

遥感图像判读

王双亭 朱宝山 编著



解放军出版社

TP75

4

遥感图像判绘

王双亭 朱宝山 编著

解放军出版社

京新登字 117 号

书 名：遥感图像判绘

编著者：王双亭 朱宝山

出版者：解放军出版社

[北京地安门西大街 40 号/邮政编码 100035]

印刷者：海军政治部印刷厂

发行者：解放军出版社发行部

开 本：787 毫米×1092 毫米 1/16

印 张：14.75

字 数：376 千

版 次：2002 年 6 月第 1 版

印 次：2002 年 6 月（北京）第 1 次印刷

统一书号：55065·1656

（如有印装差错，请与本社调换）

¥35.00

前 言

本书是在总结多年遥感图像判绘的教学经验、生产实践及科研成果的基础上，经多人反复酝酿和讨论后编写而成的。书中系统叙述了遥感图像判绘的理论、方法和过程，其中包括遥感图像判绘的作用、意义及发展趋势；遥感图像的获取、几何特性及物理特性；遥感图像目视判读的原理、思维方法和手段；遥感图像的相关识别理论；地形要素表示的一般方法；遥感图像判绘的基本方法；各种地形要素的判读及表示。书中精选了上百幅典型地物的遥感图像，力求读者能从理论到实践全面理解遥感图像判绘的基本内容。

本书的绪论至第三章、第六章至第十二章由王双亭编写；第四章和第五章由朱宝山执笔；书中的插图由朱宝山、王红卫、李超群绘制。潘时祥教授审校了第一至第三章，王红卫副教授审校了第四、五章，后面各章由冯伍法副教授审校，最后由张占睦教授对全书进行了统一审阅。

在本书的编写过程中，作者得到了很多专家、教授、同行、同事及军事测绘杂志编辑部、解放军出版社许多同志的大力支持与帮助，在此，一并表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中错误之处在所难免，恳请读者批评指正。

作 者

2001 年 12 月

目 录

绪论	(1)
第一章 遥感图像及其特性	(5)
第一节 摄影图像及其特性	(5)
第二节 光机扫描图像及其特性	(20)
第三节 CCD 图像及其特性	(27)
第四节 侧视雷达图像及其特性	(32)
第二章 目视判读	(40)
第一节 判读特征	(40)
第二节 目视判读方法	(51)
第三节 雷达图像判读	(59)
第三章 遥感图像自动识别	(71)
第一节 遥感图像的相关识别	(71)
第二节 模式识别	(76)
第四章 地形要素的表示方法	(88)
第一节 地形图图式符号及其运用	(88)
第二节 综合取舍原则	(93)
第三节 方位物及其作用	(96)
第四节 地物关系处理的一般原则	(97)
第五章 图像判绘的基本方法	(101)
第一节 野外像片调绘	(101)
第二节 室内图像判绘	(104)
第三节 数字图像判绘	(109)
第六章 居民地判绘	(111)
第一节 居民地分类	(111)
第二节 房屋式居民地	(112)
第三节 窑洞式居民地	(116)
第四节 其他类型居民地	(119)
第五节 居民地与其他地物的关系处理	(120)
第七章 工农业和社会文化设施的判绘	(123)
第一节 工厂的判绘	(123)
第二节 采矿场判绘	(131)
第三节 垣栅的判绘	(134)
第四节 其他设施的判绘	(135)

第八章 交通运输设施的判绘	(140)
第一节 铁 路.....	(141)
第二节 公 路.....	(145)
第三节 其他道路.....	(148)
第四节 道路的附属建筑物.....	(150)
第五节 道路之间以及道路和其他地物的关系处理.....	(157)
第六节 管线及机场的判绘.....	(159)
第九章 水系判绘	(163)
第一节 岸线与岸.....	(163)
第二节 河流、湖泊、水库.....	(166)
第三节 海岸线及干出滩.....	(170)
第四节 运河、沟渠.....	(174)
第五节 航运设施.....	(177)
第六节 水源、沼泽、盐田.....	(180)
第十章 植被和境界判绘	(184)
第一节 植被及其分类.....	(184)
第二节 植被的判读.....	(188)
第三节 地类界及植被符号的配合表示.....	(192)
第四节 境 界.....	(195)
第十一章 地貌和土质判绘	(197)
第一节 地貌的成因.....	(197)
第二节 岩溶地貌.....	(200)
第三节 黄土地貌.....	(204)
第四节 冰川和冰川地貌.....	(206)
第五节 干燥区地貌.....	(210)
第六节 火山地貌.....	(217)
第十二章 地理名称注记	(219)
第一节 地理名称的来源.....	(219)
第二节 少数民族语地区地名的译写.....	(220)
第三节 地理名称的确定.....	(223)
第四节 地理名称的注记原则.....	(224)
主要参考文献	(228)

