

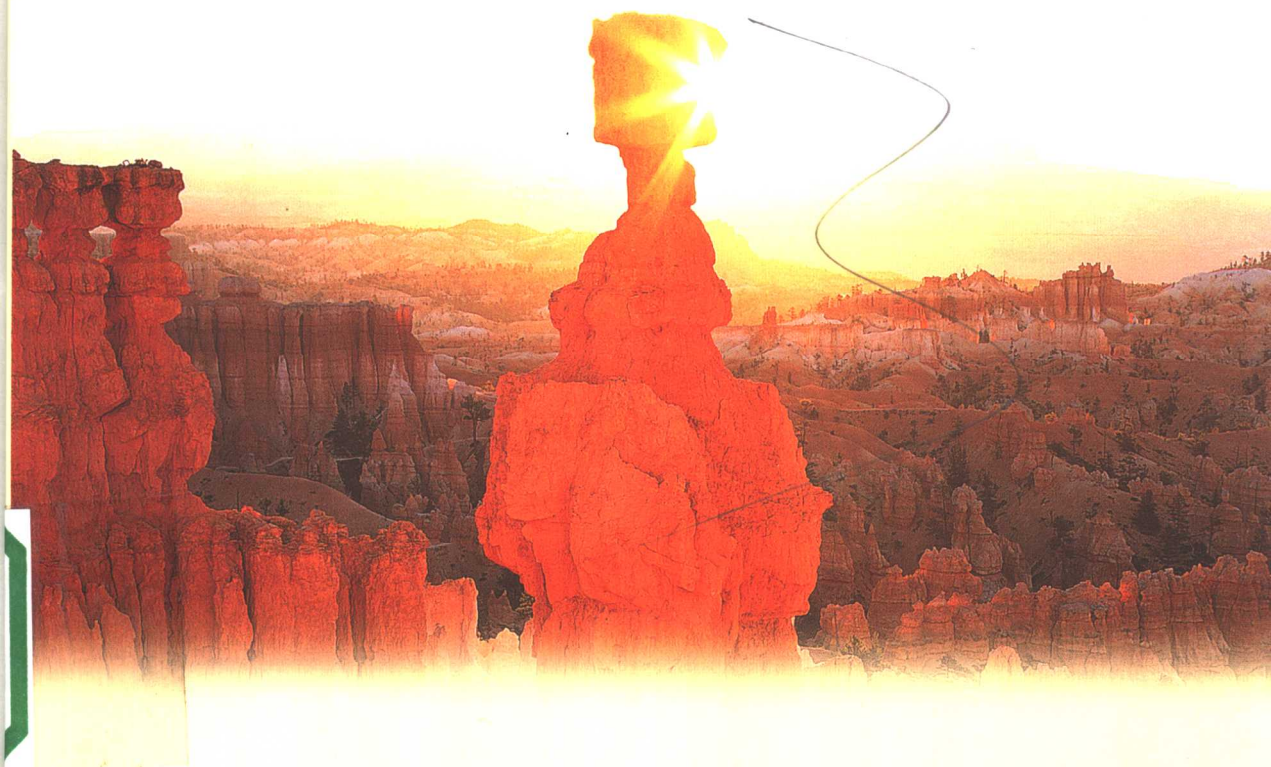


普通高等教育“十五”国家级规划教材

# 地质学基础

(第四版)

宋春青 邱维理 张振青 编著



高等教育出版社  
HIGHER EDUCATION PRESS



普通高等教育“十五”规划教材

# 地质学基础

(第四版)

