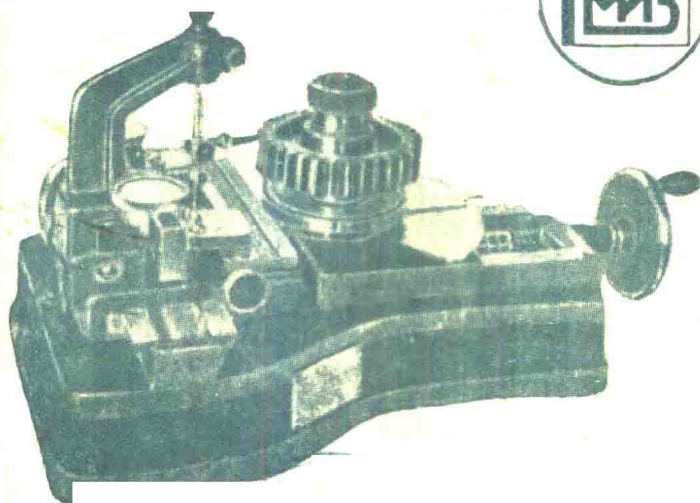




漸开線齒形測量儀

B. M. 馬久申 Г. Н. 沙哈諾夫 著

國防工業出版社

漸開線齒形測量儀

(漸開線測量計)

使用、調整及維護指導

技術科學碩士 講師 B.M. 馬久申

斯大林獎金獲得者 技術科學碩士 講師 Г.Д. 沙哈諾夫

合 著

寧玉成 譯 吳大觀 校



國防工業出版社

本書根據莫斯科工具工廠漸開線齒形測量儀說明書翻譯而成。本書詳細地介紹了儀器的構造原理，使用方法，讀數分析，檢驗及修理等。本書為齒輪檢驗方面的必要參考文件，並為使用該儀器的技術人員及操作人員不可缺少的資料。

В.М. Матюшин

Г.Н. Сахаров

ПРИБОР ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ
ЭВОЛВЕНТНОГО ПРОФИЛЯ

Центральное бюро технической информации

Москва 1950

本書係根據蘇聯中央技術情報局

一九五〇年俄文版譯出

漸開線齒形測量儀

〔蘇〕馬久申、沙哈諾夫

齊玉成 譯 吳大觀 校

*

國防工業出版社 出版

北京市書刊出版業營業許可證出字第 074 號

北京新中印刷廠印刷 新華書店發行

*

787×1092 1/32·23/8 印張·46,800字

一九五六年一月第一版

一九五六年八月北京第二次印刷

印數：2,001—4,525 冊 定價：0.43元

目 錄

前 言	1
儀器的用途	4
儀器的工作原理	5
儀器的說明及其工作程序	7
觸頭的定位及測量儀工作正確性的檢查	13
測量儀讀數的分析	13
一般問題	23
展開角的測定	29
齒形誤差的圖表分析	33
按展開角求齒形各點半徑的方法	42
儀器精確度的基本要求	43
儀器可能產生的故障及其排除方法	45
圓盤直徑 r_0 對理論尺寸的偏差	46
觸頭工作點與尺板工作平面的不符合	49
被檢驗工件中心線與滾動圓盤中心線的不重合	51
測量儀零件活動結合與固定結合部分的間隙	53
儀器的修理	53
千分表的使用	63
莫斯科工具工廠所產他種結構的 漸開線測量儀	65
結束語	67
參考文獻	68
附 錄	69
1. 三角函數 $\cos \alpha$, $\operatorname{tg} \alpha$ 及漸開線函數 $\operatorname{inv} \alpha$ 與度數弧度換算表	69
2. 分秒與度數換算表	72

前 言

現代機器製造業對齒輪啮合的質量提出了極高的要求。遵守構成齒輪啮合制度和啮合時工作部分結構的基礎的幾何參數，尤為一重要問題。對後一種要求蘇聯以ГОСТ 1643-46「正齒輪傳動，公差」的形式作了具體規定，這個ГОСТ包括有1、2、3、4級精確度齒輪各個部分的公差。本說明書所述的漸開線測量儀主要用來檢查啮合中重要的一項——齒輪齒牙型面（齒形）。

