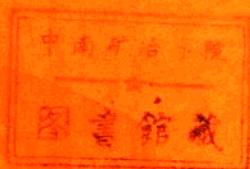


475051

工具機製造公差

(I)

工具機手冊 第三十八冊



金屬工業發展中心 編譯

工 具 機 製 造 公 差

(I)

工具機手冊 第三十八冊

徐 文 慶 譯

版 權 所 有
不 准 翻 印

中華民國六十九年七月出版
工具機手冊之(三十八)
工具機製造公差
(I)

編譯者：金屬工業發展中心
發行者：經濟部國際貿易局
印 刷：佳興印刷局企業有限公司

前 言

我國工具機製造，近年來各機種不論在產量和品質上，都有長足的進步，與國外各廠產品，已可媲美，且已大量出口。經濟部國際貿易局鑑於唯有改進產品品質，始可保持已有的市場和進一步拓展外銷，乃于民國六十七年十二月委託本中心編撰工具機手冊約四十冊，內容包括切削加工工具機的製造技術、沖壓模具、塑膠模具、壓鑄技術、鑄造技術、熱處理、表面處理、控制系統等，提供有關本業工廠技術員工參考，希冀由本手冊的刊行，能解答工廠中一部份所遭遇的問題；至於有關工具機書籍已刊載的內容，在本手冊中不再贅述，謹於篇首，簡介如上，至於編撰時間倉促，容有不週，尚祈不吝指正！

序

我國前數十年，中小企業之產品有自行設計者或為仿造者，然皆無一定標準，以致品質參差不齊。在設計製造過程中，其所謂「配合公差」完全憑老板之經驗口授操作，且時刻在變異。所以圖上大半未註明公差，甚至於基於保密而有意不予註明。所以我產品品質未能有顯著改善，此其原因之一。政府為了加速推展及輔導中小企業，首先從改進生產技術着手。尤以一般設計人員，對於標準化產品、標準化工具（刀具、夾具、量具）為科學化生產所必需者，要做到工具互換與另件互換。而「公差」為設計人員執行科學化之工具故為必須熟知之項目。本首冊先述及何謂公差，公差在孔、軸上之配合尺度，及公差之如何選用，再加上何謂形狀及位置公差等。

以後可能還要陸續有第二、三冊出版，將述及軸、孔所用量具之公差，螺絲及它的量具公差及齒輪公差與其他公差等，螺絲及齒輪公差較為複雜，目前國際間尚無一套完整制度可循，僅就所知提供一二為計設或製造者作為參考資料。本手冊希能有助於我技術人員之進修，及促使能昇高我工具機之生產技術，俾作為向工業先進國家市場進行挑戰準備。

工 具 機 製 造 公 差

(I)

目 錄

第 一 章 概 說.....	1
第 二 章 軸孔公差之選擇與應用.....	8
第 三 章 形狀及位置公差 (摘譯 ISO R 1101)	36

工具機製造公差

(I)

第一章

概 說

1. 公差之由來：

人類由農業社會進入工業時代後，思想生活整個起了改變，不像已往靠天吃飯。工業時代是競爭性的，否則會被淘汰。製造加工業所佔比例約在50%以上，尤以金屬製造加工業更顯得重要，如何以快速方法使天然資源變成人類生活上的享受。所以大家都在思考，如何使加工成品在品質好、產量多、成本低之條件下，銷售大眾化。已往加工是無標準各做各的，技術高者做得精，技術差者做得粗，無一定範圍可以遵循。因見於此，先進國家就想到理想尺寸不可能與實際尺寸一樣絲毫不差。所以想出一套可能的製作範圍一即公差，使大家在此範圍內製做即可適用的產品。此乃勢所必然的結果，經幾十年的演進匯聚成了一套有系統的公差制度，此制度並非一成不變的，隨着工業水準之提高及特殊情形之需要仍可定期作必要的修正。

2. 各國及國際公差制度之建立：

2.1 各國制度：由於實際的需要各國紛紛建立自己的標準制度，茲將主要幾個國家臚列如下俾作參考：

- ①美國制度 ASA 可能建立於本世紀初。
- ②英國制度 BS建立在1901—1918間。
- ③德國制度 DIN建立在1917—1928間。
- ④日本制度 JIS建立在1921年間。
- ⑤俄國制度 GOSF 未知建立時間。
- ⑥法國制度 AFNOR建立在1926—1966間。
- ⑦中華民國制度 CNS建立在1932年間。

