

内蒙古七一山花岗岩型铷矿床地质特征

周墨清 常书朝

(甘肃省地质局地质力学区调队)

(一) 区域地质特征

1. 岩体产出的地质条件:

岩体位于阴山一天山纬向构造带,北山地区的旱山—凤尾山—小尘包山字型构造前弧东侧。在这里,近东西向展布的向西倾伏的背斜及切断背斜南翼的北东东向弧形大断裂与次一级北西向断裂交汇构成复杂的构造带。构造带内岩浆岩发育,含铷花岗岩位于北东东向弧形大断裂北侧,即北东东向弧形大断裂与次一级北西向断裂交汇处。

区内发育有北西向压扭性和北东向张扭性两组小断裂,以及一组近南北向追踪断裂。前两组小断裂构成棋盘格子构造。小断裂中均充填有萤石矿脉和髓石—萤石矿脉,形成萤石矿床。

区内地层为下志留统斜山群,分布在含铷花岗岩体南北两侧。主要岩性为暗绿色、灰绿色安山质凝灰岩、砂质板岩、凝灰质砂岩、灰色大理岩、暗灰绿色、灰绿色安山岩、英安岩

(2) 含金石英脉本身就构成工业矿体,尤其对复脉和枝状脉来说几乎无一例外,但一般支脉没有主脉含金性好。石英脉与围岩的接触带往往比较破碎,因此在顶底盘特别是顶盘附近,金矿化也比较富集。石英脉构成富矿体,首尾相接,或尖灭侧现,占总矿石量的35.9%,但却占总金属量的85.4%;而蚀变围岩型的矿石却占总矿石量的64.1%,而只占总金属量的14.6%。两种类型矿石在矿石厚度方向上,含金石英脉型矿石构成矿化中心,含金蚀变岩型矿石不对称分布于两侧,多分布在上盘。在走向上两种类型矿石常相间出现,贫富交替。

经勘探证实,矿体沿倾斜方向亦常表现出尖灭再现和尖灭侧现的特点,呈明显的叠瓦状排列。

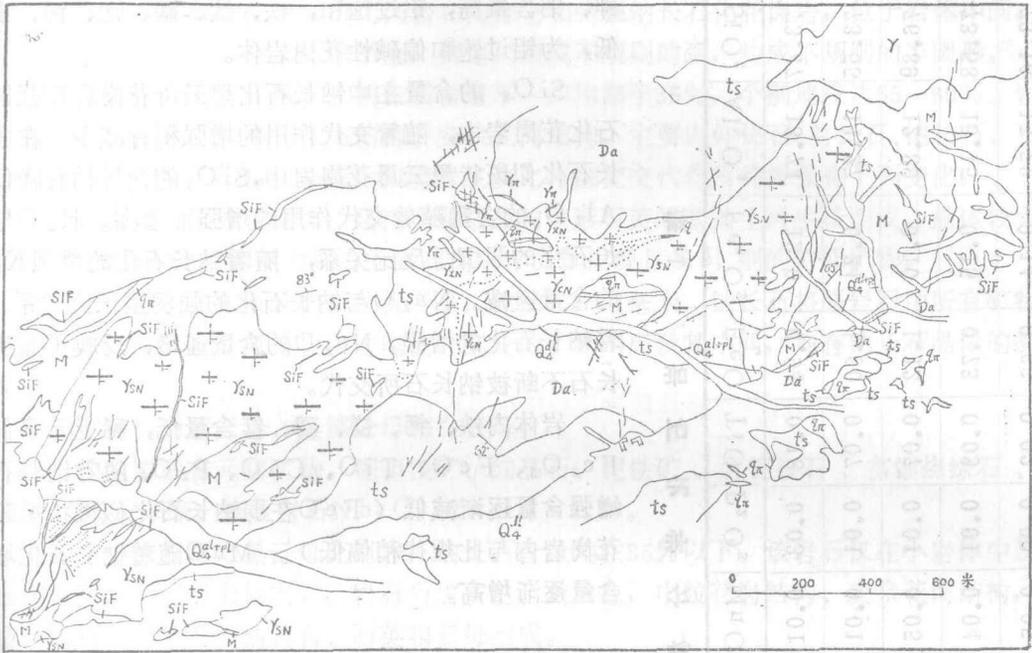
(3) 在地表和在探矿坑道中均能见到含金石英脉缓倾斜地段,厚度经常变大,品位变富,而陡倾斜的地段,厚度常常变小,品位也较低。同时还可看到,矿脉走向急剧变化时,在转弯处矿脉有变富变厚现象;在两组裂隙交叉处,也有类似的情况。这种现象的产生,一种可能,是当岩浆上升时,由于方向的变化,岩浆受到阻碍,速度减低,矿化作用进行的比较彻底;另一种可能,是早期石英脉生成后,由于构造活动,使产状变化处的石英脉造成严重的破碎,成为后期矿化的良好地段。

