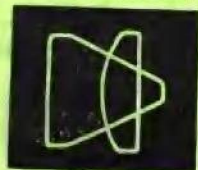


光学仪器丛书



光学分度头和 光学分度台

《光学分度头和光学分度台》编写组

机械工业出版社

本书比较详细地介绍了光学分度头和光学分度台的结构原理、使用方法及维护、修理知识，尤其对常见故障及排除方法作了简明的叙述。

本书可供机械加工工人、检测人员及有关技术人员阅读。

光学仪器丛书
光学分度头和光学分度台
《光学分度头和光学分度台》编写组

*

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 $\frac{1}{32}$ ·印张 $5\frac{1}{2}$ ·插页 2·字数 118 千字

1979年9月北京第一版·1979年9月北京第一次印刷

印数 00,001—17,500·定价0.47元

*

统一书号：15033·4703

前 言

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，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、测绘仪器等几方面，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。

本分册由上海第三光学仪器厂、浙江大学执笔，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，书中难免有错误之处，望广大读者批评指正。

目 录

前 言

第一章 概 述	1
一、光学分度头	1
二、光学分度台	2
第二章 光学分度头的结构原理	7
一、光路系统	7
1. 显微光路原理	8
2. 二次放大投影光路原理	8
3. 一次放大投影光路原理	10
二、主轴系统	11
1. 主轴系统作用	11
2. 主轴系统型式	12
三、传动系统	17
四、锁紧系统	19
五、测微系统	22
1. 光学测微	22
2. 机械测微	24
六、尾座结构原理	27
七、阿贝测量头结构原理	29
第三章 光学分度头的使用和保养	32
一、光学分度头使用前的准备工作	32
1. 使用前的检查	32
2. 使用前的调整	34
二、光学分度头一般的保养	39
三、光学分度头用于角度测量	40

四、光学分度头用于分度测量	42
五、光学分度头用于坐标测量	44
1. 用光学分度头测量凸轮	44
2. 测量圆柱斜齿轮螺旋角	46
第四章 光学分度头的自检和调修	48
一、光学分度头的自检	48
1. 工作台工作平面的平面性	48
2. 工作台工作侧面的平直度	51
3. 分度头和尾座定位靠止面对工作台工作侧面的平行性	51
4. 读数装置放大倍数的正确性	52
5. 光学分度头的示值误差	54
6. 主轴的径向跳动	58
二、光学分度头的拆卸步骤	59
1. 拆卸顶尖	62
2. 拆卸投影成象部分	62
3. 拆卸照明部分	62
4. 拆卸锁紧部分	62
5. 拆卸传动部分	62
6. 拆卸主轴部分	63
三、光学分度头的调修	63
1. 主轴旋转不稳、有阻滞	66
2. 主轴顶尖综合跳动大	66
3. 主轴线与工作台工作平面不平行	67
4. 主轴线与工作台侧平面不平行	68
5. 主轴线与工作台工作平面的不垂直	69
6. 金属度盘示数不对	70
7. 拉杆拆卸顶尖失去作用	70
8. 照明不均匀	70
9. 视差	73

10. 视场缺陷	77
11. 成象不正确	78
12. 放大倍数不正确	81
13. 测微机构失效 (空程、阻滞)	82
14. 传动不平稳、阻滞	83
15. 传动空程及其他毛病	85
16. 锁紧系统失效	86
17. 锁紧引起度盘走动	87
第五章 光学分度台的结构原理	88
一、JCH-3 型光学分度台的光路读数系统	90
1. 光路系统	90
2. 测微机构	95
3. 调零机构	96
4. 读数方法	96
二、轴系	97
三、传动机构	98
四、锁紧机构	100
第六章 光学分度台的使用	102
一、使用前的准备工作	102
二、光学分度台作为机床附件使用	103
1. 负荷	103
2. 分度台的安装	104
3. 工件的装夹	104
4. 分度到需要的位置的方法	104
三、光学分度台作为检验仪器使用	105
1. 多面棱体的法线位置误差和中心角误差	106
2. 中心角误差计算公式	108
3. 具体的测量方法	111
4. 数据处理	113

