

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

某地花崗偉晶岩中的重鉬鐵礦

陳德潛

一、引言

重鉬鐵礦(tapiolite)—正方鉬鐵礦(mossite)族 $(\text{Fe}, \text{Mn})(\text{Ta}, \text{Nb})_2\text{O}_6$ 為較罕見的鉬鉬酸鹽類礦物。其與鉬鐵礦-鉬鐵礦族雖然結構式相同 (AB_2X_6) 、化學成分相近,但分屬於不同晶系。重鉬鐵礦發現於1746年,常賦存在花崗偉晶岩與砂礦中^[1,363]。1959年秋,筆者調查某稀有金屬花崗偉晶岩鉬鐵礦物時,在一條含綠柱石-鉬鐵礦的所謂“早期”花崗偉晶岩脈中找到一窩黑色礦物。起始根據若干物性特征曾定名為鉬鐵礦;回室內後,在反光鏡下察見其具有明顯的較強非均性,而與鉬鐵礦特征不符。當時依據礦物在反光鏡下的特點,亦曾懷疑它是鈦鐵金紅石族礦物,但比重又相差甚多,遂作X-射綫結構分析,結果確定它是該偉晶岩田尚未正式查出的一種新礦物——重鉬鐵礦。

二、物理性質

礦物呈較粗大之柱狀或不規則狀集合體(約 $1.5 \times 1.0 \times 0.7$ 至 $4.0 \times 2.5 \times 1.5$ 厘米)(照片1)。有時見似六邊形輪廓之截面(照片2)。礦物呈黑色,表面常附一層鋼灰色薄膜,條痕為暗棕黑色,半金屬光澤,有時甚強。未見解理,斷口為不平坦狀,至半貝殼狀。性脆,晶面上見有階梯狀聚形晶紋(二組晶紋交角約 120°)(照片3)。硬度6.2, $H = 682$ 千克/平方毫米。比重7.49(用比重瓶法測定4次平均,各次測定為7.502, 7.494, 7.496, 7.479)。具較弱電磁性(與鈦鐵金紅石相近)。電容率 = 9.57(溫度: 22°C , 礦物粒度: $0.104 < D < 0.147$ 毫米。介質: 5毫升 CCl_4 + 1.52 毫升 CH_3OH 混合液)。礦物在偏光鏡下不透明,僅在顆粒邊緣或碎片中微透光,具強多色性由暗紅(No)至黑色(Ne)光性為一軸晶(+);折光率 $No \approx 2.30$, $Ne \approx 2.45$, $Ne - No \approx 0.15$, 薄片內見有清楚的聚片雙晶(照片4)。在反光鏡下,礦物幾乎為無色(與帶有玫瑰色調之鈦鐵金紅石相比擬)。用沃倫斯基光度計($OK\Phi-1$)測得礦物之反射率^[2,195] $Ro = 15.4\%$ $Re = 18.9\%$ 。雙反射強, $\Delta R = 18.6\%$, 在具強雙反射之切面上,礦物具明顯的淡灰—紫丁香色調。正交偏光下,礦物顯強非均性(照片5)。偏光色由棕色至淡藍綠色(此為區別於鉬鐵礦的良好標誌),內反射在空氣中可見;由紅棕至紅色,在光片上常見礦物粒間之界綫呈直綫狀(照片5,6)。普通雙晶與聚片雙晶都很普遍(照片5,7)。礦物磨光性好,因性脆常生成剝離裂縫。礦物不溶於普通酸,在常溫下,用氫氟酸作用礦物光面半小時後亦未察見溶蝕現象。丹寧試驗表明礦物內同時含有鉬與鉬;礦物與六倍焦硫酸鉀合成之熔化物於含1%丹寧之5%濃度硫酸溶液中分解出脏黃色棉絮狀沉淀物。

