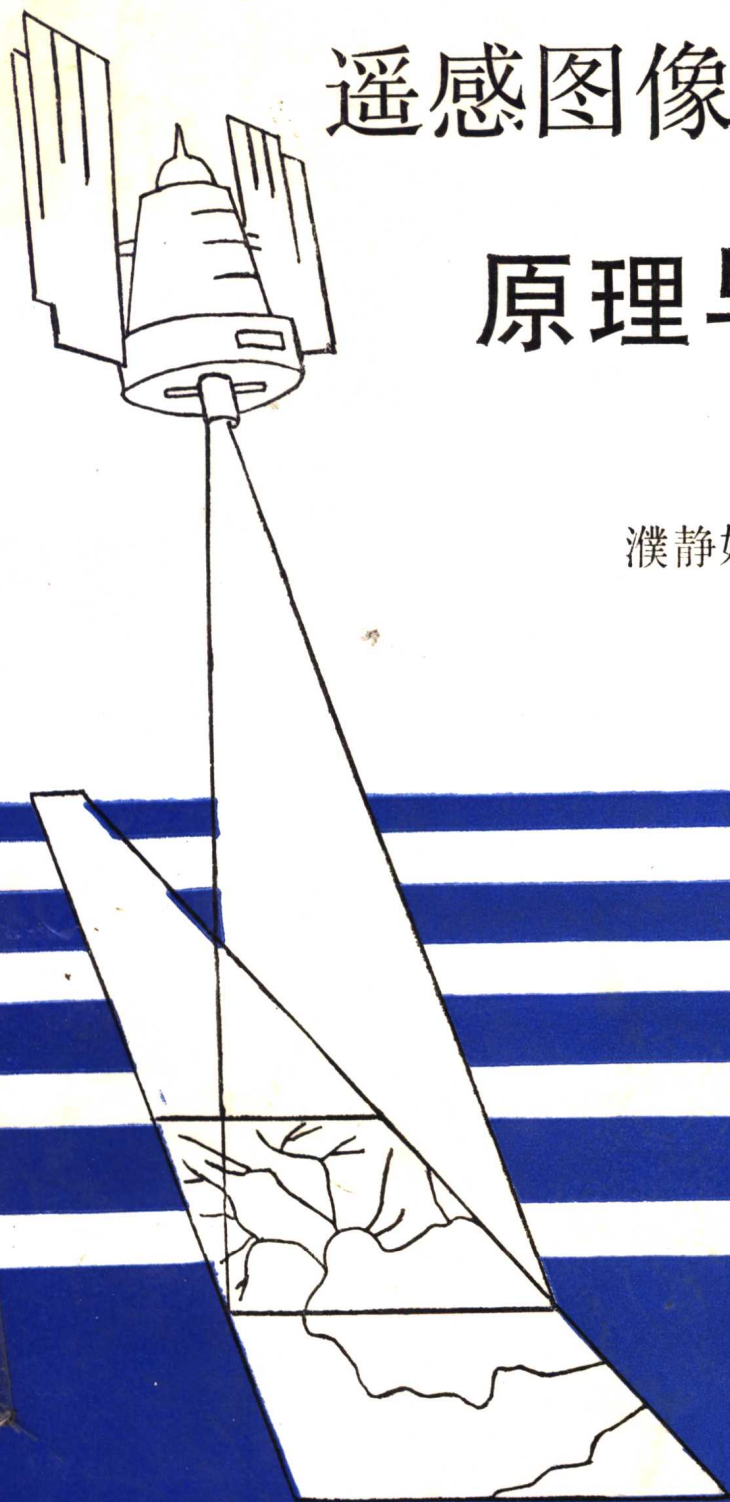


遥感图像目视解译

原理与方法

濮静娟 主编



中国科学技术出版社

遥感图像目视解译原理与方法

濮静娟 主编

中国科学技术出版社

内 容 提 要

全书共分三篇十章。第一篇遥感基础，简洁系统地论述了遥感的基本原理、传感器及遥感信息处理方法和地物波谱特征；第二篇遥感图像，全面地介绍了遥感图像的种类、特性，目视解译标志和分析方法；第三篇遥感应用，以大量篇幅分专题阐述了遥感图像在农业、水资源、地质、土地利用、环境监测等领域的应用研究。

本书可供农林水利、地质地理、军事测绘、土地管理、环境保护、城市规划、资源调查等部门科研、生产工作者，以及有关大专院校师生参考。

(京)新登字175号

遥感图像目视解译原理与方法

濮静娟 主编

责任编辑：张秀智

特约编辑：卫 政

*

中国科学技术出版社出版 (北京海淀区白石桥路32号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

北京市怀柔黄坎印刷厂印刷

*

开本：787×1092 毫米 1/16印张：14.5 插页：16 字数：350千字

1992年2月第1版 1992年2月第1次印刷

印数：1—1500册 定价：15.00元

ISBN 7-5046-0632-4/Z·49

序

濮静娟副教授主编的《遥感图像目视解译原理与方法》一书出版了。作为第一读者，我感到很荣幸，也很欣慰。因为，这是我曾经较长时期工作过，而且比较熟悉的领域。从60年代，我们就开始尝试如何综合利用航空像片，从中提取较多的地学信息，为经济建设和科学实验提供服务。70年代以后，有了卫星影像和航空彩色红外像片，我们也主要是通过目视解译（判读）的方法，来提取专题信息，进行系列制图的。经历了30多年的实践，现在濮静娟等同志着手来总结这方面的原理和方法，不仅是非常必要的，自然内容也是丰富多彩的了。

