

工业白云母的 成因和物理性能

Е. Д. 别梁金娜等著

科学出版社

工业白云母的成因和物理性能

E. Д. 別梁金娜等著

李杰革 向仲荣 译

科学出版社

1962

ТРУДЫ ИНСТИТУТА ГЕОЛОГИИ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕТРОГРАФИИ,
МИНЕРАЛОГИИ И ГЕОХИМИИ

Выпуск 12

Е. Д. БЕЛЯНКИНА, Э. Я. ГУРЬЕВА, М. Д. ИГНАТОВА,
В. П. ПЕТРОВ и К. И. ТОЛСТИХИНА

Генезис и типизация промышленного
мусковита

Изд. АН СССР

Москва, 1958

內容簡介

本书系由苏联科学院矿床地质、岩石、矿物和地球化学研究所著作集第12号(1958年)译出的。

作者首先在书中指出,所有具备工业价值的白云母矿床,都赋存于伟晶岩脉内,因此认为只有在研究了伟晶岩成因之后才能对白云母进行研究。本书对伟晶岩成因的现代看法及伟晶岩体的形态,工业白云母伟晶岩的特点作了较全面的论述,并以大量的实际资料,特别是以大量试验数据和图版,阐明白云母的化学亲合性及物理性能、白云母与黑云母之间的关系、白云母的缺陷以及白云母在伟晶岩脉的分布规律。

工业白云母的成因和物理性能

Е. Д. 別梁金娜等著

李杰萃 向仲荣 译

*

科学出版社出版 (北京朝阳门大街117号)

北京市书刊出版业营业登记证出字第061号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总经售

*

1962年11月第一版

书号:2639 字数:180,000

1962年11月第一次印刷

开本:850×1168 1/32

(京)0031—1,100

印张:6 15/16

定价:1.50元

目 录

前言	1
一、有关偉晶岩成因的现代看法	4
二、工业云母偉晶岩的特点及其在偉晶岩总分类中的地位	15
三、偉晶岩体的形态	18
四、云母矿物学	22
(一) 总则	22
(二) 白云母的化学亲合性	26
1. 主要元素	26
2. 分散元素	33
3. 微量元素在媽姆白云母中以及在媽姆地区偉晶岩 区的分布	41
4. 白云母中的水及其测定	49
5. 工业云母的光性	61
6. 白云母的颜色	76
7. 紅宝石色白云母和綠白云母的差别	81
8. 白云母的透明度	88
9. 白云母的光泽	90
10. 白云母的比重	90
11. 云母的硬度	96
12. 白云母的击穿强度	99
13. 伦琴射线分析	100
五、加热时白云母物理性能的变化	105
六、白云母与黑云母的相互关系	119
七、白云母的缺陷	139
八、云母在偉晶岩脉中的分布规律性	152

結論	160
参考文献	162

附 录

附表 I 使用不同方法进行研究的矿产地質、岩石学、矿物学 研究所标本中的云母样品一覽表	171
附表 II 根据文献資料汇总的白云母化学分析結果一覽表 ...	180
附表 III 根据文献資料汇总的金云母化学分析結果一覽表 ...	192
附表 IV 白云母的原来的化学分析結果及摘自文献資料的分 析結果換算成构造式一覽表	196
附表 V 金云母和黑云母的根据原来化学分析資料及摘自文 献資料的分析构造式	211

前 言

云母是地壳中分布最广的矿物之一。据不同学者估计,它在地壳上部 16 公里范围内的含量,占岩石全部重量的 2—4%。云母分布虽然如此之广,但工业云母却极难找到,至于本书所研究的工业白云母那就更少了。

“工业云母”一语首先是指晶体尺寸很大,发育很完整,把晶体沿解理劈开时可获得平整的、在工业上用作绝缘体、各种结构和仪器(电子管等)的薄片的云母;同时云母往往能经受相当高的温度。生长的不规则性,有包裹体存在,以及云母形成后所发生的蚀变,都会使薄片的完整性受到破坏,降低其绝缘性能,或在高温的情况下发生膨胀,从而使许多巨大的云母晶体置于无用之地。黑云母则由于绝缘性能低及其结晶体生长的不规则,在工业上没有获得广泛的应用。