表1所列為ГОСТ 1643-46規定的齒形公差。

表 1

正齒輪齒形的公差 δ_f 公微

齒輪精確 度等級	法 向 模 數 (公厘)	齒 輪 直 徑 (公厘)		
		40~100	100~200	200~400
1	1~2.25	8	10	12
	2.25~4	10	10	12
	4~6	10	12	12
	6~8	12	12	15
	8~10	12	15	15
2	1~2.25	15	18	20
	2.25~4	18	20	25
	4~6	20	20	25
	6~8	20	25	30
	8~10	25	25	30
	10~14	—	30	35
	14~20	—	35	40

續表 1

齒輪精確 度等級	法 向 模 數 (公厘)	齒 輪 直 徑 (公 厘)		
		10~100	100~200	200~400
3	1~ 2.25	30	30	40
	2.25~ 4	30	35	40
	4~ 6	35	40	45
	6~ 8	40	45	50
	8~10	45	50	60
	10~14	—	60	60
	14~20	—	70	70

齒形公差的檢驗屬於所謂的基本檢驗，也就是對於直接影響嚙合正確性的定額的檢驗，如：瞬時角速度的變化（傳動比）、傳動噪音等的定額的檢驗。齒形的檢驗不能完全為其他某種檢驗所代替，因此ГОСТ 1643-46中沒有規定出齒形的代用檢驗。所以在正齒輪生產中使用漸開線測量儀應能促進齒輪質量的顯著提高。

研究漸開線測量儀量出的齒形數據應能導致工廠大大提高齒輪生產的技術水平。

首先，經常分析漸開線測量儀量出的結果，不但可以評定齒輪的質量，而且可以摸清引起齒輪報廢的原因（見本說明書測量讀數的分析一章）。在很多情況下，可能造成廢品的原因還不十分明顯時，用漸開線測量儀就能發現這一點，以防產生廢品。所以使用漸開測量儀可詳細分析和預防齒輪的廢品。

其次，漸開線測量儀經仔細調整和校正後，還可測量齒輪刀具——插齒刀，剃齒刀的齒形，因而又可以防止由這些刀具切製出的齒輪產生廢品。

再次，因為切齒機床本身對被切齒輪齒形的影響很

大，所以分析漸開線測量儀讀數以後又可以判斷切齒機床對齒輪的影響，從而及時採取措施，調整機床，使之達到應有的質量，這樣，又可降低產生廢品的機會，提高產品質量。現在我們就來研究漸開線測量儀。

漸開線測量儀按其主要移動的方法（觸頭沿漸開線的相對的移動）可以分為兩種：單用圓盤式的和萬能式的。下述漸開線測量儀為單用圓盤式的，此類漸開線測量儀具有下列優點和缺點：

漸開線測量儀的主要優點為構造原理與工作原理比較簡單，因此這種儀器：

- 1) 工作可靠和不間息；
- 2) 調整容易，操作簡單，技術水平不甚高的人員就能使用；
- 3) 校正簡單，因之可以獲得最高精確度；
- 4) 使用工廠可以自行修理。

此種儀器具有以其尖端與工件接觸的刃狀觸頭或點狀觸頭。由這種構造的觸頭測量出的誤差不是與被測量齒輪嚙合後的齒形總誤差而是齒形上任意一點的實際誤差。這對齒輪切製過程的深入分析與研究是非常重要的。齒輪刀具齒形在漸開線測量儀上的測量一般只是用點狀觸頭進行的。

儀器的最大缺點為對每一基圓直徑不同的工件須作出單獨的滾動圓盤。滾動圓盤的直徑等於基圓直徑，並按下式求出：

$$d_0 = d_g \times \cos \alpha_g = m \times z \times \cos \alpha_g, \quad (1)$$

可見圓盤直徑 d_0 是決定於模數、齒數和被測量齒輪之齒條原始齒形的齒形角的（對於斜齒齒輪須加上齒的傾斜角）。若其中一值有了變化，工件的基圓直徑也將隨之改變，因此就須重作新的滾動圓盤。

