2003 年 7 月
24 卷增刊 :74-79

地 球 学 报
ACTA GEOSCIENTIA SINICA

July 2003
24(Sup.) :74-79

新疆土屋铜矿区细碧-角斑岩地球化学特征

韩春明[1,2)] 毛景文[2,3)] 王志良[2,3)] 杨建民[2)]

(1)中国科学院高能物理研究所,北京,100039 ;2)中国地质科学院矿产资源研究所, 北京,100037 ;
3)中国地质大学,北京,100083)

摘 要 土屋铜矿床是中国近年来发现的大型-超大型斑岩型铜(钼)矿床。通过对该矿区细碧-角斑岩的岩相学、矿物学和岩石地球化学研究表明,该套岩石属于钙碱性系列,以富集 Ba、Th、LREE,亏损 Ti、Nb、HFSE 为特征,推测形成于岛弧环境,源于上地幔,但其形成过程受到地壳不同程度的混染。最新同位素测年资料表明,该套火山岩形成年代为 356~416 Ma,属于晚泥盆世产物,发育在塔里木板块北侧与哈萨克斯坦-准噶尔板块的接壤部位,可能为晚古生代北天山洋向北的 B 型俯冲期间,在企鹅山岛弧发生大规模的岩浆活动,与后期多次脉动侵位于其中的同构造花岗岩类共同构成了企鹅山泥盆纪-石炭纪岛弧岩浆岩带。

关键词 火山岩 钙碱系列 岛弧环境 土屋 新疆

Geochemical Characteristics and Tectonic Implications of Devonian Volcanites in the Tuwu Copper Deposit, East Tianshan Mountains, Xinjiang

HAN Chunming[1,2)] MAO Jingwen[2,3)] WANG Zhiliang[2,3)] YANG Jianmin[2)]

(1) *Institute of High Energy Physics, CAS, Beijing*, 100039 ; 2) *Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing*, 100037 ; 3) *China University of Geoscience, Beijing*, 100083)

Abstract The Tuwu porphyry copper (molybdenum and gold) deposit in the East Tianshan Mountains has been discovered recently. The Late Devonian Tuwu volcanic suite (TVS) lies in the east segment of the Tianshan Mountains. Petrological and geochemical studies indicate that TVS assumes typical calc-alkaline volcanics characteristics and relatively high-Na features and that it is a calc-alkaline island-arc volcanic rock series. Relative variations in trace element abundance on the chondrite-normalized patterns show high concentration of Rb, Ba and depletion of Nb, Ti. Single-grain zircon U-Pb dating results suggest that TVS was emplaced in Late Devonian of 356~416 Ma. The isotope signatures of initial $^{87}Sr/^{86}Sr$ ratios and initial $\varepsilon Nd(t)$ values imply that the magma came from a depleted mantle, but was mixed with a small amount of crustral material. Both the volcanics and late emplaced granite porphyry have made up the Devonian-Carboniferous Qi'eshan island arc magmatic belt on the palaeogeographical margin between Tarim plate and Zhungaer-Kazakesitan plate.

Key words volcanics calc-alkaline island arc environment Tuwu Xinjiang

细碧-角斑岩属于富钠质的(部分为富钾质的)火山岩系,由于在地壳中具有一定的时-空分布,与地壳发展的一定阶段以及一定的大地构造环境有关,其主要形成于造山带早期下陷阶段,是由造山前期的强烈水下火山喷发作用形成的。一些铁、铜等重要矿产的形成与其有成因上的联系,所以,对其地质特征和成因的研究一向受到广大地质工作者的普遍关注(陈哲夫等,1985 ;成守德等,1986 ;邓尔斯,1986)。

在新疆土屋、延东、灵龙、赤湖、三岔口铜矿带,虽然矿化发育在花岗闪长斑岩和斜长花岗斑岩内,但是部分矿体和斑岩体的围岩为细碧-角斑岩。本文是在前人的工作基础上(何国琦等,1994 ;姬金生等,1994 ;冯瑞士等,1993,1997 ;周济元等,1994),对土屋矿区企鹅山群细碧-角斑岩的地球化学特征进行了初步研究。

