地质 ·矿床

黑龙江东安金矿地质及地球化学特征

郭继海 ,汪长生 ,石耀军
(黑龙江省有色金属地质勘查七 0 七队 ,绥化　152054)

[摘　要]东安金矿是在黑龙江省发现的大型浅成低温热液型金矿床。该矿床产于下白垩统火山岩—潜火山岩环境中 ,受库尔滨断裂的次级断裂控制。近矿围岩硅化强烈、冰长石化、绿泥石化、绢云母化发育 ,流体包裹体研究表明 ,主要成矿过程发生在 144 ℃～348 ℃之间 ,成矿深度为 0. 2～1. 0km ,成矿流体液相成分主要为 K^+、Cl^- 等 ,气相成分主要为 H_2O 和 CO_2 ,按照现行的低温热液金 - 银矿床的分类原则 ,该矿床应属低硫化型。文章通过对东安金矿地质及地球化学特征的研究 ,对于确定矿床成因 ,进行成矿预测 ,有一定的借鉴意义。

[关键词]地球化学　东安金矿　黑龙江
[中图分类号]P618. 51 ;P632　[文献标识码]A　[文章编号]0495 - 5331(2004)04 - 0037 - 05

东安金矿位于黑龙江省逊克县南东 139 °方向 45km 处。矿区属伊春—延寿中加里东期地槽褶皱系北段 ,矿床产于中酸性的火山岩 - 潜火山岩环境中 ,现已探明金储量 24t (5 号矿体) ,远景资源量大于 50t。它与环太平洋成矿带上的许多大型、超大型浅成低温热液金矿床 ,如加拿大夏特洛金矿、美国西部麦克劳林金矿、俄罗斯巴列伊金矿、我国福建紫金山金矿、吉林刺猬沟金矿等在地质特征和地球化学特征等方面具有一定的相似性 ,因此通过对东安金矿特征的研究 ,将为在该带继续寻找同类型金矿提供一定的帮助。

1　成矿地质背景

东安金矿处于松嫩地块和佳木斯地块之间的伊春 - 延寿地槽褶皱系北段 ,位于库尔滨壳断裂东侧乌底河断陷盆地中库尔滨断陷与宝山隆起衔接地带靠近隆起一侧。区域上地层以上元古界张广才岭群变质中酸性火山 - 细碎屑岩为基底 ,下寒武统碳酸盐岩夹陆源细碎屑岩为盖层。中生界发育下白垩统中 - 酸性火山熔岩及火山碎屑岩。该区岩浆活动强烈 ,延续时间长 ,从加里东期一直到中燕山晚期 ,其中中加里东期和印支晚期的侵入岩呈岩基状产出 ,中燕山晚期侵入岩多呈小岩株状或岩墙状产出 ,常与同时代的中—酸性火山岩相伴出现[1]。燕山期 ,该区受太平洋板块俯冲及劳亚与冈瓦纳大陆碰撞造山后期伸展作用的影响 ,拉张断陷作用强烈 ,并产生 NNE 向的库尔滨壳断裂 ,该断裂沿库尔滨河谷近直线分布 ,为压扭性断裂。它控制了库尔滨断陷盆地和宝山隆起带的展布[2]。是该区主要的控岩和导矿构造。

2　矿区地质

2. 1　地层

矿区主要出露地层为下白垩统光华组中 - 中酸 - 酸性火山熔岩及火山碎屑岩和第三系中 - 上新统孙吴组砂砾岩。

下白垩统光华组分布于矿区北部和南东部 ,从下到上由安山岩、粗安岩、英安岩、流纹岩等火山熔岩和流纹质角砾凝灰岩 ,流纹质凝灰岩等火山碎屑岩组成 ,不整合覆盖于印支晚期的碱长花岗岩上。

