



高等学校教材

水文遥感

武汉水利电力大学 魏文秋 主编



高等学校教材

水文遥感

武汉水利电力大学 魏文秋 主编

水利电力出版社

(京)新登字 115 号

高等学校教材
水文遥感
水利电力大学 魏文秋 主编

*

水利电力出版社出版

(北京三里河路 6 号)

书店北京发行所发行·各地新华书店经售
北京市朝阳区小红门印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开本 6.75 印张 146 千字
1995 年 9 月第一版 1995 年 9 月北京第一次印刷
印数 001—500 册
ISBN 7-120-02233-4/TV·892
定价 4.00 元

前 言

本教材是根据水利部“1990~1995 年高等学校水利水电类专业本科、研究生教材选题和编审出版规划”及编写组拟定的“《水文遥感》教材编写大纲”编写的。

本教材以遥感特点及其物理基础、航空摄影和航空像片、卫星遥感和卫星图像、遥感图像处理为主要内容；同时，扼要讲述遥感在水文学中的应用。

本书第一、二、四、五章由武汉水利电力大学魏文秋编写，第三章由河海大学林季烽编写。魏文秋任主编。

本教材由河海大学吴家乃教授主审。主审人对书稿进行了认真的审查，提出了很多修正和补充意见，编者在此深表感谢。

本教材引用了一些书刊的成果，在此对有关作者表示致谢。限于编者水平，书中错误和不妥之处在所难免，恳请读者批评指正。

编 者

1993 年 6 月

内 容 提 要

本书共分五章，主要讲述遥感的基本理论和图像判读方法，同时扼要介绍了遥感在水文学中的应用。

本书为高等学校陆地水文专业、水资源规划及利用专业的选修课教材，也可供其他水利专业本科生、研究生及有关工程技术人员参考。

目 录

前 言

第一章 遥感概况及其物理基础	(1)
第一节 遥感概况	(1)
第二节 遥感技术在水利中的应用	(3)
第三节 电磁波与电磁波谱	(6)
第四节 太阳辐射和大气传输特性	(8)
第五节 地物的波谱特性	(10)
思考题	(14)
实 习 地物反射率的测定	(15)
第二章 航空摄影和航空像片	(17)
第一节 航空摄影的种类	(17)
第二节 航空像片的特性	(19)
第三节 航空像片的判读	(23)
第四节 红外、热红外和雷达像片的判读	(28)
思考题	(34)
实习一 像对立体观察	(34)
实习二 航空像片室内水体判读	(34)
第三章 卫星遥感和卫星图像	(36)
第一节 卫星遥感	(36)
第二节 陆地卫星及其图像种类	(40)
第三节 卫星图像的特性	(47)
第四节 卫星图像的判读	(50)
思考题	(55)
实 习 卫星像片的水体判读	(55)
第四章 遥感图像处理	(57)
第一节 光学增强处理	(57)
第二节 遥感数字图像增强	(60)
第三节 遥感数字图像分类原理	(64)
第四节 遥感数字图像分类方法	(69)
思考题	(71)
实习一 假彩色合成实验	(72)
实习二 参观数字图像处理系统	(72)
第五章 遥感在水文学中的应用	(73)
第一节 水文遥感数据及其要求	(73)

第二节	降水量遥感	(75)
第三节	地表水、土壤水和地下水遥感	(81)
第四节	地表特征遥感	(89)
第五节	遥感在水文预报中的应用	(94)
思考题		(99)
参考文献		(100)

第一章 遥感概况及其物理基础

遥感技术是本世纪 60 年代迅速发展起来的一门综合性探测技术,它是利用物体对电磁波谱具有不同反射率和不同发射率的特性,在不接触物体的情况下,通过仪器接收记录和分析处理这些反射和发射信息来识别和探测物体。由于采用遥感技术具有观测范围大,观测目标直观、全面,既节省时间,又节省人力,所以很快被测绘、地矿、农业、林业、气象、水利、海洋和环境等部门广泛应用,并取得许多成果。本章主要介绍遥感的概况、应用以及物体的电磁波特性等。

第一节 遥 感 概 况

一、遥感的概念

遥感 (Remote Sensing) 即遥远的感知,是从远处探测、感知物体,也就是不直接接触物体,从远距离、高空,以至外层空间的平台上,利用可见光、红外、微波等探测仪器,通过摄影或扫描、信息感应、传输和处理,从而识别物体的性质和运动状态。任何物体在绝对温度零度 (-273°C) 以上,都会反射或辐射 (发射) 不同波长的电磁波。人的眼睛或普通照相机,只能感觉其中的可见光谱段,但特制的遥感仪器却能把紫外、红外或微波的信息强弱及其空间差异记录下来,经过电子计算机和光电设备加工处理,再现这些物体的影像,变成人眼可以识别的图形,甚至按照专家系统的分析,直接输出结论性的专题图。远距离感测地物反射或辐射电磁波的仪器叫做传感器 (Sensor),也称传感器;放置传感器的运载器具叫做平台或遥感平台 (Platform for Remote Sensing),也称运载工具。通常把接收、传输、处理和解译遥感信息的全过程称为遥感技术,它组成了一个从地面到高空的各种对地球、天体观测的综合性技术系统。它的研究内容如下:

- (1) 研究物体电磁波的辐射 (反射、发射) 特性及其信息的传输。
- (2) 研究物体遥感信息探测手段,主要是研究传感器。
- (3) 研究遥感信息的处理系统和解译技术,达到实用的目的。