1 土屋铜矿侵入岩特征

矿区外围发育晚石炭世—早二叠世深成中酸性侵入岩,即企鹅山超单元和沟权山超单元的部分岩

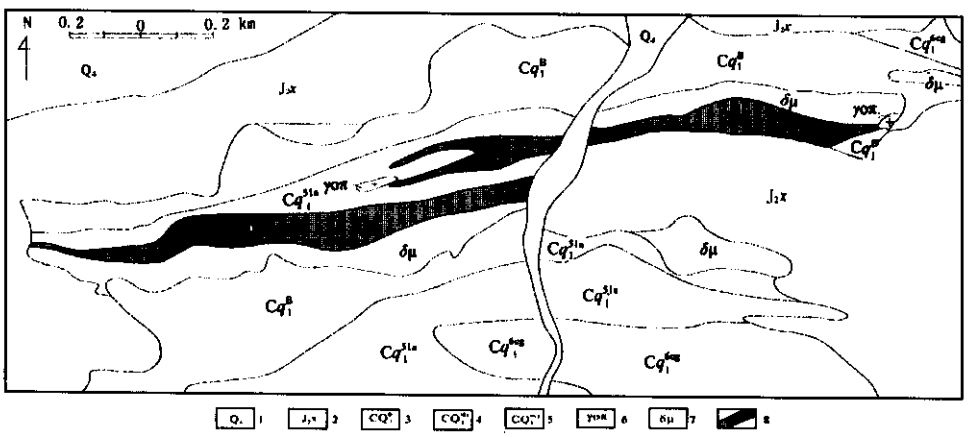
第一作者 韩春明,男,1968 年生,主要从事矿床学和矿床地球化学方面的科研工作 ;E-mail :hancm@mail.ihip.ac.cn。

万方数据

体。矿区范围内发育闪长玢岩和斜长花岗斑岩浅成侵入体，均有较强的铜矿化。斑岩体产出主要集中于火山-沉积岩性段中，岩体呈细脉状、岩株状、岩瘤状，野外观察斜长花岗斑岩具有穿插闪长玢岩现象。

闪长玢岩镜下观察为斑状结构，斑晶为斜长石、黑云母(片状集合体)，基质为半自形粒状结构，由斜长石、黑云母、角闪石、石英组成；副矿物为磁铁矿、磷灰石、钛铁矿和锆石；后期蚀变为绿泥石化、绢云母化、绿帘石化、硅化和碳酸盐化。

斜长花岗斑岩出露岩体23个，出露最大岩体的面积约0.03 km^2，其余单个岩体面积均小于0.01 km^2，最小的斑岩体面积小于100 m^2，平面形态多呈不规则状，剖面形态呈岩枝状产出。岩石具斑状结构、块状构造，斑晶为石英、斜长石和黑云母；基质呈半自形状结构，围岩蚀变为硅化、绢云母化、碳酸盐化、绿泥石化和高岭土化。侵位时间晚于闪长玢岩，围岩地层为含砾砂岩和玄武岩，局部被第四系和侏罗系地层所覆盖(图1)。


N
0.2
0
0.2 km
Q4
J2x
Cq1β
Cq1β
Cq1β
Cq1β
Cq1sla
Cq1sla
Cq1sla

2 细碧-角斑岩矿物学和岩相学特征

2.1 细碧岩

新鲜岩石为灰绿色或暗绿色，在地表风化后多已风化成黄绿、灰黄绿色；主要由细碧质岩屑、钠长石晶屑组成，另外含有少量石英角斑质岩屑；胶结物为更细小的同组分火山熔岩，但已经蚀变成绿泥石、绿帘石和更细小的钠长石。钠长石呈自形-半自形，板条状，具有聚片双晶，其成分经电子探针测定为钠长石（An<10；表 1），地表或近于地表处岩石多已蚀变成绢云母，呈黄绿色；部分钠长石斑晶呈中空骸晶结构，绿泥石、绿帘石充填于钠长石组成的格架中，但仍然保留有钠长石晶形和钠长石残留体；副矿物为磁铁矿、榍石。镜下见有标准的细碧结构，即间片结构和交织结构；矿石构造为块状或杏仁状等，杏仁中充填矿物为方解石和石英，部分杏仁拉长呈透镜体状。