目视解译的经验性很强，专业深度也很大。从个别实例分析的基础上，归纳成为具有普遍性的规律，上升为原理与方法，确系相当困难的事。这方面有过不少教科书，从技术上加以讨论的论著也不少，但从科学原理和思维方法上深入进去的则不多。濮静娟副教授等在这部著作中付出了艰巨的劳动，所进行的辛勤探索，基本上是成功的。

例如在遥感基础方面，作者努力将地物波谱特性和解译标志联系起来，探讨其中内在的本质的联系，知难而进，勇气可嘉，是值得称道的。以应用为先导，从解译的角度对多种卫星与航空遥感信息进行评价，对读者也是很有启发的。在应用方面，侧重于环境历史变迁、自然灾害评估……等等动态分析的实例；对海岸带、三角洲等问题，作者更作过许多深入的研究工作，写得得心应手，读来也格外亲切充实、生动活泼，给读者以范例，为本书增色不少。

作者在前言中提到，遥感工作者难免有偏爱计算机数字图像处理，或多或少有忽视或轻视目视解译的倾向。此系大势所趋，是可以理解的。为了形成现代生产规模，遥感应用必将走向自动化，而且信息源愈来愈多，数据量愈来愈大，需求的高速度、大范围，几乎超越了目视解译的极限，这些均迫使愈来愈多的人依赖数字处理和模型分析与软件系统。同时，图像处理软件功能的渐趋完善、地理信息系统的支持与区域指标体系的参与及分析模型的迅速发展，也在促使这种社会需求逐步成为现实。

但是，目视解译决不会因为图像数字处理与模式识别等技术的进步而被摒弃、被束之高阁。我们认为：

(1) 目视解译是遥感应用的一项基本功。遥感应用工作者，不能没有野外实地观察的训练，也不能没有目视解译的技能。它是制定自动分类体系和图例系统的基础工作。否则那些经过信息增强和回归分析的图像，有可能成为数字游戏，成为一种缺乏物理含义或地学含义、知其然而不知其所以然的缺乏理论指导的盲目的技术。

(2) 遥感图像处理和分析的效果，最终必需经过实践的检验，才能成为有效信息。自动化、大批量处理后的结果，是否真有道理，是否符合客观事实，是否适应地域差异的特点，必须通过抽样检验或典型试验，才能作出结论。其中就必然要有一部分非标准化的工作，即手工式的、经验式的目视解译工作。

(3) 地理信息系统的支持，已经成为现代计算机遥感图像处理不可缺少的部分。而

地理信息系统本质上也是地学规律分析的定量化。没有来源于实践的感性知识，也就难以运用地理信息系统这类高新技术手段，从规律上来加深对现象的理解，掌握影响物流、能流的关键所在，认识自然历史过程和物质结构、信息流程的全局。

(4) 专家系统来源于专家的知识积累。一批善于专业分析、解译的专家，特别是那些新兴科学领域的专家，似乎都需要经历一定阶段的目视解译，获得由表及里、由此及彼的推理经验，才有可能设计相应的知识库和推理机，从而填平专业分析与计算机图像处理之间的鸿沟。有了共同的语言，才有创造智能化和专家系统的开发环境。

从以上的理解来看，目视解译并不意味着它是遥感应用的初级阶段，或者是可有可无的，相反，它是遥感应用中无可替代的组成部分，它将与其它地学分析方法“长期共存”、相辅相成。就象有了印刷技术，机械化自动化程度很高，仍不能排除画家创作的手稿；又象有了摄影技术，也不能排除画家的素描一样。即劳动创造了世界，人类创造了文明。

我祝贺这部专著的问世，希望有许多读者欢迎它。特别希望有更多从事遥感图像数字处理、模式识别的专家，能够抽出一点时间来阅读它，从中得到启迪，求得共识，从而加深对遥感信息本质的理解。我还不敢说这部专著一定能够满足这种期望，但至少有助于接近这种期望。

陈述彭

1992年3月于访问加拿大途中

前 言

“遥感”顾名思义就是“遥远的感知”。通常人们所认为的遥感技术的概念是从不同高度的平台上，使用各种传感器，接收来自地球表层各类地物的各种电磁波信息，并对这些信息进行加工处理，从而对不同的地物及其特性进行远距离的探测和识别的综合技术。由于电磁能包括光、热和无线电波，因此，从飞机上用电、磁和重力对力场进行的测量，属于航空地球物理测量而不看成是遥感。

遥感技术在近 20 多年来得到了迅速的发展。早期的遥感是从航空摄影开始的，并被广泛应用到摄影制图、工程与环境研究和探查石油、金属矿藏等领域。这些仅利用了电磁波谱中的可见光部分。50 年代末和 60 年代初，人类观测电磁波谱的能力已远远超过了人类视觉和摄影胶片灵敏度的范围，已能在热红外和微波等波段上成像；载人和不载人地球卫星的发展和配置，为获取地球遥感图像提供了所需要的平台高度。从此空间科学技术的发展，使人类征服宇宙的历程，从航空阶段跃入到了航天阶段。遥感技术随着现代光学、电子学、信息论和电子计算机理论的发展，不断地与地球科学理论相结合，使它不仅具有很大的国防意义和生产实用意义，而且还有很大的科学意义，带动着一系列自然学科、技术学科的发展，组成为一门新兴的、综合性很强的科学技术，成为空间科学技术的重要组成部分，被称为宇宙中的“眼睛”。

