



(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 I768455 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 06 月 21 日

(21)申請案號：109130076

(22)申請日：中華民國 105 (2016) 年 09 月 01 日

(51)Int. Cl. : F04C28/24 (2006.01)

F04C2/00 (2006.01)

F04B17/00 (2006.01)

(30)優先權：2015/09/02 美國

62/213,524

(71)申請人：美商鳳凰計劃股份有限公司(美國) PROJECT PHOENIX, LLC (US)

美國

(72)發明人：亞夏瑞 湯瑪士 AFSHARI, THOMAS (US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

TW I461615

EP 2816237A1

US 2009/0165450A1

US 2014/0308103A1

WO 2014/135284A1

審查人員：吳建裕

申請專利範圍項數：9 項 圖式數：19 共 137 頁

(54)名稱

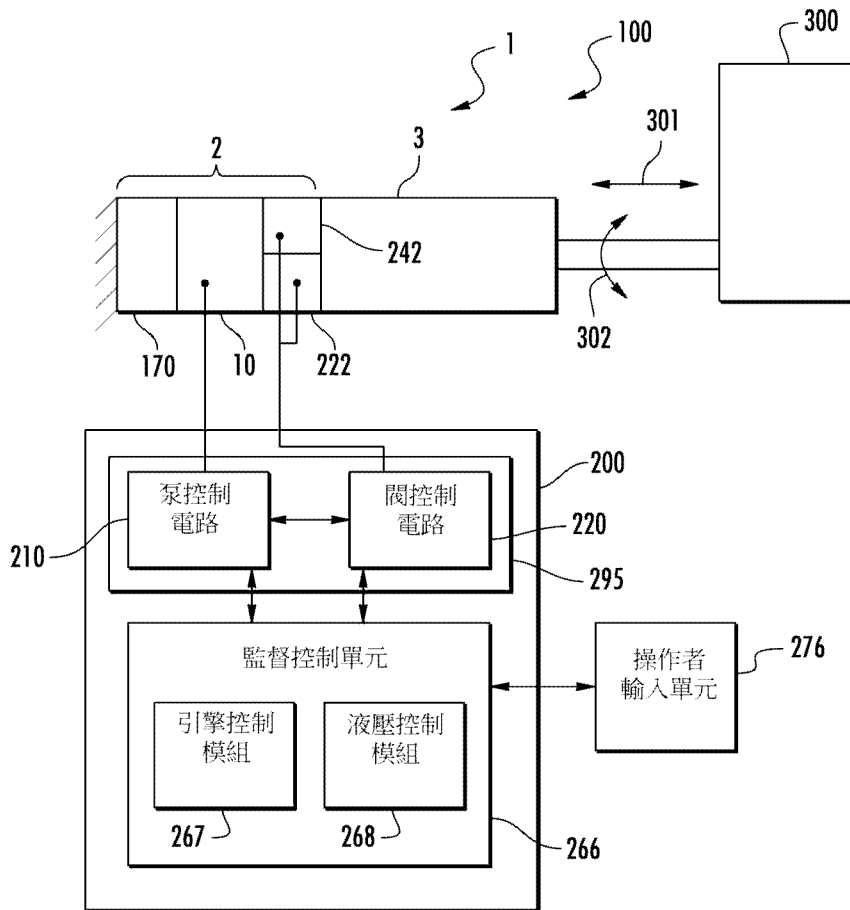
泵送流體之系統及其控制

(57)摘要

本發明揭示一種流體驅動致動器系統，其包含：一流體驅動致動器；及至少一比例控制閥及至少一泵，其等連接至該流體驅動致動器以提供流體來操作該流體驅動致動器。該至少一泵包含具有一原動機及一流體位移總成之至少一流體驅動器，該流體位移總成由該原動機驅動，使得流體自泵入口轉移至泵出口。該流體驅動致動器系統亦包含一控制器，其建立該至少一原動機之一速度及一扭矩之至少一者以進行將該流體系統中之一流量調整至一流量設定點及將該流體系統中之一壓力調整至一壓力設定點之至少一者，且同時建立該至少一比例控制閥之一打開以進行將該流量調整至該流量設定點及將該壓力調整至該壓力設定點之至少一者。

A fluid-driven actuator system includes a fluid-driven actuator and at least one proportional control valve and at least one pump connected to the fluid-driven actuator to provide fluid to operate the fluid-driven actuator. The at least one pump includes at least one fluid driver having a prime mover and a fluid displacement assembly to be driven by the prime mover such that fluid is transferred from the pump inlet to the pump outlet. The fluid-driven actuator system also includes a controller that establishes at least one of a speed and a torque of the at least one prime mover to adjust at least one of a flow in the fluid system to a flow set point and a pressure in the fluid system to a pressure set point and concurrently establishes an opening of the at least one proportional control valve to adjust at least one of the flow to the flow set point and the pressure to the pressure set point.

指定代表圖：



【圖1】

符號簡單說明：

1:流體驅動致動器總成/靜液壓傳動總成/液壓系統/流體驅動致動器系統

2:泵總成

3:流體驅動致動器/液壓致動器/液壓缸總成

10:泵

170:儲存裝置

200:控制器/控制系統

210:泵控制電路

220:閥控制電路/閥控制系統

222:比例控制閥總成

242:比例控制閥總成

266:控制單元/控制器

267:引擎控制模組

268:液壓控制模組

276:輸入單元

295:驅動單元

300:負載

301:方向

302:方向



I768455

【發明摘要】

【中文發明名稱】

泵送流體之系統及其控制

【英文發明名稱】

SYSTEM TO PUMP FLUID AND CONTROL THEREOF

【中文】

本發明揭示一種流體驅動致動器系統，其包含：一流體驅動致動器；及至少一比例控制閥及至少一泵，其等連接至該流體驅動致動器以提供流體來操作該流體驅動致動器。該至少一泵包含具有一原動機及一流體位移總成之至少一流體驅動器，該流體位移總成由該原動機驅動，使得流體自泵入口轉移至泵出口。該流體驅動致動器系統亦包含一控制器，其建立該至少一原動機之一速度及一扭矩之至少一者以進行將該流體系統中之一流量調整至一流量設定點及將該流體系統中之一壓力調整至一壓力設定點之至少一者，且同時建立該至少一比例控制閥之一打開以進行將該流量調整至該流量設定點及將該壓力調整至該壓力設定點之至少一者。

【英文】

A fluid-driven actuator system includes a fluid-driven actuator and at least one proportional control valve and at least one pump connected to the fluid-driven actuator to provide fluid to operate the fluid-driven actuator. The at least one pump includes at least one fluid driver having a prime mover and a fluid displacement assembly to be driven by the prime mover such that fluid is transferred from the pump inlet to the pump outlet. The fluid-driven actuator system also includes a controller

that establishes at least one of a speed and a torque of the at least one prime mover to adjust at least one of a flow in the fluid system to a flow set point and a pressure in the fluid system to a pressure set point and concurrently establishes an opening of the at least one proportional control valve to adjust at least one of the flow to the flow set point and the pressure to the pressure set point.

【指定代表圖】

圖1

【代表圖之符號簡單說明】

- 1:流體驅動致動器總成/靜液壓傳動總成/液壓系統/流體驅動致動器系統
- 2:泵總成
- 3:流體驅動致動器/液壓致動器/液壓缸總成
- 10:泵
- 100:流體系統
- 170:儲存裝置
- 200:控制器/控制系統
- 210:泵控制電路
- 220:閥控制電路/閥控制系統
- 222:比例控制閥總成
- 242:比例控制閥總成
- 266:控制單元/控制器
- 267:引擎控制模組

268:液壓控制模組

276:輸入單元

295:驅動單元

300:負載

301:方向

302:方向

【發明說明書】

【中文發明名稱】

泵送流體之系統及其控制

【英文發明名稱】

SYSTEM TO PUMP FLUID AND CONTROL THEREOF

【技術領域】

本發明大體上係關於流體泵送系統、流體驅動致動器總成及其控制方法，且更特定言之，本發明係關於：流體驅動致動器總成，其具有至少一泵總成、至少一比例控制閥總成及一流體驅動致動器；及該等流體驅動致動器總成在一流體泵送系統中之控制方法，其包含藉由建立該至少一泵總成中之各原動機之一速度及/或扭矩且同時建立該至少一比例控制閥總成中之至少一控制閥之一打開來調整該系統中之一流量及一壓力之至少一者。

【先前技術】

流體驅動致動器總成廣泛用於自小負載應用至重負載應用之範圍內之各種應用中。因為系統之詳情可取決於應用而變動，所以為了簡潔，將依據常見重工業機器中之一通用液壓系統應用來描述本發明之背景。在此等機器中，液壓系統可用於自小負載應用至重負載應用之範圍內之應用(例如挖掘機、前置式裝載斗、起重機及靜液壓傳動裝置等等)中。取決於系統之類型，具有一液壓系統之一習知機器通常包含諸如一液壓致動器(例如一液壓缸、液壓馬達或另一類型之致動器)(其對一外部負載施加作用)、一液壓泵(其包含一馬達及齒輪總成)及一流體貯槽之諸多零件。馬達驅動齒輪總成以依一預定方式將加壓流體自流體貯槽提供至液壓致動

器。例如，當液壓致動器係一液壓缸時，來自泵之液壓流體引起缸之活塞桿在缸之本體內移動。在其中液壓致動器係一液壓馬達之一情況中，來自泵之液壓流體引起液壓馬達(例如)旋轉及驅動一附接負載。

通常，上述工業應用中之液壓泵之慣性無法藉由變動液壓泵之速度來精確控制系統中之流量。即，此等工業機器中之先前技術泵無法對流量需求之變化作出積極回應。因此，為控制系統中之流量，諸如一可變位移液壓泵及/或一定向流量控制閥之流量控制裝置新增至系統且液壓泵依一恆定速度運行以確保流量控制裝置總是維持一適當壓力。液壓泵可全速或依確保系統總是具有系統中之流量控制裝置所需之壓力之一些其他恆定速度運行。然而，全速或依一些其他恆定速度運行液壓泵因其未考量系統之真實能量輸入要求而無效率。例如，即使系統負載僅為50%，但泵仍將全速運行。此外，此等系統中之流量控制裝置通常使用液壓控制來操作，其相對較複雜且需要運用額外液壓流體。

由於液壓電路及控制較複雜，所以此等液壓系統通常係開環的，使得泵自一大流體貯槽汲取液壓流體且液壓流體在對液壓致動器施加作用之後及在用於液壓控制中之後被送回至貯槽。即，自液壓致動器及液壓控制輸出之液壓流體並非如同一閉環系統般直接發送至泵之入口。此等系統中需要具有一大流體貯槽之一開環系統來使液壓流體之溫度維持為一合理位準且確保供應足夠液壓流體來防止泵空化且操作各種液壓控制組件。儘管閉環電路係已知，但此等電路趨向於用於其中泵空化之風險係最小之簡單系統。然而，在開環系統中，各種組件通常定位成彼此隔離。為使此等零件互連，如同連接軸、軟管、管道及/或配件之各種額外組件依一複雜方式被使用且因此易受污染。再者，此等組件易在惡劣工作環境中受損害或

降級，藉此引起機器當機時間增加及機器可靠性降低。因此，已知系統具有關於系統之複雜性及可靠性之非所要缺點。

2015年9月17日申請之申請者之共同待審之國際申請案第PCT/US2015/050589號(「'589申請案」)揭示一流體系統中之一可變速度及/或一可變扭矩泵(其具有兩個流體驅動器及至少一比例控制閥)之控制。'589申請案揭示一發明系統，其中泵及至少一比例控制閥之操作經協調以提供比見於習知系統中之流體流量及/或壓力之控制更快及更精確之流體系統中之流體流量及/或壓力之控制。然而，'589申請案未揭示一控制方案，其中具有一壓力控制模組及一流量控制模組之至少一者之一泵控制電路將具有比至其他流體驅動器之一需求信號大之量值之一需求信號提供至泵之流體驅動器之一者以甚至更精確地控制流量及壓力。

熟習技術者將透過比較此等方法與本發明之其餘部分中參考圖式所闡述之本發明之實施例而明白習知方法、傳統方法及本發明所提出之方法之進一步限制及缺點。

【發明內容】

本發明之較佳實施例提供使用一可變速度及或一可變扭矩泵之系統中之流體流量及/或壓力之更快及更精確控制。下文將討論之流體泵送系統及其控制方法在一閉環型系統中係特別有利的，此係因為此等系統中之流體流量及/或壓力之更快及更精確控制可意謂比習知系統小之蓄能器大小及比習知系統低之一泵空化風險。在一例示性實施例中，一流體系統包含：一可變速度及/或一可變扭矩泵；至少一比例控制閥總成；一致動器，其由流體操作以控制一負載；及一控制器，其用於同時建立該泵之一速度及/或扭矩及該至少一比例控制閥總成之一打開。該泵包含將流體提

供至該致動器之至少兩個流體驅動器，該致動器可為(例如)一流體致動缸、一流體驅動馬達或控制一負載(例如一挖掘機之一轉臂、附接至一靜液壓傳動裝置之一負載或可由一致動器操作之一些其他設備或裝置)之另一類型之流體驅動致動器。如本文所使用，「流體」意謂一液體或液體及氣體之一混合物(就體積而言，其主要含有液體)。各流體驅動器包含一原動機及一流體位移總成。該流體位移總成可由該各自原動機驅動，使得流體自該泵之入口轉移至出口。在一些實施例中，一比例控制閥總成安置於該泵出口與該致動器之一入口之間。該比例控制閥總成可包含一比例控制閥及一閥致動器。在一些實施例中，該比例控制閥總成安置於該致動器之一出口與該泵入口之間。在其他實施例中，該系統包含兩個比例控制閥總成，其中一閥總成安置於該泵出口與該致動器入口之間且另一閥總成安置於該致動器出口與該泵入口之間。該控制器同時建立該等原動機之一速度及/或一扭矩及至少一比例控制閥之一打開以控制該流體系統中之一流量及/或一壓力。

在一些實施例中，該泵包含兩個流體驅動器，其中各流體驅動器包含一原動機及一流體位移總成，該流體位移總成包含一流體位移部件。各流體驅動器中之該流體位移部件由該各自原動機獨立驅動以將流體自該泵之一入口轉移至該泵之一出口。取決於該流體位移總成之設計，當轉移該流體時，該位移部件可與一固定元件(例如泵壁、月牙器或另一類似組件)組合工作。各流體位移部件具有複數個凸部及複數個凹口之至少一者。即，各流體驅動器可為(例如)具有輪齒之一內齒輪或外齒輪、具有凸部(例如凸塊、延伸部、凸起、突起、其他類似結構或其等之組合)之一輪轂(例如一圓盤、缸或其他類似組件)、具有凹口(例如腔穴、凹陷、空穴或

類似結構)之一輪轂(例如一圓盤、缸或其他類似組件)、具有凸齒之一齒輪本體或可在被驅動時使流體位移之其他類似結構。該泵中之該等流體驅動器之構形無需相同。例如，一流體驅動器可經構形為一外齒輪型流體驅動器且另一流體驅動器可經構形為一內齒輪型流體驅動器。該等流體驅動器由(例如)一電動馬達、一液壓馬達或其他流體驅動馬達、一內燃機、燃氣機或其他類型之引擎或可獨立操作其流體位移部件之其他類似裝置獨立操作。「獨立操作」、「經獨立操作」、「獨立驅動」、「經獨立驅動」意謂：在一對一構形中，各流體位移部件(例如一齒輪)由其自身原動機(例如一電動馬達)操作/驅動。然而，該等流體驅動器由一控制器操作，使得該等流體驅動器之間的接觸經同步以(例如)泵送流體及/或密封一反向流動路徑。即，隨著同時建立該原動機之速度及/或扭矩及至少一比例控制閥總成中之一比例控制閥之一打開，由該控制器使該等獨立操作之流體驅動器之操作同步，使得各流體驅動器中之該流體位移部件與另一流體位移部件同步接觸。該接觸可包含至少一接觸點、接觸線或接觸區域。較佳地，一控制器將具有比至該等流體驅動器之另一者之一需求信號大之量值之一需求信號提供至該泵之該等流體驅動器之一者以在該等流體驅動器之間產生接觸且密封自該泵之出口至該泵之入口之一流體路徑。

另一例示性實施例包含一種系統，其具有一液壓泵、至少一比例控制閥總成及一控制器。該液壓泵將液壓流體提供至一液壓致動器。在一些實施例中，該液壓致動器係一液壓缸，且在其他實施例中，該液壓致動器係一液壓馬達。當然，本發明並非僅受限於此等實例，而是可使用操作一負載之其他類型之液壓致動器。該液壓泵包含至少兩個馬達，其中各馬達驅動一齒輪總成。該等齒輪總成經驅動使得流體自該泵之入口轉移至該泵

之出口。

各比例控制閥總成包含一比例控制閥及用於操作該比例控制閥之一閥致動器。在一些實施例中，一比例控制閥安置於該泵出口與該液壓致動器入口之間。在一些實施例中，該比例控制閥安置於該液壓致動器出口與該泵入口之間。在其他實施例中，該液壓系統可包含兩個比例控制閥。在此實施例中，該等比例控制閥之一者可安置於該泵出口與該液壓致動器入口之間，且另一比例控制閥可安置於該液壓致動器出口與該泵入口之間。在一些實施例中，該控制閥可為一球型控制閥。在一些實施例中，該流體驅動致動器總成可包含量測諸如(例如)流量、壓力、溫度或一些其他系統參數之各種系統參數之一感測器陣列。在一些例示性實施例中，該感測器陣列可安置於該比例控制閥總成中。在一些實施例中，該控制閥之該致動器可為一伺服馬達。在一些實施例中，該伺服馬達包含提供有關該閥之位置之回饋的一編碼器。

該控制器同時建立各流體驅動器之原動機之一速度及/或一扭矩及各比例控制閥之一打開以將該流體系統中之一流量及/或一壓力控制至一操作設定點。因此，與一習知流體系統不同，當一單獨流量控制裝置(例如定向流量控制閥)獨立控制該系統中之該流量及/或該壓力時，該泵並非依一恆定速度運行。相反地，在本發明之例示性實施例中，與各比例控制閥之該打開同時地控制該泵速度及/或扭矩。本發明之流體驅動致動器系統及其控制方法在一閉環型系統中係特別有利的，此係因為該系統及控制方法在不曾如同習知系統般增加泵空化或高流體溫度之風險之情況下提供更緊湊構形。因此，在該流體驅動致動器總成之一些實施例中，該流體驅動致動器及該至少一泵總成形成一閉環系統。

在一些實施例中，該流體系統包含其中該流體驅動致動器與該至少一泵總成結合之一流體驅動致動器總成。「與…結合」意謂：裝置經固定地連接或附接以形成一整合單元或模組。在一些例示性實施例中，一流體驅動器之至少一軸(例如原動機之一軸、及/或流體位移部件之一軸、及/或原動機/流體位移部件之一共同軸(取決於該泵之構形))呈一流通構形且具有容許該泵之輸入口及輸出口之至少一者與至少一流體儲存裝置之間的流體連通之一貫穿通路。在一些例示性實施例中，該泵之殼體包含至少一平衡板，其具有用於使該等流體驅動器彼此對準之一突出部分。在一些實施例中，泵殼體之該突出部分或另一部分具有用於將所泵送之流體之一部分導引至安置於該流體驅動器與該突出部分之間的軸承或導引至該流體驅動器之另一部分之冷卻槽。

在一些實施例中，該流體驅動致動器可包含兩個或兩個以上泵總成，其等可配置成一並流構形以對該系統提供比一單一泵總成系統大之一流量容量。該並流構形亦可提供用於峰值補充流量能力及/或用於提供緊急備用操作之一構件。在一些實施例中，該兩個或兩個以上泵總成可配置成一串流構形以對該系統提供比一單一泵總成系統大之一壓力容量。

本發明之一例示性實施例包含一種方法，其藉由同時控制至少一可變速度及/或一可變扭矩泵及至少一比例控制閥以控制一負載來提供一流體驅動致動器系統中之流體流量及/或壓力之精確控制。該流體系統包含具有至少一流體泵總成及一流體驅動致動器之一流體驅動致動器總成。在一些實施例中，該流體驅動致動器與該至少一泵總成結合。該方法包含：使用由包含一流體泵及至少一比例控制閥總成之至少一泵總成控制之一流體驅動致動器來控制一負載。在一些實施例中，該方法包含：將過量流體

自該流體驅動致動器系統提供至用於儲存流體之至少一儲存裝置；及在該流體驅動致動器系統需要時將流體自該儲存裝置轉移至該流體驅動致動器系統。該方法進一步包含：建立該系統中之一流量及一壓力之至少一者以維持用於控制該負載之一操作設定點。藉由控制該泵之一速度及/或扭矩且同時控制該至少一比例控制閥之一打開以將該系統中之該流量及/或該壓力調整至該操作設定點來建立該流量及該壓力之該至少一者。該方法包含：將具有比至該等流體驅動器之另一者之一需求信號大之量值之一需求信號提供至該流體泵之該等流體驅動器之一者以在該等流體驅動器之間產生接觸且密封自該泵之出口至該泵之入口之一流體路徑。在該流體驅動致動器總成之一些實施例中，該流體驅動致動器及該至少一泵總成形成一閉環流體系統。在一些實施例中，該系統係一液壓系統且該流體驅動致動器較佳為一液壓缸。此外，在一些例示性實施例中，該泵係一液壓泵且該等比例控制閥係球閥。

本發明之[發明內容]經提供為本發明之一些實施例之一般介紹，且不意欲受限於任何特定流體驅動致動器總成或控制器系統構形。應瞭解，[發明內容]中所描述之各種特徵及特徵構形可以任何適合方式組合以形成本發明之任何數目個實施例。本文提供包含變動及替代構形之一些額外實例性實施例。

【圖式簡單說明】

併入本文中且構成本說明書之部分的附圖繪示本發明之例示性實施例，且與上文所給出之一般描述及下文將給出之詳細描述一起用於解釋本發明之例示性實施例之特徵。

圖1係具有一流體驅動致動器總成及控制系統之一較佳實施例之流體

驅動致動器系統之一方塊圖。

圖2係一線性致動器總成之一較佳實施例之一側視圖。

圖2A展示圖2之線性致動器總成之一側視橫截面圖。

圖3係一靜液壓傳動總成之一較佳實施例之一側視圖。

圖3A及圖3B展示圖3之靜液壓傳動總成之液壓馬達之橫截面圖。

圖4展示具有一外齒輪泵及一儲存裝置之一泵總成之一例示性實施例之一分解圖。

圖4A展示圖4之泵總成之例示性實施例之一組裝側視橫截面圖。

圖4B展示圖4之例示性實施例之另一組裝側視橫截面圖。

圖5繪示圖4之外齒輪泵之一例示性流動路徑。

圖5A展示一橫截面圖，其繪示圖5之外齒輪泵中之一接觸區域中之兩個齒輪之間的單側接觸。

圖6展示一泵總成之一例示性實施例之一橫截面圖。

圖7展示一泵總成之一例示性實施例之一橫截面圖。

圖8至圖8E展示具有傳動驅動構形之泵之例示性實施例之橫截面圖。

圖9展示具有一外齒輪泵及一儲存裝置之一泵總成之一例示性實施例之一分解圖。

圖9A展示圖9中之外齒輪泵之一組裝側視橫截面圖。

圖9B展示圖9中之泵之一平衡板之一等角視圖。

圖9C展示自圖9中之泵取得之另一組裝側視橫截面圖。

圖10展示具有一貫穿通路之一流通軸之一較佳實施例之一放大圖。

圖11係繪示一流體驅動致動器應用中之一流體系統之一例示性實施例的一示意圖。

圖12係一泵控制系統之一示意性方塊圖。

圖12A係一閥控制系統之一示意性方塊圖。

圖13繪示一比例控制閥之一例示性實施例。

圖14展示具有兩個泵總成之一流體驅動致動器總成之一較佳實施例之一側視圖。

圖14A展示圖14之流體驅動致動器總成之一橫截面圖。

圖15及圖15A展示具有兩個泵總成之一流體驅動致動器總成之較佳實施例之橫截面圖。

圖16係繪示一流體驅動致動器應用中之一流體系統之一例示性實施例之一示意圖。

圖17、圖17A及圖17B展示具有兩個泵總成之一流體驅動致動器總成之較佳實施例之側視圖。

圖18係繪示一流體驅動致動器應用中之一流體系統之一例示性實施例之一示意圖。

圖19展示將本發明之複數個流體驅動致動器總成安裝於一鉸接式轉臂結構上時之一挖掘機之該轉臂結構之一繪示性構形。

【實施方式】

優先權

本申請案係主張2015年9月2日申請之美國臨時申請案第62/213,524號之優先權權利之一國際申請案，該美國臨時申請案之全文以引用的方式併入本文中。

例示性實施例係針對一種流體系統，其包含用於操作一負載之一流體驅動致動器總成及一控制系統。在一些實施例中，該流體驅動致動器總

成包含一流體驅動致動器及與該流體驅動致動器結合以提供流體來操作該流體驅動致動器之至少一泵總成。該泵總成(其在一些實施例中可被整合)包含具有至少一流體驅動器之一泵，該至少一流體驅動器包括一原動機及一流體位移總成，該流動位移總成由該原動機驅動，使得流體自該泵之一第一端口轉移至該泵之一第二端口。該泵總成亦包含至少一比例控制閥總成。此外，在一些實施例中，該泵總成及該流體驅動致動器之至少一者可包含用於使該等各自裝置與該系統隔離之閉鎖閥。該流體系統亦包含一控制器，其建立該至少一原動機之一速度及一扭矩之至少一者且同時建立該至少一比例控制閥總成之一打開以將該流體驅動致動器系統中之一流量及一壓力之至少一者調整至一操作設定點。該流體驅動致動器系統可包含用於量測諸如壓力、溫度及/或流量之系統參數之感測器總成。當該流體驅動致動器總成含有一個以上泵總成時，可取決於(例如)該系統之要求而將該等泵總成連接成一並聯或串聯構形。在一些實施例中，該至少一比例控制閥總成可經安置成與該至少一泵總成分離，即，該等控制閥總成不整合至該泵總成中。

在一些實施例中，該泵包含安置於該流體位移部件內之至少一原動機。在該流體輸送系統之其他例示性實施例中，至少一原動機安置於該流體位移部件外但仍位於該泵殼體內，且在進一步例示性實施例中，至少一原動機安置於該泵殼體外。在一些例示性實施例中，該泵包含至少兩個流體驅動器，其中各流體驅動器包含一原動機及一流體位移部件。該等流體位移部件由該等各自原動機獨立驅動以使該等各自流體位移部件之間的接觸同步(傳動驅動構形)。在一些實施例中，該同步接觸提供5%或更小之一範圍內之一滑流係數。

在一些例示性實施例中，一流體驅動器之至少一軸(例如該原動機之一軸、及/或該流體位移部件之一軸、及/或該原動機/該流體位移部件之一共同軸(取決於該泵之構形))係一流通軸，其包含允許該泵之至少一端口與至少一流體儲存裝置之間流體連通之一貫穿通路構形。在一些例示性實施例中，該至少一流體儲存裝置與該泵總成結合以提供更緊湊流體驅動致動器總成。

將使用其中該泵係具有兩個流體驅動器之一外齒輪泵，該原動機係一電動馬達，且該流體位移部件係具有輪齒之一外正齒輪的實施例來描述包含該流體驅動致動器總成及該控制系統之該流體系統之例示性實施例。然而，熟習技術者將易於認識到，下文相對於電動馬達驅動之外齒輪泵所描述之概念、功能及特徵可易於適用於具有其他齒輪構形(螺旋齒輪、人字齒輪或可經調適以驅動流體之其他輪齒構形)之外齒輪泵、具有各種齒輪構形之內齒輪泵、具有兩個以上流體驅動器之泵、除電動馬達之外的原動機(例如液壓馬達或其他流體驅動馬達、內燃機、燃氣機或其他類型之引擎或可驅動一流體位移部件之其他類似裝置)、具有兩個以上流體位移部件之泵及除具有輪齒之一外齒輪之外的流體位移部件(例如具有輪齒之內齒輪、具有凸部(例如凸塊、延伸部、凸起、突起、其他類似結構或其等之組合)之一輪轂(例如一圓盤、缸或其他類似組件)、具有凹口(例如腔穴、凹陷、空穴或類似結構)之一輪轂(例如一圓盤、缸或其他類似組件)、具有凸齒之一齒輪本體或可在被驅動時使流體位移之其他類似結構)。

圖1展示一流體系統100之一例示性方塊圖。流體系統100包含操作一負載300之一流體驅動致動器總成1。如下文將更詳細討論，流體驅動致

動器總成1包含：一流體驅動致動器3，其可為(例如)對一外部負載施加作用之一液壓缸、一液壓馬達或另一類型之流體驅動致動器；及一泵總成2。當流體驅動致動器係諸如一液壓缸之一線性致動器時，負載300可在(例如)方向301上移動。若流體驅動致動器係諸如一液壓馬達之一旋轉致動器，則負載300可在(例如)方向302上旋轉。泵總成2包含泵10、比例控制閥總成222及242及儲存裝置170。液壓致動器3由來自泵10(其由一控制器200控制)之流體操作。控制器200包含一驅動單元295，其具有控制泵10之一泵控制電路210及控制比例控制閥總成222及242之一閥控制電路220。如下文將更詳細討論，具有泵控制電路210及閥控制電路220之驅動單元295包含解譯來自一監督控制單元266及/或一使用者(經由輸入單元276)之程序回饋信號及/或命令信號(例如流量及/或壓力設定點)且將適當需求信號發送至泵10及控制閥總成222、242以定位負載300之硬體及/或軟體。為了簡潔，相對於具有一液壓泵及一液壓致動器之一液壓流體系統而給出例示性實施例之描述。然而，本發明之發明特徵可應用於除液壓系統之外的流體系統。此外，本發明之流體驅動致動器總成1可應用於可包含液壓缸及液壓馬達之各種類型之液壓致動器。此等液壓缸可包含(但不限於)單動或雙動伸縮缸、柱塞缸、差動缸及位置感測型智慧液壓缸。下文將給出流體驅動致動器總成1之組件及流體驅動致動器總成1之控制之一詳細描述。

圖2展示液壓致動器係一液壓缸3'時之流體驅動致動器總成1之一較佳實施例。圖2A展示流體驅動致動器總成1之一橫截面圖。參考圖2及圖2A，流體驅動致動器總成1包含：一流體驅動致動器，其可為(例如)一液壓缸3'；及一流體輸送系統，其可為(例如)一液壓泵總成2。泵總成2可包

含一泵10及比例控制閥總成222及242。泵10及閥總成222及242控制至液壓缸3'之流量及/或壓力。此外，泵總成2及/或液壓缸3'可包含使各自裝置與系統隔離之閥(圖中未展示)。在一些實施例中，控制閥總成222及242可為液壓缸3'之部分。

液壓缸3'包含一缸外殼4、一活塞9及一活塞桿6。缸外殼4界定其內之一致動器腔室5，活塞9及活塞桿6可移動地安置於致動器腔室5中。在致動器腔室5中，活塞9在活塞桿6之一端上固定地附接至活塞桿6。活塞9可在任一方向17上沿缸外殼4之內壁16滑動。活塞9界定致動器腔室5內之兩個子腔室：一回縮腔室7及一抽取腔室8。泵10之一端口22經由比例控制閥總成222來與回縮腔室7流體連通，且泵10之一端口24經由比例控制閥總成242來與抽取腔室8流體連通。取決於流體驅動致動器總成1之構形，液壓缸3'、泵10及比例控制閥總成222及242之間的流體通路可位於內部或外部。當活塞9及活塞桿6歸因於泵10及控制閥總成222、242之操作而向左或向右滑動時，回縮腔室7及抽取腔室8之各自容積改變。例如，當活塞9及活塞桿6向右滑動時，回縮腔室7之容積擴大，而抽取腔室8之容積縮小。相反地，當活塞9及活塞桿6向左滑動時，回縮腔室7之容積縮小，而抽取腔室8之容積擴大。回縮腔室7及抽取腔室8之各自容積變化無需相同。例如，抽取腔室8之容積變化可大於回縮腔室7之對應容積變化，且在此等情況中，流體驅動致動器總成及/或液壓系統需要解釋差異。因此，在一些例示性實施例中，泵總成2可視需要包含用於儲存及釋放液壓流體之一儲存裝置170。儲存裝置170亦可在流體密度及因此流體容積歸因於(例如)流體之一溫度變化(或因一些其他原因之一流體容積變化)而改變時儲存及釋放液壓流體。此外，歸因於泵10及/或閥總成222、242之操

作，儲存裝置170亦可用於吸收系統中之液壓衝擊。

在一些實施例中，可(例如)藉由使用螺絲、螺栓或一些其他緊固構件來使包含比例控制閥總成222及242及儲存裝置170之泵總成2與液壓缸總成3結合，藉此減小由流體驅動致動器總成1佔據之空間。因此，如圖2及圖2A中所見，在一些例示性實施例中，本發明之流體驅動致動器總成1具有提供一緊湊設計之一整合構形。然而，在其他實施例中，流體驅動致動器總成1中之一組件或所有組件(即，液壓泵10、液壓缸3'及控制閥總成222及242)可在無需使用一整合構形之情況下安置成單獨且可操作地連接。例如，可僅結合泵10及控制閥222、242或裝置之任何其他組合。

圖3展示經構形為一靜液壓傳動總成時之流體驅動致動器總成1之一較佳實施例之一側視橫截面圖。該靜液壓傳動總成包含與一液壓馬達3''結合之一液壓泵總成2。泵總成2可包含閥總成222及242及儲存裝置170。泵總成2及液壓馬達3''可附接至一傳動箱4。傳動箱4具有殼體5及6。泵總成2及液壓馬達3''安置於傳動箱4中。液壓馬達3''由一液壓泵10驅動，此將稍後加以詳細描述。液壓馬達3''具有包含一底板7及一頂板8之一馬達殼體11(如圖3A中所展示)。馬達殼體11具有一端口12及一端口13。頂板8及底板7之內表面界定液壓馬達3''之一內部容積。底板7與傳動箱4結合。具體而言，在圖3所展示之實施例中，底板7透過複數個螺栓39來與殼體5、6結合。液壓馬達3''包含延伸穿過底板7之一輸出軸9。輸出軸9可耦合至由靜液壓傳動總成1產生之動力將傳輸至其之一外部負載(例如一挖掘機)。

泵總成2安置於液壓馬達3''之頂側上。泵總成2包含一外齒輪泵10、閥總成222及242及一儲存裝置170。在一些實施例中，閥總成可經安置成

與泵總成分離(例如，作為液壓馬達3"之部分)或液壓馬達3"可具有一組額外閥總成。泵總成2與閥總成222及242一起與傳動箱4結合。具體而言，在圖3所展示之實施例中，端板80透過複數個螺栓39來與殼體5、6結合。下板82透過複數個螺栓16來與馬達殼體11之頂板8結合。泵殼體20具有一端口22及一端口24。傳動箱4內包含流體可透過其來連通於液壓泵10與液壓馬達3"之間的導管。泵出口24經由閥總成242、透過上殼體5中之一第一u形導管14來與液壓馬達3"之端口12流體連通。端口22經由閥總成222、透過下殼體6中之一第二u形導管15來與液壓馬達3"之端口13流體連通。在所繪示之實施例中，泵10係一外齒輪泵。然而，如下文將討論，本發明不受限於一外齒輪泵。取決於靜液壓傳動總成之構形，液壓馬達3"、泵總成2及閥總成222及242之間的流體通路可位於內部或外部。

圖3A及圖3B分別展示液壓馬達3"之俯視橫截面圖及側視橫截面圖。在圖3A之例示性實施例中，液壓馬達3"係一外齒輪液壓馬達。然而，液壓馬達之類型不具限制性且可使用其他類型之流體驅動馬達構形。液壓馬達3"包含齒輪總成21及齒輪總成31。齒輪總成21包含一軸23、一齒輪本體25及具有複數個輪齒29之一齒輪27。軸23固定地連接至齒輪本體25，使得齒輪本體25可與軸23一起可旋轉地移動。齒輪總成31包含一軸(或輸出軸)9、一齒輪本體35及具有複數個輪齒38之一齒輪37。軸9固定地連接至齒輪本體35，使得齒輪本體35可與軸9一起可旋轉地移動。軸9延伸穿過板7，使得軸9之另一端57安置於馬達殼體11外。端57可耦合至由靜液壓傳動總成產生之動力將傳輸至其之一外部裝置(或一外部負載)。馬達殼體11可在端口12、13附近包含一頸部65。頸部65減少進入及離開中央區域(其中定位齒輪總成21、31)之流體之紊流。因此，更穩定流體進入及離

開液壓馬達3"之中央區域，藉此改良液壓系統之效率。取決於所要旋轉方向，藉由操作泵總成2來透過端口12或13將高壓流體輸送至液壓馬達3"，此將稍後加以詳細描述。熟習技術者已知曉液壓馬達3"之操作，因此，為了簡潔，將不進一步討論液壓馬達3"之操作。

