

矿物学

上册

B. A. 托卡列夫 著

地质出版社

礦物學

上 冊

B. A. 托卡列夫 著

邢子起等 譯

地質出版社

1957·北京

本書系列格勒礦業學院地質礦物學博士 B. A. 托卡列夫 (B. A. Токарев) 副教授于1954—1955年間在我國北京地質學院為教員和研究生講授礦物學之講稿。全書共約七十萬字，分上下兩冊。此上冊主要內容為：礦物學發展史、礦物學在工農業上的意義、礦物界中的一般規律性、礦物的物理性質、礦物的化學性質、自然界中的礦物形成和礦物學的研究方法等。

本書可作為地質學院學生、教師，礦物學研究工作者及野外隊地質工作者的參考書。

本書由北京地質學院結晶礦物教研室邢子起、阮日華、張旭箴、張本仁、黃秉珍譯，張本仁、彭志忠、致社、於崇文、邵克忠、陳光遠校。

礦 物 學

上 冊

著 者 B. A. 托 卡 列 夫

譯 者 邢 子 起 等

出版者 地 質 出 版 社

北京宣武門外永光寺西街3號

北京市書刊出版業營業許可證出字第050號

發行者 新 華 書 店

印刷者 地 質 印 刷 廠

北京廣安門內教子胡同甲32號

編 輯：孫際先 技術編輯：李璧如

校對：金伯瑤

印數(京)1—1,500冊 1957年5月北京第1版

開本31"×43¹¹/₃₂" 1957年5月第1次印刷

字數310,000字 印張13²³/₃₂ 插頁2

定價(10)1.90元

目 錄

序	5
第一章 序言	6
第二章 礦物学發展概論	8
第三章 礦物学在工業上和農業上的意义	20
第四章 礦物界中的一般規律性	22
第五章 地壳及地壳成分的特点	25
地球的構造 (25) 地壳的成分及克拉克值 (27) 化学元素的迁移 (29)	
原子構造 (30) 晶格能 (38)	
第六章 礦物的化学性質	43
概論 (43) 同質多象和同素異形 (44) 同質多象轉化的类型 (49) 礦物学溫度計 (53) 晶格的破坏現象 (55) 非晶質化礦物 (56)	
膠体的概念 (57) 膠体溶液的主要性質 (59) 膠体的凝結作用 (62)	
膠体粒子电荷的發生 (64)	
自然礦物膠体的特征 (74)	
第七章 礦物的化学特性和礦物的化学式	77
絡离子 (77) 原子和离子的大小 (78) 配位数 (80) 离子的極化 (84)	
晶格中的鍵力 (85) 金屬構造 (85) 原子構造 (86) 离子構造 (87) 帕烏林法則 (88) 分子構造 (90) 成分固定的化合物 (94) 成分可变的化合物 (95) 固溶体的礦物和类質同象 (95) 超級構造 (97) 类質同象混合物 (98) 完全和不完全的类質同象 (101) 等价和異价的类質同象 (103) 类質同象的極性 (108) 假固溶体 (123)	
礦物中水的作用 (124)	
礦物的化学成分以及化学式的計算 (134) 化学式書寫的原則 (135) 根据化学分析計算化学式 (136) 分散元素 (145)	
第八章 礦物的物理性質 (I)	153
礦物的形态学 (135) 晶体的習性 (153) 晶面的条紋和圖案 (163)	
晶体的連生 (168) 双晶 (177) 平行連生 (178)	
自然界中礦物集合体的形态 (181) 樹枝石 (181) 晶簇 (182) 分	

泌体 (183) 結核 (184) 鐘乳类体 (185)

第九章 礦物的物理性質 (II) 187

礦物的透明度 (187)

礦物的顏色 (188) 白色 (192) 色素 (193) 鉄 (193) 鈦 (197)

鉻 (198) 鉬 (199) 鎳 (200) 鈾 (201) 銅 (202) 鈷 (202) 稀土金屬
元素和鋇 (203) 他色 (206) 假色 (208)

礦物的多色性 (208)

礦物的条痕色 (210)

