

普通高等教育地质矿产类规划教材

普通地质学

(第二版)

夏邦栋 主编

地质出版社

北京

78

海洋..... 1

..... 2

埋与科

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

..... 2

普通高等教育地质矿产类规划教材

普通地质学

(第二版)

夏邦栋 主编

地质出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

普通地质学/夏邦栋主编. — 北京: 地质出版社, 1995.6 (2001.7 重印)

普通高等教育地质矿产类规划教材

ISBN 7-116-01738-0

I. 普… II. 夏… III. 地质学-高等学校-教材 IV. P5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 04761 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑: 刘亚军 徐 青

*

河北香河印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 18.5 字数: 432 000

1995 年 6 月北京第一版·2001 年 7 月河北第三次印刷

印数: 10001 ~ 14000 册 定价: 17.50 元

ISBN 7-116-01738-0

P·1392

如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行处负责调换)

修订版前言

《普通地质学》自 1984 年问世以来受到了地质、冶金、煤炭、建工、石油、海洋等系统数 10 所院校的欢迎和采用，先后重印 3 次，印数达数万册。然而，10 余年来，地质学有了快速发展。在不少分支学科领域中出现了新思想和新概念；同时过去认为是合理与科学并写在书中的若干内容已经过时了，有些甚至已属于谬误之列。作为系统性介绍地质学原理的教材必须适应这一情况，对原书作出相应修改与补充，是时不可待了。

另一方面，编者在教学实际中进一步积累了经验，发现了《普通地质学》书中存在的若干缺点，尤其是得到了使用和关心该书的广大师生对如何发挥本书特色与优点，弥补不足与缺点方面的殷切希望和宝贵建议。这就促使编者对改进该书作出应有的投入感到责无旁贷了。

本书继承了《普通地质学》的基本体系、结构和主要内容。因为 10 余年的实践表明，作为已被广泛使用的教材在这些方面显示了特色和优势。本书在以下两方面作了重要变动：

第一，为了反映地质学的新进展，更好地体现教材必须具备的先进性与科学性，对部分章节作了改写。其中全部重写的是第七章“地震及地球内部构造”、第十七章“块体运动”、第十八章“行星地质概述”、第十九章“地球的演化”、第二十章“环境地质概述”。有重要修正与改写的章次有第一章“绪论”、第五章“变质作用与变质岩”、第九章“海底扩张与板块构造”、第十一章“河流的地质作用”、第十二章“冰川的地质作用”、第十六章“风的地质作用”。其余各章在内容与文字上作了精简与调整。

第二，为了便于自学与更好地指导自学，每章末尾增加了“本章小结”，“重要术语”以及“复习思考题”。这些内容是西方教材的特色和优点，是国内地质类教材的重要欠缺。本书对此作出了努力。此外，各章正文中附有较多专业术语的英文名，以便于学生熟习这些名称，为阅读外文书刊打下基础。

我们作出上述努力的目的，在于使本书在内容的先进性与系统性、体系的合理性与科学性以及教学的适用性等方面达到更好的统一。然而缺点与错误还在所难免，希望读者进一步提出宝贵意见。

本书第二十章由闵茂中执笔，其余各章修正与改写以及全书成稿工作由夏邦栋完成。倪琦生为书稿作了润色加工；刘晓华、朱斌、范湘涛为书稿的校对、整理插图及附英文方面做了大量工作。谨致深切谢意。

