

文章编号: 1009-6248(2003) 04-0056-09

新疆富蕴县乔夏哈拉铜 (铁) 金矿床 地质与微量元素地球化学

廖启林¹, 王军升², 邓吉牛²

(1. 江苏省地质调查研究院, 江苏 南京 210018; 2. 北京矿产地质研究所, 北京 100012)

摘要: 笔者简单介绍了乔夏哈拉铜 (铁) 金矿床的基本成矿及其微量元素地球化学特征, 指出其主矿体具有“垂向分带”及“铜、金向下同步富集”的特点, 认为其容矿火山岩与中基性侵入岩脉具有基本相似的微量元素地球化学行为, 铜、金矿石同其容矿火山岩相比具有相对贫 K、Rb、Th、Ba, 相对富 W、Ni、Co、As、Sb、Zn 及明显偏低的 Th/Ta、La/Yb 值。研究稀土元素地球化学, 发现铜、金矿石具有明显不同于其容矿火山岩的强 Eu 富集, 后期形成的地质体一般具有相对更为偏低的 ΣREE 值。综合分析表明, 该铜 (铁) 金矿床为一与“层状夕卡岩”有关的火山热液型“层控”矿床。

关键词: 新疆北部; 乔夏哈拉铜 (铁) 金矿床; 地质特征; 微量元素地球化学

中图分类号: P618.41; P595 **文献标识码:** A

1 引言

乔夏哈拉铜 (铁) 金矿是新疆北部一处具有中型规模的铜、金矿床。20 世纪 70 年代最初发现该矿床时, 仅为一处小型磁铁矿, 初查发现伴生有金, 但未确定其工业价值。后来通过老点新评、用新的成矿理论与找矿思路对其开展新一轮的勘查研究才重新被确定为一处以铜、金为主的中型矿床。其主要特点是浅部品位富、易采易选, 已给当地开采经营单位创造了良好的经济效益。最初有人将该矿床视为规模不大的火山岩型伴生金矿^[1], 90 年代中期, 该矿床被定为中型铜、金矿以后, 陆续有学者将之作为阿尔泰山南缘铜-多金属-金成矿带的一个代表性矿床做过一些成矿环境及其特征的对比研究^[2~5], 彭省临等 (1996) 还专门探讨过该矿床的成因^[6]。但总体而言, 目前对该矿床的研究还不够深入系统, 其所独具的价值意义与其研究程度相比不太

协调。作者曾几次在该矿床从事过找矿勘查与研究, 积累了部分矿床地质及其微量元素地球化学资料, 现整理出来予以发表, 希望能对新疆北部的金、铜找矿与研究提供一点新的线索。

2 成矿地质背景

该矿床位于新疆北部阿勒泰地区富蕴县城南东约 30 km 处, 在大地构造位置上处于西伯利亚板块与哈萨克斯坦—准噶尔板块之过渡带的额尔齐斯构造混杂岩带中段。矿床由西矿区 (段)、中矿区 (段)、东矿区 (段) 等主要矿段 (区) 组成, 呈北西向展布, 累计长约 13 km, 在该矿床南部约 6 km 处, 是著名的喀拉通克大型铜镍矿, 在矿区西北角稍偏南一带还发育有耶森喀拉金矿点, 东南角发育有阿克塔斯小型金矿床 (图 1)。矿区由北向南出露有中泥盆统蕴都喀拉组 (D_{2y})、北塔山组 (D_{2b}) 及

