

基础地质学国家级精品课程建设项目  
基础地质学国家级精品资源共享课建设项目  
基础地质国家级实验教学示范中心建设项目

# 基础地质学教程

● 钱建平 编著

地质出版社

中南大学图书馆



100950098

基础地质学国家级精品课程建设项目  
基础地质学国家级精品资源共享课建设项目  
基础地质学国家级实验教学示范中心建设项目

# 基础地质学教程

钱建平 编著



地质出版社

· 北 京 ·

## 内 容 提 要

《基础地质学教程》主要内容有地球的物质成分和物理性质, 地球能量系统和内外动力地质作用及其产物, 矿物、岩石和地层古生物知识, 大陆漂移、海底扩张和板块构造, 地球的演化历史, 地质资源与地质环境等。教材力图融时代性、科学性、知识性、实用性和可读性为一体。教材中所有图件均经矢量化处理并赋色, 彩色照片地质现象丰富典型, 质量精美, 具有很高的鉴赏性和实用性。

该书为资源勘查工程、地质学及与地学有关专业的教材, 与《基础地质学实验教程》(2011, 地质出版社) 和《基础地质学实习教程》(2009, 冶金工业出版社) 构成系列教材。该教材既可供地学大学生的《普通地质学》、《地质学基础》和《基础地质学》理论教学使用, 也可作为地学爱好者的业余自学教程。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

基础地质学教程 / 钱建平编著. —北京:  
地质出版社, 2014.6

ISBN 978-7-116-08843-6

I. ①基… II. ①钱… 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 (2014) 第 122018 号

---

责任编辑: 罗军燕

责任校对: 关风云

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) 82324508 (邮购部); (010) 82324514 (编辑室)

传 真: (010) 82324340

印 刷: 北京全景印刷有限公司

开 本: 889mm×1194mm 1/16

印 张: 27.25

字 数: 700 千字

印 数: 1—5000 册

版 次: 2014 年 6 月北京第 1 版

印 次: 2014 年 6 月北京第 1 次印刷

审图号: GS (2014) 821 号

定 价: 58.00 元

书 号: ISBN 978-7-116-08843-6

---

(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

《基础地质学教程》1997年被教育部列为“九五”国家级重点教材；2005年又被教育部列为国家精品课程立项建设项目，2012年再次被列为国家精品资源共享课立项建设项目。在此基础上拍摄的精品课《塑造地球的工程师——地质作用》已被教育部初选为国家精品视频公开课。为配合基础地质学国家精品课程建设，作者编写了这本教材。

作为基础地质学国家精品课程的教材，作者对其定位有以下思考：

(1) 努力将爱国主义教育和科学方法论的思想融汇于教材之中。我国地域辽阔且沉积地史漫长，构造运动和岩浆活动频繁强烈，自然地理景观和矿产资源丰富。毋庸置疑，在我国从事地质工作具有很大的优越性。本教材在普及地质学知识的同时，引导学生领略我国山河的秀美风光及地质成因，适时介绍我国古代和现代科学家在地质学研究方面的突出成就；同时对课程中遇到的一些悬而未决的地质问题，也客观地加以介绍，以激发学生的学习兴趣 and 科学思维。

(2) 教材体系科学严谨，教学内容循序渐进。本课程的教学对象主要是地学专业低年级大学生，无论地质学如何进步，对刚入门的大学生而言，纵然是基础地质学知识亦有一定的难度。严谨的课程体系和循序渐进的课程内容有助于培养学生的逻辑思维能力，也符合学生的认知规律。故教材章节顺序依次由地球物质成分和物理性质、地球圈层构造和能量系统、地质作用及其产物、板块构造与地质作用、地球演化历史、地质资源与地质环境组成。讲述地质作用，首先由常见的地质现象入手，故逐一阐释身边常见的地质作用，如风化作用、地面流水的地质作用、地下水的地质作用……在此基础上阐述建造和改造的关系，从而引出沉积岩、地层、地质构造等基本地质概念。在编写过程中，注意将地质作用和地质作用产物放在一起，这样既便于理解，也避免相关内容叙述重复。将必备的基础地质知识“古生物、地层和地质年代学”与后续课程还要讲述的综合性强的“地球的演化历史”辟为两章放在教材的前后，既可减小学生学习的难度，也体现了不同教学内容的不同教学要求。

(3) 重视地质作用的基本原理, 重视基本方法的训练。在教材各章讲述地质作用之前, 一般先介绍各类作用介质的运动特点和规律, 再介绍各类地质作用。在介绍各种地质现象的同时, 尽可能阐述其物理和化学原理以深化认识。

(4) 注意知识的实用性, 强调知识学以致用。在教材各章讲述地质作用之前, 总是安排 1~2 页的概述, 介绍该领域所存在的问题及其研究意义。在教材中, 切合教学内容, 选择典型的科研实例帮助学生理解教学内容。