表 1 土屋铜矿床斜长石电子探针分析结果

Table 1 Electron microprobe analysis of feldspar from the Tuwu copper deposit %

样号	分析编号	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	总量	矿物名称
1	5-1-pl_1	55.52	0.03	21.81	0.01	8.68	0.08	3.70	2.82	7.22	0.07	99.94	更长石
2	5-1-pl_2	54.29	0.09	27.81	0.00	0.62	0.01	0.03	11.21	6.27	0.03	100.35	中长石
3	8-1-pl_1	52.12	0.05	28.59	0.01	0.64	0.00	0.12	12.89	4.39	0.03	98.82	拉长石
4	8-1-pl_2	58.21	0.08	26.75	0.01	1.15	0.01	0.68	7.46	6.32	0.18	100.86	中长石
5	8-1-pl_3	52.79	0.07	28.89	0.00	0.78	0.01	0.10	12.23	4.48	0.02	99.54	拉长石
6	8-2-pl	53.39	0.07	27.91	0.00	0.63	0.00	0.08	11.90	5.00	0.04	99.01	拉长石
7	8-2-pl_2	55.25	0.14	26.88	0.00	0.57	0.02	0.08	10.17	2.99	0.02	96.14	拉长石
8	8-3-pl	56.68	0.10	26.00	0.02	0.71	0.01	0.13	9.09	6.21	0.03	98.99	中长石
9	2-1-pl	56.79	0.11	25.50	0.00	0.87	0.00	0.04	9.16	6.83	0.04	99.35	中长石
10	2-1-pl_2	56.22	0.11	24.58	0.00	0.75	0.00	0.04	8.49	7.00	0.04	97.22	中长石
11	3-1-pl	64.74	0.00	21.01	0.02	0.09	0.00	0.08	2.63	10.49	0.27	99.33	更长石
12	3-2-pl	66.47	0.00	20.63	0.06	0.15	0.00	0.04	1.92	11.29	0.13	100.68	钠长石
13	4-1-pl	54.55	0.08	27.65	0.02	1.04	0.00	0.19	10.82	5.13	0.12	99.59	中长石
14	4-2-pl	57.53	0.12	25.63	0.00	0.93	0.01	0.03	8.98	7.08	0.05	100.35	中长石
15	4-2-pl_2	57.36	0.12	25.32	0.01	0.95	0.00	0.04	8.81	6.98	0.06	99.65	中长石
16	7-1-pl	68.99	0.00	19.20	0.00	0.01	0.00	0.00	0.20	11.57	0.08	100.06	钠长石
17	7-1-pl_2	68.41	0.12	18.95	0.02	0.01	0.00	0.00	0.43	11.69	0.19	99.69	钠长石

注：测试单位为中国地质科学院矿产资源研究所电子探针分析室；测试仪器型号：jxa－8800 电子探针仪。

2.2 角斑岩-石英角斑岩

前人将此类岩石定名为蚀变安山玢岩和英安岩。根据岩石镜下鉴定和化学分析，其矿物成分、结构构造与细碧岩大致相同，但以变余斑状结构、中空骸晶结构为其主要特征，斑晶和基质的粒径相差极为悬殊。角斑岩 SiO_2 质量分数为 52%～65%，石英角斑岩 SiO_2 质量分数大于 65%，角斑岩斑晶为石英、钠长石，钠长石后期蚀变为绿泥石化、绿帘石化和绢云母化。石英角斑岩主要特点是石英含量增加，石英呈他形，粒径略小于钠长石。次要矿物为榍石、磁铁矿。

