

面向 21 世纪 课 程 教 材
Textbook Series for 21st Century

地球科学导论

刘本培 蔡运龙 主编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

内容简介

本书是教育部“高等教育面向 21 世纪教学内容和课程体系改革计划”的研究成果,是面向 21 世纪课程教材和教育部理科地理学“九五”规划教材。同时也是国家级重点教材。内容包括作为行星地球的基本天文知识和地球各圈层的结构、功能、相互关系等知识,同时对当今地球所面临的问题,诸如全球变化、环境污染、资源枯竭、人口膨胀、自然灾害等皆作了分析、阐述。本书力图避免以往同名教材偏重于某一圈层知识的倾向,是与地球科学有关的地质学、地理学、地球物理学、大气科学、海洋科学、环境科学等专业通用的教材。

图书在版编目(CIP)数据

地球科学导论/刘本培,蔡运龙主编. —北京:高等教育出版社, 2000(2001 重印)

ISBN 7-04-007974-7

I. 地… II. ①刘… ②蔡… III. 地球科学-高等学校-教材 IV. P183

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 67288 号

地球科学导论

刘本培 蔡运龙 主编

出版发行 高等教育出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010-64054588

传 真 010-64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 国防工业出版社印刷厂

开 本 787×960 1/16

版 次 2000 年 4 月第 1 版

印 张 24

印 次 2001 年 4 月第 2 次印刷

字 数 440 000

定 价 19.90 元

凡购买高等教育出版社图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请在所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

环境变化是当代全球关注的重大问题,美国生物学家卢伯辰科认为“21世纪将是环境的世纪”^{*},人与自然的矛盾将更趋尖锐。地球科学是认识环境的最重要学科。在1996年举行的国家教委地质学教学指导委员会和地理学教学指导委员会上,不约而同地提出了编写适应21世纪认识环境之需求的《地球科学导论》教材的倡议。倡议指出,《地球科学导论》旨在全面地了解人与环境协同发展的基本原理,要综合地质学、地理学、地球物理学、大气科学、海洋学、环境科学、生态学等课程的基础内容,融科学性和趣味性于一体,能使自然科学、工程科学、人文社会科学各专业的学生树立科学的自然观、辩证观和可持续发展观。之后,高等教育出版社与相关学科教学指导委员会进行了沟通和协调,上述倡议获得了广泛的认同和积极的支持。

教育部高等教育司在“高等学校理科‘九五’教材建设规划”中将本书列入第一批立项计划,并于1998年春在全国范围内正式公开招标。招标明确提出以下编写方针:

1. 本书目的:作为高等学校中与地球科学和环境科学技术有关的各院、系(包括地质学、地球物理学、地理学、环境科学、大气科学、海洋学、测绘科学、生物学、农学、林学各院、系)通用的基础课教材,也可作为其他理工科乃至文科学生选修地球科学和环境科学基本知识的教材。

2. 主要内容:作为行星地球的基本天文知识,固体地球圈层结构及其基本知识,包围地球的圈层(大气圈)的基本知识,地球表层系统(包括平流层、地貌圈、水圈、土壤圈、生物圈等)的结构、功能和基本知识,作为人类发展基础的地球环境与资源的基本知识,等等。

3. 特色:应是一本内容广泛、深入浅出的入门教材。针对读者对象,本书内容取向上严格强调通用性,不偏重某一圈层或要素,而力图全面介绍整个地球系统的有关知识,尤其是各要素的相互关系和整体作用。本教材既不能取代地质学院、系的专业基础教材《普通地质学》,也不能取代地理学系的《自然地理学原理》(或《普通自然地理学》)和大气科学、海洋科学、环境科学等院、系各自的基础

^{*} Lubchenco, J. Entering the Century of Environment: A New Social Contract for Science. *Science*, 1998, 279: 491

课教材。本书既注重学科的系统性、逻辑性和科学性,也强调与实践的关联性,注意突出当今地球面临的各主要问题,诸如全球变化、环境退化、资源枯竭、人口膨胀、自然灾害等。本书还特别注重可读性,避免枯燥的叙述,力求做到图文并茂。