第三系中—上新统孙吴组由黄色砂岩、砂砾岩含亚粘土砂砾岩组成 ,岩石松散 ,弱胶结 ,多分布在矿区垅岗状山脊部位。

2. 2　构造

矿区内总体构造线方向呈近南北向 ,矿区内褶皱不发育 ,断裂活动强烈 ,火山机构发育。

断裂总体近 SN 向 ,属于库尔滨压扭性壳断裂的次级压扭性、张扭性断裂 ,长几十 m～ > 2km ,大致

[收稿日期]2004 - 03 - 08 ;[修订日期]2004 - 03 - 24 ;[责任编辑]余大良。
[基金项目]国家资源补偿费项目(编号 :2001 - 2)和黑龙江省资源补偿费项目(编号 :SD2001 - 20、SD2002 - 231)联合资助。
[第一作者简介]郭继海(1969 年 -) ,男 ,1992 年毕业于桂林冶金地质学院 ,获学士学位 ,工程师 ,现主要从事地质与矿产勘查工作。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

具等间距特点,呈线状展布。为该区重要的控岩控矿构造。

火山机构以火山通道为主,环状、放射状断裂不发育。火山通道沿断裂及其交切部位形成,熔岩状潜火山岩(潜流纹岩)侵入其中,并侵入略早于其形成的细粒碱长花岗岩中。

2.3 侵入岩

矿区出露的侵入岩主要为晚印支期呈岩基状分布的中粗粒碱长花岗岩;中燕山晚期呈岩株状分布的细粒碱长花岗岩、花岗斑岩、潜流纹岩、隐爆角砾岩。其中中燕山晚期潜流纹岩、隐爆角砾岩与金矿成矿关系密切。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

区内已发现 14 条矿体,这些矿体都受库尔滨壳断裂的次级断裂控制,1～4 和 6～9 号矿体赋存于下白垩统光华组粗安岩中的石英岩化蚀变带中,5、10～14 号赋存于中酸性潜流纹岩与晚印支期碱长花岗岩、中燕山晚期的细粒碱长花岗岩接触外带的石英岩化蚀变带中,矿化范围一般与热液石英岩一致,矿体与围岩界线清晰。其上下盘附近常发育隐爆角砾岩。矿体呈脉状,总体走向以近 SN 向为主,其次为 NE 向,一般为陡倾斜,倾角 70°～85°,矿体规模大小不一,长 50～800m,厚 1～7m,延深 < 400m,品位 Au(3～10) $\times10^{-6}$,现发现最大的矿体为 5 号矿体,其长 770m,平均水平厚 6.70m,最大延深 358m,平均品位:Au 9.05 $\times10^{-6}$,Ag 75.8 $\times10^{-6}$,银的矿化与金的矿化段完全对应,金矿化增强时,银品位一般亦增高,矿体为大脉状,无分枝现象,厚度标准离差 4.40、变化系数 75%,表明厚度总体上随机性较小,变化程度不大;品位标准离差 Au 43.04,Ag 163.37;变化系数:Au 381%,Ag 207%,表明 Au、Ag 出现的随机性强,变化程度大(图 1)。

3.2 矿石特征

3.2.1 矿石组构

矿石结构以他形粒状为主,自形、半自形粒状次之。矿石构造以角砾状、脉状 - 网脉状为主,梳状、晶簇、晶洞、条带状次之。

3.2.2 矿石矿物成分

矿石金属矿物含量一般小于 3%,硫化物主要为黄铁矿,其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿;氧化物主要为磁铁矿、赤铁矿(针铁矿)、褐铁矿;贵金属矿物主要为银金矿,其次为金银矿、自然银、辉银矿,自然金很少。其主要矿物特征如下:

黄铁矿:浅铜黄色。早期呈他形粒状、浸染状、团块状集合体,少量呈立方体,五角十二面体,立方体黄铁矿中见垂直条纹,碎裂现象明显。晚期呈细脉 - 网脉状,黄铁矿在地表部分氧化为褐铁矿。黄铁矿中金银矿物含量少,5 号矿体矿石用电子探针测得黄铁矿中金含量为 12.8 $\times10^{-6}$～295.2 $\times10^{-6}$,银含量为 2.6 $\times10^{-6}$～233.3 $\times10^{-6}$。

银金矿:乳黄色,在矿石中呈枝叉状、角粒状、麦粒状等不规则粒状产出,主要以粒间金状态嵌布于石英颗粒间,少部分赋存于石英裂隙间和石英晶簇和晶洞中,极少部分呈包裹体赋存于黄铁矿中,外形以边界不平整者为主,边界规整者少见。粒度以细粒为主,粒径 0.02～0.03mm,少量中粗粒,粒径 0.04～0.1mm。根据电子探针和多点扫描能谱分析结果①,为金含量 501‰～651‰,金的成色较低。

脉石矿物种类比较简单,主要为各种颜色、粒度石英,其次为冰长石、高岭石、少量绢云母、绿泥石。

矿石工业类型:矿石工业类型按有益组分划分主要为贫硫化物银金矿石,其次为贫硫化物银矿石。

3.2.3 矿石类型

矿石自然类型:东安金矿矿石根据矿石的氧化程度可划分为氧化矿和原生矿,近地表的强风化带为氧化矿,往深部为原生矿。从 5 号矿体物相分析结果来看,氧化带最大厚度为 39.9m,最小为 25.90m,因此东安金矿矿石自然类型主要为原生矿石。

3.3 围岩蚀变

矿体围岩蚀变作用强烈,分带性较明显,内带为石英岩化、冰长石化、绿泥石化;中带为硅化、绢云母化、绿泥石化;外带为泥化。内带石英岩化成大脉—细脉状分布,冰长石成团块状或细脉状分布,晶簇、晶洞、梳状构造发育,矿体主要赋存于内带中。中带的硅化、绿泥石化成团块状、细脉状分布,外带的泥化只在蚀变带的局部出现,以粘土矿物为主,成泥状。

3.4 成矿阶段

根据东安金矿的矿体特征、产出位置及矿石矿物特征来判断,东安金矿成矿主要在热液期形成,该成矿过程主要经历了 3 个成矿阶段。①硅化阶段:热液蚀变的早期阶段,该阶段主要发生在中燕山晚期细粒碱长花岗岩上侵之后,主要蚀变为硅化,其次有绢云母化、绿泥石化等,硅化蚀变矿物以低温石英

① 黑龙江省有色金属地质勘查七 O 七队;测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所,2002。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

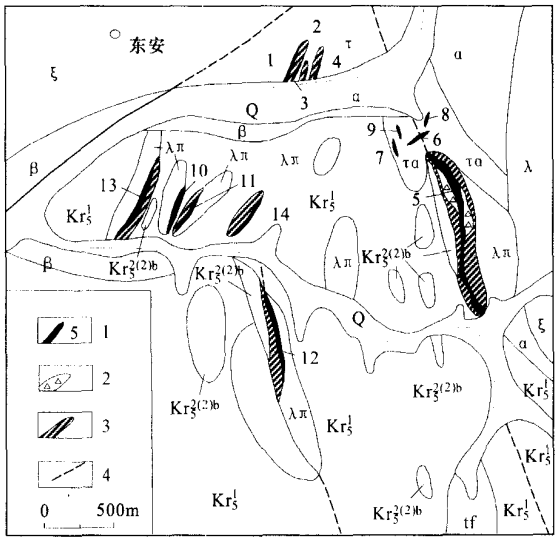


图 1　东安矿区地质图

(资料来源:黑龙江省有色金属地质勘查七 O 七队)

