

# 少量多樣生產製程控制之探討-以 L 公司為例

## Short-Run Process Control By Printed Circuit Board

### - An Example On L Company

陳文忠<sup>1</sup>

國立高雄應用科技大學企業管理系 研究生

winson529@msn.com

葉惠忠<sup>2</sup>

國立高雄應用科技大學企業管理系 副教授

hcyeh@cc.kuas.edu.tw

#### 摘要

目前 L 公司生產印刷電路板，其生產線仍沿用傳統的 $\bar{X}$ -R Chart。由於傳統管制圖適用於大量且連續式的生產，但因應市場趨勢與訂單需求，留在台灣公司內部只剩下少量多樣、新產品或者特殊技術要求較嚴格的產品，原本使用在現場的大量生產 $\bar{X}$ -R Chart，顯得有明顯不足，無法有效管制現場的品質變異。本研究主要對 L 公司製程品質管理的改善，應用適合的(1,2)Short-Run 小批量生產的管制圖，提早偵測出品質的變異，分析變異原因，提出因應對策，防止因此變異而產生大量不良。

本研究採用現場的 V-Cut 與 NC-R 二個製程，運用(3)1994 年 Salti 及 Statham 根據以前學者所提出的資料轉換方法，比較各種小批量管制圖，找出適合 L 公司目前小批量產品的管制圖；

根據本研究實際案例及研究結果顯示，轉換後的管制圖可適用小批量且不同管制規格，將其轉換後可呈現出異常批，這個方式在傳統的管制圖是無法發現異常點，明顯達到預期的目標 - 建立適用管制圖，偵測出品質的變異，防止大量不良產生。

**關鍵字：**短製程、印刷電路板、平均值-全距管制圖、精密成型加工

**Keywords:** Short-Run, Printed Circuit Board,  $\bar{X}$ -R Chart, NC-R

#### 壹、緒論

##### 一、研究背景

台灣自1920年代(4)蕭華特(Shewhart)提出統計製程管制(Statistical Process Control, SPC)和管制圖(control chart)的觀念後，統計製程管制圖已成為統計品質管制中的一環，製程發生干擾(disturbance)而使製程產生偏差時，人員可藉由管制圖即時監控製程狀態，在發現失控點後馬上至生產線找出可能造成製程異常的原因，以維持製程的穩定且降低變異。

由於管制圖發展初期，也是20世紀工業化大量工廠的建立，大量化訂製生產的訂單開始，又有WAR I & WAR II，間接促進工業化大量生產的技術提升，導致管制圖的管理更為重要。約在1924年左右，Shewhart的發現引起了愛德華茲·戴明的注意，戴明後來在美國農業部工作，也是美國統計局的數學顧問。在未來半個世紀，戴明一直倡導Shewhart提出的管制圖，在WAR II日本戰敗後，戴明成為聯軍最高統帥部的統計學顧問，開始長期在日本工作，傳播Shewhart的思想，統計圖開始廣泛應用於日本的生產工業中。

到了2008年雷曼兄弟的連動債問題與次級房貸引起的經濟風暴後，相關電子製造業為了減少庫存造成的成本壓力，加上訂單的大量萎縮，以往每季或每半年的訂單forecast忽然取消或客戶暫停取貨...等，大量生產訂單轉成少量的小批量生產，交期也明顯縮短，品質/成本/交期的要求並不因為成本降低或訂單減少而有所縮減，仍然維持較高的要求水準，使得傳統的管制圖明顯不適用於小批量生產管理。

因此本論文研究方向，對學生從事的 L 公司生產製程品質管理的改善，應用適合的品質轉換管制方法，繪製

適合小批量生產的管制圖，提早偵測出製造現場品質的變異，減少報廢提升良率。另一方面對於公司成品的品質良率做分析及篩選，並應用p Chart(不合格率管制圖)為研究分析工具，對不同產品類型或高技術性的產品良率再做定義，經標準化後訂定適當的不合格率管制圖。

## 二、研究動機

台灣相關製造業，在開放大陸投資前，早已一窩蜂到對岸投資，到後來政府公告可以合法後，更加明確未到大陸投資的製造業，是無法在國內立足(訂單隨著客戶到對岸，國外客戶報價是依對岸的成本要求，國內無法競爭)。L公司高層也是諸多考量情況下，公司的政策也是相同，配合客戶降價及成本需求，將大量訂單移到敝司大陸東莞廠，除了客戶不允許4M變更的料號，大部份皆已陸續移轉。

因此L公司留在台灣產品，只剩下少量多樣、新產品、特殊技術要求較嚴格的產品，原本使用在現場的大量生產 $\bar{X}$ -R Chart(平均值-全距管制圖)，顯得有明顯不足，無法有效管制現場的品質變異。

現況分析 -

一、對於重要品質特性，使用不恰當的 $\bar{X}$ &R管制圖。

二、目前公司的內部矯正措施單是依不良率與補料金額來開單，這是不適當的方式。因為有些是客戶規格太嚴格，或者R.D.製程能力未定義完全(即產品未成熟 -> 須要改善小組持續改善或與客戶溝通)，或者有些製程無法偵測。

學生在L公司從事品質管理/品質製程管制部門，近年來也感受到公司品質有明顯每況愈下情況，品保部門主管亦是與製造主管不斷對品質持續改善動作，並有幸蒙公司高層推薦來讀本校的企管系MBA，能藉由所學是否可以協助公司目前品質管理的不足之處，予以改善或協助找出適合的管理方式，減少報廢成本，協助提升公司良率。

## 三、研究目的

本研究主要範圍是監控少量多樣品質製程管制，偵測製程的變異並提早做因應或改善，降低大量的損失，本研究擬使用1994年Salti及Statham根據以前學者所提出的資料轉換方法，並找出適用於L公司製程的方法，並經過標準化後，建立適用的管制圖。基於前述的研究背景與動機，本研究希望能達到下述之目的：

一、檢討現行L公司品質管制圖是否適當，找出適用於L公司小批量生產品質管理管制圖-先以某段製程為主。

二、建立小批量管理制度，並應用於L公司的品質現況管理實務；未來再評估是否可應用在不同製程或不同產業的小批量品質管制圖。

## 貳、文獻探討

### 第一節 印刷電路板(PCB)

一、電路板的種類(如圖2-1所示)

印刷電路板是由絕緣材料和導體所組成，依據材質、成品類型、結構用途等來分類，一般常用的分類方式為硬板(Rigid PCB，主要為單/雙面板、多層板)、軟板(Flexible PCB)、軟硬結合板(Rigid-Flex PCB)等類型，主要用途在各種電子產品、通訊、汽車電子居多，本文主要是檢討硬板PCB為主(如表2-1所示，為2012年統計PCB產值)。

二、硬板

硬板主要有單面板、雙面板、多層板(二層以上基板皆稱之，一般大都以偶數為主，例：四層、六層、八層...等)等三種來區分。

三、多層板(Multi-Layers PCB)

為了增加可以佈線的面積，多層板用上了更多單或雙面的佈線板。多層板使用數片雙面板，並在每層板間放進一層絕緣層後黏牢(壓合)。板子的層數就代表了有幾層獨立的佈線層，通常層數都是偶數，並且包含最外側的兩層。由於外觀看不出幾層，通常必須經過切片後，才能明確判讀。

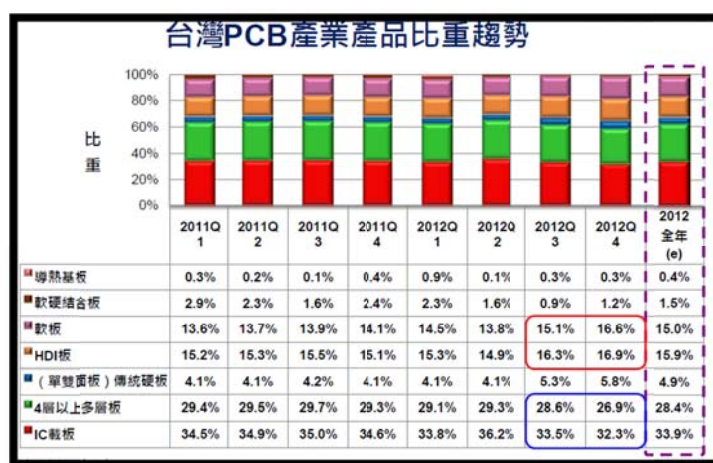


圖2-1 台灣PCB產業產品比重趨勢,(1)台灣印刷電路板協會(2013)

表2-1 2012年亞洲區及全球電路板出貨狀況(美元：百萬),(2)N.T. Information Ltd. & TPCA(2013)

