

第十一章

公差與配合 精度標準化

前言：精度標準化起源 互換

- 為使製品標準化，保持零件的互換性，達到大量生產的目的，於是制定公差與配合的通用規範，即**精度標準化**。
- 前述中所稱的「互換性」是指凡組成產品的各項零件，經既定的某一範圍內，作必要的加工後，即能用來裝配，不須另作裝修加工；同時，當其自某一機械卸下，換裝至另一同型機械時，無須再作裝修加工，而換裝後也可以獲得同等的功能與效用。
- 其中，製造方法稱為「互換製造」，製成的零件稱為「互換零件」，互換零件所具的交換性質，稱為「互換」。

前言：精度與公差

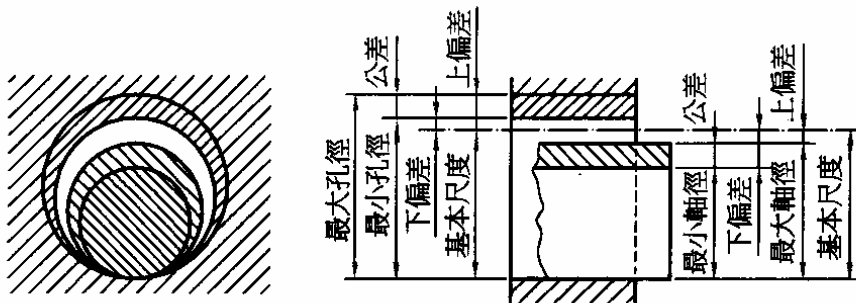
- 使零件達到預期機能所需的精確程度，稱為精度。
- 隨著工業技術水準的提高，以及大量生產模式所需，不論是設計者、裝配者或使用者均對機件精度的要求逐漸嚴格，因此在設計圖上各部分尺寸必須明確標示出公差，讓製造者、檢驗者得以依據工作圖了解設計者所指定的合格尺寸的範圍。
- 由於機件的製作要能達到完全正確的尺寸（例如說要達到50mm），是極為困難的！即便能作出來，也是「不小心」作到的！因此，設計者在設計的時候，必須要有一個概念，那就是必須考慮機件在實際製作時，可能因為製造方法、操作者的技術、製造機件的機器性能，以及製造成本等因素，而容許機件尺寸落在兩個極限內。
- 前述所稱的兩個極限尺寸差的絕對值，就稱為「公差」！
- 「公差」越小表示機件被要求的性能越高、品質越好，相對的，其所需成本也就越高！

前言：配合

- 任一產品是由至少兩個以上的零件組合而成，因此，每兩個互相配合的零件裝配後的鬆緊程度，稱為『配合』。
- 『配合』是指相配合的零件在各種公差組合情況下，所得的緊度範圍。

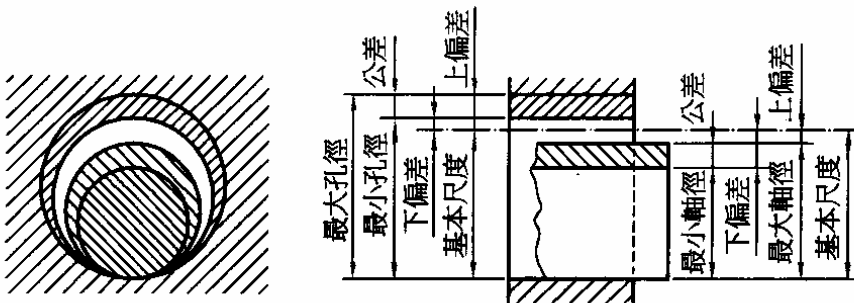
名詞解釋 (一)

- 公稱尺度 (Nominal Size)：乃單位數字之標示，用以表示角度或長度之數值。 稱為標稱尺度。
- 實際尺度 (Actual Size)：即零件經由測量而得之數值。
- 基本尺度 (Basic Size)：係決定尺寸極限之基準或參考尺寸。
- 極限尺度 (Limit Size)：此為尺寸大小之界限，零件可允許之最大與最小尺寸，其實際尺寸必須在這兩者之間。
- 最大極限尺度：兩極限尺度中較大的尺度。
- 最小極限尺度：兩極限尺度中較小的尺度。



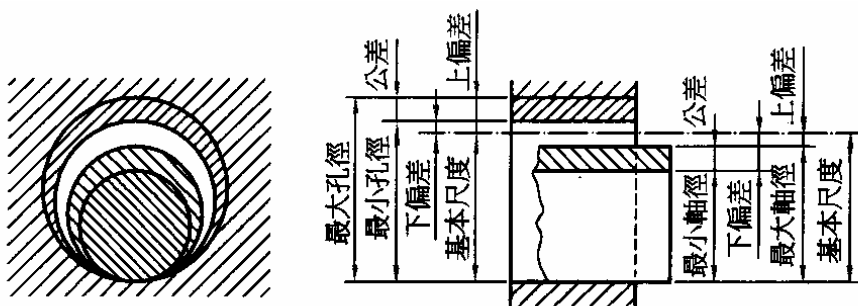
名詞解釋 (二)

- ❑ 公差 (Tolerance)：為最大極限尺寸與最小極限尺寸之差，即零件尺寸所允許之差異。
- ❑ 公差區域：又稱為公差帶，代表公差極限的兩條直線間地面積，或兩條直線間的距離，即公差的大小。
- ❑ 偏差：極限尺度或實際尺度與基本尺度間的差。
- ❑ 上偏差：最大極限尺度與基本尺度間的差。
- ❑ 下偏差：最小極限尺度與基本尺度間的差。
- ❑ 實際偏差：實際尺度與基本尺度間的差。



名詞解釋 (三)

