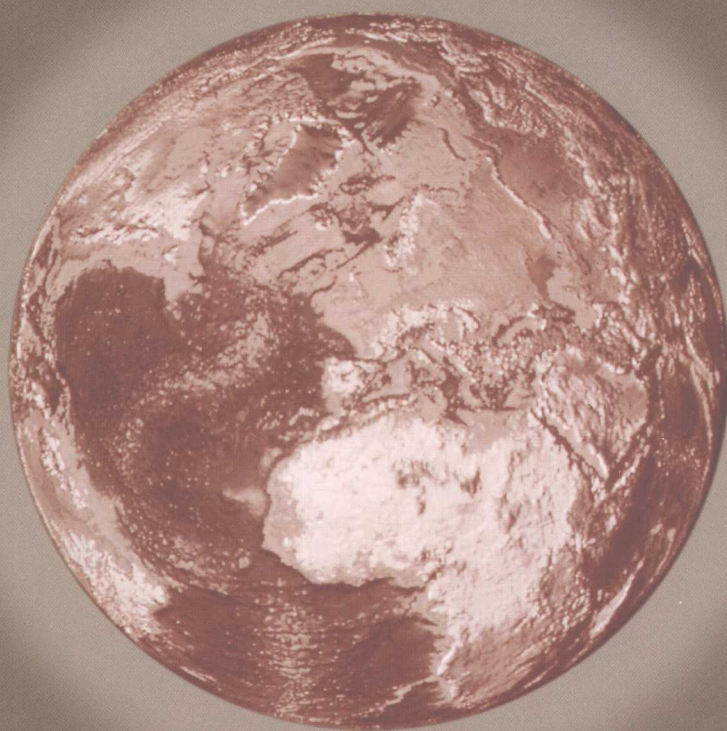


刘贤赵 主编

地球科学基础



DIQIUKEXUE
JICHU



科学出版社

www.sciencep.com

P
L699.1

山东省改革试点课程“自然地理学”课题资助

内 容 简 介

地球科学基础

刘贤赵

主编

杜国云 李庆志
刘德林 邵金花

副主编

图书在版编目(CIP)数据

地球科学基础 / 刘贤赵主编. — 北京: 科学出版社, 2002

2002

ISBN 7-03-012773-7

I. 地... II. 刘... III. 地球科学—IV. P

2002

中国版

科学出版社
一

青
黄

http://www.sciencep.com

北京: 科学出版社, 2002

科学出版社发行 各地新华书店经销

2002年3月第1版 1册 787×1092 1/16

2002年3月第1次印刷 印张: 12 1/2

印数: 1—4 300 定价: 43.00元

元 8.00

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书内容涵盖了基本天文地学知识和作为地球科学分支学科的大气科学、地质科学和海洋科学的相关基本知识和理论,基本反映了现代地球科学的概貌,同时避免了以往类似教材对地球各大圈层知识面面俱到的倾向,减少了不必要的重复,突出了与地球教育有关的知识重点,起到了各学科知识间的互补和桥梁作用。

本书可供地球学、地质学、大气科学、海洋科学、环境科学等相关专业的大专院校师生阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

地球科学基础 / 刘贤赵主编. 北京: 科学出版社,
2005

ISBN 7-03-015773-7

I. 地... II. 刘... III. 地球科学. IV. P

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第067386号

责任编辑: 赵 峰 谭宏宇/责任校对: 连秉亮
责任印制: 刘 学 /封面设计: 一 明

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](http://www.sciencep.com)

上海长阳印刷厂印刷

科学出版发行 各地新华书店经销

*

2005年7月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2005年7月第一次印刷 印张: 18 1/2