收稿日期: 2002-09-30; 修回日期: 2003-05-23

基金项目: 本文曾受国家 305 项目 96-915-02-05 专题的部分资助

作者简介: 廖启林 (1964-), 男, 湖北荆门人, 高级工程师, 博士, 地球化学与矿床学专业。

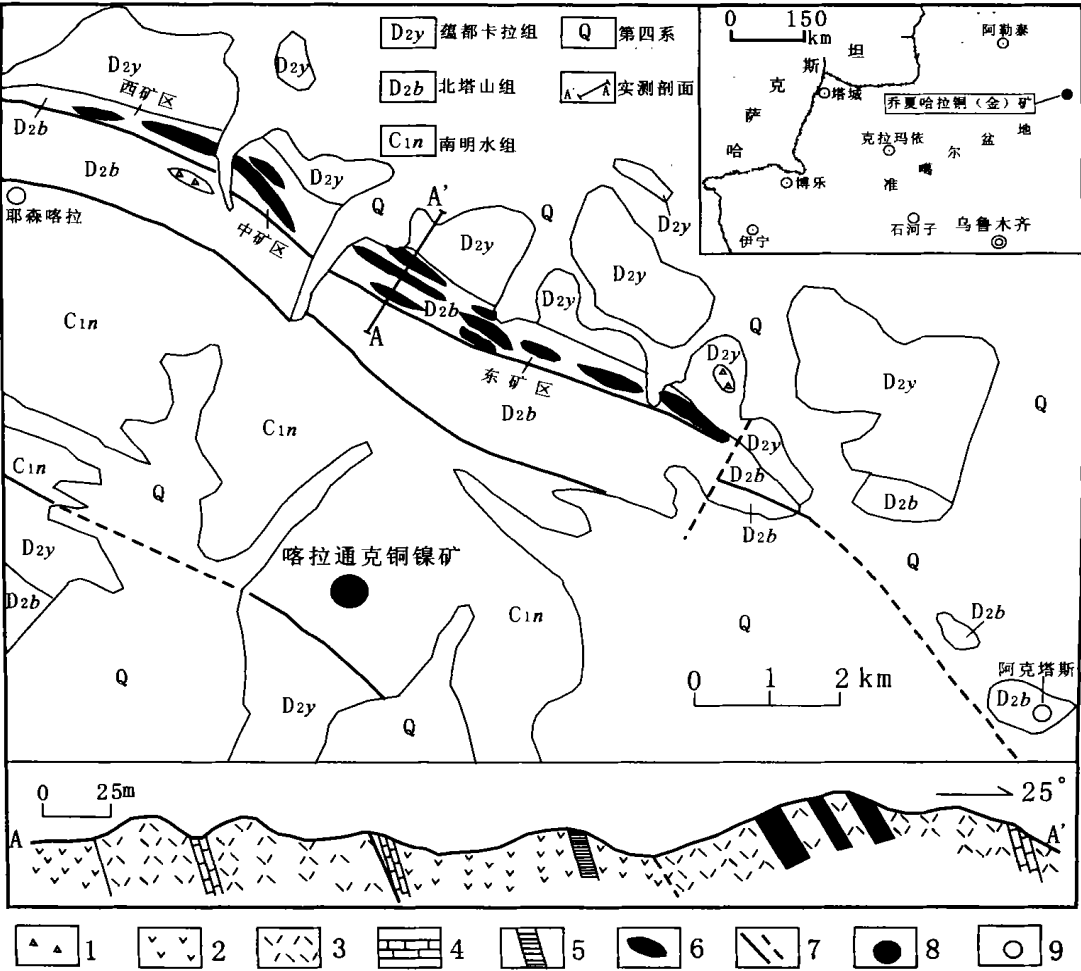


图 1 乔夏哈拉铜（铁）金矿床地质简图

Fig. 1 The sketch geologic map of Qiaoxiahala copper (iron) and gold deposit

1. 隐爆角砾岩; 2. 玄武安山岩; 3. 玄武安山质凝灰岩; 4. 灰岩; 5. 含金硅化体; 6. 铜、金矿体; 7. 推测与实测断层;
8. 铜镍矿; 9. 小型金矿 (或金矿点)

下石炭统南明水组 (C_{1n}) 等主要地层。D_{2y} 为一套以安山质凝灰岩夹凝灰质粉砂岩为主的中基性火山碎屑岩, D_{2b} 为一套中基性-基性的火山沉积岩建造, 是乔夏哈拉铜金矿的直接容矿地层, 可细分为上、中、下 3 个不同的岩性段, 其中第二岩性段 (即中岩性段) 为主要含矿层位 (或岩性段), 其主要岩性为玄武岩、玄武安山质火山角砾岩与集块岩、凝灰岩、安山岩等, 局部夹薄层灰岩; C_{1n} 为一套海陆交互相类复理石建造, 主要岩性为粗砂岩、凝灰质砂岩等。矿区总体呈一倒转的单斜构造, 倾向约 200°, 倾角为 55°~65°; 矿区内主要发育有 NW 向断裂、次有 NE 向次级断裂。其侵入岩以辉绿玢岩脉及闪长 (玢) 岩脉为主, 岩体规模较小、形成时代通

常较晚, 局部可见小岩脉直接穿切矿体。该铜、金矿床主要由含金磁铁矿型铜矿、火山岩型铜金矿及蚀变岩型金矿 (化) 等不同矿化类型组成, 其中, 含金磁铁矿型铜矿向下逐渐过渡为块状硫化物型铜、金矿, 是该矿床的主体; 常见的主要金属矿物有磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、银金矿、闪锌矿、孔雀石、铜蓝等; 与矿化有关的主要围岩蚀变有夕卡岩化、褐铁矿化、硅化、绿泥石化、碳酸盐化、绿帘石化等。

3 主要矿体特征

矿区存在含金磁铁矿型铜矿 (向下过渡为块状硫化物型铜、金矿)、火山岩型铜金矿及蚀变岩型金

矿(化)等3种与铜、金有关的矿化类型,其中,含金磁铁矿型铜矿(向下过渡为块状硫化物型铜、金矿)是矿区铜、金工业矿体的基本产出形式。在西、中、东3个矿区(段)均有较多分布。火山岩型铜金矿及蚀变岩型金矿(化)仅在东矿区(段)有少量分布,在整个矿区铜、金工业矿体中所占的比例非常有限,因此这里所介绍的主要矿体特征多指含金磁铁矿型铜矿体(向下过渡为块状硫化物型铜、金矿)而言。表1比较了矿区内十余个代表性矿体的基本特征,其中K号矿体为蚀变岩型金矿(化)的代表,K号矿体为火山岩型铜、金矿的代表,其余皆为含金磁铁矿型铜矿(向下过渡为块状硫化物型铜、金矿)。不同矿化类型的矿体均呈层状、似层状、透镜状,与围岩(D_{2b}中基性火山岩)整合产出;矿体规模一般长200~700 m,宽1~50 m,矿体产状与含矿围岩的地层产状一致。绝大部分矿体都是以铜矿化为主,但都伴生不同程度的金矿化,也有部分矿体铜、金均可构成独立的工业矿体。主要工业

矿体中大部分矿体的Cu平均品位均大于1%,属于富铜矿体,因这些铜矿体普遍含Au,从而使其经济价值倍增,个别块状硫化物矿体的Cu平均品位大于2%、Au平均品位大于 3×10^{-6} ,这类矿体具有特别显著的小规模开采价值。含金磁铁矿型铜矿主要由磁铁矿、黄铁矿、黄铜矿、赤铁矿、镜铁矿、孔雀石、褐铁矿、铜蓝等组成;火山岩型铜、金矿主要由黄铜矿、黄铁矿、闪锌矿、石英细网脉与含矿火山岩所组成;蚀变岩型金矿(化)主要由破碎不太强烈的硅化、褐铁矿化火山碎屑岩及其碳酸盐岩所组成。含金磁铁矿型铜矿与火山岩型铜、金矿均同夕卡岩化密切相伴,其矿体的上、下盘常顺层产有数十厘米至几米厚的“层状夕卡岩”。夕卡岩主要由绿帘石、石榴石、纤闪石、绿泥石等组成,矿体与夕卡岩常常是渐变过渡,有夕卡岩的地方通常都有不同程度的矿化,但是否构成工业矿体则要凭取样化验才能确定,矿体的边界也多是据采样的化验品位具体圈定。

