

管 制 圖 表

Control Charts

原著者：J. Murdoch

譯述者：徐 仁 勳

科技圖書股份有限公司

管 制 圖 表

Control Charts

原著者：J. Murdoch

譯述者：徐 仁 勳

科技圖書股份有限公司

符號說明

羅馬字母

- A 與 A' 求 Shewhart (英制) 圖表內製程平均值極限時分別使用 σ 與 $\bar{\sigma}$ 的乘因子。
- A_2 求 Shewhart (英制) 圖表內製程平均值極限時所用的乘因子。
- b 累總區域的垂直寬度 (累總單位)。
- c 單次抽樣檢驗法的驗收數。
- D 與 D' 求 Shewhart (英制) 圖表內全距極限值時, 分別使用 σ 與 $\bar{\sigma}$ 的乘因子。
- D_3 與 D_4 求 Shewhart (美制) 圖表內全距極限值時, 分別使用 σ 與 $\bar{\sigma}$ 的乘因子。
- d 累總區的水平寬度 (單位等於樣本數)。
- d_n 全距換算因子, $\sigma = \bar{\sigma} / d_n$ 。
- h 判定區間, 累總管制用 (累總單位)。
- I 每批的平均檢驗數量。
- k 累總管制用的參考值。
- L_0 在驗收品質水準 [acceptable quality level (AQL)] 時的偵測平均長度。
- L_1 在拒收品質水準 [reject quality level (RQL)] 時的偵測平均長度。
- m 樣本的平均疵品數。
- m_1 在 A. Q. L (p_1) 時的 m 值。
- m_2 在 R. Q. L (p_2) 時的 m 值。
- n 樣本大小 (或尺寸) (sample size)。

N	成批尺寸 (或大小) (batch size)。
p	成批疵品率。
p_0	計數管制的程序能力 (process capability) [(疵品率) (fraction defective)]。
p_1	驗收品質水準 (疵品率)
p_2	拒收品質水準 (疵品率)
$P(A)$	成批的驗收機率
$P(R)$	成批的拒收機率 $\approx 1 - P(A)$
R	比值 $m_2/m_1 = p_2/p_1$
s	樣本標準偏差 (standard deviation)
S_r	r 個讀數後的累總值 $= \sum_{i=1}^r (x_i - k)$
U	標準化常態變數
w	一件樣本的全距
$\bar{w}$	平均全距
x	變數
$\bar{x}$	樣本平均值
$\bar{\bar{x}}$	Schewhart 管制的樣本平均值

希臘字母

α	達驗收品質水準的成批被拒收的冒險率
β	達拒收品質水準的成批被驗收的冒險率
θ	累總單角度 (CuSum mask angle)
σ_0	Schewhart計量管制法的程序能力
σ	累總計量管制法的程序能力
μ_0	計量管制法的驗收品質水準
μ_1	計量管制法的拒收品質水準
χ^2	最適 x 的平方值

附註：

星形符號：

本書內在表 1*，表 2* 的右上角所加註的星形符號，表示此等重要表格均在本書最後附錄內重列。

原 序

本書係按實用手冊型式撰寫，目的在使學生與管理人員能了解管制圖表的設計與應用。包括傳統型 (Shewhart) 管制圖與累積管制圖 (CuSum control charts) 兩大主題。並比較兩種管制法間的操作效率。在每章後列舉練習題及其詳細解答，以便讀者能深入了解，並可自我測驗各階段的學習成果。

本書所討論的管制系統，散見於管制品質的應用上。事實上，更可用到任何管理統計 (management statistic) 上，例如管理費用、保養修護、成本控制以及耗油量等等。在一般管理方面，因樣本尺寸只一種，故用累積法優於 Shewhart 。在第六章中將作詳細論述，並引伸應用累積系統作為診斷工具，同時輔以若干實例，驗證累積法作為診斷工具確具功效。其中最著名的例子為 "Cranfield 個案研究"，為作者同事 J.A. Barnes 所主持。主題為監視汽車的耗油率。本書同時引用諾模圖 (nomogram)，以簡化計量與計數兩種累積管制系統設計，第七章詳細介紹此等新諾模圖與表格的使用。

