初论华北东部中生代金成矿的地球动力学背景
——以胶东金矿为例

刘建明[1]　叶　杰[1]　徐九华[2]　姜能[1]　应汉龙[1]
(1. 中国科学院地质与地球物理研究所,北京 100101; 2. 北京科技大学,北京 100083)

摘　要: 山东金矿研究的最新成果表明,胶东众多金矿床(无论矿化类型、产出空间、地质背景的不同)的成矿时代主要集中在 115 ±15 Ma(早白垩世)前后这一狭短的时段内,暗示它们都受某一次统一的重大地质事件的制约. 金矿石中碳酸盐矿物的碳氧同位素组成显示成矿流体中的 CO_2 很可能来自深部(岩石圈地幔甚或更深). 115 ±15 Ma(早白垩世)前后正是华北东部中生代动力学体制转折的关键时段,此时古太平洋板块向欧亚大陆斜向快速俯冲、华北东部岩石圈剧烈减薄、郯庐断裂发生强烈左行走滑、区域构造应力场转变为强烈引张、火山 - 岩浆活动也最为强烈、尤其是深源(幔源)岩浆活动最为强烈. 同时,这也与部分学者提出的超级地幔柱的高潮时段(125～100Ma)相吻合,暗示可能有深部物质(不仅是上地幔物质,还可能包括下地幔物质)和热能的大规模强烈上涌. 因此,胶东金矿(以及华北东部的许多其它金矿床)的形成有可能是 115 ±15Ma 前后华北东部动力学体制转折过程中一次大规模的深部物质和深部能量上涌的结果.

关键词: 金矿床;早白垩世;深部物质上涌;华北东部
中图分类号: P541
文献标识码: A
文章编号: 1004-2903(2001)01-0039-08

1　引　言

金属矿床空间分布的极端不均匀性乃是地球表面最为引人注目的特征之一. 许多金属矿产的大部分储量集中分布在一些狭小的区域内,从而构成了世界闻名的巨型矿带. 通常认为,地壳浅部矿床分布的不均匀性乃是直接或间受地球演化过程中的某些深部过程所控制的,如岩石圈的深部结构和地幔不均一性、深部岩浆和深部流体的上升活动、地幔上升热柱等. 因此,探讨巨型矿集区的成矿地球动力学背景,正日益受到人们的关注.

华北东部是我国最重要的黄金产地,尤其是胶东半岛北部的黄金产量和储量都占了我

收稿日期: 2000-08-09;**修订日期**: 2000-09-20.
基金来源: 国家自然科学基金项目(49873022)、中国科学院资源与生态环境重大项目(KZ951-A1-401)和科学院知识创新工程重大项目(KZCX1-07)资助.
作者简介: 刘建明,1958 年生,男,四川泸县人,德国海德堡大学获博士学位. 现为中国科学院地质与地球物理所研究员,主要从事矿床成因及其探查的研究.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

国总量的 1/4 强,乃是我国最著名的巨型金矿集中区.十分有趣的是,这些金矿的成矿时代大多集中在中生代燕山期.数十年来,人们作了大量的研究工作,积累了丰富的资料和有益的认识.本文仅就目前的最新成果结合我们近期的研究工作,以胶东金矿为例,初步讨论华北东部燕山期金成矿的地球动力学背景.

山东位于华北克拉通东部边缘,北北东向的郯庐断裂带纵贯全省将其分为鲁西和鲁东(胶东)两大块.鲁东的南北两端分别是胶南隆起和胶北隆起,中间夹胶莱凹陷(白垩纪①盆地).胶北隆起广泛出露晚太古代胶东群和早元古代荆山群/粉子山群变质岩系以及大量燕山期花岗岩.胶南隆起上含榴辉岩块的胶南群变质岩系现厘定为早元古代,80 年代末相继在日照、威海以及相邻的江苏东海等地的胶南组榴辉岩中发现了柯石英,构成了一条区域性超高压榴辉岩带,一般认为是秦岭—大别榴辉岩带的东延部分,被郯庐断裂切割并向北平移.

2 来自金矿成矿定年数据的启示

经典意义上的胶东金矿是指产在胶北隆起深成侵位花岗岩中的石英脉型和破碎带蚀变岩型金矿床,即常说的"玲珑式"和"焦家式"金矿.近年的工作又发现了两类刚刚起步、但潜力很大的新类型,即产在燕山晚期火山岩 - 次火山岩 - 浅成侵入岩区的爆破角砾岩型(浅成热液型)以及产在胶莱盆地边缘白垩纪底部地层中的砂 - 砾岩型金矿床.