遥感数据的波谱、极化、时间和空间特征反映了自然界中物体的相应特征，是人工目视解译和计算机遥感图像分析处理的理论依据。目前，计算机图像分析处理是一个十分活跃和富有发展前景的领域，即使在这种情况下，人工目视解译仍起着不容忽视的作用。实践证明：仅利用遥感数据的波谱特征进行统计识别分类，其精度很难提高，一般分类精度在 70~80%。如果能充分和综合地利用遥感数据的波谱、极化、时间和空间等特征以及多种信息源的辅助数据的话，分类精度可明显地提高 10~20% 或更多。可见，人工目视解译不仅是不可取代的，而且还是计算机图像分析处理技术进一步发展的基础和出发点。

随着计算机图像处理能力的加强和遥感数据空间分辨率的不断提高，遥感图像的空间特征在计算机图像分析处理中的作用显得越来越突出，同时也使得人工目视解译的经验和生物地学规律有可能逐步引入这一领域，形成一些专题解译的专家系统。特别是在地理信息系统支持下，发展多种信息源（包括非遥感）数据的综合分析方法，将会收到遥感图像智能化识别的效果。

现今从事遥感技术应用的有关人员，目光大多集中在遥感图像计算机分析处理技术方面，而对人工目视解译过程，即如何利用图像的影像特征（色调或彩色，即波谱特征）和空间特征（形状、大小、阴影、纹理、图型、位置和布局），与多种非遥感信息资料相结合，运用生物地学相关规律，进行由此及彼、由表及里、去伪存真的综合分析和逻辑推理的思维过程，建立图像模式识别的研究却重视不够，尚属起始阶段。

随着我国国民经济的发展和遥感技术在各个业务领域应用的不断深入，特别是经过

“六五”、“七五”两个五年计划的拓展，遥感信息作为一个新的高科技信息服务行业，已取得比较明显的社会效益、“八五”期间将更趋向行业化的形势下，对认识和掌握遥感图像目视解译原理与方法的要求将会更加热切。为了适应形势的需要，本书主要总结遥感图像目视解译的思维过程，将全书分为遥感理论基础，遥感图像解译标志和分析方法及遥感应用三部分，对应于我们应用遥感图像认识自然、分析研究自然及应用于自然的逻辑过程，希望它能在服务于国民经济建设、实现遥感图像计算机分析处理智能化的过程中起到一点积极的作用。

本书是一部集基础性、理论性和实用性于一体的综合性遥感读物，内容丰富，论述详尽，图文并茂，既可充作遥感工作者的工具书，也是指导初学者入门的较好的教科书。

本书由濮静娟主编，前言、第一章、第三至七章由濮静娟编写，第二章和第十章由李彤编写，第八章和第九章由周艺编写。在编写过程中，曾参考大量有关著作，因篇幅所限，文中只列出主要参考文献，请予以谅解。全书的版面设计和编辑工作由卫政负责，插图由刘薇薇清绘，在此一并致谢。

由于编写时间仓促，作者水平有限，不足之处在所难免，敬希专家和读者批评指正。

作者

1991年9月

目 录

序.....	陈述彭 (i)
前言.....	(iii)

第一篇 遥感基础

第一章 遥感的基本理论	(1)
第一节 遥感的概念.....	(1)
第二节 电磁波波谱.....	(3)
第三节 太阳辐射、大气窗口和散射.....	(4)
第四节 地物的反射.....	(6)
第五节 地物颜色和彩色原理.....	(8)
第六节 大地辐射.....	(10)
第七节 人工发射的探测波束.....	(13)
第二章 遥感信息的获取与图像数据处理	(16)
第一节 遥感信息的获取.....	(16)
第二节 遥感信息的载体.....	(27)
第三节 图像数据处理.....	(33)
第三章 地物波谱特性	(39)
第一节 地物波谱.....	(39)
第二节 水体的波谱特征.....	(41)
第三节 植被的波谱特征.....	(45)
第四节 岩石的波谱特征.....	(51)
第五节 土壤的波谱特征.....	(57)
第六节 城市地物的波谱特征.....	(62)

第二篇 遥感图像

第四章 遥感图像的种类与解译标志	(65)
第一节 遥感图像的种类.....	(65)
第二节 摄影像片和扫描影像的几何性质.....	(67)
第三节 卫星图像的符号及注记.....	(75)
第四节 目视解译标志.....	(77)
第五节 MSS, TM 和 SPOT 图像单波段的解像力.....	(86)

第五章 遥感图像目视解译方法	(90)
第一节 地物的客观规律与影像信息特征.....	(90)
第二节 目视解译的原则、步骤、程序和操作.....	(92)
第三节 目视解译方法.....	(95)
第四节 常用的地学分析方法.....	(96)

第三篇 遥 感 应 用

第六章 农业遥感	(110)
第一节 地貌形态和堆积物的识别.....	(110)
第二节 植被类型的识别.....	(122)
第三节 土壤类型的识别.....	(133)
第七章 水资源遥感	(142)
第一节 水文物理量的定量分析.....	(142)
第二节 水域历史变迁.....	(145)
第三节 河口三角洲的变化.....	(153)
第四节 海岸带和海洋.....	(159)
第八章 地质遥感	(167)
第一节 岩类识别.....	(167)
第二节 地质构造解译.....	(173)
第三节 地质灾害的遥感分析.....	(185)
第九章 土地利用现状遥感	(191)
第一节 土地利用现状分类.....	(191)
第二节 土地利用现状指标含义及计算方法.....	(198)
第三节 城市土地利用遥感.....	(204)
第十章 环境遥感	(217)
第一节 环境遥感的目视解译特点.....	(217)
第二节 大气环境遥感.....	(219)
第三节 水环境遥感.....	(221)
第四节 地面环境遥感.....	(223)
图版说明	(225)

