

新疆预须开普台铁铜矿床成因探讨

莫江平 黄明扬 覃龙芳 卢汉提

(中国有色金属工业总公司矿产地质研究院·桂林·541004)

根据矿床地质地球化学等方面的研究,认为该矿床成矿物质来源于深部地壳或上地幔;通过海底火山喷流作用,在酸性相对还原的热液沉积盆地中沉积成矿。成矿流体来源于岩浆水,并有海水混入。红碧玉、重晶石等具有喷流岩的特征。矿床成因属于海底火山喷流—热水沉积矿床。

关键词 铁铜矿床 火山喷流 热水沉积 成因分析 新疆

预须开普台铁铜矿床位于新疆新源县,是一个低硫少磷富铁而深部过渡为铜硫(金)的综合矿床。研究提出,预须开普台铁铜矿床为海底火山喷流—热水沉积成因的新认识。

1 地质概况

该矿床赋存于西天山阿吾拉勒铜矿带东部;该区中石炭世为俯冲带岛弧区偏大陆一侧的拉张弧后盆地环境,铁铜矿床产于中石炭统东图津河组的下部酸性火山喷发和上部中基性火山喷发旋回的喷发间歇期海相火山—沉积岩系中。

矿区出露地层为中石炭统东图津河组(图1),可划分为2个火山喷发旋回,3个岩相带。自下而上分为:第一火山喷发旋回(第一岩相带),由钾石英角斑岩、钾石英角斑质凝灰熔岩、石英角斑岩、石英角斑质凝灰熔岩等组成;喷发间歇期(第二岩相带),由凝灰质千枚岩、凝灰质片岩、凝灰质板岩、钾角斑质凝灰岩、钾角斑岩等组成,夹层状、似层状赤铁矿层和透镜状碧玉岩,深部隐伏有块状含铜黄铁矿。第二火山喷发旋回(第三岩相带),为中基性喷发,由细碧岩、角斑岩、角斑质凝灰岩、火山角砾岩、火山集块岩夹凝灰质

千枚岩等组成。

矿区构造为整体上呈近东西向的单斜(复式向斜的南翼),地层向北倾,倾角 $40^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 。断裂构造以近东西向为主,控制地层和主矿体的展布;北东向和北西向断裂次之,形成较晚,在一定程度上破坏了矿体。

侵入岩主要分布于矿区外围。闪长岩、辉长岩类分布于矿区北部和西部,钠长花岗(斑)岩类出露于矿区南部和东部。矿区内仅见浅成—超浅成次火山岩(石英钠长斑岩),呈岩脉群分布。

2 铁(铜)矿床地质特征

预须开普台铁铜矿带东西长5km~6km,南北宽300m~600m。矿层集中分布在3个带上,由北而南分别是:

北部矿带:包括主矿体、东矿体和洛北矿体。

中部矿带:包括西南矿体、西矿体。

南部矿带:包括东南矿体、南矿体。

上述铁矿体呈多层状产出,少则两层,多则20余层。矿体群呈似层状,透镜状扁豆状;在走向上,常见尖灭再现,断续分布,在剖面上斜列分布。主要铁矿体分布在石英钠长斑岩体群的南北两侧,以主矿体和东矿体规

