

岩石 矿物

大平沟金矿床矿石特征与金的赋存状态

李学智¹, 陈柏林², 陈宣华², 王小凤², 王克卓¹, 陈正乐², 杨屹¹, 杨风¹

(1. 新疆地质调查院第一地质调查所, 乌鲁木齐 830011; 2. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

[摘要]大平沟金矿床是受韧性剪切带控制的中温动力变质热液矿床, 金矿石主要为蚀变糜棱岩型, 夹少量钾长石石英脉型。矿石结构有变晶结构、交代-充填结晶结构两主要类型, 矿石构造以块状构造、团块状构造、细脉状构造和浸染状构造为主。金呈独立金矿物(主要为自然金)出现, 以包体金、裂隙金、连生金和粒间金等形式嵌布于黄铁矿、黄铜矿、石英、钾长石及方解石等主要载金矿物中, 金矿物形态多样, 粒度以中细粒为主。上述特点与我国东部地区产于太古宙变质岩(绿岩带)中的金矿床具有可对比性, 也与矿床成因研究的认识相吻合。

[关键词]金矿物 矿石特征 大平沟金矿床 阿尔金

[中图分类号]P618.51 **[文献标识码]**A **[文章编号]**0495-5331(2002)05-0049-05

大平沟金矿床是阿尔金北缘地区近年来新发现的为数有限的金矿床之一, 位于新疆维吾尔自治区若羌县, 其大地构造位置是青藏高原北侧, 阿尔金走滑断裂系北段与祁连山西段交会复合部位, 区域上属于阿尔金北缘构造带中段的太古宙隆起区^[1,2]。矿区出露太古宇达格拉格布拉克群(Ardg)中深变质岩, 主要岩性为褐灰-褐红色变粒岩、灰绿色变粒岩夹片岩、灰绿色片岩夹变粒岩, 其中褐红色钾长变粒岩是金矿体的直接赋矿围岩。岩层倾向南, 倾角 68°~75°。在褐红色钾长变粒岩中发育韧性剪切带, 岩石普遍糜棱岩化, 并发生构造动力退变质作用, 形成各种糜棱岩和绢云母绿泥片岩等^[3]。

金矿化严格受韧性剪切带控制, 韧性剪切带呈北西西走向, 倾向南南西, 倾角 65°~85°。韧性剪切带的控矿作用表现为: 首先, 韧性剪切带及其演化过程中形成的韧-脆性剪切带是惟一的赋矿构造; 第二, 韧性剪切带及其演化形成的韧性变形带控制了金矿化带及金矿体的形态、产状和分布; 第三, 由于受控矿构造是韧性-脆性构造变形特点的制约, 金矿化表现为蚀变糜棱岩型为主, 少量为石英脉型, 同时, 矿化蚀变方式表现为交代蚀变作用; 第四, 韧性剪切带中石英脉型金矿体主要沿与糜棱岩面理呈小角度的 P 型、与剪切带边界平行的 D 型裂隙分布。

稳定同位素、稀土元素、流体包裹体特征研究表明成矿物质主要来源于太古宙变质岩系, 成矿流体具有岩浆岩和变质岩的双重来源。成矿温度为 198~288℃, 属于形成于印支-早燕山期的中温动力变质热液型矿床。同时普遍发育绿泥石化、绿帘石化、绢云母化和钾化等蚀变, 钾化的规模比较大, 具有沿裂隙交代特征^[3]。

1 金矿石特征

1.1 金矿石类型

大平沟金矿矿石类型简单, 按金矿化类型(或容矿岩石)^[45]可以分为蚀变糜棱岩型和石英脉型两类, 石英脉型又可分为钾长石石英脉型和石英脉型, 并以钾长石石英脉型为主; 按金属矿物组合可分为黄铁矿-自然金类型(主要)和黄铁矿-黄铜矿-自然金类型(次要)。

蚀变糜棱岩型金矿石: 是主要矿石类型, 占矿石量 60% 以上; 产于控矿韧性变形构造带内或两侧一定范围(一般 1~5 m、局部达 10 m)内; 容矿岩石是发生了矿化蚀变的糜棱岩类, 主要蚀变有硅化、黄铁矿化、绢云母化、绿帘石、钾长石化; 矿石金品位不高, 但较均匀, 矿石量大。

