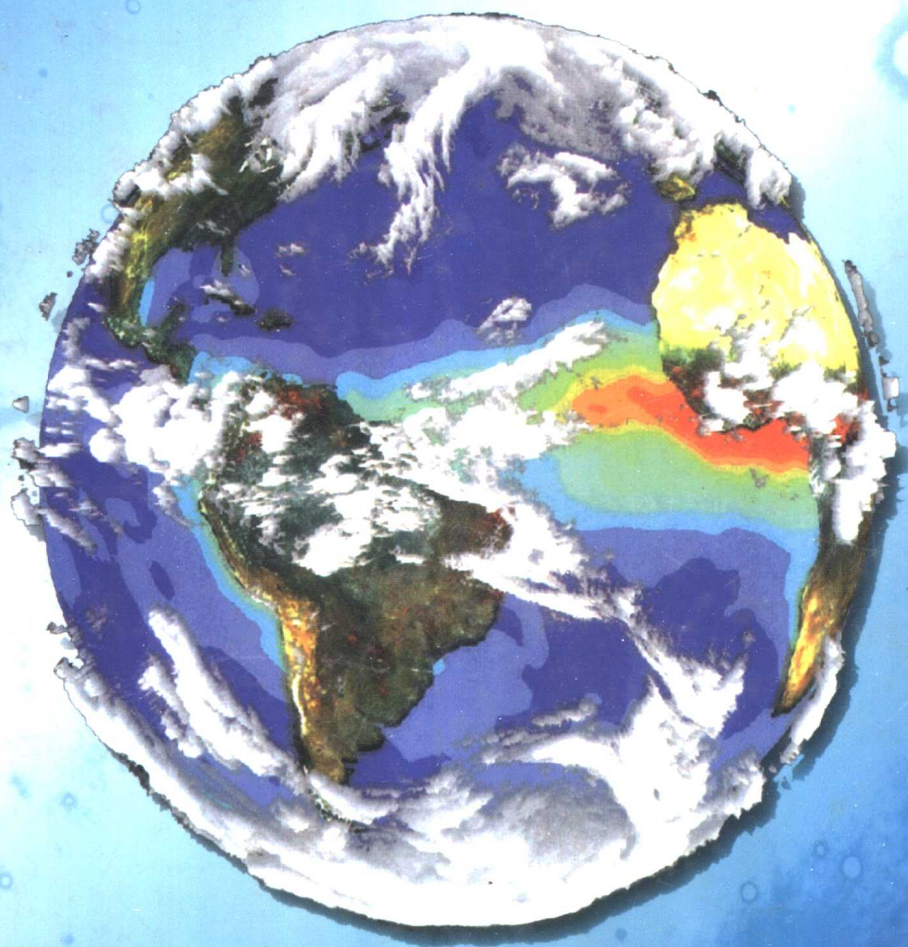


地球系统科学卷三

数字地球

——地球系统数字学

毕思文 编著



地质出版社

地球系统科学卷三

数 字 地 球

——地球系统数字学

毕思文 编著

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

地球系统科学理论构建主要取决于地球科学、科学技术与可持续发展三大背景和挑战。其意义是：21世纪，地球系统科学将以全球性及统一性的整体观、系统观和多时空尺度，研究地球的整体行为。地球系统科学理论的构建，将使人类更好地认识所赖以生存的环境，更有效地防止和控制可能突发的灾害对人类所造成的损害。

本书为地球系统科学第三卷，全面系统地介绍了数字地球的理论体系框架。数字地球是当今地球科学、信息科学、计算科学、计算机和3S技术的高度综合，是地球科学的最新分支，是21世纪地球系统科学从定性描述到定量表达的结果，它将加深对地球系统的认识，深刻地改变未来人类社会的生产和人们的生活方式。全书共12章，由基础理论、技术方法、系统工程和数字中国4部分组成。第1、2章主要介绍数字地球提出的背景、研究方法等问题；第3~8章重点介绍数字地球原型、地球系统场理论基础、数字地球物理模型、力学模型、数学模型和信息模型；第9~11章重点介绍数字地球的技术支撑和系统工程，即数字地球对地观测技术、国家空间信息基础设施、模拟仿真与虚拟现实、地球空间数据标准化问题、地理信息的互操作及Open GIS规范、数字地球的核心技术、数字地球空间数据的Metadata；第12章概要介绍了构建数字中国等内容。书后还附有数字地球国内外网站，以供参考。

本书可作为地质学、地理学、气象、海洋、国土资源等地球科学领域，以及信息科学技术、环境科学、生命科学、农业、林业、水利、交通、城市规划、区域管理等有关科研、企事业单位的科技工作者和高等院校师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

数字地球/毕思文编著. -北京:地质出版社, 2001.10

ISBN 7-116-03464-1

I. 数… II. 毕… III. 数字地球-研究 IV. P

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第068748号

责任编辑: 郝梓国 宫月萱 周 健 刘淑春 任保良 王 璞

责任校对: 李 玫 关风云

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路29号, 100083

电 话: 82324508 (邮购部); 82324572 (编辑室)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

