

475091

工具機製造公差

(V)

工具機手冊 第五十八冊

金屬工業發展中心 編譯



工具機製造公差

(V)

工具機手冊 第五十八冊

徐 文 慶 撰

版 權 所 有
不 准 翻 印

中華民國七十年四月出版

工具機手冊之(五十八)

工具機製造公差

(V)

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，與國外名廠產品，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；本手冊前四十冊已於六十九年九月全部刊行，就正我工業界；復承國貿局支持本中心續編第四十一至六十冊計二十冊，主要在將工具機製造公差，工程量測，金屬片沖壓項目等工具機生產技術，又益以精密工具機中心與國外技術合作旋臂鑽床製造之範例，一併編印出版以饒讀者。至於編撰印行，因時間倉促，容有不週，至祈不吝指示！

序

本手冊第（Ⅰ）冊係談軸、孔公差在設計上之應用，再加上形狀及位置公差之定義與註法，並舉例說明。

本手冊第（Ⅱ）、（Ⅲ）兩冊，內容着重在軸孔量規公差及用途，量規之設計，以及塊規之選購應用等。因為另件製成後，必須要用量規來檢查，才能保證製件實際尺寸與設計尺寸相符，可作為在買賣雙方若有爭辯時作為仲裁的依據，所以本手冊着重量規之設計，其作業過程及應用圖表，舉例作一簡明之介紹如上。以後第（Ⅳ）冊係螺絲公差及螺絲量規公差，及第（Ⅴ）冊齒輪公差及量測，亦作一簡明的介紹。由於精密工業之發展神速，乃有複雜的公差出現，製作既為困難，而量測亦稱不易，國際間尚無一完整公認統一的公差標準之制定，故目前工業界仍存在有英制、美制、德制、捷克式等等，其使用不便可知，期未來能由不同而走向類同。本手冊內容故仍就現存應用的各國公差制度詳加介紹。

編者 章 敬 賢 謹識

工具機製造公差

(V)

目 錄

第九章 一般用途之齒輪公差及基本資料

1. 概 說.....	1
2. 齒輪上的各種符號.....	1
3. 齒輪公差簡介.....	2
4. 公差的影响.....	4
5. 齒輪公差類型.....	5
6. 影响公差選擇的因素.....	8
7. 數值公差量值.....	10
8. 齒輪之應用及所擬品質等級.....	16
9. 廣闊的品質水準.....	17

第十章 齒輪之檢驗

1. 概 說.....	27
2. 製程控制.....	27
3. 齒輪偏出檢驗.....	28
4. 齒節公差.....	33
5. 量測方法.....	33
6. 外 型.....	36
7. 導 程.....	39
8. 搭接作用齒輪檢查法.....	40
9. 齒 厚.....	43
10. 齒 隙.....	43
11. 齒接觸模型.....	50

工具機製造公差

冊（I）參考目錄

- 第一章 概 說
- 第二章 軸孔公差之選擇與應用
- 第三章 形狀及位置公差（擇譯自ISO R1101）

冊（II）參考目錄

- 第四章 量規公差與用途

冊（III）參考目錄

- 第五章 量規之設計
- 第六章 塊規公差及用途

冊（IV）參考目錄

- 第七章 一般螺紋公差之基本資料
- 第八章 螺紋量規及公差

工具機製造公差

(V)

第 九 章

一般用途之齒輪公差及基本資料

1. 概說：

齒輪公差構成了齒輪規格複雜性，此可直接影響到運轉性能，材料之光製，及檢驗技術，以及成本。齒輪公差必須在設計及齒輪的規格上就已加以考慮，同時如軸、軸承、及支架外殼等，亦會影響到相關因素的設計。由於此種影響之重大，齒輪設計工程師必須重視公差規格，對各種齒輪作適切之應用，並分析其對於性能、製造、及成本的影響。在設計上已有相當多公差標準，可資採用，敘述於后。

2. 齒輪上的各種符號：

a=齒冠 (Addendum)。

B=齒隙 (Backlash)。

b=齒根 (Dedendum)。

C=中心距 (Center distance)。

c=間隙 (Clearance)。

d=輓或銷子直徑 (Roll or pin diameter)。

M=全量測 (Over-roll Measurement)。

N=輪齒數 (Number teeth, gear)。

n=小輪齒數 (Number teeth, pinion)。

P=徑節 (Diametral pitch)。

p=周節 (Circular pitch)。

R=齒輪節圓半徑 (Pitch radius, gear)。

r=小齒輪節圓半徑 (Pitch radius, pinion)。

R_b=齒輪基圓半徑 (Base-circle radius, gear)。

r_b=小齒輪基圓半徑 (Base-circle radius, pinion)。

R_c = 半徑對嵌置在齒間輓子（或銷）的中心 [Radius to center of roll (or pin) inserted between teeth]。

