

鈾矿地质学问题

B. C. 卡尔宾科等著

科学出版社

鈾矿地质学问题

B. C. 卡尔宾科等著

韓淑真等譯

科学出版社

1959

ВОПРОСЫ ГЕОЛОГИИ УРАНА

Атомиздат Москва 1957

內 容 簡 介

本书是苏联“原子能”杂志副刊第六期 (приложение № 6 к журналу «атомная энергия»), 共有論文 12 篇。书中主要論述了鈾矿的富集、成因及尋找鈾矿的方法, 特别是对沉积鈾矿生成过程作了較深入的探討; 并对含鈾矿物的各种性質作了較詳細的物理化学分析。同时对国外鈾矿的航空地球物理的找矿方法也作了較詳細的介紹。該书对我国目前普查和研究鈾矿有很大的指导意义。

鈾 矿 地 質 学 問 題

B. C. 卡尔宾科等著

韓 淑 貞 等譯

*

科学出版社出版 (北京朝陽門大街 117 号)

北京市书刊出版业营业許可証出字第 061 号

中国科学院印刷厂印刷 新华书店总經售

*

1959 年 8 月 第 一 版

书号: 1840 字数: 146,000

1959 年 8 月第一次印刷

开本: 850×1168 1/32

(京) 0001—5,600

印张: 4 3/16 插頁: 23

定价: 1.45 元

目 录

編者的話	1
鈾矿的变质現象	B. C. 卡尔宾科 2
論沉积变质型鈾矿化的特征	P. B. 格采娃 21
論煤中鈾矿化現象的成因問題	3. A. 涅克拉索娃 42
砂鈾鈣鎂矿的新資料	B. A. 波里卡尔波娃 61
氧鈾和鉍的水磷酸盐 [鉍鈾云母 (урамфит)] ——	
$\text{NH}_4(\text{UO}_2)[\text{PO}_4] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	3. A. 涅克拉索娃 78
水砂鈾矿 (урсилит) —— 新的鈾矽酸盐	
.....	A. A. 契尔尼科夫等 86
論鈉鈣鈾云母形成的条件	A. A. 契尔尼科夫 92
瀝青鈾矿的热液合成作用	Г. П. 西多罗夫等 97
几种鈾矿物的热分析	Ц. Л. 阿姆巴尔楚勉 102
測定矿样中鈾含量的放射性測量方法	B. Л. 沙什金等 139
天然放射性元素的 β 輻射和 γ 輻射的比例关系	
.....	B. Л. 沙什金等 150
国外鈾矿航空地球物理普查方法和技术	
.....	Я. Г. 帖尔-奥甘涅索夫等 160

編 者 的 話

本选集专门論述有关鈾矿床成因、鈾矿物学和鈾矿的研究方法等問題。

在本选集的某些論文所論述的成因問題中，着重地分析了在沉积岩形成时鈾矿床形成的过程。在良好的地質环境下造成鈾的重新分布和富集的成岩作用和以后的后成和变質的巨大作用都用实际資料加以論証和說明。书中也研究了在煤田內造成鈾的后生淋滤矿床形成的过程；研究和分析了苏联和外国文献中所闡述的有关上述矿床成因的各种假說并列出了該类矿床的普查标志。

在闡述鈾矿物学問題的論文中描述了一些新的矿物。对过去在“原子能”杂志上发表过的矽鈾鈣鎂矿作了新的补充，同时也論述了某些鈾矿物差热分析的結果；从而查明了鑑定某些难以鑑定的矿物的新的可能性。

选集中对用輻射仪方法分析含有鈾釷系放射性元素三种成分的矿石含鈾量作了論述。

通过对某些国家运用航空地球物理测量方法的分析，介紹了外国普查鈾矿的經驗。

“鈾矿地質学問題”选集对鈾矿普查和鈾矿研究的专家和对从事其它(可能遇到与鈾矿有关的)有益矿产的地質工作者都是有意义的。

鈾矿的变質現象

B. C. 卡尔賓科

近年来,对鈾矿床变質現象的研究,也象查明变質过程在矿石富集形成中所起的作用一样引起了許多研究工作者的注意。在地質文献中描述了許多受变質的和变質的鉄、錳和多金属矿床的例子。也記載了一些資料,証实后成过程在許多工业鈾矿床形成中所起作用的概念,这些矿床均为原生沉积性質的金属堆积。

