



第五章

製程能力分析



製程能力分析之意義與功能

製程能力：係指製程能達成品質要求之能力，即產品在製造過程中能達成品質在準確度及一致性上要求之程度。

製程能力分析：運用直方圖或管制圖所呈現之資訊，將製程變異程度和規格作一比較，以分析製造程序能否生產出符合規格之產品，並進而採取行動以維持或改進品質的一種手法。



製程能力分析之意義與功能

製程能力分析之目的：瞭解製程是否能生產出符合工程規格要求的產品，以避免或減少不合格品發生之機率。因此，製程能力分析係品質改進之重要工具，其提供之資訊具有下列之功能：

1. 提供降低製程變異努力方向之方針與指引。
2. 評估生產機器／設備之製造能力。
3. 產品開發設計人員可藉此修正或選擇製程。
4. 在製造設備之選購上，提供品質能力之參考。
5. 提供工程人員作為規劃製造機器安排之參考。

3



自然公差與規格公差

- 自然公差（Natural Tolerance，NT）係指自然變異。自然變異係指製程處於常態分配下，其變異範圍在平均數之上、下各三個標準差內（ $\mu \pm 3\sigma$ ），亦即製程上、下界限之落差。
- 規格寬度或公差（Specification Width / Tolerance, ST）則是指工程規格上界與下界之範圍。即

$$ST = USL - LSL$$

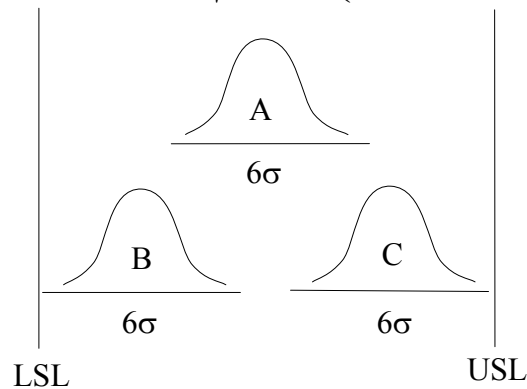
4



自然公差與規格公差

自然公差與規格公差之三種關係：

1. $NT < ST$ ：即 $6\sigma < (USL - LSL)$

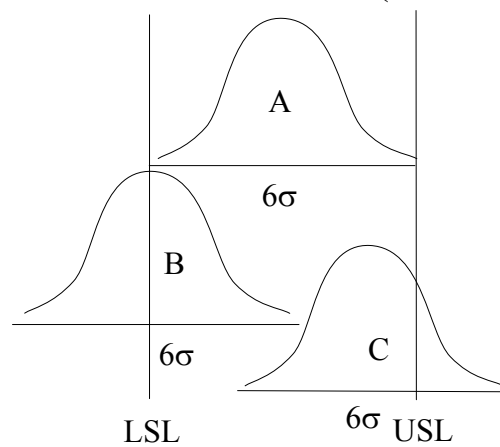


5



自然公差與規格公差

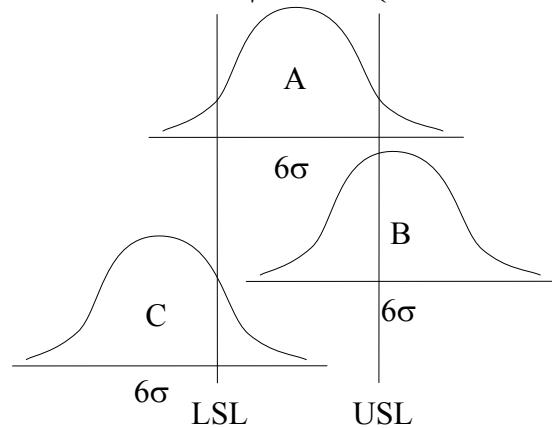
2. $NT \approx ST$ ：即 $6\sigma \approx (USL - LSL)$