ϕ = 標準壓力角 (Pressure angle, standard)。

ϕ_o = 操作壓力角 (Pressure angle, operating)。

ψ = 螺旋角 (Helix Angle)。

3. 齒輪公差簡介：

3.1 何謂齒輪公差：一般定義為從齒輪之指定尺寸中，可允許變異的值。故公差可成為理想值中可變異的工程合法化及公式化。公差的指定及應用，在於減少工作上不可避免人為的失誤。

3.2 公差舉例：公差可應用到量測上，不論量測性質如何，諸如量測長度、重量、力量、速度以及加速度等都可賦予公差。對於齒輪之量測主要是長度及角度，以及對於硬度之公差，如圖 1 為尺寸公差、硬度範圍等之圖示舉例。

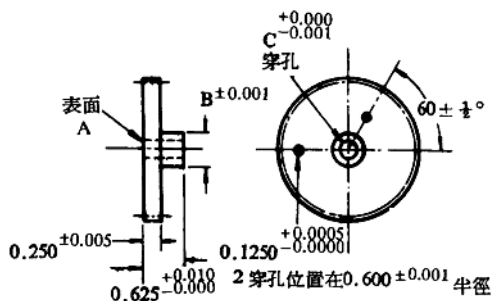


圖 1 尺寸與公差控制舉例。

註：1. A面與直徑 $B \pm 0.001$ 垂直在每吋0.001內。

2. 孔 $C \pm 0.001$ #5 直徑 $B \pm 0.001$ 同心度化0.0005 TIR內。

3. 材料為SAE 4140，硬度為30~34RC。

4. 單位為吋。

3.3 齒輪公差：沒有一個典型公差可應用到各種不同齒輪尺寸上。每一尺寸皆有特殊公差，它隨着齒輪的大小、精度、材料

及應用而變異。有關齒輪的公差範圍廣泛，大概從 $0.010''$ 到 $0.0001''$ 間。合理的公差之判定，乃為齒輪設計重要的課題。

- 3.4 公差與偏差 (Deviation)：尺寸的變異在允許公差帶內的，即構成允許偏差。假如變異超過公差，此齒輪之製作為不準確，認定是有誤差存在。在 AGMA (American Gear Manufacturer's Association) 標準名稱誤差定義是對齒輪超過認同的公差之偏差量。當一齒輪元件變異量超過極限之偏差，這個測定變異乃至為分明可認定為允許偏差及超過極限偏差。有些在齒輪上的尺寸變異，對於運轉並無影響，但亦有直接影響的。所以齒輪設計者在這個問題上經常要衡量所定之公差對齒輪運轉的影響。

- 3.5 裕度 (Allowance) 及有關公差：裕度定義已敘述如上，即為配合件間所定的間隙。有關齒輪的裕度如下：

- (1) 齒輪內孔及配合軸間的間隙。
- (2) 整個齒輪軸間的間隙，即包含裝配肩及配合軸承間的間隙。
- (3) 嚙合齒輪 (齒間) 之間隙，即為齒隙裕度在公差值加上裕度之和，裕度與公差間有相互關係。這就是兩者一致性的須要。例如，在齒隙間之裕度需求為很緊。則對齒輪的同心度及中心距將是高精確度的需求。

- 3.6 公差與製造成本：從建立製造齒輪方法的實用性而言，齒輪公差的意義則頗為重要。製造齒輪的成本多少關聯到所指定公差的鬆緊有直接的影響。公差按其需求，祇要能運轉良好，一定儘可能放鬆使成本愈低愈好。這個要了解重要及不重要尺寸及控制其公差間的關係。尺寸公差愈小對製造上需求高精度的機器與技術愈形費力。結果增加了製造成本。公差與成本間關係不是直線關係，當公差趨近於零時，成本為極大，或成為不可能。同樣在另一極端，製造成本因公差放鬆而減少，但是公差再繼續增大對於製造成本的減少却很小。在一般公差對製造成本的圖是雙曲線，圖 2 之關係曲線是漸

