

陈光远文选

《陈光远文选》编辑组 编

地质出版社

地质过程与矿产资源国家重点实验室

中国地质大学（北京）地质学基础课教育部优秀教学团队建设项目 联合资助

中国地质大学（北京）矿物与岩石北京市优秀教学团队建设项目

陈 光 远 文 选

《陈光远文选》编辑组 编

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本文选是陈光远先生在地质科学研究和地质教育方面主要论著的选集,包括成因矿物学学科史、成因矿物学原理与方法、铬-铁矿床地质与成因矿物学、花岗岩成因矿物学与金矿化、金矿床热液蚀变成因矿物学、金矿床脉石矿物与矿石矿物成因矿物学和金矿床和金矿省矿物学填图7个方面、共42篇论文。这些论文是陈先生在成因矿物学与找矿矿物学领域丰硕成果的集中体现,在一定程度上反映了我国成因矿物学与找矿矿物学的学科发展历程。本文选可供从事矿物学、岩石学、矿床学的科研人员和广大的矿产堪查、矿山地质人员及有关学科的研究生参考。

图书在版编目(CIP)数据

陈光远文选 / 《陈光远文选》编辑组编. —北京:
地质出版社, 2010. 10
ISBN 978-7-116-06923-7

I. ①陈… II. ①陈… III. ①成因矿物学—文集
IV. ①P571—53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 196994 号

责任编辑: 罗军燕
责任校对: 李 玫
出版发行: 地质出版社
社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083
电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324514 (编辑室)
网 址: <http://www.gph.com.cn>
电子邮箱: zbs@gph.com.cn
传 真: (010) 82324340
印 刷: 北京长宁印刷有限责任公司
开 本: 787 mm × 1092 mm $\frac{1}{16}$
印 张: 27.75 彩 页: 1 面
字 数: 630 千字
版 次: 2010 年 10 月第 1 版
印 次: 2010 年 10 月第 1 次印刷
定 价: 78.00 元
书 号: ISBN 978-7-116-06923-7

(如对本书有建议或意见, 敬请致电本社; 如本书有印装问题, 本社负责调换)

序

今年是敬爱的陈光远先生九十诞辰纪念。我们大家怀着无限崇敬的心情深深地怀念他，怀念这位为我国矿物学，特别是成因矿物学和找矿矿物学做出创造性贡献的前辈学者。

陈光远先生是我国著名的矿物学家和地质教育家，是我国现代矿物学的奠基人之一，是我国成因矿物学和找矿矿物学的开拓者。他于1943年毕业于西南联大地质地理气象学系，1951年获瑞典额普赛拉大学副博士学位，先后在西南联大、北京大学、清华大学、北京地质学院、中国地质大学任教，长期担任中国地质大学教授、矿物教研室主任、中国矿物岩石地球化学学会常务理事、理事、中国地质学会矿物学专业委员会副主任、全国成因矿物学与找矿矿物学专业委员会主任等职。当之无愧地被授予李四光地质科学奖和全国优秀教师的称号。他的学术成就不但在我国，而且在国际上受到尊崇。1998年被选为俄罗斯科学院乌拉尔分院外籍院士，并且是挪威、瑞典、芬兰、丹麦地质学会的终身会员。他鞠躬尽瘁一生，为发展我国矿物学和地质教育，建立和发展成因矿物学和找矿矿物学的完整体系，培养人才，解决国家和矿山对矿产资源的急需，做出了重大的贡献。

陈光远先生已经离开我们十一年了，但他留下的学术财富与精神财富，却始终在指导和激励我们去完成他的未竟事业。他的《成因矿物学与找矿矿物学》等闪耀着科学光芒的著作，仍在有效地指导着我国的找矿实践；他热爱祖国，热爱人民，急国家之所急，忧生产一线之所忧，不计名利，默默奉献，实事求是，刚正不阿，教书育人，甘为人梯的高尚情操与博大胸怀，更是我们为人做事的榜样。

在纪念陈光远先生九十诞辰的时候，他的学生们辛勤地收集了他的全部专著和论文，并从中选择最有代表性的论文编成《陈光远文选》出版。这部文献的出版，对于传承陈先生的学术思想，弘扬他的治学精神，是一项重要的贡献。让我们认真学习《陈光远文选》和陈先生的其他著作，以陈先生为榜样，更好地为祖国和人民服务，为振兴中华的伟大事业奉献自己的一生。

中国科学院院士



2010. 10. 6.