- ❑ 基礎偏差：接近基本尺度的極限尺度與基本尺度間的差。
- ❑ 孔：公差制度中表示零件的內部尺度，包括非圓孔的零件。
- ❑ 軸：公差制度中表示零件的外部尺度，包括非圓柱的零件。
- ❑ 上偏差：最大極限尺度與基本尺度間的差。
- ❑ 下偏差：最小極限尺度與基本尺度間的差。
- ❑ 實際偏差：實際尺度與基本尺度間的差。



標準公差：公差等級

- 我國標準公差係用國際標準公差，國際標準公差是按精度高低分級，亦即同一公稱尺度上按公差大小分級，稱為公差等級。
- 級數越小者，其公差區域越小，即精度越高；反之，公差區域越大，精度越低。
- 公差等級共分為IT01、IT0、IT1、IT2、..... IT17、IT18等二十級。
- IT2至IT4之值，為插入IT1與IT5間之幾何級數之近似值。

級別	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16	IT17	IT18
數值	7i	10i	16i	25i	40i	64i	100i	160i	250i	400i	640i	1000i	1600i	2500i

級別	IT01	IT0	IT1
單位μm D(mm)	0.3 + 0.008D	0.5 + 0.012D	0.8 + 0.020D

$$i = 0.45\sqrt[3]{D} + 0.001D$$

D以mm為單位

CNS標準公差

- 為了使各種尺寸之公差數值規格化，在範圍內所有的尺寸具相同的公差，依據ISA規格界定限界尺寸範圍，並以兩限界尺寸之幾何平均數作為D值，算出公差值。

單位：0.001mm

基本 尺度 mm	級別																				
	IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
<3		0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600	1000	1400
>3	-6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750	1200	1800
>6	-10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900	1500	2200
>10	-18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100	1800	2700
>18	-30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300	2100	3300
>30	-50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600	2500	3900
>50	-80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	330	460	740	1200	1900	3000	4600
>80	-120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200	3500	5400
>120	-180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500	4000	6300
>180	-250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900	4600	7200
>250	-315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200	5200	8100
>315	-400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600	5700	8900
>400	-500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000	6300	9700
>500	-630								44	70	110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400		
>630	-800								50	80	125	200	320	500	800	1250	2000	3200	5000		
>800	-1000								56	90	140	230	360	560	900	1400	2300	3600	5600		
>1000	-1250								66	105	165	260	420	660	1050	1650	2600	4200	6600		
>1250	-1600								78	125	195	310	500	780	1250	1950	3100	5000	7800		
>1600	-2000								92	150	230	370	600	920	1500	2300	3700	6000	9200		
>2000	-2500								110	175	280	440	700	1100	1750	2800	4400	7000	11000		
>2500	-3150								135	210	330	540	860	1350	2100	3300	5400	8600	13500		

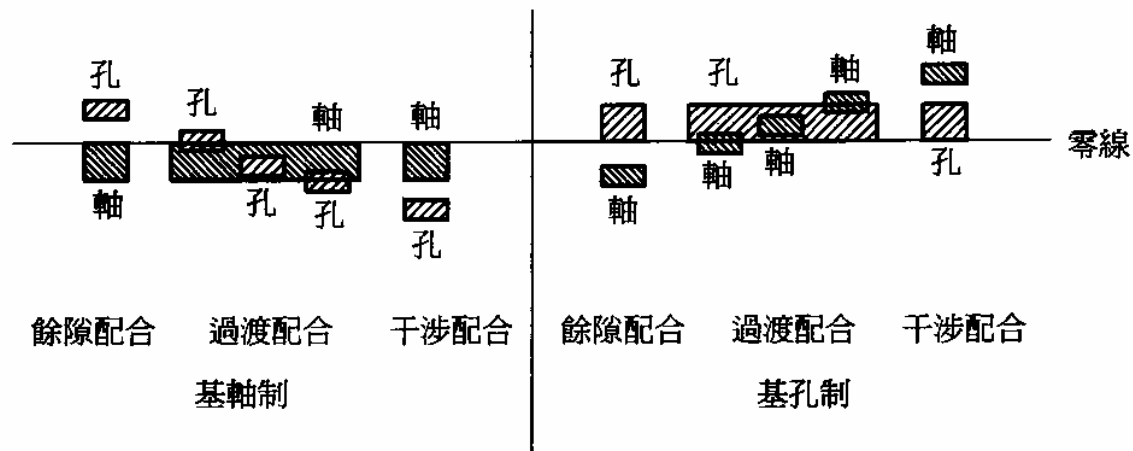
公差應用種類

- IT01至IT4屬於高級精密範圍，為製造量規用。
- IT5至IT7為一般量規用。
- IT5至IT12用於切削加工，機件之配合。
- IT13至IT16為初次加工用。
- IT17、IT18用於軋製、拉製及鍛鑄製用。

級別 IT	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
公差用途	量規製造		量規製造				量規製造				切削加工				初次加工					