近到兩個軸線。由於尺寸間的彼此依賴，沒有典型數值可提出。例如在同樣努力及成本條件下，軸直徑可較軸長為更小的公差。製造成本因各工廠之設備人員與技術之情況而異，也沒有典型成本的偏差可尋，在一般講，圖 2 曲線對緊的齒輪公差可漸近到 $0.0001''$ 。

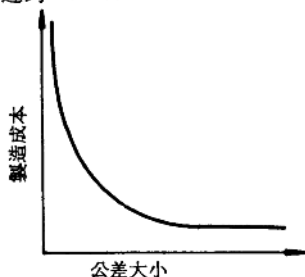


圖 2 公差與製造成本間的關係。

4. 公差的影响：

一套完整設計的齒輪有關的很多尺寸及控制標準，在考慮到公差規格及對齒輪運轉的影響，在製造及檢查上成為很複雜的一件事。所以公差對於齒輪性能影響之大而不可不慎。

4.1 公差在性能上的影響：尺寸上齒面的公差影響其運轉性能。

齒輪性能被認為是意中的齒輪動作。即如動力之正常速度傳遞，並帶有其他外加之限制如，齒隙大小、壽命、及噪音等。因為齒輪公差主要影響在性能的需求。最典型性能公差例子是齒厚，外型偏差，硬度，表面粗度等。這都直接影響到齒輪的性能。此外，有些次要的公差並不影響到齒輪的性能。舉例如齒面寬上公差，它祇影響到齒輪強度。

4.2 非性能公差之影響：一個齒輪性能因素是集中在對轉動中心有關的形狀與尺寸公差。而實際上這些因素為齒輪本體所維繫。這個齒輪本體尺寸，如腹板及輪轂之設計及裝配等，則

不會影響齒輪的性能。同時相關公差對齒輪性能而言是次要的。典型非性能公差是在那些輪轂直徑及長度，銷槽或相當的安裝設計等。

- 4.3 公差對製造上之影響：重要齒輪公差的鬆緊，對製造方法、工具、夾頭及檢驗技術等都有決定性影響。此基本製造方法，機器輪磨，及模具等要依據一般齒輪品質建立起來。特殊要求緊的尺寸或形狀公差，嚴重的影響到方法、機器、工具、夾頭、及檢查設備。

5. 齒輪公差類型：

齒輪公差可分為三大類：齒輪性能因素公差，非齒輪性能因素公差及在本體尺寸非齒輪性能公差與其他非齒輪因素控制。在整個齒輪設計中，對指定齒輪所有的公差皆綜錯例如圖3a。

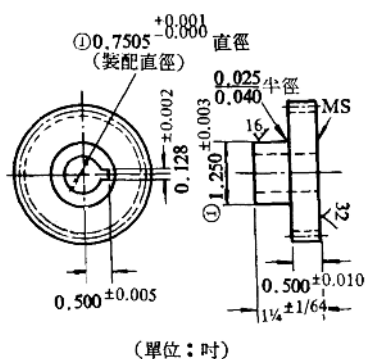


圖 3a 全部註有尺寸及公差的齒輪。

註：

- ①直徑①同心度在0.001" TIR內。
 - ②MS側面偏出不得超過0.0015" TIR內。
 - ③MS面凹度不得超過0.0015"。
 - ④MS面凸度不得超過0.0015"。
 - ⑤材料AISI 416硬度RC30~35。
- MS—裝配面(Mounting surface)。

正齒輪數據

全深漸用線型 (ASA B6.7)

齒數	25
徑節	10
壓力角	20°
標準節徑 (理論)	2.5000"
齒型	ASA 6.1-1932
齒冠	0.100"
齒根	0.050"
間隙	0.057"
檢驗半徑	1.250" ± 0.001"
在金屬線上量測 (參考)	2.7351" ± 0.0034"
金屬線直徑	0.0172"
外徑	2.700" ± 0.006"
最大外徑偏出	0.003" TIR
最大厚搭接公差	0.0013"
最大齒到齒搭接公差	0.0005"
AGMA品質等級	11
作用外型面粗度	16最大 rms.
最大導程公差	0.0004"
最大公度公差	0.0015"