综上所述,遥感技术是建立在现代物理学 (如光学技术、红外技术、微波技术、雷达技术、激光技术、全息技术等)、电子计算机技术、数学方法和地学规律基础上的多学科组成的边缘学科,是现代科学技术的一个重要组成部分。

二、遥感特性

现代遥感技术的迅速发展和广泛应用是与它具有如下特点分不开的。

- (1) 从以飞机为主要运载工具的航空遥感发展到以人造地球卫星为主要运载工具的太空遥感,人们开始从一个新的高度——“太空”来观测地球,视域范围大,具有宏观特性。

例如,一张比例尺为 1:20000 的 $18\text{ cm} \times 18\text{ cm}$ 的航空像片,可以表示地面 13 km^2 的

实况，而且可以将连续像片镶嵌成更大区域的像片图，以便纵观全区进行分析研究。卫星图像的视域更大，一张陆地卫星多光谱扫描图像（MSS 卫片）仅 70 mm×70 mm 的像幅，可以表示地面 34225 km² 的实况，为人们宏观地研究各种自然现象及其分布规律提供了有利条件。

（2）超越人眼所能感受的可见光的限制，延伸了人的感官。

遥感技术不仅能获得物体在可见光波段的电磁波信息，而且还可以获得紫外、红外、微波等波段的信息，使肉眼观察不到的物体的一些特性和现象，在不同波段的像片上可以观察到，扩大了人们观测的范围，加深了对事物的认识。

微波具有穿透云层、冰层和植被的能力，热红外能探测地表温度的变化，它们日夜均可工作，使人们对物体的观察和研究达到了全天候的能力。

（3）快速、及时地反应现象，用来对比分析环境的动态变化，从而赢得预测、预报的时间。

卫星能够周期成像，如陆地卫星成像周期为 18 d，通过不同时间成像资料的对比，可以研究地面物体的动态变化，为环境监测以及研究地物发展变化的规律提供了条件。此外，还可以及时地发现农作物病虫害、洪水、污染、地震、火山、森林火灾等自然灾害的前兆，为预测、预报提供科学的依据和资料。

三、遥感分类

遥感的分类，根据标志的不同而有多种分类方法。一般从以下几个方面来划分。

（一）按运载工具分

主要是从遥感仪器运载工具与探测所在高度来分类，有航天遥感（卫星遥感）、航空遥感（飞机遥感）、地面遥感（地面摄影）三类。

（二）按传感器的种类分

传感器种类很多，分类方法也不一样。根据它的工作方式可分为被动式遥感与主动式遥感两类，根据它的测定方式可分为扫描方式和非扫描方式两类，根据它获取信息的表现方式可分为成像方式和非成像方式两类。图 1-1 是传感器的各种分类情况。

