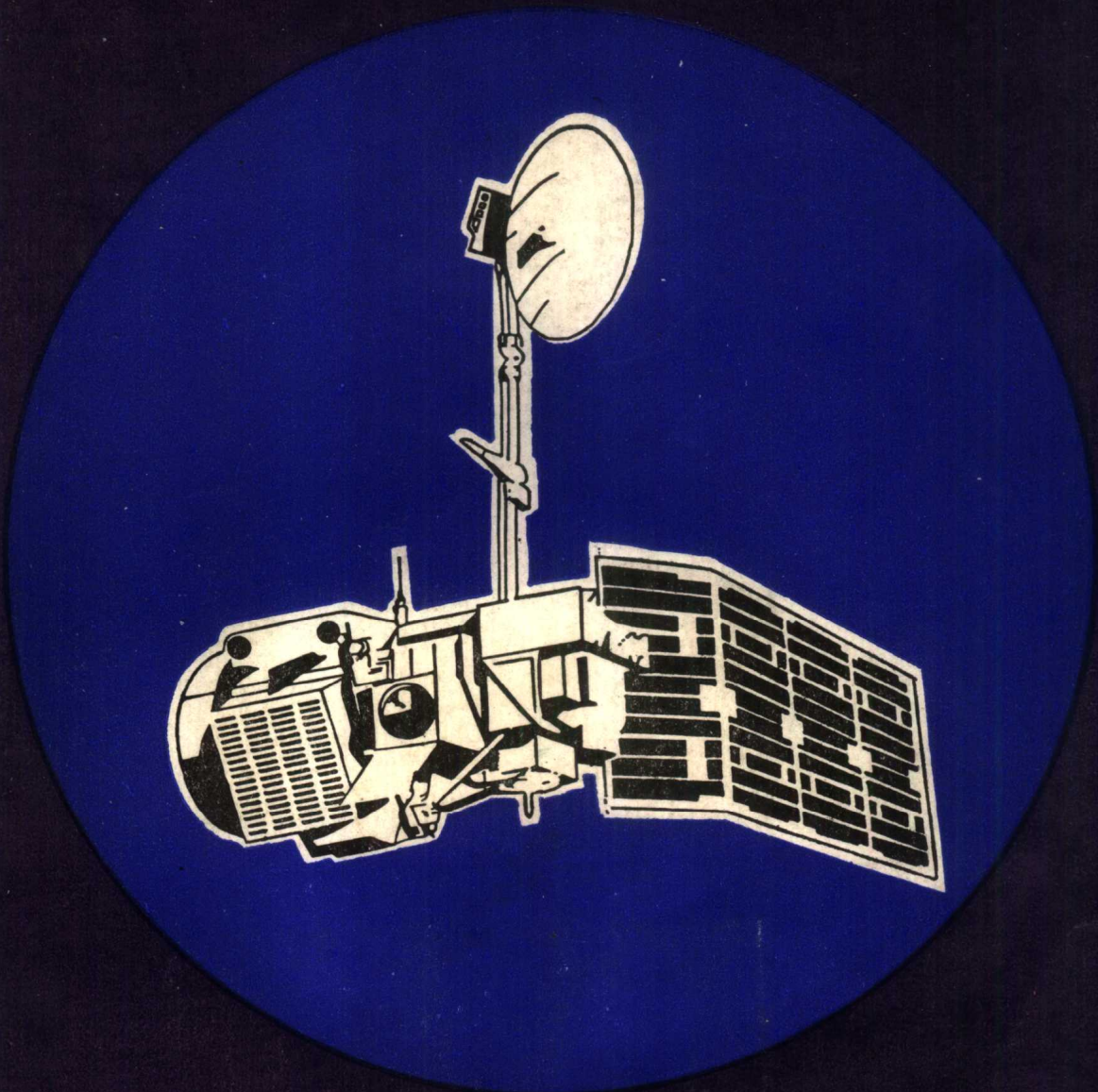




高等学校试用教材

# 遥感与象片判读

陈钦岌 陈丙咸 严蔚芸 马仲荃 等编



高等教育出版社

高等学校试用教材

# 遥感与象片判读

陈钦峦 陈丙咸 严蔚芸 马仲荃 等编

高等教育出版社

1988

## 内 容 提 要

本书主要介绍遥感技术的基础知识与遥感图象判读的原理和方法,为运用遥感资料进行地理专业判读打下基础。全书内容包括三个组成部分:第一部分是绪论、遥感的物理基础与技术系统;第二部分阐述各种航空和航天遥感资料的特性以及图象增强处理的方法;第三部分着重介绍各种遥感资料目视判读的原理和方法,并通过许多教学样片的判读实践具体阐明地貌、地质、植被、土壤、土地和居民地等地理要素专题判读的要领,最后简述遥感数据自动识别的方法。本书除作为地理学各专业以及地学相邻学科的教学用书之外,也可供农业、水利、海洋、交通、旅游、环保、国土整治和城乡规划等部门的科技人员作为遥感应用研究的入门参考书。

高等学校试用教材

### 遥感与象片判读

陈钦峦 陈丙威 严蔚芸 马仲荃等编

\*

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷一厂印装

\*

开本 787 × 1092 1/16 印张 20.75 插页 2 字数 490 000

1989年5月第1版 1989年5月第1次印刷

印数 0 001—2 650

ISBN 7-04-002098-X/K · 99

定价 4.95 元

# 前 言

遥感技术是现代地理学的重要研究手段之一。它能迅速有效地提供地表自然过程和现象的宏观信息,有助于揭示其动态变化规律并预测其发展趋势。观测视域宽广、影象直观逼真的遥感图象,在地学、生物学、环境科学以及某些社会科学领域逐步得到广泛的应用,在经济建设和国防建设上发挥了越来越大的作用。因此,近十余年来我国高校地理系都开设了“遥感概论”或“遥感概论与象片判读”课程。南京大学地理系因教学需要,于1979年编出一本“遥感概论”讲义,后增订为“遥感概论与象片判读”讲义。本书是在多年教学的基础上参阅国内外有关教材和文献修订而成。其主要内容包括遥感原理、遥感技术系统、遥感资料、遥感图象增强处理、目视判读、专题判读和自动识别等方面。编写本书的基本宗旨是要使学生掌握遥感技术的基本原理与图象判读的实际技能。我们在教学中十分注重实践环节的训练,努力使学生能初步运用遥感资料进行地理专题判读,以便将来能对资源调查和环境监测等应用研究作出应有的贡献。

