

光学新技术发展概况

(下)

光学机械编辑组

光电成像器件

光电成像器件为光学观察提供了许多重要的新途径，例如夜视及远距离间接观察，即电视。目前为不同目的已发展了很多种类，而且在技术上还在不断更新，有的已经并且预料还会成代的进行变革。

这里介绍几种典型的光电成像器件

一、变像管和像增强管

变像管是一种电真空型光电成像器件。管端面一端是红外敏感的光阴极，用光学镜头将被观察目标的红外像投在光阴极上，从而在阴极面上各点按像点投光的强弱发出光电子，经电子透镜使电极加速，使光电子以较高的速度射向管子另一端的荧光屏上，并在荧光屏上形成由光阴极面发出的电子成的像。这样就使红外像转变为人眼可以看见的可见光像。并且由于电子加速轰击作用，使可见光像的光强得到增强。这种管子用于主动式的红外夜视仪器，即目标在夜间用不可见的红外光照明。但用到军事上这种“主动”装置的隐蔽性就很有限，所以研究了完全“被动式”的来解决这一问题，即上述管子不用红外敏感的光阴极而用灵敏的可见光阴极（一般用碱金属材料），则可使光强较弱的像变成光强较强的像成为像增强管。

像增强管用于微光夜视仪中，也用于X光透视，后者往往使像转换时同时具有使像的倍率缩小，以进一步提高荧光屏上的成象

亮度。

在微光夜视仪中，为了校正电子光学所带来的像场弯曲，并使各阶段象面间得到更好的像场重合采用了纤维光学面板，将光阴极或萤光屏直接附在纤维面板的内表面上。这样每一级都成为一个单元，级联时只要把几个管子串联拼起就可以了，简化了工艺，也使成像质量大为改善，光的利用率大为提高。例如，要对最后一级的增强像照像，只需将摄影底片贴在纤维面板的外表面就可以了，而不需再用透镜成像。

这些仪器的最高灵敏度能在近两公里的地方发现一枝烟头的微光。但从另一方面看，如果视场里出现断续的强光，这些光就会干扰对同一方向目标的观察，这是一个很难解决的问题。光增强管一般都有增益自动控制，能把这些缺陷缩小到最低限度。

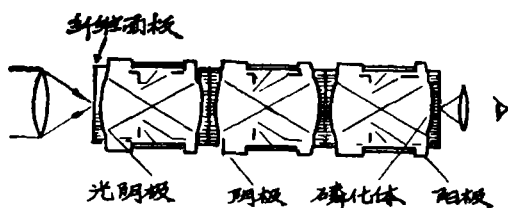


图5 用纤维面板耦合的像增强管

二、普通电视摄像管

普通广播电视用的摄像管自三十年代开始有电视广播以来，所有的管子型式已是第三代了，最初是“光电摄像管”，战后一时通用的是超正析像管，有较好的灵敏度及分辨率，但体积较大，且极为娇气。现在广播电

视采用的是氧化铅靶面光导摄像管。自从六十年代初这种管子问世以来，它的供应几乎为荷兰飞利浦公司所独占。

另外在工业电视上用硫化锑靶面光导管已逐步为氧化铅靶面管所代替，因为氧化铅的灵敏度比前者高得多，但制造工艺比较复杂。

开始时的氧化铅靶面管红波段灵敏度较低，在低照度情况下惰性较大。现已有红敏的管子，低照度的惰性问题的背景光使帧

内清扫的办法已基本解决。

硅靶面摄像管出现在60年代后期，和其它类型的光导摄像管相比，硅靶管具有高的灵敏度，很宽的光谱响应范围（ $0.4\mu\text{m}$ — $1.1\mu\text{m}$ ），对红外也有较好的灵敏度，不怕强光灼伤及长寿命等优点，常用于闭路电视。由于这种硅二极管阵列靶面不仅对可见光而且对电子束和X射线、红外线等不可见光也灵敏，因此在医学、科学研究和工艺等方面都有广泛的用途，国外广泛用于电视电话。

国外氧化铅及硅靶管典型性能表

管子	灵敏度 ($\mu\text{A}/\text{lum.}$)	暗电流 ($\text{m}\mu\text{A}$)	中心分辨率 (电视行)	惰性 (50ms后残象)
氧化铅 XQ 1023 (红外增强型)	440	1.6	900	7%
1吋硅靶管	5000	7	550	10%

三、高灵敏度或低照度电视摄像管

初期有分射式正析像管。当前比较突出的是二次电子电导摄像管（SEC管）和电子倍增硅靶摄像管（SEM）。

SEC管由于灵敏度高（ $15000\mu\text{A}/\text{lum.}$ ）、惰性小、特别具有良好的信号贮存和积累的性能，加之体积小，重量轻等优点，自从60年代中期问世以来，颇受重视。在军事、空间飞行、天文观测、低照度彩色电视广播等方面都得到了应用。并曾用于阿波罗登月电视摄像。在SEC管前再耦合一级像增强器可以在晴朗无月的夜空条件下拍摄自然景物。

国内已有单位研制出了具有一定水平的SEC管，并用该管装成了具有体积小、重

量轻、适于村农巡回医疗和战备需要的X光电视机（见图6）。

SEM管出现于60年代末，它是综合了硅靶摄像管和SEC管的优点而发展的，是目前微光电视中灵敏度最高的一种摄像管（灵敏度可达 $250000\mu\text{A}/\text{lum.}$ ）。国外已处于实用阶段。这种管子主要应用在微光夜视，能在 10^{-5} — 10^{-6} 勒克司的极限靶面照度下工作，无月的晴空照度 10^{-3} 勒克司下能较好地工作。另外还可作为X光电视、海下电视、空间电视等，这种管子有取代SEC管子的趋势。

