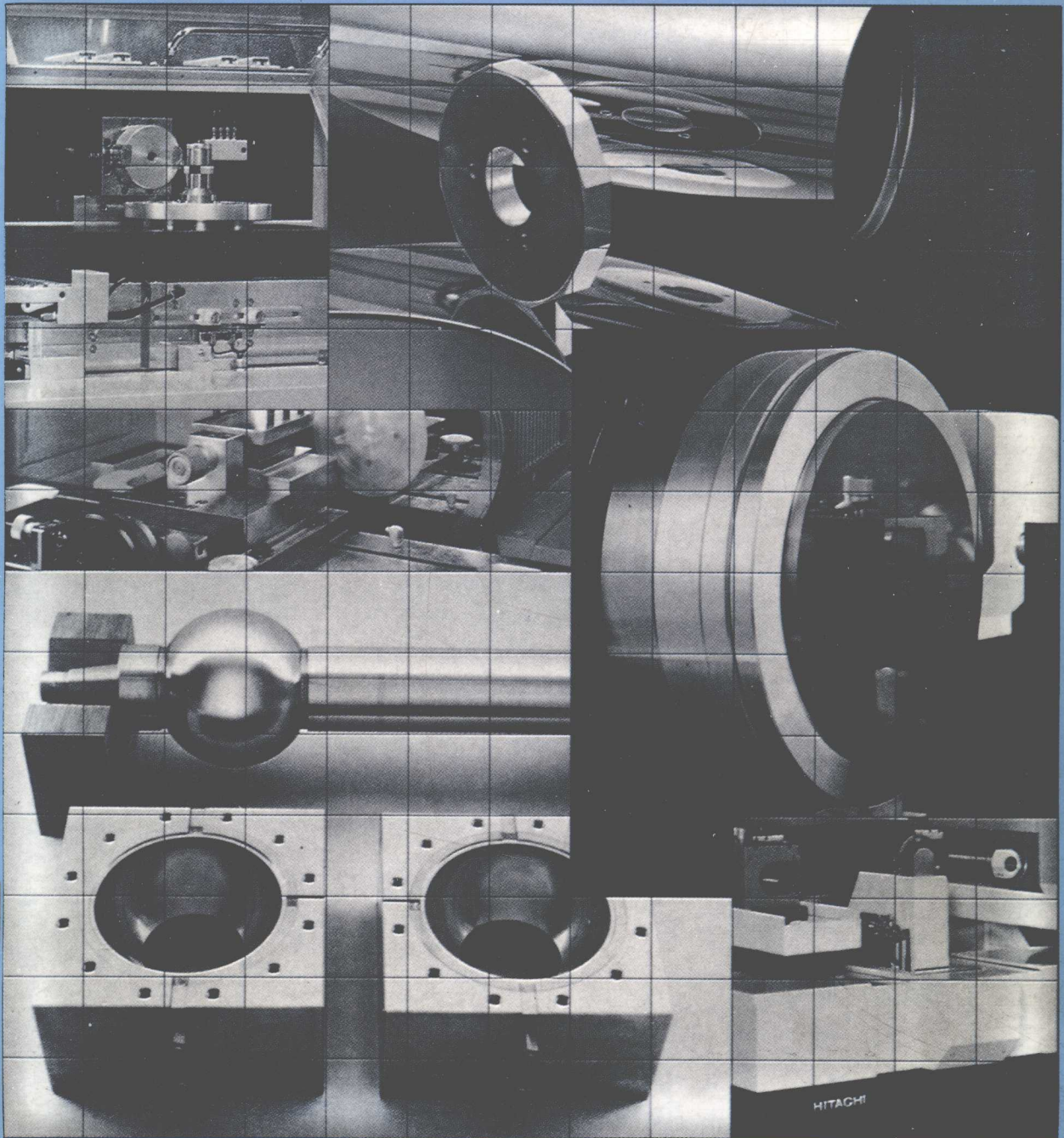




機械設計精度手冊

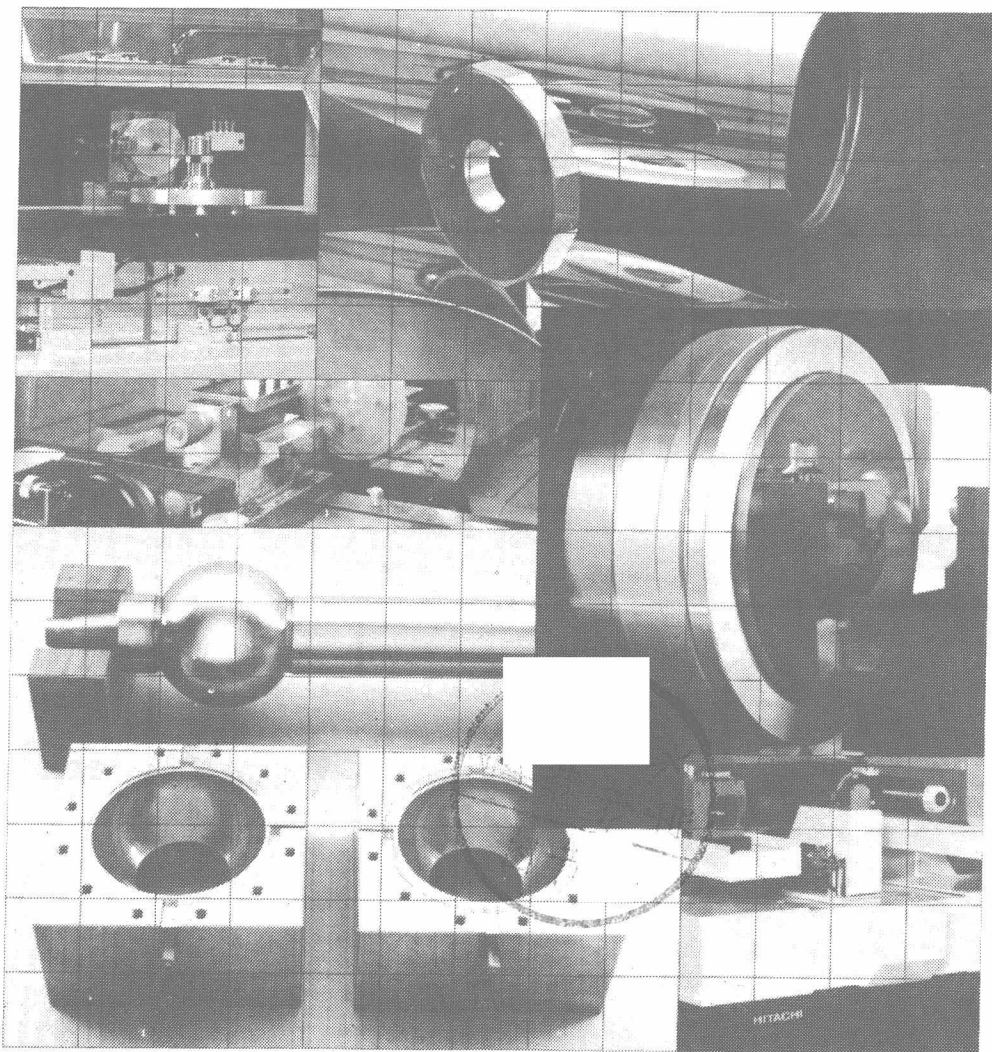
詹德隆 編譯





 機械技術出版社 印行
 全華科技圖書股份有限公司 總經銷

機械設計精度手冊

詹德隆 編譯



 機械技術出版社 印行
 全華科技圖書股份有限公司 總經銷



機械技術出版社

機械設計精度手冊

詹德隆 編譯

出版者 機械技術出版社
地址 / 台北市龍江路76巷20-6號4樓
電話 / 5 3 7 4 0 1 8
郵政帳號 : 1029850-6號
發行人 林 永 憲
印刷者 豪邦彩色印刷有限公司
行政院新聞局核准登記證
局版台業字第三五三三號

總經理 全華科技圖書股份有限公司
地址 / 台北市龍江路76巷20-2號2F
電話 / 5 8 1 1 3 0 0 (總機)
門市部 全友書局 (黎明文化大樓7樓)
地址 / 台北市重慶南路一段49號7樓
電話 / 3 6 1 2 5 3 2 • 3 6 1 2 5 3 4

