

138-148

新疆阿尔泰原生金矿基本特征及  
区域成矿模式

p618.510.5

芮行健 朱韶华 刘抗娟

(中国地质科学院南京地质矿产研究所)



本文提出了额尔齐斯构造岩浆成矿域的新认识,进而划分成5个构造岩浆成矿带,总结了5种主要金矿类型。在对多拉纳萨依等9个典型矿床(点)作了较为详细的研究后,提出了阿尔泰金矿的多期次、多来源和多成因的区域成矿模式,并以示意图表达。

关键词 金矿 区域成矿模式 新疆阿尔泰地区

新疆阿尔泰地区自古以来砂金开采极盛,但在原生金矿方面始终未能突破。1987年,我们与新疆地质矿产局第四地质大队联合攻关,率先找到了多拉纳萨依金矿床。尔后,又相继找到赛都、阿克希克、阿克提什坎等一批金矿床和矿点,并在金矿基础地质理论研究和黄金开发等方面获得了突破性的重大进展。

## 1 大地构造环境及成矿带

阿尔泰地区经历了晋宁和加里东期后,由于准噶尔-北天山洋壳板块向西伯利亚大陆板块的俯冲,在华力西期形成了统一的沟弧盆体系,称之为“额尔齐斯构造岩浆成矿域”<sup>①</sup>〔1-3〕,在此基础上分为五个构造岩浆成矿带(图1),即由洋壳至陆壳依次为:

**乌伦古河海沟及外弧铬、钼、铜、金成矿带(I)** 位于洋壳的边缘,岛弧与洋壳的接合部。地理位置大体分布在纳尔曼得,扎河坝到和布克一带。已发现的矿产有:产于纯橄榄岩和蛇纹石化纯橄榄岩中的豆荚状铬铁矿(扎河坝和洪古勒楞);产于中基性火山岩中的铜矿(索尔库都克);产于超基性岩和混杂岩破碎带中的蚀变岩型金矿(扎河坝西、臭水泉)。

**喀拉通克岛弧铜、镍、金成矿带(II)** 主要为大洋岛弧区。大体分布于布尔根河、喀拉通克、萨吾尔山北坡及科克森一带。本带已发现的矿床和矿点较多,如产于爆破角砾岩和斑岩中的铜-金矿(老山口、布尔克斯岱),基性杂岩体中的喀拉通克铜镍矿、层状火山岩中的乔夏哈拉含铜磁铁矿,花岗岩中的塔斯特新金矿等。

**克兰弧后盆地铅-锌、铜、铁、金成矿带(III)** 位于岛弧与大陆之间。分布于哈巴河、冲乎

注:1. 本文为“七五”国家重点科技攻关“75-56”项目I<sub>3</sub>课题基金资助。

2. 参加本课题矿床研究的还有顾巧根、周维康、董永观、欧沛宁和肖惠良等。

① 芮行健等,新疆阿尔泰原生金矿地、物、化综合研究和找矿靶区优选(国家三〇五项目二级课题科研报告),1990,本文1991年5月收到,1992年3月改回,李国容编辑。

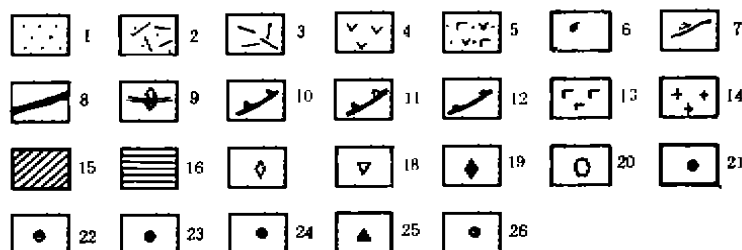
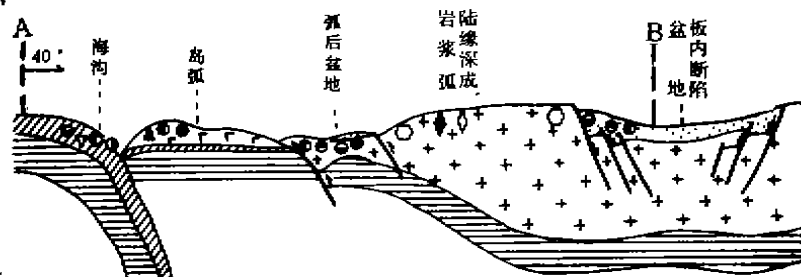
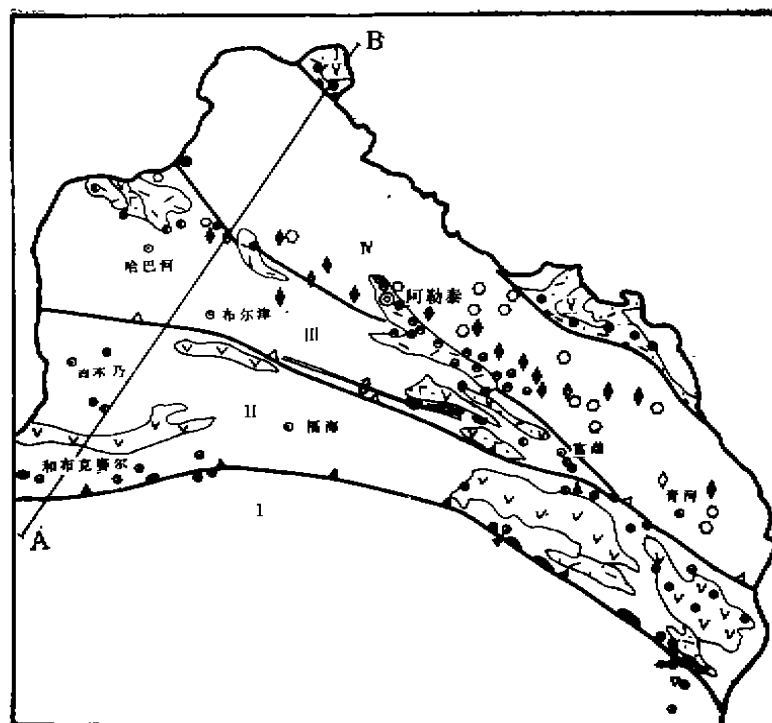


