依據製程能力及價格分析選擇供應商

◎李麗女

供應商的選擇是供應鏈管理中非常重要的一環，在這當中已有無數的方法被提出來，其中製程能力指數被視為是確認品質料件最有效的技術，但是，供應商的選擇必需根據品質及價格兩者來加以執行完成，但並不存在一項簡易的工具以便於用一種整體性的方式以評估價格和品質。在本文中，提出一個新方法以利用能力指數及價格比較(CPC, Capability index and Price Comparison)圖以選擇供應商。CPC圖整合多個供應商的製程能力及價格資訊並將它們在單一張圖表中展現出來，它提供了一個簡單而且有效的方法，在選擇供應商時同時地考量到品質及價格。

1. 簡介

供應商選擇在供應鏈管理是相當重要的一環，其技術有價格比較、樣品檢驗、工廠拜訪、場地勘查，驗證（如ISO 9000或QS9000）以及為製程所提出的製程能力（Ourkovic及Handfield,1996），這些方法當中，在選擇好品質的產品或料件時，製程能力是被視為最有效的方法（Asokan及Unnithan,1999；Boyles,1996；Chan et al., 1991；Chen,1990；Liu,1993；Pearn及Chen,1997-98；Pillet et al., 1997-98；Singhal,1990；Team et al., 1993），好幾項的研究更進一步地採用製程能力指數以選擇一個供應商，Chou(1994)運用假設檢定以檢定製程能力指數來選擇供應商，他們的方法並不難以使用，但是它只適合於兩家供應商間的比較，Tong et al. (1998)運用自力救濟的方法，以建立此一自力救濟的信賴區間以區分兩家供應商之間的C_{pk}值。

雖然，製程能力研究是一個有效的方法以確認一家品質優良的供應商，但在實務上價格仍然是廣被使用的因素之一；假設不考慮物料的成本，產品價格的競爭性可能下降，而且邊際利潤也可能漂移，在採購價格上適度的調降5%可能可以獲得在利潤上有50%的提升(Ballou,1999), Verma及Pullman(1998)在他們的研究中指出雖然品質、價格、彈性及交期等績效對需求者的經理人似乎是很重要的，但是調查的結果顯示他們選擇供應商主要地實際上仍根據成本及交期績效。Hirakubo和Kublin(1998)在他們的研究報告中提及雖然日本人的電子零件採購者在他們的採購決策中將產品特性值及供應商能力納入考慮，價格仍是一項重要的決策準則，由於高人工成本及銷售價格的競爭性其並不管產品種類。Lau(2000)在中國、香港特區對超過100家的公司進行對供應商選擇方法的研究，其調查結果（表1）顯示出價格及樣品承認兩者仍保有著選定過程的主要實務依據項目，只有很小百分比(4%)的公司在他們運作的實務上是同時使用價格及能力指數。

在供應商選擇的過程中，價格及品質是重要的因子，而且必以整體的方式加以評估，但是卻沒有正式的方法可用於評估整體的價格及能力，因此，假設樣品是好的，供應商的選擇仍主要是依據價格因素，在本文中，利用能力指數及價格比較(CPC)表提出以此一整體性的供應商選擇方法以評估供應商的品質及價格，CPC圖是一種圖表以呈現製程能力和價格資訊，同時做為管理階層決定供應商選擇的決策依據。

CPC圖的概念由Singhal(1990)提出並擴大應用至C_{pk}MPZone圖，C_{pk}MPZone圖在第二節將做簡短的討論；第三節提出更詳盡製作CPC圖的方法；為了展現CPC圖

的應用，第四節將討論到卡車燈座之軸承球零件的兩個工業上之個案；第五節將對整個研究做一個總結。

表1

供應商選擇方法調查之彙總

方法					
頻率	價格	樣品承認	工廠拜訪	ISO 9000	C_{pk}
32	√	√			
28	√	√	√		
20	√	√		√	
16	√	√	√	√	
4	√				√

