

# 遥感与非遥感地质信息 复合应用中的计算机处理

谭海樵 余志伟 著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

COMPUTER DATA PROCESSING  
FOR INTEGRATION OF  
REMOTE SENSING AND NON-REMOTE SENSING  
GEOLOGICAL INFORMATION

TAN HAIQIAO YU ZHIWEI

GEOLOGICAL PUBLISHING HOUSE

## 内 容 提 要

针对遥感与地理信息系统技术在地质领域复合应用中遇到的实际问题,本书首先全面论述了各类实用地质信息的基本特征。并在此基础上,重点讨论了遥感与非遥感信息复合应用中的计算机处理方法,为常用的图形、图像软件之间的信息沟通提供了一系列实用型接口软件。用于复合处理的全部数据类型及格式的转换皆以目前通用的 386/486 微机为工作平台,并能在 DOS 操作系统下直接运行。为确保复合成果的实用性,本书以专门章节讨论了西文状态下的中文注记、输出及已有中文数据的转换问题,其中还包括了非 DOS 系统下的汉字注记问题,书中附有用 FORTRAN 语言编写的相关源程序。作为狭义的遥感、非遥感信息复合处理,本书除讨论地质模型的建立等常规方法外,还特别讨论了用三元超曲面样条函数进行信息转换的问题。

本书适用性广、实用性强,主要面向包括遥感地质在内的各类地质专业的研究生、本科生。也可供已有计算机应用基础知识的地质工作者以及环保、农林、土地管理等从事遥感应用研究的科技人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

遥感与非遥感地质信息复合应用中的计算机处理 / 谭海

樵, 余志伟著. — 北京: 地质出版社, 1995. 1

ISBN 7-116-01819-0

I. 遥... I. ①谭... 余... II. 地质-遥感图象-信息  
处理-计算机应用 N. P628

中国版本图书馆 CIP 数据核字(94)第 16202 号

### 地质出版社出版

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑: 白铁

\*

河北省地矿局测绘印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本: 787×1092 1/16 印张: 9 字数: 205000

1995 年 1 月北京第一版 • 1995 年 1 月第一次印刷

印数: 1—600 册 定价: 10.00 元

ISBN 7-116-01819-0

P · 1440

## 前 言

随着计算机技术的迅猛发展,以地理信息系统为代表的多元信息复合技术已发展为应用地质学领域中的一个重要分支。大量资料表明,遥感与地理信息系统相互支持、共同发展,已成为遥感与 GIS 技术发展必由之路。但要真正实现将遥感作为 GIS 的信息源和数据更新手段,还有大量的工作要做。从软件角度看,许多大型软件是从属于一定的硬件环境的,在许多微机上不能普遍使用;再者目前的软件功能虽强大,也不可能无所不包,特别对于特殊目的的处理而言,往往要广采百家软件之长,再加上自编软件,才能完成特定要求。换言之,商用软件往往是非个性化的,很难适用于特殊领域的处理,更不用说对于许多未知领域的探索,根本无现成软件可用。对于现有软件,当然是要充分利用的,问题在于各种软件的数据格式不统一(事实上也无法统一);有些软件虽有外部数据接口(如 dBASE 系列数据库),但这些接口要在这些软件环境下才能使用。从严格意义讲,各种数据(信息)是互不兼容、缺乏沟通的,这是影响计算机技术发挥优势的主要障碍。

本书的主要目的就是考虑在 DOS 系统平台上,将各种数据(信息)沟通起来,为读者使用各种现成软件、自编软件,以及为遥感与非遥感地质信息的计算机复合处理提供一个基础。全书共分六章,第一章为绪论,简述遥感非遥感信息复合技术的基本内涵及其必要性。第二、三两章讨论遥感地质信息的基本特征和信息提取方法。第四章首先阐述了一些常用软件、处理系统的数据结构,在此基础上针对各种结构编制数据格式转换程序,以达到在各种软件系统之外,或将特定格式的数据转换成 DOS 平台下的数据,或将 DOS 平台数据完成特定操作后再写入到特定软件系统中去的目的。考虑到中文注记的特殊性和必要性,本书用独立的一章(第五章)讨论了不同西文软件环境下的各种汉字注记问题,并附有相关实用源程序。最后一章着重讨论了信息复合的各种方法及应用实例,着重介绍了用三元超曲面样条函数进行信息转换的方法。本书附有较多实用程序,但更重要的是为读者提供一个观察、分析数据结构和软件结构的方法和思路。事实上,借助 PCTOOLS、DEBUG 等工具,读者自己也可观察这些数据结构和软件结构,并自行编制相应程序。所以,当掌握了这些方法和思路后,读者将会感到在自己面前,所有数据结构乃至软件结构都是透明的,产生一种“豁然开朗”的感觉,由此加强自己随心所欲操纵使用各种软件的自信心。