电子邮箱: zbs@gph.com.cn

传 真: 010-82310759

印 刷: 中国科学院印刷厂

开 本: 787 × 1092¹/₁₆

印 张: 56.25

字 数: 1350千字

印 数: 1—700

版 次: 2001年10月北京第一版·第一次印刷

定 价: 120.00元

ISBN 7-116-03464-1/P·2213

(凡购买地质出版社的图书, 如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行处负责调换)

序

自 1998 年春，美国前副总统戈尔提出“数字地球”的战略口号以来，引起了各国许多政治家和科学家的密切关注，发表了一系列有关“数字地球”的科普文章和论著。但是，从地球系统科学的深度和高度，比较全面地阐述“数字地球”的理论、方法与技术问题的专著，尚不多见。捧读中国科学院遥感应用研究所毕思文教授的大作，令人耳目一新。

“数字地球”战略是美国率先提出的，实施最卖力的自然也是美国。21 世纪的前夕，美国先后发射了伊克诺斯卫星和奋进号宇宙飞船，获取甚高分辨率的的对地观测数据，覆盖了地球表面赤道及中纬地带将近 80%，并为此重组了美国国家影像制图局（NIMA——National Imagery Mapping Agency），集中人力物力，快速测绘大比例地图，建成数据库。接着，区域导弹防御系统（NMD）就出笼了。可见“数字地球”绝不是儿戏——只是为了小女孩参观虚拟博物馆的技术！

中国政府领导人和科学家们明察秋毫，高瞻远瞩，洞悉“数字地球”的本质，它是一柄双刃剑，既可以成为霸权战争帮凶；也可以为维护世界和平效力。于是在 1999 年末，在北京召开了“数字地球”国际学术会议，郑重发表了《北京宣言》。呼吁“数字地球”必须由世界各国共同参与，共建共享，才能为全球化经济和地区可持续发展提供信息服务，以信息化推进发展中国家的工业化和现代化进程。登高一呼，群峰响应，得到了加拿大等 20 多个国家和地区代表的积极支持，组成国际常设委员会和秘书处，并决定 2001 年第二届“数字地球”国际学术会议 6 月在加拿大召开。

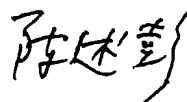
究竟“数字地球”如何才能为全球化经济繁荣和区域可持续发展信息服务呢？见仁见智，理解不尽相同。政府部门和产业部门，比较侧重于信息基础设施（SDI 或 NSDI）的建设，于是“数字中国”、“数字流域”、“数字省区”和“数字城市”等等工程计划，应运而生，以适应电子政府和电子商务等办公自动化和规划、管理与决策的社会需求。而科研单位和大专院校的专家们，则着眼于地球系统科学研究，特别是全球尺度的分析。涉及海洋、气象、气候变迁、地震、洪涝、飓风等灾害报警，土地退化和荒漠化防治，以及初级生产力测算、碳循环、臭氧层、厄尔尼诺现象、环境质量评估、资源和能源的再分配、区域经济重组等诸多应用领域，都希望通过“数字地球”获取有效的信息。事实上，无论从全球尺度或者从区域尺度去建设“数字地球”的数据仓库，建立应用模型都是必要的，都是很有应用价值的基础性工作，两者相辅相成，缺一不可。

更深层次的“数字地球”的理论研究，则是从地球系统科学的角度去看待“数字地球”，属于地球信息科学的范畴。其中包括多方面的内涵：一是以对地观测的海量数据为依托，加深对复杂的地球巨系统的认识，推导有关地球动力学模型，包括对数字地球原型、地球系统场论、地球物理模型、地质热力学模型等机理的诠释；二是探讨与“数字地球”有关的核心技术，涉及海量数据存储与处理、高速网络、分布式空间数据仓库、数据

融合、多媒体显示、仿真与虚拟等等问题的解决方案；三是依托“数字地球”的海量数据仓库，进行数据挖掘与知识发现，通过“数字地球”的地学信息模型、空间分析、信息图谱方法等等，剖析地球系统各圈层之间的相互作用与影响。

毕思文教授地学造诣和数字方法与计算技术功底都很深厚，在这部高度集成的专著中，针对地球这一复杂巨系统中上述不同层次与不同尺度的理论、方法与应用问题，竭忠尽智、旁征博引、纵横驰骋、反复推敲，知难而进，的确是难能可贵的和令人钦服的壮举。但是，由于《数字地球》所触及的领域太广，涉及的难点很多，虽然已达上千页的篇幅，仍难以毕其功于一役！“数字地球”的理论探讨与应用问题的研究，任重而道远，海内外关心“数字地球”战略的有志之士，如果能从这部专著中得到启迪，举一反三，推陈出新，让“数字地球”为社会经济可持续发展做出更多的贡献，为人类造福，则正是大家所殷切企盼的！