礦物的光澤 (211)

礦物的解理、裂开和断口 (218)

礦物的硬度 (225)

礦物的脆性、延展性、撓性和彈性 (230) 礦物的比重 (233)

研究礦物比重的方法 (240) 礦物的磁性 (251) 礦物的放射

性 (257) 礦物的發光性 (261) 礦物的电学性質 (266) 礦物

的導热性 (268) 礦物的光学性質 (269) 礦物的其他性質 (273)

礦物的种和異种 (273)

第十章 自然界中礦物的形成 274

总論 (274) 关于相和物理化学系的概念 (274) 礦物晶体的形成

和生長 (275) 晶体的溶解 (278) 晶体的交代作用和假象 (279) 关于

組份的分異活动性 (280) 过濾效应所起的作用 (283) 礦物中的包裹物

(284) 礦物的垂直生長和 水平 生長的标志 (287) 礦物的世代 (288)

礦物的共生 (290) 标型礦物 (295)

造礦的地質作用 (297) 內營力作用 (298) 岩漿作用 (298) 吉布

斯相律 (301) 偉晶气成作用 (304) 偉晶岩 (306) 气成岩 (310) 水热

成岩 (311) 外營力作用 (313) 過濾形成物 (318) 殘留形成物 (318)

沉積成因的礦物 (320) 变質生成的礦物 (323)

第十一章 礦物学研究的方法 327

礦物形狀和連生的研究 (328) 礦物化学成分的研究 (331) 礦物的物理
性質的研究 (345)

序

这一部貫徹着歷史唯物主义和辯証唯物主义的，內容丰富而且新穎的講义是苏联地質礦物学博士、列宁格勒礦業学院副教授托卡列夫同志为給我們講課而寫的。在同时同地（北京地質学院）听这課的人——我本人，我們教研室的全体教員、全体研究生、兄弟院校的進修者和旁听者——都是現在的和將來的教师，那末，我們这些人應該彼此交流知識和經驗。而我們所以能边教边学以提高教学質量的原因，还不是由于現今的环境——現在社会的优越性所致。試問：如果人民政府不聘苏联專家來，我們怎么能这样地边教边学呢？

我們对待專家的这一份講义拟取如下的步驟：

1. 俾早俾快地把原文稿和譯文稿傳送給全國各地的兄弟們；
2. 对照着原文稿把譯稿再校正整理一遍，然后送請高教部審定为國內教师們的参考書；
3. 待融会貫通了講义的全部精神实質，并适当地增加我國实例之后，再从教学實踐中經過一番取簡捨繁的斟酌，最后用自己的語言編出一部适合于我國需要的教科書。这是党和政府的意圖，这也是咱們的光荣任务。这其中的第一步責无旁貸地归我們來作，至于第二步和第三步便需要國內各地的兄弟們來合作了。

在我这一篇序文里沒有对專家致謝的語句。这是因为托卡列夫副教授也和其他的苏联專家一样，他无时不把我們当作“自己人”，他常對我們說：“不要空言感謝，應該立刻見于行动”。

北京地質学院
結晶礦物教研室主任 王章炳

第一章 序 言

礦物學按直譯就是“有關礦物的描述”。這是一門全面研究礦物的性質、礦物發生的過程及條件、礦物的共生、變化和破壞的科學。

現在被稱為礦物的是指這樣的自然物體，其成分與構造是比較均勻的，是岩石與礦石的組成部分，是各種物態（固態、液態、氣態）的自然化合物（或元素），並且又是在地殼、大氣圈和水圈中所進行的各種地質作用的產物。

這一複雜的定義需用許多補充材料方能說明。礦物的均勻性是相對的，因為在自然界中在化學上和物理上絕對均勻的礦物是沒有的。礦物彼此之間按物理性質和化學組成的不同而區分。

