



成都理工大学国家级特色专业  
力查工程系列教材

# 动力地质学原理 (第三版)

DYNAMIC PRINCIPLES OF GEOLOGY (3rd Edition)

● 吴德超 陶晓风 曹 锐 主编



地质出版社

成都理工大学国家级特色专业  
地质学及资源勘查工程系列教材

# 动力地质学原理

(第三版)

吴德超 陶晓风 曹 锐 主编

地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

本书于1978年由成都地质学院首次编写,作为试用教材由地质出版社出版。1983年修订后,作为本书第一版出版;1994年再次修订,作为本书第二版出版。本次修订,是为本书第三版。本书基本内容及使用对象定位与国内外流行的《普通地质学》《地球科学概论》等教材大体相同,即,主要讲述地质作用的动力及能源(内能、外能)、动力性质(物理的、化学的、生物的)、作用过程和结果(产物或遗迹)、各种地质作用的相互关系及与地球演化的关系等。应该说,以《动力地质学原理》命名,更符合这类教材的核心与精髓。

本教材适用于大学一年级本科生地质学、资源勘查工程、地质工程、地理学等专业的入门课程教学,也可作为社会公众学习、了解地球科学基本知识的参考读物。

## 图书在版编目(CIP)数据

动力地质学原理 / 吴德超, 陶晓风, 曹锐主编. —  
3 版. —北京: 地质出版社, 2017. 7  
成都理工大学国家级特色专业地质学及资源勘查工程  
系列教材  
ISBN 978 - 7 - 116 - 10464 - 8

I. ①动… II. ①吴… ②陶… ③曹… III. ①动力地  
质学-高等学校-教材 IV. ①P51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 162954 号

Dongli Dizhixue Yuanli

责任编辑: 魏智如 吴金键

责任校对: 李 玫

出版发行: 地质出版社

社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083

电 话: (010) 66554528 (邮购部); (010) 66554583 (编辑部)

网 址: <http://www.gph.com.cn>

传 真: (010) 66554582

印 刷: 北京纪元彩艺印刷有限公司

开 本: 787 mm × 1092 mm<sup>1/16</sup>

印 张: 21.50

字 数: 530 千字

印 数: 1—3000 册

版 次: 2017 年 7 月北京第 3 版

印 次: 2017 年 7 月北京第 1 次印刷

审 图 号: GS (2017) 2199 号

定 价: 39.50 元

书 号: ISBN 978 - 7 - 116 - 10464 - 8

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

# 前 言

《动力地质学原理》是地质学、资源勘查工程等专业的入门课程，主要讲述地质作用的动力和能量来源（内能、外能）、动力性质（物理的、化学的、生物的）、作用过程和结果（产物或遗迹）、各种地质作用的相互关系及与地球演化的关系。目前国内外流行使用的《普通地质学》《地质学原理》《自然地质学》等教材，其核心内容基本上都是动力地质学。

成都理工大学（原成都地质学院）从 20 世纪 70 年代开始，经过 30 多年的努力，已 3 次编写并出版了《动力地质学原理》（成都地质学院普通地质教研室，1978；李叔达，1983；李叔达等，1994）。这是一部国内出版较早、影响较大的地质学等专业的入门课程教材，对我国的地质教育起到了良好的推动作用。

第二版发行至今已过去 20 余年，其间，地质学的研究和应用取得了很多新进展和新认识，为了紧跟地质学科的发展以及满足教学工作的新需要，再次对本书进行修编。考虑到本教材长期深受读者喜爱，广大师生对本书的体系结构较为熟悉和认可，因此，本次修编基本保持了原书特色，但对部分章节内容进行了较大更新，增加了“地球环境与人类”一篇。主要修订内容如下：

（1）过去对地质作用定义为由自然动力引起的作用。越来越多的事实表明，人类活动在地质作用过程中扮演着重要角色，因此，本书在国内同类教材中首次将地质作用定义为由自然动力或人类活动引起地球（最主要是地幔和岩石圈）的物质组成、内部结构和地表形态变化与发展的作用。本书因此增加了“人为地质作用”一章，以强调人—地关系。

（2）人类活动不仅仅产生部分地质作用，而且对地球系统也将产生一定影响。因此，本次修编增加了地球环境与人类篇（由第二版的 4 篇增至 5 篇）。增加了地球资源开发利用与保护、地质灾害及人为地质作用与可持续发展等章节，以强调人类只有一个地球，在面临人口膨胀、资源枯竭、灾害频发的时代，人类在向地球索取的同时一定要保护好地球，以求可持续发展。

