

山东玲珑金矿流体包裹体地球化学特征*

张祖青¹ 赖勇^{1**} 陈衍景^{1,2}ZHANG ZuQing¹, LAI Yong^{1**} and CHEN YanJing^{1,2}

1. 北京大学 造山带与地壳演化重点实验室, 北京 100871

2. 中国科学院广州地球化学研究所 成矿动力学重点实验室, 广州 510640

1. Laboratory of Orogen and Crust Evolution, Peking University, Beijing 100871, China

2. Key Laboratory of Metallogenic Dynamics, Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China

2007-05-07 收稿, 2007-07-30 改回.

Zhang ZQ, Lai Y and Chen YJ. 2007. Fluid inclusion study of the Linglong gold deposit, Shandong province, China. *Acta Petrologica Sinica*, 23(9):2207-2216

Abstract The Linglong gold deposit is located in the east of Zhao-Ye Metallogenic Zone, which is in the northwest of Jiaodong Peninsula. It is one of the most typical super-large scale gold-bearing quartz vein type deposits. Metallogenic process can be divided into three stages, i. e. the early, middle and late stages. The composition of fluid inclusion evolved in such a tendency that there are pure CO₂ ($L_{CO_2} + V_{CO_2} > 90\%$) and CO₂-rich type ($10\% \leq L_{CO_2} + V_{CO_2} \leq 90\%$) in the early stage, and pure CO₂, CO₂-rich and CO₂-bearing type ($L_{CO_2} + V_{CO_2} < 10\%$) in the middle stage, H₂O-rich type in the last stage. Homogenization temperature of fluid inclusion in the three stages was 240°C ~ 360°C, 220°C ~ 340°C, 180°C ~ 260°C and 80°C ~ 180°C respectively; and the salinities are 3.4% ~ 10.4%, 3.0% ~ 10.2%, 4.0% ~ 14.6% and 2.4% ~ 5.0% NaCl eqv, respectively. The salinities of fluid increase gradually with the decrease of temperature during the early and middle stages. Main metallizing process of Au took place from 320°C to 220°C. According to coexisting of CO₂-rich and H₂O-rich fluid inclusions, a boiling event is presumed in the late middle stage. From the early to the late stage, the tectonic events were recorded in various fluid inclusions. Especially, the inclusions which were sealed along the X-type fissures in the early stage quartz, not only recorded the tectonic events, but also reflected the characteristics of fluid when the events took place. Considering the fact that pyrite-quartz vein filled with extensional cracks during the main stage, it indicates the stress transformed from compressive to extensional condition. Decompressional boiling is assumed to be the main factor resulting in gold precipitation. Fluid pressure data show that their change was hysteretic than tectonic strain's. Considering orogenic event that occurred in Jiaodong peninsula, the stress transformed from compressive to extensional condition, and the characteristics low salinity, CO₂-rich in ore fluid, Linglong gold deposit is assured a typical orogenic gold deposit.

Key words Jiaodong peninsula, Linglong gold deposit, Orogenic gold deposit, Fluid inclusion plane, Ore-forming fluid

摘要 玲珑金矿位于胶东半岛招-掖成矿带东部, 是我国典型的超大型含金石英脉型金矿。成矿过程可划分为早、中、晚三个阶段, 金主要在中阶段沉淀。早阶段流体包裹体为纯 CO₂ 型 ($L_{CO_2} + V_{CO_2} > 90\%$) 和富 CO₂ 型 ($10\% \leq L_{CO_2} + V_{CO_2} \leq 90\%$), 中阶段为纯 CO₂ 型、富 CO₂ 型、富 H₂O 型, 晚阶段为水溶液包裹体。从早到晚, 包裹体均一温度分别集中在 240°C ~ 360°C、220°C ~ 360°C、180°C ~ 260°C 和 80°C ~ 180°C, 盐度分别集中在 3.4% ~ 10.4%、3.0% ~ 10.2%、4.0% ~ 14.6% 和 2.4% ~ 5.0% NaCl eqv; 早、中阶段流体盐度随温度降低而升高。中阶段第一世代石英中大量水溶液包裹体和富 CO₂ 包裹体共生, 指示流体强烈沸腾。从早到晚, 流体包裹体的变化记录了成矿流体性质和构造环境的演化。早阶段石英中沿 X 型节理发育面型包裹体群, 既记录了石英脉遭受的剪切变形事件, 又记录了同构造流体作用。而充填于张性裂隙的黄铁矿为主的多金属硫化物-石英组合则表明主成矿期构造环境由压性向张性转化, 成矿流体系统减压沸腾、逐步开放, 并导致金等成矿物质大量沉淀。结合区域构造演化和成矿时间, 认为玲珑金矿成矿系统发育在应力场由挤压向伸展转换的构造背景, 流体压力变化滞

* 国家 973 项目 2006CB403501 课题和自然科学基金项目 (编号 40672059) 资助。

第一作者简介: 张祖青, 男, 1978 年生, 硕士, 矿床学专业, E-mail: zq3607@sina.com

** 通讯作者: 赖勇, E-mail: yonglai@pku.edu.cn

后于构造应力场变化,流体成分以低盐度、富 CO_2 为特征,应属典型的造山型金矿系统。

关键词 胶东;玲珑金矿;造山型金矿;面型包裹体群;成矿流体

中图法分类号 P618.51

山东玲珑金矿是胶东地区的代表性超大型金矿床之一,自1962年建矿以来,已累计提交Au金属储量166吨(张道俊,2006)。关于胶东矿集区和玲珑金矿床的成矿动力学背景、控矿因素、矿质来源、成矿作用过程等问题,备受地学工作者关注,并做了大量研究。目前存在主要分歧是一种观点认为成矿作用发生在碰撞造山过程的挤压向伸展转变期,是典型的造山型金矿(陈衍景,1994;陈衍景等,2004a);另一种观点认为胶东大规模成矿的动力学过程受华北东部中生代构造转折体制制约,不同于经典的造山带成矿作用,属于非造山型金矿(翟明国等,2004)。本文通过对记录在流体包裹体中的成矿作用过程的详细解剖,讨论玲珑金矿的成因类型和成因机制。

1 区域地质和矿床地质

胶东位于华北陆块东部,西临郯庐断裂带,南为中生代拉张盆地,与苏鲁超高压榴辉岩带相接。矿集区大量发育多时代的壳源花岗岩类,其中燕山期花岗岩类面积最大,与成矿关系最为密切(胡受奚等,1997;Zhou and Lu,2000;Qiu *et al.*,2002;Chen *et al.*,2005)。区域基底构造为近东西向,以栖霞复背斜为主;中生代北东向断裂构造广泛发育,控制了现今胶东盆-岭构造、地貌格局,是胶东矿集区主要的导矿和赋矿构造(吕古贤和孔庆东,1993;邓军等,1999)。多种同位素测年已厘定成矿活动发生在燕山期的造山作用过程

(杨进辉和周新华,2000;胡芳芳等,2005),成矿作用发生在区域挤压向伸展的转变期(陈衍景,1994;Lai,1995;鲁安怀等,1998)(图1)。

玲珑金矿是我国典型的超大型含金黄铁矿石英脉型金矿,是胶东金矿省的代表性矿床之一。它位于胶东金矿省的西北部,由西山、东山、九曲、大开头等分矿组成,共包括大小200余条金矿脉。玲珑金矿的矿脉分布和产状受NNE向破头青剪切带及其次级断裂构造控制,矿脉充填于破头青剪切带的次级脆-韧性剪切带中,并呈雁行状分布(卢焕章等,1999),赋矿围岩主要是玲珑黑云母花岗岩和郭家岭花岗闪长岩。

破头青断裂位于玲珑金矿田的东南部边缘,走向 $60^\circ \sim 75^\circ$,倾向SE,倾角 45° 左右,被认为郯庐断裂的分支断裂,它穿切了胶东群、荆山群等地层和玲珑岩体、郭家岭等花岗岩体,局部被基性脉岩(煌斑岩和辉绿岩)穿切或贯入。

区域地层为胶东群、荆山群、粉子山群等变质岩和白垩纪陆相中酸性火山岩建造、新生代河湖相冲积物,而玲珑矿区及附近主要发育胶东群和荆山群。胶东群主要岩性为斜长角闪岩、黑云片岩、黑云斜长片麻岩等,荆山群为含石墨的片麻岩、大理岩,夹少量条带状铁建造和变质磷块岩(胡受奚等,1997;陈衍景等,2004a)。直接赋矿围岩为玲珑黑云母花岗岩、郭家岭花岗闪长岩,航空重力测量发现玲珑花岗岩以岩盖方式漂浮于郭家岭花岗闪长岩之上(李金祥等,2004),因此矿体浅部围岩是玲珑花岗岩,而深部则为郭家岭花岗闪长岩(杨进辉和周新华,2000)。

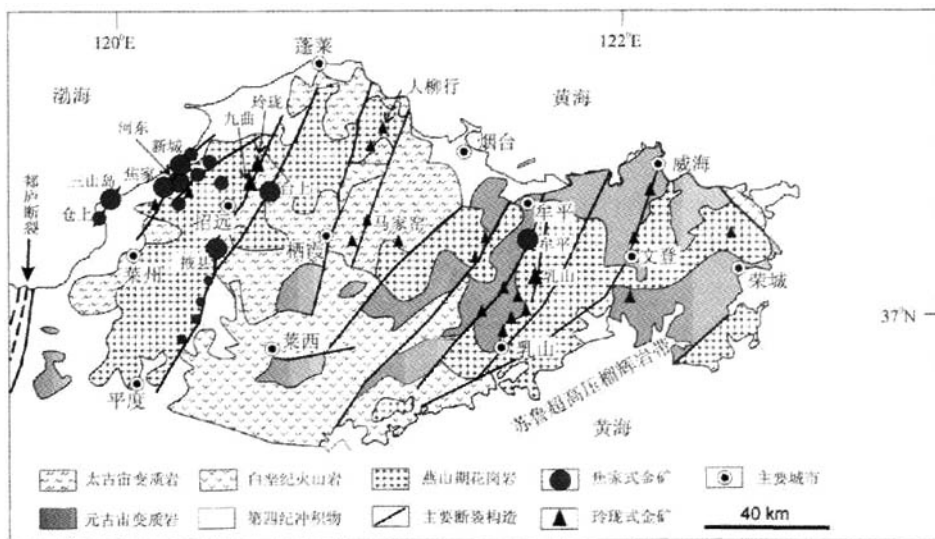


图1 胶东矿集区区域地质图(引自陈衍景等,2004a)

Fig. 1 The geologic map of the Jiaodong area (from Chen *et al.*, 2004)