印数: 1—4 200 字数: 423 000

定价: 28.00元

前 言

进入 21 世纪,高校地理专业教育面临新的机遇和挑战。《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》中明确指出:调整 and 改革课程体系、内容、结构,建立新的基础教育课程体系,试行国家课程、地方课程和学校课程。这一改革的大趋势必然深刻地影响到直接为基础教育服务的大学地理教育。有学者也指出,“中国基础地理教育需要更新观念,从有限的课堂时间去追逐无限的、快速增长的地理知识的被动局面中解脱出来,使地理教育跨出知识的层次,加强能力的要求,注重地理学综合逻辑思维的训练,着意于地球观、宇宙观的培养”。本书正是基于这种观点,从当今地球科学学科体系的总体出发,本着基础性、系统性、互补性、统一性、开放性的原则,在对原有的教学内容进行充分研究的基础上,进行了系统性的有机组合,力求做到与地理教育总体目标保持一致,加强基础,突出重点,搭建自然地理专业教育基础平台,为学生的能力培养和专业知识的积累奠定基础,以适应 21 世纪人才培养对地球科学知识的要求,从战略高度上发挥地球科学在满足国家需求中的重要作用。

地球科学基础作为地理专业,尤其是自然地理方向的专业基础课程,表现出以下几个方面的特点:

(1) 地球科学基础是自然地理教育专业的基础和平台。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这一十分广阔的范围,它是由固体地圈(包括岩石圈、地幔和地核)、大气圈、水圈和生物圈(包括人类自身)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,包括物理的、化学的和生命的过程以及人与地球系统之间的相互作用。其中“地球表层”(钱学森 1982)是指岩石圈、大气圈、水圈、生物圈的相互交错和渗透部分,大体相当于自岩石圈顶部(大陆地表以下 5~6km,海洋以下 4km)至大气圈平流层底部(地表以上约 20km),是地球上与人类关系最密切的地理环境。地球表层受地球内动力、外动力及人类的作用,形成一个复杂的巨系统。从对地球系统不同圈层的研究侧重上,地球科学包括海洋科学、大气科学、地理科学和地质科学。地理专业中的地球科学基础定位在地球系统科学这一基本层面上,它为地理专业教育提供相关的地球系统科学中的必备知识,而不完全局限于地理专业。但分支学科中的地球科学知识,重在为学生提供必备的、地球系统科学中本学科以外的知识内容,在地理专业中就是海洋科学、大气科学和地质科学(包括天文地质学)的内容。一般意义上的专业基础课程通常所涉及的教学内容主要是本专业领域内的基础知识,通过专业基础课程教学,使学生在掌握一定专业知识的同时,了解本专业的基本状况,并为以后的专业课学习和从事本专业的各项工作奠定基础。地球科学基础则是依据地球科学作为一门综合性的系统科学的专业特点,着眼于整个地球系统,为地理专业提供必备的相邻的专业基础知识,形成从事地理专业和地球科学相邻交叉方向的研究与社会实践提供合理的知识平台。《地球科学基础》又与其他地球科学分支学科中的“地球科学基础”不同,因为它是针对地理专业而开设的,因此就知识内容上主要应包含与地理专业互补的

其他的地球科学分支学科内容,全面实现为地理教育服务,实现地理教育的总体目标。

(2) 地球科学基础以自然地理教育为中心。构筑面向 21 世纪地理教育的基本框架为课程教学内容和课程体系改革所必须。1996 年的北京会议解决了地理教育中关于教育目标、教育内容和课程体系三个主要问题。地理教育的目标是:主要引导学生认识自然世界、认识人文世界,并通过这两个世界的认识,进一步懂得人与自然的关系,从而树立人地协调发展的观念,以自觉保护自然、树立全球一体的思想,以更好地理解和维护世界和平。地理教育在内容上应强调 4 个观点:即地域差异性观点、生产建设因地制宜性观点、国家的综合力量与发展潜力观点和协调人地关系的观点。地理课程可分为公共必修课、专业限定选修课及专业任意选修课。公共必修课包括 3 个大系列:①自然地理系列,归结到自然地理系统和自然区划;②人文地理系列,从人地关系出发,最后归结为区域地理;③地图与地理技术系列,包括数理地理、测量、地图应用、计算机技术和 GIS 等。自然地理学课程应集中为自然地理教育服务,并紧紧围绕这个中心开展教学工作。《地球科学基础》在以自然地理教育为中心这一学科教育的根本问题上,要以自然地理组成要素为基本出发点,以自然地理系统和自然区划为最终目标,来研究和确定课程教学内容和教学体系。本课程既要提供自然地理教育必备的基本知识,又要合理地展示自然地理教育的总目标与基本框架,避免学生只见树木不见森林;要通过自身内容的整合,形成一个强大的自然地理专业教育平台,在合理的课程内容体系建设下,真正实现地球科学不同分支学科内容的交叉与融合,真正形成自然地理教育的中心地位,实现自然地理教育目标上的一致。地球科学基础站在一个更高的层面上,把地质科学基础、大气科学基础和海洋科学基础有机地结合在一起,完全避免了地球系统科学各分支学科的局限性、片面性。同时,通过各部分内容的整合,删去了重复性的内容和与自然地理教育关系不大的内容,使内容更加精炼,更加突出了自然地理教育的中心地位,强调可读性和通用性。