初版76年 1 月

定價 / 新台幣 360 元

版權所有 翻印必究

圖書編號 M021008



譯者序

國家之富強繫於經濟發展，
經濟發展靠提升工業水準。

工業水準依賴標準化、國際化、大量生產化，而機械工業是工業行列中最重要之基礎。

因之機械工業要更上層樓就得日新月異地追求更新更高更精密之精度。這本“機械設計精度手冊”正是談論研討這些問題。

它是日本機械工業教育家大西清先生最近之名著“機械設計精度マニュアル”，由新技術開發中心所發行的。大西清先生現任日本武藏、工業大學工學部機械工業科教授，亦擔任設計管理，機械設計製圖，工業教育法之教席，並為日本工業標準（JIS）製圖規格原案作成要員等，是權威學者。

內容有下列八項，即公差配合，適用於各種機械的公差、幾何公差，有關最大實體公差的實驗結果，幾何公差之使用例，普通容許差，表面粗糙度及主要機械要素的公差與精度等，可謂包含所有之機械設計內容。實在是日前機械設計精度，不可缺少之好書。

全華科技圖書公司，對於發掘工業技術資料不遺餘力，發現本書後即自動找譯者翻譯，筆者服務於台灣電力公司修護中心，從事於機械工程工作利用餘暇，花了整整一年的時間譯述並做多次校正才完成。

本書能與讀者見面，最重要的還是要感謝全華科技公司有一群默默辛勤努力，日夜為工業界服務之編輯、打字排版、美工以及上下全體同仁，他們不計較名利只知如何把書出版得更好、更實惠，早日呈現於讀者之前，實令人欽佩不已。

譯述本書名詞均採用教育部公布之機械工程名詞，內容儘量口語化、大衆化，但筆者才疏學淺，錯誤在所難免尚祈賢達先進賜教，以便再度提升本書內容，應是大家所樂見的。

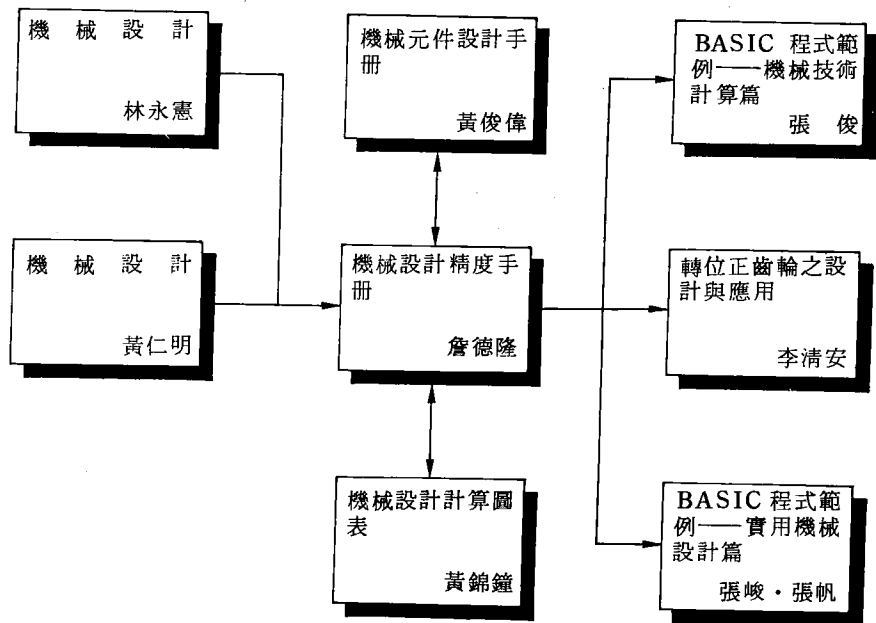
譯者謹識 於台北

編輯部序

「系統編輯」是我們的方針，我們所提供給您的，絕不只是一本書，而是關於這門學問的所有知識，它們由淺入深，循序漸進。

本書主要敘述機械在設計、製造、組裝、試車、運轉、維護上的公差配合與精度探討，內容著重理論與實際的相互應驗，並以衆多實例來做詳細之解析，對機械設計之從業人員有極大之助益。本書乃在探討公差配合、容許差、幾何公差、表面粗糙度等，所附之圖表也可直接取用，在設計時可達事半功倍之效。

同時，為了使您能有系統且循序漸進研習機械設計方面叢書，我們以流程圖方式，列出各有關圖書的閱讀順序，以減少您研習此門學問的摸索時間，並能對這門學問有完整的知識。若您在這方面有任何問題，歡迎來函連繫，我們將竭誠為您服務。