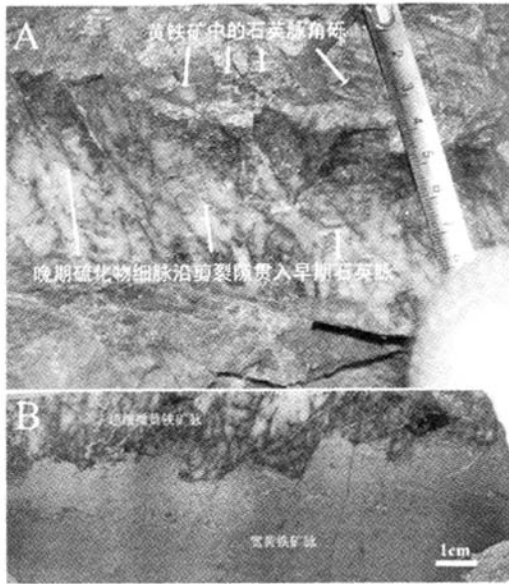


图2 玲珑金矿早阶段的石英和主成矿期黄铁矿脉

A-紧贴脉壁的石英中发育压剪性节理,在节理面形成之后,石英脉张开,形成具有锯齿状脉壁的张性空间,大量黄铁矿多硫化物沉淀在其中,构成金矿体的主体部分。B-紧贴脉壁的石英中发育X型节理。石英中有大量的X型面状分布的流体包裹体群

Fig. 2 The early stage quartz and main gold mineralization stage pyrite vein in the Linglong gold deposit

A The quartz vein opened and formed a hackly fracture. Pyrite and polymetallic sulfide with Au precipitated in such a space. B. The quartzes near to wall are well X type jointed. The fluid inclusion planes are well developed in the quartz

玲珑矿区围岩蚀变广泛、强烈、类型复杂,但侧向分带明显(陈衍景等,2004a)。主要蚀变类型有黄铁绢英岩化、钾化、硅化、绿泥石化、高岭土化、碳酸盐化、绢云母化,其中黄铁绢英岩化、钾化与金矿化关系密切(彭晓蕾等,2000)。金属矿物主要为黄铁矿,其次有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黝铜矿、辉铜矿、磁黄铁矿、金红石、褐铁矿、钛铁矿、自然金、银金矿以及微量的银、铋、铋的硫酸盐矿物。常见脉石矿物有石英、方解石、绢云母、钾长石、斜长石及少量绿泥石、绿帘石、黑云母、角闪石、磷灰石等。金主要赋存在金属硫化物中。

玲珑金矿的成矿过程具有多阶段特征,依据矿物组合、穿插关系等划分为早、中、晚三个阶段。早阶段以形成黄铁矿-石英脉为特征,石英为主要矿物,呈乳白色,粒径在5.0mm左右,少量的黄铁矿呈自形一半自形结构;石英脉普遍受到应力作用而发育X型裂隙,其锐角方向垂直脉壁,裂隙多被中阶段第一世代黄铁矿充填(图2A);显微镜下,可见早阶段石英晶粒发育X型面型包裹体群。

中阶段包括2个世代,第一世代为金-黄铁矿-石英组合,

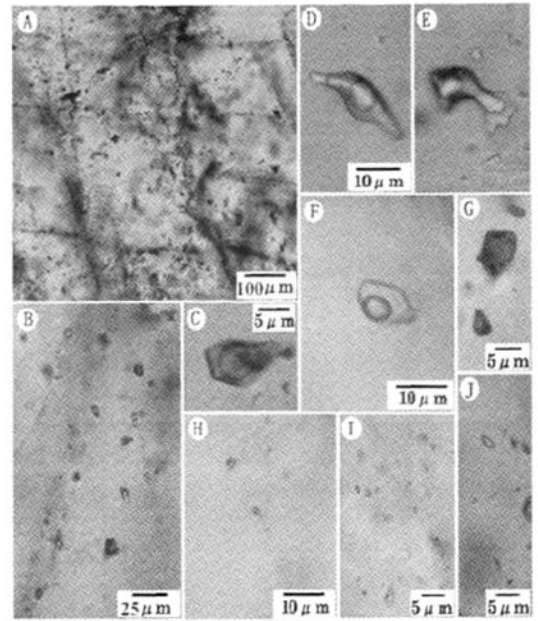


图3 玲珑金矿石英脉中五种不同类型的包裹体及面型包裹体群

A-沿裂隙呈网格状分布的包裹体群; B-沿X型节理面充填的富CO₂包裹体群; C-I型纯CO₂包裹体; D-I型纯CO₂包裹体; E-II型富液CO₂多相包裹体; F-III型富水包裹体; G-IV型纯气相包裹体; H-III型富水包裹体(次生); I-V型纯液相包裹体; J-V型纯液相包裹体

Fig. 3 Five different kind of fluid inclusion types and fluid inclusion planes in the Linglong gold deposit

A-Fluid inclusions develop along stockwork type fracture; B-The CO₂-rich fluid inclusions develop along X type fracture; C-The type I pure CO₂ fluid inclusion; D-The type I pure CO₂ fluid inclusion; E-The type II CO₂-rich fluid inclusion; F-The type III H₂O-rich fluid inclusion; G-The type IV pure H₂O (vapor) fluid inclusion; H-The type III pure H₂O-rich fluid inclusion (secondary); I-The type V pure H₂O (liquid) fluid inclusion; J-The type V pure H₂O (liquid) fluid inclusion

黄铁矿含量为80%~95%,石英含量为5%~20%,含少量黄铜矿、磁黄铁矿、自然金、金银矿等,矿物具自形至他形结构,网脉浸染状构造,常表现为沿张性裂隙充填的厘米级的网脉,或者是沿早阶段石英脉X型裂隙充填的超微细硫化物网脉(图2);自然金主要以包体金、晶隙金的形式赋存于黄铁矿内部,部分则以裂隙金的形式呈脉状穿插在其他矿物内部或矿物裂隙中,本世代石英多为浑浊的灰白色,透明度比早阶段差,粒径0.1~5.0mm,发育定向包裹体,构成X型面型包裹体群(图3A,B)。第二世代为金-石英-多金属硫化物组合,主要矿物为石英、黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、

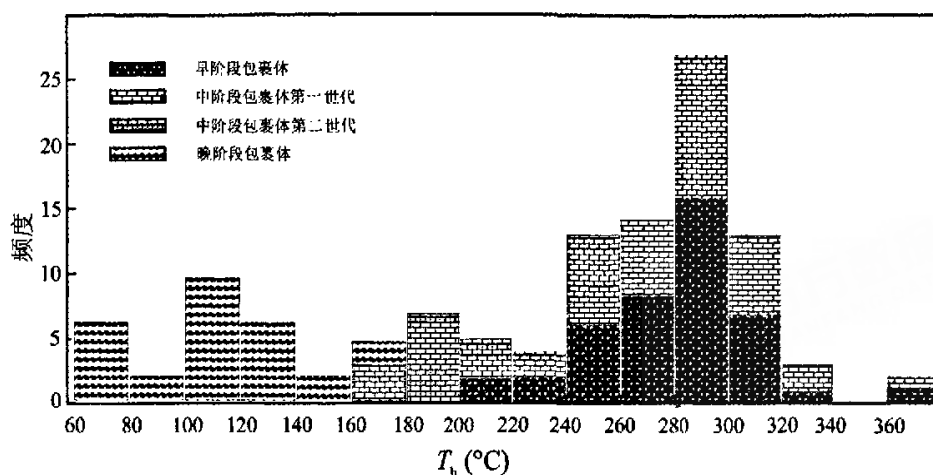


图4 石英中流体包裹体均一温度直方图

Fig. 4 Histograms showing homogenization temperature of fluid inclusions in quartzs

金银矿等,呈半自形—他形结构、填隙结构、包含结构,网脉状构造,石英为烟灰色或浑浊的灰白色,透明度差,粒径0.1mm左右。中阶段一、二世世代组合只在局部可以清楚识别,多数情况下二者不易区分,甚至合二为一。

晚阶段发育石英—碳酸盐细脉,偶含硫化物和银金矿,矿物呈自形—半自形结构。

不同阶段、世代的黄铁矿特征有显著差别。早阶段黄铁矿多呈自形立方体,粒度粗,达5~20mm,晶面条纹清楚,碎裂构造发育,裂隙内偶见自然金呈斑点状、小团块状与石英镶嵌共生;中阶段黄铁矿为中细粒自形或半自形,1.0~5.0mm,五角十二面体及聚形,呈块状与黄铜矿、闪锌矿、方铅矿及灰白色石英共生,晶体内部偶见自然金;晚阶段为细粒自形黄铁矿,立方体为主,粒度大多小于0.1mm。不同阶段的石英矿物也有明显的差异,早阶段石英为半自形,多破碎或破裂,边缘细粒化以及波状消光现象明显切广泛,而晚阶段石英多为自形结构,晶簇或梳状构造。

2 流体包裹体岩相学和类型

根据室温下石英中流体包裹体相态、成分及产状特征,可将玲珑金矿矿区石英脉中流体包裹体划分为两种成因5种物理状态类型。其中原生成因的包括I型纯CO₂两相包裹体($L_{CO_2} + V_{CO_2} > 90\%$),包裹体长轴3~15μm,气液比5%~30%(图3C,D);II型富CO₂多相包裹体($10\% \leq L_{CO_2} + V_{CO_2} \leq 90\%$),包裹体长轴3~35μm,气液比8%~50%(图3E);III型富液相水溶液包裹体,包裹体长轴4~12μm,气液比7%~25%(图3F);IV型纯气相包裹体,包裹体长轴3~8μm,颜色发黑(图3G);V型纯液相包裹体,包裹体长轴3~10μm(图3I,J);次生成因包括III型的富液相水溶液包裹

体,包裹体长轴3~18μm,气液比6%~30%(图3H);V型纯液相水溶液包裹体,包裹体长轴2~8μm。

早期阶段:石英—黄铁矿组合

包裹体以纯CO₂型(I型)、富CO₂型(II型)及部分原生富液相水溶液包裹体(III型)为主,偶见IV型、V型包裹体。流体包裹体个体较大,I型包裹体呈椭圆形、短柱形、不规则多边形。包裹体多随机分布,气液比为8%~40%围,长轴10~35μm;II型呈浑圆形、短柱形、负晶形,呈群分布,气液比为12%~19%,长轴5~10μm;III型呈椭圆形、短柱形、负晶形,随机分布,气液比为15%~25%,长轴8~12μm。另外,可见沿X型节理面充填的富CO₂包裹体群及网格状分布的包裹体群(图3A,B),这类包裹体是在早阶段石英晶出后,在近于垂直脉壁的主压应力(σ_1)的作用下,沿锐角垂直于脉壁的微小X型节理面中封存了中阶段流体而形成的一类产状特殊的包裹体。因此,这类包裹体的产状记录了中阶段的应力状态,流体的成分则和中阶段成矿流体一致。

中期阶段第一世代:金—黄铁矿—石英组合

以纯CO₂型(I型)、富CO₂型(II型)、贫CO₂型为主,偶有原生和次生富液相水溶液包裹体。I型呈浑圆形、椭圆形、负晶形,包裹体呈群分布,气液比15%~28%,长轴5~15μm;II型呈椭圆形、不规则多边形,包裹体以随机分布为主,气液比20%~50%,长轴15~35μm;III型呈浑圆形、不规则多边形,包裹体随机分布,气液比12%~20%,长轴4~10μm;VI型呈浑圆形、椭圆形、负晶形,包裹体沿裂隙呈线状、定向分布,气液比12%~30%,长轴5~18μm。

