

GEO-SPATIAL INFORMATION SCIENCE



**G**EO-**S**PATIAL  
**I**NFORMATION  
**S**CIENCE

# 地球信息科学导论

刘湘南  
黄王 方平



吉林教育出版社

# 地球信息科学导论

刘湘南 黄方 王平

吉林教育出版社

2002

图书在版编目 (CIP) 数据

地球信息科学导论/刘湘南编. —长春: 吉林教育出版社,  
2002.11

ISBN 7 - 5383 - 4467 - 5

I. 地... II. 刘... III. 地理信息系统 - 高等学校 - 教材 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 089870 号

责任编辑: 苏志刚

封面设计: 大 印

---

出 版: 吉林教育出版社 (长春市同志街 55 号)

邮 编: 130021

发 行: 吉林教育出版社

印 刷: 吉林省吉育印业有限公司

开 本: 787 × 960 mm 1/16                      印 张: 18.25

字 数: 406 千字

版 次: 2002 年 11 月第 1 版                      2002 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 1—2000 册                                  定 价: 43.00 元

---

如有印装质量问题请直接与承印厂联系调换

# 前 言

地球信息科学是面向 21 世纪信息时代的新兴科学，是自然科学、高新技术与当代社会经济发展相适应的必然产物，通过遥感、地理信息系统、卫星定位系统、高速信息网络与虚拟现实等当代信息的综合集成，研究地球科学的复杂系统，实现可持续发展的战略目标，为建设“数字地球”提供科学储备和技术支持。地球信息科学以地球空间信息流为主要研究对象，探讨地球空间信息机理、地球空间信息图谱、地球空间信息技术等一系列理论与技术问题，以揭示地球表层系统各组成部分之间的相互作用、时空特征和变化规律，为全球变化和区域可持续发展研究服务。

近年来，随着地球空间信息技术在国民经济建设、社会发展和大众生活中的应用普及与深入，各级政府部门、事业单位、公司企业对地球空间信息技术专业人才的需求日益增加。目前，我国有近 70 所高等学校开设了地理信息系统本科专业，有近 40 所高校设有测绘工程本科专业，其中地球信息科学理论、技术方法和应用是其主要专业方向。然而，与之形成鲜明对照的是有关该专业的教材建设却相对滞后，特别是迄今为止还没有一本“地球信息科学导论”之类的书，作为该专业的入门教材，以帮助全面了解该专业的学科体系和主要研究领域。本书便是在这样的背景下编写而成的，尽管还不很成熟，却期望能够抛砖引玉。

“地球信息科学导论”全书共分七章。第一章从数字时代地球科学的发展特征入手，阐述了地球信息科学的产生背景、学科体系、研究内容与应用前景。第二章在概述地球空间信息的特征与形成机理的基础上，探讨了地球空间信息认知、解译与反演以及表达与可视化等地球空间信息科学的基础理论问题。第三章系统归纳了国内外有关海量地球空间信息标准和共享方法、技术与相应的政策法规。第四章提出了地理图形信息理论的基本思想，介绍了地球空间信息图谱的基本概念、内涵、基础理论方法和研究案例以及应用价值。第五章从地球空间数据获取和处理、地球空间信息模拟分析和辅助决策以及虚拟表达等方面，对地球空间信息技术进行了详尽的阐述。第六章在介绍地球空间信息基础设施建设背景的基础上，论述了地球空间数据协调与服务体系、地理空间基准以及地球空间数据框架等基本内容。第七章主要探讨了基于地球空间信息科学理论、技术和方法的

数字地球的构建与研究进展。

“地球信息科学导论”一书参考了国内外许多专家学者的研究成果，同时比较系统地反映了我们在现阶段对地球信息科学的研究和思考。为了对原文作者和出版单位表示感谢，也为了方便读者查阅，我们尽可能地把所引用的文献资料都列在了参考书目中。

在本书构思、写作、修改和出版的过程中，得到了许多人的帮助。东北师范大学的周占鳌教授、赵云升教授、陈春副教授对本书的结构和内容提出了许多建设性的意见；修丽娜、刘家福、任春颖、史晓霞、王静、杨桃、罗智勇等研究生帮助查阅了大量资料，并参与了部分章节内容的写作；苏志刚博士对本书进行了悉心编辑。在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，对地球信息科学这一新兴学科了解不多，加之时间紧迫，书中一定存在许多不足，恳请各位专家与读者批评指正。