精确测定热液成矿的年龄以获得热液成矿事件的精确年表,乃是地质学家多年的梦想.众所周知,如果对一个矿床成矿时代的认识发生了改变,则与成矿过程相联系的地质事件和成矿地质环境条件也就发生了改变,与此相关的成矿作用机制和成矿规律也会随之改变.因此,几十年来,许多地球化学家都在努力寻找能直接准确测定成矿年龄的同位素定年技术,并对包括 Rb-Sr、Sm-Nd、Pb-Pb、U-Th-Pb、Re-Os、K-Ar、Ar-Ar、裂变径迹、以及热发光等在内的许多方法都作了不同程度的探讨②.

尽管人们对岩石的同位素定年已经有了许多成熟的方法.但对矿床矿石则至今尚无得到大家承认的成熟定年手段.其原因主要是:1) 由于流体与固体岩石之间的强烈相互作用,流体与多种物源区产生物质交换,流体活动产物受多种物源区的影响,经常没有达到同位素平衡(甚至没有达到化学平衡)和同位素均一化.例如,热液蚀变矿物既有流体的同位素特征,又保持一定的原岩同位素特征.2) 流体活动产物经常受到多期流体活动以及热扰动和构造活动的叠加,使许多常用的同位素定年方法受到严重干扰而无法使用,Ar 的丢失就是最典型的例子.3) 热液矿物中所含的 Rb-Sr、Sm-Nd 等适合定年的元素的量很低,因此对质谱仪的灵敏度/精确度和实验室的全流程本底(空白误差)的要求极高,这是目前存在的主要技术难题.4) 金属矿物中 Rb-Sr、Sm-Nd 等元素的存在形式不清楚,使人们对所测出年龄的地质解释产生怀疑,这是目前存在的主要理论疑难之一.5) 在热液矿物中,含有适合同位素精确定

① 本文采用王鸿祯和李光岑[1]对中国白垩纪地层的两分法:早白垩世为 135-95Ma;晚白垩世为 95-65Ma.

② 对于各种同位素定年方法对成矿定年的适用性,笔者曾专门撰文加以评述[2],可供读者参阅.为节省篇幅,本文不再赘述.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

年的子体/母体元素比值的矿物较少.可喜的是,近年来随着同位素定年技术(质谱技术+超净技术)的飞速发展和研究程度的不断深入,成矿定年领域开始出现了令人兴奋的变化.尤其是,直接精确测定矿石中硫化物的同位素年龄已经成为可能[2-4].

长期以来,对山东斌矿花岗岩的成岩时代和石英脉型-破碎带蚀变岩型金矿的成矿时代也是众说纷纭,不同的作者根据不同的定年方法得出了大相径庭的认识,严重阻碍了对矿床成因和成矿规律的认识.可喜的是,近年来,从以下四个不同方面的研究对石英脉型-破碎带蚀变岩型金矿的成矿时代给出了十分可信、而且精确一致的认识[3-6]:1)矿体及其两侧矿化蚀变带中绢云母、钾长石和石英的 K-Ar/Ar-Ar 年龄研究;2)对成矿前-成矿期和成矿后岩浆岩(包括脉岩)时代的精确测定(包括单颗粒锆石 SHRIMP 测定);3)对矿体中黄铁矿的直接 Rb-Sr 等时线精确定年;4)矿石中绢云母、钾长石、方解石等矿物的 Rb-Sr 等时线精确定年.结论是:尽管胶北隆起上的石英脉型-破碎带蚀变岩型金矿数量多、分布广,但它们的成矿时代都集中在 115 ±15 Ma 这一狭小的时间范围内.十分有趣的是,山东的爆破角砾岩型(浅成热液型)金矿床和白垩纪底部地层中的砂砾岩型金矿床,尽管矿床类型、矿床分布区域、矿床产出的地质环境等都完全不同,但就目前的初步研究结果看,其成矿时代也是在 115 ±15 Ma 左右[7,8].更有意义的是,华北东部其它地区很多金矿床的成矿时代也显示基本相似的年代,如内蒙的安家营子、河北的峪耳崖、辽西的红石砬子等(根据文献[9]和笔者尚未公开发表的数据).这就提出了一个十分关键的问题,为什么山东金矿统一在 115 ±15 Ma 前后这一狭短的时段内形成?是否意味着山东金矿(无论矿化类型、产出空间、地质背景的不同)都是 115 ±15 Ma 前后的一次统一的重大地质事件的结果?显然,这种统一的、大区域的制约因素不会是浅部的局部因素,而更可能是一种深部因素.