3 火山岩地球化学特征

土屋铜矿区细碧岩属于浅变质火山岩系，其化学成分及微量元素分析结果列于表 2 中。分析结果表明，该区变质细碧岩 H_2O^+ 质量分数较高，为 1.44%～5.30%，平均 4.22%，矿区细碧岩均遭受到一定程度的后期蚀变作用。这种蚀变作用将会影响到活动元素的地球化学行为，但是对不活泼元素的影响较小，考虑到这一基本地质地球化学特征，在此重点对不活泼元素（Nb、Ta、Zr、Hf、Th、REE、Ti 等）进行元素地球化学性质讨论。

3.1 岩石化学类型

将土屋-延东火山岩岩石化学特征投影于国际地科联推荐的 TAS 图，可以看出，含矿火山岩主要落于粗面玄武岩、玄武粗安岩和粗安岩中。非含矿火山岩主要落于玄武岩、玄武安山岩、安山岩和英安岩中，部分落于粗面玄武岩、玄武粗安岩和粗安岩中（图 2）。

万方数据

表 2　土屋铜矿细碧-角斑岩的主元素和微量元素分析结果

Table 2　Major and trace element analysis of spolites and spilitic keratophyre in the Tuwu copper deposit　　%

样号	ZK004-74	ZK004-76	TW1	TW42	ZK004-35	ZK004-59	ZK004-55	TW30	TW28
岩石类型	**细碧岩**	**细碧岩**	**细碧岩**	**细碧岩**	**角斑岩**	**角斑岩**	**角斑岩**	**角斑岩**	**石英角斑岩**
SiO_2	48.07	50.79	47.55	50.26	53.96	54.09	55.52	59.02	70.65
TiO_2	0.96	0.97	0.93	1.02	1.08	1.00	0.96	0.36	0.28
Al_2O_3	19.28	17.98	19.01	19	18.34	17.97	17.48	14.54	15.57
Fe_2O_3	2.14	1.82	1.99	4.54	2.17	1.97	2.74	2.2	1.18
FeO	5.89	5.59	5.76	6.13	6.25	5.80	6.02	0.25	0.20
MnO	0.054	0.07	0.056	0.07	0.066	0.067	0.06	0.03	0.02
MgO	4.62	6.10	4.46	5.32	6.34	6.21	5.86	1.24	1.06
CaO	3.61	5.77	3.46	4.33	3	3.59	2.8	1.3	0.90
Na_2O	4.39	3.20	4.3	2.82	2.74	2.57	2.4	11.39	7.36
K_2O	2.41	0.15	2.47	0.06	0.66	0.081	0.24	1.15	0.94
P_2O_5	0.16	0.24	0.18	0.26	0.26	0.22	0.26	0.16	0.11
CO_2	2.92	2.21	4.06	0.58	0.19	0.85	0.38	0.67	0.38
SO_3	0.91	—	0.055	—	0.28	0.34	1.02	0.4	—
H_2O^+	4.46	4.64	5.3	4.92	4.98	4.96	5.04	2.26	1.44
LOI	—	—	—	—	—	—	—	8.29	—
Total	100.134	99.53	99.971	99.31	100.316	99.858	100.99	94.97	100.09
Ba	81	81	6720	40	98	98	83	112	109
Co	23	21	25	30	18	20	27	6.1	3.7
Cr	195	139	146	155	138	151	154	7.4	6.2
Cs	3.1	0.9	1.0	0.80	1.3	1.1	0.9	1.1	0.5
Cu	6220	942	1090	734	1510	1430	2480	930	344
Hf	3.3	2.9	2.6	2.7	3.3	2.9	2.9	2.4	3.3
Mo	702	14	0.6	0.9	5.9	12	1.2	3.7	1.6
Nb	4.1	3.3	3.8	3.4	3.9	3.6	3.5	3.9	3.2
Ni	85	98	92	90	89	97	99	16	12
Pb	6.1	6.3	18	8.5	5.5	6.7	7.3	11	63
Rb	21	4.3	7.7	12	17	7.7	6.2	10	5.2
Sr	315	496	898	571	467	462	495	174	279
Ta	4.3	2.9	0.8	1.6	4.3	2.1	1.5	76	0.7
Th	1.4	1.4	2.0	1.0	4.8	2.5	1.8	0.8	1.1
U	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.50	0.5	0.3	0.3
Zn	101	49	50	66	52	49	57	88	43
Zr	159	106	92	85	126	123	104	87	156
Au	0.0701	0.0396	0.0303	0.27	0.0093	0.0609	0.0461	0.120	0.0120
Ag	<0.01	0.12	0.23	0.44	0.10	0.06	0.13	0.63	0.56
La	7.31	7.59	7.83	7.99	6.42	7.40	5.81	8.32	8.91
Ce	14.70	16.29	17.26	18.19	14.78	17.03	14.21	15.75	16.53
Pr	2.27	2.66	2.48	3.07	2.42	2.51	2.11	2.01	2.56
Nd	10.43	12.73	13.83	13.85	9.96	12.79	10.58	10.24	10.84
Sm	2.75	3.39	3.19	3.52	2.49	3.28	2.34	1.71	1.59
Eu	0.92	1.16	1.13	1.06	0.91	0.98	0.81	0.72	0.66
Gd	3.00	3.56	3.59	3.46	3.16	3.39	2.59	1.52	1.29
Tb	0.50	0.60	0.57	0.61	0.50	0.52	0.40	0.26	<0.30
Dy	2.89	3.28	2.99	3.45	2.99	2.95	2.34	1.37	0.98
Ho	0.58	0.64	0.58	0.71	0.62	0.60	0.48	0.29	0.20
Er	1.45	1.60	1.54	1.72	1.51	1.58	1.15	0.72	0.58
Tm	0.21	0.23	0.22	0.25	0.23	0.22	0.17	0.11	<0.10
Yb	1.41	1.46	1.51	1.61	1.49	1.49	1.23	0.76	0.65
Lu	0.23	0.24	0.24	0.27	0.25	0.24	0.20	0.11	<0.10
合计	48.85	55.93	56.96	59.8	47.73	54.98	44.42	43.98	45.29
LREE	38.38	44.32	45.72	47.68	36.98	43.99	35.86	38.75	41.09
HREE	10.47	11.61	11.24	12.08	10.75	10.99	8.56	5.14	4.20
ΣLREE/ΣHREE	3.67	1.73	1.81	1.77	1.54	1.76	1.79	8.54	9.78
La/Sm	2.66	2.24	2.45	2.27	2.58	2.26	2.48	4.87	2.60
$(Ce/Yb)_N$	2.66	2.85	2.92	2.85	3.12	3.06	2.95	5.29	6.49
$(La/Yb)_N$	3.42	3.42	3.42	3.27	2.84	3.27	3.11	7.22	9.03
δEu	0.98	1.02	1.03	0.92	1.00	0.90	1.01	1.35	1.38