地區	紙漿板與CEM-1	CEM-3	FR-4雙面	FR-4多層	非環氧樹脂	HDI微孔板	硬板總和	IC構裝	軟板單+雙面	多層軟板與軟硬板	軟板總和	整體總和
澳洲/紐西蘭	0	0	6	8	0	0	14	0	3	0	3	17
中國/香港	870	650	3,800	12,300	320	4,100	22,040	740	2,020	730	3,490	25,530
印度	90	20	135	120	2	0	367	0	10	0	10	377
印尼	52	2	3	0	0	0	57	0	0	0	0	57
日本	105	450	710	2,074	150	1,005	4,494	2,760	980	390	4,130	8,624
馬來西亞	100	10	52	40	5	150	357	0	70	10	80	437
菲律賓	17	1	25	40	0	0	83	320	55	5	380	463
新加坡	2	0	29	175	50	23	279	15	160	0	175	454
南韓	70	40	550	1,850	65	1,470	4,045	2,360	610	980	3,950	7,995
臺灣	110	130	530	1,720	40	1,290	3,820	2,540	1,194	438	4,172	7,992
泰國	81	10	262	423	0	82	858	0	400	40	440	1,298
越南	10	1	4	59	6	80	160	0	290	32	322	482
其它(註1)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
亞洲總合	1,507	1,314	6,106	18,809	638	8,200	36,574	8,735	5,792	2,625	17,152	53,726
歐美/中東總合	184	35	1,001	3,015	548	408	5,191	26	406	390	822	6,013
全球總合	1,691	1,349	7,107	21,824	1,186	8,608	41,765	8,761	6,198	3,015	17,974	59,739

## 第二節 統計製程管制(Statistical Process Control, SPC)

統計品質管制在統計學者們的努力下包羅萬象、成就非凡，其中應用最為廣泛的應屬實驗設計、統計製程管制與允收抽樣。實驗設計、統計製程管制與允收抽樣在降低產品與製程變異中所扮演的角色，應隨著企業推動品質改善的歷程而轉變，此轉變如下所示。

統計製程管制(SPC)是運用統計工具以降低製程變異的方法，其內容包含管制圖、製程能力分析、品管七工具、量規儀器的再現性與再生性分析以及其它各種可能降低製程變異的方法等。尤其是管制圖的應用最為廣泛，所以有人又將管制圖的應用稱為SPC。

### 一、管制圖的基本原理

管制圖(Control Charts)於1924年由(4)美國品管大師 W. A. Shewhart 博士發明，是一種以圖形來監控制程是否超出管制界限以外的非機遇原因的方法，大都應用於製造業，現在也有服務業大量應用。

表2-2 美國品管大師 W. A. Shewhart 博士對管制圖論點

非機遇原因(不能管制的變異)	機遇原因(管制下的變異)
每一個都有明顯的影響	每一個的影響都很小

直到民國59年(1970年)，(5)美國的品管大師 W. E. Deming 博士首次應邀訪台，在他所發表的學術演講中，他提出了兩個嶄新的名詞，就是在管制界限以內變異的原因，稱為共同原因(Common Cause)，超出管制界限以外的變異原因，稱為特殊原因(Special Cause)。許多美英等國的品管書籍上，也逐漸採用這個名詞。

表2-3 W. Edwards Deming 博士對管制界限的論點

特殊原因(Special Cause)	共同原因(Common Cause)
本質上是局部的	系統的一部份

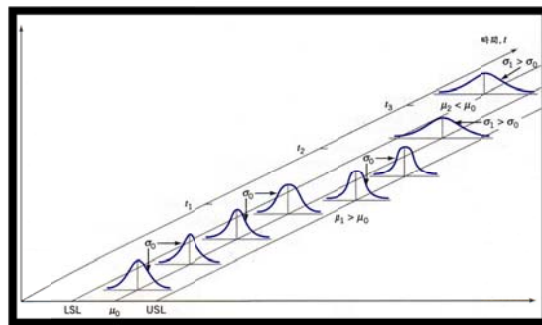


圖2-2 機遇與非機遇圖示說明,(6) Montgomery D.C.(2001)

統計製程管制(Statistical Process Control, 簡稱SPC)之主要目的是能迅速地偵測出製程中可歸屬原因的發生或製程參數的改變，以便在更多不良品被製造出來之前，就能針對製程進行診斷並採取修正的措施。管制圖就是為了這個目的所設計使用在線上之製程改善工具，而(6) Montgomery D.C. 在2001年加上了(5)W. E. Deming 博士在1950所提出的PDCA (Plan-Do-Check-Action)觀念。

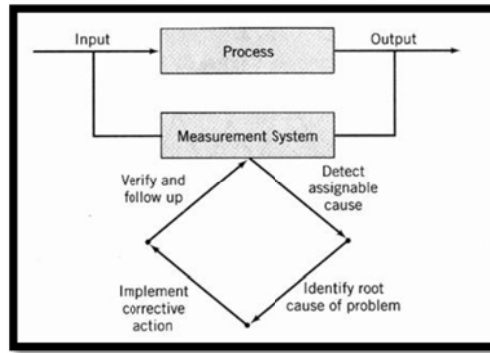


圖 2-3 利用管制圖改善製程,(6) Montgomery D.C.(2001)

## 二、典型管制圖

典型的管制圖如圖 2-4 所示，它的橫軸一般為時間，縱軸為品質特性值。管制圖是由中心線(Center Line, CL)、管制上限(Upper Control Limit, UCL)、管制下限(Lower Control Line, LCL)與樣本點(Sample point)等四個部份組成。

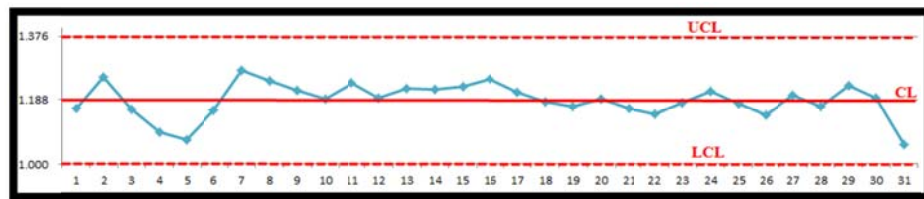


圖 2-4 典型管制圖示說明

## 三、管制圖的建立與選定原則

- (一) 管制圖的建立
- (二) 管制圖的判定原則
- (三) 計數值與計量值管制圖

### 1. 計數值

計數值在質量控制的範圍中是用作為量度那些不可以用量度數值代表的質量特性。更簡單的是那些質量特性可以判定允收或拒收。典型的計數值範例為

- (1) 印刷電路板銅面的凹陷點數
- (2) 電路板銅面的刮痕長度
- (3) 測試不合規格的單位(ex. mm or mil)
- (4) 整體的異常缺點

### 2. 計量值

計量值控制圖是監察在製程中質量特性自然變化的傾向，而在製程上蒐集的品質特性數據是屬於計量值，而所提供的數據都是以可量度的數值為單位。

3. 計數值與計量值的清單及優缺點如表2-4所示，並於圖2-5將其管制圖選定方式用圖表顯示。

表2-4 計數值與計量值清單及優缺點

計數值	計量值
不合格率管制圖( <i>p</i> Chart)	平均值- 全距控制圖( $\bar{X}$ -R Chart)
不合格數管制圖( <i>np</i> Chart)	平均值- 標準差控制圖( $\bar{X}$ - $\sigma$ Chart)
不合格點數管制圖( <i>c</i> Chart)	個別值- 移動全距控制圖( $\bar{X}$ -R <sub>m</sub> Chart)
單位不合格點數管制圖( <i>u</i> Chart)	中心值- 全距控制圖( $\bar{\bar{X}}$ -R Chart)

<p><b>優點-</b></p> <p>A. 只在生產完成後才抽取樣分，並將其區分為合格與不合格品；</p> <p>B. 對於工廠整個品質情況容易瞭解。</p>	<p><b>優點-</b></p> <p>A. 用於製程管制，靈敏且容易調查事故原因，因此可以預測發生之不良狀況；</p> <p>B. 及時&amp;正確找出不良原因，使品質穩定。</p>
<p><b>缺點-</b></p> <p>只靠此種管制圖，有時無法找出不良真因，因此無法立即採取改善措施。</p>	<p><b>缺點-</b></p> <p>在製造過程中需要經常抽樣及計算，且需繪製管制圖，麻煩且浪費時間。</p>

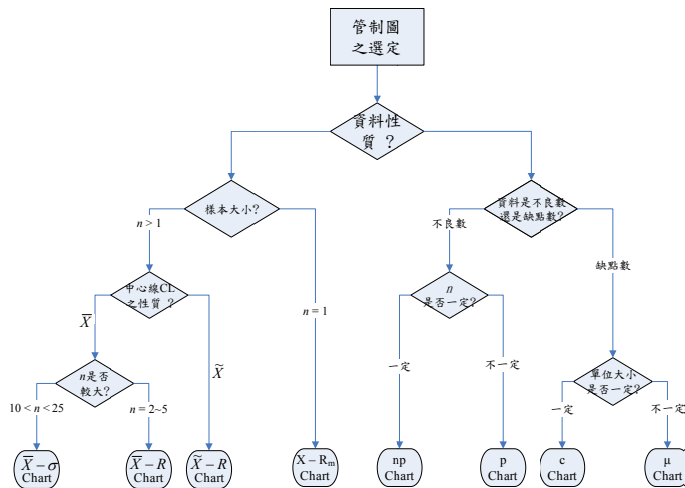


圖2-5 管制圖之選定,(3)房克成,林清風(2005)