宋春青 邱维理 张振青 编著



高等教育出版社

HIGHER EDUCATION PRESS

### 图书在版编目(CIP)数据

地质学基础/宋春青,邱维理,张振春编著. —4版.  
北京:高等教育出版社,2005.11  
ISBN 7-04-016565-1

I. 地... II. ①宋... ②邱... ③张... III. 地质学-高等学校-教材 IV. P5

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第112902号

策划编辑 徐丽萍 责任编辑 徐丽萍 封面设计 张楠  
责任绘图 朱静 版式设计 王莹 责任校对 俞声佳  
责任印制 孔源

---

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-58581118
社 址	北京市西城区德外大街4号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100011	网 址	<a href="http://www.hep.edu.cn">http://www.hep.edu.cn</a>
总 机	010-58581000		<a href="http://www.hep.com.cn">http://www.hep.com.cn</a>
经 销	北京蓝色畅想图书发行有限公司	网上订购	<a href="http://www.landaco.com">http://www.landaco.com</a>
印 刷	北京铭成印刷有限公司		<a href="http://www.landaco.com.cn">http://www.landaco.com.cn</a>
开 本	787×960 1/16	版 次	1978年1月第1版
印 张	30.25		2005年11月第4版
字 数	550 000	印 次	2005年11月第1次印刷
		定 价	37.40元

---

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 16565-00



<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
<b>第 1 节 地质学概述</b> .....	1
一、地质学的研究对象 .....	1
二、地质学的研究内容与学科划分 .....	2
三、地质学研究的特点和方法 .....	2
四、地质学研究的目的是 .....	5
<b>第 2 节 地质学发展简史</b> .....	7
一、萌芽时期(远古—1450) .....	7
二、奠基时期(1450—1750) .....	7
三、形成时期(1750—1840) .....	7
四、发展时期(1840—1910) .....	8
五、20 世纪地质学的发展(1910—1970) .....	9
六、现代地质学的发展趋势 .....	9
复习思考题 .....	12
<b>第 2 章 地球的基本特征</b> .....	13
<b>第 1 节 地球概况</b> .....	13
一、地球的形状和大小 .....	13
二、地球的物理性质 .....	16
<b>第 2 节 地球的圈层结构</b> .....	24
一、地球的外部圈层 .....	24
二、地球的内部圈层 .....	27
<b>第 3 节 地质作用及其能量来源</b> .....	34
一、基本概念 .....	34
二、地质作用的能量来源 .....	35
三、地质作用的分类 .....	36
复习思考题 .....	37
<b>第 3 章 矿物与岩石</b> .....	38
<b>第 1 节 概述</b> .....	38
一、矿物与岩石的概念 .....	38
二、矿物学与岩石学理论的建立 .....	39
<b>第 2 节 矿物</b> .....	41
一、矿物的基本特性 .....	41
二、矿物的分类 .....	55



三、重要矿物简述 .....	55
第3节 火成岩 .....	71
一、岩浆、岩浆作用和火成岩的概念 .....	71
二、喷出作用(火山作用) .....	72
三、侵入作用 .....	85
四、火成岩的成分 .....	88
五、火成岩的结构和构造 .....	91
六、火成岩的分类 .....	94
七、主要火成岩简介 .....	97
第4节 沉积岩 .....	101
一、沉积岩的形成过程 .....	102
二、沉积岩的特征 .....	118
三、沉积岩的分类和主要沉积岩 .....	128
第5节 变质岩 .....	138
一、变质作用的因素 .....	138
二、变质岩的特征 .....	140
三、变质作用类型与变质岩 .....	144
四、有关变质岩的几个问题 .....	151
复习思考题 .....	155
<b>第4章 构造运动和构造变动 .....</b>	<b>157</b>
第1节 概述 .....	157
一、关于构造运动的概念 .....	157
二、地壳构造与演化理论的建立 .....	158
第2节 构造运动的特征与表现 .....	160
一、构造运动的基本特征 .....	160
二、构造运动的证据 .....	163
三、岩层的产状和岩石变形 .....	169
第3节 褶皱构造 .....	178
一、褶皱的概念 .....	178
二、褶曲要素 .....	180
三、褶曲的形态分类 .....	181
四、褶曲在地质图上的表现 .....	186
五、褶皱的组合类型 .....	187
六、如何在野外认识褶皱构造 .....	190
七、研究褶皱构造的意义 .....	193
第4节 断裂构造 .....	194
一、节理 .....	194
二、断层及其几何要素 .....	204