目 錄

1	公差配合	1
1.1	關於尺寸公差	2
1.1.1	基準尺寸	2
1.1.2	容許區域	3
1.1.3	尺寸容許差之上、下限	3
1.1.4	尺寸的區分	4
1.1.5	IT 基本公差與等級	5
1.1.6	做為基準的尺寸容許差	6
1.1.7	500 mm 以下的尺寸公差與尺寸容許差之計算法	11
1.1.8	超過 500 mm 至 3150 mm 以下的尺寸公差與容許差之計算法	13
1.1.9	尺寸容許差的求法	14
1.2	配合	15
1.2.1	關於配合的方法	15
1.2.2	配合的種類	15
1.2.3	實際的間隙及干涉	16
1.2.4	孔基準式與軸基準式	17
1.2.5	孔，軸的種類、等級及記號	18
1.2.6	常用的配合	20
1.2.7	孔基準式轉換為軸基準式	28
1.2.8	配合方式的表示法	66
1.3	配合的適用	67
1.3.1	配合等級的選定	67
1.3.2	軸的種類的選定	67
1.3.3	適用孔基準式配合之軸選擇標準	69
1.3.4	公差及配合的選擇標準與圖例	69

1.4	尺寸公差與表面粗糙度的關係	75
1.4.1	$R_{\max} = CT$ 一次式之提案	75
1.4.2	從磨耗觀點引導出來的公式	75
1.4.3	$R_{\max} = 0.1T$ 以適應 JIS 規範時之方式	77
1.4.4	$R_{\max} = k_i^m q^n$ 公式之提案	77
1.5	依據 ISO/DP 286-1 之尺寸公差及配合	80
1.5.1	主要的變更點	80
1.5.2	主要的解說圖及數值表	80

2

適用於各種機械的公差

2.1	工作母機	90
2.2	農業機械	95
2.3	鐵路車輛	96
2.4	航空機械零件	100
2.5	汽車零件	101
2.6	船舶零件	105
2.7	測定器具	108
2.8	光學機械	110
2.9	自動化機器	113
2.10	家庭用縫紉機	114
2.11	離心力機械	115
2.12	增速機	116
2.13	油壓機零件	117
2.14	鉚釘頭鉚打機	118
2.15	傳動力用輥鍊條	119
2.16	軸承	120
2.17	鐘錶零件	122
2.18	油泵與水泵	124
2.19	自行車(腳踏車)零件	125
2.20	電機零件	126
2.21	產業機械	132

3

幾何公差

3.1	幾何偏差的定義及表示法	136
-----	-------------	-----

3.2	幾何公差的圖示法	143
3.2.1	用語含意	143
3.2.2	通俗事項	144
3.2.3	幾何公差的種類及其記號	144
3.2.4	有關公差區域的一般事項	145
3.2.5	公差的圖示方法	146
3.2.6	圖示法與公差區域的關係	148
3.2.7	資料的圖示方法	151
3.2.8	公差適用的界限	153
3.2.9	理論上正確的尺寸圖示方法	154
3.2.10	突出公差域的指示方法	154
3.2.11	以最大實體狀態為基礎的公差方式的適用指示方法	155
3.2.12	公差區域的定義，圖示例及其解釋	156
3.2.13	幾何公差的記號、附加記號及公差記入位置的尺寸分配	170
3.3	為求幾何公差目的之資料	176
3.3.1	用語的意義	176
3.3.2	資料及資料靶之符號	176
3.3.3	指示資料或資料系的基本事項	177
3.3.4	資料或資料系的圖示方法	179
3.3.5	資料靶的圖示方法	181
3.3.6	以形狀群做為資料指示	184
3.3.7	資料的設定	185
3.3.8	資料的適用	187
3.4	最大實體公差方式	189
3.4.1	用語的意義	189
3.4.2	最大實體公差方式的適用	190
3.4.3	最大實體公差方式的適用例	191
3.4.4	最大實體公差方式的活用	198
3.5	傳統的公差方式與位置公差方式	201
3.5.1	傳統的直角座標公差方式	202
3.5.2	位置度公差方式	205
3.6	商品規格所定的幾何公差容許值例	209
3.6.1	圓棒的真直度	209
3.6.2	分段式圓棒及附螺絲圓棒的圓筒部份同軸度	210

