

陈光远 孙岱生 殷辉安 编著

成因矿物学 与找矿矿物学



重庆出版社

陈光远 孙岱生 殷辉安 编著

成因矿物学 与找矿矿物学

重庆出版社

提 要

成因矿物学与找矿矿物学是矿物学的重要分支学科，是矿物学联系生产实际的桥梁。全书共分十章。第一、二章着重讨论了成因矿物学与找矿矿物学的概念和它们与其它学科的关系，并叙述了国内外成因矿物学与找矿矿物学的发展史，重点阐述了我国古代成因矿物学与找矿矿物学的成就及其发展。第三章论述了矿物个体发生史与矿物系统发生史。第四、五章着重讨论了矿物形态、成分、结构、物性及谱学特征等与矿物形成条件的关系及其在实际工作中的应用。第六、七章阐述了矿物共生组合与矿物共生分析的原理、实际应用与实例。第八章以角闪石成因矿物族为例，以丰富的实际资料系统总结了角闪石的晶体化学特征与形成条件及成矿的关系，以及角闪石族种属在地壳中的分布。第九章系统地提出了找矿矿物学的概念，初步总结了找矿矿物学在国内外找矿勘探中的应用。第十章阐述了成因矿物学与找矿矿物学的思想方法与工作方法。书中收集了大量国内外在这方面的研究成果与实例，反映了目前国内外的研究水平。全书内容新颖、体系完整、资料实例丰富，文字深入浅出，理论联系实际，便于阅读应用。

本书可供找矿勘探工作者、岩矿工作者、结晶学、矿物学、岩石学、矿床学及地球化学研究人员及大专院校地质专业师生阅读，并可作为参考教材。

序 言

现代成因矿物学是本世纪二十年代发展起来的一门新兴的地质基础学科，它是现代矿物学中的一个重要分支。它成为一门系统的学科是从六十年代开始的。我国从五十年代开始由苏联引进成因矿物学方向，已有三十多年的历史。由于成因矿物学在解决地质与找矿问题中所显示出的重要理论意义与实际意义，使它日益引起人们的重视。近十几年来，发展十分迅速，目前已成为国内外矿物界、岩石界及矿床界研究的重要课题之一。

由于国民经济对矿产资源预测及寻找深部矿体与找盲矿体的需要，特别因为找矿的难度日益加大，给地质科学中各门学科，也给成因矿物学，提出了新课题，因此，成因矿物学在找矿中的应用现代找矿矿物学应运而生。找矿矿物学是1979年才由苏联学者提出的，虽然直到目前为止，还没有全面系统的总结，但由于它与生产实际结合十分紧密，因而得到生产部门极大的重视。

成因矿物学与找矿矿物学几十年来，特别是近十几年来，无论在理论方面或实践方面，都已积累了大量的资料，有待总结。苏联从六十年代起，已经陆续有成因矿物学专著问世，但都各有所侧重，有的侧重于矿物共生组合，有的侧重于矿物的标型特征，有的侧重矿物个体发生史，还有的侧重于矿物的成因分类或空间分布。全面的系统的成因矿物学与找矿矿物学的论著，当前国内外都很缺乏。为了适应国内生产、科研和教学的需要，尤其是国内新一轮找矿的需要，集中了我们近三十年来积累的资料，其中包括国内自公元前五世纪至1985年、国外自十七世纪至1984

年的古今中外资料，一部分自己的研究成果，着重收集了苏、美、英、法、德、日本、加拿大、瑞典、挪威、澳大利亚等国的近代资料，及我国地质工作者建国以来，尤其是近十年来的研究成果，自成体系，编写而成。

全书共分十章：

第一、二章 由陈光远编写

第三章 矿物个体发生史由孙岱生编写

矿物系统发生史由陈光远编写

第四、五章 由孙岱生编写

第六章 由陈光远、孙岱生编写

第七章 由殷辉安编写

第八章 由陈光远编写

第九章 由陈光远、孙岱生编写

第十章 由陈光远、孙岱生编写

全书由陈光远主编，并全面审阅定稿。

在本书编写过程中，刘劲鸿、王健、臧维生、鲁安怀、武新参加了第八章部分资料收集及整理工作，鲁安怀参加了第三章矿物系统发生史的部分资料收集及整理工作，张立参加了第十章工作方法部分资料收集工作。张立、刘星、王健、臧维生参加部分抄写工作，陆亚利承担了绝大部分图件的清绘，张立、邵伟参加了小部分图件清绘，曹亚伯对出版本书十分关心，在此一并深表谢意。

