新概念地质力学

毕思文 著

地质出版社

新概念地质力学

毕思文　著

地质出版社

·北　京·

ISBN 7-116-03477-3

9 787116 034778 >

ISBN 7-116-03477-3

内 容 简 介

新概念地质力学是应大地构造学的继承、创新与发展，地质科学理论的挑战，地球系统科学与全球变化和可持续发展战略及国土资源大调查的评价，规划的实施而提出的。作者研究了新概念地质力学提出的背景和研究意义，新概念地质力学的研究方法，主体核心和复杂系统；地球的自转运动；多体地质系统力学、非完整地质系统力学；变质量地质系统力学；碰撞地质系统力学；破坏地质系统力学；流体地质系统力学；极端地质系统力学；爆炸（发）地质系统力学；新概念地质力学的信息系统，观测系统，技术支撑系统和模拟等。

读者对象为从事大地构造学、地质力学、地质学等地学领域研究的工作者和教学工作者，也可供政府管理人员、大学高年级学生和研究生参考。

图书在版编目（CIP）数据

新概念地质力学/毕思文著．-北京：地质出版社，2001.10
ISBN 7-116-03477-3

Ⅰ.新… Ⅱ.毕… Ⅲ.地质力学 Ⅳ.P55

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2001）第 072258 号

责任编辑：毕 名 李春林 王 璞
责任校对：李 玫
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：北京印刷学院实习工厂
开 本：787×1092 1/16
印 张：16.25
字 数：378000
印 数：1—500
版 次：2001 年 10 月北京第一版·第一次印刷
定 价：46.00 元
ISBN 7-116-03477-3/P·2222

（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）

前　言

全球构造研究按时间历史可分为3个阶段：19世纪后期，“固定论”占统治地位；20世纪60年代前“活动论”发展曲折；60年代以来，板块构造学说占统治地位。根据各学派的逻辑思维方式和研究的侧重点，概括起来主要有：从历史角度研究大地构造的槽台洼学说；从力学角度研究大地构造的地质力学、断块学说；从运动学角度研究大地构造的板块构造学说和从振动角度研究大地构造的镶嵌说、颤动说。

当代全球构造研究以地球深部构造及物质为关键。日本学者提出了“幔柱构造”和新的全球构造体系，其他学者也提出了各种构造理论，都从不同角度研究了全球构造，出现了构造理论多元化的局面，对大地构造学的发展和推动都具有重要的理论和实际意义。就这一重要问题，作者进行了探索研究，在对大地构造学发展史和现状进行总结、分析研究的基础上，结合自己的科研工作实践与提出的系统力学、统一构造理论基础，初步构建了新概念地质力学理论体系。

本书共分16章，在绪论中介绍了地球科学当前面临的十大挑战；第一至二章主要介绍了新概念地质力学的研究方法和主体核心（统一构造理论）；第三至十二章重点介绍了新概念地质力学的复杂性、地球的自转运动、多体地质系统力学、非完整地质系统力学、变质量地质系统力学、碰撞地质系统力学、破坏地质系统力学、流体地质系统力学、极端地质系统力学和爆炸（发）地质系统力学；第十三至十六章主要介绍了新概念地质力学的信息系统、观测系统、技术支撑系统与模拟等内容。

本书是作者在中国地质科学院地质力学研究所和清华大学工程力学系二站博士后的研究成果。在该领域的研究工作中，始终得到中国地质科学院地质力学研究所的陈庆宣院士、董树文研究员、廖椿庭研究员、王连捷研究员、邓乃恭研究员、王小凤研究员、丁原辰研究员、马醒华研究员、邓寄温高级工程师、张淑坤研究员、吕古贤研究员、周显强研究员、赵越研究员、吴珍汉研究员、白嘉启高级工程师、张岳桥研究员、汪西海副研究员、马寅生研究员、吴树仁研究员、雷伟志副研究员、胡道功副研究员和江万副研究员等地质力学所同志们的支持和帮助，并得到了合作导师清华大学工程力学系的徐秉业教授、姚振汉教授、岑章志教授以及其他老师的热情支持和帮助，同时，还得到了中国科学院地质-地球物理研究所钟大赉研究员、潘裕生研究员，北京大学地质学系何国琦教授，中国地质科学院程裕淇院士、肖序常院士、张荣华研究员、胡书敏研究员，中国地质学会的陈丛喜博士和《中国地质》编辑部的许林根主任等同志的大力支持和热情帮助，作者在此一并向他们表示衷心的感谢！