因品質管制圖表常與抽樣檢驗法有關。本書最後一章簡介設計抽樣檢驗法的主要原則。

研習本書的讀者，應先具備二項分佈、卜桑分佈、常態分佈與顯著度檢定等基本統計學知識。本書在第三章中摘錄有關管制圖表設計的統計學理論。

本書附錄的統計表係摘錄自 Murdoch Barnes 所著的 "Statistical Tables for Science, Engineering, Management and Business" 為 Macmillan 印書館所發行。

J. Murdoch 莫杜希
於牛津

目 錄

原 序

符號說明

第一章 製程偏差

1.1 簡 介	1
1.2 偏差的統計觀念	1
1.3 製程能力	2
1.4 製程能力的量度	3

第二章 管制原理

2.1 概 說	6
2.2 製程管制的設定	6

第三章 管制圖設計中的統計理論

3.1 概 說	10
3.2 品質管制的基本統計理論	10
3.3 參考書目	

第四章 製程能力

4.1 概 說	22
4.2 製程能力的量度	22
4.3 製程能力算例	25
4.4 習 題	31
4.5 習題解答	33

第五章 Shewhart 管制圖

5.1 概 說	39
5.2 Shewhart 管制圖的基本觀念	39
5.3 計數管制圖	41
5.4 計量管制圖	44
5.5 管制圖對偵測製程平均值變化的敏感度	49
5.6 習 題	53
5.7 習題解答	55

第六章 累總管制圖

6.1 概 說	62
6.2 累總管制圖	63
6.3 累總圖的繪製實例	65
6.4 結 論	81

第七章 累總管制圖的設計

7.1 概 說	82
7.2 計量的累總管制圖	82
7.3 計數累總管制法	94
7.4 習 題	99
7.5 習題解答	102

第八章 Shewhart 管制系統與累總管制系統的比較

8.1 概 說	109
8.2 計量管制累總法與 Shewhart 法的比較	109
8.3 計數管制 - 累總法與 Shewhart 法的比較	112
8.4 管制系統的選擇	114

第九章 抽樣檢驗-單次計數法

9.1 概 說	115
9.2 抽樣檢驗法與全部檢驗法	115
9.3 抽樣計畫的基本概念	116
9.4 抽樣檢驗法的參數	117
9.5 抽樣法的操作特性曲線	119
9.6 抽樣法的設計	120
9.7 其他計數抽樣法	128
9.8 計量抽樣法	129
9.9 美國國防部抽樣法 (陸軍標準 105D)	129
9.10 習 題	129
9.11 習題解答	130
9.12 參考書目	136

附 錄

統計表	138
-----	-----

第一章 製程偏差

1.1 簡 介

製造所得產品，常有品質不均一的情形發生，雖對製程作嚴密控制，製品仍有品質偏差情形。

品質偏差，係起因於潛在製程內，各種因素的綜合影響。雖然此等因素的單獨影響並不很大，但其綜合效應却足使對品質產生可觀的偏差。為要了解此種偏差的性質，本章首先概略地介紹最基本的統計原理。

1.2 偏差的統計觀念

對自然產品的觀察，得知確無兩物為完全相同者。兩個看似相同的雙生物，其實並不完全相同，必可區別出彼此間的不同點。比較相似物的標準說法是，如同兩顆豌豆樣的相像”，但當仔細研究同一豆莢內的兩顆豌豆時，彼此間尺寸、體積、顏色或形狀等特徵的不同，便很明顯。

自然界的大部分事物，彼此間常有甚大的差異變化。例如，人體的高度，身高介於 140 cm 與 165 cm 間的人數所佔比率甚高，但身高超過這範圍的人數，亦不在少數。當研究一特殊案例時，變化的原因，應不致太難找到。就身高的研究而言，身高變化起因於各種各樣的遺傳因素與環境原因。但就隨機方式挑選任一人的身高加以研究時，則涉及上述原因的機率問題（被挑中的機會問題）。

