

【11】證書號數：I939011

【45】公告日：中華民國 115 (2026) 年 09 月 11 日

【51】Int. Cl. : B25J9/16 (2006.01) B25J19/02 (2006.01)
G05B19/401 (2006.01)

發明

全 10 頁

【54】名稱：具量測功能的六軸並聯機器人及其量測方法

【21】申請案號：114118427 【22】申請日：中華民國 114 (2025) 年 05 月 16 日

【72】發明人：李俊則 (TW) LEE, CHUN-TSE；王錫裕 (TW) WANG, SHI-YU

【71】申請人：台達電子工業股份有限公司 DELTA ELECTRONICS, INC.
桃園市龜山區山鶯路 252 號

【74】代理人：謝佩玲；王耀華；陳仕勳

【56】參考文獻：

CN 114012702A

CN 114207377A

CN 114310844A

CN 118322177A

審查人員：蔡文明

【57】申請專利範圍

1. 一種具量測功能的六軸並聯機器人，包括：
一移動平台，具有一第一表面；
一基座平台，具有一第二表面；
多個第一關節元件，分別設置於該第一表面；
多個第二關節元件，分別設置於該第二表面；及
六個線性致動器，分別透過該多個第一關節元件及該多個第二關節元件設置在該移動平台與該基座平台間，並且各該線性致動器分別具有一線性馬達及一馬達驅動器，其中該移動平台具有一目標位姿以及相對於多個方向上的多個抵抗力道，並且各該馬達驅動器被配置來執行下列動作：
動作 a) 基於一運動命令控制各該線性馬達運轉來提供一推力，以令該移動平台維持於該目標位姿；
動作 b) 於該移動平台接受一外力且該外力小於或等於一推力閾值時，讀取各該線性馬達的一電流值並計算一電流變化量；
動作 c) 於該移動平台接受該外力且該外力大於該推力閾值時控制各該線性致動器進行順應性運動，並讀取各該線性馬達的一線性位移變化量；
動作 d) 根據各該線性馬達的該線性位移變化量計算一正向運動學，以獲得該移動平台的一目前位姿；
動作 e) 基於各該線性馬達的該電流變化量及該目前位姿計算該移動平台相對於該外力的一等效力與一等效力矩；及
動作 f) 比較該目前位姿及該目標位姿以計算該移動平台的一位移量及一角度變化量。
2. 如請求項 1 所述的六軸並聯機器人，其中各該馬達驅動器更被配置來分別執行下列動作：
動作 a01) 接受一外部操作以設定該移動平台的該目標位姿，並基於該目標位姿產生用以控制各該線性馬達的該運動命令；及

(2)

動作 a02) 接收該外部操作以設定該移動平台相對於多個方向上的該多個抵抗力道，並基於該多個抵抗力道設定該推力閾值，其中該多個抵抗力道包括卡式座標系上的三軸力量及三軸力矩。

3. 如請求項 2 所述的六軸並聯機器人，其中於該動作 a01) 中，各該馬達驅動器被配置來根據該目標位姿進行一逆向運動學計算，以獲得各該線性致動器要維持該移動平台在該目標位姿所需追隨的一線性位移量，並基於該線性位移量產生對應的該運動命令。

4. 如請求項 3 所述的六軸並聯機器人，其中各該馬達驅動器更被配置來分別執行下列動作以計算各該線性致動器的該線性位移量：

輸入該移動平台以一基座平台座標系為基準的該目標位姿、該移動平台的一中心點與各該第一關節元件間的一第一距離、該基座平台的一中心點與各該第二關節元件間的一第二距離、代表該移動平台上較接近的兩個該第一關節元件間的夾角的一半數值的一第一夾角，以及代表該基座平台上較接近的兩個該第二關節元件間的夾角的一半數值的一第二夾角；