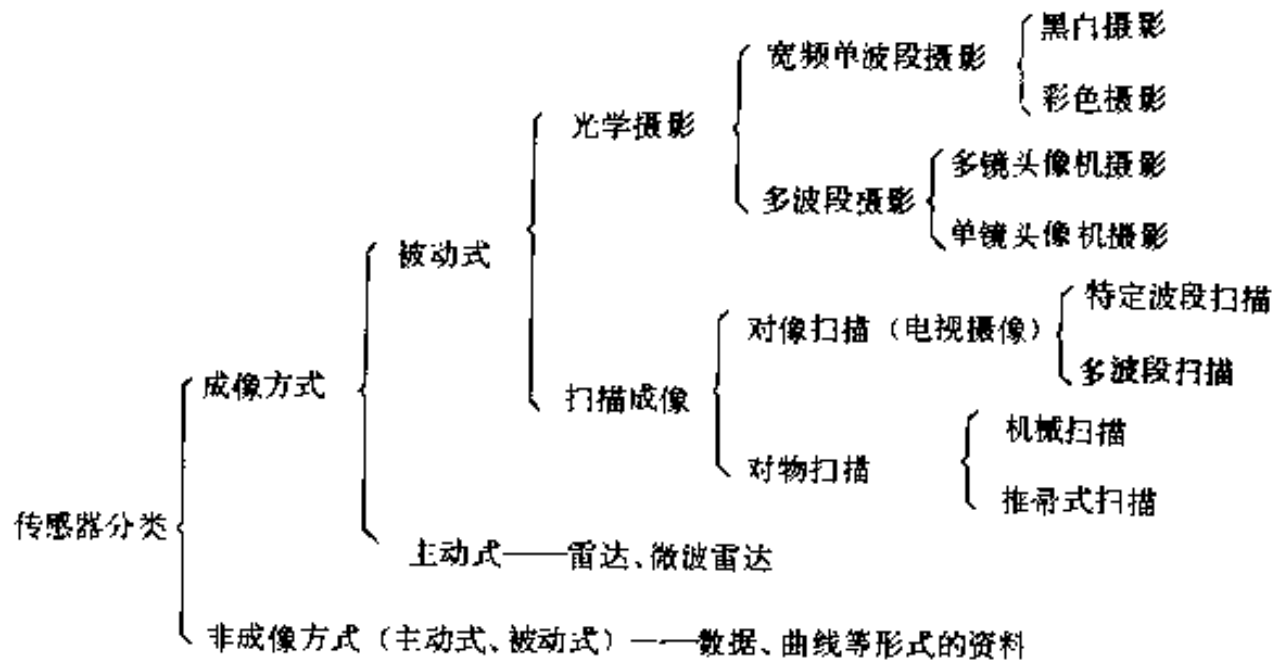


图 1-1 传感器分类

(三) 按采用的电磁波谱段分

可以分为可见光遥感、红外遥感、微波遥感、多谱段遥感等。

四、遥感技术发展概况

自从 1903 年莱特兄弟发明飞机以后, 时隔 11 年, 适用于地球资源遥感的机载摄影机问世了。从此以后, 航空摄影在地图测绘方面获得了迅猛的发展, 作为航空摄影测量系统已获得圆满成功, 迄今已成为地形测绘制图的重要手段。在另一方面, 也就是根据航空摄影像片对地球表面物体的识别及其内容的判读技术在经济部门和军事部门也获得了广泛的应用与发展, 例如在农业、林业、生态、地理、地质、气象、水文、水利、海洋、城市规划、大气及水质污染等有关地球表面的各个学科领域中的研究, 多数借助于航空摄影遥感的手段, 获得优异的成绩。可以这样认为, 航空摄影是最先完善的一门遥感技术。

但是, 通常的黑白全色胶片摄影局限于记录电磁波谱可见光部分的信息。第二次世界大战以来, 首先是出于军事侦察的需要, 黑白红外胶片、天然彩色胶片、红外假彩色胶片、二色胶片等各种型号的摄影胶片相继出现, 使航空摄影遥感能记录电磁波谱的近红外和可见光部分信息, 其应用进一步扩大。航空遥感所用的传感器系统, 由框幅式航空摄影机发展到侧视雷达, 使图像记录的电磁波谱范围, 从近紫外扩展到远红外、微波, 从而获得更大范围的信息。

遥感技术从 50 年代末开始向航天遥感方面发展。1957 年, 前苏联在世界上成功地发射了第一颗人造地球卫星, 开辟了航天遥感的新纪元。在近三十多年来, 世界各国已发射了上千个各种不同用途的卫星, 使航天遥感得到了飞速的发展。美国现在已经组成了一个由气象卫星、陆地卫星和海洋卫星为主体的地球环境遥感卫星系列, 前苏联、西欧、日本、中国等许多国家和地区也发射了用于环境观测的卫星。同时, 各种传感器也在不断改进, 由光学摄影到扫描成像, 由多光谱扫描仪发展到固体扫描仪, 并广泛吸收激光、光纤、全息等技术, 以及电子计算机的应用, 极大地开阔了人们观测地球的视野, 也提高了鉴别、分析和观测目标的能力, 从而使人们对地球的探测、研究进入了一个崭新的阶段。

由于遥感被广泛应用并取得了显著的经济效益, 遥感技术引起了世界各个国家的普遍重视。据不完全统计, 现在已经有 130 多个国家和地区不同程度地开展遥感工作或运用了遥感资料, 许多国家建立了遥感专业研究与管理机构。国际协作与交流日益频繁, 遥感的发展正方兴未艾, 在监测、开发和管理地球资源和环境中发挥着越来越大的作用。

我国的遥感技术在近三十多年也得到了迅速发展, 航空摄影几乎覆盖了全国大陆和一些海岛。1970 年我国发射了第一颗人造地球卫星, 标志着我国已跨入航天遥感的新阶段。以后又相继多次发射人造卫星, 其中有国土资源卫星和气象卫星, 取得了大量的宝贵资料, 并得到了广泛应用。

第二节 遥感技术在水利中的应用

遥感应用范围很广, 据美国宇航局统计, 除军事侦察外, 可应用于农林、水利、地理、地质、海洋等 47 个领域。仅就水利上的应用而言, 已形成水文调查研究与为水利工程

建设服务的水利遥感。

一、暴雨洪水预报

随着遥感技术的应用，现行的水文预报方法也将发生变化。一是气象卫星日夜不停地提供全球性的气象资料及云图像片，可以用来识别云的结构型式、范围大小、边界形状、色调、暗影和纹理，分析暴雨形成的条件，监视、追踪和预报暴雨的发生发展和移动，并估计暴雨的分布和大小。二是河流及流域的自然环境资料可以很快地从卫星图像上得到，用这些资料确定洪水预报参数，并根据预报的暴雨分布与大小，进行洪水预报。

现在国内外已广泛应用卫星云图、卫星和航空多波段遥感图像的判读来进行中短期暴雨洪水预报。根据雷达图像所得校正后的降雨过程与江河流域的预报模型联机演算，可提供流域紧急（实时）与短期洪水预报。我国在 1985、1989、1991 年成功地进行了辽河、川东、江淮等地特大暴雨洪水预报，避免了巨大的经济损失。

二、冰雪测定及融雪径流预报

冰雪是陆地上固体淡水资源，估算冰雪水量对区域水量平衡有重要意义。美国在 70 年代中期，就开始用遥感研究大范围及中小流域积雪分析、积雪深度和融雪状况等，为水文和气象预报、水库调度、农业灌溉、城市供水以及牧业、交通管理等部门及时提供准确的情报。目前，用遥感技术测定冰雪并进行融雪径流预报已由实验阶段进入实际应用。我国中科院冰川冻土研究所进行了黄河上游卫星雪盖监测与融雪径流的研究，提出实用的、量化的春季融雪径流长期预测及短期预报模式，建立本区实验流域冰雪水资源信息系统，绘制 1:1500000 黄河上游积雪分布图并分析积雪时空分布规律，为龙羊峡水库提供 4 月上旬至 6 月上旬入库流量预报，提高了水库的运营效益。