圖4展示可用於上文所討論之線性致動器總成或靜液壓傳動總成中之一泵總成2之一例示性實施例之一分解圖。泵總成2包含泵10及儲存裝置170。為了清楚，圖中未展示比例控制閥總成222及242。可在申請者之美國專利第9,228,586號(美國申請案第14/637,064號)及共同待審之國際申請案第PCT/US15/27003號中找到泵10及儲存裝置170之構形及操作，該等案之全文以引用的方式併入本文中。因此，為了簡潔，除描述本發明之例示性實施例所需之外，省略泵10及儲存裝置170之構形及操作之一詳細描述。泵10包含分別包含原動機及流體位移部件之兩個流體驅動器40、60。在圖4之所繪示之例示性實施例中，原動機係電動馬達41、61且流體位移部件係正齒輪50、70。在此實施例中，兩個泵馬達41、61在被組裝時安置於齒輪50、70之圓柱形開口51、71內。然而，如下文將討論，本發明之例示性實施例涵蓋其他馬達/齒輪構形。

如圖4中所見，泵10表示一正位移(或固定位移)齒輪泵。齒輪對50、70安置於內部容積98中。齒輪50、70之各者具有自各自齒輪本體向外徑向延伸之複數個輪齒52、72。輪齒52、72在由(例如)電動馬達41、61旋轉時將流體自入口轉移至出口。泵10可為一可變速度泵及/或一可變扭矩泵，即，馬達41、61係可變速度的及/或可變扭矩的，因此，附接齒輪50、70之旋轉可經變動以產生各種容積流量及泵壓力。在一些實施例中，泵10係雙向的，即，馬達41、61係雙向的。因此，取決於齒輪50、

70之旋轉方向，任一端口22、24可為入口，且另一端口將為出口。

圖4A及圖4B展示圖4之外齒輪泵10之不同組裝側視橫截面圖，但亦包含儲存裝置170之對應橫截面圖。如圖4A及圖4B中所見，流體驅動器40、60安置於殼體20中。流體驅動器40、60之軸42、62安置於殼體20之端口22與端口24之間且在一端84處由板80支撐及在另一端86處由板82支撐。在圖4、圖4A及圖4B之實施例中，軸之各者係流通型軸，其中各軸具有軸向運行穿過軸42、62之本體之一貫穿通路。各軸之一端與端板82中之一通道之一開口連接，且該通道連接至端口22、24之一者。例如，圖4繪示延伸穿過端板82之一通道192 (虛線)。通道192之一開口接受流通軸62之一端，而通道192之另一端通至泵10之端口22。各流通軸42、62之另一端經由端板80中之開口來延伸至流體腔室172 (參閱圖4A)中。馬達41、61之定子44、64徑向安置於各自流通軸42、62與轉子46、66之間。定子44、64固定地連接至各自流通軸42、62，流通軸42、62固定地連接至殼體20中之開口。轉子46、66徑向安置於定子44、64外且包圍各自定子44、64。因此，在此實施例中，馬達41、61係呈一外轉子馬達配置(或一外部轉子馬達配置)，其意謂：馬達之外部旋轉且馬達之中心固定。相比而言，在一內部轉子馬達配置中，轉子附接至一中心旋轉軸。

如圖4中所展示，儲存裝置170可安置至泵10 (例如，安裝於端板80上)以形成一整合單元。儲存裝置170可儲存待由泵10泵送之流體且供應執行一命令操作所需之流體。在一些實施例中，泵10中之儲存裝置170係儲存系統之流體之一加壓容器。在此等實施例中，儲存裝置170被加壓至適合於系統之一指定壓力。在一例示性實施例中，如圖4A及圖4B中所展示，流體驅動器40、60之流通軸42、62分別穿透端板80中之開口而進入

加壓容器之流體腔室172。流通軸42、62包含延伸穿過各自軸42、62之內部之貫穿通路184、194。貫穿通路184、194具有端口186、196，使得貫穿通路184、194各與流體腔室172流體連通。在流通軸42、62之另一端處，貫穿通路184、194連接至流體通路182、192（例如，參閱圖4中之軸62之流體通路192），流體通路182、192延伸穿過端板82而連接至端口22或24，使得貫穿通路184、194與端口22或端口24流體連通。依此方式，流體腔室172與泵10之一端口流體連通。因此，在操作期間，若相關端口處之壓力下降至低於流體腔室172中之壓力，則經由通路184、194來將加壓流體自儲存裝置170推動至適當端口，直至壓力相等。相反地，若相關端口處之壓力變得高於流體腔室172之壓力，則經由貫穿通路184、194來將流體自端口推動至流體腔室172。

當泵10操作時，歸因於(例如)液壓致動器3之操作、由液壓致動器3操作之負載、在系統中操作之閥或因一些其他原因，泵10之入口及出口(例如端口22及24)處可存在壓力尖峰。此等壓力尖峰可引起流體系統中之組件受損壞。在一些實施例中，儲存裝置170可用於消除或減緩壓力尖峰。此外，歸因於(例如)致動器之操作，其中泵10操作之流體系統需要自流體系統之主流體流動路徑新增或移除流體。例如，當一液壓缸操作時，一閉環系統中之流體容積可在操作期間變動，此係因為抽取腔室容積及回縮腔室容積可歸因於(例如)活塞桿或因一些其他原因而不相同。此外，流體溫度之變化亦需要在一閉環系統中新增或移除流體。在此等情況中，將需要儲存系統中之任何額外流體且將需要補足任何流體虧量。儲存裝置170可儲存及釋放穩定操作所需之流體量。

圖10展示流通軸42、62之一例示性實施例之一放大圖。貫穿通路

184、194自端209至端210延伸穿過流通軸42、62且在軸42、62之端209處(或在端209附近)包含一錐形部分(或會聚部分) 204。端209與儲存裝置170流體連通。錐形部分204開始於流通軸42、62之端209處(或端209附近)，且部分延伸至流通軸42、62之貫穿通路184、194中之點206。在一些實施例中，錐形部分可延伸達貫穿通路184、194之長度之5%至50%。在錐形部分204內，如在軸42、62之內側上所量測，貫穿通路184、194之直徑隨著錐形部分延伸至流通軸42、62之端206而減小。如圖10中所展示，錐形部分204在端209處具有一直徑D1，其在點206處減小至一較小直徑D2且直徑之減小使得流體之流動特性受重大影響。在一些實施例中，直徑之減小係線性的。然而，貫穿通路184、194之直徑之減小無需為一線性分佈，而是可依循一曲線分佈、一階梯分佈或一些其他所要分佈。因此，在其中加壓流體自儲存裝置170經由貫穿通路184、194來流動至泵之端口之情況中，流體遇到直徑之一減小(D1→D2)，其對流體流動提供一阻力且使加壓流體自儲存裝置170至泵端口之排放減慢。藉由使流體自儲存裝置170之排放減慢，儲存裝置170表現為等溫的或實質上等溫的。如此項技術中所知，一加壓容器之近等溫膨脹/壓縮(即，加壓容器中之流體之溫度之有限變動)趨向於改良一流體系統中之加壓容器之熱穩定性及效率。因此，在此例示性實施例中，錐形部分204相較於一些其他例示性實施例而促進來自儲存裝置170之加壓流體之排放速度減小，其提供儲存裝置170之熱穩定性及效率。

當加壓流體自儲存裝置170流動至泵10之一端口時，流體在點206處離開錐形部分204且進入一擴大部分(或喉部) 208，其中貫穿通路184、194之直徑自直徑D2擴大至一直徑D3 (其大於D2)，如針對製造容限所量

測。在圖9之實施例中，存在自D2至D3之一逐步擴大。然而，擴大輪廓不必預成型為一階梯且只要相對較快完成擴大，則其他輪廓係可行的。然而，在一些實施例中，取決於諸如所泵送之流體及貫穿通路184、194之長度之因數，點206處之擴大部分208之直徑可初始等於直徑D2 (如針對製造容限所量測)，且接著逐漸擴大至直徑D3。貫穿通路184、194之擴大部分208用於穩定來自儲存裝置170之流體之流動。流動穩定可為必要的，此係因為錐形部分204之直徑之減小可誘發流體之速度增大(歸因於噴嘴效應(或文土里(Venturi)效應))，其可產生流體之一擾動。然而，在本發明之例示性實施例中，流體一離開錐形部分204，歸因於噴嘴效應之流體之紊流就由擴大部分208減輕。在一些實施例中，第三直徑D3等於第一直徑D1，如針對製造容限所量測。在本發明之例示性實施例中，流通軸42、62之整個長度可用於併入貫穿通路184、194之構形以穩定流體流動。

穩定流動在端210處離開貫穿通路184、194。貫穿通路184、194可在端210處經由(例如)端板82中之通道(例如貫穿通路194之通道192，參閱圖4、圖4A及圖4B)來流體連接至泵10之端口22或端口24。當然，流動路徑不限於為泵殼體內之通道，而是可使用其他構件。例如，端口210可連接至外管道及/或軟管，該等外管道及/或軟管連接至泵10之端口22或端口24。在一些實施例中，貫穿通路184、194在端210處具有小於擴大部分208之第三直徑D3的一直徑D4。例如，直徑D4可等於直徑D2，如針對製造容限所量測。在一些實施例中，直徑D1比直徑D2大50%至75%且比直徑D4大50%至75%。在一些實施例中，直徑D3比直徑D2大50%至75%且比直徑D4大50%至75%。

流體通路之橫截面形狀不具限制性。例如，可使用一圓形通路、一矩形通路或某一其他所要形狀通路。當然，貫穿通路不受限於具有一錐形部分及一擴大部分之一構形，而是可使用包含具有沿貫穿通路之長度之一均勻橫截面面積之貫穿通路之其他構形。因此，流通軸之貫穿通路之構形可在不背離本發明之範疇之情況下變動。

圖5繪示外齒輪泵10之一例示性實施例之一例示性流體流動路徑。申請者之美國專利第9,228,586號(美國申請案第14/637,064號)及共同待審之國際申請案第PCT/US15/27003號中提供泵10之一詳細操作，因此，為了簡潔，除描述本發明之例示性實施例所需之外，省略泵10之一詳細操作。在本發明之例示性實施例中，兩個齒輪50、70分別由單獨提供之馬達41、61獨立驅動。為了解釋，齒輪50由馬達41沿順時針方向74可旋轉地驅動且齒輪70由馬達61沿逆時針方向76可旋轉地驅動。就此旋轉構形而言，端口22係齒輪泵10之入口側且端口24係齒輪泵10之出口側。

為防止回流(即，防止流體透過接觸區域78來自出口側洩漏至入口側)，接觸區域78中之第一齒輪50之一齒與第二齒輪70之一齒之間的接觸提供抵抗回流之密封。接觸力足夠大以提供實質密封，但與驅動器驅動系統不同，接觸力不足以有效驅動其他齒輪。在驅動器驅動系統中，由驅動器齒輪施加之力使驅動齒輪轉動。即，驅動器齒輪與驅動齒輪嚙合(或互鎖)以機械地驅動驅動齒輪。儘管來自驅動器齒輪之力在兩個齒之間的界面點處提供密封，但此力遠高於密封所需之力，此係因為此力必須足以機械地驅動驅動齒輪來依所要流量及壓力轉移流體。

然而，在一些例示性實施例中，當齒52、72在接觸區域78中形成一密封時，泵10之齒輪50、70無論如何不會機械地驅動其他齒輪。相反

地，齒輪50、70經可旋轉地獨立驅動使得輪齒52、72彼此不研磨。即，齒輪50、70經同步驅動以提供接觸但彼此不研磨。具體而言，依適合旋轉速率使齒輪50、70之旋轉同步，使得在接觸區域78中，齒輪50之一齒藉由足以提供實質密封(即，實質上消除流體透過接觸區域78來自出口側洩漏至入口側)之力來接觸第二齒輪70之一齒。然而，與一驅動器驅動構形不同，兩個齒輪之間的接觸力無論如何不足以使一齒輪機械地驅動另一齒輪。馬達41、61之精確控制將確保：齒輪位置在操作期間保持彼此同步。

例如，齒輪70可比齒輪50快零點幾秒地(例如0.01秒/轉)被可旋轉驅動。齒輪50與齒輪70之間的此旋轉速度差實現兩個齒輪50、70之間的單側接觸，其在兩個齒輪50、70之輪齒之間提供實質密封以使入口與出口之間密封，如上文所描述。在一些實施例中，齒輪50、70之旋轉係至少99%同步的，其中100%同步意謂：兩個齒輪50、70依相同rpm旋轉。然而，只要經由兩個齒輪50、70之輪齒之間的接觸來提供實質密封，則同步百分比可變動。在例示性實施例中，基於輪齒52與輪齒72之間的一空隙關係，同步率可在95.0%至100%之一範圍內。在其他例示性實施例中，基於輪齒52與輪齒72之間的一空隙關係，同步率係在99.0%至100%之一範圍內，且在其他例示性實施例中，基於輪齒52與輪齒72之間的一空隙關係，同步率係在99.5%至100%之一範圍內。此外，馬達41、61之精確控制將確保：齒輪位置在操作期間保持彼此同步。藉由使齒輪50、70適當同步，輪齒52、72可提供實質密封，例如，具有5%或更小之一範圍內之一滑流係數之一回流率或洩漏率。例如，對於約120華氏度處之典型液壓流體：當泵壓力在3000 psi至5000 psi之一範圍內時，滑流係數可

為5%或更小；當泵壓力在2000 psi至3000 psi之一範圍內時，滑流係數可為3%或更小；當泵壓力在1000 psi至2000 psi之一範圍內時，滑流係數可為2%或更小；及當泵壓力在高達1000 psi之一範圍內時，滑流係數可為1%或更小。當然，取決於泵類型，同步接觸可有助於泵送流體。例如，在某些內齒輪同步轉子(georotor)構形中，兩個流體驅動器之間的同步接觸亦有助於泵送截留於對置齒輪之齒之間的流體。在一些例示性實施例中，藉由使馬達41、61適當同步來使齒輪50、70同步。多個馬達之同步在相關技術中係已知的，因此，此處省略詳細解釋。

在一例示性實施例中，齒輪50、70之同步提供齒輪50之一齒與齒輪70之一齒之間的單側接觸。圖5A展示一橫截面圖，其繪示接觸區域78中之兩個齒輪50、70之間的此單側接觸。為了繪示，沿順時針方向74可旋轉地驅動齒輪50且獨立於齒輪50而沿逆時針方向76可旋轉地驅動齒輪70。此外，齒輪70比齒輪50快零點幾秒地(例如0.01秒/轉)被可旋轉驅動。基於應用，一流體位移部件可比另一流體位移部件快(例如) 0.0001度/秒至0.001度/秒地驅動。齒輪50與齒輪70之間的此旋轉速度差實現兩個齒輪50、70之間的單側接觸，其在兩個齒輪50、70之輪齒之間提供實質密封以使入口與出口之間密封，如上文所描述。在一些實施例中，(例如)藉由使用一編碼器來監測齒之位置以在齒偏離一參考位置時進行監測且發出警報。如圖5A中所展示，齒輪70上之一齒142在一接觸點152處接觸齒輪50上之一齒144。若在旋轉方向74、76上面向前之一輪齒之一表面經界定為一前側(F)，則齒142之前側(F)在接觸點152處接觸齒144之後側(R)。然而，輪齒尺寸使得齒144之前側(F)不與齒146 (其係齒輪70上之相鄰於齒142之一齒)之後側(R)接觸(即，與齒146之後側(R)隔開)。因此，輪齒

52、72經設計使得當驅動齒輪50、70時，接觸區域78中存在單側接觸。當齒142及齒144隨著齒輪50、70旋轉而移動遠離接觸區域78時，形成於齒142與齒144之間的單側接觸逐漸取消。只要兩個齒輪50、70之間存在一旋轉速度差，則此單側接觸將間歇地形成於齒輪50上之一齒與齒輪70上之一齒之間。然而，因為齒輪50、70在旋轉，所以各自齒輪上之下兩個跟隨齒形成下一單側接觸，使得總是存在接觸且接觸區域78中之回流路徑保持實質上密封。即，單側接觸提供端口22與端口24之間的密封以防止(或實質上防止)自泵入口運送至泵出口之流體透過接觸區域78來回流至泵入口。

圖5A中將齒142與齒144之間的單側接觸展示為位於一特定點(即，接觸點152)處。然而，在例示性實施例中，輪齒之間的一單側接觸不限於為一特定點處之接觸。例如，單側接觸可發生於複數個點處或沿齒142與齒144之間的一接觸線。舉另一實例而言，單側接觸可發生於兩個輪齒之表面區域之間。因此，當齒142之表面上之一區域在單側接觸期間與齒144之表面上之一區域接觸時，可形成一密封區域。各齒輪50、70之輪齒52、72可經構形以具有一齒輪廓(或曲率)來達成兩個輪齒之間的單側接觸。依此方式，本發明中之單側接觸可發生於一或若干點處，沿一線發生，或發生於整個表面區域上。相應地，上文所討論之接觸點152可經提供為一接觸位置(或若干接觸位置)之部分，且不限於為一單一接觸點。

在一些例示性實施例中，各自齒輪50、70之齒經設計以不在接觸區域78中之齒之間截留過量流體壓力。如圖5A中所繪示，流體160可被截留於齒142、144、146之間。儘管截留流體160提供泵入口與泵出口之間的一密封效應，但過量壓力會隨著齒輪50、70旋轉而累積。在一較佳實施

例中，輪齒輪廓使得一較小空隙(或間隙) 154提供於輪齒144、146之間來釋放加壓流體。此一設計保持密封效應，同時確保過量壓力不會積聚。當然，接觸點、接觸線或接觸區域不受限於接觸另一齒面之側的一齒面之側。取決於流體位移部件之類型，同步接觸可介於第一流體位移部件上之至少一凸部(例如凸塊、延伸部、凸起、突起、其他類似結構或其等之組合)之任何表面與第二流體位移部件上之至少一凸部(例如凸塊、延伸部、凸起、突起、其他類似結構或其等之組合)或一凹口(例如腔穴、凹陷、空穴或類似結構)之任何表面之間。在一些實施例中，流體位移部件之至少一者可由一彈性材料(例如橡膠)、一彈性體材料或另一彈性材料製成或包含一彈性材料(例如橡膠)、一彈性體材料或另一彈性材料，使得接觸力提供更積極密封區域。

在上述例示性實施例中，兩個軸42、62包含一貫穿通路構形。然而，在一些例示性實施例中，僅一個軸具有一貫穿通路構形，而另一軸可為諸如(例如)一實心軸之一習知軸。此外，在一些例示性實施例中，流通軸可經構形以旋轉。例如，一些例示性泵構形使用具有一內旋轉馬達之一流體驅動器。此等流體驅動器中之軸亦可經構形為流通軸。如圖6中所見，泵610包含具有一貫穿通路694之一軸662，貫穿通路694與儲存裝置670之腔室672流體連通且經由通道692來與泵610之一端口622流體連通。因此，流體腔室672經由貫穿通路694及通道692來與泵610之端口622流體連通。

流通軸662之構形不同於上文所描述之例示性軸之構形，此係因為與軸42、62不同，軸662可旋轉。流通軸662可在兩端上由軸承151支撐。在例示性實施例中，流通軸662具有與馬達轉子一起旋轉之一旋轉部分155

及固定至馬達殼體之一固定部分157。一耦合件153可提供於旋轉部分155與固定部分157之間以在泵610操作時允許流體透過耦合件153來行進於旋轉部分155與固定部分157之間。

儘管上文所討論之上述例示性實施例僅繪示一個儲存裝置，但本發明之例示性實施例不受限於一個儲存裝置，而是可具有一個以上儲存裝置。例如，在圖7所展示之一例示性實施例中，儲存裝置770及870可安裝至泵710，例如，分別安裝於端板781、780上。熟習技術者應瞭解，儲存裝置770及870在構形及功能上類似於儲存裝置170。因此，為了簡潔，除解釋本發明之例示性實施例所需之外，省略儲存裝置770及870之一詳細描述。

貫穿通路784及794之通道782及792可各連接至泵之相同端口或連接至不同端口。在某些情形中，連接至相同端口可為有益的。例如，若一大儲存裝置無論如何均為不可行的，則可如圖7中所繪示般將儲存容量分配至安裝於泵之對置側上之兩個較小儲存裝置中。替代地，在某些情形中，將各儲存裝置770及780連接至泵710之不同端口亦可為有益的。例如，在其中泵係雙向之情形中及在其中泵之入口及泵之出口經歷需要被平滑之壓力尖峰或可使用一儲存裝置來減輕或消除之一些其他流量或壓力擾動之情境中，使一儲存裝置專用於各端口可為有益的。當然，通道782及792之各者可連接至泵710之兩個端口，使得儲存裝置770及870之各者可經構形以使用適當閥(圖中未展示)來與一所要端口連通。在此情況中，閥需要經適當操作以防止不利泵操作。在一些實施例中，一或若干儲存裝置可安置於流體驅動致動器總成外。在此等實施例中，流體驅動致動器總成之一或若干流通軸可經由軟管、管道或一些其他類似裝置來連接至一或若干儲存

裝置。

在一些例示性實施例中，泵10不包含具有流通軸之流體驅動器。例如，圖8至圖8E分別繪示流體驅動器40至40E/60至60E之各種例示性構形，其中流體驅動器之兩個軸不具有一流通構形，例如，在圖8至圖8E中，軸係實心的。圖8至圖8E中之例示性實施例繪示其中一或兩個馬達安置於齒輪內之構形、其中一或兩個馬達安置於泵之內部容積中但不安置於齒輪內之構形及其中一或兩個馬達安置於泵殼體外之構形。可在申請者之美國專利第9,228,586號(美國申請案第14/637,064號)及共同待審之國際申請案第PCT/US15/27003號中找到圖8至圖8E之泵之進一步細節。當然，在一些例示性實施例中，圖8至圖8E中所展示之泵構形中之軸之一或兩者可包含流通軸。

圖9展示本發明之一泵之另一例示性實施例之一分解圖。泵910表示一正位移(或固定位移)齒輪泵。共同待審之國際申請案第PCT/US2015/041612號中詳細描述泵910，該案之全文以引用的方式併入本文中。泵910之操作類似於泵10。因此，為了簡潔，除描述本發明之例示性實施例所需之外，省略泵910之一詳細描述。

泵910包含形成泵殼體之至少部分之平衡板980、982。平衡板980、982具有安置於端板980、982之內部部分(即，內部容積911側)上之突出部分45。突出部分45之一特徵係確保齒輪被適當對準(由習知外齒輪泵中之軸承座執行之一功能)。然而，與傳統軸承座不同，各端板980、982之突出部分45將額外質量及結構提供至殼體920，使得泵910可承受所泵送之流體之壓力。在習知泵中，軸承座之質量新增至殼體(其經設計以承受泵壓力)之質量。因此，因為本發明之突出部分45用於使齒輪對準及提供

泵殼體所需之質量兩者，所以泵910之結構之總質量可比一類似容量之習知泵減小。

如圖9及圖9A中所見，流體驅動器940、960包含具有自各自齒輪本體向外徑向延伸之複數個輪齒952、972的齒輪950、970。當組裝泵910時，輪齒952、972裝配於平衡板980之突出部分之凸區55與平衡板982之突出部分之凸區55之間的一空隙中。因此，突出部分45經設定大小以適應輪齒952、972之厚度，輪齒952、972之厚度可取決於諸如(例如)所泵送之流體之類型及泵之設計流量及壓力容量之各種因數。突出部分45之對置凸區55之間的空隙經設定使得凸區55與輪齒952、972之間存在足夠空隙來使流體驅動器940、960自由旋轉但仍有效率地泵送流體。

在一些實施例中，一或多個冷卻槽可提供於各突出部分45中以將內部容積911中之流體之一部分轉移至凹槽53來潤滑軸承57。例如，如圖9B中所展示，冷卻槽73可安置於各突出部分45之凸區55之表面上，例如，安置於中心線C-C之各側上且沿泵流動軸線D-D。各冷卻槽73之至少一端延伸至一凹槽53且通至凹槽53中，使得冷卻槽73中之流體將被迫流動至凹槽53。在一些實施例中，冷卻槽之兩端延伸至凹槽53且通至凹槽53中，例如，在圖9B中，冷卻槽73在一齒輪合併區域128中安置於凹槽53之間，使得冷卻槽73自一凹槽53延伸至另一凹槽53。替代地，或除冷卻槽73安置於齒輪合併區域128中之外，凸區55之其他部分(即，齒輪合併區域128外之部分)可包含冷卻槽。儘管圖中已繪示兩個冷卻槽，但各平衡板980、982中之冷卻槽之數目可變動且仍在本發明之範疇內。在一些例示性實施例(圖中未展示)中，僅冷卻槽之一端通至一凹槽53中，而另一端終止於凸區55部分中或在泵910被組裝時終止於泵910之一內壁上。在一些

實施例中，冷卻槽可大體上呈「U形」且兩端可通至相同凹槽53中。在一些實施例中，僅兩個突出部分45之一者包含(若干)冷卻槽。例如，取決於泵之定向或因一些其他原因，一組軸承無需潤滑及/或冷卻。對於僅具有一個突出部分45之泵構形，在一些實施例中，替代地或除突出部分45中之冷卻槽之外，端蓋板(覆蓋容器)可包含冷卻槽來潤滑及/或冷卻相鄰於殼體蓋之流體驅動器之馬達部分。在上文所討論之例示性實施例中，冷卻槽73具有呈曲形且呈一波形形式之一輪廓。然而，在其他實施例中，冷卻槽73可具有其他槽輪廓，例如一鋸齒形輪廓、一弧形、一直線或可將流體轉移至凹槽53之一些其他輪廓。各平衡板980、982中之槽之尺寸(例如深度、寬度)、槽形狀及數目可取決於軸承57之冷卻需要及/或潤滑需要而變動。

如圖9C(其展示泵910之一橫截面圖)中最佳所見，在一些實施例中，平衡板980、982在平衡板980、982之各端口922、924處包含傾斜(或斜面)段31。在一些例示性實施例中，傾斜段31係突出部分45之部分。在其他例示性實施例中，傾斜段31可為附接至突出部分45之一單獨模組組件。根據期望，此一模組構形允許易於替換且能夠容易地改變流動至輪齒952、972之流體之流動特性。傾斜段31經構形使得當組裝泵910時，泵910之入口側及出口側將具有分別形成於其內之一會聚流動通路或一發散流動通路。當然，取決於齒輪950、970之旋轉方向，端口922或924可為入口且另一端口可為出口。流動通路由傾斜段31及泵本體981界定，即，緊鄰著端口之一外端處之傾斜段31之厚度 Th_2 小於緊鄰著齒輪950、970之一內端處之厚度 Th_1 。如圖9C中所見，厚度差在端口922處形成具有一角度A之一會聚/發散流動通路39且在端口924處形成具有一角度B之一會聚/

發散流動通路43。在一些例示性實施例中，角度A及B可在自約9度至約15度之一範圍內，如在製造容限內所量測。取決於系統構形，角度A及B可相同或不同。較佳地，對於雙向泵，角度A及B相同，如在製造容限內所量測。然而，若需要或期望基於流動方向之不同流體流動特性，則角度可不同。例如，在一液壓缸型應用中，流動特性可取決於是否抽取或回縮缸而不同。傾斜段之表面之輪廓可為平坦的(如圖9C中所展示)、彎曲的(圖中未展示)或一些其他輪廓，此取決於流體在其進入及/或離開齒輪950、970時之所要流體流動特性。

在操作期間，當流體進入泵910之入口(例如端口922 (為了解釋))時，流體遇到會聚流動通路39，其中通路39之至少一部分之橫截面積隨著流體流動至齒輪950、970而逐漸減小。會聚流動通路39使流體之速度及壓力之突變最小化且促進流體逐漸過渡至泵910之齒輪950、970中。流體逐漸過渡至泵910中可減少可發生於泵910中或泵910外之氣泡形成或紊流，且因此可防止或最小化空化。類似地，當流體離開齒輪950、970時，流體遇到一發散流動通路43，其中通路之至少一部分之橫截面積隨著流體流動至出口(例如端口924)而逐漸擴大。因此，發散流動通路43促進流體自齒輪950、970之出口逐漸過渡以穩定流體。在一些實施例中，泵910可包含一整合儲存裝置及流通軸，如上文相對於泵10所討論。

在上文所討論之實施例中，將儲存裝置描述為其內具有一單獨元件(或活塞)之加壓容器。然而，在其他實施例中，可使用一不同類型之加壓容器。例如，一蓄能器(例如一液壓蓄能器)可用作為一加壓容器。蓄能器係諸如液壓操作及控制系統中之流體系統中之常見組件。蓄能器以一壓縮氣體或彈簧之形式儲存位能或藉由待用於對一相對不易壓縮流體施加一力

之一提高重物來儲存位能。蓄能器常用於在高壓下儲存流體或用於吸收過度壓力增加。因此，當一流體系統(例如一液壓系統)需要供應超過一泵系統之供應能力之流體(通常在一相對較短回應時間內)時，可根據系統之一命令來即時提供加壓流體。依此方式，系統中之流體之操作壓力及/或流量不會下降至低於一所需最小值。然而，只要所需流體可自一或若干儲存裝置提供至泵可及/或自泵返回至一或若干儲存裝置，則可使用除一蓄能器之外的儲存裝置。

蓄能器可為一蓄壓器。此類型之蓄能器可包含一活塞、隔膜、液囊或部件。通常，一適合氣體、一彈簧或一重物之一所含容積經提供使得蓄能器中之液壓流體之壓力隨著儲存於蓄能器中之液壓流體之數量增加而增大。然而，本發明中之蓄能器之類型不限於為蓄壓器。蓄能器之類型可在不背離本發明之範疇之情況下變動。

圖11繪示一流體驅動系統1700之一例示性示意圖，流體驅動系統1700包含具有一泵總成1702及液壓致動器3之線性致動器總成1701。泵總成1702包含泵1710、比例控制閥總成222及242及儲存裝置1770。泵1710及儲存裝置1770之構形不限於為任何特定傳動驅動構形，而是可為上文所討論之例示性實施例之任何者。為了簡潔，將依據一例示性液壓系統應用來描述流體系統。然而，熟習技術者應瞭解，下文將描述之概念及特徵亦可應用於泵送其他(非液壓)類型之流體系統之系統。儘管圖中將比例控制閥總成222及242展示為泵總成1702之部分，但在一些實施例中，比例控制閥總成222及242可為單獨外部裝置。在一些實施例中，例如，在其中泵係非雙向之一系統中，流體驅動系統1700可僅包含一個比例控制閥。在一些實施例中，流體驅動系統1700將包含用於泵總成1702及/或液

壓致動器3之閉鎖閥或隔離閥(圖中未展示)。流體驅動系統1700亦可包含感測器總成297、298。此外，除感測器總成297、298之外或替代地，泵總成1702可視需要包含感測器總成228及248。在圖11之例示性實施例中，液壓缸總成3及泵總成1702可整合至一線性致動器總成1701中，如上文所討論。然而，可視需要使用用於提供互連之軟管及管道來單獨安置構成流體驅動致動器總成1701之組件(其包含構成泵總成1702之組件)。

在一例示性實施例中，泵1710係一可變速度、可變扭矩泵。在一些實施例中，液壓泵1710係雙向的。比例控制閥總成222、242各包含在操作期間與泵1710一起用於控制流量或壓力之一致動器222A、242A及一控制閥222B、242B。即，在液壓系統操作期間，在一些實施例中，控制單元266將控制泵1710中之一或若干馬達之速度及/或扭矩，同時控制比例控制閥222B、242B之至少一者之一打開以調整液壓系統中之流量及/或壓力。在一些實施例中，致動器222A及242A係將閥222B及242B定位至所需打開之伺服馬達。取決於控制閥222B、242B之類型，伺服馬達可包含線性馬達或旋轉馬達。在一些實施例中，伺服馬達包含用於提供致動器及/或閥之位置回饋之編碼器。

在圖11之系統中，控制閥總成242安置於液壓泵1710之端口B與液壓致動器3之端口B之間且第二控制閥總成222安置於液壓泵1710之端口A與液壓致動器3之端口A之間。控制閥總成由控制單元266經由驅動單元295來控制。可由控制單元266經由驅動單元295使用對應通信連接302、303來命令控制閥222B、242B完全打開、完全關閉或節流0%至100%之間。在一些實施例中，控制單元266可直接與各控制閥總成222、242及液壓泵1710通信。比例控制閥總成222、242及液壓泵1710由一共同電源供應器

296供電。在一些實施例中，泵1710及比例控制閥總成222、242可被單獨供電或各閥總成222、242及泵1710自身可具有電源供應器。

流體驅動系統1700可在其內包含一或多個程序感測器。例如，感測器總成297、298可包含用於監測系統操作參數之一或多個感測器。感測器總成297、298可與控制單元266及/或驅動單元295通信。各感測器總成297、298可包含一壓力傳感器、一溫度傳感器及一流量傳感器之至少一者(即，其內之傳感器之任何組合)。來自感測器總成297、298之信號可由控制單元266及/或驅動單元295用於監測及控制目的。各閥總成222、242之狀態(例如控制閥之操作狀態(諸如打開、關閉、打開百分比)、致動器之操作狀態(諸如電流/電力汲取)或一些其他閥/致動器狀態指示)及由感測器總成297、298中之感測器量測之程序資料(例如量測之壓力、溫度、流動速率或其他系統參數)可經由各自通信連接302至305來傳送至驅動單元295。替代地或除感測器總成297、298之外，泵總成1702可包含用於監測系統參數(例如量測之壓力、溫度、流動速率或其他系統參數)之整合感測器總成。例如，如圖11中所展示，感測器總成228及248可安置於泵1710之端口相鄰處以監測(例如)泵之機械性能。感測器可直接與泵1710通信(如圖11中所展示)及/或與驅動單元295及/或控制單元266通信(圖中未展示)。

泵1710之馬達由控制單元266使用通信連接301經由驅動單元295來控制。在一些實施例中，驅動單元295之功能可併入至一或兩個馬達(例如安置於馬達上之一控制器模組)及/或控制單元266中，使得控制單元266直接與一或兩個馬達通信。此外，閥總成222、242亦可由控制單元266經由驅動單元295使用通信連接301、302及303來控制(例如打開/關閉、打開百

分比)。在一些實施例中，驅動單元295之功能可併入至閥總成222、242 (例如閥總成中之一控制器模組)及/或控制單元266中，使得控制單元266直接與閥總成222、242通信。驅動單元295亦可使用通信連接304及305來處理控制單元266與感測器總成297、298之間的通信及/或使用通信連接(圖中未展示)來處理控制單元266與感測器總成228、248之間的通信。在一些實施例中，控制單元266可經設置以直接與感測器總成228、248、297及/或298通信。來自感測器之資料可由控制單元266及/或驅動單元295用於控制泵1710之馬達及/或閥總成222、242。例如，基於由感測器總成228、248、297、298中之感測器量測之程序資料，控制單元266可提供命令信號來控制泵1710中之馬達之一速度及/或扭矩且同時將命令信號提供至閥致動器222A、242A來分別控制閥總成222、242中之控制閥222B、242B之一打開。

驅動單元295包含解譯來自控制單元266之命令信號且將適當需求信號發送至馬達及/或閥總成222、242之硬體及/或軟體。例如，驅動單元295可包含泵及/或馬達曲線，其專用於液壓泵1710，使得來自控制單元266之命令信號將基於液壓泵1710之設計來轉換為至液壓泵1710之適當速度/扭矩需求信號。類似地，驅動單元295可包含專用於閥總成222、242之閥曲線且來自控制單元266之命令信號將基於閥之類型來轉換為適當需求信號。泵/馬達及/或閥曲線可實施於硬體及/或軟體(例如呈硬線電路、軟體演算法及公式、或適當轉換需求信號以控制泵/馬達及/或閥之一些其他硬體及/或軟體系統之形式)中。在一些實施例中，驅動單元295可包含用於控制馬達及/或比例控制閥總成222、242之專用硬體電路及/或軟體(例如由一微處理器或其他類似裝置執行以執行一所要操作之演算法或任何其

他指令或指令集)。例如，在一些應用中，液壓制動器3可為可安裝於一挖掘機之一轉臂上之一液壓缸3'。在此一例示性系統中，驅動單元295可包含電路、演算法、協定(例如安全協定、操作協定或一些其他類型之協定)、查找表或專用於轉臂之操作的一些其他應用資料。因此，來自控制單元266之一命令信號可由驅動單元295解譯以適當控制泵1710之馬達及/或控制閥222B、242B之打開來將轉臂定位於一所需位置處或依一所需速度移動轉臂。