图 1 额尔齐斯构造岩浆成矿域分带示意图

Fig. 1 Sketch map of Ereqisi tectonic-magmatic ore-forming region

1—沉积盆地; 2—火山碎屑岩; 3—酸性火山岩; 4—中性火山岩; 5—中基性火山岩; 6—蛇绿杂岩及超基性岩; 7—冲断层; 8—大断裂带; 9—扩张中心; 10—海沟和俯冲方向; 11—岛弧区与弧后区分界线; 12—板内断陷盆地边界; 13—岛弧区; 14—大陆地壳; 15—大洋地壳; 16—地幔; 17—滑石矿; 18—蛇纹石矿; 19—白云母矿; 20—稀有金属矿; 21—金矿; 22—铅-锌-银矿; 23—铜矿; 24—铁矿; 25—铜-镍矿; 26—铬-镍-钴矿

1—Sedimentary basin area; 2—pyroclastic rock; 3—acid volcanic rock; 4—intermediate volcanic rock; 5—intermediate-basic volcanic rock; 6—ophiolitic suite and ultrabasic rock; 7—thrust; 8—fault; 9—spreading centre; 10—trench and direction of subduction; 11—boundary between island arc and arc-back area; 12—boundary of continental block basin; 13—arc; 14—continental crust; 15—oceanic crust; 16—mantle; 17—talc deposit; 18—chrysotile deposit; 19—mica deposit; 20—ore deposit of rare element; 21—gold deposit; 22—lead-zinc-silver deposit; 23—copper deposit; 24—iron deposit; 25—copper-nickel deposit; 26—chromium-nickel-cobalt deposit

尔、克兰到阿克希克一带。矿产有产于火山岩中的铜-锌矿(阿舍勒)、含铜磁铁矿(阿巴宫)、火山浊流沉积中的铅-锌矿(铁木尔特、阿巴宫)及金矿(萨尔布拉克),中浅成脉岩、浅成-超浅成岩中的破碎带蚀变岩型金矿(多拉纳萨依、赛都等)。

**可可托海陆缘深成岩浆弧稀有、白云母、宝石、钨-锡成矿带(IV)** 位于陆壳的边缘部位。分布于青河、可可托海到齐林姆塔尔一带。矿产以产于伟晶岩中的稀有金属(Be, Li, Nb, Ta, Rb, Cs, Zr, Hf)、白云母、宝石为特征。据近年来1:20万水系沉积物化探研究成果,钨-锡也有明显的找矿前景。

**诺尔特板内火山断陷盆地铅-锌、金、锑、钨-锡成矿带(V)** 它是西伯利亚陆壳板块内部的火山断陷盆地。在阿尔泰山主要展布在诺尔特及奎屯峰两处。矿产有产于火山岩中的层控铅-锌矿、浅成低温溶滤型金-银矿等,据化探工作,锡、钨、锑、铋也有找矿前景。

## 2 金矿床基本特征

### 2.1 金矿分类

我们以金矿床产出的地质、构造环境、围岩条件为主要要素,以矿体产状、矿物共生组合、围岩蚀变及地球化学特征为次要依据,并与国内外典型金矿成矿模式相对比<sup>[4]</sup>,将区内金矿划分为五大类:

I. 产于前寒武纪变质岩系中的金矿,如科克库斯、阿祖拜等。

II. 产于古生代浊积岩或碳质细碎屑岩中的金矿,如萨尔布拉克。

III. 产于火山岩系中的金矿,如阿舍勒、乔夏哈拉、马热勒铁、阿克希克、阿克提什坎、托格尔托别等。

IV. 产于中浅成脉岩、浅成-超浅成岩中的金矿,如多拉纳萨依、布托别山、赛都等。

V. 产于深成岩浆岩中的金矿,如扎河坝西、臭水泉、喀拉通克、阿克塔斯、塔斯特等。

### 2.2 各类金矿床的主要地质特征

**产于前寒武纪变质岩系中的金矿** 分布于西伯利亚板块边缘的前寒武纪变质岩中,附近常有加里东期花岗岩体出露,另有区域构造破碎带通过,部分为混合岩化磁铁矿石岩。直接容矿围岩为石英脉、硅化带或硅质岩。矿体呈脉状、透镜状、细脉状、或似层状。主要蚀变有硅化、绢英岩化、黄铁矿化等。矿石金品位一般0.5—4.5g/t,个别达10g/t以上。地化标志为金-银-砷-钨-铋-铜。