本书是南京大学地理系遥感应用研究室成员长期教学劳动的成果,章节内容曾多次讨论修改,分工编写的讲义相互审阅,不断更新。本书各章节的主要编写人员如下:前言、第五、六章—陈钦彦;绪论—马仲荃;第一章—严蔚芸;第二章—陈丙咸(其中第一节由华瑞林编写);第三章—陈钦彦、华瑞林;第四章—李爱玲;第七章—汪慧慧;附录—汪慧慧等。参加本书部分内容补充修改和图象洗印等工作的还有梁顺林、孙国清、熊江波、潘涛和胡著智等同志。负责本书几次统稿工作的先后有陈丙咸(1979、1980)、严蔚芸(1982)、马仲荃(1983)和陈钦彦(1987)。

本书的编写工作得到许多兄弟院校和部门的支持。北京大学江美球教授于1979年曾编写过绪论、遥感原理和遥感应用等部分的讲义初稿;南京林业大学方有清教授对植被判读部分提出了宝贵意见,并提供部分象片;南京农业大学徐盛荣教授提供土壤判读象片;地质矿产部地质遥感中心、铁道部专业设计院、林业部调查规划院等单位提供了部分象片。此外,我们还选用了《典型地貌样图选集》、《航测地貌样图集》等图集以及中、外文杂志和书籍上的一些照片。本书第一稿完成之后,承蒙北京大学潘德杨、承继成教授审阅,提出了许多宝贵意见。谨此向支持和帮助本书编写和出版的单位和个人表示衷心的感谢。

本书经多人编写、多次修改,前后历时颇长,虽然不断作了充实更新,但在内容和体系上还会存在某些疏漏和不协调之处。限于编写者的水平和经验,书中错谬之处也必定难免,恳请读者批评、指正。

南京大学大地海洋科学系遥感应用研究室

1987年9月

# 目 录

|                              |    |                       |    |
|------------------------------|----|-----------------------|----|
| 前 言 .....                    | 1  | (三) 主要地物的反射光谱 .....   | 26 |
| 绪 论 .....                    | 1  | 二、地物的发射特性 .....       | 28 |
| 一、遥感的概念 .....                | 1  | (一) 发射率、发射光谱 .....    | 28 |
| 二、遥感的特点 .....                | 2  | (二) 实际温度和辐射温度 .....   | 29 |
| 三、遥感技术的应用 .....              | 3  | (三) 地物的热红外发射 .....    | 30 |
| (一) 农、林业方面的应用 .....          | 3  | 三、地物的微波辐射特性 .....     | 32 |
| (二) 地质、矿产方面的应用 .....         | 3  | (一) 地物的微波发射 .....     | 32 |
| (三) 水文学和水资源研究方面的应用 .....     | 4  | (二) 地物对微波的反射和散射 ..... | 34 |
| (四) 海洋学研究中的应用 .....          | 5  | (三) 微波对物体的透射 .....    | 35 |
| (五) 环境监测方面的应用 .....          | 5  | 思考题 .....             | 35 |
| (六) 地理学研究中的应用 .....          | 5  | 第二章 遥感的技术系统 .....     | 36 |
| 四、遥感技术的发展概况和动向 .....         | 6  | 第一节 传感器 .....         | 36 |
| 思考题 .....                    | 8  | 一、摄影机 .....           | 38 |
| 第一章 遥感的物理基础 .....            | 9  | (一) 遥感摄影机 .....       | 38 |
| 第一节 电磁辐射与电磁波谱 .....          | 9  | (二) 感光胶片及滤光片 .....    | 40 |
| 一、电磁辐射的基本特性 .....            | 9  | 二、电视摄像机 .....         | 42 |
| (一) 波动性 .....                | 9  | 三、红外辐射计 .....         | 42 |
| (二) 粒子性 .....                | 10 | 四、扫描仪 .....           | 43 |
| 二、电磁辐射的产生 .....              | 10 | (一) 红外扫描仪 .....       | 43 |
| (一) 光的发射 .....               | 10 | (二) 多波段扫描仪 .....      | 44 |
| (二) 热辐射 .....                | 12 | 五、微波辐射计 .....         | 46 |
| 三、电磁波谱 .....                 | 14 | 六、雷达 .....            | 47 |
| (一) 紫外线 .....                | 15 | 第二节 遥感平台 .....        | 49 |
| (二) 可见光 .....                | 15 | 一、地面观察平台 .....        | 50 |
| (三) 红外线 .....                | 16 | 二、航空遥感平台 .....        | 51 |
| (四) 微波 .....                 | 16 | (一) 气球 .....          | 51 |
| 第二节 太阳辐射与大气效应 .....          | 17 | (二) 遥感飞机 .....        | 51 |
| 一、太阳辐射 .....                 | 17 | 三、航天遥感平台 .....        | 53 |
| 二、大气效应 .....                 | 18 | (一) 高空探测火箭 .....      | 53 |
| (一) 大气的组成和结构 .....           | 18 | (二) 人造卫星 .....        | 54 |
| (二) 大气对太阳辐射的影响 .....         | 19 | (三) 宇宙飞船 .....        | 55 |
| 第三节 电磁辐射与地表物体的相互<br>作用 ..... | 23 | 第三节 遥感信息的传输与处理 .....  | 57 |
| 一、地物的反射特性 .....              | 23 | 一、遥感信息的传输与接收 .....    | 57 |
| (一) 镜面反射、漫反射 .....           | 24 | 二、信息处理 .....          | 58 |
| (二) 反射率、反射光谱 .....           | 24 | (一) 数据转换 .....        | 58 |
|                              |    | (二) 数据压缩 .....        | 58 |