6

自然公差與規格公差

3. $NT > ST$: 即 $6\sigma > (USL - LSL)$



7

製程能力指標

衡量製程之品質能力，有三種指標：

- 製程準確度能力指標 C_a ：

衡量製程之平均值

- 製程精密度能力指標 C_p ：

衡量製程之變異值

- 製程能力綜合指標 C_{pk} ：

綜合 C_a 與 C_p 之衡量指標。

8



製程能力指標

1. C_a (Capability of process accuracy)

$$C_a = \frac{\bar{X} - T}{\Delta} \dots\dots \text{雙邊規格}$$

$$= \frac{\bar{X} - T}{USL - T} \dots\dots \text{單邊規格 (望小特性)}$$

$$= \frac{\bar{X} - T}{LSL - T} \dots\dots \text{單邊規格 (望大特性)}$$

9



製程能力指標： C_a 之等級與措施

等級	C_a	改進措施
A	$0 \leq C_a \leq 0.0625$	繼續保持
B	$0.0625 < C_a \leq 0.125$	改進至A級
C	$0.125 < C_a \leq 0.25$	立即改進
D	$0.25 < C_a \leq 0.50$	考慮停止生產
E	$0.50 < C_a $	立即停止生產

10



製程能力指標

2. C_p (Capability of process precision)

$$\begin{aligned}
 C_p &= \frac{2\Delta}{6\sigma} = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \dots\dots \text{雙邊規格} \\
 &= \frac{USL - \bar{X}}{3\sigma} \dots\dots \text{單邊規格 (只有上限)} \\
 &= \frac{\bar{X} - LSL}{3\sigma} \dots\dots \text{單邊規格 (只有下限)}
 \end{aligned}$$

11



製程能力指標： C_p 之等級與措施

等級	C_p	改進措施
A	$1.67 \leq C_p$	繼續保持
B	$1.33 \leq C_p < 1.67$	改進至A級
C	$1.00 \leq C_p < 1.33$	立即改進
D	$0.67 \leq C_p < 1.00$	考慮停止生產
E	$0 \leq C_p < 0.67$	立即停止生產

12



製程能力指標

3. C_{pk} (Capability of process)

$$C_{pk} = (1 - |C_a|) \times \frac{2\Delta}{6\sigma} = (1 - |C_a|) \times C_p$$

.....已知雙邊規格之目標值，或已知單邊規格

$$C_{pk} = \text{Min} \left[\frac{\bar{X} - \text{LSL}}{3S}, \frac{\text{USL} - \bar{X}}{3S} \right]$$

.....未知雙邊規格之目標值

13



製程能力指標： C_{PK} 之等級與措施

等級	C_{PK}	改進措施
A	$1.67 \leq C_{PK}$	繼續保持
B	$1.33 \leq C_{PK} < 1.67$	改進至A級
C	$1.00 \leq C_{PK} < 1.33$	立即改進
D	$0.67 \leq C_{PK} < 1.00$	考慮停止生產
E	$0 \leq C_{PK} < 0.67$	立即停止生產

14



製程能力指標

範例1：

已知一鋁管直徑規格為 $2 \pm 0.1\text{cm}$ ，若從製程中經抽取30個樣本後，測得實際直徑為 $2.05 \pm 0.16\text{cm}$ ，求 C_a 、 C_p 、 C_{pk} ，並研判其製程能力佳否。

15



製程能力指標：範例1

已知 $USL=2.1\text{cm}$ ， $LSL=1.9\text{cm}$ ， $\Delta=0.1\text{cm}$ ， $T=2.0\text{cm}$ ， $\bar{X}=2.05\text{cm}$ ， $3S=0.16\text{cm}$

$$C_a = \left| \frac{2.05 - 2.0}{0.2/2} \right| = 0.5$$

$$C_p = 0.2/0.32 = 0.625$$

$$C_{pk} = (1 - 0.5)(0.625) = 0.3125$$

三個指標均顯示該製程之品質能力甚差，應立即停止生產。

16



製程能力指標：範例2

範例2：

若一鋼板厚度之規格要求為上限3.3cm，下限3.1cm，從製程中隨機抽取30組樣本，測得樣本平均厚度為3.21cm、樣本標準差為0.1197cm，請計算 C_{pk} 為多少？其製程能力如何？

17



製程能力指標：範例2

已知 $\bar{X}=3.21\text{cm}$ ， $S=0.1197\text{cm}$

$$C_{pk} = \text{Min} \left[\frac{3.21 - 3.1}{3 \times 0.1197}, \frac{3.3 - 3.21}{3 \times 0.1197} \right] \\ = 0.251$$