中期阶段第二世代:金—石英—多金属硫化物组合

本世代石英中流体包裹体个体较小,发育III型,偶见IV、V型包裹体。其中III型呈负晶形、长条形,呈小群体混杂分布,长轴3~8μm;IV型呈负晶形、不规则多边形,呈群分布,长轴3~10μm;V型呈负晶形、不规则多边形,包裹体沿裂

隙分布,长轴 2~8 μm 。

晚期阶段:石英-碳酸盐细脉

石英-碳酸盐细脉中含富液相水溶液和部分次生单相水溶液包裹体,包裹体个体较小,通常 3~10 μm ,以贫 CO_2 型 ($L_{\text{CO}_2} + V_{\text{CO}_2} < 10\%$) 为主。IV 型包裹体呈负晶形、长条形,呈群体混杂分布,长轴 3~8 μm ; V 型包裹体呈负晶形、不规则多边形,呈群出现,长轴 3~10 μm 。

3 流体包裹体显微测温

对各成矿阶段样品中代表性的包裹体,运用北京大学地空学院 Chaixmecha MTM85 型显微冷热台及南京大学成矿作用国家重点实验室 Linkan THMSG600 型显微冷热台进行了均一温度和冷冻温度的测试。升/降温速率控制在 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以内,相变点附近控制在 1 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 以内。

显微测温结果显示:早阶段均一温度为 240 $^{\circ}\text{C}$ ~360 $^{\circ}\text{C}$ 、中阶段第一世代为 220 $^{\circ}\text{C}$ ~360 $^{\circ}\text{C}$ 、第二世代为 180 $^{\circ}\text{C}$ ~260 $^{\circ}\text{C}$ 、晚阶段为 60 $^{\circ}\text{C}$ ~180 $^{\circ}\text{C}$ 。早阶段与中阶段第一世代均一温度集中在 320 $^{\circ}\text{C}$ ~200 $^{\circ}\text{C}$,流体均一温度无明显差别,但早阶段早期温度偏低,中阶段第一世代晚期温度较低(图 5)。I 型纯 CO_2 两相包裹体均一温度集中在 30.4 $^{\circ}\text{C}$ ~27.6 $^{\circ}\text{C}$;早中阶段 II 型富 CO_2 多相包裹体全部向液相均一,其它类型包裹体也大多向液相均一。II 型包裹体部分均一温度集中在 31.0 $^{\circ}\text{C}$ ~23.5 $^{\circ}\text{C}$,完全均一温度较高,为 370 $^{\circ}\text{C}$ ~250 $^{\circ}\text{C}$ 。

II 型包裹体大部分在冷冻过程中,随温度降低,包裹体中气泡逐渐扩大。当冷冻到约 -28 $^{\circ}\text{C}$ 时,以液相 CO_2 为中心形成放射状结构的 CO_2 水合物 $\text{CO}_2 \cdot 5.75\text{H}_2\text{O}$ 。冷冻到接近 -90 $^{\circ}\text{C}$ 时,液相 CO_2 完全固化,形成白色的 CO_2 固体和深暗并且较小的 CO_2 蒸汽泡,此时包裹体组成为 CO_2 固体、 CO_2 水合物及冰。加热回温接近 -80 $^{\circ}\text{C}$ 时,固体 CO_2 以一个明亮

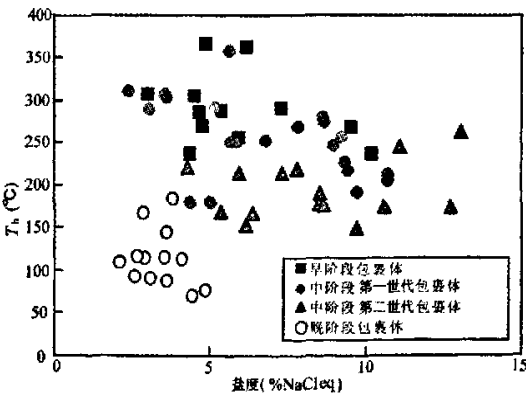


图 5 玲珑金矿流体包裹体均一温度-盐度关系图
Fig. 5 T_h vs. salinity of fluid inclusions in Linglong gold deposit

的非晶质体形式出现在深暗色 CO_2 气泡边缘;大约在 -59.0 $^{\circ}\text{C}$ 时,固体 CO_2 发生初熔,在 -56.6 $^{\circ}\text{C}$ ~-58.8 $^{\circ}\text{C}$ ($T_{m\text{CO}_2}$) 时,固体 CO_2 完全熔化,表现为固态 CO_2 颗粒瞬间消失;继续回温,在 -6.8 $^{\circ}\text{C}$ 左右时,包裹体内的冰开始熔化,释放出来的水和剩余的液态 CO_2 结合形成更多的 CO_2 水合物,直到冰完全熔化,此时可以从气泡的变形来判断 CO_2 水合物的存在;在 +2.4~-7.8 $^{\circ}\text{C}$ ($T_{m\text{ice}}$) 时, CO_2 水合物分解,同时伴随液相 CO_2 出现和气相 CO_2 变成完整的圆形;进一步加温后, CO_2 在 +30.8 $^{\circ}\text{C}$ ~-23.5 $^{\circ}\text{C}$ ($T_{h\text{CO}_2}$) 时,均一至液态或气态。

根据 Hall *et al.* (1988) 盐度公式及 Roedder (1984) 的 CO_2 水合物盐度公式,求得玲珑金矿成矿早、中(第一世代)、中(第二世代)、晚阶段的流体盐度分别集中在 3.4%~10.4% NaCl eqv、3.0%~10.2% NaCl eqv、4.0%~14.6% NaCl eqv 和 2.4%~5.0% NaCl eqv,变化范围较大,且从早阶段至中阶段第二世代,盐度随均一温度降低而逐渐增大,在晚阶段盐度则迅速降低(图 6)。

根据 II 型包裹体的 CO_2 部分均一温度、均一方式和完全均一温度,在 Diamond (2001) 图解上可获得流体中 H_2O 和 CO_2 的相对含量,求得 X_{CO_2} 在 0.375~0.625 之间(图 6)。

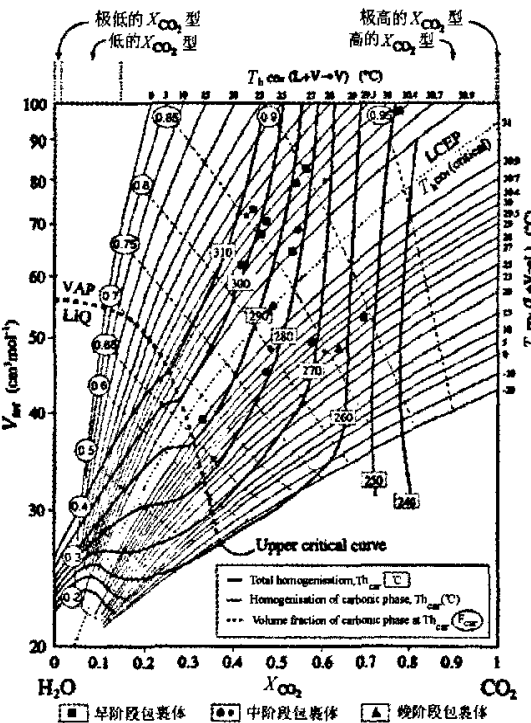


图 6 玲珑金矿 CO_2 - H_2O 体系的 V-X 图(底图据 Diamond, 2001)
Fig. 6 V-X relationship of CO_2 - H_2O fluid inclusions in the Linglong gold deposit (edited from Diamond, 2001)

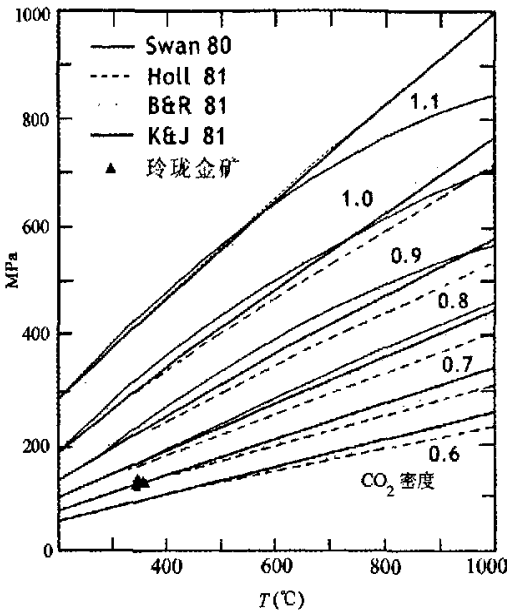


图7 纯CO₂体系捕获温度、压力及密度(g/cm³)关系图(引自Brown and Lamb)

Fig. 7 P-T-D relationship of pure CO₂ (edited from Brown and Lamb, 1989)

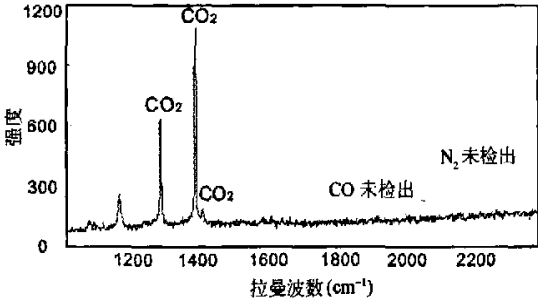


图8 I型富液CO₂两相包裹体拉曼光谱。可见明显的CO₂双峰,没有发现CO(2140cm⁻¹)和N₂(2331cm⁻¹)的谱峰

Fig. 8 Raman spectra of type I fluid inclusion. Only two narrow peaks for CO₂ are observed. No Raman signals appear for CO (2140cm⁻¹) and N₂(2331cm⁻¹)

根据纯CO₂包裹体的均一温度,在纯CO₂的相图上获得流体的密度,可获得流体压力。从CO₂相图可知,玲珑金矿纯CO₂包裹体在常温下的内压约为7MPa左右。假定与纯CO₂包裹体共生的富CO₂包裹体的均一温度为纯CO₂包裹体的捕获温度(实际捕获温度应更高),在纯CO₂等容线上查得玲珑金矿早阶段CO₂包裹体的捕获压力为140~150MPa,此压力可作为成矿流体压力的下限值。

参考Sterner(1991)密度计算公式,估算玲珑金矿流体密度在0.64~1.04g/cm³;根据Schwartz(1989)及Bakker and Diamond(2000)图解,估算富CO₂多相包裹体的流体密度为0.67~0.98g/cm³,富液相水溶液包裹体流体密度为0.78~1.03g/cm³。根据Brown and Lamb(1989)及Pitzer and Sterner(1994)相图,获得早阶段、中阶段第一世代、中阶段第二世代、晚阶段流体包裹体捕获压力分别为123~325MPa、158~316MPa、162~191MPa、45~187MPa(表1、图7)。