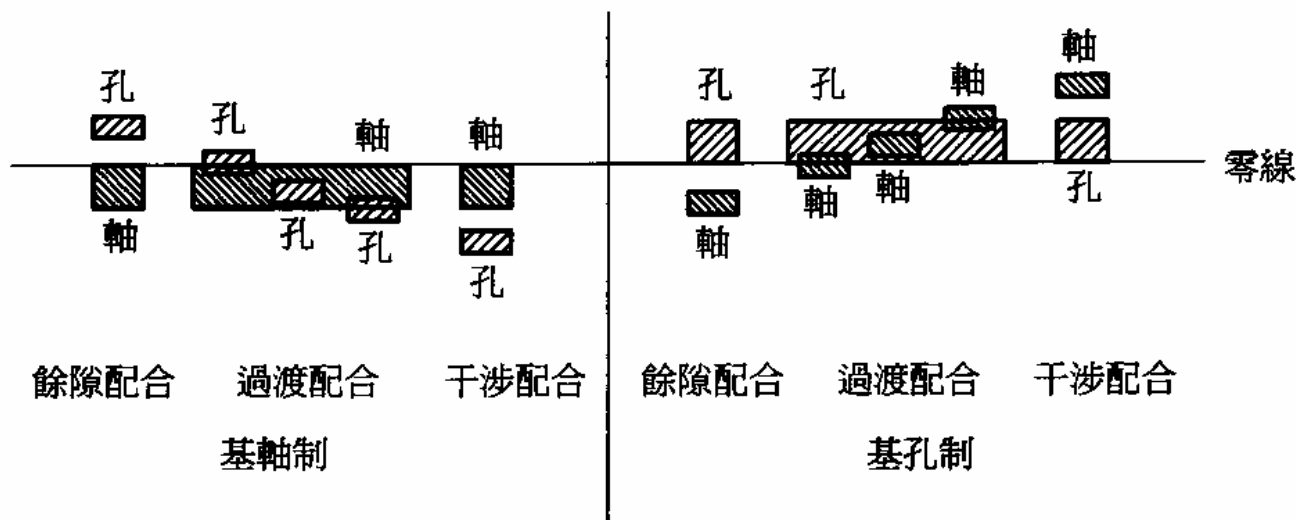
名詞解釋 (四)

- ❑ 基孔制 (Basic Hole)：配合的鬆緊程度由軸的公差位置來決定，並指定孔的下偏差為零。
- ❑ 基軸制 (Basic Shaft)：配合的鬆緊程度由孔的公差位置來決定，並指定軸的上偏差為零。
- ❑ 餘隙 (Clearance)：孔與軸之實際尺度差異為正數值時，意即孔大於軸時。
- ❑ 干涉 (Interference)：孔與軸之實際尺度差異為負數值時，意即孔小於軸時。



名詞解釋 (五)

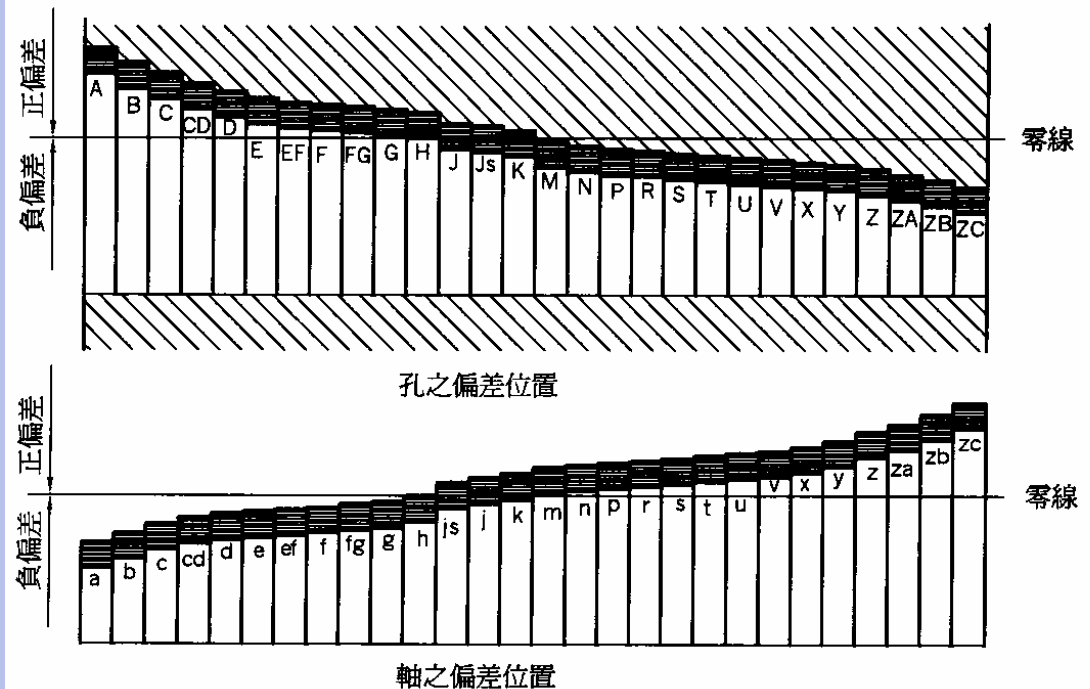
- 餘隙配合 (Clearance Fit)：兩機件裝配時，產生餘隙的配合，即孔的公差區域全在軸的公差區域之外。
- 干涉配合 (Interference Fit)：兩機件裝配時，產生干涉的配合，即軸的公差區域全在孔的公差區域之外。
- 過度配合 (Transition Fit)：介於干涉配合與餘隙配合二者間的配合，即孔的公差區域與軸的公差區域相重疊。



偏差位置

- 在標準公差中，就基礎偏差與零線（標稱尺度）間距離遠近，分成A至ZC共二十八個位置，稱為偏差位置；其中，表示孔的偏差位置者以大楷英文字母，表示軸的偏差位置者以小楷英文字母。

- 孔的偏差位置自A至G者，基礎偏差為下偏差，均在零線以上，J 的基礎偏差大部分在零線以下；自K至ZC者，基礎偏差為上偏差。
- 軸的偏差位置自a至g者，基礎偏差為上偏差，均在零線以下，j的基礎偏差大部分在零線以下；自 k至 zc者，基礎偏差為下偏差。
- Js或js上下偏差以零線為對稱，兩者均為，孔的H下偏差恰在零線，軸的h其上偏差恰在零線。