5.1 齒輪本質的性能公差：有關這些尺寸公差可參閱圖3b，及有關齒輪控制的項目。如下：

齒形尺寸：

齒冠	_____	齒外形	_____
齒根	_____	前置角	_____
		(Lead angle)	
齒間隔	_____		
(Teeth spacing)			
壓力角	_____	材料硬度	_____
間隙	_____	表面粗度	_____
齒厚	_____	面寬	_____
齒間隔	_____	外徑	_____
(Teeth spacing)			

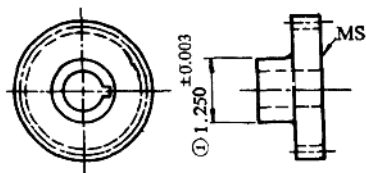


圖 3b 齒輪本質的公差性能。

正齒輪數據
全深漸開線型 (ASA B6.7)

齒數	25
徑節	10
壓力角	20°
標準節徑 (理論)	2.500"
齒型	ASA B6.1-1932
齒冠	0.100"
齒根	0.157"
間隙	0.057"
	+0.000
檢驗半徑	1.25" - 0.002"
	+0.000
用金屬線量測	2.7351" - 0.0035"
金屬線直徑	0.1728"
	+0.000
外徑	2.700" - 0.006"
最大外徑偏出	0.003" TIR
最大全搭接公差	0.0013"
最大齒到齒搭接公差	0.0005"
AGMA品質高級	11
作用外型粗度	16 r.m.s.
最大前導程公差	0.0004"
最大分度公差	0.0015"

註：

1. ①直徑同心度在0.001" TIR內。
2. MS側面偏出不超出0.0015" TIR。
3. MS面凸度不超出0.0015"。
4. MS面凹度不超出0.0015"。
5. 材料：AISI 416。
硬度：RC 30~35。

5.2 非齒輪本質的性能公差：與輪齒無關，但仍可影響齒輪運轉性能。有關尺寸公差參閱圖3c及其控制的項目。如下：

裝配孔或軸直徑 _____

輪齒元件及裝配直徑間的偏出 _____

齒腹尺寸：

外徑偏出 _____

側面偏出 _____

平行度 _____

凸度 (Convexity) _____

凹度 (Concavity) _____

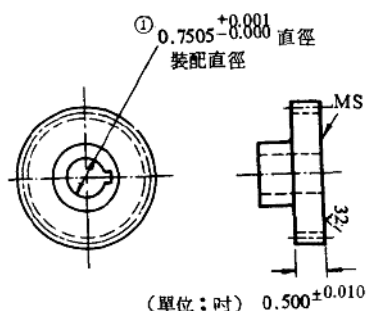


圖 3c 非齒輪的性能公差。

註：

1. 直徑①同心度不能超出0.001" TIR。

2. MS側面偏出不能超出0.0015" TIR。

3. MS面凹度不能超出0.0015"。

4. MS面凸度不能超出0.0015"。

5. 材料：AISI 416。

硬度為RC30~35。

表面粗度：不要求。

正 齒 輪 數 據

全深漸開線型 (ASA B6.7)

齒數	25
徑節	10
壓力角	20°
標準節徑 (理論)	2.500"
齒型	ASA B6.1-1932
齒冠	0.100"
齒根	0.157"
間隙 (clearance)	0.057"
檢驗半徑	—
金屬線上量測	—
金屬線直徑	—
外型	—
最大外徑偏出	—
最大全搭接公差	—
AGMA品質等級	—
作用多型面粗度	—
最大前導程公差	—
最大分度公差	—

5.3 非齒輪性能尺寸公差：有關對齒輪本體尺寸如圖3d所示，其不直接影響性能的公差項目如下：

輪轂設計尺寸 _____

腹板設計尺寸 _____

裝置鎖定設計：一鍵槽，制動螺絲孔特殊本體設計。

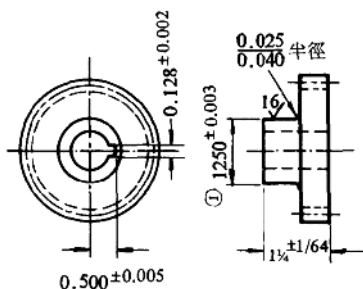


圖 3d 非性能公差。

正 齒 輪 數 據

全深漸開線型 (ASA B6.7)