（3）吸取了动力地质学中的一些新进展、新观点及新认识，如在“地震

作用”一章中介绍了地震速报（地震预警）系统等内容。

（4）本教材中引用的部分数据、插图、照片等进行了较大更新，使出版质量得到了较大提升。

（5）地质学是一门实践性很强的学科，在室内教学、室内实验的同时，为了提高教学质量，成都理工大学在峨眉山建立了动力地质认识实习基地，重新编写了《峨眉山地质认识实习教程》（邓江红等，2013），可作为本教材的配套教材使用。

本书由吴德超、陶晓风、曹锐任主编。编写分工如下：前言、绪论、第3章、第5章、第6章、第9章、第13章、第17章、第20章由吴德超编写；第1章、第2章、第8章由陶晓风编写；第12章、第15章由赵德军编写；第19章由孙玮编写；第7章、第16章由王刚编写；第10章、第11章由田亚明编写；第4章、第18章由李洪奎编写；第14章、第21章由曹锐编写；全书由吴德超、曹锐统编定稿。

诚挚感谢本书前几版的主编及参编教师！他们是：李叔达、胡承祖、沈逸芳、王思康、林茂炳、许仲路、张觉民、陈国勋等。他们当年做出的开创性工作为本教材的修订和传承奠定了良好的基础。

感谢成都理工大学地球科学学院组织修订并资助本教材的出版！感谢地质出版社为本教材的编写及出版所付出的辛勤劳动！

由于教材涉及面广，加之时间仓促、水平有限，不当之处在所难免，恳请同行专家及读者批评指正。

教材中引用了大量的图片，其中有一部分来自互联网，未能注明原作者，在此谨向版权所有人表示歉意和感谢！

主 编

2017年4月于成都

# 目 录

## 前 言

|                         |     |
|-------------------------|-----|
| 绪 论 .....               | (1) |
| 0.1 地质学及其研究的对象和内容 ..... | (1) |
| 0.2 地质学的特点及研究方法 .....   | (2) |
| 0.2.1 地质学的特点 .....      | (2) |
| 0.2.2 地质学的研究方法 .....    | (3) |
| 0.3 动力地质学的研究对象和任务 ..... | (4) |

## 第1篇 地质作用的基本知识

|                      |      |
|----------------------|------|
| 第1章 地 球 .....        | (6)  |
| 1.1 太阳系 .....        | (6)  |
| 1.1.1 太阳 .....       | (8)  |
| 1.1.2 行星与卫星 .....    | (8)  |
| 1.1.3 银河系及宇宙 .....   | (12) |
| 1.1.4 太阳系形成假说 .....  | (12) |
| 1.2 地球的物理性质 .....    | (14) |
| 1.2.1 地球的形状和大小 ..... | (14) |
| 1.2.2 地球的重力 .....    | (15) |
| 1.2.3 地球的密度和压力 ..... | (15) |
| 1.2.4 地球的温度 .....    | (16) |
| 1.2.5 地球的磁性 .....    | (17) |
| 1.2.6 地球的弹性和塑性 ..... | (18) |
| 1.3 地球的圈层结构 .....    | (21) |
| 1.3.1 地球的内圈 .....    | (21) |
| 1.3.2 地球的外圈 .....    | (25) |

|                            |      |
|----------------------------|------|
| 第2章 地壳的物质组成及地表形态 .....     | (29) |
| 2.1 地壳的化学组成 .....          | (29) |
| 2.1.1 元素在地壳中的分布和克拉克值 ..... | (29) |
| 2.1.2 元素在地壳中的迁移和富集 .....   | (30) |