在2013年，(7) Saravanan, A. & Nagarajan, P 也提出了管制圖決策樹的選擇，較圖2-3更為簡單，說明管制圖只有二種屬性，計數(Attribute data)與計量(Variables data)資料，然後經過資料選擇的方式，再去尋找出適合的管制圖。

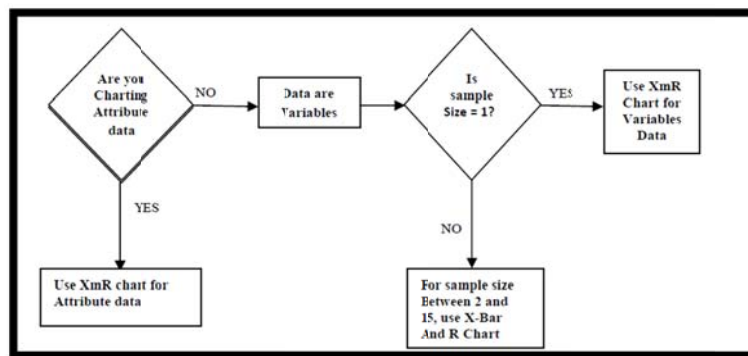


圖2-6 管制圖表決策樹模型,(7) Saravanan, A. & Nagarajan, P(2013)

### 第三節 短小製程(Short-Run)

本節所討論之短小製程(Short Run)意指一個工作包含生產不同的種類，而每類產品的批量均不多，生產週期可能是數天或更短。由於現今產品少量多樣化，使得產品生產週期變短，多數工廠因而轉變成短小製程的生產型態，如彈性製造、混合製造、即時製造與小批量生產。由於產品趨向於多樣化，製程的複雜度也因而隨之增加，使得傳統蕭華特管制圖(Shewhart control chart)在使用上開始受到限制(適用於大量生產管理)。其優點為容易使用而且比其他管制圖偵測出製程平均值的大量變動。而蕭華特管制圖只利用到最後一個樣本觀察值來判斷製程是否在管制狀態內，這種特性使得蕭華特管制圖對於製程小量變動之偵測較不靈敏，亦即需要較長之時間來偵測小量之變動。因此，本研究不擬採用蕭華特管制圖。

(1,2)Bothe(1988) 提出SPC for Short Production Runs(短小製程管制圖)，可將不同樣式的批量畫在同一張管制圖上，不論其均值是否相等或批內變異是否相似，均可用此種管制圖。

(4)馮桂森(1992) 在品質管制月刊提出品質大師Davis Bothe大維博施的新速統計製程管制系統，就是將各種傳統的管制圖有系統地予以轉換修正。傳統的 $\bar{X}$ ，R管制圖轉換並修正為規格中值 $\bar{X}$ ，R管制圖，即Short-Run  $\bar{X}$ ， $R^{TM}$  Chart。此文章介紹的方法近似於表2-5公式七與表2-6第7項的管制界限；其小批量  $\bar{X}$ ， $R^{TM}$  管制圖形如圖2-7 及圖2-8 範例所示。

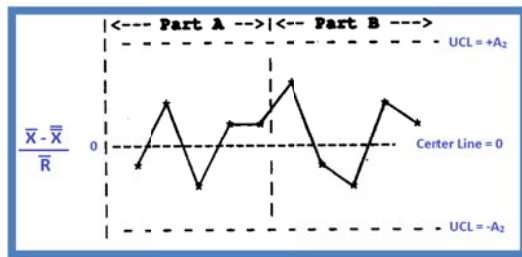


圖2-7 小批量平均值管制圖  $\bar{X}$  Chart ((2)Bothe,1988)

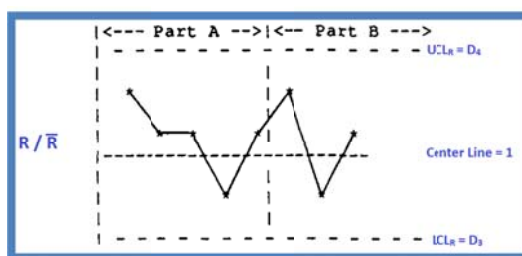


圖 2-8 小批量全距管制圖 R Chart ((2)Bothe,1988)

傳統Shewhart 管制圖只考慮最後一個觀察值是否落在管制界線內，因此對製程的微量偏移反應不靈敏，亦即需要長時間來偵測微量偏移，對於現今的製造方面來說，並無法滿足需求。因此部份專家學者發展出不同的製程偏移偵測用管制圖，下文先對較常用的幾種偵測方法說明。

### 一、CUSUM(Cumulative Sum Control Chart，累積和管制圖)

最早由(8)Page(1954)提出CUSUM(累積和管制圖)，因為傳統Shewhart 管制圖只考慮最後一個或最後幾個觀察值是否落在管制界線內，因此對製程的微量偏移反應不靈敏，需要長時間來偵測微量偏移，對於現今的製造業來說，並無法滿足需求。因此。CUSUM 管制圖是藉由將樣本值與目標值偏差的累積和，直接併入連續樣本值所有資訊，將過去的樣本平均數偏離目標值的偏差累積到目前的樣本平均數，再繪製成管制圖。

#### (一)CUSUM的原理

CUSUM 管制圖是藉由將樣本值與目標值偏差的累積和，直接併入連續樣本值所有資訊，將過去的樣本平均數偏離目標值的偏差累積到目前的樣本平均數，再繪製成管制圖。

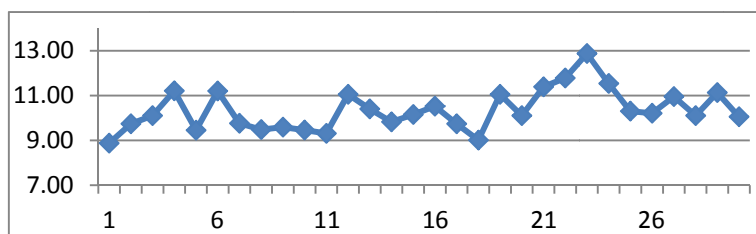


圖2-9 不同平均數的二組樣本之個別值管制圖,(5)李友錚、賀力行(2012)

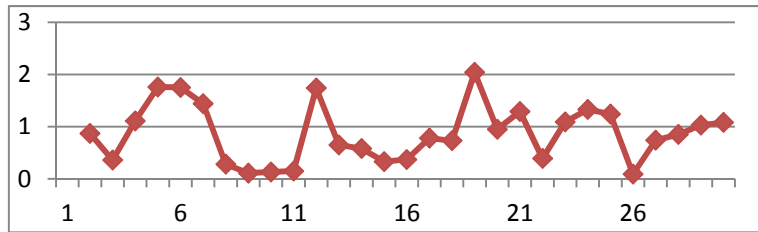


圖2-10 不同平均數的二組樣本之移動全距管制圖,(5)李友錚、賀力行(2012)

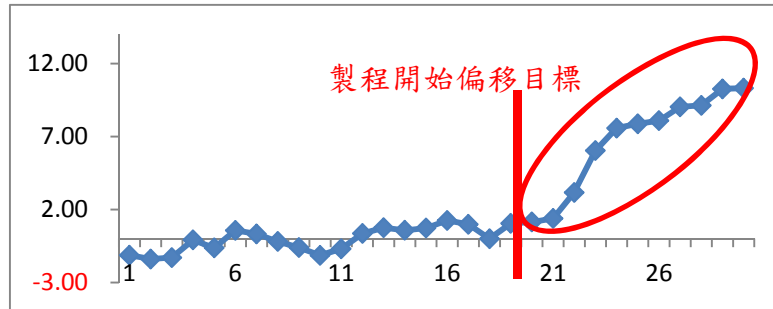


圖2-11 累積和管制圖形範例,(5)李友錚、賀力行(2012)

## (二) 以CUSUM監控平均數

累積和管制圖是以製程偏移目標的累積和為觀察對象，最適合用於化學與材料等行業， $n$  經常 = 1，或是對每一產品自動量測以進行線上即時監控的製程管制，並可用來監控制程的平均數與變異程度。監控前要先確認3點：

