

西准包古图含铜斑岩的埃达克岩特征 及其地质意义

张连昌¹ 万 博¹ 焦学军² 张 锐²

(1. 中国科学院地质与地球物理研究所, 中国科学院矿产资源研究重点实验室, 北京 100029;
2. 新疆有色地质勘查局, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要:西准达尔布特—包古图地区出露两类中酸性侵入岩,一类为海西晚期(<270 Ma)花岗岩基,另一类为海西中晚期(330~320 Ma)中酸性小斑岩体,包古图斑岩铜矿赋存于后者。岩石主量和微量元素分析表明,包古图含矿小斑岩基本满足埃达克岩的条件,即 $\text{SiO}_2 > 56\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15\%$, $\text{MgO} < 3\%$, 贫 Y 和 Yb ($\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$, $\text{Yb} < 1.9 \times 10^{-6}$), 高 Sr ($> 400 \times 10^{-6}$), HREE 明显亏损,其 Nd 和 Sr 同位素组成与洋中脊玄武岩(MORB)组成接近。但部分样品 MgO 含量较高(>3%),轻稀土元素丰度较低,偏离埃达克岩的组成范围。根据斑岩的地球化学组成并结合区域地质特征,笔者认为包古图含矿斑岩形成于与洋内俯冲有关的岛弧环境,但洋壳板片的初始熔体在上升过程中受到了地幔橄榄岩的不均匀混染。

关键词:斑岩铜矿;埃达克岩;晚古生代岛弧;新疆西准

中图分类号: P588.12⁺² **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3657(2006)03-0626-06

“七五”期间,由中国科学院地质研究所牵头承担的国家“305”科技攻关项目 II₁ 课题组首次在西准包古图地区找到了一系列金铜矿(点),并在 V 号岩体发现了较高品位的铜矿化^[1]。到 2002 年,新疆有色地质勘查局借鉴东天山土屋斑岩铜矿的找矿经验,选择包古图 V 号小岩体为斑岩铜矿找矿突破点,经过 3 年努力实行了地质找矿的重大进展,经地质勘探初步估计 V 号岩体铜矿储量达中型以上^[2]。西准地区以哈图金矿带最有名,其赋矿岩体主要为海西晚期(<270 Ma)巨大花岗岩体,这类岩体形成于后碰撞造山阶段。而包古图地区的含铜斑岩以单个岩体规模小、成群分布、侵入时代早^[3](330~320 Ma)为特征,其形成时代与围岩(早石炭世)接近。研究包古图斑岩铜矿母岩的地质和地球化学特征,对于认识斑岩的含矿性、形成环境及区域构造演化均具有重要意义。

1 区域地质特征

西准地区是西伯利亚和塔里木板块之间的增生造山带的一部分,古生代为中亚古大洋环境。早古生代晚期沿达尔布特断层一线广泛发育蛇绿岩,但区域地层以泥盆—石炭系

海相沉积岩和火山岩为主。西准达尔布特—包古图地区下石炭统是一套与海相火山活动有关的浊积岩层,主要沉积地层包括希贝库拉斯组、包古图组和太勒古拉组(图 1)。其中希贝库拉斯组主要为灰色厚层凝灰质砂岩、含砾砂岩和层凝灰岩;包古图组主要为灰—灰黑色薄层凝灰质粉砂岩和灰绿色凝灰岩互层;太勒古拉组为杂色凝灰岩、凝灰质粉砂岩夹玄武岩、硅质岩等。研究表明太勒古拉组玄武岩具有洋岛拉斑玄武岩特征^[4]。

区域分布着各类中酸性侵入岩,既有巨大的岩基和中小型的岩株,也有超浅成相的岩枝或岩脉。西准侵入岩较为复杂,从中性的闪长岩、石英闪长岩,到中酸性的花岗闪长岩和酸性的二长花岗岩、碱性花岗岩均有出露。以 NEE 向的达拉布特断裂为界,断裂以南的包古图地区主要分布石英闪长岩和花岗闪长岩小岩株;而断裂以北主要为巨大花岗岩基分布区,有著名的铁厂沟、哈图、阿克巴斯套和庙尔沟花岗岩等(图 1)。区域花岗岩类绝大多数侵位于下石炭统中。初步的年代学研究表明,包古图地区的小岩体 Rb-Sr 等时线年龄为 322 Ma,角闪石 K-Ar 年龄为 (322 ± 1.4) Ma,而大的花岗岩

收稿日期:2006-01-24;改回日期:2006-03-05

基金项目:国家重点基础研究发展规划项目(2001CB409805)和国家自然科学基金项目(40473028)资助。

作者简介:张连昌,男,1959 年生,博士,从事矿床学与岩石地球化学研究;E-mail: Lczhang@mail.igcas.ac.cn.