同时对許多金属矿床(特别是鈾矿床)成因的見解,在好些場合是互相矛盾的。这首先是与鈾矿床类型有关,它們根据某些鈾矿床分类法的作者們的观点被列于“产于变質岩中之矿床”部分^[1],或划入“成因不明之矿床”的專門章节中^[2]。

本文将描述作者在某一相似类型的矿床中所发现的矿石变質作用。这种变質情况說明了矿化的年代为“非变質”时期的。

矿床位于上古生代受強烈变質的沉积岩层中。含矿层岩石为两个分层:下层由石英斑岩的凝灰岩和与其成互层的云母砂岩和頁岩組成;上层为受变質沉积岩层(黑色粉砂岩和超复其上的千枚岩)的含矿层。在黑色砂岩分层的上部有灰色块状和带状变質岩层,矿床的矿体就生于这个层位中。含矿分层的厚度为 700 公尺以上。

在岩层范围内,可見到具有从属意义的石灰岩夹层。根据此岩层的岩石成分在动物化石方面与其他地区具有代表性的二迭紀地层相似,所以含矿岩层的年代是属于二迭紀的。地层剖面的上部为石英长石質、石英綠泥石質、綠泥石角閃岩質以及其他的頁岩层,由于冲蝕作用,中生代地层复盖于上述岩层之上。

矿区内岩浆岩不甚发育。距矿床 30 公里的黑云母花崗岩地

块最为古老。其年代推测为海西。阿尔卑斯岩浆岩为不大的花岗岩闪长岩侵入体,位于矿区东部边缘5公里处。花岗岩闪长岩侵入期为上白垩纪。在矿区内有属于阿尔卑斯岩浆期的整合层状钠长石化辉绿岩侵入体。

辉绿岩与其相接触的矿体位于小背斜构造的核心,此背斜构造在成北东走向的一般稳定的均斜岩层的地方发育。背斜两翼的倾斜为 $10-30^{\circ}$ 。在组成矿床的岩层中,没有查明成矿前的构造断裂,但是可以用掩盖了原生关系的强烈变质作用来作解释。

成矿后的断层作用构造活动带分布很广,此构造活动带决定了个别地块垂直移动断距达100公尺以上的块状构造矿床。

上面已经指出,含矿岩层具有显著的受变质性。同时,含矿层岩石的特点也是变质作用非常强烈,此含矿位于黑色粉砂岩上部的分层中,呈灰色块状和薄层状的变种,矿床所有的矿体均生在这种变种中。由于有从破碎构造经过变晶破碎构造逐渐过渡到花岗变晶状构造的存在,可以确定这些岩石的原生沉积性质。并且中颗粒和细颗粒的砂岩是受强烈的再结晶作用,象粉砂岩沉积物和泥岩沉积物保存得最为完好。

应当着重指出,由于再结晶作用的结果,砂岩变成最緻密的“硬的”类似石英的岩石,此岩石的孔隙度和透水性 with 原生不受变质的岩石有着极大的区别。

受变质砂岩的矿物成分完全一样。其主要成分为石英、钠长石、透辉石、阳起石和少量的绿帘石。絹云母和黑云母在粉砂岩的组成中起着很大的作用。一般的副杂质(主要是新构成物)为榍石、磷灰石(分布的较少),电气石和锆石(分布的更少)。

造岩矿物很明显地趋向个别地带分布,显然,这是因为变质分异有规律的出现和受变质岩石的原生层状多相构造。完全再结晶了的花岗变晶状集合体带与有明显的变晶粉砂岩或有砂屑质构造痕迹带成互层完全证实了此种构造。在靠近与辉绿岩接触的范围內,含矿层岩石受再次变质作用,在宽度不超过8—10公尺的接触晕圈內,斑点角石发育,而在接触带中,透辉砂岩发育。这些資

料說明了在整个含矿层变质作用的时间上,輝綠岩是較晚的。

矿床的矿体局限于含矿层受变质作用的岩石中。矿化具有明显的层状特点。含矿层范围内的矿体为被“无矿”岩石分隔开的矿化分层群(达5个)。在矿层中沿厚度和走向,鈾的分布都很不均匀。富矿地区有透鏡体状、层状、矿巢状或者是从含矿层到无矿层富集程度显著降低的“結核”状。

