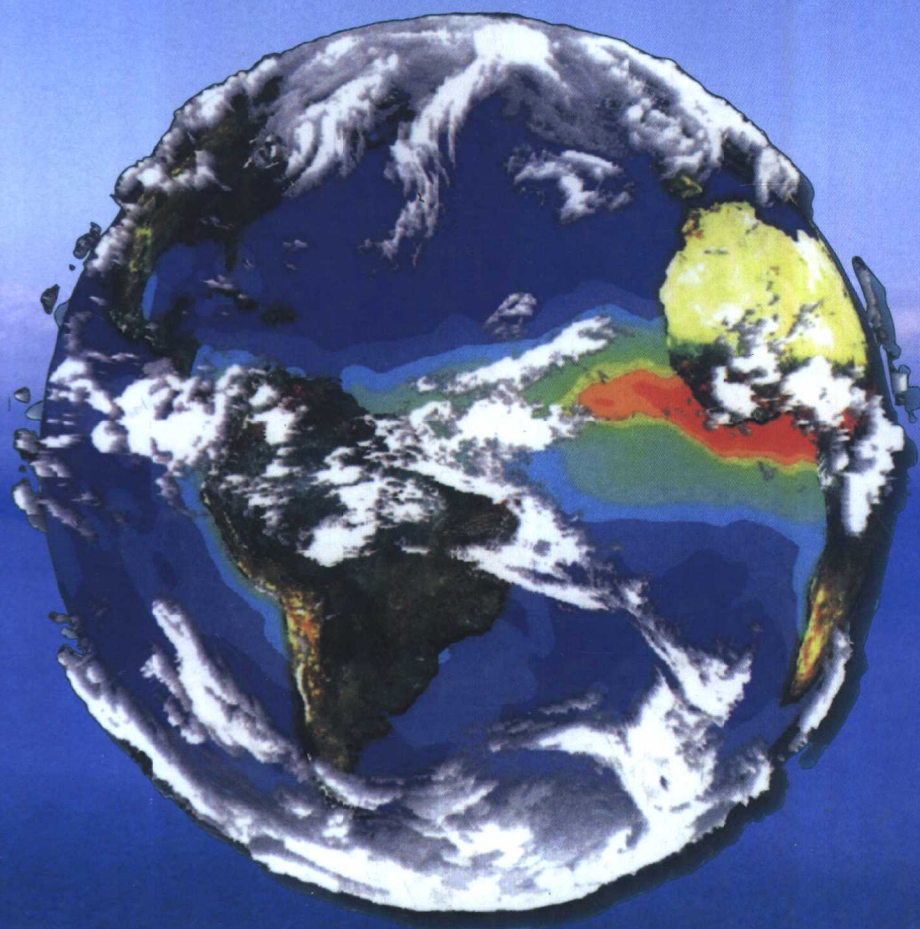


# 地球系统科学

毕思文 许强 编著



科学出版社

# 地球系统科学

毕思文 许强 编著

国家自然科学基金项目(49702038)资助出版

科学出版社

2002

## 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、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。

全书共6章,第1章主要介绍了地球系统科学提出的背景和基本概念;第2至第4章重点介绍了地球系统科学的研究方法、理论基础、子系统、学科分支等内容;第5章概要介绍了地球系统科学的数字表达——数字地球;第6章给出地球系统科学研究示范,主要以青藏高原大陆碰撞各圈层统一相互作用研究为例进行了详细阐述。

本书可作为从事地质学、地理学、对地观测、大气、海洋、国土资源等地球科学分支,以及信息科学技术、环境科学、生命科学等领域和相关学科的研究与教学工作者、政府管理决策人员、广大科技人员与大学高年级学生和研究生的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

地球系统科学/毕思文,许强编著. —北京:科学出版社,2002

ISBN 7-03-010037-9

I. 地… II. ①毕…②许… III. 地球科学 IV. P

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 004860 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2002年5月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2002年5月第一次印刷 印张:25 1/2

印数:1—1 200 字数:578 000

定价:56.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(新欣))