中国科学院院士



2001年5月世界地球日

前 言

地球系统科学理论的构建主要取决于三大背景和挑战。首先是地球已有 460Ma 的演化历史。从科学探索的开始,人类就寻求有关地球更多的知识。人类对地球的开发、利用、探索研究活动由来已久。在很久以前,人们已认识到地球是一个圆球,并以此来预报日蚀、月蚀。公元前 3 世纪, Eratosthenes 通过比较相距 800km 的两个地方中午的太阳光入射角度,估算出了地球的圆周。16 世纪,哥白尼日心说使得对地球及其在宇宙中的位置有了相当准确的描述。好奇心和经济活动驱使人类奔赴世界各地,很多国家的航海家在全球航行,并对地球进行测量。17 世纪,牛顿建立了加速度与特定力的关系方程式,从而阐明了包括地球转动、月潮和日潮在内的行星动力学。18 世纪,富兰克林研究了大气电,并确定了电流的路径;赫顿建立了地质过程的时间尺度,并推断了地球内部热机的存在。19 世纪初叶,莱伊尔地质史建立了一个动力学研究方法,达尔文将莱伊尔的方法与生物变化的原始观测相结合,建立了生物进化论。20 世纪初,魏格纳提出了大陆漂移学说。由于上述背景,以及物理、化学和数学方面的新思想的飞速发展,使 20 世纪成为对地球进行定量研究的发展阶段。

其次,地质学、地理学、气象学、海洋学和生态学等都有着悠久的学科历史。然而迄今对地球的研究,多是针对地球的某一组成部分门类别地进行着,形成了各种专门学科,并带有各自门类特色的传统研究方法及知识体系。仅在 10 余年前,科学家才普遍认识到必须把地球作为一个由相互作用着的各个子系统——主要是地核、地幔、岩石圈、大气圈、水圈、生物圈(包括人类社会)组成的地球系统来研究,只有如此,才能真正深化对地球的研究,才能回答一些人类所面临的一系列地球行为的重大问题。这样一种眼界和观念的转变,标志着从传统地球科学观念向地球系统科学的转变。这种转变的实现有双重背景,一是地球科学各分支的深入发展拓宽了人类的思路;二是 40 年来空间技术和信息科学的突飞猛进开扩了人类的眼界,大大地提高了人类认识地球的能力。综上所述我们既可看到地球科学从传统地球科学脱胎的印迹,又可以体察到 20 世纪末和 21 世纪的今天正处于地球科学发生飞跃和突破的前夕,而地球系统科学将正是这个突破口。从研究对象、研究方法和要解决的问题诸方面看,地球系统科学与传统地球科学相比,具有许多全新的特色和更高的层次,是 21 世纪最受人们重视的新兴科学之一。

最后,怎样对待可持续发展是全世界共同关心的重大问题,也是人类生存与自然的基本矛盾,更是地球科学面临的挑战。当前,人类正面临着一系列前所未有的重大而紧迫的全球环境问题:人口爆炸、土地荒漠化、资源短缺、环境污染加剧、“温室效应”与全球变暖、臭氧屏蔽的破坏、森林锐减和物种加速灭绝、淡水资源短缺等,这些均成为人们的热门话题。从科学角度看,这些紧迫的环境问题实质上是地球多圈层组成的统一系统,即地球系统多圈层相互作用产生的。可以预见,21 世纪将是人类明智地管理和维护地球的新纪元。

地球系统科学理论构建的意义是：21 世纪，地球系统科学将以全球性和统一性的整体观、系统观和多时空尺度，研究地球系统的整体行为。地球系统科学的突破性发展，将使人类更好地认识赖以生存的环境，更有效地防止和控制可能突发的灾变对人类所造成的损害。

作者自 1991 年以来，从事地球系统科学理论的探索研究，试图构建地球系统科学理论体系。研究内容主要有：地球系统的非线性和复杂性、结构和构造、物质组成、力学过程、行星地球、生物演化、地理、大气、海洋、全球变化、对地观测技术、数字地球、人类活动、资源、环境、灾害和可持续发展。

总之，在更高层次上开展对地球系统整体行为的综合集成研究，必将极大地推动地球科学及其新增长点——地球系统科学理论的构建。

关于数字地球，作者采取基础理论与模型、技术支撑、系统工程和建设有中国特色的“数字地球”四部分组成的思路进行研究和构建。它的核心和目的是汇集并处理巨量的地球信息，进而对地球系统进行高分辨率、四维的描述。本书为地球系统科学第三卷，全书共 12 章。第 1、2 章主要介绍了数字地球提出的背景和研究方法；第 3~8 章重点介绍了数字地球原型、地球系统场理论基础和数字地球物理模型、力学模型、数学模型、信息模型等基础理论；第 9~11 章重点介绍了数字地球对地观测技术、国家信息基础设施、模拟仿真和虚拟现实、地球空间数据标准化、地球信息的互操作及 Open GIS 规范、数字地球的核心技术、数字地球空间数据的 Metadata 和数字地球的新技术等技术支撑与系统工程；第 12 章扼要地介绍了如何构建中国数字地球等内容。书后还附有数字地球国内外网站，以供参考。