依據該第二距離及該第二夾角計算各該第二關節元件在該基座平台座標系下的一第二座標位置；

依據該第一距離及該第一夾角計算各該第一關節元件在該基座平台座標系下的一第一座標位置；及

基於該移動平台以該基座平台座標系為基準的該目標位姿，依序對各該第一關節元件的該第一座標位置進行一座標轉換矩陣乘法，並且與對應之各該第二關節元件取歐幾里得距離以獲得對應之各該線性致動器的該線性位移量。

5. 如請求項 1 所述的六軸並聯機器人，其中各該馬達驅動器更被配置來迭代執行下列動作以實現該動作 d)：

取得該移動平台的該目前位姿，並根據該目前位姿進行一逆向運動學計算以獲得各該線性馬達的一目前線性位移量；

計算各該線性馬達的該目前線性位移量以及由該外力導致的一目標線性位移量的一位移量誤差值；

基於該位移量誤差值及一迭代演算法的一時間常數計算各該線性致動器所需的一線性位移速度陣列；

基於該移動平台的該目前位姿計算一雅可比矩陣，並利用該雅可比矩陣將該線性位移速度陣列轉換為該移動平台所需的一第二線性位移速度陣列；

將該第二線性位移速度陣列加上該移動平台的該目前位姿，以生成迭代過程中的一更新後目前位姿；

根據該更新後目前位姿進行該逆向運動學計算以獲得迭代過程中的各該線性馬達的該目前線性位移量；及

重覆執行上述動作以進行迭代更新計算，直到各該線性馬達的該位移量誤差值收斂至預設之一準確值時結束計算，並輸出該更新後目前位姿做為該移動平台的該目前位姿。

6. 如請求項 1 所述的六軸並聯機器人，其中各該馬達驅動器更被配置來迭代執行下列動作以實現該動作 e)：

從該些線性致動器取得多個線性推力向量矩陣，其中各該線性推力向量矩陣與該電流變化量直接相關；

透過逆向運動學分別計算各該第一關節元件以一基座平台座標系表示之一第一座標位置，以及各該第二關節元件以該基座平台座標系表示之一第二座標位置，以獲得多個第一座標位置及多個第二座標位置；

基於該些第一座標位置及該些第二座標位置分別計算各該第二關節元件與相對應之各該第一關節元件的連線之一歐幾里得距離，以獲得多個歐幾里得距離；

(3)

基於該些歐幾里得距離分別計算各該第二關節元件與相對應的各該第一關節元件連線之一單位向量，以獲得多個單位向量；

基於該些線性推力向量矩陣及該些單位向量計算該移動平台相對於該外力的一等效力；計算該基座平台的一中心位置與各該第二關節元件的一連線向量以作為一力臂；及基於該力臂及該等效力計算該移動平台相對於該外力的一等效力矩。