四、高分辨率电视摄像管

这种管子用于侦察电视摄影及遥感电视。典型的回束光导管一般分辨率达4000行

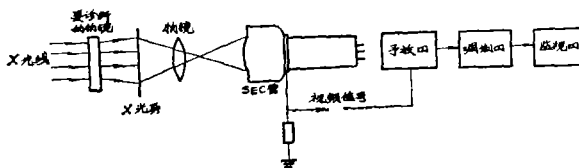


图6 X光机结构

以上，是慢扫描型，可用于传递戴于卫星上的多光谱摄影。工作分为四个步骤：“曝光录像”、“读取”、“擦除”及“制备”。目前仍在努力提高这种管子的分辨率。

五、全固体摄像器

按不同扫描方式，分为MOS型和CCD型两种。从国外报导情况来看，重点集中在CCD型，即所谓电荷耦合摄像器。它是一种通过存储和控制电荷运动而履行其功能的多元半导体器件。研究设想于1970年，目前已制成分辨率达到广播水平的525行全固体摄像机，比起电真空型摄像管固体摄像器体积大为减小，目前，这方面工作还在试验阶段，不久很有可能用以代替电真空型电视摄像管。

高速摄影

高速摄影是研究各种快速现象的有效工具。利用这种手段可以把某一现象中快速变化的过程按时间序列记录下来，或者把某一瞬间的运动状况凝固下来便于察看分析。军事上用以研究核爆炸机理、弹药的爆炸过程、武器发射过程、高速飞行器的空气动力学等是必不可少的。在国民经济技术发展上，用以研究在电力系统中的放电过程，研究机械快速运动中的力学冲击和振动现象，在科学研究中用以研究激光的产生过程，等离子体现象，以及在体育运动中用以观察快速动作的姿态等等。

近年来，由于激光技术的发展，电子光学器件的应用，使高速摄像进入了新的水平。

一、一般光学机械式高速摄影机

1. 间歇运动式高速电影机

这种摄影机的特点是摄影底片间歇式运动，以取得连续序列的电影画幅。它的优点是分辨率和定位精度都比较高，因而质量较

好。用35毫米标准电影画幅摄影频率可达250帧/秒，用16毫米画幅则摄影频率可更高。

2. 像移补偿式高速摄影机

在间歇式摄影中，当摄影速度加快到每秒2000或3000幅时，断续动作的抓片爪的拉力会将底片撕的粉碎，为了克服这一缺点采用了使底片连续运动，它的优点是速度比较高，光能损失也较少。但困难是很难保证光线与底片完全同步，因而成像质量受到了极大限制。一般35毫米电影画幅可达每秒钟3000帧以上，将画幅尺寸减小，频率可相应增加至10,000帧/秒以上。

3. 转镜式高速摄影

补偿式摄影机虽然较间歇式摄影机有了改进，但底片仍要作连续运动，而且帧频愈高要求底片运动的速度也愈高，但底片的片基强度是有限的，频率再高就要撕裂底片。因此，摄影不能再采用底片移动方式，换之由镜头所成的像通过转镜和像移补偿方式连续在摄影底片上扫描，得到多幅摄像。其中单镜头式频率可达100,000帧/秒以上。

4. 高速转镜式高速像机

加快转镜速度可以提高时间分辨率，极限是转镜所能达到的速度。采用转镜在真空中旋转及高速气浮轴承等手段可使转速达每秒数十万转。它的优点是反射镜不会脏，旋转装置没有磨损。在转速极高时，一般金属材料的强度已经不能满足要求，而是要采用铍来做原料了。采用多镜头摄影最高摄影频率可达每秒2500000—5000000万帧（每次摄影可得近百张照片）。如果用作信号的连续记录，时间分辨率可达 10^{-8} — 10^{-9} 秒。

二、光电方法在高速摄影中的应用

高速摄影中的一个问题是快门启闭时间。如高速转镜式像机，为了准确获取某阶段的快速现象，也需用高速快门进行控制。

一种方法是采用克尔盒快门，其原理是当强电场加在某些具有克尔效应的液体或晶

体上时，可以使液体或固体发生双折射，因而使透过光束的偏振面作一定角度的偏转，从而使光线通过形成光闸。采用短间隔强脉冲技术，可使曝光时间短至 10^{-8} — 10^{-9} 秒。

作为光电开关的另一种型式是利用光电成像器件。例如采用转像管结构，转像管是由装有电光系统的真空管组成的，真空管的一端是光阴极，来自要研究过程的入射光在此光阴极上转换成光电子图像，电子束通过电子光学系统被加速，射到真空管另一端的萤光屏上。被加速了的电子具有足够的能量来激发萤光屏上的物质，从而在萤光屏上构成一幅可见光图像。祇有转像管注入适当脉冲电压时才能在萤光屏上成像，从而取得高速瞬间成像效果。在电子光学系统再外加使成像偏移扫描的电场或磁场，就可实现扫描。

高速摄影中的另一种方法是利用短脉冲闪光灯对目标进行采样式照明，在摄影底片移动的情况下，仍能得出一系列的清晰的图像。同时也可用转镜相机来记录图像，用此方法可观察一个激光产生的等离子体。

