新疆可可塔勒有色及贵金属矿带成矿流体演化特征*

Evolution Character of Ore-Forming Fluid of Nonferrous and Precious Metal Ore Belt, in Keketale, Xinjiang

丁汝福[1,2] 王京彬[1] 赵伦山[3] 张进红[1] 李春霞[1] 方同辉[1]

(1 北京矿产地质研究所，北京 100012；2 中国科学院地质与地球物理研究所，北京 100029，China；
3 中国地质大学，北京 100083，China)

Ding Rufu[1,2], Wang Jingbin[1], Zhao Lunshan[3], Zhang Jinhong[1], Li Chunxia[1] and Fang Tonghui[1]

(1 Beijing Institute of Geology for Mineral Resource, Beijing 100012, China; 2 Institute of Geology and Geophysics , Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 3 China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

摘 要 新疆可可塔勒有色及贵金属成矿带属阿尔泰矿带的南缘部分。矿带铁铜铅锌金矿化属海相火山喷流沉积成因，金矿受晚期热液改造叠加富集。随矿化类型由 Fe、Cu、PbZn、Au 的更替，流体成分性质发生有规律变化。从早期喷流沉积成矿到晚期与海水深循环热液叠加成矿温度、盐度、密度降低，压力升高。在一个矿区内从火山喷流型到海水深循环热液型盐度、密度降低，压力升高。铁矿和金矿流体为富氯体系，铅锌铜矿为富硫体系。铁矿和金矿阳离子富 Na^+，铜铅锌矿 Na^+与 $Ca^{2+}+Mg^{2+}$比较接近。 根据矿床成矿地质和流体成份特征 ， 初步得出矿带铁铜铅锌金成矿作用。

关键词 火山喷流沉积 矿带成矿流体演化 成矿作用 可可塔勒矿带 新疆

阿尔泰多金属成矿带横贯我国西北边陲，跨越哈、中、蒙三国，总长达千余公里，我国境内阿尔泰多金属矿带蕴含着巨大的贵金属及有色金属资源远景，特别是产于下泥盆统康布铁堡组海相火山岩建造中及其构造单元内的以海相喷流-沉积型为主的铁、铜、铅锌、金矿具有明显的找矿潜力,其中萨热阔布金矿为 1995 年底在该层位中新发现的中型金矿床。

1 可可塔勒矿带成矿地质特征

新疆可可塔勒有色及贵金属成矿带属阿尔泰多金属矿带的南缘部分，位于巴寨断裂南侧。矿床主要分布于 3 个北西向展布的火山沉积盆地中，从南东到北西为麦兹、克朗、冲乎尔盆地。麦兹盆地有蒙库大型铁矿、可可塔勒大型铅锌矿、阿克哈仁铅（锌）矿；克朗盆地有恰夏铜矿、铁木尔特铅锌矿、萨热阔布金矿。该矿带是铁、铜、铅锌、金重要成矿集中区(图 1)（何国琦等，1994；王京彬等，1998；张进红等，1999；Wang et al., 2000）。

* 本文为国家“973”项目(2001CB409806)和国家“九五”科技攻关项目(96-915-02-03)资助研究成果

第一作者简介 丁汝福(1962-),男,高级工程师,博士后,从事地球化学及矿床地质学研究。

2 典型矿床蚀变矿化特征

2.1 蒙库铁矿床

蒙库铁矿床位于麦兹盆地西北端，巴寨断裂南侧，麦兹向斜蒙库复向斜内。矿床受层位控制，赋存于泥盆系康布铁堡组 D_1k_1 顶部，其下部地层为变质细碧岩、角斑岩、石英角斑岩，中部含较多细碧岩。火山热液作用强烈，属火山喷流沉积成矿。

2.2 可可塔勒铅锌矿床

可可塔勒铅锌矿位于麦兹倒转向斜之北东倒装翼的东南端近转折部位，现已探明储量达特大型规模，远景规模可达超大型。成矿蚀变分为矿下层蚀变、含矿层蚀变和矿上蚀变。矿下层发育层控状蚀变、筒状蚀变和裂隙状蚀变（丁汝福等，1999）。