7. 如請求項 6 所述的六軸並聯機器人，其中各該馬達驅動器分別基於一第一公式計算該單位向量，基於一第二公式計算該等效力，並基於一第三公式計算該等效力矩，該第一公式為： $\bar{n}_i = \frac{\overline{OB}_i}{|\overline{OB}_i|}$ ，該第二公式為： $F = -\sum_{i=1}^6 f_i \bar{n}_i$ ，該第三公式為： $T = -\sum_{i=1}^6 \overline{OB}_i \times f_i \bar{n}_i$ ，其中 $\bar{n}_i$ 為該單位向量， $\overline{OB}_i$ 為該歐幾里得距離， F 為該等效力， f_i 為該線性推力向量矩陣， T 為該等效力矩， $\overline{OB}_i$ 為該連線向量。
8. 一種六軸並聯機器人的量測方法，應用於具有一移動平台、一基座平台、分別設置於該移動平台的一第一表面的多個第一關節元件、分別設置於該基座平台的一第二表面的多個第二關節元件，以及分別透過該多個第一關節元件及該多個第二關節元件設置於該移動平台與該基座平台之間的六個線性致動器的一六軸並聯機器人，其中該移動平台具有一目標位姿以及相對於多個方向上的多個抵抗力道，各該線性致動器分別具有一線性馬達及一馬達驅動器，並且該量測方法包括下列步驟：
步驟 a) 由各該馬達驅動器基於一運動命令控制各該線性馬達運轉來提供一推力，以令該移動平台維持於該目標位姿；
步驟 b) 於該移動平台接受一外力且該外力小於或等於一推力閾值時，由各該馬達驅動器讀取各該線性馬達的一電流值並計算一電流變化量；
步驟 c) 於該移動平台接受該外力且該外力大於該推力閾值時，由各該馬達驅動器控制各該線性致動器進行順應性運動，並讀取各該線性馬達的一線性位移變化量；
步驟 d) 由各該馬達驅動器根據各該線性馬達的該線性位移變化量計算一正向運動學，以獲得該移動平台的一目前位姿；
步驟 e) 由各該馬達驅動器基於各該線性馬達的該電流變化量及該目前位姿計算該移動平台相對於該外力的一等效力與一等效力矩；及
步驟 f) 由各該馬達驅動器比較該目前位姿及該目標位姿以計算該移動平台的一位移量及一角度變化量。
9. 如請求項 8 所述的量測方法，其中更包括：
步驟 a01) 接受一外部操作以設定該移動平台的該目標位姿，並基於該目標位姿產生用以控制各該線性馬達的該運動命令；及
步驟 a02) 接收該外部操作以設定該移動平台相對於多個方向上的該多個抵抗力道，並基於該多個抵抗力道設定該推力閾值，其中該多個抵抗力道包括卡式座標系上的三軸力量及三軸力矩。
10. 如請求項 9 所述的量測方法，其中該步驟 a01) 包括由各該馬達驅動器根據該目標位姿進行一逆向運動學計算，以獲得各該線性致動器要維持該移動平台在該目標位姿所需追隨的一線性位移量，並基於該線性位移量產生對應的該運動命令。
11. 如請求項 10 所述的量測方法，其中該步驟 a01) 更包括：
步驟 a011) 輸入該移動平台以一基座平台座標系為基準的該目標位姿、該移動平台的一中心點與各該第一關節元件間的一第一距離、該基座平台的一中心點與各該第二關節元件間的一第二距離、代表該移動平台上較接近的兩個該第一關節元件間的夾角的一半數值的一第一夾角，以及代表該基座平台上較接近的兩個該第二關節元件間的夾角的一半數值的一第二夾角；

(4)

步驟 a012) 依據該第二距離及該第二夾角計算各該第二關節元件在該基座平台座標系下的一第二座標位置；

步驟 a013) 依據該第一距離及該第一夾角計算各該第一關節元件在該基座平台座標系下的一第一座標位置；及

步驟 a014) 基於該移動平台以該基座平台座標系為基準的該目標位姿，依序對各該第一關節元件的該第一座標位置進行一座標轉換矩陣乘法，並且與對應之各該第二關節元件取歐幾里得距離以獲得對應之各該線性致動器的該線性位移量。

12. 如請求項 8 所述的量測方法，其中該步驟 d) 包括：

步驟 d1) 取得該移動平台的該目前位姿，並根據該目前位姿進行一逆向運動學計算以獲得各該線性馬達的一目前線性位移量；

步驟 d2) 計算各該線性馬達的該目前線性位移量以及由該外力導致的一目標線性位移量的一位移量誤差值；

步驟 d3) 基於該位移量誤差值及一迭代演算法的一時間常數計算各該線性致動器所需的一線性位移速度陣列；

步驟 d4) 基於該移動平台的該目前位姿計算一雅可比矩陣，並利用該雅可比矩陣將該線性位移速度陣列轉換為該移動平台所需的一第二線性位移速度陣列；

步驟 d5) 將該第二線性位移速度陣列加上該移動平台的該目前位姿，以生成迭代過程中的一更新後目前位姿；

步驟 d6) 根據該更新後目前位姿進行該逆向運動學計算以獲得迭代過程中的各該線性馬達的該目前線性位移量；及

步驟 d7) 重覆執行上述動作以進行迭代更新計算，直到各該線性馬達的該位移量誤差值收斂至預設之一準確值時結束計算，並輸出該更新後目前位姿做為該移動平台的該目前位姿。