三、断层的分类 .....	206
四、断层的组合类型 .....	214
五、怎样识别断层 .....	217
六、研究断层的意义 .....	224
七、韧性断层与区域性大断裂 .....	227
第5节 新构造运动与地震 .....	230
一、新构造运动 .....	230
二、关于地震的一些概念 .....	235
三、地震的成因和成因类型 .....	237
四、地震强度 .....	243
五、地震的时间和空间分布规律 .....	248
六、地震预报 .....	255
第6节 大地构造学说简介 .....	263
一、地槽-地台说 .....	263
二、多旋回构造运动说和地洼学说 .....	271
三、地质力学(地球自转速度变化说) .....	273
四、板块构造学说 .....	282
复习思考题 .....	300
<b>第5章 地壳演化简史 .....</b>	<b>302</b>
第1节 概述 .....	302
一、地层学理论的建立 .....	302
二、时间标尺的建立 .....	304
第2节 地壳历史的研究方法 .....	307
一、地层的划分与对比 .....	307
二、岩相古地理分析 .....	312
三、构造历史分析 .....	317
四、地层系统 .....	317
第3节 前寒武纪——太古宙和元古宙 .....	321
一、太古宙 .....	322
二、元古宙 .....	328
三、震旦纪 .....	336
第4节 早古生代 .....	340
一、动物界的第一次大发展——海生无脊椎动物时代 .....	340
二、加里东构造阶段世界古地理轮廓及地史特征 .....	343
三、早古生代中国地史概况 .....	346
第5节 晚古生代 .....	350
一、晚古生代生物界的飞跃发展 .....	351
二、海西构造阶段世界古地理格局变化及地史特征 .....	356





三、晚古生代中国地史概况 .....	361
第6节 中生代 .....	366
一、中生代生物界的新发展 .....	367
二、中生代全球大地构造和古地理演化 .....	372
三、中生代中国地史概况 .....	375
第7节 新生代 .....	381
一、古近纪 .....	382
二、新近纪 .....	387
三、第四纪 .....	390
复习思考题 .....	406
<b>第6章 地质学在资源与环境中的应用 .....</b>	<b>407</b>
第1节 矿产资源 .....	407
一、基本概念 .....	407
二、内生矿床 .....	410
三、外生矿床 .....	419
四、变质矿床和多成因矿床 .....	432
第2节 地下水资源 .....	436
一、含水层与隔水层 .....	436
二、地下水的类型 .....	439
三、储水构造 .....	440
四、地下水开采需要注意的问题 .....	442
第3节 工程建设的地质环境 .....	445
一、工业与民用建筑 .....	445
二、水利工程 .....	450
三、道路工程 .....	454
第4节 地质灾害与地球化学环境 .....	461
复习思考题 .....	462
<b>参考文献及指导读物 .....</b>	<b>463</b>
<b>第一版后记 .....</b>	<b>466</b>
<b>第二版后记 .....</b>	<b>467</b>
<b>第三版后记 .....</b>	<b>468</b>
<b>第四版后记 .....</b>	<b>470</b>
附表 地质年代表 .....	472

# 第 1 章

## 绪 论

### 第 1 节 地质学概述

自然科学的基础学科分为数学、物理学、化学、天文学、地学和生物学 6 大门类。地质学是地学(即地球科学)的重要组成部分。

#### 一、地质学的研究对象

地质学是以地球为研究对象的一门自然科学。

地球由内部圈层和外部圈层组成。内部圈层构成固体地球,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,由于观察、研究条件的限制,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),也涉及水圈、大气圈、生物圈和岩石圈下更深的部位,以及某些地外物质。

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。从地球表层向深部发展,出现了深部地质学;从大陆向海洋发展,出现了海洋地质学;从地球向外层空间发展,出现了月球地质学、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、地质学的研究内容与学科划分

地质学主要研究地球的物质组成、构造运动、发展历史和演化规律，并为人类的生存与发展提供必要的地质依据，主要是资源与环境条件的评价。按照研究的内容和性质，地质学可以划分出许多独立的分科(表1-1)。

表1-1仅仅列出地质学分科的主要部分，实际上每一分科还可以进一步划出许多分支，例如古生物学可以分成古动物学、古植物学、微体古生物学、超微体古生物学等。而古动物学又包括古无脊椎动物学、古脊椎动物学等。由此可见，地质学研究的内容是非常繁多而复杂的。