钾长石石英脉型金矿石: 是富矿石, 主要产于大平沟金矿床 I 号和 II 号矿化带内, 大多呈透镜状,

[收稿日期]2001-11-20; [修订日期]2001-12-01; [责任编辑]余大良。

地质力学研究所. 阿尔金地区大中型矿床成矿条件与预测(研究报告), 2000。

[第一作者简介]李学智(1970年-), 男, 工程师, 1991年毕业于昆明地质学校, 现任新疆地质调查院第一地质调查所矿产室技术负责, 主要从事地球化学、矿产地质勘察评价和研究工作。

长几米至十几米,最长 2030 m;容矿岩石是含黄铁矿钾长石石英脉和含黄铜矿黄铁矿钾长石石英脉。矿石金品位高,多数 $5 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$,肉眼可常见自然金。该类金矿石中的石英一般只有比较明显的韧性变形,如波状消光和动态重结晶等,长石变形较弱。

石英脉型金矿石:是富矿石,主要产于大平沟金矿床北侧 III 号矿化带内,延伸相对比较长,最长达百余米,石英脉中黄铁矿等硫化物含量比较低;矿石金品位高,多数 $5 \times 10^{-6} \sim 50 \times 10^{-6}$,肉眼可常见自然金。该类金矿石中的石英一般具有强烈的韧性变形,形成硅质糜棱岩,石英动态重结晶颗粒发育、波状消光明显。

1.2 矿石的主要矿物组合

大平沟金矿床矿石的金属矿物主要有自然金、黄铜矿、黄铁矿等,并含有少量自然铜、方铅矿、闪锌矿、斑铜矿、钛铁矿、铜蓝、褐铁矿、磁铁矿、孔雀石、黄钾铁矾、白钛石等金属矿物。脉石矿物主要石英、绿泥石、钾长石、绢云母和方解石等,其次为绿帘石、黑云母、磷灰石、萤石等。其中自然金为具有工业意义的矿石矿物。

矿石中常见矿物比较简单,且由于矿石类型不同,矿物组合尚有较大区别,各种矿石的主要矿物组合见表 1。

表 1 太平沟金矿床矿石的主要矿物共生组合表

金矿石类型	蚀变糜棱岩型金矿石	钾长石石英脉型金矿石	石英脉型金矿石
金属矿物	主要 黄铁矿 次要 自然金	黄铁矿、黄铜矿 自然金、自然铜、方铅矿	黄铁矿、黄铜矿 自然金、自然铜、方铅矿
非金属矿物	主要 钾长石、石英、斜长石 次要 绢云母、黑云母、绿帘石、方解石、绿泥石	石英、钾长石 方解石、绿泥石、绢云母	石英 方解石、绿泥石、绢云母

1.3 矿石的结构构造

1.3.1 矿石结构

区内矿石结构有变晶结构、交代—充填结晶结构两主要类型及填隙结构和碎裂结构两次要类型。

变晶结构:是主要类型,糜棱岩型金矿石的主要矿物都具粒状变晶结构和片状变晶结构,部分颗粒细小的矿物具有鳞片变晶结构。按矿物各自的结晶程度还可细分为自形晶结构、半自形晶结构和它形晶结构。长石、黄铁矿常呈自形晶结构,石英等呈半自形结构,黄铜矿、绢云母、绿泥石大多为它形结构(照片 1、2、3、5、6)。

交代—充填结晶结构:形成晚的矿物交代形成早的矿物形成交代结构,但有一定的空间时,则形成充填结晶结构,蚀变中往往发生硅化石英交代变粒岩中的长石等。按交代的彻底性可划分为交代变晶结构(彻底交代)、交代残余结构(较彻底)、交代溶蚀结构(较差)和交代穿孔结构(最差)。钾长石石英脉型金矿石具交代—充填结晶结构,糜棱岩型金矿石以及不同世代的金属矿物之间可见交代残余和交代溶蚀结构(照片 6)。

压碎结构和填隙结构:长石和黄铁矿等矿物性脆,受应力作用影响常被压碎,形成压碎结构,而较晚或稍晚的矿物充填于裂隙中形成填隙结构,如黄铜矿呈细脉状充填于黄铁矿裂隙中,蚀变矿物充填于长石裂隙中(照片 3、6、7)。