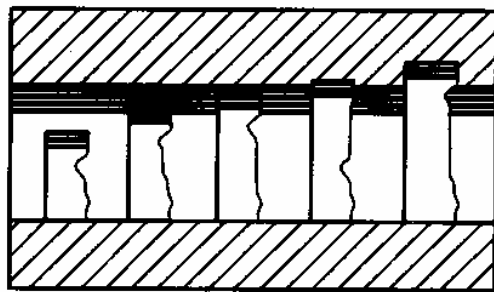
公差符號與界限尺度計算

- ❑ 公差符號是由偏差位置與公差等級所組成，例如H7係表示孔的偏差位置為H，公差等級為IT7；例如g6表示軸的偏差位置為g，公差等級為IT6；在公差符號前加上標稱尺度數字，如40H7或40g6。
- ❑ 在設計時，先依據機件尺寸精度要求，定出公差等級，亦即定出公差區域大小。
- ❑ 依據機件性能之要求，決定公差區域所在位置，亦即定出基礎偏差位置【查表】。
- ❑ 依據標稱尺度、偏差位置及公差區域大小，定出零件之最大與最小界限尺度。

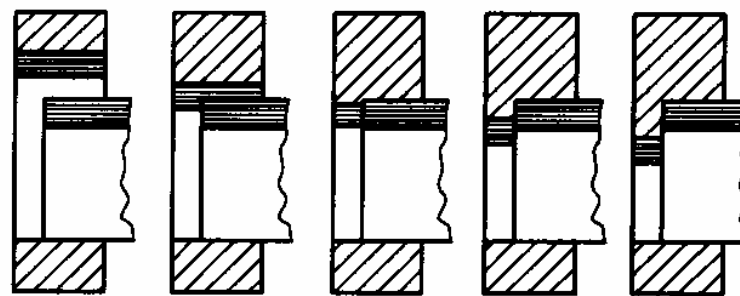
如何透過查表決定上偏差或下偏差？
重點.....請勿錯過

配合制度

- ❑ 基孔制 (Basic Hole)：配合的鬆緊程度由軸的公差位置來決定，並指定孔的下偏差為零。
- ❑ 在基孔制中，確定孔的偏差位置為H，孔的基本尺度為孔的最小尺度，換言之，以孔徑為基本尺度，孔徑公差為正值，製造軸時，使軸徑大於或小於基本尺度，以得到各種配合，其優點為孔徑劃一，易於加工，較經濟，為最常用的一種。
- ❑ 基軸制 (Basic Shaft)：配合的鬆緊程度由孔的公差位置來決定，並指定軸的上偏差為零。
- ❑ 在基軸制中，確定軸的偏差位置為h，軸的基本尺度為軸的最大尺度，換言之，以軸徑為基本尺度，軸徑公差為負值，製造孔時，使孔徑大於或小於基本尺度，以得到各種配合，此法囿於孔徑加工不易，成本較高，不甚經濟。



基孔制



基軸制

配合種類與偏差位置

□ 各種配合與孔軸的偏差位置關係如下。

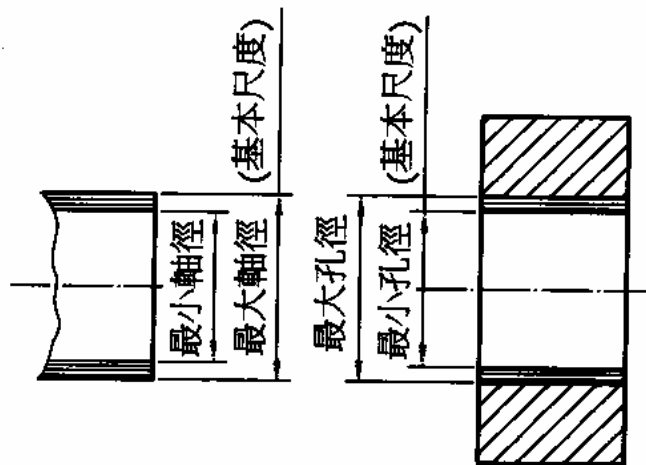
配合種類	種數	偏差位置	
		孔	軸
餘隙配合	10	A,B,C,CD,D,E,EF,F,FG,G	a,b,c,cd,d,e,ef,f,fg,g
過渡配合	6	H,J,Js,K,M,N	h,j,js,k,m,n
干涉配合	12	P,R,S,T,U,V,X,Y,Z,ZA,ZB,ZC	p,r,s,t,u,v,x,y,z,za,zb,zc

基孔制常見的配合種類

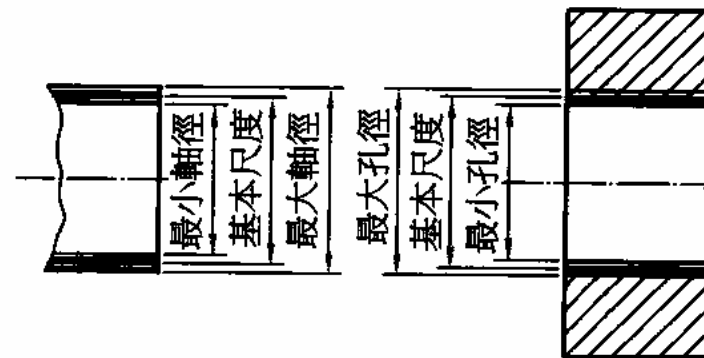
基孔制	餘隙配合							過渡配合					干涉配合						
	a	b	c	d	e	f	g	h	js	j	k	m	n	p	r	s	t	u	x
H5							4	4	4		4	4							
H6							5	5	5	5	5	5							
						6	6	6	6	6	6	6	6*	6*					
H7					6	6	6	6	6	6	6	6	6*	6*	6*	6	6	6	6
				7	7		7	7	7	7									
				8															8
H8				9															
					7		7		7	7	7	7	7			7			
				8	8		8												8
H9				9	9		9												
				10															
H10				8	8		8												
			9	9	9		9												
H11				9			9												
	11	11	11	11			11												

