

中国大百科全书

地质学

中国大百科全书出版社

北京·上海

1993. 4

中国大百科全书

· 地 质 学 ·

中国大百科全书总编辑委员会《地质学》编辑委员会

中国大百科全书出版社编辑部编

中国大百科全书出版社 出版发行

(总社：北京阜成门北大街17号 分社：上海古北路550号)

新华书店经销 上海海峰印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 50 插页 34 字数 1,656,000

1993年4月第一版 1993年4月第一次印刷

ISBN 7-5000-0388-9/P·8

精装(甲)国内定价：71.20元

(沪)新登字402号



中国大百科全书

中国大百科全书出版社

中国大百科全书总编辑委员会

主 任 胡乔木

副主任 (按姓氏笔画顺序)

于光远	贝时璋	卢嘉锡	<u>华罗庚</u>	<u>刘瑞龙</u>	严济慈
吴阶平	沈 鸿	<u>宋时轮</u>	<u>张友渔</u>	<u>陈翰伯</u>	陈翰笙
武 衡	<u>茅以升</u>	<u>周 扬</u>	周培源	<u>姜椿芳</u>	夏征农
钱学森	梅 益	裴丽生			

委 员 (按姓氏笔画顺序)

丁光训	于光远	马大猷	<u>王 力</u>	<u>王竹溪</u>	王绶琯
王朝闻	牙含章	贝时璋	艾中信	叶笃正	卢嘉锡
<u>包尔汉</u>	冯 至	司徒慧敏	吕 骥	吕叔湘	朱洪元
朱德熙	任新民	<u>华罗庚</u>	刘开渠	<u>刘思慕</u>	<u>刘瑞龙</u>
许振英	<u>许涤新</u>	孙俊人	<u>孙毓棠</u>	<u>杨石先</u>	杨宪益
苏步青	李 珩	李国豪	李春芬	严济慈	肖 克
吴于廑	吴中伦	吴文俊	吴阶平	吴作人	<u>吴学周</u>
吴晓邦	邹家骅	沈 元	沈 鸿	宋 健	<u>宋时轮</u>
张 庚	张 震	<u>张友渔</u>	张含英	<u>张钰哲</u>	陆 达
陈世骧	陈永龄	<u>陈维稷</u>	陈虞孙	<u>陈翰伯</u>	陈翰笙
武 衡	林 超	<u>茅以升</u>	罗竹风	季 龙	季羨林
<u>周 扬</u>	周有光	周培源	孟昭英	柳大纲	胡 绳
<u>胡乔木</u>	<u>胡愈之</u>	荣高棠	赵朴初	<u>侯外庐</u>	侯祥麟
段学复	俞大绂	<u>宦 乡</u>	<u>姜椿芳</u>	费孝通	贺绿汀
夏 衍	<u>夏 鼐</u>	夏征农	钱令希	钱伟长	钱学森
钱临照	<u>钱俊瑞</u>	<u>倪海曙</u>	殷宏章	<u>翁独健</u>	唐长孺
唐振绪	陶 钝	梅 益	黄秉维	曹 禺	董纯才
程裕洪	傅承义	曾世英	曾呈奎	谢希德	裴丽生
<u>潘 菽</u>	<u>潘念之</u>				

地质学编辑委员会

主 任 程裕淇

副主任 王鸿祯

委 员 (按姓氏笔画顺序)

马杏垣	王鸿祯	边兆祥	朱 夏	刘广志	孙广忠	孙殿卿
杨 起	李廷栋	谷德振	张宗祜	张炳熹	陈发景	钱祥麟
徐克勤	郭文魁	涂光炽	黄汲清	董申保	程裕淇	谢学锦
潘兆橹						

分支编写组

综 论	主 编	程裕淇	王鸿祯			
	副主编	张倬元				
	成 员	李鄂荣	吴凤鸣	李德本	陶世龙	杨静一
矿 物 学	主 编	潘兆橹				
	副主编	陈 武	罗谷风			
	成 员	曹正民	陈代璋			
岩 石 学	主 编	程裕淇				
	副主编	周新民	宋天锐	贺同兴		
	成 员	游振东	张鹏飞	贺高品		
矿 床 地 质 学	主 编	郭文魁				
	副主编	翟裕生	冯钟燕			
地 球 化 学	主 编	涂光炽				
	副主编	赵伦山	赵振华			
构 造 地 质 学	主 编	钱祥麟				
	副主编	俞鸿年	宋鸿林	刘和甫		
	成 员	朱志澄	许志琴	钟嘉猷	刘瑞珣	
地 质 力 学	主 编	孙殿卿				
	副主编	曾问渠	李东旭			