目 录

第一章 绪论	1
第一节 地质学的研究对象	1
第二节 地质学的任务	1
第三节 地质学的研究内容	2
第四节 地质作用、它的特点及研究方法	2
一、地质作用	2
二、地质作用的特点	3
三、地质作用的研究方法	3
第二章 矿物	5
第一节 元素	5
一、元素和同位素	5
二、地壳中的元素与克拉克值	5
第二节 矿物的概念	6
一、矿物的定义	6
二、晶体与非晶质体	6
第三节 矿物的主要性质	7
一、矿物的形态	7
二、矿物的光学性质	8
三、矿物的力学性质	8
四、矿物的其它性质	10
第四节 常见矿物	10
第三章 岩浆作用与火成岩	17
第一节 喷出作用与喷出岩	17
一、岩浆的概念	17
二、喷出作用与喷发产物	17
三、岩浆的类型及其喷发特征	20
四、火山喷发的间歇性	22
五、世界火山的分布	22
第二节 侵入作用与侵入岩	24
一、侵入作用概述	24
二、侵入岩的产出状态	
第三节 火成岩的结构与构造	
一、火成岩的结构	
二、火成岩的构造	
第四节 火成岩的主要类型	
第五节 岩浆的形成与地球的内热	
一、岩浆的形成	
二、地球的内热	

三、地热的成因	33
第四章 外力地质作用与沉积岩	37
第一节 外力地质作用的一般特征	37
一、引起外力地质作用的因素	37
二、引起外力地质作用的能源	39
三、外力地质作用的类型	39
第二节 沉积岩的特征	41
一、沉积岩中的矿物	41
二、沉积岩的结构	41
三、沉积构造	43
第三节 常见的沉积岩	45
第五章 变质作用与变质岩	51
第一节 变质作用概述	51
一、变质作用概念	51
二、引起变质作用的因素	51
第二节 变质作用中原岩的变化	53
一、物质成分的变化	53
二、变质岩中的矿物	54
三、变质岩的结构	54
四、变质岩的构造	55
第三节 变质作用类型及其代表性岩石	56
一、接触变质作用	56
二、区域变质作用	57
三、混合岩化作用	60
四、动力变质作用	61
第四节 岩石的演变	61
第六章 地质年代	64
第一节 相对年代的确定	64
一、地层层序律	64
二、生物层序律	65
三、切割律或穿插关系	66
第二节 同位素年龄的测定	66
第三节 地质年代表	67
一、地质年代表的建立	67
二、地质年代名称的来源与含义	69
三、地质年代单位的概念	70
第四节 地槽内部构造	72
一、地槽的概念	72
二、地槽的发育	72
三、地槽的演化	73
四、地槽的构造	74

一、地震波	74
二、地震仪	75
第三节 地震的强度	78
一、地震的震级	78
二、地震的烈度	78
第四节 地震的分布	79
一、环太平洋地震带	79
二、地中海—印尼地震带	79
三、洋脊地震带	80
第五节 地震预报与预防	82
一、地震预报	82
二、地震预防	82
第六节 地球的内部构造	82
一、地球内部地震波速度突变的主要界面	83
二、地球内部各层圈的物质成分	85
三、均衡原理	86
第八章 构造运动与地质构造	90
第一节 构造运动的基本方式	90
一、水平运动	90
二、垂直运动	90
第二节 岩石的变形与地质构造	91
一、岩石的空间位置	91
二、褶皱	92
三、断裂	97
第三节 地层的接触关系	102
第四节 构造运动的旋回性	105
第九章 海底扩张与板块构造	108
第一节 海底扩张说的兴起	108
一、大陆在漂移	108
二、海底地质的考察	111
三、海底在扩张	112
四、海底扩张说的提出	118
第二节 海底扩张的新论证	119
一、古地磁学的论证	119
二、深海钻探所揭示的海底年龄	122
三、洋中脊考察的发现	
四、转换断层的发现	
五、海洋的开闭旋回	
第三节 板块构造	
一、板块构造的含义	
二、板块划分的依据	
三、全球板块的划分	