|                         |             |
|-------------------------|-------------|
| 2.2 矿物 .....            | (30)        |
| 2.2.1 矿物的概念 .....       | (30)        |
| 2.2.2 矿物的肉眼鉴定特征 .....   | (31)        |
| 2.3 岩石 .....            | (36)        |
| 2.3.1 岩石的概念 .....       | (36)        |
| 2.3.2 岩浆岩 .....         | (37)        |
| 2.3.3 沉积岩 .....         | (40)        |
| 2.3.4 变质岩 .....         | (43)        |
| 2.4 地球表面的形态 .....       | (45)        |
| 2.4.1 概述 .....          | (45)        |
| 2.4.2 陆地地形 .....        | (46)        |
| 2.4.3 海底地形 .....        | (46)        |
| <b>第3章 地质作用概述 .....</b> | <b>(50)</b> |
| 3.1 地质作用概念 .....        | (50)        |
| 3.2 地质作用的能 .....        | (51)        |
| 3.2.1 内能 .....          | (51)        |
| 3.2.2 外能 .....          | (52)        |
| 3.3 地质作用分类 .....        | (58)        |
| 3.3.1 内动力地质作用 .....     | (58)        |
| 3.3.2 外动力地质作用 .....     | (58)        |
| 3.3.3 人为地质作用 .....      | (60)        |
| <b>第4章 地质年代学 .....</b>  | <b>(61)</b> |
| 4.1 相对地质年代及其确定 .....    | (61)        |
| 4.1.1 地层学方法 .....       | (61)        |
| 4.1.2 古生物学方法 .....      | (62)        |
| 4.1.3 构造地质学方法 .....     | (63)        |
| 4.2 绝对地质年代及其测定 .....    | (64)        |
| 4.2.1 放射性同位素法 .....     | (64)        |
| 4.2.2 裂变径迹法 .....       | (65)        |
| 4.2.3 电子自旋共振法 .....     | (65)        |
| 4.2.4 古地磁法 .....        | (65)        |
| 4.3 地质年代单位与地质年代表 .....  | (66)        |
| 4.3.1 地质年代单位 .....      | (66)        |
| 4.3.2 地质年代表 .....       | (66)        |
| 4.3.3 地质年代名称的来源 .....   | (69)        |

## 第2篇 内动力地质作用

|                                 |      |
|---------------------------------|------|
| 第5章 构造运动 .....                  | (71) |
| 5.1 构造运动的基本特征 .....             | (71) |
| 5.1.1 构造运动的方向性 .....            | (71) |
| 5.1.2 构造运动的速度和幅度 .....          | (73) |
| 5.2 构造运动的直接产物——地质构造 .....       | (74) |
| 5.2.1 地质构造产状 .....              | (75) |
| 5.2.2 水平构造、倾斜构造、直立构造、倒转构造 ..... | (77) |
| 5.2.3 褶皱构造 .....                | (79) |
| 5.2.4 节理构造 .....                | (82) |
| 5.2.5 断层 .....                  | (83) |
| 5.3 构造运动的其他证据 .....             | (85) |
| 5.3.1 地貌标志 .....                | (85) |
| 5.3.2 地质证据 .....                | (85) |
| 5.4 构造运动规律性 .....               | (88) |
| 5.4.1 构造运动空间分布特征 .....          | (88) |
| 5.4.2 构造运动的历史演化规律 .....         | (90) |
| 5.5 构造运动的原因 .....               | (90) |
| 第6章 地震作用 .....                  | (92) |
| 6.1 地震的基本特征和概念 .....            | (92) |
| 6.2 地震分类 .....                  | (96) |
| 6.2.1 成因分类 .....                | (96) |
| 6.2.2 震源深度分类 .....              | (97) |
| 6.2.3 地震震级分类 .....              | (97) |
| 6.2.4 震中距分类 .....               | (97) |
| 6.2.5 发生时代分类 .....              | (97) |
| 6.3 构造地震的成因 .....               | (97) |
| 6.3.1 断层说 .....                 | (98) |
| 6.3.2 相变说 .....                 | (98) |
| 6.4 地震地质作用 .....                | (98) |
| 6.4.1 孕震阶段 .....                | (98) |
| 6.4.2 临震阶段 .....                | (98) |
| 6.4.3 发震阶段 .....                | (99) |
| 6.4.4 余震阶段 .....                | (99) |
| 6.5 地震灾害 .....                  | (99) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| 6.6 地震活动规律 .....              | (99)  |
| 6.6.1 地震活动的空间分布规律 .....       | (99)  |
| 6.6.2 地震活动的时间分布规律 .....       | (101) |
| 6.7 地震预测、预报、预警和预防 .....       | (103) |
| 6.7.1 地震预测与预报 .....           | (103) |
| 6.7.2 地震预警与预防 .....           | (104) |
| 6.7.3 地震控制和利用 .....           | (105) |
| <b>第7章 岩浆作用</b> .....         | (106) |
| 7.1 喷出作用 .....                | (106) |
| 7.1.1 火山概述 .....              | (106) |
| 7.1.2 火山喷出物 .....             | (107) |
| 7.2 侵入作用 .....                | (116) |
| 7.2.1 浅成侵入作用 .....            | (116) |
| 7.2.2 深成侵入作用 .....            | (117) |
| 7.2.3 岩体与围岩接触关系及岩体年代的确定 ..... | (120) |
| 7.3 岩浆活动的基本规律 .....           | (121) |
| 7.3.1 岩浆活动空间分布规律 .....        | (121) |
| 7.3.2 岩浆活动历史发展规律 .....        | (126) |
| 7.4 岩浆的起源与演化 .....            | (126) |
| 7.4.1 同化混染作用 .....            | (127) |
| 7.4.2 分异作用 .....              | (127) |
| <b>第8章 变质作用</b> .....         | (129) |
| 8.1 变质作用方式 .....              | (129) |
| 8.1.1 重结晶作用 .....             | (129) |
| 8.1.2 变质结晶作用 .....            | (130) |
| 8.1.3 交代作用 .....              | (130) |
| 8.1.4 变质分异作用 .....            | (130) |
| 8.1.5 变形作用 .....              | (130) |
| 8.2 变质作用的影响因素及作用原理 .....      | (130) |
| 8.2.1 温度 .....                | (131) |
| 8.2.2 压力 .....                | (131) |
| 8.2.3 化学活动性流体的作用 .....        | (132) |
| 8.3 变质作用类型 .....              | (134) |
| 8.3.1 区域变质作用 .....            | (134) |
| 8.3.2 接触变质作用 .....            | (134) |
| 8.3.3 动力变质作用 .....            | (135) |
| 8.3.4 气-液变质作用 .....           | (135) |

