



创建世界高水平大学项目资助教材

胡著智
陈钦峦

王慧麟
陈东

编著

航天航空 遥感技术与应用

Technology and Application of Space-aerial Remote Sensing

南京大学出版社



创建世界高水平大学项目资助教材

胡著智
陈钦峦

王慧麟
陈东

编著

航天航空 遥感技术与应用

Technology and Application
of Space-aerial Remote Sensing

南京大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

航天航空遥感技术与应用 / 胡著智等著. —南京: 南京大学出版社, 2007. 3

创建世界高水平大学项目资助教材

ISBN 978-7-305-04900-2

I. 航... II. 胡... III. ①航天遥感—高等学校—教材②航空遥感—高等学校—教材 IV. TP72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 160302 号

出版者 南京大学出版社
社 址 南京市汉口路 22 号 邮 编 210093
网 址 <http://press.nju.edu.cn>
出版人 左 健

书 名 航天航空遥感技术与应用
作 者 胡著智 王慧麟 陈钦峦 陈 东
责任编辑 徐 丰 编辑热线 025-83686531

照 排 南京紫藤制版印务中心
印 刷 南京大学印刷厂
开 本 787×960 1/16 印张 24.5 字数 439 千
版 次 2007 年 3 月第 1 版 2007 年 3 月第 1 次印刷
ISBN 978-7-305-04900-2
定 价 42.00 元(含光盘)

发行热线 025-83592169 025-83592317
电子邮件 sales@press.nju.edu.cn(销售部)
nupress1@public1.ptt.js.cn

-
- * 版权所有,侵权必究
 - * 凡购买南大版图书,如有印装质量问题,请与所购图书销售部门联系调换

前 言

本书是为高等学校遥感类课程编写的一部教材,属于南京大学“创建世界高水平大学”教材建设项目(“985”项目)。

本书主要内容包括遥感的理论基础与技术系统、航天与航空遥感、航空遥感解析基础、摄影测量测图、摄影测量新技术及应用、遥感图像处理、遥感图像目视判读、遥感图像专题判读与应用,以及遥感、地理信息系统、卫星定位系统的集成与应用。本书教学的目的是使学生掌握遥感技术的基本原理以及遥感图像判读、制图和应用的基本技能,以便今后能运用遥感资料进行资源、环境调查和监测,为区域规划、管理以及工程决策、设计服务。

本书是在南京大学出版社 1999 年出版的《遥感技术与地学应用》教材的基础上经过较多的增补、删改而编成的。在本书中,补充了近 8 年来国内外遥感技术与应用方面的动态与成果,增加了一张光盘。光盘里除了文字资料和黑白图像外,还有大量彩色航天航空遥感图像和动画,便于进行多媒体教学。对这些彩色图像,教师可选一些在课堂上讲解,另选一些作为判读作业布置给学生。

本书可作高校《遥感技术与应用》、《航天航空遥感》、《遥感图像专题判读》、《遥感概论》、《摄影测量学》等课的教材和教学参考书。考虑到地学不同院、系、专业对遥感课程要求的差异,建议根据各自的实际情况在上课时选讲本书的部分章节,而将其它章节作为教学参考资料。

本书内容广泛,涉及多个领域,资料新颖,深浅适宜。除可供高校相关专业师生使用外,还可供地理、地质、大气、水文、海洋、农业、林业、采矿、环境、测绘、旅游、城市规划管理、灾害预防等领域的工作人员参考。对航天航空遥感有兴趣的人士也可将本书作为入门向导。

在编写本书过程中,我们参阅了许多教材、著作、论文,除主要参考文献上所列的以外,还有不少恕未一一列出。另外,我们还参阅了近年出版的报纸、杂志、内部资料和网页,如《服务导报》、《南京晨报》、《扬子晚报》、《新华月报》、《遥感信息》、《国土资源遥感》、《航空知识》、《用户简讯》(中国遥感卫