富矿体的大小也变化得很厉害,由小“結核”到大透鏡体。同时,大透鏡体一般伴有較小的含矿堆积,因此整个含矿层与岩石成分相近的围岩有着明显的区分。

岩层内部的金属分布与岩石成分或化学成分的关系尚未确定出来。仅发现含矿堆积常常趋向于块状岩石,在带状岩石中很少见到。显然,含矿堆积与块状岩石有着主要的关系,这是由于块状岩石的构造特点所决定的,顆粒較大,因而透水性比与其成互层的粉砂岩和千枚岩大*。

矿体和輝綠岩的关系問題有很大的意义。矿化的分布和輝綠岩侵入体的范围极相吻合,能够推测出矿化与輝綠岩有着一定的关系,因为在輝綠岩中发现有小結核状非晶鈾矿的分泌物,与其围岩相比清楚地看出輝綠岩較晚。因此任何人都不能否认輝綠岩是交錯的,并切割含矿层岩石。但是这些相互的关系証实了輝綠岩年代比沉积岩較輕,当然,不能认为富集于这些岩石中的矿化的相对古老程度是无可爭論的証据,因为在类似的相互关系下,矿石有可能仅替代了个别分层。換言之,决定矿化相对年齡問題时,含矿层被輝綠岩交錯的事实不能作同义的解释。十分明显,需要收集地質观察补充資料,詳細的岩石和矿化研究資料。

在进行山地坑道編录时查明,在輝綠岩和围岩成整合产出时,鈾很少富集在与輝綠岩直接接触的地方。含矿层和輝綠岩实际上常被无矿黑色粉砂岩所分离。

在輝綠岩交錯接触的地方我們常見到另一种的相互关系。这

* 指未受变质作用岩石的特点而言,因为在顆粒胶結非常致密的完全受再結晶作用的岩石变种中透水性将为最小。

里能十分清楚的看出接触带的金属富集，一直到脉状非晶铀矿分泌物的形成，该分泌物常见于輝綠岩和成 150 公分长的管状的矽曜岩中。在交錯接触带之外，任何地方都没有发现这种矿体。

在輝綠岩中发现了矿化巨大的围岩块的事实也是很有意义的，可将它们视为在其侵入含矿层时，被輝綠岩捕获的含矿层“捕虏体”。“捕虏体”之再結晶作用強烈的角岩化岩石与矿床其他地区的矿体相比，金属显著貧乏，而輝綠岩本身在与“捕虏体”相接的接触带中則被非晶铀矿細脉所貫穿。

除下面叙述的矿物观察資料外，所列举的資料似乎都是証实輝綠岩年代較晚和从富铀含矿层岩石中吸取的氧化铀在輝綠岩接触带中再沉淀的推测。許多沸石脉、碳酸盐脉和有时富黄鉄矿和黄銅矿的石英碳酸盐脉明显地属于矿化作用的“輝綠岩期后”阶段。磁黄鉄矿、閃鋅矿、方鉛矿、鎳的稀有硫化物——輝鉄鎳矿等不大的堆积均与輝綠岩有关系。

其特点是在岩层和矿床中变質岩脉广泛发育，变質岩脉的成分与围岩相似。围岩含有鈉长石、石英、阳起石、透輝石、黄銅矿和极少量的氧化铀。灰色石英堆积分布也非常广闊，通常发育于矿体尖灭的地方，与非晶铀矿相比为期較晚。

看来，分布于含矿透鏡体“尾部”^{*}的这些堆积，与在变質岩中常发现的某些大的变晶（如黄鉄矿）“压力痕跡”处发育的石英最为相似。在地面的风化条件下，由非晶铀矿产生的深黄铀矿和某些铀的氢氧化物发育成：矽鈣铀矿、 β -斜矽鈣铀矿、正銅铀云母、銅矽鎂铀矿、七水碳铀矿类型的铀碳酸盐。由于氧化带发育較弱，次生铀矿分布有限。

矿床的矿石可分成下列类型：块状、带状、斑状和結核状矿石。这种分类是以明显的形态标志为基础，并具有深刻的成因意义。上述輝綠岩交錯接触带中的非晶铀矿似脉状分泌物应列入特种类型中，尽管該特种类型沒有很大的实际意义。块状和带状矿石在