第七章 光学分度台的维护和修理	118
一、光学分度台的精度鉴定	118
1. 工作台台面的不平度	118
2. 工作台台面的端面跳动度	118
3. 轴系回转轴线对底面的不垂直度	119
4. 工作台的中心定位孔对轴系回转轴线的径向跳动	121
5. 最大分度误差	124
二、光学分度台的日常维护和保养	129
三、JCH-3 型光学分度台的调整和修理	129
1. 机械部分	130
2. 光学部分	133
第八章 光学分度头和光学分度台介绍	143
一、GFT(S1)型光学分度头	143
1. 仪器工作原理	143
2. 仪器结构的主要特点	146
3. 仪器的使用	150
二、GF5 型光学分度头	151
1. GF5 型光学分度头的主要技术规格	152
2. GF5 型光学分度头的结构特点	152
三、东德 P3 型光学分度头	156
1. P3 型光学分度头的主要技术规格	157
2. P3 型光学分度头的结构特点	157
四、另一种 JCH-3 型光学分度台	162
五、YG80 型光学分度台	164
六、OMT 12 英寸万能光学分度台	167

第一章 概 述

一、光学分度头

光学分度头是应用光学原理进行角度测量或加工的计量仪器，被广泛地应用在机械工业各部门及计量单位。

光学分度头的特点是结构简单，操作方便。它的转动角度可以通过光学系统直接读数，不用象机械分度头那样需经过繁琐的计算，并且其准确度比机械分度头高得多。同时，光学分度头的读数机构与传动机构互不相关，这是一般机械分度头所无法做到的，因此其指示精度不受蜗轮和蜗杆的制造精度及各种传动零件的磨损等影响。所以光学分度头被广泛地应用于计量室、金加工车间及实验室检查或者加工凸轮、凸轮轴、花键轴、分度板、刻度盘以及其他需要精密角度测量的零件。当缺少专用仪器时，也可以用光学分度头来测量精密齿轮、精密丝杆、蜗杆、刀具（拉刀、滚刀……）等的部分参数，还可以用来测量自整角机的转角误差。

光学分度头型式各异，种类繁多，但大致可以分为以下几类：

（1）按读数方式分类

1）目视式（亦称显微读数式）光学分度头

这类分度头采用显微目镜读数方式，因此连续长时间的工作，人眼极易疲劳，并容易发生差错。

2）投影式（亦称影屏读数式）光学分度头

这类分度头采用了投影屏读数方式，从而改善了观察、

读数条件，避免了因人眼疲劳而引起的差错。

3) 数字式（亦称数字显示式）光学分度头

这类分度头采用电子数字显示读数方式，从而大大减轻了工作强度，避免了人为的瞄准及读数误差，读数直观，测量效率高。

(2) 按精度等级分类

1) 低精度光学分度头

示值误差为 $20''$ ，最小格值为 $1'$ 和 $10''$ 的光学分度头，常用于车间中的精加工及检验，也可以用于计量室。

2) 中精度光学分度头

示值误差为 $10''$ （和 $12''$ ），最小格值为 $5''$ （和 $6''$ ）的光学分度头，常用于工厂计量室和车间精密加工及检验。

3) 高精度光学分度头

示值误差为 $1'' \sim 4''$ ，最小格值为 $0.1'' \sim 2''$ 的光学分度头，一般用于计量单位精密测量，亦可于科研实验室作精密测量之用。

表 1-1 中列出了主要的一些国产光学分度头的型号与主要技术规格。

二、光学分度台

光学分度台（又称光学圆转台）和光学分度头一样，也是一种用来进行圆分度的工具，在机械、航空、仪表、电子等工业部门有广泛用途。它可以作为精密铣床、镗床、坐标镗床、磨床及其他高精度机床的附属设备，对零件进行圆分度，用来加工钻模、多面体、分度板、齿轮、样板和其他有精密分度要求的零件。另外，光学分度台也可用来作为精密的角度测量仪器。

表1-1 部分国产光学分度头主要技术指标

规格 型号	GFT (S1)	1021	GF5	FG130 -Y5	1011	TF5	JJF10JFGH	F10	TF5	JJC6	14G	TF10
基本参数												
仪器读数方式	数显	投影	投影	投影	投影	投影	投影	投影	投影	投影	目视	目视
中心高(毫米)	160	150	130	130	130	135	130	130	130	135	130	130
主轴配合锥孔 (标准莫氏)	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4
尾座配合锥孔 (标准莫氏)	4	4	2	2	2		4	3	4	2	1	1
主轴旋转范围(度)	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360	0~360
主轴倾转角度(度)	0~90	0~90	0~90	0~90	0~90	0	0~90	0~90	0~90	0~90	0~90	0~90
示值误差(秒)	1	4	10	10	10	10	10	10	10	12	20	20
秒分划格值(秒)	0.1	2	5	5	5	5	5	5	5	6	10	10
分分划格值(分)		5	5	5	5	5	1	5	5	5	2	2
度盘格值(度)		1	1	1	1	$\frac{1}{2}$	1	1	1	1	1	1
投影(显微) 物镜放大倍数		50	40	45	40	37.52	66	45	40	48	50	50

