

# 工程

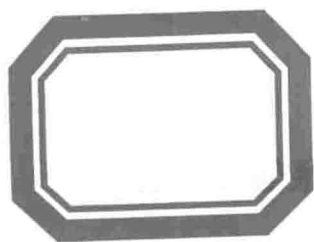
GONGCHENG DIZHIXUE

(第三版)

■ 宿文姬 李子生 主编  
■ 李中林 主审

土木工程系列教材

# 地质学



列教材

# 工程地质学

(第三版)

主 编 宿文姬 李子生  
参 编 乔 兰 刘勇健 胡永强  
主 审 李中林



华南理工大学出版社  
SOUTH CHINA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY PRESS

· 广州 ·



## 内 容 简 介

本书系统地阐述了工程地质学的基本原理、地质作用与地质环境的评价、工程地质勘察及各种工程地质评价,为土木工程专业学生提供了必要的工程地质学基础知识。

全书共分4篇11章,第1篇为工程地质基础知识,包括地质作用、矿物与岩石、地质构造、第四纪地质与地貌、地下水等内容;第2篇为岩土的工程地质特征,包括土的工程地质特征、岩石与岩体的工程地质特征等内容;第3篇为常见不良地质现象及工程地质环境评价,包括常见不良地质现象及其防治、工程地质环境评价等内容;第4篇为工程地质勘察,包括工程地质勘察方法、土木工程地质勘察等内容。全书内容丰富,深入浅出,循序渐进,重点突出,便于自学。

本书可作为高等学校土木工程专业的本科教材,也可供房屋建筑、道路桥梁、地下工程、城市规划、水利水电建筑工程等有关专业的工程技术人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

工程地质学/宿文姬,李子生主编. —3版. —广州:华南理工大学出版社,2013.8  
ISBN 978-7-5623-3938-0  
(土木工程系列教材)

I. ①工… II. ①宿… ②李… III. ①工程地质—高等学校—教材 IV. ①P642

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第116740号

### 工程地质学(第三版)

宿文姬 李子生 主编

---

出版人:韩中伟

总发行:华南理工大学出版社

(广州五山华南理工大学17号楼,邮编510640)

<http://www.scutpress.com.cn> E-mail: scutcl3@scut.edu.cn

营销部电话:020-87113487 87110964 87111048(传真)

策划编辑:赖淑华

责任编辑:庄彦 赖淑华

印刷者:湛江日报社印刷厂

开本:787mm×1092mm 1/16 印张:19.25 字数:493千

版次:2013年8月第3版 2013年8月第7次印刷

印数:12 501~15 500册

定 价:36.00元

---

版权所有 盗版必究 印装差错 负责调换



## 第三版前言

《工程地质学》是土木工程专业的一门重要的专业基础课。通过本课程的学习，学生能系统地掌握工程地质基础知识和理论，具有阅读一般地质图的能力；了解工程建设中的各种地质问题对工程设计、施工和使用各阶段的影响，能对各种工程地质问题进行初步分析评价与正确处理；了解工程地质资料的获取方法，能正确提出工程地质勘察的任务与要求，并运用勘察资料进行工程设计及指导施工。

本教材与第二版比较，仍然沿用第二版的章节体系，遵循“内容充实、取材新颖、注重实用、便于自学”的原则，兼顾房屋建筑、道路桥梁、地下工程、水利水电建筑工程等不同专业方向的要求，在总结长期使用经验、采纳各方合理建议的基础上，充分考虑学科发展的新水平，努力反映成熟成果，具体结合自2006年以来新颁布的有关规范，对第二版做了如下修订改写。

第1篇 基础知识。主要增补了外力地质作用的介绍，岩浆岩、沉积岩与变质岩的工程地质特征及地壳物质组成的相互转化，并对岩溶地貌进行了补充与调整。根据新规范对群井涌水量计算进行了修改与完善。

第2篇 根据新规范的内容做了局部调整。

第3篇 补充了岩溶地质灾害中土洞及地震灾害中的有关内容。

第4篇 参照有关规范修改、充实部分内容。

本教材由华南理工大学、北京科技大学、广东工业大学和广州大学的教师根据多年的教学经验修订而成。本书参考和引用了其他兄弟院校和专家的一些著作和教材，在此向原作者表示深深的谢意。