3.6.3	分段式中空圓筒同軸度	211
3.6.4	平面，四角棒的真直度、平面度及平行度	212
3.6.5	圓筒孔的直角度	214
3.7	尺寸公差、幾何公差及表面粗糙度實例	215

4

有關最大實體公差的實驗結果 217

4.1	製品的設定	218
4.2	位置度公差的計算	218
4.2.1	依ANSI Y14.5之方法計算	218
4.2.2	位置公差量的設定	220
4.2.3	突出公差區域有關之ANSI	222
4.3	性能量規的設計	223
4.4	設定機件的製作圖	225
4.5	測定結果	226
4.6	製品的合格率	231
4.7	性能量規的測定結果	232
4.8	製品之組裝及依性能量規檢查結果	233
4.9	實驗結果的評鑑	233
4.10	有關孔的形狀，位置精度的實驗結果(開孔工模機之實驗例)	235
4.10.1	實驗的目的	235
4.10.2	實驗的計劃	235
4.11	開孔工模的製作圖	236
4.12	開孔工模加工工程	239
4.12.1	工模基準盤之加工工程	239
4.12.2	工模本體的加工工稅	240
4.12.3	襯套孔加工及襯套固定法	240
4.12.4	磨削加工工程	240
4.12.5	用工模鑽床之加工工程	241
4.13	製品開孔之加工工程	241
4.14	開孔工模的檢查與測定	241
4.14.1	工模基準盤之測定	241
4.14.2	襯套的測定	244
4.14.3	工模本體的測定	245
4.14.4	依測定結果判定工模之精度	247

4.15	製品的檢定與測定及其結果	248
4.16	實驗結果及謀那斯公差之評鑑	256
4.16.1	檢查測定結果	256
4.16.2	評鑑	256

5

幾何公差之使用例

263

5.1	真直度公差	264
5.2	平面度公差	264
5.3	真圓度公差	265
5.4	圓筒度公差	266
5.5	線的輪廓公差	267
5.6	面的輪廓公差	268
5.7	平行度(其1)	269
	平行度(其2)	270
	平行度(其3)	271
5.8	直角度(其1)	272
	直角度(其2)	273
5.9	傾斜度公差	274
5.10	位置度公差	275
5.11	同軸度公差與同心度公差	276
5.12	對稱度公差	277
5.13	圓周偏行公差	278
5.14	全偏行公差	279
5.15	BS 308的使用例	280

6

普通容許差

285

6.1	普通容許差概述	286
6.2	車削加工尺寸的普通容許差(JIS B 0405)	287
6.3	鑄鐵品的普通容許差(JIS B 0407)	288
6.4	金屬沖壓加工品的普通容許差(JIS B 0408)	289
6.5	壓鑄的普通容許差	289
6.6	金屬板剪斷加工品的普通尺寸差(JIS B 0410)	291
6.7	金屬燒結品普通容許差(JIS B 0411)	293
6.8	鑄鋼品普通容許差(JIS B 0412)	294

6.9	鋁合金鑄造物普通容許差 (JIS B 0414)	294
6.10	鋼的熱作鍛造品公差 (鎚及沖壓加工) (JIS B 0415)	296
6.10.1	厚度的公差及容許差	297
6.10.2	長、寬、高的公差及容許差	300
6.10.3	實際工作例及各種容許差及容許值	303
6.11	鋼的熱作鍛造品公差 (upsetter 加工) (JIS B 0416)	306
6.12	瓦斯切斷加工鋼板普通容許差 (JIS B 0417)	311

7

表面粗糙度 315

7.1	基礎的用語及意義	316
7.2	表面粗糙度的定義與表示法	317
7.3	面肌 (表面) 的圖示方法	321
7.3.1	指示對象面的記號	321
7.3.2	除去加工的指示法	321
7.3.3	表面粗糙度的指示法	322
7.3.4	特殊要求事項的指示法	324
7.3.5	面的指示記號對各指示事項之位置	325
7.3.6	圖面記入方法	326
7.3.7	依 ISO 1302 所定記號之尺寸與大小分配	328
7.4	精加工記號	329
7.5	表面粗糙度與加工時間的關係	331
7.6	各種加工面的表面粗糙度	332
7.7	ISO 公差等級相對應之表面粗糙度分配	333

