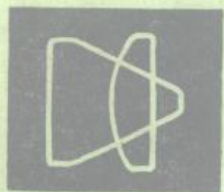


光学仪器丛书



# 工具显微镜

《工具显微镜》编写组编著

机械工业出版社



79.840  
108

光学仪器丛书

# 工具显微镜

《工具显微镜》编写组 编著

1105239



机械工业出版社

本书比较全面地介绍了工具显微镜的构造原理、仪器的使用方法和具体工件的测量以及测量结果的数据处理、仪器的检修和维护，并介绍了几种新型工具显微镜。

本书可供计量检验人员阅读，也可供光学仪器厂工人和高等院校有关专业师生参考。

## 光学仪器丛书

### 工具显微镜

《工具显微镜》编写组 编著

\*

机械工业出版社出版（北京阜成门外百万庄南街一号）

（北京市书刊出版业营业许可证出字第 117 号）

机械工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·新华书店经售

\*

开本 787×1092<sup>1</sup>/<sub>32</sub>·印张 6<sup>1</sup>/<sub>8</sub>·字数 133 千字  
1978 年 4 月北京第一版·1978 年 4 月北京第一次印刷

印数 00,001—27,000·定价 0.50 元

\*

统一书号：15033·4499

DS76/21  
前 言

在毛主席革命路线指引下，光学仪器工业战线上的广大职工，坚持以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，认真贯彻“独立自主、自力更生”的方针，高举“鞍钢宪法”的旗帜，深入开展“工业学大庆”的群众运动，使我国光学仪器工业得到了迅速发展。为了普及光学仪器知识，使广大工农兵能更好地使用光学仪器，使国产仪器在三大革命运动中充分发挥其效用，特由上海光学仪器研究室组织有关单位编写了《光学仪器丛书》。

此丛书包括显微镜、光学计量仪器、物理光学仪器、测绘仪器等方面，将按产品陆续分册出版。书的主要内容包括原理、结构、使用、维修等。

本分册由上海机械学院、上海光学仪器研究室、上海劳动仪表厂、上海工具厂执笔，在编写过程中曾得到有关单位的大力支持，在此表示感谢。

由于水平有限，在书中难免有错误之处，望广大读者批评指正。

# 目 录

第一章 概述	1
第二章 工具显微镜的构造原理	4
一、显微放大原理	4
二、坐标测量	6
1. 测量原理	6
2. 坐标测量	13
三、中央显微镜的构造	17
1. 测角目镜	17
2. 轮廓目镜	18
3. 双象目镜	19
四、立柱与照明系统	21
五、工作台	22
六、读数系统	23
七、工具显微镜主要附件	27
1. 圆工作台	27
2. 光学分度头	28
3. 光学定位器	28
4. 测量刀	31
5. 反射照明器	31
6. 中央显微镜的投影装置	32
7. 顶针架、V形架	32
第三章 仪器的使用	35
一、仪器使用前的准备	35
二、调焦和对线（压线）方法	36
1. 调焦方法	36
2. 对线（压线）方法	37

三、轴类工件的测量 .....	38
四、测量刀的法用 .....	42
1. 测量刀的选择 .....	42
2. 测量刀的安装 .....	43
3. 使用测量刀的对刀方法 .....	43
4. 测量刀的检验 .....	45
五、干涉法的实现及其优点 .....	46
1. 产生干涉条纹的原理 .....	47
2. 理想干涉条纹的产生 .....	48
3. 精确调焦 .....	49
4. 测量方法 .....	51
5. 干涉测量法的优点 .....	53
六、孔和槽的测量 .....	53
1. 接触法测量 .....	54
2. 影象法测量 .....	55
七、双象法测量孔间距 .....	55
八、直角座标法测量样板 .....	57
1. 尺寸 $L_1$ 及圆弧半径 $R$ 的测量 .....	58
2. 尺寸 $L_2$ 的测量 .....	59
九、极座标法测量齿渐开线 .....	60
1. 渐开线的形成及其特性 .....	60
2. 测量渐开线的具体方法 .....	65
十、螺纹零件的综合测量 .....	66
1. 测量方法 .....	67
2. 螺距的测量 .....	72
3. 中径的测量 .....	74
4. 牙形角的测量 .....	75
5. 外径和内径的测量 .....	76
十一、滚刀的测量 .....	76