(4) 从构造破碎带的力学性质说,充填在压性段的含金石英脉比扭性段和张性段的含金石英脉的含金性好。如齐依求金矿8、10、13、2号脉均有这种情况。这可能是扭性段岩石呈线状切割,不够破碎,矿脉呈窄而直的单脉状;张性段则呈小的扁豆体,而压性段岩石强烈破碎,含金石英脉发育的缘故。

(参考资料从略)

夹大理岩、硅质灰岩、变质石英砂岩及片岩等。下志留统斜山群构成近东西向背斜，背斜两翼倾角较陡，约 60° — 70° 。区内背斜被岩体破坏，使之不完整。近岩体地层具强烈角岩化和矽卡岩化。

区内岩浆岩发育，与铷等稀有元素有关的岩浆岩为钠长石化花岗岩（图1）。岩体长轴方向为北东东—南西西，出露面积约1.2平方公里，岩体产状南北两侧分别为倾向 170° 、倾向 80° 和倾向 330° 、倾角 70° ，呈向外陡倾之小岩株。



1—冲积—洪积砂砾石；2—坡积砂砾石；3—安山质凝灰岩、砂质板岩；4—安山岩、英安岩夹砂岩；5—大理岩；6—弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩；7—细粒中钠长石化黑云母花岗岩；8—粗粒强钠长石化花岗岩；9—花岗岩；10—石英脉；11—花岗斑岩脉；12—石英斑岩脉；13—髓石—萤石脉；14—萤石矿脉；15—云英岩脉；16—产状

图1 内蒙东七一山花岗岩型铷矿床地质图

- 1—冲积—洪积砂砾石；2—坡积砂砾石；3—安山质凝灰岩、砂质板岩；4—安山岩、英安岩夹砂岩；5—大理岩；6—弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩；7—细粒中钠长石化黑云母花岗岩；8—粗粒强钠长石化花岗岩；9—花岗岩；10—石英脉；11—花岗斑岩脉；12—石英斑岩脉；13—髓石—萤石脉；14—萤石矿脉；15—云英岩脉；16—产状

现已查明，铷、铯、铌、钽矿床与钠长石化花岗岩有关。矿化特点是岩体面积小，矿化强，矿化面积大。矿化面积与岩体面积之比为1:1，岩体即矿体。

岩体与围岩界线分明，局部有混染作用。钠长石化花岗岩，按矿物粒度、长石和云母的种类不同，可划分为外部岩相带——灰褐色、褐红色弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩，过渡岩相带——浅灰色中粒中钠长石化黑云母花岗岩，内部岩相带——白色中粗粒强钠长石化花岗岩。岩石普遍经受较强烈蚀变交代作用。经同位素测定，弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩年龄为156.8百万年，应属燕山早期。

区内脉岩发育，主要有石英斑岩脉、花岗斑岩脉、方解石脉、髓石—萤石脉、萤石矿脉

和石英脉。除石英斑岩脉系早期脉岩外，余者均侵入较长石化花岗岩，为该岩体同源期后产物。花岗斑岩脉，具强钠长石化，多数分布在岩体中段北部边缘，含钼、锂矿脉。

2. 岩石化学特征:

由表1可以看出，岩体各岩石化学成分基本相似，钾、钠含量高，铝过饱和，铁、钛、磷、锰、钙、镁较低，为铝过饱和偏碱性花岗岩体。

SiO₂ 的含量在中钠长石化黑云母花岗岩和强钠长石化花岗岩中，随着交代作用的增强稍有减少。在弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩中，SiO₂的含量稍有降低。Al₂O₃的含量随着交代作用的增强而增高。K₂O与钠长石化的强弱呈反比关系，随着钠长石化的增强K₂O的含量递减。Na₂O与钠长石化的强弱呈正比关系，随着钠长石化的增强，Na₂O的含量递增，反映了原生钾长石不断被钠长石所交代。

岩体内铁、钙、镁、磷、锰含量低，稀土元素低。Fe₂O₃、FeO、TiO₂、CaO、P₂O₅随着钠长石化增强含量逐渐减低（FeO在弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩内与此规律稍偏低）。MnO随着钠长石化增强含量逐渐增高。

(二) 矿床地质特征

1. 岩体蚀变作用及分带:

岩体蚀变交代作用，主要以岩浆晚期分异交代作用为主。表现为钠长石化、锂云母化、黑鳞云母化、黄玉化和萤石化强烈而且普遍。高温热液蚀变的云英岩化，主要在白色强钠长石化花岗岩东北局部地段。测区西南端弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩内表现强烈。云英岩化形成的云英岩呈脉状，成群产出。云英岩脉走向40°—65°，宽30—50厘米，长15—50米不等。此外岩体具有绢云母化、高岭土化、碳酸盐化、绿帘石化、赤铁矿化、褐铁矿化等。

上述蚀变现象在外部岩相带表现特别强烈。

与稀有元素矿化有关的蚀变交代作用，根据矿物相互交代和生成顺序，早期蚀变交代作用有黄玉化、钠长石化。中期蚀变交代作用有钠长石化、黑鳞云母化、锂

表 1 岩石化学分析结果(%)

岩石类型	样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	P ₂ O ₅	MnO	MgO	H ₂ O ⁺	H ₂ O ⁻	CO ₂	CaO	Na ₂ O ₂	K ₂ O
T _s N	32E ₂	73.47	13.74	12.0	0.94	0.18	0.03	0.01	0.19				1.05	3.68	4.22
	32E ₄	73.55	14.27	0.24	1.60	0.07	0.01	0.01	0.11	0.36	0.26	0.26	0.62	3.91	4.30
	32E ₅	76.89	12.89	0.10	1.12	0.07	0.01	0.05	0.07	0.10	0.12	0.57	0.60	4.25	3.11
T _x N	32E ₁	73.58	15.15	0.15	0.73	0.03	0.01	0.04	0.14	0.50	0.06	0.23	0.22	4.73	3.76
	32E ₃	73.16	15.72	0.14	0.66	0.02	0.00	0.05	0.15	0.52	0.20	0.06	0.38	5.48	3.80
T _c N															

云母化。晚期蚀变交代作用有钠长石化、云英岩化。晚期钠长石化呈小细脉，云英岩呈脉状，二者沿小裂隙贯入钠长石化花岗岩中。

钠长石化花岗岩蚀变交代作用，由外部岩相带到内部岩相带逐渐增强，形成弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩，中钠长石化黑云母花岗岩和强钠长石化花岗岩三类岩石。

外部岩相带弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩，中间不连续，似为两个小岩株，其长轴与排列方向均为北东东—南西西向。

过渡相带中钠长石化黑云母花岗岩和内部岩相带强钠长石化花岗岩，位于岩体中间，长轴方向亦是北东东向。东南边缘平直，其他三边成不规则的弧，构成不规则的半圆形。

(1) 强钠长石化花岗岩，钠长石含量不一，均高于35%，个别地段达55—60%。岩石为浅灰白色、白色，中粗粒花岗结构、变余花岗结构。主要由钾长石、斜长石、钠长石、石英和云母组成。主要矿物特征和成分随着岩浆演化与蚀变交代作用的增强有下列变化：

