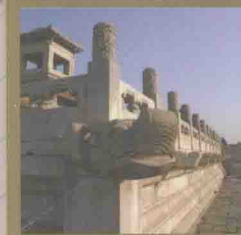
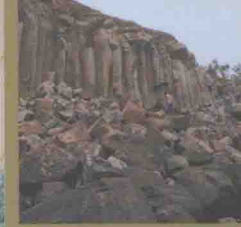


《中国大百科全书》普及版



坚硬的地壳

地质卷

JIANYINGDEDIQIAO

岩石家族

《中国大百科全书》普及版编委会 编

JIANYINGDEDIQIAO YANSIJIATU

中国大百科全书出版社

坚硬的地壳

岩石家族 【地质卷】



中国大百科全书出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

坚硬的地壳：岩石家族 / 《中国大百科全书：普及版》编委会编. —北京：中国大百科全书出版社，2013.8

(中国大百科全书：普及版)

ISBN 978-7-5000-9225-4

I. ①坚… II. ①中… III. ①岩石学—普及读物 IV. ①P58-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第180517号

总 策 划：刘晓东 陈义望

策划编辑：黄佳辉

责任编辑：黄佳辉 徐世新

装帧设计：童行侃

出版发行：中国大百科全书出版社

地 址：北京阜成门北大街17号 邮编：100037

网 址：<http://www.ecph.com.cn> Tel: 010-88390718

图文制作：北京华艺创世印刷设计有限公司

印 刷：北京佳信达欣艺术印刷有限公司

字 数：88千字

印 数：1~5000

印 张：7.75

开 本：720×1020 1/16

版 次：2013年10月第1版

印 次：2013年10月第1次印刷

书 号：ISBN 978-7-5000-9225-4

定 价：17.50元

前

言

《中国大百科全书》是国家重点文化工程，是代表国家最高科学文化水平的权威工具书。全书的编纂工作一直得到党中央国务院的高度重视和支持，先后有三万多名各学科各领域最具代表性的科学家、专家学者参与其中。1993年按学科分卷出版完成了第一版，结束了中国没有百科全书的历史；2009年按条目汉语拼音顺序出版第二版，是中国第一部在编排方式上符合国际惯例的大型现代综合性百科全书。

《中国大百科全书》承担着弘扬中华文化、普及科学文化知识的重任。在人们的固有观念里，百科全书是一种用于查检知识和事实资料的工具书，但作为汲取知识的途径，百科全书的阅读功能却被大多数人所忽略。为了充分发挥《中国大百科全书》的功能，尤其是普及科学文化知识的功能，中国大百科全书出版社以系列丛书的方式推出了面向大众的《中国大百科全书》普及版。

《中国大百科全书》普及版为实现大众化和普及化的目标，在学科内容上，选取与大众学习、工作、

生活密切相关的学科或知识领域，如文学、历史、艺术、科技等；在条目的选取上，侧重于学科或知识领域的基础性、实用性条目；在编纂方法上，为增加可读性，以章节形式整编条目内容，对过专、过深的内容进行删减、改编；在装帧形式上，在保持百科全书基本风格的基础上，封面和版式设计更加注重大众的阅读习惯。因此，普及版在充分体现知识性、准确性、权威性的前提下，增加了可读性，使其兼具工具书查检功能和大众读物的阅读功能，读者可以尽享阅读带来的愉悦。

百科全书被誉为“没有围墙的大学”，是覆盖人类社会各学科或知识领域的知识海洋。有人曾说过：“多则价谦，万物皆然，唯独知识例外。知识越丰富，则价值就越昂贵。”而知识重在积累，古语有云：“不积跬步，无以至千里；不积小流，无以成江海。”希望通过《中国大百科全书》普及版的出版，让百科全书走进千家万户，切实实现普及科学文化知识，提高民族素质的社会功能。