**产于古生代浊积岩或碳质细碎屑岩中的金矿** 该类金矿床多产于大陆隆起边缘、弧后盆地、深海槽或各类水盆地中,赋矿围岩主要为遭受绿片岩相级变质作用的硬砂岩、板岩、页岩、砂页岩、富碳质页岩、局部有大理岩化灰岩、凝灰岩及火山熔岩夹层。金矿化多沿断裂带、沉积岩层理面、不整合面、韧性剪切带分布。矿体呈脉状、网脉状及透镜状。当此类金矿化在浊积岩剖面的泥灰岩、富碳质页岩和碳酸盐岩层内,矿体往往呈板状或不规则状。围岩蚀变分带依次为:金矿体→硅化带→绢云母化带→黄铁矿和毒砂富集带→未蚀变围岩。侵入岩与矿化关系不明显,一般在矿区附近侵入岩不发育。地化标志以砷-金富集为特征,其它有硅、铁、硫、钼和银等。萨尔布拉克金矿为此类典型矿床,多拉纳萨依金矿早阶段的成矿作用也与之十分相似。

**产于火山岩中的金矿** 构造背景为海沟、岛弧、弧后盆地及板内火山断陷盆地等。赋矿围岩主要为中基性(镁铁质)和中酸性(长英质)的火山熔岩及其凝灰岩,时代主要为晚奥陶世、志

留纪和早中石炭世,局部地区为早二叠世。金矿化多沿层间蚀变带及断裂带分布。金的矿化形式有三种:1.多金属硫化物矿床(如别子型、黑矿型、白银厂型和锡铁山型)中的伴生金矿,如阿舍勒块状硫化物铜-锌矿床中的伴生金矿,铁木尔特层状铅-锌矿床中的伴生金矿等;2.以金为主的交代或细脉浸染状层控矿床,如阿克提什坎金矿和托格尔托别金矿等;3.脉状矿床,以石英脉为主,如阿舍勒及其外围的含金银的重晶石脉,阿克塔斯的含金方解石脉等。

以铁镁质火山岩为容矿围岩者,围岩蚀变有青盘岩化、绿泥石化、硅化和黄铁矿化等。地球化学以铜-金富集为特征;以长英质火山岩为容矿围岩者,围岩蚀变为硅化、绢云母化、冰长石化、毒砂化、黄铁绢英岩化等,地球化学以金-砷-锑-铅-钨为特征。

**产于中浅成脉岩、浅成—超浅成岩中的金矿** 构造背景为陆缘岩浆弧、岛弧及弧后盆地等。赋矿围岩主要为各种脉岩——闪长岩脉、斜长花岗岩脉、花岗岩脉、各种斑岩及爆破角砾岩等,即介于深成岩浆岩和喷出岩之间的过渡性岩石。成矿时代主要为晚古生代。金矿化多沿岩脉边缘或内部构造破碎带分布,在脉体尖灭的构造延长线上仍有金矿化。地球化学特征是脉岩金矿以金-钨富集为特征,砷、锑、铅、锌、铈亦有表现,汞的含量较低;斑岩金矿以金-铜为特征。

**产于深成岩浆岩中的金矿** 构造背景为陆缘深成岩浆弧、岛弧、弧后盆地及板内断陷盆地。赋矿围岩为深成岩浆岩,大体可分为超基性-基性岩(镁铁质-超镁铁质)和酸性岩(硅铝质)二类。金矿化在镁铁质围岩中产出形态:一为基性杂岩体块状硫化物铜-镍矿床中的伴生金矿;一为超基性杂岩体破碎带蚀变岩中的金矿床(可与云南墨江式金矿对比)。产于花岗岩中的金矿有三种产状:即花岗岩体内外接触带蚀变岩(包括夕卡岩)中的细脉浸染状金矿化;花岗岩体内构造破碎带蚀变岩中的金矿化(可与焦家式金矿相对比);赋存于花岗岩中的含金石英脉。镁铁质岩浆岩中的金矿化与深源岩浆活动有关,硅铝质岩浆岩中的金矿化与地壳的变质、混合岩化、花岗岩化及重熔岩浆活动有关,不同亚类矿床的地球化学特征也有差异。

## 2.3 矿石学特征

**矿物组合** 本区各类金矿床的矿物组分见表1。由表1可知,金矿床的金属矿物以黄铁矿为主,部分矿区出现较多的毒砂(萨尔布拉克和阿克提什坎等),某些矿床有较多的磁铁矿(阿克希克、塔斯特等),次要及少量金属矿物有铜、铅、锌硫化物和磁黄铁矿等,少数矿床尚有银、锑、铈和钨的矿物(多性纳萨依、阿克提什坎和托格尔托别等)。非金属矿物主要为石英、长石、绢云母、绿泥石和碳酸盐等。

根据各矿床的主要矿石矿物共生情况,可分如下组合:即黄铁矿-自然金-铋金矿-白钨矿、毒砂-黄铁矿-磁黄铁矿-自然金,黄铁矿-方铅矿-自然金-黄铜矿-闪锌矿,磁铁矿-黄铜矿-自然金,磁黄铁矿-镍黄铁矿-黄铜矿-自然金,黄铁矿-菱铁矿-自然金等。上述组合基本上代表了本区不同类型金矿床的典型矿物组合,可反映一定的成因信息。如黄铁矿-自然金-铋金矿-白钨矿组合是多拉纳萨依金矿床的典型组合,它以黄铁矿和铋化物为特征,与远东地区的某些产于火山岩系中的浅成热液金矿床可以对比。再如磁黄铁矿-镍黄铁矿-黄铜矿-自然金组合是喀拉通克铜-镍伴生金矿床的典型矿物组合,它以铜和镍的硫化物为特色,提供了岩浆热液成因的信息。