前 言

陈光远先生是国内外著名地质矿物学家，是我国现代矿物学的奠基人和开拓者。从1939年到1999年，在现代矿物学特别是成因矿物学与找矿矿物学领域，他辛勤耕耘60年，在公开刊物、学术会议和培训班，发表论文、讲话和讲义129篇，出版专著9部，为后人留下了丰富的学术遗产。

陈光远先生1920年4月29日生于南京市，1943年毕业于西南联大地学系并留校任教，后转北京大学任助教；1951年获瑞典额普赛拉大学地质矿物学副博士学位；1951-1952年任北京大学及清华大学地质系副教授；1952-1999年在北京地质学院、中国地质大学（北京）任副教授、教授、博士生导师、矿物教研室副主任、主任、成因矿物研究室主任；1989年被评为北京市优秀教师和全国优秀教师。陈先生长期担任中国地质学会矿物学专业委员会副主任、中国矿物岩石地球化学学会常务理事、理事、成因矿物学找矿矿物学专业委员会主任，在发展成因矿物学理论体系及其在地质找矿应用方面，取得大量被国内外同行高度评价的创新性成果。陈先生在他的晚年还与前国际地质科学联合会主席Fify教授等开展了利用废弃物改良土壤的研究。1995年他荣获李四光地质科学奖，1998年当选俄罗斯科学院乌拉尔分院外籍院士。

2010年是陈光远先生诞辰90周年。为了传承陈先生的学术思想，弘扬他的治学精神，我们选编了这本《陈光远文选》。在编选过程中，我们试图以较少篇幅，较系统地反映陈先生的学术思想。本书共选用论文42篇，其中陈先生为第一作者的30篇，他与学生或同事合著的12篇。通过这本《文选》的出版，我们希望陈先生的思想能在新世纪地质科研与生产实践中发挥更大的指导作用。

为了方便读者了解陈先生的主要学术贡献和思想脉络，我们按成因矿物学学科史、成因矿物学原理与方法、铬—铁矿床地质与成因矿物学、花岗岩成因矿物学与金矿化、金矿床热液蚀变成因矿物学、金矿床脉石矿物与矿石矿物成因矿物学、金矿床和金矿省矿物学填图等7个方面，将42篇论文按内容做了大致分类，同类论文主要以年代为序进行了编排。

在论文整理过程中，我们充分尊重原著，只对明显有误的文字做了更正，并以脚注形式给出了原发表刊物或出处，以便于读者查询。但由于年代久远，部分著录信息不够全面，敬请读者谅解。

在42篇论文之后，我们编列了陈先生全部论文和9部专著目录及获奖情况。这9部专著对陈先生的学术思想有更完整的体现。我们相信，陈先生的论

文和专著的学术价值一定会在历史的长河中发扬光大。

本书的出版得到莫宣学院士的热情支持和鼓励，他还为本书撰写了序言。地质过程与矿产资源国家重点实验室、中国地质大学（北京）地质学基础课教育部优秀教学团队建设项目和矿物与岩石北京市优秀教学团队建设项目提供了资助。谨此一并致以衷心的感谢！

本书的编辑组成员主要包括中国地质大学（北京）孙岱生教授、邵伟教授、李胜荣教授和申俊峰教授。博士生孙文燕，硕士生李山坡、邢金蕊、卢晶、崔举超、张旭和 2010 级十多位研究生参加了本书文稿的收集和校对工作。

《陈光远文集》编辑组

2010 年 10 月 16 日

目 录

序 前 言

一、成因矿物学学科史

矿物学发展现状及我国今后矿物学发展方向·····	陈光远	(3)
成因矿物学——现代矿物学发展的一个重要方向·····	陈光远	(13)
成因矿物学的发展与现状·····	陈光远	(15)
The Development of Modern Genetic Mineralogy in China ·····	Chen Guangyuan	(20)
成因矿物学找矿矿物学新进展 ·····	陈光远 孙岱生	(27)
中国矿物学五十年来的发展 ·····	陈光远 李胜荣	(30)