事实上我们自 1997 年初就开始酝酿本书的编写,写作提纲曾多次提交国内外同行专家征求意见。能在多家投标的竞争中中标,实为有备而来,也是国内外同行支持的结果。1998 年春夏之交确定了教材编写的总体框架、写作分工和时间安排,并着手编写。同年冬交流了先成章节写作过程中的经验体会,进一步提高了对编写要求的认识。1999 年夏秋之交完成书稿并经主审和责任编辑审阅后,又作了修改和补充。各章普遍二易其稿,部分章节改写三次以上。

编写过程中我们首先重视教材新体系的构筑,力求避免有关学科知识的简单拼凑。地球科学涉及众多学科领域,每门学科又都具备自身完整的体系。如何按照 21 世纪人才培养对地球科学知识的要求,针对大学本科生的知识基础,明确教材主旨,选取有关内容,是贯彻“少而精”方针的关键。因此,本书并不完全遵循习见的学科自身体系,也不受限于以往的课程设置范式。

在全书中重视渗透地球系统科学的概念以及不同圈层之间的相互关系,同时也注意各章节间内容的衔接和呼应,是建立教材合理新体系的另一个重要问题。多人执笔的各章,在体系安排、写作风格、详略处理等方面都容易出现不统一、不协调的情况,都经主编作了专门的复审和调整。

大学基础教材与适当介绍学术热点、学术前沿之间,似乎存在一定的矛盾,但恰好可以成为激励学生热情并融科学性、趣味性于一炉的画龙点睛之处。故此,本书在重视基础教材内容的经典性和完整性的同时,也酌情安排了一些关于新进展的窗口和接口;在介绍当前主流学派理论和观点的同时,也适当地提及了不同的学术见解,以利开拓学生的视野和思路。每章开头或结尾精选了一段学生喜闻乐见的引子,以体现科学的文化韵味。

本书的评审采取了全书主审人通讯审阅和个别章节约请专家把关相结合的方式,既严格地控制了教材质量,也提高了评审效率。

本书是集体劳动的成果,写作班子的组成体现了老中青结合和团结协作、互相支持的精神,获得了优势互补、共同提高的效果。主编承担了编写提纲的拟订、编写过程指导和全书的修改定稿。各章节执笔人(按姓氏笔画顺序)是:刘本培(绪论、第一章、第二章、第十一章的 § 2~3),刘继韩(第六章、第七章),陈北岳(第四章、第五章),陈效速(第九章、第十章的 § 3~4),黄定华(第三章、第十三章),蔡运龙(第八章、第十章的 § 1~2、第十一章的 § 1 和 § 4、第十二章、结语)。

本书编写提纲以不同方式得到南京大学伍荣生、杨达源、周新民,北京大学黄润华、杨承运,武汉测绘科技大学宁津生,青岛海洋大学李凤岐,华东师范大学

洪雪晴,中国地质大学殷鸿福、欧阳建平、李昌年、金振明、宋鸿林、陈安民等教授的指正和帮助。美国哥伦比亚大学宋晓东教授除提供建议外并惠赠国外新版教材。南京大学周新民、包浩生教授认真审阅了全部书稿,从内容选材、章节结构、图件形式到课外读物、思考题,都提出了中肯的意见,对于提高教材质量起了重要作用。北京师范大学李志安、刘学富教授,中国地质大学殷鸿福、张本仁、赵伦山教授对书中天文学、古生物学、地球化学的有关内容进行了分头把关,提供了宝贵意见。高等教育出版社黎勇奇编审在沟通各学科教学指导委员会、选定主审班子、构建教材体系、促进教材立项和全书编写、评审等工作中做了大量工作。中国地质大学(武汉)教务处和地球科学院大力支持本书的编写,并提供了可贵的经费支持;本书的编写还得到北京大学城市与环境学系的支持和香港友人的赞助。作者借本书出版之际一并致以衷心的感谢。