人造物品的外形，雖較自然物品更為相似，但實際上亦有某程度的變化。墊圈製造商，承認有些墊圈的厚度大於或小於標準厚度，同

2 管制圖表

時間製得的電阻絲，並非每條均具相同電阻值，工廠內某一部門的流水賬，並非每星期相同，雖然看不出發生不同的明顯原因。在同一鋼棒採取的兩段試樣，所量得的抗拉強度亦常不同。自同一卡車上取出兩分煤樣，測得的灰分含量，亦常不同。在同一車床上車製成零件的直徑亦有差異。以上均是常見的偏差現象。

吾人特別感到興趣的是，縱使採用最精確的製造程序，只要用足夠精密的量度儀器，必可測得其偏差的存在。

近代生產的目標，在於製出大量品質均一的產品，換言之，規定產品的允許變化量。凡是產品的偏差介於某一極限值時，便予合格驗收。

對製程的品質量度，僅涉及合格（可接受）與不合格（拒收）兩項。此種品質的量度方式，為計算產品的不良率，亦即疵品率（fraction defective）。實際產品的不良率，則隨各種樣本的不同而有差異。

品質量度，若用不良率來衡量，稱為“屬性”量度（attribute measure）或稱計數量度。若用一連續尺度的特性數值來衡量，則稱為“變量”量度（variable measure），或稱計量量度。

1.3 製程能力

由於製程本身的潛在因素所引起產品的品質偏差，稱為製程潛在偏差（inherent process variation），或稱製程能力（process capability）。因此，製程能力是針對製程能否按正常操作條件以達成品質標準的量度。例如，對一棒材進給自動車床而言，其製程能力，係指車床在控制下，以正常運轉情況製成零件的品質偏差，運轉情況，包括設定，油冷却劑等等。此時，製程能力係由兩部分所組成：

- (a) 原料本身的偏差。
- (b) 製程本身的偏差，並包括操作員的偏差。

除上述兩大偏差外，在實際上，另有其他因素可能促成量度品質的偏

差，例如，自動車床的車刀磨損，瓶罐製造的氣體壓力下降，香烟製造的烟絲進給系統阻塞，以及操作員彼此間的差異等等。此等因素，常稱為可歸屬因素（assignable factor）。

統計品質管制（statistical quality control），係用統計學的方法，偵出可歸屬因素（assignable factor）的存在情形，並進一步作診斷與校正製程，而得到品質改進的結果。

統計品質管制的第二特性，是基於事實。量度製程能力與確定偏差在所難免，因而可避免製程作不必要的調整。事實上，此等非必要性的調整，不但無法消滅偏差量，有時反而加大偏差量。

統計品質管制的主要用途為，應用於大量生產的製程控制；有時亦可應用於成批生產的品質管制。本書第六、七兩章所說明的累積管制技術（CuSum control technique），則係應用統計品質管制理論在零星生產，或小量生產的製程管制。

[1] 產品品質的量度

產品的品質，可用下述兩種方法量度之。

(a) 計量值（variable）：用連續的數值來表示者，例如以公升（ℓ）計的容積，以m計的長度，以kg計的重量，以Rockwell單位計的硬度。

(b) 計數值（attribute）：視產品是否合乎規格要求，（例如，通過／不通過檢查等），而以疵品的分數比或百分率來表示品質的數值。

1.4 製程能力的量度

[1] 計量量度

擬定品質管制計畫的第一步驟為，量度製程能力，並確定此製程能否在控制下操作。

如同本章一開始所述及的，製造程序，常無法完美到不產生偏差

4 管制圖表

。有些製程的偏差較大，有些製程則具極小的偏差。並且，即使在同一製程內，其製程能力亦有些變化。例如，在一自動車床，其直徑尺寸的製程能力，常小於長度尺寸的製程能力。

依據統計理論，在相同的管制條件下，若可得到足夠多的品質量度讀數，便可估計製程偏差（process variation），或品質標準（quality standard）。例如，在計量量度時，可計算其讀數的標準偏差（standard deviation）