Q —第四系;白垩系下统光华组:tf —流纹质凝灰岩,λ —流纹岩,ξ —英安岩,πα —粗安岩,α —安山岩,λπ$_5^{2(2)b}$ —潜流纹岩,Kr$_5^{2(2)b}$ —中燕山晚期细粒碱长花岗岩,Kr$_5^1$ —印支晚期中粗粒碱长花岗岩;1 —金(银)矿体及编号,2 —隐爆角砾岩,3 —蚀变带,4 —断层。

和玉髓为主,主要以浸染状、团块状交代中粗粒或细粒碱长花岗岩,大部分地段都残留原岩结构构造,为东安金矿早期矿化阶段,金品位一般在 0.2 ×10^{-6}～0.4 ×10^{-6}。②乳白色硅化 - 冰长石阶段:该阶段主要发生在中燕山晚期潜流纹岩之后,伴随有隐爆角砾岩,主要蚀变为硅化、冰长石化、绢云母化。硅化在近地表为隐晶质的石英、玉髓矿物,深部为半自形、他形粒状的石英,主要以网脉状、细脉状、大脉状充填于潜火山岩接触带外侧的断裂中,形成东安金矿早期矿体,该阶段虽然局部品位较高,但总体金品位 3 ×10^{-6}～5 ×10^{-6}。③灰色石英岩化 - 冰长石化阶段:主要蚀变为灰色石英岩化、冰长石化、绿泥石化。该阶段有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等硫化物出现,石英主要以网脉状、细脉状、大脉状叠加于早期的乳白色的石英脉上,是东安金矿的主要成矿阶段,金品位一般大于 5 ×10^{-6},为东安金矿体的主要组成部分。

4　矿床地球化学特征

4.1　表生地球化学特征

4.1.1　表生地球化学景观

该区属北寒温带、大陆季风性气候。属北寒温带森林沼泽景观区。沟谷发育,植被生长茂密,在地势平缓的部位,残坡积及第三系覆盖较厚,永冻层发育。

受下伏母岩成分、气候及地貌等因素的共同影响,区内土壤发育不一,土壤层连续性差,土壤灰化现象普遍。A 层普遍发育,沟谷中发育较厚,B 层在缓坡和鞍部发育,C 层在山坡和山顶鞍部发育完好,但一般较薄。土壤自上而下为:有机质层、腐殖层、(灰化层)、(淀积层)、残积层、母质层(基岩)。

4.1.2　表生介质中金、银的分布特征

矿区内主要沟谷(乌宋岗河)自然重砂中普遍见有金矿物,只在上游见有银矿物。所有金矿物和银矿物的粒径均很小,一般在(0.1～0.3)mm。金矿物在上游(近 5 号矿体)多,且棱角明显,只有极少量磨圆度较好,沿河谷均匀分布,表明区内沟谷中金、银主要来源于区内的矿体。

矿区内金矿体附近的水系中均分布有以 Au、Ag 为主的水系沉积物异常,异常呈不规则面状,Au、Ag 连续性较好,Au 异常与 Ag 异常分布范围大致相同,二者相关性较好,其他元素只在局部出现,且异常值较低,与 Au 相关性较差。

矿区内土壤中 Au、Ag 分布有如下特征:在第三系弱胶结砂砾岩覆盖层较薄或没有第三系砂砾岩覆盖层的地段,金矿(化)体上方的土壤中(如发育有 B 层土壤),一般分布有呈带状连续(高值)Au 异常;异常浓集中心一般随地形坡度与矿(化)体中心有不同的位移;Ag 异常范围相对较小,异常值较低,无规律,Au、Ag 的相关性不明显,分布类型也不明显;在第三系弱胶结砂砾岩覆盖层较厚的地段,因覆盖层的屏蔽效应,土壤中的 Au、Ag 异常不能指示覆盖层下的金矿(化)体,一般为砂砾岩中的砂金(块金效应)引起。

