

414 富钽花岗岩的蚀变作用及其矿化特征

××省冶勘公司地质七队 414 专题组
桂林冶金地质研究所

在毛主席革命路线的指引下, ××省冶勘公司地质七队于1969年发现富钽花岗岩矿床。现已查明矿床的主要工业矿物有: 富铈钽铌铁矿、细晶石、锂云母、锡石和钠长石; 可供利用的元素有: 钽、铌、锂、铷、铯和锡。矿床规模较大, 品位较高, 矿化均匀, 可选性良好, 适宜露天开采。本文着重介绍矿床蚀变作用及其矿化特征。

一、矿区地质概况

矿床位于某复背斜的东北部。区内主要地层由前震旦系板×群和松×群浅变质砂页岩组成。从加里东至燕山晚期均有岩浆活动, 钽铌矿床主要与燕山期花岗岩株及岩脉有关。

矿床产于花岗岩岩株东南缘顶部, 岩体沿北东断裂侵入于变质岩中, 出露面积约10平方公里。岩体自上而下分为: 细粒白云母花岗岩、中粒二云母花岗岩和中粗粒黑云母花岗岩三个岩相。细粒白云母花岗岩中, 钠长石化、锂云母化地段即为钽铌矿体。岩体内、外接触带有含钨、锡的石英脉产出。该岩株系燕山中-晚期侵入。

二、矿床蚀变岩石特点

该矿床与稀有元素矿化有关的蚀变作用, 主要为钠长石化和锂云母化。蚀变作用强烈而普遍。按生成顺序, 可分为三期: 第一期为叶钠长石化、锂云母化, 第二期为钠长石化、锂云母化, 最晚期为伊利石化。按钠长石化强度可分为: 强钠长石化(钠长石含量40~60%)、中钠长石化(钠长石含量20~40%)、弱钠长石化(钠长石含量小于20%)。含矿的蚀变岩石主要有: 强钠长石化、锂云母化花岗岩, 中钠长石化、锂云母化花岗岩和弱钠长石化花岗岩。

在强钠长石化、锂云母化花岗岩中有明显的黄玉化。云英岩化仅在各蚀变带局部出现, 与矿化关系不明显。

最晚期伊利石化不发育(其粒度一般小于0.04毫米), 仅沿中、弱钠化带个别裂隙进行交代, 与钽铌矿化无关。

钽铌等稀有元素主要在第一期交代作用阶段沉淀析出, 而第一期蚀变作用又主要在强钠长石化、锂云母化花岗岩中, 因此, 该类矿石的钽、铌、锂、铷、铯品位较高。

第一期生成的叶钠长石, 镜下呈叶片状, 半自形-他形晶, 一般0.3~0.6毫米, 双晶纹不平直, 不明显。大量的钽铌矿物产于叶钠长石中。在强钠化带叶钠长石(0.02~0.06毫米)强烈交代石英, 形成似环带状构造。第二期生成的钠长石呈条柱状, 自形晶, 一般0.1毫米, 双晶纹平直而明显。条柱状钠长石含矿较少, 尚未发现含细晶石。锂云母主要在第一期生成, 呈片状, 大小一般0.4~1毫米, 含钽铌矿物较多。同期生成的钠长石和锂云母, 一般前者略早。

本区岩石化学成分特点是(表1):

- (1) 全区为铝过饱和岩石,

$$Al_2O_3(15.2\%) > K_2O(3.7\%) + Na_2O(4.59\%) + CaO(0.31\%);$$
- (2) K_2O 与 Na_2O 成反消长关系,
 Na_2O 含量与钠化强度成正比, 全区斜长石号为 $N_{80} \sim 5$;
- (3) Ti、Fe、Mg、Ca含量极微, 并与钠化强度成反比, TR_2O_3 、Th、U含量很低(表3), Mn、F含量较高;

(4) 正常花岗岩的钠质系数 $\left(\frac{Na+K}{Al}\right)$ 为0.78, 强钠化、锂云母化花岗岩为0.65。
 这些特点对钽铌富集极为有利。