三、激光在高速摄影中的应用

高速摄影中的一个问题是目标照明问题。当摄影时间愈短时，目标所需光强愈大，由于激光能产生极高的亮度，通过某种光学手段为高速摄影提供了有效的光源。

激光技术中的调Q技术，可使激光脉冲时间短至毫微秒，用此作为光源，便能得到毫微秒间隔的高速像片。

利用激光锁模技术可得到超短脉冲，时间间隔为微微秒级，甚至达 10^{-13} 秒。用于照明则曝光时间也可缩短到如此程度。

利用激光的全息照像技术，可以得到高速全息图。这样就可能对高速现象进行立体观察。例如用以观察超音速风洞试验中的空气湍流，工程模型受冲击的应力的立体分布等。

四、透射高速摄影

研究火炮发射炮弹时炮弹在膛内的推进情况，引信在炮弹内爆炸过程，就须用强功率、短脉冲的X光来进行高速透射摄影。

红外技术

红外技术是第二次世界大战以后发展起来的新技术。从技术上来说属于光电转换技术范畴，它的应用最初侧重于军事，继而逐步扩大到国民经济部门中的许多部门。

红外技术利用物体发射、吸收和反射红外辐射的物理特性，通过红外装置进行辐射测量、光谱分析、分光辐射测量和热成像。用这些方法实现搜索、跟踪、测温、监控、探伤、检测、定位、分析等目的。

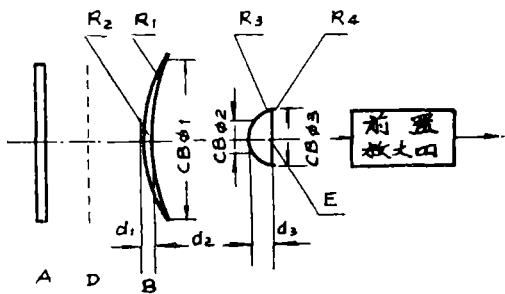
在军事上红外技术可用于导弹入侵预警、导弹制导、夜间侦察、侦察伪装目标等。就目前技术水平而言，地下导弹发射井即使在地面上加以伪装，由于其红外辐射特征与正常地面不一样，所以在卫星上也能用红外装置探测到。卫星上的红外装置能测出海水温度 0.5°C 的变化，飞机上的红外装置可测的温度变化更小，从而可以搜索40米深的潜行的潜艇。

在工业上，红外技术的应用领域已有不少，一种是测量物体的热幅射进行测温 and 监控。例如，列车热轴探测，这一技术我国已开始实行，其原理如图七所示。

轴箱辐射的红外线经保护窗口和光栅后由主透镜、浸没透镜会聚到紧贴在浸没透镜背后的热敏元件上，热敏元件把热幅射信号转换成电信号，经前置放大器放大后输送到下一级去，在自动记录显示装置上记录信号的强弱。

测温 and 监控还可应用在热轧 and 轧辊发热监视、远距离测温、起火监视、加工过程的温度监视等。

采用吸收光谱分析可进行有机化学分



- A: 保护窗口 (硫化锌)
- B: 主透镜 (锗)
- C: 浸没透镜 (锗)
- D: 光栅
- E: 热敏元件

图7 列车热轴探测器结构原理图

析、气体分析、管道泄漏探测、水中含油探测等。

利用热成像装置可进行印刷板功能检验。高温炉异常过热的检验，各种裂纹空洞的检验，电缆过热探测，材料的无损探伤等等。热成像仪是一种将红外像转换成可见像的装置，它使用红外探测元件，以光机扫描方式工作（见图8），用上述热像仪已摄取了一些热图像，效果良好。

此外，利用红外显微镜也可以检验集成电路焊接点质量，原理是检查通电时焊接不好点的温度升高。红外显微镜可探测直径小于 7.6μ 的面积。

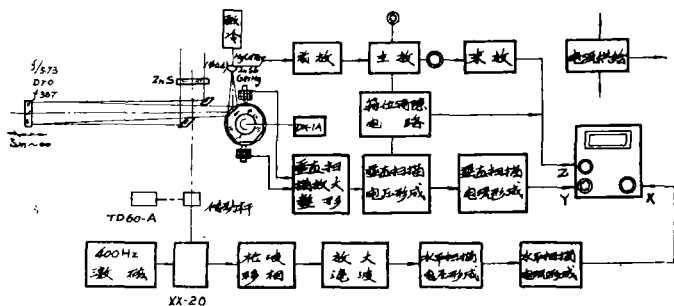


图8 红外热成像原理系统方框图

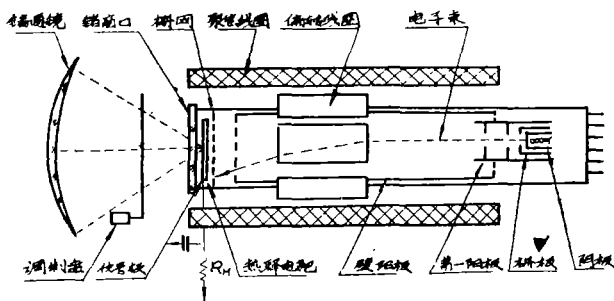


图9 热释电摄像管结构示意图

目前国外已研制成功热释电摄像管，它是以热释电材料（通常是TGS）的靶与视象管的电子扫描机构相结合的一种非致冷型的二维实时成像的热成像器件。它有着中等分辨率和速度，多用于 $8-14\mu$ 区域。