绪 论

遥感图像判绘是根据遥感影像及相关资料，将地形图上需要表示的地形要素识别出来，并用规定的图式符号表示在图像或图纸上的技术。它是摄影测量的重要组成部分之一。遥感图像判绘的成果如图 1 所示。

遥感图像是对地面物体电磁波辐射的记录，它不仅包含了物体的空间信息，还包含了物体的光谱信息。近年来，随着遥感技术的发展，航天遥感图像的空间分辨率和光谱分辨率越来越高，米级地面分辨率及纳米级光谱分辨率的图像已经获取，并且仍在不断提高。这为遥感图像判绘提供了既丰富又优良的基础资料。

虽然遥感图像已对所包含区域的空间要素进行了较为详细地表达，但是并不能直接作为地形图来使用。图 2 显示了同一地区的航空遥感图像和地形图，从中可以看出遥感图像和地形图之间存在着明显的差别，并且这些差别主要表现在以下两个方面：

第一是表示方面的差别。遥感图像和地形图之间在表示方面的差别主要表现在表示方法

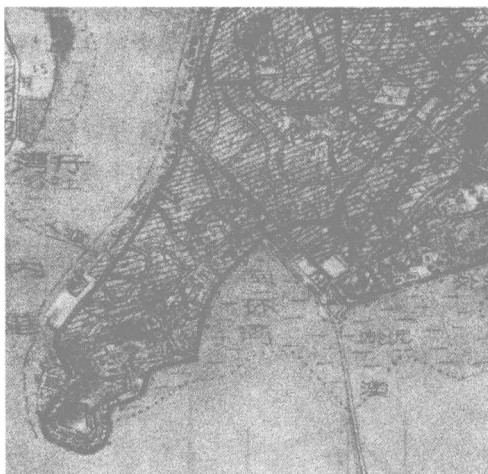
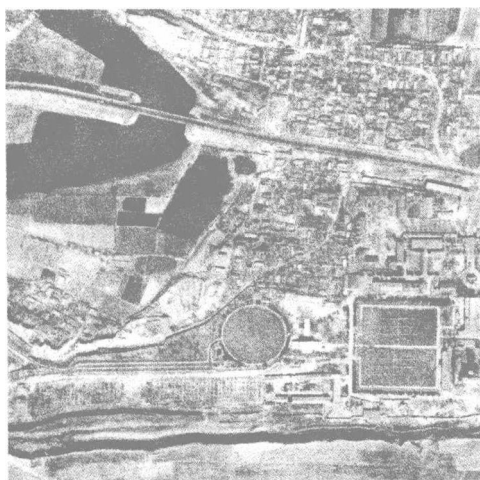
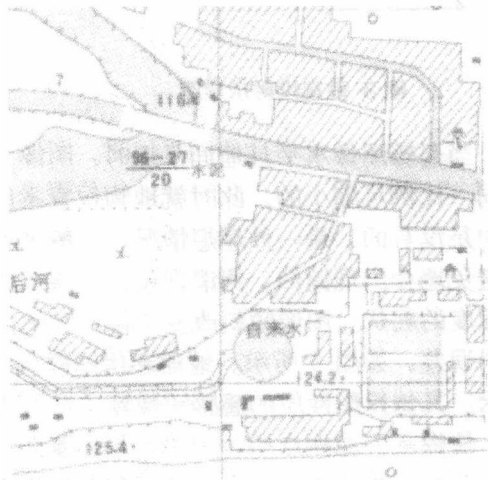


图 1 判绘成果图像



(a) 遥感图像



(b) 地形图

图 2 遥感图像和地形图的比较

和表示内容上。在表示方法上，遥感图像是用影像的大小、形状和色调来表示地物地貌，而地形图则是利用《图式》规定的符号、文字和数字来表示；在表示内容上，遥感图像对地物没有选择性，它以遥感系统的最高分辨能力，尽可能地把地面要素以色调色彩的形式全部表达出来。尽管它的信息量很大，但仍表示不出地理名称、境界、水深、流速及地面高程等地形要素。而地形图是由测绘人员根据现行《规范》的要求，按地物的重要程度有选择地表示地面要素，且补充了遥感图像上没有的一些要素。

第二是投影性质的差别。地形图是高斯—克吕格投影，遥感图像则不然，其投影性质决定于航空航天传感器的种类。不同传感器获取的遥感图像有不同的投影性质，如中心投影、行中心投影等。对于局部范围来说，高斯—克吕格投影可简化为正射投影，如图 3 所示。它利用平行光束将空间点 A 、 B 、 C 、 D ……等，沿其铅垂方向投影到平面 P 上，所得相应的投影点为 a 、 b 、 c 、 d ……。这种投影的特点是：投影面 P 上任意两点的距离与相应地面点的水平距离之比是一个常数，这个常数就是地图比例尺，另外投影面 P 上的任意两条线的夹角等于地面上相应两条线的水平夹角。这些特点使地形图能够准确地表示地物的位置。中心投影是遥感图像常见的投影之一，它利用投影中心 S ，将地面上 A 、 B ……各点投影到像平面 P 上，如图 4 所示。