|                         |    |                       |     |
|-------------------------|----|-----------------------|-----|
| (三) 数据校正.....           | 59 | 二、航空多谱段扫描图象.....      | 102 |
| 第四节 遥感的地面试验.....        | 60 | 三、航空侧视雷达图象.....       | 103 |
| 一、遥感地面试验场、站.....        | 60 | (一) 概述.....           | 103 |
| (一) 遥感地面综合试验场.....      | 60 | (二) 雷达图象的几何特性.....    | 105 |
| (二) 遥感地面基础试验站.....      | 60 | (三) 雷达图象的物理特性.....    | 105 |
| 二、地面试验的基本调查与测量.....     | 61 | (四) 雷达图象的优点.....      | 111 |
| (一) 地面实况调查.....         | 61 | 第三节 陆地卫星遥感资料.....     | 112 |
| (二) 环境要素测量.....         | 61 | 一、陆地卫星的图象与磁带.....     | 112 |
| 三、地物波谱测量.....           | 62 | (一) 陆地卫星图象.....       | 113 |
| (一) 地物反射光谱的测量.....      | 62 | (二) 计算机兼容数字磁带.....    | 114 |
| (二) 地物红外发射光谱的测量.....    | 64 | (三) 数据收集系统的数据资料.....  | 115 |
| 第五节 地球资源卫星与环境卫星.....    | 64 | 二、陆地卫星图象的物理特性.....    | 116 |
| 一、陆地卫星.....             | 64 | 三、陆地卫星图象的时间、空间联系..... | 119 |
| (一) 陆地卫星的传感器.....       | 65 | 四、陆地卫星图象的重叠度.....     | 120 |
| (二) 陆地卫星的轨道与覆盖.....     | 69 | 五、陆地卫星图象的几何特性.....    | 121 |
| (三) 陆地卫星数据的接收与处理.....   | 71 | (一) RBV图象的几何特性.....   | 121 |
| (四) 陆地卫星-4和5.....       | 73 | (二) MSS图象的几何特性.....   | 122 |
| 二、地球观测实验系统(SPOT).....   | 74 | (三) TM图象的几何特性.....    | 122 |
| 三、海洋卫星.....             | 76 | 六、陆地卫星图象的符号和注记.....   | 122 |
| 四、气象卫星.....             | 77 | (一) 粗制卫星图象的符号和注记..... | 122 |
| 五、我国的科学实验卫星.....        | 78 | (二) 精制卫星图象的符号和注记..... | 123 |
| 思考题.....                | 79 | (三) TM胶片上主要注记的含义..... | 128 |
| 第三章 遥感资料.....           | 80 | 第四节 SPOT卫星资料.....     | 129 |
| 第一节 航空摄影象片资料.....       | 80 | 一、资料的种类及规格.....       | 130 |
| 一、航空摄影.....             | 80 | 二、SPOT资料的特征.....      | 131 |
| 二、黑白航空象片.....           | 82 | 三、SPOT资料的分发.....      | 131 |
| (一) 航空象片的物理特征.....      | 82 | 思考题.....              | 131 |
| (二) 航空象片的投影性质与象点移位..... | 84 | 第四章 遥感图象的增强处理.....    | 133 |
| (三) 确定航空象片比例尺的方法.....   | 88 | 第一节 遥感图象的光学增强处理.....  | 133 |
| (四) 理想象对的高差公式.....      | 89 | 一、彩色重现和假彩色合成.....     | 133 |
| (五) 航空象片的注记.....        | 91 | (一) 加色法.....          | 134 |
| 三、彩色航空象片.....           | 91 | (二) 减色法.....          | 136 |
| 四、紫外航空象片.....           | 93 | 二、密度分割.....           | 137 |
| 五、近红外航空象片.....          | 93 | 三、反差调整.....           | 139 |
| (一) 黑白近红外航空象片.....      | 93 | 四、影像相减.....           | 141 |
| (二) 彩色红外航空象片.....       | 94 | 五、边缘增强.....           | 142 |
| 六、多谱段航空象片.....          | 95 | 六、专题抽取.....           | 143 |
| 第二节 航空非摄影图象资料.....      | 95 | 七、信息复合.....           | 144 |
| 一、航空热红外扫描图象.....        | 95 | 第二节 数字图象的增强处理.....    | 145 |
| (一) 影响热红外扫描图象色调的因素..... | 96 | 一、密度分割.....           | 146 |
| (二) 航空热红外扫描图象的几何特性..... | 99 |                       |     |

|                      |     |                          |     |
|----------------------|-----|--------------------------|-----|
| 二、反差扩展.....          | 146 | 二、山地与平原地貌判读.....         | 182 |
| (一) 线性扩展.....        | 147 | 三、流水地貌判读.....            | 186 |
| (二) 对数变换.....        | 147 | (一) 水系 .....             | 186 |
| (三) 指数变换.....        | 147 | (二) 河谷地貌 .....           | 188 |
| (四) 直方图均衡化 .....     | 148 | (三) 冲积扇、洪积扇 .....        | 194 |
| (五) 适应性直方图调整 .....   | 148 | (四) 三角洲 .....            | 195 |
| 三、代数运算增强.....        | 151 | 四、喀斯特地貌判读.....           | 195 |
| 四、图象平滑化.....         | 152 | 五、黄土地貌判读.....            | 198 |
| 五、图象尖锐化.....         | 153 | 六、风成地貌判读.....            | 201 |
| 六、匹配处理.....          | 154 | 七、冰川地貌判读.....            | 205 |
| 思考题 .....            | 156 | 八、海岸地貌判读.....            | 209 |
| 第五章 遥感图象的目视判读 .....  | 158 | 九、火山地貌判读.....            | 212 |
| 第一节 航空遥感图象的判读 .....  | 159 | 十、利用遥感图象编制地貌图.....       | 215 |
| 一、航空象片立体观察的原理和方      |     | 第二节 地质判读 .....           | 216 |
| 法.....               | 159 | 一、岩性及地层判读.....           | 216 |
| (一) 立体观察的原理 .....    | 159 | (一) 岩性判读的特点和标志.....      | 216 |
| (二) 航空象片的立体观察 .....  | 160 | (二) 沉积岩的判读 .....         | 217 |
| 二、黑白航空象片的判读标志.....   | 162 | (三) 岩浆岩的判读 .....         | 218 |
| (一) 直接判读标志 .....     | 163 | (四) 变质岩的判读 .....         | 220 |
| (二) 间接判读标志 .....     | 164 | (五) 地层分析.....            | 223 |
| 三) 判读标志的可变性和局限性..... | 165 | 二、地质构造判读.....            | 224 |
| 三、彩色红外象片的判读.....     | 165 | (一) 水平岩层的判读 .....        | 224 |
| 四、热红外图象的判读.....      | 167 | (二) 直立岩层的判读 .....        | 225 |
| 五、侧视雷达图象的判读.....     | 169 | (三) 单斜岩层的判读 .....        | 225 |
| 第二节 航天遥感图象的判读 .....  | 171 | (四) 褶皱构造的判读 .....        | 227 |
| 一、判读标志及其运用.....      | 171 | (五) 断裂构造的判读 .....        | 230 |
| (一) 色调标志.....        | 171 | 第三节 植被判读 .....           | 233 |
| (二) 图型标志.....        | 175 | 一、植被判读的方法.....           | 233 |
| 二、图象的分辨率与判读效用.....   | 175 | (一) 检索判读法.....           | 234 |
| 三) 判读标志的可变性和局限性..... | 175 | (二) 综合判读法.....           | 234 |
| 第三节 遥感图象目视判读的一般方     |     | 二、植被类型的判读.....           | 234 |
| 法和程序 .....           | 177 | (一) 识别植被类型的要领和标志.....    | 234 |
| 一、目视判读的一般方法.....     | 177 | (二) 主要植被类型的影象特征.....     | 236 |
| 二、目视判读的一般程序.....     | 177 | (三) 植被制图.....            | 241 |
| 三、象片转绘.....          | 178 | 三、森林判读.....              | 242 |
| (一) 网络法 .....        | 178 | (一) 林分组成的判读 .....        | 242 |
| (二) 光学仪器转绘法 .....    | 179 | (二) 林分疏密度和林冠郁闭度的判读 ..... | 242 |
| (三) 目测法 .....        | 180 | (三) 单株树木材积和林分材积的估算 ..... | 244 |
| 思考题 .....            | 180 | 四、用遥感方法管理和保护植被资          |     |
| 第六章 遥感图象的专题判读.....   | 181 | 源.....                   | 246 |
| 第一节 地貌判读 .....       | 181 | (一) 植被资源的清查与管理.....      | 246 |
| 一、遥感图象地貌判读的要求.....   | 181 |                          |     |

