

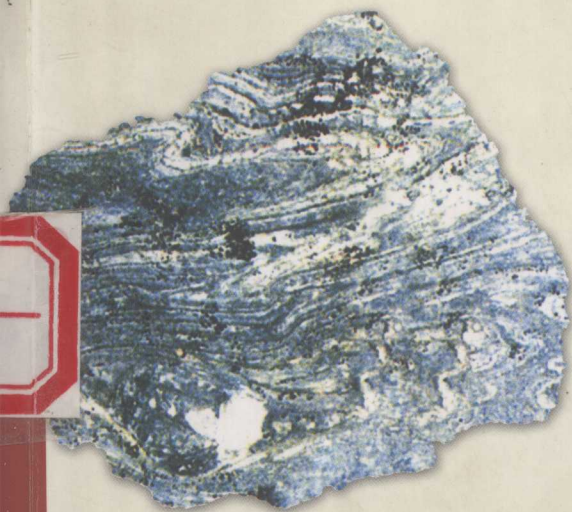
成因

中国现代科学全书·地质学

GENETIC PETROLOGY

岩石学

卢良兆 林 强 刘招君 编著



吉林大学出版社

中国现代科学全书·地质学

成因岩石学

卢良兆 林 强 刘招君 编著

吉林大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

成因岩石学/卢兆良等编著. —长春: 吉林大学出版社, 2004.5
ISBN 7-5601-3054-2

I. 成… II. 卢… III. 成因-岩石 IV. P581

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 037678 号

中国现代科学全书总编辑委员会

名誉主编	胡 绳	钱伟长	吴阶平	周光召
	许嘉璐	罗豪才	季羨林	王大珩
	郑必坚			
主 编	姜士林	郭德宏	刘 政	程湘清
	卞晋平	王洛林	许智宏	白春礼
	卢良恕	徐 诚	王洪峻	

成因岩石学

卢良兆 林 强 刘招君 编著

责任编辑、责任校对: 陈颂琴

封面设计: 马继东

吉林大学出版社出版
(长春市明德路 421 号)

吉林大学出版社发行
长春市日升印业有限公司印刷

开本: 850×1168 毫米 1/32

2004 年 5 月第 1 版

印张: 13.5

2004 年 5 月第 1 次印刷

字数: 339 千字

印数: 1-600 册

ISBN 7-5601-3054-2/P·29

定价: 35.00 元

主 编 简 介

卢良兆,男,1930年出生,现为吉林大学地球科学学院教授,博士生导师,中国地质学会岩石学专业委员会副主任。长期在原长春地质学院从事岩石学教学和变质岩及前寒武纪地质研究工作,已出版专著四部和论文40余篇。80年代参加主编的《1:400万中国变质地质图》和有关专著获国家自然科学奖二等奖。70年代开始长期从事华北陆台北部高级区麻粒岩相变质和中国北方孔兹岩系的成因研究,提出多种成因模式。专著《内蒙古东南部早前寒武纪孔兹岩系成因及其含矿性》获国家教委科技进步一等奖。90年代以来率先在我国开展变质作用 $P-T$ 轨迹及其构造环境的研究,并通过华北陆台基底的研究推进了“变质地质动力学”这一前沿研究方向。

内 容 简 介

本书首先简要介绍地壳中火成岩、沉积岩和变质岩的最基本特征。在此基础上着重阐述岩石学的成因理论方面近年来最新进展和属于研究前沿的若干问题,并介绍了我国学者的贡献及本书作者的新成果。火成岩部分主要包括:岩浆演化的多元模式,岩浆动力学,地壳岩石开放系统的熔融作用,岩浆作用与大地构造环境,地幔循环与岩浆作用的地球动力学等。沉积岩部分包括:层序地层学,盆地分析和模拟,及我国学者在松辽大陆裂谷盆地,华南岩相古地理、沉积环境和沉积建造及生物成矿作用等方面的新成果。变质岩部分包括:变质地质动力学,变质流体及其效应,早前寒武纪变质地质学及高压-超高压变质作用等。同时介绍了我国学者对华北太古宙绿岩带与高级区和麻粒岩相变质作用,及华中-苏、鲁高压-超高压变质地带的最新研究成果。此外还探讨了21世纪岩石学三个分支学科的发展前景。

