

應用商業智慧於製程參數挑選之研究

A Study of Parameter Selection on Manufacture Process Using Business Intelligence

李來錫¹ 葉惠忠² 戴宏仁¹

(Received: Jun. 6, 2005 ; First Revision: Nov. 3, 2005 ; Accepted: Nov. 11, 2005)

摘要

在產品的生產過程中，實驗計劃法是有效找尋製程參數的最佳方法，但實務上仍可能有時間過長與成本太高的問題，且專業人力對於一般製造業而言也是一大考驗。利用以往的生產資料，找出原有生產該系列產品的製程資料，再進行品質資料比較後，挑選最適當的製程參數，將可以大量節省時間與成本。針對以上的問題，本研究將利用商業智慧的特性，將過往知識中製程的重要資訊(如：產品、製程與樣本測定值等)建置於資料市集中，並利用線上分析處理的特點做為日後查詢相關參數挑選資料。研究提出一個合理且簡便的參數挑選程序，並以一實例進行相關的系統展示說明，最後經評估比較後挑選出最適當的參數。

關鍵字：商業智慧、製程參數、資料市集、線上分析處理

Abstract

The design of experiment (DOE) is a widely accepted method for proper parameter selection on manufacturing processes. However, under the consideration of experiment costs and difficulties for understanding the use of DOE becomes challenges for general engineers. In the other way, the experience for manufacturing can be used to decide proper parameter levels instead of DOE. The experience can be found or searched from different production databases or databases of control charts, and it can be recognized as business intelligence for selecting proper parameter levels. Therefore, this paper is aims to propose a process for parameter selection using business intelligence. The process is expected to be able to achieve time saving and cost reduction comparing with the DOE method under well kept manufacturing data.

Keywords: Design of Experiment, Parameter Selection, Business Intelligence

¹國立屏東商業技術學院資訊管理系助理教授

²國立高雄應用科技大學企業管理系副教授

1. 前言

當有顧客希望訂購以前(多年前)公司製造過的產品，為滿足該顧客品質的要求，該公司可以再重新進行實驗設計，重新找到製造該產品的製程參數，但此法可能花費相當的時間與成本。若公司已經營多年並曾製造出多種型式的產品，另一個方法則是利用過往的生產資料，找出原有生產該系列產品的製程資料，再進行品質資料比較後，挑選最適當的製程參數，此法將可以大量節省時間與成本。鑑於以上的研究動機，本文將以商業智慧的概念進行製程參數的挑選工作。

在產品的生產製造過程中，為了要有效找尋產品的最佳製程參數，目前常使用的是實驗計劃法，儘管實驗計劃法可以獲得適當的製程參數挑選結果，但實務的操作上仍可發現下列問題：

1. 時間與成本的考量：由於實驗計劃法需要進行反覆實驗來獲得適當的製程參數，儘管可以運用直交表等設計來降低實驗的次數，但在實驗時間與成本上仍面臨實務的考驗。
2. 實驗操作的問題：為了能有效找出生產製程條件，在實驗計劃法中常需要具有實驗操作的人力，以便操控實驗過程，並以統計方法加以有效分析，然而此專業人力對於一般製造業而言仍相當缺乏，這問題同時也形成了實驗法的推廣障礙。

本研究嘗試以企業過往的製程資料所形成的商業智慧(Business Intelligence, BI)來達成實驗計劃法同樣的參數挑選目標，以協助業者快速並且低成本的挑選適當的製程參數。商業智慧乃是指可以協助企業統計、挖掘與分析隱含在數據資料背後的知識，將相關數據資料轉化為有助於企業決策的有用知識。其概念主要是將企業內的相關資料，包含內部 ERP、SCM、CRM 或是其他的資訊系統所產生異質資料，經由擷取資料、轉換資料、傳送資料(extract transform load)轉化成有用的資訊，儲存於資料倉儲(Data Warehousing)，並透過線上分析處理(Online Analytical Processing, OLAP)、統計分析等工具來獲得可用的資訊，以應用於銷售、行銷、財務、人力資源、生產、研發等各個層面的決策支援。

本文的研究目的即是利用商業智慧的概念建構出一個整合性的參數挑選模式，由於製造業的資料所累積而成的知識可以提供重要的製程參數數據，因此本文將利用商業智慧的特性，將過往知識中製程的重要資訊(如：產品、製程與樣本測定值等)建置於資料市集中，並利用結構性知識的特點做為日後查詢相關參數挑選資料的依據，再經評估比較後挑選出最適當的參數，此方法預計在資料完備的情況下可以快速的挑選出適當的製程參數。

2. 文獻探討

2.1 商業智慧

有關商業智慧的定義，Hoelscher(2002)認為商業智慧結合了資料挖掘的技術與各種分析的方法，以提供商業各種及時且精確的資訊。Kamel 與 Samia(2002)則認為商業智

