



六軸機械手臂控制技術

Control Technique of 6-joint Robotics Manipulators

胡斯閔

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
數值控制部

蔡高岳

國立臺灣科技大學
機械工程系
教授

林洋鑫

工業技術研究院
機械所
智慧機械技術組
產品經理

關鍵詞

- 機器手臂 Robot arm
- 正向運動學 Forward Kinematics
- 逆向運動學 Inverse Kinematics
- 奇異點 Singularity

摘要

本文主要探討六軸關節型機器手臂之所有奇異曲面運算與路徑規劃之控制方法。利用賈氏矩陣推導出軸位移空間之所有奇異曲面，藉由求解軸位移過程中所得之二次多項式來判斷與奇異點接近之程度，找出機器手臂避開奇異點與軸位移限制區之最佳路徑，並求得所有軸位移限制區

以及機械手臂之操控性曲線，節省大量計算時間而提升即時控制之效率。

This article focuses on the control methods and optimum path planning for 6-joint robotics manipulators in singularity-free workspaces. By using the Jacobian matrix, all of the singular curves in joint space could be found. And there exist some quadratic polynomials for determining how close between the singular points and robot arm. The maneuverability curves and workspace boundary of 6-joint robotics manipulators are derived to designing the optimal path that keeps away from the singular points and joint boundary. According to the above methods, the efficiency of real-time control was improved and the time-consuming could be reduced.



前言

機械手臂早期大多使用在軍事用途，目的是代替人類在危險環境中工作，如自動運輸、深海探索、毒物的清除以及爆裂物的移除等等。70年代機器手臂才開始被普遍地被引入工業用途，至今汽車和半導體製造業之應用甚為廣泛。由於近年來人口少子化的現象日趨嚴重，再加上現代醫療技術的發達，使得人類的壽命普遍延長許多，很多現代化的國家逐漸步入高齡化的社會。隨著勞動人力短缺與政府政策的改變，工業界在生產上逐漸利用機器手臂來取代人力，目前機械手臂已經被廣泛的應用在自動裝配、組合、物件抽取，以及大量、高質量產品生產或是超出人力擔負的工作上，於工業自動化中扮演著極為重要的角色。

六軸機械臂控制包含電子電機學、運動學(kinematics)、動力學(dynamics)及自動控制理論，其涉及多項軟硬體技術的整合。本文主要探討六軸關節型機器手臂之所有奇異曲面運算與路徑規劃之方法。當機器手臂在工作空間(task space)內運動的路徑接近奇異點時，其各軸速度會瞬間增大(理論值為無限大)，因此容易撞擊到異物而受損。如果機器手臂有保護裝置則會造成系統當機，故需要藉由事先運動軌跡模擬或是各種控制方法來避開奇異點。本文重點集中於後三軸交於一點之實用型機器手臂，首先利用賈氏矩陣導出軸位移動空間(joint space)之所有奇異曲面。再藉由求解軸位移動過程中所得到之數據，化簡為二次多項式判別式，直接判斷與奇異點接近之程度，此方法可節省大量計算時間而提升即時控制之效率。另外，亦提出一個可用目視法判斷機器手臂與奇異

點接近程度之方法，方便現場操作人員設計機器手臂行動之軌跡。機器手臂在行進時除了要避開奇異點之外，還需要避免接近軸位移限制區。應用上述二次多項式之不同判別式找出機器手臂避開奇異點與軸位移限制區之最佳路徑，並求得所有奇異曲線、軸位移限制區以及其操控性曲線。

賈式矩陣法

一、後三軸交於一點之機器人

機器手臂速度分析具有線性特質，亦即機器手臂之角速度及速度為各軸所貢獻之角速度及速度之和，其旋轉軸之貢獻為

$$\omega = \dot{\theta}\hat{e} \quad , \quad v_p = \dot{\theta}\hat{e} \times BP$$

而平移軸之貢獻如下

$$\omega = 0 \quad , \quad v_p = d\hat{e}$$

其中 B 代表旋轉軸上之任一參考點，而 $\dot{\theta}\hat{e}$ 及 $d\hat{e}$ 分別代表旋轉角速度及平移速度，如圖 1 所示。

如圖 2，若要求得 E 點速度及第 n 連桿之角速度時，只需將各軸對於速度及角速度之貢獻加總

$$\begin{bmatrix} \omega_n \\ v_E \end{bmatrix} = \sum_{i=1}^n \dot{q}_i \zeta_i \quad (1)$$

當第 i 軸為旋轉軸時 $\dot{\theta}_i = \dot{q}_i$ 且

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