本书内容丰富、新颖、资料翔实,是高校地质专业研究生必读之书,也可供教师和科研人员参考。

序

由卢良兆、林强和刘招君三位教授合作分工编写的《成因岩石学》是新编学术性百科全书——中国现代科学全书《地质学卷》的分卷之一。内容包括沉积岩石学与沉积学、火成岩石学和变质岩石学三个分支学科。编写有统一的提纲,故有一定的内在联系,但又各自成系统。本卷与地质学其它分支学科 14 分卷组成《地质学卷》,形成一个完整的地质学丛书系列。

本书不同于高等地质院校编著的一般岩石学教科书和学科性科普读物,它不强调基础性知识或一般性介绍,而以学术性为主。同时与条目性百科全书也有较大区别,条目性百科全书以学术名词为单元,缺乏横向的内在联系。而本书既有纵向又有横向的内在联系,学术性强,且具有若干鲜明的特色。

一是“新”,书中突出了最近一二十年来岩石学成因研究的新内容和新成果,以及近年来新兴的研究热点和岩石学前沿研究方向,同时探讨未来岩石学发展动向,具有重要的导向作用。

二是强调“演化及其过程”,改变了过去描述性的静态思维,而以动态的学术思维来论述岩石成因。如火成岩石学篇讨论岩浆起源与演化时,重点论述了岩浆作用的过程,地幔循环与岩浆作用的地球动力学问题。沉积岩石学与沉积学中着重讨论了沉积作用与盆地演化的动力学模式等。

三是强调“岩石成因与大地构造的联系”,如火成岩石学中分析了岩浆作用与构造环境的联系,沉积岩石学与沉积学中讨论了沉积盆地的分类与大地构造的制约。变质岩石学篇讨论了各种构造体制下的变质动力学模式等。将岩石学成因研究纳入全球板块

和后板块构造理论及大陆动力学的研究框架之中,内容已远远超出了传统的岩类学和岩理学的范畴,称之为“成因岩石学”是符合实际的。

当前地质学科中各学科相互交叉渗透,进而形成许多新的边缘性分支学科。单纯的岩石学已难以说明岩石学科中的基本问题,而应以岩石学研究为核心,密切结合矿物学、地球化学、同位素地质、大地构造等学科及实验测试进行综合研究,使其更加深化,进一步形成新的火成岩地质学、沉积地质学和变质地质学,本书在这些方面有较明确的体现和阐述。

关于岩石学中三个分支学科当代与今后的发展方向或趋势,在该书中也作了一定的论述。尽管不同学者对发展方向,从不同角度可能会有不同的认识,但本书的论述肯定能起到重要的导向和启迪作用。

对某些学术观点和假说,在处理上比较客观。除较多地阐述了自己的观点外,也介绍了不同学者的不同观点,既符合百家争鸣的方针,也使读者得以了解不同学者的思路,便于从中判断,并扩大思路,有利于深入探讨与研究。

限于篇幅,本分卷只是重点论述了各个分支学科中的主要新进展与新成果,必然有一定的舍弃,这是遗憾的事情,但书中已论述的问题都较系统,且重点突出。

总体上看本书内容相当丰富,基本反映了现代岩石学成因研究方面的主要内涵和总的发展趋势。论述深入浅出,图文并茂,是高校地质专业教师和研究生的必读之书,也可供科研人员参考。

中国科学院院士

沈其韩

2009年4月9日

前 言

本书是《中国现代科学全书》中《地质学》卷的分卷之一,《全书》由全国人大常委会办公厅研究室、人民政协全国委员会研究室、中共中央党校党史研究部和中国现代文化研究中心等单位发起并组织编写,这是“一部规模宏大的学术性百科全书,是系统全面概述和介绍现代自然和社会科学各学科的发展和建设及其学术成果的大型丛书”。据总编辑委员会拟订的指导思想和编撰原则,此书不同于条目性质的百科全书,它和一般教材或科普读物既有一些共性,又有不同特点,应是对各学科(或分支学科)已有基本内容的总结,并特别强调突出近年的新进展和新内容及 21 世纪的发展趋势,还要求适当突出我国学者的贡献。

《成因岩石学》是地质科学的重要分支学科,经过 200 余年的发展本身又早已分解成三个独立的分支学科,即火成(岩浆)岩石学、沉积岩石学和变质岩石学,各有完整的体系,内容相当丰富,近年来又各有长足发展。所以本书编写时也只能将其分为三篇,并按编辑部要求的精神,每篇除各辟一章对该分支学科的已有基本内容作概括介绍及适当评述外,将重点置于近年新兴的热点和研究前沿,同时探讨未来发展方向,并从学科发展这一视角,介绍我国学者的新研究成果。

