

申請日期	90.10.12
案 號	9015477
類 別	B62k 3/60:17/69

A4
C4

515770

(以上各欄由本局填註)

公告本		發明專利說明書	
一、發明 名稱	中 文	個人載運器之控制	
	英 文	Control of a personal transporter	
二、發明 創作人	姓 名	1. 凱門丹 Dean L. KAMEN 2. 艾爾林 Richard W. ARLING 3. 菲爾德 J. Douglas FIELD 4. 韓約翰 John D. HEINZMANN	
	國 籍	1.- 4. 美國籍 (U.S.A.)	
三、申請人	住、居所	1. 美國新罕布什爾州貝德福郡西風道 15 號 15 Westwind Drive, Bedford, NH 03110, U.S.A. 2. 美國新罕布什爾州溫罕城羅門斯路 6 號 6 Romans Road, Windham, NH 03087, U.S.A. 3. 美國新罕布什爾州貝德福郡皮瑞塔道 24 號 24 Puritan Drive, Bedford, NH 03110, U.S.A. 4. 美國新罕布什爾州曼徹斯特城貝蒙特街 585 號 585 Belmont Street, Manchester, NH 03104, U.S.A.	
	姓 名 (名稱)	美商迪卡公司 DEKA Products Limited Partnership	
代 表 人 姓 名	國 籍	美國 (U.S.A.)	
	住、居所 (事務所)	美國新罕布夏州曼徹斯特市商業街三四〇號 340 Commercial Street, Manchester, New Hampshire 03101, USA	
代 表 人 姓 名	代 表 人 姓 名	卡琴恩 (Dean L. Kamen)	

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

裝
訂
線

申請日期	
案 號	
類 別	

A4
C4

(以上各欄由本局填註)

發 明 專 利 說 明 書		
一、發明 名稱	中 文	
	英 文	
二、發明 創作人	姓 名	5. 莫瑞兒 John B. MORRELL 6. 強納森 Jonathan B. POMPA 7. 于喬治 George B. YUNDT
	國 籍	5.- 7. 美國籍 (U.S.A.)
	住、居所	5. 美國新罕布什爾州曼徹斯特城貝蒙特街 1365 號 1365 Belmont Street, Manchester, NH 03104, U.S.A. 6. 美國新罕布什爾州艾倫城河道公園區 50 號 50 Riverside Park, Allentown, NH 03275, U.S.A. 7. 美國麻州劍橋大學諾福克街 241 號 241 Norfolk Street, Cambridge, MA 02139-1402, U.S.A.
三、申請人	姓 名 (名稱)	
	國 籍	
	住、居所 (事務所)	
	代 表 人 姓 名	

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

裝
訂
線

(由本局填寫)

承辦人代碼：
大 類：
I P C 分類：

A6
B6

本案已向：

美 國 (地 區) 申請專利，申請日期： 案號： , ☒ 有 ☐ 無主張優先權

- | | |
|----------------|--------------|
| ①西元二〇〇〇年十二月十八日 | ① 09/739,192 |
| ②西元二〇〇〇年十月十三日 | ② 09/687,757 |
| ③西元二〇〇〇年十月十三日 | ③ 09/687,789 |
| ④西元二〇〇〇年十月十三日 | ④ 09/687,557 |

有關微生物已寄存於： , 寄存日期： , 寄存號碼：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝 訂 線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(1)

技術領域

本申請案與機動化個人載運器的供電及控制方法有關。

5 發明背景

稱為個人交通工具之動態穩定的載運器具有一控制系統，用以在載運器操作時保持載運器的穩定。控制系統經由連續地偵測載運器的動向，決定保持穩定的修正動作，以及指揮輪子馬達執行修正動作以保持載運器的穩定。如果載運器失去保持穩定的能力，如由於組件故障，騎乘者可能會在突然失去平衡時感到不舒適。就某些動態穩定的載運器而言，如美國專利5,701,965之描述，它包括一輪椅用以載運無法行動的個人下一段樓梯，基本上，為操作者的安全計，在偵測到故障的組件時，運載器仍持續無限期地操作。不過，其它的動態穩定載運器在發生組件故障的情況時，操作者可以很容易地安全脫離載運器。這類載運器所配置的控制方式是要使發生事故狀況時操作者能很容易地脫離載運器。

20 發明概述

按照本發明的較佳實施例，提供一種自動減速之個人載運器的系統及方法，它具有一控制器用以控制載運器的運動。該方法的步驟包括偵測出錯的狀況、設定控制變數的目標值、以指定的增量朝目標值的方向調整控制變數，並重複先前的步驟直到控制變數等於目標值。

五、發明說明(2)

按照本發明的其它實施例，目標值可以為零，控制變數可以是載運器的速率，錯誤狀況可以是馬達繞組開路或剎車開關閉路。

按照本發明另一態樣，提供一種方法能使使用者快速5地進入平衡式個人載運器的操作。該方法的步驟包括初始化單軸穩定器，開始3軸穩定器的初始化，通知騎乘者該載運器已完成使用準備，允許載運器的操作，完成3軸穩定器的初始化，以及，最後，使用3軸穩定器控制平衡式個人載運器。

10 按照本發明的另一態樣，提供一種騎乘者檢知器，用以檢知騎乘者是否在兩輪式動態平衡載運器的底座上。騎乘者檢知器具有一蓋在載運器底座上的墊片，墊片本身具有附接於底座的墊片緣以及具有底部及頂部的墊片壁，底部附接於墊片緣，且墊片蓋具有頂表面及底表面，15 墊片蓋附接於墊片壁並支撐於底座上。最後，騎乘者檢知器具有一開關安裝於底座上，位於墊片蓋的底表面，當墊片蓋被移置與開關接觸時，開關從第一狀態改變到第二狀態。另者，在墊片蓋的底表面下方可配置一硬板。

20 按本發明的另一態樣，提供一種靜態不穩定機動化載運器，它具有一底座用以支撐騎乘者，以及一對橫向配置的輪子用以將底座支撐於一表面上。載運器具有一機動化的驅動器，用以驅動一對輪子，一傾斜偵測器(pitch sensor)耦合到底座，偵測器產生載運器的傾斜指25示，以及一控制器，用以根據載運器的傾斜控制機動化

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (3)

的驅動。

按照本發明的另一態樣，提供一種用於機動化交通工具的駕駛裝置，它具有一手把。駕駛裝置具有一諸如電位計的轉動偵測器，耦合到手把用以根據轉動產生駕駛命令，一可轉動的握把用以將轉動給予轉動偵測器，以及一扭力簧，用以在握把被釋放後將可轉動的握把恢復到中性位置。另者，駕駛裝置可具有一耦合到相對於使用者支托結構固定的轉動偵測器，用以在偵測到轉動後產生一駕駛命令，一撓性軸桿耦合到轉動偵測器，一10 拇指按鈕，用以彎曲撓性軸桿以便提供轉動偵測器的轉動量測，以及一簧構件，用以提供反制撓性軸桿彎曲的力。

按照本發明的另一實施例，駕駛裝置具有一槓桿，它的頂表面與手把實質地齊平，使用者可利用手掌使槓桿繞一實質平行於下方表面以及實質平行於載運器行進15 方向的樞軸移動。駕駛裝置還具有一恢復構件，用以反制槓桿離開中性位置的移動，以及一偵測器，用以偵測槓桿離開中性位置的移動，並反應該移動產生駕駛命令。

20 按照本發明的又一實施例，提供一種保持載運器之輪子與下方表面間摩擦力的方法。該方法的步驟包括：

- (a) 比較輪子的加速度與指定的預設值；
- (b) 根據輪子的加速度設定滑動狀況的旗標；
- (c) 根據滑動狀況的旗標降低施加於輪子的扭力；
- 25 (d) 決定輪子的動態特徵值；以及

五、發明說明(4)

(e) 根據輪子的動態特徵值清除滑動狀況旗標。

按照本發明的其它實施例，動態特徵可以是慣性矩或慣性矩的倒數。決定動態特徵的步驟可包括加速度除以施加於輪子的控制扭力。降低施加於輪子之扭力的步驟包括將扭力降到零，以及增量地變動(slewing)扭力。

按照本發明另外其它的實施例，提供一裝置以改正載運器之輪子的滑動。該裝置具有一偵測器用以監視輪子的速率，一微分器用以根據輪子速率的改變計算加速度，一比較器用以比較輪子的加速度與預設值並用以設定一滑動狀況的旗標，以及一控制器，用以降低施加於輪子的任何扭力，如此，扭力會持續地降低直到滑動狀況旗標被清除。

按照本發明的其它實施例，提供一種控制平衡式載運器中之電動馬達的方法，在正常操作時，該載運器恰有兩輪與地面接觸，且具有一特徵為框率(frame rate)的平衡控制器，電動馬達驅動一軸桿以將動力耦合到兩輪其中之一。該方法的步驟包括：

- (a) 以具有第一頻寬之特徵的內部環路控制功率級的輸出；
- 20 (b) 反應功率級的輸出產生實質正比於軸桿速度的信號；
- (c) 根據至少一軸桿速度信號及指定的載運器速度以等於框率且小於第一頻寬1/3的速率計算一電壓命令信號；以及
- 25 (d) 根據電壓命令信號控制施加給馬達的電壓。

五、發明說明(5)

該方法進一步的步驟還包括經由使用者輸入裝置提供指定的載運器速度，且實質比例於軸桿速度之信號是微分自軸桿位置偵測器的信號。

按照本發明的另一實施例，提供一種控制具有側向配置之兩輪機動化平衡式載運器之偏駛控制(yaw control)的方法。該方法的步驟包括：

- (a) 根據載運器的平衡需求計算一命令給馬達放大器；
- (b) 根據指定的運動方向增加給馬達放大器的命令；
- (c) 部分根據增加的命令產生放大器的輸出；
- 10 (d) 偵測放大器的輸出；
- (e) 根據放大器的輸出修改命令；以及
- (f) 將放大器的輸出施加給輪子馬達。

在其它實施例中，該方法可能還有偵測每一輪子之速度的附加步驟，並根據輪子的速度修改送給兩輪子放大器每一個的命令。

圖式簡單說明

圖1是個人載運器的側視圖，沒有靜態穩定的位置，用以支撐或運送一主體，他保持在站立於其上的位置；

圖2顯示本發明之實施例之系統架構的方塊圖；

圖3顯示上蓋移開後之電源的頂視圖；

圖4是本發明實施例的電力驅動模組方塊圖；

圖5是馬達的電氣模型；

25 圖6a顯示按照本發明實施例之騎乘者檢知器的頂視

五、發明說明 (6)

圖；

圖6b顯示圖6a之實施例的側視剖切圖；

圖7顯示按照本發明實施例之偏駛輸入裝置的分解圖；

5 圖8a是按照本發明實施例之彈性體阻尼之偏駛輸入裝置的頂視剖面圖，圖中顯示它在放鬆位置；

圖8b是圖8a之偏駛輸入裝置的頂視剖面圖，圖中顯示在轉向位置；

10 圖8c及8d分別是圖8a之偏駛輸入裝置的背視及頂視圖，耦合在按照本發明實施例之個人載運器的手把內；

圖9a及9b分別描繪手掌駕駛裝置在靜止狀態及作用狀態，在按照本發明實施例的個人載運器手把內實施；

圖10是按照本發明之實施例之控制程式的邏輯流程圖；

15 圖11是按照本發明之實施例之摩擦力控制的流程圖；

圖12是按照本發明之實施例之減加速到零的流程圖。

20 較佳實施例詳細說明

所謂"平衡式"個人載運器是它能在一或多個輪子上操作，但若沒有控制環路控制輪子的操作則它無法立於輪上。平衡式個人載運器缺乏靜態穩定性，但它是動態平衡。輪子或其它與地面接觸的單元在本文中稱為"主
25 要的地面接觸單元"，提供此種個人載運器與地面或其

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(7)

它下方表面間的接觸，且在正常操作期間提供載運器關於傾斜的最小支撐。

按照本發明的平衡式個人載運器實施例描繪於圖1，並以編號10指示之。在某些應用中，操作中的個人載運器10在發生故障情況時不需要操作太長的時間。故障可操作的操作有時是需要的，不過只能在一限定的時間內，以使載運器能保持穩定性，同時停止並允許使用者從載運器上下來。雖然某些平衡式個人載運器在組件故障時不需要無限期操作，不過，提供故障檢知的冗餘架構是有益處的，其中，關鍵性組件，諸如迴轉儀、電池、馬達繞組、及處理器都有備份，且在載運器操作期間是平行地運作。如果其中一線中的組件發生故障，平行的組件仍能使載運器至少保持一段短時間的穩定。按照以下所要討論的本發明實施例，短時間的持續操作有利於在保持平衡的情況下將載運器帶至停止，並接著關閉輪子馬達。將載運器帶至停止的方法是命令載運器向後傾斜，是在限速下達成。

圖1所示的使用者8站立在地面接觸模組26的平台(或底座)12上。圖中所顯示的輪子20及21與Y軸同軸。駕駛或其它控制是由姆指輪32及34或其它使用者輸入機構提供，將在下文中詳細描述。駕駛桿16上配置有手把14以供使用者抓握。

