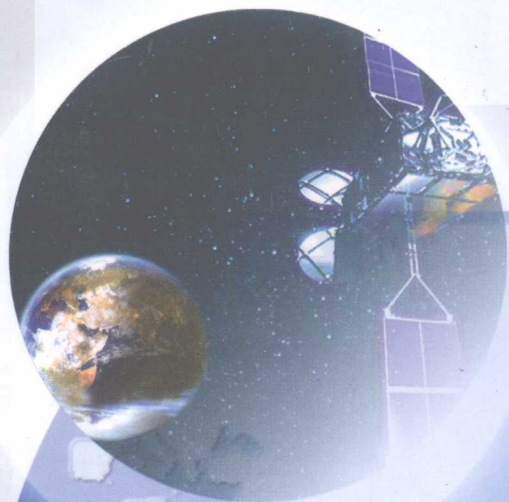


● 中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

地球系统科学

DI QIU X I T O N G K E X U E

毕思文 耿杰哲 编著



中国地质大学出版社
ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

●中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

地球系统科学

毕思文 耿杰哲 编著



中国地质大学出版社

ZHONGGUO DIZHI DAXUE CHUBANSHE

内 容 提 要

本教材特色是强调地球系统各圈层相互作用的观点。全书共分为8章。第1章绪论中介绍地球系统科学背景、科学意义和研究现状;第2章介绍地球系统科学的研究方法,包括研究思路、基本概念、研究步骤等;第3章至第5章详细阐述了地球系统科学的基础理论、学科分支、技术方法;第6章介绍地球系统科学在青藏高原地区的应用;第7章对地球系统科学数字表达——数字地球进行了概括介绍;在前面内容的基础上,第8章重点介绍了地球系统科学对于可持续发展的重要意义。本教材充分体现了地球系统科学大跨度多学科相互交叉渗透的特点,突出了地球系统科学对于认识地球和管理地球的重要作用,使读者对地球系统科学有完整系统的认识,有利于基础知识框架的建立。

本教材可作为地质学、地理学、大气、海洋、国土资源等地球科学分支,以及信息科学技术、行星科学、环境科学、生物科学与生命科学等领域及相关学科的学生教材,也可作为广大科研人员和政府管理决策人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地球系统科学/毕思文,耿杰哲编著. —武汉:中国地质大学出版社,2009.9

ISBN 978-7-5625-2383-3

- I. 地…
- II. ①毕…②耿…
- III. 地球科学
- IV. P

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 127532 号

地球系统科学

毕思文 耿杰哲 编著

责任编辑:周 华 刘桂涛

责任校对:林 泉

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路 388 号)

邮政编码:430074

电 话:(027)67883511

传真:67883580

E-mail:cbb@cug.edu.cn

经 销:全国新华书店

http://www.cugp.cn

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16

字数:525 千字 印张:20.5

版次:2009 年 9 月第 1 版

印次:2009 年 9 月第 1 次印刷

印刷:武汉路南印务有限公司

印数:1—1 000 册

ISBN 978-7-5625-2383-3

定价:42.00 元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

中国地质大学(武汉)地学类系列精品教材

策划、编辑委员会

策划部组成

主任：梁志

副主任：刘桂涛

成员：张晓红 段连秀 赵颖弘

编辑部组成

主任：刘桂涛

成员：张晓红 段连秀 赵颖弘

 谌福兴 王凤林 周华

前 言

地球系统科学是 20 世纪 80 年代国际科学界为迎接全球环境挑战而提出的一门新的集成学科。20 多年来,地球系统科学得到了飞速发展,在推动地圈、生物圈相互作用研究和全球变化的集成研究方面发挥了不可替代的重要作用,在国际科学舞台上,地球系统科学构建了合作伙伴关系,并在全球环境变化的研究实践中不断充实和完善了它的理论体系和观测系统。

地球系统科学是以日-地空间、大气圈、水圈(包括冰冻圈)、岩石圈和生物圈(包括人类本身)整合成一体的地球系统为研究对象。它包括了自地心到地球外层空间十分广阔的范围,是一个复杂的非线性系统,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,是微观与宏观现象矛盾的统一。建立地球系统科学方法的基本途径是要强调相应的化学、物理、生物及其相互作用的动力学过程,这些过程在空间上可以从微米到行星轨道尺度,在时间尺度上可以从毫秒到数十亿年。