地 史 学	主 编	王鸿祯			
	副主编	刘本培	侯鸿飞		
	成 员	张文堂	郭鸿俊	张守信	郑家坚
区 域 地 质 学	主 编	李廷栋			
	副主编	马文璞	耿树方		
石 油 地 质 学	主 编	陈发景			
煤 地 质 学	主 编	杨 起			
	副主编	李宝芳			
水 文 地 质 学	主 编	张宗祜			
	副主编	朱学愚	阎锡屿		
	成 员	任福弘	张人权	钟佐桑	
工 程 地 质 学	主 编	孙广忠			
	副主编	李铁汉	孔德坊		
	成 员	李生林	李毓瑞	古 迅	
探 矿 工 程	主 编	刘广志			
	副主编	杜祥麟	耿瑞伦		
	成 员	王让甲	陈恒岚	王光慎	
地 球 物 理 勘 探	主 编	谭承泽			
地 球 化 学 勘 查	主 编	谢学锦			

前 言

《中国大百科全书》是我国第一部大型综合性百科全书。

中国自古以来就有编辑类书的传统。两千年来曾经出版过四百多种大小类书。这些类书是我国文化遗产的宝库，它们以分门别类的方式，收集、整理和保存了我国历代科学文化典籍中的重要资料。较早的类书有些已经散佚，但流传或部分流传至今的也为数不少，这些书受到中国和世界学者的珍视。各种类书体制不一，多少接近百科全书类型，但不是现代意义的百科全书。

十八世纪中叶，正当中国编修庞大的《四库全书》的时候，西欧法、德、英、意等国先后编辑出版了现代型的百科全书。以后美、俄、日等国也相继出版了这种书。现代型的百科全书扼要地概述人类过去的知识和历史，并且着重地反映当代科学文化的最新成就。二百多年来，各国编辑百科全书积累了丰富的经验，在知识分类、编辑方式、图片配备、检索系统等方面日益完备和科学化。今天，百科全书已经在人类文化活动中起着十分重要的作用，各种类型的和专科的百科全书几乎象辞典那样，成为人们日常生活的必需品。

一向有编辑类书传统的中国知识界，也早已把编辑现代型的百科全书作为自己努力的目标。本世纪初叶就曾有人试出过几种小型的实用百科全书，包括近似百科型的辞书《辞海》。但是，这些书都没有达到现代百科全书的要求。

中华人民共和国成立之初，当时的出版总署曾考虑出版中国百科全书，稍后拟定的科学文化发展十二年规划也曾把编辑出版百科全书列入规划，1958年又提出开展这项工作的计划，但都未能实现。

直到1978年，国务院才决定编辑出版《中国大百科全书》，并成立中国大百科全书出版社，负责此项工作。

因为这是中国第一部百科全书，编辑工作的困难是可想而知的。但是，由于读书界的迫切要求，不能等待各门学科的资料搜集得比较齐全之后再行编辑出版；也不能等待各学科的全部条目编写完成之后，按照条目的汉语拼音字母顺序，混合编成全书，只能按门类分别邀请全国专家、学者分头编写，按学科分类分卷出版，即编成一个学科（一卷或数卷）就出版一个学科的分卷，使全书陆续问世。这不可避免地要带来许多缺点，但是在目前情况下不得不采取这种做法。我们准备在出第二版时，再按现在各国编辑百科全书一般通行的做法，全书的条目不按学科分类，

而按字母顺序排列，使读者更加便于寻检查阅。《中国大百科全书》第一版按学科分类分卷，每一学科的条目还是按字母顺序排列，同时附加汉字笔画索引和其他几种索引，以便查阅。

《中国大百科全书》的内容包括哲学、社会科学、文学艺术、文化教育、自然科学、工程技术等各个学科和领域。初步拟定，全书总卷数为80卷，每卷约120~150万字（包括插图、索引）。计划用十年左右时间出齐。全书第一版的卷数和字数都将超过现在外国一般综合性百科全书，但与一些外国百科全书最初版本的篇幅不相上下。我们准备在第二版加以调整和压缩。

《中国大百科全书》按学科分卷出版，不列卷次，每卷只标出学科名称，如《哲学》、《法学》、《力学》、《数学》、《物理学》、《化学》、《天文学》等等。

全书各学科的内容按各该学科的体系、层次，以条目的形式编写，计划收条目10万个左右。各学科所收条目比较详尽地叙述和介绍各该学科的基本知识，适于高中以上、相当于大学文化程度的广大读者使用。这种百科性的参考工具书，可供读者作为进入各学科并向其深度和广度前进的桥梁和阶梯。