13. 如請求項 8 所述的量測方法，其中該步驟 e) 包括：

步驟 e1) 從該些線性致動器取得多個線性推力向量矩陣，其中各該線性推力向量矩陣與該電流變化量直接相關；

步驟 e2) 透過逆向運動學分別計算各該第一關節元件以一基座平台座標系表示之一第一座標位置，以及各該第二關節元件以該基座平台座標系表示之一第二座標位置，以獲得多個第一座標位置及多個第二座標位置；

步驟 e3) 基於該些第一座標位置及該些第二座標位置分別計算各該第二關節元件與相對應之各該第一關節元件的連線之一歐幾里得距離，以獲得多個歐幾里得距離；

步驟 e4) 基於該些歐幾里得距離分別計算各該第二關節元件與相對應的各該第一關節元件連線之一單位向量，以獲得多個單位向量；

步驟 e5) 基於該些線性推力向量矩陣及該些單位向量計算該移動平台相對於該外力的一等效力；

步驟 e6) 計算該基座平台的一中心位置與各該第二關節元件的一連線向量以作為一力臂；及

步驟 e7) 基於該力臂及該等效力計算該移動平台相對於該外力的一等效力矩。

14. 如請求項 13 所述的量測方法，其中該步驟 e4) 包括基於一第一公式計算該單位向量，該步驟 e5) 包括基於一第二公式計算該等效力，該步驟 e7) 包括基於一第三公式計算該等效力矩，其中該第一公式為： $\vec{u}_i = \frac{\vec{B}_i \vec{r}_i}{|\vec{B}_i \vec{r}_i|}$ ，該第二公式為： $F = -\sum_{i=1}^n f_i \vec{u}_i$ ，該第三公式為： $T = -\sum_{i=1}^n \vec{O} \vec{B}_i \times f_i \vec{u}_i$ ，其中 $\vec{u}_i$ 為該單位向量， $\vec{B}_i \vec{r}_i$ 為該歐幾里得距離， F 為該等效力， f_i 為該線性推力向量矩陣， T 為該等效力矩， $\vec{O} \vec{B}_i$ 為該連線向量。

圖式簡單說明

(5)

