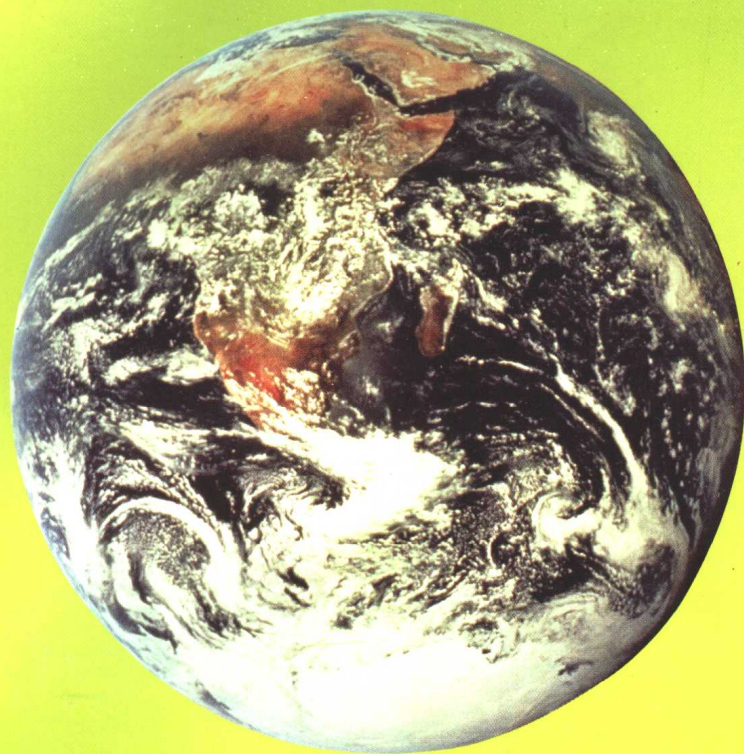


高等学校试用教材

地球科学概论

汪新文 主编

林建平 程捷 副主编



地质出版社

高等学校试用教材

地球科学概论

汪新文 主 编
林建平 程 捷 副主编

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书作为高等学校学习地球科学的入门教材,较详细地介绍了有关地球科学的一些基本知识、基本概念和基本原理,涉及到地球科学的地质学、地球物理学、地理学、气象学、海洋学、水文学、环境地质学、天文学等方面的一些基本知识。本书的主要内容包括地球科学的含义,地球的宇宙环境、地球的外部与内部圈层特征、地质年代的基本知识,地球上各种地质作用的基本原理和过程,地球的资源与环境问题、地球形成、演化的基本概念和认识等。与本书配套的《地球科学概论实习讲义》内容包括课堂实习指导、思考题和野外路线指南等。

本书可供与地球科学有关的地质院校、石油院校、农林院校及有关的师范院校本、专科生使用和参考,也可供其它从事地球科学工作和希望了解、学习地球科学的人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

地球科学概论/汪新文主编. -北京:地质出版社,1999. 2. (2001.6 重印)

高等学校试用教材

ISBN 7-116-02758-0

I. 地… II. 汪… III. 地球科学-高等学校-教材 IV. P

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 03978 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:刘亚军 杨绥华

责任校对:田建茹

*

北京市京东印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆ 印张:15.375 字数:360千字

1999年2月北京第一版·2001年6月北京第二次印刷

印数:3001—9000册 定价:16.80元

ISBN 7-116-02758-0

P·1982

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、例页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

为了适应高等学校教学改革的新形势,使地质类院校理工科学生向着知识面宽、适应社会能力强的方向发展,我们组织编写了《地球科学概论》作为地质类本、专科生公共基础课的试用教材,以期使学生较全面地了解地球科学的概貌。

地球科学是一门研究领域广、分支学科多、理论与应用紧密结合的学科体系。本书作为高等学校学习地球科学的入门教材,较详细地介绍了有关地球科学的一些基本知识、基本概念和基本原理,涉及到地球科学的地质学、地球物理学、地理学、气象学、海洋学、水文学、环境地学、天文地学等方面。本教材的主要特点是:

