

文章编号:0258-7106 (2001) 01-0071-07

# 动力系统转换与金成矿作用\*

邓 军<sup>1</sup> 孙忠实<sup>2</sup> 王建平<sup>1</sup> 杨立强<sup>3</sup> 王庆飞<sup>1</sup>

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 吉林大学, 长春 130061; 3 中国科学院地质与地球物理研究所, 北京 100101)

**提 要** 动力系统转换与成矿是成矿作用动力学深层次的探索,它是在单一动力系统基础上进行系统与系统间成矿作用的研究。经对华北地台北缘夹皮沟金矿带的研究,认为它们主要分布在多性质动力系统之间,即海底扩张—大陆张裂之间、古陆隆起—边缘滑脱之间、韧—脆性剪切之间和高序次—低序次之间的转换和过渡地带,各过渡地带的构造转换机制分别经历过分支拉压双生性、蠕变重熔活化性、对剪渗透萃取性和弯曲脉贯入性四个阶段。对各阶段不同动力系统间的转换成矿机制的研究将加深对金矿床成因和成矿背景的认识,通过各自动力系统的鉴别,可将成矿预测集中转向于不同动力系统间的转换地段。

**关键词** 动力系统转换 金成矿作用 构造环境过渡 构造转换机制

**中图法分类号:** P541; P681.51

**文献标识码:** A

成矿作用动力学已成为当代国际固体地球科学研究的前沿课题之一(於崇文等, 1998; 翟裕生等, 1999a, 1999b; 陈毓川, 1998; Gikas V et al., 1999; Favis M D, 1998; 邓军等, 1996, 1999), 动力系统转换与成矿是对成矿作用动力学深层次性态的探索(Zhai Y S et al., 1998; 邓军等, 1998; 吕古贤, 1999), 它是在板块构造、大陆裂谷和热点等动力系统基础上重点进行系统与系统间成矿作用的研究。本文以华北地台北缘夹皮沟金矿带为例, 认为矿带的形成并非受控于单一的动力学机制, 而是受双重动力学机制同时制约的, 即形成于两种不同动力构造系统间的过渡地带。因此, 对动力系统转换间的有关金成矿作用进行探讨, 既有利于成矿背景的深入研究, 又有利于金矿床分布的构造控制和富金部位的确定, 为找矿潜力评价与预测提供科学证据。

## 1 动力系统转换与金矿床分布

### 1.1 大陆张裂和大洋扩张间转换与金矿床分布

华北地台北缘东段的吉林夹皮沟、海沟等金矿床是大陆张裂向大洋扩张间过渡地带转换的产物(图 1)。吉林省古生代褶皱区基底组成在南北向上

存在差异, 南侧基底为中朝古陆 TTG 岩系, 北侧基底为佳木斯地块和兴凯地块新元古代变质岩系。根据夹皮沟金矿带北侧黄泥河子岩体与英云闪长岩的初始锶同位素比值(分别为 0.707 和 0.701~0.703)的一致性, 认为该岩体是南北两侧断陷的基底地壳受来自深部岩汁交代或活化而形成的古生代花岗岩, 代表古大陆张裂演化过程。由黄泥河子岩体至延边地槽区海西期花岗岩系的岩石类型演化序列为 M 型→I(N)型→I(AL)型(刘大瞻, 1994), 其中角闪辉长岩及斜长花岗岩包体成分属地幔分异产物, 黄泥岭岩体由四期复式深成杂岩体组成, 就位机制具大洋中脊基性岩墙群依次向外扩张的特点, 构造环境逐渐变为大洋扩张。尤其在夹皮沟—海沟构造带东侧发育有两江断陷, 属典型大陆张裂; 西侧发育有辉发河断陷并有蛇绿岩分布(如红旗岭一带), 属典型大洋扩张产物。而在夹皮沟—海沟构造带内既无巨厚裂谷式沉积地层, 也无蛇绿岩分布, 属大陆张裂与大洋扩张间过渡地带。

华北地台北缘西段处于阴山山脉大洋扩张区向天山山脉大陆张裂区间的转换地带。阴山山脉发育数十条长达上千公里的蛇绿岩带, 属大洋扩张的产物, 主要形成海西期铁矿和元古宙 Cu-Pb-Zn 矿床。

