



高等农林院校“十二五”规划教材

地质学基础

张武文 主编



中国林业出版社

高等农林院校“十二五”规划教材

地质学基础

张武文 主编

中国林业出版社

内 容 提 要

本书内容包括五大部分：地球的形成、物质组成与演化；地质构造；内、外力地质作用及其形成的地貌；第四纪地质；地质环境与地质灾害。全书共分为 13 章，涵盖了地质学的基础知识、基本理论和研究方法，并对地质环境与地质灾害的关系进行了论述。本书可用作高等院校环境生态类专业的教材，也可作为地理科学、环境科学、水利工程、农学、林学等专业教学用书以及其他专业的参考教材。

图书在版编目 (CIP) 数据

地质学基础/张武文主编. —北京：中国林业出版社，2011. 1

高等农林院校“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5038-5973-1

I. ①地… II. ①张… III ①地质学—高等学校—教材 IV. ①P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 200909 号

中国林业出版社·教材建设与出版管理中心

责任编辑：杜建玲

电话：83282720 83220109 传真：83220109

出版发行 中国林业出版社(100009 北京市西城区德内大街刘海胡同 7 号)

E-mail: jaocaipublic@163.com 电话: (010)83224477

<http://lycb.forestry.gov.cn>

经 销	新华书店
印 刷	北京市昌平百善印刷厂
版 次	2011 年 1 月第 1 版
印 次	2011 年 1 月第 1 次
开 本	850mm × 1168mm 1/16
印 张	22.25
字 数	498 千字
定 价	35.00 元

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有 侵权必究

《地质学基础》编写人员

主 编：张武文

副主编：桂呈森 周 俊

编 者：（按姓氏笔画排序）

江 辉（河南农业大学）

张武文（内蒙古农业大学）

周 俊（安徽农业大学）

郑子成（四川农业大学）

桂呈森（内蒙古农业大学）

廖超林（湖南农业大学）

前言

《地质学基础》是在教育部“高等农林院校环境保护类本科人才培养方案及教学内容和课程体系改革的研究与实践”项目确定的“面向 21 世纪课程教材”编写计划出版的《地学概论》基础上,重新修订编写的。《地学概论》2000 年出版以后,环境保护类本科人才培养方案重新进行了修订,对课程体系和教学内容进行了较大改革;同时,在教材使用的 10 年中,也发现教材中部分内容与所开设的地理学等课程内容有所重复,所以在本次修订时,为了突出地质学的主题,避免与其他地学课程相混淆,将教材名称改为《地质学基础》。

作为修订教材,《地质学基础》在保留原教材优点的基础上,参考了国内外近 30 种同类教材或相关书目,依据资源环境类各专业人才培养方案,对教材结构进行了调整,内容进行了优化,突出了地质学基本知识、基本原理和基本方法,并增加了地质学在资源与环境方面的应用和第四纪地质等内容。在编写过程中针对中国教育传统和现代大学生特点,充分考虑地质学的基本风格,抓住地质学的思维方式,以易于接受的叙述方式介绍成熟和经典的地质学内容。通过本课程的学习,使学生了解地质科学的轮廓,掌握地质学的基础知识,培养地质学的思维方式,加强科学探究过程的理解和训练,为学习后续课程打好地质学基础。

新修订的《地质学基础》共分 13 章。第 1~6 章以地质学基础内容为主,讲述地球的特征、形成演化历史,地壳的组成物质、地质构造;第 7~11 章为各种外力地质作用及其产物;第 12 章为第四纪地质;第 13 章为地质环境、地质灾害的防治。本次修订的《地质学基础》是作为环境生态类专业基础课的教材,各专业可根据专业需要和地区特点,对教学内容进行调整。一般教学时间为 40~64 学时,并安排 1~2 周的野外教学实习。

本次修订由内蒙古农业大学、安徽农业大学、湖南农业大学、河南农业大学、四川农业大学的 6 位教师完成。张武文任主编,桂呈森、周俊任副主编。张武文编写前言、第 1 章、第 9 章、第 13 章;周俊编写第 11 章、第 12 章;桂呈森编写第 3 章、第 8 章、第 10 章;郑子成编写第 2 章、第 6 章;廖超林编写第 5 章、第 7 章;江辉编写

