

新疆贝勒库都克锡矿带含锡 花岗岩地质特征

毕承思 沈湘元 徐庆生 明奎海 孙惠礼 张春生

(中国地质科学院矿床地质研究所, 北京 100037) (地质矿产部 562 综合地质大队)

主题词 贝勒库都克锡矿带 海西期含锡花岗岩 S型和A型花岗岩 综合判别标志

提 要 本文根据矿物、岩石、微量元素、稀土元素及同位素的研究, 重点讨论了我国近年新发现的北方地区第一条独立锡矿带的海西期含锡和非含锡花岗岩的地质特征, 确定了该区花岗岩的成因类型及其与锡矿化的关系, 认定该区伴随海西运动出现I型、S型和A型三种花岗岩。与锡矿化有关的属S型和A型花岗岩, 它们是在早期(造山期)I型和S型花岗岩的基础上进一步演化而隶属造山晚期—造山期后的产物。在上述研究的基础上, 总结了该区含矿花岗岩与无矿花岗岩的综合判别标志, 为该区及邻区同类锡矿的找寻与研究提供了依据。

贝勒库都克锡矿带是近年我国北方地区首次发现的第一条独立锡矿带, 位于新疆自治区北部, 由四个独立锡矿床、数个锡矿点及一个钨矿点组成, 呈北西向沿准噶尔与野马泉两地块之间的卡拉麦里缝合带北侧展布(图1), 原生锡矿由与S型黑云母花岗岩有关的石英脉型锡矿及与A型(碱性)花岗岩伴生的锡矿床组成。空间上锡矿体多呈脉状、透镜状产于花岗岩侵入体与中泥盆—下石炭统火山岩、火山碎屑岩地层接触带之内侧, 容矿构造为花岗岩侵入体内接触带的裂隙系。矿石矿物主要为锡石, 个别矿区有斜方砷铁矿及毒砂。一般局部含极少量硫化物。脉石矿物以石英为主。矿石构造以含粗粒或中细粒锡石晶体与集合体的块状、浸染状构造为主。矿化深度一般在100m以内, 个别矿区超过100m, 矿床规模属中小型。把勘查重心首先集中于含矿岩体的研究, 可达大量节省投资而获较好的找矿效果之目的, 是北方地区石英脉型锡矿的找矿方向。与此同时, 我们亦不能忽视综合性的找矿评价标志, 以利于发现新的锡矿类型与新的矿产。

1 含锡花岗岩一般地质特征

国内外已发表的有关内生锡(钨)矿床的文章毫无例外地认为锡(钨)矿化作用与一定岩浆类型有密切的关系^[1-5]。本锡矿带锡(钨)矿床(点)与花岗岩岩浆作用及其演化有密切的亲缘关系, 表现在: ①空间上, 含锡云英岩脉与锡石-石英脉、含钨石英脉通常切穿花岗岩, 也有锡石-石英脉切穿花岗岩顶盖围岩, 亦有产于花岗岩与顶部围岩之间的接触带(卡姆斯特锡矿); ②时间上, 锡(钨)矿化的花岗岩形成于海西中偏晚—海西晚期, 在呈岩

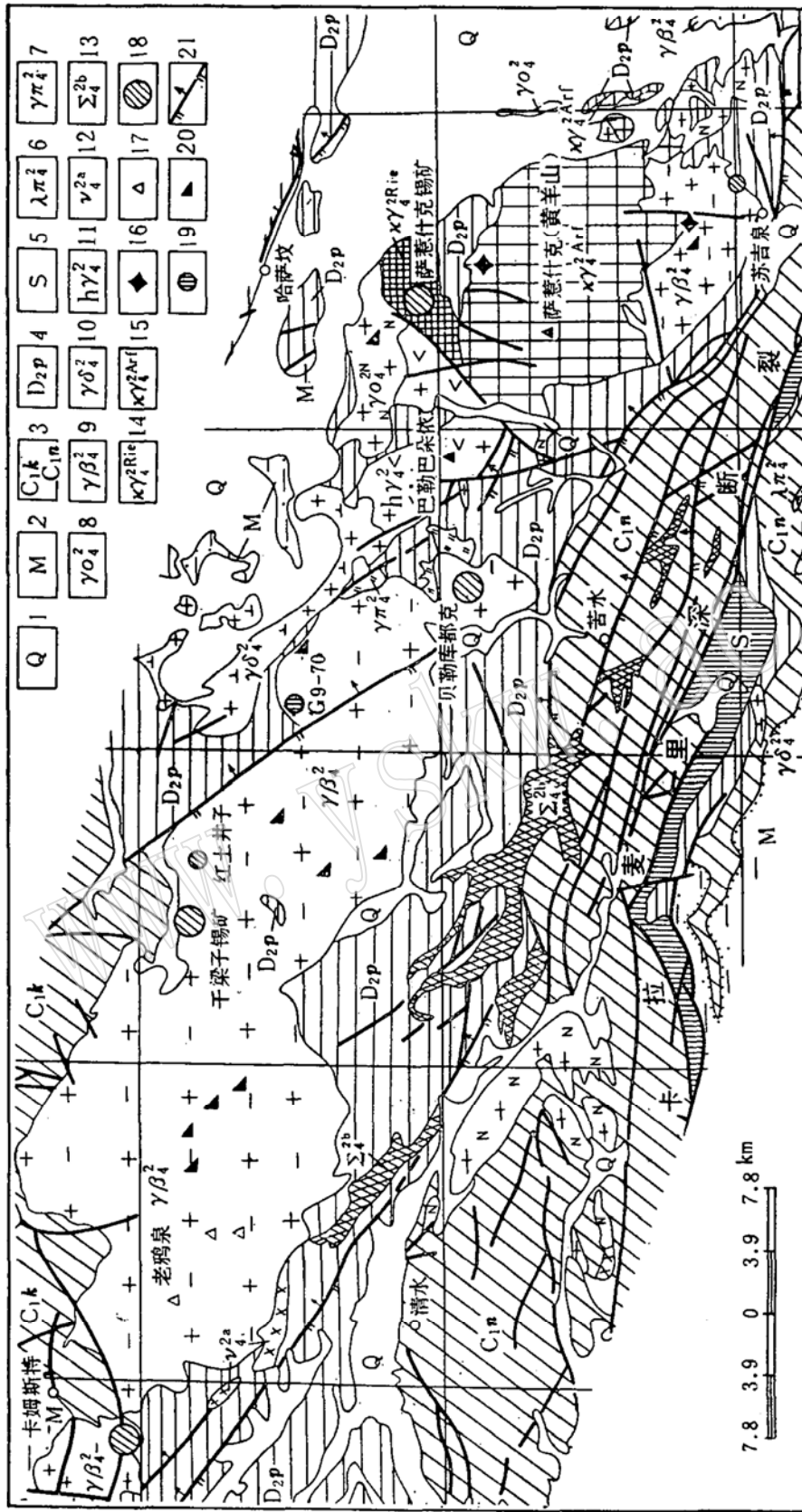


图 1 新疆贝勒库都克锡矿带区域地质略图

Fig. 1 Regional geological sketch map of the Beilekuduk tin metallogenic belt, Xinjiang

1—第四系；2—中生界；3—下石炭统卡姆斯特组、南明水组凝灰质粉砂岩、凝灰岩；4—中泥盆统都卡那组凝灰质粉砂岩、凝灰岩、玄武岩；5—志留系；6—流纹斑岩；7—花岗岩斑岩；8—英云闪长岩；9—黑云母花岗岩；10—花岗岩闪长岩；11—角闪花岗岩；12—辉长岩；13—超基性岩；14—钠闪石花岗岩；15—钠闪花岗岩；16—石英岩；17—萤石矿；18—锡矿床（符号小一级系矿点）；19—钴矿点；20—水晶矿；21—断层

基的非矿化造山期和造山晚期花岗岩（形成于海西中期）之后，前者为后者进一步演化（花岗岩化）之产物，并呈岩株、岩枝状产于无矿花岗岩基的边部；③主要特征矿石矿物锡石（黑钨矿、白钨矿）产于花岗岩顶部矿化蚀变带；④花岗岩顶部带的含锡伟晶岩脉体含钾长石、钠长石、石英、锡石等；⑤据包裹体与氢氧同位素资料，矿脉的蚀变热液流体来源于岩浆水与大气降水的混合溶液；⑥花岗岩浆具多旋回演化特征，成分上总体呈钙碱性→亚碱性→碱性方向演化，这种演化有利于锡（钨）成矿物质的分异与富集，经碱质交代—酸性淋滤蚀变作用并沿构造裂隙发育，形成蚀变花岗岩型锡矿石、云英岩型锡矿石和石英型锡（钨）矿石。

锡矿带与图1中的花岗岩杂岩带大体吻合。杂岩带主体岩相为黑云母花岗岩，沿其两侧还有一些石英闪长岩、花岗闪长岩、斜长花岗岩零星散布。为叙述简便起见，将本矿带自北西而南东依次排布的卡姆斯特锡矿、干梁子锡矿、贝勒库都克锡矿、萨惹什克锡矿、苏吉泉锡矿分别简称为卡锡矿（或卡矿区）、干锡矿、贝锡矿、萨锡矿、苏锡矿。G9—70为钨矿点。除萨矿区锡矿化与钠闪石花岗岩及钠闪石花岗斑岩有关外，余者皆与黑云母花岗岩有关。

2 花岗岩矿物成分及岩石化学特点

2.1 一般造岩矿物特征

据求积仪对薄片统计，含锡花岗岩实际矿物成分特征为：①石英含量普遍偏高（28%—42%）；②钾长石略多于斜长石；③暗色矿物为黑云母、钠闪石、霓石等，经测定均含微量Sn，系锡的主要载体矿物；④自西向东锡矿带花岗岩呈现由偏酸向偏碱方向演化之趋势，从卡矿区岩体→贝矿区岩体→萨矿区岩体，石英和碱性长石含量逐渐增加，而斜长石含量逐渐减少。

对矿带岩体中16个黑云母化学成分分析表明，非含矿岩体黑云母属镁质黑云母，化学成分TiO₂、MnO、MgO、CaO偏高，Al₂O₃、FeO、Li₂O、Rb₂O偏低；含矿岩体黑云母属铁叶云母—黑鳞云母，Al₂O₃、FeO、Li₂O、Rb₂O偏高，且富F、Cl，而TiO₂、MnO、MgO、Cr₂O₃偏低。从氧化系数看，本区含锡花岗岩中黑云母较之华南含锡花岗岩中黑云母^[6]处于更氧化的环境（ $f_0=0.14-0.31$ ）。

2.2 副矿物和次生蚀变矿物

锡矿带四个主要含矿岩体副矿物及蚀变次生矿物据重砂分析鉴定列于表1。据A. B拉宾诺维奇研究，认为副矿物及微量元素可以进行找矿及了解金属矿化带的特点并划出如下类型：黄玉-萤石型—Sn、W矿；榴石型—W矿；榴石—磁铁矿型—Mo、Cu、Fe矿；锆英石型—Pb、Zn、TR矿。依此对照表1，贝、卡矿区岩体副矿物属萤石-黄玉型或磷灰石—独居石型；干矿区岩体属萤石-黄玉型或磷灰石型；萨矿区亦属萤石-黄玉型。各矿区岩体副矿物类型均显示出与锡（钨）矿化的亲密关系。

2.3 花岗岩岩石化学特点

锡矿带各类花岗岩体主要岩石化学成分及有关参数综列于表2。总的看，区内花岗岩SiO₂含量普遍较高，除花岗闪长岩、斜长花岗岩中低于70%外，余者均>75%，显著高于中国含锡花

表 1 贝勒库都克锡矿带成矿岩体副矿物及蚀变次生矿物
 Table 1 Accessory minerals and altered secondary minerals of the metallogenic rock bodies in the Beilekuduk tin metallogenic belt

类别	物 质														金属矿物											
	氧 化 物							稀 有 稀 土 矿 物																		
矿 物	磁 铁 矿	赤 铁 矿	钛 铁 矿	锐 钛 矿	白 钛 矿	金 红 石	刚 玉	刚 玉	磷 灰 石	石 榴 子 石	锡 石	白 钨 矿	硅 铁 钠 石	独 居 石	水 铝 石	普 通 铝 石	钪 石	铈 矿	磷 钇 矿	褐 钇 矿 (?)	铌 铁 金 红 石	易 解 石	斜 方 砷 铁 矿	毒 砂	黄 铜 矿	
干梁子锡矿黑云母花岗岩	+	●	●	●	●	++	●	++	++	++	+	●				++	●			●						
贝勒库都克锡矿黑云母花岗岩	●		+		●	+	●	+	●	●	+	●		+	●	+	●				●		+			●
卡姆斯特锡矿黑云母花岗岩	●		+			+		++	●		+			+	●	+	●				●					●
萨惹什克锡矿闪石花岗岩	+	++	●			●			●	●	+	●	●		++											●

类别	物 质														其它												
	金 属 矿 物																										
矿 物	黄 铁 矿	闪 锌 矿	黑 钨 矿	黝 铜 矿	砷 铋 矿	萤 石	黄 玉	白 云 母	臭 葱 石	褐 铁 矿	绿 泥 石	褐 (绿) 帘 石	泡 铋 矿	方 解 石	菱 砷 铁 矿	砷 华	秘 华	铜 蓝	孔 雀 石	孔 雀 石	硅 孔 雀 石	石 膏	高 岭 土	重 晶 石	白 铅 矿	碳 硅 石	
干梁子锡矿黑云母花岗岩	●		●			++	++	++		++	●	+								●			+	●	●		●
贝勒库都克锡矿黑云母花岗岩	+	●		+	+	++	+	++	++	+	+	+	+	+	+	+	+				+	+	++				
卡姆斯特锡矿黑云母花岗岩	●					++		++		+	+	+		●						●			+				
萨惹什克锡矿闪石花岗岩	●					++		●		++				+									+				

少 量 ++ 微 量 + 个 别 ●

表2 贝勒库都克锡矿带花岗岩主要成分

Table 2 Major chemical composition of granites in the Beilekuduk tin metallogenic belt

岩类	碱性		亚碱性					钙碱性		中国	世界
岩性	钠闪石花岗岩	钠铁闪石花岗岩	黑云母花岗岩					花岗闪长岩	斜长花岗岩	含锡花岗岩	含锡花岗岩
岩体	萨矿区	黄羊山	干矿区	苏矿区	贝矿区	卡矿区	老鸦泉	苦水北	库普北	n=59	n=369
SiO ₂	76.76	77.72	77.87	77.95	77.85	77.48	77.60	67.33	65.18	73.62	72.70
Na ₂ O	4.13	3.93	3.39	3.16	3.39	3.51	3.00	3.93	4.08	3.11	3.01
K ₂ O	4.71	4.38	4.55	4.62	4.50	4.54	4.73	3.37	1.45	4.76	4.48
CaO	0.37	0.18	0.44	0.42	0.49	0.19	0.55	3.10	4.06	0.92	0.96
FeO	1.60	1.63	1.04	0.83	1.15	1.17	0.94	3.62	4.51	2.22	1.84
Al ₂ O ₃	11.50	11.44	12.18	11.76	12.17	12.07	12.45	15.56	16.30	13.27	14.21
TiO ₂	0.16	0.10	0.08	0.13	0.05	0.03	0.09	0.57	0.50	0.16	0.61
MgO	0.05	0.02	0.02	0.15	0.08	0.06	0.12	1.41	1.84	0.38	0.45

岗岩与世界含锡花岗岩的SiO₂含量，碱质含量亦同，Na₂O+K₂O多数接近于8%或8%以上，而Al₂O₃和SiO₂呈明显的负相关，Al₂O₃、MnO与TiO₂含量均低于中国与世界含锡花岗岩中的含量。

区内花岗岩随着从花岗闪长岩→角闪花岗岩→黑云母花岗岩→碱性花岗岩总的分异趋向，岩石化学成分表现其CaO含量呈递减，而碱度总量与SiO₂递增，反映出岩浆由钙碱性向碱性方向发展、花岗岩向高硅富碱低钙镁方向演化的总规律。对岩石化学成分进行CIPW计算，按标准矿物含量在Ab—Or—Q相图上投影(图2)，求得花岗岩形成温压条件为：干、贝、卡三矿区岩体较接近，约为0.5×10⁸Pa，均反映低压浅成之特点，部分投影点表示P_{H₂O}<0.5×10⁸Pa，可能系岩石受钾长石化蚀变的影响。萨矿区岩体形成压力在(0.6—2)×10⁸Pa，中心部位1×10⁸Pa。按上覆地层每公里280巴推算岩体形成深度，干矿区细粒黑云母花岗岩为1.8 km，贝、卡二矿区岩体定位时的近似深度为1.5—2 km，均属浅成相。

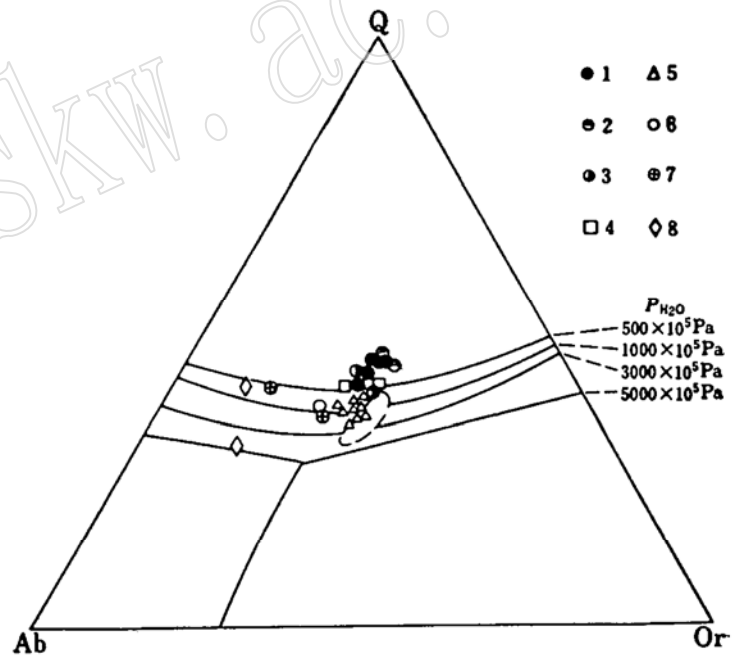


图2 贝勒库都克锡矿带岩体Ab—Or—Q图解

(据 Bowen, Tuttle, 1958)

Fig. 2 Ab—Or—Q diagram for the rock bodies in the Beilekuduk tin metallogenic belt (after Bowen and Tuttle, 1958)

1—贝勒库都克锡矿；2—苏吉泉锡矿；3—干梁子锡矿；4—卡姆斯特锡矿；5—萨惹什克锡矿；6—萨矿区片麻状花岗岩；7—花岗闪长岩；8—斜长花岗岩

表 3 贝勒库都克锡矿带中酸性侵入岩成矿同位素地质年龄
 Table 3 Isotopic ages for rock and ore formation of intermediate-acid intrusions in the Beilekuduk tin metallogenic belt

序号	名称	测试样品	测定方法	年龄值(Ma)	测试单位	来源或备注
1	库普西北斜长花岗岩	锆石	U-Pb 法	329 ± 0.3	成都地质学院, 1988	成都地质学院
2	奥塔乌开给什花岗岩长岩	锆石	U-Pb 法	307.13	成都地质学院, 1988	成都地质学院
3	清水 129 金矿点围岩中 τ_8 砾石	锆石	U-Pb 法	323 ± 5.0	成都地质学院, 1984	新疆第二区测队
4	清水泉东石英闪长岩(?)	锆石	U-Pb 法	323 ± 5.3		新疆第二区测队
5	清水泉西南二长岩	黑云母	K-Ar 稀释法	293.2		新疆第一区测队
6	老鸡泉黑云母花岗岩	黑云母	K-Ar 稀释法	338.6	地质科学院地质所, 1983	
7	红土井子黑云母花岗岩	锆石	单颗粒逐层蒸发法	312.16	中国地质科学院地质所, 1988	成都地质学院测*为 272Ma
8	清水泉一带钠长斑岩	全岩	K-Ar 稀释法	290.7	河北综合地质大队, 1984	新疆第二区测队
9	黄羊山钠铁闪石花岗岩	钠铁闪石	K-Ar 稀释法	304.23 ± 5.18	中国地质科学院地质所, 1987	成都地质学院
10	黄羊山钠铁闪石花岗岩	全岩	Rb-Sr 法等时线	358.6	青海省地质研究所, 1983	新疆第一区测队
11	黄羊山钠铁闪石花岗岩	锆石	U-Pb 法	317.7	成都地质学院, 1988	成都地质学院
12	巴勒巴朵依角闪石花岗岩	锆石	U-Pb 法	284 ± 2	成都地质学院, 1988	成都地质学院
13	贝勒库都克锡矿岩体	全岩	Rb-Sr 法等时线	286.89	核工业部地质所, 1987	本 文
14	贝勒库都克锡矿岩体	锆石	单颗粒逐层蒸发法	313 ± 18	中国地质科学院地质所, 1988	本 文
15	萨惹什克锡矿钠闪石花岗岩	锆石	单颗粒逐层蒸发法	290 ± 11	中国地质科学院地质所, 1988	本 文
16	萨惹什克锡矿钠闪石花岗岩	全岩	Rb-Sr 法等时线	292.5 ± 28.8 246.4 ± 15.7	核工业部地质所, 1989	成都地质学院计算*为 267Ma, 260Ma
17	卡姆斯特锡矿岩体	锆石	U-Pb 法	291 ± 1.3	成都地质学院, 1988	成都地质学院
18	苏吉泉锡矿岩体	锆石	U-Pb 法	292.6	成都地质学院, 1988	成都地质学院
19	苏吉泉锡矿岩体	全岩	Rb-Sr 法等时线	336.5 ± 3	青海地质研究所, 1983	新疆第一区测队
20	萨惹什克锡矿含锡石英脉	锆石*	U-Pb 法	263.6 ± 3	成都地质学院, 1988	成都地质学院
21	卡姆斯特锡矿云英岩脉	锆石*	U-Pb 法	228 ± 3	成都地质学院, 1988	成都地质学院

* 锆石年龄系用 $^{207}\text{Pb}/^{235}\text{U}$ 比值。

萨矿区钠闪石花岗岩为 2.5—6.5(平均 3.5) km, 属中浅成相。成岩温度采用黄茂新、朱自尊在 Barth 方法基础上修改的二长石温度计进行估算, 干、贝、卡三矿区岩体按 $0.5 \times 10^8 \text{Pa}$ 压力计, 求得成岩温度为 490—570℃, 平均 540℃; 萨矿区岩体成岩压力以 $1 \times 10^8 \text{Pa}$ 计, 求得成岩温度为 618—689℃, 平均 640℃。

含矿花岗岩稀土配分曲线呈右倾的 V 字型, δEu 平均 0.06, $\Sigma \text{REE} = 210\text{—}289(\text{ppm})$, 平均 250(ppm), 高于中国及世界含锡花岗岩, 属铕强烈亏损的轻稀土相对富集型。非含矿的钙碱性花岗岩稀土配分曲线呈铕亏损较弱的平坦型或不明显的 V 字型, δEu 平均 0.67, $\Sigma \text{REE} < 180(\text{ppm})$, 属贫稀土、中度 Eu 亏损一无亏损型花岗岩。

3 花岗岩演化系列和侵位顺序

依据花岗岩主体侵位地层推断本区花岗岩主体侵入时限为早石炭世到晚石炭世, 主幕发生在石炭纪, 属海西中期花岗岩。区域已有花岗岩同位素地质年龄列于表 3, 年龄值范围介于 220—338 Ma, 相当石炭—二叠纪。虽然各年龄值测定方法不一, 采样地点、测试单位、样品性质各异, 但从中可获以下认识: ①侵入活动区间较窄, 时限较短; ②成矿岩体年龄集中在 290 Ma±, 与周汝洪(1987)研究提出新疆地区海西中期旋回具三个最重要的构造幕(340 Ma±, 325 Ma±, 295 Ma±)的第三幕基本相吻合, 成矿前花岗岩主体侵入在 340—300 Ma±, 相当新疆地区海西中期旋回第一与第二构造幕; ③锆石 U-Pb 法年龄与 Rb-Sr 法全岩等时线年龄基本一致; ④成矿时代约在 265—225 Ma±, 含矿花岗岩年龄介于 313—

