

用计算机自动处理摄影图象

〔苏〕 M. П. 格里申 著

吴检保 译

欧阳景正 校

内 容 简 介

本书系根据〔苏〕1976年出版的《用计算机自动处理摄影图象》一书译出的。

本书从基本理论到实际装置，对应用电子计算机自动处理摄影图象的问题进行了专题论述。全书共分八章。前四章论述了摄影图象的特性及其测量理论、方法和系统设计；第五、六、七章论述了摄影图象的自动输入输出理论、方法及其装置；第八章探讨了科学实验中最近的应用情况。书中所介绍的内容无论是对空间摄影图象，还是对于地面的摄影图象的分析和研究都是必不可少的。

本书可供各个领域从事自动控制、计算技术、遥感技术、高能物理、光学测量等专业的科研和工程技术人员参考，也可供高等学校有关专业的师生学习。

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ФОТОГРАФИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ

〔苏〕 М. П. Гришин

《Наука и Техника》

1976 年

*

用计算机自动处理摄影图象

〔苏〕 М. П. 格里申 著

吴检保 译

欧阳景正 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可证出字第 074 号

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₃₂ 印张 7³/₄ 162 千字

1979年11月第一版 1979年11月第一次印刷 印数：0,001—8,600册

统一书号：15034·1882 定价：0.82元

译 序

在科学技术的广阔领域内，存在着大量摄影图象的研究问题。例如：对气体、等离子体等透明体非均匀性的研究；对于各种金属的X光结构分析；对气体分子结构的研究；对生物学、医学和地质学中的显微对象的统计分析；在光谱分析的基础上研究对象的物理现象和状况；研究感光材料的光敏性能，等等。对于上述种种实例都存在着图象处理的问题。而在图象处理的方法中，应用电子计算机对摄影图象进行自动处理是最先进的方法。这种方法的大致过程是：将摄影图象转换成能被计算机所接受的形式直接输入到电子计算机中，或者记录到诸如磁带之类的中间载体上，然后，经过电子计算机的自动加工，使输出的综合图象再现到感光载体上，或显示在阴极射线管的荧光屏上。根据这些综合图象就可以对所研究的对象作出定性或定量的分析，从而可以采取各种有效的措施。总之，所有的图象自动处理装置无外乎下列三类：空间摄影图象自动处理装置；地面摄影图象的自动处理装置；电子计算机输出图象的自动处理装置。

目前，应用电子计算机自动处理摄影图象的理论和方法尚在研究和发展中。本书作者试图对有关问题作些总结和发展。为了对我国从事图象自动处理技术的读者有所裨益，特将此书翻译出版。

全书共分八章。前四章论述了摄影图象的特性及其测量理论、方法和系统设计；第五、六、七章论述了摄影图象的自动输入-输出理论、方法及其装置；第八章探讨了科学实验中的新近应用情况。本书可供各个领域从事自动控制、计算技术、遥感技术、高能物理、光学测量等专业的有关人员参考。它对于高等学校有关专业的师生也有一定的学习价值。

由于水平所限，译文中难免会有错误和缺点，恳请读者及时批评指正。

目 录

绪论	1
第一章 摄影图象及其特性	22
第一节 摄影图象的一般情况	22
第二节 获得摄影图象的模型	24
第三节 信/噪比测量及光学图象摄影记录中 灰度信息量损耗	28
第四节 摄影图象的信息容量	30
第五节 获得摄影图象的实例	34
第六节 摄影图象的统计参数	37
第二章 摄影图象自动扫描法	42
第一节 扫描方法及扫描线	42
第二节 定位光学-机械扫描	47
第三节 定位光学-机械扫描的拖动机构	56
第四节 步进电机断续拖动工作理论	62
第三章 图象自动光度测量理论	73
第一节 用测量透射系数方法来对图象进行光度测量	73
第二节 光度测量法测量光学密度	77
第三节 动态补偿法测量光学密度的光度测量	92
第四节 光学密度测量误差	101
第四章 图象光度测量系统主要部件的设计原理	109
第一节 光学部件	109
第二节 光电转换部件	116

