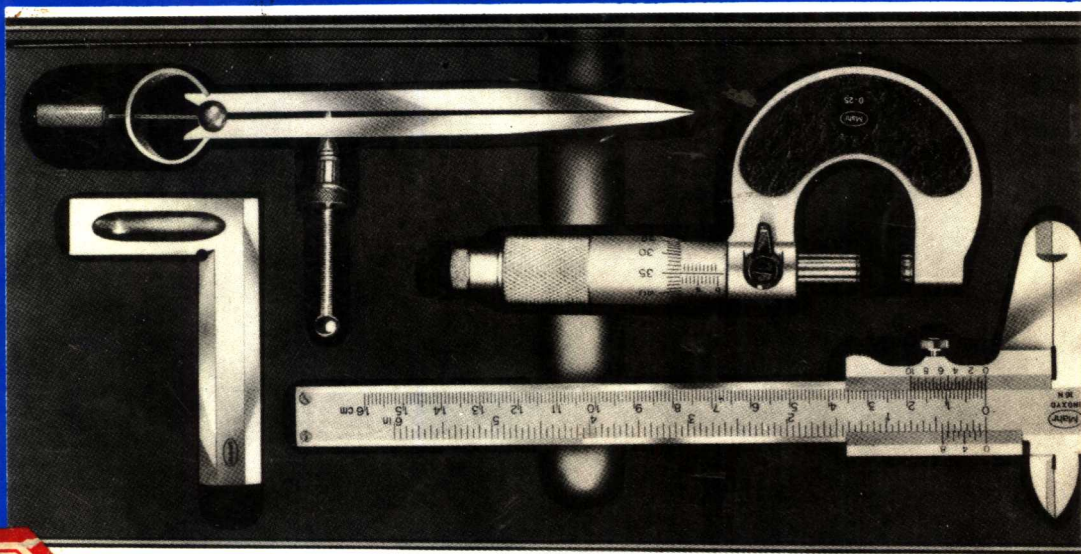


科技用書

精密量具與機件檢驗

陳鴻福 編著



大行出版社印行

科技用書

精密量具與機件檢驗

陳鴻福 編著

大行出版社印行

中華民國七十三年十月 日 初版

書名：精密量具與機械檢驗

著作者：陳鴻福

發行人：裴振九

出版者：大行出版社

社址：台南市體育路41巷26號

電話：2613685 號

本社郵政劃撥帳號南字第 0032936-9 號

本社登記證字第：行政院新聞局

局版台業字第0395號

總經銷：成大書局有限公司

台南市體育路41巷26號

電話：2651916 號

印刷者：信宏美術印刷廠

廠址：台南市公園路593巷127弄2號

電話：(06) 2521139 號

特價：平裝一六〇元精裝一九〇元

編號：T 0 0 4 6 - 0 0 6 1 8

同業友好・敬請愛護

序 言

在機械製造中，刀具、夾具與量具乃三項不可或缺的工具，而三者之中，刀具在某些生產情況下；如鑄、鍛、拉、滾……等非切削性的製造，即無使用刀具的必要，夾具亦然，但無論何種生產情況，則非有量具檢驗不可。國內早在十年前，有識者已開始呼籲工業轉型，由勞力密集轉趨技術密集的形態，而其中精密工業更是政府大力發展的方向。精密工業中除了材料與生產方式的問題之外，產品精度的保證與控制，是首待解決的第一要務，此問題的解決之道，惟賴正確的檢驗工作之執行，因此量具之重要性是無庸置疑的。目前國內有關度量儀具及技術之研究與發展，尚在起步階段，尚待有志者共同努力之，若本書能盡上棉薄之力，則本書之目的即已達成。

精密量具與機件檢驗乃教育部自民國六十五年起增列之專科學校，機械科之必修科目之一，亦為機械從業人員所必備的重要學門，本書除遵照教育部之課程標準編纂外，積筆者七年從事教學與研究之經驗，並廣泛地收集各方面的資料所編成，然有關機件檢驗之領域甚廣，本書僅提供一搬性，基礎性理論與應用的介紹，深入淺出，對初學者及有志從事者而言，應極具參考價值。