2. CpkMPZone

C_{pk}指數被發展成為一個簡單的矩陣乃為了顯示全面性的基礎製程變動和分佈偏差情況此兩種效應，C_{pk}的計算方式如下：

$$C_{pu}=\frac{USL-\mu}{3\sigma}$$

$$C_{pl}=\frac{\mu-LSL}{3\sigma}$$

$$C_{pk}=\min\{C_{pl},C_{pk}\}$$

其中USL及LSL分別為上及下規格界限，在實務上，製程平均值μ及製程標準差σ幾乎是未知的，而且是由樣本平均數$\bar{X}$及樣本標準差S加以推估的，其如下：

$$\bar{X}=(\frac{1}{n}\sum X_i),S=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum(X_i-\bar{X})^2}$$

其中X_i為項目i的真實品質度量值而n則為所有項目的總數。

在一個多個製程的環境下，其中的製程群組必需加以監控或評估，其難以對每一個個別的圖分析以評估製程管制活動的全面性績效，Singhal(1990)利用製程能力指數C_{pk}此一圖形化的圖以分析群組製程的績效，此種圖亦即是指C_{pk}MPZone。

其如圖１所示，一個C_{pk}MZone圖包含有六個能力區域（F,D,C,B,M及A），而且區域M代表滿足Motorola的要求之製程(Harry,1988)，X軸代表C_{pu}，而y軸代表C_{pl}，對每一項個別的製程計算C_{pu}及C_{pl}的值，並且將成對的(C_{pu},C_{pl})點畫在圖上。45° 線代表$C_{pu}=C_{pl}$有相當好的中心性之製程，一對(C_{pu},C_{pl})越接近這條線就有越佳的集中性製程績效，根據能力指數值，製程可以被分為六個不同的類目：F（其中$C_{pk}<1.00$為不適當的），D（$1.00\le C_{pk}<1.33$有能力的），C（$1.33\le C_{pk}<1.50$令人滿意的），B（$1.50\le C_{pk}<2.00$為優良的），M（$1.50\le C_{pk}, C_{pk}\ge 2.00$為Motorola的要求），而且A（$C_{pk}>2.00$超級的）等分別（Peam及Chen,1997-98），此 C_{pk} MPZone圖提供了不同的製程能力之一個簡單但清楚的現況圖像，此一概念被擴大延伸到以整合成本及製程能力。

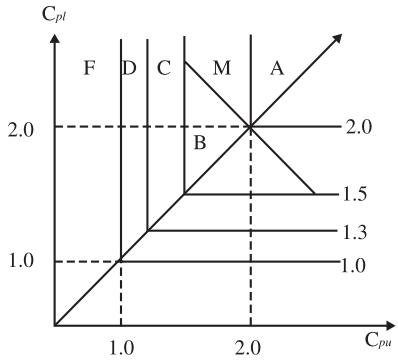

圖1. A C_{pk} MPZone圖有六個能力區域：A,M,B,C,D,及F

3. CPC圖的方法

價格和品質在供應商選擇過程中是相當重要的因素，而且必需以一種整體的方式加以評估，提出一個新的方法是利用C_{pk} MPZone圖的概念以提供一個簡單而且有力的工具以評估及審核供應商，其程序包含有三個步驟：

1.製程能力及T/P比值的決定。
2.CPC圖的製作
3.品質損失分析

3.1.製程能力及T/P比值的決定

當為了製程能力研究的樣本蒐集，高度推薦每個料件抽取30個樣本，這個數字需求是為了取得一個良好的製程平均值及標準差的推估值，樣本必需從生產流程中隨機取得，假如有需要的話，一個代理商必需親自地臨場來蒐集樣本以避免供應商自行提供最佳的樣本，在要求做樣本評估之前，功能、尺吋、外觀和所使用的物料必需適當地加以研究以決定重要的特性值，樣本將被用決定每一個供應商的C_{pk}值。

