

Putong Dizhixue Jianming Jiaocheng

普通地质学 简明教程

杨 伦 刘少峰 王家生 编著



中国地质大学出版社

普通地质学简明教程

杨 伦 刘少峰 王家生 编著

中国地质大学出版社

内容简介

本书主要介绍了地质学发展简史, 地球的表面形态特征、物理性质、圈层结构及物质组成, 地质年代, 发生于地球表面环境中的各种地质作用(如风化作用, 陆地流水、风、海洋和湖泊的地质作用), 成岩作用与沉积岩, 构造运动与地质构造, 岩浆作用与岩浆岩, 变质作用与变质岩; 扼要叙述了板块构造学说, 造山带与盆地的基本知识, 矿产资源的基本知识, 地质环境与全球变化对人类的影响, 地震、山崩、滑坡、泥石流、地面沉降与塌陷等地质灾害的特点及预报和预防。

本书可作为高等院校地质类专业教材及有关专业选修课教材, 也可供地质技术人员及科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

普通地质学简明教程/杨伦, 刘少峰, 王家生编著. —武汉:中国地质大学出版社, 1998. 8
ISBN 7-5625-1333-3

I. 普…

Ⅰ. ①杨…②刘…③王…

Ⅱ. 教程-地质学

Ⅳ. P5

普通地质学简明教程

杨伦 刘少峰 王家生

出版发行 中国地质大学出版社(武汉市喻家山·邮政编码 430074)

责任编辑 张华瑛 责任校对 杨霖 技术编辑 阮一飞

印刷 荆州市鸿盛印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 13.75 字数 352 千字

1998年8月第1版 2005年10月第4次印刷 印数:5001—7000册

定价:21.00元

ISBN 7-5625-1333-3/P·485

前 言

为了适应地质科学的飞速发展,根据地质类专业调整的需要,本着“少而精”的原则,编写了本教材。编者根据十几年从事地质学教学工作的实践,将普通地质学的内容划分为几大部分,每一部分内容有其特点、规律和内部联系。为了突出这些特征,本书在内容和章节安排上与同类教材相比作了较大的调整,以便于学生理解和掌握。

本书的章节安排分为绪论和地球的基本知识、地表动力地质作用、岩石圈动力地质作用、地质环境与人类四篇(共十四章)。与以往的普通地质学教材不同,我们在绪论中用一定的篇幅对地质学的形成和发展作了较为详细的介绍,目的是使学生对地质学的发展历史有一个概略的了解,认识到地质学的形成和发展与人类的物质文明的发展和科学技术的进步密切相关;新增加的造山带与盆地、矿产资源、地质环境及地质灾害四章,论述的内容是以往的普通地质学教材很少论述,却是目前人类十分关注的、地质工作者将来需要重点解决的一些问题。

本教材适合于本、专科地质类专业学生,供50~70学时普通地质学课程使用,也适合其他专业学生选修地质学课程使用。教材内容不包含实习课内容,实习课内容由另一本普通地质学实习指导书论述。本教材试图以新颖的体系,简明而准确的内容,向学生全面介绍地质学的基本知识及新的研究领域,力求反映当前地质科学的水平。总之,我们希望在有限的篇幅内,提供更多的知识和信息。

本教材是在陈钟惠教授、曹伯勋教授关心和支持下完成的。教材的编写提纲由杨伦同志提出,编者集体讨论并在教室内广泛地征求了意见,教材的主要内容反映了教研室多年的教学研究成果。在编写过程中参阅了大量的前人编写的著作和教科书,叶俊林教授、桑隆康教授审阅了全稿,提出了不少具体修改意见,李鸿儒教授、闻立峰教授等阅读了部分原稿,并提出了宝贵意见,陈德兴教授提供了部分有价值的资料,在此一并表示感谢。

本书的编写分工如下:绪论、第三章、第四章、第五章、第六章、第七章、第十三章、第十四章由杨伦编写;第一章、第二章、第八章由刘少峰编写;第九章、第十章、第十一章、第十二章由王家生编写;全书由杨伦定稿。书中全部插图由中国地质大学(武汉)绘图室张红波、方敏、徐晓玲、何建华、魏国鹏等清绘,在此表示衷心感谢。

由于编者水平所限,书中不妥之处在所难免,欢迎同行专家和广大读者批评、指正。

编 者

1998. 2

目 录

绪 论	(1)
第一节 地质学的形成和发展	(1)
第二节 地质学的特点	(6)

第一篇 地球的基本知识

第一章 地球	(9)
第一节 地球在宇宙中的位置及地球的外部圈层	(9)
第二节 地球的形状和表面形态特征	(15)
第三节 地球的物理性质	(19)
第四节 地球内部的圈层结构	(26)
第五节 地球的动力地质作用系统	(35)
第二章 地质年代	(38)
第一节 相对地质年代	(38)
第二节 同位素地质年龄	(40)

第二篇 地表动力地质作用

第三章 风化作用	(44)
第一节 风化作用的类型	(44)
第二节 影响风化作用的因素	(48)
第三节 风化壳及土壤	(52)
第四章 陆地流水的地质作用	(56)
第一节 陆地流水的分类和运动特点	(56)
第二节 片流与洪流的地质作用	(60)
第三节 河流的地质作用	(62)
第四节 地下水的地质作用	(71)
第五节 冰川的地质作用	(74)
第五章 海洋及湖泊的地质作用	(78)
第一节 海洋的侵蚀和搬运作用	(78)
第二节 海洋的沉积作用	(84)
第三节 湖泊的沉积作用	(88)
第六章 风的地质作用	(93)
第一节 风的侵蚀与搬运作用	(93)
第二节 风的沉积作用	(96)