(5) 注意教材的可读性, 便于学生自学。教学内容尽可能反映学科的新进展和新知识。注意文字的准确性和生动性。切合各章教学内容, 选择典型、精美的插图和照片, 所有插图均矢量化处理并赋色, 使教材具有较强的表现力和视觉冲击力。

作者从事地质工作已逾 40 周年, 长期从事基础地质学教学, 在完成教学任务的同时先后承担了 50 余项地质科研项目, 其中包括 3 项国家自然科学基金项目, 具有丰富的教学和科研实践经验, 积累了大量的第一手地质资料。在教学之余, 也悉心研读了大量国内外有关的普通地质学和地质学基础教材。编写一本高质量的、具有影响和特色的《基础地质学》教材亦是作者多年的夙愿。在此感谢我的普通地质学任课教师赵如海老师, 他生动幽默、引人入胜的教学潜移默化地引领着我进入了地质学的大门, 并对地质学产生了浓厚的研究兴趣; 感谢我的同事, 特别是那些多年在教学一线的老教师为本课程的教学建设付出的辛勤劳动; 感谢我的学生, 为教材所有插图的清绘和赋色付出的大量劳动, 其中主要有凌日耀、覃顺桥、唐专武、张渊、李承礼、朱真真、韦振兆、毛宁、莫慧、常德才、李东成、陈林、刘永利、杨建图、李逸雄、罗雄壮、吴毅、吴云飞、文翔、李冰林、张志玺、刘明东、蒋鑫等; 感谢我的夫人张力在文字校对上给予我的协助。

由于编写时间紧, 工作量巨大, 不足之处难以避免, 热诚地希望各位同行提出宝贵意见, 以便再版时修改。文中引用的插图都尽可能注明来源, 少量插图未能查到出处, 在此谨向原作者表示歉意和谢意, 并尽可能在再版时补充标注。