二、成因矿物学原理与方法

角闪石成因矿物族·····	陈光远 孙岱生 殷辉安	(41)
成因矿物学与矿物物理·····	陈光远	(46)
成因矿物学·····	陈光远	(51)
矿物标型学——成因矿物学的核心课题 ·····	陈光远 孙岱生	(54)
矿物标型六性及其在胶东金矿中的应用 ·····	陈光远 孙岱生	(67)
黄铁矿热电性研究方法及其在胶东金矿的应用·····	邵伟 陈光远 孙岱生	(75)
成因矿物学与矿物学填图·····	陈光远	(88)
黄铁矿热电结构·····	邵伟 孙岱生 陈光远	(92)
黄铁矿霍尔效应测量及载流子参数标型 ·····	邵伟 陈光远 孙岱生	(100)

三、铬—铁矿床地质与成因矿物学

对目前找铬与有关矿产的几点意见 ·····	陈光远	(111)
富铁的成矿与找矿 ·····	陈光远	(140)
富铁矿地球化学问题 ·····	陈光远	(150)
有关铁矿理论和实践几个问题的探讨 ·····	陈光远	(152)
弓长岭石榴石的成因矿物学 ·····	陈光远 黎美华 江雪芳等	(163)
我国首次成因矿物学研究的实例——密云沙厂变质铁矿研究 ·····		
·····	陈光远 冯建良 袁润广	(192)

四、花岗岩成因矿物学与金矿化

Jiaodong Granitoids and Gold Mineralization ·····		
·····	Chen Guangyuan Sun Daisheng Shao Yue	(207)

胶东昆嵛山二长花岗岩副矿物成因矿物学研究	陈光远 孙岱生 邵岳 (221)
----------------------------	------------------

五、金矿床热液蚀变成因矿物学

Mineralogical Zonation of Wall-Rock Alteration in Jiaodong Gold Province, North China	Chen Guangyuan Sun Daisheng Shao Wei et al. (237)
Fuchsite and Mariposite, Two Typomorphic Minerals of Gold Deposits, Jiaodong	Chen Guangyuan Sun Daisheng Shao Wei et al. (245)
胶东金矿红化蚀变的实质与成因及其找矿意义	陈光远 孙岱生 邵伟 (263)
胶东芦家金矿钠长石成因矿物学研究	王志敬 陈光远 邵伟 (271)
胶东西北部仓上金矿床上盘围岩蚀变和黄铁矿标型特征研究	杨竹森 陈光远 孙岱生等 (276)

六、金矿床脉石矿物与矿石矿物成因矿物学

金矿物成因矿物学	陈光远 (285)
自然金的成因形态学	陈光远 (308)
矿物成分标型继承性与金矿矿质来源	陈光远 鲁安怀 (317)
玲珑金矿垂直分带的成因矿物学研究	陈光远 刘星 张立等 (324)
山东招远夏甸金矿的成因矿物学研究	陈光远 臧维生 (344)
山东栖霞金矿石英的成因矿物学研究	王健 陈光远 (363)
胶东乳山金矿石英形态与微形貌标型研究	李胜荣 陈光远 邵伟等 (365)
黄铁矿成因形态学	陈光远 孙岱生 张立等 (369)
夏甸金矿床黄铁矿标型特征研究及矿区远景评价	臧维生 陈光远 (386)
胶东乳山金青顶金矿区黄铁矿化学成分研究	李胜荣 陈光远 邵伟等 (389)
金矿硫酸盐矿物与找矿预测	王志敬 陈光远 孙岱生等 (396)

七、金矿床和金矿省矿物学填图

胶东乳山金矿石英中 H_2O 和 CO_2 相对光密度研究	李胜荣 陈光远 邵伟等 (405)
胶东乳山金矿床矿物学填图方法比较研究	李胜荣 陈光远 邵伟等 (413)
胶东金矿省矿物学填图	陈光远 杨竹森 王志敬 (417)
附录 I	(425)
附录 II	(432)