3.2. CPC圖的製作

C_{pk}值代表不同供應商的品質績效，為了整合成本及品質績效，發展出一個製程能力指數——價格比較(CPC)圖，如圖2所示在一個CPC圖中y軸代表C_{pk}指數，而X軸代表目標價 / 定價比（T/P比），T/P比定義如下：$R_i=\frac{T}{P_i}$
其中R_i：對應於i供應商之 T/P 比
T：期望的目標價格
P_i：供應商之定價
每個i供應商之製程能力指數和T/P比(R_i, $C_{pk,i}$)之後就被畫在圖上。

該圖被切割成六個不同的區域以代表品質績效和價格水準，每一區域定義如下：
E區：優良區域；E={(R,C_{pk})｜C_{pk}>2.0而且R>2.0}
G區：良好區域；G={(R,C_{pk})｜C_{pk}>1.5而且R>1.5}-E
S區：滿意區域；S={(R,C_{pk})｜C_{pk}>1.33而且R>1.33}-G-E
C區：資格區域；C={(R,C_{pk})｜C_{pk}>1.0而且R>1.0}-G-E-S
H區：高價區域；H={(R,C_{pk})｜C_{pk}>1而且R<1}
U區：不可接受區域；H={(R,C_{pk})｜C_{pk}<1而且R>0}

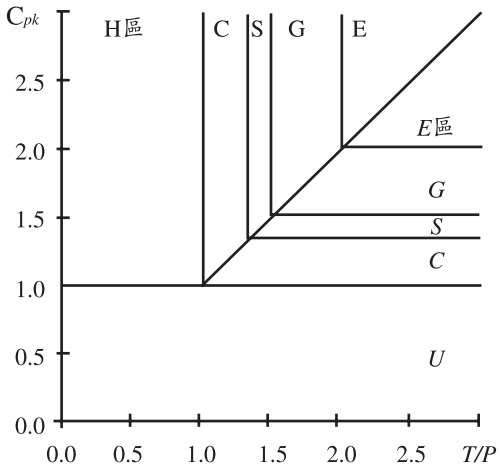

圖2. CPC圖

因為他們的高品質績效和低成本定價，使得那些供應商落在E區為最佳的供應商群組，並可從中挑選供應商，而那些落在U區的是為不可接受的因為它們的C_{pk}指數太低了，供應商的選擇必需從E區開始並遵循E→G →S →C →H →U的順序，在相同的區域，那些落在下半區域（在45°線之下）者有較佳的成本績效，相反地，那些在上半區域（在45°線上方）者有較佳的品質績效。因此，假如目的是為了挑選一個較佳的成本績效者，則必需挑選那些在下半區域的廠商；假如目的是為了尋找一個較佳的品質績效者，則必需挑選那些在上半區域的廠商；假使品質和成本同等重要，則必需挑選那些接近45°線的。

3.3 品質損失分析

對公司而言，當品質和價格具有同等的重要性，而且有二家以上的供應商在最佳的區域，就可以利用品質損失分析，品質損失分析的程序步驟彙總如下：

1.計算每個料件的成本損失，這可能包括從不同的部門蒐集資訊，例如採購、品質及客戶服務和維持，至於成本資料包括有保證的賠償要求、服務的費用、處理的成本以及物料的成本。
2.選定前二家或前三家之潛在的供應商以針對所提供的C_{pk}值及價格做一相互比較，利用CPC圖以決定首席的供應商。
3.利用平均損失函數並計算每一家供應商的品質損失，損失函數定義為（參考Phadke,1989)：

$\bar{L}=K[\sigma^2+(\mu-X_0)^2]$其中

$\bar{L}$：品質損失

X_0=X的目標值

$$K=\frac{\text{成本損失/件數}}{\text{公差}}$$

4.計算$\bar{L}_a$-$\bar{L}_b$間的差，並且比較兩者之間的差異。
5.畫出QLD/CS（品質損失差異Quality Loss Difference/成本節省Cost Saving）的圖。
6.比較每個料件的品質損失差異與成本節省的數值。
7.選擇可以產生較佳的成本節省之供應商。

