

製程品質的改善

■ 潘浙楠

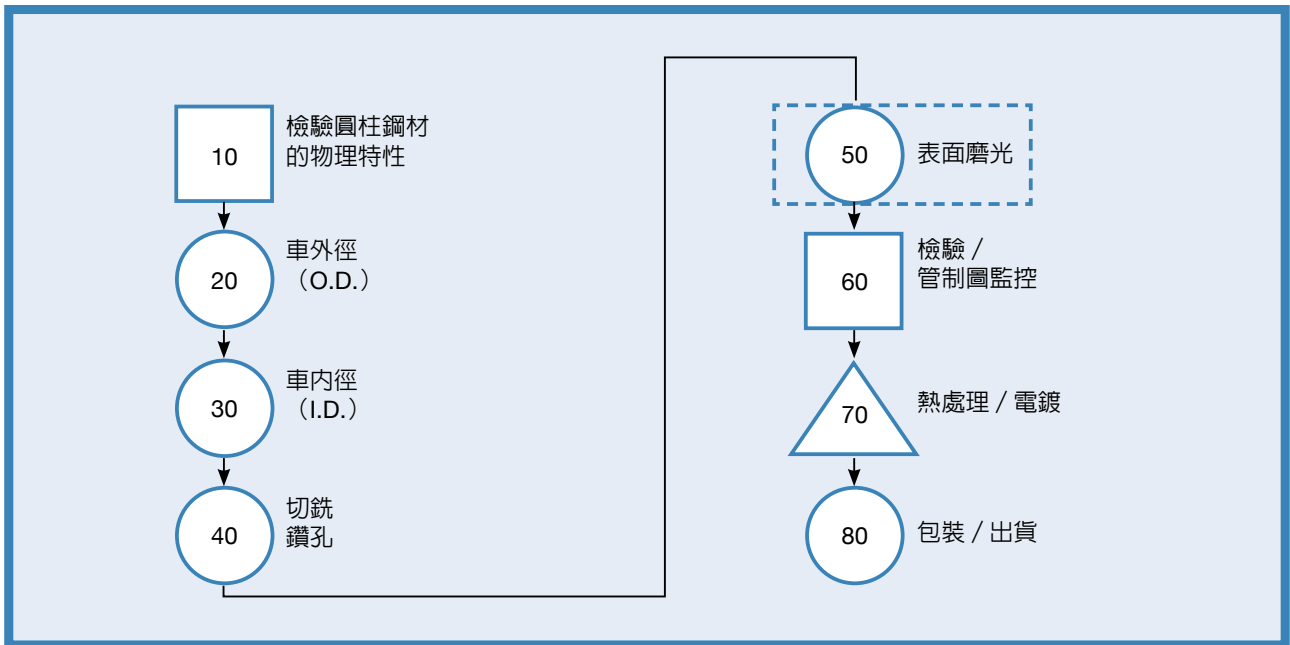
在製造工業產品的過程中，為了解並監控產品品質的變化，必須定期抽取樣本檢驗，以做為長期製程能力分析與製程改善的資訊。所謂統計品管，就是利用統計方法改善產品製造與服務的品質。

在2010年南非世界盃足球賽中，最大的驚奇莫過於章魚哥保羅對世足賽大結局的預測。連續8次出爪無一落空的保羅，除了猜中德國隊在季軍戰中獲勝外，也猜中西班牙隊會擊敗荷蘭隊奪得冠軍。

能夠如此神準連續8次猜中的機率僅為 $(1/2)^8=0.391\%$ ，這相當於統計學中型I誤差（誤警率）為 $\alpha = 0.391\%$ ，也就是說章魚哥保羅亂放警訊的機率不到0.4%，也表示我們有99.6%的信心可以相信保羅的預測。有趣的是，這一事件的背後，正隱含工業界對異常管制圖判定準則制訂的重要觀念。

