

# 行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

## 以加工基準為決策依據之編碼式製程規劃

計畫類別： 個別型計畫

計畫編號：NSC 89 - 2218 - E - 002 - 111 -

執行期間： 89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

計畫主持人： 劉正良

共同主持人：

研究生： 許朝彥

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：台灣大學機械工程學系

中 華 民 國 90 年 10 月 17 日

# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

## 以加工基準為決策依據之編碼式製程規劃

### A Study Of Process Planning Based On Datums

計畫編號：NSC 89-2218-E-002-111-

執行期限：89年8月1日至90年7月31日

主持人：劉正良 台灣大學機械工程學系

計畫參與人員：許朝彥 台灣大學機械工程學系

#### 一、中文摘要

本研究透過個案分析，討論各特徵間因幾何關係所構成的程序問題，藉以歸納一加工順序決定原則。並建立一製程規劃流程，協助規劃者藉著分析設計圖中尺寸、幾何形狀與精度等資訊所揭示之基準關係，同時比對兩兩特徵之幾何關係，找出可能之加工程序；再輔以夾持與刀具知識的使用，進一步決定出完整之加工程序，完成製程規劃單。

**關鍵詞：**基準、製程規劃、幾何關係比對

#### Abstract

This research focuses on geometric relationships and datums of workpieces which dominate process planning. Through case study of prior process plans and the aid of their precision and tooling information some rules of operation priority are collected by comparing geometric shapes and datums. An order of operation is thus decided and a process plan sheet is obtained.

**Keywords:** Keywords: Datums, Process Planning, Comparison of Geometric Relationships

#### 二、緣由與目的

加工過程中我們通常無法在不需更換夾持方式或刀具的情況下一次就完成所有的加工，因此加工程序的問題可說是製程規劃中考慮的重點。

而在夾持轉換的過程，為了確定後續的加工可以重現前次加工所產生的幾何特徵之位置與方向，製造者必須找出工件、機器與刀具間的關係，並確定其正確性[1-2]。工件上待加工之特徵(feature)與刀具的配合、刀具與工具機組合之加工方式以及工件與工具機安裝設置(setup)之夾持方法都必須以幾何關係作為考量可行性的依據。過去之文獻中，尚無將此一幾何關係呈現於製程規劃者，因此本研究嘗試以比對幾何關係之方式建立一製程規劃流程。

目前在業界電腦輔助製程規劃的應用尚不廣泛[3]，而仍由有經驗之製程規劃工程師或現場加工人員為之，足見其實施之困難。而製程規劃工作

所涉之知識領域相當廣泛，製程規劃工作之人才培養不易，以其製造知識與經驗需長期累積。

在現今之機械製造趨於少量多樣的情形，製程在一定時間內必須抵定的情況下，系統化之製程規劃工作在整個生產流程中愈趨重要[4-5]。人為的規劃方式通常是在試誤的過程中找到結果，因為這些幾何關係間的配合過程，並無法以程序性的流程加以說明。故本研究嘗試將各幾何關係加以歸納整理，提供製程規劃工程師一個製程決策參考的規則與流程，俾助其完成可行之製程規劃單。

#### 三、個案分析

鑑於製程規劃所需考量的領域廣泛，其中包括許多直覺性的知識，如經驗、技藝等。然而這些構成製程規劃決策過程的重要依據，並無法程序性地加以說明；所以本研究擬以個案分析的方式，試著找出加工程序決策的因果關係，透過以下四個工件之製程，揭示製程決定時的基準關係。

個案一：以短圓柱工件加工實例分析基準之承靠方式在車削夾持上的應用。

個案二：以六面體工件討論基準之量測方式在銑削夾持上之應用。

個案三：以傾斜支撐座工件討論複雜幾何形狀工件之夾持情形。

個案四：以心軸套筒座工件討論基準在銜接製程的重要性，以及圓柱件夾持的量測方法。

製程工程師在規劃過程中必須不斷搜尋較佳的加工程序，於個案分析中可以發現程序轉換時，只要有夾持方式的變換就必須對安裝設置重新修正，而銜接於兩加工程序中最重要之考量因素就是各幾何關係間的基準問題。此外，由於製程規劃工作必須配合工廠可用資源，如工具機、刀具、夾具等，才能決定出可行的程序，這些加工知識的取得多來自實務的加工經驗，因此本研究將對加工所依據之設計資訊以及加工條件所構成的基準加以整理，並根據此基準之概念，歸納一兩兩特徵間，因幾何關係所造成的加工順序決定原則。

#### 四、基準與幾何關係

基準，為點、線、平面或其他幾何面，可以做

為幾何公差的參考處或尺寸量度的起始者[8-10]。在設計上，基準為尺寸的起點或是幾何公差的參考面，基準的選擇會影響加工程序之決定；當一點、線、面的位置或尺寸從某特定位置開始計算或量測時，則可稱這起始特徵（feature）為一基準。也就是說，當彼此相對位置之關係受到重視時，就必須指定基準特徵，以便更確實地描述該特徵在工件間的形態[11-12]。