\* 本文得到教育部“高等学校骨干教师资助计划项目”、国家攀登计划项目(95-预-25)、国土资源部“百名跨世纪科技人才培养计划”基金(9808)和国家重点基础研究发展规划项目(G1999043206)资助

第一作者简介 邓 军, 男, 1958 年生, 教授, 博士生导师, 矿床学和构造地质学专业。主要从事区域构造、成矿流体及成矿作用动力学的教学和科研工作。

收稿日期 2000-10-08; 改回日期 2001-01-17。李 岩编辑。

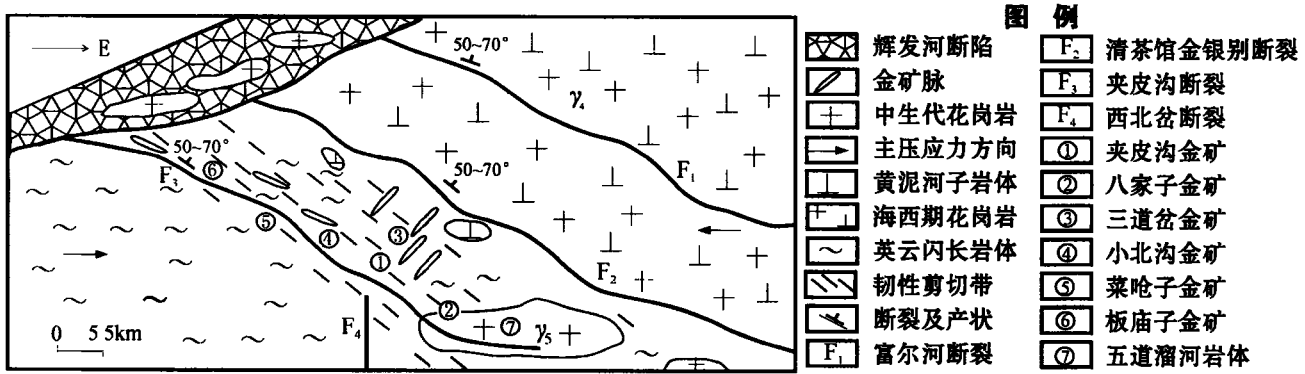


图1 夹皮沟金矿带地质简图

Fig. 1 Geological sketch map of the Jiapigou gold ore belt

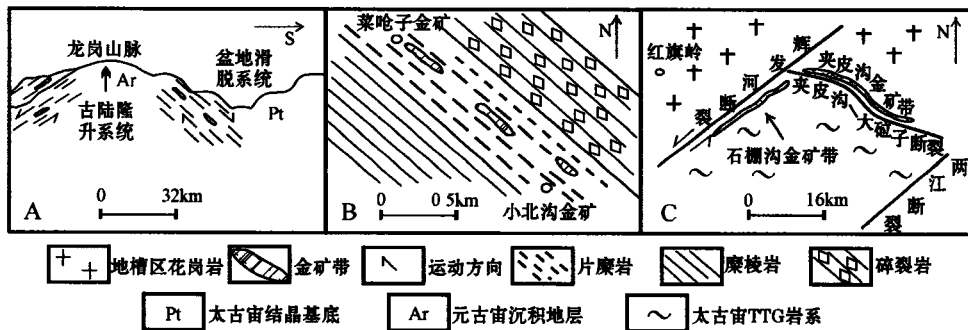


图2 华北地台北缘不同动力系统间转换与金矿床分布简图

A. 隆—滑动力系统转换图; B. 韧—脆性构造岩转换图; C. 高一低序次转换图

Fig. 2 Sketch map showing transformation between different dynamic systems and distribution of gold deposits in the northern margin of the North China platform

A. Transformation between uplift and delamination dynamic systems; B. Transformation between ductile and brittle tectonic rocks; C. Transformation between high order and low order

由阴山山脉向西进入天山山脉到西侧伊犁河、伊塞克湖和楚河一带变为大陆张裂为主的地段。而嘉峪关—哈密—伊宁—一带为典型的大洋扩张与大陆张裂间的过渡地带,其上分布许多大、中、小型金矿床。