本書之編寫耗時年餘，經多位先進及同事的鼓勵，及大行出版社王敦品先生的鼎力協助，始克完成，然筆者才疏學淺，掛漏之處，仍期多方指正。是所至禱。

編著：陳 鴻 福

謹識於中正理工學院機械科

民國七十三年十月

目 錄

第一章 緒 論

1—1	對大量生產尺寸控制機件互換的重要性	1
1—2	精密量具的範疇	2
1—3	精密量具對機械加工之重要性	4
1—4	精密量具室之基本條件	6
1—4—1	量具室的環境條件	6
1—4—2	量具室人員應具備的條件	6

第二章 精度觀念

2—1	單位	9
2—1—1	公制長度單位	9
2—1—2	英制長度單位	10
2—2	公差、容差、配合	12
2—2—1	公差配合之由來	12
2—2—2	名詞解釋例	12
2—2—3	配合制度	15
2—2—4	一般配合	18
2—2—4	公差註法	19
2—3	精度 (Precision)	24
2—4	準確度 (Accuracy) — 指示讀數與絕對絕數	27
2—5	誤差	28
2—5—1	系統誤差	29
2—5—2	偶然誤差	30
2—6	真直度、真圓度、平面度、平行度	31

2—6—1	真直度	31
2—6—2	真直度的度量法	33
2—6—3	真圓度	35
2—6—4	真圓度量的方法	36
2—6—5	平面度	38
2—6—6	平面度的測量方法	39
2—6—7	平行度	41
2—6—8	平行度之測量	41

第三章 表面檢驗

3—1	概論	44
3—1—1	名詞定義	45
3—2	表面檢驗之方法與儀器	47
3—3	標準化	51
3—4	水平儀	54

第四章 長度測定

4—1	直尺	58
4—1—1	鋼尺	58
4—1—2	鈎尺	62
4—2	卡鉗 (Calipers)	64
4—2—1	外卡 (External Calipers)	64
4—2—2	內卡 (Internal Calipers)	66
4—2—3	異腳卡鉗 (Hermaphrodite Caliper)	67
4—3	游標卡尺 (Vernier Caliper)	68
4—3—1	原理	68
4—3—2	用途與種類	71
4—3—3	精度與檢驗	73

4. — 4. 分厘卡 (Micrometer)	74
4. — 4. — 1 原理	74
4. — 4. — 2 構造	75
4. — 4. — 3 型式與用途	77
4. — 4. — 4 分厘卡的使用與檢查	83
4. — 5. 高度規 (Height Gage)	86
4. — 6. 厚薄規 (Thickness Gage)	89
4. — 7. 精密塊規 (Gage blocks)	90
4. — 7. — 1 塊規的種類	91
4. — 7. — 2 塊規的分級	92
4. — 7. — 3 塊規之使用法	95
4. — 7. — 4 塊規的精度檢驗	96
4. — 8. 量錶 (Dial indicator)	98
4. — 8. — 1 量錶構造	98
4. — 8. — 2 量錶之應用	101
4. — 9. 氣壓測微器 (Pneumatic Gage)	106
4. — 9. — 1 原理	106
4. — 9. — 2 氣壓測微器之基本構件	107
4. — 9. — 3 氣壓測微器測方式及應用	111
4. — 10. 電子規具 (Electronic Gages)	118
4. — 10. — 1 原理	118
4. — 10. — 2 構造	118
4. — 10. — 3 應用	120