3　碳-氧同位素及其它同位素证据

如果上述推论属实,胶东金矿不仅应在成矿时代上,而且还应该在其它某些方面也显示受某种统一的深部因素制约的迹象.为此,我们调研了金矿床的硫和铅同位素.众所周知,山东金矿床矿石中硫化物的硫同位素显示惊人的相似性,数十个矿床的数百个样品的 $\delta^{34}S$ 值都位于 +1～+11‰之间,主要集中在 +3～+8‰的狭小范围内,显示以深部幔源硫为主,受壳源硫部分混染的特征.山东金矿的矿石铅同位素也很有意思,尽管各人解释不同,但铅同位素数据具有相对集中的趋势,占据较小的数值区域,也大致显示出受某种统一因素的制约.

详尽的资料调研表明,尽管数十年来人们对山东金矿作了大量的工作,但对于矿石中碳酸盐矿物的碳氧同位素却研究较少.有所涉及的极少数矿床也只有少数的几个数据,很难说明问题.据此,我们计划开展系统的碳氧同位素研究.

由于自然界碳同位素的的分馏机制太复杂,而且影响因素太多,难以用于对成矿流体来源的探讨.但我们多年的探索表明,只要把碳同位素与氧同位素结合起来(因为不管是碳酸盐矿物还是有机物质,均是碳氧共生),在翔实的地质研究的前提下,当所测样品的数量达到一定的统计意义后,还是有可能对流体中 CO_2 的来源作出定性的探讨.首先我们把地壳流体

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

中 CO_2 的主要来源划分为三个源区,海相沉积碳酸盐、沉积有机质和深部的岩浆 - 地幔源.我们在充分的文献资料调研的基础上限定了各源区 CO_2 的大致 $\delta^{18}O\sim\delta^{13}C$ 的范围(图 1).研究表明,从这三个源区向成矿流体提供 CO_2 的主要机制有五种,即碳酸盐矿物的溶解作用(dissolution)和脱碳酸作用(decarbonation),沉积有机质的脱羧基作用(decarboxylation)和氧化作用(oxidation),以及岩浆 - 地幔源的结晶分异 - 去气作用(crystallization differentiation —degassing).生成 CO_2 的这五种作用过程同时又是碳和氧同位素的联合分馏过程,这就使我们有可能利用这种相互制约关系去追踪流体中 CO_2 的来源.在图 1 中我们用箭头标出了这些同位素分馏过程中碳 - 氧同位素的联合变化趋势.如,从沉积有机质经脱羧基作用生成的 CO_2,其 $\delta^{18}O$ 值降低而 $\delta^{13}C$ 值将高于其源区,而且脱羧基的程度越高,这一差异越大;而由氧化作用产生的 CO_2,其 $\delta^{13}C$ 值将基本不变(无碳同位素分馏发生),仅 $\delta^{18}O$ 值降低.

在山东的野外工作中我们系统采集了四个矿区的含碳酸盐矿物的矿石样品,包括焦家金矿(胶北隆起西段,破碎带蚀变岩型)、乳山金矿(胶北隆起东段,石英脉型)、七宝山金矿(爆破角砾岩型)、以及彭家斋金矿(盆地边缘层状砂砾岩型).共分离出单矿物样 140 余个.X-衍射粉晶分析显示,矿石中与金矿化有关的碳酸盐矿物主要是菱铁矿和铁白云石,其次是方解石.目前已经测定其中的 50 余个样品的碳氧同位素组成.初步研究显示:1)鲁东不同地区、不同类型的金矿具有十分相似的碳氧同位素组成($\delta^{13}C_{(PDB)}$ 主要集中在 - 1～ - 6 ‰之间,$\delta^{18}O_{(SMOW)}$ 主要集中在 + 8～ + 13 ‰之间),确实显示了某种统一的制约因素(不同研究者所得的结果均如此),可能指示了某种相对统一的 CO_2 来源;2)而且上述数据范围显示,这一优势性的、统一的 CO_2 来源最有可能是来自深部(岩石圈地幔 - 软流圈地幔)的 CO_2,并可能混入了少量地壳沉积碳酸盐的 CO_2(图 1).