第4章。初稿完成后由张武文、周俊、桂呈森统编定稿。编写过程中，各位编者奉献了辛勤的劳动成果，但仍难免有不足之处，真诚希望获得教、学双方和同行专家的批评指正。

中国林业出版社和内蒙古农业大学教务处为本次修订提供了多种帮助，谨此致以衷心的感谢！

本书参考和引用了大量最新资料和文献，有部分照片引自互联网站，在此向被引用文献的作者表示真诚的谢意！

编 者
2010年10月

PREFACE

Foundations of Geology is revised based on the *Introduction to Geo-science*, a textbook of “Towards the 21st Century” from the project of “Study and Practice on the Reformation of Cultivation Scenario and Teaching Content and Course System for Undergraduates with the Major of Environmental Protection in Agriculture and Forest Colleges and Universities”, set by the Ministry ministry of Education. After the publication of *Introduction to Geo-science* in 2000, the cultivation scenario and teaching content and course system for undergraduates of environmental protection specialties has been made great adjustments and reformations. Same contents were found in relevant geography courses in the past ten years. So, in order to highlight the topic of geology, this textbook is renamed *Foundations of Geology*.

As a revised textbook in Second Edition, *Foundations of Geology* consults nearly 30 kinds of relevant textbooks at home and abroad on the basis of retaining the advantages of the original materials. According to the cultivation scenario for students in resources and environmental sciences, we adjusted and optimized the structure and contents of the textbook. In addition, the book adds the contents about application of geology in resources and the environment and Quaternary geology, highlighting the basic knowledge of geology, fundamental principles and methods. In order to meet the Chinese educational system and characteristics of modern students, taking full account of the thinking mode of geology, this textbook presents in an acceptable way. By learning this course, it is enable the students to comprehend the Geology and other relevant knowledge, enhance the ability to understand the process of scientific inquiry, lay a good foundation of learning follow-ups.

The newly revised *Foundations of Geology* consists of 13 chapters. The first 6 chapters mainly address the fundamental content of geology, involving characteristics of the earth, history of formation and evolution, crust components and geologic structure. Chapter 7-11 represent all kinds of exogenic processes and the consequential landforms. Chapter 12 is the Quaternary geology. Chapter 13 is geologic environment and geologic disaster control. The revised textbook is regard as a basic course in ecological and environmental science major. The teaching contents can be adjusted to other majors according to the requirements of specialties. *Foundations of Geology* involves the relevant courses with about 40-46 credit hours and 1-2 weeks field practices.

The textbook is revised by six teachers from Inner Mongolia Agricultural University, Anhui Agricultural University, Hunan Agricultural University, Henan Agricultural University and Sichuan Agricultural University. The editor-in-chief is Zhang Wuwen, associate editors are Gui Chengsen and Zhou Junren. The editor responsible for each Chapter is as follows: Zhang Wuwen for Preface, Chapter 1, 9 and 13; Zhou Junren for Chapter 11 and 12; Gui Chengsen for Chapter 3, 8 and 10; Zheng Zicheng for Chapter 2 and 6; Liao Chaolin for Chapter 15 and 17; Jiang Hui for Chapter 14. All of the contents are edited and finalized by Zhang Wuwen, Zhou Jun and Gui Chengsen after the first draft. The textbook is the achievements of editors' hard work. However, shortcomings and even errors might exist in the book. We welcome any critical comments and corrections from peers and readers.

We thank Forestry Publishing House and academic affairs office of Inner Mongolia Agricultural University for their assists in second revision.

The book consulted and quoted a great deal of data, literature and some photos taken from the Internet. We also extend sincere thanks to the authors of the literature cited.

Editors
October, 2010

目 录

前 言

第1章 绪 论	(1)
1.1 地质学概述	(1)
1.2 地质学的发展历史	(5)
第2章 地 球	(10)
2.1 地球在宇宙中的位置	(10)
2.2 地球的形状和大小	(11)
2.3 地球的物理性质	(12)
2.4 地球的结构	(15)
2.5 地质作用	(21)
第3章 矿 物	(24)
3.1 矿物及晶体的概念	(24)
3.2 矿物的基本特征	(29)
3.3 重要矿物简述	(35)
第4章 岩 石	(45)
4.1 概 述	(45)
4.2 岩浆作用和岩浆岩	(45)
4.3 沉积岩	(60)
4.4 变质作用和变质岩	(73)
4.5 矿产资源概述	(81)
第5章 地壳演化历史	(86)
5.1 地史的研究方法	(86)
5.2 地质年代表	(94)

