

文章编号:0258-7106(2002)03-0246-10

论胶西北河西金矿床成因及其动力学条件*

徐贵忠¹ 应汉龙¹ 周 瑞¹ 余宏全² 闫 臻¹ 王艺芬¹ 李 兵³

(1 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100029; 2 中国地质科学院矿产资源研究所,北京 100037;
3 山东省第三地质勘查院,山东 烟台 264000)

摘 要 胶东河西金矿床属于典型的蚀变岩型金矿床。金矿体赋存于玲珑黑云母花岗岩体内,并受北东向断裂构造带所控制。⁸⁷Sr/⁸⁶Sr 的初始比值表明,玲珑黑云母花岗岩和郭家岭花岗闪长岩均为壳源深熔花岗岩。地质和同位素年代学资料表明,金成矿作用发生在早白垩世。据硫、氧同位素组成判断,河西金矿床的成矿作用可能与郭家岭花岗闪长岩的流体活动有关,其成矿温度以中温为主,成矿压力为 $(1\ 200 \sim 1\ 400) \times 10^5$ Pa。河西金矿床的花岗岩、蚀变岩和矿石的稀土与微量元素分布模式明显相似,说明它们有着共同的成因,与壳熔花岗岩岩浆作用有关。

关键词 金成矿作用 矿床成因 动力学条件 构造-岩浆活动 新城-焦家金矿田 河西金矿床

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

自 20 世纪 60 年代,山东省地质局第六地质队在胶西北地区发现“焦家式”破碎带热液交代蚀变岩型金矿床以来,在本区相继勘查出新城、三山岛、仓上、河西、河东、台上、东风、界河和望儿山等大型-超大型金矿床。其中河西金矿床是胶西北地区一个典型的蚀变岩型金矿床,它位于著名的新城—焦家金矿田范围内(图 1)。

目前已公开发表的有关胶东地区与金成矿作用有关的论著尽管数量不少,但多着重于在地球化学、同位素年代学和成因矿物学方面进行探讨,其内容多涉及到区域基底建造和岩浆岩与成矿作用的关系(王鹤年等,1984;骆万成等,1987;裘有守等,1988;陈光远等,1989;姚凤良等,1990;李兆龙等,1993;李胜荣等,1994a;1994b;张振海等,1994;邓军等,1995;罗镇宽等,1997;陆松年等,1997;关康等,1998;杨忠芳等,1998;卢焕章等,1999;杨进辉等,2000a;2000b;2000c),而对单个矿床开展某些较为深入系统的研究显得比较薄弱。本文试图通过对河西大型金矿床的成因及其形成的动力学条件的探讨,加深对该类型矿床的成矿规律的认识,而且对著名的新城—焦家矿田乃至胶西北金矿集中区的成矿环境和成矿过程的研究提供重要的依据。

1 地质概况

河西金矿床位于新城—焦家金矿田的西北部(见图 1),整个矿区被第四系松散堆积物覆盖。矿区的地质情况主要依据钻孔、坑道揭示及外围基岩露头区的资料综合分析所确定(见图 2)。为了清楚起见,下面从比矿区更大的尺度范围来

加以阐述其成矿的地质背景。

1.1 地层建造特征

新城—焦家金矿田出露的地层仅为上太古界胶东群结晶基底变质岩系,分布于矿田的西部,与燕山期玲珑黑云母花岗岩呈断层接触。胶东群为一套中深变质的区域变质岩系,主要由斜长角闪岩、黑云母变粒岩和黑云角闪斜长片麻岩组成,夹少量片麻岩和大理岩。其原岩属一套海相火山-沉积岩建造。

1.2 岩浆岩

从图 1 和图 2 可以看出,整个矿田大部分面积被岩浆岩所占据。岩浆岩包括岩体和岩脉两种。岩体主要为玲珑黑云母花岗岩,其次为郭家岭花岗闪长岩。岩脉包括伟晶岩脉、细晶岩脉、正长斑岩脉、闪长玢岩脉、辉绿岩脉和煌斑岩脉等,穿插于岩体和基底变质岩系中。

野外观察表明,郭家岭花岗闪长岩体侵入于玲珑黑云母花岗岩体内。王鹤年等(1984)和李兆龙等(1993)分别得到其全岩 K-Ar 年龄值 119.8 Ma 和全岩 Rb-Sr 等时线年龄值 113.4~117.9 Ma;罗镇宽等(1997)测得其锆石 U-Pb 年龄值为 130~126 Ma。看来郭家岭花岗闪长岩是早白垩世产物。

对玲珑黑云母花岗岩体的形成时代争议比较大。通过野外观察发现,玲珑黑云母花岗岩体虽属于继承性演化的复式岩体,但其主体也是燕山期成岩的。如李兆龙等(1993)用 Rb-Sr 等时线和 K-Ar 法测得 12 个玲珑黑云母花岗岩体的同位素年龄值,绝大部分值集中在 109~156 Ma 之间;苗来成等(1997)、关康等(1998)和 Wang 等(1998)的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄得出玲珑花岗岩(黑云母花岗岩和片麻状花岗岩)的成矿时代为 156~160 Ma。看来玲珑花岗岩的主体形成

* 本文为国家重点基础研究项目(编号:G1999043207和G1999043203)研究成果之一。

第一作者简介 徐贵忠,男,1941年生,研究员,长期从事构造地质学与矿床地质学研究。

收稿日期 2002-07-23;改回日期 2002-03-18。张绮玲编辑。

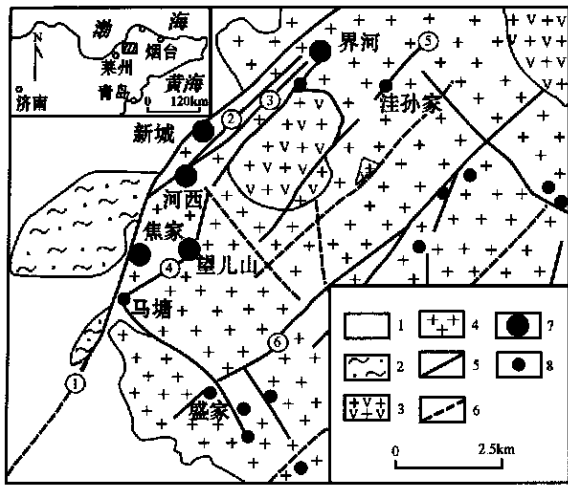


图 1 新城—焦家金矿田区域位置及其地质略图

1—第四系; 2—上太古界胶东群变质岩系; 3—郭家岭花岗闪长岩; 4—玲珑黑云母花岗岩; 5—实测断层; 6—推测断层; 7—大型-超大型金矿床; 8—小型金矿床及矿点; ①—新城—焦家断裂; ②—侯家断裂; ③—河西断裂; ④—望儿山断裂; ⑤—洼孙家断裂; ⑥—盛家断裂

Fig. 1 Geological sketch map showing regional location of the Xincheng-Jiaojia gold orefield

1—Quaternary; 2—Metamorphic rocks of Upper Archean Jiaodong Group; 3—Guojialing granodiorite; 4—Linglong biotite granite; 5—Measured fault; 6—Inferred fault; 7—Large-Superlarge gold deposits; 8—Small gold deposit and ore spot; ①—Xincheng-Jiaojia fault; ②—Houjia fault; ③—Hexi fault; ④—Wangershan fault; ⑤—Wasunjia fault; ⑥—Shengjia fault