### 1.2 隆—滑间转换与金矿床分布

隆是一个独立动力系统,意指古陆以垂直运动为主的升起;滑则是另一个独立动力系统,意指在以水平运动为主的伸展构造体制下,沉陷、堆积在盆地中的顺层剪切和脱落。在古陆不断隆升和盆地滑脱之间的转换拉伸过渡地带,主要形成绿片岩相韧性剪切带,亦是含矿流体运移和聚集成矿的地区。吉南克拉通边缘的绿片岩相韧性剪切带形成于太古宙古陆隆起和新元古代地层拉伸、滑脱过程中,大小金矿呈环形围绕古陆边缘分布(孙忠实等,1999a)(图2A)。

### 1.3 韧—脆性转换与金矿床分布

地壳断裂带可以划分为上部脆性域和下部塑性域,两者之间为脆—韧性转变域。因转变域极有利于含金流体的聚集和成矿,所以该类型金矿床的典型特征是:①矿体两侧围岩主要由同期同产状片麻岩组成,对称分布;②远离矿体的一侧岩石主体为糜棱岩,另一侧岩石主体为脆性碎裂岩,两者在空间上呈线形分布(图2B)。吉林小北沟金矿、山东招远曹家洼金矿和河南桐柏县老湾金矿等都属在韧—脆性转换部位形成的金矿床。

### 1.4 高一低序次间转换与金矿床分布

在统一应力场中,随边界条件的改变,由高序次压、张、扭体系向附近地域又派生出或转换成另一个低序次压、张、扭体系。因这种派生或转换的实质是应力传递过程,所以含矿流体正是在高一低序次间的过渡地带随应力传递而发生迁移和富集成矿的。

吉林辉发河断裂是郯庐断裂向北延伸的一个分枝,属高序次 NNE 向构造体系,夹皮沟一大砬子断裂带属低序次 NWW 向构造体系。而夹皮沟金矿带却是高低序次过渡构造的产物,主要证据有三:一是夹皮沟金矿带与石棚沟金矿带之间既无切割或叠加关系,也无交叉或共轭关系,而是一个连续的整体;二是它们正好位于高一低序次间的过渡地带;三是离开这个过渡地带 EW 两端和 SN 两侧逐渐变为矿化和无矿地带(图 2C)。

## 2 动力系统间转换与成矿构造环境过渡

### 2.1 隆—滑动力系统间转换与成矿构造环境过渡

随吉南古陆隆—滑动力系统间的转换,在过渡拉伸地带易诱发深部地壳重熔岩浆活动。图 3A 表示整个古生代花岗岩属火山弧构造环境,图 3B 标志着加里东期板块俯冲挤压,图 3C 为海西期挤压隆起花岗岩和晚造山期接受拉伸沉积时的花岗岩。同一地带岩石在同一地质时期却同时存在隆起、火山弧和沉积拉张等多种构造环境,这暗示着该地段是不同构造环境的过渡地段。

### 2.2 韧—脆性动力系统转换与成矿构造环境过渡

介于韧—脆性系统之间的剪切带主要形成暗色片麻岩,即岩石面状构造具有韧性片理(由长石、石英塑性拉长构成的面状构造)和脆性破裂理双重性,它们属同期产物,是判别成矿过渡性构造环境的主要野外鉴别标志。有关室内成分测定和其他方面研

究所得结果如下。

#### 2.2.1 由封闭体系向开放体系过渡

夹皮沟地区长英质片麻岩与糜棱岩在常量元素及稀土元素等方面十分相似(表 1; 图 4),表明糜棱岩形成环境为封闭体系。(表 1,2; 图 4,5)。

片麻岩与糜棱岩及长英质片麻岩不同,常量元素有自己的演化趋势(表 1,2; 图 4,5),其  $\text{SiO}_2$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  和  $\text{Na}_2\text{O}$  相对减少,为带出组分,使石英脉、钾长石脉和钠长石脉在片麻岩带中发育; $\text{FeO}$ 、 $\text{TiO}_2$ 、 $\text{MnO}$ 、 $\text{CaO}$ 、 $\text{MgO}$ 、 $\text{H}_2\text{O}$  和  $\text{CO}_2$  增多,为带入组分,促使糜棱岩中暗色矿物的绿泥石化和部分铁矿物的形成。组分的带入、带出,表明片麻岩所处的环境已不是封闭体系,而是逐渐转入开放体系。