(3) 将原有的学科体系转变到自然地理教育体系上来。《地球科学基础》涉及地球系统科学中的四门学科,具体来说就是大气科学、海洋科学、地质科学和天文地质学。在教学体系上首先是对这些部分进行排列,其次是建立各部分内容的知识体系。教学体系与教学内容的改革必须同时进行,但其中首先要确定一个统一的体系,然后对教学内容进行安排与取舍。我们认为,地球科学基础在总的体系上应首先介绍地球的宇宙环境,其次是大气环境,再次是地质环境,最后是海洋环境。这一编排基本上采用了从外向内、从大环境到小环境的过渡。地球科学基础包括宇宙环境、大气环境、地质环境和海洋环境四大部分,各环境部分的体系也相应做了大的调整。比如地质环境,以往的课程教学体系,是从地壳物质组成到地壳的构造变动,最后归结到历史地质科学范畴,显然与自然地理教育目标相悖。为了使这部分内容与自然地理教育目标相吻合,即归结到自然地理系统和自然区划上,把大地构造分区作为整个教学的基本目标,将地壳物质组成及地质作用、地壳运动及其规律、地壳物质与构造的空间分异作为基本的教学体系。

(4) 突出自然地理教育的中心地位。原有的地球科学基础相关课程的教学内容普遍存在部分内容重复、内容偏多的问题。因此,课程改革首先应对课程设计中长期形成的以自我为中心和自成一体所出现的一些与地理教育不相干的内容、甚至与自然地理教育相距甚远的内容予以删除,其次是对各部分相互重复的内容进行必要的调整。这是突出自

然地理教育中心地位的最主要和切实可行的两个途径。教学内容的改革与调整应注意以下几个方面:①要注重地球科学基础与自然地理学知识上的互补性,充分挖掘和充分发挥与地理科学密切相关的其他地球科学知识在地理专业中的地位和作用。②对相互重复的知识内容进行调整时一般可采用两种处理方式:一是把有关的内容放在一个部分中作比较完整的介绍;二是将有关内容在各个部分中分别介绍,但有详有略,各有侧重。③内容增删合理。总的来看,现有的“地球科学基础”相关课程教学内容偏多,有些内容也十分繁琐,应予以删除。在教学实践中,发现有些内容有价值时,又要进行适当的增补,像鲍文反应序列中的鲍文反应原理,应予以增加。做到增删合理,以确保知识的科学性、完整性。④强化一部分内容。对与地理专业关系十分密切的内容要进一步加强,并随着地理专业相关课程教学内容的深化而加深、拓宽。必要时也可以考虑将其独立出来加以介绍,这也是强化课程教学内容的另一条途径。⑤留有余地,改出特色。根据各个教学单位的实际,教育培养目标和科研方向,对改革的具体方案应当有一定的灵活性,这样既避免了千篇一律,又增强了课程教学改革的特色。⑥初步培养学生的专业思想,顺利实现由公共课教学向专业教育过渡。作为专业基础课它肩负着向学生传授本专业基础知识的重任,同时也有责任培养学生的专业思想。专业思想的培养贯穿整个专业的始终,但在专业基础课的教学中的专业思想教育尤其重要。专业思想的树立可以通过课程教学内容,理论与实践各个教学环节,对学生进行热爱和探索大自然精神的培养,培养学生的吃苦精神和审美思想,初步培养学生热爱、稳定的专业思想。从发展的角度上看,地质科学课程体系和内容应是动态的和开放式的,即要随着社会的发展、教育的改革与深化而不断深化和完善,以增强地球科学基础课程教学的活力。