本书主要介绍地质学的基本知识和一般原理，以便使读者了解地质学的基本内容，掌握地质学的基本技能和研究方法，为进一步学习地质学、地理学及其他有关学科奠定专业基础。

表1-1 地质学分科简表

研究内容和性质		主要分科
地壳的物质组成、分类、成因及转化规律		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(历史地质学) 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 非常规能源学
	环境、人类生活和灾害防护	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

## 三、地质学研究的特点和方法

地质学的研究对象及其内容既不同于数学，也不同于物理学和化学，而



是具有它自己的特殊性，从而也具有它自己的研究方法。

### （一）地质学研究的特点

第一、地质学的研究对象涉及到悠久的时间和广阔的空间。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，而其中任何一个变化和事件，任何一粒矿物和一块岩石的形成和演化，往往要经历数百万年甚至数千万年的周期。对这些变化和事件，无法像研究人类历史那样，可以借助文字和文物；也不能像研究物理那样，可以单纯依靠在实验室中做实验，而必须靠研究分析地球本身发展过程中所遗留下来的各种地质记录。

同时，地球具有巨大的空间，在不同地点和不同深度，具有不同的物质基础和外界因素，因而有不同的发展过程。海洋和大陆、大陆的各部分、地球表层和深部，都有其不同的发展过程。因此，既要研究它们的共性，更要研究它们的差异性和相关性，才能全面、深入地找出地球的发展规律。

第二、地质现象具有多因素互相制约的复杂性。地质学所研究的对象和内容，从小到矿物组成的微观世界，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，从常温常压环境到目前还不能人为模拟的高温高压环境，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交换等等，充满着各种矛盾和相互作用的复杂过程。任何一种地质过程，都不可能是单一的物理过程或化学过程，地球自诞生以来，不仅形成了多姿多彩的矿物世界、岩石世界、海洋大陆、高山深谷，也出现和演化成了种类繁多的生物世界。众所周知，目前在实验室中即使合成最简单的生命物质，也是非常不容易的。地球演化到今天，产生出如此面貌，这固然与其具有人类历史所不能比拟的充分时间有关，同时也说明地球演化的地质过程是一个十分复杂的过程。

第三、地质学是来源于实践而又服务于实践的科学。但地质学必须首先是以地球为大课堂，以大自然为实验室，进行野外调查研究，大量掌握实际资料，进行分析对比归纳，得出初步结论，然后再用以指导生产实践，并不断修正补充和丰富已有的结论。远在数十万年前的旧石器时代，人类的祖先就是在制造石器的过程中，逐步掌握了一些岩石的特性，后来在铜器时代、铁器时代，人类又在生产活动中逐步掌握了寻找有用矿产的某些规律。近代以来，由于工矿业的发展，特别是相邻科学和现代技术的进步，又推动了地质学的突飞猛进，不断形成新的理论。

### （二）地质学的研究方法

地质学研究的上述特点决定了地质学的研究方法主要是在实践的基础



上,进行推理论证。推理的基本方法是演绎和归纳。演绎是由一般原理推出关于特殊情况下的结论。例如凡是岩石都是地壳发展历史的产物,花岗岩是一种岩石,所以花岗岩是地壳发展历史的产物。归纳是由一系列具体的事实概括出一般原理。例如在高山,发现成层的岩石,岩层中含有海生动物化石,说明高山的前身是海洋,这里曾经发生过海陆的变化。在地质学研究中,这两种推理方法都能用到,但归纳法则是更基本的方法。

### 1. 野外调查

为了认识地壳发展的客观规律,了解一个地区的地质构造和矿产分布情况,除了搜集和研究前人的资料外,必须进行野外调查研究和地质测量,积累大量感性资料,分析对比,归纳分类。通过“实践、认识、再实践、再认识”循环往复的形式,得出反映客观事物本质的结论。

### 2. 室内实验和模拟实验

室内实验也是进行调查研究的重要手段。在野外采集的各种样品,都要带回室内进行实验、分析和鉴定,例如岩矿鉴定、岩石定量分析、化石鉴定、同位素年龄测定等。为了生产的实际需要和探讨某些地质现象的成因和发展规律,有时需要利用已知岩矿的各种参数及物理、化学过程,进行模拟实验。虽然,这种实验结果的可靠性是相对的,但其重要性却日益增加。如目前可以制造出人工红宝石、石英、金刚石等,既有实用价值,又有助于了解自然界矿物、岩石、矿床的形成和分布规律。又如,在室内进行地质力学模拟实验,可以得出各种构造类型的形成条件和展布情况。