据此,火成岩石学篇重点讨论了岩浆起源和演化,岩浆作用与大地构造的关系和地幔循环与岩浆作用地球动力学等问题。并介绍了中国东部太古宙—显生宙花岗岩的研究成果,讨论了中国东部上地幔和地幔柱有关问题,以及中国东北及邻区中生代火山岩

成因的地幔柱观点。沉积岩石学篇还包括沉积学的部分内容,重点讨论了层序地层学和沉积盆地分析原理及松辽盆地特征和盆地动力学分析,并介绍了我国现代沉积岩石学研究的进展。变质岩石学篇包括变质地质学的部分内容,重点讨论了变质地质动力学,变质流体,早前寒武纪花岗岩-绿岩带和高级区及麻粒岩相变质作用,蓝片岩相和榴辉岩相高压-超高压变质地带的特征和成因模式及其变质动力学等问题,并介绍了中外学者对我国这些方面的最新研究成果。此外每一篇还都探讨了这一分支学科 21 世纪的发展趋势。

由此可见本书讨论的重点不是岩石学三个分支学科教科书中传统的岩类学和岩理学基本知识,而是近年来研究的前沿和一些热点,其最大特点是岩石学与大地构造相联系,并已将其纳入了全球板块和后板块构造理论及大陆动力学的研究框架之中,因此可称之为“成因岩石学”。

本书由卢良兆教授等三人共同商定提纲之后分工编写而成,其中火成岩石学由林强教授编写,沉积岩石学由刘招君教授编写,变质岩石学由卢良兆教授编写。在编写过程中得到各级编委的指导和关怀,初稿完成后经沈其韩院士和王东坡、林景仟、刘连登等教授评审,提出不少改进意见,非常有助于本书质量的是高,作者在此一并表示感谢之忱。成因岩石学包括三个分支学科,内容很广,因规定的篇幅有限,以至有些内容未能列入。本书于 2000 年即已完稿并完成编辑工作,后因项目经费出现问题,延误至今年方得以正式出版,因此本文未能引用 2000 年以来文献中最新资料和研究的最进展。由于以上种种原因和作者水平所限,书中疏阙和不当之处在所难免,请专家读者多加批评指正。

作 者

2004 年 5 月于吉林大学

目 录

绪 论	(1)
第一节 岩石和岩石学的概念	(1)
第二节 岩石学的发展历程与研究意义	(2)

第一篇 火成岩石学

第一章 火成岩石学概论	(5)
第一节 火成岩组成的多样性	(5)
第二节 岩浆结晶作用与鲍文反应系列	(9)
第三节 岩浆生成和演化的物理化学	(12)
第二章 岩浆起源与演化	(23)
第一节 上地幔的温度分布与岩浆起源	(23)
第二节 开放体系的岩浆演化	(39)
第三节 岩浆动力学：岩浆的物理过程	(47)
第四节 地壳岩石熔融的实验岩石学研究	(53)
第三章 岩浆作用与大地构造环境	(60)
第一节 作为大地构造标志的火成岩地球化学	(60)
第二节 构造环境对岩浆作用的制约	(66)
第三节 花岗岩与板块构造	(68)
第四节 中国太古宙—显生宙花岗岩	(77)

第四章 地幔循环与岩浆作用的地球动力学	(89)
第一节 地幔循环的全球动力学	(89)
第二节 地幔的不均匀性与岩浆源区	(97)
第三节 地幔柱与大火成岩省	(107)
第四节 中国东部上地幔与地幔柱	(118)

第五章 21 世纪火成岩石学的展望	(131)
第一节 现代火成岩石学的基本特征	(131)
第二节 火成岩石学研究趋势与展望	(133)

第二篇 沉积岩石学

第六章 沉积岩石学概论	(135)
第一节 沉积岩的形成过程	(135)
第二节 沉积岩及沉积岩构造的分类	(142)
第三节 陆源碎屑岩的成分与结构特征	(144)
第四节 碳酸盐岩的成分与结构特征	(151)

第七章 层序地层学原理	(157)
第一节 基本概念与术语体系	(158)
第二节 海相碎屑岩层序地层模式	(170)
第三节 海相碳酸盐岩层序地层模式	(175)
第四节 陆相沉积层序地层模式	(177)

第八章 沉积盆地分析原理	(184)
第一节 基本概念与分类	(184)
第二节 裂谷盆地——伸展盆地的典型类型	(189)
第三节 前陆盆地——挠曲盆地的典型类型	(201)
第四节 拉分盆地——走滑盆地的典型类型	(211)