1.3.2 矿石构造

本区矿石以块状构造、团块状构造、细脉状构造和浸染状构造最普遍,片状构造、条带状构造次之。

块状构造:糜棱岩型和钾长石石英脉型金矿石中各矿物呈各种变晶结构,并呈不规则紧密堆积,构成致密块状构造(照片 5)。

细网脉状构造:分为两种,一种是部分糜棱岩或糜棱岩中矿物发生碎裂,蚀变矿物沿其裂隙充填,形成细网脉状矿石;另一种是沿糜棱岩片理构造发育细小石英脉或含黄铁矿方解石石英脉(照片 7)。后者与片状构造或条带状构造呈过渡。

团块状构造:部分蚀变矿物如黄铁矿常呈不规则团块状不均匀地分布于蚀变糜棱岩或钾长石石英脉中,形成团块状金矿石(照片 2、3)。

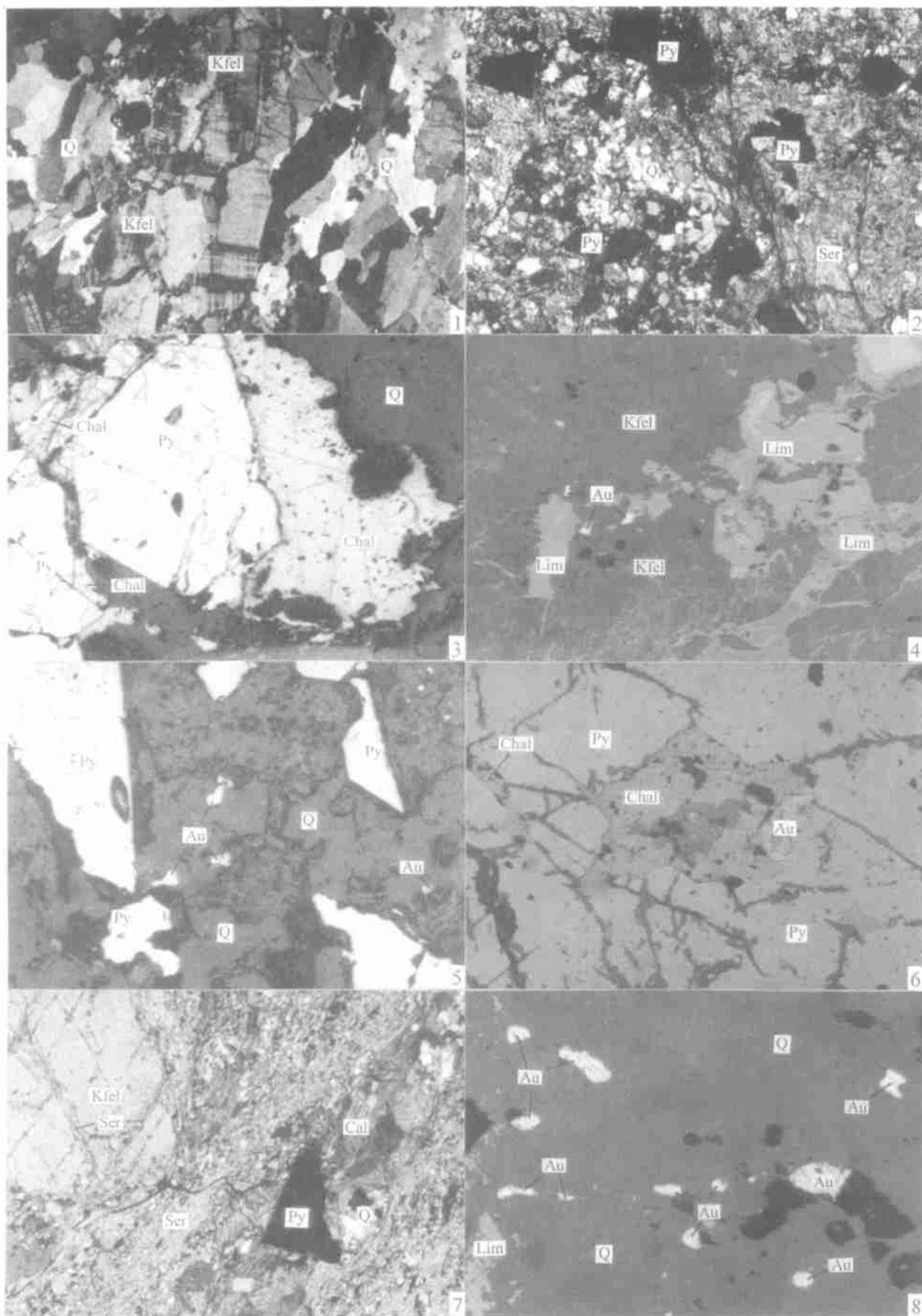
浸染状构造:黄铁矿等蚀变矿物呈分散状分布于蚀变糜棱岩型金矿石之中(照片 2),因黄铁矿含量不高,均为稀疏浸染状构造。

