

金屬切削机床上的 光学装置

Н. П. 薩包列夫著



机械工业出版社

金屬切削機床上的 光學裝置

Н. П. 薩包列夫著



機械工業出版社

1960

內 容 介 紹

本书研究各种光学仪器的构造原理与使用方法。这种光学仪器是用来检查机床的导向部位的平直度及其某些部件的刚性，检查机床零件振动的大小和方向以便确定被加工表面的质量和机床的某些部件在做直线和圆周运动时所产生的误差；同时也在加工过程中用来检查产品和刀具。

除此以外，本书还叙述了光学在车床上，在分度头和工作台上，在座标划线钻孔磨床和座标划线磨床上，在纵向和圆形分度机上，在加工形状复杂零件的机床上，以及在研磨量具的测量表面的机床上的应用。

本书供工程技术人员和熟练工人，以及高等工业学校和中等技术学校的学生参考之用。

苏联 Н. П. Соболев 著 'Оптика в металлорежущих станках' (Машигиз 1958 年第一版)

*

*

*

NO. 3201

1960 年 4 月第一版 1960 年 4 月第一版第一次印刷

850×1168/32 字数 194 千字 印张 7 0,001—5,600 册

机械工业出版社(北京阜成门外百万庄)出版

机械工业出版社印刷厂印刷 新华书店发行

北京市书刊出版业营业许可証出字第 008 号 定价(11) 1.30 元

目 录

原序	6
第一章 利用光学装置来检查机床导向部位的平直度, 机床零件的刚性以及振动的大小和方向	7
1. 检查机床导向部位平直度的方法和光学仪器	7
用绳和显微镜检查机床导向部位的平直度	用观察管和专用记号来检查机床导向部位的平直度
用观察管和平行光管来检查机床导向部位的平直度	用自动平行光管来检查机床的导向平直度
用光学仪器来检查机床的导向部位的平直度	
2. 确定带顶尖的外圆磨床刚性的夹具	11
3. 用SIP仪器来确定机床零件振动的方向和大小	15
第二章 利用光学装置来确定机床工作机构的直线和圆周位移的误差	16
4. 确定机床工作台或刀架直线位移的误差	16
确定丝杠螺距误差并考虑该装置的误差在内	确定由于进刀传动系统齿轮传动比和丝杠螺距的误差所引起的位移误差
确定装在主轴和丝杠之间的齿轮传动比误差	确定丝杠螺距的误差
5. 确定机床工作零件圆周移动的误差	37
确定仅用一对分度蜗杆蜗轮对时工作台迴转角度的误差	确定当具有运动系统刀具——毛坯时, 工作台迴转角度的误差
第三章 利用光学装置在加工过程中检查工具和制品	52
6. 轴承工业实验科学研究所设计的测量砂轮磨损的仪器	52
7. 轮廓仪和投影仪	54
轮廓仪	投影仪
8. 检查两个大孔的平行性和同轴性的 ПИГ-7 仪	57
9. 检查表面光洁度的仪器 МС-50	59
第四章 光学装置在带顶尖车床上的应用	62
10. 应用自动平行光管来检查主轴和尾架的同轴性, 以及在加工过程中用来装夹和检查零件	62
11. 提高现有车床纵向进刀精度的装置	63
12. 显微镜确定心和车端面用机床	65

