

新疆土屋铜矿床某些成矿地球化学特征探讨

吴兆宁,黄建华,玉素甫艾力,戚冉,木合塔尔·扎日,杨向荣,迪力夏提,韩文清

(新疆大学资源与环境科学学院,新疆 乌鲁木齐 830046)

摘要:在分析土屋铜矿床 I 号矿体中部主要围岩和矿(化)体的硅酸盐、稀土元素、微量元素及成矿元素含量的基础上,借助 MVSP 等专业软件系统统计对比了上述示踪元素在各类围岩和矿(化)体中的分布分配规律。根据矿区的斑岩体与矿(化)体在多种元素组合特征上的相似性判断,二者有物质上的亲缘关系。而成矿元素表现出的某些地球化学行为则说明初步聚集了成矿元素 Cu、Au、Ag、Sb、(Mo)的斑岩体,经热液蚀变使其中的成矿物质活化迁移,并富集在有利的构造和岩相部位,在后期复合成因热液所携矿质的多期次叠加下,形成大型斑岩-热液型铜矿床。

关键词:土屋铜矿;元素;地球化学

土屋铜矿是新疆地矿局第一地质大队 1997 年在东天山发现的大型铜矿床^[1]。该矿以其巨大的规模、有争议的成因类型及找矿学上的指示意义而倍受关注。众多专家学者对其控矿地质因素、成矿时代、成矿物理化学条件、矿质来源及成矿机理等进行了深入细致的研究,并有个别专家对矿体与围岩的物质成分进行了对比分析^[1~7]。然而关于成矿过程中不同类型围岩所起的作用,以及主要成矿元素的地球化学行为的研究则少见报道。笔者在前人工作基础上,通过定量分析有关围岩和矿体的硅酸盐成分、成矿元素、微量元素及稀土元素分布、分配规律,探讨该矿床的某些成矿地球化学特征,为东天山地区同类型矿床的寻找和研究提供参考。

1 矿区概况

土屋铜矿区位于康古尔断裂和大草滩断裂之间。矿区出露的地层主要为泥盆纪至石炭纪的企鹅山群,该套地层可分为 3 个岩性组。由下而上第一组为内源碎屑岩、沉凝灰岩,局部夹少量生物灰岩和砂砾岩等;第二组为拉斑玄武岩、安山岩等,夹英安岩、火山集块角砾岩、复成分砾岩和砂岩;第三组为砂岩、含砾砂岩、中酸性火山角砾岩、玄武岩及少量安山岩、英安岩和凝灰岩。土屋铜矿床位于第二组和第三组的分界处^[1]。关于本套地层的时代争议很大,有人认为其形成于石炭纪^[7]。随着地层中火山岩所含锆石 U-Pb 测年工作的进行,又先后获得侵入于该地层中的闪长玢

岩年龄为(443±26)~391±8 Ma^[2],第二组地层的基性火山岩年龄为(322.6±2.0) Ma 和酸性火山岩年龄为(319.9±1.6) Ma 的成果^[8],致使目前难以形成共识。许多研究者倾向于这套地层形成时代跨度很大,几乎贯穿于泥盆纪至石炭纪中晚期的认识。

矿区出露的浅成、超浅成中酸性岩主要有闪长玢岩、斜长花岗斑岩、长石石英斑岩等,多呈岩株、岩枝和岩脉产出。据闪长玢岩和斜长花岗斑岩中锆石 U-Pb 测年结果及二者的穿插关系推测,闪长玢岩的年龄为 390~360 Ma,斜长花岗斑岩年龄大约为 361 Ma 或 308 Ma^[3],属泥盆纪至石炭纪中晚期的侵入体。有研究者将其划为富 Na 和 Al,高 Sr 低 Y 的埃达克类岩石,认为是俯冲到深处与具 MORB 性质的洋片发生部分熔融后侵位于近地表的产物^[9,10]。也有研究者根据这两类岩石 ϵ_{Sr} 为 63.45~63.77, ϵ_{Nd} 为 2.78~3.75, $^{87}Sr/^{86}Sr$ 初始值为 0.703 4 等地球化学特征,推测洋壳熔融时有地壳物质的加入^[3]。