# 序

地球系统指的是由岩石圈、大气圈、水圈和生物圈(包括人类社会)组成的作为整体的地球,它包括了自地核到地球外层空间十分广阔的范围,是一个复杂的巨系统;其间存在着地球系统各组成部分之间的相互作用,物理、化学和生物三大基本过程之间的相互作用以及人与地球系统之间的相互作用。地球系统科学是研究地球系统在复杂的相互作用中运转的机制、地球系统变化的规律和控制这些变化的机理,从而奠定全球环境变化预测的科学基础,并为地球系统的科学管理提供依据。中国科学院遥感应用研究所毕思文研究员和成都理工大学许强教授撰写的《地球系统科学》专著,正是围绕着上述目标而构建的,值得一读。

地球系统科学是20世纪80年代中期开始的新兴科学前沿领域。它的产生和发展是人类为解决所面临的全球性环境问题的需要,也是地球科学与其他科学技术的结合,并向深度和广度发展的必然结果。

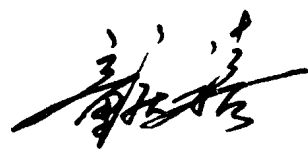
今天,遥感、地理信息系统、全球定位系统以及通信技术的发展和计算机的广泛应用,使得我们有可能在继续深化对地球科学各分支学科研究的同时,更加重视地球系统整体行为的集成研究,地球系统各圈层间相互作用的研究,以及人类活动诱发的重大全球环境变化研究。全球变化中最活跃的物质——碳和水与人类生存的物质基础——生物圈紧紧联系在一起,围绕全球碳循环、水资源与水循环、食物与纤维三大主题,在更高层次上开展综合集成研究,必将极大地推动地球科学及其新增长点——地球系统科学的发展。

近年来,对资源、环境、灾害的认识深度、广度和研究重点已发生了重大变化。对资源找寻的视野越来越大,逐步从地球表层走向深部,从陆地走向海洋,从单纯地注重矿产资源的找寻逐步转移到以可持续发展为目标的资源合理利用与环境保护并重上;对环境问题的关注已从局部走向全球;对自然灾害的研究也从单一灾害走向群发灾害的研究,从单纯的监测、预报走向集监测、预报、预警、灾情评估和防治于一体的综合研究上。技术科学的进步为地球系统科学研究提供了强有力的手段,数学、化学、物质科学的发展为地球系统科学的研究主题提供了新的方法和理论基础,地球系统科学内部学科的交叉以及与其他科学间的渗透为生命和人类的起源与进化、地球的形成与演化方面的研究注入了新的活力,使得固体地球科学、短期气候预测、环境生态研究、地球系统的复杂性研究、区域可持续发展等成为新的研究热点。数字地球将成为新世纪地球科学的重要特征,推动地球系统科学从对自然现象的定性描述向量化方向发展。因此,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、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。地球系统科学的发展,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。

地球系统科学将地球作为一个整体来进行研究,但它并非是一门凌驾于地球科学、环境科学和生命科学之上的“超级学科”,而是以学科之间的交叉作为其主要特点和研究领域,以学科之间的相互渗透和合作为其研究方式的一门大跨度交叉学科,对它的研究需要

有创新的概念、方法和理论。

毕思文研究员自 1991 年以来,一直不懈地从事地球系统科学理论的探索,以构建地球系统科学理论体系框架,开展深层次的地球系统科学研究作为目标。其中包括多方面的内涵:一是介绍了地球系统科学提出的背景和基本概念,加深对复杂地球巨系统的认识,探索和研究了地球系统科学的研究方法、基础理论、子系统和地球系统科学的学科分支等内容;二是依托“数字地球”对地球系统科学进行数字表达;三是以青藏高原大陆碰撞各圈层统一相互作用为例作为地球系统科学研究示范,剖析地球系统各圈层之间的相互作用与影响。我们对于地球的研究虽然已经有很长时间,但是对地球系统科学,即地球系统各圈层间相互作用的研究工作才刚刚开始,甚至很多人对此还不太了解,亟需有一些全面介绍有关地球系统科学的书籍。本书的出版,正是符合地球科学和社会发展的需要,我衷心希望它将有助于我国地球系统科学研究工作的开展。