**矿石结构构造** 本区各类金矿床的原生矿石构造类型主要有浸染状构造、细脉-网脉穿插构造、角砾状构造、条带状构造及块状构造等,氧化矿石多具蜂窝状、碎裂状和土状构造;矿石结构类型主要有自形一半自形晶粒状结构、他形晶粒状结构、孔隙充填筛孔状结构、交代结构,内部环带结构等。氧化带的自然金常具海绵状及胶状结构。

**矿化阶段** 各类金矿床的成矿作用均具多期多阶段的特点,一般可分4—6个矿化阶段。如多

表 1 各类金矿床矿物组分一览表  
Table 1 Mineralogical composition of ores in the gold deposits

矿床类型	金矿物种类	金 成 色	金 属 矿 物	非 金 属 矿 物	矿床(点)实例
产于前寒武纪变质岩中的金矿	自然金		黄铜矿、褐铁矿、辰砂	绢云母绿泥石、石英	科克库斯、克秀布拉克
产于浊积岩中的金矿	自然金 银金矿	956—985 765	毒砂、黄铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、菱铁矿、黑钨矿、褐铁矿	石英、长石、绢云母、白云母、绿泥石	萨尔布拉克
产于火山岩中的金矿	中基性火山岩中 自然金、 含银自然金、银金矿	>910 883—957	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁铁矿、磁黄铁矿、黝铜矿、辉铜矿、斑铜矿、毒砂、白铁矿、孔雀石、铜蓝、褐铁矿	石榴石、透辉石、重晶石、绢云母、石英、绿泥石、绿帘石、阳起石、方解石、天青石、刚玉、黄钾铁矾	阿克希克、马热勒铁、乔夏哈拉、阿舍勒
	中酸性火山岩中 自然金	—900	毒砂、黄铁矿、磁黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、辉钼矿、辉铋矿、辉铁铋矿、辉铜矿、磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿	石英、冰长石、黄钾铁矾、高岭石、蒙脱石、伊利石、绢云母、天青石、重晶石、电气石、碳酸盐矿物	阿克提什坎、托格罗托别、阿拉塔斯
产于中浅成、浅成、超浅成脉岩中的金矿	自然金、 碲金矿、 铋叶碲金矿、 碲铅铜金矿、 针碲金银矿	834—930	黄铁矿、辉钼矿、磁黄铁矿、黄铜矿、碲铅矿、辉铋矿、辉碲铋矿、碲铋矿、白钨矿、铜蓝、褐铁矿、软锰矿	石英、绢云母、钠长石、石膏、蒙脱石、绿泥石、电气石、石榴石、透辉石、硅灰石、碳酸盐、白云母、黑云母	多拉纳萨依、赛都、布尔克斯岱、喀坦哈木尔
产于深成岩浆岩中的金矿	基性岩类 自然金 银金矿	919—939	黄铜矿、磁黄铁矿、镍黄铁矿、黄铁矿、紫硫镍矿、砷铂矿、碲铋矿、锑铁矿、自然银、碲铋银矿	石英、蛇纹石、绿帘石、绿泥石、白云母	喀拉通克、扎河坝、
	酸性岩类 自然金 含银自然金	842—923	黄铁矿、磁铁矿、磁黄铁矿、黄铜矿、磁铁矿、斑铜矿、孔雀石、铜蓝、褐铁矿	石英、绢云母、钠长石、绿泥石、绿帘石、方解石、黝帘石	塔斯特、阿克塔斯、阿克纳瓦

拉纳萨依金矿热液成矿期由早至晚分为钠长石-白云母-绢云母、石英-黄铁矿、金-硫化物-碲化物和石英碳酸盐等矿化阶段。而且在热液期之前有一个区域变质期，尔后有氧化次生富集期。萨尔布拉克金矿可分为石英-黄铁矿，钠长石-含铁白云母-黄铁矿-毒砂，金属硫化物，石英-钠长石脉，方解石和表生氧化等 6 个阶段。

#### 2.4 成矿物理化学条件特征

**成矿流体化学成分** 区内 8 个金矿区的 54 件石英包裹体成分分析表明：成矿溶液液相成分中的阳离子以  $\text{Ca}^{2+}$  为主，多数矿区  $\text{Na}^+ > \text{K}^+$ ，多拉纳萨依、阿克提什坎和塔斯特金矿的  $\text{K}^+ > \text{Na}^+$ ，后者与大量的钾化（表现为绢云母、冰长石和钾长石化）有关，它与国内某些著名金矿，如三山岛、焦家及小秦岭的包裹体成分有相似性<sup>[5]</sup>。成矿溶液液相成分中的阴离子以  $\text{HCO}_3^-$  和  $\text{SO}_4^{2-}$  为主，