由于作者是从事多年数学地质、遥感地质的计算机应用工作者,手边有的也大多是地质资料,故涉及到的数据、软件大都是与地质、遥感有关的,但这并不妨碍其它专业的计算机工作者将其用于自己的研究领域。事实上,与地质专业是一个多学科综合专业一样,地质信息的计算机处理也是一个涉及面十分广泛的领域;就信息来源而言,有数字的、非数字的,非数字类中有文本的、图形的、图像的;输出信息形式也是如此,光图形就有二维(如等值线)、三维(如立体图)等等。作者就遇到许多软件,用于其它领域可作十分漂亮的图件,但用于地质信息处理则无能为力。原因十分简单,地质学是以整个地球作为研究对象的,地质体数据之多、形态之复杂令人咋舌不已。反之,若将可用于地质信息处理的软件用于其它领域,则往往得心应手。所以,从这个意义上讲,本书的内容是具有普遍性的;从方法上讲,则更是如此。

本书得到煤炭院校优秀青年科学基金和煤炭系统留学回国人员科技基金的资助;在本

书撰写过程中得到中国矿业大学地质系和分析测试中心的大力支持；中国科学院地质所邵兴亚、张绍宗同志协助审校及出版事宜；戎辉和孙永战同学为书稿的打印、排版付出了辛勤的劳动，在此一并致以诚挚的谢意。

限于作者水平，书中疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正。

作者一九九四年九月于中国矿业大学

# 目 录

## 前言

### 第一章 绪论 (1)

- 一、遥感非遥感地质信息复合处理的基本内涵 (1)
- 二、遥感非遥感信息复合处理的研究现状与发展趋势 (2)
- 三、现有信息复合处理技术的优势与不足 (2)

### 第二章 遥感地质信息的基本特征 (3)

- 一、遥感地质信息的成像方式 (3)
  - (一) 摄影成像 (3)
  - (二) 数字扫描成像 (5)
  - (三) 雷达成像 (6)
- 二、遥感地质信息的几何特征 (6)
  - (一) 中心投影成像 (6)
  - (二) 全景扫描成像 (8)
  - (三) 测视成像 (9)
- 三、遥感地质信息的图像特征 (11)
  - (一) 比例尺 (12)
  - (二) 灰度值 (12)
  - (三) 反差 (13)
  - (四) 分辨率 (13)
- 四、数据格式 (13)
  - (一) 模拟图像类 (13)
  - (二) 数字图像类 (14)
  - (三) 其它类 (15)

### 第三章 遥感地质信息的提取 (16)

- 一、遥感图像的几何特征 (16)
  - (一) 系统几何畸变及其校正 (16)
  - (二) 随机几何畸变及其校正 (21)
- 二、遥感图像的辐射校正与波段的选取 (22)
  - (一) 系统辐射畸变及其校正 (22)
  - (二) 波段的选取 (23)
- 三、基础影像图的制备 (24)

四、专题信息的提取	(25)
(一) 目视解译法	(25)
(二) 自动分类法	(26)
五、遥感图像中原数据的提取	(26)
 第四章 地质信息通用格式的转换	 (35)
一、非遥感地质信息的基本特征	(35)
(一) 数字型地质数据的基本特征	(35)
(二) 非数字型地质数据的基本特征	(36)
二、数据格式转换的基准	(36)
(一) 公用平台的统一	(36)
(二) 数据格式的统一	(37)
三、常用软件涉及的文件结构和数据格式	(37)
(一) dBASE—FoxBase—FoxPro 系列数据库	(37)
(二) Grapher 系列绘图软件的文件结构	(38)
(三) pcARC/INFO 的基本结构与数据格式	(39)
(四) TIFF 文件基本结构	(41)
(五) 地震勘探记录 SEG—Y 格式的文件结构和数据格式	(43)
四、非遥感数据格式的转换	(44)
(一) dBASE 系列数据库文件与 DOS 平台文件的相互转换	(44)
(二) DOS 通用格式文件向 pcARC/INFO 格式文件的转换	(49)
(三) 地震记录 SEG—Y 格式数据向 DOS 数据文件的转换	(51)
(四) TIFF 文件格式的转换	(52)
(五) 不同格式图像文件间的转换	(56)
 第五章 数据处理中的特殊问题——汉字注记	 (58)
一、汉字库的结构	(59)
(一) 点阵库结构	(59)
(二) 矢量库结构	(59)
二、在 Grapher 中标注汉字	(61)
(一) SYM 形式调用汉字	(61)
(二) DAT 形式调用汉字	(70)
三、在 C 语言中标注汉字	(77)
四、pcARC/INFO 中的汉字注记	(85)
(一) 点阵汉字的转换	(85)
(二) 矢量汉字的转换	(89)
(三) 手书汉字的输入及转换	(100)