在微量组分上(表 3),亲石元素 Rb、Sr、Ba 在糜棱岩中稍富;亲铁元素 Ni、V 等在片麻岩中富集比糜棱岩要高一个数量级。片麻岩中亲硫元素 Cu 的变化范围为  $4.4 \times 10^{-6} \sim 152.0 \times 10^{-6}$ , As 含量为  $120.0 \times 10^{-6} \sim 403.0 \times 10^{-6}$ , Au 含量为  $0.0038 \times 10^{-6} \sim 0.1660 \times 10^{-6}$ ;而糜棱岩中的 Cu 为  $1.1 \times 10^{-6} \sim 6.5 \times 10^{-6}$ , As 为  $1.35 \times 10^{-6} \sim 3.46 \times 10^{-6}$ , Au 含量为  $0.0094 \times 10^{-6} \sim 0.0160 \times 10^{-6}$ ,总体来讲前者的富集程度是后者的 10~100 倍。显然,随韧—脆性动力系统间转换,成矿构造环境由封闭体系向开放体系过渡时既有利于流体的加入又有利于成矿元素的富集。

#### 2.2.2 温度和深度条件的过渡

脆—韧性转变域温度段被确定为  $250 \sim 300^\circ\text{C}$ , 压力  $0.1 \sim 0.3 \text{ GPa}$ (翟裕生等,1997),它们正好是成

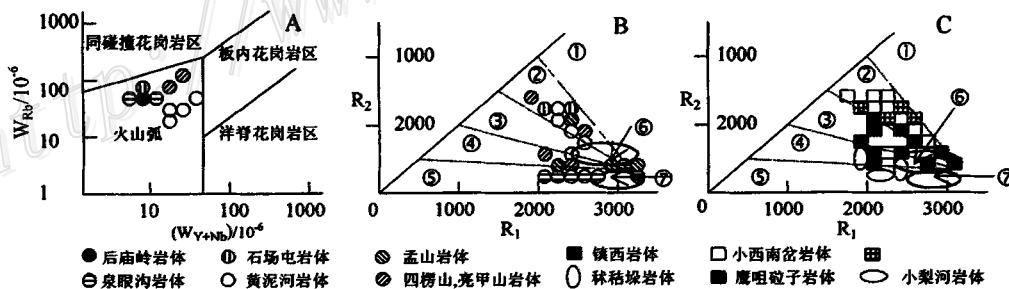


图 3 吉林古生代花岗岩  $w_{\text{Rb}}-(w_{\text{Y}+\text{Nb}})$  和  $R_1-R_2$  图解

A. 古生代花岗岩  $w_{\text{Rb}}-(w_{\text{Y}+\text{Nb}})$  图解; B. 加里东期花岗岩  $R_1-R_2$  图解; C. 海西期花岗岩  $R_1-R_2$  图解

①—幔源花岗岩; ②—消减的活动板块边缘花岗岩; ③—板块碰撞后隆起花岗岩; ④—造山晚期-晚造山期花岗岩; ⑤—非造山区 A 型花岗岩; ⑥—同造山-同碰撞花岗岩; ⑦—造山期后 A 型花岗岩(据郭力,1994;翟裕生,邓军,2000 年等资料整理)

Fig. 3  $w_{\text{Rb}}-(w_{\text{Y}+\text{Nb}})$  and  $R_1-R_2$  diagram of Paleozoic granite in Jilin Province

A.  $w_{\text{Rb}}-(w_{\text{Y}+\text{Nb}})$  diagram of Paleozoic granite; B.  $R_1-R_2$  diagram of Caledonian granite; C.  $R_1-R_2$  diagram of Hercynian granite

表1 夹皮沟地区长英质片麻岩、糜棱岩和片麻岩化学成分与稀土元素平均值

Table 1 Chemical composition and average REE content of felsic gneiss, mylonite and schist-mylonite in Jiapigou area