5.3 地壳演化简史	(99)
第6章 构造运动和地质构造	(113)
6.1 构造运动的基本特征	(113)
6.2 地质构造	(115)
6.3 褶皱构造	(121)
6.4 断裂构造	(127)
6.5 地 震	(137)
6.6 全球板块构造	(141)
6.7 地质构造与农业资源和环境的关系	(148)
第7章 风化作用	(152)
7.1 风化作用的类型	(152)
7.2 影响风化作用的因素	(159)
7.3 常见岩石和矿物的风化特征	(162)
7.4 风化壳	(165)
第8章 流水地质作用	(172)
8.1 暂时性流水的地质作用	(172)
8.2 河流的地质作用	(178)
8.3 河流地貌	(181)
8.4 河口地貌	(188)
第9章 地下水的地质作用	(194)
9.1 地下水的形成和类型	(194)
9.2 地下水的运动与循环	(200)
9.3 地下水的潜蚀作用与喀斯特地貌	(205)
9.4 地下水的搬运和沉积作用	(210)
第10章 风的地质作用	(215)
10.1 风的地质作用类型	(215)
10.2 风成地貌	(218)
10.3 荒漠地貌	(222)
10.4 黄土地貌	(224)

第 11 章 其他外力地质作用	(230)
11.1 海洋地质作用与地貌	(230)
11.2 湖泊与沼泽的地质作用	(245)
11.3 冰川与冻土的地质作用	(261)
第 12 章 第四纪地质	(279)
12.1 第四纪的基本特征	(279)
12.2 第四纪气候变化	(282)
12.3 第四纪生物界	(288)
12.4 新构造运动	(292)
12.5 第四纪地层	(296)
第 13 章 地质环境与地质灾害	(304)
13.1 地质环境的基本特性	(304)
13.2 地质灾害的类型和特点	(307)
13.3 主要地质灾害及其防治措施	(311)
参考文献	(336)

CONTENTS

Preface

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 Introduction of geology	(1)
1.2 History of geology	(5)
Chapter 2 The earth	(10)
2.1 Location of the earth in the cosmos	(10)
2.2 Shape and size of the earth	(11)
2.3 Physical properties of the earth	(12)
2.4 Structure of the earth	(15)
2.5 Geologic process	(21)
Chapter 3 Minerals	(24)
3.1 Concepts of mineral and crystal	(24)
3.2 Characteristics of minerals	(29)
3.3 Description of main minerals	(35)
Chapter 4 Rock	(45)
4.1 Introduction	(45)
4.2 Magmatic process and magmatic rock	(45)
4.3 Sedimentary rock	(60)
4.4 Metamorphism and metamorphic rock	(73)
4.5 Introduction to mineral resources	(81)
Chapter 5 History of crustal evolution	(86)
5.1 Methodology of geochronologic geology	(86)
5.2 Geochronological scale	(94)
5.3 Brief history of crustal evolution	(99)

Chapter 6	Tectonic movement and geologic structure	(113)
6.1	Characteristics of tectonic movement	(113)
6.2	Geologic structure	(115)
6.3	Folding	(121)
6.4	Fracture	(127)
6.5	Earthquake	(137)
6.6	Global plate tectonics	(141)
6.7	Relationship between geologic structure and agricultural resources and the environment	(148)
Chapter 7	Weathering	(152)
7.1	Types of weathering	(152)
7.2	Factors that influence weathering	(159)
7.3	Weathering characteristics of common rocks and minerals	(162)
7.4	Regolith	(165)
Chapter 8	Fluvial process	(172)
8.1	Temporary fluvial process	(172)
8.2	Geologic process of river	(178)
8.3	River landform	(181)
8.4	Estuary landform	(188)
Chapter 9	Geologic function of groundwater	(194)
9.1	Formation and types of groundwater	(194)
9.2	Movement and recycling of groundwater	(200)
9.3	Potential erosion process of underground and karst landform	(205)
9.4	Transport and sedimentation of underground	(210)
Chapter 10	Geologic process of wind	(215)
10.1	Types of wind geologic process	(215)
10.2	Aeolian landform	(218)
10.3	Desert landform	(222)
10.4	Loess landform	(224)
Chapter 11	Other exogenic process	(230)
11.1	Geologic process of ocean and its landform	(230)
11.2	Geologic processes of lake and swamp	(245)
11.3	Geologic processes of glacial and frozen	(261)