本书由中国科学院知识创新工程重要方向项目“数字地球基础理论问题研究”（KZCX2-312）和中国科学院遥感应用研究所遥感信息科学开放研究实验室出版基金联合资助。在全书撰写过程中，始终得到了陈述彭院士、童庆禧院士、郭华东研究员、王超研究员、郑兰芬研究员、邵芸研究员、朱重光研究员、李秀云高级工程师、李小文教授、王长耀研究员、牛铮研究员、张兵副研究员和柳钦火研究员的关心和帮助；同时，也得到赵忠明研究员、蔺启忠研究员、聂跃平处长、崔伟宏研究员、杨崇俊研究员、马建文研究员和张显峰博士的大力支持。中国地质科学院郝梓国、宫月萱、周健、刘淑春、张景华等各位编辑及刘微微和杨秀丽女士在书稿的编辑、审稿、排版、校对和绘图等过程中做了大量的工作。

作者向上述对本书的出版给予关心支持和帮助的所有同志一并表示衷心的感谢！

由于数字地球是一个全新的、大跨度多学科相互渗透交叉的学科领域，加之时间仓促，可能有许多不足之处，欢迎专家和读者们批评指正。

作者
2001 年 4 月

目 录

第一章 数字地球提出的背景	(1)
1.1 科学技术发展战略	(1)
1.2 可持续发展战略的需要	(2)
1.3 国家经济发展的需要	(2)
1.4 国防安全的需要	(3)
1.5 共享全球数据资源	(4)
1.6 地球系统科学创新与发展的需要	(6)
第二章 数字地球的研究方法	(7)
2.1 研究思路	(7)
2.2 基本概念	(7)
2.3 研究对象	(7)
2.4 研究内容	(7)
2.5 研究的任务	(8)
2.6 作用和意义	(8)
2.7 研究体系框架	(9)
第三章 数字地球原型——地球系统	(10)
3.1 地球系统行星特征	(10)
3.2 地球系统物质组成	(22)
3.3 地球系统构造演化的动力学过程	(42)
3.4 地球系统生物演化规律	(58)
3.5 地球系统人类活动效应	(72)
3.6 地球系统资源特征	(75)
3.7 地球系统环境变化	(87)
3.8 地球系统灾害规律	(90)
3.9 地球系统社会经济活动响应	(95)
3.10 地球系统社会发展对策	(101)
第四章 地球系统场理论基础	(104)
4.1 系统场理论基础	(104)
4.2 地球系统场基本类型	(117)
4.3 地球系统的引力场	(118)
4.4 地球系统的生态场	(119)
4.5 地球系统场分析原理	(120)

第五章 数字地球物理模型	(133)
5.1 地球的自转与参考系	(133)
5.2 地球的形状	(162)
5.3 地球的速度分层及其研究方法	(184)
5.4 电磁波的传播与辐射	(207)
5.5 地球的电磁性质及其研究方法	(239)
5.6 地球的密度分布及其研究方法	(261)
5.7 地球的热学性质及其研究方法	(280)
5.8 光学模型机理特征	(319)
第六章 数字地球力学模型	(363)
6.1 数字地球多体系统力学	(363)
6.2 数字地球非完整系统力学	(369)
6.3 数字地球变质量系统力学	(373)
6.4 数字地球碰撞系统力学	(377)
6.5 数字地球破坏系统力学	(386)
6.6 数字地球流体系统力学	(391)
6.7 数字地球极端系统力学	(399)
6.8 数字地球爆炸(发)系统力学	(407)
第七章 数字地球数学模型	(419)
7.1 数论	(419)
7.2 非线性微分方程	(445)
7.3 动力系统的稳定性	(487)
7.4 并行算法的设计与分析	(508)
7.5 自适应	(539)
7.6 随机	(550)
7.7 计算几何	(573)
7.8 数值逼近	(618)
7.9 排队论	(650)
第八章 数字地球信息模型	(659)
8.1 地球系统的物质流和能量流	(659)
8.2 地球系统的信息模型	(661)
8.3 地球空间的认知模型与信息图谱	(665)
8.4 地球空间场的信息特征	(670)
8.5 地球系统的全息信息与记忆信息模型	(671)
第九章 数字地球信息获取技术与模拟	(674)
9.1 国际对地观测系统	(674)
9.2 中国对地观测系统	(700)
9.3 3S集成系统	(705)
9.4 地球系统模拟的非线性和复杂性	(708)

