

阿尔泰多金属成矿带矿床地质特征 及其成矿历史演化

王少怀^{1,2}

(1. 中国地质科学院 矿产资源研究所, 北京 100037; 2. 中国冶金地质勘查工程总局 第二地质勘查院, 福建 莆田 351111)

摘要: 阿尔泰多金属成矿带是世界上著名的铜-金-多金属成矿带, 该带向东延伸至中国新疆北部阿尔泰地区, 金、铜、多金属矿分布广泛。铜、多金属矿床产出受矿源层约束, 海底火山喷流-沉积是最基本的成矿作用; 金矿主要为火山热液型和与韧性剪切带有关的金矿类型。文章从矿床地质特征着手, 分析它们的控矿条件和成矿历史的演化, 探讨了金属矿床成因问题。

关键词: 阿尔泰; 金-铜-多金属成矿带; 矿床地质特征; 成矿历史的演化

中图分类号: P613; P618.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2006)02-0080-07

0 引言

阿尔泰多金属成矿带主体位于哈萨克斯坦, 向东延伸至中国新疆北部阿尔泰地区, 绵延 1 900 km, 分布着 1 200 多个矿床, 是世界上著名的铜-金多金属成矿带。北疆阿尔泰多金属成矿带主要位于海西期陆缘扩张带, 铜-多金属成矿带位于阿尔泰褶皱与准噶尔褶皱系接合部的深大断裂等构造边缘活动带, 由于构造、岩浆活动强烈而有利于成矿。而阿尔泰金矿带金矿分布广泛, 主要类型有火山热液型和与韧性剪切带有关的金矿床。

1 区域地质背景

阿尔泰多金属成矿带位于西伯利亚板块和哈萨克斯坦-准噶尔板块的结合部位, 在泥盆纪—早石炭世, 准噶尔洋向北俯冲, 致使西伯利亚大陆南缘演变为活动大陆边缘, 形成沟(乌伦古海沟)-弧(喀拉通克岛弧)-盆(克兰弧后盆地)体系(图 1)。

在断裂构造的时空分布与演化上, 阿尔泰乌伦古、额尔齐斯南缘、哈巴河、玛因鄂博、红山嘴、萨尔布拉克、玛尔卡库里等主要断裂以自 NE 向 SW 依

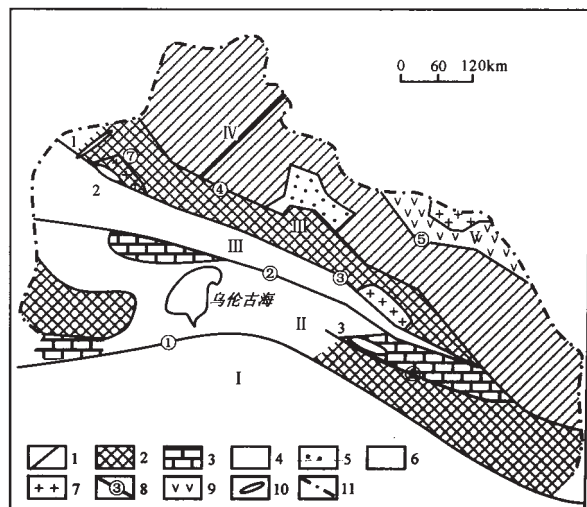


图 1 阿尔泰多金属成矿带地质示意图(据文献[8]修改)