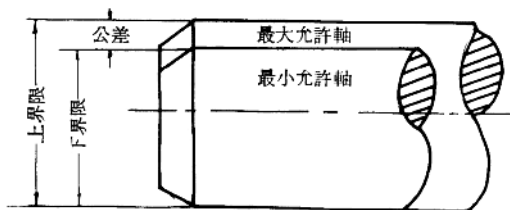
2.2 國際公差制度之建立：國際公差原先為 ISA (Interntional Federation of the National Standardization Association) 約在 1926 年間，後來經修正改為 ISO (International Organization for Standardization) 約在 1962 年為 24 個國家所承認；雖還不能通用全世界作為國際標準制度。但是由於各國環境及工業水準之不同，僅能將此國際公差制度作彈性與選擇之運用。

3. 公差之主要目的：

公差主要的目的在大量生產之具有互換性，不必在裝配時修修改改，在保養時亦不必愁過大或過小。任何製出的另件不可能與理想尺寸一絲不差，必定有些微小差異，而此差異能在所需求條件內即可。有時設備工具及材料皆一樣，交給一技工做，仍然做出不同尺寸來，因仍有很多因素會影響到這件事，如溫度、切削液、振動等。因此設計者要考慮到另件性能、生產方法、製造程序及檢驗之規格，以確保另件能做公差範圍內而達成互換性。設計者所訂之允許公差，不可訂得過大，以致影響組件之性能，亦不可訂得過小，使另件甚難（或不可能）在此公差內製造。設計者必須先將對現有設備之加工能力有充分認識。以及消費者可能接受品質標準，作為訂定公差之依據。

4. 一般公差的向性：

公差本為某一尺寸所允許變動之量，亦即為最大尺寸減去最小尺寸所得之差，公差有單向及雙向公差 (Unilateral & bilateral tolerance)



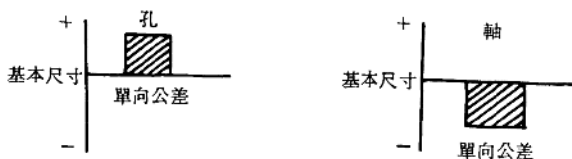
4.1 單向公差：

乃公差僅向某一基本尺寸單向排列，除非有特別註明，通常對孔來說，其配列在基本尺寸之上，對軸來說，其配列在基本尺寸之下，列舉說明表示法如下：

如基本尺寸為一吋：

孔：①	②	③	④
1.0000	1.0012	-0.0000 -0.0012	-0.0012 -0.0000
1.0012	1.0000	1.0000	1.0000
⑤	⑥		
-0.0000 -0.0012	-0.0012 -0.0000		
1.0000	1.0000		
軸：①	②	③	④
0.9988	1.0000	-0.0000 -0.0012	-0.0012 -0.0000
1.0000	0.9988	1.0000	1.0000
⑤	⑥		
-0.0000 -0.0012	-0.0012 -0.0000		
1.0000	1.0000		

以孔及軸各六種係表示同一尺寸，僅為不同之表示法，一般情形皆用第④種。我們以圖來表示如下：



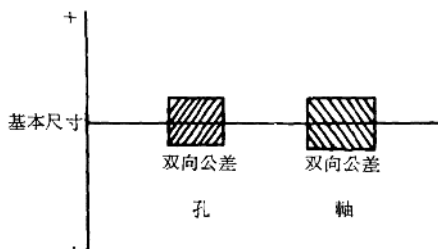
4.2 双向公差：

乃一部份公差配合在基本尺寸之一邊，其餘配列在另一邊，例舉表示法並說明如下：

如基本尺寸為 0.875 吋；

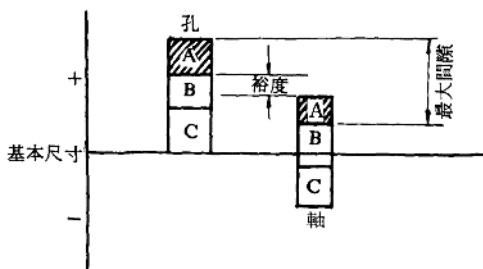
孔及軸：①	②	③	-0.0003 +0.0005	④	+0.0005 -0.0003
0.8747 0.8755	0.8755 0.8747	0.875		0.875	

以上所列孔及軸皆適用，唯表示有四種，一般情形皆用第④種，我們以圖表示如下：



5. 選擇性之裝配：(Selective assembly)

一般製造工件在所訂公差範圍內，皆可正常互換裝配；爲了軸孔公差過大所引起之不適合之最大餘隙 (Clearance) 或最小緊度 (Interference) 之減少，我們把工件實際尺寸分成三類，即依實際尺寸分爲上、中、下 (或 A、B、C)，每類必謹慎選用三分之一公差爲其正確的裕度 (此爲最理想配合條件)，孔與軸相對配合如下圖 (A 配 A，B 配 B，C 配 C)