据了解,本书框架在国内外迄今所见的同类教材中可谓独树一帜,其效果如何?有待教学实践的检验;再者,我们水平有限,书中难免有疏漏和谬误之处,恭请广大师生批评指正。

作 者

于中华人民共和国五十华诞之际

目 录

绪论	(1)
1. 地球科学的研究对象、内容和任务	(1)
2. 地球科学的特点和研究方法	(3)
3. 地球科学与人类社会可持续发展	(4)
4. 致读者	(6)
思考题	(7)
进一步阅读书目	(7)
第一章 宇宙中的行星地球	(8)
§1 地球——人类在宇宙中的唯一家园	(8)
1.1 太阳系的结构	(9)
1.2 太阳的能量	(10)
1.3 行星地球基本参数	(14)
§2 地球在太阳系中的运动	(17)
2.1 地球自转与昼夜交替	(17)
2.2 地月关系	(21)
2.3 地球轨道参数	(23)
2.4 星体影响和撞击事件	(26)
思考题	(29)
进一步阅读书目	(29)
第二章 宇宙、地球的起源与演化	(31)
§1 银河系和宇宙起源学说	(31)
1.1 银河系结构及太阳的运动	(31)
1.2 星系运动和总星系	(32)
1.3 大爆炸学说与宇宙起源问题	(33)
§2 恒星演化与太阳系形成	(35)
2.1 星系的起源	(35)
2.2 恒星的起源与演化	(36)
2.3 太阳系形成假说	(40)
2.4 似地行星和地外文明探索	(41)
2.5 21 世纪近地宇宙开发	(42)
§3 地球的起源与演化	(43)

3.1 地球的起源和圈层分异	(43)
3.2 地球的年龄	(43)
3.3 地球上的生命起源	(45)
3.4 生物圈的形成和发展	(47)
3.5 人类圈的形成和发展趋势	(55)
3.6 生物进化与地质年表	(55)
思考题	(58)
进一步阅读书目	(58)
第三章 地球的物理性质和圈层结构	(60)
§ 1 地球的密度和弹性	(60)
1.1 地球的质量和密度	(60)
1.2 固体潮与地球的弹性	(62)
1.3 地球的振荡	(63)
1.4 地球的粘性	(64)
§ 2 地球的重力场	(64)
2.1 地球上的重力	(64)
2.2 重力均衡	(66)
2.3 地球的压力	(67)
§ 3 地球内部的圈层结构和圈层耦合	(67)
3.1 地球内部的圈层划分	(67)
3.2 壳、幔、核之间的圈层耦合	(70)
3.3 地核差异旋转	(71)
3.4 地球系统的自然驱动力	(72)
§ 4 地球的磁场	(74)
4.1 地球磁场的基本特征和地磁要素	(74)
4.2 地磁场起源的成因假说	(76)
4.3 地磁场反转与大陆漂移	(77)
§ 5 地球的能量和地震	(78)
5.1 地球内部的温度	(78)
5.2 地球的能量	(79)
5.3 地幔部分熔融	(80)
5.4 地震	(81)
思考题	(83)
进一步阅读书目	(84)
第四章 地球及各圈层的物质组成	(85)
§ 1 地球的物质组成	(85)
§ 2 地壳的结构与物质组成	(86)

2.1 地壳元素组合与矿物形成	(86)
2.2 地壳的结构与岩石组成	(91)
§ 3 地球深部的物质成分分层	(98)
3.1 地幔的分层结构和物质成分	(98)
3.2 地核的结构与物质组成	(100)
§ 4 地球不同圈层间的物质 - 能量交换	(101)
4.1 不同圈层的能量交换	(101)
4.2 不同圈层的物质交换	(102)
4.3 地壳 - 地幔的元素迁移和富集	(103)
4.4 地壳表层元素的迁移和富集	(104)
4.5 矿床与潘多拉魔盒	(106)
思考题	(108)
进一步阅读书目	(108)
第五章 岩石圈板块运动与地质作用	(109)
§ 1 从大陆漂移到板块构造	(109)
1.1 大陆漂移的证据	(109)
1.2 海底扩张	(112)
1.3 板块构造理论与威尔逊旋回	(114)
1.4 板块构造的驱动机制和超级地幔柱学说	(118)
§ 2 板块构造与地壳运动	(121)
2.1 板块运动与地壳运动类型	(122)
2.2 构造变形	(123)
§ 3 岩浆作用、变质作用与板块构造	(124)
3.1 岩浆作用与板块构造	(124)
3.2 变质作用与板块构造	(128)
§ 4 沉积作用与板块构造	(130)
4.1 沉积盆地与板块构造	(130)
4.2 地球外部地质营力和沉积作用	(131)
思考题	(137)
进一步阅读书目	(138)
第六章 大气圈	(139)
§ 1 大气的组成和结构	(139)
1.1 大气的组成	(139)
1.2 大气的结构	(141)
§ 2 大气的热力状况	(143)
2.1 太阳辐射、大气辐射和地面辐射	(143)
2.2 空气温度	(145)