Content

Foreword

Preface

1. Displine History of Genetic Mineralogy

The Present State and General Direction of Development of Mineralogy in China	Chen Guangyuan (3)
Genetic Mineralogy: an Important Development Direction of Modern Mineralogy	Chen Guangyuan (13)
The Development and Present State of Genetic Mineralogy	Chen Guangyuan (15)
The Development of Modern Genetic Mineralogy in China	Chen Guangyuan (20)
New Advances in Genetic Mineralogy and Prospecting Mineralogy	Chen Guangyuan Sun Daisheng (27)
The Development of Mineralogy in the Recent Fifty Years in China	Chen Guangyuan Li Shengrong (30)

2. Principle and Methodology of Genetic Mineralogy

Genetic Group of Amphibole	Chen Guangyuan Sun Daisheng Yin Huian (41)
Genetic Mineralogy and Mineral Physics	Chen Guangyuan (46)
Genetic Mineralogy	Chen Guangyuan (51)
Mineral Typomorphism	Chen Guangyuan Sun Daisheng (54)
Six Principles of Mineral Typomorphism	Chen Guangyuan Sun Daisheng (67)
Research Methods of Pyroelectricity of Pyrite and Its Application in Jiaodong Gold Deposits	Shao Wei Chen Guangyuan Sun Daisheng (75)
Genetic Mineralogy and Mineralogical Mapping	Chen Guangyuan (88)
The Pyroelectric Structure of Pyrite	Shao Wei Sun Daisheng Chen Guangyuan (92)
Measurement of Hall Effect and Typomorphic Carrier Parameter of Pyrites	Shao Wei Chen Guangyuan Sun Daisheng (100)

3. Geology and Genetic Mineralogy of Chromium and Iron Deposits

Some Suggestions on Chromium Ore Prospecting	Chen Guangyuan (111)
The Metallogenesis and Prospecting of High – Grade Iron Ore	Chen Guangyuan (140)
Geochemical Problems of High – Grade Iron Ore	Chen Guangyuan (150)
A Discussion on Some Problems of the Theory and Practice of Iron Ore	Chen Guangyuan (152)
Genetic Mineralogy of Garnets From Gongchangling	Chen Guangyuan Li Meihua Jiang Xuefang et al. (163)

The Genetic Significance of Magnetite Twins from China

The First Practical Example of Successful Genetic Mineralogical Research

in China – Research in the BIF – Type Shachang Iron Deposit of Miyu County

..... Chen Guangyuan Feng Jianliang Yuan Runguang (192)

4. Genetic Mineralogy of Granitoid and Gold Mineralization

Jiaodong Granitoids and Gold Mineralization

..... Chen Guangyuan Sun Daisheng Shao Yue (207)

Genetic Mineralogy of the Accessory Minerals from Kunyushan Granitoid,

Jiaodong Chen Guangyuan Sun Daisheng Shao Yue (221)

5. Genetic Mineralogy of the Hydrothermal Alteration in Gold Deposit

Mineralogical Zonation of Wall – Rock Alteration in Jiaodong Gold Province,

North China Chen Guangyuan Sun Daisheng Shan Wei et al. (237)

Fuchsite and mariposite, Two Typomorphic Minerals of Gold Deposits, Jiaodong

..... Chen Guangyuan Sun Daisheng Shao Wei et al. (245)

The Crux and Genesis of the Reddenization in Jiaodong Gold Deposits and Its

Prospecting Significance Chen Guangyuan Sun Daisheng Shao Wei (263)

Genetic Mineralogy of Albites in Lujia Deposit

..... Wang Zhijing Chen Guangyuan Shao Wei (271)

Study On the Hanging Wall – Rock Alteration and Typomorphic Characteristics of Pyrites

in Cangshang Gold Deposit, Northwestern Jiaodong

..... Yang Zhusen Chen Guangyuan Sun Daisheng et al. (276)

6. Genetic Mineralogy of the Gangue Mineral and Ore Mineral in Gold Deposit

The Application of Genetic Mineralogy in Gold Deposits Chen Guangyuan (285)

Genetic Morphology of Native Gold Chen Guangyuan (308)

