大营子金矿床成矿物理化学条件研究

姚玉增,梁俊红,金成洙,王建国

摘 要: 在详细研究大营子金矿床成矿地质背景及包裹体特征的基础上,利用化学热力学原理, 对成矿流体的物理化学性质进行了计算。成矿溶液的氢氧同位素组成表明成矿流体为混合来源, 为先期深源岩浆热液叠加了后期雨水所致。

关键词: 大营子金矿;成矿流体;物理化学条件 中图分类号: P618.51;P611 文献标识码: A 文章编号:1001-1412(2001)01-0032-06

大营子金矿床位于华北地台北缘 级构造单元 燕山台褶带与内蒙地轴接壤部位,区域上处于燕山 期火山盆地边缘。

1 矿床地质概况

矿区内出露的地质单元有上元古界红旗营子群 变质岩、变闪长岩、海西期花岗岩及中生代侏罗纪火 山岩。红旗营子群凤凰咀组主要由斜长角闪岩、角闪 质片麻岩类及大理岩组成,其原岩多为基性火山岩, 含金量高,被认为是本区金成矿的"矿源"之一^[1];变 闪长岩是金矿床的直接赋矿围岩,主要矿物成分斜 长石、角闪石、少量黑云母、绿帘石、石英。海西晚期 侵入岩主要为花岗质岩石,侵入活动强烈。燕山期火 山岩主要为超浅成相斑岩体,此外还有一些中酸性 的脉岩侵入。

矿区断裂构造发育,可分为 EW 向、NE 向、NW 向及近 SN 向 4 组。EW 向断裂为早期断裂构造,属 基底断裂,对矿床的控制作用明显。北部扒皮头—邢 家窝铺、干桥沟—小窑沟 EW 向挤压片理化带控制 了大营子金矿矿化范围,矿体在两者之间发育。NE 向断裂为本区主要的导矿、容矿构造。与此相应,大 营子金矿的主要工业矿脉 3 号脉和 5 号脉,近于平 行,走向约为 12 °,为 NNE 向,空间上延深大于延长。 矿脉主要由早期硅化体、蚀变岩和含金细脉组成。矿 脉在走向及倾向上都具有舒缓波状的特点,呈现压 扭性断裂控矿特征。矿石中主要金属矿物为黄铁矿、 黄铜矿、磁铁矿和金矿物;脉石矿物主要为石英、绢 云母、钾长石、重晶石和方解石。矿床主要有4个成 矿阶段。氧化物阶段:主要生成脉石矿物,晚期有第 一世代黄铁矿及微量金形成;硫化物阶段:硫化物大 量生成,为主要成矿阶段;碳酸盐阶段:主要生成方 解石、重晶石等,基本没有金属矿物生成;表生阶段。 近矿围岩蚀变有钾长石化、硅化、绿泥石化、绢云母 化、碳酸盐化及黄铁矿化,少数具蛇纹石化和滑石 化。矿床的成因类型为中—低温热液蚀变岩型金矿。

2 包裹体一般特征

流体包裹体是研究热液矿床的有效手段,它不 仅有助于了解矿床形成的物理化学条件,还能提供 成矿溶液的化学成分及成矿物质来源方面的信息。

本次研究工作的样品取自大营子金矿主要工业 矿脉3号脉和5号脉。由于矿脉主要由硅化体、蚀变 岩组成,且早期硅化体含金量低,流体包裹体含量也 很少,故样品主要采集了主成矿期(硫化物阶段)含 金矿脉,测定对象为透明矿物——石英。

大营子金矿床含矿石英中包裹体以原生气液包 裹体为主, 气液比介于 5%~80% 之间, 且多数为 10%~40%; 此外还见有少量纯液相包裹体以及含 液态 CO² 包裹体, 呈典型的'双眼皮'状; 偶尔可见极 少量的纯气相包裹体及有机包裹体, 颜色较暗, 呈微 黄色。假次生及次生包裹体多沿矿物裂隙分布, 但数 量较少。本次工作主要研究了矿物中具有测定意义 的原生包裹体。研究发现, 包裹体多呈浑圆状、三角 状、长条状或不规则形状, 偶尔也能见到石英晶体负