2.3 全球热量带	(148)
§ 3 大气的运动	(149)
3.1 气压和风	(149)
3.2 大气环流	(150)
§ 4 大气中的水分	(155)
4.1 大气中水的三态变化	(155)
4.2 大气降水	(156)
§ 5 天气	(159)
5.1 气团	(159)
5.2 锋	(160)
5.3 气旋	(161)
5.4 反气旋	(163)
5.5 天气预报简介	(165)
§ 6 气候	(165)
6.1 气候概念	(165)
6.2 气候形成	(166)
6.3 气候类型	(166)
6.4 气候变化	(168)
思考题	(171)
进一步阅读书目	(171)
第七章 水圈	(172)
§ 1 地球表层的水分循环和水量平衡	(172)
1.1 地球表层的水分循环	(172)
1.2 地球上的水量平衡	(173)
§ 2 陆地水	(174)
2.1 河流	(174)
2.2 湖泊、沼泽和水库	(178)
2.3 地下水	(181)
2.4 冰川	(184)
2.5 水资源和水污染	(186)
§ 3 海洋	(187)
3.1 海水的物理化学性质	(188)
3.2 海水的运动	(191)
3.3 海平面变化	(195)
3.4 海 - 气相互作用与厄尔尼诺 - 拉尼娜现象	(196)
思考题	(199)
进一步阅读书目	(200)

第八章 地表形态	(201)
§ 1 内营力与构造地貌	(202)
1.1 地壳运动与地貌发育	(202)
1.2 构造地貌	(205)
§ 2 外营力地貌	(210)
2.1 风化作用	(210)
2.2 流水作用与流水地貌	(210)
2.3 喀斯特作用与喀斯特地貌	(215)
2.4 风沙作用与风沙地貌	(218)
2.5 黄土地貌	(219)
2.6 冰川作用与冰川地貌	(220)
2.7 冻融作用与冻土地貌	(223)
2.8 海岸地貌	(224)
§ 3 地貌演化	(225)
思考题	(227)
进一步阅读书目	(227)
第九章 土壤圈	(228)
§ 1 土壤的组成	(229)
1.1 土壤的无机组成	(229)
1.2 土壤的有机组成	(230)
1.3 土壤水分	(230)
1.4 土壤空气	(231)
§ 2 土壤的性质	(232)
2.1 土壤剖面	(232)
2.2 土壤的物理性质	(233)
2.3 土壤的化学性质	(237)
§ 3 土壤的形成	(240)
3.1 土壤形成因素	(240)
3.2 土壤形成过程	(244)
§ 4 土壤分类简介	(246)
思考题	(248)
进一步阅读书目	(248)
第十章 生物圈	(250)
§ 1 生物与环境	(250)
1.1 环境因素与生物的相互影响	(250)
1.2 生物适应性和指示现象	(252)
§ 2 生物群落	(254)

2.1 生物分布	(254)
2.2 种群	(255)
2.3 生物群落	(256)
2.4 生物多样性	(259)
§ 3 生态系统	(260)
3.1 生态系统的概念	(260)
3.2 生态系统的组成成分	(261)
3.3 生态系统的营养结构	(262)
3.4 生态系统的功能	(263)
§ 4 地球上主要生态系统类型	(269)
4.1 陆地生态系统	(269)
4.2 水域生态系统	(270)
4.3 农业生态系统和城市生态系统	(273)
思考题	(275)
进一步阅读书目	(275)
第十一章 地球环境及其变迁	(276)
§ 1 自然地理环境的整体性与地域分异规律	(276)
1.1 自然地理环境的整体性	(276)
1.2 自然地理环境的地域分异规律	(277)
§ 2 环境变迁与气候变化	(283)
2.1 气候变化的史实与意义	(283)
2.2 气候突变及其成因解释	(285)
§ 3 地史中的生物绝灭与环境变迁	(286)
3.1 物种的形成、寿命和数量	(286)
3.2 生物绝灭的类型与规模	(288)
3.3 二叠纪末的集群绝灭	(289)
3.4 白垩纪末恐龙绝灭和地外陨击事件	(292)
§ 4 人类在环境变迁中的作用	(295)
4.1 温室气体排放与全球变暖	(295)
4.2 土地利用与土地退化	(297)
4.3 生物多样性的减少	(300)
4.4 环境污染	(301)
思考题	(303)
进一步阅读书目	(303)
第十二章 自然资源及其利用	(304)
§ 1 自然资源的类型和性质	(304)
1.1 自然资源的分类	(304)