現請參閱圖2，圖中顯示按照本發明實施例之系統架構的方塊圖。左馬達110驅動左輪20(如圖1所示)，右馬達120驅動右輪21。較佳的馬達110及120為直流無刷

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

五、發明說明（ 8 ）

馬達，但直流或交流馬達以及有刷或無刷都可使用。每一個馬達是由冗餘的繞組111、112、121、122提供動力。每一繞組只有在互補的繞組不提供動力時才具有提供動力的能力。在以下的討論中，每一冗餘組件都以兩字母識別，分別以L及R代表載運器的左側及右側，以A組及B組代表冗餘的組件。例如，由A組組件提供動力的左馬達繞組標示為LA繞組。

每一馬達繞組111、112、121、122是由馬達放大器132、133、142、143驅動。A組放大器132、133是由A組電源131供電，B組放大器142、143是由B組電源141供電。電源與放大器間以及放大器與馬達繞組間的電氣連接將會承載高達20到40安培的大電流，在圖2中以粗線105加以識別。

每一個馬達110、120具有一軸桿反饋裝置(SFD)113、123，它量測馬達軸桿的位置或角速度。每個SFD與驅動該SFD相關之馬達的馬達放大器信號連通。例如，與右馬達120相關的右SFD 123與RA放大器133及RB放大器143信號連通。較佳的SFD是霍爾偵測器，它決定軸桿的位置，不過，SDF可以選用自各種偵測器，諸如編碼器、解析器(resolver)、轉速計等，所列的幾種偵測器只是舉例並無限制之意。某些偵測器，例如轉速計，也可用來量測軸桿的速度。將代表軸桿瞬間速度的信號積分可轉換成代表軸桿位置的信號，反之，將代表軸桿位置的信號微分也可轉換成代表軸桿瞬間速度的信號。

五、發明說明（ 9 ）

A組放大器 132、133由A處理器 135控制，同時，B組放大器 142、143由B處理器 145控制。A電源 131經由A組DC-DC轉換器 136供應電力給A處理器。同樣地，B電源 141經由B組DC-DC轉換器 146供應電力給B處理器 145。A組放大器 132、133、A組轉換器 136以及A處理器 135群組在一隔間或托架 130內較佳，亦即，至少要與容納B組放大器、B組轉換器及B處理器的B托架 140以隔板 150部分隔離。A托架 130與B托架 140實體地隔開可降低共同點故障的機率。隔板 150可延遲故障從一托架傳播到另一托架的時間，以使載運器能有足夠的時間供騎乘者能在安全的狀況下離開載運器。同樣地，A電源供應器 131與B電源供應器 141也實體地隔開。如果B組中有任何組件故障，A電源供應器 131與A托架 130中的組件可以驅動馬達 110及 120一段短時間(大約數秒鐘)。反之，如果A組中有任何組件故障，B電源供應器 141與B托架 140中的組件也可以驅動馬達 110及 120一段短時間。

雖然處理器 135與 145間相互實體地隔開，但兩處理器間仍經由通信通道 137、147保持信號的連通。較佳的通信通道 137、147是電氣的導體，但也可是電磁的，如光學、紅外線、微波或無線電。A通道 137將A處理器 135的信號傳送給B處理器 145，B通道 147將B處理器 145的信號傳送給A處理器 135。在通信通道 137、147中結合光學絕緣體 139、149，以防止過電壓從短路的處理器波及到另一處理器。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝
訂
線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (10)

每一個處理器接收來自複數個監視載運器狀態的偵測器信號以及騎乘者的輸入命令。處理器使用偵測器的信號決定及傳送適當的命令給馬達放大器。偵測器傳送给處理器的資訊包括慣性量測單元(IMU)181、182提供的載運器的空間方向，偏駛輸入裝置(YID)171、172所提供的騎乘者轉向命令，以及騎乘者檢知器(RD)161、162、163、164所提供的騎乘者出現在載運器上。其它傳送给處理器的輸入還包括騎乘者操作的傾斜調整裝置(PTD)148，用以將載運器調整到更舒適的傾斜，以及停止按鈕(未顯示)，用以使載運器迅速停止。視偵測器對載運器之操作的重要性而定，偵測器可以也可以不使用冗餘的備份。例如，載運器的空間方向是載運器操作的中心，因此，如前所述，由A組IMU 181供應載運器的方向資訊給A處理器135，並由B組IMU 182供應載運器的方向資訊給B處理器145。另一方面，載運器即使沒有PTD 148仍能安全地操作，因此，典型上這類裝置只提供一個。同樣地，諸如顯示器138的輸出裝置也不需要冗餘。非冗餘的裝置(諸如顯示器138或PTD 148)可連接到兩個處理器。

在圖2描繪的實施例中，顯示器138是由A處理器135及控制，PTD 148的信號與B處理器145連通。PTD 148所提供的資訊由B處理器145經由B通道147傳送給A處理器135。

另外，每一個處理器135、145與其中一個使用者介面處理器(UIP)173、174通信。每一個UIP 173、174經

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (11)

由其中一個偏駛輸入裝置171、172接收使用者的駕駛命令。A組的UIP 173也與非冗餘的UID通信，如顯示器138、剎車開關175及PTD 148。在圖2所示的實施例中沒有提供冗餘的其它使用者介面裝置還包括音響警告裝置、燈光、以及on/off開關，這些可連接到A組UIP 173。A組UIP 173也可將使用者介面裝置所提供的資訊提供給B組的UIP 174。

按照本發明的較佳實施例，A組UIP 173比較A組處理器的計算與B組處理器的計算，並以"監視程式"(watchdog)的計算詢問A組處理器135，以確認A組處理器的操作。同樣地，B組UIP 174詢問B組處理器145以確認B組處理器的正常操作。

現描述按照本發明各種實施例之個人載運器10的數項組件。

15 電池

驅動馬達110、120及電氣組件所需的載運器電力可以由任何習知電氣技術中任何習知的電源供應。電力源例如可包括內及外燃引擎，燃料電池及可充電電池。在本發明的較佳實施例中，電源供應器131、141是可充電的電池組。各種形式之化學作用的電池都可使用，視不同情況而定，可包括但不限於鉛-酸、鋰離子、鎳-鎘(Ni-Cd)、或鎳-金屬混合等化學作用。每一個電源供應器131、141都是密封在一容器內，容器用於保護電池組以及相關的電子組件。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (12)

圖3顯示上蓋已移開之電源供應器實施例之一的頂視圖。托架205被蓋住並密封以保護裝在其內部之電源供應器200的組件。托架205內裝有複數個電池區塊210，每一個電池區塊內有複數個電池單元215。若干個電池單元215包裝在一個電池區塊210內，電源供應器內的區塊數由預期載運器需要的電力決定。在較佳實施例中，電池單元215是"次-C"大小的電池單元，每一區塊210內裝有10個電池單元215。在其它實施例中，區塊210內可裝入不同數量的電池單元215。電池單元215以串聯較佳，如區塊210。在其它實施例中，區塊210可以並聯而每一區塊內的電池單元215串聯，或者，區塊210採串聯而每一區塊210內的電池單元215並聯，每一種架構都有其優點用以提供特定用途所需。

流入與流出電源供應器200的電流經由連接器220傳導，連接器220提供電源供應器200與載運器10間的電氣介面。在圖3所示的實施例中，連接器220是位於電源供應器200的頂蓋(未顯示)上，不過，無論連接器220在何位置都屬本發明的範圍。除了將電流導入及導出電源供應器200之外，連接器220也包括複數條信號線，它建立電源供應器內部與載運器之任何其它處理器間的信號連通。

每一區塊210的溫度是由電源供應控制器230經由溫度偵測器235監視。此外，電源供應控制器230也監視每一個區塊210的電壓。如果電源供應控制器230偵測到區塊210的溫度超過預設的溫度極限，電源供應控制器230

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(13)

將經由連接器220送出過熱的信號給處理器。同樣地，如果電源供應控制器230偵測到區塊210的電壓低於預設的電壓極限，電源供應控制器230將經由連接器220送出電壓過低的信號給處理器。

5 較佳的電源供應控制器230包含一ID晶片240，它儲存關於電源供應器的資訊，例如電池的型式，電源供應器200內電池單元的數量等，日期碼或序號碼。ID晶片240可以是習知電子技術中任何型式的永久或半永久記憶體裝置。包含在ID晶片240中的資訊可供處理器135
10 、145使用，以設定載運器之不同的操作參數。該資訊也可供充電器(未顯示)使用以對電源供應器充電。

 電源供應器200也可經由連接器220連接到外部或在載運器內部的充電器。在本發明的一實施例中，充電器是在載運器內，且是習用的AC交換方式的充電器。在
15 另一實施例中，充電器裝在電池托架205內。在本發明的另一實施例中，電源供應器200是由輔助電力單元(APU)充電，如美國專利申請案09/517,808，名稱為"Auxiliary Power Unit"。

20 馬達放大器及操作模式

 圖4顯示本發明實施例之一的動力模組300。平衡處理器310產生一控制信號給馬達放大器320，該放大器依次施加適當的電力給馬達330。平衡處理器310接收來自使用者與系統偵測器的輸入，並應用一控制法則(在下
25 文中詳細討論)以保持平衡並指揮載運器按照使用者的

五、發明說明(14)

命令運動。馬達330依次旋轉一軸桿332在角速度 ω 下供應扭力 τ 給附接於軸桿332的輪子20、21(如圖1所示)。

在某些實施例中，也可使用變速器比例改變輪子相對於軸桿332的角速度。在本發明的較佳實施例中，馬達330

5 是3線圈的無刷直流馬達。在該實施例中，馬達具有3組靜子線圈，不過，任何數量的線圈都可使用。靜子線圈被可以傳導大電流或高電壓的線圈引線337電氣地連接到功率級324。須瞭解，所謂大電流或高電壓是相對於一般用於信號處理的電流及電壓而言，其範圍大約分別
10 高於1安培或12伏。

馬達放大器320本身包括放大器控制器322及功率放大級324。放大器控制器322可被架構成控制施加於馬達330的電流或電壓。這些控制模式可分別稱為電流控制模式及電壓控制模式。功率級324將電源340交換地切入

15 與切出每一線圈，功率級324的交換動作由放大器控制器322控制。內部環路326偵測功率級324是否是按命令輸出，並以閉路頻寬回授一誤差信號給放大器控制器322，以大約500Hz較佳。此外，放大器控制器322的控制，部分是根據來自軸桿回授偵測器(SFS)335的回授信
20 號。

軸桿回授偵測器335也與處理器310信號連通，並提供關於軸桿位置或運動的資訊給處理器。軸桿回授偵測器335可以是任何可以偵測旋轉軸之角位置或速度的習知偵測器，包括轉速計、編碼器、解析器等。在較佳實
25 施例中是使用霍爾偵測器偵測旋轉軸桿332的位置。霍

五、發明說明 (15)

爾偵測器的優點是低價位的偵測器。為從軸桿回授偵測器335所提供的位置信號得到軸桿的轉動速度，位置信號被微分器308微分。外部的回授環路342是在平衡處理器310所提供之平衡控制的特徵頻寬下操作，也許低至
5 20-30Hz。

雖然在某些應用中電流與電壓是等價的，但在載運器控制的實施例中以電壓控制較為有利，因為它的外環路頻寬比內部閉環路頻寬慢3-4倍以上，其理由，現在參考圖5討論。圖5顯示馬達的電氣模型410。馬達具有一對端點411、412，電壓V跨接於端點上。馬達410也具有一轉軸420，其轉軸速度為 ω ，扭力為 τ 。馬達410可模型化成電阻為R其上有電流i流過的電阻器430與具有電壓降為 V_{emf} 的理想馬達435串聯。理想馬達的 $V_{emf}=k_v \cdot \omega$ 以及 $\tau=k_c \cdot i$ ，其中 k_v 與 k_c 是馬達常數。串聯電
10 阻器430代表馬達410的損失。

由於電壓控制或電流控制所造成載運器10(如圖1所示)之行為的差異可從載運器遭遇及驅動越過障礙的例子中看出。當載運器的輪子20遇到障礙時，由於施加於輪子的扭力不足以驅動輪子越過障礙致使輪子的速度減慢。輪子的速度下降會反映在跨於理想馬達的反電動勢
20 (back-emf)電壓降低。

首先考慮電壓控制的情況：如果放大器是電壓控制模式，施加於端點411、412的電壓保持固定，且額外的電流將流過電阻430及理想馬達435。流過馬達的額外電
25 流將產生額外的扭力驅動輪子越過障礙。當載運器被驅

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(16)

動越過障礙的頂點時不再需要扭力驅動離開障礙，輪子在產生用來驅動越過障礙的額外扭力下會被加速。當輪子被加速時，跨於馬達的反電動勢會增加，且流過R的電流會減少以保持跨於端點411、412的電壓固定。電流

5 減少使理想馬達所產生的扭力降低，藉以降低輪子的加速度。電壓控制模式的優點是理想馬達自然地吸取驅動越過障礙所需的電流，對馬達的控制不需做任何改變。只要電源能供應所需的電流，基本上馬達即是它自己的回授偵測器，且控制環路對馬達的延遲基本上為零。