第七章 成岩作用与沉积岩	(98)
第一节 地表动力地质作用的一般规律	(98)
第二节 成岩作用	(99)
第三节 沉积岩	(99)

第三篇 岩石圈动力地质作用

第八章 构造运动与地质构造	(106)
第一节 岩层产状	(106)
第二节 构造运动及其表现	(108)
第三节 地质构造	(112)
第九章 岩浆作用与变质作用	(118)
第一节 岩浆作用	(118)
第二节 变质作用	(128)
第十章 全球板块构造	(139)
第一节 大陆漂移学说	(139)
第二节 海底扩张学说	(142)
第三节 岩石圈板块构造学说	(146)
第十一章 造山带与沉积盆地	(153)
第一节 基本概念	(153)
第二节 造山带基本特征	(154)
第三节 造山带形成过程和演化	(156)
第四节 沉积盆地	(161)

第四篇 地质环境与人类

第十二章 矿产资源	(168)
第一节 概述	(168)
第二节 能源矿产	(171)
第三节 金属矿产	(174)
第四节 非金属矿产	(177)
第十三章 地质环境	(180)
第一节 概述	(180)
第二节 第四纪以来的全球气候变化和海平面变化	(182)
第三节 水土流失与荒漠化	(188)
第四节 影响人类健康的地质环境因素	(190)
第十四章 地质灾害	(195)
第一节 地震	(195)
第二节 山崩、滑坡、泥石流	(203)
第三节 地面沉降与塌陷	(208)
主要参考文献	(213)

绪 论

第一节 地质学的形成和发展

地质学 (geology) 是以地球 (earth) 为研究对象的一门自然科学。它的研究内容包括地球的物质组成、构造及其演化历史。当前, 它的研究重点是地球的固体表层地壳 (crust) 或岩石圈 (lithosphere)。

人类对地球的了解最早是从认识地壳的物质组成——矿物 (mineral)、岩石 (rock) 和洪水、地震、火山等灾害现象开始的。地质学的形成是人类对地球矿产资源需求及对地球奥秘探究的结果。

一、古代地质思想的萌芽

生活在 50 多万年前的北京猿人因生活需要使用打制石器, 这类石器大部分是从河床中捡来的砾石打制而成的, 是一些质地坚硬的岩石和矿物, 有细砂岩、石灰岩、火成岩、石英及少量的燧石、水晶等。距今约 2 万年的山顶洞人在殉葬时, 尸体周围撒有赭石 (赤铁矿) 粉末, 可见旧石器时代原始人已对矿物、岩石的简单物理性质有所了解。新石器时代 (距今约 10 000—4 000a), 人们认识的矿物、岩石逐渐增多, 碧玉、玛瑙、高岭土相继被利用, 出现彩陶器。

公元前 16—前 11 世纪, 古代中国进入青铜器的鼎盛时代。1929 年秋在发掘河南安阳殷墟 (盘庚迁殷时的都城) 时, 除出土了大量铜器外, 还发现一块质量为 18.8kg 的孔雀石, 可见当时人们对铜器原料的需求, 因自然铜日益减少而转向以孔雀石为原料。1939 年, 安阳武官村出土的大型青铜礼器“司母戊鼎”, 质量为 827kg, 是世界上罕见的青铜文化佳品。据分析, 其成分分别为: Cu84.77%、Sn11.64%、Pb2.77%, 从其成分配比反映出对金属矿物知识的掌握来说, 在世界科技史上堪称出类拔萃。

公元前五六世纪的春秋时期, 中国进入铁器时代, 到战国时期 (公元前 5—前 3 世纪) 冶铁业已相当发达, 铁器的制造与使用已非常普遍。春秋末年成书的《山海经》中记述了金属矿物共 14 种, 产地 170 多处。书中还记载过磁石、石涅 (煤) 及山岳的分布、走向, 河流的源头、流向等。随着冶铁生产的发展, 人们开始使用煤这种新燃料。因为炼铁要有 1 100℃ 以上的熔化温度, 植物燃料很难达到。从西汉炼铁遗址看, 如在河南巩县铁生沟冶铁工地遗址发掘中发现了煤块、煤渣、煤饼, 在山东平陵冶铁遗址发现了煤, 都证明炼铁已采用煤。

《管子·地数篇》说: “山上有赭者, 其下有铁; 上有铅者, 其下有银; 上有丹者, 其下有黄金; 上有慈石者, 其下有铜, 此山之见荣者也。”可见古人对有关矿物伴生规律的认识已相当科学了。

1974 年, 在湖北大冶铜绿山发掘出战国时期楚国的一座古铜矿井。这是一座规模很大的矿井, 东西长 2km, 宽 1km; 井中残留有矿井支架, 有竖井、斜井、斜巷、平巷。古人已初步解决了井下通风、排水、提升、照明、巷道支护等技术, 反映当时采矿技术已相当发达。铜

绿山是个富集铜矿，近地表主要矿石矿物有孔雀石、自然铜、赤铜矿，色彩鲜明，容易发现与采选。从遗址看，当时选择断层接触带中矿体富集、品位高的地段开采，反映出当时先进的矿山地质与采矿知识水平。