本文1996年4月收到,7月改回,侯庆有编辑。

①本文系“八五”国家科技攻关三零五项目“85—902—04—03”专题的部分研究成果。

模较大。

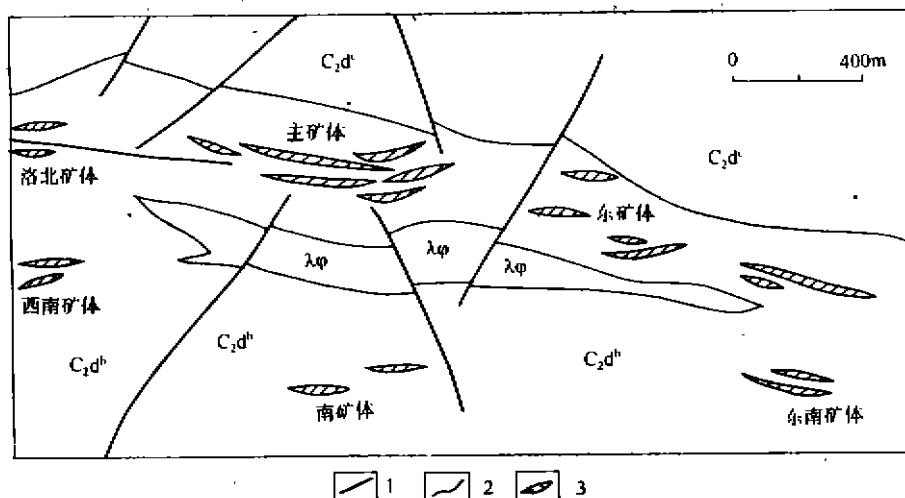


图1 预须开普台铁(铜)矿床地质略图

(据新疆有色703队修编)

C_2d^h —凝灰质千枚岩、板岩夹中酸性格岩、凝灰岩; C_2d^c —中基性—中酸性火山岩、凝灰质碎屑岩; $\lambda\phi$ —石英钠长斑岩;

1—断裂;2—地质界线;3—铁(铜)矿体

主矿体是矿区内最大的铁矿体,呈层状、似层状、透镜状产于千枚岩、片岩中。矿体产状与围岩一致,沿走向有分枝、尖灭再现现象。倾向北西—北东,倾角 $40^\circ\sim 70^\circ$ 。主矿体由15条矿体组成,一般长 $100m\sim 400m$,最长 $900m$,厚 $3m\sim 15m$,单层最厚达 $24m$,累计厚度 $70m$ 。在垂深 $400m$ 范围内,厚度和品位变化不大;倾向延深大于走向延长。矿体夹石多为中酸性凝灰质千枚岩、片岩。矿石矿物主要为赤铁矿,次为镜铁矿,伴有少量黄铁矿、孔雀石和蓝铜矿。矿石品位 $TFe55\%\sim 68\%$,平均 62% 。富矿石占绝大部分,S、P等含量低。

东矿体位于主矿体以东约 $1000m$,地表出露3个较大的铁矿体(或含铜赤铁矿体),断续延长 $1300m$,厚 $5m\sim 8m$,最厚达 $11m$ 。矿体倾向北北东,倾角 50° ,产状与围岩一致。矿体呈似层状、透镜状和扁豆状。矿石矿物主要为赤铁矿,次为镜铁矿。平均品位 $TFe57\%$ 。在ZK2101钻孔 $150m$ 深处铁矿层之下见块状含铜黄铁矿,厚 $12m$,Cu品位

0.96% 。此外,在铁矿下盘见厚百余米的含黄铁矿绢云千枚岩,黄铁矿呈块状或星散状。

围岩蚀变主要有绿泥石化、绢云母化、硅化、黄铁矿化和碳酸盐化。

矿石类型有含红碧玉镜铁矿赤铁矿矿石、含铜重晶石赤铁矿矿石、含铜黄铁矿矿石3种。以第1种矿石为主,第2种矿石为局部分布,第3种矿石仅见于东矿体钻孔中。矿石矿物分带较明显,上部为赤铁矿、含铜赤铁矿,下部为黄铁矿、黄铜矿。矿石结构简单,赤铁矿具微晶质,细晶质和页片状结构。矿石构造以块状为主,少数为条带状、浸染状构造。

3 矿床成因分析

预须开普台铁铜矿床成因,争议颇多,主要有沉积变质矿床、沉积变质热液叠加矿床、近源火山沉积矿床、卤水—热卤水成因矿床和矿浆喷溢—火山沉积—火山热液矿床等。本文研究认为,该矿床成因为海底火山喷流—热水沉积成因矿床。