作者

2014 年 5 月于桂林

## 前 言

## 第1章 绪 论 ..... 1

## 第一节 地质学的研究对象和研究内容 ..... 2

一、地质学的研究对象 ..... 2

二、地质学的研究内容和分科 ..... 2

三、地质学的任务 ..... 2

## 第二节 地质学的研究方法 ..... 3

一、地质学的特点 ..... 3

二、地质学的研究方法 ..... 4

## 第三节 地质学的形成与发展 ..... 5

一、萌芽时期(远古—公元1450年) ..... 5

二、奠基时期(公元1450—1750年) ..... 5

三、形成时期(公元1750—1840年) ..... 5

四、发展时期(公元1840—1910年) ..... 6

五、现代地质学 ..... 6

## 第四节 如何学好地质学 ..... 7

一、注意理论与实践相结合 ..... 7

二、建立认识地质事件的时空观念 ..... 7

三、学会地质思维,掌握地质学的研究方法  
..... 8四、新方法新技术运用和多元信息综合分析  
..... 8

## 第2章 地球的物理性质 ..... 11

## 第一节 宇宙中的地球 ..... 12

一、行星的分类 ..... 12

二、只有一个地球 ..... 13

## 第二节 地球的几何特征 ..... 13

一、地球的形状和大小 ..... 13

二、地球的表面形态 ..... 14

## 第三节 地球的物理性质 ..... 17

一、地球的质量和密度 ..... 17

二、地球的重力 ..... 18

三、地磁 ..... 22

四、地电 ..... 26

五、地热 ..... 27

六、地球的弹塑性 ..... 29

## 第3章 地球的物质组成 ..... 31

## 第一节 元 素 ..... 32

一、地球和地壳的化学成分 ..... 33

二、元素地球化学分类 ..... 36

## 第二节 矿 物 ..... 37

一、矿物与晶体的概念 ..... 37

二、矿物的基本特征 ..... 38

三、矿物形态 ..... 39

四、矿物的物理性质 ..... 45

五、矿物分类 ..... 52

六、矿物的利用 ..... 54

## 第三节 岩 石 ..... 55

一、岩石的概念 ..... 55

二、岩石的类型和分布 ..... 55

三、岩石的特征 ..... 55

## 第4章 地球的圈层构造、能量系统和地质作用 ..... 59

第一节 地球的圈层构造 .....	60	三、流水的动能 .....	99
一、外部圈层 .....	60	四、流水的运动特点 .....	100
二、内部圈层 .....	64	第二节 暂时性流水的地质作用 .....	101
第二节 地球的能量系统 .....	70	一、雨蚀作用 .....	102
一、内能 .....	70	二、片流的地质作用 .....	102
二、外能 .....	71	三、洪流的地质作用 .....	102
第三节 地质作用 .....	72	第三节 河流的侵蚀、搬运、沉积作用 .....	104
一、地质作用的概念 .....	72	一、河流的侵蚀作用 .....	104
二、内动力地质作用 .....	72	二、河流的搬运作用 .....	113
三、外动力地质作用 .....	72	三、河流的沉积作用 .....	114
四、地球系统和内外动力地质作用 .....	73	四、河流地貌演化 .....	119
<b>第5章 风化作用 .....</b>	<b>75</b>	<b>第7章 地下水的地质作用 .....</b>	<b>123</b>
第一节 风化作用的类型 .....	78	第一节 地下水的来源、赋存和性质 .....	126
一、物理风化作用 .....	78	一、地下水的来源 .....	126
二、化学风化作用 .....	80	二、地下水的赋存介质和存在形式 .....	126
三、生物风化作用 .....	83	三、地下水的物理性质和化学成分 .....	128
第二节 影响风化作用的因素 .....	85	第二节 地下水的类型和运动 .....	130
一、岩石成分、结构和构造因素 .....	85	一、地下水的类型 .....	130
二、地形条件的影响 .....	86	二、地下水的运动 .....	131
三、气候因素的影响 .....	87	第三节 地下水的剥蚀、搬运和沉积作用 .....	135
第三节 风化作用的产物 .....	90	一、地下水的剥蚀作用 .....	135
一、岩漠、砾漠、倒石堆 .....	90	二、地下水的搬运和沉积作用 .....	143
二、残积物 .....	90	<b>第8章 海洋的地质作用 .....</b>	<b>147</b>
三、土壤 .....	91	第一节 海洋环境 .....	150
四、风化壳的概念和类型 .....	92	一、海与洋 .....	150
五、风化地貌 .....	93	二、海水的性质 .....	150
<b>第6章 地面流水的地质作用 .....</b>	<b>95</b>	三、海洋环境分区 .....	152
第一节 河流要素和河水运动 .....	98	第二节 海水的运动 .....	154
一、河流的构成 .....	98	一、波浪 .....	154
二、河谷、水系和流域 .....	98	二、潮汐 .....	156

三、洋流·····	157
四、浊流·····	158
第三节 海洋的剥蚀、搬运和沉积作用·····	159
一、海水的剥蚀作用·····	159
二、海水的搬运作用·····	162
三、海水的沉积作用·····	163

## 第9章 湖泊的地质作用····· 171

第一节 湖泊概述和湖水的运动·····	173
一、湖泊的分布·····	173
二、湖盆的成因·····	176
三、湖水的成分和密度·····	178
四、湖水的来源和排泄·····	179
五、湖泊的动力·····	180
第二节 湖泊的剥蚀、搬运和沉积作用·····	181
一、湖泊的剥蚀、搬运作用·····	181
二、湖泊的沉积作用·····	181
第三节 沼泽的地质作用·····	187
一、沼泽的概念·····	187
二、沼泽的成因·····	187
三、沼泽沉积作用和煤的形成·····	188

## 第10章 冰川的地质作用····· 191

第一节 冰川的形成、类型和运动·····	194
一、冰川的形成·····	194
二、冰川的类型·····	195
三、冰川的运动·····	199
第二节 冰川的剥蚀、搬运和沉积作用·····	200
一、冰川的剥蚀作用·····	200
二、冰川的搬运作用·····	204
三、冰川的沉积作用·····	205
第三节 冰期及其原因·····	208

一、古冰川和冰期·····	208
二、第四纪的四次亚冰期·····	208
三、冰期出现的原因·····	208

## 第11章 风的地质作用····· 211

第一节 风的概念、分级和类型·····	214
一、风的概念·····	214
二、风的分级·····	214
三、风的类型·····	215
第二节 风的剥蚀、搬运和沉积作用·····	217
一、风蚀作用·····	217
二、风的搬运作用·····	220
三、风沙的沉积作用·····	221
第三节 荒漠及荒漠化问题·····	228
一、荒漠及类型·····	228
二、荒漠化问题·····	230

## 第12章 成岩作用与沉积岩····· 235

第一节 成岩作用·····	236
一、压实作用·····	236
二、胶结作用·····	236
三、重结晶作用·····	237
四、新矿物生长作用·····	237
第二节 沉积岩的特征和类型·····	238
一、沉积岩的特征·····	238
二、沉积岩的类型·····	244

## 第13章 古生物、地层和地质年代学····· 249

第一节 古生物学基础·····	250
一、古生物学概念·····	250
二、重要的古生物门类·····	253
第二节 地层学基础·····	260



一、地层单位	260
二、地层的划分对比	262
第三节 地质年代学	263
一、相对地质年代	263
二、绝对地质年代	266
三、地质年代表	268

## 第14章 构造运动与地质构造 271

第一节 构造运动	274
一、构造运动的证据	274
二、构造运动的方向性	277
三、构造运动的速度和幅度	278
四、构造运动的空间分布与时间演化	279
第二节 岩层的产状	281
一、岩层的产状类型	281
二、岩层的产状要素	282
第三节 褶皱构造	283
一、岩石变形阶段	283
二、褶皱和褶皱要素	283
三、褶皱的类型	285
四、褶皱的组合	286
五、褶皱的识别	287
第四节 断裂构造	288
一、节理	288
二、断层和断层要素	289
三、断层的分类	289
四、断层的组合	290
五、断层的识别	292