第五章 角度的測定

5. — 1 角度測定的單位	122
5. — 2 分度規儀	123
5. — 2 — 1 角度分劃器 (Protractor)	123

5—2—2	角度規 (angle gage)	124
5—2—3	分度板 (Protractor plate)	124
5—2—4	斜角規 (bevel gage)	125
5—2—5	角度量板	125
5—2—6	分角量角器 (Protractor)	126
5—2—7	萬能量角器 (Universal bevel protractor)	127
5—2—8	光學量角器 (Optical bevel protractor)	129
5—3	組合角尺 (Combination square)	130
5—4	正弦桿、正切桿 (Sine bar, Tangent bar)	132
5—4—1	正弦桿	132
5—4—2	正切桿	136
5—5	角度塊規 (Angle block gages)	138
5—6	三角度量法	143
5—7	分度頭 (Angular Dividing Head)	145

第六章 精密多目標光學測量儀器

6—1	工具顯微鏡	149
6—1—1	工具顯微鏡構造	150
6—1—2	工具顯微鏡之應用	151
6—1—3	工具顯微鏡之功用	151
6—1—4	工具顯微鏡之操作與維護注意事項	153
6—2	投影機	154
6—2—1	投影機之操作原理與構造	154
6—2—2	投影機之用途	158
6—2—3	投影機之使用與維護	159

第七章 輪廓測定

7. — 1	輪廓測定之一般方法	161
7. — 2	探討輪廓測定 (Profile Tracing)	164
7. — 2 — 1	構造與原理	164
7. — 2 — 2	型式	165
7. — 2 — 3	應用	168
7. — 3	面積儀 (Planimeter)	174

第八章 螺紋檢驗

8. — 1	螺紋規格	177
8. — 1 — 1	螺紋的各部名稱和定義	177
8. — 1 — 2	螺紋的形式	179
8. — 1 — 3	符號表示法	184
8. — 2	螺紋之公差與配合	184
8. — 3	初步螺紋檢驗法	203
8. — 3 — 1	螺紋之目視檢驗	203
8. — 3 — 2	以鋼尺的螺紋檢驗的	203
8. — 3 — 3	以節矩距規的螺紋檢驗	204
8. — 3 — 4	以螺紋卡鉗檢驗	204
8. — 4 — 1	游標卡尺、分厘卡及量錶之檢驗法	205
8. — 4 — 1	以螺紋游標卡尺檢驗	205
8. — 4 — 2	以螺紋分厘卡游標	206
8. — 4 — 3	以量錶驗螺紋	209
8. — 5	螺紋三線度量法	213
8. — 6	螺紋環規與塞規 (Thread ring and plug aage)	216
8. — 7	光學儀器之螺紋檢驗	219
8. — 7 — 1	投影機之螺紋檢驗	219
8. — 7 — 2	工具顯微鏡之螺紋檢驗	221

第九章 齒輪的檢驗

前言	223
9. — 1 齒輪標準與規格	224
9. — 1 — 1 標準齒輪系	224
9. — 1 — 2 齒輪之規格	228
9. — 2 齒形之檢驗	234
9. — 2 — 1 漸開線齒輪之簡介	234
9. — 2 — 2 漸開線齒形之檢驗	235
9. — 3 中心距離與節圓之測定	237
9. — 3 — 1 齒合誤差之測量	237
9. — 3 — 2 節距誤差與偏心檢驗	238
9. — 4 齒厚之檢驗	239
9. — 5 齒輪的角度測定	241
9. — 6 轉動檢驗	244
9. — 6 — 1 偏心及齒合運轉檢驗	244
9. — 6 — 2 齒隙 (dacklask) 裕度檢驗	246
9. — 6 — 3 作用節距之檢驗	247

第一章 緒論

自從工業革命以來，人類的生產方式有了巨大的改變，主要的是機械代替了人力、獸力，也從此工業的進步愈來愈快，更因近代兩次世界大戰的刺激，於是有大量生產，自動化生產，數值控制生產，甚至完全無人化的生產。