基準可以在設計圖面中明確的標示出來。如圖 1 所示，平面 D 與 E 對圓孔 A 來說是其基準面；對於圓孔 B，其位置之基準則是孔 A 與孔 C。

故一幾何形狀可由一基準予以定義，而一基準亦可為其他基準所規範，如此製程之順序即漸浮現，由個案分析亦可見一些固定之順序組合。

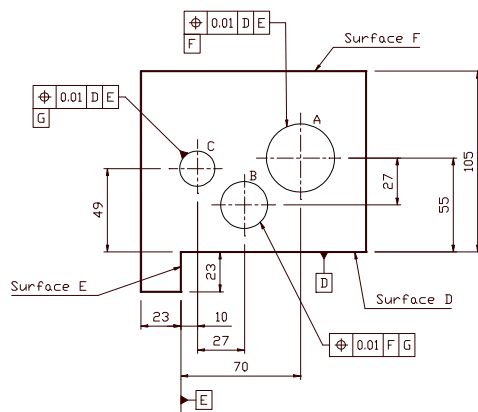


圖 1 基準在設計上的使用

## 五、製程規劃流程

由個案分析中可以發現設計資訊中所揭示的基準，是在製造過程中不斷尋找的加工、量測依據。基準的重要性，在於它是橋接兩加工程序間的關鍵，故可由各特徵之幾何關係得到一比對兩兩特徵之加工順序決定原則，本研究以基準之概念建立一製程規劃流程，其必須決定之製程規劃流程項目如下：

1. 辨識所有特徵。
2. 確認各特徵之尺寸與精度。
3. 決定各特徵之加工方式與加工機器。
4. 決定胚料形狀與尺寸。
5. 比對尺寸資訊之基準關係。
6. 比對精度資訊之基準關係。
7. 比對幾何資訊之基準關係。
8. 決定完整製程。