第九章 松辽盆地特征及其盆地动力学分析	(219)
第一节 盆地基底结构与深部地质特征	(219)
第二节 盆地构造演化与构造样式	(226)
第三节 盆地的层序地层与充填特征	(230)
第四节 盆地模拟与盆地动力学分析	(237)
第十章 中国现代沉积岩石学进展与 21 世纪展望	(248)
第一节 沉积环境和沉积体系及沉积建造	(249)
第二节 岩相古地理研究	(252)
第三节 盆地地球动力学和层序地层学 及含油气系统	(255)
第四节 生物成矿作用	(259)
第五节 21 世纪沉积岩石学展望	(261)

第三篇 变质岩石学

第十一章 变质岩石学概论	(265)
第一节 变质作用的概念与控制因素	(265)
第二节 变质岩的基本特征与分类命名	(268)
第三节 变质带和变质相及相系列	(278)
第十二章 变质地质动力学	(288)
第一节 概述	(288)
第二节 变质作用演化及其 $P-T$ 轨迹	(289)
第三节 不同构造环境的变质地质动力学	(299)
第四节 华北陆台北部几个早前寒武纪变质地区的 变质地质动力学模式	(305)

第十三章	变质流体及其效应	(320)
第一节	水活度对变质反应的缓冲效应	(320)
第二节	CO ₂ 逸度对变质反应的缓冲效应	(323)
第三节	O ₂ 逸度的变质作用效应	(325)
第四节	流体与麻粒岩相变质作用成因的联系	(330)
第十四章	早前寒武纪变质地质学	(335)
第一节	太古宙花岗岩-绿岩带	(335)
第二节	华北陆台太古宙花岗岩-绿岩带	(345)
第三节	早前寒武纪高级区和麻粒岩相变质作用	(351)
第四节	太古宙绿岩带和高级区研究的展望	(359)
第十五章	高压和超高压变质地带	(362)
第一节	蓝片岩相高压变质地带	(362)
第二节	榴辉岩相高压-超高压变质作用	(364)
第三节	高压-超高压变质地质动力学	(368)
第四节	我国华中-苏、鲁高压-超高压变质地带	(377)
第十六章	21 世纪变质岩石学展望	(389)
第一节	变质地质动力学和变质作用成因 类型的研究	(389)
第二节	变质作用的实验研究	(393)
本书矿物代号		(399)
参考文献		(401)

绪 论

第一节 岩石和岩石学的概念

岩石是自然界产出,由一种或多种矿物(包括火山玻璃、生物遗骸、胶凝体等)组成的固态集合体,且具有一定结构构造特征。它们以层状或各种岩体形式构成地壳和地幔的固态部分,是各种内动力和外动力地质作用的产物。岩石按成因可分三大类:

(1)火成岩(岩浆岩) 由地壳或上地幔形成的高温熔融体(岩浆)侵入地壳或喷溢地表所成,如花岗岩和玄武岩等。

(2)沉积岩 是在地壳表层(大气圈下部、水圈、生物圈及岩石圈上部)条件下,由风化作用、生物作用及某些火山作用和宇宙作用提供的物质,经搬运、沉积和成岩等一系列地质作用而形成的岩石,如砂岩和石灰岩等。

(3)变质岩 由地壳中已存在的各种岩石,在较高温压和基本保持固态条件下,经变质重结晶和变形作用所成,如大理岩和片麻岩等。

三大岩类成因不同,特征也各异,但彼此又密切相关,并可相互转化。

岩石学(petrology)是研究地壳中岩石的分布、产状、成分、结构和构造、分类和命名、成因及成矿等方面规律的科学,是地质学的重要分支学科。作为一门独立的基础学科,岩石学是在 18 世纪后期到 19 世纪初期从“矿物学”和“地质学”中脱颖而出的。经过近两个世纪的发展,现已形成三个独立的分支学科。

(1)火成岩石学 主要研究火成岩的地质产状、物质组成、结

构造、分类命名和岩石类型,研究岩浆的发生、演化和固结过程的特征和机理,研究岩浆作用与构造运动、变质作用、尤其是与成矿作用之间的联系等等。在当代地球科学中,火成岩石学将岩浆作为地球内部各层圈间相互作用的产物,认为岩浆是地球内部物质和能量交换与传递的主要载体。通过研究岩浆的起源、分异、上升和定位的全过程,来探求地球深部各圈层间相互演化的动力学过程。近年还开始重视岩浆作用与环境 and 灾害关系的研究。