石英：为六方双锥柱状体，是在早期结晶的他形石英的基础上再生长而成。晶体较大，长轴可达1厘米。是晚期赋含稀有元素花岗岩中大量出现且易识别的特征矿物。

钠长石：呈全自形板条状、粒状变晶，粒径0.1—1毫米。钠长石将原岩石中所有矿物均已分割开，部分矿物呈孤岛状。这些被分割开的矿物四周及其中间，均存钠长石晶体的交代现象。

云母：可分为锂云母、黑鳞云母和白云母。

岩石中主要稀有元素矿物：铌钽铁矿、细晶石、铌铁矿、含铌锡石、富铀烧绿石、锂云母和黑鳞云母等。该类岩石 $Nb_2O_5/Ta_2O_5 = 1.50$ 。

(2) 中钠长石化黑云母花岗岩，钠长石含量均在35%以下。该岩石仅在小岩体中段北侧出露较宽，东南部未见出露。岩石为浅灰色、灰白色，中粒花岗结构、变余花岗结构，主要由钾长石、斜长石、钠长石、石英和云母组成。

钠长石：为自形板条状变晶，粒径0.2—0.7毫米。

云母：可分黑鳞云母和黑云母。

主要稀有元素矿物：有铌钽铁矿、铌铁矿、含铌锡石、黑鳞云母等。该类岩石 $Nb_2O_5/Ta_2O_5 = 2.76$ 。

(3) 弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩，钠长石含量仅占5—10%。岩石为灰褐色、褐色，似斑状结构、变余花岗结构，主要矿物有钾长石、斜长石、石英和云母等。

云母：呈淡褐色，自形片状，表面析出铁质，成分为黑鳞云母。

付矿物：有锆石、金红石、萤石等。该类岩石 $Nb_2O_5/Ta_2O_5 = 3.06$ 。

2. 主要稀有元素矿物：

稀有元素矿物：主要有铌钽铁矿、细晶石、锂云母、黑鳞云母、铌铁矿、含铌锡石和富铀烧绿石等。

铌钽铁矿：是主要的铌钽矿物，主要产在强钠长石化花岗岩中，随着钠长石化、锂云母化交代作用的减弱，其含量降低。在弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩内消失。铌钽铁矿为铁黑色、黑褐色，板状或细粒状集合体，粒径为0.047—0.1毫米。

细晶石：产在强钠长石化花岗岩中，晶体为粒状和自形八面体。颜色为淡黄色、绿褐色、橄榄绿色，粒径0.04—0.09毫米。

锂云母：是矿床的特征矿物，是主要的锂、铷矿物。主要产在强钠长石化花岗岩中，随着钠长石化减弱，其含量逐渐降低，粒度逐渐变小，一般大于1毫米。黑鳞云母为浅灰色、浅绿色、淡褐色，自形片状和细鳞片状集合体。

铌铁矿、含铌锡石、富铀烧绿石：主要产在强钠长石化花岗岩中，随着钠长石化减弱其含量降低，在弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩中趋于消失。铌铁矿呈黑色，厚板状，颗粒小。含铌锡石为黑色、黑褐色、褐红色，呈不规则粒状。富铀烧绿石为灰绿色，等轴八面体，颗粒较小。

