

新疆康古尔糜棱岩带蚀变岩型金矿床 地质特征及成因

曾章仁 张连昌 韩兆信

(西安地质学院, 西安)

提 要: 康古尔金矿床赋存于晚古生代中—中酸性火山岩系中, 受韧性剪切带控制, 不同于国内外典型火山岩型金矿床, 是一个矿床成因比较独特的金矿床。

关键词: 金矿床 火山岩 糜棱岩带 蚀变岩型 新疆康古尔

康古尔金矿区位于新疆鄯善县境内, 东天山康古尔塔格金成矿带中金矿化比较集中的地段, 近年已发现多处金矿床和矿点(构成金矿田)。该区金矿床赋存于晚古生代中性—中酸性火山岩系中, 受韧性剪切带控制, 其成矿特征比较独特。

1 区域地质背景

康古尔金矿床(田)位于塔里木板块北部古生代岛弧—海沟系, 产于其中阿齐山—雅满苏岛弧带北缘。岛弧—海沟系北以康古尔塔格超壳深断裂为界, 与准噶尔板块相邻。

区域出露地层主要为石炭系下、中统, 在南部岛弧区为中性—中酸性火山岩建造和碳酸盐—陆源碎屑岩建造, 北部海沟区为杂砂岩复理石建造。由于中石炭世末板块俯冲和碰撞作用, 北部地层受到强烈变形, 形成一条宽几公里至20km, 近东西向展布上百公里的秋格明塔什—黄山韧性剪切带和一些近东西向断裂。向南地层变形程度减弱, 形成一些宽缓的褶皱。区内花岗岩分布较广, 可分两期: I期属华力西中期; II期为华力西晚期和印支早期。花岗岩类型以I型为主, S型次之。

区域岩石含金平均值为 0.97×10^{-9} (其中石炭系为 1.3×10^{-9} 、岩浆岩为 0.57×10^{-9}), 低于地壳克拉克值(上陆壳金丰度值 1.8×10^{-9} , S R Taylor, 1985), 构成金的低背景区。石炭系样品金的变化系数大 ($C_v = 3.5859$), 预示着后期地质作用过程中金有明显的活化富集。

2 矿床地质特征

2.1 地层

康古尔金矿区出露地层为下石炭统阿齐山组。该组下部为灰岩、砂岩段, 厚约880m;

上部为火山岩段,主要岩石有安山岩、英安岩、粗安岩、流纹岩、凝灰岩、凝灰质砂岩和生物灰岩,厚约2750m。

该区火山岩属于钙碱性系列,岩石组合为安山岩-英安岩-流纹岩,结合岩石地球化学资料分析,具岛弧环境火山岩特征。依火山岩岩石学特征和产状,可划分出如下岩相:①爆发相,由火山集块岩和角砾岩组成;②喷溢相,由安山岩-英安岩-流纹岩和安山岩-粗安岩组成;③喷发-沉积相,以凝灰岩为主,沉凝灰岩次之,分布广;④潜火山岩相,主要岩石有石英斑岩、石英正长斑岩和钠长斑岩等,呈岩脉和岩株产出。

2.2 侵入岩

矿区内未发现侵入岩分布,但距矿区西北4km有一英云闪长岩体出露。该岩体侵入于中石炭统中,属I型花岗岩类,锆石的U-Pb同位素年龄为 236×10^6 a,时代相当于华力西晚期。