### 3. 历史比较法(现实类比法)

研究地球的历史,重塑地质时代的古地理环境,经常使用这种方法。著名英国地质学家莱伊尔(Charles Lyell, 1797—1875)在19世纪提出“以今证古”的研究方法。他认为当前正在进行着的各种地质作用和方式,和地质时期是一样的,所不同的只是量的差别。例如,目前在海洋里沉积的泥沙,其中夹杂着螺蚌壳,假如在高山地层中发现海生螺蚌壳化石,就可以判断这座高山所在曾经是一片海洋,并可得出结论,地表各处的山脉并不是从来就存在的,而是地壳历史发展的产物。莱伊尔认为地球上的一切地质记录——巨厚的地层、高大的山脉等,并不是什么剧烈的动力造成的。各种缓慢的为人难以察觉的地质作用,只要经过漫长的岁月,就可产生惊人的结果。这种理论被称为均变论(Uniformitarianism)。莱伊尔有一句名言:“现在是认识过去的钥匙”,意思是我们从现在的已知就可推求过去的未知,根据目前的地质过程和方式就可推断过去的地质过程和方式,从而恢复地质时代的历史。这种方法也叫做现实主义方法(原则)。

稍早一点,法国地质学家居维叶(G Cuvier, 1769—1832)认为地壳的变

化和生物的发展，不是自然界逐渐演化而成的，而是由于发生多次超越现在人类认识范围和经验的短暂而猛烈的剧变事件造成的。例如《圣经》上所说的大洪水，使一切生物遭到毁灭，上帝又来重新“创造”世界。“灾难—毁灭—再创造”，自然界按照这种过程，生物界不断形成新属种，如此反复，变化不已。这种观点与均变论正相反，被称为灾变论或剧变论(Catastrophism)。由于它否认生物演化，并带有浓厚的神的色彩，所以后来受到批判，逐渐为均变论所代替。均变论在反对当时灾变论、建立唯物主义的进化观点和研究方法中，曾经起了进步的作用。

但是，莱伊尔只强调缓慢变化的一面，未见到突变的一面；只谈量变，未谈质变；只认识到古今的一致性，未认识到古今还有差异性。过去不会和今天完全一样，今天也不会是过去的重演，地球的历史绝不会是简单的重复。同时，目前许多人认为在地球的长期发展过程中，不能排除曾经发生过若干次灾变或剧变事件。例如，大量陨石的撞击，地磁极的多次反转，地质历史上多次冰川时期的出现等，无疑都会影响地球发展的进程和各种平衡关系。

现代地质学接受了莱伊尔现实主义的合理部分，即以今证古的原理，同时也注意到地球发展的阶段性和不可逆性，以及在地球发展的不同阶段中自然条件的特殊性，例如大气成分不同、海陆分布形式不同、生物状况不同、地壳运动的方式和强烈程度不同等，因此各种地质作用如风化、侵蚀、搬运、沉积等作用的方式、速度也有差异。所以研究地球的历史，必须根据具体情况，用历史的、辩证的、综合的思想作指导，而不是简单地、机械地以今证古，才能得出正确的结论。这种方法就是历史比较法或现实类比法。

近年通过对地球的监测获得的许多数据，认为时间是地质事件及其结果的最好过滤器，也就是随着地球的发展和时间的延续，那些意义不大的地质事件及其结果都被筛掉或过滤掉了，从而使人们通过对某些作用结果的观测，比通过对不连续或微弱的信息直接监测地球的一般动力演化，可能会更正确地认识某些地质过程，更正确地研究现在，了解过去，预测未来。这种观点和莱伊尔的“以今证古”相反，而是“以古证今”，认为“研究过去是了解现在的钥匙(关键)”。实际上，这些不同观点可以起到互为补充的作用，古和今是一种辩证关系，以今可以证古，将古亦可论今，不可把它们对立起来。