公差類別

- 單向公差：又稱同側公差，乃由基本尺度於同側加或減一變量所成的公差。
- 雙向公差：又稱兩側公差，乃由基本尺度於兩側同時加或減一變量所成的公差。



(a)單向公差



(b)雙向公差

公差標註：通用公差

- ❑ 我國針對長度、角度、去角或曲率半徑等尺度標註及鑄造、鍛造、衝壓及切割等加工方法訂定一般公差標準。
- ❑ 通用公差之標註原則上標註在圖上標題欄內或其附近明顯處。
- ❑ 通用公差之公差數值可寫明或列簡明表或加註參照國家標準CNS之規定。

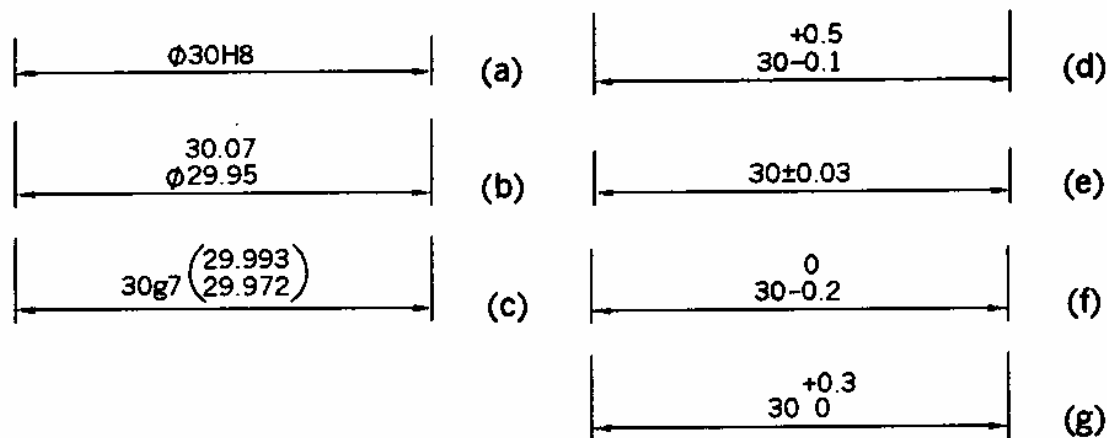
長度公差

公差 精度 等級	公稱 尺度	公差											
		0.5 至 3	3 至 6	6 至 30	30 至 120	120 至 315	315 至 1000	1000 至 2000	2000 至 4000	4000 至 8000	8000 至 12000	12000 至 16000	16000 至 20000
1級(精)		±0.05	±0.05	±0.1	±0.15	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	—	—	—	—
2級(細)		±0.1	±0.1	±0.2	±0.3	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4	±5	±6
3級(次)		±0.15	±0.2	±0.5	±0.8	±1.2	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8
4級(粗)		—	±0.5	±1	±1.5	±2	±3	±4	±5	±6	±8	±10	±12

加工方法名稱	國家標準總號
機械切削	CNS 4018
衝壓	CNS 4019
剪割	CNS 4020
鑄鐵件	CNS 4021
壓鑄	CNS 4022
銼割鋼板	CNS 4023
鑄鋼件	CNS 4024
鋁合金鑄件	CNS 4025
金屬燒結件	CNS 4026

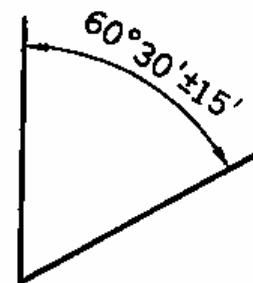
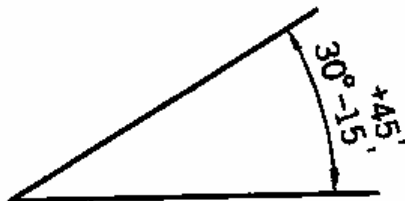
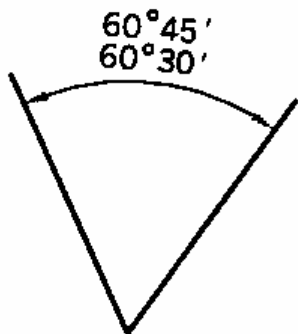
公差標註：專用公差：長度

- ❑ 公差符號標註：符號的大小與尺度數字相同 (a)。
- ❑ 極限尺度標註：將最大極限尺度寫在上方，最小極限尺度寫在下方，極限尺度數字高低與尺度數字相同 (b)。
- ❑ 公差符號加註極限尺度標註：將極限尺度用括號分隔，極限尺度數字之高低與尺度數字相同，最小極限尺度與尺度數字對齊 (c)。
- ❑ 上下偏差標註：如 (d) ~ (g)，特別注意其數字對齊方式。