8.3.5 混合岩化作用 ..... (136)

8.4 变质岩特征 ..... (136)

8.5 变质作用的基本规律 ..... (136)

8.5.1 变质作用的空间分布规律 ..... (136)

8.5.2 变质作用的历史发展规律 ..... (137)

8.5.3 控制变质作用空间分布和强度的原因 ..... (138)

第3篇 外动力地质作用

第9章 风化作用 ..... (139)

9.1 风化作用类型 ..... (139)

9.1.1 物理风化作用 ..... (139)

9.1.2 化学风化作用 ..... (141)

9.1.3 生物风化作用 ..... (143)

9.2 影响风化作用的因素 ..... (145)

9.2.1 气候因素 ..... (145)

9.2.2 地形因素 ..... (145)

9.2.3 地质因素 ..... (146)

9.3 风化作用的综合产物——风化壳 ..... (147)

9.3.1 风化壳的概念 ..... (147)

9.3.2 风化壳的主要类型 ..... (148)

第10章 地面流水地质作用 ..... (149)

10.1 地面流水的运动特征 ..... (149)

10.2 暂时性流水地质作用 ..... (150)

10.2.1 雨蚀作用 ..... (150)

10.2.2 片流作用 ..... (151)

10.2.3 洪流作用 ..... (152)

10.3 河流地质作用 ..... (154)

10.3.1 河流侵蚀作用 ..... (154)

10.3.2 河流搬运作用 ..... (159)

10.3.3 河流沉积作用 ..... (162)

10.4 构造运动对河流地质作用的影响 ..... (167)

10.4.1 河流阶地 ..... (167)

10.4.2 准平原、深切河曲和夷平面 ..... (169)

第11章 地下水及其地质作用 ..... (171)

11.1 地下水的基本特征 ..... (171)

11.1.1 地下水的运动条件 ..... (171)

11.1.2 地下水的来源 ..... (172)

11.1.3 地下水的赋存类型及运动 ..... (172)

11.2 地下水的地质作用 ..... (174)

11.2.1 地下水的剥蚀作用 ..... (174)

11.2.2 地下水的搬运与沉积作用 ..... (178)

**第 12 章 冰川的地质作用 ..... (181)**

12.1 冰川的形成、类型和流动 ..... (181)

12.1.1 冰川的形成与类型 ..... (181)

12.1.2 冰川的流动 ..... (184)

12.1.3 冰川的前进与后退 ..... (185)

12.2 冰川的剥蚀作用 ..... (186)

12.2.1 冰川剥蚀作用方式 ..... (186)

12.2.2 冰川的剥蚀地貌 ..... (187)

12.3 冰川的搬运和沉积作用 ..... (189)

12.3.1 冰川的搬运作用 ..... (189)

12.3.2 冰川的沉积作用 ..... (190)

12.4 地质历史时期的冰期 ..... (192)