控制單元266可自馬達接收回饋資料。例如，控制單元266可接收速度或頻率值、扭矩值、電流及電壓值或與馬達之操作相關的其他值。此外，控制單元266可自閥總成222、242接收回饋資料。例如，控制單元266可自比例控制閥222B、242B及/或閥致動器222A、242A接收回饋資料。例如，控制單元266可接收控制閥222B、242B之打開及關閉狀態及/或打開百分比狀態。此外，取決於閥致動器之類型，控制單元266可接收諸如致動器之速度及/或位置及/或致動器之電流/電力汲取之回饋。此外，控制單元266可接收諸如壓力、溫度、流量或一些其他程序參數之程序參數回饋。如上文所討論，各感測器總成228、248、297、298可具有用於量測諸如液壓流體之壓力、溫度及流動速率之程序參數之一或多個感測器。所繪示之感測器總成228、248、297、298經展示為安置成緊鄰著液壓致動器3及泵1710。然而，感測器總成228、248、297及298不受限於此等位置。替代地或除感測器總成228、248、297、298之外，系統1700可具有遍及系統之其他感測器來量測諸如(例如)壓力、溫度、流量或一些其他程序參數之程序參數。儘管感測器之範圍及準確度將由特定應用判定，但可預期，液壓系統應用將具有自0 psi至5000 psi之範圍內(伴隨 $\pm 0.5\%$)

準確度)之壓力傳感器。此等傳感器可將量測壓力轉換為一電輸出，例如自1個直流電壓至5個直流電壓之範圍內之一電壓。類似地，溫度傳感器可在自-4華氏度至300華氏度之範圍內，且流量傳感器可在自每分鐘0加侖(0 gpm)至160 gpm(伴隨 $\pm 1\%$ 準確度)之讀數範圍內。然而，本發明中之傳感器之類型、範圍及準確度不受限於上文所討論之傳感器，且傳感器之類型、範圍及/或準確度可在不背離本發明之範疇之情況下變動。

儘管圖11中將驅動單元295及控制單元266展示為單獨控制器，但此等單元之功能可併入至一單一控制器中或進一步分配至多個控制器中(例如，泵1710中之馬達及比例控制閥總成222、242可具有一共同控制器或各組件自身可具有控制器)。控制器(例如控制單元266、驅動單元295及/或其他控制器)可彼此通信以協調比例控制閥總成222、242及液壓泵1710之操作。例如，如圖11中所繪示，控制單元266經由一通信連接301來與驅動單元295通信。通信可基於數位或基於類比(或其等之一組合)且可為有線的或無線的(或其等之一組合)。在一些實施例中，控制系統可為一「電傳飛控(fly-by-wire)」操作，其中控制單元266、驅動單元295、閥總成222、242、液壓泵1710、感測器總成297、298之間的控制信號及感測器信號係完全電子化的或幾乎為全電子化的。即，控制系統不使用液壓信號線或液壓回饋線來進行控制，例如，閥總成222、242中之致動器不具有用於導引閥之液壓連接。在一些例示性實施例中，可使用電子控制及液壓控制之一組合。

在圖11之例示性系統中，當控制單元266接收一命令以(例如)回應於一操作者之命令來操作負載300(參閱圖1)時，控制單元266控制泵1710之速度及/或扭矩以將加壓流體轉移至液壓致動器3之一端口(例如，將流體

轉移至液壓致動器之端口A)且自液壓致動器3之另一端口接收流體(例如，自液壓致動器之端口B接收流體)。在泵1710之此操作期間，泵1710之端口B側中之壓力可變得低於儲存裝置(即，加壓容器) 1770之壓力。當此發生時，儲存於儲存裝置1770中之加壓流體被釋放至系統之端口B側，使得泵不經歷空化。自儲存裝置1770釋放之加壓流體量可對應於回縮腔室7與抽取腔室8之間的一容積差，此係歸因於：例如，若液壓致動器3係一液壓缸3'，則活塞桿在回縮腔室7中佔據之容積歸因於流體溫度變化或因一些其他原因而改變容積。

控制單元266可自一操作者之輸入單元276接收輸入。例如，輸入單元276可為諸如(例如)一挖掘機之一工業機器之控制板。控制板可包含允許操作者與控制單元266通信之使用者介面。例如，控制板可包含：數位及/或類比顯示器(諸如(例如) LED、液晶顯示器、CRT、觸控螢幕、量表及/或另一類型之顯示器)，其經由一文字或圖形使用者介面(GUI)、指示器(例如接通/切斷LED、燈泡)及其等之任何組合來將資訊傳送至操作者；及數位及/或類比輸入裝置，諸如(例如)觸控螢幕、按鈕、刻度盤、旋鈕、控制桿、操縱桿及/或其他類似輸入裝置；一電腦終端機或控制台，其具有一鍵盤、小鍵盤、滑鼠、軌跡球、觸控螢幕或其他類似輸入裝置；一可攜式計算裝置，諸如一膝上型電腦、個人數位助理(PDA)、蜂巢式電話、數位平板電腦或一些其他可攜式裝置；或其等之一組合。操作者可使用輸入單元276來手動控制系統或選擇預程式化常式。例如，若待操作之設備係一鏟斗機，則操作者可輸入：待執行之工作或任務，諸如(例如)挖掘、鑽探、移除碎石或鏟斗機之一些其他功能；將執行工作之環境，例如岩石地形、砂質地形或其他環境特性；或與待執行之操作相關的一些其他輸

入。當然，待執行之任務之類型將取決於所操作之設備之類型。如圖1中所見，控制單元266可包含：一引擎控制模組267，其用於控制(例如)柴油機/汽油機、鏟斗機驅動控制(例如前進、後退、轉向)及其他非液壓相關功能；及一液壓控制模組268，其用於控制液壓功能，諸如(例如)，控制液壓缸及液壓驅動馬達及鏟斗機上之相關設備。引擎控制模組267及液壓控制模組268可實施於(例如)硬體及/或可由一處理器執行之演算法及/或程式碼中。關於液壓系統，控制單元266 (例如液壓控制模組268)可解譯來自輸入單元276之輸入且判定任務之液壓系統之操作參數。例如，控制單元266可顯示：與機器規格相關的資訊，例如液壓、流量、溫度或其他參數之運行操作值及/或範圍；液壓參數之最大極限值及/或範圍；及/或與執行選定任務相關的任何其他資訊。控制單元266亦可進行運轉前檢查，諸如(例如)對(例如)液壓系統執行安全協定以確保泵10及閥222、242在限度內操作及執行其他運轉前檢查。在一些實施例中，控制單元266可在需要執行維護、修理或一替換之前判定組件(其包含液壓泵10及閥222、242)上之剩餘運行時間。

基於由操作者選擇之任務，控制單元266可判定任務之最佳操作模式。例如，控制單元266 (或操作者)可選擇諸如流量(或速度)模式、壓力(或扭矩)模式或一平衡模式之一系統操作模式。流量或速度模式可用於其中需要具有一相對較低扭矩要求之液壓致動器3之相對較快回應(例如液壓缸3'中之一活塞桿6之一相對較快回縮或抽取或液壓馬達3"之一相對較快旋轉)的一操作。相反地，一壓力或扭矩模式可用於其中需要具有一相對較高扭矩要求之液壓致動器3之一相對較慢回應的一操作。較佳地，泵1710 (參閱圖11)之馬達係可變速度/可變扭矩的且係雙向的。基於所選擇

之操作模式，用於控制泵1710之馬達及比例控制閥總成222、242之控制閥222B、242B之控制方案可不同。即，取決於(例如)由操作者所設定或由系統基於應用(例如一液壓轉臂應用或另一類型之液壓或流體操作致動器應用)所判定之所要操作模式，可藉由控制泵1710之馬達之速度或扭矩及/或控制閥222B、242B之打開來將液壓致動器3之流量及/或壓力控制至一操作設定點值。控制閥222B、242B及泵1710之操作經協調使得控制閥222B、242B之打開及泵1710之馬達之速度/扭矩兩者經適當控制以維持系統中之一所要流量/壓力。例如，在一流量(或速度)操作模式中，控制單元266/驅動單元295藉由控制泵1710之馬達之速度以及控制閥222B、242B之打開來控制系統中之流量，如下文將描述。當系統處於一壓力(或扭矩)操作模式中時，控制單元266/驅動單元295藉由調整泵1710之馬達之扭矩以及控制閥222B、242B之打開來控制系統中之一所要點(例如液壓致動器3之端口A或B)處之壓力，如下文將描述。當系統處於一平衡操作模式中時，控制單元266/驅動單元295在控制泵1710之馬達及控制閥222B、242B時考量系統之壓力及液壓流動速率兩者。因此，基於所選擇之操作模式，用於控制馬達之控制方案可不同。

藉由控制速度，泵1710無法如同習知系統般依一高rpm連續運行。因此，流體之溫度保持相對較低，藉此無需諸如習知系統中所見之一大流體貯槽。此外，使用比例控制閥總成222、242以及控制泵1710提供系統之更大控制靈活性。例如，同時控制控制閥222B、242B與泵1710之馬達之組合提供比僅使用一液壓泵更快及更精確之液壓系統流量及壓力之控制。當系統需要增大或減小流量時，控制單元266/驅動單元295將相應地改變泵1710之馬達之速度。然而，歸因於液壓泵1710及流體驅動系統1700之

慣性，新流體需求信號由泵1710之馬達接收之時間與流體流量實際改變之時間之間會存在一時間延遲。類似地，在壓力/扭矩模式中，發送新壓力需求信號之時間與系統壓力實際改變之時間之間亦會存在一時間延遲。當需要快速回應時間時，控制閥222B、242B允許流體驅動系統1700對流量/壓力需求信號之變化提供一近乎瞬時回應。在一些系統中，控制單元266及/或驅動單元295可基於應用及所執行之操作之類型來判定及設定適當操作模式(例如流量模式、壓力模式、平衡模式)。在一些實施例中，操作者最初會設定操作模式，但控制單元266/驅動單元295可基於(例如)預定操作及安全協定來撤銷操作者設定。

如上文所指示，液壓泵1710及比例控制閥總成222、242之控制將取決於操作模式而變動。下文將討論在各種操作模式中控制泵及控制閥之例示性實施例。

在壓力/扭矩操作模式中，使用諸如使泵1710之馬達之扭矩最大化之標準基於系統應用要求來判定泵1710之馬達之電力輸出。若液壓小於(例如)液壓致動器3之端口A處之一預定設定點，則控制單元266/驅動單元295將(例如)藉由增大馬達之電流(且因此增大扭矩)來增大泵1710之馬達之扭矩以增加液壓。當然，增大扭矩之方法將取決於原動機之類型而變動。若液壓致動器3之端口A處之壓力高於所要壓力，則控制單元266/驅動單元295將(例如)藉由減小馬達之電流(且因此減小扭矩)來減小來自泵1710之馬達之扭矩以減小液壓。儘管液壓致動器3之端口A處之壓力用於上文所討論之例示性實施例中，但壓力操作模式不受限於量測該位置或甚至一單一位置處之壓力。相反地，控制單元266/驅動單元295可自任何其他位置或系統中之多個控制位置接收壓力回饋信號。壓力/扭矩操作模式

可用於各種應用中。例如，若存在使用更多扭矩來延伸(或抽取)液壓缸3'或驅動液壓馬達3"之一命令，則控制單元266/驅動單元295將判定需要增大液壓致動器3之入口處(例如端口A)處之壓力且接著會將一信號發送至泵1710之馬達及控制閥總成222、242以導致抽取腔室之入口處之一壓力增大。

在壓力/扭矩操作模式中，液壓泵1710之需求信號將增大驅動液壓泵1710之齒輪之馬達之電流，其會增大扭矩。然而，如上文所討論，發送需求信號之時間與(例如)液壓致動器3之端口A處之壓力實際增大之時間之間會存在一時間延遲。為減少或消除此時間延遲，控制單元266/驅動單元295亦會將一信號同時(例如，同時或幾乎同時)發送至控制閥總成222、242之一或兩者以使其進一步打開(即，增大閥打開)。因為控制閥222B、242B之反應時間比泵1710之反應時間快(歸因於控制閥222B、242B具有較小慣性)，所以液壓致動器3處之壓力將在控制閥222B、242B之一或兩者開始進一步打開時即時增大。例如，若液壓泵1710之端口A係泵1710之排放口，則控制閥222B可經操作以將液壓致動器3之端口A處之壓力即時控制至一所要值。在控制閥222B受控制之時間期間，泵1710之馬達將增大泵1710之排放口處之壓力。隨著壓力增大，控制單元266/驅動單元295將對控制閥222B作出適當校正以維持液壓致動器3之端口A處之所要壓力。

在一些實施例中，將在上游側上之閥保持為一恆定預定閥打開(例如，上游閥可被設定為100%打開(或幾乎100%打開或相當高百分比打開)以使液壓管路中之流體阻力最小化)時控制液壓泵1710之下游上之控制閥，即，排放側上之閥。在上述實例中，控制單元266/驅動單元295可節

流(或控制)控制閥222B (即，下游閥)，同時使控制閥242B (即，上游閥)維持為一恆定閥打開(例如100%打開)。

在一些實施例中，亦可為了(例如)消除或減少流體驅動系統1700之不穩定性或因一些其他原因而控制控制閥222B、242B之上游閥。例如，當液壓致動器3用於操作一負載時，該負載可引起流體驅動系統1700流量或壓力不穩定(例如，歸因於該負載之機械問題、該負載之一重量移轉或因一些其他原因)。控制單元266/驅動單元295可經構形以控制控制閥222B、242B來消除或減少不穩定性。例如，若隨著液壓致動器3之壓力增大，致動器3歸因於負載之一不穩定性而開始表現得較反常(例如，液壓缸或液壓馬達開始移動太快或一些其他反常行為)，則控制單元266/驅動單元295可經構形以基於壓力感測器及流量感測器來感測不穩定性且適當關閉控制閥222B、242B之一或兩者以穩定流體驅動系統1700。當然，控制單元266/驅動單元295可經構形有防護裝置，使得上游閥不會在使液壓泵1710耗盡之前關閉。

在一些情境中，液壓致動器3處之壓力高於所要壓力，其可意謂：致動器3將延伸或回縮太快或致動器3將在其應固定時延伸或回縮。當然，在其他類型之應用及/或情境中，一壓力高於所要壓力可導致其他非所要操作條件。在此等情況中，控制單元266/驅動單元295可判定：液壓致動器3之適當端口處存在太大壓力。若如此，則控制單元266/驅動單元295將判定需要減小液壓致動器3之適當端口處之壓力且接著會將一信號發送至泵1710及比例控制閥總成222、242以導致壓力減小。至液壓泵1710之泵需求信號將減小，且將因此減小至各自馬達1741、1761之電流，其會減小扭矩。然而，如上文所討論，發送需求信號之時間與液壓致動器3處之壓

力實際減小之時間之間會存在一時間延遲。為減少或消除此時間延遲，控制單元266/驅動單元295亦會將一信號同時(例如，同時或幾乎同時)發送至控制閥總成222、242之一或兩者以使其進一步關閉(即，減小閥打開)。至至少下游控制器之閥位置需求信號將減小，且因此減小下游控制閥之打開及液壓致動器3之壓力。因為控制閥222B、242B之反應時間將比泵1710之馬達1741、1761之反應時間快(歸因於控制閥222B、242B具有較小慣性)，所以液壓致動器3之適當端口處之壓力將在控制閥222B、242B之一或兩者開始關閉時即時減小。當壓力開始歸因於泵1710之速度減小而減小時，控制閥222B、242B之一或兩者將開始打開以維持液壓致動器3之適當端口處之壓力設定點。控制閥222、242可在允許在任一方向上行進以允許液壓致動器3處之流量或壓力迅速增大或減小之一範圍內操作。例如，控制系統可經構形使得在穩定狀態操作期間，下游控制閥小於100%，例如85%。

下文將參考圖12來討論允許各操作模式之一例示性控制系統。然而，熟習技術者應瞭解，可使用除下文將討論之電路及模組之外的電路及模組來實施下文將描述之控制系統之特徵。此外，為了簡潔，依據流體驅動器1740、1760之原動機係電動馬達1741、1761且控制閥222、242係伺服控制閥來給出控制系統之描述。然而，熟習技術者應瞭解，發明控制系統可適用於除電動馬達之外的原動機及除伺服控制閥之外的控制閥。

如上文所討論，控制系統200可在諸如(例如)壓力/扭矩操作模式、流量/速度操作模式及平衡操作模式之各種操作模式中操作液壓系統1。在一些實施例中，驅動單元295之泵控制電路210及閥控制電路220可包含經指導以基於選定模組(即，壓力/扭矩操作模式、流量/速度操作模式及平衡操

作模式)來控制各自裝置之硬體及/或軟體模組。例如，如圖12中所見，泵控制電路210之模式控制模組1240可基於一模式選擇輸入來在三個操作模式之間選擇：壓力/扭矩操作模式、流量/速度操作模式及平衡操作模式。模式控制模組1240可為：一實體開關，例如一按鈕、旋鈕、刻度盤、控制桿或一些其他實體裝置；一軟體開關，諸如基於輸入來選擇適當模式之一程式或演算法；或其等之一組合。模式選擇輸入可為一使用者輸入及/或由控制單元266及/或驅動單元295基於(例如)操作條件來判定。例如，若一工業機器上之一操作者選擇執行一操作(諸如將一轉臂之一鏟斗中之負載降低至地面)，則操作者或控制系統200可判定：操作依一特定安全速度發生且在流量/速度操作模式中控制泵及控制閥。基於所選擇之操作模式來選擇泵壓力控制器模組1210、泵流量控制器模組1220或泵壓力回饋控制器模組1230之輸出用於控制泵1710。當然，泵控制電路210可為控制單元266或一些其他控制器之部分。

類似於泵控制電路210，閥控制電路220可包含可在壓力/扭矩操作模式、流量/速度操作模式及平衡操作模式之間選擇之一模式控制模組1245(參閱圖12A)。模式控制模組1245可為：一實體開關，例如一按鈕、旋鈕、刻度盤、控制桿或一些其他實體裝置；一軟體開關，諸如基於輸入來選擇適當模式之一程式或演算法；或其等之一組合。類似於上文所討論之模式選擇開關1240，模式選擇輸入可為一使用者輸入及/或由控制單元266及/或驅動單元295基於(例如)操作條件來判定。在一些實施例中，如圖12A中所展示，閥流量控制器1225係用於流量/速度操作模式及平衡操作模式兩者之一共同控制器。相應地，模式控制模組1245可基於模式選擇輸入來在兩個位置之間選擇：用於壓力/扭矩操作模式之一位置及用於流

量/速度操作模式及平衡操作模式之另一位置。基於操作模式來選擇閥壓力控制器模組1215或閥流量控制器模組1225之輸出用於控制控制閥222、242。當然，閥控制電路220可為控制單元266或一些其他控制器之部分。下文將討論模式之各者中之泵馬達1741、1761及控制閥222、242之操作。如上文所討論，基於所執行之任務，操作者及/或控制單元266（例如液壓控制模組268）選擇適合於任務之操作模式且提供泵電路210及閥電路220之設定點（例如壓力及溫度）。

在壓力/扭矩操作模式中，將一壓力設定點信號1211輸入至泵壓力控制器模組1210以分別控制流體驅動器1740、1760之馬達1741、1761。若系統需要改變壓力，則適當改變至泵壓力控制器模組1210之壓力設定點1211。泵壓力控制器模組1210基於所接收之壓力設定點1211來輸出一信號1213。例如，泵壓力控制器模組1210可為一比例控制器且泵壓力控制器輸出信號1213可與所接收之壓力設定點1211成比例。作為一實例，取決於系統及泵特性，1000 psi至5000 psi或2,500 psi至10,000 psi之一壓力設定點範圍可對應於25%至100%之一泵控制輸出信號。當然，在本發明之例示性實施例中，泵壓力控制模組1210不限於為一比例控制器，而是可包含具有非線性函數、階梯函數及/或使輸入壓力設定點與至泵馬達之輸出信號相關之一些其他函數之控制器。在一些實施例中，判定泵壓力控制器輸出信號1213之函數可基於諸如以下各者之因數：壓力設定點之量值、線性致動器總成之應用類型、操作壓力之回饋、所泵送之流體之類型及/或一些其他操作參數。在一些實施例中，可接著將泵控制器輸出信號1213直接發送至泵馬達控制器1270/1280作為泵需求信號，例如，作為泵之一電流/扭矩需求設定點。然而，在一些例示性實施例中，將泵壓力控

制器輸出信號1213發送至一泵特性模組，該泵特性模組基於受控泵之特性(例如泵之機械性能曲線及/或泵之電動馬達曲線)來修改或調節泵壓力控制器輸出信號1213。可使用(例如)放大器、限制器、補償電路及/或另一電組件來將泵特性模組實施為一硬體電路及/或使用(例如)演算法、查找表、資料集或一些其他軟體實施方案來將泵特性模組實施於軟體中以適當修改或調節泵壓力控制器輸出信號1213。在一些實施例中，可將泵特性模組之所有或部分功能併入泵壓力控制器模組1210或各自馬達控制器1270、1280中。在一些例示性實施例中，例如，如圖12中所展示，各流體驅動器自身可具有(例如)泵特性模組1250A、1250B以解釋各泵之馬達曲線之任何差異。然而，在一些實施例中，可僅使用一個泵特性模組。可將泵特性模組1250A、1250B之輸出直接發送至各自流體驅動器1740、1760作為泵需求信號，例如，作為泵之一電流/扭矩需求。例如，可將泵需求信號1251A及1251B分別直接發送至馬達控制器1270及1280。馬達控制器1270及1280接收表示待發送至馬達(且因此控制扭矩)之所需電流之需求信號1251A及1251B(其等可為(例如)0伏特至10伏特之範圍內、0 mA至20 mA之範圍內或一些其他低電壓/電流範圍內之低電壓及/或低電流信號)且接著將所需電流輸出至馬達。例如，0伏特至10伏特或0 mA至20 mA可表示0%至100%之馬達電流。電源供應器296(參閱圖11)或另一電源可將所需電力供應至馬達控制器1270及1280，使得控制器1270及1280可輸出所需電流來驅動馬達。馬達控制器1270、1280可包含諸如反相器、IGBT開關、SCR及相關聯控制器之硬體，其用於基於需求信號1251A、1251B來將所需電流輸出至馬達。在一些實施例中，馬達控制器1270及1280可彼此通信以提供兩個馬達1741、1761之同步控制。例如，在一些

實施例中，兩個控制器 1270 及 1280 可經構形以提供同步接觸及滑流係數，如上文所討論。然而，在一些實施例中，例如，如圖 12 中所展示，泵需求信號 1251B 可經進一步修改以提供同步接觸及滑流係數。如圖 12 中所展示，一滑流係數模組 1265 輸出一接觸調整信號 1261，其係至一加法器模組 1260 之一輸入。至加法器模組 1260 之另一輸入係泵需求信號 1251B。加法器模組 1260 使用接觸調整信號來修改泵需求信號 1251B，使得到達流體驅動器之各者之需求信號將存在一差異。如上文所討論，此需求差異提供足以提供實質密封(例如 5% 或更小之一滑流係數)之一大接觸力，但該接觸力不足以顯著驅動另一齒輪。在一些實施例中，接觸調整信號 1261 可為一預定值，其在一些實施例中可在(例如)約 $\pm 1\%$ 之一範圍內，在一些實施例中可在(例如)約 $\pm 0.25\%$ 之一範圍內，或為基於所轉移之流體及諸如(例如)操作壓力之操作參數之一些其他適當範圍。因此，若該預定值係 -1% ，則泵需求信號 1251B 由加法器模組 1260 減小 1% 。至馬達之需求信號之差異足以確保在設備之操作期間維持上文所討論之單側接觸，即使存在流體壓力之波動、泵之機械振動、馬達之電/磁波動及/或其他擾動。該預定值在泵之整個操作範圍內可為一恆定值或該預定值可基於(例如)需求信號 1251B 之量值而變動。在一些實施例中，信號 1261 將取決於泵操作參數。例如，滑流係數可基於諸如以下各者之因數而變動：泵之速度、系統中之壓力及/或流體之黏度。相應地，在一些實施例中，滑流係數模組 1265 可包含用於接收一或多個程序參數(諸如泵 1710 之速度、流體壓力及/或流體溫度)之輸入件。泵 1710 之速度可為來自馬達 1741、1761 之任一者之一速度回饋或馬達 1741、1761 兩者之一平均值。接著，滑流係數模組 1265 可計算待輸入至加法器模組 1260 之適當接觸調整信號 1261。可將泵

需求信號1251A及泵需求信號1251B (其由加法器模組1260適當修改)分別發送至控制馬達1741、1761之可變速度馬達控制器1270、1280。在一些實施例中，滑流係數模組1265及加法器模組1260之功能可由可變速度馬達控制器1270、1280執行。例如，可藉由調整可變速度馬達控制器之一或兩者中之泵需求信號之增益及/或偏移來提供上文所討論之同步接觸。可變速度馬達控制器已為熟習技術者所知且可為「現貨」產品。因此，為了簡潔，將不再進一步討論可變速度馬達控制器之構形。

在本發明之例示性實施例中，亦將壓力設定點信號1211發送至閥控制電路220以同時控制控制閥222、242之一或兩者之一打開。如圖12A中所見，在壓力操作模式中，將壓力設定點1211輸入至閥壓力控制器模組1215。此外，亦將一壓力回饋信號1217輸入至閥壓力控制器模組1215。閥壓力控制器模組1215執行壓力設定點1211與壓力回饋信號1217之間的一比較且基於該比較來輸出一閥壓力控制器輸出信號1216。在本發明之例示性實施例中，閥壓力控制器模組1215可為一比例-積分-微分(PID)控制器、一比例-積分(PI)控制器、一比例控制器或基於壓力設定點1211與壓力回饋信號1217之間的差異來提供一回應之另一類型之控制器，諸如(例如)其中閥控制器輸出信號1216係基於一非線性函數、一階梯函數或一些其他函數之一控制器。在一些實施例中，判定閥壓力控制器輸出信號1216之函數可基於諸如以下各者之因數：壓力設定點之量值、線性致動器總成之應用類型、所泵送之流體之類型及/或一些其他操作參數。在一些實施例中，例如，如圖12A中所展示，在壓力/扭矩控制模式中，模式控制模組1245將閥壓力控制器輸出信號1216發送至使用閥控制器輸出信號1216來修改或調節一下游閥位置信號1246之一加法器模組1247。下游

閥位置信號1246可為下游閥之一初始位置需求。

在一些例示性實施例中，下游閥位置信號1246可經設定以確保：存在足以在期望時提供一快速流量回應之儲備容量。例如，可依小於100%之一打開百分比(即，在一節流位置處)操作相對於液壓泵10之下游控制閥。即，下游控制閥可經設定以依(例如)閥完全打開85%操作。此節流位置允許閥在需要時於打開方向上行進15%以迅速增大液壓致動器3之適當端口處之流量或壓力。當然，控制閥設定值不限於為85%，而是可依任何所要百分比操作控制閥222、242。在一些實施例中，下游閥位置信號1246可經設定以依對應於最大流量或壓力之一百分比(例如最大流量/壓力之85%或一些其他所要值)之一打開百分比操作。儘管關閉方向上之行進可使閥下降至0%打開以減小液壓致動器3處之流量及壓力來維持系統穩定性，但關閉方向上之閥行進可受限於(例如)閥打開之一百分比及/或最大流量/壓力之一百分比。例如，控制單元266/驅動單元295可經構形以在達到關於閥打開或最大流量/壓力之百分比之下限時防止控制閥222、242之進一步關閉。在一些實施例中，若已達到控制閥打開及/或最大流量/壓力之一百分比之一上限，則控制單元266/驅動單元295可限制控制閥222、242進一步打開。

如上文所討論，下游閥位置信號1246可為小於100% (例如85%)之一預定閥位置值，其用於在穩定狀態操作期間「儲備」一些泵容量，使得系統可對壓力需求增加作出即時回應。該預定閥位置值可為一使用者可設定值或基於諸如以下各者之因數之一計算值：泵需求、應用類型(緩慢/快速作用)或與系統中之壓力回應相關的一些其他因數。在圖12A之實施例中，當壓力設定點1211增大或壓力回饋1217之值減小時，閥壓力控制器

模組1215增大閥壓力控制器輸出信號1216。加法器模組1247將增大之閥壓力控制器輸出信號1216與下游位置信號1246相加。

接著，將來自加法器模組1247之輸出信號1248發送至一開關模組1265作為一輸入。開關模組1265亦接受一上游閥位置需求信號1249作為一第二輸入。如同下游閥位置需求信號，上游閥位置需求信號1249可為一使用者可設定之預定閥位置值或基於諸如以下各者之因數之一計算值：泵需求、應用類型(緩慢/快速作用)或與系統中之壓力回應相關的一些其他因數。上游閥位置需求信號1249可為一預定位置值，其係(例如) 100%以使系統中之流體阻力最小化或為一些其他所要值。基於泵之旋轉方向，開關模組1265將下游閥位置信號1248及上游閥位置信號1249分別導引至對應於控制閥222、242之適當閥特性模組1255A、1255B。例如，在所繪示之實施例(實線)中，將下游閥位置需求信號1248發送至閥特性模組1255A(其輸出控制閥222之閥需求信號1266A)且將上游閥位置信號(例如100%或另一預定閥位置)發送至閥特性模組1255B(其輸出控制閥242之一閥需求信號1266B)。然而，如使用虛線所展示，若使泵1710之旋轉方向反轉，則開關模組1265會將下游閥位置需求信號1248發送至控制閥242且將上游閥位置信號1249發送至控制閥222。

閥特性模組1255A、1255B基於控制閥222、242之各自閥特性來修改或調節來自開關模組1265之閥需求信號1266A、1266B。例如，閥特性模組1255A、1255B可經構形以解釋專用於控制閥總成中所使用之控制閥之類型(例如球閥或一些其他類型之控制閥)之流量/壓力特性。可使用(例如)放大器、限制器、補償電路及/或另一電組件來將泵特性模組實施為一硬體電路及/或使用(例如)演算法、查找表、資料集或一些其他軟體實施方

案來將泵特性模組實施於軟體中以適當修改或調節閥位置信號1266A、1266B。在一些實施例中，可使用一單一閥特性模組。例如，可將來自加法器模組1247之輸出信號1248發送至一共同閥特性模組且接著可將該共同閥特性模組之輸出發送至開關模組1265。然而，由於具有兩個閥特性模組，所以系統將能夠解釋(例如)兩個控制閥之間的差異或解釋一或另一控制閥係下游閥時之系統中之流量/壓力差。接著，將閥特性模組1255A、1255B之輸出發送至各自閥致動器222A、242A，閥致動器222A、242A可為定位控制閥部分222B、242B之伺服馬達控制器。取決於閥之類型，伺服馬達可為線性或旋轉馬達。當然，本發明之例示性實施例不受限於伺服馬達，而是可使用諸如線圈型致動器、液壓型致動器、氣動型致動器或其等之任何組合之其他類型之致動器。致動器已為熟習技術者所知，因此，為了簡潔，將不再進一步加以討論。

在操作中，當一控制器(例如控制器266)及/或一使用者改變壓力設定點信號1211時，泵控制電路210將適當改變至(例如)馬達1741、1761之電流，如上文所描述。然而，歸因於泵1710之慣性，會在查看系統中之壓力變化時存在一延遲。因為亦將壓力設定點信號1211發送至閥控制電路220，所以閥控制電路220將使下游閥之位置自其穩定狀態位置同時改變，例如，增大打開以提供系統壓力之一即時增大(或幾乎立即增大)或減小打開以提供系統壓力之一即時或小(或幾乎立即減小)。當泵1710克服慣性且系統壓力開始達到新設定點值時，閥壓力控制器模組1215將適當改變其輸出且下游閥位置將開始移回至85%以使壓力維持為操作設定點。泵壓力控制器模組1210經構形使得當系統達到穩定狀態操作時，下游閥位於一預定下游閥位置1246(例如85%(為了解釋)或一些其他預定值)處。

然而，在所有操作模式期間，下游控制閥之穩定狀態位置無需相同。例如，若液壓系統1700中之操作開始超過泵1710之容量之85%，則預定下游閥位置1246之值亦可經增大以改良效率且限制馬達1741、1761上之應力。例如，預定下游閥位置1246之值可在泵需求低於85%容量時為85%且接著在泵需求自85%容量上升至100%容量時自85%改變(例如線性漸變、非線性漸變、階梯改變)至100% (或一些其他預定值)。在一些實施例中，泵控制電路210可自下游控制閥接收一位置回饋以修改(例如)來自泵壓力控制器模組1210之輸出信號1213，使得下游控制閥在穩定狀態操作期間維持其預定下游閥位置值，例如85%或一些其他預定位置。需要在下游控制閥歸因於泵曲線與泵1710之實際性能之間的一偏差、泵1710之性能之一降級或因一些其他原因而無法返回至其預定位置(例如85%或一些其他預定位置)時進行此調整。例如，若在穩定狀態操作期間下游閥之位置係87%且下游閥位置1246係85%，則泵控制電路210可包含一下游閥位置控制器(例如一PID控制器、一PI控制器或一些其他控制器)以視需要修改泵壓力控制器輸出信號1213 (在此情況中，增大輸出信號1213之值)，直至下游閥關閉至85%。當然，下游閥位置控制器上之時間常數應使得泵控制電路210之操作不會負面影響閥控制電路220之操作，例如，時間常數應使得泵及/或閥不會歸因於壓力控制電路210與閥控制電路220之間的干擾而「擺動」。

在流量/速度操作模式中，使用準則(諸如泵1710之馬達快速漸變至所要速度之方式及可精確控制馬達速度之方式)基於系統應用要求來判定至泵1710之馬達之電力。因為流體流動速率與泵1710之馬達/齒輪之速度成比例且流體流動速率判定液壓致動器3之一操作(例如致動器3之行進速度

或另一適當參數，其取決於系統之類型及負載之類型)，所以控制單元266/驅動單元295可經構形以基於使用泵1710之馬達之速度、流動速率或兩者之某種組合之一控制方案來控制液壓致動器3之操作。即，當(例如)需要液壓致動器3之一特定回應時間(例如液壓致動器3之一特定行進速度)時，控制單元266/驅動單元295可控制泵1710之馬達以達成對應於液壓致動器3之所要特定回應之一預定速度及/或一預定液壓流動速率。例如，可使用演算法、查找表、資料集或另一軟體或硬體組件來設置控制單元266/驅動單元295以使液壓致動器3之操作(例如液壓缸3'之行進速度或液壓馬達3"之旋轉速度)與液壓泵1710之速度及/或系統1700中之液壓流體之流動速率關聯。因此，若系統需要液壓致動器3在一預定時段內(例如)依一所要線性速度或r.p.m.移動負載，則控制單元266/驅動單元295可經設置以控制泵1710之馬達之速度或系統中之液壓流動速率以達成液壓致動器3之所要操作。

若控制方案使用流動速率，則控制單元266/驅動單元295可自一流量感測器(例如感測器總成228、248、297、298之一或多者中之一流量感測器)接收一回饋信號以判定系統中之實際流量。可藉由量測(例如)系統中之兩個點之間的差壓、來自一超音波流量計之信號、來自一渦輪流量計之頻率信號或一些其他流量感測器/儀器來判定系統中之流量。因此，在其中控制方案使用流動速率之系統中，控制單元266/驅動單元295可將液壓泵1710之流量輸出控制至對應於液壓致動器3之所要操作(例如致動器3之行進速度或另一適當參數，其取決於系統之類型及負載之類型)之一預定流量設定點值。

類似地，若控制方案使用馬達速度，則控制單元266/驅動單元295可

自泵1710之馬達或泵1710之齒輪接收(若干)速度回饋信號。例如，可藉由感測流體位移部件之旋轉來量測泵1710之馬達之實際速度。對於齒輪，液壓泵1710可包含在輪齒旋轉時感測輪齒之一磁性感測器(圖中未展示)。替代地或除磁性感測器(圖中未展示)之外，一或多個齒可包含由位於液壓泵殼體內或液壓泵殼體外之一拾波器感測之磁鐵。當然，可將磁鐵及磁性感測器併入至其他類型之流體位移部件中且可使用諸如(例如)編碼器之其他類型之速度感測器。因此，在其中控制方案使用流動速率之系統中，控制單元266/驅動單元295可將液壓泵1710之實際速度控制至對應於液壓致動器3之所要操作之一預定速度設定點。替代地或除上文所描述之控制之外，可直接量測液壓致動器3之速度且將其與一所要行進速度設定點比較以控制馬達之速度。

若系統處於流量操作模式中且應用需要至液壓致動器3之一預定流量(例如，依一預定行進速度移動一液壓缸、依一預定r.p.m.旋轉一液壓馬達或致動器3之一些其他適當操作，其取決於系統之類型及負載之類型)，則控制單元266/驅動單元295將判定對應於所要液壓流動速率之所需流量。若控制單元266/驅動單元295判定需要增大液壓流量，則控制單元266/驅動單元295會將一信號發送至液壓泵1710及控制閥總成222、242以導致一流量增大。至液壓泵1710之需求信號將增大泵1710之馬達之速度以匹配對應於所需較高流動速率之一速度。然而，如上文所討論，發送需求信號之時間與流量實際增大之時間之間會存在一時間延遲。為減少或消除此時間延遲，控制單元266/驅動單元295亦會將一信號同時(例如，同時或幾乎同時)發送至控制閥總成222、242之一或兩者以使其進一步打開(即，增大閥打開)。因為控制閥222B、242B之反應時間將比泵1710之馬達之反應時