基於上述理由，本測量儀通常最宜於成批生產或大批生產中使用。

由上可知，漸開線測量儀不但宜用於測量成品齒輪，而且在經過仔細調準與調整後並能檢驗標準（測量用）齒輪和圓盤齒輪刀具——插齒刀及剃齒刀。

儀器的用途

本說明書中所述的莫斯科工具工廠製造的漸開線測量儀（圖1）專供具有套裝孔的各級精確度（包括1級精確度）的齒輪及他種圓盤形帶齒工件檢查漸開線齒形用*。本測量儀能測量的工件如下：

頂圓直徑 60~240 公厘；

輪緣寬度 60 公厘以內；

模數（直齒或斜齒） 1~10公厘。

在通常情況下，本儀器所裝的千分表，其分度值為 0.002 公厘，若所裝千分表的分度值為 0.01 公厘時，只能檢查 2 級以下精度的齒輪。

* 莫斯科工具工廠出產檢驗聯軸齒輪齒形用的儀器見本冊第65~67頁。

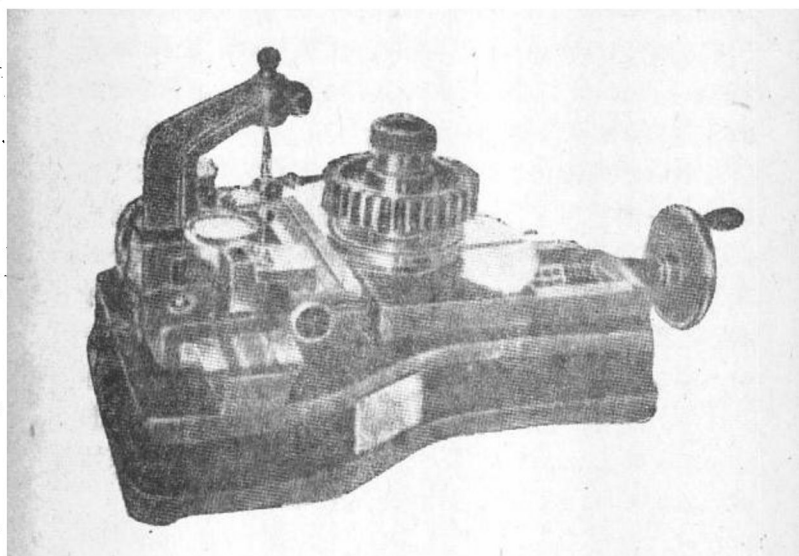


圖 1

儀器的工作原理

在裝工件的公共軸線上與工件相對裝有不動的圓盤 d (圖 2)。

圓盤的直徑等於被檢驗漸開線的基圓直徑 d_0 。圓盤 d 繞工件中心線沿尺板 e 無滑動地滾動。所以根據尺板上相當於沿基圓無滑動地滾動的直線上的任意一點 a ，即可以基圓上 c 點為起點劃出工件的漸開線來。直徑等於 d_0 的圓盤 6 (圖 3) 緊壓於尺板 14 上，尺板 14 沿橫導軌 26 可在

切於圓盤外徑，即切於被測工件基圓的切線方向上移動。尺板與圓盤間產生摩擦力，迫使圓盤與工件繞自身中心線轉動。當母線沿基圓滾動時劃出的漸開線的點就是準確地與尺板位於同一水平上的觸頭 k 的尖端（見圖 2）。觸頭 k 裝於千分表機構 16、17、18（見圖 3）內，千分表機構與尺板固裝在一起，並隨尺板一起移動。觸頭 k 與被測量的齒形接觸（見圖 2），在測量過程中，繞自身中心線，在千分表示度範圍內擺動。如果被測量齒形的側面與理論漸開線相重合，那麼千分表指針穩定不動。反之，如針轉動，就說明齒形與理論漸開線有偏差。因為千分表觸頭 k 是準確地被調整在基圓水平上的，所以在本測量儀上不會產生基圓和根圓齒間齒形非漸開線線段的。在齒數很少或齒條原始齒形型面角很小的工件上才會產生此種線段。

