

精度觀念

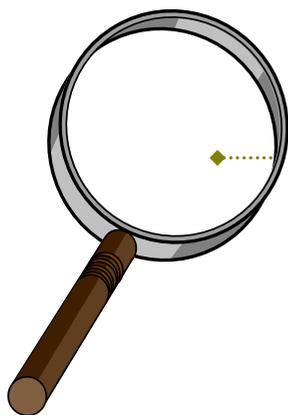




表 2-1-1 國際標準制之基本單位

量	基本單位名稱	符號
長度	公尺 (metre)	m
質量	公斤 (kilogram)	kg
時間	秒 (second)	s
電流	安培 (Ampere)	A
溫度	克耳文 (Kelvin)	K
物量	莫耳 (mole)	mol
亮度	燭光 (candela)	cd

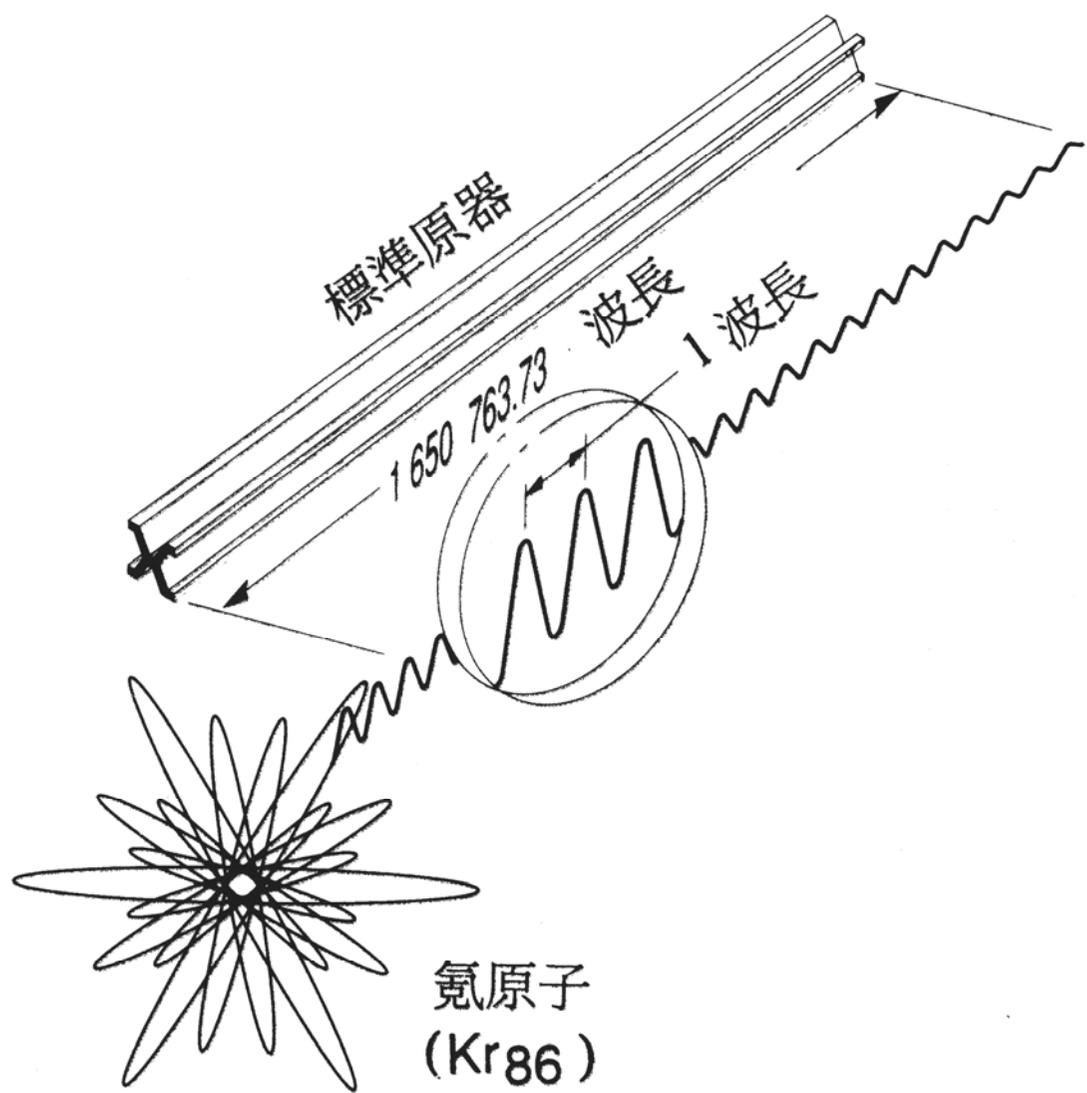
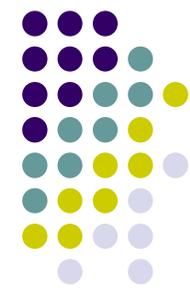


圖 2-1-1 標準原器用光波作為量測標準 (HP Laser Systems Application Note 325-20 P6.[26])



表 2-1-2 十進位制 “ 量 ” 的各項表示法

乘 因 子	中 文 名 稱	英 文 縮 寫	英 文 字 首
10^{12}	太 (兆)	T	tera-
10^9	吉 (十億)	G	giga-
10^6	昧 (百萬)	M	mega-
10^3	千	k	kilo-
10^{-2}	厘	c	centi-
10^{-3}	毫	m	milli-
10^{-6}	微	μ	micro-
10^{-9}	奈 (毫微)	n	nano-
10^{-12}	皮 (微微)	p	pico-

1997 年 5 月 經濟部中央標準局公佈。

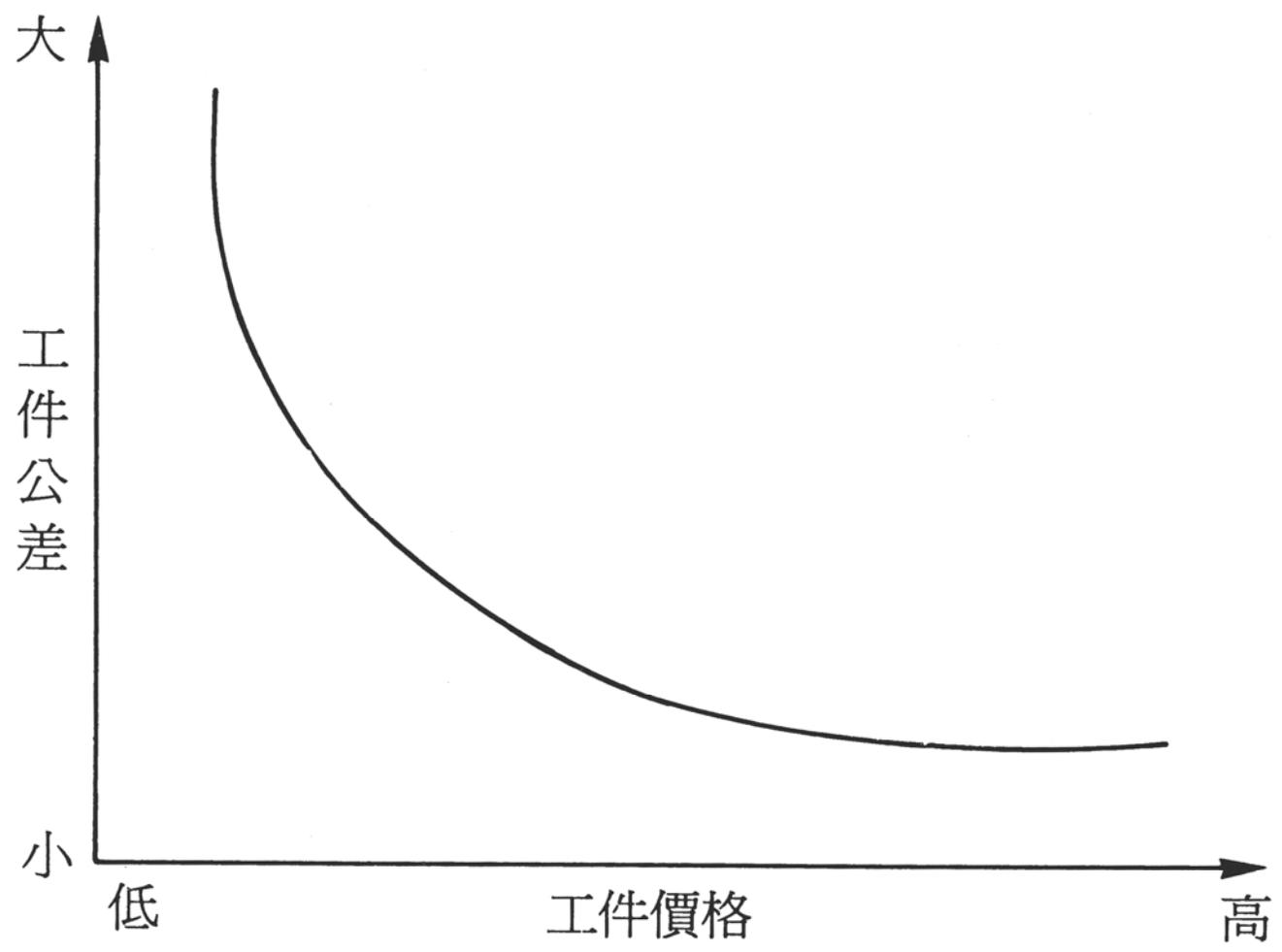


圖 2-2-1 公差的大小與成本關係圖

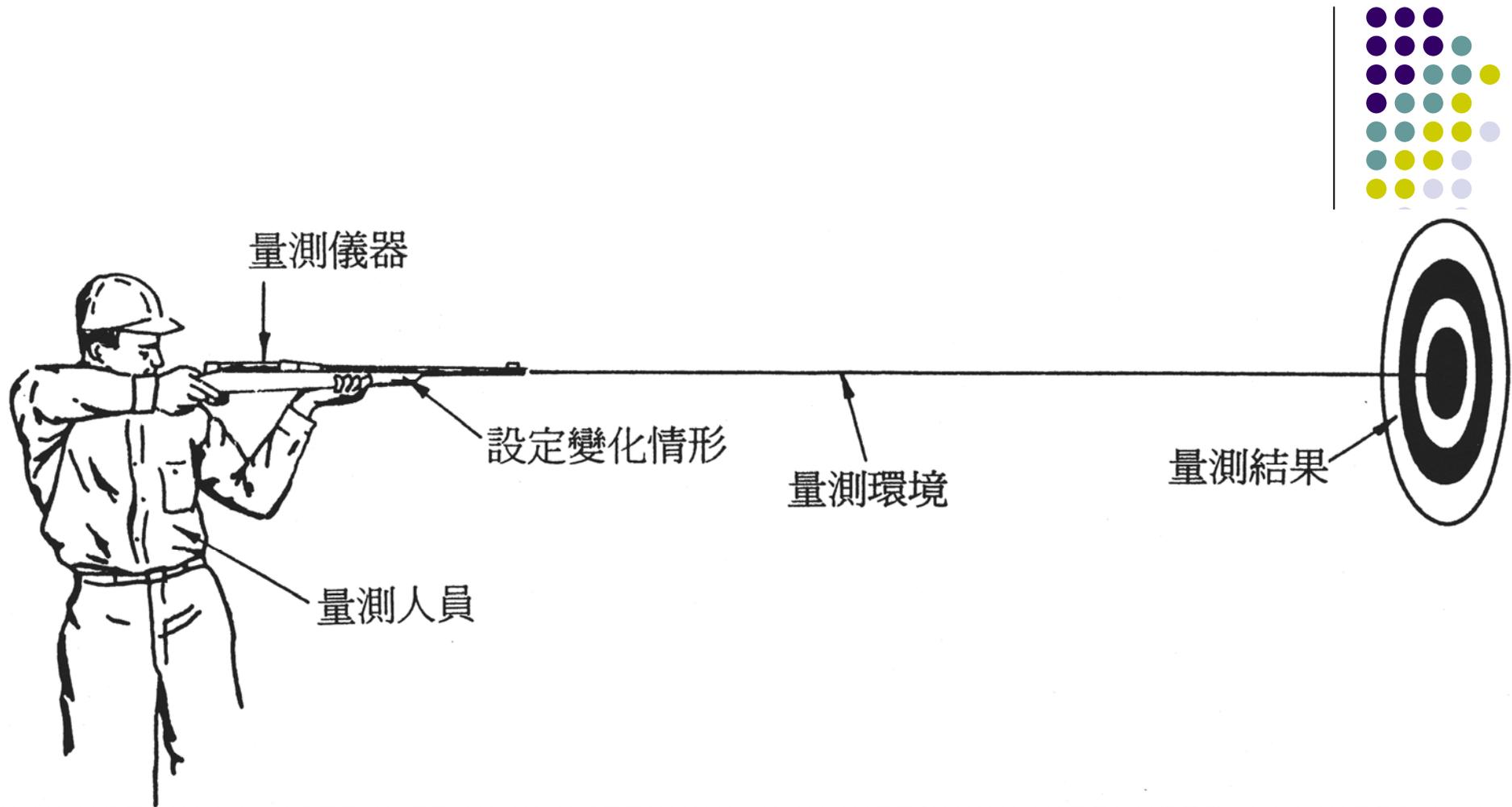
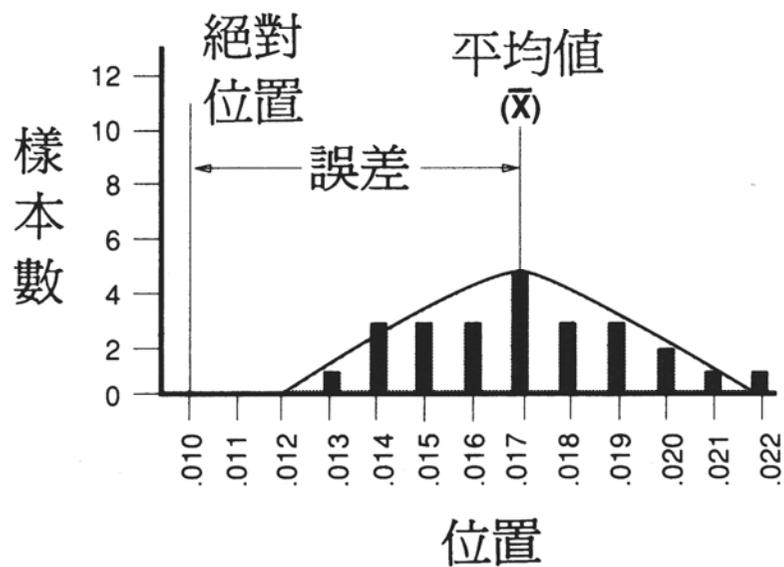