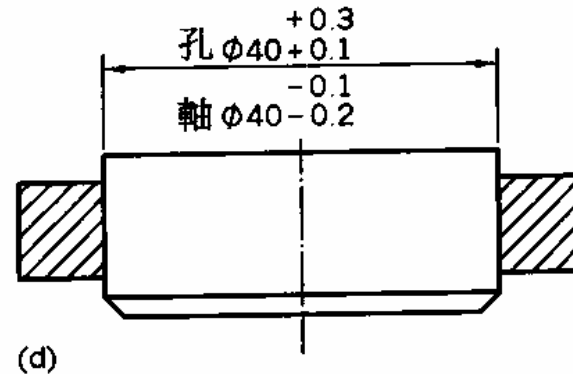
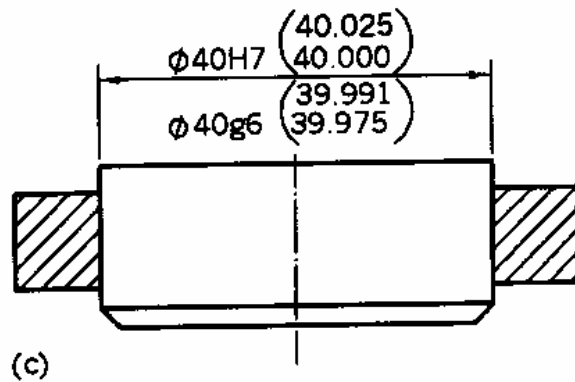
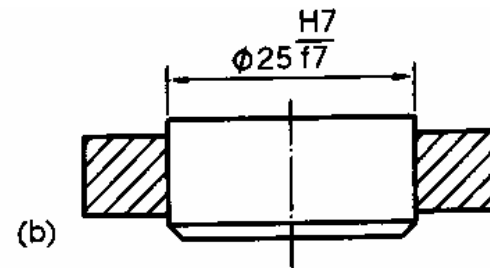
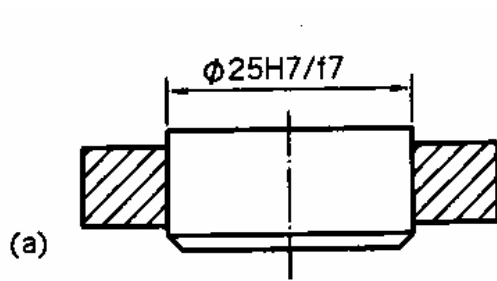
公差標註：專用公差：角度

□ 角度公差標註與長度公差標註法原則相同。



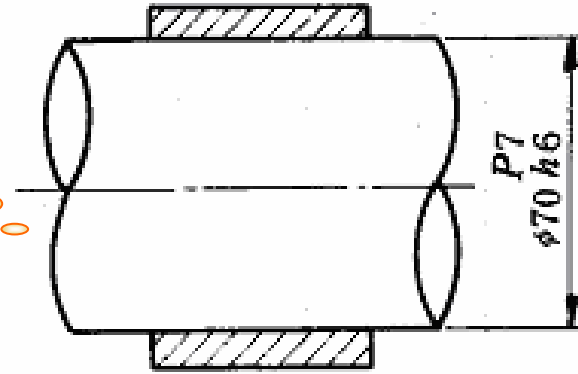
公差標註：專用公差：配合

- 公差符號標註 (a、b)、公差符號加註極限尺度 (c)、上下偏差標註 (d)。



範例一

干涉配合



孔的偏差位置P

查表3-18 (二)
上偏差-0.032

最大尺度 $70 - 0.032 + \Delta (0.011) = 69.979$

查表 公差等級7 公差大小0.030

最小尺度
 $69.979 - 0.030 = 69.949$

軸的偏差位置h

查表3-19 (一)
上偏差0.