前述表明,早阶段至中阶段早期,流体压力持续高达325~316MPa左右,说明早阶段与中阶段之间的构造变形并没有导致成矿流体系统的开放和减压;在中阶段晚期,流体压力骤减到169MPa左右。这一现象说明流体系统随伸展作用的持续而开放,成矿流体系统的压力降低滞后于构造应力场的变化。

表1 玲珑金矿不同成矿流体包裹体测温结果

Table 1 Microthermometric data of fluid inclusions of the Linglong gold deposit

成矿阶段	包裹体类型	均一温度(°C)		盐度 (%NaCl eq)	估算压力 (MPa)
		部分	完全		
早阶段	I	27.6~30.4			
	II	24.2~29.8	281~286		123~325
	III	240~360		3.4~10.4	
中阶段第一世代	I	23.5~30.3			
	II	24.0~30.4			158~316
	II(面型)	27.5~31.1	272~306		
中阶段第二世代	III	220~360		3.0~10.2	
	III	180~260		4.0~14.6	162~191
晚阶段	III	80~180		2.4~5.0	45~187

4 包裹体成分激光拉曼分析

不同阶段的代表性流体包裹体成分激光拉曼测试在北京大学造山带与地壳演化实验室完成,使用仪器为RM-1000型拉曼光谱仪,其分辨率为±2cm⁻¹,514nm激光发射功率20mW,样品接收功率5mW。

I型包裹体CO₂在1283cm⁻¹和1386cm⁻¹处有明显尖锐的峰,在3468cm⁻¹附近也没有出现水的特征峰。II型包裹体CO₂在1283cm⁻¹和1386cm⁻¹处各有一明显尖锐的谱峰,H₂O在3468cm⁻¹附近有一明显较宽的特征峰(图9)。III型包裹体无CO₂显示,仅有H₂O在3475cm⁻¹附近显示明显的特征峰。谱图显示各阶段样品均没有CO、N₂、H₂S和SO₂等成分,表明流体为典型的H₂O-CO₂-NaCl体系。

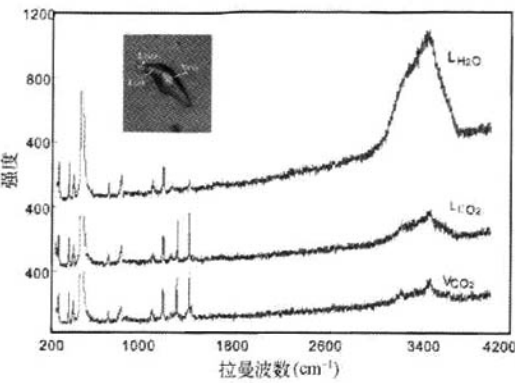


图9 II型富CO₂三相包裹体的L_{H₂O}、V_{CO₂}、L_{CO₂}拉曼光谱。显示CO₂(1283cm⁻¹、1386cm⁻¹)的尖锐谱峰和H₂O(3468cm⁻¹)的特征峰

Fig. 9 Raman spectra of type II fluid inclusion. Two narrow peaks for CO₂ (1283cm⁻¹、1386cm⁻¹) and the characteristic peak for H₂O (3468cm⁻¹) are observed

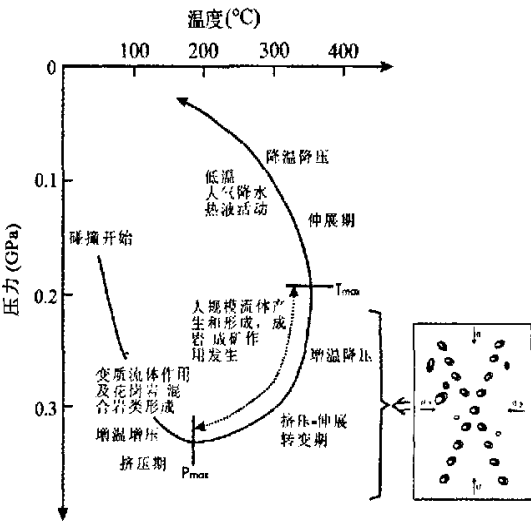


图10 玲珑金矿碰撞造山成矿流体P-T-t轨迹模式图(据陈衍景等,2004)

Fig. 10 Model showing the collisional orogeny mineralization fluid P-T-t path of the Linglong gold deposit (from Chenyanjing et al., 2004)

Yamamoto(2002)在地幔岩矿物中的CO₂流体包裹体的研究中发现,流体密度(ρ)与CO₂双峰之间的波数差(Δ)之间存在线性关系,可以用公式: Δ(cm⁻¹) = 4.952ρ(g/cm³) + 99.91表示。在早、中阶段的I型包裹体激光拉曼谱图中,CO₂双峰之间的距离Δ(cm⁻¹)有细微差别:液相CO₂的Δ(cm⁻¹)值变化范围为105.9cm⁻¹到103.1cm⁻¹,其密度为

0.927~1.21g/cm³,平均1.032g/cm³;气态CO₂的Δ(cm⁻¹)值变化范围为104.5cm⁻¹到103.0cm⁻¹,相应的密度在0.624~0.927g/cm³,平均0.749g/cm³(表2)。

表2 玲珑金矿石英脉中纯CO₂包裹体中双峰间波数差Δ(cm⁻¹)与其密度之间的关系

Table 2 Δ and density data for pure CO₂ inclusions in quartz of the Linglong gold deposit

主矿物	期次	CO ₂ 状态	Δ(cm ⁻¹)	密度(g/cm ³)
石英	早期	V	104.5	0.93
		L	105.9	1.21
		V	103.1	0.64
		L	104.5	0.93
		V	104.4	0.91
		L	105.7	1.17
		V	103.1	0.64
		L	104.5	0.93
	中期	V	103.0	0.62
		L	104.5	0.93

5 讨论

5.1 沸腾包裹体

本区在石英脉中找到的沸腾包裹体组合仅有两对,分别向气相和液相均一,均一温度为220℃~240℃。此外,同一样品中的Ⅲ型包裹体多向液相均一,个别向气相均一,均一温度集中在224℃~320℃;气/液比较低,为10%~20%;盐度较高,可达11.1%NaCl eqv。向气相均一的部分Ⅱ型包裹体的均一温度集中在240℃~300℃,气/液比为25%~35%,盐度为4.3%~10.3%NaCl eqv。上述现象似乎也只能通过考虑流体沸腾所能解释。考虑到沸腾包裹体捕获条件的特殊性,典型沸腾包裹体组合发现的偶然性,我们认为玲珑金矿成矿过程中流体沸腾现象强烈。而且,认为玲珑金矿流体沸腾与构造作用由挤压向剪切的转变密切相关,区域应力场转变或压应力减弱导致了流体系统减压沸腾、开放,并成为大量金等成矿物质沉淀的主要诱因。

事实上,大多数热液矿床矿质沉淀的最重要机制是流体相分离和流体混合(Skinner,1997)。这一认识被大量研究所证实,例如,西澳大利亚纳沃日金矿(范宏瑞,2001)、南天山萨瓦亚尔顿金矿(陈华勇,2004)、东天山马庄山金矿(李新俊和刘伟,2002)、河南祁雨沟金矿(齐金忠等,2004;李诺等,2007)、冷水北沟铅锌银矿床(祁进平等,2007)、上官金矿(Chen et al., 2005)、铁炉坪银矿(Chen et al., 2005)、内蒙古努格土山铜钼矿床(李诺等,2007)、豫西南石板沟金矿(刘伟等,2004)等,而且体现在包裹体数据的各个方面。玲珑金矿流体盐度从早阶段到中阶段第二世代增高,类似现象在很

多矿床研究中亦有报道(范宏瑞等,2003;陈衍景等,2004;陈华勇等,2004;祁进平等,2007),它们多属于以 CO_2 等挥发分大量逃逸为特征的流体沸腾的结果。

5.2 面型流体包裹体及其意义

面型包裹体是指早阶段矿物形成后,由于构造应力作用,沿这些早期矿物的裂隙充填和封闭了其后的流体。常以特殊定向分布的包裹体的形式出现,表现为沿X节理面充填的包裹体群和呈网格状分布的包裹体群。一组定向的包裹体群为一次构造-流体事件的记录。上世纪80年代后期已有一些学者应用面型包裹体群的优选方位来重建变质环境、花岗岩成岩环境、沉积环境和成矿环境中的应力状态(Lespinasse and Pecher, 1986; Laubach, 1989; Tuttle, 1989; Boullier and Robert, 1992 and Charoy 1994)。我国学者在90年代中后期开始了面型流体包裹体在构造应力场的恢复和成岩成矿作用中的研究(韦昌山等,1996;倪培等,2000, 2003;赖勇等,2001)。

玲珑金矿石英脉中面型包裹体群是在早阶段石英结晶后受构造应力作用导致流体沿裂隙充填、封闭形成的。X型包裹体面的锐角指向脉壁,可以判断主压应力的方向 σ_1 为垂直或近似垂直于石英脉的脉壁,最小压应力 σ_3 的方向则平行脉壁。在早阶段石英脉中间充填的中阶段第一世代的金-黄铁矿-石英中没有发育这组X型的裂隙(图3上),由此推断早阶段中的X型节理发育在早、中阶段之间,X型包裹体所捕获的流体为中阶段第一世代的产物。面型包裹体均一温度在 $272^\circ\text{C} \sim 306^\circ\text{C}$, CO_2 包裹体密度估计介于 $0.68 \sim 0.93\text{g}/\text{cm}^3$ 之间,略低于其周围随机分布的富 CO_2 包裹体的密度,介于 $0.71 \sim 0.98\text{g}/\text{cm}^3$,说明X型节理面充填的富 CO_2 包裹体群中所捕获包裹体形成时代要晚于随机分布的富 CO_2 包裹体。

构造应力是在静岩应力状态之上所附加的一种应力状态,或者说是在地应力中偏离静岩应力的状态(万天丰,1988)。在X型节理面形成之后,应力状态出现了的变化,从挤压转变为伸展作用,导致早期石英脉张开,形成具有锯齿状脉壁的张性空间,以黄铁矿为主的大量硫化物沉淀在其中,构成金矿体的主体部分。

玲珑金矿的特征与陈衍景等(2004a)研究胶东矿集区时提出的玲珑金矿形成于由早阶段挤压变形,经中阶段剪切变形,向晚阶段伸展演化的构造体制的观点相吻合(图11)。成矿流体的压力从早阶段的 $123 \sim 140\text{MPa}$ 逐渐增大到峰值 325MPa 。在中阶段早期,流体压力仍持续在 325MPa 左右,说明早期的张裂和成矿流体系统的开放并不同步。随伸展作用的持续,系统开放,流体压力骤减到 169MPa 左右。流体压力的变化成矿系统内流体压力的变化滞后于构造应力场的变化。同时,成矿流体低盐度、富 CO_2 等特征,表明玲珑金矿符合碰撞造山型金矿的特征,与南天山萨瓦亚尔顿金矿、东秦岭上官金矿、河南内乡县银洞沟银矿、秦岭铁炉坪银矿等(陈衍景等,2003,2004;陈华勇等,2004;张静等,2004)一

