

实用遥感图象光学处理方法

相关掩模技术及其应用

阎守邕 张圣凯 孙建国 著

科学出版社

772

73.772

880

3-1

实用遥感图象光学处理方法

相关掩模技术及其应用

阎守邕 张圣凯 孙建国 著

科学出版社

1981.

内 容 简 介

遥感图象相关掩模处理技术是适应遥感图象分析判读需要而发展起来的一组通过正、负拷贝片不同组合和叠掩方法实现的图象处理技术。利用它可以完成影象反差调整、彩色合成、等照度变换、黑白发色、密度分割、边界增强、影象相减以及专题抽取等项处理，具有道理浅显、设备简单、功能多样、效果良好、应用广泛以及易于推广等特点。

本书具体地介绍了这种处理技术的基本概念、工作基础、处理方法以及实际应用，在附录中还分别介绍了胶片特性及模片处理条件、彩色合成影象色度计算和彩色染印合成工艺过程。可供农业、林业、地质、地理、水文、海洋、环境保护等领域从事遥感应用研究的科技人员和大专院校有关师生参考使用。

DS8-120

实用遥感图象光学处理方法

相关掩模技术及其应用

阎守邕 张圣凯 孙建国 著

责任编辑 姚岁寒

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1981年10月第一版 开本：787×1092 1/16

1981年10月第一次印刷 印张：6 插页：16

印数：0001—4,000 字数：137,000

统一书号：15031·368

本社书号：2359·15—10

定价：2.60元

序

这本介绍遥感实用技术的工具书，我曾经享受了先睹为快的便利，自然应向读者介绍一点自己的感受。

近年来，遥感技术的应用领域愈来愈广泛。不仅在地质、矿产、石油、水利、农林等资源与能源勘探工作中，取得了一定的技术经济效益；而且在大气、海洋、冰川、沙漠、地震等环境动态监测预报方面，城市建设、自然保护、交通选线等规划设计方面也看到了可喜的苗头。通过实践，许多科研、生产部门已逐步感到利用遥感图象的确是一种多快好省的调查研究手段。为培养人才，有些高等院校和中等技校也相继开设了这门课程。

遥感图象的种类和数量正在迅速地增长和积累。我国不仅有大量的航空摄影象片，而且陆地卫星的多波段扫描图象和气象卫星的甚高分辨率云图源源而来。航空多波段摄影和多光谱扫描也进行过几次试验，取得了一些典型图象资料。因此，如何充分发挥这些遥感图象的作用，使其更好地为四化建设服务，就成为当务之急了。

在我国现有的生产水平和技术条件下，量大面广的遥感应用和图象分析工作，主要还是要通过摄影光学或电子光学处理技术来进行。本书作者以遥感信息的相关原理为基础，从印刷技术引进了掩模方法，经过反复试验，为提取遥感信息探索了一条行之有效、简便易行的新的技术途径。这种处理方法，学校、短训班或野外作业单位都可能自力更生、因陋就简地搞起来。这正是我们大家所期望着的。

对于这种相关掩模技术，国内外的遥感专家很感兴趣，认为是值得推广的简易方法。作者也曾经多次在学术会议上征求意见，颇受欢迎。我作为一个用户和读者是乐于向大家推荐的。希望能够有更多的遥感工作者和教师进行试验，争取进一步得到完善和提高。

中国科学院遥感应用研究所 陈述彭

1981年5月

前 言

遥感图象相关掩模分析判读处理技术，它实际上是利用遥感影象拷贝产生的许多彼此能精确重叠、且具有不同特征的正、负拷贝片，通过不同组合搭配及相互叠掩的办法，以满足分析判读需要的一系列图象处理技术的总称。简言之，它是一组通过正、负拷贝片不同组合和叠掩方法实现的遥感图象分析判读处理技术。利用这种技术可以进行影象反差调整、彩色合成、等照度变换、黑白发色、密度分割、边界增强、影象相减以及专题抽取等项判读处理，具有设备简单、功能多样、应用广泛、效果良好、易于推广等特点。

本书分四章和三个附录。第一章概述这种技术发展的背景和基本概念；第二章着重说明这种技术的工作基础，涉及到模片的分类和制作、叠掩规律以及处理结果显示等；第三章具体地介绍各种处理方法的原理、方法，是本书的重点；第四章叙述这种技术的应用范围，并给出了一些实际的例子。作为正文的补充，本书附有三个附录。附录Ⅰ介绍有关胶片特性及模片处理条件；附录Ⅱ详细介绍相关掩模处理结果显示的重要手段之一的彩色染印法；附录Ⅲ具体地导出了多光谱加色合成影象色度计算最佳的配色方案。

相关掩模处理技术的试验研究和总结工作是在陈述彭同志的关心和指导下进行的。书中典型样片的分析判读和撰写过程曾得到郑威、戴昌达、林恒章、郭之怀、魏成阶、阎积惠、沈象仁、张豪禧和石军梅等同志的大力帮助。在此，对他们表示衷心的感谢。