眾所皆知，在製造工業產品的過程中，為了解並監控產品品質的變化，必須定期抽取樣本檢驗，再藉由樣本數據研判製程的穩定性，以做為長期製程能力分析與製程改善的資訊。統計的目的就在於蒐集數據 / 資料、分析資料，並把資料轉成有用的資訊。所謂統計品管，是指利用統計方法改善產品製造與服務的品質。

日本品管專家石川馨（Ishikawa）曾針對統計品管的7大手法，即流程圖、點檢表、直方圖、管制圖、伯拉圖、要因分析圖及散布圖，予以闡述，這7種統計手法就是改善製程品質最主要的工具。



中空圓柱鋼管的製造流程圖

欲有效地應用這些手法解決實際問題，必須先弄清楚這些圖表的目的。例如流程圖是為了解並掌握工作程序；點檢表是為方便蒐集資料而設計的分類表；直方圖是為掌握製程變異與工程規格間的關係，是進行短期製程能力分析的主要工具；管制圖則是為監控制程的穩定性，以及關鍵品質特性隨時間的變化與表現，它是執行長期製程能力分析的工具。

管制圖與直方圖最主要的區別在於直方圖有如照相機，只能拍出製造當時的表現，管制圖則如同電影攝影機，可以長期觀察並記錄製程的穩定

性，並能夠在製程脫離管制狀態時及時反映。伯拉圖是為掌握品質問題的重點，要因分析／魚骨圖則是為了解品質問題的因果關係，並有系統地整理出導致缺點的原因，以做為擬定改善對策的依據。至於散布圖，則是為探討兩筆資料間的相關性，以做為預測品質特性表現的分析基礎。

流程圖

製造流程圖是一種了解、掌握並改善工作程序的方法，它是以符號對製程的現況做一剖析。藉由工作的細分，可以清楚地知道哪些是有價值的動

章魚哥保羅連續8次猜中世足賽的獲勝球隊，這一事件的背後，正隱含工業界對異常管制圖判定準則制訂的重要觀念。

作，哪些是沒有價值的動作，這是工業工程師簡化工作的前置作業，也是定義品質的基本工具。

例如，若中空圓柱鋼管的表面磨光程度是一個可以反映產品品質特性的關鍵製程，則必須選擇適當的管制圖，監控其特性的穩定性。

點檢表

點檢表是自系統蒐集資料的工具，它的目的在於方便資料的整理。點檢表必須符合特定的需求，設計上盡可能簡單正確。常見的點檢表有：

記錄性的點檢表 例如某一生產投影機的工廠，最終檢驗的項目是投影機外觀的缺失，如表面疤痕、玻璃裂縫、零件不完整、噴漆顏色剝落等問題。若檢驗員檢查2,530個產品，發現86台投影機有瑕疵，缺點總數共有115個，則可求得每台投影機的平均缺點數是 $115 / 86 = 1.337$ 個 / 台，不良率是 $86 / 2530 = 4.54\%$ 。