中国科学院院士  
2002 年 3 月

# 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,地球已有 46 亿年的演化历史。从科学探索的开始,人类就寻求有关地球的知识。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,Eartosthenes 通过比较相距 800km 的两个地方中午的太阳角度,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。人们的好奇心和经济活动驱使人类遍布世界各地,很多国家的航海家在全球航行,并对地球测量。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,赫顿建立了地质时间概念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,以及物理学、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分门别类地进行的,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。这种转变的实现有两重背景,一是地球科学各分支的深入发展;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,大大提高了人类认识地球的能力。从上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。

再次,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各圈层组成的统一系统,即地球系统各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、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。

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。至目前为止,发表学术论文 80 余篇,出版与待出版专著 10 部。本书共 6 章,第 1 章主要介绍了地球系统科学提出的背景和基本概念;第 2 至第 4 章重点介绍了地球系统科学的研究方法、理论基础、子系统、学科分支等内容;第 5 章概要介绍了地球系统科学的数字表达——数字地球;第 6 章详细阐述了地球系统科学研究示范,即以青藏高原大陆碰撞各圈层统一相互作用研究为例。本书稿由毕思文撰写,最后由毕思文、许强两人共同定稿。

在全书撰写的过程中,始终得到了刘东生院士、陈述彭院士、童庆禧院士、孙枢院士、马宗晋院士、陈运泰院士、陈颙院士、钟大赉院士、肖序常院士、郭华东研究员、王超研究员、黄润秋教授、郑兰芬研究员、王长耀研究员、田国良研究员、牛铮研究员、张兵副研究员、王长林副研究员和柳钦火研究员的关心和支持;同时也得到朱重光研究员、李秀云高级工程师、赵忠明研究员、马建文研究员、杨崇俊研究员、聂跃平处长、董树文研究员和张荣华研究员的大力支持。

本书还得到国家自然科学基金项目(斜坡演化过程的自组织机制研究:49702038)资助出版。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!

由于地球系统科学是一个全新的、大跨度多学科相互交叉渗透的学科领域,加之编著时间仓促,书中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 5 月

# 目 录

序

前言

<b>第 1 章 绪 论</b> .....	( 1 )
1.1 人类面临全球性的重大问题 .....	( 2 )
1.1.1 人口爆炸 .....	( 2 )
1.1.2 土地荒漠化 .....	( 3 )
1.1.3 资源趋于枯竭 .....	( 3 )
1.1.4 “温室效应”与全球变暖 .....	( 3 )
1.1.5 臭氧屏蔽的破坏 .....	( 5 )
1.1.6 生态环境的破坏 .....	( 6 )
1.2 地球系统科学的提出及其在中国的产生 .....	( 7 )
1.3 地球系统科学与传统地球科学 .....	( 8 )
1.4 地球系统科学基本概念 .....	( 9 )
1.4.1 地球系统科学的概念 .....	( 9 )
1.4.2 地球系统的系统、结构、层次 .....	( 9 )
1.4.3 地球系统的环境、行为、功能 .....	( 13 )
1.4.4 地球系统的状态、演化、过程 .....	( 16 )
1.5 国内外研究现状 .....	( 18 )
1.5.1 当代地质学的发展趋势 .....	( 19 )
1.5.2 全球变化 .....	( 20 )
1.5.3 地球系统科学 .....	( 21 )
<b>第 2 章 地球系统科学研究方法</b> .....	( 23 )
2.1 地球系统科学的研究思路 .....	( 23 )
2.1.1 研究目标与目的 .....	( 23 )
2.1.2 研究的基本思路 .....	( 23 )
2.1.3 理论基础与特点 .....	( 24 )
2.1.4 研究领域 .....	( 24 )
2.1.5 基本原则 .....	( 25 )
2.2 地球系统科学的基本框架 .....	( 25 )
2.2.1 地圈-生物圈系统动力学 .....	( 25 )
2.2.2 气候系统动力学和气候变化预测研究 .....	( 26 )
2.2.3 大陆系统动力学 .....	( 26 )
2.2.4 日-地系统 .....	( 26 )