刘湘南

2002年10月于长春

# 目 录

<b>第一章 地球信息科学概述</b> .....	1
<b>1.1 数字时代的地球科学</b> .....	1
1.1.1 数字时代的特征 .....	1
1.1.2 地球信息科学的兴起 .....	3
<b>1.2 地球信息科学的学科体系</b> .....	8
1.2.1 地球信息科学的定义与学科性质 .....	8
1.2.2 地球信息科学的内涵 .....	14
<b>1.3 地球信息科学的应用</b> .....	20
<b>第二章 地球空间信息理论基础</b> .....	23
<b>2.1 地球空间信息概述</b> .....	23
2.1.1 地球空间信息的概念 .....	23
2.1.2 地球空间信息的类型 .....	25
2.1.3 地球空间信息的特征 .....	26
2.1.4 地球空间信息的形成机理 .....	29
2.1.5 地球空间数据的元数据 .....	31
<b>2.2 地球空间信息认知理论</b> .....	34
2.2.1 认知的基本含义 .....	35
2.2.2 地球空间信息认知 .....	36
2.2.3 地球空间信息认知理论 .....	37
<b>2.3 地球空间信息的可视化表达</b> .....	43
2.3.1 可视化 .....	43
2.3.2 地球空间信息可视化的形式 .....	44
2.3.3 地学可视化特征 .....	47
2.3.4 地学多维图解 .....	51
2.3.5 空间数据库多重表达 .....	53
2.3.6 地理表示方法的扩展 .....	55
<b>2.4 地球空间信息的解译与反演</b> .....	56

2.4.1	遥感信息机理 .....	56
2.4.2	空间分析 .....	61
2.4.3	多源信息集成和融合 .....	63
2.4.4	地球空间数据挖掘与知识发现 .....	65
<b>第三章 地球空间信息标准与共享 .....</b>		<b>68</b>
3.1	<b>地球空间信息标准化简述 .....</b>	<b>68</b>
3.1.1	标准与标准化 .....	68
3.1.2	地球空间信息标准化 .....	69
3.1.3	地球空间信息标准的层次与内容 .....	69
3.1.4	地球空间信息标准化研究的意义 .....	71
3.2	<b>一些国家和地区的地球空间信息标准 .....</b>	<b>72</b>
3.2.1	美国国家地球空间信息标准 .....	72
3.2.2	地区性地球空间信息标准 .....	73
3.2.3	国际地球空间信息标准 .....	74
3.3	<b>国际标准化组织地理信息/地球信息专业技术委员会 .....</b>	<b>76</b>
3.3.1	工作范围与目标 .....	76
3.3.2	开展的工作及成果 .....	77
3.3.3	ISO/TC 211 与 OGC 的合作 .....	85
3.4	<b>地球空间信息共享与 GIS 互操作 .....</b>	<b>86</b>
3.4.1	地球空间信息共享与 GIS 互操作的含义 .....	86
3.4.2	地球空间数据的共享方法 .....	88
3.4.3	GIS 互操作方法 .....	91
3.5	<b>地球空间信息共享政策与立法 .....</b>	<b>95</b>
<b>第四章 地球空间信息图谱 .....</b>		<b>98</b>
4.1	<b>地理图形信息理论 .....</b>	<b>98</b>
4.1.1	地理图形信息理论概述 .....	98
4.1.2	地理图形信息机制 .....	99
4.1.3	地理图形信息理论与地球空间信息图谱 .....	101
4.2	<b>地球空间信息图谱的基本概念 .....</b>	<b>102</b>
4.2.1	图谱 .....	102
4.2.2	地学图谱 .....	104
4.2.3	地球空间信息图谱 .....	105