8. 通用公差與專用公差

8.1 通用公差 (General tolerance)：機械另件無論配合或非配合件，其尺寸均不能達到一絕對數值，亦不允許漫無限制的可大可小；故在圖上所註之公稱尺寸，旁邊無公差者，在相近處有指示說明公差之範圍，俾有所遵循，又其範圍可依其尺寸大小而訂定。

8.2 專用公差 (Special tolerance)：機械另件需予以精確配合時，必須賦予適合其機件運用性能之公差數據，該項公差係專為製造某一尺寸而允許之差異。在圖上與該尺寸並列，且僅需要時始加註之。一般的通用公差較大，而專用公差較小；因小公差之製造成本高，如非必要，設計者應儘可能以不用專用公差為宜。

8.3 孔軸之配合公差：因任何另件之製造不可能絲毫不差，即使可達到，亦不經濟；故為求便利於製造及互換，常准許有一定之差異，（即公差）所定差異之大小，端視該工件尺寸所需之精度而定。普通加工配合面精度較高，非配合面精度較低。任何機器中另件，有的可轉動或移動，有的固定或靜止，裝配時應考慮轉動或固定之鬆緊各有不同。此種鬆緊之程度稱為配合 (Fit)。任何機械另件配合間的相互關係有一定的規定，使其達或某種特別作用，所以在二配合件之圖樣上，註明同樣尺寸，再加註配合鬆緊度。其極限與配合 (Limits and fits)：可參閱CNS B1002。

8.4 屬於 500mm 以下尺寸之公差及尺寸容許差之算法。

8.4.1 基本公差數值之計算：

8.4.1.1 IT5-IT16之IT基本公差數值，以下表之係數乘下記公差單位 i 而計算之，

$$i = 0.45 \sqrt[3]{D} + 0.001D \quad (\text{單位 } \mu)$$

但式中 D 值，按尺寸各等級區分，應採用其分等之等級區分上下二級尺寸 (mm) 之幾何平均：例如屬於 30mm—50mm 尺寸，區分者其計算式為 $D = \sqrt{30 \times 50} = 38.73$

等級	IT5	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
	5級	6級	7級	8級	9級	10級	11級	12級	13級	14級	15級	16級
*係數	7	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000

*係數之來源係在 1922 年經過各國專家在國際上長期研究商討的結果訂定 $(R5) \sqrt[5]{10} = 1.6$ ， $(R10) \sqrt[10]{10} = 1.25$ ， $(R20) \sqrt[20]{10} = 1.12$ ， $(R40) \sqrt[40]{10} = 1.06$ 等近似值之幾何數序為標準數，本表係數採取 $(R5) \sqrt[5]{10} = 1.6$ ，例如 6 級係數 $10 \times 1.6 = 16$ （7 級），7 級係數 $16 \times 1.6 \div 25$ （8 級），餘類推。

6.4.1.2 IT01~IT1之IT基本公差之數值如下記之所示:(單位 μ)

IT01.....0.3+0.008D

IT00.5+0.012D

IT10.8+0.020D

6.4.1.3 IT2—IT4之IT基本公差之數值，將IT1及IT5間之數值以等比分割之。

6.4.2 軸之基本尺寸容許差數值之計算法，參考CNS4-1 B1002第9頁表4。

孔之基本容許尺寸差數值之計算法。

(1) A—H孔之基本尺寸容許差（下界尺寸容許差），應與孔同記號（但小字體）之軸之基本尺寸容許差（上界尺寸容許差），須將負號改為正符號。

(2) J 孔之基本尺寸容許差有例外規定。

(3) K—Zc 孔之基本尺寸容許差上界尺寸容許差，（除例外規定外）應將軸之基本尺寸容許差（下界尺寸容許差）之正符號改為負符號。

6.5 屬於 500mm至3150以下尺寸公差及容許差之計算法。

6.5.1 IT 基本公差數值之計算

IT 基本公差數值，以下表之係數乘下記公差單位 I 而計算之。

$$I = 0.004D + 2.1 \text{ (單位 } \mu\text{)}$$

但是式中 D 值，按尺寸各等級區分，應採用分其等級區分上下二數尺寸 (mm) 之幾何平均，例如屬於 500mm—630 尺寸區分。

$$D = \sqrt{500 \times 630} \approx 561$$

等級	IT6	IT7	IT8	IT9	IT10	IT11	IT12	IT13	IT14	IT15	IT16
	6級	7級	8級	9級	10級	11級	12級	13級	14級	15級	16級
係數	10	16	25	40	64	100	160	250	400	640	1000