星地面站)以及 CCTV、新华、百度、谷歌等网页。本书所参考的最新文献资料截至 2006 年 9 月。

本书由胡著智编写第一、二、三、八、九、十一章和第四章第二、三节及附录一、附录二,设计光盘,并负责全面工作。王慧麟编写第五、六、七章和第四章第一节。陈钦峦编写第十章。陈东担任图像处理。限于作者的水平和经验,书中错谬之处在所难免,恳请各位专家和广大读者批评指正。

作 者

2006 年 9 月于南京

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 遥感的概念与分类	1
一、遥感的概念	1
二、遥感的分类	2
第二节 遥感的特性与优势	4
第三节 遥感的地学应用与发展趋势	5
一、遥感的地学应用	5
二、遥感的发展趋势	6
第二章 遥感的理论基础与技术系统	7
第一节 遥感的理论基础	7
一、电磁波与辐射	7
二、电磁波谱	8
三、大气窗口	9
四、地物反射波谱	10
五、地物发射波谱	13
六、地物透射波谱	18
七、彩色原理	18
第二节 遥感技术系统	19
一、遥感平台	19
二、传感器	23
三、遥感信息的传输与处理	26
第三章 航天遥感及其遥感资料	28
第一节 航天遥感概述	28
一、世界航天遥感简史	28
二、航天遥感的特点	29
第二节 陆地卫星等及其遥感资料(附两种高分辨力卫星)	29
一、概述	29
二、陆地卫星的轨道特征	30
三、陆地卫星上的遥感器	32

四、陆地卫星的产品	36
五、陆地卫星图像的符号和注记	37
六、陆地卫星七号	40
七、高分辨力卫星 IKONOS(依柯诺斯)	40
八、高分辨力卫星 QuickBird(快鸟)	41
第三节 地球观测实验卫星(SPOT)等及其遥感资料	42
一、概述	42
二、SPOT-1 的星体及轨道	43
三、高分辨力可见光扫描仪(HRV)系统	44
四、HRV 图像的主要特征	48
五、SPOT-4	49
六、SPOT-5	51
七、SPOT 产品	55
八、“太阳神”II A 军事侦察卫星	56
第四节 其它国家的地球资源卫星	56
一、日本的地球资源卫星	56
二、俄罗斯的地球资源卫星	58
三、印度的遥感卫星	59
四、欧洲巨型地球环境监测卫星“恩维萨特”(ENVISAT)	62
第五节 海洋卫星	64
一、美国的“海洋卫星”(SEASAT)	64
二、日本的“海洋观测卫星”(“桃花”,MOMO)系列	65
三、“欧洲遥感卫星”(ERS)系列	66
四、加拿大的“雷达卫星”(RADARSAT)	66
五、俄罗斯的海洋卫星	67
第六节 气象卫星	67
一、美国的中轨气象卫星	68
二、美国的高轨静止气象卫星	75
三、其它国家的中轨气象卫星	77
四、其它国家的高轨静止气象卫星	78
第七节 航天飞机遥感试验	79
一、1981 年 11 月“哥伦比亚”号飞行遥感试验	79
二、1983 年 11 月“哥伦比亚”号飞行与欧洲太空实验室遥感试验	80

三、1984 年“挑战者”号飞行遥感试验	80
四、1994 年 4 月和 10 月“奋进”号飞行遥感试验	80
五、2000 年 2 月“奋进”号地形测绘任务	81
六、2005 年 7~8 月“发现”号的飞行	81
第八节 中国航天遥感事业的发展	82
一、中国航天事业简史	82
二、几种国产遥感卫星系列简介	84
三、“神舟”飞船系列	107
四、2006~2010 年我国航天事业计划	110
第四章 航空遥感及其遥感资料	114
第一节 航空摄影与航空像片	114
一、航空摄影的优点	114
二、航空摄影的分类	114
三、感光材料、滤光镜与彩色摄影	116
四、航空摄影	121
五、航空摄影像片的物理特性	122
六、航空摄影像片的比例尺	124
第二节 光机扫描仪及其扫描图像	125
一、光机扫描仪的组成和成像原理	125
二、光机扫描图像的几何特性	128
三、光机扫描图像的物理特性	132
四、热红外图像的特性	133
第三节 微波遥感及其资料	133
一、概述	133
二、侧视雷达及其图像	136
三、其它微波遥感器及其资料	145
第五章 航空遥感解析基础	146
第一节 概述	146
第二节 航空摄影像片的基本概念	147
一、航空摄影像片的投影性质	147
二、航空摄影像片的特殊点线	148
三、解析摄影测量常用的坐标系	149
四、航空摄影像片的内外方位元素	151
第三节 航空摄影像片点与地面相应点的坐标关系	153