(5) 加强地球科学基础课程教学内容与自然地理教育之间的衔接。地球系统科学中的各分支学科都是针对地球有机体系中的某一部分进行研究的,因而各有其侧重点。这也决定了各分支学科之间又是相互联系的和不可分割的。加强地球科学基础课程教学内容与自然地理教育之间的衔接,是专业教育的基本要求。传统的地球科学基础教学在这方面已做了许多的努力与探索,如把气象学与气候学结合在一起,突出了中、长尺度的天气、气候变化与空间分异在自然地理变化与区域分异中的作用,以及本书中对构造与地貌形成过程内容的补充等,都体现了与自然地理教育密切结合的精神。但就目前来看,这些改良式的工作还是十分不够的,在教学内容上仍然存在许多的矛盾。地球科学基础改革应当以地理科学中的系统论思想来统一,把地球科学基础教学放到整个地理教育的高度上来分析和解决这些矛盾。尽量把与地理专业教学有关的内容进行必要的充实,并尽可能地把地球科学基础中的有关内容拓展到地理专业的专业课程教学上,从而建立起一个良好的教学内容与知识之间的衔接或接口。在这方面,地理专业中相关的其他课程教学也有义务进行这方面的教学衔接。只有这样,才能在我们的专业教学活动中建立起一个良好的知识教育体系,实现课程内容上的良好过渡。

从总体结构来看,该教材包括了地球科学中除地理科学以外的分支学科,即地质科学、天文地学、大气科学和海洋科学,反映了现代地球科学的基本概貌,同时又避免了与地理专业教学内容过多的重复,减少了以往的知识上不必要重复,使教学体系不但合理,又突出了与地理教育有关的知识重点,从而强化了专业教育,起到了各学科知识间的互补和

桥梁作用。至于有些内容如天文观测、气象要素测量、岩石矿物鉴定、地质制图与测量等,准备结合室内和野外实习进行讲述,暂未编入本书。

本书是集体劳动的成果。在编写过程中参考或引用了有关作者的出版资料和图件,也有部分图件是编者在长期的教学实践过程中总结编写的,在此谨向他们表示衷心的感谢。本教材共分为五个部分,主编承担了本教材编写提纲的拟订、内容的修改定稿。各部分的撰写情况分别是:绪论部分和大气环境部分由刘贤赵、刘德林编写;宇宙环境部分由李庆志、邵金花编写;地质环境部分由杜国云、刘贤赵编写;海洋环境部分由刘贤赵、杜国云编写。教材中所有图件均由刘德林、邵金花两人整理清绘。

此外,本教材在筹划和编写过程中,得到了山东省试点课程“自然地理学”课程体系教改课题的大力支持和经费资助,在此深表谢意。虽然几位编者多次修改计划和文稿,以求更好地体现地球科学的内容体系和地球科学研究的最新进展,但由于时间仓促以及作者水平有限,书中仍有许多不足和遗憾之处,敬请各位同仁谅解并不吝赐教。

作者

2005年3月

目 录

前言

第一篇 绪 论

第一章 绪论	(3)
第一节 地球科学体系及其研究任务	(3)
第二节 地球科学的研究方法	(6)
第三节 地球科学的发展趋势	(10)

第二篇 地球的宇宙环境

第二章 地球和天球	(17)
第一节 地球和地理坐标	(17)
第二节 天球和天球坐标	(19)
第三章 地球的宇宙环境	(28)
第一节 恒星和星系	(28)
第二节 太阳和太阳系	(35)
第三节 月球和地月系	(40)
第四节 人类对宇宙的新探索	(51)
第四章 地球的运动	(54)
第一节 地球的自转	(54)
第二节 地球的公转	(58)
第三节 四季和五带	(65)
第四节 时间与历法	(72)

第三篇 大 气 环 境

第五章 大气概述	(87)
第一节 大气圈	(87)
第二节 大气状态方程和静力学方程	(92)
第六章 大气的热力状况	(96)
第一节 太阳辐射、大气辐射和地面辐射	(96)
第二节 大气的温度	(102)
第三节 大气温度的绝热变化和稳定度	(109)
第七章 大气中的水分	(116)
第一节 大气湿度	(116)
第二节 水汽凝结物	(119)
第三节 大气降水	(126)
第八章 大气运动与气候	(136)