圖 2-3-1 精密度與準確度之關係 ([1], P.14)

(a) 既不準確也不精密



(b) 很精密但不準確

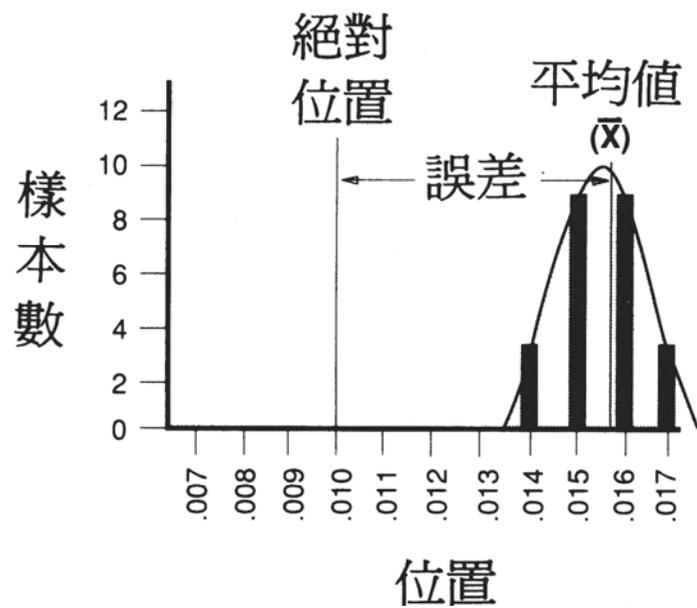
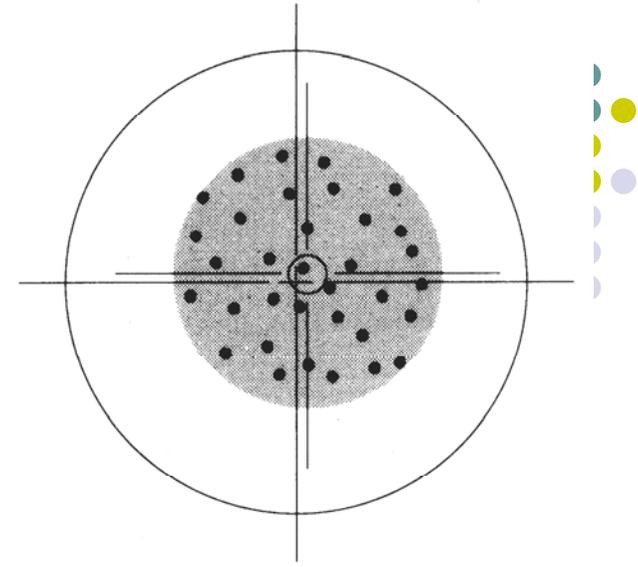
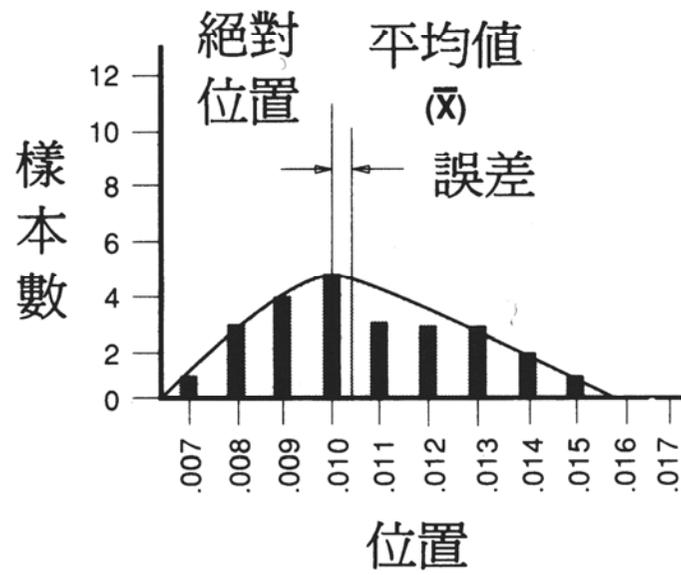
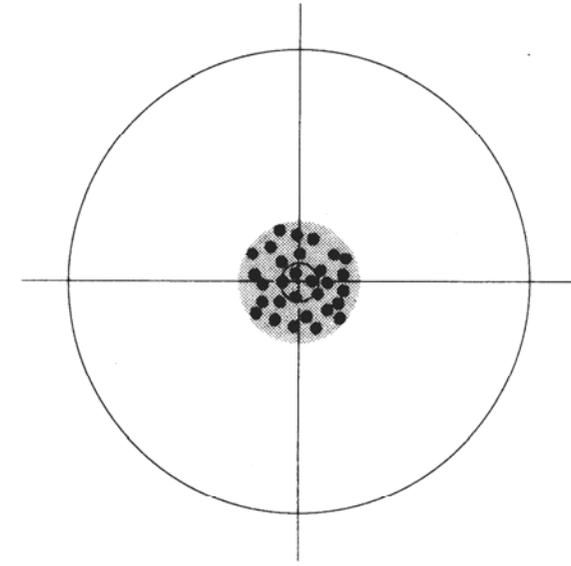
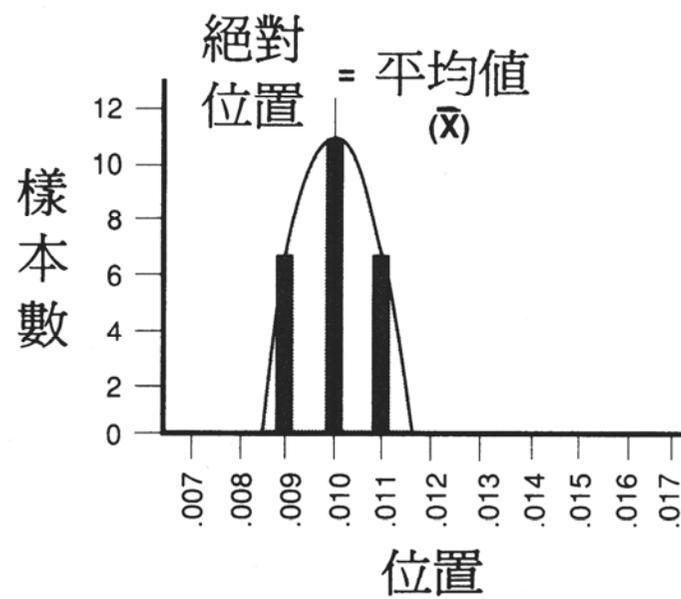


圖 2-3-1 精密度與準確度之關係 (續) ([2])



(c) 很準確
但不精密



(d) 既精
密也準確

圖 2-3-1 精密度與準確度之關係 (續) ([2])

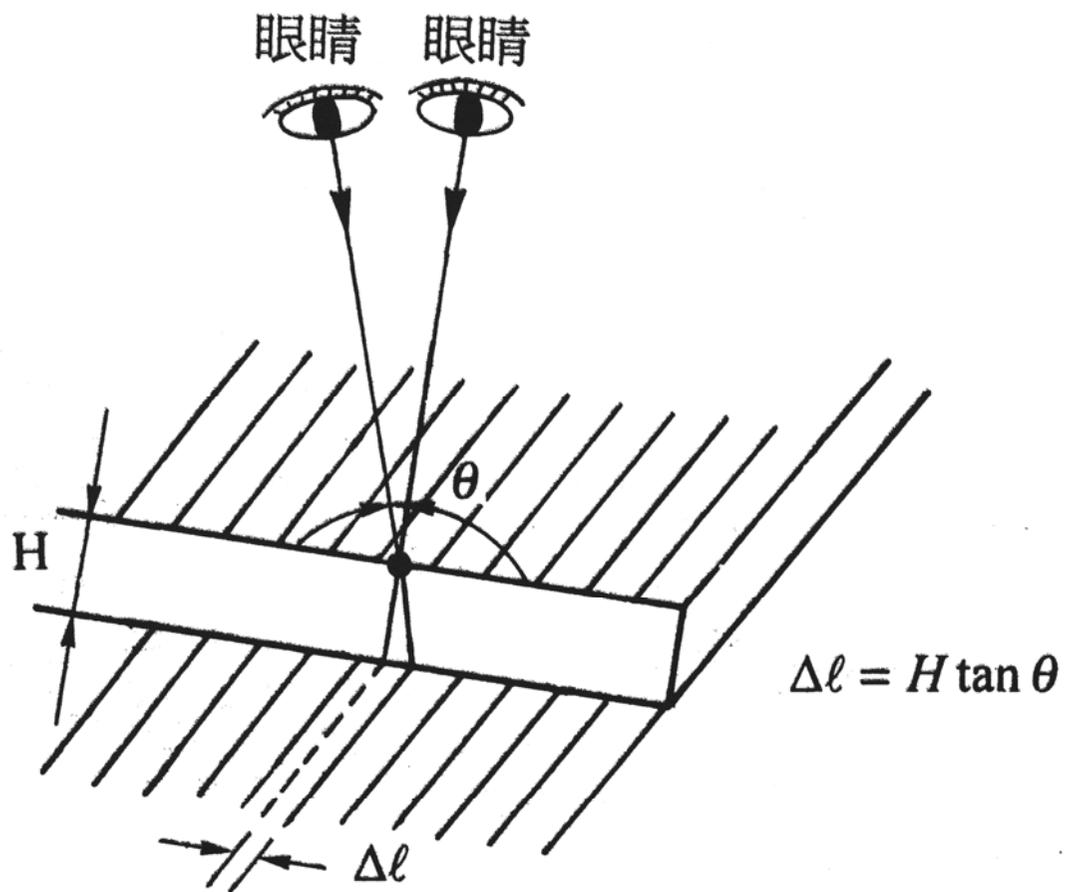
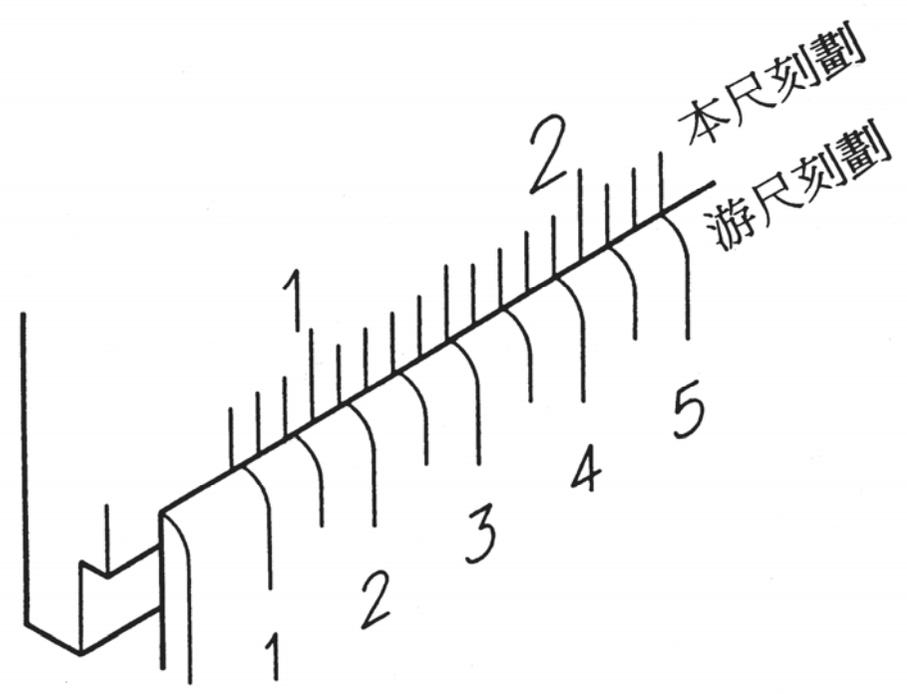
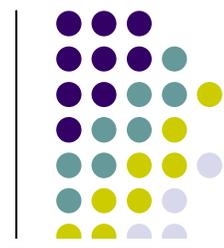
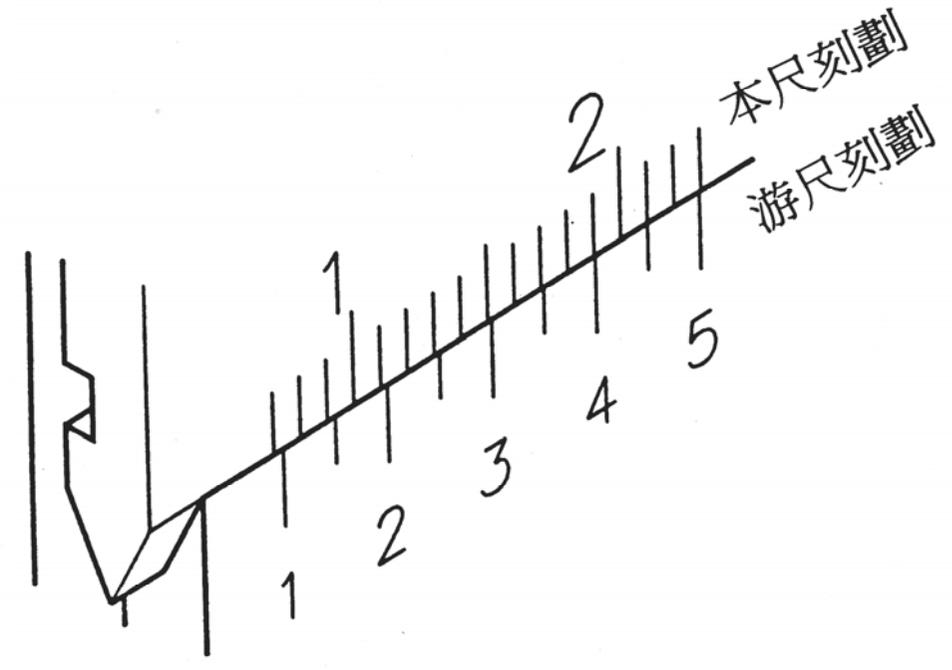