X-射綫結構分析確定本礦物歸於金紅石族,屬正方晶系。單位晶胞參數列於表1。

由表1可見,本礦物之單位晶胞參數約介乎重鉬鐵礦與正方鉬鐵礦之間,其中 c_0 更接

表 1 重钽铁矿单位晶胞参数

	$a_0(\text{\AA})$	$c_0(\text{\AA})$	$a_0:c_0$	资料来源
本重钽铁矿	4.72	9.225	1:1.954	本文
西澳大利亚格林布什 (Гринбушес)产重钽铁矿	4.745	9.21	1:1.941	[1, ³⁶¹]
芬兰基米多斯克格拜(Кимито, скогбеле)产重钽铁矿	4.754	9.252	1:1.946	[3, ³⁹⁴]
挪威茂斯(Мосс)产正方钽钽矿	4.711	9.12	1:1.936	[1, ³⁶¹]

近于重钽铁矿。兹将矿物的粉晶结构分析数据列入表 2。由表 2 可见,本矿物与芬兰基米多斯克格拜所产重钽铁矿的主要线条几乎完全一致。

表 2 重钽铁矿的 X-射线粉晶结构分析数据

芬兰基米多斯克格拜重钽铁矿						本 重 钽 铁 矿					
hkl	d/n	I	hkl	d/n	I	hkl	d/n	I	hkl	d/n	I
			002	1.543	4		4.58	1	002	1.543	2
							4.20	2		1.533	4
110 β	(3.67)	4	310	1.502	6	110 β	3.67	4	310	1.498	6
							3.60	4		1.451	5
110	3.33	8	112	1.429	4	110	3.33	8	112	1.405	7
			301	1.405	7		3.27	2	301	1.392	7
				1.344	2		2.94	6		1.333	2
101 β	(2.85)	4					2.83	4		1.301	1
			202	1.293	4		2.70	2	202	1.291	5
			321	1.214	6		2.58	1	321	1.209	8
101	2.57	8	411 β	(1.206)		101	2.57	9		1.188	6
			400	1.190			2.49	3		1.182	1
200	2.37	6	222	1.138	6	200	2.37	5	222	1.133	7
111	2.26	2	330	1.121	4	111	2.26	2	330	1.118	5
210	2.11	2					2.19	1		1.096	3
						210	2.09	3		1.088	3
							2.05	3		1.078	10
211 β	(1.94)	6	411	1.070	7	211 β	1.917	4	411	1.073	10
201	1.86	2	420	1.064	4		1.894	2	420	1.062	7
							1.757	2		1.035	3
211	1.75	10				211	1.738	10		1.027	2
			421	1.007	4		1.716	4	421	1.016	3
220	1.68	6				220	1.673	7		1.001	7
301 β	(1.552)	4				301 β	1.571	1			
[3, ³⁹⁴]						象机直径 57.3mm, 射线 FeK $\alpha\beta$, 曝光 35kv, 12ma, 时间 6hrs.					