2.3 构造

矿床位于秋格明塔什-黄山韧性剪切带南缘。矿区总体呈现弱变形劈理化岩带与强变形糜棱岩带相间出现的构造格局。

矿田范围内存在三条韧性剪切带,即强片理化蚀变糜棱岩带(图1)。其走向北东东,长

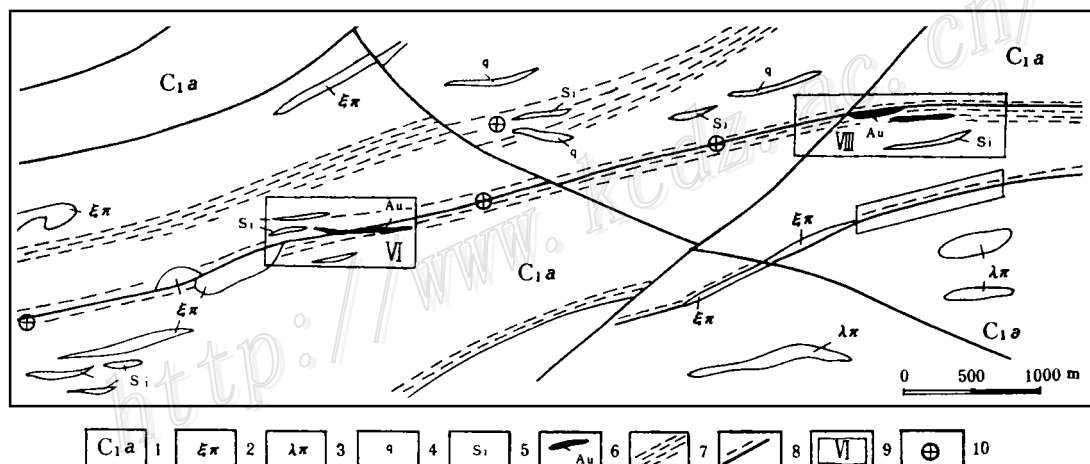


图1 康古尔金矿田地地质略图

(据新疆地矿局第一地质队资料修编)

1—下石炭统阿齐山组; 2—石英正长斑岩; 3—石英斑岩; 4—石英脉; 5—黄铁矿化硅化蚀变带; 6—金矿化蚀变带(体); 7—糜棱岩带; 8—脆性断层; 9—金矿床及编号; 10—金矿点及矿化点

Fig. 1. Geological sketch map of the Kanggoul gold orefield.

1—Lower Carboniferous Aqishan Formation; 2—Quartz syenite porphyry; 3—Quartz porphyry; 4—Quartz vein; 5—Pyritized-silicified alteration zone; 6—Gold mineralized alteration zone; 7—Mylonite zone; 8—Brittle fault; 9—Gold deposit and serial number; 10—Gold occurrence and mineralization spot.

几百米到几千米,宽55m到百余米,北倾,倾角 $70^{\circ} \sim 75^{\circ}$ 。剪切带与围岩之间呈渐变关系,糜棱岩带内千糜岩最发育,次为糜棱岩化火山岩。千糜岩具千糜构造,碎斑较少、斑晶为长石和少量石英,基质主要由绢云母、绿泥石、石英和少量黄铁矿组成(照片1、2)。片状矿物与石英分别集中,构成定向微细条纹。岩石显示明显的韧性变形特征:宏观上,发育劈理、

叶理、拉伸线理等, 火山角砾均被压扁拉长呈扁豆状; 在显微镜下, 普遍见到石英碎斑的波状消光、变形纹、亚颗粒和压力影构造, 有时可见核幔构造、动态重结晶构造和旋转碎斑系等。千糜岩中常具有残余组构, 如保留有斜长石斑晶或晶屑外形, 有的还保留火山角砾的轮廓, 因此糜棱岩原岩为中酸性火山岩无疑。

据线理产状判断, 韧性剪切带经历了早期沿倾斜方向剪切和后期右行走滑的演化过程。剪切带形成于主成矿期之前, 其依据是矿体赋存于剪切带中, 矿体产状与剪切带基本一致, 矿体未受此期韧性变形。

矿田内脆性断裂也较发育, 以北东东向规模最大。此组断裂带常继承糜棱岩带发生, 表现为线状分布的挤压破碎带、构造角砾岩带, 并有石英斑岩、石英正长斑岩等呈线状分布。此外还存在北西向和北东向脆性断层, 该组断层形成较晚、规模较小。

3 矿体特征

康古尔金矿田分布有Ⅵ、Ⅷ和红山等金矿床, 各矿床特征相似。本文重点介绍Ⅵ号矿床的矿体特征。

3.1 矿体的产状与形态

金矿化蚀变带赋存在糜棱岩带中, 容矿岩石和矿体顶底板为蚀变千糜岩和糜棱岩化火山岩。矿体上盘岩石多为安山岩, 下盘多为凝灰岩、石英正长斑岩等。

矿床由南、中、北三个金矿化蚀变带组成, 以中矿化带规模最大。其走向NEE, 倾向为NNW, 倾角 $70^{\circ}\sim 80^{\circ}$, 宽 $5\sim 60\text{m}$, 长 1000m 。矿化蚀变带内圈出若干相互平行和尖灭再现的矿体, 矿化带与围岩和矿体与围岩的界线均是过渡的, 靠样品分析结果圈定。矿体呈板状和透镜状, 按其空间相对位置, 有上、中、下三个矿体, 矿体厚 $0.7\sim 6.3\text{m}$, 长 $160\sim 850\text{m}$, 钻孔控制延深已超过 500m 。

