

90279

蘇聯機器製造百科全書

第五卷

第二章 機器製造業中的技術測量

蘇聯機器製造百科全書編輯委員會編



機械工業出版社

蘇聯機器製造百科全書

第五卷

第二章 機器製造業中的技術測量

哥羅傑茨基、科欽諾夫、羅士多維黑、
雷馬爾、太茨、別里克斯 著



SEU 0692426



機械工業出版社

1955

24
1/2
3
4

附9

出版者的話

蘇聯機器製造百科全書第五卷分爲七章，內容敘述機器製造工藝，包括互換性與技術測量問題、機器裝配工藝、金屬銲接與鉚接工藝、鍋爐製造工藝等。

本章所介紹的是機器製造業中的技術測量。其中分別介紹各種各樣的測量工具與儀器以及測量的方法等。篇幅不多而內容極其豐富是本章的特點。通過書中這些簡明扼要的介紹我們可以了解各種量具及測量儀器、測量機的作用原理、構造和使用方法等，這對目前各廠學習使用蘇聯新式量具和測量技術是有很大的幫助的。

本章曾經雷天覺同志校訂。

本章的讀者對象是工程技術人員。

蘇聯‘Машиностроение энциклопедический справочник’ (Машгиз 1947 年第一版) 一書第五卷第二章 (И. Е. Городецкий, М. И. Коченов, А. Я. Ростовых, Н. Ф. Рымарь, В. А. Тайц, Н. А. Целикс著)

* * *

編者：蘇聯機器製造百科全書編輯委員會

譯者：韓本真

書號 0729

1955 年 9 月第一版

1956 年 9 月第一版第一次印刷

787×1092 $\frac{1}{16}$ 字數 97 千字 印張 $3\frac{3}{4}$ 0,001—3,500 冊

機械工業出版社(北京盛甲廠 17 號)出版

機械工業出版社印刷廠印刷 新華書店發行

北京市書刊出版業營業許可證出字第 008 號

定價(8) 0.61 元

目 次

第二章 機器製造業中的技術測量

基本概念	哥羅傑茨基 И. Е. Городецкий	1
平行平面端面長度量具(塊規)	哥羅傑茨基及科欽諾夫 М. И. Коченов	3
直線游標工具	哥羅傑茨基及科欽諾夫	6
微動螺絲測量工具	哥羅傑茨基及科欽諾夫	7
槓桿機械式儀器	科欽諾夫	8
光學槓桿儀器	哥羅傑茨基及科欽諾夫	12
投影儀	哥羅傑茨基及科欽諾夫	14
測量機	哥羅傑茨基及科欽諾夫	15
干涉測量法	科欽諾夫	16
技術干涉法		16
絕對干涉法		17
測量尺寸的氣動式儀器	羅士多維黑 А. Я. Ростовых	18
在機器製造中測量尺寸的電氣式儀器	雷馬爾 Н. Ф. Рымарь	20
測量螺紋的設備和方法	哥羅傑茨基及科欽諾夫	22
測量角度的設備和方法	哥羅傑茨基及科欽諾夫	25
測量齒輪、蝸輪和蝸桿的設備和方法	太茨 Б. А. Тайц	28
圓柱齒輪的測量設備和方法		28
測量傘齒輪的設備和方法		33
測量蝸桿和蝸輪的設備和方法		33
測量平面度和直線度的設備和方法		34
在機器製造中檢驗尺寸的裝置	雷馬爾	36
在機器製造中尺寸的自動檢驗	雷馬爾	40
在加工時機件的自動檢驗裝置		40
檢驗—分類的自動儀		42
在機器製造中測量設備的使用和選擇原理	哥羅傑茨基	46
在機器製造中保證度量統一的措施	別里克斯 Н. А. Пеликс	48
第一、二章的參考文獻		50
中俄名詞對照表		51



第二章 機器製造業中的技術測量

基本概念^①

在機器製造企業中，高度水平的技術測量是保證製件的質量和互換性的必要條件。在機器製造中製件的幾何參數的檢驗可歸源到長度和角度的檢驗。檢驗這些數值的測量設備有各種類型的工具和儀器，從簡單的量規^②以至複雜的測量儀器。

在生產的實踐中，測量方法可以這些設備來實現，分為絕對測量法和相對測量法或比較測量法。在絕對法讀出全部被測量數值的讀數（例如，用游標卡尺）；在相對法讀數表示被測量數值對於標準數的偏差（例如，用鐘錶式千分表測量，事先用端面量具調定好它的位置）。基本上用於相對測量法的儀器在當被測量數值的大小不超過儀器上刻度盤的測量界限時可以用於絕對測量法。例如，用千分表測量小的直徑時就不用事先用端面量具調定尺寸，又用任何槓桿式儀器檢驗對於正確幾何形狀的偏差（錐度、卵圓度、擺動量、稜圓度及其他）也屬於這類。

其次測量方法又可分為直接法和間接法。在直接法我們直接在儀器的讀數上求出未知數值或它的偏差；在間接法則可由直接法量出與未知數值有一定關係的其他數值的結果，求出未知數值或它的偏差（例如，用正弦尺測量角度）。

還有接觸測量法和非接觸測量法之分。在接觸測量法有面的接觸（例如，用塊規檢驗卡規或用塞規檢驗孔）、線的接觸（例如，用卡規檢驗軸或在具有平面測量頭的儀器上檢驗圓柱機件）和點的接觸（例如，用量桿測量孔或在具有球形測量頭儀器上檢驗圓柱形零件）。非接觸測量法中則以投影測量方法（用投影儀和顯微鏡）和氣動測量法為最著。

測量方法又有綜合法和個別法之分。這分別在選擇測量方法時有重大意義。在綜合測量法中，被檢驗物體的‘界限輪廓’被限制着，因而總的公差（包括所有組成部分的誤差）也被保持着。實際上這種測量是利用根據泰洛原理^③設計的量規來進行的，用投影儀也可以做綜合測量法。如果將被檢驗的物體完全投影在映幕上，在幕上事先放置一個放大的圖樣，觀察是否實際輪廓在全部連接的長度上都在公差帶之內。

個別測量法是單獨地檢驗每一個個別的部分。

在測量設備的度量指標^④中，最重要的有下列幾項：

儀器刻度盤的刻度值——相當於刻度盤上一個刻度的被測量數值的大小；

刻度盤的刻線間隔或刻度盤的刻度——相隣兩條刻線中心間的距離；

讀數準確度——在一個儀器上觀察讀數時所能得到的準確度；

儀器刻度盤的測量界限和整個儀器的測量界限，在這些界限內，儀器所指的大小決定於調定用的標準件（例如，按微分表刻度盤的測量界限和把微分表頭固定在一定大小的架子上後的測量界限）；

靈敏限度——被測量數值尺寸的最小變化，此變化能引起儀器指示有最小的變化；

測量力——在測量過程中當儀器或工具的測量面與被檢驗物體接觸時所發生的力；

指示誤差——儀器的指示和被測量長度的實際大小的差數。

上述指標的一般特性可引伸如下。

刻度盤的刻度值 m 決定於儀器的放大倍數 i 和刻線間隔 s ：

$$i = \frac{s}{m}.$$

用縮小刻度盤上兩相隣的刻線間的距離來減小刻度值的企圖是受到限制的，由於所需要的還有讀數的準確度。刻線間隔越大則讀數準確度越高（在一定刻度值和檢驗員的技術的情形下）。但這句話只有在一定的限度內是正確的，因為當兩刻線間的距離太大時用目測來估計刻線間隔的一部分反而困難了。在刻度盤上最適宜的兩相隣刻線間的距離為 1~2.5 公厘。

儀器刻度盤的測量界限和整個儀器的測量界限直接關係於它們的應用範圍。即使刻度值本身很小時，使用儀器的人却仍樂於增加儀器刻度盤的測量界限，因為在生產的情形下，我們時常需要檢驗某一類機件。這類機件尺寸公差較大，但對它幾何形狀的要求却很嚴