9.5	地球系统模式的提出	(714)
9.6	数字地球无级比例尺数据管理技术	(718)
9.7	数字地球的虚拟与仿真技术	(724)
9.8	“数字地球”数据模型与数据结构	(738)
第十章	数字地球空间信息基础设施	(742)
10.1	国家信息基础设施	(743)
10.2	Internet 与 Web	(744)
10.3	下一代 Internet	(745)
10.4	通信网的新发展	(746)
10.5	中国的国家信息基础设施	(748)
10.6	国家空间数据基础设施的提出	(749)
10.7	国家空间信息基础设施	(750)
10.8	空间数据基础设施及其标准的进展	(752)
10.9	空间信息框架	(756)
10.10	空间信息基础设施的体系结构	(762)
10.11	国家空间信息基础设施规划	(768)
10.12	美国国家空间数据基础设施数据框架概述	(775)
第十一章	数字地球技术方法	(788)
11.1	地理信息的互操作及 Open GIS 规范	(788)
11.2	数字地球的核心技术	(801)
11.3	数字地球空间数据的 Metadata	(824)
11.4	数字地球的新技术	(842)
第十二章	数字中国	(850)
12.1	数字地球研究概述	(850)
12.2	中国数字地球	(859)
12.3	数字中国	(859)
12.4	中国空间数据交换网络	(860)
12.5	中国空间数据框架	(861)
12.6	建立中国的空间信息标准	(862)
附录	数字地球国内外网站	(863)
	参考文献	(869)
	英文摘要	(876)

CONTENTS

Chapter 1 Background of Digital Earth	(1)
1.1 Scientific and Technological Development Strategy	(1)
1.2 Necessary for Sustainable Development Strategy	(2)
1.3 Requirement of National Economic Development	(2)
1.4 Enhancement of National Defence Security	(3)
1.5 Sharing Global Data Resources	(4)
1.6 Supporting Innovation and Development of The Earth System Sciences	(6)
Chapter 2 Study Methods for Digital Earth	(7)
2.1 Research Thought	(7)
2.2 Basic Concept	(7)
2.3 Objects of Study	(7)
2.4 Contents of Study	(7)
2.5 Tasks of Study	(8)
2.6 Effect and Significance	(8)
2.7 Framework of Study	(9)
Chapter 3 The Prototype of Digital Earth—Earth System	(10)
3.1 Planet Characteristics of Earth System	(10)
3.2 Substance Constitute of Earth System	(22)
3.3 Dynamic Process of Earth System Tectonic	(42)
3.4 Biological Evolution Laws of Earth System	(58)
3.5 Human Activity Effect of Earth System	(72)
3.6 Resource Characteristics of Earth System	(75)
3.7 Environmental Change of Earth System	(87)
3.8 Disaster Laws of Earth System	(90)
3.9 Social economic Activity Response of Earth System	(95)
3.10 Social Development Strategy of Earth System	(101)
Chapter 4 Fundamentals of Earth System Fields	(104)
4.1 Foundation of System Field Theory	(104)
4.2 Basic Types of Earth System Fields	(117)
4.3 Gravitation Field of Earth System	(118)
4.4 Ecological Field of Earth System	(119)
4.5 Principle for Earth System Field Analysis	(120)

Chapter 5 Physical Model of Digital Earth	(133)
5.1 The Self Rotation and Reference System of Earth	(133)
5.2 Shape of The Earth	(162)
5.3 The Earth's Velocity Spheres and Study Approaches	(184)
5.4 Transmission and Radiation of Electromagnetic Wave	(207)
5.5 The Earth's Electromagnetic Nature and its Study Methods	(239)
5.6 The Earth's Density Distribution and its Study Methods	(261)
5.7 The Earth's Thermal Nature and is Study Methods	(280)
5.8 Mechanics and Characteristics of Optical Model	(319)
Chapter 6 Mechanics Model of Digital Earth	(363)
6.1 Multi-body System Mechanics of Digital Earth	(363)
6.2 Non-integrity System Mechanics of Digital Earth	(369)
6.3 Changeable Mass Geological System Mechanics of Digital Earth	(373)
6.4 Collision System Mechanics of Digital Earth	(377)
6.5 Breakage System Mechanics of Digital Earth	(386)
6.6 Fluid System Mechanics of Digital Earth	(391)
6.7 Extremeness System Mechanics of Digital Earth	(399)
6.8 Explosive (Eruption) System Mechanics of Digital Earth	(407)
Chapter 7 Mathematical Model of Digital Earth	(419)
7.1 Theory of Numbers	(419)
7.2 Non-linear Differential Equations	(445)
7.3 Stability of Dynamic System	(487)
7.4 Design and Analysis of Distributed Algorithm	(508)
7.5 Auto-adaption	(539)
7.6 Randomicity	(550)
7.7 Algorithmic Geometry	(573)
7.8 Numerical Approximation	(618)
7.9 Queuing Theory	(650)
Chapter 8 Information Model of Digital Earth	(659)
8.1 Fundamentals and Models of the Formation of Earth System's Substantial and Energy Flows	(659)
8.2 Information Model of Earth System	(661)
8.3 Cognitive Model and Information Map-Spectrum of Earth Space	(665)
8.4 Information Feature of Earth Space Field	(670)
8.5 Holographic Information and Memorial Information Model of Earth System	(671)
Chapter 9 Information Acquisition and Virtual Reality Technology of Digital Earth	(674)
9.1 Global Earth Observation	(674)
9.2 China's Earth Observation System	(700)