第一篇 遥感基础

第一章 遥感的基本理论

第一节 遥感的概念

所谓遥感 (Remote Sensing) 就是不直接接触有关目标物或现象而能收集信息, 并能对其进行分析、解译和分类等的一种技术^[1]。遥感所收集的信息是由目标物反射或发射的电磁波信息。收集电磁波信息的装置 (如摄影机和扫描仪等) 叫做传感器。装载传感器的设备, 如飞机和人造卫星等称为运载工具或平台。

遥感之所以能够根据收集到的电磁波信息来解译地面目标物和现象, 是由于不同的物体种类及其所处环境, 具有完全不同的电磁波的反射或发射辐射的特性。

所以, 所谓“遥感”也就是着眼于各物体对电磁波的反射和发射辐射所固有的特性, 收集这些电磁波信息, 从而解译出目标物及其所处环境条件的一种技术。图 1-1 显示了目标物所固有的电磁波特性会受到太阳、大气、气象等环境条件因素的影响, 传感器收集到的是发生畸变的图像数据, 经过数据处理最后成为可以应用的数据的流程。

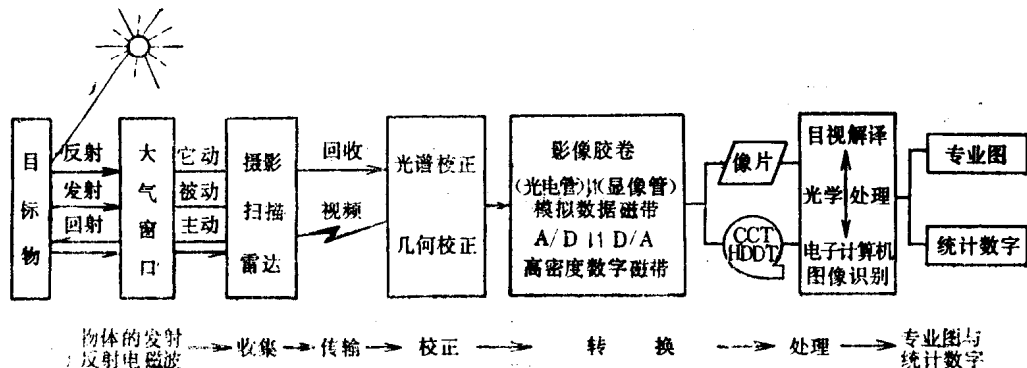
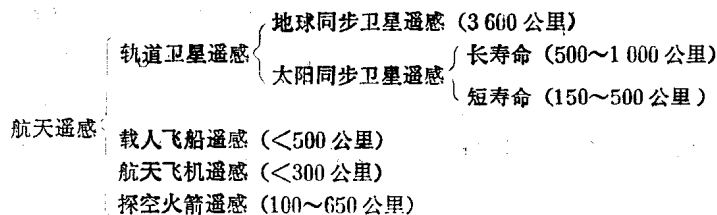