地球已有 46 亿年的演化历史,人类对地球的开发利用、探索研究活动由来已久。地质学、地理学、气象学、海洋学和生态学等都是悠久历史的学科,多年的积累,针对地球的某一组成部分分门别类地进行研究,形成了各种带有各自门类特色的传统研究方法及知识体系。但随着研究和应用的深入,科学家们发现,必须把地球作为一个由各个子系统——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,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阔了人类的眼界,大大提高了人类认识地球的能力。

20 世纪 50 年代以来,随着“世界地磁测量”、“国际地球物理年”、“上地幔计划”、“深海钻探计划”、“国际海洋考察十年”、“地球动力学计划”等一系列地学国际合作研究计划的巨大成功,学科之间出现了很多交叉和渗透。20 世纪 40 年代末期诞生的 SCI 理论(一般系统论、控制论、信息论),70 年代崛起的 DSC 理论(耗

散结构论、协同论、突变论)、超循环论等 20 余种现代系统科学理论流派相继问世。这些系统思想精华和系统工程、系统动力学方法于 20 世纪七八十年代相继引入地学研究,促进了地球系统科学的诞生。

人类正处在一个前所未有的紧要关头,近百年内,维持地球生命的环境正在迅速地恶化。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、淡水资源短缺等威胁着人类的生存。从科学角度看,这些紧迫的环境问题实质上是由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。

为实现全球可持续发展,我们迫切需要从统一的、系统的观点,从多时空的角度,认识地球的整体行为,从而有效地调控人与自然的关系,促进自然资源、生态环境与社会经济的可持续发展,最大限度减少自然灾害、环境污染、生态破坏所造成的损失,更好地认识地球和管理地球。

地球系统科学以整个地球系统为研究对象,但不是一门凌驾于所有地球科学、环境科学和宏观生物学之上的“超级学科”,而是以学科间的交叉地带作为其主要的研究领域,以学科间的相互渗透和合作作为其研究方式的一门交叉学科,需要创新的理念、方法和理论。因此地球系统科学具有以下特征:前所未有的全球性、各学科各部门的综合性、各个要素之间相互作用及反馈的系统性、数字化时代的信息性、社会服务的功能性。

本书第一作者毕思文研究员是一位探索与构建地球系统科学理论的地球科学工作者,长期从事地质科学、遥感应用与数字地球的研究,以青藏高原为示范,开展地球系统科学理论、模型、方法与应用等研究,2000 年 1 月至今,主要开展地球系统探测新技术——量子遥感理论、实验与技术的探索。作者多年辛勤笔耕,目前已发表学术论文 200 余篇,出版专著 10 部,在《地球系统科学》、《地球系统力学》、《数字地球——地球系统数字学》、《地球系统科学与可持续发展》、《量子光谱成像》等专著的基础上又撰写这部《地球系统科学》教材。

感谢中国地质大学(武汉)教务处对本书出版的资助,感谢中国地质大学出版社的刘桂涛、周华编辑为本书的出版付出的劳动,同时对书中引用的相关图表的作者们表示感谢!

地球系统科学领域宽广,限于作者水平和经验,加之编著时间仓促,书中错谬之处在所难免,恳请各位专家和读者批评指正。

作者
2009 年 6 月

目 录

第1章 绪 论	(1)
1.1 人类面临的全球性重大问题	(1)
1.1.1 人口爆炸	(1)
1.1.2 土地荒漠化	(1)
1.1.3 资源趋于枯竭	(2)
1.1.4 “温室效应”与全球增暖	(2)
1.1.5 臭氧屏蔽的破坏	(2)
1.2 地球系统全球化	(3)
1.3 地球系统科学与可持续发展	(3)
1.4 地球系统科学与传统地球科学	(4)
1.5 地球系统科学特征	(5)
1.5.1 思维方式的变化——整体性研究思维	(5)
1.5.2 研究对象的变化——展望全球与预测未来	(5)
1.5.3 研究内容的变化——为社会发展服务	(5)
1.5.4 研究形式的变化——多学科的综合研究	(6)
1.5.5 组织形式的变化——国际化与合作研究	(6)
1.5.6 信息交流的变化——地球信息科学的诞生	(6)
1.5.7 方法手段的变化——高新技术的应用	(6)
1.6 国内外研究现状	(7)
1.6.1 当代地质学的发展趋势	(7)
1.6.2 地球系统科学的组织、机构和计划	(7)
1.6.3 地球系统科学的重要会议	(10)
1.6.4 地球系统科学在中国的发展	(11)
1.6.5 地球系统科学理论构建	(12)
第2章 地球系统科学研究方法	(13)
2.1 地球系统科学研究思路	(13)
2.1.1 研究目标与目的	(13)
2.1.2 研究基本思路	(13)
2.1.3 理论基础与特点	(14)
2.1.4 研究领域	(14)