锗透镜把热景色成像于靶面上，引起局部温度的变化。由于热释电效应，这种温度的变化转换为靶面相应的表面电荷，并用扫

描电子束的方法将其读出。

目前，一种便携型的闭路电视摄影机已成功地改进了热释电摄像管，温度分辨率可达 $0.2-0.5\text{℃}$ ，空间分辨率为100条电视线。

在农业方面，为了充分发挥农作物增产潜力，利用红外分析仪是研究光合作用和 CO_2 施肥的有效手段。

红外技术空间的应用目前也获得了可靠

的成果。

飞行器的姿态监控—人造卫星和宇宙飞船为了在空间正常运行和执行预定任务，必须保证卫星上的主要工作仪器正确的对准地球。这种控制姿态的系统之一红外地平仪是一种很重要的手段，它是利用红外敏感元件接收地球圆盘边缘的 $14-16\mu$ 二氧化碳吸收带的辐射。获取相对冷空间误差信号来实现飞行器姿态控制的。

气象观测—气象卫星借助于红外技术巧妙地利用大气中二氧化碳 15μ 的辐射转移实

现大气层垂直温度分布的测定，被认为近年来红外技术应用最成功的项目之一。

军事侦察—在预警卫星上装设红外望远镜，通过对火箭发动机喷焰和再入飞行器高温的辐射测量来探测导弹的发射情况。

以上是红外技术的应用，而红外器件是发展红外技术的基础。从技术性质来说是属于光学传感器的范畴。红外技术的发展反过来对器件提出了新的要求。激光技术的出现对红外接收器件也提出了新的要求。

常用的红外器件如下表

器 件	响 应 波 段 (μ)	工 作 温 度	探 测 率 (厘米·赫 ^{1/2} /瓦)	响 应 率 (伏/瓦)
铋化烟 (InSb)	3—5	77 K	3×10^{10}	10^{18}
硫化铅 (PbS)	1.8—3.2	室 温	$4-5 \times 10^{10}$	
锗掺汞 (Ge:Hg)	8—13.5	35—38 K	$> 2 \times 10^{10}$	5×10^4
碲镉汞 (HgCdTe)	$\begin{cases} 3-5 \\ 8-14 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{室温} \\ 77 \text{ K} \end{cases}$	$\begin{cases} 10^{10}-3 \sim 5 \times 10^9 \\ 10^{11}-10^{12} \end{cases}$	$\begin{cases} 10^8 \\ 10^2 \end{cases}$

在我国硫化铅、碲镉汞、铋化烟、锗掺汞、锗掺金以及热电器件硫酸三甘酞，铌酸锶钡、钽酸锂等均有产品，性能也均达到先进水平，随之所需的制冷技术也基本解决。多元器件以及硅、硫化铅双色元件也在研制试验中。但在灵敏度、响应速度、多元矩阵不过关，工艺不太稳定。

当前红外器件的发展趋向大致有以下几方面：

1) 材料方面：元件材料当前着重于三元系半导体和半金属材料，用它们制造的器件在提高灵敏度、响应速度、降低制冷要求以及性能的均匀一致等方面有较大进展。室温使用的热电材料器件也有较大发展。

与元件制备和使用密切相关的窗口材料和光学系统用的红外透射材料也有相应地进展，这里包括人工透明晶体、半导体材料、红外透过玻璃，如硫化物系玻璃以及多晶材料等。

2) 提高红外探测元件的灵敏度：目前水平用直接探测方法已受到背景的理论限制。现已发展了新的接收技术来迂回这一局限性，大致有以下几种型式：

- A. 外差接收技术
- B. 微波偏压光电导探测器
- C. 变频转换（把红外转到可见或微波，再用光电或微波接收技术进行检测）
- D. 红外量子计数器

3) 提高频率响应

基于高速热成像技术的发展，外差技术的应用以及锁模激光的测量，需要大大提高器件的频率响应范围。一般需达到千兆赫以至于十千兆赫。与此同时，还需发展高频响应的测试和检测技术。现在如三元系元件、硫酸三甘酞、铌酸锶钡、钽酸锂等都达到几千兆赫的水平。

4) 在不降低性能的前提下提高工作温度，这是室温热电器件极引人注目的原因。

5) 多元器件, 多元器件由于同时能接收若干倍的光学信息, 对于成像、搜索、跟踪方面的优越性是明显地。为了解决多元性能的一致性和元件增多带来信息处理上的困难正在发展新的电荷耦合器件。

6) 复合器件, 由于遥感技术中红外多光谱扫描成像的需要, 需将灵敏度在不同波段的探测元件结合在较小的空间范围, 使扫描能同时得出不同波长而在几何上能完全一致的多光谱图像。