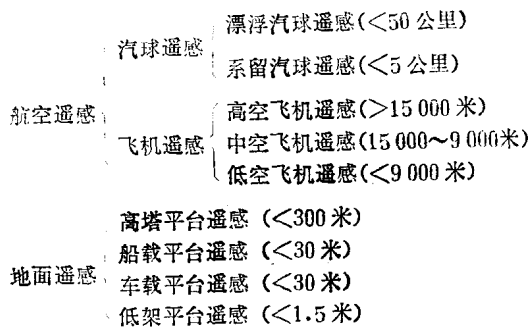
图 1-1 遥感数据的流程

遥感可以从不同角度, 按照不同的原则和标准进行分类^①。例如可以按遥感平台高度和类型, 传感器工作方式, 遥感波段范围以及遥感应应用领域等的不同进行分类。

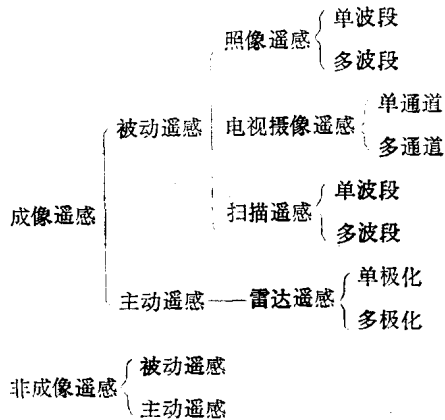
(1) 按平台高度和类型分类



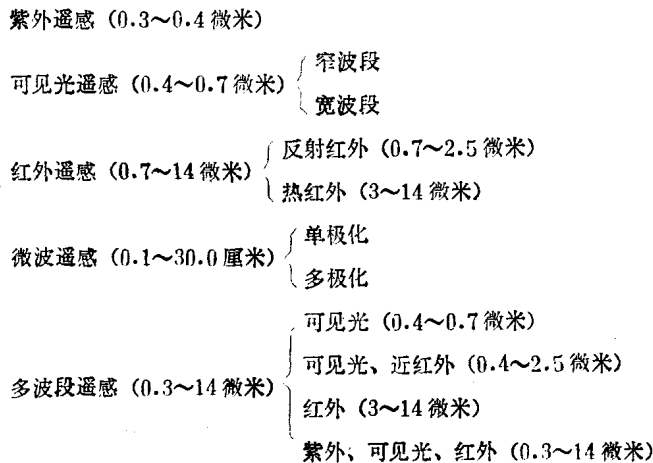
① 阎守崑, 遥感技术应用基础, 1987 年。



(2) 按传感器工作方式分类



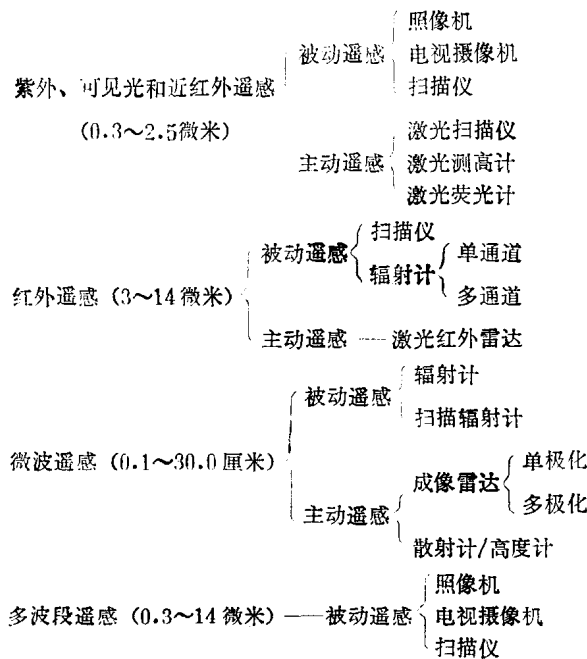
(3) 按遥感波段范围分类



(4) 按遥感应用领域分类

根据遥感应用领域的不同,可以分为气象遥感、海洋遥感、水文遥感、农业遥感、林业遥感以及地质遥感等等。由于各应用领域的研究对象及其变化规律不同,在遥感时采用的工作平台、传感器以及数据处理与分析的方法等也有很大的差别。因此,各应用领域需结合自己的特点和要求,系统地发展适合于自己需要的成套遥感技术,才能取得较好的效果。

应该指出,平日里较常用的是将(2),(3)两种分类归并为按传感器、工作波段和方式的遥感分类。



第二节 电磁波波谱

凡是温度高于绝对零度 (-273°C) 的物体都发射电磁波。遥感采用的电磁波波段可以从紫外一直到微波波段。只是由于产生电磁波的波源不同, 它们的波长或频率也就不同。下面列出物质在各种内部状态下所产生的电磁波类型:

原子核内部的相互作用.....	Y 射线
层内电子的离子化.....	X 射线
外层电子的离子化.....	紫外线
外层电子的激化.....	可见光
分子振动、晶格振动.....	红外线
分子旋转和反转、电子自转与磁场的相互作用.....	毫米波和微波
核自转与磁场的相互作用.....	米波

各种类型的电磁波, 由于波长范围的不同, 它们的性质 (如传播方向、穿透性等) 有很大差别。不同物质的分子结构和规模是不一样的, 所以它们发射和吸收的电磁波系列, 即电磁波谱也是不一样的。我们即根据电磁波波谱曲线所决定的影像特征来识别物质。

人眼可见的电磁波波段称为可见光, 即平时所说的光。在可见光中, 蓝光的波长短, 红光的波长长。比可见光的波长长的电磁波是红外线。红外线按其波长可分成近红外、中红外、远红外 (或热红外) 等, 然而它们的波长范围, 由于在物理上没有给出明确的定义, 所以区分它们的波长范围的规定就因人而异。通常认为近红外为 $0.76\sim 3$ 微米, 中红外为 $3\sim 5$ 微米, 远红外是 $8\sim 14$ 微米。比红外线波长长的电磁波是微波等无线电波。微波是以厘米波为中心的无线电波波段的总称。在遥感中, 雷达传感器所使用的是无线电波短波段中的毫米波和分米波。工作波长不同, 使用的传感器也就不同。图 1-2 所示的是电磁波波谱和现在正在研制或使用的传感器。

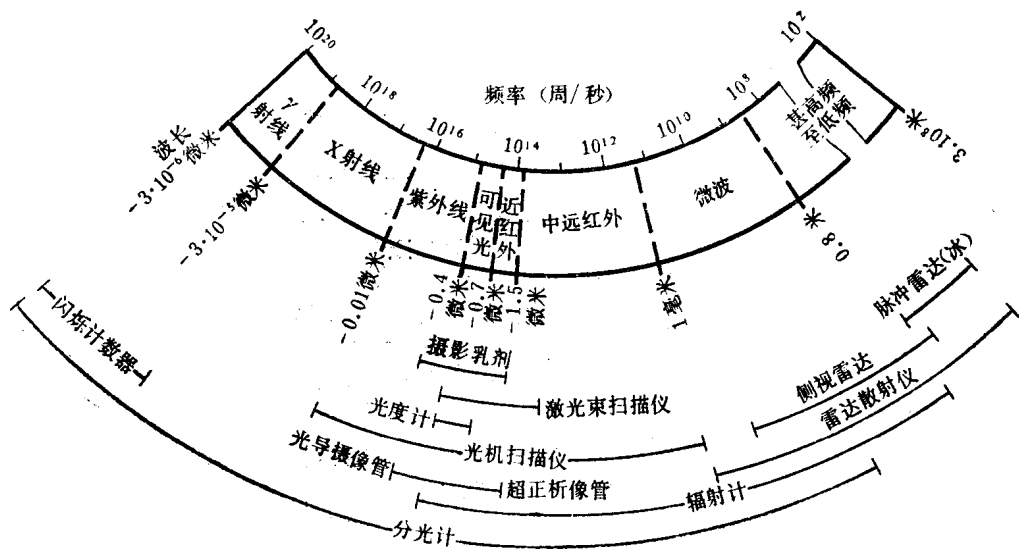


图 1-2 电磁波波谱和传感器

电磁波一般按波长进行分类，也可按波数或频率进行分类。“波数”是指在 1 厘米内所包含的波的数目。“频率”则是在 1 秒钟内所传播的波的数目，用赫兹 (Hz) 作为单位。频率和波长的关系可用下式表示：

