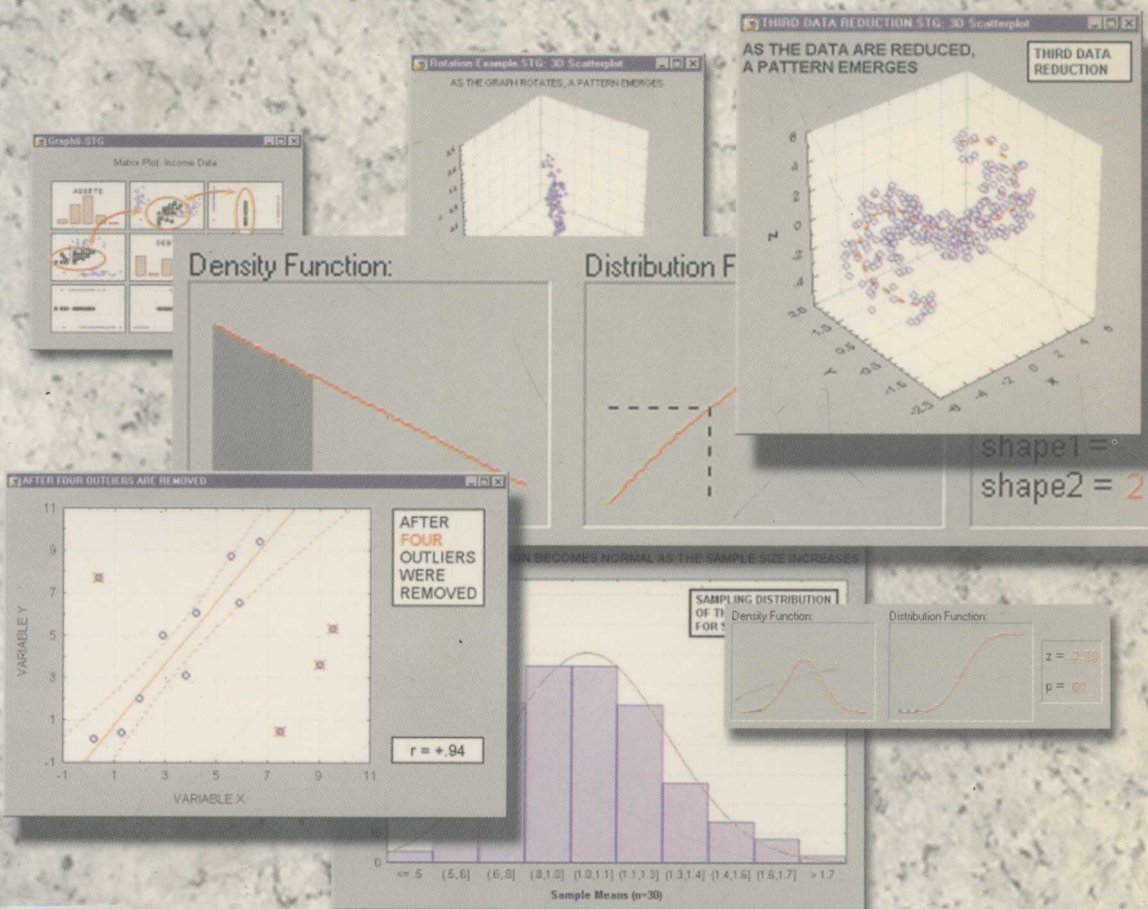


STATISTICA 應用系列叢書(四)

統計製程控制

(Statistical Process Control)

著者 趙民德·羅夢娜·謝邦昌



曉園出版社

C819
200313

港台書室

序言

統計製程控制

(Statistical Process Control)

編著者 趙民德 羅夢娜 謝邦昌



曉園出版社

國家圖書館出版品預行編目資料

統計製程控制 (Statistical process control)/

趙民德, 羅夢娜, 謝邦昌編著, -- 初版.