第一节	气压	(136)
第二节	大气运动	(140)
第三节	大气环流	(149)
第四节	局地环流	(158)
第五节	主要天气系统	(163)
第六节	气候	(169)

第四篇 地质环境

第九章	地球的内部圈层	(185)
第一节	地球内部圈层划分	(185)
第二节	地震的成因	(188)
第三节	地球内部圈层的主要特性	(189)
第四节	地球内部圈层运动	(192)
第十章	地壳中的矿物与岩石	(194)
第一节	地壳中的矿物	(194)
第二节	岩浆活动与火成岩	(207)
第三节	最主要的火成岩	(213)
第四节	外力作用及其产物	(218)
第五节	变质作用与变质岩	(233)
第十一章	构造运动与地质构造	(239)
第一节	构造运动特征	(239)
第二节	褶皱构造变动	(242)
第三节	节理	(244)
第四节	断层	(246)
第十二章	岩石圈板块	(251)
第一节	板块构造	(251)
第二节	海底扩张	(253)
第三节	大陆漂移	(255)
第十三章	第四纪地质	(265)
第一节	第四纪古气候	(265)
第二节	第四纪沉积类型	(267)
第三节	第四纪古生物	(269)
第四节	第四纪划分方案	(271)

第五篇 海洋环境

第十四章	海洋环境	(275)
第一节	海水的理化性质	(275)
第二节	海水的运动	(277)
第三节	海洋的演化及海平面变化	(280)
第四节	海洋资源和海洋环境	(283)

第一篇 绪 论

第一章 绪 论

第一节 地球科学体系及其研究任务

地球是人类赖以生存和发展的物质源泉和环境,因此人类总是把自己的命运与地球的演变和太阳等星球对地球环境的影响紧密地联系在一起。于是,人类在长期的实践中逐渐加深了对地球的认识,形成了一门以地球为研究对象的科学体系——地球科学(geoscience)。地球科学是研究地球系统并解决人类社会发 展所面临的一系列重大科学问题的科学(陈传康等 1997)。在资源与环境问题日益突出,地球可居住性受到人们关注的今天,地球科学格外受到各国政府和科学界的重视。

一、地球科学体系

地球科学是数学、物理学、化学、天文学、地学、生物学六大基础自然科学之一。从不同角度对地球内外不同圈层和范围进行研究而形成的各个学科,则是地球科学体系的分支和组成部分。由于地球科学本身体系的复杂性,深入研究其某一部分的学科便不断形成和发展,有的则逐渐分化为相对独立的学科。与此同时,基于地球各部分之间存在的客观联系,特别是不同学科或方法的相互借鉴、交叉与渗透,逐渐形成了一些交叉或边缘学科,从而组成地球科学的一个复杂体系。大多数观点认为,地球科学包括地理学、地质学、大气科学、海洋科学、水文科学和固体地球物理学等。

(一) 地 理 学

地理学(geography)是研究地球表面自然现象、人文现象以及它们之间相互关系或区域分异的学科。所谓地球表面,即指地球的大气圈、水圈、生物圈、岩石圈和人类圈相互交接的界面。广义的地球表面,上自大气圈对流层顶部,下至岩石圈沉积岩底部,厚度为 30~35km。狭义的地球表面,则指大气圈、岩石圈、水圈的交接面,上限离地面不超过 100m,下限为太阳辐射可达的深度,是生物和人类活动最为集中也最为活跃的场所。

地理学是一门既古老又年轻的学科,其漫长的发展历程可分为三个时期,即古老地理学时期(自远古至 18 世纪末)、近代地理学时期(自 19 世纪至 20 世纪 50 年代)、现代地理学时期(20 世纪 60 年代至今)。经历三个时期的延续和发展,地理学逐渐形成了众多的分支,也组成了复杂的体系。其分支学科目前主要包括自然地理学、人文地理学、历史地理学、区域地理学、地图学、地名学、方志学等。20 世纪 60 年代以来,又形成了横向的理

论性、应用性和方法性的分支学科,如理论地理学、应用地理学和数量地理学等。

需要说明的,许多研究地球表面某一圈层或某一圈层中部分要素而原属于地理学范畴的学科,现已进一步发展或与其他学科交叉渗透,从而形成了相对独立的学科,如大气科学、海洋科学等。