差热分析查明此矿物无吸热效应,亦无放热效应。差热曲线(图 1)上从 20° 至 1000° 间所表现的略微隆起可能与矿物内 Fe²⁺ 与 Mn²⁺ 的氧化有关。

曾利用红外线吸收光谱法对矿物进行了试验,结果查明本矿物的红外线吸收光谱谱

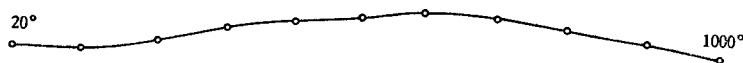


图1 重钽铁矿的差热曲线

线与钽铁矿的谱线较接近(图2),其原因可能是此两种矿物中都存在着紧密程度相当的阴离子组 $[(Nb, Ta)_2O_6]^{2-}$ 。

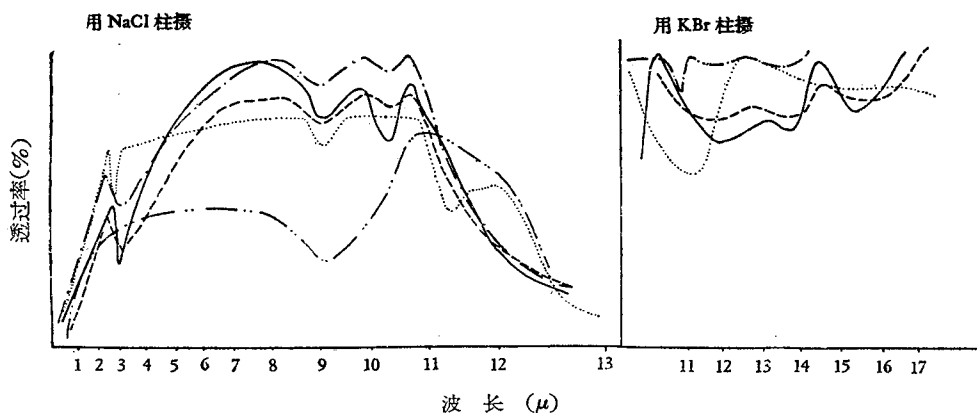


图2 重钽铁矿等的红外线吸收谱线

— · — 锡钽铁矿; ——— 钽铁矿; - - - 本重钽铁矿; - · - · 锡石; ····· 钽锡矿。

三、化学成分

本矿物的化学分析结果载于表3。除化验所确定的元素以外,光谱分析尚查明有下列杂质: Si、Al、P、La (0.1—0.3%)、W、Hf (0.01%)、V、Cu、Pb、Bi、Zn、Sc、Y、Yb (0.005—0.008%)。与本族各已知矿物的化学成分作比较后(见表4)可看出下列特点: 1) 本矿物含锰甚高, MnO 达 2.66%, 而通常本族矿物含锰是很低的; 2) 含钛较高, TiO_2 达 2.56%, 而在许多已知重钽铁矿中几乎不含 Ti; 3) 作为重钽铁矿来说, 本矿物中的钽含量在所有

表3 重钽铁矿的化学分析结果

成 分	重量百分含量%	分子 量	阳 离 子 原 子 数	阴 离 子 原 子 数	$K = \frac{2}{0.441} = 4.54$		
Ta_2O_5	63.30	0.143	0.286	0.715	1.30		3.25
Nb_2O_5	16.23	0.061	0.122	0.305	0.55		1.38
FeO	13.05*	0.181	0.181	0.181		0.82	0.82
MnO	2.66	0.037	0.037	0.037		0.17	0.17
TiO_2	2.56	0.032	0.032	0.064	0.15		0.29
ZrO_2	0.01	—	—	—			
SnO_2	0.98	0.001	0.001	0.002			0.01
CaO	0.00	—	—	—			
MgO	0.14	0.003	0.003	0.003		0.01	0.01
+ H_2O	0.02	0.001					
- H_2O	0.05	0.003					
合 计	99.92				2 = B	1 = A	5.93 = X

