



彈性桿件特性 之Delta機器人研究

Research on Delta Robot System with Flexible Arm Effect

楊智嫻

國立中正大學
機械工程學系
助理教授

吳宗亮

國立高雄第一科技大學
機械與自動化工程系
助理教授

顏銘賢

國立中正大學
機械工程學系
研究生

關鍵詞(Keywords)

- 殘餘振動 residual vibration
- 平型連桿形機器人 parallel kinematic robot
- 模型基礎控制系統 model-based control system

摘要(Abstract)

本研究目標為改善 Delta 型機械手臂於高速運動之精度與效能。當機械手臂於高速運動時，將產生非預期之慣性力與非線性力，而激發手臂桿件之振動，並導致末端定位誤差與振動。為提高機器人在定位時的精度，將藉由運動/動態分析計算各桿件之受力狀況，建立系統的動態模擬程式。

The main goal of this project is to improve the accuracy and performance of Delta robots. The Delta robot possesses residual vibration because of the interaction between moments of inertia and nonlinear characteristics after high speed motion. This is a critical issue which affects the accuracy of positioning. In this paper, a dynamic model of Delta robot is proposed and the calculated results will be adopted into the robotic controller.

1. 位置分析

本章將針對 Delta 型機械手臂，根據其機械結構分析系統運動自由度。接著，將根據運動特性定義座標系統，以能清楚描述機械手臂之姿態變化；同時，考慮桿件之彈性效應，定義各座標系間之轉換矩陣，建立各桿件之間的位置關係。



1.1 自由度分析

此研究分析之機械手臂如圖 1 所示，包含固定平台與移動平台，其兩者間由三組上臂、下臂相互連接。固定平台經由馬達連接上臂，具一個自由度之旋轉驅動，並假設三顆馬達之旋轉中心 B_1 、 B_2 、 B_3 與固定平台中心點 B 點距離相同，此距離以 r 表示，而馬達旋轉軸與固定平台間的高度差為 h ；上臂與下臂以兩個旋轉自由度之被動式接頭連接，接頭之中心點為 J_i ，上臂長度為 a_i ，下臂長度為 b_i ， i 分別為 1、2、3 三組桿件；下臂與移動平台亦以兩個旋轉自由度之被動式接頭連接，並假設三組連桿之接頭 P_1 、 P_2 、 P_3 與移動平台中心點 P 距離相同，此距離以 e 表示。

首先根據 Kutzbach's Criteria 計算得知此機械手臂末端之運動自由度 F 為

$$F = 6(N - 1) - \sum p_i c_i \quad (1-1)$$

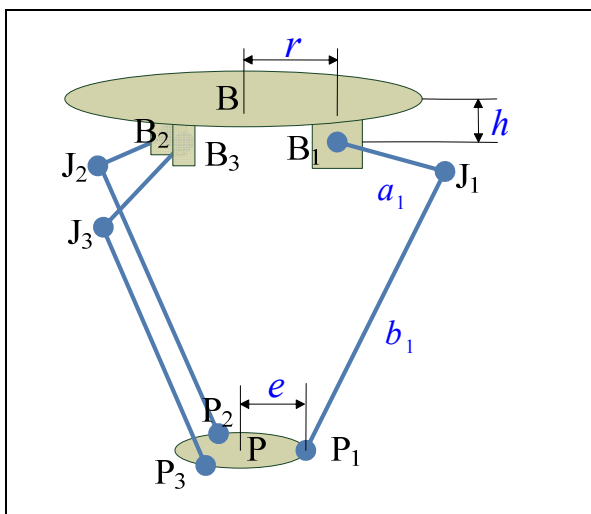


圖 1 Delta 機械手臂之物理模型簡圖，機構物理參數與連接點之定義

其中 N 為桿件數目、 p_i 為接頭類型的數量、 c_i 為該接頭類型的自由度拘束。此 Delta 機械手臂，依上述機構描述可知桿件數 $N=8$ ，具一個旋轉自由度(拘束度 $c_1=5$)之接頭數 $p_1=3$ ，具兩個旋轉自由度(拘束度 $c_2=4$)之接頭數 $p_2=6$ ，則可推算得知運動自由度 $F=3$ 。同時，觀察此 Delta 機械手臂之運動模式，可得知 3 個運動自由度分別為移動平台沿著三個正交方向的移動，而移動平台相對於參考座標系不具旋轉運動。

1.2 座標系定義與轉換矩陣

針對此機械手臂之結構特性，分別定義參考座標系(Fixed Reference Coordinates) $X^0 Y^0 Z^0$ 、基準座標系(Base Coordinates) $X^B Y^B Z^B$ 、三組連桿之驅動馬達座標系 $X^{B_i} Y^{B_i} Z^{B_i}$ ($i=1, 2, 3$)、三組連桿上下臂之連接點座標系 $X^{J_i} Y^{J_i} Z^{J_i}$ ($i=1, 2, 3$)、三組連桿下臂與移動平台之連接點座標系 $X^{P_i} Y^{P_i} Z^{P_i}$ ($i=1, 2, 3$)、移動平台座標系(Platform Coordinates) $X^P Y^P Z^P$ 等十二個座標系統，如圖 2 所示。

經由推導，得知三組桿件座標系間之轉換矩陣，且由基準座標系描述移動平台 P 點位置，分別可由第一、第二、第三連桿之連接關係推導得知，如(1-1)所示，此即為此 Delta 機械手臂之位置限制條件。

$$T_B^P = T_B^{B_i} T_{B_i}^{J_i} T_{J_i}^{P_i} T_{P_i}^P =$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & C\gamma_i(r + a_i C\theta_i + b_i C(\theta_i + \alpha_i)C\beta_i - e) + b_i S\gamma_i S\beta_i \\ 0 & 1 & 0 & S\gamma_i(r + a_i C\theta_i + b_i C(\theta_i + \alpha_i)C\beta_i - e) - b_i C\gamma_i S\beta_i \\ 0 & 0 & 1 & -h - a_i S\theta_i - b_i S(\theta_i + \alpha_i)C\beta_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

(1-2)

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】374期・103年5月號

每期220元・一年12期2200元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw