

某地稀有金属花岗伟晶岩矿床 成矿作用初步认识

××省地质二团六中队

本伟晶岩矿区位于某折皱隆起带的东南部，属××—××稀有金属伟晶岩成矿带的一部分。矿区近南北向延伸，主要构造为一复式背斜。区内出露地层大部分是下古生界建×群绿泥石片岩、二云母片岩和石英云母片岩，侏罗系砂砾岩、粉砂岩不整合于其上。目前，在2.4平方公里范围内已发现伟晶岩主矿脉和从属矿脉数十条。经两年多的工作，在两条矿脉中已探明为一规模较大的富钽矿床，并伴生有铷、铯、铍、铌、钽和锡等有益元素。

伟晶岩的主要地质特征

本区伟晶岩矿脉充填在变质岩片理间压扭性剥离裂隙中，产状、形态和分布受折皱构造控制，延深方向以“侧伏”为主，延伸大而稳定，呈似层状。大部分伟晶岩发育在次一级复式短轴折皱带中（图1）。折皱多不对称，陡翼常同地层总倾斜一致。伟晶岩脉在剖面中呈明显的波状，矿脉呈多层状产出，一般有1~2个主矿脉，上下有多个从属矿脉，矿脉上部形态简单，下部常见分枝复合现象。其产状随片理折皱变化而呈北—北西（360~300°）走向，倾向西—南西，倾角23~45°。伟晶岩岩脉长数百米，厚数十米，倾向延伸与走向长度相当。伟晶岩脉全为矿体，与围岩接触很清楚。外接触带有硅化、黑电气石化和云英岩化。

本区伟晶岩的主要矿物有：石英、钠长石、锂辉石、微斜长石（部分为微斜条纹长石，下同），其次为腐锂辉石、白云母、磷锂铝石，还有绿柱石、透锂长石、电气石、硅铍石、似晶石、含锂锡石、钽铌铁矿、铌钽铁矿、锰钽铁矿、细晶石、黑钽铀矿、沂