矿区发育一轴向近 EW 的宽缓似箱状复式背斜,核部出露闪长玢岩和花岗斑岩。两翼为企鹅山群的火山碎屑岩、火山熔岩和火山沉积岩互层。区内断裂构造主要为近 EW 向层间断裂带和 NS 向隐伏线形断裂带,二者的交汇部位控制着岩体和矿体的展布。断裂带内碎裂岩化、硅化、绢云母化、高岭土化和青磐岩化非常发育^[1]。

矿体平面上呈脉状,走向近 EW,倾向南。围岩主要为蚀变的闪长玢岩、斜长花岗斑岩和企鹅山群中(基)性火山碎屑岩或熔岩。有研究者认为所谓的闪长玢岩

项目资助:自治区重点学科“矿产普查与勘探”(200510),自治区高校重点项目“GIS 技术在东天山斑岩型铜矿预测中的应用”(XJEDU2006-06)和新疆大学博士启动基金项目共同资助

收稿日期:2006-11-03;修订日期:2007-01-21;作者 E-mail:mhtrz_xju@sina.com

第一作者简介:吴兆宁(1955-),男,河南汲县人,副教授,1982 年毕业于新疆工学院,从事地质地球化学研究

表 1 矿体及主要围岩硅酸盐化学成分
Table 1 Major element compositions of ore and country rocks

单位:×10⁻²

样号	名称	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	TiO ₂
ZKX	绢英岩化、硅化矿(化)体	62.22	3.49	2.80	13.17	2.80	1.61	0.90	2.63	0.06	0.49
TC0-1	孔雀石化安山质岩屑凝灰岩	58.28	2.21	3.50	17.26	1.68	3.63	1.11	4.86	0.05	0.89
TC0-2	钠化硅化和孔雀石化中性火山角砾岩	64.84	1.11	0.35	16.06	1.79	2.90	0.37	6.81	0.03	0.89
TC8	绿泥石化硅化安山岩	62.66	1.83	2.85	16.00	1.91	3.14	0.59	5.10	0.03	0.99
YD-2	石英长石斑岩	69.50	2.83	0.15	13.95	1.01	0.16	3.54	0.99	0.00	0.28
YD-3	钠化斜长斑岩	77.08	0.06	1.30	12.54	0.45	0.56	1.07	5.40	0.06	0.11

是由安山玢岩-玄武玢岩-闪长玢岩-安山岩-火山碎屑构成的火山-次火山岩组合,或是一套玄武岩-安山岩的火山杂岩^[2,7]。

2 研究方法

主要在土屋铜矿 I 号矿体中部采集了矿(化)体及主要围岩组合样,用于硅酸盐、稀土元素、微量元素及成矿元素的含量分析。为便于矿区范围内的对比,又采集了延东铜矿床有关围岩样品进行上述化学成分分析。其中,硅酸盐和成矿元素的含量分析、光片和薄片鉴定由新疆地矿局第一区调大队完成,稀土元素和微量元素分析由国土资源部武汉综合岩矿测试中心完成。

应用有关专业图解,对比铜矿区主要围岩和矿(化)体的硅酸盐成分、稀土和微量元素含量分布特征,判断矿石与围岩的关系及矿质来源。根据成矿元素在不同围岩中以及矿(化)体不同部位的组合特征探讨成矿元素在成矿过程中的某些地球化学行为。硅酸盐、稀土和微量元素含量元素的统计分析成矿元素和样品的对应分析(CA)借助 MVSP 和 GEOKIT 专业软件系统完成。

3 结果与讨论

3.1 矿石及围岩的化学成分特征

关于土屋铜矿主要的围岩类型,存在不同的统计结果。芮宗瑶等认为矿(化)体近 80%产在所谓的闪长玢岩中,约 20%产于斜长花岗斑岩中^[2]。刘德权等则认为矿体的直接围岩是斜长花岗斑岩^[9]。我们在 I 号矿体中部观察到的围岩主要是安山质火山-次火山熔岩和火山碎屑岩,其硅酸盐成分多偏中性,矿体中原生矿物的硅酸盐成分具中酸性岩类特征(表 1),与王磊等的研究结果基本一致^[7]。De La Roche 等(1980)提出 $R_1=4Si-11(Na+K)-2(Fe+Ti)$ 和 $R_2=6Ca+2Mg+Al$ 作为划分火山岩之大类及种属的重要参数后,又有人用 R_1-R_2 图解进行深成岩分类或花岗岩成岩构造环境判别^[11,12],效果得到学术界的认可。土屋铜矿矿石硅酸盐