收稿日期: 2000-08-04; 修订日期: 2001-01-02

作者简介:姚玉增(1972-),男,山东蒙阴人,博士,现从事矿床地球化学及环境地球化学研究工作。

晶形。包裹体数量较多,但个体较小,为 2~18 m, 多数在 4~9 m 之间,分布没有明显的规律性。 对大营子金矿含金矿脉流体包裹体的化学成分作了 系统分析。为了发现其中的地球化学规律性,把分析 结果中液相离子的浓度化成离子数(或原子数)。计 算后的结果见表 2。

3 包裹体成分特征

表1 大营子金矿含金矿脉包裹体液相成分表

T able 1	Chemical composition of liquid facies of the inclusions from gold-be	aring					
vein of Davingzi gold deposit							

			, em o	1 Dujing	gora acpo	- 		υB	mor 1
样品编号	\mathbf{F}^{-}	C1-	SO ²⁻	K+	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg^{2+}	F ⁻ / Cl ⁻	$\mathrm{N}\mathrm{a}^{\!+}$ / K^{+}
400-3-5-1	0. 655	0.599	0.106	0.311	0. 299	0.205	0.136	1.09	0.96
420-3-5	0.306	0.410	0.064	0.182	0.197	0.162	0.094	0.75	1.08
420-5-6-2	0. 285	0.508	0.078	0.254	0. 288	0.151	0.050	0.56	1.13
DA-3-1	0.335	0.414	0.050	0.377	0.328	0. 199	0.033	0.81	0.87

测试单位:中国地质大学(北京)包裹体实验室

表 2 大营子金矿含金矿脉包裹体气相成分表

Table 2 Chemical compositions of gas facies of the inclusions from gold-bearing

vein of Dayingzi gold deposit							
样品编号	H2	N 2	CH4	CO 2	H2O	CO 2/ H2O	
400-3-5-1	0.14	0.45	1.05	0.39	97.96	0.01	
420-3-5	0.10	0.39	0.98	0.44	98.09	0.01	
420-5-6-2	0.08	0.31	0.87	0.65	98.09	0.01	
DA-3-1	0.08	0.26	0.79	0.30	98.55	0.01	

测试单位:中国地质大学(北京)包裹体实验室

由表 2 可以看出, 成矿流体液相成分中阴离子 以 CI^- , F^- 为主, SO^{2^-} 次之; 阳离子以 Na^+ , K^+ 为 主, Ca^{2+} , Mg^{2+} 次之, 碱金属含量远大于碱土金属的 含量, 这有利于 SiO_2 的溶解、迁移和交代。成矿流体 属 Na^+ - K^+ - Ca^{2+} - Mg^{2+} - F^- - CI^- 型。气相成分中 H₂O 占绝对优势, 其他气体中以 CH₄, CO₂, N₂ 为主, 含有 极少量的 H₂。构成了 H₂O> CH₄> CO₂> N₂ 体系。该 矿床中 CH₄ 含量较高, 平均比 CO₂ 高出 2 倍以上, 故有机质在大营子金矿成矿过程中可能起到了重要 的作用。N₂ 与 CO₂ 含量相近, 一般说来, N₂ 含量高 是榴辉岩变质流体的一个普遍特征^[12], 综合矿床地 质特征认为该矿成矿流体具有深源性质。

4 成矿物理化学条件研究

4.1 成矿温度

目前已有多种地质温度计,以包裹体测温较为 可靠(施立达,1992)。包体测温主要有两种方法:均 一法和爆裂法。均一温度和爆裂温度都不是真正的 成矿温度。均一温度与实际成矿温度之间存在着如 下关系: *T*t= *T*h+ *T*。式中 *T*为不确定的校正值, 其变化范围较大,主要由成矿压力和流体盐度确定。 大营子金矿成矿压力和流体盐度都较低(见后面的 分析),因此包裹体均一温度可以近似地视为本矿床 的成矿温度。对大营子金矿含金石英脉进行了均一 温度的测定,测温范围为110~390 ,个别可达 400 以上,均一温度直方图呈多峰式。由图可知,该 矿床主成矿期温度为250~320 ,最佳成矿温度为 280 ;另外,120~160 为碳酸盐阶段,代表着矿化 作用的结束。而最早期矿化阶段在图中表现得不明 显,这主要是早期石英为硅化作用的产物,其中包裹 体数量较少,适于测温的包裹体则更少的缘故。

