



(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 I618874 B

(45)公告日：中華民國 107 (2018) 年 03 月 21 日

(21)申請案號：104134150

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 02 月 26 日

(51)Int. Cl. : **F16H15/26 (2006.01)**

(30)優先權：2008/08/26 美國 12/198,402

(71)申請人：福柏克智慧財產有限責任公司(美國) FALLBROOK INTELLECTUAL PROPERTY COMPANY LLC (US)

美國

(72)發明人：湯瑪西芙奈德 A · THOMASSY, FERNAND A. (US)

(74)代理人：葉璟宗；鄭婷文；詹富閔

(56)參考文獻：

TW	366396	JP	47-448B
JP	8-270772A	JP	2004-11834A
US	1847027	US	3574289
US	2006/0084549A1		

審查人員：董必正

申請專利範圍項數：5 項 圖式數：17 共 55 頁

(54)名稱

無段變速器

CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION

(57)摘要

本發明關於無段變速器的組件、子總成、系統及/或方法。在一實施例中，一控制系統適於促進無段變速器之傳動比的改變。在另一實施例中，控制系統包括具有多個放射狀偏移開槽的一種定子盤。各種發明性牽引行星組件及定子盤用於促進無段變速器之傳動比的變換。在一些實施例中，上述牽引行星組件包括與定子盤配合的多個行星軸。在一實施例中，定子盤可轉動而使各行星軸處於偏斜狀態。在一些實施例中，一定子傳動器可操作地耦合至定子盤。一牽引恆星適於與無段變速器的其它組件配合以維持無段變速器的運轉及/或功能。此外，無段變速器的變速控制界面亦被揭示。

Inventive embodiments are directed to components, subassemblies, systems, and/or methods for continuously variable transmissions (CVT). In one embodiment, a control system is adapted to facilitate a change in the ratio of a CVT. In another embodiment, a control system includes a stator plate configured to have a plurality of radially offset slots. Various inventive traction planet assemblies and stator plates can be used to facilitate shifting the ratio of a CVT. In some embodiments, the traction planet assemblies include planet axles configured to cooperate with the stator plate. In one embodiment, the stator plate is configured to rotate and apply a skew condition to each of the planet axles. In some embodiments, a stator driver is operably coupled to the stator plate. Embodiments of a traction sun are adapted to cooperate with other components of the CVT to support operation and/or functionality of the CVT. Among other things, shift control interfaces for a CVT are disclosed.

指定代表圖：

【發明說明書】

【中文發明名稱】

無段變速器

【英文發明名稱】

CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION

【技術領域】

【0001】 本發明是有關於一種變速器，且特別是有關於一種無段變速器(CVTs)用的方法、總成和組件。

【先前技術】

【0002】 達成輸入速度及輸出速度之無段變換比率的熟知方法有很多種。通常，用以調整無段變速器（continuously variable transmissions, CVT）的輸出速度與輸入速度之速度比的機構稱為變換器（variator）。在傳動帶式（belt-type）無段變速器中，變換器由兩個可調整滑輪所組成，且兩個可調整滑輪是藉由一傳動帶相互耦合。單腔環型（single cavity toroidal-type）無段變速器中之變換器通常具有兩個部分為環形之傳動盤（transmission disc），傳動盤圍繞一軸桿旋轉。變換器亦具有兩個或兩個以上的盤形動力輥（power roller），動力輥在垂直於軸桿之相應軸線上旋轉，且夾在輸入傳動盤與輸出傳動盤之間。一般而言，會將一控制系統應用於變換器，以使得在操作中可達成所需之速度比。

【0003】 本文揭露之變換器的實施例包含應用多個球型速度調節件的球型變換器（亦稱為動力調節件、滾珠、行星（planet）、球形齒輪或輓），各調節件具有一可傾斜轉軸。可傾斜轉軸用以經調節而在操作期間達成輸出速度與輸入速度之所需比率。速度調節件成角度地分佈於垂直於無段變速器的一縱軸的一平面內。速度調節件之一側與輸入盤接觸，另一側則與輸出盤接觸，輸入盤與輸出盤中有一者或兩者向輓施加一夾持接觸力，從而可傳送扭矩。輸入盤以一輸入轉動速度向速度調節件施加輸入扭矩。當速度調節件圍繞其自身之軸線旋轉時，速度調節件將扭矩傳送至輸出盤。輸出速度與輸入速度之比率為輸入盤及輸出盤之接接觸區域至速度調節件之軸線的半徑的函數。可藉由速度調節件之軸線相對於變換器之軸線的傾斜以調節速度比。

【0004】 工業中對於具改良效能及改良操作控制的變換器及相關之控制系統有著持續性的需求。本文揭露之系統及方法的實施例可滿足上述需求。

【發明內容】

【技術問題】

【0005】 本文中描述之系統與方法具有若干特徵，此等特徵中任何單獨一者皆無法單獨地負責其所需之屬性。在不限制附加之申請專利範圍所表達之範疇的情況下，現在將簡要論述所述系統與方法之較顯著特徵。在研究此論述內容後，尤其是在閱讀以下標題為“實施方式”之段落之後，將明白所述系統與方法之特徵如何

提供優於傳統系統與方法之若干優勢。

【0006】 本發明之一態樣涉及調整具有多個牽引行星（traction planet）的無段變速器的速度比的方法。各牽引行星具有一可傾斜轉軸。上述方法包括對無段變速器的一定子（stator）進行組態以使各個可傾斜轉軸獨立地處於一偏斜狀態。在一實施例中，偏斜狀態至少部分地基於定子盤的一角位移而定。在另一實施例中，偏斜狀態至少部分地基於可傾斜轉軸的一傾角而定。

【0007】 本發明之另一態樣涉及調整具有多個牽引行星的無段變速器的速度比的方法。各牽引行星具有一可傾斜轉軸。在一實施例中，上述方法包括轉動可操作地耦合各牽引行星的一定子。可對定子進行組態以獨立地使各可傾斜轉軸處於一偏斜狀態。上述方法亦可包括導引各可傾斜轉軸至一平衡狀態。平衡狀態可至少部分地基於定子盤的轉動而定。在一些實施例中，平衡狀態實質上具有一無偏斜角狀態。

【0008】 本發明之又一態樣涉及承載無段變速器的多個牽引行星的方法。各牽引行星具有一可傾斜轉軸。在一實施例中，上述方法包括提供一具有多個放射狀偏移開槽（radially offset slot）的一第一定子盤。放射狀偏移開槽圍繞第一定子盤的一中心而成角度排列。上述方法可包括可操作地耦合各牽引行星至第一定子盤。在一實施例中，上述方法包括提供具有多個放射狀開槽（radial slot）的一第二定子盤。放射狀開槽可圍繞第二定子盤的中心而成角度排列。上述方法亦可包括可操作地耦合各牽引行星至第二定子盤。

【0009】 本發明之一態樣涉及調整具有多個牽引行星的無段變速器的速度比的方法。各牽引行星具有一可傾斜轉軸。上述方法包括

提供可操作地耦合各牽引行星的一定子盤。在一實施例中，上述方法包括接收無段變速器的一速度比設定點。上述方法可包括決定該定子盤的一角位移設定點。角位移設定點可至少部分地基於速度比設定點。上述方法亦可包括將定子盤轉動至定子盤的角位移設定點。轉動定子盤可致使各可傾斜轉軸處於一偏斜狀態。定子盤可被組態為當各可傾斜轉軸傾斜時調整偏斜狀態。

【0010】 本發明之另一態樣涉及調整具有多個牽引行星的無段變速器的速度比的方法。各牽引行星可被組態為具有一可傾斜轉軸。上述方法可包括決定無段變速器的一速度比設定點。在一實施例中，上述方法可包括測量無段變速器的一實際速度比。上述方法包括比較實際速度比與速度比設定點，以產生一比較值。上述方法亦包括轉動一定子盤至少部分地基於比較值的一角位移。轉動定子盤致使各牽引行星處於一偏斜狀態。當各個可傾斜轉軸傾斜時偏斜狀態改變，且角位移保持不變。

【0011】 本發明之再一態樣涉及具有圍繞一驅動主軸而成角度排列的多個牽引行星的無段變速器。各牽引行星具有一可傾斜轉軸。無段變速器具有一第一定子盤，同軸於驅動主軸。第一定子盤可具有多個放射狀偏移開槽。放射狀偏移開槽可被組態為使各個可傾斜轉軸相對於其它可傾斜轉軸為獨立地被導引。無段變速器可具有一第二定子盤，同軸於驅動主軸。第二定子盤可具有多個放射狀開槽。放射狀開槽可被組態為獨立地導引可傾斜轉軸。第一定子盤被組態為相對第二定子盤而轉動。

【0012】 在另一態樣中，本發明涉及一種定子盤，適用於具有多個牽引行星的一無段變速器。定子盤可具有一實質上圓盤體，具有一

中心。在一實施例中，定子盤可具有多個放射狀偏移導引路徑，圍繞中心而成角度排列。各放射狀偏移導引路徑可具有相對於圓盤體的一中心線的一線性偏移量。

【0013】 本發明之另一態樣涉及一種無段變速器，具有一組牽引行星。各牽引行星具有一可傾斜轉軸。在一實施例中，無段變速器具有一第一定子盤，同軸於無段變速器的一驅動主軸。可將第一定子盤可操作地耦合至各牽引行星。第一定子盤可具有圍繞第一定子盤的中心而成角度排列的多個放射狀偏移開槽。各放射狀偏移開槽可具有相對於第一定子盤的一中心線的一線性偏移量。無段變速器亦可具有一第二定子盤，同軸於無段變速器的一驅動主軸。第二定子盤具有多個放射狀開槽。放射狀開槽可圍繞第二定子的一中心而成角度排列。各放射狀開槽實質上放射狀地與第二定子盤的中心對準。無段變速器可具有一致動器，可操作地耦合於至少第一定子盤及第二定子盤中之一。致動器可被組態為產生第一定子盤及第二定子盤之間的一相對轉動。

【0014】 本發明之一態樣涉及一種球形行星式無段變速器，包括一組牽引行星。各牽引行星具有一可傾斜轉軸。無段變速器亦可包括一第一導引路徑，對準於與無段變速器的一主驅動軸正交(perpendicular)的一直線。第一導引路徑可被組態為作用於可傾斜轉軸。無段變速器亦可包括一第二導引路徑，對準於平行於與無段變速器的一主驅動軸正交的直線的另一直線。第二導引路徑可被組態為作用於可傾斜轉軸。

【0015】 本發明之另一態樣涉及一種無段變速器的製造方法。在一實施例中，上述方法包括提供一第一導引路徑，對準於與無段變

速器的一主驅動軸正交的一直線。上述方法包括提供偏移的一第二導引路徑。在一投影面上，第一導引路徑的投影線及第二導引路徑的投影線相交而產生一交點。上述方法可包括將多個牽引行星可操作地耦合至第一導引路徑及第二導引路徑。上述方法亦可包括將第一導引路徑及第二導引路徑組態為可沿主驅動軸而彼此相對轉動。

【0016】 為讓本發明之上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

【圖式簡單說明】

【0017】

圖 1A 為球狀行星無段變速器的特定組件及特定相關座標系統的示意圖。

圖 1B 為與圖 1A 所示之座標系統有關的特定相對座標系統的圖。

圖 1C 為圖 1A 之無段變速器之特定接觸組件之間的特定運動學關係的示意圖。

圖 1D 為針對無段變速器牽引組件之間的典型牽引流體及滾動接觸的牽引係數對相對速度的代表圖。

圖 1E 為圖 1A 之無段變速器之牽引行星的自由體圖。

圖 1F 為圖 1A 之無段變速器之牽引行星的示意圖，其繪示偏斜角。

圖 2 為經組態以使用無段變速器及偏斜控制系統及本文為此而揭露之方法的特定發明性實施例之傳動設備之實施例的方塊圖。

圖 3 為球狀行星無段變速器的特定組件及特定相關座標系統的示

意圖。

圖 4 為圖 3 之無段變速器的特定組件及特定相關座標系統的示意圖。

圖 5A 為圖 3 之無段變速器的特定組件的示意圖。

圖 5B 為圖 3 之無段變速器的特定組件的示意圖。

圖 5C 為可用於圖 3 之無段變速器的特定組件的示意圖。

圖 6A 為可用於圖 3 之無段變速器的基於偏斜之控制步驟的流程圖。

圖 6B 為可用於圖 6A 之基於偏斜之控制步驟的子步驟的查找圖表。

圖 6C 為可用於圖 6A 之基於偏斜之控制步驟的致動器子步驟的流程圖。

圖 7 為具有偏斜控制系統的無段變速器的發明性實施例的剖視圖。

圖 8 為具有偏斜控制系統的無段變速器的另一發明性實施例的剖視圖。

圖 9 為圖 7 之無段變速器的剖視、局部立體圖。

圖 10 為圖 7 之無段變速器的特定組件的平面圖。

圖 11A 為可用於圖 7 之無段變速器的定子盤的發明性實施例的平面圖。

圖 11B 為圖 11A 的定子盤的立體圖。

圖 12 為圖 11 的定子盤沿 A-A 線的剖視圖。

圖 13 為圖 11 的定子盤沿 B-B 線的剖視圖。

圖 14 為可用於圖 6 之無段變速器的定子盤的另一實施例的平面圖。

圖 15 為圖 14 的定子盤的剖視圖。

圖 16 為可用於圖 6 之無段變速器的牽引行星子總成的分解、立體圖。

圖 17 為可用於圖 6 之無段變速器的牽引行星子總成的另一實施例的分解、立體圖。

【實施方式】

【0018】 現將參看隨附圖式來描述較佳實施例，其中相同標號始終代表相同元件。以下描述的內容中所使用之術語不應以任何受限或限制性方式來解釋，只是因為所述術語為結合對本發明之特定具體實施例之詳細描述內容而使用。此外，本發明之實施例可包含若干新穎特徵，所述特徵中並無任何單個一者可單獨負責 (responsible) 其所需屬性或者對於實踐所述之本發明而言是不可或缺的。本文中描述之特定無段變速器實施例大致涉及美國專利第 6,241,636 號、第 6,419,608 號、第 6,689,012 號、第 7,011,600 號、第 7,166,052 號；美國專利申請案第 11/243,484 號及第 11/543,311 號；以及專利合作條約專利申請案 PCT/IB2006/054911 及 PCT/US2007/023315 中所揭露之類型。此等專利及專利申請案中之每一者之全部的揭露內容以引用之方式併入本文中。

【0019】 如本文所使用，術語“操作上連接”、“操作上耦合”、“操作上聯接”、“可操作地連接”、“可操作地耦合”、“可操作地聯接”及類似術語是指出元件之間的關係（機械、聯接、耦合等），藉由此關係，一個元件之操作引起第二元件之對應的、隨後

的或同時的操作或致動。請注意，在使用所述術語來描述發明性實施例時，通常會描述聯接或耦合所述元件耦合之具體結構或機構。然而，除非另有具體陳述，否則當使用所述術語中之某一術語時，該術語指示實際聯接或耦合可採用多種形式，在某些情況下，熟習相關技術者將容易明白所述形式。