圖 1 為本申請的六軸並聯機器人的示意圖的實施例。

圖 2 為本申請的線性致動器的方塊圖的實施例。

圖 3 為本申請的量測流程圖的實施例。

圖 4A 為本申請的位移量測示意圖的實施例。

圖 4B 為本申請的角度量測示意圖的實施例。

圖 4C 為本申請的力量及力矩量測示意圖的實施例。

圖 5 為本申請的正向運動學計算示意圖的實施例。

圖 6 為本申請的外力計算示意圖的實施例。

圖 7 為本申請的量測結果示意圖的實施例。

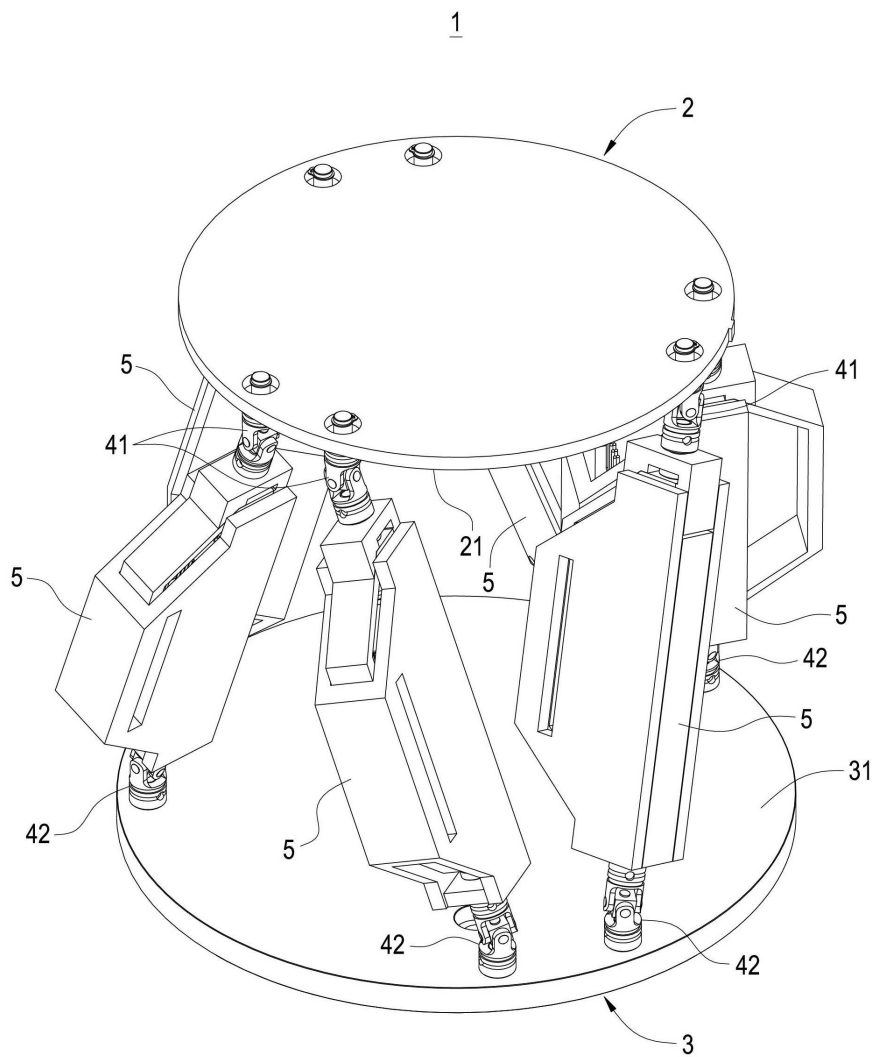


圖1

(6)