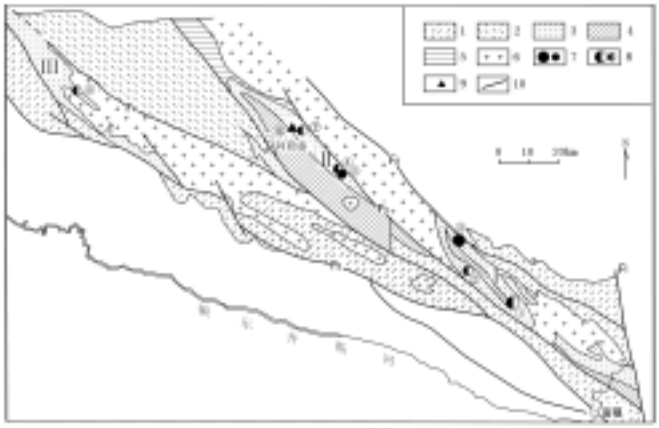


图 1 可可塔勒有色及贵金属成矿带地质略图

1—下-中元古界克木齐群（$Pt_{1-2}km$）；2—上元古界富蕴群（Pt_3fn）；3—下泥盆统康布铁堡组（D_1k）；4—中泥盆统阿勒泰镇组（D_1a）；5—奥陶系；6—海西期花岗岩；7— 铁矿床； 8— 铅锌（铜）矿床；9— 金矿； 10.—断层；Ⅰ—麦兹盆地；Ⅱ— 克朗盆地；Ⅲ— 冲呼尔盆地 ； ①—可可塔勒铅锌矿；②—大桥铅(锌)矿；③—蒙库铁矿；④—铁木尔特铅锌矿；⑤—阿巴宫铁矿；⑥—萨热阔布金矿；⑦—恰夏铜矿；⑧—克因布拉克铜锌矿 2.3—铁木尔特铅锌（铜）矿床

海水与火山岩作用，淋滤出火山岩中的成矿元素 Pb、Zn、Cd、Ag 及 Na_2O、CaO、MgO、Fe_2O_3、FeO 等常量元素，形成大型层控钾化层。在火山喷发间歇期，热液通过火山口和裂隙汇集在火山沉积洼地成矿。

2.3 铁木尔特铅锌（铜）矿床

铁木尔特铅锌（铜）矿位于克朗复式向斜北翼中段。矿区主要有矿层蚀变和矿下大型层控状蚀变两大类型。矿层蚀变范围较小，局限于矿化体附近，有硅化、黄铁矿化和矿层中岩屑晶屑凝灰岩的绿泥石-绢云母化等；矿下大型层控状蚀变带有钠化带、钾化带和绿色蚀变带。

矿床产于火山喷发活动的间歇期，容矿层以沉积岩为主，受火山喷发中心和洼地控制，矿化较好部位产于局部洼地中，显示有沉积韵律特征和良好的矿化相变分带性。

2.4 萨热阔布金矿

萨热阔布金矿位于铁木尔特矿床西延部位。地表矿化赋存在变钙质粉砂岩和千枚岩中，主要为硅化、似矽卡岩化、绿泥石化。硅化位于中间，向两侧依次为似矽卡岩化和绿泥石化，黄铁矿化是一种普遍的蚀变类型。

3 矿带成矿流体地球化学演化

通过矿带各矿床成矿流体研究，能反映流体对成矿作用的控制关系和成矿环境。本文共测定了多个矿床流体包裹体特征、均一温度和盐度，流体气液相成分，包裹体均一温度用 Leitz 1350 热台测试，测试精度±1℃，包裹体盐度用 Chairmeca 冷冻台测试，测定精度±0.1℃，石英包裹体气相成份由气相色谱仪测定，液相组分利用离子色谱仪测定。

3.1 流体包裹体特征(表 1)

可可塔勒层状硫化物矿体石英中流体包裹体大小 5～10 μm,气液比 10%～20%。

特木尔特铅锌铜矿体中有含石盐子矿物包裹体，有气相包裹体和气液相 CO_2 包裹体,包体长径 3～15 μm，含石盐子晶包体气液比为 5%～15%，CO_2 包体气液比 20%～40%，气相包裹体气液比 80%～100%，

气液相包裹体气液比 15%。

萨热阔布金矿有多种包裹体：液相、气液相和含 CO_2 多相包裹体。包裹体长径 3～20 μm，气液比 5%～30%。

3.2　体成矿的物理化学条件

(1) 流体形成温度:矿带成矿主阶段流体均一温度从铁矿→铜、铅锌矿→金矿温度降低，反映海相火山喷流沉积成矿从早到晚温度降低，从海相火山喷流沉积成矿到深循环热液成矿温度降低。在一个矿区内，如在铁木尔特铅锌矿，从火山喷流沉积形成的块状矿到深循环热液形成的浸染状矿，成矿温度降低。