在金矿化蚀变带及金矿体中, 普遍叠加有黄铁石英脉、黄铜矿-黄铁石英脉、铜-铅-锌多金属硫化物石英脉, 构成复合金矿体。铅锌矿体多在中上部, 铜矿体在下部, 金矿体主要在中上部, 但有的亦延到下部。

3.2 矿石特征

(1) 矿物成分: 主要金属矿物有黄铁矿、磁铁矿, 次要的有黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、赤铁矿。含金矿物有自然金和银金矿。脉石矿物主要有石英、绿泥石、绢云母, 次为方解石、白云石、重晶石、菱铁矿。

黄铁矿和石英具多期次、多世代。如韧性变形变质期形成的黄铁矿, 含金 1.2g/t (1个样品), 晶粒细小, 粒径小于 0.03mm , 呈它形-自形立方体晶体, 沿糜棱面理方向浸染分布。热液期黄铁矿有五个世代, 粒径变化大, 一般粒径 $0.02\sim 1.0\text{mm}$, 晶形有立方体、八面体、五角十二面体等。黄铁矿与石英的微量元素含量分析 (表1) 说明: ①各成矿阶段黄铁矿的含金量较国内外大多数金矿床明显偏低, 可能暗示着金主要赋存在矿物粒间; ②黄铁矿Co/Ni比值为 $0.87\sim 5.23$, Au/Ag比值为 $0.04\sim 0.16$, 与山东焦家金矿对应比值接近; ③主矿化阶段石英中K、Na、Al含量偏高。

自然金呈粒状和叶片状被包裹于黄铁矿中或分布于其裂隙中, 更普遍的是呈粒间金赋存

表 1 黄铁矿和石英的微量元素含量

Table 1. Minor element contents of pyrite and quartz

矿 物	样品数	成矿阶段	元 素 含 量 (10 ⁻⁶)							
			Au	Ag	Co	Ni	Sc	Tc	As	K
黄铁矿	2	I	0.35	8.0	75	45	2.2	1.5	93	
黄铁矿	4	II	2.40	21.0	157	30	19.6	3.5	227	
黄铁矿	2	III	4.31	26.3	39	45	23.1	13.9	658	
黄铁矿	1	IV	2.21	24.5	—	—	23	11.6	163	
石 英	3	II	1.55	0						1977 151 696
石 英	1	III	0.10	0						1693 178 747
石 英	3	IV	0.52	0						203 77 305
石 英	1	V	0.20	0						1269 141 1577

测试单位：西安地质矿产研究所

于黄铁矿、绿泥石和石英等矿物粒间。在矿石中显微金占主要，一般粒径0.003~0.015 mm，明金（粒径>0.3 mm）主要见于近地表处。金矿物探针分析结果见表2。自然金的成色在

表 2 康古尔金矿床金矿物

电子探针分析结果(%)

Table 2. Electron microprobe analyses of gold minerals from the Kanggul gold deposit(in percentage)

矿 物	自 然 金			银金矿
产出形式	黄铁矿 中包体金	石英粒 间 金	绿泥石 粒间金	黄铜矿 粒间金
样 号	2600~27	2600~27	3804~5	2622~8
Au	94.79	96.09	92.50	67.54
Ag	2.51	2.51	5.90	31.25
Cu	0.07	0.05	0.03	0.34
Fe	1.32	0.14	1.42	0.26
S	0.09	0.06	0.05	0.05
Sc	0.00	0.18	0.00	0.06
Tc	0.26	0.00	0.20	0.21
总量	99.04	99.03	100.10	99.71

测试单位：西安地质矿产研究所探针室

940~947之间。

银金矿呈不规则粒状、树枝状产于黄铜矿-黄铁矿细脉中。电子探针分析，含Au 67.50%，含Ag 31.25%。

(2) 矿石构造：①细脉状构造，是最常见矿石构造，表现为沿黄铁绢英岩糜棱面理裂隙充填有黄铁石英细脉和黄铁矿绿泥石细脉（照片3）。沿绿泥石蚀变岩中残余糜棱面理和其它裂隙充填有黄铁石英脉和多金属硫化物石英脉；②浸染状构造，黄铁矿浸染分布于蚀变岩中；③角砾状构造，火山岩和蚀变岩破碎成角砾为绿泥石-黄铁矿-石英等热液矿物所胶结。此外还有条带状构造、团块状构造等。

