

东准噶尔萨北锡矿 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年 及地质意义

林锦富^{1,2} 喻亨祥¹ 吴昌志^{2,3} 苏文⁴ 郭静粉¹

(1. 桂林工学院矿产资源勘查与经济评价研究所, 广西 桂林 541004; 2. 南京大学地球科学系幔壳演化与成矿作用研究国家重点实验室, 江苏 南京 210093; 3. 新疆大学地质与勘查工程学院, 新疆 乌鲁木齐, 830046;

4. 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100029)

摘要: 萨北锡矿偏碱性黑云母花岗岩中锡石石英脉的 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年表明, 该矿床的锡成矿年龄为 (324.2 ± 3.4) Ma, 与老鸦泉—红土井子和苏吉泉黑云母花岗岩体的成岩年龄 $(358.6 \text{ Ma} \sim 304 \pm 2 \text{ Ma})$ 相当; 明显早于萨北富碱花岗岩的成岩年龄 $(306 \pm 3 \text{ Ma} \sim 314 \pm 5 \text{ Ma})$ 和富碱花岗岩体中的锡石(碱性角闪石)石英脉成矿年龄 $(263.6 \pm 3 \text{ Ma} \sim 307 \pm 11 \text{ Ma})$ 。因此, 萨北矿区至少存在两期锡矿化, 而且这两期锡矿成矿时代与东准噶尔后碰撞深成岩浆活动的两个时段年龄 $(330 \sim 310 \text{ Ma}$ 和 $305 \sim 280 \text{ Ma})$ 和新疆北部后碰撞 3 个成矿高峰期年龄 $(340 \sim 330 \text{ Ma}, 300 \sim 285 \text{ Ma}, 270 \sim 260 \text{ Ma})$ 相吻合。由此可见, 萨北锡矿具成矿多期性, 并且与偏碱性黑云母花岗岩—富碱花岗岩岩浆演化关系密切, 萨北锡矿区两类锡矿及其赋矿的碱性花岗岩都是新疆北部晚古生代后碰撞岩浆—成矿活动的产物; 卡拉麦里地区可能存在与晚古生代后碰撞碱性花岗岩质岩浆有关的锡矿成矿系统。

关键词: 多次锡矿化; SHRIMP 锆石 U-Pb 测年; 锡石石英脉; 黑云母花岗岩; 萨北锡矿; 东准噶尔

中图分类号: P597+.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-3657(2008)06-1197-09

东准噶尔富碱花岗岩带由卡拉麦里富碱性花岗岩带(南带)、乌伦古富碱性花岗岩带(中带)、布尔根富碱性花岗岩带(北带)组成^[1](图 1)。其中卡拉麦里富碱性花岗岩带(图 2)主要由偏碱性黑云母花岗岩和含碱性角闪石的富碱性花岗岩组成, 是准噶尔巨型锡矿带^[2]的重要组成部分, 拥有新疆迄今发现的 4 个成型锡矿床即萨惹什克北锡矿, 简称萨北锡矿(下同)为中型, 贝勒库都克、干梁子、卡姆斯特锡矿为小型, 是近年来研究后碰撞构造—岩浆—成矿的热点地区, 前人^[1-12]对富碱性花岗岩与其中的锡石碱性角闪石石英脉做了大量的同位素年代学研究(表 1), 然而, 黑云母花岗岩中的锡石石英脉的研究却几乎是空白。为此, 笔者以萨北锡矿为研究对象, 采用 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年法厘定黑云母花岗岩中

的锡石石英脉的成矿时代, 并讨论其地质意义。

1 区域地质概况

卡拉麦里造山带位于东天山北部, 中亚造山带中部, 其北侧为西伯利亚板块, 南侧为准噶尔—吐哈地块, 与东侧的哈尔里克造山带构成吐—哈陆块北缘的晚古生代火山弧^[3]。东准噶尔后碰撞阶段为早石炭世维宪期至晚二叠世^[4], 形成与铜、金成矿系列有关的钙碱性花岗岩和与锡成矿有关的富碱花岗岩。

卡拉麦里富碱花岗岩体分为老鸦泉、贝勒库都克、黄羊山、苏吉泉和萨北等 5 个超单元, 前 3 个超单元为一个超单元组合, 后两个为一个超单元组合^[1]。

卡拉麦里碱性花岗岩带的岩性变化呈带状特征(图 2), 即靠近卡拉麦里断裂带的是偏碱性黑云母花

收稿日期: 2008-10-23; 改回日期: 2008-11-19

基金项目: 国家重点基础研究发展规划项目(2001CB40980603; 2006CB403500)和“有色及贵金属隐伏矿床教育部工程研究中心”资助。

作者简介: 林锦富, 男, 1962 年生, 教授, 总工, 博士生, 主要从事矿床学, 资源经济学教学与研究; E-mail: linjinfu@yaho.com.cn & linjinfucn@hotmail.com。