4.2 成矿流体盐度

盐度表示包裹体溶液中所含盐类的总量,它对 研究成矿流体性质、围岩蚀变及在包裹体测温和压 力估算方面均有重要作用。冷冻法所测定的盐度实 际上是多组分的综合结果,以相当于 NaCl 的质量分

 $c_{\rm p}/m_{\rm ol}$, L^{-1}

数表示。一般说来, NaCl-H2O 体系冷冻曲线可代表 多组分体系的冷冻曲线^[6]。为了解成矿流体的盐度, 对其中气液包裹体进行冰点测定, 相应的盐度可由 卢焕章冷冻温度-盐度换算表查出^[6]。测定结果如表 1 所示。



图1 大营子金矿5号脉和3号脉均一温度直方图

Fig. 1 Histogram of homogeneous temperature of 5# & 3# vein, Davingzi gold deposit

表 3 大营子金矿石英包裹体均一温度、冰点(盐度)

Table 3	The hom ogeneous	& ice-point	temperature of	q ua rt z	inclusion	in	Davingzi	gold de	eposi
---------	------------------	-------------	----------------	-----------	-----------	----	----------	---------	-------

样号	大小/ m	气液比/%	均一温度/	冰点/	盐度 $(w(NaCl))/\%$
	10	15	138(+ 40)	- 0.2	0.4
420-5-6-2	8	10	263(+ 20)	- 5.7	8.9
	10	10	221(+ 20)	- 4.3	6. 9
	8	20	224(+ 20)	- 0.7	1.2
400-3-5-1	10	15	188(+ 30)	- 2.5	4.2
	8	20	239(+ 20)	- 1.7	2.9
	10	15	238(+ 20)	- 0.6	1.0
DA 21	18	15	280(+ 20)	- 4.6	7.3
DA-3-1	20	10	215(+ 20)	- 2.7	4.5
	12	25	235(+ 20)	- 3.3	5.4
420 5 5	10	15	232(+ 30)	- 5.2	8.2
420-5-5	9	20	274(+ 20)	- 4.1	6.6
420 5 7	9	20	232(+ 30)	- 3.8	6.2
420-5-7	11	15	211(+ 30)	- 2.1	3.6
420.2.5	15	25	293(+ 20)	- 3.2	5.2
420-3-3	12	25	281(+ 20)	- 1.3	2.2
420-3-1	10	15	275(+ 10)	- 3.2	5.2
400-3-3	8	15	251(+ 20)	- 0.2	0.4
420-3-1	10	15	295(+ 20)	- 2.4	4.0

注: 括号内数据为考虑压力影响而对均一温度所作的校正值

由表 1 可以看出,大营子金矿成矿流体为中低 等盐度。 $w(NaCl) = 0.4\% \sim 8.9\%$,平均w(NaCl) = 4.44%。

成矿流体的盐度除了用冷冻法测定外,还可以 根据包裹体的化学成分计算得到^[4]。结果表明,该矿 床成矿流体盐度 w (NaCl) = 4.19% ~ 6.63%, 平均 为 5.52%。该结果与冷冻法测定的盐度相近, 表明所 得的结果是可靠的。

4.3 成矿压力

由于包裹体的体积难以准确测定,故成矿压力

 01325×10^{5}

$$p_{1} = p_{0} \times t_{1}/t_{0}$$

$$p_{0} = (219 + 2620 \times N) \times 1.$$

$$t_{0} = 374 + 920 \times N$$

- 其中: p1-成矿压力(Pa)
 - p₀—初始压力(Pa)
 - t1—成矿温度()

N---盐度(wt%)

t1 取主成矿期温度,即 280 。N(盐度)取平均 盐度w(NaCl) = 4.69%,则大营子金矿主成矿期成 矿压力p1=75.68 MPa。该矿床成矿过程中无明显 沸腾现象,若处于完全封闭状态下,则成矿流体所受 压力应主要为上覆岩石的静压力。压力梯度若按 25.33 MPa/km 计算,则成矿深度约为 3 km。由于几 乎所有的导矿、赋矿构造均处于半开放—开放状态, 故成矿压力反映的主要是流体自身的压力^[5],所以 大营子金矿成矿深度不小于 3 km,属于中深成热液 金矿床。

