

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 微孔加工精密影像定位系統之開發

計畫類別：C 個別型計畫          整合型計畫

計畫編號：NSC - 89 - 2218 - E - 164 - 002

執行期間：89 年 12 月 1 日至 90 年 8 月 1 日

計畫主持人：鈕健

共同主持人：趙崇禮、趙崇偉

本成果報告包括以下應繳交之附件：

赴國外出差或研習心得報告一份

赴大陸地區出差或研習心得報告一份

出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份

國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：修平技術學院電機工程系

中 華 民 國 九 十 年 十 月 三 十 一 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 微孔加工精密影像定位系統之開發

### Design and Fabrication of a Precision Positioning System for Micro Hole Drilling

計畫編號：NSC 89-2218-E-164-002

執行期限：89 年 12 月 1 日至 90 年 8 月 1 日

主持人：鈕健 修平技術學院電機工程學系

共同主持人：趙崇禮 淡江大學機械工程學系

共同主持人：趙崇偉 醒吾技術學院企業管理系

計畫參與人員：曾振華 中正理工學院兵器系統工程研究所  
碩士班研究生

#### 一、 中文摘要

微孔加工是現今高科技產業上應用極為廣泛的精密加工方式，且此一技術必須要有高精度、高強健性及高復現性 X-Y 定位平台加以配合，方能確保所加工微孔位置的精確度。膠滑誤差(Stick-slip)是 X-Y 精密定位平台運動時由摩擦力造成的誤差，因此膠滑誤差對微孔加工精度必然有極為嚴重的影響，本研究利用降低機構中接觸面摩擦力來減輕膠滑現象並提升微孔加工定位平台精度；此外利用機器視覺完成 PCB 微孔加工影像定位系統，並發展影像二值化自動閾值選取理論，藉以解決現今應用於影像處理技術中二值化檢測的閾值選取多為固定，其檢測結果對影像畫質有極強之依賴性問題。實驗結果證明，本系統除可提升微孔加工定位精度外，並在不同實驗條件下自動選取及修正影像處理二值化閾值，較傳統固定閾值選取方式更具強健性。

**關鍵詞：**微孔加工、XY 定位平台、影像處理

Abstract

Design and fabrication of a precision positioning stage for micro hole drilling is conducted in this research. Position accuracy is one of the most important requirements

for micro hole drilling machines. However, the non-linearities in the system such as stick-slip caused by friction and lost motion introduced by backlash make the precision positioning extremely difficult. In this research, a low friction mechanism was built in the developed stage to minimize the backlash and the stick-slip error in the micro hole drilling machine, and a non-contact precision micro hole positioning system is also developed in this project to resolve the program that, on a micro hole drilling machine, the position of PCB can not be positioning by a traditional micro hole drilling system.

**Keywords:** Micro Hole Drilling, precision Positioning Stage, Image Process

#### 二、 緣由與目的

微孔加工(Micro hole drilling)是屬於精密加工技術之一種，雖然加工方式有許多種，但無論何種方式都需要有一組高精度(High accuracy)、高強健性(High robustness)及高復現性(High repeatability)的 X-Y 精密定位平台加以配合。膠滑誤差(Stick-slip)是 X-Y 精密定位平台運動時由於系統內摩擦力所造成的誤差[1]，因此膠滑誤差對微孔加工精度必然有極為嚴重的影響，雖然許多研究希望利用控制理論將膠滑現象產生的誤差加以補償[2][3]，但這

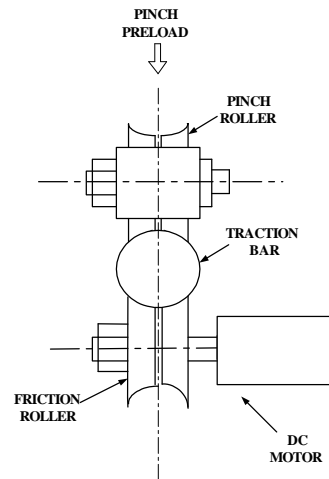
種現象受非線性摩擦影響力影響表現出高度的不確定性，因此雖有精良的控制技術仍難以將之確實消除。如果藉由零組件研究將系統內存在的摩擦力予以降低，則自然由於膠滑現象對微孔加工造成的影響將可降低。本計劃首要目的即在於探討利用機構改良方式來實際降低系統內摩擦力並減少膠滑誤差的產生，如此將可提高微孔加工之精度。

