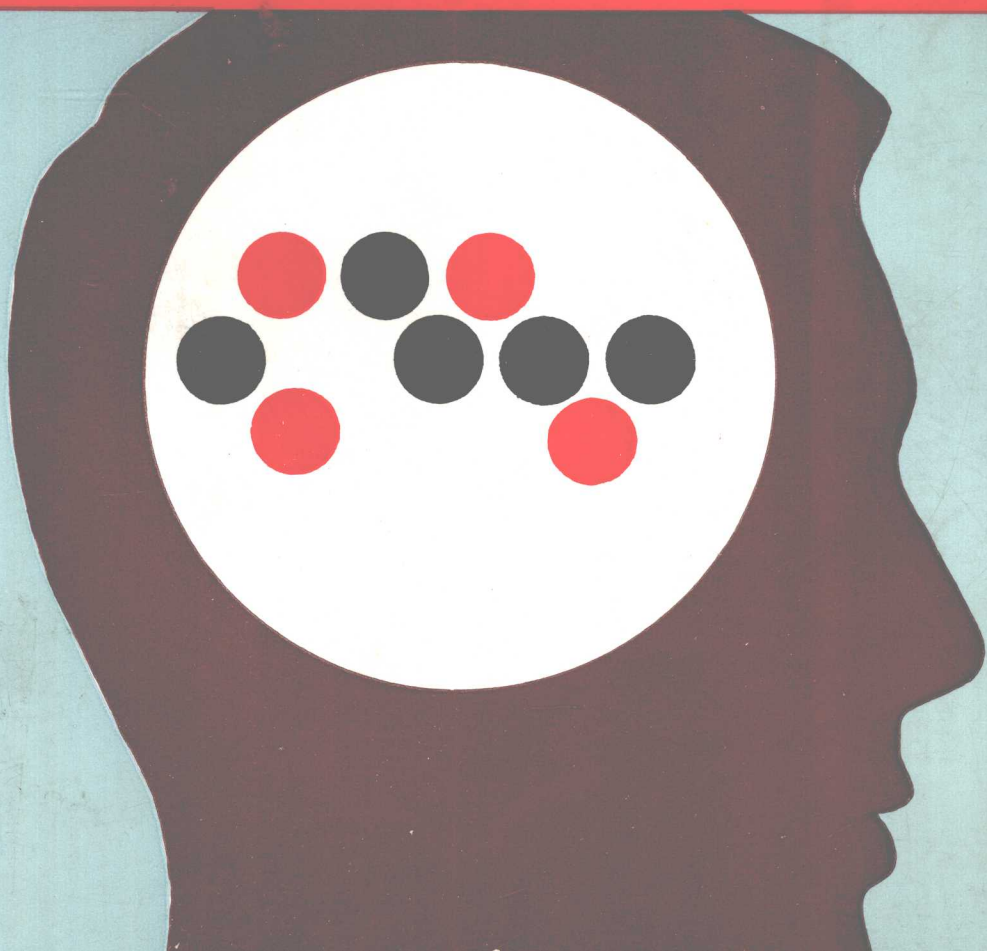


# 精密量具及機件檢驗

王仰舒編著

科學技術叢書 / 三民書局印行



## 編 輯 大 意

- 一、本書係遵照教育部七十二年一月頒佈之五（二）年制工專機械工程科精密量具及機件檢驗課程標準，編輯而成。
- 二、本書全一冊，係供五（二）專機械工程科製造組、模具組、及一般機械組四（二）下（上）學期教學之用。全書十一章，可供一學期每週授課五小時之用。
- 三、按教育部頒佈之課程標準，本課程係一學期每週授課五小時，其中二小時講解，三小時實習，惟並未頒佈實習課程標準。本書採混合編輯法，其中有關理論之敘述、及量具之構造原理部份，可供講解之用；有關操作方法、及維護保養部份，可供實習之用；悉由授課教師酌情劃分之。
- 四、本書所用名詞，悉依教育部頒佈之「機械工程名詞」為準，文後並附英文原名；書後並另有中英文名詞對照表，以資對照。
- 五、本書附有圖表甚多，俾可與課文適切配合，使讀者可徹底瞭解，增強認識。每章之後，並各附有習題若干題，可使讀者反覆演練，加強印象。
- 六、本書以公制單位為主，惟對一般常用英制量具之構造、及其刻度分劃原理與方法，亦兼述之。附錄內列有英吋換算公厘、公厘換算英吋、線規號碼與尺寸對照、鑽規號碼與尺寸對照、鋼之各種硬度對照、及常用之各種單位換算等表，可資查考換算，以應目前社會之需要。故不特為教部規定之教科書，且亦為在工廠從事