---

4.3	<b>地球空间信息图谱的基本原理</b> .....	111
4.3.1	地球空间认知与图形思维 .....	111
4.3.2	数据探索分析与知识发现 .....	115
4.3.3	地球空间信息图谱模型 .....	116
4.4	<b>地球空间信息图谱的应用研究</b> .....	119
4.4.1	地球空间信息图谱的应用领域 .....	119
4.4.2	地球空间信息图谱应用的经典实例 .....	120
	<b>第五章 地球空间信息技术</b> .....	123
5.1	<b>地球空间数据获取技术</b> .....	123
5.1.1	空间遥感技术 .....	124
5.1.2	全球定位系统(GPS) .....	131
5.1.3	全球卫星导航系统(GLONASS) .....	142
5.1.4	欧洲伽利略(GALILEO)导航系统 .....	146
5.2	<b>地球空间信息分析模拟技术</b> .....	151
5.2.1	地理信息系统技术 .....	151
5.2.2	空间决策支持系统 .....	162
5.3	<b>地球空间信息的虚拟表达技术</b> .....	168
5.3.1	虚拟现实的基本概念 .....	169
5.3.2	虚拟现实系统的构成 .....	175
5.3.3	虚拟现实的实现技术 .....	177
5.3.4	虚拟现实技术的发展 .....	180
	<b>第六章 地球空间信息基础设施</b> .....	182
6.1	<b>国家空间信息基础设施</b> .....	182
6.1.1	从“信息高速公路”到“数字地球” .....	182
6.1.2	国家空间信息基础设施的内容 .....	183
6.1.3	国家空间信息基础设施的发展 .....	184
6.2	<b>NSII 的网络技术基础</b> .....	187
6.2.1	互联网 .....	187
6.2.2	信息高速公路 .....	193
6.3	<b>地球空间信息服务体系</b> .....	198
6.3.1	地球空间数据服务系统 .....	198
6.3.2	地球空间数据交换中心 .....	199



6.3.3	地球空间数据协调管理机制 .....	200
6.3.4	中国国家空间信息交换中心示范网站 .....	201
6.4	<b>地理空间基础框架</b> .....	205
6.4.1	地理空间基准 .....	205
6.4.2	地球空间数据框架 .....	218
	<b>第七章 数字地球</b> .....	232
7.1	<b>数字地球概述</b> .....	232
7.1.1	数字地球的基本概念 .....	232
7.1.2	数字地球的技术系统 .....	235
7.1.3	数字地球的研究内容 .....	237
7.1.4	数字地球的实现层次 .....	238
7.2	<b>实现数字地球的核心技术</b> .....	239
7.2.1	数字地球的技术基础 .....	239
7.2.2	数字地球的关键技术 .....	241
7.2.3	地球空间数据仓库 .....	243
7.2.4	无级比例尺数据综合技术 .....	247
7.2.5	数据融合技术 .....	248
7.2.6	虚拟地球系统模型 .....	249
7.3	<b>构建数字地球的前沿技术</b> .....	251
7.3.1	数字神经系统 .....	251
7.3.2	数字地球的进化机制 .....	253
7.3.3	地学智能代理技术 .....	253
7.4	<b>数字地球工程进展</b> .....	254
7.4.1	中国数字地球建设 .....	255
7.4.2	数字中国 .....	258
7.4.3	数字农业 .....	260
7.4.4	数字流域 .....	265
7.4.5	数字城市 .....	268
7.4.6	数字交通 .....	272
7.4.7	数字国土 .....	274
	<b>参考文献</b> .....	277

# 第一章 地球信息科学概述

地球信息科学 (Geomatics, Geo-spatial Information Science, Geographic Information Science, Geo-Informatics, Earth Information Science), 又称为地理信息科学、地球空间信息科学, 是地球科学的一个重要分支学科, 是集成全球定位系统、卫星遥感、地理信息系统、信息网络、仿真与虚拟现实等众多学科的理论与技术对地球科学复杂巨系统进行综合研究的一个崭新领域。20 世纪 90 年代以来, 许多国家以可持续发展为目标, 为了加强对资源开发与环境保护的系统调控, 积极进行地球信息科学的研究, 使地球信息科学成为地球科学特别是地理科学研究的前沿领域, 因而备受关注。

地球信息科学依托计算机及其网络等相关科学和技术对地球空间信息进行认知、采集、存储、处理、模拟、传输、表达以及管理和分析, 其主要研究目标是解决这一过程中所提出的一系列基本理论问题和技术问题, 具体的研究内容包括地球空间信息特征及形成机理、地球空间信息认知与表达、地球空间信息标准与共享、地球空间信息图谱、地球空间信息技术、地球空间信息基础设施和数字地球等。