2.2.5	人-地系统动力学	(27)
2.2.6	现在应起步的领域前沿	(27)
2.3	地球系统过程	(28)
2.4	地球系统科学的研究步骤	(30)
2.5	地球系统科学的时间尺度	(32)
2.5.1	几千年至几百万年( $n \times 10^3 \sim n \times 10^6$ a)的时间尺度	(32)
2.5.2	几十年至几百年( $n \times 10 \sim n \times 10^2$ a)的时间尺度	(34)
2.5.3	几千年至几百万年( $n \times 10^3 \sim n \times 10^6$ a)的全球变化	(36)
2.5.4	早期地球过程	(37)
2.5.5	几十年至几百年( $n \times 10 \sim n \times 10^2$ a)的全球变化	(38)
2.6	地球系统科学的方法论	(39)
2.6.1	系统方法的哲学基础	(39)
2.6.2	还原论与整体论相结合	(40)
2.6.3	定性描述与定量描述相结合	(41)
2.6.4	局部描述与整体描述相结合	(41)
2.6.5	确定性描述与不确定性描述相结合	(42)
2.6.6	系统分析与系统综合相结合	(42)
2.6.7	模型与原型	(43)
2.6.8	数学模型	(43)
2.6.9	基于计算机的模型	(45)
<b>第3章</b>	<b>地球系统科学理论基础</b>	(46)
3.1	地球系统的连续动态系统	(46)
3.1.1	线性动态地球系统	(46)
3.1.2	非线性动态地球系统	(48)
3.1.3	轨道、暂态、定态	(50)
3.1.4	稳定性	(52)
3.1.5	吸引子与目的性	(57)
3.1.6	周期运动与回归性	(59)
3.1.7	分岔	(62)
3.1.8	突变	(66)
3.1.9	连续混沌	(68)
3.1.10	过渡过程特性	(71)
3.2	地球系统的离散动态系统	(72)
3.2.1	离散映射与离散动力学	(72)
3.2.2	离散混沌	(75)
3.2.3	几种自动器网络模型	(80)
3.2.4	遗传算法	(86)
3.3	地球系统的随机性	(92)
3.3.1	随机过程与随机涨落	(92)

3.3.2	主方程和福克尔-普朗克方程 .....	(96)
3.3.3	随机网络模型 .....	(101)
3.4	地球系统的自组织 .....	(106)
3.4.1	自组织与他组织 .....	(106)
3.4.2	两种有序原理 .....	(109)
3.4.3	自组织理论 .....	(115)
3.4.4	自组织的几种形式 .....	(120)
3.5	地球系统的简单巨系统 .....	(123)
3.5.1	简单系统与简单巨系统 .....	(123)
3.5.2	熵——简单巨系统的基本概念 .....	(126)
3.5.3	数学模型 .....	(130)
3.5.4	地球系统演化的分析方法 .....	(137)
3.6	地球系统的复杂巨系统 .....	(144)
3.6.1	关于复杂性 .....	(144)
3.6.2	把复杂性当作复杂性处理 .....	(146)
3.6.3	开放的复杂巨系统 .....	(148)
3.6.4	从定性到定量综合集成方法 .....	(152)
3.6.5	综合集成研讨厅体系 .....	(153)
<b>第4章</b>	<b>地球系统科学子系统与学科分支</b> .....	<b>(155)</b>
4.1	行星系统 .....	(155)
4.1.1	太阳系概况 .....	(155)
4.1.2	太阳系在宇宙中的地位 .....	(157)
4.1.3	行星的轨道运动 .....	(158)
4.1.4	行星的基本物理性质 .....	(162)
4.1.5	行星的结构 .....	(164)
4.1.6	卫星和环系的一般特征 .....	(166)
4.2	地核和地幔系统 .....	(167)
4.2.1	地震资料与内部结构 .....	(168)
4.2.2	地球内部的物质成分及其状态 .....	(171)
4.3	岩石圈系统 .....	(173)
4.3.1	大陆漂移、海底扩张和板块构造 .....	(175)
4.3.2	地质过程 .....	(178)
4.3.3	陨击坑和冲击变质作用 .....	(179)
4.3.4	地球的年龄和地质年代表 .....	(183)
4.4	水圈系统 .....	(185)
4.4.1	海洋的成分 .....	(186)
4.4.2	海洋温度和洋流 .....	(186)
4.5	大气圈系统 .....	(186)
4.5.1	地球大气的成分 .....	(187)