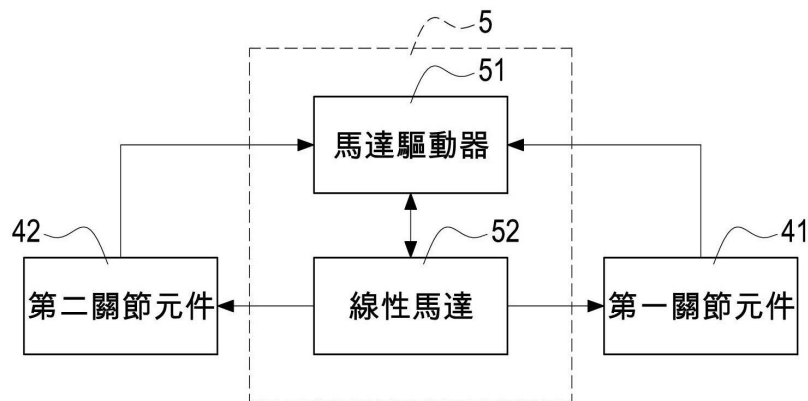


圖2

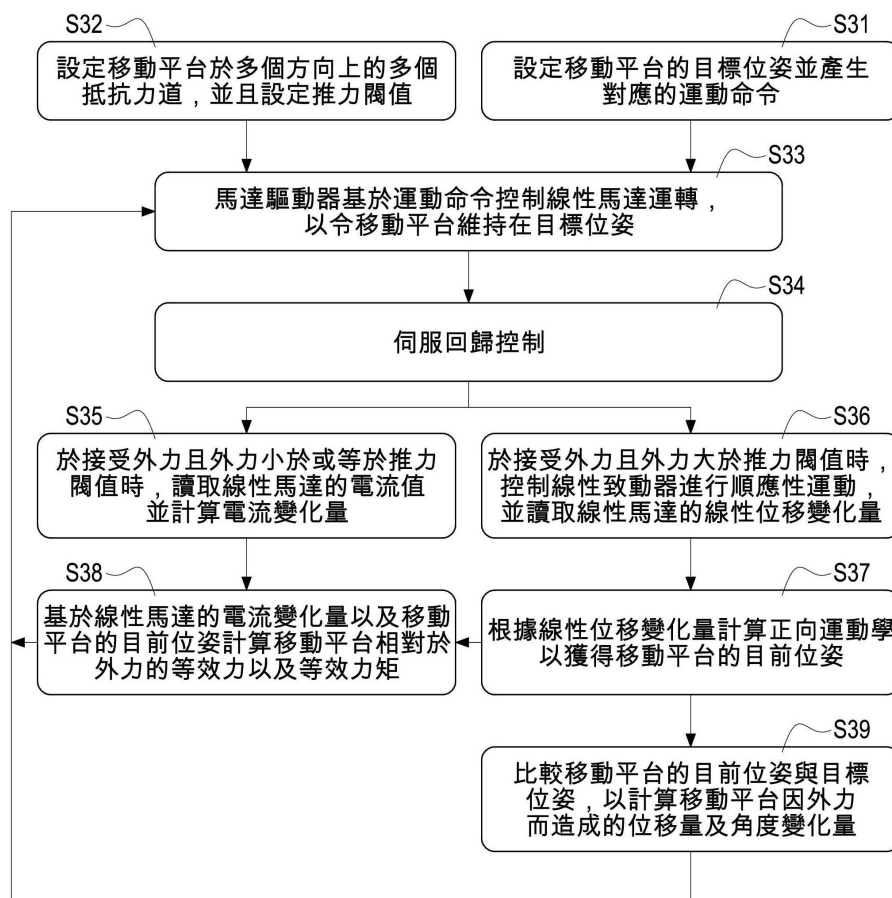


圖3

(7)