齒數	25
徑節	10
壓力角	20°
標準節徑 (理論)	2.5000"
齒型	ASA B6.1-1932
齒冠	0.100"
齒根	0.157"
間隙	0.057"
檢驗半徑	—
在金屬線上量測	—
金屬線直徑	—
外徑	—
最大外徑偏出	—
最大全搭接公差	—
最大齒到齒搭接公差	—
AGMA品質高級	—
作用外型面粗度	—
最大導程公差	—
最大分度公差	—

註：

1. 直徑①同心度在0.001" TIR內。
2. MS側面偏出不超出0.0015" TIR。
3. MS凹度不超出0.0015"。
4. MS凸度不超出0.0015"。
5. 材料：AISI 416。

硬度：RC 30~35。

表面粗度：不要求。

6. 影響公差選擇之因素：

因公差的設定不能單靠直覺的判斷，在選擇時必須要考慮軸承的影響，對於性能的需求。常應以程序化、標準化的方式去製造出合乎需求的齒輪。

- 6.1 齒輪性能的需求：齒輪公差的目的是可在允許尺寸中變異在齒輪得安全之運轉。齒輪性能需求是在設定公差所能控制的因素；而公差之選擇又受其他因素諸如標準、機具、工具及技術之影響，作最後之決定。
- 6.2 標準化：齒輪公差決定了其性能（功用）良窳，但亦不可：
- (1) 太多的公差分級。
 - (2) 從性能需求上，計算研究公差之建立，分級不宜過細。
 - (3) 不宜要求過多的特殊工具。
 - (4) 對廣泛性能之需求太鬆之公差。
 - (5) 不必要的複雜性及檢驗花費時間過長，最好是建立標準有限的公差數，同時因為可用相同設計的重復運用，應用的工具種類減少及計算減少，因而增加了單位產品的收益。特別公差之選擇，目的在於獲致齒輪性能滿意的需求。
- 6.3 程序化：公差之選擇也要看機器、工具、夾頭以及操作方法而定。公差之達成依賴性於工具及機器操作之程序化。程序化可建立起正常的製造方法及公差模式。
- 6.4 製造的需求：常常公差不是依性能需要，就是依製造需要所設定。機器操作對公差之影響外。夾具之精密度對公差影響為同等重要，否則公差即成為虛置。例如量測非輪齒本質的偏出，雖然對齒輪運轉無關，但是為了製造的齒輪，在全搭接變具有一個緊密的性能公差，它是須要有緊密地控制量測偏出差。
- 6.5 公差數值之範圍：齒輪公差數值包括所有量測範圍。鬆的公差是 $\frac{1}{16}''$ ，而極精密公差可到百萬分之一吋。在這廣寬的選擇中，所有前此提及的影響因素，綜合及相互作用，稱之為公差數值。齒輪本質的及其他尺寸可影響性能者可用較緊的公差，一般用千分之十吋到千分之一或二即可。次要尺寸不會影響到性能者，可用較鬆的公差。通常是一吋的千分之幾或更大一點。

7. 數值公差值：

現代齒輪工業採用的公差值，在以後的章節中仍要提到。廣泛應用中齒輪有很多設計的變異值，因而公差似乎很廣寬，公差可依用途分類，但是有時會重疊，就整個應用方面看，仍值得分類。

7.1 基本齒輪齒腹公差：基本齒輪齒腹公差對尺寸及控制標準在製造程序上是有其特殊意義，而實際上或不直接涉及齒輪性能。其齒腹尺寸控制項目如下：

- (1) 內孔直徑。
- (2) 內孔的喇叭口。
- (3) 內孔的斜度。
- (4) 軸或肩的裝配直徑。
- (5) 側偏出。
- (6) 面凸度。
- (7) 面凹度。
- (8) 面平行度。
- (9) 外徑。
- (10) 外徑偏出。

以上前四項顯然的很為重要，它們的尺寸可影響到齒輪性能。而後六項的重要性則在間接影響到齒輪的圓滑運轉。但是有過度的凸度，凹度及平行度的齒腹則不是良好的齒輪，此疵病會影響到機器及工具之操作。

齒腹公差之特殊價值，可關連到品質、大小、使用、製造方法等。此種情形在以後章節中再敘述之。

7.2 對正齒輪的基本公差。一個正齒輪的適宜而完整尺寸及控制到標準公差，如圖3a舉例，可代表齒輪的大多數基本型式，此可作為其他齒輪作尺寸及公差參考之依據。影響性能的主要正齒輪公差如下：

- (1) 齒輪本質的公差：

齒厚度——

中心度——對特定標準（Reference）軸的齒接觸面的