表1 乔夏哈拉铜、金矿床主要矿体基本特征

Tab.1 The basic characters of main ore bodies in Qiaoxiahala copper and gold deposit

所在位置或区(段)	矿体编号	形态	所在层位	规模		产状	一般品位		平均品位	
				长(m)	宽(m)		Cu (10 ⁻²)	Au (10 ⁻⁶)	Cu (10 ⁻²)	Au (10 ⁻⁶)
西矿区		层状	D _{2b}	412	1~20	10° 60°~80°	0.27~1.98	0.2~1.9	1.03	0.72
		似层状	D _{2b}	708	1~20	10° 60°~80°	0.20~1.85	0.1~1.7	1.12	0.41
西矿区		透镜状	D _{2b}	240	4~20	5° 60°~80°	0.19~5.11	0.1~11.0	2.07	1.16
东矿区		似层状	D _{2b}	200	1.5~4	12° 50°~70°	0.20~0.42	0.95~4.60	0.72	3.05
		透镜状	D _{2b}	236	18~55	10° 50°~70°	0.21~4.24	0.1~19.0	1.17	3.39
		似层状	D _{2b}	246	20	35° 60°~88°	0.21~3.22	0.1~2.1	1.68	0.32
		层状	D _{2b}	200	7~22	35° 70°~80°	0.23~4.48	0.1~0.7	1.95	0.15
		似层状	D _{2b}	430	5~25	10° 60°	0.20~3.98	0.1~3.8	1.18	0.67
		似层状	D _{2b}	210	1~12	30° 60°~80°	0.28~2.75	0.1~1.5	1.07	0.38
		似层状	D _{2b}	184	2~30	30° 60°~80°	0.20~4.60	0.1~1.4	1.51	0.38
	K	透镜状	D _{2b}	230	1~8	10° 60°~80°		0.35~2.04		1.08
	K	似层状	D _{2b}	250	1~8	10° 60°~80°	0.20~4.72	1.1~6.4	0.95	1.12
资料来源	赵云长等,1995,新疆准噶尔北缘阿尔泰山南缘铜金成矿带地物化综合找矿及大中型靶位优选(内部资料)									

主矿体垂向分带清晰,“上铁下铜”的分带趋势十分明显。地表通常是孔雀石化的含金磁铁矿,向下延伸几米后即逐渐过渡为含浸染状硫化物的磁铁矿型铜(金)矿体,向下延伸10余米后即变成含部分磁

铁矿的稠密浸染状-块状硫化物型铜、金矿体,距地表20 m以下则变为较典型的块状硫化物型铜、金矿体。矿体中Cu、Au共富集的趋势比较明显,即矿石中Cu品位增高,其Au品位也明显随着增高。由

浅到深, 矿体的 Cu、Au 品位有同步变富的趋势(表 2), 表明在一定深度范围之内, 主矿体有随着其延深加大而利用价值愈大的特点, 这也是该矿床独特的优势及其能在短期为地方开采单位创造可观经济效益的重要原因。

表 2 乔夏哈拉铜（铁）金矿床东矿区
号矿体品位变化表

Tab. 2 Variation in grade of No. 5 ores body in
Qiaoxiahala copper (iron) and gold deposit

样品号	采样部位 (m)	矿石性质	Cu (10 ⁻²)	Au (10 ⁻⁶)
QHB-1	地表	含孔雀石与磁铁矿的火山岩	0.55	0.10
QHB-2	地表	含硫化物的磁铁矿	1.08	0.92
QHZ-1	距地表 10~15	含硫化物、磁铁矿的火山岩	1.54	1.54
QHZ-2	距地表 10~15	含稠密浸染状硫化物的磁铁矿	1.96	1.29
QHD-1	距地表 20~25	含磁铁矿的块状硫化物	2.39	4.76
QHD-2	距地表 20~25	含磁铁矿的块状硫化物	2.36	5.45
QHD-3	距地表 25~30	含少量磁铁矿的块状硫化物	2.49	11.00
QHD-4	距地表 25~30	含磁铁矿的块状硫化物	2.53	5.65

注：测试单位为原中国人民武装警察部队黄金第十五支队化验室。

4 微量元素地球化学

4.1 矿区一般地质体的微量元素地球化学特征

表 3 比较了矿区内容矿围岩（主要为火山岩）、岩脉及铜、金矿石的有关微量元素含量及其部分特征值的变化, 可以看出: ①铜、金矿石及矿体附近的矿化火山岩 (Q-12、QP1-28) 具有明显的贫 K、Rb、Th 与富 Ni、Mn 之特征, 并同时具有相对偏低的 Th/Ta 与 La/Yb 值; ②容矿地层北塔山组 (D_{2b}) 之近矿火山岩 (QP1-32、QP1-38、QP1-35、QP1-44) 与远离矿区的同为北塔山组的正常火山岩 (L97-1) 相比, 其 K 含量要相对偏低; ③矿区内的闪长岩、闪长玢岩、辉绿玢岩等中-基性岩脉与容矿火山岩地层相比, 呈现了清晰的相对富 Ba 与更趋富 K 的特征; ④位于矿体附近的上盘含矿火山岩与下盘含矿火山岩 (如 QP1-28 与 QP1-35) 的微量元素含量呈现了一定的差异, 这应是有关成矿热液因沉淀的部位有异而产生的在微量元素行为上的反映。

