

国外

光学仪器发展概况

上海光学仪器厂光学仪器研究室 编
上海科学技术情报研究所



上海科学技术情报研究所

毛主席语录

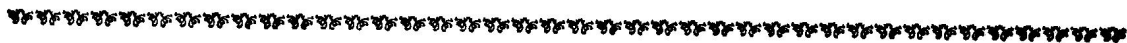
备战、备荒、为人民。

“知彼知己，百战不殆”，仍是科学的真理。

对于外国文化，排外主义的方针是错误的，应当尽量吸收进步的外国文化，以为发展中国新文化的借镜；盲目搬用的方针也是错误的，应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化。

我们不能走世界各国技术发展的老路，跟在别人后面一步一步地爬行。我们必须打破常规，尽量采用先进技术，在一个不太长的历史时期内，把我国建设成为一个社会主义的现代化的强国。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。



前 言

伟大领袖毛主席亲自发动和领导的波澜壮阔的无产阶级文化大革命，有力地促进了我国社会主义革命和社会主义建设的飞跃发展。奋战在光学工业战线上的广大工人、革命干部和革命科技人员，以战无不胜的毛泽东思想为武器，高举革命大批判的旗帜，狠批了叛徒、内奸、工贼刘少奇的“专家治厂”、“爬行主义”和“洋奴哲学”等反革命修正主义黑货。发扬了自力更生的精神，大搞群众运动，使生产和科研面貌发生了深刻的变化，创造了资产阶级庸人所意想不到的奇迹，闯出一条多快好省发展我国光学工业的道路。我国的光学工业是一个新兴的工业部门，在国民经济中占有重要的地位。在毛主席革命路线的光辉指引下，一个大办光学工业的高潮，正在我们伟大的社会主义祖国兴起。

伟大领袖毛主席教导我们：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”为了适应我国光学工业迅速发展的需要，根据毛主席“应当以中国人民的实际需要为基础，批判地吸收外国文化”的教导，我们将最近搜集到的国外资料，加以整理，粗略介绍国外光学工业的生产概况，光学计量仪器、物理光学仪器、显微镜和测绘仪器的现状及其发展趋势，新工艺和新材料的应用情况。供战斗在光学工业战线上的同志们参考。

由于我们对毛泽东思想学习得不够，加之经验缺乏和水平有限，难免有错误之处，恳请批评指正。

一九七一年五月

目 录

一、生产概况.....	(2)
二、光学仪器的现状.....	(3)
2.1. 光学计量仪器	(3)
2.2. 物理光学仪器	(7)
2.3. 显微镜	(11)
2.4. 测绘仪器	(13)
三、光学仪器的发展趋势.....	(22)
3.1. 数字读数技术	(22)
3.2. 激光技术	(26)
3.3. 全息摄影技术	(26)
3.4. 纤维光学	(27)
3.5. 电子计算机的应用	(29)
四、新工艺的发展情况.....	(30)
4.1. 光学零件加工技术	(30)
4.2. 精密刻度技术	(34)
4.3. 衍射光栅的刻划技术	(35)
4.4. 真空镀膜技术	(37)
五、新材料的应用情况.....	(38)
5.1. 光学玻璃	(38)
5.2. 光学晶体的培养	(39)
5.3. 塑料的应用	(39)
六、参考文献.....	(43)
七、附录：光学仪器厂名对照.....	(45)

国外光学仪器发展概况

利用光学原理进行各种观察、测量和分析工作的仪器称为光学仪器。它广泛应用于国防工业和国民经济建设的各部门。通常光学仪器包括：光学计量仪器、物理光学仪器、显微镜、测绘仪器、光学测试仪器、天文光学仪器、野外观察仪器、医用光学仪器、照相机和电影机械等。下面仅把前四类仪器的国外发展的情况作一简述。

光学仪器的发展大致可分为三个阶段：

1. 第二次世界大战前

光学仪器已有近三百年的历史，但是光学仪器工业是在本世纪初才逐渐发展起来的。在第一次世界大战期间，德、美、日和英国的光学仪器工业都转入军事生产，由于扩军备战以及战后的工业和科学技术的发展，才促使它有较大的进步。例如，随着互换性要求的提高，促进了光学计量仪器的发展；为了精确分析物质的成分而发展了物理光学仪器；为了满足工业、医学和生物学日益增长的需要而发展了显微镜；为了地形、建筑和农田水利的勘测，发展了大地测量仪器；对于山脉起伏和幅员广大的国家，为了寻求高效率的成图方法而发展了航测仪器等等。到了第二次世界大战时，光学仪器已初步形成系列。

2. 第二次世界大战一五十年代

在这期间，光学仪器的发展比较缓慢。它的发展主要表现在：改进仪器的结构，扩大仪器的使用范围和增加产量等方面。

3. 六十年代以来

由于电子工业的迅速发展，给光学仪器的产品改革，实现光、机、电相结合提供了良好的基础。自从1963年西德奥普托厂生产了数字式的小型工具显微镜以后，数字式光学仪器有了很大发展。激光的发展，又为光学仪器开拓了新的领域。由于电子计算机的应用，大大缩短了光学设计的周期，设计出高效能的光学系统。所以在六十年代里光学仪器又有了较大的发展。

一、生产概况

“敌人一天天烂下去，我们一天天好起来。”毛主席的科学论断深刻地揭示了历史发展的规律。帝国主义和现代修正主义已日薄西山，气息奄奄，市场萎缩，通货膨胀，货币贬值，经济危机重迭而来。世界革命人民的反美怒潮一浪高过一浪，罢工运动起伏此起彼伏，把美帝打得焦头烂额。第二次世界大战后，美帝发生了五次经济危机，工业生产普遍下降，纸老虎原形毕露。例如1967年的一次经济危机，原钢产量比1965年下降11%，汽车减产了二百多万辆。挂在战车上的光学仪器，由于疯狂地扩军备战，才使其产值挣扎在1966年的水平，危机后稍有回升(见表1)。

美国的光学仪器工业是畸形发展的。例如激光测距、通讯和跟踪技术，激光武器，全息摄影技术，微光夜视仪器等军用光学仪器发展得比较快。而民用光学仪器则基础薄弱，品种不齐，供不应求。例如光学计量仪器、测绘仪器和显微镜等依赖西德和日本进口。