由于编写时间仓促，错误与不妥之处，敬请读者指正。

作者 1985年9月于北京

目 录

第一章 概 论

- 一、成因矿物学起源..... (1)
- 二、成因矿物学概念..... (2)
- 三、成因矿物学与其它科学的关系..... (4)
- 四、成因矿物学发展史..... (7)
- 五、成因矿物学发展现状..... (22)

第二章 我国成因矿物学与找矿矿物学发展简史

- 一、我国利用矿物原料简史..... (28)
 - (一) 原始社会阶段..... (28)
 - (二) 奴隶社会阶段..... (29)
 - (三) 封建社会阶段..... (30)
 - (四) 半封建半殖民地社会阶段..... (37)
 - (五) 社会主义阶段..... (37)
- 二、我国成因矿物学与找矿矿物学发展简史..... (38)
 - (一) 我国有关成因矿物学与找矿矿物学的古籍..... (38)
 - (二) 我国古代成因矿物学与找矿矿物学思想..... (40)
 - 1. 矿物水平分带..... (40)
 - 2. 矿物垂直分带..... (41)
 - 3. 矿物区域分布..... (42)

4. 矿物共生.....	(43)
5. 矿物形成作用.....	(45)
6. 矿物产状与矿物复成因性.....	(50)
7. 矿物标型.....	(56)
8. 矿物学找矿标志与找矿方法.....	(58)
五、我国近代成因矿物学及找矿矿物学发展简史.....	(66)

第三章 矿物发生史

一、矿物个体发生史.....	(71)
(一) 矿物单体发芽.....	(72)
(二) 矿物单体生长.....	(79)
(三) 矿物单体变化.....	(98)
(四) 平行连生.....	(107)
(五) 双晶.....	(107)
(六) 附生连生体与出溶体.....	(112)
(七) 矿物集合体.....	(114)
(八) 不同介质条件下矿物形态标志.....	(126)
二、矿物系统发生史.....	(139)
(一) 矿物系统发生史的概念.....	(139)
(二) 地球矿物系统发生史中的作用场.....	(140)
(三) 陨石与地球矿物系统发生史.....	(143)
(四) 月岩与地球矿物系统发生史.....	(152)
(五) 幔源岩石与地球矿物系统发生史.....	(154)
(六) 壳源岩石与矿物系统发生史.....	(164)
(七) 矿物类的系统发生史.....	(170)
(八) 矿物族系统发生史.....	(183)
(九) 矿物种属系统发生史.....	(187)
(十) 矿物组合系统发生史.....	(188)

第四章 矿物标型

一、标型组合	(196)
二、标型矿物	(196)
三、标型特征	(198)
(一) 形态标型	(198)
(二) 成分标型	(222)
(三) 结构标型	(268)
(四) 物性标型	(288)
(五) 谱学标型	(309)

第五章 矿物温压计

一、成分温压计	(321)
(一) 类质同象温压计	(321)
(二) 元素分配温压计	(328)
(三) 稳定同位素温度计	(343)
二、结构温压计	(354)
(一) 同质多象温压计	(355)
(二) 元素占位温度计	(357)
三、气液包体温压计	(363)
四、其他温度计	(366)
(一) 矿物熔点	(366)
(二) 矿物分解温度	(367)
(三) 固溶体分解温度	(368)
(四) 泥质矿物温度计	(368)

第六章 矿物形成作用与矿物共生组合

一、岩浆成因矿物共生组合	(373)
--------------	-------

(一)	岩浆成因典型矿床矿物共生组合简表·····	(374)
(二)	岩浆矿床矿物共生组合实例·····	(374)
二、	伟晶作用的矿物共生组合·····	(388)
(一)	典型含矿伟晶岩矿物共生组合简表·····	(391)
(二)	花岗伟晶岩矿物组合生成顺序·····	(393)
(三)	不同建造伟晶岩中矿物成因标志·····	(395)
(四)	伟晶作用矿物共生组合实例·····	(395)
三、	矽卡岩矿物共生组合·····	(407)
(一)	矽卡岩矿物共生组合简表·····	(407)
(二)	矽卡岩矿物成因标型特征·····	(413)
(三)	矽卡岩矿物共生组合实例·····	(417)
四、	热液矿床矿物共生组合·····	(435)
(一)	典型热液矿床矿物共生组合简表·····	(438)
(二)	热液矿床成矿阶段的划分·····	(446)
(三)	热液矿床矿物标型特征·····	(451)
(四)	高中温热液钨锡矿床矿物共生组合实例·····	(454)
(五)	中温热液铅锌矿床矿物共生组合实例·····	(461)
(六)	低温热液汞矿床矿物共生组合实例·····	(467)