## 2 精密量具及機件檢驗

檢驗、及品管現場實際從業人員最適用之參考書。

七、本書雖經悉心編輯校訂，但謬誤之處，恐仍在所難免，尚祈  
外諸先進碩彥，不吝指正，俾於再版時得以修正，使更臻完善，  
則不勝感激也。

王 仰 舒 謹識

民國七十四年三月一日

於臺中市務滋園

# 精密量具及機件檢驗 目次

編輯大意

## 第一章 概 論

|     |                 |   |
|-----|-----------------|---|
| 1-1 | 檢驗之定義及其基本觀念     | 1 |
| 1-2 | 大量生產對機件互換要求的重要性 | 2 |
| 1-3 | 精密量具之範疇         | 3 |
| 1-4 | 精密量具對機械加工之重要性   | 7 |
| 1-5 | 精密量具室之基本條件      | 8 |

## 第二章 精密度之基本觀念

|     |                |    |
|-----|----------------|----|
| 2-1 | 單位             | 11 |
| 2-2 | 公差、容差、及配合      | 26 |
| 2-3 | 精密度——指示讀數與絕對讀數 | 46 |
| 2-4 | 測定值            | 47 |
| 2-5 | 真值             | 47 |
| 2-6 | 偏差             | 47 |
| 2-7 | 誤差             | 48 |
| 2-8 | 真直度、真圓度        | 48 |
| 2-9 | 平面度、平行度        | 50 |

## 第三章 表面與水平

|     |                      |    |
|-----|----------------------|----|
| 3-1 | 表面之制訂與表示法.....       | 53 |
| 3-2 | 各種加工方法能得到的表面粗糙度..... | 70 |
| 3-3 | 各種表面粗糙度分析法.....      | 74 |
| 3-4 | 水平儀.....             | 92 |
| 3-5 | 平板.....              | 98 |

## 第四章 長度之測定

|      |                  |     |
|------|------------------|-----|
| 4-1  | 長度測量之範圍與準確度..... | 103 |
| 4-2  | 直尺.....          | 104 |
| 4-3  | 卡鉗.....          | 109 |
| 4-4  | 游標卡尺.....        | 117 |
| 4-5  | 高度規.....         | 127 |
| 4-6  | 深度規.....         | 128 |
| 4-7  | 分厘卡.....         | 130 |
| 4-8  | 精密塊規.....        | 158 |
| 4-9  | 厚度規.....         | 188 |
| 4-10 | 座標測長儀.....       | 189 |
| 4-11 | 指示量錶.....        | 223 |
| 4-12 | 電子測微器.....       | 300 |
| 4-13 | 氣壓測微器.....       | 321 |

## 第五章 角度與錐度之測定

|     |              |     |
|-----|--------------|-----|
| 5-1 | 量角器.....     | 333 |
| 5-2 | 組合角尺.....    | 350 |
| 5-3 | 正弦規及正切規..... | 353 |
| 5-4 | 精密角度塊規.....  | 372 |

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 5-5 | 三角法   | 384 |
| 5-6 | 投影放大儀 | 385 |
| 5-7 | 自動瞄準儀 | 417 |
| 5-8 | 光學分度頭 | 422 |

## 第六章 輪廓之測定

|     |       |     |
|-----|-------|-----|
| 6-1 | 輪廓描繪儀 | 427 |
| 6-2 | 面積儀   | 427 |
| 6-3 | 比較測定儀 | 431 |
| 6-4 | 投影放大儀 | 432 |