慧是具系統追蹤、蒐尋、連繫並轉化各種微量訊息的一種策略性方法。Guin、Michael 與 Timothy (2001)認為商業智慧為系統化的分析程序，以蒐尋並瞭解外在訊息所代表的意涵。另外，Kanzler(2002)認為商業智慧的定義是因人而異，其內容包含了各種應用軟體、技術與分析方法，以協助進行資料分析的方法。根據以上各種定義，本文將商業智慧定義為利用資訊科技，將企業內、外部各種結構化資料彙整，並依據某些特定的需求進行分析與運算，以協助這些組織角色在管理組織績效或是決策判斷時的重要參考。

商業智慧主要透過企業內部資料整合來進行各種層面的資料分析，其主要涵蓋範圍可以包括資料收集與儲存，以及資料分析兩大部份。在資料收集與儲存方面，主要包含有資料倉儲(data warehousing)或資料市集(data mart)，將企業所累積的龐大資料加以整理建檔，使決策者能夠快速獲得有效且即時的決策參考，由於本研究目前所涉及的資料僅限於製程相關資料，因此本文之資料收集再儲存方面皆以資料市集稱之。在資料的分析方面，主要包含有資料探勘的技術，可利用人工智慧、統計、神經網路等多種技術，自動化分析企業原有的資料，做出歸納性的推理，從中挖掘出潛在的模式，預測並幫助企業的決策者調整市場策略。其中，線上分析處理(On-Line Analytical Processing)為常見的一種資料分析方法，它可以讓使用者在大量的資料中邊瀏覽、邊查詢，並找出問題，進而追查問題且尋求可行的解決方式。其最大的特色在於它對資料多維處理的能力，可以很快做各種維度的縱向或橫向的資料處理。OLAP 的應用相當廣泛，如 Chaudhuri 與 Dayal(1997)利用 OLAP 的多維度資料模型，做為前端資料查詢和分析工具，並加強資料查詢效率、中繼資料(metadata)與資料倉儲的管理；Colliat(1996)指出 OLAP 可以提供分析人員，管理者和決策高層依據本身決策需求流覽資料，且即時的產生所需的資訊以提高分析效率。

有鑑於 OLAP 在資料分析的便利性，本文將以 OLAP 做為獲取商業智慧的主要技術，並利用製造業過往的各種製程管制資料建構資料市集，以進行最適當的參數挑選。有關 BI 在品質管制上的應用，目前仍未有相關論文探討，因此在文獻探討部份僅就商業智慧與參數挑選的文獻加以說明。

2.2 製程參數挑選

適當的製程參數挑選一直是學術與實務界共同努力追求的目標，有關參數挑選的研究，主要有最佳化數量模式與實驗計劃法兩大主流，最佳化數量模式以限制式運算方式可以求得最佳參數解，然而其數量模式的建構困難度與計算的煩雜，皆使其一直無法在實務操作有廣泛的應用。另一個方法即為實驗計劃法，其中又以田口方法為主要代表，田口方法設計的主要目的在使產品在任何的環境變異下，仍能保持一定的品質，亦即達到堅耐性(robustness)。其實驗的因子主要包含有控制因子及雜音因子兩種，由於雜音因子造成了產品功能特性和目標值間的差異，在品質管制上的目的就是要使其差異減少，使生產能經得起雜音的考驗。許多學者在統計的學理上對田口方法提出修正的意見(Hunter 1985; Kackar 1985; Gunter 1987; Box 與 Bisgaard 1987; Nair 1992)，而在實務上也因其操作簡便而廣泛應用在各行各業。

儘管如此，實驗計劃法仍需花費時間與成本進行實驗才能獲得分析的資料，本文則嘗試以商業智慧的觀點出發，希望以過往的製程管制資料找出適當的參數，如此在尚未進行實驗前即可獲得適當參數解，操作者只要再以此參數進行確認實驗即可，如此更可以節省實驗時間與成本。