时代应为晚侏罗世。

从测得的玲珑花岗岩体和郭家岭花岗闪长岩体的⁸⁷Sr/⁸⁶Sr的初始比值分别为 0.7096~0.7135 和 0.7132~0.7158, 可以看出它们均为壳源深熔花岗岩(表 1)。

1.3 构造特征

新城—焦家金矿田由于大面积为岩浆岩所占据,且古老结晶基底岩石呈少量零星残片形式存在,因此褶皱构造无法恢复。从整个胶西北大的地质构造背景看,本矿田位于由上太古界胶东群变质岩系组成的栖霞复背斜核部的北侧。

本矿田的断裂构造非常发育。从图 1 可以看出,矿田内主要发育北东向和北西向两组断裂构造,其中前者为本区主要控矿构造。自北西向南东方向发育有新城—焦家断裂、侯家断裂、河西断裂、望儿山断裂以及洼孙家与盛家断裂。矿田内几个大型-超大型金矿床全部集中于新城—焦家断裂和望儿山断裂之间的地段,望儿山断裂以东仅分布有一些小型金矿床和矿点(见图 1)。很显然,新城—焦家断裂、侯家断裂、河西断裂及望儿山断裂构成了本矿田内的重要控矿断裂构造带。

从图 2 可以看出,河西金矿矿区夹持在新城—焦家断

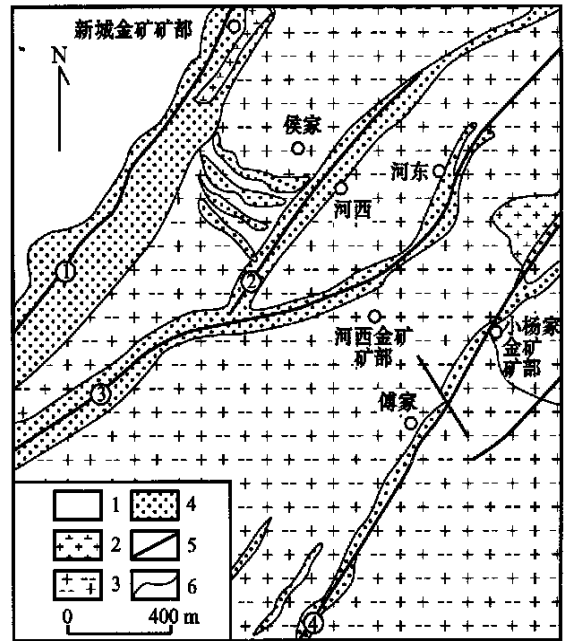


图 2 河西金矿区及其外围地质构造略图

1—第四系; 2—花岗闪长岩; 3—黑云母花岗岩; 4—蚀变岩; 5—断层(图中①—④断层名称与图 1 相同)

Fig. 2 Geological-structural sketch map of the Hexi ore district and its outskirts

1—Quaternary; 2—Granodiorite; 3—Biotite granite; 4—Altered rock; 5—Fault(①—④ faults as for Figure 1)

裂和望儿山断裂之间,直接的控矿和容矿断裂为侯家断裂和河西断裂。该图还显示,河西断裂在平面上呈现近于反 S 形,侯家断裂的南西端归并于河西断裂,似乎为河西断裂的一个分枝断裂。显然该矿区的断裂构造的展布方向(北东向)与矿田乃至整个胶东地区的断裂(主要呈现北东至北北东向)方向是类似的。

下面将简略介绍有关控矿断裂构造带中的几条重要断裂的基本地质特征。

新城—焦家断裂 该断裂是一个区域性基底断裂,在胶西北地表出露,延伸长约 60 km,总体走向呈北东向,倾向北西,倾角变化较大,为 30~70°。在平面上呈“S”形舒缓波状展布。断裂带基本上是发育在玲珑黑云母花岗岩体内,沿断裂带形成一宽大的破碎蚀变岩带,可达 80~300 m。构造岩组成复杂,除由数厘米至 1 m 厚的断层泥分布在主断裂面外,还有糜棱岩、碎裂岩及细角砾岩。表明断裂曾发生过多期不同性质的活动。该断裂可能是一条较古老的断裂,它在中生代强烈的活动对岩浆和成矿作用起到重要控制作用。

侯家断裂 该断裂规模不大,长约 5 km,破碎蚀变岩带宽约 30~80 m,走向 N40°E,倾向北西,沿走向和倾向倾角变化较大,30~80°,反映压扭性质的断裂特征。该断裂上盘呈北西向展布的几条小规模蚀变岩带控制了河西金矿床部分矿

表 1 胶东地区玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩(全岩)铷-锶同位素特征表

Table 1 Rb-Sr isotopic features of Linglong granite and Guojialing granodiorite (whole rock) in Jiaodong area

样品编号	岩石名称	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	ϵ_{Sr}
L-3	玲珑花岗岩	0.70964	0.2689	71.66
L-4	玲珑花岗岩	0.71351	0.4678	124.78
G-1	郭家岭花岗闪长岩	0.71322	0.1869	150.21
G-3	郭家岭花岗闪长岩	0.71583	0.1567	144.28

注:样品由中国科学院地质研究所同位素实验室测试分析。

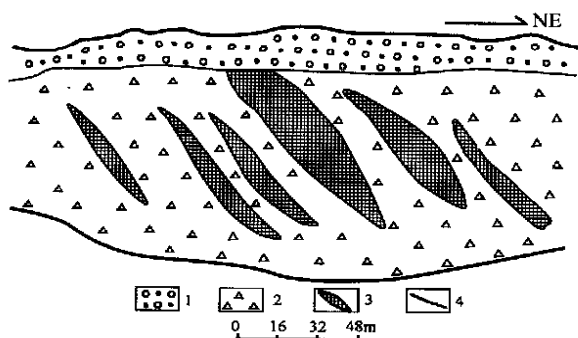


图 3 河西金矿床侯西金矿段剖面图

1—第四系; 2—破碎蚀变花岗岩; 3—矿体; 4—侯家断裂

Fig. 3 Geological section of Houxi gold ore block,

Hexi gold deposit

1—Quaternary; 2—Shattered altered granite; 3—Orebody;

4—Houjia fault

体的分布(见图 2 和图 3)。

河西断裂 该断裂规模比侯家断裂大,平面上呈反“S”形,总体走向北东,倾向北西,倾角 $50 \sim 70^\circ$,其南西端与新城—焦家断裂交汇。断裂带中的破碎蚀变岩带宽为数米至数十米,发育有断层泥、糜棱岩、碎裂岩和角砾岩。反映该断层同样具有多期不同性质的活动特征。河西金矿床的主要矿体是受该破碎蚀变岩带控制。

望儿山断裂 该断裂较侯家和河西断裂的规模大,长 10 余公里,破碎蚀变岩带宽 $20 \sim 120 \text{ m}$,走向 $\text{N}35^\circ \text{E}$,倾向北西,倾角较缓,为 $30 \sim 35^\circ$,沿断面发育有数厘米至 30 cm 的断层泥,构造岩类型与上述诸断裂类似。沿破碎蚀变岩带分布有界河、河东和望儿山金矿床。