一、共线条件方程式的推导	153
二、航空摄影倾斜像片与相应水平像片的坐标关系	159
第四节 航空摄影像片的像点移位与方向偏差	162
一、像片倾斜引起的像点移位 δ_a	162
二、地形起伏引起的像点移位 δ_h	163
三、航空摄影像片的方向偏差概念	165
第五节 航空摄影像片立体观察与像点坐标的获取	167
一、航空摄影像片立体观察	167
二、像片量测与立体坐标仪	171
三、像点坐标的改正	174
第六节 单张像片的解析处理	176
第七节 立体像对理论	178
一、立体像对相对定向	179
二、单元模型空间相似变换	183
三、立体像对的空间前方交会	185
四、双像解析方法	186
第八节 摄影测量的加密方法	188
一、概述	188
二、单航带法空中三角测量原理	189
三、航带法区域网空中三角测量基本思想	193
四、独立模型法区域网空中三角测量基本思想	195
五、光束法区域网空中三角测量基本思想	198
第六章 摄影测量测图	201
第一节 概述	201
第二节 像片纠正与影像图编制	201
一、像片纠正的原理	202
二、SEG-1 大型纠正仪纠正像片	204
三、像片平面图和影像图的编制	208
四、微分纠正原理简介	210
第三节 全能法立体测图仪测绘地形图	212
一、概述	212
二、全能法立体测图原理	212
三、立体测图仪测图	218

第七章 摄影测量新技术及应用	222
第一节 数字地形模型	222
一、数字地面模型与数字地形模型	222
二、数字地形模型(DEM)的表示方法	223
三、DEM 数据采集方法	224
四、数字地形模型的插值处理	226
五、数字地形模型 DEM 的应用	230
第二节 解析测图仪	233
一、概述	233
二、解析测图仪硬件	234
三、解析测图仪的摄影测量软件	235
四、解析测图仪简介	237
第三节 数字摄影测量技术	240
一、数字摄影测量概述	240
二、数字摄影测量基本方法	241
三、常用的影像匹配方法介绍	247
四、基于特征的影像匹配方法概述	249
五、全数字摄影测量系统简介	250
第四节 全球定位系统(GPS)及其在航测与遥感中的应用	252
一、全球定位系统(GPS)	252
二、GPS 定位技术在航测和遥感中的应用	258
第五节 摄影测量技术在地图修测中的应用	263
一、单张像片的数字纠正及测图原理	263
二、影像地图的修测	264
三、线画地图的修测	265
四、数字测图	268
第八章 遥感图像处理	269
第一节 遥感光学图像增强处理	269
一、遥感图像处理概述	269
二、加色法多波段彩色合成	269
三、减色法多波段彩色合成	271
四、密度分割	272
五、相关掩模	272
第二节 遥感数字图像处理	275

一、总论	275
二、遥感数字图像增强处理	278
三、遥感数字图像分类处理	284
第九章 航天航空遥感图像目视判读	288
第一节 航空遥感图像目视判读	288
一、黑白图像的判读	288
二、天然彩色像片的判读	292
三、近红外黑白像片的判读	292
四、近红外彩色像片的判读	293
五、热红外图像的判读	295
六、侧视雷达图像的判读	297
第二节 航天遥感图像目视判读	299
一、判读标志及其运用	299
二、航天遥感图像的分辨力及其判读效用	302
第三节 遥感图像目视判读的一般方法和程序	304
一、目视判读的一般方法	304
二、目视判读的一般程序	304
第十章 遥感图像专题判读与应用	306
第一节 地貌判读	306
一、山地与平原地貌判读	306
二、河谷地貌判读	308
三、海岸地貌判读	309
四、黄土地貌判读	311
五、干燥区地貌判读	313
六、利用遥感图像编制地貌图	315
第二节 地质判读	315
一、岩性判读	315
二、地质构造判读	320
第三节 植被判读与土壤判读	327
一、植被判读的方法	327
二、主要植被类型的影像特征	328
三、土壤判读	330
第四节 土地利用判读	334
一、土地利用与土地覆盖遥感调查	334