## 1.1 数字时代的地球科学

### 1.1.1 数字时代的特征

20 世纪 50 年代以来, 数字电子计算机的出现及投入使用, 预示着人类已经迈入信息社会的门槛。随着空间技术、微电子技术、信息技术和现代通讯技术等崛起, 特别是因特网的迅速兴起和普及利用, 一场信息革命的浪潮席卷全球, 信息技术正在全方位地渗入到社会各领域, 迅速改变着人类的生存方式。以互联网为代表的数字技术的发展, 使人类社会进入了数字时代 (Digital Era)。1995 年, 美国麻省理工学院尼葛洛·庞帝 (Nicholas Negroponte) 教授出版了“Being Digital” (数字化生存) 一书, 这本内容并不十分通俗的书一度非常畅销, 各行各业的人士竞相购买, 新闻媒介也纷纷评论、报道, 可见, 人类已经感受到了“数字时代”的扑面气息。这本书的封面上有一句话: “计算不再只和计算机有关, 它决定我们的生存”, 当时可能有很多人并不十分理解, 甚至觉得有些夸张。但是, 短短的几年之后, 计算机已经越来越多地进入寻常百姓家庭, 网络已经成为人们生活和工作不可缺少的重要组成部分, 人类已经切切实实地感受到了数字化无处不在, 无时不有。

随着社会信息化、信息社会化程度的不断提高,信息和计算机网络已经渗入到整个社会的生产、管理、服务和生活系统,这些对社会经济、政治、军事、文化等各个方面产生了深远的影响,也使数字化技术得到充分发展,几乎遍及每个领域。从数字地球、数字中国、数字流域、数字城市、数字校园到数字图书馆,从数字经济、数字企业到数字电视和数字相机等无一不渗透数字化技术,电子商务、电子政务、电子社区、电子教育等则是当前“数字化生存”的重要表现形式。

用数字表示模拟量,使所有的信息获得统一的数字体现,这就是数字化。数字化导致了数字信息处理、数据压缩、纠错编码、数据安全、多媒体及虚拟现实等一系列先进信息的出现,大大增强了信息服务于社会的能力。而数字化的结果还使得各种信息系统设备向小型化、微型化方向发展,原来庞然大物般的计算机缩小成为笔记本电脑,本来十分笨重的无线电移动通讯设备变成了掌中之物。

数字时代,社会发展的动力和经济发展的基础是信息,是知识,是技术。信息化已经成为世界各国为立足于新世纪民族之林而制订的首要目标。信息化是指依托于计算机与通信网络等技术而进行的以数字化、网络化、智能化和可视化为主体的全部过程。其中,数字化是基础,信息只有通过数字化后,才能运用计算机进行操作和在网络上运行,智能化与可视化才能实现。因此,数字化是信息化的核心内容。

数字是信息的载体,信息依附于数字而存在,所以说数字化是信息化的基础。已经有人指出,在当今世界,社会的基本要素不是原子而是比特。比特作为信息的 DNA,正迅速取代原子而成为人类社会的基本要素,“信息高速公路”的普及和“瞬息万变”才是数字时代信息社会的重要标志。

随着互联网的迅速发展,网络的重要性得到了越来越广泛的认识,地球文明正从物质化信息时代向数字化信息时代过渡,数字化信息时代的主要特点是:

### 1) 非物质性

由于数字化空间中最基本的元素并不是传统的物理空间的原子,而是比特,这就决定了数字化信息时代的第一个特征——非物质性。英国学者戴安·科伊尔在其专著《无重的世界——管理数字化经济的策略》中认为:“世界正越来越进入一个无重的世界,……对小型化的渴望是无重世界的特征”,“无重的产出也是非物质性的”。根据国际经合组织的估计,1990年到1996年期间,美国一美元出口的平均重量减少了一半。经济学家开始研究失重的特性,许多有价值的东西,有着越来越轻的物质重量,如计算机软件,基因编码等,其价值并不存在于空间中的3维构件中。在数字时代,人们会花钱买娱乐、式样、便利、创造性和美观等,因此出现了一批非物质的高附加值服务产业。

### 2) 超时空性

在数字化时代里,由于互联网的开发与应用,消除了时间和空间的距离,建立了一个超

时空的网络社会，即所谓的 Cyber 空间。按照计算机专家威廉姆·吉普森的说法：“全球网络有一天会被视为一件意义极为远大的东西，与城市的建立颇为相似，……全球网是超国家、超地域的。”由于互联网消除了时空距离，使得地球变成了“地球村”，远隔千山万水的人们打网络电话，发电子邮件，联络已不再有障碍。数字化信息时代的本质就在于使得时间和空间的距离几乎为零，也就使得因距离带来的摩擦系数降低，接近于零。

