

某岩体两个铀矿床中沥青铀矿 的特征对比及其成因探讨

李耀菘

(北京铀矿地质研究所)

沥青铀矿是我国花岗岩型铀矿床的主要工业铀矿物,对其特征的研究往往能揭示其形成条件和环境。本文所讨论的两个矿床中的沥青铀矿在各方面表现出了一系列的差异,表明它们在形成条件上有所不同。

一、矿化产出特点

某岩体是华南已知最老的产铀岩体,形成年龄为760百万年^[1],面积约1000平方公里,属中深成相巨型花岗岩基。岩体在加里东晚期(370百万年前)遭受变质作用,因而岩石普遍片麻理化。围岩主要为元古代四堡群复理石建造的浅变质岩。

该岩体有两种主要类型的铀矿化,以A矿床和B矿床为代表。A矿床位于岩体西南接触带附近华夏式裂隙破碎帚状部位。含矿主岩为碎裂花岗岩及外带的变质粉砂岩,围岩蚀很不明显,为弱绿泥石化、绢(水)云母化及赤铁矿化。矿化属绿泥石脉型,伴生有铁绿泥石及黄铁矿,沥青铀矿就产在绿泥石脉中。B矿床位于岩体东部内部相、北北东向区域变性硅质胶结断裂带的南端。围岩蚀变较强,有硅化、水云母化、蒙脱石化及高岭石化。矿化属微晶石英脉型,伴生有杂色微晶石英、黄铁矿及紫黑色萤石,沥青铀矿常产在微晶石英脉中。

二、沥青铀矿的特征对比

1. 物理性质和光学性质

对矿石光片的显微镜观察表明,A矿床的沥青铀矿主要呈细脉状及浸染状产出,细脉中可见有干裂纹,常被绿泥石细脉交代或错断(照片1),有时也见被黄铁矿交代。其成因被认为是花岗岩受压破碎之后,沥青铀矿交代石英(照片2)或充填于破碎裂隙中而成。B矿床的沥青铀矿呈脉状、细脉或网脉产出,矿物本身具球粒状、同心圆状及肾状等典型胶状结构及收缩裂隙(照片3)。推测是由于微晶石英脉的多次活动,沥青铀矿沿着较早期的粉红色微晶石英脉脉壁或角砾沉淀而成(照片4)。

在不同负荷下测得二矿床沥青铀矿的维氏硬度见表1。其中A矿床沥青铀矿的硬度偏高且变化大;B矿床沥青铀矿有个别样品的硬度则偏低。

用扭力天平法测其比重(表2),似无明显规律。但须指出,A矿床个别沥青铀矿的比重较高(8.23),超出一一般沥青铀矿的比重值(5.3—7.73^[2],6.5—8.5^[3]),而进入晶质

表 1. 沥青铀矿的维氏硬度 (kg/mm²)

Table 1. Hardness of pitchblende

矿床	样品编号	测量次数	变化范围	平均	相当摩氏硬度	荷重(克)	加压时间(秒)
A	MT73-1U	14	636-822	743	6.2±	50-500	5-7
	MT68-2U	6	612-726	665	6.0±	50, 100	"
	MT68U	3	549,623,566	580	5.7±	50	"
B	MT21-8U	10	649-784	683	6.1±	50-150	"
	MT21-8AU	13	636-688	665	6.0±	50-250	"
	MT08U	5	593-644	619	5.8±	50	"
	MT10U	8	435-593	481	5.4±	50, 100	"

本所三室测定

表 2. 沥青铀矿的比重

Table 2. Specific gravity of pitchblende

矿床	样品编号	比 重	矿床	样品编号	比 重
A	MT73-1U	8.23	B	MT24U	7.69
	MT68U	5.80		MT03-8U	7.10
	MT80U	5.63		MT10U	6.90
		MT21-8U		6.49	

本所三室测定

铀矿的比重范围 (7.6—10.8⁽³⁾), 说明其形成温度较高。

用OPTON-01型显微光度计在不同波长下测定的反射率见表3。可以看出, 在580毫微米波长下(黄光)测得A矿床中的两个样品的反射率较高, 达16.4%和16.8%, 超出一般沥青铀矿反射率范围(10%—15%)⁽²⁾; 而B矿床沥青铀矿的反射率普遍较低。结合化学