C_{pk} 值落於E級，顯示製程將產出高比率之不合格品，應立即停產。

18



製程能力分析執行時機與應用

- (1)當引介新產品或新製程時。
- (2)當新設備或經翻修後之機器重新投入生產時。
- (3)當機器已經設定，準備量產前，必須進行製程能力分析。
- (4)生產排程上，需依機器能力分派工作時。
- (5)提供產品設計時所需之資訊。

19



製程能力分析執行方法與步驟

(以ITT公司為例，參考圖5.4)

- 1.利用直方圖進行短期之製程能力分析
 - A. 在決定關鍵品質特性後，從製程中隨機抽取至少30個以上之樣本。
 - B. 計算製程之平均數及樣本標準差
 - C. 由直方圖中判斷資料之分佈是否成常態分佈。若通過常態性檢定，則可估計其 C_p / C_{pk} 指標。

20



製程能力分析執行方法與步驟

D. 若 C_{pk} 符合規定，則可以決定SPC管制計畫，分別列出What, How, When及Who後，作業員可開始利用管制圖去監控制程。若製程不符合規格，則須進行長期製程能力分析，並排除可能影響量測變異之原因。

21



製程能力分析執行方法與步驟

2. 利用 $\bar{X}-R$ 管制圖進行長期製程能力分析

A. 當製程穩定或無異常問題時，可以開始選取樣本，每次應從同一組中選取2個或以上之連續樣本。

B. 計算全距 R ，及其平均 $\bar{R}$ 。並估計其管制上、下限。

C. 檢查全距管制圖是否穩定。去掉脫離管制界限之異常點。

22



製程能力分析執行方法與步驟

- D. 重新計算全距平均 $\bar{R}$ 及其新的管制上、下限。
- E. 重複上述之步驟C與D直到所有之全距均呈管制狀態為止。
- F. 以 $\sigma = \bar{R} / d_2$ 來估計樣本標準差並計算 C_p 及 C_{pk} 指標。

23



製程能力分析執行方法與步驟

- G. 如果資料通過常態性檢定且 $C_{pk} > 1$ ，則決定SPC管制計劃，開始使用 $\bar{X}-R$ 管制圖監控制程。否則，以目標值 (T) 作為製程之平均，假定在常態分佈之情形下，再一次估計其 C_p 及 C_{pk} 指標。
- H. 此時若 $C_{pk} > 1$ ，則表示原製程僅是因設定之不當而偏離目標值，則未來可以用 $\bar{X}-R$ 管制圖作持續之監控。

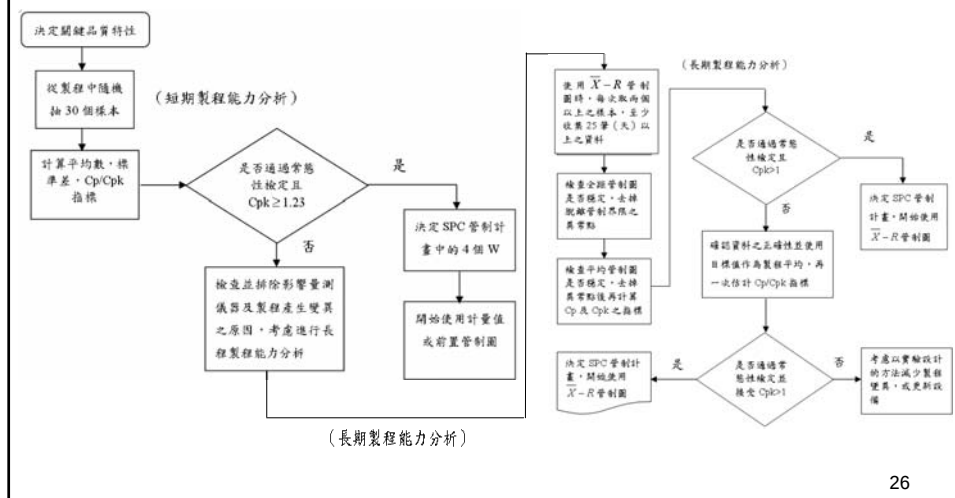
24



製程能力分析執行方法與步驟

I. 如經上述處理後， C_{pk} 仍然小於1，則須考慮是否應與顧客商量改變規格或製程、更新設備與原料、或以實驗設計之方法達成減少製程變異的目的。

25



26