四、板块的运动及其驱动力	129
第四节 地体的概念	130
第十章 风化作用	134
第一节 风化作用的类型	134
一、物理风化作用	134
二、化学风化作用	135
三、生物风化作用	137
第二节 控制岩石风化特征与风化速度的因素	138
一、气候	138
二、地形条件	138
三、岩石的特征	139
第三节 风化作用的产物	141
一、风化产物的类型	141
二、残积物	141
三、风化壳	141
四、土壤	142
第十一章 河流及其地质作用	145
第一节 河流概述	145
一、河流的形成过程	145
二、河流的动能	147
第二节 河流的侵蚀作用	148
一、侵蚀作用的方式	148
二、侵蚀作用的方向	148
第三节 河流的搬运作用	155
一、流水质点的运动方式	155
二、物质搬运的方式	156
三、河流的搬运能力和搬运量	156
第四节 河流的沉积	156
一、沉积作用发生的原因	157
二、冲积物的特征	157
三、沉积的主要类型	158
第五节 河流的去均夷化作用	161
一、深切河曲	162
二、河流阶地	162
第六节 河流的发育同地质构造的关系	163
第七节 准平原的概念	164
第十二章 冰川及其地质作用	167
第一节 冰川的形成与运动	167
一、冰川的形成	167
二、冰川的运动	168
三、冰川的地质作用	169

一、大陆冰川	169
二、山岳冰川	169
第三节 冰川的剥蚀作用与冰蚀地貌	170
一、冰川的剥蚀作用	170
二、冰蚀地貌	171
第四节 冰川的搬运作用与沉积作用	173
一、冰川的搬运作用	173
二、冰川的沉积作用与冰碛物	174
三、冰碛地貌	175
第五节 冰水沉积物及其地貌	175
一、冰水扇	176
二、纹泥	176
三、蛇形丘	176
第六节 冰川作用及其原因	177
一、冰川作用	177
二、冰川作用的影响	178
三、冰川作用的原因	179
第十三章 地下水及其地质作用	182
第一节 地下水的基本概念	182
一、地下水的赋存条件	182
二、地下水的化学成分	183
三、地下水的补给和排泄	183
第二节 地下水的类型	185
一、根据地下水埋藏条件划分的类型	185
二、根据含水层空隙性质划分的类型	187
第三节 地下热水	188
第四节 地下水的地质作用	188
一、地下水的剥蚀作用及喀斯特	188
二、地下水的搬运作用和沉积作用	192
第五节 地下水的开发与利用	194
第十四章 海水的地质作用	197
第一节 海洋概况	197
一、海与洋	197
二、海水的化学成分	197
三、海水的物理性质	198
四、海水中的生物	198
第二节 海水的运动及其地质作用	199
一、波浪及其地质作用	199
二、潮汐及其地质作用	
三、洋流及其地质作用	
四、浊流及其地质作用	
第三节 海底沉积物	

一、海底沉积物的来源	205
二、滨海沉积	206
三、浅海沉积	207
四、半深海沉积	208
五、深海沉积	208
第四节 海水的进退	211
第十五章 湖泊及沼泽的地质作用	214
第一节 湖泊概述	214
一、湖泊概况	214
二、湖水的来源、排泄及其化学成分	214
三、湖泊的成因类型	215
四、我国湖泊分布的特点	217
第二节 湖泊的地质作用	218
一、湖水运动的特征	218
二、湖泊的剥蚀和搬运作用	218
三、湖泊的沉积作用	218
第三节 沼泽及其地质作用	222
一、沼泽的概念及其成因	222
二、沼泽的沉积作用及其矿产	224
第十六章 风的地质作用	226
第一节 风的剥蚀作用	226
一、风的剥蚀作用	226
二、风蚀地貌	226
第二节 风的搬运作用	227
一、悬浮搬运	227
二、跳跃搬运	227
三、蠕动搬运	228
第三节 风的沉积作用	229
一、风积物的特点	229
二、堆积的方式	229
三、风积地貌	230
第四节 沙漠与黄土	233
一、沙漠	233
二、黄土	234
第十七章 块体运动	237
第一节 控制块体运动发生的因素	237
一、重力的作用	237
二、水的作用	237
第二节 块体运动的类型	237
一、与构造运动有关的块体运动	238
二、与外力作用有关的块体运动	239