表 2 成矿物理-化学条件一览表  
Table 2 Physico-chemical conditions of ore-formation

矿区名称	矿化阶段	成矿温度 (°C)	成矿压力 MPa	盐 度 $w_{NaCl}/10^{-2}$	密 度 g/cm <sup>3</sup>	矿化度 MR	还原 参数 R	$lgf_{O_2}$	$lgf_{S_2}$	PH	Eh V
多拉纳萨依	主矿化阶段	300—160	21.00—64.00	4.48—10.31	0.782—0.911	36.23— 310.70	3.55— 7.79	-42.78	-8.7	6.67	-0.78
萨尔布拉克	主矿化阶段	285—280	19.60—20.35	6.29—6.43	0.822—0.828	22.62	1.71	-40.79	-11.5	6.83	-0.81
阿克提什坎	主矿化阶段	270—195	26.22	8.27—9.86	0.726—0.899	254.83	17.02	-48.79	-11.5	6.63	-0.73
塔 斯 特	碱 交 代	380—340									
	金-磁铁矿	340—295						-26.50	-6.5		
	金-硫化物	295—265	17.23	5.00—18.00	0.796—1.150	18.32	1.62	-38.17	-15.5	6.65	-0.80
阿克塔斯	石英-硫化物	295—280	24.70—25.58	4.94	0.807	48.52	5.17	-47.29	-9.0	6.37	-0.60
马热勒铁	早 期	270—265	7.34—12.19	9.73—10.49	0.875	12.40	4.22	-42.04		6.54	
	中 期	280—200		6.72—10.49	0.834—0.941	37.20	3.70	-45.90	-13.3	6.52	-0.70
	晚 期	200—190		8.67—12.99	0.936—0.979	52.40	1.20	-47.21		7.06	-0.68
阿克希克	早期硅化	325—218	60.50	6.90—10.49	0.770—0.925	72.58	1.31	-37.40		6.54	-0.74
	石英-磁铁矿	250—200	70.30	6.72—12.99	0.87—0.970	104.67	1.61	-39.40	-12.5	6.69	-0.70
	石英-黄铁矿	217—160	68.10	3.37—10.49	0.89—0.990	60.54	1.61	-47.50	-15.0	6.53	-0.71
扎河坝西	石英-硫化物	270—215	30.90—57.80	5.55—8.67	0.903—0.952	92.44	2.05	-44.17	-12.5	7.21	-0.75

注: 矿化度为平均值。

占总量的90%以上, 且  $HCO_3^- > SO_4^{2-}$ 。多拉纳萨依金矿和阿克希克金矿  $F^- > Cl^-$ , 其它矿区  $Cl^- > F^-$ 。成矿流体气相成分中以强还原性气体CO为主, 特别是阿克提什坎金矿的CO含量甚至大于水蒸气, 而CH<sub>4</sub>很少。但是, 萨尔布拉克和阿克希克金矿以CO<sub>2</sub>为主。

**成矿的物理化学条件** 由表2可知, 本区各类金矿床的成矿温度区间为380—160℃, 一般由早到晚呈现下降趋势, 其中早期碱交代阶段为350—250℃, 早中期氧化物阶段为310—200℃, 中晚期金-硫化物(碲化物)阶段为250—175℃, 晚期碳酸盐阶段为200—160℃。

成矿流体的压力普遍偏低, 若按目前流行的压力-静岩推测法(2.5km/100MPa)推测成矿深度, 大致在0.18—1.78km的范围内, 属较典型的浅成矿床。

成矿流体总盐度(表2)  $w_{NaCl}/10^{-2}$  在3.37—18.00范围内, 主成矿阶段在5—10之间, 属低盐度成矿溶液。

成矿溶液的密度在0.726—1.150g/cm<sup>3</sup>的范围内, 平均约0.887g/cm<sup>3</sup>。

成矿流体的矿化度特大, 变化于12.34—324.51范围内。

成矿流体的还原参数在0.12—17.02范围内, 各矿区的平均还原参数均大于1, 表明其成矿时处于还原环境。

成矿流体氧逸度( $lgf_{O_2}$ )变化幅度较大, 总体属低氧化还原环境。

成矿流体硫逸度( $lgf_{S_2}$ )在-6.5—-15.5范围内, 属于强还原环境。

成矿流体的pH值表明成矿物质处于中性到弱碱性溶液中, 同时也表明成矿过程中成矿环境相对比较稳定。

成矿流体的Eh值反映矿化属于一种较强的还原环境。

## 2.5 成矿物质来源

**金源** 根据对本区不同矿区的研究,表明金矿中的金主要来源于围岩。如诺尔特地区(表3)各地层中金含量上限高于地壳克拉克值虽然不多,但其变异系数很大,尤其是含有较多火山岩的红山嘴组下亚组和中亚组,金的离散程度高,表明进行了比较充分的分异、活化、迁移和富集,即使“本底”较低,也可以提供金源。再如多拉纳萨依金矿田中的地层含金量均低于地壳克拉克值,似乎地层不能提供金源,但这些地层中呈星散状分布的同生变质生成的黄铁矿含金量一般在0.5—6.0g/t,比国内外一些著名金矿(美国科特斯-卡林、加拿大新斯科舍、中国浙江八宝山等)围岩中的黄铁矿含金量大多得多,那些矿区以此判断围岩提供了金源,无疑,多拉纳萨依地区地层中的黄铁矿应是金源的主要提供者之一。<sup>[6]</sup>

表 3 诺尔特地区地层中金的背景值 ( $\times 10^{-9}$ )