① 關於測量單位，參閱原書第一卷上冊。

② 關於量規，參閱第一章。

③ 參閱原書第一章，118頁‘光滑圓柱機件用量規’。

④ 關於經濟的指標，參閱本章第46頁‘在機器製造中測量設備的使用和選擇原理’。

格。當刻度盤的測量界限大時，可使在—批製件的檢驗過程中不需重新調整儀器（例如，在測量滾珠軸承環的寬度時，其不平行度的公差很嚴格，而環本身的尺寸公差則較大）。槓桿式儀器刻度盤的測量界限增大的可能性是受到限制的。限制的因素是機構的運動誤差，主要由於測量桿的直線位移和指針的角位移不成比例的緣故。

當檢驗機件的擺動量和不平行度時，這時儀器的測量頭倘若沒有提起，則靈敏限度就有特別的重要性。在這樣的測量操作手續中，回程的誤差也有關係，這誤差就是當測量頭向正的方向運動經過某一位置時，和向相反方向運動經過同一位置時，指針兩次所指示數的相差^⑤。靈敏限度的大小以及回程誤差（如果這個誤差達到一個重要的數值）的大小應該被規定和儀器的指示誤差沒有關係。儀器的靈敏限度和回程誤差可用偏心來檢驗，使測量頭向上並向下移動到一個一定位置，這個位置在偏心上用記號標明。或用楔子作類似方法的檢驗。

測量設備本身的誤差和使用這種設備的測量方法的誤差應該嚴格地區分清楚。

測量方法的誤差由下列主要因素影響的總合來決定：

- 1) 儀器指示誤差；
- 2) 調定儀器尺寸用的塊規（或其他形狀的標準）的誤差；

3) 由於對於標準溫度的偏差所引起的誤差；

4) 儀器測量力所引起的誤差。

使用調定儀器尺寸的塊規時可以利用檢驗證加以誤差計算（根據鑑定等級），也可以不計算在檢驗證上的誤差（根據精度等級）。在這兩種情形下這些誤差以及各種精度等級和鑑定等級的選擇（視被檢驗物件的公差而定）規定在 OCT 85000-39^⑥ 中。

因溫度不合標準而引起的誤差是由下列因素所引起的：a) 被檢驗物件和測量設備的溫度沒有完全達到一樣；b) 被檢驗物體和測量設備的線膨脹係數不同。這個誤差可用下式表示

$$\Delta l = l(\alpha_1 \Delta t_1 - \alpha_2 \Delta t_2),$$

Δl ——測量的誤差； l ——被測量數值的名義大小； α_1 ——被測量物體的線膨脹係數； α_2 ——測量設備的線膨脹係數； $\Delta t_1 = 20 - t_1$ ——標準溫度和被測量物體溫度的差； $\Delta t_2 = 20 - t_2$ ——標準溫度和測量設備溫度的差。

如果將製件在檢驗站室內保持一定長的時間，則

可使被測量製件和測量設備的溫度差小到任何程度。如利用生鐵平板和乳化液以達到這目的，則使機件溫度平衡所需的時間可以減少很多。例如，將 $\phi 50$ 公厘的圓柱塞規自 30° 冷卻到 20°C ，在乳化液內需要 14 分鐘，在生鐵平板上需要 28 分鐘，在木製的桌上需要 4 小時 15 分鐘。用塊規測量量規時兩線膨脹係數之差實際上可達到 $\pm 2 \times 10^{-6}$ ，測量鋼製件時可達到 $\pm 4 \times 10^{-6}$ 。當測量由其他種金屬製成的機件時，根據鋼的平均線膨脹係數 (11.5×10^{-6}) 和製件材料的線膨脹係數的差來決定誤差。

和測量力有關係的誤差是由下列因素所引起的：表面粗度的擠出；卡規或儀器支架的彈性變形；被測量物體的壓縮；亦即和測量頭接觸地方因彈性變形而引起的壓平。由測量力所引起的誤差中，凡和卡規或儀器架彈性變形有關的部分，大體上都可以補償，補償方法是調定儀器和使用儀器在完全相同的條件下進行。例如，千分尺的框架雖然因棘輪產生的測量力而變形，但這並不直接引起製件的測量的誤差，因為在調定千分尺的零點時這種誤差已經發生。在測量製件的過程中，彈性變形只因測量力的變動，才在測量結果中顯示出來。這就說明為什麼要爭取一個儀器在全部測量範圍內測量力的穩定。

當根據個別組成部分來確定測量方法的總誤差時應使用偶然誤差^⑦總和的規則。

如果總誤差的個別組成部分是獨立的和偶然的誤差，並且它們的分佈的特徵可用分散性數值 $D(x_1)$ 、 $D(x_2)$ 、…… $D(x_n)$ 來代表，那麼測量方法的平均平方根誤差 σ_{cym} 由下面公式求出：

總和的分散性

$$D(x_{cym}) = D(x_1) + D(x_2) + \dots + D(x_n);$$

$$\sigma_{cym} = \sqrt{D(x_{cym})};$$

$$= \sqrt{D(x_1) + D(x_2) + \dots + D(x_n)}.$$

倘總和依照常態分佈規律的分佈，測量方法的界限誤差為：

⑤ “經過某一位置”是校者加註。當測量擺動量和平行度時儀器指針運動是來回的，所以，回程誤差很重要。請注意這裏把回程誤差和靈敏限度並提，因為二者是一個來源，其大小也有一定關係。這二者都是由於儀器內部機構的鬆隙，摩擦力和彈性變形引起的。倘每次讀表以前將儀器測量頭提起後再放下，回程誤差就可消除。——校者

⑥ 參閱本章第 3 頁“平行平面端面長度量具”。

⑦ 參閱原書第一卷上篇“或然率理論簡論”。

$$\Delta_{limcy.M} = 3\sigma_{cy.M}$$

當個別組成部分誤差是按常態規律分佈時(這點通常在測量技術中和實際情況相符合),測量的界限誤差可直接由下列公式求出:

$$\Delta_{limcy.M} = \sqrt{\Delta_{lim1}^2 + \Delta_{lim2}^2 + \dots + \Delta_{limn}^2},$$

$\Delta_{lim1}, \Delta_{lim2}, \dots, \Delta_{limn}$ 為組成部分的界限誤差。

例 當對於標準溫度允許的偏差為 $\pm 3^\circ\text{C}$ 時(根據 OCT 85000-39 附錄 2)求在臥式光學比較儀上,根據 1 級精度的塊規檢驗尺寸為 100 公厘的圓柱塞規的測量方法的界限誤差。

按照 OCT 1202, 量規的製造不準確度的保證公差為 4 公忽。

根據試驗的數據,光學比較儀本身的指示界指示差為

$$\Delta_{lim1} = 0.3 \text{ 公忽},$$

設塊規組和圓柱塞規的線膨脹係數的差等於 2×10^{-6} , 對於標準溫度偏差的界限誤差為

$$\Delta_{lim2} = (3 \times 2 \times 10^{-6} \times 100) = 0.6 \text{ 公忽}.$$

這時假定事實上被檢驗物體和測量工具的溫度完全相等。

按照 OCT 83000-39, 1 級精度的塊規的界限誤差為:

$$\Delta_{lim3} = 0.6 \text{ 公忽}.$$

這時略去足以增大塊規組尺寸的中間(研合)層(0.02~0.03 公忽)的影響。

因為上述的誤差是偶然的和獨立的,並且它們的分佈是遵循高斯(Гauss)定律[●]的,則測量方法的總誤差為:

$$\begin{aligned} \Delta_{limcy.M} &= \sqrt{(0.3)^2 + (0.6)^2 + (0.6)^2} \\ &= 0.9 \text{ 公忽} \approx 1 \text{ 公忽}. \end{aligned}$$

在表 1 中列出當檢驗製件自 1~10, 50~80 和 360~500 公厘時,在機器製造中最常用的測量長度的方法的界限誤差的數值。

平行平面端面長度量具(塊規)

在機器製造中塊規是保持度量統一的重要工具並且用作自長度的標準(基於光波)到製件間傳遞尺寸的媒介。塊規多半都是鋼質長方形斷面的長塊,具有兩個平行平面的測量面(圖 1)。