間快(歸因於控制閥222B、242B具有較小慣性)，所以系統中之液壓流體流量將在控制閥222B、242B之一或兩者開始打開時即時增大。接著，控制單元266/驅動單元295將控制控制閥222B、242B以維持所需流動速率。在控制閥222B、242B受控制之時間期間，泵1710之馬達將增大其速度以匹配來自控制單元266/驅動單元295之較高速度需求。當泵1710之馬達之速度增大時，流量亦將增大。然而，當流量增大時，控制單元266/驅動單元295將對控制閥222B、242B作出適當校正以維持所需流動速率，例如，在此情況中，控制單元266/驅動單元295將開始關閉控制閥222B、242B之一或兩者以維持所需流動速率。

在一些實施例中，液壓泵1710下游之控制閥(即，排放側上之閥)將由控制單元266/驅動單元295控制，而上游側上之閥保持於一恆定預定閥打開處，例如，上游閥可經設定為100%打開(或幾乎100%或相當高百分比之打開)以使液壓管路中之流體阻力最小化。類似於上文所討論之壓力操作模式，在一些實施例中，上游控制閥亦可經控制以消除或減少流體驅動系統1700之不穩定性，如上文所討論。

在一些情境中，至液壓致動器3之流量高於所要流量，其可意謂：致動器3將太快回縮或在致動器應固定或停止時移動。當然，在其他類型之應用及/或情境中，一流量高於所要流量可導致其他非所要操作條件。在此等情況中，控制單元266/驅動單元295可判定至液壓致動器3之對應端口之流量太高。若如此，則控制單元266/驅動單元295將判定需要減小至液壓致動器3之流量且接著會將一信號發送至液壓泵1710及控制閥總成222、242以減小流量。至液壓泵1710之泵需求信號將減小，且因此將減小泵1710之各自馬達之速度以匹配對應於所需較低流動速率之一速度。

然而，如上文所討論，發送需求信號之時間與流量實際減小之時間之間會存在一時間延遲。為減少或消除此時間延遲，控制單元266/驅動單元295亦會將一信號同時(例如，同時或幾乎同時)發送至控制閥總成222、242之至少一者以使其進一步關閉(即，減小閥打開)。至至少下游伺服馬達控制器之閥位置需求信號將減小，且因此減小下游控制閥之打開及至液壓致動器3之流量。因為控制閥222B、242B之反應時間比泵1710之馬達之反應時間快(歸因於控制閥222B、242B具有較小慣性)，所以系統流量將在控制閥222B、242B之一或兩者開始關閉時即時減小。當泵1710之馬達之速度開始減小時，流量亦將開始減小。然而，控制單元266/驅動單元295將適當控制控制閥222B、242B以維持所需流量(即，當馬達速度減小時，控制單元266/驅動單元295將開始打開控制閥222B、242B之一或兩者)。例如，相對於液壓泵1710之下游閥可經節流以將流量控制至一所要值，而上游閥維持於一恆定值打開(例如，100%打開)處以減小流量阻力。然而，若需要一甚至更快回應(或接收用於即時減小流量之一命令信號)，則控制單元266/驅動單元295亦可經構形以顯著關閉上游閥。顯著關閉上游閥可用於充當一「液壓制動」，其藉由增大液壓致動器3上之背壓來快速減慢流體驅動系統1700中之流動。當然，控制單元266/驅動單元295可經構形有防護裝置以使上游閥不會在液壓泵1710耗盡之前關閉。此外，如上文所討論，控制閥222B、242B亦可經控制以消除或減少流體驅動系統1700之不穩定性。

下文將描述用於流量/速度模式之一例示性控制系統。如圖12中所展示，在流量/速度操作模式中，將一流量設定點信號1221輸入至控制流體驅動器1740、1760之馬達1741、1761之泵流量控制器模組1220。若系統

需要改變流量，則可改變至泵流量控制器模組1220之流量設定點1221。泵流量控制器模組1220基於所接收之流量設定點1221來輸出一信號1223。例如，泵流量控制器模組1220可為一比例控制器且泵流量控制器輸出信號1223可與所接收之流量設定點1221成比例。作為一實例，每分鐘0加侖(0 gpm)至150 gpm或0 gpm至250 gpm (取決於系統之壓力要求)之一流量設定點範圍可對應於0%至100%之一泵控制輸出信號(取決於系統及泵特性)。當然，在本發明之例示性實施例中，泵流量控制模組1220不限於為一比例控制器，而是可包含具有非線性函數、階梯函數及/或使輸入流量設定點與至泵馬達之輸出信號相關之一些其他函數之控制器。在一些實施例中，判定泵流量控制器輸出信號1223之函數可基於諸如下各者之因數：流量設定點之量值、線性致動器總成之應用類型、操作流量之回饋、所泵送之流體之類型及/或一些其他操作參數。在一些實施例中，可接著將泵流量控制器輸出信號1223直接發送至泵馬達控制器1270/1280作為泵需求信號，例如，作為泵之一速度需求設定點。然而，如上文所討論，在一些例示性實施例中，可將泵流量控制器輸出信號1223發送至一泵特性模組，該泵特性模組基於泵之特性(例如泵之機械性能曲線及/或泵之電動馬達曲線)來修改或調節泵流量控制器輸出信號1223。熟習技術者應瞭解，圖12中之由泵控制電路210處理泵流量控制器輸出信號1223將類似於上文所討論之泵壓力控制器輸出信號1213之處理。相應地，為了簡潔，除解釋本操作模式所需之外，將不再討論與輸出信號1223之處理相關的模組1250A、1250B、1265及1260及可變速度馬達控制器1270及1280之功能描述。在流量/速度操作模式中，至可變速度馬達控制器1270及1280之泵需求信號與泵馬達1741、1761之速度相關。

在流量/速度操作模式中，亦將流量設定點信號1221發送至閥流量控制電路220以同時控制控制閥222、242之一或兩者之一打開。如圖12A中所見，將流量設定點信號1221輸入至閥流量控制器模組1225。此外，亦將一流量回饋信號1224輸入至閥流量控制器模組1225。閥流量控制器模組1225執行流量設定點1221與流量回饋信號1224之間的一比較且基於該比較來輸出一閥流量控制器輸出信號1226。在本發明之例示性實施例中，閥流量控制器模組1225可為一PID控制器、一PI控制器、一比例控制器或基於流量設定點1221與流量回饋信號1224之間的差異來提供一回應之另一類型之控制器，諸如(例如)其中閥控制器輸出信號1226係基於一非線性函數、一階梯函數或一些其他函數之一控制器。在一些實施例中，判定閥流量控制器輸出信號1226之函數可基於諸如以下各者之因數：流量設定點之量值、線性致動器總成之應用類型、操作流量之回饋、所泵送之流體之類型及/或一些其他操作參數。在一些實施例中，例如，如圖12A中所展示，在流量/速度控制模式中，模式控制模組1245將閥流量控制器輸出信號1226發送至使用閥流量控制器輸出信號1226來修改或調節一下游閥位置信號1246之一加法器模組1247。熟習技術者應瞭解，由閥控制電路220處理閥流量控制器輸出信號1226及下游閥位置信號1246將類似於上文所討論之閥壓力控制器輸出信號1216之處理。相應地，為了簡潔，除解釋本操作模式所需之外，將不再討論與輸出信號1226之處理相關的模組1247、1265、1255A及1255B及伺服馬達控制器222A及242A之功能描述。在流量/速度操作模式中，至伺服馬達控制器222A、242A之閥需求信號與系統中之流量相關。

在操作中，當一控制器(例如控制器266)或一使用者改變流量設定點

信號1221時，泵控制電路210將適當改變(例如)馬達1741、1761之速度，如上文所描述。然而，歸因於泵1710之慣性，會在查看系統中之流量改變時存在一延遲。因為亦將流量設定點信號1221發送至閥控制電路220，所以閥控制電路220將同時使下游閥之位置自其穩定狀態位置增大，例如，增大打開以提供系統流量之一即時增大(或幾乎即時增大)或減小打開以提供系統流量之一即時減小(或幾乎即時減小)。當馬達1741、1761克服慣性且系統流量開始達到新設定點值時，閥流量控制器模組1225將適當改變其輸出且下游閥位置將開始減小其打開。閥流量控制器模組1225經構形使得當系統達到穩定狀態操作時，下游閥位於一預定下游閥位置1246(例如85%或一些其他預定值)處。然而，在所有操作模式期間，下游控制閥之穩定狀態位置無需相同。例如，若液壓系統1700之操作開始超過泵1710之容量之85%，則預定下游閥位置1246之值亦可增大以改良效率且限制馬達1741、1761上之應力。例如，預定下游閥位置1246之值可在泵需求低於85%容量時為85%且接著在泵需求自85%容量上升至100%容量時自85%改變(例如線性漸變、非線性漸變、階梯改變)至100%或一些其他預定值。在一些實施例中，泵控制電路210可自下游控制閥接收回饋以修改(例如)來自泵流量控制器模組1220之輸出信號1223，使得在穩定狀態操作期間，下游控制閥維持其預定下游閥位置值，例如上述例示性描述中之85%。需要在下游控制閥歸因於泵曲線與泵1710之實際性能之間的一偏差、泵1710之性能之降級或因一些其他原因而無法返回至其預定位置(例如85%或一些其他預定位置)時進行此調整。例如，若在穩定狀態操作期間下游閥之位置係87%且下游閥位置1246係85%，則泵控制電路210可包含一下游閥位置控制器(例如一PID控制器、一PI控制器或一些其他控制

器)，其用於視需要修改泵流量控制器輸出信號1223（在此情況中，增大輸出信號1223之值），直至下游閥關閉至85%。當然，下游閥位置控制器上之時間常數應使得泵控制電路210之操作不會負面影響閥控制電路220之操作，例如，時間常數應使得泵及/或閥不會歸因於壓力控制電路210與閥控制電路220之間的干擾而「擺動」。

在平衡操作模式中，控制單元266/驅動單元295可經構形以考量系統之流量及壓力兩者。例如，在正常操作期間，控制單元266/驅動單元295可主要控制至一流量的設定點，但控制單元266/驅動單元295亦將確保系統中之壓力保持於特定上限及/或下限內。相反地，控制單元266/驅動單元295可主要控制至一壓力的設定點，但控制單元266/驅動單元295亦將確保流量保持於特定上限及/或下限內。

在一平衡操作模式之一些實施例中，液壓泵1710及控制閥總成222、242可具有專用功能。例如，系統中之壓力可由液壓泵1710控制且系統中之流量可由控制閥總成222、242控制，或視需要反之亦然。例如，泵控制電路210可經設置以控制泵1710之出口與下游控制閥之間的一壓力且閥控制電路220可經構形以控制流體系統中之流量。如圖12及圖12A中所見，在平衡操作模式中，模式控制模組1240可經構形以選擇泵壓力控制器模組1230之輸出信號1233且模式控制模組1245可經構形以選擇閥流量控制器1225之輸出信號1226。壓力控制器模組1230接收一壓力設定點1231及一壓力回饋信號1232。在一些實施例中，壓力回饋信號1232表示下游控制閥與液壓致動器3之入口之間的壓力。壓力控制器模組1230執行壓力設定點1231與壓力回饋信號1232之間的一比較且基於該比較來輸出一壓力控制器輸出信號1233。在本發明之例示性實施例中，泵壓力控制

器模組1230可為一PID控制器、一PI控制器、一比例控制器或基於壓力設定點1231與壓力回饋信號1232之間的差異來提供一回應之另一類型之控制器，諸如(例如)其中壓力控制器輸出信號1233係基於一非線性函數、一階梯函數或一些其他函數之一控制器。在一些實施例中，判定泵壓力控制器輸出信號1233之函數可基於諸如以下各者之因數：壓力設定點之量值、線性致動器總成之應用類型、所泵送之流體之類型及/或一些其他操作參數。可接著將泵壓力控制器模組1230之輸出直接發送至馬達控制器1270/1280作為泵需求信號，例如，作為馬達1741、1761之一電流需求設定點。然而，如上文所討論，在一些例示性實施例中，可將泵壓力控制器輸出信號1233發送至一泵特性模組，該泵特性模組基於泵之特性(例如泵之機械性能曲線及/或泵之電動馬達曲線)來修改或調節泵流量控制器輸出信號1223。熟習技術者應瞭解，由泵控制電路210處理泵壓力控制器輸出信號1233將類似於上文所討論之泵壓力控制器輸出信號1213之處理。相應地，為了簡潔，除解釋本操作模式所需之外，將不再討論與輸出信號1233之處理相關的模組1250A、1250B、1265及1260及可變速度馬達控制器1270及1280之功能描述。在平衡操作模式中，至可變速度馬達控制器1270、1280之泵需求信號與泵馬達1741、1761之電流相關且因此與泵馬達1741、1761之扭矩相關。

此外，閥控制電路220同時控制控制閥222、242之一打開。如圖12A中所見，在平衡模式中，將流量設定點1221輸入至閥流量控制器模組1225。此外，亦將一流量回饋信號1224輸入至閥流量控制器模組1225。熟習技術者應瞭解，圖12A中所繪示之例示性平衡操作模式中之閥控制系統220之操作相同於上文所討論之流量控制操作模式中之閥控制系統220

之操作。相應地，為了簡潔，將不再進一步討論平衡模式中之閥控制電路220之操作。

如上文所討論，控制閥總成222、242包含可使閥打開於0%至100%之間而節流的控制閥222B、242B。圖13展示控制閥222B、242B之一例示性實施例。如圖13中所繪示，控制閥222B、242B之各者可包含一球閥232及一閥致動器230。閥致動器230可為基於來自控制單元266/驅動單元295之信號經由通信連接302、303來打開及關閉球閥232之一全電動致動器，即，非液壓裝置。例如，如上文所討論，在一些實施例中，致動器230可為一伺服馬達，其係一旋轉馬達或一線性馬達。伺服馬達可包含一編碼器，使得球閥232之位置打開可被精確控制。然而，本發明之實施例不受限於全電動致動器，而是可使用諸如電動-液壓致動器之其他類型之致動器。控制單元266/驅動單元295可包含用於球閥232之特性曲線，其使球閥232之旋轉百分比與球閥232之實際橫截面打開或橫截面打開百分比關聯。特性曲線可被預定且專用於各類型及大小之球閥232且儲存於控制單元266及/或驅動單元295中。此外，液壓致動器3亦可具有描述缸之操作特性之特性曲線，例如使壓力/流量與行進速度/位置關聯的曲線。

特性曲線(無論是否用於控制閥(例如控制閥222B、242B(或上文所討論之例示性控制閥之任何者))、原動機(例如馬達1741、1761(或上文所討論之例示性馬達之任何者))或流體驅動致動器(例如液壓致動器3(或上文所討論之例示性液壓缸之任何者)))可以查找表、公式、演算法、資料集或另一軟體或硬體組件(其儲存一適當關係)之形式儲存於記憶體(例如RAM、ROM、EPROM等等)中。例如，就球型控制閥而言，一例示性關係可為球閥之旋轉百分比與球閥之實際橫截面打開或橫截面打開百分比之

間的一關聯性；就電動馬達而言，一例示性關係可為至馬達之電力輸入與一實際輸出速度、扭矩或一些其他馬達輸出參數之間的一關聯性；及就流體驅動致動器而言，一例示性關係可為液壓流體之壓力及/或流量與缸之行進速度及/或可由缸施加之力之間的一關聯性。如上文所討論，控制單元266/驅動單元295使用特性曲線來精確控制馬達1741、1761、控制閥222B、242B及/或液壓致動器3。替代地或除儲存於控制單元266/驅動單元295中之特性曲線之外，控制閥總成222、242、泵1710及/或流體驅動致動器亦可包含用於以(例如)查找表、公式、演算法、資料集或另一軟體或硬體組件(其儲存一適當關係)之形式儲存特性曲線之記憶體，例如RAM、ROM、EPROM等等。

控制單元266可經提供以專門控制流體驅動致動器系統1。替代地，控制單元266可為其中操作流體驅動致動器系統1之一機器或一工業應用之另一控制系統之部分及/或與該另一控制系統合作。控制單元266可包含執行諸如命令操作或預程式化常式之各種程序之一中央處理單元(CPU)。程序資料及/或常式可儲存於一記憶體中。常式亦可儲存於諸如一硬碟機(HDD)或可攜式儲存媒體之一儲存媒體碟片上或可被遠端儲存。然而，儲存媒體不限於為上文所列舉之媒體。例如，常式可儲存於CD、DVD上，儲存於快閃記憶體、RAM、ROM、PROM、EPROM、EEPROM、硬碟機或電腦輔助設計站與其通信之任何其他資訊處理裝置(諸如一伺服器或電腦)中。

CPU可為來自美國之Intel之一Xeon或Core處理器或來自美國之AMD之一Opteron處理器，或可為可由一般技術者辨識之其他處理器類型。替代地，CPU可實施於一FPGA、ASIC、PLD上或使用離散邏輯電路

來實施，如一般技術者將辨識。此外，CPU可經實施為合作地並行工作以執行命令操作或預程式化常式之多個處理器。

控制單元266可包含用於與一網路介接之一網路控制器，諸如來自美國之Intel公司之一Intel乙太網路PRO網路介面卡。應瞭解，網路可為一公用網路(諸如網際網路)或一專用網路(諸如一LAN或WAN網路)或其等之任何組合且亦可包含PSTN或ISDN子網路。網路亦可為有線的(諸如一乙太網路)或可為無線的(諸如包含EDGE、3G及4G無線蜂巢式系統之一蜂巢式網路)。無線網路亦可為WiFi、Bluetooth或任何其他已知無線通信形式。控制單元266可經由一使用者輸入裝置(諸如一鍵盤及/或滑鼠)、經由一有線或無線通信來自一操作者接收一命令。此外，控制單元266、驅動單元295、馬達控制器1270、1280及閥控制器(例如伺服馬達222A、222B)之間的通信可為類比的或經由數位匯流排且可使用已知協定，諸如(例如)控制器區域網路(CAN)、乙太網路、通用工業協定(CIP)、Modbus及其他熟知協定。

此外，上文所討論之流體驅動致動器總成之例示性實施例具有一單一泵總成，例如其內具有泵1710之泵總成1702。然而，本發明之實施例不受限於一單一泵總成構形且流體驅動致動器總成之例示性實施例可具有複數個泵總成。在一些實施例中，取決於(例如)流體驅動致動器之操作需要，複數個泵可並聯地流體連接至一流體驅動致動器。例如，如圖14及圖14A中所展示，一線性致動器總成3001包含兩個泵總成3002及3102及對應比例控制閥總成3222、3242、3322及3342，其等連接成一並流構形以將流體轉移至缸3"/自缸3"轉移流體。藉由並聯地流體連接泵，總系統流量可比一單一泵總成構形增大。儘管相對於一線性液壓致動器(例如一液

壓缸)而提供並聯構形之例示性實施例之描述，但熟習技術者應瞭解，描述將可應用於其他類型之液壓致動器。

除圖14及圖14A中所展示之實施例之外，圖15及圖15A繪示並聯構形之額外例示性實施例。圖15展示一線性致動器總成3003之一橫截面圖。此實施例在功能上類似於圖14及圖14A中所展示之實施例。然而，在例示性線性致動器總成3003中，泵總成3102在結構上安置於泵總成3002之頂部上且組合泵總成經安置成與液壓缸3'之一縱軸線同軸。圖15A展示一線性致動器總成3005之一橫截面圖。此實施例在功能上亦類似於圖14及圖14A中所展示之實施例。然而，在例示性線性致動器總成3005中，泵總成3102在結構上安置於泵總成3002之頂部上且組合泵總成安置於液壓缸3'之一側上。因此，基於應用及可用空間，本發明之線性致動器總成之例示性實施例之結構配置可經修改以提供用於特定應用之一緊湊構形。當然，本發明不受限於圖14至圖15B中所展示之結構配置，而是可視需要修改泵總成之此等配置。

因為圖14至圖15B中之線性致動器總成之例示性實施例在功能上係類似的，所以為了簡潔，將參考圖14及圖14A來描述本發明之並聯構形實施例。然而，熟習技術者將認識到，描述亦可應用於圖15及圖15A之並聯總成。

如圖14、圖14A及圖16中所展示，線性致動器總成3001包含並聯地流體連接至一液壓缸總成3'之兩個泵總成3002及3102及對應比例控制閥總成3222、3242、3322及3342。比例控制閥總成3222、3242、3322及3342之各者分別具有一致動器3222A、3242A、3322A及3342A及控制閥3222B、3242B、3322B及3342B。上文已討論致動器及控制閥之例示性

實施例，因此，為了簡潔，省略致動器3222A、3242A、3322A及3342A及控制閥3222B、3242B、3322B及3342B之一詳細描述。泵總成3002包含泵3010及一整合儲存裝置3170。類似地，泵總成3102包含泵3110及一整合儲存裝置3470。泵總成3002及3102包含流體驅動器，其在此例示性實施例中包含如由泵3010及3110中之兩個M符號所繪示之馬達(參閱圖16)。泵總成3002及3102之整合儲存裝置及泵構形類似於上文相對於(例如)泵總成2所討論之構形。相應地，除描述本實施例所需之外，將不再進一步討論泵3010及3110及儲存裝置3170及3470之構形及功能。當然，儘管泵總成3002及3102經構形以包含具有一傳動驅動構形(其中馬達安置於齒輪內)及流通軸之泵，但泵總成3002及3102可經構形為上文所討論之傳動驅動構形之任何者，即，無需流通軸之泵、具有一單一原動機之泵及具有安置於齒輪外之馬達之泵。此外，儘管上述實施例包含整合儲存裝置，但在一些實施例中，系統不包含一儲存裝置或儲存裝置經安置成與泵分離。

轉至系統操作，如圖16中所展示，液壓缸3'之抽取腔室8流體連接至泵總成3002之端口A1及泵總成3102之端口B2。液壓缸3'之回縮腔室7流體連接至泵總成3002之端口B1及泵總成3102之端口A2。因此，泵3010及3110經構形以依一並流構形操作。

類似於上文所討論之例示性實施例，閥總成3222、3242、3322及3342之各者可包含基於線性致動器應用以在0%打開至100%打開之間節流或一些其他適當範圍的比例控制閥。在一些實施例中，閥總成3222、3242、3322及3342之各者可包含可在一完全打開狀態與一完全關閉狀態及/或一中間位置之間切換之閉鎖閥(或截流閥)。即，除控制流量之外，閥

總成3222、3242、3322及3342可包含可經選擇性操作以使對應泵3010、3110與液壓缸3'隔離之截流閥。

如同系統1700，流體系統3000亦可包含用於監測系統參數之感測器總成。例如，感測器總成3297、3298可包含用於量測系統參數之一或多個傳感器(例如一壓力傳感器、一溫度傳感器、一流量傳感器或其等之任何組合)。在圖16之例示性實施例中，感測器總成3297、3298安置於液壓缸3'之一端口與泵總成3002及3102之間。然而，替代地或除感測器總成3297、3298之外，一或多個感測器總成(例如壓力傳感器、溫度傳感器、流量傳感器或其等之任何組合)可視需要安置於系統3000之其他部分中。例如，如圖16中所展示，感測器總成3228及3248可經安置成相鄰於泵3010之端口且感測器總成3328及3348可經安置成相鄰於泵3110之端口以監測(例如)各自泵之機械性能。感測器總成3228、3248、3328及3348可直接與各自泵3010及3110通信(如圖16中所展示)及/或與控制單元3266通信(圖中未展示)。在一些實施例中，各閥總成及對應感測器總成可整合成一單一總成。即，閥總成及感測器總成可經封裝為一單一單元。

如圖16中所展示，可將各閥之狀態(例如控制閥之操作狀態(諸如打開、關閉、打開百分比)、致動器之操作狀態(諸如電流/電力汲取)或一些其他閥/致動器狀態指示)及由感測器量測之程序資料(例如量測之壓力、溫度、流動速率或其他系統參數)傳送至控制單元3266。控制單元3266類似於上文相對於圖11、圖12及圖12A所討論之具有泵控制電路210及閥控制電路220之控制單元266/驅動單元295。因此，為了簡潔，除描述本實施例所需之外，將不再詳細討論控制單元3266。如圖16中所繪示，控制單元3266直接與泵3010、3110之馬達及/或閥總成3222、3242、3322、3342

及/或感測器總成3228、3248、3328、3348、3297、3298通信。控制單元3266可接收量測資料，諸如四個馬達之速度、電流及/或電力、程序資料(例如泵3010、3110之壓力、溫度及/或流量)及/或比例控制閥總成3222、3242、3322及3342之狀態(例如控制閥之操作狀態(諸如打開、關閉、打開百分比)、致動器之操作狀態(諸如電流/電力汲取)或一些其他閥/致動器狀態指示)。因此，在此實施例中，將上文參考圖11所討論之驅動單元295之功能併入至控制單元3266中。當然，可視需要將功能併入至一或多個單獨控制器中。控制單元3266亦可經由一使用者介面3276來手動或藉由一預程式化常式接收一操作者之輸入(或操作者之命令)。一電源供應器(圖中未展示)提供操作泵3010、3110之馬達及/或控制閥總成3222、3242、3322及3342及/或感測器總成3228、3248、3328、3348、3297、3298所需之電力。

耦合連接器3262、3362可視需要提供於系統3000中之一或多個位置處。連接器3262、3362可用於獲得液壓流體樣本，校準液壓系統壓力，新增、移除或改變液壓流體，或排除任何液壓流體相關問題故障。熟習技術者將認識到，泵總成3002及3102、閥總成3222、3242、3322及3342及/或感測器總成3228、3248、3328、3348、3297、3298可包含諸如止回閥、釋壓閥或另一組件之額外組件，但為了清楚及簡潔，省略此等特徵之一詳細描述。

如上文所討論且如圖14至圖16中所見，泵總成3002、3102經配置成一並聯構形，其中液壓泵3010、3110之各者包含彼此獨立被驅動之兩個流體驅動器。因此，控制單元3266將操作兩組馬達(即，泵3010之馬達及泵3110之馬達)及兩組控制閥(閥3222B及3242B及閥3322B及3342B)。並

聯構形允許比僅使用一個泵總成時增大液壓系統中之總流量。儘管在此等實施例中使用兩個泵總成，但系統之總體操作(無論是否在壓力操作模式、流量操作模式或平衡操作模式中)將類似於上文相對於圖11之一個泵總成操作所討論之例示性操作。相應地，為了簡潔，除描述本實施例所需之外，省略壓力操作模式、流量操作模式及平衡操作模式之一詳細討論。

控制單元3266藉由適當控制泵總成3002及3102及比例控制閥總成3222、3242、3322、3342之各者以維持操作設定點來控制至選定操作模式之液壓缸3'所需之適當設定點(例如一壓力設定點、流量設定點或兩者之一組合)。可基於一給定操作模式之一所要設定點及/或一適當設定點來判定或計算操作設定點。例如，在一些實施例中，控制單元3266可經設置使得泵總成3002、3102之負載及/或通過泵總成3002、3102之流量係平衡的，即，各分享總負載及/或流量之50%以維持所要總設定點(例如壓力、流量)。例如，在流量操作模式中，控制單元3266將控制各泵總成之速度以提供總所要流量之50%且下游控制閥之至少各者之一打開將經同時控制以維持所要流量。類似地，在壓力操作模式中，控制單元3266可平衡到達泵馬達之各者之電流(且因此平衡扭矩)以平衡由各泵提供之負載且下游控制閥之至少各者之一打開將經同時控制以維持所要壓力。就適當設定各泵總成之負載/流量設定點而言，各泵總成之個別泵/控制閥組合之控制將類似於上文所討論之控制。在其他實施例中，控制單元3266可經設置使得泵總成3002、3102之負載或通過泵總成3002、3102之流量可依任何所要比率設定，例如，泵總成3002之泵3010佔據總負載及/或流量之50%至90%且泵總成3102之泵3110佔據總負載及/或流量之剩餘部分。在其他實施例中，控制單元3266可經設置使得僅有放置於一前導模式中之

一泵總成(例如泵3010及閥總成3222及3242)正常操作且放置於一備用或待命模式中之一泵總成(例如泵3110及閥總成3322及3342)僅在前導泵/總成達到100%負載/流量容量或一些其他預定負載/流量值(例如泵3010之負載/流量容量之50%至100%之一範圍內之一負載/流量值)時操作。控制單元3266亦可經設置使得備用或待命泵/總成之一者僅在前導泵/總成經歷機械或電問題(例如，已歸因於一失效而停止)時操作。在一些實施例中，為平衡泵上之機械磨損，可(例如)基於起動週期數(例如，在各起動之後或在n次起動之後切換各前導總成)、運行小時或與機械磨損相關的另一準則來使前導總成之角色交替。

泵總成3002及3102及比例控制閥總成可相同。例如，泵3010及泵3110可各具有相同負載/流量容量且比例控制閥總成3222、3242、3322及3342可為相同類型及大小。在一些實施例中，泵及比例控制閥總成可具有不同負載/流量容量。例如，泵3110可為比泵3010之一負載/流量容量泵且對應閥總成3322及3342之大小可比閥總成3222及3242小。在此等實施例中，控制系統可經構形使得泵3110及控制閥總成3322、3342僅在泵3010達到一預定負載/流量容量時操作，如上文所討論。此構形可比具有兩個大容量泵更經濟。

本發明之液壓缸3'、泵總成3002(即，泵3010、比例控制閥總成3222、3242及儲存裝置3170)、泵總成3102(即，泵3110、比例控制閥總成3322、3342及儲存裝置3470)形成一閉環液壓系統。在該閉環液壓系統中，自回縮腔室7或抽取腔室8排放之流體被導回至泵且被即時再循環至另一腔室。相比而言，在一開環液壓系統中，自一腔室排放之流體通常被導回至一集液槽且隨後由一或若干泵自該集液槽汲取。

圖16中所展示之泵3010、3110之各者可具有先前所討論之各種泵之任何構形，其包含傳動驅動構形及驅動器驅動構形。此外，控制閥總成3222、3242、3322及3342之各者可如上文所討論般構形。儘管圖14至圖15B中所展示之泵總成3002、3102分別各具有一單一儲存裝置3170、3470，但泵總成3002、3102之一或兩者可具有兩個儲存裝置，如上文所討論。

返回參考圖15，在線性致動器總成3003之例示性實施例中，液壓泵總成3002、3102經展示為安置於液壓缸總成3'之一端上，使得液壓泵總成3002、3102沿液壓缸總成3'之一縱軸線3017與液壓缸總成3'「同軸」(或對準)。此允許諸多應用期望得到之一緊湊設計。然而，本發明之線性致動器之構形不限於為同軸構形。在一些應用中，一「同軸」設計係不實用的或無法令人滿意。在此等情況中，泵總成可安裝於自「同軸」位置偏移之缸之另一位置上，如圖14、圖14A及圖15A中所展示。

在圖16之實施例中，泵總成3002及3102經構形成一並聯配置。然而，在一些應用中，可期望具有呈一串聯構形之複數個泵總成，如圖17至圖17B及圖18中所展示。可藉由流體地串聯連接泵來增大總系統壓力。相對於一線性液壓致動器(例如一液壓缸)而提供串聯構形之例示性實施例之描述。然而，熟習技術者應瞭解，描述將可應用於其他類型之液壓致動器。圖17繪示具有串聯構形之一線性致動器總成4001之一例示性實施例，即，泵總成4002及4102經連接成一串流配置。致動器總成4001亦包含液壓缸3'。如圖17中所見，泵總成4002及4102經展示為並排安裝於液壓缸3'之一側表面上。然而，泵總成之安裝配置不受限於圖17之構形。如圖17A中所展示之線性致動器總成4003中所見，泵總成4102可安裝於泵總成

4002之頂部上且組合總成可安裝於液壓缸3'之一側上。在圖17B中所展示之線性致動器總成4005中，泵總成4102安裝於泵總成4002之頂部上且組合總成經安裝成與液壓缸之一縱軸線4017「同軸」。當然，串聯構形之實施例不受限於圖17至圖17B中所繪示之構形且泵總成可視需要安裝於缸之另一位置上或經安裝成與缸隔開。泵總成4002及4102 (其包含對應流體驅動器及比例控制閥總成4222、4242、4322、4342)之構形類似於泵總成3002及3102，因此，為了簡潔，除描述本實施例所需之外，將不再進一步討論泵總成4002及4102之構形。此外，為了簡潔，將參考線性致動器總成4001來給出串聯構形之操作。然而，熟習技術者將認識到，描述亦可應用於線性致動器總成4003及4005。

如圖17及圖18中所見，線性系統4000包含具有連接至液壓缸3'之泵總成4002及4012之一線性致動器總成4001。具體而言，泵總成4002之端口A1與液壓缸3'之抽取腔室8流體連通。泵總成4002之一端口B1與泵總成4102之端口B2流體連通。泵總成4102之端口A2與液壓缸3'之回縮腔室7流體連通。耦合連接器4262、4362可分別提供於總成4002、4102中之一或多個位置處。連接器4262、4262之功能類似於上文所討論之連接器3262及3362之功能。

如圖18中所展示，液壓泵4010、4110之各者包含彼此獨立被驅動之兩個馬達。各自馬達可由控制單元4266控制。此外，控制閥4222B、4242B、4322B、4342B亦可由控制單元4266藉由(例如)操作各自致動器4222A、4242A、4322A、4342A來控制。上文已討論致動器及控制閥之例示性實施例，因此，為了簡潔，不再進一步討論致動器及控制閥之例示性實施例。當然，泵總成4002及4102不受限於所繪示之傳動驅動構形，

而是可經構形為上文所討論之傳動驅動構形之任何者，即無需流通軸之泵、具有一單一原動機之泵及具有安置於齒輪外之馬達之泵。此外，儘管上述實施例包含整合儲存裝置，但在一些實施例中，系統不包含一儲存裝置或儲存儲存經安置成與泵分離。閥總成4222、4242、4322、4342、感測器總成4228、4248、4328、4348、4297、4298及泵4010、4110之操作及/或功能可類似於先前所討論之實施例，例如，控制單元4266可類似於控制單元3266般操作，因此，為了簡潔，除描述線性致動器總成4001之串聯構形所需之外，此處省略一詳細解釋。

如上文所討論，泵總成4002及4102經配置成一串聯構形，其中液壓泵4010、4110之各者包含彼此獨立被驅動之兩個流體驅動器。因此，控制單元4266將操作兩組馬達(即，泵4010之馬達及泵4110之馬達)及兩組控制閥(即，閥4222B及4242B及閥4322B及4342B)。此構形允許比僅使用一個泵總成時增大液壓系統中之系統壓力。儘管在此等實施例中使用兩個泵總成，但系統之總體操作(無論是否在壓力操作模式、流量操作模式或平衡操作模式中)將類似於上文相對於一個泵總成操作所討論之例示性操作。相應地，下文將僅討論關於個別泵操作之差異。

控制單元4266藉由適當控制泵總成之各者(即，泵/控制閥組合)以維持所要總設定點(例如壓力、流量)來控制至選定操作模式之液壓缸3'所需之適當設定點(例如一壓力設定點、流量設定點或兩者之一組合)。例如，在壓力操作模式中，控制單元4266可控制泵總成4002、4102以在活塞桿6之一抽取操作期間於(例如)液壓缸3'之抽取腔室8之入口處提供所要壓力。在此情況中，如上文所討論，下游泵總成4002(即，泵4010及控制閥4222B及4242B)可經控制以維持抽取腔室8之入口處之所要壓力(或一命令

壓力之一預定範圍)。例如，泵4010之電流(及因此扭矩)及控制閥4222B之打開可經控制以維持抽取腔室8處之所要壓力(或一命令壓力之一預定範圍)，如上文相對於單一泵總成操作所討論。然而，關於泵總成4102(即，泵4110及閥4322B及4342B)，控制閥4266可控制泵總成4102，使得通過泵總成4102之流動速率匹配(或對應於)通過下游泵總成4002之流動速率(例如，在其之一預定範圍內)以防止空化或其他流量擾動。即，通過泵總成4002之實際流動速率將充當泵總成4102之流量設定點且控制單元4266將在一流量控制模式中操作泵總成4102。泵總成4102之流量控制模式可類似於上文相對於一個泵總成操作所討論之流量控制模式。除流量之外，泵總成4002及4102之入口及出口參數(例如壓力、溫度及流量)亦可由感測器總成4228、4248、4328、4348(或其他系統感測器)監測以偵測空化或其他流量及壓力擾動之徵象。控制單元4266可經構形以基於此等徵象來採取適當行動。可藉由監測諸如壓力之其他參數來解釋歸因於量測誤差之泵4010及4110之流量監測值之微小差異。例如，在上述情況(即，活塞桿6之抽取操作)中，若通過泵4110之流量之流量監測讀數高於實際流量，則泵4010會經歷空化，此係因為來自泵4110之實際流量將小於泵4010所需之流量。藉由監測其他參數(例如泵4010及4110之入口及出口參數、溫度及/或流量)，控制單元4266可判定通過泵4110之流量讀數高於實際流量且採取適當行動以藉由適當調整泵4110之流量設定點以增大來自泵4110之流量來防止空化。基於(例如)來自感測器總成4228、4248、4328、4348、4297、4298之系統中之溫度、壓力及流量量測，控制單元4266可經構形以診斷系統中之潛在問題(歸因於(例如)量測誤差或其他問題)且適當調整壓力設定點或流量設定點以提供液壓系統之平滑操作。當