12.5 冰期发生的假说 ..... (193)

12.5.1 强调外部因素的代表性假说 ..... (193)

12.5.2 强调地球内部因素的假说 ..... (193)

**第 13 章 海洋环境及其地质作用 ..... (194)**

13.1 海洋环境特征 ..... (194)

13.1.1 海水的化学性质 ..... (194)

13.1.2 海水的物理性质 ..... (196)

13.1.3 海洋的生物 ..... (197)

13.1.4 海水的运动形式 ..... (198)

13.1.5 海洋环境的分带 ..... (200)

13.2 海洋的地质作用 ..... (202)

13.2.1 海水的剥蚀作用 ..... (202)

13.2.2 海水的搬运作用 ..... (204)

13.2.3 海洋的沉积作用 ..... (206)

**第 14 章 湖泊和沼泽及其地质作用 ..... (213)**

14.1 湖盆的成因和湖水状况 ..... (213)

14.1.1 湖盆的成因 ..... (213)

14.1.2 湖水状况 ..... (215)

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| 14.1.3 湖泊的动力 .....        | (216)        |
| 14.2 湖泊的地质作用 .....        | (216)        |
| 14.2.1 湖水的侵蚀作用和搬运作用 ..... | (216)        |
| 14.2.2 湖水的机械沉积作用 .....    | (216)        |
| 14.2.3 湖水的化学沉积作用 .....    | (219)        |
| 14.2.4 湖泊的生物沉积作用 .....    | (221)        |
| 14.3 沼泽及其地质作用 .....       | (221)        |
| 14.3.1 沼泽的概念及类型 .....     | (221)        |
| 14.3.2 沼泽的生物堆积作用 .....    | (223)        |
| <b>第15章 风的地质作用 .....</b>  | <b>(224)</b> |
| 15.1 风的剥蚀与搬运作用 .....      | (224)        |
| 15.1.1 风的剥蚀作用 .....       | (224)        |
| 15.1.2 风的搬运作用 .....       | (225)        |
| 15.1.3 风蚀地貌 .....         | (227)        |
| 15.2 风的沉积作用与风积地貌 .....    | (229)        |
| 15.2.1 风成沙的沉积 .....       | (230)        |
| 15.2.2 黄土的堆积 .....        | (230)        |
| 15.3 荒漠化 .....            | (231)        |
| 15.3.1 荒漠化的特征及类型 .....    | (231)        |
| 15.3.2 土地荒漠化过程 .....      | (233)        |
| 15.3.3 荒漠化的防治 .....       | (234)        |

## 第4篇 地球的形成与演化

|                              |              |
|------------------------------|--------------|
| <b>第16章 岩石圈的运动模式 .....</b>   | <b>(235)</b> |
| 16.1 岩石圈板块的划分和边界类型 .....     | (236)        |
| 16.1.1 板块的概念及其分布 .....       | (236)        |
| 16.1.2 板块的边界类型及其相互运动特征 ..... | (237)        |
| 16.1.3 板块运动机制——驱动力问题 .....   | (239)        |
| 16.2 大洋岩石圈的运动——海底扩张 .....    | (242)        |
| 16.2.1 海底扩张的方式 .....         | (242)        |
| 16.2.2 海底扩张的证据 .....         | (242)        |
| 16.3 大洋和大陆岩石圈的相对运动 .....     | (245)        |
| 16.3.1 俯冲和碰撞 .....           | (246)        |
| 16.3.2 地槽与造山带 .....          | (247)        |
| 16.4 大陆岩石圈的运动 .....          | (249)        |
| 16.4.1 大陆裂谷和新生地槽 .....       | (250)        |