塊規用於複製和保持長度的單位,用於檢驗和刻製測量儀器和工具的刻線,用於檢驗校對量規、量規以及其他。

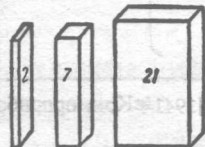


圖 1

在蘇聯使用的塊規其測量面的大小為:

30×9 公厘, 工作尺寸在 10 公厘以下的塊規

35×9 公厘, 工作尺寸大於 10 公厘的塊規

塊規的兩測量面是平的,當將一個塊規在另一個塊規上推動時,這平面可保證彼此間的附着非常牢固。靠塊規的兩測量面聯接的能力(叫做“研合”)可利用幾

個塊規組成塊規組,並且塊規組的尺寸實際上可以認為等於組成塊規組的塊規尺寸的和。

塊規的尺寸決定於它的自由測量面到輔助物體(例如,玻璃平版)的平面間的距離(塊規的另一測量表面即和此平面相研合)。當塊規的兩測量表面不是完善的平行平面時,就將塊規的“中間長度”認為是塊規的尺寸,即是從自由測量面的中央到輔助物件平面上垂直線的長度(塊規即和此輔助物體相研合)。所謂在自由測量面上任何一點的平面平行度的偏差就是在該點塊規的長度和它的中間長度的差。

在 OCT 85000-39 中指示出了對於在蘇聯製造和使用的塊規的基本要求。

按照 OCT 85000-39 塊規的名義尺寸和尺寸的分級為:

自 1 至 1.01 公厘	相隔 0.001 公厘
1 至 1.5 公厘	相隔 0.01 公厘
0.3 至 2 公厘	相隔 0.1 公厘
0.5 至 10 公厘	相隔 0.5 公厘
10 至 100 公厘	相隔 10 公厘
100 至 200 公厘	相隔 25 公厘
50 至 300 公厘	相隔 50 公厘
100 至 1000 公厘	相隔 100 公厘
0.99 至 1 公厘	相隔 0.001 公厘
0.9 至 1 公厘	相隔 0.01 公厘

上述尺寸的塊規可配合成成套的塊規。配合的原則要使用少數的塊規組成各種帶小數(其範圍在 0.01 公厘內甚至在 0.001 公厘內的)的塊規組。最通用的塊規是 37 塊和 83 塊配成一套的。

製造塊規的材料是合金鋼(XГ; X), 其線膨脹係數在 $(11.5 \pm 1) \times 10^{-6}$ 範圍內。塊規測量面的硬度不應該低於 $H_{RC} = 62$ 。

根據對於名義中間長度和對於平面平行度的所允許的最大偏差,塊規可分為 5 種精度等級: 0, 1, 2, 3 和 4 級。在表 2 中列出對於中間長度和平面平行度的最大允許偏差的公式。

高精度塊規製造的複雜性,以及它較快的磨損就決定了一種特別制度的建立,就是在應用時考慮到檢驗上所指出的誤差。採用這制度時,用塊規進行測量時的測量準確度不是決定於塊規的製造公差的大小,而是決定於塊規的鑑定誤差的大小。

實際上所考慮的只是中間尺寸的誤差;當用塊規工作時可以不計算平面平行度的誤差。

● 即前文中所稱常態分佈規律。——校者

表1 最流行的測量長度的方法的界限誤差

儀 器 和 工 具 的 名 稱	端 面 量 具		尺 寸 範 圍,公 厘		
	檢驗等級	精度等級	1~10	50~80	360~500
			界 限 誤 差,公 忽		
立式和臥式光學比較儀蔡司(Цейсс)和 СИП 型測量機 (當測量外尺寸時)	3	0	0.35	0.6	1.8
	4	1	0.4	0.8	3.0
	5	2	0.7	1.3	4.5
臥式光學比較儀蔡司型測量機(當測量內尺寸時)	3	0	—	1.1	—
	4	1	—	1.3	—
	5	2	—	1.8	—
微分表,刻度值0.001公厘	3	0	0.5	0.8	1.8
	4	1	0.6	1.0	3.0
	5	2	0.7	1.4	4.5
	6	3	1.0	2	8
微分表,刻度值0.002公厘	4	1	1.0	1.4	3.5
	5	2	1.2	1.8	5
	6	3	1.4	2.5	8
微分表,刻度值0.005公厘	5	2	2.0	2.5	5
	6	3	2.2	3.0	8.5
千分表,刻度值為0.01公厘,當工作時指針在一週之內轉動 0級精度 1級精度 2級精度	6	3	10	10	13
	6	3	15	15	16
	6	3	20	20	22
	6	3	16	17	20
有1級精度千分表(當使用時指針在一週之內轉動)的 “量規”工廠 3-да 型的測量內尺寸的千分表儀器	6	3	16	17	20
靈敏槓桿千分尺	絕 對 測 量 法		3	—	—
千分尺, 0 級精度			4.5	6	15
千分尺, 1 級精度			7.0	9	25
千分尺, 2 級精度			12	14	35
內徑千分尺, 1 級精度			—	18	35
內徑千分尺, 2 級精度			—	20	45
游標卡尺,讀數0.02公厘,當測量外尺寸時 當測量內尺寸時			40 —	45 60	70 90
游標卡尺,讀數0.05公厘,當測量外尺寸時 當測量內尺寸時			80 —	90 130	110 150
游標卡尺,讀數0.1公厘,當測量外尺寸時 當測量內尺寸時			150 —	160 230	230 300

註: 關於長度和角度的測量方法的界限誤差的全部表格,參閱1941年Коммерприбор, “Контроль средств измерения в машиностроении”論文集。

據此,在 OCT 85000-39 中規定了塊規鑑定等級的概念,鑑定等級是由中間尺寸的鑑定界限誤差和平面平行度的最大允許偏差的大小來決定的。

一共規定了六種鑑定等級。

在表 3 中列出中間長度鑑定界限誤差和平面平行度的最大允許偏差的公式,以及測量塊規的方法。

塊規的檢驗和鑑定所要求的精度可以靠 OCT 85000-39 中所規定的嚴格的溫度情況的測量條件保持。

比較表 2 和表 3 得出:☉

● 原書中係表 1 和表 2 恐係錯誤,應為表 2 和表 3。

——譯者

a) 0 級精度的塊規可以被鑑定作為 1 級和 2 級鑑定等級的塊規:

表 2

精度等級	中間長度的最大允許偏差	平面平行度的最大允許偏差(近似的)
0	$\pm(0.1+2\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.1+0.2\times 10^{-3}L)$
1	$\pm(0.2+3.5\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.2+0.4\times 10^{-3}L)$
2	$\pm(0.5+5\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.2+0.4\times 10^{-3}L)$
3	$\pm(1+10\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.4+0.8\times 10^{-3}L)$
4	$\pm 1.1(0.45\sqrt{L}+0.001L)$	$\pm(0.4+0.8\times 10^{-3}L)$

- 註: 1. 在公式中, 結果以公忽計, 而塊規的名義尺寸 L 以公厘計。
 2. 塊規的公差是製造公差, 即是在公差本身內已包括了製造廠的測量誤差。
 3. 根據公式計算出來的公差數值, 在名義尺寸範圍增大時, 採用近似值。●

6) 1 級和 2 級精度等級的塊規可以被鑑定作為 3 級和 4 級鑑定等級的塊規;

B) 3 級和 4 級精度等級的塊規可以被鑑定作為 5 級和 6 級鑑定等級的塊規;

r) 可以相應地使用 3 級、4 級、5 級和 6 級鑑定等級(考慮檢驗證上的校正數值)的塊規代替 0 級、1 級、2 級和 3 級精度的塊規(使用時不考慮檢驗證上的校正數值)。

0 級、1 級、2 級、3 級和 4 級精度等級的塊規的檢驗界限誤差不應該超過相對應的 2 級、3 級、4 級、5 級和 6 級鑑定等級的鑑定界限誤差。

在使用中的塊規允許改做為 5 級和 6 級鑑定等級塊規之用, 但其平面平行度須保持在這些種鑑定等級規定的標準的範圍內(參閱表 3), 而其中間尺寸的誤差不得超出 $\pm 5(0.45\sqrt{L}+0.001L)$ 公忽, L 為塊規的名義尺寸, 以公厘計。