表 4 贝勒库都克锡矿带花岗岩类侵位顺序

Table 4 Sequence of emplacement of granitoids in the Beilekuduk tin metallogenic belt

旋回	时 期	成 分	岩 性	地 区	年龄(Ma)
I	加里东期?		片麻状黑云母花岗岩	萨矿区	?
II	海西期	钙碱性	斜长花岗岩	库普北	
			花岗闪长岩	苦水北	
			巨斑状黑云母花岗岩	哈萨坎南	
		亚碱性	黑云母花岗岩	贝、卡矿区, 红土井子	338—312
			黑云母花岗斑岩	贝矿区	
碱性			钠铁闪石花岗岩	黄羊山	304
III		亚碱性	角闪石花岗岩	巴勒巴朵依	
			黑云母花岗岩	苏吉泉	
		碱性	钠闪石花岗岩	萨矿区	290
			斑状钠闪石花岗岩		
钠闪石花岗斑岩					

260 Ma, 表明成岩成矿具多期次特点。

依据野外实际接触关系、区测资料、航片解释、目前工作程度等综合分析推断区内花岗岩从老到新侵位顺序如表 4。采用赖特 (1969) 提出的碱度指数 $A.R^*$, 考虑花岗岩岩石化学成分的演化, 将矿带花岗岩划为钙碱性和碱性两系列, 后者实际上包括亚碱性和碱性两亚类花岗岩, 三类花岗岩在侵位顺序 (表 4) 及赖特变异图上 (图 3) 反映出总体呈钙碱性→亚碱性→碱性较完整的演化系列。

4 花岗岩产出形态与成因类型

矿带花岗岩杂岩体为一个多期次多阶段的复式岩体, 沿卡拉麦里深断裂北侧呈北西西向展布, 全长约 140 km, 最宽达 20 km。杂岩体中岩体主要呈岩基状, 部分呈岩株、岩枝或岩脉产出, 主要侵位于 D_2-C_1 的火山岩与火山碎屑岩中。侵入接触面多不平整, 呈波状起伏的港湾状, 接触面较缓, 倾角多为 $35^\circ-45^\circ$ 。成矿岩体为分异演化至晚期的产物, 呈岩株或岩枝状。浅成岩脉则为中酸性侵入岩类的同源晚期衍生物。

将本区含锡花岗岩与 I、S、A 型花岗岩综合特征对比表明, 虽然两地块碰撞选择熔融产生的主体黑云母花岗岩部分具 I 型花岗岩特征, 但综合特征仍趋向略偏重于属 S 型花岗岩: ①分布在大陆内部, 为形成于造山晚期—造山期后的酸性复式岩体; ②钾长石体系中微斜—最大微斜长石, 黑云母成分属铁黑云母—铁叶云母系列, $MF < 0.38$, 副矿物中含稀有稀土及放射性矿物; ③岩石化学特征: $Al_2O_3 / (K_2O + Na_2O + CaO) > 1.0$, $Al - K - Na - 2Ca$ (原子数) > 0 , 微量元素 $Rb/Sr = 38.6 (n=6)$, $U > 10$ (ppm); ④挥发分以 F 为主, F/Cl 平均 17.7 ($n=15$); ⑤稀土配分曲线具 Eu 极强负异常; ⑥全岩 $\delta^{18}O$ 值达 10.7‰ ($n=5$); ⑦蚀变具钾化→钠化→云英岩化分带。因此矿带主体黑云母花岗岩及矿区含锡花岗岩成因类型划为 S 型岩体。在怀特和查佩尔 (1977) 提出的 ACF 图上获得相同结论 (图 4)。萨矿区钠

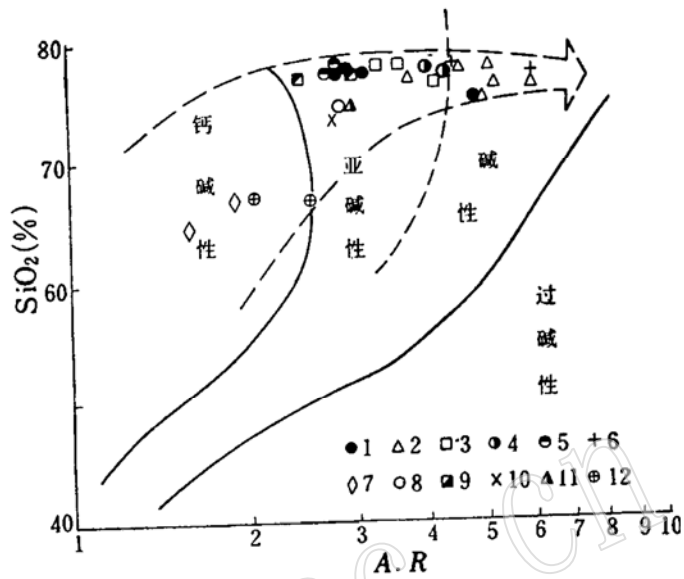


图 3 贝勒库都克锡矿带岩体 SiO_2 与碱度指数 (A.R) 变异图

Fig. 3 SiO_2 and alkalinity ratio variation diagram for the rock bodies in the Beilikuduk tin metall-ogenic belt