4.4 成矿流体的矿化度(MR)

矿化度规定为 1 L 水中所溶解溶质的总质量, 它概略表示了成矿流体的矿化能力。

 $M R = X F^{-} + X CI^{-} + X SO_{4}^{2-} + X K^{+} + X N A^{+}$

 $+ X Ca^{2+} + X Mg^{2+} + X HCO_3^{-}$

计算得,该矿床的矿化度为46.85~74.30,平均为58.19。

4.5 成矿流体的酸碱度

成矿溶液的_pH 值对溶液的性质有很大影响,它 直接决定着溶液的各种性质和行为。成矿溶液的_pH 值很难直接测定,多数都采用计算的方法。

由成分分析结果可以看出,包裹体中液相离子 主要为 Na⁺,K⁺,F⁻,Cl⁻,而气体中主要为 CO₂ 和 H₂O 对 pH 值起决定作用,因而溶液 pH 值主要受 CO₂ 分压和 Na(K) Cl 溶液控制。通常当盐度(w(Na-Cl))低于 20% 时认为溶液中离子强度低,活度较小, 溶液的 pH 主要由碳酸的一级电离常数 K₁和 m_{λ}/p_{CO_2} 来确定,即:

$$pH = p co_{2} + log(m_{A}/p co_{2})$$

$$\ddagger P: m_{HCO_{2}} m_{A} = m_{Na^{+}} + m_{K^{+}} + 2mc_{a}^{2+} + 2mMg^{2+} - (m_{F^{-}} + mc_{F^{-}} + 2mso_{a}^{2-})$$

p co,: CO2 分压

按上述公式计算可得成矿溶液 pH= 5.81~

7.08,考虑到在 300 纯水的 pH 为 5.70,可见大营 子金矿成矿溶液为中性—弱碱性,这也与大营子金 矿广泛发育的钾长石化、绢云母化的地质事实相符。 4.6 成矿流体的氧化--还原性

还原参数 R 可定性地判别成矿溶液的氧化-还 原程度:

$$R = \frac{N_{\rm H_2} + N_{\rm CH_4} + N_{\rm CO}}{N_{\rm CO_2}}$$

计算可得该矿床 *R* = 1.46~3.03, 其范围表现 为一种相对还原的环境。

Eh 值代表成矿溶液的氧化-还原电位, 它能定 量的衡量成矿溶液的氧化-还原程度。Eh 值的高低 与溶液的 pH 值密切相关, 可根据反应式:

$$CH_4 + H_2O = CO + 6H^+ + 6e^-$$

$$CH_{4} + 2H_{2}O = CO_{2} + 6H_{2}O + 8e^{-1}$$

可得:

Eh_1= E_1^0 + 3. 3 × 10⁻⁵T
$$\left[\log \frac{f_{\rm CO}}{f_{\rm CH_4}} - \log f_{\rm H_2O} - 6 \mathrm{pH} \right]$$

Eh_2= E_2^0 + 2. 48 × 10⁻⁵T $\left[\log \frac{f_{\rm CO}}{f_{\rm CH}} - 2 \log f_{\rm H_2O} - 8 \mathrm{pH} \right]$
Eh= $\frac{1}{2}$ (Eh_1+ Eh_2)

因为大营子金矿流体体系中无CO,则Eh= Eh₂。

计算可得该区成矿流体 Eh= -0.53 ~ -0.65, 可见成矿流体溶液呈较强的还原性。

4.7 气体逸度

逸度是指某一组份在混合气体中的有效分压, 通常以*f*_i表示。

 $f_{i} = p \cdot r_{i} = p \cdot Z_{i} \cdot r_{i}$

xi—某一组分所占混合气体的摩尔分数

ri—某组分的逸度系数。

对于氧逸度来说,由于氧很活泼,在高温高压下 多与物质发生化学反应,生成水和相应的氧化物,故 包体成分很难测出游离氧,可根据下式计算:

$$\log f_{0_2} = \frac{1}{2} \left[\log \frac{f_{CO_2}}{f_{CH_4}} + 2\log g f_{H_2O} + 2\log p + \frac{G_T}{0.045T} \right]$$