Chapter 12	Quaternary geology	(279)
12.1	Introduction to Quaternary geology	(279)
12.2	Climatic changes of the Quaternary	(282)
12.3	Biosphere of the Quaternary	(288)
12.4	Neotectonic movement	(292)
12.5	Quaternary stratification	(296)
Chapter 13	Environmental geology and geologic disaster	(304)
13.1	Characteristics of geologic environment	(304)
13.2	Types and Characteristics of geologic disaster	(307)
13.3	Main geologic disasters and its prevention	(311)
References		(336)

绪 论

1.1 地质学概述

1.1.1 地质学的研究对象

地球是人类的母亲。人类生存在地球上,生命活动和生存发展与地球关系极为密切。人类生存所必需的空气、淡水,利用土地获取的食物,开发的矿产及生物资源都来自于地球,同时,人类的活动又反作用于地球,给地球的自然系统带来变化。人—地关系成为人类生存与发展的基本关系,自然系统是人类社会可持续发展的基础。人类为了从地球获取生存所必需的资源,在从事各种各样的生产活动的同时,也对地球表层的组成物质、形成条件和发育分布规律进行着研究和探索,逐渐形成了一门独立的科学——地质学。

地质学是以地球为研究对象的一门自然科学,主要研究地球的物质组成、内部构造、外部特征,地球各圈层之间相互作用和时空演变历史及其在国民经济建设中的应用等。现代地质学已发展成为一系列地质科学分支的总称。

地质学的研究对象是地球,地球由内部圈层和外部圈层组成。内部圈层可分为地壳、地幔、地核;外部圈层包括大气圈、水圈、生物圈。地质学的研究范围包括了从地核到外层大气的整个地球,但在现阶段,由于技术条件的限制,地质学主要研究固体地球的外层——岩石圈,包括地壳和上地幔的上部。岩石圈既是与人类生产和生活密切相关的部分,也是人类容易直接观测研究的部分,所以研究的历史也较为久远。随着人类生存需求的扩大和科学技术的发展,航天遥感、深海钻探、高倍电子显微镜、高温高压试验等新技术在地质学中的应用,地质学的研究范围也在不断扩大,从地球表层向地下深部发展,从地球向外部空间发展,从大陆向海洋发展,从而出现了深部地质学、宇宙地质学、海洋地质学等地质学新的学科分支。

1.1.2 地质学的研究内容与学科划分

地质学的研究内容包括 4 个方面:地球的组成和结构,运动和演化,地质作用及其产物,地质学的应用。地质学中,对地球物质组成的研究分为 3 个层次,分别是地球上的矿物、地球上的岩石和地球的化学组成,就这三者的关系来看,矿物的集合体就是岩石;不同类型岩石的形成、分布和相互转换,决定了地球的整体化学组成。地球物质的运动蕴涵着地球上生命的起源,同时还造就了固体地球特有的同心圈层结构——地壳、地幔和地核。正是它们之间的耦合机制,推动了全球岩石圈板块的运动

过程；岩石圈板块的运动，激活了地震与火山，决定了海陆的分布，控制着矿产的形成，影响到生命的进程。人们通过对地球上发生的这些宏观的、微观的发展过程和变化规律的总结，上升为理论，用于为人类社会发展的资源开发、环境保护和灾害防治服务。

地质学成为一门独立学科的历史虽不足 200 年，但随着人类生存的需要和科学技术的发展，地质学的研究内容越来越广泛和深入，按照研究的性质，地质学可划分出许多独立的分科(表 1-1)。

表 1-1 地质学分科简表

研究内容和性质		学科名称
地壳的物质组成、分类、成因及变化规律		地球化学、结晶学、矿物学、岩石学
地壳运动、地质作用、地质构造及其成因		动力地质学、构造地质学、地震地质学、大地构造学
地壳的发展历史、生物及古地理演化规律		地质年代学、古生物学、地层学、地史学、第四纪地质学、区域地质学、古地理学、古气候学
地质学的应用	资源方面	矿床学、矿床地质学、矿产地质学、矿山地质学、找矿勘探地质学、水文地质学、旅游地质学
	能源方面	煤田地质学、石油地质学、天然气地质学、放射性矿产地质学、地热学、非常能源学
	环境、人类生活和灾害防治	工程地质学、环境地质学、灾害地质学
	边缘学科、综合学科及新兴学科	数学地质学、地球物理学、地球化学、地质力学、天文地质学、行星地质学、海洋地质学、板块构造学、实验岩石学、遥感地质学、深部地质学、同位素地质学