2.2	地球系统科学基本概念	(15)
2.2.1	基本概念	(15)
2.2.2	地球系统的系统、结构、层次	(15)
2.2.3	地球系统的环境、行为、功能	(17)
2.2.4	地球系统的状态、演化、过程	(19)
2.3	地球系统科学基本框架	(20)
2.3.1	地圈-生物圈系统动力学	(20)
2.3.2	气候系统动力学和气候变化预测	(21)
2.3.3	大陆系统动力学	(21)
2.3.4	日-地系统	(21)
2.3.5	人-地系统动力学	(22)
2.3.6	现在应起步的前沿领域	(22)
2.4	地球系统科学时间尺度	(23)
2.4.1	几百万年至几十亿年	(23)
2.4.2	几千年至几十万年	(23)
2.4.3	几十年至几百年	(23)
2.4.4	几天至几个季度	(23)
2.4.5	几秒至几小时	(24)
2.5	地球系统科学研究步骤	(24)
2.6	地球系统科学方法论	(24)
2.6.1	系统方法的哲学基础	(24)
2.6.2	还原论与整体论相结合	(24)
2.6.3	定性描述与定量描述相结合	(25)
2.6.4	局部描述与整体描述相结合	(25)
2.6.5	确定性描述与不确定性描述相结合	(25)
2.6.6	系统分析与系统综合相结合	(26)
2.6.7	模型与原型	(26)
2.6.8	数学模型	(26)
2.6.9	基于计算机的模型	(26)
第3章	地球系统科学理论基础	(28)
3.1	地球系统的连续动态系统	(28)
3.1.1	线性动态地球系统	(28)
3.1.2	非线性动态地球系统	(29)
3.1.3	轨道、暂态、定态	(31)
3.1.4	地球系统的稳定性	(34)
3.1.5	吸引子与目的性	(40)

3.1.6	周期运动与回归性	(43)
3.1.7	地球系统的分岔	(46)
3.1.8	地球系统的突变	(51)
3.1.9	连续混沌	(52)
3.1.10	过渡过程特性	(55)
3.2	地球系统的离散动态系统	(56)
3.2.1	离散映射与离散动力学	(56)
3.2.2	离散混沌	(58)
3.2.3	几种自动器网络模型	(62)
3.2.4	遗传算法	(67)
3.3	地球系统的随机性	(70)
3.3.1	随机过程与随机涨落	(70)
3.3.2	随机网络模型	(74)
3.4	地球系统的自组织	(77)
3.4.1	自组织与他组织	(77)
3.4.2	两种有序原理	(80)
3.4.3	自组织理论	(86)
3.4.4	自组织的几种形式	(89)
3.5	地球系统的简单巨系统	(92)
3.5.1	简单系统与简单巨系统	(92)
3.5.2	熵——简单巨系统的基本概念	(95)
3.5.3	数学模型	(98)
3.5.4	地球系统演化的分析方法	(104)
3.6	地球系统的复杂巨系统	(108)
3.6.1	关于复杂性	(109)
3.6.2	把复杂性当作复杂性处理	(110)
3.6.3	开放的复杂巨系统	(112)
3.6.4	从定性到定量综合集成方法	(116)
3.6.5	综合集成研讨厅体系	(117)
第4章	地球系统科学子系统与学科分支	(121)
4.1	行星系统	(121)
4.1.1	太阳系概况	(121)
4.1.2	太阳系在宇宙中的地位	(123)
4.1.3	行星的轨道运动	(124)
4.1.4	行星的基本物理性质	(127)
4.1.5	行星的结构	(129)