矿区内不同地质体的 REE 地球化学特征具有一定的差别, 从所分析的稀土元素不完全的有关 REE 分布型式图中 (图 2) 可以看出: ①矿体中的铜、金矿石 (Q-12) 与矿体下盘近矿的矿化火山岩 (QP1-28) 的 REE 分布型式同其含矿地层之中基性火山岩的 REE 分布型式具有较明显的差别, 铜、金矿石的 REE 分布型式呈现为突出的 Eu 正异常清晰 ($\delta Eu = 2.72$) 的“峰型”折线, 矿体下盘近矿体的矿化火山岩的 REE 配分曲线表现了较明显的 Eu 负异常 ($\delta Eu = 0.87$) 与较明显的 T_m 正异常, 而包含远离矿区之北塔山组 (D_{2b}) 正常安山质火山岩在内的有关容矿地层之中基性火山岩的 REE 分布型式呈现为基本一致的相对富集 LREE、Eu 呈无-弱正异常的折线 (图 2-a); ②矿区内的中基性侵入岩脉 (闪长岩、辉绿玢岩等)、南明水组 (C_{1n}) 之凝灰质粉砂岩与容矿地层北塔山组 (D_{2b}) 的正常火山岩的 REE 分布型式均呈现了一致的相对富集 LREE 与具 Eu 弱正异常的特征。在某矿体旁侧的一条硅质岩脉 (QX-55) 表现为 ΣREE 明显偏低、Ce 负异常清晰, 其 REE 分布型式与矿石及容矿围岩均有显著差别 (图 2-b)。这些特点表明本矿区不同时期所形成的地质体、其 REE 地球化学特征是存在明显差异的, 上述地质体按时间早晚依次生成的是: 容矿火山岩 → 铜、金矿体 (石) → 硅质岩脉, 其 ΣREE 呈现为渐次降低。另外, 本矿区内不同时代地层中的火山碎屑岩 (如 D_{2b} 与 C_{1n}) 同晚于 D_{2b} 容矿火山岩所形成的中基性侵入岩脉 (闪长岩、辉绿玢岩等) 呈现了基本一致的 REE 分布型式, 反映了这些生成于不同时期的地质体其成岩物质来源具有某些共性。

上述地质体中以不相容元素为主的微量元素“蛛网”图 (图 3) 表明: ①本矿区内不同地质体的相容元素 (Cr、Ni、Co、Zn 等) 相对于原始地幔的富集程度普遍低于不相容元素 (Sr、K、Rb、Ba、W 等), 从不相容元素中的大离子亲石元素 (Sr、K、Rb、Cs、Ba) → 不相容元素之高场强元素 (U、Th、Ta、Zr、Hf) → 相容元素 (Cr、Ni、Co 等), 其相对于原始地幔的富集程度呈逐渐降低之势; 矿体中的铜、金矿石与容矿火山岩相比, 矿石显示了更明显的富 W 特点, 其微量元素之原始地幔标准化配分曲线稍偏离于其他容矿火山岩, 各容矿火山岩的微量元素配分曲线形态一致 (图 3-a); ②矿区内的中基性侵

表 3 乔夏哈拉铜 (铁) 金矿有关岩石、矿石的微量元素与稀土元素分析结果 (10⁻⁶)

Tab.3 The analytical results of trace elements and REE of relevant rocks and ores
in Qiaoxiahala copper (iron) and gold deposit (10⁻⁶)

样号	QP1-2	QP1-28	QP1-32	Q-12	QP1-35	QP1-38	QP1-44	QP1-54	Q-3	Q-8	QX-55	L97-1
Sr	261	302	269	141	648	303	724	238	371	713		629
K	20 800	5 610	19 100	5 000	23 200	14 000	17 500	34 700	23 600	39 500		29 200
Cs	0.29	0.41	0.62	1.05	0.29	0.30	0.57	0.20	1.07	3.18		0.46
Rb	26.60	19.80	55.80	19.20	25.00	31.40	15.80	44.10	31.50	77.50		65.80
Ba	386	242	292	109	474	145	397	631	760	862		252
W	2.54	2.79	1.05	16.30	1.40	0.70	1.50	1.25	1.05	1.15		1.25
Th	1.70	0.31	1.63	0.54	0.81	1.06	1.04	2.08	2.24	1.15		2.30
U	0.83	1.27	1.41	0.51	1.14	0.34	0.81	1.11	0.85	0.76		0.76
Ta	0.25	0.08	0.26	0.20	0.09	0.04	0.10	0.30	0.33	0.34		0.41
Zr	76.30	46.50	49.50	105.00	57.50	26.00	58.50	39.50	43.10	85.10		104.00
Hf	1.94	0.52	1.70	0.20	1.66	0.80	1.43	2.62	2.59	1.68		2.80
Sc	14.00	19.60	20.20	3.15	26.00	8.11	33.90	11.90	15.60	25.90		11.10
Cr	31.6	1 110.0	175.0	34.7	67.8	37.1	238.0	8.2	27.80	36.2		19.6
Ni	18.5	372.0	67.4	216.0	48.6	28.8	60.4	18.5	28.1	25.2		29.5
Co	13.3	26.8	21.5	257.0	31.6	14.8	30.6	11.2	17.2	31.2		11.4
Zn	67.6	21.4	28.3	181.0	36.0	25.7	6.4	45.3	37.6	55.6		55.2
Mn	734	1 200	931	8 600	1 660	414	1 480	953	938	1 270		812
La	11.50	2.90	12.70	1.70	9.63	8.12	8.54	15.30	14.30	8.80	2.07	15.50
Ce	24.80	5.32	23.80	3.51	20.50	22.20	16.80	28.80	28.80	17.90	2.64	32.10
Pr											0.49	
Nd	11.80	3.55	13.50	2.84	12.80	7.81	11.90	17.60	11.90	10.90	2.13	15.80
Sm	2.74	1.07	2.83	0.94	2.70	1.77	2.79	3.91	2.84	2.84	0.46	2.92
Eu	1.01	0.34	1.33	1.05	1.11	0.60	1.16	1.10	1.10	1.14	0.12	1.09
Gd	2.68	1.37	3.32	1.51	3.01	1.92	2.89	3.59	2.84	3.45	0.33	3.39
Tb	0.44	0.26	0.60	0.27	0.51	0.32	0.46	0.61	0.47	0.60	0.07	0.53
Dy											0.42	
Ho	0.59	0.31	0.76	0.34	0.71	0.43	0.59	0.88	0.62	0.77	0.09	0.73
Er											0.22	
Tm	0.26	1.12	0.30	0.13	0.32	0.18	0.24	0.38	0.26	0.30	0.033	0.30
Yb	1.75	0.66	1.93	0.76	2.04	1.12	1.53	2.54	1.82	1.78	0.24	1.90
Lu	0.26	0.10	0.30	0.13	0.31	0.16	0.22	0.35	0.31	0.24	0.036	0.31
Th/Ta	6.80	3.88	6.27	2.70	9.00	26.50	10.40	6.93	6.79	3.38		5.61
La/Yb	6.57	4.39	6.58	2.24	4.72	7.25	5.58	6.02	7.86	4.94	8.62	8.16
(La/Yb) _N	4.25	2.84	4.26	1.45	3.05	4.69	3.61	3.90	5.08	3.20	5.75	5.28
δEu	1.15	0.87	1.34	2.72	1.20	1.00	1.26	0.91	1.19	1.12	0.95	1.07