引自宋春青，《地质学基础》。

1.1.3 地质学的特点及研究方法

1.1.3.1 地质学的特点

地质学作为天、地、生、数、理、化六大基础学科之一，与其他学科有着相互依存的关系，在研究方法上具有一定的共同点和相似性。但作为一门独立的学科，其研究对象的特殊性，决定了地质学的特殊之处。

(1)历史的悠久性

地球形成至今约 46 亿年。地球上的地质事件或地质现象的产生和延续既有长期的、缓慢的，也有短暂的、快速的。长期而缓慢的事件可延续数百万年、数千万年；短暂、急速的事件只经历数年、数月甚至更短的时间。现今地壳的结构和构造，地表海陆分布，煤炭、石油等资源的形成，都经历了漫长的地质过程；而火山爆发、地震等则是在短时间内发生和完成的。有些地质事件现今仍在发生和进行着；有的地质事件是发生在过去的地质历史时期，现在已不复存在。现在发生的地质事件既可看见其运动，也可看到其作用的产物；而过去发生的地质事件仅仅保存了或部分保存了运动

所形成的产物,包括物质或地形,也包括保存于物质中的各种变形。地质学所研究的对象中,大多数是延续时间长、运动速度缓慢的和发生在过去地质历史时期的地质事件。

(2) 空间的广阔性

地球拥有广阔的空间,表面积为 $5.1 \times 10^9 \text{ km}^2$ 。在如此巨大的范围内,物质基础和外界条件的差异,表现出不同的变化过程。地质作用及其产物或者地质现象,既有宏观的,也有微观的。地质事件可能具有全球性或区域性,如气候变化、海平面升降等;有的也可能只局限于一定范围内,如地震、火山喷发、河流冲刷、泥石流等。每一个大规模的地质事件,也会由小的微观的变化表现出来。所以研究地质事件时,必须从宏观和微观两个方面去分析和把握。

(3) 变动的复杂性与不可逆性

地质学的研究对象——地球,具有复杂的物质成分,不同的物理、化学性质和各种各样的结构,在漫长的时间和广大的空间内,又都受到了一系列物理作用、化学作用和生物作用等综合地质作用影响,不断地发生着错综复杂的物理和化学变化。这些作用以及它们所呈现的各种地质现象之间,存在着互相制约、互相联系、互相转化的关系。它们的发生、发展和演化的规律,除具有普遍的特点之外,还常有一定的时间变异性 and 区域特殊性,使不同地区具有不同的地质特征,蕴藏着不同种类、成分和规模的矿产。地质作用的产物往往具有多成因性,甚至也可以是由多种成因综合作用形成,如煤、石油的形成。同物理、化学等基础科学相比较,地质学研究具有更强的地域性、历史性和综合性。

地球在形成发展的过程中,始终处于永恒的运动变化之中,这种变化是由简单向复杂、由低级向高级的发展和演化,而不是简单的重复和循环。过去和今天不会完全一样,今天也不是昨天的简单重复,地质作用具有不可逆性。

(4) 地质事件的四维空间特征

地质学的另一特点是把空间与时间统一起来进行研究。现在能观察到的地球历史发展记录,主要保存在表层岩石内按时间顺序层层堆积的地层中。由不同时代岩浆凝结而成的火成岩体,以及由早先形成的岩层岩体演变而成的变质建造,不同时期留下的构造变形遗迹,记载生物演化的化石和岩石同位素蜕变等,是了解地球历史的基本材料。在进行地质研究时,要对一个地质现象的产生、演变和发展进行全面的分析,也就是除了考虑几何形态和空间位置上的长、宽、高三维空间的立体尺度外,还应考虑它们在不同时期的变化和发展趋势,也就是说,完整地认识一个地质事件或地质现象,必须加上一个时间尺度。这就是地质事件和地质现象的四维空间特点。

1.1.3.2 地质学的研究方法

自然科学的研究方法,几乎都是运用观察、综合分析和实验的方法。由于地质学的研究对象的特殊性,在地质学的研究中,既要运用一般自然科学共同的研究方法,也需要一套适应于地质科学研究的思维方法和观念。