Table 3 Gold element contents ( $\times 10^{-9}$ ) of strata in Nuerte area

地 层 层 位	红山嘴组 上亚组 $C_1A^a$	红山嘴组 中亚组 $C_1A^b$	红山嘴组 下亚组 $C_1A^c$	忙代恰组 第四亚组 $D_3m^d$	忙代恰组 第三亚组 $D_3m^e$	忙代恰组 第二亚组 $D_3m^f$	忙代恰组 第一亚组 $D_3m^g$
样 品 数	22	175	280	2	25	18	30
参加背景计算样品数	16	62	130	—	23	14	27
背 景 下 限	1.83	1.00	3.13	0.45	1.07	1.07	2.33
背 景 上 限	5.44	5.06	6.79	—	4.49	5.15	7.95
变 异 系 数	99.40	315.72	331.15	109.55	112.31	172.92	152.10

**硫源** 硫同位素分析结果表明,阿尔泰金矿床的硫多属混合来源。如多拉纳萨依金矿,其矿体中黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 为 $-7.02\%$ — $-2.46\%$ ,变化范围小,而灰岩中同生变质成因的黄铁矿 $\delta^{34}S$ 为 $-23.74\%$ — $-3.72\%$ ,变化范围大,但均在负值区,反映二者具有依存关系,硫为混合来源。

**成矿流体源** 本区主成矿阶段石英包体的 $\delta^{18}O$ 在 $8.90\%$ — $23.50\%$ ,相应水溶液的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 在 $-7.56\%$ — $+11.33\%$ ,并可分成三种情况: $\delta^{18}O_{H_2O}$ 一是在0附近或主要为负值(扎河坝西,马热勒铁等);再是主要为正值(萨尔布拉克、阿克塔斯等);三是正值和负值均出现,且跳动明显(多拉纳萨依、阿克希克等)。成矿溶液的 $\delta D$ 值为 $-37.0\%$ — $-142.6\%$ 。这些数据反映,本区金矿的成矿流体来源具有多样性,但中晚阶段都以大气降水占优势。如多拉纳萨依金矿床21件样品测定的结果(图2)明显可分四组:第一组位于变质水与天水之间,该矿样品的含金量为0.08—1.28g/t,平均0.68g/t,成矿溶液主要是大气降水和变质水组成的混合水。第二组处于花岗岩初始岩浆水(MCW)范围内,样品的含金量为0.08—5.76g/t,平均1.97g/t,成矿溶液主要为岩浆水;第三组主要位于变质水(MW)范围内,样品含金量为0.5—47.67g/t,平均9.02g/t。该阶段成矿流体水介质应以变质水为主,有少量岩浆水和大气降水的混入。第四组主要位于大气降水的范围内,样品金含量为0.83—57.91g/t,平均17.49g/t,大气降水的轨迹向右下方飘移,其原因可能是本区为一套海相钙质岩系,它们的 $\delta^{18}O$ 均高于同时代的灰岩的 $\delta^{18}O$ 含量(为 $27.55\%$ — $30.52\%$ ,较 $21\%$ — $27\%$ 的正常含量高出 $3\%$ — $7\%$ )。这类岩石遭到大气水溶滤交换时,就使得

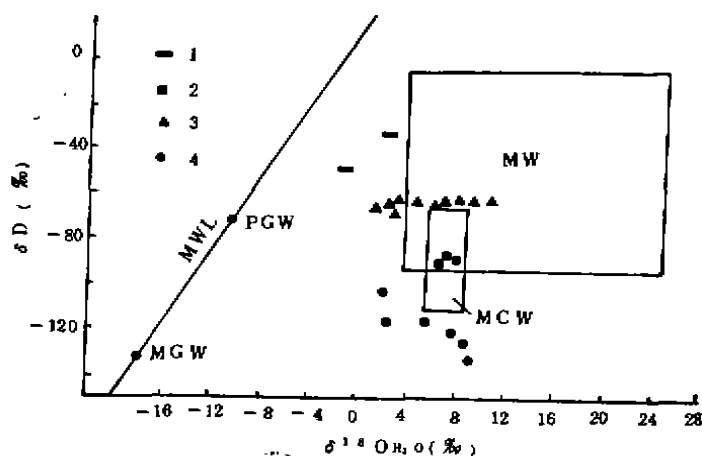


图 2 多拉纳萨依金矿氢氧同位素组成

(据张理刚图)

Fig. 2 Plot of  $\delta D$  vs.  $\delta O^{18}$  values of hydrothermal fluids in Duolanasayi gold deposit

1—第一组; 2—第二组; 3—第三组; 4—第四组; MCW—“MC”型花岗岩初始岩浆水; MW—变质水; MWL—大气降水线 ( $\delta D = 8\delta^{18}O + 10$ ); MGW—中生代局部大气降水; PGW—现代局部大气降水

1—1st group; 2—2nd group; 3—3rd group; 4—4th group; MCW—primitive magma water of MC-type granites; MW—metamorphic water; MWL—meteoric water line; MGW—Mesozoic local meteoric water; PGW—contemporary local meteoric water