## 第七章 螺紋之測定

|     |           |     |
|-----|-----------|-----|
| 7-1 | 螺紋之種類與規格  | 435 |
| 7-2 | 螺紋各部位之名稱  | 446 |
| 7-3 | 螺紋之配合與標註法 | 447 |
| 7-4 | 螺紋之測量     | 451 |
| 7-5 | 節徑之測定     | 473 |
| 7-6 | 錐度螺紋之測定   | 499 |

## 第八章 齒輪之測定

|     |          |     |
|-----|----------|-----|
| 8-1 | 各種齒輪之規格  | 505 |
| 8-2 | 齒輪各部位之名稱 | 513 |
| 8-3 | 齒形誤差之測定  | 522 |
| 8-4 | 週節之測定    | 529 |
| 8-5 | 節圓直徑之測定  | 534 |
| 8-6 | 齒輪中心距之測定 | 537 |

#### 4 精密量具及機件檢驗

|                 |     |
|-----------------|-----|
| 8-7 齒冠及齒厚之測定    | 538 |
| 8-8 齒隙之測定       | 544 |
| 8-9 齒輪偏心之測定     | 546 |
| 8-10 螺旋齒輪螺旋角之測定 | 549 |
| 8-11 齒輪其他各部位之測定 | 550 |
| 8-12 齒輪之轉動試驗    | 550 |
| 8-13 標準齒輪之測定儀具  | 553 |

### 第九章 凸輪之測定

|             |     |
|-------------|-----|
| 9-1 各種凸輪之特性 | 557 |
| 9-2 凸輪之測定   | 572 |

### 第十章 平衡之測定

|             |     |
|-------------|-----|
| 10-1 平衡概述   | 581 |
| 10-2 靜平衡之測定 | 581 |
| 10-3 動平衡之測定 | 583 |

### 第十一章 精密測量儀器簡介

|             |     |
|-------------|-----|
| 11-1 工具顯微鏡  | 599 |
| 11-2 萬能精測機  | 610 |
| 11-3 特種精密量具 | 618 |
| 11-4 三次元測量儀 | 674 |

附錄一 英吋換算公厘表

附錄二 公厘換算英吋表

附錄三 線規號碼與尺寸對照表

附錄四 鑽規號碼與尺寸對照表

附錄五 鋼之各種硬度對照表

附錄六 常用之各種單位換算表

中英文名詞對照表

# 第一章 概 論

## 1-1 檢驗之定義及其基本觀念

政府實施各種政策，首先必須由計劃單位訂定施政方針，交各級政府執行；各級政府遵照計劃執行，但執行成果如何，須由考核單位予以考核，以驗收成果，並作今後修正原訂施政方針之參考，是所謂計劃、執行、考核之行政三聯制。機械工業中，工廠生產之成品，首先須由技術單位設計，繪製圖樣，訂定規格，然後交由製造單位，採用適當之材料，使用相關之工作母機，循必要之施工程序，依設計者所訂定之圖樣規格，製造合乎要求之產品；但產品是否符合原設計者之要求，亦須由檢驗單位，採用適當之量具，運用妥善之方式，鑑定其是否合格；故機械工廠生產成品，亦須經由設計、製造、檢驗等三個階段，與行政三聯制之精神，完全相符也。據此可知：所謂檢驗之定義，乃係執行生產管制業務中之生產檢驗工作；其主要業務，係根據設計者所提圖樣規格之要求，循生產檢驗之程序，運用檢驗人員之智慧與經驗，依據科學的原理，利用目視或各種檢驗量具，以鑑定原料、半成品、及成品之形態、尺碼、及性能，是否均能達到原設計者之要求、及預期之效能；俾使其在保養修理方面，能預防及減少使用中之機器可能發生之機件故障，容易換件修配，以延長機器之使用壽命；而在製造方面，使能預防及減少用料錯誤、或施工不妥之措施，以減少原料、及人工之浪費，提高產品之合格率，而達到降低產品成本，並確保產品品質之雙重目的。