在出版本书过程中，承蒙郑威、戴昌达同志审阅了全文，吕斯华同志审阅了附录Ⅲ提出了许多宝贵的意见，此外，还得到了潘德扬同志多方面的帮助，在此表示深切的谢意。

由于条件和水平的限制，书中难免存在不少错误和缺点，请读者批评指正。

目 录

序	i
前 言	ii
第一章 概述	1
1.1 相关掩模处理技术的背景	1
1.2 相关掩模处理技术的基本概念	4
第二章 相关掩模处理技术的工作基础	7
2.1 模片的分类和制作	7
2.2 模片叠掩规律	13
2.3 处理结果显示	16
第三章 处理方法	22
3.1 反差调整	22
3.2 彩色合成	23
3.3 等照度变换	26
3.4 黑白发色	32
3.5 密度分割	35
3.6 边界增强	38
3.7 影象相减	40
3.8 专题抽取	41
第四章 实际应用	46
4.1 应用范围	46
4.2 应用举例	48
附录 I 胶片特性及模片处理条件	58
附录 II 染印法彩色合成的原理、器材和工艺	67
附录 III 多光谱加色合成影象色度计算公式的导出	77
附条 IV 常用黑白显影液、定影液配方	86
附条 V 度量衡换算表	87
主要参考文献	88
图 版	89

际上它和前面所说的狭义遥感图象处理有很大的差别。主要表现在它们的性质和内容上的不同。从这一点上来看,分析判读技术与各种实用以及分析人员的专业知识、经验水平有着更为密切的关系。这些已不是纯粹的遥感技术本身的问题了。只有在各种专业人员密切配合下才能获得令人满意的结果。

遥感图象分析判读技术的使用,随具体分析判读任务的目的、要求和对象的不同而存在很大的差别。目前,分析判读技术的手段、特点、功能以及应用领域正在不断地发展。下面,我们分别对它们作一简要的介绍,并说明相关掩模技术的由来。表1-1给出了多种遥感图象判断处理技术的手段、功能以及它们的有效性。

表 1-1 几种遥感图象分析判读处理技术的手段、功能及有效性

有 效 性 手 段	功 能	影 象 增 强									识 别 分 类		
		反差调整	边界增强	空间过滤	影像相减	彩色合成	等照度变换	黑白发色	密度分割	比值制图	专题抽取	统计分析	识别分类
摄影处理		○				○							
光-电处理		○**	○**		○**	○	○**	○**	○				
相关掩模处理		○	○		○	○	○	○	○		○		
相干光学处理			○	○	○								○***
计算机处理		○	○	○	○				○	○	○	○	○
* 用彩色染印法处理 ** 相关掩模片和合成仪配合 *** 和计算机配合													

由表1-1不难看出,根据判读处理技术的功能可以把它们分为两大类:一类是影象增强技术,它主要通过各种技术手段,使有价值的目标影象或微弱的影象信息从背景中突出地显示出来,帮助分析判读人员提高对它们的识别能力。从某种意义上来说,它们只是目视经验判读的延长。尽管它们可以帮助分析判读人员大大提高对某些影象微弱信息的识别能力,但却不能直接给出最终的判读分析结果(分类)。这种结果仍然只能由分析判读人员根据他们的分析判读经验作出。另一类是特征识别分类技术(亦称为图形识别技术)。对于影象特征的识别分类主要由计算机根据一定的程序设计完成。这种技术可以最大限度的利用各种影象特征,如空间、时间、光谱以及偏振(极化)等特征,并把遥感数据和地面实况数据结合起来考虑,具有速度快、容量大以及准确的特点。经过这种处理,我们可以直接获得遥感数据分析判读的结果。同时在计算机识别分类过程中,减少了分析人员经验判读的人为差异;也就是说分类结果的客观性加强了。从发展的观点来看,计算机识别分类技术是遥感图象数据分析判读技术的一个飞跃。目前,尽管这种技术还很不完善,但是作为一种趋势,已经显示了强大的生命力。

如果从使用的技术手段来看,遥感图象判读处理可根据研究任务的性质和对象、原始遥感数据的特征和质量以及现有的仪器设备条件,采用摄影处理、光-电处理、相关掩模处理、相干光学处理以及计算机处理技术中的一种或几种结合起来进行。但是,对于这些处理来说,除摄影处理所需的仪器设备比较简单而外,其余均需装备专门用的仪器设备。例如:光学-电子学处理(即所谓的“假彩色影象增强技术”)需要彩色合成和彩色数字化系统(即密度分割仪);相干光学处理需要一套相干光学图象处理系统;计算机处理除了需要有足够容量的计算机而外,还要有相应的输入和输出外围设备等等。然而,这些设备并不是每个单位和部门

都有条件能装备得起来的。由于缺少必要设备,许多单位对遥感影像的使用,目前仍停留在简单的目视判读阶段,不能充分地利用遥感数据中的有用信息来解决他们所遇到的一些问题,限制了遥感技术的广泛、深入应用。为此,我们在摄影处理及光学-电子学处理基础上,发展了所谓“遥感图象相关掩模判读处理技术”。在不需复杂仪器设备的情况下,利用这种技术,可以进行反差调整、边界增强、影像相减、彩色合成、等照度变换、黑白发色、密度分割以及专题抽取等一系列处理。在许多领域中可以得到广泛的应用。鉴于这种技术的特点和可能的应用范围,我们把它作为一种独立的判读处理技术,与其余四种处理技术相并列在表1-1中。