钠长石化花岗岩，随着钠长石化逐渐增强，岩石中矿物成分、结构发生如下变化：

(1) 岩石由粗粒似斑状→中细粒→中粗粒。石英晶体由他形粒状变为六方双锥柱状体。

(2) 云母类矿物有黑云母→黑鳞云母→锂云母。

(3) 除铌铌铁矿、细晶石、锂云母和富铀烧绿石产在强钠长石化花岗岩中外，钠长石、黄玉、黑鳞云母、铌铁矿、含铌锡石等矿物，具有同步消长关系。

(三) 岩体中铷、锂、铌、钽矿化及含量变化特征

钠长石化花岗岩的内部岩相带强钠长石化花岗岩和过渡相带中钠长石化黑云母花岗岩中的稀有元素特点是铷、锂、铌、钽共同富集成为工业矿体(表2)。铷矿化均匀，品位较富 Rb_2O 平均含量分别为0.1082—0.1292%，品位最富地段 $Rb_2O = 0.398\%$ 。锂在该岩性中矿化亦较均匀， Li_2O 平均含量分别为0.0952—0.1412%。品位最富地段 $Li_2O = 0.628\%$ 。铌、钽平均含量($Nb_2O_5 + Ta_2O_5$)为0.0128—0.0165%，最高品位 $Nb_2O_5 = 0.03\%$ ， $Ta_2O_5 = 0.019\%$ 。铷单独构成较富的工业矿体。锂、铌、钽三种元素可综合回收利用。

钽、铌含量最高地段乃是内部岩相带中心部位及靠近过渡相带的部分地段内。 Nb_2O_5 的含量为0.03%， Ta_2O_5 的含量为0.019%。该地段铷含量较高， $Rb_2O = 0.174\%$ 。锂的含量较低， $Li_2O = 0.05\%$ 左右。

表 2 岩石中稀有元素含量(%)

岩石类型	稀有元素 含量(%) 样品个数	Rb_2O		Li_2O		Nb_2O_5		Ta_2O_5		$\frac{Nb_2O_5}{Ta_2O_5}$
		平均含量	最高含量	平均含量	最高含量	平均含量	最高含量	平均含量	最高含量	
弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩	71 (Nb_2O_5 17) (Ta_2O_5 17)	0.0775	0.187	0.047	0.391	0.0052	0.009	0.0017	0.004	3.06
中钠长石化黑云母花岗岩	94 (Nb_2O_5 39) (Ta_2O_5 39)	0.1082	0.272	0.0952	0.517	0.0094	0.028	0.0036	0.007	2.76
强钠长石化花岗岩	177 (Nb_2O_5 89) (Ta_2O_5 89)	0.1292	0.398	0.1412	0.628	0.0099	0.030	0.0066	0.019	1.50
云英岩		0.148		0.179		0.004		0.002		2.00

外部岩相带弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩，铷、锂、铌、钽含量均匀，品位较低。 Rb_2O 平均含量为0.0775%，品位最富地段 $Rb_2O=0.187\%$ ，单独构成工业矿体。 Li_2O 的平均含量为0.047%，最富地段 $Li_2O=0.391\%$ ，可综合回收利用。铌、钽含量低， $Nb_2O_5+Ta_2O_5=0.0069\%$ ，最高品位 $Nb_2O_5=0.009\%$ ， $Ta_2O_5=0.004\%$ 。铌、钽不具工业意义。

岩体西南端弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩中的云英岩，铌、钽含量低，不具工业意义。但铷、锂含量高， $Rb_2O=0.148\%$ 、 $Li_2O=0.179\%$ ，构成云英岩型铷、锂矿段。

铷、锂、钽矿化强度与蚀变程度成正比，在弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩、中钠长石化黑云母花岗岩和强钠长石化花岗岩中，随着钠长石化的增强， Rb_2O 的含量由0.0775%递增为0.1082%—0.1292%。 Li_2O 的含量由0.047%递增为0.0952—0.1412%（图2）。 Ta_2O_5 的含量由0.0017%递增为0.0034%—0.0066%。铌在弱钠长石化似斑状黑云母花岗岩中含量较低，为0.0052%，在中钠长石化黑云母花岗岩和强钠长石化花岗岩矿化较强，分别为0.0094%和0.0099%。铌、钽比值由3.06递减为2.76—1.50（图3）