以下以一實例對製程規劃流程加以說明。

## 六、實例研究

實例為一討論軸對稱工件之製程，圖 2 為該工件之設計圖；依工件之形狀可以辨識出 15 個幾何

特徵，並以編號 1-15 表示。

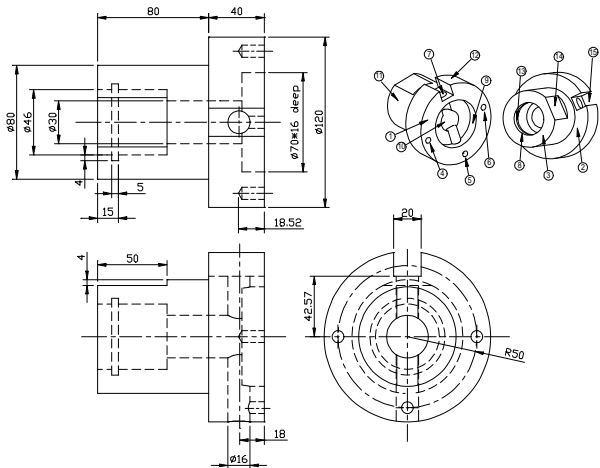


圖 2 圓柱件零件圖

依上節之流程順序執行如下。

### 1. 辨識所有特徵

如圖 2 所示共有 15 個特徵，包括：

- 面：1 2 3
- 槽：13 14 15
- 孔：4 5 6 7 8 9 10
- 圓柱體：11 12

### 2. 確認各特徵之尺寸與精度

各尺寸均以一般公差處理，依工件尺寸所對應之範圍在 0.1 0.2mm 左右。

### 3. 決定各特徵之加工方式與加工機器

加工方式：根據尺寸精度之範圍及各特徵，決定出以下加工方式：

- 車床車削加工：1 2 3 8 9 11 12 13
- 車床鑽削加工：10
- 立式銑床銑削加工：14 15
- 立式銑床鑽削加工：4 5 6 7

加工機器：

- 車床 1，機器幾何精度 0.02mm。
- 立式銑床 1，機器幾何精度 0.02mm。

### 4. 決定胚料尺寸與形狀

依工件之幾何形狀，胚料為一比外型尺寸大 4mm 之圓柱體。

### 5. 比對尺寸資訊之基準關係

根據該工件之尺寸標示所呈現的基準關係決定以特徵 3 與中心線為尺寸關係之基準。

由於中心線為一虛擬的特徵，必須藉由加工孔或圓柱體特徵才能呈現，特徵 10、12 之基準唯有中心線，因此指定此兩特徵為基準特徵先加工。

### 6. 比對精度資訊之基準關係

該工件之幾何公差及各尺寸公差以一般公差處理，所以本項流程無須考慮因使用較精密之加工法所構成的前置加工問題。

### 7. 比對幾何資訊之基準關係

根據尺寸資訊所得之結果進一步決定各特徵之順序，結果可以得到 $12 \times (3, 10)$ 之程序，並繼續對各尺寸基準之特徵佐以夾持與刀具之考量：

### 8. 決定完整製程

依據各特徵之大小決定適當刀具尺寸之後，依序填入製程單中以完成完整之製程規劃單，其結果如表 1 所示：

表 1 實例之製程規劃結果

加工程序	機器	刀具	說明
程序 10	車床	外徑車刀	夾左端，車 120 圓柱體。
程序 20	車床	30 鑽頭	鑽 30 孔。
程序 30	車床	外徑車刀	車左端面與外徑 60 之圓柱特徵。
程序 40	車床	內孔車刀	車 46 內孔。
程序 50	車床	切斷刀	車 534 之槽。
程序 60	車床	外徑車刀	夾左端，車 120 圓柱體之圓端面。
程序 70	銑床	16 鑽頭	鑽 16 孔。
程序 80	銑床	20 端銑刀	V 形塊夾 60 圓柱體，銑左右鍵槽。
程序 90	車床	內徑車刀	車 70 孔。
程序 100	銑床	9.5 鑽頭	鑽三個 9.5 孔。

### 七、 結論與未來研究方向

本研究之製程規劃方法經實例之圓柱件的實際規劃結果，說明以幾何關係之比對，依照所建立之八個流程，可以協助製程工程師在製程規劃時有系統的討論設計資訊；並輔以規劃者自身之夾持、量測與刀具等加工實務知識完成製程規劃工作。

加工技術必須靠經驗累積，當這些經驗以幾何關係分類，各特徵間幾何關係之加工程序決定原則中，除了可以減少後續流程中對夾持與刀具間之實務經驗的依賴度之外，更可以將這些加工經驗承續於後。

本研究之製程規劃流程若在尺寸基準有不同之選擇，會有不同的製程規劃結果；夾持與量測等方式亦會因每個人之個別經驗而有所不同。然製程規劃原本就無一定答案，這些都將是完成設計工件之正確路徑之一。

若透過“量化”的方式描述這些原則，或可較明確地指出加工的方式。同時可以擴大加工方式涵蓋之範圍，將非傳統加工方式納入決策原則中，除了可以實施精度更高的加工之外，也將可擴充更多幾何關係的決策能力。

製程規劃作業過程考量參數甚多，且其流程可能反覆遞迴，對於特徵複雜、幾何關係要求很高的工件，決策的過程將會變得更繁瑣；況且在將決策原則量化之後，將會產生更龐大的資料，屆時已不適合人為的作業方式。

量化的觀念有助於向電腦說明特徵間的尺寸與精度關係，再透過幾何關係之比對，可以充分描述設計之所有資訊。專家系統適合解決這種反覆比對的工作，並找出正確的路徑，將有利於電腦輔助製程規劃工作。

### 八、 參考文獻

- [1] G. Halevi and R. D. Weill, *Principles of process planning*, Chapman & Hall, 1995.
- [2] H. C. Zhang and L. Alting, *Computerized Manufacturing Process Planning System*, Chapman & Hall, 1995.
- [3] J. Nolen, *Computer-Automated Process Planning for World-Class Manufacturing*, Marcel Dekker, 1989.
- [4] 劉正良，黃士浩，“以系統化設計方法進行製程規劃工作與生產成本評估之研究”，*台灣大學「台大工程」學刊*，第七十八期，民國 89 年 2 月，第 19-32 頁。
- [5] P. Harmon and D. King, *Expert Systems: Artificial Intelligence in Business*, John Wiley & Sons Inc., New York, 1985.
- [6] F. Chauny, A. Haurie, R. LouLou and E. Wagner, “Clamps Positioning and Optimal Position in a DNC Punch Press”, *Transactions on Automatic Control*, 1988, IEEE, Vol.33, No.4, pp.404-407.
- [7] W. Faheem, C. C. Hayes and D.M. Gaines, “Coordinator: A Robust Setup Planner that Detect Fixture-Feature Interaction”, *International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 1998, IEEE, Vol.1, pp.423 -426.
- [8] J. B. Gou, Y. X. Chu, H. Wu and Z. X. Li, “Geometric Formulation of Orientation Tolerances”, *International Conference on Robotics & Automation*, 1998, IEEE, Vol.3, pp.2728- 2733.
- [9] J. B. Gou, Y. X. Chu, and Z. X. Li, “A

- Geometric Approach to Establishment of Datum Reference Frames”, *International Conference on Robotics & Automation*, 1999, IEEE, Vol.2, pp.1436- 1441.
- [10] P. Ikonov, H. Okamoto, F. Tanaka and T. Kishinami, “Inspection Method for Geometrical Tolerance Using Virtual Gauges”, *International Conference on Robotics and Automation*, 1995, IEEE, Vol.1, pp.550-555.
- [11] J. H. Nurre, “Geometric Reasoning for Process Planning”, *Proceedings of the Third on International Conference on Computer Integrated manufacturing*, 1992, IEEE, pp.465-469.
- [12] X. Huang and P. Gu, “Tolerance Analysis in Setup and Fixture Planning for Precision Machining”, *Proceedings of the Fourth on International Conference on Computer Integrated Manufacturing and Automation Technology*, 1994, IEEE, pp.298-305.