三、矿床蚀变分带与矿化特征

1. 矿床垂直分带

矿床垂直分带明显,其顶部复盖着前震旦系浅变质砂页岩,往下根据蚀变交代的强度、矿物组份、结构构造等特点,自上而下可分为六个带。各带以渐变关系呈带状分布,似层状产出,产状平缓,沿变质岩接触带延伸(图1)。各带的稀有元素矿化有显著差别。

似伟晶岩带 产于岩体顶部,与变质岩相接触,一般厚度0.5~0.7米,最大7米。主要由伟晶状石英和斜长石组成,稀有矿物有富锰铌钽铁矿、细晶石和含钽锡石,矿物组分简单,矿石品位较低,但个别地段铌钽矿物可达200~300克/吨。工业价值不大。

镜下观察该带有钠长石化、锂云母化和黄玉化。叶钠长石交代石英形成似环带状构造,这说明似伟晶岩为成矿前的产物。

强钠长石化、锂云母化花岗岩带 呈灰白色带浅紫色,主要由钠长石(其中叶钠长石大于30%,条柱状钠长石小于20%)、锂云母、石英和黄玉组成,钾长石含量约0.5%。锂云母、黄玉、变种锆石为本带特征矿物。钽、铌、锂、铷、铯含量较高。该带为富钽、富锂、铷和铯的矿体。工业矿物有细晶石、富锰铌钽铁矿、锂云母、含钽锡石和钠长石。矿物组分简单。钽铌矿物粒度较大,多产于叶钠长石中,有利于选矿回收。

细晶石呈八面体和四角三八面体,黄色和黄褐色,经水化变乳白色,一般粒度为0.04~0.08毫米,比重5.69。富锰铌钽铁矿与细晶石含量比为1.5。含钽锡石颜色较黑,粒度大,含 Ta_2O_5 为4.7%, Nb_2O_5 为1.05%。锂云母呈片状,紫色,一般0.4~1毫米,比重2.96。锂云母的含量约为20%。该带有绿柱石,未见钛铁矿及其它含钛矿物。

中钠长石化、锂云母化花岗岩带 呈浅灰色,主要由钠长石(其中叶钠长石约12%、条柱状钠长石约18%)、石英、钾长石和锂云母组成。钽、铌、锂、铷、铯含量较低。

岩石名称	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	F	P ₂ O ₅	H ₂ O	S	斜长石号
强钠长石化锂云母化花岗岩	67.94	0.008	17.35	0.07	0.22	0.14	0.004	0.14	6.15	2.51	1.4	0.423	0.32	0.022	Nb 0
中钠长石化锂云母化花岗岩	73.24	0.015	15.29	0.08	0.34	0.26	0.005	0.49	4.75	3.94	0.08	0.39	0.12	0.028	Nb 3
弱钠长石化花岗岩	74.36	0.018	15.58	0.21	0.4	0.49	0.008	0.19	4.91	3.25	0.06	0.018	0.15	0.027	Nb 4
中粒二云母花岗岩	73.60		12.32	0.04	1.07	0.23	0.01	0.51	4.17	3.94	0.22		0.08		
中粗粒黑云母花岗岩	73.84	0.14	15.22	0.5	0.56	0.1	0.27	0.21	2.97	4.88	0.07	0.009	0.58	0.022	Nb 5
平均值	72.59	0.045	15.20	0.18	0.52	0.24	0.059	0.31	4.59	3.70	0.366	0.21	0.25	0.025	
中国酸性岩 ^②	70.40	0.31	14.48	1.38	1.77	0.08	0.94	1.93	3.77	3.79		0.18			
戴里花岗岩	70.18	0.39	14.47	1.57	1.78	0.12	0.88	1.99	3.48	4.11		0.19	0.84		

表1 岩石化学成分分析结果(%)

① 此数偏高,未复查。 ② 南京大学,1964年“科技研究报告”。

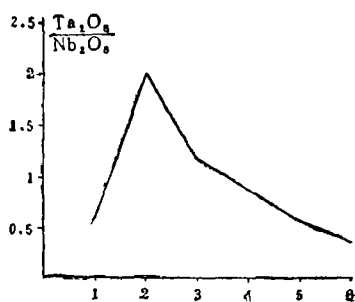
工业矿物有富锰铌钽铁矿、含钽锡石、锂云母和少量细晶石。锂云母的含量约8%。特征矿物锂云母、变种锆石、黄玉比上带显著减少。该带矿物组分复杂,有含锡钛钽铌矿、