(四) 汉字的生成与调用	—————	(101)
(五) 实用效果的对比	—————	(103)
五、AUTO CAD 中的汉字注记	—————	(105)
(一) 图层方式或命令组方式	—————	(105)
(二) DXF 文件方式	—————	(105)
(三) LISP 语言方式	—————	(105)
(四) 直接数字化方式	—————	(106)
(五) 字符集方式	—————	(106)
六、VAX/VMS 系统下的汉字注记	—————	(106)
(一) 实用数据的传输与转换	—————	(106)
(二) 字库传输方式	—————	(107)
(三) 矢量汉字的注记	—————	(107)
(四) 隶书汉字的注记	—————	(107)
 第六章 遥感非遥感地质信息的计算机复合处理	—————	 (108)
一、复合的基础	—————	(108)
(一) 地理坐标的配准	—————	(108)
(二) 数据类型的统一	—————	(109)
二、不同类型数据之间的相互转换	—————	(109)
(一) 矢量型数据向栅格型数据的转换	—————	(109)
(二) 栅格数据的矢量化	—————	(118)
三、复合处理方法	—————	(119)
(一) 多元数据统计分析	—————	(119)
(二) 曲面样条函数插值	—————	(119)
四、应用实例	—————	(124)
(一) 遥感与重力异常数据复合处理在徐淮地区找煤预测中的应用	—————	(124)
(二) 用三元超曲面样条函数进行时空转换	—————	(124)
 英文摘要	—————	 (129)
参考文献	—————	(131)
图版	—————	(132)

# CONTENTS

Preface

Chapter 1 Introduction ..... (1)

1. Fundamental Concepts of Integration of Remote Sensing and Non—Remote Sensing Geological Information ..... (1)
2. Present Situation and Tendency of Researches on Data Integration ..... (2)
3. Advantages and Disadvantages of the Present Data Integration Techniques ..... (2)

Chapter 2 Basic Features of Remote Sensing Geological Information ..... (3)

1. Imaging Styles of Remote Sensing Geological Information ..... (3)
  - 1) Photograph ..... (3)
  - 2) Digital Scanning ..... (5)
  - 3) Radar Imaging ..... (6)
2. Geometrical Features of Remote Sensing Geological Information ..... (6)
  - 1) Central Projection ..... (6)
  - 2) Panoramic Scanning ..... (8)
  - 3) Side—Looking Imaging ..... (9)
3. Imagery Features of Remote Sensing Geological Information ..... (11)
  - 1) Scale ..... (12)
  - 2) Grey Values ..... (12)
  - 3) Contrast ..... (13)
  - 4) Resolution ..... (13)
4. Data Formats ..... (13)
  - 1) Analogical Imagery ..... (13)
  - 2) Digital Imagery ..... (14)
  - 3) Others ..... (15)

Chapter 3 Extract of Remote Sensing Geological Information ..... (16)

1. Geometrical features of Remote Sensing images ..... (16)
  - 1) Systematically Geometric Distortion and its Correction ..... (16)
  - 2) Random Geometric Distortion and its Correction ..... (21)
2. Radiometrical Correction of Remote Sensing Images and Band Selection ..... (22)

