



## 编 辑 说 明

为了促进光学科学技术情报工作的开展，国家科委光学及应用光学学科组情报分组决定召开“1980年工程光学情报年会”，并于今年一月在苏州召开了筹备小组会议。通过讨论，会议决定：为了开好这次会议，并把情报研究成果记载下来开展交流，要编辑印刷“1980年工程光学情报年会文集”。其内容为：（一）、新光学技术专题报告；（二）、国外光学技术及其发展；（三）、情报方法及电子计算机情报检索。会后，向各成员单位发了约稿通知，受到许多情报人员和科技人员的热情支持，我们收到了他们写的许多稿件。此后，又将这些稿件分送给各位特邀的审稿人进行了审稿。八月份在大连召开的中国光学学会情报专业委员会成立大会期间，筹备小组对稿件进行了研究讨论。考虑到目前条件及时间所限，不可能把全部稿件都选用。根据文选字数和篇幅限制、稿件内容、范围、稿件完整性等情况，决定先从来稿中选出十六篇文章汇编成“1980年工程光学情报年会文集”。

中国科学院光电技术研究所主动安排本单位印刷厂承印本文选，并负担了全部印刷费用，以此作为对中国光学学会的捐助和支持。我们谨向光电技术研究所的领导和同志们表示衷心的感谢。

一机部上海光学仪器研究所、新天光学仪器公司，及中国科学院长春光机所、上海光机所、西安光机所和五机部二〇五所、二一〇所等单位情报研究室的一些同志也作了不少工作，在此也向他们表示衷心的感谢。

向热情支持我们工作的投了稿件的报情人员和科技人员表示衷心的感谢。

因为第一次编辑印刷工程光学情报年会文集，缺乏经验，而且有的稿件的修正稿和图片迟至九月中旬才送来，时间较仓促，难免有错误和不足之处，欢迎批评指正。

中国光学学会情报专业委员会  
工程光学分组

一九八〇年十月

# 目 录

微型计算机在光学仪器中的应用.....	唐九华	( 1 )
近年来光学仪器的一些进展.....	祝绍箕	( 6 )
美国多反射镜望远镜概况.....	白德开、陈伯平	( 13 )
国外光学遥感仪器现状.....	王 历	( 23 )
红外热成像发展现状.....	邹德祥	( 31 )
自适应光学.....	杨培根	( 39 )
国外光刻设备发展动向.....	毕平真	( 49 )
微道板.....	孙文山	( 62 )
光导纤维在计测技术上的应用.....	杨国光	( 67 )
光学图像识别.....	..... 裴玉珩	( 74 )
电视跟踪系统.....	..... 朱焕文、蓝邦固	( 83 )
光学零件加工工艺概况.....	..... 方博良	(105)
光学零件制造新工艺——复制法制造光学零件.....	..... 郑开陵	(121)
光学零件的检测.....	..... 浙江大学光学工艺研究室	(131)
略谈按课题进行情报研究的点滴体会.....	..... 叶敏树	(143)
电子计算机情报检索.....	..... 袁仪、易成忠、罗隆金、吴勤章	(147)

# 微型计算机在光学仪器中的应用

中国科学院长春光机所

唐九华

## 摘 要

微型计算机由于其体积小、结构简单、价廉、可靠，而能够成为光学仪器中的一个组成部分，提高仪器的性能和效率。微型计算机在仪器中可执行下列功能：1. 数据存贮；2. 数据处理；3. 提高伺服系统的性能；4. 检测仪器的的工作状态和故障；5. 操作控制。本文收集了一些微型计算机在光学仪器中的一般应用情况，并以分光光度计为具体例子说明应用微型计算机带来的优点。

自从1971年第一台微型计算机出世，到现在已有第三代，成为电子计算机发展的一个重要领域。一般计算机的结构主要包括：控制器、运算器、主存贮器、输入输出设备。把控制器和运算器用一片到数片大规模集成电路组成，通称为微处理器。以此为中心用存贮片、输入输出片、时钟发生器等大规模集成电路构成的超小型计算机称为微型计算机。现已能够把上述诸单元制成一个单片微型计算机，它还可以连接多种外围设备如打印机、小型磁盘机或微型软盘机、输入键盘、盒式数字磁带机、A/D或D/A变换器、曲线记录仪、显示终端等。

以微处理器为中心构成的微型数字处理计算机往往是装在它所服务的主机（如光学仪器）内，为其专用，而不是作为独立的通用计算机。这是它与大、中、小型计算机相比在设计和应用上的主要区别。微型计算机的特点也是从这里出发的。

由于一台主机使用一至数个微处理器，主机的数量又很多，使得微处理器的器件产量远大于通用计算机的器件。这促使微型计算机的成本大幅度下降。目前国际上微型计算机的价格大约相当于人民币仅几十到几百元。由于为专用而设计，它的结构可以简单。

体积很小，便于装在主机内。

由于程序是专用的，可以在制造厂内设计好，甚至做成硬件，在一般情况下用户只需选取而不必自编。而通用计算机的用户则必须有高度专门训练的人员来编程序。

由于所含的元器件数量少，接线数少，所以微型计算机的可靠性高于较大的计算机，维修也简单。

微型计算机的这些特点使它的应用广泛地深入到许多新的领域，如生产过程和加工机械的控制，测试仪器的控制和数据处理，计算机外围设备的控制，甚至可普及到作为教学用装置，控制家用电器等。采用微型计算机的优点在于经济上有利和提高主机的性能，即使那些已经与大计算机连用的设备加上微型计算机也能得到这样的效果。

在计算机发展的前期，一般由中心计算机对多个终端用户，如测试仪器，进行操作控制和数据处理。特别在需实时处理的场合，仪器与计算机之间有个互相排队等待的问题，而仪器的数据输出频率与计算机的能力又往往不适应，这就降低了中心计算机的使用效率。在分时计算机出现后，这个问题有了相当程度的解决。但仪器与计算机之间的信息传输和计算机的运控软件仍过于复杂，

不利于仪器和计算机效率的进一步提高。

小型和微型计算机的出现,使得上述的由中心计算机集中控制和处理数据的系统结构变为分散处理的趋向。即各仪器的操作控制由微型机管理,所收集的原始数据先由微型计算机作予处理,余下需要大、中型机处理的工作再交给中心计算机。这对于提高仪器性能的灵活性,整个数据系统的灵活性,解除中心机不必要的负担,也即能够充分发挥它的效率等方面,都是大大的进了一步。

微型机在光学仪器中可执行下列功能。

## 一. 数据存贮

在微型计算机内不仅临时存贮仪器测量所得的数据,为下一步处理之用;还有仪器本身的工作状态,即各装定手钮(或按键)放在哪一档参数上,通过传感器收集,也一起存贮以备数据处理和打印报告时用。