7) 新工艺, 特别是多元器件几乎都用半导体集成电路工艺, 其中如单晶处延、离子注入和溅射技术已被应用。

8) 制冷技术, 微型制冷技术已发展到很有成效的水平, 但在空间技术上使用红外技术时, 不便于携带消耗性或循环式制冷气件, 因而发展了太空辐射自然致冷的技术。

遥感技术

所谓遥感技术, 就是不需要以有形的物质和所要了解的目标接触就能对目标有所了解。一般说来, 光是能以波动方式传播物质的运动情况, 都有遥感的效应。从这个意义上说, 电磁波特别是光波是最有效的了。人眼能看到物体和识别物体是通过从物体放出的光波传到眼里而实现的, 这也是遥感, 但称为技术则是指这种功能的扩展。遥感成为一门新技术是六十年代才形成的, 但不是说在这以前就没有遥感技术, 过去的航空摄影从空中拍摄地貌、地形, 就是遥感观察, 只是由于空间技术的发展, 随带之而来的是从空间来了解地面目标的情况和活动, 为此采用了各种先进技术手段从而成为一个崭新的领域, 并且推广到应用其它手段来获取对目标的信息 (例如航空手段、超声等等)。仅以电磁波作为遥感手段而言, 按所要探测目标的不同, 波长可以是无线电波、微波、远红外, 一直到可见、紫外、甚至 X 射线。在探测方式上可以是主动向目标发出信号看它的

回响, 也可直接接收目标自然放出的辐射或光线。

遥感技术近年来所以发展得异常迅速, 首先是苏美两霸为了争夺世界霸权, 在不遗余力发展弹导核武器的情况下迫切需要利用航天技术加上遥感设备作为战略上的眼睛。继之则发现观察地面资源可以取得很大效益, 而且大量工作可以利用航空来进行。

遥感技术在国民经济上可用于地图的绘制; 农、林、水利经济区域的普查; 地质地貌的普查从而予示有矿的区域; 农作物长势及收成的估价; 地区污染勘察、水情及森林火灾预报等等。

作为遥感的主要手段, 除了利用可见波段摄影而外, 当前用之有效地是红外遥感技术和微波遥感技术。从原理上说, 则是除了利用目标的外形轮廓来进行鉴别而外, 更充分利用的是目标对不同波长的吸收、反射、辐射的光谱特性, 下面仅就光学遥感方面的发展作简要介绍。

一、多光谱摄影

利用多光谱照像机是最早出现的一种多光谱遥感系统, 它的原理和彩色照像相似。人眼由于具有色的感觉, 在鉴别物体时要比只看到黑白图像敏感得多。但只凭人眼观察, 那么对于色泽相同的不同物质, 若不是从外形区别就变得不易区别, 军事上的伪装就是利用这一原理。多光谱摄影不是依照人眼对波长不同敏感的色感分波段来同时摄影, 而是根据不同目标的光谱辐射特性选择波段, 根据光谱光度的区别最有效地把不同目标区分出来。这样在得到多光谱摄影以后, 除了观看目标的轮廓而外, 还考察了目标的光谱特性, 使能更准确地判别目标。这里摄影所用波段, 由于限于摄影底片的感光范围, 可用自近紫外至摄影底片敏感的近红外, 常用的多光谱波段是绿、红和红外。

根据多光谱照像机结构特点, 它可分为三种基本类型: 多镜头型、多照像机型和单

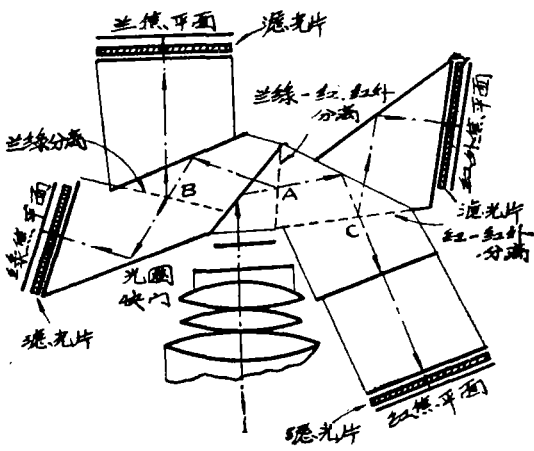


图10 光束分离型工作原理

镜头多胶片型（亦称光束分离型见图10）。

这三种类型多光谱照像机系统各有其优缺点。光束分离型具有结构简单、重迭精度高的优点，但由于光束经几次分离，而照像机又采用统一的快门、光圈，这样对蓝光谱带透过能量较少，会对象质有影响。至于前二种型式主要缺点是重迭精度较差，但具有更大的灵活性，能适应多种用途的需要，因此这种型式装在飞机和卫星上作遥感之用较普遍。

二、多光谱红外扫描仪

如果需要摄取红外波段的图像，由于没有 1.1μ 以上红外感光底片而用，而需借助于红外检测元件，为此对目标成像就需采用扫描的方法。在多光谱扫描成像中，不需多套光学成像系统，只需将各波段敏感的探测器紧凑并排在一个摄影机中，同时取出各元件的光电扫描信号，就能通过并行的图像复现装置得出多光谱图像（见图11）。

在地球资源探测中的红外扫描仪，大都采用 $3.5-5\mu$ ， $8-14\mu$ 的红外波段，所采用的红外探测器有红外热探测器和红外光电探测器。几种常用的红外探测器有碲化铟、碲镉汞、锗掺汞、硫化铅等。设计红外探测器需统一考虑温度灵敏度和空间分辨率二个指标，一般取空间分辨率为 $1-5$ 毫弧度，温度灵敏度为 $0.1-0.5K$ 。