此外隨著半導體、資訊、光電及通訊等產業的迅速發展，印刷電路板(Printed Circuit Board)正朝著高線路/元件密度(High Wire/Electronic Components Density)、多層結構(Multi-layers)及細微小孔徑(Micro-hole)等方向發展；並且由於電子產品壽命週期短及生產模式為量少項多的特性，使得傳統人工檢測方法無法在製程中提供快速有效的檢驗。機器視覺(Machine Vision)是最常應用在自動化加工製程中取代人工的檢測方法之一，許多研究已經證明機器視覺取代人工檢視可在PCB 自動化製程中提昇產品品質[4]，如 Tatibana et al [5]將之應用作 PCB 基板表面線路的短路(Short)、斷路(Open)、線路突出(Spur)、缺口(Mouse Bite)等不同種類瑕疵加以偵測與分類。雖然這種方法利用可見光源與 CCD 攝影機執行電路板檢驗，但實際上 CCD 攝影機所取得之影像往往會隨外界光源變化及均勻度等因素差異而有極大不同，這使得進行影像二分化處理步驟時，固定閾值(Threshold)選取理論將不再適用。為解決此一問題，本研究提出一可自動調整閾值方法，藉由遞迴調整方式來獲得個別影像二分化處理時的最佳閾值，並進一步計算出微孔加工結果難以精確量測的問題。

### 三、 結果與討論

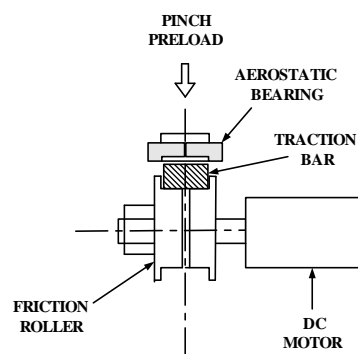
直流馬達(DC Motor)配合摩擦驅動裝置(Capstan Drive)可作為 X-Y 定位平台系統之動力產生及轉換機構，由於這種組合具備有易保養、小背隙及容易加工設計等優點，因此已經廣泛被用於超精密加工機

之上。傳統常用的摩擦驅動裝置由於是利用兩只滾輪挾持推桿的方式來將直流馬達產生的旋轉動力轉換為推動平台的直線推力(如圖一)；但是這種利用兩只滾輪挾持推桿的挾持機構中會存在極大的摩擦力，而這種摩擦力必定會造成微孔加工 X-Y 精密定位平台機構中的膠滑誤差，並進而影響微孔加工後孔位之精度。



圖一：兩只滾輪挾持推桿的方式摩擦驅動裝置

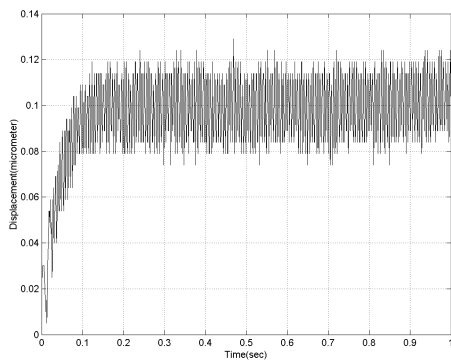
為了改善這個缺點，本研究利用氣浮軸承(Aerostatic Bearing)取代從動壓力輪；由於氣浮軸承可有效降低與推桿間接觸面摩擦力，因此應用於微孔加工的XY 定位平台定位精度必將因膠滑現象之減輕而獲得提升。



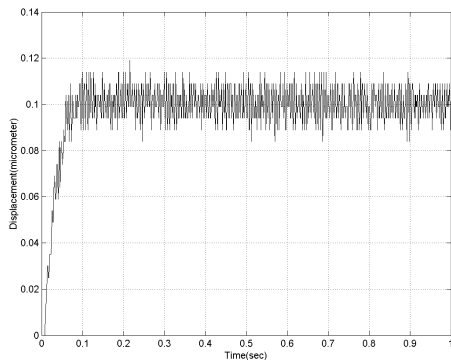
圖二：氣浮軸承挾持推桿方式的摩擦驅動裝置

圖三為以兩只滾輪挾持推桿的方式摩

擦驅動裝置執行  $0.1\mu\text{m}$  衝程大小的步階響應圖，圖四則為相同實驗方式但將滾輪挾持推桿換作氣浮軸承挾持推桿的步階響應圖。雖然兩者都可以讓定位平台迅速到達  $0.1\mu\text{m}$  的位置，但由圖中可以非常明顯看出兩只滾輪挾持推桿方式所造成定位平台誤差範圍約為氣浮軸承挾持推桿方式的兩倍，換言之，以氣浮軸承挾持推桿可以有效降低機構內摩擦力，並因而減少膠滑誤差提升微孔加工定位平台之精度。