Fig.1 Geological sketch of Altay Polymetal metallogenic belt

断裂: ①乌伦古 ②额尔齐斯南缘 ③哈巴河 ④玛因鄂博

⑤红山嘴 ⑥萨尔布拉克 ⑦玛尔卡库里

地质构造环境: I. 乌伦古海沟 II. 喀拉通克岛弧 III. 克兰弧后盆地

IV. 可可托海陆缘深成岩浆岩带 V. 诺尔特板内陷陷盆地

矿区: 1. 阔尔真阔腊 2. 黑山头 3. 乔夏哈拉

次展布的大型叠瓦式剪切-推覆的形式, 在富蕴一带构成剪切-推覆构造复合中心。

区域地层与火山岩特征见表 1。

本区岩浆活动强烈, 岩浆岩分布广泛。岩浆岩类

收稿日期: 2006-02-17; 改回日期: 2006-04-12

基金项目: 中国地质调查局矿产勘查项目(编号: 1212010534106)资助。

作者简介: 王少怀(1965-), 男, 福建仙游人, 教授级高级工程师, 博士研究生, 主要从事矿床学研究及矿产地质普查与勘探工作。

表 1 区域地层及火山岩特征

Table 1 Regional stratigraphic column and characteristics of volcanic rocks

界	系	统	地 层	岩 性
新生界	E- Q			河流相, 河湖相碎屑岩
中生界	T- K			K ₁ : 泥岩与砂岩互层; J ₃ : 杂色碎屑岩; J ₁₋₂ : 湖沼相含煤碎屑岩; T ₂ : 湖沼相沉积; T ₁ : 河湖相碎屑岩
上古生界	二叠系	上统	乌尔禾群	泥岩、粉砂岩、砂岩夹煤层及菱铁矿
		下统	喀拉托洛盖组	中酸性火山岩为主
			喀尔交组	陆相中基性火山岩为主
		上统	孔雀屏组	陆相杂色砂岩、细砂岩、粉砂岩互层
		中统	六棵树组	浅海相杂色碎屑岩
			石钱滩组	浅海相碎屑岩夹灰岩
			弧形梁组	陆相碎屑岩夹煤线
	石炭系	下统	巴塔玛依组	陆相中- 基性熔岩、火山碎屑岩夹碎屑岩
			南明水组	浅海相火山碎屑岩、碎屑岩夹中基性熔岩或岩屑页岩
			黑山头组	下部为浅海相碎屑岩, 上部为中基性- 中酸性火山岩或火山碎屑岩
			和布克组	砂质灰岩、钙质砂岩
	泥盆系	上统	哈希翁组	浅海- 海陆交互相火山碎屑岩、碎屑岩夹中基性火山岩
		中统	蕴都喀拉组	杂色火山碎屑岩夹灰岩
			北塔山组	灰绿色中性火山岩、凝灰砾岩、凝灰砂岩
		下统	康布铁堡组	火山碎屑岩、钙质砂岩、灰岩
			阿苏山组	火山碎屑岩、中酸性火山岩夹灰岩
下古生界	志留系	上统	红柳沟组	浅海相碎屑岩建造
	奥陶系		索尔巴斯陶群	变质碎屑岩- 火山岩建造

型齐全, 以广泛的中酸性与超基性、基性岩浆侵入活动为特征。分布于额尔齐斯断裂以南、阿尔曼泰春—扎河坝断裂以北、二台断裂以西的阿尔曼泰花岗岩多呈岩株或小岩基产出, 与围岩呈侵入关系。其化学成分单一, 早期表现为 I 型花岗岩特点, 晚期为 A 型花岗岩, 从早到晚其化学成分中 SiO₂ 逐渐增加, 变化范围为 52.26%~77.02%; 碱质增加, TiO₂, FeO+Fe₂O₃, MgO 和 CaO 质量分数降低, 总体上由中性→酸性→碱性演化。

阿尔泰金矿带包括喀拉通克岛弧和克兰弧后盆地, 喀拉通克岛弧的火山- 侵入活动形成了安山岩、流纹岩和花岗岩, 并伴随强烈的流体- 成矿作用, 萨吾尔山地区的火山热液金矿床(如阔尔真阔腊, 黑山头) 位于早石炭世钙碱性火山岩中; 在晚石炭世—早二叠世, 喀拉通克岛弧与西伯利亚板块碰撞造山, 亦有强烈的流体作用和成矿作用, 与韧性剪切带有关的金矿床位于其中。

阿尔泰的铜镍(铂族元素) 硫化物矿床成矿系列形成于海西期, 是世界上形成于显生宙的少数几个铜镍硫化物矿床成矿系列之一。阿尔泰金矿带海西期岩浆活动频繁, 发育各种类型火山岩和侵入岩, 如

在萨吾尔山发育有中基性火山岩, 在哈巴河地区发育有哈巴河岩体、多拉纳萨依岩体等。岩浆活动主要为火山喷发, 伴有岩浆侵入, 与此同时形成火山机构, 控制火山热液矿床的形成; 花岗岩体侵入于韧性剪切带旁侧, 使韧性剪切构造复杂化, 形成较开阔的导矿和容矿构造, 使金矿化集中分布于岩体附近的韧性剪切带中。晚期的小岩体或岩脉发育, 与金矿化关系密切, 局部发生矿化蚀变。

2 矿床地质特征

2.1 乔夏哈拉金铜铁矿床地质特征

乔夏哈拉金铜铁矿区处于阿尔泰褶皱与准噶尔褶皱系的缝合带北侧。地层以泥盆系、石炭系为主, 次为第三系和第四系^[4]。中泥盆统北塔山组: 分布于矿区中部, 呈 NWW- SEE 向展布, 是 Fe- Cu- Au- 多金属的容矿层, 出露宽 1~1.5 km, 按岩性组合分为 4 个岩性段。火山岩空间上呈 NW- SE 条带状展布。北塔山组火山岩可分为两个火山旋回: 第一旋回为第一、二、三岩性段的组合; 第二旋回即第四岩性段。火