(3) 金矿石类型：根据矿物共生组合、矿石组构及产出特征，可将金矿石分为三个自然类型：①含金黄铁石英蚀变岩（硅化岩）型；②含金黄铁矿-绿泥石-石英

蚀变岩型；③含金硫化物石英脉型。其中以第二类型的矿石占绝大多数，第三类型在矿带浅部较多，常构成宽几到几十厘米的含金石英脉。

4 围岩蚀变与成矿阶段

4.1 围岩蚀变

康古尔金矿围岩蚀变发育,主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、碳酸盐化等。不同矿化阶段的各种蚀变在空间上常叠加在一起,并表现出一定的分带性。由围岩到矿体依次可分为A、B、C、D四个蚀变带,各带造岩元素变化特征见表3。变化规律为:

A带为以安山岩为主的火山岩和火山沉积岩。

B带为绢云母化、绿泥石化火山岩和千糜岩带,处于韧性剪切带及其外围,宽度一般大于100m。由A带到B带, Si、K 含量增加, Ca、Mg、Na、Al 含量降低, Fe 较稳定。

C带为绢云母化和黄铁绢英岩化千糜岩带,其界线大致与弱金矿化带一致,宽几米到40m。由B带到C带, Si、K、Na 含量增加, ΣFe 、Mg 含量降低, Al、Ca 较稳定。

D带为硅化、绿泥石化、黄铁矿化千糜岩带,此带即为金矿化带和矿体,宽1~20m。由C带到D带 Si、 ΣFe 、Mg 明显增加, K、Na、Al 明显减少。

表3 康古尔金矿构造-蚀变岩带岩石化学及巴尔特参数表
Table 3. Chemical composition and Barter parameters of the tectonic-alteration belt of the Kangguli gold deposit

	蚀变岩带	A	B	C	D		蚀变岩带	A	B	C	D
岩石化学成分(%)	SiO ₂	57.15	63.12	66.39	70.92	巴 尔 特 参 数	Si	491	510	548	583
	TiO ₂	0.83	0.74	0.78	0.30				(+19)	(+38)	(+35)
	Al ₂ O ₃	15.97	14.88	15.29	7.33		Al	162	142	149	71
	Fe ₂ O ₃	2.92	4.65	5.03	5.49				(-20)	(+7)	(-78)
	FeO	5.14	3.92	0.8	5.54		ΣFe	56	55	36	73
	MgO	4.92	3.41	1.85	2.63				(-1)	(-19)	(+37)
	CaO	5.20	0.45	0.53	0.93		Mg	63	41	23	32
	Na ₂ O	3.24	0.64	1.02	0.18				(-22)	(-18)	(+9)
	K ₂ O	1.03	3.91	4.48	1.66		Ca	48	4	4	8
	MnO	0.22	0.10	0.09	0.27				(-44)	(0)	(+4)
	P ₂ O ₅	0.13	0.20	0.25	0.18		Na	54	10	16	1
	H ₂ O	2.61	3.98	2.80	3.31				(-44)	(+6)	(-15)
	CO ₂	0	0.08	0.15	0.30		K	11	40	47	17
	总 和	99.36	100.08	99.46	99.04				(+29)	(+7)	(-30)

注: () 为元素带入围岩量, “+” 为带入围岩 “-” 为带出

4.2 成矿阶段

根据野外观察与室内研究,康古尔金矿床的成矿作用过程分为五个成矿阶段。第Ⅰ阶段为黄铁绢英岩化阶段。由于容矿岩石构造片理发育,具良好渗透性,当成矿热液首先进入其中时即沿岩石的片理发生弥散性渗透,致使围岩发生“面型”硅化、绢云母化,未形成独立石英脉。第Ⅱ阶段为金-黄铁矿-磁铁矿-绿泥石-石英阶段。上述矿物组合多呈细脉顺绢云千糜岩和黄铁绢英岩片理充填交代,矿石中常见后者的角砾。第Ⅲ阶段是金-黄铁矿-石英阶段,形成黄铁石英脉和团块叠加在第Ⅱ阶段矿体上。第Ⅳ阶段为多金属硫化物石英脉阶段。第Ⅴ阶段为贫硫化物碳酸盐石英脉阶段。第Ⅰ阶段形成的矿石中定向组构发育,石英动态重结晶现象较普遍。第Ⅱ阶段矿石中仅绿泥石局部呈定向排列,溶液生长结构如中细粒晶粒结构、豆状结构(照片4)、交代结构等较发育。第Ⅲ—第Ⅴ阶段矿石则发育无定向组构,以网脉状和角砾状构造为主。随着时间由早到晚,矿石组构的变化反映了成矿时所处的构造深度层次

