

# 信息光学概说

陈树岭

信息就是消息，就是事物的存在和变化的情况。从信息论的观点看来，无论是电学、光学及声学系统，都是用来传递信息的。电学系统传递的是随时间变化的电讯号，而光学系统传递的是随空间变化的图象。我们把有关图象的传递理论与应用技术称为信息光学。

信息光学是光学最先开拓的领域之一，它可以追溯到原始光学初期，但获得迅速发展还是最近三十多年的事。50年代中期，无线电通讯理论和技术引进到光学中来，推动了信息光学的发展。此后不久，光信息理论和技术成功地应用于微波合成孔径雷达，为信息光学树立了第一块丰碑。60年代后，激光技术、全息照相技术的相继出现，电子计算机的普遍应用，特别是遥感技术的需要，更加促进了信息光学的发展。

信息光学可以分为理论与技术两个方面。信息光学理论目前有《傅立叶光学》和《统计光学》两部分。从数学形式上看，它们只不过是经典光学的一种新的数学表述方法——傅立叶变换和概率统计。从物理内容上讲，信息光学所讨论的仍然是关于光的传播特性方面的问题，如干涉、衍射、偏振及成像等。但这正象经典力学引入微积分那样，由于引入傅立叶方法和统计方法，经典光学才真正深刻地揭示了上述光学现象的内在规律性；同时，也使得经典光学理论更加趋于完善。

傅立叶光学是把通讯理论，特别是其中的傅立叶分析方法引入到光学中去。线性系统理论与频谱分析，是傅立叶光学的基本内容。用光学方法实现二维函数的傅立叶变换，在频率域中描述和处理光学信息，是傅立叶光学的基本目的。

一个景物，即一个给定的输入光波场，是由很多细节或复杂的光强分布构成的，而细节的情况，则是用空间频率来描述的。为了描述单色光波的时间周期性，将波重复一次振动形式的时间，称为时间周期，其倒数称为时间频率；与此类似，为

长，为人类做出更多的贡献。

光子学和光子工业还处在幼年时期，它有光明的前景。由于光子质量更小，传播速度更快，电荷中性，因此它的特色、潜力是很大的。目前光子学发展出来的产品已在传统的工业中占据了一个层面，在下一个世纪的科学技术中它肯定会稳步前进，发展壮大。回顾历史，如果现在的光子学、光子工业处于50年前电子学、电子工业的地位的话，那么不难想象，它在下一世纪的迅速发展将对科技界，工业界，乃至整个人类社会造成巨大的冲击，产生难以想象的变化。现实地说，光子学会在光纤大容量通讯、光计算机，光数据存储、激光加工、电子学系统的激光连接、医学、军事等五花八门的行业、领域里起作用。

描述了单色光波的空间周期性，就将它的波长与其倒数，称为空间周期与空间频率。对复色光，空间频率就是在空间单位长度内含有不同波长的光波的数量。故一个景物或图象的细节越复杂，它的空间频率就越多。光学系统对输入的物空间频率响应程度是用光学传递函数来量度的。因此，一个光学系统的性能可通过光学传递函数来体现。

在数学上，傅立叶变换是把一个复杂函数分解为一系列简单的正弦、余弦或复指数函数的集合，而傅立叶的逆变换则是把一系列简单函数加以综合或重构。从物理上讲，傅立叶变换是把一复杂的光场分布既物空间函数加以分解，其逆变换则是把一系列简单的点源加以合成。这种分解与合成的方法，即傅立叶方法，无论是对研究光学系统本身，还是对光信息处理，都具有特殊的重要性，傅立叶光学名称的由来也就在于此。

据光的电磁理论，一光波场就是一特定的电磁场。如果把不同的电磁振动看成是不同的光量子，则单个光量子的随机行为是无法确定的，而大量光量子的随机行为却遵从一定的统计规律。因此，有关光学过程的统计特性，都可以用统计的方法加以研究，故通常称为统计光学。但信息光学所侧重的则是光波场的涨落性质及探测方法。从信息论的角度说，信息光学的统计部分则主要研究光“噪声”的产生、控制乃至消除的问题。

一个光波场的随机变化过程，可以用随机变量来描述，而随机变量又可表示为概率分布函数和概率密度函数，统称为随机变量函数，故随机变量函数是反映一个光学系统随机变化规律的物理量。对于一个给定的光学系统，如果有了该系统的传递函数，还能求得其随机变量函数，则这个光学系统的特性就唯一地被确定了。

信息光学技术也称为光信息处理，它是应用信息光学理论具体解决光信息的接收与传递，加工与确认等方面的知识。光信息处理的特点就在于它能同时处理二维图象，而且处理信息量特别大，处理速度也极快。一张照片的傅立叶变换，用计算机需几个小时甚至更长的时间才能完成，但用光学透镜，在一瞬间就完成了。

合成孔径技术是应用信息光学理论而产生的一种先进的接收探测方法。光学仪器的分辨率是与其通光孔径成正比的，这无论对可见光还是无线电波，制造大口径物镜或天线都有很多困难，但如采用小口径天线或望远镜在某确定区域相关地，按一定时空规律地抽样观测，尔后再把这些结果加以相关合成，就相当于合成了一大口径天线或物镜的观测效果。合成孔径生动地说明了傅立叶光学在分解和合成两方面的应用。