片状构造和条带状构造:蚀变糜棱岩型金矿石中蚀变矿物呈鳞片变晶结构或片状变晶结构,并呈定向排列,构成片状构造。蚀变矿物呈不均匀带状相间分布,特别是蚀变糜棱岩型金矿石沿片理构造发育比较多的钾长石石英脉细脉,使脉体与原岩构成相间条带,组成条带状构造。

2 金矿物特征

2.1 金矿物种类与成色

金的赋存状态可以反映金矿床的某些成因特点^[5],通过光片的镜下观察和电子探针分析,大平沟金矿床金的赋存状态是以独立金矿物为主要形式出现,金矿物又以自然金为主。



照片 1 钾长石石英脉,钾长石与石英共生,石英具交代结晶成因,晶形差,呈它形粒状结构,钾长石呈半自形粒状,具格子双晶,D7-14,正交 10 × 2.5。

照片 2 矿化蚀变岩金矿石,黄铁矿化强烈,与硅化石英、绢云母等蚀变矿物共生,黄铁矿呈自形、半自形组成粒状结构,呈浸染状分布于金矿石中,硅化石英呈不规则团块状分布于金矿石中,岩石具有压扭性碎裂,D7-20,正交 10 × 2.5。

照片 3 钾长石石英脉金矿石,金属硫化物呈团块状分布于石英和钾长石粒间,其中黄铁矿呈中粗粒自形晶,并有碎裂,黄铜矿为不规则它形,与黄铁矿连生,或呈细脉状产于黄铁矿裂隙之中,黄铜矿晚于黄铁矿结晶,V3-1,反光 10 × 5。

照片 4 钾长石石英脉型金矿石,自然金呈微细粒状(粒径 0.005 mm)赋存于钾长石内的褐铁矿中和褐铁矿晶间的钾长石中,D6-5,反光 10 × 20。

照片 5 蚀变糜棱岩型金矿石,沿糜棱岩片理发育黄铁矿化等蚀变,黄铁矿呈自形晶结构,自然金(粒径 0.01mm)呈微细粒状分布与蚀变脉石矿物之中,D5-1,反光 10 × 20。

照片 6 钾长石石英脉型金矿石,黄铁矿粗粒状,具碎裂,自然金(粒径 0.07mm)与黄铜矿连生,产于黄铁矿晶内,黄铜矿呈它形,沿裂隙或空洞交代黄铁矿,V3-1,反光 10 × 20。

照片 7 矿化蚀变糜棱岩,钾长石呈残碎斑晶,绢云母和石英构成韧性基质,并发育黄铁矿化和方解石化,黄铁矿呈自形粒状,方解石呈细脉状沿糜棱岩片理分布,绢云母沿钾长石解理充填,D7-13,正交 10 × 20。

照片 8 石英脉型金矿石中,自然金呈半自形或不规则粒状(粒径 0.0050.05 mm)赋存于石英晶间,D16-1,反光 10 × 20。

Au—自然金;Q—石英;Py—黄铁矿;Chal—黄铜矿;Kfel—钾长石;Ser—绢云母;Cal—方解石;Lim—褐铁矿

自然金成色 915 ~ 946,3 个样品平均 935,含少量

Ag(5.37 %8.43 %),3 个样品平均 6.42 %(表 2)。

表 2 大平沟金矿床金属矿物电子探针分析结果 %

序号	矿物	S	Fe	Ag	Cu	Au	Sn	Total	金成色	备注
1	黄铁矿	53.41	46.16	0.02	0.11	0.00	0.00	99.70		4 个样品平均
2	黄铜矿	34.63	30.24	0.00	34.78	0.00	0.00	99.65		7 个样品平均
3	自然金	0.00	0.04	6.42	0.00	93.34	0.00	99.80	935	3 个样品平均
4	自然铜	0.00	1.91	0.00	85.64	0.00	12.12	99.67		1 个样品