微型计算机的这种存贮功能对于那些用比较法进行测定的仪器,或每次测量都需定标的仪器所起的作用更大。例如用辐射计测定物体对太阳光的反射率,需要以标准反射率板为基准;光量计测定样品中元素含量时,需要以已知标准样品为基准;光密度测定时需以标准灰阶为基准等等。微型计算机可先把这些测得的标准值存贮起来,以便与测量样品的数值进行比较。

用同样的原理可以方便地校正仪器的调整误差,而不必做极为费事的精确调整工作。例如分光光度计可以先在存贮器内记下零线和100%线,样品槽与参考槽的差别所引起的基线不平度等数据,然后对测量所得的光谱曲线进行处理校正。光学跟踪测轨仪器也可先用水准器和正倒镜的方法得到轴系误差和零位差,在计算机内存贮起来,以便在跟踪目标并测量轨道的过程中进行实时的误差修正。

摄影测量物镜的畸变校正,计量仪器的刻尺误差订正等,可编入程序长期使用。

仪器中传统的电凸轮和机械凸轮,其实质也相当于计算机中的只读存贮器。在许多

场合下用数字存贮器去代替它们会更准确、灵活。显然同时输出部份也须改为数字电路、步进电机等。

野外工作的小型仪器在测量数据获得方面,近年来向数字化方向发展已有显著进展。但往往还需人工记在手簿上,或用笨重的机电式记录器,如X-Y记录仪、打印机、光点振子示波器,并带大电源。笔者认为有需要发展一种不易消失的,写入抹除简便的大规模集成电路存贮器,存进去的数据可当时读出显示,以便监视。回营地后可转移到通用的外围设备上,成为档案及输入主计算机。

## 二. 数据处理

仪器里光电探测器产生的信号一般要经过一些简单的处理才能成为仪器输出的读数,这些读数又要经过某种程度的计算才可直接用于对现象得出结论或用于控制生产过程。以往,信号的处理一般多用模拟电路、机电模拟系统,也有用分立的数字电路的,但他们的功能很有限,制造都比较费工;仪器读数的整理计算用人工,烦琐费时。用微处理器进行上述的处理和计算,可以达到准确、快速、经济、灵活的效果。因为它的处理能力范围很宽,可以适应不同的量程。传统的处理电路需要长的时间常数或电压保持时间就需较昂贵的元件,而用微处理器的存贮则较节省。有时要增加一些处理手续(如滤波),或用一套微处理器来处理性质不同的多路数据,只是选用不同的软件而不必变动硬件。

我国已经有自制的光学仪器配用小型计算机的实例,如30W A型真空光量计配JS-10A工业控制计算机。光量计是在冶金炉前作光谱定量分析的,必须尽快得出结果。原先的仪器虽然曝光强度测定很快,但数据的人工图解法处理常常慢而易出错。采用计算机后不仅可以迅速直接打印出最终结果—元素含量的百分比,还实现了对光量计的自

动操作控制。国产微密度计42W型也可配备小型计算机DJS-131。上面举的例子虽然是小型计算机，但由于现代大规模集成电路技术日益进展，微型计算机的运算速度和存贮容量已赶上这些小型机，而且与仪器的连接更为简便。

传统的测地经纬仪的度盘读角改进成为数字化并加装激光测距附件，为使用微处理器创造了条件。国外已有速测仪的产品可当场显示方位角和高角、斜距、水平距离、高差、高程和座标位置。加上记录附件后，测量所得的数据，编码和其它工作状态可记录在盒式磁带上，便于把数据转移到事后处理的计算机上。

实时数据处理中常遇到的一类问题是座标变换。瞄准跟踪目标的光学仪器其轴系形式不一，两轴系统按其外框架轴的置向可以是地平座标式、极轴式或常平架式，更复杂的还有三轴或四轴系统。在它们之间有时需进行座标变换。即使是同类座标系的仪器，因所处的地点不同也需要视差计算。数字计算机可以容易地进行这种实时运算，而且精度和可靠性比以往的机电模拟计算机高得多，设备费用却低廉得多。

近年发展起来的作机械零件尺寸精密测定用的三座标量测机，配备微型计算机后不仅可以按指定的程序进行一系列的量测操作，并且由于有座标转换的运算功能，允许被测件在量测机的台面上安放得有些偏斜（即被测件的基准方向与台面的运动方向不完全重合），而不影响尺寸量测的结果。这就节省了安放时准确定位的辅助时间以及反复对准所增加的机器磨损。

微型计算机还可以做一些简单的图像分析，如图形按灰度分级、面积测定、颗粒计数等。这类工作都首先要将图像分解为许多按座标排列的单元，即像元。传统的方法有光学机械扫描或真空器件的电子束扫描，然后把模拟量的座标值转变为数字量才适合输入计算机。近年来发展的电荷耦合器件

(CCD)使扫描和座标数字化大为简化，它与微处理机的结合是很自然的。在日本已有利用这种途径来测定镜头的传递函数而不需要光学机械扫描机构。显然这也可以应用于测定照相底片的传递函数，图像的刃边函数等。

有的图像处理工作要求是实时的。例如非接触测定粗糙表面的移动速度，用光学检测再进行相关运算，以往是电子线路模拟式的，改用数字机可望得到更高的精度。又如跟踪仪器所跟踪的目标在像面上不能为被视为点目标，而是指定跟踪其几何中心或其它特征点。现在已经发展出新的高速算法，基于自适应的统计聚类 and 投影的分类算法，应用于实时的辨认和跟踪那些表现有变化并通过复杂和非平稳的背景的目标<sup>1)</sup>。相应的硬件采用快速微处理器，如TI74S481。

### 三. 伺服系统性能的提高

伺服系统的性能，在已有敏感元件、功率放大和执行元件的基础上，一般采用无源或有源的校正网路来加以提高。数字计算技术的应用提供了全新的手段。已知控制对象的传递函数以及对某种输入信号或扰动所希望得到的响应，那么控制器应具有的特性就可以推算出来。这个特性随输入信号组成成份的变化而作相应的改变，即自适应。如输入信号中本次采样包含噪声成份多或置信度低，就应减小伺服系统的带宽，即据以产生控制信号的外推于下次采样时系统所处的状态中，本次采样数据的权重应减小，而前几次采样数据所构成的运动规律的权重应增加，像卡尔曼权重的优化。这样的控制作用是利用了数字计算机的存贮和运算功能才满意地实现的。

美国研制了一些装备微处理器的具有上述性能的光学跟踪仪器，如实时电视经纬仪<sup>1)</sup>，数字引导跟踪架<sup>2)</sup>等。其控制系统是位置和速度的复合控制类型，由于测作