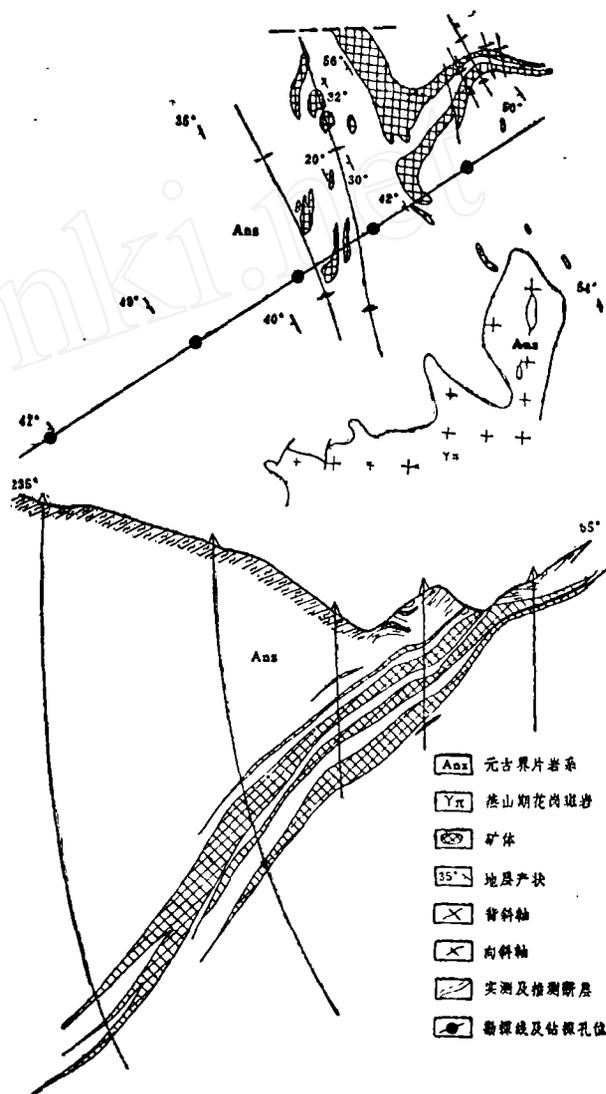


图1 某矿脉地质平剖面示意图

青钼矿、铜钼云母、富钨钼石、磷灰石、钠奥长石、黄玉、刚玉、黄铁矿、磁铁矿、褐铁矿、方铅矿、闪锌矿、软锰矿、石榴石、萤石、榴石、绿帘石、黄铜矿、钛铁矿、天兰石和

表1

矿 物	Nb ₂ O ₅ , %	Ta ₂ O ₅ , %
锰钽铁矿 (暗红色)	22.72	54.34
(紫红色)	20.72	49.38
(桔黄色)	27.22	57.59
钽铌铁矿	51.68	25.99
含钽锡石	0.213	2.95
细 晶 石	4.23	62.67
富铪锆石	ZrO ₂ 51.06	HfO ₂ 10.05

白钨矿等。主要工业矿物钽铌含量如表1。

伟晶岩的岩石化学成分特点是：富SiO₂，随钠质交代作用增强而略有降低；Al₂O₃过饱和，随钠质交代作用增强而稍有增高；富K、Na，贫CaO、MgO、FeO、MnO，富TiO₂；富B、F、P、H₂O等挥发分。

伟晶岩具有花岗伟晶结构、细晶相（钠长石化）结构及交代残余结构；块状构造、似角砾状构造、交代残余条带状构造。区域动力作用和交代作用形成的条带构造显著，原生结晶阶段与交代蚀变阶段的各种伟晶岩矿物带呈带状交互出现，形成典型的条带状构造；其形态呈断续条带状、透镜状。钠长石条带宽几厘米至10~15厘米不等，单体石英形成1至几毫米的细微条带。这些条带的结构构造外观同石英云母片岩和石英钠长石片岩极为相似，条带走向与围岩片理基本一致，厚度沿倾向、走向很不稳定。这些条带与围岩片理形成于同一构造期*。

共生分带和矿床类型

根据伟晶岩的矿物成分、共生组合及其相互关系、形成时间顺序，划分出六个伟晶岩带。

1. 石英-微斜长石带：一般呈交代残留体与其他伟晶岩带交替出现，有时构成伟晶岩的核部。微斜长石呈粗晶或块状体，石英

* 根据邻区伟晶岩同位素年龄测定：一为361×10⁶年，一为352×10⁶年，矿区的伟晶岩受褶皱控制，为同一构造期产物，应属古生代成矿期。

呈不规则长条状或块状。残留的钠奥长石极少，微斜长石均有程度不同的钠长石化。

2. 石英-锂辉石-微斜长石带：本带除所列矿物外，还有白云母、磷锂铝石、磷灰石、绿柱石和钽铌铁矿。微斜长石呈粗晶块体，常见被锂辉石、含铷白云母交代呈残余体（图2）。锂辉石多为中细粒板状、柱状体。磷锂铝石呈团块状、块状与绿柱石、含铷白云母等共生。绿柱石呈柱粒状、不规则块状与锂辉石、磷锂铝石共生。钽铌铁矿多呈粗晶厚板状，赋存于石英、锂辉石内（图3）。钠奥长石被锂辉石交代。