6.5.2 軸及孔之基本尺寸容許差數值之計算法可參考 CNS4-1 B1002第17頁表12。

7. 一般公差：

一般公差係指公稱尺寸上未表明有特殊公差者，而以一般規定之公差加以限制之公差，此公差一般亦可分精、細、中、粗四級可加以選用。其選用範圍一般亦有規定，在公稱尺寸某一範圍選定之，一般皆採用細中級為宜。

一般公差因加工及材料不同，公差規定亦因此而有鬆緊之差異。但一般公差僅作加工製作者之參考而已，若情形特殊可自行調整或另作決定。總而言之，製作任何物件，除特殊公差外，應有一般公差之限制，此公差大部皆註在圖之左下角，以備製作者參考。

此地所提般公差係用於機械切削、沖壓、剪切、鑄造、殼模鑄鐵件、鑄鋼件、鋁合金鑄件、金屬燒結品、及鍛造等，國家標準 CNS-B1037均有規定可資應用。

第 二 章

軸孔公差之選擇與應用

1. 概 說：

現在設計工程師所面臨的問題，更形複雜；爲了便利計，將各方面設計資料簡化整理以備應用，其中公差配合資料即爲提供設計者選擇應用。此章的目的即針對此需要而撰寫；若無依據的資料，設計者會在同樣設計問題上定出不同的公差；即使有滿意的結果，由於缺乏統一性，可能因此須準備衆多的量具。若設計者能擁有此一致性選擇標準，不但問題可獲解決，更達成劃一和簡化。

此章資料大部來自 ISA 及 ISO 中多年經驗，亦有從美、英、加各工業界經驗配合問題中收集而來，基於實際的調查及蒐集，故實用性很高，可資設計者引用。

2. 公差與配合：

此處所談配合大部份係指圓柱形之配合，即習慣所指之孔及軸，其尺寸係指配合件之直徑，但是除了圓柱形外，其尺寸亦可包括長度、寬度及其他尺寸，尺寸及其用途應皆有明確之說明。

配合符號之表示，對孔講，基本尺寸上之公差區以大寫英文字母及數字來表示，英文字母表示配合鬆緊，數字表示配合此精度等級，如爲基孔 H7，對軸而言，基本尺寸上之公差區以小寫英文字母及數字來表示，其意義同上，如 p6，軸與孔之配合聯寫即爲：H7-p6 或 H7/p6。

2.1 孔公差配合說明：一般以單向孔 H 配合最多，等級從 H5-H11，其精度說明如下：

H 5：一般用精密搪孔、精密內圓磨或研磨。

H 6：一般用精磨，研磨可能用手鉸孔。

H 7：磨、拉、及鉸孔。

H 8：搪、及機器鉸孔。

H 9：用在對軋製或剪切之產品上。

H10：一般不用在直徑配合，可能用在鉗孔上。

H11：一般用在非配合件之粗鉗、沖孔或壓孔上。

2.2 配合分類：(參閱圖1)。

(1)轉合座(餘隙配合Clearance fit)。

(2)靜合座(靜配合Transition fit)。

(3)壓合座(壓入配合Interference fit)。

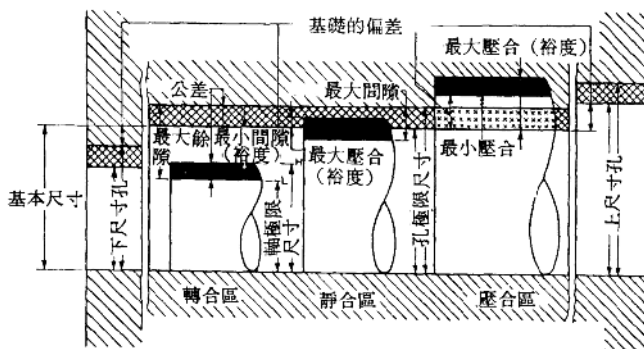


圖1. 極限及公差(單向基孔)圖排列。

每一主要類用單向孔H，仍可細分，可從細到粗的餘隙(轉合座)可細分六類。靜合座可分四類，壓合座可分二類。現用單向孔H，與各種軸之配合如下：

(i) 轉合座配合：

軸“a” 這些配合是有較大的餘隙，但“b”及“c”級不常用。

軸“d” 此配合常利用在8到11等級，同時適用在鬆運轉配合，即平軸承及鬆皮帶輪。

軸“e” 此配合常用在7, 8及9等級，一般適用在鬆餘隙配合，及須適宜餘隙潤滑的軸承。在較精級中，它可用到大、速度

高、重負荷軸承，例如透平發電機及大型電動驅動機軸承等。

軸“f” 此配合常用在 6，7 及 8 等級，一般用在正常運轉配合。它廣泛地用在正常油脂潤滑或機油潤滑軸承，但是不能有重大的溫度變化，最典型的應用齒輪箱軸承及小馬達、泵的軸承。