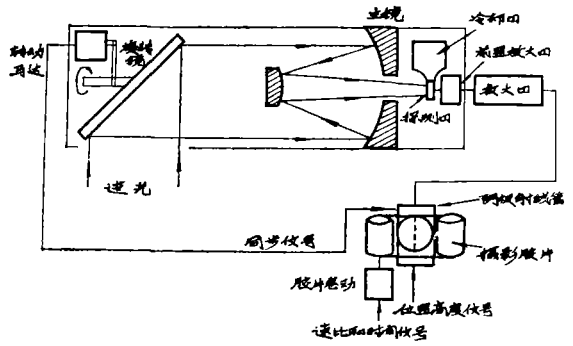


图11 红外扫描光学系统模式图

三、利用电视传递遥感图像

在许多场合，特别是利用人造卫星进行遥感摄影，需不待卫星的回收就能及时在地面获得图像（例如气象卫星和侦察摄影）。这样就需在遥感中采用电视技术。这种图像因为一般要求很高的清晰度，用普通的电视摄像管（每幅 625 行）分辨率是远远不够的，一般要求分辨率达到每幅 4000 行以上，近年来则更致力于每幅 8000 行至 10000 行，因而需要特殊的摄像管。典型的是用回束光导电视摄像管，其分辨率达 4000 行以上，用慢扫描方式，以便于信息的传递。不言而喻，在卫星上和地面还必须有相应地发射、接收、显示和记录设备。另外，如果是用作侦察工具，则还必须使摄影在敌方进行，待运载工具飞往自己地区时才将图像传回来，因而还必须有图像存储装置。

美国发射的地球资源卫星就采用了三通道的回束光导管摄像机，它一次摄取的面积是 $185\text{公里} \times 185\text{公里}$ 。

四、遥感技术中的地面处理

地面处理是遥感技术中三大组成部分之一，正个处理过程是很复杂的。对于用回收底片来获得信息的遥感中，主要经过下面的步骤。冲洗方法及设备、图像规正方法及设备、图像的信息处理（包括像质增强和图像识别）、图像的存储及分类等步骤。

1. 底片的洗印方法及设备

底片回收以后要经过显影、定影、冲洗、复制、放大、缩小等处理过程。一般地在着手进行这一步骤时，要事先进行若干试验，找出合适的条件再进行处理，因为获取空间照片要付出相当大的代价。另外由于拍摄的底片量非常大，必须进行自动化处理，才能保证在洗印时条件一致。

2. 图像的规正方法及设备

图像的规正包括几何规整和光度规整两大类。

(1) 几何规整，由于下列因素的影响，而使在拍摄时不符合中心投影条件，而造成几何形状的改变。这些因素是：地球旋转、地球曲率、星体飞行高度变化、星体姿态变化、扫描倾斜、全景畸变、星体飞行速度的改变、星体飞行时偏离轨道等等。要想校正这些因素，必须预先知道上述因素的变化量，比如用速高比计测量高度变化，用星像机测量星体的姿态变化，预先测出像机在各个视场的畸变量等，知道这些变化量之后，制作几何形状规整仪，把图像规整到符合中心投影的情况。在设计几何形状规整仪时，尽量在一次规整完毕，因为在每次规整时，都要复制一次底片，而每一次复制都要丧失一部份信息，降低分辨率，因此减少规整次数非常必要的。

几何规整可用计算机进行，也可用光学机械方法进行，用计算机规整时只要把校正函数输入到计算机中存储起来和数字化了的图像作些简单运算就可以了，这种方法精度较高。

(2) 光度规整，在拍摄过程中，由于光学系统在视场不同部份照度不同，再加上在拍摄时由于曝光量控制不精确，在各个画幅中在光度上会有差别，特别在多光谱照像时，需正确进行彩色合成以便于观察。所谓假彩色合成就是把一组几张不同光谱段的多光谱黑白胶片（正片）通过配合红、绿、兰色滤光片的光学系统或电视系统投影到屏幕上，使它们相互精确重迭而呈现合成彩色影

像。在假彩色像片上呈现的色彩并不是它的真实自然颜色，而需要的目标用某种彩色明显地突出出来，以易于对该目标鉴别和分析。

光度规整可在计算机中进行，也可以用光学机械方法来实现。

(3) 像质改善，由于大气抖动、像移、离焦、底片颗粒噪声的影响会使成像质量大大降低，因此有必要处理以提高鉴别率和清晰度。

(4) 图像的识别，为了使不同时期或不同时间所取得的同一地点的目标能进行分析比较，如在军事上发现敌方目标等要进行图像识别。而从空间中一次获取的底片是大量的，人工判别很困难，这样就要发展图像的自动识别方法和设备。

(5) 图像的存储和分类，这方面主要用于长期保存和入档。可用计算机方法和全息照像的方法来保存。

在遥感技术中，人们对目标的轮廓外型是比较熟悉的，是但对于目标的光谱特性除了日常见到的自然颜色而外，是不熟悉的。在遥感技术日趋精化的发展过程中（例如区别农作物的品种，长势或病虫害、土壤含水量等工作）须事先对典型目标建立光谱特征的数据档案。

凡此种种，说明在发展遥感手段的同时，必须相应地建立地面设备。其中除了光学机械以外还需大量引用电子控制和电子计算技术。

遥感技术目前在很多应用方面还在发展和试验阶段，但已取得无可置疑的有益效果。仅举二例：利用一般方法对我国进行土壤调查，绘制成全国土壤分布图需十几年时间，等到图制成在当前社会主义建设飞速发展的情况下已失去了时间性。但若用遥感制图，有事例说明在一年内即可完成。又如对我国沿海大陆架的勘测问题，由于国际海洋法的斗争，迫切需要确切的资料，用最快的方法得出来，遥感技术将是一种有效的手段。