|               |                                  |              |
|---------------|----------------------------------|--------------|
| 16.4.2        | 大陆造山带和缝合带 .....                  | (250)        |
| 16.4.3        | 大陆内部的转换断层及韧性剪切带 .....            | (252)        |
| 16.4.4        | 大陆岩石圈的消减与增生问题 .....              | (253)        |
| 16.5          | 全球大陆演化 .....                     | (253)        |
| 16.5.1        | 联合古陆的形成 .....                    | (254)        |
| 16.5.2        | 联合古陆的解体 .....                    | (255)        |
| <b>第 17 章</b> | <b>动力地质作用的相互关系及对岩石圈的改造 .....</b> | <b>(257)</b> |
| 17.1          | 内动力地质作用对岩石圈的改造 .....             | (257)        |
| 17.1.1        | 内动力地质作用的相互关系 .....               | (257)        |
| 17.1.2        | 内动力地质作用引起岩石圈结构的变化 .....          | (258)        |
| 17.1.3        | 内动力地质作用引起地表地形的变化 .....           | (260)        |
| 17.2          | 外动力地质作用对地壳的改造 .....              | (260)        |
| 17.2.1        | 外动力地质作用的相互关系 .....               | (260)        |
| 17.2.2        | 外动力地质作用引起地壳的变化 .....             | (263)        |
| 17.3          | 内、外动力地质作用的相互关系 .....             | (263)        |
| 17.3.1        | 地壳上升与剥蚀作用 .....                  | (264)        |
| 17.3.2        | 地壳下降与沉积作用 .....                  | (264)        |
| 17.3.3        | 地壳长期稳定与准平原的形成 .....              | (264)        |
| 17.3.4        | 沉积岩、岩浆岩和变质岩的相互转化 .....           | (265)        |
| <b>第 18 章</b> | <b>地球的形成与演变 .....</b>            | <b>(266)</b> |
| 18.1          | 地球内部圈层的形成与演变 .....               | (266)        |
| 18.1.1        | 地球内部圈层的形成 .....                  | (266)        |
| 18.1.2        | 地壳的形成和演化 .....                   | (267)        |
| 18.2          | 大气圈、水圈的形成和演变 .....               | (270)        |
| 18.3          | 生物圈的形成与演化 .....                  | (271)        |
| 18.3.1        | 生命的起源与演化 .....                   | (271)        |
| 18.3.2        | 生物大爆发与大灭绝 .....                  | (276)        |
| 18.4          | 古气候的变化 .....                     | (277)        |

## 第 5 篇 地球环境与人类

|               |                          |              |
|---------------|--------------------------|--------------|
| <b>第 19 章</b> | <b>地球资源开发利用与保护 .....</b> | <b>(280)</b> |
| 19.1          | 地球资源 .....               | (280)        |
| 19.1.1        | 地球资源类型 .....             | (280)        |
| 19.1.2        | 中国主要矿产及分布 .....          | (281)        |
| 19.1.3        | 中国矿产资源现状 .....           | (282)        |

|                               |              |
|-------------------------------|--------------|
| 19.2 地球资源的开发利用与保护 .....       | (284)        |
| <b>第20章 重力地质作用 .....</b>      | <b>(287)</b> |
| 20.1 重力地质作用的特点 .....          | (287)        |
| 20.2 斜坡变形作用 .....             | (287)        |
| 20.2.1 潜移(蠕滑) .....           | (288)        |
| 20.2.2 弯折倾倒 .....             | (290)        |
| 20.2.3 崩落 .....               | (290)        |
| 20.2.4 滑动作用 .....             | (291)        |
| 20.3 流动作用 .....               | (294)        |
| 20.3.1 流动作用概述 .....           | (294)        |
| 20.3.2 泥石流的发育条件 .....         | (296)        |
| 20.3.3 流动作用的剥蚀与搬运 .....       | (297)        |
| 20.3.4 泥石流的堆积物 .....          | (297)        |
| 20.4 地面沉降与塌陷 .....            | (297)        |
| 20.4.1 地面沉降和塌陷的表现及成因 .....    | (297)        |
| 20.4.2 地面沉降和塌陷的危害 .....       | (299)        |
| 20.5 重力作用的灾害及防治 .....         | (301)        |
| <b>第21章 人为地质作用与环境地质 .....</b> | <b>(304)</b> |
| 21.1 人为地质作用 .....             | (304)        |
| 21.1.1 人为外动力地质作用 .....        | (304)        |
| 21.1.2 人类诱发的内动力地质作用 .....     | (307)        |
| 21.2 环境地质与可持续发展 .....         | (310)        |
| 21.2.1 环境的概念 .....            | (310)        |
| 21.2.2 自然环境四大问题 .....         | (311)        |
| 21.2.3 只有一个地球 .....           | (317)        |
| <b>结束语 .....</b>              | <b>(320)</b> |
| <b>参考文献 .....</b>             | <b>(326)</b> |