圖 2-4-1 視差之發生



(a) 本尺與游尺之刻劃幾近等高



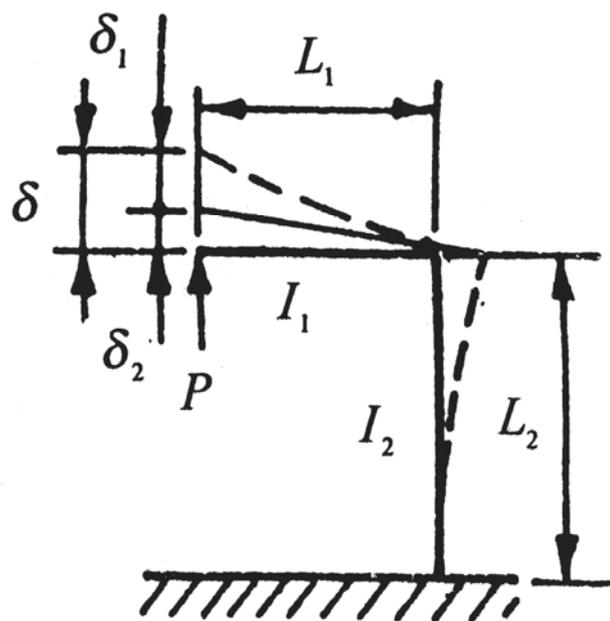
(b) 本尺與游尺之刻劃等高

圖 2-4-2 游尺與本尺刻劃

表 2-4-1 工作與測軸因彈性變形之誤差



量測情況	圖示	誤差量 (μm)
測軸端面均為球面		$\delta = 1.9 \sqrt[3]{P^2 \left(\frac{1}{d} + \frac{1}{D} \right)}$
測軸端面為球面和平面		$\delta = 1.9 \sqrt[3]{\frac{P^2}{D}}$
測軸端面均為平面，工件為球形		$\delta = 3.8 \sqrt[3]{\frac{P^2}{D}}$
測軸面為平面 (單端)，工件為圓柱形		$\delta = 0.46 \frac{P}{L} \sqrt[3]{\frac{1}{D}}$ (L 為接觸長度 (mm))
測軸端面均為平面，工件為圓柱形		$\delta = 0.92 \frac{P}{L} \sqrt[3]{\frac{1}{D}}$



$$\text{3誤差 } \delta = \frac{PL_1^3}{3E_1I_1} + \frac{PL_1^2L_2}{E_2I_2}$$

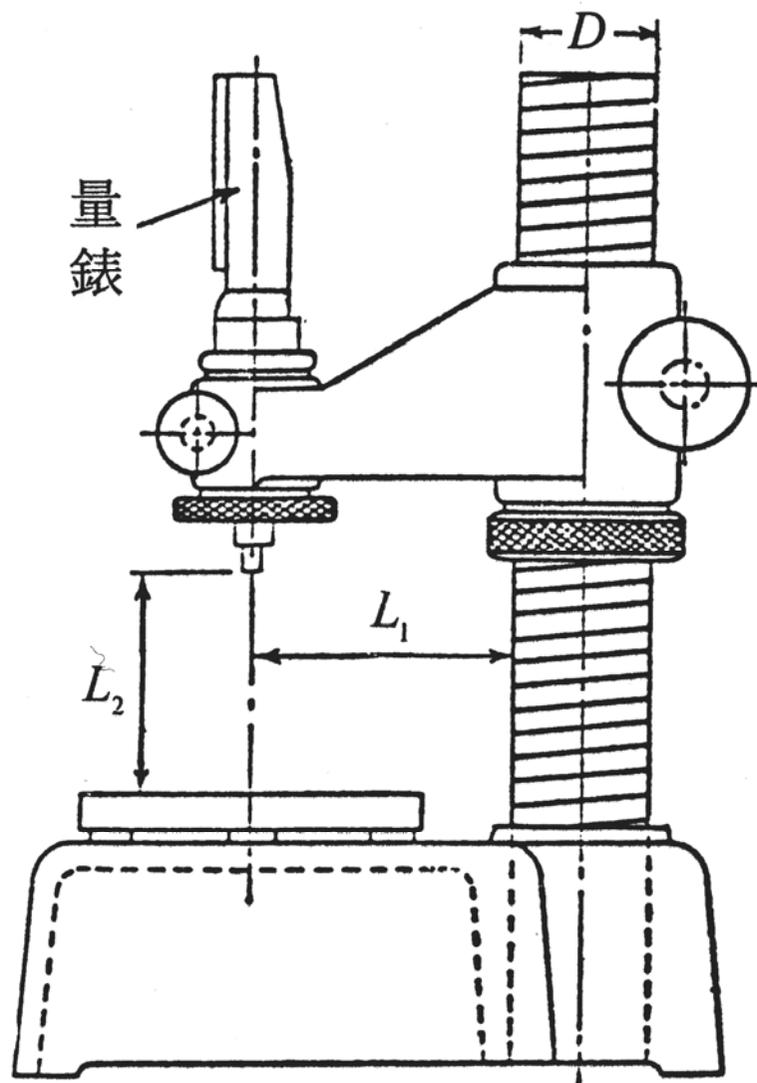
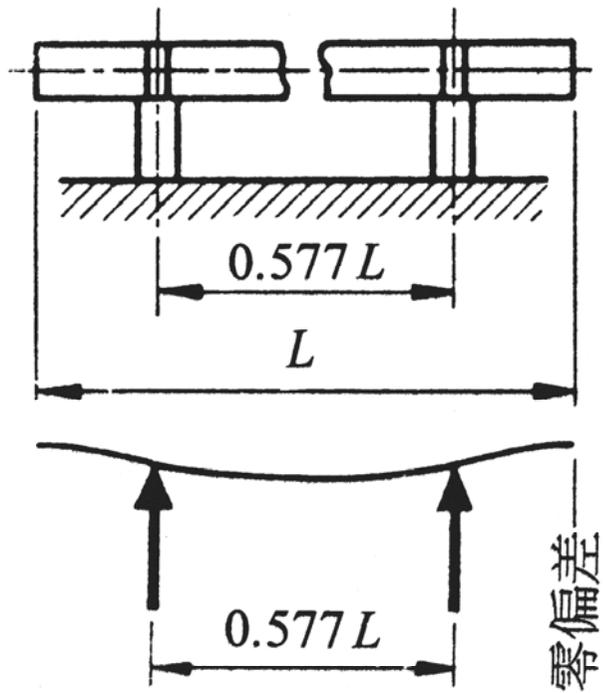
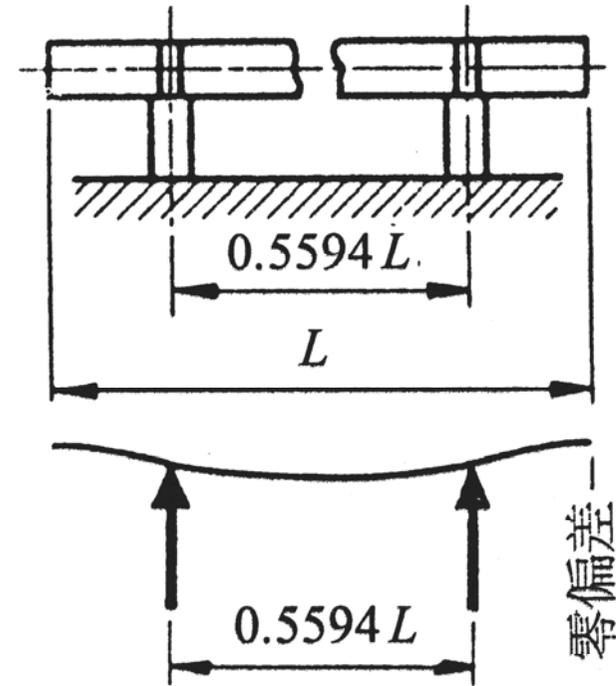


圖 2-4-3 撓曲誤差

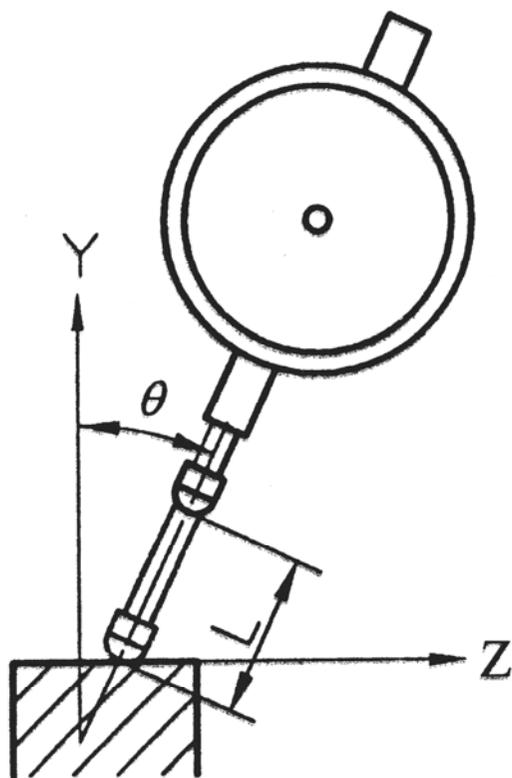


(a) 愛里點



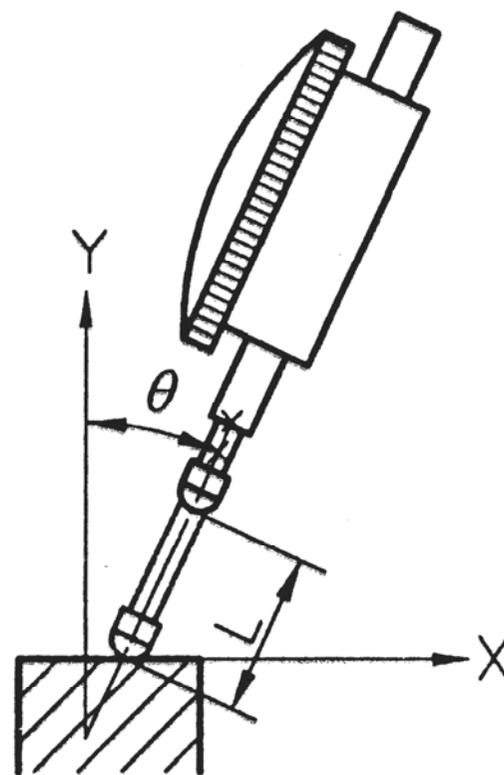
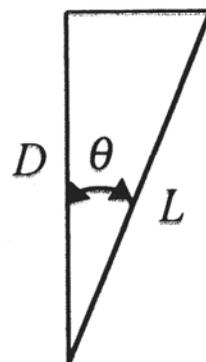
(b) 貝塞爾點

圖 2-4-4 愛里點與貝塞爾點的位置 ([3], P.83)



(a) 正面觀察

$$\begin{aligned}
 D &= L \cos \theta \\
 \delta &= L - D \\
 &= L - L \cos \theta \\
 &= L(1 - \cos \theta)
 \end{aligned}$$



(b) 側面觀察

圖 2-4-5 餘弦誤差



$$(r + R)^2 = \ell^2 + [(r + R) - E]^2$$
$$(r + R)^2 = \ell^2 + [(r + R)^2 - 2E(r + R) + E^2]$$

當 E 很小時， E^2 值可省略

$$2E(r + R) \approx \ell^2$$
$$E \approx \frac{\ell^2}{2(r + R)}$$

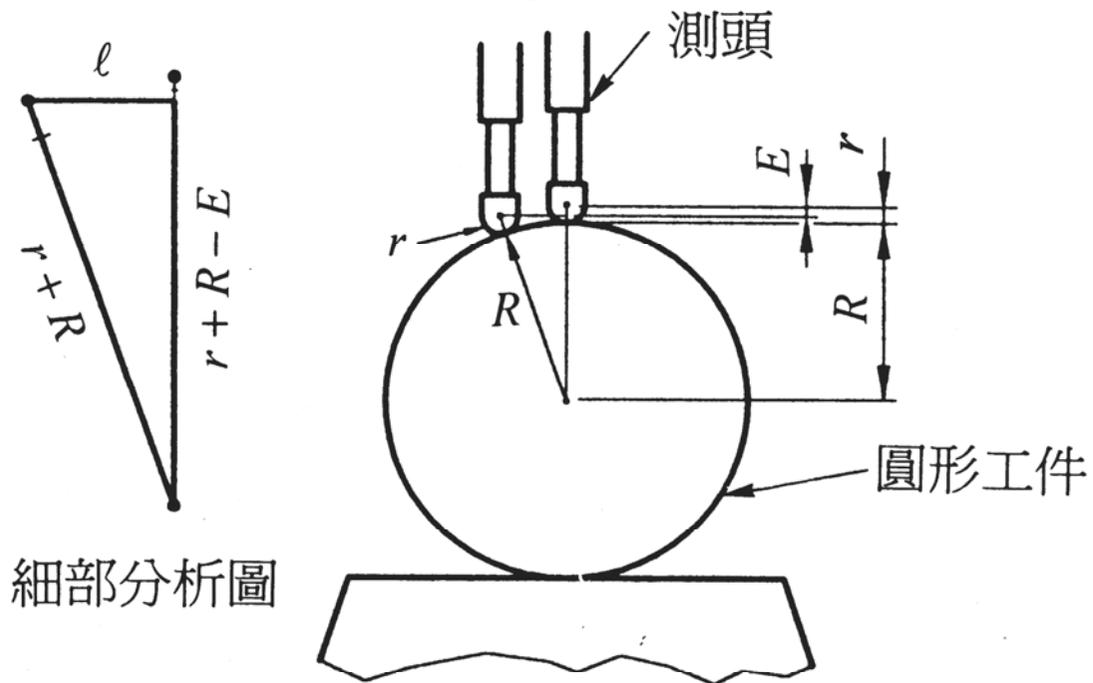


圖 2-4-7 量錶探針與工件之接觸誤差 (一)



表 2-4-2 材料之熱膨脹係數 (α)