^{*} 边缘处或尖灭处——校者。

数量上具有很大的意义，而斑状和特种結核状矿石为显著的从属地位。

在詳細研究时，查明了不同类型的矿石均具有成分和构造的特点，这些特点表明在其形成条件上有某些区别。

結核状矿石中的金属成分为非晶鈾矿，发育呈似結核状体的形态，在截面上成圓形和橢圓形。結核直径为1—10公分，20公分者較少。在围岩中有成带状性质时，与后者的关系結核体为交错接触，这說明鈾的富集为后成性质（图1）。非晶鈾矿在結核中

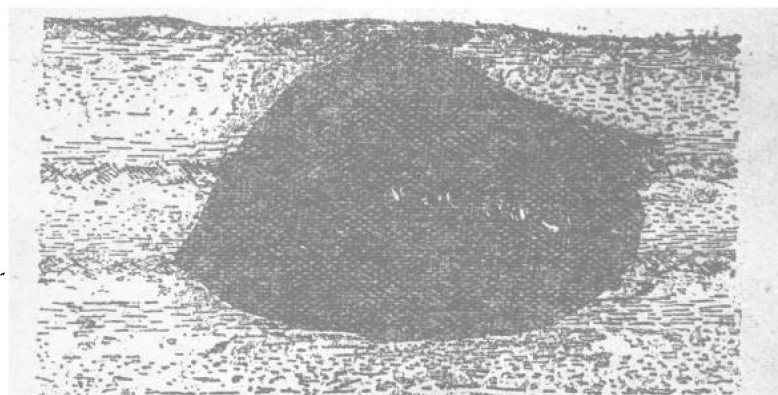


图1. 細带状受变质砂岩中的含矿結核(为实物大小的2/5)

替代砂岩的胶結物，并保存着极为清楚的变晶砂状结构。这种结构的特点是碎片几乎完全沒有被非晶鈾矿熔蝕和代替的現象（图2）。碎斑结构的这种“純正”形状常被再結晶作用所复杂化，这些再結晶作用不仅涉及到砂岩的无矿成分，而且也把瀝青鈾矿包括到这个过程中去，将瀝青鈾矿分类为串珠状分泌物，并局部地沿裂隙侵透至石英和长石顆粒中，侵蝕是从边缘开始的。

块状和带状矿石在显微构造方面与結核矿石并无本质区别，只不过是再結晶現象在其中表现得较为清楚。这些現象在斑点矿石中最为完善。在斑点矿石中瀝青鈾矿形成不规则的小堆积，具有不明显的曲折的“变形”界限（图3）。夹有斑点堆积的岩石受过极强烈的再結晶作用。这里已不能說“胶結物”和“碎片”，因为瀝