在美帝扶植下，妄图重温“大东亚共荣圈”的日本军国主义，大肆掠夺国外资源，榨取劳动人民血汗，疯狂地扩军备战，才使日本的工业发展得比较快。1969年日本的国民生产总值仅次于美国和苏联。

日本的光学仪器工业发展得比较快，例如精密机械和光学仪器的产值，1968年比1960年增加了一倍半(见表1)。但仪器的质量不稳定。日本的光学仪器工业发展不平衡，这是唯利是图的资本主义制度的恶果，如

光学仪器的产值中，照相机就占了一半，而一半以上的照相机是依赖国外市场的。

表1 精密机械和光学仪器的历年产值(百万美元)

国 家	年 份								
	1960	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968
美 国	5911	5604	5678	6117	6603	7624	8841	9500	11370
西 德	641	679	679	705	756	765	817	826	856
日 本	132	154	192	231	280	257	293	312	349
英 国	/	/	/	/	/	700	720	763	872
法 国	103	115	113	108	110	115	126	113	133

在美帝扶植下的西德，战后也发生了多次经济危机，给垄断资本家以沉重打击。例如1967年发生的第四次经济危机，使主要工业部门的生产比1965年平均下降了3.5%，而精密机械和光学仪器的产值挣扎在1965年的水平上。西德是资本主义国家中光学仪器发展较早、基础较好的国家，也是目前光学仪器最发达的国家。据1968年统计，光学仪器工厂(不包括照相、电影机械和眼镜)有127家，职工15710人，年产值为334百万马克，劳动生产率每人每年为21,260马克。

从表2可见，西德的精密机械与光学仪器工业的产值和销售额，从1965年到1968年都处于停滞状态，发展非常缓慢。

美、日和西德是资本主义世界中经济实力比较强的国家。这些国家尚且如此萧条，那末经济本来就已衰退的英、法、意以及社会帝国主义的苏联，更是处于日薄西山的困境。例如英国1968年的光学仪器产值就比1967年下降了10%。

表2 西德精密机械和光学工业的产值及销售(不包括钟表工业)

年 份	产 值		总 销 售 额		国 内 销 售 额		出 口		进 口	
	百万马克	年增长率(%)	百万马克	年增长率(%)	百万马克	年增长率(%)	百万马克	年增长率(%)	百万马克	年增长率(%)
1965	3060	+10.7	3084	+8.8	1604	+5.2	1480	+13.1	447.5	+26.1
1966	3270	+6.8	3346	+8.5	1719	+7.2	1627	+9.9	522.8	+16.8
1967	3304	+1.0	3437	+2.7	1695	-1.4	1742	+7.1	561.5	+7.4
1968	3424	+3.6	3570	+3.8	1622	+4.3	1943	+11.8	606.8	+8.1

二、光学仪器的现状

伟大领袖毛主席教导我们：“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。”为此目的，我们选载了六十年代后期生产和试制的部分仪器，借以说明光学仪器的现状，以供分析研究之参考。这些仪器必然存在着许多缺点，特别是资本主义国家为了争夺市场、牟取暴利所搞的标新立异和华而不实的東西。因此我们一定要去粗取精、去伪存真，以达“洋为中用”之目的。

下面就光学计量仪器、物理光学仪器、显微镜和测绘仪器的发展现状和新技术的应用情况，作一简要说明。

2.1. 光学计量仪器

光学计量仪器是计量基准的传递和工厂计量的必备仪器。

长度计量 国外干涉比较仪的现有水平参见表3。目前在长度计量方面，采用光电瞄准、投影读数、数字读数、自动示值和用激光作为光源等措施，进一步扩大测量范围，提高测量的效率和精度，并且简化了操作。西德奥普托厂在1970年制成了数字式测长仪，如图1所示。采用计量光栅系统，测量范

围为200毫米，读数为0.2微米，精度为0.1微米。美国仪器实验公司在1970年制成了MARK II型激光干涉仪，测量范围为0~45米，测量精度见表3。该仪器的特点是：体积小、重量轻（标准件计30公斤）、坚固和便于携带、激光的预热时间较短（五分钟）、能自动补偿温度和气压所产生的误差。整台仪器包括：干涉仪、读数装置、数据处理装置和打印装置，整个系统装在带有示波器的小车上。整台干涉仪的价格为1.86~3万美元。目前美国还有杜尔公司、光学机械公司和佩肯·埃尔姆公司生产。据报道在1968年销售了100台，预计在1973年要增加五倍。日本的奥林巴斯厂试制成10米激光测长机，读数为0.1微米，精度为0.2微米 $\pm 10^{-6}L$ （L为测量的长度）。

角度计量 直接测量精度为0.1秒，比较测量精度为0.01秒，干涉测角仪的精度达0.01秒。近年来，由于电子技术的应用，实现了测量过程的数字化，例如光栅光电测角仪的精度达1秒，23位的编码盘的读数约为0.2秒。西德的莱茨厂制成了数字式的光学分度头，采用径向光栅计量系统，读数为1秒，如图2所示。

表3 国外干涉比较仪

名 称	光 源	测 量 范 围 (毫米)	精 度 (微米)	国 家
一米干涉比较仪	Kr 86	1000	0.01	美、瑞士、加拿大
激 光 干 涉 仪	氦-氖激光器	1000	0.025	美
激 光 干 涉 仪	氦-氖激光器	12000	0.05	美
激 光 干 涉 仪	氦-氖激光器	20000	0.25	美
MARK II 型 激光干涉仪	氦-氖激光器	45000	恒温室 0.5 ± 1 个计数值 车 间 1.0 ± 1 个计数值	美、英