- 10 另一方面，在電流控制模式時，放大器將經由電阻器430及理想馬達435保持電流固定，直到控制器在下一個處理器時框期間送出新的電流命令。當輪子遇到障礙， ω 降低且跨於理想馬達的反電動勢下降。不過，由於放大器控制器是要保持電流固定，因此允許跨於端點
- 15 411、412的電壓下降。由於電流被放大器控制器保持固定，因此扭力也保持固定。不過，扭力不足以驅動越過障礙，且運動中之載運器的慣性將致使載運器向前傾斜。當載運器開始向前傾斜越過障礙時，無論是經由傾斜誤差的改變或經由速度的改變，平衡控制器偵測到傾斜
- 20 ，並按照美國專利5,971,091所教的控制演算法命令放大器控制器增加電流。馬達放大器將反應增加電流的命令供應額外的電流通過R及理想馬達。增加的電流流過理想馬達將增加施加於輪子的扭力，直到該扭力足以驅動輪子越過障礙。不過，當載運器移動越過障礙時，由
- 25 於輪子不再受阻，增加的扭力將使輪子加速。輪子加速

五、發明說明(17)

將導致輪子使載運器的重心(CG)前移，並致使載運器向後傾斜。平衡控制器經由傾斜誤差的改變或經由速度的改變偵測到此傾斜的狀況，並命令減少供應給理想馬達的電流，藉以降低施加於輪子的扭力。

- 5 如果平衡控制器所致使的延遲可忽略不計，且回授給平衡控制器之速度資訊的精確度夠高，騎乘者將不會察覺到電壓或電流控制間的差異。不過，如果載運器所選用的控制器或軸桿偵測器的頻寬受到限制，在遇到小障礙時，電流控制模式將無法提供電壓控制模式的立即
- 10 反應。在本發明的較佳實施例中，使用低價位的霍爾效應偵測器偵測軸桿的轉動。此外，基於下述的理由，用於電流控制模式之控制法則中所使用之增益的選擇受到限制，致使載運器的反應較電壓控制模式緩慢。

15 騎乘者檢知器

載運器的操作模式包括騎乘者由載運器支撐的模式，但也包括騎乘者不是由載運器支撐的模式。例如，騎乘者在載運器的一旁或後面步行時"驅動"載運器。

- 此外，如果騎乘者在載運器運動中離開載運器，最好能觸發載運器的某些安全特性。圖6a及6b顯示本發明之實施例所使用的騎乘者檢知器機構。圖6a顯示騎乘者檢知器510的頂視圖。與載運器10結合的騎乘者檢知器包括底座12、左輪擋泥板512、右輪擋泥板514、駕駛桿16、手把14(見圖1)。輪子擋泥板512、514分別蓋住對
- 20 應的輪子。駕駛桿16附接於底座12並提供傳送控制鈕32
- 25 應的輪子。

五、發明說明(18)

、34(見圖1)之信號的密封管道，控制鈕可能位於手把上，而控制的電子裝置密封在底座12中。輪子擋泥板512、514堅固地附接於底座的兩側。

底座12的頂提供實質平坦的表面，其大小適合騎乘者舒適地站立在底座12上。墊片521覆蓋底座12的頂面，並提供底座12額外的保護，以防止環境中的顆粒及灰塵進入。在另一實施例中，墊片還覆蓋部分的擋泥板512、514，並用來覆蓋供外部充電電源進入的充電器埠(未顯示)。墊片521可以由能提供足摩擦力的彈性材料製成，以使騎乘者在預期的操作情況下不會從墊片521上滑下。板522位於底座12與墊片521之間。板522是由硬材料製成，俾使當騎乘者站立在墊片上時，騎乘者之足部作用在板522上的力能平均分布，至少其中一個騎乘者檢知器開關523能被啟動。

圖6b顯示騎乘者檢知器510的側視剖面圖。開關523是由彈性材料製成，它可以是整體底座蓋524中的一部分。雖然製造成本可能較高，但開關523與底座蓋524合而為一可消除可能的裂縫源。開關523具有一延伸到底座蓋524下方的頂桿540及延伸超過底座蓋524上方的頂542。當頂542被壓下時，開關523變形以使頂桿540向下朝向密封在底座520內的電路板550位移。在電路板550上有一光學開關，當頂桿540向下位移時，頂桿540遮斷了光源555所產生的光束557，光束的遮斷由光學檢知器556檢知。

墊片緣525附接於底座蓋524的頂部較佳。墊片521

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(19)

具有一提高部527，由連接於墊片緣525的壁部526支撐。壁部526的高度經過選擇，以使當墊片521上沒有重量時板522不會對開關523施加壓力。當騎乘者站在提高部527上時，板522朝向電路板550位移，直到頂桿540遮斷光線。當騎乘者從載運器上下來時，墊片521回到抬起的狀態，使得開關523上升，藉以重建光源555與檢知器556間的光束接觸。

駕駛裝置

10 現請參閱圖7，圖中顯示如圖1所見平衡式載運器10之速克達式駕駛裝置的實施例。電位計602或其它可偵測旋轉軸604之位置的偵測器附接於外殼606內。外殼可以是手把14的一部分(見圖1)。可旋轉的握把608附接於電位計軸604並提供騎乘者抓握。一扭力簧610的一端連接於可旋轉的握把608，另一端連接到電位計602或外殼606。當騎乘者轉動握把608，握把轉動軸604。兩端跨接有電壓的習知技術電位計602產生實質上正比於軸之旋轉的信號。如果騎乘者釋放握把，扭力簧610將握把608及軸轉回中性或零的位置。當握把被釋放於回到它的中性位置時，此允許載運器朝相同方向繼續前進。如果沒有將握把釋放到中性位置，載運器會繼續朝旋轉所剩的方向轉彎。

20 旋轉的方向可用來促使騎乘者向轉彎的方向傾斜。例如，請再參閱圖7，如果騎乘者的右手抓住握把608，騎乘者之手指扭轉的方向對應於右轉。騎乘者之右腕向

五、發明說明(20)

手把外側的轉動促使騎乘者的重量右移到轉彎。將重量移到轉彎方向將有助於載運器的橫向穩定。

現請參閱圖8a-8d，圖中顯示以姆指致動、彈性體
5 阻尼的駕駛輸入裝置620。轉動偵測器622(以電位計較
佳但也可使用任何型式的轉動偵測器)耦合到一相對於
轉動固定的結構，以個人載運器的手把14(見圖1)較佳。
駕駛裝置620的軸桿624反應使用者之姆指628施加於
姆指按鈕630的力關於一樞軸點626彎曲。當軸桿624被
彎曲時，繞樞軸點626的本地轉動被轉動偵測器622讀取
10 ，且一具有轉動特徵的信號被傳送給個人載運器的控制
器。輸入裝置620的軸桿624包括一彈性體的核心632，
外為金屬鞘634所包裹。彈性體核心632例如可以是橡膠。
軸桿624的末梢端636夾於從手把延伸出的兩限制柱
638之間，當使用者轉動裝置的近側端640時，用以限制
15 軸桿624的位移。

使用者轉動近側端640致使軸桿624彎曲，如圖8b所
示。金屬鞘634的作用如同一葉簧，提供反制使用者轉
動裝置的恢復力，並將裝置帶回圖8a所描繪的中性形狀。
彈性體核心632的作用如同一剪簧，它反抗使用者所
20 致使的裝置轉動，當偏斜增加，反抗也增加。當末梢端
636被彎曲時，反抗增加的原因是由於金屬鞘634與彈性
體核心632間滑動的差異所導致。圖8c顯示駕駛輸入裝
置620的背視圖，顯示電位計622產生實質上正比於軸桿
624轉動的信號。圖8d顯示駕駛輸入裝置620的頂視圖，
25 顯示輸入裝置620的近側端640大致呈L形的肘642。虛

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(21)

線外形644描繪駕駛輸入裝置偏斜時的情況，與圖8b對應。

按照本發明的另一實施例，圖1之個人載運器10的另一型駕駛裝置如圖9a及9b所示。手掌駕駛裝置650安裝在手把14的表面上。圖9a描繪靜止狀態，槓桿652的上表面652與手把14的上表面656實質地平行且與其實質地齊平。槓桿652被限制只能繞實質上與地面平行且與載運器前進方向實質平行的樞軸658轉動。騎乘者將手掌置於槓桿652上，繞樞軸658壓槓桿652朝向一側660或另一側致使產生駕駛信號。駕駛信號是由位在樞軸658的轉動偵測器662或由位在槓桿支點兩側的壓力偵測器664產生。

慣性量測單元

慣性量測單元(IMU)安裝有供處理器使用的偵測器以決定載運器的方向及速率。經由使用兩套IMU可以實現完整的冗餘，且以實體地相互分隔為佳，並由各自獨立的電源供應器供應電力較佳(如圖2所示)。冗餘的IMU裝在同一個封裝內，但要保持獨立的電源供應器及到相互分離之兩處理器的獨立信號線路。

在本發明的實施例中，A側與B側的IMU 181及182(見圖2)是裝在單一個封裝內。配置每一個IMU用來量測關於載運器之3軸(傾斜、偏向、滾轉)、2軸及單軸的方向。在其它實施例中，配置的A側及B側每一個IMU用來量測載運器關於3軸的方向。在另一實施例中，使用

五、發明說明(22)

一個3軸的IMU與一個單軸的IMU配對。

5 每一個IMU包括一偵測器190(見圖2)以及支援偵測器的電子電路。偵測器可以是任何能產生用以指示偵測器之方向或方向改變率之信號的裝置。所產生的信號與偵測器之方向或方向改變率幾近正比較佳，不過，其它的相關也在本發明的範圍內。例如，偵測器可以是液面擺動傾斜偵測器、物理的迴轉儀、固態迴轉儀、加速儀、或是配置成直線且其間分隔一已知距離的一對接近偵測器。在本發明的其它實施例中，固態迴轉儀與液面傾斜偵測器配合使用。液面傾斜偵測器用來修正固態迴轉儀的漂移，如美國專利09/458,148中的描述，併入本文參考。

單軸IMU由一固態迴轉儀及一傾斜偵測器構成，兩個偵測器都提供對應於載運器之傾斜方向的信號。3軸的IMU由至少3個固態迴轉儀及傾斜偵測器構成。也可安裝可提供關於3個相互垂直軸之任何轉動之混合信號的迴轉儀。另者，也可安裝迴轉儀以避免迴轉儀信號的飽合。迴轉儀的方向視安裝IMU之容器的空間限制、迴轉儀的飽合限制、以及載運器的預期性能要求而定。在本發明的一實施例中，3軸IMU由4個固態迴轉儀及一個傾斜偵測器構成。使用4個迴轉儀能使IMU偵測其中任何一個迴轉儀是否故障。雖然無法決定到底是那一個迴轉儀故障，但知道有故障就足以警告處理器採取如下所述的適當行動，同時保持騎乘者的安全與舒適。

25

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(23)

處理器

在本發明的各種實施例中，在處理器上執行控制程式以決定載運器的動態並根據載運器的動態及騎乘者的任何命令計算適當的命令傳送給馬達放大器控制器。在較佳實施例中，處理器也可計算適當的開關命令傳送給功率級324(見圖4)，藉以不需要單獨的放大器控制器。處理器可以是適合控制馬達的數位信號處理器(DSP)。支援處理器所需的電路及相關的電子組件在電子控制電路技術的領域中都是習知技術。

10 現請參閱圖10，圖中顯示處理器所執行之控制程式的邏輯流程圖。當騎乘者啟動載運器時，控制程式執行初始化程序705。初始化程序執行處理器間的冗餘檢查，任何子系統的故障檢查，以及IMU的初始化。在子系統及處理器都通過初始化檢查及IMU被初始化之後，初始化程序告知騎乘者該載運器已準備就緒。告知的方法包括聲音或視覺的指示器，如音調或光。在較佳實施例中，初始化程序在單軸狀態估計器完成初始化之後即給予騎乘者完成準備的通知。此允許騎乘者開始使用載運器，同時3軸狀態估計器仍在初始化當中。

20 接下來，程式在710檢查騎乘者的命令及載運器狀態偵測器的信號。騎乘者的命令可包括前述的騎乘者檢知器，偏駛命令，傾斜調整命令，緊急剎車命令，以及模式改變命令。載運器狀態偵測器的信號包括量測載運器組件之溫度的偵測器，諸如量測電池或馬達溫度，或
25 電位偵測器用以量測電池組的電壓。狀態偵測器也包括

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (24)

IMU中的偵測器。

程式在715根據來自IMU的偵測器信號決定載運器的方向。在較佳實施例中，標示為A側IMU的IMU是由4個固態迴轉儀及一個雙軸傾斜偵測器所構成的3軸IMU，與標示為B側IMU的1軸IMU配對使用。程式首先檢查A側IMU中的迴轉儀是否故障，檢查方法是比較來自4個迴轉儀之2個子集的混合信號，如果程式決定4個迴轉儀中有一個故障，程式會設定一A側IMU故障的旗標，如下所述，它將啟動一程序將載運器帶至一安全狀況。程式也根據來自B側IMU的信號估計載運器的方向。如果A側IMU沒有故障，B側的估計會與A側的估計比較。如果B側與A側間的估計不同且超出一預設量，則程式將設定B側IMU故障的旗標，這也將啟動安全狀況程序。如果B側估計與A側估計在預設量之內，則在未來的處理中，程式將不理會B側估計只使用A側估計，並知道萬一A側IMU故障時，B側IMU可以安全地將載運器帶至停止。