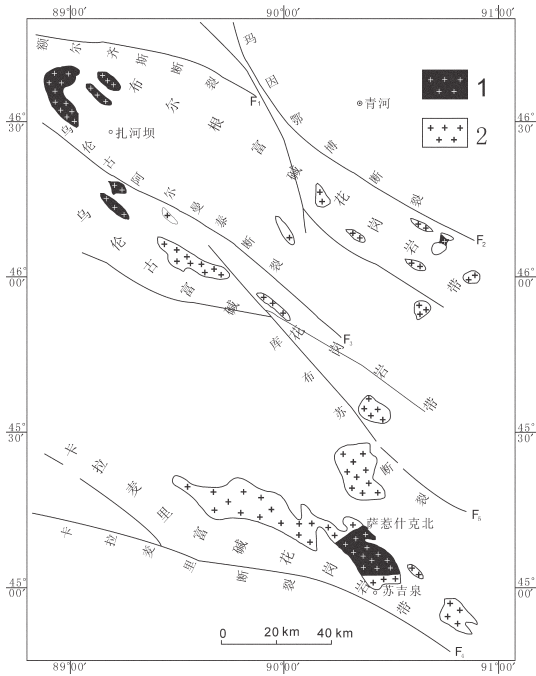


图1 东准噶尔富碱花岗岩带略图

1—富碱花岗岩;2—黑云母花岗岩

Fig.1 The sketch of alkali-enriched granites belt in Eastern Junggar

1- Alkali-enriched granite;2-Granitite

岗岩 (喀拉萨依—卡姆斯特→老鸦泉—红土井子→贝勒库都克→苏吉泉岩体);远离卡拉麦里断裂带的是富碱花岗岩体 (干梁子—黄羊山富碱花岗岩体→萨北富碱花岗岩体)。

成岩成矿年代学结果表明(表1)卡拉麦里花岗岩带中偏碱性黑云母花岗岩成岩时代为 358.6 Ma~(304±2) Ma,平均年龄 328 Ma;以钠(铁)闪石花岗岩为代表的富碱花岗岩成岩时代为 314±5 Ma~290.7 Ma,平均年龄 305 Ma;萨北富碱花岗岩中锡石碱性角闪石石英脉年龄(263.6±3) Ma~(307±11) Ma,贝勒库都克黑云母花岗岩中锡石石英脉年龄(296.3±26) Ma。

总之,自卡拉麦里断裂带往 NE 方向,花岗岩体岩性成分由偏碱性黑云母(角闪石)花岗岩演化为富碱性钠(铁)闪石花岗岩;内生成因锡矿化类型由以黑云母花岗岩为围岩的锡石(白云母)石英脉型和云英岩型演化为以富碱性花岗岩为围岩的锡石碱性角闪石石英脉型。

2 矿床地质特征

1987 年国家 305 项目 IV-I 课题组发现萨北锡矿,新疆地矿局第一大队于 2001 年确认它为中型锡

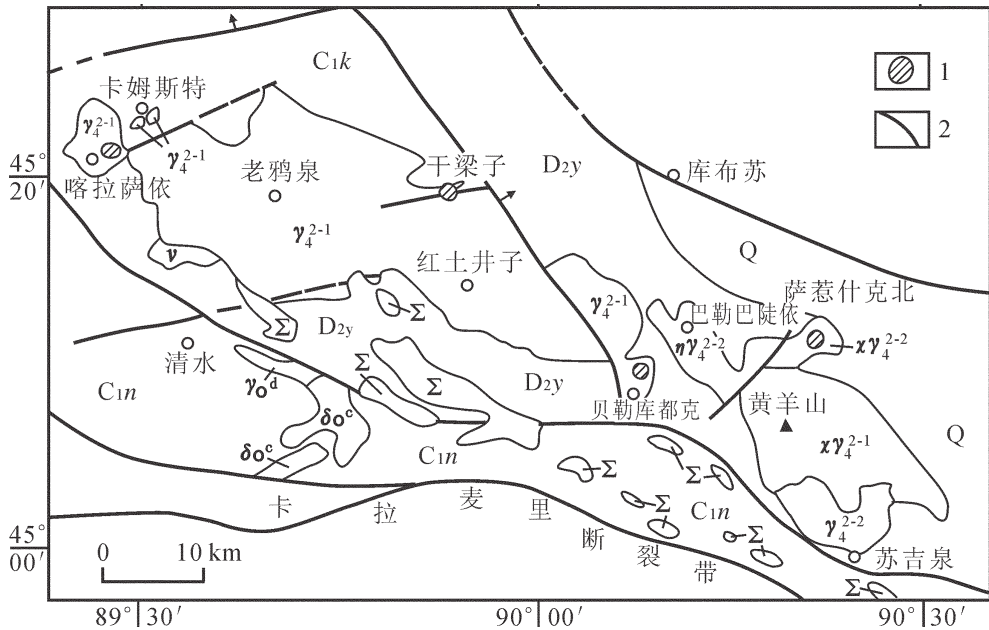


图2 卡拉麦里富碱花岗岩带区域地质图(据参考文献[1]修改)

Q—第四系; C_{1k}—下石炭统卡姆斯特组; C_{1n}—下石炭统南明水组; D_{2y}—中泥盆统蕴都卡拉组; γ_4^{2-1} —黑云母花岗岩; $\chi \gamma_4^{2-1}$ —富碱花岗岩; γ_4^{2-2} —角闪二长花岗岩; $\eta \gamma_4^{2-2}$ —角闪二长花岗岩; δ^d —斜长花岗岩; δ^s —石英闪长岩; Σ —超基性岩; ν —辉长岩; 1—锡矿床/点; 2—断层

Fig.2 Regional geological sketch map of the Kalamaili alkali-enriched granites belt[1]

Q—Quaternary; C_{1k}—Lower Carboniferous Kamusite Zu; C_{1n}—Lower Carboniferous Nanningshui Formation; D_{2y}—Middle Devonian Yundukala Formation; γ_4^{2-1} —Granitite; $\chi \gamma_4^{2-1}$ —Alkali-enriched granite; γ_4^{2-2} —Hornblende-granite; $\eta \gamma_4^{2-2}$ —Hornblende-monzonitic granite; δ^d —Plagioclase granite; δ^s —Quartz-diorite; Σ —Ultrabasic rock; ν —Gabbro; 1—Tin ore-deposit; 2—Fault

表 1 卡拉麦里花岗岩体及锡矿的成岩成矿同位素年龄
Table 1 The isotopic ages of the granite and tin ore deposits in Kalamaili

岩体名称	测试对象	测定方法	年龄/Ma	参考文献
老鸦泉黑云母花岗岩	全岩	Rb-Sr 等时线	330.2±2.83	[10]
老鸦泉黑云母花岗岩	黑云母	K-Ar 法	338.6	[6]
干梁子富碱花岗岩锡石石英脉	石英	流体 Rb-Sr 等时线	305±25	[9]
干梁子富碱花岗岩	全岩	Rb-Sr 等时线	307±20	[9]
红土井子黑云母花岗岩	锆石	单颗锆石蒸发	312.1±5.6	[5]
贝勒库都克黑云母花岗岩	锆石	单颗锆石蒸发	313	[11]
贝勒库都克黑云母花岗岩锡石石英脉	白云母	K-Ar 法	296.3±26	[8]
苏吉泉黑云母花岗岩	锆石	LA-ICP MS U-Pb	304 ±2	[7]
苏吉泉北黑云母花岗岩 (2 样品)	全岩	Rb-Sr 等时线	336.5 和 358.6	[6]
黄羊山富碱花岗岩 (2 样品)	锆石	LA-ICP MS U-Pb	302±2, 310±4	[12]
黄羊山富碱花岗岩	钠铁闪石	K-Ar 稀释法	290.7	[1]
萨北富碱花岗岩 (2 个样品)	锆石	SHRIMP	313±2 和 314±5	[3]
萨北富碱花岗岩	锆石	SHRIMP	306±3	[4]
萨北富碱花岗岩中锡石石英脉	辉钼矿	Re-Os	307±11	[4]
萨北黑云花岗岩锡石石英脉	锆石	SHRIMP	324.2±3.4	本文
萨北含锡钠闪石花岗岩	锆石	单颗粒蒸发法	290±11	[1]
萨北富锡石钠闪石石英脉	锆石	U-Pb 法	263.6±3	[5]

矿床。目前已建设完整的 9 号矿脉开拓系统,其露天开采和坑道开采的年生产能力达万吨。

2.1 矿区地质简况

矿区出露地层为中泥盆统蕴都卡拉组 (D_{2y}) 凝灰质粉砂岩、凝灰岩和玄武岩。华力西中期花岗岩侵入其中,岩体接触带产状变化大,南侧产状倾向 210~240°,倾角 50~70°,北侧产状不稳定,倾角陡,岩体呈岩基状,平面形状不规则,面积 32 km²。中泥盆统蕴都卡拉组零星分布于矿区东南角(图 3),接触带多具角岩化,矿化不明显。

矿区构造简单。区内构造受库普、清水—苏吉泉两大断裂带制约,构造线方向以 NE 向和近 EW 向为主。NE 向断层发育于矿区中部,走向 NE30~40°,倾向 SE,倾角 55~75°,地表长 50~180 m,断层破碎带宽 0.5~4 m,充填有规模较小的锡石(碱性角闪石)石英脉。矿区北部的近 EW 向断层控制主矿体 9 号矿脉的形态产状。

萨北锡矿花岗岩体由黑云母花岗(斑)岩、钠闪石花岗(斑)岩、钠铁闪石花岗岩、钠闪石-钠铁闪石花岗岩等组成,属于萨北超单元。萨北超单元包括 4 个单元:即细粒钠铁闪石花岗岩(第一单元),中细粒钠铁闪石花岗岩(第二单元),中粗粒钠铁闪石花岗岩(第三单元)和斑状钠铁闪石花岗岩(第四单元),是同源碱性花岗岩浆先后 4 次脉动侵入形成^[1]。

第一单元:细粒钠铁闪石花岗岩主要分布于萨

北岩体的东南部,与南边的黄羊山岩体呈侵入接触关系。岩石呈灰白色,具有细粒花岗结构,块状构造,由钾长石(55%)、石英(30%)、钠长石(5%)、钠闪石(7%)等组成。交代现象明显,常见石英和钾长石交代形成的交代蠕英结构,局部有钠长石交代钾长石的净边结构和斜长石石英文象结构。

第二单元:中细粒钠铁闪石花岗岩,为淡红色-灰白色,中细粒花岗岩结构,块状构造,主要有钾长石(60%)、石英(30%)、斜长石(30%)。暗色矿物有钠闪石(2%)、钠铁闪石(2%)及少量黑云母。文象结构和蠕英结构发育,局部见净边结构。

第三单元:中粗粒钠铁闪石花岗岩以肉红色为主,少量灰白色,中粗粒花岗岩结构,块状构造,主要矿物有钾长石(60%)、石英(30%)、钠长石(1%)。暗色矿物主要为钠铁闪石及少量黑云母、钠闪石和霓石,钾长石为条纹长石,微斜条纹长石,斜长石 An<5,常见钾长石交代钠长石和石英交代钾长石。

在本单元中分布有黑云母花岗岩捕虏体和片麻状黑云母花岗岩残留体,岩性成分均与区域上广泛分布的偏碱性黑云母花岗岩相当;前者与碱性花岗岩之间有明显的界线,岩石呈灰白色,地表出露面积大小不一;后者与碱性花岗岩之间界线模糊,岩石浅黄色-灰白色,花岗结构,片麻理十分发育,矿物成分中钾长石含量约为 25%,主要是微斜条纹长石和条纹长石,其次为正长石;钠长石为他形,含量为