第七章 矿物共生分析

一、	相律·····	(487)
二、	矿物共生分析的一般方法与步骤·····	(492)
三、	矿物共生的图解表示方法·····	(494)
四、	矿物组成向量空间与坐标轴变换·····	(504)
五、	戈尔德施密特—艾斯科拉分析·····	(508)
六、	柯尔任斯基分析·····	(512)
七、	矩阵投影分析·····	(521)
八、	线性回归模型化法和线性规划法在变质	

作用分析中的应用	(534)
附录一、二、三、四	(548)

第八章 角闪石成因矿物族

一、成因矿物族概念	(555)
二、研究角闪石成因矿物族的意义	(556)
三、角闪石族矿物的晶体化学	(556)
(一) T 位阳离子	(558)
(二) C 位阳离子	(560)
(三) B 位阳离子	(563)
(四) A 位阳离子	(566)
(五) 附加阴离子	(571)
(六) 角闪石结构中的多链缺陷	(574)
(七) 过渡型结构(辉闪石与黑云辉闪石)	(575)
四、角闪石族矿物的晶体化学分类	(579)
五、角闪石族矿物的晶体化学分区	(582)
六、角闪石成因矿物族	(586)
(一) 钙碱性岩浆岩角闪石成因图解	(588)
(二) 碱性岩-碳酸盐岩角闪石成因图解	(590)
(三) 区域变质角闪石成因图解	(592)
(四) 接触交代角闪石成因图解	(593)
(五) 热液角闪石成因图解	(597)
(六) 榴辉岩角闪石成因图解	(601)
(七) 蓝片岩角闪石成因图解	(609)
(八) 铁矿床角闪石成因图解	(617)
(九) 基性超基性岩有关矿产角闪石成因图解	(627)
七、角闪石族矿物分布	(637)
(一) 地壳中角闪石族矿物分布	(638)

- (二) 地壳中广义普通角闪石的分布…………… (639)
- (三) 岩浆岩中角闪石的分布…………… (642)
- (四) 岩浆岩中广义普通角闪石的分布…………… (644)

第九章 找矿矿物学

- 一、应用矿物学找矿的发展阶段…………… (650)
 - (一) 传统矿物学阶段…………… (650)
 - (二) 矿床矿物学阶段…………… (650)
 - (三) 成因矿物学与找矿矿物学阶段…………… (651)
- 二、找矿矿物学概念…………… (652)
- 三、矿物学在找矿中的应用…………… (653)
 - (一) 正确的矿物鉴定在找矿中的应用…………… (654)
 - (二) 新矿物的发现在找矿中的应用…………… (654)
 - (三) 已知标志矿物在找矿中的应用…………… (654)
 - (四) 矿物组合在找矿中的应用…………… (657)
 - (五) 矿物标型特征在找矿中的应用…………… (694)
 - (六) 矿物应力标志在找矿中的应用…………… (767)
 - (七) 矿物组合演化在找矿中的应用…………… (774)
 - (八) 矿物地史演化在找矿中的应用…………… (780)

第十章 思想方法与工作方法

- 一、思想方法…………… (785)
 - (一) 理论与实际相结合…………… (785)
 - (二) 野外与室内相结合…………… (786)
 - (三) 宏观与微观相结合…………… (788)
 - (四) 常规方法与现代方法相结合…………… (791)
 - (五) 成岩成矿实验与地质观察研究相结合…………… (795)
- 二、工作方法…………… (800)

(一) 野外地质矿物学方法.....	(800)
1. 观察矿物与矿物组合的成因产状、 采集系统标本.....	(800)
2. 观察矿物与矿物组合及其标型 在时间上的演化.....	(803)
3. 观察矿物与矿物组合及其标型在 空间上的分布与变化.....	(805)
(二) 室内研究和测试.....	(812)
1. 研究和测试手段的选择.....	(812)
2. 测试资料整理与数据处理.....	(815)
3. 野外和室内资料综合分析.....	(815)
主要参考文献.....	(819)
外文简介.....	(864)
外文目录.....	(867)