【0020】 出於描述之目的，術語“徑向”在本文中是用以指示相對於變速器或變換器之縱軸而垂直的方向或位置。本文中使用的術語“軸向”是代表沿著平行於變速器或變換器之主軸或縱軸之軸線的方向或位置。為了清晰簡明起見，有時將使用單個標記（例如，軸承（bearing）1011）來統稱帶有類似標記的類似組件（例如，軸承 1011A 及軸承 1011B）。

【0021】 應注意，本文中引用“牽引”並不排除動力轉移之支配或專有模式是通過“摩擦”的應用。在此處不嘗試建立牽引傳動與摩擦傳動之間的類別差異之情況下，通常可將此等傳動理解為動力轉移(transfer)之不同體系(regimes)。牽引傳動通常涉及在兩個元件之間藉由夾在元件之間的薄流體層（thin fluid layer）中之剪力（shear force）的動力轉移。此等應用中所使用之流體通常展現大於習知礦物油之牽引係數。牽引係數（ μ ）表示最大可用牽引力，其可用在接觸組件之界面處，且為最大可用傳動扭矩之一種測量值。通常，摩擦傳動大致上涉及藉由元件之間的摩擦力而在兩個元件之間轉移動力。出於本揭露內容之目的，應理解本文所描述之無段變速器可在牽引應用及摩擦應用兩者中操作。舉例而言，在無段變速器用於腳踏車應用的實施例中，取決於操作期間存在之扭矩及速度條件，無段變速器可有時作為摩擦傳動設備而操作，且有時

作為牽引傳動設備而操作。

【0022】 本文所揭露之本發明之實施例涉及使用大致上球形之行星來控制變換器及/或無段變速器，其中每一行星均具有可傾斜轉軸（下述的“行星轉軸”），所述轉軸可經調節而在操作期間達成輸入速度與輸出速度之所需比率。在一些實施例中，對所述轉軸之調節涉及行星轉軸在一個平面內之角度失準(**angular misalignment**)，以便達成行星軸在第二平面內之角度調節，進而調節變換器之速度比率。第一平面內之角度失準本文稱為“偏斜(**skew**)”或“偏斜角”。在一個實施例中，控制系統協調偏斜角之使用，以在變換器中之特定接觸組件之間產生力，所述力將使行星轉軸傾斜。行星轉軸之傾斜調節變換器之速度比率。在隨後之描述內容中，相對於球形牽引行星而建立座標系統，接著論述產生力之接觸組件之間的特定運動學關係，所述力趨向於在存在偏斜角之情況下致使行星轉軸傾斜。將論述用於達成變換器之所需速度比率之偏斜控制系統的實施例。

【0023】 請參考圖 1A 及圖 1B，將參照無段變速器之特定組件之實施例來定義座標系統。本文出於說明性目的而繪示座標系統，且所述座標系統不應被解釋為適用於本文所論述之實施例的僅有參考架構。無段變速器 100 的實施例包括與牽引恆星 110（繪示為一直線）接觸之大致上球形的牽引行星 108。牽引行星 108 亦與分別位於第一角度位置 112 及第二角度位置 114 處之一第一牽引環 102 及一第二牽引環 104 接觸。圖 1A 中界定全域座標系統（**global coordinate system**）150（亦即， x_g, y_g, z_g ）及以行星為中心之座標系統 160（亦即， x, y, z ）。全域座標系統 150 大致上相對於無段變

速器 100 之縱軸或主驅動軸 152 而定向，舉例而言， z_g 軸與主驅動軸 152 重合，牽引行星 108 圍繞所述主驅動軸 152 而配置。以行星為中心之座標系統 160 之原點位於牽引行星 108 之幾何中心處，其中 y 軸大致上與主驅動軸 152 垂直，且 z 軸大致上平行於主驅動軸 152。各牽引行星 108 均具有一行星轉軸，亦即行星軸 106，其可經組態而沿 x 軸轉動以在 y - z 平面形成傾角 118（本文有時稱為 γ ）。傾角 118 決定牽引環 102、104 之間的運動學速度比率。各行星 108 具有圍繞行星軸 106 之轉動速度，且在圖 1A 中繪示為行星速度 122，本文有時稱為 ω 。通常，行星軸 106 結構性地對應於一行星輪軸，所述行星輪軸操作上耦合至可為固定之載體或籠（未繪示），而在其它實施例中，所述行星輪軸耦合至可沿主驅動軸 152 轉動之載體（未繪示）。在以行星為中心之座標系統 160 中， x 軸指向紙頁之平面內（雖然未清楚地繪示於圖 1A），且 z 軸線大致上平行於主驅動軸 152。因此傾角 118 大致上被定義於 y_g - z_g 平面內。

【0024】請參考圖 1B，以行星為中心之座標系統 160 經進一步分解以說明行星軸 106 之角度調節，所述角度調節在本文所描述之偏斜控制系統之實施例中使用。如圖 1B 所示，可藉由使具有處於 y - z 平面內之行星軸 106 的座標系統 160 沿 x 軸轉動以達成第一相對座標系統 170 (x' , y' , z')，來導出傾角 118。在相對座標系統 170 中，行星軸 106 與 z' 軸重合。藉由使具有行星軸 106 之座標系統 170 沿 y' 軸轉動，可在 x - z 平面內獲得偏斜角 120（本文有時稱為 ζ ），其在第二相對座標系統 180 (\tilde{x} , \tilde{y} , \tilde{z}) 中界定。偏斜角 120 可被近似地視為行星軸 106 之角度對準在 x - z 平面內的投影。然

而，更具體而言，偏斜角 120 為如相對座標系統 170 及 180 所界定的行星軸 106 在 $x'-z'$ 平面內之角度位置。在無段變速器 100 的一實施例中，至少部分地經由對偏斜角 120 之調節來控制該傾角 118。

【0025】請參考圖 1C，將描述無段變速器 100 之接觸組件之間的特定運動學關係，以闡釋偏斜條件之誘發如何產生趨於調節傾角 118 之力。如本文所使用，短語“偏斜條件”是指行星軸 106 相對於主驅動軸 152 之配置，使得存在非零偏斜角 120。因此，引用“偏斜條件之誘發”暗指誘發行星軸線 106 以非零偏斜角 120 來對準。應注意，在無段變速器 100 之特定實施例中，特定的自旋誘發 (spin-induced) 之力亦作用於牽行星 108 上。自旋為熟習相關技術者熟知的牽引接觸現象。對於緊接之論述內容，將省略自旋誘發之力的影響。在無段變速器 100 中，組件在三個位置處接觸該牽行星 108，以形成牽引或摩擦接觸區域。如圖 1 所示，第一環 102 在接觸區域 1 處驅動行星 108，且行星 108 在接觸區域 2 處將動力傳輸至第二環 104。牽引恆星 110 在接觸區域 3 處支撐該牽行星 108。出於論述目的，三個接觸區域 1、2、3 在圖 1C 中經配置以反映自無段變速器 100 上方之一種參照或圖 1A 中之視角 A 所見之 $\tilde{x}-\tilde{z}$ 平面的視圖。由於接觸區域 1、2、3 不共平面，因此圖 1C 中使用以接觸區域為中心之座標系統，使得可以 $\tilde{x}-\tilde{z}$ 平面來說明接觸區域 1、2、3。下標 1、2 及 3 用於表示以接觸區域為中心之座標系統的特定接觸區域。 $z_{1,2,3}$ 軸線指向牽行星 108 之中心。

【0026】請參考圖 1C 中之接觸區域 1，在負 x_1 方向上以向量 V_{r1}

表示第一牽引環 102 之表面速度，且以向量 V_{p1} 表示行星 108 之表面速度；向量 V_{r1} 與 V_{p1} 之間所形成之角近似為偏斜角 120。以向量 $V_{r1/p}$ 表示牽引環 102 與牽引行星 108 之間的所得相對表面速度。在牽引行星 108 與牽引恆星 110 之間的接觸區域 3 處，以向量 V_{sv} 表示牽引恆星 110 之表面速度，且以向量 V_{ps} 表示牽引行星 108 之表面速度； V_{sv} 與 V_{ps} 之間所形成之角為偏斜角 120。以向量 $V_{sv/p}$ 表示牽引行星 108 與牽引恆星 110 之間的相對表面速度。類似地，對於接觸區域 2，牽引行星 108 在接觸區域 2 處之表面速度被繪示為向量 V_{p2} ，且以向量 V_{r2} 表示第二牽引環 104 之表面速度； V_{p2} 與 V_{r2} 之間所形成之角近似為偏斜角 120；牽引行星 108 與第二牽引環 104 之間的相對表面速度為所得向量 $V_{r2/p}$ 。

【0027】 上文論述之運動學關係趨向於在接觸組件處產生力。圖 1D 繪示可應用於每一接觸區域 1、2、3 之一般化代表性牽引曲線。曲線圖說明牽引係數 μ 與接觸組件之間的相對速度之間的關係。牽引係數 μ 指出流體傳輸力的能力。諸如 $V_{r1/p}$ 之相對速度可為偏斜角 120 之函數。牽引係數 μ 為接觸區域 1、2 或 3 處 x 方向上之牽引係數 μ_x 與 y 方向上之牽引係數 μ_y 的向量和。一般而言，牽引係數 μ 為牽引流體性質、接觸區域處之法向力（normal force）以及接觸區域中牽引流體之速度等的函數。對於給定之牽引流體，牽引係數 μ 隨組件之相對速度增加而增加，直至牽引係數 μ 達到最大能力為止，牽引係數 μ 在所述最大能力之後衰減。因此，在存在偏斜角 120 的情況下（亦即，在偏斜條件下），由於運動學條件而圍繞牽引行星 108 在接觸區域 1、2、3 處產生力。參看圖 1C 和圖 1E， $V_{r1/p}$ 產生平行於 $V_{r1/p}$ 且具有分力 F_{s1} 的一牽引力。根據圖

1D 所示之一般關係，增加偏斜角 120 將增加 $V_{r1/p}$ ，且進而增加力 F_{s1} 。 $V_{sv/p}$ 產生力 F_{ss} ，且類似地， $V_{r2/p}$ 產生力 F_{s2} 。力 F_{s1} 、 F_{ss} 及 F_{s2} 組合以產生在 $y-z$ 平面內圍繞牽引輥(roller)108 之淨力矩 (net moment)。更具體而言，圍繞牽引輥 108 之力矩的總和為 $\Sigma M=R*(F_{s1}+F_{s2}+F_{ss})$ ，其中 R 為牽引輥 108 之半徑，且力 F_{s1} 、 F_{s2} 及 F_{ss} 為 $y-z$ 平面內之接觸力的所得分量。在以上的等式中，接觸力 (本文有時稱為偏斜誘發之力) 如下： $F_{s1}=\mu_{y1}N_1$ ， $F_{s2}=\mu_{y2}N_2$ ， $F_{ss}=\mu_{ys}N_3$ ，其中 $N_{1,2,3}$ 為相應的接觸區域 1、2、3 處之法向力。由於牽引係數 μ 為接觸組件之間的相對速度的函數，因此牽引係數 μ_{y1} 、 μ_{y2} 及 μ_{ys} 為藉由運動學關係而相關之偏斜角 120 的函數。根據定義，力矩為慣性之加速度；因此，在本文所說明之實施例中，力矩將產生傾角加速度 $\tilde{\gamma}$ 。因此，傾角 γ' 之變化速率為偏斜角 120 之函數。

【0028】 請參考圖 1F，說明牽引行星 108，其具有等於零之傾角 118，導致行星轉軸 106 大體上與無段變速器 100 之主驅動軸 152 平行 (在 y_g-z_g 平面內)，且該牽引行星 108 之轉動速度 122 與 z 軸線同軸。可在 $x-z$ 平面內形成偏斜角 120 ，以產生用於激發傾斜角 118 改變的力。在存在偏斜角 120 的情況下，該牽引行星 108 將具有圍繞軸線 \tilde{z} 之旋轉速度 122，且傾斜角 118 將形成於 $y-z'$ 平面內。

【0029】 請參考圖 2 至圖 17，現將描述用於無段變速器之特定控制系統的實施例，所述控制系統依賴於誘發偏斜條件來激發傾角 118 之改變。圖 2 繪示傳動設備 25，其包含操作上耦合於原動機 (prime mover) 50 與負載 75 之間的無段變速器 300。傳動設備 25

亦可包含基於偏斜之控制系統 200。通常，原動機 50 將動力傳遞至無段變速器 300，且無段變速器 300 將動力傳遞至負載 75。原動機 50 可為各種動力產生裝置中之一或多者，且負載 75 可為各種從動裝置或組件中之一或多者。原動機 50 之實例包含（但不限於）人力、內燃引擎、電動馬達及類似物。負載之實例包含（但不限於）傳動系統差分總成（drivetrain differential assembly）、動力輸出總成（power take-off assembly）、發電機總成（generator assembly）、泵總成（pump assembly）及類似物。在一些實施例中，偏斜控制系統 200 可協調無段變速器 300 以及原動機 50 之操作，或可協調無段變速器 300 及負載 75 之操作，或可協調傳動設備 25 中所有元件之操作。在圖 2 所說明之實施例中，偏斜控制系統 200 可經組態以使用偏斜角 120 之調節來控制無段變速器 300 之操作條件，且因此協調對傳動設備 25 之控制

【0030】 請參考圖 3 至圖 5B，在一實施例中，一無段變速器 500 包括多個實質上為球形的牽引行星 508，球形牽引行星 508 被組態為接觸一牽引恆星 510。球形牽引行星 508 亦可接觸一第一牽引環 502 及一第二牽引環 504。第一牽引環 502 及第二牽引環 504 可以實質上類似於圖 1A 之第一牽引環 102 及第二牽引環 104 的方式配置。位於牽引行星 508、第一牽引環 502、第二牽引環 504 及牽引恆星 510 之間的接觸區域實質上分別類似於圖 1A 至圖 1F 之接觸區域 1、2、3。同樣地，出於描述之目的，圖 1A 至圖 1F 提及的以接觸區域為中心之座標系統及運動學關係可用於無段變速器 500。

【0031】 在一實施例中，一全域座標系統 550 在圖 3 中被定義出。

全域座標系統 550 實質上類似於全域座標系統 150。全域座標系統 550 大致上相對於無段變速器 500 之縱軸或主驅動軸 552 而定向，(例如)其中 z_g 軸與主驅動軸 552 重合，牽引行星 508 圍繞所述主驅動軸線 552 而配置。 y_g 軸垂直於主驅動軸線 552。 x 軸垂直於主驅動軸線 552。各牽引行星 508 具有一轉軸，即，行星軸 506，所述行星軸 506 可經組態以在 y_g - z_g 平面傾斜以形成一傾角 511(γ)，傾角 511 實質上相似於傾角 118 (圖 1A)。行星軸 506 可經組態而被位於行星軸 506 一端的一第一導引路徑 512 (在圖 3 中以一直線表示) 導引。行星軸 506 可經組態而被位於行星軸 506 一第二端的一第二導引路徑 514 (在圖 3 中以一直線表示) 導引。