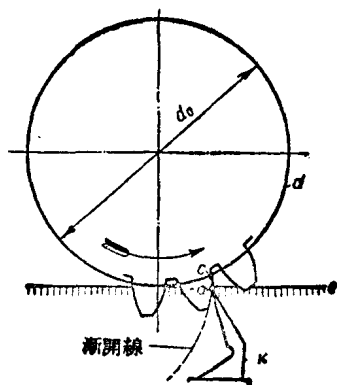


圖 2

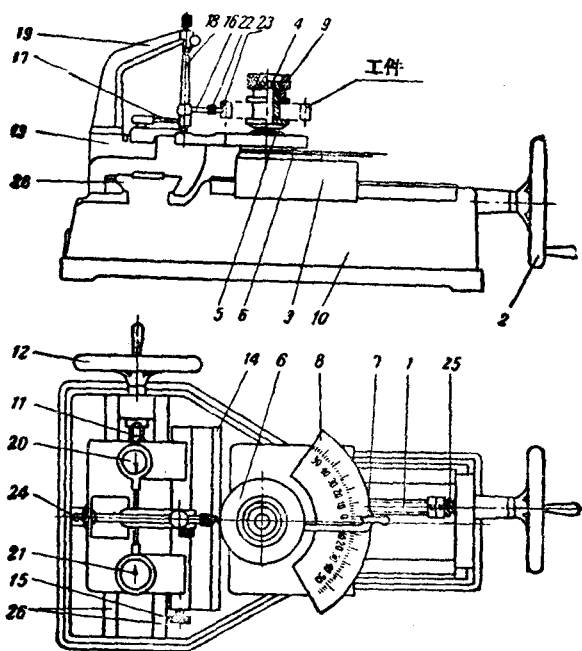


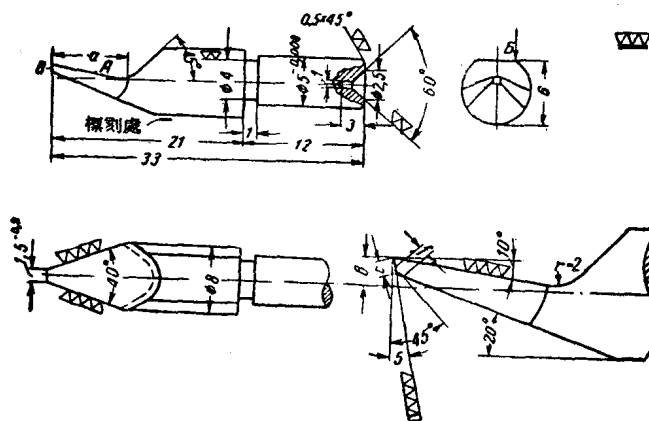
圖 3

儀器的說明及其工作程序

如圖 3 所示，儀器的底座為 T 狀身架 10；其上裝有兩對縱橫導軌。在絲槓 11 及手輪 12 的作用下，裝有尺板 14 及千分表機構 16、17、18 的橫拖板 13 可沿橫導軌 26 移動。尺板 14 除本身與橫拖板 13 一起作切於滾動圓盤的主要運動外，還能在帶滾花頭的螺釘 15 作用下不與拖板一起

作微動運動。這種運動的作用以後再講。

千分表機構由裝在倒頂針上的軸 18 上的二槓桿 16、17 和千分表 20、21 構成。軸 18 裝在支架 19 上。槓桿 16 可沿旋轉軸線移動，並按被測量型面的位置調整至一定高度上。觸頭 23 用螺帽 22 緊固在槓桿 16 上（觸頭的尖端一定要與尺板 14 的工作面位於同一平面內）。圖 4 所示為觸頭的工作圖 *，圖 5 中則更為詳細地介紹了槓桿 16 與觸頭 23 的緊固方法。



4

序 號	模 數	a	b	c	f
1	0.3~1.5	5	0.15	0.25 ^{-0.05}	—
2	1.0~3.5	7	0.5	0.80 ^{-0.1}	0.1
3	3.0~10.0	10	1.5	2.20 ^{-0.2}	1.0

* 在此種儀器上附有兩個觸頭——№2 和 №3。

附註：

1. 觸頭工作刃及其附近表面上不應有壓傷、壓痕、毛刺、剝蝕與磨痕等。
2. 觸頭工作部分的表面質量及幾何形狀用顯微鏡檢驗。
3. 直徑為 $5^{+0.008}$ 公厘的尾桿裝於測量儀槓桿上以後不應有橫向間隙。
4. 自尖端起在長度 α 公厘上應保證硬度為 $R_c=58\sim62$ 尾桿最大硬度 $R_c=50$ 。
5. 在工作狀態下 B, A 面應該垂直於測量儀的底面。
6. A, B 面上由垂直於觸頭中心線的平面交叉所產生的交線應該互相平行。
7. 角度大小的公差為 $\pm 1^\circ$ 。
8. 標刻出模數範圍。