成分在 R_1-R_2 图解上的投影接近延东矿区有关围岩——石英长石斑岩和斜长花岗斑岩的投影区间(图 1),这个区间内的岩石应该具有幔源花岗岩的物质成分和消减活动板块边缘的构造背景。

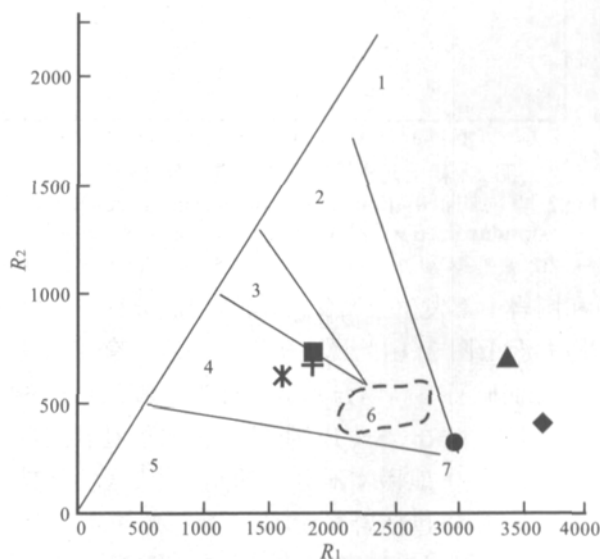


图 1 R_1-R_2 岩石成分及构造环境判别图
Fig.1 R_1-R_2 discriminated diagram of petrochemical compositions and tectonic setting

▲——ZKX; ■——TC0-1; +——TC0-2; *——TC8; ◆——YD-2; ●——YD-3

1——地幔-幔源花岗岩; 2——消减活动板块边缘花岗岩; 3——深塔-板块碰撞后隆起期花岗岩; 4——晚造期花岗岩; 5——非造山区 A 型花岗岩; 6——同碰撞(S 型)花岗岩; 7——造山期后 A 型花岗岩

矿石稀土元素含量及某些特征参数明显不同于周围的中性火山岩类。首先,其稀土总量较低, $\sum REE=44.0 \times 10^{-6}$,接近延东矿区石英长石斑岩的 $\sum REE(33.8 \times 10^{-6})$,而中性火山岩(包括延东矿区安山岩, YD-1)的 $\sum REE$ 介于 97.2×10^{-6} 和 190.5×10^{-6} 之间。据此可将稀土分布曲线分为总量明显不同的 2 组(图 2);其次,矿石的 $\delta Eu=1.4$,为明显的正异常,而中性火山岩 δEu 多小于 1,呈负异常;第三,矿石中轻、重稀土元素分馏较明显, $\sum Ce / \sum Y=7.0$,而围岩的该值均小于 5。但是,二者也有相似之处,即都出现了 Ce 的负异常(图 2),表明矿体和围岩均就位于一个相对氧化的物理化学环境。

微量元素 Rb、Sr、Ba、Nb、Ta、Zr、Hf 等在矿

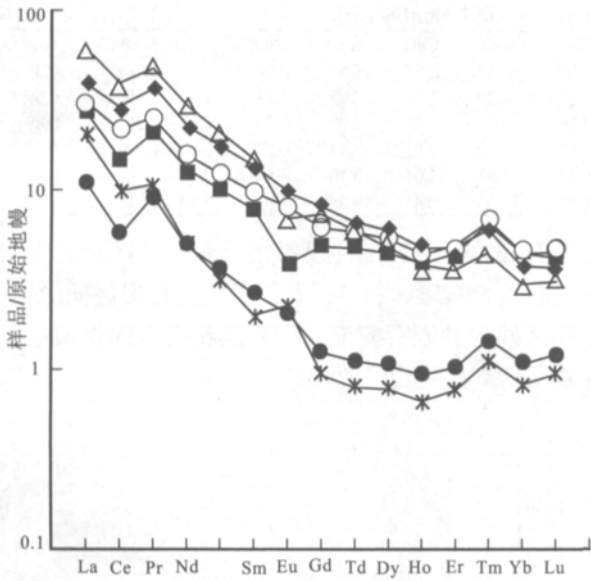


图2 稀土元素原始地幔标准化配分曲线

Fig.2 The distribution curves for the rare earth element standardized with PM in ore and country rocks

