

苏联高等学校教学用书

实验岩石学

A. C. 金兹别尔格 著

地质出版社

实 验 岩 石 学

A.C. 金兹别尔格 著

孫 管 譯

苏联高等教育部審定作为
國 立 大 学 教 学 用 書

地 質 出 版 社

1957·北 京

Проф. А. С. Гинзберг
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПЕТРОГРАФИЯ
Издательство
Ленинградского государственного университета
им. А. А. Жданова
Ленинград 1951

本書由西北大學孫管同志譯，陳運生、趙根樞兩同志校，
鄭常忍同志參加部分整理工作，全書經蘇良赫教授審閱。

实 驗 岩 石 学

著 者	A. C. 金 茲 別 尔 格
譯 者	孙 管
出版者	地 質 出 版 社
	北京宣武門外永光寺西街3号
	北京市書刊出版業營業許可證出字第010号
發行者	新 華 書 店
印刷者	地 質 印 刷 厂
	北京廣安門內教子胡同甲32号。

編輯：吳樹仁 技術編輯：張華元 校對：馬志正
印數(京)1—7800册 1957年1月北京第1版
開本31"×43" / 32 1957年1月第1次印刷
字數220,000字 印張 1¹⁶/₂
定價(10)1.50元

目 錄

原 序	6
第 一 章 实验礦物学与岩石学的理論价值和实用价值	7
第 二 章 礦物学和岩石学实验研究的发展史	17
第 三 章 相律与物理化学平衡	21
第 四 章 結晶能力	27
第 五 章 粘度	33
第 六 章 玻璃状态	52
第 七 章 热分析	58
A. 測定溫度的方法	58
a. 热电高温計	59
b. 电阻溫度計	61
c. 热电偶的刻度	63
r. 光学高温測定法	65
A. 目録高温計	67
e. 目視法	68
B. 动力学的热分析方法	71
B. 静力学的方法	76
第 八 章 压力对溶解溫度的影响	78
第 九 章 同質異像	80
第 十 章 地質溫度計	92
第十一章 同質異像转变与压力的关系	93
第十二章 二成分系的多相平衡	95
A. 共結圖解	96
B. 形成不分解的固定化合物的系統	106
B. 形成分解熔融的化合物	109
r. 固体溶液和相应的熔化曲綫	116

a. 无最高熔点或最低熔点的完整固体溶液系	124
b. 具有最低熔点的完整固体溶液系	126
c. 具有最高熔点的完整固体溶液系	128
r. 饱和浓度固体溶液的共結	128
d. 无共結点且連續性發生破裂的固体溶液	132
e. 固体溶液与固定化合物	133
D. 在固体状态中有变化的系統	136
第十三章 三成分系統	138
A. 共結混合物	141
B. 具有二成分一致熔融化合物的三成分系統	142
B. 具有二成分分解熔融化合物的三成分系統	144
r. 具有三成分化合物的三成分系統	148
D. 某些矽酸鹽系統的实例	150
a. 三成分的机械混合物	150
b. 具有二成分一致熔融化合物的三成分系統	151
c. 具有二成分分解熔融化合物的三成分系統	152
r. 具有三成分一致熔融化合物的三成分系統	155
d. 具有三成分分解熔融化合物的三成分系統	157
E. 三成分系統中的固体溶液	162
a. 具有一組二成分固体溶液的三成分系統	164
b. 具有一組二成分固体溶液和二成分分解熔融化合物的三成分系統	166
第十四章 四成分系統和多成分系統	170
第十五章 物理化学实验与岩石的成因	178
A. 分異作用与反应系列	179
B. 岩漿的分異作用	187
B. 人工制造岩石	196
a. 高热实验方法。加热裝置	199
b. 岩石鑄造学	204
第十六章 具有揮發成分的系統	210
岩漿中的水	216