1. 把整个教学内容按内在联系由浅入深、由表及里地纳入一个完整体系。该体系以建立整体的地球观、自然观为主线,先从了解地球的宇宙环境和宏观特征入手,进而介绍地球的外部圈层和内部圈层特征,接着重点阐述了推动地球发展的各种地质作用、地球动力系统以及与人类关系密切的地球的资源与环境问题,最后介绍地球起源与演化的基本认识。
2. 强调地质作用的过程与产物,将以往所称的外力地质作用改称为表层地质作用,并采用风化—剥蚀—搬运—沉积—成岩作用的作用过程体系,以避免过多的内容重复;将以往所称的内力地质作用改称为内部地质作用,并将传统的地震作用并入构造运动之中。
3. 尽量吸收现代地球科学的新进展与新成果,重视知识的更新。
4. 以满足教学需要为原则,认真精选教学内容,力争做到份量适中。

本教材由中国地质大学(北京)《地球科学概论》教学组编写。具体分工如下:绪论、第一章第二至四节、第三章、第四章第一节、第七章第二节、第八章、第九章由汪新文编写;第四章第二节、第五章、第十章第五节、第十一章第一至三节由程捷编写;第七章第一节、第十章第三节、第十一章第四至五节由林建平编写;第二章由程捷、汪新文编写;第六章由林建平、李龙吟编写;第十章第一至二节由林建平、王果胜编写;第十章第四节由程捷、王果胜、林建平编写;第十二章由李龙吟、汪新文编写;第一章第一节由赵国春编写。颜丹平、赵靖、曹秀华参加了本书有关内容的讨论与拟定。本书由汪新文任主编,并进行全书文图的增补、删减和统一编纂。

本书的基础是本教学组1992年编写的《普通地质学》(校内出版)和1995年改编的《地球科学概论》(校内出版),在编写过程中得到万天丰教授、赵其强教授、徐元恺教授的具体指导,并详细审阅初稿,提出修改意见。1995年改编的《地球科学概论》由赵其强教授、庄培仁教授担任主审,并提出宝贵意见。此后,又广泛征求了校内有关教学单位和吴正文、马鸿文等教授的修编意见。本次出版的《地球科学概论》是在参考上述意见的基础上,经本编写组认真修编完成的。在教材的编写过程中,得到学校、教务处、地球科学与资源学院及构造教研室领导和老师的关心和支持;并得到北京市教委教改试点项目——《地球科学概论》课程体系完善与教材建设的资助。在此一并表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中可能存在不少的缺点和错误，切盼广大使用者提出批评意见，以便进一步提高教材质量。

编 者

1999年2月

目 录

前 言

绪 论	(1)
第一节 地球科学的研究对象和研究内容	(1)
第二节 地球科学的研究方法	(3)
第三节 地球科学的研究意义	(6)
第四节 地球科学的发展简史与未来展望	(8)
第一章 宇宙中的地球	(14)
第一节 宇宙	(14)
一、宇宙中的天体和物质	(14)
二、宇宙中天体的相对位置	(16)
第二节 银河系与太阳系	(18)
一、银河系	(18)
二、太阳系	(18)
第三节 地球、月球和地月系	(20)
一、地球	(20)
二、月球和地月系	(21)
第四节 地球的形态	(23)
一、地球的形状与大小	(23)
二、地球的表面形态	(23)
第二章 地球的外部圈层	(27)
第一节 大气圈	(27)
一、大气的组成	(27)
二、大气圈的结构	(28)
三、大气的热状况	(29)
四、大气的运动	(30)
第二节 水圈	(32)
一、水圈的组成	(32)
二、水圈的循环	(40)
第三节 生物圈	(41)
一、生物圈的概念	(41)
二、生物圈的组成	(41)
第三章 地球的内部圈层	(43)
第一节 地球的内部圈层	(43)
一、地球内部圈层的划分	(43)
二、地球内部的主要物理性质	(46)
三、地球内部各圈层的物质组成及物理状态	(50)
第二节 地壳	(52)