1.2 自然资源的性质	(305)
§ 2 自然资源可得性的度量	(311)
2.1 储存性自然资源可得性的度量	(312)
2.2 流动性自然资源可得性的度量	(317)
§ 3 自然资源稀缺	(320)
3.1 全球性资源稀缺	(320)
3.2 地区性资源稀缺	(323)
§ 4 自然资源的可持续利用	(327)
思考题	(328)
进一步阅读书目	(328)
第十三章 自然灾害与减灾对策	(330)
§ 1 自然灾害的一般特征和分类	(330)
1.1 自然灾害及其危害	(330)
1.2 自然灾害的一般特征	(331)
1.3 自然灾害的分类	(333)
§ 2 气象灾害	(334)
2.1 干旱与荒漠化	(335)
2.2 洪涝灾害	(336)
2.3 热带气旋	(337)
§ 3 地质灾害	(339)
3.1 滑坡和崩塌	(339)
3.2 泥石流	(341)
3.3 地裂缝和地面塌陷	(342)
§ 4 地震、火山和海啸灾害	(344)
4.1 地震灾害	(344)
4.2 火山灾害	(347)
4.3 海啸	(348)
§ 5 减灾对策	(349)
5.1 自然灾害的预报	(349)
5.2 自然灾害的风险评价	(352)
5.3 自然灾害的减灾工程	(354)
思考题	(356)
进一步阅读书目	(356)
结语	(357)
1. 人类家园地球的可持续性	(357)
2. 21世纪地球科学展望	(358)
思考题	(361)

进一步阅读书目	(361)
索 引	(362)

绪 论

地球是人类在宇宙中生存、发展的唯一家园。地球科学是研究地球系统并预测其未来行为的唯一科学。

1. 地球科学的研究对象、内容和任务

地球是宇宙中正在运动和演变的一颗星体,她独特的圈层结构和地表环境成为人类赖以生存和发展的唯一家园。因此,了解和研究地球是人类共同愿望。在六大基础自然科学(数、理、化、天、地、生)之中,地学是不可缺少的重要环节。

地球科学以整体的地球作为研究对象,包括自地心至地球外层空间十分广阔的范围,是由固体地圈(包括岩石圈、地幔和地核)、大气圈、水圈和生物圈(包括人类本身)组成的一个开放的复杂巨系统,称为**地球系统**。地球系统内部存在不同圈层(子系统)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。因此,地球科学是一个庞大的超级学科体系群,根据实际研究的不同圈层范围、内容特色和服务目的,传统上划分出众多的一级和二级学科分类体系(表0-1)。

表0-1 地球科学的学科分类体系

I. 按圈层范围		II. 按学科交叉		III. 按服务目的
大气科学	大气物理学 气象学 天气动力学等	地球物理学	固体地球物理学 地磁与高空物理学 地震学等	环境地学 经济地学 工程地学 水文地学 遥感地学 航空地学 城市地学 农业地学 旅游地学 军事地学 火山学 天气预报 地震预报 灾害学等
海洋科学	物理海洋学 生物海洋学 环境海洋学等	地球化学	元素地球化学 同位素地球化学 生物地球化学等	
地理科学	自然地理学 经济地理学 人文地理学 区域地理学等	地生物学	生态学 生物地理学 古生物学等	
地质科学	地球物质成分学 动力地质学 历史地质学 区域地质学等	天文地学	天文地球动力学 行星地理学 天文地质学等	
		数学地学	数学地质 数字地球等	

上表的第Ⅰ栏中,大气科学研究大气圈的组成、结构和气候过程;海洋科学研究水圈海洋部分的物理、化学、生物现象的运动过程;地理科学研究地球表层的地理环境及其发展演变规律;地质科学研究地球的物质成分、内部结构、外部特征、各圈层间的相互作用和演变历史。其中,后两者都涉及地球的物理、化学、生物作用过程和不同圈层之间相互关系,具有更高的综合性。第Ⅱ栏反映了地球与其他基础科学之间的交叉渗透关系。第Ⅲ栏列出了为人类直接服务的地球科学分支学科。应当说明,不同栏中列出的学科内容是互相有关或重叠包容的,例如第Ⅲ栏中的许多实用性分支学科也是地理科学和地质科学的研究范畴,第Ⅱ栏中的地球化学与第Ⅰ栏中的所有科学都有密切关系。