### 3) 可扩展性

数字化信息时代的另一个重要基本特征是：一个人使用一件非物质化的物体时，不排斥他人同时使用，这是由数据可以共享的技术特征所决定的。英国伦敦经济学院经济学教授把这种特征称之为“无限可扩展性”。正如尼葛洛·庞帝所举的例子，如果你从图书馆借了一本书，别人在你没有归还之前，就没有办法阅读它；但是如果你是从网络上借阅这本书，你可以阅读它，下载它，但这并不妨害其他任何人做同样的操作。这就是可扩展性。

综上所述，数字化、知识化、虚拟化、集成化与网络化是当今数字化信息时代的主要表现。

## 1.1.2 地球信息科学的兴起

面对 21 世纪人口的增加，能源和资源的匮乏以及环境的恶化等一系列危及人类生存和区域可持续发展的问题，地球科学的任务十分繁重。人类社会步入数字时代，社会信息化和数字化的发展方向，也对地球科学提出了新的更高的要求，有关地球科学问题的研究需要以信息科学为基础，以现代信息技术为手段，地球科学不可避免地被卷入了信息革命的大潮之中。

数字时代对地球科学提出了挑战，也带来了机遇，21 世纪的地球科学应该利用丰富的地球空间信息资源和强有力的信息技术工具，在信息科学理论和方法的指导下，对人类可持续发展的理论、方法和措施进行深入系统的研究，为人类社会的自身发展服务。

### 1) 地球信息科学产生的背景

地球信息科学的产生是当代地球科学发展的必然产物，它从准确性、宏观性和实时性等许多方面改变或提高了人类认识地球的能力，为人类作出正确的判断和决策提供了大量可靠的信息。推动地球信息科学产生、发展的主要动力有两个方面，一是现代空间定位技术、空间遥感技术、空间信息系统技术、计算机技术、现代网络及无线通讯技术等的高速发展为地球信息科学提供了强有力的技术支持；二是全球变化和社会可持续发展研究日益成为人们关注的焦点，而作为其开展研究的主要理论技术支撑的地球信息科学必然成为优先发展的领域。

#### (1) 地球信息科学产生的时代背景——社会需求

从以蒸汽机发明为标志的工业革命到以微电子技术为标志的信息革命，人类跨越时代的

脚步在不断加快；而社会和技术的这种迅猛发展，使得人类认识自然、改造自然的能力不断增强，人类自身发展与环境安全之间的矛盾日益突出，由此所引起的全球变化问题逐渐成为人们关注的焦点，可持续发展成为人与自然协调发展的目标与准则。地球是人类赖以生存的惟一家园，然而随着人类活动的世代延续，资源环境问题在更多的领域出现，造成越来越多的生态环境危机，甚至威胁到人类社会的生存，这就要求人类合理利用资源，提高资源的利用效率，统筹规划国土资源的开发和整治，控制环境污染，改善生态环境，保证人与自然的相互协调，实现可持续发展。

要达到这一目标，需要对人类的生存环境及其运动变化规律、过程机制有更深层次的认识和理解。地球是一个复杂巨系统，地球各圈层的相互作用，包括大气圈、水圈、生物圈等之间的相互关系和相互作用非常复杂，人类活动对地球的影响及其反馈机制更是复杂异常。地球科学及相关学科已经对这些关系和过程作了大量研究和探索，掌握了许多规律，取得了许多成果，这一切对人类社会发展到今天起了巨大的推动作用。然而，人类要发展，人类有更高的追求目标，这就要求人类对其自身生存环境的认识和理解需要达到一个更深的层次，更高的水准，需要用整体的观点来认识地球。地球信息科学研究的最终目的就是运用现代空间信息技术的有关理论、方法和手段，为监测全球变化和实现区域可持续发展服务。

随着人类社会步入信息时代，有关地球科学问题的研究需要以信息科学为基础，以现代信息技术为手段，否则就不能适应 21 世纪人类理解和认识地球的新需要，就不能满足人类社会发展的要求。地球科学信息化是指运用现代高新技术，如遥感、遥测、全球定位系统等手段获得数据；使用计算机、数据库、信息系统与专家系统等存储、管理和分析数据；运用光缆、通信卫星等传输数据，实现快速、大容量、高保真地获取、处理、分析、传输、存贮、管理地球空间信息的全部过程。地球科学信息化的核心是自动化、数字化和网络化。

地球信息科学的产生和发展与当今世界经济和科技的发展紧密联系在一起。一方面，现代航空航天技术、计算机技术、通讯技术的发展，为人类全面、深入、准确地认识和理解整个地球提供了科学和技术保证，是地球信息科学产生和发展的前提；另一方面，地球信息科学的迅速发展将不仅能满足知识经济时代人们对全面动态的地球空间信息的需要，而且在关系到人类社会可持续发展的诸多领域如资源、环境、生态、国土、城市规划中也将发挥重要的作用，促进社会的进步。