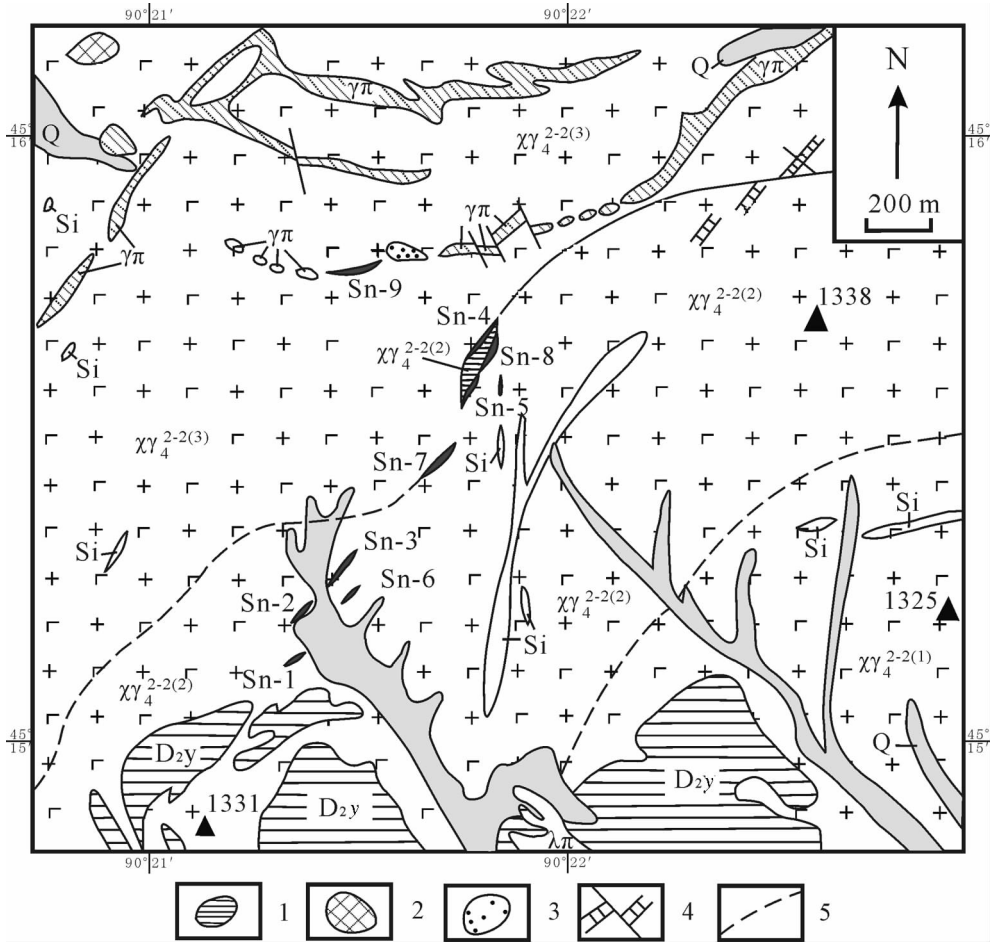


图3 萨北锡矿地质图(据参考文献[1]修改)

Q—第四系; $\chi \gamma^{2-2}$ —钠闪花岗岩; $\gamma \pi$ —钠闪花岗岩斑岩; $\lambda \pi$ —花岗岩斑岩; D_{2y} —中泥盆统蕴都卡拉组; Si—石英脉; Sn-2—锡矿脉编号; 1—斑状钠闪石花岗岩; 2—黑云母花岗岩捕掳体; 3—黑云母花岗岩残留体; 4—断层; 5—花岗岩单元界线

Fig.3 Geological map of the Sabei tin ore-deposit[1]

Q-Quaternary; $\chi \gamma^{2-2}$ -Ekerite; $\gamma \pi$ -Riebeckite granophyre; $\lambda \pi$ -Granite-porphphyry; D_{2y} -Middle Devonian Yundukala Zu; Si-Quartz vein; Sn-2-Tin ore vein number; 1- Porphyritic riebeckite-granite; 2 -Granite xenolith; 3-Granite relics; 4 -Fault 5-Granite -cell borderline

20%,交代结构;更长石约为 15%;石英约为 32%,具明显的波状消光;黑云母约为 6%。

第四单元:斑状钠铁闪石花岗岩是超单元岩浆演化晚期的脉岩,以钠闪石花岗斑岩脉为主,其次是黑云母花岗斑岩,常呈 NE-NNE 向产于钠闪石-钠铁闪石花岗岩中。钠闪石花岗斑岩呈 NNE 向椭圆形小岩枝,穿插在第一单元的钠闪石花岗岩体中,其东西两侧和钠闪石花岗岩接触部位有一些 NE-NNE 向小型破碎带和锡石石英脉。岩石呈灰白色-浅红色,具斑状结构,斑晶含量 10%~30%,斑晶为早世代的石英和长石;基质由细粒长石和石英组成,钠

长石多呈细粒浸染状分布在基质中,与锡矿化关系密切。

2.2 矿体地质特征

萨北锡矿体类型包括锡石(碱性角闪石)石英脉(围岩是富碱花岗岩),锡石石英脉(围岩为黑云母花岗岩),锡石云英岩,含锡石蚀变富碱花岗岩和砂锡矿类型,与卡姆斯特锡矿床^[1]和干梁子锡矿床^[2]地质特征相似。矿区范围内有 12 条锡石(碱性角闪石)石英脉和含锡花岗斑岩型矿体,矿床规模为中型。9 号、4 号、3 号矿脉为主要矿体,其中 9 号矿体储量(333)占总储量的 35%。

9 号矿脉为锡石碱性角闪石石英脉分布于矿区北部,赋存于中细粒钠闪石花岗岩(第二单元)中,受 NEE 向构造控制,地表断续出露长度 160 m,走向 NE60~80°,倾向南,倾角 75~83°。主要有两条含锡石(碱性角闪石)石英脉,单脉厚度 1.90 m,矿脉长 114 m,含锡品位 0.8%~1.75%;东段矿脉长 25 m,厚 2 m,平均品位为 1.07%。锡石多呈棕褐色,黑褐色,晶型不完整,多呈短柱状集合体,粒径 0.5~1 cm,很不均匀。矿脉的延伸长度大于走向长度,单工程(钻孔)品位最低为 0.037%,最高为 0.95%,工程控制斜深为 184.87 m,往下延伸产状稳定,品位较富,围岩蚀变类型主要为硅化/石英化、绢云母化、白云母化,局部有绿帘石化和黄铁矿化,近矿围岩蚀变主要为绢英岩化、硅化。

本次工作在 9 号矿脉东北侧的黑云母花岗岩残留体中发现一条锡石石英脉并取样(锆石样品号 S1),该石英脉厚 20 cm 左右,地表露头延长 150 cm,走向 NE76°,倾角 80°,锡石棕褐色,粒径约为 0.5 mm。

矿床成因类型为岩浆热液锡矿床,围岩蚀变和矿物组合显示其成矿温度为中高温。

3 测试方法

3.1 样品采集

本次工作的 S1 采自 9 号锡矿脉 NE 侧黑云母花岗岩残留体中的含锡石石英脉。S1 矿石有轻度蚀变,样重约 10 kg,机械破碎后经清水淘洗出重砂矿物,然后在双目镜下选出锆石。样品中锆石外形特征主要呈长柱状或短柱状,无色透明,内见细小的包裹体及裂纹,阴极发光图像(图 4)显示锆石发育微弱的振荡环带和扇形环带,有别于萨北富碱花岗岩的锆石清晰的环带特征^[9]。吴元保^[19]等认为不同成因锆石有不同的 Th, U 含量和 Th/U 比值:岩浆成因锆石的 Th, U 含量较高,Th/U 比值较大,一般大于 0.4,萨北锡矿锆石 Th/U 比值为 0.27~1.35(表 2),其中 7 个大于 0.41,平均 0.45,推断主要为热液成因锆石,部分为锡石石英脉捕获黑云母花岗岩中的锆石。