1. 品質特性目標值(Target，以T表示)。
2. 參考值(Reference Value)：要製作CUSUM前，須先確定製程偏移量達到多少才應計入，稱之為參考值，一般以K表示。一般會採取保守的作法，只將製程偏移目標值與參考值的差列入累積和中。部份也將參考值以 $\sigma$ (標準差)的倍數表示，例如 $k = \frac{K}{\sigma}$ ，若目標值=20.5mm， $\sigma=0.4$ mm，則 $k = 0.5\sigma = 0.20$ mm。
3. 決策區間(Decision Interval)：當累積和達到多少時，代表製程偏移，此值稱之為決策區間，一般以H表示，與管制界限同義。當累積和超出H時，代表製程偏移，H值常用4或5倍 $\sigma$ ，將H以標準差的倍數表示，例如 $k = \frac{H}{\sigma}$ ，H若為1.6mm( $k = 4$ )或2.0mm( $k = 5$ )。
4. CUSUM監控制程平均數變化的統計量有二個，為單邊上累積和(One-side Upper CUSUM，C+)，與單邊下累積和(One-side Lower CUSUM，C-)，公式如下所示

$$C_i^+ = \max[0, x_i - (T + K) + C_{i-1}^+] \quad (2-1)$$

$$C_i^- = \max[0, (T + K) - x_i + C_{i-1}^-] \quad (2-2)$$

## (三) 判定方式：

1. C+ 或C- 超出H(決策區間)時，可以判定製程已偏移；
2. C+ 超出H(決策區間)時，可以判定製程平均數已向上偏移；
3. C- 超出H(決策區間)時，可以判定製程平均數已向下偏移；
4. 偏移的時間點可由C+ 或C- 的起升點或起降點來做判斷。

## (四) CUSUM優點：

1. 如果製程的偏移是小偏移時，使用累積和管制圖能較快地與有效地偵查出製程的偏移。
2. 針對製程平均數的偏移，可由累積和圖中點的連線變化看出製程的偏移。
3. 製程發生偏移時，新的製程平均值 $\mu$ 可以估計出來。



**(五)CUSUM 缺點：**

1. 累積和管制圖無法很快速的偵查出較大的製程偏移。
2. 利用過去資料來監控製程，雖然可以獲得更多製程資訊，但計算較複雜與費時。
3. 對於累積和管制圖所欲偵查的偏移量  $K$ ，在選定上相當的困難。

**二、EWMA(Exponential Weighted Moving Average Control Chart，指數加權移動平均數管制圖)**

最早由(9)Robert(1959)提出，將資料中的每一觀測值給予權數，並透過加權平均的觀念將過去資料之訊息考慮進來，又稱為幾何移動平均數(Geometric Moving Average, GMA)管制圖，而(6)Montgomery(2001)提出EWMA適用於監控制程的微量偏移；(10)Lucas & Saccucci(1990)指出，EWMA管制圖與CUSUM管制圖有近似的表現，但EWMA為一特殊時間序列模型，它除了在品質管制上有監控品質的功能外，尚可達到預測的效果。

**(一)EWMA管制圖 - 指數平滑法定義**

$$z_i = \lambda x_i + (1 - \lambda) * z_{i-1} \quad i = 1, 2, 3 \dots \quad (2-3)$$

其中  $\lambda$  = 平滑常數(或稱加權常數)， $0 < \lambda \leq 1$ 。

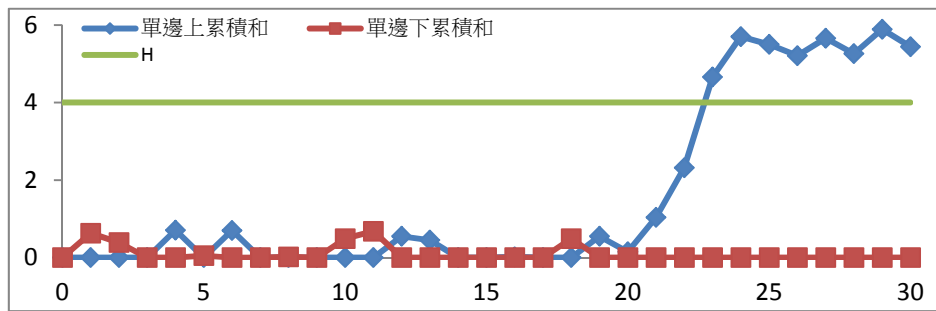


圖2-12 EWMA觀察值與預測值變化範例,(4)李友錚、賀力行(2012)

試繪圖形如圖2-12所示，可以看出類似隨機跳動的觀察值，但從預測值看來有呈現明顯上升趨勢。

**(二)指數加權移動平均數(EWMA)管制圖監控平均數**

對製程小幅度偏移的偵測能力，EWMA與CUSUM皆優於 Shewhart管制圖，至於對製程大幅度偏移的偵測能力，EWMA與Shewhart管制圖皆優於CUSUM。

EWMA管制圖是以品質特性的預測值為觀察對象，亦是適用於製造業&樣本大小經常為1的製程，或是對每一產品自動量測以進行線上即時監控的製程管制，其定義如下。

1. 品質特性目標值(Target，以T表示)。
2. 平滑常數( $\lambda$ )

一般是由嘗試錯誤法獲得，預測誤差愈小的 $\lambda$ 愈好。一般採用的 $\lambda$ 約0.05~0.25之間。

3. 管制界限因子(l)

EWMA管制界限因子之意義與Shewhart管制圖相同，在3倍的 $\sigma$ (標準差)下， $l = 3$ ，但由於EWMA是要偵測製程微量偏移，所以一般 $l$ 約2.6~2.8。

$$CL = T \quad (2-4)$$

$$UCL = T + l * \sigma * \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (2-5)$$

$$LCL = T - l * \sigma * \sqrt{\frac{\lambda}{(2-\lambda)} [1 - (1 - \lambda)^{2i}]} \quad (2-6)$$

依公式2-4~2-6的EWMA管制圖範例如下所示，紅色標示處超出規格，表示是一種警示。

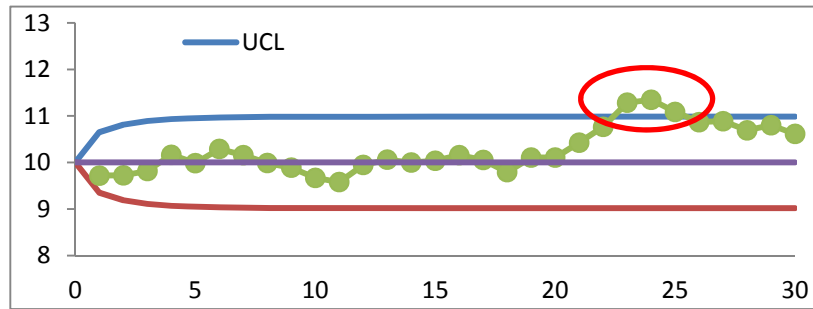


圖2-13 指數移動平均數管制圖形範例,(4)李友錚、賀力行(2012)

### 三、Q chart (Q 管制圖)

由(11)Quesenberry(1991)提出，在短小製程中，傳統的方法建立管制圖無法適用，故Q Chart 考量量測的小批量樣本數及計算統計值的標準化，建構適用此樣本的Shewhart 管制圖，利用相關運算程式與配合電腦使用後，此標準化量測樣本數據會判斷是否在3個標準差範圍內 $[E(T_i) \pm 3 S.D.(T_i)]$ ，圖2-14 圖表上的點會決定現在使用的參數是否穩定或者是有效控制。

Q 管制圖 - Case I (舉例)

$$Q_r(X_r) = \frac{X_r - \mu_0}{\sigma_0} \quad r = 1, 2, 3 \dots \quad (2-7)$$

其中 $\mu = \mu_0$ ,  $\sigma = \sigma_0$ 皆為已知

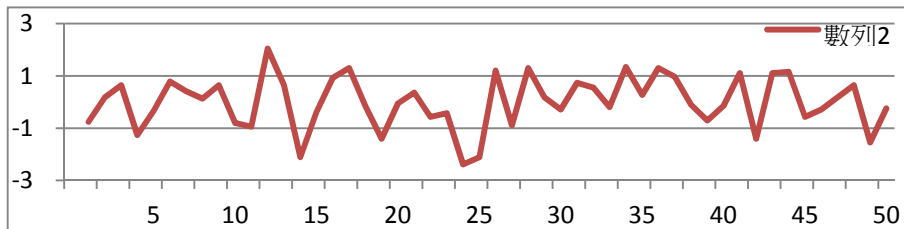


圖2-14 Q Chart管制圖變化範例,(12) Quesenberry, C.P., (1991)

試繪圖形如圖2-14所示，可以看出Q Chart須事先經電腦統計後，才能類似隨機跳動的觀察值，每組數據可以獨立統計且呈現正態分佈的統計資料，靈敏度也較高。

(12)Quesenberry 在2000年發表的文章有說明，從統計資料看起來，雖然統計資料可以呈現管制範圍是否在標準內，但圖表的靈敏性是取決於抽樣數據經電腦化以後，無法像前面的範例容易達到預測或明顯異常的判讀，因此一般大都會再輔以CUSUM(累積和管制圖) 或EWMA(指數加權移動平均數)方法合併使用。