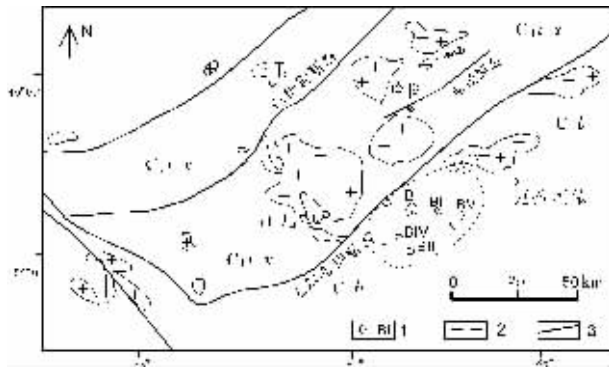


图1 西准达尔布特-包古图区域地质略图

1—石炭纪石英闪长斑岩(包古图含矿斑岩及编号);2—二叠纪花岗岩;
3—断层; C_{1t+x} —下石炭统太勒古拉组和希贝库拉斯组;
 C_{1b} —下石炭统包古图组

Fig. 1 Regional geological sketch map of the Darbute-Baogutu area, western Junggar

1—Carboniferous quartz diorite-porphry (Baogutu ore-bearing porphyry and its number); 2—Permian granite; 3—Fault; C_{1t+x} —Lower Carboniferous Tailegula Formation and Xibeikulasi Formation;
 C_{1b} —Lower Carboniferous Baogutu Formation

基的年龄为 270~230Ma^[1,3]。

包古图斑岩铜矿位于新疆西准托里金铜成矿带的东段、准噶尔盆地西北缘达拉布特大断裂的南侧。区域出露的主要地层为下石炭统包古图组,主要岩性为凝灰质砂岩夹玄武岩和安山岩。包古图铜矿区构造线方向与达尔布特断裂北侧截然不同,主要构造方向为近南北向,无论是地层、褶皱和断裂均以近南北向为主。南北向褶皱发育,为一系列中等紧闭的背斜和向斜。断裂构造早期以南北向大断裂为主,晚期发育东西向小断裂。包古图地区主要分布花岗闪长岩类小岩株,单个岩株一般面积数千平方米,有近 20 个小岩体大致分布在 1000 km² 范围内(图 1)

2 含矿斑岩地质和地球化学

2.1 含矿斑岩地质

在包古图地区已发现含工业矿体的斑岩有 II 和 V 号小岩体, I、III 和 IV 号也发现有铜矿化,其中以 V 号岩体铜矿化最为发育。

V 号岩体形态呈不规则状,出露面积约 0.84 km²,岩性以石英闪长岩、花岗闪长玢岩和石英二长斑岩为主,花岗闪长岩、黑云母花岗闪长岩和闪长玢岩为次。花岗闪长斑岩为斑状结构、块状构造,斑晶以中长石为主,钾长石、角闪石为次,含量 5%~25%,基质主要由长石和石英组成。岩石普遍蚀变,蚀变矿物主要由绿泥石、绿帘石、绢云母和钾长石组成。岩体中可见黄铜矿、黄铁矿、辉钼矿、毒砂、磁黄铁矿等金属矿物。金属矿物常呈浸染状、细脉浸染状和细脉状分布。铜矿体主

