



基於點雲之即位幾何公差量測技術

Point Cloud Based in Situ GD&T Metrology Technology

鄒博年 / 蔡明城 / 謝伯璜

工研院機械所 工業物聯網技術組 自動化介面技術部

摘要：近年來科技發展迅速，為滿足複雜元件與多元檢測需求，本團隊發展基於點雲之即位幾何公差量測技術。該技術導入點雲資料處理技術，並基於 ASME-Y14.5M-2009 全球公認標準自行研發點雲幾何公差演算法，搭配幾何公差量測介面，將整套系統應用於實際加工工件上進行四種幾何公差量測。結合高精度雷射掃描系統快速掃描平台，達成業界所需之產品品質及競爭力，得以取得較大的市場競爭力及較高獲利。

Abstract : Due to rapid advances of technology in recent years, the needs to measure freeform surfaces of complex workpieces along with a wide range of measurements are increasing. In response to the needs, our team has been devoted to the development of an in situ geometric dimensioning and tolerancing (GD&T) measurement algorithm based on point cloud data. This measurement algorithm featuring an intuitive user interface applies a globally recognized standard ASME-Y14.5M-2009. The entire algorithm system is further implemented to carry out four different GD&T measurements of processing workpieces. It is also integrated into a rapid scanning platform with a high-precision laser scanning system. This will help the industry not only to deliver high product quality, but also to increase market competitiveness and profits.

關鍵詞：點雲、量測、幾何尺寸與公差

Keywords : Point Cloud, Metrology, Geometric Dimensioning and Tolerancing (GD&T)

前言

國際各主要國家為因應製造變局，逐步發展新的製造模式，除發展新的創新製造技術外，針對區域分散式製造、快速回應市場的製造，乃至於客製化製造等等，都在對應市場快速、消費者因地制宜的不同需求以及生產製造分工需求而產生的模式，面對此變化趨勢，我國也應儘速導入快速、彈性、

客製化的智慧製造，藉以提昇製造業生產效率與強化品質以因應挑戰。

在精密加工產業高值化需求上，因應全球新消費趨勢及多變化生產模式的來臨，3D 複雜/多曲面/精細多孔/巨大昂貴零件等之檢測成為智慧製造成敗的關鍵(turnkey system 的新技術亮點)。台灣急需要發展關鍵檢測系統以滿足複雜元件快速線上全檢之需求；需要發展多樣彈性檢測設備以滿足多元



檢測需求；需要發展檢測智慧系統 enabled 自動化加工生產線以提昇高階零件整廠整線輸出附加價值；同時建構台灣智慧檢測軟實力新興產業。

系統架構簡介

近年來科技發展迅速，各式各樣工業產品之精度要求均大幅地提高，導致加工零件的精度要求皆已提昇到微米等級。因此為了測量這些精密零件，相對地也發展出高精度的精密量測技術，用來測量精密加工的零件。此節將按量測原理的不同，分類介紹目前國際上常見的量測方法，最終聚焦至本系統所採用之量測法，以滿足技術所需之系統平台。

1. 量測方法比較

自從六零年代起，由於電子、電腦及感測技術的快速發展，促使三次元量測儀 (coordinate measuring machine, CMM) 的功能及應用有了很大的改進。並且近年來為因應各項產品的多樣及複雜之曲面造形設計，因此在精密度與開發時程以及降低成本的考慮因素下，使用 CAD/CAM 系統結合三次元量測系統技術便扮演了極為重要的角色。以航太工業而言，航空器上所使用的各種葉片是航太零組件重要元件之一，由於葉片具有不規則曲面及複雜的表面形狀，增加了量測上的困難性。

然而隨著三次元量測與軟體技術的發展，應用三次元量測以做為產品最終檢驗已是全球航太製造業發展的趨勢，此外更結合逆向工程技術藉以獲得葉片設計與製造上相關的技術與經驗。目前國際

上針對金屬加工件所發展具有幾何公差、尺寸公差的 3D 量測技術進行介紹，將其整理如表 1。

2. 系統架構

為因應各項產品的 3D 複雜/多曲面/精細多孔/巨大昂貴零件等設計。本系統採用光學式非接觸式量測，應用其快速量測的特性，以滿足複雜元件與多元檢測需求之線上全檢需求。建置快速掃瞄平台，達成業界所需之產品品質及競爭力，得以取得較大的市場競爭力及較高獲利。

量測部分採用非接觸主動式掃描，意即將能量投射至物體，藉由能量的反射來計算三維空間資訊。本系統中所使用的是三角幾何測量法，該技術為雷射光點、攝影機，與雷射本身構成一個三角形，如圖 1 [1]。在這個三角形中，雷射與攝影機的距離及雷射在三角形中的角度為已知的條件。透過攝影機畫面中雷射光點的位置，我們可以決定出攝影機位於三角形中的角度。這三項條件可以決定出一個三角形，並可計算出待測物的距離。系統之掃瞄平台採用四軸機械手臂，如圖 2 [2]，可提供 X、Y、Z、R_z 的運動自由度，此四軸自由度結合雷射量測特性可滿足一般工件平面的精度量測需求。

系統建置如圖 3 所示，結合高精度雷射掃描系統與 CAD 端圖面特徵辨識系統，可檢測面積 ≥ 800 × 400 mm 及系統重複精度 ≤ ± 0.02 mm，量測速度提昇 220% (vs CMM)，並具有視覺化誤差顯示技術，可供加工人員快速了解其加工之誤差分布情形並能獲得完整的工件資訊。

表 1

	探針式接觸式量測	光學式非接觸式量測	複合式量測
精度範圍	<1 μm	1~100 μm	10~50 μm
優點	最高精度	快速量測(量測速度大於接觸式 2 倍)	<ul style="list-style-type: none"> • 大面積量測 • 彈性度高
缺點	<ul style="list-style-type: none"> • 耗費時間長 • 曲率較大工件易有死角 	工件材質較大限制，反光材質易影響量測結果	<ul style="list-style-type: none"> • 精度較差
常見應用產業	高精度加工件，如航空葉片	汽車工業，如車門	大型機具量測

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】413期・106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

機械工業雜誌信箱：jmi@itri.org.tw