3. 研究方法

本文的研究方法主要在說明如何利用歷史的製程資料，進行製程參數的挑選工作，以部份取代實驗計劃法的功能，本研究有關製程參數挑選的步驟說明如下(程序圖列如圖 1)：

1. 建立資料市集。
2. 線上分析處理查詢相關的製程歷史資料。
3. 進行製程能力檢核。
4. 將通過檢核資料進行 S/N 值的比較，以挑選適當參數值。

各項程序內容將分段詳細說明。

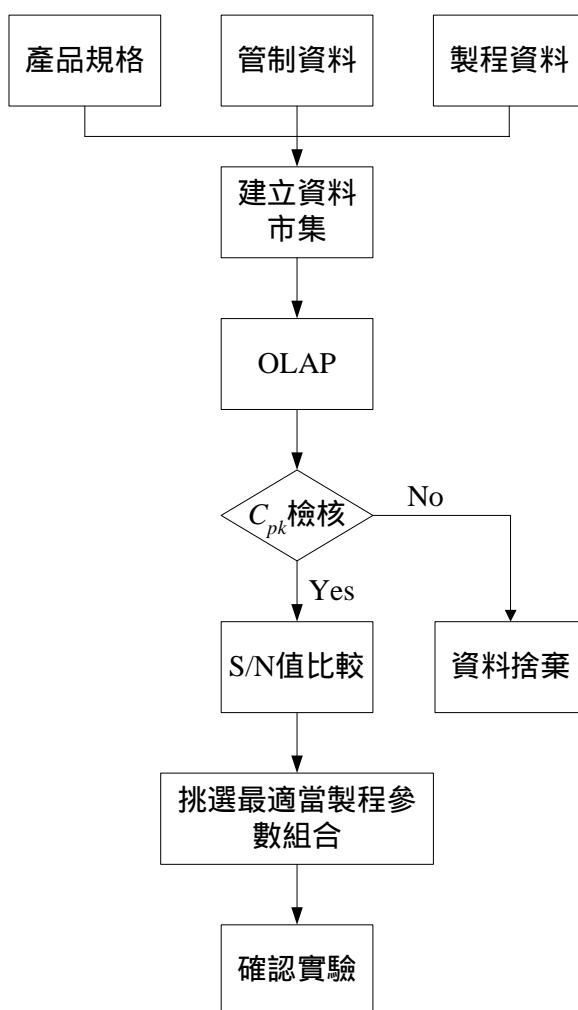


圖 1 製程參數挑選程序圖

3.1 系統架構

根據以上的流程說明，本研究將利用商用智慧的概念，來建構一個製程參數挑選系統。在研究本的系統架構中，可分為資料市集建立、建立線上分析處理(OLAP)和系統畫面設計等三個部分。在資料市集建立部分是採用 MS-SQL Server 進行系統開發，使用 SQL Server 2000 所提供的資料轉換服務(Data Transformation Service / DTS)，將資料庫的資料轉成資料市集的內容；在建立線上分析處理(OLAP)部分，則使用 MS-SQL Server 2000 中之 Analysis Server 的「分析管理員」功能來建立 OLAP 內容；系統畫面部分則以 VB 程式語言撰寫，撰寫的內容包含產品類別選擇、 C_{pk} 檢核、S/N 值比較及製程參數值(建議範圍)，圖 2 為本系統之架構圖。

如圖 2 所示，使用者欲進行資料探索時，可利用線上分析處理(OLAP)的功能，針對目標產品的特質進行索引，將 OLAP 分析結果進行 C_{pk} 檢核及各項 S/N 值的計算與比較，找出各生產階段最適當的製程參數值。

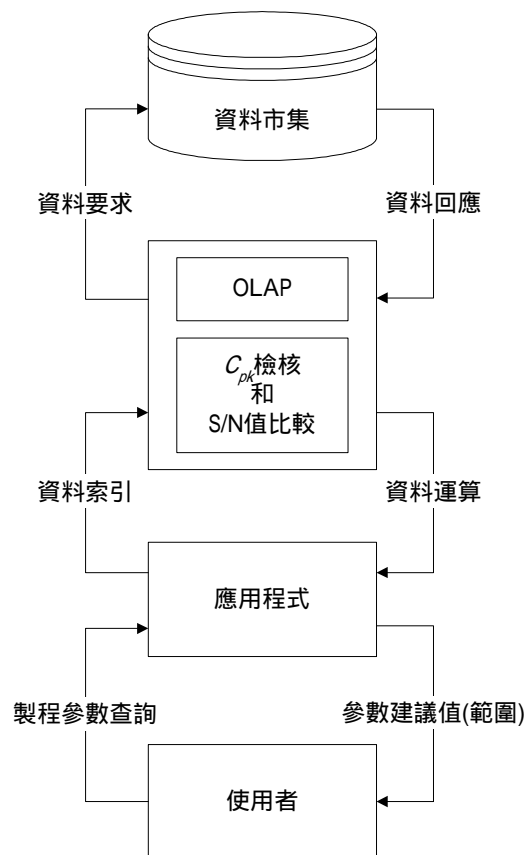


圖 2 系統架構圖

3.2 資料市集

本文以商業智慧的概念進行製程參數的挑選工作，在商業智慧的應用上，首要的工作即在建立完整的資料倉儲或資料市集，由於本文所涉及的資料範圍只限於製程資料，因此在本文中僅將所收集的資料以資料市集稱之。有關所須要建立的資料市集可以包括各生產設備所收集到的製程資料，在本文中是取最常見的製程資料-管制圖資料做為主要收集的對象，而各管制圖資料的產生是起因於各生產設備的參數設定，此兩種資料的

關係可以示意圖圖 3 加以說明，圖 3 中各生產設備在進行生產前，必須先設定各生產的參數，才能進行生產，而管制圖資料則是各機器生產過程中所收集的製程資料，一般是用來監控制程的穩定性或做為事後製程檢討的依據，可以想見這些資料若能適當以電子資料來處理，將形成相當龐大且具分析價值的資料市集，這些資料是累積多次生產後所建立而成，是許多機器設定參數後的生產結果資料，亦可稱之為是製程的商業智慧。