中国大百科全书出版社，除编辑出版《中国大百科全书》之外，还准备编辑出版综合性的中、小型百科全书和百科辞典，与专业单位共同编辑出版各种专业性的百科全书，以适应不同读者的需要。

《中国大百科全书》的编辑工作是在全国各学科、各领域、各部门的专家、学者、教授和研究人员的积极参加下进行的，并得到国家各有关部门、全国科学文化研究机关、学术团体、大专院校，以及出版单位的大力支持。这是全书编辑工作能够在困难条件下进行的有力保证。在此谨向大家表示诚挚的感谢，并衷心希望广大读者提出批评意见，使本书在出第二版的时候能有所改进。

《中国大百科全书》编辑部

1980年9月6日

凡 例

一、编 排

1. 本书按学科(知识门类)分类分卷出版。一学科(知识门类)辑成一卷或数卷,或几个学科(知识门类)合为一卷。

2. 本书条目按条目标题的汉语拼音字母顺序并辅以汉字笔画、起笔笔形顺序排列。同音时按汉字笔画由少到多的顺序排列,笔画数相同的按起笔笔形一(横)、丨(竖)、丿(撇)、丶(点)、㇀(折,包括乚、乚、乚等笔形)的顺序排列。第一字相同时,按第二字,余类推。条目标题以拉丁字母开头的,排在汉语拼音相应字母部的开头部分;条目标题以希腊字母开头的,按希腊字母的习惯发音,分别排在汉语拼音字母部的相应位置。

3. 各学科(知识门类)卷在条目分类目录之前一般都有一篇介绍本学科(知识门类)内容的概观性文章。

4. 各学科(知识门类)卷均列有本学科全部条目的分类目录,以便读者了解本学科的全貌。分类目录还反映出条目的层次关系,例如:

矿床地质学.....	345
矿床学(见矿床地质学).....	350(345)
矿床.....	342
矿体.....	353
围岩(见矿体).....	549(353)
同生矿床.....	532
后生矿床(见同生矿床).....	268(532)

5. 学科(知识门类)与学科(知识门类)之间相互交叉的知识主题,在相关学科卷中有时均设有条目,例如“地貌学”、“风化作用”在本卷和《地理学》卷均设有条目,但释文内容分别按各学科的要求有所侧重。

条目标题

6. 条目标题多数是一个词,例如“矿物”、“岩石”;一部分是词组,例如“钻孔地球物理勘探”。

7. 条目标题上方加注汉语拼音,多数的条目标题附有对应的外文,例如 ^{zhezhou}褶皱 (fold)。

三、释 文

8. 本书条目的释文力求使用规范化的现代汉语。条目释文开始一般不重复条目标题。

9. 较长条目设置释文内标题。标题层次较多的条目,在释文前列有本条释文内标题的目录。

10. 一个条目的内容涉及其他条目并需由其他条目的释文给以补充的,采用“参见”的方式。所参见的条目标题在本条释文中出现的,用楷体字排印,例如“地质作用”条释文:“外力地质作用分为河流的地质作用、地下水的地质作用、冰川的地质作用、湖泊和沼泽的地质作用、风的地质作用和海洋的地质作用等。”所参见的条目标题未在本条释文中出现的,另用括号加“见”字标出,例如“地质图”条释文:“地质图一般是通过野外实地勘测填绘而成的(见地质填图)。”

11. 条目释文中出现的外国人名、地名,一般不附原文。外国人名和著作名在内容索引中注出原文。释文中的外国人名,在姓的前面加上外文名字的缩写,例如W. M. 戴维斯。

四、插 图

12. 本书在条目释文中配有必要的插图。

13. 彩色图汇编成插页,并在有关条目释文中注明“(参见彩图插页第××页)”。

五、参考书目

14. 在重要条目的释文后附有参考书目,供读者选读。

六、索 引

15. 本书各学科(知识门类)卷均附有全部条目的汉字笔画索引、外文索引和内容索引。

七、其 他

16. 本书所用科学技术名词以各学科有关部门审定的为准,未经审定和尚未统一的,从习惯。地名以中国地名委员会审定的为准,常见的别译名必要时加括号注出。

17. 本书字体除必须用繁体字的以外,一律用《简化字总表》所列的简化字。

18. 本书所用数字,除习惯用汉字表示的以外,一般用阿拉伯数字。

地 质 学

程裕淇 陶世龙 杨静一

地质学是关于地球的物质组成、内部构造、外部特征、各圈层间的相互作用和演变历史的知识体系。在现阶段,由于观察、研究条件的限制,主要以岩石圈为研究对象,也涉及水圈、气圈、生物圈和岩石圈下更深的部位,以及某些地外物质。