(二) 大气科学

大气科学(atmospheric science)是以地球周围的大气圈为研究对象,主要研究大气圈的组成、结构以及发生在大气圈中各种现象及其变化规律以及如何利用这些规律服务于人类的一门综合性学科。其研究内容十分广泛,包括许多分支学科和应用学科。比较成熟的分支学科主要有大气探测学、大气物理学、大气化学、天气学、气候学、高空气象学、动力气象学等;主要的应用学科有卫星气象学、无线电气象学、航空气象学、海洋气象学、农业气象学、林业气象学等。其目的在于揭示大气中的各种物理现象和物理过程的发生、发展本质,从而掌握并应用它为人类生产生活和国家经济建设服务。

大气科学也是一门既古老又年轻的学科。自从人类文明的开始,就有了古代气象经验和知识的积累,直到16世纪,属于大气科学的萌芽时期;17世纪到19世纪,是大气科学开始在物理学基础上建立的时期;19世纪至20世纪40年代,是大气科学主要分支学科的形成时期;20世纪50年代以后,是大气科学迅速发展的时期。

(三) 水文科学

水文科学(hydrology)是关于地球上(江河、湖沼、冰川、地下水)水的起源、分布、循环、运动等变化规律和运用这些规律为人类服务的知识体系。水文科学研究的对象包括从陆地表面的水到地下的水,也包括从大气中的水到海洋中的水,以及对水圈同大气圈、岩石圈和生物圈等地球自然圈层的相互关系。现代水文科学还十分重视研究水资源的利用和人类活动对自然环境的反馈效应。水文科学按其研究对象划分为河流水文学、湖泊水文学、沼泽水文学、冰川水文学、地下水文学、气象水文学等,这些学科统称为普通水文学。与之对应的则是应用水文学,如工程水文学、农业水文学、森林水文学、都市水文学等。新技术的应用也促成了一些新的分支学科,如遥感水文学、同位素水文学和随机水文学等。

(四) 海洋科学

海洋科学(marine science)是以海洋作为一个独立体进行研究的,它实际上是从地球科学的其他几个分支学科中独立出来的,这是由于海洋在现代地球科学、人类生存环境和未来社会发展中的地位越来越重要的缘故。海洋科学是研究水圈海洋部分的物理、化学、生物现象的运动过程及其发生的各种自然现象、性质和变化规律及其相互关系的各门学科的总称,根据研究内容不同可分为海洋物理学、海洋水文学、海洋化学、海洋生物学、海

洋气象学和海洋地质学等。

(五) 固体地球物理学

地球物理学(solid-earth physics)是应用物理学的方法研究地球的一门学科,是近代发展起来的地质学与物理学相结合的一门重要边缘学科。其研究的是各种地球物理场和地球的物理性质、物理现象及其发生与发展过程、地球的内部构造与组成、地球的起源与演化等。广义的地球物理学除研究地球的固体部分外,还研究地球及其外部的水圈和周围的大气圈。但由于水圈和大气圈的研究都已建立起相应的独立学科,于是致力于研究地球固体部分宏观物理学现象的分支,便成为狭义的地球物理学,也可称之为固体地球物理学。由于固体地球物理学的问题是综合性的,所以不能完全按物理学的部门来分类。因此,相应于地下资源的勘探、自然灾害的预测、地球内部的探索和地球信息等等的研究,便形成相应的勘探地球物理学、地震预测学、地磁学、重力学、地热学、地电学、大地测量学、大地构造物理学和应用地球物理学等。其中,应用地球物理学主要是研究地球物理勘探方法及其在地球资源的勘探与开发、地球环境的监测与保护等方面的应用。