4.1.6	卫星和环系的一般特征	(130)
4.1.7	地球系统科学与地震	(132)
4.2	地核和地幔系统	(138)
4.2.1	地震资料与内部结构	(139)
4.2.2	地球内部的物质成分及其状态	(141)
4.3	岩石圈系统	(144)
4.3.1	大陆漂移、海底扩张和板块构造	(145)
4.3.2	地质过程	(148)
4.3.3	陨击坑和冲击变质作用	(150)
4.3.4	地球的年龄和地质年代表	(153)
4.4	水圈系统	(155)
4.4.1	海洋的成分	(156)
4.4.2	海洋温度和洋流	(156)
4.5	大气圈系统	(157)
4.5.1	地球大气的成分	(157)
4.5.2	地球大气的性质和结构分层	(157)
4.5.3	地球磁场、磁层和辐射带	(163)
4.6	生物圈系统	(165)
4.6.1	生物圈的组成	(165)
4.6.2	生命的特征	(166)
4.6.3	生命的起源、演化和生物圈的形成	(168)
4.6.4	人类的由来	(172)
4.6.5	生物圈系统及其平衡	(173)
4.6.6	生物圈对地球外部圈层的作用	(175)
4.7	地球系统科学学科分支	(177)
第5章	地球系统科学技术	(179)
5.1	全球定位系统(GPS)	(179)
5.1.1	GPS 发展历史	(179)
5.1.2	GPS 技术	(180)
5.2	遥感(RS)	(187)
5.2.1	遥感概述	(188)
5.2.2	遥感的历史	(189)
5.2.3	遥感技术	(190)
5.3	量子遥感	(201)
5.3.1	量子遥感理论提出的背景	(201)
5.3.2	量子遥感概念的发展	(202)

5.3.3	量子遥感研究对象及内容	(203)
5.4	地理信息系统(GIS)	(208)
5.4.1	GIS概述	(208)
5.4.2	GIS的组成	(213)
5.4.3	GIS的功能	(214)
5.4.4	国家基础地理信息数据库	(220)
5.5	GIS与RS集成的军事应用	(220)
5.5.1	军事需求	(220)
5.5.2	研究背景	(221)
5.5.3	军事应用——预警机	(224)
5.6	生态系统观测研究网络	(224)
5.6.1	全球观测系统	(225)
5.6.2	生物观测网络	(225)
5.6.3	中国生态系统网络(CERN)	(228)
5.7	地球物理技术	(232)
5.7.1	地球物理发展领域	(233)
5.8	地球化学技术	(238)
5.8.1	陨石学	(238)
5.8.2	大陆地壳组成	(242)
5.8.3	地幔地球化学	(243)
5.8.4	地球化学动力学	(244)
5.8.5	同位素地球化学	(245)
5.8.6	表生地球化学	(246)
5.8.7	遥感地球化学	(248)
5.8.8	持久性有机污染物(POPs)的环境地球化学	(249)
5.9	计算机技术	(251)
5.9.1	科学数据共享	(251)
5.9.2	计算机模拟技术	(255)
第6章	地球系统科学研究示范——青藏高原大陆各圈层统一相互作用	(259)
6.1	青藏高原国内外研究现状概述	(259)
6.1.1	高原的隆升机制	(260)
6.1.2	高原隆升史	(263)
6.1.3	隆升机制的进一步探索	(264)
6.2	各圈层统一相互作用的物质组成	(265)
6.2.1	青藏高原地层分区	(265)
6.2.2	区域构造-地层格架	(265)