一、地壳的物质组成	(52)
二、地壳的类型	(58)
三、地壳的重力异常与重力均衡	(60)
第四章 地质年代与地质作用	(62)
第一节 地质年代	(62)
一、相对地质年代的确定	(62)
二、同位素地质年龄的测定	(64)
三、地质年代表	(65)
第二节 地质作用	(70)
一、地质作用的能量来源	(70)
二、地质作用的类型	(71)
第五章 风化作用与剥蚀作用	(74)
第一节 风化作用	(74)
一、风化作用的类型	(74)
二、风化作用的产物	(77)
三、影响风化作用的因素	(80)
第二节 剥蚀作用	(82)
一、地面流水的剥蚀作用	(82)
二、地下水、冰川和风的剥蚀作用	(86)
三、海洋(及湖泊)的剥蚀作用	(90)
第六章 搬运作用与沉积作用	(92)
第一节 搬运作用	(92)
一、搬运作用的方式	(92)
二、不同营力的搬运作用特点	(94)
三、搬运过程中碎屑物质的变化	(96)
第二节 沉积作用	(97)
一、地面流水的沉积作用	(97)
二、地下水、冰川及风的沉积作用	(101)
三、湖泊(及沼泽)的沉积作用	(103)
四、海洋的沉积作用	(104)
第三节 成岩作用	(108)
第七章 岩浆作用与变质作用	(110)
第一节 岩浆作用	(110)
一、喷出作用	(110)
二、侵入作用	(115)
第二节 变质作用	(117)
一、变质作用的因素与方式	(117)
二、变质作用的基本类型	(119)
第三节 地壳中三大类岩石的演变	(123)
第八章 构造运动	(124)
第一节 构造运动在地形、地物上的表现	(124)

一、地形变测量反映的现代构造运动	(124)
二、构造运动在地物上的表现	(125)
三、构造运动在地貌上的表现	(126)
第二节 构造运动在地层中的表现	(128)
一、地层的岩相变化及厚度	(128)
二、地层的接触关系	(129)
第三节 构造运动引起的岩石变形	(131)
一、岩层产状	(131)
二、褶皱构造	(132)
三、断裂构造	(135)
第四节 地震	(140)
一、地震的有关概念	(140)
二、地震的成因类型	(142)
三、地震地质作用	(143)
第九章 地球动力系统	(145)
第一节 大陆漂移	(145)
第二节 海底扩张	(149)
一、海底扩张说的提出	(149)
二、海底扩张说的验证	(151)
第三节 板块构造	(154)
一、板块的边界类型及板块的划分	(154)
二、板块构造与地质作用	(156)
三、板块运动的驱动机制问题	(161)
第十章 地球的资源	(162)
第一节 矿产资源	(162)
一、矿床的基本概念	(162)
二、矿产资源的种类、分布与前景	(164)
第二节 能源	(166)
一、煤	(166)
二、石油和天然气	(169)
三、其他能源	(172)
第三节 土地资源	(173)
一、土地资源的基本特征	(173)
二、世界土地资源状况	(174)
三、土地资源的利用和保护	(175)
第四节 水资源	(176)
一、水资源的概念及特性	(176)
二、世界及中国水资源的概况	(176)
三、水资源的利用	(178)
第五节 生物资源	(179)
一、植物资源	(179)

二、动物资源	(179)
三、人口资源	(180)
第十一章 地球的环境	(181)
第一节 地球的大气环境	(181)
一、大气圈的主要作用	(181)
二、气候带	(182)
三、气象灾害	(183)
四、大气污染	(185)
五、大气环境变迁	(187)
第二节 地球的水环境	(189)
一、水环境的基本特点	(189)
二、水圈灾害	(190)
三、水环境污染	(191)
第三节 地球的生态环境	(193)
一、生态系统的基本概念	(193)
二、森林生态系统	(196)
三、生态平衡	(196)
四、生物灾害	(197)
第四节 地质环境	(197)
一、地质环境的基本特征	(197)
二、地质灾害	(198)
三、地质环境与人体健康	(204)
第五节 地理环境	(205)
一、地理环境的基本特征	(206)
二、人类与地理环境的关系	(208)
三、地理环境的保护	(210)
第十二章 地球的起源与演化	(212)
第一节 天文地质	(212)
一、宇宙起源新说	(212)
二、陨击作用	(213)
三、太阳系天体地质概况	(215)
四、宇宙环境与地球演化的关系	(220)
第二节 太阳系及地球的起源	(223)
一、太阳系及地球起源的基本问题	(223)
二、太阳系及地球起源的假说	(224)
第三节 地球的演化	(226)
一、地球内部层圈的形成	(227)
二、地壳的演化	(228)
三、大气圈和水圈的形成与演化	(229)
四、生命的起源与生物演化	(232)
主要参考文献	(235)

绪 论

第一节 地球科学的研究对象和研究内容

人类生活在地球上,衣食住行等一切活动都离不开地球。如人们要靠山川大地获取生活资料以维持生命,要从地球中开采矿物资源制造生产和生活工具,要了解地球上的自然地理和气候条件以便发展生产,要与地球上发生的各种自然灾害作斗争。因而,人类在长期的实践中逐步加深了对地球的认识,并且逐渐形成了一门以地球为研究对象的科学——地球科学(geoscience)。