上述 4 条主要断裂构造特征表明,新城—焦家断裂是矿田内一条区域性主干断裂,其余 3 条断裂为发育于新城—焦家断裂下盘的次级分枝断裂;矿田内与胶西北乃至整个胶东地区发育的北东向和北北东向断裂带无例外地均表现出压扭性特征。笔者认为这是代表燕山运动最后一期的构造形迹。新生代时期胶辽断块区乃处于挤压隆升状态,因此使得北东向及北北东向断裂仍继承了压扭性构造特征。构造岩的复杂性说明这些断裂在燕山运动时期起码经历了 3 次构造运动:第一次是伴随郯庐断裂带的大规模左旋平移,发生压扭性活动;第二次是伴随郯庐断裂带的拉张活动(裂谷作用),发生

张扭性活动,相继产生大规模岩浆作用和金成矿作用;第三次是成矿作用之后发生的压扭性活动。

2 矿床成因讨论

2.1 矿床主要地质特征

从图 2 可以看出,河西金矿床夹持在新城—焦家断裂和望儿山断裂之间。目前勘探表明,河西金矿床赋存有 10 个矿体,集中分布于河西和侯西两个矿段内。

河西矿段的 6 个矿体主要赋存于河西断裂北东走向至北东东走向段的过渡部位,即位于河西断裂与侯家断裂交汇部位两侧的附近地段。矿体基本上产于河西断裂上盘的破碎蚀变花岗岩中。矿体的延伸方向和倾向同断裂破碎蚀变岩带的总体产状大体一致。1、2、3 号矿体分布于距主断面 $5 \sim 40 \text{ m}$ 的范围内;4、5、6 号矿体则分布于距主断面 $50 \sim 100 \text{ m}$ 的范围内。

其中 1 号矿体是河西矿段内最主要矿体,在主断面附近,长约 370 m ,厚达 26 m ,已控制深度近 300 m 。河西矿段的矿体形态多为透镜状,出现沿走向分支复合及沿倾向尖灭再现的现象。矿体中的矿化多为浸染状、网脉状和细脉状。主要矿脉有 5 种:①含金石英-黄铁矿脉;②含金石英-多金属硫化物脉;③含黄铁矿的石英脉;④贫金黄铁矿-石英脉;⑤含金的黄铁矿-石英-方解石脉。其中含金石英-黄铁矿脉在本矿段分布最为广泛。

侯西矿段赋存的 4 个矿体分布于侯西断裂西侧的 4 个呈近于北西走向的次级破碎蚀变岩带中(见图 2)。从穿切它们的剖面(图 3)可以看出,破碎蚀变岩中的矿体的产状与次级蚀变破碎带的产状大体一致,倾向北东,倾角约 45° ,矿体呈透镜状产出。矿体沿走向也具有明显的分支复合现象,矿化仍以浸染状为主。但截止目前,在侯西断裂本身的破碎蚀变岩带中尚未发现工业矿体,原因有待进一步研究。

河西金矿床为典型的蚀变岩型金矿床,蚀变种类较多,有(黄铁)绢英岩化、绢云母化、钾长石化、钠长石化、硅化、碳酸盐化、绿泥石化及高岭土化等。其中钾长石化最为发育,矿体主要分布于钾长石化岩带中。

矿石具有晶粒状结构、填隙结构、乳滴状结构、包含结构、网格状结构和交代残余结构等。矿石构造以细脉状构造、浸染状构造和块状构造为主,其次为网脉状、交错状、条带状和角砾状构造。

矿石组成较为复杂,脉石矿物主要为石英、钾长石、绢云母、绿泥石和方解石等。金属矿物主要有黄铁矿、自然金、辉碲铋矿,其次为黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、银金矿、金银矿、磁黄铁矿、斑铜矿和孔雀石,此外还有铁的氧化物。

2.2 成矿时代讨论

随着近些年来地质工作和同位素年代学研究的深入,对胶东地区金成矿作用时代的认识已由以往争议很大到现在基本趋于一致,大多数研究者认为成矿时代属中生代或燕山期。笔者认为,金成矿作用是发生在早白垩世时期,主要依据是:①如前文所述,胶西北乃至整个胶东地区大规模构造—岩浆活动是发生在早白垩世,而大规模金成矿作用是与该时期构造—岩浆作用有着密切的成因联系,因此成矿时代与岩浆岩形成时代应发生在同一地质时期;②沂沐裂谷及胶莱盆地的形成并伴随大规模来自幔源的中基性岩浆喷发活动是发生于早白垩世^①;显然金成矿作用也必然是伴随这些大规模构造事件而产生的;③众所公认的一个事实,即河西金矿床、新城—焦家金矿田乃至胶西北地区的金矿床大多数赋矿围岩为早白垩世玲珑黑云母花岗岩。这一地质事实说明,金成矿作用晚于玲珑花岗岩。根据前文所论述的郭家岭花岗岩闪长岩穿插在玲珑黑云母花岗岩中及郭家岭花岗岩闪长岩的同位素年龄值与金成矿年龄值(下文讨论)的相关性,推断金成矿作用可能与郭家岭花岗岩闪长岩形成时的岩浆作用有关;④根据杨进辉等(2000a;2000b;2000c)最新研究报道,采用亚样品(Sub-Sample)取样及载金矿物——黄铁矿直接定年技术,测得玲珑金矿床黄铁矿亚样品 Rb-Sr 同位素年龄值为(121.6±8.1) Ma,测得其矿石(黄铁矿石英脉)及矿石矿物的 Rb-Sr 同位素年龄值集中在 120.0~122.5 Ma 和 110.0~111.7 Ma 两个年龄段之间。并认为前一个矿石和矿石矿物的同位素年龄是混合线,而 121.6 Ma 应当为玲珑金矿床主成矿期,即含金黄铁矿石英脉阶段的成矿时代。同时还用 Rb-Sr 等时线法,测得新城金矿床的强烈热液交代成因黄铁

绢英岩的年龄值为(116.6±5.3) Ma(杨进辉等,2000c)。据骆万成等(1987)对新城金矿床强烈蚀变黄铁绢云岩中蚀变矿物白云母用 Rb-Sr 等时线法和 K-Ar 法测得其年龄值分别为(105±7) Ma 和(106±2) Ma,山东省地质六队测定的仓上金矿床黄铁石英脉流体包裹体 Rb-Sr 等时线年龄值为(113.5±0.6) Ma。可以看出,本区金矿时代确定为 100~126 Ma 为宜,即金成矿作用发生在早白垩世。

2.3 矿床成因探讨

看来,矿床形成主要涉及 3 个重要的地质因素:① 矿物质来源;② 成矿热流体的产生;③ 地质构造事件。当然,这些重要地质因素的相互耦合必须具备合适的宏观动力学条件,将在下文论述。

目前,在对新城—焦家金矿田乃至整个胶东矿集区金矿床成因看法上仍存在较大的分歧,尽管比较一致地认为成矿作用是发生在中生代燕山期,并与岩浆活动相关。仅就花岗岩的成岩作用、成矿热液来源与金成矿作用的关系上就有几种不同的看法:① 花岗岩为岩浆型花岗岩,金成矿作用是与岩浆热液作用或岩浆期后热液作用有关(姚凤良等,1990);② 花岗岩为混合花岗岩,成矿热液来自于混合岩化热液且成矿热液与含矿花岗岩是同一地质作用的产物(杨忠芳等,1998);③ 金成矿作用是与壳源重熔花岗岩有关(李兆龙等,1993)。