表 3

塊規的鑑定等級	鑑定的界限誤差	平面平行度的最大允許偏差(近似的)	測量方法(應用於100公厘以下的尺寸)
1	$\pm(0.05+0.5\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.1+0.2\times 10^{-3}L)$	絕對干涉法
2	$\pm(0.07+1\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.1+0.2\times 10^{-3}L)$	比較干涉法, 根據 1 級鑑定等級的量具
3	$\pm(0.1+2\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.2+0.4\times 10^{-3}L)$	技術干涉法, 根據 2 級鑑定等級的量具
4	$\pm(0.2+3.5\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.2+0.4\times 10^{-3}L)$	技術干涉法, 根據 3 級鑑定等級的量具
5	$\pm(0.5+5\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.4+0.8\times 10^{-3}L)$	比較測量法, 在光學比較儀上, 根據 4 級鑑定等級的量具
6	$\pm(1+10\times 10^{-3}L)$	$\pm(0.4+0.8\times 10^{-3}L)$	比較測量法, 在光學比較儀上, 根據 5 級鑑定等級的量具

註: 在公式中, 塊規的名義尺寸 L 為公厘, 結果為公忽。

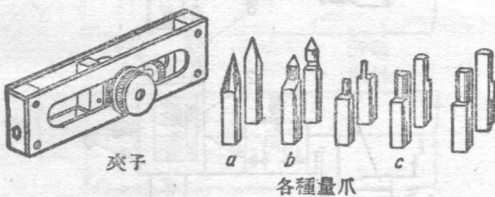


圖 2 塊規附件:

a—劃線針; b—中心; c—各種不同直徑的半圓形量爪。

使用特別的附件, 可把塊規的應用範圍大大地擴大, 其中最重要的為夾子和各種量爪(圖 2)。

塊規組和研合好的量爪一起夾在夾子上, 於是就可以用於調定測量內尺寸的儀器, 以及用於直接測量內尺寸。

在美國廣泛地使用所謂“虎克式塊規”, 此種塊規為正方形斷面, 其中央有一孔(圖 3)。

虎克式塊規組可裝在特別的心軸上並用螺絲鎖緊。

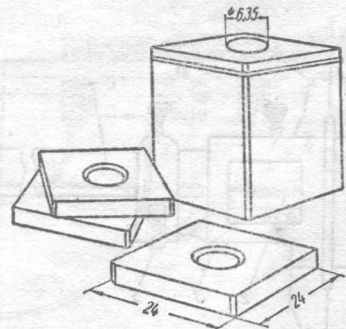


圖 3

在英國廣泛地使用皮特量規公司 (Pitter Gauge Co) 的塊規, 其形狀為圓柱形斷面 ($d \approx 20$ 公厘), 如圖 4 所示。

- 例如 0 級塊規的公差在名義尺寸為 10 公厘時根據公式應為 0.00012 公厘。在名義尺寸為 30 公厘時應為 0.00016 公厘。但實際規定凡大於 10 公厘小於 30 公厘的塊規的公差都用近似值 0.00015 公厘。——校者



圖 4

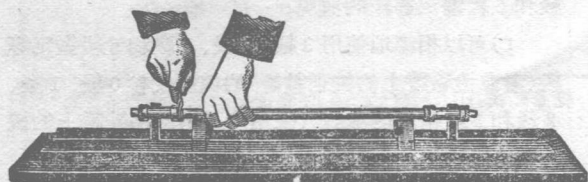


圖 5

在大尺寸的塊規上，在兩“艾利(Эри)”支點處作成肩台，以保證兩測量表面平行度的最大穩定性。

利用特別的附件，可將這樣的塊規連接在一起(圖5)。

直線游標工具

直線游標工具的主要類型為游標卡尺(技術條件按照ГОСТ 166-41)、游標深度尺(技術條件按照ГОСТ 162-41)和游標高度尺(技術條件按照ГОСТ 164-41)。

列舉的工具的主要機件(圖6、7和8)為橫臂1，在其上刻有主刻度尺和游標2，用以提高在主尺上讀數的準確度。游標是一個有刻度的短尺，和工具的滑動部分3堅固地相聯。橫臂上的刻度值 m ，游標的刻度的數目 n 和在游標上讀數的大小 i 的關係如公式

$$i = \frac{m}{n} \quad (\text{圖9})。$$

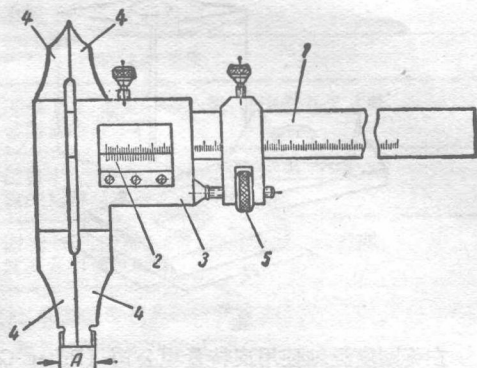


圖 6

游標的刻線間隔 m' 一般地等於 $m - i$ 。當橫臂主尺的刻度值小於1公厘時，刻線間隔 m' 往往就做成 $\gamma m - i$ ， γ 為整數係數。

游標工具通常做成，在游標上可讀至0.1或0.05公厘(讀數為0.02公厘的很少)。

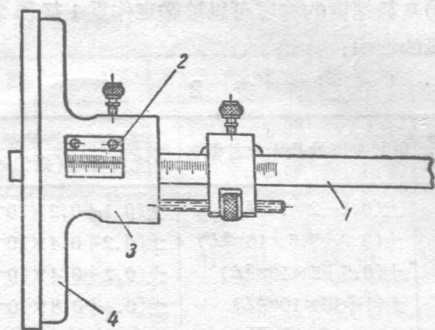


圖 7

游標工具的指示誤差不應該超過游標上的讀數值。

但大尺寸(大於300~400公厘)游標工具是例外的，其指示誤差可大於游標上的讀數值，為它的1.5~2倍。

游標卡尺(圖6)為在機器製造工業中最流行的一種測量工具，用於測量外尺寸、內尺寸、深度和高度，也可用以劃線。帶有或多或少萬能性的類型的游標卡尺，用的很多。游標卡尺的最大測量界限為100、125、150、200、300、400、500、600、800和1000公厘。

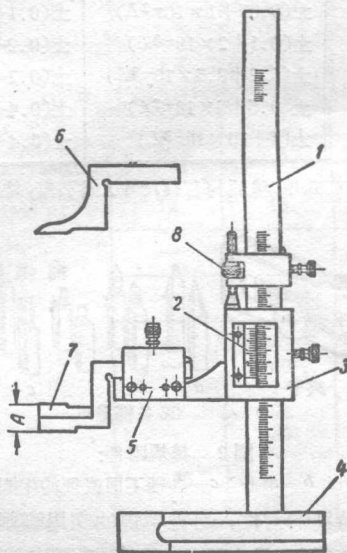


圖 8

主尺的刻度值一般的是1公厘。在游標卡尺上刻線的寬度應該在下列的範圍內：讀數為0.02公厘的、為0.08~0.12公厘；讀數為0.05公厘的、為0.08~0.15公厘；讀數為0.1公厘的、為0.12~0.16公厘。

量爪的伸出長度為35~150公厘，視測量界限和游標上的讀數值而定。

游標卡尺的量爪 4 有兩個平面的測量表面，用於測量外尺寸，和兩個圓柱表面，用於測量內尺寸。

測量表面的硬度為 $H_{Rc}=56\sim62$ 。

用於測量內尺寸的兩量爪的尺寸 A 為 10 或 9 公厘，這個尺寸標明在游標卡尺上。

在尺寸 A 上的公差為 ± 0.01 、 ± 0.02 、 ± 0.03 公厘，視在游標上的讀數值而定。

在游標讀數為 0.02 和 0.05 的游標卡尺上，微動裝置 5 是必需的。

游標深度尺，如圖 7 所示，有一個具有平面測量面的橫梁 4，可沿主尺 1 上移動，尺 1 的端面即為另一測量面。游標深度尺可做成各種大小，其最大測量界限可達 500 公厘。