4. 方法論的說明

CPC圖的方法是為了要以一整合的方式以評估不同的供應商之製程品質和成本績效，利用兩個工業上的個案以說明此一方法，在第一個個案中，利用工業卡車燈座之軸承球，在此一真實的工業上的個案調查三家供應商，為了更進一步就說明，CPC圖及損失函數分析的能力，第二個個案則使用了10個模擬的供應商之軸承球。

4.1 卡車燈座之軸承球

Grakon國際有限公司是一家美商公司在香港設有一家製造工廠，它的主要業務是替美國的卡車製造商生產車用燈座，軸承球的動作以承載燈座是一項普遍的產品以使用於卡車的駕駛台，由於對此一產品的高度需求，電腦數位中心並未有足夠的生產能量以符合使用於燈座的軸承球之需求，因此，該公司決定將此一零件外包，外徑44.40+0.04mm是軸承球零件的最大尺寸之規格。

4.1.1 製程能力及T/P比值

即使推薦了30個樣本，從每一個潛在的供應商做製程能力研究只能取得20個樣品料件，因此所執行的研究是只有有限的樣本數，三家供應商的價格及尺寸之資料是表列在表2中，為了準備CPC圖，製程能力指數G_{pk}，目標價格T及零件的T/P比值，首先就被決定了，而且其統計值在表3中被呈現出來。

表2
GraKon國際有限公司的三家不同之供應商其軸承球的外徑資料

Supplier A (Price quoted: HK$3.5)				
44.415	44.422	44.416	44.418	44.410
44.418	44.430	44.417	44.426	44.412
44.416	44.418	44.419	44.425	44.416
44.415	44.415	44.418	44.42	44.418
Supplier B (Price quoted: HK$3.1)				
44.43	44.405	44.425	44.416	44.412
44.422	44.403	44.424	44.415	44.408
44.415	44.400	44.415	44.395	44.405
44.41	44.425	44.41	44.408	44.404
Supplier C (Price quoted: HK$2.2)				
44.383	44.403	44.413	44.415	44.402
44.385	44.414	44.402	44.405	44.396
44.4	44.372	44.395	44.405	44.405
44.394	44.393	44.402	44.398	44.385

表3 繪制CPC圖之統計值

Supplier	Variable	$\bar{X}$	s	C_{pu}	C_{pl}	C_{pk}	*T/P*
Asuper	C1	44.418	0.005	1.467	1.2	1.2	0.85
Rainbow	C3	44.412	0.009	1.037	0.444	0.444	0.97
Sam Siu	C5	44.398	0.011	1.273	0.006	0.006	1.37

4.1.2 繪制CPC圖

已知每一家供應商的C_{pk}及T/P比值，繪製出如圖3的CPC圖，CPC圖針對每個供應商關於軸承球的重要尺寸給予品質績效和價格定位一個清楚的圖像。

在圖3中，C1（Asuper供應商）有一個可接受的C_{pk}值，但是價格卻稍微高於目標價格，C3（Rainbow供應商）有一個不可接受的C_{pk}值而且他們的價格比目標還要高些，C5（Sam Siu供應商）具有太低的一個C_{pk}值，因為公司強調產品品質，最後選擇Asuper乃因為它是唯一具有可接受的C_{pk}值的供應商，雖然它比目標值具有較高的價格。

假使有些供應商可能落在兩個相鄰的區域但是彼此非常的接近，可能產生灰色地帶，因為它們可能有相類似的品質績效和價格，為了解決此一差異，某些其它的因子可能被考慮進去，例如，供應商的品質績效歷史資料以及供應商有關交期及顧客支援服務的歷史服務資料，該決策方針可能隨著公司而有所不同，例如，假設價格很接近時，管理階層可能選擇具有較高C_{pk}值的供應商。