山活动过程为火山角砾(隐爆-喷发相)→安山玄武岩(喷溢相)→沉凝灰岩(喷发-沉积相)→火山角砾岩(隐爆-喷发相)→安山玄武岩(喷溢相)。

矿区断裂发育,以NW向和NNW向两组较为发育。NW向断裂与额尔齐斯断裂走向一致,规模较大,并起着控矿作用;NNW向断裂规模较小,多为平移断裂。

矿区既有单独的磁铁矿体,也有含金铜的磁铁矿体,还有单独的金铜矿体。矿区共有十几个矿体,呈NW-SE向展布,形成长约5 km,宽约100~200 m的矿带。有工业意义的金铜铁矿体有7个。矿区属于局部重力高与负磁场旁侧的正磁异常带之叠合区,反映了深大断裂旁侧的火山沉积环境。矿床及矿化体表现为强磁、低阻、中极化、中密度的地球物理特征。

工业矿体均产于北塔山组第三岩性段中,呈多层产出,其围岩为夕卡岩、凝灰岩、凝灰砂岩、钙质砂岩和结晶灰岩(或大理岩),以及闪长玢岩。

磁铁矿矿体的产状与岩层一致,层位稳定,具明显的层理和纹理。磁铁矿体受后期热液的叠加改造十分明显,最明显的标志是矿体及其围岩受强烈的绿帘石化、碳酸盐化、硅化、绢云母化和绿泥石化。特别是在铁矿附近出现闪长岩类时,蚀变尤为强烈,往往形成绿帘石夕卡岩型铁铜矿体。磁铁矿中的金铜含量差别很大,它们与蚀变的强度十分密切,当铁矿体及其围岩蚀变强烈时,金铜矿化也较好。由此可见,金铜的矿化与铁矿体与后期热液的叠加改造密切相关。

由于叠加改造程度不同,导致不同地段和不同铁矿体金铜矿化的差别,含金铜较高的可形成独立的工业金铜矿体。有时绿帘石夕卡岩也可以在离磁铁矿体较远的地方形成独立的夕卡岩铜金矿体。

矿床类型为层控-夕卡岩型金铜铁矿矿床。

2.2 吉木乃县黑山头金铜矿

黑山头金矿区位于西准噶尔褶皱带,喀拉通克岛弧西段的乌伦古断裂北侧,地质构造复杂多变。矿区地层为中泥盆统蕴都喀拉组、上泥盆统哈希翁组、下石炭统黑山头组、下二叠统喀拉托洛盖组、喀尔交组。其中黑山头组中的碳质页岩为金矿的矿源层^[15,16]。

矿区构造以顺层断裂为主,断裂呈压性-压剪性,走向为NEE, NE, NWW, EW向,断裂具有多期活动特征。断裂以萨吾尔弧型断裂为主体,以布尔克斯岱金矿“入”字型断裂为格架。

矿区岩浆岩十分发育,除沿断裂广泛发育的海

西中晚期各种中基性-酸性岩脉外,尚在断裂交汇部位有较为密集的小岩株群。

金矿床产于黑山头组上部的陆源细碎屑岩中,岩石中富含碳质和泥质,由于碳泥质对亲硫元素及其化合物有较强的吸附作用,从而使含碳泥质岩石成为金矿的矿源层。

区内广泛发育有As, Ba, Sb, Hg等低温元素的大范围异常。地表体系金的丰度值较高:泥质砂岩为 9.8×10^{-9} , 钙质砂岩为 320×10^{-9} , 含泥质砂岩为 12.5×10^{-9} , 其富集系数分别为2.45, 80, 3.10; 花岗闪长岩体中金的丰度值也较高, 细粒部分为 15×10^{-9} , 中粗粒部分为 9.6×10^{-9} ; 在石英斑岩、花岗斑岩脉的接触带部位形成弱的金异常, 峰值多在 $15 \times 10^{-9} \sim 25 \times 10^{-9}$ 之间。

与异常有关的NW向含矿构造蚀变带最大宽度可达60余m, 矿化蚀变带沿走向和倾向延伸100~350 m。已知构造破碎带在碳酸盐化岩石和含钙质沉积岩中金矿化明显。围岩蚀变主要为褐铁矿化和碳酸盐化, 局部有绿泥石化。主要矿体可分为两类:

①金铜矿体: 产于花岗闪长岩岩体内的密集裂隙中, 裂隙中可见到孔雀石和铜蓝, 矿体宽1 m, 铜品位1%~1.5%, 金品位 $2 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-6}$ 。

②金矿体: 产于(钾长)花岗斑岩外接触带、岩石裂隙或构造破碎带中, 矿化与断裂和节理等关系密切。矿化蚀变为碳酸盐化和褐铁矿化。矿化强度与岩石中裂隙密度相关, 金品位为 1×10^{-6} 左右。