然，若溫度、壓力或流量量測指示存在一重大問題，則控制單元4266亦可經構形以安全關閉系統。

相反地，在活塞桿6之一回縮操作期間，泵總成4002 (即，泵4010及閥4222B及4242B)變成一上游泵總成且泵總成4102 (即，泵4110及閥4322B及4342B)變成一下游泵總成。抽取操作期間之上文所討論之控制程序可應用於一回縮操作期間之控制程序，因此，此處省略詳細描述。此外，儘管上游泵可經構形以控制至下游泵之流量，但在一些實施例中，上游泵可使下游泵之吸入口處之壓力維持為一適當值，即，消除或減少空化風險。

在流量操作模式中，控制單元4266可控制泵馬達之一或多者之速度以達成系統所要之流量。各泵及對應控制閥之速度可被控制至所要流量設定點，或類似於上文所討論之壓力操作模式，下游泵總成(例如上述實例中之泵總成4002)可被控制至所要流量設定點且上游泵總成(例如泵總成4102)可經控制以匹配通過泵總成4002之實際流動速率或使泵總成4002之吸入口處之壓力維持為一適當值。如上文所討論，除通過各泵總成之流量之外，各泵總成之入口及出口壓力及溫度(或一些其他溫度、壓力及流量參數)亦可經監測以偵測空化或其他流量及壓力擾動之徵象。如上文所討論，控制單元4266可經構形以基於此等徵象來採取適當行動。此外，儘管上游泵可經構形以控制至下游泵之流量，但在一些實施例中，上游泵可使下游泵之吸入口處之壓力維持為一適當值，即，消除或減少空化風險。

上文所討論之流體驅動致動器總成可為系統(例如工業機器)中之一組件，其中一結構元件相對於另一結構元件移動或平移。在一些實施例中，流體驅動致動器(例如液壓缸)之抽取及回縮將提供兩個結構元件之間的一

線性或伸縮移動，例如一液壓車輛升降。在其中兩個結構經可樞轉地附接之其他實施例中，線性致動器可提供一結構相對於另一結構之一旋轉或轉向移動。例如，圖19展示本發明之複數個線性致動器總成之任何者安裝於一挖掘機之一鉸接式轉臂結構2301上時之轉臂結構2301之一例示性構形。轉臂結構2301可包含一臂2302、一轉臂2303及一鏟斗2304。如圖19中所展示，臂2302、轉臂2303及鏟斗2304分別由一臂致動器2305、一轉臂致動器2306及一鏟斗致動器2307驅動。各線性致動器總成2305、2306、2307之尺寸可取決於轉臂結構之幾何形狀而變動。例如，鏟斗致動器總成2307之軸向長度可大於轉臂致動器總成2306之軸向長度。各致動器總成2305、2306、2307可安裝於轉臂結構2301上之各自安裝結構處。

在轉臂結構2301中，線性致動器總成之各者安裝於兩個結構元件之間，使得線性致動器總成之操作將使一結構元件圍繞一樞軸點相對於另一結構元件旋轉。例如，鏟斗致動器總成2307之一端可安裝於轉臂2303上之一轉臂安裝結構2309處且另一端可安裝於鏟斗2304上之一鏟斗安裝結構2308處。附接至各安裝結構2309及2308使得鏟斗致動器總成2307之端自由地旋轉移動。鏟斗2304及轉臂2303可樞轉地附接於樞軸點2304A處。因此，鏟斗致動器總成2307之抽取及回縮將使鏟斗2304圍繞樞軸點2304A相對於轉臂2303旋轉。線性致動器之各種安裝結構(例如提供相對旋轉移動之其他類型之安裝結構、提供線性移動之安裝結構及提供旋轉移動及線性移動之組合之安裝結構)在此項技術中係已知的，因此，此處省略其他類型之安裝結構之一詳細解釋。

各致動器總成2305、2306、2307可包含一液壓泵總成及一液壓缸且

可為上文所討論之傳動驅動線性致動器總成之任何者。在轉臂結構2301之例示性實施例中，致動器總成2305、2306、2307之各自液壓泵總成2311、2312、2313安裝於對應液壓缸外殼之頂部上。然而，在其他實施例中，液壓泵總成可安裝於一不同位置上，例如，安裝於缸外殼4之後端處，如圖2A中所繪示。

除線性致動器總成之外，轉臂結構2301亦可包含用於將液壓流體提供至諸如(例如)可攜式工具之其他液壓裝置(即，用於除轉臂旋轉之外的操作)之一輔助泵總成2310。例如，諸如一手鑽機之一作業工具可連接至輔助泵總成2310以進行鑽井操作。輔助泵總成2310之構形可為上文所討論之傳動驅動或驅動器驅動泵總成之任何者。各致動器總成2305、2306、2307及輔助泵2310可經由導線(圖中未展示)來連接至安裝於挖掘機上之一發電機(圖中未展示)，使得各致動器之(若干)電動馬達及輔助泵可由該發電機供電。此外，致動器2305、2306、2307及輔助泵2310可經由導線(圖中未展示)來連接至用於控制操作之一控制器(圖中未展示)，如上文相對於控制單元266/驅動單元295所描述。因為線性致動器總成之各者係閉環液壓系統，所以使用轉臂結構2301之挖掘機無需一中央液壓儲存槽或一大型中央液壓泵，其包含諸如一可變位移泵或定向流量控制閥之相關聯流量控制裝置。此外，液壓軟管及管道不必如同習知系統般運行至各致動器。相應地，使用本發明之線性致動器總成之一挖掘機或其他工業機器不僅不複雜及較輕，且亦將大幅減少至液壓系統中之潛在污染源。

上文所描述之一挖掘機之具有線性致動器2305、2306、2307之鉸接式轉臂結構2301僅為了繪示且本發明之線性致動器總成1之應用不受限於操作一挖掘機之轉臂結構。例如，本發明之線性致動器總成1可應用於諸

如鏟斗機、起重機、滑移轉向裝載機及輪式裝料機之各種其他機械。

本發明中之控制器之實施例可經提供為一硬體電路及/或一電腦程式產品。作為一電腦程式產品，該產品可包含具有儲存其上之指令之一機器可讀媒體，該等指令可用於程式化一電腦(或其他電子裝置)以執行一程序。該機器可讀媒體可包含(但不限於)軟磁片、光碟、唯讀光碟(CD-ROM)及磁光碟、ROM、隨機存取記憶體(RAM)、可擦除可程式化唯讀記憶體(EPROM)、電可擦除可程式化唯讀記憶體(EEPROM)、場可程式化閘陣列(FPGA)、應用特定積體電路(ASIC)、車輛識別模組(VIM)、磁卡或光學卡、快閃記憶體或適合於儲存電子指令之其他類型之媒體/機器可讀媒體。

術語「模組」廣義上係指一軟體、硬體或韌體(或其等之組合)組件。模組通常為可使用(若干)特定輸入來產生有用資料或其他輸出之功能組件。一模組可為或可不是自主式的。上文所討論之控制器可包含一或多個模組。

儘管已相對於具有含輪齒之正齒輪之一外齒輪泵配置而描述上述傳動驅動實施例，但應瞭解，熟習技術者將易於認識到，下文將描述之概念、功能及特徵可易於適應具有其他齒輪構形(螺旋齒輪、人字齒輪或可經調適以驅動流體之其他輪齒構形)之外齒輪泵、具有各種齒輪構形之內齒輪泵、具有兩個以上原動機之泵、除電動馬達之外的原動機(例如液壓馬達或其他流體驅動馬達、內燃機、燃氣機或其他類型之引擎或可驅動一流體位移部件之其他類似裝置)及除具有輪齒之一外齒輪之外的流體位移部件(例如具有輪齒之內齒輪、具有凸部(例如凸塊、延伸部、凸起、突起、其他類似結構或其等之組合)之一輪殼(例如一圓盤、缸、其他類似組

件)、具有凹口(例如腔穴、凹陷、空穴或其他類似結構)之一輪殼(例如一圓盤、缸或其他類似組件)、具有凸齒之一齒輪本體或可在被驅動時使流體位移之其他類似結構)。相應地,為了簡潔,省略各種泵構形之詳細描述。此外,熟習技術者將認識到,取決於泵之類型,同步接觸(傳動驅動)可有助於流體之泵送而非密封一逆流路徑,或除有助於密封一逆流路徑之外,亦有助於流體之泵送。例如,在某些內齒輪同步轉子構形中,兩個流體位移部件之間的同步接觸或嚙合亦有助於泵送截留於對置齒輪之齒之間的流體。此外,儘管上述實施例具有含一外齒輪構形之流體位移部件,但熟習技術者將認識到,取決於流體位移部件之類型,同步接觸或嚙合不限於為一側面與側面接觸,而是可介於一流體位移部件上之至少一凸部(例如凸塊、延伸部、凸起、突起、其他類似結構或其等之組合)之任何表面與另一流體位移部件上之至少一凸部(例如凸塊、延伸部、凸起、突起、其他類似結構或其等之組合)或凹口(例如腔穴、凹陷、空穴或其他類似結構)之任何表面之間。

流體位移部件(例如上述實施例中之齒輪)可完全由一金屬材料或一非金屬材料之任何者製成。金屬材料可包含(但不限於)鋼、不鏽鋼、陽極氧化鋁、鋁、鈦、鎂、黃銅及其等之各自合金。非金屬材料可包含(但不限於)陶瓷、塑膠、複合物、碳纖維及奈米複合材料。例如,金屬材料可用於需要堅固性來承受高壓之一泵。然而,對於待用於一低壓應用中之一泵,可使用非金屬材料。在一些實施例中,流體位移部件可由一彈性材料(例如橡膠)、彈性體材料製成以(例如)進一步增強密封區域。

替代地,流體位移部件(例如上述實施例中之齒輪)可由不同材料之一組合製成。例如,基於應用之類型,本體可由鋁製成且與另一流體位移部

件接觸之部分(例如上述例示性實施例中之輪齒)可由鋼(其用於需要堅固性來承受高壓之一泵)、一塑膠(其用於針對一低壓應用之一泵)、一彈性體材料或另一適當材料製成。

流體輸送系統之例示性實施例可使各種流體位移。例如，泵可經構形以泵送液壓流體、機油、原油、血液、藥液(糖漿)、油漆、墨水、樹脂、黏著劑、熔化熱塑性塑膠、柏油、瀝青、糖蜜、熔化巧克力、水、丙酮、苯、甲醇或另一流體。如由可被泵送之流體之類型所見，泵之例示性實施例可用於諸如以下各者之各種應用中：重型工業機器、化學工業、食品工業、醫學工業、商業應用、住宅應用或使用泵之另一工業。諸如以下各者之因數將在泵配置中發揮作用：流體之黏度、應用之所要壓力及流量、流體位移部件之構形、馬達之大小及功率、實體空間考量、泵之重量或影響泵構形之其他因數。可預期，取決於應用之類型，上文所討論之流體輸送系統之例示性實施例可具有落入(例如) 1 rpm至5000 rpm之一通用範圍內之操作範圍。當然，此範圍不具限制性且其他範圍係可行的。

可藉由考量諸如以下因數來判定泵操作速度：流體之黏度、原動機容量(例如電動馬達之容量、液壓馬達或其他流體驅動馬達之容量、內燃機之容量、燃氣機或其他類型之引擎之容量或可驅動一流體位移部件之其他類似裝置之容量)、流體位移部件尺寸(例如齒輪之尺寸、具有凸部之輪轂之尺寸、具有凹口之輪轂之尺寸、或可在被驅動時使流體位移之其他類似結構之尺寸)、所要流動速率、所要操作壓力及泵軸承負載。例如，在例示性實施例中，對於針對典型工業液壓系統應用之應用，泵之操作速度可(例如)在300 rpm至900 rpm之一範圍內。此外，亦可取決於泵之意欲目的而選擇操作範圍。例如，在上述液壓泵實例中，可選擇經構形以在1

rpm至300 rpm之一範圍內操作之一泵作為視需要在液壓系統中提供補充流量之一備用泵。可選擇經構形以在300 rpm至600 rpm之一範圍內操作之一泵用於液壓系統中之連續操作，同時可選擇經構形以在600 rpm至900 rpm之一範圍內操作之一泵用於峰值流量操作。當然，一單一通用泵可經構形以提供所有三種類型之操作。

例示性實施例之應用可包含(但不限於)貨櫃堆疊機、輪式裝料機、堆高機、採礦、空中工作平台、廢品處理、農業、卡車吊車、建築業、林業及機械工場業。例如，對於歸類為輕型工業之應用，上文所討論之泵之例示性實施例可自 $2 \text{ cm}^3/\text{rev}$ (每轉立方厘米)位移至 $150 \text{ cm}^3/\text{rev}$ ，其中壓力在1500 psi至3000 psi之一範圍內。例如，在此等泵中，界定效率及滑流係數之流體間隙(即，輪齒與齒輪外殼之間的容限)可在+0.00 mm至0.05 mm之一範圍內。例如，對於歸類為中型工業之應用，上文所討論之泵之例示性實施例可自 $150 \text{ cm}^3/\text{rev}$ 位移至 $300 \text{ cm}^3/\text{rev}$ ，其中壓力在3000 psi至5000 psi之一範圍內且一流體間隙在+0.00 mm至0.07 mm之一範圍內。例如，對於歸類為重型工業之應用，上文所討論之泵之例示性實施例可自 $300 \text{ cm}^3/\text{rev}$ 位移至 $600 \text{ cm}^3/\text{rev}$ ，其中壓力在3000 psi至12,000 psi之一範圍內且一流體間隙在+0.00 mm至0.0125 mm之一範圍內。

此外，流體位移部件之尺寸可取決於泵之應用而變動。例如，在工業應用中，當齒輪用作為流體位移部件時，齒輪之齒距可在自小於1 mm (例如尼龍之一奈米複合材料)至數米寬之範圍內。齒輪之厚度將取決於應用之所要壓力及流量。

在一些實施例中，使流體位移部件(例如一對齒輪)旋轉之原動機(例如一馬達)之速度可經變動以控制來自泵之流量。此外，在一些實施例

中，原動機(例如馬達)之扭矩可經變動以控制泵之輸出壓力。

儘管已參考某些實施例來揭示本發明，但可在不背離隨附申請專利範圍中所界定之本發明之領域及範疇之情況下對所描述之實施例進行諸多修改、更改及改變。相應地，本發明不意欲受限於所描述之實施例，相反地，本發明具有由以下申請專利範圍及其等效物之語言界定之全範疇。

【符號說明】

1:流體驅動致動器總成/靜液壓傳動總成/液體系統/流體驅動致動器總成

2:泵總成

3:流體驅動致動器/液壓致動器/液壓缸總成

3':液壓缸/液壓缸總成

3'':液壓馬達

4:液壓缸外殼/傳動箱

5:致動器腔室/上殼體

6:活塞桿/下殼體

7:回縮腔室/底板

8:抽取腔室/頂板

9:輸出軸/活塞

10:泵

11:馬達殼體

12:端口

13:端口

14:第一u形導管

- 15:第二u形導管
- 16:內壁/螺栓
- 17:方向
- 20:泵殼體
- 21:齒輪總成
- 22:端口
- 23:軸
- 24:端口/泵出口
- 25:齒輪本體
- 27:齒輪
- 29:輪齒
- 31:齒輪總成/傾斜段
- 35:齒輪本體
- 37:齒輪
- 38:輪齒
- 39:螺栓/會聚/發散流動通路
- 40至40E:流體驅動器
- 41:電動馬達/泵馬達
- 42:流通軸
- 43:會聚/發散流動通路
- 44:定子
- 45:突出部分
- 46:轉子

- 50:正齒輪
- 51:圓柱形開口
- 52:輪齒
- 53:凹槽
- 55:凸區
- 57:端/軸承
- 60至60E:流體驅動器
- 61:電動馬達/泵馬達
- 62:流通軸
- 64:定子
- 65:頸部
- 66:轉子
- 70:正齒輪
- 71:圓柱形開口
- 72:輪齒
- 73:冷卻槽
- 74:順時針方向
- 76:逆時針方向
- 78:接觸區域
- 80:端板
- 82:下板/端板
- 84:端
- 86:端

- 98:內部容積
- 100:流體系統
- 128:齒輪合併區域
- 142:齒
- 144:齒
- 146:齒
- 151:軸承
- 152:接觸點
- 153:耦合件
- 154:空隙
- 155:旋轉部分
- 157:固定部分
- 160:流體
- 170:儲存裝置
- 172:流體腔室
- 182:流體通路
- 184:貫穿通路
- 186:端口
- 192:通道/流體通路
- 194:貫穿通路
- 196:端口
- 200:控制器/控制系統
- 204:錐形部分

- 206:點/端
- 208:擴大部分
- 209:端
- 210:端/端口/泵控制電路
- 220:閥控制電路/閥控制系統
- 222:比例控制閥總成
- 222A:致動器/伺服馬達控制器
- 222B:比例控制閥
- 228:感測器總成
- 230:閥致動器
- 232:球閥
- 242:比例控制閥總成
- 242A:致動器/伺服馬達控制器
- 242B:比例控制閥
- 248:感測器總成
- 266:控制單元/控制器
- 267:引擎控制模組
- 268:液壓控制模組
- 276:輸入單元
- 295:驅動單元
- 296:電源供應器
- 297:感測器總成
- 298:感測器總成

- 300:負載
- 301:方向/通信連接
- 302:方向/通信連接
- 303:通信連接
- 304:通信連接
- 305:通信連接
- 610:泵
- 622:端口
- 662:流通軸
- 670:儲存裝置
- 672:流體腔室
- 692:通道
- 694:貫穿通路
- 710:泵
- 770:儲存裝置
- 780:端板
- 781:端板
- 782:通道
- 784:貫穿通路
- 792:通道
- 794:貫穿通路
- 870:儲存裝置
- 910:泵

- 911:內部容積
- 920:殼體
- 922:端口
- 924:端口
- 940:流體驅動器
- 950:齒輪
- 952:輪齒
- 960:流體驅動器
- 970:齒輪
- 972:輪齒
- 980:平衡板/端板
- 981:泵本體
- 982:平衡板/端板
- 1210:泵壓力控制器模組
- 1211:壓力設定點信號/壓力設定點
- 1213:泵壓力控制器輸出信號
- 1215:閥壓力控制器模組
- 1216:閥壓力控制器輸出信號
- 1217:壓力回饋信號/壓力回饋
- 1220:泵流量控制器模組
- 1221:流量設定點信號/流量設定點
- 1223:泵流量控制器輸出信號
- 1224:流量回饋信號

- 1225:閥流量控制器模組/閥流量控制器
- 1226:閥流量控制器輸出信號
- 1230:泵壓力控制器模組/泵壓力回饋控制器模組
- 1231:壓力設定點
- 1232:壓力回饋信號
- 1233:壓力控制器輸出信號
- 1240:模式控制模組/模式選擇開關/模式控制器模組
- 1245:模式控制模組
- 1246:下游閥位置信號/預定下游閥位置
- 1247:加法器模組
- 1248:輸出信號/下游閥位置需求信號/下游閥位置信號
- 1249:上游閥位置需求信號/上游閥位置信號
- 1250A:泵特性模組
- 1250B:泵特性模組
- 1251A:泵需求信號
- 1251B:泵需求信號
- 1255A:閥特性模組
- 1255B:閥特性模組
- 1260:加法器模組
- 1261:接觸調整信號
- 1265:開關模組/滑流係數模組
- 1266A:閥需求信號/閥位置信號
- 1266B:閥需求信號/閥位置信號

- 1270:馬達控制器
- 1280:馬達控制器
- 1700:流體驅動系統/液壓系統
- 1701:線性致動器總成/流體驅動致動器總成
- 1702:泵總成
- 1710:液壓泵
- 1740:流體驅動器
- 1741:馬達
- 1760:流體驅動器
- 1761:馬達
- 1770:儲存裝置
- 2301:轉臂結構
- 2302:臂
- 2303:轉臂
- 2304:鏟斗
- 2304A:樞軸點
- 2305:臂致動器/致動器總成
- 2306:轉臂致動器/致動器總成
- 2307:鏟斗致動器/致動器總成
- 2308:鏟斗安裝結構
- 2309:轉臂安裝結構
- 2310:輔助泵總成/輔助泵
- 2311:液壓泵總成

2312:液壓泵總成
2313:液壓泵總成
3000:流體系統
3001:線性致動器總成
3002:泵總成
3003:線性致動器總成
3005:線性致動器總成
3010:泵
3017:縱軸線
3102:泵總成
3110:泵
3170:整合儲存裝置
3222:比例控制閥總成
3222A:致動器
3222B:控制閥
3228:感測器總成
3242:比例控制閥總成
3242A:致動器
3242B:控制閥
3248:感測器總成
3262:耦合連接器
3266:控制單元
3276:使用者介面

3297:感測器總成
3298:感測器總成
3322:比例控制閥總成
3322A:致動器
3322B:控制閥
3328:感測器總成
3342:比例控制閥總成
3342A:致動器
3342B:控制閥
3348:感測器總成
3362:耦合連接器
3470:整合儲存裝置
4000:線性系統
4001:線性致動器總成
4002:泵總成
4003:線性致動器總成
4005:線性致動器總成
4010:液壓泵
4017:縱軸線
4102:泵總成
4110:液壓泵
4222:比例控制閥總成
4222A:致動器

4222B:控制閥
4228:感測器總成
4242:比例控制閥總成
4242A:致動器
4242B:控制閥
4248:感測器總成
4262:耦合連接器
4266:控制單元
4297:感測器總成
4298:感測器總成
4322:比例控制閥總成
4322A:致動器
4322B:控制閥
4328:感測器總成
4342:比例控制閥總成
4342A:致動器
4342B:控制閥
4348:感測器總成
4362:耦合連接器
A:角度/端口
A1:端口
A2:端口
B:角度/端口

B1:端口

B2:端口

D1:直徑

D2:直徑

D3:直徑

D4:直徑

F:前側

R:後側

Th1:厚度

Th2:厚度

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種用於控制一流體系統中之一流體流量之方法，該流體系統包含一流體泵及可在一關閉位置與一打開位置之間節流的至少一控制閥，該流體泵將流體提供至控制一負載之一致動器，該流體泵包含用於使一第一流體位移部件旋轉之一第一馬達及用於使一第二流體位移部件旋轉之一第二馬達，該方法包括：

啟動該流體泵之一可變速度操作及一可變扭矩操作之至少一者；

建立一泵需求信號以控制該第一馬達及該第二馬達之一速度及一扭矩之至少一者而進行將該流體系統中之一流量調整至一流量設定點及將該流體系統中之一壓力調整至一壓力設定點之至少一者；

與該泵需求信號同時建立一閥需求信號以控制該至少一控制閥之一打開而進行將該流量調整至該流量設定點及將該壓力調整至該壓力設定點之至少一者；及

基於該泵需求信號來將一第一需求信號提供至該第一馬達及將一第二需求信號提供至該第二馬達，該第一需求信號具有大於該第二需求信號之量值以在該第一流體位移部件與該第二流體位移部件之間產生同步接觸而密封自該泵之出口至該泵之入口之一流體路徑。

【請求項2】

如請求項1之方法，其進一步包括：

在該流體系統中建立複數個操作模式，該複數個操作模式包含一流量控制模式、一壓力控制模式及一平衡控制模式之至少一者。

【請求項3】

如請求項2之方法，其中在平衡控制模式中，該第一馬達及該第二馬達將該系統中之該壓力調整至該壓力設定點且該控制閥同時將該系統中之該流量調整至該流量設定點。

【請求項4】

如請求項2之方法，其中在壓力控制模式中，該第一馬達及該第二馬達將該系統中之該壓力調整至該壓力設定點且該控制閥同時將該系統中之該壓力調整至該壓力設定點。

【請求項5】

如請求項2之方法，其中在流量控制模式中，該第一馬達及該第二馬達將該系統中之該流量調整至該流量設定點且該控制閥同時將該系統中之該流量調整至該流量設定點。

【請求項6】

如請求項1之方法，其中該量值係基於以下之至少一者之一預定值：該第一馬達及該第二馬達之一速度、該系統中之一壓力、該流體之一溫度及該流體之一黏度。

【請求項7】

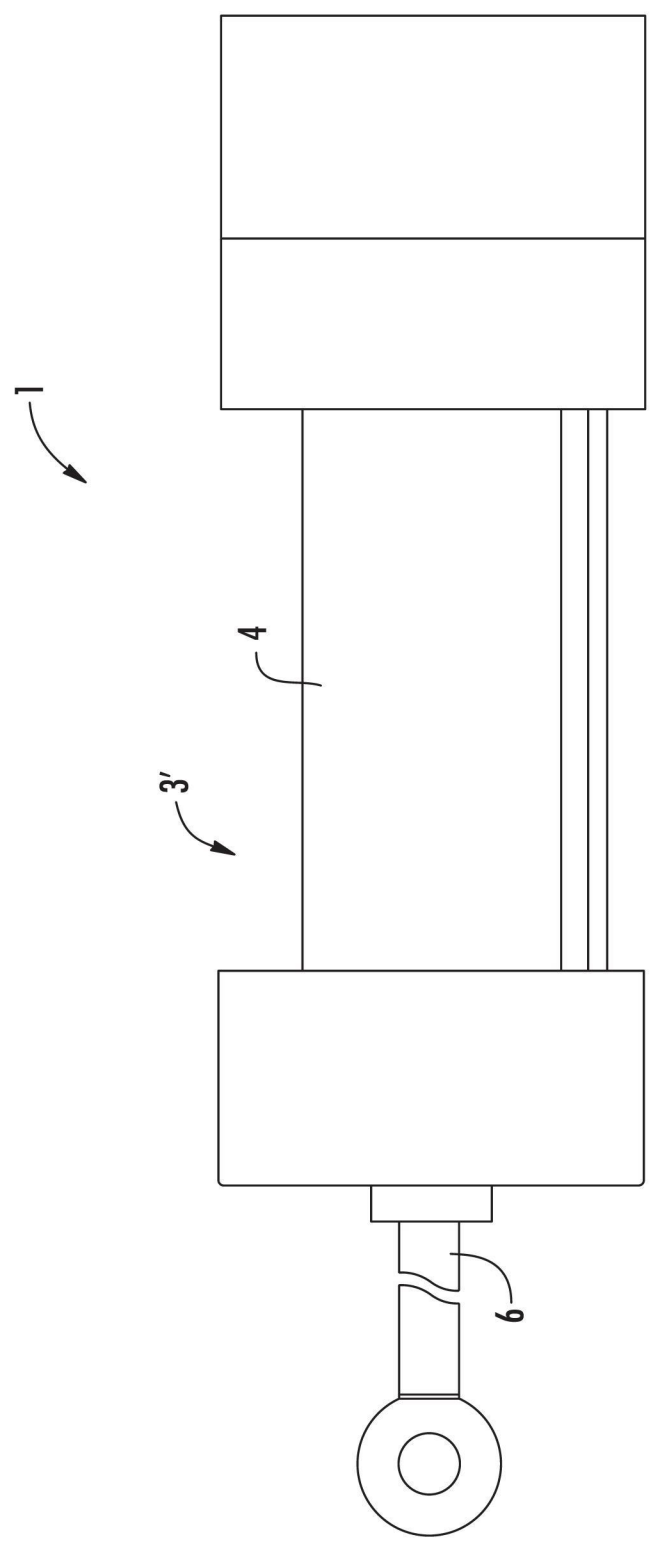
如請求項1之方法，其中在一閉環系統中啟動該流體泵之該操作。

【請求項8】

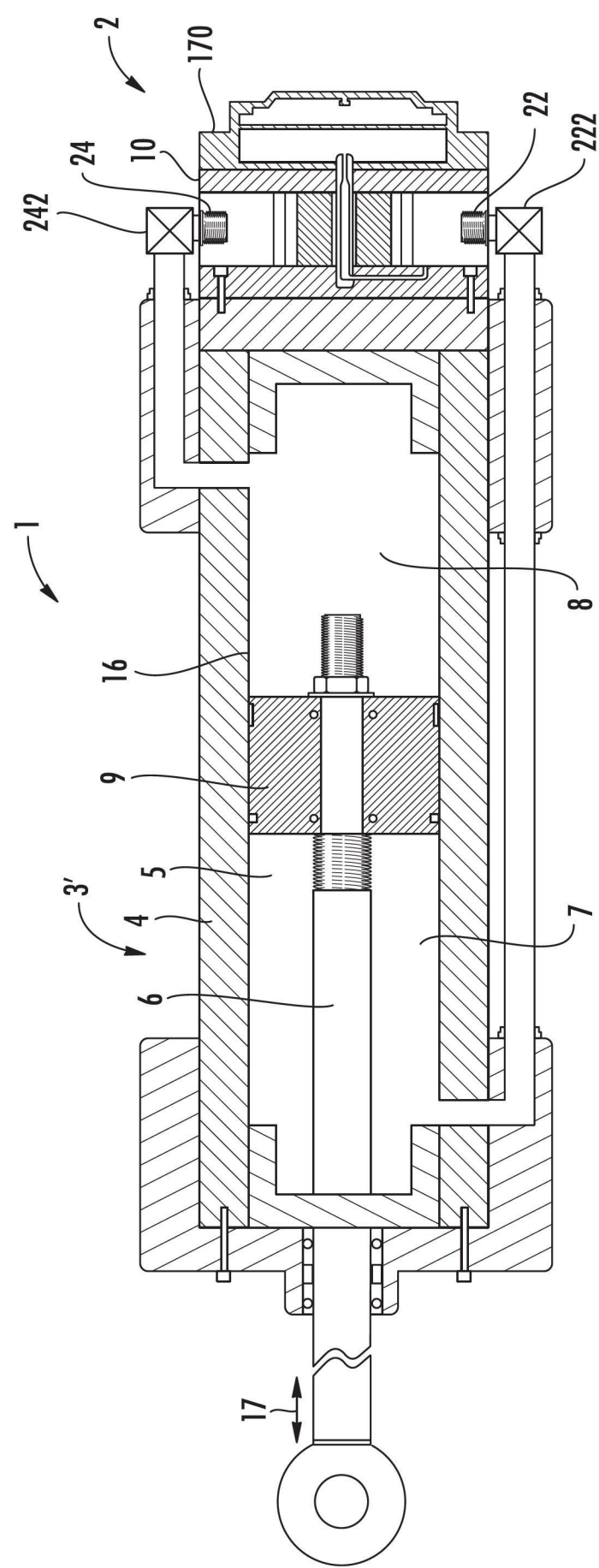
如請求項1之方法，其中該同步接觸使得一滑流係數係5%或更小。

【請求項9】

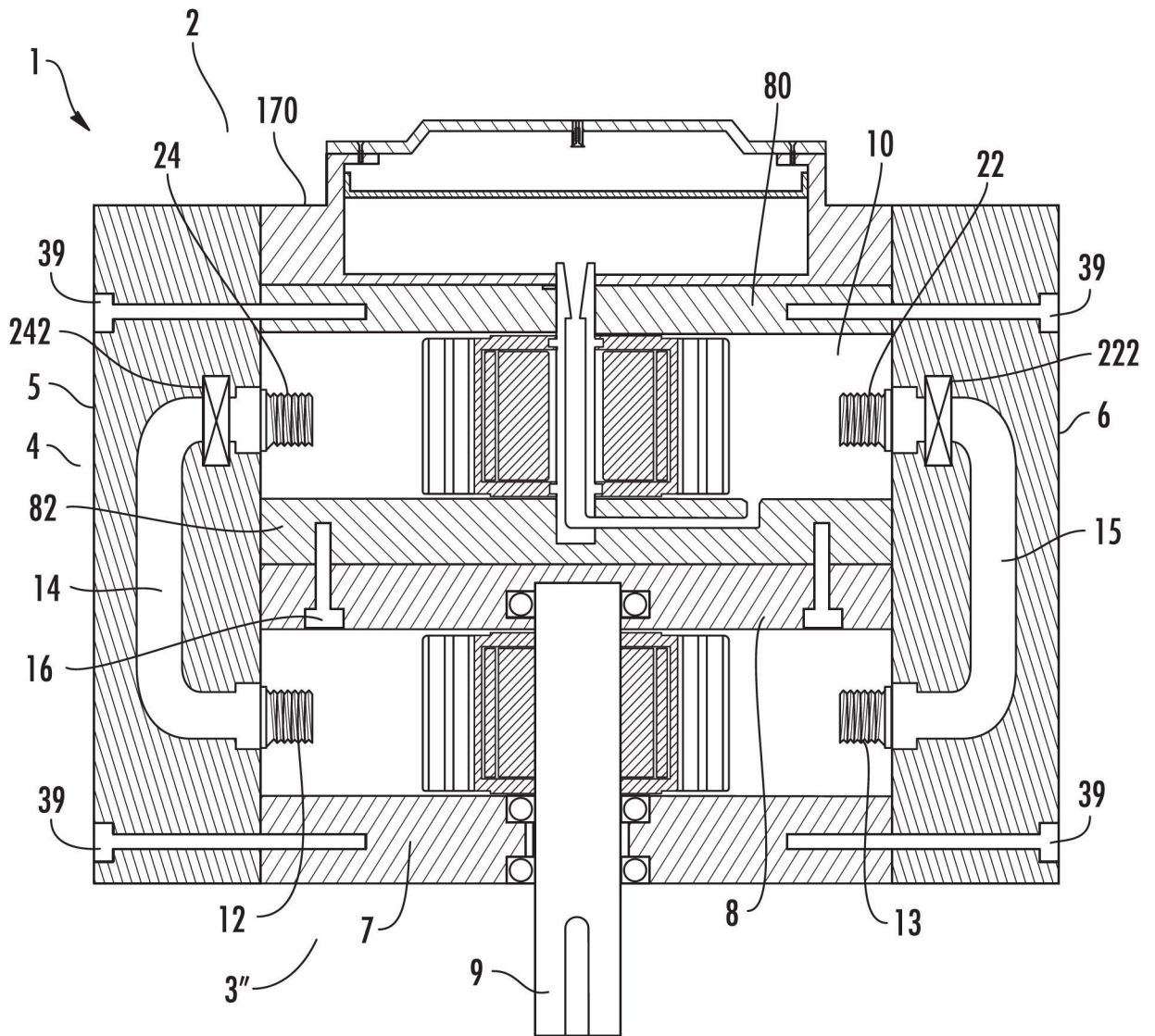
如請求項1之方法，其中該至少一控制閥包含安置於該泵之一出口處之一第一控制閥及安置於該泵之一入口處之一第二控制閥。