### 第四節 資料轉換模式

#### 一、原始資料轉換模式

多數的少量多樣管制圖計算公式皆相當繁瑣，如多變量、Q 管制圖...等，需藉由專業統計軟體及電腦來輔助完成，無法達到即時生產及品質管制的效果。

因此(1)Al-Salti及A. Statham(1994)整理了以前多位學者的資料及提出自己的看法，綜合整理並轉換出七種適合Short run管制圖法。

隨著工業產品之生產製程已走向彈性製造、即時製程、混合生產製程與小批量生產製程等環境，目前所生產的產品皆屬少量多樣，在一般製程SPC統計上，無法達到即時並警告產品品質變異的效果，(6)劉福禔(1995)、(7)張政勳(2000)皆先後提出參考(1) Al-Salti及A. Statham(1994)根據以前學者提出的資料轉換方法，整理出七種資料轉換技

術(見表2-5)，他們也各自加入他們的新創見，並建立其相關偵測程式或模型。

由於表2-5 & 2-6 只有公式六與公式七的可達到轉換需求，公式一至公式五均無法達到第2個轉換目的，因此本研究選擇公式六做為資料轉換模式之依據，根據轉換後的資料來構建short run 製程管制圖，並且參考表2-7 Cpk評價基準與對策，確認是否符合製程能力，再檢視設備或量測方式是否能達到此標準，消除變異並達到品質管理的目的。

表2-5 七種資料轉換模式與使用條件,(1)Al-Salti and Stathamr.(1994)

公式	資料的轉換型式	使用的條件
一	實際值-名目值 ( $X_{ic} - XN_c$ )	對所有製程的標準差相同 在製程中不存在抽樣誤差 至少有20次抽樣來計算管制界限 樣本大小固定
二	實際值-目標值 ( $X_{ic} - \bar{X}_c$ )	對所有製程的標準差相同 至少有20次抽樣來計算管制界限 目標值 $\bar{X}_c$ 應可求得 樣本大小固定
三	實際值/目標值 ( $X_{ic} / \bar{X}_c$ )	對所有製程的標準差相同 至少有20次抽樣來計算管制界限 目標值 $\bar{X}_c$ 應可求得 樣本大小固定
四	(實際值-目標值)/目標值 ( $(X_{ic} - \bar{X}_c) / \bar{X}_c$ )	對所有製程的標準差相同 至少有20次抽樣來計算管制界限 目標值 $\bar{X}_c$ 應可求得 樣本大小固定
五	(實際值-目標值)/目標值 ( $(X_{ic} - \bar{X}_c) / 2T_c$ )	所有的製程能力相同 目標值 $\bar{X}_c$ 應可求得 樣本大小固定
六	(實際值-目標值)/目標值 ( $(X_{ic} - \bar{X}_c) / \sigma_c$ )	目標值 $\bar{X}_c$ 與製程標準差 $\sigma_c$ 應可求得 樣本大小固定
七	(實際值-目標值)/目標值 ( $(X_{ic} - \bar{X}_c) / \bar{R}_c$ )	目標值 $\bar{X}_c$ 與製程全距平均數 $\bar{R}_c$ 應可求得 樣本大小固定
備註	$\bar{X}_c$ : 目標值 $\bar{R}_c$ : C 批號下製程全距平均數 $\sigma_c$ : C 批號下製程標準差 $XN_c$ : C 批號名目值(規格界限之中點) $2T_c$ : C 批號允收帶	

表2-6 相對七種資料轉換模式之標準化的管制界限,(1)Al-Salti and Stathamr.(1994)

項目	UCL	平均值中心線 Means chart CL $\bar{\bar{X}}$	LCL	UCL	全距中心線Ranges chat CL $\bar{\bar{R}}$	LCL
1	$\bar{\bar{X}} + A_2\bar{R}$	$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k (\bar{X}_j - XN_c)$	$\bar{\bar{X}} - A_2\bar{R}$	$D_4\bar{R}$	$\bar{\bar{R}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j$	$D_3\bar{R}$
2	$A_2\bar{R}$	0.0	$-A_2\bar{R}$	$D_4\bar{R}$	$\bar{\bar{R}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j$	$D_3\bar{R}$
3	$1 + A_2\bar{R}$	1.0	$1 - A_2\bar{R}$	$D_4\bar{R}$	$\bar{\bar{R}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j$	$D_3\bar{R}$
4	$A_2\bar{R}$	0.0	$-A_2\bar{R}$	$D_4\bar{R}$	$\bar{\bar{R}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k R_j$	$D_3\bar{R}$
5	$\frac{A_2 d_n}{6C_p}$	0.0	$-\frac{A_2 d_n}{6C_p}$	$\frac{D_4 d_n}{6C_p}$	$\frac{d_n}{6C_p}$	$\frac{D_3 d_n}{6C_p}$
6	$\frac{3}{\sqrt{n}}$	0.0	$-\frac{3}{\sqrt{n}}$	$D_4 d_n$	$d_n$	$D_3 d_n$
7	$A_2$	0.0	$-A_2$	$D_4$	1.0	$D_3$
備註	$\bar{X}_j$ : 第 j 組樣本均數 $\bar{\bar{X}}$ : 中心線(組均數-名目值後之期望值) $\bar{R}$ : 各組樣本全距的均數(即製程全距)		$n$ : 各組抽樣數 $A_2, D_3, D_4, d_n$ : 見附錄一 $R_j$ : 第 j 組樣本之全距			

表2-7  $C_{pk}$  評價基準與對策

等級	$C_{pk}$	製程評價與對策
A	$1.5 \leq C_{pk}$	製程穩定，可考慮縮小規格以勝任更精密的工作
B	$1.25 \leq C_{pk} < 1.5$	製程尚佳，須維持
C	$1.00 \leq C_{pk} < 1.25$	製程能力不足，應進一步分析問題是出自於Ca或Cp的問題，並進行改善
D	$C_{pk} < 1.00$	應立即採取緊急措施，必要時停止生產

備註：在汽車零件製造業中，依 ISO/TS-16949 的  $C_{pk}$  等級要求如下

- 初期(樣品PPAP階段)： $P_{pk} \geq 1.67$
- 量產： $C_{pk} \geq 1.33$

## 參、研究方法

### 第一節 研究樣本及範圍

#### 一、研究樣本

由於L公司的生產製程有20個以上，故本研究抽其中2個經常性生產且可隨時監控量測的製程(ex. V-CUT、成型)為研究樣本，並依生產線目前量測數據做為實務分析資料。

#### 二、研究範圍

本研究主旨在於探討短少製程(Short-Run)在PCB產業上，使用少量多樣管制圖來取代傳統大批量生產的 $\bar{X}$ -R管制圖，並提早偵測製程品質不穩定情況，通知現場工程師或主管人員們立即做出因應措施(調整製程參數或停機檢查...等)，減少產品不良或報廢降低失敗成本。

本研究樣本皆是以製造現場實際量測資料為主，所以可以將所學知識應用於產業實務方面，並找出適用於該公司的適合管制圖，以期提高品質良率，減少報廢。因此，本研究僅對部份可以量化及統計數據的製程做檢討，期以提出更適合現在L公司少量多樣品質管制圖的研究報告與建議，做為業者品質管理參考之方向。

### 第二節 研究流程

本研究之研究流程首先將針對相關文獻進席收集與分析，同時確定研究方法。後續再選取L公司其中2個每日生產的製程做統計，先確認目前使用的 $\bar{X}$ -R管制圖統計資料，並應用資料轉換方法第六種，及再確認小批量製程管制圖。

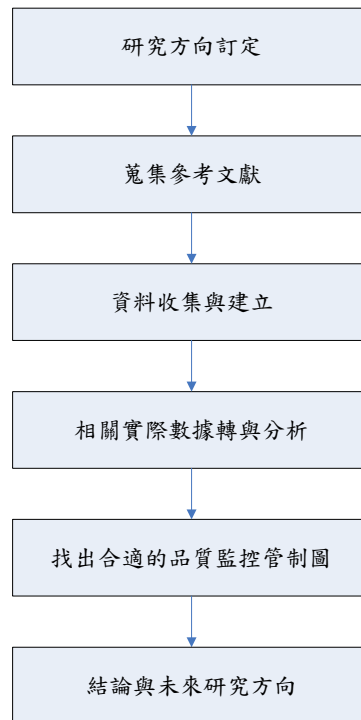


圖3-1 研究流程圖

### 第三節 管制圖的延伸應用

另一方面，由於PCB製程繁雜、流程冗長且需要工時又久，加上短少製程的生產，其混合型的總品質良率統計不是很恰當，譬如說：小批量與大量產或技術門檻較高的產品，其整體良率落差會很大。

故尋求適當方法，如應用p Chart(不合格率管制圖)觀念，針對事後的生產良率做類別區分及統計，並將其標準化後，觀察是否可以對不良率較高的產品特性篩選及設定其各別管制上下限。