2013年6月

目 录



第一章 概述

一、岩石学	1
-------	---

二、岩石	5
------	---



第二章 火成岩岩石学

一、火成岩	8
-------	---

二、岩浆	15
------	----



第三章 火成岩类型

一、超基性岩	20
--------	----

二、基性岩	29
-------	----

三、中性岩	37
-------	----

四、酸性岩	44
-------	----

五、碱性岩	52
-------	----

六、煌斑岩	54
-------	----

七、伟晶岩	55
-------	----





八、细晶岩	57
-------	----

第四章 沉积岩岩石学



一、沉积岩	58
-------	----

二、沉积作用	66
--------	----

第五章 沉积岩类型



一、碎屑岩	72
-------	----

二、碳酸盐岩	82
--------	----

三、化学沉积岩	90
---------	----

四、特殊沉积岩岩类	93
-----------	----

第六章 变质岩岩石学



一、变质岩	97
-------	----

二、变质作用	101
--------	-----

第七章 变质岩类型



一、千枚岩	106
-------	-----



二、片岩	107
三、片麻岩	109
四、变粒岩	110
五、角闪岩	111
六、石英岩	112
七、大理岩	113
八、夕卡岩	115



第一章 概述

〔一、岩石学〕

研究岩石的成分、结构构造、产状、分布、成因、演化历史和它与成矿作用关系等的学科。地质学的分支。陨石、月岩等宇宙来源的岩石，也是岩石学的研究对象。岩石学常被分为岩理学和岩类学。岩理学主要研究岩石的成因，早期多指与火成岩有关的成因研究；岩类学主要是鉴定岩石的成分和结构构造，进行岩石特征的描述和分类，又称描述岩石学或岩相学。

简史 岩石学的历史可分为下列时期：

萌芽时期是在古代，岩石和矿物统称为“石”。最早有关矿物岩石性状的记载是中国的《山海经》和古希腊泰奥弗拉斯托斯的《石头论》。古希腊哲学家泰勒斯的“一切都来自于水，又复归于水”论断，可以看作关于沉积岩思想的萌芽。

孕育时期是 18 世纪后半叶至 19 世纪初，德国地质学家 A.G. 维尔纳为首的弗赖堡学派倡导水成说，认为所有岩石都是混沌水的沉淀物。英国自然科学家 J. 赫

顿于 1788 年提出了火成说,认为在地热的影响下形成的熔融物可经火山活动形成火山岩,或在深部结晶形成花岗质岩石。两派各以自己的观点排除对方,把所有的岩石基本看成是同一成因。1830 年英国自然科学家 C. 莱伊尔提出岩石的成因分类,分为水成岩类、火山岩类、深成岩类和变质岩类。深成岩类包括花岗岩和片麻岩类。从“水火之争”到莱伊尔以多种成因观点代替单一成因观点的岩石分类,是岩石学孕育阶段的主要标志。

形成时期开始于 19 世纪中期至 20 世纪 50 年代。这一阶段,野外地质调查和区域性地质制图有了较大的发展,使得历史对比法在岩石学的各个领域得到了广泛的应用,厘定了各类岩石组合与其形成地质环境的联系,加深了对岩石成因的了解。现代的显微岩石学,是英国地质学家 H.C. 索比把偏光显微镜运用于砂岩、石灰岩和黏板岩的观察而开始的。德国 F. 齐克尔在 1866 年《描述岩石学教科书》中,对岩石的许多亚类作详细阐述。齐克尔 1873 年出版的《矿物和岩石在显微镜下特征》和 K.H.F. 罗森布施的《岩相学主要矿物在显微镜下结构》,奠定了显微岩石学的基础。19 世纪末至 20 世纪早期,是岩石化学的形成时期。美国 F.W. 克拉克和德国的 A. 奥桑是这方面的创始人。C.W. クロス与美国 H.S. 华盛顿等人合作研究从地表至 10 英里深处物质平均成分,发表了《火成岩平均成分》(1922)、《地壳成分》(1924)等重要著作,创造了 CIPW (四氏) 岩石化学计算法。挪威岩石学家 J.H.L. 福格特用矿渣作材料进行高温熔融实验,说明硅酸盐中的共熔关系,确定矿物的结晶顺序,并把它运用于天然岩石。美国岩石学家 N.L. 鲍温在 1928 年发表《火成岩的演化》,提出了钙碱性岩浆中矿物析出的反应系列及其原理,习称“鲍温反应原理”,奠定了岩浆分异作用理论基础。在变质岩岩石学方面,挪威地球化学家 V.M. 戈尔德施密特和芬兰岩石学家 P.E. 埃斯科拉将物理化学中的相律运用于岩石学,创立了变质相的概念。

发展时期是在第二次世界大战结束以后,特别是 20 世纪 50 年代以来,通过国际性多学科地学研究活动的开展,板块构造学说兴起并不断发展,作为地质学科分支的岩石学进入了新的发展时期。X 射线及电子显微技术的发展,使岩石、