第十七章 压力对岩漿凝固过程的影响	227
第十八章 固体状态中的再結晶作用和變質作用	228
第十九章 含水的溶解系統	232
热分析	240
a. 粘土物質	240
b. 粘土礦	245
c. 的化合物	247
r. 鉄的化合物	248
第二十章 水热合成法	250
第二十一章 实验岩石学和岩石学中的主要問題	257
主要参考文献	262
平衡系統索引	264

原 序

实验岩石学的研究在二十世纪中的飞速发展以及它对于了解一系列岩石学的问题所起的巨大作用使早在1934年列宁格勒荣膺列宁勋章的国立日丹诺夫大学岩石学教研室就曾委托我在地质系开过一门实验岩石学的专门课程。由于听讲人在十分缺乏合适教科书的情况下理解这种专门课程发生了很大的困难，所以就迫切需要出版这种教程了。多承列宁格勒国立大学出版社的协助，于1938年出版了“实验岩石学讲义”——它是根据专门杂志上的文献第一次彙印的这类的参考书。从那时起到现在已经数十年了，虽然是处在战争时期，但是我们与外国在这个时期里却出现了很多极关重要的岩石实验方面的研究工作。这些研究工作大大地丰富和扩展了我們在这方面的知识。这自然就要发生编著能适应现代科学水平的教科书的需要，因此才出版了这本“实验岩石学”，它与前一版相比增加了许多资料，尤其是在图解方面的增加；在这里也加入了同志们热诚指出的一系列的修正意见。今后我也将欢迎所有类似这样的意见。

功勋科学家 A.C. 金兹别尔格教授

第一章 实验矿物学与岩石学的 理论价值和实用价值

研究自然历史的学科有着两种不同的科学方法，这两种方法同样地重要且具有同等的价值。第一种方法是积累事实与观察结果及其加工系统化，据此确立出相应的规律性。第二种方法是实验的方法，根据人工创造的条件总结出变化过程的法则。在主要用观察法的生物学科中，直到现在第一种方法还有着首要的价值，而在本质上是用实验法的物理化学学科中，搜集材料主要地只起着辅助的作用，建立起一般法则的还是实验。

岩石学，作为科学，它与一整系列的其他学科相关联着。一方面与矿物学和地质学紧密地结合着，它好像是它们之间不可分离的一环。同时岩石学和矿物学密切地联系到物理化学类的科学，如化学、物理化学、物理学，尤其是结晶学（是刚体物性学的一个分支）。也关系到那种“观察的科学”，那就应当首先联系到地史学和古生物学了。这样一来，岩石学的研究法也应当包含有观察与实验。岩石学在最初的发展阶段，正和任何其他自然历史的科学一样，仅在于了解岩石形态的特征。这种纯系描述性的一方面曾经发生过极大的作用，尤其是在确立研究的方法上（在岩石学中引用了显微镜）。其后的阶段就是综合所得的资料，并利用归纳的方法建立出不仅从质量上而且从数量上支配着岩石的发生、变化和破坏的规律。因此岩类学也就变成了岩理学。

但是，各科学家作同一的野外观察时，可能得到不相同的概念，作出岩石成因上的不同假说。假定出的那种假说是否有了根据是要靠着实验来加以证明的。实验岩石学的首要任务是在严格地实验室的条件

下去驗證那些我們在野外經常研究的在礦物學和地質學方面所獲得的事實和觀察。它能夠使我們掌握那種存在於對自然現象進行個別觀察時所得的星散材料中的內在聯繫。的確，對於地質學科中的實驗，常常發生許多極不相同的意見。化學實驗或物理實驗能在容易操縱的情況下進行，而且進行起來要迅速些。但如我們要想用實驗的方法重復自然的过程，那麼我們就不應當說它們之間是完全相同的，我們只能作出相距較近似或較遠的一些近似的情況。首先來談談現象的範圍。甚至於從技術方面我們也很清楚地知道實驗室中的操作过程不是永遠能夠完全搬用在工廠的條件之下的，而要把在坩堝中所做得實驗的觀察結果推廣到自然現象的範圍中去更應當謹慎。如果說，我們能夠容易地掌握這些過程中的一些因素如溫度、壓力和濃度，並能把它們調整得和自然現象相同，則在我們所能控制範圍以外的還有一個有力的像時間這樣的地質作用力，它在自然過程的變化中是不能加以限制的。例如，古代玻璃質熔岩的重結晶作用要經過了數千年的時間才能完成。但是實驗者在觀察實驗進行的時間上僅僅幾小時，在最理想的情況下也不過幾個月而已。