8

主要的機械要素的公差與精度 335

8.1	公制普通 (粗牙) 螺紋的公差	336
8.1.1	基準山形、基準尺寸、容許界限尺寸、公差及成爲基礎的尺寸容許差關係	336
8.1.2	螺紋之嚙合區分、等級、容許界限尺寸及公差	337
8.1.3	基準線與容許域的關係	350
8.2	平齒輪及斜齒輪的精度	350
8.2.1	用語的意義	350
8.2.2	等級	351
8.2.3	容許誤差	352

8.3 斜齒輪的精度	352
8.3.1 用語的意義	371
8.3.2 等級	371
8.3.3 容許值	372
8.4 輾軸承的精度	376
8.4.1 等級	376
8.4.2 精度	377
8.5 各種彈簧的精度	388
8.6 鍵及鍵槽的尺寸容許差	395
8.6.1 平行鍵及其鍵槽的形狀及尺寸	395
8.6.2 斜度鍵、有頭斜鍵及其鍵槽的形狀及尺寸	397
8.6.3 半月鍵及其鍵槽的形狀及尺寸	399
8.6.4 滑鍵及其鍵槽的形狀及尺寸	401
主要設計製圖關連規格一覽表	405
參考文獻	409
中英日對照表	411

第 1 章

公差配合

1.1 關於尺寸公差

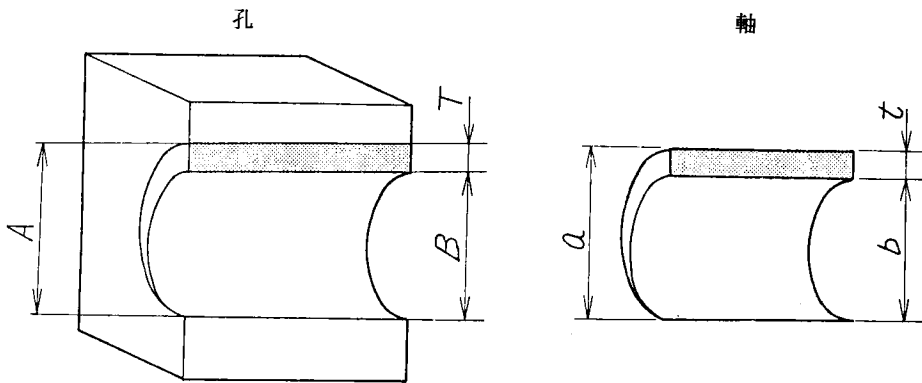
加工任何機械零件，要完全做到指定的尺寸，似乎是一件很難達到的工作。例如有一軸，其軸徑想加工至 50 mm，倘若要求加工至 50.00……mm，實在是很困難的一件大事。有時候以同樣條件工作，所得的結果是 50.04 mm 或 49.98 mm。

因之視機械零件之使用目的及實用上所可允許的誤差範圍，事先就給予標示出來，限於該範圍內來加工，則在工作上或檢查上都容易，亦少困擾。

例如車軸之加工尺寸，不要只寫剛好 50 mm。而寫成 50.05 mm 至 49.96 mm，於是加工後，計測結果在 50.03 mm 或 49.97 mm 之範圍內均為合格品。

像這樣，大小兩種允許界限的尺寸一齊標示出來的叫做尺寸公差（簡稱公差）。註定容許界限尺寸時，一定要附加公差值，尤其在大量生產之製造廠更是不可或缺的一種尺寸註法。

圖 1.1 表示尺寸公差以及最大容許尺寸與最小容許尺寸的關係。



例：最大容許尺寸 $A = 50.025\text{mm}$ $a = 49.975\text{mm}$
 最小容許尺寸 $B = 50.000\text{mm}$ $b = 49.950\text{mm}$
 尺寸公差 $= A - B = 0.025\text{mm}$ $t = a - b = 0.025\text{mm}$