地球自形成以来,经历了约 46 亿年演化过程,进行着错综复杂的物理、化学变化,同时还受到天文变化的影响。地球的各个圈层均在不断演变,约在 35 亿年前,出现了生命现象。于是,生物作为一种地质营力,时时在改变着地球的面貌。最晚在距今 200~300 万年,开始有人类出现。地球成为人类栖身之所,衣食之源。人类为了生存和发展,一直在努力适应和改变周围的环境。利用坚硬岩石作为用具和工具,从矿石中提取铜、铁等金属制造工具,对人类社会的历史产生过划时代的影响。观察、研究地球,利用地球资源,对地球的现状、历史和将来建立起科学的系统认识,是人类社会继续向前发展的需要。

人类对地球及其演化规律的认识,经历了漫长的过程。由于地球具有 1.083×10^{12} 立方公里这样庞大的体积,人类感官所能直接观察到的只是地球的表层和局部:那些发生在地球上的地质作用过程可以长达千百万年乃至亿万年,无论是个人或整个人类,都难以重复验证;这些地质作用,在不同时期、不同地区,各有特点。因此,只有人类的认识能力达到较高水平时,才能建立起对地球总体的科学认识。具有现代科学意义的地质学,是 19 世纪 30~40 年代才形成的。到 20 世纪,以地球为对象,从不同角度和范围进行研究的学科,除地质学外,地理学、海洋科学、大气科学、水文科学、固体地球物理学、地球化学等都发展起来,形成了比较完整的地球科学体系。地质学是其中起骨干作用的基础学科。

随着社会生产力的发展,人类活动对地球的影响越来越大,地质环境对人类生产和生活的制约也越来越明显。合理有效地利用地球资源、维护人类的生存环境,已成为当今世界所共同关注的问题。用各种现代科技手段和方法取得地质资料,进行综合研究,扩大地质学的研究深度、范围和服务领域,已成为 20 世纪 60 年代以来地质学发展的总趋势。

本文根据地质学已取得的成果,对它的研究对象、特点、学科体系、发展简史和趋势,作概要介绍,详细的内容由本卷各有关条目分别阐述。

地质学的研究对象

地质学的研究对象包括以下各方面。

地球的内外圈层 地球的平均半径为 6 371 公里,其核心可能是以铁、镍为主的金属,称为地核,其半径长约 3 400 余公里。在地核之外,为厚度近 2 900 公里的地幔。地幔之外是厚薄不一的地壳,已知最厚处达 75 公里,最薄处仅 5 公里左右,平均厚度约 35 公里。(参见彩图插页第 1 页)

地核的内层(内核)为固体,或认为是因受压力强大[($3.33 \sim 3.67$) $\times 10^{11}$ 帕]、原子壳层已破坏的超固态体;外层因弹性横波不能通过而被解释为具有液体的性质,还推测有电流在其

中运动,被认为是地球磁场的本源,外层的厚度约为 2 220 公里。

地幔下部为含有较多的金属硫化物和氧化物的非晶质固体物质。地幔上部成分与橄榄岩大致相当,其与地壳相接部分和地壳均具有刚硬的性质,合称为岩石圈,厚约 60~120 公里。在岩石圈之下为一层具有塑性、可以缓慢流动、厚约 100 公里的软流圈。

地壳表面的海洋、湖沼、河流等水体,约占地表总面积的 74%。呈液态的地表水与冻结在两极地区及高山上的冰川,以及土壤、岩石中的地下水,组成地球的水圈。

地球的外层是大气圈。大气质量的 99.999%集中在离地面 100 公里的空间以内,并且主要集中于高度不超过 16 公里的近地面的空中,成分以氮和氧为主。离地面越远,大气越稀薄,大气成分也有变化。到 1 000 公里上下,变成以氧为主;2 400 公里上下,变成以氮为主;再往外,主要是氢的微粒。在 100 公里左右以上,大气逐渐不能保持分子状态,而以带电粒子的形态出现,其稀薄的程度超过人造的真空。带电粒子受到地球磁场的控制,形成一个能够阻挡来自太阳及宇宙的高速带电粒子流冲击的磁层。