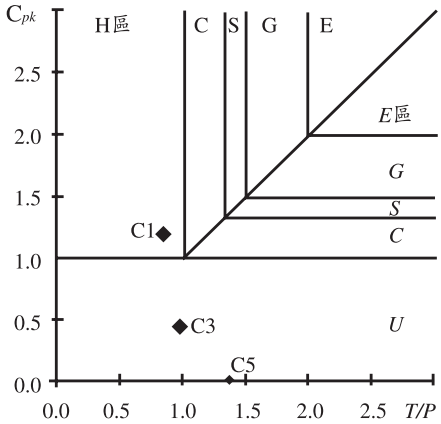

圖3. Grakon的個案之CPC圖

4.2 模擬10個供應商的個案

因為公司的供應商合約政策，在4.1節中軸承球的案例中只有考慮到三個供應商，為了進一步展現出CPC圖的功能及有效性，執行模擬10家供應商，軸承球零件的外徑生產時之重要的尺寸為44.42±0.02mm，此一零件的目標價格為3元，對每一個供應商而言，平均值及標準差為隨機產生的，其個別的全距分別在44.41到44.43mm及0.0020至0.0080之間。10個不同的價格全距在1.5至4.5之間隨機產生並分佈在每一供應商之間。這10組隨機資料的模擬結果，所計算出的C_{pk}值以及T/P比值顯示在表4中，對CPC圖的10個模擬的供應商顯示在圖4中。

表4
10家模擬的供應商之製程能力資料

Supplier	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
X	44.4220	44.4180	44.4200	44.4180	44.4100	44.4210	44.4150	44.4300	44.4100	44.4170
s	0.0026	0.0041	0.0070	0.0039	0.0050	0.0030	0.0060	0.0035	0.0030	0.0070
C_{pk}	2.3077	1.4634	0.9524	1.5385	0.6667	2.1111	0.8333	0.9524	1.1111	0.8095
Price	1.6000	3.2000	3.8000	2.1000	2.8000	1.7000	3.0000	3.8000	1.8000	2.0000
T/P	1.8750	0.9375	0.7895	1.4286	1.0714	1.7647	1.0000	0.7895	1.6667	1.5000

看看CPC圖，很明顯的S3、S5、S7及S10是不可接受的因此就被刪除，同樣地，以優良的品質但是卻有低的成本為目標的話，供應商S2必需被刪除因為它在高價格區域，在這4家供應商的左邊中，S4和S9是分佈在此一區域，其較S1和S6不受喜愛，因此S4和S9也被拒絕了！

4.3品質損失分析

最佳的兩個選擇為S1及S6，從模擬的個案考慮品質損失分析，Grakon國際公司估計該軸承球料件，每件的損失成本為在港幣90元，其包括替換、勞工成本以及處理保證申訴的操作成本，損失函數定義在3.3節並被用於分析，其中

$$K=\frac{\text{成本損失/件數}}{\text{公差}}=\frac{90}{0.02^2}=225000$$

，對S1而言，$\overline{L}s_1=225000[0.0026^2+(44.4220-44.4200)^2]=2.4210$；對S6而言，$\overline{L}s_6=225000[0.0030^2+(44.4210-44.420)^2]=2.2500$，損失值$=Ls_1-Ls_6=0.1710$，成本節省$=1.7000-1.6000=0.1000$，選擇S1並未被視為正當的，因為對S1而言每個料件的成本節省並不能彌補其品質損失，因此代之以需選擇S6。

但是假設該軸承球料件，每件的損失成本為港幣9元而非90元，則損出函數將為

$$K=\frac{\text{成本損失/件數}}{\text{公差}}=\frac{90}{0.02^2}=225000$$

，對S1而言$\overline{L}'_{s1}=22500[0.0026^2+(44.4220-44.4200)^2]=0.2421$，對S6而言$\overline{L}'_{s6}=22500[0.0030^2+(44.4210-44.420)^2]=0.2250$，損失值$\overline{L}'_{s1}-\overline{L}'_{s6}=0.0171$，在此情況下因為成本節省此損失還大S1供應商將會優於S6而被選上。