(六) 地 质 科 学

地质科学(geology)是关于地球的物质组成、内部结构、外部特征、各圈层的相互作用和演变历史的知识体系。研究的主体对象也是固体地球,当前主要是研究固体地球的表层,即地壳或岩石圈的物质组成、内部构造和形成演化历史。地壳或岩石圈的厚度一般为几十到几百千米,与地球的半径(6371km)相比只是一个很薄的表壳。这一薄壳之所以成为地质学当前研究的主要对象,一方面是出于实际需要,因为这一层与人类的生活、生产及生存都直接相关;另一方面是受现时人类能力的限制。人们可以直接观测和研究地球表层,但现阶段人类尚无能力对地下深处进行直接研究。钻井取样是目前人们获取地球较深部物质进行直接研究的唯一途径,但由于受当前技术水平的限制,钻井所能达到的深度是有限的。目前世界上最深的钻井(12.5km),位于俄罗斯西北部的科拉半岛,这一深度尚不足该区大陆地壳厚度的二分之一。可以相信,随着科学技术的发展,地质学研究的对象将不断向地球的深部(如地幔、地核)扩展(中国地球科学发展战略组 1999)。

根据研究内容和任务的不同,地质科学可划分为探讨基本事实和原理的基础学科和由这些基础学科与生产或其他学科相结合而形成的学科。属于第一类的有矿物学、岩石学、矿床地质学、地球化学、动力地质学、构造地质学、古生物学、古地理学、地貌学、地层学及第四纪地质学等;属于第二类的有石油地质学、煤田地质学、水文地质学、工程地质学、环境地质学、地震地质学等。

此外,人们为了更好地研究上述地质学的各个方面,不断地吸收和借鉴其他一些学科的先进理论、方法和技术,用以促进和深化地质学的各项研究,于是逐渐形成了一系列的边缘学科,如数学地质、地球化学、同位素地质学、天文地质学、海洋地质学、遥感地质学及实验地质学等。这些边缘学科在现代地质学各领域的研究中发挥着极其重要的作用。

近几十年来,由于世界各国工业、农业、军事、航天、交通等产业的飞速发展,其结果给地球的自然环境带来了巨大的影响。这种影响有些是直接的,如污染问题;有些是间接的,如气候变化,它已经严重地影响到地球的自然生态和人类的生存与发展,因而受到科学工作者和全人类的广泛关注。这些问题与地球科学和环境科学关系密切,于是在地球科学中逐渐形成了一门与环境科学相结合的边缘学科,即环境地学。环境地学主要研究地球自然环境的组成、结构、形成、演变以及环境的破坏、污染、防止、保护、改良与评价等。根据地球科学中各学科所研究的侧重点不同,又可分为环境地质学、环境地理学、环境气象学、环境水文学、环境海洋学、环境土壤学等。

二、地球科学的任务

地球科学的任务在于认识地球系统的基本特征和自身发展规律,揭示人类活动与地球环境相互作用的效应,从而为持续发展满足自然资源、防治和减轻自然灾害、保护和优化人类生存环境提供理论基础,为国土整治、大型工程建设及制订国家经济和社会发展规划提供基础知识和资料,为探索地球与天体起源、生命与人类起源、人与环境相互关系等重大基础理论问题提供科学依据。

第二节 地球科学的研究方法

由于地球科学以庞大的地球作为研究对象,并且具有很强的实践性和应用性,因此,它的研究方法与其他自然科学有着较大的差异。一是它要借助于数学、物理、化学、生物学及天文学的研究方法;二是地球科学的研究方法与其研究对象的特点关系密切,具有自己的特殊性(汪新文,1999)。

一、地球科学的特点

地球作为其研究对象,主要有以下特点。

(一) 空间的广泛性与微观性

地球是一个庞大的物体,其周长超过4万千米,表面积超过5亿平方公里。因此,无论是研究大气圈、水圈、生物圈还是固体地球,其空间都是十分巨大的。这样一个巨大的空间及物体本身是由不同尺度或规模的空间和物体所组成的。因此,要研究庞大的地球,就必须研究不同尺度或规模的空间及其物质体,特别是要注重研究微观的空间和物质特征,如不同学科都要研究其相应对象的化学成分、化学元素的特性等,地质学要研究矿物晶体结构,大气科学要研究大气的组成、运动以及种类繁多相互叠加的各种现象等。只有把不同时空尺度的研究结合起来,把宏观和微观结合起来,才能获得正确的和规律性的认识。