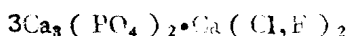
但是現在實驗岩石學，已經得到普遍的承認，而且幫助了岩石學中一整系列的問題的解決。

它也幫助解決了一系列的實用問題。從前在國外和沙皇時“純粹科學”與“實用科學”是對立存在着的。在蘇維埃時代理論與實踐是不可分離的，它們緊密地聯系着而且彼此助長彼此依賴着。

這樣一來，實驗岩石學的任务不僅只是解決一系列的岩石成因問題，並且要幫助實現一系列實用的、迅速發展着的耐火材料、陶瓷工業和岩石鑄造等的現代技術所要求的措施。

在地質學科中實驗的意義很大。為了證明這一點，我們來看幾個例子。我們用實驗的方法所要解決的基本問題之一是用化學分析的方法或借助於倫琴射綫透視法和光譜學所得到的有關物質組成的知識。化學分析（可以施於許多的自然對象）與實驗使得我們能夠解決下列的問題

題，即某一種元素或氧化物是不是一定為礦物或岩石中的真正組成部分，還是偶然混入的雜質。在地質學家弗洛達維茨關於希賓庫基斯烏姆喬爾磷灰石的著述中，將磷灰石分析了兩次。磷灰石的成分相當於實驗式：



根據弗洛達維茨的材料，於兩次的分析當中，都發現有少量的 SiO_2 ，而且存在有 SrO 。問題是要知道這兩種經常不存在於磷灰石組成中的新的氧化物是如何影響著礦物的性質。若假定氧化矽是磷灰石結構中的成分時，那麼十分自然地它的存在應當對磷灰石的所有物理化學常數都要發生本質上的影響。這個問題可直接由實驗來解決。人造的不含有 SiO_2 的磷灰石，準確地具有自然礦物的那些固有性質，所以可以正確地作出結論：氧化矽在這種情況下應該是偶然的機械混入物。

在 SrO 的情形則完全不同了。這裡綜合的方法証明了不含有 SrO 的人造標本，按其性質來說和所研究的自然磷灰石有很大的差別。在磷灰石成分中 Sr 的存在，可以拿它的能構成固體溶液而且以類質同像的方式來代替 Ca 的這種特性加以說明。必須指出，鐳磷灰石雖然在理論上有存在的十分可能性，但是在自然的產物中它並不存在。弗洛達維茨所作的研究証明了鐳磷灰石的比重同雙屈折率均比鈣磷灰石大。研究了人造純鐳磷灰石的性質以後，就可以用把它與純鈣磷灰石相比較的方法來證明：弗洛達維茨所得到的天然含鐳磷灰石的變種是完全合理的情況，在這種情況下它的性質由 Ca 和 Sr 兩種元素的存在來決定。

現代礦物學任務之一是要確定礦物的組成和形態間的關係。按結晶學的基本原理來說，每一種物質都具有它自己所固有的幾何形態。但是我們常常遇見同一種礦物具有極不相同的晶形或各種的外貌。例如大家所熟悉的方解石它就有十幾種晶形（偏三角面體，菱面體，柱體和其他的聚形等）。但是在所有這些的情況中經過倫琴射線分析後告訴我們其空間格子是完全相同的。那麼晶體的外形由甚麼來確定呢？在很多情形中，這種問題于實際解答時是十分複雜的。因為同一