矿物内部结构研究进入微区领域；微量分析技术如光谱，X 射线荧光分析等的发展使稀土和微量元素定量成为可能，为某些成岩作用的过程的研究提供了定量依据；质谱分析可以测定岩石和矿物中同位素组成，不仅提供了有关成岩作用的时间信息，对示踪岩浆演化、岩浆起源、岩石变质等原岩及其形成过程也都提供了重要信息；高温高压实验能测定的压力达到 108 帕，约合深度 600 千米以下，可以模拟上地幔某些岩石的形成。新技术、新方法的应用为地壳早期岩石、洋底和深部地幔岩石的研究，积累了大量资料，推动了现代岩石学理论的完善。过去的一元或二元原始岩浆论已转变为受大地构造环境控制而形成的多元岩浆的观点，洋中脊、裂谷带、活动大陆边缘和陆内环境都有不同的岩浆组合。关于岩浆演化除了岩浆分异作用、岩浆同化作用之外，岩浆混合的观点，也日益受到重视。板块构造理论对沉积岩岩石学也有显著影响，现代沉积岩石学理论认为大型沉积盆地和它们的沉积中心与板块运动有关，板块的相互作用和板块构造环境是沉积盆地演化和各种沉积相形成分布的关键。用现代沉积作用和水动力环境的实验模拟资料来解决古沉积环境问题是沉积岩石学研究的生长点。变质相和变质相系的研究初步奠定了变质作用和大地构造的联系，而地幔与地壳的相互作用所产生的热流是区域变质的根本原因。20 世纪 80 年代以来变质作用的温度-压力-时间轨迹的研究揭示了变质作用历史与地壳构造演化之间的关系。

分支学科 包括下列各学科：

火成岩岩石学是研究岩浆作用形成的岩石的成分、结构构造及其形成条件和演化历史的学科。又称岩浆岩岩石学。运用现代实验技术、物理化学、流体动力学等理论，阐明各类岩浆的演化运移和冷却结晶等过程，依据岩浆岩区域地质分布结合大地构造单元，总结各类岩浆岩自然组合的时空分布规律。

沉积岩岩石学是研究沉积物和沉积岩的组成、结构、构造和成因的学科。包括沉积物和沉积岩物质成分、粒度及其生物化石群落等的研究；判定沉积环境和沉积物的源区，从而阐明古地理条件和恢复古构造；根据碎屑物和基质的比例，根据矿物颗粒和有机组分的分选性，进行沉积物和沉积岩的分类；根据化学沉积

物的特点判定水体化学性质和海水深度等。

变质岩岩石学是研究地壳内部发生的变质作用和变质岩的形成特点及其演变历史的学科。天体陨石对地球冲击引起的冲击变质亦属这一研究范畴。在地壳演化过程中，地幔、地壳的相互作用，引起区域热流和构造环境的变化，形成了一系列不同形变程度的变质岩。它们是变质作用在自然界的记录，是变质岩岩石学的主要研究对象。变质岩岩石学又可分为两个方向：①变质地质学。即研究变质作用与地壳演化的相互关系，包括变质体制、变质作用的地质环境，变质作用类型划分及其与地壳演化的联系等。②变质实验岩石学。研究变质反应的化学热力学和化学动力学问题，用以阐明变质作用的物理化学条件。

实验岩石学主要通过高温高压的实验手段来进行各种化学反应的温度压力的测定。研究矿物、岩石体系相平衡和动力学机理，从而研究地球深部的物质组成、状态和物相转变等。

工业岩石学用硅酸盐工艺学的方法来研究和开发与硅酸盐矿物有关的资源。又称工艺岩石学。

地幔岩石学是高温高压技术的发展，可以系统地测定 600 千米深度地幔岩的矿物组分及其变化，它与野外地质观察和深部地球物理研究相结合，来研究地幔岩。

宇宙岩石学研究月球及陨石等地球以外行星的岩石组成。

岩石化学研究岩石（特别是火成岩和变质岩）的化学特征及其应用。又称化学岩石学。主要研究火成岩的酸度、碱度、铝饱和度；火山岩的系列类型；火成岩的矿物组合及含量，以及分类命名；岩浆演化机理；岩浆及火成岩的物理化学条件；火成岩的成因；火成岩与板块构造的关系和与矿产的关系等。

构造岩石学主要用岩组学、显微构造和构造学方法来研究岩浆岩侵入体和变质岩形成过程中构造形变。

与其他学科的关系 岩石的形成与形成时的地质环境密不可分。岩石建造是地质环境的一种表现。为了阐明地质环境，区域地质学、大地构造学、构造地质



学和地层学的研究是必不可少的知识；矿物学和地球化学可以阐明岩石中主要造岩矿物和元素迁移变化的规律，它们与化学热力学和化学反应动力学相结合，可以说明岩石形成过程中可能的物理化学作用过程，以及岩浆发生的可能原岩。宇宙岩石学可以看作岩石学与天文学之间的联系环节，而地幔岩石学可以看作岩石学与地球物理学之间的桥梁，这两个分支学科扩大了岩石学研究的时空范围，所研究的深度可达 600 千米的地幔，时间可以上溯到 40 亿年左右，其研究成果为研究地球早期演化提供了基础资料。