3.1 喷流(热水沉积)岩特征

铁铜矿床产于两个火山喷发旋回的喷发间歇期的海相火山—沉积岩系中。在铁矿层及其顶、底板中发育有大量透镜状红碧玉岩;在东矿体铁矿层中见到厚0.5m~1m的层纹状重晶石,延伸相对稳定,产状与矿层一致。这些喷流岩是火山喷流—热水沉积的重要岩石学标志。在含矿岩系中有角斑质凝灰岩类及火山物质等,是火山喷发间歇期海底火山喷发—沉积作用的产物。红碧玉岩的岩石化学成分见表1,在 TiO_2 — Al_2O_3 关系图上(图2),投点落入火山—海底卤水成因硅质岩区,在Al—Fe—Mn图解中(图3),投点落入热水沉积区,与国内外典型喷流—热水沉积岩极相似,故应属于与火山喷流有关的热水沉积岩(喷流岩)。

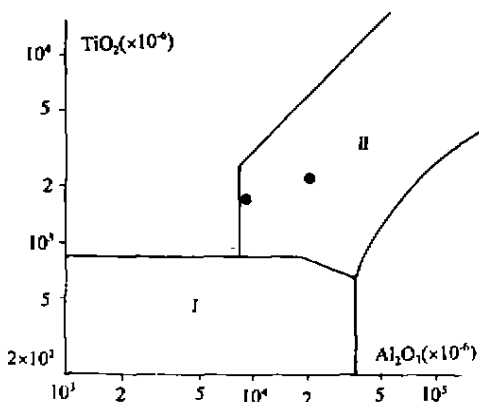


图2 不同成因的硅质岩中 TiO_2 — Al_2O_3 关系图
(据韩发等, 1989)

I—生物成因硅质岩区; II—火山及海底热卤水成因硅质岩区

3.2 铅同位素特征

由表2可见,矿(岩)石铅同位素组成变化较大,源区特征值 Th/U 平均为3.35, μ 平均值为9.33。在Doe and Zartman 铅构造模式图上(图4),数据点多落在地幔铅和造山带铅演化曲线之间;黄铁矿和红碧玉相对集中,赤铁矿和孔雀石比较分散,表明铅来源比较复杂。这显示了地幔铅与造山带铅混合的特征,也反映了本区成矿金属物质来自上

地幔或深部地壳源区。Doe 模式年龄为211Ma,比赋矿地层时代年青,代表铁铜矿床形成后受后期变质改造的年龄。

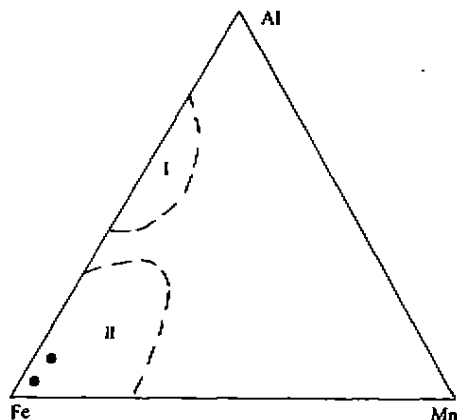


图3 沉积岩的 Al—Fe—Mn 图解
(据 Adachi, 1980 修改)

I—非热水沉积区, II—热水沉积区

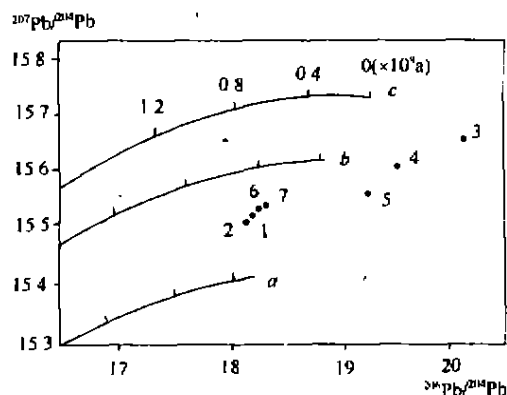


图4 预须开普台铁铜矿床铅同位素比值坐标图
(Doe and Zartman, 1979)

a—地幔铅演化曲线; b—造山带铅演化曲线; c—上部地壳铅演化曲线。(数据点编号见表2序号)