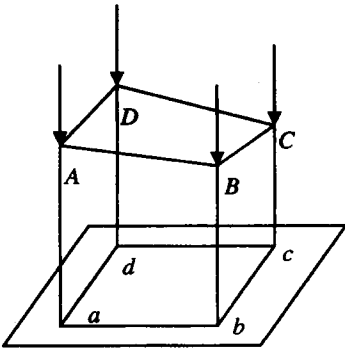


图 3 垂直投影示意图

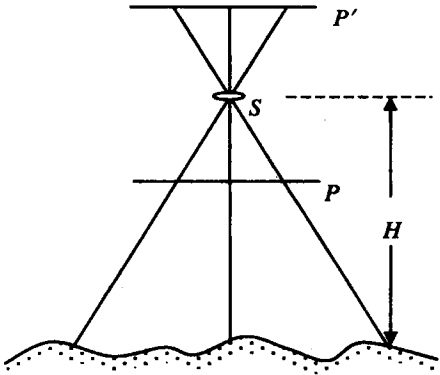


图 4 中心投影示意图

当遥感图像水平且地面平坦时，图像上各点的相关位置和地面上相应点的相关位置都是按同一比例尺缩小的，此时就地物位置来说，像片具备了地形图的性质，但是这种情况在实际中是没有的，是一种理想情况。一般来说，由于空气阻力、平台振动等原因，遥感平台不可避免地会出现俯仰、侧滚现象，使遥感图像都有一定的倾斜；地表也不是平坦的，有着不同程度的起伏。图像倾斜改变了像片和地面的相似关系，使像点产生移位，这种像点移位叫倾斜误差，如图 5 所示。地面起伏同样也产生像点移位，这种像点移位叫投影误差，如图 6 所示。其他投影性质的遥感图像除了具有投影误差和倾斜误差之外，还有各自特有的影像变形，使像点、地面点的对应关系更加复杂。

既然遥感图像和地形图之间存在如此大的差别，那么摄影测量又是如何消除这些差别，从而完成遥感图像到地形图的转变呢？显然遥感图像判绘能够消除第一个差别。至于投影性质差别的问题则由摄影测量的其他过程来解决。

作为摄影测量必不可少的组成部分之一，遥感图像判绘担负着图像信息提取、图像信息

年9月分别在云南腾冲地区和长春市郊区进行了大规模的航空遥感试验工作,取得了从可见光到近红外不同光谱区的多种遥感图像资料。在综合分析这些资料的基础上,各有关单位对地质、地理、水文、土壤、植被、测绘制图、地球物理等领域的应用进行了探索,编制出版了《腾冲航空遥感试验总结资料汇编》和《长春遥感试验论文集》、《长春遥感试验典型图分析》等书籍;同时还进行了地物光谱测定工作,从500余条光谱特性曲线中精选280余条,绘制出版了《地物光谱特性曲线图册》,这巨大地推动了我国判读技术的发展。

20世纪30至60年代,图像相关识别、神经网络、人工智能和模式识别相继得到了发展,目前不但在理论上不断完善,而且在地物分类、军事目标监测、气象预报、机器人视觉等领域都获得了成功的应用,这无疑为遥感图像的自动识别奠定了良好的基础。同时,高光谱分辨率、高空间分辨率遥感图像的不断出现以及多时相、多波段、高分辨率遥感图像的融合应用为实现自动识别提供了更多的契机。地形判读具有目标种类多、分布复杂、目标细小等特点,虽然用多方面技术可实现对大面积地物(如植被、水域、居民地)和部分线状地物(如水渠、公路)等的自动提取,但是还远远实现不了对遥感图像的自动识别。因为图像判读是人对图像的特殊处理过程,它不但包括判读专家的知识,还包括了他们的生理和心理过程。现有的计算机虽能贮存判读专家的知识,但很难实现他们的思维过程。图像识别的自动化前景是极为诱人的,但实现它也是极为困难的,还需要一定的时间进行探索和研究。

交互式识别将目视识别和计算机处理、自动识别相结合,能充分利用已有的自动识别成果和计算机图像处理能力,从而在不降低识别精度的情况下最大限度地减少判读人员的工作量,提高对各种遥感图像的利用率。交互式识别是近些年重点和快速发展的图像识别技术。

地形信息的表示方法主要包括图式符号的制定、运用以及地物的综合取舍等方面的内容。在图式符号方面,我国从建国以来,已于1952年、1958年、1965年、1968年、1971年和1987年制定了不同版本的《1:25000、1:50000、1:100000地形图图式》。从这些不同版本基本比例尺地形图的图式中可以看出我国地形图图式的发展趋势为:一、时刻满足国民经济、国防建设和科学技术发展的要求;二、越来越科学的高度概括性;三、越来越简洁的符号图形以适合自动制图的需要。如1958年的图式中,桥梁有14个符号也没有完全表达地面上不同的形式的桥梁,而现行图式,仅用人行桥、车行桥、双层桥、并行桥和立交桥五个符号表示,体现了高度的概括性。又如以前的图式中铁路一直是花线符号,现行图式把铁路改为实线符号以利计算机制图。