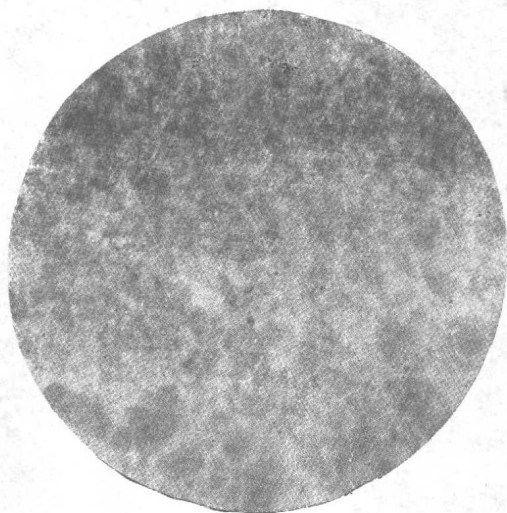


图 2. 胶結碎屑砂岩的瀝青鈾矿分泌物(亮的)的特性。
研磨光片的显微照象(約 $\times 30$)。

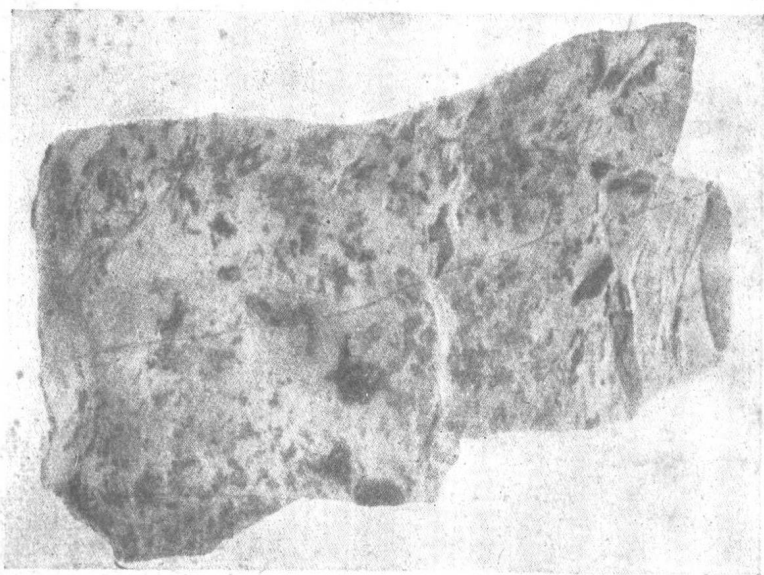


图 3. 受强烈变质砂岩中的斑点瀝青鈾矿分泌物(黑色)。
(約为实物大小的 $1/3$)。

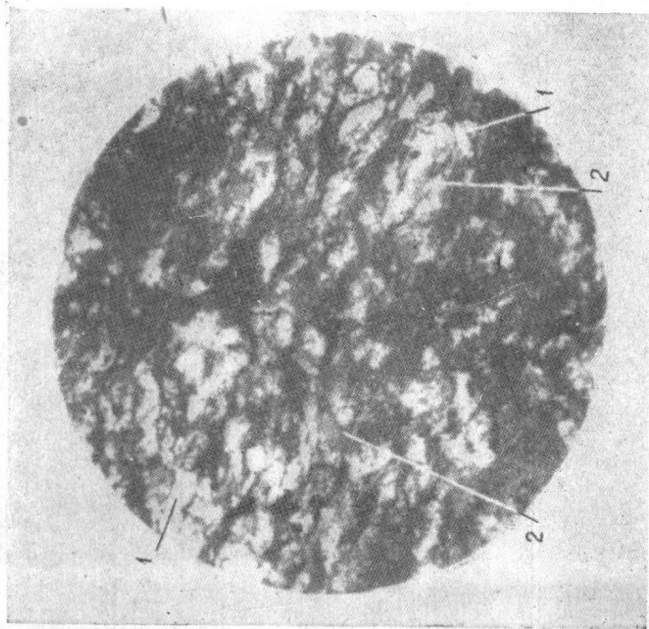


图 4. 斑状矿石的显微结构。无分析镜的
透明光片显微照象(约 $\times 30$)。
1——钠长石； 2——透辉石； 黑色——沥青铀矿。

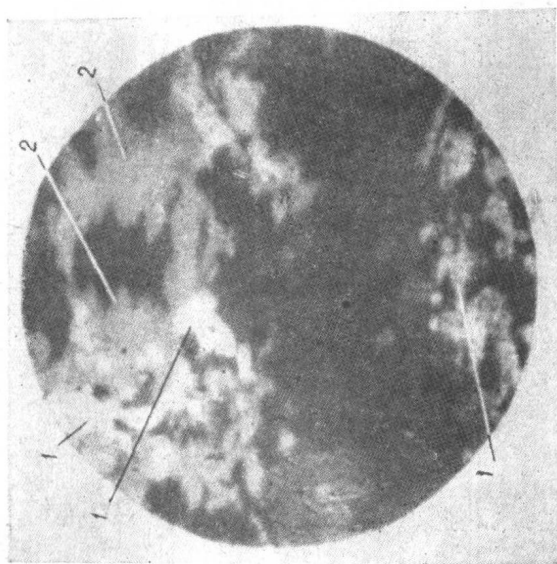


图 5. 沥青铀矿的分泌物(1)和锆石(2)的形状。
研磨光片显微照象(约 $\times 60$)。

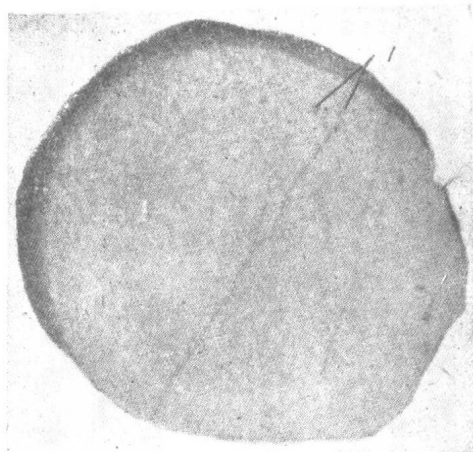


图 6. 石墨堆积周围的胶片(1)不发光部分。瀝青鉍矿“結核”标本的放射照象(約与实物大小相同)。

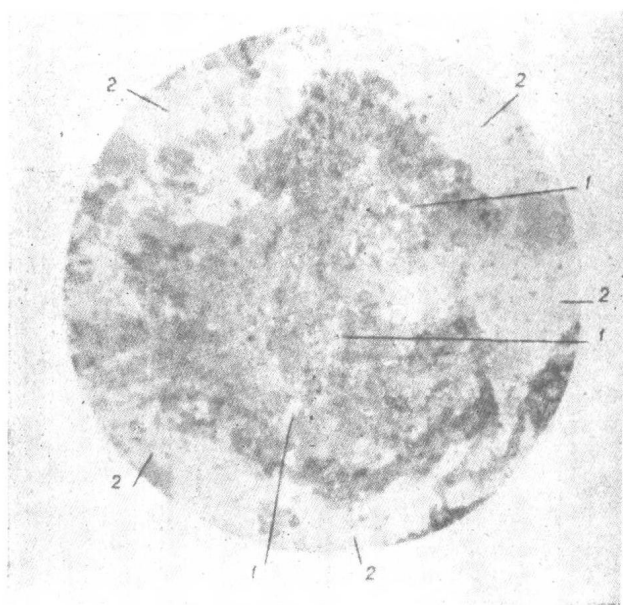


图 7. 不亮(見图 6)部分的詳細构造。研磨光片显微照象(約 $\times 60$)

1——石墨； 2——瀝青鉍矿。

青鈾矿和非金属組分的相互关系为花崗变晶結構的典型特点，并且所有的矿物都有相互連晶現象(图 4)。