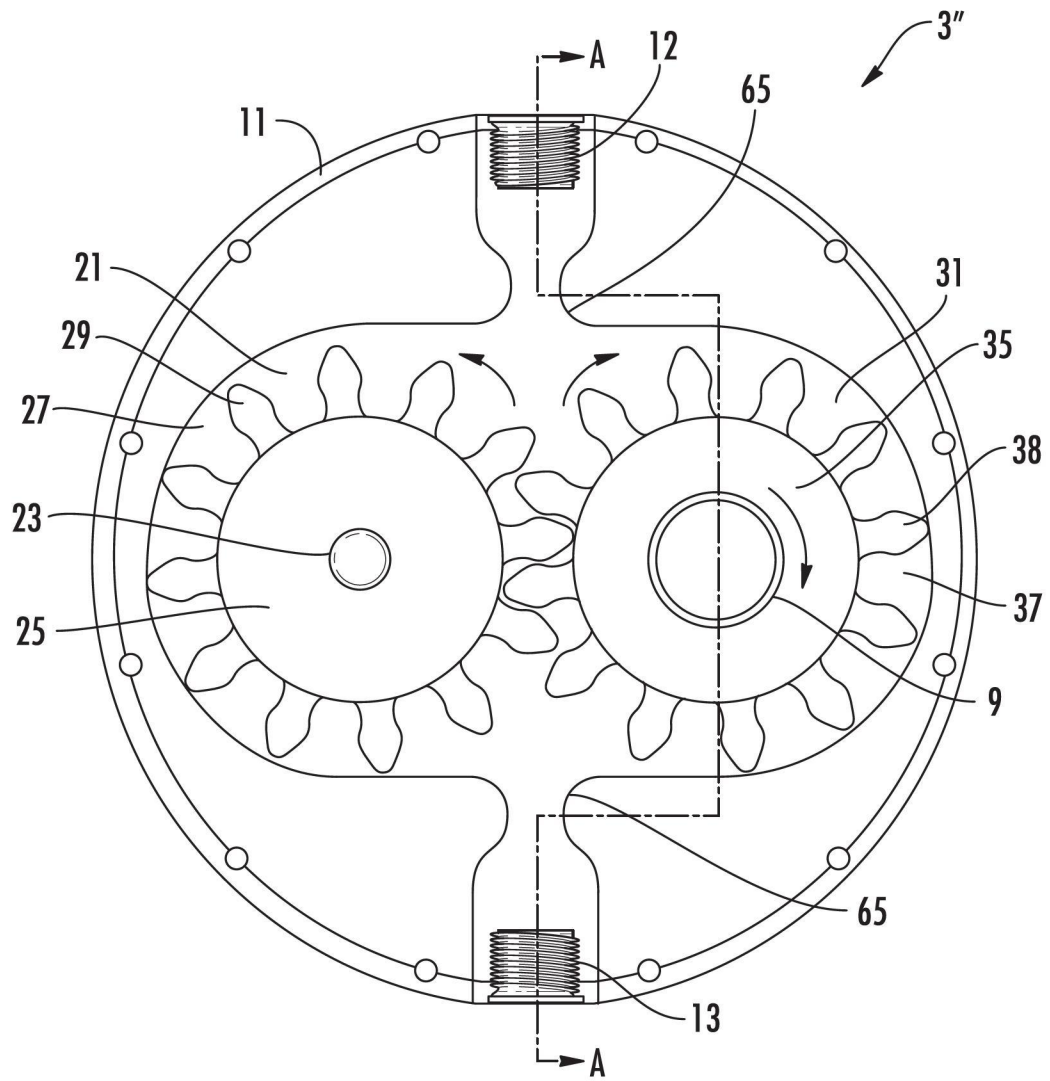
【圖2】



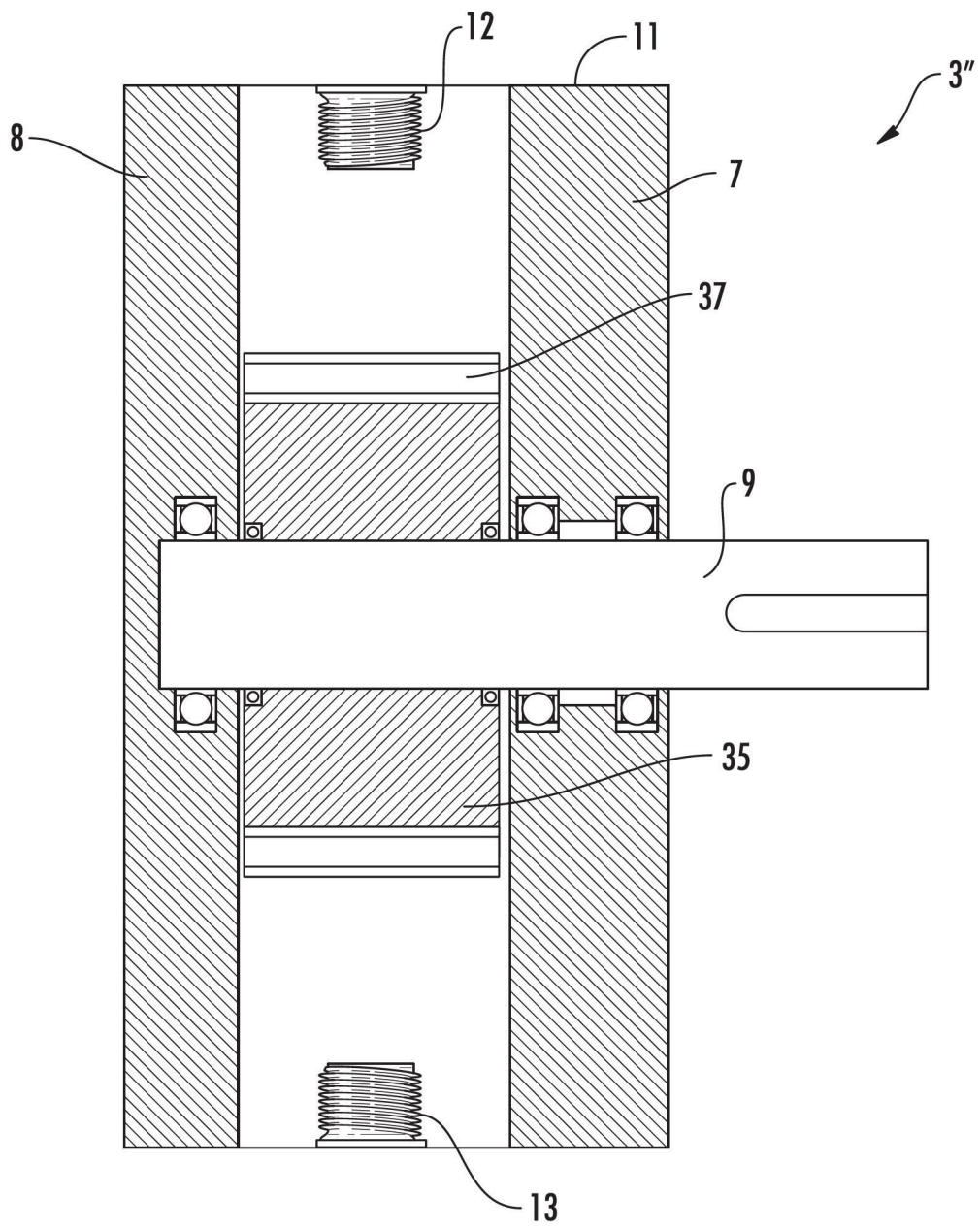
【圖2A】



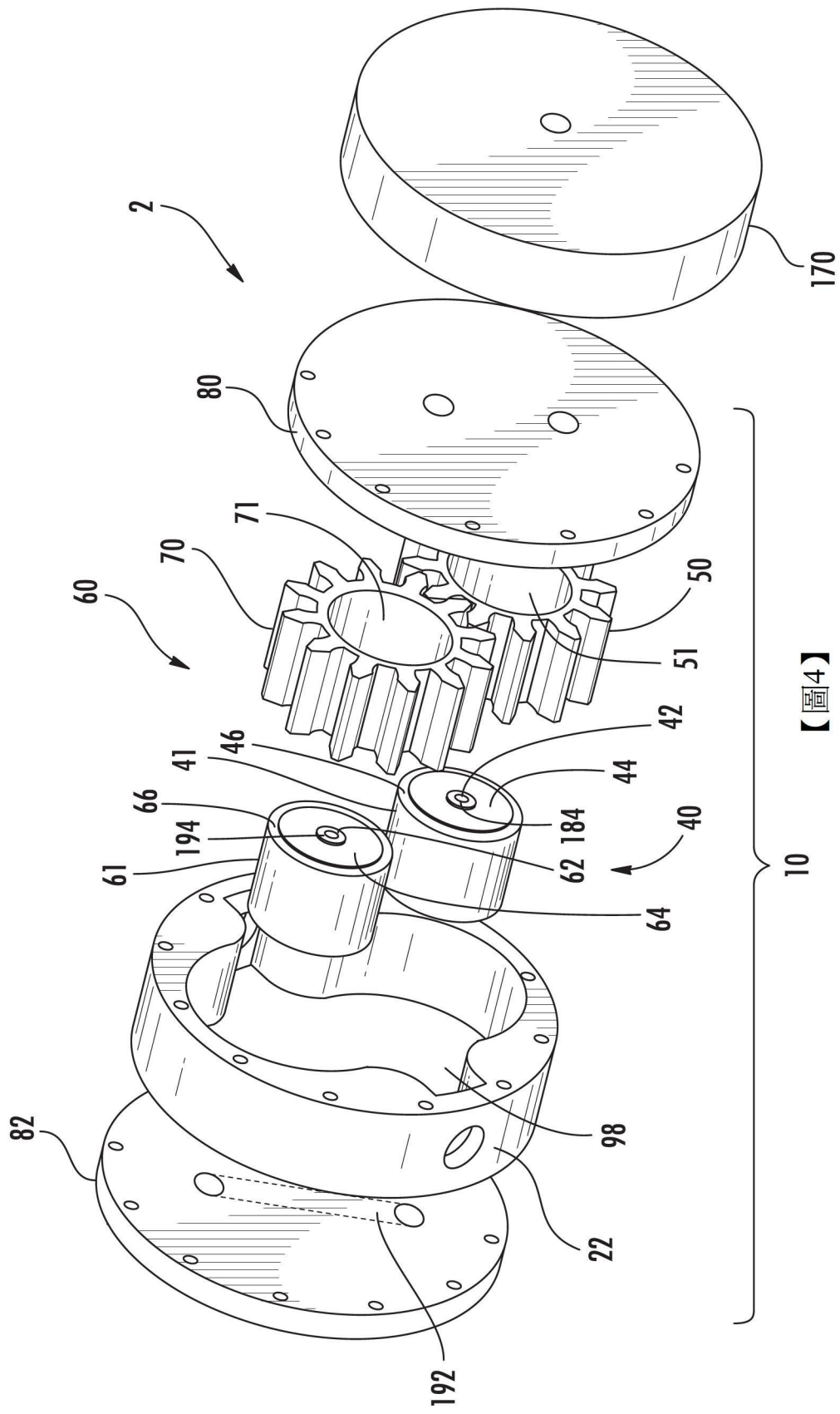
【圖3】

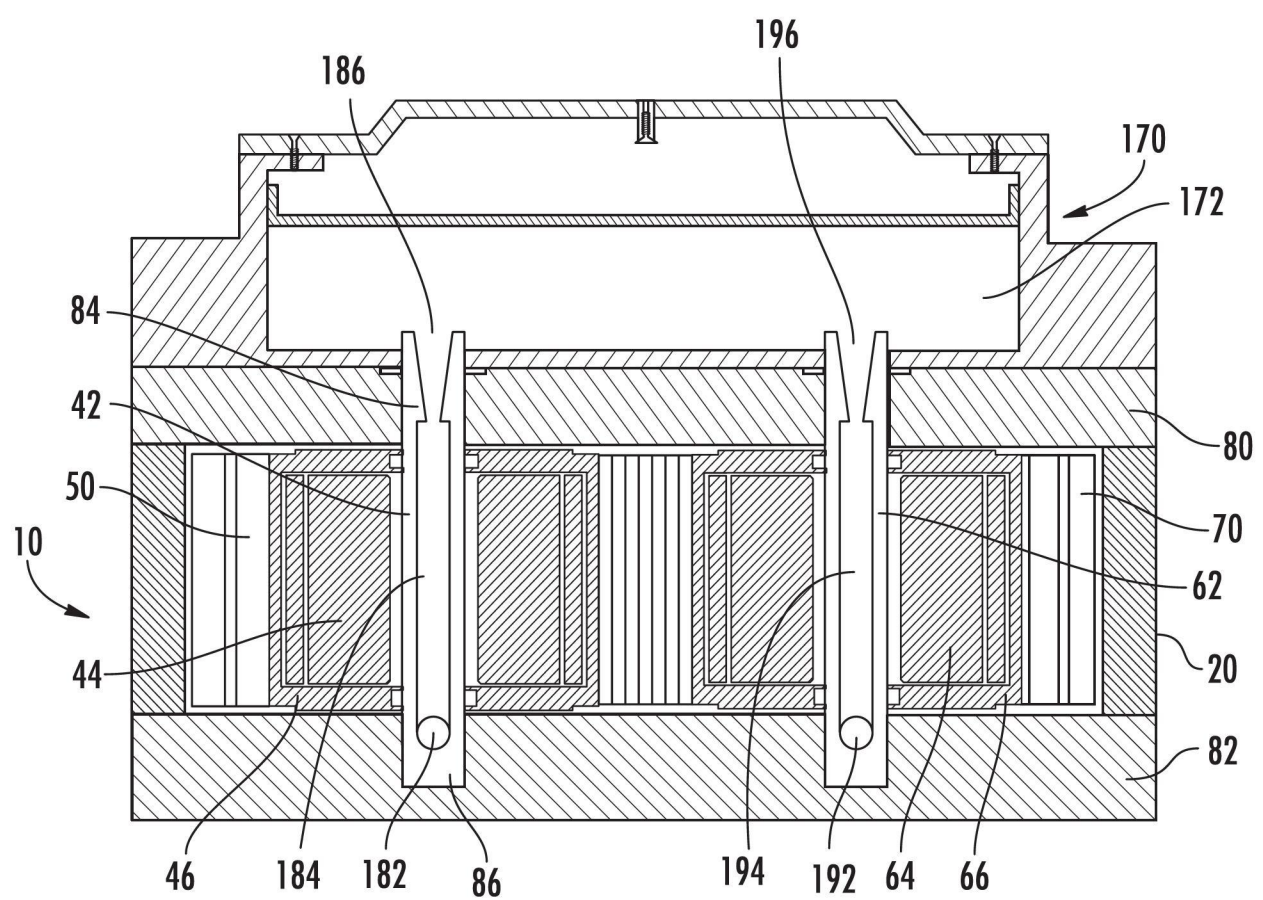


【圖3A】

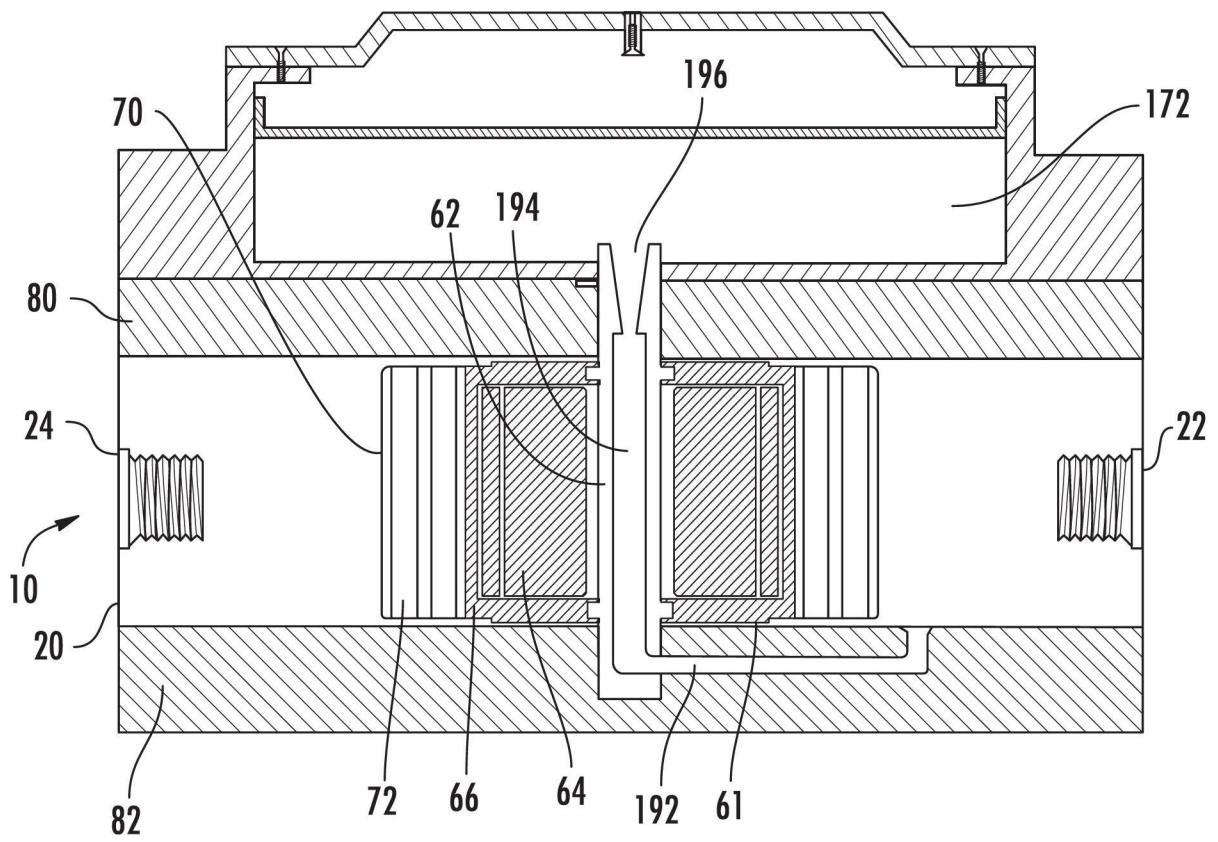


【圖3B】

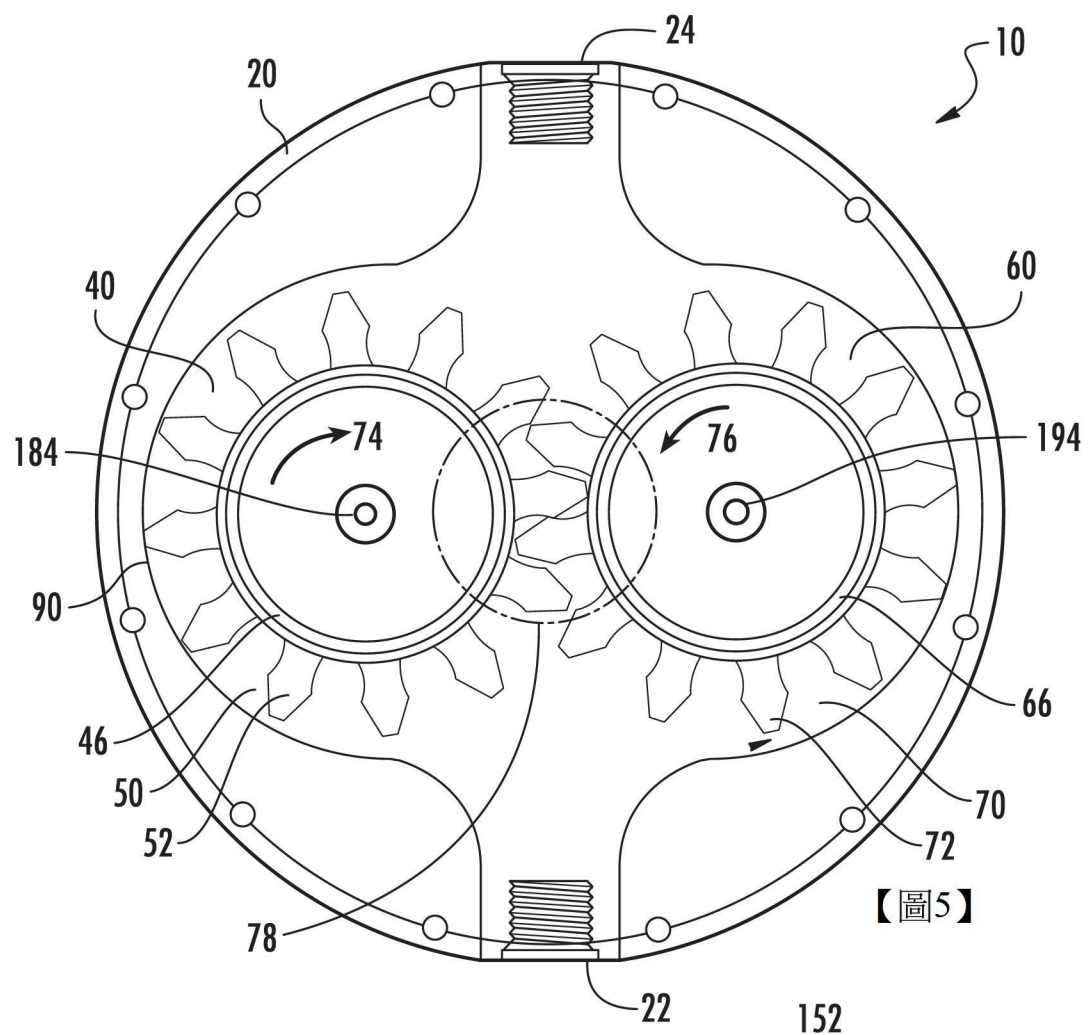




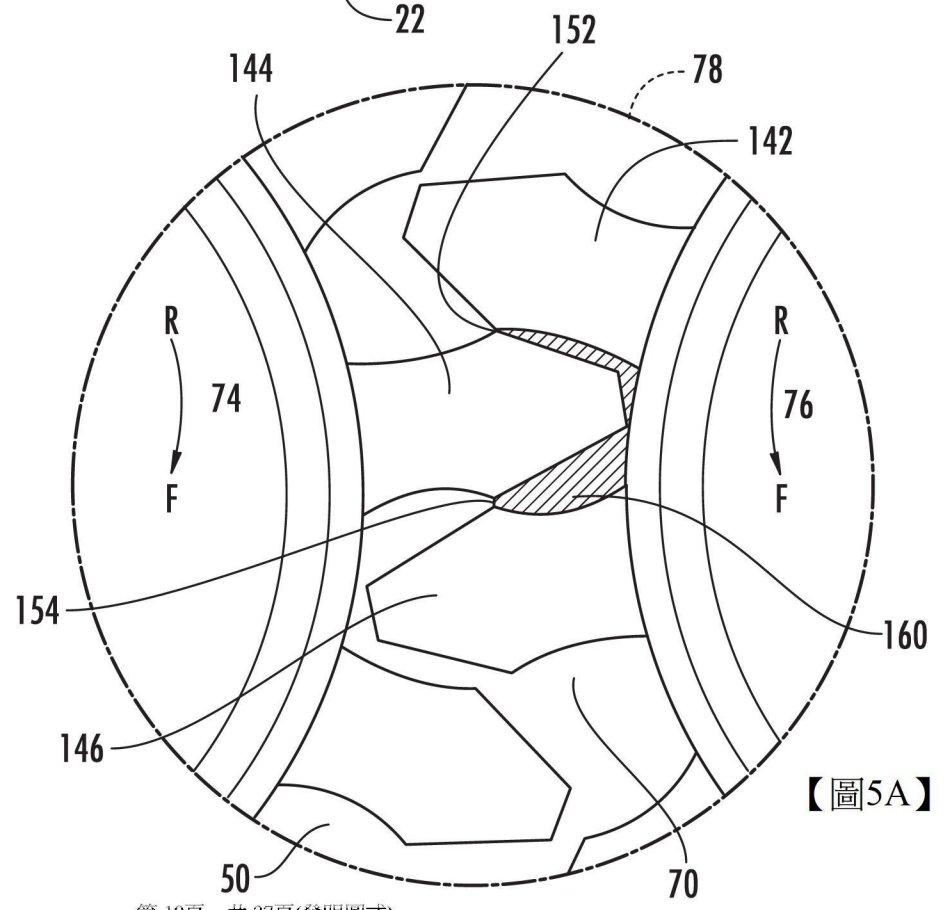
【圖4A】



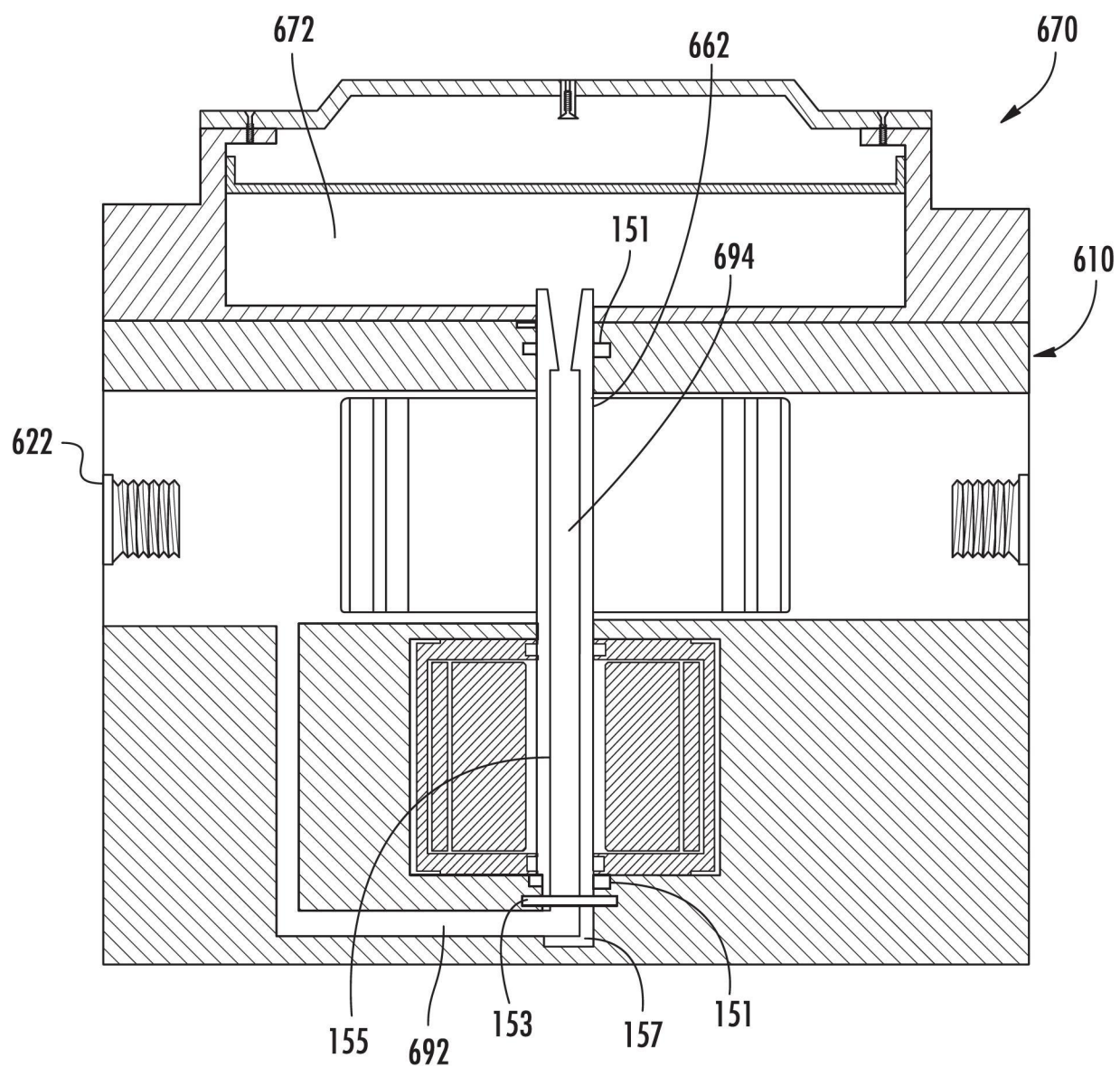
【圖4B】



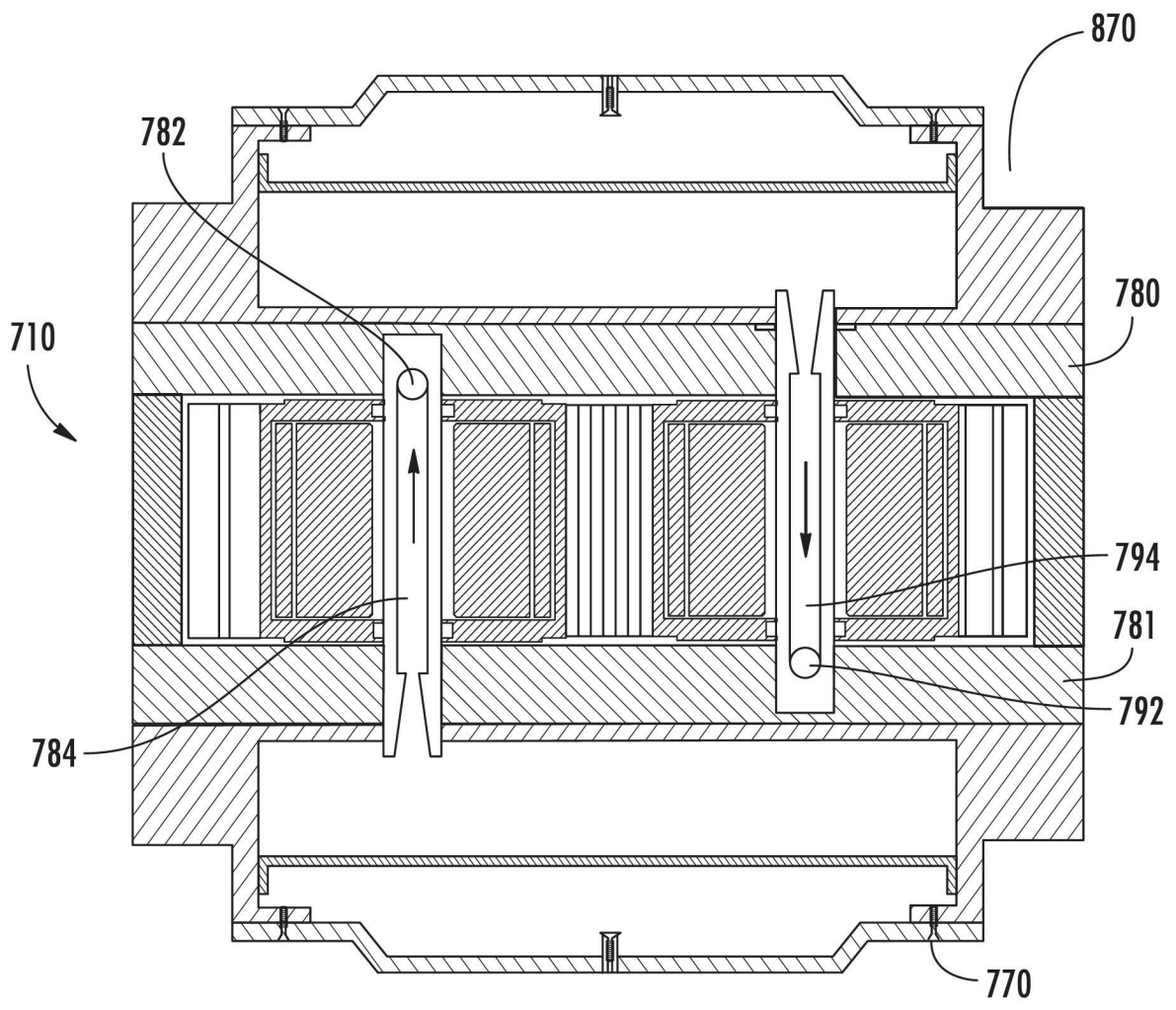
【圖5】



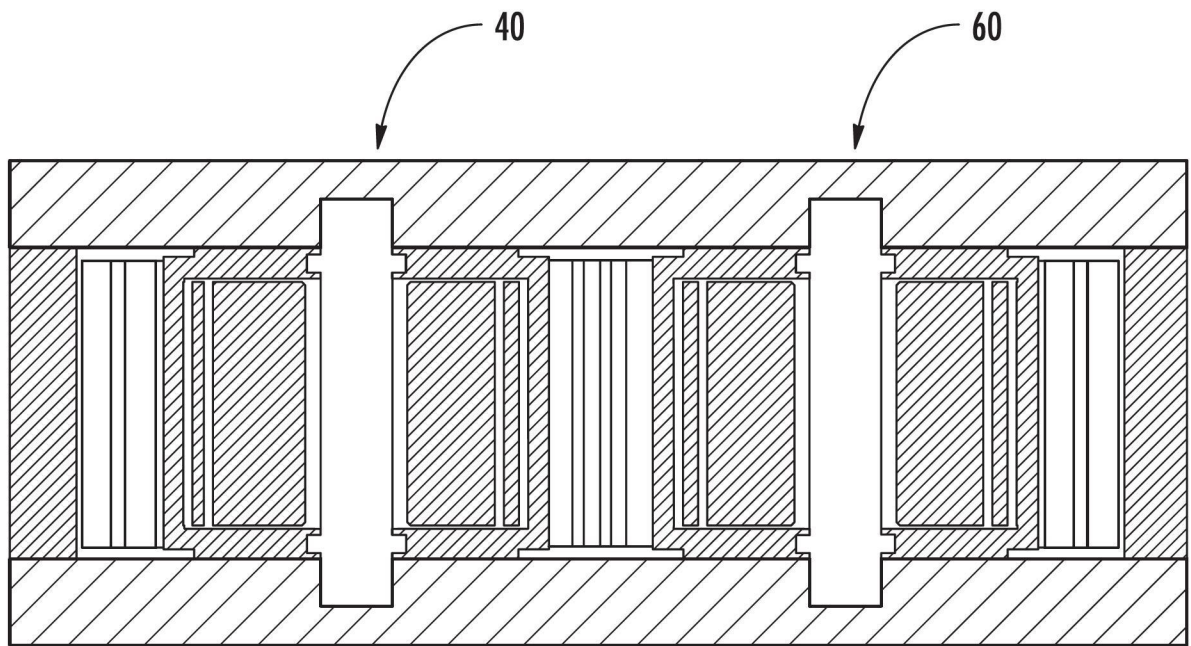
【圖5A】



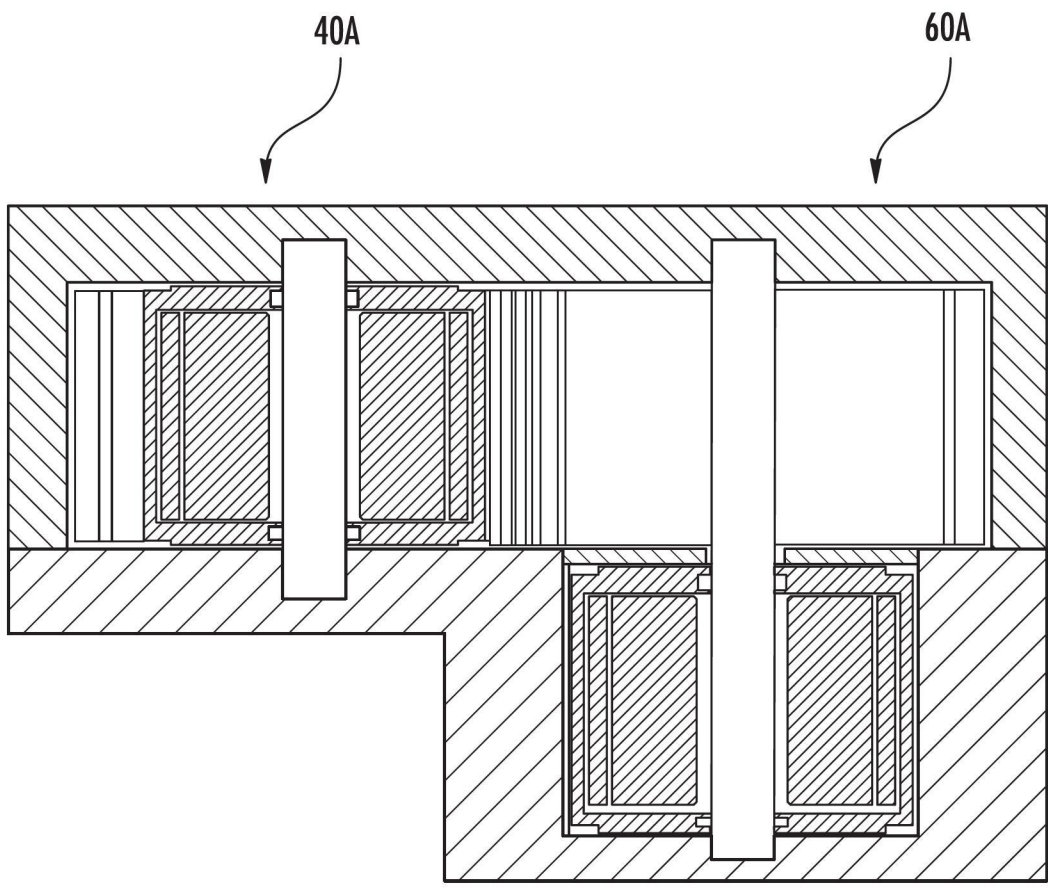
【圖6】