备 注 (1) 各样品岩性为: QP1-2. 南明水组 (C_{1n}) 凝灰质粉砂岩 (远矿围岩); QP1-28. 矿体下盘容矿围岩中 (D_{2b}) 的矿化火山岩; QP1-32. 矿体下盘容矿围岩中的近矿玄武安山岩; Q-12. 金、铜矿石 (产于东矿区 号矿体); QP1-35. 矿体上盘容矿围岩中 (D_{2b}) 的含铜火山岩; QP1-38. 矿体上盘的近矿玄武安山岩; QP1-44. 矿体上盘围岩 (D_{2b}) 中的正常玄武安山岩; QP1-54. 矿体上盘远矿的闪长岩脉; Q-3. 矿区内的闪长玢岩脉; Q-8. 矿区内之辉绿玢岩脉; QX-55. 矿体旁侧的硅质岩; L97-1. 矿区外围 (约 40 km 处) 北塔山组地层 (D_{2b}) 中的正常安山质火山岩。
(2) 空白示缺此项分析; QX-55 之数据引自 “新疆准噶尔北缘重点成矿区带地物化综合找矿及靶位优选 (王京彬, 李博泉等, 1996) ”, 其余数据源于本文。测试单位为原核工业部北京铀矿地质研究所。

入岩脉、远离矿区的 D_{2b} 正常火山岩及 C_{1n} 之火山碎屑岩的微量元素原始地幔标准化配分曲线形态一致, 与矿区内容矿火山岩的配分曲线形态接近, 铜、金矿石显示了更为富 W 的特点及略有差异的配分

曲线 (图 3-b)。
4.2 矿石及含矿围岩有关成矿及其伴生元素的含量特征

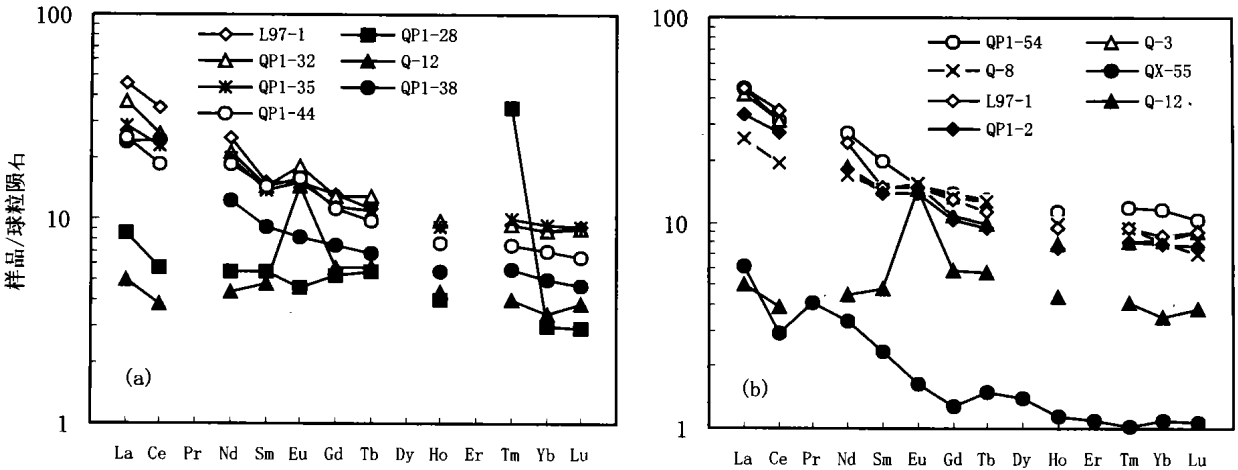


图 2 乔夏哈拉铜金矿有关岩石、矿石的稀土元素分布模式

Fig. 2 Chondrite-normalized REE distribution patterns of relevant rocks and ores for Qiaoxiahala copper and gold deposit