【0032】請參考圖 4，詳細而言，在一實施例中，第一導引路徑 512 及第二導引路徑 514 可被分別形成於一第一定子盤 516 上及一第二定子盤 518 上。典型而言，行星軸 506 結構性地對應於一行星輪軸，所述行星輪軸可分別在操作上耦合至第一導引路徑 512 及第二導引路徑 514。在一些實施例中，第一定子盤 516 及第二定子盤 518 實質上為圓盤體且被組態為可操作地耦合至行星軸 506 並在無段變速器 500 的操作過程中加強對行星軸 506 的承載。在一出於描述之目的之說明例子中，圖 4 所繪示為在 x_g - y_g 平面上，定子盤 516 在定子盤 518 上的投影。可在 x_g - y_g 平面(與主驅動軸 552 重合的 z_g 軸垂直於圖 4 的紙面， x_g 軸及 y_g 軸皆垂直於主驅動軸 552) 上定義出定子盤 516 相對於定子盤 518 的一角位移 520。角位移 520 在此有時稱為”角度 β ”或簡稱” β ”。可對無段變速器 500 定義一偏斜角(如偏斜角 120)，可以實質上相似於無段變速器 100 所對應的座標系統及實質上類似的方式來定義偏斜角。因此，偏斜

角 120 (ζ) 將在此被用於無段變速器 500。當偏斜角 120 為零時 ($\zeta = 0$)，定義出行星軸 506 的一”零偏斜角狀態”。

【0033】請參考圖 5A，第一導引路徑 512 及第二導引路徑 514 再次被繪示為投影在 x_g - y_g 平面上。在一些實施例中，第一導引路徑 512 可放射狀地對準於 x_g - y_g 平面的原點，舉例而言，第一導引路徑 512 可大致上重合於 y_g 軸。在一實施例中，第二導引路徑 514 可具有相對於 x_g - y_g 平面之原點的一偏移量 552。在一實例中，偏移量 552 可大致上被定義為相對於一建構線 519 的一線性偏移量，當定子 516 定位於一標稱上 (nominally) 的零角位移 520 (β) 時，該建構線 519 平行於第二導引路徑 514 且經過 x_g - y_g 平面之原點。在一第二實例中，第二導引路徑 514 可具有相對於第一導引路徑 512 的一基準角參考位置 523 (ψ_0)。

【0034】請參考圖 5A 及圖 5B，導引路徑 512 及 514 再次被繪示出。在一實施例中，定子 518 可轉動至一非零角位移 520 (β)，以使導引路徑 514 相對於導引路徑 512 而移動 (圖 5B)。偏移量 522 可視為相對於定子 518 的中心 (即 x_g - y_g 平面的原點) 的一放射狀偏移量 525。導引路徑 514 是與表示放射狀偏移量 525 的圓相切。請參考圖 5A，詳言之，相對於導引路徑 512 的基準角參考位置 523 (ψ_0) 是定義於一零角位移 520 ($\beta = 0$) 及一零傾角 511 ($\gamma = 0$) 處。行星軸 506 之對應的零偏斜狀態是位於一位置 524 ，位置 524 是位於第一導引路徑 512 及第二導引路徑 514 在 x_g - y_g 平面上之投影的交點。請參考圖 5B，詳言之，以非零角位移 520 (β) 而言，導引路徑 514 相對於導引路徑 512 具有一角位置 526 (ψ)。行星軸 506 之對應的零偏斜狀態是位於一位置 527 ，位置 527 是位於第

一導引路徑 512 及第二導引路徑 514 在 x_g - y_g 平面上之投影的交點。位置 527 為一非零角位移 520 (β) 及一非零傾角 511 (γ) 之零偏斜角狀態的一個例子。值得注意的是，於此繪示的導引路徑 512 及 514 例如是形成於定子 516 及 518 的開槽(如下述特定實施例所繪示)。在此種實例中，導引路徑 512 及 514 可分別代表通過放射狀開槽之中心及偏移開槽之中心的中心線。如圖 5A 至圖 5C 所繪示，一定子的一開槽與一球狀物 508 的一行星輪軸(或位於此種行星輪軸上的一輥)之間的一接觸點被簡化為位於所繪示之導引路徑 512 及 514 其中之一的一個點。然而，在定子 516 及 518 的特定物理實施例中，上述接觸點並不位於一放射狀直線上。

【0035】 可各別地或同時地藉由兩種方式而在行星軸 506 上產生一非零偏斜角 120 (ζ)。其中一種方式為改變角位移 520 (β)，另一種方式為改變傾角 511 (γ)。在一實施例中，當傾角 511 (γ) 為定值時，角位移 520 (β) 及偏斜角 120 (ζ) 之間的關係是依無段變速器 500 的幾何特徵而定，如行星軸 506 的長度，及/或定子 516 及 518 的半徑等特徵。在一實施例中，當傾角 511 (γ) 為定值時，角位移 520 (β) 及偏斜角 120 (ζ) 之間的關係大致上以等式 $\beta = \zeta$ 來表示(當角度小時)。舉例而言，角位移 520 (β) 及角位置 526 (ψ) 之間的關係可依無段變速器 500 的幾何特徵及基準角參考位置 523 (ψ_0) 而定。在一實施例中，角位置 526 (ψ) 可正比於角位移 520 (β)，使其關係可近似於 $\psi = \beta + \psi_0$ (當角度小時)。當位移 520 (β) 為定值時，偏斜角 120 (ζ) 亦可依傾角 511 (γ) 而定。舉例而言，偏斜角 120 (ζ) 可以 $\tan(\zeta) = (1/2 * \sin(\Delta \gamma) * \tan(\psi))$ 之關係而依角位置 526 (ψ) 及傾角 511 的變化量 ($\Delta \gamma$) 而定。

當角度小時，上述關係可近似地表示為等式 $\zeta = \frac{1}{2} * (\Delta \gamma) * \psi$ 。

【0036】 在操作無段變速器 500 的過程中，第一及/或第二定子盤 516 及 518 可藉由一適當的控制輸入（未繪示於圖 3 至圖 5C，圖 7 繪示一控制輸入的範例）而轉動至角位移 520。在一些實施例中，第一定子盤 516 可經組態而實質上相對於主驅動軸 552 為不轉動。角位移 520 初始時會在行星軸 506 產生一偏斜角 120。如先前所討論，偏斜角 120 促使行星軸 506 的傾角 511 (γ) 改變。當行星軸 506 傾斜，行星軸 506 的末端會隨著第一導引路徑 512 及第二導引結 514 而移動。第一導引路徑 512 及第二導引路徑 514 經組態，以使得當行星軸 506 往平衡狀態傾斜時，偏斜角 120 的值會下降，其中上述平衡狀態在一實例中對應於一零偏斜角狀態。當行星軸 506 傾斜至大致上為一零偏斜角狀態的傾角 511 (γ)，行星軸 506 即停止傾斜。在一實施例中，行星軸 506 的傾角 511 (γ) 至少部分地依角位移 520 (β) 而定。在一些實施例中，傾角 511 (γ) 及角位移 520 (β) 的關係是唯一的，因此角位移 520 (β) 的各個值對應於傾角 511 (γ) 的一個值，此時無段變速器 500 可在一平衡速度比狀態下操作。

【0037】 當運行至平衡狀態，各行星軸 506 實質上處於一零偏斜角狀態。由於無段變速器 500 的各行星軸 506 連同各牽引行星 508 是獨立地耦合至定子 516 及 518，牽引行星 508 及行星軸 506 可獨立地在平衡速度比狀態下各自趨於穩定。進一步而言，當其中一行星軸 506 的傾角 511 (γ) 移離平衡狀態時（如導因於外界影響或操作狀態下的干擾），行星軸 506 的末端會隨導引路徑 512 及 514 而移動。如先前所討論，一偏斜狀態會產生於行星軸 506 上，且行

星軸 506 會因此而往一傾角 511 (γ) 傾斜，其中傾角 511 (γ) 大致上對應於一給定的角位移 520 (β) 的平衡狀態。導引路徑 512 及 514 獨立地導引行星軸 506 的移動或傾斜。因此，各行星軸 506 的移動或傾斜可實質上獨立地相對於無段變速器 500 的其它行星軸 506 而運行。

【0038】 導引路徑 512 及 514 經組態而使無段變速器 500 能夠穩定於一平衡狀態。對於第一牽引環 504 的一給定的轉動方向，圖 5A 繪示之導引路徑 512 及 514 的配置方式使無段變速器 500 穩定地操作。舉例而言，可維持無段變速器 500 之對應於角位移 520 (β) 的一所需速度比。依圖 1A 至圖 1F 所定義的符號法則可知，對於一給定的角位移 520 (β)，傾角 511 (γ) 的一正值改變量會產生偏斜角的一正值改變量，反之亦然。因此，當提供了圖 5A 所繪示之導引路徑 512 及 514 的相對配置方式，各行星軸 506 可穩定地操作。

【0039】 請參考圖 5C，在一實施例中，一導引路徑 5121 及一導引路徑 5141 在功能上可實質上相似於導引路徑 512 及 514。然而，導引路徑 5121 及 5141 是依一基準參考位置 5231 而配置，其中在 x_g - y_g 平面上，基準角參考位置 5231 實質上在方向上與基準角參考位置 523 (ψ_0) 反向（即，異號）。第一環 504 之等效轉動方向，連帶的牽引行星 508 的轉動方向及導引路徑 5121 及 5141 的配置方式在至少一些實例中會導致無段變速器 500 的不穩定操作。舉例而言，由於傾角 511 (γ) 的一正值改變量產生一負值的偏斜角（反之亦然），故無法維持無段變速器 500 之對應於角位移 520 (β) 的一所需速度比。因此，造成其中之一行星軸 506 傾斜之操作中

的干擾，會導致行星軸 506 傾斜至被例如一阻擋(stop)結構（未繪示）限制住為止。

【0040】請參考圖 6A，在一實施例中，可裝設一基於偏斜之控制步驟 600，例如與耦接至無段變速器 500 的一電力電子硬體(power electronics hardware)進行通訊的一微處理器(microprocessor)。基於偏斜之控制步驟 600 起始於一狀態 602。接著，基於偏斜之控制步驟 600 進行至一狀態 604，其中接收無段變速器 500 的一所需速度比設定點。基於偏斜之控制步驟 600 繼續進行至一狀態 606，其中決定(例如)第一定子 516 的角位移 520。接著，基於偏斜之控制步驟 600 進行至一致動器子(sub)步驟 608，其中(例如)定子 516 被賦予角位移 520。當完成致動器子步驟 608，基於偏斜之控制步驟 600 進行至一狀態 609，其中測量無段變速器 500 的實際速度比。在一實施例中，無段變速器 500 的實際速度比可藉由測量例如牽引環 502 及 504，或任何其它可表示無段變速器 500 之輸入速度及輸出速度的組件來決定。在一些實施例中，實際速度比可至少部分地基於一目標輸出速度狀態或至少部分地基於一目標輸入速度狀態而計算出。在其它實施例中，可藉由測量行星 506 的傾角來決定無段變速器 500 的實際速度比。在其它實施例中，可藉由測量無段變速器 500 的實際扭矩比來決定無段變速器 500 的實際速度比。可藉由測量例如牽引環 502 及 504 或任何其它可表示無段變速器 500 之輸入扭矩及輸出扭矩的組件的扭矩，而決定無段變速器 500 的實際扭矩比。接著，基於偏斜之控制步驟 600 進行至一決定狀態 610，其中對測量出的速度比及所需速度比設定點進行比較以產生一比較值。若測量出的速度比不同於所需速度比

設定點，則基於偏斜之控制步驟 600 回到狀態 606。若測量出的速度比等同於所需速度比設定點，則基於偏斜之控制步驟 600 進行至一結束狀態 612。在一些實施例中，基於偏斜之控制步驟 600 被組態為以開放迴圈（open loop）的方式操作，在此種情況下，狀態 609 及 610 不被包括在基於偏斜之控制步驟 600 內。

【0041】 請參考圖 6B，在一實施例中，狀態 606 可使用以一曲線 607 來表示的一查找(look-up)表。曲線 607 顯示出角位移 520 (β) 及（例如）無段變速器 500 的速度比之間的關係之一例。曲線 607 可以等式 $y = Ax^2 - Bx + C$ 表示，其中 y 為角位移 520 (β) 且 x 為速度比。在一實施例中， A 、 B 及 C 的值分別為 0.5962、-4.1645 及 3.536。在一些實施例中， A 、 B 及 C 的值分別為 0.5304、-4.0838 及 3.507。在其它實施例中， A 、 B 及 C 的值相對於無段變速器 500 的幾何特徵，例如定子 516 及 518 上的導引路徑 512 及 514 的位置、行星軸 506 的長度及牽引環 502 及 504 的尺寸等。在一些實施例中，致動器子步驟 608 被組態為以開放迴圈的方式操作，在此種情況下，狀態 619 及 620 不被包括在子步驟 608 內。

【0042】 請參考圖 6C，在一實施例中，致動器子步驟 608 可開始於一狀態 614 並進行至一狀態 615，其中接收一角位移 520 (β) 的設定點。致動器子步驟 608 進行至一狀態 616，其中至少部分地基於角位移 520 (β) 而決定一致動器命令信號（actuator command signal）。在一實施例中，可使用一查找表以將角位移 520 (β) 轉換成一致動器命令信號。在一些實施例中，致動器命令信號可為一電壓或一電流。在其它實施例中，致動器命令信號可為一纜線（cable）或一連接件（linkage）的位置變化量。在一些實施例中，

可利用一演算法而從角位移 520 (β) 推導出致動器命令信號。接著，致動器子步驟 608 進行至一狀態 617，其致動器命令信號被傳遞至一致動器及其所屬硬體 (actuator hardware)。在一實施例中，可利用一標準串列通訊規則 (standard serial communication protocol) 將致動器命令信號傳遞至致動器硬體。在一些實施例中，可利用纜線或連接件將致動器命令信號傳遞至致動器硬體。接著，致動器子步驟 608 進行至一狀態 618，其中定子 (如定子 516) 轉動。接著，致動器子步驟 608 進行至一狀態 619，其中測量角位移 520 (β)。接著，致動器子步驟 608 進行至一決定狀態 620，其中將測量出的角位移 520 (β) 與角位移 520 (β) 設定點做比較。若測量出的角位移 520 (β) 不等於角位移 520 (β) 設定點，則致動器子步驟 608 回到狀態 616。若測量出的角位移 520 (β) 等於角位移 520 (β) 設定點，則致動器子步驟 608 結束於一狀態 622，其中基於偏斜之控制步驟 600 可接著進行至如圖 6A 所繪示的狀態 609。在一些實施例中，致動器子步驟 608 被組態為以開放迴路方式操作，在此種方式中，狀態 619 及狀態 620 不包括在子步驟 608 中。

【0043】 請參考圖 7，在一實施例中，無段變速器 1000 可包括一基於偏斜之控制系統 1002，基於偏斜之控制系統 1002 可操作地耦接至一變換器 (variator) 總成 1004。在一實施例中，變換器總成 1004 包括一牽引恆星 1006，牽引恆星 1006 放射狀地配置於多個實質上為球形的牽引行星 1008 內側，且與牽引行星 1008 接觸。牽引恆星 1006 可被組態為沿提供的軸承 1011 的一主輪軸 1010 而轉動。在一實施例中，牽引恆星 1006 藉由夾持件 (clip) 1012 而