第五章 光学装置在立式车床上的应用.....71

13. 用来制造新的立式车床的光学装置71

用来检查横梁垂直移动的光学装置 用来检查六角头移动的光学装置
用来检查刀具安装的光学装置

14. 光学装置应用在不改装的立式车床上79

15. 在现有立式车床上加工制品时测量直径和高度尺寸用的 ЛИТМО 光学装置85

第六章 光学分度头和应用光学校验普通分度头.....94

16. 带有目镜的光学分度头94

17. 带有屏幕的光学分度头 101

18. 用显微镜校验普通分度头的分度系统 109

第七章 具有光学装置的圆周分度和直角座标的工作台和

夹具..... 112

19. 光学圆周分度工作台112

20. 具有光学装置的直角座标工作台和座标夹具 122

第八章 座标划线钻镗床和座标划线磨床..... 124

21. 应用观测显微镜来确定制品座标系统的《移动》原点的座标 127

22. 在 Hauser 2-A3 型座标划线钻和镗床上应用定心显微镜来 做靠模工作 131

23. 在 Hauser 2S 型座标划线磨床上应用定心显微镜 132

24. 在莱赛座标划线钻床上应用显微镜和玻璃比例尺 135

25. 在 Hille-W.M.W. 公司的座标划线钻床上应用显微镜和玻璃比 例尺 136

26. 在 ABA 公司 VL600 型座标划线钻床上应用显微镜和金属平 面比例尺 137

27. 在 SIP 公司《液压光学 B》型座标划线钻和镗床上应用显微 镜和平面钢制比例尺 137

28. 在 H. Lindner 公司的 15 型和内圆磨床工厂的 2450 型座标划线 钻和镗床上应用显微镜和圆形金属比例尺 146

29. 在 SIP 公司 2P 型《液压光学 6》和《液压光学 7》型座标 划线钻床上应用普通的屏幕和金属平面比例尺 153

30. 在 JIP-87 型座标划线钻和镗床上应用普通屏幕和金属平面比 例尺 156

31. 在 H. Lindner 公司 LB15 型座标划线钻床上应用屏幕和圆形钢

制比例尺	160
32. 在 SIP 公司 MP-1H 型座标划线钻床上应用带《光学梳子》 的屏幕和平面金属比例尺	161
33. 在 Герман Кольб 公司 OPTA-120 型座标划线钻床上应用 J. Heidenhain (设计的) 屏幕和平面玻璃比例尺	162
34. 在 H. Kolb 公司 OPCO-175 型座标划线钻床上应用 E. 莱赛系统 的屏幕和平面玻璃比例尺	163
第九章 刻度机	166
35. 《量具》工厂和 SIP 公司的纵向刻度机	166
36. SIP 公司的圆形刻度机	169
第十章 加工形状复杂的零件的机床	172
37. 成形刨床	172
38. 按点加工锥体工作表面的带有光学测量装置的铣床	177
39. 带有放图器和显微镜的曲线磨床	181
40. 带屏幕的曲线磨床	190
带放图器、显微镜和屏幕的 УИКМЕН 公司的曲线磨床 Лёве 公司制 SP 型和 395 型带有屏幕的曲线磨床 带《超级》式屏幕的曲线磨床 带屏幕的万能曲线磨床 Цивциннать Миллинг 公司的曲线磨床	
第十一章 研磨外径精测尺和千分尺测量表面用的机床	219
参考文献	222

原 序

苏联社会主义的生产在技术高度发展的基础上正在不断地增长与完善。做为国民经济各个部門技术巨大进步基础的机械制造工业在解决这个任务中起着最重要的作用。

近年来机械制造业中，精度与生产率高的、装备着新型复杂仪器的机床的比重有了显著的提高。

为了保证机械制造业技术水平进一步的提高，必須在生产中广泛的采用光学装置。在現有設備上使用光学装置可以使各种測量工作更方便、更迅速并且更可靠，因而提高了机床的精度和效率，特别是对大尺寸的机床。

为了完成这个任务，我們的专业干部应该不断地提高自己的文化技术水平和很好地掌握新的技术；在这里就能很好地了解光学装置在机床制造业各个领域中的应用。

本书的任务是向工程技术人員和熟练工人介紹光学在金屬切削机床上的应用。

作者請讀者將所有的意見和希望寄給出版社。

第一章 利用光学装置来检查机床 导向部位的平直度, 机床零件的 刚性以及振动的大小和方向

1 检查机床导向部位平直度的方法和光学仪器

用绳和显微镜检查机床导向部位的平直度 这种检查方法如下(图1 a)。在被检查的导向部位的两端装上专用的支架1和3。在支架1上有钩用以固定钢丝, 在支架3上装有滑轮, 它当钢丝被重物4拉紧时给钢丝导正方向。

钢丝的直径近于0.1毫米, 与同一被测导向部位二端的距离应该相等。这点用显微镜2来确定。显微镜固定在滑座上, 可以沿着被检查的导向部位移动。利用显微镜的相应手轮, 首先根据眼睛观察对好显微镜的目镜, 而后把显微镜内的分划镜上十字先对准在支架1那里的钢丝的侧面母线, 然后再对准支架3那里的钢丝的侧面母线。若在显微镜内的示值一样, 那么拉紧的钢丝对于被检查的导向部位的相对位置是正确的。在相反的情况下要调节支架的横向位置。