3.3 硫同位素特征

4件黄铁矿样品 $\delta^{34}S$ 值在-6.1‰~-3.7‰之间,平均为-5.03‰,变化范围窄。而层纹状重晶石 $\delta^{34}S$ 为+12.9‰,与同期硫化物硫同位素组成相差18‰,说明本区金属硫化物的硫源主要来自海水,同时也有火山喷发作用从深部带来的地幔硫。

3.4 氢氧同位素特征

氢氧同位素组成特征列于表3。在

$\delta D-\delta^{18}O$ 关系图上(图 5), 2 件赤铁矿和 1 件红碧玉样品落在岩浆水范围, 说明该矿床成矿流体来源于岩浆水, 并有海水混入。

表 1 红碧玉岩化学成分分析结果(%)

岩石	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	H ₂ O ⁺	烧失量	总量
红碧玉岩	81.91	0.13	0.85	15.83	0.58	0.24	痕	0.22	0.22	0.36	0.026	0.32	0.48	101.166
红碧玉岩	82.19	0.22	1.71	12.99	0.20	0.40	0.31	0.86	0.028	0.42	0.05	0.78	1.53	101.688

测试单位: 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院。

表 2 预须开普台铁铜矿床铅同位素组成

序号	测试矿物	²⁰⁶ Pb / ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb / ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb / ²⁰⁴ Pb	Th / U	μ	Doe 模式年龄 (Ma)
1	黄铁矿	18.133	15.505	37.853	3.61	9.3	252
2	黄铁矿	18.145	15.474	37.780	3.56	9.24	204
3	赤铁矿	20.128	15.642	37.966	2.83	9.43	-
4	赤铁矿	19.461	15.607	37.997	3.08	9.39	-
5	孔雀石	19.184	15.556	37.890	3.14	9.31	-
6	红碧玉	18.197	15.516	37.918	3.60	9.32	218
7	红碧玉	18.291	15.534	38.026	3.61	9.34	171

测试单位: 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院。

表 3 氢、氧同位素组成

序号	编号	测试矿物	$\delta^{18}O(\text{‰})$ (SMOW)	$\delta^{18}O_{H_2O}(\text{‰})$ (SMOW)	$\delta^{18}D_{H_2O}(\text{‰})$ (SMOW)	温度(℃)	备注
1	Y2-30	赤铁矿	0.54	6.1	-84.6	280	温度为 爆裂温 度
2	Y6-22	赤铁矿	3.81	9.37	-68.9	280	
3	Y2-36	红碧玉	13.49	8.72	-104.3	340	
4	Y6-21	红碧玉	13.16	8.29	-74.2	340	
5	Y4-21	重晶石	1.89	-0.62	-69.2	281	
6	Y6-27	重晶石	6.47	1.87	-76.6	230	

测试单位: 中国有色金属工业总公司矿产地质研究院。

- ① $10^3 \ln \alpha_{\text{赤铁矿}-\text{水}} = -8.01 + 0.75 \times 10^6 / T^2$ [O, Neil, 1966];
 ② $10^3 \ln \alpha_{\text{磁石}-\text{水}} = 3.29 + 3.03 \times 10^6 / T^2$ [L. plonkauth, 1976];
 ③ $10^3 \ln \alpha_{\text{重晶石}-\text{水}} = -7.3 + 301 \times 10^6 / T^2$ [Chila 等, 1979]。