或者气体逸度可以查逸度-温度表求得[19]。

计算可得大营子金矿流体 logf o₂ = 41.25 ~ 41.40, logf co₂ = 0.06 ~ 0.27, 总体上呈强还原性。

综上所述,大营子金矿成矿物理化学条件如表4 所示。

2001年

	T able 4	le 4 Ore-forming physi-chemical conditions of Dayingzi gold deposit								
样品编号	盐度/%	M R/ g \cdot L $^{-1}$	R	$_{\rm pH}$	Eh	logfo2	$\log f \cos_2$	$Na^{+}/Ca^{2+} + Mg$		
400-3-5-1	6.63	74.30	3.03	7.08	- 0.65	- 41.40	- 0.16	1.00		
420-3-5	4.19	46.85	2.50	5.81	- 0.53	- 41.37	- 0.11	0.80		
420-5-6-2	5.89	54.74	1.46	7.08	- 0.65	- 41.25	0.06	1.05		
DA_3_1	5 29	56 85	2.86	6 80	- 0.62	- 11 30	- 0.27	0.80		

表 4 大营子金矿成矿物理化学条件表

5 成矿流体来源探讨

Rodder(1972)及许多地质工作者经多年研究指 出一个确定成矿热液类型的经验指标,即:当 Na/K < 2, Na/Ca+ Mg> 4 时为典型岩浆热液;当 Na/K> 10, Na/Ca+ Mg< 1.5 时为典型的热卤水;介于二者 之间的, 2< Na/K< 10, 1.5< Na/Ca+ Mg< 4,可能 为沉积型和层控型热液(喻铁阶, 1985)。大营子金矿 床 Na/K 比值均小于 2, 表现出岩浆热液的特征; 而 Na/Ca+ Mg 却均小于 1.5, 表现出典型地下热卤水 的特征。作者认为这是先期深源岩浆热液后期混入 地下热卤水的结果。

氢氧同位素研究是探讨成矿溶液来源的一种有 效方法,不同来源的水具有不同的氢氧同位素比值。 对大营子金矿石英进行了 H,O 同位素研究,结果见 表 4。

表 5 大营子金矿床含金石英氢氧同位素组成

Гable 5	Composition	of H-O	isotope of	go ld -	bearing	vein	from	Day	ingzi	gold	deposit
---------	-------------	--------	------------	---------	---------	------	------	-----	-------	------	---------

样品编号	测定矿物	形成温度/	(¹⁸ 0石英)/10 ⁻³	$(^{18}\!O_{{ m H_2O}})/10^{-3}$	$(D_{\rm H_{2}O}) / 10^{-3}$
400-3-1	石英	280	12. 1	4. 38	- 64
400-3-5-1	石英	280	12.7	4.98	- 81
400-5-7-1	石英	270	11.4	3. 28	- 85
400-5-9	石英	270	11.1	2.98	- 85
420-5-7	石英	270	11.0	2.88	- 84
420-5-6-2	石英	270	12.2	4.07	- 84

测试单位:中国地质科学院矿床地质研究所

矿石中石英氧同位素及氢同位素的变化范围很窄, (¹⁸O_{石英}) = + 11.0×10⁻³ + 12.7×10⁻³, (D) = - 64 × 10⁻³ - 85×10⁻³。为了解成矿流体的氧同位素组 成,利用石英-水之间氧同位素平衡关系式:

1 000 ln 石英-水= 3. 38 × 10⁶T⁻²- 3. 4

(据克莱顿和奥尼尔, 1972)

计算与石英沉淀时平衡的氧同位素组成,计算 结果如表4所示。

将表4中数据投到图2上,可见该矿床同位素 投影点均落在岩浆水下方,靠近雨水线一侧,说明该 矿床成矿流体水是多来源的,主要是岩浆水,在后期 加入了地下热卤水。该结果也和权恒(1992)的研究 结果相一致。