钢丝正确地拉紧后, 就开始检查导向部位的平直度。移动带显微镜的滑座, 在显微镜内观察被检查的导向部位各段内钢丝的侧面母线。在该段内导向部位平直度误差的大小在显微镜分划镜上的十字线与钢丝的侧面母线重合后, 由显微镜上的刻度读出。

当检查带顶尖的车床或磨床时, 必须使钢丝准确地沿着机床中心线固定。

应用所研究的方法, 可以读出平直度误差的精度到0.01毫米。

测量的精度决定于钢丝在本身重量作用下下垂的程度, 以及由于地板振动, 噪音和空气流动所引起的钢丝振动情况。

当检查的导向部位长度大于20米时, 必须借用纸条浸入盛油容器中来排除钢丝的振动。

用观察管和专用记号来检查机床导向部位的平直度 这个方法可

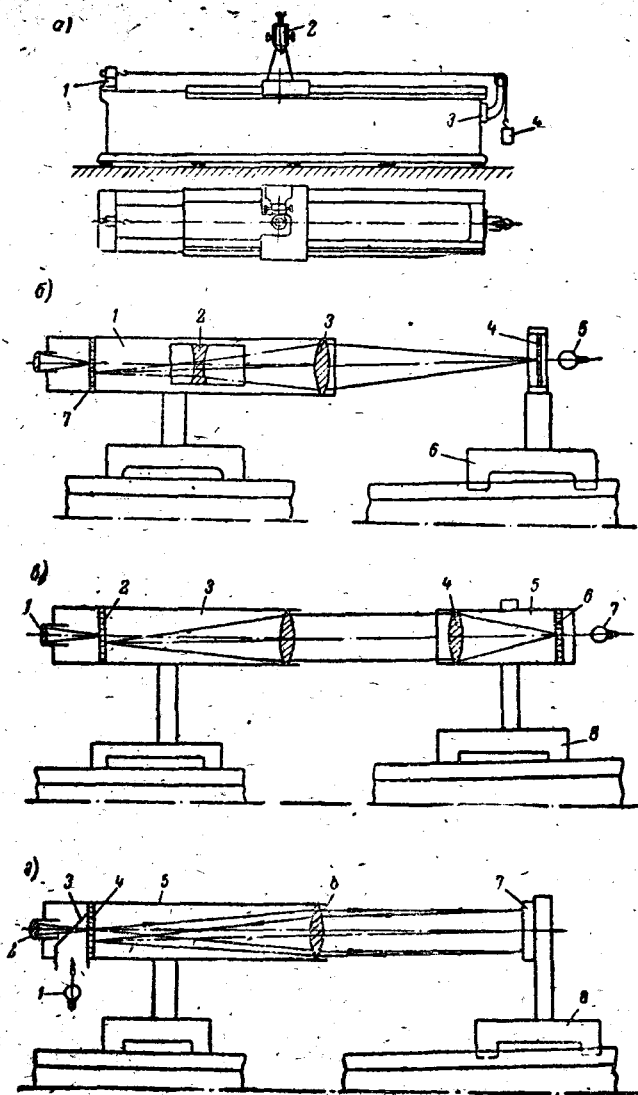


图 1 检查机床导向部位平直度的简图:

а) 借助于细绳和显微镜; б) 用观察管和专用记号; в) 用观察管和平行光管; г) 用自动平行光管。

以說是比較完善的檢查導向部位的方法，因為在這種情況下《材料的直線》——鋼絲——用《光綫》，即觀察管的軸綫來代替。

採用的檢查裝置（圖 1 6）由固定在被檢查導向部位一端的觀察管 1，帶有專用記號的玻璃板 4 和電燈泡 5 組成。電燈泡使光綫通過而照亮玻璃板。玻璃板與電燈泡裝在專用的滑座 6 上，該滑座可以沿着被檢查的導向部位移動。