3.2 分析方法

对 S1 样品进行了 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年。有关样品的制备按照宋彪等^[10]提出的方法进行,先将挑选出的锆石和标准样品(SL13 和 TEM)用双面胶置于环氧树脂的样品靶上,用防水细砂纸进行打

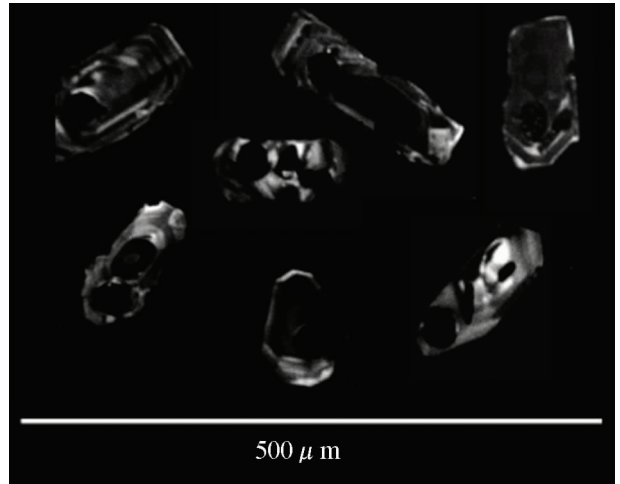


图 4 S1 锡石石英脉中锆石阴极发光图像
Fig.4 CL images for zircons from S1 Cassiterite-bearing quartz vein

磨,至大部分锆石颗粒打磨出中心,再进行抛光,对抛光后的样品进行阴极发光和透反射光照相,便于测定时确定需测定的颗粒位置,上述准备工作完成后,再清洗样品靶,用纯度为 99.999%的金丝进行镀金,以备测定使用。

锆石 SHRIMP 分析在澳大利亚国立大学地球科学研究院 II 型离子探针(SHRIMP II)上进行,测试结果及谐和图的绘制采用中国科技大学陈斌(2006)修正后的 Isoplot2.06^[17](K.R. Ludwig, 1999)完成。数据处理用标准锆石 SL13 校正 U 含量(标准值为 $U=238 \times 10^{-6}$, $t=572$ Ma)。结果中均给出 2σ 误差,采用 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 比值年龄,其置信度为 95%。

3.3 分析结果

对 S1 号样品中 22 个单颗粒锆石分阶段进行了测定(表 2)。获得的年龄一致性图解(图 5)显示,年龄数据集中分布于 310~335 Ma。22 个测点的加权平均年龄为 (324.2 ± 3.4) Ma, MSWD=3.9,代表萨北锡矿黑云母花岗岩中锡石石英脉的成矿年龄。

4 讨论

东准噶尔卡拉麦里碱性花岗岩锡矿带从西到东,花岗岩岩性由偏碱性黑云母花岗岩演化为富碱性闪石花岗岩。西段(卡姆斯特)干梁子锡矿床成矿年龄为 (307 ± 20) Ma~ (305 ± 25) Ma;中段贝勒库都克锡矿床成矿年龄为 (296.3 ± 2.6) Ma;东段的萨北

表 2 萨北锡矿 S1 样品 SHRIMP U-Pb data for S1 zircons from the alkali-rich granite in Sabei
Table 2 SHRIMP U-Pb data for S1 zircons from the alkali-rich granite in Sabei

测点编号	Th/U	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$\pm 2\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 2\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$	$\pm 2\sigma$
s1-01.D	0.41	0.06438	0.00059	0.34964	0.00593	0.05231	0.00045	0.02140	0.00028	123.3	3.1	304.5	7.6	330.5	2.8	428.0	5.5	428.0	5.5
s1-02.D	0.40	0.05199	0.00028	0.38480	0.00302	0.05285	0.00031	0.01628	0.00009	320.9	5.1	330.6	5.5	332.1	1.9	326.5	1.7	326.5	1.7
s1-04.D	0.27	0.05342	0.00031	0.36452	0.00340	0.05187	0.00035	0.01743	0.00018	239.8	4.0	315.6	5.5	326.7	2.1	349.2	3.6	349.2	3.6
s1-07.D	0.34	0.05259	0.00028	0.37878	0.00293	0.05254	0.00030	0.01658	0.00011	298.4	4.7	326.1	5.4	330.4	1.8	332.3	2.1	332.3	2.1
s1-09.D	0.35	0.05250	0.00030	0.37865	0.00312	0.05231	0.00031	0.01641	0.00011	307.4	5.0	326.0	5.6	328.9	1.9	328.9	2.2	328.9	2.2
0s1-10.D	0.35	0.08161	0.00063	0.39279	0.00678	0.05193	0.00043	0.02579	0.00026	406.8	9.3	336.4	8.2	325.6	2.6	514.6	5.0	514.6	5.0
s1-12.D	1.38	0.07323	0.00131	1.22045	0.01404	0.05781	0.00103	0.00923	0.00026	2381	39	810.0	21	319.4	6.2	185.7	5.1	185.7	5.1
s1-14.D	0.38	0.05417	0.00054	0.39220	0.00484	0.05227	0.00038	0.01629	0.00013	388.3	7.3	336.0	6.7	327.9	2.3	326.5	2.5	326.5	2.5
s1-18.D	0.44	0.08903	0.00190	0.43386	0.01583	0.05305	0.00053	0.02513	0.00054	578.5	22	365.9	16	330.8	3.2	501.7	10	501.7	10
s1-22.D	0.48	0.07162	0.00085	0.47442	0.00788	0.05294	0.00048	0.01807	0.00018	774.0	15	394.2	9.0	327.8	2.9	362.1	3.5	362.1	3.5
s1-23.D	0.38	0.05172	0.00030	0.38261	0.00292	0.05247	0.00027	0.01606	0.00010	323.6	5.1	329.0	5.4	329.7	1.7	322.0	1.9	322.0	1.9
s1-28.D	0.27	0.08017	0.00220	0.38275	0.01752	0.05328	0.00046	0.03002	0.00067	290.1	16	329.1	18	335.1	2.9	597.9	12	597.9	12
s1-29.D	0.54	0.07716	0.00094	0.50918	0.00886	0.05381	0.00050	0.01857	0.00032	887.4	19	417.9	11	331.7	3.0	371.8	6.1	371.8	6.1
s1-33.D	0.34	0.06229	0.00053	0.38263	0.00466	0.05176	0.00032	0.01945	0.00024	355.1	6.8	329.0	6.6	325.1	1.9	389.4	4.6	389.4	4.6
s1-06.D	0.58	0.09660	0.00149	0.43537	0.01259	0.05104	0.00047	0.02287	0.00035	669.4	22	367.0	14	317.4	2.8	457.1	6.6	457.1	6.6
s1-11.D	0.40	0.08954	0.00270	0.43114	0.02097	0.05114	0.00058	0.02445	0.00076	644.2	35	364.0	23	318.3	3.5	488.3	14	488.3	14
s1-16.D	0.57	0.08642	0.00150	0.51695	0.01244	0.05074	0.00053	0.01832	0.00058	1038	31	423.1	16	311.0	3.2	367.0	11	367.0	11
s1-19.D	0.47	0.06074	0.00131	0.39960	0.00982	0.04999	0.00044	0.01629	0.00018	528.5	24	341.4	17	312.5	2.7	326.5	3.5	326.5	3.5
s1-25.D	0.38	0.05365	0.00193	0.35026	0.01551	0.04975	0.00109	0.01641	0.00040	243.9	11	304.9	15	313.6	6.7	329.0	8.0	329.0	8.0
s1-26.D	0.50	0.07028	0.00059	0.41003	0.00496	0.05104	0.00027	0.01879	0.00029	539.4	14	348.9	10	318.8	1.7	376.3	5.6	376.3	5.6
s1-30.D	0.40	0.06853	0.00138	0.37939	0.00993	0.04946	0.00028	0.01940	0.00048	437.4	14	326.6	11	310.1	1.7	388.4	9.3	388.4	9.3
s1-31.D	0.45	0.07178	0.00077	0.35921	0.00795	0.05021	0.00059	0.02123	0.00040	281.0	7.5	311.6	8.8	316.1	3.5	424.7	7.8	424.7	7.8