图1 某勘探线剖面图

钛铁矿、磷铁锰矿、普通锆石、黝锡矿和闪锌矿等。

该带所谓“老虎斑”非常发育，据初步工作认为形成“老虎斑”原因有：1)由于裂隙发育，淋滤作用产生大量的铁锰质；2)有些是云母赤铁矿；3)硫化物较多，氧化作用形成的褐铁矿。其中以第一种最发育。“老虎斑”往往是中钠化的标志，当出现“老虎斑”时，钽、锂、铯含量显著降低。

图2 不同蚀变带 Ta_2O_5/Nb_2O_5 比值曲线

1. 似伟晶岩； 2. 强钠化锂云母化带； 3. 中钠化锂云母化带；
4. 弱钠化带； 5. 中粒二云母花岗岩； 6. 中粗粒黑云母花岗岩

弱钠长石化花岗岩带 呈灰色，主要由钾长石、斜长石、石英、(含锂)白云母和钠长石组成。稀有元素含量低。工业矿物主要有富锰铌钽铁矿和少量含钽锡石，细晶石微量。本带锂云母消失，出现白云母或含锂白云母。矿物组份复杂，出现较多的钛铁矿、黑钨矿、金红石、锆石、独居石和硫化物等。

中粒二云母花岗岩带 主要矿物有钾长石、斜长石、白云母、石英、黑云母。稀有元素含量很低。有铌钽铁矿，但不具工业价值。钛铁矿、独居石、磷钇矿、榍石、石榴石、锆石的含量比上带增多。

中粗粒黑云母花岗岩带 有白云母化。铌钽铁矿黑色，颗粒细小，其含量约15克/吨。副矿物与上带相同。矿区还未揭露到粗粒黑云母花岗岩相。

细晶石和各蚀变带的富锰铌钽铁矿的分析结果见表3、4，由表4可见富锰铌钽铁矿中 Ta_2O_5 、 FeO 、 TiO_2 的含量与蚀变强度成反比，而 MnO 的含量则成正比。锂云母的分析结果见表5，由表5可见其 Li_2O 、 Rb_2O 、 Cs_2O 的含量与蚀变强度成正比。

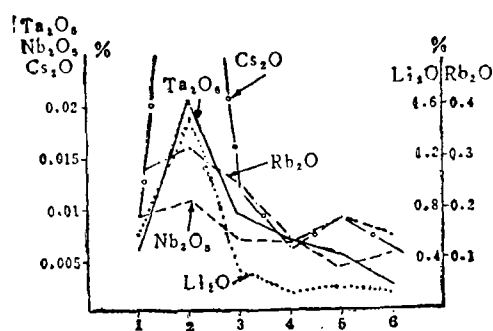


图3 不同蚀变带钽、铌、铯、铷、锂含量变化曲线

矿床垂直分带特征

表 2

蚀变带名称	主要造岩矿物及其含量(%)	结构构造	矿石中 $\frac{\text{Ta}_2\text{O}_5}{\text{Nb}_2\text{O}_5}$	矿石类型	富铌钽铁矿特征		细晶石	锂云母	含钽锡石	黄玉	变种锆石	含钛矿物
					物理性质	$\frac{\text{Ta}_2\text{O}_5}{\text{Nb}_2\text{O}_5}$						
似伟晶岩	石英 斜长石		0.6		厚板状、短柱状，晶体较大，色深，晶纹少。		较多	有	量少色深	较多	有	
强钠长石化 锂云母化 花岗岩	钠长石40-60 锂云母20 石英20 黄玉1	细粒结构 交代似环带构造	2	富矿石	厚板状、短柱状，一般0.05~0.15毫米，色黑，透光性差，晶纹少，比重6.46。	1	量多	如钽高，含锂	最多色深	最多晶体粗	较多	未发现
中钠长石化 锂云母化 花岗岩	钠长石20-40 钾长石25 石英30 锂云母8	细粒结构 局部有交代似环带构造	1.2	贫矿	薄板状，一般0.04-0.08毫米，棕红色和黑色，透光较好，晶纹发育，比重6.51	1.7	很少	如钽低，含锂	最多色浅	少	少	有 ↓
弱钠长石化花岗岩	钾长石28 石英34 斜长石20 钠长石<20 白云母5	变余花岗结构 交代似环带状消失	0.8	贫矿	薄片状，一般<0.074毫米，棕红色和黑色，透光性较好，晶纹多而深。	1.4	偶见	白云母或含锂	量少色浅			多 ↓
中粒二云母花岗岩	钾长石25 斜长石28 钠长石3 石英30 白云母5 黑云母4	中粒花岗结构	0.6		有铌钽铁矿，晶体很小，薄片状，黑色。			↓ 消失				
中粗粒黑云母花岗岩	钾长石25 斜长石35 黑云母8 石英30 白云母2	中粗粒花岗结构	0.4		同上							