一般岩石成分中的云母,通常都是一些很小的(不及一厘米)析出物,夹杂于其它矿物之间。这些云母的尺寸在少数情况下也有达数厘米的,只是在很特殊的条件下才可遇到巨大的云母晶体,以供工业原料之用。

所以,普查、勘探云母的主要任务并不是普查、勘探普通的云母,而是普查和勘探那些结晶巨大、具有工业价值的云母变种。因此,本书只研究具有工业价值的云母的含量,只划分那些形成有粗晶质岩石,而其中赋存有工业价值的云母堆积的云母矿床的成因类型。

据目前所知,彼此关系很密切的粗晶质生成物只有两种;即伟晶岩脉和接触岩层中间的粗晶质地段。

云母(白云母和黑云母)在伟晶岩中经常可以遇到,但只是其中某些云母的尺寸能够达到工业要求。一般每立方米岩石中的云

母品位不超过几十公斤原云母,只有在某些特別富集的个别地段,云母品位才可能大大增高。

在花岗岩和围岩接触的地方,云母是一种普通的矿物,但其性质以围岩成分为转移。例如,蛇纹岩蚀变后可能形成含铁很多的黑云母,而含铁很少的白云岩受到蚀变后,可能形成金云母。在受到从伟晶岩或细晶岩中析出的挥发性组份的影响时,也可能形成具有实用价值的粗晶质云母。具有工业价值的金云母矿床便与这种类型的成矿有关。

如上所述,所有具备工业价值的白云母矿床,都是赋存于伟晶岩脉内,所以研究有关白云母含量的问题只有探讨了伟晶岩成因的基本理论之后才能进行。仔细阅读大量文献资料后,我们完全有把握地把伟晶岩脉看做是岩浆派生的产物,它的专属性是由于在其结晶的最后阶段有大量挥发性物质存在所引起的。在许多情况下,这些挥发性物质在矿脉中引起交代作用。研究大量材料后,我们认为有可能与 A. E. 费尔斯曼(1940)所充分探讨的假设联系起来,当然,我们同时也考虑到 K. A. 弗拉索夫(1955)以及许多美国学者[卡麦隆(Камерон)、詹斯(Джонс)、柏德热(Пейдж)及其他学者,1951]对这一观点所提出的许多补充意见。

在下面的几章中,对一般的成因问题我们不作专门研究,只把结论列入第一章,但在分析某种类型白云母特点时,有时我们又补充了一些岩浆结晶的证据(如白云母与黑云母的相互关系,某些白云母晶体的针状体特点和结晶形状,等等)。这些在后面还将有专门的附带说明,我们认为这样做是有意义的,因为有关伟晶岩的成因问题,现在仍然是有争论的。

向读者推荐的本书是集体著作,同时每一作者都是按一定的方向来写作的。云母的化学性能、云母晶体中的缺陷以及水在云母中的性状等问题,主要由 E. Д. 别梁金娜(Белянкина)负责;白云母的光学性能,白云母与黑云母的相互关系则由 Э. Я. 古里耶娃(Гурьева)负责;白云母的物理性能是由 K. И. 托尔斯兹希娜(Толстихина)负责;B. П. 彼得洛夫(Петров)负责全部材料的校

訂以及某些一般性問題的審訂工作。雖然書中各節是由不同的人員負責編寫，但全書內容已經全體作者多次討論，因此本書各節陳述的意見乃是全書作者們的觀點。

在結尾部分，所引用以前的規律和普查標志都做了簡短的總結。

作者們在對蘇聯最主要的含雲母地區〔媽姆地區 (Мамский район) 科拉半島、卡累利阿、烏拉爾、高加索 (Кавказ) 及其它地方〕進行區域性描述的同時，也對平時收集的材料進行了一些整理。所以用來綜合一般成因結論的實際材料主要取自上述地區。

一、有关伟晶岩成因的现代看法

近来出现了很多关于伟晶岩脉成因的假说，这些假说有时是极不相同的。

A. E. 費尔斯曼(1940₂)提出的假说是最完善的，他认为伟晶岩是由残余岩浆结晶而形成。按照他的看法，在岩浆岩主体结晶之后，还留下一部分岩浆尚未结晶，其中含有大量的挥发性化合物。这种富含挥发份的“残余岩浆”可以沿裂隙侵入早已凝結的岩浆岩地段内，在侵入体本身范围内凝結，或者常常侵入到岩石周围的原生侵入体内。残余岩浆熔融体的特点是在与围岩的相互作用中有很大的活动性，这是由于含有丰富的挥发份所致。