注:澳大利亚国立大学地球科学研究院 SHRIMP II 型离子探针测试,按 Williams(1998)程序处理数据。标准锆石 SL13 校正 U 含量($U=238 \times 10^{-6}$, $t=572$ Ma)。采用陈斌(2006)修正后的处理结果,22 个样品的 $^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$ 加权平均年龄 (324.2 ± 3.4) Ma, MSWD = 3.9。

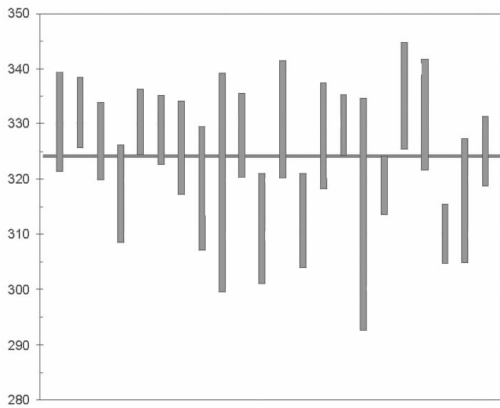


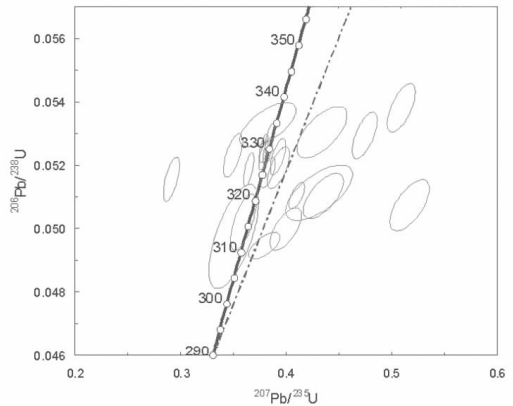
图 5 萨北锡矿黑云母花岗岩中锡石石英脉的锆石 U-Pb 年龄一致图解

Fig.5 SHRIMP U-Pb zircon concordia diagram for the biotite granite from Sabei, Junggar

锡矿主矿体为直接产于碱性铝质 A 型花岗岩体^[7]内的锡石碱性角闪石石英矿脉,锡矿成矿年龄为 $(305 \pm 25) \text{ Ma} \sim (263.6 \pm 3) \text{ Ma}$;可见其成矿时代略晚于以钠(铁)闪石花岗岩为代表的富碱性花岗岩成岩时代 $(314 \pm 5 \text{ Ma} \sim 290.7 \text{ Ma})$;总的看来,越往西黑云母花岗岩的分布面积越大,富碱性花岗岩的分布面积越少,锡矿成矿时代越早。本次工作测定萨北黑云母花岗岩中的锡石石英脉成矿年龄为 $(324.2 \pm 3.4) \text{ Ma}$,明显早于萨北富碱花岗岩成岩年龄 $(306 \pm 3 \text{ Ma}; 313 \pm 2 \text{ Ma}; 314 \pm 5 \text{ Ma})$ ^[3,4],与卡拉麦里花岗岩带偏碱性黑云母花岗岩成岩时代(表 1,平均年龄 328 Ma)吻合,与苏吉泉黑云母花岗岩超单元成岩年龄 $(358.6 \sim 304 \pm 2 \text{ Ma})$ 和黄羊山—贝勒库都克—老鸦泉花岗岩超单元组合的成岩年龄 $(291 \pm 3 \text{ Ma} \sim 358.6 \text{ Ma})$ 十分相近,说明萨北锡矿成矿作用延续时间长,具有多期多阶段性,与王京彬等^[16]提出的新疆北部后碰撞 3 个成矿高峰期 $(340 \sim 330 \text{ Ma}, 300 \sim 285 \text{ Ma}, 270 \sim 260 \text{ Ma})$ 相吻合;也与韩宝福等^[18]认定的东准噶尔后碰撞深成岩浆活动两个时段 $(330 \sim 310 \text{ Ma}$ 和 $305 \sim 280 \text{ Ma})$ 相对应。由此可见,萨北锡矿两次锡矿成矿作用都同属于新疆北部后碰撞构造—岩浆—成矿活动的产物,与后碰撞岩浆活动期形成的偏碱性黑云母花岗岩—碱性花岗岩体在时间空间分布上有密切的联系。