存在的问题和展望 作为自然体系的岩石组合，其成因是复杂的，受诸多因素所制约，并且与地壳演化有着密切的联系。有成效的岩石学研究，一方面要摆脱传统观点的束缚，从单纯岩石的描述中解放出来；另一方面也要防止简单化的趋向，把复杂的成因问题纳入简单的成因模式。要掌握更多的岩相学、区域地质学资料，充分搞清各种岩石之间野外关系，加强岩石组合和岩石的物质组分（包括矿物学和地球化学）的研究，从而进一步引出客观存在的形成条件和岩石构造历史，并从物理化学基础理论来阐明其内在联系和发生的根本原因。此外，从全球构造观点，总结分析岩浆建造、变质建造和沉积建造的时空分布规律，这些将是岩石学的基本任务。

〔二、岩石〕

矿物的天然集合体。俗称石头。主要由一种或几种造岩矿物按一定方式结合而成，部分岩石是由火山玻璃或生物遗骸构成。岩石是构成地壳和地幔的主要物质，是在地球发展的一定阶段、经各种地质作用形成的固态产物。陨石和月岩虽然来自天体，它们是天体地质作用的产物，也属于岩石的范畴。

在人类进化和文明中，岩石具有重要意义。当人能够用手把第一块石头做成石刀的时候，终于完成了从猿到人转变的决定性的一步。从人类进入第一个文明

时期——石器时代起，岩石一直是人类生活和生产的重要材料和工具。现代，岩石仍是农田、水利、建筑、交通、化工、矿业等经济部门施工对象和开采利用的资源。

岩石按其形成过程，分为火成岩（又称岩浆岩）、沉积岩和变质岩三大类。

①火成岩。熔融物质（一般为岩浆）在地下或喷出地表后冷凝形成的岩石，如花岗岩、玄武岩等。②沉积岩。风化作用、生物作用或某种火山作用形成的产物经搬运、沉积和石化作用在地表或接近地表条件下所形成的岩石，如页岩、砂岩、石灰岩等。③变质岩。原先存在的岩石，一般在温度、压力升高条件下，矿物成分、结构构造经改造而形成的岩石，如片岩、片麻岩、大理岩、糜棱岩等。根据岩石的性质可以判断其形成的过程，所以岩石是成因信息的载体。金伯利岩因含有金刚石，说明其来自地幔，被称为地幔之窗。人们认识到火星上曾经有水，其证据之一便是因为火星轨道摄像机（MOC）发现其上有硬结的明显呈层状的沉积岩。

三大类岩石的分布情况各不相同。沉积岩主要分布在大陆地表，约占陆壳面积的 75%。距地表越深，则火成岩和变质岩越多。地壳深部和上地幔，主要由火成岩和变质岩构成。火成岩占整个地壳体积的 64.7%，变质岩占 27.4%，沉积岩占 7.9%。其中玄武岩和辉长岩又占全部火成岩的 65.7%，花岗岩和其他浅色岩约占 34%。

岩石作为天然物体具有特定的密度、孔隙度、抗压强度和抗拉强度等物理性质，它们是建筑、钻探、掘进等工程需要考虑的因素。此外，岩石受应力发生变形。岩石所受应力超过其弹性限度后，则发生塑性变形。自然界的糜棱岩主要就是塑性变形产物。一些工程中岩石长期荷载，也会造成蠕变和塑性流动。温度和围压（上覆岩石的负荷）增高，有利于塑性变形的发生。如果应力继续增加，则岩石发生破裂。

组成岩石的矿物主要是硅酸盐矿物（如长石、云母、角闪石、辉石、橄榄石）和石英；其次是各种氧化物矿物（如磁铁矿、钛铁矿、金红石）、碳酸盐矿物（如方解石、白云石）、磷酸盐矿物（如磷灰石）；有时含某些硫化物、硫酸盐或含



常见岩石的某些物理性质

岩石类型	密度 (g/cm ³)	孔隙度 (%)	干抗压强度 (kg/cm ²)	抗拉强度 (kg/cm ²)
火成岩：花岗岩	2.5~2.8	0.3~1.5	1500~2100	20~100
闪长岩	2.7~3.0	0.5±	2300~2700	
玄武岩	2.2~3.0	1~30	1500~2000	77
沉积岩：砂岩	1.9~2.5	1~10	900~2000	20~60
页岩	1.9~2.4	2.5~8	500~600	13~30
石灰岩	2.2~2.7	1~15	700~1600	5~15
变质岩：大理岩	2.6~2.8	0.5~2	700~2000	50~90
石英岩	2.64±	0.5±	1500~2400	
板岩	2.7~2.85	4±	600~1400	