按 A. E. 費尔斯曼的看法，伟晶岩脉的形成始于通常的岩浆结晶作用阶段(浅岩浆的阶段)。他用 *A* 和 *B* 两个相表示岩脉形成的这一阶段，由于这两个相的结果，在带状伟晶岩脉中便形成边缘細晶岩带。同时，熔融体中的挥发份就更进一步地富集，结晶作用已经在岩浆方面具有流状性质(*C* 相)，并导致文象伟晶岩带的形成，析出长条形的黑云母片。A. E. 費尔斯曼把具有伟晶相结构及有伟晶岩晶洞的岩脉地段的形成列入这一相。在下列伟晶岩脉形成相中，即在 *D* 相和 *E* 相中，结晶作用在流体状残余岩浆内进行。其结果就形成了大部分的黑电气石，以及白云母片、綠柱石晶体、黄玉晶体等。含有巨大烟晶、长石等的穆尔津卡型和阿敦-奇朗型(Тип Мурзинки и Адун-Чилона)，岩脉的主要矿化作用也属于这些相。温度的进一步下降就引起流状热液结晶作用(*F*, *G* 相)；此时形成綠云母、鈉长石及某些鋰化合物，而且发生先成的矿物体的交代作用。伟晶作用是由純热水溶液进行结晶作用而結束(*H*, *J*, *K* 相)，并形成后期的絲光白云母-絹云母型的苹果綠色云母和硫化物，最后形成沸石和碳酸盐。在很多情况下，结晶作用

是以堆积粘土質产物、析出次生方解石及发生矽化現象等而告結束(L相)。

因此, A. E. 費尔斯曼的主要看法可以归納为, 在殘余岩浆冷却过程中, 它的結晶作用是在封閉系統內逐漸而有次序地进行的。同时, 結晶产物的結構及其矿物成份不仅与原有殘余岩浆的性質有关, 而且还与它結晶时的温度有关(在殘余岩浆冷却过程中其成份在变化)。

大多数伟晶岩学者 [M. H. 阿尔特高晉 (Альтгаузен)、H. B. 彼特罗夫斯卡婭 (Петровская)、Д. Т. 米沙列夫 (Мишаревый)、A. H. 拉朋采夫 (Лабунцев)、Э. М. 庫普列特斯卡婭 (Куплетская) 等] 都接受了 A. E. 費尔斯曼的看法, 后来 A. E. 費尔斯曼的学說为許多苏联伟晶岩学者所发展, 而且成了可以称之为伟晶岩学說中的俄罗斯学派。

但是, A. E. 費尔斯曼在世时, 他的伟晶岩成矿学說就遇到了許多反对意見; A. H. 查瓦里茨基 (Заварицкий) 的意見就是最早的反对意見之一, 他認為 A. E. 費尔斯曼的学說缺少物理化学根据。

大家都知道, A. E. 費尔斯曼在制定自己的伟晶岩学說时, 他是这样的假设为根据的, 即花崗岩浆的凝結是按照 P. 尼格里 (Niqqli) 所提出的, 其后又为 K. 佛格特 (Фогт) 詳細拟定的、适合于岩浆作用的物理化学公式进行的。A. H. 查瓦里茨基 (1944, 1947) 指出了这种公式的許多缺点, 从而怀疑 A. E. 費尔斯曼的原来看法。但是無論这种公式是否正确, 無論有沒有揮发份与非揮发份的連續混溶性, 或者就如 B. A. 尼古拉也夫 (Николаев) 所描述的, 在其相态图上的中性成份区内, 在一切温度和压力下发生不連續現象, 但对于总的最后結果來說, 都是相同的。在这种或那种情况下, 殘余熔融体都應該在某种程度上富含揮发份, 因此必然引起熔融体的粘性显著下降, 形成粗大的矿物晶体, 并出現众所周知的矿物形成順序。并且無論殘余熔融体在其結晶时是否为三相或兩相介質, 也都是一样的。但是, 不仅仅 B. A. 尼古拉也夫图