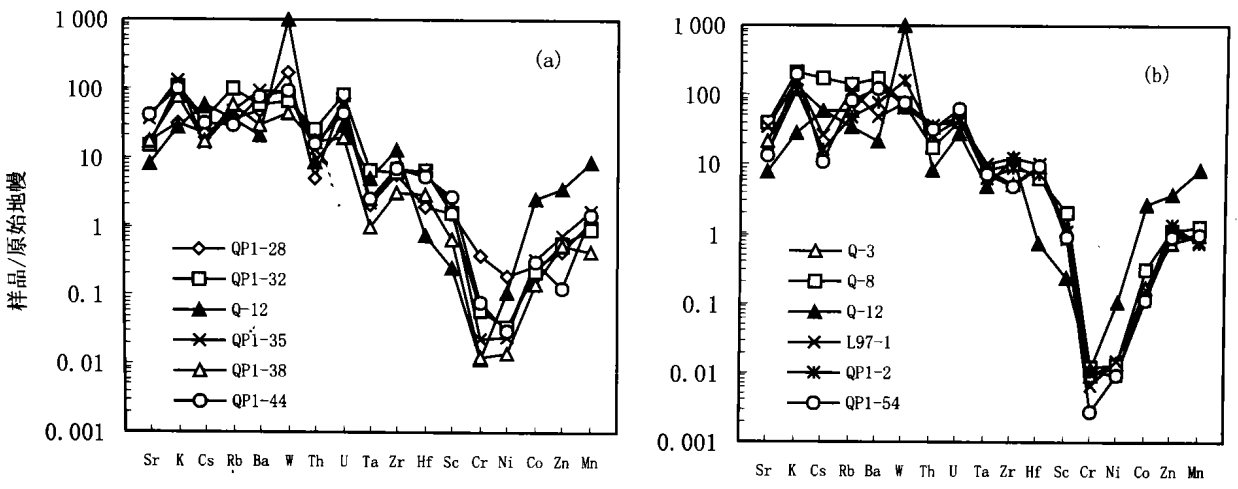


图 3 乔夏哈拉铜、金矿有关岩石、矿石的微量元素原始地幔标准化图
(原始地幔丰度值引自文献 [7])

Fig. 3 Primitive mantle-normalized trace elements patterns of relevant rocks and ores for Qiaoxiahala copper and gold deposit

表 4 列出了该矿床东矿区（段）部分矿体之矿石及其容矿火山岩中以 Cu、Au、Ag 等亲硫元素为主的 10 个成矿及其伴生微量元素的含量，从中可看出：①铜、金矿石除了高度富集 Cu、Au、Ag 等成矿元素外，还普遍富集了 As、Sb、Zn、Co、Ni 等元素，矿石中 As、Sb、Zn、Co、Ni 等元素的含量通常高出其直接含矿围岩及相关区域地层丰度的几倍至十几倍；②矿石同含矿围岩与区域地层相比呈现了显著贫 Ba 的特点；③矿体上、下盘含矿围岩，

即中基性火山岩中的 Au、Ag 含量的变化，呈现了距矿体愈远其含量相对愈低，离矿体愈近其含量愈高的趋势，反映了 Cu、Au、Ag 诸元素密切伴生（或共生）成矿的内在联系；④对东矿区而言，矿石的 Co/Ni 值有从西向东增高的趋势，西侧矿体中矿石及其含矿围岩的 Co/Ni 值大于 1 者居多，而东侧矿体中矿石及其含矿围岩的 Co/Ni 值则全部小于 1，这种明显的差异可能与各矿体同火山喷溢中心之间的远近不同有密切联系。

表 4 乔夏哈拉铜（铁）金矿床矿石及其含矿围岩的主要成矿及其伴生微量元素的含量（10⁻⁶）

Tabl. 4 The contents of major ore-forming and relevant accompanying trace elements for some ores and their county rocks in Qiaoxiahala copper (iron) and gold deposit (10⁻⁶)

部位	样号	样品性质	Cu	Au	Ag	Zn	Pb	As	Sb	Co	Ni	Ba
东 矿 区 西 侧	QP1-20	下盘正常玄武安山岩	90	0.001 0	0.056 0	70	10	9.1	1.20	23	13	597
	QP1-28	下盘矿化火山岩	536	0.001 2	0.053 0	51	10	9.3	0.43	34	361	151
	QP1-32	下盘近矿玄武安山岩	158	0.015 0	0.079 0	38	10	9.1	2.70	24	60	309
	QP1-33	铜、金矿石	19 943	0.720 0	1.050 0	186	10	41.0	5.00	115	71	26
	QP1-34	铜、金矿石	20 769	0.710 0	4.650 0	195	10	24.0	2.00	69	65	16
	QP1-35	上盘含铜火山岩	1 456	0.014 0	0.226 0	75	10	7.6	0.58	32	25	512
	QP1-40	上盘近矿玄武安山岩	232	0.004 2	0.056 0	83	10	11.0	0.51	30	19	319
	QP1-52	上盘正常玄武安山岩	99	0.003 1	0.060 0	84	10	4.7	0.34	30	29	554
东 矿 区 东 侧	QP2-9	下盘正常玄武安山岩	97	0.001 0	0.040 0	82	10	10.0	0.56	72	531	77
	QP2-13	下盘近矿玄武安山岩	211	0.020 0	0.059 0	8	10	33.0	0.58	16	20	746
	QP2-14	金矿石	13	1.280 0	0.050 0	78	10	27.0	1.40	24	107	116
	QP2-16	近矿含铜火山岩	641	0.036 0	0.225 0	17	10	4.3	0.50	17	18	995
	QP2-17	近矿含铜火山岩	598	0.027 0	0.060 0	129	10	34.0	1.90	54	426	23
	QP2-18	铜、金矿石	17 545	1.200 0	5.105 0	669	14	62.0	5.10	74	232	130
	QP2-19	上盘近矿玄武安山岩	197	0.010 0	0.100 0	28	10	5.9	0.62	29	200	180
	QP2-31	上盘正常玄武安山岩	78	0.001 0	0.053 0	78	10	9.7	0.61	32	47	203
新疆北部泥盆系丰度值 ^[8]			29.9	0.000 6	0.059 4	75.3	10.6	4.51	0.35	12.2	12.7	415