1. 概述 .....	76
2. 滚刀的分项测量 .....	79
十二、其它测量 .....	98
1. 圆锥体的测量 .....	98
2. 曲率半径的测量 .....	101
3. 扩大使用范围 .....	110
4. 在工具显微镜上检定刻尺误差 .....	115
5. 在工具显微镜上作精密刻划 .....	115
十三、测量值的处理 .....	117
1. 直接测量的误差 .....	118
2. 直接测量值处理 .....	125
3. 测量误差的传递 .....	128
4. 间接测量值的处理 .....	132
第四章 仪器的维护与检修 .....	135
一、仪器的维护 .....	135
1. 开箱与安装 .....	135
2. 日常维护 .....	137
二、仪器的检修 .....	138
1. 纵向滑台运动直线性的检修 .....	138
2. 横向滑台运动直线性的检修 .....	143
3. 纵、横向导轨相互垂直度的检修 .....	144
4. 立柱与工作台面不垂直的调整 .....	145
5. 立柱偏摆角度示值的调整 .....	146
6. 显微镜照明系统的光轴和工作台不垂直的校正 .....	146
7. 中央显微镜放大倍数的调修 .....	147
8. 纵、横向刻尺在投影屏上象不清晰的校正 .....	149
9. 纵、横向刻尺在投影屏上成象位置的校正 .....	150
10. 纵、横向投影读数放大倍数的校正 .....	151
11. 顶针轴线与纵向滑台移动方向不平行的检修 .....	151

12. 顶针轴线与立柱转轴不相交的修复 .....	152
13. 测角目镜的修复 .....	154
第五章 几种新型的工具体显微镜 .....	161
一、JX 型投影读数万能工具体显微镜 .....	162
1. 仪器构造 .....	163
2. 仪器光学系统 .....	165
3. 操作使用上的特点 .....	169
二、JGW-1S 型数字式万能工具体显微镜 .....	172
1. JGW-1S 型数字万能工具体显微镜工作原理 .....	174
2. JGW-1S 型数字万能工具体显微镜基本构造 .....	176
3. 仪器的光学系统 .....	181
4. JGW-1S 型数字万能工具体显微镜光电转换器的调试 .....	183
三、积木式工具体显微镜 .....	184



# 第一章 概 述

工具显微镜是一种用途很广的计量光学仪器。它在国防工业、机械工业，特别是在精密机械工业上的作用越来越显得重要，是现代的机械制造厂不可缺少的计量工具。在实现我国农业、工业、国防和科学技术现代化的进程中，工具显微镜的作用将会更大，同时工具显微镜也会在这一进程中不断完善和获得更快的发展。

由于工具显微镜是一种用途很广的计量工具，具有一定的万能性和灵活性，可对各种工件进行复杂的计量工作，因此它是人们掌握自然规律，并利用这种规律改造世界的有力手段，工具显微镜的演变就是例证。最早出现的工具显微镜是由生物显微镜发展而来的。我们知道，生物显微镜只能观察微小物体，但无法进行测量。由于生产的发展，当时工业（包括军事工业）的要求，需有一种工具能够比较精确地测量各种机械零件的几何形状和尺寸，于是就出现了测量范围比较小的测量显微镜（又称工场显微镜）。随后由于工业的发展，要求不但能够测量较小的工件，还要求能测量大的工件，几何形状复杂的刀具等，于是又出现了万能工具显微镜和重型万能工具显微镜。这样，不但满足了工业生产的需要，而且由于解决了工业生产上的问题，促进了工业的发展。因此，我们可以说工具显微镜产生于生产活动，是为生产服务的；生产的发展，机械工业的前进，又提供了高精度的导轨、滚动轴承、精密丝杆、刻度机等，使工具显微镜不

断完善。反过来说，由于工具显微镜的不断完善和发展，又会促进生产的向前发展，这就是它们之间辩证统一的相互关系。

工具显微镜用途是很广的。它可用于测量长度和角度以及检验几何形状复杂的零件。仪器结构可供作直角座标、极座标、加上附件还可作圆柱座标测量。测量对象：柱形、块状零件、齿轮、螺纹、锥体及样板、凸轮、切削刀具（铣刀、滚刀、丝攻等）复杂零件。仪器带有多种附件，运用这些附件可大大扩大工具显微镜的使用范围，如使用轮廓目镜，则可进行复杂零件的轮廓比较测量，使用双象目镜，则可快而准确地确定零件上两孔间的中心距离……。因此，工具显微镜是机械制造厂必备仪器，也是计量实验室、科学研究单位、学校不可缺少的基本仪器。