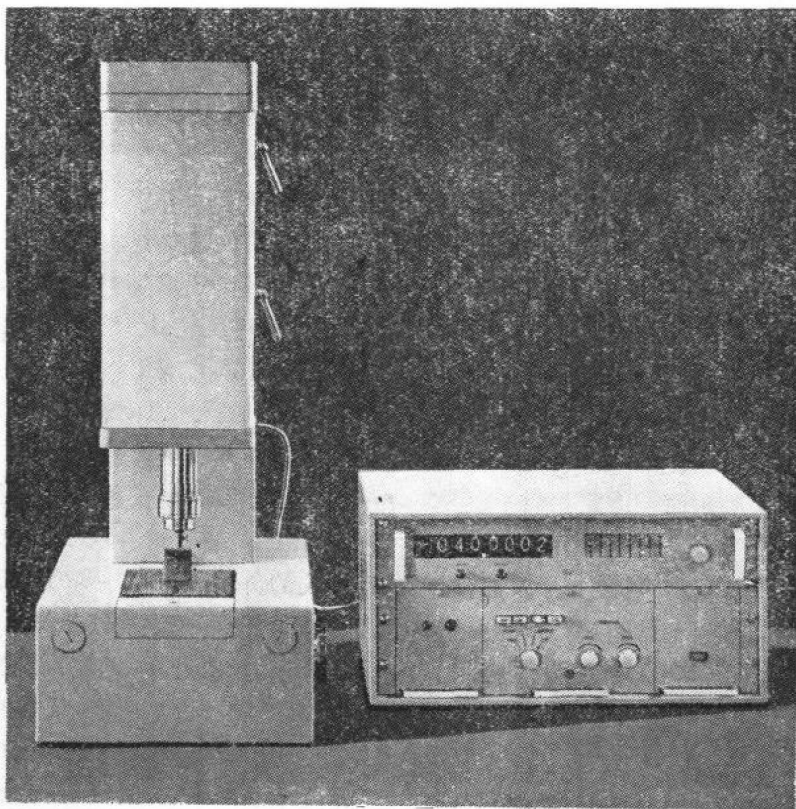


图1 数字式测长仪

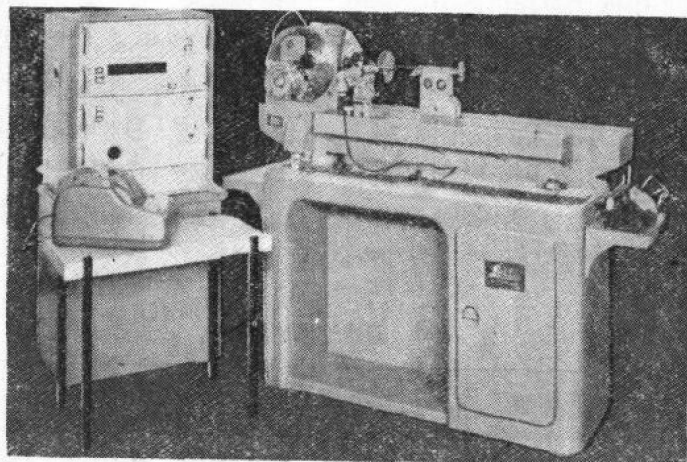


图2 数字式光学分度头

瑞士的西普厂在1970年试制成422M型数字式重型万能工具显微镜,如图3所示。测量范围 $400 \times 200 \times 200$ 毫米,仪器的读数值为0.1微米,仪器有33种附件,可作多种测量工作。该仪器是Trioptic型的改型,用伺服马达来驱动工作台,在三个坐标上进行

自动定位和数字读数。西德、民德和日本也生产数字读数的小型 and 大型工具显微镜。数字式的三坐标测量机也早有商品,见表4。在工具显微镜的机械结构方面,向组合式发展。西德莱茨厂和日本奥林巴斯厂在1970年生产的数字式大型工具显微镜上附有光电显微

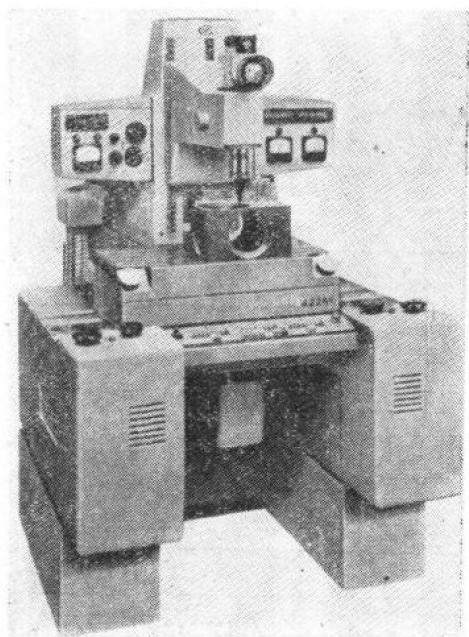


图3 数字式重型万能工具显微镜

镜,供作瞄准定位用,向计量过程的自动化发展。

目前投影仪向大型化、长工作距离、增加附件和扩大用途发展。例如英国光学测量工具厂的 WP-100 型投影仪的投影屏面积为 1000×1500 毫米,放大倍数为 10、20、50 和 100。采用数字读数技术,并附有轮廓投影附件,它是一台多用途的万能性仪器。精密的轮廓投影仪和各种用途的机床投影仪也发展相当快。万能投影仪是最近发展之一,它的投影屏可作测量或者定位用,并增加附件,除了满足投影仪用途之外,还有用来代替工具显微镜或者三坐标测量机的趋势。美国鲍许·隆公司在 1965 年制成三坐标万能投影仪,投影屏直径为 500 毫米;工作台的移动范围 $x=200$ 毫米, $y=100$ 毫米和 $z=175$ 毫米,采用投影读数,读数值为 2.5 微米。日本光学厂生产 V-24A 型万能投影仪,投影屏直径为 600 毫米,测量范围 $x=50$ 毫米, $y=25$ 毫米,采用数字式的光电编码盘,最小读数为 1 微米。

英国的希尔格·瓦茨厂生产一种 12 型

的光电测微平行光管,读数为 0.05 秒。该厂还生产一种带有伺服系统的光电测微平行光管,读数精度为 0.1 秒。

1967 年美帝佩肯·埃尔姆公司制成了激光准直仪,由 5600 型低功率激光器、CD-1 型的对中器、电表和电源装置组成。采用氦-氖气体激光器,发出波长为 6328 埃、直径为 10 毫米的激光束。对中器是由四个硅光电池组成,成对地同桥式电路相接。当对中器偏离激光束时,就产生差异信号,经积分电路和选择器开关输入到指示仪表上,进行读数。图 4(a) 是测量直线性的情况。图 4(b) 是检验机床时的情况。利用二组四象限对中器,除了能测量上下和左右的偏移外,还可以测量偏转。测量偏转的方法是:将四象限偏光板放在对中器的前面,利用相对于气体激光的线偏振光来测量偏转。测量范围达 100 米,仪器的分辨率为 2.5 微米/30 米。所以应用激光准直仪扩大了测量范围,提高了测量的精度和效率,并且简化了操作。