地球科学简称地学,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。地球科学以地球为研究对象,包括环绕地球周围的气体(大气圈)、地球表面的水体(水圈)、地球表面形态和固体地球本身。至于地球表面的生物体(生物圈),由于其研究内容广、分支学科较多、且研究方法具有特殊性,因而已独立成一门专门的基础自然科学——生物学。但生物的起源与演化、生物体与生存的地球环境之间的关系也属于地球科学的研究范畴。

地球科学是一门理论性和应用性都很强的科学。它不仅承担着揭示自然界奥秘与规律的科学使命,同时也为生活在地球上的人类如何利用、适应和改造自然提供科学的方法论。随着生产和科学技术的发展,地球科学的研究内容和领域也不断地深入和扩展,逐渐形成了日臻完善的由多学科组成的综合性学科体系。地球科学目前主要包括地质学、地球物理学、地理学、气象学、水文学、海洋学、土壤学、环境地学等学科。其中,地质学(geology)由于其研究领域广博、分支学科较多,并且以研究地球的本质特征为目的,因而成为地球科学的主要组成部分,以至于人们有时把地质学和地球科学作为同义语使用,其实两者的含义是有差别的,它们具有包容关系。随着科学的发展,地球科学还会不断地诞生新的学科和出现一些边缘学科。

地理学(geography)主要研究地球表面的各种地形、地理环境及其结构、分布和演变规律,并涉及到自然和社会两个领域之间的相互关系。地理学一般可分为自然地理学和人文地理学两大组成部分。自然地理学是研究自然地形、地理环境的结构及发生、发展规律的学科,主要包括普通自然地理学、区域自然地理学、地志学等。人文地理学是研究人和社会与自然地形、地理之间的相互关系的学科,主要包括政治地理学、社会地理学、人口与聚落地理学、经济地理学、历史地理学等。

气象学(meteorology)以地球周围的大气圈为研究对象,主要研究大气的各种物理性质、物理现象及其变化规律。其研究内容也很广泛,包括许多分支学科和应用学科。主要的分支学科有大气物理学、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活和

国家经济建设服务。

水文学(hydrology)和海洋学(oceanography)以地球表面分布的水体为研究对象。水文学主要研究地球上江河、湖沼、冰川、地下水以及海洋等各种水体的数量、质量、运动变化与分布规律,以及它们与地理环境、生态系统和人类社会之间的相互影响与相互联系。海洋学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它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。海洋学是研究海洋中发生的各种现象和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。

土壤学(soil science)以地球表面发育的土壤层为研究对象。主要研究土壤的物质组成、结构、类型、分布和形成发展过程。根据具体研究内容和应用领域不同,土壤学也有一些分支学科,如土壤生物学、土壤地理学、土壤气候学、土壤物理学、土壤化学、土壤地质学等。

地球物理学(geophysics)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球科学与物理学相结合的一门重要边缘学科。广义的地球物理学的研究对象包括固体地球及其表部的水体和周围的大气圈。但由于水体和大气圈的研究都已建立起相应的独立学科,所以一般所称的地球物理学是狭义的,其主要研究对象是固体地球,因而也可称之为固体地球物理学。地球物理学重点研究固体地球的各种物理性质、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。其主要分支学科有地震学、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。

地质学(geology)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——地壳或岩石圈。地壳或岩石圈的厚度一般为几十到二百公里左右,与地球的半径(6371 km)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(12.5 km)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。

地质学的研究内容主要包括固体地球(重点是地壳或岩石圈)的物质组成、内部构造和形成演化历史。按其研究内容和任务的不同,地质学的主要分支学科可简举如下:

- (1)研究地球的物质组成方面的学科,如结晶学、矿物学、岩石学等;
- (2)研究地球的内部构造方面的学科,如构造地质学、构造物理学、区域构造学、地球动力学等;
- (3)研究地球的形成演化方面的学科,如古生物学、地层学、地史学、古地理学、地貌及第四纪地质学等;
- (4)研究地质学的应用方面的学科,可分为两个方面:其一是研究地下资源方面的分科,如矿床学、石油地质学、煤田地质学、水文地质学等;其二是研究地质与人类生活环境及灾害