此外，卫星图像还能快速测定河流冰厚、冰量、水温和冰温等实时资料，为河流冰情预报提供更为可靠的信息。

三、水资源监测与预报

水资源包括地表水和地下水资源，查明水资源的数量和分布是合理开发利用水资源的先决条件。地表水和地下水的分布状况及其水文特征，用遥感方法是比较容易探测的。

利用航空像片和卫星像片，可以直接判读河流水系、湖泊、沼泽、水库等地表水的分布及大小。例如，青藏高原经过 300 年来 150 多次探险考察，曾查出 500 多个湖泊，后来采用航空像片和卫星像片判读，不仅对这些湖泊的面积、形状修正得更加准确，还补充了地面考察遗漏的 300 多个湖泊。

地下水的分布与一定的地质地貌条件有关，而遥感图像对于识别含水层、判断冲水断层、查明富水地貌位置（古河道、冲积扇前缘）是十分优越的。例如，天津地质局 1978 年利用卫星图像结合航空像片，对天津市区南部一段海河古河道进行了研究，找到适合饮用的丰富浅层地下水。又如 1977 年我国在广西都安、桂林等地进行航空红外遥感试验，在红外图像上可以区分灰岩，能查明充水的断层和第四纪堆积物以下的埋藏断裂，能圈定地面水体、喀斯特泉水、暗河出口，并通过综合判读修正了地下河系统的暗河通道。

应用遥感技术监测洪水、调查洪水淹没范围，实时为防汛指挥部门提供可靠的决策依据，现已由试验阶段向实用化发展。近几年来，在辽河、永定河、黄河下游、江淮地区，监

测洪水淹没范围，调查行洪障碍和防洪工程设施，实时监测与传输洪水进程，淹没损失调查与模拟预报，取得重大成果，显示了遥感技术在防洪中应用的优越性和巨大经济效益与社会效益。

利用遥感技术定期对水资源进行调查，可以研究其动态变化，在种类、分布、数量、质量、历史演变等方面进行分析与估价，以作为开发利用水资源的依据。

四、土壤水分调查与旱情监测

土壤水分是植物生长发育的重要条件。土壤中所保持的水分数量称为土壤含水量，又称土壤湿度。土壤含水量不同，其光谱特征也不同，利用这一特征可以从遥感图像上分析大面积土壤含水量状况及其变化趋势，从而可以预估旱情。国外已成功地应用卫星监测农作物受旱情况，并以此决定是否需要灌溉以及灌溉用水量的大小。我国在黄河流域、辽宁、吉林、内蒙古等地区进行了土壤水分调查与旱情监测的试验研究，取得一些成果和经验。

五、水质监测

应用遥感技术对水的物理、化学、生物性质进行周期性测定，以确定水质状况，达到对水体水质进行监测的目的。随着工业和城市的发展，水质污染监测和防治日益迫切，运用遥感技术对水体污染进行动态监测，有利于分析、对比污染范围、程度和污染源。例如，用红外遥感技术可测定油污染范围；含有染料、酸碱等工业废水的水流，它们的辐射波长和强度与净水不同，很容易进行鉴别；对于电厂排出的热污染水流，也可通过红外波段确定它的流向、扩散范围和温度分布状况。在我国太原地区的航空红外扫描图像上，很清晰地看到热电厂排入晋阳湖的热水逐渐扩散的情况。此外，还应用热红外遥感对陡河、望亭、大港等热电厂的供水、排水进行了监测。

六、土壤侵蚀调查

地表缺少植被保护时，表土或土体在外营力作用下被冲刷、剥蚀、迁移的现象，称为土壤侵蚀。土壤侵蚀不仅影响了当地的农业生产，而且也严重地淤塞了下游水库和河床。遥感图像可清楚地反应土壤侵蚀的环境条件、侵蚀的程度和类型。我国利用遥感图像并结合常规调查数据，完成了黄土高原水土流失与全国七大江河流域土壤侵蚀现状调查与制图，为合理利用与保护土壤资源，防治土壤侵蚀，进行动态监测及全面规划提供了科学依据。

七、土地利用与土地覆盖调查

在遥感图像上可以区分城市与乡村、农田与荒山、作物类型、土壤类型、森林树种、草地种类等地表覆盖物（包括已利用的和尚未利用的）。我国在 80 年代进行的县级土地调查中，主要利用航空像片和卫星像片进行外业调查，土地利用分为 8 个一级类、46 个二级类，部分县市根据需要增加三级类。利用多时相 TM 图像在北京等地区进行了土地利用动态监测的试验研究。有关单位编制出四川西部二滩地区及广东从化温泉地区的土地利用与土地覆盖图，为大型水库坝址的选择、库区工程建设与区域开发规划服务。

八、河道、河口和海岸带的演变研究

利用不同时相的遥感图像，可以研究河床演变规律、河床冲淤状况、河型变化，也可以研究河口和海岸带的变迁情况及演变规律。如中科院地理所应用不同时相的卫星像片研究了黄河三角洲及附近海岸带的形成及演变，由于黄河入海不断改道，每次改道就形成一