地球的水圈和大气圈通过水的蒸发、凝结、降水和气体的溶解、挥发等方式互相渗透和影响。固体的地球界面上下,是大气和水活动的场所。岩石圈的物质也不断运动并通过火山喷发等形式进入水圈和大气圈。生物生存在岩石圈、水圈和气圈的交接带,形成一个不连续的生物圈。地球各圈层的相互作用不断改变着地球的面貌。地球的质量为 5.976×10^{27} 克,其中大气圈的质量占不到百万分之一,水圈则仅占千分之一左右,但它们对岩石圈特别是对人类的影响极大。地球的这些圈层,是由于组成物质的重力分异作用而逐渐形成的。地球上任何质点均受到地球引力和惯性离心力的作用,这两种力的合力就是重力。地球表面重力吸住了大气和水,并对它们的运动产生影响。

地球内部的圈层构造,主要是依据地震波在其中的传播速度不同而划分出来的,各圈层组成物质的物理性质的不同决定着速度的变化,同时也反映出化学成分的差异。

矿物和岩石 在地球的化学成分中铁的含量最高(35%),其他元素依次为氧(30%)、硅(15%)、镁(13%)等。就地壳计算,氧最多(46%),其他依次为硅(28%)、铝(8%)、铁(6%)、镁(4%)等,共 92 种元素。这些元素多形成化合物,少量为单质,它们的天然产出即为矿物。

矿物具有确定的或在一定范围变化的化学成分和物理特征。组成矿物的元素,其原子多是按一定的形式在三维空间内周期性重复排列,具有自己的结构,成为晶体。晶体的外部形态在外界条件适合,得到正常发育时,表现为规则的几何多面体,但很多时候没有条件形成这样规则的外貌。还有少量矿物没有结晶,为非晶质。(参见彩图插页第 17~24 页)

矿物在地壳中常成集合体产出,这种集合体可以由一种也可以由多种矿物组成,在地质学中被称为岩石。(参见彩图插页第 25~28 页)

地球上的矿物已知有 3 300 多种。在岩石中常见的矿物只有 20 多种,其中又以长石、石英、辉石、闪石、云母、橄榄石、方解石、磁铁矿和粘土矿物为最多,除方解石和磁铁矿外,它们的化学成分都以二氧化硅为主,石英全为二氧化硅组成,其余则均为硅酸盐矿物。

由硅酸盐熔浆(岩浆)凝结而成的火成岩(或称岩浆岩)构成了地壳的主体,按体积和重量计都最多。但在地面最常见到的则是沉积岩,它是早先形成的岩石破坏后,又通过物理或化学作用在地球表面(大陆或海洋)的低凹部位沉积,经过压实、胶结再次硬化,形成具有层状构造特征的岩石。在地壳中,在大大高于地表的温度和压力作用下,岩石的结构、构造或矿物成分发生变化,形成不同于火成岩或沉积岩的变质岩。火成岩、沉积岩、变质岩是地球上岩石的三

大类别。火成岩中玄武岩、花岗岩类岩石是地壳中最具有代表性的岩石，是构成大陆的主要岩类。形成时代最早的花岗岩年龄达 39 亿年，而玄武岩则是构成海洋所覆盖的地壳的主要物质，现今各大洋底上的玄武岩均较年轻，一般不超过 2 亿年。

地层和古生物 地层是地质历史的重要记录。它们以成层的岩石为主体，随着时间的推移而在地表低凹部位形成。狭义的地层专指已固结的成层的岩石（沉积岩和火山岩类），有时也包括尚未固结成岩的松散沉积物。依照沉积的先后，早形成的地层居下，晚形成的地层在上，这是地层层序关系的基本原理，称为地层层序律。地层在形成以后，由于受到地壳剧烈运动的影响，改变原来的位置，会产生倾斜甚至倒转，但只要能查明其形成和变形的时间，仍可以恢复其原始的层序。在同一时间，地球上各处环境不同，在不同环境中形成的地层各有特点。在地表的隆起部位，不仅不能形成新的地层，还会因受到剥蚀而使已经形成的地层消失。

因此，地层学是研究各地区地层的划分，确定地层的顺序和相邻地区地层在时间上的对比关系的专门学科。它是地质学的基础，也是地质学中最早形成的学科。

上下相邻地层之间，或因上下地层倾角不同而表现出不连续或不整合；或因组成物质的明显差异而具有明显的界限。但有时上下相邻的地层之间，界限不清楚，表现为过渡关系，这就需要对地层的岩石，特别是对所含古生物的化石作深入研究，才能作出划分。