大约在公元前250年，西晋常璩著的《华阳国志·蜀志》中记载了蜀人利用天然气熬煮地下盐卤，制作食盐的事实。

东西方古代帝王为寻求长生不老，炼丹求仙。虽然主观上愚昧唯心，但客观上促进了人类对矿物成分、性质的了解。

李时珍（1518—1593）在《本草纲目》中记载药用矿物达267种，并记述了金属及化合物的产地、色泽、鉴别等。

人类在寻求地球的矿产资源过程中，大大促进了地质学的萌芽。从早期炼铜、冶铁、熬盐，到对铅、锡、金及宝石的需求，人类关于矿物及矿床学的知识日臻丰富。

关于河曲规律性古人也有卓越的认识。《山海经》中写到“河，百里一曲，千里一大曲”。《管子·度地篇》对河曲有一段精辟记述：“水之性，行至曲必留退，满则后推前，地下则平行，地高即控。杜曲则捣毁。杜曲激则跃，跃则倚，倚则环，环则中，中则涵，涵则塞，塞则移，移则控，控则水妄行，水妄行则伤人。”这是说，河水流到河弯处就形成回流，回流聚集，水势高涨，水就推向前去；如果前方河床平缓，水就缓缓流去；如果前方河床坡度大，河水就湍急奔泻，流水会翻腾激荡，水流会偏转、打旋；当水流速度降低，挟带的泥沙沉积下来，会造成河道淤塞，河水只得另找出路，冲决河岸，泛滥成灾。

地震是一种灾害性地质作用，对人类的生活影响很大，因此人类对地震十分关切。中国关于地震最早的记载是《竹书纪年》上载的“夏帝发七年，陡泰山震”，记载的是公元前1831年，有个名叫“发”的帝王即位第七年登临泰山时，该处发生了地震。古人不但记录地震，而且力求预报地震。早在公元132年，东汉张衡（公元78—139）制造了世界上第一台测震仪——候风地动仪。并在公元138年农历二月初三，准确测得陇西地震。

关于山川地貌、海陆变迁，古人也有一些真知灼见。沈括（1031—1095）在《梦溪笔谈》这部巨著中，对浙东雁荡山的陡峻地形成因进行了分析，他说：“原其理，当是谷中大水冲激，沙土尽去，唯巨石岿然挺立耳。”明确判定为流水侵蚀作用形成的地貌。对于太行山山崖中带分布的螺蚌壳与卵石，他说：“予奉使河北，遵太行而北，山崖之间，往往衔螺蚌壳及石子如鸟卵者，横亘石壁如带。此乃昔之滨海，今距东海已千里。所谓大陆者，皆浊流所湮耳。”大陆，指华北平原；浊流指挟泥沙的河流，此处，指黄河、桑干河、滹沱河、漳河。沈括根据海贝壳化石推断太行山麓曾经是滨海，现今大海已后退千里，整个华北平原是由许多河流所挟带泥沙淤积而成。关于化石，在《梦溪笔谈》中记述到：“泽州人家川井，土中见一物，蜿蜒如龙蛇状，畏之不敢解；久之，见其不动，试扑之，乃石也。……鳞早如生物，盖蛇蠃作如石蠃之类化。”说化石是生物所化，完全正确。

在西方，人们对地球的了解与古代中国一样也在不断深入。古希腊人地质思辨能力很强，爱利亚（唯心）哲学学派创始人克色诺芬尼（Xenophanes，公元前614）就提出了海陆变迁的思想。他认为，离海岸很远的内陆甚至高山之巅发现有海贝壳，就是海陆变迁的证据。狄奥弗拉斯特（Theophrastus，公元前371—285）认为，鱼化石或是由残留在地内的鱼卵变来，或是从江、河、湖、海进入地下河道觅食的鱼变成的。他还写了一本《论石头》，书中记载了16种矿物、岩石，此书代表了古希腊人的岩石学、矿物学知识水平。

二、近代地质学的诞生

古中国闪烁着许多科学的地质思想之光，但近代地质学却诞生在欧洲。欧洲从文艺复兴时代开始，进入了一个科学革命时代。随着航海探险的发展，人们对地球的认识产生了根本性变化。波兰天文学家哥白尼(N. Copernicus, 1473—1543)在临终前发表了《天体运行》一书，提出了与圣经相悖的“日心说”。从哥白尼开始的科学革命时代，人们用新眼光重新认识地球，把古希腊人曾提到或讨论过的许多地质问题重新提出来加以检验与讨论。从地质学角度，主要讨论的是化石、大地的形成与变动及地球的演化。文艺复兴时期的杰出人物达·芬奇(L. Da Vinci, 1452—1519)早年在开凿运河的工程中，对化石有细致的观察与研究。他认为现今内陆或高山上发现的化石是原先生长在海水中的生物，后来埋葬在泥沙中而形成的。海生贝壳移到高山之巅，一定有过地壳变动，山岳才升高到新的位置，这不需要灾难性的变化，只需要给大自然时间就行。达·芬奇第一个明确指出，地球是一本书，这本书早于文字记载，科学的任务就是辨读地球自身的历史痕迹。