本發明的另一實施例是A側及B側IMU都是單軸的狀態估計器。

程式在720產生輪子馬達的控制。程式的此部分也稱為平衡控制器。平衡控制器描述於美國專利5,971,091及美國專利申請案09/458,148，皆併入本文參考。

輪子馬達的命令是經由具有以下型式的控制定律產生：

五、發明說明 (25)

命令 = $K_1\theta + K_2\theta_r + K_3x + K_4x_r$

其中

- θ = 載運器的傾斜誤差
- θ_r = 載運器的傾斜率誤差
- 5 x = 載運器的位置誤差
- x_r = 載運器的速度誤差

動態變數是以誤差項的型式表示，其定義為所要的
值減去量測值。例如， θ 是所要的載運器傾斜減去量測
的載運器傾斜。量測的載運器傾斜與傾斜率是從IMU的
10 信號決定。量測的載運器位置與載運器的速度是由軸桿
回授偵測器決定。為平衡操作，所要的傾斜率設定為零
。所要的傾斜可由騎乘者經由一傾斜調整控制加以調整
，在載運器操作期間也可經由控制程式加以調整。

可調整的係數 K_1 、 K_2 、 K_3 、 K_4 通常稱為增益，集合
15 在一起構成一係數組，它定義操作模式。當係數的值改
變時，載運器的反應性與穩定性也改變。使用者在選擇
載運器的操作模式時即將增益設定到一值。例如，通常
將 K_3 設定為零以允許載運器行進，但是，有時 K_3 也可
設定成正值，以使載運器在靜止點時能保持平衡。

20 在一實施例中， K_1 設定成正值， K_2 、 K_3 、 K_4 設定成
零。在此操作模式下，載運器不會自動地平衡，但騎乘
者可以保持平衡且騎乘者可在行進中調整他或她在首/
尾方向的重量以控制載運器的首/尾向移動。它不像機
動化的速克達或機動車，在控制首-尾向移動時騎乘者
25 能保持橫向平衡，僅以非零的 K_1 操作本發明的載運器

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(26)

時，在控制首-尾向移動的同時，尚需騎乘者保持首-尾方向的平衡。以此模式操作載運器需要較高的技巧水準，它的娛樂價值對某些騎乘者而言具有吸引力。

在其它實施例中，將 K_1 、 K_2 設定成非零的正值， K_3 、 K_4 設定成零。在此模式中，載運器具有保持平衡的能力，且在傾斜方向需要一穩態的"誤差"(或"偏差")以便保持一穩態的速率。不過，騎乘者可發展出在平衡狀態中操作載運器同時經由適當控制騎乘者之重量的移動以避免不穩定性的技巧。

10 在典型的操作中，僅將 K_3 設定成零。在此模式中，當以穩定的速率行進時，載運器保持小的傾斜"誤差"。可藉由調整每一個增益相互間的相對值加以修改載運器的反應。例如，如果將 K_1 增加，騎乘者將感覺到一較剛性的反應，這是因為稍微向前傾身，即可致使大的輪子命令以向前行進越過路面凸塊或快速地向前加速。不過，各增益無法以完全不相關的方式調整且仍使載運器保持穩定。偵測器信號(速度、傾斜、傾斜率等)的頻寬以及致動器的頻寬(傳動的剛性，扭力頻寬)對所能達到的剛性加諸了上限。例如另一例，如果軸桿回授偵測器有20 能力以極小的延遲提供高解析的速度信號，且處理器的框率夠高，則增益可提高以提供一剛性的載運器反應同時避免振動的不穩定性。反之，如果軸桿回授偵測器所產生的速度信號有雜訊，或處理器的框率平平，提高增益的能力就受到限制，且騎乘者將感受到載運器"軟棉棉"或"拖泥帶水"的反應。

五、發明說明 (27)

在圖 10 的步驟 725 比較 A 與 B 處理器 135、145 (見圖 2) 所產生的馬達命令。如果兩命令間的差超出一預設值，即會設定一處理器故障旗標，該旗標將啟動載運器的安全停機常式。如果馬達命令在預設值內，則兩命令被平均，且在步驟 730 將平均後的命令送到馬達放大器控制器。程式在 735 檢查內部時計並在適當的時間將執行傳送給 710。程式環路 710、715、720、725、730、735 稱為框，每秒至少執行 5 次，較佳是每秒至少執行 100 次。框的執行速率低於 100Hz 可能會使騎乘者感覺到載運器不平穩或不穩定。框率愈高，騎乘者所感覺到的載運器穩定性也愈佳。

閉環路的偏駛控制

載運器的駕駛或偏駛控制是由傳送到輪子放大器的另一轉向命令所達成，此命令的型式如下：

LeftCmd=BalCmd+YawCmd (1)

RightCmd=BalCmd-YawCmd (2)

LeftCmd 及 RightCmd 分別是控制器送給左及右馬達放大器的命令。如果放大器是電壓控制模式，則 LeftCmd 與 RightCmd 代表電壓，如果放大器是電流控制模式則是電流，如果放大器是工作周期控制模式則是工作周期。BalCmd 是控制器傳送給每一個放大器用以保持載運器在移動或靜止時之平衡狀態的命令。YawCmd 經由減少送給其中一個輪子的命令同時增加送給另一個輪子的命令以致使載運器轉向。例如，正的 YawCmd 增

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝訂線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (28)

加送給左輪的命令同時減少送給右輪的命令，藉以致使載運器向右轉。YawCmd可以由前述沒有回授環路的偏駛輸入裝置產生。

除了駕駛載運器外，偏駛控制器也要對短暫的偏駛干擾較鈍感。偏駛干擾的例子之一是當其中一個輪子越過小障礙或凸塊時。遇到障礙的輪子會變慢，然而其它的輪子仍以原速度繼續前進，因此，會使載運器朝障礙的方向轉向。在行進方向之突然非命令的改變是任何載運裝置所不欲見的。在較佳實施例中，閉環路偏駛控制器的實施是按照以下的控制定律：

YawCmd= $k_p \psi_{error} + k_d \psi'_{error}$ (3)

其中， ψ_{error} 是 $(\psi_{desired} - \psi)$ ， ψ'_{error} 是 $(\psi'_{desired} - \psi')$ ， ψ' 是偏駛率 $\psi' = c \cdot (\omega_R - \omega_L)$ ， ψ 是偏駛 $\psi = \int \psi' dt$ ， k_p 、 k_d 及 c 是常數， ω_R 、 ω_L 分別是右及左輪的角速度。所要的偏駛率 $\psi'_{desired}$ 及所要的偏駛 $\psi_{desired}$ 由控制器或由騎乘者提供。經由選擇較大的 k_d 值可以使載運器對偏駛干擾較不敏感。如果 k_d 值大，小的偏駛率誤差將會產生大的YawCmd，它將反制任何因干擾所造成的載運器轉向。不過，如果 k_d 值太大，載運器易受偏駛不穩定的影響，其部分視輪子的機械特性而定，部分則視左與右輪間的耦合行為而定。

增益 k_p 用來修正偏駛位置誤差。視致動器的驅動方法(電流模式、電壓模式或工作周期模式)而定， k_p 對降低干擾力所引進的偏駛誤差多多少少有些重要。

在一實施例中，分別以左與右輪的角速度 ω_R 或 ω_L 取

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明(29)

代偏駛率動態變數 $\psi' = c \cdot (\omega_R - \omega_L)$ 以修改左及右輪的偏駛控制定律。以輪子的速度取代偏駛控制定律中的偏駛率即可消除左與右輪間的耦合，藉以允許阻尼增益 k_d 設定成較高的值，以得到較剛性的偏駛控制。不過，輪子的機械特性對 k_d 加諸了上限，並因此限制了載運器的偏駛剛性。

如以上的討論，馬達放大器 132、133、142、143 以電壓控制模式操作較佳。如所討論，電壓控制允許馬達提供幾乎瞬間的回授環路，以保持由於馬達之反電動勢所造成之暫態事件期間的輪子速度。控制電壓的效果是在偏駛控制定律中加入一正比於 $k^2 \omega / R$ 的項，其中 k 與 R 是馬達的特性，如參考圖 5 所做的描述， ω 是用於右或左偏駛控制定律之左或右輪的速度。

15 摩擦力控制

如前文中的討論，控制器經由功率放大器及輪子馬達控制輪子的扭力或輪子的速率(在後文中統稱為輪子的扭力)以使載運器保持在動態平衡狀態。控制器經由慣性參考裝置監視載運器的方向並調整輪子的扭力以保持平衡。輪子之控制與載運器之方向間的耦合視輪子與下方表面(在後文中稱其為地面)間的摩擦力而定。如果下令給輪子的扭力超過輪子與地面間的摩擦分離力，輪子將打滑，且對控制器將載運器保持在平衡狀態的能力有不利的影響。如果騎乘者的加速(或減速)企圖快過輪子與地面間之局部條件所允許，可能發生第一類型(在

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (30)

後文中稱為 "Type I") 的摩擦力喪失。當載運器遇到地面一滑溜點 (如 black ice) 或當載運器喪失與地面的接觸 (例如當驅動載運器離開坡道) 時，可能發生第二類型 (在後文中稱為 "Type II") 的摩擦力喪失。於此二種類型之摩

5 擦力喪失中，當輪子打滑時，輪子會加速。

現請參閱圖 11，圖中顯示按照本發明之實施例控制摩擦力之方法的流程。在 810，控制器連續地監視輪子速率並計算輪子的加速度 A_w 。在 820，控制器根據前步驟 810 所得到的輪子加速度除以前述平衡常式所提供的命令扭力估計輪子慣性的倒數 J_w 。發明人等發現，輪子慣性的倒數是可用來區別 Type I 或 Type II 之摩擦力喪失的輪子特性。在 830，所計算的輪子加速度與預設值 A_{MAX} 比較。預設值對應於喪失摩擦力的加速特性，且與載運器的特性相關，在某種程度上可以很容易地決定

10 如果 A_w 大於 A_{MAX} ，控制器在 835 設定一旗標指示滑動狀況。控制器在 840 檢查旗標，如果沒有設定旗標，則控制器在 870 執行扭力變動 (slewing) 常式，如前所述。如果旗標被設定指示有滑動狀況，則控制器釋放滑動的輪子。此可經由解除馬達放大器對滑動之輪子的控制達成。

15 在本發明的較佳實施例中，控制器在 850 設定一能補償命令扭力的負扭力，如此，送到馬達放大器之補償扭力與命令扭力的和為零，藉以允許輪子自由轉動，並降低輪子的加速度。在本發明的另一實施例中，將補償扭力設定到使補償扭力與命令扭力的和小於命令扭力的

20 值。

25

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明 (31)

在860，控制器比較輪子慣性的倒數 J_w 與預設值 J_{min} 。
如果 J_w 小於 J_{min} ，則控制器在865清除滑動旗標。輪子慣性的倒數項可用來清除滑動狀況是因為它可區別摩擦力的喪失是屬於Type I或Type II。例如，如果輪子喪失與表面的接觸， J_w 將非常大，因為慣性矩僅包括輪子且很小。反之，當輪子保持與地面接觸時 J_w 將很小，因為慣性矩將包括整台載運器且很大。

在870，補償扭力被減少或變動到零。此使得在載運器從滑動狀態恢復之後，騎乘者能經歷較平順的過渡。

減速到零

如前文中的討論，騎乘者可經由傾身以控制載運器的首/尾移動。不過，可能發生的情況是騎乘者在能反應該情況前，必須先使載運器安全地停止。例如，如果平衡控制器所使用的組件故障，控制器可能無法在保持動態平衡的狀況下移動載運器。如果組件的故障被偵測到，控制器即執行減速到零的常式以自動地將載運器帶到停止，藉以允許騎乘者能在控制器喪失保持動態平衡的能力前離開載運器。

圖12顯示減速到零之常式的流程圖。每一個控制器框在910進入常式。在920如果沒有偵測到關鍵故障，常式在930離開。關鍵故障是會影響平衡控制器的任何一種狀況。例如，電池開路狀況、CPU/RAM故障、馬達繞組開路狀況、馬達繞組短路狀況、或傾斜偵測器故障

五、發明說明(32)

，指出該組件的冗餘已喪失，控制器應將載運器帶至停止。其它故障，諸如電池過熱或馬達過熱可能指示組件即將發生故障，也可用來初始化常式以將載運器減速至停止。

5 限制載運器行進速率的功能描述於美國專利5,791,425，該文併入本文參考。如果在930偵測到關鍵故障，在940，在偵測到故障的同時，控制器經由變動(slewing)速率極限將載運器帶至停止。熟悉一般技術之人士應瞭解，變動是使一變數從它的原始值經過數個控