矿床兼具斑岩型和热液蚀变岩型矿床的特点。

2.3 可可塔勒大型铅锌矿床

可可塔勒铅锌矿床位于喀拉通克岛弧中、东段。早中泥盆世, 阿尔泰山南缘为走滑型陆缘扩张构造带。是在加里东期褶皱基底之上形成的火山-构造盆地, 盆地基底具有明显的块断结构, 它控制了盆地的古构造、火山沉积相区和矿化分区。其北侧为克兰弧后盆地, 南部是乌伦古海沟。可可塔勒铅锌矿带内已发现可可塔勒特大型铅锌矿床和铁木尔特中型铅锌铜矿床等矿床(点)^[10]。

可可塔勒铅锌矿床的探明储量(300万t)已达特大型规模, 远景规模可达超大型。矿体最大延长1700 m以上, 延深>900 m。矿床围岩为夹有薄层火山岩的粉砂岩、泥灰岩、凝灰岩和碳酸盐岩。厚180~350 m的含矿沉积岩层稳定地分布于上、下火山岩层之间。矿体下盘和矿层中存在喷流热水沉积岩。矿化具有明显的垂直和水平分带。矿体呈似层状、透镜状、分支复合脉状, 与地层整合产出; 少量网脉状、脉

状矿体穿切围岩。矿石矿物以黄铁矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿为主, 次为毒砂、黄铜矿、硫铁矿、白铁矿等, 具有 As- Sb- Ag- Ba- Hg- Mn- Mo 元素组合。沉积成矿温度为 120~200℃, 热液蚀变温度为 240~570℃。

成矿物质来源: 硫主要来自细菌还原海水硫酸盐, 少量来自岩浆源; 硅源自酸性火山- 次火山岩; 碳为生物成因; 金属 (Pb- Zn) 来自火山堆积和基底岩石; 流体源于衍生的海水和岩浆水; 溶液为强还原富有机质和气相成分的中等盐度热卤水。

可可塔勒铅锌矿床属于火山热液型 (Sedex 型) 金矿床。

2.4 萨吾尔山阔尔真阔腊金矿区

萨吾尔山阔尔真阔腊金矿床位于准噶尔盆地西北缘喀拉通克岛弧外侧的克兰弧后盆地, 形成于萨吾尔山晚古生代岛弧扩张构造环境。容矿岩石为中泥盆统萨吾尔山组的岛弧型富钠质安山岩。阔尔真阔腊金矿床受隐爆角砾岩筒控制。矿体走向以 NWW 向为主, 具有分支复合、膨胀收缩和追踪张裂特征, 一般倾向 SW, 倾角 50°~80°; 延长几十至几百米, 延深 150~300 m, 宽 1~20 m。自北向南可划分为 6 个矿化带。该矿床现已具有大中型金矿床的规模^[11]。

矿床的蚀变分带为硫酸盐带、硫化物带和碳酸盐带。硫酸盐带中主要有黄钾铁矾、明矾石、蛋白石、石英、隐晶质二氧化硅、萤石、石膏、褐铁矿、赤铁矿、埃洛石等; 硫化物带中有黄铜矿、黄铁矿、磁黄铁矿、方解石、石英、蒙脱石、伊利石、水钠云母等。碳酸盐带中的矿物有碳酸盐、绢云母、石英、绿泥石、绿帘石、阳起石、黄铁矿、纤闪石等。

矿床属于海西期硫酸盐型浅成低温热液金矿床。

2.5 扎河坝—温多尔喀腊铜矿带

矿带位于乌伦古海沟, 北距额尔齐斯南缘断裂约 60 km, 在泥盆纪—早石炭世, 准噶尔洋向北俯冲 (乌伦古海沟), 使其演变为活动大陆边缘。

矿区地层为下泥盆系统康布铁堡组 (位于矿区南部)、中统蕴都喀拉组、下石炭统巴塔玛依组、二叠系、第三系和第四系。

矿带中褶皱、断裂发育, 总体走向为 NW 向。断裂以 NW 向规模最大, 沿断裂带岩石破碎, 蚀变、片理化、硅化均较强烈。

带内出露较多侵入岩, 主要有碱性花岗岩、钾质花岗岩、超基性岩、石英闪长岩、辉绿玢岩、(辉石) 玄武安山玢岩、花岗岩等, 它们多呈带状分布, 受岛弧演化晚期扩张环境的断裂系统控制^[14, 16]。