笔者在新城—焦家金矿田和河西金矿床进行了大量野外地质研究工作,并在河西金矿矿区采集了部分有代表性样品进行室内测试分析研究,试图以河西金矿床为例,揭示一些相关矿床的成因机制。

2.3.1 成矿温压条件

在河西金矿床采集了几件有代表性的含金脉石英样品,主要对其石英(其中包括共生的方解石)流体包裹体的均一温度和盐度进行了测定,其结果见表 2。

在同一个样品中测试原生包裹体和次生包裹体的均一

表 2 河西金矿床流体包裹体均一温度和盐度测试结果

Table 2 Homogenization temperatures and salinities of fluid inclusions in the Hexi gold deposit

测定矿物	包裹体特征			成因	均一温度 $t_h/^\circ\text{C}$	盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})/\%$	备注
	形态	大小/ μm	$\varphi_{\text{气相}}/\%$				
石英	椭圆形	4~8	20	次生	245~265	6.6~7.4	成矿压力 $1\ 400\times 10^5\ \text{Pa}$
石英	负晶形	3~6	30	原生	317~325	—	
石英	椭圆形	4~6	10	次生	212~226	—	
方解石	菱形	4~6	30~50	原生	286~297	—	与石英共生
石英	负晶形	2~5	40~50	原生	272~275	—	
石英	负晶形	3~5	20	原生	282~295	—	
石英	椭圆形	2~6	10	次生	165~174	—	
石英	负晶形	3~6	80~90	次生	—	—	
石英	负晶形	4~6	20~30	原生	265~282	7.2~8.4	成矿压力 $1\ 200\times 10^5\ \text{Pa}$

注:流体包裹体均一温度由中国科学院地质研究所成矿流体实验室用 Leitzl 350 热台测试,测试精度为 $\pm 1^\circ\text{C}$;流体包裹体盐度用 Chairmeca 冷冻台测试,测试精度为 $\pm 0.1\%$ 。“—”为未测试者。

① 山东省地质矿产勘查开发局. 2000. 山东省区域地质调查总结报告.

温度和盐度。其中原生包裹体的均一温度普遍高于次生包裹体的均一温度。显然原生包裹体的温度应代表主要成矿阶段的温度,而次生包裹体的均一温度则为主要成矿阶段之后叠加的热液温度。因此,河西金矿成矿阶段热液温度为 265 ~ 325 °C,平均为 284.4 ~ 294.8 °C,以中温为主。测得的盐度表明,原生包裹体(主要成矿阶段)的盐度 $w(\text{NaCl}_{\text{eq}})$ 为 7.2% ~ 8.4%,次生包裹体(主要成矿阶段之后)的盐度为 6.6% ~ 7.4%。可见本矿床成矿流体的盐度较低,并且从成矿作用早期阶段至晚期阶段,盐度有下降趋势。这与胶西北及华北北缘某些金矿床的流体包裹体含盐度情况非常相似(裘有守等, 1988; 杨亿等, 1999)。计算出成矿时的压力为(1 200 ~ 1 400) $\times 10^5$ Pa,相应的深度大约为 4 ~ 5 km。

2.3.2 金成矿作用与岩浆活动关系讨论

尽管胶西北地区诸多矿床不乏硫同位素的研究数据,然而唯独河西金矿床缺乏硫同位素的研究。笔者在该矿床不同部位采集了 10 个含金黄铁矿样品进行硫同位素的分析测定(表 3)。

从表 3 可以看出,河西金矿床矿石硫同位素以富 $\delta^{34}\text{S}$ 为特征,属于明显正向偏离的陨石硫型。硫同位素 $\delta^{34}\text{S}$ 为 7.4% ~ 8.8%,极差为 1.4%, $\delta^{34}\text{S}$ 的平均值为 8.19%。上述硫同位素特征显示,其值变化范围很窄,极差很小,均一程度高且具有正向偏离的特征。该特征说明成矿时硫的物质来源非常稳定,应以深部重熔花岗岩质岩浆来源为主。

在河西金矿床的侯西矿段采集 8 个样品,分析了其氧同位素组成,结果列于表 4。

需指出的是,该表中的钾长石化花岗岩即为金矿化的蚀变岩,花岗岩则为含矿围岩——玲珑黑云母花岗岩。从矿化蚀变岩(即钾长石化花岗岩)和花岗岩氧同位素组成看,前者略高于后者,但总的看来,氧同位素组成均较稳定,变化小,说明热液来源稳定。另据钾长石化形成的钾长石在特征上与郭家岭花岗闪长岩中的钾长石斑晶非常相似,推断金矿化蚀变岩的形成很可能与郭家岭花岗闪长岩的岩浆流体交代玲珑

表 3 河西金矿床硫同位素组成

Table 3 Sulfur isotopic content of the Hexi gold deposit

样品编号	采样地点	$\delta^{34}\text{S}/\%$
1	河西矿段	7.4
2	河西矿段	7.5
3	河西矿段	7.9
4	河西矿段	8.1
5	河西矿段	8.4
6	河西矿段	8.0
7	河西矿段	8.5
8	河西矿段	8.8
9	侯西矿段	8.8
10	侯西矿段	8.5

注:样品由中国科学院地质研究所同位素实验室测试分析。

表 4 河西金矿床侯西矿段钾长石化花岗岩和花岗岩的氧同位素组成

Table 4 Isotopic composition of K-feldspathized granite in Hexi gold ore block, Hexi gold deposit

样品编号	样品名称	$\delta^{18}\text{O}/\%$
H9	弱钾长石化花岗岩	9.1
H10	钾长石化花岗岩	10.9
H11	钾长石化花岗岩	10.5
H12	花岗岩	9.8
H15	钾长石化花岗岩	10.2
H19	花岗岩	9.2
H23	钾长石化花岗岩	10.8
H24	钾长石化花岗岩	10.8

注:样品由中国地质科学院矿床研究所实验室测试分析。

黑云母花岗岩有关。

2.3.3 成矿物质来源

为了解成岩成矿物质来源,在河西金矿矿区共采集和分析岩石、矿石的稀土及微量元素样品 14 件,其结果分别列在表 5 和表 6。

14 个样品的 REE 球粒陨石标准化曲线见图 4。图中的花岗岩(曲线 1)、蚀变岩(曲线 2 ~ 10)和矿石(曲线 11 ~ 14)总的特点为稀土总量低,轻稀土轻度富集,分布模式为向右缓倾斜并大致相互平滑的平滑曲线,具有一定程度的 Eu 正异常。同时,上述 3 种不同类型样品的稀土元素特征具有较为明显的相似性,说明了金的成矿作用同岩浆作用密切相关。

同样,上述 14 个样品的微量元素也具有大致相似的特征。从其微量元素判别图上(图 5)可以明显看出,花岗岩、蚀变岩和矿石的微量元素的分布模式具有相似性。说明它们有着共同的成因和来源,均与岩浆作用有着密切的关系。