(2)沉积岩石学 主要任务是研究沉积物和沉积岩的物质成分、结构、构造、分类和命名,研究其形成过程的风化作用、搬运作用、沉积作用、成岩和后生成岩作用,研究和恢复沉积岩(物)形成时的古地理和古气候环境。在当代地球科学中,其研究领域不断拓宽,包括如建立沉积盆地的层序地层格架,研究沉积盆地的动力学机制及其中有用矿产的富集规律等新方向,已建立“沉积学”,并正在开创“沉积地质学”等新的分支学科。

(3)变质岩石学 主要研究各种变质岩的地质产状、物质成分、结构构造、分类命名和岩石类型,研究变质和变形作用的成因机理和变质作用因素对矿物组合的控制作用,研究变质作用与构造运动、岩浆作用及成矿作用之间的关系等等。在当代地球科学中,将变质和变形作用视为地壳活动带构造-热事件信息的最佳载体,强调通过它们的动态研究来探讨各种构造体制和地球动力过程,并正在开创“变质地质动力学”这一新的分支学科。

第二节 岩石学的发展历程与研究意义

一、岩石学的发展历程

自从 18 世纪末岩石学开始走上独立发展的道路,直到 19 世纪中叶,这是它的初期启蒙阶段。当时岩石学的研究只能以野外

观察和直觉逻辑判断为主,这阶段对岩石的地质产状、矿物成分和组构及彼此关系等方面累积了不少资料。肯定了岩浆的存在,区分出沉积岩和岩浆岩,初步确定了变质作用的概念。

19 世纪中叶到 20 世纪前期这阶段岩石学初步完成了学科体系的建立。首先随着偏光显微镜的应用和化学分析工作的广泛开展,许多学者较系统地进行了描述岩石学和分类命名研究,建立起较完整的岩类学(Petrography)。另一方面开始应用物理化学原理等自然科学知识,或采用实验方法研究各类岩石的形成条件和成因机理等问题,初步开创岩理学(Petrology)的研究方向。在火成岩石学领域主要有岩浆结晶过程的实验和理论研究,在花岗岩成因方面出现了“岩浆论”和“转变论(花岗岩化作用)”之争。变质岩石学方面主要有深度带和递进变质带及变质相观念的出现。沉积岩石学的独立发展,始于 20 世纪初石油工业的需要。但至 30 年代已成为具丰富内容的独立分支学科,在古地理、沉积岩类学、沉积分异、现代沉积、沉积相和沉积建造及沉积矿产等方面均提出较系统的理论观点。

第二次世界大战以后,20 世纪后期由于社会经济发展和科学技术的巨大进步,岩石学在地质科学中得到突出的发展,尤其近一二十年来进步更为迅速,对其三个独立分支学科都提出一系列新的理论认识和研究方法,并由传统岩石学向现代岩石学迈进,其主要特点是:

(1)岩石的地质成因研究已代替岩类学成为主导目标,且将其与大地构造体制、地球动力学及地壳和岩石圈形成和演化过程相联系,即岩石学已纳入全球板块构造和大陆动力学研究的框架之中。与此相应,研究的视角已从地区间对比转移到全球范围,包括海洋和大陆,地壳和地幔及整个岩石圈中的固相和流体相,并开始了行星间对比研究。

(2)从原来只注意对岩石与其形成环境之间关系的静态研究

转向各种成岩作用演化过程的动态研究,如强调岩浆的发生、运动、演化和定位固结全过程的研究和变质作用演化全过程及沉积盆地演化过程的研究等等。

(3)重视多学科交叉渗透和综合研究,岩石学与地质学某些其它学科显示新的融合趋势。并日益强调与地球化学、地球物理学、地质年代学等的综合研究,强调实验研究与地质研究的结合和新测试方法的应用,这些方面不断出现新的研究方向。

二、岩石学的研究意义

岩石学是地质科学的重要基础理论分支学科之一,是其它各分支学科研究工作的物质基础。地球动力学是目前地质学的研究前沿,而岩石在其中占有极重要地位。其次所有金属和非金属乃至石油等矿产资源均赋存于各种岩石中,有些矿产本身就是岩石的组成部分,所以岩石学研究显然对矿产资源的开发有重要意义。此外岩石学还直接或间接在灾害地质、工程和水文地质及农业地质等新学科的研究中占有重要地位。