为了阅读地球这本书，就要到野外去和石头打交道，才能叩开大自然奥秘的大门。18世纪中叶欧洲出现了产业革命，随着近代工业对煤和金属矿物的需求日益增加，大大促进了找矿和野外地质调查。当时的欧洲，系统的野外踏勘逐渐形成风气，一套野外工作方法慢慢形成。大量实际资料的逐渐积累，为地质学的建立准备了必不可少的科学前提。作出贡献的代表性人物有俄国学者罗蒙诺索夫(M. B. Ломоносов, 1711—1765)、法国学者盖塔耳(J. E. Guettard, 1715—1786)、德马雷(N. Desmarest, 1725—1815)、德国学者帕拉斯(P. Palles, 1741—1811)、瑞士学者索修耳(De Saussure, 1740—1799)。为了掌握大量第一手资料，这些地质学的先驱者花了大量时间从事野外调查，有的人甚至花费了毕生精力。这种以野外调查为基准的工作方法，至今仍然沿用。第一次以现代含义使用“地质学”一词的是索修耳，时为1779年。

1764年，英国发明珍妮纺织机；1774年，英国人瓦特(J. Watt)发明蒸气机；接着是煤炭采掘、钢铁冶炼、交通运输、机器制造等一系列技术革命，各部门的生产都用机器装备起来，人类历史进入机器时代。随着工业的发展、工业原料需求日益扩大，一座座新兴工业城市在原料产地拔地而起。

工业的发展、科学的进步促使地质学从科学的大家庭中独立出来。同时，地质学也从矿物学的母体中脱胎出来，出现了矿物学、地层古生物学、地质制图学、岩石学、构造地质学几个分支学科。对于近代地质学的建立作出重大贡献的人有魏纳、洪堡德、布赫、郝屯、史密斯、居维叶、莱伊尔等人。

魏纳(A. G. Werner, 1749—1817)，德国人，“水成论(Neptunism)”之父。1775年，他从莱比锡大学毕业，被任命为弗赖堡矿业学院采矿与矿物讲座的主持人，时年26岁。魏纳是位才华横溢、循循善诱的演说家、教育家。莱伊尔在《地质学原理》中曾这样评价他：“动人的风度和雄辩的口才，在他门徒的思想中，燃起了无限的热情，许多只打算略微学习一点矿物学知识的人，一旦听了他的演讲，竟把矿物学作为他们的终身事业。以前在欧洲不享盛名的小矿业学校，在几年之内，竟变成了一个大规模的大学。而在科学界已经有了声望的人物，也学习了德文，从很远的地方来听地质大师的演讲。”

魏纳的主要思想：①根据波义耳(Robert Boyle, 1627—1691)从饱和溶液中沉淀盐的晶体的实验进一步推论，包括花岗岩、片麻岩和细晶玄武岩在内的各种岩石皆是在原始海洋中

沉淀形成的；②固体地球内部不存在自身的运动，阿尔卑斯山脉是地球所固有的，地层的倾斜或垂直产出，是由原始海洋中化学沉积条件与方式所决定的，并不常见；③火山喷发是埋藏在地下的煤燃烧，熔化了周围岩石的结果。由于魏纳的威望，因而其学说拥有众多的拥护者和追随者。

与魏纳观点相反的是“火成论 (Plutonism)”的代表人物英国学者郝屯 (J. Hutton, 1726—1797)，郝屯在苏格兰等地发现了许多花岗岩、斑岩、暗色岩 (玄武岩) 等以岩墙或岩脉形式插入围岩之中，并使其受热变质。据此，他认为这些岩石是熔融岩浆冷却的产物，这些岩体是“地下火山”的组成部分。鉴于花岗岩体大都出露于山脉的中央，他设想，山脉是由于地下大量岩浆上涌推起的，这种炽热的岩浆充满了地球内部。山脉隆起之后，使地球表面崎岖不平。地表流水长期缓慢的剥蚀作用，可以将高峻的山脉夷平。当地面下沉到水面以下时，那里就接受了新的沉积。郝屯认为他在杰德堡 (Jedburgh) 发现的地层不整合就是这样形成的。在那里，泥盆系老红砂岩平缓地覆盖在陡立的志留系硬砂岩之上。他认为，这样的造山—夷平—沉积—造山的循环不计其数，地球是一个永恒存在的星球。

郝屯的观点起初遭受“水成论”者的强烈反对。随着人们接触到更多的地质现象，尤其是魏纳的学生，当时“水成论”的代表布赫 (L. Von Buch, 1774—1852) 和洪堡德 (A. Von Humboldt, 1769—1859) 考查了法国中部奥弗涅地区的玄武岩和意大利那不勒斯湾的维苏威火山后，于 1805 年论证玄武岩为火山成因，从而宣布了“水成论”的失败。这就是历史上著名的“水火之争”。“水火之争”促使人们对地球作更加深入和仔细的研究，促进了地质学的发展。

随着地质资料积累的扩大，人们开始重点探索研究地壳发展历史的方法和原理。最早根据地层中所含化石确定岩层生成顺序的人是英国的一位土地丈量员史密斯 (W. Smith, 1769—1832)。他在参加开凿运河的工作中，认识到岩层的每一层都含有独特的生物化石。1799 年当运河竣工时，他已编出煤系与白垩层之间的地层表，并注明各层的厚度、化石和岩石特征。他认为“岩层中化石分布不是偶然的，每一特殊的物种都是在某一特征层位获得它固定的、必然的位置，有几种贝类化石可作为英格兰大部分地区地层统一划分的标志。”在友人的赞助下，史密斯于 1815 年出版了第一幅英国地质图，1816 年出版《以化石判定地层》一书，正式论述生物地层学的科学原则。1819—1824 年间，又出版英国 21 县地质图及各种地质剖面图。