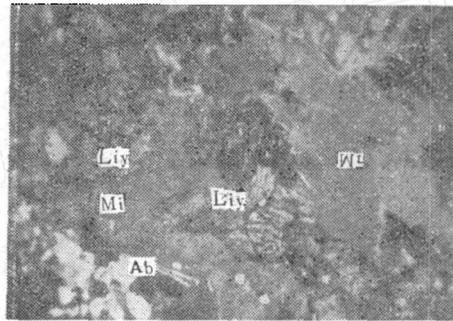


图2 微斜长石(Mi)被锂辉石(Liy)交代，锂辉石又被含铷白云母(Wr)交代，三者全为钠长石(Ab)交代 正交偏光×16

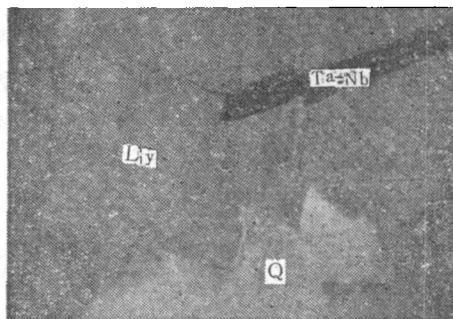


图3 伟晶期钽铌铁矿(Ta-Nb)呈板条状自形晶包裹于锂辉石(Liy)中 单偏光×12

3. 石英-钠长石带：本带交代早期带，并与其交替相间，构成伟晶岩极为特征的条带状构造。石英、钠长石呈平行、次平行状排列。钠长石含量有时可达98%，形成单矿物条带。按其生成顺序和形态可分为两种：生成较早的呈板条状、叶片状，长石号为2~6，自形，颗粒长轴0.5~1.5毫米，长短轴之比为2~4。生成较晚的呈板粒状、

等轴粒状，颗粒小于0.2毫米，以前者为主。共生矿物有铌钽铁矿、锰钽铁矿、含钽锡石、细晶石、富铈锆石及硅铍石等。本带一般占伟晶岩体积的5~10%，有的矿脉几乎全由此带组成。

4. 细鳞片云母-石英带：形成晚于上带，两带分布关系密切，也以交代形式进入其他各带，分散于伟晶岩中。分布具方向性，呈细鳞片花岗变晶结构。共生矿物有含钽锡石、铌钽铁矿和含铷云母。

5. 腐锂辉石-石英带：为锂辉石、磷锂铝石被交代的产物，成分上常交代不全，形态上保存原矿物外形。是早期石英-锂辉石带的变种。共生矿物有白云母和锂电气石。

6. 腐锂辉石-钠长石-微斜长石-石英带：为分布最广的一个带，是原生结晶作用阶段与多次交代蚀变作用两重或多重相迭加的产物。早期带被晚期带切割成残余体，不等粒结构。钠长石呈面式、线式或不规则脉状交代微斜长石、锂辉石。矿物大小悬殊，排列凌乱。钠长石多至50%以上，少至5%以下。早期残留稀有矿物有锂辉石、绿柱石等，晚期晶出者有含钽锡石、锰钽铁矿。本带发育程度可占伟晶岩体积的80~90%。

上述第1带分布在石英-锂辉石带下部，铷、铯含量高。第2带多分布于伟晶岩脉的中或中下部，以富锂为特征。第3、4带常分布于上述二带上部，交代迭加早期带，稀有矿物具综合性。强钠长石-石英带分布于接触带内侧，上盘厚度大，铌、钽、锡剪含量高。

本区伟晶岩属不分带或弱分带伟晶岩，后期交代作用普遍、强烈。根据不同共生矿物带、主要稀有元素、特征矿物和交代作用，可划分为三种矿床类型（表2）。

伟晶作用的地球化学阶段和成矿作用

本区伟晶岩的形成可分为两个阶段：

（一）原生结晶作用阶段：钠奥长石为结晶最早的钠长石化产物，常被石英熔蚀成

浑圆状或被微斜长石、磷锂铝石、锂辉石等矿物强烈交代。

早期形成微斜长石，少量铌钽铁矿形成于微斜长石之后，或见赋存于锂辉石中。铍的工业矿物绿柱石是本阶段的产物，其晶出在微斜长石后，常呈残晶保存在后期交代体中。石英微斜长石带BeO含量可达0.207%，而受强烈交代的伟晶岩带仅为0.024%。本阶段晶出的铷、铯工业矿物为白云母和微斜长石，本区第Ⅲ类型伟晶岩中Rb₂O含量可达工业要求，Cs₂O为0.005~0.008%，Ga为0.003%。其中以石英-微斜长石带中的铷、铯含量最高。此外，本阶段见有少量巨晶状锡石与含铷白云母共生。