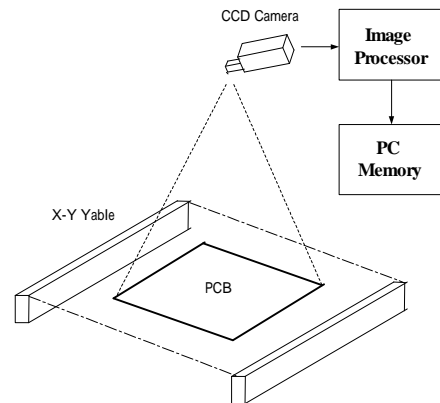
圖三：以兩只滾輪挾持推桿的方式摩擦驅動裝置執行  $0.1\mu\text{m}$  衝程大小的步階響應圖



圖四：以氣浮軸承挾持推桿的方式摩擦驅動裝置執行  $0.1\mu\text{m}$  衝程大小的步階響應圖

PCB 微孔加工作業時必須進行平面定位工作，現行定位方式是在電路板表面蝕上定位用的靶孔，再用 CCD 攝影機作靶標定位（如圖五）。由於 PCB 影像畫質的對比、灰階分佈狀況等因子，均會隨電路板表面反射、光源射線分布及均勻度等因素

產生極大的變化，而現今應用於影像處理技術中二值化檢測的閾值選取多為固定，其檢測之結果對影像畫質有極強之依賴性，這使得一般影像處理之自動檢測方法，往往難以適用於 PCB 微孔加工平面定位工作。為解決此一問題，本研究提出一可調閾值方法，藉由遞迴調整方式來獲得個別影像二值化處理時的最佳閾值，並進一步進行 PCB 定位標誌影像的二值化處理。

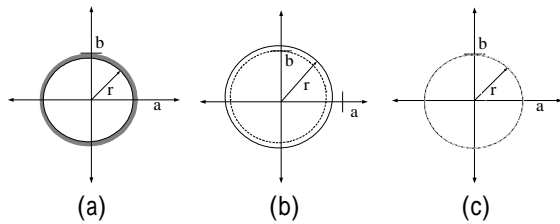


圖五：PCB 定位標誌影像擷取示意圖

PCB 定位標誌影像擷取後，若經恰當的二值化運算能正確分離背景及定位標誌；如令每一像素的灰階值由  $f(x, y)$  表示，選擇一個適當閾值  $T$ ，對點  $(x, y)$  而言，如果灰階值  $f(x, y) < T$  則可視為定位標誌，相對的若灰階值  $f(x, y) > T$  為背景，當閾值  $T$  設定的正確適當時，定位標誌可正確被分離出來。由於 CCD 攝影機取得之 PCB 定位標誌影像，標誌與背景相連接的邊界往往會因為灰度值相近而造成不易分離情形，因此如何選擇正確閾值將會影響定位誤差計算的正確與否。

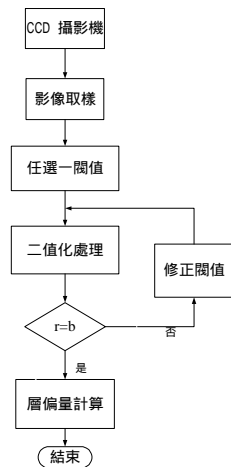
圖六為二值化運算時閾值  $T$  的選取與電路板定位標誌層之關係示意圖，其中  $r$  值為圓形定位標誌半徑大小， $b$  為二值化處理後影像半徑大小，圖中(a)所示為當閾值選取過大狀況，此時由於部份位於定位標誌邊緣背景會被誤判為標誌影像，因此會使得二值化運算後標誌部分較實際為大；圖(b)則為閾值選取過大狀況，此時定