表 3. 沥青铀矿的反射率

Table 3. Reflectance of pitchblende

矿床	样品编号	测点 数	反 射 率 (%)					
			580毫微米	平均	540毫微米	平均	620毫微米	平均
A	MT73-1U	17	15.1-18.1	16.8	15.0-18.3	16.9	15.0-18.1	16.7
	MT68-2U	7	15.8-16.9	16.4	16.1-17.2	16.5	15.8-16.7	16.4
	MT68U	7	11.3-15.4	13.1	11.6-16.0	13.7	11.0-14.7	12.7
B	MT21-8U	7	13.1-14.7	13.9	13.1-14.9	14.1	12.9-14.6	13.8
	MT21-8AU	3	13.3-13.6	13.5	13.4-14.0	13.7	13.3-13.6	13.5
	MT10U	4	12.7-13.4	13.0	12.6-13.4	13.0	12.6-13.4	13.0
	MT08U	4	12.3-13.0	12.8	12.5-12.9	12.8	12.3-13.0	12.8

本所三室测定。测量条件以SiC为标样, 在各波段下测试。

成分(参见表5)来看,反射率有随钙含量增加而降低,随铅含量增加而增加的趋势。

将由X射线粉晶分析数据计算的晶胞参数列于表4。由表中可见,A矿床沥青铀矿的晶胞参数明显地大于B矿床沥青铀矿的晶胞参数。据统计,沥青铀矿的晶胞参数变化较大,为5.361—5.468 Å,大多数集中于5.390—5.430 Å^[2]。因此,B矿床沥青铀矿的晶胞参数恰在一般范围内,而A矿床样品的晶胞参数均较大,可能反映了它们的形成条件有所不同。

表4. 沥青铀矿的晶胞参数

Table 4. Cell size of pitchblende

矿床	样品编号	晶胞参数 $a_0(\text{Å})$	矿床	样品编号	晶胞参数 $a_0(\text{Å})$
A	MT80U	5.461	B	MT21—8U	5.421
	MT73—1U	5.459		MT03—8U	5.415
	MT74U	5.454		MT10U	5.413
	MT68U	5.438		MT24U	5.403

本所三室测定

表5. 沥青铀矿的化学成分

Table 5. Chemical compositions of pitchblende

组分	样号 含量(%)	A 矿床			B 矿床		
		MT80U	MT73—1U	MT68U	MT21—8U	MT10U	MT24U
UO ₂	60.44	60.69	60.89	63.48	55.11	57.32	
UO ₃	18.94	24.32	14.26	16.58	29.35	26.68	
PbO	2.41	2.76	1.90	1.70	0.91	0.58	
ThO ₂	0.015	0.015	0.009	0.011	0.015	0.009	
SiO ₂	5.75	3.80	11.63	3.89	2.78	3.31	
ΣFe ₂ O ₃	1.98	2.03	3.98	2.12	0.96	0.90	
Al ₂ O ₃	2.78	1.05	1.07	0.59	0.49	0.47	
TiO ₂	0.50	0.25	0.41	0.25	0.33	0.24	
MnO	0.43	0.95	0.25	1.02	0.58	0.66	
CaO	1.69	0.93	1.60	5.72	5.28	5.80	
MgO	0.224	0.14	0.163	0.04	0.04	0.05	
P ₂ O ₅	0.098	0.03	—	0.03	0.04	—	
K ₂ O	0.63	0.08	0.04	0.12	0.14	0.05	
Na ₂ O	0.103	0.01	0.03	0.04	—	0.18	
ΣTR ₂ O ₃	1.90	1.45	2.29	0.42	0.43	0.038	
H ₂ O	1.67	0.33	0.95	0.86	1.87	1.45	
总计	99.560	98.835	99.472	96.871	98.325	97.737	

本所七室分析

2. 矿物化学特征

对两矿床的六个沥青铀矿样品进行了单矿物全分析,并用分子比值法^[3]进行了矿物化学式计算及含氧系数等的计算,结果列入表5、6。其化学组分主要有以下特征:

表 6. 沥青铀矿化学式、含氧系数及 UO_2/UO_3 一览表

Table 6. Chemical formula, oxidation coefficient and UO_2/UO_3 of pitchblende

矿床	样品号	化学式	含氧系数	UO_2/UO_3
A	MT80U	$20UO_2 \cdot 6UO_3 \cdot PbO$	2.23	3.19
	MT73-1U	$19UO_2 \cdot 7UO_3 \cdot PbO$	2.27	2.50
	MT68U	$27UO_2 \cdot 6UO_3 \cdot PbO$	2.18	4.27
B	MT21-8U	$31UO_2 \cdot 8UO_3 \cdot PbO$	2.20	3.83
	MT10U	$51UO_2 \cdot 26UO_3 \cdot PbO$	2.34	1.88
	MT24U	$82UO_2 \cdot 36UO_3 \cdot PbO$	2.30	2.15