10 制器框增量地改變到最終值的處理。由於每一個控制器框對應一時間間隔，完成變動處理所經過的框數即對應於將載運器帶至停止所花的時間。停止的時間視數個載運器的相依因數及騎乘者的舒適度而定。例如，如果載運器是被突然停止，在突然及不預期停止時騎乘者會感

15 到不舒適。反之，如果停止的時間太長，備用組件可能故障的機率也增加。在另一例中，停止時間可能是根據載運器中特定偵測器的特性而定。在本發明的一實施例中，使用傾斜偵測器修正迴轉儀的漂移。如果傾斜偵測器故障，迴轉儀所提供的資訊可能仍能滿足平衡控制器的需要，直到迴轉儀漂移所產生的誤差對控制器保持載

20 運器之動態平衡狀態的能力產生不利的影響。如果迴轉儀的漂移率低，資訊可以保持很長一段時間的正確性，因此可有較長的停止時間可供使用。反之，如果迴轉儀的漂移率高，停止時間就得很短。在本發明的實施例中

25 ，停止時間在1到10秒之間，以2到4秒較佳。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(33)

- 視特定的故障狀況而定，減速到零的常式可用來調
整命令以傳送到所剩非故障的組件用以補償故障的組件
。例如，如果馬達繞組故障，馬達仍繼續操作但僅剩下
一半的功率。其中一個馬達的功率突然下降會致使載運
5 器突然轉向。為防止此突然的轉向，操作馬達繞組的命
令被加倍以補償故障的繞組。不過，傳送到剩下馬達繞
組的命令加倍會超過馬達放大器的操作極限，導致放大
器故障。馬達放大器可在超過其操作極限下工作的預期
時間長度可用來決定停止的時間。
- 10 載運器不需要剎車，意指不需要施加外來反向扭力
給輪子的裝置，因為控制器及馬達放大器乃是直接控制
輪子的位置。如前所述，載運器的首-尾移動由騎乘者
的傾身來控制，因此，如果騎乘者希望停止，騎乘者僅
需向載運器移動方向的反方向傾身即可。雖然騎乘者的
15 動作是行走之人會做的自然移動，不過，騎乘者操作動
力載運器的習慣是使用剎車使載運器減速，且在無法預
期的情況下會出於本能地伸手去操作剎車而非僅向後傾
身。
- 本發明的一實施例在把手中結合了剎車控制。剎車
20 控制可以是一簡單的2階段裝置，諸如 on-off 開關，或
是能產生正比於騎乘者之輸入之信號的比例式裝置。啟
動剎車致使控制器執行前述減速到零的常式，不過需作
以下的修改。在920的"故障狀況"是剎車開關的啟動。
由於在此情況的故障不是平衡控制器所使用的組件，因
25 此，停止時間(變動處理所經過的處理器框)可以延長到

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(34)

使騎乘者更舒適的速率。在一實施例中，停止時間在5到10秒之間。

如果剎車控制是比例式裝置，如壓力偵測器，減速的速率可由騎乘者施加於剎車控制的壓力加以控制。如果騎乘者施加的壓力大，則藉減少變動的框數以增加減速的速率。反之，如果施加的壓力小，則藉增加變動的框數以降低減速的速率。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

五、發明說明 (35)

圖式之代號說明：

代表 符號	名	稱	代表 符號	名	稱
8	使用者		146	B組DC-DC轉換器	
10	平衡式個人載運器		147	通信通道	
12	平台		148	傾斜調整裝置	
14	手把		150	隔板	
16	駕駛桿		161	騎乘者檢知器	
20	左輪		162	騎乘者檢知器	
21	右輪		163	騎乘者檢知器	
26	地面接觸模組		164	騎乘者檢知器	
32	姆指輪		171	偏駛輸入裝置	
34	姆指輪		172	偏駛輸入裝置	
110	左馬達		173	使用者介面處理器	
111	左馬達繞組		174	使用者介面處理器	
112	左馬達繞組		175	剎車開關	
113	左軸桿反饋裝置		181	慣性量測單元	
120	右馬達		181	慣性量測單元	
121	右馬達繞組		182	慣性量測單元	
122	右馬達繞組		182	慣性量測單元	
123	右軸桿反饋裝置		200	電源供應器	
130	A托架		205	托架	
131	A組電源		210	電池區塊	
132	A組馬達放大器		215	電池單元	
133	A組馬達放大器		220	連接器	
135	A處理器		230	電源供應控制器	
136	A組DC-DC轉換器		235	溫度偵測器	
137	通信通道		240	ID晶片	
138	顯示器		300	動力模組	
140	B托架		308	微分器	
141	B組電源		310	平衡處理器	
142	B組馬達放大器		320	馬達放大器	
143	B組馬達放大器		322	放大器控制器	
145	B處理器		324	功率級	

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

五、發明說明(36)

代表 符號	名	稱
330	馬達	
332	軸桿	
332	旋轉軸桿	
335	軸桿回授偵測器	
337	線圈引線	
340	電源	
342	外部的回授環路	
410	馬達	
411	馬達的端點	
412	馬達的端點	
420	轉軸	
430	電阻器	
435	理想馬達	
510	騎乘者檢知器	
512	左輪擋泥板	
514	右輪擋泥板	
520	底座	
521	墊片	
522	板	
523	騎乘者檢知器開關	
524	底座蓋	
525	墊片緣	
526	壁部	
527	墊片的提高部	
540	開關的頂桿	
542	開關的頂部	
550	電路板	
555	光源	
556	光學檢知器	
557	光束	
602	電位計	
604	旋轉軸	

代表 符號	名	稱
606	外殼	
608	可旋轉的握把	
610	扭力簧	
620	駕駛輸入裝置	
622	轉動偵測器	
624	軸桿	
626	樞軸點	
628	使用者的拇指	
630	拇指按鈕	
632	彈性體核心	
636	軸桿的末梢端	
638	限制柱	
640	軸桿的近側端	
642	近側端呈L形的肘	
650	手掌駕駛裝置	
652	槓桿	
656	手把14的上表面	
658	樞軸	
662	轉動偵測器	
664	壓力偵測器	

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

四、中文發明摘要（發明之名稱： 個人載運器之控制

）

控制機動化平衡式載運器的方法，該載運器具有兩輪，在正常操作時與地面接觸。在偵測到故障狀況後，控制變數以指定的增量朝目標值的方向調整，直到控制變數等於目標值。使用者可以加速進入平衡式載運器的操作，首先是初始化單軸穩定器，並於初始化3軸穩定器之時，允許載運器的操作，並接著完成3軸穩定器的初始化。保持輪子與下方表面間的摩擦力係藉由比較輪子的加速度與指定之預設值，並根據存在的滑動狀況增量地減少施加於輪子的扭力，並根據所決定之輪子的動態特性(如慣性矩的倒數)值以清除滑動狀況。

英文發明摘要（發明之名稱： Control of A Personal Transporter

）

Methods for controlling a motorized balancing transporter that has two wheels in contact with the ground in normal operation. Upon
5 detection of a fault condition, a control variable is adjusted at a specified increment in the direction of a goal value until the control variable equals the goal value. A user is afforded accelerated access to operation of the balancing transporter by first initializing a single-axis stabilizer, and, while initializing a 3-axis stabilizer, allowing operation
10 of the transporter, and then completing initialization of the 3-axis stabilizer. Traction is maintained between wheels of a transporter and an underlying surface by comparing acceleration of a wheel with a specified pre-set value and incrementally reducing the torque applied to the wheel based on the existence of slip condition, with the slip
15 condition cleared on the basis of a determined value of a dynamic characteristic of the wheel such as the inverse moment of inertia.

六、申請專利範圍

1. 一種自動減速載運器的方法，該載運器具有一控制器，用以部分根據控制變數控制載運器的運動，該方法的步驟包括：
- 5 (a) 檢知故障狀況；
- (b) 設定控制變數的目標值；
- (c) 朝目標值的方向以指定的增量調整控制變數；以及
- (d) 重複步驟(a)-(c)直到控制變數等於目標值。
2. 如申請專利範圍第1項的方法，其中的目標值是零。
- 10 3. 如申請專利範圍第1項的方法，其中的控制變數是載運器的速率。
4. 如申請專利範圍第1項的方法，其中的故障狀況是馬達繞組開路。
5. 如申請專利範圍第1項的方法，其中的故障狀況是剎車開關閉路。
- 15 6. 一種用於載運器自動減速的系統，該系統包括：
- (a) 故障檢知電路，用以產生故障狀況信號；以及
- (b) 控制器，用以：
- 20 i. 部分根據控制變數控制載運器的運動；
- ii. 接收故障狀況信號；
- iii. 設定目標值；
- iv. 朝目標值的方向以指定的增量調整所要調整的控制變數；以及
- v. 重複步驟i-iv直到所要的控制變數等於目標值。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

六、申請專利範圍

7. 一種提供使用者加速進入平衡式個人載運器之操作的方法，該方法包括：
- (a) 初始化單軸穩定器；
 - (b) 開始3軸穩定器的初始化；
 - 5 (c) 通知騎乘者載運器已完成使用準備；
 - (d) 允許操作載運器；
 - (e) 完成3軸穩定器的初始化；以及
 - (f) 使用3軸穩定器控制平衡式個人載運器。
8. 一種騎乘者檢知器，用以檢知騎乘者是否站在兩輪式動態平衡載運器的底座上，該檢知器包括：
- 10 (a) 一墊片覆蓋於載運器的底座，該墊片包括：
 - i. 墊片緣，附接於底座；
 - ii. 墊片壁，具有底部與頂部，底部附接於墊片緣；
 - 15 iii. 墊片蓋，具有頂表面及底表面，墊片蓋附接於墊片壁，並支撐於底座上；以及
 - (b) 一開關，安裝於底座並位於墊片蓋的底表面下方，當墊片蓋被移置與開關接觸時，開關從第一狀態改變到第二狀態。
- 20 9. 如申請專利範圍第8項的的騎乘者檢知器，還包括一硬板，置於墊片蓋之底表面的下方。
10. 一種靜態不穩定的機動化個人載運器，包括：
- (a) 一底座，用以支撐騎乘者；
 - (b) 一對橫向配置的輪子，用以支撐底座高於一表面

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

六、申請專利範圍

- ;
- (c) 用於驅動一對輪子的機動化驅動；
 - (d) 傾斜偵測器，耦合到底座，該偵測器產生指示載運器傾斜的信號；以及
 - 5 (e) 控制器，用以只根據載運器的傾斜來控制機動化的驅動。
11. 一種控制具有兩個橫向配置之輪子及一傾斜偵測器之靜態不穩定機動化個人載運器的方法，該方法包括：
- (a) 從傾斜偵測器決定載運器的傾斜；以及
 - 10 (b) 僅根據載運器的傾斜產生控制信號；以及
 - (c) 將控制信號傳送給機動化的驅動。
12. 如申請專利範圍第11項的方法，在產生步驟之後，進一步包括以下步驟：
- (a) 根據傾斜偵測器所決定的傾斜估計載運器的傾斜
 - 15 率；以及
 - (b) 僅根據估計的傾斜率修改控制信號。
13. 一種用於具有把手之機動化載運器的駕駛裝置，該駕駛裝置包括：
- (a) 轉動偵測器，耦合到把手用以在轉動後產生駕駛
 - 20 命令；
 - (b) 可轉動的握把，用以給予轉動偵測器旋轉運動；以及
 - (c) 扭力簧，用以在釋放握把後使可轉動的握把恢復到中性位置。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂
線

六、申請專利範圍

14. 如申請專利範圍第13項的駕駛裝置，其中的轉動偵測器是電位計。
15. 一種駕駛裝置，用於具有使用者支托的機動化載運器，該駕駛裝置包括：
- 5 (a) 轉動偵測器，耦合到相對於使用支托固定的結構，用以在偵測到轉動後產生一駕駛命令；
- (b) 一可彎曲的軸桿，耦合到轉動偵測器；
- (c) 姆指按鈕，用以彎曲可彎曲的軸桿，藉以提供轉動偵測器之轉動的量測；以及
- 10 (d) 一簧構件，用以提供反制可彎曲軸桿彎曲的力。
16. 如申請專利範圍第15項的駕駛裝置，其中的簧構件包括一彈性體的核心及包圍在核心外的金屬鞘。
17. 一種用於提供在下方表面上朝行進方向運輸之機動化載運器的駕駛裝置，機動化的載運器具有一把手供使用者抓握，駕駛裝置包括：
- 15 (a) 一槓桿，具有一上表面，與把手實質地齊平，槓桿可被使用者的手掌繞實質平行於下方表面且實質平行於載運器行進方向的樞軸移動；
- (b) 一恢復構件，用以抵制槓桿離開中性位置的移動；以及
- 20 (c) 一偵測器，用以偵測槓桿離開中性位置的移動，並產生反應該移動的駕駛命令。
18. 如申請專利範圍第17項的駕駛裝置，其中的偵測器是轉動偵測器，用以偵測槓桿繞樞軸的轉動。