9.3	Integration of RS, GIS and GPS	(705)
9.4	Non-linearity and Complexity of the Earth System Simulation	(708)
9.5	Presentation of the Earth System Patterns	(714)
9.6	Stepless Scale Data management Technology of Digital Earth	(718)
9.7	Virtual Simulation and Emulation Technology of Digital Earth	(724)
9.8	Data Models and Data Structures of ‘Digital Earth’	(738)
Chapter 10	Spatial Information Infrastructure of Digital Earth	(742)
10.1	National Information Infrastructure	(743)
10.2	Internet and Web	(744)
10.3	Next Generation of Internet	(745)
10.4	New Development of Communication Network	(746)
10.5	National Information Infrastructure of China	(748)
10.6	Concept of National Spatial Information Infrastructure	(749)
10.7	Spatial Information Infrastructure	(750)
10.8	Spatial Data Infrastructure and its Progress of Standardization	(752)
10.9	Spatial Information Framework	(756)
10.10	System Structure of Spatial Information Infrastructure	(762)
10.11	Planning of National Spatial Information Infrastructure	(768)
10.12	Overview of USA National Spatial Data Infrastructure Framework	(775)
Chapter 11	Technology And Methods of Digital Earth	(788)
11.1	Interoperability of Geographic Information and Open GIS Norms	(788)
11.2	The Key Technologies of Digital Earth	(801)
11.3	Spatial Data Metadata of Digital Earth	(824)
11.4	New Technologies of Digital Earth	(842)
Chapter 12	The Digital China	(850)
12.1	Overview of Digital Earth Study	(850)
12.2	Digital Earth Plan in China	(859)
12.3	Digital China	(859)
12.4	China’s Spatial Data Inter – exchange Networks	(860)
12.5	China’s Spatial Data Framework	(861)
12.6	Establishing China’s Spatial Information Standards	(862)
Attachment	Some WWW Sites Related to Digital Earth	(863)
References	(869)
Abstract	(876)

第一章 数字地球提出的背景

美国前副总统戈尔于1998年1月31日在“数字地球：对21世纪我们星球的理解”的演讲中，向世人描绘了“数字地球”的虚幻轮廓。如果把“数字地球”看作戈尔的一项创意的话，那么，这种充满了“幻想”的创意，则把人们带入了一个融电脑、数字化、网络化和虚拟化为一体的广阔的“赛博空间”（Cyberspace），产生了一种神话般的“太虚幻境”的感觉。然而，正是这种“幻想”，这种对科技潮流的预测，开阔了人们思维的空间，产生了强烈的聚合性；为信息科学的发展指明了方向，为从更高层次上集成地球科学提供了空前的机遇。

1.1 科学技术发展战略

戈尔提出的“数字地球”概念，以信息技术、空间技术为技术基础，以大规模、高投入、跨学科、全球性为特点，以近似科学幻想的语言为表达方式，很容易使人联想到冷战时期的“星球大战”计划。1993年9月，克林顿政府作出一项重大决策，放弃“星球大战”和“新一代高能加速器”计划，转为推行引起全球关注的国家信息基础设施。这是一项冷战结束后的重大战略转移。可以说，从“星球大战”到“信息高速公路”，再到“数字地球”，其共同点都是服务于美国国家战略目标，是综合性的重大计划。

“数字地球”作为美国一项极富挑战性的战略思想，决不是偶然的，有着深刻的政治和经济背景。经济上，美国自20世纪90年代以来经济持续增长、失业率下降，得益于信息技术及产业的发展。戈尔等美国政府期望通过“数字地球”，继续占领信息技术和信息产业的制高点，刺激其经济的发展；政治上，在冷战结束以后，能源、环境等问题作为世界政治和外交斗争的焦点，涉及到跨国公司、区域重组等全球经济事务。“数字地球”的发展，将进一步增强美国对全球事务的快速反应能力和对国际热点问题的发言权。因此，它是美国全球战略思想的延续和发展。

由此可见，“数字地球”并非是一个孤立的科技项目和技术目标，而是一种整体性的、导向性的发展战略目标，其全球目标是谋求建立美国在知识经济时代的新一轮世界霸主地位。虽然，与先前的“星球大战计划”和“马歇尔”计划不同，“数字地球”以地球为名义，迎合了六七十年代以来全球性的生态保护的大趋势，但与美国国家的政治、经济和军事利益相比，这些所谓的“全球”、“人类”都是次要的，说到底，只是一种铺垫，一个配角，只有其自身利益才是最根本的，这一点是值得高度警惕的。

“数字地球”的出现，一方面反映了美国政界和科学家敏锐的战略眼光，另一方面也表明在“数字地球”的背后，美国已经具备了发展“数字地球”的坚实的经济、技术基础和良好的发展势头。相比之下，我们则缺少这方面的战略预见，因而在某些方面失去了先