第十八章 行星地质概述	243
第一节 太阳系及其起源	243
一、太阳系	243
二、撞击作用	243
三、太阳系起源	245
第二节 类地行星	248
一、水星	248
二、金星	248
三、月球	249
四、火星	251
五、类地行星的比较	253
第三节 类木行星及其卫星	253
一、木星和其卫星	253
二、土星和其卫星	254
第十九章 地球的演化	257
第一节 天文时期	257
一、重力分异	257
二、陨星的撞击	257
三、热流值的迅速衰减	257
四、火山作用与地球外部层圈初成	258
第二节 隐生宙时期	258
一、大气圈和水圈成分的演化	258
二、陆核和地盾的形成	259
第三节 显生宙时期	260
一、生物的全面繁荣和快速演化	260
二、构造运动的频繁性	265
第四节 古地理变化	266
第二十章 人类社会与地质环境	270
第一节 环境地质学的一般概念	270
一、环境与地质环境	270
二、环境地质学的研究内容	270
第二节 城市兴衰与地质环境	272
一、城市兴衰的地质因素	272
二、城市规划的地质因素	272
三、城市建设的地质因素	273
第三节 人体健康与地质环境	273
一、人体的元素组成	273
二、微量元素的生理功能	274
三、地方病的环境地质致因	274
四、地质药物	
第四节 废物处置的地质环境	

一、城市废物处置的地质环境	278
二、放射性废物处置的地质环境	278
第五节 人为地质作用	279
一、地面沉降	279
二、咸水入侵	279
三、地下水污染	279
四、海平面上升	279
五、土地沙漠化	280
六、土壤盐碱化	280
七、水土流失	280
八、诱发地震	280
九、矿产资源枯竭	280
参考文献	282

第一章 绪 论

第一节 地质学的研究对象

地质学的研究对象是地球。地球包括固体地球及其外部的大气。固体地球包括最外层的地壳、中间的地幔及地核三个主要的层圈（详见第七章）。目前，主要是研究固体地球的上层，即地壳和地幔的上部。

人们生活在地球上，要开采矿物资源，要适应大自然的环境和条件，要与地球上发生的各种自然灾害作斗争。衣食住行都离不开地球。因而，在长期的实践中逐步认识了地球，并形成了地质学（geology）。

除地质学以外涉及地球科学的还有地理学（geography）、生物学（biology）、气象学（meteorology）、天文学（astronomy）等。地质学着重研究地下，地理学着重研究地表，生物学着重研究地表有机界，气象学着重研究地球的大气圈，天文学着重研究天体并从天体的角度研究地球及地球的起源。地球，包括固体地球以及环绕着它并与其密切联系，相互影响的水、生物与大气，是一个复杂的天体，需要不同学科从不同侧面对它加以研究，研究成果都有着密切联系。

第二节 地质学的任务

地质学在理论上和解决实际问题上都担负着重大的使命。如天体的起源与生命的起源属于当代自然科学的基本理论问题，这些问题的最后解决都离不开地质学的研究。

地质学更具有重大的实践意义

1. 指导人们寻找矿产资源、能源和水资源。众所周知，各种金属及非金属矿产是工业的原料，它们与发展国民经济、科学技术以及国防建设都有密切关系。其中，磷、钾等非金属矿产则是发展农业所不可缺少的肥源。金、银等除工业用途外还是国库的必要储备。石油、天然气、煤炭是主要的能源，尤其具有重要意义。地下水是工农业生产与人民生活不可或缺的资源。在我国许多地区，尤其是西北，地面水相当缺乏，在这种情况下，可以说有了水，就能有丰富的粮食，就能促使人民生活快速改善。上述所有矿产资源、能源与水资源都需要用地质学的理论和实践去查明。

2. 查明地震、火山爆发、山崩、地滑、洪水、风沙、地面的沉降等自然灾害的形成规律，指导人们和这些自然灾害进行有效的斗争。

3. 地质环境与人体健康有密切关系。一些地方性疾病，或某些地区的高发性疾病，如四川的克山病及大骨节病，与该区岩石与土壤中某种元素缺乏或过多有关。我国某些地区的癌症发病率高也有类似的地质原因。地质环境中对人体健康也有有利的一面，如温泉水往往含有某些元素，可用于治疗一些疾病。因而，地质学在直接服务于人类的身体健康方面也具有重要的意义。