#### 四、地质学研究的目 的

任何一门学科，其价值与生命力就在于能够满足人类的需求——包括物质需求与精神需求。地质学也不例外。为人类服务就是地质学的最终目的。

至于地质学可以在哪些方面为人类服务，从学科研究的角度可以概括为理论与实践两个方面。

地质学理论研究的目的就是要正确地认识地球和地球的发展历史。它一方面满足人类认识自然，欣赏自然的精神需求，另一方面也是满足人类物质需求的前提与基础。

人类出现在地球上已经有 300 多万年的历史。从最初利用岩石制造工具，人类便开始了对地球的探索，此后不断积累、丰富、修正关于地球的知识，直至建立系统的地质学科学体系。但时至今日，关于地球仍有许多尚未解开之谜，比如：地震活动的规律、地球深部的物质与能量运动、各圈层之间的相互影响，等等。地质学的理论研究就是逐步逼近正确、全面地认识地球的过程。此外，关于地球的起源、生命的起源等自然科学的基本理论问题，也离不开地质学的研究。

地质学研究的实践目的，就是在正确认识地球的基础上，指导人类寻找并合理开发利用矿产、地下水、油气等资源与能源，查明与防治地质灾害，为改善人类生存的地质环境服务。

人类对矿产资源的开发利用，是一个随着知识积累、技术进步不断扩展的过程。旧石器时代，人类主要利用坚硬的岩石打制石器——从大型粗笨的石球、石核，到小巧精致的石刀、箭镞。新石器时代，人类学会用黏土烧制陶器，用玉石制造饰品。进入青铜器时代、铁器时代，人类对多种金属矿产资源的利用已经相当普遍。伴随工业革命和工业现代化的技术发展，人类对各种矿产资源开发利用的能力迅速提高。在现代世界人口增长与消费膨胀的推动下，一方面人类对矿产资源开发、利用的种类和数量日益增加，有些资源甚至出现短缺的状况，另一方面资源的开发与消耗也造成环境的破坏与污染。因此，地质学不仅负有继续找出新的矿产资源以维持社会巨大需求的使命，而且还要担当起指导合理开发、保护矿产资源、防治环境恶化等重任。

地质灾害是天然地质过程与人类活动发生冲突而产生的。现代人类社会的发展已经达到空前的规模，人类活动几乎遍布整个地球，特别是人口密集、建筑集中的大城市，大大增加了地震、火山爆发、山崩、滑坡、泥石流、塌陷、海浪冲蚀、泥沙淤积、地面升降等地质作用造成人身或财产损失的机会。地质学的任务之一就是调查地质灾害的种类、性质与分布规律，为制定减灾防灾对策提供依据。

此外，特定地质条件下，土壤和地下水中所含的某些元素缺少或过多会危害人体的健康，而某些微量元素的存在对人体健康则是有益的。减轻或消除地质环境的负面影响，发挥地质环境的有利一面，也是地质学应用研究的重要方面。



## 第2节 地质学发展简史

人类对地质现象的观察和描述有着悠久的历史。但是作为一门科学，地质学成熟较晚，通常认为近代地质学到1840年才建立起来。地质学的发展历史可以根据地质知识发展的程度，并参照其社会文化背景分为6个阶段。

### 一、萌芽时期(远古—1450)

人类对岩石、矿物性质的认识可以追溯到远古时期。在中国，铜矿的开采在2000多年前即已达到可观的规模。春秋战国时成书的《山海经》、《禹贡》、《管子》中的某些篇章，以及古希腊的泰奥弗拉斯托斯的《石头论》(公元前4世纪)等作品是人类对岩矿知识的最早总结。

在开矿以及与地震、火山、洪水等自然灾害的搏斗中，人们逐渐认识到地质作用，并给予思辨性、猜测性的解释。中国《诗经·小雅·十月之交》有“高岸为谷、深谷为陵”的描述，反映当时对有关地质作用的认识。古希腊的亚里士多德提出，海陆变迁是“按着一定规律在一定时期发生的”。在漫长的中世纪时期，欧洲科学发展缓慢。这一时期，中国的沈括对海陆变迁、古气候变化、化石的性质做出了较为正确的解释。朱熹也比较科学地解释了化石的成因。在四川，天然气的钻井达到千米以上的深度，说明古代中国的工程地质技术已经达到一定的水平。