20世纪后半叶,地球科学各级分支学科和边缘学科雨后春笋般地大量涌现,显示了地球科学与人类生产、生活的需求关系日益密切,推动了研究领域广度和深度不断发展。但随着人们对地球系统的物理、化学、生物作用过程以及不同圈层之间的相互作用关系了解日益增多,越来越意识到过细的专业划分和彼此分割的单学科研究无法解决人类面临的资源、环境、灾害等重大问题。

80年代初期,我国著名学者钱学森(1983)提出了建立地球表层学的设想。“地球表层”是指岩石圈、大气圈、水圈和生物圈的相互交错、渗透部分,大体相当于自岩石圈顶部(大陆地表往下5~6km,海洋往下4km)至大气圈平流层(同温层)底部(地表往上约20km)之间的范围,是地球上与人类活动关系最密切的地理环境。因此,地球表层是地球圈层结构中的特定部分,与周围的地球圈层其他部分之间存在物质-能量交换关系,本身也构成一个开放的复杂次级巨系统。地球表层学就是研究这样一个复杂的物质体系的学科,是一门跨地理学、地质学、气候学、工农业生产技术、技术经济和国土经济学的新学科。

国际上近年流行的地球系统科学诞生于80年代中期。地球系统科学强调地球的整体概念,将大气圈、水圈、岩石圈和生物圈看成是具有有机联系的“地球系统”,把太阳和地心作为两个主要的自然驱动器,人类活动作为第三促动因素。发生在地球系统中的重大全球变化是在上述三个力的作用下,通过物理、化学、生物过程相互作用的结果。因此,地球系统科学同样反映了更高层次的学科间大跨度交叉渗透特征,是当代地球科学进入一个重大转折时期的标志,因而受到普遍重视。联合国21世纪议程更认为,地球系统科学是可持续发展战略的科学基础。当然,地球系统科学并不能代替传统地球科学各分支学科的自身发展,相反要求它们能更深入精确地研究和提供地球系统各组成部分自身的规律性知识。

地球科学的根本任务,是正确认识地球系统的基本特征和自身发展规律,合理地开发利用自然资源,保护和改善生存环境,有效防治自然灾害,协调人与自然的的关系,为人类社会的可持续发展服务。

2. 地球科学的特点和研究方法

由于地球系统过程具有明显的**全球性**特征,因此许多自然现象和过程都不受国界的限制。20世纪60年代板块构造学说的出现,首先在固体地球研究中建立了全球观概念。80年代以来大气科学和海洋科学的发展,也已经走向全球化,著名的厄尔尼诺-拉尼娜现象引起的气候灾害影响遍及全球3/4范围,就是一个实例。

地球科学的全球性特点决定了人们必须采用全球范围调查研究和观察测试方法。随着科学技术的进步,人们对地球的研究范围,已经能从隧道扫描显微镜和离子探针的原子尺度到全球地震台网和轨道卫星所提供的数据得出的全球图像。从地表的地质实地调查和标本采集,飞机和卫星对地面的遥感监测,大陆和海洋的超深钻探,天然和人工地震对地球内部圈层结构的探测等,为地球科学的全球观研究提供了基础资料。与此相适应,80年代起一系列大型国际地球科学合作研究计划的推出,如国际岩石圈计划(ILP)、深海钻探计划(DSDP)/大洋钻探计划(ODP)、世界气候计划(WCP)、国际地圈生物圈计划(IGBP)等,已形成了对地球的全球立体研究网络。

应当强调,尽管高新科技观测手段在地球科学研究中的地位日益重要,但直接投入大自然的实地手、眼考察仍然具有无法取代的地位。这种考察必然会涉及险峻的地形、恶劣的天气、颠簸的海洋、野兽出没的丛林和艰苦的生活环境。对于青年地球科学家来说,认识到这一点尤其显得重要。