標示缺點位置的點檢表 又稱為缺點集中

圖，例如若電路板的缺點都集中在某一象限，品管人員就可針對這象限研擬改善對策。

詳列檢查項目的清單 例如汽車維修定期檢驗時，常見的冷卻系統、傳動系統、剎車系統、發動系統等檢查項目。有了清單，檢修人員就有所依循而不致疏漏。

直方圖

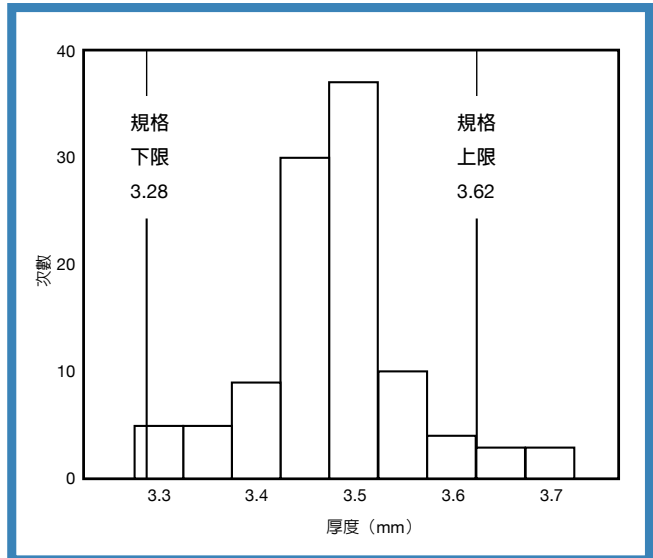
直方圖 (histogram) 又稱次數分布圖，是一種以圖形展現「量測資料」的方式，它可表現製程變異的狀況，是品管人員最常使用的工具之一。例如在某工廠金屬塊的製造過程中，厚度的平均約為3.48毫米，若規格上限是3.62毫米，下限是3.28毫米，則透過直方圖可發現由於製程變異太大，造成不少金屬塊的厚度因不合規格而報廢，可見這一製程最迫切需要改善的問題就是減少變異。

工廠品管常見的直方圖形狀及其可能的原因有：「崖狀」代表零件可能經過篩選、「對

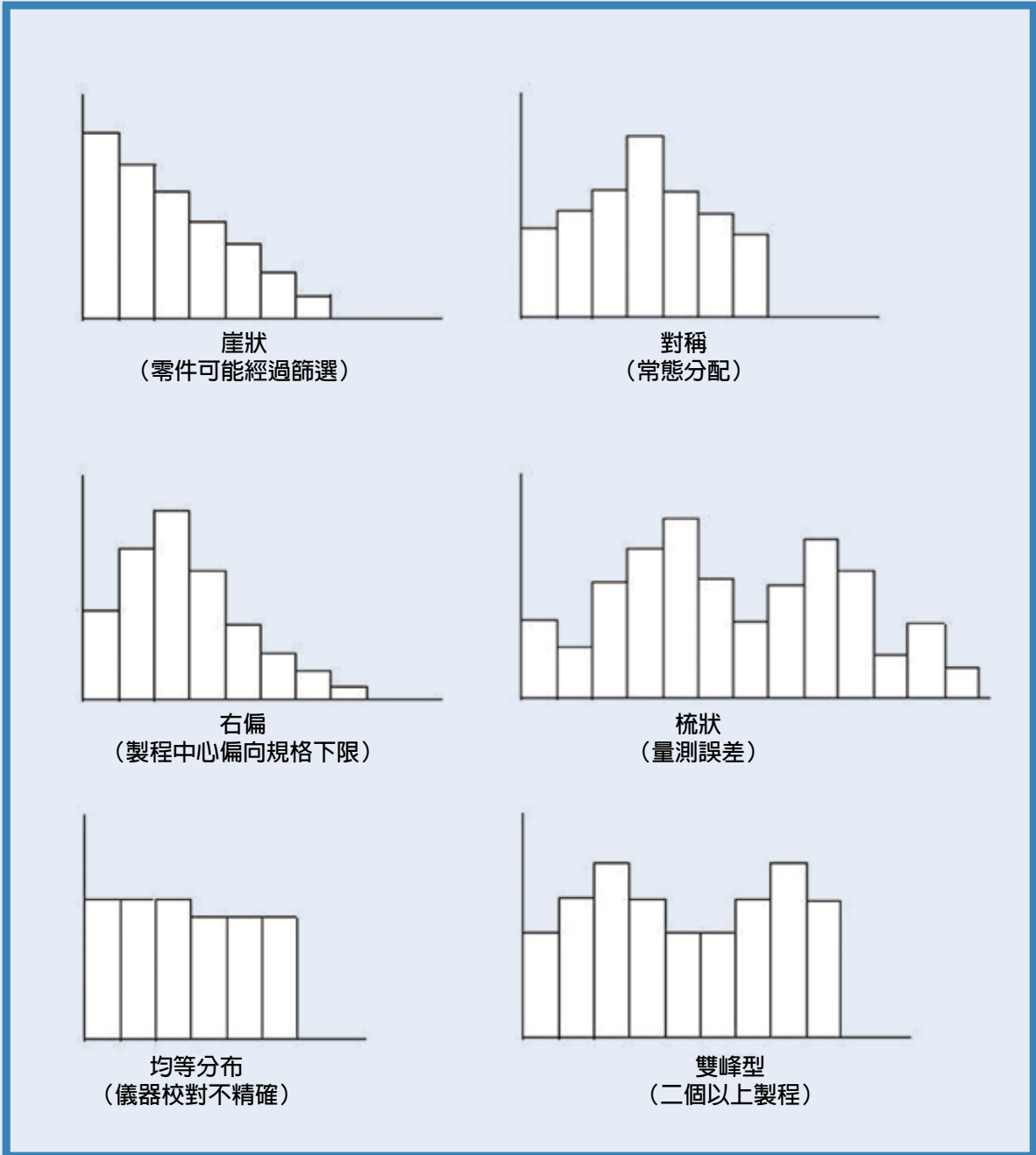
產品：投影機	日期：
工作站：最終檢驗	部門：
缺點型態：如下	檢驗員：
總檢查數：2,530	序號：