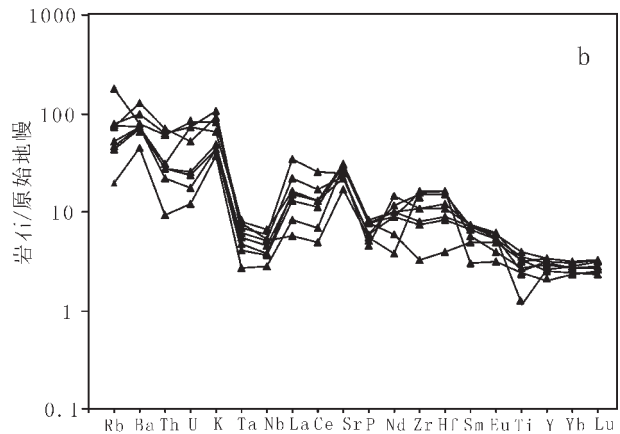
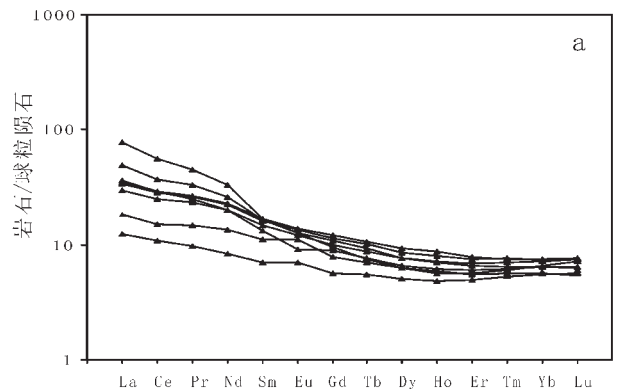


图2 包古图斑岩微量与稀土元素配分曲线

Fig. 2 Primitive mantle-normalized trace element and chondrite-normalized REE patterns for the Baogutu porphyries

要产于岩体接触带和岩体中。

II 号岩体位于 V 号岩体的西部,岩体形态近似菱形,面积约 3 km²。岩性由石英二长斑岩、花岗闪长岩和花岗斑岩等组成。岩体中部结晶粒度较粗,向边缘变细。其中石英二长斑岩为斑状结构、花岗变晶结构、块状构造,斑晶由长石和角闪石组成,基质由长石、石英和云母组成。II 号岩体的西南侧内接触带石英二长斑岩中有铜矿化发育,铜矿化呈浸染状和细脉-浸染状。

2.2 含矿斑岩地球化学

本次分析样品主要采自包古图 II、IV 和 V 号小岩体。通过对各斑岩样品的分析测试(表 1),主量元素 SiO₂、Al₂O₃ 和 MgO 的含量分别为 57.29%~70.65%、14.98%~17.58% 和 0.46%~3.99%, Na₂O 和 K₂O 的含量分别为 4.09%~5.58% 和 1.12%~3.18%。Na₂O/K₂O 比值为 1.49~3.94,镁值[Mg[#]=100×MgO/(MgO+FeO)] 为 47~70,岩石主量元素显示钙碱性特征。与东天山土屋—延东斑岩铜矿含矿斑岩主量元素^[4]相比, MgO 含量明显偏高,大多数样品 MgO 含量大于 2%,部分样品大于 3.5%,应属高镁闪长岩类。

表 1 包古图斑岩主量元素 (%)和微量元素 10^{-6} 组成

Table 1 Major element (%) and trace element (ppm) compositions of the Baogutu porphyry