从沉积学的角度研究地层，查明它的沉积环境及形成过程；从古生物学的角度研究地层中所含化石，运用生物演化规律确定地层的时代顺序，这是地层学研究的两大方面。古生物学的研究具有奠定基础的意义，传统的地层学就是由此开端，主要研究地层的时代顺序。

古生物是指在地质历史时期，在地球上生存过的各类生物，一般已经绝灭，它们的少量遗体 and 遗迹形成化石保存在地层中。研究这些化石，可以了解地质历史上生物的形态、构造和活动情况。对各种古生物进行分类，可以认识生物的演化关系。依据地层中所含化石，可以断定地层的层序。生物演化的不可逆性和阶段性，使这种判断具有可靠的根据。古生物的分布和生活习性，还反映出当时地理环境的特点。古生物的研究是地质学也是生物学的重要组成部分。

地质构造和地质作用 地球表层的岩层和岩体，在形成过程中及形成以后，都会受到各种地质作用力的影响，有的大体上保持了形成时的原始状态，有的则产生了形变。它们具有复杂的空间组合形态，即各种地质构造。断裂和褶皱是地质构造的两种最基本形式。

从覆盖全球的大陆和洋底，到一块岩石标本，都具有自己的构造。岩层、岩体本身的物理、化学性质和形成条件的不同，使这些构造各有特点。地质学把它们作为重要的研究对象来追索、认识历史上发生过的各种地质变动。

地球的岩石圈，已经并还在发生着全球规模的板块运动。板块构造学是 20 世纪地质学达到的对地质构造及地质作用的新认识。其基本内容是，岩石圈是地球中最刚硬的部分，它飘浮在地幔中具有塑性、局部熔融、密度较大的软流圈之上。岩石圈中存在着许多很深很大的断裂，这些断裂把岩石圈分割成被称为板块的巨大块体。全球可分为六大板块。

一般趋向认为，主要是地球内部热的分布不均匀所引起的物质对流运动，使岩石圈破裂成为板块。板块形成后继续运动，发生分离、碰撞等事件。地幔中的熔融物质沿板块间的拉张断裂带挤入，并不断向断裂两侧扩展，形成新的洋壳，而部分板块则随着载荷它的软流圈物质向下移动而俯冲消失于地幔之中。

板块运动被认为是使地壳表层发生位置移动，出现断裂、褶皱以及引起地震、岩浆活动

和岩石变质等地质作用的总原因，这些地质作用总称为内力地质作用。内力地质作用改变着地壳的构造，同时为地貌的形成打下基础。这就是说板块运动能够解释地壳中岩石的变形，包括区域的和整个地壳的。

产生内力地质作用的能源，在现阶段一般推测，主要是放射性元素蜕变释放的热能和地幔重熔形成的热能。这些能量，部分传导到地面散失，大量的内热由于岩石导热性差，在地下聚积，成为产生各种内力地质作用的动力。还有人认为，地球自转所产生的能也是产生内力地质作用的因素之一。

来自太阳的热能，是引起大气和水不断运动的主因，同时给生物的繁殖以能量，并直接对岩石圈施加影响。这一切活动的结果，使地表的凸出部分受到风化、侵蚀等作用的破坏，破坏的产物在低凹的部位沉积起来形成新的岩石。上述变动总称外力地质作用。

地球的内力和外力地质作用同时存在并相互影响。水往低处流是受到重力的作用，而地势的高低又是内力地质作用所塑造。火山喷出的气体和水分是地球大气圈和水圈重要的物质来源之一，一次强烈的火山活动还可以引起人能直接感受到的气候异常。地质作用强烈地影响着气候以及水资源与土壤的分布，创造出了适于人类生存的环境。这种良好环境的出现，是地球大气圈、水圈和岩石圈演化到一定阶段的产物。地球形成的初期，大气圈和水圈的成分、质量都和现代大不相同，大气曾经历以二氧化碳为主的阶段，海水是约在10亿年前才具有今天的含盐度，生物最早出现在地球形成约10亿年以后。由此也说明在地球演化的不同历史阶段，各种地质作用的规模乃至性质都有所不同。

地质作用也会给人带来危害，如地震、火山爆发、洪水泛滥等。人类无力改变地质作用的规律，但可以认识和运用这些规律，使之向有利于人的方向发展，防患于未然。如预报预防地质灾害的发生，就有可能减轻损失。中国在古代就有“束水攻沙”，引黄河水灌溉淤田压碱等经验，是利用河流的地质作用的规律来治理河流取得成功的例子。