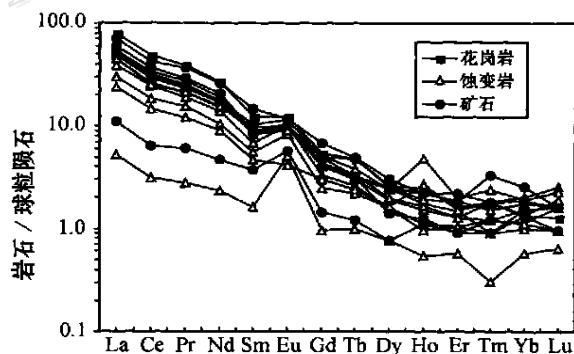


图 4 河西金矿床岩石、蚀变岩和矿石稀土元素配分曲线

Fig. 4 Chondrite-normalized REE patterns of rocks, altered rock and ores from the Hexi gold deposit

表 5 河西金矿主要岩石、蚀变岩和矿石稀土元素成分 ($w_B/10^{-6}$)

Table 5 REE composition of main rocks, altered rocks and ores from the Hexi gold deposit

样号及岩石名称	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	LREE	HREE	Σ REE
花岗岩																	
H12	25.36	45.36	4.61	15.88	2.46	0.90	1.65	0.24	0.82	0.18	0.34	0.06	0.25	0.04	94.57	3.58	98.15
蚀变岩																	
H1	9.68	17.57	1.84	6.28	1.11	0.60	0.77	0.11	0.50	0.08	0.22	0.03	0.19	0.03	37.08	1.93	39.01
H4	15.46	27.41	2.80	10.07	1.79	0.69	1.36	0.15	0.77	0.13	0.31	0.03	0.29	0.05	58.22	3.09	61.31
H9	1.69	2.8	0.33	1.41	0.32	0.37	0.30	0.05	0.24	0.04	0.12	0.01	0.11	0.02	7.01	0.89	7.90
H10	25.53	28.34	2.98	10.35	1.67	0.72	1.24	0.15	0.60	0.11	0.27	0.04	0.22	0.05	59.59	2.68	62.27
H11	12.36	22.83	2.30	8.32	1.37	0.73	1.03	0.13	0.48	0.07	0.22	0.04	0.21	0.03	47.91	2.21	50.12
H23	14.20	24.20	2.57	8.97	1.95	0.71	1.34	0.17	0.61	0.12	0.27	0.06	0.26	0.06	52.60	2.89	55.49
H24	7.54	13.76	1.45	5.44	0.92	0.30	0.93	0.12	0.52	0.20	0.32	0.06	0.39	0.08	29.41	2.62	32.03
H26	14.35	23.95	2.56	9.20	1.82	0.71	1.56	0.19	0.74	0.35	0.41	0.08	0.36	0.07	52.59	3.76	56.35
H2	17.16	31.50	3.31	11.22	1.66	0.65	1.54	0.16	0.78	0.14	0.39	0.05	0.33	0.05	65.50	3.44	68.94
矿石																	
H3	22.85	40.18	4.44	15.79	2.95	0.85	2.11	0.25	0.94	0.16	0.46	0.06	0.35	0.05	87.06	4.38	91.44
H16	19.29	34.32	3.47	12.44	1.77	0.76	1.25	0.16	0.43	0.09	0.19	0.03	0.25	0.03	72.05	2.43	74.48
H22	3.56	6.05	0.73	2.80	0.73	0.41	0.45	0.06	0.24	0.08	0.19	0.04	0.29	0.05	14.28	1.40	15.68
H25	16.32	30.01	3.00	10.48	2.09	0.83	1.53	0.24	0.79	0.16	0.39	0.11	0.48	0.05	62.73	3.75	66.48

注: 样品由中国科学院地质研究所岩石圈开放实验室 ICP-MS 法测试。

表 6 河西金矿岩石、蚀变岩和矿石微量元素成分 ($w_B/10^{-6}$)

Table 6 Trace element composition of rocks, altered rocks and ores from the Hexi gold deposit

样号及岩石名称	Rb	Ba	Th	U	Sr	Cs	Co	Ni	Cu	Zn
花岗岩										
H12	101.75	1592.61	4.91	0.53	569.89	0.47	2.24	5.04	7.48	29.85
蚀变岩										
H1	104.05	260.30	2.87	0.52	466.02	0.68	1.72	4.94	7.56	35.72
H4	119.19	1476.82	3.9	0.28	354.02	0.65	2.08	5.79	18.45	4.66
H9	46.13	284.81	0.57	0.38	351.39	0.53	2.21	5.26	12.08	10.76
H10	85.82	1431.83	4.81	0.31	493.36	0.63	1.93	4.28	16.67	10.67
H11	117.57	1392.60	3.51	0.42	372.12	0.58	2.17	2.88	10.29	10.63
H23	119.63	1476.51	3.46	0.36	497.67	0.54	2.44	8.12	32.77	4.03
H24	184.57	508.11	3.01	0.74	96.99	0.77	2.17	6.71	49.81	4.02
H26	158.69	1576.82	3.29	0.36	381.79	0.72	2.55	7.37	58.66	4.04
H2	103.82	903.83	4.92	0.55	290.79	0.54	1.98	6.14	17.62	4.03
矿石										
H3	168.38	1377.20	6.5	0.36	200.18	0.59	12.01	11.51	346.39	4.01
H16	146.97	1834.71	2.82	0.27	243.19	0.47	8.66	8.01	43.92	4.02
H22	122.01	1839.83	0.76	0.39	244.51	0.36	2.20	6.41	145.51	10.31
H25	151.38	1607.92	4.65	0.92	503.48	1.15	3.15	9.19	66.21	4.00

注: 样品由中国科学院地质研究所岩石圈开放实验室采用 ICP-MS 法测试。

3 成矿动力学条件探讨

综上所述,河西金矿矿区、新城—焦家金矿田乃至整个胶西北矿集区之所以成为我国著名的大型、超大型金矿床的产地,是因为具备前面所论述的那些重要地质条件。那么控制

它们的动力学条件是什么呢?

为了更明确地阐述这一问题,引用了近来笔者编制的胶东地区大地构造单元划分与主要断裂分布略图(图 6)。该图将胶东地区划分为两个大地构造单元和三条主要断裂构造带。它们是胶西北断块区和胶南造山带以及沂沭断裂带(郯庐断裂带中段)、蓬黄掖断裂构造带与牟平—即墨断裂构造带。笔者认为胶东地区在地质构造上具备两个明显特征:①

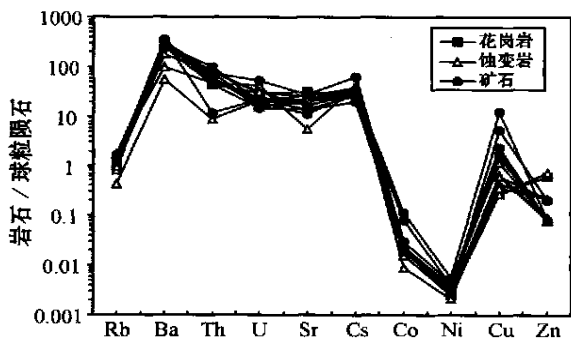


图5 河西金矿床岩石、蚀变岩和矿石微量元素判别图

Fig. 5 ORG-normalized geochemical patterns of rocks, altered rocks and ores from the Hexi gold deposit

