



6軸垂直關節型機器手臂 之荷重變形引起的定位誤差研究

A study of position error caused by loading
for 6-axis articulated robot

彭達仁

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
工作機械技術部

丁純乾

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
工作機械技術部

陳俊皓

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
工作機械技術部

黃淵勇

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
工作機械技術部



關鍵詞

- 垂直關節型機械手 Articulated robot
- 荷重變形補償 Compensation of loading deformation
- 定位誤差 Position error
- 諧和式減速機 Harmonic drive reducer

摘要

本文建立一種簡化機械手臂剛性模型以預測6軸垂直關節型機器手臂在荷重變形時所導致的定位誤差問題。此模型主要是將機械手臂所承受荷重時的變形量分為減速機承受扭矩所導致的角位移及手臂結構承受負載的懸臂變形來進行建

立，並利用減速機本身具有方向性剛性表現的特性與手臂結構件進行整合簡化，並經由機械手臂實測值與 ANSYS 分析結果進行驗證以確保本方法的可行性及正確性。本剛性模型在預測承受荷重前後的重力方向的位移量的結果與實測值的差異可達到 0.1mm 以內。

This study proposed a simple stiffness model to predict the 6-axis articulated robot position error caused by loading. The total deflection of the robotic end point is divided into the angular displacement caused by the reducers loading torque and the deflection of the robotic arm caused by loading force to derive the stiffness model. The practical measurement of the robot and the ANSYS simulation result was done to ensure the feasibility and accuracy of the stiffness mode. Finally, the



difference between the predictions of the stiffness model and practical measurement in the displacement along gravity direction can be under 0.1mm.

前言

工業用機械手臂依目前較常廣泛使用的種類大致可分為極座標型(Polar)、圓筒座標型(Cylindrical)、正交座標型(Cartesian)、垂直關節型(Articulated)、水平關節型(SCARA)等五種類型[1]。其中應用層面較廣的為垂直關節型的機械手臂，並以六軸關節型最為常見，此種機械手臂一般常應用於零件搬運、焊接、組裝等應用場合。而當機械手臂應用在上述這些製程生產線時，對於機械手臂使用者而言，最關心的議題則是自動化系統穩定性及可靠度，而其中影響最大的因素則是機械手臂在承載不同荷重時的運動精度表現。關於機械手臂運動精度的定義主要包括了定位精度與重複定位精度兩者，前者是指機械手臂末端點實際到達位置與指定位置的誤差量，後者則是該機械手臂在接受重複指令執行相同動作時末端點同一位置的差異程度。本研究主要是針對後者並在不同荷重下的定位誤差進行改善。

目前工業用機器人的變形補償方法主要可分為兩種方式來處理，分別為模型式(model base)及感測器式(sensor base)[2]。模型式主要是直接利用建立數學模型去預測機械手臂的變形量，隨後經由預測的結果再進行定位誤差的補償動作[3]。另一方面，感測器型式的補償方法則是利用感測器

或旋轉式的光學尺直接裝置於機械手臂軸關節上以進行監測，並根據各部位或旋轉軸在承載荷重的實際變形位移情形，立即進行線上補償。根據目前研究文獻得知[4]，上述兩種方式中以感測器形式方式是比較有效的，並且較容易達到高位置精度的成效。然而，由於感測器元件的成本較高，使用此方式來進行補償會迫使整個機械手臂的系統費用會相當昂貴，在目前實際應用市場的成本考量下，此不是很可行的方式。因此本文採用以建立剛性數學模型的方式提出一種可主動預測荷重變形的簡易模型。在實際應用上，可將此數學模式建立於控制器內，當機器手臂在進行路徑規劃後，再將各位置的姿態參數直接帶入此機器手臂的剛性模型並指定荷重，即可得知因荷重變形下所產生變形量，並即時進行定位補償。

機器手臂荷重變形量測實驗

本文所實驗的六軸垂直關節的機械手臂如圖1所示，最大載重能力為 20kg、最大運動範圍 1660mm、最小運動半徑 320mm 及重現精度 $\pm 0.04\text{mm}$ 。而關於量測機械手臂荷重定位精度的量測方式較可行的有下列三種：(1)量錶量測、(2)三次元量測、(3)Laser tracker 量測。本文所探討的問題主要在重力方向變形導致的定位誤差，所以原則上三種方法皆可達成。然而，如同時需要監測三軸向(x、y、z)的定位誤差及荷重變型誤差的情況下，建議使用 Laser tracker 量測方式，其量測精密性及實驗設定上皆是目前上述方法中最好的量測方式。

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】337期・100年4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