六、申請專利範圍

19. 如申請專利範圍第17項的駕駛裝置，其中的偵測器是壓力偵測器，用以偵測槓桿繞樞軸的轉動。
20. 一種保持載運器的輪子與下方表面間之摩擦力的方法，該方法包括：
- 5 (a) 比較輪子的加速度與指定的預設值；
- (b) 根據輪子的加速度設定一滑動狀況旗標；
- (c) 根據滑動狀況旗標降低施加於輪子的扭力；
- (d) 決定輪子之動態特性的值；以及
- (e) 根據輪子的動態特性值清除滑動狀況旗標。
- 10 21. 如申請專利範圍第20項的方法，其中的動態特性是慣性矩。
22. 如申請專利範圍第20項的方法，其中的動態特性是慣性矩的倒數。
23. 如申請專利範圍第20項的方法，其中決定動態特性的
- 15 步驟包括以施加於輪子的命令扭力驅動加速。
24. 如申請專利範圍第20項的方法，其中降低施加於輪子之扭力的步驟包括將扭力降至零。
25. 如申請專利範圍第20項的方法，其中降低施加於輪子之扭力的步驟包括增量地變動(slewing)扭力。
- 20 26. 一種用以改正載運器上輪子滑動的裝置，該裝置包括：
- (a) 偵測器，用以監視輪子的速率；
- (b) 微分器，用以根據輪子速率的改變計算輪子的加速度；

六、申請專利範圍

(c) 比較器，用以比較輪子的加速度與預設值，並用以設定滑動狀況旗標；以及

(d) 控制器，用以降低施加於輪子的任何扭力，如此，扭力會持續地降低直到滑動狀況旗標被清除。

國際事務所
在常法律事務
所章

5 27. 一種用以控制平衡式載運器中電動馬達的方法，在正常操作時，載運器恰有兩輪與地面接觸，且具有以框率(frame rate)為其特徵的平衡控制器，電動馬達驅動一軸桿以將動力耦合到兩輪其中之一，軸桿是以瞬間的軸桿速度描述，該方法包括：

- 10 (a) 以具有第一頻寬之特徵的內部環路控制功率級的輸出；
- (b) 反應功率級的輸出產生實質上正比於軸桿速度的信號；
- (c) 至少根據軸桿速度信號及某特定的載運器速度以
- 15 等於框率且小於第一頻寬三分之一的速率計算電壓命令信號；以及
- (d) 根據電壓命令信號控制施加於馬達的電壓。

28. 如申請專利範圍第27項的方法，進一步包括經由使用者輸入裝置提供指定之載運器速度的步驟。

20 29. 如申請專利範圍第27項的方法，其中產生實質上正比於軸桿速度之信號的步驟包括微分來自軸桿位置偵測器的信號。

30. 一種用於平衡式個人載運器的速度控制器，該速度控制器包括：

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂線

經濟部智慧財產局員工消費合作社印製

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

六、申請專利範圍

- (a) 馬達，具有一軸桿，用以驅動平衡式個人載運器的輪子；
- (b) 馬達放大器，用以供應功率給馬達，以具有內環路頻寬特徵的速率控制該放大器；
- 5 (c) 軸桿回授偵測器，用以量測軸桿的角速度並提供軸桿速度信號；
- (d) 使用者輸入，用以接收下令之載運器速率的規格；
- (e) 控制器，至少根據軸桿速度信號及下令的載運器速度以小於內環路頻寬三分之一的速率計算電壓命令信號；以及
- 10 (f) 放大器，用以根據電壓命令信號施加跨於馬達的電壓。
- 31. 一種控制具有橫向配置之兩輪機動化平衡式載運器之偏駛的方法，每一輪子都由一馬達致動，每一馬達都由馬達放大器驅動，該方法包括：
- 15 (a) 根據載運器的平衡需求計算送給馬達放大器的命令；
- (b) 根據指定的移動方向增加送給馬達放大器的命令；
- 20 (c) 部分根據增加的命令產生放大器的輸出；
- (d) 偵測放大器的輸出；
- (e) 根據放大器的輸出修改命令；以及
- (f) 將放大器的輸出施加於輪子馬達。

六、申請專利範圍

32. 如申請專利範圍第31項的方法，其中放大器的輸出是電壓。
33. 如申請專利範圍第31項的方法，進一步的步驟包括：
- (a) 偵測每一個輪子的速度；以及
- 5 (b) 根據輪子的速度修改送給兩輪之放大器每一個的命令。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