材 料	$10^{-6} \text{ mm} / \text{ mm} / ^{\circ} \text{C}$
純 鐵	11.7
鑄 鐵	9.2 ~ 11.8
鋼	11.5
高 速 鋼	10.7
純 鋁	23.5
銅	16.5
青 銅	18.5
黃 銅	17.5
超 硬 合 金 (鎢鋼)	05.5
陶 瓷	03.0
玻 璃	08.1
石英石	00.5
鈹 鋼 (36 % 鎳)	01.5

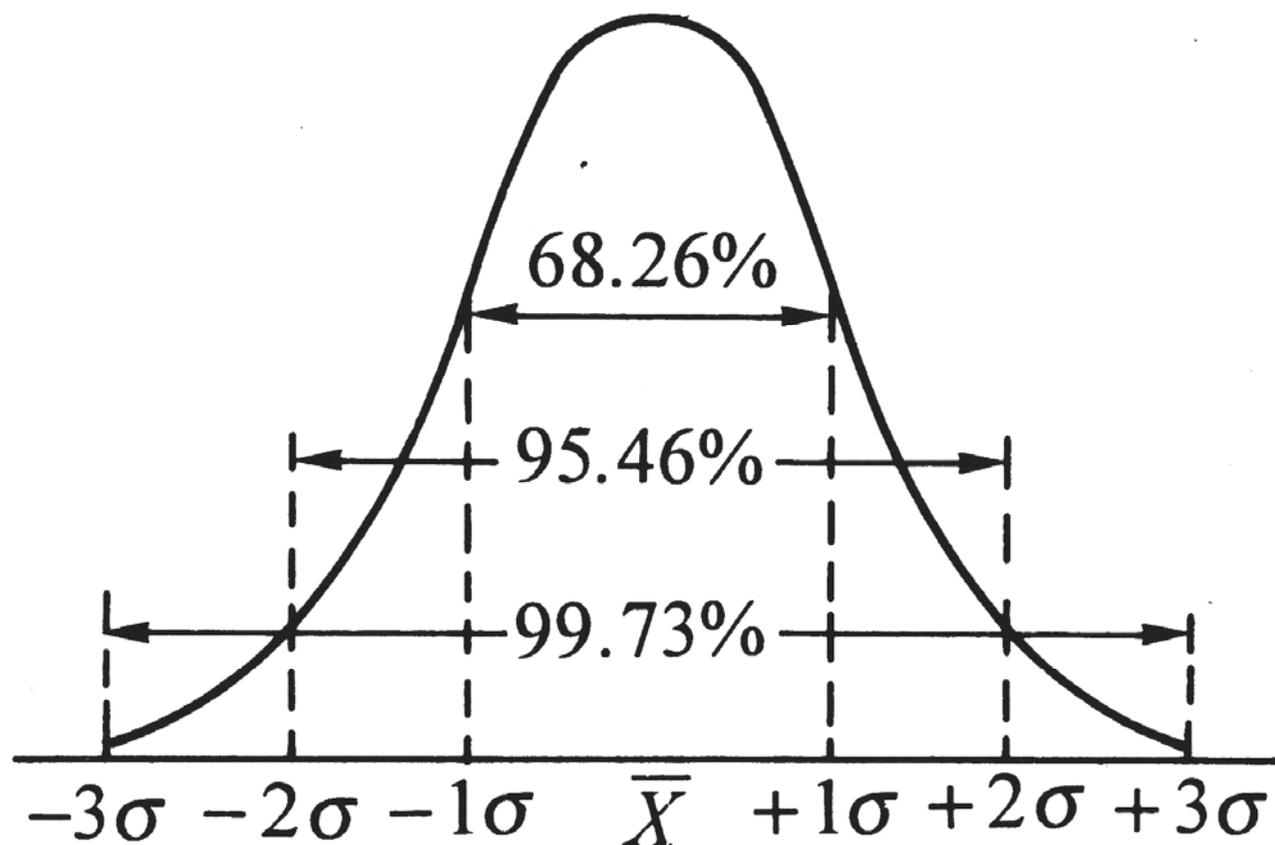


圖 2-5-1 產品尺寸之常態分配情形

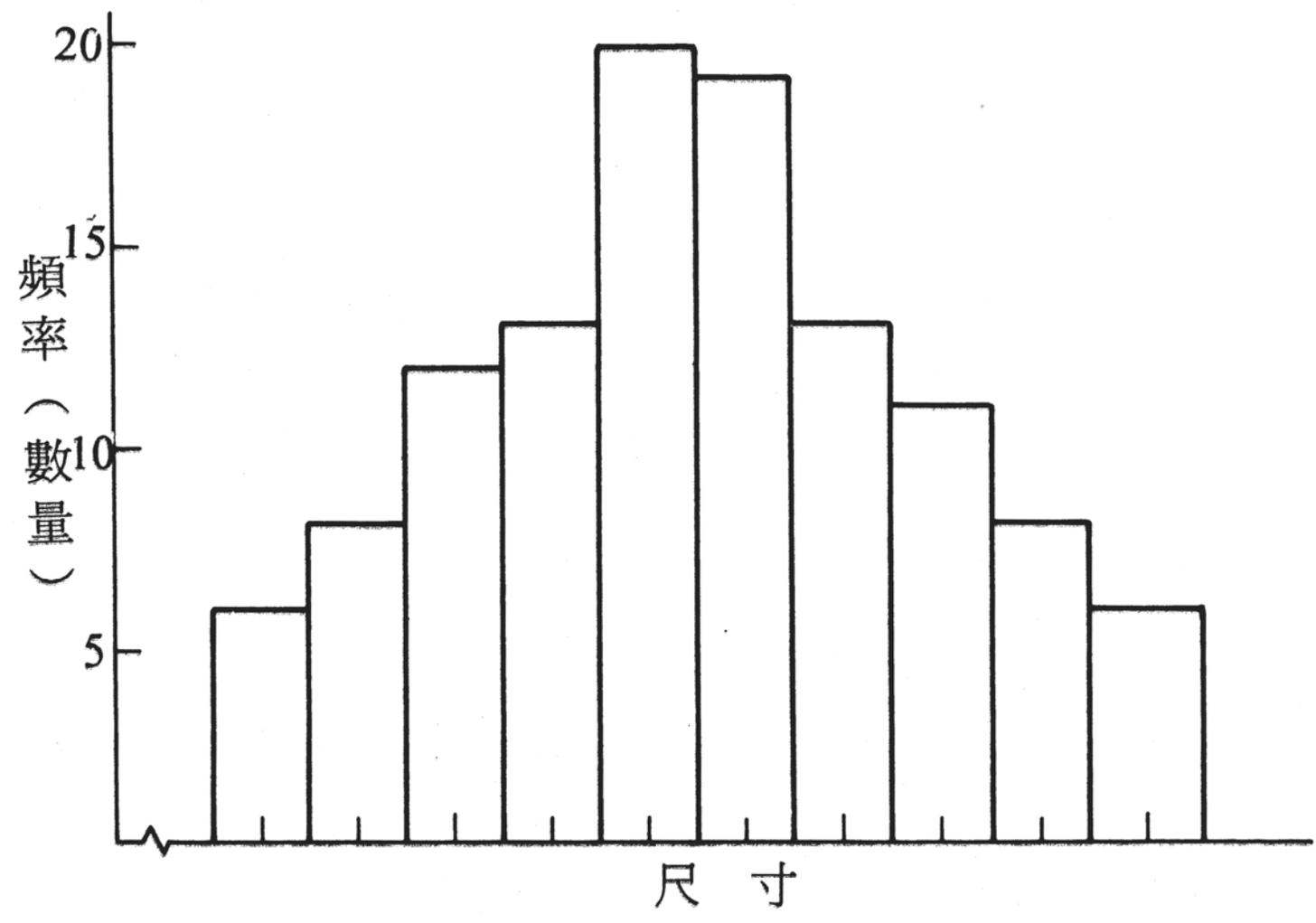


圖 2-5-2 直方圖

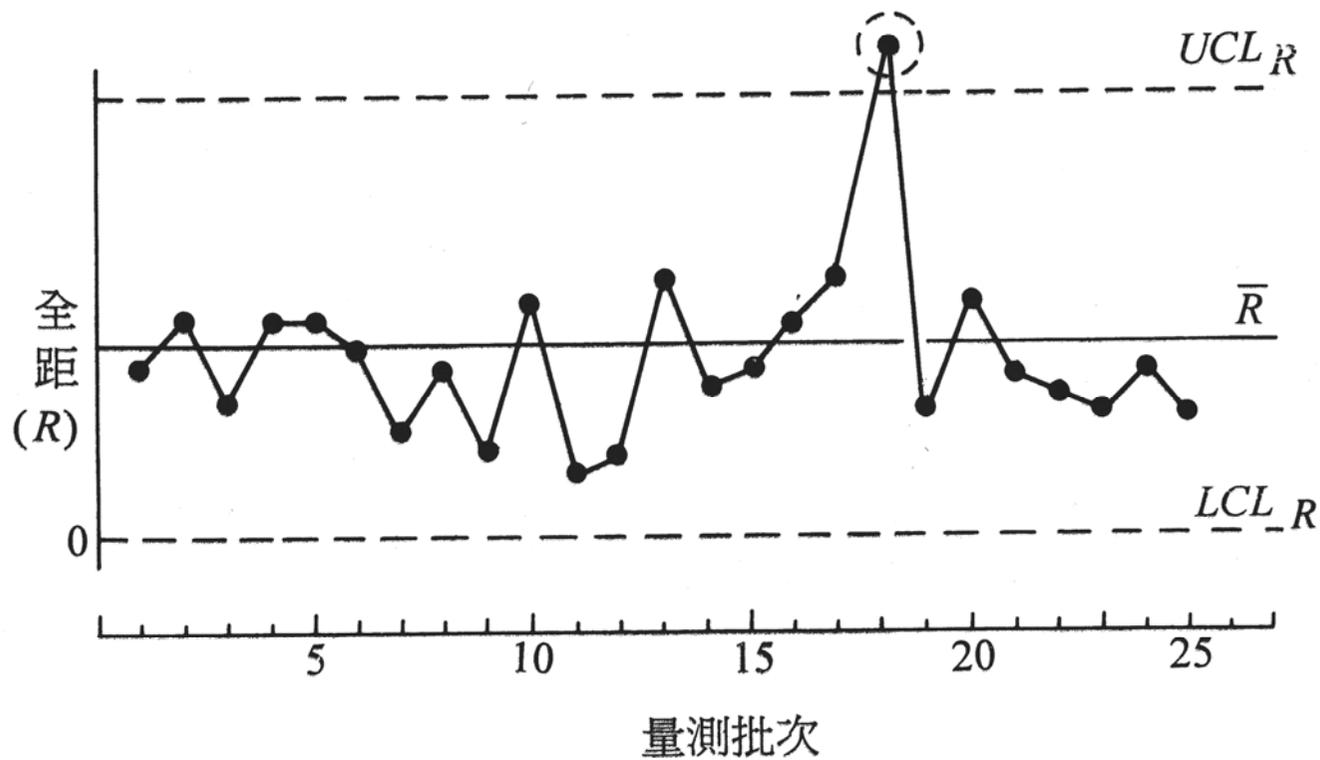
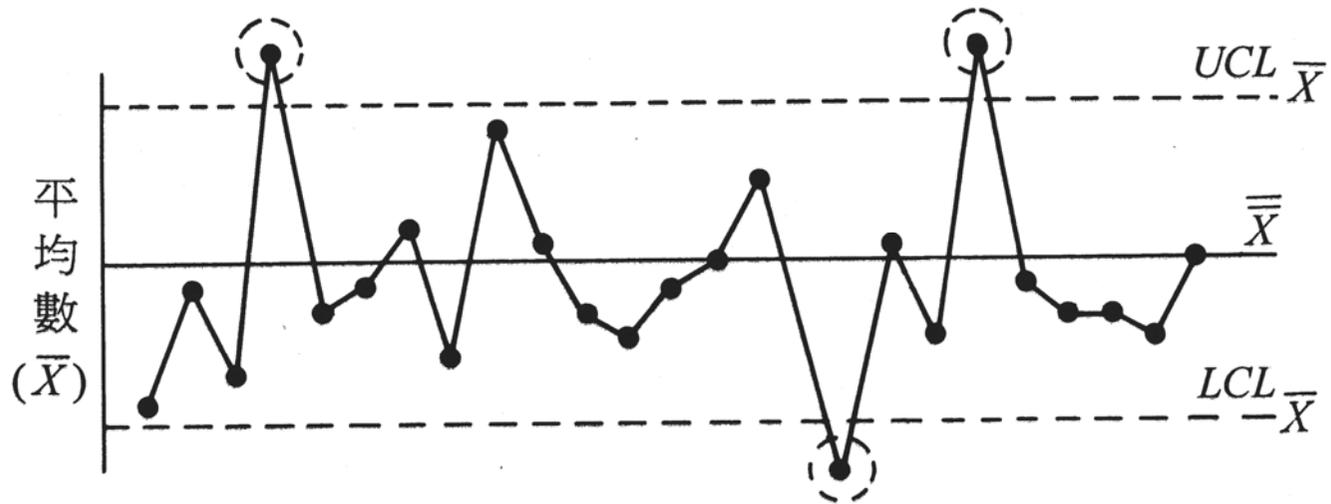


圖 2-5-3 \bar{X} 管制圖及 R 管制圖 ([4], P.119)

表 2-5-1 $\bar{x} - R$ 管制圖係數表



樣 本 大 小 n	\bar{x} 管制圖	R 管制圖	
	$UCL = \bar{x} + A_2 \bar{R}$ $LCL = \bar{x} - A_2 \bar{R}$	$UCL = D_4 \bar{R}$ $LCL = D_3 \bar{R}$	
	A_2	D_3^*	D_4
02	1.880	—	3.267
03	1.023	—	2.574
04	0.729	—	2.282
05	0.577	—	2.114
06	0.483	—	2.004
07	0.419	0.076	1.924
08	0.373	0.136	1.864
09	0.337	0.184	1.816
10	0.308	0.223	1.777