軸向地固定於主軸 1010，其中夾持件 1012 耦接至主輪軸 1010 及軸承 1011。

【0044】 在一實施例中，各牽引行星 1008 具有行星軸 1009A 及 1009B，行星軸 1009A 及 1009B 被組態為提供對應之牽引行星 1008 一可傾斜的轉軸。行星軸 1009A 及 1009B 可被組態為與牽引行星 1008 一起轉動。行星軸 1009A 及 1009B 實質上對準於牽引行星 1008 的一中心軸。在其它實施例中，牽引行星 1008 可組態為具有一中心孔，且牽引行星 1008 藉由軸承而可操作地耦合至一行星輪軸（未繪示），以使得行星輪軸被組態為實質上不可轉動。各牽引行星 1008 可操作地耦合至一第一定子 1014 及一第二定子 1016。第一定子 1014 及第二定子 1016 可配置為與主輪軸 1010 同軸。

【0045】 在無段變速器 1000 的一實施例中，可同軸地配置一輸入驅動件（input driver）1018 於主輪軸 1010。輸入驅動件 1018 可被組態為從例如一扣鏈齒輪（sprocket）、一滑輪（pulley）或其它適當之耦接件接收一輸入動力。在一實施例中，輸入驅動件 1018 耦接至一扭盤（torsion plate）1019，扭盤 1019 耦接至一第一軸向力產生器總成（axial force generator assembly）1020。軸向力產生器總成 1020 可操作地耦接至一第一牽引環 1022，第一牽引環 1022 在功能上可實質上相似於牽引環 102（圖 1A）。第一牽引環 1022 被組態為與各牽引行星 1008 接觸。一第二牽引環 1024 被組態為與各牽引行星 1008 接觸。第二牽引環 1024 在功能上可實質上相似於牽引環 104（圖 1A）。在一實施例中，第二牽引環 1024 耦接至一第二軸向力產生器總成 1026。第二軸向力產生器總成 1026 可實質上相似於第一軸向力產生器總成 1020。在特定實施例中，軸

向力產生器總成 1020 及 1026 可實質上相似於在專利合作條約專利申請案 PCT/US2007/023315 中所概略描述的夾持力產生器機構 (clamping force generator mechanisms)。

【0046】 在操作無段變速器 1000 的過程中，可藉由例如一扣鏈齒輪來傳遞一輸入動力至輸入驅動件 1018。輸入驅動件 1018 可藉由扭盤 1019 來傳遞動力至第一軸向力產生器 1020。第一軸向力產生器 1020 可藉由位於第一牽引環 1022 及各牽引行星 1008 之間的一牽引或摩擦介面而傳遞動力至牽引行星 1008。牽引行星 1008 藉由第二牽引環 1024 及第二軸向力產生器 1026 而傳遞動力至一花鼓外殼 (hub shell) 1028。藉由牽引行星 1008 的轉動軸的傾斜可達成輸入速度及輸出速度比率之變換，連帶達成輸入扭矩及輸出扭矩比率之變換。在一實施例中，可藉由轉動第一定子 1014 來達成牽引行星 1008 的轉動軸的傾斜，第一定子 1014 可實質上相似於第一定子 516 (圖 4 至圖 5C)。

【0047】 請參考圖 8，在一實施例中，一無段變速器 2000 可實質上相似於無段變速器 1000。出於描述之目的，將僅描述無段變速器 1000 及無段變速器 2000 的差異。在一實施例中，無段變速器 2000 包括一牽引恆星 2007，牽引恆星 2007 放射狀地配置於牽引行星 1008 內側且與牽引行星 1008 接觸。牽引恆星 2007 實質上為一圓柱體，當以圖 8 之紙面的平面對其剖視時，其外圍的輪廓可被形成為 v 形。該牽引恆星 2007 可被組態為分別在一第一接觸位置 2008 及一第二接觸位置 2009 接觸各牽引行星 1008。圖 1A 至圖 1F 中關於接觸區域 3 之以接觸區域為中心之座標系統及運動學關係可相似地應用於第一接觸位置 2008 及第二接觸位置 2009。在

操作無段變速器 2000 的過程中，該牽引恆星 2007 藉由平衡軸向力（balancing axial forces）而實質上被軸向地固定於第一接觸位置 2008 及第二接觸位置 2009。此外，在一些實施例中，第一及第二環 1022 及 1024 被組態為提供各行星 1008 足夠的放射狀運動學限制（constraint），在此種實施例中，該牽引恆星 2007 及軸承 1011 可從各種於此討論之無段變速器的實施例被移除。

【0048】請參考圖 9，在一實施例中，基於偏斜之控制系統 1002 可包括一槓桿臂（lever arm）1030，槓桿臂 1030 可被組態為耦接至一定子驅動件 1032。定子驅動件 1032 可藉由例如多個定位銷（dowel）或其它適當之緊固件或耦接件（未繪示）而耦接至第一定子盤 1014。在一實施例中，定子驅動件 1032 大致上可為一中空圓柱體。定子驅動件 1032 可被配置為一端具有一凸緣 1031，其中凸緣 1031 被組態為加強定子驅動件 1032 及第一定子盤 1014 的耦合。舉例而言，定子驅動件 1032 可被配置為具有一凹溝（groove），凹溝可被組態為容納一夾持件 1035 以擋住一軸承。

【0049】在一實施例中，第一定子盤 1014 可被組態為沿主輪軸 1010 轉動。舉例而言，可將一軸襯（bushing）1033 耦接至第一定子盤 1014 及定子驅動件 1032。軸襯 1033 可配置為與主輪軸 1010 同軸。在一實施例中，可將一螺帽（nut）1034 組態為與主輪軸 1010 配合以軸向地擋住軸襯 1033。在一些實施例中，第二定子盤 1016 可藉由一齒條（spline）1035 或其它適當之扭矩傳遞耦接件（torque transferring coupling）而耦接至主輪軸 1010，以使得第二定子盤 1016 實質上相對於主輪軸 1010 為不可轉動。

【0050】在操作無段變速器 1000 的過程中，槓桿臂 1030 可沿主

輪軸 1010 轉動以產生定子驅動件 1032 相對於主輪軸 1010 的一種角度轉動。槓桿臂 1030 可藉由一連接件或一纜線（未繪示）而手動地被轉動。在一些實施例中，槓桿臂 1030 可操作地耦接至例如為一直流馬達（DC motor）或一伺服致動器（servo actuator）的一電子致動器（未繪示）。在一些實施例中，槓桿臂 1030 可操作地耦接至一液壓致動器（hydraulic actuator）（未繪示）。在其它實施例中，定子驅動件 1032 可直接耦接至例如上述任何一種致動器。定子驅動件 1032 的角度轉動賦予第一定子盤 1014 相對於第二定子盤 1016 之一種角位移（ β ）。如上對於無段變速器 500 的描述，第一定子盤 1014 相對於第二定子盤 1016 的角度轉動可促進各牽引行星 1008 之轉動軸的傾斜。

【0051】 請參考圖 10 至圖 13，在一實施例中，第一定子盤 1014 可為具有一中心孔的一實質上的圓盤體。在一些實施例中，第一定子盤 1014 可被提供為具有圍繞中心孔的一輪殼（hub）1036。輪殼 1036 可被提供為具有多個孔洞 1038 以利第一定子盤 1014 及定子驅動件 1032 的耦合。可形成多個放射狀偏移開槽 1040 於第一定子盤 1014 的一表面。放射狀偏移開槽 1040 可被組態為藉由接觸例如與各球軸 1009 可操作地耦接的多個滾件（roller）1042（請參考圖 9），以加強對牽引行星 1008 的承載。第二定子盤可被提供為具有多個放射狀開槽 1044。放射狀開槽 1044 可被組態為耦接至滾件 1042。圖 10 繪示放射狀偏移開槽 1040 相對於放射狀開槽 1044 的配置方式之一例。出於討論之目的，將全域座標 1047（圖 9）應用於無段變速器 1000。必然地，可在 x_g - y_g 平面將放射狀開槽 1044 投影於第一定子盤 1014。放射狀開槽 1044 在圖 10 中以虛線表示。

【0052】請參考圖 11A 及圖 11B，詳細而言，在一實施例中，各放射狀偏移開槽 1040 及各放射狀開槽 1044 具有一寬度 1046。可將寬度 1046 的尺寸設計為可容納該滾件 1042 的外徑。在圖 10 繪示的實施例中，以放射狀偏移開槽 1040 及放射狀開槽 1044 在 x_g - y_g 平面上的投影而言，放射狀開槽 1044 圍繞第二定子盤 1016 而配置，而使得放射狀偏移開槽 1040 不對準於（意即偏移於）放射狀開槽 1044。圖 11 繪示出剖面線 A-A 及剖面線 B-B 之間的線性偏移 1048。剖面線 A-A 實質上平分放射狀開槽 1040，其中被分開的各部分實質上為寬度 1046 的一半。剖面線 B-B 實質上對準於第一定子盤 1014 的中心線。剖面線 B-B 為垂直於主驅動軸 z_g 的一直線（圖 9）。剖面線 A-A 為平行於剖面線 B-B 的一直線。較佳而言，放射狀偏移開槽 1040 可藉由定義一建構線 1050 及一中心線 1051 而繪示為具有一種角度偏移量 1049。中心線 1051 可依第一定子盤 1014 的一直徑而建構。為方便表示，建構線 1050 定義於一放射位置（radial location），其中當行星輪軸 1009 具有實質上為零的一傾角時，上述放射位置重合於行星輪軸 1009 之中心。角度偏移量 1049 可定義為介於中心線 1051 與沿著該建構線 1050 之放射狀偏移開槽 1040 之中央之間的角位移，其中放射狀偏移開槽 1040 之中央實質上為寬度 1046 的一半。在一實施例中，角度偏移量 1049 介於 0 度（degree）至 45 度之間。在一些實施例中，角度偏移量 1049 可介於 5 度至 20 度之間，較佳為 8、9、10、11 或 12 度。

【0053】請參考圖 12 及圖 13，在一實施例中，第一定子盤 1014 可被提供為具有圍繞中心孔的一轉移限位延伸部（shift stop

extension) 1052。第一定子盤可被提供為大致上具有一超環面間隙切割道 (toroidal clearance cut) 1054。間隙切割道 1054 可形成於第一定子盤 1014 的表面上。當以圖 13 之平面來觀察時，間隙切割道 1054 可大致上具有一曲線輪廓。同樣地，當以圖 12 之平面來觀察時，放射狀偏移開槽 1040 的一凹陷結構 1041 及/或一牆狀結構 1043 可大致上具有一曲線輪廓。在操作無段變速器 1000 的過程中，放射狀偏移開槽 1040 導引該滾件 1042。轉移限位延伸部 1052 可提供放射狀偏移開槽 1040 中之滾件 1042 之路徑一機械性的限制。在一些實施例中，轉移限位延伸部 1052 可形成於第一定子盤 1014 的一放射狀外側周緣上。

【0054】 請參考圖 14 及圖 15，在一實施例中，第二定子盤 1016 大致上可為具有一中心孔 1056 的一圓盤體。中心孔 1056 可被組態為藉由例如一齒條、刻痕 (knurl) 或焊接以加強第二定子盤 1016 與主輪軸 1010 的耦接。放射狀開槽 1044 可依角度地圍繞中心孔 1056 而配置。在一些實施例中，放射狀開槽 1044 可在第二定子盤上 1016 上從鄰近於定子盤 1016 的周緣 (或其附近) 而延伸至中心孔 1056。當以圖 15 的平面來觀察時，放射狀開槽 1044 可被提供為具有曲線輪廓。在一實施例中，第二定子盤 1016 可被提供為具有一轉移限位延伸部 1057。轉移限位延伸部 1057 可被形成為放射狀地圍繞中心孔 1056 且軸向地從中心孔 1056 而延伸。轉移限位延伸部 1057 可被組態為實質上相似於轉移限位延伸部 1052。

【0055】 請參考圖 16 及圖 17，在一實施例中，行星輪軸 1009 可被提供為具有被組態為容納夾持件 1072 的一溝槽 1070。夾持件 1072 可加強滾件 1042 與行星輪軸 1009 的耦合。在一實施例中，

可提供一平面 1074 於行星輪軸 1009 以承載一軸承 1076。軸承 1076 可被組態為耦合至滾件 1042 的一內徑。在一些實施例中，軸承 1076 被壓入至滾件 1042。在其它實施例中，滾件 1042 可被組態為容納一球狀軸承 1077。可在行星輪軸 1009 上提供一軸承表面 1078 以加強軸承 1077 與行星輪軸 1009 的耦接。

【0056】 請參考圖 16 及圖 17，在一實施例中，滾件 1042 大致上為具有一中心孔的一圓柱體。中心孔可被組態為容納軸承 1076 或軸承 1077。滾件 1042 可被提供為具有一冠狀外圍（crowned outer circumference）的圓柱體。冠狀外圍被組態為加強行星輪軸 1009 與第一及第二定子盤 1014 及 1016 的耦接。

【0057】 應注意，以上描述的內容已提供特定組件或子總成之尺寸。提供所提及之尺寸或尺寸範圍是為了儘可能最佳地遵從諸如最佳模式之特定法定要求。然而，本文所描述之本發明的範疇應僅由申請專利範圍之語言來判定，且因此，任何所提及之尺寸均不應被視為對發明性實施例構成限制，除非任一項申請專利範圍使規定尺寸或其範圍成為申請專利範圍之特徵。

【0058】 上述描述的內容詳細描述了本發明之特定實施例。然而，將瞭解，無論上述內容在文字方面如何詳細，仍可以許多方式來實踐本發明。亦如上所述，應注意，當描述本發明之特定特徵或態樣時使用特定術語不應被視為暗示所述術語在本文中被重新定義為限於包含所述術語所相關聯之本發明之特徵或態樣的任何具體特徵。

【符號說明】

【0059】

- 1、2、3：接觸區域
- 25：傳動設備
- 50：原動機
- 75：負載
- 100、300、500、1000、2000：無段變速器
- 102、502、1022：第一牽引環
- 104、504、1024：第二牽引環
- 106、506、1009A、1009B：行星軸
- 108、1008、2007：牽引行星
- 110、510、1006：牽引恆星
- 112：第一角度位置
- 114：第二角度位置
- 118、511：傾角
- 120：偏斜角
- 122：行星速度
- 150、550：全域座標系統
- 152、552：主驅動軸
- 160：以行星為中心之座標系統
- 170：第一相對座標系統
- 180：第二相對座標系統
- 200、1002：基於偏斜之控制系統
- 508：球形牽引行星
- 512：第一導引路徑

- 514：第二導引路徑
- 516、1014：第一定子盤
- 518、1016：第二定子盤
- 519：建構線
- 520：角位移
- 522：偏移量
- 523、5231：基準角參考位置
- 524、527：位置
- 525：放射狀偏移量
- 526：角位置
- 600：基於偏斜之控制步驟
- 602、604、606、609、614、615、616、617、618、619、620、
622：狀態
- 607：曲線
- 608：致動器子步驟
- 610、620：決定狀態
- 612：結束狀態
- 1004：變換器總成
- 1009：行星輪軸
- 1010：主輪軸
- 1011、1076：軸承
- 1012、1035、1072：夾持件
- 1018：輸入驅動件
- 1019：扭盤

- 1020：第一軸向力產生器總成
- 1026：第二軸向力產生器總成
- 1030：槓桿臂
- 1031：凸緣
- 1032：定子驅動件
- 1033：軸襯
- 1034：螺帽
- 1036：輪殼
- 1040：放射狀偏移開槽
- 1041：凹陷結構
- 1042、1042A、1042B：滾件
- 1043：牆狀結構
- 1044：放射狀開槽
- 1046：寬度
- 1047：全域座標
- 1048：線性偏移
- 1049：角度偏移量
- 1050：建構線
- 1051：中心線
- 1052、1057：轉移限位延伸部
- 1054：超環面間隙切割道
- 1056：中心孔
- 1077：球狀軸承
- 1078：軸承表面

2008：第一接觸位置

2009：第二接觸位置

5121、5141：導引路徑



【發明摘要】

【中文發明名稱】

無段變速器

【英文發明名稱】

CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSION

【中文】

本發明關於無段變速器的組件、子總成、系統及/或方法。在一實施例中，一控制系統適於促進無段變速器之傳動比的改變。在另一實施例中，控制系統包括具有多個放射狀偏移開槽的一種定子盤。各種發明性牽引行星組件及定子盤用於促進無段變速器之傳動比的變換。在一些實施例中，上述牽引行星組件包括與定子盤配合的多個行星軸。在一實施例中，定子盤可轉動而使各行星軸處於偏斜狀態。在一些實施例中，一定子傳動器可操作地耦合至定子盤。一牽引恆星適於與無段變速器的其它組件配合以維持無段變速器的運轉及/或功能。此外，無段變速器的變速控制界面亦被揭示。

【英文】

Inventive embodiments are directed to components, subassemblies, systems, and/or methods for continuously variable transmissions (CVT). In one embodiment, a control system is adapted to facilitate a change in the ratio of a

CVT. In another embodiment, a control system includes a stator plate configured to have a plurality of radially offset slots. Various inventive traction planet assemblies and stator plates can be used to facilitate shifting the ratio of a CVT. In some embodiments, the traction planet assemblies include planet axles configured to cooperate with the stator plate. In one embodiment, the stator plate is configured to rotate and apply a skew condition to each of the planet axles. In some embodiments, a stator driver is operably coupled to the stator plate. Embodiments of a traction sun are adapted to cooperate with other components of the CVT to support operation and/or functionality of the CVT. Among other things, shift control interfaces for a CVT are disclosed.