## (2) 地球信息科学产生的科学技术背景——学术积累

地球信息科学的产生是相关学科相互交融发展到一定阶段的必然产物。地图学、遥感、地理信息系统和全球定位系统及其相关学科的发展，为地球信息科学的建立奠定了科学技术基础，创造了条件。

①地图具有公式化、抽象化、符号化等基本性质；形象直观性、地理方位性、几何精确性等基本特点；信息传输、信息载负、地图模拟与地图认知等基本功能。

地图早已是公认的“地学第二语言”。地图学具有区域性学科与技术性学科双重性质。作为区域性学科，它的发展反映地球科学各分支学科研究的广度与深度。同时，作为各学科调查研究成果很好的表现形式与分析研究的重要手段，其发展又促进了各学科的发展。现代技术的发展实现了地图测绘与地图编制由传统手工方式向全数字化计算机制图与自动制版一体化的根本变革，并出现数字地图、电子地图等新的形式。同时一批地图进入 Internet，开始地图信息的全球共享。地图多维与动态显示、计算机自动概括、智能化专家系统等当前地图学前沿问题，正被进一步研究和开发。

②遥感是通过电磁波在空间对地表特征与地学过程进行测量而获得空间信息，并以数字或图像形式收集、传输、处理与显示这些信息的新兴学科。20世纪70年代以来，遥感技术的发展及其在地学上的应用，已在资源勘查、环境监测、气象与灾害预报、区域与城市规划、农林与水利建设等方面发挥了重要作用。目前，遥感技术已发展到多层次（空间站、多种卫星、航天飞机、飞机等）、多波段光谱、多频率雷达、多时相、全天候、高分辨率（高地表空间分辨率与高光谱分辨率，前者可达10 cm，后者可达10~20 nm）。遥感数字图像处理的软件系统和各种分析模型已具有较好的基础。尤其在遥感专题信息提取与自动分类制图、土地资源清查、热带气旋预报、洪涝灾害与森林火灾监测、水体污染及其生态环境监测等方面已有较成熟的方法。

③在计算机制图基础上迅速发展起来的地理信息系统（GIS），已被广泛应用于空间信息管理与分析的各个领域，并形成相当规模的产业。

目前种类繁多、功能多样的地理信息系统软件已达数百种之多。流行较广的有面向特征的 ARC/INFO 和面向对象的 MGE 等几十种，并广泛采用 Unix 和 Windows 等较完善的操作系统。在空间数据结构与管理、用户使用界面、数据集成与更新、空间检索、空间分析与模型建立、人工智能与专家系统及 Web GIS 等方面已积累了较多的经验，在资源清查与管理、城市与区域规划、环境监测与评价、灾害预警与损失评估等方面发挥了重要作用，已成为地球科学及其他许多相关学科的重要研究手段。

④全球定位系统（GPS）的发展带来了空间定位技术的根本变革，用 GPS 测定 3 维坐标的方法使空间定位扩展到海洋和外层空间，从静态到动态，其精度达到米级和厘米级。

另一方面，地图学、遥感、地理信息系统及全球定位系统的结合促进了地球信息科学的诞生和发展。

地图学、遥感、地理信息系统以及全球定位系统相结合是上述学科发展的共同特点与必然趋势。遥感为地图和地理信息系统提供多种类、多时相、大范围的极其丰富的地球空间信息源，为提高地图质量、加快成图速度、扩大制图范围创造了条件，也使地理信息系统实现资源与环境动态监测、数据实时更新成为可能。既然地图是地球科学观测与调查研究成果的重要表现形式和分析研究的重要手段，遥感与地理信息系统也离不开地图这样一种地球空间

信息图形传输形式、模拟与认知手段, 当今的电子地图更是地理信息系统分析结果的重要表现形式。地理信息系统则为地图深层次开发, 为编制与应用综合评价地图、动态变化地图、3 维立体地图、预测预报地图和规划决策地图提供了有利条件, 为遥感信息的分析处理与应用提供了重要的技术与方法的保证。全球定位系统也为地图测绘、遥感与地理信息系统的快速定位创造了条件, 由 GPS 与电子地图相结合的电子导航地图已在飞机、舰船与汽车中广泛使用。