5 结论

综上所述,以 SHRIMP 锆石 U-Pb 精确测年法测得萨北锡矿黑云母花岗岩残留体中锡石石英脉成



矿年龄为 $(324.2 \pm 3.4) \text{ Ma}$,与卡拉麦里碱性花岗岩带偏碱性黑云母花岗岩成岩时代相近,黑云母花岗岩残留体与区域上大面积分布的黑云母花岗岩不仅岩性特征相似,而且两者在时间空间分布上都密切相关。

从两期锡矿化成矿年代与东准噶尔后碰撞深成岩浆活动两个时段年龄 $(330 \sim 310 \text{ Ma}$ 和 $305 \sim 280 \text{ Ma})$ 和新疆北部后碰撞 3 个成矿高峰期年龄 $(340 \sim 330 \text{ Ma}, 300 \sim 285 \text{ Ma}, 270 \sim 260 \text{ Ma})$ 相吻合的事实推断,萨北乃至卡拉麦里地区的锡矿化活动与该区偏碱性黑云母花岗岩—富碱性花岗岩岩浆演化在时间空间上密切相关,可能存在晚古生代后碰撞碱性花岗岩质岩浆有关的锡矿成矿系统。

致谢:谨以此文祝贺胡受奚先生 80 寿辰。感谢澳大利亚国立大学地球科学研究院承担 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年。真诚感谢南京大学城资系刘绍文博士、中国科技大学陈福坤研究员、中国地质大学余心起教授、广州地球化学研究所梁华英研究员的指导与帮助!

参考文献(References):

- [1] 刘家远,袁奎荣,吴郭泉,等.新疆东准噶尔富碱花岗岩类及其成矿作用[M].长沙:中南工业大学出版社,1996.
Liu Jiayuan, Yuan Kuirong, Wu Guoquan, et al. A Study on Alkali-rich granites and related mineralization in Eastern Junggar, Xinjiang, China[M]. Changsha: Central South University Publishing Company, 1996(in Chinese with English abstract).
- [2] 田培仁.浅释新疆钨锡矿[J].新疆有色金属,1990,(2):27-32.
Tian Peiren. Simple explanation about W-Sn ore deposits in Xinjiang [J]. Nonferrous metal in Xinjiang, 1990, (2): 27-32 (in Chinese with English abstract).

- [3] 林锦富, 喻亨祥, 余心起, 等. 新疆东准噶尔萨北富碱花岗岩 SHRIMP 锆石 U-Pb 测年及地质意义[J]. 岩石学报, 2007, 23(8): 1876-1884.
Lin Jinfu, Yu Hengxiang, Yu Xinqi, et al. Zircon SHRIMP U-Pb Dating and geological implication of the Sabei alkali-rich granite from Eastern Junggar of Xinjiang, NW China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(8):1876-1884 (in Chinese with English abstract).
- [4] 唐红峰, 屈文俊, 苏玉平, 等. 新疆萨惹什克锡矿与萨北碱性 A 型花岗岩成因关系的年代学制约[J]. 岩石学报, 2007, 23(8), 1989-1997.
Tang Hongfeng, Qu Wenjun, Su Yuping, et al. Genetic connection of Sareshike tin deposit with the alkaline A-type granites of Sabei body in Xinjiang: constraint from isotopic ages [J]. Acta Petrologica Sinica, 2007, 23(8):1989-1997 (in Chinese with English abstract).
- [5] 田慧新. 花岗岩系列[C]//张以熔等著. 东准噶尔地质及金锡矿产研究. 北京:地震出版社, 1992:90-123.
Tian Huixin. The granite suite[C]//Zhang Yirong, et al(eds). Geology and gold and tin deposit of East Junggar. Beijing:Seismic Press, 1992: 90-123(in Chinese with English abstract).
- [6] 新疆地矿局第一区调大队. 新疆同位素地质年龄数据汇编[J]. 新疆地质, 1987. 5(4):16-104
No.1 Regional Geological Surveying Party; Bureau of Geology and Mineral Resources of Xinjiang. Assemblage of Data of Isotope Geologic Age, Xinjiang[J]. Xinjiang Geology, 1987, 5(4), 16-104 (in Chinese with English abstract).
- [7] 苏玉平, 唐红峰, 刘从强, 等. 新疆东准噶尔苏吉泉铝质 A 型花岗岩的确立及其初步研究[J]. 岩石矿物学杂志, 2006, 25(3):175-184.
Su Yuping, Tang Hongfeng, Liu Congqiang, et al, The determination and a preliminary study of Sujiquan aluminous A-type granites in East Junggar, Xinjiang[J]. Acta Petrologica et Mineralogica, 2006, 25(3): 175-184(in Chinese with English abstract).
- [8] 汤好书, 陈衍景, 刘玉林, 等. 东准噶尔贝尔库都克锡矿成矿年龄测定[J]. 矿物岩石, 2006, 26(2):71-73.
Tang Haoshu, Chen Yanjing, Liu Yulin, et al. Isotope dating of the Bei erkuduke tin deposit in the eastern Junggar Area[J]. J Mineral Petrol, 2006, 26(2):71-73(in Chinese with English abstract).
- [9] 陈富文, 李华芹, 蔡红, 等. 新疆干梁子锡矿田成岩成矿作用同位素年代学研究及矿床成因探讨[J]. 矿床地质, 1999, 18(1):91-91.
Chen Fuwen, Li Huaqin, Cai Hong, et al. Chronology and Origin of the Ganliangzi Tin Orefield, Xinjiang[J]. Mineral deposits, 1999, 18(1):91-91(in Chinese with English abstract)
- [10] 赵东林, 杨家喜, 胡能高, 等. 新疆东准噶尔老鸦泉含锡花岗岩体同位素年代学特征[J]. 西安工程学院学报, 2000, 22(2):15-17.
Zhao Donglin, Yang Jiayi, Hu Nenggao, et al. Isotopic Geochronological Characteristics of the Laoyaquan Stanniferous Granite Eastern Junggar Basin in Xinjiang [J]. Journal of Xian Engineering University, 2000, 22 (2):15-17 (in Chinese with English abstract)
- [11] 毕承思, 沈湘元, 徐庆生. 贝勒库都克锡矿带同位素地质学研究[M]. 新疆地质科学第五辑. 北京:地质出版社, 1994:106-119.
Bi Chengsi, Sheng Xiangyuan, Xu Qingsheng. Isotope Geology of the Beilekuduke Tin Metallogenic Belt in Xinjiang [M]. Geoscience of Xinjiang, No. 5, Beijing:Geological Publishing House, 1994:106-119 (in Chinese).
- [12] 苏玉平, 唐红峰, 丛峰. 新疆东准噶尔黄羊山碱性花岗岩体的锆石 U-Pb 年龄和岩石成因[J]. 矿物学报, 2008, 28(2),117-126.
Su Yuping, Tang Hongfeng, Cong Feng. Zircon U-Pb Age and Petrogenesis of the Huangyangshan Alkaline Inegranite Body in East Junggar, Xinjiang[J]. Acta Mineralogica Sinica, 2008, 28(2),117-126 (in Chinese with English abstract).
- [13] 吴昌志, 张遵忠, Khin Zaw, 等. 东天山觉罗塔格红云滩花岗岩年代学、地球化学及其构造意义 [J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1121-1134.
Wu Changzhi, Zhang Zunzhong, Khin Zaw, et al. Geochronology, geochemistry and tectonic significances of the Hongyuntan granitoids in the Jueluotage area Eastern Tianshan [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (5):1121-1134 (in Chinese with English abstract).
- [14] 王京彬, 徐新. 新疆北部后碰撞构造演化与成矿 [J]. 地质学报, 2006, 80(1):23-31
Wang Jingbin, Xu Xin. Post-collisional Tectonic Evolution and Metallogenesis in Northern Xinjiang, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(1):23-31(in Chinese with English abstract).
- [15] 吴元保, 郑永飞. 锆石成因矿物学研究及其对 U-Pb 年龄解释的制约[J]. 科学通报, 2004, 49(16):1589-1604
Wu Yuanbao, Zheng Yongfei. Genesis of zircon and its constraint interpretation of U-Pb age[J]. Chinese Science Bulletin, 2004, 49 (15):1544-1569(in Chinese).
- [16] 宋彪, 张玉海, 万喻生, 等. 锆石 SHRIMP 样品制作年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 2002, 48(supp.):26-30.
Song Biao, Zhang Yuhai, Wan Yusheng, et al. Mount making and procedure of the SHRIMP dating[J]. Geological Review, 2002, 48 (supp.):26-30(in Chinese).
- [17] Ludwig K R, User's manual for Isoplot/EX, v2.06, A geochronological Toolkit for Microsoft Excel. Berkely Geochronological Center, Special Publication, 1999:47.
- [18] 韩宝福, 季建清, 宋彪, 等. 新疆准噶尔晚古生代陆壳垂向生长 (I)-后碰撞深成岩浆活动的时限 [J]. 岩石学报, 2006, 22(5): 1077-1086.
Han Baofu, Ji Jianqing, Song Biao, et al. Late Paleozoic vertical growth of continental crust around the Junggar Basin, Xinjiang, China (Part I): Timing of post-collisional plutonism. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (5):1077-1086(in Chinese with English abstract).