用提供速度回路所需的反馈信号,本次采样提供位置误差控制信号,自适应通过调节这两回路增益的比例来进行。文献[2]所述仪器采用DEC公司的LSI-11微处理器,4K ROM和串行接口构成自适应予測滤波器,兼作座标变换;另有一微处理器作数据通讯管理。

#### 四. 仪器工作状态和故障的检测

从五十年代末期以后,由于光学仪器所用的电子线路日益复杂,而在仪器内出现了专作检测用的功能部份,但检测的顺序靠人来操作,所得电压示值和波形合格与否要靠人来查表格对照判断。微型计算机显然可以把这项工作做得更快。

在仪器投入工作之前,可由微型计算机发出检测信号,而收集各环节的反应是否正常,如电子线路主要部位的电压波形,数字系统的逻辑和运算的正确性,机电元件的位移和速度等,它们应有的标准数值及允许公差可事先存贮起来,以便对照判断,反应是否合格。这些检测信号、反应、标准值、判断结论等可一起在显示器上列出,就大大加快了例行的检验的工作。

当仪器运转时计算机可不断地监视工作状况,发现不正常时即报警或进行互锁保护。这只需编写相应的程序而不必另设专门的硬件。

#### 五. 操作控制

仪器配备微型计算机的一个重要功能是对仪器进行操作控制。这不仅是提高仪器的自动化程度和使用效率,而且可以充分发挥仪器的性能水平,使得不是很有经验的使用人员也可得到准确、重复性好的结果。

计算机可以控制仪器工作时的某些单项参数。譬如摄影时控制曝光量,这牵涉到景物提供的照度,底片的感光度,需要达到的

黑度,镜头光圈和快门速度,在以往是由人凭经验或查表格的。

现代的仪器复杂程度日益增加,使用时有许多工作条件和参数需要选择、装定,它们之间往往又有相互制约关系,这就要求有对仪器的原理和性能了解透彻的人员。计算机可以代替操作人员去做最优化的参数选择方案并自动装定,而当参数是由操作人员来选择时,计算机则可对不合逻辑的状态或误选发出警告信号。

在仪器的自动化方面,计算机可按预先编好的程序向仪器的各部分发出指令,使其顺次投入工作。既含一系列的操作细节,如某些部分的起动、予热、换档等;又管大的阶段如定标、记忆、样品测定、数据处理、记录等。下面是微型计算机控制光谱辐射计测定荧光材料的辐(射)亮度和色度的概要例子。

首先是“波长定标”,点亮低压汞灯,以其在规定范围内的各谱线波长来校准辐射计单色器的波长示值,计算出各偏差值的平均数并存贮起来。

其次是建立档案,即把标准光谱辐亮度源在各波长位置上的绝对亮度值输入存贮器作为文件。标准源放在镜头前工作距离上并带一光阑以模拟被测样品的尺寸。这时取用“系统定标”程序,于是计算机控制驱动机构将单色器定位于起始波长,校正偏差,关闭快门,对暗电流值采样并存贮。开启快门和起动扫描,扫描前进时数据被校正。随着波长的改变而依次进行仪器响应函数的计算,这些结果贮存在文件里,为样品读数处理时用。

然后将镜头聚焦在被测的荧光屏上,进行“测定”。重复上述操作,但增加对探测器灵敏度变化的自动校正,用一稳定的内参考光源。计算被测对象的光谱辐亮度并将结果贮存。也可以应用劣数据剔除,比例因子改变和多项式平滑等手续于这些结果上。至此光谱辐亮度数据可存贮到磁带上。

需要“数据分析”时，可进行附加的计算以得到色坐标和光度及辐射度积分等结果。最后将结果打印出来。

红外分光光度计应用微计算机带来性能上的巨大进步，对各种光学仪器也是有典型意义的。

仪器的主要工作参数，狭缝宽度，波数扫描速度和谱线记录系统的时间常数是互相关联的。使用者只给出一个基本要求，譬如分辨率，其余的由计算机来提供最佳组合，可防止选择不当而影响仪器的性能和测量结果，而且可以保证在生产流程分析中所需要的扫描条件的重复性。增益的调节也如此，是自动正确地装定，可减少大气吸收区对测量精度的影响。

可编程序的操作控制是计算机的又一特点。装备一个接口附件和穿孔机或磁带机，操作者针对某种分析任务选定所需的分辨率、波数范围、座标扩展倍数等，按下相应的操作键，这些参数即记录在带上，以后利用此带即可将仪器装定好。操作者编出常用的装定程序库并加以编码，分析时取用，可节省时间并避免出错。更进一步还可将多种不同的样品装在自动换位的样品夹上，每个样品位置也给以编码，与所用装定程序的编码相同，计算机就能够控制仪器对这批样品逐个进行自动分析而无人看守。

波数坐标的同步控制，使单色器与记录纸的运行保持同步，即使在座标扩展和反复扫描时也如此。这就免除操作者把纸上所印的格子对准记录笔位置的操作及其误差。

记录笔的伺服系统具有噪声滤波特性，时间常数为 $\tau$ (秒)。波数扫描速度为 $v$ (厘米<sup>-1</sup>/秒)时，所记录的谱线在波数坐标上就会有滞后量 $\Delta v = v\tau$ (厘米<sup>-1</sup>)。这项波数误差，计算机可以根据当时的工作参数计算出来，并在纸的位置控制中给予补偿，从

而提高仪器的波数准确度。

利用计算机的数据处理功能可以解决样品分析中的困难，特别是对只含痕量的成份和只能采集到微量的样品的分析。

光谱相减的运算：先把混合物光谱的透射率座标变为吸收率，从几条特征谱线的强度可将已知成份的吸收光谱减去，余下即为待测成份的光谱。如后者幅度很小，可施行进一步的数字运算如比例尺扩展、零位调节、基线校正等手续，再在仪器的记录器上重画出放大的、并充分利用座标尺度的光谱图。

有些红外分光光度计所附微型计算机的存贮设备可贮许多物质的光谱，以至多种混合物(每种含几个成份)的定标矩阵。仪器可分析这些混合物并打印出所含成份的浓度结果。

微量的样品，其吸收带混在噪声背景中，很不明显。可采取多次扫描(多至数十次)贮存起来再累加的方法，这样背景噪声被平滑下去，而吸收带则按扫描次数为倍数增长而突出出来。重新画出的结果准确度就很高。

为适应研究试验工作，微型计算机可附加视频显示器和键盘设备。操作者可选择对光谱进行处理的各种软件，又能当时在显示器屏上看到各步骤处理的结果，而不必依靠动作缓慢的机械记录器，也不必为这些中间步骤而浪费记录纸。直至得到最终需保存的结果时才用它。

#### 参 考 文 献

1. Optical Engineering, 18, 25(1979)。
2. SPIE Proceedings, Vol. 134, P.29—33(Mar.1978)
3. R. J. Bibbero; Microprocessors in Instruments and Control, 1977, John Wiley.