一、研究樣本

- (一)少量多樣
- (二)技術門檻高
- (三)新製程
- (四)作業熟悉度不足(很少做的料號)
- (五)有一定生產規模(EX. 超過NTD10萬以上訂單)

二、p Chart(不合格率)的應用

- (一)先試用一筆統計資料
- (二)對產品統計資料做分類
- (三)新製程或作業熟悉度不足(很少做的料號)的情況排除

肆、資料分析結果

以下針對L公司製程V-CUT與NC-R(成型)二個站別做實證分析，首先V-Cut使用各種不同產品規格的小批量製程，而本研究預期藉由Short-Run的轉換管制圖，比較傳統及轉換後管制圖，來分析及判定是否可驗證前文所提的論點，找出較適於小批量生產的品質管制圖後，再篩選品質良率較低的資料，並用p chart(不合格率管制圖)來檢討適合不同類別的產品不合率管制方法，並應用及找出適合L公司的品質管制圖。

第一節 量測值運用資料轉換法及管制圖比較

一、研究樣本

- (一)V-Cut：取2013年11月自主檢查量測值，每個料號量測 5 個樣本。

表4-1 V-Cut量測數據(Cpk = 1.29)

批號 樣本n	S18218	K07154	U37010	S18272	S18190	K07775	K92341	S18357
1	0.310	0.330	0.330	0.310	0.390	0.320	0.300	0.300
2	0.290	0.320	0.300	0.300	0.380	0.330	0.300	0.280
3	0.320	0.330	0.330	0.330	0.420	0.330	0.290	0.290
4	0.320	0.290	0.310	0.290	0.400	0.290	0.290	0.330
5	0.310	0.280	0.320	0.280	0.410	0.280	0.280	0.330
目標值 $\bar{X}_c$	0.300	0.300	0.300	0.300	0.400	0.300	0.300	0.300
標準差 $\sigma_c$	0.012	0.023	0.013	0.019	0.016	0.023	0.008	0.023
資料轉換	0.816	1.279	2.301	0.520	-0.632	0.853	0.000	0.000
$\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	-0.816	0.853	0.000	0.000	-1.265	1.279	0.000	-0.869
	1.633	1.279	2.301	1.560	1.265	1.279	-1.195	-0.434
	1.633	-0.426	0.767	-0.520	0.000	-0.426	-1.195	1.303
	0.816	-0.853	1.534	-1.040	0.632	-0.853	-2.390	1.303
批號 樣本n	A92076	A41005	J98001	U37010	U24014	J76039	A56104	K07A2 7
1	0.330	0.310	0.420	0.330	0.330	0.430	0.310	0.290
2	0.310	0.300	0.390	0.300	0.300	0.410	0.310	0.280
3	0.330	0.330	0.380	0.320	0.320	0.420	0.320	0.330

4	0.320	0.290	0.430	0.290	0.290	0.430	0.290	0.310
5	0.320	0.280	0.430	0.280	0.280	0.420	0.300	0.320
目標值 $\bar{X}_c$	0.300	0.300	0.400	0.300	0.300	0.400	0.300	0.300
標準差 $\sigma_c$	0.008	0.019	0.023	0.021	0.021	0.008	0.011	0.021
資料轉換 $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	3.586	0.520	0.853	1.447	1.447	3.586	0.877	-0.482
	1.195	0.000	-0.426	0.000	0.000	1.195	0.877	-0.964
	3.586	1.560	-0.853	0.964	0.964	2.390	1.754	1.447
	2.390	-0.520	1.279	-0.482	-0.482	3.586	-0.877	0.482
	2.390	-1.040	1.279	-0.964	-0.964	2.390	0.000	0.964
批號 樣本n	J23266	K07154	K07632	K92399	N23072	K92424	J89007	K07921
1	0.410	0.420	0.300	0.300	0.410	0.310	0.420	0.320
2	0.400	0.400	0.300	0.300	0.380	0.300	0.400	0.300
3	0.420	0.410	0.320	0.310	0.380	0.330	0.410	0.330
4	0.390	0.390	0.330	0.330	0.420	0.320	0.400	0.290
5	0.380	0.390	0.310	0.320	0.420	0.330	0.390	0.280
目標值 $\bar{X}_c$	0.400	0.400	0.300	0.300	0.400	0.300	0.400	0.300
標準差 $\sigma_c$	0.016	0.013	0.013	0.013	0.020	0.013	0.011	0.021
資料轉換 $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	0.632	1.534	0.000	0.000	0.488	0.767	1.754	0.964
	0.000	0.000	0.000	0.000	-0.976	0.000	0.000	0.000
	1.265	0.767	1.534	0.767	-0.976	2.301	0.877	1.447
	-0.632	-0.767	2.301	2.301	0.976	1.534	0.000	-0.482
	-1.265	-0.767	0.767	1.534	0.976	2.301	-0.877	-0.964

上述 24 批量測資料轉換成傳統  $\bar{X}$  & R 管制圖如下圖所示，由於不同規格的小批量生產料號，無法適用傳統的  $\bar{X}$  & R 管制圖，因為從圖4-1及圖4-2看起來皆在管制圖判定合格範圍內，而且一個料號生產可能不到30分鐘就生產完畢，無法偵測出是否有較小的變異，傳統大量量測及持續監控的  $\bar{X}$  & R 管制圖就明顯不符合現今的製造業。

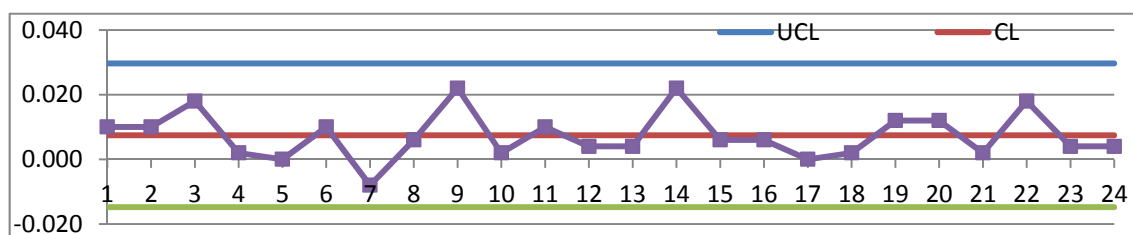


圖4-1 傳統  $\bar{X}$  管制圖

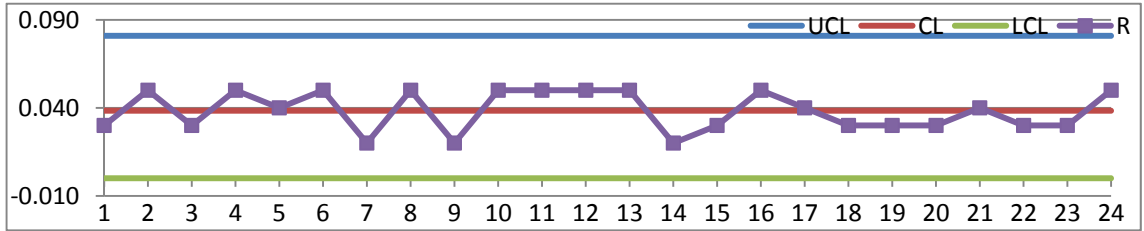


圖4-2 傳統R管制圖

由圖4-3與4-4轉換過的 $(X_{ic} - \bar{Xc})/\sigma_c$ ，可以很明顯看出No.9 & No.14(不同批號)已超出Short-Run管制圖的管制界限；倘若在製程中有轉換管制圖，可以讓生產單位立即修正補償值或調整精度，避免不良品產生。

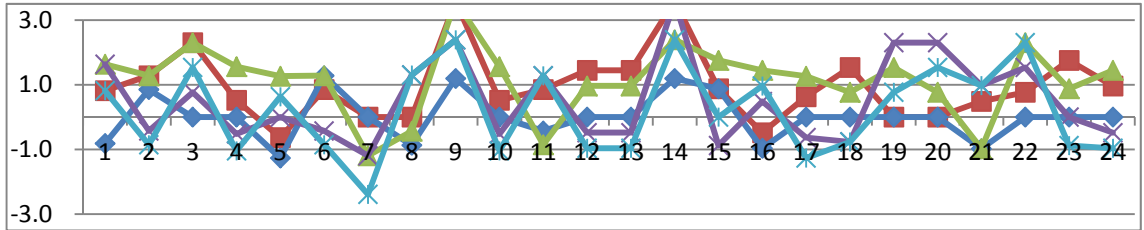


圖4-3 轉換後的 $\frac{X_{ic} - \bar{Xc}}{\sigma_c}$ 管制圖(每個樣本點)