全息照相是光信息处理的另一重要成就。一个简单的光振动，同时具有振幅和位相两个方面的信息。光振动非常迅速，振动一次只需 $10^{-13}$ — $10^{-14}$ 秒。因此普通照相只能记录某一给定方向上的物体表面的光振幅的时间平均值，即光强分布，而无法记录光的位相，物体各点的远近和侧面不能在一张光强分布的平面图上反映出来，这样普通照片就失去了物体原有的立体结构。全息照相则不然，只要能使物体所衍射的光波与另外的光波产生干涉并记录在某种介质中，那么当用适当的方法照明该介质时，就能得到象原物真实存在一样的效果，即三维的立体图象。这是因为全息方法记录的物光

## · 英语角 ·

### 编者按:

根据读者要求,本刊新设《英语角》栏目,每期刊出若干例句及短的段落,供读者修改或解答。答案请于今年12月底以前一次寄给我们,以便本刊主持人程鹏翥先生评判。对答案正确者,本刊给予适当奖励。由于此栏目刚办,没有经验,希望大家提出建议,以便我们更好地为读者服务。

### 第一次题目

(1) The Samples[, ] Which weighed over log [ , ] were heated.

请回答有逗号和无逗号两种句子的意思有何区别,指出这两种句子的语法结构,并将两种句子的意思翻译出来。

(2) Police fired on the Crowd [ , ] killing four protesters.

请按上例方式回答。

(3) We Shall repack the trailers inner wheel bearings.

请对此句进行修改。

(答案见本刊1993年第2期)

中,既有振幅的信息,又有位相的信息,即所谓全部信息。

全息照相术可用于所有的波,只要这些波具有足够的相干性并足以形成所需要的干涉图形即全息图。因此全息照相的应用十分广泛,主要表现为全息显微术,全息干涉量度术;无损探测、监测术等。全息照相目前仍处于不断发展之中。全息图的大规模复制;电视传输和非相干光全息图,这是当前最为关注的问题之一,因为它涉及立体影视的实现。此外,寻找新的记录材料以满足大容量存取信息即光计算机的需要,也是光信息处理中的当务之急,因为目前感光胶片、光敏塑料、磁盘或磁鼓及光铁电晶体都还未尽人意。

光信息处理技术大致可分为以下几种:

一、预处理技术。由于摄像系统的运动(如飞机或卫星上)及景物本身的运动,都会引入投影象差;或由空间不同点在曝光或冲印时因条件的变化而造成光度差,都要在成像以后加以规整。

二、增强技术。因被探测目标的光谱特性是通过图象的灰阶密度记录并反映出来的,而人眼对灰阶变化的鉴别能力有限,不同景物反映在图象上的灰度可能差别不大,因而一些细节不易被辨认。增强技术就是根据判读即识别的需要,在图象中突出或消除某些信息,甚至人为地加入某些信息,使所需要的特征被强调出来,从而提高图象的可辨认细节。增强技术又可分为假彩色成象、假彩色合成、灰阶重布、运算成象和空间滤波五种。

三、图象的识别。这是指在空间上能区别不同事物,在时间上要发现同一景物随时间的变化情况。具体地说就是对图象中的内容进行分析、判断,弄清楚图象中的线条、轮廓、色调、色彩、花纹等对应着实际上的什么景物及所处的状态。

最基本的方法是人工判读,正在改进中的是利用电子计算机判读。人的精力有限,计算机现阶段其信息存储量和计算速度还不理想,所以它是光信息处理中急待改进的课题之一。

四、信息转换。在信息传输、存储及提取中常将信息由某种载体转换成其他形式的载体。在图象的传输中,近距离可直接借助于光学系统,远距离可利用光纤,也可以把图象转换成微波。为了扩展通道,编码是必不可少的。存储就是记录,记录也可以采用编码,光模拟计算机就是把三维图象用二

维编码记录的。

传统的记录方法是把光信息记录到胶片、磁带或磁鼓上,如果利用全息照相,既可以记录二维图象,也可以记录三维图象;可以记录在介质的表面,也可以记录在介质的整个体积中;可以是永久的或是可以消象的。全息存储比磁性存储的优越之处是信息容量大、成本低、纯度高,能把几百页的书存储在只有手指甲大小的介质中,提取的时间在微秒的数量级,而磁性存储中提取信息的时间约几十毫秒。磁性存储是可以消迹的,而且可以读多快就写多快,快写和可消迹的全息记录则还在试验阶段。

在医疗透视微波与红外遥感中,把微波或超声信号转换成图象,把不易保存与观察的红外图象转换成可见光图象都属于转换之列。

可用计算机及其端机一起处理光信息全过程,但已有的电子计算机容量与速度有限,光模拟计算机精度低,前年元月美国贝尔实验室展示了他们研制的世界上第一台数字化光计算机,实现了光信息处理的飞跃,可以预见,不久的数字化全波段光计算机将取代现有的光信息处理系统,由于它能做到容量大、速度快、精度高,并能使运算与处理同时进行,这将与人的感官和大脑对信息的处理相接近,更重要的是,它还能处理人的感官无法处理的无线电、微波、红外、紫外、X射线、超声、次声等一系列信息,这真是全能的信息处理机!可以断言,随着集成光学、薄膜光学、纤维光学、显示技术、激光技术及微电子技术等有关学科技术的进一步发展,数字化全波段的光计算机将很快遍布世界,“万能”智能机器人也可能应运而生。

### · 科学书店 ·

[267—086③]\*核磁共振波谱

化学类 裘祖文、裘奉奎编著

大32开469千字600页 压膜装 定价:17.20元

1992年8月出版 ISBN7-03-000614-3/O.

158(本书上次征订期号:89年185—080)

读者对象:核磁共振波谱研究的物理、化学、生物和医学的科研工作者、教师、物质结构专业研究生和高等院校学生。