用双管显微镜和干涉显微镜分别测量 $\nabla_3 \sim \nabla_9$ 和 $\nabla_7 \sim \nabla_{14}$ 的表面光洁度,不但能测量外表面,而且还可以直接测量内表面。由于全息摄影技术的发展,进行了全息干涉显微镜的研究,并试制成样机。

战后的光学计量仪器进展缓慢,直到六十年代由于电子技术和计量光栅数字显示技术的发展,才有较大的进展。现把进展情况叙述如下:

1. 观察方法 从单筒观察发展到双筒观察和投影观察。

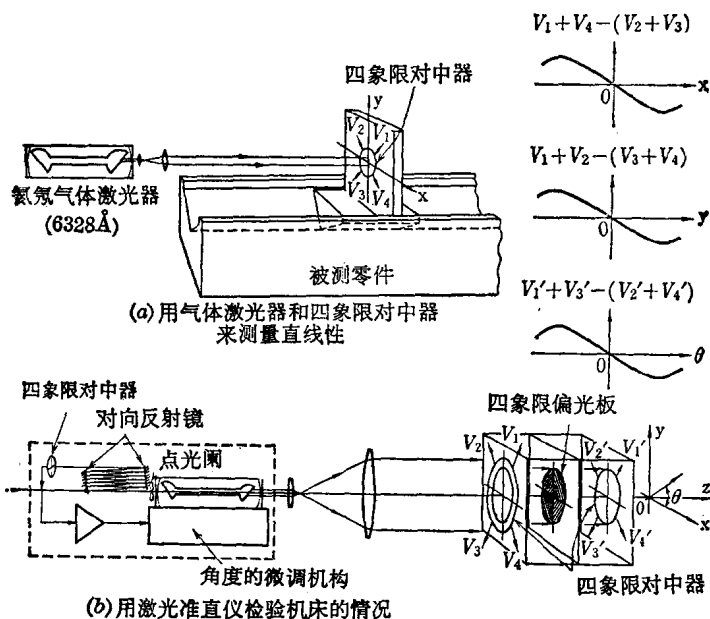
2. 读数方法 发展投影读数和数字读数,并应用了自动记录技术。投影读数是目目前简化操作的普遍措施。数字读数技术发展也很快,迄今为止,数字式光学计量仪器已有二十多种,请参见表 4。

3. 发展干涉仪器 例如测量端度、线纹、角度、平直度、平面性、球面和表面光洁度的干涉仪以及生产过程中控制用的干涉仪。

表4 数字式光学计量仪器*

序号	名称	型号	厂名	国家	测量范围			最小读数		精度		数字显示原理	年份	备注
					X 毫米	Y 毫米	Z 毫米	微米	秒	微米	秒			
1	小型工具显微镜	WMM100/50	奥普托	西德	100	50		2				电气和机械方法	1963	
2	光电测量显微镜	LEM1	奥普托	西德	0.02			0.001					1968	
3	分度台	LEM10	奥普托	西德	0.1			0.01					1969	
4	立式测长仪	WTV	奥普托	西德					1		1	电气和机械方法	1968	
5	立式测长仪	DZ200	奥普托	西德	200			0.2				计量光栅数字显示方法	1970	
6	万能比较仪		茨	西德	150			0.2				计量光栅数字显示方法	1967	
7	万能比较仪	200	茨	西德	200			0.2				计量光栅数字显示方法	1967	
8	大型工具显微镜	500	茨	西德	500			0.2				计量光栅数字显示方法	1970	
9	投影仪	OM-20	茨	西德	150	75		0.5				计量光栅数字显示方法	1969	投影屏直径为500毫米 物镜放大率: 10×、 20×、50×和100×
10	凸轮检查仪		茨	西德	203	76		1				计量光栅数字显示方法		
11	光学分度头		茨	西德	150			1				计量光栅数字显示方法		
12	投影仪	600K	威士	西德	200	50			1		1		1969	投影屏直径为600毫米
13	分度台	210	海顿哈茵	西德	150	50			0.1				1971	
14	大型工具显微镜		蔡司	民德					3		1	光电编码盘	1971	
15	三坐标重型万能工具显微镜	S1P422M	西普	瑞士	400	200	200	10				用光电显微镜扫描标尺	1970	
16	小型工具显微镜		奥林巴斯	日本	100	75		0.1				光电编码盘	1969	
17	大型工具显微镜	MTM	奥林巴斯	日本	150	75		1				计量光栅数字显示方法	1968	
18	立式测长仪		奥林巴斯	日本	100			1			1	计量光栅数字显示方法	1968	
19	坐标测量机		奥林巴斯	日本				1				计量光栅数字显示方法		
20	光学分度头		奥林巴斯	日本										
21	大型坐标测量机		奥林巴斯	日本										
22	万能投影仪	V24A	东京光学	日本	500	500		1			6	光电编码盘	1969	投影屏直径为1000毫米 物镜放大率: 5×、10×、 20×、50×和100×
23	万能投影仪	1000	日本光学	日本	50	25		1				光电编码盘	1969	
24	三坐标测量机		津上	日本				1					1969	
25	三坐标测量机	Cordex 100	菲纳梯	英国	1828	762	203	2.5			25	计量光栅数字显示方法	1971	
26	三坐标测量机	Cordax 200	贝迪克斯	美国	254	305	254	13			5	计量光栅数字显示方法	1970	
27	三坐标测量机	Cordax 300	贝迪克斯	美国	635	483	356	13			5	计量光栅数字显示方法		
28	三坐标测量机	Cordax 500	贝迪克斯	美国	635	483	630	13			5	计量光栅数字显示方法		
29	投影仪	P500	贝迪克斯	美国	1016	630	914	25			5	计量光栅数字显示方法		
			通用电子机械公司	法国				1					1970	投影屏直径为500毫米 物镜放大率: 10×、 20×、50×和100×