檢驗雖可達到降低產品成本、及確保產品品質之雙重目的，但必須在確保產品品質的大前提下降低產品成本。故檢驗人員，在執行檢驗工作的過程中，為能達成此一基本原則，固應顧慮成本，惟在任何情況下，其合格產品之品質，必須保證須能符合下列三大基本要求始可。

(一) **使用要求**——經檢驗及格之產品，應絕對保證其性能符合使用要求；絕不可使產品在合理的使用過程中，因產品本身之變質、或變形，而失去其效能，影響其使用性。

(二) **安全要求**——經檢驗及格之產品，應絕對保證其安全可靠；絕不可使產品在合理的使用過程中，因產品強度不夠，而發生變形破損，有礙安全之情事。

(三) **互換要求**——經檢驗及格之產品，應絕對保證其可以互換，俾使產品容易與其相配件組合裝配，及產品在失常的情況使用下損壞時，可以迅速換件修配，以減少零件補給、及裝配與修配工作之困難。

### 1-2 大量生產對機件互換要求的重要性

檢驗既係鑑定工廠生產的產品，是否符合原設計者的要求，亦即鑑定其如上節所述之使用要求、安全要求、及互換要求等三大基本要求。其中使用要求如不能符合，則機件本身已不能達成其使用效能；安全要求如不能符合，則機件在使用過程中即不能保證其絕對安全；則此一機件不能合格，其理至為明顯。然則何以在檢驗之基本要求中，復列有互換要求呢？須知任何機件，必與其他機件相互配合，若某一機件不能符合互換要求，則此一機件即不能保證與其相配件可相互配合，不特在裝配組合時發生困難；即使勉強修改裝配完成，且將

來此一機件在失常的情況使用下損壞時，亦無法以同樣機件換配修復，更增加修配之困難。尤以目前各大型工廠大量生產之成品，其所需機件，均係由其衛星工廠分別製成，然後再集中在其中心廠裝配組合，設若各機件均不能符合互換要求，即無法迅速裝配組合，必須運用選配方式，勉強裝配組合，不特影響裝配效率，且此等選配組合之成品，即不符合標準，一旦機件損壞，即無法換件修復，更增加修配維護工作之困難，故檢驗之基本要求，必須要能符合互換要求，尤其是大量生產，對機件互換要求，更為重要，不可稍有疏忽。

### 1-3 精密量具之範疇

檢驗既係鑑定機件是否符合三大基本要求，就必須採用適當的方式，故所謂檢驗者，係包括用目視的方法，觀察機件的外形及外表；或用各種量具，測量機件各部位的尺寸、性能、效能、及效率等；其中却以利用尺碼控制的方法，測量機件各部位的尺寸情形較多，亦最重要。

要鑑定機件是否符合原設計者的要求，就必須要有測量的單位，更必須追溯到度量衡對各該單位的規定。我國的度量衡源於何代，目前很難斷定，因為它是隨着時代的進步而逐漸確定的一種制度。太古時代，尺度之器未興，大抵以手指臂為準，故布指知寸，伸臂知尺。數起於髮，十髮為「程」，十程為「分」，十分為「寸」，十寸為「尺」，故古代之寸、尺、咫、尋、仞、丈諸單位，均以人體為準；度長為咫（八寸），度深曰仞（七尺），度廣曰尋（八尺）。黃帝製數，六律準諸秬黍，以一黍之廣度之，九十黍為黃鐘之長；度之數以一黍為一分，十分為寸，十寸為尺，十尺為丈，十丈為引；量之數以容一千二百黍為龠，二龠為合，十合為升，十升為斗，十斗為斛；稱權衡

之數以百黍之重爲銖，十黍爲累，十累爲銖，三十四銖爲兩，十六兩爲斤，三十斤爲鈞，四鈞爲石；說這就是我國度量衡制度之始。又說武王造周，而以同律度量衡爲始，也是以秬黍正尺度，長九寸徑三分爲黃鐘之管，量衡依之而定，十進位的度量衡制度，於此生焉。

其後到了唐代，一度對度量衡制度，管制很嚴，定每年八月間作一次總校正，完全依照周制，只不過在斗與斛之間加了個三斗爲一大斗；稱權衡之數多了一個三兩爲一大兩；度之數多了一個一尺二寸爲一大尺而已。