|                                |     |
|--------------------------------|-----|
| (二) 植被保护和植被生态分析·····           | 247 |
| 第四节 土壤判读·····                  | 249 |
| 一、土壤判读的要求·····                 | 249 |
| 二、土壤判读的方法·····                 | 250 |
| 三、航空象片的土壤判读·····               | 251 |
| (一) 裸露土体表层性状的判读标志·····         | 251 |
| (二) 耕作土壤的判读标志·····             | 253 |
| (三) 自然土壤的判读标志·····             | 255 |
| (四) 土壤侵蚀的判读·····               | 257 |
| (五) 彩色象片和非摄影航空图象在土壤判读中的应用····· | 258 |
| 四、卫星图象的土壤判读·····               | 258 |
| (一) 卫星图象土壤判读的特点·····           | 258 |
| (二) 土壤类型判读标志举例·····            | 259 |
| (三) 卫星图象土壤制图精度和比例尺问题·····      | 259 |
| 第五节 城乡居民地判读·····               | 260 |
| 一、居民地类型的判读·····                | 260 |
| 二、城市航空象片判读纲要·····              | 262 |
| 三、城市用地分类·····                  | 265 |
| 四、居住区住房质量和人口估计·····            | 268 |
| 五、工业区图象的识别·····                | 270 |
| (一) 工业类型的判读标志·····             | 270 |
| (二) 仓库、堆栈储存能力的研究·····          | 274 |
| 六、城市交通研究·····                  | 274 |
| 七、城市环境评价·····                  | 275 |
| (一) 水污染·····                   | 276 |
| (二) 空气污染与城市气候·····             | 276 |
| (三) 城市环境结构与环境质量分析·····         | 277 |
| 第六节 土地利用及土地覆盖判读·····           | 280 |
| 一、概述·····                      | 280 |
| 二、土地利用与土地覆盖分类系统·····           | 281 |
| 三、土地利用判读实例·····                | 283 |
| (一) 航空象片土地利用判读·····            | 283 |

|                        |     |
|------------------------|-----|
| (二) 卫星象片土地利用判读·····    | 287 |
| 四、土地信息系统·····          | 291 |
| 思考题·····               | 293 |
| 第七章 遥感数据的自动识别·····     | 295 |
| 第一节 自动识别技术系统·····      | 295 |
| 一、数字计算机系统·····         | 295 |
| 二、模拟计算机系统·····         | 296 |
| 第二节 图象识别·····          | 296 |
| 一、图象自动识别的数学方法·····     | 297 |
| (一) 概率统计·····          | 297 |
| (二) 语言结构识别·····        | 297 |
| (三) 模糊数学·····          | 298 |
| 二、概率统计的分类方法·····       | 298 |
| (一) 非监督分类·····         | 300 |
| (二) 监督分类·····          | 302 |
| 思考题·····               | 307 |
| 附录 实习内容·····           | 308 |
| 实习一 地物光谱特性的测定·····     | 308 |
| 实习二 多波段摄影·····         | 310 |
| 实习三 遥感影象的增强(一)·····    | 312 |
| 实习四 遥感影象的增强(二)·····    | 313 |
| 实习五 航空象片的立体观察·····     | 314 |
| 实习六 高差量测·····          | 315 |
| 实习七 象片转绘·····          | 316 |
| 实习八 航空象片的地貌判读·····     | 318 |
| 实习九 航空象片的地质判读·····     | 319 |
| 实习十 图解法量测岩层产状·····     | 319 |
| 实习十一 航空象片的植被与土壤判读····· | 321 |
| 实习十二 航空象片的野外综合判读·····  | 322 |
| 实习十三 陆地卫星图象的判读·····    | 322 |
| 主要参考文献·····            | 324 |

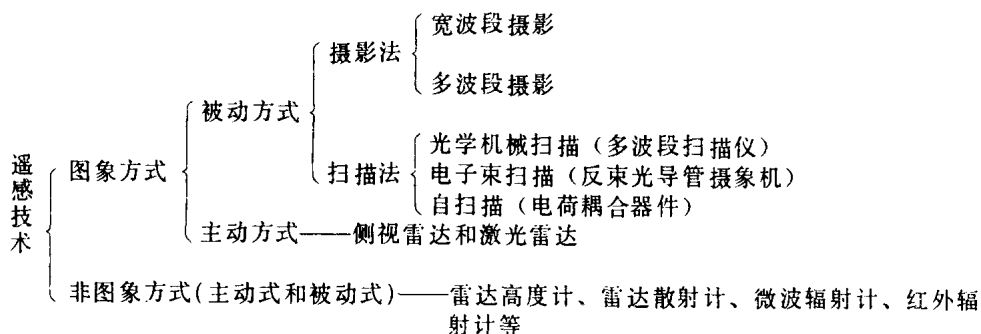
# 绪 论

遥感技术是本世纪60年代蓬勃发展起来的一门新兴的综合性探测技术，它是在航空摄影的基础上发展起来的。近几十年来，随着空间技术、电子技术和计算机技术的发展，遥感技术已成为一种先进的实用的综合探测手段，被广泛应用于农业、林业、地质、地理、海洋、水文、气象、环境监测、地球资源勘探及军事侦察等各个领域。