解确定了在残余熔融体结晶过程中有三相介质的存在,而且 A. E. 費尔斯曼所依据的佛格特-尼格里图解也是这样确定的。上面的探討可以使我們不必詳細地去研究以評論佛格特-尼格里图解为基础的关于整个伟晶过程的意見,而且不久前已发表了一篇 A. A. 別烏斯(Beyc)专门为此目的而写的著作(1954 年)。

对 A. E. 費尔斯曼的假說的其他反对意見是属于交代在伟晶岩脉形成过程中的作用。A. E. 費尔斯曼起初对总的伟晶过程中的交代作用的意义重視不够,并认为与其作为通常的現象,不如作为例外的現象。但后来(在他的专著的第三版中)他修正了这个缺点,如上所述,他指出了交代作用基本上发生在残余岩浆的流动热液状态的时候,主要可作为低温伟晶岩的特点,同时还指出,这些交代作用未改变伟晶岩形成过程的总的特征,而只是部分地改变了伟晶岩脉结构的总面貌。

不久以前,和 A. E. 費尔斯曼著作发表的同时,还部分地发表了一批美国作者[B. 沙列尔(Шаллер)、Ф. 盖斯(Гесс)、K. 兰杰斯(Ландес)等]的著作,这些美国作者对伟晶岩形成的过程的想法与 A. E. 費尔斯曼的看法完全相反,他們认为,伟晶岩形成的过程主要是当原来形成的細粒岩石在晚期溶液作用下产生再结晶时进行的。这些看法与 A. E. 費尔斯曼的观点根本不同的地方在于:按照 A. E. 費尔斯曼的看法,伟晶岩是由封閉系統內形成的,沒有溶液自外加入,而按照上述美国作者們的意見,伟晶岩是一个开放的系統,它們的形成必須借助于外来的含有鋰、銻、鉍、鉬、銻、硼、氟、磷等的新溶液的加入;这些溶液的来源尚不清楚。美国作者們(沙列尔、盖斯、兰杰斯等)肯定这些溶液是典型的热热水溶液,从而也就未解释銻、銻、鉍以及其它的对于伟晶岩來說是典型的,而又是在热液矿脉中所缺少的元素源地的性質。

A. H. 查瓦里茨基(1947 年)的看法則处于 A. E. 費尔斯曼、兰杰斯和盖斯的看法之間,他认为,“…伟晶岩体是再结晶的岩体(岩脉、层状体、管状体)或花崗岩、細晶岩、正长岩、霞石正长岩、閃长岩、輝长岩等原生岩的一些块段”。按照 A. H. 查瓦里茨基的

意見,沒有特殊的伟晶岩漿或伟晶熔融體。伟晶岩的主要礦物是母岩中相同礦物在與這些礦物處於平衡狀態的獨立的“揮發相”作用下通過再結晶的方式而形成的。再結晶作用實際上是在封閉的介質中進行的。形成伟晶岩的溶液,即“由岩漿內帶金屬礦元素的某種溶液”,引起了再結晶作用。最初這種溶液只為母岩的礦物所飽和。這種溶液(氣體溶液)通過圍岩進行擴散,而且其成份由於部分分餾而被改變。被溶解的物質開始由溶液中下沉,在成份改變了的溶液中,那些曾與溶液相均衡的礦物變成不穩定,重新被溶解,而且為新的礦物所交代。系統變成了開放的系統。故在這時產生了礦物的交代作用。交代現象是從鈉長石(葉鈉長石)形成時,開始出現的,有一部分則是從微斜長石中的鈉長石的條紋嵌晶形成時開始出現的。伟晶岩中稀有礦物(鉍鉍酸鹽、石榴石、黃玉、綠柱石等)的析出便與鈉長石化有關。

文象結構是在早期形成的長石的定向影響下,以石英交代長石的方式而形成的。魚晶石(ихтиоглинты)是石英的粒狀集合體,它們能說明 α -石英能轉化為 β -石英。伟晶岩再結晶的第一個階段的溫度大概大於 575° 。“當再結晶為較粗大的集合體時就產生各種礦物物質的分結作用。有時這種分結作用得到了巨大的發展:形成單獨的長石和石英”。