臺北市：曉園, 2000[民 89]

面；公分

參考書：面

含索引

ISBN 957-12-05562-1(平裝)

1.統計 電腦程式

512.4

89006618



書名 統計製程控制 (Statistical Process Control)

著者 趙民德・羅夢娜・謝邦昌

發行人 黃旭政

發行所 曉園出版社有限公司

臺北市羅斯福路三段 333 巷 20 號

電話：(02)23676789 代表號

傳真：(02)23628429

E-mail：ufaf0130@ms5.hinet.net

郵撥帳號 1075734-4

門市部 北市新生南路三段 96 號之 3

電話 23627375 傳真 23637012

印刷行 復大印刷廠

新聞局局版台業字第 1244 號

版次 2000 年 7 月初版第一刷

版權所有・翻印必究

定價 新台幣 140 元 港幣 40 元

ISBN 957-12-0562-1

序言

「統計與人生」是我在輔仁大學講授的一門課程，從事教職近十年以來，我也深深為統計著迷；統計本身不能只當作一門知識或者分析工具，因為很多人都曾因誤讀資料而吃了大虧，在競爭激烈的現在社會中是一件危險的事。還記得上次總統大選時，民調的魅力與受重視(這次亦不例外)讓大家對統計的觀點有了改變，統計不再只是寫寫程式、跑跑報表，因為統計真的會說話；但是懂統計不祇侷限於進步到會讀數據而已，真正了解統計的人一定會給予統計生命。統計與每個人的生活息息相關，不論你從事研究工作或者馳騁商場，又或者是一位家庭主婦，無時無刻都在接觸統計，例如早上起床刷牙時所使用的牙膏，每個人擠出來的量就可以看作是均勻分配，使用的牌子也與品牌忠誠度、消費成本與廠商行銷手法有關，這些或許都是不起眼的瑣碎事，但都是經過一連串的數據資訊蒐集而得到的結論。

統計其實不難懂，更何況有一套絕佳的統計軟體在手，從數據蒐集整理、建立資料庫、適當統計方法分析、精緻報表輸出到智慧決策的擬定，STATISTICA

都為使用者考慮到每一步驟，簡直就是量身定做的致勝武器。從工業統計、社會調查統計、生物統計、財務統計甚至教育統計，*STATISTICA* 都有一套適合的配套產品供使用者解決相關領域問題；在網際網路以平民化的速度進入我們的生活時，個人工作桌面已經無法滿足每個人的需求，群組搭配工作站的作業形式是 *STATISTICA* 給予所有需要統計協助的研究者與工作者最大的福音。

這套書的完成，是趙民德教授與我共同編撰；主要的目的在於教予讀者一個觀念——如何善用統計分析工具。

「統計即人生、人生即統計」。在我們的日常生活當中，有形與無形的統計充斥於我們四周，正確且妥善利用會給你帶來意想不到的利益。

目 錄

第一章 緒論	1
--------	---

第二章 標準度量的重複性與再生性	5
------------------	---

第一節 簡介.....	5
第二節 設計 R&R 試驗.....	6
第三節 分析 R&R 試驗.....	8
第四節 練習.....	18

第三章 品質管制	21
----------	----

第一節 簡介.....	21
第二節 離線品質控制.....	26
第三節 線上品質管制.....	61
第四節 Pareto分析.....	61
第五節 專業化管制圖表.....	78

第四章 製程能力分析	83
------------	----

第一節 引言.....	84
第二節 評鑑常態性和分布擬合.....	89
第三節 製程能力指標.....	93
第四節 非常態分布的製程能力.....	96
第五節 練習.....	97

附錄 A	99
------	----

附錄 B	119
------	-----

索引	127
----	-----

參考文獻	129
------	-----

第一章

緒 論

這本手冊中所討論的統計程序可以被廣泛應用於工業生產過程，本書的順序在相當的程度上反映了用於產品品質管理的線上統計製程控制（*STATISTICAL process control, SPC*）的各個工作步驟。儘管這裡所討論的程序有些也可用於非生產環境，但這本手冊主要講述在工業生產過程中的應用方法。配合著 *STATISTICA* 軟體。