6.3	青藏高原雅江-班公怒江缝合带的热红外遥感	(267)
6.3.1	温度的反演	(268)
6.3.2	野外地表层钻孔测温与数据处理	(268)
6.4	青藏高原山地各圈层力学系统描述	(270)
6.4.1	力学模型	(270)
6.4.2	青藏高原大陆碰撞力学模型	(272)
6.4.3	青藏高原山地各圈层力学系统描述	(273)
6.4.4	青藏高原碰撞隆起的力学描述	(275)
6.4.5	青藏高原碰撞隆起的数值模拟	(279)
第7章	地球系统科学数字表达——数字地球	(285)
7.1	提出背景	(285)
7.2	研究方法	(286)
7.2.1	研究思路	(286)
7.2.2	基本概念	(286)
7.2.3	研究对象	(286)
7.2.4	研究内容	(286)
7.2.5	研究任务	(288)
7.2.6	作用和意义	(288)
7.3	数字地球原型	(288)
7.4	地球系统场理论基础	(289)
7.5	数字地球物理模型	(289)
7.5.1	地球的自转与参考系	(289)
7.5.2	地球的形状	(290)
7.5.3	地球的速度分层及其研究方法	(290)
7.5.4	地球的电磁性质及其研究方法	(290)
7.5.5	地球的密度分布及其研究方法	(291)
7.5.6	地球的热学性质及其研究方法	(291)
7.5.7	光学模型机理特征	(291)
7.6	数字地球力学模型	(291)
7.7	数字地球数学模型	(292)
7.8	数字地球信息模型	(292)
7.9	数字地球信息获取技术与模拟	(293)
7.10	数字地球空间信息基础设施	(293)
7.11	数字地球技术方法	(294)
7.11.1	地理信息的互操作及 Open GIS 规范	(294)
7.11.2	数字地球的核心技术	(295)

7.11.3	数字地球空间数据 Metadata	(295)
7.11.4	数字地球的新技术	(295)
7.12	数字中国	(296)
第8章	地球系统科学与可持续发展	(298)
8.1	可持续发展理论基础	(298)
8.1.1	理论起源	(298)
8.1.2	理论特点	(300)
8.1.3	可持续发展与协同学	(300)
8.1.4	区域可持续发展	(301)
8.1.5	可持续发展在中国	(302)
8.2	可持续发展的定量化研究——指标体系	(303)
8.2.1	可持续发展的指标体系的研究	(303)
8.2.2	可持续发展的指标体系的应用	(304)
8.3	地球系统科学与可持续发展	(305)
8.4	中国的问题解决之道	(307)
8.4.1	人口与资源、环境的可持续发展	(307)
8.4.2	人口与经济、社会的可持续发展	(308)
参考文献	(310)

第1章 绪论

1.1 人类面临的全球性重大问题

1.1.1 人口爆炸

(1) 联合国人口基金《2001年度世界人口状况》报告指出,世界人口增长仍趋两极分化。人口增长对环境和贫困的压力是人类面临的最大挑战。

(2) 1999年世界人口已经达到60亿,预计到2050年,世界人口会再增加一半,达到90亿。今后增加的人口主要集中在发展中国家,特别是最不发达国家。49个最不发达国家在今后50年中,人口将增长2倍。

(3) 在世界人口发展中,两极分化仍然十分严重。占全球20%的富国人口,其私人消费量占全球私人消费量的86%;而占全球20%的最贫困人口,其私人消费量只占全球私人消费量的1.3%。

(4) 人口的激增加剧了资源的消耗与生态环境的恶化。为了获取必要的食物和水,为了改善生活,人类必然在更大的广度和深度上干扰地球系统自然稳定的势态,造成一连串问题。

1.1.2 土地荒漠化

2009年6月17日是第15个“世界防治荒漠化和干旱日”。今年的主题是“防沙治沙与农民收入”。

根据联合国环境规划署(UNEP)数据资料,过去50年间非洲36个国家面临旱地土地退化,也就是荒漠化。全球旱地占全球土地总面积的40%,约51亿 hm^2 ,有10亿多人口赖以生存和生活的资源受到了严重影响。荒漠化影响了70%的旱地,即36亿 hm^2 或世界1/4的土地受到了荒漠化的影响。据估算,世界30%灌溉农地、47%的雨养农地和73%的牧场发生荒漠化。

全球范围内每年由于荒漠化影响造成的年收入减少达420亿美元,由于荒漠化造成难民或粮食减产,也给周边地区带来了间接的社会和经济损失。25亿人口直接受到荒漠化的影响,另约10亿人面临荒漠化的威胁。这些人口包括世界上最贫困人口。到2050年如果不采取预防的措施,经济损失将急剧上升,将有18亿人口受到影响。荒漠化土地的恢复消耗将远远大于预防的投入。

土地荒漠化极大地改变了陆地表面的物理特征,破坏了地表辐射收支平衡,诱发气候和环境变化。而气候和环境变化的反馈作用又将进一步影响土地荒漠化的进程。如此循环往复,从而对地球环境产生深远影响。