1.1.2 发展过程

任何技术的发展都有一个过程,都离不开前人不断实践、探索。遥感图象相关掩模判读处理技术的发展也不例外。

在印刷和电影特技摄影处理中,蒙片法(或马斯克方法)广泛应用是尽人皆知的。这种方法与我们这里所说的相关掩模处理方法在本质上是一样的。就是在遥感图象处理技术领域中,国内外许多工作者也做过这样的工作。对这些作一简要的回顾是极为必要的。

相关掩模处理技术,在1972年美国地球资源技术卫星发射前后有很大的进展。一般来说,在七十年代初以前,掩模片(或影罩片)在摄影处理中已有广泛的应用。但是它们多局限于影像反差的调整。特别是彩色影像的反差调整,以获得良好的色彩(或艺术)效果;而在地球资源技术卫星发射前后,由宇宙空间发回大量多光谱遥感数据,为了充分利用这些数据,出现了许多属于相关掩模判读处理技术范畴的处理方法。

F·J·Wobber等人1972年在处理亚利桑那带Flagstaff地区阿波罗9号拍摄的象片时,使用了正、负片重叠,然后产生一个微量的相对移动,以增强影像中的线性要素。尽管摄影时该地区已降雪75厘米厚,但断裂线、岩性界线以及人工线性地物(如公路等)的影像均得到了很好的显示〔3〕。

L·K·Lepley等人通过把两张不同时间取得的第7光谱段ERTS影像分别处理成一张正片和一张负片,然后使之重叠在一起,成功地从图象中获得了加利福尼亚湾北部单一的潮间带的影像〔4〕。

S·Wenderoth和E·Yosf等人1974年发展了等照度处理技术,消除多光谱合成影像中由地形的坡向、坡度以及各种遮挡物,如云层、高大地物等造成的局部光照水准差异的影响。使水中或阴影区里的物体影像和陆地上或光照区里的物体影像,得到了同样正确的彩色显示,同时也使不同光照水准区域中的同类物体得到了同样的彩色显示〔5〕。

松野久也等人采用专题抽取方法,对日本关东地区1972年11月26日的ERTS影像进行了处理,分别抽取出森林、耕地、高密度市街区、水域以及污染水域等五个专题类型〔6〕。

江森康文等人详细介绍了一张黑白影像如何变为彩色影像的处理方法,同时也说明了专题抽取处理的原理、方法,并对这种方法的效果进行了分析。结果表明抽取出来的植被区与地面实况数据有很好的-致性〔7〕。

在分析总结国内外有关这类处理方法的基础上,我们于1979年进行了一系列试验研究,提出“遥感图象相关掩模处理判读技术(简称相关掩模处理技术)”这一术语来概括这一系列的-处理方法,并对这处理方法作了初步总结,阐述它们的原理、方法和应用。在试验中除重复了已有的各种处理方法外,还发展了利用不同正、负片组合、叠掩以及多次染印的方法进

行彩色密度分割的技术,在许多具体应用,特别是在海岸带泥沙分布、海水动态以及海底地貌等研究方面显示了其优越性。

1.2 相关掩模处理技术的基本概念

1.2.1 定义

相关掩模判读处理技术是利用遥感影象产生的彼此能精确重叠,且具有不同特征的一组正、负拷贝片,通过不同组合搭配及相互叠掩的办法,以满足遥感图象分析判读需要的一系列图象处理技术的总称。在处理过程中使用的正、负拷贝片称之为相关掩模片(简称模片);而用以产生模片的遥感影象胶片称之为母片。

这些正、负拷贝片之所以称为相关掩模片,在于它们之间存在相关性。尽管它们可能是由一组多光谱影象或由一组不同时间影象的拷贝所产生,不同模片和其母片之间的密度响应特性也可以不同,但它们的基本影象特征在空间上却是彼此能够精确重叠的。因此,模片基本影象特征彼此能够精确重叠或配准即是其相关性的主要体现,也是各种相关掩模处理得以实施的前提条件。此外,不同相关掩模处理方法需要使用具有不同特性的模片,因此不同类型模片的制作就成了这些处理技术的关键所在。

产生模片的遥感影象,可以是常规的黑白影象,也可以是红外、雷达的黑白影象;可以是单光谱段的影象,也可以是多光谱段的影象;可以是同一时间摄取的影象,也可以是不同时间摄取的影象。由于相关掩模处理使用的模片必须是相关的,因而其对应的遥感影象(母片)也必须是相关的。也就是说,产生相关掩模片的一组遥感影象本身或者经过一定改正(如放大、缩小以及姿态纠正等)之后,在空间上必须是能够精确重叠或配准的。

进行不同模片的组合和叠掩,不仅要掌握模片叠掩后影象密度发生变化的一些基本规律,而且还要有丰富的专业知识和经验才能取得良好的效果。例如,想抽取出植物的影象,使用哪几个光谱段的模片最好,必须对植物的反射光谱特性以及它们在各光谱段影象上的特征有深入的了解才能给出正确的答案。同样,对抽取其它地物的影象来说也必须对它们的光谱特征及影象特征有深入的了解。