執行生產線上的品質（大陸的譯名是「質量」）管制技術（例如管制圖）之前，應該首先確證使用的品質監控測量系統是否合適。

因為所有的 SPC 系統，傳統上都要靠操作人員將他們用儀表測出的數據輸入系統，我們在啟動 SPC 系統之前，當然要先知道這些將要被輸入的數字，會不會量錯？有沒有量錯？用更明白的話說，我們其實知道它們一定會錯，但量錯的程度是不是夠小使得我們的 SPC 系統不因此受重大的影響。這就是所謂的標準的重複性 (repeatability) 與再生性 (reproducibility) 研究。

設有 8 個我們「以為」是直徑 0.01 mm 的同一種物件，有 5 個人，各測量 4 次，則我們就會有 $8 \times 5 \times 4 = 160$ 筆由量測而來的資料。重複性 (repeatability) 是指同一個人反覆測量同一物件所引起的誤差，而再生性 (reproducibility) 則指人員與人員之間的誤差。這裡面和量測技術

【註】在 *STATISTICA* 軟體的選單中稱為 Gage R&R studies，其實 Gage 一字可以拿掉，因為後面的軟體裡面的實質部分，根本沒談到 Gage。

2 SPC 統計製程控制

無關的事是這些物件，是不是真的為「直徑都是 0.01mm」。這些話的意思是，一個如上面所描述的量測系統，它們會量出 160 筆數字出來，但這些數字之間所有的變異，應該絕大部分是來自「這 8 個物件本身的不同」，而其它的變異要愈小愈好。

測量系統應能確定由於不同人員操作所產生的測量誤差(再生性)和標準度量系統本身引起的變異(重複性)，並且能把它們與物件間的變異相比較。只有當測量系統主要是反映物件間的變異時，才能使用它進行品質管制。如果由於測量系統的原因，使各個物件的測量在很大程度上被系統變異性「污染」，我們就不得不首先建立一個可靠的測量系統(例如，培訓操作員或替換現有的標準度量)。

在一個可靠的測量系統中使用品質管制圖進行品質管理有兩種方式：離線方式(off line)，即對給定時間過程內(在數據被蒐集以後)的數據進行分析；或線上方式，即運行線上的 SPC 系統。線上是指在管理過程不斷獲取來自生產過程數據，並對圖表適時更新。這兩種方法的主要目標都是檢測失控的情況以及確定過程是否穩定。如果情況失控，必須對生產過程進行調整。

一旦過程被建立，這意思是說，生產線已經穩定，不合格的情形在控制之下，內行的說法是「in control」，此時，我們就可以執行下一步工作：分析、評價相應的生產過程符合技術規格的程度。例如要查明廢料的數量是否在允許範圍內，可以通過察看某些測量能力過程的指標來實現。有時一個不穩定過程可能會表現出「在規定之內」的觀測，但通常在問題出現之前，總是假定過程處於統計管制之下(例如使用品質管制圖進行標識)。這是所謂的製程能力分析(process capability analysis)。

這裡所建議的順序不是執行 SPC 程序唯一可行的方法，例如，也可以先建立品質管制表，然後進行 R&R 研究來評價測量系統的可靠性。有時，特別在一個已穩定了很長一段時間的生產過程中，製程能力指標

也可以隨不斷更新的品質管制表向上呈報。但從邏輯關係的角度，以上所列主題的順序是合理的。

本手冊的安排也是這樣的次序：

第二章：在做 SPC 之前，先設法確認線上品質管制的主要的和實際的測量數據，是否穩定。這道理和醫生開刀之前先檢本器械是否消毒，病人是否健康狀況足以接受手術，是否確定麻醉.....是一樣的。這些都還不是「開刀」的本質，但預備工作不好，手術的失敗率就會增加。

第三章：確認可以正式進入 SPC 之後，選擇恰當的管制圖，用合理的解釋來使這些管制圖能夠監控生產線的穩定性。

第四章：待生產穩定後，對整個生產過程提出一個「可以評估其優劣」的數字，這叫做「製程能力」。這是一個對整個生產線某一時段中的考核。

SPC 的這些工作，目前較先進的工廠，都是用整套的電腦系統和生產機械直接相聯，直接以一些感應器(sensor)，將所測到的電子訊號轉變為數字，並及時喂給後面的 SPC 軟體。而主監控室可同時看到許多螢幕，上面分別即時繪出各生產線的管制圖。當監控發生問題時，便會發出警訊，而值班人員就應該判定該做甚麼動作。這樣的系統雖然看起來很酷，但觀念上和本手冊所講的並無不同。