飞速发展的信息技术和现代通讯网络, 正改变着我们的思维与行动方式, 一个以数字技术为特征的数字时代已经开始, 而这一切也对地球科学的研究产生了巨大的影响。随着全球定位系统、遥感、地理信息系统和互联网等现代信息科学技术的发展及其相互间的渗透, 逐渐形成了以地理信息系统为核心的集成化技术系统, 为解决区域范围更广、复杂性更高的现代地球科学问题提供了新的分析方法和技术保证; 同时, 这些现代信息科学技术的综合发展及其日益深入和广泛的应用, 最终促使了“地球信息科学”的产生。

## 2) 地球信息科学的发展历程

与地球信息科学密切相关的最早的科学术语 Geomatics, 20 世纪 60 年代后期源于法国, 并由法国大地测量和摄影测量学者 Bernard Dubussion 于 1975 年首次用于科学文献。其法文 Geomatique 自 1977 年起被各种国际法语语言组织确认。Geomatics 作为一门科学而广受重视, 特别是被英语国家广为采用, 与加拿大政府、企业界和教育界, 尤其与加拿大测绘界的大力推动密不可分。Geomatics 一词于 20 世纪 80 年代中期作为测绘、遥感和地理信息系统及其相关研究领域和机构的称谓出现。随即, 加拿大、澳大利亚、英国、荷兰、香港等国家和地区的一些高等学校的测量工程系、政府机构、杂志等出现了改名热潮。例如, 加拿大的拉瓦尔 (Laval) 大学、卡尔加里 (Calgary) 大学将其与测绘有关的系名改为 Geomatics Engineering(地球信息技术工程学系); 同时加拿大矿产资源能源部的测绘和遥感局也于 1994 年 6 月改名为加拿大地球信息技术工程署 (Geomatics Canada)。荷兰国际航空航天摄影测量与地学学院 (ITC) 于 1989 年成立了 Geo-Informatics 系, 包括航天航空数据获取与摄影测量、数字遥感、地图制图和数据库与计算机图形技术等研究方向。我国武汉大学 (武汉测绘科技大学) 也在 1988 年创建了地理信息工程专业。“地球信息科学”作为表征一门新兴学科的正式术语较早出现在 Laurini 和 Goodchild 等人的有关文献之中, 它在构词法上体现着地球科学 (Geo-Sciences) 和信息科学 (Informatics) 及其他相关科学的融合 (Fusion)。1994 年 12 月, 代表美国主要的地理信息科学研究力量的 33 所大学、研究所和美国地理学家协会代表聚会, 协议成立美国大学地理信息科学协会 (University Consortium for Geographic Information Science, UCGIS), 这标志着地球信息科学这一概念得到美国科学界的承认。

作为一个现代的科学术语, 地球信息科学的出现时间还很短。作为一门新兴的交叉学科, 人们对它的认识又有多重理解, 并出现了许多相类似但又不相同的科学名词, 如地球信息技

术 (Geomatics)、地球信息机理 (Geo-Informatics)、图像测量学 (Iconometry)、图像信息学 (Iconic-Informatics)、地理信息科学 (Geographic Information Science)、地球信息科学 (Geo-Information Science) 等。这些新的科学名词的出现, 都与现代信息技术, 如遥感、数字通讯网络、地理信息系统、空间定位技术等的发展密切相关。

已故中国科学院院士王之卓从学科发展的高度提出使用图像信息学 (Iconic-Informatics) 来概括目前所有与测绘有关的一些学科, 如摄影测量、地图制图、遥感技术等, 并认为地球信息机理 (Geo-Informatics) 所概括的内容比图像信息学更广。

地理信息系统技术的应用大大提高了人类处理和分析大量有关地球资源、环境、社会与经济数据的能力, 而地理信息系统技术及其应用的进一步发展则必须以地球信息机理理论为基础。中国科学院院士陈述彭教授在论述地理信息系统发展时强调了对地球信息基础理论的研究, 并指出地球信息基础理论的实质内容: 地理信息系统已不仅局限于物质流与能量流的信息载体, 而且包括研究地学信息流程的动力学机理与时空特征、地学信息传输机理及其不确定性 (多解) 与可预见性等, 并认为: Geo-Informatics 不同于 Geomatics, 在于这个 Info 还包括很多地学规律, 其分析模型必须以地学为基础。