# 绪 论

## 0.1 地质学及其研究的对象和内容

人类生活在地球上，无时无刻不与地球打交道，衣食住行都离不开地球。工业要发展，人们必须随时向地球索取各种资源和能源，如开采各种矿产资源：煤、石油、天然气、各种金属矿产等。人类为了保障自己的生命及财产安全，需要经常与地球上发生的各种自然或人为的灾害做斗争，如：山崩、地震、火山、泥石流、环境污染等。工农业建设中，修桥筑路、建造厂房、修筑大坝等，都必须先进行工程地质调查。

为了达到上述目的，必须研究地球的物质组成、结构、构造和演化历史，研究获得地下资源的技术和方法等。于是，逐渐形成了一门独特的自然科学——地质学。

研究地球（目前主要研究地球的表层——地壳）的物质成分、物理化学性质、结构构造、地球形状及表面特征、地球的生成和演化、地球生命的发生及演化、地壳运动的形成和发展以及相关的科学技术称为地质学（Geology）。

研究地球的科学统称为地学，或地球科学（一级学科），地质学是地球科学所属的二级学科。除地质学外，地球科学还包括地大气科学、地理学、海洋科学等二级学科，它们之间既有明显区别，又有密切联系。

地质学的研究对象是地球，其范围包括了从地核到外层大气的整个地球，但目前主要是固体地球部分。随着地质学的发展，地质学的研究对象也在发生变化。最初，地质学家的主要研究对象是大陆，其研究范围所涉及的只是大陆地壳，加上大陆地壳还有广阔的地区被第四纪沉积物所覆盖，实际的研究区域只是地球表面很小的范围。随着地质学自身的发展、科学技术的进步和相关学科交叉研究的推进，地质学的研究对象已经从大陆向大洋，从地壳向地幔及更深部发展。阿波罗登月、卫星技术、大型天文望远镜等催生了行星比较地质学的诞生，使地质学的研究对象已经扩展到类地行星，并获得了大量关于地球起源（太阳系起源）的信息。虽然地质学的研究对象已经发生了巨大的变化，但主要还是集中在地球的上部——岩石圈。

地质学研究的内容主要有以下几个方面：①地球的物质组成；②地球的结构和构造；③地球的动力地质作用；④地球的形成和演化历史；⑤资源、能源勘探及开发利用；⑥人居环境及灾害防治；⑦地质学与社会经济发展相适应的工程技术方法。

如上所述，地质学研究的内容相当广泛，相应地形成了一系列分支（三级）学科：①研究地球物质组成的有结晶学、矿物学、岩石学等；②研究地球结构和构造的学科有构造地质学、大地构造学、地质力学等；③研究地球的动力及地质作用的学科有地球动力学、动力地质学等；④研究地球的形成和演化历史的学科有古生物学、地层与地史学、第四纪地质学、前寒武纪地质学、区域地质学、岩相古地理学、沉积学、同位素地质学等；⑤研究资源、能源勘探及开发利用的学科有矿床学与矿相学、石油与

天然气地质学、煤田地质学、放射性矿产地质学、地热学等；⑥研究人居环境及灾害防治的学科有工程地质学、环境地质学、地震地质学、火山地质学、水文地质学等；⑦研究地质学与社会经济发展相适应的工程技术方法的学科有地球化学、勘查地质学、地球物理勘探、数学地质学、遥感地质学等。近年来，人类面临环境恶化、人口激增、资源枯竭等问题的严峻挑战，地质学的研究范围在不断地拓宽，由过去的“小”（狭义）地质向“大”（广义）地质方向发展，学科之间的渗透、国际合作、新技术新方法的大量出现，使得与地质学有关的新兴学科、边缘学科也在不断地诞生，如行星地质学、深部地质学、海洋地质学、城市地质学、医学地质学、旅游地质学、军事地质学、“3S”技术及应用、数字地球等。

## 0.2 地质学的特点及研究方法

### 0.2.1 地质学的特点

地质学具有与其他学科完全不同的特殊性，表现在：

#### (1) 空间的广阔性

地质事件，包括地质作用及其产物或地质现象无处不在，既有宏观的，也有微观的。换句话说，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。有的可能只局限于一定范围内，如地震发生、河流冲刷、河水泛滥、火山爆发等。但大多数的地质事件涉及范围较大。任何大规模的地质事件，也会由比较微观的变化表现出来，如矿物成分和结构的变化。在认识它们的特征时必须既从宏观上又从微观上去把握。