1)Systematically Radiometrical Distortion and its Correction .....	(22)
2)Band Selection .....	(23)
3. Preparartion of Fundamental Image Map .....	(24)
4. Extract of Thematic Information .....	(25)
1)Visual Interpretation .....	(25)
2)Automatic Classification .....	(26)
5. Extract of the Primary Data from Remote Sensing Images .....	(26)
 Chapter 4 Conversation of Geological Information to DOS Common Format .....	(35)
 1. Basic Features of Non—Remote Sensing Geological Information .....	(35)
1)Digital Geological Data .....	(35)
2)Non—Digital Geological Data .....	(36)
2. Standard for Data Format Conversation .....	(36)
1)Common Interface .....	(36)
2)Common Data Format .....	(37)
3. File Structures and Data Formats of Common Used Softwares .....	(37)
1)dBASE—FoxBase—FoxPro DataBase .....	(37)
2)Graphics Software Grapher .....	(38)
3)Basic Structure and Data Format used in pcARC/INFO .....	(39)
4)Basic Structure of TIFF Files .....	(41)
5)Structure And Data Format of SEG—Y Format Records used in Seismographic Exploration .....	(43)
4. Format Conversation of Non—Remote Sensing Data .....	(44)
1)Mutual Conversation of dBASE and DOS Files .....	(44)
2)Conversation of pcARC/INFO Files to DOS Common Format .....	(49)
3)Conversation of SEG—Y Format Seismographic Records .....	(51)
4)Coversation of TIFF Files .....	(52)
5)Conversation of Images with Different Formats .....	(56)
 Chapter 5 Special Problem in Data Processing — Chinese Annotation .....	(58)
 1. Structures of Chinese Character Libraries .....	(59)
1)Dot—Character Library .....	(59)
2)Vector—Character Library .....	(59)
2. Chinese Annotation in Grapher .....	(61)
1)Call in SYM Form .....	(61)
2) Call in DAT Form .....	(70)
3. Chinese Annotation in Programming Language C .....	(77)

4.	Chinese Annotation in pcARC/INFO .....	(85)
1)	Conversation of Dot—Chinese—Character .....	(85)
2)	Conversation of Vector—Chinese—Character .....	(89)
3)	Input and Conversation of Handwritten ChineseCharacter .....	(100)
4)	Generation and Call of Chinese Characters .....	(101)
5)	Comparison of Application Results .....	(103)
5.	Chinese Annotation in AutoCAD .....	(105)
1)	Using Layer or SCR Files .....	(105)
2)	Using DXF Files .....	(105)
3)	Using LISP .....	(105)
4)	Direct Digitalization .....	(106)
5)	Using Font Files .....	(106)
6.	Chinese Annotation in VAX/VMS Operating System .....	(106)
1)	Transmission and Conversation of Used Data .....	(106)
2)	Transmission of Chinese Character Library .....	(107)
3)	Annotation of Vector—Chinese—Characters .....	(107)
4)	Annotation of Handwritten Chinese Characters .....	(107)
Chapter 6	Data Integration Processing of Remote Sensing and Non—Remote Sensing Geological Information .....	(108)
1.	Basis of Integration .....	(108)
1)	Match of Geographic Coordinates .....	(108)
2)	Standardization of Data Types .....	(109)
2.	Mutual Data Conversation of Different Types .....	(109)
1)	Conversation of Vector—Type Data to Raster—Type .....	(109)
2)	Conversation of Raster—Type Data to Vector—Type .....	(118)
3.	Integration Methods .....	(119)
1)	Multi—Verible Statistical Analysis .....	(119)
2)	Interpolation Using Surface Splines .....	(119)
4.	Applications .....	(124)
1)	Integration of Remote Sensing and Gravity Data applied to Coalfield Prediction in Xuzhou—Huaibei Area .....	(124)
2)	Coversation of TimeData to Spacial Data Using 3—Variable Hyper— Surface Splines .....	(124)
	<b>Abstract</b> .....	(129)
	<b>References</b> .....	(131)
	<b>Plates</b> .....	(132)