样满足CMF模式的条件,可以认为是反映CMF模式的典型范例之一。而呈X型排列的面型包裹体是剪切作用末期,伸展作用之前的流体的记录。这些包裹体的存在,为成矿作用发生前后流体地球化学特征的对比,探讨成矿作用机理提供了最直接的样品。

6 结论

玲珑金矿石英脉中流体包裹体类型丰富,流体具低盐度($2.4\% \sim 14.6\% \text{NaCl}$)、富 CO_2 的特征。成矿过程在 $80^\circ\text{C} \sim 360^\circ\text{C}$ 之间,金的沉淀主要发生集中在 $320^\circ\text{C} \sim 220^\circ\text{C}$ 的范围。成矿主期张性裂隙充填黄铁矿-石英脉的特点,表明主成矿阶段是一个由压性转化为张性的应力环境。沸腾包裹体的存在和张性脉的出现偶合,反映了减压沸腾是金沉淀的主要原因。流体包裹体的演化特征与挤压-伸展转变期的变化规律基本吻合,但流体压力的变化明显滞后于构造应力的变化。流体特征和成矿构造环境均表明玲珑金矿是一个比较典型的造山型金矿。

致谢 感谢范宏瑞研究员、倪培教授在本文成过程中所提的宝贵意见。

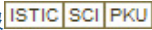
References

- Bakker RJ and Diamond LW. 2000. Determination of the composition and molar volume of $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2$ fluid inclusion by microthermometry. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 64: 1753–1764
- Boullier AM and Robert F. 1992. Paleoseismic events recorded in Archean gold-quartz vein networks Val d'Or, Abitibi, Quebec. *Journal of Structural Geology*, 14: 161–179
- Boullier AM and Charoy B. 1994. Fluctuation in porosity and fluid pressure during hydrothermal events: Textural evidence in the Emuford District, Australia. *Journal of Structural Geology*, 16: 1417–1429
- Brown PE and Lamb WM. 1989. *P-V-T* properties of fluids in the system $\text{H}_2\text{O}-\text{CO}_2-\text{NaCl}$: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies. *Geochimica Cosmochim. Acta*, 53: 1209–1221
- Chen YJ. 1994. Greenstone type gold deposits in China. Progress in gold deposit studies (1–1). Beijing: Seismological Press, 4–29 (in Chinese) Vol 1 (up)
- Chen YJ, Sui YH and Pirajno F. 2003. Exclusive evidences for CMF model and a case of orogenic silver deposits: Isotope geochemistry of the Tieluping silver deposit, east Qinling orogen. *Acta Petrologica Sinica*, 19(3): 551–568 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, Pirajno F, Lai Y and Li C. 2004a. Metallogenic time and tectonic setting of the Jiaodong gold province eastern China. *Acta Petrologica Sinica*, 20(4): 907–922 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, Li J, Pirajno F, Lin ZJ and Wang HH. 2004a. Hydrothermal metallogeny of the Shangong gold deposit, east Qinling: Studies on ore geology and fluid inclusion geochemistry. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 24(3): 1–12 (in Chinese with English abstract)
- Chen YJ, Pirajno F and Qi JP. 2005. Origin of gold metallogeny and sources of ore-forming fluids, in the Jiaodong province, eastern China. *International Geology Review*, 47: 530–549

- Deng J, Zhai YS, Yang LQ and Xiao RG. 1999. Tectonic evolution and dynamics of metallogenic system an example from the gold deposits concentrated area in Jiaodong, Shandong, China. *Earth Science Frontiers*, 6(2): 315–323 (in Chinese with English abstract)
- Diamond LW. 2001. Review of the systematics of CO₂-H₂O fluid inclusions. *Lithos*, 55: 69–99
- Fan HR, Groves DI, Mikucki EJ and McNaughton NJ. 2001. Fluid mixing in the generation of Nevoria gold mineralisation in the Southern Cross Greenstone Belt, Western Australia. *Mineral Deposits*, 20(1): 37–43 (in Chinese with English abstract)
- Fan HR, Xie YH, Zhai MG and Jin CW. 2003. A three stage fluid flow model for Xiaojinling lode gold metallogenesis in the He'nan and Shaanxi provinces, central China. *Acta Petrologica Sinica*, 19(2): 260–266 (in Chinese with English abstract)
- Fan HR, Hu FF, Yang JH, Shen K and Zhai MG. 2005. Fluid evolution and large-scale gold metallogeny during Mesozoic tectonic transition in the eastern Shandong province. *Acta Petrologica Sinica*, 21(5): 1317–1328 (in Chinese with English abstract)
- Hall DL, Sterner SM and Bodnar RJ. 1988. Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions. *Econ. Geology*, 83: 197–202
- Hu FF, Fan HR, Shen K, Zhai MG, Jin CW and Chen XS. 2005. Nature and evolution of ore-forming fluids in the Rushan lode gold deposit, Jiaodong peninsula of eastern China. *Acta Petrologica Sinica*, 21(5): 1329–1338 (in Chinese with English abstract)
- Hu SX, Zhao YY and Xu JF. 1997. *Geology of gold deposits in North China Platform*. Beijing: Science Press, 1–220
- Lai Y. 1995. Ore-forming conditions and the process of Gold Mineralization of Wengdeng Gold Deposit, Shandong-Application of Cathodo-Luminescence in Fluid Inclusion Studies. *Chinese Journal of Geochemistry*, 14(2): 179–187
- Lai Y. 1995. Application of Cathodoluminescence to Mineralization and Lithogenesis Studying. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis*, 31(5): 631–638 (in Chinese with English abstract)
- Lai Y and Zang QJ. 2001. Fluid inclusions as an indicator to structural analysis. In: Chen YJ, Zhang J and Lai Y (ed.). *Continental geodynamics and metallogeny*. Beijing: Seismological Press, 260–266 (in Chinese)
- Laubach SE. 1989. Palaeostress direction from the preferred orientation of closed microfeatures (fluid-inclusion planes) in sandstones, East Texas basin, U. S. A. *Journal of Structural Geology*, 11: 603–611
- Lespinasse M and Pecher A. 1986. Microfracturing and regional stress field: A study of the preferred orientation of fluid-inclusion planes in a granite from the Massif Central, France. *Journal of Structural Geology*, 8: 169–180
- Li JX, Deng J, Wu WG, Wang YH, Cheng DW and Li J. 2004. Study on the sulfur-lead isotope of Zhaoyuan gold mineralization area and wall rocks. *Geoscience*, 18(2): 187–192 (in Chinese with English abstract)
- Li XJ and Liu W. 2002. Fluid inclusion and stable isotope constraints on the genesis of the Mazhuangshan gold deposit, eastern Tianshan Mountains of China. *Acta Petrologica Sinica*, 18(4): 551–558 (in Chinese with English abstract)
- Li N, Chen YJ, Lai Y, Pirajno F and Guo DS. 2007. Study of fluid inclusions and ore genetic type of the Qiyugou gold deposit, Henan. *Acta Petrologica Sinica*, 23(9): ??–?? (in Chinese with English abstract)
- Lu AH, Lu GX, Wang WZ and Lai Y. 1998. Continent-continent collision and fluid mineralization in southern Wengdeng. *Acta Geoscientia Sinica*, 19(2): 187–194 (in Chinese with English abstract)
- Lu GX and Kong QD. 1993. *Geology of Linglong-Jiaojia type gold deposits in Jiaodong peninsular*. Beijing: Science Press, 105–109 (in Chinese)
- Lu HZ, Guha J and Fang GB. 1999. Characteristics of ore forming fluid in Linglong Gold Mine, Shandong, China. *Geochimica*, 28(5): 421–437 (in Chinese English abstract)
- Lu HZ, Fan HR, Ni P, Ou GX, Shen K and Zhang WH. 2004. *Fluid inclusions*. Beijing: Science Press, 147–282 (in Chinese)
- Ni P, Fan JC, Tian JH and Zhou J. 2000. Mesozoic tectonic-hydrothermal activity driven gold metallogenesis in Dandong area, south Liaoning: Evidence from FIP. *Acta Petrologica Sinica*, 16(4): 506–512 (in Chinese with English abstract)
- Ni P, Fan JC, Zhou J, Ding JY, Ma DS, Hua RM, Li HF and Jiang SY. 2003. Preliminary Study on Fluid Inclusion Planes for Dabie Mountain. *Geological Journal of China Universities*, 9(4): 691–698 (in Chinese with English abstract)
- Peng XL, Li BL, Zhang Y and Shun FY. 2000. The mineralizing feature and meaning of Beijie gold deposit of Zhaoyuan City, Shandong Province. *Gold*, 21(11): 9–11 (in Chinese with English abstract)
- Pitzer KS and Sterner SM. 1994. Equations of state valid continuously from zero to extreme pressures for H₂O and CO₂. *J. Chem. Phys.*, 101: 3111–3116
- Qi JP, Chen YJ, Ni P, Lai Y, Ding JY, Song YW and Tang GJ. 2007. Fluid inclusion constraints on the origin of the Lengshuibeiou Pb-Zn-Ag deposit, Henan province. *Acta Petrologica Sinica*, 23(9): ??–?? (in Chinese with English abstract)
- Qi JZ, Ma ZR and Li L. 2004. Fluid evolution of Qiyugou cryptoexplosive breccia type gold deposit, Henan. *Gold Geology*, 10(4): 1–10 (in Chinese with English abstract)
- Qiu YM, Groves DI, Mc Naughton NJ et al. 2002. Nature, age and tectonic setting of raitoid-hosted, orogenic gold deposits of the Jiaodong Peninsula, eastern North China. *Miner. Dep.*, 37: 283–305
- Roedder E. 1984. *Fluid Inclusions*. Mineral Society of America. *Reviews in Mineralogy*, 12: 644
- Schwartz MO. 1989. Determining phase volumes of missed CO₂-H₂O inclusions using micro-thermometric measurements. *Miner. Deposits*, 24: 43–47
- Skinner BJ. 1979. The many origins of hydrothermal mineral deposits. In: Barnes HL (ed.). *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposit*. New York: John Wiley & Sons, 1–12
- Sterner SM. 1991. Synthetic fluid inclusion X: Experimental determination of P-V-T-X properties in the CO₂-H₂O system to 6kb and 200°C. *American Journal of Science*, 291: 1–54
- Tuttle OF. 1989. Structural petrology of planes of fluid inclusions. *Journal of Geology*, 57: 331–356
- Wan TF. 1988. *Palaeotectonic stress field*. Beijing: Science Press, 1–156 (in Chinese)
- Wei CS and Zhai YS. 1996. Fluid inclusion plane method: A method for time/space reconstruction of paleostructural stress field and paleofluid migration field. *Geological Science and Technology Information*, 15(3): 81–85 (in Chinese with English abstract)
- Yamamoto J, Hiroyuki K, Kaneoka I, Lai Y, Prikhod'ko VS and Arai S. 2002. Fossil pressures of fluid inclusions in mantle xenoliths exhibiting rheology of mantle minerals: Implications for the geobarometry of mantle minerals using micro-Raman spectroscopy. *Earth and Planetary Science Letters*, 198: 511–519
- Yang JH and Zhou XH. The Rb-Sr isochron of ore and pyrite sub-samples from Linglong gold deposit, Jiaodong Peninsula, eastern China and their geological significance. *Chinese Science Bulletin*, 45(14): 1547–1553 (in Chinese)
- Zhai MG, Fan HR, Yan JH and Miao LC. 2004. Large scale cluster of gold deposits in east Shandong: Anorogenic metallogenesis. *Earth Science Frontiers*, 11(1): 85–98 (in Chinese with English abstract)
- Zhang DJ. 2006. Geological characteristics of Linglong gold deposit, Shandong province and ore potential to the depth. *Contributions to Geology and Mineral Resources Research*, 21(supp.): 39–42 (in Chinese with English abstract)
- Zhang J, Chen YJ, Li GP, Li ZL and Wang ZG. 2004. Characteristics of ore geology and fluid inclusion of the Yindonggou silver deposit, Neixiang county, Henan province: Implication for metallogenic type. *Journal of Mineralogy and Petrology*, 24(3): 55–64 (in Chinese with English abstract)
- Zhou TH and Lu GX. 2000. Tectonics, granitoids and Mesozoic gold deposits in East Shandong, China. *Ore Geol. Rev.*, 16: 71–90