矿带内有铜矿点多处。据 1:20 万化探测量显示, 扎河坝—温多尔喀腊一带 Cu 异常几乎覆盖了整个地区。异常呈 NW 分布, 长约 36 km, 宽约 8 km, 面积约 300 km²。异常有多个浓集中心, 最大值为 156.3×10⁻⁶。范围广, 强度大, 浓集中心及分带明显, 元素组分复杂。反映区内铜成矿作用明显。根据矿化情况由东往西可细分为 3 带。东带长 1 250 m, 宽 250 m, 中带长 6 200 m, 宽 600 m, 西带长 3 200 m, 宽 800 m, 3 个带平行分布, 间距 700~800 m。矿化带产于康布铁堡组第二、第三亚组的中基性玢岩、凝灰岩中, 硅化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化等蚀变普遍。

各矿体 (化) 中的铜矿物以辉铜矿、斑铜矿为主, 部分矿化体 (点) 中有方铅矿伴生。

从浅表资料看, 矿床成因应为热液交代型。

2.6 萨热阔布金矿

萨热阔布金矿位于阿尔泰山南缘的泥盆系拉张火山断陷带中, 喀拉通克岛弧西段北侧, 成矿带分布于哈巴河断裂南侧^[5]。

金矿体产于下泥盆统康布铁堡组上亚组第二岩性段内, 康布铁堡上亚组为一套酸性火山岩、火山碎屑岩和碳酸盐, 与下亚组为断层接触,

金矿的控矿构造为布尔根大断裂。该断裂属压剪性断层, 位于矿区的南侧, 是康布铁堡组与蕴都喀拉组、北塔山组的分界线。容矿断裂呈右行雁行排列, 与控矿断裂带的交角为 3°~45°; 形成于控矿断裂剪切变形期, 张性碎裂现象普遍, 大多位于康布铁堡组内, 一般长几十米至千余米。

金矿化与铁木尔特 (小红山) 富碱质流纹斑岩有密切的空间关系, 该岩体中心部位为钾钠质, 斑晶为钠长石和石英, 向西至金矿化层之下斑晶全部变为钾长石, 钾长石表面可见大量的气液包裹体, 因此该岩体边部的富钾应与岩浆热液蚀变有关。目前在克兰和麦兹盆地所发现的金矿体和重要金异常都围绕康布铁堡组上亚组的厚层钾质含晶屑流纹岩和钾质晶屑凝灰岩层分布, 这种空间关系暗示金的成矿与岩浆热液有成因联系, 并产于压剪性构造环境中。

地表矿化赋存在变钙质粉砂岩和千枚岩中, 主要为硅化、夕卡岩化 (透闪石- 阳起石- 红柱石- 黑云母- 石榴石组合)、绿泥石化。

金矿体共有 5 条。矿体呈透镜状或脉状, 沿走向有分支复合现象, 矿体走向 NW- SE, 倾向 45°~55°; 倾角 65°~80°。

矿石矿物为黄铁矿、毒砂、黄铜矿、闪锌矿、方铅

矿;脉石矿物为石英、长石及石榴石、碳酸盐、绿泥石及粘土矿物。矿石中的金以自然金为主,少量银金矿。

萨热阔布金矿为火山沉积改造型。矿床形成经历了两个成矿阶段:早期断陷火山-沉积盆地阶段,形成火山-热水沉积预富集层(有的可富集达到贫矿层)和 VHMS 型铅锌多金属矿化;金的最终成矿与造山运动后拉伸构造环境中挤压剪切作用有关,矿体就位于断裂由压性向张性转换的部位。

3 控矿条件与成矿规律

3.1 控矿条件

3.1.1 含矿建造的控矿作用

地层及建造对阿尔泰成矿带金、铜多金属矿的控制作用明显,直接控制金、铜多金属矿床的产出和分布。主要的含矿建造有:①中泥盆统北塔山组,为海相火山岩、碎屑岩夹碳酸盐岩建造,是乔夏哈拉地区铁、金、铜多金属的容矿层;②下泥盆统康布铁堡组为酸性火山岩、火山碎屑岩和碳酸盐岩,上亚组第二岩性段控制萨热阔布海底火山沉积改造型金铜矿;③下泥盆统康布铁堡组下亚组为变细碧角斑岩-碎屑岩建造,厚 3 000 m,控制了可可塔勒矿带中的铅锌(多金属)矿床(点)的分布;而蕴都喀拉组为火山碎屑岩、正常碎屑岩夹灰岩,是扎河坝—温多尔喀腊铜矿带主要的含矿建造;④下石炭统黑山头组为浅海-滨海相陆源碎屑沉积建造,该组地层中的含碳质页岩为黑山头金矿金的矿源层;⑤各时代发育的碳酸盐岩建造为夕卡岩型和岩浆期后热液充填型矿化的主要容矿岩石。

