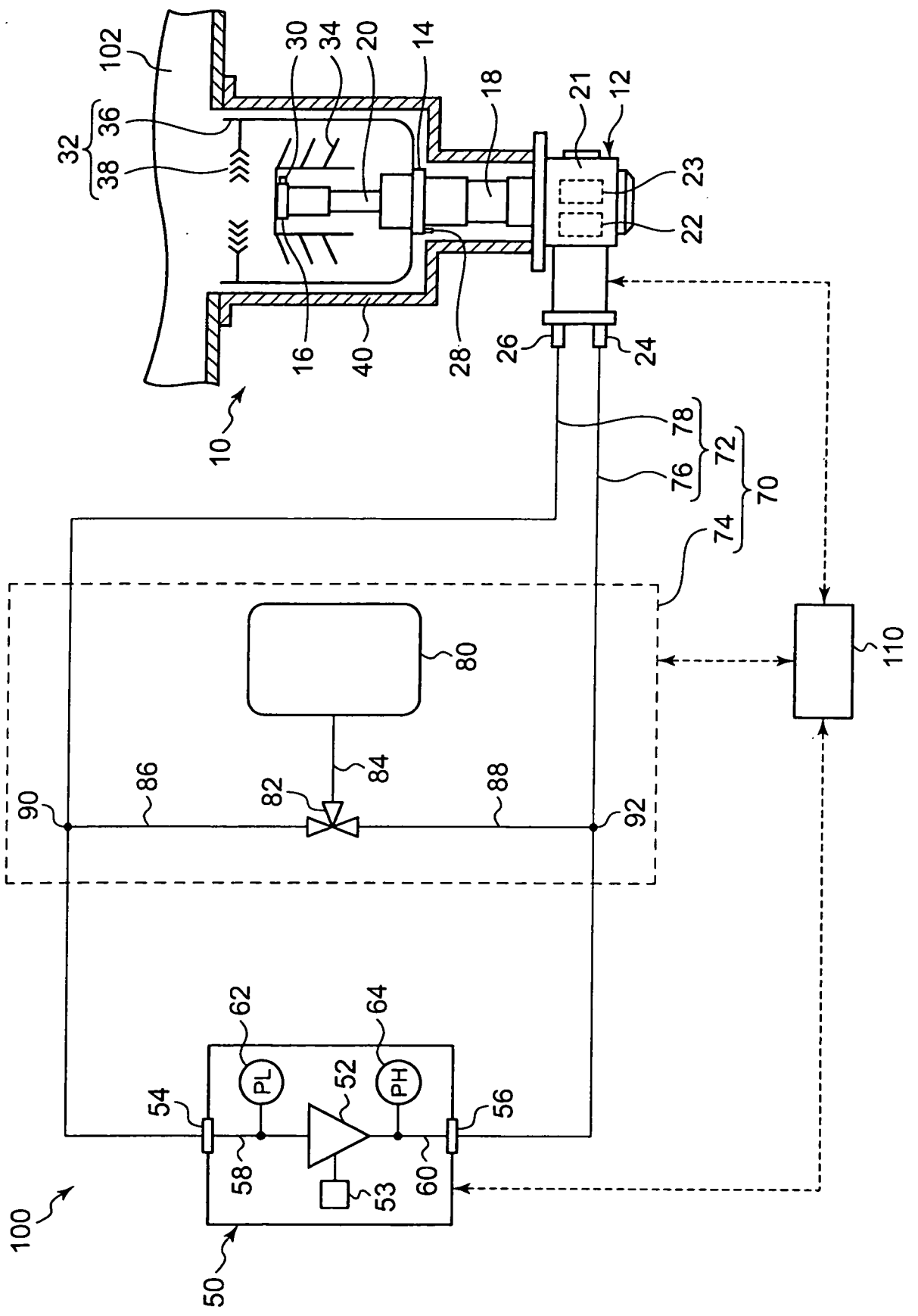
壓縮機；

氣體管路，連接前述低溫泵和前述壓縮機；

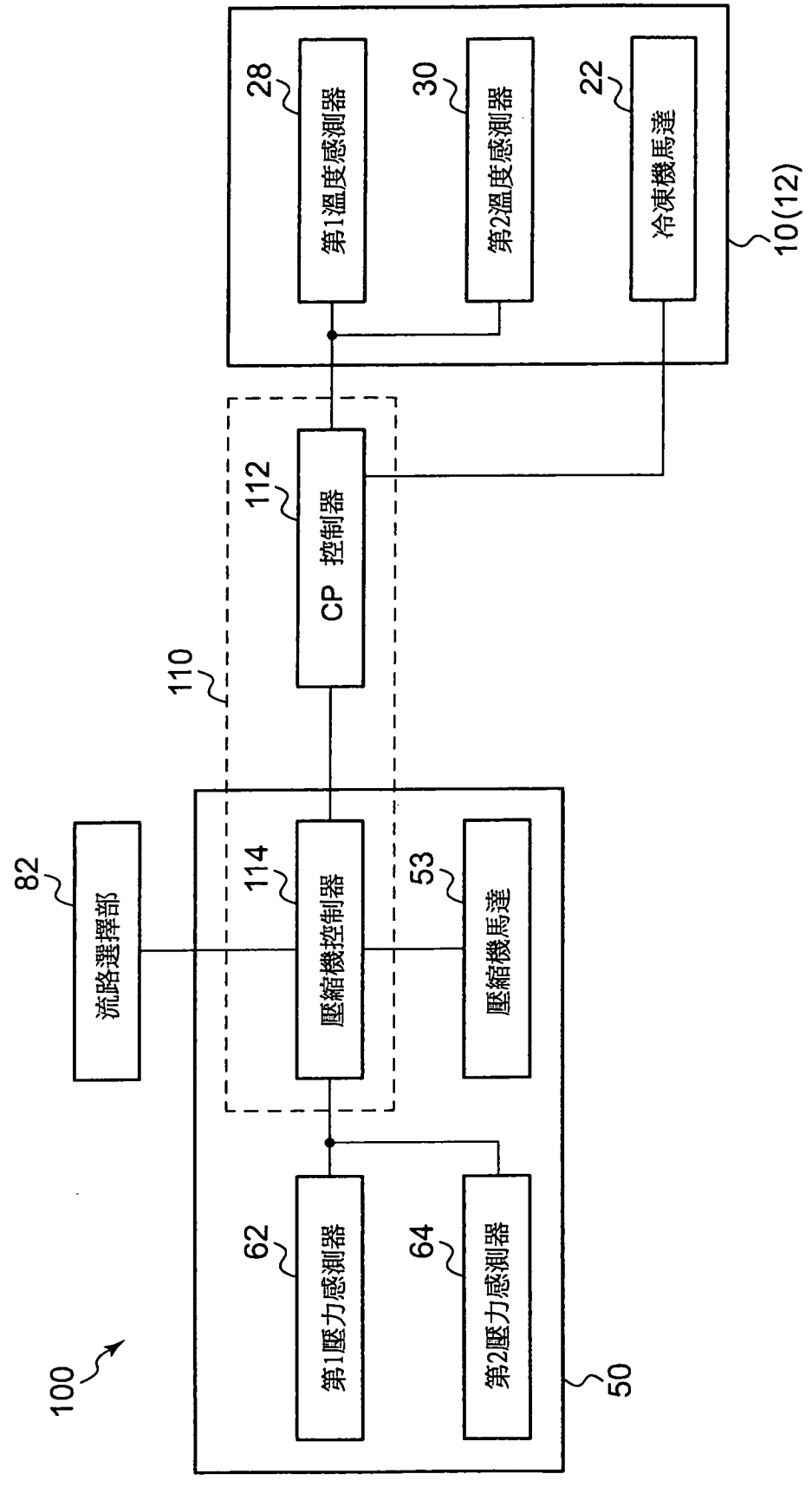