* 不包括干涉比较仪。



4. 提高测量精度 基准测量仪器的精度逐步提高。采用纤维光束装置定位的重复精度达 0.005 微米。光电显微镜的瞄准精度可达 0.005 微米。

5. 激光的应用 由于激光具有良好的单色性、方向性和光强大的特点,所以用激光作为光源能进一步简化仪器的结构,扩大测量范围,提高测量的效率和精度。

6. 光学纤维的应用 西德制成了光学纤维长度计量装置。民德蔡司厂生产的 P₁ 型投影分度头的照明装置采用了光学纤维束,简化了仪器的结构。

7. 动态检验和控制 如上所述,计量光栅数字显示技术应用于光学计量仪器,已有许多产品,然而它还可以应用于生产过程的检验,也可以通过反馈系统进而控制生产过程。已用于坐标镗床、滚齿机、精密车床和光栅刻划机的控制。例如英国国家物理实验室利用计量光栅系统来校正滚齿机的误差,滚齿精度为 4 秒,在用梅顿方法制造光栅母丝杆的精密车床上,利用计量光栅系统进行误差的校正,车床的精度达 ± 0.025 微米。苏联国立光学研究所已用计量光栅系统来控制

光栅刻划机,提高了光栅的质量。近年来,迅速发展着的激光干涉仪也已应用于车间。

8. 计量过程的自动化 要实现计量过程的自动化,必须具备如下条件:

(1) 要求检测系统自动化,例如对被测零件的端面、刻线、孔中心位置等不用人眼能自动地检测;

(2) 自动进行测量数据的处理,即测量值的评价,制成数字表或曲线图并能穿孔输出,以供进一步加工;

(3) 工作台能在三个方向自动驱动和定位。例如日本的奥林巴斯厂的 MTM 型大型工具显微镜就带有能检测端面的光电狭缝目镜装置和检测小孔中心位置的光电孔中心检测器,能全自动检验丝杆。

2.2. 物理光学仪器

利用物理光学原理进行物质分析的光学仪器称为物理光学仪器。它广泛应用于机械制造、冶金、地质、石油、化工、制药、农业以及科学研究之中。物理光学仪器包括发射光谱仪器、吸收光谱仪器以及偏振、折射、干涉和衍射测量仪器三类。现把当前的发展现状作

一简述。

在三十年代就形成了摄谱仪的基本系列。嗣后,摄谱仪的发展,主要表现在利用光栅作为色散元件,目前光栅摄谱仪的生产已普及。采用光栅作为色散元件的优点是:

1. 克服了棱镜材料缺乏的困难。
2. 扩大光谱分析范围,例如在远紫外区光栅还是唯一的色散元件。
3. 提高了分辨率,例如焦距为 3.4 米的平面光栅摄谱仪,色散率可达 0.1 埃/毫米数量级,实际分辨率可达 30 万。

1944 年美国 ARL 公司首先生产光量计,用光电直读法代替人眼观测和照相机法,大大提高分析速度、精度和可靠性。例如在 2~3 分钟内就可以分析五十多个元素。因此推动了发射光谱仪器的发展。目前美国、英国、苏联、日本、民德、西德、意大利、比利时、法国等都相继生产光量计,产品的型号有五十多个,使用也日益广泛。

近年来,把电子计算机同分析仪器联用,直接控制炉前分析,其应用日益广泛了。特别是冶金工业,由于大型高炉和转炉的出现,一炉的冶炼量很大,若分析错了则报废量很大,因此要求分析的高度可靠性。为了缩短

冶炼周期,提高生产效率,要求加速分析过程。为了提高合格率和质量,不仅要求炉中分析,而且要进行原料和辅料的分析,所以试样的种类和数量不断增加。电子计算机同分析仪器的联用,能够恰当地满足了上述的要求。例如在 1968 年日本的钢铁工业中,使用十多台电子计算机来控制炉前分析。

图 5 是光量计和电子计算机联用时的方框图。它是同萤光 X 分析仪一样,只有试样的激励系统不同,而测光系统大致相同。通常一台电子计算机联接 2~4 台分析仪器,用手动或自动回路来切换使用。用火花发生器使试样发光,引入分光器进行分光,谱线强度是通过测光装置来积分,依次进行扫描,并把测光信号输入到放大器,再经模拟数字转换器,送至演算回路。在记忆回路中,事先记忆表示计算处理方法的计算程序以及所需的各种常数,控制回路是按照计算程序向演算回路输送指令。根据测光信号进行含量的计算。将计算的数据通过输出回路送至打字机、磁带穿孔器以及炉前指示器,有时也记忆在记忆回路中。

例如用一台电子计算机来控制一台光量计和一台萤光 X 分析仪,分析高炉和转炉的

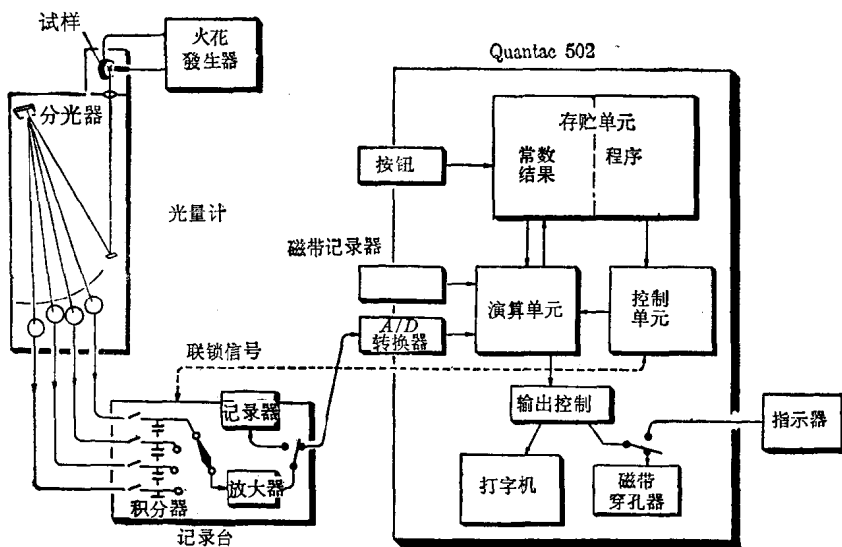


图 5 光量计和电子计算机联用时的方框图

八种试样,由一个人来操作,八小时内可分析210个试样,并进行三次漂移的修正。

在摄谱仪的配套设备方面,近年来发展了自动记录或者数字式的测微光度计(图6)