1.2.2 内容

遥感图象相关掩模判读处理技术的主要环节和内容如图 1.2 所示。

在处理过程中,首先要明确判读处理的目的和要求、感兴趣的目标和现象是什么。这些问题明确之后,才有可能选择出适当的处理方案和作为母片用的遥感影象。通过对制作模片用的感光胶片性能及遥感影象质量、特征的测量分析,并借助分析人员的经验,关于模片制作的各種要求以及每个具体模片应达到的技术指标,如最大、最小影象密度、反差系数以及閾值密度等问题,便可以确定下来。

当处理方案制定好之后,便可进入模片实际制作阶段。如何能制作出具有不同特性并能满足各种实际需要的模片,这是相关掩模处理最关键的一环。关于模片分类及制作的细节,我们将在第二章中加以说明。

具有不同特性的模片制作出来以后,通过测量它们的密度特性,确定它们是否均能满足处理的一定需要。然后把符合需要的模片挑选出来,并按正、负模片及一定技术指标(如閾

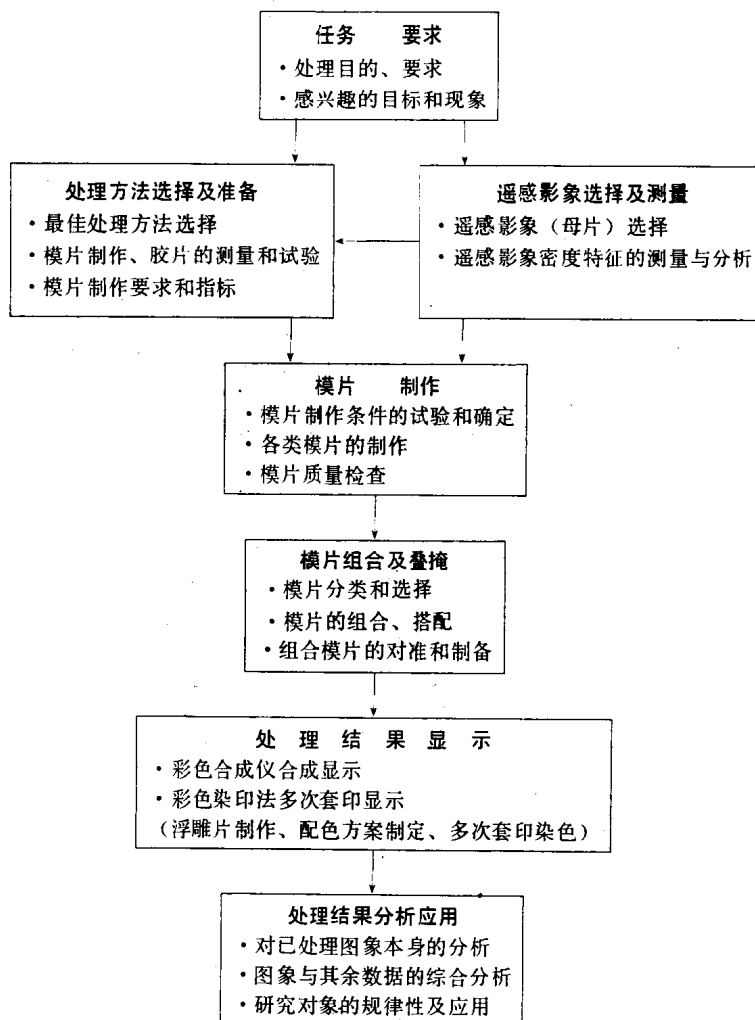


图 1.2 相关掩模处理技术流程

值密度等)分类供组合、搭配使用。经过分类的模片要进行叠掩试验(可以在透图台上或手持对光进行),观察叠掩后是否能达到预期的效果。在此过程中不断调整或更换其中的一些模片是不可避免的事情。叠掩好的组合模片(一般由两张模片,有时也用三张叠掩构成),要经过严格的配准以保证组合影像有良好的象质,然后把它们用透明胶纸粘在一起,固定好供拷制浮雕模片之用。

进行相关掩模处理时,有的方法要求使用六、七张以至更多张的单一模片和组合模片。这样多的模片重叠在一起,最后获得一张经过处理的图象。其结果的显示是很重要的一个问题。一般来说,处理使用模片的数目大于3或4时,彩色合成仪就无法使用了。这时需要采用彩色染印法或重氮片等方法加以处理。在染印过程中,能够使用的染料仅有黄、品、青三种,但是任何一张浮雕模片都可以多次改变或不改变染料颜色进行重复染色套印,因而处理结果可以获得十分丰富的彩色显示。当然,在这个过程中,制定一个有效的具体的多次染印配色方案是十分必要的。由于彩色染印法不需要使用贵重的仪器设备,同时又具有很大的灵活性,因而它在相关掩模处理中是一种最主要的显示技术手段。从某种意义上来说,相关掩