#### (2) 时间的漫长性

地球具有数十亿年的历史，从古至今，地质事件无时不在发生，有长期的，也有短暂的。有的是人类能直接感知的，也有的很难被人察觉。长而缓慢的可延续数百万年、数千万年乃至数亿年；短而急速的可能只经历数年、数月，甚至更短的时间就结束了。长者如海陆变迁，山脉形成。短者如火山爆发和地震的发生。地质事件有现今仍在发生和进行着的，也有过去地质历史时期中发生过而现在已不复存在的。现在发生的地质作用既可看见其运动，也可以看见其产物。而过去发生的地质作用则仅仅保存了或部分保存了它们形成的产物，包括物质或地形，也包括保存于物质（岩石或矿物）中的各种变形。在地质学所研究的对象中多数是延续时间长的，运动速度缓慢的和发生在地质历史时期的地质事件，在研究十分漫长的地质事件时，地质学通常采用百万年（Ma）为时间单位。

#### (3) 地质事件的复杂性

就地质事件或地质现象的成因来讲，包括机械的（物理的）、化学的和生物的作用。作为地质事件或地质作用的产物之一的矿产，其形成过程也是这样，具有多成因性质，甚至也可以由多种成因综合作用形成，如石油、煤等的形成就是如此。

#### (4) 地质事件发生的多维性

如果从一个地质现象的产生、演变和发展的角度上去认识，则除去其几何形态和空间上的位置（产状）外，还应考虑它们在不同时期或阶段中的变化和发展趋势，这就是说，

完整地认识一个地质事件或现象必须要加上一个时间尺度。这就是地质事件和地质现象的  
四维特征。

0.2.2 地质学的研究方法

鉴于地质学的以上特征，在研究方法上，既要应用与一般自然科学共同的研究方法，又要有一些独具特色的研究和思维方法。一般的共同的研究方法包括：搜集资料、调查研究、归纳分析、实验模拟验证、总结推导提出假说、反复验证修正假说，最终形成规律性和理论性的认识。结合地质学的特点，应特别强调其实践性，如加强野外实践研究，现场的观察和资料搜集，分析思考提出问题等，这是由地质学的研究对象所决定的。与此同时，还要特别重视和运用其他学科，尤其是自然科学基础学科的理论方法和现代技术手段。由于地质学研究对象和地质事件的特殊性，诸如长期性的、历史上的、缓慢运动的和多成因的特征等，这就导致了人类历史特别是每个人在其相对短暂的生命过程中无法体验、无法看见和不能全面经历研究对象和地质事件的过程，即使在现今和将来科学技术相当发达的条件下也不能完全实现。因此，建立起一套适应于地质科学研究的思维方法和观念是十分重要的。每个有志于学习地质科学的人都应当有意识地培养这种思维方法，其关键是首先要逐步形成以下一些新的观念。它们包括：

(1) 时空观

考虑的空间范围要宽广与狭窄相结合、大小相结合，特别要考虑区域性和全球性的现象与微观和超微观的现象相结合，宏观分析与微观测试相结合。在时间上，要历史和现实相结合，长期和短期相结合，特别要考虑到地球地质发展的长期性，为此，常用的计时单位往往以百万年（Ma）为单位计算。

(2) 发展观（演化观）

地质事件和生物界一样，也有其发生、发展和消亡的过程，如山脉的形成和消亡、海洋的产生和消失等，都是有始有终的，茫茫大地并非历来如此，也绝非永远如此。发展演化、无止无休是宇宙万事万物发展的共同规律。因此探索的过程就必须考虑到它们的历史发展和演变过程，包括地球的演化在内都是发展变化的，不能用“死的”和“无生命”的观点去看待地质学研究的对象和内容。这是与一般自然科学常规的思考方法完全不同的，也是初学者最容易忽略的。这有点类似研究历史事件，有其各自的来龙去脉，有其起源、成长、演变和消亡的过程。

(3) 活动观

地球是在不断演化和发展中的，随时随地都在活动。一般人认为，地球上的海陆分布、山脉河流长期不变，亘古就有。即使早期的地质学家也只承认地壳的运动仅仅是升降交替而没有水平运动。后来，随着地质科学研究的发展，科学家们才越来越认识到了地壳还有水平方向的运动，甚至有过大规模的长距离的迁移、分离和归并。许多人认为，变化不大的海洋实际上也有过张开和关闭的时期。地质历史上的一些大洋有的现在已经关闭，如特提斯洋，也有的地方正在分裂并将形成未来的大洋，如红海。因此，固定不变的观点是不对的。必须用活动的观点来看待地球的发展。当然这种活动可以有缓慢的，也可以有急速的。