表 1　石英流体包裹体特征、均一温度、盐度表

成矿亚带	矿区名称	样品号	包裹体特征				t_h / ^{0}C	w(NaCl$_{eq}$) /%	ρ/(g/cm^3)	p/(10^{5}Pa)
			类型	形态	大小√m	气液比				
克郎火山盆地	萨热阔布金矿	SK4-2	L	椭圆形	3～8	5	157～166			
			L	椭圆形	6～12	10	243～253			
			V-L	负晶形	6～12	30	278～302	15.9～16.2	0.89	1500
		SK4-4	L	椭圆形	3～6	5	245～260			
			V-L	椭圆形、负晶形	10～20	15	278～291	14.4～15.2	0.88	1400
			V-L	负晶形	6～8	30	341～362			
		DZK25-4	L	椭圆形、负晶形	5～12	10	245～265	16.5～17.4	0.96	1600
			L	椭圆形	4～18	5	158～165			
		SR275-4	C	椭圆形	3～8	15	233～278	12.6～11.20	0.82	1600
			V-L	负晶形	5～8	20	305～310			
山盆地	铁木尔特铅锌矿	ZK119-4	V-L	椭圆形、负晶形	5～15	15	256～278			
			C	负晶形	6～14	40	298～312	7.4～9.2	0.8	1500
		TM39-8	S	负晶形、椭圆形	5～10	5	332～345	40.1～41.0	1.08	300
			V	椭圆形	3～15	80～100	<20			
		TM39-9	S	负晶形	4～12	15	278～285	36.0～37.0	1.08	150
			V	椭圆形	3～15	80～100	<20			
	铜矿	TM273-1	L	负晶形、椭圆形	3～8	5～10	218～245	4.7～5.2	0.87	650
		TM279-2	V-L	椭圆形	4～8	10	258～282	12.4～12.6	0.90	1400
麦兹火山盆地	可可塔勒铅锌矿	HLK-2	V-L	椭圆形	3～10	15	235～245	7.1～8.0	0.88	750
			V-L	负晶形	6～16	20	306～320			
		ZK7-9-3	V-L	负晶形	5～10	15～20	292～309	10.4～10.9	0.82	550
	蒙库铁矿	MK307-4	S	负晶形	4～12	10	252～256	34.64～35.0	>1.1	150
			S	负晶形	4～15	15	345～350	39.75～40.8	1.06	320
			V-L	负晶形	4～12	15	212～219			
		MK307-5	S	负晶形	5～16	15	235～242	33.48	>1.1	150
			S	负晶形	4～8	15	365～378	41.4～3.5	1.06	350

注： L—液体包裹体；V-L—气液包裹体；V—气体包裹体；S—含石盐子矿物包裹体；C—常温下液态 CO_2 三相包裹体。

测试单位：中科院地质研究所谢奕汉，1998.4。

(2) 成矿流体的压力条件:成矿压力明显分为两组，一组为海底火山喷流成矿热液，成矿压力较低，(650～150)×10^5 Pa；另一组为产于火山通道附近、或是在构造裂隙中，代表深循环流体，压力高，(2000～750)×10^5 Pa。铁木尔特铅锌矿有上述两种产状矿体，因此成矿流体的压力也有两组。对一个矿床来说，早期阶段海底火山喷流沉积，流体压力低，晚期阶段深循环流体成矿压力高。矿带从早到晚，从铁矿、铅锌矿到金矿压力增高，反映成矿构造条件决定了流体压力变化。

(3) 流体的密度变化:海底火山喷流沉积成矿密度大于 1 g/cm^3，如蒙库铁矿、铁木尔特铜铅锌矿、阿巴宫铁矿。循环流体成矿密度小于 1 g/cm^3， 如铁木尔特 119 线脉状矿体、萨热阔布金矿。

(4) 流体盐度的演化:流体盐度从早到晚由高到低演化。早期阶段含子矿物包体盐度 w(NaCl$_{eq}$)为 33%～45%，晚期阶段因与海水混合，盐度降低 w(NaCl$_{eq}$)为 5%～15%。