模处理技术是利用正、负拷贝片组合、叠掩以及多次染印而进行的一组图象判读处理技术的总称。本书中所给出的说明各种处理方法的特点和效果的彩色样片，均由此法制作而成。

1.2.3 特点

相关掩模判读处理技术和其它处理技术相比，具有如下特点：

第一，设备简单，推广容易，只需要有一般的摄影处理设备（如放大机和印象机）、感光胶片以及彩色染印法用的材料便可以进行。

第二，功能多样，应用广泛，相关掩模处理技术包括一整套处理方法，其中有反差调整、边界增强、影象相减、彩色合成、等照度变换、黑白发色、密度分割以及专题抽取等项，可以广泛地应用于各个领域，解决各种实际问题。如河口海岸带泥沙的扩散、土地利用分类等。对于解决某个具体问题而言，采用一种或几种方法对遥感图象进行相关掩模处理，往往会获得更良好的分析判读效果。

第三，道理浅显、效果良好。相关掩模处理的原理和方法均较简单，只要具备较熟练的摄影处理技能和经验，通过一段时间的摸索就可以掌握。其应用效果在许多方面不亚于、甚至超过一般光学-电子学处理技术。这主要表现在：①影象的空间位置准确。变形小。这同具有电视屏幕显示的系统相比尤为突出；②可以使用三张以上数目的（多至七、八张）模片进行叠掩和多次染色套印具有很大的灵活性，这是合成仪无法比拟的；③可以把同一景象中不同光谱段的影象信息按区域综合在一起。例如，研究海岸泥沙动态及分布时，可对影象进行密度分割处理。当我们采用这种处理技术时，深海区可用ERTS第4光谱段影象分割的结果，浅海区可用ERTS第6光谱段分割的结果，两者套印在一起就获得了整个海岸带泥沙动态及分布的完整概念。这在一般的密度分割仪上是无法做到的。

这种技术的不足之处，主要表现在两个方面：

第一，模片制作，特别是阈值密度的控制，目前仍靠处理人员的经验和不断的试验。一般成品合格率较低，制作起来也较困难。如果模片的制作直接由计算机控制产生，情况将会改观。

第二，最终处理出来的图象往往要经过多次染色套印。而套印一般由人工操作完成，因而影象的重叠精度不高，往往会影响到最终图象的清晰度和分辨率，增加了分析判读的困难。这只有通过不断加强处理过程的自动化，改善设备条件来解决。

在这里，我们还要提一下，这种处理技术往往可以和其它分析判读技术配合使用，取得更好的效果。例如，通过相干光学处理，可以直接得到遥感影象中线性构造形迹的构造玫瑰图。如果使其输入的原始影象变为经过相关掩模边界增强处理的图象，显然将会获得更好的处理效果。又如，它可以和计算机处理技术配合，使后者的黑白输出图象变换为彩色图象；而其模片也可以由计算机直接产生，使处理过程大为简化。关于这方面的问题尚有待进一步的研究。

最后，还应该指出：这种相关掩模处理技术不仅可以用来处理遥感图象，还可以用来处理其它图象，如X射线摄影，显微摄影等取得的图象。关于这方面的情况已超出本书的范围，在此就不予赘叙了。

第二章 相关掩模处理技术的工作基础

遥感图象相关掩模处理技术的工作基础主要包括：模片分类制作、模片叠掩规律和处理结果显示三个方面。制作出各种不同类型的模片是进行相关掩模处理的先决条件；模片叠掩规律是具体完成各种处理方法的基础原理；处理结果显示则直接影响到这种技术的实际应用效果。

2.1 模片的分类和制作

2.1.1 模片的分类

在相关掩模处理技术中，模片就象“积木块”一样是一种基本的构件，利用它们可以构造各种各样的“建筑物”。尽管不同“建筑物”的模片，具有千差万别的具体特征，但是根据其特点、作用以及与母片的相应关系，能把它们分成一些基本的类型。对于模片的分类，若从不同的角度出发，将会有不同的分类方法，下面，我们将介绍两种常用的分类系统。

根据模片密度和地面景象亮度的相应关系，可以把模片分为正、负两种。正模片的密度和地面景象亮度呈反比关系，即地面景象亮度大时，在模片上密度小；反之，亦然。负模片的密度和地面景象亮度呈正比关系，即地面景象亮度大时，其模片密度也大；反之，亦然。

由于原始摄影负片往往存档保存，很难为广大用户直接使用。因此，作为相关掩模处理使用的母片，可以认为是由原始负片第一次拷贝产生的正片。在这种情况下，令母片密度为 D_{xy} 则负模片的密度 $\overline{D}_{xy}$ 可写成：

$$\overline{D}_{xy} = D_{\max} - \overline{\gamma} D_{xy} \quad (2-1)$$

式中， $D_{\max}$ 为负模片在某种拷贝处理条件下的最大密度； $\overline{\gamma}$ 为负模片影象的反差系数。

(2-1) 式描写了母片和负模片密度之间的相应关系。也就是说，母片密度大，在负模片上的密度就相应小；母片密度小，在负模片上的密度就相应大。

用母片产生的第一次负模片拷贝可以得到正模片。在这种模片上，影象密度的相对变化关系和母片的是一致的。即母片密度大的影象，在正模片上密度也大；反之亦然。正模片的密度 D_{xy} 与母片密度 D'_{xy} 的这种关系可用下式描写：

$$D_{xy} = D_{\max} - \gamma \overline{D}_{\max} + \gamma \overline{\gamma} D'_{xy} \quad (2-2)$$