本书各章编写分工如下：绪论、第1章1.2.2~1.2.5、第3章、第4章、第5章5.4.2、第7章及附录由宿文姬编写（华南理工大学）；第1章（1.1、1.2.1、1.3部分）、第5章（除5.4.2的其他部分）由李子生编写（广东工业大学）；第6章由乔兰编写（北京科技大学）；第2章、第8章、第9章由胡永强编写（广州大学）；第10章、第11章由刘勇健编写（广东工业大学）。全书由宿文姬主编，李中林主审，宿文姬统稿。

限于编者的水平，本书如有疏漏或不当之处，恳请读者批评指正。

## 第二版前言

《工程地质学》是土木工程专业的一门重要的专业基础课。通过本课程的学习,使学生能系统地掌握工程地质基础知识和理论,具有阅读一般地质图的能力;了解工程建设中的各种工程地质现象和问题对工程建筑设计、施工和使用各阶段的影响;能正确处理各种工程地质问题,并能进行初步分析评价;了解工程地质资料的获取方法,能正确提出工程地质勘察任务及要求,并运用勘察资料进行工程设计及指导施工。

为此,本书在编写过程中坚持内容体系的科学性与系统性,力求理论联系实际,在内容上反映工程地质学科的新理论、新成果,反映相关学科的新规范和新规定。遵循“内容充实、取材新颖、注重实用、便于自学”的原则,兼顾城市建设、道路桥梁、地下工程、水利水电建筑工程等专业的要求,反映国内外本学科的发展现状,既重视理论概念的阐述,也注意强调地质与工程的结合,旨在使非工程地质专业学生在地质学及工程地质学的基本理论和实践方面获得收益。

本书与第一版比较,对各篇章的内容和次序进行了调整、增删和改写,删除了附篇的内容,增加了附录常用地质符号的内容,便于学生的读图分析。第二版由华南理工大学、北京科技大学、广东工业大学和广州大学的教师根据多年的教学经验再版修订而成。本书参考和引用了其他兄弟院校和专家的一些著作和教材,在此向原作者表示深深的谢意。

本书各章编写分工如下:绪论、第3章、第4章及附录由宿文姬编写(华南理工大学);第1章、第5章由李子生编写(广东工业大学);第6章、第7章由乔兰编写(北京科技大学);第2章、第8章、第9章由胡永强编写(广州大学);第10章、第11章由刘勇健编写(广东工业大学)。全书由宿文姬、李子生主编,李中林主审,宿文姬统稿。

限于编者的水平,本书如有不当之处,恳请读者批评指正。

编者

2006年7月

## 第一版前言

本教材是依据教育部 1998 年 7 月颁发的《普通高等学校本科专业目录》中土木工程专业培养目标而编写的。

根据非工程地质专业的土木工程技术人员应具备的工程地质知识,本教材简要介绍了基础地质、岩土体工程地质性质的基本知识,重点介绍了工程地质勘察、工程地质环境评价及常见岩土工程问题的处理。由于土木工程的工程地质涉及范围很广泛,内容取舍既要注意本学科的系统性,还应力求反映当前国内外工程地质理论和实践的新成就。

本教材由北京科技大学、华南理工大学、中南工业大学、广东工业大学和南方冶金学院共同编写。书中第六章(第 2、3、4 节)、第七章、第十章(第 4 节)由北京科技大学乔兰编写;第五章、第九章(第 1、2、3、5 节)、第十章(第 1、2、3、5、6 节)由华南理工大学宿文姬编写;第二章、第三章(第 2、3、4、5 节)、第六章(第 1 节)由中南工业大学邹海洋编写;第十一章、第十五章由广东工业大学李子生编写;第十四章(第 1、2、3 节)由广东工业大学刘勇健编写;序、第一章、第三章(第 1 节)、第四章、第十二章、第十三章、附篇由南方冶金学院李中林编写;第八章、第九章(第 4 节)由南方冶金学院赵奎编写。李中林、李子生任主编。