2. 各蚀变带稀有元素含量及其赋存状态

(1) 稀有元素的含量及其变化特征

由表6可见，本区黑云母花岗岩中稀有元素含量较高，其中钽为平均花岗岩的7.5倍、铌为4.5倍、锂为20倍、铷为2倍、铯为20倍，这是形成该矿床的物质基础。而稀

土、锆含量极微，这是钽铌富集有利的因素。从图2看出，钽铌比值与蚀变强度成正比。从图3看出，从强钠长石化、锂云母化带至中钠长石化、锂云母化带，钽、锂、铯含量曲线坡度大，而铌、铷坡度小，说明前者与钠化、锂云母化作用关系密切，后者则较小。该矿床有的样品 Cs_2O 达0.23%，这很

富铌钽钽铁矿分析结果(%)

表 4

蚀变带名称	Ta_2O_5	Nb_2O_5	MnO	FeO	TiO_2	WO_3	SnO_2	CaO	Al_2O_3	SiO_2	合计	备注
强钠长石化 锂云母化	51.4	31	15.26			0.21		痕			97.87	红棕色
同上*	42.85	39	16.9	0.4	痕		0.12	痕		0.5	99.77	
中钠长石化 锂云母化	51.41	29.83	15.6	1.8	0.49	0.25	0.68	痕		0.2	100.26	
弱钠长石化	46.38	33.5	14.82	4.52	0.8			痕			100.02	

* 分子式: $(\text{Fe}_{0.02} \text{Mn}_{0.95})_{0.97} (\text{Nb}_{1.25} \text{Ta}_{0.78} \text{Sn}_{0.004})_{2.034} \text{O}_{5.95}$

表3 细晶石分析结果 (%)

Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	MnO	TiO ₂	FeO	CaO	U ₃ O ₈	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	K ₂ O	TR ₂ O ₃ ThO ₂	SnO ₂	SiO ₂	BaO	PbO	MgO	Bi ₂ O ₃	烧失量	合计
76.37	2.1	0.14	0	0.14	7.06	3.09	1.31	3.52	0.18	0	0.53	0.75	0.2	0	0.2	0.75	1.9	98.5

表5 锂云母分析结果 (%)

蚀变带名称	Li ₂ O	Rb ₂ O	Cs ₂ O	K ₂ O	Na ₂ O	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MnO	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	H ₂ O	烧失量	合计
强钠长石化 锂云母化	6.08	1.59	0.19	11.75		50.19	24.2	0.36	00.75	0.02	痕	痕	0.28	6.9	101.63
中钠长石化 锂云母化	3.98	1.29	0.12												

表6 蚀变带稀有元素含量 (%)

蚀变带名称	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Li ₂ O	Rb ₂ O	Cs ₂ O	BeO	U ₃ O ₈	ThO ₂	TR ₂ O ₃	Ta ₂ O ₅ Nb ₂ O ₅
似伟晶岩	0.00 × × 0.00 × ×	0.735	0.275	0.076						0.6
强钠长石化 锂云母化 花岗岩	0.0 × ×	0.0 × ×	1.50	0.318	0.0565	0.0248	0.0012	痕	0.0005	2
中钠长石化 锂云母化 花岗岩	0.0 × ×	0.00 × ×	0.252	0.25	0.012	0.024	0.0015	痕	0.0006	1.2
弱钠长石化 花岗岩	0.00 × ×	0.00 × ×	0.125	0.12	0.006	0.0193	0.002	痕	0.001	0.8
中粒二 云母 花岗岩	0.0055	0.009	0.19	0.084	0.009	0.0016	0.002	0.002	0.0023	0.6
中粗粒黑云母花岗岩	0.0026	0.0074	0.132	0.113	0.006	0.0013	0.002	0.002	0.015	0.4