地质学的特点

地壳是一个极其复杂的研究对象，它的不同组成部分或单位，包括矿物、岩石及矿床、地层、地下水，以及各种地质体，不但具有复杂的物质成分，不同的化学性质、物理性质和各式各样的结构方式，而且在漫长的时间和广大的空间内，又都受到了实质上是一系列物理作用、化学作用甚至生物作用等综合的地质作用影响，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，其经历的时间之长，活动的空间之广，尤其是时间因素，在现阶段往往不是人们在实验室内所易于模拟的。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性和区域特殊性，因而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。

地质学的另一特点是把空间与时间统一起来研究。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等，是了解地球历史的基本材料。由于经过长期复杂的变动，这些史料已变得凌乱和有缺失，这是地质学研究的难点。

地壳中除了保存着各种地质变化的遗迹之外，还有记载着生物的演化和同位素的蜕变等其他科学方面的珍贵史料，它是地球的一系列复杂运动的结果，而这种运动现在还在进行着。

对于地表以下较大深度的地质现象和地质作用,目前还只能通过地球物理等探测技术,来进行间接的推测和研究。

同物理、化学等基础科学比较,地质学研究具有较强的地域性、历史性和综合性。只有根据足够的实际资料,特别是根据足以充分说明空间和时间变化因素的丰富资料总结出来的地质学理论,才能有较广泛的适用性。地质学研究不能“栽培”、“饲养”它的研究对象,这是和某些生物科学不同的地方;地质学也不属“制造”性质的学科,就是实用性最强的矿山地质学也不例外,这是和许多工程学科不同的地方。当然,在实验地质学研究中,地质学家也要进行不同地质作用的模拟试验,如矿物合成试验、成岩作用试验、成矿试验等,但实验的条件与自然界的实际总有差别,更不能做到历史过程的重演。

英国地质学家 C. 莱伊尔最先提出通过研究今天的地质作用所产生的影响,去推断地质历史上发生过的变化,即“将今论古”。它是地质研究中常用的一种方法。在对地球历史上一些事件取得可信的认识后,反过来又可用以认识现今还在进行的地质变化,预测未来。将今论古不失为揭示地球历史面貌的入门钥匙,但是仅依照这一原则和方法还不能达到完全、正确的认识。这不仅因为地球上的地质作用并非一直在简单地重复、均匀地渐变,还有前后不连续的突变形式,不同地质时期的作用力不仅有量的不同,性质上有的也有差异。地球历史特别是生物的突变,不是将今论古能完全解释的。还由于今天我们所能得到的地质历史材料,几乎总是有缺陷的,而且往往有多次变动的痕迹叠加在一起,这就更增加了认识地球历史的困难。

上述这些地质学的特点,决定了一般的地质研究必须通过一定比重的野外实际调查,配合相应的室内研究。野外调查和室内研究,构成一个观察、记录(包括制图)、采样、初步综合、试验分析、总结提高以至复查验证的完整的地质研究过程。地质学研究在实质上都是对其研究对象的一个综合性调查研究过程。

随着生产和科学技术的发展,20世纪中叶以来地质学的研究中引入了大量的新技术、新方法,如不同的地球物理勘探方法、地球化学勘查方法、科学深钻技术、同位素地质方法、航空以及遥感地质方法、现代电子计算机技术、高温高压模拟试验等的采用。物理、化学等基础科学新的成就的引用,地球物理、地球化学、数学地质、宇宙地质学等地质科学中边缘学科的进一步发展,推动了地质学的发展,同时使地质学的方法不断地革新。地质学能进行观察、记述的空间和时间的范围日益扩大,定量数据日益增多,研究的准确性不断提高,实验、模拟试验的比重也在增大。同时,生产实践也为地质学研究提供了大量的科学资料,并且为许多地质学理论提供了反复实践和验证的机会,为一些重大地质学理论问题的解决提供了可能。可以说,地质学正处在一个新的发展阶段。

历史回顾

人类对地质现象的观察和描述有着悠久的历史。但是作为一门学科,地质学成熟较晚。地质学研究的是庞大的地球及其悠远的历史,这就决定了这门学科具有特殊的复杂性。地质学是随着社会生产力的发展,在不同学派、不同观点的争论中形成和发展起来的。地质学的发展大致经历了以下五个时期。