二、土地利用判读应用实例	335
第五节 遥感与环境监测	337
一、水环境遥感	337
二、大气环境遥感	339
第六节 城市遥感	343
一、遥感信息在城市用地调查与监测中的应用	343
二、遥感信息在城市规划管理中的应用	348
第十一章 遥感、地理信息系统与卫星定位系统的集成及其应用	360
第一节 地球信息科学简介	360
第二节 地理信息系统	361
一、地理信息系统的概念	361
二、世界地理信息系统发展简史	361
三、我国地理信息系统发展简史	362
四、地理信息系统的应用	363
第三节 卫星定位导航系统	364
一、美国的卫星定位导航系统	364
二、俄罗斯的“全球导航卫星系统”(GLONASS)(格洛纳斯)	366
三、GPS/GLONASS 集成系统	367
四、欧洲联盟“伽利略全球卫星定位系统”	368
第四节 遥感、地理信息系统与全球定位系统的集成及其应用 ...	369
一、遥感(RS)与地理信息系统(GIS)的集成	369
二、GIS 与 GPS 的集成	371
三、RS、GIS 与 GPS 的整体集成	371
四、遥感、地理信息系统、全球定位系统、数字摄影测量系统与 专家系统的结合——5S 集成系统	374
附录一 遥感常用法定计量单位及其换算	376
附录二 航天航空遥感彩色图像(见光盘)	
主要参考文献	377

光盘图文资料目录

表格

- 表 10-4-1 天津市土地利用分类系统与像片判读标志
- 表 10-4-2 唐山市土地利用现状 SPOT 彩色合成图像判读标志与三级类型含义
- 表 10-6-1 城市用地分类和代号
- 表 10-6-3 1:20 000 航空近红外彩色像片上人口密度等级类型判读标志
- 表 10-6-4 南京市鼓楼区人口遥感估算一览表
- 表 10-6-5 某市环境结构分类系统
- 表 10-6-6 建筑空间中各类型所占比重及 6 个区的环境质量序级

插图

- 图 3-2-5 北京幅 MSS6 图像
- 图 3-2-6 北京幅 TM3 图像
- 图 3-2-7 IKONOS-1 卫星 1999 年 10 月拍摄的北京市影像图
- 彩照 3-2-1 “快鸟”卫星拍摄的北京市玉渊潭地区冬季影像图(2 幅)
- 彩照 3-8-1 “中国资源二号”03 星从太原顺利升空
- 彩照 3-8-2 “探测”一号卫星发射升空
- 彩照 3-8-3 “探测”一号赤道星(东西向)和“探测”二号极轨星(南北向)的轨道
- 彩照 3-8-4 “神舟”六号发射升空瞬间
- 彩照 4-3-1 黄河口多时相 Radarsat 图像

动画

- 图 2-1-7(a)(动画) 加色法
- 图 2-1-7(b)(动画) 减色法
- 图 3-2-2(动画) 陆地卫星一天中的星下点轨迹图
- 图 3-2-3(动画) 多光谱扫描仪扫描图解示意图
- 图 3-2-4(动画) 六条扫描线图解示意图
- 图 3-3-2(动画) 高分辨力可见光扫描仪结构示意图
- 图 3-3-3(动画) 天底视野扫描带示意图