# 第一章 绪论

面对瞬息万变的信息时代，世界许多国家，特别是发达国家已把发展信息产业、建设“全球信息高速公路”视为一项重要的发展战略。与此相适应，我国也根据国情，提出了“信息国道”的计划并已经付诸实施。信息本身作为一种资源，已经被卷入市场经济的大潮。充分开发利用现有信息资源，并不断开辟新的信息源，已引起包括地质学界在内的各界人士的广泛关注。从早年的多种地质手段的综合利用，到各类遥感平台的投入运行，就是最明显的例证。而且有越来越多的资料表明，许多新矿产地的发现往往并不取决于某一种单一手段的投入，而是取决于对各种已有资料的综合评价，甚至是基于对老资料的重新评价。就地质学而言，有史以来的全部地质调查对地质体所取得的认识，相对于地质体本身时空来讲，可以说都是微不足道的。无论是最原始的路线地质调查，还是现代的遥感地质调查，无论是目视为依据的检测方法还是现代化的测试手段，都只不过是获取了地质体的某一方面的局部信息。即使是将已有的检测手段全部都投入到某一地质体的调查，也难以真正认识其全貌。正是在这个意义上，多源地质信息的复合应用就显得格外重要。

## 一、遥感与非遥感地质信息复合的基本内涵

简而言之，研究地质体的所有手段分为两大类：遥感与非遥感。前者系指经过“遥感感知手段”获取地质体的间接信息，本书中指摄影成像与扫描成像之类的探测方法，但不包括地球物理勘测。而非遥感手段，即是指各种传统地质调查手段，从地面地质调查到钻探、坑探、化探、物探等调查手段及各种模拟实验及微观测试手段的应用。

所谓遥感非遥感地质信息的复合处理，实质上就是将从研究对象获取的所有信息全部纳入统一的时空体系内所进行的综合评价。包括不同遥感信息之间，不同非遥感信息之间以及遥感与非遥感地质信息之间的综合分析及评价。换句话说，就是将从不同侧面、用不同手段得到的同一地质体的信息，皆视为统一地质体的不同表征。而复合应用的本质，则是要找出其内在规律，即最能反映地质体本来面貌的基本特征。比如，对一个矿山的认识，从普查到勘探，直至开采结束，也不能说有了全面的认识。信息复合应用只是为尽可能全面掌握现有资料，并在此基础上揭示其本来面目或预测其展布规律，提供一个有力的工具。

为实现上述目标，遥感非遥感地质信息复合处理的基本内涵应包括：

原始数据的收集；

数据类型与格式的统一；

数据的复合处理。

比较而言，上述第二项任务的工作量最大。数据类型与格式的统一在这里起着承上启下的重要作用，它是原数据与复合处理之间的重要“桥梁”。所以本书将以较大的篇幅来讨论有关数据类型及格式转换的问题，对于上述第一项任务，书中将着重介绍遥感、非遥感两大类地质信息的基本特征，作为收集原始数据的参考。至于数据的复合处理，各类数学地质统计及地质模型建立方法皆已得到很大的发展，故本书只将重点放在有关矢量数据的曲面样条函数插值处理方法的讨论，对多元数据的统计分析只作一般介绍。

## 二、遥感与非遥感信息复合处理的研究现状与发展趋势

随着时间的推移，人们对我们赖以生存的地球的认识正在不断深化，这一方面要感谢新理论、新方法的不断提出，另一个方面就是得益于信息复合技术的应用。如果说在 40 年前，广阔的中国大地上还有许多地质调查的处女地的话，那么现在几乎可以说是走向了另一个极端，过剩的地质工作者面对的是一片几乎过剩勘测过的大地。与此同时，还有许多资源卫星正在几百公里的高空时时刻刻地在探视着我们的地球。来自遥感成像系统的信息量正以百万兆计与日俱增。其中许多波段是在传统地质手段无法达到的非可见光波段区。就是没有这些卫星的存在，积几十年、上百年地质工作所形成的各种文档资料也多得令人目不暇接。如果说我们正生活在一个信息爆炸的时代也不为过，对地质学界尤其是这样。

近期发表的文献资料清楚地表明，正是在上述形势下，遥感（RS）与地理信息系统（GIS）技术都在沿着各自的固有方向飞速发展的同时，借助于日臻成熟的全球定位系统（GPS）技术，逐步朝着相互融合的方向迈进。一方面，遥感数据的信息量和精度皆在不段提高，另一方面，与 GIS 相关的软、硬件技术正在高速度地不断优化。各类地质信息的专业化、定量化和智能化水平的提高和上述 3S 技术的发展正在促使遥感和地理信息技术的不断融合。遥感、非遥感信息复合的应用研究，已成为促进遥感和地理信息系统技术发展的重要手段。其核心就在于为合理开发利用已有各类信息提供一个有力的工具。就研究的内容而言，遥感、非遥感信息复合的应用研究，已非常接近于美国环境系统研究所邓格蒙所提出的空间信息系统（SIS），因为所有地质信息都是在三维空间分布的。