* D_3 欄的 “ — ” 表示不考慮下限。

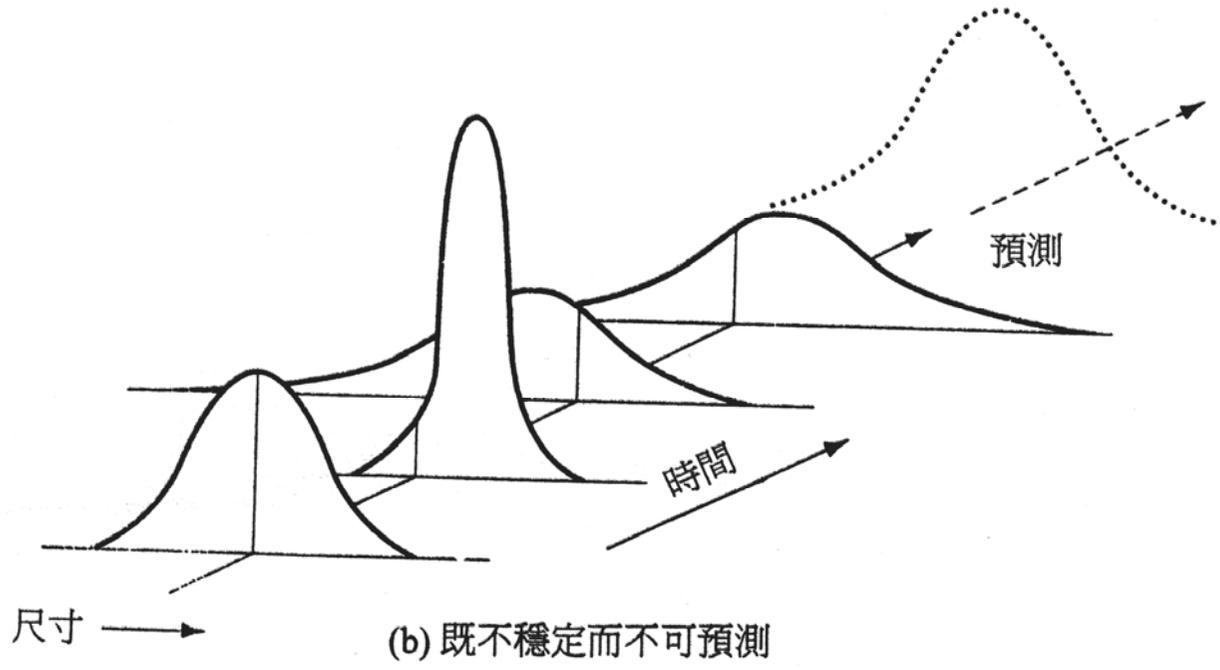
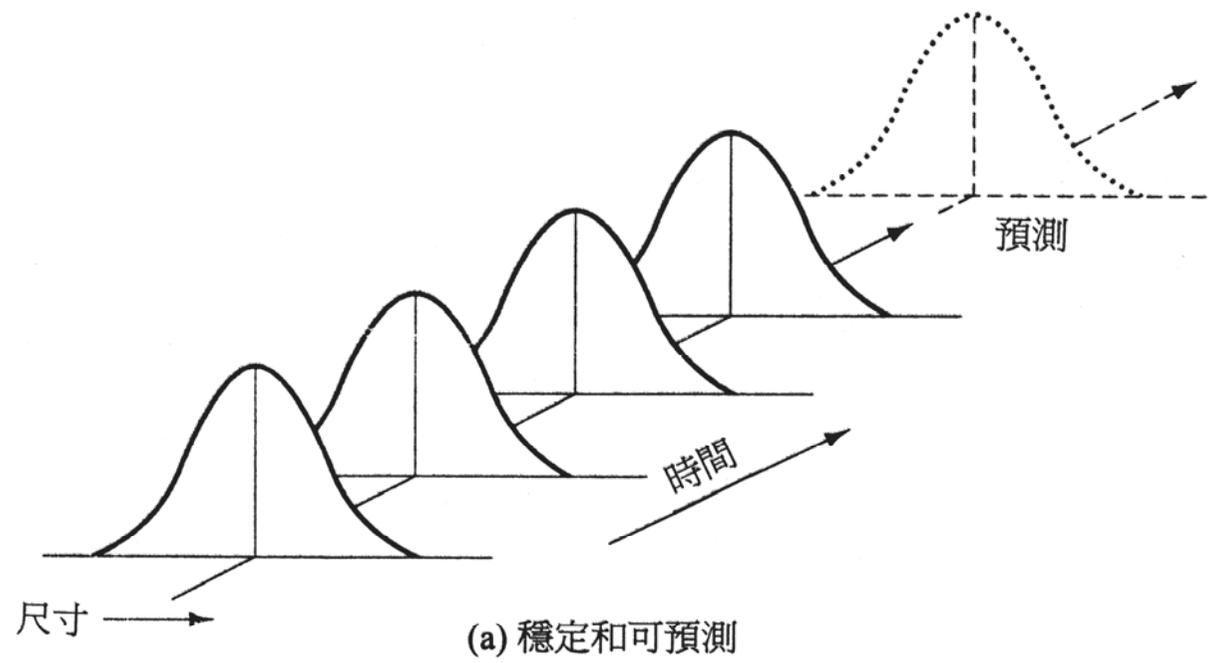
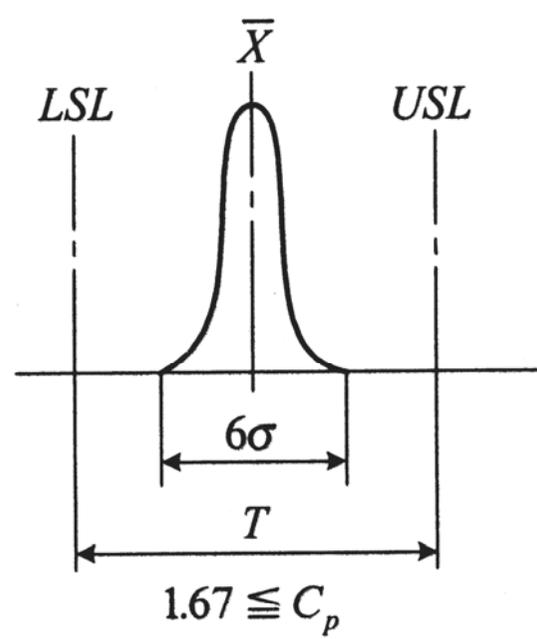
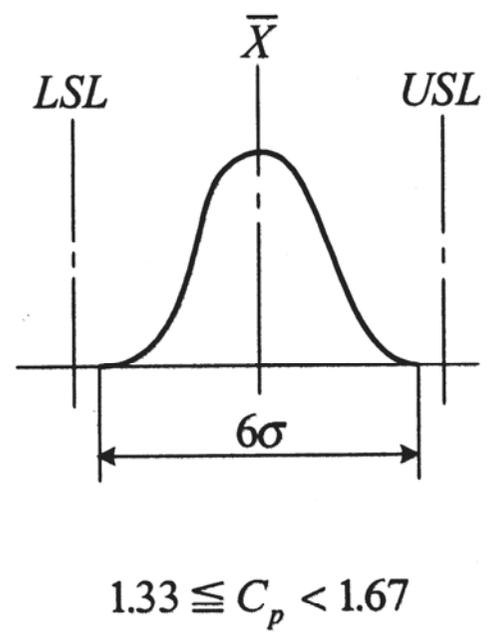


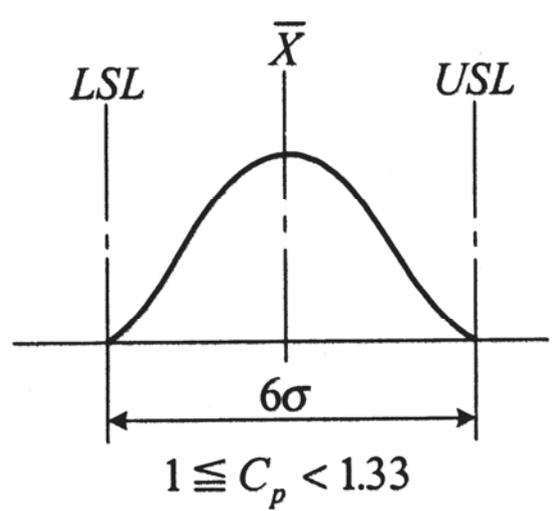
圖 2-5-4 品質管制情形 ([4], P133)



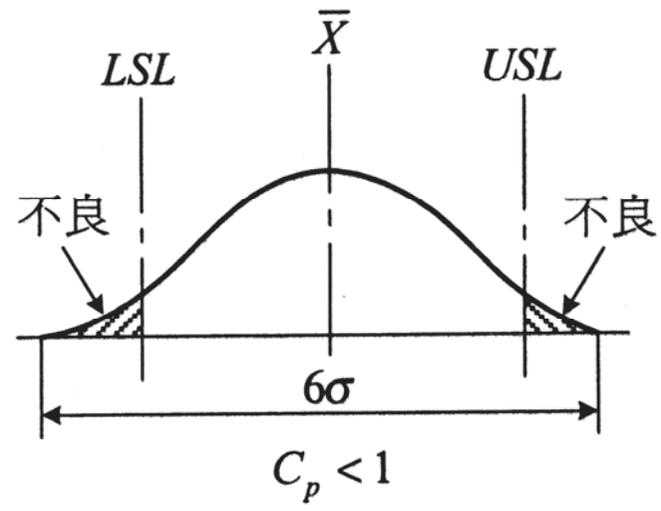
(a) 製程能力過剩



(b) 製程能力適當



(c) 製程能力之尚佳但餘裕不足



(d) 製程能力不足

圖 2-5-5 製程能力分佈



表 2-5-2 製程能力指數之判斷與處置 (一)

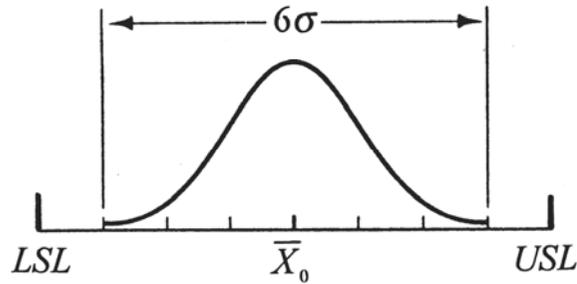
C_p 值	評 估
$1.33 \leq C_p$	製程甚穩定，可將規格容許縮小或勝任更精密之工作。
$1.00 \leq C_p < 1.33$	製程尚佳，應設法維持，不可使其變壞。
$0.67 \leq C_p < 1.00$	製程能力不足，有改善必要，可檢討規格及作業標準，包含公差、材料、設備、操作方法等項目。
$C_p < 0.67$	應採取緊急措施，對產品加以分類，全面檢討可能因素，必要時停止生產。

註： C_p 不良時，其對策方法以技術單位為主，製造單位為次，品管單位為輔。

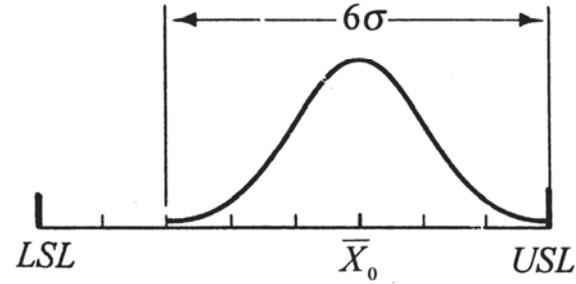
製程控制在中心位置

製程偏位 1σ 位置

情況 I $C_p = (USL - LSL) / 6\sigma = 8\sigma / 6\sigma = 1.33$

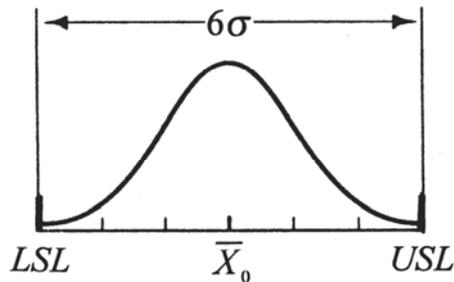


$C_p = 1.33$
 $C_{PK} = 1.33$

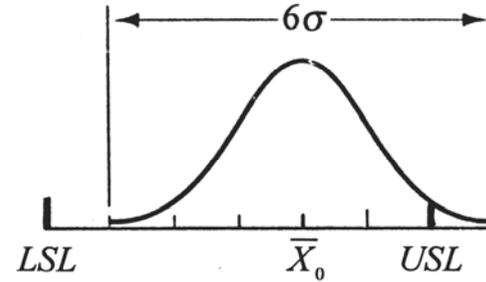


$C_p = 1.33$
 $C_{PK} = 1.00$

情況 II $C_p = (USL - LSL) / 6 = 6\sigma / 6\sigma = 1.00$

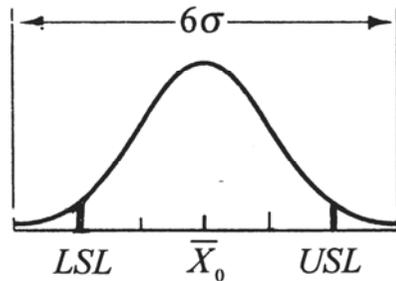


$C_p = 1.00$
 $C_{PK} = 1.00$

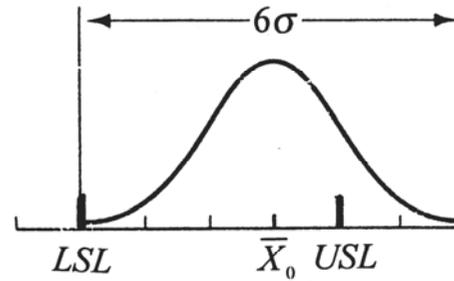


$C_p = 1.00$
 $C_{PK} = 0.67$

情況 III $C_p = (USL - LSL) / 6\sigma = 4\sigma / 6\sigma = 0.67$



$C_p = 0.67$
 $C_{PK} = 0.67$



$C_p = 0.67$
 $C_{PK} = 0.33$

圖 2-5-6 製程能力指數偏位情形 ([4], P.154)





表 2-5-3 製程能力指數之判斷與處理 (二)

C_{pk} 值	評 估
$1.0 < C_{pk}$	6σ 均落在規格界限內，即是具製程能力且可生產良好製品 (99.73 %)。
$1.0 = C_{pk}$	至少有一個 σ 落在規格界限上。
$0.0 < C_{pk} < 1.0$	至少有一個 σ 落在規格界限之外，此製程若非能力不足，就是平均數不在規格界限的中點。
$C_{pk} < 0.0$	平均數落在規格界限之外。