分度台的分度可以用机械的方法，这就是机械式的分度台。它是用带读数鼓轮的精密蜗杆带动蜗轮和工作台进行分度工作的，也有的是利用端面齿盘作为分度定位基准的。这些机械型式的分度台虽然结构较简单，但是因为不可避免的机械磨损，使用过程中精度逐步下降，寿命较短。

光学分度台是利用一个度盘和一套对度盘上的刻线进行瞄准测微的光学放大装置来分度定位的。作为角度基准元件的度盘用玻璃或金属制成，少数分度台有用多面体作为基准的。在工作中，其光学部分如光学度盘、镜头等不存在机械磨损，其中用到的一些机械零件虽有磨损，但对分度精度的影响已大为减少，所以光学分度台精度较高，使用寿命较长，读数舒适清晰，也便于维修。虽然它的结构比机械式的分度台复杂，但因有上述有利的方面，使用日益广泛。目前，高精度的分度台大多采用光学读数形式。

在光学分度台上进行加工或测量的零件是安装夹紧在分度台的台面上的，分度台多数的工作状态是台面处于水平位置，即分度台的轴处于铅垂位置。分度台底面尺寸大、重心低，结构强固，刚性好，轴和支承都允许承受较大的载荷，所以在光学分度台上，一般来说可以放较重的工件并承受较大的切削力，而又不致影响其精度。因此，光学分度台虽然和光学分度头同为圆分度的工具，但各有长处，应该根据不同的用途选择使用。

为了适应机械加工和测量的多种需要，光学分度台有各种型式。

按照工作台面的位置来看，除了水平的光学分度台以外，还有水平和垂直两用的光学分度台，万能的即台面可以倾斜任意角度的光学分度台，也有少数台面垂直位置（即轴水平

位置)专用的分度台。

从对度盘刻线作瞄准读数的形式来看,有:

- 1) 目镜测微型式,或者简称目镜式;
- 2) 投影测微型式,或者简称投影式;
- 3) 电子数字显示型式。

以上1)、2)二种读数型式,目镜式可以用功率较小的照明光源(如2瓦的小白炽灯泡),所以发热少,同时观察时因为眼睛紧靠目镜,受周围环境亮光的影响也比较小;而对投影式来说观察比较舒适和方便,特别是对佩带眼镜的使用者来说更是如此。因为投影测微型式结构并不复杂而又能简化操作、提高工作效率,所以目前使用此种型式的仪器日渐增多。

随着生产和科学技术的发展,对于3)种形式,要求仪器在提高测量精度的同时,进一步提高读数效率和计测自动化的程度。目前,由于计量光栅、光电编码盘等方法应用于计量仪器,把光、机、电结合起来,使读数实现数字化,这是计量仪器的一个重要进展。但是,电子数字显示型式和前二种读数型式比较,前者需要一整套电子设备,仪器比较复杂。

近年来,还出现了用程序控制的能自动分度的分度台,则进一步提高了自动化的程度。

光学分度台台面的驱动,有手动和电动二种(也有手动、电动两用的)。尺寸较大的分度台,工作台转动需要较大的力矩,所以都用电动的型式。

分度台的分度精度可分为两级,根据不同的工作台直径,要求如下:

分度台直径	I 级精度	II 级精度
≤ 200 毫米	8"	16"
$> 200 \sim 350$ 毫米	6"	12"
$> 350 \sim 500$ 毫米	5"	10"
$> 500 \sim 800$ 毫米	4"	10"
$> 800 \sim 1500$ 毫米	4"	10"

万能分度台的工作台除了可以绕轴作 360° 的转动外，还可以在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 的范围内倾斜。万能分度台倾斜分度精度，根据不同的工作台直径有：

万能分度台直径	倾斜分度精度
≤ 200 毫米	1.5'
$> 200 \sim 350$ 毫米	1.5'
$> 350 \sim 500$ 毫米	1'
$> 500 \sim 800$ 毫米	1'