氣體容積調整部，構成為減少前述低溫泵的再生之前述氣體管路的作動氣體量；及

控制裝置，用於控制前述氣體容積調整部，以便與前述低溫泵的真空排氣運轉中相比更減少前述低溫泵的再生之前述氣體管路的作動氣體量。

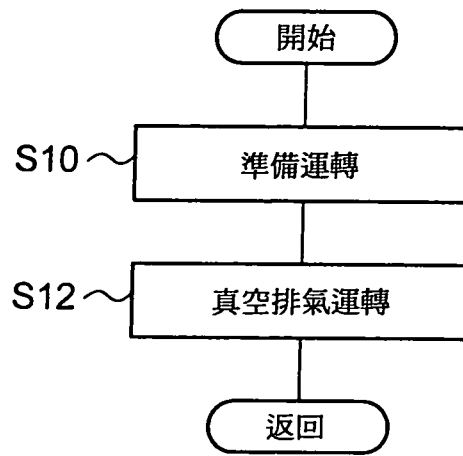
第1圖



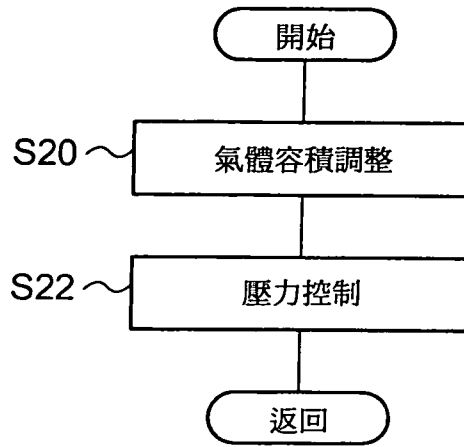
第2圖



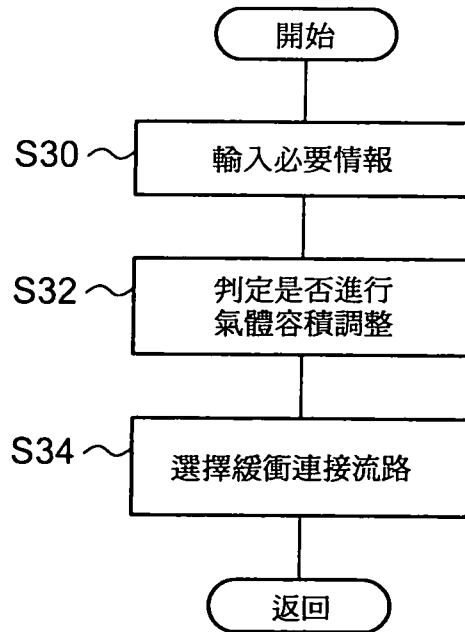
第3圖