第三节	提高光度测量系统精度及响应速度的途径	127
第五章	图象输入装置中位移测量方法	135
第一节	图象输入装置中位移测量方法分类	135
第二节	利用光栅周期性结构测量位移	136
第三节	干涉法测量位移	142
第四节	应用衍射光和声光效应来测量位移	143
第五节	提高位移测量分辨能力的途径	148
第六章	摄影图象自动输入理论	150
第一节	摄影图象自动输入装置的结构原理	150
第二节	使用仪器自动处理图象	152
第三节	应用电子计算机处理图象	155
第四节	光学系统带来的畸变	160
第五节	扫描光隙引起的畸变和光隙最佳尺寸的选择	163
第六节	扫描不稳定所引起的畸变	169
第七章	摄影图象自动输入-输出装置的构造	172
第一节	与《明斯克-22》型电子计算机配 套使用的摄影图象自动输入-输出装置	172
第二节	计算机控制的显微密度计	187
第八章	研究和发展在科学实验中应用电子 计算机处理某些摄影图象的算法	206
第一节	计算机处理用电子衍射法得到 的气体分子结构衍射图	207
第二节	应用计算机处理光学干涉法获得的 空间非均匀性干涉图	214
	参考资料	235

绪 论

当前，在科技领域内，广泛采用着摄影研究方法^[30]。摄影图象不仅是实验过程中的信息表现形式，同时也是研究和测量的对象与结果。摄影图象能够用相应的特性（光学密度和透射系数）来描述，根据这些特性可以取得被研究对象或过程的定性和定量信息。

在一般情况下，为了分析此类信息，就要测量相应的象素上的那些特性，以及进一步对测量结果加以数学处理。

由于问题的性质不同，图象特性（参数）的变化范围可能很大，因此，对测量精度的要求也不一样。通常，各种象素在图象上的分布可能是各种各样的，这取决于研究对象的特点和问题的特点。在个别情况下，这种分布预先无法知道，它只能在分析过程中找到。

寻求这些象素在图象场中的分布，有一个基本的准则，即：“在最大限度地减少其余度的情况下，获取研究对象的必要信息”。

可用来描述某些实验结果的广泛应用的最小化方法是，用均匀密度线（等密度线）来表征初始的光学密度分布。这样的表征方法一目了然，它能使研究者顺利地分析实验数据。

另一个流行的方法（实现起来比较简单）就是，用直角网点上所取得的数值集合来表征光学密度分布。这时，网线

的纵横间距应当是均等的。

除了图象参数的信息外, 在处理过程中还经常测量图象中某些点的坐标, 以便找到研究过程中拍摄的许多单个照片中的相互联系, 或者决定某些区域之间的相互位置和图片中信息区域的界限和尺寸等等。

在图象处理中, 可能要利用所使用的感光材料特性的补充信息。

表 1 中列举了某些实际问题以及为解决它们所利用的原始信息(即摄影图象)。

表 1 进行某些实验所采用的摄影研究方法

实 际 问 题	记录在感光载体上的原始信息形式	分析原始信息的目的及其处理的主要阶段	处理最后结果
采用光干涉法, 研究透明的非均匀体(气体、等离子体)	被研究物质的非均匀性变化过程中的光干涉图(图 1)	在指定的截面中测定的象素坐标和对应的光学密度板值 计算截面上干涉条纹的相移 阿贝尔积分方程的数值解 绘制截面上介质密度分布图象	根据获得的密度分布确定被测物质的参数
非透明物质(金属等等)的 X 光结构分析	测量对象的 X 光图象(图 2)	测量图象场中(或选定的截面中)的光学密度和相应的象素坐标 突出光学密度变化的轮廓 确定在指定区间	根据获得的密度起伏图象确定研究对象的缺陷

(续)