* 包括原测定 $Fe_2O_3 = 9.03$ 之换算值, 原测定 $FeO = 4.94$ 因矿样未完全溶解, 故 FeO 值偏低。

表 4 各地重鉭鉄矿化学成分比較

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
CaO	0.15	1.96	—	—	—	—	—	—	—	—
MgO	—	0.10	—	—	—	0.15	—	—	—	0.14
FeO	13.41	10.69	14.68	15.60	14.84	13.68	14.47	16.62	4.64	13.05
MnO	0.96	1.49	1.10	—	0.42	0.88	0.81	—	12.02	2.66
SnO ₂	1.26	0.34	—	0.59	0.32	0.53	0.48	0.18	—	0.98
TiO ₂	—	0.18	—	—	1.38	痕	—	—	3.92	2.56
Nb ₂ O ₅	—	1.37	2.50	3.90	5.18	9.19	11.22	} 82.92*	34.64	16.23
Ta ₂ O ₅	84.44	82.55	77.36	78.58	77.23	75.16	73.91		44.53	63.30
其 它	0.14	1.14	—	1.29	—	0.07	—	—	0.26	0.08
总 和	100.36	99.82	95.64	99.96	99.37	99.66	100.89	99.72	100.01	99.92
比 重	7.85	7.45	—	7.22	7.192	7.762	7.946	6.45	6.21	7.49
产 地	芬 兰 Скот- бёле	西澳大利亚 Табба- табба	刚 果 Пуния	南达科达 Кастер- сити	南达科达 Миннеха- ха-Галу	芬 兰 Розендаль	芬 兰 Сукула	挪 威 Мосс	西澳大利亚 Иппини Таппа**	—
资料来源	[1, 362]	[1, 362]	[1, 362]	[1, 362]	[1, 362]	[1, 362]	[1, 362]	[1, 362]	[1, 362]	本 文

* 郭承基先生在《放射性元素矿物化学》190 页注明其含 Nb₂O₅ = 31%, Ta₂O₅ 32%。

** 此矿物,是否为正方鉭鉭矿、尚属疑问,有可能是錳鉭鉄矿。

已知矿物中是最低的,而鉭的含量則最高。根据重鉭鉄矿的一般結構式为 AB_2X_6 其中 B 組阳离子较为固定,故設 B 組阳离子为 2,对矿物的化学成分进行換算,結果得到实验式如下: $(Fe_{0.82}Mn_{0.17}Mg_{0.01})_1(Ta_{1.30}Nb_{0.55}Ti_{0.15})_2O_{5.93}$,亦可写成化学式 $(Fe, Mn, Mg)(Ta, Nb, Ti)_2O_6$,鉴于本矿物的化学組成較简单, A 組阳离子也很稳定,可以认为 X 組之亏损主要系由于換算之誤差所致。关于矿物中含錳問題, X-射綫結構分析曾指出矿物中含有錳石的包裹体,但在鏡下經仔細观察始終未見。故推想化学分析所測得之錳($SnO_2 = 0.98\%$)除少量呈包裹体存在外,大部分可能加入矿物的晶格。其置換方式可能为: $Sn^{4+} + Ti^{4+} \longrightarrow Nb^{5+} + Fe^{3+}$ 。由于 Sn 与其它元素的离子半径相差較大,故此种类质同象置換在自然界頗为少见。

四、結 論

通过上述一系列的鉴定和研究,可认为本矿物应属重鉭鉄矿与正方鉭鉭矿族的过渡矿物,但仍偏向重鉭鉄矿。由于本族矿物在自然界比較罕見,因此,就現有資料尚难深入討論其类质同象系列的連續程度。前人认为在正方鉭鉭矿中, Nb:Ta 最多不超过 3:2^[4,96] 亦即所謂自然界不存在該族矿物主要含鉭之端員^[1,362]。看来,这一結論尚有待今后进一步証实。尽管如此,根据現有資料将本矿物列为重鉭鉄矿的依据仍然是充足的: 1) 按化学成分,本矿物以含鉭为主, Ta:Nb $\approx$ 4:1, Ta₂O₅ (63.30%) 虽較各重鉭鉄矿 84.44—73.91%) 偏低,但却甚超于正方鉭鉭矿 (44.53—52%)。同样,本矿物所含 Nb₂O₅ (16.23%) 虽較各重鉭鉄矿 (1.37—11.22%) 偏高,但远低于正方鉭鉭矿 (34.64—31%); 2) 按比重,本矿物之比重 (7.49) 与各重鉭鉄矿之比重 (7.19—7.946) 較为接近,而甚高于正方鉭鉭矿 (6.21—6.45); 3) 按光性,本矿物亦为一軸晶(+) 与重鉭鉄矿相同; 4) 按单位晶