第二章 光学分度头的结构原理

为了正确合理地使用光学分度头，并进行必要的维修工作，必须对光学分度头的结构原理有比较详细的了解。虽然光学分度头的种类比较多，具体结构也各有特点，但其原理都是基本一致的。不管什么型式的光学分度头（主体）都是由下列几个部分组成：壳体鞍形座部分、主轴系统、传动系统、锁紧系统、照明系统和读数系统。其中壳体鞍形座部分主要起组合各部件并加以准确定位的作用，而且光学分度头进行大修理时也不必拆动，故不多叙述。下面从光路系统、主轴系统、传动系统、锁紧系统、测微系统等几方面来介绍光学分度头（主体）及主要附件（尾座、阿贝测量头）的结构原理。

一、光路系统

光学分度头是应用光学原理进行角度测量的仪器，因此光路系统是它的主要系统，起着关键作用。光源发出的并经滤光片成人眼感觉舒适的单色光，照射安装在主轴上的度盘，并经过一整套物镜组将度盘刻线成象在读数视场中，显示出分度头的旋转角度。为了知道分度头旋转角度的微数，光路系统中还必须具有供测微用的分分划板和秒分划板。另外，考虑到分度头的结构、安装和使用，光路系统中还必须具有棱镜、反射镜等通用光学零件。光学分度头的光路系统有显微光路系统、投影光路系统和数显光路系统三种（数显光路

系统的光学原理见第八章一、1.)。

1. 显微光路原理

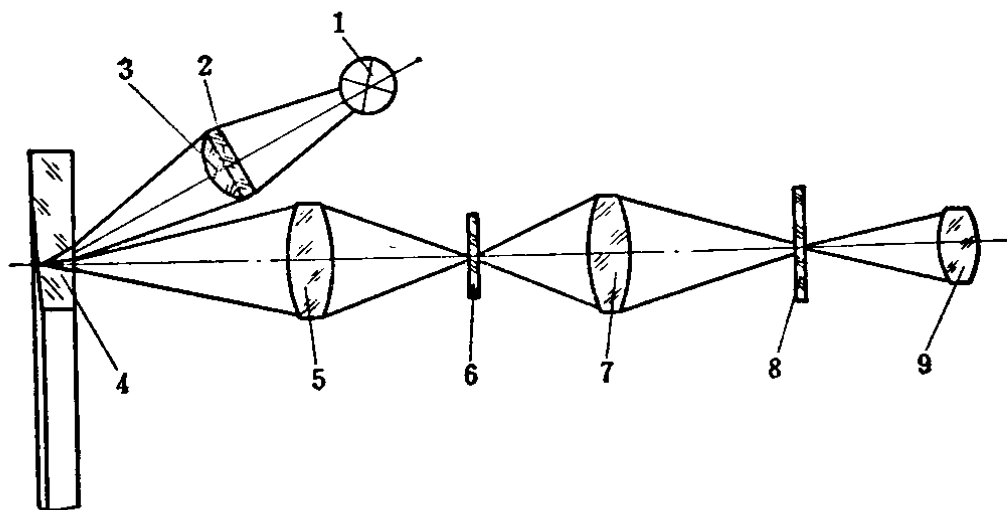


图2-1 显微光路系统原理图

- 1—光源 2—滤光片 3—聚光镜组 4—度盘 5—前物镜组
6—秒分划板 7—后物镜组 8—分分划板 9—目镜

如图 2-1 所示，光源 1 发出的光线，经滤光片 2 及聚光镜组 3 成单色光，照射度盘 4。经度盘反射面反射后，将度盘刻线经前物镜组 5 成象在秒分划板 6 的分划面上，再经后物镜组 7，将秒分划线和度盘刻线一次放大象一起再一次成象在分分划板 8 的刻划面上。然后就可以通过目镜 9 进行观察读数了。因这种光路系统是采用了类同显微放大成象原理，由眼睛贴近目镜观察视场，故称显微光路系统或称目视式光路系统。