逐渐变浅,围岩变形由韧性向脆性转变。第Ⅱ、Ⅲ阶段是金的主要成矿阶段,第Ⅰ、Ⅳ阶段亦有金矿化。不同阶段矿物组合和矿物生成顺序见表4。

表4 康古尔金矿床成矿阶段及矿物生成顺序

Table 4. Mineralization stages and mineral-forming sequence of the Kanggul gold deposit

矿化阶段 矿物	I	II	III	IV	V
绢云母					
石英					
黄铁矿					
自然金					
绿泥石					
磁铁矿					
赤铁矿					
黄铜矿					
闪锌矿					
方铅矿					
银金矿					
方解石					
重晶石					

5 矿床成因

5.1 成矿热液来源

康古尔金矿氢氧同位素组成见表5。

δD_{H_2O} 成分是直接测定矿石的石英包裹体液

表5 康古尔金矿氢、氧同位素组成

Table 5. Hydrogen and oxygen isotopic composition of the Kanggul gold deposit

序号	样品号	测试矿物	均一温度 (°C)	δD_{H_2O} (‰)	$\delta^{18}O_{\text{矿物}}$ (‰)	$\delta^{18}O_{H_2O}$ (‰)
1	矿二-3	石英(Ⅱ)①	190~320 (250)②	-54	11.9	2.59
2	矿三-2	石英(Ⅳ)	124~181 (153)	-57	13.2	-2.07
3	矿四-1	石英(Ⅴ)	98~145 (125)	-61	11.5	-7.65

测试单位: 中国地质科学院矿床地质研究所

① (Ⅱ) 为成矿阶段; ② 圆括号内为平均温度

相获得。 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值是据 $1000 \ln \alpha_{\text{石英-水}} = 3.26 \times 10^6 T^{-2} - 2.98$ (贝克尔, 1976) 公式将矿石中石英的 $\delta^{18}O_{\text{石英}}$ 换算成与之平衡的包裹体水的 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 值。

由图2可见,成矿溶液的 δD 值变化在 $-54\text{‰} \sim -61\text{‰}$ 间, $\delta^{18}O$ 值变化在 $-7.65\text{‰} \sim +2.59\text{‰}$ 间,其组成投影点落在变质水或岩浆水与大气降水之间,表明成矿溶液是变质水(包括部分深源流体)、岩浆水和大气降水组成的混合热液体系, $\delta^{18}O$ 值向大气降水方向“漂移”现象说明,愈到成矿晚期,热液中大气降水的比例愈大。

5.2 成矿物质来源

矿石中方铅矿的铅同位素组成(3个样): $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 18.158 \sim 18.166$; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 15.534 \sim 15.546$; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 37.930 \sim 37.963$ 。从同位素组成看属正常铅,组成变化范围小说明铅源单一, μ 值较低 $9.11 \sim 9.15$,说明来源较深,可能来自上地幔或下地壳,更可能来自深部重熔花岗岩。按正常铅两阶段模式计算年龄为 $2.139 \times 10^6 \sim 2.33 \times 10^6 \text{ a}$,与矿区附近岩浆岩体中锆石U-Pb同位素年龄($2.36 \times 10^6 \text{ a}$)接近。

各种金属硫化物(黄铁矿、方铅矿、黄铜矿)的 $\delta^{34}\text{S}$ 值为 $-0.9\text{‰} \sim +3.3\text{‰}$ 间,硫同位

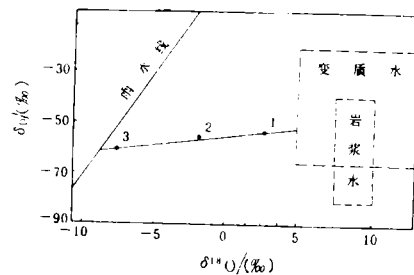


图2 康古尔金矿床成矿溶液氢氧同位素组成 (图中1~3为样品号)

Fig. 2. Hydrogen and oxygen isotopic composition of ore-forming fluids in the Kanggul gold deposit.

