

建立製程管制前的製程潛力評估

◎楊沛昇 編譯

許多品質管理著作對如何了解與量測製程能力之工作投入了相當多的時間與努力，而製程能力的定義就是在製程由目前的設計在給定的時間生產的最佳狀況。

目前，普遍認同製程能力分析暗示以下兩件事：

- 建立製程管制
- 藉由計算製程能力指數來將製程表現與客戶要求進行比較

在圖1可以看到，只能在製程處於統計管制時才能對製程進行能力分析與改進，對於未處於統計管制的製程進行製程能力分析，會得到不具可信度的製程能力結果。

我們同意由管制外的(out of control,

OOC)製程量測取得之製程能力的結果是不具可信度的，然而，我們相信甚至是管制外的製程也必須需考慮到客戶的要求，無視客戶要求直到系統維持在統計管制狀態將會浪費時間與金錢。

雖然依據過去的傳統思維，製程管制與製程能力應依序完成，但同時對製程管制與製程能力進行評估也是有其實用性及有效性的評估工具。

因此，我們提出額外的方法就是對依據製程潛力評估所得之製程能力分析結果進行觀察。對於不處於統計管制的製程，圖2說明如何依據潛力的額外檢驗來決定後續行動。

圖1 目前製程管制與製程能力間的關係

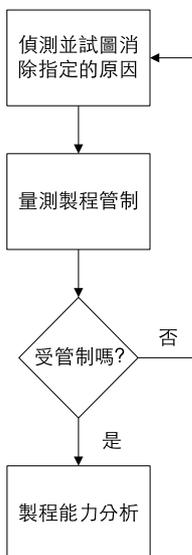
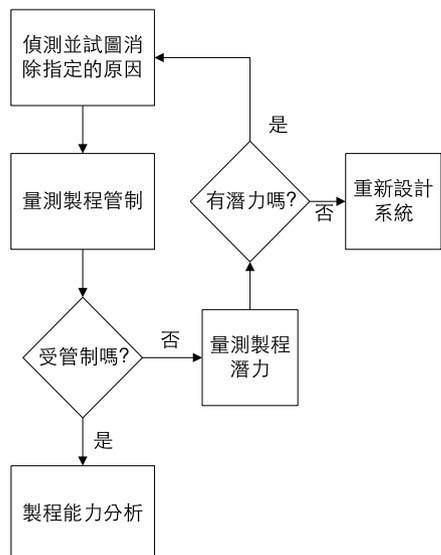


圖2 本文建議之製程管制與製程能力間的關係



這項檢驗是依據一個問題：假如製程處於管制狀態，則製程是否有能力符合客戶期望？假如不行，則系統應該被重新設計並不用再付出更多努力來建立管制，某些製程，不管是否處於統計管制，都將無法符合客戶要求。

用一個例子進一步說明。紐約大都會隊與紐約洋基隊的總教練Casey Stengel在和記者討論有關於隊上兩位年輕球員時說到：

「看到那邊的小夥子嗎？他今年二十歲，再過十年，他有機會成為一名球星。再過去另一位小夥子，他今年也是二十歲，再過十年，他有機會變成三十歲。」

無法鑑別出哪些製程永遠不可能符合客戶期望—甚至是處於統計管制的製程—都會浪費無謂的時間與努力。

量測潛力

量測一個製程的潛力需要進行假設分析(what-if analysis)，考慮一個管制外的製程，在投入時間與努力，實際著手偵查與消除指定的原因前，我們建議依循下列假設來分析問題：要是指定的原因能被發現與移除要怎麼樣呢？若是如此，則管制外的點是可被消除而且潛在製程統計—具體說明，就是製程標準差與製程平均值—是可以被估算出來。

為了統計的正確性並提供隨時間推移之製程的適當表示，專家建議最少使用25個子組(subgroups)來制定初始管制界限(initial control limits)，因此我們建議，採用五十份樣品或子組來開始。在計算取得初始管制界限後並且定義出管制外的樣品，進行移除管制外的點與重新計算新界限的重覆工作。

期望結果將會有至少一半的結果是落在製程統計內，若非如此的話，則可以認為此製程無法穩定而使為製程變化而建立

之評估無法被取信的，或是所使用的取樣方式無法真實反映存在於製程中的機會變異(chance variation)。以上兩種潛在原因應在製程建立製程標準差與製程平均值前都需加以考慮。

本文中，製程標準差潛力(potential process standard deviation)定義為 σ' ，同樣地，定義製程平均潛力(potential process average)為 \bar{X}' 。能力指數(capability index)或 C_{pk} —最初是由福特汽車公司Ford Motor Co.發展—已隨時間經歷了幾次改動。一般來說，廣為被大多數人所接受的 C_{pk} 方程式是製程平均值(\bar{X})與規格之間的差異，藉由除以三倍所估算出的製程標準差，則可以利用製程標準差潛力 σ' 來計算出潛在製程能力指數(potential process capability index) C_{pk}' 如下：

Potential process capability

$$\text{ratio, } C_{pk}' = \text{MIN} \left\{ \frac{USL - \bar{X}'}{3\sigma'}, \frac{\bar{X}' - LSL}{3\sigma'} \right\}$$

假如 C_{pk}' 是可被接受的（最小值至少大於1），則此製程是有潛力的且應繼續對指定的原因進行偵查與消除，反之如果 C_{pk}' 最小值小於1，則此製程甚至是受管制的製程都將永遠無法符合客戶的期望、要求，所以應完全地重新進行設計。