岩石类型	样品数	w(B)/%												
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	MnO	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>
长英质片麻岩	10	67.49	14.79	2.07	2.27	0.38	0.17	0.09	3.00	1.73	2.98	3.91	0.56	0.40
糜棱岩	10	66.10	15.18	2.15	2.30	0.38	0.19	0.09	1.77	1.77	2.99	3.94	0.84	0.45
片麻岩	8	57.91	14.81	2.59	4.28	0.50	0.17	0.11	5.45	4.00	1.01	3.42	0.98	3.05

岩石类型	样品数	∑REE/10 <sup>-6</sup>	LREE/HREE	La/Sm	Eu/Eu*	Ce/Ce*	La/Yb
长英质片麻岩	10	538.3569	20.64	9.12	1.0455	1.1928	25.01
糜棱岩	10	564.6812	18.27	8.65	1.0670	1.2074	24.98
片麻岩	8	217.4285	10.62	6.62	0.8998	0.8488	22.53

样品测试单位:长春科技大学测试中心。

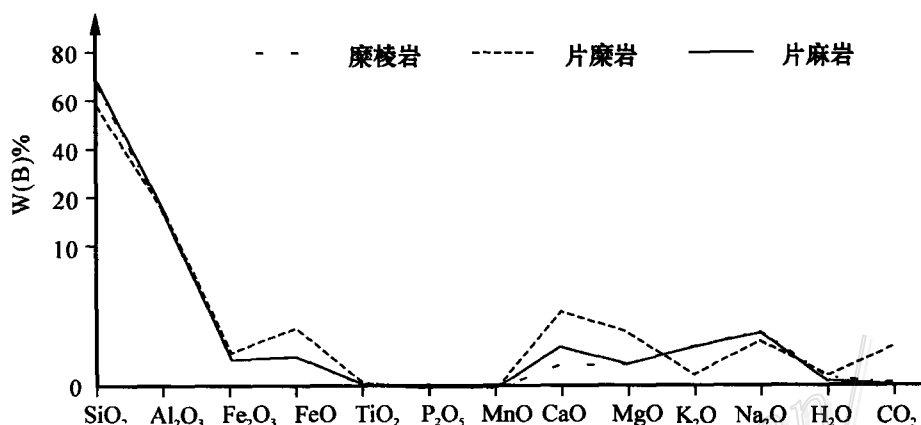


图4 夹皮沟地区长英质片麻岩、糜棱岩、片麻岩主要组分变异图

Fig. 4 Variation diagram for major constituents of felsic gneiss, mylonite and schist-mylonite in Jiapigou area

表2 夹皮沟地区片麻岩和糜棱岩 Na、K、Ca 三端员成分换算表

Table 2 Three terminal components of Na-K-Ca in schist-mylonite and mylonite from Jiapigou area

样品	端员组分 w <sub>B</sub> /%			样品	端员组分 w <sub>B</sub> /%		
	Na	K	Ca		Na	K	Ca
片麻岩				糜棱岩			
L3	31.1	10.4	58.6	B1	39.3	32.9	27.8
L4	29.9	7.7	62.4	B3	34.9	36.4	28.7
L5	37.9	19.5	44.6	B4	40.4	34.4	25.2
L7	42.5	7.5	49.9	B5	40.4	37.7	21.8
L8	34.3	21.0	44.9	B6	43.0	31.8	25.3
L81	33.7	13.9	52.4	B2	36.4	27.5	37.1
L2	27.2	5.8	67.1	B8	27.6	25.7	46.8
LX1	39.3	6.1	54.5	B10	34.5	26.7	38.8
				B12	33.7	19.5	46.7
				J9	40.4	36.8	22.8

样品测试单位:长春科技大学测试中心。

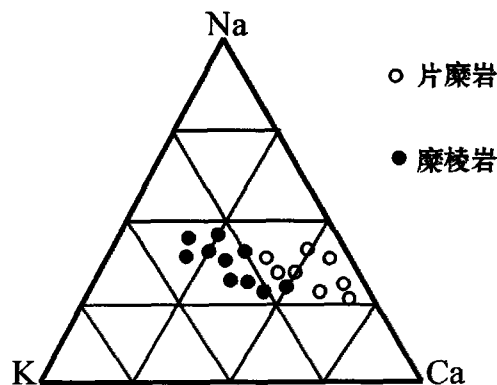


图5 夹皮沟地区长糜棱岩和片麻岩组分 Na-K-Ca 图解  
Fig. 5 Na-K-Ca diagram of mylonite and schist-mylonite in Jiapigou area