Inheriting of Mineral Chemistry and Material Source of Gold Deposit

..... Chen Guangyuan Lu Anhuai (317)

Genetic Mineralogical Study of Vertical Zonation of Linglong Gold Deposit,

Zhaoyuan Gold Chen Guangyuan Liu Xing Zhang Li et al. (324)

Genetic Mineralogical Study of Xiadian Gold Deposit in Zhaoyuan, Shandong

..... Chen Guangyuan Zang Weisheng (344)

Genetic Mineralogical Study of Quartz from Qixia Gold Deposit, Shandong

..... Wang Jian Chen Guangyuan (363)

Study on the Crystal Forms and Micromorphism of Quartz from Rushan Gold Deposit,

Jiaodong Li Shengrong Chen Guangyuan Shao Wei et al. (365)

Genetic Morphology of Pyrite Chen Guangyuan Sun Daisheng Zhang Li et al. (369)

Typomorphic Study of Pyrite from Xiadian Gold Deposit and Prospect Evaluation of the

Gold Mine Zang Weisheng Chen Guangyuan (386)

Study on the Chemical Composition of Pyrite from Jinqingding Gold Deposit, Rushan,

Jiaodong Li Shengrong Chen Guangyuan Shao Wei et al. (389)

A Study on Sulfosalt Minerals from Gold Deposits and Prospecting Significance	
..... Wang Zhijing Chen Guangyuan Sun Daisheng et al.	(396)
7. Mineralogical Mapping in Gold Deposit and Gold Province	
Study on the H ₂ O and CO ₂ Infrared Density of Quartz from Rushan Gold Deposit, Jiaodong	Li Shengrong Chen Guangyuan Shao Wei et al. (405)
A Comparative Study of the Methods of Mineralogical Mapping in Rushan Gold Deposit	Li Shengrong Chen Guangyuan Shao Wei et al. (413)
Mineralogical mapping in Jiaodong Gold Province, China	
..... Chen Guangyuan Yang Zhusen Wang Zhijing	(417)
Appendix I	(425)
Appendix II	(432)

一、成因矿物学学科史

矿物学发展现状及我国今后矿物学发展方向^①

陈光远

一、引言

作为研究地壳物质成分的科学，矿物学是地质学的一个重要基础学科，是研究岩石、矿床和地球化学的基础。在古代，它与地质学不分，资本主义兴起以后，区域地质调查和矿山开采为矿物学提供了大量的专门课题与可供观察研究的材料，同时 18 世纪以来的近代工业与其他自然科学又为矿物学提供了与前不同的仪器设备和实验方法，才使它从地质学中分化出来，沿着描述矿物学的方向，成为具有精确数据的实验科学。十月革命后，世界无产阶级革命事业获得空前发展，马列主义的传播与现代科学技术的应用日益广泛，在辩证唯物主义思想的影响下，发展了现代矿物学中晶体化学方向与矿物成因的方向，才使它逐渐发展成为理论的科学。当前世界矿物学的发展不仅与解决人类吃穿用的国民经济问题有关，与原子能的应用和人类征服宇宙更是紧密相连，其发展总的趋势可概括为以下几个方面：

(1) 重视实际数据。尽量综合应用各种古典的和现代的科学技术方法，包括中子衍射与电子探针等方法，进行综合鉴定和各种数据的精确测定，从而克服了根据少数属性识别矿物的片面性。

(2) 结合现代工业和现代国防的需要，加强稀散放射及特种非金属自然矿物原料的探索与人工合成的研究，测试它们的性能，研究它们在特殊条件下的变化。

(3) 密切联系人类生产的社会实践，广泛应用矿物学为区域地质测量、普查、找矿、勘探、矿山开采、选矿、冶炼及其他工农业生产服务，其作用已远超过室内鉴定。

(4) 与地质学中其他分科的关系转趋密切，交互作用日益加强，矿物学的理论和方法不仅在岩石学、矿床学和地球化学的实际测定和理论探讨中获得广泛应用，在研究地壳运动（如构造地质与大地构造学）及地壳历史（如地层学与古生态学）等学科中的应用也日渐广泛。