附中文参考文献

- 陈华勇, 陈衍景, 倪培, 张增杰. 2004. 南天山萨瓦亚尔顿金矿流体包裹体研究: 矿床成因和勘探意义. 矿物岩石, 24(3): 46-54
- 陈衍景. 1994. 中国绿岩带型金矿. 见: 中国金矿研究新进展第一卷上册. 北京: 地震出版社, 4-29
- 陈衍景, 隋颖慧, Pirajno F. 2003. CMF 模式的排他性依据和造山型银矿实例: 东秦岭铁炉坪银矿同位素地球化学. 岩石学报, 19(3): 551-568
- 陈衍景, Pirajno F, 赖勇, 李超. 2004a. 胶东矿集区大规模成矿时间和构造环境. 岩石学报, 20(4): 907-922
- 陈衍景, 李晶, Pirajno F, 林治家, 王海华. 2004b. 东秦岭上宫金矿流体成矿作用: 矿床地质和包裹体研究. 矿物岩石, 24(3): 1-12
- 邓军, 翟裕生, 杨立强, 肖荣阁, 孙忠实. 1999. 构造演化与成矿系统动力学: 以胶东金矿集中区为例. 地学前缘, 6(2): 315-323
- 范宏瑞, Groves DI, Mikucki EJ, McNaughton NJ. 2001. 西澳大利亚纳沃日金矿流体混合与金的成矿作用. 矿床地质, 20(1): 37-43
- 范宏瑞, 谢奕汉, 翟明国, 金成伟. 2003. 豫陕小秦岭脉状金矿床三期流体运移成矿作用. 岩石学报, 19(2): 260-266
- 范宏瑞, 胡芳芳, 杨进辉, 沈昆, 翟明国. 2005. 胶东中生代构造体制转折过程中流体演化和金的大规模成矿. 岩石学报, 21(5): 1317-1328
- 胡芳芳, 范宏瑞, 沈昆, 翟明国, 金成伟, 陈绪松. 2005. 胶东乳山脉状金矿床成矿流体性质与演化. 岩石学报, 21(5): 1329-1338
- 胡受奚, 赵懿英, 徐金方等. 1997. 华北地台金矿地质. 北京: 科学出版社, 220
- 赖勇. 1995. 阴极发光技术在成岩成矿作用研究中的应用. 北京大学学报(自然科学版), 31(5): 631-638
- 赖勇, 臧启家. 2001. 流体包裹体在构造研究中的示踪意义. 见: 陈衍景, 张静, 赖勇主编. 大陆动力学与成矿作用. 北京: 地震出版社, 260-266
- 李金祥, 邓军, 吴文根, 王银宏, 程教伍, 李剑. 2004. 山东招远金矿集中区矿床及围岩中硫和铅同位素的研究. 现代地质, 18(2): 187-192
- 李诺, 陈衍景, 赖勇, Franco Pirajno, 郭东升. 2007. 河南祁雨沟金矿流体包裹体及矿床成因类型研究. 岩石学报, 23(9): ??-?? 本专辑
- 李新俊, 刘伟. 2002. 东天山马庄山金矿床流体包裹体和同位素地球化学研究及其对矿床成因的制约. 岩石学报, 18(4): 551-558
- 刘伟, 陈紫英, 张德会. 2004. 豫西南石板沟金矿床成矿流体特征. 东华理工学院学报(自然科学版), 27(1): 44-51
- 鲁安怀, 吕古贤, 王文正, 赖勇. 1998. 文登南部陆-陆碰撞与流体成矿. 地球学报, 19(2): 187-194
- 吕古贤, 孔庆东. 1993. 胶东玲珑-焦家式金矿地质. 北京: 科学出版社, 105-109
- 卢焕章, Guha J, 方根保. 1999. 山东玲珑金矿的成矿流体特征. 地球化学, 28(5): 421-437
- 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 欧光习, 沈昆, 张文准. 2004. 流体包裹体. 科学出版社, 147-282
- 倪培, 范建国, 田京辉, 周进. 2000. 辽南丹东地区中生代金成矿的 FIP 证据. 岩石学报, 16(4): 506-512
- 倪培, 范建国, 周进, 丁俊英, 马东升, 华仁民, 凌洪飞, 蒋少涌. 2003. 大别山花岗岩流体包裹体面的初步研究. 高校地质学报, 9(4): 691-698
- 彭晓雷, 李碧乐, 张渊, 孙丰月. 2000. 山东招远北截金矿床的矿化特征及成矿意义. 黄金, 21(11): 9-11
- 祁进平, 陈衍景, 倪培, 赖勇, 丁俊英, 宋要武, 唐国军. 2007. 河南冷水北沟铅锌银矿床流体包裹体研究及矿床成因. 岩石学报, 23(9): ??-??
- 齐金忠, 马占荣, 李莉. 2004. 河南祁雨沟金矿床成矿流体演化特征. 黄金地质, 10(4): 1-10
- 万天丰. 1988. 古构造应力场. 北京: 地质出版社, 1-156
- 韦昌山, 翟裕生. 1996. 定向流体包裹体群的面状要素与微裂隙成生关系测量法. 地质科技情报, 15(3): 81-85
- 杨进辉, 周新华. 2000. 胶东地区玲珑金矿矿石和载金矿物 Rb-Sr 等时线年龄与成矿时代. 科学通报, 45(14): 1547-1553
- 翟明国, 范宏瑞, 杨进辉, 苗来成. 2004. 非造山带型金矿—胶东型金矿的陆内成矿作用地学前缘, 11(1): 85-98
- 张道俊. 2006. 山东玲珑金矿地质特征及深部找矿潜力分析. 地质找矿论丛, 21(增刊): 39-42
- 张静, 陈衍景, 李园平, 李忠烈, 王志光. 2004. 河南内乡县银洞沟银矿地质和流体包裹体特征及成因类型. 矿物岩石, 24(3): 55-64

作者: 张祖青, 赖勇, 陈衍景, ZHANG ZuQing, LAI Yong, CHEN YanJing
作者单位: 张祖青, 赖勇, ZHANG ZuQing, LAI Yong (北京大学, 造山带与地壳演化重点实验室, 北京, 100871), 陈衍景, CHEN YanJing (北京大学, 造山带与地壳演化重点实验室, 北京, 100871; 中国科学院广州地球化学研究所, 成矿动力学重点实验室, 广州, 510640)
刊名: 岩石学报 
英文刊名: ACTA PETROLOGICA SINICA
年, 卷(期): 2007, 23(9)
引用次数: 6次

参考文献(81条)

1. Bakker RJ. [Diamond LW Determination of the composition and molar volume of H₂O-CO₂ fluid inclusion by microthermometry](#) 2000
2. Boullier AM. Robert F [Paleoseismic events recorded in Archean gold-quartz vein networks Val d'Or, Abitibi, Quebec](#) 1992
3. Boullier AM. Charoy B [Fluctuation in porsity and fluid pressure during hydrothermal events: Textural evidence in the Emuford District, Australia](#) 1994
4. Brown PE. Lamb WM [P-V-T properties of fluids in the system H₂O-CO₂-NaCl: New graphical presentations and implications for fluid inclusion studies](#) 1989
5. Chen YJ [Greenstone type gold deposits in China](#) 1994
6. 陈衍景, 隋颖慧. Franco PIRAJNO [CMF模式的排他性依据和造山型银矿实例: 东秦岭铁炉坪银矿同位素地球化学\[期刊论文\]-岩石学报](#) 2003(3)
7. 陈衍景, Franco PIRAJNO, 赖勇, 李超 [胶东矿集区大规模成矿时间和构造环境\[期刊论文\]-岩石学报](#) 2004(4)
8. 陈衍景, 李晶. Franco PIRAJNO, 林治家, 王海华 [东秦岭上宫金矿流体成矿作用: 矿床地质和包裹体研究\[期刊论文\]-矿物岩石](#) 2004(3)
9. Chen YJ. Pirajno F. Qi JP [Origin of gold metallogeny and sources of ore-forming fluids, in the Jiaodong province, eastern China](#) 2005
10. Deng J. Zhai YS. Yang LQ. Xiao RG [Tectonic evolution and dynamica of metallogenic system an example from the gold deposits concentrated area in Jiaodong, Shandong, China](#) 1999(2)
11. [Diamond LW Review of the systematics of CO₂-H₂O fluid inclusions](#) 2001
12. 范宏瑞. D. I. Groves. E. J. Mikucki. N. J. McNaughton [西澳大利亚纳沃日金矿流体混合与金的成矿作用\[期刊论文\]-矿床地质](#) 2001(1)
13. 范宏瑞. 谢奕汉. 翟明国. 金成伟 [豫陕小秦岭脉状金矿床三期流体运移成矿作用\[期刊论文\]-岩石学报](#) 2003(2)
14. 范宏瑞. 胡芳芳. 杨进辉. 沈昆. 翟明国 [胶东中生代构造体制转折过程中流体演化和金的大规模成矿\[期刊论文\]-岩石学报](#) 2005(5)
15. Hall DL. Sterner SM. Bodnar RJ [Freezing point depression of NaCl-KCl-H₂O solutions](#) 1988
16. 胡芳芳. 范宏瑞. 沈昆. 翟明国. 金成伟. 陈绪松 [胶东乳山脉状金矿床成矿流体性质与演化\[期刊论文\]-岩石学报](#) 2005(5)
17. Hu SX. Zhao YY. Xu JF [Geology of gold deposits in North China Platform](#) 1997
18. Lai Y [Ore-forming conditions and the process of Gold Mineralization of Wengdeng Gold Deposit, Shangdong-Application of Cathodo-Lminescence in Fluid Inclusion Studies](#) 1995(2)