3.3 流体的气液成份特征

蒙库铁矿阳离子以 Na^+为主，Na^+-Ca^{2+}型，阴离子中 Cl^-占优势，流体中 Na^+、Cl^-占主体，反映成矿流体属火山喷流型。

可可塔勒铅锌矿流体阳离子以 Ca^{2+}、Na^+为主，反映成矿流体富 Ca^{2+}、Na^+、SO_4^{2-}、Cl^-、F^-。浸染状矿体阳离子 Ca^{2+}、Na^+、K^+，阴离子以 SO_4^{2-}、Cl^-、F^-为主，反映有部分岩浆热液混合。方铅矿石英脉中，阳离子主要为 Na^+、Ca^+，阴离子 Cl^-，同时阳离子 K^+、阴离子 F^-等增加，反映后期叠加加强。

铁木尔特铅锌铜矿流体 Na^+、Ca^{2+}、SO_4^{2-}、Cl^-，反映火山热液喷流特点。

萨热阔布金矿床：流体阳离子 Na^+-Ca^{2+}，少数 Na^+-K^+型，阴离子 Cl^-为主，SO_4^{2-}和 F^-相近，反映金矿流体中离子种类多，这与金矿矿石和脉石矿物特征相符，反映成矿流体海水热液和与火山岩关系密切的火山、热液循环叠加，具多期多源的特点。本区成矿流体总体为富硫环境，但铁矿、金矿相对较贫，铜铅锌矿相对较富。

4 成矿作用初探

（1）铅锌铜矿成矿作用：矿床矿石矿物为：黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、脉石矿物石英、方解石、白云母、斜长石、透辉石、透闪石、绿帘石、阳起石、石榴石，流体相中富 Ca^{2+}、Na^+、Cl^-、SO_4^{2-}及气体 CO_2、H_2O，为富 S 体系，成矿金属主要以硫氢氧络合物形成迁移。

（2）金矿成矿作用：矿石矿物为自然金、金银矿；硫化物为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、毒砂等。脉石矿物以石英为主，并有绢云母、绿泥石、黑云母、石榴石、阳起石。包裹体的液相阳离子为 Na^+，Ca^{2+}，阴离子为 Cl^-、SO_4^{2-}。金矿体的围岩是黑云母石英片岩、碳酸盐及晶屑凝灰岩。

金在火山热水沉积作用过程预富集，在挤压作用后短暂张裂阶段，含金热液充填在阿巴宫次级断裂中成矿。走滑断裂产生的减压环境，有利于深部流体往上迁移，并导致液相沸腾，硫化物和金沉淀，释放 H^+被酸性熔岩、凝灰岩和钙质砂岩吸收，有利于矿质沉淀持续进行。

5 结论

（1）本带铁、铜、铅锌、金矿成矿与流体关系密切，流体起着传输能量和矿质的作用，同时流体成分、性质和产状也是由地质构造作用和成矿作用所决定。

（2）矿带中成矿流体从早到晚，从火山喷流沉积到晚期的断裂控矿深循环热液，成矿温度降低、盐度降低、压力升高。在同一个矿区也有相似变化规律。

（3）火山喷流沉积流体具有高温度、高盐度、低成矿压力的特点，断裂控制的深循环热液具有温度、盐度较低，成矿压力高的特点。

（4）铁矿床和金矿床流体为富 Cl^-体系，铅锌铜矿床为富硫体系。流体中阳离子成份与流体循环作用及火山岩有关。蒙库铁矿和金矿床富 Na^+，而铜铅锌矿 Na^+与 Ca^{2+}接近。

（5）火山喷发间歇期，喷出的流体在火山沉积洼地形成层状、似层状矿体，深循环热液在断裂带形成脉状、薄层状矿体。流体源自海水和部分火山热液，经过循环使矿质活化集中，在有利部位富集成矿。

参 考 文 献

丁汝福, 赵伦山, 王京彬, 等. 1999. 新疆可可塔勒金与多金属矿床成矿演化[J]. 地质论评, 45(增刊): 1132～1138.

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[M]. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 香港: 香港文化教育出版社.

王京彬, 秦克章, 吴志亮, 等. 1998. 阿尔泰山南缘火山喷流沉积型铅锌矿床. 北京: 地质出版社.

张进红, 王京彬, 丁汝福. 1999. 新疆可可塔勒铅锌矿床海相火山岩碱交代作用研究[J]. 地质与勘探, 3(5): 4～8.

张进红, 王京彬, 丁汝福. 1999. 阿尔泰麦兹地区海相火山岩及其与成矿的关系[J]. 地质论评, 45(增刊): 1116～11213.

Wang J B, Zhang J H, Ding R F, et al. 2000. Tectono-metallogenic system in the Altay orogenic belt, China. Acta Geologica Sinica, 74(3): 485～491.