个三角洲，海岸线不断向海淤进。而废弃的河口，泥沙来源中断，海岸线受波浪、潮流冲刷、侵蚀而后退，这些变化在遥感图像上是十分清晰的。

九、水利工程建设中的应用

遥感技术可为水利工程建设提供所需的地质、地形、土壤、植被、土地利用、河宽、河长、河流比降等许多资料，是水利工程勘测、设计、施工、运行的主要依据。我国在三峡、二滩、龙滩、小浪底、万家寨、潘家口等大型水利水电工程建设中，都应用遥感技术进行了坝址的地质构造、坝区区域稳定性、库岸滑坡、崩塌体稳定性、库区淹没损失及移民方案、泥沙淤积来源、水土流失动态、生态环境等的评价与分析，取得显著效益。

第三节 电磁波与电磁波谱

遥感技术之所以能不直接接触目标物而取得有关目标物的信息，是因为它利用了电磁波。下面就电磁波的必要知识作一介绍。

一、电磁波辐射与电磁波

电磁波辐射是物质运动的一种形式。在空间某区域电场的变化必定在临近区域引起随时间变化的磁场，这种变化的磁场又在较远的区域引起新的电场，接着该新电场又转变为新磁场，以此分布于地表面各物体之间。这样变化的电场与变化的磁场交替产生，由近及远向周围传播，称为电磁波辐射。图 1-2 表示了这种电磁振荡在某一方向传播的示意图，这种运动形式是以波动形式存在的，因此对这种电磁波辐射简称为电磁波。

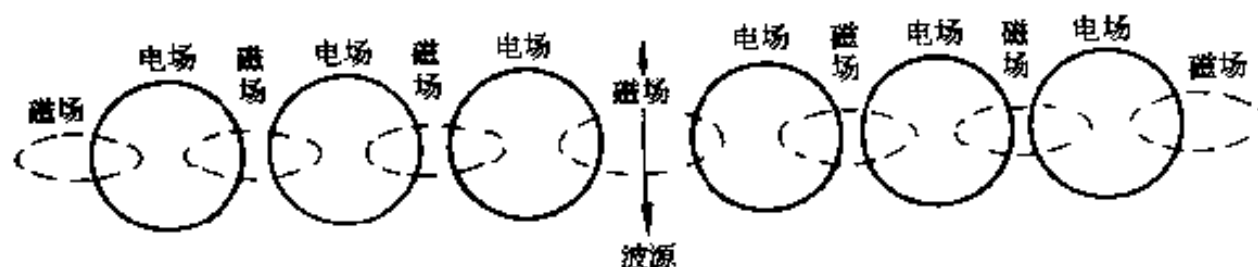


图 1-2 电磁振荡在某一方向传播示意图

电磁波是通过电场和磁场之间相互联系和转化而传播的，它不需要媒质作用，即使在真空中也能传播，这一点与机械波有着本质的区别。但是两者在运动形式上都是波动，波动的共性就是用特征量（如波长 λ 、频率 f 、周期 T 、波速 v 、振幅 A 、位相 φ 等）来描述它们的特性。

由于振荡的形式不同，所产生的波也不同。最基本的波动形式有两种：横波和纵波。横波是质点运动方向与传播方向相垂直的波，电磁波就是典型的横波；纵波是质点运动方向与传播方向相同的波，声波就是典型的纵波。

由于产生电磁波的波源不同，例如电磁振荡、热辐射、原子或分子内的电子跃迁振动等，因此，电磁波的波长变化很大。波长不同的各种电磁波，它们在真空中传播的速度都是相等的。单一波长的电磁波的波形可用时空周期性正弦函数来描述

$$\Psi = A \sin[(\omega t - kx) + \varphi] \quad (1-1)$$

式中： Ψ 为波函数（表示电场强度）； A 为振幅； $(\omega t - kx) + \varphi$ 为位相； φ 为初位相； $\omega =$

$2\pi/T$ 为圆频率 (T 为周期); $k=2\pi/\lambda$ 为圆波数 (λ 为波长); t 、 x 为时、空变量 (t 表示时间, x 表示距离)。

式 (1-1) 的波函数也可用图 1-3 表示。

图中箭头及其线段长短表示波函数的方向与大小 (也即电场矢量的方向与强度)。在电磁波经过的空间任一点处的电场矢量与磁场矢量是相互垂直的, 它们的周期相同, 位相相同; 而且振动方向都与电磁波的传播方向垂直, 所以电磁波是横波。

波函数由振幅和位相组成。一般传感器仅仅记录电磁波的振幅信息, 而丢失位相信息; 在全息摄影中, 两种信息同时被记录下来。

电磁波的波长 λ 、频率 f 、波速 v 有如下关系

$$v = \lambda f \tag{1-2}$$

式中: v 是波速, 为电磁波在单位时间 (1 s) 内传播的距离 (m/s), 它与光速相同, 其值为 3×10^8 m/s; λ 为波长, 即电磁波从一个周期的任一点到

下一个周期同一位置点的距离, 以米 (m) 表示, 一般在可见光、红外波段用微米 (μm), 在微波波段用厘米 (cm) 表示; f 为频率, 即电磁波在单位时间 (1 s) 内振动的次数, 每秒振动一次的为 1 赫 (Hz), 一千次的为千赫 (kHz), 一百万次的为兆赫 (MHz)。