第三节 地质学的研究内容

地质学研究内容有以下方面。

1. 研究组成地球的物质。目前着重研究的是地壳和上地幔。元素、矿物、岩石（包括矿石和矿床）、建造、地壳是地壳物质分类的不同级别，各级物质的存在形式、特征、形成条件、分布规律及其利用是研究的基本内容。研究这方面的有地球化学、结晶学、矿物学、岩石学、矿床学、地质建造学等分支学科。

2. 研究岩石或建造在地壳中以及在整个地球内部的空间分布，即阐明地壳以及地球的构造特征，阐明这些构造的形成条件与演变规律。这方面的分支学科有构造地质学、区域地质学、地球物理学等学科。

3. 研究地球的历史。地球形成到今已有 46 亿年，其中 30 多亿年以来的历史是重点研究的对象。研究这方面的有古生物学、地史学、岩相古地理学、以及第四纪地质学等学科。

4. 研究地质学的应用问题。其中水文地质学研究地下水的分布、找寻、开发和利用。工程地质学研究工程建设所需要的地质条件，以保证工程的稳固与安全。地震地质学研究地震发生的地质背景，为预报地震服务。环境地质学研究环境质量的地质因素，为提高环境质量、保护环境和人民的健康服务。由于研究的深入和专门化还有煤田地质学、石油地质学、铀矿地质学等。此外，同位素地质学、数学地质学、遥感地质学已成为新兴的地质学分支。

5. 研究地质学的研究方法手段。在这一领域中有同位素地质学、数学地质学、遥感地质学、实验地质学等学科。

6. 综合性研究。现代科学发展的一个趋势是由分科走向综合，许多重大科学问题只有通过综合性研究才能解决。地质学也正在经历着这一过程。从全球角度将物质研究、地壳与整体地球构造研究以及地球历史研究融为一体的板块构造学是这一趋势的重要体现。此外，行星地质学及新一代的海洋地质学都是进行综合性地质研究的新领域。

地质学形成到今不过 200 余年，其发展十分迅速。当前，地质学与数学、物理、化学等学科日益相互渗透，许多边缘学科正在成长。

第四节 地质作用、它的特点及研究方法

一、地质作用

地质作用 (geological process) 就是形成和改变地球的物质组成、外部形态特征与内部构造的各种自然作用。它分为内力 (endogeneous) 地质作用与外力 (exogeneous) 地质作用两类。前者主要以地球内热为能源并主要发生在地球内部，包括岩浆作用、地壳运动、地震、变质作用；后者主要以太阳能以及日月引力能为能源并通过大气、水、生物因素引起，包括风化作用、剥蚀作用、搬运作用、沉积作用、固结成岩作用。内力地质作用与外力地质作用都发生在地球上，都同时受到重力和地球自转力的影响。正是这些内力和外力地质作用，或急或缓不断地作用于地球并改变地球的面貌，地质学研究在某种程度上说就是研究其结果。

二、地质作用的特点

1. 地质作用的地区特色。地质作用的发生与发展具有共同规律，然而不同地方出现不同的地质作用现象，而且同一类地质作用在不同地方往往具有其特殊性。因此人们要全面、系统和直接地观察到所有地质作用是困难的，甚至是不可能的。

2. 地质现象复杂。从性质上看，包括物理的、化学的、生物的；从规模上看，大到全球的宏观现象，小到原子和离子的微观过程。同时地质学涉及到生物、气象、天文、地理等一系列学科，知识领域极其广阔。

3. 地质作用发生和延续的时间一般很长。例如海陆的变迁，山脉的隆起，海底的扩张等过程。需时很长，一般以百万年为单位计算。如喜马拉雅山脉，从海底隆起到今约有 25 百万年，大西洋的形成到今约 200 百万年。有些地质作用看起来其表现时间很短，如地震、火山爆发等，但其发生之前能量的聚集过程则很长。因而，人们难以对正在进行的地质作用的全过程做完整的观察，对于地质历史中的地质作用更不可能直接去了解；绝大多数地质作用也难于用物理或化学方法加以重现。

