

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

總計畫：智慧型檢測與逆向工程系統(3/3)

Intelligent Inspection and Reverse Engineering

計畫編號：NSC 89-2218-E-002-048

執行期限：89/08/01~90/07/31

主持人：范光照 fan@ccms.ntu.edu.tw

執行單位：國立台灣大學機械工程學系

一、中文摘要

本計畫為國科會整合型研究計畫「智慧型檢測與逆向工程系統」總計畫的第三年度成果報告，本年度之報告結合各子計畫之研究成果。目前已順利完成第三年度的預期進度，研究成果包括：(1)製程線上檢測系統，(2)圖形識別與製程管制系統，(3)彈性量測及逆向工程系統，(4)彈性座標及定位控制系統，(5)智慧型快速多軸加工系統。

關鍵詞：逆向工程、瑕疵檢測、視覺檢測、多軸加工、快速製造

Intelligent Inspection and Reverse Engineering (3/3)

Abstract

In this report we present the progress of the joint research project entitled "Intelligent Inspection and Reverse Engineering". Moreover, we report the third-year research results of the sub-projects, which is composed of five projects: (1) On-Line Manufacturing and Inspection System, (2) Pattern Recognition and Process Control System, (3) Flexible Measurement and Reverse Engineering, (4) Flexible Coordinate and Position Control System, and (5) Intelligent Agile Multi-Axis Machining System.

Keywords: Reverse Engineering, Defect

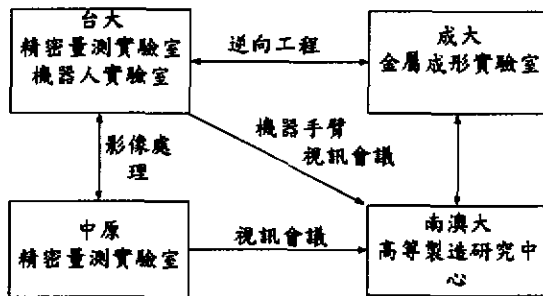
Inspection, Visual Inspection, Multi-Axis Machining, Agile Manufacturing

二、計畫緣起與目的

依據國科會自動化學門所推動的尖端科技發展計畫主題「跨世紀智慧型製造及自動化系統」，由范教授負責總計畫之規畫及執行，針對所規劃的領域「智慧型即時、線上製程監控及檢測自動化系統」結合國內外多所大學教授組成此一團隊，提出此「智慧型檢測與逆向工程系統」的整合型計畫。總體計畫目標是以三年期間以新興且快速的光學影像量測技術為核心，發展一系列由二維、三維至多維的線上即時圖形識別及形狀檢測與逆向工程系統。可應用的產業廣泛，如半導體元件、主機板、車輛鈹金、全車身、雕塑模、大型工件、甚至古雕像複製等等。

近年來隨著產業技術的不斷提昇，對於產品的品質要求日益嚴格，特別是電子設備及產品日趨多樣化和輕薄短小，因此檢測技術為各種產業所不可或缺的品管工作，市面上現有的檢測設備包羅萬象，絕大部份均是進口產品。然而科技的發展日新月異，現有的檢測技術已不敷新興產業所需。有鑑於此，本研究群選擇適合「半導體產業相關製程的二維及二維半檢測技術」以及適合「模具業、車輛業的三維以上大型複雜工件檢測技術」兩項主題，提出以「光學影像檢測技術」為核心的研究計

畫，並部份延伸至可快速原型製作的「逆向工程技術」，以期將檢測—設計—加工整合為一體。另外，為迎合未來遠距合作的必要性，本研究群成員除包含北、中、南大學已有相當根基的教授外，也邀請到南澳洲大學製造中心的林政義教授加入為國際性合作，經由現有網路技術，可達到視訊會議、遠端控制、及遠端量測等功能。整體之相互技術交流與整合如圖一所示。