样品	SWL07	BGT17	BGT23	BGT39	BGT40	BGT43	BGT46	BGT48
SiO ₂	58.68	59.03	70.65	65.61	66.66	57.29	57.65	64.88
TiO ₂	0.71	0.77	0.19	0.58	0.53	0.68	0.86	0.55
Al ₂ O ₃	17.58	16.85	15.45	15.64	14.98	17.18	16.81	15.66
Fe ₂ O ₃	3.36	1.62	0.45	1.17	1.00	2.56	2.93	1.80
FeO	2.93	4.77	0.92	2.49	1.76	3.45	3.80	2.66
MnO	0.07	0.10	0.02	0.02	0.01	0.09	0.10	0.03
MgO	3.15	3.65	0.46	2.66	2.25	3.96	3.99	2.26
CaO	5.63	6.08	2.11	3.02	2.43	6.76	6.51	3.41
Na ₂ O	4.26	4.09	5.58	4.49	4.75	5.12	4.30	4.25
K ₂ O	1.12	1.31	2.75	2.49	3.18	1.30	1.47	1.99
P ₂ O ₅	0.17	0.17	0.10	0.13	0.12	0.18	0.17	0.13
LOI	1.72	1.65	0.88	1.30	1.67	1.03	0.97	1.77
总量	99.38	100.1	99.56	99.60	99.34	99.60	99.56	99.39
Mg#	65.93	57.94	47.37	65.79	69.71	67.39	65.40	60.46
Sc	26.43	14.57	1.89	11.84	7.41	16.86	16.12	9.14
Rb	12.54	29.43	45.47	113.72	48.85	27.04	33.57	48.98
Sr	629.16	658.52	514.68	467.37	357.15	644.77	609.77	481.49
Y	11.54	13.62	11.77	13.36	9.18	15.65	15.17	14.31
Zr	36.39	82.44	122.40	177.65	179.69	118.78	90.98	166.91
Nb	1.98	2.62	4.17	4.66	3.68	2.72	3.25	3.78
Ba	312.76	507.61	886.65	550.85	510.21	488.67	505.08	687.41
Hf	1.23	2.54	3.70	5.07	5.03	3.33	2.76	4.59
Ta	0.11	0.16	0.28	0.33	0.25	0.19	0.23	0.31
Tl	0.08	0.13	0.12	0.37	0.32	0.11	0.12	0.25
Pb	3.05	5.00	8.66	3.54	3.22	4.40	5.70	5.56
Th	0.79	1.89	5.93	5.10	2.63	2.34	2.31	5.38
U	0.25	0.37	1.08	1.72	1.50	0.50	0.54	1.55
La	5.63	9.09	24.07	11.16	3.85	10.65	10.44	15.21
Ce	12.18	20.04	44.65	23.21	8.84	23.16	22.67	29.54
Pr	1.79	2.85	5.52	3.03	1.18	3.21	3.15	3.99
Nd	8.15	12.07	19.70	11.88	5.02	13.72	13.44	15.75
Sm	2.15	2.89	3.29	2.56	1.35	3.26	3.15	3.21
Eu	0.81	0.89	0.94	0.66	0.52	1.02	0.99	0.92
Gd	2.03	2.56	2.47	2.30	1.44	3.12	2.93	2.80
Tb	0.33	0.41	0.35	0.36	0.26	0.51	0.48	0.45
Dy	2.00	2.46	2.00	2.12	1.61	2.99	2.75	2.48
Ho	0.42	0.50	0.40	0.44	0.35	0.62	0.57	0.52
Er	1.17	1.37	1.19	1.27	1.04	1.65	1.55	1.45
Tm	0.18	0.21	0.20	0.20	0.17	0.24	0.25	0.23
Yb	1.17	1.35	1.37	1.33	1.15	1.57	1.53	1.49
Lu	0.18	0.20	0.23	0.21	0.18	0.25	0.24	0.24
∑REE	38.19	56.88	106.38	60.74	26.95	65.96	64.13	78.27
δ Eu	1.19	1.00	1.01	0.83	1.13	0.98	0.99	0.94

注:测试单位为中国科学院地质与地球物理研究所,主量元素由XRF、微量元素由ICP-MS测试。

微量元素 Y、Yb 和 Sr 的含量分别为 $9.18 \times 10^{-6} \sim 15.65 \times 10^{-6}$, $1.15 \times 10^{-6} \sim 1.57 \times 10^{-6}$ 和 $357 \times 10^{-6} \sim 658 \times 10^{-6}$, 稀土元素配分曲线(图 2-a)表现为 LREE 富集型和 Eu 为弱负异常或无负异常, δEu 值为 0.83~1.19。大离子亲石元素(LILE)Rb、K、Th 和 Sr 有相对高的富集, 而高场强元素(HFSE)Nb、Ta、Zr 和重稀土 Yb、Y 有强烈的亏损(图 2-b), 稀土和微量元素都显示有明显的岛弧特征。在稀土配分图上(图 2-a)轻稀土元

素曲线呈现有规律的发散状, 其形成原因可能是含矿岩浆在上升过程中受到地幔楔超基性岩不均匀混染作用所致。和东天山土屋—延东斜长花岗岩斑岩^[4]相比, 微量元素 Y 和 Yb 含量较高, Sr 含量接近, Sr/Yb 比值较小。

区内含矿斑岩的 Sr-Nd 同位素组成见表 2。根据前人资料^[4]笔者采用 320 Ma 年龄推算该含矿斑岩初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值和 $\epsilon \text{Nd}(t)$ 。结果表明该区含矿斑岩初始 $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ 值和 $\epsilon \text{Nd}(t)$

表 2 包古图斑岩 Sr 和 Nd 同位素组成
Table 2 Sr and Nd isotopic compositions

样号	⁸⁷ Rb/ ⁸⁶ Sr	⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr	(⁸⁷ Sr/ ⁸⁶ Sr) _i	¹⁴⁷ Sm/ ¹⁴⁴ Nd	¹⁴³ Nd/ ¹⁴⁴ Nd	$\epsilon_{Nd}(t)$
BGT23	0.2518	0.7051	0.7039	0.0988	0.5128	6.7
BGT33	0.5069	0.7060	0.7037	0.0836	0.5128	7.4
BGT39	0.6290	0.7066	0.7037	0.1230	0.5128	6.8
BGT40	0.7133	0.7072	0.7040	0.1452	0.5129	7.4
BGT48	0.3026	0.7054	0.7040	0.1175	0.5128	6.8