19. [Lai Y Application of Cathodoluminescence to Mineralization and Lithogenesis Studying](#) 1995(5)
20. [Lai Y, Zang QJ Fluid inclusions as an indicator to structural analysis](#) 2001
21. [Laubach SE Paleostress direction from the preferred orientation of closed microfeatures \(fluid-inclusion planes\) in sandstones, East Texas basin, U.S.A](#) 1989
22. [Lespinasse M, Pecher A Microfracturing and reginal stress field: A study of the preferred orientation of fluid-inclusion planes in a granite from the Massif Central, France](#) 1986
23. [李金祥, 邓军, 吴文根, 王银宏, 程敦伍, 李剑 山东招远金矿集中区矿床及围岩中硫和铅同位素的研究](#)[期刊论文]-[现代地质](#) 2004(2)
24. [李新俊, 刘伟 东天山马庄山金矿床流体包裹体和同位素地球化学研究及其对矿床成因的制约](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2002(4)
25. [Li N, Chen YJ, Lai Y, Pirajno F Guo DS Study of fluid inclusions and ore genetic type of the Qiyugou gold deposit](#) 2007(9)
26. [Lu AH, Lu GX, Wang WZ, Lai Y Continent-continent collision and fluid mineralization in southern Wendeng](#) 1998(2)
27. [Lu GX, Kong QD Geology of Linglong-Jiaojia type gold deposits in Jiaodong peninsular](#) 1993
28. [卢焕章, J. Guha, 方根保 山东玲珑金矿的成矿流体特征](#)[期刊论文]-[地球化学](#) 1999(5)
29. [Lu HZ, Fan HR, Ni P, Ou GX, Shen K Zhang WH Fluid inclusions](#) 2004
30. [倪培, 范建国, 田京辉, 周进 辽南丹东地区中生代金成矿的FIP证据](#)[期刊论文]-[岩石学报](#) 2000(4)
31. [倪培, 范建国, 周进, 丁俊英, 马东升, 华仁民, 凌洪飞, 蒋少涌 大别山花岗岩流体包裹体面的初步研究](#)[期刊论文]-[高校地质学报](#) 2003(4)
32. [Peng XL, Li BL, Zhang Y, Shun FY The mineralizing feature and meaning of Beijie gold deposit of Zhaoyuan City, Shandong Province](#) 2000(11)
33. [Pitzer KS, Sterner SM Equations of state valid continuously from zero to extreme pressures for H₂O and CO₂](#) 1994
34. [Qi JP, Chen YJ, Ni P, Lai Y Ding JY, Song YW Tang GJ Fluid inclusion constraints on the origin of the Lengshuibegou PbZn-Ag deposit, Henan province](#) 2007(9)
35. [齐金忠, 马占荣, 李莉 河南祁雨沟金矿床成矿流体演化特征](#)[期刊论文]-[黄金地质](#) 2004(4)
36. [Qiu YM, Groves DI, Mc Naughton NJ Nature, age and tectonic setting of orogenic gold deposits of the Jiaodong Peninsula, eastern North China](#) 2002
37. [Roedder E Fluid Inclusions. Mineral Society of America](#) 1984
38. [Schwartz MO Determining phase volumes of mixed CO₂-H₂O inclusions using micro-thermometric measurements](#) 1989
39. [Skinner BJ The many origins of hydrothermal mineral deposits](#) 1979
40. [Sterner SM Synthetic fluid inclusion X: Experimental determination of P-V-T-X properties in the CO₂-H₂O system to 6 kbar and 200°C](#) 1991
41. [Tuttle OF Structural petrology of planes of fluid inclusions](#) 1989
42. [Wan TF Palaeotectonic stress field](#) 1988
43. [Wei CS, Zhai YS Fluid inclusion plane method: A method for time/space reconstruction of](#)

[paleostructural stress field and palaeofluid migration field](#) 1996(3)

44. [Yamamoto J.](#) [Hiroyuki K.](#) [Kaneoka I.](#) [Lai Y](#) [Prihod'ko VS](#) and [Arai S](#) [Fossil pressures of fluid inclusions in mantle xenoliths exhibiting rheology of mantle minerals: Implications for the geobarometry of mantle minerals using micro-Raman spectroscopy](#) 2002

45. [Yang JH.](#) [Zhou XH](#) [The Rb-Sr isochron of ore and pyrite sub-samples from Linglong gold deposit, Jiaodong Peninsula, eastern China and their geological significance](#)

46. [翟明国.](#) [范宏瑞.](#) [杨进辉.](#) [苗来成](#) [非造山带型金矿—胶东型金矿的陆内成矿作用](#) [期刊论文] - [地学前缘](#) 2004(1)

47. [张道俊](#) [山东玲珑金矿地质特征及深部找矿潜力分析](#) [期刊论文] - [地质找矿论丛](#) 2006(z1)

48. [张静.](#) [陈衍景.](#) [李国平.](#) [李忠烈.](#) [王志光](#) [河南内乡县银洞沟银矿地质和流体包裹体特征及成因类型](#) [期刊论文] - [矿物岩石](#) 2004(3)

49. [Zhou TH.](#) [Lu GX](#) [Tectonics, granitoids and Mesozoic gold deposits in East Shandong, China](#) 2000

50. [陈华勇.](#) [陈衍景.](#) [倪培.](#) [张增杰](#) [南天山萨瓦亚尔顿金矿流体包裹体研究: 矿床成因和勘探意义](#) [期刊论文] - [矿物岩石](#) 2004(3)

51. [陈衍景](#) [中国绿岩带型金矿](#) 1994

52. [陈衍景.](#) [隋颖慧.](#) [Franco PIRAJNO](#) [CMF模式的排他性依据和造山型银矿实例: 东秦岭铁炉坪银矿同位素地球化学](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2003(3)

53. [陈衍景.](#) [Franco PIRAJNO.](#) [赖勇.](#) [李超](#) [胶东矿集区大规模成矿时间和构造环境](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2004(4)

54. [陈衍景.](#) [李晶.](#) [Franco PIRAJNO.](#) [林治家.](#) [王海华](#) [东秦岭上宫金矿流体成矿作用: 矿床地质和包裹体研究](#) [期刊论文] - [矿物岩石](#) 2004(3)

55. [邓军.](#) [翟裕生.](#) [杨立强](#) [构造演化与成矿系统动力学——以胶东金矿集中区为例](#) [期刊论文] - [地学前缘](#) 1999(2)

56. [范宏瑞.](#) [D. I. Groves.](#) [E. J. Mikucki.](#) [N. J. McNaughton](#) [西澳大利亚纳沃日金矿流体混合与金的成矿作用](#) [期刊论文] - [矿床地质](#) 2001(1)

57. [范宏瑞.](#) [谢奕汉.](#) [翟明国.](#) [金成伟](#) [豫陕小秦岭脉状金矿床三期流体运移成矿作用](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2003(2)

58. [范宏瑞.](#) [胡芳芳.](#) [杨进辉.](#) [沈昆.](#) [翟明国](#) [胶东中生代构造体制转折过程中流体演化和金的大规模成矿](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2005(5)

59. [胡芳芳.](#) [范宏瑞.](#) [沈昆.](#) [翟明国.](#) [金成伟.](#) [陈绪松](#) [胶东乳山脉状金矿床成矿流体性质与演化](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2005(5)

60. [胡受奚.](#) [赵懿英.](#) [徐金方](#) [华北地台金矿地质](#) 1997

61. [赖勇](#) [阴极发光技术在成岩成矿作用研究中的应用](#) 1995(5)

62. [赖勇.](#) [臧启家](#) [流体包裹体在构造研究中的示踪意义](#) 2001

63. [李金祥.](#) [邓军.](#) [吴文根.](#) [王银宏.](#) [程敦伍.](#) [李剑](#) [山东招远金矿集中区矿床及围岩中硫和铅同位素的研究](#) [期刊论文] - [现代地质](#) 2004(2)

64. [李诺.](#) [陈衍景.](#) [赖勇.](#) [Franco Pirajno.](#) [郭东升](#) [河南祁雨沟金矿流体包裹体及矿床成因类型研究](#) 2007(9)

65. [李新俊.](#) [刘伟](#) [东天山马庄山金矿床流体包裹体和同位素地球化学研究及其对矿床成因的制约](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2002(4)

66. [刘伟.](#) [陈紫英.](#) [张德会](#) [豫西南石板沟金矿床成矿流体特征](#) [期刊论文] - [东华理工学院学报](#) 2004(1)

67. [鲁安怀.](#) [吕古贤.](#) [王文正.](#) [赖勇](#) [文登南部陆-陆碰撞与流体成矿](#) 1998(2)

68. [吕古贤.](#) [孔庆东](#) [胶东玲珑-焦家式金矿地质](#) 1993

69. 卢焕章, J. Guha, 方根保 山东玲珑金矿的成矿流体特征 [期刊论文]-地球化学 1999 (5)
70. 卢焕章, 范宏瑞, 倪培, 欧光习, 沈昆, 张文准 流体包裹体 2004
71. 倪培, 范建国, 田京辉, 周进 辽南丹东地区中生代金成矿的FIP证据 [期刊论文]-岩石学报 2000 (4)
72. 倪培, 范建国, 周进, 丁俊英, 马东升, 华仁民, 凌洪飞, 蒋少涌 大别山花岗岩流体包裹体面的初步研究 [期刊论文]-高校地质学报 2003 (4)
73. 彭晓蕾 山东招远北截金矿床的矿化特征及成矿意义 [期刊论文]-黄金 2000 (11)
74. 祁进平, 陈衍景, 倪培, 赖勇, 丁俊英, 宋要武, 唐国军 河南冷水北沟铅锌银矿床流体包裹体研究及矿床成因 2007 (9)
75. 齐金忠, 马占荣, 李莉 河南祁雨沟金矿床成矿流体演化特征 [期刊论文]-黄金地质 2004 (4)
76. 万天丰 古构造应力场 1988
77. 韦昌山, 翟裕生 定向流体包裹体群的面状要素与微裂隙成生关系测量法 1996 (3)
78. 杨进辉, 周新华 胶东地区玲珑金矿矿石和载金矿物Rb-Sr等时线年龄与成矿时代 [期刊论文]-科学通报 2000 (14)
79. 翟明国, 范宏瑞, 杨进辉, 苗来成 非造山带型金矿—胶东型金矿的陆内成矿作用 [期刊论文]-地学前缘 2004 (1)
80. 张道俊 山东玲珑金矿地质特征及深部找矿潜力分析 [期刊论文]-地质找矿论丛 2006 (z1)
81. 张静, 陈衍景, 李国平, 李忠烈, 王志光 河南内乡县银洞沟银矿地质和流体包裹体特征及成因类型 [期刊论文]-矿物岩石 2004 (3)

相似文献(10条)