“形成伟晶岩的氣體溶液——這也是在母岩整個岩體結晶時產生的氣體溶液”,這種溶液在任何地方都可能作用於岩石中充滿這種溶液的礦物,在那些產生伟晶岩的有利地方,這種作用只是集中和加強起來,並產生顯著的結果。故可“意料到引起伟晶岩形成並得到進一步發展的現象在母岩的許多地方,有時差不多在任何地方都以萌芽的形式進行着”。

“形成伟晶岩的溶液與母岩的礦物系處於平衡狀態。

由於溶液的分餾而使溶液的成份改變時,伟晶岩中某些稀有礦物很早就析出,可能在溶液與微斜長石及石英的平衡狀態尚未被破壞時就已經析出來了。於是它們就加入到那些早期析出的礦物內,但是不能把它們與交代礦物混淆起來。

伟晶岩是岩浆期后的残余溶液对母岩作用的结果。

在岩脉垂直剖面中，矿物各组成部分的浓度可能有某种不大的差别，这也可能就是矿物按带分开的原因”。

1937年，Д. С. 柯尔仁斯基发表了他对伟晶岩形成过程的看法(1937)。按照他的意见，整个过程都是在岩浆熔融体逐渐冷凝时进行，但可分为四个阶段：

- (1) 花岗伟晶岩阶段(正结岩阶段)；
- (2) 文象伟晶岩阶段；
- (3) 伟晶相阶段；
- (4) 若干后继矿化阶段。

Д. С. 柯尔仁斯基倾向于把头两阶段看作岩浆中的结晶过程，这与 А. Е. 费尔斯曼的看法完全相同。伟晶岩中的第一阶段表现的很微弱，但是 Д. С. 柯尔仁斯基把大多数构成伟晶岩的产物列入第二阶段。在第二阶段岩浆已不存在，产生了微斜长石(含黑云母的正长石伟晶岩)。在第三阶段(即伟晶岩相阶段)，前一阶段结晶时解放出来的热溶液或流体对已凝集的文象伟晶岩或其它伟晶岩起作用，引起了它们部分的或完全的交代再结晶，同时产生长石水解作用并形成白云母。而且带出大量的钾，这种钾是随着白云母的形成从长石内由水中的氢排挤出来的，有一部分是随着奥长石的形成成为岩浆期后溶液中的钠和钙排挤析出来的。

石英和白云母沉积于长石分解之处，所有先期析出的矿物又同时进行再结晶，其中包括黑云母，这种黑云母重新沉淀下来，在结晶学方面与其近似的白云母成各种不同的连晶。所有白云母都是在水解过程中形成的；按照 Д. С. 柯尔仁斯基的意见，白云母晶体位于长石分解和溶解地区的事实就证明了这一点。有一部分磷灰石是在斜长石水解时与白云母同时形成的；这时解脱出来的钙吸收溶液中的磷酸而形成的磷灰石。在溶液与长石相互作用时就产生电气石和绿柱石，而长石此时也就被交代了。因此，由于伟晶相阶段再结晶的结果，就最后形成了伟晶岩脉，特别是它的粗粒部分，其中也包括全部白云母。