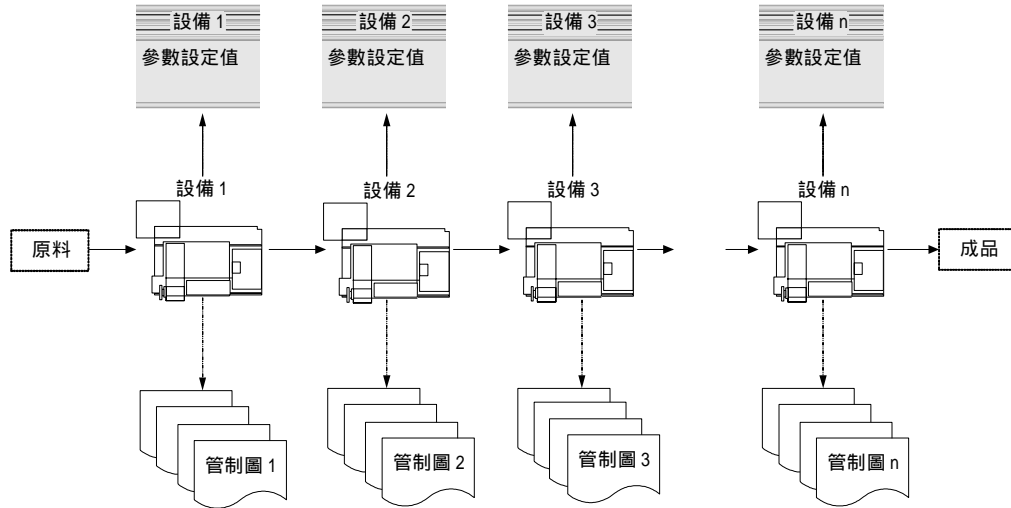


圖 3 資料關係圖

若進一步分析各資料的結構關係，可如圖 4 所示，對於一個目標產品而言，其所包含的資料範圍包括產品規格、各生產的機器資料、各產品在每一台機器所產生的品質管制資料及所相關聯的各種製程參數的設定值，目標產品可有多種的產品規格，每一種產品規格則受到製程中各機器操作影響而有不同的品質允差，而品質的展現資料則在各機器操作時所收集的品質管制資料，而影響品質資料的主要為各製程的參數，由此層層類推，可以由目標產品類推其最適當的製程參數組合，即類推到各機器生產該目標產品最適當的製程參數。

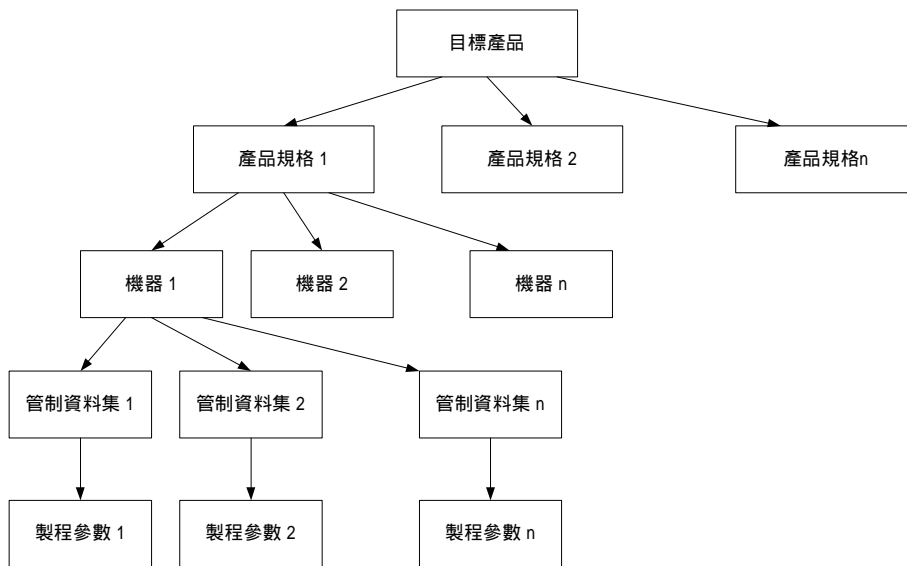


圖 4 資料層次圖

3.3 線上分析處理

假設過往的製程管制資料要完整保存做為日後查詢相關參數挑選，則此結構性資料可以藉由 OLAP 的分析方法尋找適當的製程參數。在資料建檔部分依正規化方式共規劃有四個資料表：產品、製程、參數和類別資料表，為建構所需要之資料市集，經過需求的分析與規納可從四個資料表中挑選出目標欄位做為分析標的之事實資料表；然後，將產品、參數和類別資料表的欄位做為分析角度之維度資料表，使用分析服務元件 (Analysis Service) 所提供的 Analysis Server，將資料市集中的資料利用星狀結構模式(如圖 5 所示)建立成可多維度查詢的資料方體(cube)，再利用 Analysis Service 中的「分析管理員」來檢視資料方體中的資料，即可達成線上分析處理的功能。