注:样品由中国科学院地质与地球物理研究所测试。初始 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr、¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd 和 $\epsilon_{Nd}(t)$ 计算值,有关参数取 $t=320\text{Ma}$; (¹⁴³Nd/¹⁴⁴Nd)_{CHUR,0}=0.512638, (¹⁴⁷Sm/¹⁴⁴Nd)_{CHUR,0}=0.1967, $\lambda^{87}\text{Rb}=1.42\times 10^{-11}\text{a}^{-1}$, $\lambda^{147}\text{Sm}=6.54\times 10^{-12}\text{a}^{-1}$ 。

分别为 0.7037~0.7040 和 6.7~7.4,二者与东天山土屋—延东斑岩铜矿斜长花岗岩^[4]和西准萨吾尔岛弧火山岩的组成值^[5]相近。在初始 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 值和 $\epsilon_{Nd}(t)$ 图解(图 3)上,含矿斑岩的投点位于 MORB 区,反映含矿斑岩的岩浆来源于大洋中脊玄武岩的部分熔融。

3 讨论

3.1 含矿斑岩的埃达克岩属性及其形成机制

通过包古图含矿斑岩主量和微量元素组成与埃达克岩组成对比,发现包古图含矿斑岩基本满足埃达克岩的条件^[7],即 SiO₂>56%, Al₂O₃>15%, MgO<3%, 贫 Y 和 Yb (Y<18×10⁻⁶, Yb<1.9×10⁻⁶), 高 Sr (>400×10⁻⁹), HREE 明显亏损等特征。在 Sr/Y—Y 相关图解^[7,9](图 4)中,包古图含矿斑岩位于埃达克岩区。这些特征反映包古图地区 I、II、III、IV 和 V 号小岩体为埃达克岩。这些岩石的 Nd 和 Sr 同位素组成与洋中脊玄武岩(MORB)以及起源于俯冲洋壳的埃达克岩的 Nd 和 Sr 同位素组成相似,并且含矿斑岩 Mg[#]>40(表 1),表明它们可能是俯冲洋壳熔融的产物。

由于典型 MORB 的 Mg[#] 约为 60, 它所产生的岩浆的 Mg[#] 应小于 60。但本文部分样品的 Mg[#] 高达 70, 结合这些样品出现高 MgO、Ni 和 Cr, 低 SiO₂(57%~59%), 和轻稀土元素组成不均匀等情况, 故推测俯冲的洋壳板片初始熔体在上升过程中受到了地幔橄榄岩的混染^[9-11]。

包古图地区海西中晚期花岗闪长岩和石英闪长岩小岩体, 为准铝质岩石, 暗色矿物为镁角闪石、阳起石和镁质黑云母, Na₂O>K₂O, 稀土配分曲线表现为轻稀土富集的具正铈异常的模式。具低的 ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 初始锶比值和氧同位素组成, 这些特征反映其岩浆物质来源是深源的, 属板块碰撞前的花岗岩类。在花岗岩微量元素构造环境判别图解中^[12](图 5), 包古图含矿斑岩位于岛弧区。

Oyarzun 等^[13]认为形成巨型斑岩铜矿的有利条件是: 两个板块斜向快速对接, 导致板块缓倾角俯冲和俯冲板块的直

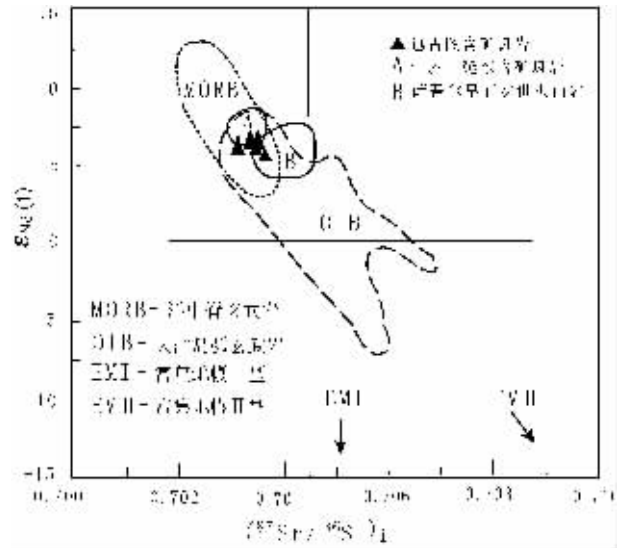


图 3 包古图斑岩 $\epsilon_{Nd}(t)$ —(⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i 图解^[9]
Fig. 3 Diagram of $\epsilon_{Nd}(t)$ vs. (⁸⁷Sr/⁸⁶Sr)_i for the Baogutu porphyries^[9]