注：主量元素由 X 荧光光谱（XRF）和等离子光谱（ICP-AES）分析单位为%；微量元素：①：Cu 高含量分析为原子吸收；②Au、Ag：原子吸收；③Cu 低含量及其它元素分析由等离子光谱（ICP-AES）和等离子质谱（ICP-MS）；单位为 μg/g；稀土元素由等离子光谱分析（ICP-AES），单位为 μg/g。国家地质实验测试中心测定，分析者：温宏利，吴列平等。

万方数据

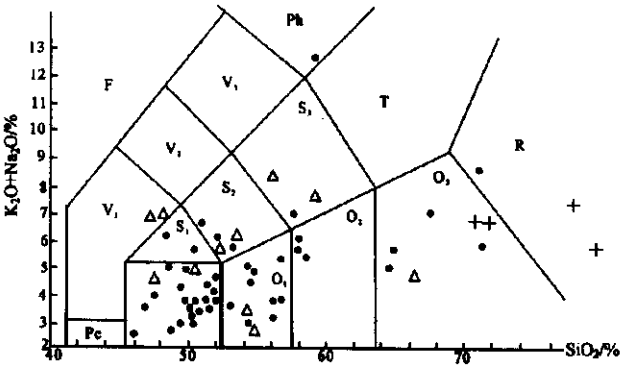


图 2 土屋斑岩型铜矿区火山岩(K_2O+Na_2O)-SiO_2 图解

Fig.2 (K_2O+Na_2O)-SiO_2 diagram of spolites and spilitic keratophyre at Tuwu porphyry copper deposit