## 第15章 地震作用 297

第一节 地震作用的概念	300
一、地震与构造	300
二、地震要素	300

三、地震波和地震仪	303
第二节 地震的类型和分布	305
一、地震的类型	305
二、地震的分布	309
第三节 地震作用过程和地震预报	311
一、地震作用过程	311
二、地震预报和预防	313

## 第16章 岩浆作用及岩浆岩 317

第一节 岩浆的概念	321
一、岩浆的概念和特点	321
二、岩浆的类型和黏度	321
三、岩浆作用及分类	321
第二节 火山作用	322
一、火山作用与喷发产物	322
二、喷发方式	327
三、火山机构	330
四、火山时空分布	331
第三节 侵入作用	335
一、侵入作用和侵入方式	335
二、侵入岩体的产状	335
第四节 岩浆的形成与演化	338
一、岩浆的形成	338
二、岩浆的演化	338
第五节 岩浆岩的特征和类型	340
一、岩浆岩的特征	340
二、岩浆岩的类型	343

## 第17章 变质作用和变质岩 347

第一节 变质作用的影响因素和变质作用方式	350
一、变质作用的影响因素	350
二、变质作用方式	352

第二节 变质作用的类型和演化规律 .....	355	第三节 早古生代 .....	394
一、动力变质作用 .....	355	第四节 晚古生代 .....	397
二、接触变质作用 .....	355	第五节 中生代 .....	399
三、区域变质作用 .....	357	第六节 新生代 .....	401
四、混合岩化作用 .....	358	<b>第20章 地质资源与地质环境</b> .....	<b>405</b>
五、区域变质作用的时空分布规律 .....	358	第一节 地质资源 .....	406
第三节 变质岩的特征和类型 .....	359	一、矿产资源 .....	406
一、变质岩的特征 .....	359	二、能源 .....	411
二、变质岩的类型 .....	363	第二节 地质环境 .....	413
<b>第18章 大陆漂移、海底扩张和板块构造</b> .....	<b>367</b>	一、地质环境概述 .....	413
第一节 大陆漂移 .....	368	二、原生地质环境问题 .....	413
一、大陆漂移的由来 .....	368	三、次生地质环境问题 .....	421
二、大陆漂移说的内容 .....	368	<b>参考文献</b> .....	<b>424</b>
三、大陆漂移的证据 .....	369		
四、大陆漂移说的衰落 .....	372		
第二节 海底扩张 .....	373		
一、海底扩张说的提出 .....	373		
二、海底扩张说的内容 .....	373		
三、海底扩张说的依据 .....	374		
第三节 板块构造 .....	378		
一、板块构造的要点 .....	378		
二、板块的划分 .....	378		
三、板块的边界类型 .....	378		
四、板块运动的驱动力 .....	381		
五、板块构造与地质作用 .....	383		
六、板块构造存在的问题 .....	387		
<b>第19章 地球的演化历史</b> .....	<b>389</b>		
第一节 太古宙 .....	390		
第二节 元古宙 .....	391		



# 第 1 章

## 绪 论

---

第一节	地质学的研究对象和研究内容	2
第二节	地质学的研究方法	3
第三节	地质学的形成与发展	5
第四节	如何学好地质学	7

地质学是一门既年轻又古老的科学。它充满活力又底蕴深厚，它无处不在又奥秘无穷，富于哲学思辨而令人无限神往。

## 第一节 地质学的研究对象和研究内容

### 一、地质学的研究对象

地质学的英文是“geology”，意即是关于地球的科学。地球由固体地球和外部圈层组成。固体地球分为地壳、地幔、地核；外部圈层包括大气圈、水圈、生物圈。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最外层，即岩石圈（包括地壳和上地幔的上部），而岩石圈以下更深的部位，目前只能借助于地球物理手段来了解，还不能直接进行观察。

岩石圈既是与人类生活和生产密切相关的部分，也是容易直接观测和研究历史最久的部分。随着科学技术的发展，如卫星、航天、深钻技术、海洋物探、高温高压实验、电子显微镜、计算机、遥感遥测、红外摄影、激光等新技术、新手段的不断应用，地质学的研究范围也不断扩大。地质学从地球表层向深部发展，产生了深部地质学；从大陆向海洋发展，产生了海洋地质学；从地球向外层空间发展，产生了月球地质学、行星地质学、宇宙地质学。

除地质学外，其他涉及地球的学科还有地理学、生物学、气象学、天文学等。它们之间的区别在于研究的侧重点不同。地质学着重研究地下；地理学侧重研究地球表层；生物学研究地球上的有机生命体；气象学研究地球大气圈；天文学则从天体的角度研究地球及其起源。

### 二、地质学的研究内容和分科

地质学是关于固体地球组成、结构构造和演化历史的知识体系。现代地质学不仅要阐明固体地球的组成物质、控制物质转换的机制以及由这些物质记录的地球演化历史，而且要揭示改变固