第一章 概 论

一、成因矿物学起源

矿物学是一门最古老的地质基础学科，但它又象万物一样，永远年轻，永无止息的在发展。现代成因矿物学便是以古老的描述矿物学为基础发展起来的年轻学科，它在人类几千年地质学发展史上的出现还不到一个世纪。它与晶体化学和矿物物理学是现代矿物学的三个重要发展方向，它的诞生与现代晶体化学大致同时，但稍早于矿物物理学。从1895年伦琴发现X光、1912年劳埃用以照射矿物晶体以来，就开始出现了现代矿物学的晶体化学。但以固体物理为理论基础，以波谱学方法为主要实验手段的现代矿物物理学，却是从本世纪60年代才开始出现的。后者虽然只有一、二十年的历史，但发展却很快。

现代成因矿物学的创立，与苏联的В. И. 维尔纳茨基(Вернадский)、А. Е. 费尔斯曼(Ферсман)、Н. М. 费多罗夫斯基(Федоровский)及以后的Д. М. 格里戈利耶夫(Григорьев)、Д. С. 科尔仁斯基(Корженский)、Е. К. 拉札连科(Лазаренко)与А. Г. 别捷赫金(Бетехтин)等的工作是分不开的。

早在19世纪90年代，А. И. 维尔纳茨基便已提出从成因的观点来研究矿物的必要性。1890—1911年，他在莫斯科大学任教期间，便把研究矿物的历史、矿物的成因和变化，作为矿物学教

学及科学工作的首要任务（齐霍米罗夫、哈茵，1956）。他把矿物当做地壳自然化学作用的产物，成因矿物学思想在他的专著《地壳矿物史》（1923—1924）中得到了很好的总结。他指出：“矿物学是地壳的化学。它的任务是既研究自然化学作用的产物，就是所谓矿物，同时也研究作用本身。它研究上述产物和作用在时间中和地壳不同地段中的变化；它研究矿物的自然组合（它们的共生）和它们的形成规律。”

1912年他的学生A. E. 费尔斯曼在《论矿物成因问题和它们的相互转化》中指出：“在矿物学中今天诞生了一个特殊的分支——成因矿物学或地质作用的化学。……根据矿物的形成条件，或其标型特征，研究各别矿物种的成因特征的工作，是和这一方向紧密相关的。”从而明确提出成因矿物学方向及其核心部分的标型学说。1920年H. M. 费多罗夫斯基又提出了《成因矿物学》第一本专著。以后Д. М. 格里戈利耶夫提出《矿物发生学》（1947, 1955），Д. С. 科尔任斯基提出了《矿物共生分析》（1957），A. Г. 别捷赫金进行了很多矿物共生的实际工作（1939—1955），以后E. K. 拉札连科又先后提出了《成因矿物学原理》（1963）与《矿物成因分类试编》（1979），这才使成因矿物学的理论体系逐渐完善起来。在此期间巴拉巴诺夫（Барабанов，1977）也提出了《成因矿物学》。

二、成因矿物学概念

成因矿物学来自俄语“Генетическая Минералогия”，它又来自俄语矿物的成因一词“Генезис минералов”。

成因矿物学是研究矿物成因理论及其实际应用的科学。它研究矿物及矿物组合的起源、发生、发展、形成和变化的条件和过程；研究矿物及矿物组合的形态、成分、结构、性质、成因产状。

共生组合之间的相互内在联系，以及它们与介质的交互作用及由此产生的成因上的宏观标志和微观信息；研究矿物和矿物内外属性在时间及空间中的分布和演化的规律。在此基础上，进一步研究矿物成因分类的自然体系及矿物成因在人类现实生活中的应用，包括对自然矿物原料及人工矿物原料寻找、制备和加工利用的有效途径和方法。

成因矿物学不仅理论性很强，实践性也很强，它是矿物学联系生产实际的桥梁。以矿物标型学说为理论基础的找矿矿物学，便是成因矿物学在找矿勘探中的应用。找矿矿物学与成因矿物学的关系相当于物探与地球物理的关系，或化探与地球化学的关系。在找矿矿物学中引用的矿物标型的定量参数，便相当于物、化探中引用的峰值或丰度值。把它们与其它地质标志及物、化探异常一同输入电子计算机进行加工处理，便有可能更有效地圈定出远景的找矿勘探靶区。