(二) 整体性与差异性

整个地球是一个有机的整体。不仅在空间上地球的内部圈层、外部圈层都表现为连续的整体,而且地球的各内部圈层之间、内部与外部圈层之间、各外部圈层之间都是相互影响、相互渗透的,某一个圈层或某一个部分的运动与变化,都会不同程度地影响其他部分甚至其他圈层的变化。然而,地球又是一个非均质体,它的不同组成部分无论在物质状态、运动和演变特点上都具有一定差异,表现出分异性。例如,不同地区的地理环境、气候环境具有明显的差异,不同地区的水文条件具有明显差异。固体地球特别是地壳的不同地区或不同组成部分的差异性更为强烈,如大陆、海洋、山系、平原等。这种差异性不仅表现在空间和组成上,也表现在它们的运动、变化、形成与发展上。

(三) 时间的漫长性与瞬间性

人类历史上发生的诸如海陆变迁、板块运动、山脉形成、冰期出现、生物进化等重大事件,它们的发生过程多数是极其缓慢的,往往要经过数百万年甚至数千万年才能完成。短暂的人生很难目睹这些事件的全过程,而只能观察到事件完成后留下来的结果以及正在发生的事件的某一阶段的情况。但是,有些事件的发生可以在很短的时间内完成。例如,天气现象或大气运动往往表现为几天、几小时甚至更短的时间,地震、火山爆发等也都发生在极短的时间内。

(四) 自然过程的复杂性与有序性

地球演化至今经历了复杂的过程。其中既有物理变化,也有化学变化;既有地表常温、常压状态下的作用过程,也有地下深处高温、高压状态下的作用过程。此外,各种自然过程还会受地区性条件的影响而具有地区的差异性。所以,自然过程是极其复杂的,而且这种过程由于其漫长性和不可逆性,依靠人类的力量很难完全重塑和再现其过程,因而更增添了地球科学研究工作的艰巨性。但是,这些复杂的自然过程并不是杂乱无章的,它们都具有其发生、发展的条件和过程,都具有一定的规律性。

(五) 全球性

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性概念。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。另外,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(EP)、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。

二、研究方法

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。研究对象的特点决定了地球科学独特的研究方法,并且随着科学技术的发展和进步,地球科学的研究方法也会得到不断的补充和完善。下面择要简述其主要研究方法。

(一) 野外调查法

尽管高新技术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、眼考察法仍然具有无法取代的地位。野外调查是地球科学工作最基本和最重要的环节,它能获取所研究对象的第一手资料,例如野外地质调查、水系与水文状态调查、自然地理调查、土壤调查、资源与环境调查等。只有针对性地到现场去认真、细致地收集原始资料,才能为正确地解决地球科学问题提供可能。

(二) 仪器观测法

仪器观测是地球科学用来获取研究对象的定性和定量资料的重要手段,通过仪器观测可以了解到研究对象的各种物理、化学性质、参量的静态特征和动态变化,为科学的分析、推理提供了依据。仪器观测为地球科学步入科学轨道提供了条件。例如 16~17 世纪气温、气压、湿度等气象仪器的发明与创造,使大气科学逐渐发展成为一门完善的学科。现代高精度的常规与高空气象仪器观测仍然是大气科学重要的研究手段。同样,仪器观测在海洋科学研究中也占有特殊重要的位置。仪器观测对于现代地球物理学、地质学的地球内部研究,以及对于环境地学中的各种监测与评价,都具有极其重要的作用。如 20 世纪中叶发展起来的海洋测深技术(声纳)对于海洋科学的发展和地质学的革命曾起过决定性的作用。近些年发展起来的激光测距、全球定位系统(GPS)和合成孔径干涉雷达(InSAR)已能够以厘米级精度绘制地壳变形,为地球科学研究取得进展铺平了道路。在现场进行的仪器观测也属于第一手资料,除了科学工作者根据不同的研究目的在现场进行各种观测外,人们还常常设立各种定点观测台站,如气象站、水文站、地震台站、环境监测站等,并通过大量的台站建立观测网,以便获得系统的观测资料。

(三) 航空、航天和遥感技术

现代航空、航天和遥感技术极大地推动了地球科学的发展,成为现代地球科学不可缺少与忽视的重要研究方法。由于地球的空间广大,要在短时间内获取大区域的资料,特别是大区域的动态变化状况,就必须充分利用航空、航天和遥感技术,如卫星云图、卫星遥感影像、航空照片等。航空、航天和遥感技术对现代气象学的发展和进步起了决定性作用,