訂

線

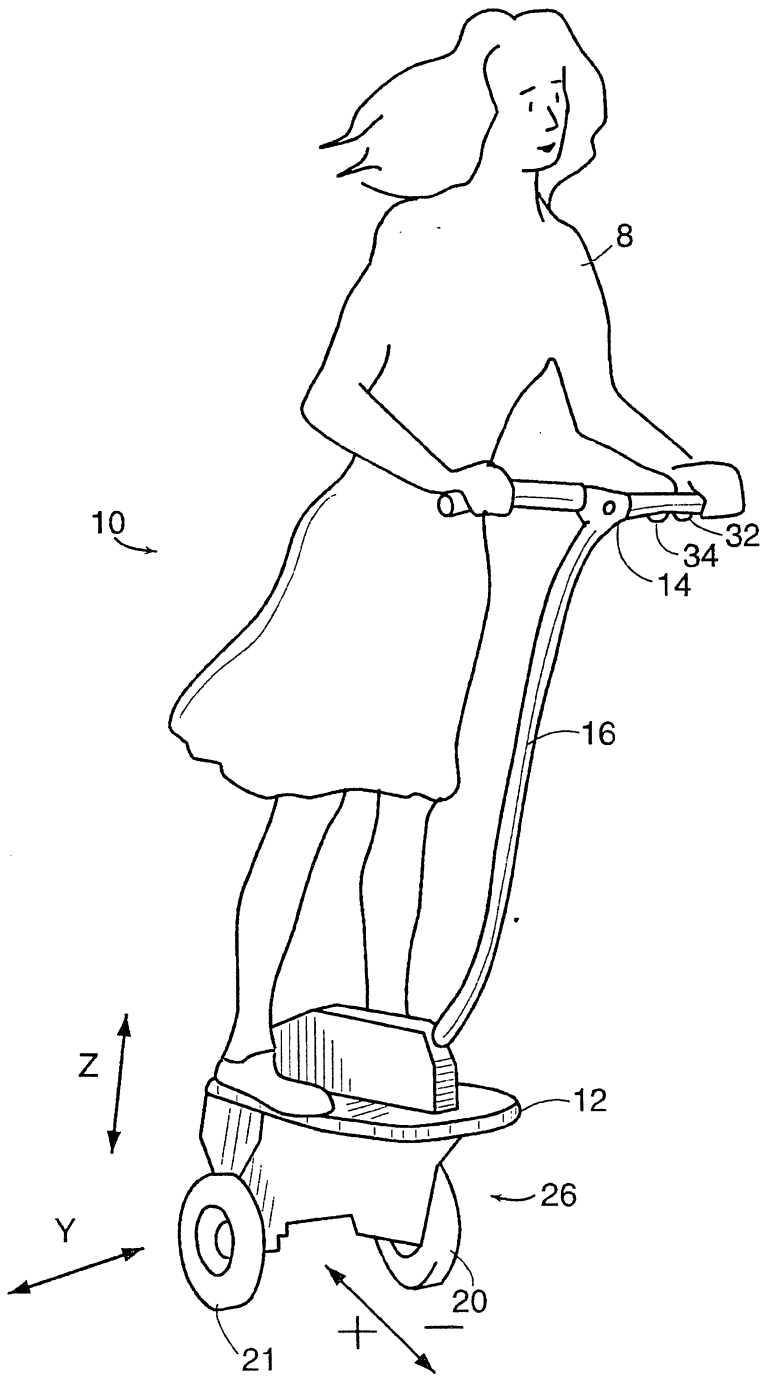


圖 1

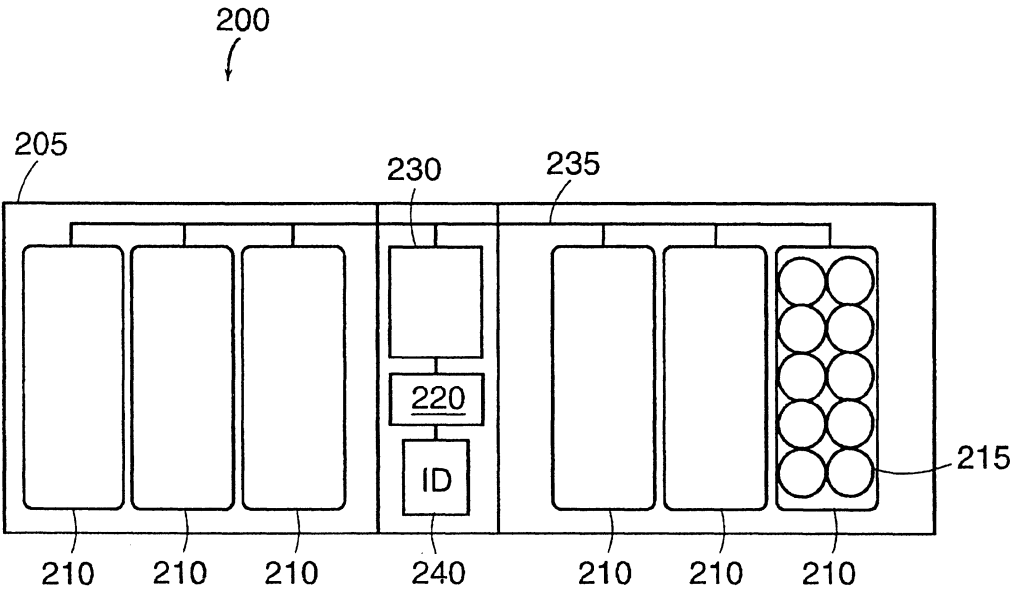


圖 3

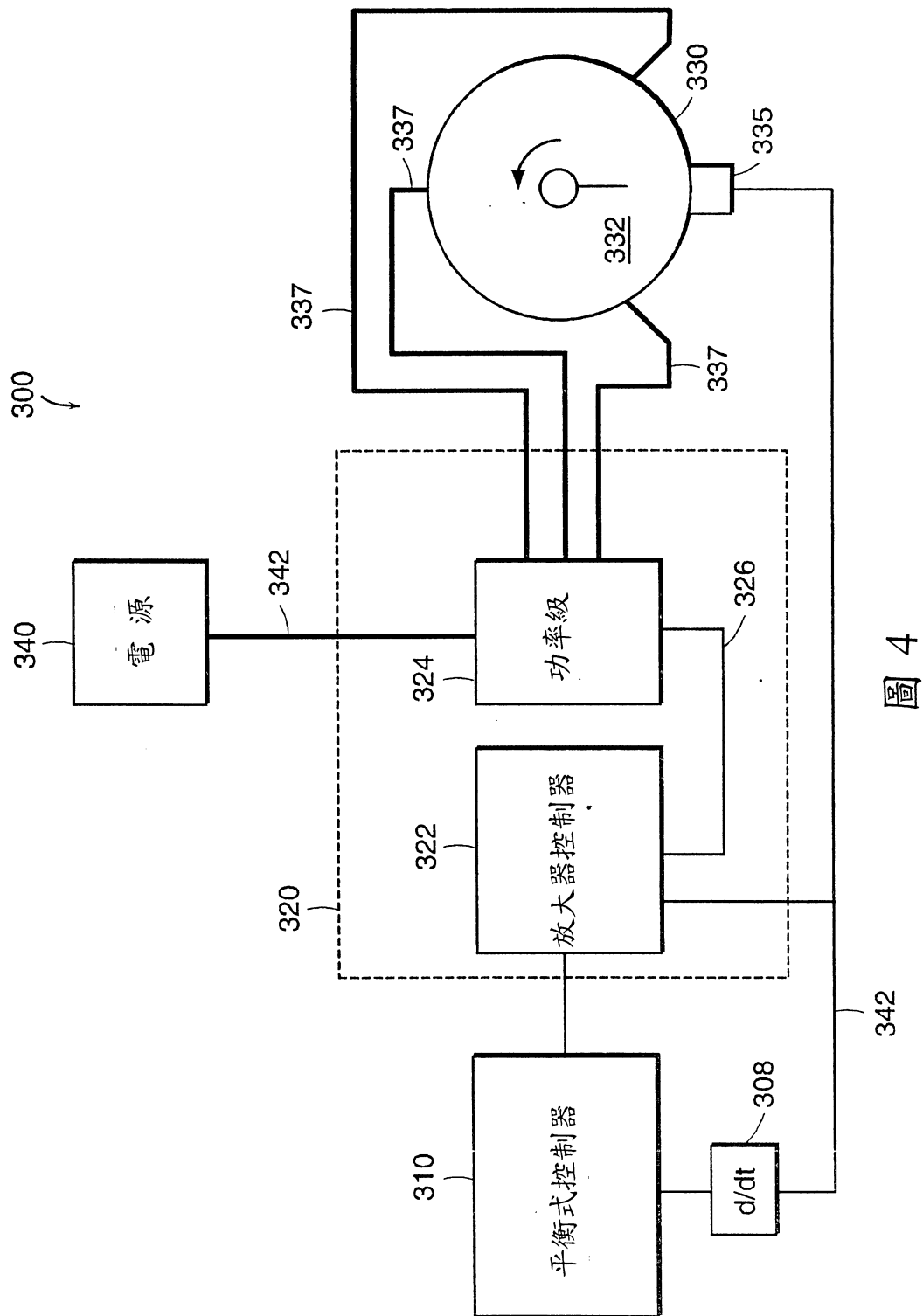


圖 4

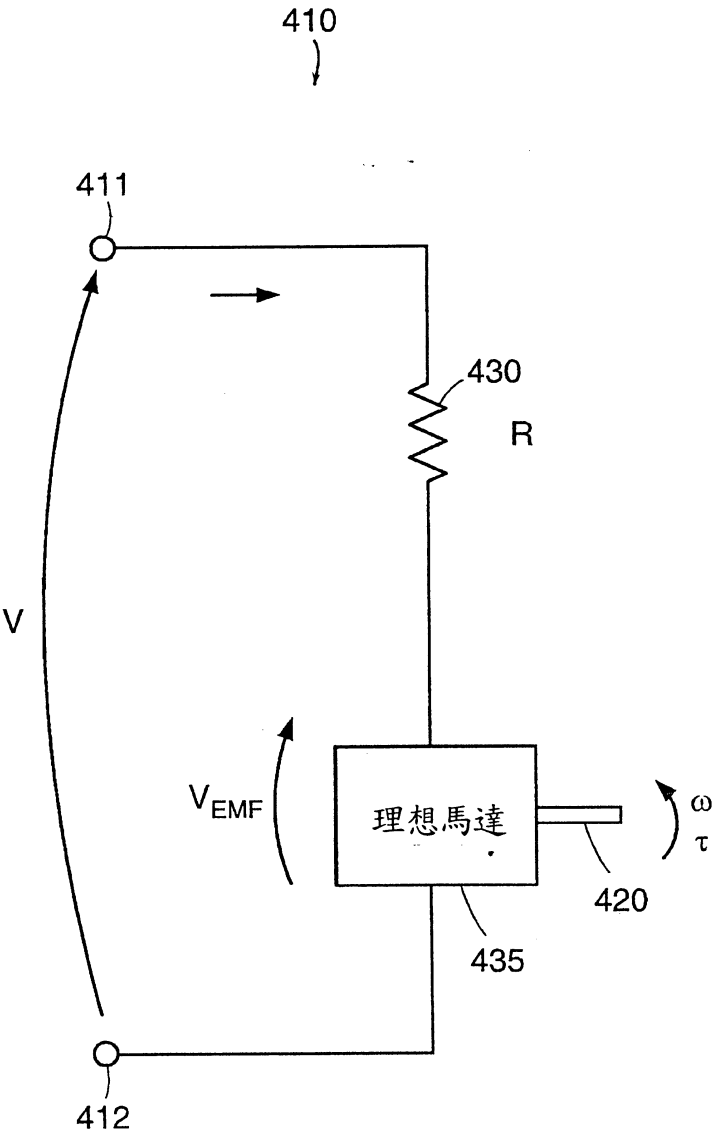


圖 5

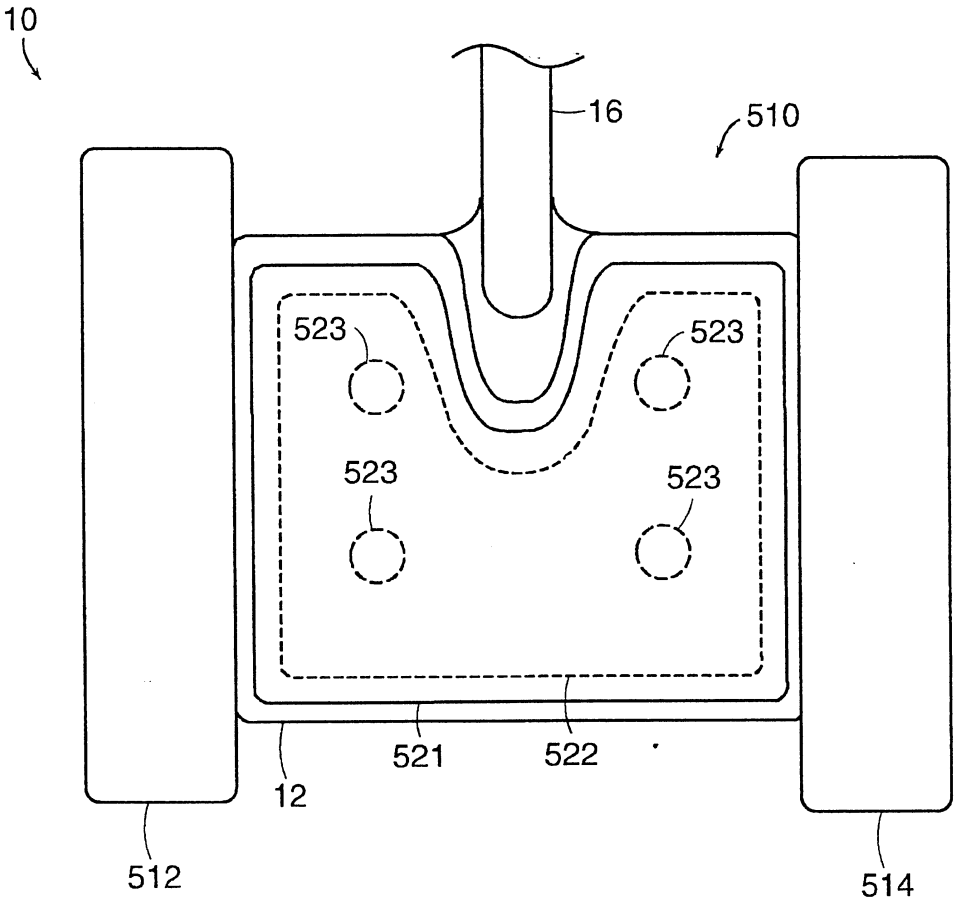


圖 6a

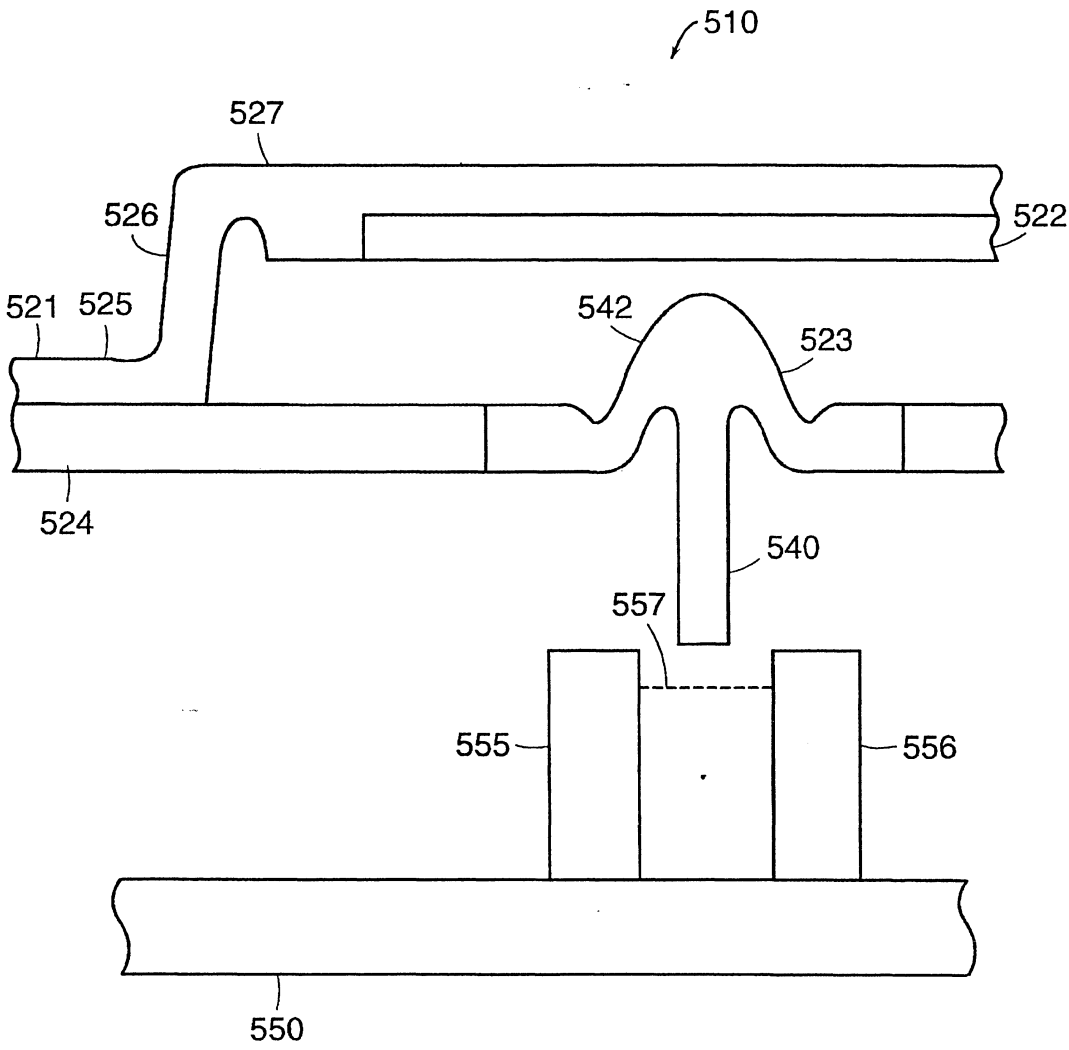


圖 6b

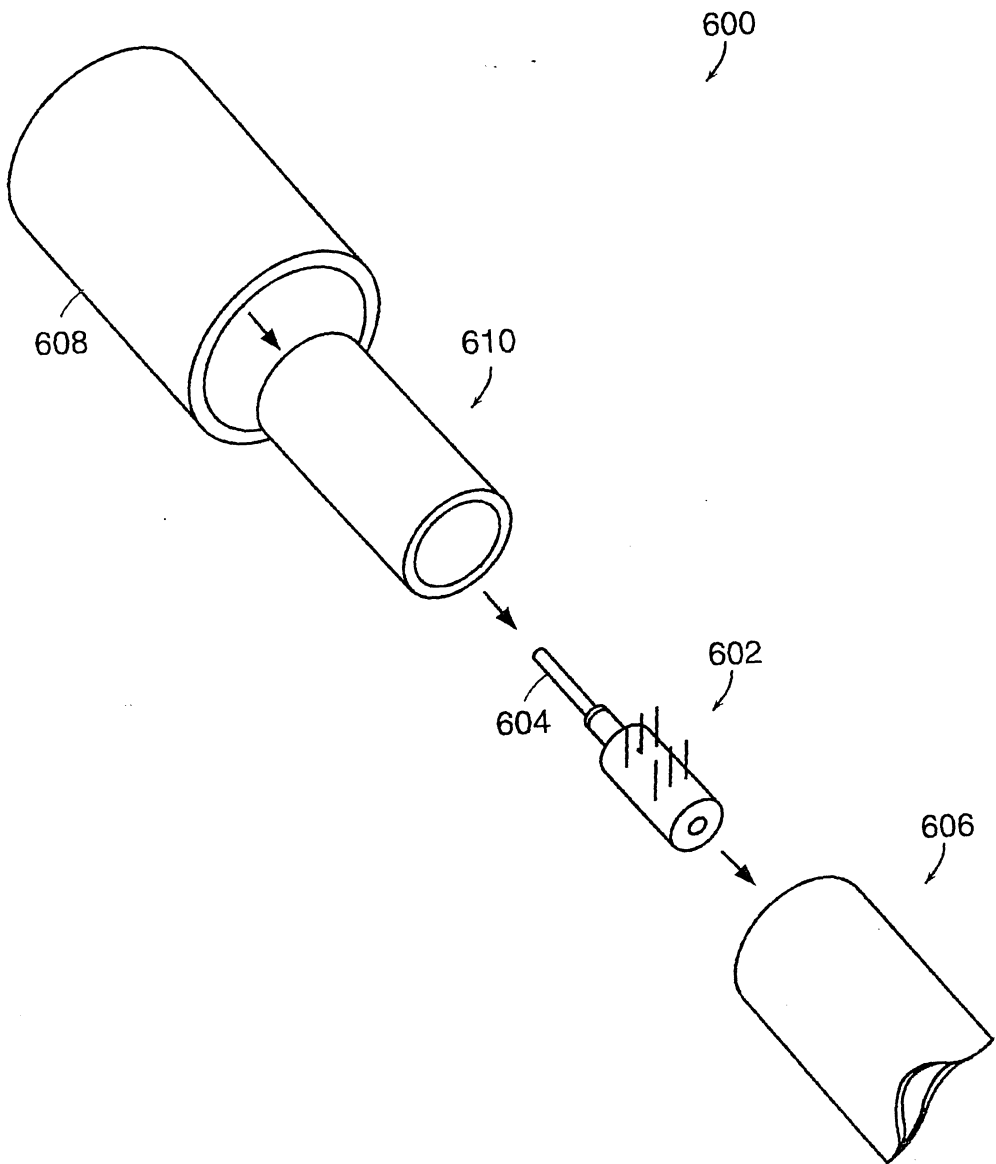


圖 7

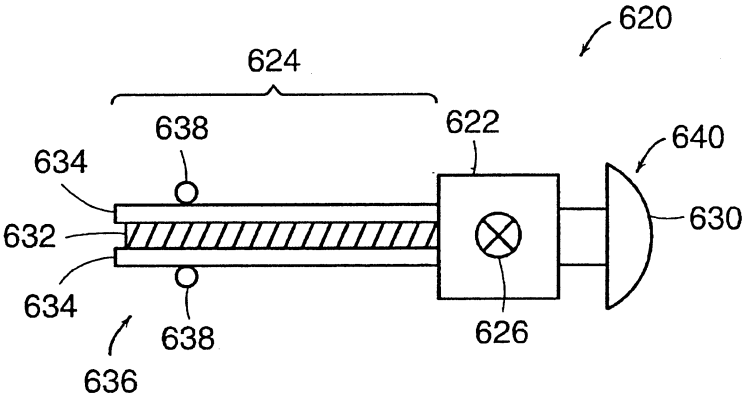


圖 8a