实际问题	记录在感光载体上的原始信息形式	分析原始信息的目的及其处理的主要阶段	处理最后结果
用电子图象法研究气体分子结构	衍射图(电子图象),它呈现出一圈圈明暗交替的同心圆(图3)	内光学密度发生变化的局部位置 对衍射图进行光度测量,以便获得图象场中的光学密度分布起伏图 寻找衍射图中心。计算衍射图象中指定点的散射电子强度 决定被研究的气体分子结构参数的数值	根据获得的结构参数(核子间的距离,核子振幅的均方值等等)建立被测气体分子的模型
显微对象的统计分析(生物学、医学、地质学等)	被研究对象的显微结构(或它的图象)(图4)	确定微粒子尺寸,确定粒子内部密度分布,等等 确定微结构的统计特性	对微生物及其群体进行分类,用数学方法对群体发展各阶段进行描述,等等
在光谱分析的基础上研究对象的物理现象和状况	对象的光谱摄影图象(谱线图)(图5)	按光谱长度建立光学密度变化函数 根据波长建立辐射强度分布函数 对获得的信息进行统计分析(确定相关函数,等等)	应用判读光谱的结果来确定对象的特性
研究感光材料的光敏性能	照度分布已知的胶体摄影图象	建立感光材料表面光学密度起伏图 建立频率-对比度特性、特性曲线等等	获得感光材料的光敏定量特性

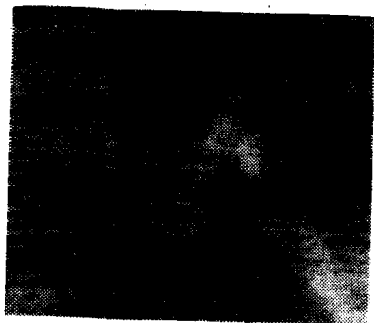


图1 瞬变过程的光干涉图



图2 研究对象的X-射线图

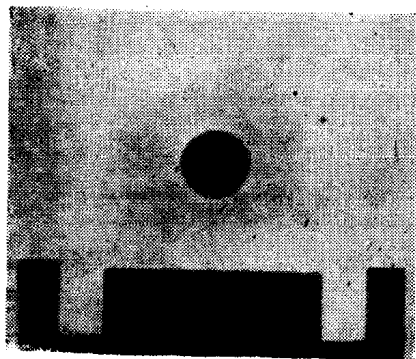


图3 衍射图

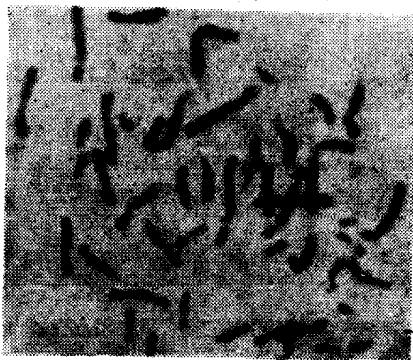


图4 染色体摄影图象

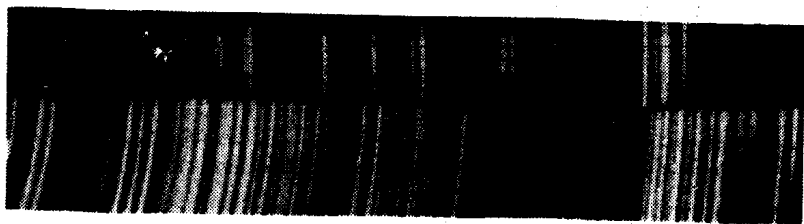


图5 光谱摄影图象

从表 1 可以看出, 图象分析的初始阶段就是测量图象的参数(光学密度或透射系数)。对于大多数情况, 所测量的密度 D 介于 $0 \sim 3.5$ 之间。对于那些十分流行的问题(如光谱分析、感光材料的敏感特性分析, 等等), 光学密度的测量精度应当不低于 $D = 0.01$ 。照片的尺寸可能各不相同, 但一般不超过 120×120 毫米²。

对于图象处理过程, 我们可以理解为: 将转换成模拟或数字形式的摄影图象输入到电子计算机, 或者记录到中间载体上, 然后, 经过电子计算机加工, 使输出的综合图象再现到感光载体上, 或显示在阴极射线管的荧光屏上。

因此, 所有自动处理装置可以分为三大类:

- (1) 空间图象自动处理装置;
- (2) 把摄影图象(地面的)输入到电子计算机的自动处理装置;
- (3) 电子计算机输出图象的自动处理装置。

第一类装置可用来自动处理各种空间对象的实时信息, 还可以自动处理这样一些信息, 它们是分析粒子轨迹的物理装置中实时考查物理对象时获得的, 或是用望远镜进行观察时得到的。

这类装置的主要优点在于: 能够快速达到图象中任何一点, 以进行实时分析和处理信息。

这类装置的缺点在于: 空间分辨能力有限, 光学密度量程小, 信/噪比小。

目前, 第二类和第三类装置最为流行, 它们常常结合成一个整体, 组成电子计算机图象自动输入-输出装置。

国际上已研制了一批用于专用和通用电子计算机的摄影

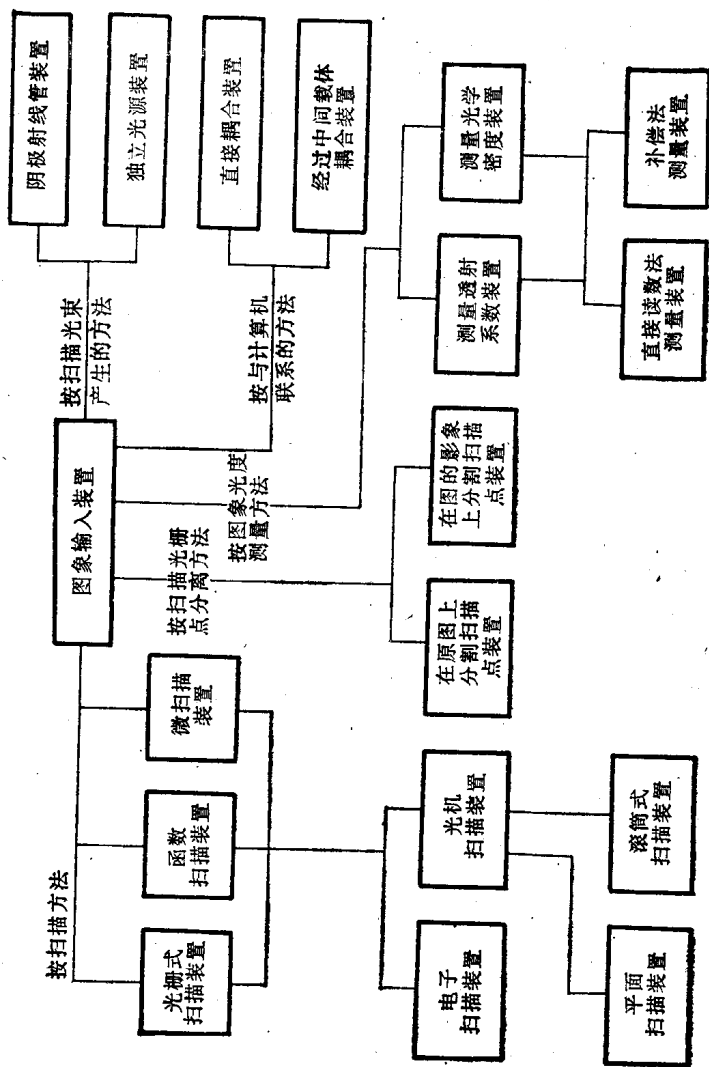


图6 图象输入装置分类

图象自动输入-输出装置。图6列举了图象输入装置的各种类型。广泛应用于科学实验的有下列两种输入装置：

1) 其作用原理基于测量透射系数的输入装置 解决学习与模式识别问题的电子计算机，可以用这类装置来处理图象(反差化，轮廓突出及图象滤波等)。这类装置还可以用来解决光干涉摄影图象的输入问题。

2) 利用测量光学密度的方法将图象输入到电子计算机的输入装置 这种装置和电子计算机配合可以判读光谱，分析生物对象的微结构，研究物理领域中的瞬变过程，以及解决其它的一些题目。

采用电子计算机解决图形模拟和模式识别等问题时，需要从电子计算机输出综合了的(或者称为转换了的)灰度(单色)图象，这就要求采用专用的输出装置，这种装置能实现自动转换：将亮度代码转换成模拟信号，并进一步转换成综合图象的像素光学密度。