## 一、遥 感 的 概 念

遥感 (Remote Sensing) 就是遥远感知事物的意思，也就是不直接接触目标物 和 现象，在距离地物几公里到几百公里、甚至上千公里的飞机、飞船、卫星上，使用光学或电子光学仪器（称为传感器）接收地面物体反射或发射的电磁波信号，并以图象胶片或数据磁带记录下来，传送到地面，经过信息处理、判读分析和野外实地验证，最终服务于资源勘探、动态监测和有关部门的规划决策。通常把这一接收、传输、处理、分析判读和应用遥感信息的全过程称为遥感技术。遥感之所以能够根据收集到的电磁波信息来判读地面目标物和现象，是因为一切物体，由于其种类、特性和环境条件的不同，而具有完全不同的电磁波的反射或发射辐射特征。因此，遥感技术主要是建立在物体反射或发射电磁波的原理基础之上的。

遥感技术的分类方法很多。按电磁波波段的工作区域，可分为可见光遥感、红外遥感、微波遥感和多波段遥感等。按被探测的目标对象领域的不同，可分为农业遥感、林业遥感、地质遥感、气象遥感、海洋遥感和水文遥感等。按传感器的运载工具的不同，可分为航空遥感和航天遥感两大系统。航空遥感以飞机、气球作为传感器的运载工具，航天遥感以卫星、飞船或火箭作为传感器的运载工具。目前，一般采用的遥感技术分类法如下表所示：首先按传感器记录方式的不同，把遥感技术分为图象方式和非图象方式两大类；然后，根据传感器



工作方式的不同,把图象方式和非图象方式再分别分为被动方式和主动方式两种。被动方式是指传感器本身不发射信号,而是直接接收目标物辐射或反射的太阳辐射;主动方式是指传感器本身发射信号,然后再接收从目标物反射回来的电磁波信号。

## 二、遥感的特点

遥感是从空中利用传感器来探测地面物体性质的现代技术,它有许多特点。

1. 探测范围大 航摄飞机的飞行高度可达10km左右,陆地卫星的轨道高度达到910km左右。由于飞得高,观测的面积就广阔。例如每张陆地卫星图象覆盖的地面范围达到3万多平方公里,约相当于我国海南岛的面积。我国只要600张左右的陆地卫星图象就可以全部覆盖。在宇宙飞船上,甚至可以把半个地球拍在一张象片上。这就为人们展示了一种极为宏观的景象,对于地球资源及环境要素的分析极其有利。

2. 获得资料的速度快、周期短,能反映动态的变化 以往进行实地测绘地图,要几年、十几年甚至几十年才能重复一次。应用航空摄影测量方法以后,也要数年才能重复测量一次。而卫星绕地球运转,能迅速获得所经地区的各种自然现象的最新资料。以陆地卫星-1、2、3为例,每18天可以覆盖地球一遍;若两颗陆地卫星同时运行,则每隔9天可以覆盖地球一遍,并且是连续进行观测的。因此,利用遥感技术以后,地图的更新周期可以大大缩短,一些地区自然现象的动态变化也能很快反映出来,并及时作出预报。

3. 受地面条件限制少 对于自然条件恶劣、地面工作难以开展的地区,如高山、冰川、沙漠、沼泽等地,或因国界限制不易到达的地区,用遥感,特别是航天遥感方法,则比较容易获得资料。

4. 手段多,获得的信息量大 遥感技术可以根据不同的目的和任务,选用不同的波段和不同的遥感仪器,取得所需的信息。现代的遥感技术不仅能利用可见光波段探测物体,而且能利用人眼看不见的紫外线、红外线和微波波段进行探测。不仅能探测地表的性质,而且可以探测一定深度的海底。可见光的蓝绿光波段,对水体有一定的穿透深度;用波长较长的微波雷达探测冰层,可以穿透冰层而到达冰层下面的地面或水体。微波波段还具有全天候工作的能力。遥感技术获得的信息量十分庞大,以陆地卫星多光谱扫描图象为例,一幅图象所含的信息量就有 $7.58 \times 10^6$ 个。

5. 成本低、收益大 美国发射一颗陆地卫星,包括地面设备在内,平均每年耗资为2500—5000万美元,然而所得经济效益估计每年可达数十亿美元。

6. 用途广 遥感技术已经广泛应用于农业、林业、地质、地理、海洋、水文、气象、测绘、环境保护和军事侦察等许多领域。

### 三、遥感技术的应用

#### (一) 农、林业方面的应用

在农业方面,利用遥感技术可以识别各类农作物,计算其种植面积,并根据作物生长情况估计产量。如美国利用卫星遥感资料对世界小麦产量进行估算,精度达90%。这种大面积的估产对于国际贸易、储运、加工等都有重要意义。在作物生长过程中,可以利用遥感技术分析其长势,及时进行灌溉、施肥和收割等,当农作物受灾时,可以及时预报。

在林业方面,利用遥感技术可以清查森林资源、监测森林火灾和病虫害。我国在云南腾冲地区的航空遥感试验中,曾根据对航空象片判读分析,估算出该地区的森林面积和蓄积量。火灾是林业的大敌,据统计,世界各地每年发生森林火灾多达20万起,损失森林资源约千分之一。利用航空红外遥感技术,不仅能预报已燃烧起来的烈火,而且可以探测到面积小于0.1—0.3m<sup>2</sup>的小火情,还能及时预报由于自燃尚未起火的隐伏火情。利用卫星遥感,一次就可探测到数千平方公里范围内所发生的林火现象。遥感技术在我国扑灭大兴安岭特大林火中起了很大的作用。

遥感技术在土地资源和土壤调查中也获得广泛应用。如伊朗通过卫星象片分析,找到了3%的可耕地。

#### (二) 地质、矿产方面的应用

遥感技术为地质研究和勘查提供了先进的手段,可为矿产资源调查提供重要依据与线索,对高寒、荒漠和热带雨林地区的地质工作提供有价值的资料。特别是卫星遥感,为大区域甚至全球范围的地质研究创造了有利的条件。