分析者:中国地质科学院矿床地质研究所电子探针室。

2.2 金矿物的形态和粒度特征

大平沟金矿床金矿物形态以半自形粒状为主(照片 8),其次是自形、它形或不规则状、裂隙状(照片 4、5、6);在石英、方解石中的自然金自形程度较高,在黄铁矿和黄铜矿中的自然金自形程度偏低。

表 3 大平沟金矿床金矿物粒度及赋存状态统计表

序号	光片号	样品位置 (矿带编号)	矿石类型	金矿物颗粒大小(mm)				金矿物赋存状态				合计	视域数
				>0.1	0.1-0.05	0.05-0.02	0.02-0.005	<0.005	钾长石之中	石英、方解石之中	黄(褐)铁矿中		
1	V3-1	大平沟 II	石英脉型	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1
2	D5-1	大平沟 I	蚀变岩型	-	-	6	14	18	-	38	-	-	38
3	D6-5	大平沟 I	钾长石石英脉型	-	-	-	5	6	4	1	6	-	11
4	D6-7	大平沟 I	石英脉型	-	-	-	1	5	-	6	-	-	6
5	D7-11-2	大平沟 II	石英脉型	-	-	2	5	8	-	15	-	-	15
6	D16-1	大平沟 III	石英脉型	-	5	13	12	13	-	43	-	-	43
合计				6	21	37	50	50	4	103	6	1	114
颗粒百分数					5.3	18.4	32.5	43.8	3.5	90.3	5.3	0.9	-
体积百分数					38.7	46.5	9.6	5.2	3.1	85.6	5.1	6.2	-

金矿物与其它矿物的关系(即嵌布形式):最主要为粒间金(照片 4、5、8),次有连生金(照片 6)、裂隙金(照片 6)及包体金(照片 5)等。

与国内其他金矿床所不同的有两点:其一是大平沟金矿床钾长石含量高,且是主要载金矿物之一(照片 4);其二是大平沟金矿床金元素除独立金矿物存在外,很少以机械混入物、呈固溶体及吸附方式

以光片显微镜下所见的 114 个金矿物颗粒的统计(表 3)结果是:大平沟金矿床以颗粒数(镜下可见的)计为 <0.02 mm 最多,占 76.2%,其次为 0.02 ~ 0.05 mm,占 18.4%;若以体积计则 >0.02 mm 为主,占 85.2%。

3 金矿物的赋存状态

大平沟金矿床金矿物赋存状态有 3 种,即在脉石矿物(石英、钾长石和方解石)中、在黄铁矿中或与黄铜矿共生于黄铁矿裂隙中(表 3)。统计结果显示,按颗粒数计在脉石矿物中最占优势,为 93.8%,金属矿物中仅占少量;若以体积计也同样在脉石中占优势,为 88.7%,黄铁矿和黄铜矿中相近。

存在于其他金属矿物中。电子探针分析结果显示在黄铁矿、黄铜矿、自然铜中金元素含量很低(表 2)。

4 结论

4.1 主要结论

大平沟金矿床属受韧性剪切带构造控制的中低温动力变质热液型矿床,矿化类型主要为蚀变糜棱

岩型,夹少量钾长石石英脉型。矿石结构有变晶结构、交代—充填结晶结构两主要类型及填隙结构和碎裂结构两次要类型;矿石构造以块状构造、团块状构造、细脉状构造和浸染状构造最普遍,片状构造、条带状构造次之。金呈独立金矿物形式出现,极少呈分散状态或机械混入状态产出;金矿物以自然金为主,平均成色 935;金矿物以包体金、裂隙金、连生金和粒间金等形式嵌布于黄铁矿、黄铜矿、石英、钾长石及方解石等主要载金矿物中,且石英、钾长石、方解石等脉石矿物中较金属硫化物中占优势;金矿物形态多样,粒度以中细粒为主。