图 3-3-4(动画) 全部视野扫描范围示意图

图 4-2-4(a)(动画) 瞬时位置

图 4-2-4(b)(动画) 正常飞行

图 4-2-4(c)(动画) 滚动畸变

图 4-2-4(e)(动画) 俯仰畸变

图 8-1-1(a)(动画) 真彩色合成

图 8-1-1(b)(动画) 假彩色合成

图 8-2-1(动画) 采样的原理

图 8-2-4(动画) 三维空间集群示意图

航天航空遥感彩色图像(附录二)

一、航空遥感彩图

彩图 1-01 扬州市近红外彩色影像图

彩图 1-02 天津市塘沽区近红外彩色影像图

彩图 1-03 烟台市城区近红外彩色影像图

彩图 1-04 中国'99 昆明世界园艺博览园近红外彩色影像图

彩图 1-05 云南石林风景游览区近红外彩色影像图

彩图 1-06 澳门地区近红外彩色影像图

彩图 1-07 超轻型飞机获取的低空遥感天然彩色图像(北京地区)

彩图 1-08 宛平城天然彩色影像图

彩图 1-09 北京航空博物馆(MARSS 微型航空遥感系统所摄的垂直摄影天然彩色像片)

彩图 1-10 建设中的三峡大坝(天然彩色像片)

彩图 1-11 UAVRS-I 无人机遥感系统及其所摄的天然彩色像片
——深圳龙华镇和深观高速公路

彩图 1-12 基于机载 L-SAR 数字镶嵌图制作的鄱阳湖地区 1998 年洪水洪涝淹没分布图

二、航天遥感彩图

彩图 2-01 西藏拉萨 TM4、3、2 彩色合成影像图

彩图 2-02 遥感技术在南昌地区新构造运动研究中的应用

彩图 2-03 长江中游 1998 年 8 月洪水灾情卫星影像图

彩图 2-04 重庆地区 1998 年 8 月 TM5、4、3 假彩色合成影像图

彩图 2-05 中国高原城市——兰州遥感影像图

彩图 2-06 大连市国土资源动态监测图

- 彩图 2-07 贵阳市遥感卫星影像图
- 彩图 2-08 浙江省杭州市钱塘江卫星影像图
- 彩图 2-09 香港卫星影像图
- 彩图 2-10 成都市卫星 TM 影像图
- 彩图 2-11 海南岛湿地分布影像图
- 彩图 2-12 L-7 ETM+(2000. 8. 27)罗布泊影像图(7、4、1 三波段合成)
- 彩图 2-13 天津新港新貌影像图
- 彩图 2-14 2001 年 9 月 11 日纽约曼哈顿 SPOT 影像图
- 彩图 2-15 京郊玉米和水稻种植面积分布卫星遥感影像图
- 彩图 2-16 气象卫星监测赤潮、林火和积雪覆盖影像图
- 彩图 2-17 “风云”一号 C 和 NOAA-14 卫星图像——大范围沙尘天气
- 彩图 2-18 “风云”二号 B 卫星发回的第一幅水汽图像和第一幅红外图像
- 彩图 2-19 利用“风云”一号 C 气象卫星资料监测雪灾
- 彩图 2-20 “风云”一号 D 发回的第一幅云图(塔里木盆地与青藏高原)
- 彩图 2-21 “神舟”三号飞船的中分辨率成像光谱仪所获影像图(2002 年 3 月 30 日)
- 彩图 2-22 “海洋”一号卫星水色扫描仪图像和 CCD 成像仪图像
- 彩图 2-23 长江中游地区 1998 年洪涝灾害状况卫星复合影像图(洞庭湖至鄱阳湖)(7 月 26 日雷达卫星 SAR 图像与汛前 TM 图像的复合)
- 彩图 2-24 利用 Radarsat ScanSAR 对 1998 年 8 月 18 日洞庭湖与荆江地区洪涝灾害监测的洪涝淹没影像分布图
- 彩图 2-25 广东肇庆鼎湖试验区 Radarsat 影像图(RGB 三色合成)
- 彩图 2-26 陕西宜川地区三北防护林多波段多极化雷达影像图
- 彩图 2-27 辽东湾 Radarsat 海冰图像及解译图
- 彩图 2-28 苏州市卫星影像图