$$\text{频率} = \text{光速} / \text{波长} = 3 \times 10^{10} \text{ 赫兹/厘米}$$

第三节 太阳辐射、大气窗口和散射

太阳是地球的主要光源，也可近似地看作 5 800K 的黑体。太阳辐射在大气上界处的垂直入射辐射通量密度称为太阳常数值，平均太阳常数值是 1400×10^{-4} 瓦/厘米²，而通过大气到达地面的有效辐射通量密度为 903×10^{-4} 瓦/厘米²，只占太阳直接辐射于大气上界的 64.5%，图 1-3 给出了大气上界太阳照度、海平面上太阳照度和 5 800K 黑体辐射的分布曲线。由于太阳辐射在到达地面之前要穿过大气层，其能量一部分被大气吸收，一部分被大气所散射，还有一部分被云层反射。大气对太阳辐射中不同波长的辐射的吸收、散射的多少是不一样的，所以太阳辐射穿过大气到达地表时，不仅其能量被衰减，而且光谱组成也发生了变化。太阳光球层发射的连续光谱，在地面观测时就发生了变化。粗略地看，太阳光谱辐射能量的分布似乎是连续的，但是详细研究太阳光谱，仅在可见光区域内，就可发现两万多条吸收线^[2]。

太阳辐射能量绝大部分分布在 0.2 微米到 3 微米之间。若把太阳对地球的有效辐射通量密度视为 903×10^{-4} 瓦/厘米²时，地球接受到的太阳辐射通量密度按波段分布大致如下：

- 0.2~1.4 微米波段 为 820×10^{-4} 瓦/厘米²，占 90.8%
- 1.4~1.8 微米波段 为 47×10^{-4} 瓦/厘米²，占 5.2%
- 1.8~2.5 微米波段 为 24×10^{-4} 瓦/厘米²，占 2.6%
- 3.0~4.2 微米波段 为 10×10^{-4} 瓦/厘米²，占 1.1%
- 4.5~5.5 微米波段 为 1.6×10^{-4} 瓦/厘米²，占 0.18%

7.5~14 微米波段为 1.0×10^{-4} 瓦/厘米², 占 0.11%
微波波段的辐射通量密度极为微弱

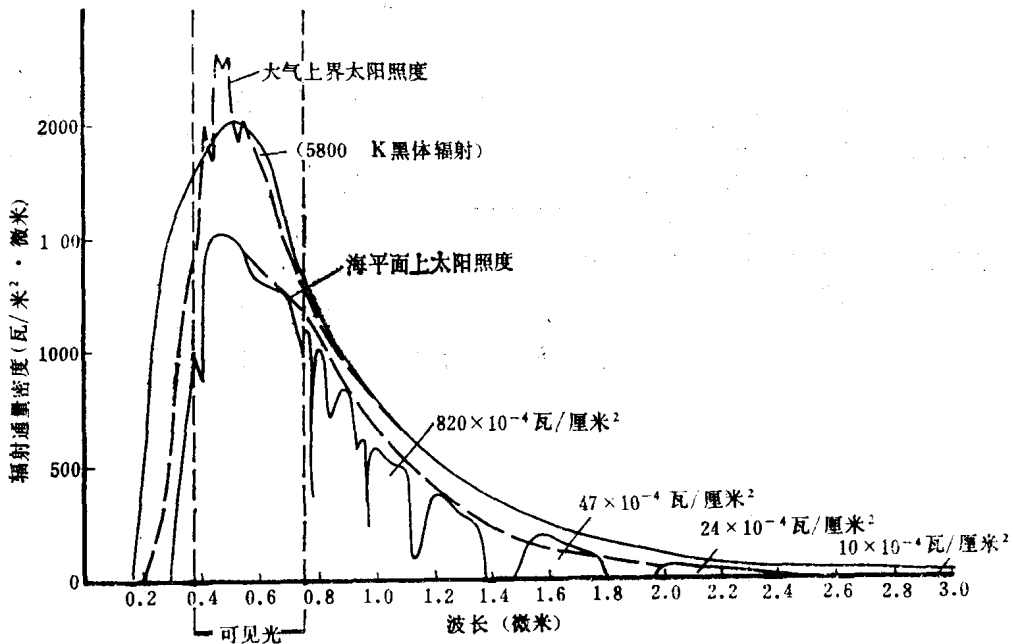


图 1-3 太阳辐照度分布曲线

地面或海面在接受太阳辐射时, 还受日地距离、太阳高度角、地理纬度与高度不同而变化。地面上测量太阳辐射时还必然会掺杂天空辐射。已往的经验证明, 地面所接受的总辐射照度中, 约有 20% 来自天空辐射。只有在大气上界测量太阳辐射时, 才可避免天空辐射。航空遥感在大气层中进行, 航天遥感在大气层外进行, 因此对太阳辐射的研究, 不仅要研究地面和海面的辐照度, 而且要研究大气上界的辐照度。

从飞机和人造卫星上探测地表的传感器, 它接收到的是通过大气的电磁波。大气大致含有两种状态的物质:

- (1) 分子: 二氧化碳 (CO₂)、臭氧 (O₃)、氮 (N₂) 等粒径小的分子。
- (2) 气溶胶: 雾霏等水汽、烟、尘埃等粒径大的颗粒物。

电磁波通过大气时, 由于受到分子和气溶胶的散射和吸收, 透过的比例随波长各异。图 1-4 为大气的分光透过特性曲线, 它是用对应于电磁波波段的透过率来表示透过量。图中的分子式是表示由于该分子而影响了透过率。除所示的以外, N₂, O₂ 和 Ar 等分子对可见光和近红外区波段几乎没有吸收。可见光的透过率是好的, 1.4 微米和 1.9 微米附近的透过率则很差, 这是由于水汽吸收的影响。透过率好的波段称为“大气窗口”。