在国产的 TF10 和 14G 型光学分度头中就是采用了这种原理的光路系统。

2. 二次放大投影光路原理

光学分度头的投影光路有一次放大投影光路和二次放大投影光路二种。图 2-2 所示即为二次放大投影光路原理。光

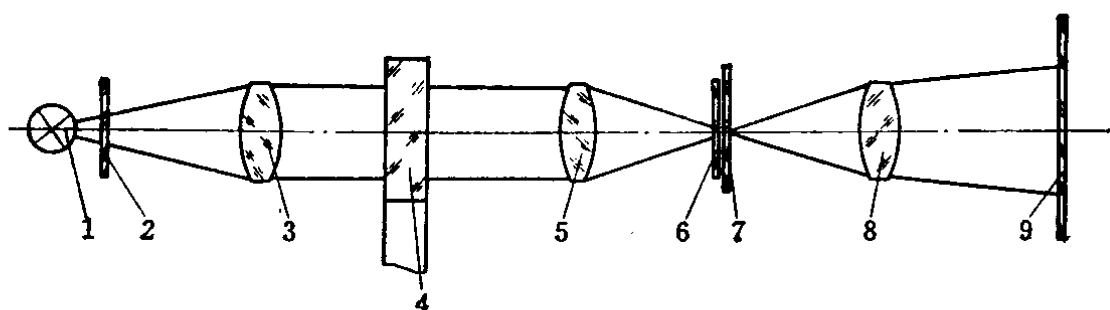


图2-2 二次放大投影光路原理图

1—光源 2—滤光片 3—聚光镜组 4—度盘 5—前物镜组
6—秒分划板 7—分分划板 8—后物镜组 9—投影屏

源 1 发出的光线经滤光片 2 及聚光镜组 3 成单色平行光，照射度盘 4。度盘刻线经前物镜组 5 成象在秒分划板 6 及分分划板 7 的刻划面上（有些光学分度头中把秒分划板 6 和分分划板 7 合为一个零件）。再经过后物镜组 8 将度盘刻线象和分分划线、秒分划线一起成象在投影屏 9 上进行读数。这种度盘刻线是经过二组物镜先后放大二次（相对秒、分分划线而言）成象在投影屏上的，故称为二次放大投影光路。

这种光路系统的结构相对来说较复杂，装校时互相牵连关系多。首先它要保证在投影屏上其度刻线、秒刻线、分刻线成象清晰，没有视差。要达到这一目的，主要是分分划板和秒分划板的刻划面应几乎接近成一个平面，也即相互间距应很小。不然，经过后物镜组 8 放大后会在投影屏上引起明显的视差，且度盘刻线也无法成象至同它们一样清晰。但一般来说，分分划板与秒分划板间应可以相互位移，以便于测微。但相互间距又不能太小，不然会因相互位移而摩擦，损坏光学零件，故它们的间距一般为 0.01 毫米左右（有的分度头中分、秒分划板合为一体，例如，F10 型分度头等则无此问题）。另一方面，要保证分刻线与度刻线的放大倍数及秒刻线

与分刻线的放大倍数的正确性。装校和调修时，二者必须同时兼顾和保证。

在国产的 GF5、FG130-Y5、JJC6 型光学分度头中就是采用了这种二次放大投影光路原理。

3. 一次放大投影光路原理

如图 2-3 所示，光源 1 发出之光线经滤光片 2 及聚光镜组 3 成单色平行光，照射度盘 4，然后经物镜组 5 将度盘刻线直接成象在秒分划板 6、分分划板 7 及投影屏 8 上（有的光学分度头中这三个零件合为一体或其中二个零件合为一体）。这种光路系统的结构简单，零件数量少，因此装校也比较方便。但这种光路也要保证秒刻线、分刻线和度刻线在投影屏上的清晰度，即应无视差，为此常将秒（或分）分划面作为投影屏面。但不论哪种形式，在装校方面或对秒、分刻划面的间距要求方面都比二次放大投影光路的要求低得多。但是，由于分分划线未经放大，故与度刻线放大率之差就很大，所以对光路计算、象差校正要求就高了。同时还会引起扇形理论误差（因度刻线是呈径向刻划的），必须加装场镜或特殊装配予以纠正。

国产的 JJF10 型光学分度头光路系统就采用了这种一次

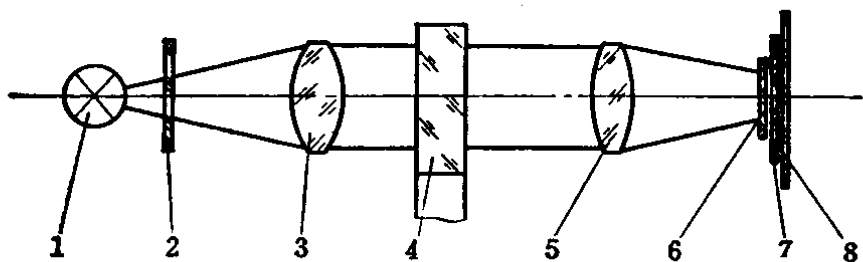


图2-3 一次放大投影光路原理图

1—光源 2—滤光片 3—聚光镜组 4—度盘 5—投影物镜组
6—秒分划板 7—分分划板 8—投影屏