表3 夹皮沟地区片麻岩和糜棱岩微量元素成分表( $10^{-6}$ )Table 3 Trace elements composition of schist-mylonite and mylonite in Jiapigou area ( $10^{-6}$ )

样号	Au	As	Bi	Hg	Rb	Cu	Ni	Pb	Zn	V	Sr	Ba	Ag	Cr	Zr	Sb	Co
片麻岩																	
L3	0.0059	403.0	6.05	0.02	16.1	4.4	34.5	9.6	70.8	113.0	230	387	0.08	—	—	4.18	22.0
L4	0.0038	279.0	1.27	0.02	9.3	76.4	62.4	15.0	68.5	144.0	332	420	0.13	—	—	3.32	23.0
L5	0.0604	270.0	1.14	0.04	30.2	56.8	27.9	28.8	54.1	73.2	302	999	0.11	—	—	3.76	17.6
L7	0.0068	204.0	0.62	0.03	4.4	23.0	36.6	24.4	38.3	107.0	392	382	0.10	—	—	2.54	29.5
L8	0.0070	180.0	0.33	0.02	27.8	33.1	11.2	24.6	56.9	66.4	285	717	0.11	—	—	4.20	12.4
L1	0.0118	147.0	0.95	0.02	9.2	21.4	45.6	22.4	82.9	131.0	528	727	0.11	—	—	3.38	21.5
L2	0.1660	143.0	3.24	0.03	24.2	8.7	36.7	2.2	31.3	113.0	324	512	0.12	—	—	1.54	48.2
L9	0.0080	120.0	0.37	0.02	5.6	152.0	81.8	14.0	146.0	142.0	151	199	0.15	—	—	1.72	47.2
糜棱岩																	
B1	0.0094	1.7	—	0.03	80.5	2.2	7.0	—	—	45.0	481	670	—	9.5	6.8	—	—
B2	0.0141	1.9	—	0.01	65.2	1.1	7.3	—	—	51.0	335	900	—	9.4	8.2	—	—
B3	0.0164	3.5	—	0.01	80.5	3.0	8.4	—	—	60.0	411	1100	—	9.0	9.0	—	—
B4	0.0164	1.4	—	0.43	79.4	6.5	8.4	—	—	36.0	204	1060	—	12.0	5.8	—	—

样品测定单位: 长春科技大学。“—”表示未测。

表4 夹皮沟、石棚沟金矿带及两者之间过渡带的控矿构造—蚀变—矿化—环境特征简表

Table 4 Ore-controlling structure-alteration-mineralization-geological setting characteristics of Jiapigou gold ore belt, Shipengou gold ore belt and Jiapigou-Shipengou transformation area

矿化类型分带	夹皮沟金矿带					过渡带		石棚沟金矿带		
	脉状矿化带		裂隙脉状矿化带			网脉状矿化带		细脉浸染矿化带		浸染状矿化带
围岩蚀变分带	钾、钠化带, 硅化带		硅化钾化带			绢英岩化带		黄铁绢英岩化带		
	钾钠花岗岩及黄铁石英脉岩					绢英硅质花岗岩		黄铁绢英质蚀变岩		
构造及构造岩分带	断裂破碎带	挤压片理带	构造透镜体带	密集节理带	稀疏节理带	剪裂构造带		张扭裂构造带		张裂构造带
	超糜棱岩带	碎粒糜棱岩带	碎斑糜棱岩带	初碎糜棱岩带	碎裂花岗岩带	扭裂花岗岩带		张扭裂花岗岩带		张裂花岗岩带
断裂性质、序次及环境	压扭性断裂带					扭性断裂带		张扭、张性断裂带		
	低序次夹皮沟、富尔河断裂					大砾子等共轭断裂		高序次浑江—辉发河断陷		
	早期韧性变形, 晚期脆性变形					初—脆性过渡		脆性变形		
典型实例	三道岔、四道岔、五道岔、夹皮沟庙岭、二道沟、八家子等金矿床					治安—王家店、红石林场、板庙等金矿床		石棚沟、石大院、风鸣顶子、芹菜沟、石棚沟后山等金矿点		