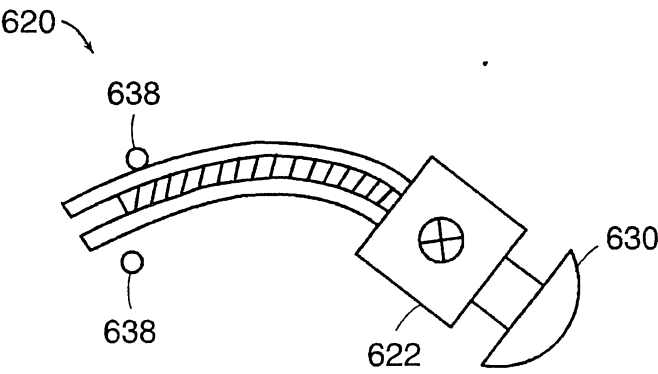


圖 8b

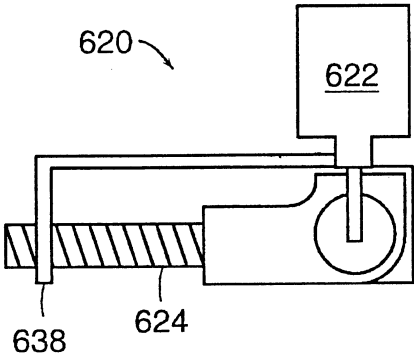


圖 8c

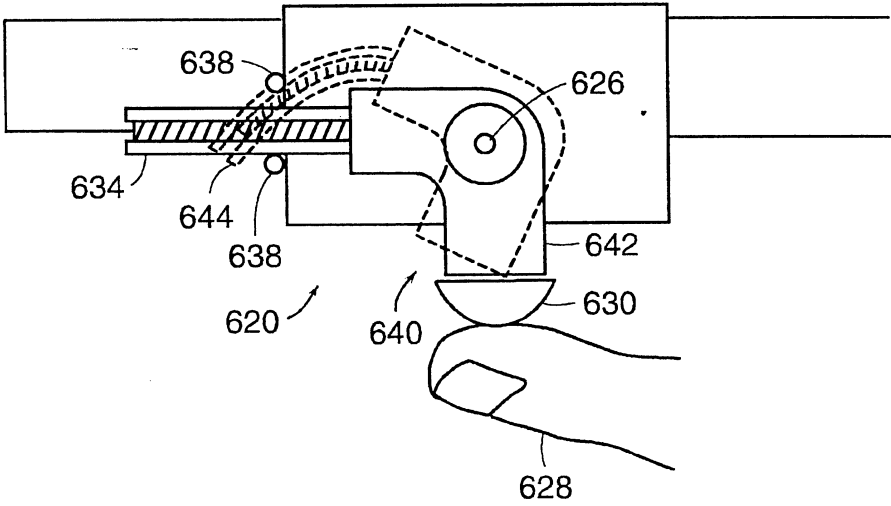


圖 8d

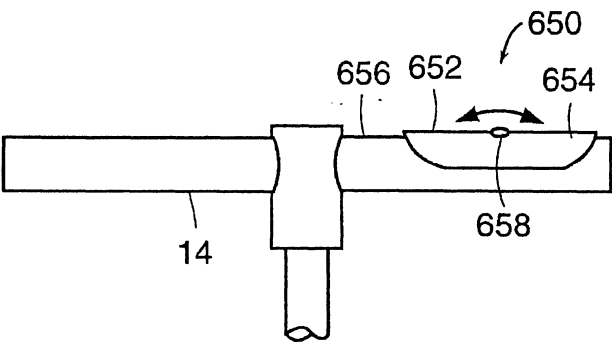


圖 9a

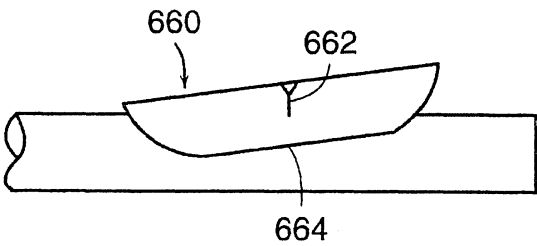


圖 9b

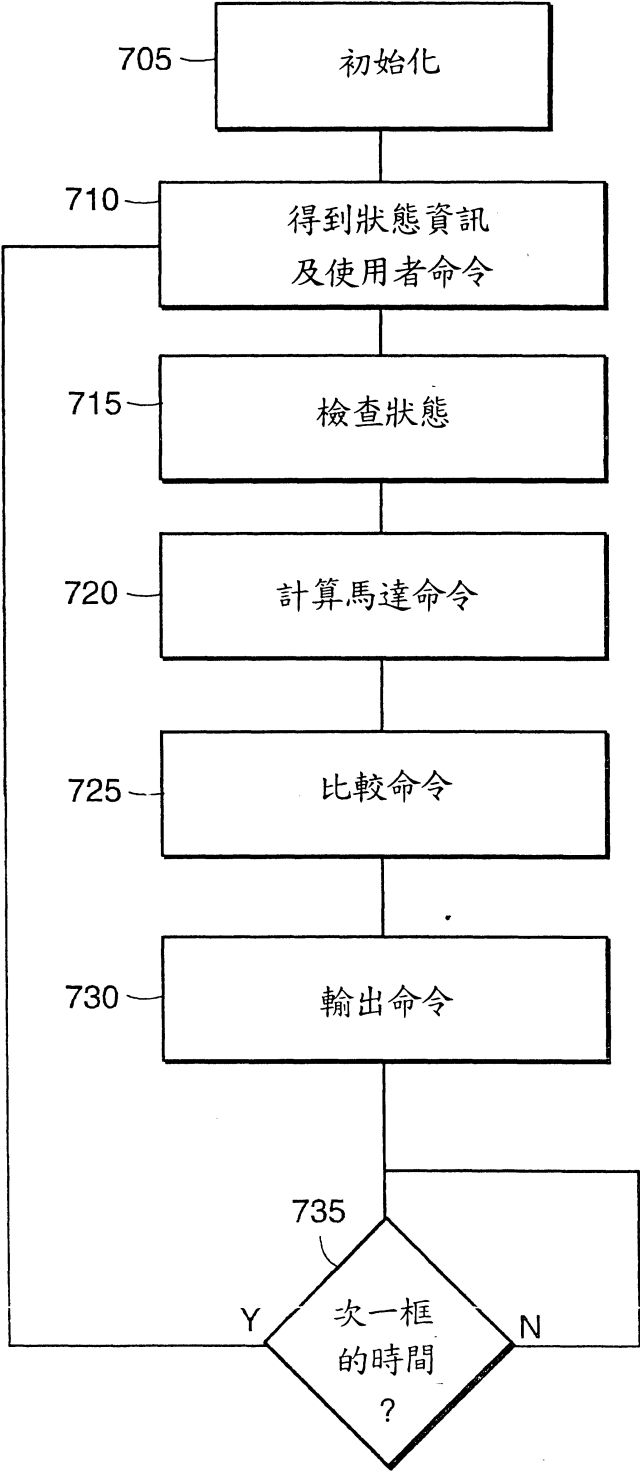


圖 10

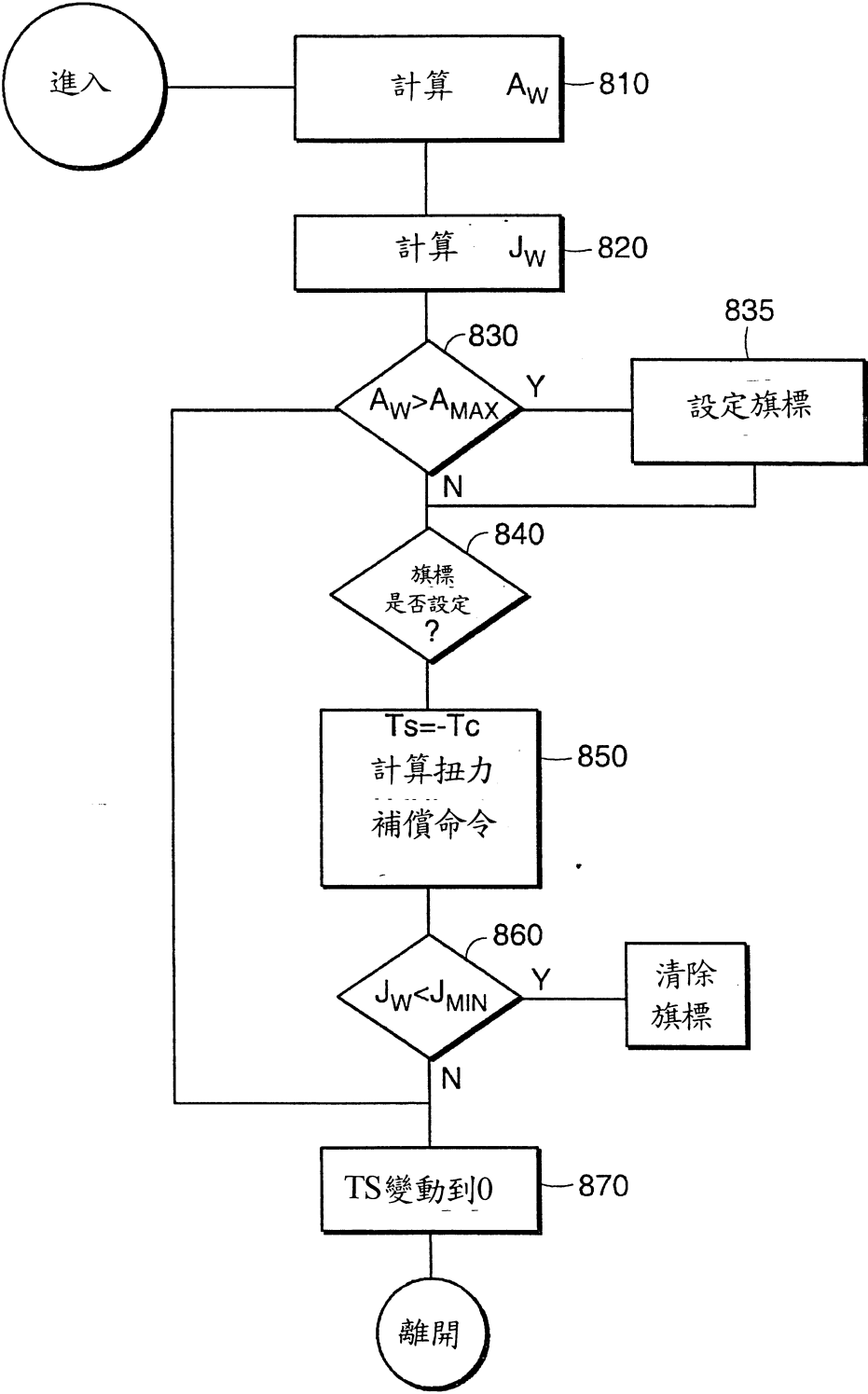


圖 11

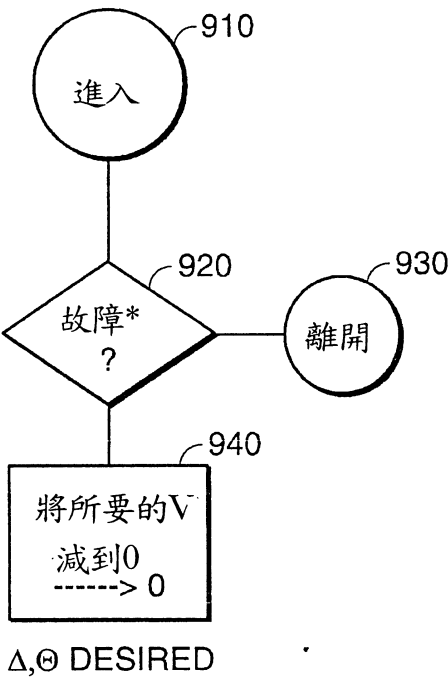


圖 12