【指定代表圖】圖9。

【代表圖之符號簡單說明】

1009A、1009B：行星軸

1002：基於偏斜之控制系統

1006：牽引恆星

1008：牽引行星

1010：主輪軸

1014：第一定子盤

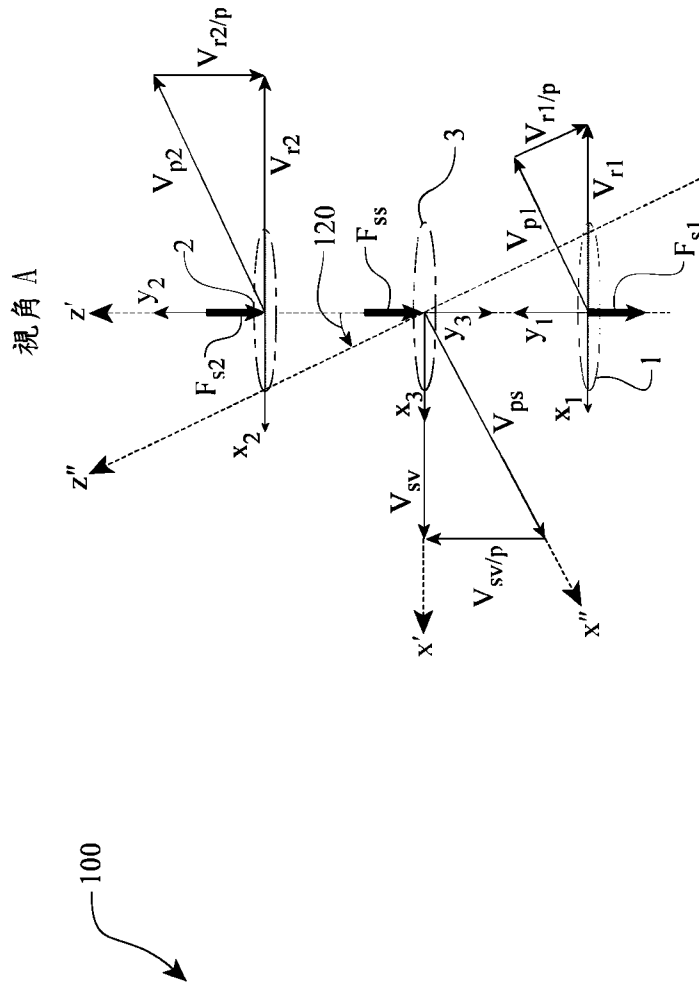
1016：第二定子盤

1030：槓桿臂

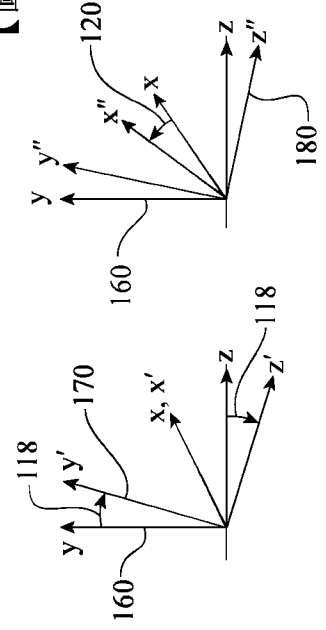
1031：凸緣

1032：定子驅動件

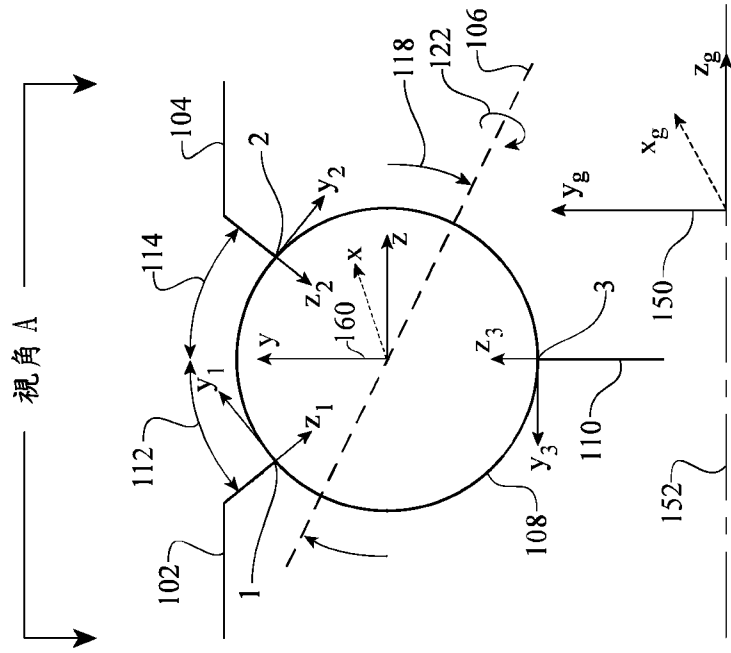
【發明圖式】



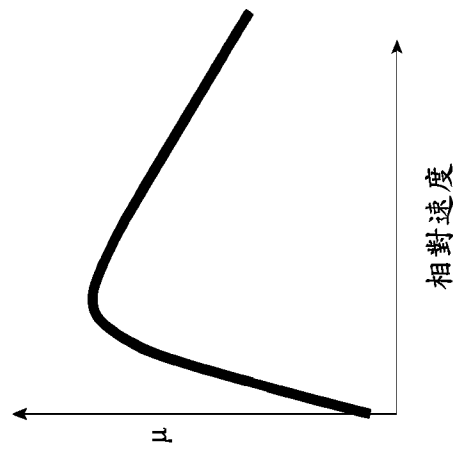
【圖1C】



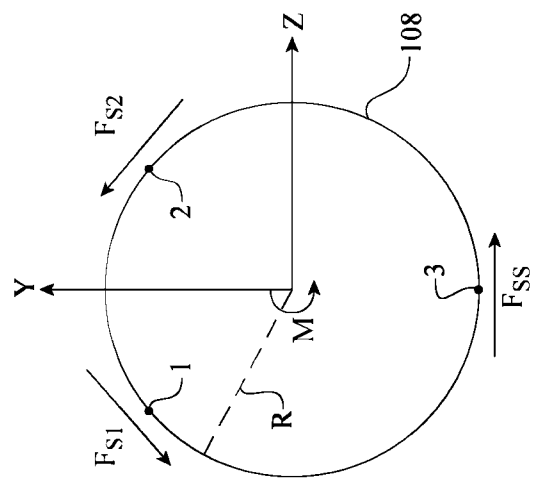
【圖1B】



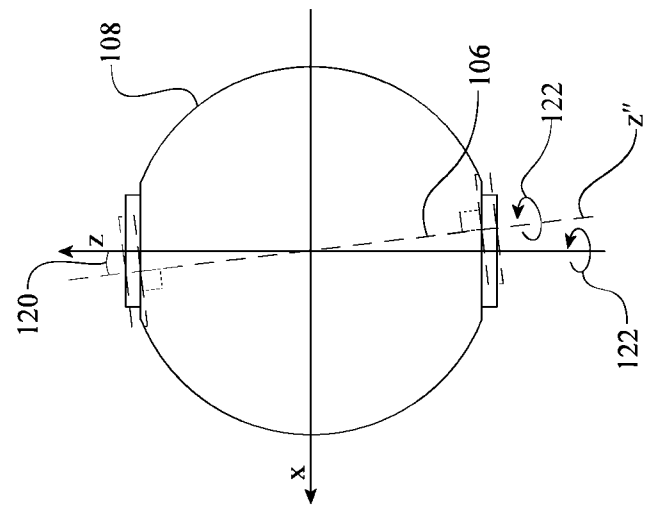
【圖1A】



【圖1D】

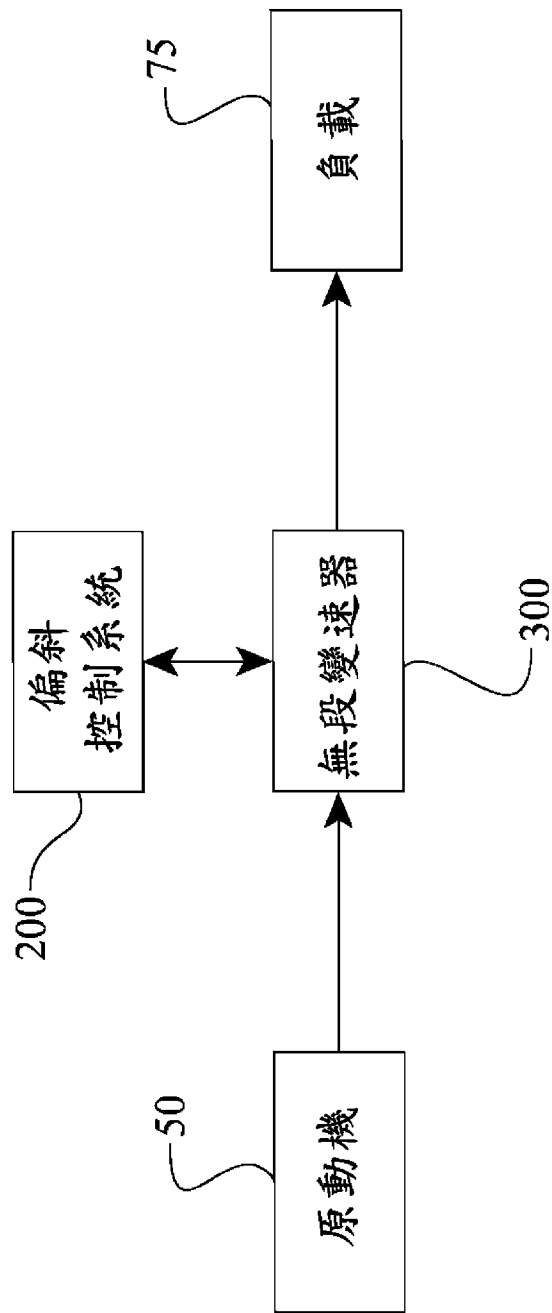


【圖1E】

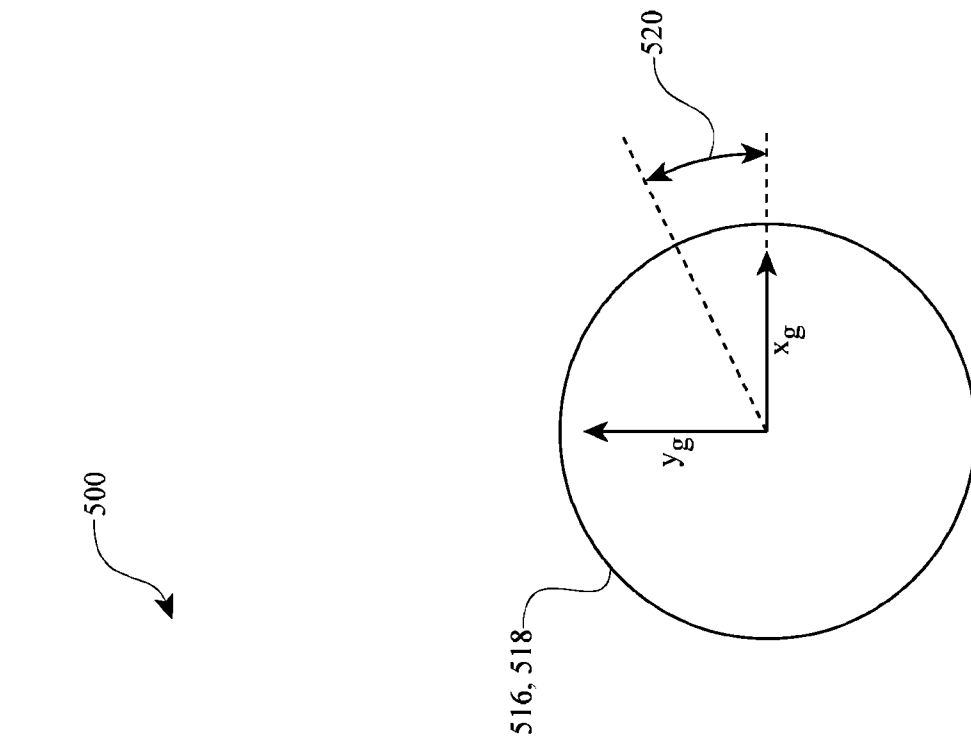


【圖1F】

25 →

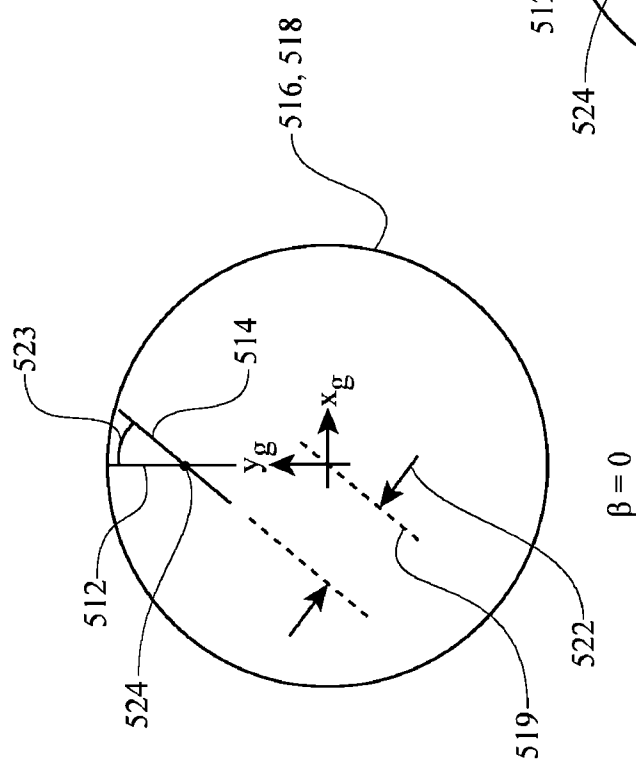


【圖2】

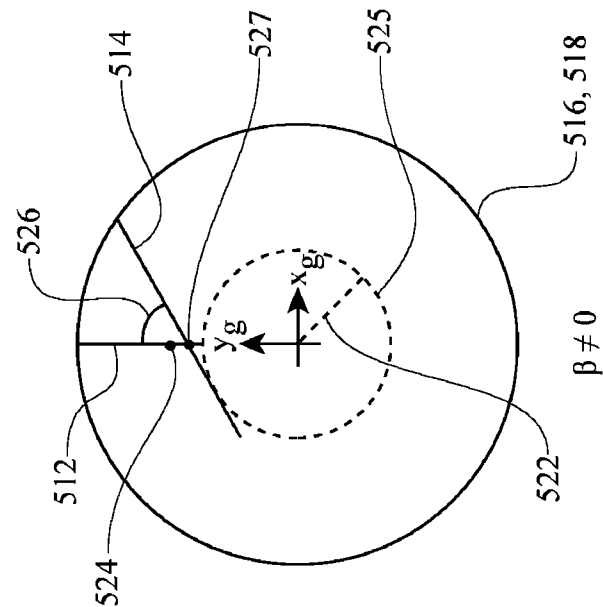


【圖3】

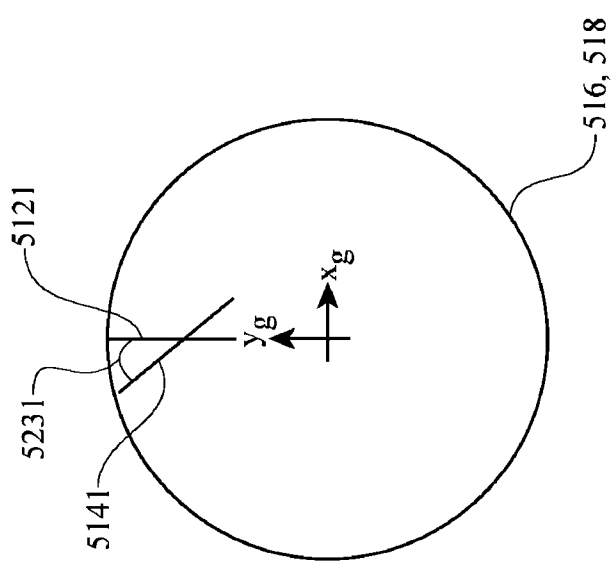
【圖4】



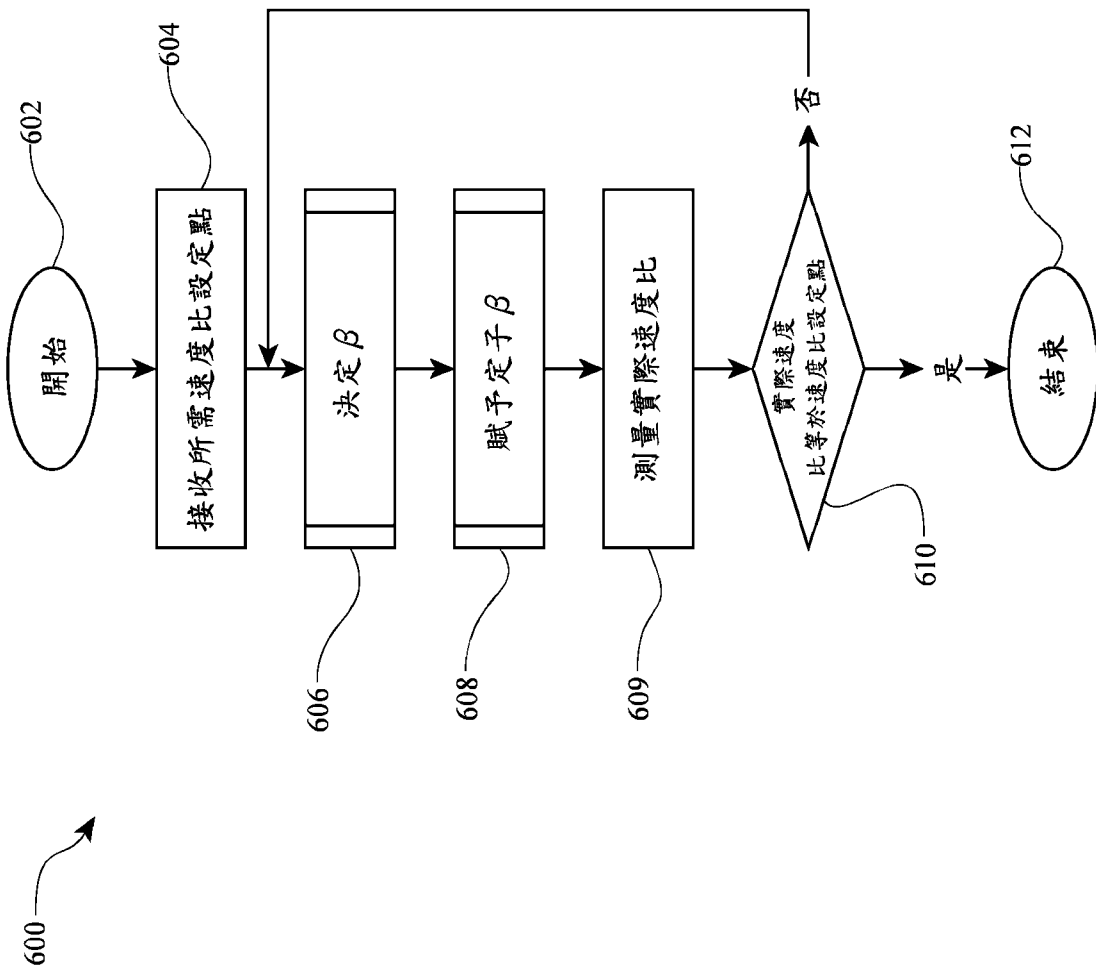
【圖5A】



【圖5B】

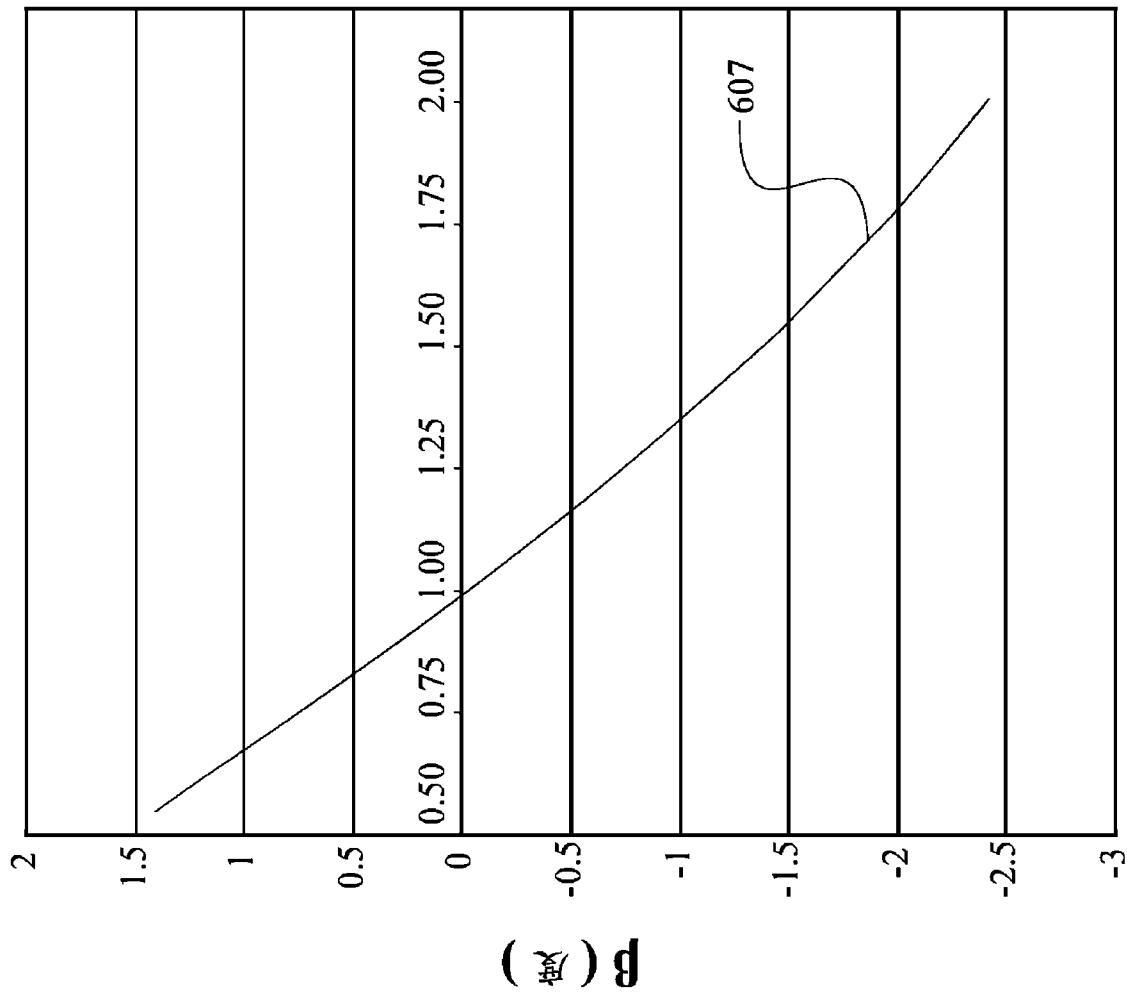


【圖5C】



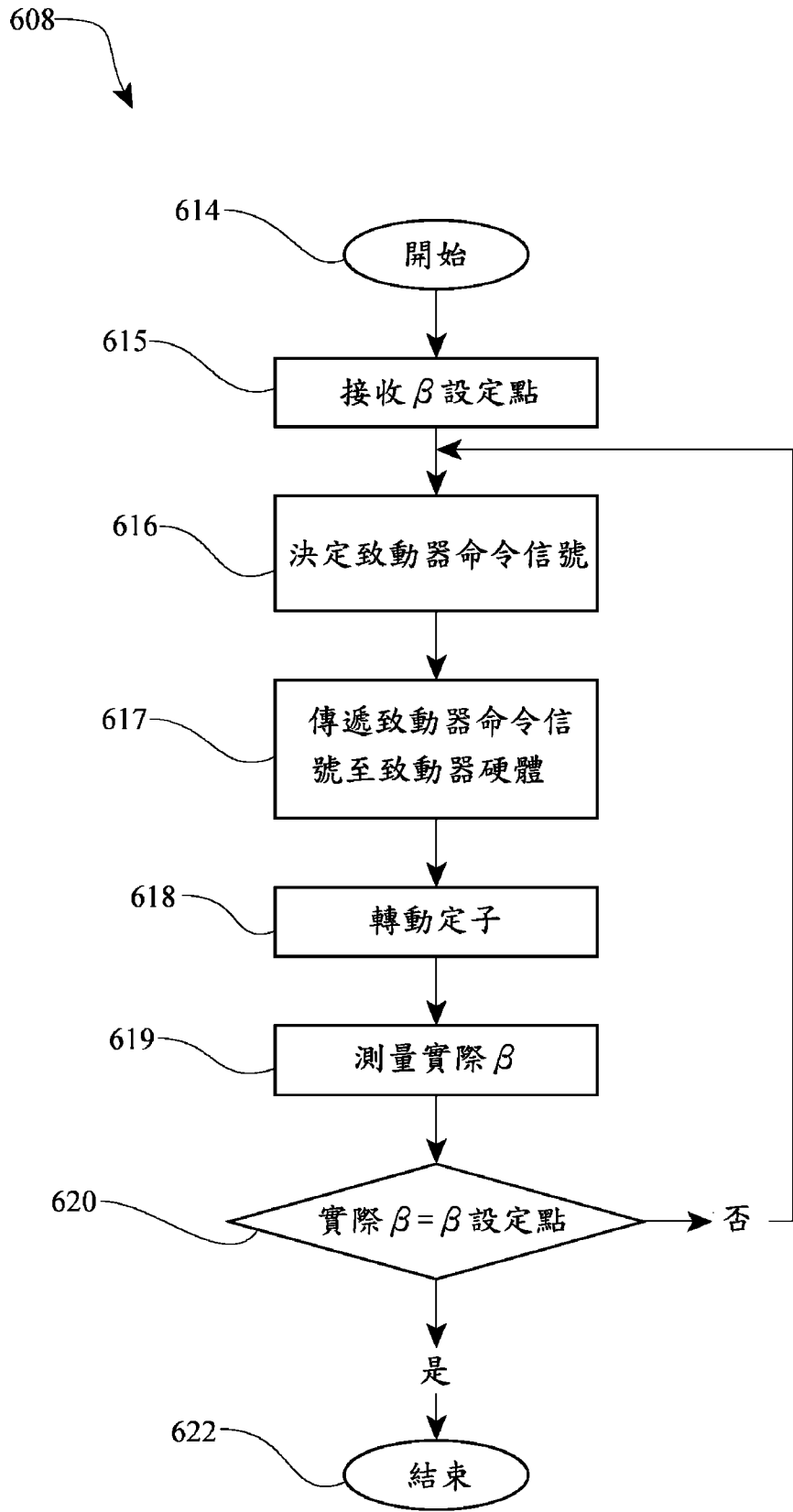
【圖6A】

600 ↗