游標高度尺(圖 8)用於劃線和測量高度。高度尺的主要部件和零件為具有平面支承面的底座 4 和主尺 1，框架 3 可沿主尺 1 移動，在框架 3 上裝有游標 2。在框架 3 的端處裝有支架 5，用以固定可調換的量爪：其一為尖銳的量爪 6，用於劃線，另一為量爪 7，具有兩個測量表面(下面的為平面的，上面的為圓柱形的)，用於測量高度。在量爪上標明尺寸 A ，其尺寸應為整數。對於所標出的尺寸的誤差不應該超過下列數值：

- ±0.01 公厘，在讀數為 0.02 公厘的游標高度尺
- ±0.02 公厘，在讀數為 0.05 公厘的游標高度尺
- ±0.03 公厘，在讀數為 0.1 公厘的游標高度尺

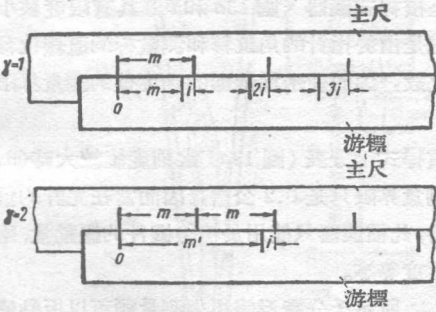


圖 9

量爪和底座的工作表面的硬度應該不低於 $H_{Rc}=56$ 。

框架的微動裝置 8 只在游標高度尺的游標讀數為 0.02 和 0.05 公厘時才是必需的。

游標高度尺可做成各種尺寸，其最大測量界限為 200、300、500、800 和 1000 公厘。

微動螺絲測量工具

這些工具基於應用一對螺紋機件，並基於將角位

移轉變為直線位移的原理。

屬於普通微動螺絲測量工具類的有外徑千分尺(技術條件按照 OCT 20027)、內徑千分尺(技術條件按照 OCT 10-40)和深度千分尺(技術條件按照 OCT 8107-39)。

所有上述工具具有下列共同的度量特徵：1) 刻度值為 0.01 公厘，2) 允許的指示誤差：

表 3a

測量界限, 公厘	精度等級		
	0 級	1 級	2 級
	允許的指示誤差, 公厘		
25 以下	±2	±4	±8
25~50	±2	±4	±8
50~100	±2	±4	±8
100~150	±2.5	±5	±10
150~200	±3	±6	±12
200~300	±3.5	±7	±14
大於 300	$\approx \pm \frac{L}{100}$	$\approx \pm \frac{L}{50}$	$\approx \pm \frac{L}{25}$

① L 為被測量尺寸(公厘)。

外徑千分尺做成三種精度等級(0 級、1 級和 2 級)。內徑千分尺和深度千分尺只做成 1 級和 2 級的精度等級。

千分尺(圖 10)包括三個主要部件：1) 架 1 上裝有砧 2 和套筒 3；2) 微動螺絲 4，套管 5 和棘輪 6；3) 鎖緊裝置 7。鎖緊裝置並不是必須的。

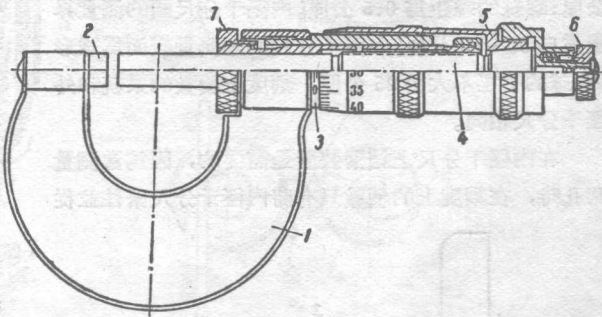


圖 10

微動螺絲的工作行程一般地都是 25 公厘；螺絲的螺距為 0.5 公厘。由套筒 3 上的半公厘的刻度上讀出螺絲迴轉的整週數，在套管的刻度尺上可讀出螺絲迴轉不足一週的小數，此刻度尺共有 50 等份(刻度值為 0.5 公厘：50=0.01 公厘)。當千分尺的指示為零時，套管上的刻度尺的零點應該和套管上的縱刻線準確地相重合，而套管的斜角端則應該(近似的)和在套管上半

公厘刻度尺的零線相重合。

測量表面的硬度應該在 $HRC = 58 \sim 64$ 的範圍內。

鎖緊裝置用於在調定位置時緊住微動螺絲，當想把千分尺作為可調節的卡規用時或當在測量情形下難以從刻度上讀出讀數時，這鎖緊裝置是必要的。保證恆等測量力的裝置（棘輪或摩擦離合器）是千分尺的必需機件。在千分尺上 500 到 900 克的測量力被認為是標準的。

千分尺應用於測量達 1000 公厘（很少大於 1000 公厘）的長度。為了增大測量的界限，在大尺寸的（往往大於 100 公厘）千分尺上可做成活動的或可調換的砧，這些砧可以牢固地固定在調定好的位置上。例如，當微動螺絲的工作行程為 25 公厘時，千分尺的測量界限可做成 350~400 或 500~600 公厘。

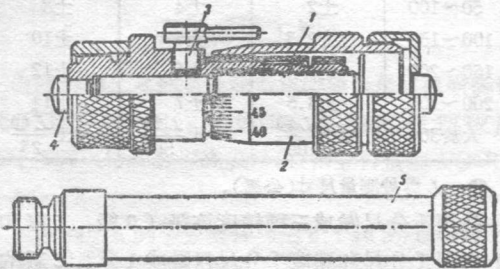


圖 11

內徑千分尺頭（圖 11）包括兩個部件：其一為微動螺絲 1 和套管 2，另一為有鎖緊裝置 3 的套管和測量頭 4。在蘇聯製造的內徑千分尺的螺絲工作行程為 13 公厘；螺絲的螺距為 0.5 公厘。內徑千分尺頭的測量界限為自 50~63 公厘。內徑千分尺的兩測量表面為球形的，球的半徑不大於 25 公厘。刻度上讀數的系統和外徑千分尺相同。

在內徑千分尺上鎖緊裝置是需要的，因為當測量深孔時，在刻度上的讀數只有將內徑千分尺緊住並從

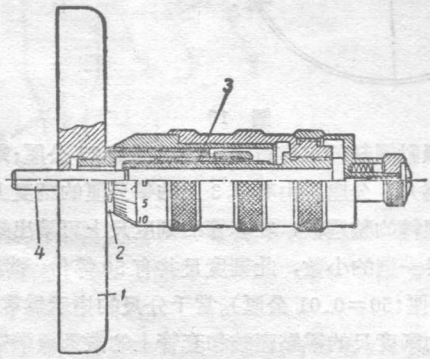


圖 12

孔中取出後才能看出。

在內徑千分尺上旋上一個延長桿 5（圖 11）可以增大（可達 1500 公厘）其測量界限。測量桿放在延長桿的管內，它受一彈簧的恆等壓力。延長桿的測量桿的球形測量表面的半徑應該小於 $\frac{L+50}{2}$ ， L 為延長桿的工作長度，以公厘計。

深度千分尺，如圖 12 所示，包括一個具有測量平面的橫樑 1 和在其上固着的套筒 2、微動螺絲 3 和測量桿 4 可在套筒 2 上沿垂直於橫樑的方向上移動。

桿的測量表面一般都是平面的（很少是球形的）。深度千分尺的主要部件和機件的構造和功用和外徑千分尺的一樣。

深度千分尺的測量界限是從 0 到 100 公厘。微動螺絲的工作行程為 25 公厘。更換適當長度的測量桿可增大測量界限。

槓桿機械式儀器

這些儀器廣泛地應用於機器製造工業中，用於相對測量法測量長度，以及檢驗機器零件的相互位置和它們的幾何形狀的正確性。

最典型的槓桿機械式儀器的原理圖（圖 13）和度量指標列於表 4 中。

槓桿機械式儀器的應用和它們的最流行的標準的和特別的附件見圖 14。

完全槓桿式儀器（圖 13a 和 b）具有度狹小的缺點，這是由於指針的角位移和測量桿的直線位移不成比例之故，因而使這種儀器的刻度盤的測量界限受到限制。

在槓桿式千分表（圖 13a）當刻度值較大時（0.02 公厘），測量界限只是 0.2 公厘，因而當在允許的偏差比較大時，此種儀器只能用於檢驗機件的擺動量、兩表面的平行度等等。