由于时间仓促，书中可能有许多不足之处，欢迎读者批评指正。

著　者

2001年4月

目　录

绪论……（1）
第一章　新概念地质力学的研究方法……（7）
1.1　何为新概念地质力学 ……（7）
1.2　新概念地质力学的研究尺度 ……（8）
1.3　新概念地质力学的研究方法……（10）
第二章　新概念地质力学主体核心——统一构造理论 ……（16）
2.1　大地构造学发展史……（16）
2.2　地球科学理论面临的新挑战……（36）
2.3　统一构造理论的方法学与方法论……（46）
2.4　统一构造理论基础……（49）
第三章　新概念地质力学的复杂系统 ……（63）
3.1　系统场理论基础……（63）
3.2　地质系统场基本类型……（76）
3.3　地质系统的引力场……（76）
3.4　地质系统的生态场……（77）
3.5　地质系统场分析原理……（78）
第四章　地球的自转运动 ……（91）
4.1　地球自转的运动学方程……（91）
4.2　地球自转的动力学方程……（92）
4.3　地球自转轴在地球体内的变化——地极移动……（94）
4.4　力函数 U 的展开式 ……（96）
4.5　动力学方程的积分……（99）
4.6　岁差章动常数和有关问题 ……（102）
第五章　多体地质系统力学……（106）
5.1　地质系统运动学 ……（106）
5.2　地质系统力系概念 ……（107）
5.3　地质系统惯量概念 ……（108）
5.4　弹塑性多体地质系统力学 ……（108）
5.5　塑性多体地质系统力学 ……（109）
5.6　约束多体地质系统力学 ……（109）
5.7　数值解法 ……（110）
5.8　理论与建模 ……（111）

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

第六章　非完整地质系统力学……（113）
6.1　非完整地质系统力学的基本概念 ……（113）
6.2　非完整地质系统力学的基本变分原理 ……（114）
6.3　非完整地质系统运动微分方程的各种形式 ……（114）
6.4　非完整地质系统运动微分方程的积分 ……（114）
6.5　非完整地质动力系统的几个专门问题 ……（115）
第七章　变质量地质系统力学……（118）
7.1　变质量块体质点动力学微分方程 ……（118）
7.2　变质量地质系统块体质点动力学普遍定理 ……（119）
7.3　变质量地质系统层圈块体动力学普遍定理 ……（119）
7.4　变质量地质系统块体动力学微分方程 ……（120）
7.5　考虑地质系统微粒内部运动时的变质量问题 ……（121）
7.6　变质量地质动力系统的变分原理 ……（122）
第八章　碰撞地质系统力学……（123）
8.1　碰撞地质系统力学和实验 ……（123）
8.2　主动碰撞构造特性 ……（124）
8.3　被动碰撞体（靶体）特性 ……（124）
8.4　半无限被动冲撞流星群（体） ……（125）
8.5　地壳层被动碰撞构造的侵入和俯冲（上） ……（125）
8.6　地壳层被动碰撞构造的侵入和俯冲（中） ……（126）
8.7　地壳层被动碰撞构造的侵入和俯冲（下） ……（127）
8.8　地壳和岩石圈靶板的碰撞 ……（128）
8.9　碰撞构造应力波 ……（129）
8.10　碰撞体弹塑性波 ……（130）
8.11　岩石圈块体碰撞俯冲的塑性波理论 ……（131）
第九章　破坏地质系统力学……（132）
9.1　线弹性破坏地质系统力学 ……（132）
9.2　破坏地质弹塑性系统力学 ……（133）
9.3　理论断裂阻力曲线 ……（134）
9.4　细观地质动力系统 ……（134）
9.5　界面地质动力系统多层介质断裂 ……（134）
9.6　微裂纹的细观破坏理论 ……（135）
9.7　破坏过程区 ……（135）
9.8　地质材料增韧的细观力学 ……（136）
9.9　纳观破坏地质动力系统 ……（136）
9.10　宏微观结合的破坏地质动力系统 ……（137）
第十章　流体地质系统力学……（138）
10.1　天体的形状……（138）
10.2　地球的引力场……（140）