虽然遥感图像判绘技术已有一个半世纪的历史,但是判绘的基本方法则发展较为缓慢,在20世纪70年代之前,一直采用全野外调绘方法。70年代末和80年代初,军队和地方测绘单位都进行了室内判绘、野外补绘的判绘方法研究,并取得了可喜的成果,开始在测绘部门推广使用。随着计算机技术和数字摄影测量的发展,于90年代初开始了数字判绘方法的研究,至今该技术已趋成熟,使遥感图像判绘步入了数字判绘时代。自动判绘则要在图像识别自动化实现后方成为可能。

第一章 遥感图像及其特性

遥感图像是进行目标识别、地物分类和地形图测制的基础性资料。遥感技术的应用十分广泛，遥感图像的种类也多种多样。由于篇幅所限，本书不可能涉及到每一种图像，而只对与地形信息有关的遥感图像的成像原理和图像特性进行阐述。

目前对遥感图像还没有统一的分类方法，致使同一个图像在不同场合有不同的称呼。下面介绍一些常见的分类方法。

按照取得图像的高度，可分为地面图像、航空图像和航天图像。由于航天图像主要是由卫星获得的，所以有时也称为卫星图像。

按照取得图像的方式，可分为摄影图像、光机扫描图像、CCD 图像和雷达图像。每种图像还可进行更详细的划分，如图 1-1。

按照记录的波段，大体上可分为蓝光图像、绿光图像、红光图像、全色图像、近红外图像、热红外图像、微波图像。实际上，

用波段号来区分不同波段的图像比上述的笼统划分要准确的多，因为它准确地标定了图像的波段范围。不同传感器图像的波段号与波段的对应关系是不同的，如 MSS 图像的第 4 波段图像的波段范围为 $0.5 \sim 0.6\mu\text{m}$ ，而 TM 图像第 4 波段的范围则是 $0.45 \sim 0.52\mu\text{m}$ 。

按照图像的颜色，可分为黑白图像和彩色图像。彩色图像根据图像颜色与地物颜色的对应关系可分为真彩色图像和假彩色图像。

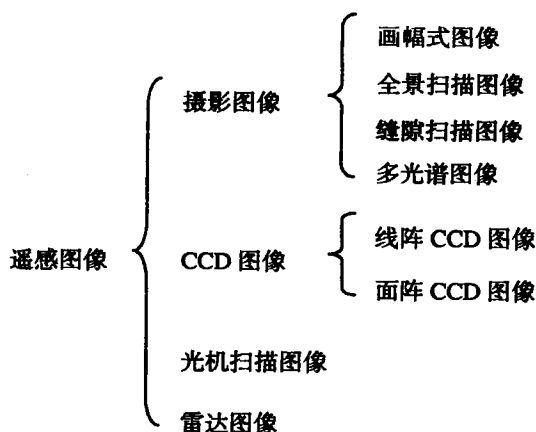


图 1-1 遥感图像的分类

第一节 摄影图像及其特性

摄影图像一般指用光学系统成像并用胶片记录所得到的图像。获取摄影图像的主要设备有摄影机、滤光片和感光材料。不同类型的摄影机、滤光片和感光材料的组合，决定了摄影图像的几何特性和物理特性。

一、摄影设备

(一) 摄影机及其成像过程

摄影机按其结构可分为画幅式、全景式、缝隙式和多光谱四种。

画幅式摄影机是最常见的摄影机类型之一。按照其负载平台的高度可分为地面摄影机、航空摄影机和航天摄影机三大类，这里主要介绍后两类。常用的航空摄影机有国产航甲 17、原苏联的 AΦA、德国的 LMK 和 RMK 以及瑞士威特的 RC-10、RC-20、RC-30 等，如表 1-1 所示。航甲 17 和 AΦA 相机由于分辨低，镜头畸变大，基本上已被淘汰，而带有像移补偿和 GPS 导航的摄影机（如 LMK3000，RC-30 等）正在普遍使用。

表 1-1 常用航摄仪及其基本性能

产地	型 号	像 幅 cm	焦 距 mm	分辨率 lp/mm	畸 变 μ m
瑞士	RC-8	18 × 18	210	50	± 10
			115		
		23 × 23	152		
	RC-10 RC-10A (有 FMC)	23 × 23	303	70 ~ 80	± 7
			213		
			153		
			88		
	RC-20 RC-30 (有 FMC)	23 × 23	303	70 ~ 80	± 7
			213		
			153		
			88		
德国	LMK (有 FMC)	23 × 23	305	76	± 2
			210		
			152		
			89		
	RMK (有 FMC)	23 × 23	610	40 ~ 50	± 50
			305		± 3
			210		± 4
			153		± 3
			85		± 7