至於製程能力的部分，主要是提供給上級主管（他們不可能一個一個地仔細看品管圖）以及客戶的參考。有的工廠把製程能力的進步，當作鼓勵員工努力的方向。例如我們曾見過某大電子廠，每個部門都貼著「現在我們的 C_p 是 1.34，但我們的目標是 1.8。」

第二章

標準度量的重複性與再生性

第一節 簡介

重複性與再生性 (Gage, repeatability and reproducibility, Gage R&R) 分析，著力於對量測能力的精確性的確認，R&R 試驗的目的是通過量測來確定由於以下原因引起的變異。

在一個工廠裡，是要做很多量測的。一個重要的問題是：所量測到的數據，可靠還是不可靠？

如果只有一個工作人員，用同一個儀器量同一個事物，那麼，他的準確度，可以用此人重複量則同樣的事物好多次這一組數據來判定。

但是現代的工廠意味著「大量生產」。因此，同一樣件事，就不見得只用同一個工作人員來做。也會有好多臺量測儀器，並且被量測的量也不止一種。

我們很容易就把問題弄得比較複雜。例如我們可以問：這整個工廠的量測水平是好，是壞？但這樣的問題太大，所以較難回答（設想我們有 50 個人員，每人可量測 50 種零件，每人可使用 5 種儀器，則我們就要想法子將這 $50 \times 50 \times 5 = 12500$ 個情形一一考慮之後再加以合併，才能回答這樣的問題）。在 R&R 的問題中，我們通常將問題看小一點：假如只有「人員」和「零件」兩種項目，那麼，在這樣的情形下，如何檢驗整體的量測水平？

當然，「人員」和「零件」只是我們隨便起的名字。基本的結構是兩層因子：較低一層的因子和較高一層的因子。在這裡，我們參考實際情形，將問題想成：有 5 個工作人員(number of operators)，8 種零件，而每一種做 3 次量測，計有 $5 \times 8 \times 3 = 120$ 個不同的情形。

變異的來源包括：

- (1)被量測的項目或零件(parts)（零件間的變異）引起的，
- (2)進行標準量測的操作人員（再生性）引起的，
- (3)相同的操作人員相同零件重複多次試驗的量測的誤差（不可靠性）引起的。

在理想情況下，量測中的所有變異應該只來源於零件，由再生性和重複性引起的變異微不足道。

第二節 設計R&R試驗

「重覆性」(repeatability)是指同一個人（較低一層的因子）對同一零件量測多次（此處是 3 次）所產生的變異。「重現性」(reproducibility)則是指不同的人員，在相同的條件下所產生的變異（見 ISO4529 上的詳細說明）。以上組成了一個 R&R 試驗的基本架構。所謂「設計」一個 R&R 試驗，實際上只是造一個可以填寫的表格，以供後續的工作。

打開「Process Analysis」模組，便可得到一個 Process Analysis and Procedures 的選單，在其中選擇 Gage repeatability & reproducibility 選項，在出現的對話框中的 Type of analysis 複合框中選擇 Generate a design。在此試驗中有 5 個操作員，8 個零件及 3 次試驗。輸入完畢，對話框顯示如下：圖 2-1：注意，可以設定一個單試驗設計（意指在「Number of trials」欄位上選 1），在這種情況下不能分別估計重複性與再生性，但它們都構成量測同一部件的各個操作員之間的