三、地质作用的研究方法

1. 观察地质现象。因为地质现象就是地质作用的结果或产物，从观察地质现象中就可以找出地质作用的特点与规律。因此，野外调查便是研究地质作用的前提和基础。大自然是最好的地质博物馆，在某种意义上也是实验室。

2. 运用分析、实验手段。用物理的、化学的、数学的及生物的方法以提高对物质的分辨能力、穿透能力、鉴定能力、模拟能力、遥感能力。现代电子显微镜能放大 80 万倍，分辨能力达 0.144 nm ^①，对于矿物中原子、离子的排列能够直接进行观察。高温高压及超高压技术已应用在模拟地幔的物质性状及组成。目前已能提供 10^{11} Pa 以上的压力与 $10\ 000^\circ\text{C}$ 之温度。放射性同位素年龄测定方法可以有效地测定地质作用发生的时间。

3. 进行理论研究。理论研究建立在丰富的地质事实和数据的基础之上，这是一个由表及里、由此及彼，去粗取精，去伪存真，由感性认识上升到理性认识的过程。在这一过程中要进行地质思维。地质思维就是要运用地质学知识和原理去分析问题，研究问题。其中还要运用“将今论古”的方法论。这一方法论的基本思想是：“现在是认识过去的钥匙”，即用现在正在发生的地质作用去推测过去，类比过去，认识过去。如现在的河流将大量的泥沙带到海盆中沉积下来并形成有一定特征的沉积物，因而过去的河流也应有类似的作用，形成类似特点的岩石。干旱区内陆盐湖里有各种盐类矿物正在沉淀并形成盐层，因而古代岩石中所见的盐层也应该是在干旱地区的产物。

“将今论古”是地质学的传统思维方法。地质学的现有成果很大程度上是建立在这一方法论之上的。但是随着人们对客观现象认识的深入，已经发现不同地质时期内条件是不同的，地质作用的规律也有相应的变化，现在并不是简单地重复着过去。因而不能将过去的地质作用规律和现代正在进行的地质作用规律不加分析地机械地等同起来。如海百合现在只生长在深海，但是在数亿年前，海百合却同造礁珊瑚等典型的浅海生物生活在一起。

“以古论今，论未来”是地质思维中另一个重要的方法论。因为人们今天能够直接加以观察的地质作用往往只是漫长的地质作用中的一个片断，而在过去的地质记录中却往往保留了

① $1\text{ nm} = 10^{-9}\text{ m}$ 。

地质作用的全部过程。因此，认识了过去就能够帮助我们更好地了解现在并且预测未来。

譬如，最近地质时期气候的冷暖变化是有周期性的，这在深海底沉积物中留下了完整而清楚的记录，研究了这些沉积记录就能够帮助我们却预测未来（如 1000 年内）气候变化的趋势。

上面论述了地质作用研究方法的一般原则。还必须指出，对于地质学各学科来说还有各自的特殊方法。如研究地壳的物质成分时要用化学分析、电子探针分析、光谱分析、差热分析、能谱分析、X 射线分析、偏光显微镜、电子显微镜鉴定等等。研究地球的内部结构、构造时要用地球物理的方法、深部钻探技术、高温高压模拟实验等。研究地球发展历史要用同位素年龄测定，生物地层学方法及古地磁方法等。