*—ZKX; ■—TC0-1; △—TC0-2; ○—TC8-1; ◆—YD-1; ●—YD-2

石和围岩中都发生了富集,其与地幔成分标准化值相比均大于1(图3)。由此说明矿石与围岩中有壳源物质的混入。而矿石中高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf 相对大离子亲石元素 Rb、Sr、Ba 明显亏损,可能是岩浆形成和侵位过程中,地幔物质分异的结果^[13],这种分异恰恰是含矿流体(包括岩浆)形成的有利条件。延东矿区的石英长石斑岩也清晰地显示出这一微量元素特征,但土屋矿区中性火山岩围岩则没有此类表现。

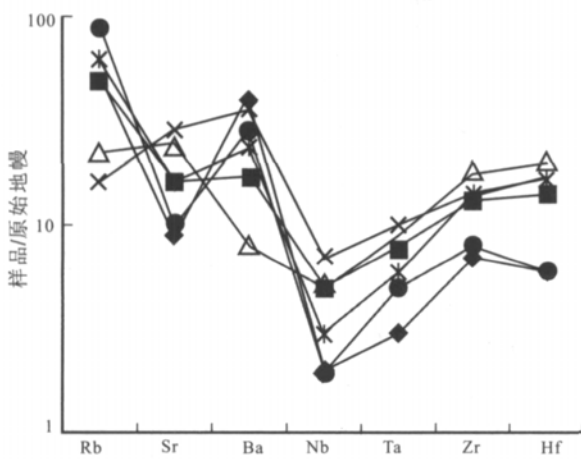


图3 矿石与围岩微量元素变异图解

Fig.3 The distribution curves of trace element standardized with PM in ore and country rocks

◆—ZKX; ■—TC0-1; △—TC0-2; ×—TC8-1; *—YD-1; ●—YD-2

根据前人研究成果及以上讨论可以判断,土屋铜矿体和斑岩、中性火山岩均形成于相同的大地构造

背景——岛弧环境,但成岩与成矿在时代和物质来源上的不同又导致矿体与中性火山岩缺乏物质上的联系^[4-6]。与之相反,斑岩与矿(化)体较一致的化学成分特征表明在土屋铜矿的形成过程中斑岩有着不可忽视的作用。

3.2 成矿元素的地球化学行为

多数斑岩型铜矿床产生在俯冲板块的上盘,与火山岛弧共生。原因是向下俯冲的大洋板块与上冲陆块发生强烈磨擦,产生巨大热量使洋壳及其上覆沉积物发生熔融。大洋沉积物富含水和金属物质,如太平洋某些页岩含 Cu 323×10^{-6} 、Mo 18×10^{-6} ,锰结核含 Cu 高达 2.5×10^{-2} ^[14,15],可形成富含 Cu、Mo 及其它金属物质的岩浆及热液流体。但在整个成矿过程中,成矿元素却有着不同的地球化学行为。作者对土屋矿区成矿元素含量分布类型进行数理统计检验后认为,未矿化的酸性斑岩中 Cu、Mo 有集中在某些矿物(如斜长石、黑云母)中的倾向^[16],矿(化)体中 Cu、Au、Sb 表现出多次成矿叠加的含量特征,Mo 和 Ag 则不具有这种性质。

对应分析(CA)可以显示某些成矿条件的变化梯度、成矿元素的组合类型及与矿石、围岩的对应关系。由前人所测矿区化探数据源中抽取 13 个未矿化长石石英斑岩体和 20 个矿(化)体的 Cu、Au、Ag、Mo、As、Sb、Bi 含量平均值作为参考^[17],对土屋矿区矿体和围岩、延东矿区有关围岩及所含成矿元素进行 CA 分析(图4)。图中显示,沿第一主轴方向 Sb、