△-含矿火山岩;●-非含矿火山岩;+-斑岩;Pc-苦橄玄武岩;B-玄武岩;O_1-玄武安山岩;O_2-安山岩;O_3-英安岩;R-流纹岩;S_1-粗面安山岩;S_2-玄武粗安岩;S_3-粗安岩;T-粗面英安岩、粗面岩;V_1-碱玄岩、碧玄岩;V_2-响岩质碱玄岩;V_3-碱玄质响岩;Ph-响岩

3.2 岩石系列

利用 SiO_2-(Na_2O+K_2O)图解(图略),可以看到土屋铜矿区火山岩大部分位于亚碱性区域。再将亚碱性系列岩石化学成分投入 AFM 图解中(图 3),大部分点落于钙碱性系列区。从 SiO_2-FeO^*/MgO 变异图解可以看出(图 4),细碧-角斑岩火山岩也都落于钙碱系列中,且以中-基性端元为主,酸性端元也有发育。

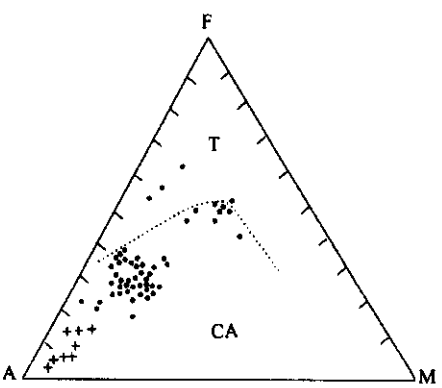


图 3 土屋斑岩型铜矿区火山岩 AFM 图解(图例同图 1)

Fig.3 AFM diagram of spolites and spilitic keratophyre at Tuwu porphyry copper deposit

3.3 稀土元素地球化学特征

稀土元素分析结果表明,细碧岩稀土元素总量较低,轻稀土元素相对富集,稀土元素总量为 48.85~59.80 μg/g,平均为 55.39 μg/g,ΣLREE/ΣHREE 在 1.73~3.67 之间,平均为 2.25;$(La/Yb)_N$ 介于 3.27~3.42,平均为 3.38;$(Ce/Yb)_N$比较稳定,介于 2.66~2.92,平均为 2.81;La/Sm 比值十分稳定,介于 2.27~2.66之间,平均为2.41;

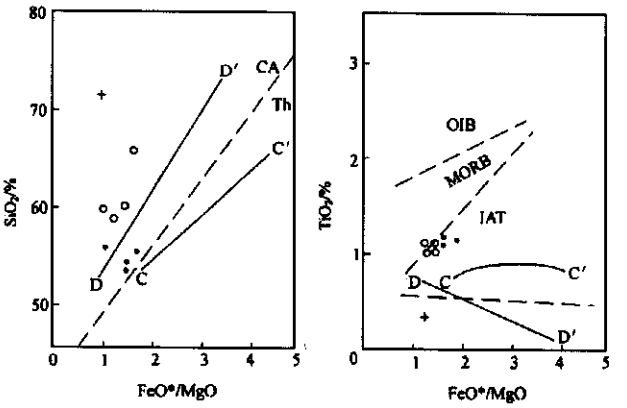


图 4 土屋铜矿细碧-角斑岩 SiO_2-FeO^*/MgO 和 TiO_2-FeO^*/MgO 变异图解(图例同图 1)

Fig.4 SiO_2-FeO^*/MgO & TiO_2-FeO^*/MgO diagram of spolites and spilitic keratophyre at Tuwu porphyry copper deposit