然而，製造方式的演進，除了材料性質的問題外，首當其衝的就是尺寸問題，亦即產品尺寸精度問題。其實，在製造過程中，絕大部分的努力，是在製造一定尺寸的產品，尤其近代，因著各種精密的設備，如航空器、電腦、武器系統等的發展，以致對機械零件精度的要求更是大幅提高，要求至幾條（ 0.01mm ）是常事，甚至 μ 以下幾個幕次，亦不少見。這些高度精密的要求，除了反應到工具機之外，不可避免地促成了新穎的高度精準的規具與檢驗工具的平行發展，這些量具能檢驗及控制產品，使達到幾年前還認為不能作到的限度以內。同時也促使工具機之製造能力的進步，誠如：「只要你能度量的，你就能製造它」。因之，我們可說檢驗的能力對機件的製造是極為關鍵的因素。

1—1 對大量生產尺寸控制機件互換的重要性

今日是一個大量生產的時代，凡是大量生產必有兩個共同點，一是產量多，一是製造速度快。在從前，一個零件在與另一零件裝配組合過程中，由於製造者對零件要求的製造尺寸，不可能達到絲毫不差的地步，以致在裝配時常須另行修整，浪費時間與人力，同時也在日後，零件的更換上增加困難，留下不良的後遺，因此為了達到大量生產，設計者在零件尺寸的製訂時，必須依照製件的性能，生產之方法

2 精密量具與機件檢驗

，製造之程序及檢驗的方法訂出尺寸之規格，以期在大量生產中，確保零件的互換性（Interchangeability）。

所謂互換（Interchanging）是指組成機械之各項零件，在既定的尺寸範圍內，在製程完畢後，即能予裝配，裝配時不需因零件的差異性而再修整，可以直接裝配，同時亦可自一機構中換裝於另一機構，換裝後仍可獲得同等的效果。此種製造的方法，稱為互換製造，製成之零件為互換零件，而互換零件所具有的交換性質，稱為互換性，對於大量生產，節省工時，減低成本，保證品質，及保養、更換……等，具有極大之功效。

1—2 精密量具的範疇

檢驗之範圍極廣，從日常生活中，家庭主婦在市場對果菜魚肉之挑揀，至醫生時病人之診斷，均屬之。然而，從事工業生產者，對產品的檢驗而言，檢驗（Inspection）是指檢查並檢證物件的品質，性能、狀態、形狀、尺寸……等，用已知的度量單位以數值或一數值範圍標示之，此作法即謂之檢驗。檢驗的範圍可分為品質檢驗，如材料試驗，或非破壞性檢驗（NDI）等檢驗零件之硬度、韌性、強度、材質、缺陷等。與規格檢驗，藉著各種尺寸度量之儀具，度量零件的形狀、尺寸、位置等……，其他還有如重量、作用、性能等的檢驗，其中之規格檢驗，即一般尺寸度量的範疇，為我們主要探討的範圍，亦為一般工業生產、設計、檢驗等從業人員，所需具備的基本知識之一。

檢驗的工作可能包括一些試驗（Testing）與度量（Measuring），而其中度量所用的儀具，我們通稱為量具。然而每次度量除了標示出量具所讀取的度量值外，最重要的是度量值之準確度（Accuracy）的註釋，要度量讀取更小的數值並不難，但要保證其正確性，却是相當難，故有云「僅讀取數值並非度量」，古有名訓：「工欲善其事，必先利其器」，我們欲從事零件尺寸之度量，則必須對我們

所使用的儀器就其精度，功能與使用技術有正確的認識，尤其近年來，尺寸度量技術的快速進展，在這些進展中，特別顯著的是注意到，由新型的度量儀器所提供對度量技術的改進有極大的潛力，因此我們若不將現有的技術形態作切實際的改良，和引進完全新型之度量儀器系統，則更精密準確之度量作業將難以達成。

尺寸度量乃是將欲度量之尺寸與同類已知尺寸（度量單位）作數值的比較。度量結果則以標準單位的數值標示之。因此，我們所使用的量具（度量器標準器、量規、度量裝置）至少需要有一度量單位，或標準尺寸以供依據，除此之外，我們還須要兩部份的協助 即量取的部份（測試頭），與鑑別的部份，故量具大致可分為三部份；先為測試頭，如同電子裝備之訊號接受器一樣，將接受待測尺寸之訊號，轉為可資比較之訊號，送入第二部份與比較標準比較之，再將比較之結果送入第三部份鑑別或放大，才能得到測出的結果，而此過程必須有正確之操作技術，方能得到正確之結果，我們可用流程圖將其操作過程明白表示之，如圖 1-1。