缺點型態	個數	累計
表面疤痕		32
裂縫		23
不完整		48
顏色問題		4
其他		8
	總計：	115
不良品總數		86

評估缺點的點檢表



金屬塊厚度的次數分布圖



直方圖的形狀

稱」代表正常的常態分配、「右偏」代表製程中心偏向規格下限、「梳狀」代表可能的量測誤差、「均等分布」表示可能是量測儀器校對不精確、「雙峰形狀」表示有兩個以上製程混雜在一起，應予以區隔。

透過直方圖形狀的分析，品管人員就可研判品質問題產生的可能原因，進而擬訂解決的方法。雖然直方圖無法展現製程隨時間變化的趨勢，但它像照相機可拍出製程當時的表現，非常適合品管人員在診斷問題及研擬改善對策時參考。

管制圖

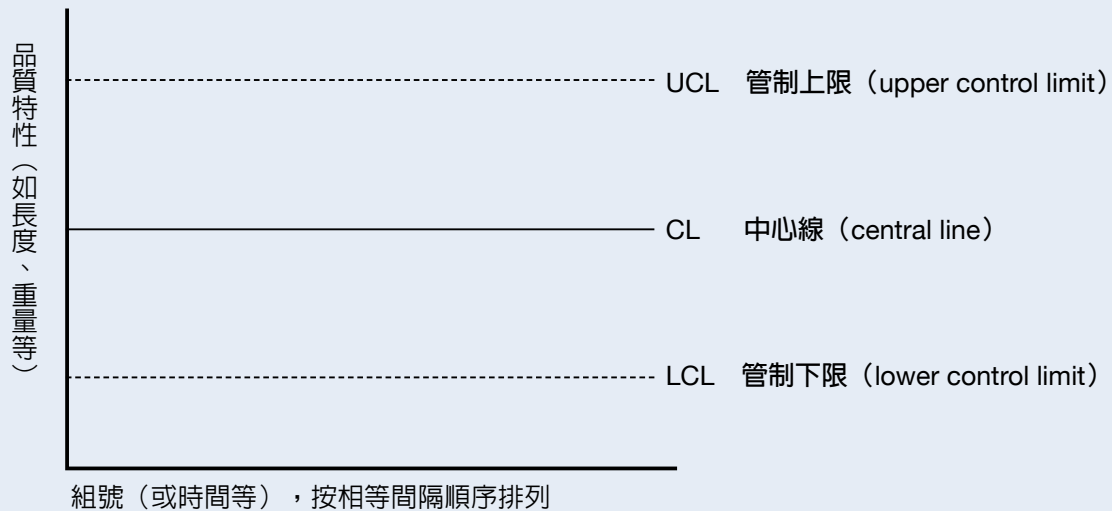
管制圖（control chart）是把製程中所蒐集品質特性的量測資料加以整理，並計算其位置統計量（平均數、中位數）及變異統計量（標準差、全距），再依統計學的中央極限定理，把所求得製程平均及變異的中心線與上、下管制界限繪製成圖，藉以判斷製程品質特性隨時