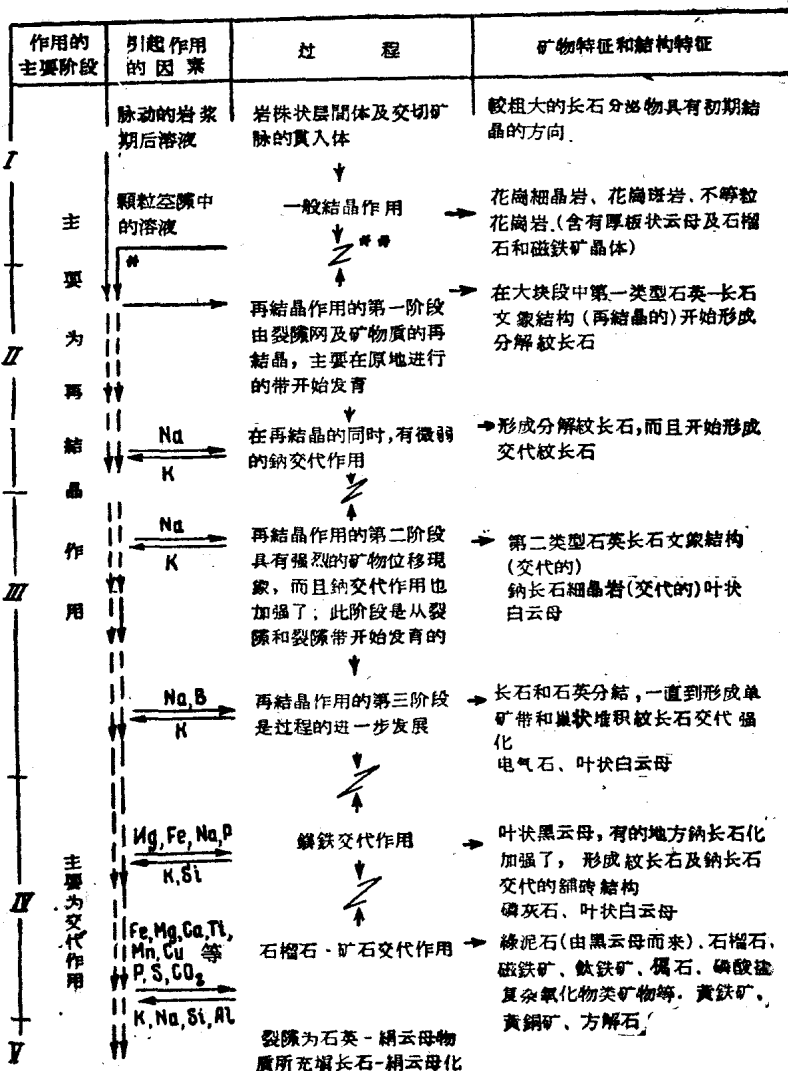


图 1 伟晶岩形成示意图

(根据 B. Д. 尼基廷)

Д. С. 柯尔仁斯基指出，他的岩浆期后带有交代作用的再结晶作用的假说在某些方面近似于美国作者的交代理论，但后者假定热水溶液含有各种元素，这些元素随着温度的下降和伟晶岩矿物的形成而从溶液中沉淀出来，不过早期矿物也同时溶解。Д. С. 柯尔仁斯基的看法与美国作者的看法的不同之点是，他认为引起再结晶的热水溶液不是铝硅酸盐的“携带者”。

继 Д. С. 柯尔仁斯基之后，В. Д. 尼基廷 (Никитин) (1955 年) 提出对再结晶和交代作用在伟晶岩形成中作用的想法。按照他的看法，岩浆结晶作用只限于形成细晶岩，再进一步就是进行再结晶和交代作用，有时发生很多次再结晶和交代作用，从而导致伟晶岩整个面貌的形成。В. Д. 尼基廷把伟晶岩形成的过程想象如图 1 所示。

В. Д. 尼基廷认为：由不等粒花岗岩组成的巨大伟晶岩体地段内有粗晶质文象结构和块段状结构的各个带的存在及这些地段一般都很好地与这些伟晶岩体内的原始构造裂隙系统相整合都可证明大块段状结构的、巨粒状结构的及其它结构的伟晶岩都是通过原生花岗岩细晶岩或不等粒状花岗岩的改造方式而形成的。

В. Д. 尼基廷 (1950 年) 还指出：“因此，可以完全肯定，伟晶岩体内石英和长石的文象结构是由于细粒和中粒的原生岩受到改组 (再结晶) 而形成的”。然而所用来证明这种原理的事实也可以从岩浆结晶的角度来解释。В. Д. 尼基廷指出：鱼晶石与它是否位于长石的中心或边缘无关。它从来不排除成放射状或半球状花纹，按照 В. Д. 尼基廷的看法，在同时结晶时应该形成这种花纹。此处很明显是有些误解的；在同时结晶时可以出现一个晶体与另一个晶体成有规律的连生，这种情况在自然界中也可以看到，而且各种生长锥中的连生晶体将以不同的形式延伸。

按照 В. Д. 尼基廷的看法，在交切文象花岗岩的个别环带上，长石从鱼晶石中解放出来，以及“其石英物质集中成为粗大的单矿物集合体”，也证明文象结构是由于再结晶而形成的。就是在上述中，这种图景已说明顺序过程，不过亦可从原生岩浆结晶的观点来