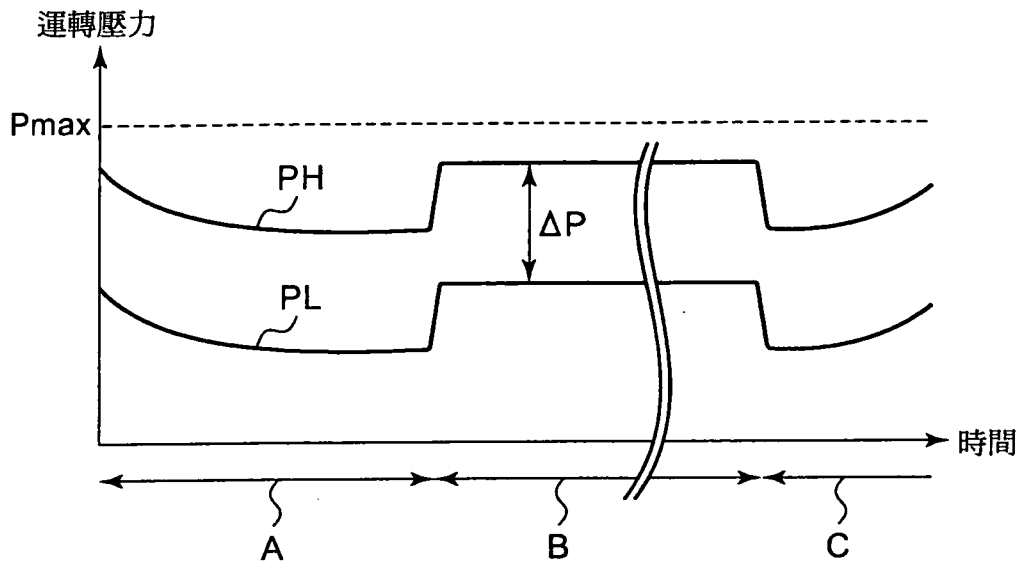
第4圖



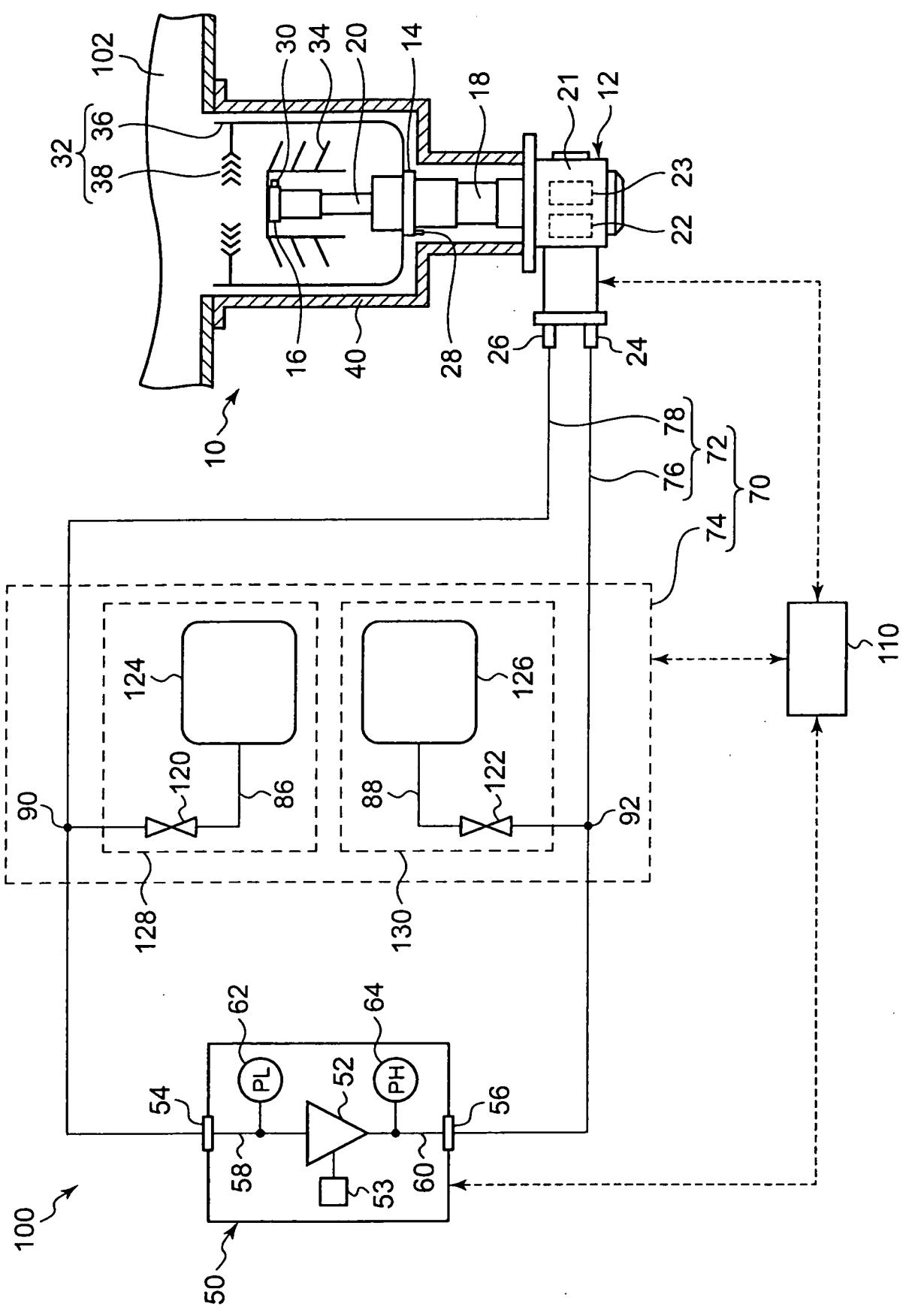
第5圖



第6圖



第8圖



第9圖