本章小结

1. 地质学是研究地球的科学，在解决自然科学理论问题的过程中，及指导人们找寻矿产资源、能源、水资源以及和自然灾害作斗争并维护人类健康的实践中均具有重大意义。

2. 地质学研究的内容包括组成地球的物质、地球的结构与构造、地球的历史、实用问题、综合性研究以及方法学研究六个方面。

3. 地质作用包括内力地质作用与外力地质作用两大类型。地质作用改变着地球的面貌，它在地球上从不停息。促使地质作用进行的能量主要来自地球内部或太阳能。

4. “将今论古”及“以古论今、论未来”是地质学思维的两大方法论。

5. 到大自然中去是地质学研究的基础和前提。

重要术语

地质学、地质作用、内力地质作用、外力地质作用

复习思考题

1. 地质学研究的对象是什么？重点何在？

2. 地质学研究的内容有哪些主要方面？

3. 试述地质学的意义？

4. 何谓地质作用、内力地质作用及外力地质作用？

5. 你怎样理解地质学的特色。

6. 地质学研究的方法怎样？

第二章 矿 物

固体地球的最外圈是地壳，它是地质学最直接的研究对象。地壳由岩石组成，岩石由矿物组成，矿物由各种元素组成，所以研究地质学首先要从元素与矿物入手。

第一节 元 素

一、元素和同位素

由同种原子组成的物质称为元素 (element)。目前已知元素有 108 种，其中在自然界存在的为 92 种。每种元素具有固定的原子序数，在元素周期表中分别占有固定位置。同种元素的原子具有的中子数可以不同因而具有不同的原子量。具有不同原子量的同种元素的变种称为同位素 (isotope)。在已知元素中除 21 种元素外，其余元素都是两种或两种以上同位素的混合物。同种元素的同位素的物理性质与化学性质本质上相同。

有的同位素其原子核不稳定，会自行放射出能量，即具有放射性 (radioactivity)，称为放射性同位素。不具有放射性的同位素，称为稳定 (stable) 同位素。天然存在的同位素共有 300 余种，具有放射性的有几十种，重要的有 U^{238} 、 U^{235} 、 U^{234} 、 Th^{232} 、 Rb^{87} 、 K^{40} 等。不具有放射性的占大部分，重要的如 O^{16} 、 O^{17} 、 O^{18} 、 C^{12} 、 C^{13} 、 S^{32} 、 S^{33} 、 S^{36} 等。

放射性同位素所放射出的能量包括 α 粒子、 β 粒子和 γ 射线等。每一 α 粒子具有 2 个质子和 2 个中子，因而每放射出一个 α 粒子其原子量减少 4，原子序数降低 2。 β 粒子是高速运动的电子。 γ 射线是波长很短的电磁辐射。这一放射能量的过程，称为放射性蜕变 (衰变)。

放射性同位素通过蜕变，就变成一系列过渡性的不稳定同位素，直到变成稳定的同位素为止。例如， U^{238} 通过蜕变经过一系列中间产物最终就变成稳定同位素 Pb^{206} ， Th^{232} 则变成 Pb^{208} 。

放射性同位素都具有固定的蜕变速度。某一放射性元素蜕变到它原来数量的一半所需的时间称为半衰期。它是一个常数。如 U^{238} 的半衰期为 4.49×10^9 年， Th^{232} 为 24.1 天。

二、地壳中的元素与克拉克值

美国人克拉克最早测定了地壳中元素的平均含量。他根据采自世界各地的 5159 个岩石样品的化学分析数据，求出了 16km 厚地壳内 50 种元素的平均质量。鉴于他在这项工作中的贡献，国际上决定把元素在地壳中平均质量分数%，称为克拉克值 (Clark value)。克拉克值又称地壳元素的丰度 (abundance)。

在地球科学家的共同努力下，元素的克拉克值不断地得到补充与修正。

地壳中各元素的含量是极不均匀的。O、Si、Al、Fe、Ca、Na、K、Mg、Ti、H 等 10 种元素占 99.96%，其中 O、Si、Al、Fe 占 88.31% (表 2—1)。

表 2—1 地壳主要元素质量分数 (%) (引自刘英俊等, 1984)

氧	O	46.30	钠	Na	2.36
硅	Si	28.15	钾	K	2.09
铝	Al	8.23	镁	Mg	2.33
铁	Fe	5.63	钛	Ti	0.57
钙	Ca	4.15	氢	H	0.15