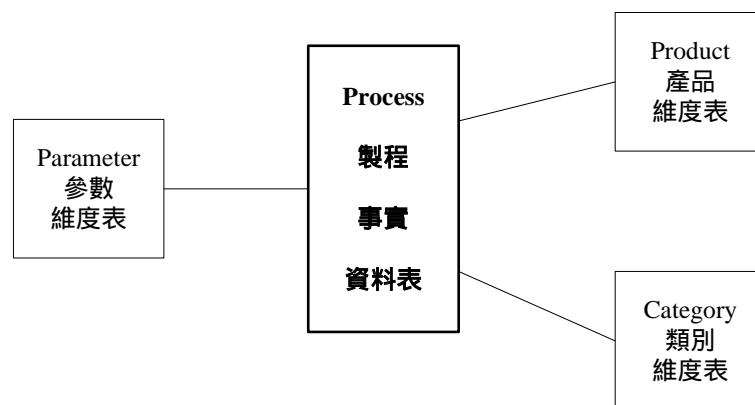


圖 5 星狀結構

3.4 製程能力檢核

一般而言，製程能力是用來評斷是否達到產品品質標準(產品規格、公差)的程度，通常用製程能力指標，如 C_{pk} ， C_p ， C_{pm} 與 C_{pmk} 。由於 C_{pk} 值可同時考慮資料的平均值與變異數，也是目前普遍使用的製程能力指標，另外本研究中所使用的實例亦使用 C_{pk} 值，做為其品管檢核工具，因此系統是設定以 C_{pk} 作為製程能力檢核之工具，若有進一步需求，在後續研究上可再加入其它製程能力指標。本系統利用製程能力進行檢核工作的目的，主要是確保所挑選出的製程參數具有一定程度的產品品質水準，因此在挑選參數前，先進行製程能力檢核。製程能力可粗略分為雙側規格和單側規格兩種。在本研究中是將輸入的產品規格利用雙側規格的方式來進行計算，如(1)式所示，並判斷製程能力(C_{pk} 值)是否達到規格的要求。在本文中是採取 C_{pk} 值等於 1.67 做為評判標準(張公緒等，1996)；當 C_{pk} 值大於 1.67 時，表示產品製程能力已達到規格要求，就將此參數值保留，再做 S/N 值比較；否則，當 C_{pk} 值小於 1.67 時，表示產品製程能力不合乎規格要求，就將此參數值直接刪除，不再考慮。

$$C_{pk} = (1 - K) \frac{T_u - T_l}{6\sigma} \approx (1 - K) \frac{T_u - T_l}{6s} \quad K = \frac{2|M - \mu|}{T} \quad (1)$$

上式中, $T : T_u - T_l$,
 T_u : 規格上限,
 T_l : 規格下限,
 σ : 品質特性值分配的標準差,
 s : 樣本標準差,
 M : 規格中心,
 μ : 品質特性值分配中心,
 K : μ 與 M 的偏移度。

3.5 參數挑選

在挑選製程參數時, 本文是以田口參數設計之信號雜音比(S/N 比)進行產品品質的比較, S/N 比愈高表示品質損失愈少(見如 Leon, Shoemaker, and Kacker, 1987; Box, 1988)。

典型的田口參數設計中, 因子主要包含有控制因子及雜音因子兩種, 在本文中因資料結構的關係僅考慮控制因子, 即將各製程參數視為控制因子, 而實驗的回應值(response data)則為各組製程參數下的管製圖資料(\bar{x}), 因此本文將此 \bar{x} 值視為 S/N 比計算時所使用的產品品質特性(y)。藉由 S/N 比的計算式(望目), 如(2)式所示, 即可計算各組製程參數的 S/N 比, 在依挑選特性, 找出適當的製程參數。

$$S/N = 10 \log \frac{\frac{1}{n}(S_m - V_e)}{V_e} \quad (2)$$

$$\text{其中 } S_m = \frac{(\sum y_i)^2}{n} ; V_e = \frac{1}{n-1} (\sum y_i^2 - S_m)$$

式中, n : 樣本大小,
 m : 目標值,
 y : 產品品質特性,
 V_e : 品質特性 y 的變異數。

4. 系統展示

本系統是應用商業智慧的概念來建構一個製程參數挑選系統, 在系統展示部分先以某鋁合金專業壓鑄廠的機械加工程序作為範例說明, 隨之建立資料市集, 並以線上分析處理來進行製程參數挑選, 說明如下。

4.1 範例說明

本研究是以南部某鋁合金專業壓鑄廠做為研究案例，該公司主要是生產鋁合金壓鑄品，例如：汽機車零組件、筆記型電腦零組件、運動器材、電器零件、五金零件、汽車發電機馬達外殼、車用瓦斯轉換器...等等，圖 6 為本例中經機械加工後的成品(汽缸蓋)之照片，本文將以其孔徑加工過程做為參數挑選的範例。



圖 6 汽缸蓋

在鋁合金壓鑄的製造過程中，可大略分為熔解、壓鑄、機械加工、表面處理四個階段，其製造流程是利用客戶所提供的圖面或樣品，由該公司和專業模具製造廠配合，進行模具的開發，再進行壓鑄與加工動作，以確保生產壓鑄品及機械加工能符合客戶之要求，其主要的製造流程列如圖 7 所示。在製造流程中機械加工部分又可分為內徑加工、外徑加工、孔徑加工、攻牙等步驟，由於時間上的考量，本研究之孔徑加工主要有鑽孔尺寸、進給速度、進給深度等三個參數，來做為製程參數的挑選。