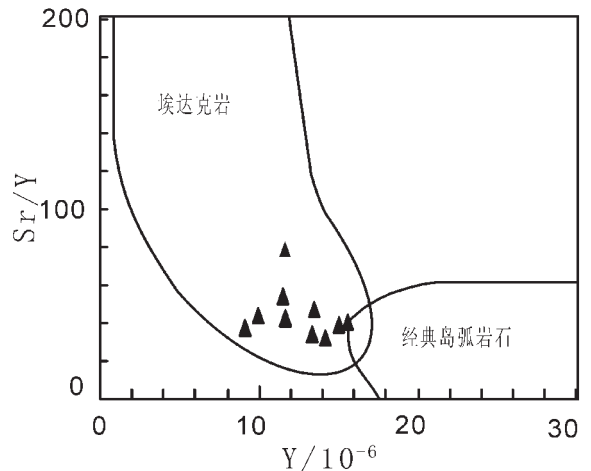


图 4 包古图含矿斑岩 Sr/Y—Y 相关图解^[7-9]
Fig. 4 Diagram of Sr/Y vs. Y for the Baogutu porphyries^[7-9]

接熔融, 而产生深成埃达克岩; 有利于防止 SO₂ 逸散的挤压条件、富硫和高氧化的岩浆(封闭的岩浆系统)。电子探针分析黑云母的 Mg/(Mg+Fe) 比值为 0.60~0.70^[11] 属富镁黑云母, 而富镁黑云母反映为高 f_{O2} 条件下的产物, 结合矿石光片中见到大量赤铁矿和磁铁矿的存在, 认为斜长花岗岩形成于高 f_{O2} 条件。

3.2 埃达克岩的地质意义

关于西准(哈图—包古图地区)的晚古生代泥盆—石炭纪构造环境有多种看法, 主要包括弧后盆地^[14]、小洋盆—残留

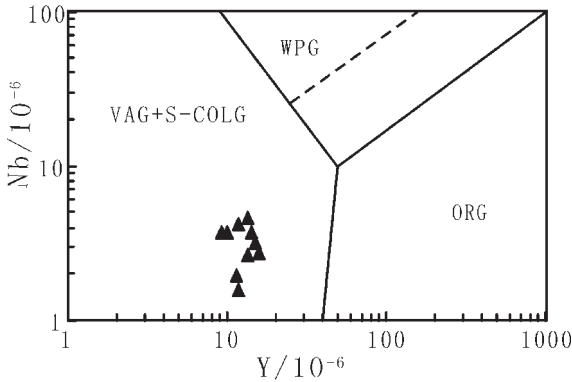


图5 包古图斑岩微量元素构造环境判别图解^[12]

VAG—火山弧花岗岩;ORG—洋脊花岗岩;
WPG—板内花岗岩;S—COLG—同碰撞花岗岩

Fig. 5 Trace element discrimination diagram for the Baogutu porphyries^[12]

VAG—volcanic arc granite;ORG—oceanic ridge granite;WPG—within the plate granite;S—COLG—syn-collision granite

海盆^[14]、多旋回开合的沟弧盆体系^[15]和岛弧增生环境^[16]。本区含矿斑岩地球化学特征表明,包古图地区海西中晚期含矿小斑岩的形成环境并非弧后盆地和残余海盆,可能属洋壳俯冲作用有关的岛弧环境。结合区域沉积岩和沉积环境(海相火山岩和沉积岩),故认为该含矿斑岩形成于与洋内俯冲有关的岛弧环境,即表明包古图地区在早石炭世为岛弧环境。但许多人将向西北倾斜的达尔布特断层作为古生代俯冲带,这和笔者的认识似乎有矛盾。实际上位于达尔布特断层附件的蛇绿岩的年龄一般>400 Ma,说明奥陶—志留纪期间的古俯冲带在达尔布特断层的位置,而与包古图早石炭世岛弧有关的俯冲带在达尔布特断层以南。