變異的原因。這種「簡化」對於 R&R 研究量測系統精確性的定期檢查有用。

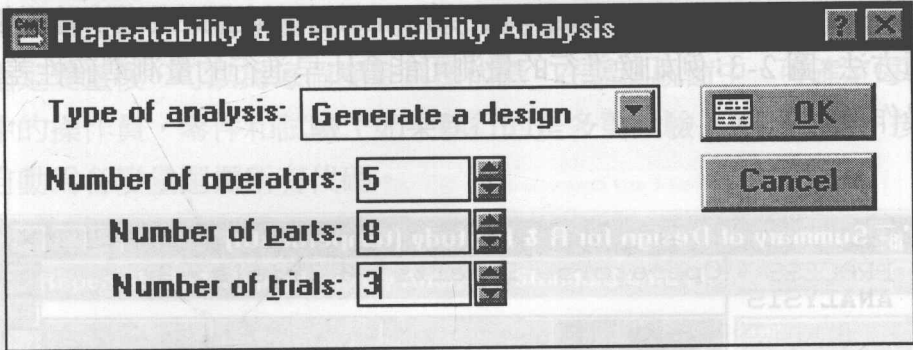


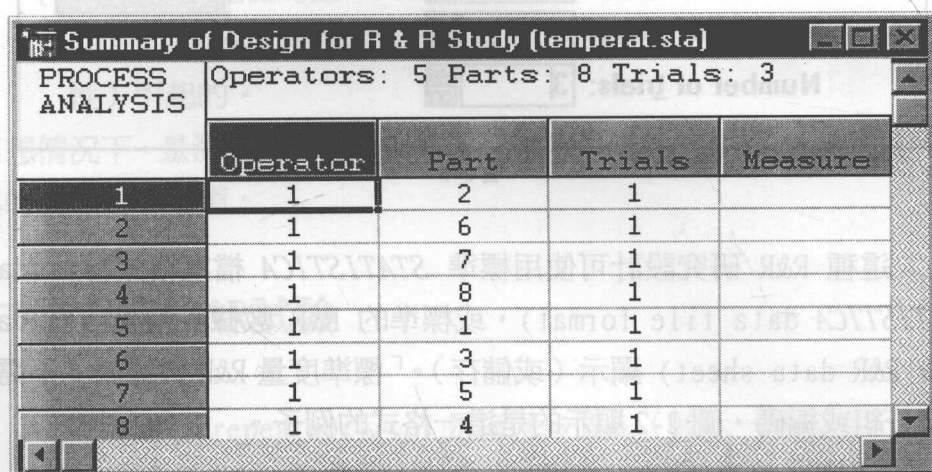
圖 2-1

這種 R&R 研究設計可使用標準 *STATISTICA* 檔案格式(standard *STATISTICA* data file format)，或標準的 R&R 數據表格式(standard gage R&R data sheet) 顯示 (或儲存)。「標準度量 R&R 數據表」不需對變量分組或編碼，圖 2-2 顯示的是這一格式的例子。

Summary of Design for R & R Study (temperat.sta)									
PROCESS ANALYSIS		Operators: 3 Parts: 8 Trials: 3							
Operator	Trial	Part 1	Part 2	Part 3	Part 4	Part 5	Part 6	Part 7	Part 8
Operator 1.	Trial 1								
	Trial 2								
	Trial 3								
Operator 2.	Trial 1								
	Trial 2								
	Trial 3								
Operator 3.	Trial 1								
	Trial 2								
	Trial 3								

圖 2-2

如果選擇「標準 *STATISTICA* 檔案」，設計概要(Summary of Design for R&R Study) 可以選擇以標準次序(standard order)或隨機次序(randomized order)兩種方式顯示。如果選擇隨機次序選項，*STATISTICA* 將在各操作員和試驗中隨機選擇組。爲了消除序列之間的影響，建議使用這種方法。圖 2-3：例如晚進行的量測可能會比早進行的量測準確性差(由於操作員疲乏)。



Summary of Design for R & R Study (temperat.sta)				
PROCESS ANALYSIS				
Operators: 5 Parts: 8 Trials: 3				
	Operator	Part	Trials	Measure
1	1	2	1	
2	1	6	1	
3	1	7	1	
4	1	8	1	
5	1	1	1	
6	1	3	1	
7	1	5	1	
8	1	4	1	

圖 2-3

一旦設計滿足需要，設計概要便可以 *STATISTICA* 檔案儲存。儲存使用 Save design 按鈕，或者在設計概要時從 FILE 下拉表單中選擇 Save As Data。

第三節 分析R&R試驗

從 Startup Panel 中的 Process Analysis 模組打開 Temperat.sta 檔案，在 Repeatability & Reproducibility 對話框的 Type of analysis 下拉框中選擇 Analyze a study，點選 Variables 並按鈕以改變其中的