可能有铈榴石存在；这种高品位的样品，其位置多与强钠化小岩脉有关。

(2) 稀有元素的赋存状态

目前已查明该矿床有50种矿物。在强 -

中钠长石化、锂云母化带矿石中，Ta₂O₅组成工业矿物约占68%，Nb₂O₅组成工业矿物则分别为56%、48%，而Li、Rb、Cs主要赋存在锂云母中（表7、8）。

钽铌赋存状态平衡表

表 7

矿 物 名 称	Ta ₂ O ₅ 占有率 (%)		Nb ₂ O ₅ 占有率 (%)	
	强钠化 锂云母化	中 钠 化 锂云母化	强 纳 化 锂云母化	中钠化 锂云母化
富锰铌钽铁矿	31.3	62.9	54	46.95
细 晶 石	36	4.24	1.8	0.15
含 钽 锡 石	1.12	2.2	0.47	0.63
含锡钽铌钽矿		0.53		0.5
锂 云 母 (或白云母)	14.3	8.8	32.6	16.5
长石 (类)	13.56	16.2	7.77	22.2
石 英	2.67	2.53	6.38	3.25
黄 玉	0.8	0.56	2.5	0.54
闪 锌 矿		0.25		0.16
合 计	99.75	98.21	105.52	90.9

强钠长石化锂云母化带矿石
锂、铷、铯赋存状态平衡表 表 8

	占 有 率 (%)		
	Li ₂ O	Rb ₂ O	Cs ₂ O
锂云母	95.1	88.16	78.8
长石(类)	7.66	8.2	16.7
石 英	0.44	2.6	6.7
黄 玉	0.12	0.06	0.37
合 计	103.22	99.02	102.57

四、矿床成因

本区花岗岩中有较高的钽铌稀有元素,这是形成该矿床的物质基础。根据矿化与钠长石化、锂云母化蚀变作用的密切关系,认为矿床属于岩浆晚期自交代作用形成。推想成矿作用是在硅酸盐矿物基本结晶后,残余的熔浆富含挥发分和稀有元素,在微裂隙发育的条件下,不断上升,强烈地进行交代作用,而生成钽铌矿物,形成矿床。由于变质岩和伟晶岩作顶盖,故造成一个良好的相对封闭系统,使挥发组分和稀有元素得到很好地保存,并强烈地进行自交代作用,这是形成该矿床的一个重要因素;另一方面也形成了垂直方向的分带现象。

在强钠化、锂云母化带矿石中钽铌比值为2,而往下各蚀变带其比值依次递减,这说明钽的富集与钠化、锂云母化密切相关。而强钠化、锂云母化带的富锰铌钽铁矿的含钽量比中、弱钠化带的低,这是由于前者产生了质的变化,生成了大量的细晶石所致。在成矿过程中钽的浓度起着决定的作用,而铁、钛等都处于次要地位,这就形成了富钽

花岗岩矿床的特点。矿床类型属:含细晶石、富锰铌钽铁矿、锂云母的钠长石化、锂云母化花岗岩矿床。

五、结 语

综合上述,矿床蚀变作用及其矿化特征,对该类矿床的成矿因素及其找矿标志可归纳如下:

1.矿床与燕山中—晚期中、小型花岗岩侵入体有关,岩石具有较高的钽铌稀有元素含量,贫钛、铁、镁,而富铝、锰、氟;稀土、铀、钍含量很低。正常花岗岩的钠质系数约为0.8。

2.矿床属岩浆晚期自交代作用形成。钠化、锂云母化是直接的找矿标志。

3.垂直分带明显。岩体顶部钠化、锂云母化强烈,特征矿物锂云母、变种锆石、黄玉含量较多,未发现含钛矿物。随着深度增加,蚀变作用减弱,特征矿物减少,直至消失,含钽降低,出现含钛及稀土的矿物。

4.矿床产于平缓的内接触带中,其顶部有变质岩和伟晶岩复盖,有利于成矿。这种似伟晶岩是富钽矿床的一种找矿标志。