開始檢查導向部位的平直度之前，必須使觀察管的軸綫精確地對準專用滑座上的專用記號。專用記號布置在被檢查的導向部位的另一端。這時專用記號的像映在目鏡的分劃鏡 7 上，由於在縱向移動透鏡 2 的結果，而精確地與分劃鏡上細十字綫的交點重合。

觀察管的光軸相對被檢查的導向部位固定在適當的位置後，沿着被檢查的導向部位移動有專用記號的滑座；而根據觀察管目鏡千分尺上的刻度讀出在目鏡分劃鏡上專用記號圖像的位移，判斷出在某一段內導向平直度的誤差。

用這種方法來檢查導向部位平直度的主要缺點是必須在縱向位置調節透鏡 2，這種調整是由於滑座沿着被檢查導向部位移動時改變了專用記號的圖像與透鏡 3 之間的焦距所致。

讀數的精度決定於觀察管的放大倍數、目鏡千分尺的讀數精度和透鏡 2 的導軌精度。

用觀察管和平行光管來檢查機床導向部位的平直度 這種裝置表示在圖 1 6 上，由觀察管 1 和固定在滑座 8 上的平行光管 5 所組成。

觀察管大致與上述檢查導向部位平直度的方法所用的觀察管具有同樣的結構。它沒有活動的雙凹透鏡，因為它在平行光束下工作。

平行光管由物鏡 4、玻璃板 6（在其分劃鏡上有十字綫）和電燈泡 7 組成。

帶有分劃鏡的玻璃板布置在物鏡的焦點上，因此，從電燈泡發出的光束，通過玻璃板和物鏡，成平行光束進入觀察管，而在平行光管內的十字圖像映在玻璃板 2 上，玻璃板 2 上有十字綫形的分劃鏡，每邊均有刻度。

在開始檢查導向部位平直度之前，必須首先把觀察管裝在被檢查

的导向部位的一端，而平行光管在另一端。

观察管必须调节到使得平行光管十字线的图像与观察管分划镜上十字线完全重合。这点完成后，沿着被检查的导向部位移动带有平行光管的滑座，并在目镜1内观察水平和垂直方向内导向部位的平直度的误差。

用今研究的方法检查导向部位的平直度比上述方法更为完善。这是因为改变平行光管和观察管之间的距离并不影响装置的工作。随之，不必要调整仪器来达到像的明晰度，因此提高了导向部位平直度的检查精度。

这种方法检查导向部位平直度在一米长度上精度可达 $0.02 \sim 0.04$ 毫米。

用自动平行光管来检查机床的导向平直度 自动平行光管（图1）由观察管5和装在滑座8上的平面镜7组成。

观察管在被检查导向部位的一端固定不动，而滑座与平面镜可以沿着导向部位移动。

观察管由目镜2、电灯光源1、透明屏幕3，刻有十字线的玻璃板4和透镜6组成。分划镜布置在透镜的焦点上。

从电灯泡发出的光束照在屏幕上，经它反射后，通过分划镜、透镜而射到平面镜7上。从平面镜上反射回来，又通过透镜进入观察管，同时从反射镜上反射出的分划镜上的十字线的图像又照射在分划镜上。分划镜上反射的十字线的像与实际的十字线的相对位置关系决定于平面镜对观察管的光轴的倾斜角。当平面镜绝对垂直于这个光轴时，反射的十字线与实际十字线重合。情况相反时，根据反射的十字线与实际十字线在水平和垂直方向误差的大小，可以判断出平面镜对于观察管的光轴不垂直度的大小，换句话说就是判断出被检查导向部位的不平直程度。

在开始检查导向部位平直度之前，把带有平面镜的滑座布置在被检查导向部位的另一端，而把观察管装成这样，使得反射的十字线与实际十字线准确地重合。而后，沿着被检查的导向部位移动带有平面镜的滑座，由目镜2观察反射的十字线对实际的十字线的位置差。