目前，国内工具显微镜型号颇多，但按结构简繁和测量范围大小可分为：

- 1) 测量显微镜（工场显微镜）；
- 2) 小型工具显微镜；
- 3) 大型工具显微镜；
- 4) 万能工具显微镜；
- 5) 重型或超重型万能工具显微镜。

若按读数方法又可分为：

- 1) 目视式工具显微镜；
- 2) 投影式工具显微镜；
- 3) 数字式工具显微镜。

现将各种工具显微镜的基本参数列于表 1-1。

(单位: 毫米)

表 1-1

项 目	工具显微镜 等级	测量 显微镜	组合小型 工具显微镜	大型工具显微镜	万能工具显微镜	重型万能 工具显微镜
座标工作台测量范围不 小于		0~50 0~15	0~50 0~25	0~150 0~75	0~200 0~100	0~500 0~200 0~200
最小 分度 值	座标工作台 圆工作台 测角目镜 分度头	0.01 6' — —	0.01 1', 5'	0.001 2' 1' 3'	0.001 30" 1' 1'	0.001 10" 1' 6"
精 度	仪器的最大不准 确度不应超过: 纵向 横向 竖向	0.0085 0.007 —	0.005 0.003 —	0.005 0.003 —	仪器分划尺 不进行修正 修正表进行修正 0.0035 0.0025 0.0015	0.006 0.003 0.005
	圆工作台	6'	1', 5'	2' 1'	30" 1'	12" 1'
	测角目镜	—	—	3'	1'	20"
	分度头	—	—	—	—	—
中央显微镜的放大倍数	30×; 80×	30×; 100×; 400×	10×; 30×; 50×; 100×	10×; 30×; 50×	10×; 30×; 50×	10×; 30×; 50×
物镜放大倍数	3×; 8×	3×; 10×; 40×	1×; 3×; 5×; 10×	1×; 3×; 5×	1×; 3×; 5×	1×; 3×; 5×
目镜放大倍数	10×	10×	10×	10×	10×	10×
根据放大倍数中央显微 镜的物方视场直径不小于 立柱的倾斜范围左右各 不小于	4.0; 1.5	6.6; 2; 0.5	20; 6.6; 4; 2	20; 6.6; 4	20; 6.6; 4	20; 6.6; 4
	—	12°	12°	12°	12°	15°

## 第二章 工具显微镜的构造原理

工具显微镜是计量光学仪器的一种。它的基本组成部分是：中央显微镜、立柱与照明系统、纵横向滑台和读数系统等。

目前，国产工具显微镜型号很多，其基本组成和测量原理大同小异，本章在介绍工具显微镜构造原理时，以 XGT-1 型大型投影工具显微镜和 19JA 万能工具显微镜为例。下文中所述工具显微镜如不说明，皆指 XGT-1 型和 19JA 型工具显微镜。

### 一、显微放大原理

显微镜原理在计量光学仪器中应用很广，工具显微镜的中央观察系统就是一个显微系统。

显微镜是由两组透镜组成的。靠近物体的一组叫物镜，靠近眼睛的一组叫目镜。为了便于说明它们的工作原理，我们用两个单透镜来代表物镜和目镜。两个透镜的配置和光路如图 2-1。其特点是显微镜物镜的象方焦点与目镜的物方焦点之间相隔一段距离  $\Delta$ （称为光学筒长）。调节物镜到物体 AB 的距离，使物体在物镜的焦点稍外处，由物镜造成一个放大倒立的实象 A'B'，这个实象在目镜的物方焦点略后一点，再由目镜起放大作用，在明视距离处可看到经过二次放大的虚象 A''B''。