稀有、稀土、放射性或贵金属元素的矿物，或者具特种性质的矿物（如金刚石）。具经济价值或贵金属元素的矿物，在岩石中局部富集，达到可供开采和利用的质量和规模时即为矿产。各种金属和非金属矿产以及能源资源，绝大多数赋存在各类岩石中，并与岩石的成因有联系。所以，岩石是各类矿产的载体和巨大能库。



第二章 火成岩岩石学

〔一、火成岩〕

由熔融岩浆直接冷却固结形成的各种结晶质或玻璃质岩石。又称岩浆岩。是从地壳深处或上地幔产生的高温熔融岩浆，受到地质构造作用的影响，在地下一定深处或喷出地表后冷却形成的。它是三大岩石类型之一（另两类是沉积岩和变质岩）。有人认为火成岩与岩浆岩是同义语，但实际上它们不完全相同。因为火成岩一词包括一些由非岩浆作用形成的外貌和成分与岩浆岩基本相同的岩石。这种岩石往往由深变质作用形成，特别是花岗岩类常见。

化学成分 几乎包括了地壳中所有的化学元素，按其含量、地球化学行为和火成岩中的意义，可分为主要造岩元素、微量元素、稀土元素和同位素等种类。火成岩中主要的元素有 12 种，即氧、硅、铝、钛、铁、锰、镁、钙、钠、钾、氢和磷。这些元素占火成岩的总重量达 99% 以上，属主要造岩元素。其中前 10 种元素含量最多，占火



成岩总重量的 99.25%，并以氧的含量最高，约占总重量的 47%。火成岩的成分一般以元素的氧化物表示， SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 FeO 、 Fe_2O_3 、 MgO 、 CaO 、 Na_2O 、 K_2O 、 P_2O_5 等含量占火成岩的平均化学成分达 99.5%（重量百分比），并在各类火成岩中均有出现。各种主要氧化物含量有一定变化范围，如 SiO_2 多为 34%~75%，少数可达 80%， Al_2O_3 为 0~20%， MgO 为 2%~35%，有些可达 35%以上， CaO 为 0~15%，少数可达 23%， $\text{FeO}+\text{Fe}_2\text{O}_3$ 为 0~15%， FeO 一般高于 Fe_2O_3 ， Na_2O 为 0~10%，少数可接近 20%， K_2O 为 0~10%，某些火成岩中可达 18%，且往往是 $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。 TiO_2 一般小于 5%， MnO 小于 2%，多数为 0~0.3%， P_2O_5 小于 3%，一般为 0~0.5%。 SiO_2 是火成岩中一种很重要的氧化物，其含量多少反映火成岩的酸度、基性程度和 SiO_2 的饱和度， SiO_2 含量还是火成岩分类的重要依据。

矿物成分 是火成岩分类的重要依据，组成火成岩的矿物称为造岩矿物，自然界中造岩矿物有千百种，但常见的主要造岩矿物仅有 20 多种，如石英、长石（正长石、微斜长石、钠长石、更长石、中长石、拉长石）、黑云母、角闪石、辉石、橄榄石、霞石、白榴石、磁铁矿、钛铁矿、磷灰石、锆石、榍石等。其中以长石类最多。根据这些矿物的成分，又可分为硅铝矿物（又称浅色矿物）和铁镁矿物（又称暗色矿物）。浅色矿物包括石英、长石类、似长石类，其成分以硅铝为主，不含或含很少的铁镁成分，故矿物颜色都很浅。暗色矿物包括橄榄石类、辉石类、角闪石类、黑云母类，其成分含铁镁较高，故其颜色一般较深。暗色矿物在火成岩中体积含量的百分数，称为火成岩的色率，又称颜色指数。一般火成岩的标准色率是：超基性岩为 90，基性岩为 50，中性岩为 30，酸性岩为 10，在此数值基础上可有 10 左右的变化范围。

按造岩矿物在火成岩中的含量和对火成岩分类命名所起的作用，又把造岩矿物分为主要矿物、次要矿物、副矿物三类。主要矿物在火成岩中含量最多，是确定岩石大类名称的主要依据，含量常大于 15%。如花岗岩类中石英和长石是主要矿物。次要矿物是岩石中含量少于主要矿物的矿物，一般含量约 5%~15%，对决定岩石的大类名称没有影响，而对火成岩进一步划分种属则是主要依据。黑云