体地球外层的营力和改造地球表层的过程，并运用地质学知识探明可供利用的物质以及理解地质过程与人类活动相互作用的机理。其具体包括如下几个方面：

研究地球的物质组成特征、形成条件和分布规律。相关的学科主要有：地球化学、结晶学、矿物学、岩石学等。

研究地球的结构构造和运动规律。相关的学科主要有：显微构造学、构造地质学、区域地质学、大地构造学等。

研究地球的演化历史。相关的学科主要有：地层学、古生物学、岩相古地理学、地史学、第四纪地质学、同位素地质学等。

研究矿产资源的形成和分布规律。相关的学科主要有：矿床学、石油地质学、煤田地质学、天然气地质学、宝石矿床学等。

研究地质学的应用问题。相关的学科主要有：找矿勘探学、勘查地球化学、勘查地球物理学、遥感地质学、数学地质学、矿山地质学、水文地质学、工程地质学、地震地质学、灾害地质学、环境地质学、旅游地质学等。

### 三、地质学的任务

1) 指导人们寻找和探查矿产资源、能源和水资源，提供地质资源和地质资料，以满足社会经济发展的需要；

2) 认识地震、火山爆发、山崩、地滑、泥石流、洪水、风沙、地面沉降等自然灾害的形成条件及规律，增强人们抵御自然灾害的能力；

3) 查明地下地质构造，了解地壳的稳定性，搞好基础工程建设，为公路、铁路、桥梁、港口、

水坝、核电站等选址服务；

4) 研究地方病与地质环境的关系，环境地质学的研究成果能够直接为人类的身体健康服务；

5) 协调人与自然的关系，评价全球变化对人

类造成的影响；

6) 研究地球的形成和发展历史，探索生命的起源和演化以及生物大量灭绝事件等一些地球科学的重大基本问题。

## 第二节 地质学的研究方法

### 一、地质学的特点

#### 1. 地球时空的宏大性

在时间上，地球自形成以来已经有 46 亿年的历史，在这样漫长的时间里，地球曾发生过沧海桑田、翻天覆地的重大变化。尽管在地质历史中不乏地震、火山等激剧的地质事件，但多数地质作用过程是缓慢的。例如，现代海洋中泥沙沉积的速度，据观测，一般每年不过几厘米、十几厘米，有的地方仅为几毫米，多数地质过程在短时间内不一定有显著效果，许多地质现象都是经过漫长的时间后才形成的。如河北蓟县剖面中新元古界厚 9553m，平均每万年沉积 23.88cm。因此，地质学用以度量时间的单位与人们生活中惯用的时间单位不同，需用百万年 (Ma) 作为基本时间单位。大西洋形成至今约 2Ma，但开始分离时约 135Ma，喜马拉雅山脉从海底隆起至今约 35Ma，而人类出现大约 3Ma，人类文字记载仅数千年（人类文明仅 5000 年），人类的时间尺度是时、分、秒。如果把 46 亿年看作一年，则 1 天相当于 1260 万年，1 小时相当于 52 万年，1 分钟相当于 8700 万年，1 秒相当于 145 年，人类出现仅相当于 5 个多小时，人类的文明也就是半分钟，人的寿命也就是半秒钟。故对地质过程和地质事件，人们不能像研究人类历史那样，可以借助于文字和文物；也不能像研究物理那样，可以单纯依靠在实验室中做实验，而必须借助于研究分析地球本身发展过程中所遗留下来的地质痕迹。

在空间上，地球半径为 6371km，表面积为  $5.1 \times 10^8 \text{km}^2$ ，地球具有巨大的空间。但人的视域和活动范围有限，人们难以涉足极地、高山、深海、戈壁。地球内部状况亦难以直接观察，世界上第一口超深井位于前苏联的科拉半岛，深 12262m，但还不及地球半径的 1/500，世界最深矿井位于南非 Mponeng 金矿山，其深度也只有 4350m。另一方面，人类已经登上月球，能发送探测器到达火星，某种意义上，入地比上天还难。

地球又是一个极不均一的物体，它的各个部位无论在物质状态、运动和演变特点上都具有一定差异。地质作用具有地区性特点，海洋和大陆、大陆的各个部分、地球表层和深部都有其不同的发展过程。这就要求在研究各种地质作用或地质现象时，既要注意地球整体的宏观特征，也要注意地域性的差异和物体内部的某些微观特征。

#### 2. 地球演化过程的复杂性

地球自诞生以来，不仅形成了各具特色的矿物、岩石、海洋、大陆、高山、深谷，也通过逐步演化，出现了种类繁多的生物世界。地球演化的地质过程是一个十分复杂的过程。

地质学所研究的对象和内容，从小到原子和离子的运动、矿物和岩石组成的微观世界到大至整个地球以及宇宙的宏观世界，从矿物、岩石等无机界的变化到各种生命出现的演化，从地表常温常压环境到地球内部的高温高压环境，从各种变化的物理过程、化学过程到生物化学过程，从