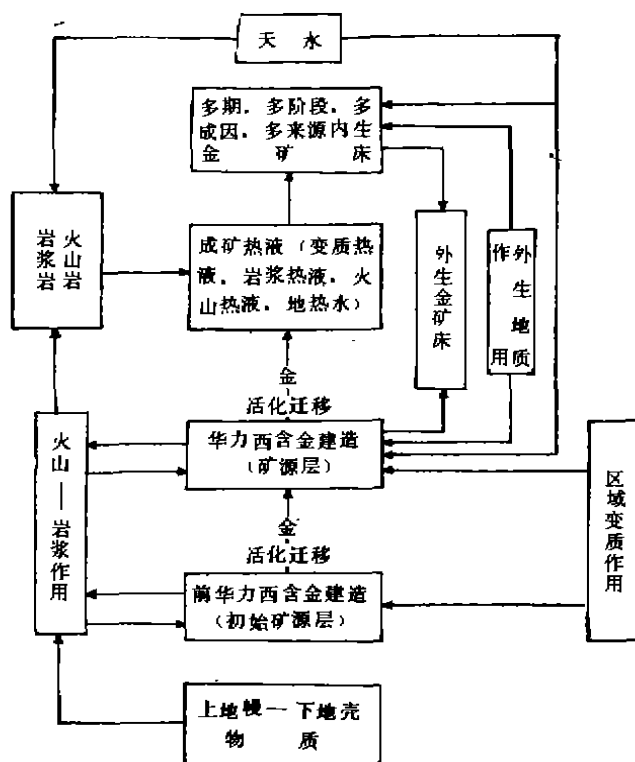


图 3 阿尔泰金矿床成矿过程示意图

Fig. 3 Metallogenic process of gold deposits in Altay



大气水和岩石中的 $\delta^{18}\text{O}$ 平衡交换, 交换得越彻底, 大气降水中的 $\delta^{18}\text{O}$ 就越益增加,  $\delta\text{D}$ 的损失就越大, 因而活化、携带成矿元素的数量就越多, 形成金矿石的品位就越增高<sup>[7,8]</sup>。

总之, 阿尔泰原生金矿的成矿作用是多期次多来源的, 金主要来源于围岩, 中晚成矿阶段的热液以大气水为主。

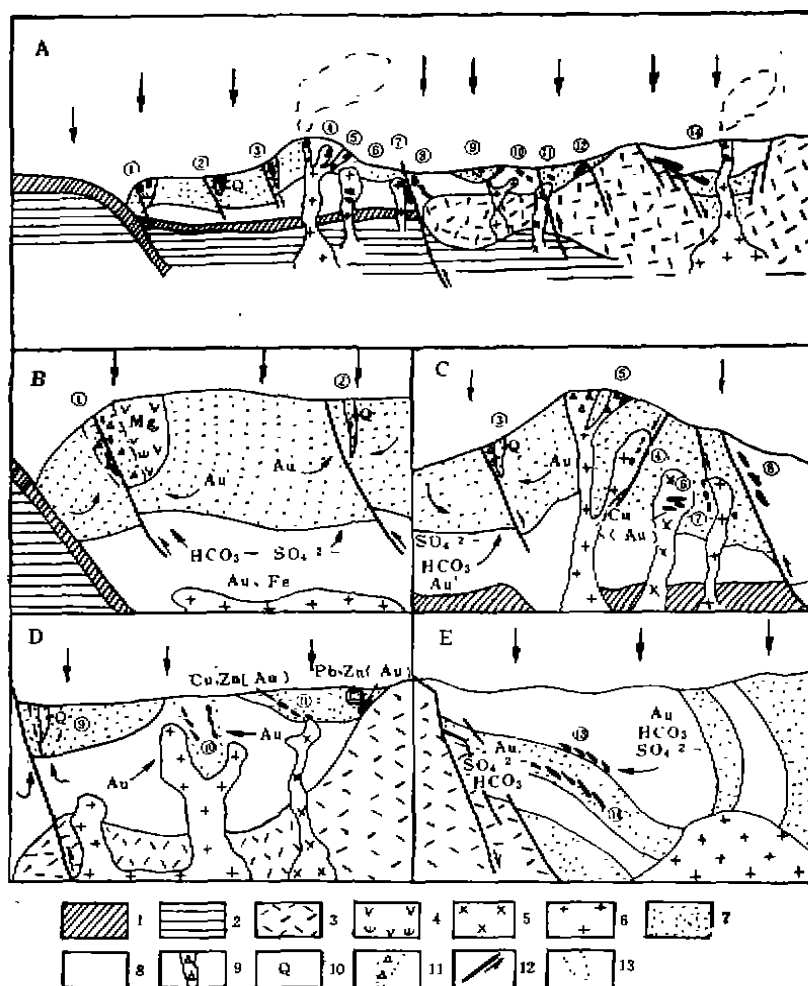


图 4 阿尔泰原生金矿区域成矿模式示意图

(图 B, C, D, E 是图 A 的局部放大)

Fig. 4 Regional ore-forming model of Altay gold deposits

1—大洋地壳; 2—过渡层; 3—稳定大陆地壳; 4—蛇纹石化超基性岩; 5—中—基性侵入岩; 6—酸性侵入岩; 7—火山岩系; 8—沉积岩系; 9—火山通道, 隐爆角砾岩; 10—石英脉; 11—蚀变带、角砾岩化带; 12—断层; 13—向斜  
矿床代号: ①扎河坝西金矿; ②科克别克提金矿(总); ③马热勒铁金矿; ④塔斯特金矿; ⑤布尔克斯苔金矿(点); ⑥喀拉通克伴生金矿; ⑦阿克塔斯金矿; ⑧萨尔布拉克金矿; ⑨阿克希克金矿; ⑩多拉纳萨依金矿; ⑪阿舍勒伴生金矿; ⑫铁米尔特伴生金矿; ⑬—托格尔特别金矿; ⑭阿克提什坎金矿