胞参数,本矿物 a_0 虽介乎重鉭鉄矿与正方鉭鉄矿之間, c_0 却十分接近于重鉭鉄矿。

* * *

本矿物产于該伟晶岩之鈉长石化地段,鈉长石多呈板条状(叶鈉长石),与本矿物密切共生,据鏡下观察,本矿物可能稍晚于叶鈉长石而生成,由照片 8 可見本矿物不仅明显切割或重迭于叶鈉长石之上,且有沿叶鈉长石双晶紋生长之趋势。 共生矿物除叶鈉长石、石英、微斜长石、白云母等造岩矿物外,尚有短柱状或矛状之綠柱石、板柱状之鉭鉄矿,以及錫石、电气石、石榴石、鋯英石等。

表 5 重鉭鉄矿与其相近矿物主要特征对比

矿物名称 性 质	本 重 鉭 鉄 矿	鉭鉄矿-鉭鉄矿		鉭鉄金紅石-鉭鉭鉭矿	
結 构 式	AB_2X_6	AB_2X_6		BX_3	
化 学 式	$(Fe, Mn)(Ta, Nb)_2O_6$	$(Fe, Mn)(Nb, Ta)_2O_6$		$(Ti, Fe, Nb, Ta)_2O_3$	
晶 系	正 方	斜 方		正 方	
晶胞参数	$a_0 = 4.72 \pm 0.01 \text{ \AA}$ $c_0 = 9.225 \pm 0.03 \text{ \AA}$	$a_0 = 5.08$ $b_0 = 14.24$ $c_0 = 5.73$		$a_0 = 4.615$ $c_0 = 2.978$	
晶 形	柱 状	短柱状、板状		針状,柱状,粒状	
条 痕 色	暗棕—黑色	黑色—暗紅色		綠黃色—黑色	
晶 紋	聚形晶紋	羽状晶紋		柱面上有垂直晶紋	
解 理	无	沿(010)清楚		沿(110)清楚	
硬 度	6.2	6—6.5		6—6.5	
比 重	7.49	5.15—8.20		4.19—6.24	
薄片顏色	暗紅至橙黃	紅至紅褐色		暗棕至綠色	
多 色 性	暗紅至黑色				
双 晶	聚片双晶,普通双晶	普通双晶		聚片双晶,普通双晶	
折 光 率	$N_e = 2.45$ $N_o = 2.30$	$Nm = 2.45$ $Ng = 2.43$ $Nm = 2.32$ $Np = 2.26$		$Ne = 2.66$ $No = 2.32$	
光 性	一軸晶(+)	二軸晶(-) 二軸晶(+)		一軸晶(+)	
光片中顏色	几乎无色	一般无色		略帶玫瑰色	
反 射 率	$Re = 18.9$ $Ro = 15.4$	$Rm = 17.7$ $Rg = 17.4$ $Rm = 15.8$ $Rp = 14.9$		$Re = 20.5$ $Ro = 15.8$	
双 反 射	強 $\Delta R = 18.6\%$	弱 $\Delta R = 14.3\%$		強 $\Delta R = 22.9\%$	
非 均 性	強	弱		強	
偏 光 色	棕至綠藍色	无		棕至綠藍色	
电 容 率	9.57	10—12 7—8			
pH 值	6.6	6.6—7.4		6.8	
含 量 (%)	Ta ₂ O ₅	64	1—40 41—84	0.4—15	10—36
	Nb ₂ O ₅	16	23—77 2—40	0.9—43	6—23

本矿物与鉭鉄矿-鉭鉄矿族以及鉭鉄金紅石-鉭鉭鉭矿族矿物的主要特征对比列入表 5。

本矿物的 X-射綫結構分析承蒙苏联同志 Г. А. 西多連柯完成;差热分析由 Л. И. 娄巴科娃完成;紅外綫光譜由 Л. С. 宋采娃完成;化学分析由全苏矿物原料所化驗室等共同完成。笔者謹致謝忱。

(收稿日期: 1963 年 2 月 11 日)

参 考 文 献

- [1] Дж. Д. Дэна и др., 1951, Система минералогии, том 1, 2-й полутом.
 [2] И. С. Волынский, 1959, К методике измерения оптических постоянных рудных минералов. Тр. ИМГРЭ, вып. 3.
 [3] В. И. Михеев, 1957, Рентгенометрический определитель минералов. Госгеолтехиздат.
 [4] А. Н. Винчелл и др., 1953, Оптическая минералогия. М. ИЛ.