到了清光緒二十九年九月，又曾擬訂了一個推行劃一「度量衡制度暫行章程」四十條，惜未能付諸執行。案亂了幾千年的度量衡制度，直至民國十八年二月十六日，由國民政府公佈度量衡法，明令自翌年一月一日實施，這個度量衡法，是採萬國公制爲「標準制」，並暫設輔制爲「市用制」；其規定之長度以公尺爲單位，一公尺等於公尺原器在百度寒暑表零度時，兩標線間之距離；重量以公斤爲單位，一公斤等於一公斤原器之重量；容器以公升爲單位，一公升等於一公升純水，在最高密度七六〇公厘氣壓時之容積，此一容積尋常適用即作爲一立方公寸。市用制長度以公尺的三分之一爲一市尺，重量以公斤的二分之一爲一市斤，容量以一公升爲一市升，即所謂之三二一制；另定一市斤分爲十六兩，一千五百市尺爲一華里，六千平方市尺爲一畝，其餘均爲十進位。案亂了幾千年的我國度量衡制度，至此總算是與萬國公制有了一個簡單的比例可以互換了；但此一劃一制度，推行迄今已達五十餘年，惟目前在國內尚未能完全統一，仍有待各界澈底推行實施。

上面所說的度量衡單位及其所使用的量具，就機械工業中之機件檢驗而言，實在單位太大、太粗糙，均不能稱之爲精密量具。目前一般所謂之精密量具，尙沒有一個確切的定義，不過，就長度而言，精