种物質受了各种不同因素的影响可以形成各种不同的外部形状。如岩鹽就可以作为剛才所說这种事实的例子，人所共知，它具有立方体或立方体和八面体的聚形。关于氯化鈉晶体的某一种晶形的獲得，在实验上并不是十分困难的；假定我們要想得到立方体的晶形时，我們应当使鹽的水溶液过饱和即可獲得这样的晶体；要想得到聚形晶体时，就需要在溶液中附加少量的尿素。

附加物对結晶作用影响的物理化学解釋是十分簡單的。在結晶作用的过程中，有兩種因素連續不断地作用着：第一种因素是以物質的本性为基础的一种因素，即各向異性，在这种情况下于晶体的不同方向上其生長速度不同；第二种因素是外力所發生的影响，首先是表面張力的影响，表面張力力图調整物体生長的速度，以期尽量使自己的外貌趋近于球形。加入尿素能增強表面張力，所以獲得的晶体愈近于球形（立方体和八面体的聚形晶体）。总括起來說，晶体的外形是由內在的生長的各向異性的因素間相互作用和表面張力的大小來决定的，而表面張力在絕大程度上要受外界介質条件的支配。往往能夠根据礦物的外形來鑑定出結晶时的环境以及內部或外部因素所起的优势作用。例如，人人皆知的黃鉄礦有立方体、八面体和五角十二面体的晶形；顯然表面張力在后一种情况下占着优势。晶体的外形并不是偶然的，而是与結晶过程本身的某些条件相适应的，这些条件对于不同的產地是有所不同的。奥澤罗夫非常強調地指出剛玉的晶形与剛玉在其中進行結晶的介質的化学組成間的关系。根据对于不同礦床中的剛玉以及人造剛玉和电剛玉晶形的研究，奥澤罗夫得出結論：在基性介質中当缺乏氧化矽时即生成柱狀或等軸狀的晶体，在弱基性的介質中形成板狀軸面式的晶体。这种結論对于磨料工業有很大的价值，这种工業要制造出具有最高研磨性的等軸狀晶体的电剛玉。

如以前所指出的，早在結晶学發展成为独立学科以前，就已經确立了一种情况，即每一种物質均具有它自己的結晶形状，虽然晶体的習性可以变更。但是这种簡單的結論在集聚了許多事实后很快的就顯得

不能令人滿意了。因而在1821年米契爾利希就認為有可能說：成分與晶形間的關係是很複雜地相互影響着，而且許多物質成分雖說相同，但可生有不同的晶形。他首先將同質多像的概念引入到科學中來。

作為例子我們來研究硫磺的同質多像的情形。在圖86中橫座標表示時間，縱座標表示溫度。若將硫磺加熱到 95°C ①，我們就可能斷定：在室溫下穩定的斜方系硫磺，於這種溫度下即轉變為單斜系硫磺並且能夠斷定後者於 119° 時熔化。

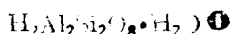
從與硫磺同質多像轉變相聯繫的情況的更詳細研究可以證明：只有在完全一定的熱力學範圍中才能形成硫磺的某一種晶形。進一步的研究證明了：硫磺的同質多像轉變與空間格子的根本改造有關係，這也就決定了於 95° 時在加熱曲線上的水平部分。

根據同質多像的轉變，常常利用以同質多像轉變為基礎的“地質溫度計”作為地質過程的溫度標志。如在 575° 以下則存在屬於三方面偏方面體類晶形的所謂 β -石英，但溫度在 575° 以上 870° 以下則有屬於六方偏方六面體類的 α -石英。當岩石中存在某種石英的同質多像變體時，就可用以說明它生成時的溫度條件。同樣地矽灰石 (CaSiO_3) 也有兩種同質多像的變體：單斜晶系的 β -矽灰石在 1125° 是穩定的；高於 1125° 時 β -矽灰石是不穩定的，它將轉變為 α -矽灰石（假矽灰石）， α -矽灰石按照其光學性質來說是一軸晶的。 β -矽灰石見於許多接觸礫床中，這表明其生成的溫度不超過 1125° 。這些事實可以作為描述地史的材料。