式中， $D_{\max}$ 和 γ 分别为正模片的最大密度和影象反差系数。特别是当 $D_{\max} = \overline{D}_{\max}$ 且 $\gamma = 1$ 时，上述关系更可由式 (2-2) 一目了然。

如果根据模片影象密度变化的规律及与母片的相应关系分类，正、负模片均可进一步分为： γ 模片、二元模片及等密度模片（或灰片）三大类。

1. γ 模片

它的影象密度在整个动态范围（指最大最小密度之间的范围）内是连续变化的。而且一般来说 $\gamma < 2.4$ 。这种模片与母片之间的密度相应关系可用式 (2-1) 和 (2-2) 表示。但是，

根据两者反差系数之间的数量关系又可再分为:

等 γ 模片 这种模片的反差系数与母片的相同。它在正、负模片叠掩、消除不需要或没有变化的影象时使用,如边界增强、影象相减以及专题抽取等处理均需这种模片。等 γ 模片可简称为等 γ 片。可写作:

$$\gamma = \gamma_0 \quad (2-3)$$

式中 γ 和 γ_0 分别为模片和母片的反差系数。

半 γ 模片 这种模片的反差系数为母片的二分之一,可简称为半 γ 片。它主要在等照度变换处理时使用。这种模片的数学表达式为:

$$\gamma = \frac{1}{2} \gamma_0 \quad (2-4)$$

变 γ 模片 这种模片和母片的反差系数在数量上的关系,没有上述两种要求严格。它的取值可视影象反差调整处理的要求和母片反差大小而定。由于变 γ 模片一般用来提高或降低影象反差,因而对模片最大、最小密度有较高的要求、而不太注意反差系数的大小。应注意的是,反差和反差系数是两个关系密切,但彼此不同的概念、不能混淆。这种模片的数学表达式为:

$$\gamma = c \gamma_0 \quad (2-5)$$

式中, c 为一可变的系数,一般取值在 $0 < c < 3$ 。

2. 二元模片

这种模片在理想情况下只有两种密度,即最大和最小密度,分别对应于通光和不通光的情况,其间没有过渡的密度层次。但是,这种情况实际上是不可能完全做到的。因而在最大与最小密度值之间,往往还有少数中间密度等级作为过渡。一般来说这种模片的反差系数大于3.0。它们和母片在密度相应关系上存在严重失真的现象。而且在不同模片上密度突变点与母片上的密度值有不同的对应关系。也就是说,在模片上黑、白影象(是最大和最小密度)的分界线将对应于母片上的某个密度值。该值称之为阈值密度,以 D_0 表示。 D_0 的取值可以通过母片影象密度测量、分析以及相关掩模处理要求来确定。根据模片密度与阈值密度的相对关系,又可以把它们进一步分类为:

高通模片 它系指在母片中密度大于 D_0 的影象部分,相应模片中具有最小的密度。也就是说,在模片中对应于母片密度大于 D_0 的影象部份均可通过最多的光量,故称之为高通模片。对这种模片而言,如果 D_0 的数值发生变化的话,其通光影象部分的范围将随之发生相应变化。

低通模片 这种模片和高通模片正好相反,其对应于母片密度小于 D_0 的影象部分为通光者,而大于 D_0 的范围光不能通过,故称低通模片。同样,当 D_0 改变之后,其通光影象部分的范围也发生改变。

带通模片 这种模片在相应于母片某个密度范围内的影象部分是通光的,而在此密度范围以外的相应影象部分具有最大密度值,是不通光的。因此,它对应于母片有两个阈值密度: D_k' 和 D_k'' ,分别称为下限和上限阈值密度。从某种意义上看,这种模片可以认为是具有不同阈值密度的高、低、通模片组合的产物。这时, D_k' 相应于高通模片的阈值密度; D_k'' 相应于低通模片的阈值密度。当它们组合在一起时,只有相应于母片影象密度在 D_k' 和 D_k'' 之间

的影象部分在模片上才是通光的。事实上，具有不同带通的模片就是用这种办法获得的。

如果用一些简单的数学表达式来描述这些模片的话，可以有：

$$\text{高通模片: } D_{xy} = D_{\min} \quad \text{当 } D'_{xy} \geq D'_0 \quad (2-6)$$

$$\text{低通模片: } D_{xy} = D_{\min} \quad \text{当 } D'_{xy} \leq D'_0 \quad (2-7)$$

$$\text{带通模片: } D_{xy} = D_{\min} \quad \text{当 } D_0^{l'} < D'_{xy} < D_0^{u'} \quad (2-8)$$

式中， D_{xy} 表示模片的密度； $D_{\min}$ 为模片的最小密度；相应透过率最高； D'_{xy} 为母片的密度； D'_0 ， $D_0^{l'}$ 和 $D_0^{u'}$ 分别为母片阈值密度及下限和上限阈值密度。

如果高通、低通和带通模片分别再经过一次拷贝，则可产生相应的高阻、低阻和带阻模片。它们和高通、低通以及带通模片配合使用，可以进行黑白发色、密度分割以及专题抽取等项处理。由于上述模片在不同部分，分别对光具有畅通和阻碍的特性，故亦可称为通阻二元模片，或简称二元模片。