防护方面的分科,如工程地质学、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它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。这一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。

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,所以它的研究方法与其它几门自然科学有较大的差异。它既要借助于数学、物理、化学、生物学及天文学的一些研究方法,同时又有自己的特殊性。

地球科学的研究方法与其研究对象的特点有关,地球作为其研究对象主要有以下特点:

(1)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 km,表面积超过 5 亿 km²。因此,无论是研究大气圈、水圈、生物圈以及固体地球,其空间都是十分广大的。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质体所组成的。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,水文学和海洋学要研究水质的运动等,气象学要研究气体分子的活动等。只有把不同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。

(2)整体性与分异性(或差异性) 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性;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互相作用、互相影响、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它部分甚至其它圈层的变化,这也充分表现了它们的有机整体性。然而,地球也是一个非均质体,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、变化与形成、发展上。

(3)时间的漫长性与瞬间性 据科学测算,地球的年龄长达 46 亿年。在这漫长的时间里,地球上曾发生过许多重要的自然事件,诸如海陆变迁、山脉形成、生物进化等等。这些事

件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,天气现象往往表现为几天、几时甚至更短的时间,地震、火山爆发等也都发生在极短的时间内。

(4)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,都具有一定的规律可循,这正是地球科学工作的重要研究任务。

研究对象的特点决定了地球科学具有一些独特的研究方法,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推进。现择要简述研究方法如下:

(1)野外调查 空间的广泛性决定了地球科学工作者首先必须到野外去观察自然界,把自然界当作天然的实验室进行研究,而不可能把庞大而复杂的大自然搬到室内来进行研究。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。

(2)仪器观测 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,使气象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气象学的重要研究基础。同样,仪器观测在水文学、海洋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,对于土壤学的研究特别是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。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。

(3)大地测量 这是地球科学中既古老而又发展迅速的一种重要研究方法,它在推动地球科学的发展中起了重要作用。早在古埃及和古中国的远古时代,人们就借助于步测及其它一些简单的测量工具,进行土地规划、地形与地理制图、水利与工程建设等。到了近代,随着测量仪器的进步,逐渐发展成为传统的大地水准测量和大地三角测量。本世纪中叶发展起来的海洋测深技术(声纳)对于海洋学的发展和地质学的革命曾起了决定性的作用。近些年发展起来的激光测距、人造卫星定位系统(GPS)又给地球科学带来了深刻影响。大地测量的方法对于地理学、地质学、海洋学、水文学及土壤学等的研究十分重要。

(4)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或不可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,成为其重要支柱。它们也是现代海洋学、地理学的主要研究手段,而且对于现代地质学、土壤学、水文学、环境地学等也发挥着重要作用。

(5)实验室分析、测试与科学实验 这是地球科学中各门学科均普遍采用的研究方法,主要是从研究对象中取得所需的各种样品或标本,然后在实验室进行分析、测试,以便获取物质成分、结构、物理与化学性质以及形成历史等方面的定性和定量资料,并通过科学实验分析和推断其形成、演变过程、发展趋势等。随着科学的发展,地球科学中的实验科学已有相当的进步。但由于自然过程的影响因素复杂,加之时间的漫长性与空间的广泛性以及现代实验技术水平的限制,在地球科学中有时很难进行与自然界一致的真实实验。因此,地球科学上常采取简化影响因素、创造一些特定的物理、化学环境,模拟自然现象的成因、过程和发展规律,这种方法称为模拟实验。模拟实验只能是近似的,实验结果往往与自然过程有一定差距,但它在再造自然现象的过程、验证和探索地球科学规律方面发挥着重要作用。