素组成变化小,说明来源单一,硫可能来源于上地幔去气或深部重熔岩浆岩,也可能来自附近安山质火山岩。

5.3 成矿模式

康古尔金矿床产于火山岩中,但其在蚀变特征、控矿构造等方面与国内外典型的火山岩型金矿床有较大差异^①。世界韧性剪切带型金矿床绝大多数分布于前寒武系中,像康古尔金矿这样产于古生代火山岩系中受韧性剪切带控制的金矿床是比较罕见的。总之,康古尔金矿是一个比较独特的金矿床,在考虑其成矿过程时,火山活动、韧性-脆性的构造变形和岩浆活动都是必须考虑的重要因素。根据前述对康古尔金矿床地质和地球化学特征的综合研究,提出康古尔金矿的成矿模式^②:

(1) 早石炭世时,由于吐鲁番洋壳向塔里木板块俯冲,形成了岛弧型中性-中酸性火山岩,成为本区重要的含金建造。包括本矿田在内的康古尔塔格金成矿带中的绝大多数金矿床和矿点都位于此火山岩带北缘。

(2) 中石炭世后,随着板块俯冲与碰撞的进行,火山岩带北缘及其以北杂砂岩带遭到韧性剪切变形,形成多条糜棱岩带。与此同时产生的动力变质流体和来自深部的热液在应力作用下流动,并从流经岩石中淋滤萃取金等成矿物质,形成含金变质流体,集中于糜棱岩带中,并沿糜棱面理结晶出细粒黄铁矿。金可能以不可见金分布于黄铁矿晶格中。

(3) 华力西晚期,准噶尔板块与塔里木板块碰撞,地壳抬升,地壳变形由韧性向脆性转变,在原剪切带内依次产生韧-脆性剪切带与脆性断层,并伴有花岗质岩浆的侵入。变质流体、岩浆水和大气降水在温度压力梯度驱动下在糜棱岩带及其附近流动、循环和混合,从流经岩石中滤出金及其它成矿元素,而后在糜棱岩带内断裂及微裂隙发育地段卸载沉积,形成了金矿体。

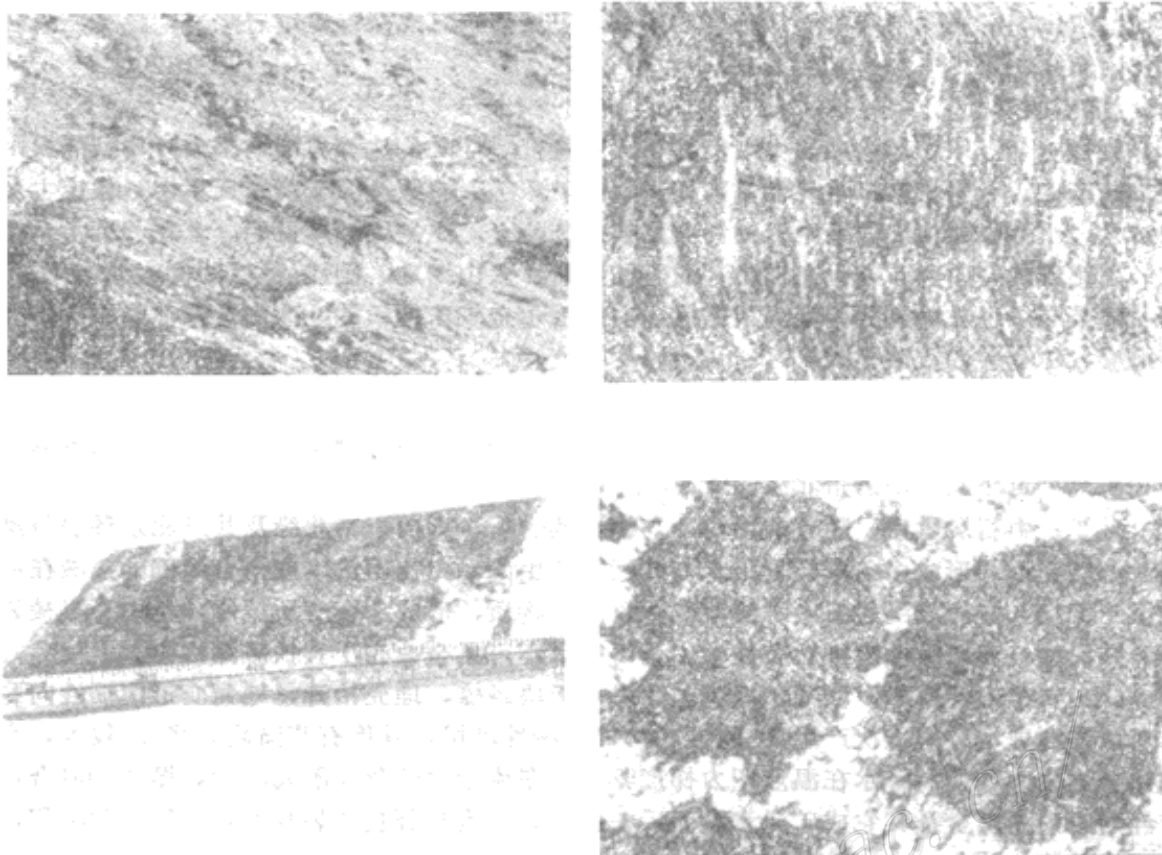
作者在野外工作期间,得到新疆地矿局第一地质队一分队的大力支持,并参阅了分队部分基础资料。此外还参阅了作者所在课题组(国家305项目下属课题)姬金生、杨兴科等同志的资料,在此一并致以谢忱。