4.2　岩矿石地球化学特征

矿区内岩石主要有下白垩统光华组安山岩 - 粗安岩 - 英安岩 - 流纹岩;晚印支期碱长花岗岩;中燕山晚期的细粒碱长花岗岩、花岗斑岩、潜流纹岩。其中潜流纹岩与下白垩统光华组中 —酸性火山岩相伴出现,皆为同源火山作用的产物,与火山作用有成因联系,是主要的控矿因素。金矿石主要是热液石英岩。

4.2.1　岩矿石化学特征

从岩矿石化学全分析来看,矿区内的岩矿石具有以下特征:

晚印支期中粗粒碱长花岗岩和中燕山晚期细粒碱长花岗岩、花岗斑岩岩石属钙碱性岩系,具富硅、富碱、贫钙的特点(表 1),岩石 ΣREE = 61.06 ×10^{-6}～121.68 ×10^{-6},LREE/ HREE = 8.07 ×10^{-6}～

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1　岩石化学特征参数表

岩　石	SiO_2/ %	$Na_2O + K_2O$/ %	K_2O/Na_2O	CaO/ %	组合指数(σ)
中粗粒碱长花岗岩	71.19～75.16	7.33～8.49	1.21～1.29	0.24～0.35	1.67～2.46
细粒碱长花岗岩	77.11～77.72	7.98～8.37	1.30～1.39	0.21～0.40	1.80～2.05
花岗斑岩	74.46～77.70	7.60～7.75	1.89～2.99	0.27～0.30	1.82～1.91
潜流纹岩	70.68～75.11	7.91～9.06	1.22～2.77	0.21～0.41	2.26～2.80
流纹岩	72.99～73.16	9.41～9.58	1.33～1.34	0.21～0.52	2.60～3.10
英安岩	68.50～69.76	5.80～5.84	1.04～1.10	3.31～3.49	1.30～2.10
安山岩	56.40～58.54	6.27～6.48	0.55～0.66	5.52～6.85	2.60～3.10

注:沈阳地质矿产研究所测试(2002)。

15.71 ×10^{-6},为轻稀土富集型,铕亏损极为明显,呈近于对称的"V"字型(图 2),具重熔特点。

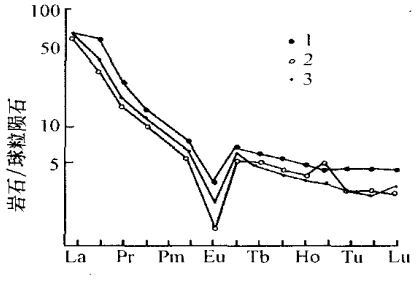


图 2　REE 模式图

1—碱长花岗岩;2—细粒碱长花岗岩;3—花岗斑岩

安山岩 - 英安岩 - 流纹岩和潜流纹岩岩石属钙碱性系列,其硅质和碱质明显增高,岩石在 lgτ—lgσ 图解中落入消减带火山岩区,表明其形成于活动大陆边缘。岩石 ΣREE = 100 ×10^{-6}～200 ×10^{-6},LREE/ HREE = 3～6,为轻稀土富集型,铕亏损极为明显,与其下部的玄武安山岩富集程度相近,曲线形态相似,表明二者岩浆来源一致[3],前者由后者演化而来,皆来源于下地壳底部(图 3)。

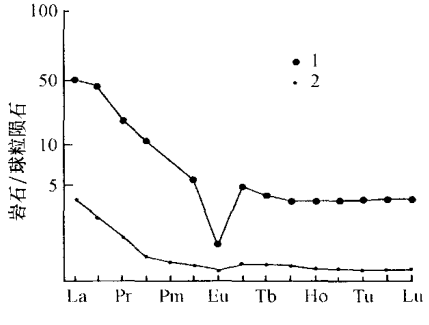


图 3　REE 模式图

1—潜流纹岩;2—交代石英岩(矿岩)