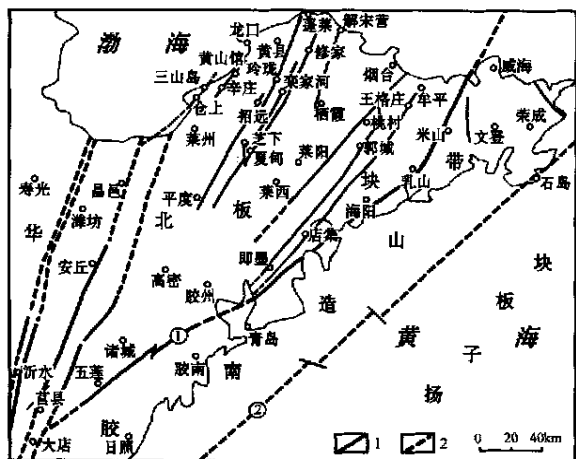


图6 胶东地区大地构造单元分区及主要断裂构造带划分
1—实测断裂；2—推测断裂；I—沂沭断裂带；II—蓬黄掖断裂构造带；III—牟平—即墨断裂构造带；①—五莲—青岛—米山断裂；②—连云港—石岛断裂

Fig. 6 Sketch map showing division of tectonic units and main fault structure zones in Jiaodong area

1—Measured fault; 2—Inferred fault; I—Yishu fault zone; II—Penghuangye fault-structure zone; III—Muping-Jimo fault-structure zone; ①—Wulian-Qingdao-Mishan fault; ②—Lianyungang-Shidao fault

胶东地区为华北板块东南缘和扬子板块东北缘的碰撞对接拼合带所在的部位；②胶东地区主要断裂及断裂构造带均为北东—北北东向走向。此外，据地质与地球物理资料综合分析，沂沭断裂带和牟平—即墨断裂构造带为深切幔源的岩石圈断裂带（徐贵忠，1981；1984；1994；徐贵忠等，1990；1993；吴利仁等，1998），而蓬黄掖断裂构造带则为基底断裂带。值得强调的是，牟平—即墨断裂构造带东侧的五莲—青岛—米山断裂则为分隔胶北断块和胶南造山带的边界断裂（见图6）。对此边界的厘定，翟明国等（2000）曾从基底变质岩石构造单

元划分方面做了较为充分的论证。

因为大别—苏鲁皖地区成为当今地球上出露规模最大和最好的超高压变质带，其中包含的胶东地区的胶南造山带中所发育的高压-超高压榴辉岩带也已成为地质界瞩目的研究热点，因此，对本区的成矿动力学条件不得不从更大的尺度范围来加以讨论。笔者认为，东秦岭—大别山碰撞造山带大致以南阳盆地为界分为两部分，西部为东秦岭造山带，东部为桐柏—大别造山带。前者最终完成碰撞造山作用是在印支期，后者是在加里东期（徐贵忠，1994；徐贵忠等，1990；1993；吴利仁等，1998）。在此后的海西期和印支期，华北和扬子板块东部地区基本上经历了平稳的地质发展时期。然而自印支晚期至燕山期，胶东乃至中国东部地区发生了巨大的地质构造变革。特别是在侏罗纪末期至早白垩世时期，突出表现在软流圈抬升、岩石圈减薄、地壳拉伸、大量断陷与拉伸盆地的形成以及强烈构造岩浆活动的发生。笔者认为，上述重大地质构造变革的动力，主要与库拉—太平洋板块向欧亚大陆的俯冲及郯庐断裂带的活动密切相关。

库拉—太平洋板块向欧亚大陆的俯冲消减作用始自印支晚期。推断该期消减带的倾角较小，可能是产生高应力智利型俯冲消减作用的原因（Uyeda et al., 1979；Uyeda, 1982），大洋板块的运动方向为北北西向，因此对大陆产生了强烈的挤压作用。其结果一方面导致中国东部地区产生了东西分异：西部拗陷，东部隆起；另一方面导致郯庐断裂带发生大规模左旋平移运动，并因此而促发胶东地区蓬黄掖断裂构造带和牟平—即墨断裂构造带发生相应的左旋压扭性活动。这一运动状态可能持续到中侏罗世末期，它为晚侏罗世特别是早白垩世时期岩石圈减薄和发生大规模岩浆活动聚集了足够的热能和动力条件。此外，由于郯庐断裂带的平移运动，将大别造山带东段向北推移至胶东地区。这一地质过程造成地壳缩短及胶东地区进一步隆升。Vissers等（1995）曾认为地壳剪切带在大陆裂解过程中起着关键性作用，可造成壳幔的明显拆离作用。

建立的动力学机制模式图（图7）表明，早白垩世时期，由于前期的俯冲，使该区逐渐倾没于东亚大陆板块之下，在软流圈中诱发的对流将地幔物质带到中国东部隆起的大陆壳下部，造成软流圈上拱，岩石圈减薄以及地壳的拉伸。该时期沂沭断裂带的活动方式和力学性质发生明显的改变，由前期的压扭性转变为此时期的拉张，发育成大陆裂谷。因此，该期的岩石圈减薄和沂沭断裂带的拉张活动是引起本区地壳产生大规模破裂，形成胶莱断陷盆地和大规模古老基底变质岩系的重熔作用与中基性岩浆的强烈喷发活动以及突发性巨量成矿作用的主要的动力学条件。

地质与地球物理资料证实，沂沭断裂带和牟平—即墨断裂构造带是幔源岩浆和深部热能的传输通道，而蓬黄掖断裂构造带的活动成为控制结晶基底深熔作用的重要因素之一，它亦是岩浆和矿液运移的浅部通道和就位的空间。其中控制新城—焦家矿田及包括其中的河西金矿区的那些北东至北