實驗礦物學的另一分支是關於礦物結構的研究。我們知道高嶺石的實驗式為 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 。對這種礦物的脫水作用實驗研究的結果證明：在 $400—480^{\circ}\text{C}$ 以及在更高的溫度下大部分水份脫出得很顯著。這樣使我們能夠確定在高嶺石中所含有的水是結構水。另一方面查弗里耶夫很成功地證明了高嶺石不是立刻將二分子的水都脫出的，

① 以下所有溫度都以攝氏 ($^{\circ}\text{C}$) 表示。

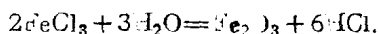
循序脫出的，这样就証明了这二分子的水不是完全相同的，所以結構式必須这样寫才能夠反映出这种情况，也就是寫作



最后，实验岩石学重要的問題之一是研究礦物和岩石的生成。这兒有許多情形，于实验的条件下能够經实验檢查出野外所觀察到的自然过程。

礦物在自然界形成的方式是各种各样的，如我們所知道的：气相中的結晶作用，岩漿的凝固，水溶液中的結晶作用和最后生物的方法等。可惜在实验室的条件下來進行实验，往往不能夠重复自然力量的全面綜合作用，首先是不能充分地支配着重要的時間因素。因此到目前为止在实验室的条件下还只能重复在大自然这个实验室中所常遇到的各种情况里面一些簡單的情况。

作为实验室的条件下所研究的第一种反应，也就是說，有气相参与的反应之一的例子，我們可以指出 Fe_2O_3 的形成。茲假定随着熔岩体的噴出而噴出的 HCl 气体的現象是与下列的化学反应关联着：

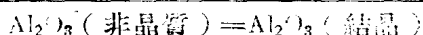
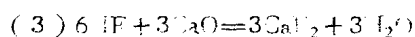
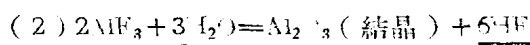
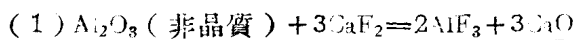


这在十九世紀前半叶于实验室中重新实验出來。根据反应 $\text{SnCl}_4 + 2(\text{H}_2) = \text{SnO}_2 + 4\text{HCl}$ 合成了錫石，这就可作为解釋用气成的方法僅借助于氟化錫 SiF_4 的帮助而合成錫石的根据。

另一个由于气体作用于固体而形成新礦物的例子，是人工所獲得的紅宝石，依下列方式合成：在有孔的坩堝中放以非晶質的氧化鋁和

① 根据倫琴射綫分析的材料，关于高嶺土和鋁矽酸鹽的空間格子所作的解釋，与俄罗斯礦物學派的基本理論上的解釋不同，这一學派根据維爾納德斯基，認為它是矽鋁質絡合物。維爾納德斯基說：“关于鋁矽酸鹽的結構問題，我不能認為以不正确的实验式作为依据的倫琴射綫照相比化学解釋得更正确……，很明顯，如果沒有新的倫琴射綫照相，沒有新的按倫琴射綫照相求得的礦物空間結晶格子，從而將該礦物空間結晶格子依据化学礦物學材料列入高嶺土—鋁矽酸鹽類中，这在目前說來是不行的”（B. H. 維爾納德斯基，大地的矽酸鹽，1937，頁42）。在沒有得到批判以前，我們還采納維爾納德斯基和韋爾巴托夫所提出的观点來解釋，而將高嶺土实验式保留为 $\text{H}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 。

氟化鈣或氟化鋁，便在熔爐中加熱到 1500° ，同時有水蒸汽存在。其反應分為兩個階段進行：首先是氟化物和氧化鋁中間的置換分解，結果氟化鋁又為水蒸汽分解成結晶的氧化鋁——紅寶石，反應方程式為：