### 二、奠基时期(1450—1750)

欧洲的文艺复兴是科学与文化发展的转折点。这一时期，地球的历史开始有了比较科学的解释。意大利的达·芬奇、丹麦的斯泰诺 N、英国的伍德沃德 J、胡克 R 都对化石的生物成因作了论证。胡克还提出可以用化石来记述地球历史(1705)。斯泰诺则提出了地层层序律(1669)。在岩石学、矿物学方面，中国的李时珍在《本草纲目》(1578)中记载了200多种矿物、岩石和化石。德国的阿格里科拉 G 对矿物、矿脉生成过程和对水在成矿中作用的研究，开创了德国研究矿物学、矿床学的先河，在欧洲有着深远的影响。

### 三、形成时期(1750—1840)

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，使得人们对地球的认识从思辨性猜测转变为以野外观察为主的实证性研究。在中国，出现在17世纪的《徐霞客游记》就是对自然考察所获得的超越时代的成果。



来自不同地区的野外观察材料,使研究者们形成了不同的观点、不同的学派。这一时期,学派之间的争论十分活跃,不仅丰富了地质知识,更促进了地质学科学体系的形成。关于地层以及岩石成因的水成论和火成论的争论在 18 世纪末期非常激烈。德国的维尔纳 A G 是水成论的代表。他提出花岗岩和玄武岩都是沉积形成的,并根据萨克逊地区地质对岩层作了系统的划分(1787)。英国的赫顿 J 是火成论的代表。他认为结晶岩是地下深处熔融物质上升到地表结晶后形成的。层状岩石是海底沉积物受上部压力和地心热力作用,固结成岩后抬升,并形成陆地(1785、1795)。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,并逐渐形成一门独立的学科。19 世纪上半叶,有关灾变论和均变论的争论,对地质学的思想方法产生了历史性的影响。在争论中,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。

此外,古生物学、地层学方面由于英国史密斯 W(1815)、法国居维叶 G(1812)、拉马克 J-B de M(1815—1822)等的研究,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。矿物学沿着形态矿物学和矿物化学方向发展,美国丹纳 J D 的《矿物学系统》(1837)标志着经典矿物学的成熟。1829 年,英国尼科尔 W 发明了偏光显微镜,使得 19 世纪后半叶显微岩石学迅速发展成为可能。法国博蒙 E de 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了重大影响。

这一时期,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。特别是“均变论”作为地质科学的基本思想和方法论已经确立。因此,可以认为地质学建立的工作已经完成。

#### 四、发展时期(1840—1910)

随着工业化的发展,各工业先进国家都开展了区域地质调查工作,使地质学从区域地质向全球构造发展,并推动了地质学各分支学科的迅速建立和发展。其中重要的有瑞士阿加西 J L R 等人对冰川学的研究(1837、1840)以及英国艾里 G B(1855)、普拉特 J H(1859)提出的地壳均衡理论。有关山脉形成的地槽说经过美国的霍尔 J(1859)和丹纳 J D(1873)的努力最终确立起来。法国贝特朗 M A 提出造山旋回概念(1887),奥格 G-É 对地槽系和大陆区的划分(1900)以及德国施蒂勒 W H 对地槽类型的划分(1924)使造山理论更加完善。奥地利修斯 E 和俄国的卡尔宾斯基 A П 则对地台作了系统的研究。对阿尔卑斯构造的研究,推动了全球构造的研究。修斯 E 的《地球的面貌》(1883—1909)是 19 世纪地质学研究的总结。同时修斯从全球的角度



来研究地壳运动在时间和空间上的关系的综合分析方法预示了20世纪地质学研究新时期的到来。

## 五、20世纪地质学的发展(1910—1970)

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。同时,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。

挪威的戈德施密特 V M, 苏联的费尔斯曼 A E, 维尔纳茨基 В И 创立了地球化学。英国霍姆斯 A 应用放射性蜕变原理进行了地质年代学的研究。地球物理手段与地质学相结合, 导致了一系列的重大发现。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部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。