地球本身各个部分的物质能量转化到地球与外部空间的物质能量转化等,充满着各种矛盾和相互作用的复杂过程,具有多种因素的相互影响和相互制约。任何一种地质过程,都不可能是单一的物理过程和化学过程。如青藏高原的隆升,极大地改变了古亚洲的地貌景观、人文气候、生物区系和生态环境。

尽管目前的实验室条件下可以模拟地球内部的高温高压环境;但无法模拟地质作用的缓慢作用过程,因而实验结果往往与自然过程有一定差距。

### 3. 地球活动记录的不完整性

地质记录具有不完整性,现在地球上存在的各种物质及现象,都是地球的历史演化过程中由各种地质作用形成的,这种自然产物统称为地质记录,是地质学研究的证据。如地层,可以通过沉积物的颜色、结构和成分变化,将地史中的地壳运动、火山活动和气候变化都记录下来。

然而由于后期地质事件的叠加,如地壳抬升遭受剥蚀和岩浆的大规模上侵,前期地质记录会被改造和破坏,甚至完全消失。

## 二、地质学的研究方法

### 1. 地质工作的一般程序

#### (1) 制定工作方案

首先充分搜集和研究工作区内已有的各种地质资料,了解前人所取得的成果、认识和存在的地质问题,确定研究方向和预期目标,制定研究方案、步骤和措施。

#### (2) 野外现场调查

现场仔细观察和客观记录各种地质现象,确定不同地质体之间的空间关系,认识地质事件发生的先后顺序,配套采集各种岩石、矿石标本和样品。

#### (3) 室内分析和实验

对野外采集的各类标本、样品,根据研究目的和需要进行分析和测试,例如岩矿鉴定、化石鉴定、物质结构和成分分析、矿物包裹体测温 and

成分分析、同位素年龄测定等;亦可以对一些矿物岩石、地质现象的形成条件和形成过程进行模拟实验,如人工石英、人造金刚石的合成实验和滑坡、泥石流现象的模拟实验。

#### (4) 综合分析和推理

对野外和实验室所获得的丰富的地质资料进行加工整理、统计对比和综合分析,总结其特点和规律,以做出符合客观实际的推论。

#### (5) 推论的验证

通过生产实践或科学实验来证实或检验这些推论是否符合客观实际,如果不相符,则须进行新一轮的研究探索过程,通过反复实践不断修正补充和完善已有的结论。即“实践、认识、再实践、再认识”的循环模式。

### 2. 现实主义原则

即“将今论古”的原则。英国地质学家莱伊尔(C. Lyell, 1791—1875年)指出:“现在是了解过去的钥匙”(The present is the key to the past)。

其根本思想是从研究眼前正在进行的地质过程入手,总结其规律,再去推断地质历史时期同类事物的发展和结果。

如通过对现今植物的研究,我们发现不同气候条件下的植物具有不同的特征:寒带植物以针叶林为主,温带以落叶林为主,而热带以阔叶林为主等。根据此规律,当发现地层中含有针状植物叶化石时可以判断地层形成于寒冷气候环境。又如观察现代浅海造礁珊瑚的生长状况(现代珊瑚只生活在温暖、平静、水质清洁的浅海环境中),可推断含有造礁珊瑚化石石灰岩层是某时代热带、亚热带浅海环境。再如现代干旱气候下湖泊或滨海潟湖中常有卤化物或其他盐类和红色沉积岩层,可推断含有含盐类矿物的沉积岩层形成于干旱气候带。

### 第三节 地质学的形成与发展

人们对地球的认识源远流长。在曲折的历史发展过程中原始朴素的地质知识逐渐形成了地质科学的知识体系。根据地质知识发展的程度并参照其社会文化背景可将地质学发展史划分为五个时期。

#### 一、萌芽时期（远古—公元前1450年）

远古时代人类通过石器的采集和制作逐步了解了岩石、矿物的某些性质。在中国，铜矿的开采在两千多年前已达到可观的规模；春秋战国时期成书的《山海经》、《禹贡》、《管子》中的某些篇章，古希腊泰奥弗拉斯托斯的《石头论》都是人类对岩矿知识的最早总结。我国《山海经》（公元前374—287年）记载了73种矿物，矿产地440多处，并把矿产划分为金、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。这个阶段对自然界地质现象的认识是朴素、直观、零散的，分析问题带有极大的猜测性。

在开矿及与地震、火山、洪水等自然灾害的斗争中，人们逐渐认识到地质作用，并进行思辨、猜测性的解释。我国古代的《诗经》中就记载了“高岸为谷、深谷为陵”的关于地壳变动的认识；古希腊的亚里士多德提出，海陆变迁是按一定的规律在一定的时期发生的；在中世纪时期，沈括对海陆变迁、古气候变化、化石的性质等都做出了较为正确的解释，朱熹也比较科学地揭示了化石的成因。