4.5.2	地球大气的性质和结构分层	(188)
4.5.3	地球磁场、磁层和辐射带	(192)
4.6	生物圈系统	(195)
4.6.1	生物圈的组成	(195)
4.6.2	生命的特征——DNA	(196)
4.6.3	生命的起源、演化和生物圈的形成	(198)
4.6.4	人类的由来	(203)
4.6.5	生物圈系统及其平衡	(203)
4.6.6	生物圈对地球外部圈层的作用	(205)
4.7	各圈层相互作用的动力学效应	(208)
4.7.1	多体系统动力效应	(208)
4.7.2	非完整系统动力效应	(214)
4.7.3	变质量系统动力效应	(219)
4.7.4	碰撞动力系统效应	(223)
4.7.5	破坏动力系统效应	(231)
4.7.6	流体动力系统效应	(237)
4.7.7	极端动力系统效应	(245)
4.7.8	爆炸(发)动力系统效应	(255)
4.8	地球系统科学学科分支	(266)
<b>第5章</b>	<b>地球系统科学的数字表达——数字地球</b>	(269)
5.1	数字地球提出的背景	(269)
5.2	数字地球的研究方法	(269)
5.3	数字地球原型	(272)
5.4	地球系统场理论基础	(273)
5.5	数字地球物理模型	(274)
5.6	数字地球力学模型	(276)
5.7	数字地球数学模型	(276)
5.8	数字地球信息模型	(277)
5.9	数字地球信息获取技术与模拟	(277)
5.10	数字地球空间信息基础设施	(278)
5.11	数字地球技术方法	(279)
5.12	数字中国	(281)
<b>第6章</b>	<b>地球系统科学研究示范——青藏高原大陆碰撞各圈层统一相互作用研究</b>	(282)
6.1	青藏高原国内外研究现状概述	(282)
6.1.1	高原隆升机制	(283)
6.1.2	高原隆升历史	(285)
6.1.3	讨论	(286)
6.2	各圈层统一相互作用的物质组成与古生物演化特征	(287)

6.2.1	地层古生物系统及其时空演变	(287)
6.2.2	岩浆活动特征与规律	(299)
6.2.3	高温高压下岩石力学性质研究	(309)
6.3	各圈层统一相互作用的大地构造特征与地质过程	(315)
6.3.1	青藏高原大地构造特征	(315)
6.3.2	青藏高原各圈层隆升的地质过程	(322)
6.4	各圈层统一相互作用的现今构造应力场演化特征	(326)
6.4.1	第四纪早期构造应力场	(326)
6.4.2	现代构造应力场	(327)
6.4.3	地壳形变特征	(332)
6.4.4	动力学演化机制	(333)
6.5	各圈层统一相互作用的地球物理场特性与深部构造	(334)
6.5.1	青藏高原人工地震探测研究	(334)
6.5.2	青藏高原区域重力场研究	(341)
6.5.3	青藏高原与周边地区电性结构及其地质意义	(343)
6.5.4	青藏高原区域磁异常研究	(347)
6.6	各圈层统一相互作用的统一构造动力模型	(353)
6.6.1	中国大陆应力场及位移方向和速率约束条件	(353)
6.6.2	印度板块对欧亚大陆的挤压作用及青藏高原受到的垂直作用	(353)
6.6.3	滑移线场与中国大陆统一应变场	(354)
6.6.4	青藏高原隆升的统一构造动力模型	(355)
6.7	各圈层统一相互作用的力学描述	(356)
6.7.1	青藏高原各圈层力学系统描述	(356)
6.7.2	青藏高原岩石力学系统的非稳定性问题	(362)
6.7.3	青藏高原各圈层多体系统力学描述	(364)
6.7.4	青藏高原各圈层塑性力学描述	(369)
6.7.5	青藏高原地幔热柱动力学模型研究	(371)
6.8	各圈层统一相互作用的数值模拟	(376)
6.8.1	建立力学模型	(376)
6.8.2	算法分析	(378)
6.8.3	计算结果与分析	(380)
6.9	结论	(381)
<b>参考文献</b>		<b>(383)</b>