(6)历史比较法 这是地质学最基本的方法论。时间的漫长性决定了地质学必须用历史的、辩证的方法来进行研究。虽然人类不可能目睹地质事件发生的全过程,但是,可以通过各种地质事件遗留下来的地质现象与结果,利用现今地质作用的规律,反推古代地质事件发生的条件、过程及其特点,这就是所谓的“历史比较法”(或称“将今论古”、“现实主义原则”)的原理。这一原理是由英国地质学家莱伊尔(C. Lyell, 1791—1875年)在郝屯(J. Hutton, 1726—1797年,英国学者)的均变论学说的基础上提出来的。莱伊尔明确指出:“现在是了解过去的钥匙”。例如,现代珊瑚只生活在温暖、平静、水质清洁的浅海环境中,如果在古代形成的岩石中发现有珊瑚化石,便可推断这些岩石也是在古代温暖、清洁的浅海环境中形成的;又如,现在的火山喷发能形成一种特殊的岩石——火山岩,如果在一个地区发现有古代火山岩存在,我们就可以推断当时这一地区曾发生过火山喷发作用,等等。历史比较法是一种研究地球发展历史的分析推理方法,它的提出,对现代地质学的发展起了重要的促进作用。这一原理的理论基础是“均变论”。均变论认为,在漫长的地质历史过程中,地球的演变总是以渐进的方式持续地进行,无论是过去还是现在,其方式和结果都是一致的。但是,现代地质学的研究证明,均变论的观点是片面和机械的。地球演变的过程是不可逆的,现在并不是过去的简单重复,而是既具有相似性,又具有前进性。例如,地质学的多方面研究揭示,在地球演变过程中,地表大气圈、水圈、生物圈的组成、数量、温压以及地球或地壳内部的结构、构造等特征都在发生不断地变化,与现代的状况存在不同程度的差异,这些必然会导致当时发生的地质作用的方式与过程具有一系列与今天不同的特点。地球演变的过程也并不总是以渐进、均变的形式进行,而是在均变的过程中存在着一些短暂的、剧烈的激变过程。例如,在岩层中常常发现其物质组成及结构构造发生突然性的变化;在古生物演化中也常常发现大量的生物种属在短期内突然绝灭的现象,如7000万年前后恐龙全部迅速绝灭等。所以整个地球的发展过程应是一个渐变—激变—渐变的前进式往复发展过程,这也符合量变—质变—量变的哲学规律。因此,在运用历史比较法时,必须用历史的、辩证的、发展的思想作指导,而不是简单地、机械地“将今论古”,这样才能得出正确的结论。地质学的“将今论古”分析方法,实际上对于地球科学的地球物理学、地理学、气象学、水文学、海洋学、土壤学、环境地学等几门学科也均具有一定的借鉴意义。

(7)综合分析 自然过程的复杂性和不可逆性决定了地球科学必须采用综合分析的研究方法。在漫长的地球演化过程中,不同时期、不同方式(物理、化学、生物等)、不同环境(地

表、地下、空中等)的自然作用给我们留下的是一幅错综复杂的结果图案。要根据这一图案恢复和解析自然界发展的过程,就必须利用多学科的原理和方法,结合复杂的影响因素,进行综合分析。这一点与数、理、化等学科利用单纯的推导、实验等方法进行研究是大不一样的。例如在地质学中,由于过程和影响因素很复杂,根据某些个别特征,利用单学科的原理和方法,往往会得出片面甚至错误的结论,这就是在地质学研究中经常碰到的“多解性”或“不确定性”问题。所以,只有在综合各方面研究的基础上,才能得出统一的、最合乎实际情况的结论。

(8)电子计算机技术应用 有人说 20 世纪后半叶以来,人类社会已步入电子计算机的时代,电子计算机技术的应用已给各门自然科学带来了深刻的影响和革命性的变化。对地球科学也是一样,例如在现代气象学、地理学、地质学、地球物理学、海洋学、环境地学等领域中,计算机技术已发挥出了巨大的作用,成为不可缺少的研究手段和方法。而且计算机技术正在向地球科学的各个领域渗透。计算机技术的应用,为解决地球科学的研究对象的空间广阔、观测处理资料量大、模拟形成演变过程复杂等等问题带来了无限的前景。因此,要想提高地球科学的研究水平,必须充分地重视、加强和进一步开拓电子计算机这一方法技术在地质学中的应用。

地球科学研究的工作方法通常具有下列程序:

(1)资料收集 根据所要研究的课题和所要解决的问题,尽可能详尽、客观和系统地收集各种有关的数据、样品和其它资料。资料的来源包括对研究区详细的野外调查、仪器观测和收集、分析已有的各种资料和成果等。

(2)归纳、综合和推论 对所收集的资料进行加工整理、归纳、综合,并利用地球科学的研究方法和原理,作出符合客观实际的推论。

(3)推论的验证 通过生产实践或科学实验来证实或检验推论是否正确,并在实践的过程中不断地修正错误,提高认识,总结规律。

地球科学是一门实践性很强的科学。人们通过不断地科学实践,逐渐形成了若干假说和学说。假说是根据某些客观现象归纳得出的结论,它有待进一步验证;而学说则是经过了一定的实践检验、在一定的学术领域中形成的理论或主张。假说和学说对推动地球科学的发展起着重要的作用,它们为探索地球科学的客观规律指出了方向,对实践起着一定的指导作用,同时,在实践中不断得到检验、补充和修正,使其日趋完善。当然,有些假说和学说也可能在实践中被扬弃或否定。