和光谱投影——测微光度计(图7)等新产品。并把电子计算机和测微光度计联用,直接打出分析元素的含量,进一步提高了分析的精度和效率。

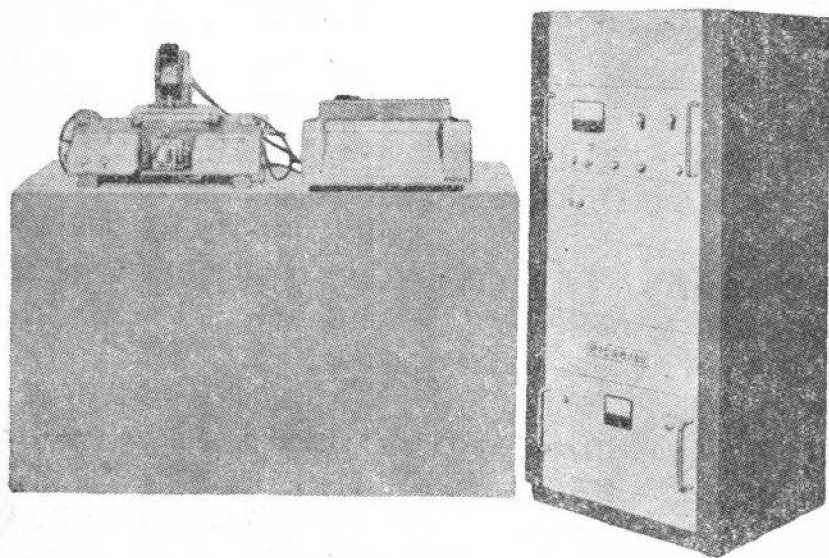


图6 自动记录式测微光度计

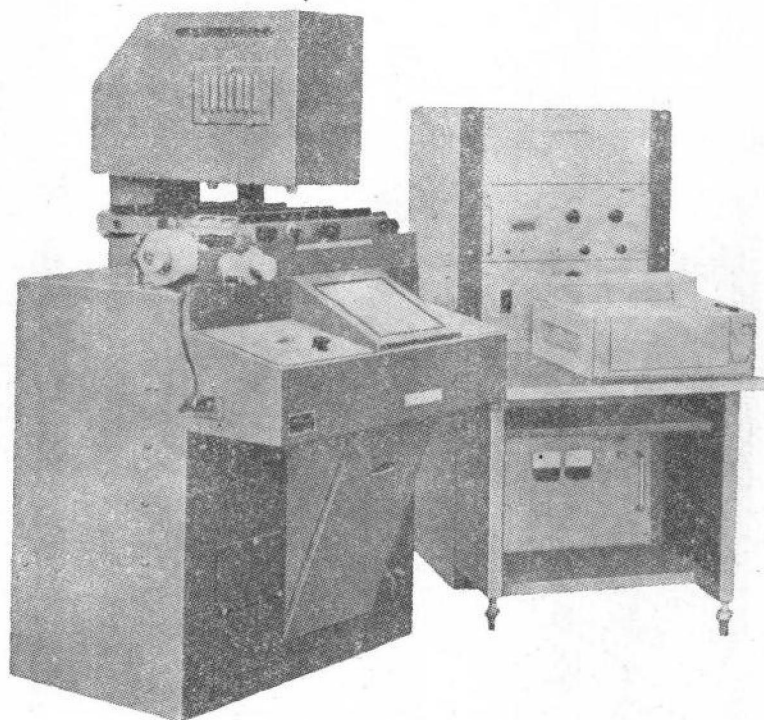


图7 光谱投影——测微光度计

吸收光谱仪器可分为紫外可见分光光度计、红外分光光度计、远紫外分光光度计和远红外分光光度计。前两种仪器在五十年代初已发展成熟,而后两种仪器是在1965年以后才供应市场的。

吸收光谱仪器的发展趋势:

1. 扩大光谱区域 美国和日本制造了光谱范围达1000微米的远红外分光光度计和达500埃的远紫外分光光度计。使从0.05~1000微米的广阔光谱范围内都能进行吸收光谱的分析。

2. 采用光栅作为色散元件 由于光栅刻划和复制技术的发展,应用光栅作为色散元件,不仅经济而且提高了分辨率。在远紫外和远红外区光栅是唯一的色散元件。

3. 提高自动化程度 应用自动记录式的分光光度计,使得过去要测量8小时的红外吸收光谱,现在只需几分钟就能完成。发展了二十多年的自动记录式分光光度计正面临着新的改革,即向数字显示技术发展。近年来美国的贝克姆仪器公司、日本的岛津厂、英国的尤尼卡姆厂均先继生产这种数字式分光光度计,既可以直接数字读数,也可以联接记录器、打字机或者电子计算机,作进一步的

数据处理。例如:英国的尤尼卡姆厂生产了SP3000型数字式分光光度计(如图8),测量波长范围为1750~7500埃,能自动取样,自动选择波长,自动调节狭缝宽度并以数字显示分析的结果,同时可连接记录器、打字机或者穿孔机,以便把数据用电子计算机进行处理。表5报道了尤尼卡姆厂生产的分光光度计系列,代表了六十年代后期的水平。

4. 快速分析 为了追踪化学反应,从分光学的角度上来看,必须缩短分析的时间,例如日本的日立厂试制成RSP-2型扫描分光光度计,能在0.15秒时间内测量4000~7000埃的吸收光谱,能够快速分析和追踪化学反应的过程。

5. 发展附件,扩大使用范围 在分光光度计上配备各种附件,可供多种分析。例如日本的日立厂生产的分光光度计就有十九种附件,其中包括原子吸收装置、显微分析装置、反射测量装置、荧光反射测量装置、荧光测量装置、火焰测量装置、浊度测量装置、偏光测量装置等。在1960年以后才发展了用于微量分析的显微分光光度计。利用原子吸收分光光度计进行原子吸收光谱分析,是在1966年以后才有了较大发展。美国从1955~