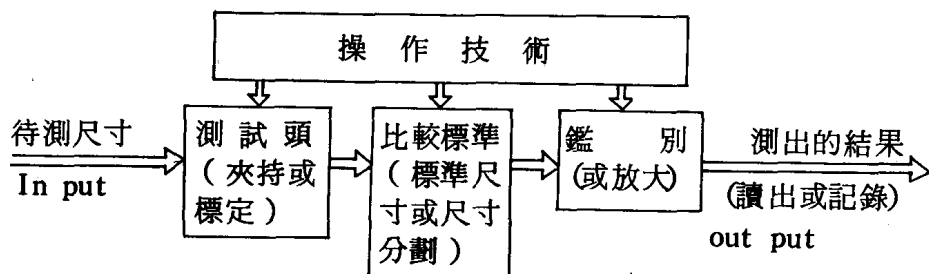


圖 1-1

因此，量具是否精密，首賴於測試頭對資料（尺寸）的接受與傳送是否正確，比較標準是否與標準度量單位一致，與鑑別（或放大）是否正確，有無失真來決定。因為天下沒有一絕對完美的量具，因此總有其精度極限，即是以上三部份誤差累積之結果。至於有關精度、準度、誤差之觀念，我們暫留至第二章再詳細討論之。我們了解了精密量具之一般概念之外，我們再就一般應用上，就其用途和目的，大

4 精密量具與機件檢驗

致可分為下列四種：

- (1) 零件上某一部份尺寸在加工之前的劃線 (Lay out)，或依照藍圖所決定邊界或位置，所用之量具。
- (2) 在逐次加工過程中，用來度量加工部份之尺寸是否合於要求，所用的量具。
- (3) 零件加工過程完畢後，送檢驗部門作認可檢定，所用之量具。
- (4) 零件總成之組合或裝配時，用來檢驗各件是否正確完整，如對正、對稱、同心等，所用之量具。

若依度量工具之功用，亦可分為下列幾種：

- (1) 直線距離的度量，在量取零件各部份尺寸之大小，位置，此類又可分為兩類(a)直接讀值 (Direct Reading) 之量具，如鋼尺、游標卡尺 (Vernier Caliper) 以及分厘卡 (Micrometer) 等，及 (b)間接度量 (Transferring Measurement) 如卡鉗，伸縮規 (Telescopic gages) 等。
- (2) 角度測量，目的在量取某一角度之值，或劃線時劃出某一特定之角度，此類量具亦有直接讀值及間接計算出角度值者。
- (3) 表面之度量，亦可分為表面粗度起伏之度量與表面之平面度、水平等的度量。
- (4) 特種或多種目標之度量，此類量具專為特種度量之對象或多種目標，而設計，種類繁多，諸如工具顯微鏡 (Toolmaker's Microscope) 投影放大儀 (Profile projector) 等。一般精密的量具其度量範圍較狹，而且使用的方法也較複雜，因此一不小心就可能造成相當大的誤差，所以選據適當的量具，必須配合工作圖所要求的精度相當的量具，並須了解其構造及正確的使用方法。

1-3 精密量具對機械加工之重要性

當我們拿到零件之工作圖時，最初應考慮的是這個零件之成品用於何處，其功用為何，有何要求。然後著手實際的製造程序的安排，

其中最主要的加工準備就是工具與量具，無論使用如何優良的工作機械與技術，如果所使用的量具或度量方法不當，則將造成品質管制上的困擾與經費上的浪費。

零件在製造過程，難免因機械的振動、材料的變異、刀具的磨耗溫度的變化及人員的操作技術…等因素，使同一情況製造下的零件無法達到毫無差異的境界，故爲了確保品質，我們必須使用可靠的度量工具。故此，我們必須先了解量具與機械加工的關係；