(1) A矿床沥青铀矿的含氧系数小(平均2.23), UO_2/UO_3 值大(平均3.32); B矿床的含氧系数大(平均2.28), UO_2/UO_3 值小(平均2.62)。这反映了前者成矿部位深, 温度高, 后者成矿部位浅, 温度低。

(2) 与一般沥青铀矿一样, 二矿床中的沥青铀矿的钍含量均很低, 仅为万分之一左右。而稀土元素很不相同, A矿床稀土元素含量高(1.45—2.29%); 而B矿床含量低(0.038—0.43%) (表5、图1)。这说明二者的成矿环境应有所不同。

(3) 两矿床沥青铀矿的PbO含量有很大不同。A矿床含量高, 而B矿床含量低(图1)。

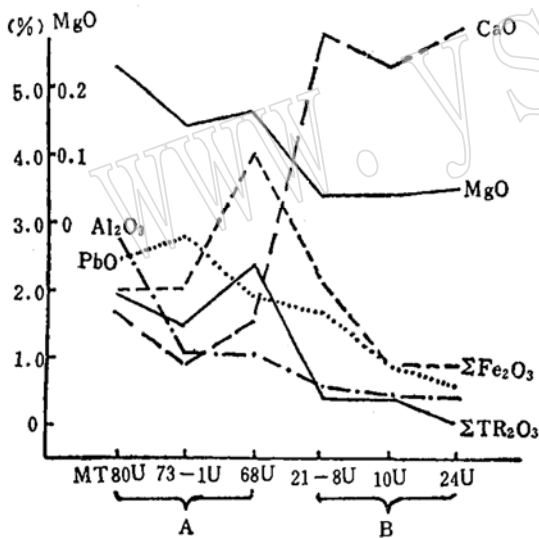


图 1. 沥青铀矿若干特征元素含量对比
Fig. 1. Quantity of certain characteristic elements of pitchblende

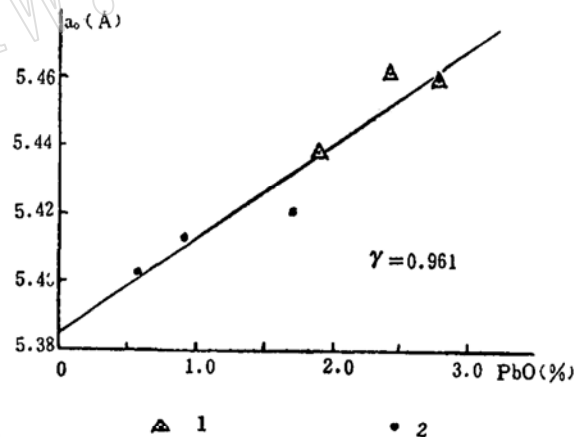


图 2. 晶胞参数与PbO含量的关系
1. A矿床, 2. B矿床

Fig. 2. Relation between cell parameters and PbO content of pitchblende

另外, PbO含量与晶胞参数 a_0 成正相关, 其相关系数 $r=0.961$ (图2)。这种正相关关系与徐国庆等^[4]的综合研究结果也相一致。PbO含量高可能与形成年代老有关, 因为衰变形成的放射成因铅多。并且可以推测, 由于铅的离子半径大(配位数为VIII时, $Pb^{+2}=1.37 \text{ \AA}$, $U^{+4}=1.08 \text{ \AA}$, 此数据根据 Shannon, 1970年, 转引自南京大学编《地球化学》1979年版第134—135页), 而使晶胞参数增大。

(4) MgO , ΣFe_2O_3 及 Al_2O_3 为变质岩中的特征性元素, 它们在A矿床沥青铀矿中含量

高,而在B矿床中含量低(图1)。表明A矿床沥青铀矿的形成与变质作用有关。

(5) CaO含量情况与上述诸元素情况相反,它在A矿床沥青铀矿中含量低,而在B矿床中含量特高。反映了后者在成矿时介质由酸性热液转变为弱碱性溶液。石英、萤石包体成分分析也表明后者在成矿期阶段 Ca^{2+} 和 HCO_3^- 显著增加。另外, B矿床含矿部位方解石脉的发育也证明了这一点。