拖板的導軌上裝有楔子，由螺釘把它們壓向身架導軌，以消除導軌上可能產生的橫向間隙。橫向拖板上裝有指示線 24（圖 3），用它可以大約地將千分表機構調節在與縱向導軌和裝工件的心軸相對的中間位置。

在使用以前將測量儀水平的放在不會產生搖動與震動的強固底座上。測量儀非塗漆表面上應塗上油膏，以防生銹和乾摩擦。工作表面上塗的油層不宜過厚，以免影響測量儀讀數的精確度。對此種表面同樣要注意防止灰塵髒物等掉落其上。調整測量儀檢查某工件時，根據圖紙（見圖 4）選好適合於被測量工件之模數的觸頭 23（見圖 3 和 5），將其尾桿插入槓桿 16，選好相應尺寸的滾動圓盤，並用螺帽 5 固定在心軸上（見圖 3）。在軸 18 上以被測量型面的高度將槓桿 16 調整好。將觸頭頂尖調整到尺板 14 工作面的水平面上，然後用螺帽 22 鎖緊觸頭，旋轉手輪 2 與螺桿 1 使縱

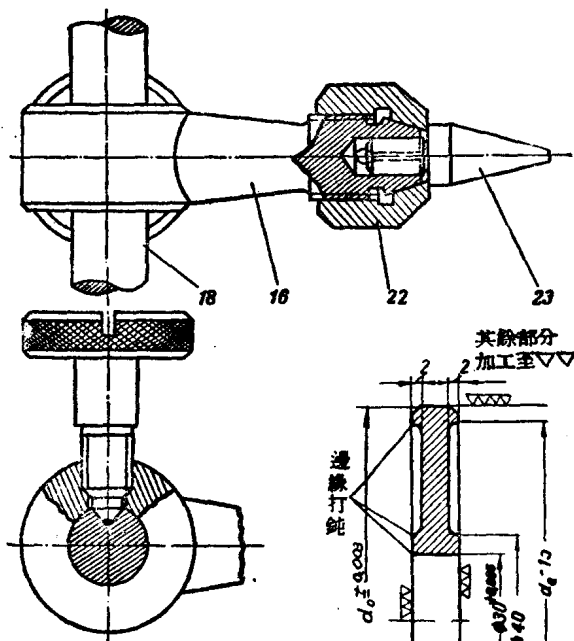


圖 5

附註:

1. 直徑為 35 公厘的端向偏擺不應大於 0.003 公厘;
2. 直徑為 40 公厘的端面平行度應在 0.005 公厘範圍內;
3. 直徑 d_0 的偏擺不應大於 0.003 公厘;
4. 圓盤應用微力套裝於心軸上, 但不能有間隙;
5. 標刻出實際直徑 d_0 ;
6. 材料——X號或XT號鋼;
7. 淬火至硬度 $R_e = 57 \sim 62$ 然後回火並進行時效處理。

圖 6

拖板 3 離開尺板。看着指示線 24 將橫拖板搖到中間位置。

此後用螺帽與墊圈將被測工件裝卡在外徑相當於工件套裝孔孔徑的中介襯套 9 上，將襯套套裝在心軸上。裝有滾動圓盤與工件的心軸組件如圖 7 所示。

裝好工件與圓盤以後，將橫向拖板移近尺板 14（見圖 3），在滾動圓盤到尺板後，仍要繼續轉動手輪 2，直到彈簧 25 呈完全壓縮狀態為止。移動滾動圓盤至尺板時，一定要使觸頭大約能居於齒間中間，而不要頂在齒頂，因為如果不這樣的話，會使觸頭折斷，或使整個千分表機構產生嚴重變形，以致損壞測量儀。上述的觸頭與輪齒相對地定位方法只可用於基圓直徑大於根圓直徑，即根圓位於基圓之內的齒數少的齒輪，譬如 20° 啮合，17 齒以下的齒數少的齒輪。