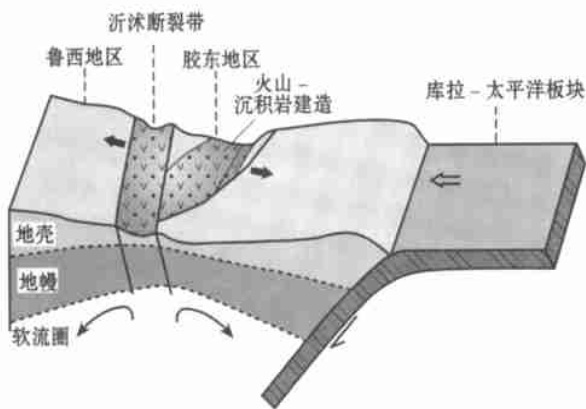


图 7 胶东地区成矿条件动力学模式

Fig. 7 Dynamic model for ore-forming conditions of Jiaodong area

北东向的基底断裂即是具体控岩和控矿构造的典型实例。

References

- Chen G Y, Shao W and Sun D S. 1989. Genetic mineralogy and prospecting of the gold deposits in eastern Shandong [M]. Chongqing: Chongqing Press. 1 ~ 452 (in Chinese).
- Deng J, Fang Y, Zhou X Q, et al. 1995. The reversion on the metallogenetic structural stress field and its control to mineralization in northwestern gold belt, Shandong [J]. Regional Geology of China, 3: 252 ~ 260 (in Chinese with English abstract).
- Guan K, Luo Z K, Miao L C, et al. 1998. Shrimp chronology study on the zircon of Guojialing granite, East Shandong [J]. Scientia Geologica Sinica, 33(3): 318 ~ 328 (in Chinese with English abstract).
- Li S R, Chen G Y, Shao W et al. 1994a. Morphology on the pyrite of Lushan gold deposit, East Shandong [J]. Contributions to geology and mineral resources expolration, (1): 79 ~ 85 (in Chinese with English abstract).
- Li S R, Chen G Y, Shao W, et al. 1994b. Study on the zonal structure of pyrite from the Shuangzishan gold mine, Eastern Shandong Province [J]. Journal of Mineralogy, 14(2): 152 ~ 156 (in Chinese with English abstract).
- Li Z L and Yang M Z. 1993. Geology and geochemistry of the gold deposits in East Shandong [M]. Tianjing: Tianjing Press of Science and Technology, 1 ~ 300 (in Chinese with English abstract).
- Lu H Z, Yuan W C, Zhang G P, et al. 1999. Study on the stable isotopes and isotopic chronology of the major gold deposits in Linglong-Jiaojia district Tianjing [J]. Journal of Guilin institute of technology, 19(1): 1 ~ 8 (in Chinese with English abstract).
- Lu S N, Li H K, Li H M, et al. 1997. The study on the characteristics of basement and mineralization in gold concentrated area, explained by Xiaoqinling, northern Hebei and eastern Shandong gold districts as example [M]. Beijing: Geological Publishing House. 1 ~ 110 (in Chinese with English abstract).
- Luo W C and Wu Q S, 1987. Determining the metallogenetic age of gold deposits with alteration minerals in Eastern Shandong [J]. Chinese Science Bulletin, 32(16): 1245 ~ 1248 (in Chinese with English abstract).
- Luo Z K, Guan K, Miao L C, et al. 1997. The inherited zircon age of the granite related with mineralizations and its implications in Zhaoye district, Eastern Shandong [J]. Acta Geologica Sinica, 18 (supplement): 138 ~ 141 (in Chinese with English abstract).
- Miao L C, Luo Z K and Huang J Z. 1997. The inherited zircon age of the granite and its implications in Zhaoye district, Eastern Shandong [J]. Science in China (D series), 27(3): 207 ~ 213 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Y S, et al. 1988. The regional metallogenetic conditions of the gold deposits in Zhaoyuan-Yexian district, Shandong [M]. Shenyang: Liaoning Press of Science and Technology. 1 ~ 268 (in Chinese).
- Uyeda S and Kanamon H. 1979. Back-arc opening and mode of subduction [J]. Journal of Geophysical Research, 84: 1049 ~ 1061.
- Uyeda S. 1982. Subduction zone: an introduction to comparative subductology [J]. Tectonophysics, 84: 33 ~ 159.
- Vissers R L, Drury M R and Hoogerduijn S E. 1995. Mantle shear zone during continental breakup [J]. Tectonophysics, 249: 155 ~ 171.
- Wang H L, Wang Y and Chen Y L. 1984. The migmatite and granite and its relationship with gold mineralization [J]. Journal of Nanking University (supp.): 29 ~ 40 (in Chinese).
- Wang L, Qiu Y, McNaughton N J, et al. 1998. Constrains on crustal evolution and gold metallogeny in the Northeastern Jiaodong Peninsula, China, from SHRIMP U-Pb zircon studies of granitoids [J]. Ore Geology Reviews, 13 (1-5): 275 ~ 291.
- Wu L R and Xu G Z. 1998. The geological evolution of Eastern Qinling-Dabie mountain orogenic belt [M]. Beijing: Science Press of China. 1 ~ 226 (in Chinese with English abstract).
- Xu G Z. 1981. The formation and its evolution of Yishu rift valley [A]. In: Proceedings of the dissertations for master degree in 1981, Institute of Geology, CAS [C]. Beijing: Science and Technology Press of Beijing. 42 ~ 54 (in Chinese).
- Xu G Z. 1984. The lower Liaohe continental rife valley and magmatic activities [J]. Scientia Geologica Sinica, (1): 24 ~ 41 (in Chinese).
- Xu G Z. 1994. The tectonics and gold mineralizations in Eastern Dabie Mountain [M]. Beijing: Seismology Press of China. 1 ~ 150 (in Chinese).
- Xu G Z and Wang Y F. 1990. Discussion on the Precambrian tectonic evolution [J]. Scientia Geologica Sinica, (2): 101 ~ 112 (in Chinese with English abstract).
- Xu G Z, Wang Y F and Zhang W S. 1993. The geotectonic evolution of Tongbai-Dabie mountain orogenic belt [J]. J. of Xi'an College of Geology, 15(1): 35 ~ 44 (in Chinese with English abstract).
- Yang J H and Zhou X H. 2000a. The Rb-Sr isochronic date and metallogenetic age of the gold ores and gold-bearing minerals in Linglong gold deposit, Eastern Shandong [J]. Chinese Science Bulletins, 45 (14): 1547 ~ 1552 (in Chinese with English abstract).
- Yang J H, Ma H M, Zhou X H, et al. 2000b. The composition ring