礦物按着不同的比例結合而組成許多岩石，這些岩石的分布，比個別礦物獨立晶體的分布要廣泛得多。例如，分布極廣的岩石——花崗岩，基本上就是由兩種礦物——長石和石英組成的，其中常常還可看到雲母小片。石灰岩和大理岩基本上是由方解石的顆粒組成的，並含有少量其他礦物雜物。鉛鋅礦石通常是由硫化鉛（方鉛礦）和硫化鋅（閃鋅礦）的顆粒組成的。錫礦石通常是由浸染在偉晶岩（由長石和石英所組成的岩石）或硫化礦物塊體中的錫石顆粒組成的。

礦物是自然化合物，少數是自然元素。

礦物的發生和形成，與地殼中和圍繞地殼的大氣圈和水圈中不斷進行的各種地質作用有關。

分布最廣最常見的礦物是固體的礦物，液態和氣態的礦物則很少見。固體礦物具有一定的物理性質和化學性質，這些性質決定於結晶構造和化學成分。

礦物的化學成分一般可列成化學式，但它也可能由於雜質的關係而起變化。這些混合物同樣也引起礦物物理性質的變化。

礦物的名稱根據現在（1954年）的統計，有7000多種，然而其中大約只有2000種是專有的礦物名稱，其餘的僅僅是同義語式的名

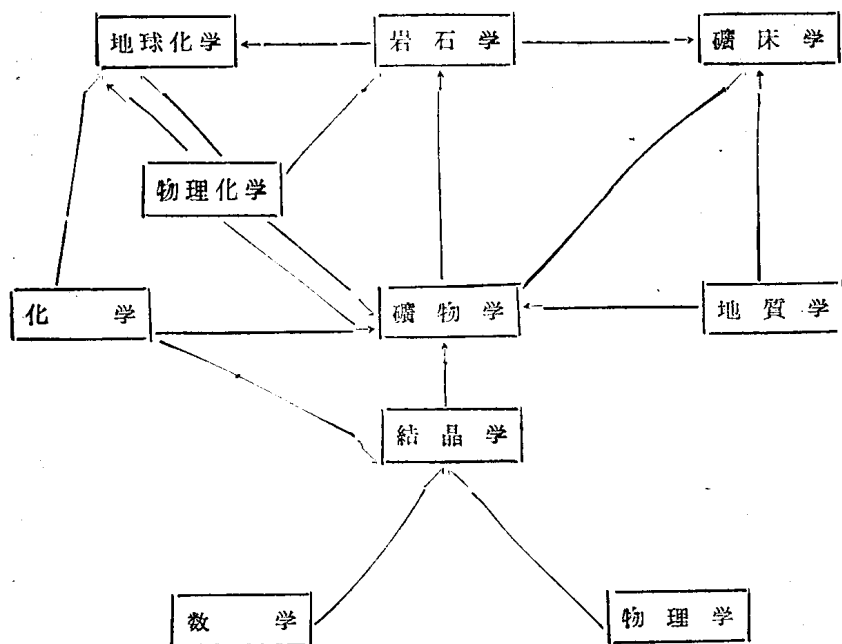
称（别名）或者是前面那些礦物的異种的名称。

礦物学所研究的是在地壳中進行的形成礦物的化学作用。因此，卓越的俄罗斯学者維尔納德斯基院士認為礦物学是“地壳的化学”。

实际上礦物学除了研究自然成因的礦物之外，还从事于現代日益具有巨大实际意义的人造礦物的研究。

所謂人造礦物，就是在實驗室中制备的，在成分与性質上相当于自然礦物的固体化合物。研究人造礦物的目的主要是确定天然礦物的生成条件，同时也是为了更好地使用人造礦物。

礦物学与其相关和相近的科学之間的关系，可用下列的圖解來說明：



在人类社会發展的过程中，随着政治和經濟条件的变化，关于礦物和礦物学的概念，关于礦床的研究方法和研究内容方面的概念，也随着改变，也就是說，这些概念是在歷史过程中建立起來的。