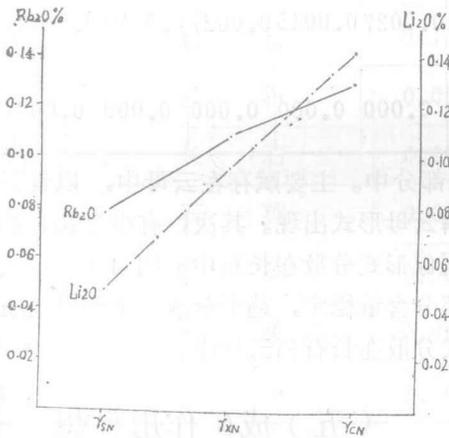


图2 各蚀变带 Rb_2O 、 Li_2O 含量变化曲线

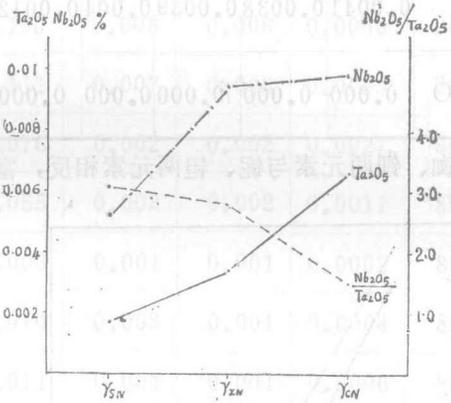


图3 各蚀变带 Nb_2O_5 、 Ta_2O_5 含量及其比值变化曲线

上述说明，铷、锂、钽矿化与岩浆后期蚀变交代作用有密切关系，随着钠长石化增强，铷、锂、钽矿化同步递增。铌矿化虽也有同步递增趋势，但在中钠长石化黑云母花岗岩和强钠长石化花岗岩中，此关系不明显。

(四) 铷、锂、铌、钽赋存状态

在人工重砂各部分取样，对铷、锂、铌、钽进行初步分析，其数据如表3及表4所示。铌、钽两元素在选矿的重部分有明显的富集现象，可达30—60倍，而在轻部分含量甚微。主要以钽铌铁矿，次为细晶石、铌铁矿、含铌锡石和富铀烧绿石的形式存在，少量呈分散状态赋存在云母等矿物中（图4）。

表 3 人工重砂化学分析结果 (%)

样与 品含 号量	D ₂			D ₃			D ₄			D ₅		
	原岩	重部分	轻部分	原岩	重部分	轻部分	原岩	重部分	轻部分	原岩	重部分	轻部分
Nb ₂ O ₅	0.011	0.654	0.008	0.007	0.199	0.005	0.007	0.232	0.006	0.006	0.033	0.005
Ta ₂ O ₅	0.007	0.407	0.005	0.005	0.179	0.003	0.001	0.048	0.002	0.002	0.007	0.002
Li ₂ O	0.077	0.040	0.071	0.188	0.069	0.188	0.101	0.033	0.093	0.015	0.022	0.014
Rb ₂ O	0.146	0.079	0.155	0.154	0.022	0.164	0.083	0.050	0.110	0.053	0.033	0.050
Ga	0.0041	0.0038	0.0039	0.004	0.0012	0.0039	0.0027	0.0015	0.0027	0.0024	0.0017	0.002
Cs ₂ O	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

铷、锂两元素与铌、钽两元素相反，富集在轻部分中。主要赋存在云母中，以锂云母和黑鳞云母形式出现。其次，有少量铷、锂以类质同像形式分散在长石中（图 4）。镓元素在各部分含量稳定，趋于分散。主要以类质同像形式分散在长石和云母中。

(五) 成矿作用设想

综上所述，平面展布的小岩体具有明显的分带性：交代成因的钠长石由岩体外部岩相带到内部岩相带逐渐增强，云母类矿物的物理性质、化学成分等作有规律的变化（由黑云母→黑鳞云母→锂云母）。云母颜色由黑色→浅灰绿色、浅褐色→白色，呈渐变关系。反映岩浆晚期分异交代作用不同阶段的特征。铷、锂、铌、钽矿化逐渐增强；Nb₂O₅/Ta₂O₅ 比值的减小；岩石结构及矿物成分、稀有元素含量变化等，由外部岩相带到内部岩相带均是渐变的。显示了稀有元素矿化与岩浆晚期残余热液发生物质成分的分异和交代作用有密切关系。各种稀有元素的矿化受不同分异交代作用的控