若反射的十字綫与分划鏡上实际的十字綫重合，那么平面鏡就完全垂直于观察管的光軸，也就是被檢查的导向部位是平直的。

当观察管放大20倍时，用自动平行光管測量导向部位的精度在1米长度上达0.01毫米。

用光学仪器来檢查机床的导向部位的平直度 光学仪器（图2 a）由带有目鏡4的观察管3和带有記号6的台架5所組成。

仪器装在被檢查的导向部位的一端，而带有記号的台架固定在专用的滑座上。台架可以与滑座同时沿着被檢查的导向部位一起移动。

檢查导向部位平直度之前，必須使仪器的光軸在記号处于导向部位上的极端位置时与記号的中心重合。

因为在所研究光学仪器中，在同一个平面上同时看到两个記号图像，其中一个是正立的（图2 6 位置1），而另一个是倒立的（图2 6 位置2），那么当用千分螺絲1和2調节刻度在零点位置时，为了使仪器的光軸与記号中心重合必須把两个記号的图像布置成相互对称的（图2 6 位置3）。这点用仪器上的定位手輪来实现。

在檢查导向部位的平直度时，装着台架和記号的专用滑座沿着被檢查的导向部位移动。导向部位平直度誤差的大小和方向，根据在光学仪器中記号的正立与倒立图像相对位置錯移值来决定。例如，当在垂直平面内有誤差时，記号的图像的形狀类似于图2 6 位置4，而当在水平面内有誤差时，像的形狀类似于图2 6 位置5。

若在两个平面内都有誤差，那么記号的图像类似图2 6 位置6。

借千分螺絲有可能使記号的图像恢复与原来对称位置时的图像一样，并按这些千分螺絲上的刻度来确定导向部位平直度在某一个区域内誤差的方向和大小。

仪器还附带有三个目鏡供檢查各种长度的导向部位的平直度，用它檢查导向部位平直度的精度列于表1内。

2 确定带頂尖的外圓磨床剛性的夹具

众所周知，精細磨削过程的精度，在很大的程度上决定于机床的彈性系統（零件——工具）的剛性。

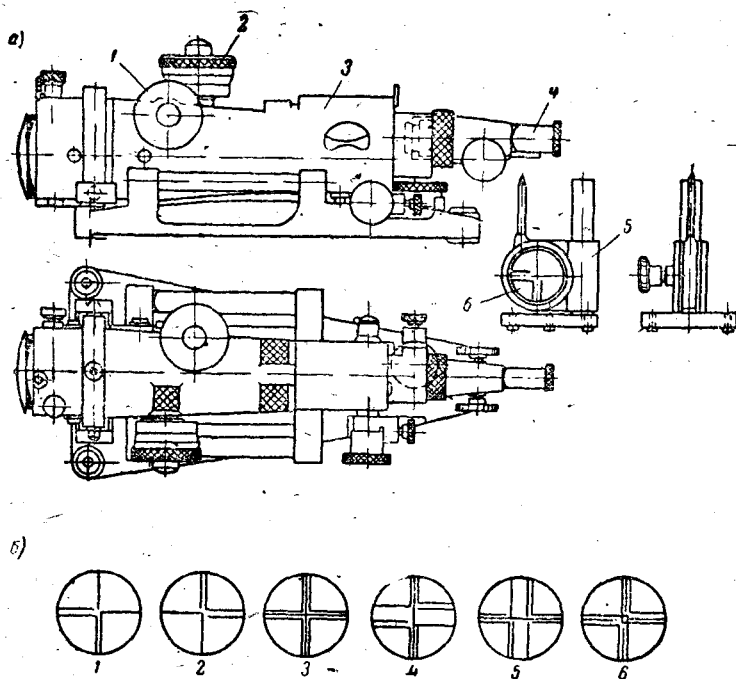


图2 用光学仪器检查机床导向部位平直度的简图:
 a) 光学仪器; 6) 平直度各种类型的误差记号图像。

表1 导向部位的检查精度

导向部位的长度 (米)	目镜放大倍数	精度(微米)
到4	4×	2~3
到10	1.6×	5~8
到30	0.53×	16~25

利用下面公式来确定刚性:

$$j = \frac{P_y}{y} \text{ 公斤/毫米}, \quad (1)$$

式中 P_y ——切削力在被加工表面法线方向的分力;