由於方程左右兩端作為反應中間項的相同項互換消掉，結果非晶質的氧化鋁轉變成結晶的紅寶石。

自從發現這種反應以後，紅寶石即成為可以求得的作品，而用於很多工藝目的；現在人們的確用更近代的方法來生產它。

熱力合成的方法最近不僅在製造單獨的礦物時，就是在製造岩石時也得到了很廣泛的應用。熱力合成的例子特別多，這裡僅指出大家所熟知的一些礦物，例如橄欖石、輝石、基性斜長石、霞石等的製造。

礦物的人工製造法，不僅能夠合成人所共知的天然礦物，同時還能夠製造出新的礦物。例如，鋰矽酸鹽 (Li_2SiO_3)、模來石 ($3\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$) 等。

從實驗室的實踐中我們可以熟知一些從水溶液中制得并結晶出一系列化合物的方法，這些方法在一系列的情況中，可用以恢復礦物生成的自然過程。

最後，人所共知的安格列爾的石油生成的生物起源學說，同樣地是在實驗室的條件下合成了石油而被証實的：安格列爾在不通空氣的情況下加熱於魚類脂肪獲得到許多類似石油的產物。

在許多情況下，根據熔化圖解的實驗是解決爭論問題的惟一方法。特別是關於斜長石的那個古老的問題——是不是鈉長石與鈣長石形成的連續系列的固體溶液，也就是說，兩種成分構成類質同像呢？還是

此二成分形成固定化合物造成單獨的礦物呢（奧長石、中長石、拉長石等）——就是這樣解決的。

地球物理實驗室所研究的鈉長石和鈣長石二元系（圖 154）的平衡圖解表明，這兩種物質形成連續系列的固體溶液，完全証實了關於斜長石是類質同像這個解釋的正確性。

礦物的熱力合成不僅解決了一系列純粹科學上的問題，同時目前它已經成為整個工業部門的基礎了。在前面已經提到關於人造紅寶石的問題。

我們的磨料工業需要硬的研磨材料。當然，我們可以採用天然的礦物來充作磨料，但是它們的產量很少（剛玉），往往價值也特別昂貴（金剛石），由於這些關係，熱力合成在這些技術部門中，就非常廣泛地被應用起來。現在用電熔方法從鋁土礦和鋁質粘土中獲得了大量的電剛玉。從含有 SiO_2 的不純鋁土礦中可以製成很重要的高溫耐火材料——模來石（ $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ）。

金剛砂（氧化矽和碳素合成）在目前的磨料工業中可以大量的生產，它的獲得可以作為用人工方法合成在自然界中尚未發現的一些礦物的例子（ $\text{SiC}_2 + 2\text{C} + \text{C} = 2\text{CO} + \text{SiC}$ ）。

人工製造僅略次於金剛石硬度的高硬度的產品——鎢石（Вольфрам-карбид），有廣泛地應用，尤其是在鑽穿硬岩層時的鑽探工程上最有用處。

岩石學的實驗在說明岩石成因問題方面有特別重大的意義。在這個問題中，首先需要在實驗中檢查天然岩漿的分異作用和同化作用。

當岩漿結晶時因為析出的晶體與殘余岩漿在比重上的差異致使一些個別的成分下沉或上浮的現象，我們叫做岩漿的結晶分異作用，這種作用常能夠很明確地與岩漿的分異作用分開。後者是岩漿由於這種或那種緣故而分離成二層液體的現象，也就是說，是岩漿分熔的作用。

結晶分異作用的現實性已經被很多的學者用實驗証實了。至於在

熔体状态下的分異作用(分熔作用), 这个问题至今仍然沒有解决。拥护熔漿分異作用的有列文生—列星格, 可是鮑文却力圖用結晶分異作用來解釋統一岩漿分解的一切現象, 而否認分熔作用在岩石形成中的意义。不过必須指出, 岩漿中硫化物和矽酸鹽的分熔作用已經充分地在實驗室的条件下完全得到了証明, 并且最近又有格里戈尔耶夫確立了組成上与已知岩石十分近似的矽酸鹽熔体中的分熔作用。