与史密斯同时代的法国古生物学家居维叶 (D. G. Cuvier, 1769—1832) 从 1802 年起开始研究巴黎盆地的第三纪地层及冲积层。他详细记录了每一地层的化石种类，然后运用比较解剖学知识，将生物化石与现存生物作对比。他发现有些动物在某个地层形成相应的时期内繁衍而以后灭绝，而有些灭绝生物和现存生物相似。于是他形成了一个科学概念：灭绝的生物越是和现存生物差别大，躯体构造越简单，则它所处的地层年代越古老；越是和现存生物相似的生物化石，它所处的地层年代越新。因此，可以根据化石确定地层的新老关系。同时，居维叶还发现了“器官相关律”，这个定律为使用古生物方法判定地层年代提供了科学准则。

居维叶在研究中已经看到，过去曾经活跃在地球上的许多生物已经灭绝，并与现存生物不同。他认为这是因为地球上曾经发生过许多次灾难性事件，造成许多生物灭绝。灭绝的物种与现存物种之间没有发现过渡类型，不能说是进化而来的。物种不是进化，而是永恒不变的。地球的演化是一连串突然的灾难性变化，而这些灾变是不可知的。

与居维叶的“灾变论”相反的是达尔文的进化论与地质学的“均变论”。在居维叶灾变论之前，法国学者拉马克 (J. B. Lamarck, 1774—1829) 在研究了巴黎盆地第三纪无脊椎动物

化石后，曾提出过生物进化的学说。他认为物种的固定是相对的，不是绝对的。环境不变，物种不变，环境变了，它就不能不变。达尔文在参加“贝格尔”号环球考察之后，认识到生物界的演化是从无机界到有机界、从低等生物到高等生物。

对于近代地质学的诞生起着决定作用的是英国地质学家莱伊尔(C. Lyell, 1797—1875)。莱伊尔继承了郝屯的学说，在综合大量实际资料的基础上，于1830年，出版了《地质学原理》一书。他在该书中用丰富的资料，系统地论证了古今地质作用的一致性(uniformity)和“将今论古”这一现实主义方法的有效性。他认为，“灾变论”者过分低估过去时间的长度，把需几百万年才能完成的地质过程，误认为几千年内完成，由此得出荒谬的结论。恩格斯高度评价了莱伊尔，认为他“把理性带进地质学中，因为他以地球的缓慢变化这样一种渐进作用，代替了由于‘造物主’一时兴发所引起的突然变革”^①。莱伊尔的“将今论古”现实主义方法，后来被英国地质学家盖基(A. Geikie, 1905)概括为一句格言：The present is the key to the past (现在是认识过去的钥匙)。

“将今论古”现实主义方法的基本思想是：发生在地质历史时期的地质作用及其结果，与现代正在进行的地质作用及其产物有相似之处。从研究现代地质作用的过程和产物中总结得出的规律，可以用来分析保留在地层及岩石中的各种地质现象，从而推断古代地质作用的过程和古地理环境。这种思维和逻辑推理的方法又被称为“历史比较法”。例如，现代珊瑚只生活在温暖、平静、水质清洁的浅海环境中，如果发现含有珊瑚化石的石灰岩，可以推断这种岩石是在古代浅海环境中形成的。又如现代处于干旱气候条件下的湖泊或滨海泻湖中，常有卤化物或其他盐类矿物沉淀，与其伴生的泥沙沉积物中的铁质，因氧化作用强而形成高价铁，将其浸染成红色。实际工作中，如果发现含盐类矿物的红色砂泥岩层，便可推断该岩层形成时处于干旱气候环境。莱伊尔提出的历史比较法对地质学理论的发展作出过重大贡献，至今仍是地质工作者分析问题的基本指导思想。但历史比较法也存在着缺陷，如古今地质环境相似而决非相同，古代生活于浅海的海百合，这种生物现今却生活于深海。7 000 万年前，恐龙突然灭绝，用“均变论”是无法解释的。可以肯定当时地表环境发生了剧烈变化，恐龙的生活环境遭到了巨大破坏，以至于恐龙无法适应新环境而灭绝。所以，历史比较法的具体运用是有条件的。

莱伊尔在《地质学原理》一书中，总结出来的地质学体系包括了矿物、岩石、地层、古生物、矿床、地貌、动力地质、构造地质等内容。因此，可以认为《地质学原理》一书的出版，标志着近代地质学的诞生。

三、地质学的发展

莱伊尔之后，地质科学随着工业的发展和科学技术的进步大大地向前发展。从1830年到20世纪50年代，在这一百多年里经过几代地质学家的努力，地质学已成为一个分类齐全的庞大科学体系，相应的分支学科纷纷建立。可将其主要分科概述如下：

- (1) 研究地球（主要是地壳）物质组成及元素分布规律的学科有矿物学、岩石学、矿床学、地球化学等；
- (2) 研究地壳运动及地表形态变化的学科有动力地质学、构造地质学、大地构造学、地貌学等；

^① 恩格斯，《自然辩证法》，人民出版社，1962年版，第10页。

- (3) 研究地壳演变历史的学科有古生物学、地层学、地史学、第四纪地质学等；
- (4) 研究地球物理场的学科有地球物理学；
- (5) 研究某种矿产形成和分布规律的学科有石油地质学、煤田地质学、铀矿地质学等；
- (6) 研究地下水的运动及分布规律和工程建设地质条件的学科有水文地质学、工程地质学等；
- (7) 研究勘探矿床的技术方法方面的学科有找矿勘探地质学、勘查地球物理学、勘查地球化学、探矿工程学等。