Zircon SHRIMP U-Pb dating and geological implication of the Sabei Tin ore-deposit from Eastern Junggar of Xinjiang, China

LIN Jin-fu^{1,2} YU Heng-xiang¹ WU Chang-zhi^{3,2} SU Wen⁴ GUO Jing-fen¹

(1. Institute of Mineral resource survey and economical evaluation, Guilin University of Technology, Guilin 541004 Guangxi, China;

2. State Key Laboratory for Mineral Deposits Research, Department of Earth Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093 Jiangsu China;

3. School of Geology and Exploration Engineering, Xinjiang University, Urumqi 830046 Xinjiang, China;

4. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029 China)

Abstract: The Sabei tin ore deposits in the eastern Junggar are mainly developed in the quartz veins of the biotite granites and alkali amphibole-bearing quartz veins of the alkali-enriched granites. Zircons were selected from the cassiterite-bearing quartz veins of the biotite granites for SHRIMP U-Pb zircon dating, and yielded an age of 324.2 ± 3.4 Ma, implying the tin mineralization age. This age approximates to the formation time of the Laoyaquan-Hongtujing and Sujiquan biotite granitic batholith with $358.6 \text{ Ma} \sim 304 \pm 2 \text{ Ma}$, and obviously is earlier than those of the Sabei alkali-enriched granites ($306 \pm 3 \text{ Ma} \sim 314 \pm 5 \text{ Ma}$) and alkali amphibole-bearing quartz veins ($263.6 \pm 3 \text{ Ma} \sim 307 \pm 11 \text{ Ma}$). We propose the existence of at least two periods of tin-mineralization, which is consistent with the post-collisional plutonic rocks ($330 \text{ Ma} \sim 310 \text{ Ma}$ and $305 \text{ Ma} \sim 280 \text{ Ma}$) in the eastern Junggar and correspond to the first two phases of the three post-collisional mineralization ($340 \text{ Ma} \sim 330 \text{ Ma}$, $300 \text{ Ma} \sim 285 \text{ Ma}$, $270 \text{ Ma} \sim 260 \text{ Ma}$) in the northern Xinjiang Province. Accordingly, we conclude that, the formation of the Sabei tin ore deposits has a multi-phase feature and is related not only to the alkali granites, but also to the biotite granites; the above two types of tin deposits and related alkali-enriched granites were resulted from the late paleozoic post-collisional magmatic and metallogenic events in the northern Xinjiang Province, a tin metallogenic system associated with late paleozoic post-collisional alkalic granites may be well developed in the Kalamaili ore deposits zone.

Key words: multi-phase tin mineralization; SHRIMP Zircon U-Pb dating; Cassiterite-bearing quartz vein; biotite granites; Sabei tin ore deposit; Eastern Junggar block

About the first author: LIN Jin-fu, male, born in 1962, professor, engages in the study of economic geology; E-mail: linjfnju@yahoo.com.cn & linjinfucn@hotmail.com.