早期锂形成工业矿物锂辉石、磷锂铝石。石英-锂辉石带Li₂O含量可达2.7%，含锂矿物被交代使Li₂O含量显著降低，强交代的石英-锂辉石带Li₂O为0.012%。

（二）交代蚀变作用阶段：按交代作用先后可分为钠长石化、云英岩化、硅化、腐锂辉石化及硅质细脉五个作用。

钠化引起稀有金属富集，形成铌钽铁矿、锰钽铁矿、含钽锡石、细晶石和黑钽铀矿等主要工业矿物。强烈交代的第Ⅱ类型伟晶岩Nb₂O₅、Ta₂O₅含量可达工业要求，Ta₂O₅/Nb₂O₅为2.75。可见钽主要富集于伟晶岩形成的钠长石化期（图4）。本区第Ⅲ类型伟晶岩Ta₂O₅与Nb₂O₅之比等于0.56。

(Nb+Ta)₂O₅金属平衡结果，呈分散状态的很少，形成铌钽矿物的元素量占原矿铌钽总量的81.52%。据初步观察，等轴粒状、板粒状钠长石富集锰钽铁矿、细晶石；叶片状、板条状钠长石富集铌钽铁矿；云英岩化、钠长石化富集含钽锡石（图5）。

云英岩化作用形成了鳞片状白云母和石英集合体，并有含钽锡石富集。本区伟晶岩外接触带有铷、铯、铷的富集，主要与伟晶岩的交代作用及围岩性质有关。气成热液的云英岩化溶解早期微斜长石、白云母及锂辉石等矿物，使铷、铯、铷浓度增高；通过离子置换进入围岩矿物（主要是黑云母）中，

表 2

矿床类型	主要矿物含量, %				特征矿物	稀有矿物	矿物共生带	形状
	微斜长石	锂辉石	石英	钠长石				
(I) 钠长石-微斜长石伟晶岩*	25~30	10~15	20~25	5~10	团块状绿柱石 磷锂铝石 锂辉石 含铷白云母	绿柱石 磷锂铝石 锂辉石 含铷白云母 铌钽铁矿	1. 石英-钠奥长石带 2. 石英-微斜长石带 3. 石英-锂辉石(磷锂铝石-绿柱石)-微斜长石带 4. 石英-钠长石带 5. 细鳞片白云母-石英带	透镜状 脉状
(II) 钠长石伟晶岩	2~5	5~10	30~35	45~90	等轴粒状钠长石, 板条状、叶片状钠长石	细晶石 锰钽铁矿 含钼锡石 黑钽铀矿	1. 石英-叶钠长石-锂辉石带 2. 石英-等轴粒状、板状钠长石带 3. 细鳞片白云母-石英带	脉状 透镜状
(III) 钠长石-锂辉石伟晶岩	5~8	20~35	35~40	30~35	浅绿色白云母 锂辉石, 板条状 叶片状钠长石	锡石 锂辉石 铌钽铁矿 铌钽铁矿	1. 石英-微斜长石带 2. 石英-锂辉石-微斜长石带 3. 石英-钠长石带 4. 细鳞片白云母-石英带 5. 腐锂辉石-石英带 6. 腐锂辉石-钠长石-微斜长石-石英带	似层状

* 本类型大脉未勘探, 数据仅供参考。

形成稀碱金属“扩散晕”。晚期锂化见少量透锂长石、锂电气石和腐锂辉石。

本区伟晶岩中绝大部分稀碱金属矿物因强烈交代蚀变和混入元素含量、存在状态等条件的影 响, 均失去鲜艳色调而呈灰白色。各种交代蚀变作用引起了不同稀有元素的富集或贫化。钠长石化使铌、钽、锡富集, 使锂、铷、铯贫化; 腐锂辉石化使锂贫化而铷富集。本区伟晶岩中90% (体积) 以上有不同程度的钠长石化。伟晶岩脉上下部钠长石化比中心部位强, 上部比下部强, 小脉比大脉强, 复式折皱背斜部位比向斜部位强。第 III 类型伟晶岩钠长石平均含量为30—50%,