$$\text{製程能力 } \sigma_0 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

式中， x_i = 第 i 單位的品質， $\bar{x}$ = n 個單位的平均品質， n = 樣本尺寸。

採用計量量度時，必需樣本尺寸 n 數足夠多，才可精密地估得製程能力 σ_0 ，但在甚多個案中，往往因樣本尺寸甚難達到足夠多的程度，而無法保證在選取樣本時，全不包括可歸屬因素的被納入在內。

基於事實上的困難，製程能力的估計，係由相當少的樣本計算而得。通常合理地假設製程條件保持一定不變，並在製程中每段期間內重複選出的小樣本，可算得足夠精密值。此外，採用大量小樣本羣（樣本尺寸 $n \leq 12$ ，最常選用的為 $n < 6$ ），可用來計算樣本的平均全距（average range） $\bar{w}$ 。據此再求得製程能力，如此可大量簡化計算過程。這是實際應用管制圖表的最重要一點。

[2] 計數量度

計數量度與計量量度相同，均需考慮為數頗多的樣本數。但此法的品質量度，僅單純的考慮產品是否為不良品（疵品）。由於品質僅分良與不良兩類，故計數量度必需採用較大的樣本尺寸，（通常 $25 \leq n \leq 250$ ），才能得到足夠精密的製程能力。

依製程能力的定義可寫出

$$\text{製程能力 } p_0 = \frac{\sum_{i=1}^m np_i}{mn}$$

式中 p_i = 第 i 個樣本的疵品率； n = 樣本尺寸； m = 樣本數。

注意：第四章中將詳述，當選取樣本時，應作一額外試驗（檢查），以確定製程是仍在管制下進行的。

第二章 管制原理

2.1 概 說

本章說明如何應用統計管制理論 (statistical control theory)，以設計並擬定管制圖表 (control chart) 的觀念。此等基本管制原理，可應用於任何管制問題上，例如庫存管制，意外事件管制，管理費管制等等。接續的幾章，將舉例說明管制理論應用在各種管理領域的情形。