矿元素富集和沉淀的最佳条件, Shimamoto(1989)利用盐岩的变形模拟实验予以了进一步的证实。

### 2.2.3 有震域与无震域间的过渡

脆—韧性转变域岩石抗剪强度最大, 恰为有震与无震界限(王绳祖, 1993)。从地震角度将大陆岩石圈划分四个构造层(王绳祖, 1993), 由下至上依次为网络状塑性流动构造层、低速高导构造层、剪切破裂构造层和引张破裂构造层; 它们既反映了岩石圈沿垂向的脆—韧性转变和张裂—剪裂转变以及层间关系, 多震层与剪切破裂构造层相对应、层间摩擦热效应导致低速高导层, 同时又表明大陆内部多层次

构造有各自的驱动力源、作用力的远程传递以及应力场、变形场等, 无疑低速高导构造层或脆—韧性转变是不同动力系统间转换的产物。

### 2.3 高一低序次间转换与成矿构造环境过渡

石棚沟与夹皮沟金矿带同处于华北古陆北缘, 有统一的矿质来源, 具有类似的围岩蚀变及矿化阶段, 甚至在成矿温度范围、稳定同位素、微量元素组成特征等方面都具有有一致性; 而表现在矿体形态、规模产状、矿化形式、矿石自然类型等方面的差异无疑是由成岩成矿和控岩控矿构造部位的不同、序次高低、应力性质差异所造成的(表4)。

### 3 动力系统间构造转换机制

#### 3.1 板块动力系统间转换的分支拉压双生构造机制

板块构造动力系统主要由沟、弧、盆三部分组成,随边界条件的改变,各组成部分都可转换成为一个独立的分支动力系统控制金矿的形成。海沟俯冲挤压形成碰撞叠加型金矿,盆地拉张拗陷形成沉积层控金矿,拉压转换过渡地带的火山岛弧区易形成内生金矿。盆地拉张按形成规模和切割深度的大小,又不断出现大洋扩张和大陆张裂,两者转换交替进行;陆—陆碰撞、洋—陆碰撞、拉张和挤压也成对交替进行,这种各动力系统成对进行交替转换与金矿床形成间的内在联系称为双生构造机制。

#### 3.2 隆—滑动力系统间转换的蠕变拉压和熔活构造机制

古陆边缘分布的金矿床多数都具有漫长的形成史,石英和方解石颗粒溶解构造发育及压溶劈理和压溶岩脉普遍存在都是蠕变构造机制控制作用的结果。在古陆隆起与边缘拉张滑脱间的转换过渡地带岩石,易产生拉力或压力差,应力差诱发剪切力( $\tau$ )生成,关系式为: $\xi = \tau\mu$ ,式中 $\xi$ 为构造热率, $\mu$ 为滑动速度。实验表明(孙忠实等,1999),当滑动速度达 $10^{-8}$  cm/s时,岩石便逐渐发生变形、重熔,有用元素开始活化。

#### 3.3 脆—韧性动力系统间转换的对剪、拉压渗透构造机制

脆—韧性动力系统间转换是一个由脆性破裂向碎裂流动和塑性流动的转变过程,岩石以扩散蠕变、颗粒边界滑动、位错蠕变和动态重结晶等变形机制为主,并通过系列参数(包括温度、围压、差应力、应变速率和流体压力等)表现出由一种动力系统非均匀化向另一种动力系统均匀化和稳定化发展;对剪滑动伴有变质作用过程的发生,使含水硅酸盐矿物分解形成水溶液,水溶液沿对剪面之间产生的挤压面和拉张面进行渗透和流动,萃取围岩金形成含金流体。

#### 3.4 高一低序次动力系统间转换的弯曲、拉压脉动构造机制

高一低序次动力系统间转换,实际上是应力曲线传送的过程。应力迫使高一低序次动力系统间过渡岩石发生弯曲和拉、压,随应力大小不断变更,使已弯曲的岩石不断颤动,造成成矿流体脉动性贯入。

### 4 结语

吉林石棚沟金矿带和夹皮沟金矿带主要分布在不同构造环境的过渡地段,它们是不同的动力系统间转换的产物,是一个动力系统不断消亡,另一动力系统产生过程中的产物。所以,大型矿集中区主要产生于不同动力系统间转换地段及金成矿作用受双动力学机制控制的地区。