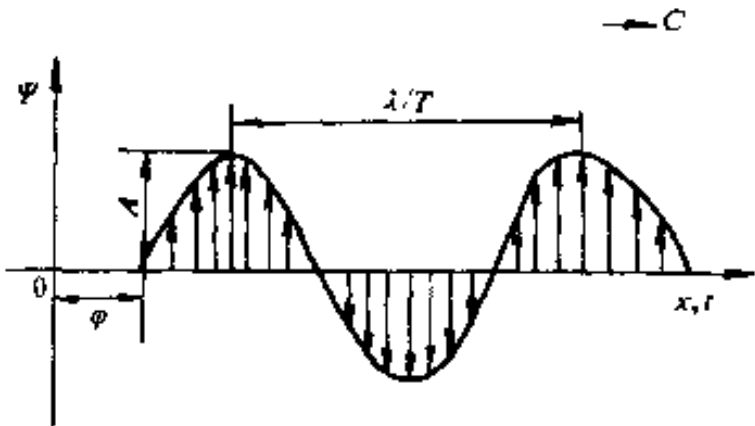


图 1-3 波函数图解

二、电磁波谱

电磁波辐射是自然界普遍存在的物质运动形式, 它不依赖于我们对光的感觉而存在。任何物体只要其温度处于绝对零度 (-273°C) 以上, 都具有发射电磁波的特性; 同时, 也都具有吸收、反射、散射和透射电磁波的特性。由于各种物体组成它们的物质结构不同, 即组成它们的分子、原子的数量和排列组合的方式不同, 它们所发射的电磁波的波长和频率

也不一样。如将不同波长、不同频率的电磁波按大小次序进行排列, 就构成电磁波谱。从最短波长、最高频率到最长波长、最低频率依次为 γ 射线、 x 射线、紫外波段、可见光波段、红外波段、微波波段和无线电波, 如图 1-4 所示, 图中波长单位换算, 如表 1-1 所示。

表 1-1 波长单位换算表

单 位	m	cm	mm	μm	nm	$\text{\AA}$
1 (m)	1	10^2	10^3	10^6	10^9	10^{10}
1 (cm)	10^{-2}	1	10	10^4	10^7	10^8
1 (mm)	10^{-3}	10^{-1}	1	10^3	10^6	10^7
1 (μm)	10^{-6}	10^{-4}	10^{-3}	1	10^3	10^4
1 (nm)	10^{-9}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-3}	1	10
1 ($\text{\AA}$)	10^{-10}	10^{-8}	10^{-7}	10^{-4}	10^{-1}	1

目前在遥感技术中能够应用的电磁

波只局限于紫外波段、可见光波段、红外波段和微波波段。表 1-2 表示遥感波段各分频段与相应波长对照表。

表 1-2 遥感波段各分频段与相应波长对照表

可 见 光		红 外 光		微 波		
分频段名称	波长 (μm)	分频段名称	波长 (μm)	分频段名称	波长 (cm)	中心频率 (GHz)
紫 光	0.38~0.43	近 红 外	0.76~3.0	L	25	1
蓝 光	0.43~0.47	中 红 外	3~6	S	10	3

续表

可 见 光		红 外 光		微 波		
分频段名称	波长 (μm)	分频段名称	波长 (μm)	分频段名称	波长 (cm)	中心频率 (GHz)
青 光	0.47~0.50	远 红 外	6~15	C	6	5
绿 光	0.50~0.56	超远红外	15~1000	J	4.5	6
黄 光	0.56~0.59			X	3	10
橙 光	0.59~0.62			K	1.2	25
红 光	0.62~0.76			Q	0.8	38

XU	Å	nm	μm	mm	m	km	
Y射线		紫外线	可 见 光	红外线	微波	超短波	短波
						中波	长波
宇宙射线	X (硬) 射线	X (软) 射线			无 线 电 波		长 波 电 振 荡
10^{-7} 10^{21}	10^{-5} 10^{19}	10^{-3} 10^{17}	10^{-1} 10^{15}	1 10^{13}	10^4 10^{11}	10^6 10^9	10^8 10^7
							10^{10} 10^5
							10^{12} 10^3
							波长 (μm) 10 ¹ 频率 (Hz)

图 1-4 电磁波谱

第四节 太阳辐射和大气传输特性

一、太阳辐射

太阳辐射是由太阳经大气层至地球上任一物体的能源,也是被动式遥感系统中主要的辐射源。太阳表面温度约为 6000 K (太阳等效黑体温度等于 5762 K),内部温度更高。太阳辐射中辐射能按波长的分布,称为太阳辐射光谱。图 1-5 中实线是大气上界的太阳光谱;