間的變化狀況，管制圖現已成為監控製程品質不可或缺的工具。

在管制圖上，橫座標常用以表示製品的樣組序號或時間別，縱座標代表品質特性的量測值。管制圖繪製的目的，是要訂出管制界限，藉以判斷製程是否有異常狀況發生，以利檢討改善，確保製程維持在良好的管制狀態。簡言之，管制圖旨在提供製程是否呈穩定狀態的資訊，以做為品質改進的依據。

機遇原因與非機遇原因 管制圖常把製程品質變異的原因分為機遇原因與非機遇原因兩種。其中非機遇原因是製程分析中需要特別注意且必須採取行動的，而機遇原因通常是自然現象，並不需要特別處理。

機遇原因所造成的品質變異，在生產過程中是不可避免的。同一作業員在相同的操作條件下，製造出來的成品可能有些許差異，同樣情形也可能發生在同一部機器、同一種材料上，這種差異只能歸諸自然現象。若製程只出



管制圖的基本結構

現由機遇原因產生的變異，則這製程可視為呈現穩定的正常狀態。

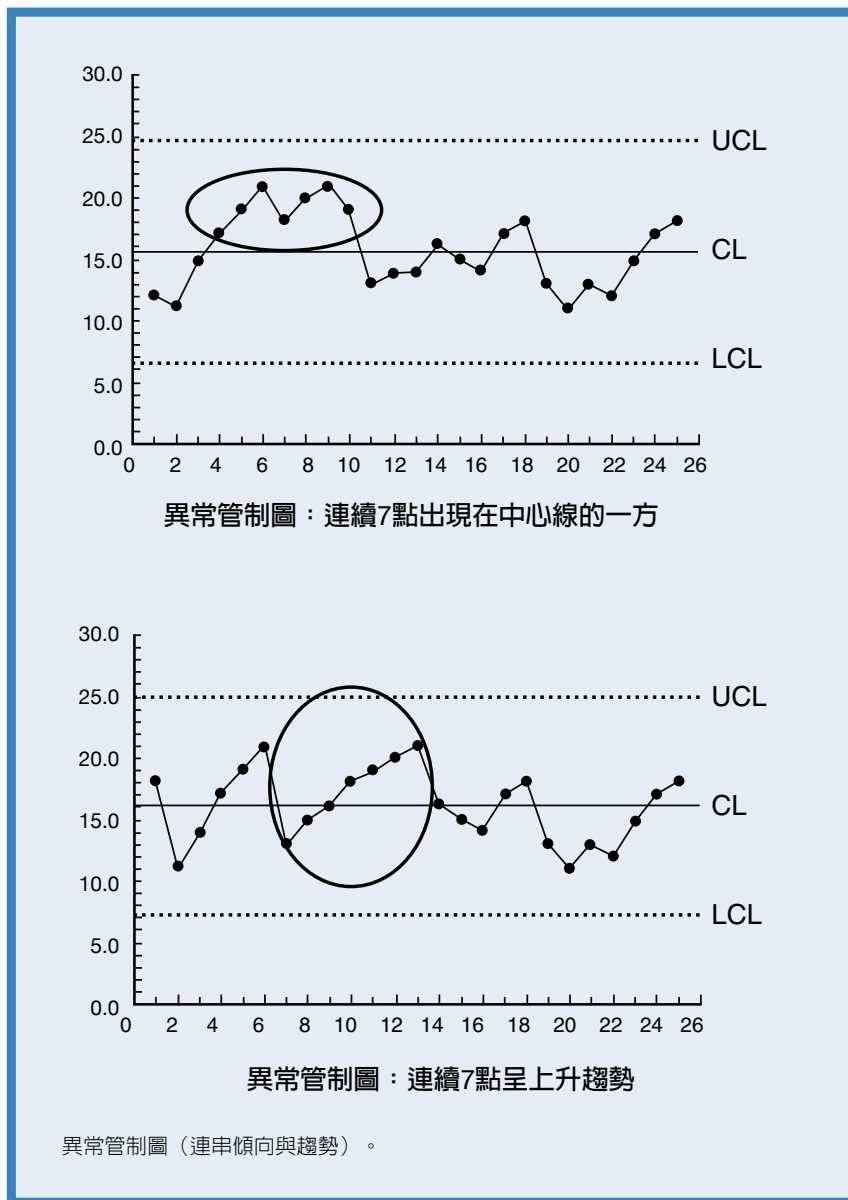
非機遇原因是製程受到一些特殊因素的影響，包括機具設定失當、操作失誤或材料不佳，這類變異通常可在追查原因後採取對策予以排除。追查非機遇原因可由5M來分析：Man—是否是人為疏失；Machine—機器是否未保養；Material—材料是否已變化；Method—操作方法是否不當；Measurement—量測工具是否失準。非機遇原因所造成的品質變異通常較大且較明顯，因此製程若出現非機遇原因的變異，表示這製程呈現不穩定的異常狀態。