#### 参考文献

- 陈毓川,裴荣富,宋天锐 1998. 中国矿床成矿系列初论[M]. 北京:地质出版社. 1~104
- 邓军,徐守礼,方云,等 1996. 胶东西北部构造体系及金成矿动力学[M]. 北京:地质出版社.
- 邓军,吕古贤,郭涛,等 1998. 构造应力场转换与界面成矿[J]. 地球学报, 19(3): 244~250
- 邓军,翟裕生,杨立强,等 1999. 剪切带构造-流体-成矿系统动力学系统模拟[J]. 地学前缘, 6(1): 115~128.
- 刘大瞻 1994. 黄泥岭岩体的基本特征[J]. 吉林地质, 13(4): 41~45
- 吕古贤,林文蔚,罗元华,等 1999. 构造物理化学与金成矿预测[M]. 北京:地质出版社. 397~419.
- 孙忠实,邓军,翟裕生,等 1999. 吉林钾长花岗岩构造背景及轴对大型金矿床的控制[J]. 地球学报, 20(2): 163~168.
- 孙忠实,邓军,翟裕生,等 1999. 金、硅和硫化物迁移富集层次性模拟实验与构造机制研究[J]. 现代地质, 13(3): 329~333
- 王绳祖. 1993. 亚洲大陆岩石圈多层构造模型和塑性流动网络[J]. 地质学报, 67(1): 1~17.
- 於崇文,岑况,鲍征宇,等 1998. 成矿作用动力学[M]. 北京:地质出版社. 1~23
- 翟裕生,张湖,宋鸿林,等 1997. 大型构造与超大型矿床[M]. 北京:地质出版社. 97~124
- 翟裕生. 1999a. 论成矿系统[J]. 地学前缘, 6(1): 13~27
- 翟裕生,邓军,李晓波 1999b. 区域成矿学[M]. 北京:地质出版社. 15~44.
- Favis M D. 1998. A self-organizing dynamic systems approach to the simulation of rill initiation and development of hillslopes[J]. Computer and Geosciences, 24(4): 353~372.
- Gikas V, Cross P A, Ridyard D 1999. Reliability analysis in dynamic systems: Implications for positioning marine seismic networks [J]. Geophysics, 64(4): 1014~1022.
- Zhai Y S, Deng J, Song H L. 1998a. Synchronous structural of superlarge ore deposits[J]. Science in China (Series D), 41 (supp). 7~12.
- Zhai Y S. 1998b. Giant ore deposits related to deep structure in and around the North China Block[J]. Global Tectonics and Metallogeny, 6 (3,4): 173~175

## Dynamic System Transformation and Gold Ore-forming Process

Deng Jun<sup>1</sup>, Sun Zhongshi<sup>2</sup>, Wang Jianping<sup>1</sup>, Yang Liqiang<sup>3</sup> and Wang Qingfei<sup>1</sup>

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083; 2 Changchun University of Science and Technology, Changchun 130061;

3 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101)

**Key words:** dynamic system transformation, gold ore-forming process, tectonic setting, transition, tectonic transformation mechanism

### Abstract

Dynamic system transformation and ore-forming process constitute deep-level researches in metallogenic dynamics, being a metallogenic study between different systems on the basis of a single dynamic system. A study of the Jiapigou gold deposit indicates that gold deposits on the northern margin in the North China platform are mainly distributed in the transformation areas between seafloor spreading and continental tension fracture, between ancient continental uplift and edge delamination, between ductile shear and brittle shear and between high order and low order. Tectonic transformation mechanism of every transformation area underwent four stages, namely ① twinning of branch tension-compress, tension-tension, and compress-compress; ② wriggling, melting and mobilization; ③ opposing shearing, osmosis and drawing; ④ bending and pulsing injection. A study on transforming metallogenic mechanism of different dynamic systems at different stages will broaden our knowledge on geneses and metallogenic settings of gold deposits. According to differences between dynamic systems, the metallogenic prognosis can be turned mainly to the transformation area between different dynamic systems.

<http://www.kcdz.ac.cn/>