# 近年来光学仪器的一些进展

上海光学仪器研究所

祝绍箕

没有光，光合作用就会停止，植物就会死亡。没有光，世界就会漆黑一团，地球就会变得十分寒冷，……人类的生命就会毁于旦夕。我们是生活在光的世界中，正因为在日常生活中常常遇到光，所以人类很早就对光学现象进行了研究。随着生产、实践、军事和科学事业的不断发展，促使光学仪器的逐步形成一个工业部门，并起着越来越重要的作用。它不但作为瞄准、制导和侦察仪器在国防工业中有着重要应用，而且是国家建设中必不可少的工具。例如近年来，炼钢炉向大型化、高速化和自动化发展，迫切需要用电子计算机控制的真空光量计进行炉前分析，有效地控制质量，加速钢铁工业的发展。为了发展石油、化工和医药事业，必须成套供应各种分光光度计。为了传递国家计量基准和进行工厂计量工作，特别是生产现场的计量，需要大量的光学计量仪器，目前三座标测量机，激光干涉仪和计量仪器的数字化和自动化的迅速发展就说明了这一趋向。农业是国民经济的基础，各级农科站为了进行科学种田需要大量的显微镜、分光光度计、经纬仪、水准仪和平板仪等。为研究天体演变、探测地球资源、监测环境污染、防止公害、发展医疗事业、保障人民健康等都需要大量的光学仪器。

七十年代以来，光学仪器领域有了较大进展，例如在激光和全息照相、信息处理、遥感技术、纤维光学，光通讯、非线性光学和集成光学等方面取得了一定成就。此外，光学还渗透到核物理、天文学、电子学和计算技术等领域中去。所以，现代光学技术是

衡量一个国家“四个现代化”水平的标志之一，是一门引人注目的学科。

下面就近年来光学领域的科学研究和生产进展作一简略叙述。

## 一. 产品的发展

近年来问世的新产品具有如下特点：

1. 随着电子技术和计算技术的发展，仪器采用数字读数、电视显示、电子计算机控制和数据处理，以提高仪器精度和自动化水平，扩大仪器的使用范围。

2. 推广组合式结构，采用标准组件，提高“三化”水平。

3. 应用激光、全息照相、纤维光学、非线性光学和光学信息处理等新技术，派生新型仪器，开拓新的应用领域。

西德莱茨公司的PMM864型三座标测量机，这是1977年试制成的新产品，在同种产品中，它具有自动化水平较高、测量范围大、精度高、稳定性好和操作方便等特点。仪器采用花岗岩空气导轨，具有耐磨、无爬行、运动平衡和高刚度等优点。该仪器还采用花岗石基座，保证仪器有良好的测量精度和稳定性。计算机和操作人员之间能进行图像对话。由于与电子计算机联用，进一步简化了仪器的结构，我们把这种结构上的简化称为“硬件软化”，这是值得我们注意的趋势。

红外分光光度计生产三十多年了，应用很广泛。但是，到六十年代后期它却不能适应工业生产和科学技术发展的需要，存在精

度不够高、干扰大、难以做低含量成份分析等不足之处。为了克服上述的困难，近年来的改进主要不是在光学和机械方面，而是在于与电子计算机联用。美国佩肯·埃尔姆公司首创用微处理机控制红外分光光度计，使仪器的分析灵敏度提高1—2个数量级，并且减少误差和平滑噪音。580B型红外分光光度计就是该公司1978年的新产品，仪器的光谱范围为2—58微米，分辨率达 $0.1\text{--}0.2\text{cm}^{-1}$ ，是同类型仪器中水平最高的产品之一。它同时能做一般仪器难以或不能实现的如差示光谱、微分光谱、累加光谱和光谱动力学的测量，使红外分光光度计获得新发展。580B型仪器的另一个特点是：采用比例记录方法来代替零位平衡方法，也就是说采用电学方法来处理，不但省去难以加工的机械衰减器，同时也提高了仪器的性能。

在显微分析术中值得一提的进展是：用客观的自动图像分析来代替显微镜或肉眼的主观分析，已有多多种仪器在使用。英国剑桥金属研究公司，西德莱茨公司和奥普托公司等生产自动图像分析显微镜，它是由光学显微镜、电子控制系统、电视摄像系统、电子计算机和显示系统等部份组成，涉及多方边缘科学。其中电子计算机起着大脑的作用，既能自动识辨显微图像，又能进行快速准确的分析，减轻了劳动强度。该仪器能自动分析金相组织、自动进行血球计数和病理分析等。可用于冶金学、材料学、地质学、农业科学、医学和生物学等方面。

美国斯坦福大学Quate研制超声显微镜，有很大进展。过去分辨率低，现在用高频声波，是扫描的，分辨率达1微米，已接近光学显微镜的水平，有希望进一步提高。由于超声波在兰宝石和空气中的相对折射率约为7，所以可做到无球差，提高频率后，物体的粘度对超声波的穿透性能影响很大，通过超声波的衰减，能对物质进行检验，所以在材料学、生物学等方面很有实用价值。对大规模集成电路检测、癌症细胞的分析很有效。

西德奥普托公司集显微镜之先进技术，于1974年制成Axiomat型组合式显微镜，该仪器抛弃了显微镜的传统造型而应用方形组合式结构，仪器可根据使用要求进行装配。装调方便。光学系统是连续变倍的。变倍率为4:1，小像幅照像的变倍范围为 $2.5\times\sim 1000\times$ 。大像幅照像为 $8\times\sim 3200\times$ 。可用电子步进器传动工作台。步长为0.5~10微米。测量值是数字显示的。此外还备有黑白和彩色电视显示系统，该仪器具有视场大、分辨率高和稳定性好等特性，能进行明视场、暗视场、差分干涉、相衬、偏光观察、金相分析和硬度测量等，是一台多用途的仪器，适用于尖端科技。

随着电子计算技术的发展，近年来不断研究和设计高精度、高效率、操作简单方便的现代化航测方法和仪器。1976年在芬兰赫尔辛基第十三届国际航空摄影测量会议上，展出了西德奥普托公司的C—100PLANI-COMP新型解析法立体测图仪，所谓解析测图仪是利用较为简单的机械结构，对航摄像片进行直角座标测量并由计算机来控制测图。它具有仪器结构简单、通用性强、效率高(比常规仪器高3~4倍)等优点，并可进行数字化测图。解析测图仪的关键是计算机，其性能和稳定性均取决于计算机的质量，西德奥普托公司于1976年展出了该厂第一台C—100型解析测图仪，此外，法国马特兰制成了77型解析法立体测图仪，瑞士威尔特公司和克恩公司正在研制，目前尚无产品。