热液石英岩:SiO_2 = 84.32 %～97.30 %,Al_2O_3 = 0.39 %～2.58 %,CaO、MgO、K_2O、Na_2O 的总量平均仅 1.86 %。其他化学成分甚微,表明矿石主要由 SiO_2 组成,矿石一般具高硅、贫钙镁、低钾钠的特点。

4.2.2　岩矿石微量元素特征

矿区内的主要岩系中粗粒碱长花岗岩、细粒碱长花岗岩和流纹质凝灰岩、潜流纹岩经分析金丰度分别为 20.5 ×10^{-9}、22.6 ×10^{-9}、9.5 ×10^{-9}、8.7 ×10^{-9},金富集系数分别为 4.8、5.3、2.2、2.0(表 2),其含量均比地壳丰度高,说明它们都可能为东安金矿提供一定量的物质来源。上述样品中 Au 主要与 Ag、As、Sb、Bi 呈正相关,主要成矿及指示元素在相关性方面从老到新有明显的继承性,表明本区碱长花岗岩、细粒花岗岩和火山—潜火山岩可能为同一岩浆源[4]。

全区矿石 Au、Ag 富集,总体上看矿体样品中 Au、Ag 相关性较好,相关系数为 0.786,其次 Au 与 Sb、Bi 正相关性明显,相关系数分别为 0.283、0.609。从 5 号矿体来看在 260m、225m、185m、105m、65m 标高 Au/ Ag 值分别为 1.71、0.58、0.40、0.26、0.23,从地表到深部逐渐降低。反映出金相对富集于浅部,而银富集部位略深。

4.3　流体包裹体地球化学

矿区内对 5 号矿体矿石进行了包裹体测定,包裹体气液比为 5 %～20 %,多为 10 %,主要为不规则状,其次为椭圆状,包裹体大小为 4～25μm,以 8～10μm 者居多。流体成分以 H_2O 为主(95 %左右),气相以 CO_2 为主,其次为 CO、CH_4,离子组合为 Na^+、K^+、Ca^{2+}、Cl^-、F^-。均一温度分布范围为 144 ℃～348 ℃。由温度频率分布直方图可见,含矿石英中流体包裹体均一温度分布范围为 144 ℃～348 ℃,成矿的最佳温度区间在 260 ℃～300 ℃(图 4),属浅成热液矿床的成矿温度范围[5]。盐度分布范围为 2.06 %～8.36 %,主要集中于 4 %～8 %,且有随温度降低而降低的规律。成矿压力为 48.75 ×

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2　岩石微量元素结果表　　$\omega_B \times 10^{-9}$

岩性	样数	特征值	Au	Ag	As	Sb	Bi	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Mn
印支期碱长花岗岩	22	平均值	20.5	0.5	4.10	0.53	0.36	6.3	33.9	56.4	3.5	4.7	172.1
		浓集系数	4.8	7.7	2.4	1.1	2.1	0.1	2.1	0.7	0.1	0.2	0.1
燕山期碱长花岗岩	22	平均值	22.6	0.6	8.8	0.8	0.3	9.2	31.9	76.8	5.9	7.7	230.1
		浓集系数	5.3	8.8	5.2	1.7	1.8	0.2	2.0	0.9	0.2	0.3	0.2
流纹质凝灰岩	20	平均值	9.5	0.7	3.98	0.60	0.18	10.0	85.4	134.4	11.5	28.8	328.8
		浓集系数	2.2	9.6	2.3	1.2	1.1	0.2	5.3	1.6	0.5	1.0	0.3
潜流纹岩	22	平均值	8.7	0.9	4.2	0.9	0.3	9.2	44.1	43.2	6.5	11.8	328.6
		浓集系数	2.0	12.8	2.5	1.8	1.7	0.2	2.8	0.5	0.3	0.4	0.3
矿石	23	平均值	7984.55	31.09	12.42	1.23	0.24	9.69	28.45	39.59	6.95	12.44	502.59
		浓集系数	1856.87	444.16	7.31	2.46	1.42	0.21	1.78	0.48	0.28	0.43	0.39
维氏值			4.3	0.07	1.70	0.50	0.17	47.0	16.0	83.0	25.0	29.0	1300.0