机，陷入了被动。因此，我们有必要用更长远的战略眼光，分析“数字地球”可能带给我们的潜在的威胁，重新审视我国在信息基础设施、空间数据设施和对地观测等方面的战略计划，制定具有战略防御意义的相应措施。在科学研究中，我们不仅需要局部的精雕细刻，也需要对整体的把握。如果我们的注意力和想象力总是聚焦在一个孤立的技术或项目的层次上，而不能从宏观战略上放眼国际科技发展和世界潮流的大趋势的话，那将使我们在经济和国防安全等方面陷入全面的被动。

1.2 可持续发展战略的需要

要从可持续发展的需要和国家战略的高度来看“数字地球”的必要性和紧迫性，将“数字中国”计划尽早提到日程上来；各国的战略计划，如美、俄的登月计划以及长期固定载人空间站计划等，都是从各自的全球、战略利益出发考虑和决定的。中国当然需要从国家利益出发，对这些计划做出必要的反应。

20世纪80年代末期以来，“可持续发展”的概念在短短的数年之内风靡全球，并广泛地为人们所接受，成为使用频率最高的词汇之一。不论是发展中国家，还是发达国家，对“可持续发展”的出现均表现出强烈的认同感。随着全球环境和发展问题讨论的深度加深，广度扩大，可持续发展越来越受到各界的关注，基本思想已被国际社会广泛接受，并逐步向社会各个领域渗透。从它产生的形势和历史过程看，“可持续发展”不是从单一角度就可以概括的概念，而是一个自然的、生态的、经济的、政治的综合性概念。吸引了无数学者的关注和研究。

我国正面临着越来越尖锐的资源和环境问题。1998年的水灾引人注目，黄河断流严重的现象引起社会各界的广泛关注；我国耕地面积在减少，荒漠化过程在加剧，诸如这些问题，都是非常重要而且亟待解决的问题。但是现在对这些问题往往是个别地做出反应，有的部门提出要搞灾害评估系统，有的要搞耕地监测系统，有的要搞农作物估产系统，但每个系统都有结构和功能的局限性，而且也造成了大量工作重复，浪费了我国有限的人力、财力、物力资源，进一步会影响它的发展。所以必须要从宏观、整体的角度来考虑这些问题，在这方面，“数字地球”为我们提供了一个新的思路。它一方面立足于支持国家的整体可持续发展，另一方面和全球变化、资源、环境研究的一体化以及国际经济一体化过程紧密地联系在一起。从这个意义上讲，这项工作应尽早做。

1.3 国家经济发展的需要

中国先后搞了几个金字工程，这些带金字的工程很多都是和空间数据密切相关的，从长远着想在建设过程中应予以充分考虑。据调查，人类生活中的数据有80%和空间数据有关。所以，全球的、国家的信息系统如果不能提供与地理空间有关的信息，这个信息系统一定是不完善的。比如，1993年，美国提出国家信息基础设施建议；1994年又提出了国家空间信息基础设施建议；1998年，再次提出了“数字地球”的概念。这些概念的提出有其必然性，是从经济、社会、可持续发展各方面考虑后，做出的重大战略决策。所以，我们也应当从战略上对这个问题的必要性和紧迫性有所认识。

1.4 国防安全的需要

“数字地球”是从20世纪90年代以来，全球对地球观测系统、卫星通讯系统与全球因特网等在高新技术基础上的信息集成系统工程的统称，是21世纪信息社会的前奏，涉及到知识产权、国际合作、数据共享等诸多社会、法律、政策变化等问题，而又广泛服务于经济建设、远程教育，乃至影响到国家安全、国家主权和民族团结。

“数字地球”并不是没有国界的。既然国家还存在，我们就不可能毫无保留地去参与霸权国家提倡的“数字地球”计划。对于发展中的国家来说，也许是机遇，但主要是挑战，因而不能不认真对待，决不能掉以轻心。不参与就要被动挨打，它可能被用来侵犯弱小国家的利益和民族尊严；一味盲从更是饮鸩止渴，沦为信息时代的殖民地。所以，可以认为：它是霸权国家全球战略的延伸，是“星球大战”在信息时代的翻版，是隐形“轰炸飞机”，所以必须面对现实，结合国情研究中国独立自主的对策，我们决不能像某些国家、某些地区一样，把自己纳入霸权国家的“区域安全防御体系”中去。同时，既要知己，还要知彼，还要有自知之明。国家领导人和科技界警觉地关注美国副总统戈尔提出的“数字地球”战略，呼吁积极研究中国的对策，是非常及时的，发人深省的。

中国对策的着眼点，应该是直接面对美国的全球战略，为保卫中国国家权益、民族尊严与维护世界和平，研究中国应该作出的全球性贡献和应该承担的国际义务。具体而言，主要涉及以下3个方面的内涵。

1.4.1 全球贸易

涉及远洋运输、国际航空、卫星发射、公海渔业与洋底矿产开发等跨国贸易、保险、投资和电子商务活动。当今世界面临世界范围的区域经济重组和资源再分配，中国的跨国公司不仅遍布东南亚、太平洋周边地区，而且远及欧洲。华侨和华裔在世界各大城市建设了许多华埠、唐人街。中国远洋渔船吨位已跃居世界第4位，使馆遍布140多个国家。他们都渴望，也应该受到祖国的保护。