关于自动化测图仪，国际上正处于总结研究阶段。在六十年代，瑞士威尔特公司曾与美国Roy Thon公司合作研制两种型号的全能自动化测图仪，后因电子系统太复杂，性能不稳定，造价贵未能投入生产，西德奥普托公司和美国依特克公司共同合作制成EC—5电子影像相关器(Electronic Image Corrolator)，和主体测图仪D—2联合使用。这种全自动化的联合系统和GE—1正射纠正仪组合成现代化的正射像片地图的仪器系

统。但是EC—5电子影像相关器由于工艺上的困难和造价昂贵，而没有投入生产。

目前，国际上对自动相关器的研究进展缓慢。电子相关趋于放弃。对光学相关和数字正射投影，即数字相关兴趣浓，西德克赖林发表了“生产正射像片地图和等高线的自动数字测图系统”论文。如果能实现，则立体测图仪加测图员的常规工作，可以通过“密度计加电子计算机”来解决。

由于光学仪器的品种多和批量少，所以贯彻“三化”（即标准化、通用化和系列化）是提高生产率、保证质量和降低成本的重大措施，是当前新产品的主要特点和潮流，各国都十分重视。西德、东德和苏联都重新制订了显微镜、经纬仪和水准仪的系列。减少了仪器的系列品种，提高了标准化和通用化系数。又如日本的日立公司所生产的170系列原子吸收分光光度计和100系列的紫外可见分光光度计，其零部件的百分之八、九十都是通用的，仪器的附件也尽可能通用，给制造和使用带来了极大方便。东德蔡司公司Thes A系列经纬仪的通用化系数为50—80%，苏联的T<sub>2</sub>经纬仪的通用化系数达73—95%，都收到了良好的技术经济效果。

## 二、光学加工和特种工艺

对于高精度的光学零件，目前仍采用手工生产方式。对于精度要求不高而批量大的光学零件，欧、美和日本等国正在单机自动加工的基础上，组织透镜生产的自动流水线。

七十年代之前，光学工艺的革新是为实现“六化”，即毛坯热压成型化、粗磨和细磨机械化、抛光高速化、磨边自动化、清洗超声化和辅助工序机械化。进入七十年代以来，提出一些新的方法，例如一步法热压成型、塑料透镜、全息透镜、复制光学元件、梯度折射率光学元件和集成光路等，跳出了光

学加工老框框，取得初步成果。

在光栅制造方面，现在可刻划面积达 $400 \times 600$ 毫米<sup>2</sup>的平面光栅，刻划密度达3600槽/毫米，闪耀角从3°（或更低）到85°左右。鬼线强度可低于万分之一，即觉察不到。目前优质光栅的分辨率本领已逾百万。例如美国鲍许·隆姆公司能刻划光谱范围从10埃到2060微米的各种光栅，该公司报道了一块刻划面积为 $220 \times 420$ 毫米<sup>2</sup>、刻划密度为79槽/毫米的阶梯光栅，闪耀角为 $63^{\circ}30'$ ，用在第52级次上，分辨本领约达170万。

光栅镀膜技术直接影响刻划光栅或者复制光栅的性能质量。对这方面的研究并不亚于对光栅刻划机的研制。一块母光栅大约可复制100多块第一代的复制品。为了获得优质的复制光栅，在膜层的沉积过程中，基底玻璃不能加热，因此要求我们选择合适的薄膜材料。目前已采用的薄膜材料有：铝—介质膜、金、铂、铱、铼等，未见用铱和钨镀制复制光栅，予料是有研究价值的。

1972年发表了具有两个衍射面光栅的专利，就是用真空镀膜方法从母光栅上复制下光栅膜，膜厚要求一致并且厚到不透光。以后把剥下的光栅膜粘结在玻璃片上（或之间），组成具有两个衍射面的光栅，适用于双单色仪上。

法国乔皮恩·依冯公司在1967年首次研制成全息光栅，1970年开始商售，目前仍属领先地位。该公司的最新成果是制成TV型凹面全息光栅，1976年开始商售。这种光栅不但球差小，而且慧差和像散降低到最小程度。例如在该公司生产的H20和HL型单色仪及喇曼分光光度计上，均用了TV型凹面全息光栅。此外，还制成面积达 $135 \times 240$ 毫米<sup>2</sup>、6500槽/毫米的平面全息光栅，并正在研究用紫外激光器制造优质的全息光栅。

全息光栅的优点是没有鬼线、低杂散光、高分辨率、热稳定性好、能校正光学系统的像差。众所周知，用全息照相法制造光栅的最大长处是生产周期短和成本低。例如

用机械刻划一块3600槽/毫米的150×100毫米<sup>2</sup>的凹面光栅需4—5个星期，而现在仅化一天半时间就能制成6000槽/毫米、直径达600毫米的凹面全息光栅。这样大面积的光栅目前还不能用来刻划，即使能刻划，估计要化250天。全息光栅也可作母光栅，用通常的复制方法制造复制光栅。过去控制全息光栅的槽形，以提高衍射效率是较困难的。现在有了新突破，即用驻波干涉法，已经做出φ80毫米的锯齿形闪耀全息光栅。但是，全息光栅也存在一些缺点，例如目前还只适宜于制造1200槽/毫米以上的光栅，有较强的偏振效应与伍德反常现象，槽形控制困难，衍射效率低。所以全息照相法不可能代替刻划机，而只能是一种补充。

为了校正象散，近年来提出刻划非等间距的平面式凹面光栅。冲破了光栅刻槽等间距，亦即光栅常数的概念。这种非等间距的光栅可用全息照相法制造，也可用光栅刻划机来刻划。

由于分光光度计的使用波段宽，一般要交替地使用两块或两块以上的不同光栅常数的光栅。这种使用方法，使波长驱动机构复杂，两块光栅的波长配合也困难，甚至产生段差，影响光谱分析。为解决上述问题，美、日等国采用新发明的高效率双闪耀光栅。

日立公司制造的双闪耀光栅有两类：一类是高分辨率型的，使用波段为4000—650 cm<sup>-1</sup>，另一类是宽波段型的，使用波段为4000—400 cm<sup>-1</sup>。这是在一块光栅上在不改变光栅常数的情况下，以两个不同的闪耀角来刻划光栅。例如该公司制造的精密度分别为120和66 2/3槽/毫米的双闪耀光栅具有较高的衍射效率。闪耀波长为3微米和10微米，刻划面积为64×64毫米<sup>2</sup>。与单闪耀光栅相比，可在相当宽的波长范围内具有较高的衍射效率。特别是宽波段型的光栅，对于以前要交替使用两块光栅的仪器，现在可用一块双闪耀光栅就能代替了。经过实际使用，证明双

闪耀光栅具有良好的分辨率。

美国全息照相公司报道了用全息照相方法制造计量光栅。先把超微粒感光剂涂在玻璃基板上，使用氩离子激光器的5145埃的单模输出，记录下全息干涉条纹，制成2000槽/毫米，长为250毫米的相位光栅，精度达0.1~0.3微米。这种全息计量光栅已用于仪器上。