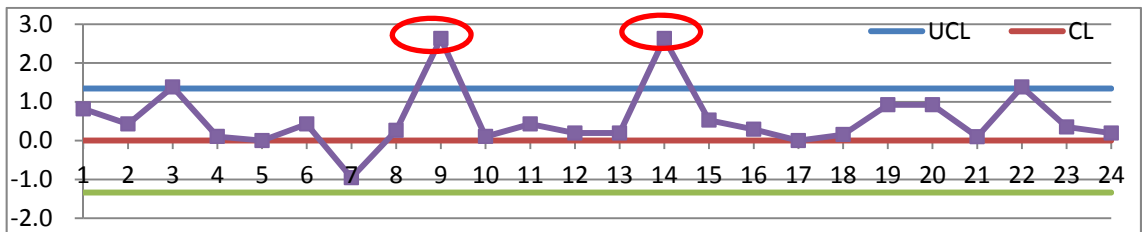


圖4-4 轉換後的 $\bar{X}$ 管制圖(轉換後的樣本取平均值)

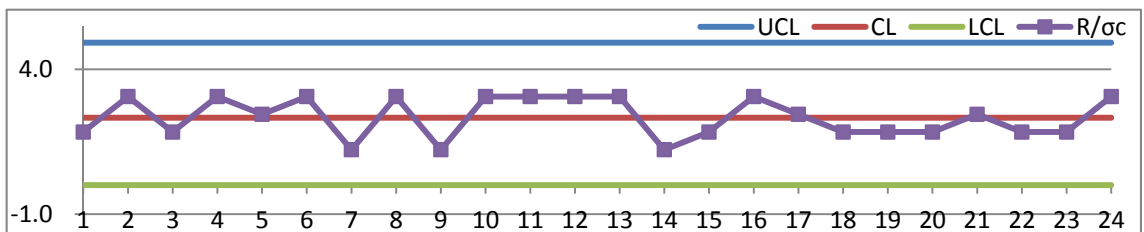


圖4-5 轉換後的R管制圖(轉換後的 $R/\sigma_c$  樣本值)

(二)NC-R：取現場於2014年3月自主檢查量測值，此次找相同目標值來做驗證，每次抽樣也是量測 5 個樣本數。

表4-2 NC-Router 量測數據(Cpk = 2.01)

批號 樣本n	批號							
	Pnl-1	Pnl-2	Pnl-3	Pnl-4	Pnl-5	Pnl-6	Pnl-7	Pnl-8
1	1.089	1.099	1.128	1.092	1.102	1.113	1.099	1.123
2	1.109	1.107	1.130	1.100	1.117	1.111	1.132	1.120
3	1.143	1.124	1.123	1.098	1.118	1.089	1.127	1.136
4	1.138	1.159	1.134	1.081	1.109	1.076	1.156	1.148
5	1.141	1.122	1.115	1.087	1.115	1.053	1.152	1.128



目標值 $\bar{X}_c$	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
標準差 $\sigma_c$	0.024	0.023	0.007	0.008	0.007	0.025	0.023	0.011
資料轉換 $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	-0.459	-0.04	3.83	-1.02	0.30	0.52	-0.04	2.04
	0.376	0.30	4.10	0.00	2.54	0.44	1.40	1.77
	1.795	1.04	3.14	-0.26	2.69	-0.44	1.18	3.19
	1.586	2.56	4.65	-2.43	1.35	-0.96	2.45	4.26
	1.711	0.95	2.05	-1.66	2.24	-1.87	2.28	2.48
批號 樣本n	Pnl-9	Pnl-10	Pnl-11	Pnl-12	Pnl-13	Pnl-14	Pnl-15	Pnl-16
1	1.144	1.113	1.124	1.120	1.075	1.083	1.106	1.073
2	1.152	1.125	1.140	1.118	1.107	1.091	1.124	1.103
3	1.119	1.117	1.138	1.098	1.136	1.106	1.118	1.085
4	1.117	1.107	1.123	1.139	1.121	1.106	1.107	1.106
5	1.125	1.087	1.123	1.062	1.138	1.098	1.094	1.072
目標值 $\bar{X}_c$	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
標準差 $\sigma_c$	0.016	0.014	0.009	0.029	0.026	0.010	0.012	0.016
資料轉換 $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	2.81	0.91	2.78	0.68	-0.97	-1.71	0.52	-1.66
	3.32	1.75	4.64	0.62	0.27	-0.91	2.06	0.18
	1.21	1.19	4.41	-0.07	1.39	0.60	1.55	-0.92
	1.10	0.49	2.67	1.34	0.81	0.60	0.60	0.39
	1.60	-0.91	2.67	-1.30	1.47	-0.20	-0.52	-1.73
批號 樣本n	Pnl-17	Pnl-18	Pnl-19	Pnl-20	Pnl-21	Pnl-22	Pnl-23	Pnl-24
1	1.110	1.110	1.084	1.112	1.104	1.077	1.116	1.106
2	1.122	1.117	1.121	1.138	1.122	1.106	1.126	1.114
3	1.118	1.087	1.162	1.126	1.120	1.098	1.130	1.083
4	1.107	1.081	1.136	1.132	1.096	1.087	1.117	1.077
5	1.106	1.056	1.154	1.139	1.103	1.080	1.128	1.064
目標值 $\bar{X}_c$	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
標準差 $\sigma_c$	0.007	0.024	0.031	0.011	0.011	0.012	0.006	0.021
資料轉換 $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	1.42	0.41	-0.52	1.08	0.35	-1.88	2.47	0.29
	3.12	0.70	0.68	3.43	1.93	0.49	4.02	0.68
	2.55	-0.53	2.01	2.31	1.75	-0.16	4.64	-0.82
	0.99	-0.79	1.16	2.89	-0.35	-1.07	2.63	-1.11
	0.85	-1.80	1.75	3.52	0.26	-1.64	4.33	-1.74
批號	Pnl-25	Pnl-26	Pnl-27	Pnl-28	Pnl-29	Pnl-30	Pnl-31	Pnl-32

樣本n								
1	1.092	1.103	1.080	1.078	1.113	1.105	1.095	1.114
2	1.118	1.113	1.104	1.112	1.135	1.115	1.122	1.125
3	1.171	1.132	1.105	1.101	1.142	1.084	1.165	1.138
4	1.134	1.120	1.085	1.087	1.118	1.074	1.138	1.132
5	1.143	1.123	1.086	1.076	1.133	1.073	1.147	1.132
目標值 $\bar{X}_c$	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
標準差 $\sigma_c$	0.029	0.011	0.012	0.015	0.012	0.019	0.027	0.009
資料轉換 $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	-0.27	0.28	-1.72	-1.43	1.07	0.26	-0.19	1.53
	0.61	1.19	0.34	0.78	2.87	0.79	0.83	2.72
	2.42	2.94	0.43	0.06	3.44	-0.85	2.45	4.14
	1.16	1.84	-1.29	-0.84	1.48	-1.37	1.43	3.49
	1.47	2.11	-1.20	-1.56	2.71	-1.43	1.77	3.49
批號	Pnl-33	Pnl-34	Pnl-35	Pnl-36				
樣本n								
1	1.107	1.088	1.122	1.113				
2	1.104	1.113	1.132	1.116				
3	1.108	1.105	1.132	1.088				
4	1.094	1.081	1.120	1.082				
5	1.083	1.073	1.114	1.065				
目標值 $\bar{X}_c$	1.10	1.10	1.10	1.10				
標準差 $\sigma_c$	0.011	0.017	0.008	0.022				
資料轉換 $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$	0.66	-0.72	2.79	0.60				
	0.38	0.78	4.06	0.74				
	0.75	0.30	4.06	-0.56				
	-0.57	-1.14	2.54	-0.83				
	-1.60	-1.62	1.78	-1.62				

表4-2 的36批量測資料轉換成傳統  $\bar{X}$  & R管制圖如下圖所示，由於此次採取相同規格的小批量生產抽樣，確認使用傳統的  $\bar{X}$  & R管制圖也無法明確得知，因為從圖4-6及圖4-7看起來皆在管制圖判定合格範圍內，而且每批量生產時間短，無法偵測出是否有較小的變異。

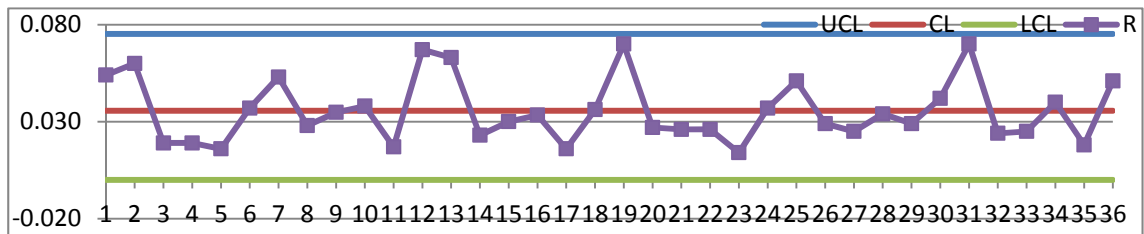


圖4-6 傳統  $\bar{X}$ 管制圖

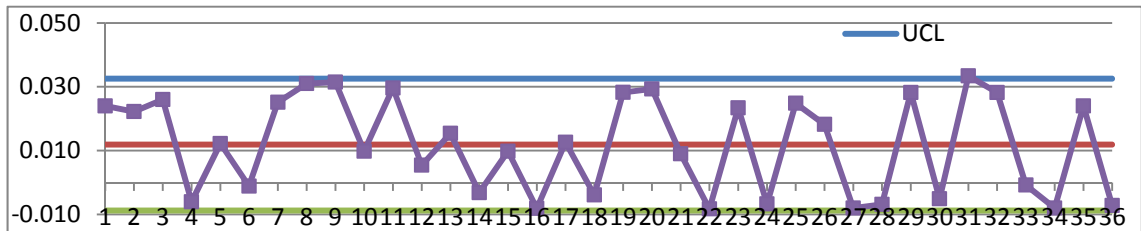


圖4-7 傳統R管制圖

由圖4-8與4-9轉換過的  $(X_{ic} - \bar{X}_c)/\sigma_c$ ，可以從紅色標示處明顯看出不同批號)已超出Short-Run管制圖的管制界限；倘若在製程中有轉換管制圖，可以讓生產單位立即修正補償值或調整精度，避免不良品產生。