# CONTENTS

<b>Chapter 1 Introduction</b> .....	( 1 )
1.1 The Human Beings Challenged by Global Problems .....	( 2 )
1.1.1 Population Explosion .....	( 2 )
1.1.2 Land Hungriness .....	( 3 )
1.1.3 Resources Drying up .....	( 3 )
1.1.4 Greenhouse Effect and Global Becoming Warm .....	( 3 )
1.1.5 Damage of Ozone Shield .....	( 5 )
1.1.6 Damage of Ecology and Environment .....	( 6 )
1.2 Introduction of Earth System Science and Bring in China .....	( 7 )
1.3 Earth System Science and Traditional Earth Science .....	( 8 )
1.4 Basic Concepts of Earth System Science .....	( 9 )
1.4.1 Concept of Earth System Science .....	( 9 )
1.4.2 System, Structure and Hierarchy of Earth System .....	( 9 )
1.4.3 Environment, Action and Function of Earth System .....	( 13 )
1.4.4 States, Evolution and Process of Earth System .....	( 16 )
1.5 Research on Earth System Science in China and Overseas .....	( 18 )
1.5.1 Development Trend of Present Geology .....	( 19 )
1.5.2 Global Change .....	( 20 )
1.5.3 Earth System Science .....	( 21 )
<b>Chapter 2 Study Methods for Earth System Science</b> .....	( 23 )
2.1 Research Thoughts of Earth System Science .....	( 23 )
2.1.1 Aim of Research .....	( 23 )
2.1.2 Basic Thought of Research .....	( 23 )
2.1.3 Foundation and Characteristic of Theory .....	( 24 )
2.1.4 Fields of Research .....	( 24 )
2.1.5 Basic Principia .....	( 25 )
2.2 Fundamental Framework of Earth System Science .....	( 25 )
2.2.1 Geosphere – Biosphere System Dynamics .....	( 25 )
2.2.2 Climate System Dynamic and Climate Variety Forecast Research .....	( 26 )
2.2.3 Continent System Dynamics .....	( 26 )
2.2.4 Solar – Earth System .....	( 26 )

2.2.5	Human – Earth System Dynamics	(27)
2.2.6	Commence of fields Front	(27)
2.3	The Process of the Earth System	(28)
2.4	Research Steps of Earth System Science	(30)
2.5	Temporal Scale of Earth System Science	(32)
2.5.1	Thousands to Millions of Years ( $n \times 10^3 \sim n \times 10^6$ a) Temporal Scale	(32)
2.5.2	Decades to Hundreds of Years ( $n \times 10 \sim n \times 10^2$ a) Temporal Scale	(34)
2.5.3	Thousands to Millions of Years ( $n \times 10^3 \sim n \times 10^6$ a) Global Change	(36)
2.5.4	Forepart of Earth Process	(37)
2.5.5	Decades to Hundreds of Years ( $n \times 10 \sim n \times 10^2$ a) Global Change	(38)
2.6	Methodology of Earth System Science	(39)
2.6.1	Philosophical Basic of System Method	(39)
2.6.2	Combination of Reductionism and Wholeness	(40)
2.6.3	Combination of Qualitative and Quantitative Description	(41)
2.6.4	Combination of Local and Global Description	(41)
2.6.5	Combination of Determined and Undetermined Description	(42)
2.6.6	Combination of System Analysis and System Synthesis	(42)
2.6.7	Models and Prototype	(43)
2.6.8	Mathematical Model	(43)
2.6.9	Computer – Based Models	(45)
<b>Chapter 3</b>	<b>Fundamentals of Earth System Science</b>	<b>(46)</b>
3.1	Continuous Dynamic System of Earth System	(46)
3.1.1	Linear Dynamic Earth System	(46)
3.1.2	Non – Linear Dynamic Earth System	(48)
3.1.3	Trajectory, Transient and Steady State	(50)
3.1.4	Stability	(52)
3.1.5	Attractor and Aim Teleonomy	(57)
3.1.6	Periodic Motion and Recurrence	(59)
3.1.7	Bifurcation	(62)
3.1.8	Catastrophe	(66)
3.1.9	Continual Chaos	(68)
3.1.10	Characters of Transient Process	(71)
3.2	Discrete Dynamic System of Earth System	(72)
3.2.1	Discrete Mapping and Discrete Dynamics	(72)
3.2.2	Discrete Chaos	(75)
3.2.3	Several Automation Network Models	(80)
3.2.4	Genetic Algorithm	(86)
3.3	Stochastity of Earth System	(92)
3.3.1	Stochastic Process and Stochastic Fluctuate	(92)