瀝青鈾矿和榍石在斑点矿石中密切共生是斑点矿石最主要的特点。矿床岩层富含鈦(达 TiO_2 3%)。在受变质砂岩中鈦經常成为白鈦石化的細粒榍石的細串珠状。在矿石标本串珠状瀝青鈾矿分泌物中，也經常发现仅在大倍数放大时才能区别开的淡褐—粉紅多色榍石的小顆粒和菱形晶体(图 5)。在結晶片岩中榍石发育为变质特点，这是众所周知的事实，而瀝青鈾矿和榍石的新产物在強烈变质岩石中的共生可作为其变质作用的証据之一，斑点矿石就属于这种情况。

瀝青鈾矿和石墨、黄銅矿的相互关系也是非常重要的。在某些瀝青鈾矿結核中确定有石墨的細小鱗片。这些石墨鱗片堆积通常分布于結核的外围，但在这些堆积的周围沒有瀝青鈾矿，而在結核的其余部分瀝青鈾矿則密布岩层。因此，在这种标本的放射性照象上，能看出与胶片不发光部分相符合的黑色同心斑点(图 6 和 7)。

这些关系是有些意外的。有机物质一般作为鈾的沉淀剂，石墨被瀝青鈾矿紧紧的包围，这是可意料到的。这里我們可以見到

两种組分之間的某种“对抗作用”，这种对抗作用在变质作用时，組分被分离出而产生的，因此当时碳质物质可能形成个别的矿結和斑点，这是碳质物质所固有的特性所决定的。

在含矿結核中的瀝青鈾矿和黄銅矿之間也見有类似的相互关系，同时这些矿物几乎常在一起，并且在其分布上也常为結核所固有的同心带状(图 8)。很有意义的是瀝青鈾矿和

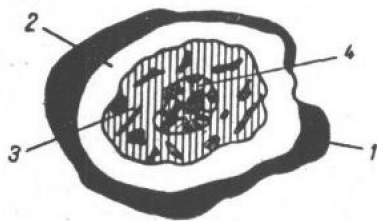


图 8. 在含矿“結核”中黄銅矿和瀝青鈾矿的同心带状分布情况。

(与实物大小相同)