图8 SP3000型数字式分光光度计

1965 年化了二千万美元的费用,生产了三千台仪器。美国的佩肯·埃尔姆公司、日本的日立厂和岛津厂、英国的尤尼卡姆厂也均生产这种仪器。

6. 由于火箭技术的发展,为了对宇宙空间进行光谱研究以及科研的需要,要发展聚光能力强、扫描速度快、体积小、重量轻的分光计。随着干涉调频光谱学和计算技术的发展,制成了能够满足上述要求的干涉分光计,并有商品供应。

在偏振和折射率测量方面,例如日本的柳本厂生产的 OR-20 型电磁式直读旋光仪,测量范围 $0 \sim \pm 90^\circ$, 精度为 $\pm 0.005^\circ$; OR-100 型直读式分光旋光仪,波长范围为 $2500 \sim 6500$ 埃,测量范围 $-10^\circ \sim +10^\circ$, 测量精度为 $\pm 0.002^\circ$ 。西德试制了自动干涉折射仪,其精度为 0.01 干涉条纹。

利用激光作为高能源,现已应用于光谱分析方面。美国甲雷·爱希公司已有商品供应市场,它的原理示于图 9。从红宝石激光器发出的光束,经显微物镜聚焦于试样上。由于能量集中在直径约几十微米的面积上,因而焦点处的试样受热而蒸发,其加热温度可达 10000°C 以上,再用辅助电极使蒸发的试样发光,导入摄谱仪中进行光谱分析。由于采用了激光光谱分析装置,解决了难熔材料的分析和超纯分析。目前,日本电子公司、民德蔡司厂均生产激光光谱分析装置。

1965 年民德蔡司厂制成了激光光谱分

析装置。它与 Q24 型石英摄谱仪配套使用,激光器装在一架显微镜上,用以对准要分析的试样。

激光光谱分析装置的特点:

1. 灵敏度高:若蒸发量中含有 10^{-6} 克就能分析出来,甚至分析出 10^{-11} 克的物质的踪迹。

2. 适用范围大:蒸发温度可达 10000°C , 可用于难熔材料的分析,例如各种合金、氧化物、硫化物、碳化物、硼化物、氯化物、硫酸盐、磷酸盐、硅酸盐等各种元素的分析。

3. 谱线清楚、鉴别率高:因为激光装置的蒸发时间短,约为 0.01 秒,所以没有氘带 (ON) 的影响。

除此以外,激光在原子吸收光谱和联合散射光谱分析方面已获得迅速的应用,在远红外光谱分析中也有着发展的前途。

2.3. 显 微 镜

显微镜广泛应用于工业、农业、医学和学校,其品种和数量在不断增加。例如日本 1968 年显微镜的产量为 88 万台,比 1967 年增加 11.9 万台,产值为 53 亿日元,比 1967 年增加 15%,其中高级显微镜的增长较快。日本的显微镜工厂大多数是小厂,是小批量生产方式,手工劳动的百分比相当高,因此落后于其它行业。近年来由于显微镜的发展,在部分大厂中已采用流水线生产方式,来提高劳动生产率和降低成本。下面简单叙述国外显微镜的发展。

1. 光学系统方面:由于人造晶体和新的稀土玻璃的应用,普遍采用了平场复消色差的物镜,提高了成像的质量。

在观察高温试样时,为了防止烧坏物镜而设计了长焦距的显微物镜。美国在 2500°C 的高温显微镜上采用工作距离为 100 毫米的折反射物镜。苏联在 2800°C 的高温显微镜上采用工作距离为 140 毫米的折反射物镜。国外比较成熟的高温金相显微镜的加热温度

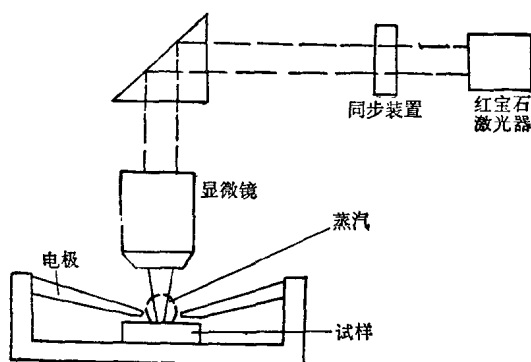


图 9 激光光谱分析装置

一般在 1800°C 左右,较好的长工作距离的物镜有民德蔡司厂生产的40/0.50工作距离为15.6毫米的折反射物镜。苏联的高温金相显微镜的加热温度达 2000°C ,放大倍数为 $100\sim 650\times$,当数值孔径为0.65时,折反射物镜的最大工作距离为17.5毫米。

三十年代便出现了连续变倍物镜,直到1956年以后,由于新型的连续变倍机构出现,才被普遍采用。美国鲍许·隆公司在1969年生产的实体显微镜上,采用连续变倍范围为 $1\sim 7\times$ 的物镜,总的放大倍数为 $5\sim 280\times$ 。

2. 仪器结构向组合式发展:显微镜的品种繁多,为了便于生产和使用,大力推广标准化和系列化的零部件。例如英国的瓦特逊厂是一个生产显微镜的工厂,品种有七个,但只生产三种底座,装上各种可互换的零部件,就可组成不同用途的显微镜。

3. 增加附件,扩大使用范围,向万能性发展:例如英国瓦特逊厂生产的万能显微镜有五十多种附件。奥地利生产的MeF万能显微镜备有描绘、照相、偏光、相衬、干涉、萤光、高温、电影摄影和电视等附件,所以是一台多用途的仪器。

4. 自动分析的显微镜:近年来发展了自动分析试样的显微镜。试样经显微镜直接成象在光电阴极上,通过扫描的方法来输出信号,经逻辑电路,以数字方式获得分析的数据,或者自动打印出来。西德奥普托厂在1970年试制成自动分析显微样品的扫描显微镜,如图10所示。在医学和生物学上用于研究细胞,在制药工业中用于控制药品的质量。光度计可装在万能显微镜或者摄影显微镜上,用电子系统来控制工作台的扫描运动,扫描范围为 200×200 微米。用稳定直流供电的白炽灯作为光源,从光源发出的光,经干涉滤光片和旋转扇形轮成为断续的单束光,通过被测样品的光由光电倍增管来接收,经放大后,将测量值变换成数字,并输出平均值,可以在指示管上读数,也可以直接联接电子计算机,或者记录在穿孔带和磁带上,进一步作数据处理,可以测量吸光值或者透光值。