根据显微镜两次放大的道理，显微镜的放大倍数  $\Gamma$  是物

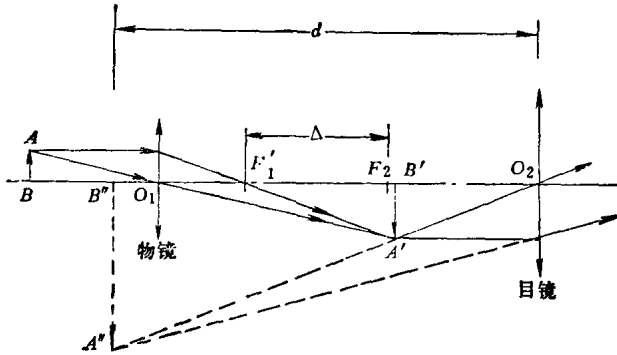


图2-1 显微放大原理

镜的放大倍数  $\beta$  和目镜的放大倍数  $\gamma$  的乘积，即

$$\Gamma = \beta\gamma$$

物镜的放大倍数可由下式求得：

$$\beta = \frac{\Delta}{f_{\text{物}}}$$

式中  $f_{\text{物}}$ ——显微镜物镜焦距；

$\Delta$ ——显微镜光学筒长。

目镜起放大作用，其放大倍数为

$$\gamma = \frac{d}{f'_{\text{目}}}$$

式中  $d$ ——明视距离， $d = 250$  毫米；

$f'_{\text{目}}$ ——显微镜目镜焦距。

在某些工具显微镜中，除中央显微镜外，读数系统也采用显微镜读数。而本书所介绍的 XGT-1 型和 19JA 型，都采用了投影读数。它是将物体（标尺）照明后，按一定放大倍数成象于影屏上，然后进行读数的。投影系统的放大倍数

可按下式求得：

$$\beta = \frac{\eta'}{\eta} = \frac{l'}{l}$$

式中  $\eta$  —— 物体大小；

$\eta'$  —— 象的大小；

$l$  —— 物距；

$l'$  —— 象距。

由上式可知，当物距一定时，改变象距即可调整放大倍数。工具显微镜中投影读数系统往往利用这一原理来校正放大倍数，同时，利用物象关系，通过测量象的大小（物体大小已知），来检查放大倍数的正确性。

投影系统也可用于中央显微系统中，即在显微系统中加上投影系统，将显微系统所成的象和分划板一起投影到影屏上，如 XGT-1 型中央显微镜可加投影系统（见图 2-2）。此时系统的放大倍数为显微物镜放大倍数与投影系统放大倍数的乘积。

## 二、座标测量

### 1. 测量原理

#### （1）仪器的光学系统

工具显微镜是作绝对测量的，仪器上带有长度基准元件——刻尺和角度基准元件——度盘。

图 2-2 和图 2-3 为 XGT-1 型大型投影工具显微镜的光学系统图。它由中央显微系统和投影读数系统两部分组成。

中央显微系统（见图 2-2）：照明灯 1 通过聚光镜 2、8，反射镜 3、7，滤光片 4，场镜 5，可变光栏 6，照明置于玻璃工作台 9 上的工件，由主物镜 10 通过转象棱镜 11、棱

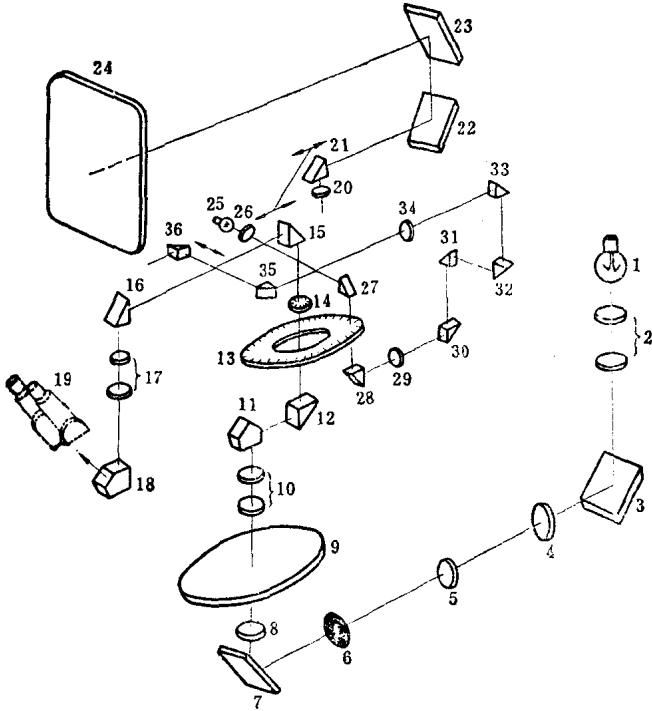


图2-2 XGT-1型大型投影工具显微镜  
中央显微系统光路图

- 1—照明灯 2、8—聚光镜 3、7、22、23—反射镜 4—滤光片  
5—场镜 6—可变光栏 9—工作台玻璃板 10—主物镜  
11、18—转象棱镜 12、15、16、21、27、28、30、31、32、  
33、35、36—棱镜 13—度盘 14—米字分划板 17—接物镜  
19—双目显微镜 20—投影物镜 24—影屏 25—照明灯  
26—聚光镜 29—读数物镜 34—读数分划板