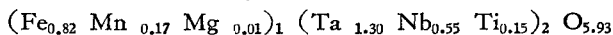
ТАПИОЛИТ ИЗ ГРАНИТНОГО ПЕГМАТИТА

Чэнь Дэ-цян

(Резюме)

Минерал встречается в виде довольно крупных ($1.5 \times 1.0 \times 0.7$ — $4.0 \times 2.5 \times 1.5$ см) выделений призматической формы (фиг. 1 и 2). Цвет черный; черта темно-коричнево-черная; блеск полуметаллический, иногда яркий; спайность отсутствует; излом неровный до полураковистого, хрупкий. На гранях кристалла не редко наблюдается комбинационная штриховка (фиг. 3). твердость 6.2; удельный вес 7.49; слабо-электромагнитен; диэлектрическая проницаемость 9.57. В проходящем свете не прозрачен, иногда слабо просвечивает в тонких осколках. Наблюдается сильный плеохроизм от темно-красного до черного, оптически одноосный положительный $N_o \div 2.30$, $N_e \div 2.45$, $N_e - N_o \div 0.15$. В отраженном свете почти бесцветен. Отражательная способность измерена с помощью фотометрического окуляра Волынского (окф 1): $R_o = 15.4\%$, $R_e = 18.9\%$. Двухотражение сильное ($\Delta R = 18.6\%$). В разрезах с сильным двухотражением; минерал имеет явный серовато-сиреневый оттенок, в скрещенных николях минерал сильно анизотропен (фиг. 5) с цветным эффектом от коричневого до зеленовато-синего цвета, внутренние рефлексы хорошо видны; в воздухе от красно-бурого до красного, в шлифе и аншлифе часто наблюдается двойники простые и полисинтетические (фиг. 4. и 7).