10.3 地质学中的非线性对流问题…… (142)
10.4 振荡过程…… (144)
第十一章 极端地质系统力学…… (146)
11.1 地质动力系统热传导…… (146)
11.2 热传导问题的例子…… (146)
11.3 弹性热应力…… (148)
第十二章 爆炸（发）地质系统力学…… (155)
12.1 爆炸（发）及其在介质中的效应…… (155)
12.2 爆炸（发）的地震效应…… (158)
第十三章 新概念地质力学的信息系统…… (166)
13.1 地球固体系统长（早）期演化与全球场信息系统…… (167)
13.2 地球流体信息系统…… (170)
13.3 古气候信息系统…… (174)
13.4 地质系统的信息模型…… (176)
13.5 信息提取技术…… (191)
第十四章 新概念地质力学的观测系统…… (195)
14.1 新概念地质力学的观测计划…… (195)
14.2 仪器的研制技术…… (198)
14.3 观测平台…… (199)
14.4 测量系统的整体性…… (200)
14.5 地球观测系统（EOS）…… (201)
第十五章 新概念地质力学的技术支撑系统…… (207)
15.1 观测能力…… (207)
15.2 发射能力和宇宙飞船…… (211)
15.3 计算能力…… (212)
15.4 中国对地观测技术…… (214)
15.5 国际对地观测技术…… (220)
第十六章 新概念地质力学的模拟…… (236)
16.1 地质系统模拟的复杂性…… (236)
16.2 地质系统模式的提出…… (242)
16.3 模式的检验…… (243)
16.4 现有的模式…… (244)
16.5 模式的组装…… (244)
16.6 预报的可行性…… (245)
参考文献…… (246)

Contents

Introduction ..... (1)
Chapter 1 Research Methods of New Concept Geomechanics ..... (7)
1.1 What is New Concept Geomechanics? ..... (7)
1.2 Scale for New Concept Geomechanics Study ..... (8)
1.3 Research Methods of New Concept Geomechanics ..... (10)
Chapter 2 Principal Component of New Concept Geomechanics-Uniform Tectonics ..... (16)
2.1 History of Geotectonics ..... (16)
2.2 New Challenges for Earth Science Theory ..... (36)
2.3 Methodology of Uniform Tectonic Theory ..... (46)
2.4 Essentials of Uniform Tectonic Theory ..... (49)
Chapter 3 The Complexity of New Concept Geomechanics ..... (63)
3.1 System Field Theory ..... (63)
3.2 Basic Types of Geological System Fields ..... (76)
3.3 Gravitation Field of Geological System ..... (76)
3.4 Ecological Field of Geological System ..... (77)
3.5 Principle for Geological System Field Analysis ..... (78)
Chapter 4 The Earth's Self-Rotation ..... (91)
4.1 Kinematic Equation of the Earth's Rotation ..... (91)
4.2 Dynamic Equation of the Earth's Rotation ..... (92)
4.3 Change and Movement of Earth's Axis inside the Earth ..... (94)
4.4 Expansion Formula of Force Function U ..... (96)
4.5 Integral of Dynamic Equation ..... (99)
4.6 Precession of the Equinoxes Nutation Constant and Related to Problem ..... (102)
Chapter 5 Multi-Body Geological System Mechanics ..... (106)
5.1 Geological System Kinematics ..... (106)
5.2 Concept of Geological System Mechanics ..... (107)
5.3 Concept of Geological System Inertia ..... (108)
5.4 Elastic & Plastic Multi-Body Geological System Mechanics ..... (108)
5.5 Plastic Multi-body Geological System Mechanics ..... (109)
5.6 Restricted Multi-body Geological System Mechanics ..... (109)
5.7 Numerical Solutions ..... (110)
5.8 Theory and Modeling ..... (111)

Chapter 6 Nonhdnonic Geological System Mechanics …… (113)
6.1 Basic Concept of Nonhdnonic Geological System Mechanics …… (113)
6.2 Variations Principle of Nonhdnonic Geological System Mechanics …… (114)
6.3 Various Types of Kinematic Differential Equations of Nonhdnonic Geological System Mechanics …… (114)
6.4 Integral of Kinetics Differential Equations of Nonhdnonic Geological System Mechanics …… (114)
6.5 Some Special Issues of Nonhdnonic Geological System Mechanics …… (115)
Chapter 7 Changeable Mass Geological System Dynamics …… (118)
7.1 Differential Equation of Changeable Mass Block Particle Dynamics …… (118)
7.2 Generic Theorem for Block Particle Dynamics of Changeable Mass Geological System …… (119)
7.3 Generic Theorem for Layer-Sphere Block Dynamics of Changeable Mass Geological System …… (119)
7.4 Dynamic Differential Equation of Block Dynamics of Changeable Mass Geological System …… (120)
7.5 Changeable Mass Issues Considering Corpuscle Movement inside Geological System …… (121)
7.6 Variations Principle of Changeable Mass Dynamic Geological System …… (122)
Chapter 8 Collision Geological System Mechanics …… (123)
8.1 Experiment and Collision Geological System Mechanics …… (123)
8.2 Property of Active Collision Tectonics …… (124)
8.3 Property of Passive Collision Body(Target Body) …… (124)
8.4 Semi-Infinite Passive Collision Meteor Swarm(Meteoroid) …… (125)
8.5 Invasion and Dive in Crust-Sphere Passive Collision Structure(PartOne) …… (125)
8.6 Invasion and Dive in Crust-Sphere Passive Collision Structure(PartTwo) …… (126)
8.7 Invasion and Dive in Crust-Sphere Passive Collision Structure(PartThree) …… (127)
8.8 Collision between Earth's Crust and Lithosphere Target Plate …… (128)
8.9 Stress Wave of Collision Tectonics …… (129)
8.10 Elastic & Plastic Wave of Collided Bodies …… (130)
8.11 Plastic Wave Theory of Lithosphere Block Collision Dive …… (131)
Chapter 9 Breakage Geological System Mechanics …… (132)
9.1 Linear & Elastic Breakage Geological System Mechanics …… (132)
9.2 Elastic & Plastic Breakage Geological System Mechanics …… (133)
9.3 Theoretic Curve of Fracture Resistance …… (134)
9.4 Microcosmic Geological Dynamic System …… (134)
9.5 Multi-Layer Medium Rupture of Interface Geological Dynamic System …… (134)
9.6 Theory of Micro-Crack Microcosmic Breakage …… (135)
9.7 Breakage Process Area …… (135)