4 结 论

包古图斑岩铜矿母岩的侵入年龄为330~320 Ma,与围岩(海相沉积岩—火山岩)时代相近。含矿斑岩主量和微量元素分析表明,大多数斑岩满足埃达克岩的条件,即 $\text{SiO}_2 > 56\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15\%$, $\text{MgO} < 3\%$,贫Y和Yb($\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$, $\text{Yb} < 1.9 \times 10^{-6}$),高Sr($> 400 \times 10^{-9}$),HREE明显亏损,其Nd和Sr同位素组成与洋中脊玄武岩(MORB)组成接近。但部分样品MgO含量较高(>3%),轻稀土元素丰度较低,偏离埃达克岩的组成范围。根据斑岩的地球化学特征并结合区域沉积环境,笔者认为包古图含矿斑岩形成于早石炭世与洋内俯冲有关的岛弧环境。部分样品具有高镁质和低轻稀土特征,反映大洋板片的初始熔体在上升过程中受到了地幔橄辉岩的不均匀混染。

包古图地区分布数量较多的海西期中酸性小斑岩体,这些斑岩具有相似的地球化学特征,在该地区寻找斑岩铜矿具有很大的前景。目前仅在V号岩体开展了一定程度的地质勘

探,其他岩体的找矿工作有待加强。

致谢:感谢新疆有色地质勘查局地质研究所有关领导和地质人员的帮助,感谢与肖文交、赵振华和张旗研究员等对本文的有益讨论。

参考文献(References):

- [1] 沈远超,金成伟,齐进英,等.西准噶尔金矿化集中区的成矿模式和形成机理[A].见:涂光炽主编.新疆北部固体地球科学新进展[C].北京:科学出版社,1993.295~310.
Shen Yuanchao, Jin Chenwei, Qi Jinying et al. Ore-forming model and mechanism of gold mineralization area in west Junggar[A]. In: Tu Guangchi (ed.), New developments of Solid Earth Sciences of Northern Xinjiang[C]. Beijing: Science Press, 1993. 137~150 (in Chinese).
- [2] 张锐,张云孝,佟更生.新疆包古图铜矿地质特征及成因浅析[A].见:中国科学技术协会2005年学术年会.乌鲁木齐:2005,1~6.
Zhang Rui, Zhang Yunxiao, Dong Gengsheng. Geological characteristics and origin of Baogutu copper deposit in Xinjiang [A]. 2005 meeting of Chinese Science and technology Association, Ürümqi:2005. 1~6 (in Chinese).
- [3] 金成伟,沈远超,张秀祺,等.西准噶尔岩浆活动及其与构造环境和金矿化的关系[A].见:涂光炽主编.新疆北部固体地球科学新进展[C].北京:科学出版社,1993.137~150.
Jin Chenwei, Shen Yuanchao, Zhang Xiuqi, et al. The relationships of magma activity, tectonics setting and gold mineralization in west Junggar[A]. In: Tu Guangchi (ed.). New Developments of Solid Earth Sciences of Northern Xinjiang [C]. Beijing: Science Press, 1993. 137~150 (in Chinese).
- [4] 张连昌,秦克章,英基丰,等.天山土屋—延东斑岩铜矿带埃达克岩及其与成矿作用的关系[J].岩石学报,2004,20(2):259~268.
Zhang Lianchang, Qin Kezhang, Ying Jifeng, et al. The relationship between ore-forming processes and adakitic rock in Tuwu—Yandong porphyry copper metallogenic belt, eastern Tianshan Mountains [J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20:259~268 (in Chinese with English abstract).
- [5] 申萍.新疆萨吾尔金矿带构造—流体地球化学及成矿作用[D].中国科学院地质与地球物理研究所博士论文,2004,1~171.
Shen Ping. Mineralization and tectonic—fluid geochemistry in Sawuer gold belt, Xinjiang[D]. Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, PhD dissertation, 2004, 1~171 (in Chinese with English abstract).
- [6] Zindler A, Hart S R. Chemical geodynamics [J]. Ann Rev Earth Plant Sci, 1986, 14:493~571.
- [7] Defant M J, Drummond M S. Derivation of some modern arc magmas by melting of young subduction lithosphere [J]. Nature, 1990, 347:662~665.
- [8] Drummond M S, Defant M J, Kepezhinskis P K. Petrogenesis of slab-derived trondhjemite-tonalite-dacite/adakite magmas. Transactions of the Royal society of Edinburgh [J]. Earth Sciences, 1996, 87:205~215.