镜 12 将工件清晰地成象于米字分划板 14 上，再经棱镜 15、16、18 转象，由接物镜 17 成象，最后由双目显微镜 19 进行观察或者经投影物镜 20、棱镜 21、反射镜 22、23 在影屏 24 上观察。

照明灯 25 经聚光镜 26 和棱镜 27 照明度盘 13，由读数物镜 29 和棱镜 28、30、31、32、33 将度盘刻线成象于读数分划板 34 上，再经棱镜 35 由变换视场的棱镜 36 进入中央显微系统，由双目显微镜 19 观察和读数。

投影读数系统（图 2-3）：纵向投影读数系统中，纵向刻尺 6 由照明系统 1~5 照明，通过  $5\times$  物镜 7、9 和棱镜 10 成象在纵向游标 11 上，再经转象系统 12、15、17、18 及  $1\times$  物镜 13、14 和  $10\times$  投影物镜 16 把刻尺和游标刻线成象在影屏 19 上进行读数。

横向投影读数系统（图 2-3 中 20~35），其工作原理与纵向投影读数系统完全一样。

图 2-4 为 19JA 万能工具显微镜光学系统图，它与 XGT-1 型大型投影工具显微镜一样，由中央显微系统和投影读数系统两部分组成。

## （2）仪器的测量原理

使用工具显微镜，可根据工件的形状、大小，采用不同方法进行测量，一般有如下三种方法：

### 1）影象法测量原理（图 2-5）

影象法测量是利用中央显微镜的米字分划板进行瞄准的。测量时，先用米字分划板上的十字线的一根瞄准工件影象的边缘，并在读数器上读出数值，然后移动工作台，以同一根分划线瞄准工件影象的另一边，再作第二次读数。由于玻璃刻尺固定在工作台上并与工作台一起移动，因此，读数



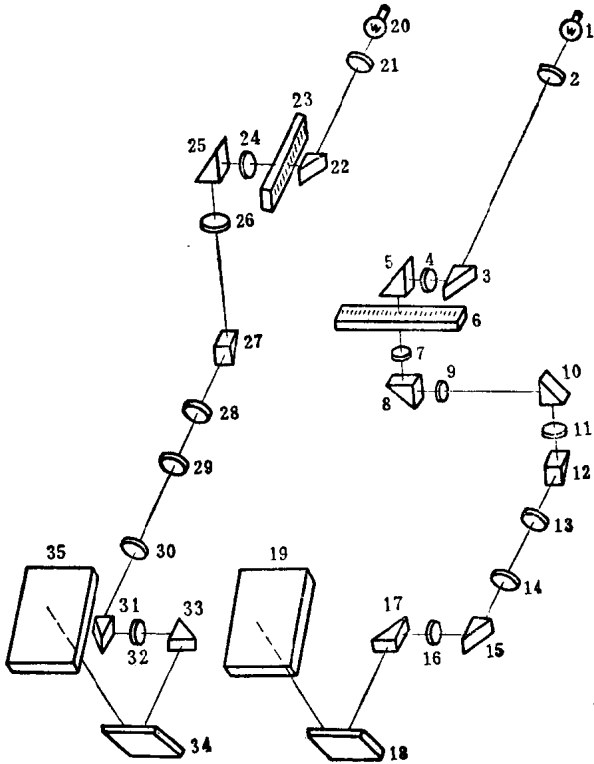


图2-3 XGT-1型大型投影工具显微镜  
投影读数系统光路图

1—纵向照明灯 2、4—聚光镜 3、5、8、10、12、15、17、  
22、25、27、31、33—棱镜 6—纵向刻尺 7、9—5×物镜  
11—纵向游标 13、14—1×物镜 16—10×物镜 18、34—反  
射镜 19—纵向影屏 20—横向照明灯 21—聚光镜 23—横  
向刻尺 24、26—5×物镜 28—横向游标 29、30—1×物镜  
32—10×投影物镜 35—横向影屏