

高精度機器手臂與性能測試介紹

Introduction of High Accuracy Robot and Its Performance Testing

杜彥頤 1/ 張嘉芳 2

- 1工研院機械所 智慧機器人技術組 工業型機器人技術部
- 2工研院機械所 智慧機器人技術組

摘要: 隨著工業自動化技術的進步,生產製造產業因應市場競爭環境,朝向高生產效率、彈性客製化服務 趨勢。因此,發展智慧製造工廠,建置網宇實體系統(cyber-physical system, CPS)的生產模式是未來趨勢。 其中,高精度機器手臂將是不可或缺的核心之一。傳統串聯型關節式工業機器手臂雖有良好的定位重現性, 但難有良好的定位準確度。為提升手臂精度的發展,將陳述如何邁向手臂高精度的相關程序與介紹國際標準 定義的機器人性能測試準則。並展示工研院絕對精度提升成果與應用相關測試技術之機器人測試實驗室。

Abstract: With the improvement of industrial automation technology, manufacturing industry moves toward high production efficiency and flexible customization service trends in response to highly competitive market. Therefore, the development of intelligent manufacturing plant based on Cyber-Physical System (CPS) is the future trend. Developing a high accuracy robot is one of the indispensable cores. Although the traditional serial type articulated robot has good positioning repeatability, it is still difficult to have good positioning accuracy. In this article, a process to improve the robot accuracy is introduced. The performance testing procedure defined in the international standard is presented. In addition, this article also presents some results of improving absolute accuracy of industrial robots by using ITRI's calibration technology. The performance testing procedure in the Robot Testing Lab is also introduced in this article.

關鍵詞: 高精度機器手臂、絕對精度、機器人測試

Keywords: High Accuracy Robot - Absolute Accuracy - Robot Testing

前言

機器手臂是模仿人類手臂行為,具有多關節自 由度的自動化設備[1]。工業型機器手臂更因為工業 領域之自動化需求,具有強健耐用的機械結構與精 密伺服定位控制等先天優勢,廣泛應用在汽車製造 業、電子零件製程應用、金屬機械工業、其它 3K(骯 髒、危險、辛苦)之工業應用,亦成為自動化生產系 統中,不可或缺的單元之一[2]。由於工業機器手臂 具有良好的重現精度,面對複雜繁瑣的工序,仍可

透過教導方式完成。然而,隨著手臂技術的提升與 普及,自動化製造產業因應市場競爭生態,朝向提 高生產效率、彈性客製化服務走向,僅依靠教導方 式費時且恐將不符合效益。邁向虛實整合的生產製 造模式,亦即虛擬產線流程配置與加工製造之數值 化編程設計;實際生產過程訊息監控、回饋與執行 製造,將是未來的趨勢。因此,發展高精度機器手 臂有其必要性。以下章節,本文將簡介機器手臂精 度誤差成因與提升、工業機器人性能測試標準,並 陳述工研院精度提升成果與性能測試實驗室建置。



高精度機器手臂探討

1. 常見的精度定義:準確度 VS.重現性

準確度與重現性,描述工業機器手臂在空間中 定位性能的兩項指標。根據國際標準 ISO9283 [3]與 國內對應標準 CNS 14491 [4]的描述如下:

- 一 姿勢準確度(pose accuracy): 命令姿勢與依此實際抵達此空間點之重心,兩者間的差距。
- 姿勢重現性(pose repeatability):在同一方向下, 重複 n 次相同命令姿勢後,該點群間的一致程 度定義。

圖1用來說明兩者的特性與差異,針對靶心(命令姿勢)以相同方式,多次擲出點粒,其點群分佈的四種特性結果。由圖中可知,不良的準確度與重現性,其點群將散亂在標靶上,難以辨識其規律性。現今的工業機器手臂多具備良好的重現性與不良的準確度,須透過"教導"手臂的方式完成應用任務。兼具二者良好特性的手臂能以透過自動化程序,如同電腦數值控制工具機(簡稱數控工具機)一般,執行高精密加工應用。然而,以多軸串連式關節型機器手臂為例,先天開放性串接連結之結構設計,影響其姿勢準確度的因素較數控工具機複雜,以下章節將進一步探討誤差成因與現今對應校正作法。

2. 手臂誤差成因與改善作法簡介

常見的串聯式關節型機器手臂,其組成多個支 臂連桿串接一起,接合處為活動關節,多以伺服馬 達搭配減速機驅動對應支臂,在多個元件的組成之 中,影響手臂末端準確度的項目有:

◆ 運動學幾何誤差:機器人運動學,作為手臂空間 運動的幾何數學描述,以 n 軸串聯式關節型機 器手臂為例如**圖 2** 所示,對應的空間轉換數學 式如下:

$$T = A_1 \cdot A_2 \cdot \dots A_i \cdot \dots A_n \tag{1}$$

其中,

$$A_i = \begin{bmatrix} \cos\theta_i & -\sin\theta_i\cos\alpha_i & \sin\theta_i\sin\alpha_i & a_i\cos\theta_i \\ \sin\theta_i & \cos\theta_i\cos\alpha_i & -\cos\theta_i\sin\alpha_i & a\sin\theta_i \\ 0 & \sin\alpha_i & \cos\alpha_i & d_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

i = 1,...,n

參數 $heta_i,\ d_i,\ a_i,\ lpha_i$ 即為 Denavit-Hartenberg(DH)參數。

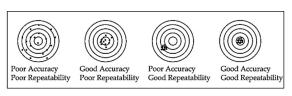


圖 1 不同準確度與重現性之現象 [5]

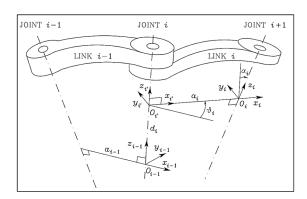


圖 2 關節型機器手臂運動學表示[6]

透過式(1)的空間轉換,在精確的參數給定下,關節轉動與手臂末端的空間姿勢的關係式可準確描述。 然而,實際的機器手臂因多種原因(如:生產製造、機械組裝的幾何偏差;手臂經年累月工作的磨耗), 造成參數的不準確,進而影響手臂末端準確度,其 對應的校正手法可參考此文獻[5]的介紹。

◆ 工具中心點誤差(tool center point, TCP):工具中心點為機器手臂末端上,為工具座標的原點。機器手臂在作加工軌跡規劃時,即需要 TCP 點的資訊並執行。然而,工具的在製造加工與裝配時,難免有所誤差,此結果亦影響手臂空間定位

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】412期·106年7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

機械工業雜誌信箱:jmi@itri.org.tw