(5) 晶体结构的研究从数学推导转入物理方法的测定，导致晶体化学方向的迅速发展。质点间距（原子坐标）、质点排列多种形式（配位体与构造型）、面网间距、面网密度、面网电性、键力、离子极化能力、离子电位、电子亲和力、质点能量、晶格能量等概念被一一引进矿物学领域，用以探讨矿物成分与构造的内在规律及其与矿物形态、物性等外部特征的相互关系。

(6) 为满足生产多方面需要，在密切联系地质环境的基础上，发展了矿物成因的方向，进

① 原文根据陈光远先生于 1963 年全国第一届矿物岩石地球化学会议开幕式及闭幕式发言补充改写，刊于《科学通报》，1965 年 12 月号，1078—1088。

而探讨矿物发生、成长与变化的过程及矿物内外特征与矿物成因、产状等外在条件的关系。

开始研究矿物共生的规律，较多地注意矿物存在的时间与空间形式。小至一个矿床或一个岩体中不同阶段、不同部位的变化，大至不同地史时代与不同大地构造单元上矿物及矿物组合的特征与分布规律的研究，不仅与找矿勘探有关，也涉及地壳演化的微观发展。

(7) 开始系统整理矿物学成为经验科学以来所积累的数百年资料，应用现代方法校正可疑的矿物种，汇编大量造岩矿物的描述资料，进行造岩矿物族成因类型及矿物光学性质的统计分析等等，并在一些工作中开始贯彻了辩证唯物主义的观点。

(8) 为满足上述需要，大力培养矿物学人才，在加强学术组织与出版交流。如美国矿物学会会员 1959 年已达 1888 人，全苏矿物学会会员在 1958 ~ 1961 年间平均年增长率已达 147 人，在亚非拉美广大地区也有显著增长。在出版方面，日本 1952 年开始出版专门的矿物学杂志，英美 1959 年联合出版矿物学文摘，全苏矿物学会 14 个分会中已有 6 个分会出版自己的刊物。在亚非拉美广大地区也已开始独立出版专门的矿物学资料或在有关杂志刊物中刊登矿物学文章，打破了过去欧美垄断的情况。

总之，近年来矿物学研究不论在深度、广度和精度方面均有很大提高，理论探讨、实验合成、综合研究，均已大大加强。新理论、新概念、新技术、新方法不断被引进，新矿物、新结构、新晶形、新性能、新成因产状、新矿物组合不断被发现。但总的说来，矿物学发展在世界范围内并不均衡，过去较发达的欧美中心有向亚非拉美转移的趋势。在矿物学领域内也不平衡，自然矿物学积累资料较多，实验矿物学开始蓬勃发展，同位素矿物学还在萌芽。在自然矿物学内部也不平衡，内生矿物、透明矿物、大量常见矿物较强，变质与表生矿物、不透明矿物，以及细小难辨和稀散放射矿物较弱；地壳中的自然矿物较强，而人工矿物的陨石矿物又较弱。但上述一些薄弱环节近年来也已开始加强。

现就所汇集的资料，将近年来世界矿物学发展的基本情况分别介绍如后。

二、矿物学发展的近况

(一) 矿物学史的研究

通过矿物学史的研究，可以揭示矿物学发展的规律，从中吸取经验教训，以便指导今后的发展。此外，并可根据史料找矿。

矿物学发展史的研究还未受到普遍重视。在苏联齐霍米罗克和哈茵的《地质学简史》与沙弗兰诺夫斯基的《苏联结晶学史》和《晶体形态学》中，通过一定的史料探讨了矿物学发展和生产力发展的关系与人类认识自然结晶物质的过程。在我国通过《石雅》、《古矿录》、《本草纲目》的矿物史料，我国古代结晶学史略，我国古代矿物知识史中一些矿物的研究等，也揭示了我国古代对矿物原料认识发展的过程。但目前在国际上还缺乏矿物学史专著，且依据文字考据较多，实物分析鉴定资料不足，与考古学的配合也有待加强。在贯彻马列主义观点方面，对群众作用、亚非拉美在世界矿物学发展史中的作用、相邻学科不同阶段的飞跃在矿物学中所引起的深远影响等，还需充分估计。