1.1.3 资源趋于枯竭

(1) 联合国环境规划署报告称,有史以来全球森林面积已减少了一半,主要原因是人类活动。根据联合国粮农组织 2001 年的报告,全球森林从 1990 年的 39.6 亿 hm^2 下降到 2000 年的 38 亿 hm^2 。全球每年消失的森林近千万公顷。虽然从 1990 年至 2000 年的 10 年间,人工林年均增加了 310 万 hm^2 ,但热带和非热带天然林却年均减少 1 250 万 hm^2 。《2005 年全球森林资源评估报告》称,2005 年全球森林面积 39.52 亿 hm^2 ,占陆地面积(不含水域)30.3%,人均森林面积 0.62 hm^2 。每年有近 4% 森林受到各种灾害的影响。全球每年平均有 1.04 亿 hm^2 的森林受到林火、有害生物(包括病虫害)以及干旱、风雪、冰和洪水等气候事件的影响。

(2) 目前,世界许多地方的淡水资源利用都不是可持续的。世界约 1/3 人口生活在面临中度和严重水资源紧张的地区,即水制约了经济和社会的发展。如果不采取行动,世界人口的 2/3 或近 55 亿在 2025 年也将有面临这种局面的风险。同时,保留足够的清洁水用于保护水生和陆生生态系统是至关重要的。几乎所有的人类活动产生的污染都在使水质变坏,发展中国家大多数城市的污水处理率低于 10%。1995 年,世界 20% 的人口得不到安全的饮用水,多达 50% 的人口得不到足够的卫生服务。

(3) 石油储量的综合估算,可支配的化石能源的极限,为 1 180 亿~1 510 亿 t,以 1995 年世界石油的年开采量 33.2 亿 t 计算,石油储量大约在 2050 年左右宣告枯竭。天然气储备估计在 131 800 兆~152 900 兆 m^3 ,年开采量维持在 2 300 兆 m^3 ,将在 57~65 年内枯竭。煤的储量约为 5 600 亿 t。1995 年煤炭开采量为 33 亿 t,可以供应 169 年。目前铀的年开采量为 6 万 t,根据 1993 年世界能源委员会的估计可维持到 21 世纪 30 年代中期。

(4) 人类对物种灭绝速度的影响可追溯到几千年以前,自 20 世纪开始,人类的影响明显增加,当今物种灭绝速度要比 2 000 年以前快多了。已知鸟类和哺乳类灭绝速度在 1600—1950 年间增加了 4 倍。到 1950 年,鸟类和哺乳类灭绝速度每 100 年分别上升 1.5% 和 1.0%。1600 年以来,大约有 113 种鸟类和 83 种哺乳动物已经消失。

1.1.4 “温室效应”与全球增暖

化石燃料的燃烧,森林的破坏及其他工业活动,使得大气化学成分发生了明显的变化。而对湖泊中花粉和海底深游生物骨骼沉积物的考察表明,全球范围这样的温度变化,必将导致全球陆地植被类型和海洋生物物种分布的显著改变,而这又必然反过来影响全球气候。

连续 30 年的测量表明,大气中 CO_2 的含量以每年 0.4% 的速率递增,按现有的绝大多数气候模型估计,在不太远的将来可能使全球平均温度上升 2°C ,这样的温度变化可以和最近一次冰期以来 18 000 年间的温度变化相比拟。1860 年以来全球气温的变化如图 1-1 所示。