δEu 为 0.92~1.03,平均为 0.99,基本不显示异常;角斑岩稀土元素总量为 43.89~54.98,平均为 47.76;ΣLREE/ΣHREE 在 4.44~8.54 之间,平均为5.79;$(La/Yb)_N$ 介于 2.84~7.22 之间,平均为 4.11;$(Ce/Yb)_N$ 介于 2.95~5.29,平均为 3.61;La/Sm 介于 2.26~4.87 之间,平均为 3.04;Eu 相对较为富集,δEu 为0.90~1.35,平均为 1.07,石英角斑岩稀土元素总量 45.29,ΣLREE/ΣHREE 在 9.78,$(La/Yb)_N$ 为 9.03,$(Ce/Yb)_N$ 为 6.49,La/Sm 为 2.60,平均为 2.44,δEu 为 1.38。由表 2、图 5 可知,石英角斑岩稀土总量相对较低,而细碧岩稀土总量平均值最高,角斑岩平均值居于二者之间。除 ZK004-59 样品外,岩石基本上没有 Eu 异常,意味着细碧岩在母岩浆结晶过程中没有发生斜长石的结晶分离作用。

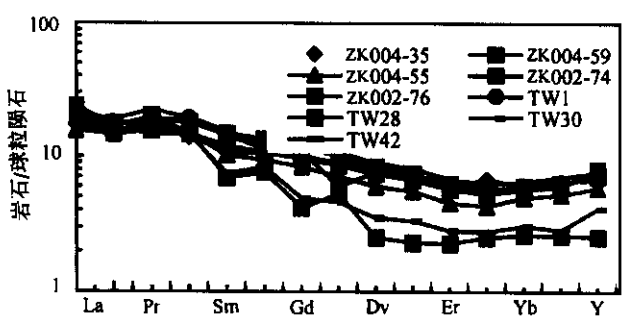


图 5 土屋铜矿细碧岩-细碧角斑岩 REE 球粒陨石标准化型式图

Fig.5 Chondrite-normalized REE patterns of spolites and spilitic keratophyre in the Tuwu copper deposit

3.4 微量元素地球化学特征

土屋铜矿细碧-角斑岩普遍蚀变强烈,本文微量

万方数据

元素地球化学研究选择在蚀变过程中相对稳定的不相容元素(Th、Zr、Nb、Ti、Y)。在球粒陨石标准化的不相容元素多离子配分图解上(图 6),样品显示相对富集 Th,相对亏损 Nb 和 Ti。与正常的洋中脊玄武岩(N-MORB)比较,具有较高的 Th/Nb(0.21～1.23)、Th/La(0.096～0.75)、La/Nb(1.65～2.78)比值(N-MORB 相应比值分别为 0.071、0.067、1.07)。富集大离子亲石元素(LILE),而高场强元素(HFSE)大多数元素相对亏损,这是弧火山岩的典型地球化学特征。所有的样品都显示了 Sr 的适度亏损,表明岩浆可能受到陆壳物质的混染或者在低压岩浆房中经过斜长石的分离结晶。

岛弧火山岩中的 Ta、Nb、Zr、Hf、Ti、Y、Yb 应该来自于地幔,而高的 Ba 和 Th 丰度是大陆地壳混染的结果。因此,该区火山岩的微量元素特征,显示了其岩浆来源于亏损地幔,同时受到了大陆地壳的明显混染。

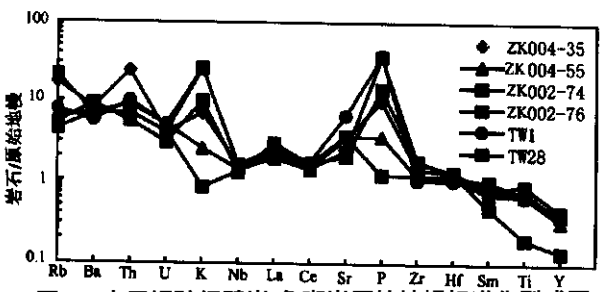


图 6　土屋铜矿细碧岩-角斑岩原始地幔标准化型式图

Fig.6　Primary mantle-normalized trace element patterns of spilites and spilite keratophyre of Tuwu copper deposit

(图中样号同表 2)