(二) 矿物晶体结构及晶体化学的研究

自伦琴发现 X 射线，劳埃用于照射晶体，矿物晶体结构分析至今只有五十多年历史，但由于采用了新技术、新方法，发展很迅速，一般常见的造岩与造矿矿物的结构已经测

定。1948 年,特别是 1952 年以后,引进了等式法、不等式法、统计方法与重叠法等新方法,成功地解决了低对称、复杂矿物的结构分析问题。为便于结构分析,补充自然矿物的构造系列,还采用了人工培养单晶的方法。目前自然单质的结构分析已接近完成,绝大部分简单硫化物已测定。硫酸盐类已发现多种含硫络离子,成分结构关系已初步掌握,晶体化学分类已具雏形,结构预测工作也有人进行。简单卤化物大部分已测定,但复杂卤化物尚弱。稀有元素复杂氧化物近年来做了不少工作,其中 AB_2X_6 型化合物大部分已测定。硅酸盐中发现了不少新型硅氧骨干,硅氧骨干种类已增至 40 多种,双四面体、链状、层状、架状型式均有很大增加,稀有金属及含水钙硅酸盐与粘土矿物、沸石类研究均取得不少成果。过去很少涉及的硼酸盐矿物结构已测定了 20 多种,并发现多种硼氧骨干,但其他氧盐如硫酸盐等的测定仍很弱。

电子衍射仪的应用解决了粘土矿物与矿物表面层的结构分析问题,中子衍射仪,特别是单晶中子衍射仪的应用,解决了具有氢键,离子轻重相差悬殊或磁结构的矿物结构分析问题,在确定石膏、重晶石、三水铝矿等矿物中氧的位置与尖晶石型矿物磁结构方面,均获得不少成果。单晶衍射仪与电子计算机的广泛应用使不少过去的测定获得修正补充,例如硅酸盐中电气石、异极矿、羟氧铍石、白云母、金云母、角闪石、辉石、十字石、红柱石等,已经重新测定。此外,红外吸收光谱、顺磁共振、核磁共振、光学折射、重折射色散等新方法,也已开始用于结构分析。

在晶体化学方面,类质同象有序化研究已从长石族扩大至云母中的 Al、Si,角闪石与辉石中的阳离子,复杂氧化物中的 Fe 与 Nb、Ta。类质同象代替实验已从简单化合物扩大至云母、角闪石等复杂化合物,如云母中 Si 为 B、Fe 代替已为实验证明。类质同象代替对物性及晶胞参数影响的研究也已开始。同质多象方面开展了在特殊物化条件下的实验研究(如在超高压下发现具金红石构造的斯石英与 CsCl 型的 NaCl);并通过连续拍摄 X 光照片来研究相变中原子迁移的情况(如对 α 石英 $\longrightarrow$ β 石英的转变);另一方面,同型异构的研究则已从 ZnS、SiC 扩大到云母及各种构造的硅酸盐,晶变现象也从 AX、AX₂、AB₂X₄ 型等简单化合物转入硅酸盐等复杂化合物的研究。近年来在苏联出现了元素的晶体化学及地质作用的晶体化学等新的分支,前者可以鲍基的镉的晶体化学,后者可以贝洛夫的岩浆的晶体化学为例。

此外,在确定微量矿物成分方面,机械、物理及化学分选技术也有很大提高,电子探针、X 光荧光光谱、微束 X 光光谱分析等的应用已日趋广泛;在确定元素存在形式方面,单矿物分离、包裹体研究、电渗析、模拟实验、电子显微镜、X 光物相分析、各种物理化学分析、数理统计分析等方法与类质同象等理论的应用,也已获得不少效果。在上述工作基础上,矿物的晶体化学分类已日趋完善,矿物晶体化学式也日趋正确,矿物内在规律、外在表现及其与形成条件关系也日趋清晰,但其他学科如化学键等方面的新成就等,应用得还不够,晶体化学知识在生产中的应用也有待普及推广。