全书由中国科学院地质研究所王思敬院士、许兵教授、丁恩保教授、王存玉教授审稿,他们在百忙中进行了认真的审阅,提出了许多宝贵的修改意见。在编写过程中得到参编院校和华南理工大学出版社有关领导的大力支持和帮助。为此,对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中会有不少缺点、错误,诚恳希望读者批评指正。

编者

1999 年 6 月



# 目 录

绪论 .....	1
思考题 .....	4
<b>第 1 篇 基础地质知识</b>	
<b>第 1 章 地质作用</b> .....	5
1.1 内力地质作用 .....	5
1.2 外力地质作用 .....	9
1.3 内外力地质作用的相互关系 .....	18
思考题 .....	20
<b>第 2 章 矿物与岩石</b> .....	21
2.1 矿物 .....	21
2.2 岩石 .....	31
思考题 .....	50
<b>第 3 章 地质构造</b> .....	51
3.1 地质年代 .....	51
3.2 岩层产状及其测定 .....	57
3.3 褶皱构造 .....	63
3.4 断裂构造 .....	66
3.5 地质图及其阅读 .....	75
思考题 .....	80
<b>第 4 章 第四纪地质与地貌</b> .....	81
4.1 概述 .....	81
4.2 第四纪地貌的分级与分类 .....	83
4.3 山岭地貌 .....	85
4.4 风化地貌 .....	89
4.5 水成地貌 .....	92
4.6 岩溶地貌 .....	98
思考题 .....	102
<b>第 5 章 地下水</b> .....	103
5.1 概述 .....	103
5.2 地下水的物理性质和化学成分 .....	106

5.3 地下水的类型及其特征 .....	109
5.4 地下水的运动及其涌水量计算 .....	115
5.5 地下水与工程建设 .....	120
思考题 .....	127
<b>第 2 篇 岩土的工程地质特征</b>	
<b>第 6 章 土的工程地质特征</b> .....	128
6.1 土的物质组成及物理力学性质 .....	128
6.2 土的水理性质 .....	136
6.3 土的工程地质分类 .....	138
6.4 土的工程地质特征 .....	142
思考题 .....	149
<b>第 7 章 岩石与岩体的工程地质特征</b> .....	150
7.1 岩石的工程地质性质 .....	150
7.2 岩体的工程地质性质 .....	159
7.3 岩石与岩体的工程分类 .....	170
思考题 .....	172
<b>第 3 篇 不良地质现象及工程地质环境评价</b>	
<b>第 8 章 常见的不良地质现象及其防治</b> .....	173
8.1 崩塌与滑坡 .....	173
8.2 泥石流 .....	182
8.3 岩溶 .....	187
8.4 地震 .....	194
思考题 .....	204
<b>第 9 章 工程地质环境评价</b> .....	206
9.1 地质体的赋存环境 .....	206
9.2 工程地质环境评价 .....	212
9.3 人类活动对工程地质环境的影响 .....	217
思考题 .....	222
<b>第 4 篇 工程地质勘察</b>	
<b>第 10 章 工程地质勘察方法</b> .....	223
10.1 概述 .....	223
10.2 工程地质测绘 .....	228
10.3 工程地质勘探 .....	231
10.4 工程地质试验 .....	241
10.5 长期观测 .....	252

---

10.6 工程地质勘察资料的整理·····	253
思考题·····	261
<b>第 11 章 土木工程地质勘察</b> ·····	<b>262</b>
11.1 城市规划与建设工程地质勘察·····	262
11.2 房屋建筑工程地质勘察·····	267
11.3 道路与桥梁工程地质勘察·····	271
11.4 地下工程地质勘察·····	277
11.5 水利水电建筑工程地质勘察·····	280
11.6 港口工程地质勘察·····	285
思考题·····	291
<b>附录 一般性地质符号</b> ·····	<b>292</b>
<b>参考文献</b> ·····	<b>295</b>