航天摄影机的类型也很多，表 1-2 列出了几种目前有代表性的航天摄影机。从表中可以看出 LFC、KFA 和 KWR 的摄影性能都十分优良，这为利用航天遥感图像进行目标识别，特别是地形图测制提供了良好的基础。

表 1-2 有代表性的画幅式相机

相机名称	国家	焦距 (mm)	像幅 (cm)	航高 (km)	地面分辨率 (m)	像片比例尺
MC	德国	305	23 × 23	250	16 ~ 33	1 : 82 万
LFC	美国	305	23 × 46	225	10	1 : 74 万
KATE	俄罗斯	200	18 × 18	280	25	1 : 104 万
MKL	俄罗斯	300	18 × 18	280	8	1 : 80 万
KFA—1000	俄罗斯	1000	30 × 30	275	5	1 : 25 万
KWR—1000	俄罗斯	1000	18 × 18	220	1 ~ 2.5	1 : 22 万
KFA—3000	俄罗斯	3000	30 × 30	250	1	1 : 12 万

缝隙式摄影机又称航带式或推扫式摄影机。缝隙式摄影机安装在飞机或卫星上，摄影瞬间所获取的影像是与航向垂直、且与缝隙等宽的一条地面影像带。如图 1-2 所示，当飞机或卫星向前飞行时，在相机焦平面上与飞行方向垂直的狭缝中，出现连续变化的地面影像；同时相机内的胶片也不断地移动，且移动速度与地面影像在缝隙中的移动速度相同，从而得到连续的条带状地面影像。

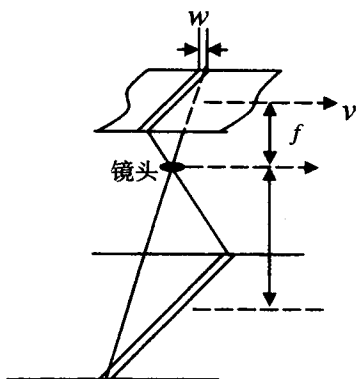


图 1-2 缝隙摄影成像原理

这种相机不是一幅一幅地成像，而是连续曝光，相机上不需要快门。为了摄得清晰、连续的影像，必须使卷片速度 v 与平台移动速度 V 相匹配，即

$$v = V \cdot \frac{f}{H} \quad (1-1)$$

式中 v 为胶片移动速度， V 为飞机或卫星的地速， H 为平台高度， f 为相机焦距。尽管这种摄影机已较少使用，但缝隙连续成像的基本思想却得到了广泛的应用。

全景摄影机又称全景扫描相机，其成像原理如图 1-3 所示。与缝隙扫描相机类似，全景相机一次成像也是一个很窄的条带，只不过条带的方向是平行于平台移动方向。全景摄影机的特点是焦距长，有的长达 600mm 以上，且成像系统既小又轻，便于旋转。承影面在扫描方向是以后节点为中心的圆弧状，保证了每个扫描带都能得到清晰的影像，圆弧的总弧度决定了全景相机的扫描视场。由于它的摄影视场很大，理论上能达 180° ，可摄取航迹到两边地平线之间的广大地区，因此被称为全景摄影机。

多光谱摄影机是可在同一瞬间摄取同一地区多个波段影像的摄影机。采用多光谱摄影的目的，是充分利用地物在不同光谱区有不同的反射特征，来增加获取目标的信息量，以便提高影像的判读和识别能力。常见的多光谱摄影机有单镜头和多镜头两种形式。

单镜头型多光谱摄影机成像原理是在物镜后利用分光装置，将收集的光束分离成不同的光谱成份，然后使它们分别在不同胶片上进行曝光，从而生成地物不同波段的影像。这种摄影机常用的分光原理是利用半反射半透明的平面镜将收集的光束分解成所要求的几个光束，然后使它们分别通过不同的滤光片，从而达到划分波段的目的。

图 1-4 (a) 是单镜头多波段相机的分波段示意图。这种相机的最大优点在于能确保同步获得的不同波段影像的严格套合，但光束分光后能量的损失较大，尤其是各波段之间的能量损失不等，因此会影响影像的质量和分离的波段数。