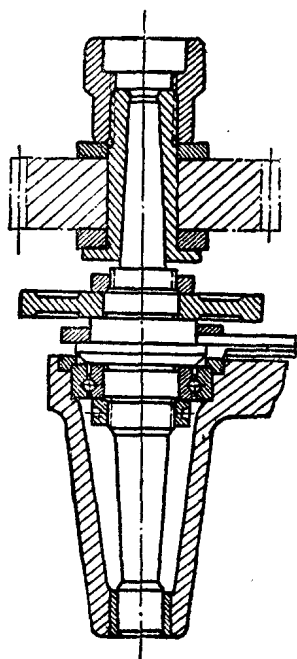


圖 7

若所檢驗的齒輪（工件）的齒數很多，基圓位於根圓之內，則將觸頭對稱的放於齒間槽時，因為這裡觸頭尖端是與基圓位於同一水平上的，所以觸頭將會頂到槽底，並被折斷。在這種情況下，應以移動橫拖板 13 的方法使觸頭與工件中心線相對產生偏位。

如果觸頭仍會頂到槽底，則須再移動橫拖板，使之離開被測的齒形。當滾動圓盤已緊頂於尺板，這時可旋轉螺桿15使尺板移動若干距離，以期觸頭與被測工件型面接觸，並使千分表指針獲得約一轉之緊度。然後指示展開角的指針（指針7）調整到刻度盤8的零位上。此後旋轉手輪12移動橫拖板，直至觸頭尖端走至齒頂即工件轉完被測齒形的完全展開角時為止。

當觸頭離開被測齒牙時，最好用手輕輕托住觸頭，以免千分表機構遭受急驟震盪。千分表指針離原位時的偏轉就表示着被測齒形與理論漸開線的偏差。為了避免觸頭尖端不致割傷齒形起見，齒形的測量最好由齒根開始向齒頂的方向進行。

如須記錄出齒形的誤差，最好按下述格式（表2）進行記錄：

表 2

展 開 角 度	千分表所指示的偏差 (公微)
0	0
φ_1	μ_1
φ_2	μ_2
φ_3	μ_3

展開角 φ_1 、 φ_2 、 φ_3 等可由刻度盤8上任意的間隔數讀出。有了這種記錄後，即可用計算方法測定出在某一半徑上，亦即在齒高的某處上分佈有多大的齒形偏差。這種計算的方法，以後我們再談。

檢查工件另一面齒形時，有兩種測量方法：1）如果工件的齒形對稱，可在心軸上將工件翻轉過來，依照上

述程序進行檢查。2) 將觸頭的工作面調向被測齒形的那一面，重新調節測量儀。在使用後一種方法時，必須遵守下節所述的規則。

觸頭的定位及測量儀工作正確性的檢查

整個測量儀工作的正確性用附於測量儀的特種定位規(圖8)進行檢查。本定位規的用途為：

- 1) 將觸頭尖端定於尺板工作面上；
- 2) 調整觸頭尖端，使其位於通過被測量齒輪中心線垂直於尺板工作面的平面上；
- 3) 用測量漸開線的方法綜合檢驗測量儀讀數的正確性。

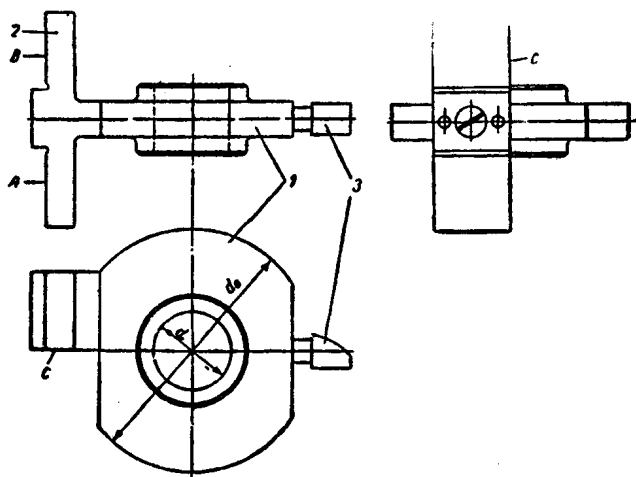


圖 8