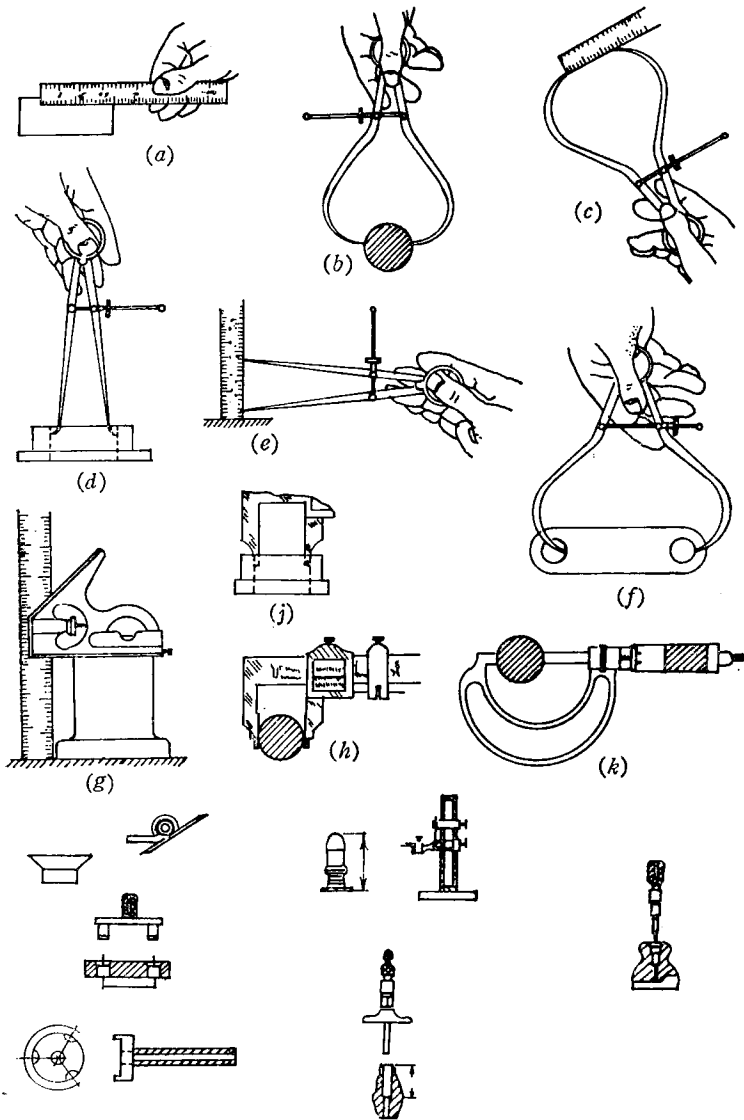
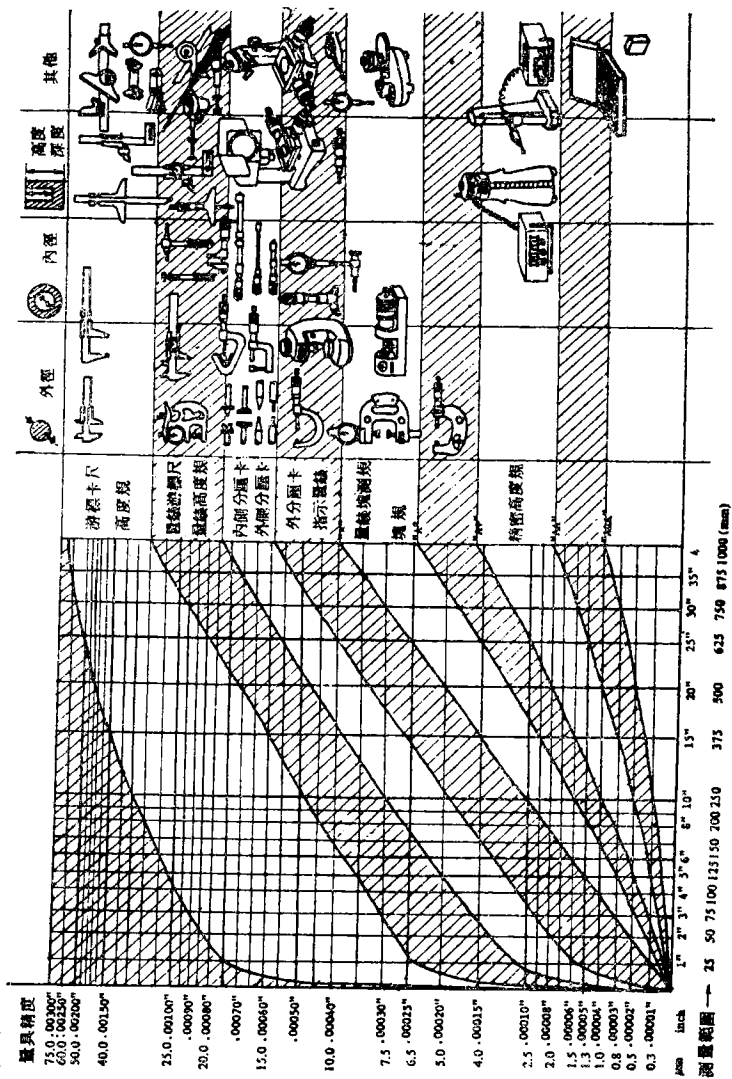


圖 1-3-1 各種精密量具應用之基本範疇



精密量具，應追溯到公曆 1848 年法國人塞斯泰姆·普賴木 (Systeme, Palmer) 所製成的分厘卡 (Micrometer)、及公曆 1911 年瑞典人約翰笙 (Johansson) 所製成的精測塊規 (Gage Blocks) 始，因為分厘卡、及精測塊規，都可以將機件的長度，測量到百分之一公厘、或千分之一吋的精密度；其後由於干涉計原理的發明，復又將精密度增高到萬分之一公厘，而近代由於光譜學原理應用在精密量具上，更將精密度增高到千萬分之一公厘，故就測量的精密度而言，係指能將機件的長度測量到百分之一公厘、或千分之一吋以上精密度的量具，始可稱之為精密量具。若就精密量具所能測量的情形而言，則目前已有的各種精密量具，可以測得兩點、兩線、或兩面間之直線距離，或點、線、面間之垂直距離，亦即可以測得機件上之上下、左右及前後之高、寬、深等三度空間。至所能測量之形狀，計有平面、曲面、凸體、凹形、斜面、錐體、及其他特殊形狀等，故舉凡軸類、桿類、孔類、槽類，以及螺紋之內徑、外徑、節徑、螺距、螺紋角等，甚至齒輪、凸輪等之特殊輪廓形狀，幾無所不可測量者。圖 1-3-1 示精密量具應用之基本範疇，圖 1-3-2 示各種精密量具所能測量之精密度，可供參考。