## 三、现有地质信息复合技术的优势与不足

自 60 年代卫星遥感技术进入实用阶段以来，遥感技术本身已有了长足的进步，无论是信息量还是工作波段，无论是几何分辨还是波谱分辨皆有了很大的提高。已发射和计划发射的遥感卫星参数充分表明了这一点。与此同时，GIS 技术与遥感技术互为补充相辅相成，也得到长足的进步，相应的软件已得到迅猛发展，国内外开发的各种 GIS 软件已达近百种之多。同时各类输入、输出设备的性能也在不断提高。所有这些都为遥感非遥感信息复合应用提供了良好的外部条件。

与此同时，人们也注意到，在软件保护等因素的制约下，遥感与遥感信息之间、非遥感与遥感信息之间乃至不同的数据处理软件之间数据互不兼容，难以沟通，已成为影响其技术优势发挥的一大障碍。另一方面，现有各种版本的 GIS 软件有一个共同的不足之处，即其图形处理功能较强，但应用遥感信息的图像处理功能相对较弱。这一不足已为广大 GIS 和遥感地质工作者所公认，并正在为弥补这一缺陷进行各种努力，以期实现遥感与 GIS 的集成化，即把遥感作为 GIS 的信息源和数据更新手段。

此外，国内开发的中文环境下的地理信息系统，往往因使用汉字操作系统而占用了宝贵的内存资源；而国外开发的软件，如 pcARC/INFO 等，功能较强，颇受用户的欢迎，但又因中文注记问题而影响到其优势的发挥。至于其它多种手段获得的地质信息，更是载体不同、格式各异。要真正实现多元地质信息的沟通，当务之急，就是能够将所有各类信息的纳入统一的信息之中，即使之具有彼此可以兼容互通的数据格式，而所有这些正是本书的宗旨所在。

## 第二章 遥感地质信息的基本特征

如前所述,90年代的遥感技术,无论是在成像技术方面,还是在图像处理技术的实用化、智能化方面,皆会有一个迅猛的发展。在地理信息系统中各类地学信息的更新方面,遥感地质信息更是起着其它技术手段所无法替代的重要作用。单就地表信息的空间定位和实时变化的确定而言,遥感地质信息也是一种不可缺少的手段。随着“全球信息高速公路”的逐步开通,国家“经济信息国道”的投入运行,对遥感信息的需求量必将大增。而影响遥感信息在“信息高速公路”上运行的主要障碍将不是“信息高速公路”的运载能力,也不是遥感地质信息的采集,真正影响遥感信息发挥其快速、经济、信息量大等多方面优势的发挥的,恰恰是遥感地质信息本身的种种限制。由于遥感成像机理、成像几何等诸多因素的制约,直接从遥感平台获取的或是仅仅经过传统方法进行预处理的遥感地质信息,还无法满足在“信息高速公路”上运行的需要,甚至在不同类型的遥感地质及信息之间也无法直接进行数据的传输、调用。世界科学联合会国际数据委员会(CODATA)在1986年就多卫星专题制图方法问题提出的报告就是一个典型的例证。基于上述,本书在全面讨论各类遥感、非遥感地质信息的复合处理技术之前,拟在本章里,着重讨论各类遥感地质信息的基本特征。现按成像方式、成像几何、波谱特征及数据格式的顺序分述如下:

### 一、遥感地质信息的成像方式

如所周知,地球表面遥感信息的成像技术的发展可以回溯到相机发明的1893年。航空摄影成像技术一直延续至今。到本世纪的60年代,在成像技术方面取得的一大突破,就是航空多光谱扫描技术,尔后又研制了侧视雷达成像技术,直到1972年陆地卫星升空之后,卫星成像技术才投入实用,并广为人知,以至卫星成像几乎成了遥感成像技术的代名词。迄今为止,随着半导体和计算机技术的迅猛发展,遥感成像技术亦随之得到飞速发展。为了便于讨论,现将遥感地质成像方式分为数字式与模拟式两大类,并将各种相关成像方式列入表2-1。