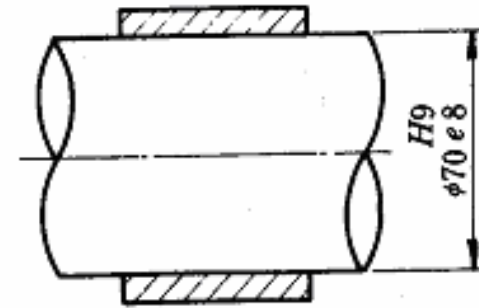
最大尺度 $70 - 0.0 = 70.000$

查表 公差等級6 公差大小0.019

最小尺度
 $70.000 - 0.019 = 69.981$

範例二

餘隙配合



孔的偏差位置H

查表3-18 (一)
下偏差0.0

最小尺度 $70 + 0.000 = 70.000$

查表 公差等級9 公差大小0.074

最大尺度
 $70.000 + 0.074 = 70.074$

軸的偏差位置e

查表3-19 (一)
上偏差-0.060

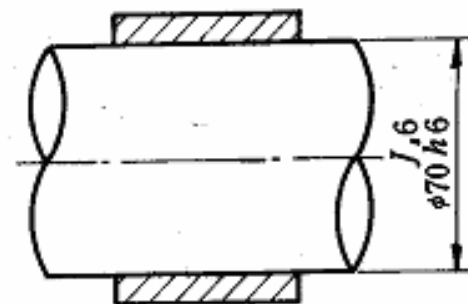
最大尺度 $70 - 0.060 = 69.940$

查表 公差等級8 公差大小0.046

最小尺度
 $69.940 - 0.046 = 69.894$

範例三

過渡配合



孔的偏差位置Js

查表3-18 (一)
下偏差IT÷2

最大尺度 $70 + 0.019 \div 2 = 70.0095$

查表 公差等級6 公差大小0.019

最小尺度
 $70.000 - 0.0095 = 69.9905$

軸的偏差位置h

查表3-19 (一)
上偏差0.000

最大尺度 $70 - 0.000 = 70.000$

查表 公差等級6 公差大小0.019

最小尺度
 $70.000 - 0.019 = 69.981$

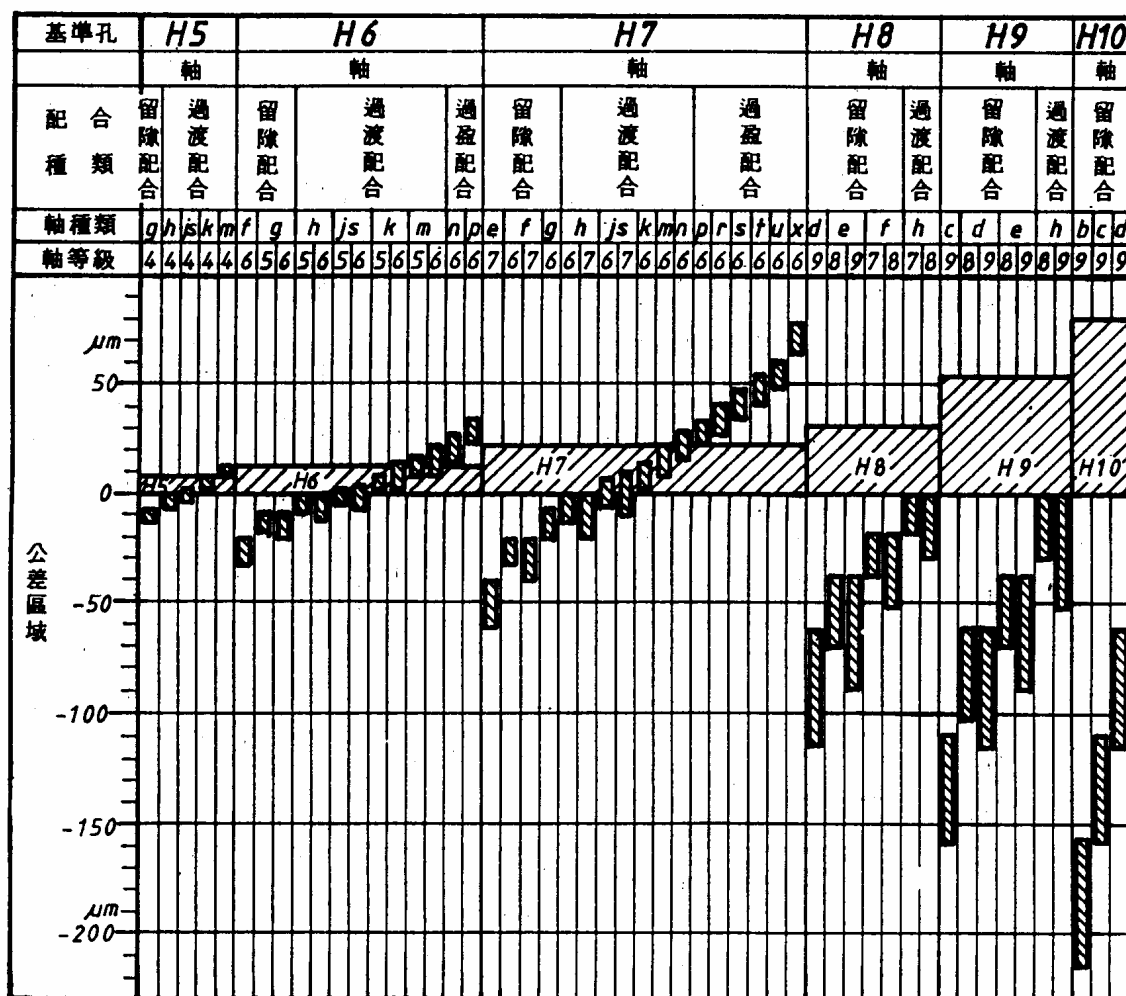
基孔制常見的配合種類

基準孔	軸之種類與等級																
	留隙配合						過渡配合						過盈配合				
	b	c	d	e	f	g	h	js	k	m	n	p	r	s	t	u	x
H5						4	4	4	4	4							
H6						5	5	5	5	5							
H7				(6)	6	6	6	6	6	6	6 ⁽¹⁾	6 ⁽¹⁾					
H8				7	7	(7)	(7)	7	7	(7)	(7)	6 ⁽¹⁾	6 ⁽¹⁾	6	6	6	6
H9				8	8			8									
H10	9	9	9					9									