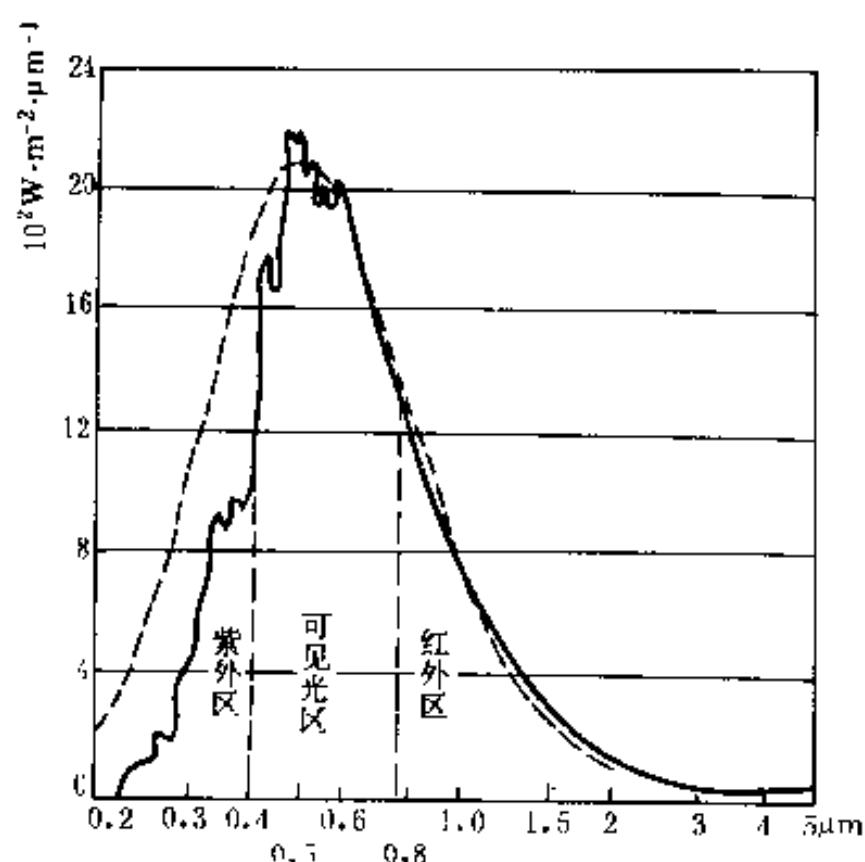


图 1-5 大气上界的太阳辐射光谱

虚线是温度为 6000 K 的黑体辐射光谱。从图中可以看出,两者的能量分布比较接近。在遥感理论计算中就利用这种黑体来模拟太阳辐射光谱。从该图中看出,太阳辐射能主要集中在 0.3~3 μm ,最大辐射强度位于波长 0.47 μm 左右,由于太阳辐射总能量的 46%集中在 0.4~0.76 μm 之间的可见光波段,所以太阳辐射一般称为短波辐射。

二、大气对太阳辐射的影响

太阳辐射以电磁波的形式,通过宇宙空间到达地球表面 (约 1.5×10^8 km),全程时间约为 500 s。由于地球与太阳间相互旋转的关系,每天仅以半个球面承受到太阳辐射。在地球表

面上各部分承受太阳辐射的强度也是不相等的，当太阳至地球的距离处于平均距离时，太阳辐射到达地球大气的上界，辐射通量密度约为 135.2 mW/cm^2 ，这数值称为太阳常数。太阳辐射先通过大气圈，然后到达地面。由于大气对太阳辐射有一定的吸收、散射和反射，所以投射到地表面上的太阳辐射强度比太阳常数小。

太阳辐射通过大气层到达地表面时，约有 30% 被云层和其他大气成分反射回宇宙空间，约有 17% 被大气中气体分子所吸收，约有 22% 被大气散射。因此，仅有 31% 的太阳辐射直射到地面。太阳辐射通过大气的透过率 τ 为

$$\tau = e^{-(\alpha+r)x} \quad (1-3)$$

式中： $(\alpha+r)$ 为衰减系数，它是随波长变化而变化，总趋势是随波长增大而减少； α 为大气中气体分子对太阳辐射的吸收系数； r 为大气中气体分子、烟和雾等对太阳辐射的散射系数； x 为路程长度（即通过大气的厚度）； e 为自然对数的底。

从式 (1-3) 中看出，太阳辐射通过大气层到达地面的强弱取决于大气层的厚度以及大气对太阳辐射的吸收和散射作用。

大气对太阳辐射的吸收和散射具有波段的选择性，在太阳波谱上，有的波段被吸收和散射，相应波段的辐射能量不能到达地面。有的则部分被吸收和散射，另一部分到达地面。有的未被吸收和散射，几乎全部到达地面。各波段到达地面的透过率，如表 1-3 所示。

表 1-3 各波段到达地面的透过率

波 长 范 围 (μm)	透过率 (τ) (%)	波 长 范 围 (μm)	透过率 (τ) (%)	波 长 范 围 (μm)	透过率 (τ) (%)
0.15~0.20	<25	2.05~3.00	>80	25~90	40~50
0.30~0.40	70	* 3.50~5.00	60~70	1000~1800	40
0.40~0.70	>95	4~8	>80	2000~5000	50~70
0.70~1.10	80	10~11	>80	** 8000~1000000	100
1.40~1.90	60~95	15~23	<10		

* 但其中 $4.63\sim 4.95 \mu\text{m}$ 被 O_3 及 CO_2 所吸收；

** 微波能穿透云、雨、雾、雪，不被大气吸收。

三、大气窗口

太阳光通过大气要发生散射和吸收，地物反射光在进入传感器前，还有再度经过大气并被散射和吸收，这将造成遥感图像的清晰度下降。所以，配合所用传感器在选择遥感工作波段时，要选择大气对太阳辐射不产生强烈吸收和散射作用的一些特定的波段，即大气吸收和散射作用相对弱、透过率高的波段。这些波段称为大气窗口，如图 1-6 所示。