9.8 Microcosmic Mechanics of Geological Material Tenacity ····· (136)
9.9 Microcosmic Breakage Geological Dynamic System ····· (136)
9.10 Microcosmic-Macrocosmic Breakage Geological Dynamic System ····· (137)
Chapter 10 Fluid Geological System Mechanics ····· (138)
10.1 Form of Celestial Body ····· (138)
10.2 Gravitation Field of the Earth ····· (140)
10.3 Non-linear Convection in Geology ····· (142)
10.4 Vibration Process ····· (144)
Chapter 11 Extremeness Geological System Mechanics ····· (146)
11.1 Thermal Conduction of Geological system Mechanics ····· (146)
11.2 Example of Thermal Conduction ····· (146)
11.3 Elastic Thermal Stress ····· (148)
Chapter 12 Explosive(Eruption) Geological System Mechanics ····· (155)
12.1 Explosive (Eruption) and its Effect in Medium ····· (155)
12.2 Seismic Response of Explosive(Eruption) ····· (158)
Chapter 13 Information System of New Concept Geomechanics ····· (166)
13.1 Long-term (Early) Evolution of the Earth's Solid System and Global Field Information System ····· (167)
13.2 Earth fluid Information System ····· (170)
13.3 Palaeoclimate Information System ····· (174)
13.4 Information Model of Geological System ····· (176)
13.5 Information Extraction Technology ····· (191)
Chapter 14 Observation System for New Concept Geomechanics ····· (195)
14.1 Geoscience Observation Program ····· (195)
14.2 Manufacturing Technology for Instrument ····· (198)
14.3 Observation Platform ····· (199)
14.4 Holisticity of Survey System ····· (200)
14.5 Earth Observation System(EOS) ····· (201)
Chapter 15 Supporting System of Technology for New Concept Geomechanics ····· (207)
15.1 Observation Capacity ····· (207)
15.2 Launching Capacity and Spacecraft ····· (211)
15.3 Computation Capacity ····· (212)
15.4 Space-Earth Observation Technology of China ····· (214)
15.5 Global Space-Earth Observation Technology ····· (220)
Chapter 16 Simulation of New Concept Geomechanics ····· (236)
16.1 Complexity of Geological System Simulation ····· (236)
16.2 Presentation of Geological System Pattern ····· (242)
16.3 Test of the Patterns ····· (243)
16.4 Currently-used Patterns ····· (244)

16.5 Assembly of the Patterns ..... (244)
16.6 Feasibility of Forecasting ..... (245)
Reference ..... (246)

此为试读,需要完整PDF请访问: www.ertongbook.com

绪　论

大到宇宙天体，小到粒子元时无刻不在运动着，而运动的物体都离不开力的作用。它过去建立在牛顿定律和经典热力学的基础上，现在时扩大到量子力学描述的微观层次。目前，地球科学与力学结合的学科主要有牛顿天体力学、地球动力学、地质力学和地球流体力学等。根据上述，作者用“新的思路、新的理论基础、新的方法手段和国际地学前沿接轨”的“三新一接轨”技术路线对大地构造学进行了探索研究，即新概念地质力学。