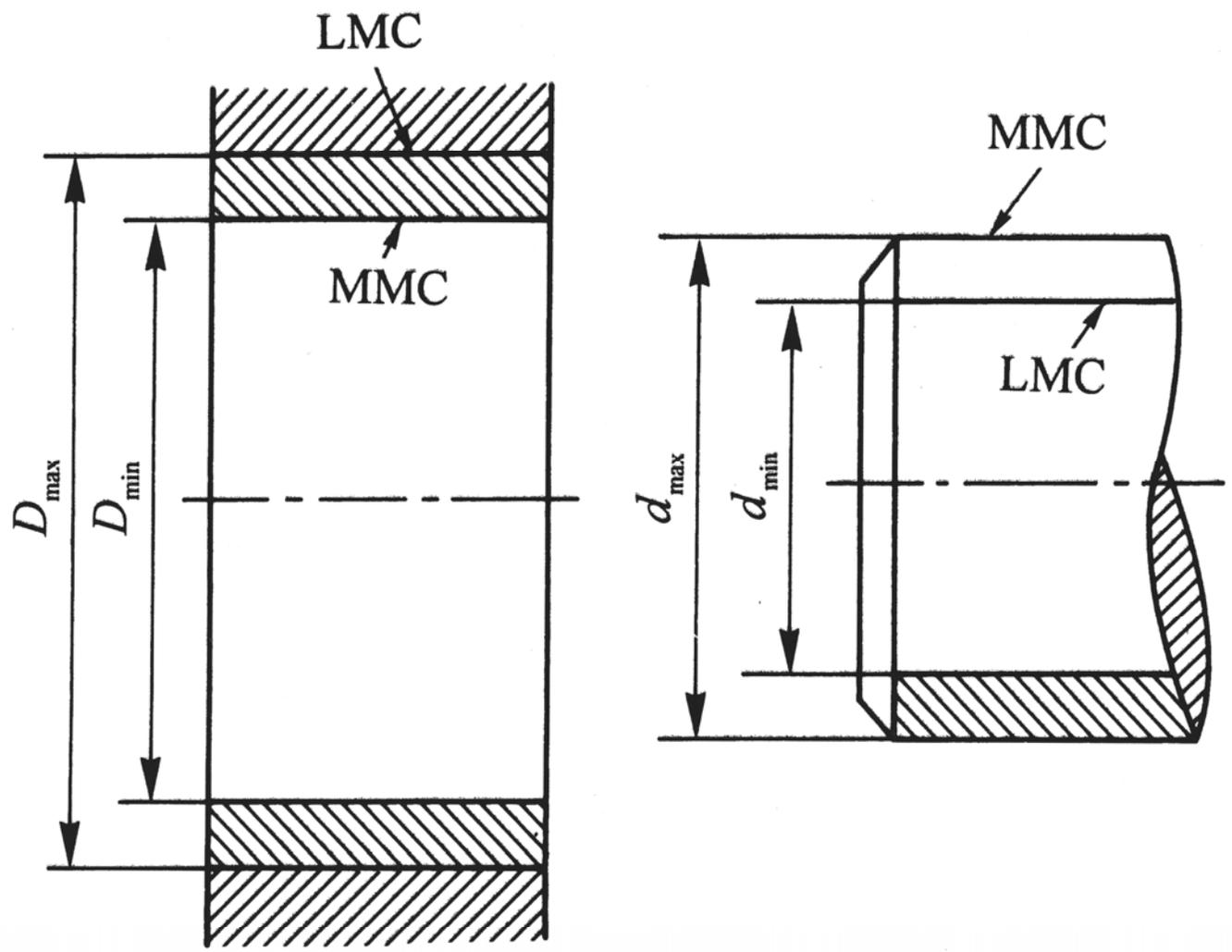


圖 2-6-1 最大實體尺寸和最小實體尺寸

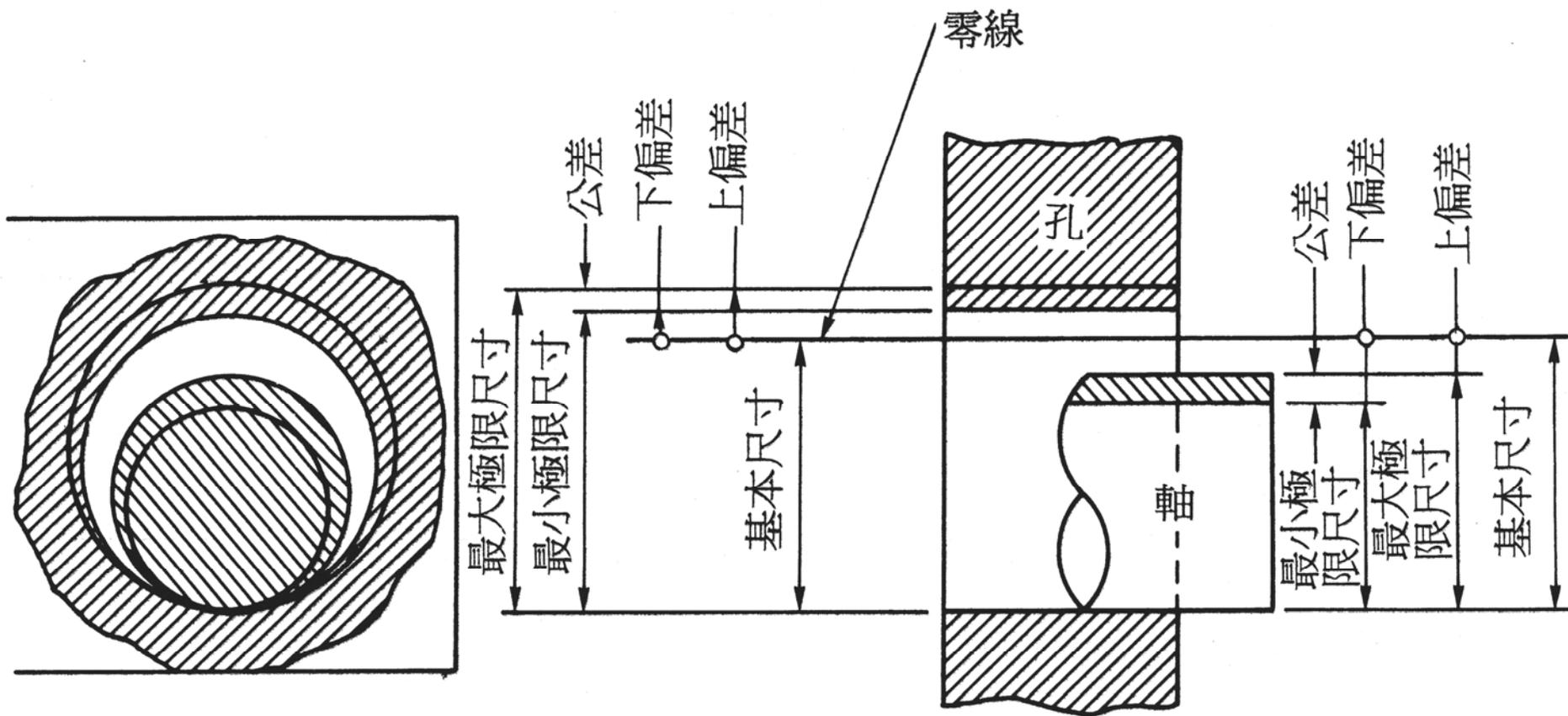


圖 2-6-2 公差與配合的示意圖

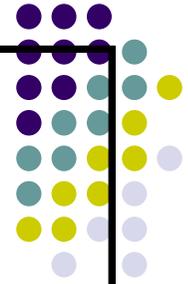


表 2-6-1 標準公差數值大小

基本尺寸		標準公差等級																			
mm		IT01	IT0	IT1	IT2	IT3	IT4	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
過	以下	公差																			
		μm													mm						
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0.1	0.14	0.25	0.4	0.6	1	1.4
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	0.12	0.18	0.3	0.48	0.75	1.2	1.8
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	0.15	0.22	0.36	0.58	0.9	1.5	2.2
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0.18	0.27	0.43	0.7	1.1	1.8	2.7
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0.21	0.33	0.52	0.84	1.3	2.1	3.3
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0.25	0.39	0.62	1	1.6	2.5	3.9
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0.3	0.46	0.74	1.2	1.9	3	4.6
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0.35	0.54	0.87	1.4	2.2	3.5	5.4
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0.4	0.63	1	1.6	2.5	4	6.3
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0.46	0.72	1.15	1.85	2.9	4.6	7.2
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0.52	0.81	1.3	2.1	3.1	5.2	8.1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0.57	0.89	1.4	2.3	3.6	5.7	8.9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0.63	0.97	1.55	2.5	4	6.3	9.7

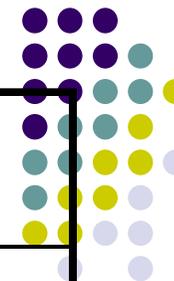
註：基本尺寸小於 1 mm 時，無 IT 14 至 IT 18。

表 2-6-2 公差等級的選擇

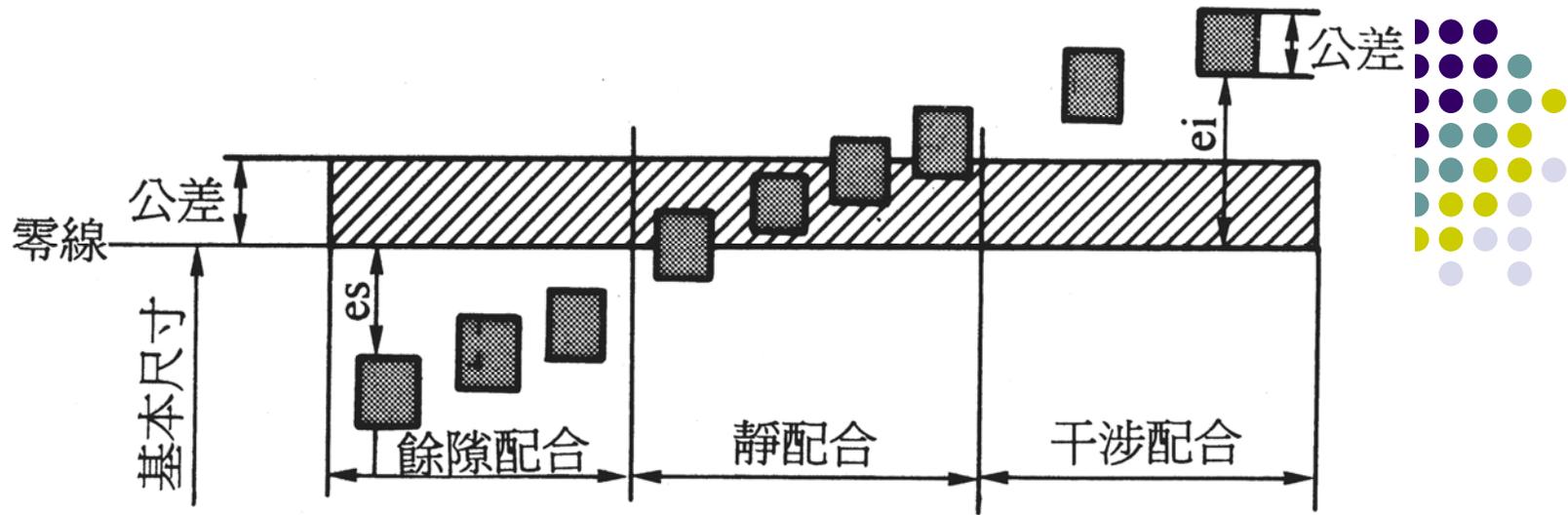


樣規類	01 級 0 級 1 級 2 級 3 級 4 級	高級標準量規類。 高級標準量規類。 標準量規類。 高級量規、精測塊規。 良質量規。 一般量規，研磨或超光加工等特別高級加工，與鋼珠軸承有關之高級製品。
一般機械零件的配合	5 級 6 級 7 級 8 級 9 級 10 級	鋼珠軸承的加工、機械研磨、精密車削及鉸孔、精密研磨、精密搪孔。 研磨、精密車削、鏜孔及鉸孔等加工。 高級車削、拉削、搪孔研磨，高級機械鉸孔加工。 兩心工作的車削、鑽孔、鉸孔、六角車床及自動車床之製品。 六角車床及自動車床等一般性的製品、中級的鑽床、車床工作及高級銑削。 一般之銑削、鉋削、鑽孔、輓壓及抽製。
不需配合的部份	11 級 12 級 13 級 14 級 15 級 16 級	粗車削、粗鏜孔、其他的粗加工、衝孔、精密抽拉管、沖壓工作。 抽拉管、輕壓製品。 沖壓製品、滾壓管。 模鑄法、橡膠型沖壓，殼模法。 抽拉鍛造，殼模法。 砂模鑄造，乙炔切斷。