3.3.2	Master Equation and Fokerl – Planck Equation .....	(96)
3.3.3	Stochastic Network Model .....	(101)
3.4	Self – organization of Earth System .....	(106)
3.4.1	Self – organization and Hetero – organization .....	(106)
3.4.2	Ordering Principles .....	(109)
3.4.3	Self – organization Theory .....	(115)
3.4.4	Forms of Self – organization .....	(120)
3.5	Simple Giant System of Earth System .....	(123)
3.5.1	Simple System and Simple Giant System .....	(123)
3.5.2	Entropy – a Basic Concept of Simple Giant System .....	(126)
3.5.3	Mathematical Model .....	(130)
3.5.4	Analysis Method of Earth System Evolvement .....	(137)
3.6	Complex Giant System of Earth System .....	(144)
3.6.1	On Complexity .....	(144)
3.6.2	Treating Complexity as Complexity .....	(146)
3.6.3	Open Complex Giant System .....	(148)
3.6.4	Meta – Synthesis Method from Qualitative to Quantitative .....	(152)
3.6.5	Meta – synthesis Research Hall System .....	(153)
<b>Chapter 4</b>	<b>Subsystems and Branch of Earth System Science .....</b>	<b>(155)</b>
4.1	Planet System .....	(155)
4.1.1	Survey of Solar System .....	(155)
4.1.2	Solar System Position in Universe .....	(157)
4.1.3	Orbit Motion of Planet .....	(158)
4.1.4	Basic Physical Quality of Planet .....	(162)
4.1.5	Planet Structure .....	(164)
4.1.6	General Character of Secondary Planet and Loop .....	(166)
4.2	Centrosphere and Mantle System .....	(167)
4.2.1	Earthquake Data and Inner Structure .....	(168)
4.2.2	Materiel Component and State in earth Interior .....	(171)
4.3	Geosphere System .....	(173)
4.3.1	Continent Drift, Sea – Floor Expand and Tectonic Structure .....	(175)
4.3.2	Geologic Process .....	(178)
4.3.3	Meteorite Cave and Striking Metamorphose Action .....	(179)
4.3.4	Earth Age and Geology Age Table .....	(183)
4.4	HydroSphere System .....	(185)
4.4.1	Component of Ocean .....	(186)
4.4.2	Temperature and Current of Ocean .....	(186)
4.5	Aerosphere System .....	(186)
4.5.1	Component of Earth Atmosphere .....	(187)