编码器能精确测量角度或长度，美国依特克公司改进了光学编码器，在过去21位的编码器（精度1"）上，现在能制造高精度的23位编码器，达到了约8,375,000的高分辨率。

标准米尺刻划精度达0.1微米，例如西德海顿汉（Heidenhain）公司的1200毫米的标尺，精度分六个等级：0.010微米、0.005毫米、0.003毫米、0.001毫米、0.0005毫米、0.0001毫米。海顿汉的度盘精度达0.1"。英国光学测量工具公司径向光栅精度达1"，一米长的计量光栅精度达1微米。

标尺和度盘的照相复制技术也有了新的进展，复制的线宽达1微米，精度也有提高。最近提出X光光刻技术，即用X光代替紫外光曝光，能照相复制0.1~0.2微米宽的线条，具有相同的曝光深度，对尘埃和其他沾污的影响不大。正的或负的光致抗蚀剂都可使用。由于用波长为8埃的软X光，对人体没有什么损害。

在真空镀膜技术方面，目前已能镀制从真空紫外至100微米远红外的较宽光谱范围内的膜层，能控制膜层的透射、反射或吸收。目前激光器高反膜的反射率达99.99%。耐高功率激光的膜层，当峰值功率为3×10<sup>9</sup>瓦时不损坏。可见区透膜的单面反射损失低于0.2~0.1%。能在紫外至10.6微米范围内镀制单一波长反射率低至0.1%的增透膜。镀在锗上宽带（8—12微米甚至2—15微米）增透膜的透射率高达90%。窄带滤光片的半宽度达0.1—5埃，其光谱范围为1500—20000埃。并制成可变滤光片，成为一种简易而廉价的色散元

件,用于光度计上。也可用真空镀膜方法来制造非球面,或者修改反射镜和透镜的表面曲率,来提高光学系统成像质量。借助电子计算机进行膜系自动设计,能根据光谱曲线来设计膜系,例如设计彩色电视的三色分光膜,或者用来调节光学仪器的光谱强度和光能量分布。此外,薄膜还能防止光学零件特别是塑料光学零件磨损和腐蚀,能保护溴化钾、氯化钠等红外零件不受潮解。近年来在通讯和显示装置方面需要大量镀膜元件,特别是集成光学和液晶显示元件的透明导电膜的镀制。最近报道了用激光蒸发源和自动镀膜工艺等。

### 三. 光学材料

随着光学仪器,特别是照相机工业的发展,七十年代光学玻璃的产量不断增长,其年增长率为8%。在八十年代,由于照相机的继续增产,预计光学玻璃的增长不会低于以往的水平。

从光学玻璃的品种来看,七十年代主要是发展含稀土元素氧化物的玻璃,这类玻璃具有高折射低色散的特性,目前未被利用的稀土元素主要是因它们提纯困难,所以含稀土元素玻璃的研制工作大体上已完成,今后新种光学玻璃的研制将遇到困难。

随着高速研磨和抛光技术的发展,光学零件加工周期大为缩短,但有些玻璃,例如BaCD,FD,LaC系等玻璃,由于化学稳定性差和硬度低而不能适应,七十年代后期对此作了改进。

目前光学塑料已进入实用阶段,如已用于瞄准器的光学系统、照相物镜和放映物镜中的非球面透镜,塑料透镜可用注射法进行大批量生产,零件可不必抛光就能使用,使用较为普遍的材料有:聚甲基丙烯酸甲酯PMMA ( $n_D = 1.491$ ,  $v_D = 57.8$ ),聚碳酸酯,聚苯乙烯,碳酸丙烯基二甘醇(也称烯丙基二甘醇碳酸酯)CR-39。

作为非抛光透镜和非球面透镜用的玻璃

材料,根据康宁公司的专利提出了水合玻璃热压透镜,但是由于含水量控制的困难,而目前不能实用,预料八十年代后期能应用。

用折射率梯度分布的玻璃能做非球面透镜和聚焦透镜等。已用于复印机透镜上。它是含TiO<sub>2</sub>或Cs<sub>2</sub>O的玻璃棒在KNO<sub>3</sub>熔融中进行处理,进行K<sup>+</sup>与Ti<sup>+</sup>和Cs<sup>+</sup>的离子交换。此外,还可以用化学蒸气沉积法(CVD法),不同折射率的玻璃层叠熔融粘接法或Macedo分子堵塞法等制造梯度折射率的玻璃,但是都存在有待解决的技术课题,因此认为这些方法的实用化要到八十年代后半期。

1976年美国报道了在研制梯度折射率玻璃方面的突破,该研制经费是由美国国家科学基金会提供的。这种方法是:把带电的银原子扩散到特殊玻璃中去,以改变其折射特性。这种方法可成批生产价廉优质的光学零件,预计不久可能用于光学仪器。

美国Formigraphic工程公司制成一种新颖的光学加工机床,用于制造梯度折射率光学零件,例如校正透镜或非球面零件等,而不用研磨或抛光。这个前所未有的创新,被评为1976年的美国优秀产品之一。其原理是用激光辐照,使一块光学塑料或塑料透镜的内部产生双光子反应,从而引起光学塑料的折射率的变化。通过控制折射的变化量以及控制折射率变化的内部边界,大大地提高了光学设计人员的光学设计选择性,达到既简化光学系统又提高光学性能的目的。通过控制不同折射率区域的边界制成与光学胶合件有同等性能的单一光学零件。此外,还可以校正色差和其它像差,使一般光学系统的元件减少一半而不降低其性能。这种新颖的光学加工机床的售价约3万美元。

### 四. 技术发展动态

现把近年来发展较快的现代光学中的一些新分支,例如光学信息处理、纤维光学、非线性光学、集成光学、激光光谱学和液晶

应用等作一简单的报导。由于这方面尚未充分研究，并正在探索之中，有待于今后进一步发展。

(1)美国激光分析公司于1978年制成LS-3型激光分光计，该仪器应用了可调二极管激光器，这是可调二极管的首次应用，能以优于 $0.0001\text{厘米}^{-1}$ 的分辨率在3—30微米红外区进行光谱测定，应用范围包括分子结构的研究、同位素分离、激光化学、燃烧过程研究、大气污染及生物化学等方面的超高分辨率光谱测量。

目前，光栅分光法的分辨率一般在 $3-0.1\text{厘米}^{-1}$ ；干涉分光法的分辨率一般在 $3-0.05\text{厘米}^{-1}$ ，而激光分光法的分辨率比前者提高了2—3个数级。所以，要进一步提高仪器分辨率，必须发展这门新崛起的激光光谱学。