圖 14a 所示千分表形體很小測量頭可以扳動使與表中心線成各種不同角度。同時在進行測量時，又可使測量力以不同方向加於測量頭。這些因素就使這種千分表能用到難於達到的地方（內槽，小肩台的擺動量等）。

圖 13b 所示的微分表的示意圖實質上就是曲柄連桿機構的原理，其中上刀片 R 為曲柄而短臂 a 為連桿。

指針的角位移和測量桿的直線位移不成比例所造成的誤差 Δ 為： $\Delta \approx \frac{a\varphi^3}{6}$ ， φ = 指針傾斜的角度（對於垂直位置——譯者），以徑計。

表 4

儀器名稱	原理圖號 (參閱圖13)	刻度值 公厘	儀器刻度盤的 測量界限公厘	測量力 克	允許的讀數誤差	附註
槓桿式千分表	a	0.02	0.2	不大於 100	± 0.01	
微分表	b	0.001 0.002 0.005	0.060 0.120 0.300	不大於 400 變化不大 於100	± 0.0005 ± 0.001 ± 0.002	OCT 20102
槓桿齒輪式千分表 (聯邦式) (Федераль)	в	0.025 0.0025	0.375 0.1	不大於 100	± 0.01 ± 0.002	
外差表	г	0.002	0.160	1200 ± 200	在刻度盤的界限內 ± 0.002 , 在任何0.04公厘長度的界限 內 ± 0.001	
精密試驗儀	д1	0.001	0.200	250	± 0.001	
鐘錶式千分表	е1	0.01	3.5或10	自100 至250	精度等級 在標準 的長度 0.1公厘 範圍內 一週 10公厘 0級 0.008 0.01 0.015 1級 0.01 0.015 0.02 2級 0.012 0.02 0.03	ГОСТ 577-41
鐘錶式千分表	дк1	0.002	2	自100 至250	在指針轉一週(0.2公厘)的 界限內 ± 0.002	
微指示表	с1	0.001 0.0005 0.0002	0.060 0.036 0.020	自200 至300	± 0.001 ± 0.0005 ± 0.0003	