0.1　大地构造学

广义的构造地质学包括大地构造学、区域构造或区域大地构造学和狭义的构造地质学（小构造）三个基本学科。大地构造学是地质学最高层次的理论；狭义构造地质学则属基础地质学的范畴，两者均为理论地质学；而区域大地构造学是用大地构造学的概念和原理研究区域大地构造学的现象和问题，属于应用地质学的范畴。

大地构造学是地质学的上层建筑，它建立在基础地质学的研究成果之上，反过来又促进了基础地质学的发展。可以说，每个大地构造学理论的建立，都对基础地质学的发展产生过不同程度的影响。

大地构造学是研究地球在地质历史中的演化过程的一门科学。虽然作为一门单独的学科，大地构造学的创立可以说是一门比较年轻的学科，但是地质学的研究已经有了很长的历史，而且早在公元前人们就已经有了海陆变迁的认识，在解释这个问题时已经体现了大地构造学的基本思想。

全球构造研究按时间历史可分为三个阶段。19 世纪后期“固定论”占统治地位；20 世纪 60 年代前“活动论”发展曲折；60 年代以来板块构造学说占统治地位。根据各学派的逻辑思维方法及研究的侧重点，概括起来主要有以下几类：①从历史的角度研究大地构造——槽台洼学说；②从力学的角度研究大地构造——地质力学、断块学说；③从运动学的角度研究大地构造——板块构造学说；④从振动的角度研究大地构造——镶嵌说、颤动说。

当代全球构造研究以地球深部与物质研究为关键。日本学者提出了“幔柱构造”和新的全球构造体系，其他学者提出了各种构造理论。他们都从不同角度研究了全球构造，出现了构造理论多元化的局面。这些理论对地质学的发展和推动都具有重要的理论和实际意义。笔者提出的新概念地质力学是把地球看成是一个由相互作用的地核、地幔、岩石圈、水圈、大气圈和生物圈等部分构成的统一系统。新概念地质力学包括新的思路、新的理论（基础）、新的方法手段，并与国际前沿接轨（三新一接轨），是一种重点研究全球构造和结构各组成部分之间的相互作用和方法，藉以解释地球动力学、地球演化和全球变化，强调“源、流、汇、场、响应”的新概念。

0.2 板块构造理论

板块构造学说包括大陆漂移说、海底扩张说、板块说和地体说。板块说是其核心。从理论发展的角度看，大陆漂移说和海底扩张说是板块说的阶段性理论；从整体和部分的关系看，大陆漂移说和海底扩张说则是板块说的部分性理论。地体说并非独立的学说，它是板块说的外围理论，是板块说为了解释大陆地质问题而建立的概念。

板块构造学说的创立，引起了地球科学的一场革命；是对大陆漂移说与海底扩张说的全球性综合，是人类对地球运动具有时代性的、分析与综合相统一的阶段认识。但板块构造并非终极真理，如板块学说“登陆”以后，面临着严重的挑战。因为，认识地球的历史还在发展中。

0.3 牛顿天体力学

力学和天文学、微积分学几乎同时诞生，曾经在经典物理学的发展中起关键作用。20世纪力学在推动地球科学，如固体地球科学、大气物理、海洋科学等定量化方面，作出了重大贡献。牛顿对自然科学的一大贡献是他大大扩展了力学规律的应用范围，把地上和天体的运动规律统一起来，形成了一个完整的力学理论体系。他最早用简单的力学分析方法论证了旋转地球的椭球率。这一体系的建立并不是他一个人的功劳，而是人类对自然的认识长期发展的结果。如托勒玫天文体系、哥白尼日心说体系，以及第谷·布拉赫、开普勒和伽利略等都对牛顿天体力学的形成奠定了重要的基础并发挥了积极作用。

牛顿的天体力学，是从研究开普勒定律开始的。其结果不但解释了开普勒定律，而且还能导出其他重要结果，如：①人造卫星的相关理论；②求出了天体的质量；③说明潮汐产生的原因；④解释彗星的运动；⑤卫星和卫星的摄动。

牛顿的理论不但能解释太阳系内行星的运动，远在太阳系外的双星运动也能够用牛顿理论解释。近在地球表面上的各种物体都服从牛顿运动定律和万有引力定律。但是，后来的观察表明，牛顿定律也并非毫无漏洞，如靠近太阳的水星轨道并非是完全封闭的椭圆轨道，轨道的长轴就是不断地缓慢地转动的，100年内会转动5600秒弧度。用牛顿定律计算出所有行星对水星的影响后，还有43秒弧度与观测不符，这43秒弧度用近代爱因斯坦创立的广义相对论才能够解释。这说明牛顿定律的不足，广义相对论的引力理论比牛顿的理论又向前推进了一步。另外，还有引力的本质问题，牛顿是反对超距作用的等等，表现了牛顿天体力学的不足。