# 绪 论

## 一、工程地质学的研究内容和任务

工程地质学是研究与工程建设有关的地质问题的一门学科，它研究人类工程建设活动与自然地质环境的相互关系，是地质学与工程建设紧密结合的应用性学科。

地球体的表层——地壳，是人类赖以生存的活动场所，同时也是一切工程建筑的物质基础。工程建设都是在一定的地质环境中进行的，两者之间有着密切的关系，并且是相互影响、相互制约的。首先，地质环境对工程建筑有制约作用，它可以影响到工程建筑的稳定和正常使用。例如，地球内部构造活动导致的强烈地震，顷刻间使较大地域内的各种建筑物和人民生命财产遭受毁灭性的损失；地震烈度的大小限制了城市的发展规模；大规模的滑坡、崩塌难以治理而迫使道路改线；软土地基不能适应工程建筑物荷载的要求需进行地基处理。其次，工程活动也会以各种方式影响地质环境，使自然地质条件发生恶化。例如，在城市过量抽取地下水引起地面沉降或地面塌陷，造成建筑、市政交通设施破坏和丧失效用；山区开挖深路堑时，有可能引起大规模的崩塌或滑坡；桥梁的修建改变了水流和泥沙的运动状态，使局部河段发生冲淤变形。

研究工程建设与地质环境两者之间的相互制约关系，促使矛盾转化和解决，既保证工程安全、经济、正常使用，又合理开发和利用地质环境，就成了工程地质学的基本任务。

工程地质工作是通过工程勘察来实施的。具体来说，即通过地质调查、测绘、勘探、试验、观测、理论分析等手段，查明建筑场地的工程地质条件，论证可能存在的工程地质问题，选择最佳的建筑场地，对不良的地质条件采取有效的工程措施，预测工程修建后对地质环境的影响，提出保证建设工程的安全、经济和正常使用的合理建议。

### 1. 工程地质条件

工程地质条件即工程活动的地质环境，它包括岩土类型及性质、地质构造、地形地貌、水文地质、不良地质现象和天然建筑材料等方面，是一个综合概念。

### 2. 工程地质问题

这里指的是工程地质条件与工程建（构）筑物之间所存在的矛盾或问题。工程地质条件是自然界客观存在的，它能否适应工程建设的需要，则一定要联系到工程建筑物的类型、结构和规模。不同类型、结构和规模的工程建（构）筑物，由于工作方式和对地质体的负荷不同，对地质环境的要求是不同的。所以，工程地质问题是复杂多样的。例如：

- 工业与民用建筑的主要工程地质问题是地基承载力和变形问题；
- 高层建筑的主要工程地质问题是深基坑开挖支护和施工降水问题；
- 山区道路的主要工程地质问题是滑坡、崩塌、泥石流等边坡的稳定性问题；
- 平原区道路的主要工程地质问题是软基处理问题；
- 地下洞室的主要工程地质问题是围岩稳定性问题和承压水危害问题；
- 水利水电建筑工程的主要工程地质问题是渗透稳定性和抗滑稳定性问题。

工程地质问题的分析与评价，是工程地质勘察工作的核心任务。对每一项工程的主要工程地质问题，必须作出定性的或定量的确切结论。

工程地质学由以下三个基本部分组成：

工程岩土学——研究岩土的工程地质性质及其在自然或人类活动影响下的变化规律；

工程地质分析——研究工程活动的主要工程地质问题产生的条件、力学机制及其发展演化规律，以便正确评价和有效防治它们的不良影响；

工程地质勘察——采用地质手段查明与工程建设有关的地质因素及各种地质条件。

如果将地质环境比作一个机体，由于工程活动而引起机体发生各种变化，则工程岩土学所研究的对象可以比作生理研究，工程地质分析则可比作病理研究，而工程地质勘察则相当于诊断研究。它们的研究对象各有侧重，构成工程地质学完整链条上的三个主要环节。如图 0-1 所示。