量具對機械加工的重要性，列舉如下：

(1) 引導及控制準確的加工位置

零件在加工前刀具的引導與控制遠比加工後的度量重要，因此加工前的劃線，定位必須正確，以免加工後度量才知其不合格再重行加工或廢棄的浪費。

(2) 避免錯誤或浪費的加工

加工過程中的檢驗，一則可以避免繼續生產不合格的零件所形成整批零件的浪費，二則可以避免在不合規格的零件上繼續加工、裝配、運輸等的浪費。

(3) 確定加工後之尺寸是否合於要求

爲了確保工件的品質，對加工後的工件，一定要經過度量，使用適當的量具才能鑑定與控制工件於該次加工後應有之尺寸值，或是否合於設計所預期的品質。

(4) 檢出引發誤差的加工因素

不正常因素所造成的誤差如刀具磨損，定位鬆移或其他因素可從量具度量的結果，或加以統計的方法，得知誤差偏向的趨勢，常可檢查出引發誤差較大的加工因素。

(5) 提高加工技術之精度水準

任何同一情況下的加工所產生的尺寸均爲一變動值，若以精度較高的量具在此變動值中取其更狹小的數值範圍或工件於加工過程中使尺寸向此數值範圍趨近，無形中就提高了工件尺寸的精度，也

6 精密量具與機件檢驗

就是精密量具的使用，可提高加工技術的精度水準。

1—4 精密量具室之基本條件

任何度量必有誤差存在，理想的度量環境，是減少儀器校正與計測誤差的最佳途徑，反之如溫度造成的熱脹冷縮現象，過度潮濕儀器易銹，過於乾燥又影響試驗室人員之不適，照明不足，讀取數值易生錯誤，防塵不佳，易致度量不準，防磁欠妥，電子儀表則受干擾，為避免環境影響發生誤差，則需建立理想之試驗室環境——精密量具室。由於量具室負責全廠之度量儀器之管理，度量標準之維持及度量技術之改進研究等工作，除了直接與間接將生產線上的度量數值追溯至國家標準外，並應建立完整的標準追溯制度，促使其度量值之精度獲得外界之信賴，產品之品質獲得保證。

量具室可依使用的目的分為E級（Excellent）、G級（Good）與S級（Standard）。

§ 1—4—1 量具室的環境條件

- (1) 對標準器測定儀器性能產生影響之因素＝氣溫、濕度、氣壓、氣流、塵埃、電場、高週波誘導、振動、地心引力。
- (2) 電源之影響：電壓、週波數
- (3) 聽視覺之影響：照明、噪音

依其環境條件可分為A A，A，B，C，D，N等區分。如表
1—1

§ 1—4—2 量具室人員應具備的條件

為使檢校人員對於儀表量具之運用，避免人為誤差，提高計測精度及計測結果之妥善整理與正確研判等等，因此試驗室人員應具備下列條件。

1 適應力

- (1) 性格：以內向且情緒安定為宜（做事慎重、細心、責任感、耐

表 1-1

測定等級 環境分類 環境因素項目	E		G	S
	AA	A	B	C
溫度	20±0.2℃	20±0.5℃	20±1℃	20±3℃
溫度變化率	0.3℃/hr	0.5℃/hr	1.5℃/hr	
濕度	35%~45% R . H .	40%~50% R . H .	40%~60% R . H .	35%~65% R . H .
塵埃	0.5μm以上1×10 ⁶ 顆粒/ ft ³ （電氣集塵器）		利用濾塵機	
氣壓	760 mm Hg			
振動	速度2×10 ⁻³ cm/sec 且在 5 μm 振幅以內	需要時設置防震台		
電磁場 傳導妨害	防止電磁波干擾，將電源線、信號線隔離使用白熾燈			
電源條件	電壓在±1%以內 電波數在±0.5%以內			
接地	10 Ω 以下		100 Ω 以下	
照明	精密測讀 100 lx 以上，一般測讀 500 lx 以上			
噪音	50 d ₂ 以下			