0.4 地球动力学

地球动力学是洛夫在1911年正式提出的。但是，目前地球动力学还有许多问题无法解决。如：

(1) 是什么力量驱使地球内部和表层产生变形运动的，从运动学的认识深入到追究其动力学的根源，目前还达不到要求。

(2) 从对地表运动学的认识进入到对地球构造的动力学分析，除了对地球内部结构要有清晰的认识外，就是要对地球介质在内部复杂环境下变形规律予以确定，反过来这种确定又影响对内部结构的认识，这是一个非线性相互依赖关系。因此，需要从物理上对介质从变形到破裂的过程进行微、细、宏观相结合的理论研究。此外，环境因素如破裂对液(流)体侵入，应力条件对介质相变以及电、磁场对介质性质的非线性影响，都是十分复杂的研究课题，需要提出确切而又简明的数学表达式。

(3) 地球动力学和大部分物理学一样都是反演问题，而反演的解不是惟一的，因而怎样从这些解中挑选出最合理的解是一个尚待解决的问题。对于上述这样一个非线性问题的反演需要从数学理论方面进行深入的探讨。

由此可见，地球动力学目前还存在许多问题和难题，面临着资源、环境和灾害的挑战，面临着固体地球科学的挑战。

0.5 对地观测技术

现代技术，尤其是空间技术和大型数字电子计算机的发展，使对地球的整体探索成为现实；40 年来空间技术的对地观测成果与新发现，开拓了人类的眼界，大大提高了人类认识地球的能力。

由于空间对地观测技术的发展和地球科学的进步，人们已可对环境生态、自然灾害、气候变化、资源探索、国土整治与开发进行有效的监测，从维护人类生存和发展的角度来研究环境和灾害的形成机理，并使预测预防灾害成为可能。研究人类活动和地球环境变化之间的关系，即人和自然的关系，已是地球科学研究的重要战略任务之一。

高新技术在地学中的应用，使人们能从三维空间动态地探测地球系统的结构和运动形态，使地球科学的理论研究有踏实的实测资料作为基础，从而促进对地球各圈层运动的研究从定性向定量，从局部向全球，从三维空间向四维时空，从各向同性向各向异性介质发展。对地观测的新探测技术为地球科学研究的发展提供了资料保证，而地球科学的理论研究也将会对高新技术的发展和应用提出更多、更新的要求。因此，如何适应探测技术的革命，是地球科学理论研究面临的最重要的挑战之一。

0.6 地球系统科学

地球系统科学是传统地球科学发展的必然。地质学、地理学、气象学、海洋学和生态学等对地球的研究都是针对某一组成部分分门别类地进行的，形成了各种专门学科和各具特色的研究方法及知识体系。20 世纪 80 年代初期，科学家普遍认识到，必须而且也可能如实地把地球作为一个由相互作用着的各个组元或子系统组成的统一系统，即地球系统来研究。在这种形势下，目前已有一批从事地球系统科学研究的科学家，其代表人物有：G.Garland，他首先提出了物理过程与生物过程相互作用的观点；Herbert Friedaiman 提出了“地球系统”的思想；F.P.Bretherton 于 1987 在《Earth Quest》第 1 卷第 2 期上对地球系统科学作了简略说明，1986 年出版了《地球系统科学概观》。美国国家航空与宇航管理局顾问理事会于 1983 年任命的“地球系统科学委员会（Earth System Science