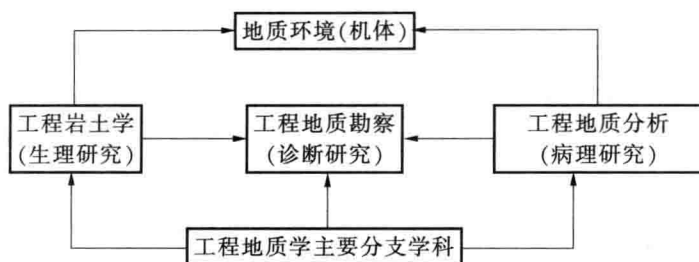


图 0-1 工程地质学主要分支学科及其作用

## 二、工程地质在土木工程中的作用

各种土木工程，如铁路、公路、桥梁、隧道、房屋、机场、港口、管道及水利等工程，都修建在地表或地下，建设场地工程地质条件的优劣直接影响到工程的设计方案类型、施工工期的长短和工程总投资的大小。国家规定任何工程建设必须在进行相应的地质工作、掌握必要的地质资料的基础上，才能进行工程设计和施工工作。

大量工程实践证明，重视工程地质工作就能使设计、施工顺利进行，工程建筑的安全运营就有保证。相反，忽视工程地质工作，则会给工程带来不同程度的影响，轻则修改设计方案、增加投资、延误工期，重则使建筑物完全不能使用，甚至突然破坏，酿成灾害。国内外有很多工程失败的实例。

建筑工程的很多事故都是由于未经勘察，盲目进行设计、施工造成的。例如：南京某 6 层住宅楼，施工前未做地质勘察，而是借用住宅北侧相隔仅 20 余米远已经建成的住宅楼的地质资料，结果在建成钢筋混凝土筏板基础后，发生整块板基断裂。事故发生后，停工补做勘察，发现板基断裂一侧地基中存在软弱淤泥层。经考古查明曾有一条铁路从此通过，路基坚实，但路基两侧排水沟因常年积水，沟底形成淤泥。板基横跨路基与排水沟，因土质软硬悬殊而断裂。

1880—1912 年经历了 32 年挖掘而成的巴拿马运河，由于发生多次山崩和滑坡，又多花费了 5 年时间，加挖土石方 40% 以上，停航损失达 10 亿美元。

据不完全统计，一百多年来，世界上仅水坝失稳事件就发生了 500 多起，其中相当大的比例是由于地质原因造成的。在失事的重力坝中，由地质原因造成的占 45%，洪水漫

顶的占 35%，其他水力及人为因素的占 20%。意大利的瓦依昂（Vaiont）拱坝，坝高 265 m，是当时世界上最高的双曲拱坝。此坝在修建过程中，不重视工程地质人员的多次建议，结果在 1963 年 10 月 9 日，水库右岸陡峭山坡的石灰岩岩层因蓄水后失稳，产生巨大的滑动崩塌，岩体崩入库中， $1.5 \times 10^8 \text{ m}^3$  的库容全被填满。同时，库水漫坝，顺流冲下，造成 2400 多人死亡的严重事故。法国南部瓦尔省莱茵河上的马尔帕塞（Mal Passet）水坝建于 1952—1954 年，1958 年投入运营，坝高 66.5 m，是世界上最薄的拱坝之一。由于坝基和坝肩的片麻岩岩体裂隙发育，有的张开并充填黏土，并且岩体中夹有倾向下游的绢云母页岩，构成软弱滑动面。1959 年 12 月 2 日，由于连日暴雨使水库水位猛涨，左岸拱座滑动破坏，坝体崩溃，洪流下泄，席卷数十公里。下游福瑞捷斯城被冲为废墟，附近铁路、公路、供电和供水线路几乎全部破坏，387 人死亡，100 余人失踪，约 200 户居民受灾。

工程地质勘察是工程设计和施工的基础工作。实践证明，没有高质量的工程地质勘察，就不可能制定与选择最优的设计和施工方案，就谈不上工程的经济与安全。工程技术人员只有具有扎实的工程地质知识，才能充分应用地质资料，正确分析主要工程地质问题，制定合理的规划和最优的设计方案，保证工程经济合理、施工顺利和运营安全。