3. 成矿时代、成矿温度及铅同位素特征

迄今已对这两个矿床测定过14个矿化年龄数据。应用铀-铅等时线法确定A矿床成矿年龄为330百万年(六个样品),相当于海西期,表明其形成于岩体遭受区域变质作用和强烈挤压作用之后; B矿床成矿年龄仅为47百万年(八个样品),相当于第三纪的始新世中期,这时期的岩体已暴露地表并遭受强烈风化剥蚀作用。因此,两矿床形成于截然不同的地质时代。

据有关文献^[5]报道,两矿床的成矿温度也绝然不同。A矿床成矿温度为 330°C (据成矿深度计算及均一法包体测温),压力则可高达 $25-27 \times 10^7 \text{Pa}$,表明矿床形成于高温高压条件。在B矿床中,包体均一法测定微晶石英型矿石为 $165-168^\circ\text{C}$,萤石型矿石为 $135-145^\circ\text{C}$,表明其形成于中、低温条件。

两矿床沥青铀矿的铅同位素分析结果也表现出很大的差异性(表7)。A矿床沥青铀矿的初始铅含量很低,六个样品平均仅占总铅量的5.21%,即沥青铀矿中的铅绝大部分为放射成因铅。B矿床沥青铀矿中含初始铅很高,六个样品平均占总铅量的46.33%,约占沥青铀矿中铅含量的一半左右。由于初始铅是在沥青铀矿形成时从成矿溶液中进入矿物的,

表 7. 沥青铀矿的铅同位素组成及其初始铅含量

Table 7. Isotopic composition of Lead and content of initial Lead in pitchblende

矿床	样品号	铅同位素组成(%)				换算得初始铅含量(%)	平均初始铅含量(%)
		204	206	207	208		
A	MT73-1U	0.041	92.622	5.768	1.569	2.98	5.21
	MT74U	0.022	93.840	5.299	0.839	1.60	
	MT80U	0.150	87.38	6.73	5.74	10.91	
	B ₀ -79118	0.085	89.56	6.55	3.81	6.18	
	C ₁₀ -77024	0.042	92.45	5.97	1.58	3.05	
	C ₁₀ -76051	0.0902	93.02	5.51	1.38	6.56	
B	MT03-8U	0.467	68.15	10.79	20.59	34.43	46.33
	MT10U	0.601	62.15	12.34	24.90	44.31	
	MT21-8U	0.498	66.37	11.52	21.61	36.72	
	MT24U	0.712	55.37	14.03	29.88	52.50	
	C ₉ -75001	0.522	63.43	11.43	24.62	38.49	
	D ₅ -7201	0.97	44.29	16.44	38.30	71.52	

注: 初始铅含量为占总铅量的百分数,以相当于成矿年龄的单阶段演化铅同位素组成换算,即A矿床为:

$206/204 = 18.093$, $207/204 = 15.764$, $208/204 = 37.860$; B矿床为: $206/204 = 18.543$, $207/204 = 15.788$, $208/204 = 38.404$ 。

所以它们的差别可反映成矿时地球化学环境的不同。由此推论, A矿床成矿热液可能形成于深处且迁移距离不大, 不可能从周围汲取大量活动的铅; 而B矿床成矿热液的形成可能与浅部的表生作用有关, 因为渗流热液在长距离的运移中汲取了较多的地壳岩石淋滤铅, 而在成矿时进入沥青铀矿。

4. 共生黄铁矿中的微量元素特征

用光谱半定量法分析了两矿床中与沥青铀矿共生的黄铁矿样品各4个, 选其有较大差别的元素含量列于表8。由表中可见, A矿床的黄铁矿富含Co, Ni等亲铁元素; 亲铜元素Cu, Zn, Ag也较B矿床富, 但不含花岗岩特征性稀有元素Be。B矿床的黄铁矿则相反, 它

表8. 共生黄铁矿中微量元素含量(光谱半定量分析)