关于光学信息的传递和处理

在通讯技术中,当信号从一个环节传递到次一环节时,有信号物理形式的转换问题,有衰减或增益问题,有信号失真问题,有噪音干扰问题。在光学的传递链中,对于图像信息的传递也有相对应的方面。所不同的是通讯信号是信号强弱和时间的关系,而在图像传递中是信息的强弱和位置的关系。而后者在复杂性上更超过前者,因为图像在空间占有三个自由度并且也可随时间而变化,而通讯信号只随时间而变化,但它们的原理是互通的。通讯质量的好坏,可以用频率响应特性和相位失真来表示,光学图像传递的质量也可用“空间频率”响应和空间相位失真来表示,后二者的表现形式就是所谓的传递函数。在通讯的环节中,可对信号进行选择或对信号质量进行整理,以及采取抗干扰和压低噪音的措施,这种原理应用到光学就成为光学信息处理技术。而且正因为通讯和光学传递间的对应关系,两者是互相可以转化的。例如电视就是发射端由图像信息转变为时间信息,在接收端又由时间信息转变为图像信息。这也说明图像信息可以用通讯的原理来进行处理,这就是光学信息的处理。

以下就有关光学问题作简短的介绍

一、光学传递函数(OTF)

光学传递函数是将付里叶分析方法应用于研究光学成像建立起来的关于光学系统成像过程的理论。表征在不同空间频率(按正弦曲线作强弱分布的每毫米的黑白线对数)输出调制度与输入调制度之比(包括振幅和相位),如果只注意振幅度则称为调制传递函数,相当于通讯中的频率响应曲线。

传递函数测量理论的优点在于:理论严密,具有更高的可靠性。同时是光电实时输出,自动测量,可以提高效率。

传递函数的另一优点是不仅对镜头的质量可表达出来,即如大气传输的质量、摄影底片的分辨能力、光电成像元件表达图像的能力也都可以用传递函数表达出来,并且能把每一环节的传递函数综合在一起,得出整个光学系统总的传递函数指标,因此使用光学传递函数也便于对光学链进行系统分析和系统设计。

也可以看出,对于某一光学系统来说,当频率增大,传递函数值下降,相接近于零时,即是说对分布愈来愈细的黑白线条,对比愈来愈淡,直至对比度消失了,达到这个系统的分辨率极限。因此,对于光学系统的成像质量可以用传递函数来作评价,而这是比只考虑分辨率更为全面而具有代表性的表达形式。例如对于某一黑白线排,虽然能够分辨,但若成像时对比度过低,则说明这个系统的成像质量还是不够好的。

目前利用传递函数的概念和方法对设计和实物进行检验和评价在光学科研单位已较为普遍。国外在一些先进的光学工厂也用来进行生产质量的检验,光学传递函数的检测设备也有商品出售。国际上还制备有传递函数测试标准。

二、全息照像

全息照像是利用波阵面再现的原理,出现在1948年。但只是在具有高度相干性的激光出现之后全息照像才得到蓬勃的发展。照像不用镜头,最基本的装置是将被照物体用激光光源照明,另外从同一光源发出一参考光束,使照射物体的反射光和参考光在空间形成驻波干涉,把照像干版放在空间的一定位置上,把驻波干涉记录下来。这样记录下来的是复杂的干涉花样而不是物体本身。将曝光底片和光源放在原来位置,原来被照明的物体拿掉,则向底片望去就能看到原物的立体像,所成的像有立体感,十分逼真。另外,这块底片不慎碎了,则只要保存一小块,此小块仍能完整无缺的再现原物体的

像。

从信息处理的观点来看,就某种意义上说有如无线电通讯的外差现象。这里的参考光束类似于无线电的本地振荡,他和目标信号形成“差频”,这里“差频”是如此之低,在其上完全反应了物体信号的“频率调制”,使能在底片上记录下来。观看图像时则是一个反过程,利用“差频”和本地振荡的频率相复合,而发现出原来物体振荡的形式。

经过十多年来的实践,全息照像的应用表现如下方面:

(1) 全息立体显示

利用全息照像最初始的原理,记录重要文物、艺术品、工程模型、或在教学上进行立体演示,利用高速摄影技术还可用以研究物体在高速运动中的立体形象,例如炮弹穿过空气所形成的湍流结构。

(2) 全息干涉测量技术

可用以研究异形物体的变形,工程件的立体振荡模式,立体光弹性等的研究,也可利用这种技术在实物上划出等高线,原理是在全息底片上做前后两次曝光,就能显示出待测的位移干涉图形。

(3) 全息光学元件

用全息光刻技术可以制成相当大面积的光谱仪用光栅—全息光栅。这种光栅不会出现如机械刻划经常出现的鬼线,并且按照使用要求制备时,还能自动补偿像差。按着一定聚焦安排制成全息片,也可起到透镜作用。但更有前途的是利用这种原理制成像差校正片。利用厚膜全息还可以制出干涉滤光片,其原理近似于李普曼彩色照像。

(4) 光学信息处理

用全息方法可以制备振幅一位相滤波片,用于光学信息处理,例如逆值滤波片可用以消除图像模糊,用匹配滤波片可对字符图像进行相关处理,用以图像识别。用全息术制成运算模片,可以用光学模拟的方法来进行数学运算,形成光学模拟计算机。