第二次世界大战之后,以美国为首的发达资本主义国家为了了解海底资源的种类及分布,加速了海底地质调查。通过海洋地质调查,人们发现组成洋壳岩石的年龄要比组成陆壳岩石年轻得多。海底磁异常条带和上地幔中“软流圈”的发现,终于导致了20世纪60年代地质学领域的一场革命性变革,建立了全球板块构造理论。板块构造理论比较合理地解释了岩石圈的运动及演化,火山、地震的分布及岩浆作用、变质作用的规律,也比较合理地解释了各种矿产的分布规律。使人们对地球演化的认识,由固定论的观点转变为活动论的观点。板块构造理论的建立与地球物理学、深海钻探技术的高度发展有关。

随着60年代“阿波罗”登月、70年代地球资源卫星的发射,地质学又进入了一些新领域,相应的新学科又纷纷建立,如宇宙地质学、遥感地质学等。同时,与环境、农业相关的学科也建立起来,如环境地质学、地震地质学、农业地质学等。

目前,地质学的研究方向主要集中于岩石圈的演化,如造山带的活动和形成、岩浆动力作用过程、沉积盆地演化及层序地层划分等。科学家们借助遥感、地球物理、高温高压实验等高新技术手段,从宏观和微观两个领域对岩石圈进行更广泛、更深入的研究。新发现、新理论不断涌现,使人们能够更加准确和深刻地认识自己居住的地球。

人类文明社会发展到今天,人们对地球关心不仅仅是考虑如何向地球索取更多的资源,而是更关心人类居住环境条件的改善。地震、山崩、滑坡、泥石流、火山喷发、地面沉降和塌陷等灾害性地质事件的频繁发生、全球气候及海平面变化、水土流失及荒漠化扩大,水、土壤、岩石、地貌等地质环境因素对人类健康的影响等重大环境问题的出现,以及人类的生命活动引起的环境污染等,使人类生存环境面临着巨大的威胁。对上述地质灾害的预报、防治和地质环境变化的预测、改变是今后地质学家所面临的重要课题与历史责任。

地质学是随着人类社会需求的发展和科学技术的进步而发展的。

第二节 地质学的特点

一、研究对象的复杂性

1. 时间漫长 地球形成至今已有46亿年的历史了,现已测得地壳上最古老的岩石年龄为41亿年,地球上生物大量出现仅在6亿年前左右,而人类历史约2~3Ma,有文字记载的仅3000多年。人类漫长的文明历史与地球历史相比仅仅是一瞬间。

地球在其漫长的地质历史时期中,曾发生过许多次沧海桑田的巨变。如号称世界屋脊的青藏高原,在2300万年前的老第三纪,局部地区仍为海槽环境,发育有石英砂岩和灰岩,在石灰岩中发现了介形虫化石。这种沧桑巨变往往要经过几十万年,几百万年,乃至几千万年才能完成。如几千米厚连续的沉积岩层,往往是由每年堆积几厘米厚的沉积物,经过几十万

年逐渐堆积并经过成岩作用形成的。所以，地质学上的基本记时单位为“百万年 (Ma)”。

人生短暂，我们无法目睹和模拟漫长的地质历史过程，但是可以根据历史比较法的基本原理，对地质现象进行分析、研究。

2. 空间宏大 地球表面积 5.1 亿 km^2 ，体积 10 832 亿 km^3 ，地球平均半径 6 371 km ，大陆地壳的平均厚度为 33 km 。目前人类通过超深钻探，了解地壳的深度也不超过 13 km 。因此，地质学中考虑的范围往往超过人们的习惯尺度。如研究地壳运动时，必须将地球或地球的某一部分作为一个整体加以研究。由于空间宏大，加之地球又是一个非均质体，因此在同一时期地壳的运动和演化在世界各地是不相同的。如 $3 \sim 2.5$ 亿年前的石炭纪—二叠纪，我国华北地区已上升为陆地环境，而华南地区仍然为海洋环境。

随着科学技术的发展，电子探针、透射电子显微镜的出现，地质学在微观领域的研究也得到了很大的发展。如矿物学中，对矿物晶体格架的研究已达到 $\text{\AA}^{\textcircled{1}}$ 级水平。所以，地质学的研究领域从宏观到微观是十分宽广的。

3. 地质过程的复杂性 地球是一个复杂的地质体，其演化包括无机界和有机界的演化。地质过程是一个包括了物理、化学、生物作用的复杂过程，而且是一种不可逆的过程。同时，从地表到地下深处，地球的温度、压力、物质状态和运动方式都存在巨大的差异。在漫长的地质历史时期中，各种地质过程相互叠加，从而使地质产物复杂化。由于影响因素多、变化大，给研究工作造成了很大困难。因此，不能仅用数学、物理、化学、生物学等学科的唯一手段来研究地球。

二、地质学的工作方法

由于研究对象的特殊性，地质学的工作方法有其自身的特点。至今地质学认识和分析问题的思想原则，仍是历史比较法；具体工作中，往往采用归纳法。通常遵循下列过程：

1. 前人资料的收集和野外地质调查 在收集前人资料的基础上，提出问题，到野外进行地质调查。野外地质调查是地质工作者最重要的，也是最基础的工作，它包括野外观察、记录、制图、采集标本及物、化探等资料的收集。目前虽然有了遥感等先进的技术手段，但要掌握第一手实际资料，仍离不开野外调查；