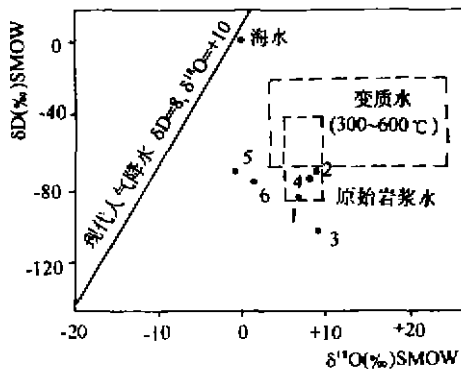


图 5 预须开普台铁铜矿床 $\delta D-\delta^{18}O$ 关系图
(数据点编号见表 3 序号)

3.5 锶同位素特征

2 件赤铁矿矿石锶的初始比值为 0.7037

和 0.7062(丁乾俊, 1990), 表明成矿物质来源于深部地壳或上地幔, 与海底火山喷流作用有关。含矿岩系中 1 件细碧岩锶初始比值为 0.7027, 说明火山岩浆基本代表上地幔锶的同位素组成。

3.6 稀土元素特征

稀土元素分析结果列于表 4。稀土总量相对较低, 差别较大, 为 $11.31 \times 10^{-6} \sim 93.99 \times 10^{-6}$ 。以层纹状重晶石赤铁矿稀土总量较高, 红碧玉最低。稀土元素配分模式图(图 6)及稀土配分特征参数具有明显的规律性, 除个别样品外, $\Sigma Ce / \Sigma Y$ 和 δ_{Eu} 一般大于 1; 从红碧玉—含红碧玉赤铁矿—重晶石赤铁矿逐

渐增大,反映富集轻稀土并且有明显的铈异常。这表明,铁铜矿的成矿物质来源于深部地壳或上地幔。由于强烈的海底火山喷流作用,大量的酸性及还原的含矿热流体被排泄到海盆地,使得 Eu^{3+} 被还原为 Eu^{2+} , Eu 与其

它 3 价稀土元素分离。这时的海水富含 Eu^{2+} ,形成的沉积物具有显著的正铈异常,或者铈元素的富集可能与 Eu^{2+} 置换重晶石的 Ba^{2+} 有关。

表4 预须开普台铁铜矿床矿(岩)石稀土元素分析结果($\times 10^{-6}$)

序号	试样	Ca	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
1	含赤铁矿红碧玉	0.95	2.3	0.29	1.32	0.39	0.24	0.54	0.11	2.65	0.12
2	含红碧玉赤铁矿	7.28	15.05	1.68	6.99	1.42	1.24	1.67	0.28	1.46	0.24
3	含红碧玉赤铁矿	2.1	9.08	0.85	3.55	1.30	0.77	1.17	0.19	0.85	0.12
4	红碧玉	7.0	14.99	1.97	7.66	1.77	0.38	1.33	0.19	0.79	0.12
5	红碧玉*	2.08	4.45	0.57	2.63	0.78	0.37	1.41	0.30	2.03	0.40
6	重晶石赤铁矿	20.29	35.19	3.82	13.96	3.59	5.56	2.79	0.36	1.49	0.22
7	重晶石赤铁矿	20.72	30.47	3.34	13.0	3.61	5.48	2.54	0.38	1.56	0.23

序号	试样	Er	Tm	Yb	Lu	ΣREE	$\Sigma \text{Ce} / \Sigma \text{Y}$	δ_{Eu}	δ_{Ce}
1	含赤铁矿红碧玉	0.35	0.06	0.35	0.06	3.6	11.31	1.62	1.08
2	含红碧玉赤铁矿	0.52	0.08	0.36	0.65	6.51	44.8	2.48	1.06
3	含红碧玉赤铁矿	0.33	0.05	0.34	0.05	2.54	23.28	1.89	1.76
4	红碧玉	0.27	0.03	0.21	0.03	2.50	39.26	0.73	1.05
5	红碧玉	1.11	0.14	0.98	0.14	7.58	24.97	1.08	0.99
6	重晶石赤铁矿	0.46	0.08	0.49	0.08	4.98	93.99	5.22	0.96
7	重晶石赤铁矿	0.55	0.10	0.64	0.10	4.82	87.53	5.30	0.86