註：表中 () 內者儘量勿使用。

過渡配合過盈配合，為使其確保功能，常為選擇配合。

(1) 此類配合因尺度區分而有例外。



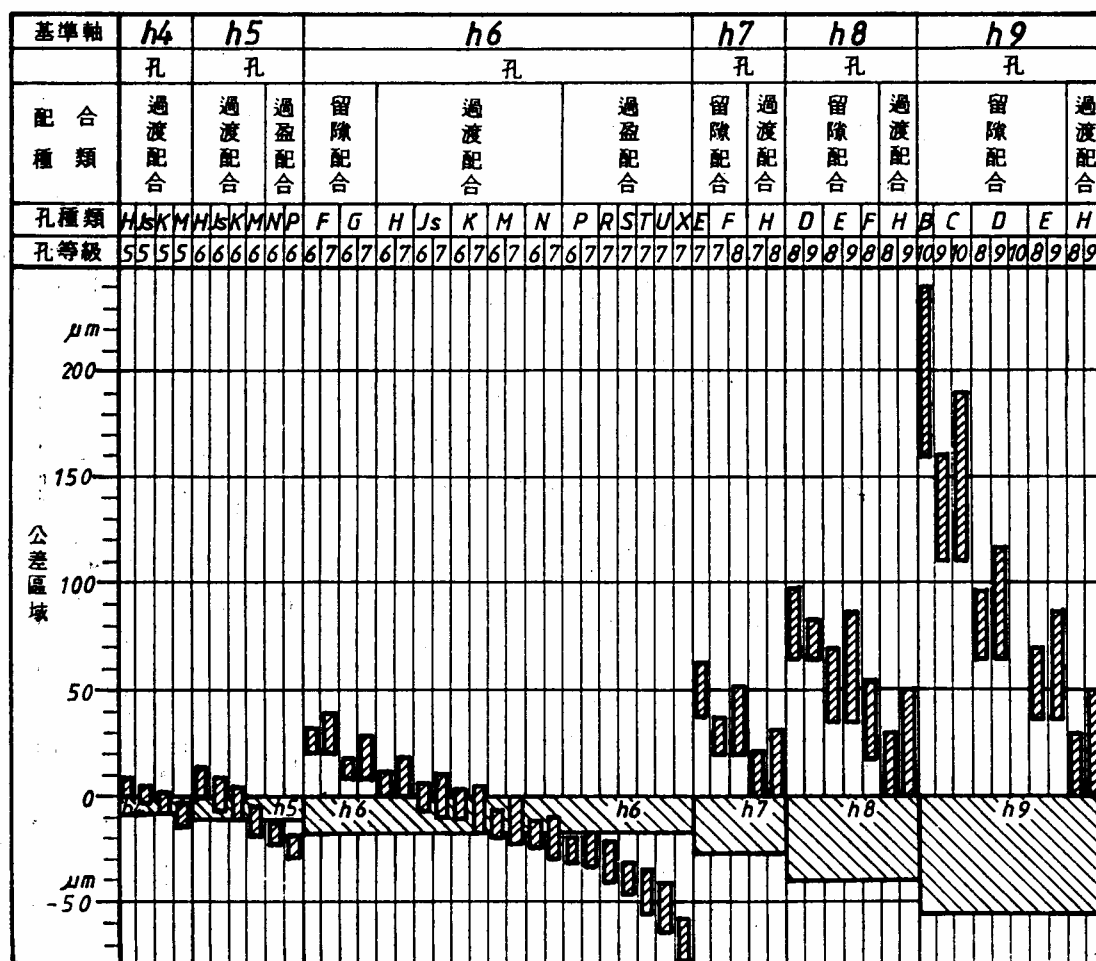
基軸制常見的配合種類

基準軸	孔之種類與等級																
	留隙配合						過渡配合					過盈配合					
	B	C	D	E	F	G	H	Js	K	M	N	P	R	S	T	U	X
h4							5	5	5	5							
h5							6	6	6	6	6 ⁽¹⁾	6					
h6					6	6	6	6	6	6	6	6 ⁽¹⁾					
				(7)	7	7	7	7	7	7	7	7 ⁽¹⁾	7	7	7	7	7
h7				7	7	(7)	7	(7)	(7)	(7)	(7)	(7)	(7) ⁽¹⁾	(7)			
				8	8		8										
h8			8	8	8		8										
			9	9			9										
h9		9	9	9			9										
	10	10	10														

註：表中 () 內者儘量勿使用，

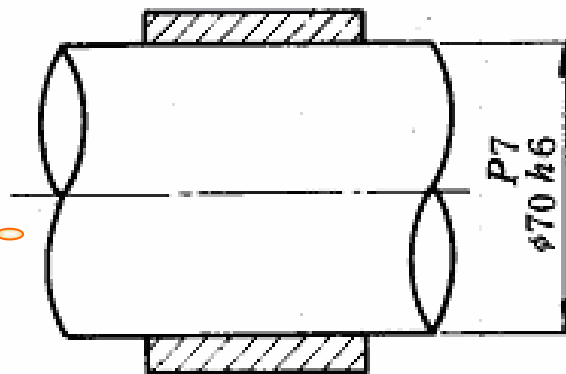
過渡配合及過盈配合，為使其確保功能，常為選擇配合。

(1)此類配合因尺度區分而有例外。



範例一

干涉配合



孔的偏差位置P

查表3-18 (二)
上偏差-0.032

$$\text{最大尺度 } 70 - 0.032 + \Delta (0.011) = 69.979$$

查表 公差等級7 公差大小0.030

$$\begin{aligned} &\text{最小尺度} \\ &69.979 - 0.030 = 69.949 \end{aligned}$$

軸的偏差位置h

查表3-19 (一)
上偏差0.

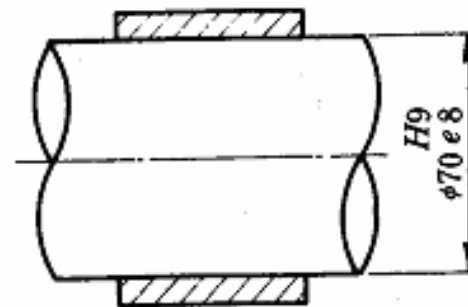
$$\text{最大尺度 } 70 - 0.0 = 70.000$$

查表 公差等級6 公差大小0.019

$$\begin{aligned} &\text{最小尺度} \\ &70.000 - 0.019 = 69.981 \end{aligned}$$

範例二

餘隙配合



孔的偏差位置H

查表3-18 (一)
下偏差0.0

最小尺度 $70 + 0.000 = 70.000$

查表 公差等級9 公差大小0.074

最大尺度
 $70.000 + 0.074 = 70.074$

軸的偏差位置e

查表3-19 (一)
上偏差-0.060

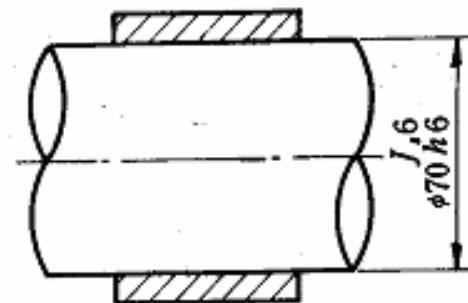
最大尺度 $70 - 0.060 = 69.940$

查表 公差等級8 公差大小0.046

最小尺度
 $69.940 - 0.046 = 69.894$

範例三

過渡配合



孔的偏差位置Js

查表3-18 (一)
下偏差IT÷2

最大尺度 $70 + 0.019 \div 2 = 70.0095$

查表 公差等級6 公差大小0.019

最小尺度

$70.000 - 0.0095 = 69.9905$

軸的偏差位置h

查表3-19 (一)
上偏差0.000

最大尺度 $70 - 0.000 = 70.000$

查表 公差等級6 公差大小0.019

最小尺度

$70.000 - 0.019 = 69.981$