- structure in pyrite and its implications for mineralizations in Penglai gold deposit, Shandong [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 35(2): 168 ~ 174 (in Chinese with English abstract).
- Yang J H, Zhou X H and Chen L H. 2000c. Dating on the metallogenic age of the fault-belt alteration type gold deposits and its geological implications [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 16(3): 454 ~ 458 (in Chinese with English abstract).
- Yang Y, She H Q, Xu G Z, et al. 1999. The Yanshanian magmatic activities and gold deposits in Chaihulanzi gold deposit field [J]. *Acta Petrologica Sinica*, 15(3): 475 ~ 483 (in Chinese with English abstract).
- Yang Z F, Xu J K, Zhao L S, et al. 1998. The regional crust evolution and gold metallogenetic geochemistry in Eastern Shandong [M]. Beijing: Geological Publishing House. 1 ~ 57 (in Chinese).
- Yao F L, Liu L D, Kong Q C, et al. 1990. The vein-type gold deposits in the northwest part of Eastern Shandong [M]. Changchun: Jilin Press of Science and Technology. 1 ~ 24 (in Chinese).
- Zhai M G, Guo J H, Wang Q C, et al. 2000. The petrology tectonic units and thrust tectonics in crystalline basement in the north Jiangshu-Shandong metamorphic belt [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 35(1): 16 ~ 26 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Z H, Zhang J X and Ye S Z. 1994. Determination on the isotopic age of the gold deposits in Eastern Shandong [M]. Beijing: Geological Publishing House. 1 ~ 56 (in Chinese).
- 附中文参考文献**
- 陈光远, 邵伟, 孙岱生. 1989. 胶东金矿成因矿物学与找矿 [M]. 重庆: 重庆出版社. 1 ~ 452.
- 邓军, 方云, 周显强, 等. 1995. 山东胶西北地区金矿带成矿构造应力场反演及其控矿作用 [J]. *中国区域地质*, (3): 252 ~ 260.
- 关康, 罗振宽, 苗来成, 等. 1998. 胶东招掖郭家岭花岗岩锆石 SHRIMP 年代学研究 [J]. *地质科学*, 33(3): 318 ~ 328.
- 李胜荣, 陈光远, 邵伟, 等. 1994a. 胶东乳山金矿黄铁矿形态研究 [J]. *地质找矿论丛*, (1): 79 ~ 85.
- 李胜荣, 陈光远, 邵伟, 等. 1994b. 胶东乳山金矿双子山矿区黄铁矿环带结构研究 [J]. *矿物学报*, 14(2): 152 ~ 156.
- 李兆龙, 杨敏之. 1993. 胶东金矿床地质地球化学 [M]. 天津: 天津科学技术出版社. 1 ~ 300.
- 卢焕章, 袁万春, 张国平, 等. 1999. 玲珑—焦家地区主要金矿床稳定同位素及同位素年代学 [J]. *桂林工学院学报*, 19(1): 1 ~ 8.
- 陆松年, 李怀坤, 李惠民, 等. 1997. 金矿密集区的基底特征与成矿作用研究——以小秦岭、冀北和胶北金矿集中区为例 [M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 110.
- 骆万成, 伍勤生. 1987. 应用蚀变矿物测定胶东金矿的成矿年龄 [J]. *科学通报*, 32(16): 1245 ~ 1248.
- 罗镇宽, 关康, 苗来成, 等. 1997. 胶东招掖地区与金矿化有关花岗岩类继承锆石年龄及其意义 [J]. *地球学报*, 18(增刊): 138 ~ 141.
- 苗来成, 罗镇宽, 黄佳展, 等. 1997. 山东招掖金矿带内花岗岩类侵入体锆石 SHRIMP 研究及其意义 (J). *中国科学(D辑)*, 27(3): 207 ~ 213.
- 裘有守等著. 1988. 山东招远—掖县地区金矿区域成矿条件 [M]. 沈阳: 辽宁科技出版社. 1 ~ 268.
- 王鹤年, 汪耀, 陈延年. 1984. 胶东西北部混合岩、花岗岩及其与金矿化的关系 [J]. *南京大学学报*, 增刊: 29 ~ 40.
- 吴利仁, 徐贵忠. 1998. 东秦岭—大别山碰撞造山带的地质演化 [M]. 北京: 科学出版社. 1 ~ 226.
- 徐贵忠. 1981. 沂沭裂谷的形成与演化 [A]. 见: 中国科学院地质研究所 1981 届硕士论文集 [C]. 北京: 北京科技出版社. 42 ~ 54.
- 徐贵忠. 1984. 下辽河大陆裂谷与岩浆活动 [J]. *地质科学*, (1): 34 ~ 41.
- 徐贵忠. 1994. 大别山北部地质构造及金成矿作用 [M]. 北京: 地震出版社. 1 ~ 150.
- 徐贵忠, 王艺芬. 1990. 论东秦岭前寒武纪的构造演化特征 [J]. *地质科学*, (2): 101 ~ 112.
- 徐贵忠, 王艺芬, 张稳胜. 1993. 桐柏—大别山碰撞造山带的大地构造演化 [J]. *西安地质学院学报*, 15(1): 35 ~ 44.
- 杨进辉, 周新华. 2000a. 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 [J]. *科学通报*, 45(14): 1547 ~ 1552.
- 杨进辉, 马红梅, 周新华, 等. 2000b. 山东蓬莱金矿黄铁矿成分环带的成因及其成矿意义 [J]. *地质科学*, 35(2): 168 ~ 174.
- 杨进辉, 周新华, 陈立辉. 2000c. 胶东地区破碎带蚀变岩型金矿时代的测定及其地质意义 [J]. *岩石学报*, 16(3): 454 ~ 458.
- 杨忆, 余宏全, 徐贵忠, 等. 1999. 内蒙古柴胡兰子金矿田燕山期岩浆岩与金矿床 [J]. *岩石学报*, 15(3): 475 ~ 483.
- 杨忠芳, 徐奎奎, 赵伦山, 等. 1998. 胶东区域地壳演化与金成矿作用地球化学 [M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 57.
- 姚凤良, 刘连登, 孔庆存, 等. 1990. 胶东西北部脉状金矿 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社. 1 ~ 234.
- 翟明国, 郭敬辉, 王清晨, 等. 2000. 苏鲁变质带北部的岩石构造单元及结晶块体推覆构造 [J]. *地质科学*, 35(1): 16 ~ 26.
- 张振海, 张景鑫, 叶素芝. 1994. 胶东金矿同位素年龄的厘定 [M]. 北京: 地质出版社. 1 ~ 56.

Genesis and Dynamic Condition of Hexi Gold Deposit in Northwest Jiaodong Area

Xu Guizhong¹, Ying Hanlong¹, Zhou Rui¹, She Hongquan², Yan Zhen¹, Wang Yifen¹ and Li Bing³

(1 Institute of Geology and Geophysics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China; 2 Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China; 3 No.3 Institute of Geological Exploration, Yantai 264000, Shandong, China)

Abstract

The Hexi gold deposit, located in the Xincheng-Jiaojia gold field of Northwest Jiaodong peninsula, is a typical gold deposit of altered-rock-type. The orebodies were hosted in early Cretaceous Linglong altered biotite granite and controlled by NE-trending faults. The initial $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ ratios demonstrate that both Linglong biotite granite and Guojialing granodiorite are derived from deep melted crustal materials. Geological and isotopic chronological data indicate that gold mineralization occurred in early Cretaceous. The sulfur isotope composition of ore minerals in the Hexi gold deposit implies that the sulfur materials for mineralization are mainly derived from the deep remelted granitic magma. Oxygen isotope is steady and varies in a very small range, suggesting that the source of hydrothermal fluids is steady. Based on characteristics of stable isotopic data, we can draw the conclusion that the metallization of the Hexi gold deposit is probably related to the fluid activity of Guojialing granodiorite. The metallogenic temperature is mainly moderate and the pressure is about $(1\ 200 \sim 1\ 400) \times 10^5$ Pa. The composition of the REE and trace elements shows that granite, altered rocks and ores have obviously similar REE and trace element patterns. This implies that they have the same genesis and are related to the remelting of the crustal granite. During the early Cretaceous period, the subduction of Kula-Pacific plate into the Europe-Asia plate caused the ascending of the mantle in Yishu fault zone and Jiaodong area, the thinning of lithosphere and the crustal extension. It should be pointed out that Yishu rift, Jiaolai stretching basin, large-scale tectonic-magmatic activity generated by above geological processes are important geodynamic conditions favorable for gold metallization in this area.

Key words: gold metallization, genesis of gold deposit, geodynamic condition, tectonic-magmatic activity, Xincheng-Jiaojia gold field, Hexi gold deposit

地球深部构造与岩石圈金属富集国际研讨会在美国召开

美国 Gaddard 航天中心地球动力学部于 2001 年 9 月 18—22 日召开了由美、中、捷、俄、加、澳、乌兹别克等国 31 位地球科学家出席的地球深部构造与岩石圈金属富集国际研讨会。会议的重要意义是加深了由裴荣富院士负责的国际地质对比计划 IGCP-354“岩石圈超巨量金属工业堆积”项目的内容。2002 年 4 月裴荣富与美方的与会者再次对会议的 31 篇论文进行了研讨,其中重点探讨了卫星磁异常和区域重磁资料,提出陆内存在着传导不连续性分布的纬向“幔根”构造,反映陆内陆壳扎根地幔与洋壳消减陆缘具有异曲同工成矿作用;研讨了包括核-幔-壳地球圈层的动力学,壳幔不谐调运动发生“构造圈热侵蚀”是构造-岩浆成矿的主要动力;提出了地球深部构造过程(作用)是成矿发动的“引擎”,表壳控矿-成矿构造是成矿“温床”,深部与表壳作用的最佳耦合是超巨量金属富集的异常成矿效应。

(裴荣富 供稿)