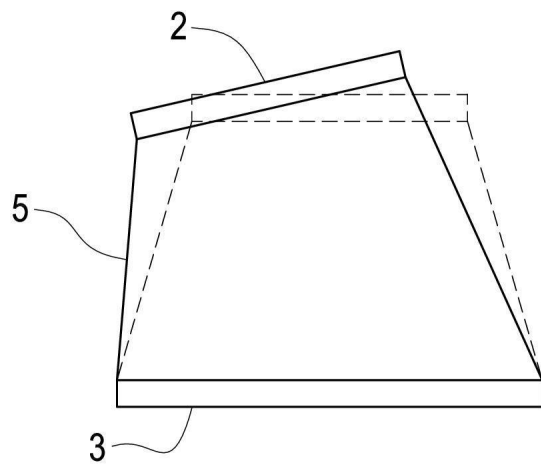


圖4A

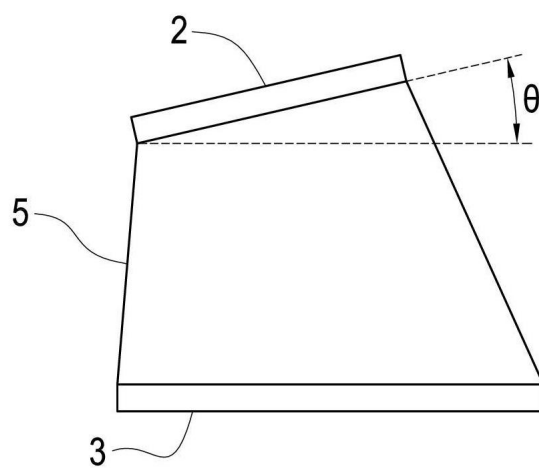


圖4B

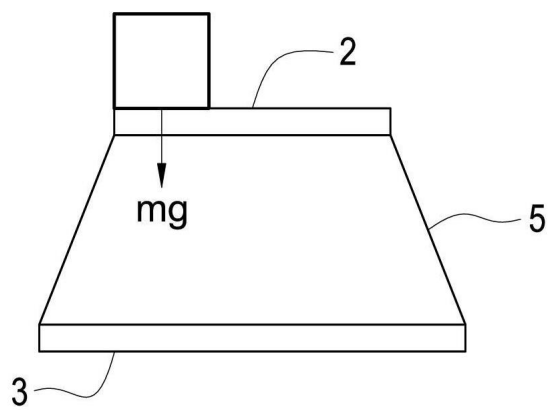


圖4C

(8)

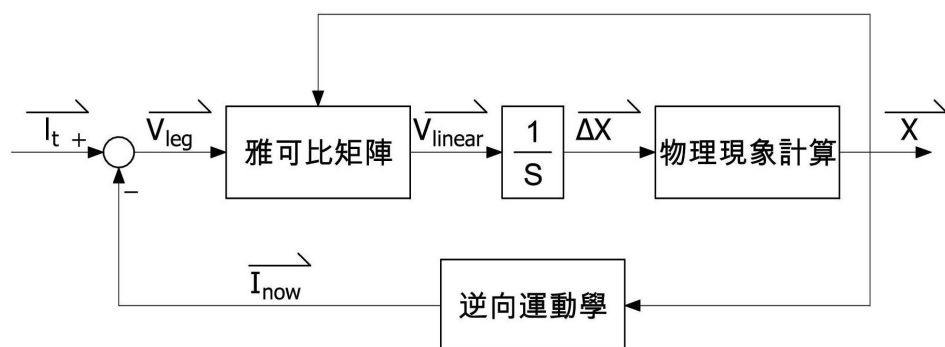


圖5

(9)