解释它。

B. Д. 尼基廷 (1955 年) 把所有的伟晶連生現象分成兩組：
A——文象結構和 B——“第二型”文象結構。

1) 文象結構具有下列特点：

(1) 在与长石交界处石英質魚晶石具有感应面；

(2) 长石內的石英嵌晶全部定向，完全符合 A. E. 費尔斯曼定律；

(3) 石英和长石的定量关系多多少少是稳定的，而且近似于它們在原生岩中的关系；

(4) 石英質魚晶石从来不由一种晶体过渡到另一种相邻的长石晶体。

2) “第二型”文象結構具有完全不同的特点，即：

(1) 石英形成物不具有感应面；其形状很奇异，但发现石英有其形成固有的晶形一直到偶尔能遇到的、在頂端长有菱面的規則短六方柱的趋势。

(2) 长条形的石英个体的位置与其說与它的构造特点有关，不如說与这样的因素例如与裂隙分布情况有关；在某些情况下，嵌晶也可能有放射形花紋，反应圈花紋；

(3) 石英常常处于与长石相互已定向的关系中，但它們的相互位置总是任意的；

(4) 同一个石英嵌晶由一个长石顆粒过渡为另一个相邻的长石顆粒，这在上述情况下是从来没有見到的現象；

(5) 石英和长石在这結構中的数量关系不断变化。

上述特点能很好地表示出文象結構 (按 B. Д. 尼基廷的意見，它是第一型伟晶岩) 和交代伟晶岩 (第二型伟晶岩) 之間有显著的差别，清晰地証实后一种結構是次生的，而且相反地从我們的观点来看，它們特別指出了 A. E. 費尔斯曼关于文象結構原生岩漿性質的看法的正确性。

为了不再回到文象結構产生的問題上来，我們还指出若干能証明其原生形成而又不曾为 B. Д. 尼基廷所指出的特点，即：

(1) 所有同一个“羣”的魚晶石在长石晶体內大致相同的一个水平上停止生长；

(2) 如果文象伟晶岩露出于伟晶岩晶洞內，則魚晶石的頂部均平行地长入伟晶岩晶洞內(在图 2 上可清楚地看出这一切，此图取自 A. E. 費尔斯曼)；

(3) 在魚晶石的成长过程中，它在一点上发生弯曲，其弯曲与温度 575° 时 α -石英轉变为 β -石英有关。石英晶体生长过程中的这种轉变是在沃伦的伟晶岩发现的。在沃伦伟晶岩中，显然是低温石英的伸长形透明晶体的中心可以看到多裂隙的富含次生小包裹体的核，这种核沿着平坦晶面而与外部交界，而具有短柱状高温双錐石英的外形。

Д. П. 格里高利耶夫 (Григорьев) 和 И. И. 沙弗兰諾夫斯基 (Шафрановский) (1946 年) 对石英和长石的文象連生进行了非常有趣的研究。他們以在阿敦-奇朗 (Адун-Чилан) 晶簇窖中的石英向长石晶体腐蝕面上生长为例，証明石英的方位可由长石的表面控制，而 A. E. 費尔斯曼定律則以石英和长石接触面上的网状花纹多多少少相一致为先决条件的。这种相一致的情形可以用表 1 的例子來說明。

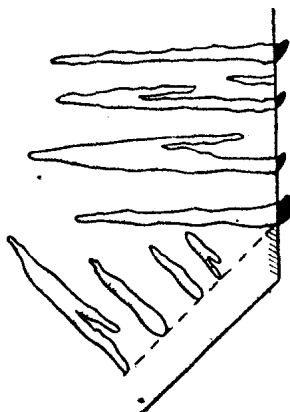


图 2 若干羣石英魚晶石和长石的相互关系(根据 A. E. 費尔斯曼)

Д. П. 格里高利耶夫和 И. И. 沙弗兰諾夫斯基曾企图說明文象伟晶岩的成因性質。石英的生长方位取决于长石必須要有几个形成稍早的长石雛晶。而且可以設想三种情况(图 3)：

(1) 在长石上一度生长的石英，随后石英和长石共同发育的情况下就产生了含有石英魚晶石的长石晶体，这种石英魚晶石只发育于长石原生晶面之上；

(2) 在石英多次或不断生长的