y ——在 P_y 方向工具刃部对零件的位移。

技术科学硕士 A. Г. 倍尔设计和制造了确定带顶尖外圆磨床刚性

的夹具(图3)。夹具由金属盘1, 支承2, 心轴5, 带有测量头3的
光学振动系统4, 制动装置9、10和望远镜管7, 带有目镜8的光学
指示器所组成。

金属盘代替砂轮装在机床主轴上。

支承与机床主轴固定连接, 可以与主轴一起转动。

径向有一个孔的心轴装在机床顶尖内。在心轴的孔内装带测量头
的光学振动系统和带有螺钉的套筒6。

由于装有套筒可以连接光学指示器的望远镜管和它的光学振动系
统, 也就是在机床上, 具有测量径向位移的仪器, 精度可达0.25
微米。

制动装置由螺钉9和杠杆10组成, 用来使测量头与支承2不

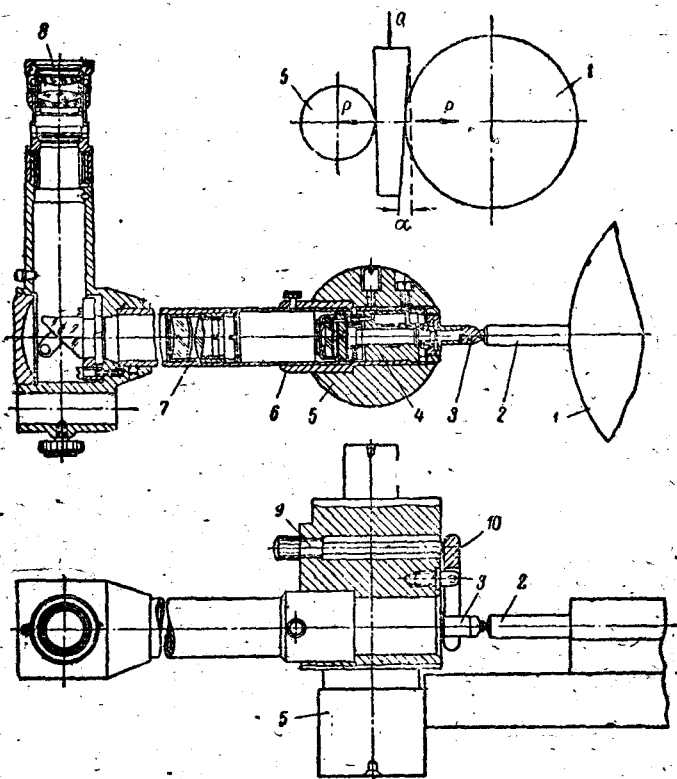


图3 用来确定带顶尖外圆磨床刚性的夹具简图。

接触。

作用在金屬盤 1 和心軸 5 上的力 Q 的水平分力 P 可按公式計算：

$$P = \frac{Q}{2\operatorname{tg}(\alpha + \varphi)}, \quad (2)$$

式中 Q ——測力計所示的垂直力(公斤)；

α ——楔子工作面的傾斜角；

φ ——摩擦角。

用在机床上的夹具的心軸所固定的光学指示器所确定的一定位移值 γ 与算出的力 P 相当。

知道了 P 与 γ ，按公式(1)求出系統的剛性(譯注：系統指机床)。

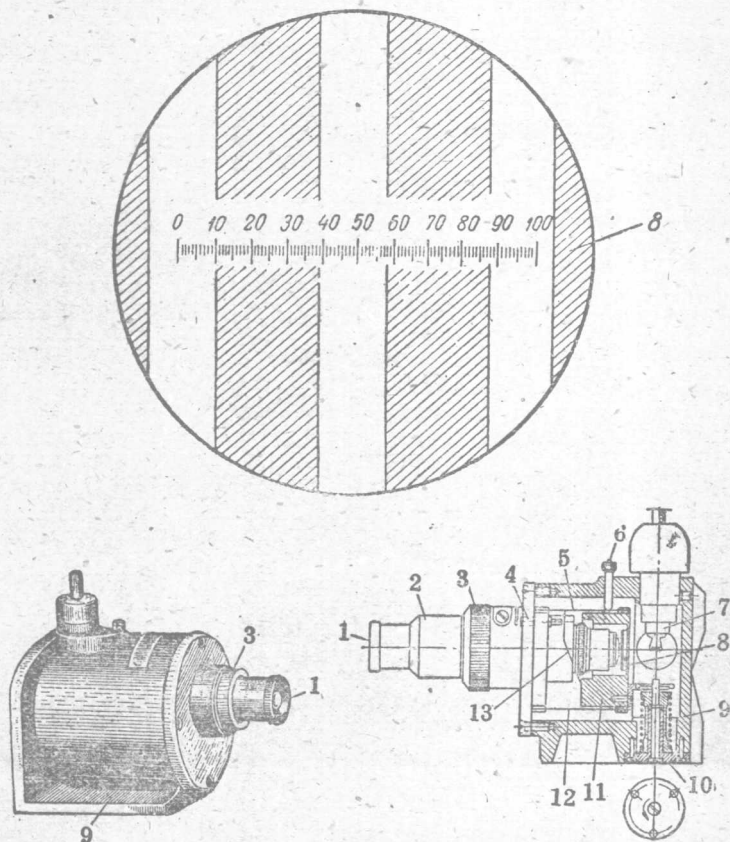


图 4 确定振动的方向和大小 SIP 仪器的结构和外形图。

3 用 SIP 仪器来确定机床零件振动的方向和大小

我們所研究的仪器（图 4）叫做微振仪，借用光学来测量水平和垂直方向振动的振幅，振幅在 2 至 500 微米范围内。

仪器最大的轮廓尺寸（ 200×200 毫米）和有很小的重量（0.75 公斤），使有可能把它固定在机器的各种形状的零件和部件上。

仪器由下列基本部分组成：显微镜 2，机体 9，惯性质量 11，发光器 7 和带有弹簧的套筒 10。