異常管制圖的研判 品管人員可藉由管制圖中樣本點的分布是否出現下列異常現象，來研判製程品質是否出現異常變異的風險。

逸出管制上下限——一般而言，若有一點逸出管制界限外，就可判定製程出現異常。

連串傾向與趨勢——連續有7點（含）以上出現在中心線的上方或下方，就構成連串（run）；連續有7點（含）以上呈一路上升或下降的趨勢。

上述兩種被判定為異常現象的機率都很小，例如發生在中心線上方的機率與發生在中心線下方的機率都是 $(1/2)^7 \approx 0.78\%$ ，統計學稱這種機率是型I誤差（ α ），即製程正常而被判為異常的誤警機率。



管制圖判異準則的制訂正是統計學中「假設檢定」的應用，統計方法是強調證據的科學，在沒有充分證據支持的情況下，通常以無罪推定論，認為製程呈穩定狀態，若有充分的證據支持，則可以推翻虛無假設而承認對立假設。據此，我們有99.22%的信心可判定製程確已產生異常變動。

觀之章魚哥保羅連續8次猜中世足賽獲勝球隊的機率僅0.391%，較管制圖判異準則的誤警率0.78%還小，可見其猜測的神準。

伯拉圖

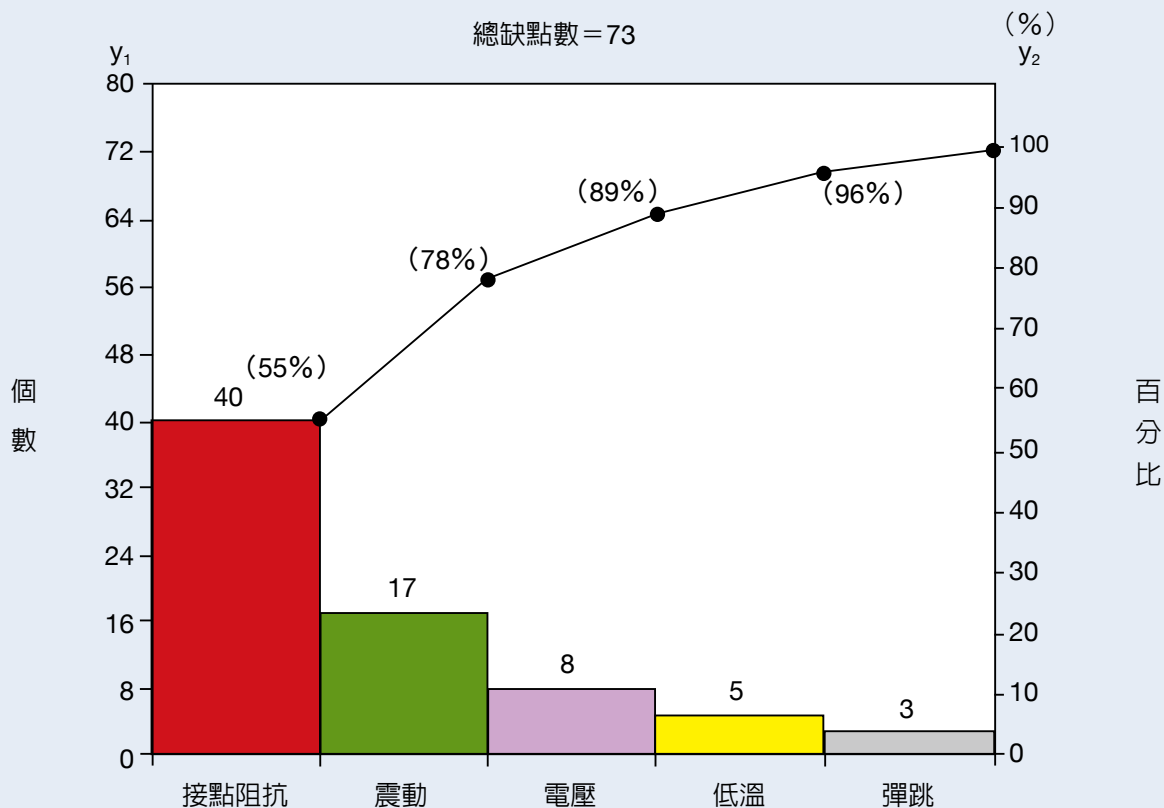
伯拉圖 (Pareto chart) 分析又稱80-20法則，是18世紀義大利的經濟學家伯拉圖鑑於「義大利全國大多數(80%)的財富僅由少數(20%)有錢人所擁有」的現象所提出的。品管大師茱蘭 (Juran) 把它應用在品質管理上，發現大多數(80%)的品質問題都由少數(20%)的缺失所造成的。若能解決這些少數的缺失，則多數品質問題便可迎刃而解。後來80-20法被廣泛應用於存貨及時間管理上。

總之，伯拉圖分析的目的在於掌握品質問

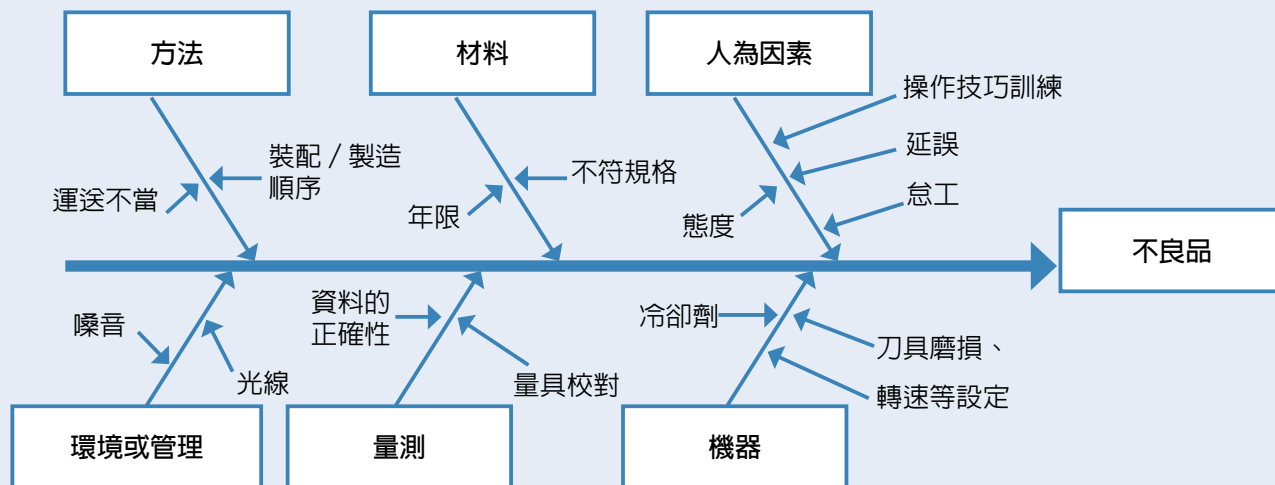
題的重點，以集中有限的資源、時間與人力去解決當務之急。例如從工業用繼電器 (relay) 缺點的伯拉圖分析，可發現接近八成(78%)繼電器的品質問題是由接點阻抗 (contact resistance) 及震動所造成的。品管人員可據此研擬出相關的改善對策，以有效解決退貨問題。