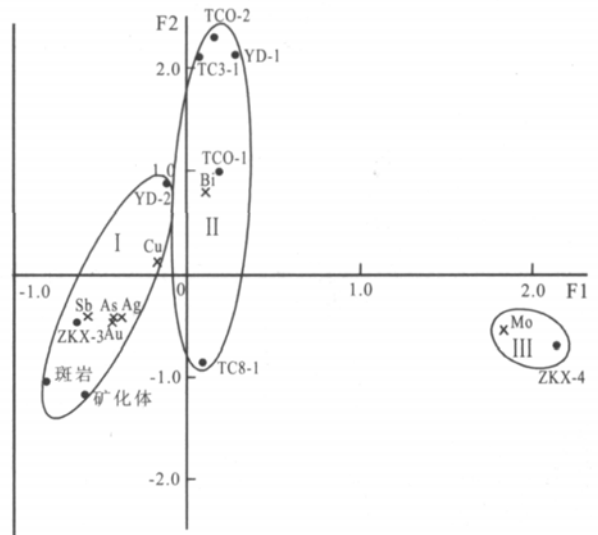


图4 矿石、围岩与成矿元素对应关系 CA 图解

Fig.4 Correspondence analysis diagram of ore, country rocks and ore-forming elements

●—样点; ×—元素

As、Au、Ag、Cu、Bi、Mo 依次排列,大致呈现出热液矿床的增温序列^[18]。同时,矿区内斑岩体和矿(化)体

及地表以下一定深度处的矿(化)体(ZKX-3,垂深约 300 m)以中低温成矿元素 Sb、As、Au、Ag、Cu 的组合为主被归为一类(图 4,组合 I);中性火山熔岩和火山碎屑岩则以较高温成矿元素 Bi 为主,另成一类(图 4,组合 II),但此类在第二主轴上则表现出土屋矿区火山熔岩和火山碎屑岩的明显分化,即火山碎屑岩(TC0-1,TC0-2 和 TC3-1 为安山质火山凝灰岩和火山角砾岩)中除 Bi 外的成矿元素以 Cu 为主,而安山岩类火山熔岩(TC8-1)则有 Au、Ag、As、Sb 等;较深处的矿(化)体(ZKX-4,垂深约 380 m)因相对富含较高温成矿元素 Mo 而自成一类(图 4,III 类)。由于 Cu 和 Mo 在这种深度上的分异仅是一孔之见,尚不能断定土屋铜矿整个矿体存在着成矿元素的垂向分异,然而此信息可作为深部寻找相关矿种的参考。

理论和实践都表明,土屋矿区成矿元素 Cu、Au、Ag、Sb 等的来源与斑岩的形成及演化关系密切。可以认为斑岩在其形成时已具有 Cu、Mo 等成矿元素的较高背景,这些元素主要集中在宿主矿物斜长石和黑云母中。随着岩浆期后多成因复合来源的热液作用^[2-4],斑岩体发生蚀变,如绢英岩化、次生石英岩化、泥化等,使载体矿物中的 Cu、(Mo)、Au、Ag、Sb 等活化转移,在有利的构造和岩相部位沉淀富集。但要形成当今规模的土屋铜矿床,仅靠斑岩已有的成矿物质还不够,还应有携矿热液的多期次成矿叠加。

4 结论

土屋铜矿床的主要围岩有中性火山熔岩、火山碎屑岩和斑岩。形成时代和物质来源的差异使这些岩石在该铜床成矿过程中的作用显著不同。斑岩的稀土元素、微量元素及主要成矿元素组合特征表现出与矿(化)体较高的一致性说明,二者在物质成分上有一

定的亲缘关系,而这种关系是中性火山岩类围岩所不具备的。斑岩体的热液蚀变使原岩中初步聚集的成矿元素 Cu、Au、Ag、Sb、(Mo)得以活化、迁移,富集在有利的构造和岩相部位。在此基础上,又经复合成因热液所携矿质的多期次叠加,最终形成大规模的斑岩-热液型铜矿床。