参 考 文 献

- 1 王鹤年,张景荣,戴爱华等.广东河台糜棱岩带蚀变岩型金矿床的地球化学研究.矿床地质,1989,8(3): 61~71
- 2 张福璞等.山东掖县北部覆盖地区焦家式金矿成矿地质条件及找矿方向.中国金矿主要类型区域成矿条件文集(胶东地区).北京:地质出版社,1988.46~78
- 3 郑亚东,常志忠.岩石有限应变测量与韧性剪切带.北京:地质出版社,1985.
- 4 沈渭洲.稳定同位素地质.北京:原子能出版社,1987.

① 吴美德、刘曼华、楼亚儿主编,国外火山岩区金矿床,地质矿产部情报研究所,1991

② 姬金生、陶洪祥、曾章仁等,新疆塔里木盆地康古尔塔格金矿床地质地球化学特征及成矿模式,矿物岩石地球化学通讯,1992,第二期



图版说明

- 1 (左上) 糜棱岩化安山岩。绢云母、绿泥石、石英等新生矿物呈定向排列，斜长石残斑与这些矿物组成旋转碎斑系。薄片，正交偏光，长边长 3.8 mm
- 2 (右上) 千糜岩中绢云母、石英和方解石定向排列。薄片、正交偏光，长边长 3 mm
- 3 (左下) 细脉状构造。金矿石中黄铁矿-绿泥石-石英细脉（深灰色）平行糜棱面理分布。岩心左上方为火山角砾岩中压扁的角砾
- 4 (右下) 豆状构造。金矿石中绿泥石（暗色）和石英（浅色）组成豆粒。自然金呈显微粒状分布在绿泥石集合体中（照片中未显示）。薄片、正交偏光，长边长 3.8 mm

GEOLOGICAL CHARACTERISTICS AND GENESIS OF THE ALTERED ROCK TYPE GOLD DEPOSIT IN KANGGUL MYLONITE ZONE, XINJIANG

Zeng Zhangren, Zhang Lianchang and Han Zhaoxin

(Xian College of Geology, Xian 710054)

Key words: gold deposit, volcanic rock, mylonite zone, altered rock type, Kanggul of Xinjiang

Abstract

The Kanggul gold deposit has rather unique metallogenic characteristics. It occurs in a second-order shear zone within a large-size ductile shear zone on the northern margin of the Carboniferous island arc volcanic area. Orebodies, hosted by altered phyllonite and mylonitized volcanic rocks, are parallel to the steep-dipping mylonite zone, and the wall rock alterations include silicification, sericitization, chloritization and pyritization. Geological-geochemical studies show that the ore deposit is a product of polyphase and polystage evolution, with the ore materials derived from the depth of the crust or from andesitic volcanic rocks. During ductile deformation and metamorphism after Middle Carboniferous, metamorphic hydrothermal activities led to the mobilization of gold and initial crystallization of auriferous pyrite. At the late Variscan period, the uplifting of the crust caused ductile-brittle deformation of the shear zone and the simultaneous emplacement of granitic magma; under the action of "mixed" hydrothermal solutions consisting of metamorphic water, meteoric water and magmatic water, gold was concentrated in the shear zone, forming the gold deposit.