① 原表錯誤，譯者更正(因為和圖13中不相符合，今將文字更改以免改圖中的字)。

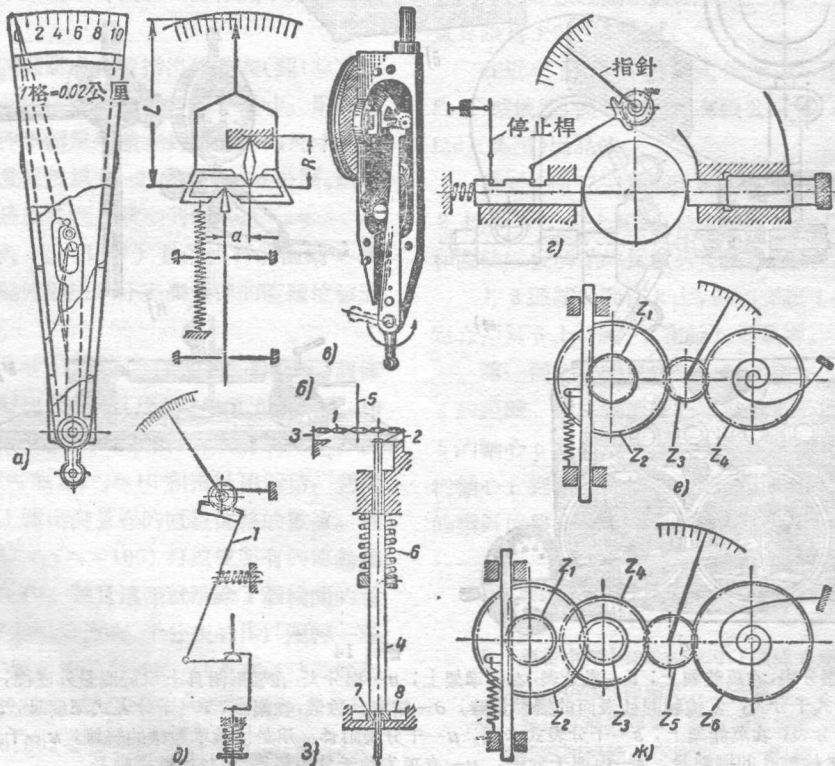


圖13 槓桿機械式儀器原理圖。

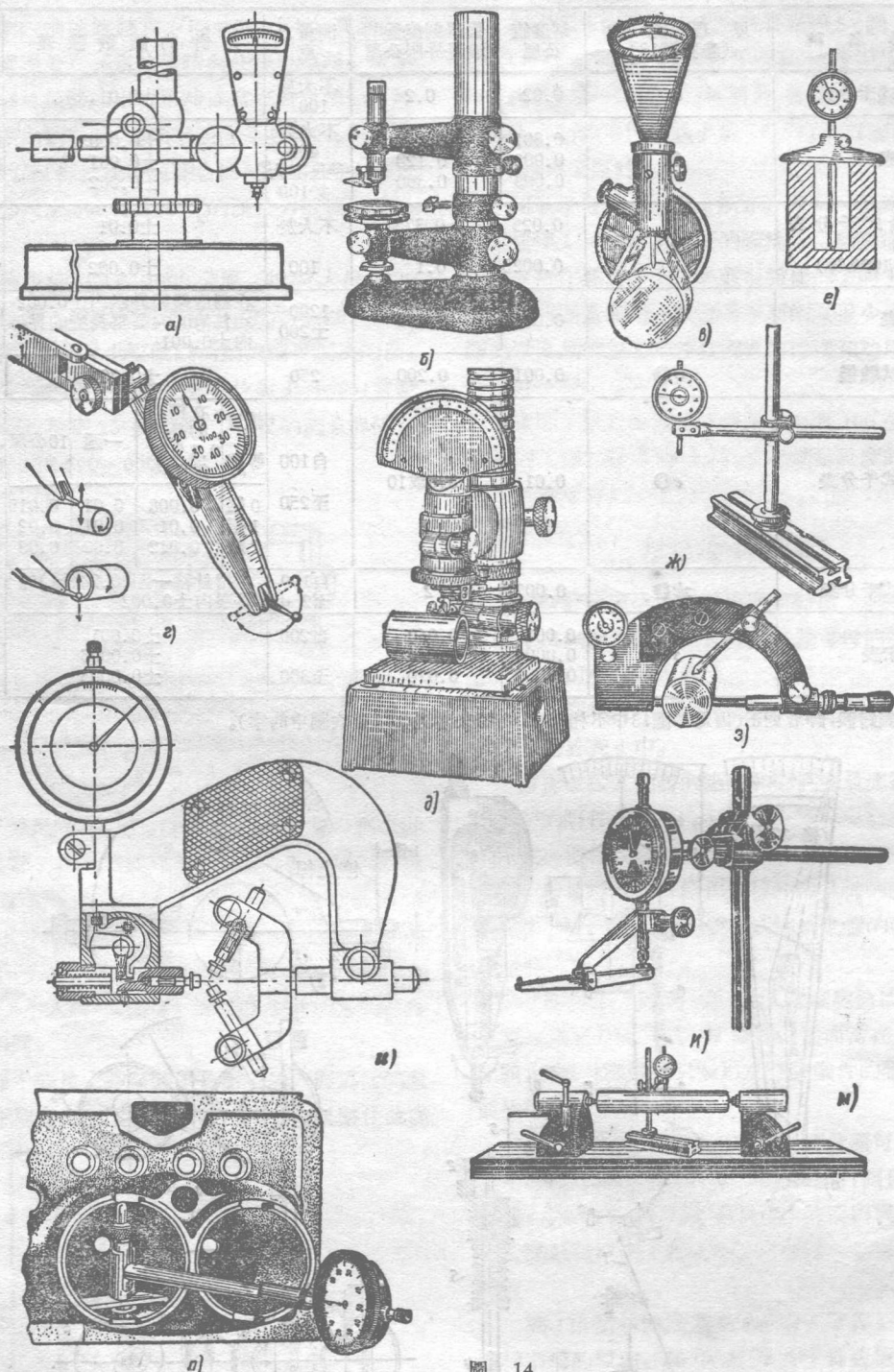


圖 14

a—微分表，在萬能架上；b—微分表，在標準架上；b—微分表，在鞍形附件上用於測量外直徑；e—橫桿齒輪式千分表，當檢驗圓柱表面的擺動量時；d—精密試驗儀，在架上；e—千分表式深度尺；lc—鐘錶式千分表，在萬能架上；s—千分表式卡規；u—千分表附件，用於檢驗單數槽的絲錐；k—千分表附件，用於檢驗孔的擺動量；n—內徑千分表；m—有頂尖的千分表儀器，用於檢驗擺動量。

規定要高指示準確度的微分表，它不能有大的刻度盤的測量界限。當刻線間隔等於 1 公厘、短臂 $a = 0.1$ 公厘和 $L = 100$ 公厘時，指針移動 30 格就相當於：

$$\varphi = \pm 0.3; \text{這時 } \Delta = \frac{0.1(0.3)^3}{6} \approx \pm 0.5 \text{ 公忽。}$$

當檢驗量規和精密製件時，在技術檢驗科廣泛地應用微分表，也在工作地點直接地使用。

微分表固定在標準架或萬能架上，在萬能架上微分表可以調定到不同的高度和對萬能架沿之移動的平面成不同的角度(圖 14a)。在各種儀器和附件上(圖 14b 例)，微分表也應用做為測量的設備。

精密試驗儀(圖 13a)應該和微分表(圖 13b)來對比，在精密試驗儀的設計中加入齒輪傳動。當測量桿的位移相同時，精密試驗儀的桿 1 傾斜的角度就要比微分表的槓桿的小，於是測量桿直線位移和指針的角位移不成比例的誤差減小了。精密試驗儀的應用範圍一般地和微分表應用的範圍相同。

根據原理，槓桿式千分表(圖 13a)可以和槓桿齒輪式千分表(圖 13b)對比，在槓桿齒輪式千分表中把第二對槓桿的往復運動用齒輪傳動改變為指針的迴轉運動。

槓桿齒輪千分表應用的範圍和槓桿式千分表的應用範圍相同。

在槓桿齒輪式儀器中也要指出外差表(圖 13z)。外差表應用於在小批生產中檢驗製件的外尺寸。用塊規或檢驗合格的製件來調定外差表到所需要的尺寸。

外差表的測量界限為 0~25 和 25~50 公厘。靈敏槓桿式千分尺也是屬於這一類型的儀器。

鐘錶式千分表(圖 13e)是最流行的齒輪式儀器。只利用齒輪傳動把千分表測量桿的直線位移變為指針的角位移。

圖 13e 示 ГЗИП 廠製造的千分表的原理。齒條是在測量桿上切製出來的，其周節 $t = 0.625$ 公厘，和齒輪 z_1 嚙合， $z_1 = 16$ 。和 z_1 在同一軸上裝有齒輪 z_2 ， $z_2 = 100$ ，和齒輪 z_3 嚙合， $z_3 = 10$ 和指針相連結，利用指針在圓刻度盤上讀出測量桿的直線位移的數值。利用油絲彈簧，齒輪 z_4 ($z_4 = 100$) 可迫使所有的傳動在齒形的一個面上工作，並且這樣就消除了齒輪間的鬆動。當測量桿移動 1 公厘時，千分表的指針迴轉一整週。當在機床上安置和檢驗機件時，以及在各種儀器和附件上作為測量設備時，千分表用的非常廣泛。

在刻度值為 0.002 公厘的鐘錶式千分表(圖 13н)中，為了減小刻度值，在上面所討論的設計中，加入一

對齒數為 18 和 90 而裝在一個軸上的中間齒輪。

在近年來，K. Map 廠(德國)製出了槓桿齒輪式的“千分儀”。這個儀器的刻度值為 0.001 公厘；測量桿的工作行程為 ± 0.05 或 ± 0.1 公厘。

在槓桿機械式儀器中有時利用扁彈簧做為槓桿。屬於這一類的儀器首先要算約翰遜 (Jochansson) 廠的微指示表(圖 13s)。在約翰遜式儀器中傳動是利用扭轉的金屬帶 1 (很薄)，傳動是沒有磨擦的。金屬帶的一半向右扭而另一半向左扭。金屬帶迴轉的角度和延伸數值的比是改變的，視帶的原來扭轉的程度和它的大小而定。帶的一端和槓桿彈簧 2 相連結，而另一端則連於可調節的架 3 上。測量桿 4 的上端和槓桿彈簧 2 相連。當測量桿上昇時，槓桿彈簧 2 的上部分就向右傾斜(沿圓弧)並且金屬帶就拉長，而使連在帶的中央的指針 5 迴轉一個角度。測量桿的下端被螺旋彈簧 6 壓在擋板 7 上。為了測量桿能够移動而沒有磨擦，在下端測量桿連接在有開槽的彈簧片 8 上。

微指示表應用的範圍一般地和微分表的應用範圍相同。

在槓桿和螺旋切槽聯合應用的儀器中，應該指出刻度值為 0.01 公厘的槓桿式千分表 (Last Word 型)，它的外形和原理圖示於圖 15。這個儀器的刻度盤的測量界限為 ± 0.035 公厘。

在近來出現的槓桿式儀器中，應該指出“Box-Ford”型儀器，係丹佛工程有限公司 (Denfords Eng. Co. Ltd) (英國) 出品的。

儀器(圖 15a)的測量桿 1 作用於切槽的圓柱體 2 上，2 在頂尖上轉動。從圓柱 2 的軸心平面到測量桿和圓柱體接觸點的長度決定第一個槓桿的短臂。

片 3 連結於圓柱 2 上，並和突起 4 接觸，突起 4 固定在指針 5 上，指針 5 在軸 6 上迴轉。

第一個槓桿的長臂決定於從圓柱 2 的軸心到突起 4 的距離。第二個槓桿的短臂決定於從突起 4 到指針 5 的軸心 6 間的距離。最後，第二個槓桿的長臂決定於從軸心 6 到指針尖端的距離。由測量桿 1 位移所引起的指針位移的數值可由刻度盤上讀出。槓桿系統的總