测试单位:湖北省地质实验研究所。

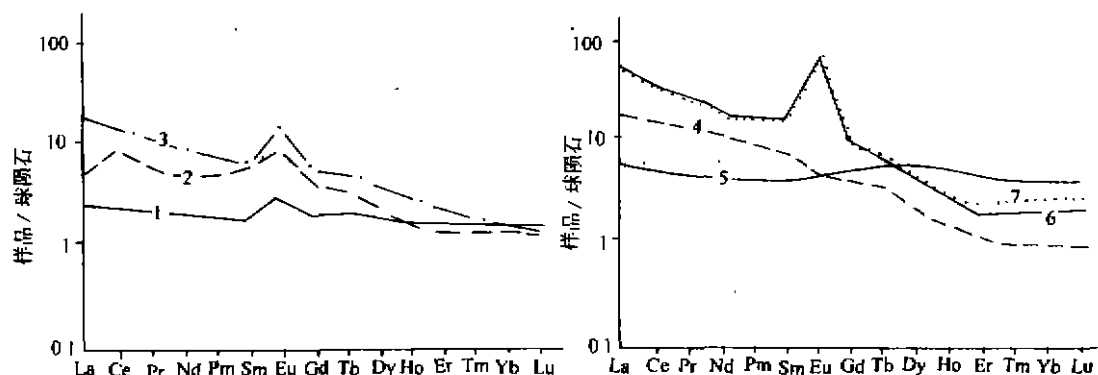


图6 海底喷流—沉积型铁(铜)矿床稀土元素配分模式图

1—含赤铁矿红碧玉(Y2—28);2,3—含红碧玉赤铁矿(Y2—21, Y3—35);4,5—红碧玉(Y1—8, Y2—37);6,7—重晶石赤铁矿(Y4—20, Y4—22)(括号内为样号)

3.7 矿物包裹体特征

矿物包裹体以纯液体包裹体为主,粒径较小,一般 $< 3\mu\text{m}$;少数为液体包裹体。包裹体均一温度一般在 $130^{\circ}\text{C} \sim 250^{\circ}\text{C}$,平均为 185°C ;爆裂温度为 $230^{\circ}\text{C} \sim 340^{\circ}\text{C}$,平均为 290°C 。这表明成矿是在中低温条件下进行

的。包裹体的盐度较低,一般为 $3.2\% \sim 12.5\% \text{NaCl}$;密度为 $0.9\text{g}/\text{cm}^3 \sim 0.95\text{g}/\text{cm}^3$,说明该矿床的成矿流体具有低盐度、低密度和低成矿温度的特点。矿物包裹体成分分析结果列于表5;其阳离子以 Ca^{2+} 、 Na^{+} 、 K^{+} 为主,阴离子以 SO_4^{2-} 、 Cl^{-} 含量较高;气相

成分以 CO_2 和 N_2 为主。成矿流体类型属于 $\text{Ca}^{2+}-\text{Na}^+-\text{K}^+-\text{SO}_4^{2-}-\text{Cl}^-$ 型; Na^+/K^+ (摩尔数比,下同)和 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 一般 >1 , $\text{F}^-/\text{Cl}^- <1$, CH_4 和 N_2 含量较高。这表明,成矿与海底喷流热水沉积作用有关。同时,赤铁矿中含有一定数量的 Cu,说明 Fe、Cu 等成

矿元素来源一致。此外,还原参数 $[(\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CH}_4)/\text{CO}_2]$ 较低,平均为 0.068,属于弱还原环境。用包裹体成分数据计算,成矿物理化学条件: pH 值为 4.12~4.29, Eh 值为 -0.22, $\lg f_{\text{O}_2}$ 为 -41.76~-41.26,说明成矿流体具有酸性相对还原性质。