圖 1.1 尺寸公差與最大容許尺寸及最小容許尺寸之關係

尺寸公差以及後面要說明的配合之詳細規範請見 JIS B 0401。

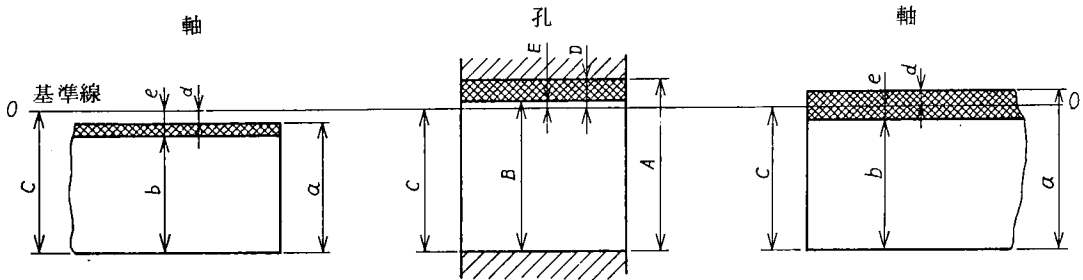
這個規範說明 500 mm 以下的機械零件的容許界限尺寸，以及相互配合之孔與軸之組合尺寸，同時亦規定超過 500 mm 至 3150 mm 以下之容許界限尺寸。然而超過 500 mm 至 3150 mm 以下之尺寸所應有之尺寸容許公差值，因設定數值與實際經驗有不足之處。故試用時，對於測定方法及檢查，要有十分的考慮方可。

因之此處除特別有註明者以外，專述 500 mm 以下之尺寸容許公差值。

1.1.1 基準尺寸

對於配合機械零件，對其孔或軸，應有共通之尺寸表示法才稱便。因之根據這種需求以

孔徑或軸徑之大小為基準所表示之尺寸叫做基準尺寸。請參考圖1.2。表示容許界限尺寸或配合尺寸。圖示之基準尺寸線稱做基準線。



例：基準尺寸 50.000mm (或尺寸 50mm) 時

	軸	孔	軸
基準尺寸	$c = 50.0000\text{mm}$	$C = 50.0000\text{mm}$	$c = 50.0000\text{mm}$
最大容許尺寸	$a = 49.975\text{mm}$	$A = 50.034\text{mm}$	$a = 50.015\text{mm}$
最小容許尺寸	$b = 49.950\text{mm}$	$B = 50.009\text{mm}$	$b = 49.990\text{mm}$
尺寸容許差之上限	$d = -0.025\text{mm}$	$D = +0.034\text{mm}$	$d = +0.015\text{mm}$
尺寸容許差之下限	$e = -0.050\text{mm}$	$E = +0.009\text{mm}$	$e = -0.010\text{mm}$

圖 1.2 基準尺寸與基準線

1.1.2 容許區域

圖 1.3 表示容許區域。在表示基準線與尺寸公差之關係圖上，界在上限尺寸容許差與下限尺寸容許差中間所夾持之區域就叫做容許區域。亦即決定尺寸公差對基準線位置之領域。

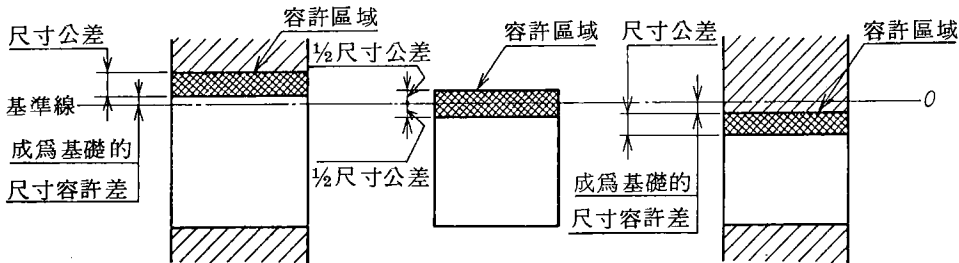


圖 1.3 容許區域

1.1.3 尺寸容許差之上、下限

如圖 1.2 所示，如以孔基準時，孔的公差取於基準與尺寸之上側，關於此點在軸方面，可以對基準尺寸有容許界限尺寸（即最大容許尺寸與最小容許尺寸）的尺寸容許差，在上者叫做尺寸容許差之上限，在下者稱為尺寸容許差之下限。此時比基準尺寸數值大者標以“+”符號，比基準尺寸小者標以“-”符號，以示與其基準尺寸大小之關係。

1.1.4 尺寸的區分

通常加工精度，隨著軸徑或孔徑之增大而會降低如表1.1所示，尺寸宜分幾個階段，尺

表1.1 尺寸的區分(500mm以下)