注:黑龙江有色地质测试中心测试。

10^5Pa～382.88 $\times 10^5$Pa,以 100 $\times 10^5$Pa～250 $\times 10^5$Pa 居多。由公式 $H = \frac{P(10^5 Pa)}{300/\ km}$ (P—为成矿压力),结合流体包裹体测温结果①,东安金矿的成矿初始深度为 0.2～1.0km,属浅成—超浅成环境。

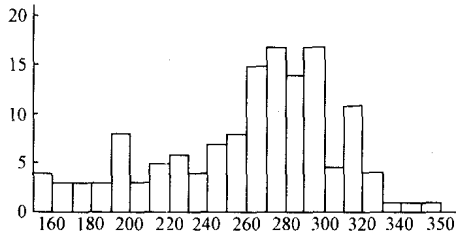


图 4　温度频率分布直方图

5　成因机制

该区中生代由于滨太平洋大陆边缘活动—拉张断陷作用,产生一系列的近 SN 向壳断裂和断陷盆地,导致中—中酸性火山喷发—超浅成相岩体侵入,白垩纪火山活动后,沿库尔滨壳断裂的次级断裂,次火山岩岩浆将含 Au、Ag、C、Cl^-、F^-、H_2O 等组分的热液带入其中,而热液在循环过程中又不断萃取围岩中包括 Au 在内的各种化学组分,由于后期的构造活动,使裂隙系统内物理化学条件发生变化(指温度、压力、PH、Eh 等),导致热液的瞬时沸腾、含 Au 络合物的分解,并与分异出的 SiO_2 流体一起沉淀[5],形成了浅成低温热液低硫化型金矿床。

[参考文献]

[1] 黑龙江省地质局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1994,537～556.

[2] 韩振新,郝正平,侯　敏,等. 黑龙江省主要成矿带矿床成矿系列[M]. 哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,1996,73～81.6.

[3] 黑龙江省地质局. 区域地质调查报告(新兴公社幅)[M],1981.

[4] 戚长谋,邹祖荣,李鹤年. 地球化学通论[M]. 北京:地质出版社,1987,5

[5] 吴国学,刘连登. 浅成热液金矿研究综述[J]. 世界地质. 2001,(20)3.14～16.

[6] 郭光裕,侯宗林. 热泉型金矿床成矿模式及成矿远景评价[M]. 天津:天津科学技术出版社,(90)003 号.

GEOLOGICAL AND GEOCHEMICAL FEATURES OF THE DONGAN GOLD DEPOSIT IN HEILONGJIANG

GUO Ji - hai, WANG Chang - sheng, SHI Yao - jun

(Team 707, Heilongjiang Bureau of Geological Exploration for Nonferrous Metals)

Abstract: The Dongan gold deposit discovered in the Heilongjiang province is a large epithermal deposit. The deposit is distributed in the volcanic and sub-volcanic rocks of the lower Cretaceous and controlled by Kuerbin fault. Wallrock alterations are mainly strong silicification, orthoclase, chlorite and muscovite. Fluid inclusion studies show that the main ore - forming process occurred in the temperature range of 144～348 ℃and mineralizing depth was as 2～10km. Liquid compositions of the fluids were mainly K^+ and Cl^- and gas compositions were H_2O and CO_2. According to current classification of epithermal gold - silver deposit, the deposit belongs to the low - sulfide epithermal deposit. Based on analyses of geology and the geochemistry, genesis of the Dongan gold deposit was defined, prospecting prognosis was proposed.

Key words: geochemistry, Dongan gold deposit, Heilongjiang province

① 注:资料来源:黑龙江省有色金属地质勘查七〇七队;测试单位:中国地质科学院矿产资源研究所,2002。

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net