3.5　过渡元素地球化学特征

标准化的细碧角斑岩过渡元素配分模式显示明显的'W'形态(图 7),Ti、Mn、Fe、Cu 有明显的富集,Cr、Co、Ni、Zn 元素有不同程度的亏损,特别是 Cr、Ni、Co 具有明显的亏损,由细碧岩→角斑岩→石英角斑岩,Cr、Ni、Co 的亏损呈规律性的增大。

从表 2 可以看出,细碧岩的相容元素 Cr、Ni 的质量分数不高,分别为 $(6.2\sim195)\times10^{-6}$,$(2\sim99)\times10^{-6}$,平均值分别为 121.29×10^{-6} 和 74.33×10^{-6},远远低于原始地幔的相应值,原始地幔 Cr、Ni 的质量分数分别为 $2\,300\times10^{-6}$ 和 $9\,500\times10^{-6}$,表明可能有上部地壳物质的混染,同时也大大低于原始岩浆的质量分数,即大于 $1\,000\times10^{-6}$,大于 $(400\sim500)\times10^{-6}$,可能反映出地幔部分熔融时,橄榄石没有参与熔融,或者原始岩浆形成以后发生了橄榄石的分离结晶作用。

万方数据

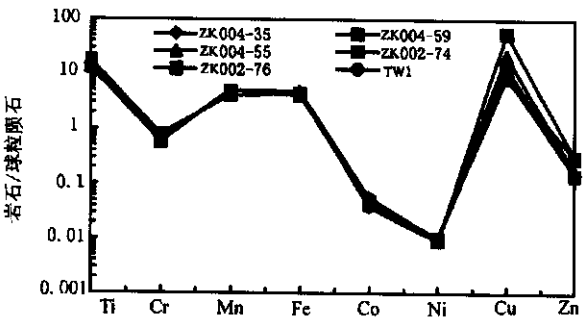


图 7　土屋铜矿床细碧角斑岩球粒陨石标准化配分模式图

Fig.7　Chondrite-normalized transitional elements patterns of spilites and spilitic keratophyre of Tuwu copper deposit

4　结论

土屋铜矿区含矿细碧-角斑岩属于钙碱系列,是企鹅山群的组成部分,该套火山岩富 Ba、Th 和 LREE,亏损 Ti、Nb 和 HFSE,推测形成在岛弧环境,源于强烈亏损地幔,但侵位过程中受到上地壳不同程度的混染;上述地球化学特征表明,土屋铜矿细碧-角斑岩形成于岛弧挤压环境。

致谢　笔者就文中许多问题请教了秦克章研究员、张招崇研究员、王立本研究员和彭润民副教授;在野外工作期间,得到了新疆地质调查院王福同、王有标、董连慧、王庆明、王磊、吴华、姜立丰、姬厚贵、桑邵杰、孟贵祥等人的大力支持,在此一并致谢。

参 考 文 献

陈哲夫,梁云海.1985.新疆天山地质构造几个问题的探讨.新疆地质,3(2):1～13.

成守德,王广瑞,杨树德等.1986.新疆古板块构造.新疆地质,4(2):1～26.

邓尔斯.1986.浙江省中岙细碧岩类岩石学岩石化学特征及其成因.地球科学,11(5):507～515.

何国琦,李茂松,刘德权等.1994.中国新疆古生代地壳演化及成矿.乌鲁木齐:新疆人民出版社,1～437.

姬金生,陶洪祥,杨兴科.1994.东天山中段不同构造环境火山地球化学特征.岩石矿物学杂志,13(4):297～304.

马瑞士,王赐银,叶尚夫等.1993.东天山构造格架及地壳演化.南京:南京大学出版社,1～225.

马瑞士,舒良书,孙家齐.1997.东天山构造演化与成矿.北京:地质出版社,1～202.

周济元,茅燕石,黄志勋.1994.东天山古大陆边缘火山地质.成都:成都科技大学出版社,1～280.

芮宗瑶,王龙生,王义天等.2002.新疆东天山土屋-延东斑岩铜矿带成矿时代讨论.矿床地质,21(2):15～22.

王福同,冯京,胡建卫.2001.新疆土屋大型斑岩铜矿床特征及发现意义.中国地质,28(1):36～39.