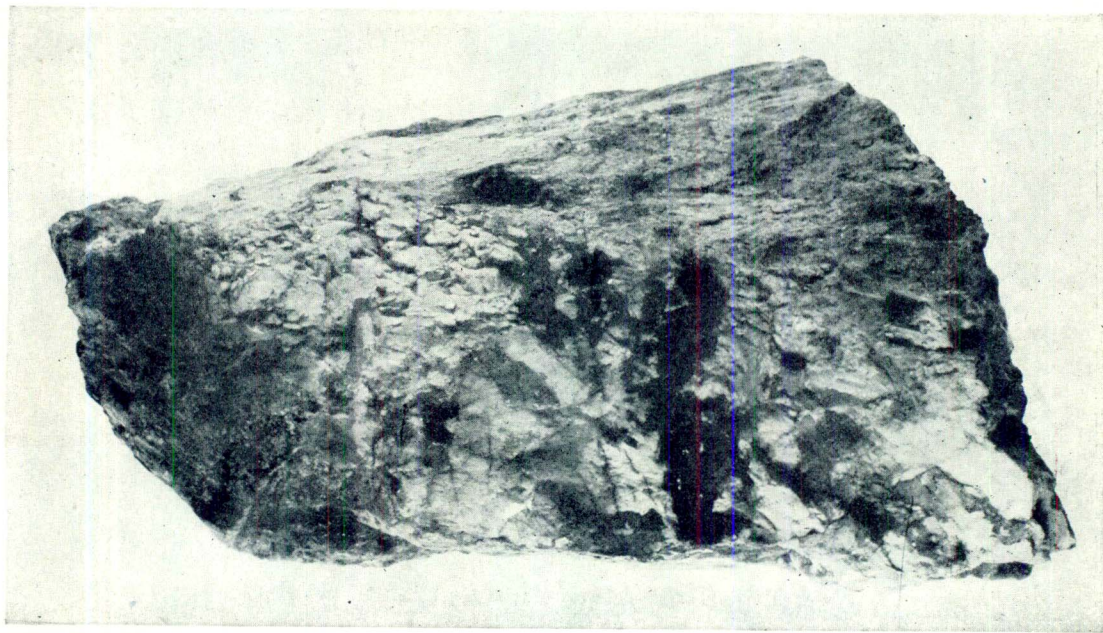
Рентгеноструктурное изучение минерала, проведенное Г. А. Сидоренко, показало принадлежность минерала к группе рутила (табл. 2). Индексирование отражений проводилось по кривым хелла, после чего были определены размеры элементарной ячейки: $a_0 = 4.72 \pm 0.01 \text{ \AA}$, $c_0 = 9.225 \pm 0.03 \text{ \AA}$, $a_0 : c_0 = 1 : 1.954$, по сравнению с тапиолитом из скёгболь кимито (Финляндия) параметр минерала несколько понижен. Кривая нагревания (фиг. 8), проведенная Л. И. Рыбаковой, показана отсутствие экзо- и эндотермического эффекта, спектры поглощения в инфракрасных лучах, полученные Л. С. Солнцевой, ни чем не отличаются от спектров танталита (фиг. 9). Результаты химического анализа минерала приведены в табл. 3. Пересчет анализа на два катиона группы «В» при предположении, что минерал относится к группе AB_2X_6 , приводит к следующей формуле:



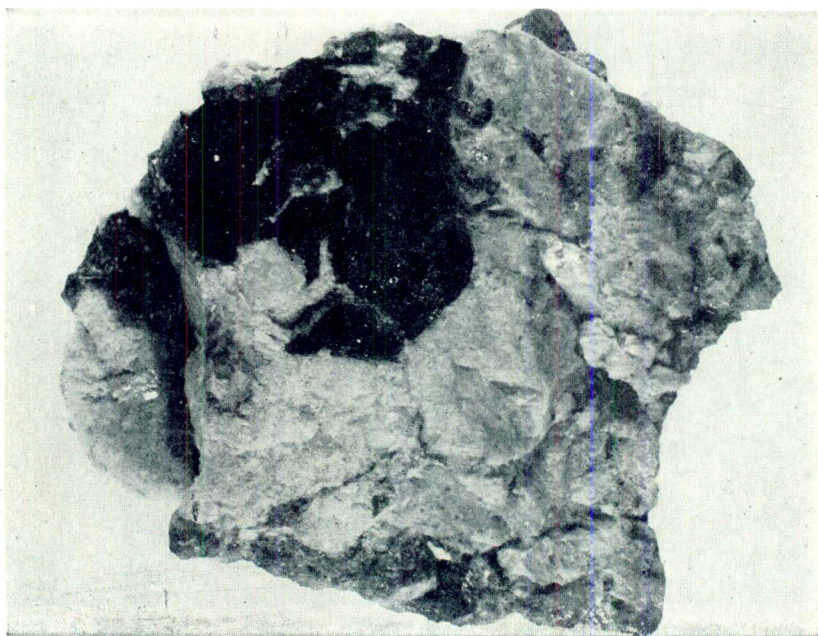
Минерал приурочен к участкам альбитизированного гранитного пегматита, в ассоциации с минералом встречаются берилл, колумбит, касситерит, турмалин, гранат и циркон.

Основные свойства минерала, колумбиттанталита и ильменорутил-стрюверита кратко приводятся в табл. 5.