位標誌邊緣被誤判為背景，這將使得二值化運算後標誌部分較實際為小；圖(c)為閾值選取正確，此時二值化影像 b 值必然會與定位標誌半徑 r 相等。



圖六：二值化運算時閾值 T 的選取與電路板定位標誌層之關係示意圖

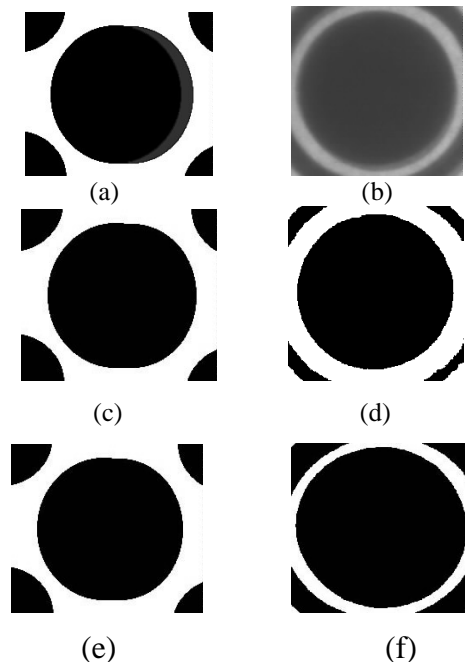
由於正確的閾值將會使得  $r = b$ ，因此本研究將利用  $e = r - b$  來遞迴修正閾值 T，當  $e < 0$  代表閾值選取過大，此時將修正減少閾值 T，反之  $e > 0$  代表閾值選取過小，此時將修正增加閾值 T，系統處理流程圖如圖七所示，如此遞迴處理直至  $e = 0$  為止。



圖七：微孔加工定位系統影像處理流程圖

為驗證自動閾值選取理論應用於 PCB 微孔加工定位誤差檢測的差異，本研究以兩種影像作比對實驗結果如圖八；其中(a)圖為 PCB 以人工方式產生背景單純之定位標誌影像，(b)圖則為實際之 CCD 攝影機所得的影像。實驗將利用固定閾值理論及自動閾值擷取法分別對這兩張影像選取個別最佳閾值，再進行二值化處理；圖(c)、(e)、為對圖(a)以固定閾值理論自動閾值擷取法對所選取閾值之二值化結果，可以看

到在定位標誌與背景灰度差異甚大的條件下，兩種方法都能得到相同結果。圖(d)、(f)則為這兩種方法對圖(b) 進行相同處理後結果，結果顯示自動閾值擷取法優於固定閾值；換言之，當影像複雜度提高時，固定閾值選取往往難以滿足需求，而自動閾值擷取法在即便是目標主體與背景灰度值相近條件下，仍能以遞迴處理方式自動修正閾值至最佳狀況，而獲得最好的執行結果。



圖八：PCB 微孔加工定位選取個別最佳閾值進行二值化處理影像

#### 四、計劃成果自評

本研究計劃完成項目及獲致之成果如下：

(一) 完成可供微孔加工使用的精密影像定位系統，並利用氣浮軸承降低應用於微孔加工之 X-Y 精密定位系統內存在的摩擦力大小及產生之膠滑誤差大小。

(二) 在發展影像定位系統時提出二值化運算自動閾值擷取方法，並利用遞迴方式動態選取及修正閾值。實驗結果顯示在影像目標主體與背景灰度值差距大且單純的影像中，無論是固定閾值擷取法或自動閾值擷取法都可獲得一致的結果，但在影像背

景與主體分佈模糊不清的複雜環境中，固定閾值擷取方式因目標灰度值與背景重疊，而難以正確決定閾值並造成二值化處理時的誤差；自動閾值擷取法則可自動選取及修正閾值，並正確判定 PCB 鑽孔定位座標，故較傳統固定閾值選取方式更具強健性。

## 五、參考文獻

- [1] Amerstring, B. H., Dupone, P. and Canud de Wit, "A Survey of Models, Analysis Toola and Compensation Methods for the Control of Machines with Friction," *Automatica*, 1994, Vol .30, No.7, p1083.
- [2] Iezawa, M., and Imaga, A., "High Precision Control of AC Servo Motor Positioning under The Influence of Stiction and Coulomb Friction," *J.of Dynamic Systems, Measurement and Control*, 1998.
- [3] Trang, Y. S .and Cheng, H. E. " An Investigation of Stick-Slip Friction on The Contouring Accuracy of CNC Mechine Tools," *Int. J of Mach. Tool*, 1995, Vol 35, No 4, p565.
- [4] Loh, H. H. and Lu, M. S. "Printed circuit board inspection using image analysis," *Industrial Automation and Control Engineering Technologies*, 1995.
- [5] Tatibana, M. H. and Lotufo, R. A. "Novel automatic PCB inspection technique based on connectivity," *Computer Graphics and Image Processing*, 1997. *Proceedings. X Brazilian Symposium on* , 1997.