圖一：相互技術交流與整合圖

總體計畫針對下列各項關鍵技術進行研究與開發。

1. 製程線上檢測系統：

本研究目的主要為應用電腦視覺技術發展一套印刷電路板製程線上檢測系統，利用現代化的電腦輔助設計，設計一套實際應用於印刷電路板檢測的位移檢視機構，並藉由機器視覺、光源系統、數位影像處理及雷射量測等技術的整合，進行線上檢測系統的研製與系統校正工作，完成印刷電路板 2D 及 2.5D 量測。

2. 圖形識別與製程管制系統：

本研究目的在探討半導體封裝瑕疵分類與辨識的問題，從 IC 與 PCB 製程中利用影像辨識技術建立瑕疵檢測與製程管制系統，以取代人眼之不

足與確保產品的品質及製程能力，再結合其它子計畫之線上檢測系統的開發及逆向工程技術及智慧多軸加工技術等，即可構成一完整而彈性的全廠自動化製程線上檢測系統，提昇品質與生產效率。

3. 彈性量測及逆向工程系統：

本子計畫擬發展一套能兼顧速度與行程範圍之彈性量測系統，利用傳統的雙相機光學影像探頭加裝可變焦距鏡頭，且此探頭系統將由一六軸機器手臂來帶動。利用線結構光打在受測物體，先取得離形輪廓曲面，再根據局部陡峭部份曲面進行縮影微觀量測以求得更精細化的局部曲面。利用曲面疊合技術與形狀誤差分析可將精細曲面疊合至離形大曲面上，使得量測數據更為逼真。並開發一套四軸加工的 CAM 軟體進行快速的原形製作，則是本計畫完成逆向工程整合的最終目的。

4. 彈性座標及定位控制系統：

本研究的主要目的在於研發一個具有即時三維座標量測能力的三維雷射追蹤球桿，並應用於機器人校正。在其運動範圍內，此系統定位精度可達到 $\pm 25 \mu m$ 。同時藉由此高精度的量測系統，工業機器人的定位準確度以及重複性得以被決定。利用此機器手臂為座標系統的量測儀，結合量測系統將可開發出多維彈性量測系統。

5. 智慧型快速多軸加工系統：

本研究目的在於以幾何模型建構與幾何分析，發展可製造性評估軟體模組，使得最佳路徑與加工條件得以智慧化地產生。並發展自由曲面螺旋插值與 spline 插值之演算法以提高切削效率。進而發展遠地加工介面以便能透過電腦網路在多處加工原型品。

三、研究成果

各子計畫第三年度之研究方法與成果詳見各研究報告，主要研究成果概述如下：

1. 製程線上檢測系統：

本年度之計畫重點在於 PCB 線上檢測之網路遠端監控系統。結合已開發之機台硬體架構中的多探頭視覺模組及高速移位掃描機構，以 CCD 的掃描取像及接圖的技巧完成整個 PCB 的影像擷取，配合遠端監控檢測軟體達到尺寸檢測與瑕疵檢測，完成整體 PCB 遠端監控檢測。軟體規劃方面以 Borland C++ Builder 來做程式撰寫，建立互動視窗畫面。

2. 圖形識別與製程管制系統：

延續第二年對 IC 及 PCB 瑕疵檢測的探討，本研究發展了 IC 印字及腳 pin 檢測系統並具備自動繪製管制圖的功能，便於作線上的品質管制。

在 PCB 瑕疵檢測方面，本研究發展了一套內層板瑕疵檢測系統，分別檢測蝕刻製程瑕疵與鑽孔製程瑕疵，除了線上的管制圖繪製功能外，並發展了一套製程管制系統，經由統計分析檢測系統的內層蝕刻瑕疵資訊，找出製程瑕疵特徵，提供適當的建議給品管人員，及早發現製程缺陷，以提升產品競爭力。