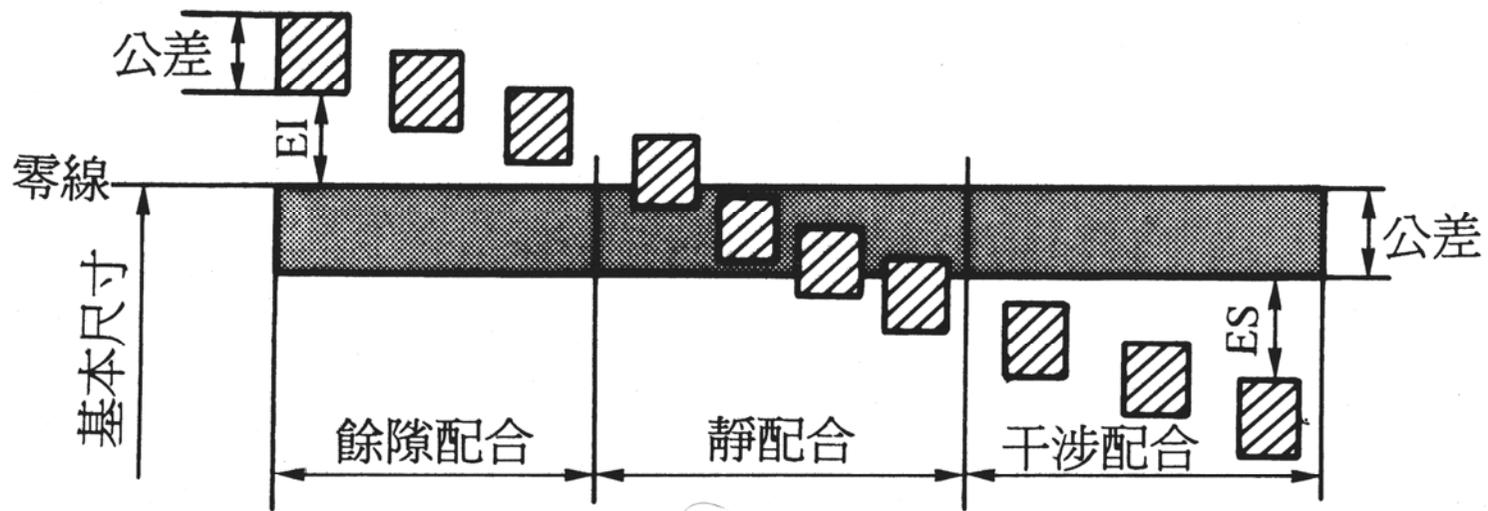
表 2-6-3 各種機械加工方式可達到之公差等級



加工方式	公差等級										
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
研磨和搪光											
內外圓磨削											
平面磨削											
金鋼石車削和搪孔											
拉削											
鉸削											
車削											
搪削											
銑削											
鉋削											
鑽削											



(a) 基孔制與其配合情形



(b) 基軸制與其配合情形

圖 2-6-3 各種配合情形

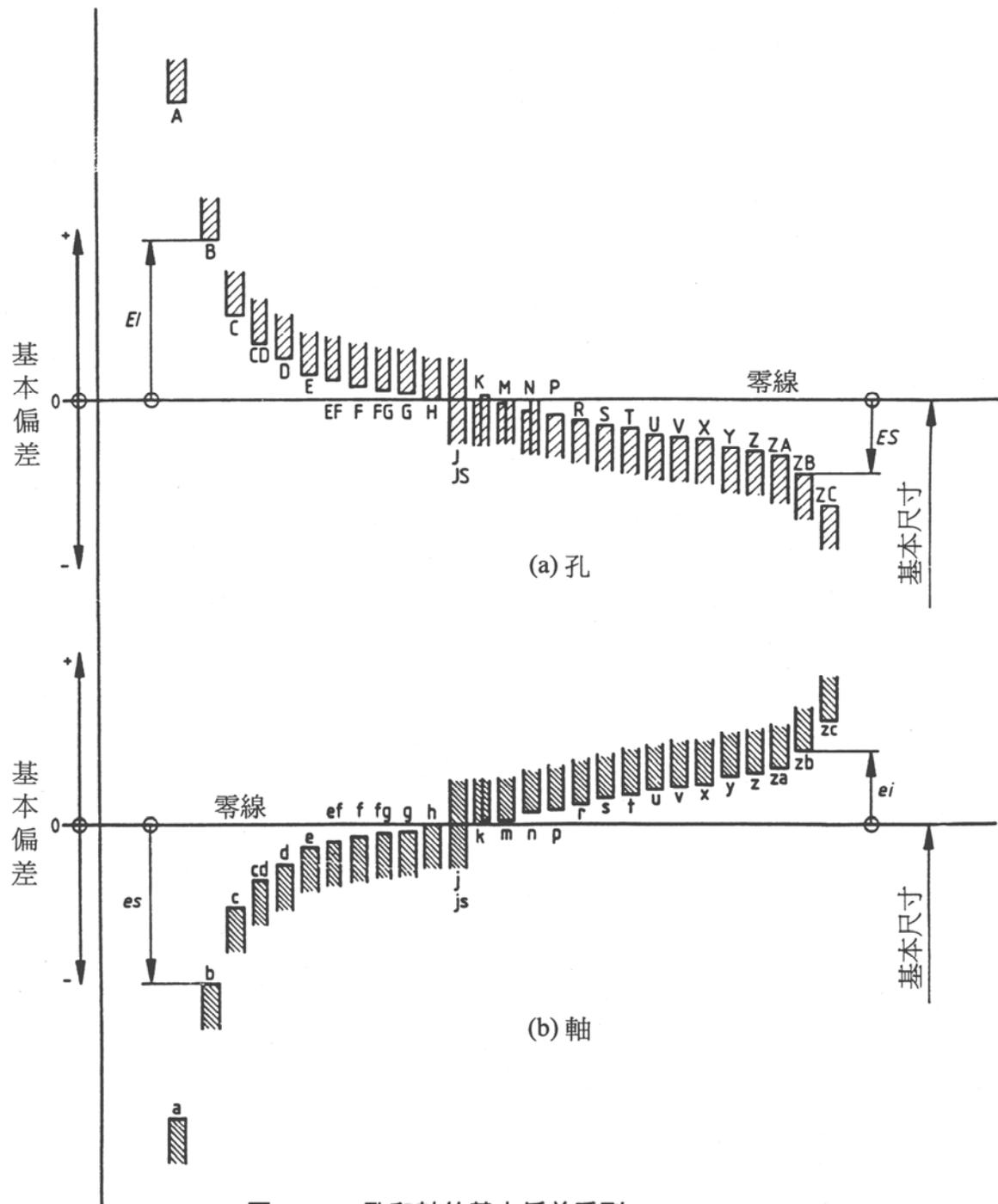


圖 2-6-4 孔和軸的基本偏差系列 (ISO 286-1 : 1988)

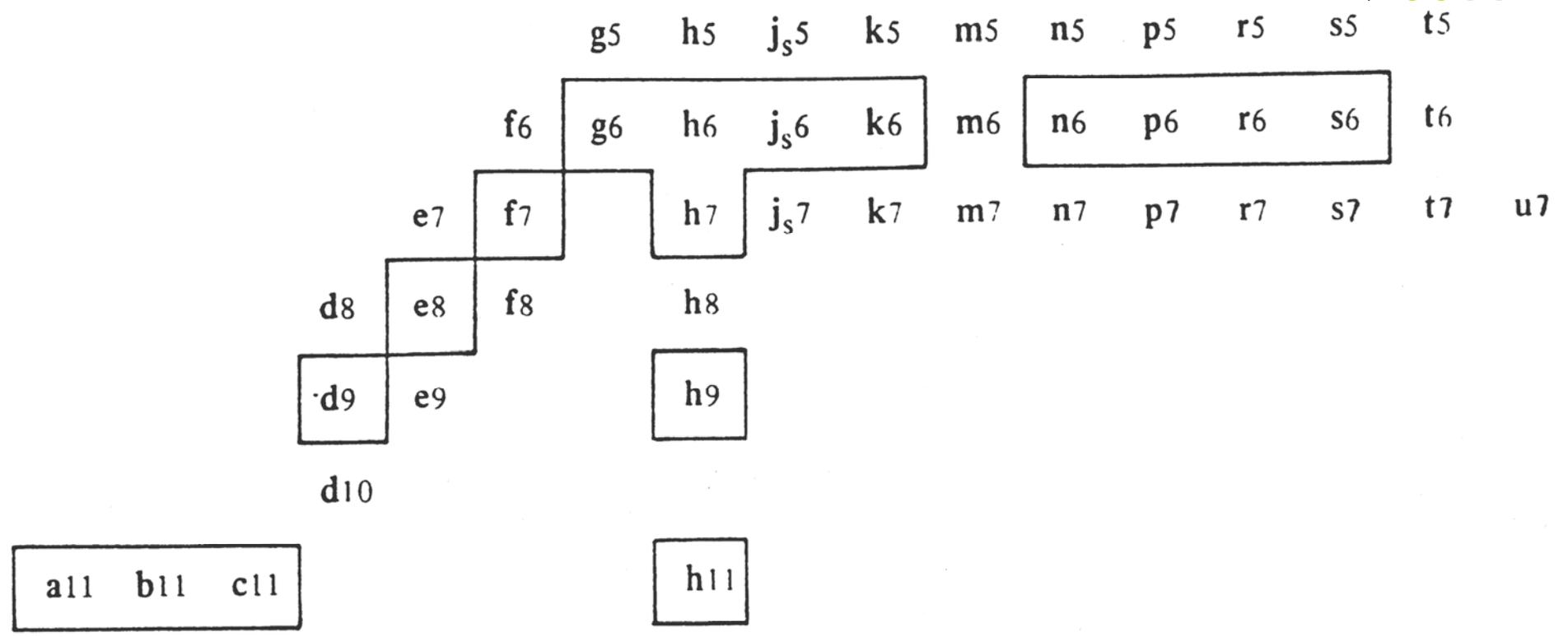


圖 2-6-6 軸的公差

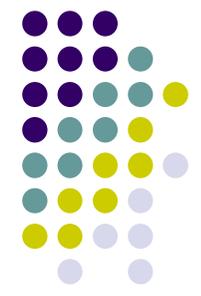
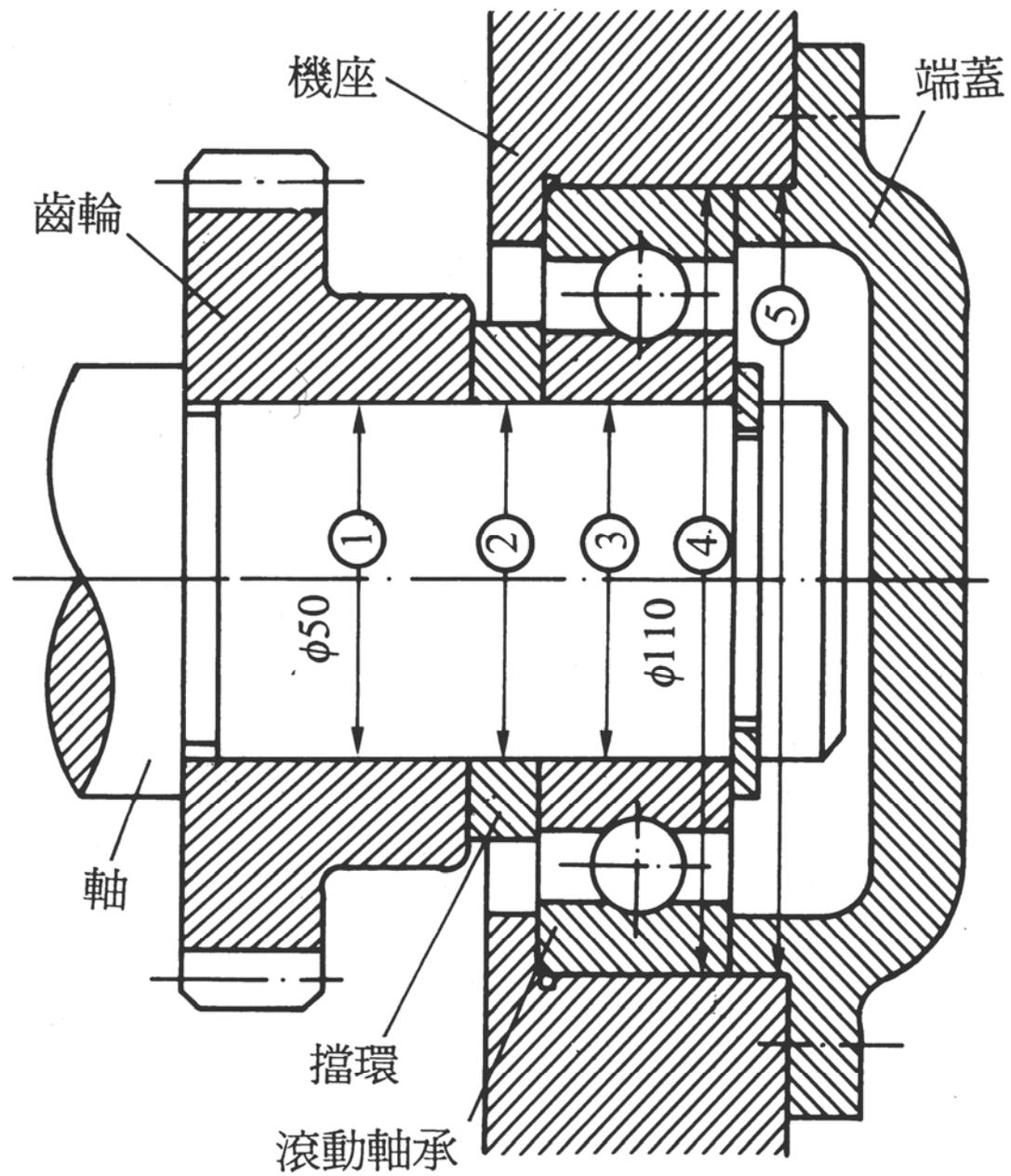
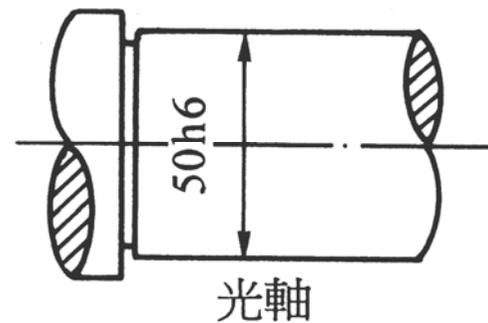
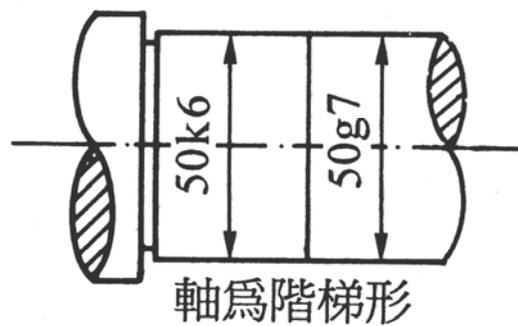
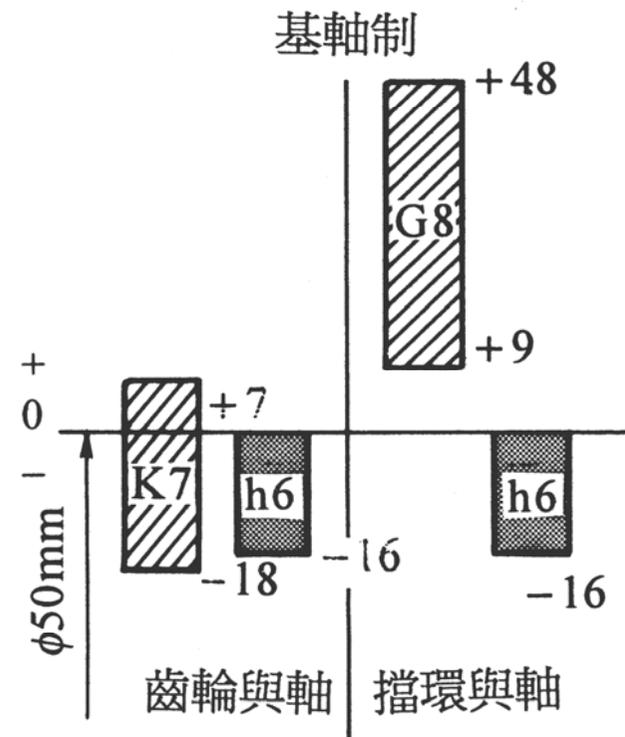
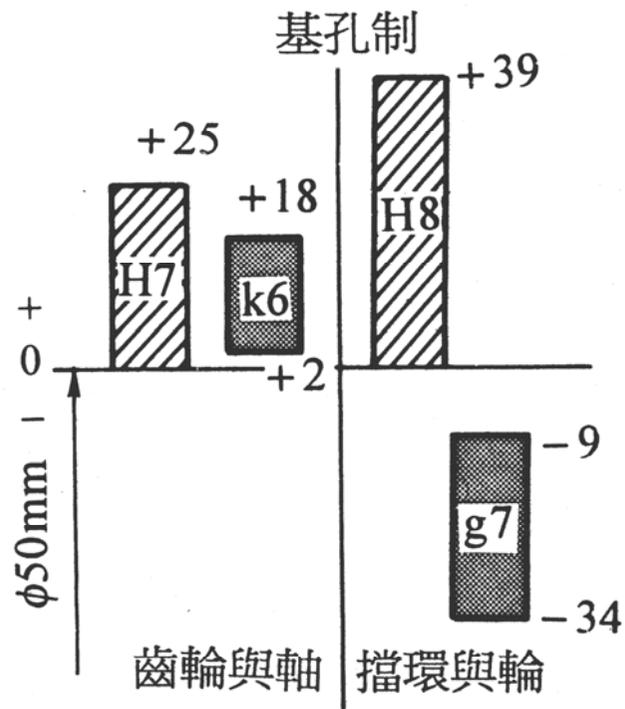