地球科学的另一个特点是,地球系统内各种地质过程发生的时间尺度和空间尺度具有极大的差别图0-1。

几十亿年至几十万年时间尺度内发生的地球和生命的起源、生物灭绝、板块构造、造山作用、冰期出现、海陆变迁、成矿作用等重大事件,是传统地学的研究领域。几年至几小时时间尺度的变化,属于大气、海洋和生物科学的研究范畴。几十年至几百年时间尺度内的全球变化,则是地球系统科学的主要研究对象。

地球科学的这种特殊时空尺度使得人们无法直接测量地球中心的温度,也无法在实验室再造地球系统的真实过程。因此,通过长期地质研究实践总结出来的**类比方法**具有重要意义。19世纪英国地质学家莱伊尔(C. Lyell)提出的“现在是过去的钥匙”名言,后来被称为“将今论古”的**现实主义原则和方法**,启示人们可以根据现今地表发生的各种地质过程及其物质记录,研究地质历史时期的古环境变化。由此类推,人们也可以运用“将古论今”的方法,根据地质和人类历史中发生过的地球环境和岩石圈演变过程来预测地球的未来趋势。类比方法也普遍应用到区域地理学、区域地质学、天文地质学和天气预报、灾害预测等研究

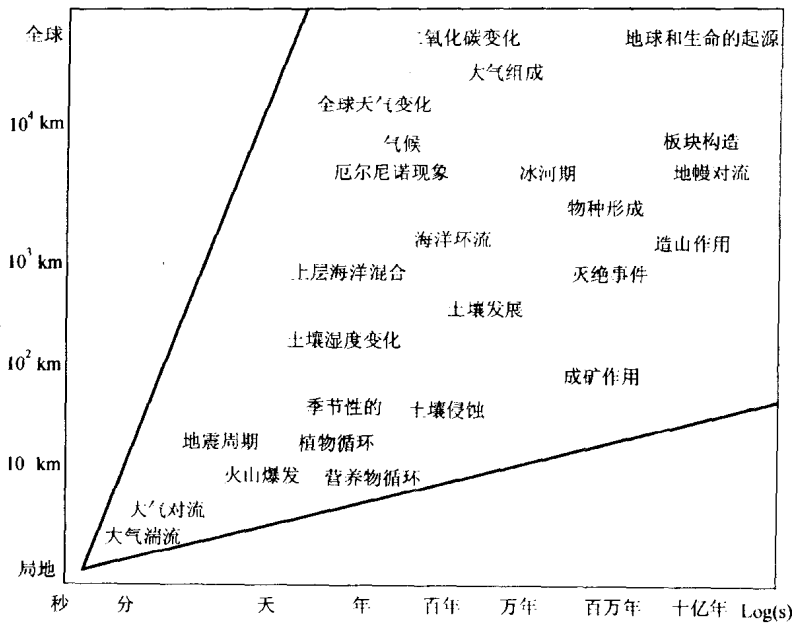


图 0-1 地球系统过程:特征时间尺度和空间尺度(据文献 2)

领域,例如现在月球表面保存的 38~46 亿年前星球演化记录,是了解地球早期演化史的重要依据;根据自然灾害与天文现象周期的对应关系开展预报,也日益引起人们重视。

应当指出,地球科学与其他许多领域一样,由于大量基础资料的积累,正在经历着数据处理和计算方法的革命。大型计算机工具的应用以及地球科学各种信息系统和数据库的建立,已经使地球科学从以往的定性静态描述,转向以过程为目标的精确定量的动力学研究。这些数据信息系统的建立和使用,将为揭示全球变化的形成机理,洞察重要的地球系统过程本质和预测未来全球变化趋势发挥重要的作用。

3. 地球科学与人类社会可持续发展

20 世纪是人类历史取得多方面伟大成就的世纪,科学技术的长足进步、生产力的迅速提高以及人类战胜法西斯战争的挑衅和制止核大战危机,都已经载入史册而流芳百世。但 20 世纪也是一个充满问题和矛盾的时期,人们越来越清楚地认识到人口爆炸、资源短缺、环境恶化、灾害频发向人类提出了严峻的挑战。地球科学既面临艰巨任务,也存在广阔的发展机会。

人口爆炸 是当代人类社会必须面对的沉重负担。全世界人口数量自公元元年的 2.5 亿(中国西汉末期人口接近 0.6 亿)增加到 1945 年第二次世界大战