表2-1清楚地表明无论遥感平台位于什么位置,就其成像方式而言,大致可分为两大类:即摄影成像和数字扫描成像。除此之外,还有电视摄像成像方式。

#### (一) 摄影成像

如果把相机的发明作为摄影成像技术的起点的话,那么摄影成像至少已有百年的历史。单就成像方式本身而言,似

表 2-1 常见遥感地质信息成像方式一览表

成像方式 波段	模拟	数字
可见光	地面摄影 航空摄影	机载多光谱扫描 光机式星载多光谱扫描
红外	超高空摄影	光电式星载多光谱扫描
微波	侧视雷达 合成孔径雷达	机载合成孔径雷达 星载合成孔径雷达

乎并没有什么重大突破，整个成像系统亦然是由相机和胶片构成的。其成像平台的升高，乃至在无人操作的情况下自动拍照，丝毫也未触及及其成像几何、成像波谱等基本特征。在可以预见的将来，其成像机制也不会有什么本质上的改变，而且仍不失为一种采集遥感地质信息的有效手段。

表 2-2 主要摄影成像产品基本特征对比一览表

片种		对应波段 ( $\mu\text{m}$ )	特点	备注
黑白	常规 (全色)	0.4~0.7	成本低廉、便于获得,主要用于地形图调绘,地质调查	远不及彩色照片可视性强,地物目标分辨性差等
	红外	0.7~0.9	反映的是太阳辐射热能 • 空间分辨率较高 • 水陆界线清晰 • 植被差异易于区分	
	紫外	0.3~0.4	提取可见光区段以外的紫外的信息,可用于特定目标的验测,如原油(油膜)、碳酸盐等	反差小(模糊),分辨率低
彩色	标准彩色	0.4~0.7	• 真实反映地物目标的原有色彩,与人的视觉习惯一致 • 分辨能力大大提高	成本高
	彩红外	0.5~0.9	• 较黑白红外更易于识别地物目标 • 对植被的差异性易于辨认 • 对水体、陆地易于区分 • 间接指示地下的岩石和土壤特性 • 病虫害的预测预报	增加地质信息量(如对岩石识别)
多波段		0.4~0.6 0.6~0.7 0.7~0.9	• 多镜头同时成像 • 为用户提供更多选择自由(信息源扩大) • 可由黑白图像制备假彩色合成片	地面分辨率并未提高,但成本大幅度上升

尽管早期的摄影成像是以可见光波段(0.4-0.7 $\mu\text{m}$ )为主要成像区段,而且常规摄影所指的成像波段也是指可见光波段。但实际上,一部分紫外(0.3-0.4 $\mu\text{m}$ )和红外(0.7-0.9 $\mu\text{m}$ )皆可用于摄影成像。因此,用作摄影成像的遥感区段应为0.3-0.9 $\mu\text{m}$ 的波长区,除非像在阿波罗计划的SO-65实验或是天空实验室(SKYLAB)中的S-190A实验那样,分别在指定波段成像。一般所说的摄影成像主要包括以下几类:

全色黑白照片:0.3-0.7 $\mu\text{m}$

标准彩色摄影：0.4—0.7 $\mu\text{m}$

红外黑白摄影：如 0.7—0.8 $\mu\text{m}$ ，0.8—0.9 $\mu\text{m}$

彩红外摄影：0.5—0.9 $\mu\text{m}$

紫外摄影：0.3—0.4 $\mu\text{m}$

就直观特征来讲，摄影成像可分为黑白、彩色两大类。由于不同摄影成像成果所对应的波段不同，且其作用各有千秋，所以皆应作为多元遥感地质信息中的一元来看待。至于片种的选取，则应视研究目的不同进行判断。基于前人的经验，表 2-2 列举了不同类型摄影成像产品的优缺点，可作选取片种的参考（表 2-2）。

## （二）数字扫描成像

早期的光学-机械扫描成像系统，可以 1972 年发射的陆地卫星一号的多波段扫描仪系统(MSS) 为代表。在 1973 年发射到轨道上的天空实验室 (SKYLAB) 计划中，也使用了此类多波段扫描仪，单就所获遥感地质信息的特征而言，此类成像系统与摄影成像的最大区别，就在于它获取的遥感信息是以数字方式记录的，数据的载体也不再是胶片或照片，而是磁带。另一个值得提出的重要区别，是其信息量远远大于摄影成像，如早期的 LANDSAT-MSS 含 4 个波段，而 SKYLAB 的多光谱扫描仪则多达 13 个波段。1981 年欧洲宇航局的 FMP 计划中使用的 M<sup>2</sup>S 多光谱扫描仪也有 11 个波段（表 2-3）。各数字扫描成像系统中皆包含了摄影遥感区之外的热红外波段，如 SKYLABOR 的第 13 波段 10.20—12.25 $\mu\text{m}$ ；LANDSAT-TM 中的 6 波段 10.4—12.5 $\mu\text{m}$ ；FMP 中的 11 波段 11.0 $\mu\text{m}$ 。