Table 8. Content of trace elements in paragenetic pyrite

矿床	样品号	含量 (%)	Co	Ni	Cu	Zn	Ag	Be
A	MT62P		0.002	0.001	0.0008	—	—	—
	MT63P		0.001	0.003	0.03	0.01	0.0002	—
	MT74P		0.0006	0.006	0.03	0.01	0.003	—
	MT80P		0.003	0.007	0.2	0.5	0.002	—
B	MT03—8P		—	0.001	0.005	0.01	—	0.0004
	MT21—8P		—	0.001	0.004	0.01	—	—
	MT24P		—	—	0.001	—	—	0.0003
	MT46—4P		—	0.001	0.01	0.02	—	0.001

本所七室测定。

不含Co, Ag; 且Ni, Cu, Zn含量也较A矿床为低, 但多数含Be。显然, 这种差异反映了二矿床不同的成矿环境和物质来源。其中A矿床形成于岩体内外接触带部位, 物质来源除花岗岩外, 也与变质岩有关, 成矿过程与变质热液有关; B矿床的成矿过程则从各方面均表现为与岩体本身密切相关。

三、矿化成因探讨

综上所述, 两矿床的沥青铀矿形成的地质环境、溶液成分、物理化学条件等方面均有明显的不同。A矿床沥青铀矿具有晶胞参数大、反射率高、含氧系数小、元素组分中富含变质岩的特征性元素、成矿温度高及初始铅含量很低等特点, 说明其形成于深成高温环境, 其成矿过程与变质作用有关。由区域变质作用形成的变质热液从周围岩石中汲取铀, 在高温高压条件下由于断裂活动破坏了平衡而挤入附近断裂裂隙中成矿。B矿床沥青铀矿的晶胞参数小、反射率低, 含氧系数大、形成温度低、钙含量及初始铅含量较高, 呈脉状充填形式产出, 且具典型的胶状结构, 说明形成于浅成中低温环境, 其成矿过程与表生热液有关。在该成矿时期, 岩体已暴露地表, 风化剥蚀作用发育, 由地表水和浅部地下水形成的渗流热液长途迁移, 富含了从岩石中汲取来的铀。至断裂活动的一定阶段, 这种热液便进入构造裂隙中成矿。

四、结 语

从上述两个铀矿床的沥青铀矿特征对比中可以看出, 矿物本身的物理性质、化学组分及铅同位素组成特征等, 能充分反映出矿物形成时的地球化学环境、成矿溶液特点及物质来源等, 并可与矿化年龄测定、包体测温、围岩蚀变、矿相观察等资料相印证, 从而更充分地认识铀矿床的成因机制, 合理运用找矿勘探手段。

参 考 文 献

- 〔1〕 施实, 1976, 前寒武摩天岭岩体同位素地质年龄讨论。地球化学, 第4期, 第297—308页。
- 〔2〕 魏思华, 1979, 中国铀矿物, 原子能出版社。
- 〔3〕 王德荫、傅永全编, 1981, 铀矿物学, 原子能出版社。
- 〔4〕 徐国庆等, 1982, 我国晶质铀矿和沥青铀矿的某些物化特征。矿物学报, 第3期, 第193—200页。
- 〔5〕 赖伏良, 1982, 桂林冶金地质学院学报, 第4期, 第27—32页。

Characteristic Contrast of Pitchblende in Two Uranium Deposits in Some Massif and Approach to Their Genesis