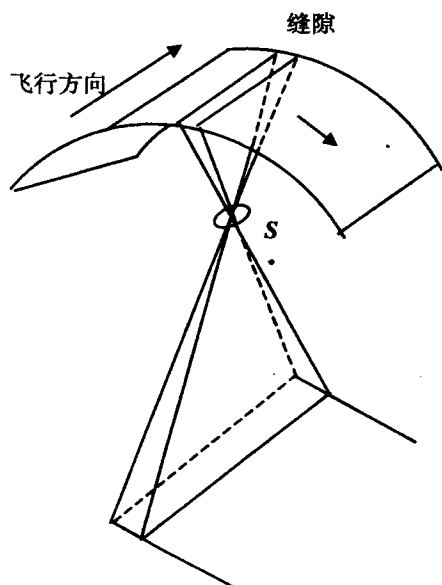


图 1-3 全景摄影机成像原理

多镜头型多光谱摄影机又可分为多镜头单镜箱和多镜头多镜箱两种。多镜头单镜箱相机是在一个箱体上同时安装多个镜头，各个镜头前附加一块不同波段的滤光片，曝光后在一张负片上同时记录各个波段的影像，如图 1-4 (b)。这种摄影机的结构简单，但是由于感光材料感色性的限制，在同一胶片上同时记录各波段的影像将使多光谱影像质量受到影响。多镜头多镜箱型摄影机是将几个几乎相同的镜箱组装在一起使用，如图 1-4 (c)。它的优点是能灵活地对各个相机组合安装滤光片和感光材料，从而使影像的质量和光谱特性达到最佳效果，故它是目前广泛使用的多光谱相机。

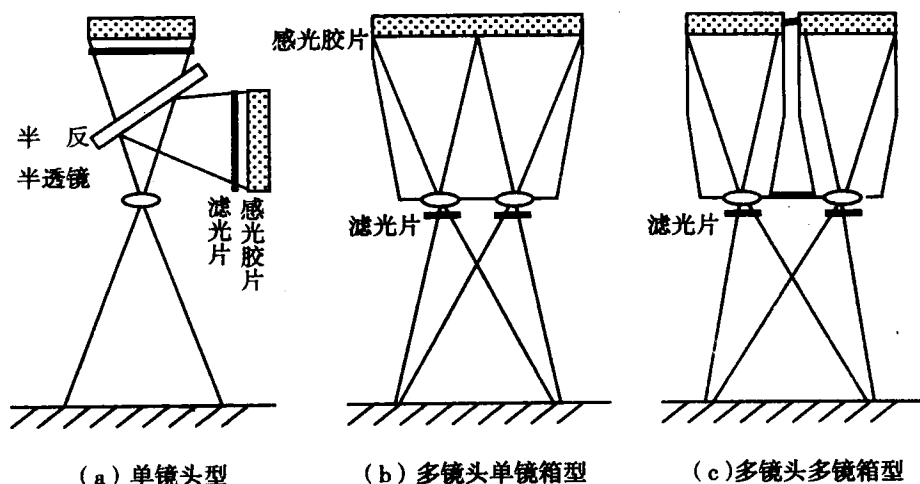


图 1-4 多光谱摄影机的分类

(二) 感光胶片

摄影感光材料一般采用银盐感光胶片，简称摄影胶片。它有黑白胶片和彩色胶片两类。

常用的黑白航摄胶片有全色片 ($0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$)、全色红外片 ($0.4 \sim 0.8 \mu\text{m}$) 和红外片 ($0.7 \sim 0.9 \mu\text{m}$)；彩色胶片有天然彩色片 ($0.4 \sim 0.7 \mu\text{m}$) 和彩色红外片 ($0.5 \sim 0.8 \mu\text{m}$)。天然彩色片的三层乳剂分别对蓝、绿和红光敏感，负片上的颜色与目标颜色互补，正片上的影像颜色与目标颜色相一致。三层乳剂的红外彩色胶片分别对绿、红和红外感光，对蓝色波段无响应，所以在其正片上，影像的颜色与目标的颜色不一致，蓝色物体为黑色影像，绿光变为蓝色，红光成为绿色，红外光线为红色，故红外彩色片也称为假彩色片。

胶片记录的灵敏度和分辨率都很高，但是其响应的波段范围很窄，只有 $0.4 \sim 1.1 \mu\text{m}$ 。也就是说，用胶片记录的摄影只能取得小于 $1.1 \mu\text{m}$ 以下的可见光和近红外波段的图像。另外胶片记录不便于远距离实时传输，不便于计算机处理，不能直接测定目标的电磁波辐射特性。

(三) 滤光片

滤光片是改变摄影光谱成份的介质。按制造材料滤光片可分为：玻璃滤光片、胶质滤光片、塑料滤光片和液体滤光片；按透光性能滤光片可分为：黄色滤光片、橙色滤光片、红色滤光片和偏振滤光片。滤光片的型号很多，改变滤光片的型号和组合方式，可得到不同的透光特性。

在航空或航天摄影时，滤光片主要用于减小大气散射的影响。在选择滤光片的型号时，要考虑摄影目的、天气情况和摄影高度。一般来说，选择滤光片的原则是：随着航高增大、大气蒙雾亮度的增加或太阳高度角的减小，所用滤光片的型号数应越大，滤光片的颜色应由浅黄色变为深黄色，甚至橙色。在红外摄影时，一般选用红色滤光片，以吸收可见光中的蓝、绿光，只透过大于 $0.6\mu\text{m}$ 的红光和红外光。我国常用的滤光片有 JB6、JB8、CB4、CB6、HB12 等型号，其中 J、C、H 分别代表黄、橙、红；B 代表玻璃；数字代表滤光片的深度，且数值越大颜色越深。