4.2 金矿石和金矿物特征所反映的矿床成因意义

首先,以蚀变糜棱岩型为主夹有石英脉型的金矿石类型以及细脉状、浸染状、片状和条带状构造反映出矿床成因与韧性剪切带有关,属于韧性剪切带型金矿床;第二,金矿物以自然金为主,且自然金成色较高,与我国其他地区产于太古宇变质岩(绿岩带)中的小秦岭金矿^[6,7],金厂峪金矿^[8],排山楼金矿^[9],安徽五河金矿^[10]及北京崎峰茶金矿^[11]相似,反映出成矿物质主要来源于变质岩,且成矿温度相对较高,与矿床成因研究的认识^[3]相吻合,而与我国东部火山热液型冶岭头金矿^[4,12]明显不同;第三,不同矿化类型的金矿石中金矿物特征非常相似,说明虽然蚀变糜棱岩型金矿化略早于石英脉型金矿化,但都是同一成矿作用的具体表现,即都是在韧性剪切带持续演化过程中,韧性变形域的动力变质作

用及其形成的动力变质热液向上迁移至韧脆性变形域发生金矿化。不同矿化类型反映的是矿化蚀变时变形层次和变形动力学条件的差异。

[参考文献]

- [1] 新疆维吾尔自治区地质矿产局. 新疆维吾尔自治区地质志[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [2] 崔军文,唐哲民,邓晋福,等. 阿尔金断裂系[M]. 北京:地质出版社,1999.
- [3] 杨风,陈柏林,陈宣华,等. 阿尔金北缘大平沟金矿床成因初探[J]. 地质与资源,2001,10(3):133138.
- [4] 韦永福,吕英杰,江雄新,等. 中国金矿床[M]. 北京:地震出版社,1994.
- [5] 陈正. 矿石学(下册)[M]. 北京:北京科学技术出版社,1990:136204.
- [6] 陈光远. 成因矿物学与找矿矿物学[M]. 重庆:重庆出版社,1987.
- [7] 吴兴宇. 陕西小秦岭金矿床中金的赋存状态及分布规律[J]. 有色金属矿产与勘查,1998,7(4):222227.
- [8] 余昌涛,冀东. 主要类型金矿床的成因及形成机理研究[A]. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集[C]. 北京:地质出版社,1989.
- [9] 曲亚军,高殿生. 排山楼金矿床地质特征及金质来源[J]. 辽宁地质,1990,(4):304313.
- [10] 董法先,李中坚,陈柏林,等. 安徽省五河县大矾山—荣渡地区金矿控矿构造与找矿方向[M]. 北京:地质出版社,1995.
- [11] 李中坚,陈柏林,董法先,等. 北京怀柔崎峰茶—琉璃庙地区含金构造特征与找矿方向[M]. 北京:北京科学技术出版社,1997.
- [12] 郑明华,刘建明. 论浙江冶岭头金银矿床的成矿物质来源[J]. 矿床地质,1986,5(1):3952.

ORE FEATURES AND GOLD OCCURRENCE OF THE DAPINGGOU GOLD DEPOSIT, XINJIANG, NORTHWEST CHINA

LI Xue - zhi¹, CHEN Bai - lin², CHEN Xuan - hua², WANG Xiao - feng², WANG Ke - zhuo¹,
CHENG Zheng - le², YANG Yi¹, YANG Feng¹

(1. Xinjiang Geological Survey Research Institute, Urumqi 830011;

2. Institute of Geomechanics, CAS; Beijing 100081)

Abstract: Dapinggou gold deposit is a medium - temperature dynamic metamorphic hydrothermal type deposit controlled by ductile shear zones. It is characterized mainly as altered mylonite type and with partly K - feldspar - quartz vein type. Ore textures are mainly blastic and metasomatic - infilling crystallization. Ore structures are mainly block, crumb, veinlet and disseminated. Gold in the ores appears as independent gold minerals like native gold, occurring in the major gold - carrying minerals like pyrite, chalcopyrite, quartz, K - feldspar and calcite at the state of inter - granular, interlocking, crevice and enclosure. With different shape, the gold minerals are commonly medium - fine grain size. The characteristics of the gold mineral are similar to those deposits in the metamorphic rocks of Archean greenstone belt in the eastern China.

Key words occurrence, gold mineral, ore feature, Dapinggou gold deposit