目前，已研制出一大批电子计算机图象输出装置。

根据用途和使用范围，输出装置可以分为两类：

1) 用于行动监督的输出装置 它包括用阴极射线管荧光屏显示和用电化学载体显示的输出装置。使用这些装置可从电子计算机输出实时图象；同时可在处理过程中进行肉眼观察，以便作行动监督。这类装置的缺点在于，传输亮度的梯度指数不高(约5~8)。

2) 用于在照片上记录和储存图象的输出装置 电子计算机解决了减少多余性图象压缩、标定比例等问题后，就可输出处理过的图象。为了记录和保存这些图象，需将这些图象拍摄到显微胶片上。这类装置的复现速度及空间分解能力

相当高。它还包括电子计算机至摄影胶片和相纸的图象输出装置。

根据装置的结构原理可分为两类:

1) 电子扫描型输出装置 这种装置可将阴极射线管或正点扫描管的光点在摄影胶片(或相纸)上进行扫描曝光。众所周知,电子扫描速度极快。它们的一个显著缺点是,工作时亮度及光栅尺寸不稳定。这类装置多应用于缩微照相及类似的工作中。

2) 光学-机械扫描输出装置 这类装置在电子计算机调整处理图象的程序及操作控制等过程中得到了广泛的应用。

在输出状态下,既可利用滚筒式,也可利用平面光学-机械式扫描。采用这种光学-机械扫描输出装置,能够获得足够高的空间分解能力及良好的图象象素重复性(再现性)。

下面列举了几种电子计算机图象自动输入-输出装置,它们已应用于各种科技领域中。

1. 应用阴极射线管将图象输入电子计算机的装置

图7所示为一种应用阴极射线管将黑白摄影图象输到电子计算机的输入装置方框图。此装置由以下几个基本部件构成^[87]:

- (1) 扫描部件 它包括:阴极射线管光点发生器、X轴及Y轴放大器、数/模转换器、光学聚焦系统;
- (2) 光电转换器 由两个光电倍增器组成;
- (3) 模/数转换器及放大器;
- (4) 可控振荡器。

通过扫描对图象进行分解,并测定各个象素的透射系数。

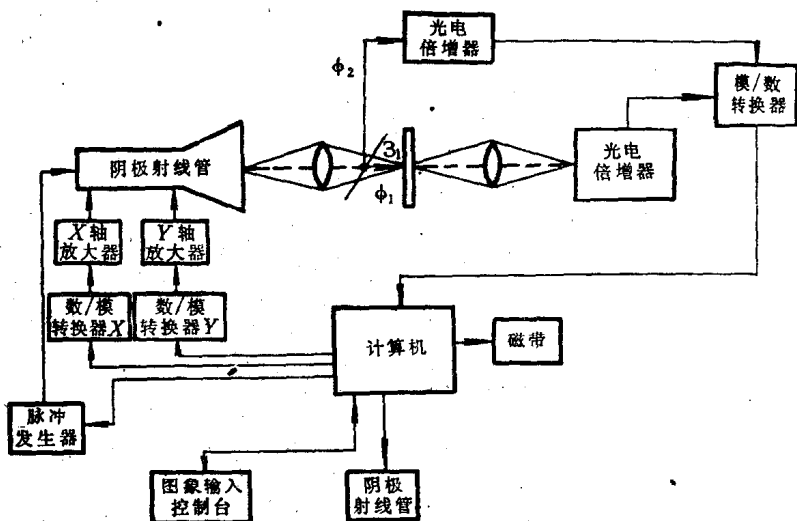


图7 使用阴极射线管的图象输入装置方框图

为了减少扫描光点亮度不稳定所产生的误差，系统内采用了双通道测量系统（测量通道及参考通道）。

电子计算机按特定的程序来控制阴极射线管的射束。计算机给出射线的 X 、 Y 坐标代码，经数/模转换器转变成模拟控制信号。

阴极射线管的偏转线圈电感为 200 微亨。借助于 X 、 Y 轴放大器，经过 30 微秒后，偏转线圈的电流便可达到 1 安培。此时，光点在示波管荧光屏上的最大偏移量为 30 毫米。坐标最小间距为 0.09 毫米。