軸“g” 此配合因為餘隙小，製造費用高，除非精密設備中軸負荷很輕，否則一般不用在運轉配合上，典型的應用精確連桿組，活塞及滑動閥之軸承，除此，它亦常用在插口（Spigot）及位置配合（Location fits）上。

軸“h” 此配合的上軸極限為零，雖然實際上極微餘隙常有發現，它的等級在 5→10，常廣用在非運轉另件，常用在正常插口位置配合，在較精級中可用作精密滑動配合。

(ii) 靜合座配合：

軸“j” 此乃靜合座配合，平均有微小之餘隙，可用等級為 5→11，它常用在位置配合，餘隙較軸“h”還要小。同時有輕微壓合座配合亦是許可的，典型的使用是連結器插口及夾緊到鋼轂的齒圈等。

軸“k” 這是真靜合座配合，平均確實無餘隙，它可用等級為 5→11，用在稍有壓合座的位置配合，可消除振動。

軸“m” 這個靜合座，平均有輕微壓合座，假如遇到極限時，須要適當的裝配力。它可用的等級為 5，6 等 7。

軸“n” 此靜合座配合，平均較軸“m”稍高稍緊度。同時在極限時有餘隙發生。它可用等級為 5，6 及 7，一般用在稍緊組立配合，最精級（n5）H5、H6 用作真緊配合。

(iii) 壓合座配合：

軸“p” 此乃與孔 6 及 7 級作真緊配合，但是與孔 8 級配合可得靜合座配合，沒有超過緊配合量，但足夠給非金屬件一個輕壓配合，當須要時可拆卸。這是對鋼、鑄鐵或鋼對鋼組立的標準配合，緊配量可小到有滿意的配合，可從有彈性材料

中獲得，如輕的合金。

軸“t” 這個組合將對鐵另件有一個中型驅動配合，同時對非鐵另件有一輕驅動配合，必要時很容易拆卸。惟在直徑超過3.94”時，可獲得與H8的一個緊配合。小直徑僅能有一靜配合。

軸“s” 這個常用到永久或半永久的鋼及鑄鐵件的組立。緊配量足夠提供握緊力。當用彈性材料如輕合金，在鐵材料中它可相當於軸“p”配合，典型的應用壓到軸上的軸環、閥座等。

軸“t”，“u”，“v”，“x”，“y”及“z”這些配合涉及到增緊配量，同時亦還沒有適當的用途。

當要決定緊配合公差時，必須先檢查最小及最大緊配。前者關係縱向力及扭矩之傳送，後者關係到材料中可允許強度，組立及拆卸的力量。所以為了緊配合，軸的低變異如此決定，以對孔 H7 的上變異，有一定量最小之緊配。假如 D 等於直徑尺寸的幾何平均值，其最低緊配量（以 0.001”為單位）如下：

軸“s”最低緊配量 $=0.4 \times D = (0.0004 \text{ 直徑每吋})$ 。

“t”最低緊配量 $=0.63 \times D = (0.00063 \text{ 直徑每吋})$ 。

“u”最低緊配量 $=1.0 \times D = (0.001 \text{ 直徑每吋})$ 。

“v”最低緊配量 $=1.25 \times D = (0.00125 \text{ 直徑每吋})$ 。

“x”最低緊配量 $=1.6 \times D = (0.0016 \text{ 直徑每吋})$ 。

“y”最低緊配量 $=2.0 \times D = (0.002 \text{ 直徑每吋})$ 。

“z”最低緊配量 $=2.5 \times D = (0.0025 \text{ 直徑每吋})$ 。

2.3 配合選擇：本章所推介的配合以單向孔“H”為基礎，若要以單向軸“h”為基礎配合，用相當軸基礎配合提供同樣餘隙或緊合之最大及最小值，靜合與緊合配合，只有孔配合較精級之軸，可得滿意的結果。如

孔基餘隙配合 H7-g6 = 軸基餘隙配合 G7-h6

孔基靜配合 H7-m6 = 軸基靜配合 M7-h6