圖 2-6-7 公差與配合選擇分析圖例 (公差技術與精度設計研討會、台大慶齡工業研究中心，83. 5. p1-41)



(a) 採基孔制

(b) 採基軸制

圖 2-6-8 多件配合時，採用基孔制與基軸制之比較 (公差技術與精度設計研討會、台大慶齡工業研究中心，83. 5. p1-42)



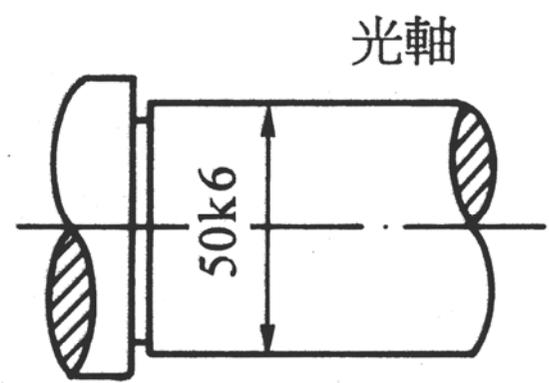
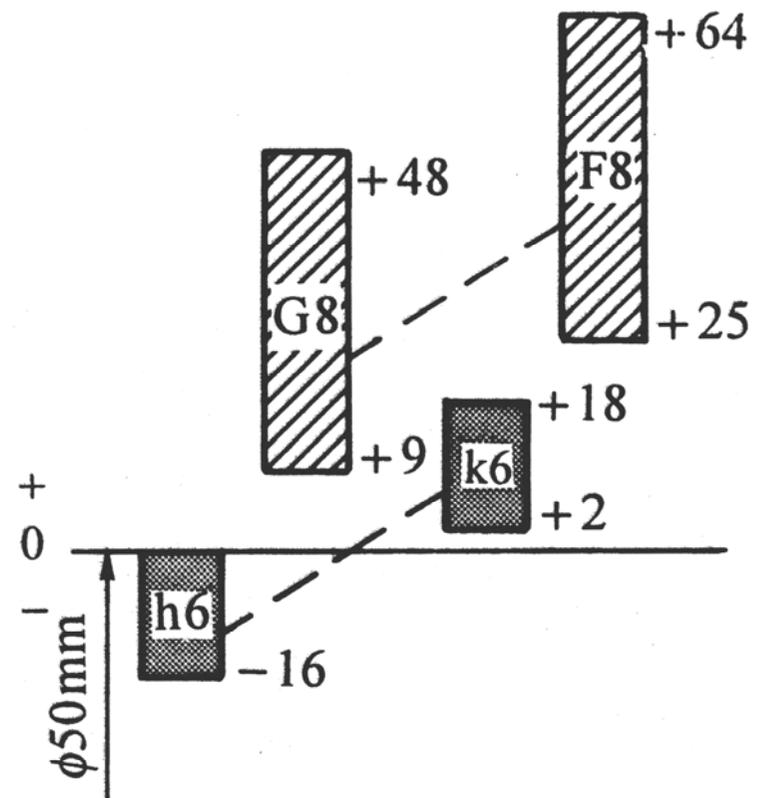


圖 2-6-9 改用非基孔制及非基軸之配合 (公差技術與精度設計研討會、台大慶齡工業研究中心，83. 5. p1-42)



表 2-6-4 CNS 配合種類、配合座別、配合制度對照表

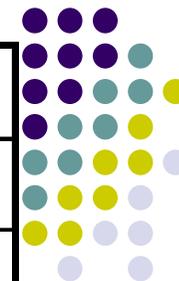
配合種類	配合座別		配合制度		配合情況
			基軸制 h	基孔制 H	
餘隙配合	轉合座		ABCDEFGFG	abcdefg	扭轉時可相對轉動
過渡配合	靜合座	滑合座	H	h	加潤滑劑後，可以用手推動
		推合座	J	j	可用手或鎚分合
		輕迫合座	K	k	可用鎚分合，不需大力
		迫合座	M N	m n	可用鎚分合，需稍大力
干涉配合	壓合座		PRSTUVWXYZ	prstuvxyz	需用大壓力或加熱裝配，裝合後不易分開

表 2-6-5 ISO 基孔制常用配合

基準孔	軸 之 種 類 與 等 級																
	餘 隙 配 合						靜 配 合				緊 配 合						
	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x
H 5						4	4	4	4	4							
H 6						5	5	5	5	5							
					6	6	6	6	6	6	6	6					
H 7				(6)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
				7	7	(7)	7	7	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)
H 8				6	7		7										
				8	8		8										
			9	9													
H 9			8	8			8										
		9	9	9			9										
H 10	9	9	9														

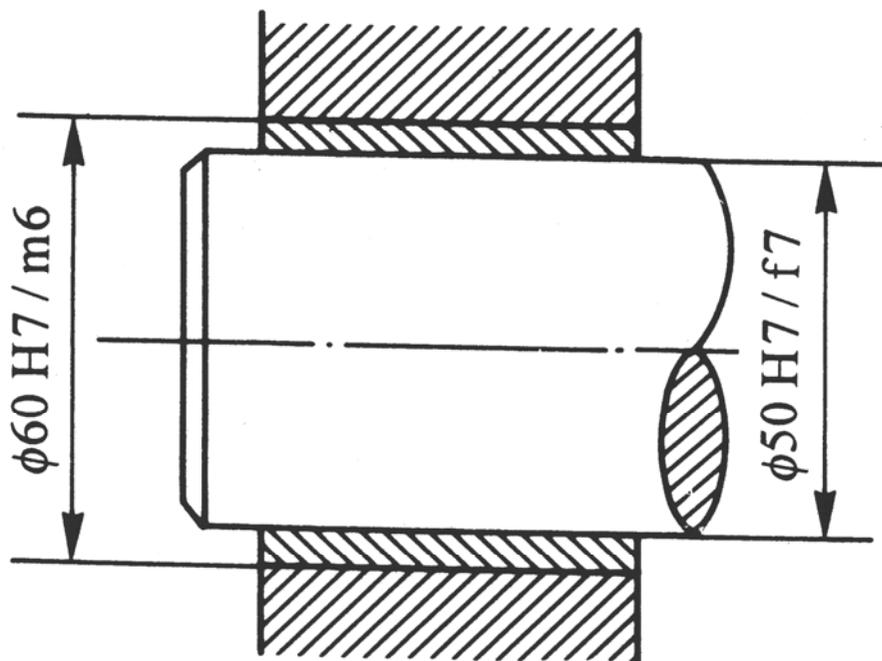
[備註] 表中附有括弧者儘可能不使用。

表 2-6-6 ISO 基軸制常用配合



基準軸	孔之種類與等級																
	餘隙配合						靜配合				緊配合						
	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	X
h 4							5	5	5	5							
h 5							6	6	6	6	6	6					
h 6					6	6	6	6	6	6	6	6					
				(7)	7	7	7	7	7	7	7	7	(7)	7	7	7	7
h 7				7	7	(7)	7	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)			
					8		8										
h 8			8	8	8		8										
			9	9			9										
h 9			8	8			8										
		9	9	9			9										
	10	10	10														

[備註] 表中附有括弧者儘可能不使用。



$$50H7 = 50 \begin{matrix} +0.025 \\ +0 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$50f7 = 50 \begin{matrix} -0.025 \\ -0.055 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$60H7 = 60 \begin{matrix} +0.030 \\ +0 \end{matrix} \text{ mm}$$

$$60m6 = 60 \begin{matrix} +0.030 \\ +0.011 \end{matrix} \text{ mm}$$

圖 2-6-10 預留裝配變形的配合 (公差技術與精度設計研討會、台大慶齡工業研究中心，83. 5. p1-48)

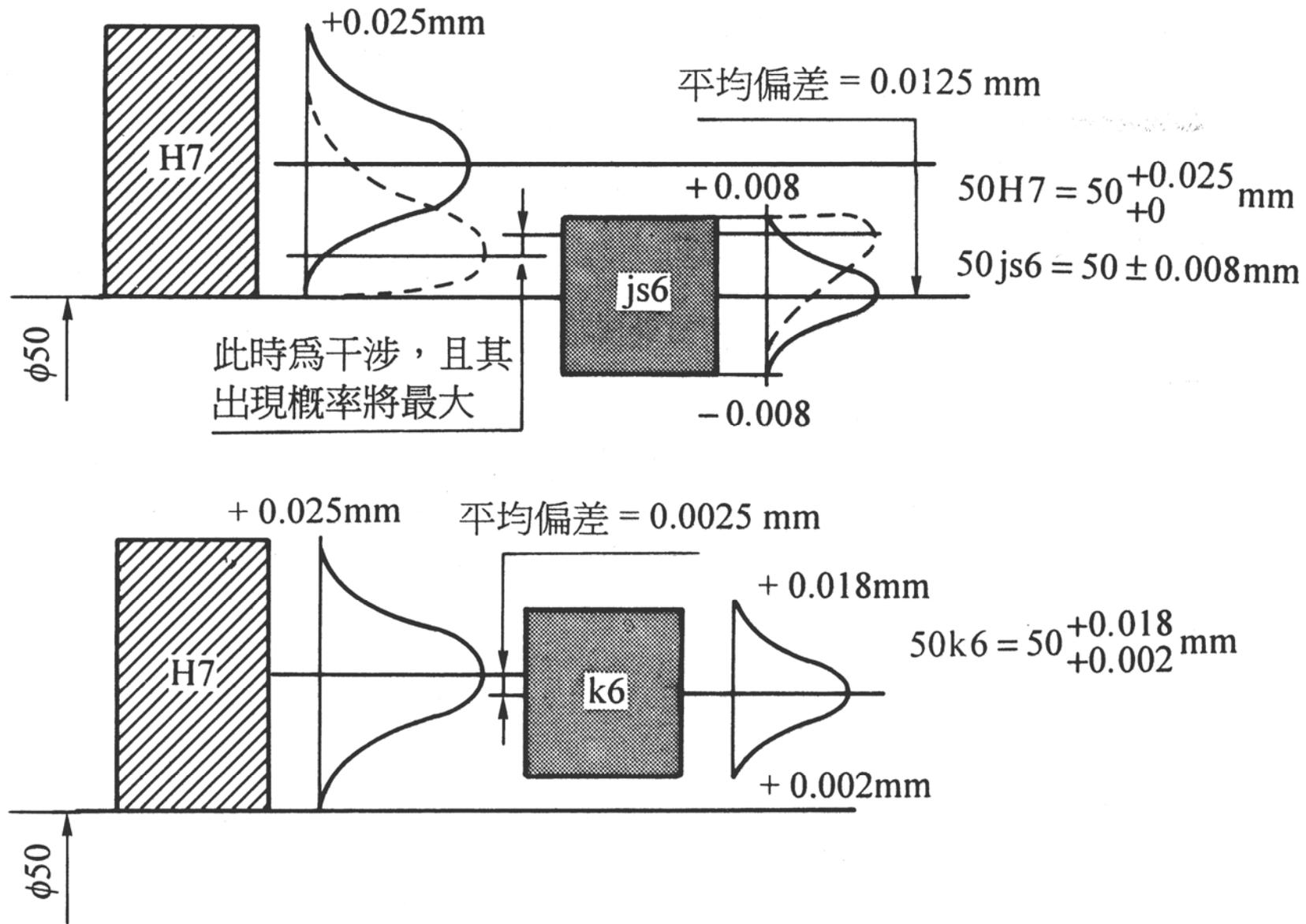


圖 2-6-11 尺寸分佈特性對靜配合性質的影響 (公差技術與精度設計研討會、台大慶齡工業研究中心，83. 5. p1-48)