由于散射光是偏振光，所以偏振滤光片也可以减小大气散射的影响，但是其效果没有滤光片好，故在航天、航空摄影时很少使用偏振滤光片。在一些特殊情况下，如摄影时要避开光滑表面的强反射光，用偏振滤光片会收到很好的效果。

滤光片除用于摄影外，还广泛用于彩色影像合成。

二、画幅式图像的几何特性

画幅式摄影图像是地面物体的辐射电磁波通过一个固定的投影中心，投影到像平面上所形成的透视影像，是标准的中心投影图像，如图 1-5 所示。由于中心投影像片受到摄影姿态、地形起伏的影响，所以存在着倾斜误差和投影误差这样的固有影像变形。另外，还有很多因素，如摄影材料伸缩、底片未压平、物镜畸变、大气折光及地球弯曲等，都可引起影像变形。这里仅考虑中心投影所固有的两种像点移位现象，即倾斜误差和投影误差。

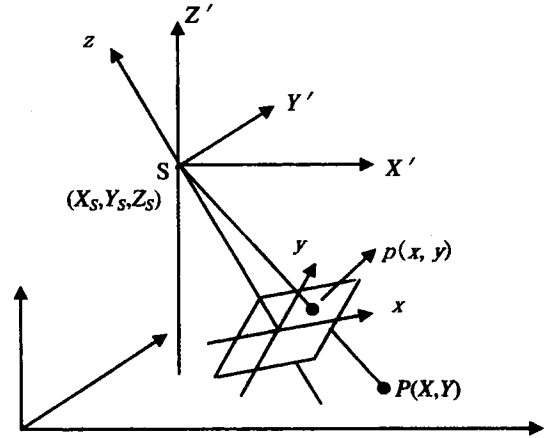


图 1-5 画幅式图像的物像关系

(一) 倾斜误差

倾斜误差是摄影时由于像片倾斜而引起的像点移位。图 1-6 中，假设 P 和 P_0 分别是同一摄影位置所摄取的倾斜和水平像片。则倾斜误差 δ_α 的计算公式如下：

$$\delta_\alpha = -\frac{r_c^2 \sin \varphi \cdot \sin \alpha}{f - r_c \cdot \sin \varphi \cdot \sin \alpha} \quad (1-2)$$

式中 α 为像片倾斜角， φ 是像点和等角点的连线与等比线的夹角， r_c 是像点 p 到等角点 c 的线段长， f 为焦距。

从倾斜误差公式可以看出：

1. 等比线上没有倾斜误差，主纵线上倾斜误差最大；

2. 像点倾斜误差的方向在等角点辐射线上，辐射距离越大，倾斜误差越大，对称于等角点的两像点倾斜误差的大小相等符号相反；

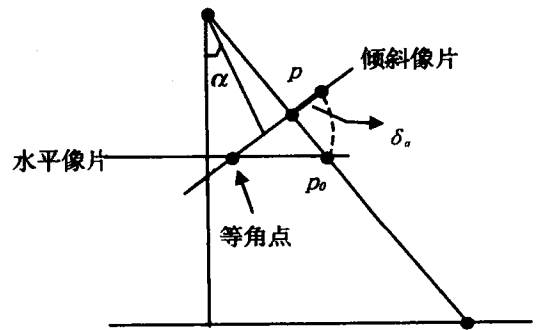


图 1-6 倾斜误差示意图

3.等比线将像片分两部分,在包含像主点的部分,所有像点都向着等角点方向移位;在包含底点部分,所有像点都背着等角点方向移位;

在近似垂直摄影图像上进行量测或自动识别时,必须考虑倾斜误差的影响,但是在目视判读时,因倾斜误差对形状、大小等影像判读特征影响很小,可以不予考虑。

(二) 投影误差

投影误差是由于地面起伏所引起的像点移位。无论像片是否水平,高于或低于某一基准面的点,在图像上的像点与该点在基准面上垂直投影点在像片上的构像点之间存在着直线位移,如图 1-7。这种位移是中心投影与垂直投影之间的差异的反映,故称之为投影误差。

近似垂直摄影图像投影误差的实用公式为:

$$\delta_h = \frac{\Delta h}{H} r_n \quad (1-3)$$

式中 Δh 是像点所对应的地面点与基准面之间的高差; r_n 为底点至像点的距离。

从投影误差公式可以看出:

1.投影误差的方向在像点与底点的连线上,即在像底点的辐射线上;

2.投影误差的符号取决于地面点对基准面高差的符号,当高差为正时,投影误差为正,像点背着底点方向向外移位,反之则向着底点方向移位;