在这种情况下，随着整个科学的发展，特别是地質学方面的发展，对礦物性質及其成因方面的观点，也在起着变化。

第二章 礦物学發展概論

礦物学的產生和發展是与人类社会物質文明的發展緊密相連的。我們知道在人类初期当我們的祖先开始創造性劳动的时候，就已經开始利用礦物与岩石。恩格斯說：“劳动的过程僅在人类制造工具时才开始”，而工具的制造最先是以利用樹木、礦物和岩石为主。随着捕魚打獵的出現，随着人类由素食向肉食的过渡，随着火的利用和住宅与衣著的創造，人类对礦物的利用也獲得了進一步的發展，而且变得复雜了。

由于礦物的利用，在人的生活中起着如此巨大的作用，因此我們根据人利用礦物不同的时期，來划分人类全部的史前文化。

I. 人用石头制造武器与工具的时期，称为石器时代。經考古学研究証明，石器的最早發現是在第三紀末，即早在一百万年以前（参看表1）。

根据石器制作的精致程度，把人类史前文化的石器时代分成：

（1）原始石器时代——大約在1,000,000年以前，当时人用沒有經過修飾的石头作工具。

（2）旧石器时代——在紀元前10,000到800,000年，当时人采用粗制的石头工具（中國旧石器时代在紀元前10,000年，旧石器时代本身又分为：

（a）下旧石器时代。

（b）上旧石器时代。

（3）新石器时代——在紀元前6000年到100,000年，当时石头工具已經过精致地修飾（磨琢、磨光、雕刻）。

經考古学研究証明，在旧石器时代，原始人已經知道20來种的礦物和約十种岩石。在新石器时代已知礦物的数目已达40种之多。

在苏联領土上石器时代有許多由矽石（ SiO_2 ）、石英岩、黑曜岩、軟玉、蛇紋石和叶臘石制成的工具。在世界其他地方知道的还有

由片岩、燧石、碧玉、花崗岩等制成的工具。

远在石器时代，人們就已开始了矽石（ SiO_2 ）及人們所需的其他石材的地下开采工作（虽然很簡陋）。并且为了地下开采工作，开鑿了断面为圓形和矩形的垂直或傾斜的礦井。而且在井中用樹枝做支撐，并且用爐子來解决人工通風的問題。在新石器时代的礦井中，曾發現起重用繩索，但无絞車。

在从白海岸拉夫多尼斯（Равдоникас）在 1000 年以前制造的古陶器上就已經采用了石棉。

II. 随着社会的不断发展，人們熟悉了金屬。最初發現的有自然銅、自然金、其后有錫和鉄。

根据各种金屬工具的应用，把人类史前文化的金屬时代分成：

（1）銅器时代——紀元前 3,000—2,000 年。根据恩格斯的意見，它在人类發展史中屬於半野蛮时代。

（2）青銅时代——紀元前 2,000—500 年。

（3）鉄器时代——根据恩格斯的意見，它与上一时代同屬於文明时代。在金屬时代，礦山工業已具有重要意义。

III. 礦物学發展的歷史时代，是从美索不达米亞（Месопотамия）在紀元前 4000—6000 年前用楔形文字，与在埃及于紀元前 2000 年用蘆草紙記載礦物的时候开始。許多資料証明，最早从事采礦事業的是中國人、巴比倫人、埃及人、希臘人、印度人及一些其他的民族。对这些民族在人类進化中所起的作用，以及对印度支那、日本、波斯、英國、比利牛斯半島、小亞細亞、巴尔干半島及其他一些地方的当时的科学面貌，我們知道得还很少。

希臘人把当时的知識在自己嚴整的科学哲学系統之中加以統一和应用后，便承受了古代东方的文化和科学。

大約在公元前 2500 年中國出現了文字。由墳墓的發掘物証明，当时在中國，青銅加工方法正在繼續發展，金剛石和玉也在繼續被利用。世界上論及礦物最早的書“山海經”（关于山和海的古代傳說）是在那时寫成的。最初山海經，是些口头的傳說和經驗的傳誦，后来变为分散的記載，最后由于紙的出現才匯集成冊。這本書的正式定稿是

在公元前 400 年，書內提到了 13 种礦物，这些礦物的名称后来被礦物学所采用（金、銀、錫、銅、鉄、白金、磁鉄礦、赤鉄礦、霞石、雄黄、碧玉、玉及白堊）。作为辨别礦物的有下列諸性質：礦物的顏色，延展性，熔度及硬度。