第三节 地球科学的研究意义

地球科学是人类在实践和应用中逐渐发展起来的,因此,其研究首先具有重要的实际意义和应用意义。

地球科学在寻找、开发和利用自然资源中起着巨大作用。自然资源主要包括能源资源、矿产资料、水资源及土地资源等。能源在整个国民经济中居于首要位置,而现阶段的能源资源还主要是依靠石油、天然气和煤等,这些都必须从地下寻找和开采;发展工业需要充足的矿产资源作为原料保证,发展农业所需要的磷、钾等肥料的原料也是来自于地下矿产资源;水资源对人类社会的重要性更是不言而喻,无论工业、农业、以及民用都离不开水,而地下水

是目前水资源的重要来源,也需要用地球科学的理论寻找和开发。

建国以后的近 50 年来,我国地质工作者以自己的艰苦劳动为祖国的繁荣富强作出了重大贡献。世界上已知的 162 种矿产在我国均已发现,已探明一定储量的矿产达 148 种,其中钨、锑、锌、镁、石膏、石墨等的探明储量居世界首位;煤、铁、铜、锰、铝、铅、锡、钼、金、汞等矿产的探明储量也位居世界前列;一批大型油田的相继发现与开发,摘掉了我国贫油的帽子;在世界上有许多被认为是稀有金属(如铌、钽、钛、钒等)的矿产,经勘探查明在我国并不稀有。地质及水文工作者还在西北、华北的干旱、半干旱地带探明了大量地下水资源,缓解了工农业及民用缺水的威胁。

地球科学在指导人类如何适应、保护、利用和改造自然环境以及同各种自然灾害作斗争方面发挥着重要作用。气象学的研究与人类的生活、生产等各方面的活动关系极为密切。在农业生产中,利用短期和中、长期的气象预报,可以加强各种农事活动的计划性,如播种、移栽、收割等;为了保护农作物,避免或减轻一些不良天气现象,如霜冻、干旱、大风、暴雨等的危害,必须洞悉这些天气现象的发展规律。同样,对于航空工作也随时都需要气象情报来保证飞行安全;航海工作也要避免恶劣天气的危险;强烈的暴雨、风、雪会影响陆上的交通安全;此外,水利、城市建设、林业乃至人类生活的一举一动都无不与气象或天气变化有着紧密的联系。

人类在发展生产和建设的过程中,常常需要修建一些大型的工程设施,如公路、铁路、港口、水坝、核电站等,为了确保这些工程在建成后能安全运转,就必须事先应用地质学的研究进行详细的地基选址与场地稳定性评价,弄清场地的地质条件,尽量避开各种不利的因素。有些正在发生的地质作用常给人类生活的自然环境带来不良后果,如水土流失、沙漠化等,这时,人类可以运用地球科学知识来设法保护和治理自然环境。此外,一些突发性的地质事件往往给人类造成巨大的灾害,如地震、火山、滑坡、泥石流等,这时,人们可以根据它们产生的机理和发展规律,预测、预报或采取有效的措施防止灾害的发生。

有关自然环境的利用、改造和管理的研究,首先必须进行定性评价,地理学是这类定性评价的主要依据。要实现生产力的合理布局,必须对全部地理条件加以综合考虑,从区域规划、建立合理的区域经济结构出发,择优选取。如农业区划、工业布局、交通建设、环保、城市规划、旅游等多方面都有地理学的应用问题。其中主要是自然资源和条件的评价,人类影响地理环境所引起的变化预测,环境的合理地域组织,区域经济结构的优选等方面的应用。

当前,人类正面临着一系列艰巨的、紧迫的、深广的、复杂的全球性环境问题,如大气与水体污染、气候异常、植被破坏、水土流失和土地沙漠化等,这些环境问题严重地威胁着人类的生存与发展。而且越来越多的事实证明,人类活动对环境恶化的影响强度还在不断增加。要尽快地控制、防止这种环境恶化的趋势,并治理已出现的各种环境问题,力争在较短的时间内使环境向良性转化,最终解决好人口、资源、环境协调发展的问题,这些都与地球科学特别是环境地学有着密切关系,也是未来地球科学所面临的主要任务。