### 三、工程地质学的学习方法和要求

本课程着重介绍土木工程专业所涉及的工程地质学基本知识，其主要内容包括：地质作用，矿物与岩石，地质构造，第四纪地质与地貌，地下水、土的成因类型及特殊土，岩石和岩体的工程地质性质，常见的地质灾害，工程地质勘察方法，各类土木工程中的地质问题等。不同的专业方向可根据需要选择有关章节学习。

工程地质学是土木工程专业的一门技术基础课，一般是在土力学、岩石力学、基础工程学等课程学习之前开设的。课程特点是：内容广、概念多、实践性强，学习中要注意弄清概念，掌握分析方法，避免死记硬背，理论联系实际，重在工程应用。

为了学好这门课程，应结合课堂教学学好有关矿物、岩石的实验课程，掌握常见矿物和岩石的肉眼鉴定方法，了解各类岩石的形成条件；安排短期的野外地质实习，参观勘探现场，以帮助学生了解地貌、地质构造及岩土类别，有条件时最好结合已有的地质图或工程进行具体分析，培养学生阅读地质图和分析地质条件的能力。积极采用多媒体教学方法，配合有关地质直观教具，增加学生的感性认识，帮助学生尽快建立起地质学的有关概念，引起学生对地质学的重视和兴趣。

土木工程专业学生学习本课程的目标是：

(1) 能阅读一般地质资料，根据地质资料在野外辨认常见的岩石和松散沉积物，了解其主要的工程性质；辨认基本的地质构造及明显的不良地质现象，了解其对工程建筑的影响。

(2) 系统掌握工程地质学的基本理论和方法，根据工程地质勘察数据和资料，进行一般的工程地质问题分析并提出处理措施。

(3) 把学到的工程地质学知识和土木专业知识紧密结合起来，进行实际的工程设计与施工。

需要指出的是，本课程的实践性很强，除课堂讲授外，实验、多媒体教学、野外教学

实习等均是本课程的重要教学环节。特别是野外教学实习，具有不可替代的重要作用，若缺少或削弱了这一环节，工程地质教学将是不完整的，其效果必会大打折扣。因此，在制定本课程的教学大纲、教学计划时，尤其应对野外教学实习给予足够的重视。

### 思考题

1. 土木工程地质学的研究内容和任务是什么？
2. 说明人类工程活动和地质环境之间的关系。
3. 说明工程地质和岩土工程的关系。
4. 说明工程地质在土木工程建设中的作用。

# 第 1 篇 基础地质知识

## 第 1 章 地质作用

根据地球内部放射性同位素蜕变速度测定，地球从形成至今大约经历了 46 亿年。在这漫长的地质历史进程中，它一直处在不断运动和变化之中，其成分和构造时刻都在变化着。过去的海洋经过长期的演变而成为陆地、高山；陆地上的岩石经过长期风吹、日晒、雨淋被逐渐破坏粉碎成为松软泥土，脱离原岩而被流水携带到低洼处沉积下来，结果高山被夷为平地。海枯石烂、沧海桑田，地壳面貌不断改变，形成了今天的外形。由自然动力引起地球和地壳物质组成、内部结构和地表形态变化和发展的过程，称为地质作用。

有些地质作用进行得很快、很剧烈，如山崩、地震、火山喷发等，可以在瞬间发生，造成地质灾害。有些地质作用进行得十分缓慢，往往不易被察觉。如近百年中，荷兰海岸在不断下降，平均每年下降约 2 mm。我国的珠穆朗玛峰，近一百万年来，升高了约 3000 m，平均每年升高 3 mm。由此可见，缓慢的地质变化过程，如果经历漫长的时间，也能引起地壳发生显著的变化。

地质作用是由自然动力引起的，这种动力可来自地球外部，也可来自地球本身。按照自然动力的来源不同，地质作用可分为内力地质作用和外力地质作用。内力地质作用的能源，主要是地球的公转及自转产生的旋转能、重力作用形成的重力能及放射性元素蜕变产生的辐射热能。此外，也有各种岩石生成时的结晶能和化学能等。外力地质作用是来自地球以外的能源所造成的，其中主要是太阳的辐射能。因为有了太阳的辐射能，才能产生大气环流、水的循环、动植物的生长和演变、冰川的运动及海洋的波涛。大气圈、水圈和生物圈的运动，必然引起岩石圈中矿物和岩石的破坏、搬运和堆积作用，使高山夷为平原，并不断向海洋发展。