注：上盘、下盘分别指矿体的上盘与下盘；样品测试单位为新疆有色地质研究所。

通过上述对比，可以看出该矿床近矿火山岩与远离矿区之火山岩在微量元素组成、稀土元素分配特征方面存在比较明显的差异。造成这些差异的主要原因是靠近矿体的火山岩因成矿要稍晚于成岩，晚期的火山热液在叠加改造形成了较富矿体的同时，也使矿体附近火山岩的原始微量元素、稀土元素组成发生了改变。因为来源于幔源的基性火山岩是主要的成矿物质来源，使得矿石同时富集了 Co、Ni 等亲铁元素。后期的闪长玢岩、辉绿玢岩等岩脉明显是成矿之后的产物，呈现了与远矿火山岩相近的微量元素地球化学特征，则是因为它们都来源于地幔、在地表没经受明显晚期火山热液改造而直接成岩的结果。

5 讨论与结论

(1) 乔夏哈拉铜（铁）金矿作为一处产于中泥盆统中基性火山岩地层的矿床，主矿体受层位（或岩性段）与“层状”夕卡岩的密切控制，磁铁矿化、孔雀石化、夕卡岩化是浅表直接有效的找矿标志。矿体主要呈层状、似层状、透镜状产出，显示了层控矿床的基本特征。从现有的研究程度而言，查清火山机构与矿化之间的关系是深入探索该矿床有关成

矿作用的关键。前人对该矿床所做的有关同位素研究资料^[6]表明：其矿石中黄铁矿与黄铜矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值 (CDT) = 0.73‰~2.92‰、平均 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 1.63‰，显示了该矿床具深源岩浆硫的成矿硫源；与铜、金共生的磁铁矿的氢、氧同位素之 δo 值为 -115.3‰~-80.9‰，其对应的 $\delta^{18}\text{O}$ 水值为 9.43‰~11.49‰，显示了其成矿流体为岩浆水加大气降水的混合源特征。综合上述分析可得出该铜、金矿是一处受火山岩地层控制的与“层状”夕卡岩密切伴生的火山热液型矿床，可简称为与层状夕卡岩有关的火山热液型矿床，至少主矿体成矿是如此。

(2) 微量元素地球化学研究表明，该矿床的容矿火山岩及后期的中基性侵入岩脉（闪长玢岩、辉绿玢岩等）都呈现了相对较高的 Th/Ta、La/Yb 值，其 Th/Ta 值为 3.38~26.50、La/Yb 值为 4.39~7.86（表 3），这一特点同亏损地幔（DM）一般具有相对偏低的 La/Yb 值（ ≤ 2.0 ）与 Th/Ta 值（ ≤ 1.0 ）^[9]相比，反映了这套中泥盆统中基性容矿火山岩的成岩物质来源与亏损地幔是有明显区别，其容矿火山岩的初始物源来自于富集地幔的可能性更大。容矿火山岩及后期的中基性侵入岩脉呈现了基本一致的微量元素地球化学特征及有关的 REE 分布型式，铜、金矿石与容矿火山岩、中基性侵入岩

脉相比, 呈现了相对贫 K、Rb、Th 及具有明显偏低的 Th/Ta、La/Yb 值, 此外铜、金矿石还具有相对富 W 与富 Ni 的特征。在 REE 分布型式图上, 从稍早形成的中泥盆统容矿火山岩→随后生成的铜、金矿体(石)→再后形成的硅质岩脉, 其稀土元素总量 ΣREE 呈现了渐次降低的趋势, 铜、金矿石呈现了更趋分明的强 Eu 富集。矿石同其上、下盘容矿火山岩相比, 除了高度富集 Cu、Au、Ag 等成矿元素外, 铜、金矿石还富集了高出围岩几倍至十几倍的 As、Sb、Zn、Co、Ni 等元素。矿石具有明显贫 Ba 及 Cu、Au、Ag 诸元素同时富集(成矿)的特征。该矿床的这些微量元素地球化学特征证实了火山热液在成矿中的重要影响, 并且指示了形成其含矿火山建造的深部物质来源有别于一般的亏损地幔, 更可能的是来源于一种富集地幔。

(3) 该铜、金矿床的主矿体具有清晰的“上铁下铜”分带及铜、金同富集的特征, 在浅部有随着矿体延深加大而其 Cu、Au 品位呈明显同步增富的趋势。据肉眼观察, 由表至深依次出现了孔雀石化的磁铁矿→含浸染状硫化物的磁铁矿→稠密浸染状-块状硫化物型铁、铜矿→块状硫化物型矿体(含较富 Cu、Au), 这一浅部的垂向分带富集特点是决定该矿床在为地方开采时能产生良好经济效益的主要原因之一。对这种“上铁下铜”分带现象, 若通过系统总结其有关的钻孔原生晕资料, 应该可以获得一些新的地球化学找矿判别标志, 从勘查地球化学角度提供有用的找矿信息, 为开展类似矿区的“老点新评”提供借鉴。新疆北部与一些火山岩有关的, 以前认为是以铁矿化为主的矿床(点)(包括那些与铜、金矿化有关的“铁帽”或“硅铁蚀变带”等)数量不少, 若能以一些新的思路与勘查方法找到其下部有可能存在的铜、金等矿体, 通过成功的“老点新评”既能为国家发现新的重要矿产资源, 又能为地方经济建设创造一定的效益, 期望有关方面对这方面的信息能予以关注。

成文中得到南京大学地球科学系蒋少涌教授的诸多指教和帮助, 并承蒙原新疆有色地质勘查局的赵云长高工、李博泉高工提供了部分矿区的基本地质资料, 作者在此顺致衷心感谢!