3.1.2 岩浆活动的控矿作用

从目前资料分析,海西期岩浆侵入活动在成因上与铜金矿产关系密切。海西早期侵入岩由石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和钾长花岗岩组成,属同熔型钙碱性富碱质高钾型岩浆岩,形成岩浆期后热液充填型及其复合型铜金多金属矿化(扎河坝、萨热阔布)。海西中、晚期侵入岩主要属 A 型钙碱性系列钠型二长花岗岩系列,包括石英闪长岩、花岗闪长岩、二长花岗岩和钾长花岗岩,主要形成夕卡岩型铜矿和岩浆期后热液充填型金铜矿化(黑山头)。

火山沉积盆地是阿尔泰多金属成矿带的一级控矿构造。这些火山沉积盆地表现为一系列线型紧闭褶皱,走向 300°~330°,并以倒转为其特征。倒转翼和转折端往往矿化富。可可塔勒矿区即位于麦兹倒

转向斜的倒转翼及近转折端,正常翼的矿石则较贫。结合本区实际,有两类火山构造对形成工业矿床特别有利。第一类是酸性成分的多期巨大(约 20~50 km²)火山构造,这类构造常常位于隆起的基底下陷构造中。环形影象清晰,预示深部有较大的隐伏岩浆源,以提供足够的热源和物质来源。早期垂直构造应力起主要作用,酸性火山岩常形成面积有限的穹隆状多期构造(火山锥);晚期则是水平应力起主要作用,随着堵塞火山通道的次火山岩体的形成,原始喷发的火山锥发生变形崩塌,形成范围较大的破火山口。破火山口洼地中形成较大矿体(一层或多层),如可可塔勒大平台形成了 3~4 层矿体。第二类是存在许多局部火山构造的、规模不大的面状酸性火山岩发育区。局部火山构造赋存于较小的局部洼地中。矿体分布于不同剖面的不同层位上,规模最大的矿体通常位于岩层的边界上,两层矿化间有较大的火山沉积岩间隔。最大矿床往往与第一类火山构造有关^[1,3]。

3.1.3 构造活动与成矿

在早古生代洋盆关闭或其残余海盆基础上,晚古生代再次发生扩张,形成有限洋盆及金、铜多金属矿产。成矿特征与早古生代成矿阶段基本相同,但多期性及旋回性更为明显。此阶段是洋盆最后封闭阶段,其成矿作用的强度大大超过前者,出现了不少大型-超大型矿床,是北疆乃至新疆最重要的成矿期。泥盆纪初期的扩张环境(大陆边缘裂谷)形成了与细碧角斑岩有关的黄铁矿型铜-锌、铅-锌多金属矿及铁矿(可可塔勒矿带中的铅锌、多金属矿床和矿点的分布),并可能形成大型-超大型矿床。地壳进一步扩张,有的出现了有限洋盆而形成了与蛇绿岩套有关的铬、金矿(另文阐述)。泥盆纪末新疆北部洋盆已基本关闭。石炭纪残留海盆为碰撞造山期后的发展阶段,具有强烈的岩浆活动,不少大中型矿床甚至超大型矿床形成于此时期,如与早石炭世陆相火山活动有关的浅成-低温热液型金矿(黑山头),与海相火山沉积型有关的铜锌矿(阿舍勒)、铁铜矿、铁锰矿、热液型铜矿、多金属矿等。而早二叠世,基本固结的新陆壳又一次扩张,是陆内裂谷的发展期,形成了与热底辟侵位的镁铁-超镁铁岩有关的大-中型岩浆铜、镍矿床(喀拉通克),与造山期后偏碱性花岗岩、碱性岩有关的金、锡、钨、稀有金属、稀土元素矿床和浅成-低温热液型铜(银)矿等^[2,6]。

3.2 成矿历史的演化

3.2.1 成矿时间上的演化

阿尔泰多金属成矿带经历了加里东、海西等期

构造运动,以海西期活动最强,也是该区最重要的金铜(多金属)成矿时期。在成矿时间上,特别是海西中-晚期为主要成矿期,这些矿床具有明显的多期(次)脉动性,表现出延续时间较长的成矿作用特点。

3.2.2 金、铜多金属矿床的空间分布

在成矿空间分布与演化上,各矿床均与晚古生代双峰式火山岩组合和基性-超基性杂岩侵入活动密切相关,或直接产于地层内,或在其周围一定范围内;而且多分布在东部富蕴周围,构成新疆北部铜、镍、金、铅锌、稀有、非金属矿床富集中心,表现出阿尔泰独特的成矿作用空间分布与演化。此外,阿尔泰成矿作用具有总体自 NE 向 SW 逐渐变新的趋势,加里东晚期(至海西早期)铍、白云母及铁钨铝矿化作用主要表现在北部某些地带(可可托海);海西期,特别是海西期中-晚期成矿作用明显集中在南部。在矿化类型上,海西早期主要为铜、铅、锌,海西中期为稀有、金、铜多金属,海西晚期为铜镍(喀拉通克)。