4.5.2	Quality and Structure Layers of Earth Atmosphere .....	(188)
4.5.3	Magnetic Field, layer and Radiation Belt of Earth .....	(192)
4.6	Biosphere System .....	(195)
4.6.1	Component of Biosphere .....	(195)
4.6.2	Life Character – DNA .....	(196)
4.6.3	Life Origin, Evolvement and Formation of Biosphere .....	(198)
4.6.4	Human Origin .....	(203)
4.6.5	Biosphere System and Balance .....	(203)
4.6.6	Biosphere Actor on Earth outer Spheres .....	(205)
4.7	Dynamic Effect of Spheres Reciprocity .....	(208)
4.7.1	Multi – body System Dynamical Effect .....	(208)
4.7.2	Non – integrity System Dynamical Effect .....	(214)
4.7.3	Changeable Mass Geological System Dynamical Effect .....	(219)
4.7.4	Collision Dynamical System Effect .....	(223)
4.7.5	Breakage Dynamical System Effect .....	(231)
4.7.6	Fluid Dynamical System Effect .....	(237)
4.7.7	Extremeness Dynamical System Effect .....	(245)
4.7.8	Explosive (Eruption) Dynamical System Effect .....	(255)
4.8	Branch of Earth System Science .....	(266)
<b>Chapter 5</b>	<b>Digital Expression of Earth System Science-Digital Earth .....</b>	<b>(269)</b>
5.1	Background of Digital Earth .....	(269)
5.2	Study Methods for Digital Earth .....	(269)
5.3	The Prototype of Digital Earth – Earth System .....	(272)
5.4	Fundamentals of Earth System Fields .....	(273)
5.5	Physical Model of Digital Earth .....	(274)
5.6	Mechanics Model of Digital Earth .....	(276)
5.7	Mathematical Model of Digital Earth .....	(276)
5.8	Information Model of Digital Earth .....	(277)
5.9	Information Acquisition and Virtual Reality Technology of Digital Earth .....	(277)
5.10	Spatial Information Infrastructure of Digital Earth .....	(278)
5.11	Technology and Methods of Digital Earth .....	(279)
5.12	The Digital China .....	(281)
<b>Chapter 6</b>	<b>Research Demonstration of Earth System Science-the Research of     Uniform Reciprocity in Tibet Plateau Continent Collision Spheres .....</b>	<b>(282)</b>
6.1	Domestic and Oversea Research Actuality of Tibet Plateau .....	(282)
6.1.1	Plateau Uprising Mechanize .....	(283)
6.1.2	Plateau Uprising History .....	(285)
6.1.3	Discussion .....	(286)

6.2	Matter Component Character and Old Biology Evolvement of Spheres	
	Uniform Reciprocity	(287)
6.2.1	Stratum Old Biology System and Spatial – Temporal Evolvement	(287)
6.2.2	Character and Rules of Magma Activity	(299)
6.2.3	Research of Rock Mechanism Character under High Temperature and High Pressure	(309)
6.3	Ground Structure Character and Geology Process of Spheres Uniform Reciprocity	(315)
6.3.1	Ground Structure Character of Tibet Plateau	(315)
6.3.2	Geology Process Sphere Uprising in Tibet Plateau	(322)
6.4	Current Structure Stress Field Evolvement Character of Spheres Uniform Reciprocity	(326)
6.4.1	Structure Stress Field in the early of the Forth – epoch	(326)
6.4.2	Modern Structure Stress Field	(327)
6.4.3	Lithosphere Change Character	(332)
6.4.4	Dynamics Evolution Mechanism	(333)
6.5	Physical Geography Field Character and Deep Structure of Spheres Uniform Reciprocity	(334)
6.5.1	Manual Earthquake Explore Research of Tibet Plateau	(334)
6.5.2	Gravity field Research of Tibet Plateau	(341)
6.5.3	Electric Character Structure Research and Geology Significance of Tibet Plateau and surround	(343)
6.5.4	Region Magnetism Abnormity Research of Tibet Plateau	(347)
6.6	Uniform Structure Dynamical Model of Spheres Uniform Reciprocity	(353)
6.6.1	Continent Stress Field, Displacement Direction and Velocity Constraint Condition in China	(353)
6.6.2	Extrusion Effect of Indian Plate on Euro – Asia Plate and Uprightness Effect of Tibet Plateau	(353)
6.6.3	Slippage Line Field and Uniform Strain Field in China Continent	(354)
6.6.4	Uniform Structure Dynamics Model of Tibet Plateau Uprising	(355)
6.7	Mechanism of Spheres Uniform Reciprocity	(356)
6.7.1	Mechanics System Describe of Tibet Plateau Spheres	(356)
6.7.2	Non – stability Problem of Rock Mechanics System in Tibet Plateau	(362)
6.7.3	Multi – body System Dynamical Describe in Tibet Plateau Sphere	(364)
6.7.4	Plastic Mechanics Describe in Tibet Plateau Sphere	(369)
6.7.5	Hot Plume Tectonics Dynamics Model Research in Tibet Plateau	(371)
6.8	Numerical Simulation	(376)
6.8.1	Mechanics Model Establish	(376)
6.8.2	Arithmetic Analysis	(378)