(三) 矿物形态的研究

矿物形态学近年来也有较大发展。由于天然晶体不断发现,人工晶体不断增加,测量工具不断改进——从接触测角仪发展为单圈至双圈测角仪,1925 年查瓦里茨基开创造了应用弗氏台测量小晶体的方法——自 18 世纪末至今所测晶体已由 500 个增至近 15000 个,细如发丝的晶体亦可测量。弗氏台用以测定复杂的双晶,电子显微镜用于研究细分散矿物

的形态,金相显微镜、比相显微镜、干涉显微镜、电子显微镜用于研究晶面微细构造,电影摄影用干涉仪则用以拍摄晶面微细构造的形成过程,照相测角仪除用以测定曲面晶体外,并用于研究溶解再生时的晶体形态。经查明:黄玉、方解石、石膏等晶面上有5—1000Å^①或大于1000Å的显微浮雕,一般晶面上的阶梯状条纹由晶面成层生长引起,而螺旋生长纹则由晶体结构的缺陷引起。

由于几何结晶学与构造结晶学交互作用的结果,从47种纯几何学的面单形推导出146种结晶学的面单形与1403种构造结晶学的面单形,发展了原有的单形对称学说。此外,在全面考虑晶体形态几何要素的基础上,在原有的面单形外,又引入了顶单形、棱单形、平面形、立体形等概念,经过正、负形的推导,又引申出了960种面、顶、棱的单形,使各种生长形和溶蚀形,包括各种负晶、晶体内生长锥和晶面上生长小锥,晶面上蚀象、微斜面、生长纹,晶棱上的溶蚀沟,晶面、晶棱或角顶上的浮生体,晶体内离熔体,晶体内部空孔道、气液态包裹体、固态包裹体,甚至晶体内或晶面上压象、打象等绝大部分过去难以描述的复杂现象,都能进行严格的数学描述。为推导晶体结构,描述双晶形态及其整体对称,研究骸晶、歪晶及矿物晶体的同质多形转化,在对称学说中又从正对称、真对称和理想的对称推导出了反对称、假对称、形变对称或曲线对称。从32种理想对称型中共推导出了218种形变对称型。

双晶与晶体结构和空间群的关系及其与地质作用和地质环境的关系也进行了不少探讨,牛来正夫等应用斜长石双晶法来探索花岗岩的成因,对比沉积物的来源和层位。

在联系地质生产方面,成因不同的锡石、锆石的形态标型特征作为找矿标志早已引起人们注意,此外萤石的形态特征已用以判断溶液的酸碱度,绿柱石柱面的条纹已用以判断成矿温度,矿物单体的假对称已用以判断介质的运动方向,矿物群体的排列方式已用以测定岩脉与矿脉的产状,矿物晶体的对称学说也已广泛地用以确定褶皱形态、一般地层构造及结晶岩与矿床的构造。

综上所述,矿物形态学的研究已从理想晶体转向不完善的晶体和复杂的连生,并开始探讨形态与成分构造及外在条件的关系,但目前不论经典的或现代的矿物形态学普及均不足,晶体搜集不够,各地区的形态标型特征研究很差,在找矿勘探中应用还有困难。

(四) 矿物物理的研究

近年来在矿物力学性质方面,发展了多种测定相对密度的方法,精度一般可达小数第2~3位,尤其是利用湿润度较大的重液做显微相对密度的测定,更提高了精度与速度,利用晶胞参数计算相对密度理论值也获得了推广。显微硬度仪的广泛应用使硬度能准确定量,近年来已用以测定无定向微细矿物集合体不同方向硬度的分布频率。解理本质的探讨已联系到晶格中网面密度与电荷的关系。

矿物光性方面,折光率测定误差多数为 ± 0.001 ,单变法与双变法已获得广泛应用,红外线已用于硫化物、黑钨矿等不透明矿物的研究,两个波长的超级显微镜也已制成。重折射与晶构异向性关系,折光率与分子折射及离子折射关系,角闪石、辉石、绿泥石、云母等造岩矿物中的折光率、重折射、重折射色散、光性方位、光性正负、消光角、光轴角及吸收公式等与晶构类型、离子电价、配位数及多种离子类质同象代替关系已开始探讨,

① $1\text{Å} = 10^{-10}\text{m}$ 。