## 1-4 精密量具對機械加工之重要性

目前一般機具之上，均有許多精密機件，例如柴油引擎上的噴油嘴等機件，其精密度均在千分之一公厘以上；此等機件所需之尺碼既如此精密，則在機械加工製造時，就必須選用技術優良的技工，操作高度精密的工作母機，並運用尺碼控制的方法，利用各種精密量具，始能製成合格的產品；故不特檢驗工作須用精密量具，且機械加工亦須用精密量具；而精密量具對機械加工之重要性，也就由此可知。

## 1-5 精密量具室之基本條件

精密量具，因其本身之精密度甚高，常因受環境變異之影響，或由於人爲之因素，致所測量之結果，難免發生某種程度之誤差 (Error)。所謂誤差，即測量所得之結果，與實際情形有某種程度之差誤之意。經研究結果，測量發生差誤之原因，約可分爲下列五項。

(一) 量具室內環境之影響——量具室內之溫度 (Temperature)、濕度 (Moisture)、照明度 (Illumination)、及氣壓 (Atmosphere Pressure) 等如有變異，勢必影響其準確性而發生差誤。

(二) 量具本身之影響——如果量具本身之刻度劃分不勻、靈敏度發生故障、及精密度面蒙受損傷，均可產生相當程度之誤差。

(三) 測量人員使用量具不當之影響——如果量具保養不良、使用前校驗欠準確、測量時所加諸之壓力不當、被測量件承持之方式欠妥、觀察量具之姿勢不正確，均可導致讀數產生誤差。

(四) 被測量件本身之影響——如果被測量件之表面光度不夠、外表清潔欠理想等，勢必將影響其精密度而產生誤差。

(五) 其他偶然性之影響——其他偶然性事項，有時亦影響其精確性而產生誤差。

基於上述影響誤差之各種原因，可知誤差之產生，機遇性甚大，任一原因，均可影響其精密度。其中量具本身之保養、校正，必須經常保持妥善；測量工作人員，必須受過嚴格的使用量具訓練；對被測量件要承持妥善，外表須保持絕對清潔；並儘可能避免偶然性事項之發生等人爲因素，應儘量設法防止，俾免影響其精密度而產生誤差。但量具室內環境之影響，却非任何人爲措施所可改善者，故精密量具室必須符合下列基本條件，始可使其對誤差所產生之影響，減低至最

小程度。

(一) 溫度——必須經常保持在  $20^{\circ}\text{C}$ 、或  $68^{\circ}\text{F}$  之情況下。

(二) 濕度——室內相對濕度，應經常保持在 58% 情況下。

(三) 照明度——室內須光線充足，其照明度約為 500 燭光米 (Candle-Meter)。

(四) 氣壓——室內之正常氣壓應約為 760 mm 水銀柱高之氣壓。

(五) 塵埃——室內之塵埃必須保持在每立方公尺 760 粒以下。

以上所述為精密量具室之基本條件，如在超級精密度之要求下，則室內必須加鋪地氈，室外空氣必須經過高級濾潔處理後，始可送入室內，室門須作成雙門，並在兩門間之空間，放置特備之軟底鞋，凡進入室內者，均須換着此軟底鞋，以免將室外之塵埃帶入，對在室內工作人員之整潔，亦須嚴格要求，甚至在工作時更須加戴特製之軟布帽，以免頭髮中之塵埃墜落而影響精密度致產生誤差，其要求之嚴格，較醫院外科手術房之要求標準尤高。

## 習 題 一

1. 試述檢驗之定義。
2. 試述檢驗之目的。
3. 試述執行檢驗時之三大基本要求。
4. 試述大量生產對機件互換要求之重要性。
5. 試述精密量具之範疇。
6. 試述精密量具對機械加工之重要性。
7. 試將測量機件可產生誤差之原因說明之。
8. 精密量具室之基本條件如何？試詳述之。