單位mm			
一般的區分		細區分	
超過	以下	超過	以下
—	3	—	—
3	6	—	—
6	10	—	—
10	18	10	14
		14	18
18	30	18	24
		24	30
30	50	30	40
		40	50
50	80	50	65
		65	80
80	120	80	100
		100	120

單位mm			
一般的區分		細區分	
超過	以下	超過	以下
120	180	120	140
		140	160
		160	180
180	250	180	200
		200	225
		225	250
250	315	250	280
		280	315
315	400	315	355
		355	400
400	500	400	450
		450	500

寸增大時公差亦大，在同一區分內，尺寸可定為同樣之公差值。在表中可發現到，緊密配合之干涉越大時其餘隙配合之間隙更應採用大的。

表1.2是超過500mm、3150mm以下之尺寸區分。

表1.2 尺寸的區分(超過500mm, 至3150mm以下)

單位mm			
一般的區分		細區分(1)	
超過	以下	超過	以下
500	630	500	560
		560	630
630	800	630	710
		710	800
800	1000	800	900
		900	1000
1000	1250	1000	1120
		1120	1250

單位mm			
一般的區分		細區分(1)	
超過	以下	超過	以下
1250	1600	1250	1400
		1400	1600
1600	2000	1600	1800
		1800	2000
2000	2500	2000	2240
		2240	2500
2500	3150	2500	2800
		2800	3150

註(1) 細區分時適用 $r \sim u$ 及 $R \sim U$ 的尺寸容許差

1.1.5 IT 基本公差與等級

機械零件製品之精粗，以公差之大小按 IT 之分法有 0 至 16 級共有 18 等分，各等級都有區分。對其尺寸公差亦定有各基本數值，這叫做 IT 基本公差。IT01 至 IT4 大部份都使用於量規類，IT5 至 IT10 均用於配合，而 IT11 至 IT16 則適用於非配合部份之尺寸公差。表 1.3 是 IT 基本公差的數值。

超過 500 mm，而在 3150 mm 以下之 IT 基本公差，其尺寸區分及等級可在表 1.4 列示出來。

表 1.3 IT 基本公差的數值 (500mm 以下)

等級 尺寸區分 (mm)		單位 μm																	
		IT01 (01級)	IT0 (0級)	IT1 (1級)	IT2 (2級)	IT3 (3級)	IT4 (4級)	IT5 (5級)	IT6 (6級)	IT7 (7級)	IT8 (8級)	IT9 (9級)	IT10 (10級)	IT11 (11級)	IT12 (12級)	IT13 (13級)	IT14 (14級)	IT15 (15級)	IT16 (16級)
超過	以下																		
—	3	0.3	0.5	0.8	1.2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
3	6	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
6	10	0.4	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
10	18	0.5	0.8	1.2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
18	30	0.6	1	1.5	2.5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
30	50	0.6	1	1.5	2.5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
50	80	0.8	1.2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
80	120	1	1.5	2.5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
120	180	1.2	2	3.5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
180	250	2	3	4.5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
250	315	2.5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	520	810	1300	2100	3200
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

表 1.4 IT 基本公差的數值 (超過 500 mm, 3150 mm 以下)

等級 尺寸區分		單位 μm										單位 mm
		IT6 (6級)	IT7 (7級)	IT8 (8級)	IT9 (9級)	IT10 (10級)	IT11 (11級)	IT12 (12級)	IT13 (13級)	IT14 (14級)	IT15 (15級)	IT16 (16級)
超過	以下											
500	630	44	70	110	175	280	0.44	0.7	1.1	1.75	2.8	4.4
630	800	50	80	125	200	320	0.5	0.8	1.25	2	3.2	5
800	1000	56	90	140	230	360	0.56	0.9	1.4	2.3	3.6	5.6
1000	1250	66	105	165	260	420	0.66	1.05	1.65	2.6	4.2	6.6
1250	1600	78	125	195	310	500	0.78	1.25	1.95	3.1	5	7.8
1600	2000	92	150	230	370	600	0.92	1.5	2.3	3.7	6	9.2
2000	2500	110	175	280	440	700	1.1	1.75	2.8	4.4	7	11
2500	3150	135	210	330	540	860	1.35	2.1	3.3	5.4	8.6	13.5