1. 期刊论文 李碧乐, 王力, 霍亮, 张晗 胶东玲珑金矿52#脉群成矿流体特征及成因 -自然科学进展 2009, 19 (1)
胶东位于华北克拉通东缘, 是我国最重要的金矿成矿区(带)之一。玲珑金矿位于胶东西北部, 矿区内金矿以一组脉群形式产出, 金矿脉受压扭性的NNE向玲珑深断裂控制, 矿体分布于玲珑断裂次级的NE向断裂系中。52#脉群是矿区内代表性矿脉, 矿石自然类型为石英脉型和蚀变岩型, 矿石中硫化物以黄铁矿为主。石英流体包裹体有气液两相、含CO₂三相和纯CO₂包裹体3种类型。流体盐度低, 介于3.0‰~7.81‰NaCl_{eqv}, 平均5.81‰NaCl_{eqv}; 成矿温度在160~405℃之间, 主要在220~280℃; 成矿压力在50~255 Mpa之间, 集中在70~130 Mpa之间。依据Sibson等的断裂带流体垂直分带曲线, 分段拟合深度和压力之间的关系式计算成矿深度在5~12.7 Km之间, 集中在6.8~9.5 km。玲珑金矿地质地球化学特征与全球造山型金矿类似, 为中成造山型金矿, 陆内碰撞造山是其成矿动力学背景。与全球及胶东地区同类金矿类似, 该矿床向深部有较大的延伸, 包括玲珑金矿在内的胶东地区深部仍有很大的找矿潜力。
2. 期刊论文 杨进辉, 周新华 胶东地区玲珑金矿矿石和载金矿物Rb-Sr等时线年龄与成矿时代 -科学通报 2000, 45 (14)
采用亚样品(sub-sample)取样及载金矿物-黄铁矿直接定年技术, 研究胶东地区典型矿床玲珑金矿主成矿期载金矿物(黄铁矿)的形成时代。黄铁矿亚样品Rb-Sr同位素年龄为(121.6±8.1) Ma, 矿石(黄铁矿石英脉)及矿石-矿物的Rb-Sr同位素年龄却集中在120.0~122.5 Ma和110.0~111.7 Ma两个年龄段之间。结合矿床地质特征和矿石矿物学特征认为, 矿石和矿石-矿物的同位素年龄是混合线, 121.6 Ma应当为玲珑金矿主成矿期—含金黄铁矿石英脉阶段的成矿时代。研究表明, 利用亚样品取样技术直接测定载金矿物黄铁矿的Rb-Sr同位素年龄用于确定热液成因石英脉型金矿床的成矿时代是可行的。
3. 期刊论文 吕古贤, 郭涛, 刘杜鹃, 舒斌, 夏林, 郭初算, 董法先 矿区构造变形岩相形迹填图、矿化趋势度的实测及其地质找矿——以胶东玲珑金矿田阜山金矿区为例 -地质找矿论丛 2002, 17 (4)
以玲珑金矿田阜山金矿区为实测地区, 研究了胶东构造岩浆活化区玲珑—焦家式金矿的矿源岩系, 对2 km²内矿源岩的构造变形岩相形迹进行1/2000填图。在此基础上, 提出矿化趋势度(MTD)的概念并完成阜山金矿区矿化趋势度的分布图。矿化趋势度的概念及其填图研究方法对于探讨将成矿模型转化为找矿模型、逐步建立更具体量化的找矿预测实测方法有重要的参考价值和应用前景。
4. 期刊论文 罗镇宽, 关康, 苗来成 胶东玲珑金矿田煌斑岩脉与成矿关系的讨论 -黄金地质 2001, 7 (4)
在世界范围内的前寒武纪地盾区, 煌斑岩与中温热液金矿床有着密切的空间和时间关系, 但是否存在成因关系有不同认识。以玲珑金矿田为例, 介绍了区内煌斑岩的地质地球化学特征及其与金矿床在时间和空间上的密切关系。与含金石英脉伴生的橄榄拉辉煌斑岩富含大离子亲石元素(LILE)、H₂O、CO₂、Au和碱金属, 这些都是成矿流体富集的成分; 煌斑岩形成年龄覆盖了金矿化的年龄, 是与成矿作用时间最接近的岩浆活动, 两者又都是通过相同的构造通道运移。以上特征表明, 煌斑岩即使不是Au的提供者, 也可以为金矿化提供部分成矿流体和热动力, 从这个意义上讲, 金矿化与煌斑岩存在成因关系。
5. 学位论文 张祖青 胶东地区玲珑金矿流体包裹体地球化学特征 2005
玲珑地区位于山东半岛西北部, 是中国重要的金成矿区之一。为了探讨成矿流体的特征, 本文对玲珑金矿的流体包裹体进行了系统的研究。进而, 对沿X型节理面充填的面型包裹体群的研究探讨了构造事件和面型包裹体及成矿作用的关系。石英脉中的流体包裹体被划分为七种类型。一方面, 分析了玲珑金矿各期次流体包裹体的温度、压力及成分、物相和流体密度的变化特征, 以此来探究玲珑金矿在成矿过程中各各流体物理化学条件变化特征, 从而为进一步探讨玲珑金矿形成的地质背景、物理化学条件、演化历史提供依据。另一方面, 探讨了玲珑金矿各成矿期次流体包裹体性质变化与构造事件的关系, 重点探讨了沿X型节理面的面型包裹体群的特征, 提出了玲珑金矿形成于由早阶段挤压变形→中阶段剪切变形→晚阶段伸展的构造演化观点。
6. 期刊论文 路彦明, 肖力, Lu Yanming, Xiao Li 中深成系脉型金矿矿体分段富集律及成生机制——以玲珑金矿田九曲矿段为例 -长春科技大学学报 1999, 29 (2)
通过对玲珑金矿田九曲矿段矿体地质的研究, 阐述了中深成系脉型金矿的矿体分段富集, 包括矿脉中矿体的产出特征和矿体的分布规律, 并进一步探讨了矿体分段富集律的成生机制, 指出矿体分段富集律的形成是受内因和外因(温度、流体动力学条件、构造应力场等)制约的。

7. 会议论文 [吕古贤](#), [武际春](#), [郑小礼](#), [郭涛](#), [舒斌](#), [申玉科](#), [周国发](#) [山东省玲珑金矿田深部资源第二富集带的研究和预测](#) 2006

开展构造变形岩相形迹地质方法填图,确立矿田NEE、NE和NNE三组方向的构造蚀变矿化带的成矿和控矿的构造分布模型,用构造校正方法测算玲珑-焦家式金矿典型矿田的成矿深度.玲珑金矿田四期成矿的深度分别约为3 454.97 m(213 Ma),1 914.42 m(100.28 Ma),1 090.97 m(80.67 Ma)和720.55 m(71.86 Ma).在地物化资料基础上开展综合预测,预测了3组方向构造蚀变矿化带深部第二富集带的赋存深度、富集金矿的概量.胶东金矿深部存在第二富集带已被地勘部门和矿山近10年的深部地质勘查工程所证实.胶东金矿深部第二富集带揭露数百吨新增储量的事实还表明,中国东部燕山期构造岩浆作用有关的金属矿,主要和燕山期基底逐渐上隆及反钟向区域压剪的大地构造环境有关,其大型矿山深部发育深部第二资源富集带的现象可能是普遍的.

8. 期刊论文 [孙国胜](#), [刘颖](#), [李绪俊](#), [姚凤良](#), [胡瑞忠](#), [王元东](#) [玲珑金矿田不同级别构造控矿特征](#) - [地质地球化学](#) 2003, 31 (2)

在我国著名的胶东玲珑金矿田中,发育有众多的断裂构造,这些断裂构造具有明显的主次之分,并对金矿化起着不同的控制作用.其中,破头青断裂为一级控矿构造,它控制了整个金矿田矿脉的空间分布、矿化类型、矿物组合以及矿化深度的规律性变化.玲珑断裂为二级控矿构造,它控制了次级矿脉的富矿段,导致矿脉的斜列及走向变化,其产状对两侧次级矿脉的赋矿标高产生一定的制约.矿田内其他NE-NEE方向的众多断裂为三级控矿构造,它控制了矿体的产出位置、形态、产状等.

9. 期刊论文 [冯涛](#), [孙宗锋](#), [李文](#), [刘日富](#), [蔡小宁](#) [山东玲珑金矿田东风矿区171号金矿脉地质特征及深部资源预测](#) - [黄金科学技术](#) 2009, 17 (6)

通过对东风矿区171号脉金矿浅部矿床成矿条件、矿脉特征、矿体特征、围岩蚀变等的分析研究,探讨和总结了矿床成因及成矿规律,并结合矿田及国内、外类似矿床的成矿预测资料与现行勘查成果,预测了深部矿体资源.通过实际勘查发现了一大型金矿床,对我国深部盲矿勘查工作有一定的指导意义.

10. 会议论文 [吕古贤](#), [孔庆存](#), [邓军](#), [李晓波](#), [鲁安怀](#), [许顺山](#), [陈宣华](#), [舒斌](#) [山东玲珑金矿田和焦家金矿田成矿深度的研究与测算](#) 2003

应用构造作用力影响静水压力的理论,用构造校正方法测算玲珑-焦家式金矿典型矿田的成矿深度.焦家金矿I、II号矿体形成深度为2243.6m±,III号矿体脉群形成深度为1632.38m±(105Ma±),玲珑金矿田四期成矿的深度分别是3454.97m±(213Ma±),1914.42m±(100.28Ma±),1090.97m±(80.67Ma±)和720.55m±(71.86Ma±).这些结果已被近年深部第二富集带新增储量数百吨所证实,表明胶东金的成矿作用,主要和燕山期基底逐渐上隆及反钟向区域压剪的大地构造环境有关.

引证文献(6条)

1. [李碧乐](#), [王力](#), [霍亮](#), [张晗](#) [胶东玲珑金矿52#脉群成矿流体特征及成因](#) [期刊论文] - [自然科学进展](#) 2009 (1)
2. [陈衍景](#), [肖文交](#), [张进江](#) [成矿系统:地球动力学的有效探针](#) [期刊论文] - [中国地质](#) 2008 (6)
3. [邓小华](#), [李文博](#), [李诺](#), [糜梅](#), [张颖](#) [河南嵩县纸房钼矿床流体包裹体研究及矿床成因](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2008 (9)
4. [邓小华](#), [李文博](#), [李诺](#), [糜梅](#), [张颖](#) [河南嵩县纸房钼矿床流体包裹体研究及矿床成因](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2008 (9)
5. [倪智勇](#), [李诺](#), [管申进](#), [张辉](#), [薛良伟](#) [河南小秦岭金矿田大湖金-钼矿床流体包裹体特征及矿床成因](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2008 (9)
6. [倪智勇](#), [李诺](#), [管申进](#), [张辉](#), [薛良伟](#) [河南小秦岭金矿田大湖金-钼矿床流体包裹体特征及矿床成因](#) [期刊论文] - [岩石学报](#) 2008 (9)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ysxb98200709019.aspx

下载时间: 2010年4月2日