6 金迁移及沉淀机理

6.1 金在热液中的迁移形式

一般认为,在中低温、富硫还原及中偏碱性溶液 中, $[Au(HS)_2]^{-}$ 等金-硫(氢)络合物占优势;而在高 温、富氯、氧化及酸性介质中,金主要与氯形成 $[Au-Cl_2]^{-}$ 等各种络合离子而迁移^[2]。大营子金矿床成矿 流体液相化学成分阴离子主要为 Cl⁻和 F⁻,矿化物 和硫酸盐(S)次之。据研究, Au⁺和 '硬的'氟离子相 互作用不太可能形成弱的 $[AuF_2]^{-}$ 。大营子金矿床 成矿流体呈中—弱碱性,成矿温度为中—高温,流体 呈较强还原性,该种条件下适于形成 $[Au(HS)_2]^{-}$ 金 -硫(氢)络合物,但流体中 S含量并不高,而相对富





H-O isotope of ore-forming fluid

氯。这似乎是矛盾的。实际上, "石英包裹体中的流体 组成和性质反映的是成矿后残余溶液的特征, 并不 能代表成矿阶段的性质 ^{*13]}。另据很多学者研究, 成 矿流体物理化学性质在整个成矿过程中是有变化 的, 一般是由高温 中低温, 由酸性--弱酸性 中性--弱碱性。因而, 该矿床中成矿元素金主要是以 [AuCl2]⁻、[Au(HS)2]⁻形式迁移, 且早期阶段因温 度高, S大多以难以电离的中性气体 H2S形式存在 (H2S溶解度太低), 故金主要是以[AuCl2]⁻形式迁 移。据金成洙研究^[18], 中性金在高温条件下, 可被氯 气氧化, 形成易挥发的金氯化物:

$$Au(s) + \frac{n}{2}Cl_{2(g)} = [AuCl_n]_g$$

因而金也可能以气相形式迁移。在晚期阶段,随着温 度降低, H₂S 溶解度不断增大, 硫对金的活化迁移能 力不断增强, 此时金可呈 $[Au(HS)_2]^-$ 等形式存在。 此外, Cl⁻还可与 HS⁻共同作用形成 Au [Cl₂ (HS)₂]⁻、Au $[Cl(HS)]^-$ 混配型络离子。故而大营子 金矿床中成矿元素金主要以 $[AuCl_2]^-$ 、 $[Au(HS)_2]^-$ 等形式迁移。

6.2 金的沉淀机制

影响矿质沉淀的因素很多,温度下降、压力释放、不同流体混合作用、单一流体不混熔作用、水--岩反应等均可造成金的沉淀。

温度降低使得金络合物在水中溶解度下降^[2], 有利于金的析出。而压力的骤然下降可导致流体在 局部范围内沸腾。T.M.Seward 详细探讨了多阶段 开放系统沸腾作用对金的溶解度的影响,认为深部 流体在绝热条件下达到 305 时沸腾,然后挥发相 (气体+ 水蒸汽)随沸腾作用继续进行而逸失,则多 数金将在 20 温度区间内沉淀富集^[16]。不同流体混 合作用对本矿床金的沉淀富集起到了重要作用。由 于先期的深源流体与后期的地下热卤水性质差异很 大,流体的混合可导致热液中 $c(Cl^-)$ 和 fo_2 降低和 pH 值的升高,这些都有利于金的沉淀富集。水-岩反 应同样可以使流体物理-化学性质发生改变,从而使 得金沉淀。近来,对硫化物表面对流体的吸附作用研 究日渐深入,对金的富集具有不可忽视的作用。对大 营子金矿来讲,上述因素可能都起到了控制作用,金 的沉淀富集是综合作用的结果。

参考文献:

- [1] 朱世戌,刘小云.大营子蚀变岩型金矿地质特征及控矿因素的研究[J].矿产与地质,1996,(5):319-324.
- [2] 毛华海,张哲儒. 热液中金的沉淀机理研究综述[J]. 地质地球 化学, 1997, (2): 89-92.
- [3] 李福春, 刘源, 金章东, 等. 流体在金属成矿过程中的作用[J]. 矿产与地质, 1993, (3): 129-134.
- [4] 王真光,黄森云,芮晓燕.矿物包体成分物理化学参数的计算机 程序[J].矿产地质动态,1988,(1):28-35.
- [5] 李志刚, 权恒. 辽西—冀北地区多金属矿成矿流体性质研究
 [J]. 贵金属地质, 1993, (2): 137–145.
- [6] 卢焕章, 李秉伦, 喻铁阶, 等. 包裹体地球化学[M]. 北京: 地质 出版社, 1992: 56–115.
- [7] 梁俊红,姚玉增,金成洙,等.红花沟金矿田莲花山矿区流体地 球化学特征[J].黄金学报,2000,(1):6-9.
- [8] 权恒,韩庆云,艾永富,等.燕辽地区多金属、金、银成矿远景
 [M].北京:地质出版社,1992:59-80.
- [9] 张德会.关于成矿流体地球化学研究的几个问题[J].地质地球 化学,1997,(3):49-57.
- [10] 胡学文,张江满,刘恩华,等.冀北红旗营子群的重新厘定及其 基本特征[J].河北地质情报,1995(3):8-10.
- [11] 钱会文,时明河,王忠义,等. 冀西北红旗营子群变质与变形的 温压条件研究[J]. 河北地质情报, 1995, (2):43-49.
- [12] 中国科学院矿床地球化学开放研究实验室.矿床地球化学[M].北京:地质出版社,1997.373-401.
- [13] 秦大军. 韧性剪切作用与深源流体演化和金矿化的耦合关系[J]. 地质地球化学, 1997, (3): 58-63.
- [14] 何知礼. 包体矿物学[M]. 北京: 地质出版社, 1982.
- [15] 李秉伦, 石岗. 矿物中包裹体气体成分的物理化学参数图解[J]. 地球化学, 1986, (2): 126–137.

(下转第57页)

境 动态监测中的应用[J]. 长江流域资源与环境, 2000, 9(1): 34-39.

- [7] 沈芳,黄润秋,苗放.地理信息系统与地质环境评价[J].地质灾 害与环境保护,2000,11(1):6-10.
- [8] 何延波,杨琨. 遥感和地理信息系统在水文模型中的应用[J]. 地质地球化学,1999,27(2):99–103.
- [9] 吕涛. GIS 在市场营销辅助决策中的应用研究[J]. 地质技术经济管理, 1999, 21(4): 53-57.
- [10] 巩慧,赵文吉.GIS的发展方向[J].世界地质,1999,18(1):60-63.
- [11] 宋小冬, 叶嘉安. 地理信息系统及其在城市规划与管理中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.

APPLICATION, PRESENT SITUATION AND DEVELOPMENT TREND OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

XU Cui-yun

(Geological Survey Institute of Jiangsu Province, Nanjing 210018 China)

Abstract: Geographic information system (GIS) is an extraordinarily effective technical system of comprehensive procession and analysis of space datum developed in the recent years. This paper outlines the precent application and the davelopment trend of GIS in geological prospecting, mineral resources prognosis evaluation, land rectification, physical resources administration, regional economic planning, country information research, city construction, calamity evaluation and protection, agricultural production estimation and farming dynamic transformation etc.

Key words: Geographic information system; geographic information industry; present application situation; development trend

(上接第37页)

- [16] Foster R P. Gold metallogeny and exploration [M]. London: chapman & hall, 1993. 37-62.
- [17] Steffen G Hageman. Surface-water influx in shallow level Archean lode-gold deposit in Western Australia[J]. Geology, 22: 1067–1070.
- [18] 金成洙. 辽宁白云金矿床金的迁移和富集规律[D]. 沈阳: 东北 工学院地质系, 1982.
- [19] 郝瑞霞. 辽宁盂县王家崴子金矿床矿床成因及成矿模式[D].沈阳:东北工学院地质系,1991.

STUDY ON THE METALLOGENIC PHYSI-CHEMICAL CONDITIONS OF DAYINGZI GOLD DEPOSIT

YAO Yu-zeng, LIANG Jun-hong, JIN Cheng-zhu, WANG Jian-guo

(Institute of Resource & Civil Engineering, Northeastern University, Shenyang 110006, China)

Abstract: On the basis of detail analysis of ore-forming geological background and characteristics of fluid inclusions, physi-chemical conditions of the fluid inclusions are calculated. The composition of H-O isotope indicates that the fluid originates from mixed resources; i. e. former magmatic water mixed with the later subterranean halogenic water.

Key words: Daying zi gold deposit; ore-forming fluid; physi-chemical conditions