品質改善策略指引

本文提供了建立製程管制與在其後之決定製程能力，此兩階段中製程改善策略的機會，在圖2中的流程說明了在建立製程管制前應先對製程潛力進行評估。

現在，我們將藉由提示與依據製程管制處於何種狀態與製程潛力是否符合規格所產生的四種情形來展開這項新的品質改善流程，依據四種象限（Zone-1、Zone-2、Zone-3與Zone-4）如表1，將有各自適合的品質管理行動。



表1 依據製程管制與製程能力潛力產生的四種情況

潛在製程能力是否符合規格?	製程是否處於統計管制?	
	是	否
是	Zone-1	Zone-2
否	Zone-3	Zone-4

假如製程處於統計管制且有潛力符合規格，則此製程可被歸類為表1中的Zone-1製程。基於成本考量，對於此種製程應可以減少其檢驗審核，因為這個製程已不需要任何品質管理活動。

我們了解持續改善、重新設計系統或更換工具有可能減少製程變異，但我們已經假設符合規格是我們可接受之製程品質水準的定義。

假如是屬於表1中Zone-2的製程，則

採用統計製程管制與逐批驗收取樣驗將可以改善品質。對於屬於表1中Zone-3的製程，統計製程管制與逐批驗收取樣驗收是無法改善品質的，因為製程輸出已經穩定，對於製程屬於Zone-3的情形，應重新審視規格是否適當或是重新設計系統與工具。對於屬於表1中Zone-4的製程，任何品質改善活動都可對其產生幫助。表2則整理出Zone-1至Zone-4的建議品質改善活動。

表2 依據表1各個情況所適用的品質改善活動

	Zone-1	Zone-2	Zone-3	Zone-4
100% inspection		X	X	X
Lot-by-lot acceptance sampling		X		X
Statistical process control		X		X
System redesign			X	X
Specification review			X	X
Reduced inspection audit	X			

技巧實例

這個評估與規定的技巧可用於供應商分析或檢查內部製程，事實上，這項概念的發展來自於美國主要食品製造廠商在找尋將供應商之製程表現與輸出分類的方法，更重要的是，在有需要時指導這些供應商採

取適當的矯正活動。

這家食品製造廠商邀請前25大供應商參加供應商評估與促進計畫，從這些供應商得到製程資料，依據統計管制與它們符合現行規格的能力潛力，來決定各供應商屬於上述Zone-1、Zone-2、Zone-3

或Zone-4中的那一個區域，那些不屬於Zone-1的供應商會與這家食品製造廠商進行如何改善品質的討論。

部分供應商被歸類為屬於Zone-2，這些供應商都沒有統計製程管制系統，但部分供應商計畫購買新設備以因應它們的品質問題，這家食品製造廠商則鼓勵這些供應商投資於統計製程管制(SPC)培訓與執行用以取代投資於購買新設備，後來使用SPC的供應商中只有一家供應商未由Zone-2進步至Zone-1。

相反地在Zone-3中的供應商，至少有兩家準備投入資金擴大進行統計製程管制(SPC)培訓，這些供應商都相信優先投入資源給可使公司有穩定符合規格的製程技術，將可以節省許多先前因為被退回而只能報廢的原物料成本。而在Zone-3中的一家供應商在與這家食品製造廠商討論後，就將不必要的加嚴規格加以放寬，就可以不用花一分錢便進入Zone-1。

挑戰與未來研究

在與不同的組織合作中，我們知道這些製程潛力評估已被品質管理人員所使用，但我們相信仍需對其作進一步的研究。

其中一個最明顯的挑戰就是，我們所依據的假設是管制外的點(OOC point)可以被消除的，這不是一個簡單的假設而且要求品質管理人員依據不確定的未來做出決定，幸運的是，解決問題的技巧例如柏拉與因果關係圖(魚骨圖)都可以幫助我們。

這項評估與規定的技術可以用於供應商分析以及內部製程，它提供了一個檢驗製程所做與做到之能力的方法，這項評估能指引使用者利用適當的矯正措施並持續改善。

參考文獻

1. Daniela Marzagao, "C_p, C_{pk}, P_p and P_{pk}: Know How and When to Use Them", iSixSigma, Feb. 26, 2010, <http://www.isixsigma.com/tools-templates/capability-indices-process-capability/>
2. Thomas Pyzdek, The Six Sigma Handbook, revised and expanded edition, McGraw-Hill, 2003.
3. K. Lai Chan, Smiley W. Cheng and Frederick A. Spring, "A New Measure of Process Capability: C_{pm}," Journal of Quality Technology, Vol. 20, July 1988, pp. 162-175.
4. William J. Stevenson, Operation Management, 11th edition, McGraw-Hill, 2012.
5. Pyzdek, The Six Sigma Handbook, revised and expanded edition, see reference 2.
6. Ira Berkow and Jim Kaplan, The Gospel According to Casey, St. Martin's Press, 1992, p.23.
7. Eugene L. Grant and Richard S. Leavenworth, Statistical Quality Control, sixth edition, McGraw-Hill, 1988, pp. 122-125.
8. Marzagao, "C_p, C_{pk}, P_p and P_{pk}: Know How and When to Use Them" see reference 1.
9. Philip B. Crosby, Quality is Free, McGraw-Hill, 1979.
10. Pyzdek, The Six Sigma Handbook, revised and expanded edition, see reference 2.

作者

C. Steven Arendall
Andrew A. Tiger
Kevin W. Westbrook