- 1——富瀝青鈾矿带，但无黄銅矿；
- 2——“无矿”带(沒有金属矿物)；
- 3——含黄銅矿比瀝青鈾矿多的带；
- 4——瀝青鈾矿和黄銅矿約在相等数量上发育。

黃銅礦相鄰極為密切，任何時候相互之間都不能是直接接觸，而是黃銅礦經常在瀝青鈾礦形成的環內，為非金屬礦物所分離（圖 9）。瀝青鈾礦和黃銅礦的相互關係可用仍然有變質分異作用的獨特性質來解釋，這樣黃銅礦才能從瀝青鈾礦發育帶中“逐出”，而不會遷移到離瀝青鈾礦發育帶很遠的地方。

許多作者都指出，黃銅礦的遷移能力較高^{〔3〕—〔5〕及其他}，這些作者把這種能力與變質分異作用的這些過程聯繫起來了。由此，必須指出，在變質較強的礦化岩石中見有細帶狀黃銅礦小透鏡體，在這些透鏡體中黃銅礦的小細帶（0.5—1 公厘）與閃黑雲母組成的帶成互層。在顯微鏡下，黃銅礦堆積為閃石浸滲的針刺形，並具有明顯的變質特性（圖 10）。

銅的遷移能力較高，最信服的例子是常在變質脈狀礦床中找到黃銅礦。從帶狀礦石所取的樣品可作為例子。在照片和放射性照片（圖 11）上，能明顯的看出，稠密的交錯細脈網，這些交錯細脈通常不出現含礦層，它由鈉長石、石英、陽起石和透輝石所組成，這些礦物也是岩層的主要非金屬組分。在這些礦脈的中部黃銅礦堆積較發育。黃銅礦成較均勻的細小浸染體，也分布於礦化夾層中，在靠近礦脈的地段就消失了。根據這些觀察完全可以肯定地說，銅是從夾層遷移到細脈的，而當時鈾的活動性較小。

在這塊標本中就可以清楚地看出，瀝青鈾礦和黃銅礦的層狀分布，有時瀝青鈾礦多，有時黃銅礦多。實質上黃銅礦夾層也含鈾，但聚集很少，這種地段祇有長時間的曝光才能使膠片感光。

所列举的資料形成了銅和鈾在砂岩中原始分布不均勻的概念，這是因為砂岩中的銅和鈾分布於不同夾層中的性能以及在變質作用時才能進行重新組合。

可以例舉許多其他的事實，來說明礦石厚生組分重新分配和再結晶作用。例如，在礦化砂岩的某些標本中發現有瀝青鈾礦含量極高的地方。這些地方成環形或橢圓形（圖 12）。在顯微鏡下研究時，查明這些“環形”為主要由鈉長石組成的再結晶作用較強地段的邊緣帶。鈉長石顆粒增大時，瀝青鈾礦首先均勻地浸染岩