高阻、低阻和带阻模片的数学表达式，分别与式（2-6）、（2-7）、（2-8）相应：

$$\text{高阻模片: } D_{xy} = D_{\max} \quad \text{高 } D'_{xy} \geq D'_0 \quad (2-9)$$

$$\text{低阻模片: } D_{xy} = D_{\max} \quad \text{高 } D'_{xy} \leq D'_0 \quad (2-10)$$

$$\text{带阻模片: } D_{xy} = D_{\max} \quad \text{高 } D_0^{l'} < D'_{xy} < D_0^{u'} \quad (2-11)$$

式中， $D_{\max}$ 为模片的最大密度值，相应于不透光的情况。其余符号的含义同前。

在使用二元模片时，有时着眼于其通光部分，为了使相应的影象部分保留下来；有时着眼于其阻光部分，用来遮挡消除处理过程中不希望保存的影象部分。因此，我们可以用“选通模片”这个术语来概括高通、低通以及带通模片；用“选阻模片”来概括高阻、低阻和带阻模片。

3. 等密度模片（灰片）

这是一些具有不同密度值，但反差为零的模片。由于它们是一些具有深浅不同，但在整个模片范围色调均一的中性灰色模片，因而亦可简称为灰片。在相关掩模处理过程中，欲调整各模片整体曝光水准差异时，常会使用到这种模片。它们可以用式（2-12）表征：

$$D_{xy} = D_i \quad (2-12)$$

$$\Delta D_{xy} = 0$$

式中， D_i 为任意一个具体的密度值，一般取值 $0 \leq D_i \leq 3$ ；而 ΔD_{xy} 为该模片的反差， $\Delta D_{xy} = D_{\max} - D_{\min}$

上述各种模片的类型、特点和用途可用表 2-1 进行简单的总结。

2.1.2 模片的制作

不同类型的模片在制作时有不同的要求和方法。

模片制作的关键问题是如何根据处理要求，准确地控制模片的 γ 值。影响模片 γ 值的因素很多，除胶片及显影液化学成分的差异而外，显影时间、影液温度以及搅拌程度等因素的变化都会使模片 γ 值发生明显的改变。为此，在制作模片之前，必须对影响 γ 值的诸因素，如感光材料、显影液性能以及处理条件进行系统的研究。

在研究过程中，应分别对不同的胶片类型、显影液配方或浓度，建立一系列模片反差系数（ γ ）与显影时间（ t ）的关系曲线（图 2.1）不同反差系数的显影时间与温度的关系曲

表 2-1 模片的类型及用途

分 类			特 征*	应 用
γ 模 片	等 γ 模 片	正等 γ 模片	$\gamma = \gamma_0$	边界增强 影象相减 专题抽取
		负等 γ 模片	$\gamma = \gamma_0 ^{**}$	
	半 γ 模 片	正半 γ 模片	$\gamma = 0.5\gamma_0$	等照度变换
		负半 γ 模片	$\gamma = 0.5 \gamma_0 ^{**}$	
	变 γ 模 片	正变 γ 模片	$\gamma = c\gamma_0$	反差调整
		负变 γ 模片	$\gamma = c \gamma_0 ^{**}$	
二 元 模 片	选 通 模 片	高通模片	$D_{xy} = D_{\min}$ 当 $D'_{xy} > D'_0$	黑白发色
		低通模片	$D_{xy} = D_{\min}$ 当 $D'_{xy} < D'_0$	密度分割
		带通模片	$D_{xy} = D_{\min}$ 当 $D'_0 < D'_{xy} < D''_0$	专题抽取
	选 阻 模 片	高阻模片	$D_{xy} = D_{\max}$ 当 $D'_{xy} > D'_0$	黑白发色
		低阻模片	$D_{xy} = D_{\max}$ 当 $D'_{xy} < D'_0$	密度分割
		带阻模片	$D_{xy} = D_{\max}$ 当 $D'_0 < D'_{xy} < D''_0$	专题抽取
等密度模片(灰片)			$D_{xy} = D_i \quad \Delta D_{xy} = 0 \quad 0 < D < 3$	曝光水准调整

* D_{xy} , γ 和 ΔD_{xy} 分别为模片的密度, 反差系数和反差; D'_0 , D'_0 , D''_0 分别母片的阈值密度。

** 母片为正片, 因而负模片的 γ 与之符号相反, 故用绝对值表示。

线。(图 2.2) 以及搅拌程度对模片特性影响的关系曲线(图 2.3)[5]。在这些基础工作完成之后, 我们就有可能按照相关掩模处理的具体要求, 迅速地选择适当的胶片类型、显影液配方以及处理条件, 获得具有所需 γ 值的模片。应该指出, 在实际制作模片时, 上述选定处理条件的保持和控制是十分重要的。为了保险起见, 在模片处理的同时, 应加入具有感光仪光楔潜象的同种类型的胶片条带, 以监控处理条件及模片的质量和特性。

其次, 制作二元模片必须采用具有高反差的胶片类型和显影液, 并经过下述处理步骤:

(1) 用一母片在不同曝光时间、相同处理条件下产生一组具有不同 γ 值的 γ 模片。如图 2.4 所示。它们实际上是制作二元模片过程中的一组中间模片。

(2) 上述中间模片, 在相同的曝光时间和处理条件下, 产生一组高通模片, 如图 2.5 所示。图中每条曲线均有不同的阈值密度 D'_0 与之相应。

(3) 用(2)产生的一组高通模片, 在相同条件下拷贝和处理, 获得一组高阻(或低通)模片, 其特性曲线如图 2.6 所示。

(4) 选择适当的高阻、低阻模片组合起来, 可以获得具有不同上、下限阈值密度的带通模片, 如图 2.7 所示。

在图 2.5、图 2.6、图 2.7 中, 都分别描绘出了母片的密度特性曲线。这样, 对确定上述模片的阈值密度就很方便。在确定模片的阈值密度时, 首先要由模片的特性曲线上确定其密度突变点; 然后由该点引垂直线与母片特性曲线相交, 交点对应的母片密度值即为该模片的阈值密度。例如在图 2.7 中, 由 70" 低阻模片和 35" 高阻模片构成的带通模片, 其上、下密度突变点分别是两条曲线上的 U 和 L 点。由 U 和 L 点分别引垂线与母片特性曲线相交于 u 和 l 两点。在该曲线上, u 和 l 点相应的密度值分别为 1.04 和 0.5。因此, 该模片 $D'_0 = 0.5$, $D''_0 = 1.04$ 。此外, 由该图亦可清楚地看出: 母片密度大于 D''_0 , 小于 D'_0 的影象部分, 在模片上均为不通光的部分, 而只有在这两个阈值密度范围里的影象部分才是通光的。当然, 这

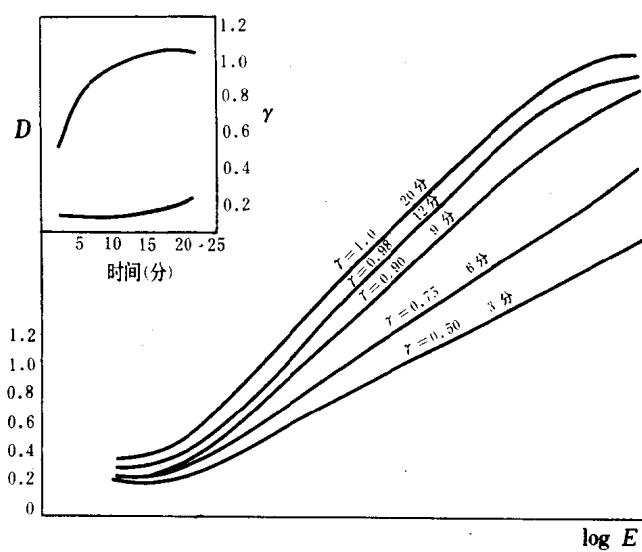


图 2.1 模片反差系数-显影时间关系曲线

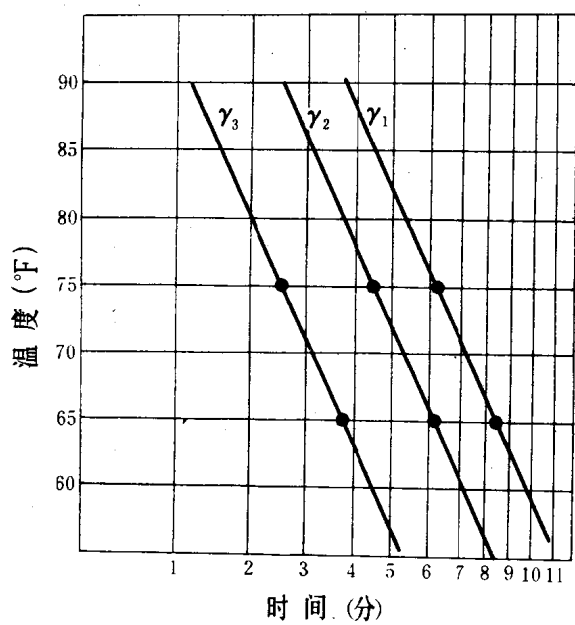


图 2.2 不同 γ 值时间-温度关系曲线

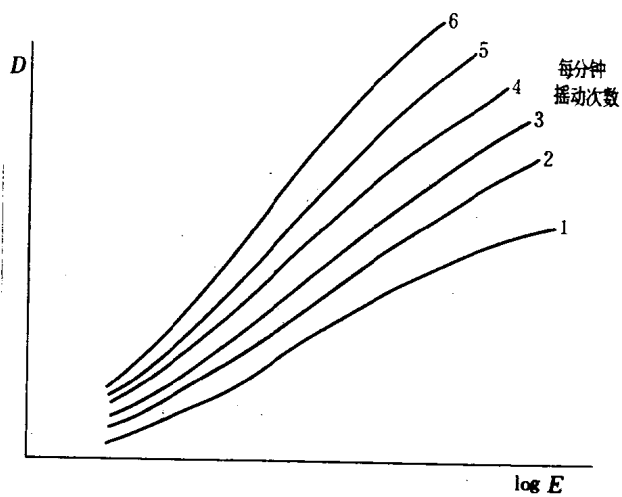


图 2.3 搅拌程度的影响