- 1—贝勒库都克锡矿; 2—萨惹什克锡矿; 3—卡姆斯特锡矿;
- 4—干梁子锡矿; 5—苏吉泉锡矿; 6—黄羊山钠铁闪石花岗岩;
- 7—斜长花岗岩; 8—萨矿区片麻状花岗岩; 9—老鸦泉岩体;
- 10—红土井子岩体; 11—巴勒巴朵依岩体; 12—花岗岩长岩

$$* A.R = \frac{Al_2O_3 + CaO + (Na_2O + K_2O)}{Al_2O_3 + CaO - (Na_2O + K_2O)}$$

表 5 贝勒库都克锡矿带含矿花岗岩与无矿花岗岩的判别标志
Table 5 Criteria for discriminating between ore-bearing and barren granites in the Beilekuduk tin metallogenic belt

判 别 标 志	含 矿 花 岗 岩	非 含 矿 花 岗 岩	
构造环境	造山晚期—造山期后	造山晚期	
侵入时期	海西中—晚期	海西中期	
侵人体形态	岩株、岩枝	岩 基	
含锡丰度	6.1—23(ppm)	3—4(ppm)	
岩石类型	黑云母花岗岩 钠闪石花岗岩、钠闪石花岗斑岩	斜长花岗岩、花岗闪长岩、黑云母花岗岩、 石英斑岩、石英闪长岩、花岗斑岩	
岩 石 化 学 特 征	SiO ₂	一般>77%	一般<77%
	K ₂ O + Na ₂ O	>7.75%	<7.75%
	CaO	<0.55%	≥0.55%
	MgO	<0.15%	一般>0.15%
	铁、钛、锰	贫	稍高
微 量 元 素	一般组合特点	Cu, Pb, Zn, W, As, Sb, Bi, U, Th, Nb, Ta, Rb, Cs, Li 较高, Cr, Ni, Co, P, V, Ba, Zr, Hf, Sr 较低	Cu, Pb, Zn, W, As, Sb, Bi, U, Th, Nb, Ta, Rb, Cs, Li 较低, Cr, Ni, Co, P, V, Ba, Zr, Hf, Sr 较高
	Rb/Sr	>36	<36
造 岩 矿 物	黑 云 母	含 Sn = 110—1890(ppm), 镁质率 M < 2.5, 铁叶云母—黑鳞云母	含 Sn = 0—40(ppm), M > 2.5*, 镁质黑云母或稍富镁的铁质云母
	长 石	钾长石 > 斜长石 斜长石牌号 1—16, 一般 An < 20	斜长石 ≥ 钾长石 斜长石牌号 32—12, 一般 An > 20
特 征 参 数	分异指数 D.I	>94	<94
	碱度指数 A.R	>2.75	<2.75
挥发组分	富 F, 贫 Cl, B, F >> Cl	F, Cl, B 均较低, F, Cl 含量差距不大	
稀土元素	Eu 强烈亏损型, ΣREE > 200 δEu = 0.019—0.087, La/Yb 平均值为 8	中度 Eu 亏损—无亏损型, ΣREE < 180 δEu = 0.2—1.02, La/Yb = 2.76—4.12	
副 矿 物	萤石—黄玉型, 常见萤石等富挥发分矿物	极少见到萤石和黄玉	
围岩蚀变	可见钾化→钠化→云英岩化综合分带, 碱性花岗岩见硅化、钠闪石化、霓石化、萤石、赤铁矿化	无钾化→钠化→云英岩化蚀变	
花岗岩类型	分异成熟度高的 S 型和 A 型	分异成熟度低的 S 型和同熔型	
岩体名称	卡、干、贝、苏矿区黑云母花岗岩, 萨矿区钠闪石花岗岩	奥达乌开给什花岗闪长岩等, 老鸦泉黑云母花岗岩	