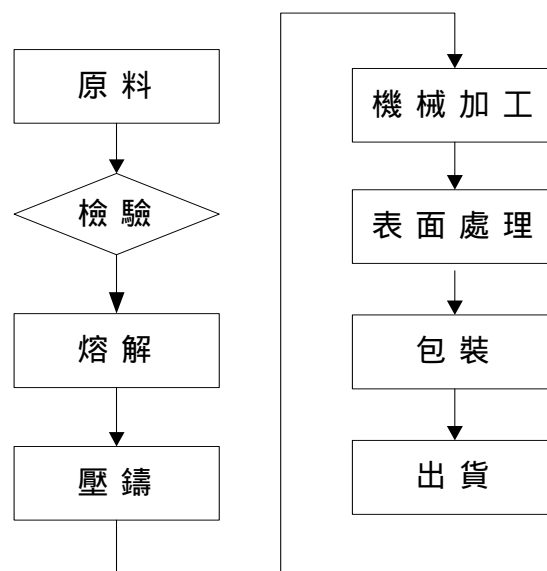


圖 7 產品製造流程圖

對該公司而言，從事生產製造的機器會隨著產品訂單的不同，而更改機器上製造產品之參數，目前參數的更改通常不會留下任何資料或記錄，完全憑藉著工作人員經驗和下單公司的樣本來對機器做參數調整，若未進行相關製程資料的保存，則現有的製程資

料將因參數調整而遺失。若以後有顧客要求製造相同的產品，為求得原有高品質要求的規格，公司得重新進行試作或實驗，這將花費相當多的成本與時間。因此有必要先將其資料進行分析、收集與儲存，其資料市集規劃於下節說明。

4.2 資料市集規劃

為符合上述的目標，本研究共規劃四個主要的資料表來形成資料市集，第一個資料表為製程資料表，欄位包括識別編號、產品編號、類別編號、參數設定、製程機器編號、製程名稱、控制條件、抽樣組別、抽樣日期、x_bar 值，此資料表主要做為分析的事實資料；第二個資料表為產品資料，包括產品編號、產品名稱、產品數量三個欄位，此表將用於維度資料分析；第三個表為類別資料，包括類別編號、產品類別二個欄位，此表也是做維度分析用途；第四個表則為參數資料表，包括各個製程參數的設定值。各表將各以不同的索引鍵相互關聯，各表間的關係如圖 8 所示。

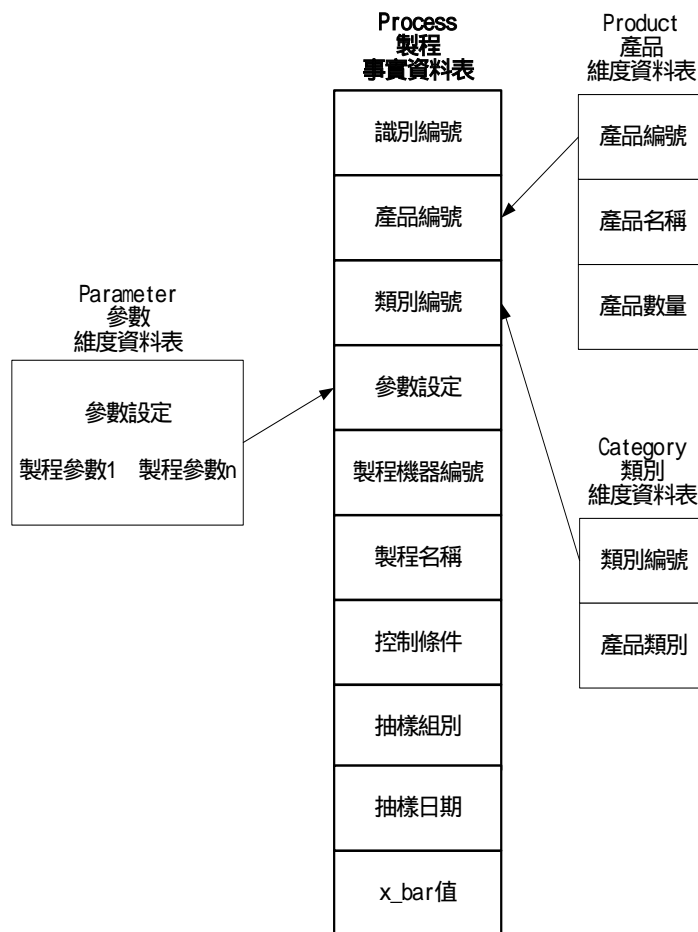


圖 8 事實資料表/維度資料表的關聯性

4.3 建立線上分析處理(OLAP)

在建立線上分析處理(OLAP)部分，本研究使用目前坊間常見的 MS-SQL Server 2000 來進行分析，在 MS-SQL Server 中有 Analysis Server 的「分析管理員」功能可以用來建立 OLAP 內容。主要的操作程序為：先指定事實資料表並選取從事實資料表所擷取的事

實資料，在此是以製程資料表做為製程事實資料表，接著再指定產品、類別、參數資料表做為要查詢的維度資料表，再利用星狀結構作為建構資料方體(cube)的結構，並根據需求來建立產品和製程之間的關聯，接著使用「分析管理員」之 cube 瀏覽器來進行資料分析與查詢，即可得到所需資訊。資料展示範例如圖 9 所示。