常规的地质勘查工作都是从点、线观测着手,待汇集大量的资料后才能描述一个地区的地质特征,进而进行分析研究。利用遥感资料就可以首先从分析研究地区的遥感资料入手,然后有重点地选择若干点进行野外观测与验证。这样,不仅大大减少了野外工作量,节省人力、物力,还加快了速度,提高了精度。这对区域地质填图是特别适宜的。

在地质构造研究方面,由于遥感图象具有广阔的视域,逼真的影象,真实地反映了各种地质现象间的关系,因此,利用遥感图象进行地质构造分析,常能发现地面常规工作不能发现的地质构造,尤其是对于第四纪松散沉积物覆盖下的一些隐伏构造,反映得相当清晰。

遥感技术在矿产资源调查方面的应用,主要是根据矿床成因类型,结合地球物理特征,寻找成矿线索或缩小找矿范围,通过成矿条件的分析,提出矿产普查勘探的方向,指出矿区的发展前景。例如通过对吉林省陆地卫星图象的分析,曾发现铜矿的分布与线性构造密切相关,对开发这个地区的铜矿有重要意义。

在工程地质勘测中,遥感技术主要用于大型堤坝、厂矿及其他建筑工程地址的选址和道路选线,以及由地震、暴雨等造成的灾害性地质过程的预测等方面。例如,山西大同某电厂

选址、京山铁路改线设计等,由于从遥感资料的分析中发现过去资料中没有反映的隐伏地质构造,通过改变厂址与选择合理的铁路线路,在确保工程质量与安全方面起了重要作用。在水文地质勘测中,则利用各种类型遥感资料(尤其是红外摄影、热红外扫描成像),查明区域水文地质条件,富水地貌部位,识别含水层及判断充水断层。如美国在夏威夷群岛,用红外遥感方法发现200多处地下水出露点,解决了该岛所需淡水的水源问题。

此外,利用遥感技术还可进行火山活动的监测、地震活动的调查、沙丘移动的研究等。

### (三) 水文学和水资源研究方面的应用

遥感技术既可观测水体本身的特征和变化,又能对其周围的自然地理条件及人类活动的影响提供全面的信息,为深入研究自然环境与水文现象之间的相互关系,进而揭露水在自然界的运动变化规律,创造了有利条件。又由于卫星遥感对自然界环境动态监测远较常规方法全面、仔细、精确,且能获得全球自然环境动态变化的大量数据与图象,这对于研究区域性的水文过程,乃至全球性的水文循环、水量平衡等重大水文课题更具有无比的优越性。因此在陆地卫星广泛的实际应用中,水资源遥感已成为最引人注目的一个方面,遥感技术在水文学和水资源研究中已发挥了重大作用。在美国陆地卫星的40多项应用项目中,水文学和水资源方面所得的收益首屈一指,其中减少洪水损失和改进灌溉二项就占陆地卫星应用总收益的41.3%。

遥感技术在水文学和水资源研究方面的应用主要有:水资源调查、水文情报预报和区域水文研究。

利用遥感技术不仅能确定地表江河、湖沼和冰雪的分布、面积、水量和水质,而且对勘测地下水资源也是十分有效的。在青藏高原地区,经对遥感图象判读分析,不仅对已有湖泊的面积、形状修正得更加准确,而且还新发现了500多个湖泊。我国利用陆地卫星资料分析计算地表水资源的研究工作已先后在山西、浙江、内蒙古等地取得进展。这对无资料地区的地表水资源调查有实际应用意义。

水文情报的关键在于及时准确获得各有关水文要素的动态信息。以往主要依靠野外调查及有限的水文气象站点的定位观测,很难控制各要素的时空变化规律,在人烟稀少、自然环境恶劣的地区,资料更难取得。而卫星遥感技术则能提供长期的动态情报。国外已利用遥感技术于旱情预报、融雪径流预报和暴雨洪水预报等方面。遥感技术还可以准确确定产流区及其变化,监测洪水动向,调查洪水泛滥范围以及受涝面积和受灾程度等。

在区域水文研究方面,国外已广泛利用遥感图象绘制流域下垫面分类图,以确定流域的各种形状参数、自然地理参数和洪水预报模型参数等,使水文学中的自然地理综合法具有更坚实的理论基础和更高的实用价值。此外,通过对多种遥感图象的判读分析,还可进行区域水文分区、水资源开发利用规划、河流分类、水文气象站网的合理布设、代表流域的选择以及水文实验流域的外延等一系列区域水文方面的研究工作。

#### (四) 海洋学研究中的应用

海洋约占地球表面积的71%，是一个巨大的资源宝库。可是由于技术条件的限制，许多洋区目前仍是“禁区”，至今尚有1/3洋区在相当大的程度上是未知区，而通过遥感技术则可以达到海洋的未知区，为海洋科学的发展提供先进的研究手段。

遥感技术已被成功地应用于海面温度、盐度、海冰、海流、波浪和潮汐等海洋学各要素的测量，以及海岸带地质地貌调查、海涂资源调查、海岸线长度量算、海岸动态变化探测、河流与海洋相互作用研究、海岸带资源开发研究等方面。我国有关部门和单位，已在江苏、山东、浙江、上海等省市的海岸带调查，以及长江、黄河、钱塘江等河口研究和沿岸工程选址方面的工作中取得了成效。此外，遥感技术对海洋大面积的实时探查，为预报和侦察鱼群提供了巨大的可能性。美国加利福尼亚渔业公司已利用遥感图象信息，直接发现和监视海洋鱼群的回游路线，用于指导渔业生产。

#### (五) 环境监测方面的应用

目前，环境污染已成为一些国家的突出问题。利用遥感技术可以快速、大面积监测水污染、大气污染和土地污染以及各种污染导致的破坏和影响。近些年来，我国利用航空遥感进行了多次环境监测的应用试验，对沈阳、长春、大连、太原、青岛、天津等城市的环境质量和污染程度，进行本底分析和评价，包括城市热岛、烟雾扩散、水源污染、绿色植物覆盖指数以及交通量等的监测，都取得了重要成果。国家海洋局组织的在渤海湾海面油溢航空遥感实验中，发现某国商船在大沽锚地违章排污事件，以及其他违章排污船二十艘，并作了及时处理，在国内外产生了较大影响。实践证明，遥感技术在海洋环保执法管理中是一项非常有用的手段。

#### (六) 地理学研究中的应用

遥感技术作为地理学研究现代化手段之一，不仅能迅速获得大量丰富的第一手地理信息和数据，而且能科学地、准确地、及时地提供分析成果；不仅能提供局部地区的信息，而且能获得全球的信息。这就为地理学从定性到定量、从静态到动态、从局部到整体、从过程到模式的深入研究提供了重要条件。