3.同一张图像上投影误差的大小与辐射距离、高差成正比,当高差一定时,愈靠近图像边缘的像点投影误差越大。

在丘陵地和山地,投影误差对影像特征影响较大,所以无论是进行目视识别、计算机识别或自动分类都必须考虑这种误差。

(三) 像片比例尺

像片的比例尺是像片上某线段长度与地面相应长度之比。当像片水平、地面平坦时像片的比例尺为一常数,即

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \quad (1-4)$$

式中 m 为像片比例尺分母, f 为摄影相机的焦距, H 为相对航高(即平台高度)。当像片不水平、地面有起伏时,像片比例尺为:

$$\frac{1}{m} = \frac{(f - y_c \cdot \sin \alpha)^2}{H \cdot \sqrt{[(f - y_c \cdot \sin \alpha) \cos \varphi + x_c \cdot \sin \alpha \cdot \sin \varphi]^2 + f^2 \cdot \sin^2 \alpha}} \quad (1-5)$$

式中 x_c 、 y_c 是以等角点为原点、以等比线为 x 轴、以主纵线为 y 轴的坐标系中的像点坐标, α 为像片倾斜角, φ 为像片上线段与 x 轴的夹角。

从式中看出,像片比例尺与像点位置(x_c, y_c)、平台高度 H 、像点所处线段的方向及像片倾角 α 有关,它有如下三个特点:

1.倾斜像片上的比例尺随点位不同而不同;

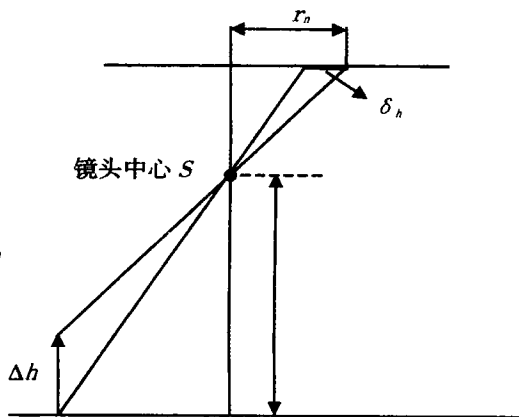


图 1-7 投影误差示意图

2.像点的比例尺是有方向的;

3.当地面有起伏时,像点对应的 H 值发生变化,像比例尺也发生变化。

(四) 影像分辨率和地面分辨率

在图像识别中,可识别性能(或称构像特性)是遥感图像最重要的指标。摄影图像一般用影像分辨率和地面分辨率作为该指标的评价标准,而其他图像(CCD 图像、光机扫描图像、雷达图像)则只用地面分辨率。

影像分辨率是指摄影图像上再现物体细部的能力,通常用 1mm 范围内能分辨出宽度相同的黑白线对数来表示。它包含了镜头分辨率和胶片分辨率,是摄影系统的综合分辨率。在测定了镜头和胶片分辨率之后,可用下式来计算影像分辨率:

$$\frac{1}{R_p^n} = \frac{1}{R_L^n} + \frac{1}{R_f^n} \quad (1-6)$$

式中 R_p 为影像分辨率; R_L 、 R_f 分别为镜头、胶片分辨率; n 是乘方数,一般取 $n=2$ 。

在航天摄影中多用地面分辨率来评价航天摄影系统的技术性能。摄影图像的地面分辨率是影像分辨率的线对宽度所对应的地面距离,它表达了摄影图像能分辨的地面最小尺寸,单位是 m。显然,地面分辨率和影像分辨率的关系可用下式表示,即

$$R_G = \frac{M}{R_p} \quad (1-7)$$

式中 R_G 为地面分辨率, M 为像片比例尺分母。

(五) 像点与地面点的坐标关系

画幅式图像是地面的中心投影,像点和地面点之间有严格的透视变换关系,摄影测量学对这个关系作了详细地论述。按照图 1-5 中的坐标系,像点和地面点的坐标关系式为:

$$x = -f \frac{a_1(X - X_s) + b_1(Y - Y_s) + c_1(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} \quad (1-8)$$

$$y = -f \frac{a_2(X - X_s) + b_2(Y - Y_s) + c_2(Z - Z_s)}{a_3(X - X_s) + b_3(Y - Y_s) + c_3(Z - Z_s)} \quad (1-9)$$

式中:

f 为摄影机主距,它与像主点坐标 (x_0, y_0) 组成像片内方位元素;

X_s 、 Y_s 、 Z_s 为投影中心 S 在地面坐标系中的坐标,是像片 6 个外方位元素中的 3 个线元素;

x 、 y 为像点的像平面坐标;

X 、 Y 、 Z 为像点对应地面点的地面坐标;

$\begin{bmatrix} a_1 & a_2 & a_3 \\ b_1 & b_2 & b_3 \\ c_1 & c_2 & c_3 \end{bmatrix}$ 为地面坐标系和像平面坐标系的变换矩阵, a_i 、 b_i 、 c_i 称为方向余弦。其数

值可根据外方位元素的三个角元素 α_x 、 ω 、 κ 计算,即