表 2-3 M<sup>2</sup>S 多光谱扫描成像系统主要技术参数（引自 Kronberg, 1985）

探视角	100°		
滚动补偿	10°		
扫描速度	10—100 条线/秒		
几何分辨率	2.5 毫弧度		
波 段	波 长( $\mu\text{m}$ )	频 带 宽( $\mu\text{m}$ )	灵 敏 度(%)
1	0.410	0.06	2.0
2	0.465	0.05	0.5
3	0.515	0.05	0.3
4	0.560	0.04	0.3
5	0.600	0.04	0.3
6	0.640	0.04	0.3
7	0.680	0.04	0.4
8	0.720	0.04	0.5
9	0.815	0.09	0.5
10	1.015	0.09	1.0
11	11.0	6.0	0.25k

考虑到多数多光谱扫描系统的资料皆可从有关手册或教科书中查到，无需赘述，在这里着重讨论影响到遥感信息复合处理的两大问题。

### 1. 数据的离散性

与摄影成像相比，多光谱扫描系统提供的遥感图像，已经不再是连续图像，而是离散图像。尽管分辨率的提高有助于提高遥感信息的可利用性，但无论如何提高其分辨率，就其记录方式而言，它为用户提供的只能是数字化离散图像，进而要求用户使用专门的数字图像处理系统才能对其进行各种处理；后面将要讨论的遥感信息处理方法也正是以数字化离散数据为对象的。

### 2. 扫描方式的差异

早期的光学-机械扫描方式中，往往由扫描镜的来回摆动来获取扫描行上的全部地表信息。无论是LANDSAT-MSS中的单向扫描还是TM系统的双向扫描，都无法摆脱由于扫描镜机械运动所引起的几何畸变，并因而引起此类系统所生成的遥感信息处理中的若干特殊问题（详见本章第二节）。只是到了80年代研制的光电扫描系统，如MOMS系统和SPOT/HRV系统，才从根本上解决了这一畸变问题。

## （三）雷达成像

80年代以来，雷达成像日益受到人们的广泛重视，无论是机载系统还是星载系统，皆已成为遥感地质的重要信源。这不只是因为其全天候工作能力，和成像能源的可控制性，工作波段微波的穿透能力也是吸引人们注意的一个重要因素。

由于雷达的工作波段位于几毫米到1m的微波段，它能记录到的信息相对传统的摄影成像和数字扫描成像来讲是全新的，并且早在五、六十年代就已经有许多卓有成效的应用实例。就图像信息的特点而言，它记录的并非反射或辐射等波谱信息。雷达成像的像元灰度值是根据回波所需的时间来记录的，尽管它的载体既有胶片也有数字磁带，但与摄影成像和数字扫描成像毫无共同之处。因而对此类图像的处理方法也不同于传统的图像处理方法，甚至图像上所看到的灰度的含义也与前两类截然不同，灰度的变化与地物目标本身的特征并非直接相关。它反映的是回波所需时间，等距离点往往有同样的灰度值。

## 二、遥感地质信息的几何特征

尽管世界各国对遥感成像系统的研制各有侧重，从而已发射或准备发射的遥感卫星等遥感成像系统型号各异、功能不同；再加上飞机及至地面遥感平台也在不断采集、存储各种各样的遥感信息，使得原来数据量就很大的遥感数据又因成像方式及其数据结构类型的不同而更加复杂化。一般地讲，我们可将各类遥感平台上的成像系统按其成像几何方式分为三大类：中心投影类、全景扫描类以及侧视成像类。比如地面摄影、航空摄影及超高空摄影成像，尽管平台类型不同，成像高度迥异，但皆属中心投影方式；同样航空多光谱扫描成像及陆地卫星MSS及TM图像又都属于全景扫描图像；至于侧视成像，主要是指在包括飞机、卫星在内的各种平台上成像的雷达系统。

### （一）中心投影成像

所谓中心投影系指以摄影镜头中心光轴与成像目标平面垂直，从而将地物目标大致垂