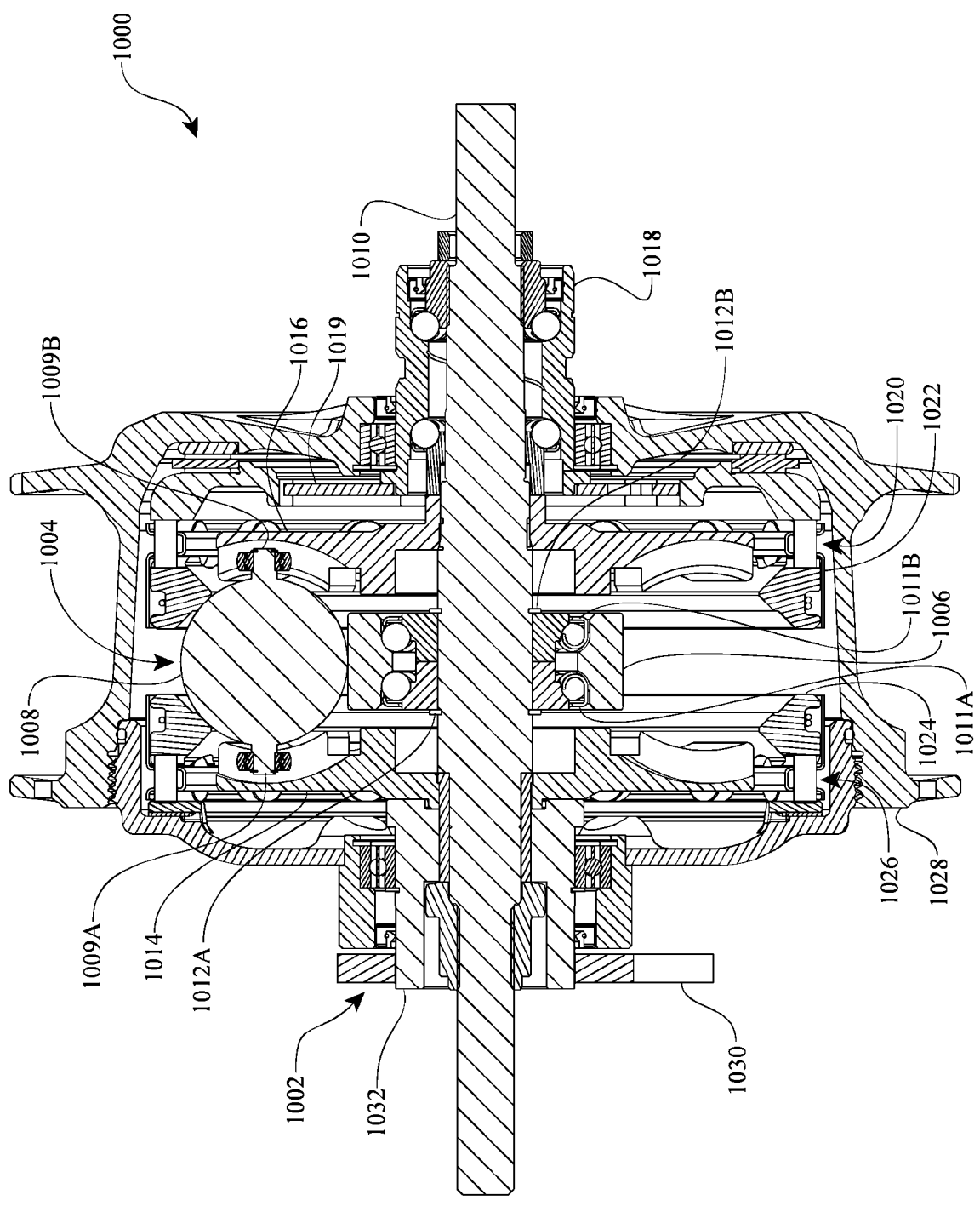


無段變速器速度比

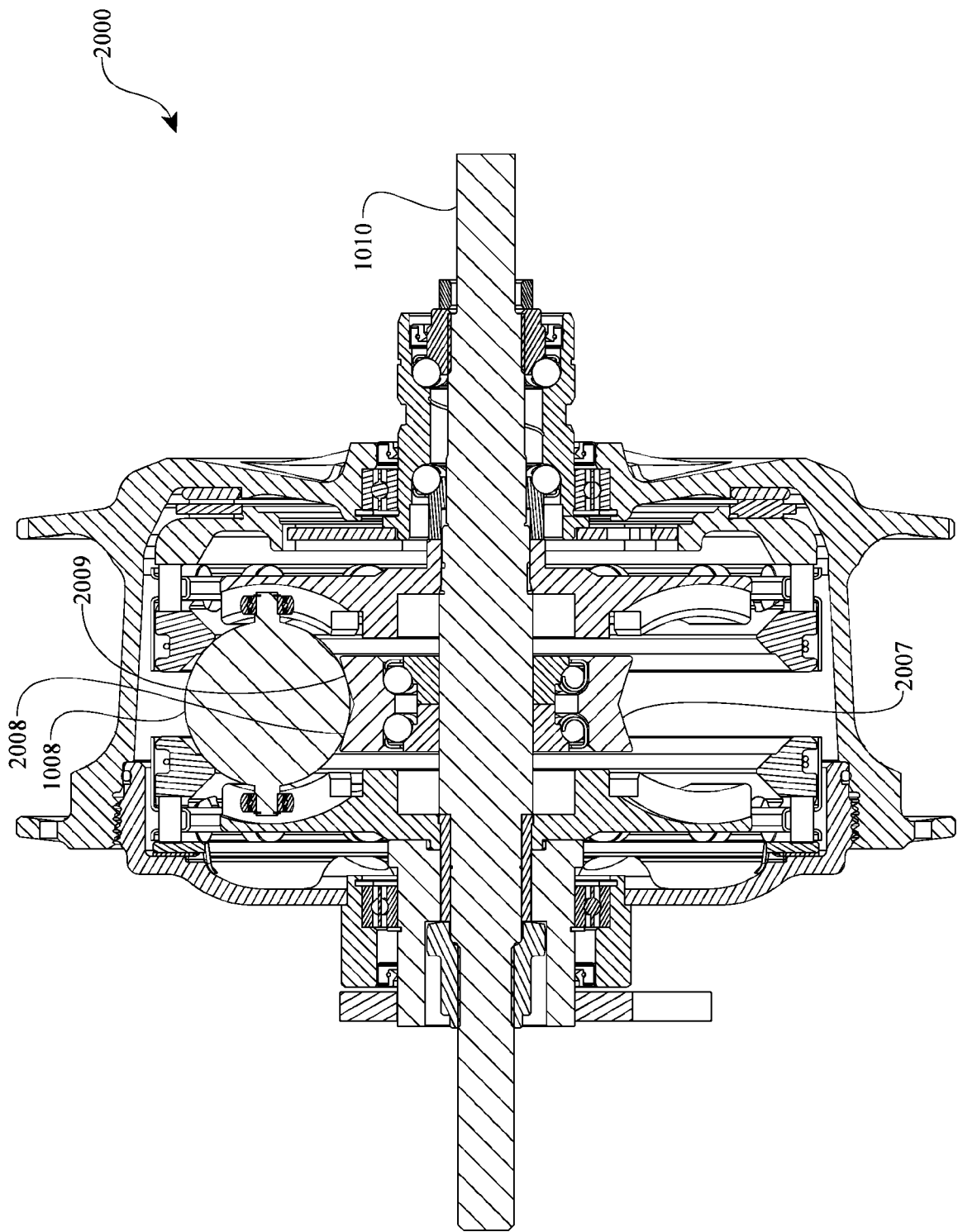
【圖6B】



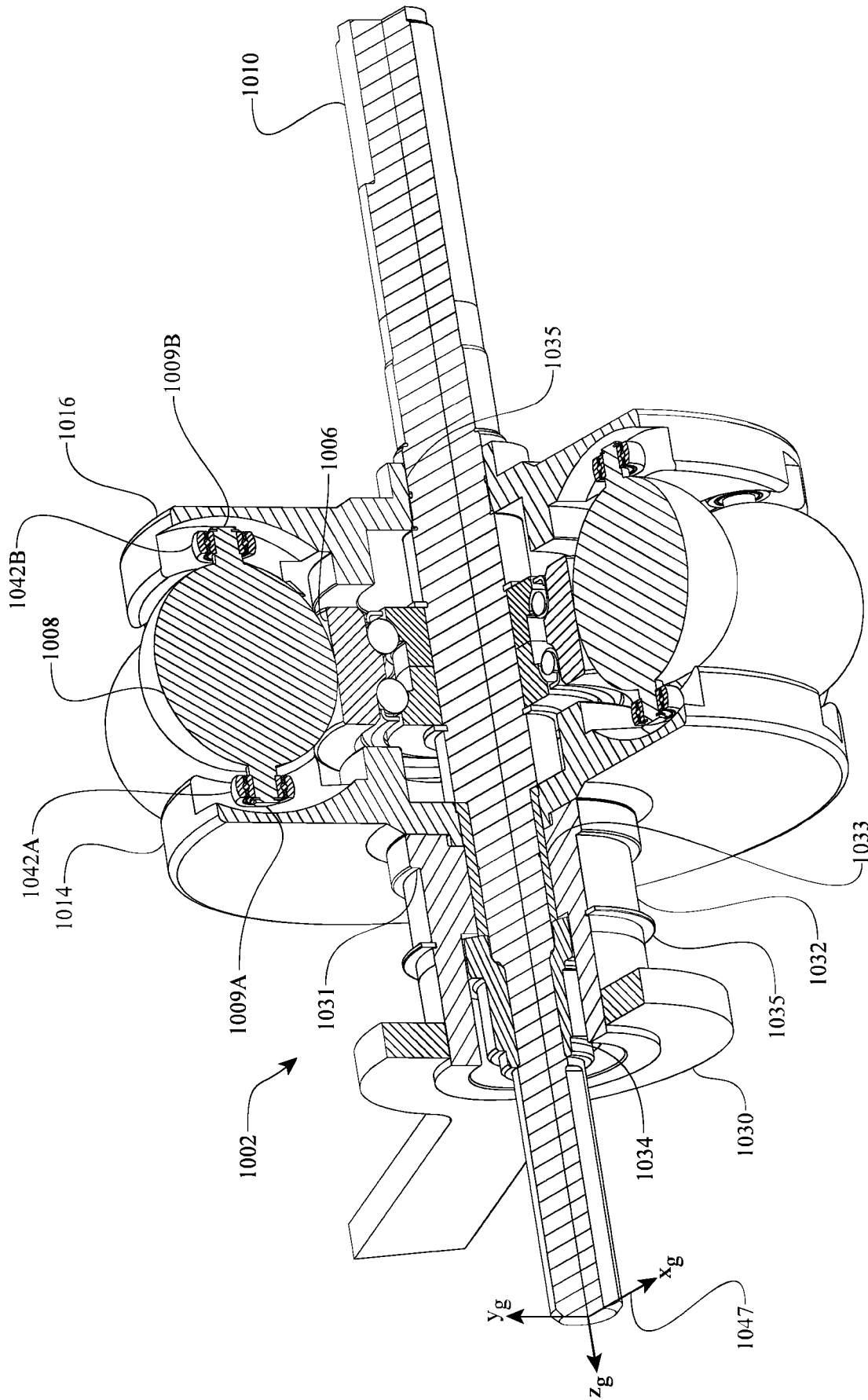
【圖 6C】



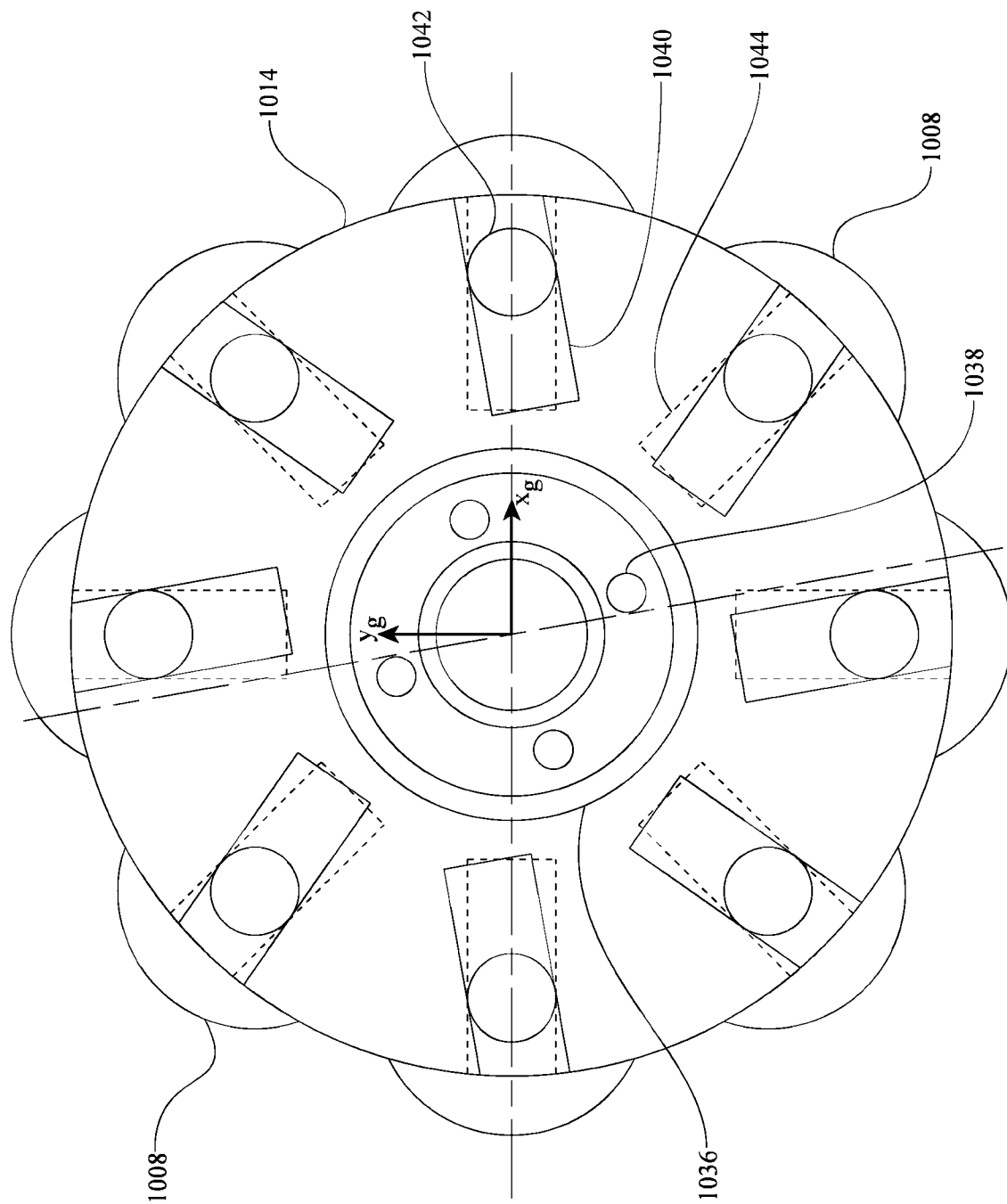
【圖7】



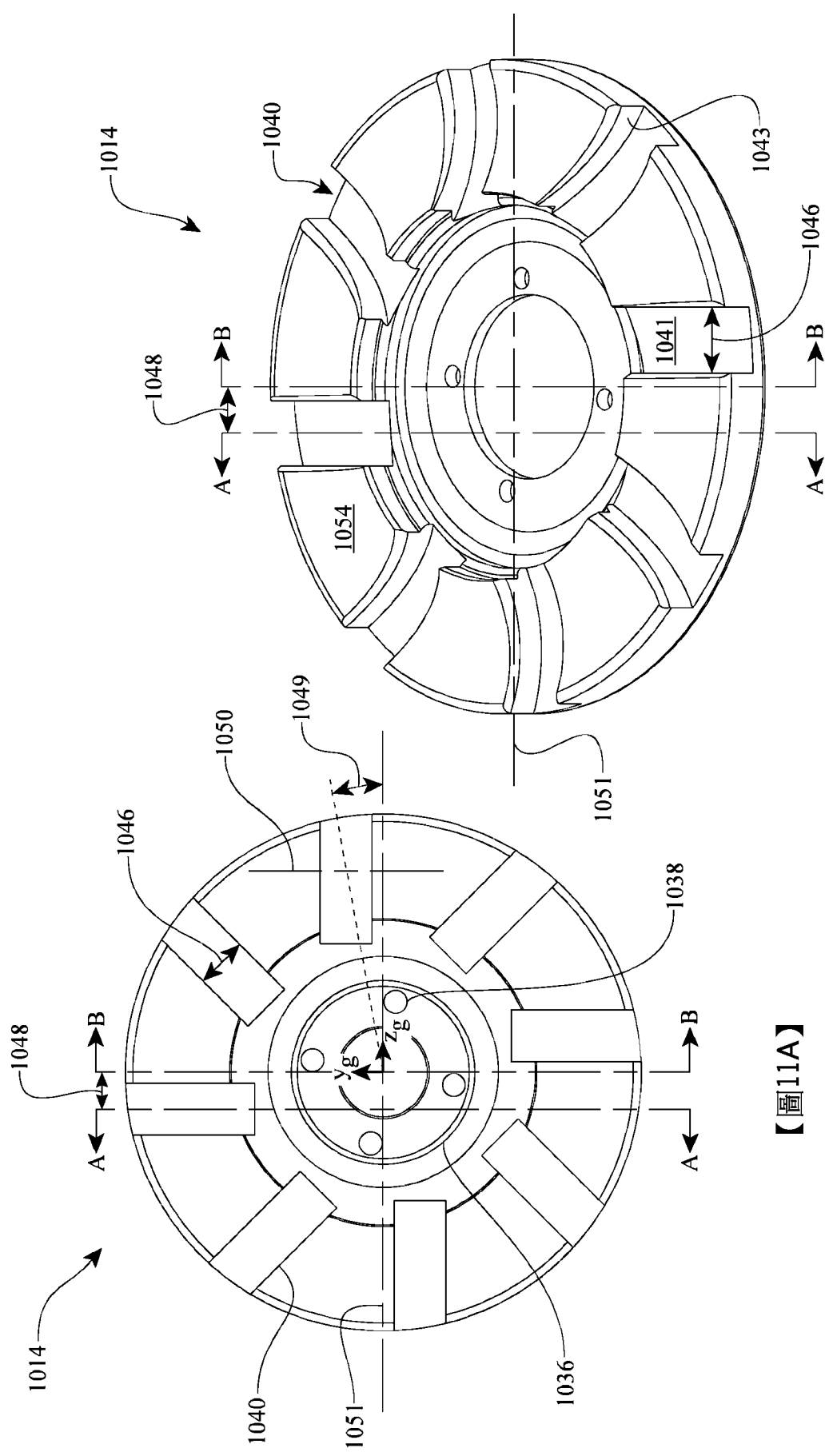
【圖8】



【圖9】

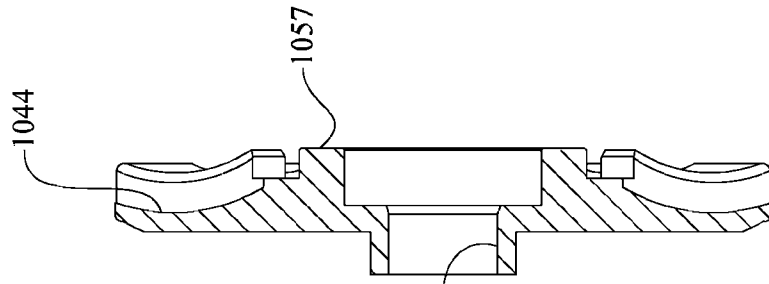


【圖10】

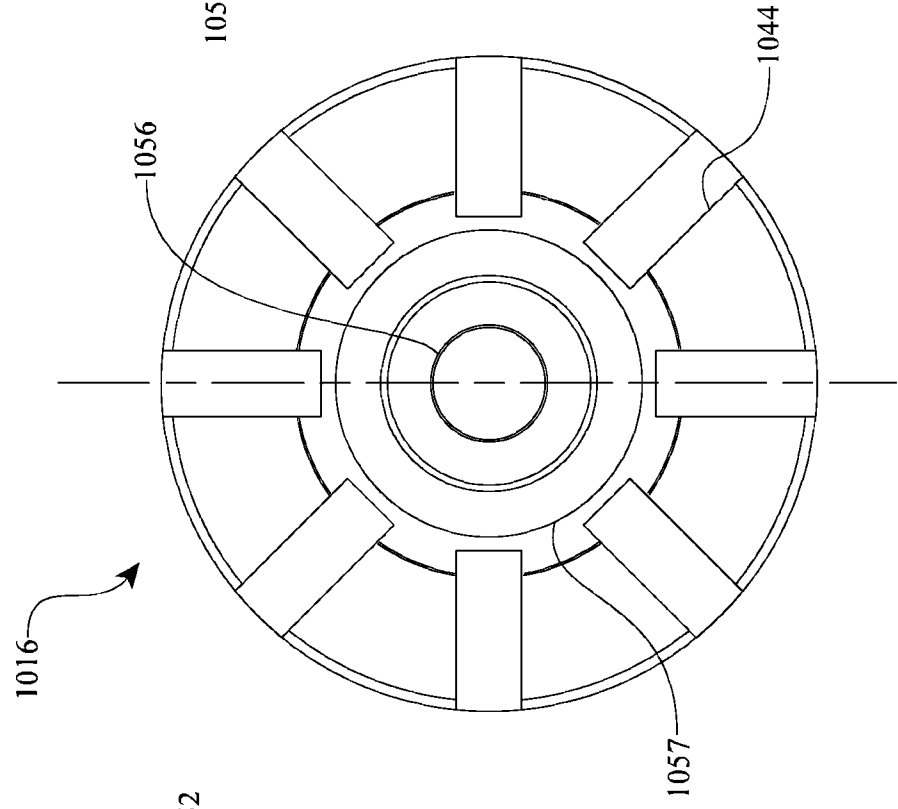
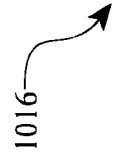


【圖11A】

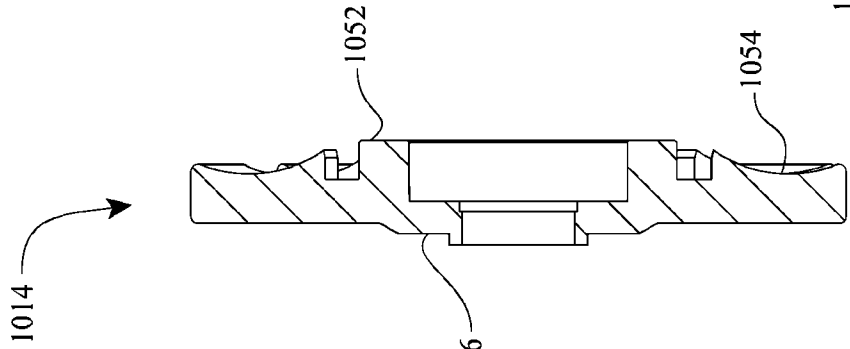
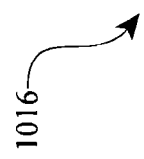
【圖11B】



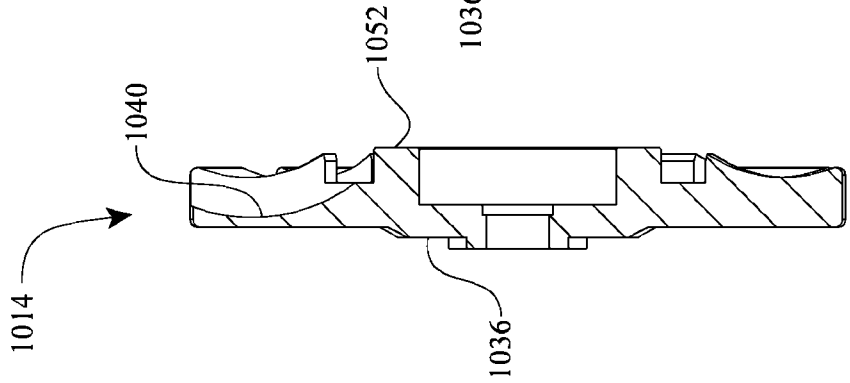
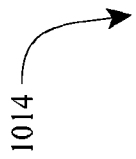
【圖15】



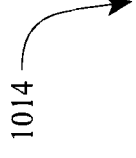
【圖14】

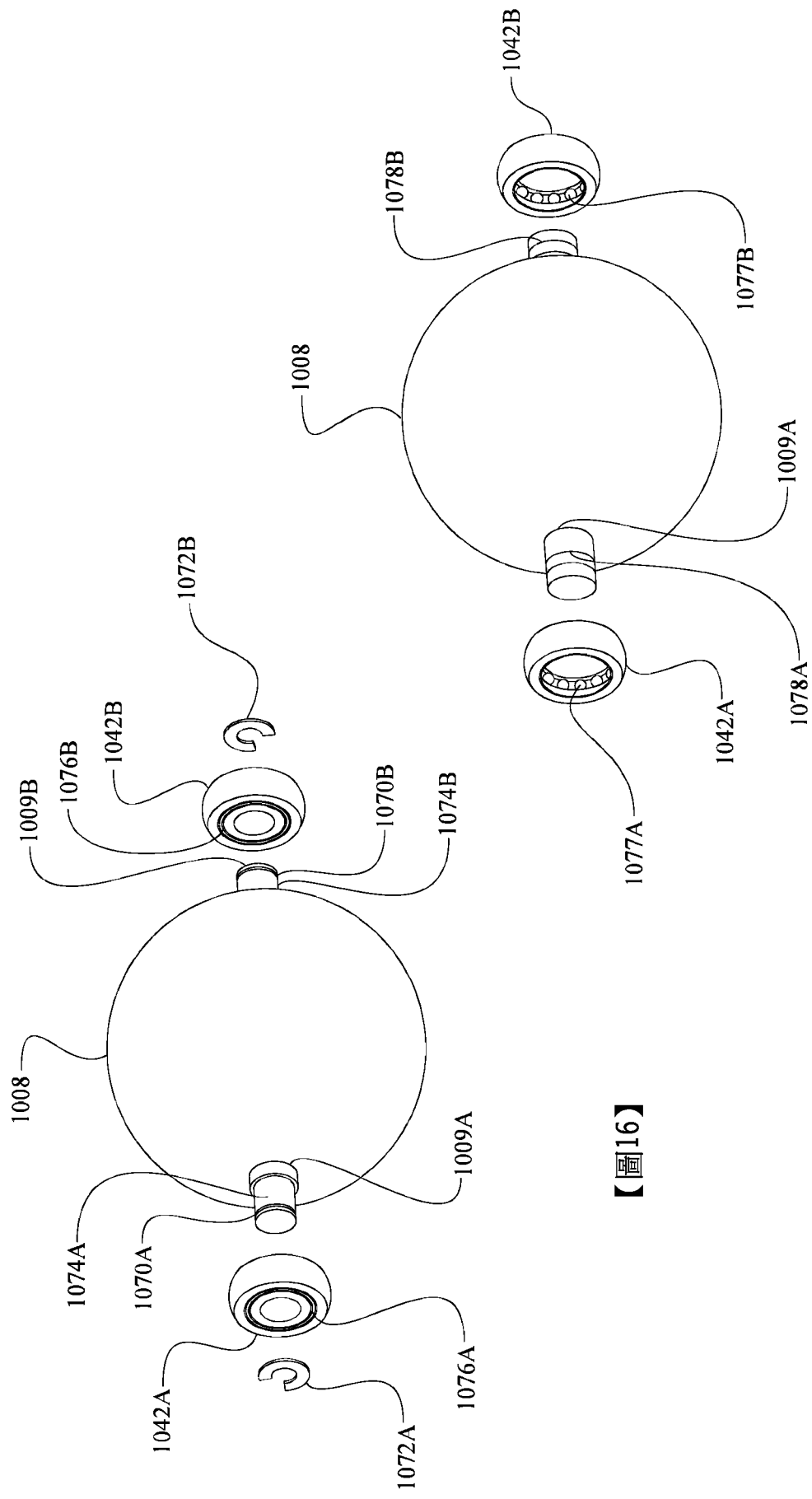


【圖13】



【圖12】





【圖16】

【圖17】

CVT. In another embodiment, a control system includes a stator plate configured to have a plurality of radially offset slots. Various inventive traction planet assemblies and