- [9] Kay R W. Aleutian magnesium andesites: melts from subducted Pacific oceanic crust [J]. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 1978, 4:117~132.
- [10] Yogodzinski G M, Kay R W, Bolynets O N. Magnesian andesites in the western Aleutian Komandorsky region: Implications for slab melting and processes in the mantle wedge [J]. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 1995, 107:505~519.
- [11] Rapp R P, Shimizu N, Norman M D. Reaction between slab-derived melts and peridotite in the mantle wedge: experimental constraints at 3.8 GPa [J]. *Chemical Geology*, 1999, 160:335~356.
- [12] Pearce J A, Nigell B W, Harris. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks [J]. *J. Petrology*, 1984, 25:956~983.
- [13] Oyarzun R, Marquez A, Lillo J, et al. Giant versus small porphyry copper deposits of Cenozoic age in northern Chile: adakitic versus normal calc-alkaline magmatism [J]. *Mineralium Deposita*, 2001, 36:794~798.
- [14] 朱宝清, 冯益民. 新疆西准噶尔板块构造及其演化[J]. *新疆地质*, 1994, 2:91~105.
Zhu Baoqing, Feng Yimin. Plate tectonics and evolution in west Junggar of Xinjiang [J]. *Xinjiang Geology*, 1994, 12 (2):91~105 (in Chinese with English abstract).
- [15] 梁云海, 李文铅, 李卫东. 新疆准噶尔造山带多旋回开合构造特征[J]. *新疆地质*, 2004, 3:279~285.
Liang Yunhai, Li Wenqian, Li Weidong. Characteristics of polycyclic opening-closing tectonics in west Junggar orogenic belt, Xinjiang Geology [J]. *Xinjiang Geology*, 2004, 23 (3):279~285 (in Chinese with English abstract).
- [16] 王方正, 杨梅珍, 郑建平. 准噶尔盆地岛弧火山岩地体拼合基地的地球化学证据[J]. *岩石矿物学杂志*, 2002, 21(1):1~10.
Wang Fangzheng, Yang Meizheng, Zheng Jianping. Geochemical evidence of the basement assembled by island arc volcanics terranes in Junggar basin [J]. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 2002, 21 (1):1~10 (in Chinese with English abstract).

Characteristics and geological significance of adakitic rocks in copper-bearing porphyry in Baogutu, western Junggar

ZHANG Lian-chang¹, WAN Bo¹, JIAO Xue-jun², ZHANG Rui²

(1. Key Lab. of Mineral Resources, Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

2. Xinjiang Nonferrous Geoexploration Bureau, Ürümqi 830000, Xinjiang, China)

Abstract: In the Darbute-Baogutu area, western Junggar, there outcrop two types of intermediate-acid intrusive rocks: late Hercynian (<270 Ma) granite batholiths and late-mid Hercynian (330 - 320 Ma) intermediate-acid small porphyry bodies. The Baogutu porphyry copper deposit is hosted in the latter. The Major element and trace element analysis of the rocks indicate that the Baogutu copper-bearing small porphyry in the mine meets the conditions of adakitic rocks, i.e.: $\text{SiO}_2 > 56\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3 > 15\%$, $\text{MgO} < 3\%$, $\text{Y} < 18 \times 10^{-6}$, $\text{Yb} < 1.9 \times 10^{-6}$ and $\text{Sr} > 400 \times 10^{-6}$ and pronounced HREE depletion. Its Nd and Sr isotopic compositions are close to that of MORB. However, the composition of some samples, which is characterized by relatively high MgO contents (>3%) and a relatively low LREE abundance, is deviated from the compositional range of adakitic rocks. According to the geochemical composition of porphyries, combined with the regional geological characteristics, the authors think that the Baogutu copper-bearing porphyry originated in an island-arc environment related to intraoceanic subduction but that the initial melt of the oceanic crustal slab was subjected to inhomogeneous contamination with mantle peridotite during its rise.

Key words: adakitic rock; porphyry copper deposit; Late Paleozoic island arc; western Junggar; Xinjiang

About the first author: ZHANG Lian-chang, male, born in 1959, Ph.D, his main research interests are geochemistry and geology of mineral deposits; E-mail: Lczhang@mail.igcas.ac.cn.