3. 彈性量測及逆向工程系統：

本子計畫第三年度研究成果包含下列項目：

(1) 四軸加工系統的建立：已利用 RS-232 介面做為電腦與控制器之間的運動指令 (NC Code) 傳輸介面，並以個人電腦為主體，將 PC 之 RS-232 端與綜合加工機 (CNC) 和 HAAS 精密分度盤連線，完成一個

3.5 軸加工的動作。

(2) 輪磨系統之建立：已自行設計一夾治具，將市售普遍使用於模具修整之手持研磨器，利用夾治具加裝於綜合加工中心主軸上來進行自動化輪磨加工的作業。

(3) 雷射掃瞄資料處理及 3.5 軸加工：採取均勻 B-Spline 參數三次函數曲線來做為曲線的數學模式。在實切削實驗中，選擇曲面複雜度高、曲率變化大的貝多芬石膏像作為逆向工程系統驗證之實驗對象。而加工材料的選擇方面，採用圓柱型母材，節省材料及方便第四軸夾持，目前已完成加工成品。

(4) 點群資料遠距傳送：已經成功地連接台大「精密量測實驗室」，簡稱 A 端 (子計畫三)，及台大「機器人實驗室」，簡稱 B 端 (子計畫四)。此應用已完全由 A 端來操控 B 端的機器手臂及應用軟體，並且進行物體的 3D 掃瞄量測與資料處理。

4. 彈性座標及定位控制系統：

本子計畫的第三年研發出一個具有即時三維曲面量測能力的雷射結構光量測系統和電腦間協同控制，應用於 3D 資料擷取。雷射結構光量測系統的機構部分是由兩個固定在六軸機器人夾具上的 CCD 攝影機和一個三十三條直條紋雷射結構光所構成。利用直接線性轉換法 (direct linear transformation) 尋找矯正塊座標和影像座標的對映函數完成攝影機校正，並同時計算雷射結構光在空間中的平面方程式。藉由雷射結構光平面方程式、影像射線 (image ray) 和極線 (epipolar line)，量測出三維曲面的座標點。

此三維量測系統結合影像伺服 (visual servoing) 可自動偵測量測工件的輪廓。利用面雷射的特性決定出一條和物體輪廓等距的掃瞄路徑，避免景深問

題和機器人軌跡控制完成工件量測作業，達到資料擷取自動化。另外藉由網頁控制及 ISDN 可使控制人員在遠端監看並操作此系統，並透過視訊會議和遠端客戶進行意見交換，了解客戶的需求，更改設計，縮減雙方時間和金錢，節省不必要的浪費。

5. 智慧型快速多軸加工系統：

本子計畫第三年度包含下列項目：

- (1) 改良遠距協同式逆向工程模式。
- (2) 與其他子計畫進行整合測試。
- (3) 建立STEP資料轉換模組。
- (4) 建立整合知識庫系統的可製造性評估模組
- (5) 發展Spline刀具路徑演算法

四、結論與討論

在面對國際市場競爭愈來愈激烈，以及顧客對產品品質要求愈來愈嚴格的情況下，為因應國內產業技術的不斷提昇及產品少量多樣之需求，並於最短時間內完成產品的設計與製造，尤其能適時地控制產品品質，以掌握市場先機，乃為各子計畫這三年來的共同目標。

而計畫執行三年來，各子計畫在研究設計上累積不同的技術與經驗，藉相互討論交流而產生合作研發上的綜效，且於執行期間彼此支援與合作，因而研究人員間形成默契，互相瞭解彼此間的關連性，遇到跨技術領域的難題可快速有效地予與解決，並透過網路合作將本研究群推展至跨國合作，如此團隊合作研究下，促使順利完成此三年的整合型計畫。

預期本研究結果將可累積國人在智慧型即時、線上製程監控及檢測自動化系統的研發經驗，掌握從設計、製造到測試等各階段的自主性技術。不僅可對工業界提供關鍵技術與產品，亦可將

發展過程中所累積的技術經驗提供工業界諮詢。