当前地理信息系统的建立是地理学发展的一个方向，地理信息系统包含地理资料的采集和存贮、地理系统分析和模拟，以及最后结果的输出三部分。大量的社会经济统计资料、自然地理各要素的资料、各种地图及航空、航天遥感资料，都是不可缺少的信息源。把这些信息按照标准化的编码与地理坐标贮存于电子计算机，由电子计算机管理，就便于在国土整治、流域开发、城乡建设、环境保护等部门适时加以运用。

#### 四、遥感技术的发展概况和动向

“遥感”一词是1962年美国海军科学研究局的布鲁伊特 (E. L. Pruitt) 首先提出的。以后, 通过美国海军科学研究局、美国科学院和美国科学研究委员会联合主办的并由密执安大学威洛·莱恩 (Willow Run) 实验室具体负责的一系列科学讨论会、研究会及其他出版物的广泛传播, 才使“遥感”这一术语得到推广和科学界的承认。

近几十年来, 遥感技术获得了迅猛的发展。它作为一种从宇宙空间探测地球的空间探测技术, 至今已经历了航空遥感和航天遥感两个阶段。

航空遥感是随着摄影技术的发展而发展起来的。1839年发明了摄影技术。1840年, 摄影技术首次应用于绘制地形图。1858年, 法国摄影师从气球上拍摄了巴黎的鸟瞰图。1860年, 美国人从630 m高的气球上成功地拍摄了波士顿市的一些地区。1903年飞机问世, 1909年首次从飞机上进行空中摄影。1913年, 在维也纳举行的国际摄影测量学会会议上, 开普顿·塔迪沃 (Captain Tardivo) 发表的一篇论文首次描述了用飞机摄影绘制地图的问题。

1924年, 曼内斯和戈道夏伊发明了多层彩色胶片。1937年, 乔治·戈达德首先拍摄了彩色航空象片。

1940年, 以美国麻省理工学院为中心的小组接受委托进行了识别伪装的研究, 制成了新型的哈迪分光光度计, 可以测到直至1 100 nm的光谱反射率。其后, 又发明了伪装探测胶片 (彩色红外胶片), 这种胶片对识别伪装、探测农作物病虫害有独特的作用。在第二次世界大战期间, 对雷达开展了大规模的研究工作, 到50年代, 研制成了机载侧视雷达系统, 并广泛应用于军事侦察和资源勘察工作。

20世纪60年代, 开始把多波段摄影实际应用于航空勘测上。在早期阶段, 采用的是带有光谱滤光片的多台摄影机。1962年, 莫斯科测绘学院研制成一架九镜头摄影机, 可以同时进行九种不同胶片——滤光片组合的摄影。1963—1965年, 很多实验型的多波段摄影机研制出来了。60年代中期, 美国宇航局开始对多波段摄影机的用途进行了多种目的 (包括地质、森林、农业和海洋) 的试验。在70年代初, 根据红外扫描仪的基本原理, 发展了多波段扫描仪, 目前这种仪器的波段数目已从4个发展到24个, 涉及的波长范围从紫外、可见光到红外波段。

1957年, 苏联发射了第一颗人造卫星, 开创了航天遥感发展的新时期。美国宇航局在60年代发射了“雨云”、“泰罗斯”等气象卫星和“双子座”、“阿波罗”等载人宇宙飞船, 获得了世界上第一批地球卫星象片。60年代中期开始研制地球资源卫星和各种遥感仪器, 还对地物光谱特征、遥感图象数据处理和分析判读技术等做了大量的基础理论研究工作。在经过长期的准备以后, 于1972年7月发射了第一颗地球资源技术卫星 (后改为陆地卫星-1), 专门从事地球资源遥感。1975和1978年, 又发射了陆地卫星-2和陆地卫星-3, 上述三颗陆地卫星所带传感器为4波段扫描仪和反束光导管摄像机。1982和1984年又相继发射了陆地卫星-4和陆地卫星-5, 星载仪器除4波段的多光谱扫描仪外, 还有7波段的专题制图仪 (TM), 空间分辨率已提高到30 m。此外, 美国还于1973年发射了“天空实验室”, 1978年发射了一颗专门

用于海洋研究的“海洋卫星”。后者主要携带各种微波传感器,实现了合成孔径雷达的星载化,空间分辨率为25 m。根据发回的大量数据表明,它们不仅可以用来测量全球海洋动力学及其物理特征,而且对陆地的各种现象,如地质构造、土地利用等也很有价值。

苏联、西欧和日本等对发展航天遥感也非常重视。苏联从60年代后期相继发射的“联盟”、“东方”系列宇宙飞船和“探测器”以及“礼炮”等自动星际站,用航空摄影机拍摄了一批地球表面象片,开始发展地球资源遥感。1973年底,“联盟”12号和13号宇宙飞船用多波段摄影机拍摄了苏联第一批多波段象片,后来又利用“流星”号气象卫星进行地球观测。1977年发射了一颗“地球资源及海洋勘测卫星”,采用的多波段扫描仪,其分辨率为80 m。西欧各国组成的欧洲空间局于1977年11月发射了第一颗气象卫星,1983年它和美国宇航局合作发射了“空间实验室”。法国于1975年制定了一个“SPOT”<sup>\*</sup>计划,即地球观测实验系统计划,然后于1986年2月成功地发射了SPOT卫星。该卫星带两台推帚式扫描仪,采用电荷耦合器件(CCD),空间分辨率为10 m和20 m。日本于1977年发射了一颗同步气象卫星GMS-1,计划于80年代发射6颗地球观测卫星,其中有3颗海洋观测卫星、2颗陆地卫星和1颗重磁测地卫星。