参 考 文 献

- [1] 王福同,冯京,胡建卫,等.新疆土屋铜矿床地质特征及发现意义[A].第四届天山地质矿产资源学术讨论会论文集[C].乌鲁木齐:新疆人民出版社,2000,224-229.
- [2] 芮宗琛,王福同,李恒海,等.新疆东天山斑岩铜矿带的新进展[J].中国地质,2001,28(2):11-17.
- [3] 任秉琛,杨兴科,李文明,等.东天山土屋特大型斑岩铜矿成矿地质特征与矿床对比[J].西北地质,2002,35(3):67-75.
- [4] 毛景文,杨建民,韩春明,等.东天山铜金多金属矿床成矿系统和成矿地球动力学模式[J].地球科学,2002,27(4):413-424.
- [5] 韩春明,毛景文,杨建民,等.东天山晚古生代内生金属矿床成矿系列和成矿规律[J].地质与勘探,2002,38(5):5-10.
- [6] 刘德权,唐延龄,周汝洪.新疆斑岩铜矿的成矿条件和远景[J].新疆地质,2001,19(1):43-48.
- [7] 王磊,王虹,胡长安,等.新疆土屋铜矿床控矿岩系及特征[A].第五届天山地质矿产资源学术讨论会论文集[C].乌鲁木齐:新疆科学技术出版社,2005.129-133.
- [8] 李向民,夏林圻,夏祖春,等.东天山企鹅山群火山岩锆石 U-Pb 年代学[J].地质通报,2004,23(12):1215-1220.
- [9] 刘德权,陈毓川,王登红,等.土屋—延东铜钼矿田与成矿有关问题的讨论[J].新疆地质,2003,22(4):334-344.
- [10] 张连昌,秦克章,英基丰,等.东天山土屋—延东斑岩铜矿埃达克岩及其与成矿作用的关系[J].岩石学报,2004,20(2):243-252.
- [11] 邱家骧,林景纤.岩石化学[M].北京:地质出版社,1991,129-131.
- [12] 刘荣,方庆新,马玉周.新疆云雾岭花岗岩形成年代.岩石学,地球化学与构造背景[J].新疆地质,2006,24(3):223-228.
- [13] 韩吟文,马振东.地球化学[M].北京:地质出版社,2003,46.
- [14] 夏斌,涂光焱,陈根文,等.超大型斑岩铜矿床形成的全球地质背景[J].矿物岩石地球化学通报,2000,19(4):406-409.
- [15] 陈文明.论斑岩铜矿的成因[J].现代地质,2002,16(1):1-8.
- [16] 吴兆宁,黄建华,玉素甫艾力,等.新疆东天山土屋铜矿床形成和保存的古地理环境[J].干旱区地理,2007,30(2):189-195.
- [17] 木合塔尔·扎日,郭瑞清,依玛木·塔伊尔.基于 GIS 空间分析进行多源信息成矿预测——以东天山土屋—延东矿床为例[J].新疆地质,2006,24(3):314-317.
- [18] 王崇云.地球化学找矿基础[M].北京:地质出版社,1987,36.

CERTAIN GEOCHEMICAL CHARACTERISTICS FOR COPPER METALLOGENESIS IN TUWU, XINJIANG

WU Zhao-ning, HUANG Jian-hua, Yusufuaili, Qi Ran, Muhtar ZARI, YIANG Xiang-rong,
Dilixiati, HAN Wen-qing

(College of resources and environmental sciences, xinjiang university, Urumuqi, Xinjiang, 830046, China)

Abstract: The petrochemical composition and rare-earth, trace and ore-forming element contents of ore (mineralization) body I and country rocks in TUWU copper deposit are examined in this paper. The distribution and assignment patterns of these elements in ore and country rocks are statistically analyzed with MVSP and GEOKIT systems. According to the similarities between ore and porphyries about element associations in TUWU deposit district, we consider that they have a material relationship. The geochemical actions of ore-forming elements explain that porphyries with initial elements as Cu, Au, Ag, Sb, (Mo) are rich in appropriate spaces of faults and lithofacies after hydrothermal alterations which make the ore forming elements in porphyries active transfer. On this base, ore-forming elements borne with complex-genetic hydrothermal solutions repeatedly piled in later stage, finally formed the large porphyry-hydrothermal copper deposit.

Key words: TUWU copper deposit; element; geochemistry