本时期，在中國还出現了論及礦物应用及地球地質構造知識的書。除上述礦物外，在这些書中提到了下列礦物：鹽（石鹽），珍珠，華（褐鉄礦），鉛，辰砂及鋅。礦物的这些重要的性質：透明度，光澤，發光性（螢光性），首先在这些中國學者古代的著作中被提到。那些書中还注意到礦物礦床的垂直分帶及礦物共生的規律，还講到了由于周圍环境的改变，礦物不是永恒不变的，而是变化的。

本时期大部分的著作都是論述鍊金術的，它們的出現比欧洲的要早得多。中國鍊金術家的重要成就是發現了鋅与鋅礦石（菱鋅礦）的熔煉，虽然这个鋅礦石的名称后来沒有收集到礦物学的術語中去；当时，有色金屬的冶鍊亦有發展。

因此，应把中國的“山海經”当作是最早出版的一本关于礦物学問題的書（山海經——关于山和海的古代傳說）。

公元前 384—312 年亞里斯多德（希臘）試圖將傳說的无机体（礦物）進行分类。

亞里斯多德的学生提奧弗拉斯特·愛拉斯基（Теофраст Эразский）于公元前 371—286 年所作的“石头論”应算是第二部發表的关于礦物問題的著作了。這本書至今仍可以認為是礦物学的入門，在那里第一次描述了十六种礦物，主要是寶石。

以后不久，休多德謨克利特·波罗斯（Псевдо-Демокрит Болос）寫了一本“百科全書”，其中包括礦物学的知識，遺憾的是這本書沒有保留到今天。

在羅馬學者老凱-普利尼（Кай-Плиний Старший）于公元 23—79 年所寫的五十本書中有三本是关于采礦業，冶金業和礦物学的。在这个重要的彙報中蒐集了当时所知的全部关于礦物的知識，并包括了一些空想的傳說。

在欧洲，中世紀的特征是科学思想几乎完全停滯。当时关于礦物

的伪科学文献（所謂“玉石学”）所描述的主要是一些空想的好象魔術似的石头和礦物的性質。

这个时期，在承受了古希臘自然哲学的东方國家中，科学獲得了新的進展。在第十世紀和第十一世紀交替时，曾在中亞細亞工作过的卓越的学者阿-比魯尼（Ал-бируни）（公元972—1048）和伊布-辛（Ибн-Син）（公元980—1037）是中世紀僅有的礦物学者。伊布-辛后来以阿比森納（Аб-иценна）的名字为大家所熟知。他們兩人都是花拉子模人，該地是現在苏联烏茲別克共和國的一部分。

伊布-辛把所有的礦物分为四类：（1）石和土，（2）硫化礦物，（3）金屬，（4）鹽。

阿-比魯尼在1048年發表了“宝石知識彙編”一書，在那本書里对36种礦物作了在当时算是最好的描述，并且在礦物学史上首次采用了物理常数，如硬度和比重。所有的礦物都根据硬度的等級來排列，这个等級是以金剛石、剛玉、瑪瑙为标准的。阿-比魯尼首次确定了許多礦物的比重。为了鑑定宝石上的瑕疵，他应用了放大鏡。在他的書里引用了許多关于礦物研磨、磨光、热处理和化学处理的知識，并記述了礦物的產地。阿-比魯尼的“宝石知識彙編”那一本書可以認為是現代礦物科学的萌芽，以硬度和比重为依据的礦物分类，第一次在那里面被陈述。

从十五世紀后半期文艺复兴时代起，自然科学進入了蓬蓬勃勃的革命的發展階段，从此开始了科学的新时代。

内容丰富的“礦物知識彙編”應該算是这个时代最早的作品，这些知識都是在开采薩克索尼亞、契希亞、意大利、西班牙等地礦山的礦床时得來的。這本書为乔治、鮑威尔（Георги Бауер）所編寫的，他以阿格里科拉（Агрикола）而聞名。