1.1.5 臭氧屏蔽的破坏

英国南极调查局哈利湾观测站的资料表明,20 世纪从 70 年代中期以来,每年 10 月(南极极夜刚结束的月份)臭氧总量减小 40%。

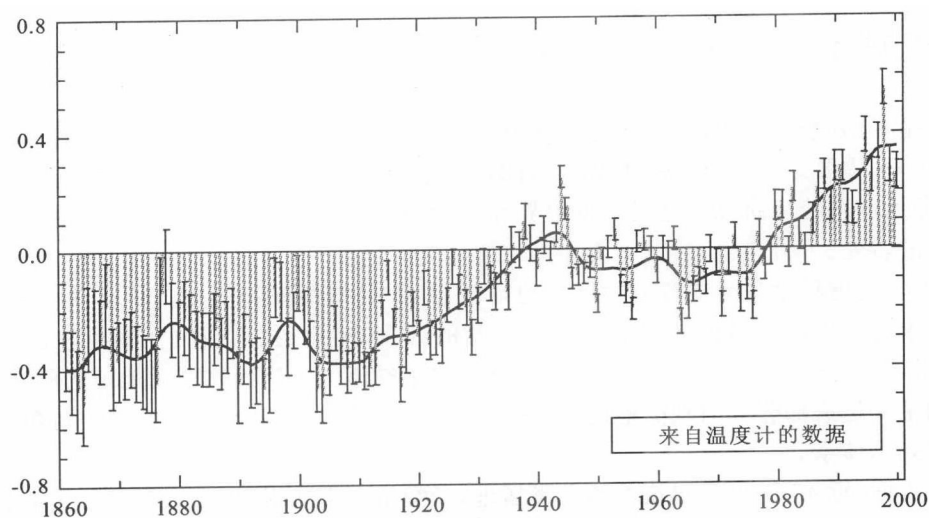


图 1-1 1860—2000 年全球气温变化图

注：横坐标代表年份，纵坐标代表温度(℃)。

1.2 地球系统全球化

政治多极化、经济全球化是 20 世纪以来特别是 21 世纪一个重要的特征。随着科学技术的创新发展和人类社会的进步,全球化趋势将是自然科学和社会科学在 21 世纪的重要发展方向。

地球系统全球化的主要内容包括以下几个方面:①社会活动全球化;②经济全球化;③金融全球化;④生产全球化;⑤科学技术全球化;⑥教育全球化;⑦军事战争全球化;⑧管理全球化。

1.3 地球系统科学与可持续发展

可持续发展是“满足当代人的需求,又不损害子孙后代满足其需求能力的发展”,可以从自然属性、社会属性、经济属性、科技属性等方面概括。可持续发展主要涉及人口、资源、生态、环境、社会等诸方面。包括资源和生态环境可持续发展、经济可持续发展和社会可持续发展 3 个方面。

可持续发展的社会需求是多方面、多层次的。地球系统科学作为规划与对策的科学基础应划分为两大层次,即满足可持续发展中面临的紧迫问题的任务研究和远期效应的基础研究。但二者又有许多内在联系,相互促进、不能截然分开。

地球系统科学是可持续发展战略的科学基础,笔者将两者融为一体进行系统研究,不仅要研究自然规律,而且还要为社会发展提出规划依据。

1.4 地球系统科学与传统地球科学

仅仅是在 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组元或子系统——主要是地核、地幔、土壤、岩石圈、大气圈、水圈、生物圈(包括人类社会)组成的统一系统,即地球系统来研究。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。

一方面,地球科学各分支深入发展。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。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,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。

另一方面,近 40 年来空间技术的突飞猛进,开阔了人类的眼界,大大提高了人类认识地球的能力,这是向地球系统科学概念转变的另一重要背景。20 世纪地球科学发展大事记如表 1-1 所示。

表 1-1 20 世纪地球科学发展大事记

时 间	事 件
1905 年	穿越大西洋无线电传输发现电离层的存在
1906 年	根据放射性确定地球年龄
1915 年	大陆漂移假设及证据,但无机制
1920 年	创立冰河期的 Milankovitch 理论
1930 年	Chapman 创立“臭氧层光化学”理论
1948 年	数值天气预报开始
1957 年	国际地球物理年(IGY)开启了空间时代
1958 年	“探索者 1 号”发现 Van Allen 辐射带
1959 年	出版精确的北大西洋海底图
1960 年	获第一幅地球的卫星照片
20 世纪 60 年代	岩石圈板块结构和大陆漂移机制得到公认
1971 年	确认地球—月球系统的年龄为 45 亿年
1972 年	发射用于陆面观测的 1 号陆地卫星
20 世纪 70 年代	确认催化循环可导致平流层臭氧层破坏
1977 年	在海洋扩张中心地带发现臭氧生物
1978 年	发射海洋卫星和雨云 7 号卫星
1981 年	从空间研究地球极光
1983 年	用 VLBI 直接测量大陆漂移
20 世纪 80 年代	对南极“臭氧空洞”作了进一步研究
1986 年	开始国际地球生物圈计划
1995 年	开始实施地球系统科学的观测计划