Committee)”在主席 Bretherton 博士的领导下，集中了一大批国际知名科学家，详细评述了地学、生物学的现状及存在问题，并于 1987 年出版了《地球系统科学》报告。报告中提出的一些独特见解得到了国际上有关科学家的赞同。该报告已由陈泮勤等翻译，于 1992 年出版。1992 年出版了长达 1800 多页的由 W.A.Nierenberg 主编的《地球系统科学百科全书》；1994 年 AMBIO 第 1 期出版了《综合的地球系统科学》专号。与之相关的许多观测、试验、研究计划都得到有力的资助和人力的支持，美国还组织了 22 所大学发展地球系统科学教育。另外，一些发达国家（如美国、英国和日本等）纷纷制定了 20 世纪 90 年代固体地球科学发展规划，其优先方向和开拓领域主要围绕地球各层圈相互作用这一核心前沿以及全球变化、岩石圈和地球深部内层三大研究主题展开。在这些报告中，尤以美国国家研究委员会组织的由 150 多名地球科学家编写的《固体地球科学与社会》最为系统和权威。我国在 20 世纪 80 年代末期开展了这方面的研究，目前虽然取得了一些进展，但速度不快。我国气象学家叶笃正院士等以地球系统科学为指南，从整体的角度出发，于 1987 年开始开展了中国的全球变化预研究；地理学家黄秉维院士等发表了论地球系统科学与可持续发展战略科学基础研究的文章，从 1995 年夏季到 1996 年春季进行了多次研讨，并于 1996 年 3 月在北京香山发起并组织了一次讨论会，探讨中国陆地系统科学与区域可持续发展战略问题；遥感地理学家陈述彭院士发表了以区域持续发展为宏观调控的地球系统科学与地球信息科学的文章。另外，还有一些学者发表了有关地球系统科学方面的论文和报道。作者于 1991 年接触到美国地球系统科学委员会在 1987 年出版的《地球系统科学》(Earth System Science)。10 年来，作者在地球系统科学概念框架下开展了地球系统科学理论体系（基础）的探索研究，发表了 30 余篇这方面论文和 7 部专著，构建出地球系统科学与可持续发展理论基础与模式，明确提出了地球系统科学是可持续发展的科学基础；提出了地球系统科学的主体核心是地球的结构与构造，即地球系统构造学（也称统一构造理论）；定量研究的切入点是地球系统力学；描述地球系统资源和物质组成特征的，即地球系统物质学和地球系统数字学（数字地球）与新概念地质力学等。指出地球系统科学跨越一系列自然科学与社会科学，是大地球科学，是固体和流体地球科学所有作用与演化的总汇；强调将地核、地幔、土壤－岩石圈、大气圈、水圈和生物圈（包括人类社会）作为地球系统来看待；指出需研究发生在该系统中居主导地位的地球系统力学、地球的演化、全球变化和相互作用的物理、化学和生物学过程，特别是人类活动诱发的全球变化，以揭示地球系统过程的变化规律，为提高人类认识并预测地球系统的能力提供理论依据。当然，上述这些工作还是初步的。但是，只有如此才能真正深化对地球的研究，也只有如此才能回答一些人类所面临的一系列地球系统行为的紧迫环境问题。这样一种眼界和观念性的转变是新的地球观，标志着从传统地学观念向地球系统科学的转变。

0.7 全球变化

随着地球科学在矛盾日益尖锐化的环境、资源、减灾等领域所面临的挑战，地球科学家们在 20 世纪 90 年代实施了“全球变化”等大型国际合作研究计划，把岩石圈 、水圈、气圈和生物圈作为一个整体，研究这些地球上部圈层演变过程中的相互关系。另一方面，由于一系列高新技术的发展（如地震反射、CT 技术、深源包体岩石圈探针等），使深部

结构和地学过程的研究成为可能。

全球变化（Global change）又可称为全球环境变化，主要由三个大型国际计划组成，即国际地圈与生物圈计划（IGBP）、世界气候研究计划（WCRP）和全球环境变化的人为影响研究计划（HDP）。国际地圈与生物圈计划（IGBP）是国际科学联合会理事会发起和组织的重大国际科学计划。该计划与世界气候研究计划（WCRP）一起成为制定保护全球气候公约和人类生存环境的重要科学支柱，同时又是当前地学、生物学的前沿科学领域。它以新兴的地球系统科学为指南，“了解整个地球系统的过去、现在和未来的行为及其演变过程”。必将对未来科学的发展产生深远的影响。

0.8 大陆动力学

20 世纪 80 年代以来，国际岩石圈计划和地学断面以及大陆科学钻探等工作的开展都以大陆岩石圈的结构、动力学演化为主题，其理论基础仍然是板块构造学说，这些工作的开展已使大陆岩石圈的研究获得了突破性进展。特别是大陆深反射地震的研究，改变了对壳/幔“界面”以及大陆下地壳的认识。

20 世纪 90 年代，高科技观测结果提出了大陆动力学，大陆地质学是其主要内容，是经典大陆地质学的一次更新和机遇。它把全球看成是一个天体行星整体，用地球系统认识地球的历史和演化。1993 年向美国国家基金会等三个单位提出资助“大陆动力学”研究的美国国家计划，反映了一系列科学目标中的 16 个主题和为此设计的野外实验建议。可以认为，这个学术思想的起因有两个方面：①从 20 世纪 80 年代起，大陆区的研究动摇了大陆地壳构造比大洋区更简单的认识，造山带、缝合带及板内均有明显变形，记录了全球全部历史的观点；②即使有高新技术和高精度观测分析技术的应用，实时的观测也不能代替大陆地质学对地史与地球演化的认识的探索。把大陆动力学当做对地球科学的新的挑战，在现阶段是完全可以理解的。