2. 资料及样品的分析、检验 包括各种样品的描述、分析、统计及模拟实验，各种资料的分析、归纳及作图。目前这部分工作，有些已可由计算机完成；

3. 推理和模式（假说）的建立 在归纳各种地质资料的基础上，依据各种科学原理和定律进行推理，建立地质模式；

4. 模式的验证 通过生产实践和科学实验来检验所建立的地质模式是否符合客观规律。

地质研究的全过程是从实践到理论，又回到实践中检验，不断修改和提高，从而达到认识上的飞跃的过程。

普通地质学是为学习地质学而设立的一门基础课，并不是地质科学的一个独立分科。通过这门课程的学习，要求学生掌握地质学的一般基础理论和基本知识，初步具备地质学分析问题的思维能力，初步了解地质学的一般工作方法。

课程内容包括地球的基本知识、地表地质作用的一般规律及产物特征、岩石圈动力地质作用、矿产资源、地质环境及地质灾害等基本知识。

^① $1 \text{\AA} = 0.1 \text{ nm}$ 。

学习普通地质学首先要弄懂各种地质概念的涵义，善于总结、对比和领会地质思维方法的要领，从而掌握各种地质作用的规律，才能取得事半功倍的效果。

小 结

地质学以地球为研究对象，其形成和发展与人类的物质文明的发展和科学技术的进步密切相关。地球的历史悠久、空间宏大、演化过程复杂等特点决定了地质学分析问题和解决问题的指导思想和工作方法有别于其他自然科学。所以，必须充分理解历史比较法的基本思想。

复习思考题

1. 何种原因促使地质学的形成和发展？
2. 历史比较法的基本思想是什么？
3. 地质学的研究对象——地球有何特点？

第一篇 地球的基本知识

本篇主要介绍有关地球的内、外部圈层，地表形态，地球的物理性质，地球的动力作用系统及地质年代等基本知识。

第一章 地球

第一节 地球在宇宙中的位置及地球的外部圈层

一、地球在宇宙中的位置

(一) 宇宙和银河系

宇宙(universe)是无限的，在空间上无边无际，在时间上无始无终。宇宙中弥漫着无数的天体，根据它们各自的特点，可以归纳为恒星、行星、卫星、流星、彗星和星云六大类。恒星质量很大，自己能够发光；行星自己不发光，质量也远较恒星为小，并且绕恒星运动，地球便是绕太阳运动的行星之一；卫星的质量比行星更小，绕行星运动，并随着行星绕恒星运动；流星的质量更小，也不发光，流星在行星际空间运行，当接近地球时，受地球引力作用，可以改变轨道，甚至陨落。当它进入地球大气层后，因与大气摩擦，增温至白热化，发生燃烧，少数未完全烧毁者能落到地面上，形成陨石；彗星是一种很小的、但具有特殊外表和轨道的天体，由彗核、彗发和彗尾三部分组成，运行轨道一般呈扁椭圆形、抛物线或双曲线形；星云是一种云雾状的天体。所有这些天体都在不断地运动着、变化着。尽管当代科学技术高度发达，但现有的仪器仅能观察到远至距地球 122 亿光年的空间。

目前人类已知的宇宙的总称为总星系，即用现有的观测手段能观测到的所有天体组成的系统。现代最先进的天文望远镜已能观察到 122 亿光年的总星系范围。在可以观察到的这部分宇宙中，约 10^{22} 个恒星。几十亿个到上千亿个恒星的集合体是一个星系。银河系只是其中之一。银河系是一个旋转着的扁平体，正面是旋涡形，侧面呈扁饼形。绝大多数星体都密集在它的中心平面附近。银河系直径约为 10 万光年，中心厚度约 1 万光年，其余部分厚度约 1 000 光年，已经发现了 10 亿多个类似银河系这样的星系。银河系包含 1 000 亿颗以上的恒星，太阳只是其中之一。

(二) 太阳系和地球

太阳(sun)位于距银心(银河系中心)约 27 000 光年、距边缘 23 000 光年的地方，并以 230km/s 的速度绕银心运动，大约 2 亿年可绕行一周。太阳是一个炽热的发光球，它的内部不断进行着巨大的热核反应。太阳直径约为 140 万公里，相当于地球直径的 109 倍；表面积

约为地球的 12 000 倍，体积约为地球的 130 万倍；质量约 $1.989 \times 10^{27}t$ ，相当于地球的 33.3 万倍。质量很大的太阳，以其巨大的引力维持着一个天体系统绕其运动。这个天体系统就是太阳系 (solar system) (图 1-1)。太阳是太阳系的中心天体，距地球约为 1.5 亿公里 (定为 1 个天文单位)。