選項以說明在研究中所使用的變量和代碼。【註】

這裡，「人員」和「零件」只是代表兩類因子，一般的實驗室與實驗室之間的 R&R 工作，是假設有兩層結構的：上層是各實驗室，其間的變異叫做再生性，下層是實驗室內所表現的變異，叫做重複性。圖 2-4：在指定變量後，可以為每個變量選擇代碼。在這個視窗中，可確定每個量測中的操作員，零件和試驗（如果執行的是多重試驗）等的代碼，按 OK 將自動為各變量選擇所有代碼。

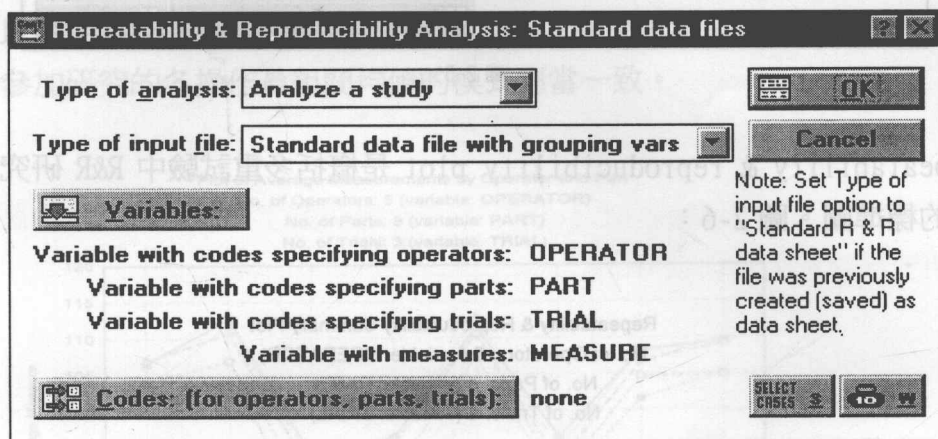


圖 2-4

Gage Repeatability & Reproducibility Results 對話框為分析的結果提供了圖 2-5 中的若干選項，我們說明如次。

1. 圖形支持

可以通過圖形觀察研究結果，可供選擇的圖形有多種類型。

【註】本手冊所用到的資料檔，均用在所附的磁片上。這一個資料檔上計有 120 筆資料，代表 5 個操作員對 8 件類似零件上各測 3 次的結果。R&R 的研究，是比較量測技術的精密度，因此一個重要的事情是：所測的資料之間，要可以比較：比如說它們至少是同一單位的（如克，公尺等），而所測的零件也必需是同一類別的。（總不能一個人量老鼠的體重，別一個人量老虎的體重：因為這樣的比較是沒有意思的）

Gage Repeatability & Reproducibility Results

Variable: MEASURE Mean: 102.025 Std.Dev.: 8.10851 N: 120
 Operators (OPERATOR): 5 Parts (PART): 8 Trials (TRIAL): 3

Range method

☐ Variance est. ☐ Perc. toler.

☒ Adjust appraiser variability (AIAG)

ANOVA method

☐ Variance est. ☐ Perc. toler.

☐ Complete ANOVA table

☐ No 2-way (Operator-Part) interaction

Proportion for confid. interval: .900

☐ Descriptive stats (by operator & part)