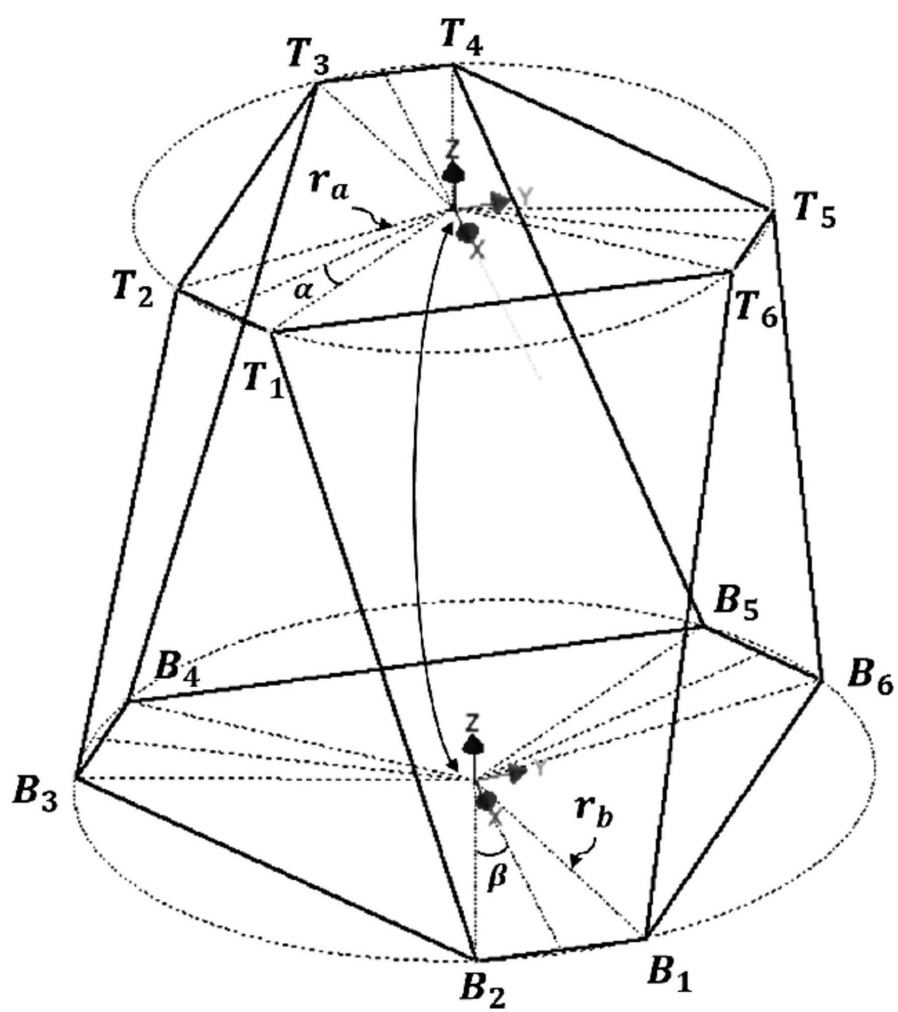


圖6

(10)

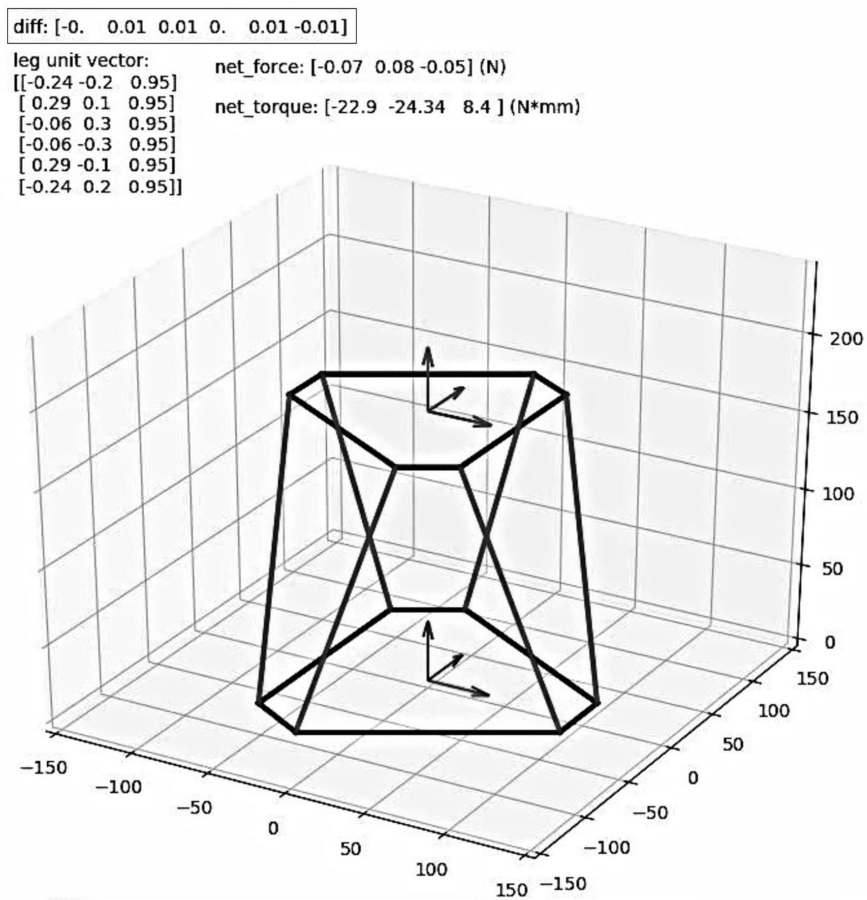


圖7