日本的尤尼根厂生产APM型自动测微显微镜和AGM型自动粒度测量显微镜。现把自动测微显微镜介绍如下:该仪器是采用光电法,能自动测至0.1微米的微小尺寸。过去测量金属或非金属表面上所形成的微小形

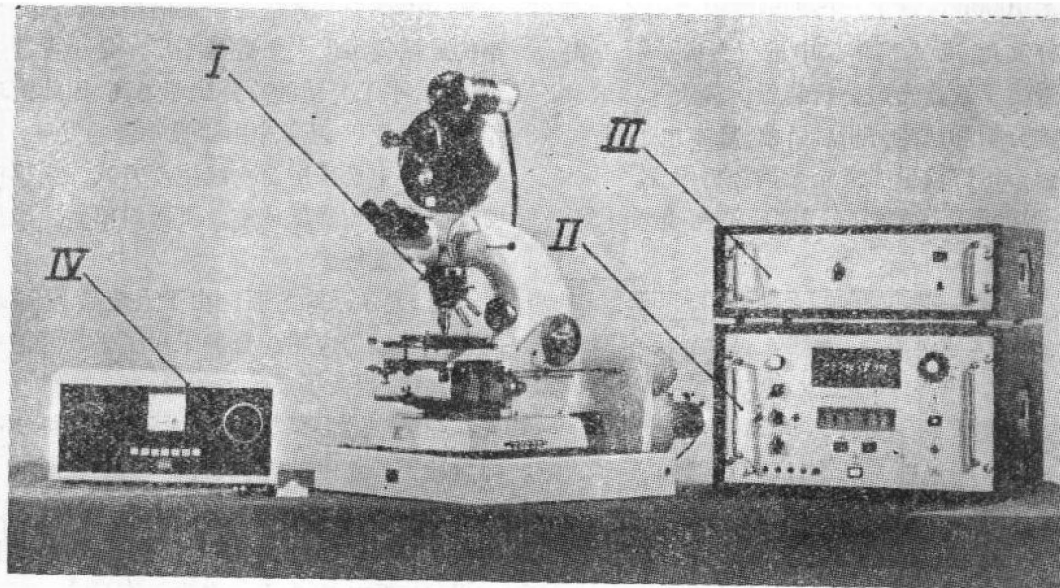


图10 自动分析显微镜

I—光度显微镜; II—测量与控制装置; III—代码变换装置; IV—自动曝光装置

状尺寸时,是目视观察的,因此容易疲劳并产生误差。该仪器可以解决这些困难,测量工序自动化,在调焦之后,样品能自动移动并自动测量,测量结果即时通过计数器指示出来。仪器的规格:

光电探测装置:

物 镜 M5 X, M10 X, M20 X, M40 X。

目 镜 K ϕ 10 X。

接收器 6 X 透镜(固定式探测狭缝 0.07 $\times$ 2 毫米),并装有光电倍增管和差动式前置放大器。

扫描工作台:

移动范围 $x=0\sim 50$ 毫米,

$y=0\sim 25$ 毫米。

扫描速度 10, 20 和 40 微米/秒。

测量装置: 七位计数器,最小可读出0.1 微米。

由于科学技术的不断发展,目前出现了许多新型的显微镜,例如低温偏光显微镜、红外显微镜、核子乳胶显微镜、自动遥控显微镜、彩色电视显微镜、激光显微镜和全息显微镜等。

美国研制一种用来检验半导体材料表面质量的激光显微镜,如图 11 所示。它也可以用于生物学和医学,但首先是用于半导体工业,如硅之类的半导体晶体的检验。过去,为了分析半导体的缺陷,必须对样品作细致的观察或电学测量,需花一周时间,而用激光显微镜只需几秒钟就完成样品分析,因此能在

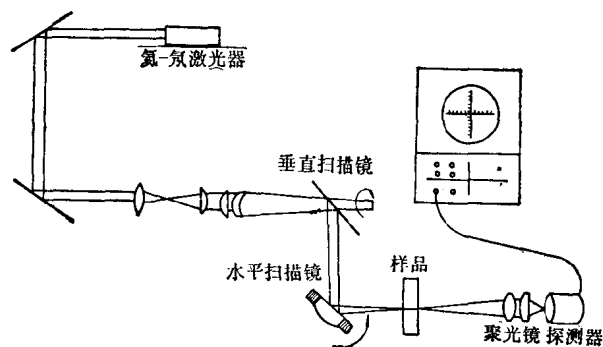


图 11 扫描激光显微镜

生产之前或在生产过程中检查每一材料。目前美、英、苏、法、日均生产激光显微镜。

全息摄影技术为光学显微镜开拓了新的发展道路。如图 12 所示的全息显微镜,其最大的优点是扩大了显微镜的景深。因为显微镜的放大倍数越大,则景深就越小。但是采用全息摄影技术后,在同样放大倍数下,景深可增大五倍。因此,可用全息显微镜来拍摄厚试样中的粒子运动轨迹,也可以用来检验大面积的活组织。

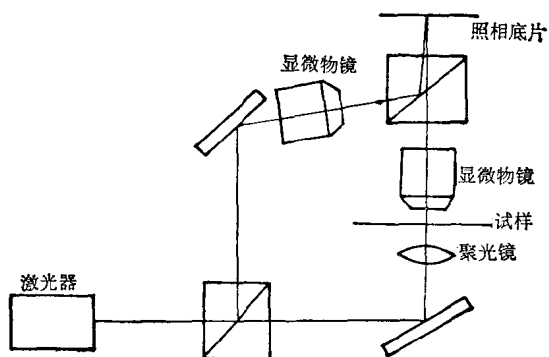


图 12 全息显微镜的光路图

2.4. 测绘仪器

目前测绘仪器用于解决下述三方面的任务:

1. 大地测量工作——测量地面上的地形和地物,绘制成地图;

2. 工程测量工作——为各项土建及采矿工程提供地面情况,作施工的依据,在工地按设计放样,作施工的指导;

3. 工业测量工作——机床的安装,测量物体的运动。

现按大地测量仪器和摄影测量仪器两大类,分别叙述它们的发展情况。

(一)大地测量仪器

在陆地上使用的测量高程、角度和距离的光学仪器称为大地测量仪器。现按水准仪、经纬仪、测距仪和地形仪分述于后。

1. 水准仪