第一章 绪 论

遥感技术是 20 世纪 60 年代以来,在现代物理学(包括光学技术、红外技术、微波技术、雷达技术、激光技术和全息技术等)、空间科学、电子计算机技术、数学方法和地球科学理论的基础上建立和发展起来的一门新兴的、综合性的边缘学科,是一门先进的、实用的探测技术。它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、宇宙飞船和航天飞机为主要运载工具的航天遥感,从摄影机发展到扫描方式的传感器,扩大了人们的视野,使对地球环境和资源的监测与研究进入了一个新阶段。它已经广泛地、并将越来越广泛地应用于农业、林业、渔业、地理、地质、海洋、水文、气象、环境监测、地球资源勘探、矿藏开发、城乡规划、土地管理、灾害预防和军事侦察等领域中。遥感技术具有先进性、综合性和实用性。其先进性表现在它涉及当代多项先进技术和尖端领域。其综合性表现在它是多项先进技术的有机综合,也是这些先进技术与地球科学的有机综合。其实用性表现在它几乎可应用于一切对地球表层环境和资源进行调查的学科和部门。

第一节 遥感的概念与分类

一、遥感的概念

从字面上说,遥感是遥远的感知。1962 年,在美国密执安大学威罗兰实验所召开的第一次国际环境遥感讨论会上将远距离探测技术正式命名为 Remote Sensing。这两个词译成汉语就是“遥感”。从此,遥感作为一门独立学科而正式诞生了。从那时起到今天,40 多年里,遥感技术已获得飞速的发展,取得了举世瞩目的成绩。

遥感,既然是遥远的感知,当然,感知的主体和被感知的对象是不会直接接触的。因此,遥感可以叫做不直接接触的感知。

构成遥感技术的 4 个必不可少的要素是对象、传感器、信息传播媒介和平台。

对象 被感测的事物。

传感器 能感测事物并能将感测的结果传递给使用者的仪器。如摄影

机、雷达等。能感测遥远事物的仪器也可叫做遥感器。

信息传播媒介 在对象和传感器之间起信息传播作用的媒介。如电磁波、声波、重力场、磁力场、电力场、地震波等。

平台 装载传感器并使之能有效地工作的装置。如飞机、人造地球卫星、宇宙飞船、航天飞机和空间站等。能够运动的平台也可叫做运载工具。

安装在平台上的传感器,借助于某种信息传播媒介来感测遥远事物的过程,叫做遥感。

现在实用的遥感技术绝大多数是以电磁波为信息传播媒介,以飞机、人造卫星等飞行器为平台的。因此,也可将遥感定义为:利用飞机、人造卫星或其它飞行器作运载工具,以电磁波来检测、量度远距离目标的一种技术手段。

遥感研究可以分为两大部分——遥感技术研究和遥感应用研究。后者是利用遥感信息资料进行的专业或专题形式的应用分析研究。

二、遥感的分类

遥感有几种不同的分类方法,详见如下所述。

1. 按遥感对象分类

(1) 宇宙遥感

遥感的对象是宇宙中的天体和其它物质的遥感。

(2) 地球遥感

是对地球和地球上的事物的遥感。

以地球表层环境(包括大气圈、陆海表面和陆海表面下的浅层)为对象的遥感,叫做环境遥感,它属于地球遥感。在地球遥感中,以地球表层资源为对象的遥感,叫做资源遥感。也可以把资源遥感作为环境遥感的一部分。

2. 按遥感平台分类

(1) 航天遥感

平台处于海拔高度大于 80 km 的空中的遥感。航天平台有火箭、人造卫星、宇宙飞船和航天飞机。以卫星为平台的遥感叫做卫星遥感。

(2) 航空遥感

平台处于海拔高度小于 80 km 的空中的遥感。这类平台是飞机和气球。

(3) 地面遥感

平台放在地面上的遥感。地面平台有三脚架、遥感车、遥感塔和船等。地面遥感一般只作为航空遥感和航天遥感的辅助手段,为它们提供地面试