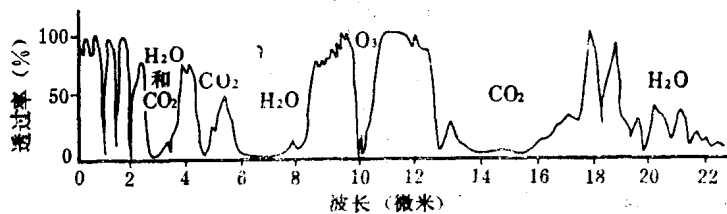


图 1-4 大气的分光透过特性

大气中光的衰减，在可见光区大多是由散射引起的。电磁波在大气中或在水中传播时，受到分子和微小粒子的散射。散射的方式因电磁波波长与散射体大小之间的相对关系而异。

表 1-1 两种散射

瑞利散射	比波长小得多的粒子所引起的散射； 散射截面 $\propto(\text{波长})^{-4}$ ； 前后方的散射，偏振性显著
米氏散射	比波长大的粒子所引起的散射； 散射截面 $\propto(\text{波长})^{-n}$ ， $n \approx 0 \sim 2$ ； 气溶胶散射(大气中)

一般说来，散射粒子的粒径比波长小得多时粒子引起的散射称为瑞利(Rayleigh)散射，粒径大于波长时粒子引起的散射称为米氏(Mie)散射(表 1-1)。

瑞利散射的重要特征是散射横截面积与波长的四次方成反比。光的波长越

短，则其散射越强，天空呈现蓝色就是这个缘故。图 1-5 反映出由瑞利散射引起的散射光随着波长变短而增大。在紫外和蓝紫波段散射的影响非常大，所以航空摄影时需要使用蓝色滤光片。

米氏散射则由于粒子的大小和折射率，使得散射横截面变得较为复杂，前向散射所占的比例较大，方向性比较明显。在大气中，米氏散射主要是气溶胶引起的，故也称为气溶胶散射。海洋和湖泊的水色也是这种散射决定的。

以上两种散射均与波长有关，称为选择性散射。当粒子的粒径比入射的电磁波波长大多时所引起的散射称为非选择性散射。非选择性散射强度与波长无关，在可见光波段由非选择性散射产生的散射光是白光，这是因为所有波长的光被散射的机率都相等的缘故。例如，云和雾都是由较大颗粒的水滴组成的，对可见光产生非选择性散射，因此云和雾看起来都是白色的。

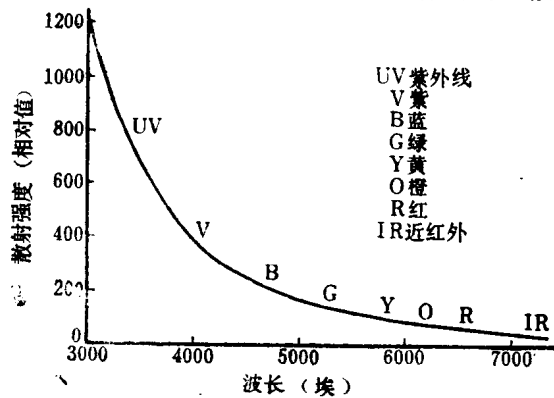


图 1-5 瑞利散射引起的散射光强度随波长的变化

第四节 地物的反射

地球上任何物体或现象对于外来电磁波辐射都具有反射、吸收和透射的性质。太阳辐射到地面后其入射功率为 E ，将有一部分被地物吸收，一部分被透射和反射。若被地物吸收的功率以 E_a 、透射功率以 E_t 、反射功率以 E_p 分别表示，根据能量守恒定律：

$$E = E_a + E_t + E_p$$

$$1 = \frac{E_a}{E} + \frac{E_t}{E} + \frac{E_p}{E}$$

若分别令 $\frac{E_a}{E}$ 为吸收率 α ， $\frac{E_t}{E}$ 为透射率 τ ， $\frac{E_p}{E}$ 为反射率 ρ ，于是

$$1 = \alpha + \tau + \rho$$

一般地物可看成是非透明体，即 $\tau \approx 0$ ，则

$$1 = \alpha + \rho, \quad \rho = 1 - \alpha$$

这说明反射率大的物体，吸收率小；吸收率大的物体，反射率小。海水在可见光的蓝绿波段有透射能力， $\tau \approx 0$ ，因此海水的反射率应为

$$\rho = 1 - (\alpha + \tau)$$

实验证明，可见光波段中透射能力最强的 0.47 微米波长的蓝光对纯净的大洋海水有 100~120 米左右的透射深度。但是，当水体中含有悬浮泥沙颗粒和有机物等物质时，可见光对水体的透射能力将随着其悬浮物质含量的升高而迅速衰减。自然水体大都含有大量的悬浮物质，因此，对于一般的清水，即使是在 0.47 微米的蓝光波长，也只有 10~20 米的穿透深度。

由于地物的反射、吸收和透射特性一般是入射波波长的函数。对同样波长的入射电磁波，不同的物体将表现出不同的反射、吸收和透射特性；对于同一个物体，当入射电磁波的波长不同时，各能级受激跃迁的机率不同，所吸收的辐射能和再发射辐射的能量也不同。可见不同的物体由于其成分、内部结构及表面状态等因素的不同，能级结构特征有差异，从而吸收入射辐射和产生新辐射的性能也不同。在物体对入射电磁波的各种作用中，反射是最有实用意义的。对遥感来说，物体的反射特性最能揭示其本质，且反射信息的接收比较容易实现。