陈德潜：某地花岗伟晶岩中的重钼铁矿



照片1 产于花岗伟晶岩脉中之重钼铁矿(黑色柱状)(原大)

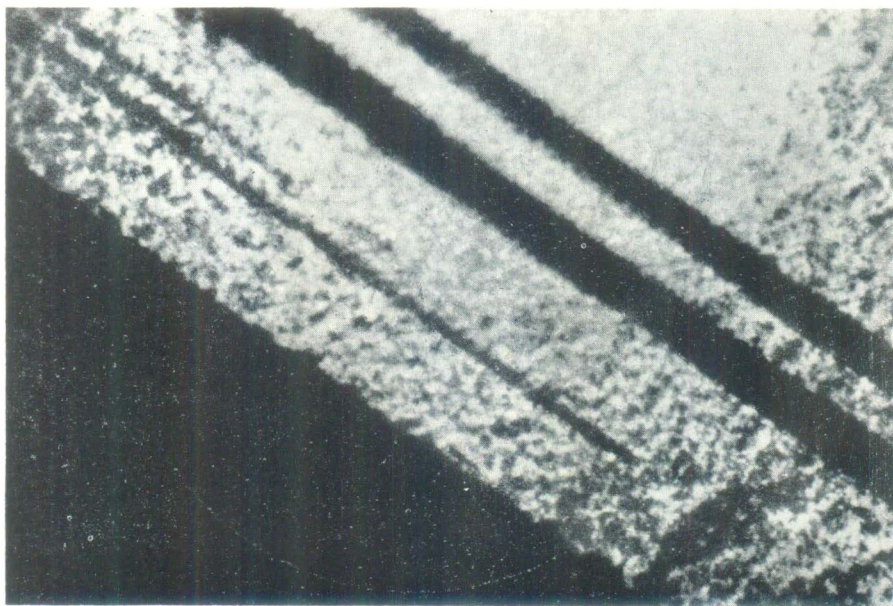


照片2 具似六边形截面之重钼铁矿(黑色)($\times 1.8$)

陈德潜：某地花岗伟晶岩中的重钽铁矿



照片3 重钽铁矿表面的聚形晶纹($\times 6$)



照片4 重钽铁矿的聚片双晶(深色与浅色者均是)(薄片,单偏光, $\times 80$)

陈德潜：某地花岗伟晶岩中的重钼铁矿



照片 5 重钼铁矿(深灰色与浅灰色者均是)(光片,单偏光,× 70)

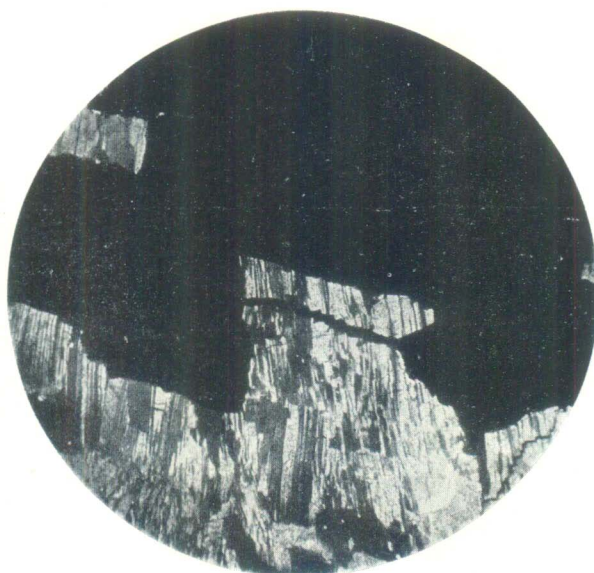


照片 6 重钼铁矿(浅灰色者)(光片,单偏光,× 70)

陈德潜：某地花岗伟晶岩中的重钽铁矿



照片7 重钽铁矿的普通双晶(光片, 正交偏光, $\times 70$)



照片8 叶状长石被重钽铁矿(黑色)截穿(薄片, 正交偏光, $\times 18$)