要因分析 / 魚骨圖

要因分析圖 (cause and effect diagram) 又名魚骨 (fishbone) 圖，是日本品管專家石川馨所創。它包含了如魚骨的直線及如魚刺的箭頭，展現了品質問題與原因間的關係。一般而言，影響品質缺點或造成不良品的原因可分成7大類，即所謂7個M：人為因素、材料、操作方法、機器、量測、環境、管理因素。



繼電器缺點的伯拉圖



車床加工的魚骨圖分析－影響不良品的7M。

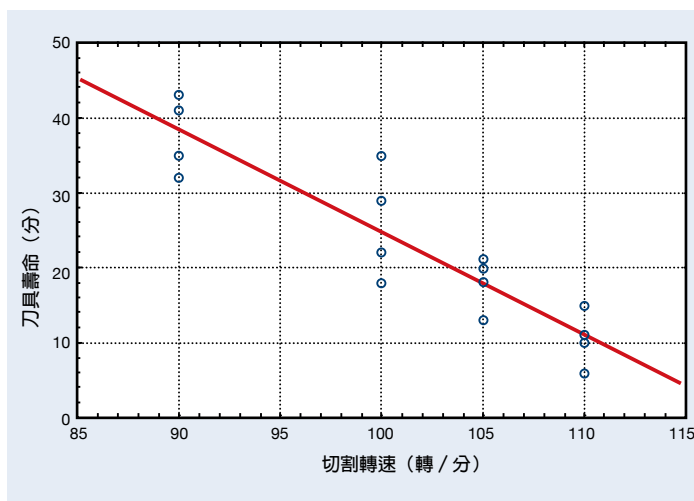
事實上，問題癥結的釐清不外乎求之上述7個M。在機械工廠車床加工不良品產生的例子中，品管人員就藉由魚骨圖的分析做腦力激盪，從而找到品質改善的方向。

散布圖

散布圖 (scatter diagram) 的目的在於呈現兩個計量變數間的關係，其中自變數 (x) 列於橫軸，因變數 (y) 則列於縱軸。藉由散布圖分析，可以觀察到兩組資料間的關係，並判定自變數與因變數間呈線性或非線性的關係，進而利用迴歸分析的方法建構出x與y之間關係的預測方程式。

從車床加工中刀具壽命與切割轉速呈負相關的散布圖中，可求得藉由切割轉速 (x) 預測刀具壽命 (y) 的迴歸方程式。這一預測方程式對車床加工切割轉速的設定，以及製程品質的改善，有非常大的助益。

統計圖表是把製程資料轉成重要資訊的利器。本文依序介紹了解並掌握工作程序的流程圖、方便蒐集缺點的點檢表、展現製程變異樣式的直方圖、監控製程穩定性的管制圖、找出重要缺點/品質問題的伯拉圖、對因果關係做系統整理的要因分



刀具壽命與切割轉速的散布圖

析圖、描繪自變數與應變數之間相關性的散布圖等7大統計手法，可做為讀者今後應用統計手法改善製程品質時的重要參考。

潘浙楠
成功大學統計學系