0.9 数字地球

“数字地球”一经提出，立刻引起世界范围内的广泛关注。尽管目前对“数字地球”的认识很粗浅，大家对其概念的理解也不同，但是，“数字地球”的科学构想是当代科学技术发展的必然结果，是信息科学、空间科学等现代科学技术与地球科学交融的前沿。“数字地球”为 21 世纪空间科学、信息科学和地球科学的发展提供了崭新的思路，它的建立将全面改变人类社会的生产和生活方式。

作者试图以对地观测技术为技术支撑，从地球系统的思路研究和探索“数字地球”科学理论，其基本概念是了解整个地球系统信息过程的过去、现今及未来的行为，要求对整个地球系统进行地球科学、信息科学、计算机科学、空间探测、数字通讯、计算科学和人工智能等交叉学科的综合研究，以了解整个地球系统所涉及的信息过程（地球系统动力学信息过程、地球系统物理学信息过程、地球系统化学信息过程与地球系统生物活动信息过程等），特别注意地球系统各圈层之间信息的联系和相互作用的规律。

关于“数字地球”，作者采取基础理论研究、技术支撑、系统工程和建设“数字地球”

四部分组成的思路进行数字地球研究构建。它的核心和目标是一种能嵌入巨量的地球信息，对地球系统所做的高分辨率、四维的描述。它由用户界面呈现某种可浏览的，适合于各种分辨率的四维地球图像界面和一种快速增长、联网的地球信息系统，与整合和显示来自不同渠道的信息机制这两部分组成。基础理论建立在地球系统科学、信息科学和计算科学等学科研究的基础之上，主要的研究内容是将地球系统作为一个有机整体，研究地球各圈层（岩石圈、大气圈、水圈和生物圈等）组成要素之间的相互联系、相互作用的规律，进而建立地球系统中现象的发生及发展的地学模型、数学模型、物理模型、力学模型、信息模型和计算机模型。“数字地球”技术支撑系统主要研究内容有数据采集、存储、传输、处理和显示等技术，技术支撑还应包括构建宽带数据网、建立国家空间数据基础设施、发展超级计算机、大容量时空数据存储、管理、模拟仿真和虚拟现实、显示等。“数字地球”系统工程是在上述基础理论研究和技术支撑体系的共同支持下，通过软件开发和硬件集成，建立可运行的分布式和开放网络信息系统，为我国资源合理利用、环境保护、减灾防灾、社会经济发展、知识传播和科学研究服务。

0.10 资源、环境、灾害与可持续发展

当代地球科学的基本任务是整体性地认识地球，包括它的过去、现在并预测它的未来。地球科学的应用性是在人类对地球不断提高认识的基础上，增强社会的功能，有效地探索、开拓和合理利用自然资源包括能源与空间；避免和减轻自然灾害；避免和保护自然环境不受破坏和干扰；预测和调节环境变化与全球变化；从总体上促进协调人类社会与自然系统之间的关系，维护生物圈和人类社会生存、持续发展的环境。

展望21世纪，应该说是人类科学地管理和维护、开发地球的新纪元。在已经出现的人口急剧膨胀的背景下，资源匮乏、环境污染、自然灾害、生态变化等将显得更为突出，人与自然的不协调性将日益尖锐。这不是区域性的，而是全球性的，是长期的。人类活动对自然的影响，包括人口的、技术的、经济的、战争的，从不易察觉的程度逐步发展到可察觉的程度，有些方面已引起严重后果。如果任其发展，损害的不仅是我们，而且还将殃及我们的子孙后代，甚至是整个人类。

由于人口的剧增和经济、社会的发展，自然资源形势将更为严峻。目前矿产和化石能源日益枯竭，优质水资源严重不足，可耕地大幅度减少，水土流失，优质居住环境大面积缩小，生态系统加速退化和物种加快灭绝，人类生活支持系统的负担日益加重。因此，节约、保护和发展自然资源，充分合理地利用资源，提高使用效率，开拓和提供新的自然资源，仍是重要的任务。由于人口的增加和城市化发展，自然灾害的威胁将更为重要，如：气象灾害（干旱、洪涝、风暴）、地震灾害、火山灾害和人类工程活动及其他灾害，都是社会极为关注的问题。在环境方面，由于人口的剧增和工业的发展，垃圾和有毒物质的累积数量急剧增长。由于长期的积累效应，使土壤、水、气的污染已经到了损害人类健康，生态系统受到严重破坏，物种灭绝加剧的程度。现在，局域性污染发展到全球，而且污染程度和范围不断增大。因此，最大限度降低和排除污染，以及保护环境，已刻不容缓。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com