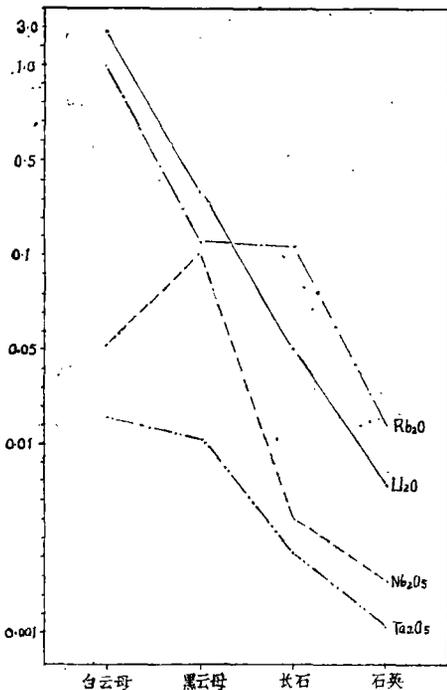


图 4 铌、钽、锂、铷
在主要造岩矿物中的含量变化曲线

制。

表 4 主要造岩矿物内稀有分散元素含量 (%)

样品代号	元素名称		Li ₂ O	Rb ₂ O	Nb ₂ O ₅	Ta ₂ O ₅	Ga	纯度(%)
	矿物名称							
D ₂₋₃	白云母	(包括锂云母 和黑鳞云母)	2.42	0.920	0.054	0.029	0.0084	95±
D ₃₋₃	白云母		3.46	1.112	0.038	0.024	0.0067	95±
D ₄₋₃	白云母		2.15	0.900	0.064	0.019	0.0085	95±
D ₅₋₃	黑云母(包括黑鳞云母)		0.334	0.173	0.116	0.013	0.0088	95±
D ₂₋₄	长石		0.030	0.193	0.009	0.006	0.0048	90±
D ₃₋₄	长石		0.111	0.190	0.006	0.006	0.0050	90±
D ₄₋₄	长石		0.055	0.111	0.007	0.003	0.0033	90±
D ₅₋₄	长石		0.006	0.076	0.002	0.002	0.0027	90±
D ₂₋₅	石英		0.009	0.055	0.003	0.002	0.0011	85±
D ₃₋₅	石英		0.005	0.003	0.001	0.001	0.0002	85±
D ₄₋₅	石英		0.009	0.010	0.003	0.001	0.0004	85±
D ₅₋₅	石英		0.008	0.014	0.004	0.001	0.0006	85±

在岩浆结晶分异作用的晚期，残余热液中富含大量碱金属，挥发组分浓度增高，如可溶性氟等。铷、锂、铈、钽等元素含量增高，钠的浓度急剧增加，演化至钠长石化阶段，铈、钽元素在碱性溶液中沉淀析出形成矿物。随着钠的交代，溶液中铷、锂浓度增高，并不断交代早期生成的黑云母，形成含铷的黑鳞云母和锂云母。同时分散在云母类矿物中的铈、钽析出，形成钽铈铁矿和细晶石。这种交代反应，反映了岩体由外部岩相带到内部岩相带逐渐增强，并具有继承和发展关系，形成铷、锂、铈、钽矿床。

由此可见，本矿床是岩浆晚期分异交代作用形成的，含锂云母、黑鳞云母钠长石化花岗岩型矿床。

矿床与燕山早期小侵入体有成因关系。石英六方双锥柱状晶体，是该矿床易识别的特征矿物。钠长石化、锂云母化、黑鳞云母化是本矿床的直接找矿标志。

在本矿床初步评价工作中，曾得到甘肃省地质局兰州中心实验室和第四地质队实验室的大力协助，在此谨表谢意。