关于研究礦物結晶的条件和次序, 火成岩給出極关重要的材料。对于結晶次序, 有人所共知的罗森布什規則, 这个規則說, 附屬礦物首先結晶, 其后为 暗色礦物 和基性 逐漸降低的 斜長石, 最后为石英等。它在理論上是不夠正确的, 因为礦物在岩漿中的結晶次序, 根据共結法則, 僅决定于組成与共結点的位置。

关于某些礦物同时結晶的次序与可能性最完备的概念是在研究它們之間的熔化圖解时而得到的。这可以三元系 SiO_2 — Al_2O_3 — CaO 作为示例(圖 201)。这儿共有 17 个平衡区域。若我們 假定析出的剛玉和某一种氧化矽的变体有共生的可能性时, 則由所說的圖解的研究, 这件事的不可能性就变得顯然了, 因为剛玉和氧化矽在圖解中的任何地方都沒有公共結晶的边界綫, 这种圖解使我們弄清了: 为什么在自然界中能遇見有些礦物是聚合着, 而其他的聚合則是不可能的。

現在來談談关于岩石的結構依結晶过程的速度为轉移的問題。根据一般的法則, 熔体若得到急速的冷却就要產生玻璃状态; 但当緩慢冷却时就獲得了結晶質。实际上这种現象已經在岩石鑄造(鑄造石头的技术)上被应用了。石头的坚固性(它的主要优点之一)是当实际使用它們而必須使它們具有一定形狀时的困难, 因此, 將石头熔化用鑄造方法使其具有必要的外形是免除非常費力的砍鑿工作的方法。

但是要獲得具有必需質量的產品, 不僅應該学会鑄造, 并要使所獲得的產品得到适当冷却。当不規則的冷却时, 可獲得玻璃質的產品, 它特別要影响到机械性能的降低。圖 247 描繪了实用礦物研究所列宁格勒分所从熔融的輝綠岩中所鑄造出成品的圖样, 有玻璃質也有

結晶質。

實驗岩石學中重要問題之一是變質作用。變質作用緊密地聯系到片狀結構問題。最近進行了一系列研究溫度和壓力對於各種岩石形狀連續改變的影響的工作。當壓力在 30,000 大氣壓時獲得片狀的大理石或許就是這些工作中最令人注意的結果之一。這些實驗無疑地是闡明了形成片狀結構的條件。

關於礦化劑的問題是有趣的。大家都知道，很多礦物和岩石的發生過程中往往是有很少量的某些物質參與作用的。有許多這些礦化劑物質現在為人們所熟悉，例如：水，氟，一些鎢、鉬的化合物和磷酸等。特別是偉晶岩的美麗的偉晶結構可以用水蒸汽和氣體分子參與結晶過程來解釋。熔體緩慢冷卻能夠獲得很多的結晶質礦物。但在許多的情況下僅只加入了礦化劑以後才能促使結晶現象發生。不過礦化劑的效能和作用，現在還沒有得到充分的解釋，但加入了礦化劑後能降低熔體的粘度很可能具有最大的意義（圖 44）。在許多情形，當談到空間格子的結構時，十分自然地，粘度對於這種作用的影響是一種重要因素。

平常如在以上所分析過的紅寶石合成的那個例子中，礦化劑（ CaF_2 ）是獲得中間氣化物（ AlF_3 ）的媒介物質，中間氣化物接着即參與反應。

在說明理論和實用的問題上，實驗起着巨大的作用，但在矽酸鹽的範圍內，因為要有極高的溫度關係，所以實驗起來就非常困難了。除此以外，還應當說明一點，即現代對於矽酸鹽的研究還僅限於二成分及三成分系統。但在自然的條件下卻有着更複雜的系統。此外就是在大自然的實驗室中除溫度以外尚有壓力和時間，但後者在我們的實驗室條件下幾乎不能控制。壓力愈大研究起來在技術上困難也就更多。的確，於某些情況下根據格里戈爾耶夫的術語“模型化”（моделирование）確能在實驗中表示出很大的助力。例如，人所周知的，利用干式熔化法就不能夠合成角閃石，因為在角閃石中含有水份，因