● 此處原書中文字和圖內的字不相符合特為更正。

——譯者

● 原書中係 Рычажными (槓桿式) 應係錯字，應改為 Зубчатыми (齒輪式)。——譯者

● 倘沒有油絲彈簧，回程誤差會非常大。但彈簧並不能使回程誤差等於零。——校者

● 此處原書中文字和圖中不相符合由譯者自行更改。

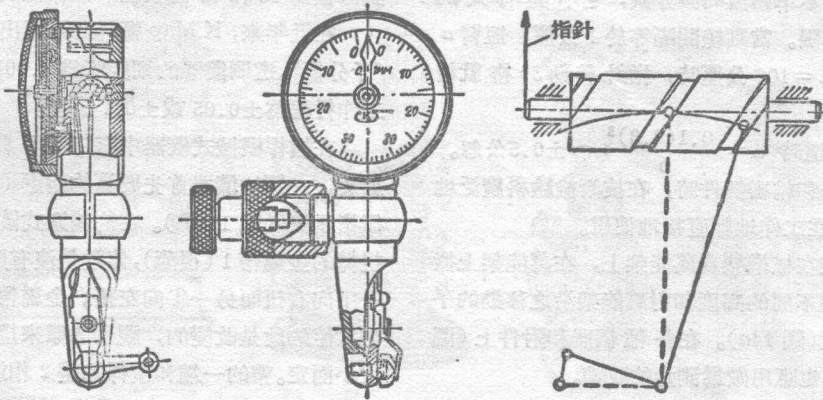


圖 15

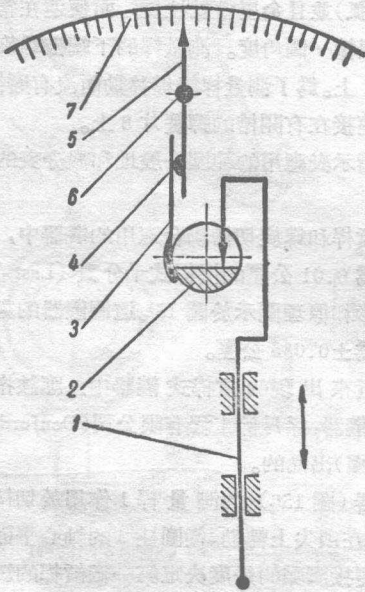


圖 15a

放大倍數為 440:1。刻度盤的刻度值為 0.0025 公厘。
刻度盤的測量界限為 0.10 公厘 (± 0.05 公厘)。

光學槓桿儀器

利用光線作槓桿(基於平面鏡的擺動)可以增長槓桿的長臂而不增大儀器的體積。因為靠鏡子反覆反射,光學槓桿在很小的空間內便可增大。

光學比較儀和超光學比較儀是最流行的兩種基於光線槓桿原理的儀器。

光學比較儀的原理見圖 16。

自外部光源而來的光束利用稜鏡 1 照向透明刻度盤 2,該刻度位於物鏡 5 的焦點平面。光束離開刻度盤後落在完全內反射的三稜鏡 4 上,然後經過物鏡 5 射到

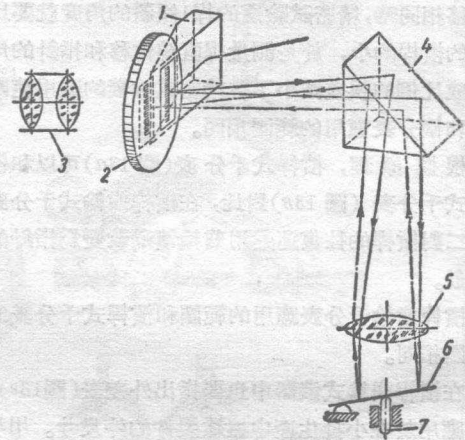


圖 16

活動的平面鏡 6 上,平面鏡 6 放在球上並且和測量頭 7 相連。光束從平面鏡 6 反射經過相反的行程,於是刻度的影像 2 就形成在物鏡的焦點平面上。這時刻度的影像並不會和刻度重疊,因為刻度相對於物鏡的光軸有位移(刻度盤位於鏡頭中線的左面,因此影像形成於鏡頭中線的右面。——校者)。

在焦點平面上刻度影像形成處,放置有不動的指度線,由測量頭的移動所引起刻度盤影像位移的大小,就由指度線決定。由目鏡 3 可觀察刻度盤影像和指度線。

光學比較儀的基本特性:刻度值為 0.001 公厘;在刻度盤上的測量界限為 0.2 公厘 (± 0.1 公厘);讀數準確度為 0.0001 公厘;指示誤差為 ± 0.0002 公厘(在不大於 60 格的任一段刻度內)及 ± 0.0003 公厘(在大於 60 格的一段內);測量力為 200 克。

光學比較儀管裝在立式(圖 17)或臥式(圖 18)的架上。

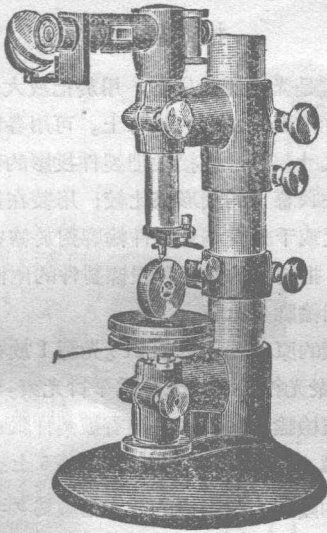


圖 17

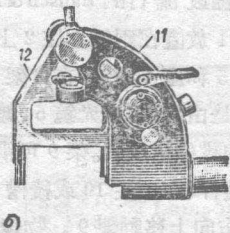
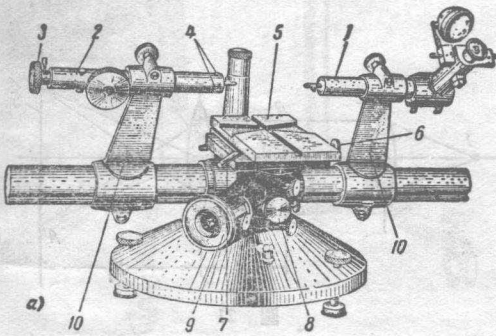


圖 18

被檢驗的製件放在牢固鎖緊的立式架工作台上。用和塊規比較來進行測量。根據塊規把光學比較儀調定到“零點”，而在刻度上讀出塊規和被測量件尺寸的差數。

在立式光學比較儀上備有球面的和平面的測量頭。

利用調節螺釘 1 (圖 17) 可以調節立式工作台以使工作台的測量表面和測量頭的平面表面平行。

在立式架上的光學比較儀只用於測量外尺寸。

在臥式架上的光學比較儀可用於測量外尺寸和內尺寸。

測量頭 (圖 18a) 裝在光學比較儀管 1 和尾管 2 上。微動螺絲 3 用於在調定光學比較儀到零點時的慢速移動。利用螺絲 4 可調節測量頭 (對於平面的，調節兩測量表面的平行度；對於球面的，調節兩測量頭的共同中心線使和測量線相重合)。

塊規 (根據它調定光學比較儀) 以及被檢驗的製件是先後放到能動的工作台 5 上的。

用柄 6 可以在水平面內在垂直於測量軸心的方向上移動工作台；用手柄 7 可以在水平平面內轉動工作台；偏心 8 用於使工作台圍繞水平軸心擺動；用手輪 9 可使工作台在垂直方向上移動。利用以上所說的工作台的運動可迅速而方便地調節製件使到測量的軸心上。例如，在外測量時照下列方式調定光學比較儀到“零點”：將塊規組放在工作台上，並且用特別的夾板固定。搖動手輪 9，升高工作台以使測量頭大約位於塊規組的中間斷面的水平上；移動架 10 到測量頭和塊規接觸的位置；這時光學比較儀的刻度應該正在目鏡的視場內。然後用手柄 7 慢慢地轉動工作台，注意刻度盤上的指示，當指示數到最小時即停止轉動。以後，用偏心 8 擺動工作台，也當指示為最小時停止擺動。重複工作台的上述運動直到這兩個最小指示數相同時為止。停止移動工作台，用微動螺絲 3 移動尾管測量頭使刻度盤的零線和指度線相合。

當測量光滑量規時，量規的下端面放在工作台上，按下列步驟進行測量：搖動手輪 9 升高工作台，直到測量頭在所需要的斷面上和量規接觸時為止。然後用手柄 6 移動工作台，求出刻度盤上的最大指示數；以後，用偏心 8 擺動工作台並求得最小指示數。重複上述的運動直到最大指示數和最小指示數相同時為止。這個共同的指示數也就相當於在這個斷面上量規的直徑。

當測量內尺寸時，使用特別的架 11，架 11 鎖緊在光學比較儀管和車尾上，並用懸掛在架 11 上而有測量頭的槓桿 12 (圖 18b)。當為測量內尺寸調定零點時使用端面量具組和量爪研合，並固定於特別的夾子中。●

“Amic”(美國)和“Precision Grinding Ltd”(英國)也出產立式光學比較儀。

在度量性質方面這些光學比較儀不如上述本國(蘇聯——譯者)製造和蔡司廠的光學比較儀。

● 參閱本章第 3 頁“平行平面端面長度量具”。