光点通过镜头投射到被测图象平面上。利用一片半透明的反光镜 3_1 将部分光通量引到参考通道中去。

测量通道及参考通道里的光通量，经光电倍增管转换成电信号。然后，再经过两个通道的模/数转换器转换成 8 位

二进制代码。图象的光度分析由电子计算机的命令开始而进行。

电子计算机将振荡器启动以后, 振荡器便不断发出振幅为 20 伏、宽度为 2 微秒的脉冲电压, 用以增强阴极射线管的亮度, 以便进行光度测量。此法提高了信/噪比, 并改善了装置的抗干扰性。

把已测定的象素透射系数代码存放到模/数转换器的输出寄存器中。然后再根据指令把这些代码转移到电子计算机的存储器。为了获得较高的坐标定位精度, 在附加的光通道中安装一个特殊的、有校准刻度的栅网。

有关透射系数及坐标的信息, 采用电子计算机 HP2116B 进行处理, 或者通过步进录音机转移到更大型的电子计算机明斯克-22 作进一步加工。

为了便于直观控制, 使用阴极射线示波管。操作人员通过电传机来控制整个装置的工作。

2. 程序控制的通用输入装置

这里介绍的装置, 可以把相纸、摄影胶片和电影胶片上的黑白图象输入到电子计算机(图 8)。

在反射光条件下工作时(相纸), 其图象最大尺寸为 210×300 毫米², 在透射光条件工作时(摄影胶片)为 18×24 毫米²。为了便于向两个相互垂直的方向移动图片架, 在装置中采用了特殊的活动台。活动台及样品的移动速度为 25 毫米/秒。活动台的停留精度不低于 0.1 毫米。装置中还采用电子扫描。扫描光源使用磁偏转示波管 13JK5JI。荧光屏工作面积为 80×80 毫米²。光栅直角度(对角线比)等于 1:0.02。中心区光栅点间距误差不超过额定值的 20%。光栅长期不稳

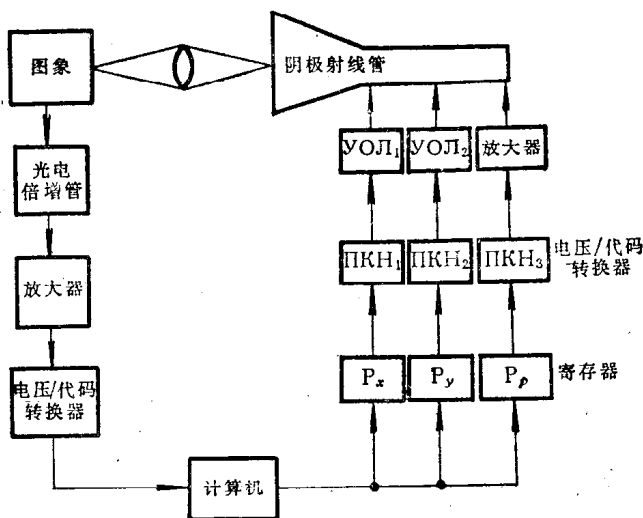


图8 程序控制的通用输入装置方框图

定度不大于 2%。光点的大小以及在荧光屏上的位置，均由电子计算机来控制^[67]。

光点置定到屏幕上指定点的过渡时间不超过 50 微秒。改变光斑直径的时间不大于 0.001 秒。光斑最小尺寸为 0.008 毫米，最大尺寸为 2.56 毫米。为了将光通量转换成模拟信号，使用了三个光电转换器：其中两个工作于反射条件下，相应的视野为 10×10 和 40×40 毫米²；第三个工作于透射扫描状态下。这种装置工作时，参照基准水平来测量透射系数或者相应的反射系数。

有用信息经过放大器及电压/编码转换器，变成 5 位二进制代码输入到电子计算机。为了接受来自电子计算机的指令，使用了十位寄存器。这种装置的工作原理如下：

根据电子计算机的特殊指令，将光斑的坐标代码输入到