stator plates can be used to facilitate shifting the ratio of a CVT. In some embodiments, the traction planet assemblies include planet axles configured to cooperate with the stator plate. In one embodiment, the stator plate is configured to rotate and apply a skew condition to each of the planet axles. In some embodiments, a stator driver is operably coupled to the stator plate. Embodiments of a traction sun are adapted to cooperate with other components of the CVT to support operation and/or functionality of the CVT. Among other things, shift control interfaces for a CVT are disclosed.

【指定代表圖】圖9。

【代表圖之符號簡單說明】

1009A、1009B：行星軸

1002：基於偏斜之控制系統

1006：牽引恆星

1008：牽引行星

1010：主輪軸

1014：第一定子盤

1016：第二定子盤

1030：槓桿臂

1031：凸緣

1032：定子驅動件

1033：軸襯

1034：螺帽

1035：夾持件

1042A、1042B：滾件

1047：全域座標

【特徵化學式】

無。

【發明申請專利範圍】

【第1項】一種無段變速器，具有圍繞一主驅動軸而成角度排列、位於一牽引恆星的放射狀地外側、且位於一第一牽引環及一第二牽引環之間的多個牽引行星，各該牽引行星具有定義一可傾斜轉軸的一軸，該無段變速器包括：

一第一定子盤，同軸於該主驅動軸，其中該第一定子盤具有多個放射狀偏移開槽，用於耦合各該軸的第一端；以及

一第二定子盤，同軸於該主驅動軸，其中該第二定子盤具有多個放射狀開槽，用於耦合各該軸的第二端，

其中該第一定子盤可相對於該第二定子盤而轉動至一角度失準，

其中該角度失準導致一非零偏斜角狀態，

其中該第一牽引環、該第二牽引環、該牽引恆星、多個該放射狀偏移開槽、及多個該放射狀開槽中的兩個或兩個以上基於該非零偏斜角狀態產生力，

其中該第一定子盤上的多個該放射狀偏移開槽以及該第二定子盤上的多個該放射狀開槽被組態為在基於所產生的力而具有一非零角位移的一目標傾斜角，導引多個該牽引行星至一平衡狀態，以及

其中該平衡狀態對應於一實質上為零的偏斜狀態。

【第2項】如申請專利範圍第1項所述之無段變速器，更包括一致動器，可操作地耦合於該第一定子盤及該第二定子盤中的至少其一，該致動器被組態為可造成該第一定子盤及該第二定子盤之間的相對轉動。

【第3項】如申請專利範圍第2項所述之無段變速器，更包括耦合至該第一定子盤的一定子傳動器，該定子傳動器被組態為可操作地耦合該致動器。

【第4項】如申請專利範圍第1項所述之無段變速器，其中該牽引恆星被組態為實質上軸向地固定著。

【第5項】一種球狀行星式無段變速器，包括：

多個牽引行星，各該牽引行星具有定義一可傾斜轉軸的一軸；

一第一導引路徑，對準於與該無段變速器的一主驅動軸正交的一直線，該第一導引路徑被組態為作用於定義該可傾斜轉軸的各該軸；以及

一第二導引路徑，對準於平行於與該無段變速器的一主驅動軸正交的該直線的另一直線，其中該第二導引路徑的轉動將驅動該可傾斜轉軸至導致一非零偏斜角狀態的非零角位移，

其中該第一導引路徑以及該第二導引路徑被組態為在基於產生的力而具有一非零角位移的一目標傾斜角，導引多個該牽引行星至一平衡狀態，以及

該平衡狀態對應於一實質上為零的偏斜狀態。