### 1.1 内力地质作用

由地球旋转能、重力能和放射性元素蜕变的热能等所引起的岩石圈物质成分、内部构造、地表形态发生变化的作用称为内力地质作用。它包括地壳运动、岩浆作用、变质作用和地震作用。



### 1.1.1 地壳运动

地壳运动是指地壳的隆起和凹陷,海、陆轮廓的变化,山脉、海沟的形成,以及褶皱、断裂等各种地质构造的形成和发展,即在自然力作用下地壳产生的变形和相互移动。它是内力地质作用的一种重要形式,也是改变地壳面貌的主导作用。按地壳运动的作用方向,可分为升降运动和水平运动。

#### 1. 升降运动

升降运动是指地壳运动垂直于地表,即沿地球半径方向的运动。表现为大面积的上升和下降运动,形成大型的隆起和凹陷,产生海退和海侵现象。一般来说,升降运动比水平运动更为缓慢。在同一地区不同时期内,上升运动和下降运动常交替进行。在同一地质时期内,地壳在某一地区表现为上升隆起,而在相邻地区则表现为下降沉陷。隆起区与沉降区相间分布,此起彼伏、相互更替。地壳历经几度海陆变迁,当今全球仍有不少地区在不断缓慢上升或下降。例如,芬兰南部海岸以每年 $1\sim 4\text{mm}$ 的速度上升;丹麦西部海岸则以每年 $1\text{mm}$ 的速度下降;我国西沙群岛的珊瑚礁,现已高出海面 $15\text{m}$ ,本来珊瑚礁是在海面下 $0\sim 80\text{m}$ 内生长的,这说明西沙群岛近期是缓慢上升的。

地壳的升降运动,对地壳表层沉积岩的形成有很大影响,不仅控制了沉积岩物质成分的来源和性质,同时也影响沉积岩的厚度和空间分布。因此地壳上升形成的隆起区,是生成沉积岩物质成分的供给区;地壳下降形成的凹陷区,是沉积物堆积并转化为沉积岩的场所。

#### 2. 水平运动

水平运动是指地壳大致沿地球表面切线方向的运动,是在地壳演变过程中表现得较为强烈的一种运动形式。一般认为,水平运动是形成地壳表层各种地质构造形态的主要原因。水平运动使地壳岩石受到挤压、拖曳、旋扭等,从而使地壳岩层发生强烈的褶皱和断裂,形成不同的地质构造形态。

地壳运动在空间、时间上的发展是不均衡的。在同一地质时期,不同地区地壳运动的方式和强度不同。有的地区运动强度大,称为活动区;有的地区运动强度小,称为稳定区。在同一地区,不同地质时期地壳运动的方式和强度亦不同。有时表现为比较稳定状态的长期缓慢运动,有时表现为比较活跃状态的急速剧烈运动。在漫长的地质历史中,地壳运动有一定的规律性,总是由长期缓慢运动转化为急速剧烈运动,使地壳发展历史显示一定的阶段性。总之,地壳运动使岩层受到强烈的挤压、拉伸和扭转,形成一系列褶皱带和断裂带,并在地壳表面造成大规模的隆起区和沉降区,形成大陆、高原、山岭、海洋、平原、盆地等高低起伏的构造地貌,并促使地表不断发生海陆变迁的演变和全球气候的变化。此外,地壳运动还促进岩浆作用、变质作用和地震作用的发展演化。因此,地壳运动是地壳发展演变的主导因素,是最主要的内力地质作用。

### 1.1.2 岩浆作用

岩浆是地壳深处或地幔上部形成的一种富含挥发性物质、处于高温高压状态的黏稠硅酸盐熔融体,其中含有一些金属硫化物和氧化物。岩浆的化学成分以O、Si、Al、Fe、Ca、Na、Mg、K、H等为主,通常以 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等氧化物形式表现。 $\text{SiO}_2$ 是岩浆中含量