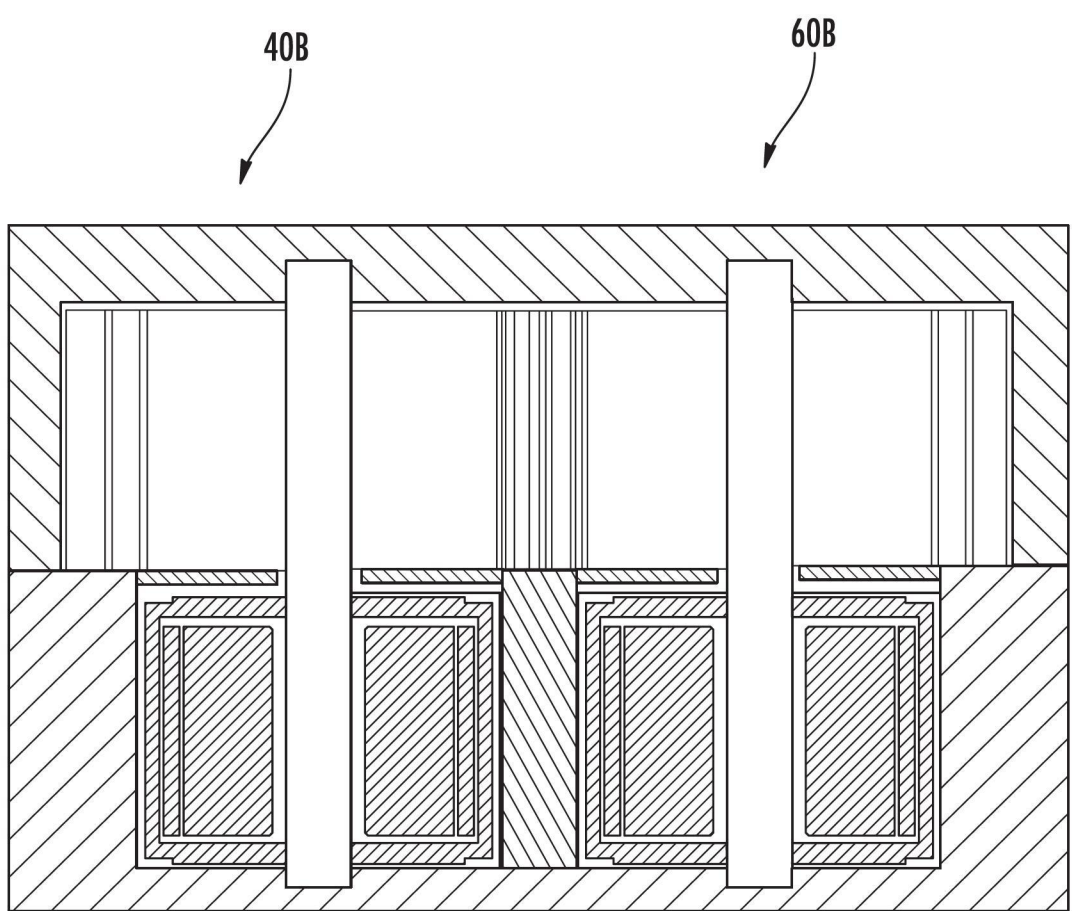
【圖7】



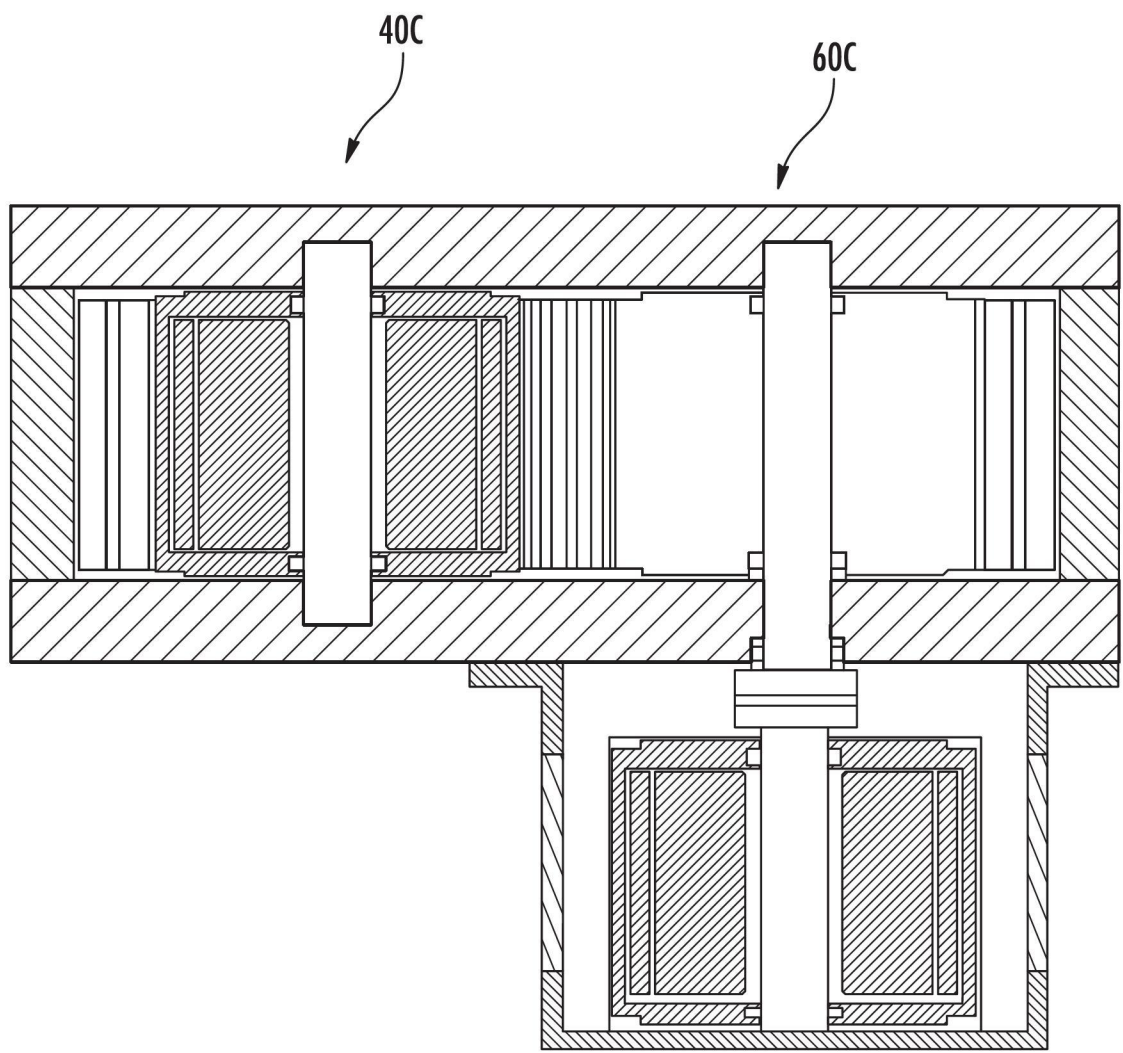
【圖8】



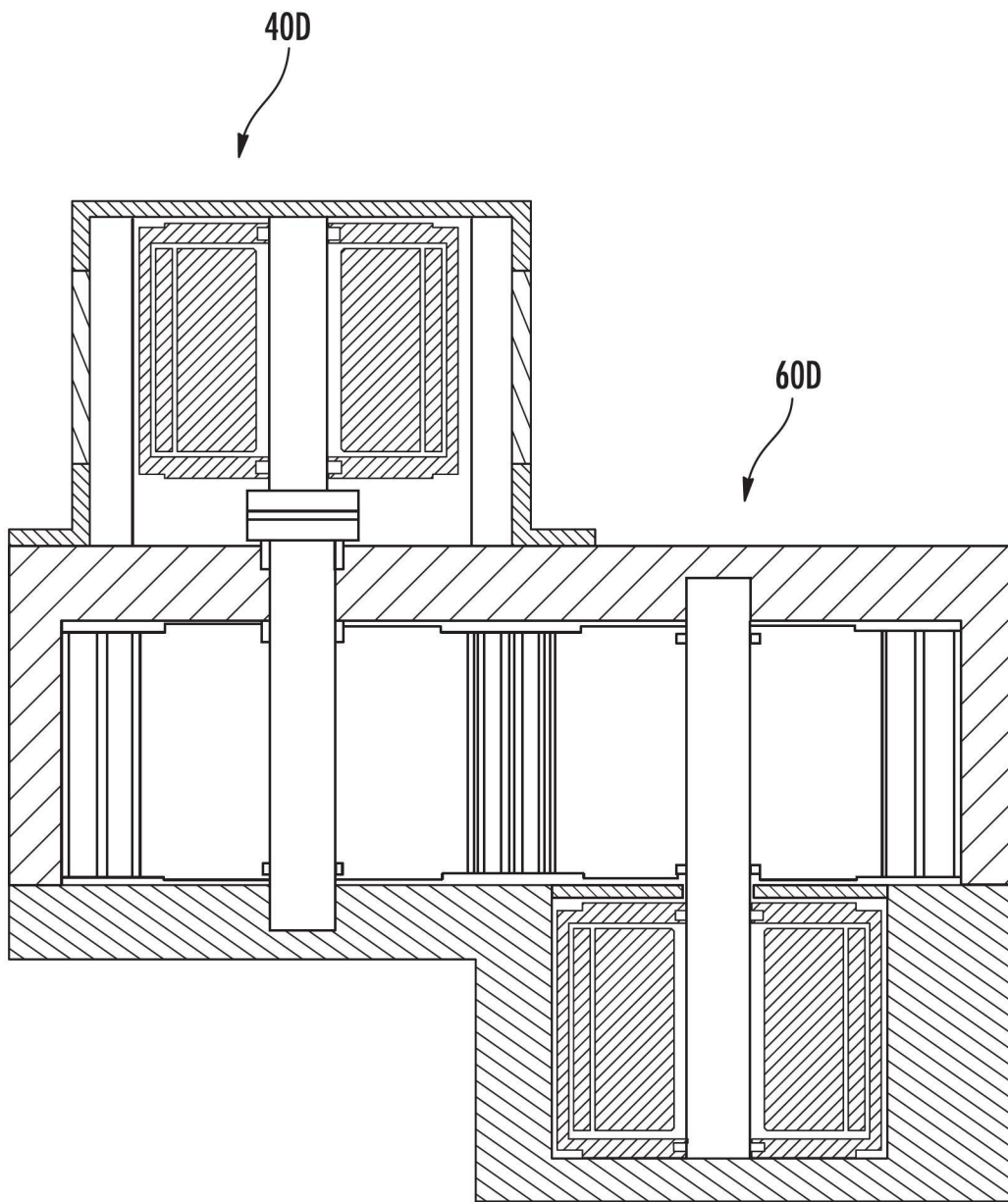
【圖8A】



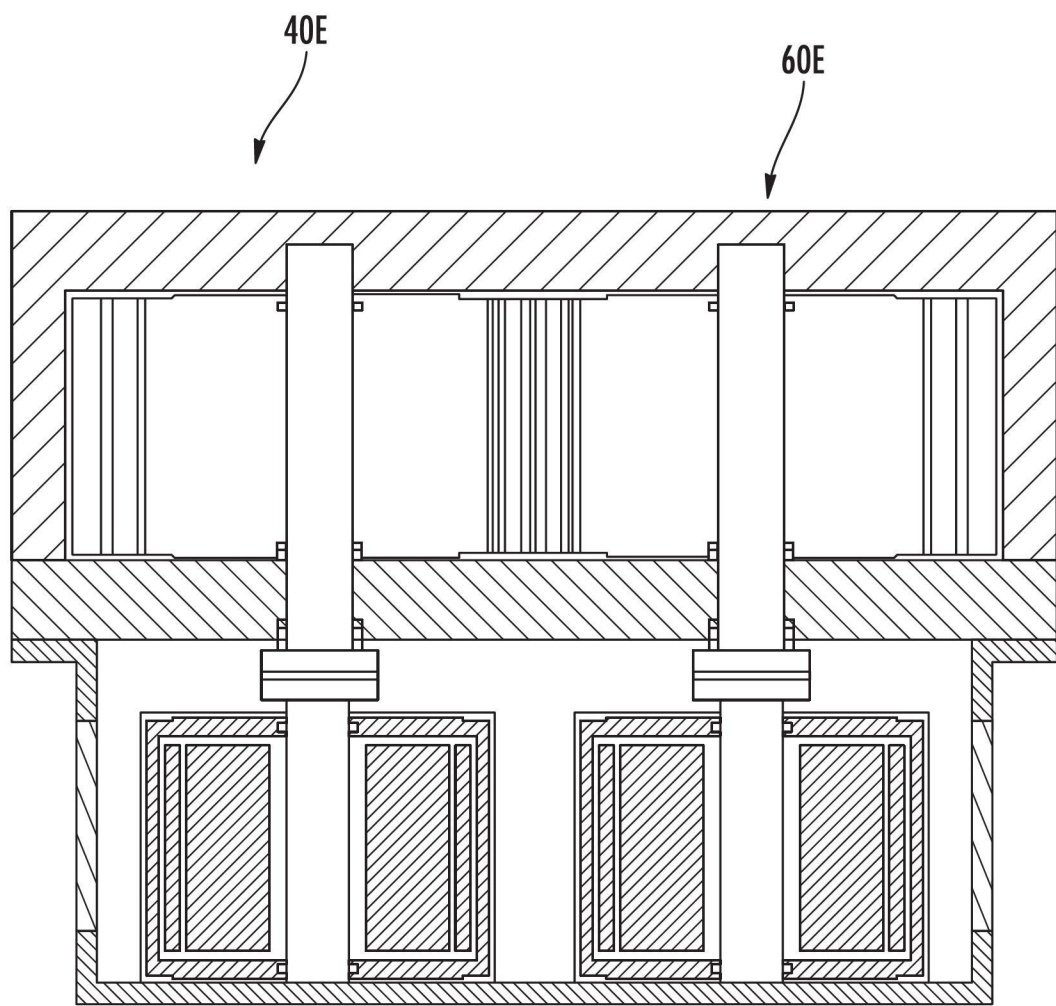
【圖8B】



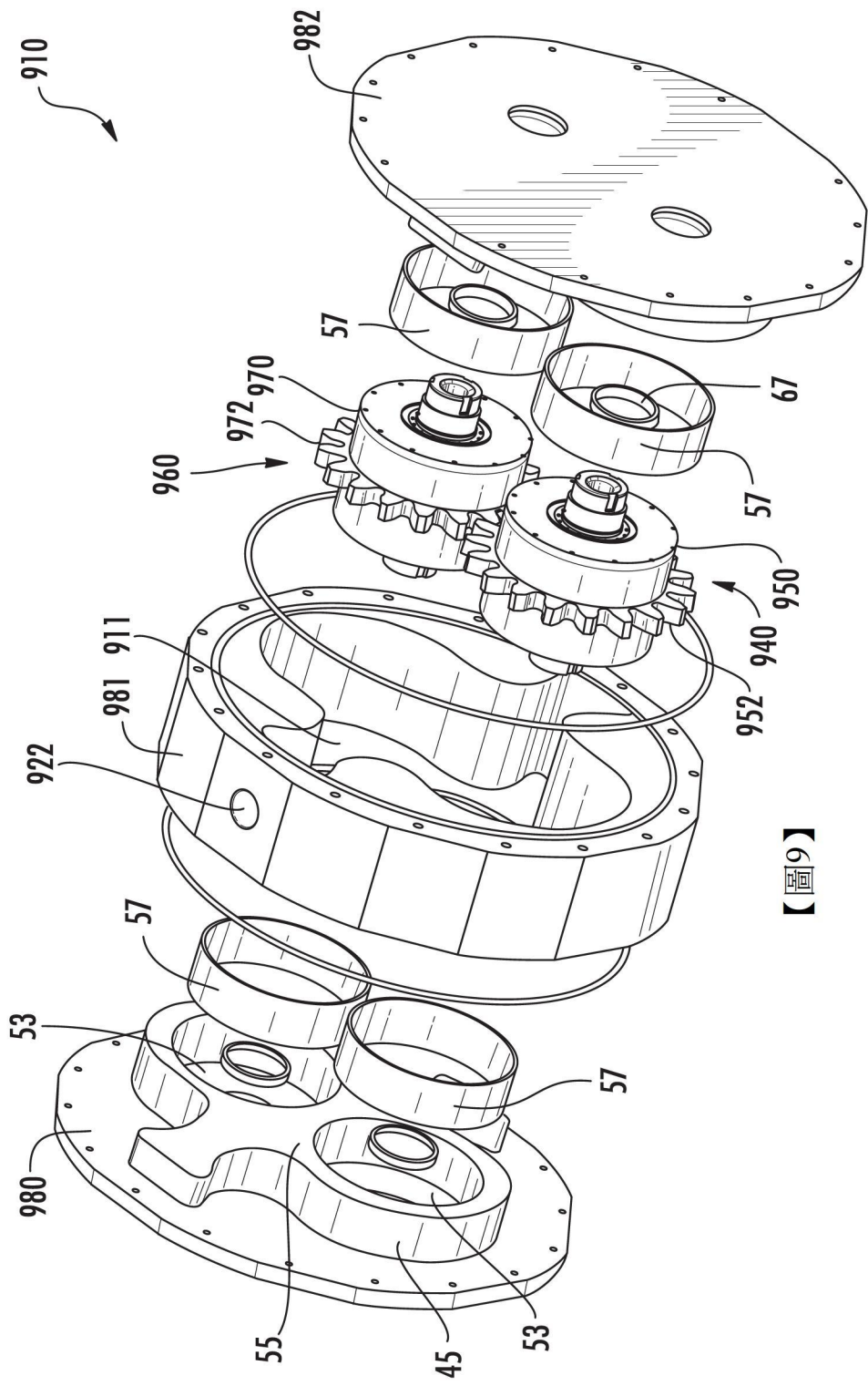
【圖8C】



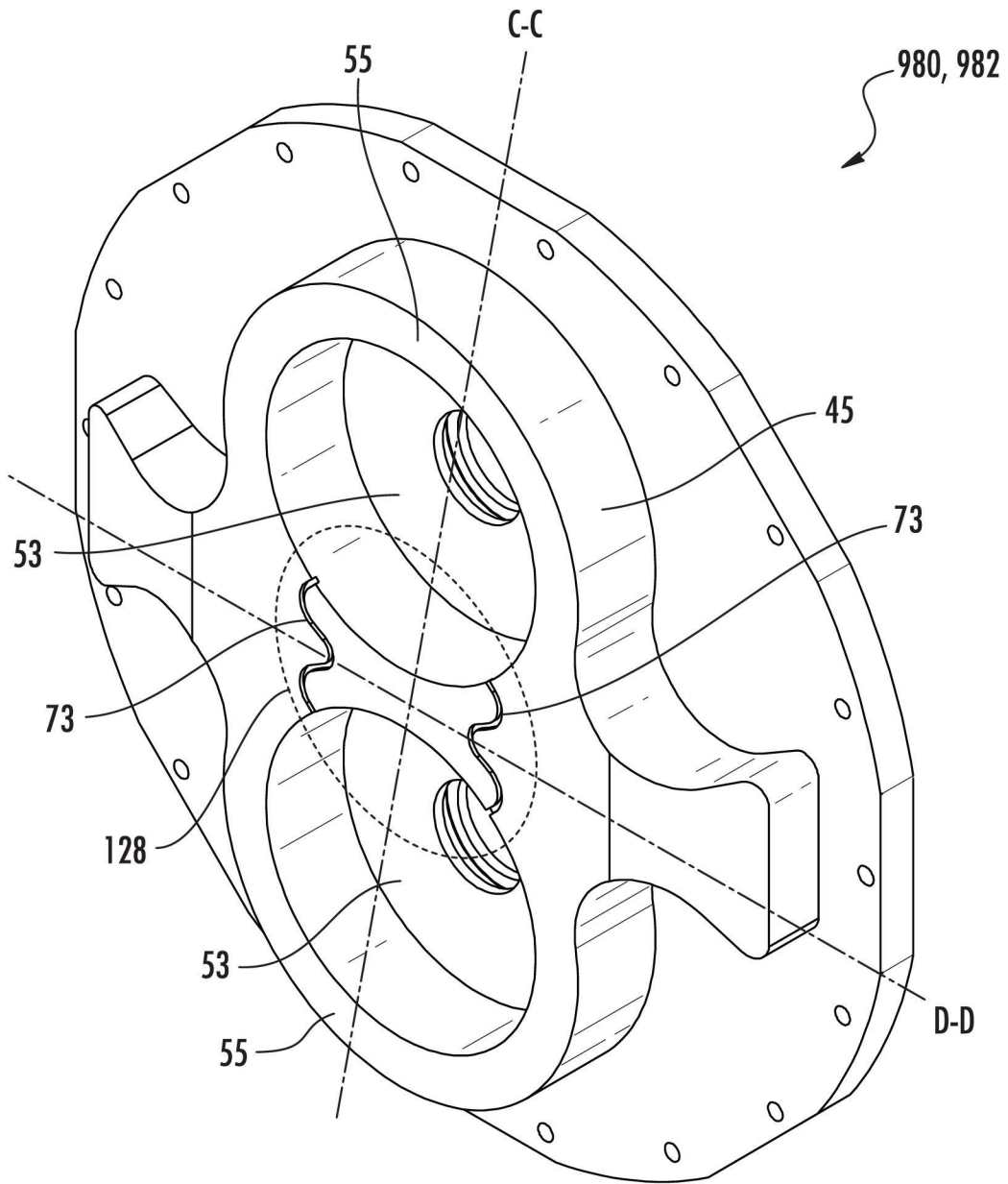
【圖8D】



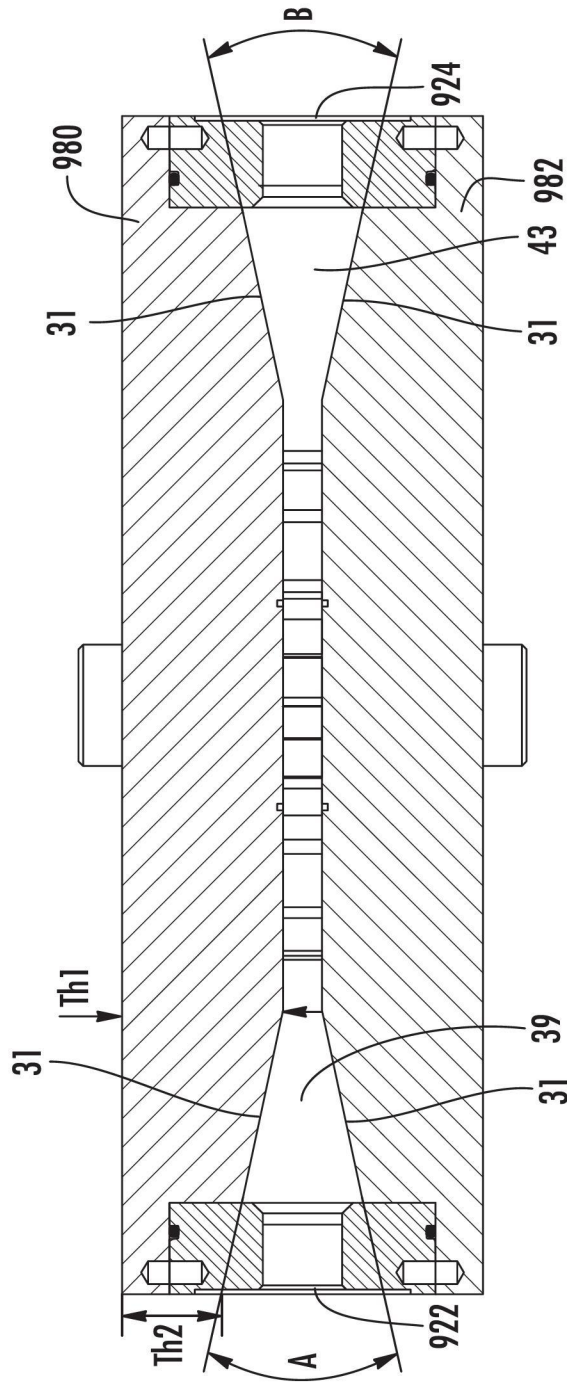
【圖8E】



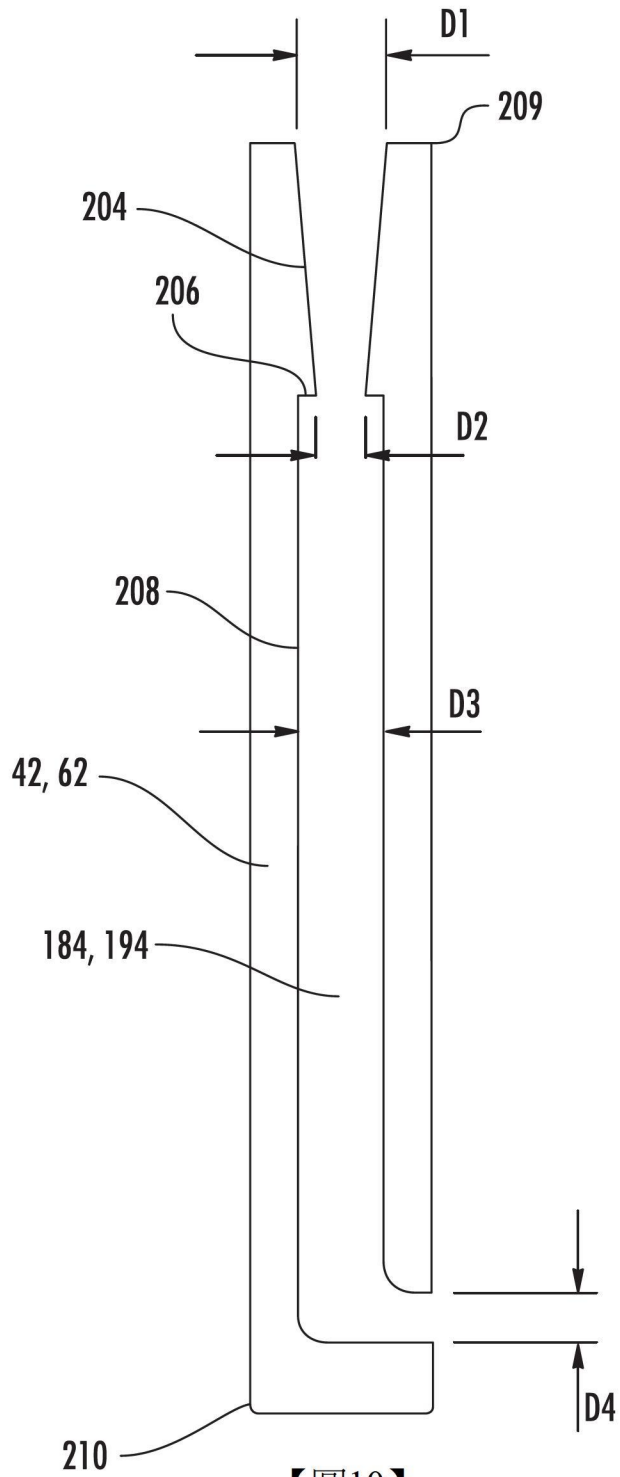
【圖9】



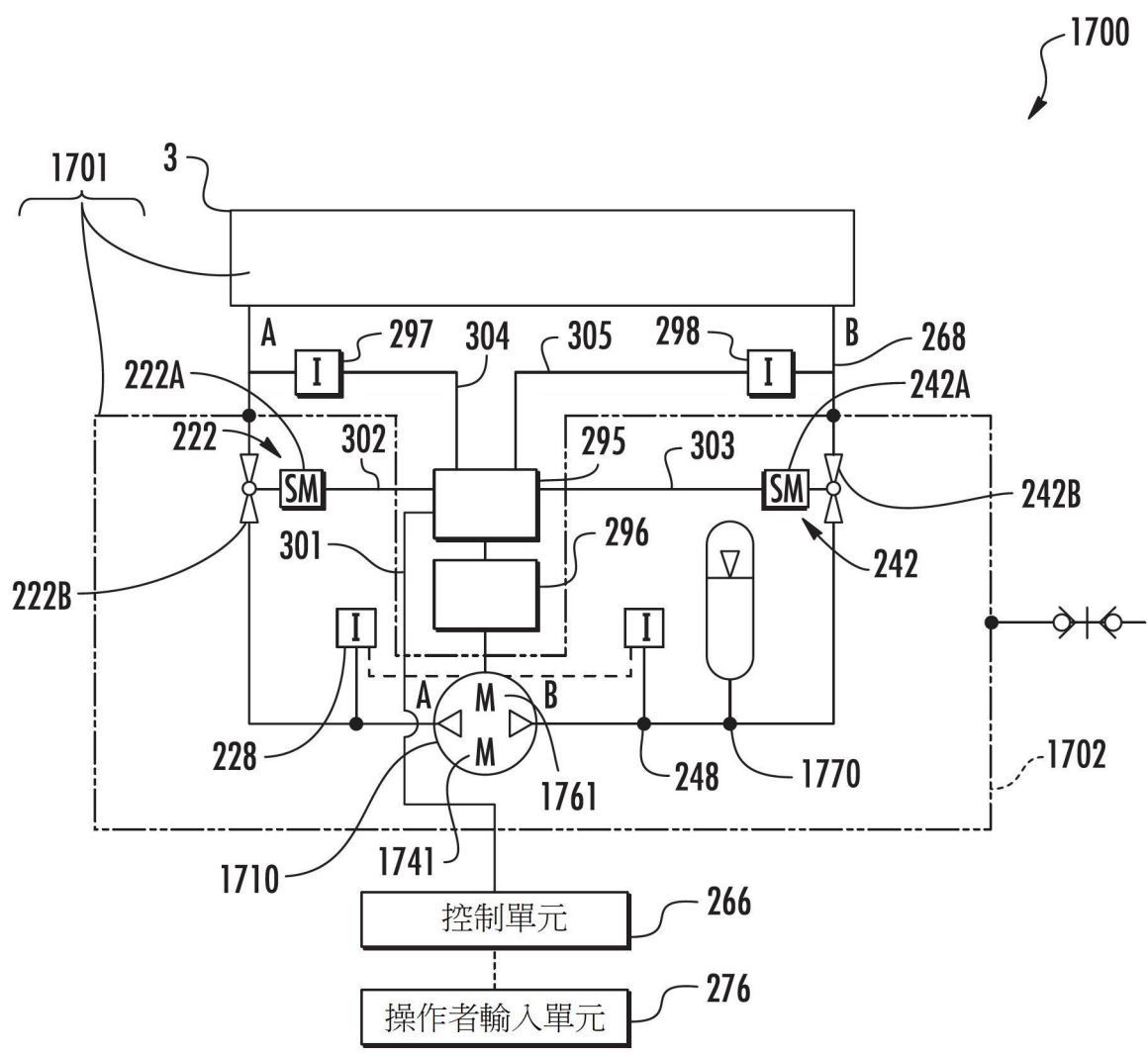
【圖9B】



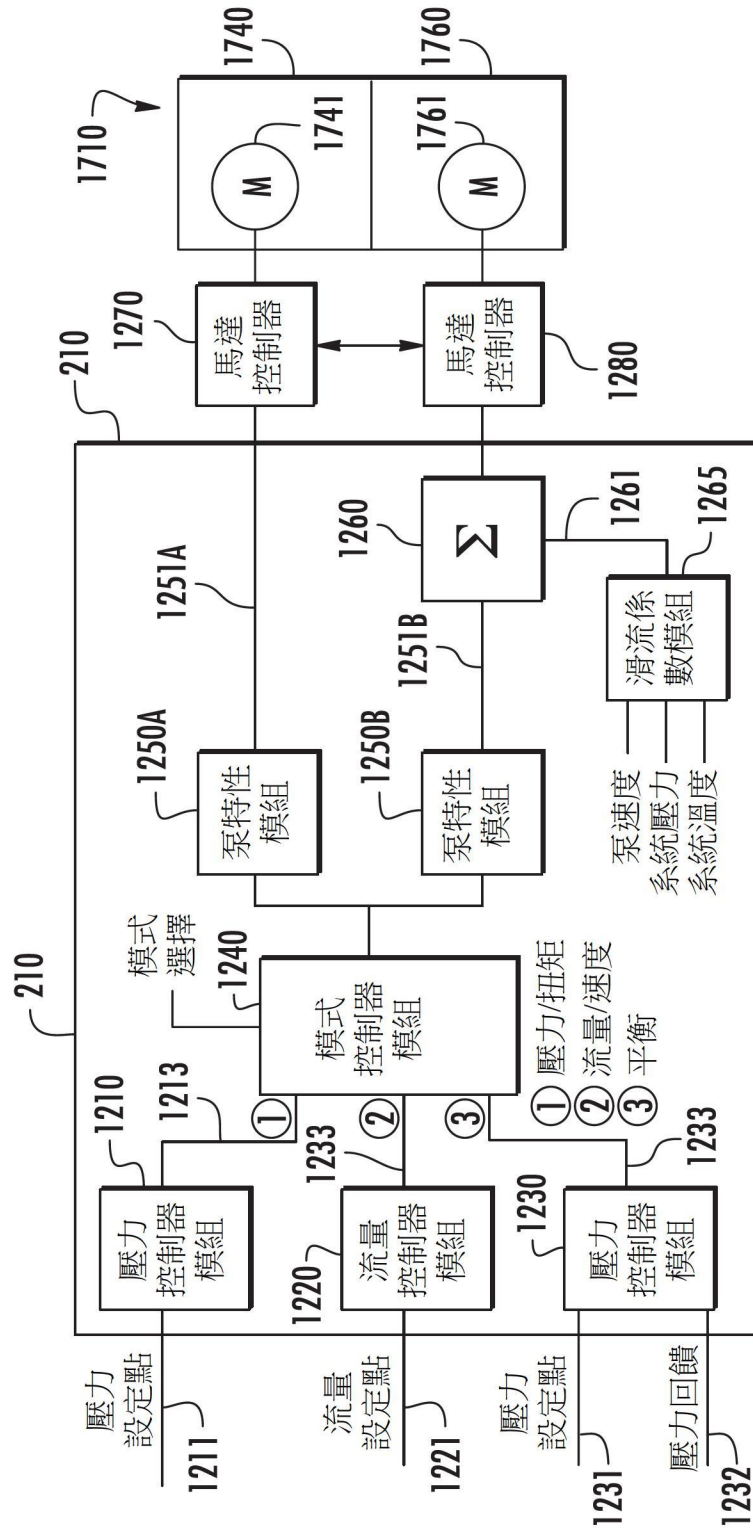
【圖9C】



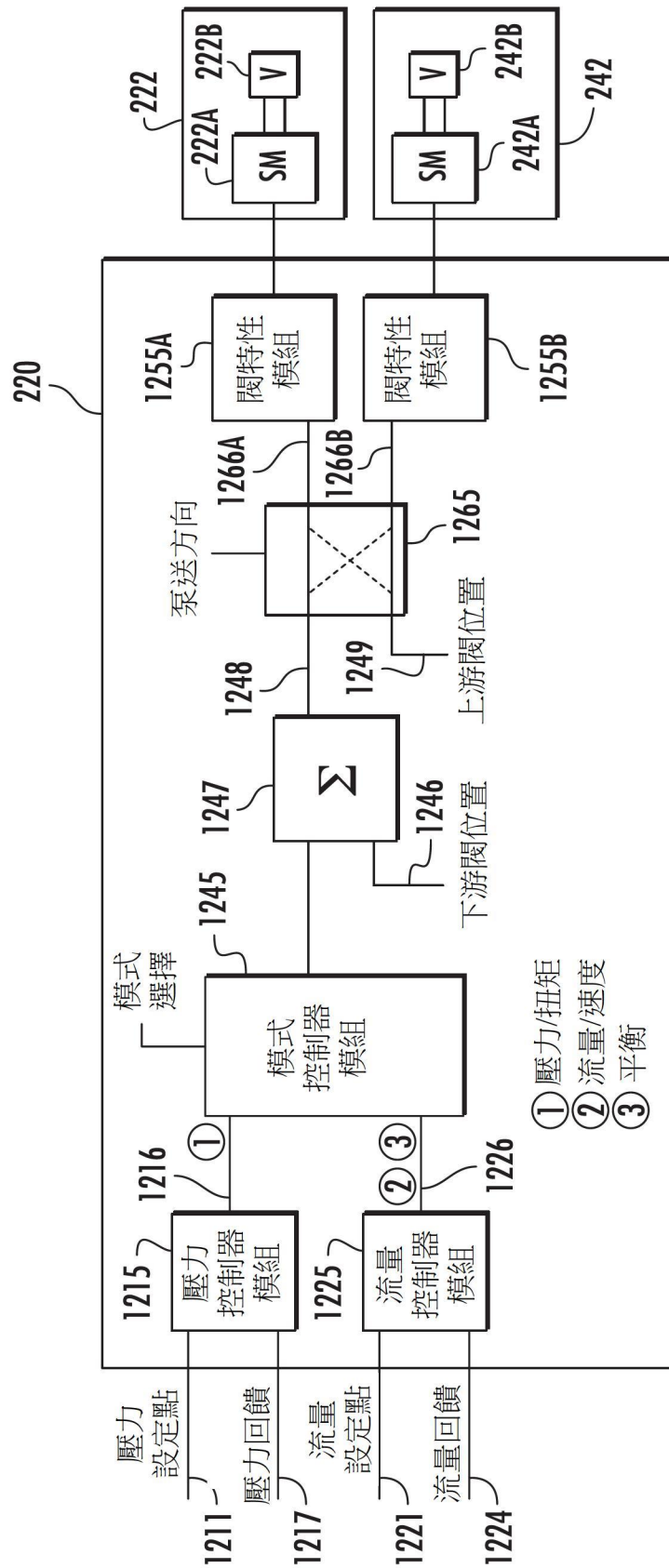
【圖10】



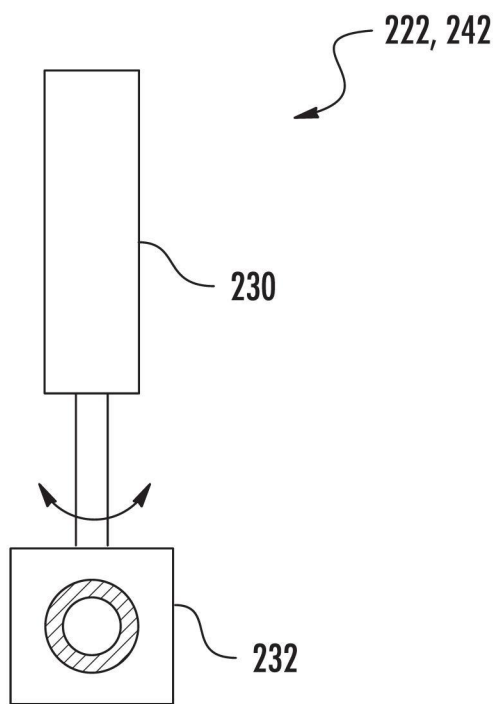