在本系統中以汽缸蓋為例來說明操作程序，假設現在要查詢汽缸蓋在孔徑加工上的 \bar{x} 值。首先，在「產品名稱」處點選所要尋找的產品，在此處點選「汽缸蓋」此時可發現欄位會向下細分下去，再點選要找尋的「製程編號」，接下來再點選「製程名稱」中的孔徑加工，以此方式層層類推，最後即可得汽缸蓋在孔徑加工上的 \bar{x} 值，如圖 9 中，製程編號 1006 的汽缸蓋之孔徑加工之 \bar{x} 總數為 18.34mm，系統亦可在「控制條件」之「參數設定」再分出其 \bar{x} 值的明細表。

產品名稱	製程編號	製程名稱	控制條件	MeasuredLevel
所有的產品製程	所有的產品製程 總計			730.05
- DC馬達鋁合金外殼	DC馬達鋁合金外殼 總計			300.01
	- 1001	1001 總計		100.00
		- 內徑加工	內徑加工 總計	36.33
		+ 參數設定	+ 參數設定	36.33
		+ 孔距加工	孔距加工 總計	18.33
		+ 外徑加工	外徑加工 總計	45.33
		1002 總計		100.00
	- 1002	- 內徑加工	內徑加工 總計	36.33
		+ 參數設定	+ 參數設定	36.33
		+ 孔距加工	孔距加工 總計	18.33
		+ 外徑加工	外徑加工 總計	45.33
	- 1003	1003 總計		100.01
		- 內徑加工	內徑加工 總計	36.34
+ 參數設定		+ 參數設定	36.34	
+ 孔距加工		孔距加工 總計	18.34	
+ 外徑加工	外徑加工 總計	45.34		
- 汽缸蓋	汽缸蓋 總計			206.03
	- 1006	1006 總計		103.01
		+ 內徑加工	內徑加工 總計	39.34
		- 孔距加工	孔距加工 總計	18.34
	+ 參數設定	+ 參數設定	18.34	
	+ 外徑加工	外徑加工 總計	45.34	
	- 1007	1007 總計		103.02
+ 內徑加工		內徑加工 總計	39.34	
- 孔距加工		孔距加工 總計	18.34	
+ 參數設定		+ 參數設定	18.34	
+ 外徑加工	外徑加工 總計	45.34		
+ 鋁合金連接器	鋁合金連接器 總計			224.00

圖 9 產品 - 製程分析圖

4.4 品質特性比較

為了將索引的結果挑選最適當的參數組合，本研究進一步以應用程式將索引結果進行品質特性比較，而比較方法則採 S/N 比(望目特性)，應用程式是以 Visual Basic 撰寫而成，圖 10 為其操作範例。首先，該程式可以在「現有產品」處，點選所要尋找的產品和製程名稱，然後輸入產品規格後按下「計算」，此時在「製程能力指數」處可顯示相關的產品製程資料，並進一步對此產品進行 S/N 值的計算。最後在「建議參數值」處，使用者可以從 S/N 值的比較結果挑選出適當的製程參數。圖 10 是以挑選汽缸蓋在孔徑加工上之最適當製程參數為例，其挑選步驟詳述如下：

1. 在「現有產品」處找出所要搜尋的產品與製程名稱，在此我們以汽缸蓋與孔徑加工為例，輸入其產品規格的最大值和最小值，然後按下「計算」，此時在「製程能力指

數」會顯示汽缸蓋在孔徑加工製程上的相關資料。

2. 在「製程能力指數」處會進行 C_{pk} 值的計算，在此可清楚的了解產品的整個製程能力，此外程式也會自動計算出汽缸蓋所有的 S/N 值，以做為挑選製程參數的比較。
3. 在「建議參數值」處按下「搜尋」，程式會先判斷「製程能力指數」中的 C_{pk} 值，若 C_{pk} 值大於 1.67，表示製程能力滿足產品品質標準(產品規格、公差)的程度，則程式會對 S/N 值的大小做比較；若 C_{pk} 值小於 1.67，表示製程能力尚未達到滿足產品品質標準(產品規格、公差)的程度，則程式不會進行 S/N 值的比較而直接刪除此筆資料。當 S/N 值比較完畢後，它會顯示出最佳的 S/N 值和它的參數值，在此同時程式會列出鑽孔尺寸、進給速度、進給深度等三個製程參數之設定值，如此即可挑選出最適當的製程參數值。