表 5 预须开普台铁铜矿床包裹体成分分析结果 ($\mu\text{g/g}$)

样号	测试矿物	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Li^+	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	CO_2	CO
Y6-27	重晶石	0.081	0.55	4.80	0.056	0.011	0.392	0.915	-	32.74	1.531
Y4-21	重晶石	0.18	0.15	3.01	0.092	0.006	0.289	0.374	-	15.11	1.531
Y6-21	红碧玉	2.18	1.21	3.91	0.20	0.006	0.385	1.996	29.76	60.45	2.042
Y2-36	红碧玉	1.06	4.17	6.39	6.34	0.007	0.73	18.45	22.34	60.45	0.51
Y6-22	赤铁矿	2.10	0.59	9.39	0.33	0.006	0.332	2.121	43.10	75.56	0.255
Y2-30	赤铁矿	1.52	1.64	10.99	0.29	0.01	0.427	1.107	33.02	28.08	0.128

样号	测试矿物	CH_4	H_2	N_2	H_2O	Cu	Na^+/K^+	$\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$	F^-/Cl^-	$\frac{\text{CO} + \text{H}_2 + \text{CH}_4}{\text{CO}_2}$
Y6-27	重晶石	0.14	0.08	14.73	152	0.004	11.51	52.63	0.8	0.09
Y4-21	重晶石	0.14	0.011	4.86	72	0.041	1.41	19.61	1.45	0.20
Y6-21	红碧玉	0.42	0.028	14.4	267	0.013	0.94	11.76	0.36	0.08
Y2-36	红碧玉	0.14	0.003	16.74	644	0.006	6.67	0.61	0.07	0.02
Y6-22	赤铁矿	0.14	0.001	10.05	173	4.11	0.43	16.95	0.29	0.01
Y2-30	赤铁矿	0.14	0.001	3.01	94	0.39	1.82	22.73	0.79	0.01

测试单位:中国有色金属工业总公司矿产地质研究院。

4 结 论

综上所述,预须开普台铁铜矿床属于海底火山喷流—热水沉积成因。由于海底火山喷流作用,源于深部地壳富含成矿物质的热水溶液沿断裂或火山通道上升,大量酸性热流体和成矿物质被迁移到海水沉积盆地中,与海水发生作用而沉淀。Cu(Pb、Zn)等元素亲硫性强,在相对还原的环境下,与海水中溶有火山喷出的 H_2S 作用,促使络合物分解和

亲硫元素的沉淀,形成块状含铜黄铁矿层。随着成矿作用的进一步进行,溶液中 Fe、Si、Ba、Mn 等元素相对富集。在弱酸性—弱还原、中低温条件下,形成大量赤铁矿石,夹透镜状红碧玉和层纹状重晶石赤铁矿,构成重晶石—红碧玉—赤铁矿建造。故可以认为, Ba—Si—Fe 三位一体是海底火山喷流作用产生的含矿热流体与海水作用的产物。

参考文献

- 1 王中刚等. 稀土元素地球化学. 北京: 科学出版社, 1989
- 2 卢焕章等. 包裹体地球化学. 北京: 地质出版社, 1990

THE ORIGIN OF KAIPUTAI IRON - COPPER DEPOSIT IN YUXU, XINJIANG, CHINA

Mo Jiangping, Huang Mingyang, Qin Longfang, Lu Handi

According to the geological-geochemical research of the deposit, the author holds that the metallogenic matters of the deposit originated from deep-seated crust or upper mantle. It was formed by sedimentation in hydrothermal sedimentary basin with relative reduced acidity by the action of submarine volcano plume. Metallogenic fluid stemmed from magmatic water and mixed with seawater. Red carnel and barite etc. have the features of plume rocks. The origin of the deposit is attributed to submarine volcano plume-hydrothermal sedimentation.

Key words iron and copper deposit, volcano plume, hydrothermal sedimentation, origin, Xinjiang