【圖11】



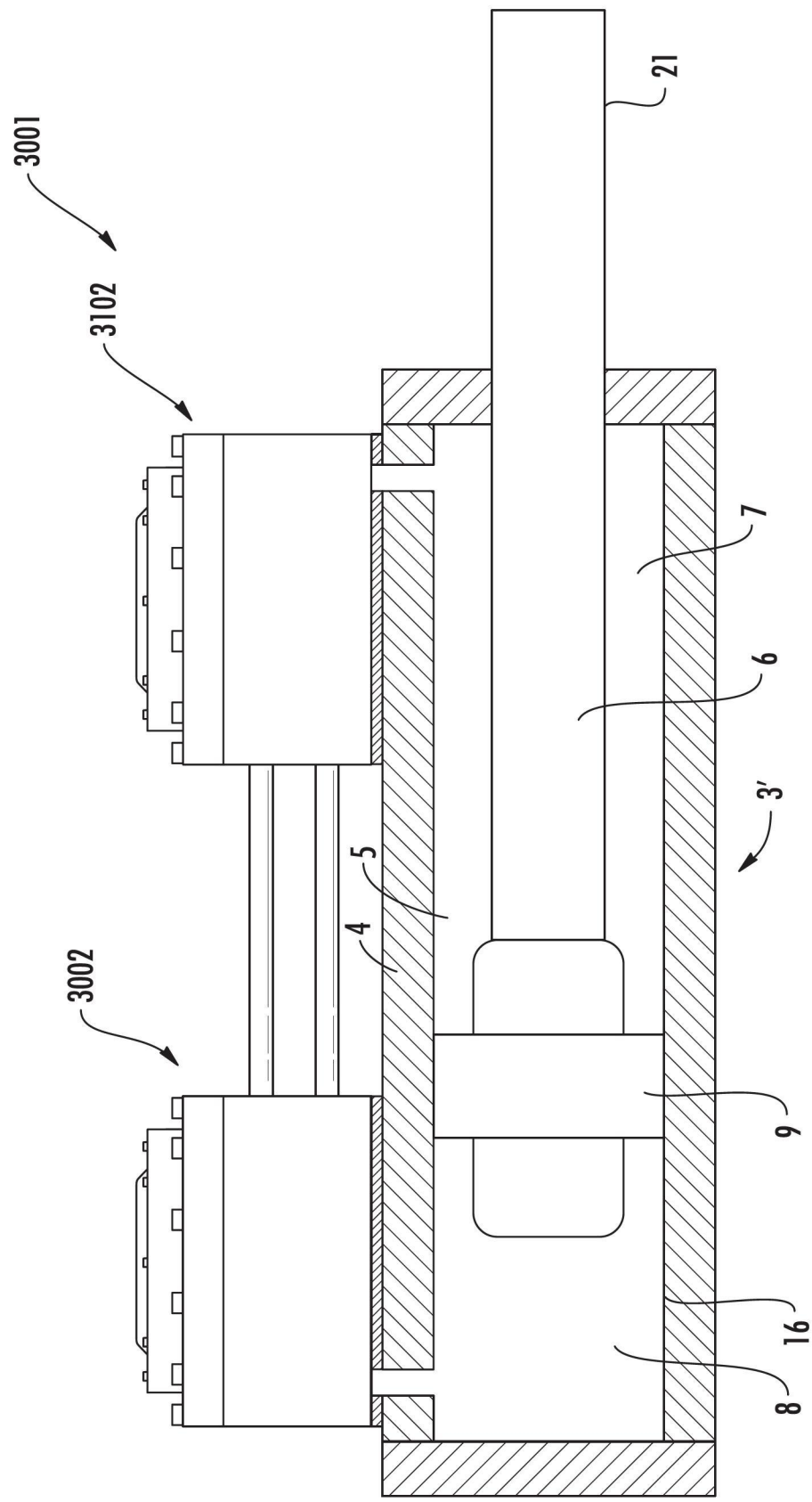
【圖12】



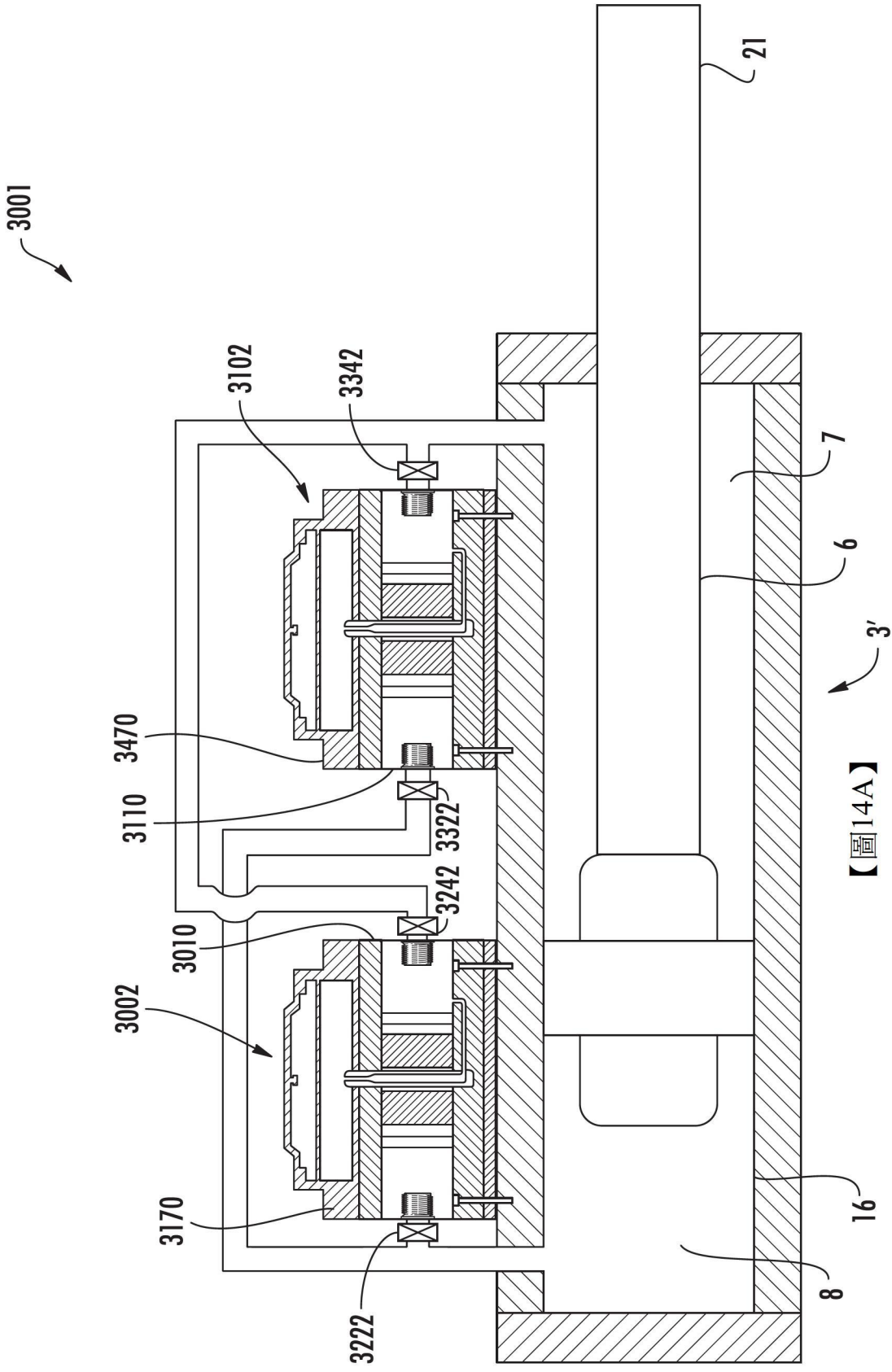
【圖12A】



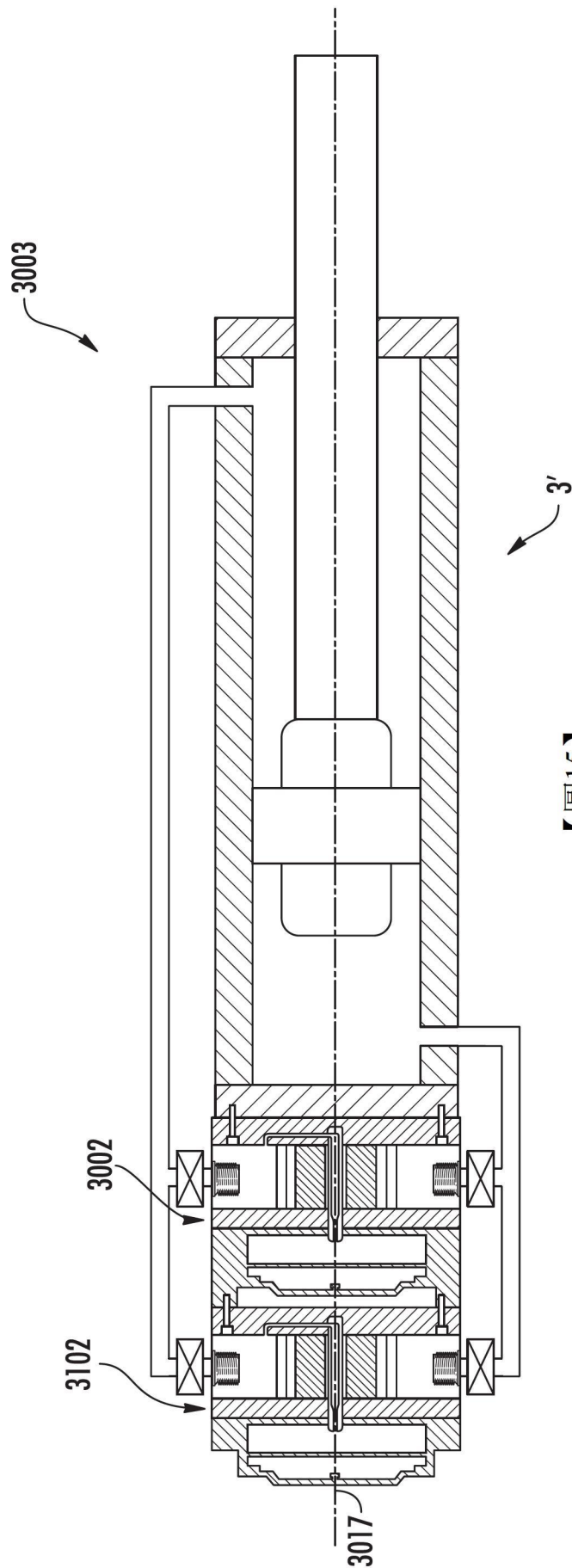
【圖13】



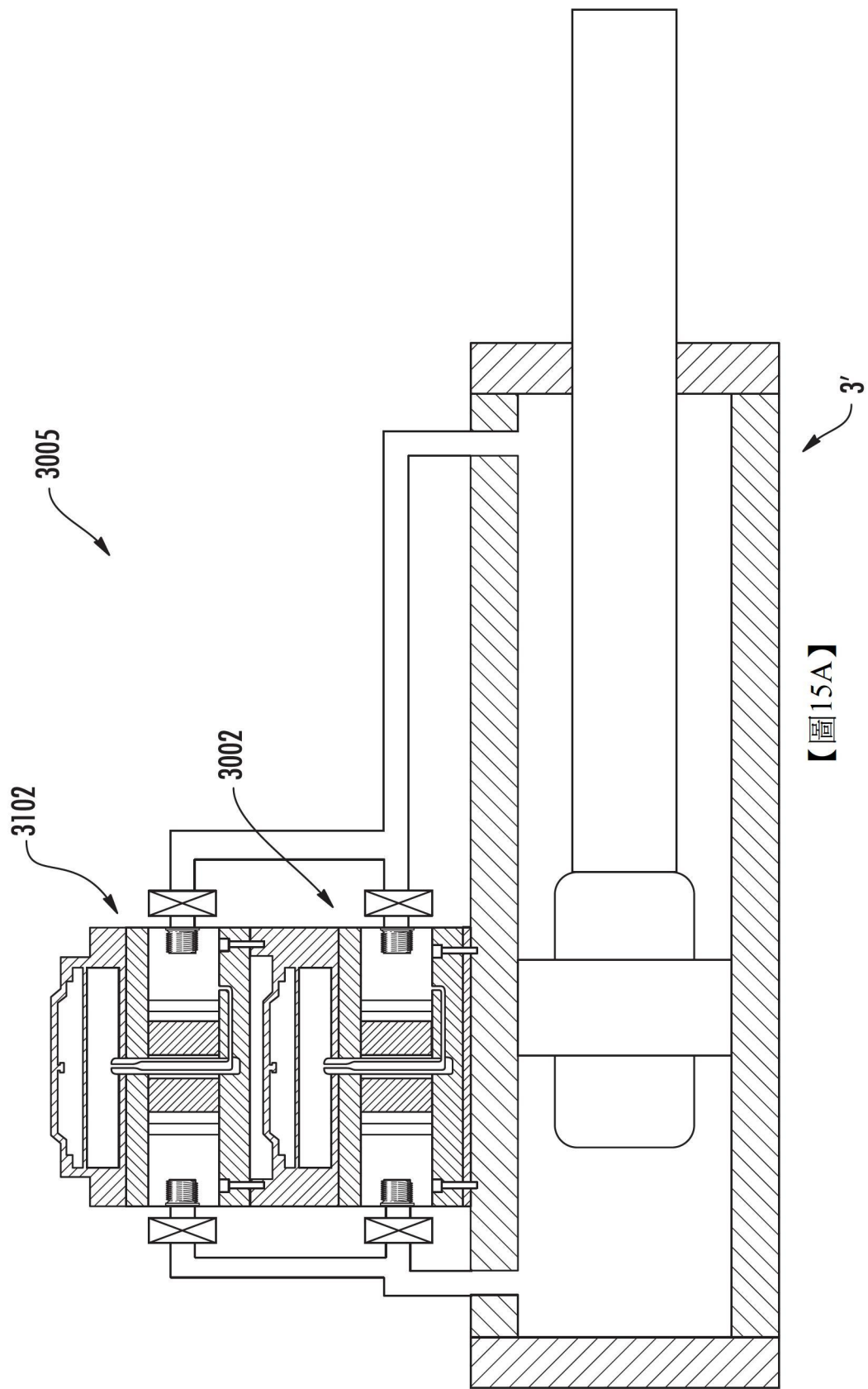
【圖14】



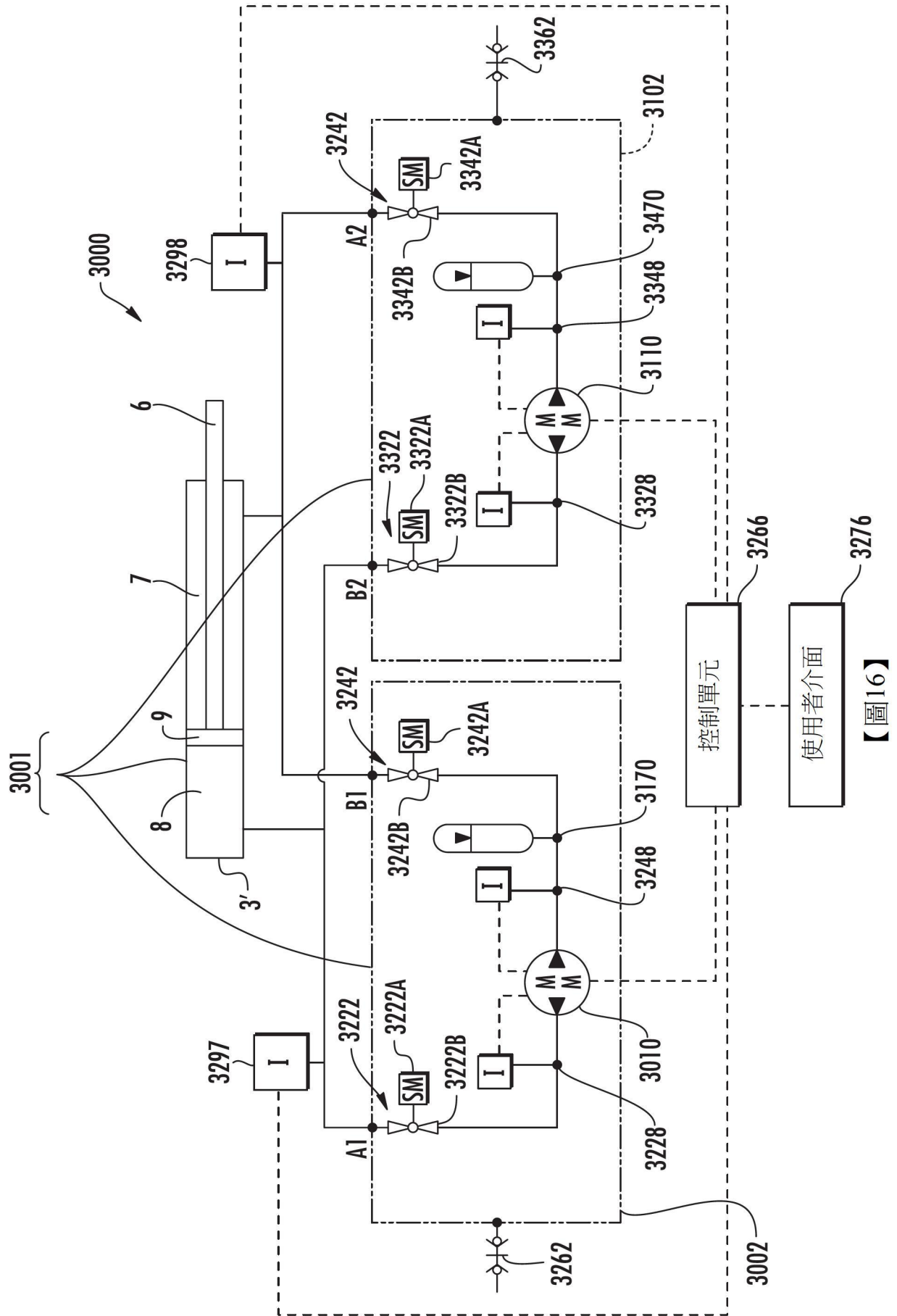
【圖14A】



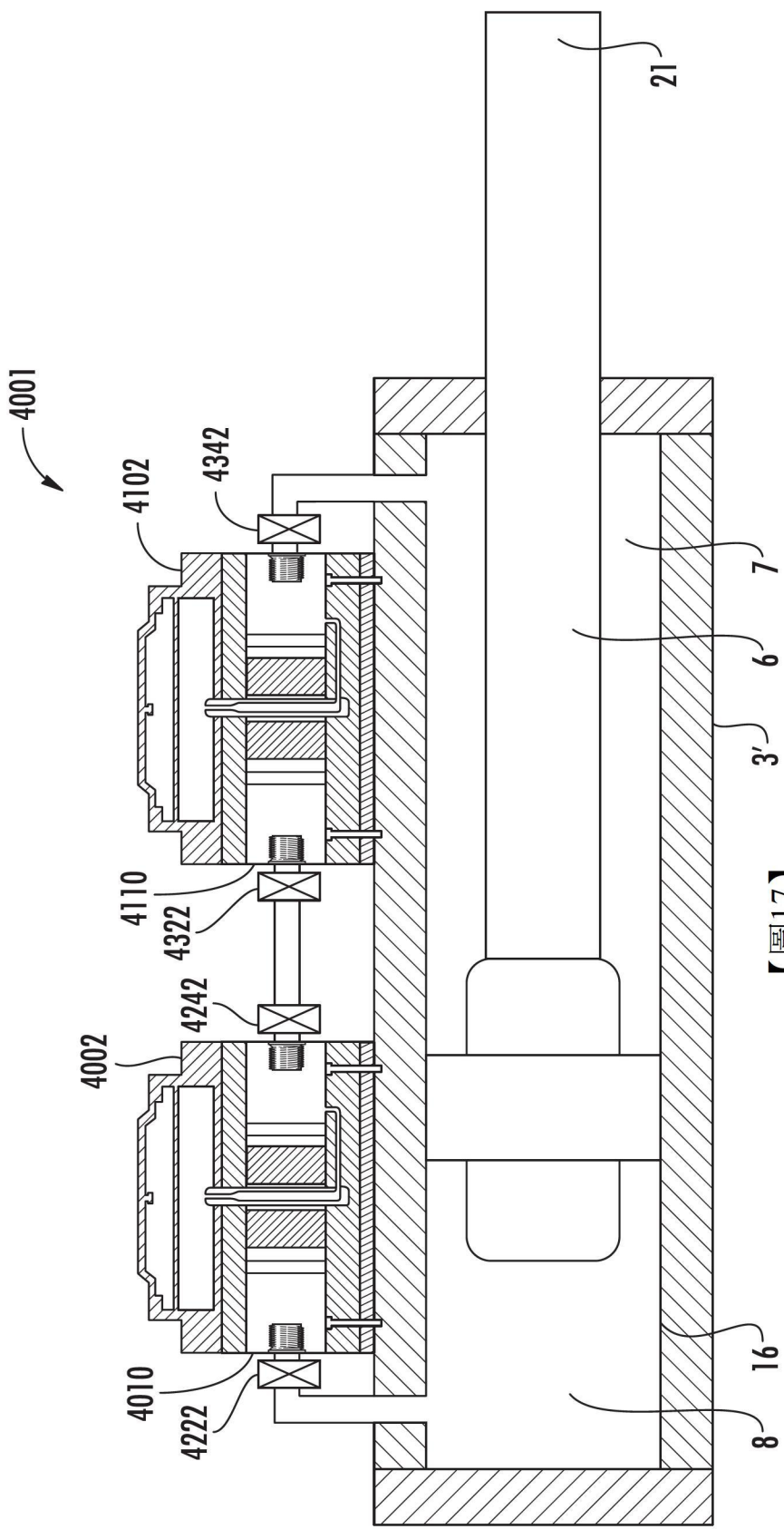
【圖15】



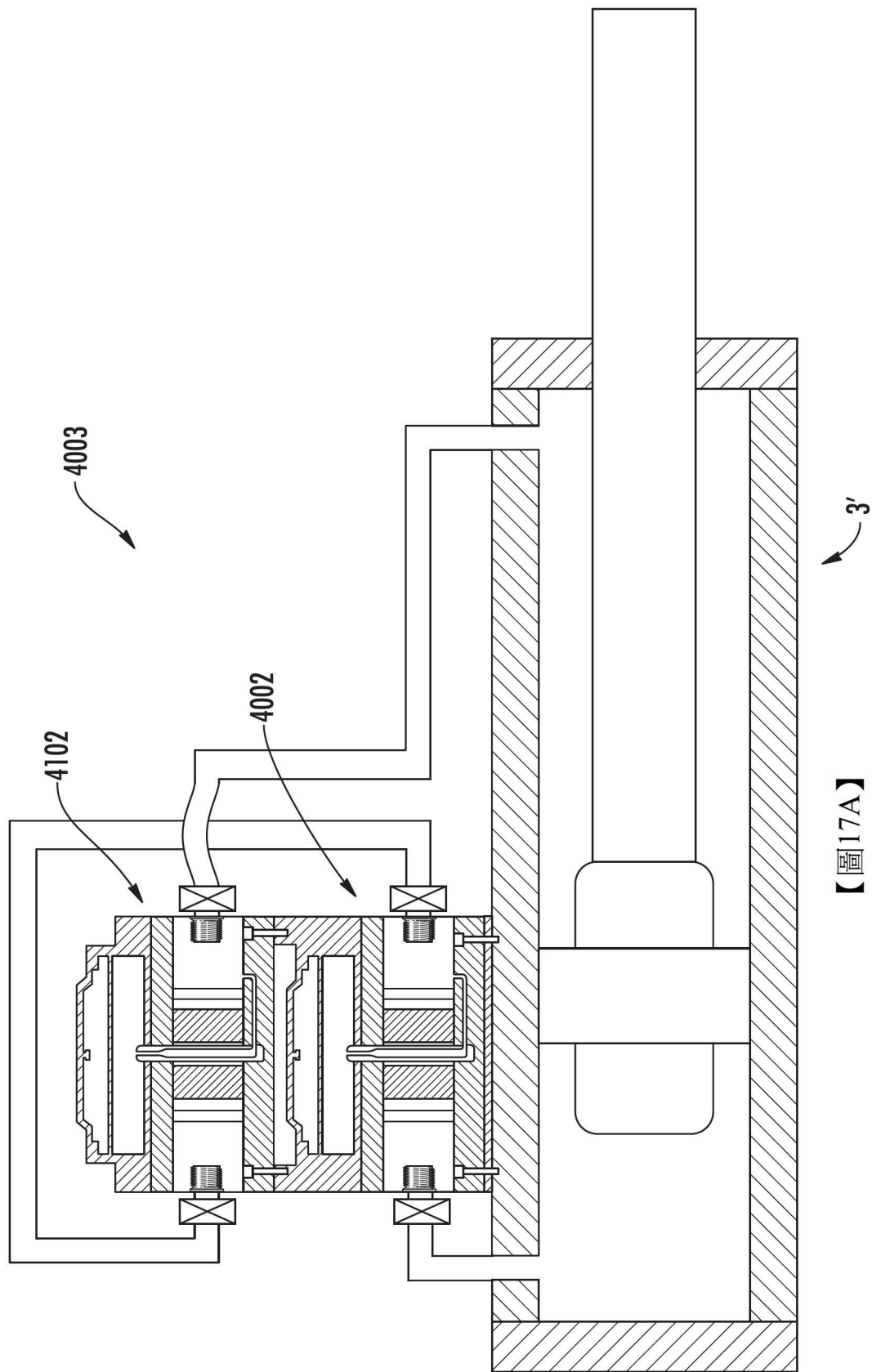
【圖15A】



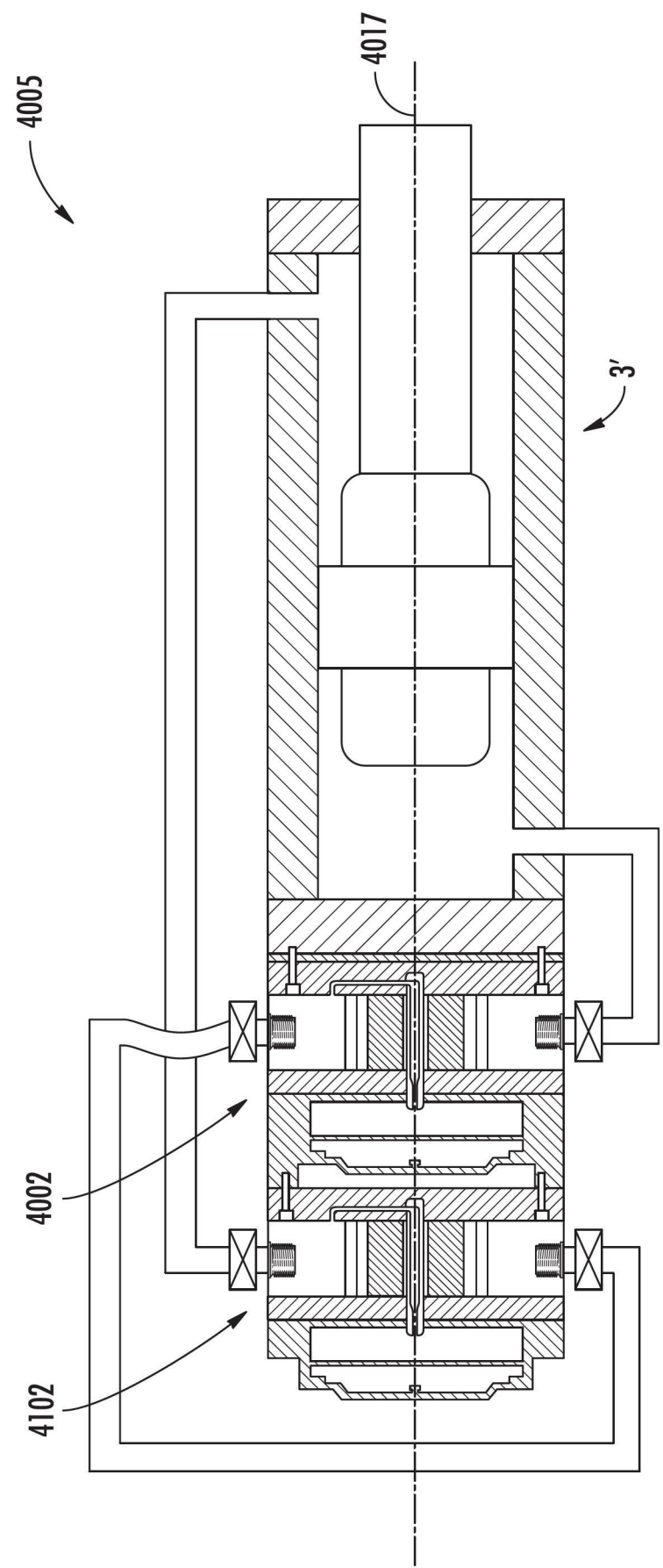
【圖16】



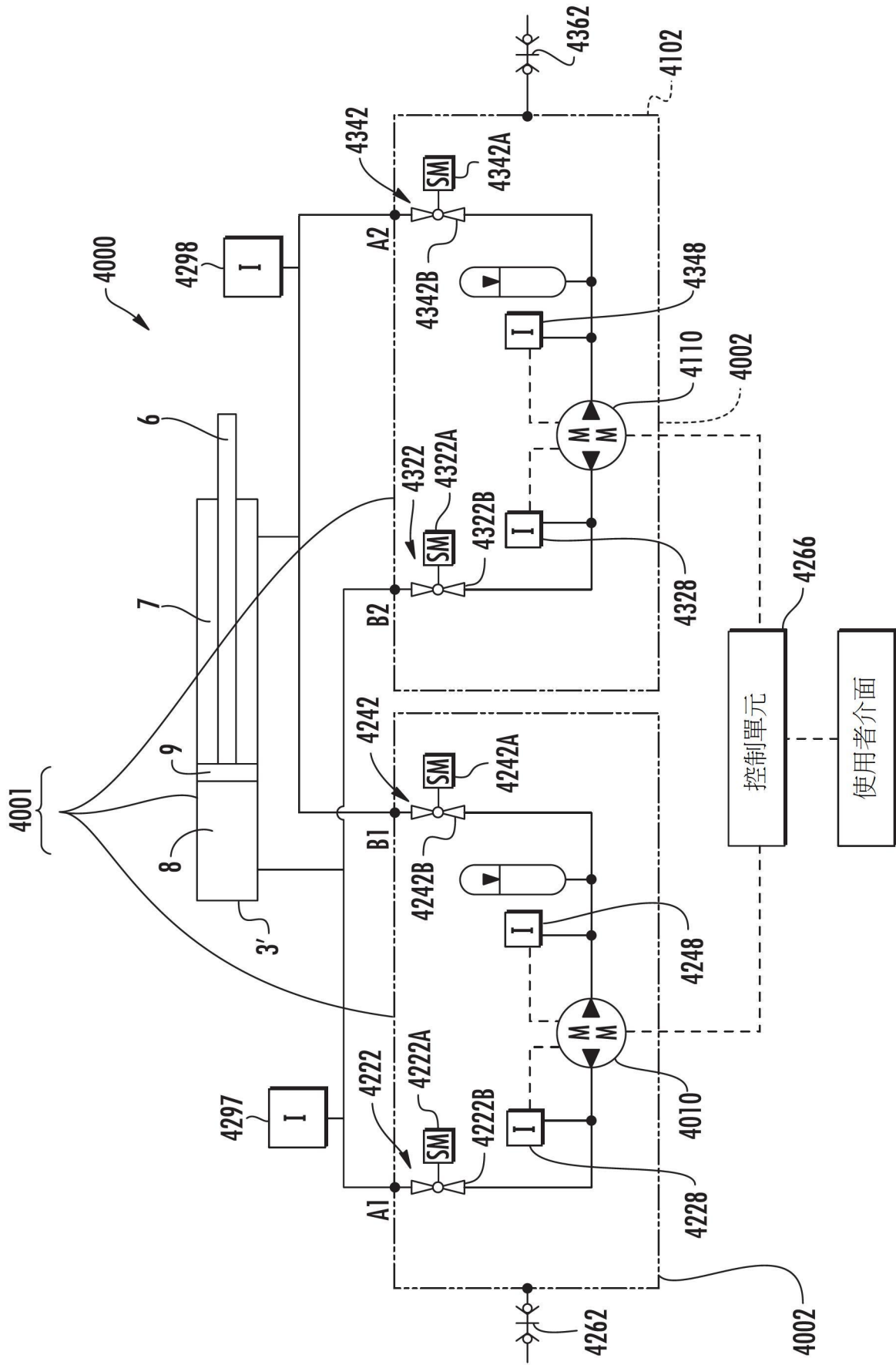
【圖17】



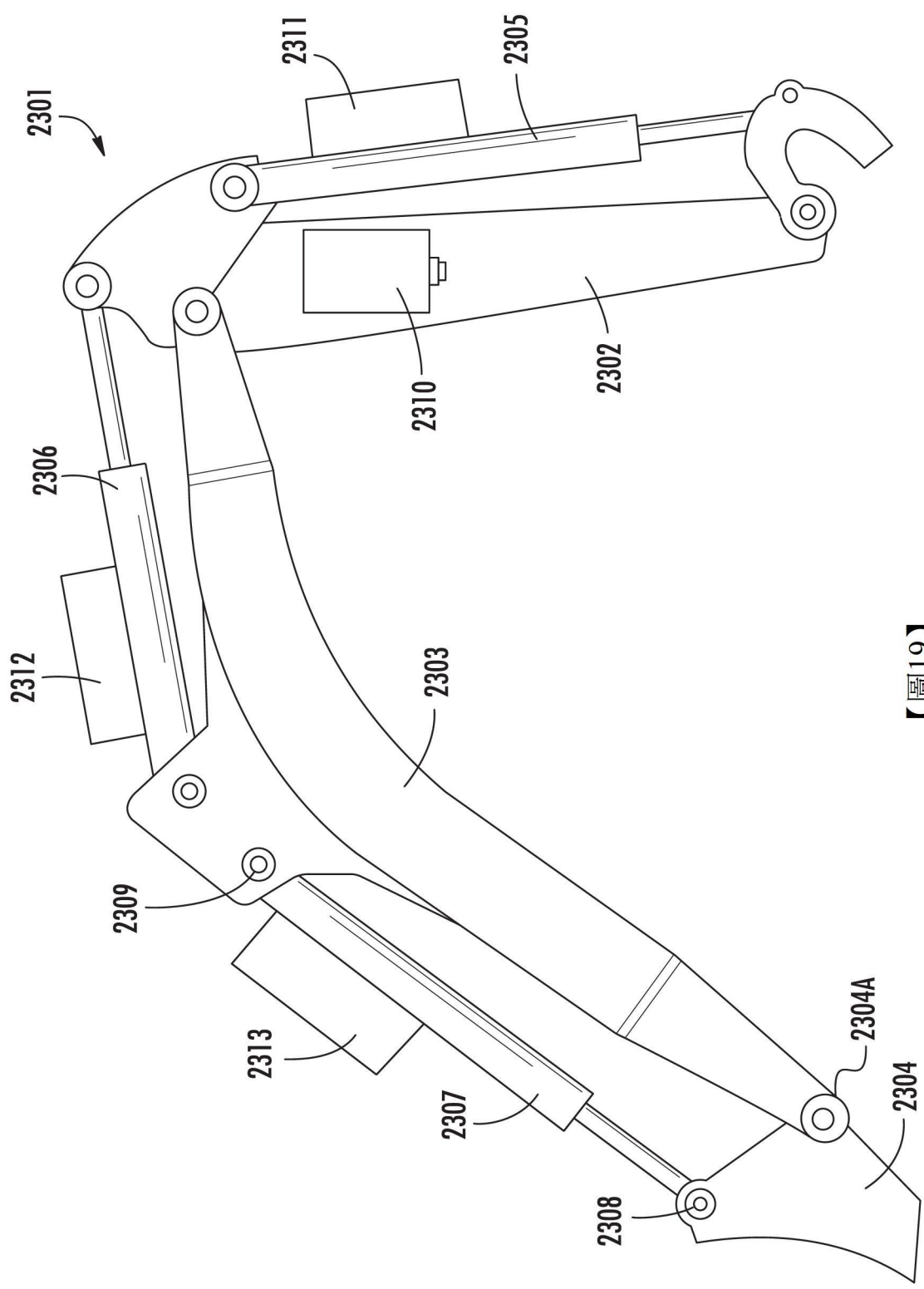
【圖17A】



【圖17B】



【圖18】



【圖19】