参考文献:

- [1] 芮行健, 朱昭华, 刘抗娟. 新疆阿尔泰原生金矿基本特征及区域成矿模式[J]. 地质论评, 1993, 39(2): 139-147.
- [2] Wang Jingbin, Deng Jieniu, Zhang Jinhong and Qin Kezhang. Massive sulphide deposits related to the volcano-passive continental margin in the Altay region [J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 1999, 73(2): 253-263.
- [3] Wang Jingbin, Zhang Jinhong, Ding Rufu and Fang Tonghui. Tectono-metallogenic system in the Altay orogenic belt, China [J]. Acta Geologica Sinica (English edition), 2000, 74(3): 485-491.
- [4] 廖启林, 戴塔根, 邓吉牛, 王军升. 新疆北部主要金矿床的成矿地球化学特征[J]. 矿床地质, 2000, 19(4): 297-306.
- [5] 廖启林, 戴塔根, 刘悟辉, 邱冬生. 阿尔泰南缘典型块状硫化物矿床成矿环境浅析[J]. 地质与勘探, 2000, 36(6): 23-26.
- [6] 彭省临, 王核. 新疆富蕴县乔夏哈拉铁铜金多因复成矿床特征及成因分析[J]. 中南工业大学学报(增刊), 1996, 27(2): 29-33.
- [7] Taylor S R, and McClennan, S. The Continental Crust: Composition and evolution [M], Blackwell Scientific Publications, 1985: 54; 209-230; 372.
- [8] 杜佩轩. 新疆北部勘查地球化学系列丰度值—岩石测量[J]. 新疆地质科学, 1994, (5): 144-176.
- [9] Condie K C. Source of Proterozoic mafic dyke swarms: Constraints from Th/Ta and La/Yb ratios [J]. Precamb. Res., 1997, 81: 3-14.

Geology and geochemistry of trace elements of Qiaoxiahala copper (Iron) and gold deposit in Fuyun county, Xinjiang

LIAO Qi-lin¹, WANG Jun-sheng², DENG Ji-niu²

(1. Geological Survey of Jiangsu Province, Nanjing 210018, China;

2. Beijing Institute of Geology and Mineral Resources, Beijing 100012, China)

Abstract: In this paper, the author introduced briefly the metallogenic characters and trace element's geochemistry of Qiaoxiahala copper (iron) and gold deposit, and summarized the relevant spatial distributive feature of its main ore bodies with "vertical zonation" and "downward synchronal enrichment of Cu and Au". It was thought that its host volcanic rocks and some intermediate-basic intrusive veins have basically similar geochemical behavior of trace elements, and that the ores of Cu and Au have lower contents of K, Rb, Th and Ba, and higher contents of W, Ni, Co, As, Sb and Zn, and obviously lower ratios of Th/Ta and La/Yb than host volcanic rocks. By studying their REE geochemistry, it was discovered that the ores of Cu and Au display strong enrichment of Eu absolutely different from host volcanic rocks, and that geologic bodies formed in later period have lower contents of REE than those formed in earlier period in most cases. On the basis of systematic analyses, Qiaoxiahala copper (iron) and gold deposit is considered as a kind of volcanic hydrothermal type "stratabound deposit" accompanied with "stratiform skarn".

Key words: Northern Xinjiang; Qiaoxiahala copper (iron) gold deposit; geologic characters; geochemistry of trace elements

北祁连山西段金矿床新类型

西安地质矿产研究所在承担国土资源部“九五”资源攻关项目(95-02-004)期间,杨建国、李智佩、宋忠宝、任有祥等通过对北祁连山西段构造蚀变岩型、蚀变超基性岩型和石英脉型3种重要类型金矿床进行研究,于该区确立了首例与斑岩有关的碲-铋-金型矿床,以车路沟金矿床为代表。

该类金矿床主要成矿地质特征是,矿床位于北祁连山早古生代岛弧火山岩带,直接赋存于钙碱性次火山-中浅成英安斑岩内,其成矿背景为碰撞造山环境;矿床受区域断裂裂隙、同建造期古火山穹窿边缘继承性断裂裂隙,尤其是次火山岩体边缘节理、裂隙及接触破碎带控制;矿体主要为矿化的石英脉,矿石中硫化物含量低,金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、斑铜矿、辉碲铋矿、含银自然金及银金矿等少数几种矿物;金以含银自然金及银金矿等可见金包裹于褐铁矿、黄铁矿、黄铜矿中或呈稀疏浸染状聚集于黄铜矿-石英细脉边缘的石英或裂隙中,成矿以热液充填作用为主。矿床为一兼具斑岩型与浅成低温热液型金(铜)矿床特征的过渡型矿床。成因类型属与斑岩有关的低温热液型碲-铋-金矿床。有关论著发表于:《西北地质》2002, 35(2);《中国科技发展精典文库(第二辑)》,2003;《中国大地出版社 北祁连山构造-火山岩浆-成矿动力学》第十章。

北祁连山岛弧火山-深成岩十分发育,火山岩型金矿成矿地质条件优越,但至今尚未发现与突破。车路沟与斑岩有关的碲-铋-金型金矿床的确立,在该区未来的金矿找矿勘查中起到“开拓思路、抛砖引玉”的作用。

(西安地质矿产研究所资源室供稿)