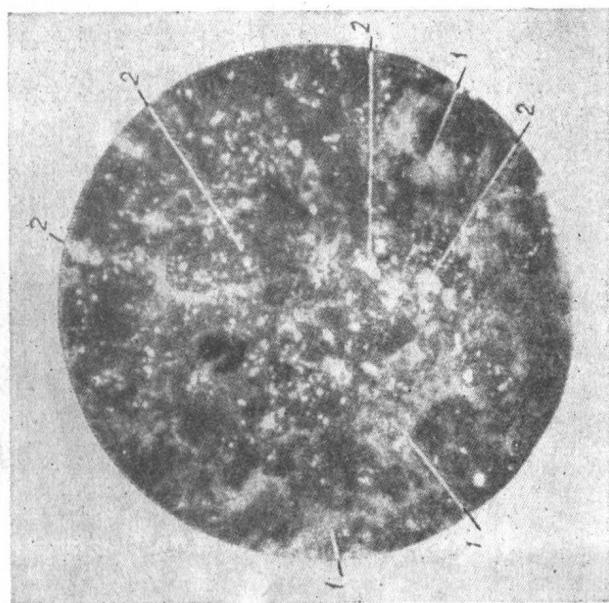


图 9. 在受变质砂岩中的绿帘黝矿(1)和
黄铁矿(2)。研磨光片的显微照象(约 $\times 30$)。

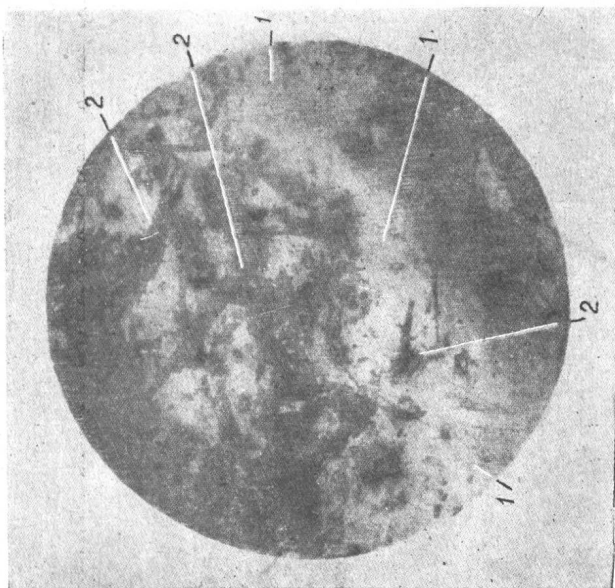
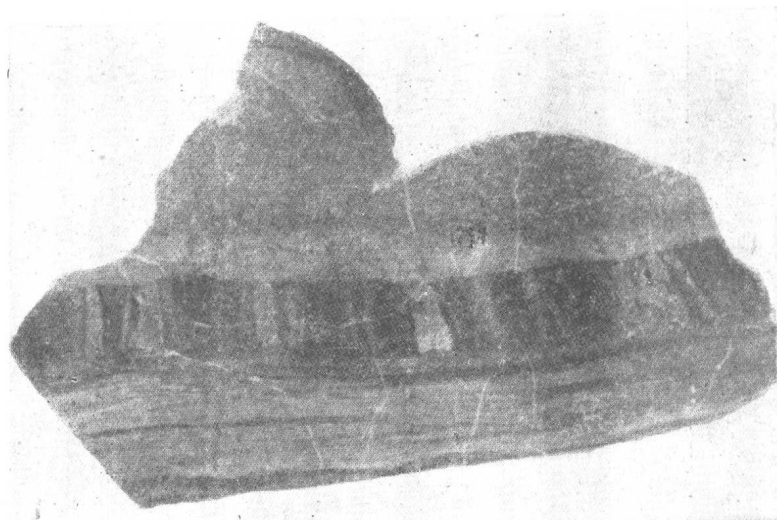
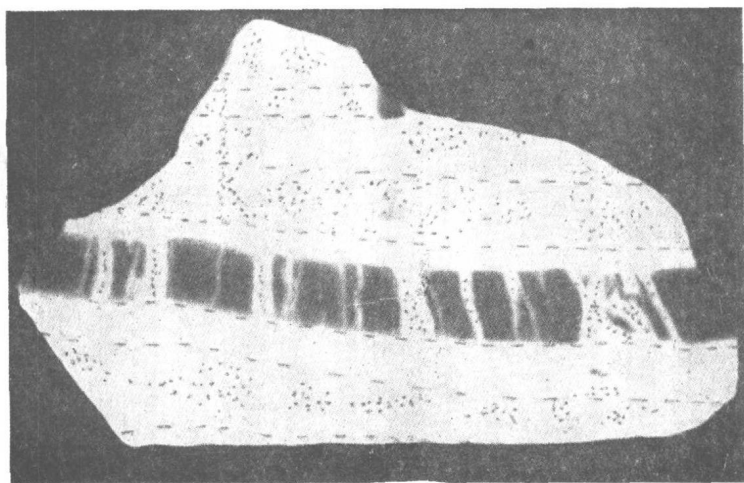


图 10. 被闪石(2)浸染的黄铁矿堆积(1)。
研磨光片显微照象(约 $\times 60$)。



a



b

图 11. 沥青铀矿石标本照象(*a*)和放射照象(*b*) (约与实物大小相同)。

黑色的(照象上)和浅色的(放射照象上)为沥青铀矿在其中能看出有交错状无矿细脉。黄铜矿的分布用点表示。