这一阶段人类对地球及其在宇宙中的地位也有了初步认识。最初，人类对地球的认识是“盘古开天辟地”“天圆地方”“地球乃宇宙中心”。公元前6世纪，古希腊人毕达哥拉斯（Pythagoras，公元前571—公元前497年）及其追随者率先提出了大地是一个圆球的设想，后来的人们也以此论

点预报日蚀、月蚀。公元前3世纪，古希腊人埃拉托色尼（Eratosthenes，公元前275—公元前196年），通过比较亚历山大和其以南920km的锡恩两城中午的阳光角度，进一步断定地球是圆的。我国汉代学者张衡（公元78—公元139年）在观测中发现月蚀的阴影边缘总是弧形的，也提出了大地是圆形的主张。

#### 二、奠基时期（公元1450—1750年）

该时期的特征为随着自然科学的诞生，地质知识趋向系统化。对地质现象试作理性解释并逐步建立了观察和推理方法。以文艺复兴为转机，人们对地球历史开始有了科学的解释。意大利的达·芬奇、丹麦的斯泰诺、英国的伍德沃德、胡克等，都对化石的成因作了论证。胡克还提出用化石来记述地球历史；斯泰诺提出地层层序律；在岩石学、矿物学方面，李时珍在《本草纲目》中记载了200多种矿物、岩石和化石；德国的阿格里科拉对矿物、矿脉生成过程和水在成矿过程中的作用的研究，开创了矿物学、矿床学的先河等。

1519年9月，西班牙人麦哲伦（F. D. Magallanes，1480—1521年）率船队绕地球航行一周，最终肯定了地球是圆的。16世纪早期，波兰天文学家哥白尼（N. Copernicus，1473—1543年）提出了“日心说”，认为太阳是万物的中心，是统驭者，地球是围绕太阳公转的。这一系列的发现，使人类对地球及其在宇宙中的位置有了较为清楚的认识。

#### 三、形成时期（公元1750—1840年）

在英国工业革命、法国大革命和启蒙思想的推动和影响下，科学考察和探险旅行在欧洲兴起。旅行和探险使得地壳成为直接研究的对象。人们对地球的研究从思辨性猜测，转变为以野外观察为主。各种学说与理论的建立使地质学科逐渐完

善。同时，不同观点、不同学派的争论十分活跃，关于地层以及岩石成因的水成论和火成论的争论在 18 世纪末变得尖锐起来。

德国的维尔纳 (A. Werner, 1749—1817 年) 是水成论的代表，他提出花岗岩和玄武岩都是沉积而成的。首先总结出研究地层层序的方法，并对岩层作了系统的划分。英国的赫顿 (J. Hutton, 1726—1797 年) 是火成论的代表，他最早指出脉岩的存在及与沉积岩的穿插关系，描述了烘烤现象。第一个阐明角度不整合的成因，并提出了“均变论”的原始思想。“水火之争”促进了地质学从宇宙起源论、自然历史和古老矿物学中分离出来，并逐渐形成了一门独立的学科。

瑞士学者 J.A. 德吕克于 1793 年提出具有近代意义的 geology (地质学) 一词。在中国，出现在 17 世纪的《徐霞客游记》也是对自然考察所获得的超越时代的成果。至 1840 年，地层划分的原则和方法已经确立，地质时代和地层系统基本建立起来。

而此时的矿物学沿着形态矿物学和矿物化学方向发展，美国丹纳的《矿物学系统》标志着经典矿物学的成熟；1829 年，英国的尼科尔发明了偏光显微镜，使得显微岩石学的迅速发展成为可能；法国博蒙于 1829 年提出地球冷缩造山的收缩说，对近百年来的构造理论产生重大影响。

这样，有关地球历史的古生物学、地层学，有关地壳物质组成的岩石学、矿物学，和有关地壳运动的构造地质理论所组成的地质学体系逐渐形成了。

19 世纪上半叶，有关灾变论和均变论的争论，对地质学思想方法产生了历史性的影响。居维叶 (Georges Cuvier, 1769—1832 年) 是灾变论的主要代表。他提出“地球历史上发生过多次灾变造成生物灭绝”的观点。英国的莱伊尔是均变论的主要代表，1830 年他发表的划时代经典著作《地质学原理》标志着近代地质学体系的建立。他坚持“自然法则是始终一致”的观点，并提出将今论古的现实主义方法。在争论中，地质均变论逐

渐成为百余年来地质学及其研究方法的正统观点。

#### 四、发展时期 (公元 1840—1910 年)

随着工业化的发展，许多国家成立了地质学学术机构和调查机构，各工业国家都开展了区域地质调查工作，地质学从区域地质向全球构造发展，大规模的区域调查所取得的丰富资料使得全面的历史地质学及全球地质史的综合研究成为可能，也为全球构造理论的产生创造了条件，并推动了地质学各分支学科的迅速建立和发展。