镁质率 $M = Mg / (Mg + Fe^{2+} + Mn)$

石闪花岗岩与黄羊山钠铁闪石花岗岩则具 A 型花岗岩特征。萨惹什克锡矿作为我国与碱性花岗岩有关的成型锡矿，在国内外公开报导亦属首次^[7,8]。

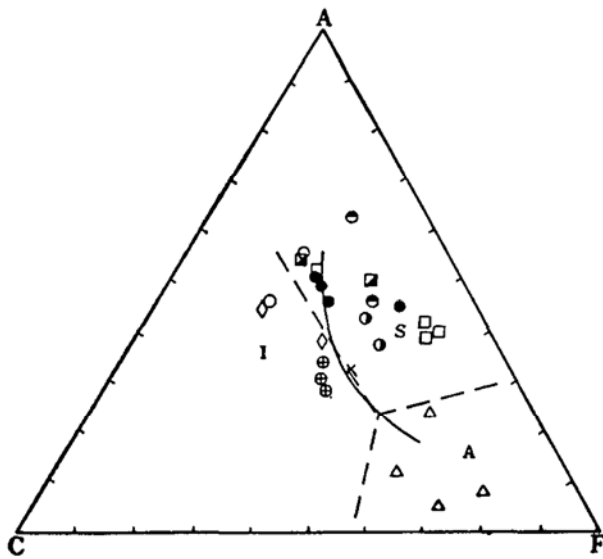


图 4 贝勒库都克锡矿带花岗岩 ACF 图解

Fig. 4 ACF diagram for granites in the Beilekuduk tin metallogenic belt

图例同图 3；A = $Al_2O_3 - (Na_2O + K_2O)$ ；C = CaO；F = FeO + MgO (克分子比)；弧线及 I、S 型花岗岩划分据 White 和 Chaplle (1977)；虚线及 I、S、A 型花岗岩系作者划分

5 含矿花岗岩与无矿花岗岩判别标志

锡矿带含矿花岗岩与无矿花岗岩综合判别标志列于表 5，这仅是限于四年来野外与室内工作的初步概括，有待今后找矿实践中补充与完善。总的看，区内含矿花岗岩以分异指数 ($D. I$) 特高， F/Cl 、 Rb/Sr 比值大，富硅、碱、贫镁、铁、钛，尤以 $K_2O > Na_2O$ 等为其主要特点，反映了本区古生代花岗岩的成矿专属性，高温气液中 Sn 呈 F 的络合物运移，挥发分 F 往往富集于演化晚期花岗岩顶部，故含锡花岗岩顶部有利成矿。这些特征基本与华南燕山期含锡（钨）花岗岩一般特征较为一致，但亦有本地区性的独自特点，如某些岩石化学特征数值 SiO_2 含量更高，碱质高， Al_2O_3 、 MnO 、 MgO 、 TiO_2 低于中国与世界含锡花岗岩，形成于海西中晚期即造山晚期—造山期后阶段，碱性长石多，条纹长石极为发育，正长石含量一般为 7%—15%，黑云母 f_0 值比华南地区高。结合表 6，这些共性及个性为区域及邻区指明了找矿方向。无疑，上述探讨对北方地区锡矿的探寻将有所裨益。

参 考 文 献

- 1 郭文魁. 论锡的成矿问题. 锡矿地质讨论会论文集. 北京: 地质出版社, 1987. 1—4.
- 2 涂光炽等. 华南花岗岩类的地球化学. 北京: 科学出版社, 1979. 401—417.
- 3 徐克勤等. 华南花岗岩成因与成矿. 花岗岩地质和成矿关系讨论会论文集. 江苏科学技术出版社, 1982. 11—19.
- 4 泰勒著 R. G. 锡矿床地质学. 地质出版社, 1983. 401—106.
- 5 斯米尔诺夫 B. N. 内生矿床的矿质来源. 地质出版社, 1981. 17—31.
- 6 洪大卫. 华南花岗岩的黑云母和矿物相及其与矿化系列的关系. 地质学报, 1982, 56(2): 156—159.
- 7 毕承思. 新疆新发现一处与碱性花岗岩有关的成型锡矿. 地质论评, 1988, 34(5): 484.
- 8 毕承思, 沈湘元, 徐庆生. 我国与海西期 A 型花岗岩有关锡矿床的新发现. 中国科学 B 辑, 1992, (6): 632—638.

Geological Characteristics of Stanniferous Granites in the Beilekuduk Tin Metallogenic Belt, Xinjiang

Bi Chengsi, Shen Xiangyuan, Xu Qingsheng

(Institute of Mineral Deposits, Chinese Academy of Geological Sciences)

Ming Kuihai, Sun Huili, Zhang Chunsheng

(562 Geological Party, Ministry of Geology and Mineral Resources)

Key words: Beilekuduk tin metallogenic belt; Hercynian stanniferous granites; S- and A-type granites; integrated criteria for discrimination

Abstract

Located in East Junggar area, Xinjiang, the Beilekuduk ore belt is an independent tin metallogenic belt discovered for the first time in northern China in recent years. It has four independent tin deposits, several tin occurrences and one tungsten occurrence. The primary tin deposits consist of quartz vein tin deposits related to S-type granites and tin deposits associated with A-type (alkaline) granites. The belt strikes northwest along the northern side of the Kalamaili suture zone between Junggar and Yemaquan. The paper mainly discusses geological characteristics of the Hercynian stanniferous and tin-absent granites in the tin metallogenic belt. It is believed that I-, S- and A-type granites of this area were formed during the Hercynian movement. The highly differentiated and evolved S- and A-type granites related to tin mineralization are products of the late orogenic-postorogenic stage, formed on the basis of further evolution of early-stage (orogenic) I- and S-type granites. The integrated criteria for discriminating between ore-bearing and barren granites have been summarized, which are conducive to the search and study of tin deposits of the same types in this area and its neighboring areas.