同时,地球科学也是一门理论性很强的自然科学。它承担着揭示整个地球的形成、演变规律的科学使命。它的研究对人类正确地认识自然界、建立辩证唯物主义世界观起着重要作用,对整个自然科学的发展也具有促进和推动作用。当代自然科学的一些重大基本理论问题,如天体的起源、生命的起源等问题的最后解决也都离不开地球科学的研究。所以,地球科学的研究也具有重要的理论意义。

第四节 地球科学的发展简史与未来展望

地球科学是一门既古老而又年轻的科学。说其古老,是因为有关地球科学知识的萌芽与积累从人类诞生的那天起就已开始;说其年轻,是因为地球科学的主要学科的真正创立只是最近几个世纪的事情,并且迄今为止,地球科学虽已发展成为一个完善的科学体系,但其中仍存在许多重大基础理论问题未获解决。地球科学的发展历史大致可分为三个阶段,即:古代地球科学知识的萌芽与积累阶段(17世纪以前)、地球科学的主要学科的创立与初步发展阶段(17~19世纪)、地球科学的革命与全面发展阶段(20世纪至今)。现今地球科学正处在一个革故鼎新的关键时期,可以预见在不远的将来,地球科学将进入一个全新的、更成熟的发展新阶段。

(一)古代地球科学知识的萌芽与积累(17世纪以前)

有关地球科学的知识与人类生活密切相关,其思想的萌芽可以追溯到远古时代。随着人类文明的发展,地球科学知识也得到了不断积累。我国是具有悠久历史的文明古国,其地球科学思想萌芽之早、知识积累之丰富是任何其它国家都不能比拟的,现仅举几例,可见一斑。

《禹贡》、《山海经》、《管子》是成书于春秋战国时代(公元前770~221年)的最早一批有关地理、地质、水文、气象的著作。《禹贡》记载了公元前21世纪大禹治水时候所了解的全国各地的矿产情况和山川地形。《山海经》除记述了山岳、河流、湖泊、沼泽、气候与气象等之外,还记述岩石(矿石)及矿物(金属与非金属矿物)72种,矿产地440多处,此书把矿产划分为金、玉、石、土四大类,这是世界上最早的一个分类。《管子》一书曾对金属矿床与找矿知识有精辟论述,指出了利用矿物共生组合及“铁帽”等作为找矿标志的科学方法。该书还曾对河流的横向环流、侧蚀作用形成河曲的过程进行了正确分析。

东汉杰出的科学家张衡于132年创造了世界上第一台地震仪——候风地动仪,138年在洛阳用这台地震仪正确测出了发生在650 km外的陇西地震。

《水经注》是南北朝卓越的地学家郦道元在研究前人著作的基础上,结合自己的实际考察,于512~518年编写的著名地学著作。书中涉及地域广泛(包括中国及部分邻区),记述内容包括河流、瀑布、湖泊、风沙、溶洞、火山、地震、山崩、地滑、温泉、陨石、化石、矿物、岩石和矿产等多方面的地质、地理及水文等内容,至今仍有参考价值。

宋朝沈括(1031—1095年)所著《梦溪笔谈》是一部百科全书式的光辉著作,其中涉及地球科学领域的包括陨石、地震、矿物、矿床、化石、河流、地下水、海陆变迁、地形测量和制图等多方面。例如,书中论述了流水的侵蚀作用与沉积作用;推断华北平原是由河流自上游搬运泥沙到下游沉积而形成的冲积平原;沈括还根据太行山东麓山崖间所见海生螺蚌化石,推断东距大海千里以外的该地在古代曾经是海滨;他还根据化石推测古地理、古气候的变迁。沈括对化石的正确认识比意大利人达·芬奇所提出的类似观点要早400年;他在分析地质问题时使用的古今类比法比莱伊尔《地质学原理》所应用的“将今论古”的方法要早700多年。沈括还首次使用“石油”这一科学术语,该术语被一直沿用至今。

《徐霞客游记》是明朝徐宏祖(1586—1641年)撰写的一部考察记实型著作,书中对我国许多地区的岩溶、火山、温泉、水文、地貌及矿物等作了极有价值的记述。

《天工开物》为明代宋应星(1587—1661年?)所著,书中详细记载了非金属矿物的产地、