約希姆斯塔尔（捷克斯洛伐克）地方的医生阿格里科拉發表了一本書叫做“礦物成因論”，在這本書中記載了許多关于金屬礦床中各种礦物的產狀与成因方面的精确的觀察。礦物学的知識也出現在阿格里科拉的其他著作当中。

他指出了礦物与岩石之間明顯的區別。他把礦物分为可燃物、土、鹽、宝石、金屬和礦物混合物，并且很仔細地描述了礦物的鑑定特

征：顏色、光澤、硬度、比重、味和嗅味等等。

礦物學方面進一步的工作，一直到十八世紀，都還受阿格里科拉研究的影響。

在新科學的初期，自然科學就已帶有分析描述的性質。根據恩格斯的意見，這個時期的特點是建立了本質絕對不變的獨特的普遍世界觀。

在林涅（Линней）（1707—1778）創立了種與屬的命名法以後，他在“自然系統”的著作中就提出了植物、動物及礦物的系統分類。他認為“種”是不可變的。林涅在礦物方面的命名法是不正確的。

在這時期最卓越的人物是俄羅斯學者羅蒙諾索夫院士（М. В. Ломоносов）（1711—1765），他是俄羅斯許多現代科學部門的創始人。羅蒙諾索夫是一個普通農民的兒子，由於他的特殊天才，才使他能受到各方面的教育，並且在他自己的工作，遠遠地超過了歐洲的智慧。他根據對自然現象的精確觀察，得出了許多重要的結論。

對於我們來說最重要的是，羅蒙諾索夫破天荒地敘述了結晶物質的構造理論，發展了礦物共生的學說，創立了俄國科學的名詞，出版了第一本俄國礦物學方面的書“科學院礦物標本目錄”（1745）。

在他自己的著作中，他第一次把現實主義的原則引用到地質學上（在萊爾前80年，但後來這個功勞就被錯誤地加在萊爾的身上）。

羅蒙諾索夫的著作指出了在今天已取得了如此輝煌成就的現代礦物學還在沿着它前進的道路。

應該把結晶學的萌芽歸屬於這個時代。1669年丹麥人尼柯拉烏斯·斯台諾（Николаус Стено）（1638—1687）在石英和赤鐵礦的晶體上確定了晶面和晶稜間角度恒等的定律。這個定律在1749年為羅蒙諾索夫所証實，並且加以清楚地敘述。以後很久在1783年，法國的礦物學家，羅姆·德·利爾（Роме Де Лиль），由於用測角儀測量了許多晶體的結果，証明了這個定律的正確性，並且把它稱為斯台諾定律。

奧依（Гаюи）（1743—1822）的著作也屬於同一個時代。在十八世紀末葉·巴爾托林（Э. Бартолин）（1625—1698）發現了方解石中的重折射。

克隆什捷特 (А. Кронштедт) (1722—1765) 曾企圖根据化学成分建立礦物的分类。在这个时期化学才第一次地向前推進了一大步，这时已發現了 17 种元素，其中有兩種是克隆什捷特所發現的。他从根本上改变了礦物学的名詞，从礦物学中取消了有机礦物，并且广泛地应用了吹管法。

由于薩克索尼亞地方礦山工業的發展，在弗萊堡城 (Фрейберг) 創辦了礦業学院 (1766 年)，最先以維聶尔 (А. Г. Вернер) (1750—1817) 为首，后来又以布莱特豪普特 (И. А. Брейтгаупт) (1791—1869) 为首的礦物学派的礦物学家，都聚集在这个学派的周圍，在許多相近的領域中影响着礦物学的發展。

在这个学派詳細描述礦物及其外部特征 (其中包括結晶学特征) 时，基本上是利用了科学上所有的成就，但弗萊堡城研究家集团在礦物学中所加進去的具原則性的新的东西是很少的。