目前所知，可以用作遥感的大气窗口大体有以下几个。

1. $0.3\sim 1.3 \mu\text{m}$ 大气窗口

这个窗口包括全部可见光波段、部分紫外波段和部分近红外波段，属于地物的反射光谱。这些波段通常只能以摄影胶卷感光 and 扫描成像方式在白天感测和收集目标信息。

2. $1.3\sim 2.5 \mu\text{m}$ 大气窗口

这个窗口属于近红外波段，仍为地物的反射光谱。这个波段不能被胶卷感光，一般是

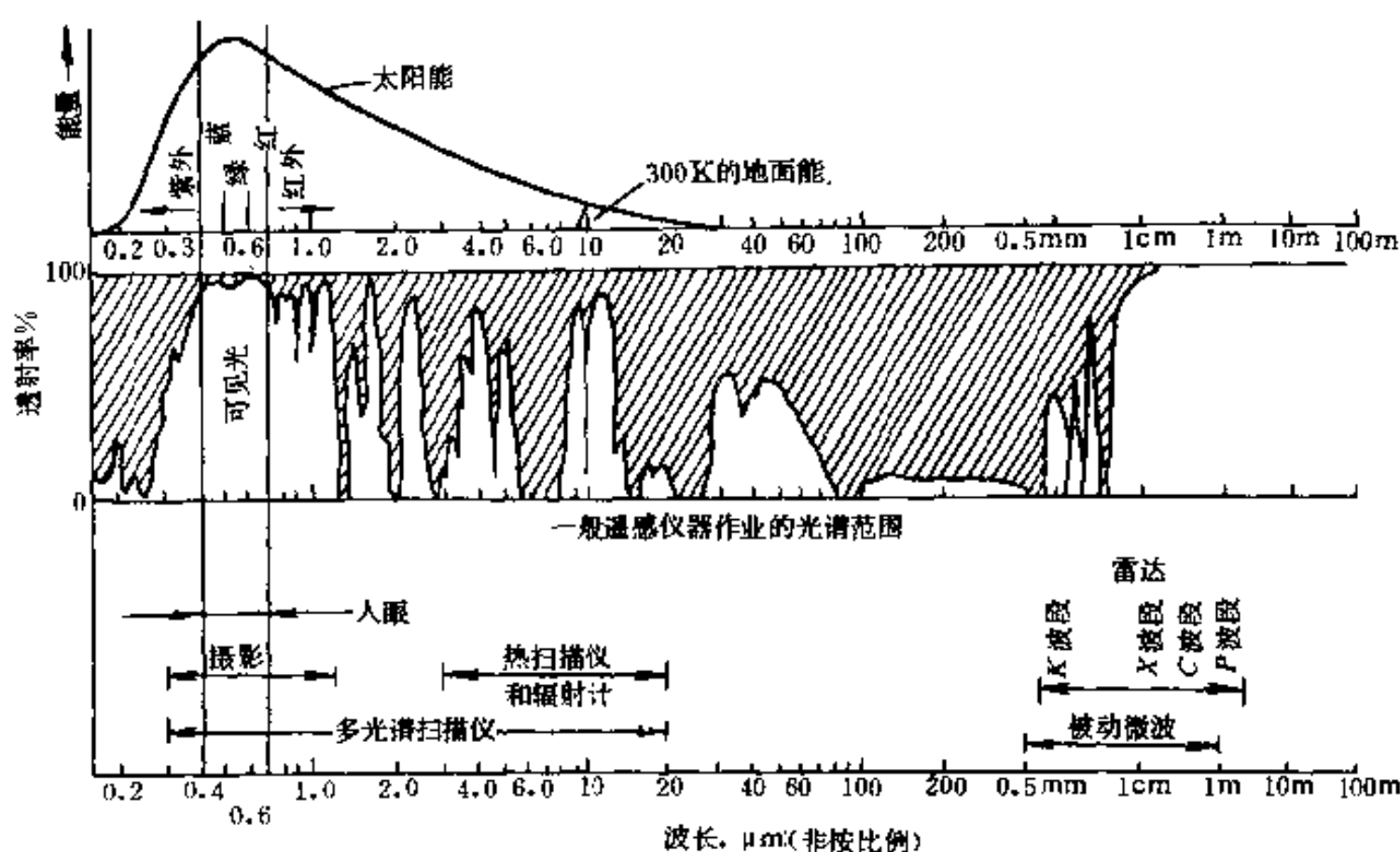


图 1-6 大气窗口及各种传感器作业范围

以扫描成像方式在白天感测和收集目标信息。

3. 3.5~4.2 μm 大气窗口

这个窗口属于中红外波段，它既是地物的反射光谱，又是地物的发射光谱。因此，白天和夜晚均可以扫描成像方式感测和收集目标信息。

4. 8~14 μm 大气窗口

这个窗口属于远红外波段，是地物的发射波谱，白天和夜晚均可以扫描成像方式感测和收集目标信息。

5. >1.5 mm 大气窗口

这个窗口属于微波波段。至此，电磁波已经不受大气干扰了，且白天和夜晚均可应用。通常也是以扫描成像方式感测和收集目标信息。

上述几个大气窗口，由于技术上的原因，一般应用较多的是第一个大气窗口。

第五节 地物的波谱特性

任何物体都具有反射和辐射电磁波的本领，其大小主要取决于物体本身的物理与化学性质以及来自外界的电磁波辐射强度。在不同波长处物体反射和辐射的强度有所不同，这种随波长的不同而强度各异特性，称为地物的波谱特性或光谱特性。

地物的波谱特性是遥感技术的重要理论依据，因为它既为传感器工作波段的选择提供依据，又是遥感数据正确分析和判读的理论基础。同时，也可作为利用电子计算机进行数字图像处理 and 分类时的参考标准。时间特性主要是反映在不同时期被测地物波谱特性的变化。而地物间的空间特性的明显差异，主要是由被测各地物的波谱特性不相同所造成的。

一、地物的反射波谱特性

地物对外来电磁波都具有反射、透射和吸收作用。在太阳辐射下，根据能量守恒原理，