1—Oceanic crust; 2—transition zone; 3—continental crust; 4—serpentinized ultrabasic rock; 5—intermediate-basaltic intrusive rock; 6—acid intrusive rock; 7—volcanic rock; 8—sedimentary rock; 9—volcanic vent; 10—quartz vein; 11—alteration zone and pipe; 12—fault; 13—syncline

Code name of gold deposit: ①Zhaheba; ②Kekebiket; ③Mareletic; ④Tasita; ⑤Buerkesitai; ⑥Kalatongke; ⑦Aketasi; ⑧Shaerbulake; ⑨Akexike; ⑩Duolanasuyi; ⑪Ashale; ⑫Tiemierte; ⑬Tuogertuobie; ⑭Aketisikan

### 3 区域成矿模式

阿尔泰金矿成矿过程可用流程图(图3)来示意。

阿尔泰地区原生金矿区域成矿模式可用图4表达。

在额尔齐斯构造岩浆成矿域内有利于金矿形成的特定部位, 又有充足的金源供给时就可以形成金矿床。从示意图可以看出, 不同构造部位, 不同的控矿条件, 就可能有不同类型的矿床作有规律的配置。

对华力西期以后的金矿床, 由于它们以次生改造和表生作用形成的矿床为主, 仍然受矿源层或矿体的影响或制约, 因而这一区域成矿模式对其后生及表生金矿床的找矿工作也有某种指导意义。

### 参 考 文 献

- 1 李春昱, 板块构造学说中几个基本问题, 板块构造基本问题, 北京: 地震出版社, 1986, 10—31页。
- 2 米契尔 A H G, 加森 M S, 矿床与全球构造, 北京: 地质出版社, 1986, 109—165页。
- 3 成守德, 新疆古板块构造, 新疆地质, 1986, 4(2): 1—23。
- 4 考克斯, D P, 辛格 D A, 矿床模式, 北京: 地质出版社, 1990, 1—13页。
- 5 陈光远, 邵伟, 孙倍生, 胶东金矿成因矿物学与找矿, 重庆: 重庆出版社, 1989, 102—195页。
- 6 博伊尔, R W, 金的地球化学及金矿床, 北京: 地质出版社, 1978。
- 7 张理刚, 成岩成矿理论与找矿, 北京: 北京工业大学出版社, 1989。
- 8 季克俭, 吴学汉, 张国柄, 热液矿床的矿源、水源和热源及矿床分布规律, 北京: 北京科学技术出版社, 1989, 112—121页。

## THE MAIN CHARACTERISTICS AND REGIONAL METALLOGENIC MODEL OF ALTAY PRIMARY GOLD DEPOSITS IN XINJIANG

Rui Xingjian, Zhu Shaohua and Liu Kangjuan

(Nanjing Institute of Geology and Mineral Resources, CAGS, Nanjing)

### Abstract

The Ertix tectono-magmatic metallogenic domain originated by the subduction of the North Tianshan-Junggar plate toward the Siberian plate in the Altay area, Xinjiang. It is composed of five tectono-magmatic metallogenic belts, i. e. trench, island arc, back-arc basin, continental-margin plutonic-magmatic arc and intraplate volcanic down-faulted basin, distributed from ocean crust to continental crust. Gold deposits occur in the five belts.

On the basis of the geological-tectonic environments, wall rocks, occurrences of ore bodies, mineral assemblages, wall-rock alteration and geochemical characteristics and in comparison with the ore-forming models of typical gold deposits at home

and abroad, the Altay gold deposits are divided into five types: gold deposits in Precambrian metamorphic rocks, gold deposits in Palaeozoic turbidites or carbonaceous fine clastic rocks, gold deposits in volcanic rocks, gold deposits in hypabyssal dike rocks and hypabyssal—near-surface rocks and gold deposits in plutonic magmatic rocks.

These gold deposits were formed by hydrothermal metasomatism and filling, and are products of polyphase-polystage mineralization.

The ore fluids of the majority of gold deposits are characterized by: 1) the dominance of  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  for the liquid phase and the dominance of CO and  $\text{CO}_2$  besides water vapour for the gas phase; 2) salinities of less than 10.0 wt% equivalent NaCl, densities of less than  $1.0\text{g}/\text{cm}^3$ , a total dissolved solids content of 13.7—310.7 and a reduction parameter of 0.12—17.02; 3) temperatures of the main mineralization stage of 160—300°C and ore formation pressures of 7.34—70.30MPa, 4)  $\lg f_{\text{O}_2} = -26.5$  to 48.79 and  $\lg f_{\text{S}_2} = -6.5$ —-15.5, and 5) pH values of 6.37—7.21 and Eh values of -0.60—-0.81(V).

There are many sources of gold, but it chiefly comes from the original source bed in strata, particularly from the breakdown of gold-bearing minerals (such as pyrite) and the activation of gold; the water medium of the ore fluids has many sources, but it is mainly composed of meteoric water in the later stage.

A regional metallogenic model of polyphase, polystage, poly-genetic and poly-source Altay primary gold deposits controlled by the Ertix tectono-magmatic metallogenic domain is put forward in this paper.

**Key words:** gold deposit, regional ore-forming model, Altay

#### 作者简介

芮行健, 生于1932年5月, 籍贯安徽当涂。1956年毕业于北京地质学院地质测量及普查找矿专业, 现任中国地质科学院南京地质矿产研究所研究员。从事矿床地质、岩浆岩等研究。通讯处: 南京中山东路534号南京地质矿产研究所, 邮政编码: 210016。