十七世紀末叶，在俄國随着工業迅速的成長，礦物学的研究範圍也擴大了。当时巴拉斯 (П. С. Паллас) (1773—1801)，列彼欣 (И. И. Лепехин) (1771—1802)，格尔曼 (И. Ф. Герман) (1789—1811)，祖耶夫 (В. Ф. Зуев) 等人寫了許多第一次描述了國家的礦物資源的作品。俄罗斯礦物学描述的發展是与謝維尔京院士 (В. М. Севергин) (1765—1826) 的名字分不开的，他完成了罗蒙諾索夫曾考慮过的“俄罗斯礦物学分类”。

謝維尔京引用了新的俄文名詞，也描述了俄國的礦物，他不僅僅描述礦物的物理性質和它們的化学特征，同时也描述俄國的礦床和礦物的共生。

1773 年在彼得堡建立了高等礦業学校 (即現在的列宁格勒礦業学院)，許多傑出的礦物学家都在此地工作过。1817 年在列宁格勒建立了一直到今天仍然和俄罗斯的礦物学家联系着的礦物学会。

到現在，礦物学終於最后被确定为有关礦物的科学了，同时在这門科学中也开始指出了結晶学和化学的兩個方向。罗姆·德·利尔、奥依·科克沙罗夫 (Н. И. Кокшаров) (1818—1892)、加多林 (А. В. Гадолин) (1828—1892)、耶列麥耶夫 (М. В. Еремеев) (1830

—1899) 等是第一个方向的代表者。

第二个方向的代表人物是伯济利阿斯(И. Я. Берцелиус) (1779—1848)、米契尔利希(Э. Митчерлих) (1794—1863)、格尔曼特(И. Я. Германт) (1805—1879)、罗斯(Г. Розе) (1793—1873)、車尔馬克(Г. Чермак) (1836—1927) 等等。

全世界結晶学和礦物学發展中的这一新的進展与科克沙罗夫的名字是分不开的。在研究上, 他用他的聪明和智慧, 嚴密地选择材料, 然后又对晶体作了最精确的測量, 正是由于这位科学家的这种巨大劳动, 科学才能獲得了关于主要礦物族的外形的精确知識。科克沙罗夫所獲得的一些数值, 至今还是我們認識晶体和綜合自然物体的几何構造的重要論据。

加多林在建立了理論結晶学的数学論据, 并用計算法推导出32个对称型以后, 为結晶学奠定了新的方向。在現时, 科学已找出了为加多林所計算和預言的所有32类的代表, 而且在已知物質中, 沒有任何一个不符合于这些規律。

耶列麥耶夫完成了俄罗斯礦物結晶形态和假象的系統研究工作。

伯剂利阿斯把礦物学看作是化学的一部分, 他确定了很大一批礦物的化学成分, 用化学式來表示它們, 并且在化学式的基礎上把礦物進行了分类。

米契尔利希建立了礦物的类質同象和同質多象的概念。

在19世紀的上半世紀, 出現了用顯微鏡研究晶体的方法, 并得到迅速發展。索尔比(Г. Сорби, 1826—1919), 罗森布什(Г. Розенбуш, 1836—1914), 伊諾斯特蘭采夫(А. А. Иностранцев, 1843—1919), 卡尔宾斯基(А. П. Карпинский, 1847—1936), 齐尔克列(Ф. Циркеле, 1838—1912) 等工作, 促進了这种方法的發展。

在十九世紀末二十世紀初, 出現了研究結晶物質的新的方法。这些方法与結晶物質內部構造的研究有关。

对于礦物学來講, 这个时代是按照綜合的方向來發展的时期, 就是把礦物所有的物理性質和化学成分与礦物的內部構造联系起來处理。在这个时代里, 門德雷耶夫(Д. И. Менделеев) 所創立的化学