地质科学萌芽时期(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,古希腊的泰奥弗拉斯托斯的《石头论》(公元前4世纪)是人类对岩

矿知识的最早总结。在开矿及与地震、火山、洪水等自然灾害搏斗中，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》记载了“高岸为谷、深谷为陵”的关于对地壳变动的认识。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、化石的性质作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。

地质学奠基时期(1450~1750) 以文艺复兴为转机，有了对地球历史的科学解释。意大利的达·芬奇、丹麦的 N. 斯泰诺、英国的 J. 伍德沃德、R. 胡克都对化石的生物成因作了论证。胡克还提出用化石来记述地球历史(1705)。斯泰诺提出地层层序律(1669)。在岩石学、矿物学方面，中国李时珍在《本草纲目》(1578)中记载了 200 多种矿物、岩石和化石。德国的 G. 阿格里科拉对矿物、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。

地质学形成时期(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，使得人们对地球的研究从思辨性猜测转变为以野外观察为主。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 A. G. 维尔纳是水成论的代表。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 J. 赫顿(1785、1795)提出要用自然过程来解释地球的历史，以及地质过程“既看不到开始的痕迹，也没有结束的前景”的均变论思想。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，并逐渐形成一门独立的学科。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。

古生物学、地层学的奠基者是英国 W. 史密斯(1815)、法国 G. 居维叶(1812)、J.-B. de M. 拉马克(1815~1822)。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 J. D. 丹纳的《矿物学系统》(1837)标志着经典矿物学的成熟。1829 年，英国 W. 尼科尔发明了偏光显微镜，使得下半世纪显微岩石学迅速发展成为可能。法国 E. 德博蒙于 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了重大影响。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。同时 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。G. 居维叶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绝灭的观点(1812)。英国 C. 莱伊尔是均变论的主要代表，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。

地质学发展时期(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 J. L. R. 阿加西等人对冰川学的研究(1837、1840)以及英国 G. B. 艾里(1855)、J. H. 普拉特(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 J. 霍尔(1859)和 J. D. 丹纳(1873)的努力最终确立起来。法国 M. A. 贝特朗提出造山旋回概念(1887)，G.-É 奥格对地槽系和大陆区的划分(1900)以及德国 W. H. 施蒂勒对地槽类型的划分

(1924)使造山理论更加完善。奥地利 E. 修斯和俄国的 A. П. 卡尔宾斯基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。E. 修斯的《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。

20 世纪地质的发展(1910~) 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 V. M. 戈德施密特,苏联的 A. E. 费尔曼,Б. И. 维尔纳茨基创立了地球化学。英国 A. 霍姆斯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 50~60 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 A. 魏格纳于 1915 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 H. H. 赫斯、R. S. 迪茨提出海底扩张理论较好地说明了漂移的机制。加拿大的 J. T. 威尔逊提出转换断层,并创用“板块”一词。60 年代中期美国 W. J. 摩根、法国 X. 勒皮雄等提出板块构造说,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。(见地质学发展简史)

地质学的分科

人类对地质的认识,首先是从被视为静止物体的矿物和岩石的研究开始的。通过保存在地层中的古生物化石的研究,提出了古生物学的理论与方法,并运用于划分地层,把历史的观念引入了地质学。天文学的成果,特别是科学的天体演化假说的提出,使人类对地球的现状和历史演变认识,提高到能够建立一个比较合乎逻辑的完整体系的程度。继天文学、生物学之后,物理学和化学的成果也为地质学的创立和发展提供了条件,使地质学发展成为自然科学的一大支柱。

地质学的建立,反过来又推动了相关学科的发展,给它们以地球的历史观和地质学认识世界的方法。古生物化石的研究,促进了生物学的发展,达尔文进化论的提出,直接得到地质学的支持;从地质学的角度对行星的研究,大大帮助了建立对太阳系其他天体的正确认识;用地质学的理论与方法去研究行星与月球的行星地质学、月球地质学,随着航天技术的发展,已成为现实。地质学还与物理学、化学不断互相交汇融合,形成新的边缘性学科,并为哲学、社会科学的发展提供了材料。

早期的地质学以研究地壳表层某个地区的岩石为基础,矿物学、岩石学、地层学及古生物学、构造地质学、区域地质学都是在此基础上建立起来的。历史地质学则是概括这些地质实体的发展历史的综合性学科。

地质学与物理学、化学结合而产生的地球物理学、地球化学,是地球科学的重要支柱,也是推动地质学向现代科学水平发展的重要方面。现代地质学把地球作为一个整体来研究,20 世