一些发展中国家,如墨西哥、泰国、伊朗、巴西等国,为了发展民族经济,也结合本国的特点,发展遥感技术。这些国家主要是利用美国陆地卫星资料,发展遥感技术的应用。

我国幅员辽阔,资源丰富,自然环境复杂,不少地区人烟稀少,交通困难,长期以来资源情况不清。用常规方法进行地面调查,时间长,费用高,有些地方还难以到达,更无法掌握大范围内的动态变化。因此,遥感技术在我国有着广阔的应用前景。我国的遥感技术起步较晚,但自70年代以来,发展迅速,而且已由航空遥感发展到航天遥感。1970年以来,我国先后发射成功19颗人造卫星,其中9颗科学技术和实验卫星与遥感有关。1975年11月我国发射的卫星在正常运行之后按计划返回地球,获得象片质量良好。1978年发射的“尖兵一号”卫星,专用于科学考察,携带精密的摄影机,在空间运行4天之后,带着丰富的遥感资料返回地面。1985年10月,我国成功发射并回收的科学探测和技术试验卫星,以国土资源调查为主要目的,提供的黑白和彩色红外象片,很受用户重视。不久的将来,我国将发射自己的地球资源卫星。我国的有关部门还积极研制机载和星载传感器,如现在我国已能制造多种型号的红外扫描仪,有些型号的性能已接近国外水平。我国科学院电子研究所已于1979年研制成功了合成孔径侧视雷达,并参加了国内一些航空遥感试验,获得国内首批侧视雷达图象,填补了我国遥感技术中的一个空白。我国还研制成功了多种图象处理设备,如假彩色合成仪、密度分割仪、图象处理计算机等。与此同时,还积极引进美国的陆地卫星遥感资料(图象和磁带)、外国遥感仪器和图象处理设备,并在各个部门得到广泛应用。我国的遥感卫星地面站已于1986年12月建成,目前可以接收美国陆地卫星的信息。经试运行获得的图象,可分辨清地面30 m大小的物体。地面站的落成,对于我国环境和资源调查、国土整治规划、地质勘探、农作物估产等有着广泛的应用价值。这个地面站经扩展后,还可接收处理法国SPOT卫星

<sup>\*</sup> SPOT为法语“Systeme Probatoire d'Observation de la Terre”之缩写,其意为“地球观测实验系统”。

和其他资源卫星的信息，其图象分辨率将更高。过去几年，我国还在农业、林业、海洋、地质、石油、环境监测等方面积极开展遥感试验，并取得了丰硕的成果。

最近几年，在遥感技术的应用领域中，发展了地学编码遥感影象、以影象为基础的地理信息系统和微处理机图象处理技术等新的遥感技术。目前，遥感分析正从单一遥感资料分析，向多时相、多数据源（包括非遥感数据）的信息复合综合分析过渡；从资源与环境静态分布研究，向动态过程监测过渡；从资源与环境的动态监测，向预测、预报过渡；从对资源与环境的定性调查、系列制图，向计算机辅助的数字处理、定量自动制图过渡；从对各种事物与过程的表面现象描述，向内在规律分析、计量探求过渡。

未来的10年，空间遥感技术将朝着实用化、商业化、国际化方向发展。一些政府组织和私人公司将在过去25年技术成就的基础上，建造并发射第三代遥感卫星系统。新一代卫星，原则上将考虑到系统的兼容性、技术的互补性及数据的连续性，并将具有高空间分辨率、高光谱分辨率的特点。从传感器讲，将以采用电荷耦合器体（CCD）及微波成像技术作为实用基础，给遥感技术应用带来新的突破。谱象合一的成像光谱技术以及一些智能化的传感器，也将在今后十年受到重视并发展。从数据采集上讲，各种卫星将运行在150 km到3 600 km的低、中、高轨道上，形成从可见光、红外、热红外到微波波段的多层次的立体交叉的遥感覆盖能力。从性能价格比上讲，鉴于航天飞机可重复利用，又具灵活机动、发射费用低、效率高等特点，今后将直接作为平台或发送手段，从而使航天遥感的性能价格比大大提高。

预计到80年代末，全世界将有20个跟踪、接收以陆地卫星和 SPOT 卫星为主的资源卫星地面站，以及数以千计的各种类型的气象卫星接收站，提供业务服务。各种接收站的数据，可能利用通讯卫星系统或其他现代通讯和计算机技术，形成高速率的全球数据网络，使数据采集、分发和分析应用形成有机的联系，从而形成遥感信息资源的全球共享，达到实用目的。

### 思考题

1. 什么叫遥感？遥感有哪些特点？
2. 遥感技术有哪些主要用途？
3. 当前国内外遥感技术的发展水平如何？将来遥感技术的发展趋势如何？

# 第一章 遥感的物理基础

## 第一节 电磁辐射与电磁波谱

遥感的理论基础就是物体的电磁辐射。电磁辐射是能量传播的一种形式。被动遥感系统中的主要辐射源是太阳，太阳辐射出的电磁波能量穿过大气层到达地表，被地物吸收、透射，一部分被反射后又经大气吸收、散射到达传感器，被记录成遥感资料和图象。此外，所有温度高于绝对零度的物体也都向外发射电磁辐射。所以电磁辐射是传感器与远距离物体之间联系的环节。

遥感技术得以实现的基础就是不同地物具有不同的吸收、反射和发射电磁辐射的能力。

### 一、电磁辐射的基本特性

#### (一) 波动性

19世纪70年代，英国物理学家麦克斯韦根据前人对电场和磁场的研究成果，建立了系统的电磁场理论。这种理论把电磁辐射说成是以光速( $c$ )运行的正弦谐波(图1-1)。从一个波的波峰到另一个波峰的距离为波长( $\lambda$ )，单位时间内通过空间某一固定点的波数为波的频率( $f$ )。

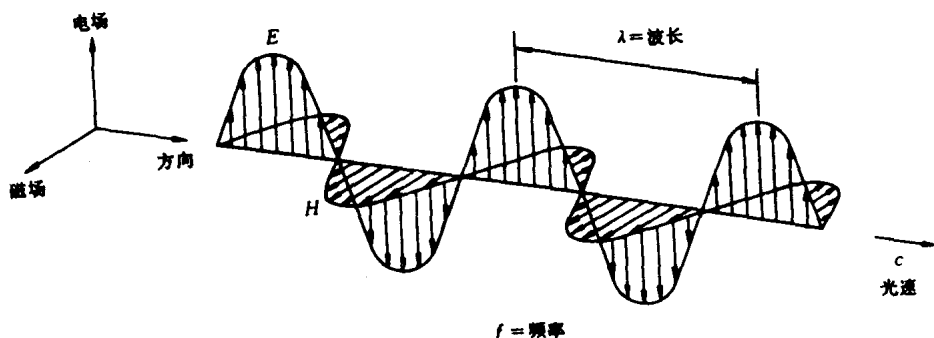


图 1-1 电磁波

波的一般方程为

$$c = f\lambda \quad (1-1)$$

$c$  为常数 ( $3 \times 10^8 \text{ m/s}$ ), 对任何一个给定的波来说, 频率  $f$  和波长  $\lambda$  成反比。