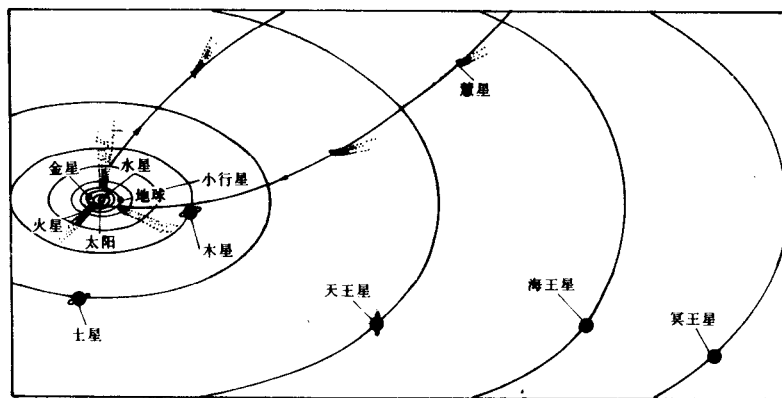


图 1-1 地球在宇宙中的位置

太阳系包括 9 大行星、34 颗卫星和成千上万颗小行星，还有少数彗星、流星。9 大行星按与太阳的距离，由近而远为水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星、冥王星，如果以冥王星轨道为太阳系的边界，太阳系直径为 79 个天文单位，即约 120 亿公里。9 大行星按其物理性质可以分为两组：水星、金星、地球和火星，一般体积小，平均密度大，自转速度慢，卫星数量少，称类地行星；木星、土星、天王星、海王星和冥王星，一般体积大，平均密度小，自转速度快，卫星数量多，称类木行星。

由上述可见，地球是银河系中太阳系的一颗行星。作为太阳系中心的太阳，在银河系中只不过是旋涡臂上的一个点，是一颗普通的恒星，而地球又是太阳系中一颗普通的行星，它们都并非为宇宙的中心。地球自形成以来，经历了漫长而复杂的演变过程，具有一定的外部形态和内部结构，具有一定的物理和化学性质。并且，在地球的表面及其外部形成由大气、水和生物组成的外部圈层，它们塑造地表，并产生各种复杂的地质作用。

二、地球的外部圈层

地球的外部圈层是指地球的大气圈、水圈和生物圈。

(一) 大气圈、大气环流及气候带

1. 大气圈 (atmosphere) 大气圈是由多种气体混合物组成的、包围着固体地球的圈层，它位于星际空间和地面之间。大气圈的上界是模糊的，在地球大气和星际气体之间并不存在一个截然的界限。虽然如此，人们还是通过物理分析，给大气圈划定一个大致の上界。若根据大气中才有而星际空间中没有的物理现象 (极光) 确定大气上界，可把大气的上界定为 1 200km，称其为大气的物理上界。若根据大气密度接近于星际气体密度的高度来估计大气的上界，这个上界大约在 2 000~3 000km。

大气是一种无色、无味的气体，其中主要有氮、氧、氩、二氧化碳等，此外，还包括一些悬浮在空气中的固体和液体杂质。在除去水汽和固体杂质的干洁空气中，25km 高度范围内

各种气体的体积占总体积为：氮78.09%，氧20.95%，氩0.93%，二氧化碳0.03%，氦0.0018%。

大气的总质量为 $5.27 \times 10^{15} \text{t}$ ，相当于地球质量的 1/100 万。因受到地球引力的影响，大气的密度和压力是随着高度增加而趋于减小与降低。大体上，10km 以下的空气占大气总质量的 50%，15km 以下占 75%，20km 以下占 95%，其余 5% 的空气散布在 20km 以上的高空。再往高处，地球大气就和星际气体（分布在宇宙中各个星体之间密度极小的、类似气体的弥漫物质）联系起来。

根据大气温度变化和密度差异及电离现象等特征沿垂直方向可把大气圈自下而上分为对流层、平流层、中层（中间层）、电离层（暖层）和扩散层（逸散层），如表 1-1，其中以对流层和平流层对地面影响较大。现主要介绍对流层的特征。

表 1-1 大气圈各层的平均高度

层 次	平均高度(km)	过渡层	平均高度(km)
对流层	8~10	对流层顶	10~12
平流层	12~50	平流层顶	50~55
中间层	55~80	中间层顶	80~85
电离层	85~(600~800)		
扩散层	>800		

对流层 (troposphere) 是大气圈的底层。其下界为地面，上界高度则随纬度和季节等因素变化而变化。在低纬度地区平均为 17~18km，中纬度地区平均为 10~12km，极地平均为 8~9km。夏季上界的高度大于冬季。对流层的气温主要来自于地面反射的太阳辐射热，愈近地面，空气受热愈多，反之愈少。平均每上升 1km 大气温度降低 6℃，称为大气降温率。由于地面和高空的不均匀加热，对流层具有强烈的空气对流运动，并导致复杂多变的天气现象。在对流层和平流层之间，还存在一个厚度为 100m~2km 的过渡层，称对流层顶，平均高度 10~12km。它对对流层内的对流作用起着阻挡作用。对流层之上为平流层。在平流层中 30~55km 高空范围内有一含 O₃ (臭氧) 较多的层带。臭氧具有吸收紫外线的的能力，从而使平流层温度可升至 0℃ 以上，并保护地球表面免受紫外线的过度辐射。

2. 大气环流 (atmosphere circulation) 大气环流分布于对流层中，是由于不同的纬度地面和不同高度的大气空间因接受太阳辐射的差异而形成的一种全球范围的大规模大气对流综合现象。

大气环流形成与维持的基本能源是太阳辐射能。太阳辐射能在地表的分布明显地表现为随纬度的增高而降低。这种纬度间的不均匀加热，导致地球上各地大气的热量收支不平衡。低纬度大气因净得热量将不断增温，高纬度大气因净失热量而不断冷却。因此低纬区是热源区，高纬区和极地是冷源区。由于冷、热源分布的不均匀就必然产生热力环流。假设地球表面性质均一和没有地转偏向力的作用，赤道地区大气因增温而膨胀上升，赤道上空的气压高于极