(2)由于应用了全息照相技术，使显微镜产品系列中又增加了一个新产品—全息显微镜。它和一般显微镜有什么不同呢？不同的地方是：它用氦氖激光器作光源，发出平行光，平行光束经分光板后分成两路，一路通过显微标本称谓物光束，另一路称谓参考光束，两路光束通过显微物镜后又相遇，产生干涉，我们把摄下的干涉图称为全息照片。全息照相保存了标本的三维信息，所以全息显微标本不必象普通显微标本那样要求制得很薄，就可以保存标本的原样。换句话说，冻结了生物体的瞬时生命过程，可用来研究微小生物和观察活细胞分裂移动。能无损检查集成电路。能对物理现象进行三维记录和观察。例如云雾室中观察粒子运动轨迹。开辟了显微镜的新前程。

自从1971年美国光学公司首创全息显微镜以来，西欧和日本相继研制成功，目前已有九种型号问世，如果用这些仪器来检验集成电路，具有高分辨率，记录相位差的灵敏度达 $\lambda/100$ 。

(3)光线通过全息波带片的作用原理犹如透镜，我们把这种全息波带片称为全息透镜。利用电子计算机和绘图仪来制造全息透

镜的母板，然后就象印照片那样大量制造廉价的透镜。这种设想，几年前还被认为是纸上谈兵，现在已经有了试制品，这件事引起了光学界的重视，吸引着他们转向研究全息光学元件和系统。1975年日本光学工业公司试制成全息干涉仪，既可检验球面透镜，也可检验非球面透镜。该全息干涉仪就是利用了全息透镜，取消了制造上是十分费工而困难的样板。1976年报道了用全息干涉仪来代替球面样板，该仪器是小型的，可直接在抛光机上检验透镜表面的光圈。当检验不同透镜时，仅需换用一块与其对应的全息透镜，具有很好的效果。美国密执安大学已研制成全息望远镜，其光学系统由二片全息透镜组成，全息望远镜的分辨率达 $10''$ 。随着全息光学系统的出现，促使对全息光学系统的成像理论、设计方法及质量评价的研究。

(4)目前对重要的非线性光学效应：光倍频、自聚焦和受激散射等已进行了广泛研究，择其一例，如激光喇曼光谱仪，国际上已有二百多台在使用，它是定性和定量分析物质分子结构的重要工具。使分析时间从过去的几小时乃至几十小时缩短为几分钟。由于可调染料激光器能选择激励波长，若用来代替现用的离子激光器，则激光喇曼光谱仪有更大用途。首先是利用染料激光器输出波长的可调性，以避免吸收对样品的加热。其次是在吸收谱线的附近观察喇曼效应，这就使喇曼散射增强，称为共振喇曼散射。第三是利用连续可调激光器显然不再要寻找激光跃迁与吸收谱线的偶尔重合，将会推动喇曼光谱仪更迅速发展。

(5)目前，光学纤维和光通讯技术迅速发展，并取得了可喜的成果，1970年光学纤维还处在萌芽阶段，1975年其产值不大于50百万美元，但随着光学纤维信号传输系统的发展，估计今后要暴涨，予测2000年时将达100亿美元，比1975年增长200倍。美国在光学纤维和光通讯技术方面将会保持领先地位，予测1980年时光学纤维的产值达64百万

美元, 1990年时达833百万美元, 约占世界总量的一半。今后会有一半以上的光学纤维应用于光通讯。其次是在军事方面和电子计算机方面, 约各占10%。第三是在工业和仪器方面的应用约各占2~4%。

目前美国贝尔电话实验室已铺设一条相距一英里的试验用的通话系统, 日本也已铺设了试用系统。看来, 光学纤维的材料高纯化和优质、低成本制造工程仍是今后研究重点, 预计损耗将会比目前水平(实际应用 $> 10 \text{ dB/km}$ , 实验室达 $0.5 \text{ dB/km}$ )有更大降低。半导体激光器会向长寿命、长波长带方向发展。今后在集成光路、传光方法、低功耗中继器以及无中继器的传输等方面加强研究, 有所突破。

(6) 予料未来是信息化的时代, 这就必然推动光学信息处理技术的发展。当前要抓好信息处理技术的基础理论研究, 开展用频谱分析法或匹配滤波方法来辨识或侦察目标, 用光学滤波方法提高成像衬度, 使模糊的图象清晰化和进行超分辨率光学系统的研究。信息处理技术更是遥感技术中的关键课题, 遥感装置把空中所取得的图像数据发送到地面站, 再由地面站的数据处理系统把它复原为图像。所以信息处理技术对分析已收集的数据起很大作用, 上述这些课题都是国际上共同关注的。

近年来, 信息处理技术已作为一种检验工具用于生产流程中的控制。例如, 根据傅里叶频谱来检验注射针头、布匹的分等和用空间滤波法自动检验螺钉。

#### (7) 自适应光学

如果光学仪器在恶劣的环境中使用, 例如存在大气的湍流等随机过程, 将会严重影响仪器的成像性能。为了消除这种影响, 这就需要研究和发展新型的光学系统。于是, 自适应光学就应运而生了。所谓自适应光学, 就是实时地探测所发射或接收的光学信号中的波前畸变, 并通过调节光学元件的位置和形状等, 实时地消除这种波前畸变的影响, 这种光学系统, 就称为自适应光学系统。

自适应光学系统有着十分重要应用, 在激光武器的研制过程中, 为克服大气传输效应的影响必须要解决高能激光传输问题的各种自适应光学系统。又如观察远处目标或物体时, 为了得到清晰的像, 也要应用自适应光学系统对畸变波面进行补偿, 由于自适应光学的出现和发展, 把一种新的设计思想引入传统的光学技术中, 它不仅对现代光学的发展, 而且对其它科学的发展都会产生深远的影响,

以上对近年来光学仪器的进展作了概述, 由于水平的限制和收集资料上的仓促, 定有许多遗漏和错误之处, 敬请批评指正。



# 美国多反射镜望远镜概况

中国科学院光电技术研究所 白德开 陈伯平

## 摘 要

美国多反射镜望远镜 (MMT) 的研制成功是天文学发展的必然产物。本文概述了MMT的主反射镜, 光学支承结构, 机架, 建筑物, 能动光学等几个方面的有关数据、结构特点及制造工艺。并指出了多反射镜望远镜的优点及其在望远镜发展史上所占的重要地位。本文可供有关干部及科技人员参考。

一九七九年五月九日, 英国路透社从美国亚利桑那州的塔克森发了一条消息, 宣布世界上第三个最大的天文望远镜, 即多反射镜望远镜已在美国的霍普金斯山上正式建成并投入使用<sup>[1]</sup>。六月二十二日, 新华社在《参考消息》上也全文翻译刊登了这一消息<sup>[2]</sup>。