Goodchild 于 1992 年提出地理信息科学 (Geographic Information Science) 的概念。地理信息科学主要研究在应用计算机技术对地理信息进行处理、存贮、提取以及管理和分析过程中所提出的一系列基本问题, 如数据的获取和集成、分布式计算、地理信息的认知和表达、空间分析、地理信息基础设施建设、地理数据的不确定性及其对于地理信息系统操作的影响、地理信息系统的社会实践等。地理信息科学的提出是地理信息系统技术及应用发展到相当水平后的必然要求, 它是在人们不再只满足于利用计算机技术来对地理信息进行可视化表达及其空间查询, 而强调地理信息系统的空间分析和模拟能力时产生的; 它在注重地理信息技术发展的同时, 还注意到了与地理数据、地理信息有关的其他理论问题, 如地理数据的不确定性、地理信息的认知以及社会对于地理信息技术实践运用的认可等。由此可见, 地理信息科学在研究地理信息技术的同时, 还指出了对于支撑地理信息技术发展的基础理论研究的重要性。

近 20 年来, “地球信息科学” 的研究工作发展迅速, 主要表现在以下几个方面:

(1) 许多国家纷纷组建相关研究机构, 学术活动日渐活跃。随着各国对地球信息科学研究的日益重视, 许多国家级的研究机构相继成立。例如, 美国于 1987 年成立了国家地理信息与分析研究中心 (National Center for Geographic Information and Analysis, NGGIA), 近年又建立了大学地理信息系统咨询委员会; 加拿大建立了地球信息科学国家中心; 我国也建立了国家基础地理信息中心、资源与环境信息系统国家重点实验室、测绘遥感信息工程国家重点实验室等。同时, 一些国际学术组织如 FIG、ISPRS、ICA 等都把地球信息科学列为其重要的发展方向, 积极推动地球信息科学的发展, 并不断组织召开以地球信息科学为主题的



国际学术会议,近年来,在美国、英国、德国、中国以及香港等国家和地区召开了多次大型的国际研讨会。

(2) 各国教育机构先后成立相关学科专业。各国都很重视地球信息科学的发展与教育,先后建立了相关的本科专业、硕士学位点和博士学位点。例如荷兰国际航空航天摄影测量与地学院(ITC)于1988年便成立 Geomatics 专业,加拿大、美国、日本以及欧洲和东南亚各国也纷纷建设相关的学科专业,我国目前大约有近 70 所高校开设了地理信息系统本科专业,近 40 所高校设置了测绘工程专业,其中地球信息科学理论、技术方法和应用是其主要专业方向。

(3) 多种国际期刊与专业书籍出版。随着地球信息科学研究的不断深入,相继出版了多种国际专业期刊,如英国的“Int. J. of Geographical Information Science”、中国海外地理信息系统协会(CPGIS)的“地理信息科学”(中英文)、德国的“Geo-Informatics”、中国科学院地理科学与资源研究所主办的“地球信息科学”等刊物。同时在我国开展地球信息科学研究的短短十几年的时间里,出版了很多专业论著,如李德仁教授的《从影像到数字地球》,承继成教授的《数字地球导论》等等。

## 1.2 地球信息科学的学科体系

### 1.2.1 地球信息科学的定义与学科性质

#### 1) 地球信息科学的定义

对于地球信息科学的确切定义,说法很多,比较典型的有如下几种:

Geomatics 是采用全面的手段,综合所有的途径来获取和管理在空间基础信息生产管理过程中的空间参考数据部分的科学与技术领域(Gagnon and Coleman, 1990)。

Geomatics 研究空间信息的结构和特点,信息获取、分类与合格化以及存储、处理、描绘、传播并确保其优化使用的基础设施的科学技术(Groot, 1991)。这里,Geomatics 被狭义地定义为用于获取有关地球状况与特征的数据信息的技术科学,是地球科学与测量学的交叉学科。

1992年加拿大卡尔加里大学测量工程系更名为地球信息工程系时,对 Geomatics 给出下述定义:

Geomatics 是指采用综合的途径,进行空间参考数据的获取、分析、储存、发行、管理与应用的现代科技词汇。它包括大地测量、地籍测量、摄影测量与测深等传统测绘领域以及遥感和空间信息系统等新领域。

加拿大能源矿产资源部的定义是:“Geomatics 是我们新名字的一部分,因为它是我们各学科的一个简单的集合词。这些学科是测量学、制图学、遥感、地图学、摄影测量学和地理信息系统。所有这些学科都与地理信息的采集、处理、解译和发布有关”。