显微镜放大 375 倍，被固定在机体上，机体是由轻不锈钢合金制造的。在机体内有孔腔，而在孔腔内用两条薄的钢带 5 和 12 挂上惯性质量。惯性质量自身的振动由薄片 13 通过制动螺钉 4 消减。惯性质量的振动可由螺钉 6 制止。

与惯性质量相连接的透明薄板 8 上具有窄缝，被电灯 7 照明，电灯的电流为 0.35 安，电压为 4.5 伏。

为了确定振动的振幅，必须把仪器的机体固定在待测振动的零件上。

借暗螺母 3 把显微镜的目镜 1 调整到清楚看到薄板 8 的明条的像。向着显微镜的目镜观察薄板上的窄缝情形，可以确定在机体静止不动时，看见窄缝是很细的光线。机体开始振动时，而惯性质量静止不动，狭缝转变为明亮的条纹，它的宽度根据振动的振幅而定。当在开始时，在显微镜视界内有刻度时，可以测量出这个振幅的大小，也就是断定了所研究的机器零件振动的大小。

第二章 利用光学装置来确定机床工作

机构的直线和圆周位移的误差

当确定机床工作机构位移的误差时，必须首先研究机床工作台和刀架直线位移所用的仪器和方法，而后研究机床工作零件的圆周运动或是角度位移上所用的仪器和方法。

4 确定机床工作台或刀架直线位移的误差

机床工作台或是刀架的直线位移误差是由于机床总调整时存在的缺陷所引起的，其中包括进刀传动系统的缺陷，也包括进刀机构本身。

因此，为了判断机床在制造螺纹方面的总的调整情况，必须在该机床上切削一个或几个螺钉《试件》，而根据螺距的误差来判断这个调整的质量。关于应用机床来制造螺纹方面的质量也可以根据进刀传动系统的齿轮传动比方面的误差和进刀机构工作部分的螺距，或是齿升 h 方面的误差来断定。

因为最普通的实现直线位移的机构是丝杠——螺母，那么今后我们将研究这种机构位移中所常有的误差。

确定丝杠螺距误差并考虑该装置的误差在内 测量《试件》的螺距可以用各种各样的仪器和夹具来完成，这要根据要求的测量精度、丝杠的长度，以及要测量的丝杠已从机床上取下还是它正顶在机床的顶尖上而定。

若测量的丝杠已从机床上取下，那么螺距可以用万能显微镜，以及带有测量尺和光学装置的夹具来测量。

若测量的是正装在机床的顶尖上加工的丝杠的螺距，那么可以由两个螺母和带有目镜千分尺的显微镜的夹具来完成。

万能测量显微镜可以用来测量精度达 $2\sim 3$ 微米的螺纹。这将要求工人具有很高的技术，检查的螺纹长度不应超过200毫米。