☐ Repeatability & reproducibility plot

☐ Combined plot by operators & parts

☐ Box & whisker plot

☐ Range chart by operators ☐ by parts

☐ Sigma chart by operators ☐ by parts

圖 2-5

Repeatability & reproducibility plot 是概括多重試驗中 R&R 研究結果的標準圖。圖 2-6：

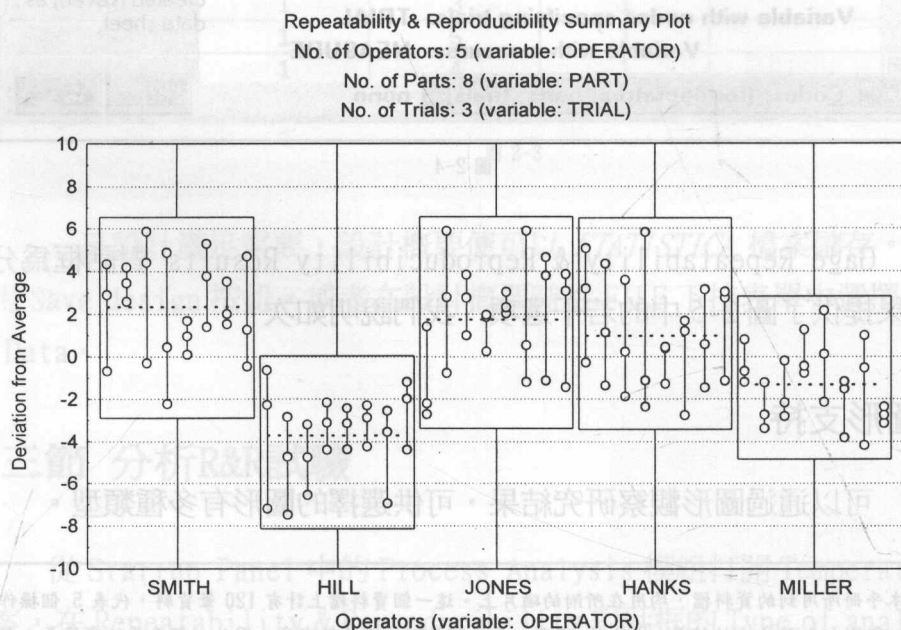


圖 2-6

圖 2-6 上的每個點代表每次量測與各部分（包括各試驗與操作員）平均值的離差。重覆的量測以垂線相連。方框內的虛線代表各操作員與所有操作員平均值的平均離差。因而可以通過這個圖同時觀察每個操作員在量測各組時的偏差，每個操作員自身的變異性（方框的高度），以及每個操作員在每個組各次試驗的變異性（垂線的長度）。按 Combined plot by operators & parts 按鈕可觀察每個操作員量測每個零件的平均情況。圖 2-7：

從圖 2-7 中可以看出不同的操作員在量測中的行為十分相似，因此可以從圖中觀察這些相似行為的變化情況。如果量測系統是可再生的，那麼參加研究的各操作員組間均值的模式應當一致。

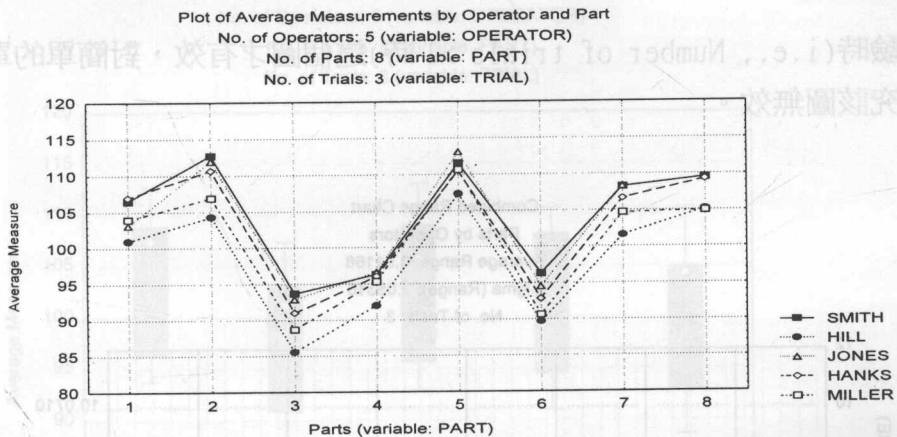


圖 2-7

為了確定特別難以量測的操作員或組中潛在的異常值，按 Range or sigma chart by operators or by parts 按鈕，可產生一個組間各操作人員的全距 (R) 圖或 sigma (S) 圖，例如按 Range chart by operators 按鈕產生圖 2-8：可從這些圖中確認操作人員中的異常值，如果一個操作人員產生特別寬的量測全距，就可以解釋為什麼他在進行量測時會產生問題。在圖 2-8 所顯示的圖中沒有任何異常值，因為只有在分析有重