(5) 光学记忆

利用全息记录的特性,可提高信息存贮的可靠性,同时利用光束偏转技术可能提高信息存取速度,利用全息光学存贮以改进目前计算机的外贮是很吸引人的。

(6) 多重图像全息

在同一全息片上,特别是具有厚度的体相位全息片,可以进行多幅图像的存贮和显示,使全息技术成为高信息密度存贮的手段。

(7) 非光学全息照像术

利用全息原理,应用于超声波、声波、机械振动波以及微波等,也可制出全息图,然后用光学模拟或利用光学综合的原理显示出被测物体的位置和形象。利用这种原理可以“看透”不透光的物体,这种原理在医疗上可以诊察病理部位,在资源勘测上可以看到地层深处和海洋深处,在军事上可以看到障碍后面的物体。

三、光学信息处理

光学信息处理技术是由激光、全息照像和电子计算机等技术而发展起来的新学科,目前还处于发展和完善阶段,然而已显示出广泛的应用前景,并开始付之使用。例如在军事侦察方面,在综合孔径雷达方面,在医学上对病人作早期诊断,提高X光照片和电子显微镜的鉴别率等。

现阶段常用的方法是待处理的图像用光学方法或计算机方法或者二者综合得出图像的富氏分析频谱(在光学方法中,这相当于在透镜光瞳面上对放置在焦平面上的图像的振幅和相位分布),用滤波片调正富氏频谱的振幅和相位分布,然后再综合成图像(逆富氏变换),所取得的效果决定滤波片的形式。为了在频谱面上取得相位的效果,必须用相干光源,即要用激光作为光源。

(1) 像质改善

就是把由于大气抖动、像移、离焦、底片颗粒噪声、光学系统等因素而引起的像质

降低恢复过来，使之接近于原来的衍射极限分辨率。这种使象质模糊的因素可以等效于光学传递函数幅值的下降和相位的改变。为了恢复像质就须配制滤波片来补偿传递函数的变化，称为滤波器。这项工作可以用光学方法来完成，也可用电子计算机方法来实现，当然二者组合起来效果更好。

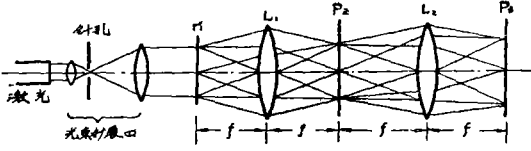


图12 光学滤波装置示意图

图12是相干光学处理器的示意图，激光器（如 He—Ne 气体激光器）被光束扩展成宽的平行光束，照射处在付氏变换镜头前焦面处的透明图片 P_1 ，则在变换镜头的后焦面 P_2 处形成透明图片 P_1 的付里叶变换（ P_2 面也叫频谱面），再经过付氏变换镜头 L_2 作逆付氏变换，则在 L_2 的后焦面处形成透明图片 P_1 的倒像。如果我们在 P_2 面中放置一个滤波器，修改透明图片 P_1 的频谱分布，那么在 P_3 中的像就会发生变化，如果放在 P_2 处的滤波器满足一定的要求，那么就可以实现改善成像质量的目的。

（2）图像识别

目的是要求客观的方法自动识别图像，它可用于文字辨认、字母检索，图书分类、指纹辨认、地图等高线的自动绘制，在气象中测定云层的运动方向和速度，在军事上发现敌方目标等等。

原理上是要检查待测图像和参考图像能够符合的程度。在数学上可以用两图像相关函数作为符合的指标，即两图像完全复合时相关函数取最大值。这可以用两图像叠加试探复合的位置来实现，也可从检查频谱面的符合来实现。在前者为光学相关法，后者需就参考图像先制备匹配滤波片，而称为匹配滤波法，这种滤波片也可借助于全息摄影制

出。

（3）光学图像相减

目的是要找出两个目标间的差别或者同一目标随时间变化的情况。这在军事侦察、医疗诊断、无损探伤、农作物生长情况分析、环境污染探测等方面有广泛的应用。比如在不同时间摄取敌方同一地区的照片，通过图像相减就易于找出该地区的变化，从而探知敌方军事部署方面的变化情况。

实现光学图像相减的方法很多，其中主要有：

A. 全息照像方法，这里包括双曝光方法，单曝光方法，光束分离器方法等。

B. 非全息方法，这里包括马赫—珍德尔方法，光栅方法，剪切板方法，三角干涉仪方法，偏振棱镜方法等。

C. 编码方法，这里包括罗契光栅方法，偏振一位移干涉条纹方法，随机漫射板方法等。

D. 正一负片重迭方法，这里包括照像方法，电—光学晶体方法等。

（4）非光学信号的光学处理

这里举二个得到成功应用的例子

旁视雷达（综合孔径雷达）是在飞机上带一个侧视小天线，在飞机飞行过程中，它不断发出相干的脉冲式微波扫描地面，从地面返回的微波同一参考微波相干涉，而被记录在照像底片上。这样得到的实际上是一个微波全息图。用全息光学处理的方式，就可以得到分辨率很高的地形细节。这种雷达成像方式不受白天黑夜、晴天、阴天的限制，是全天候成像系统，这是比光学摄影优越的地方，可以看到它在军事上和遥感技术上的应用。

声纳信号处理，声纳是一种水下雷达，用声波作为传递信息的手段，用以探测水下目标，原理和旁视雷达相似。声纳在行进中发出编码信号，遇到目标反射回声波，记录在胶片上，然后用光学处理方式，得出目标的形状和位置。