4 矿床定位与机制

4.1 陆缘扩张带对铜多金属矿的控制

本区金、铜多金属矿床均产于阿尔泰地区手风琴式开合构造演化体系中各期拉张的陆缘裂谷带火山岩中。主成矿阶段(即块状硫化物矿石形成时)具中高温火山热液的成矿特征,成矿物质具多来源,矿源层是其重要矿质来源之一,海底火山喷流-沉积是最基本的成矿作用。①铜(金)块状硫化物矿床主产于阿尔泰陆缘裂谷带扩张中心(靠近洋壳)附近,容矿岩石为中-下泥盆统中基性富钾的亚碱性火山岩;②铜(锌)块状硫化物矿床主要产于陆缘裂谷带北侧距扩张中心有一定距离的过渡壳火山盆地中,容矿岩石为下-中泥盆统中偏基性富钠火山岩;③铅锌块状硫化物矿床主要产于陆缘裂谷带北侧靠近西伯利亚板块的火山构造盆地中,距裂谷带扩张中心相对更远一些,此类盆地多具较厚的古老陆壳基底,容矿岩石为下泥盆统富钾钠、酸性为主的火山岩(后期已变质)^[5,10]。

形成陆缘扩张带海相火山岩系中沉积岩容矿的大型金、铜多金属矿床,必须同时具备固结陆壳基底、盆边深断裂、分异良好的链式火山岩浆活动、有利的岩相古地理(火山机构与沉积洼地)、充分的热水淋滤作用、特定的沉积建造组合、热水沉积岩和成矿后适宜的保存条件等因素。这些各具功能的控矿

地质因素在时空上的有机配合是形成大型矿床的关键^[5,10]。

4.2 火山机构对火山热液金矿床的控制

火山热液金矿床受火山机构控制。产于火山机构断裂系中的金矿体中石英的⁴⁰Ar/³⁹Ar同位素定年研究表明,成矿(332±0.02)~(336±0.50) Ma,与安山岩成岩((343±2)~347 Ma)几乎同时发生,而成矿稍晚,矿体的矿石矿物及其流体包裹体的稳定同位素研究表明,成矿流体主要来自地幔,矿床为火山热液金矿床。金矿体的分布具有向上发散变小、向下收敛变大、垂向延深大于水平延长的规律^[11]。

成矿带内火山机构环状、放射状断裂系发育,与区域性近 EW 向断裂叠加后使其构造复杂化,该断裂系是本区重要的导矿和容矿构造,成矿流体沿断裂系上升并在有利的构造部位富集成矿体。因此,矿体在平面上呈不同程度的弧形弯曲(阔尔真阔腊金矿床总体上呈明显的弧型),在剖面上矿体呈漏斗状产出,垂向延深大于水平延长。在火山机构中,通常环状、放射状断裂中的矿化多呈向下膨大的特点,本区金矿产在破火山口中,层凝灰岩的出现说明破火山口发育基本完全,但矿区内层凝灰岩已被剥蚀,仅有局部地段出现,表明该破火山口已经受到一定程度的剥蚀,但深度不大,矿体垂向延伸仍应大于水平延长^[2,5,10]。

4.3 强应变构造带对金矿的控制

以韧性剪切和塑性变形为特征的深层次断裂构造带具有如下特征:①均为狭长的强烈挤压片理化构造带,宽 1~5 km,长 70 km 以上,走向 NWW,向 N 陡倾;②构造带内岩石均已强烈劈理化或片理化,并可见糜棱岩,表明构造带具有塑性变形和韧性剪切性质;③各构造带内岩脉均很发育,除成群出现的石英脉,还见有辉绿玢岩、玄武玢岩、闪长玢岩及石英钠长斑岩等,这些岩脉走向多与片理一致,且常见片理化现象和与金矿化密切伴生^[13]。

5 结论

碰撞造山事件与成矿作用具有强烈的对应耦合关系,即每次碰撞造山事件都伴随有相应的成矿作用,而且成矿规模与碰撞的强度呈正相关,强碰撞引发的成矿作用则强,碰撞弱则成矿规模则弱。碰撞造山带的壳幔物质相互作用与成矿作用的强度也呈正相关,特别是多期次碰撞造山带均发生过强烈的壳

幔物质相互作用,孕育着丰富的矿产资源^[17]。

(1)俯冲-碰撞过程使壳幔物质相互作用加剧,成矿物质大量活化和成矿,成矿作用通常从碰撞造山期(晚古生代早期)延续(集中)到碰撞后拉张期(晚古生代中、晚期)。在坳拉槽、地堑、裂谷、断块背景中,火山机构发育,并具有双峰式火山岩组合,则是主要成矿期。