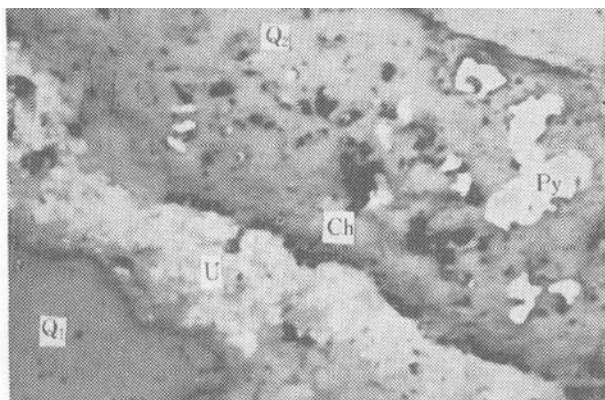
Li Yaosong

Abstract

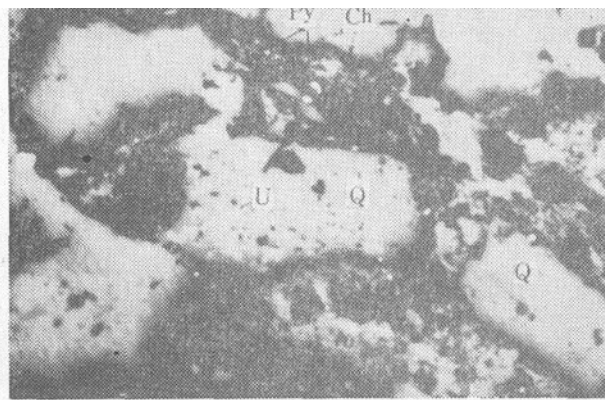
The massif is the oldest (760 Ma.) uraniferous granite known in South China. The massif is represented by two types of uranium mineralization; the chlorite-vein type (deposit A) and the microquartz-vein type (deposit B). The deposit A is located near the contact zone of the massif and formed at Hercynian period (330 Ma. ago). The deposit B is located in the massif and occurred at Himalayan period (47 Ma. ago).

Characteristic contrast of physical properties, chemical composition, isotopic composition of lead and others of pitchblende in two uranium deposits fully reflects geochemical setting, characteristic of ore-forming fluids and source of ore. Pitchblende in the deposit A has larger cell size, higher reflectance, smaller oxidation coefficient, to be riched in Mg, Fe and Al characterized in metamorphic rock, higher mineralization temperature and very low content of initial lead. The reflect that the pitchblende has formed at hypogenic setting with high temperature and pressure of mineralization was related to metamorphism. Pitchblende in the deposit B has smaller cell size, lower reflectance, larger oxidation coefficient, lower mineralization temperature, rich calcium and initial lead, typical colloid texture and vein filling, which all indicate that

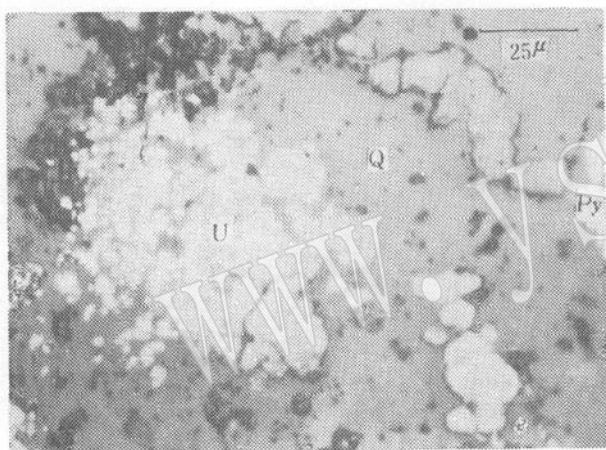
the pitchblende has formed at supergene setting with middle-low temperature and pressure of mineralization was related to hypogene hydrothermal process.



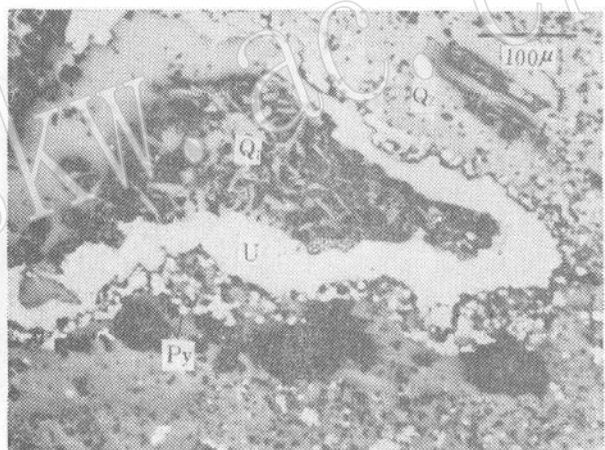
照片 1. MT68—2U光片，单偏光，140×
沥青铀矿（U）脉沿早期石英（Q₁）沉淀，
后被绿泥石（Ch）脉交代，而后又有石英
（Q₂）呈细脉贯入。



照片 2. MT73—1U光片，单偏光，140×
绿泥石（Ch）、黄铁矿（Py）脉充填于
花岗岩裂隙，并包裹有石英（Q）角砾，
中间一块角砾曾被沥青铀矿（U）交代。



照片 3. MT10U光片，单偏光、560×
沥青铀矿（U）呈球粒状产于石英（Q）
块中，可见有收缩裂隙。



照片 4. MT21—8U光片，单偏光，140×
沥青铀矿（U）沿粉红色微晶石英（Q₁）
角砾边缘沉淀，而后沉淀有黄铁矿（Py），
最后又有红色微晶石英（Q₂）脉贯入。