5. 結論

在供應鏈管理中供應商的選擇是相當重要的部分，而且成本在供應商選擇中是一項重要的因素，雖然這種方法是確認品質供應商的一個有效的方法，製程能力指數並未廣泛地被合併到工業實務上來使用，因為並不存在任何簡便的工具以運用到有關兩個的因素，C_{pk}MPZone方法提供一個簡單的做圖工具以畫出多個供應商之製程能力之關連性，以選擇一家品質供應商，從C_{pk}MPZone圖中獲得的概念為CPC做圖法是為了整合多個供應商的製程能力和成本績效兩者合而為一的一個簡圖，該簡圖提供所有的供應商之品質一成本績效一個簡單而明瞭的透視圖。假如某些供應商的績效很難加以區別，則可併入品質損失函數以做進一步的分析，該CPC圖是以一個工業實例及一個模擬例子加以展示如何選擇一個品質供應商，在供應商選擇的過程中，CPC圖同時考慮製程能力和成本是一個有效且易於使用的方法。（資料來源：ASQ, Quality Engineering 18,2006）

參考文獻：

Asokan, M. V., Unnithan, V.K.G. (1999). Estimation of vendor's process capability from the lots screened to meet specifications. *Quality Engineering*, 11(4):537-540.

Ballou, R.H. (1999). *Business Logistics Management: Planning, Organizing, and Controling the Supply Chain*, 4th ed., Prentice Hall.

Boyles, R.A. (1996). Multivariate process analysis with lattice data. *Technometrics*, 38(1):37-49.

Chan, L. K., Cheng, S. W., Spiring, F.A. (1991). A multivariate measure of process capability.

International Journal of Modelling and Simulation, 11(1):1-6.

Chen, H. (1990). A multivariate process capability index over a rectangular solid tolerance zone. *Statistica Sinica*, 4:749-758.

Chou, Y.M. (1994). Selecting a better supplier by tesing process capability indices. *Quality Engineering*, 6(3):427-438.

Harry, M.J. (1988). T*he Nature of Six Sigma Quality*. Schaumburg IL:Motorola, Inc.

Hirakubo. N., Kublin. M. (1998). The relative importance of supplier selection criteria: the case of electronic components procurement in Japan. J*ournal of Supply Chain Management*, 34(2):9-24.

Lau, W.C.E. (2000). A new approach to supplier selection based on process capability and price analysis. M. Philthesis. HKUST, Hong Kong.

Liu, M.C. (1993). An investigation of multivariate process capability index. Proceedings of 2nd Industrial Engineering Research Conference, Norcross, GA, Institute of Industrial Engineers, pp.644-648.

Ourkovic, S., Handfield, R. (1996). Use of ISO 9000 and baldrige award criteria in evaluation of supplier quality. *International Journal of Purchasing and Materials Management,* 32(2):2-11.

Pearn, W.L., Chen, K.S. (1997-98). Multiprocess performance analysis: a case study. *Quality Engineering*, 10(1):1-8.

Phadke, M. (1989). *Quality Engineering Using Robust Design,* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.

Pillet, M., Rochon, S., Duclos, E. (1997-98). SPC-generalization of capability index Cpm: Case of unilateral tolerances. Quality Engineering, 10(1):171-176.

Singhal, S.C. (1990). A New Chart for analyzing multiprocess performance. *Quality Engineering,* 2(4):379-390.

Taam, W., Subbaiah, P., Liddy, J.W. (1993). A note on multivariate capability indices. *Journal of Applied Statistics,* 20(3):339-351.

Tong, L.I., Chen, C.L., Hsu, H.H. (1998). Construction of the confidence interval using bootstrap simulation to distinguish between two process capability indices. Proceedings of the 3rd Annual International Conference on Industrial Engineering Theories, Application and Practice, Hong Kong, pp. 1035-1042.

Verma, R., Pullman, M.E. (1998). An analysis of the supplier selection process. *Omega,* 26(6):739-750.