其中重要的有：瑞士的阿加西等对冰川学的研究，以及英国的艾利、普拉特提出的地壳均衡理论；1857 年，美国的丹纳将霍尔 (美国古生物地层学家) 发现的长条形沉积盆地命名为地槽，有关山脉形成的地槽学说，经过霍尔和丹纳的努力最终确立起来；法国的贝特朗提出造山旋回概念，奥格对地槽类型的划分使造山理论更加完善；1885 年奥地利地质学家休斯提出地台概念，形成了统治地质学 100 多年的槽台学说。奥地利的休斯和俄国的卡尔宾斯基则对地台作了系统的研究；休斯的《地球的面貌》是 19 世纪地质学研究的总结，同时休斯用综合分析的方法，从全球的角度研究地壳运动在时间和空间上的关系，预示了 20 世纪地质学研究新时期的到来。1859 年达尔文完成科学巨著《物种起源》，他将赖尔的方法与生物变化的原始观测相结合，建立了生物进化论。1889 年，美国分析化学家克拉克 (F. W. Clarke, 1847—1931 年) 首次发表了元素在地壳中的平均含量，并由此奠定了地球化学的发展基础。

#### 五、现代地质学

现代地质学的特点为基础学科向纵深发展并开拓许多新的研究领域。进入 20 世纪以来，社会和工业的发展，使得石油地质学、水文地质学和工程地质学陆续形成独立的分支学科。在地质学各基础学科稳步发展的同时，由于各分支学科的相互渗透，数学、物理、化学等基础科学与地质学的结合，新技术方法的采用，导致了一系列边



缘学科的出现,如地球化学、古地磁学、海洋地质学、地质年代学等。

地震波的研究揭示了固体地球的圈层构造以及洋壳与陆壳结构的区别;高温高压岩石实验研究,为人们认识地壳深处地质过程提供了较为可靠的依据。所有这些都促进了地质学研究从定性到定量的过渡,并向微观和宏观两个方向发展。

1912—1915年间,德国气象学家、地质学家魏格纳(A.Wegener, 1880—1930年)创立了大陆漂移学说,出版了《海陆起源》一书。20世纪50~60年代,全球范围大规模的考察和探测,使地质学研究从地球浅部转向深部,从大陆转向海洋,海洋地质学有了迅速发展。同时古地磁学、地热学、重力测量都有重大进展,为新的全球构造理论的产生提供了科学依据。在这个基础上,魏格纳于1915年提出的与传统海陆固定论相悖离的大陆漂移说得以复活。

20世纪60年代初,美国的赫斯、迪茨提出的海底扩张假说较好地说明了漂移的机制。1965年

加拿大地质学家威尔逊(T.Wilson)提出转换断层的概念,并创用“板块”一词。1968年,法国学者勒皮雄和美国学者摩根同时提出板块构造说,用以说明全球构造运动的基本理论,它标志着新地球观的形成,使现代地质学研究进入一个新阶段。

地质科学发展到今天,人类发现地球是一个由多个圈层组成的,以不停的变化为主要特征的、复杂的、进化着的整体,各圈层之间存在着极其强烈而复杂的联系与作用,对它的研究需要多学科的相互交融,从而形成一套全新的地球科学思路和研究方法。20世纪80年代人类提出了地球系统科学的概念,并将最终目标锁定为透视和理解地球在所有时间尺度上的演化,同时将地球进化和内部运动列入研究日程,强调解决人类面临的10年到100年尺度的关键性问题是地球系统科学研究的重点。相信随着地球系统科学理念的普及和各学科科学家的共同努力,地球科学的明天将更加辉煌灿烂。

## 第四节 如何学好地质学

### 一、注意理论与实践相结合

地质学是一门实践性很强的学科。地质学的研究对象主要存在于野外,实践出真知,只有深入到大自然中去才能真正理解和掌握地质学。要注意室内与野外相结合,在野外宏观调查的基础上,结合室内微观的测试分析和模拟实验,包括一般的模拟泥巴实验、数字模拟、计算机模拟、高温高压试验等,注意定性定量相结合,才能获得对地质现象和地质过程的较为深入的认识。

### 二、建立认识地质事件的时空观念

地球时空具有宏大性,而人的视域的有限性和生命的短暂性给我们的地质研究带来极大的限

制;加之地质过程无法再现,地质记录亦具有间断性,这使地质学研究具有很大的难度。例如当我们研究晶体的结构时常用微米、纳米作为尺度单位,但我们研究造山作用时则以百万年作为时间单位等。因此,必须借助先进的技术手段来扩大我们的眼界,运用丰富的想象力和科学的论证来重塑地质历史过程;同时,还应注意将局部与整体相结合,宏观与微观相结合才能深入认识地质过程。有些地质现象,涉及空间大,人们无法得到全部的空间资料,这时,对整体现象的了解必须与局部相结合,如地质勘探探明地下矿藏的分布,是从点一线一面一体的空间思维过程。又如火山喷发是极其宏观的现象,但熔浆冷凝过程中矿物的形成又是微观的结晶过程。