元素周期系，对礦物学的發展有非常巨大的意义，元素周期系是现代自然科学领域中許多偉大成就的基础，只有在这个定律出現以后，才使礦物的合理分类变为可能。

可以把这个时期看作是現代礦物学歷史上新紀元的开端。应当注意的是在这时期以前，把礦物学当作叙述的統計的知識領域，这样的概念还占有优势。

費多罗夫院士（1853—1919）的工作为精确研究礦物物質的学派奠定了基础，他揭示了晶体外形与其内部構造的联系，并提出了按晶体外形測定内部構造的方法。

为了精密地研究結晶物質，費多罗夫發明了双圈經緯測角仪与顯微鏡上的旋轉台。

在1895年鑾琴（В. Рентген, 1845—1923）无意中發現了X—射綫，在1912年劳埃（М. Лауэ）証明了X—射綫通过晶体时的折射現象，这就使科学有可能了解礦物内部構造的秘密和發現一系列十分重要的原理，因而產生了新的科学園地——晶体化学。礦物学在这方面的主要成就，是与烏尔夫（Г. В. Вульф），布列格（В. Г. Брегг），布拉格（В. Л. Брегг），別洛夫（Н. В. Белов），勃林（Л. Паулинг）等人的名字分不开的。由于精确研究晶体内部構造的結果，就确定了内部構造与礦物的物理性質和化学成分之間的关系，并使晶体内部原子排列的230种規律的理論上的推導獲得了証实。

鑾琴射綫的分析确定了絕大多数无机化合物的空間格子并不是分子，而是原子空間格子的特性，这应当看作是晶体化学巨大的成就。

白克莱（А. Н. Беккерел, 1852—1908），居里夫人（М. Кюри-склодовский）和居里（П. Кюри）对放射性礦物的研究，在有关原子核的構造和組成与化学元素轉变的現代理論探討方面，和在有关同位素的研究方面，都起了主要的作用。

維尔納德斯基院士（1863—1945）和費尔斯曼院士（1883—1945）以及挪威的戈尔德施密特（В. М. Гольдшмидт, 1888—1947）为礦物学開了一个新的方向，其任务是研究化学元素在地壳中的歷史，即所謂“地球化学”。

維爾納德斯基院士理應算作現代礦物學革新者，他通過自己的研究得出了這樣的結論：作為酸肝的矽和鋁，在地殼內的礦物中起着同樣的作用，而絡離子 $[\text{SiO}_4]$ 和 $[\text{AlO}_4]$ 是矽酸鹽類構造的基礎。維爾納德斯基的這個理論，後來完全被鐳射綫試驗所証實，並且直到現在為止，仍為矽酸鹽類構造礦物學的基礎。

維爾納德斯基在自己的全部工作中是從在地殼中所發生的作用的觀點來研究礦物，他着重指出礦物共生的意義，創立了元素類質同象的學說，肯定了只有在一定的熱力條件下，個別元素之間的類質同象代替，才有可能。

費爾斯曼院士也大胆地擬定了發展現代礦物學的新路綫。在他的全部工作中，主要是確定了礦物的成分和構造之間的關係，確定了原子的構造和它在門德雷耶夫周期系中以及在礦物構造中的位置之間的關係，並且確定了所謂礦物構造的能​​量。

戈爾德施密特在成礦作用晶体化學和礦物化學等方面作了很多工作，發現元素在門德雷耶夫周期系中的位置與其原子和離子大小三者之間的關係，第一次揭露并闡述了相律，確定了成礦的變質規律。

在礦物學發展的這個新時代中，膠體化學的成就（科爾紐，凡別密林等人），物理化學的成就（庫爾納科夫，吉布斯，科納瓦洛夫，范托夫等人），和晶体化學的成就，都對礦物學的發展有很大的影響。

用物理化學定律吸引着查瓦里茨基，別良金，柯爾仁斯基來解決礦物學上的問題。這些學者在這方面都得到很有價值的結果。

柯爾仁斯基創立了關於造礦時成分分異移動的學說和共生的分析。

實驗礦物學是現代礦物學一個特別的分支，它的任務是在實驗室條件下重新製造礦物，在高溫下研究礦物的構造和成分，此外還研究礦物的成因。在實驗室中製造礦物是為了要用人工製造的礦物，來保證工業的需要。

赫魯曉夫（К. Д. Хрущев），庫爾納科夫，別良金，格里戈里耶夫（Д. П. Григорьев）以及其他學者的工作，對於實驗礦物學都有很大的意義。