根据入射电磁波的波长与物体表面粗糙度之间的关系，可将地物的反射分为镜面反射、漫反射和方向反射三种。物体表面的粗糙度可用所谓的瑞利判据 h 来确定：

$$h = \lambda / 8 \sin \nu$$

式中： λ ——入射波波长； ν ——辐射与地面夹角； h ——物体表面粗糙度。

当 $h \leq \lambda / 8 \sin \nu$ 时，物体表面相对于波长 λ 来说是平滑的，将产生镜面反射；当 $h > \lambda / 8 \sin \nu$ 时，则称物体表面是粗糙的，将产生漫反射。不难看出，粗糙度是入射波波长的函数，同一物体的表面，对可见光可能是粗糙的，但在微波波段可能就是一个光滑的表面。

镜面反射的入射光和反射光及折射光之间遵循一定的角度关系，因而反射光具有很强的方向性，其光强相对较强。镜面反射的物体在遥感图像上容易形成“闪烁”现象，往往掩盖了地物的信息，不过，对可见光而言，自然界物体的表面大多是粗糙面，仅仅一些平静的水面和一些人工表面才可能发生镜面反射，所产生的影响也仅限于航空等低平台遥感。

漫反射是指物体表面均匀地向各个方向反射入射光。通常称具有漫反射性质的表面为朗伯面，故漫反射亦称朗伯反射。地球上大多数物体的反射，对可见光来说，都属漫反射。

地面的反射完全符合朗伯面反射的也不多，由于地形起伏和地面结构的复杂性，往往在某些方向上反射最强烈，这种现象称为方向反射。地面起伏使得入射角因地而异，根据朗伯余弦定律，这种入射角的差异将导致各个部位上漫反射强度的不同，入射角越小的部位漫反射的强度相对越强一些，从而使传感器在接收这种漫反射时具有一定的“方向性”。

紫外和近红外的波长与可见光相近，反射特性差别不大，但人的眼睛无法感应，只有仪器才能检测它们。

在微波波段内，物体的反射方式仍然是这三种，瑞利判据同样适用。只是微波段的

波长比可见光段的波长要大 10 万倍左右，瑞利判据的量值要大得多。因此，许多在可见光波段产生漫反射的物体表面在微波段却成了镜面反射，如水泥路面、沙地、有微小起伏的水面等。因此，在微波遥感中，镜面反射的情况较多。

第五节 地物颜色和彩色原理

在人的视网膜结构中有一层视细胞，在视细胞层中有两类视细胞，一类叫做视杆细胞，其直径约 1.8~2 微米，长度约 60~80 微米，它只能感觉外界光的强弱，换句话说，它没有色感；另一类叫做视锥细胞，其直径由 2~7 微米不等，平均长度为 35 微米。根据视锥细胞不同的光谱敏感度，人眼视网膜中有三种色细胞，即红视锥细胞、绿视锥细胞和蓝视锥细胞。各种视锥细胞由于吸收不同波长的光子，视网膜才有感色的能力。图 1-6 是人眼的视觉光谱。由图可知，夜里只有视杆细胞感光，其峰值波段在 0.5 微米附近；白天除视杆细胞外还有视锥细胞感蓝（B）、感绿（G）、感红（R）。感蓝光谱段为 0.35~0.55 微米，吸收峰值波长在 0.45 微米处；感绿光谱段为 0.4~0.65 微米，吸收峰值波长在 0.54 微米处；感红光谱段为 0.45~0.75 微米，吸收峰值波长在 0.59 微米处。蓝、绿、红三谱线合成白色感觉的峰值波长在 0.55 微米处。

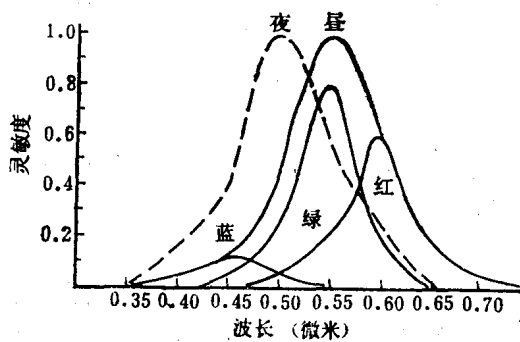


图 1-6 人眼的视觉光谱

太阳辐射中只有 0.38~0.76 微米波段是人眼可见的波段，它是多种色光的混合光，当它照射到地球上不发光的物体上时，有的色光被物体反射得多一些，有的色光被物体反射得少一些，这些被物体反射出来的色光混合起来，就成为物体的颜色。例如，雪对所有的色光都是强反射体，所以呈白色；海水主要透射→反射蓝光，因此呈深蓝色；沙漠主要反射黄光，所以呈黄色等等。

各种物体对光波的吸收方式也不相同，一般可分消色物体和彩色物体两类。所谓消色物体就是对入射的白光，进行非选择性的吸收。由公式 $\rho = 1 - \alpha$ 可知，吸收极少而反射很多的物体呈白色，反之，呈黑色。中间过渡的是淡灰、灰、深灰等灰色。根据人眼分辨能力可以按非选择性吸收的程度分出 10 个灰阶（表 1-2）。

表 1-2 人眼能分辨的灰阶分类

灰阶	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
吸收率 α (%)	0~10	11~20	21~30	31~40	41~50	51~60	61~70	71~80	81~90	91~100
反射率 $\rho = 1 - \alpha$ (%)	100~91	90~81	80~71	70~61	60~51	50~41	40~31	30~21	20~11	10~0
色调	白	灰白	淡灰	浅灰	灰	暗灰	深灰	淡黑	浅黑	黑