举世瞩目的多反射镜望远镜工程, 已为世界各国科技界, 特别是天文领域方面的人士, 谈论多年了。在这几年中, 美国的《天空和望远镜》、《光学工程》等科学杂志, 均从不同的技术角度, 对多反射镜望远镜的设想、结构及优缺点发表评论。尽管意见不一致, 但总是赞美者占多数。他们一致认为, 多反射镜望远镜是十七世纪初伽利略发明望远镜以来的一项重大突破, 可以认为是新一代天文望远镜的代表。

多反射镜望远镜概念的萌芽恐怕最早是由洛德·奥克斯曼顿 (LORD OXMAN-TOWN) 提出的。后来他曾以罗斯伯爵的名义, 在一八四五年建造了著名的6呎反射式望远镜, 该仪器保持了世界纪录达七十三年之久, 直到一九一七年威尔逊山 (MOUNT WILSON) 出现100吋的望远镜为止。

一九四九年, 芬兰图尔库 (TURKU) 天文台台长Y. Väisälä, 提出了一种不同类

型的多反射镜望远镜。它包括六块圆形反射镜, 每块直径32厘米, 按环形排列, 第七块反射镜在中间, 每块反射镜都设置在三个可调螺丝上。总反射面相当于一块85厘米反射镜, 焦距2.58米<sup>3</sup>。这台反射式望远镜模型和现在霍普金斯山上的多反射镜望远镜在构造上极其相似。只是由于当时技术工艺水平的限制, Y. Väisälä的设想才未能实现。

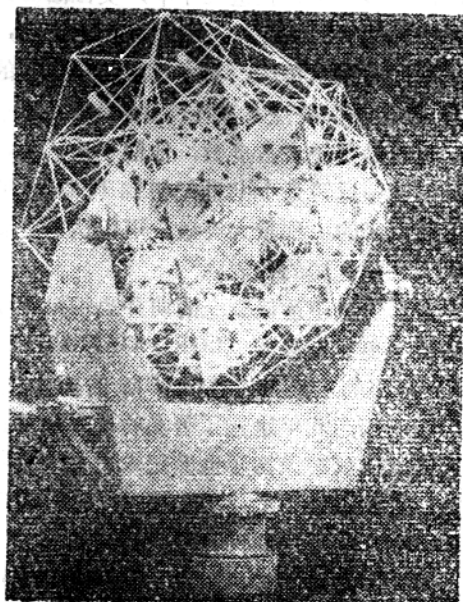
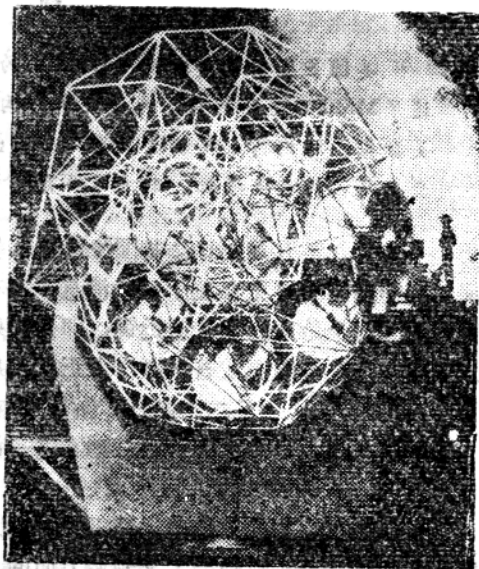
天文望远镜是人们从事天文观测的主要工具之一。今天人们能对天文方面有如此广泛的了解和深入的研究, 这和天文望远镜的作用是分不开的, 科学技术的发展。使天文观测工具不断地得到革新和改建, 这样就促进了天文学的飞跃发展。而发展天文学的迫切要求, 又必然对研制大型天文望远镜的工作提出新的要求。二十世纪初, 大型光学望远镜投入了天文观测。它开阔人们的眼界, 使人们对宇宙的认识一步步加深了。人们对以前还一无所知的银河系, 河外星系及类星体, 也逐渐有了一定的了解。比如, 现在人们可以对距离地球十分遥远的星球进行观测、分析, 能对各个星球一年四季在天空的位置变化进行研究, 能对它们的形状及表面情况进行探讨。这都和大型天文光学望远镜的作用是分不开的。固然, 天文学是一个综



合学科，它的发展除需要天文光学望远镜外，还必须有各式各样的射电望远镜、光辐射计、光谱仪、高空气球、人造卫星、宇宙飞船等工具和仪器手段的配合，但光学望远镜仍然是一种十分有用的仪器，仍在天文观测中占有重要的位置。而且，随着把先进的电子技术引入望远镜领域，光学望远镜在瞄准、跟踪、观测、计算、摄影、自控等性能方面也比以前大有改进。但是，科学技术的突飞猛进，使人们并不满足于已经取得的成果。他们还希望看到距离地球更远，亮度更暗淡的其它星系和星球，他们希望揭开宇宙中的更多奥秘。这样，就给从事天文光学仪器研制工作的机构提出了新的课题。

由于天文学领域内所观测的目标都是距离地球十分遥远，亮度十分暗淡的星球。因此就要求这些仪器有极高的灵敏度，极强的分辨力和高度自动化的优异性能<sup>[4]</sup>。而且，人口和大气污染的迅速增加正降低着许多天文台位置的质量<sup>[5]</sup>，即降低了天空的明视度，影响了天文光学望远镜的观测效果。因此，要使天文光学望远镜满足这些越来越高的灵敏度和分辨力要求，只有两个途径。一个途径是把现在日新月异的电子技术引进天文仪器领域，从而提高仪器的观测能力和分辨力，拍摄更好的星体照片以供研究。另一个途径就是增大望远镜口径。望远镜口径越大，聚集来自宇宙中目标的光量越多，分辨能力也就越高。口径越大，能观测到的星球距离地球也就越远。一九二六年2.56米望远镜投入观测后，就取得了前所未有的成果。因此，各国都注意研制大口径天文光学望远镜。五十多年来，世界各国已经建成和正在建造的二米以上大望远镜约有三十台。这些望远镜都是采用传统制造方法，即主反射镜是一块整体的高级光学玻璃，重量很大。美国五米望远镜的主镜重十三吨多，而苏联六米望远镜的主反射镜竟重达四十二吨<sup>[6]</sup>。这样，就给主反射镜的熔炼、研磨和镀膜都造成了很大的困难。而且，现在已经造好的

大反射镜也正出现各种问题。例如，苏联的六米反射镜就正不断地产生变形。一九七二年美国亚利桑那大学和SMITHSONIAN天文台的香农(R. S. SHANNON)等人联合提出了一种多反射镜望远镜(MMT)的设计方案，其特点是把六块直径1.8米的反射镜按六角形装在一起，制成聚光能力达4.5米的组合孔径望远镜(图1)。



b