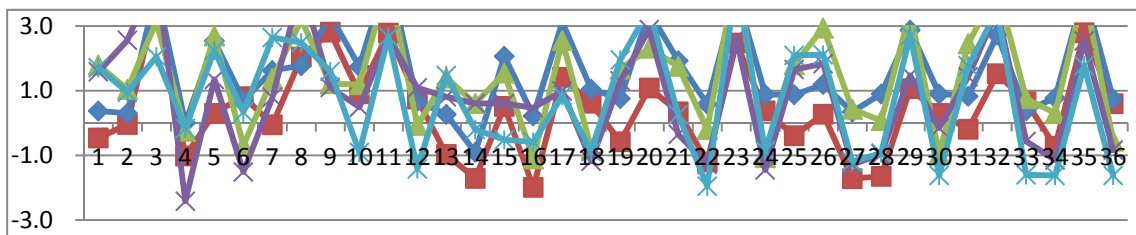


圖4-8 轉換後的  $\frac{X_{ic} - \bar{X}_c}{\sigma_c}$ 管制圖(每個樣本點)

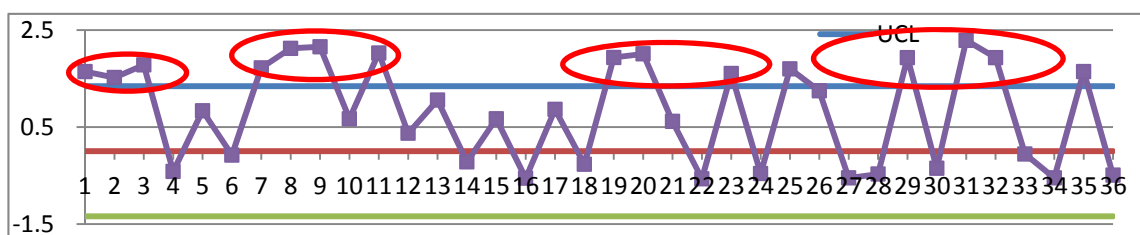


圖4-9 轉換後的  $\bar{X}$ 管制圖(轉換後的樣本取平均值)

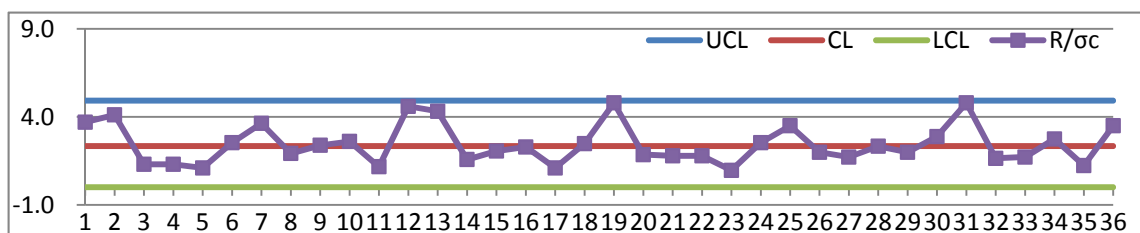


圖4-10 轉換後的R管制圖(轉換後的  $R/\sigma_c$  樣本值)

## 伍、結論與建議

### 第一節 結論

研究基於製造業傳統  $\bar{X}-R$  管制圖無法滿足現今產業小批量生產的品質管制，所以藉由第四章資料分析與結果，可得知少量多樣的生產料號品質管制圖，並經過資料轉換後的改良管制圖，明顯看出其差異性，再輔以適當的品質管理方案，找出適當的管理模式，提升品質良率並減少浪費。

1. 運用資料轉換方法六，可得到新式的Short-Run管制圖，可以在每個批號或每個抽樣樣品組內，立即偵測出製程微小的變異；
2. 小批量管制圖與Cpk並非成為正比或對比，只能說，小批量管制圖主要是發現製程的變異，並加以修正；這些製程些微的變異不影響到Cpk值，因為做Short-Run管制圖前，須事先確認製程是穩定可控的情況下，倘若已超過製程能力或者技術未穩定下，只能用try error方式來調整參數，失去了轉換管制圖用意；
3. 運用不同的品質管理分類，制定適當的管理制度，在新製程技術、穩定小量產、超出製程能力部份，做出明顯的差異化管理，可減少產品開發初期或新客戶產品導入生產時，無法有效監控及管制品質。

### 第二節 建議

1. 建議此轉換後的管制圖，可以用Excel的VBA或巨集程式來設定，將各項參數及圖形都設定OK，生產線作業人員可以直接輸入量測值，規格值上下限即可，立即可以秀出如圖4-3 ~ 圖4-5的管制圖，讓現場作業主管或工程師做出判斷是否修改製程參數；
2. 未來研究方向可以再往(4)迴歸分析與時間序列方向著手，多次量測及判定並畫出散佈圖(建議 5次以上，因為本研究有事先模擬 5次，不易找出其迴歸曲線，可能與量測方法有關聯)，並依此方向找出工具或刀具的磨耗或其壽命週期，進而做到節能減耗的功效；但此方法建議用在高成本的耗材物料上比較有明顯效益。

## 參考文獻

### 一、中文部份

1. 台灣電路板協會(2013) **PCB 市場評析系列 P3**. N.T. Information Ltd 台灣電路板協會，桃園市。
2. 台灣電路板協會(2005)。**印刷電路板概論.養成篇**，台灣電路板協會，桃園市。
3. 房克成、林清風(2005)。**管制圖與製程管制**，三民書局，新北市。
4. 馮桂森(1992)。**品管大師 Davis Bothe 大維博施的新速統計製程管制系統**。品質管制月刊 28 卷 11 期，66-72。
5. 李友錚、賀力行(2012)。**品質管理整合性思維**，前程文化事業出版社，新北市。
6. 劉福裾 (1994)。**新速製程能力指標之研究**。國立交通大學工業工程研究所碩士論文。
7. 張政勛 (2000)。**少量多樣生產型態之製程能力求算之研究**。國立雲林科技大學工業工程與管理系碩士論文。

### 二、英文部份

1. Bothe, R. D., (1988). SPC for Short Production Run. Quality, Vol.27(12), 58-59.
2. Bothe, Davis R., (1989). SPC for Short Production Runs. IEEE Conference, 1960-1963.
3. Al-Salti ,M. and Stathamr, A.(1994). A Review of the Literature on the Use of SPC in Batch Production. Quality and Reliability Engineering International, Vol.10, 49-61.
4. W. A. Shewhart,(1924). The Economic Control of Quality of Manufactured Product. New York, Van Nostrand, 1931. xiv+501 pp.
5. W. E. Deming, (1982). Quality,Productivity,and Competitive Position, MIT, vii, 373 p.
6. Montgomery, D. C. (2001), Introduction to Statistical Quality Control, Journal of Quality Technology, Vol. 33(4), 524-525.
7. Saravanan, A. & Nagarajan, P.(2013) Implementation of Quality Control Charts in Bottle Manufacturing Industry. International Journal of Engineering Science & Technology; Vol. 5 Issue 2, p335-340,

8. Page, E. S. (1954), Continuous inspection schemes. *Biometrika* 41, 100-115.
9. Robert, S.W. (1959). Control Chart Tests Based on Geometric Moving Averages, *Technometrics* 1, 239-250.
10. Lucas, J. M. and Saccucci, M. S. (1990). Exponentially Weighted Moving Average Control Schemes : Properties and Enhancements, *Technometrics*, Vol. 32, pp. 1-16.
11. Quesenberry, C.P., (1991). SPC Q Charts for Start-Up Processes and Short or Long Runs. *Journal of Quality Technology*, Vol. 23(3), 213-224.
12. Quesenberry, C.P., (2000). Statistical process control geometric Q-chart for nosocomial infection surveillance. *American Journal of Infection Control*, Vol. 28(4), 314-320.