20世纪五六十年代, 全球范围大规模的考察和探测, 使地质学研究从浅部转向深部, 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, 为新全球构造理论的产生提供了科学依据。在这基础上, 德国魏格纳 A 于1912年提出的、与传统海陆固定论相悖的大陆漂移说得以复活。60年代初, 美国的赫斯 H H、迪茨 R S 提出海底扩张理论较好地说明了漂移的机制。加拿大的威尔逊 J T 提出转换断层, 并创用“板块”一词。60年代中期美国摩根 W J、法国勒皮雄 X 等提出板块构造说, 用以说明全球构造运动的基本原因和运动模式。板块构造说被称之为新全球构造理论, 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。

## 六、现代地质学的发展趋势

20世纪70年代以来, 一方面, 人类社会对各类自然资源日益增加的需求, 全球变化及其对人类生存环境的影响, 均对地质学的研究提出了更高的要求; 另一方面, 大量地质资料的积累, 学科之间的交叉、渗透, 尤其是航空、航天、计算机、深部钻探等高科技手段的应用, 使得地质学获得了更为有利的发展机遇。现代地质学的发展具有以下特点。

① 地质学观察与研究的范围和领域日益扩大。在空间上, 不但能通过直接或间接的方法逐步深入到岩石圈深部, 而且对月球、太阳系部分行星及其卫星的某些地质特征, 将有更多的了解。陆地深钻技术将超过现有的10 000余米水平, 洋壳和位于大陆坡底的巨厚沉积层的秘密将进一步被揭



示,石油开发的边界会继续扩大。同时,新型自容式潜艇建成后,也将使观察深度从已达到的3 000 m加深到6 000 m左右,除少数特别深的海沟以外,海底的其他主要部分都有可能被人观察到。在时间上,继35亿年以前底栖微生物群的发现,以及其他古生物迹象的证实,将会加深人们对地球(尤其是地壳)的了解。同时与人类社会最接近的一段时间(第四纪)的地质历史的研究也将更精细。

② 地质学研究的精度与深度随着多学科的合作而不断提升。数学、物理学、化学、生物学、天文学等其他学科的发展和向地质学的进一步渗透,先进技术在地质工作中的使用,同精细、深入的野外地质工作相结合,会使人们有可能对更多的地质现象和规律做出更精确、科学的解释,进行更深入和本质性的研究。

③ 实验与模拟成为地质学研究的重要手段。实验地质学的发展使地质学的研究从以野外观察、描述、归纳为主,发展到归纳与演绎并重的阶段。实验技术的进一步改进,计算机模型的应用,使得一些极端地质条件可以在实验室中获得,如高温高压环境,从而可以模拟更为复杂的多种可变因素的地质作用,并把时间因素也纳入模拟实验之中。

④ 全球构造理论不断补充完善。板块构造理论树立了全新的地球观,开创了地质学的新时代。但是,板块构造理论也不是没有缺陷的,以海洋地质为主要证据的板块理论,对大陆构造历史的解释存在局限性。来自各大陆的有关不同地质历史时期的新资料将在很大程度上检验和发展板块构造学说,进而会产生一些新的理论和学说。

⑤ 资源与环境是地质学服务社会的重要方面。开发地球资源与能源是人类社会发展的需要,也是地质学服务社会的一个传统领域。面对当今经济发展,有关矿产资源和新能源的研究,仍处于最重要的地位,因而将继续深入。海底含油、气地层,以及洋底多金属结核和现代成矿作用等的形成机理研究会有新的进展,从中国以及各大洲的成矿带、成矿区的区域地质发展历史全过程出发,按不同成矿时代分别研究区域成矿的规律性,尤其是不同地质背景下所形成的矿组或跨矿组的成矿系列的发生、发展规律,也将取得新的成就。非金属矿床、放射性矿床、地热资源以及其他矿产的综合利用将显著发展。同时,由于区域成矿研究的需要,将进一步加强区域地质的综合研究,并促进地层学、古生物学、沉积学、构造地质学、地质年代学以及区域岩浆活动研究、变质地质研究等向新的水平发展。

人类的生存与发展不仅需要资源,更需要良好的环境。人类赖以生存的自然环境是地球长期演化的结果,这种演化的地质过程可能是缓慢的、难以察觉的,也可以是急剧的、灾难性的。人类必须适应自然环境的这种动态平