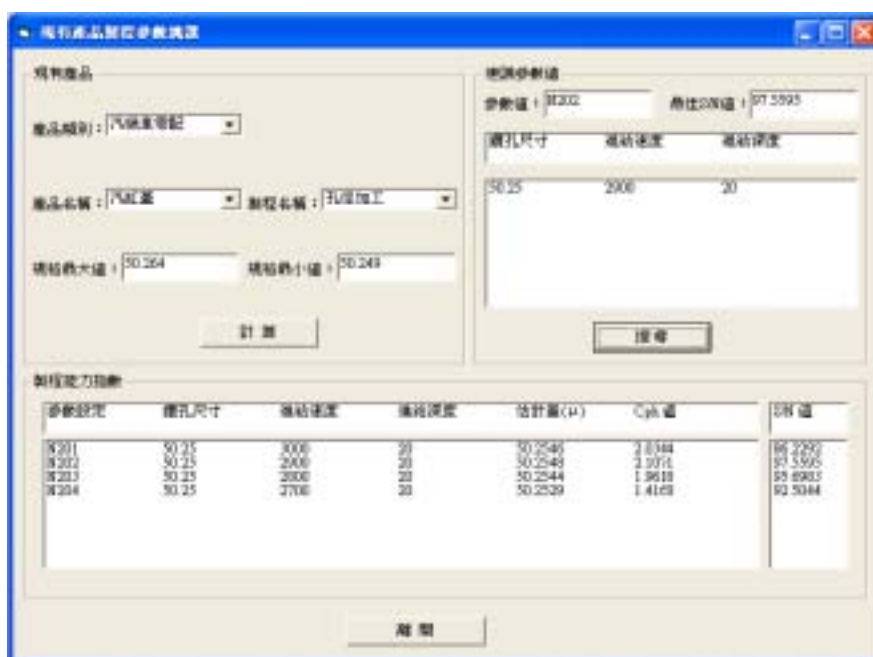


圖 10 應用系統使用範例

5. 結論

本研究以企業過往的製程資料所形成的商業智慧，來協助業者快速並且低成本的挑選適當的製程參數。研究首先探討產品規格、品質資料與製程參數的資料結構關係，並藉以建立參數挑選的資料市集，研究同時也利用 MS-SQL 之 OLAP 功能做為資料探索的方法，並將索引資料以自行開發之 VB 程式進行 S/N 比之品質特性比較，最後以品質特性比較結果挑選適當的製程參數。為說明主要挑選程序，本研究以一鋁合金專業壓鑄廠之孔徑加工製程參數挑選問題進行說明，並藉以進一步介紹部份的操作結果。

研究結果顯示，在使用單位逐漸累積生產資料的情況下，此方法可以達成與實驗計劃法相同的參數挑選目標，而即使在資料並不完整的情況下，本方法亦可以作為實驗計劃法的前期工作，可先概括性的挑選參數可能的區間，再以實驗計劃法進行後續的參數

挑選。另外，對於生命周期較短的產品而言，其後續產品的生產亦可利用本研究的方法進行過去相關的生產資料分析，以做進一步的改進。本研究後續的發展方向可朝向利用人工智慧、統計、神經網路等多種技術，並可對企業的製程資料作進一步分析，針對資料結構關係做更有效的管理。

參考文獻

1. 沈兆陽(2002),「資料倉儲與 Analysis Services SQL Server 2000 OLAP 解決方案」,台北:文魁資訊股份有限公司。
2. 施威銘研究室(2002),「SQL Server 設計實務 2000」,台北:旗標出版股份有限公司。
3. 徐世輝(1996),「品質管理」,台北:三民書局。
4. 張公緒、何國偉、錢仲侯、鄭慧英(1996),「品質管理」,台北:曉園出版社有限公司。
5. Box, G. and S. Bisgaard (1987), “The scientific context of quality improvement”, *Quality Progress*, 20(6), pp.54-61.
6. Box, G. (1988), “Signal-to-noise ratios, performance criteria, and transformations”, *Technometrics*, 30(1), pp.1-17.
7. Chaudhuri, S. and U. Dayal (1997), “An overview of data warehouse and OLAP technology”, *ACMSIGMOD Record*, 26(1), pp.65-74.
8. Colliat, G. (1996), “OLAP, relational and multidimensional database systems”, *ACMSIGMOD Record*, 25(3), pp.64-69.
9. Guin, O., C. Michael and O. Timothy (2001), “The science, not art, of business intelligence”, *Competitive Intelligence Review*, 12(4), pp.15-24.
10. Gunter, B. (1987), “A perspective on the Taguchi methods”, *Quality Progress*, 20(6), pp.44-52.
11. Hoelscher, R. (2002), “Business intelligence platforms boost ERP”, *Financial Executive*, 18(2), pp. 66-68.
12. Hunter, J. S. (1985), “Statistical design applied to product design”, *Journal of Quality Technology*, 17(4), pp.210-221.
13. Kacker, R. N. (1985), “Off-line quality control, parameter design, and the Taguchi method”, *Journal of Quality Technology*, 17(4), pp.176-188.
14. Kamel, R. and O. Samia (2002), “PUZZLE: a concept and prototype for linking business intelligence to business strategy”, *Journal of Strategic Information*, 2(11), pp.133-152.
15. Kanzler, J. (2002), “Business intelligence integration”, *Computer Technology Review*, No. 10, pp.22.
16. Leon, R. V., A. C. Shoemaker and R. N. Kacker (1987), “Performance measures independent of adjustment”, *Technometrics*, 29(3), pp. 253-265.
17. Nair, V. N. (1992), “Taguchi's parameter design: a panel discussion”, *Technometrics*, 34(2), pp.127-161.