第 II 类型伟晶岩高达90%。本区伟晶岩交代作用类型及强度与伟晶岩的延伸无关, 即矿化作用与伟晶岩的延伸无关。

综上所述, 本区伟晶岩原生结晶作用阶段的 Na(Ca)-K-Li 作用强度依次增加, 其代表矿物分别为钠奥长石、微斜长石及锂辉石, 带出的主要稀有元素有锂、铍、铷、铯。交代蚀变作用阶段的 Na-K-Li (K, Rb, Cs) 作用强度依次减弱, 其代表矿物分别为板条状、叶片状钠长石, 细鳞片白云母和透锂长石、腐锂辉石, 带出的主要稀有元素有铌、钽、锡。(表 3)

应当指出, 本区伟晶作用各阶段发育程

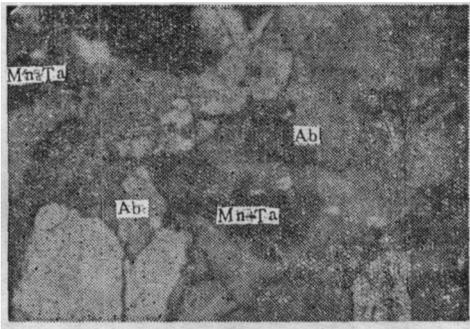


图4 锰钽铁矿 (Mn-Ta) 呈他形粒状分布于交代阶段板粒状钠长石 (Ab) 中 正交偏光 $\times 32$

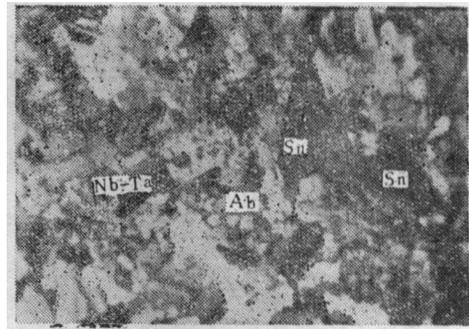


图5 锡石 (Sn) 呈自形细粒状, 常发育有心状双晶与微粒状钽钼铁矿 (Nb-Ta) 分布于叶片状钠长石 (Ab) 中 正交偏光 $\times 16$

度并不一致, 早期钠化和晚期锂化不发育, 原生结晶作用阶段后期(碱金属钾-锂作用)及蚀变交代作用阶段早期(碱金属钠钾化)是主要发育期, 也是稀有金属最主要的成矿作用期。本区部分伟晶岩脉稀有元素富集程

度研究表明, 铌在各类型矿床中变化不大, 钽以第Ⅰ类型含量最高, 第Ⅱ类型伟晶岩中铌大于钽。锂、铍在第Ⅰ、Ⅱ类型伟晶岩中含量最高, 第Ⅲ类型最低。本区铯不发育。

表3

伟晶岩形成阶段	作用	强度	碱金属	主要岩石类型	交代蚀变作用	标型矿物	主要共生元素	稀有矿物
原生结晶作用阶段	花岗伟晶岩作用	加 强 ↓	Ca (Na)	(极少量石英) 钠奥长石		钠奥长石		
			K	石英-微斜长石		微斜长石 白云母	Rb (Cs)	含铷白云母、含铷钽微斜长石、绿柱石
			Li	石英-锂辉石-微斜长石		锂辉石	Li (Be)	磷锂铝石、绿柱石、铌钽铁矿
交代蚀变作用阶段	气成热液交代作用	减 弱 ↓	Na	石英-钠长石-锂辉石-微斜长石-石英	钠长石化	叶片状、板条状钠长石	Ta, Nb, Sn (Zr Hf)	钽钼铁矿、钽钼铁矿、细晶石、含钽锡石、富铍锆石、硅铍石
			K	细鳞片白云母-石英	云英岩化	细鳞片白云母	Nb, Ta, Sn, Rb, (Cs)	钽钼铁矿、钽钼铁矿、含钽锡石、含铷白云母
	热液交代作用	K (Rb, Cs, Li)	腐锂辉石-石英 腐锂辉石-钠长石-微斜长石-石英 含锂电气石-腐锂辉石-石英	锂电气石化	锂电气石 透锂长石	Rb (Li, Cs)	锂电气石	