管理控制的統計方法，可用圖 2.1 所示的單一製程，由原料轉變成製品的情形作說明。

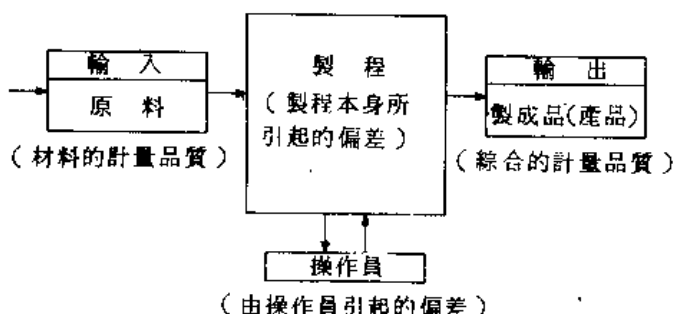


圖 2.1 單一製程中製成品的偏差來源

2.2 製程管制的設定

如欲設定諸如圖 2.1 所示製程的控制系統，則其管制功能 (control function)，應如圖 2.2 所示。

管制功能由下列步驟組成之。

[1] 步驟 1 量 度

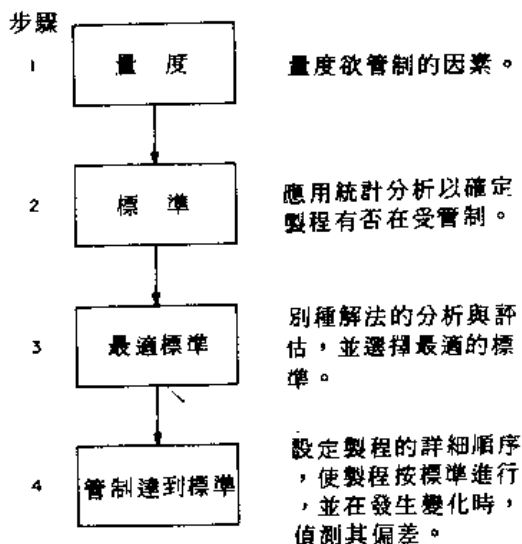


圖 2.2 管理控制功能表

欲管制任一製程，必需應用量度的技巧。因此，在談品質管制前需先討論品質的量度。

如第一章所述，品質的量度計有下列兩種中的一種。

(1) 計數量度 (an attribute measure)

計數量度的基礎，為判定製品是否合乎規格的要求。製程能力 (process capability)，係用疵品率或疵品百分率來表示。

(2) 計量量度 (a variable measure)

計量量度，是以某一特殊數值為項，或產品與零件的性質為項用一連續數尺度來表示，例如：

1. 罐裝豌豆的品質量度，罐頭內食品的重量用 kg 表示。
2. 螺栓產製的品質量度，用 cm 表示的長度與直徑。

計量量度時的製程能力，用算得製程的標準偏差 (standard deviation) σ 表示之。

要特別注意以上兩種品質量度的區別，必需觀念清楚，因管制理論，

8 管制圖表

是依據量度方法而定的。

[2] 步驟 2 標準

無疑的，設定製程的標準，是最重要的步驟，並可預見標準的設定，有賴於統計理論，才能精確。

考慮任一製程以及如何定義其標準。

何謂標準，或製程能力？標準，不應指製程所能達成的最佳狀況，因就一般而言，製程常可想盡辦法得到改進。按照管制理論，標準一詞，係指用目前條件操作製程，應可得到的管制水準，或可製得儘可能好的產品。因此，在管制下的製程，或在標準狀況下的製程，其原料的品質是均勻一致的，而且製程本身的操作具有一貫性的，而且所有操作員的技術與效率亦屬相同，換言之，上述任一條件的可能偏差其機率為一常數。

至於標準應如何決定，應先複習有關統計理論。

先設定虛無假設 (null hypothesis)，亦即“製程係在管制下進行”。就現行運行條件下，以計算其品質的分佈 (distribution) 情形。

若上述假設為真，則在計數量度時，可得二項分佈 (binomial distribution)，而在計量量度時，可得常態分佈 (normal distribution)。

任一假設均可應用一般統計法則以檢測其真偽。若得知製程未按管制程序進行，即應採取行動，以校正製程，使其按管制程序進行，以便作進一步分析。校正製程，按照管制程序進行，係管理功能中的重要一環，而有賴於統計的運用。

[3] 步驟 3 決定最適標準

決定製程的標準後，接着需考慮“該標準是否為最適的或最適當的操作條件”。此時必需在統計之外，另考慮其他的管理功能。例如：詳細觀察並比較各種改進製程的方法，基於經濟原則的替代性生產

方法等等。本書僅討論如何應用統計方法校正製程，使按管制程序進行，略去步驟中應包括的經濟分析。

步驟3中的一重要點是，若在進行步驟前，不論製程內有任何變化或予替換，仍應確定製程係按照管制程序進行。關於此點未予闡述，但讀者要記住，當應用管制理論時，替換方法必需認真加以考慮。

[4] 步驟4 管制標準的執行

管制的最後步驟是利用管制圖表來執行管制功能。

管制系統 (control system) 計有兩種型式：即 Shewhart 型圖表與 CuSum 圖表。對 Shewhart 型圖表的在英國制定成國家標準，在其他國家亦有類似的程序可資遵循。（詳見本書第四、五兩章）。

至於 CuSum 管制圖表，亦經制定諾模圖與數表，在設計時更為便捷（見第七章）。