1.4.2 国家安全

现代战争突破了前方与后方对阵的古老方式。空中打击直接瞄准后方军事目标和经济要害。北约攻击科索沃的隐形轰炸机，是从美国本土起飞，经过2~4次空中加油之后，利用精密制导炸弹去直接轰炸的。50颗民用和侦察卫星、预警卫星、巡航导弹和全球定位系统等现代化信息战争武器，倾巢而出。在新霸权主义时代，主权国家为了维护领土主权，划定海上经济管辖区范围，进行边界划定，无不需知知己知彼、胸中有“数”。

1.4.3 数字政府

21世纪是信息社会，政府上网，面向人民，面向世界，似乎是大势所趋。但是，政府上网是指上政府自己的网，而不是去上“贼船”。还有涉及与周边国家和地区的共同利益和历史分歧，无不需以精确的定位、定量数据为依据，进行针锋相对的谈判。

国家和地区之间的矛盾是客观存在的，然而地球只有一个，人家对我们一清二楚，我

们不能只是埋头经济、文化建设，而对人家一无所知或所知甚少。我们需要为改革开放争取一个和平的国际环境，这就是我们关注“数字地球”战略的基本出发点。

1.5 共享全球数据资源

回眸从长城烽火到网络的历史轨迹，检阅航天遥感、卫星定位、地理信息系统与数字通讯网络等领域的最新成就，我们欣慰地看到，全球化知识经济的浪潮，全球资源、环境问题的困惑与全球可持续发展的共同理念，正在成为促进“数字地球”发展的强大推动力。空间科学技术与信息科学技术的飞速发展，又为“数字地球”的进一步发展提供了充分的技术条件。与此同时，我们也应当清醒地看到：“数字地球”既可能使东西方文明的距离继续缩短；也可能使南北世界的差距继续扩大。但是人类居住的地球只有一个，为了我们共有的家园，我们必须正视未来，协调步伐，共同关心我们赖以生存的地球。

早在 20 世纪 70 年代，中国科学家就曾提出过地图测绘过程全数字自动化的创意。目前，中国政府正积极推进国家信息化和国家信息基础设施的建设，积极参与一些全球数据共建共享的国际活动，例如以气象卫星为依托的 $1\text{km} \times 1\text{km}$ 网格全球数据库，1:1 000 000 数字高程模型 (DEM)，科学数据库 (Codata-D) 等；同时积极参与许多国际科学合作计划的实施，如全球测图计划，环太平洋海洋制图计划，国际地圈与生物圈计划，大洋、大陆深钻计划，南北极考察计划，国际地层标准剖面与大陆冰川登录，世界文化遗产登录和生物多样性保护计划等等。并在青藏高原隆起及其环境影响、古季风气候、臭氧低槽、太阳黑子周期、历史地震、板块运动、中低纬磁层磁爆、深海潜水机器人等许多领域做出了一些举世瞩目的贡献。这些工作，都得到了政府和人民以及中国科技界的大力支持。

在工业社会带来的资源短缺、环境恶化、企业兼并、金融与经济全球化、区域重组、经济动荡与地区发展差距日益扩大等历史背景下，“数字地球”的提出引起了各国科学家、政治家、军事家和社会活动家的共同关注。我国经济的发展和进步的实践证明：对于产业结构调整，区域经济布局，农林牧副渔业的因地制宜发展，交通、通信网络的优化选线等，为“数字地球”提供了战略决策与宏观调控的科学依据，同时“数字地球”本身也因此获得了巨大的发展。

20 世纪是科学技术飞速发展的伟大时代。不仅对地观测技术已经实现了全天候、高分辨率、多谱段、全球覆盖，同时通过地球物理与地球化学的纵深勘探，获取了地球各个圈层物流、能流与信息流的海量数据，并在计算机网络系统中，把它们同与之密切相关的人文、经济、社会统计数据加以综合集成，实现了真实的地球的数字化，并在电脑中虚拟、仿真、重现出来。这样，“数字地球”就会从很大程度上改变人们的时空观念，提高人们对全球化的意识，从而影响人们生产、生活与相互交往的方式，提高地球系统科学的广度、深度、精确度和综合程度。例如监测全球叶绿素含量的时空变化，可应用于初级生产力的评估或农作物估产；监测地热场的时空迁移规律，可应用于重大自然灾害的突发预警；通过地球化学填图，可应用于矿藏远景区的勘探与环境污染的本底分析；研究厄尔尼诺现象、南极臭氧洞与青藏高原臭氧低槽对全球变化的影响，已经引起了中国和世界地球科学界的密切关注。因此，“数字地球”的应用领域广阔，潜力巨大，大有可为。

“数字地球”本来就是地球科学领域的一项基础性工作。作为描述整个地球上各类信