



# 六軸機器人搭配力感測器 的軸孔組裝工作

Peg-in-Hole Assembly Using Force Sensor with a 6 DOF Robot

**潘韋龍**

工研院機械所  
智慧機器人組  
機器人系統應用部

**彭彥嘉**

工研院機械所  
智慧機器人組  
機器人系統應用部

## 關鍵詞

- 軸孔組裝      Peg in hole
- 機器人        Robot
- 力感測器      Force sensor

## 摘要

本文討論使用六軸機器人進行軸孔組裝的方法，使用標準的位置系統控制器搭配力感測器進行插件。在機器人進行插件過程中，將軸孔的相對位置誤差分成兩種等級，計算軸孔之間的摩擦力大小與方向，分析兩種誤差等級該有的應對方式。在過去的文獻資料中提到的作法效率不高，因為當機器人插件過程出現較大位置誤差時，必

須回到初始位置重新插件，使得機器人工作效率低；本文提出一種更有效率的方法，可以連續修正機器人的位置誤差，甚至不需要中斷機器人正在進行的插件工作。

This paper discusses the peg-in-hole task using force sensor with a 6 DOF robot. In this paper, when the directional error occurs during the task, it is supposed that there are two cases with small and large errors, and quasi-static analysis has been accomplished for each case. In most other algorithms, however, when there is large directional error during the task, the robot has to return to the initial position and restart the task from the beginning, which is considered to be inefficient. This paper proposes the algorithm which enables a robot to continue the task even with large directional



error by adjusting the positional and directional error. This algorithm has been implemented for 6-axis robot and is shown to be effective.

## 1. 前言

由於自動化意識抬頭，利用自動化機械取代生產線上的人力已蔚為趨勢，而在自動化機械系統的使用彈性上，又以機械手臂最為多樣化，因此，使用機械手臂執行生產線上的組裝工作，不但可以處理重複性的組裝工作，又可以分擔危險環境的工作需求。然而，當機器手臂長時間執行重複性的組裝工作時，偶爾會發生組裝位置偏差之情形，為了解決組裝誤差的問題，學者們將解決方式分成兩種，第一種是被動式順應控制，第二種是主動式順性控制。被動式順性控制是利用一種被稱之為 RCC (Remote Center Compliance) 機構的活動能力，被動的使工件去符合組裝位置誤差，使軸件能被孔件導正之後進入孔內，其過程如圖 1 所示。

主動式順應控制則是擷取組裝工件末端的力

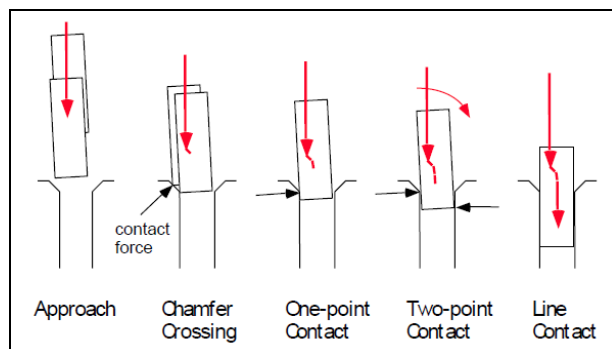


圖 1 被動式順應插件過程

機器人的微量移動去補償組裝工件之間的位置誤差，使機器人可以被應用於高精度的組裝任務，本論文以 H7g6 等級的軸孔配合組裝為例，討論六軸機器人搭配力感測器的軸孔組裝工作。

## 2. 文獻回顧

M. E. Caine [1]於西元 1989 年提出軸孔配合組裝的二維方向力量分析，他將軸孔配合插件的受力情形分成兩種，第一種稱之為微小的位置誤差組裝，第二種稱之為巨大的位置誤差組裝，然而，當機器人組裝的位置誤差量從巨大的誤差量逐漸修正到微小的誤差量後，機器人必須回到初始狀態，重新使用微小誤差量的修正方式再做一次組裝動作，因此他的理論被後來的學者認為是工作效率差的控制理論。因此，本篇論文提出一種高效率的控制理論，可以使機器人從巨大的位置誤差量開始組裝工作，一路修正位置誤差，連續進行直到完成組裝工作。

## 3. 理論推導

當機器人進行軸孔組裝工作時，若是遇到純位置偏差，軸孔之間會產生輕微的摩擦力抵抗軸件進入孔內，但是當機器人遇到位置誤差加上方向誤差的合成作用時，軸孔之間會產生巨大的摩擦力抵抗軸件進入孔內，其受力變化過程如圖 2 所示。

因此，本篇論文將以這兩種情形為討論基礎，分析兩種情形的摩擦力，找出兩種情形之間

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】353期・101年8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](http://www.automan.tw)