(2)铜多金属矿带控矿因素复杂:各时代发育的碳酸盐岩建造,为夕卡岩型和岩浆-热液充填型矿化的主要容矿岩石。而构造、岩浆活动强烈部位有利于成矿。

(3)岩浆活动主要为火山喷发,伴有岩浆侵入,多富碱质。与此同时形成火山机构,控制火山热液矿床的形成;而矿床多受火山岩筒控制,与放射状断裂交汇地段则是形成富矿的有利部位。

(4)强应变构造带是深部热液的上升通道,并创造了构造带内岩石变质和金迁移再富集的良好物理化学条件,N-NW向断裂与强应变构造带的交汇部位控制金矿床的产出部位,而金矿体则受强应变构造带的次级断裂及裂隙控制。

致谢: 本文撰写过程中得到邱小平研究员的热情指导和帮助,赖新荣对图件进行了清绘,在此谨致谢忱。

参考文献:

- [1] 李红阳,杨竹森,罗泰义,等.阿尔泰大型-超大型矿床富集区地壳演化[J].地球学报,1999,20(4):409-417.
- [2] 沈远超,申萍,曾庆栋,等.阿尔泰山矿带主要金矿类型成矿规

律及成矿预测[J].地质与勘探,2004,40(5):1-4.

- [3] 王登红,陈毓川,徐志刚,等.新疆北部 Cu-Ni-(PGE)硫化物矿床成矿系列探讨[J].矿床地质,2000,19(2):147-155.
- [4] 李泰德.新疆富蕴县乔夏哈拉金铜铁矿地质特征及成因分析[J].地质与勘探,2002,38(1):18-21.
- [5] 丁汝福,王京彬,马忠美,等.新疆萨热阔布火山喷流沉积改造型金矿地球化学特征[J].地质与勘探,2001,37(3):11-15.
- [6] 陈哲夫.新疆开合构造与成矿特征的有关问题[J].地质通报,2004,23(3):214-221.
- [7] 廖后林,戴塔根,刘悟辉,等.阿尔泰山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.
- [8] 陈华勇,陈衍景,刘玉琳,等.新疆额尔齐斯金矿带的成矿作用及其与中亚型造山作用的关系[J].中国科学(D辑),2000,30(增刊):38-44.
- [9] 马忠美,仇银江,郭旭吉,等.萨热阔布-铁木尔特矿区金铅锌成矿系列[J].地质与勘探,2001,37(4):23-26.
- [10] 秦克章,王京彬,张进,等.阿尔泰山南缘可可塔勒式大型铅锌矿床的成矿条件分析[J].有色金属矿产与勘查,1998,7(2):65-74.
- [11] 尹意求,陈大经,唐红松,等.新疆萨吾尔山阔尔真阔腊金矿区的深部找铜研究[J].桂林工学院学报,2001,21(2):93-98.
- [12] 黄树峰,陈玉水,林美龙,等.闽中地区次火山-热液金(银)矿床成矿系列及资源潜力[J].中国地质,2005,31(1):115-121.
- [13] 高怀忠,张旺生,孙华山,等.板块碰撞产物—强应变构造带对东准噶尔金矿的控制[J].地质与勘探,2000,36(3):15-18.
- [14] 中国冶金地质勘查工程总局第二地质勘查院.新疆富蕴县扎河坝、温多尔喀腊一带铜矿普查[R].莆田:中国冶金地质勘查工程总局第二地质勘查院,2004.
- [15] 新疆有色 706 队.新疆吉木乃县黑山头地区金矿普查[R].阿勒泰:新疆有色 706 队,2004.
- [16] 中国冶金地质勘查工程总局第二地质勘查院.新疆北准噶尔吉木乃—扎河坝一带铜金矿调查评价[R].莆田:中国冶金地质勘查工程总局第二地质勘查院,2004.
- [17] 邱小平.碰撞造山带与成矿区划[J].地质通报 2002,21(10):675-681.

MINERALIZATION EVOLUSION AND GEOLOGICAL FEATUERS OF ALTAY COPPER- GOLD POLYMETALLIC ORE BELT

WANG Shao-huai^{1,2}

(1. Institute of Mineral Resources, CAGS, Beijing 100037, China;

2. No. 2 Geological and Exploration Institute of CEEB, Putian 351111, China)

Abstract: Cu-Au polymetallic ore belt in Altay area, in the northern Xinjiang of China is famous in the world. Cu-Au polymetallic ore deposits are widely spreaded. Cu-Au polymetallic ore deposits are controlled by source bed. SEDEX is a basic mineralizing process. The main gold ore deposit types are volcanic hydrothermal ore deposit and ductile shear-zone deposit. The paper analyzes the control factors and the evolution from the deposit features, then discuss their genesis.

Key Words: Altay; Cu-Au polymetallic ore belt; deposit feature; metallogenic evolution