本世纪七十年代原子能、合成、电算与宇航四大工业的发展，进一步扩大了人类社会对矿物原料的需求，为成因矿物学在人类现实生活中的应用开拓了广阔的前景。目前人类社会所面临的能源、资源、自然灾害及环境污染等，急待解决的四大问题，又进一步对成因矿物学在人类现实生活中的应用提出了迫切的要求。例如人工萤石不同单形形成条件的研究，涉及石油净化问题；地热的矿物标型研究，涉及能源问题；人体结石的矿物成因研究，涉及保健问题；施有氮肥的土壤中含有亚硝酸基致癌物质的矿物成因，涉及环保问题；古代文物风化剥蚀的成因矿物学研究，涉及文物保护问题。地质工作者对人类负有保健、保安，提供原料、动力，保护人类文化遗产等神圣职责。成因矿物学在上述能源、资源的找矿勘探、选矿冶炼以及化工、陶瓷、农业、土壤、医学、环保、防止自然灾害、古代文物保护等方面进行深入研究，便有可能为人类进一步做出更大的贡献。

三、成因矿物学与其它科学的关系

成因矿物学与其它科学关系十分密切，地质科学与其它自然科学是成因矿物学广泛的理论基础。地质科学包括以下三个领域：

1. 物质成分方面：包括结晶学、矿物学、晶体化学、岩石学、矿床学、地球化学、同位素地球化学等。

2. 生物历史方面：包括古生物学、微体古生物学、超微古生物学、分子古生物学、地层学、生物地层学、岩石地层学、同位素地层学、事件地层学、古地磁地层学、岩相古地理学、古生态学等。

3. 构造运动方面：包括动力地质学、构造地质学、大地构造学、地质力学、板块构造学等。

近年来还发展了遥感地质学与数学地质学等新兴的边缘地质学科。

成因矿物学以结晶学、矿物学、地球化学、晶体化学及矿物物理学等为它的直接理论基础，而以广泛的地质科学为它的广泛理论基础。

矿物是元素的集合体。矿物组合便是元素的组合。矿物既是贮存元素的仓库和加工、组装元素的车间，又是元素的集散地和转运站。矿物的形成和破坏，便是元素的集中和分散的过程；矿物成分和结构的改造，便是元素的改造和改组的过程。决定元素地球化学行为的内因是原子的核结构和电子壳结构；它们又是决定原子量、原子半径和离子半径、原子和离子类型的内因。决定元素地球化学行为的外因是介质的地质物化条件，它们是决定原子和离子的属性和它们在矿物中的赋存状态及矿物形成和变化的外在客观条件。因此，为了了解矿物形成变化的过程、条件和机

理，便必须了解元素和元素组合在自然界的地球化学行为和它们在矿物中的晶体化学状态，以便在寻找和利用自然矿物原料的生产实践中加以应用。

矿物又是贮存、吸收、转换和释放能量的枢纽。它们在这方面的作用，一是来自矿物晶格中原子的原子核和电子壳层的能结构；一是来自矿物晶格中各种类型的结构缺陷，包括捕获电子或电子空穴中心等。但何种元素携带何种能结构，以何种形式进入矿物，构成何种晶体场、配位场、能带或分子轨道，以及晶体结构缺陷的种类和数量及分布情况等，都决定于矿物的形成和变化条件。改造矿物所处的物理场、化学场或生物场，增加或消灭不同类型的缺陷，改变晶格的成分和结构以及矿物单体或集合体的形态，便有可能改变矿物的物理性能，以适应人类的需要。所以不论天然或人工矿物材料的矿物物理，均与矿物形成作用和形成条件有关，矿物物理所提供的微观成因信息与其它宏观的成因标志相配合，不仅有助于了解矿物的成因，还可在寻找天然矿物原料与制备人工矿物材料中加以应用。

成因矿物学与岩石学和矿床学，尤其是成因岩石学与矿床成因学，关系十分密切。矿物形成作用既涉及成矿作用，也涉及成岩作用。成矿作用是成岩作用的继续和发展。它们一同构成一个完整的元素地球化学旋回，两者都是成因矿物学研究的对象。任何一个地质体，不论是岩体或矿体，都是矿物的集合体。岩石成因与矿床成因问题，基本上是矿物成因问题。岩体或矿体中的组成矿物，都是成因信息的载体，它们如实地记载了矿物形成、变化的全过程，故可为岩体与矿体的形成条件及成岩成矿作用的演化，提供必不可少的成因信息。由于地质作用的复杂多样性，矿物、岩石与矿床也具有复成因性。近年来花岗岩与玄武岩多种成因类型的研究，已引起人们的关注。对矿物复成因性及其标型特征的研究，有助于确定岩石与矿床的复成因性，从而对阐明地球