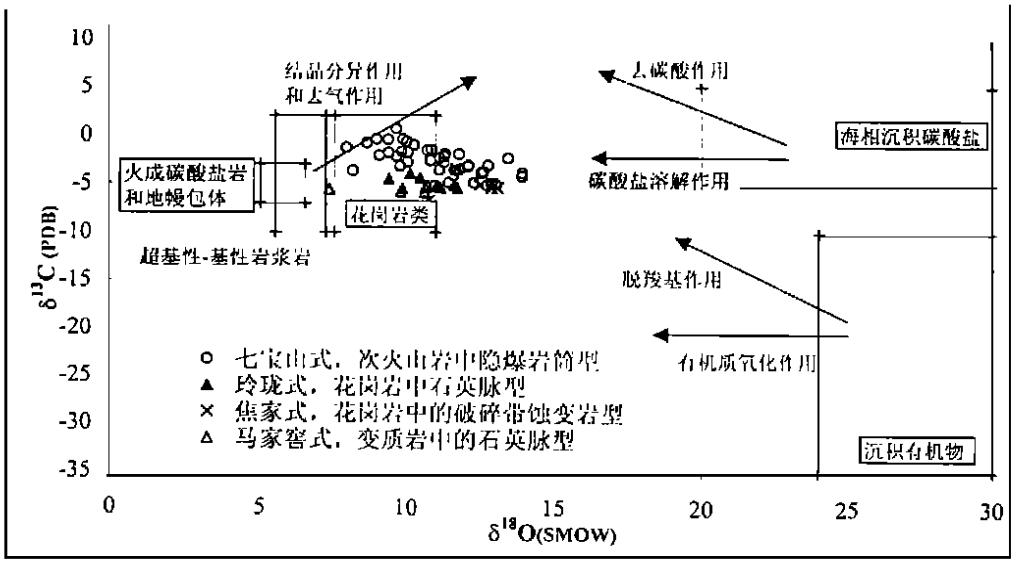


图 1 胶东不同类型金矿床矿石中碳酸盐矿物的 $\delta^{18}O\sim\delta^{13}C$ 图解,探讨成矿流体中 CO2 的可能来源

(底图根据作者 1998[10]的原图改制.图中数据除本文所作外,还收集自文献[7,11—16])

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

因此,胶东金矿(以及华北东部的许多其它金矿床)的形成有可能是早白垩世一次大规模的深部物质上涌的结果.那么,中生代晚期的早白垩世在华北东部究竟发生了什么?

4　华北东部中生代动力学体制转折

众所周知,华北东部滨太平洋域在中生代(尤其是燕山期)发生了强烈的构造-岩浆活化.板块构造理论出现后即与晚中生代以来的西太平洋俯冲带相联系.根据目前的研究,这实际上是中国东部的地球动力学体制在中生代发生了显著的变革和转折.华北东部在古生代末-早中生代经华北克拉通南(秦岭-大别-苏鲁)北(兴蒙)两条东西向碰撞造山带焊接而成为欧亚大陆东缘的一部分,随后强烈卷入到北北东向的滨太平洋构造域,使区内大陆地壳的演化进入了一个崭新的阶段.作为对这一罕见的地球动力学过程的直接响应,华北东部大陆岩石圈发生强烈变化,地壳物质发生剧烈变形、重组和重熔,引发了强烈的岩浆活动和强烈的流体成矿作用.

华北东部中生代动力学体制转折的表现形式十分复杂,主要有:1) 构造体制转折:中生代早期,南北边缘的碰撞造山作用趋于结束,因此南北向的挤压体制向中生代中期 - 新生代的近东西向体制转变,古生代近东西的构造线方向转变为北北东向为主的中生代构造线;2) 岩石圈剧烈减薄:古生代岩石圈厚度 200 km 左右,在中生代后期已减薄到不足 80 km;3) 大陆深俯冲作用:在盆地南缘的大别 - 苏鲁碰撞造山带,低密度的大陆壳曾俯冲到高密度的地幔深处,达 200 km 以上,从而形成了世界上规模最大的超高压变质带;4) 强烈而又频繁的岩浆-火山活动:;5) 大规模的流体成矿作用;6) 陆相含油气裂陷盆地广泛发育.

尽管已经积累了较多的资料和认识,但目前对这一重大事件的时间演化和空间迁移序列、尤其是地球动力学机制,仍然不甚清楚.通常认为可能有下述两方面的主导原因:1) 自中生代以来周边地区强烈相互作用的综合影响,包括:东边的古太平洋板块的俯冲消减作用;北部古亚洲洋和蒙古 - 鄂霍茨克海闭合;南部的大陆深俯冲作用;以及西南特提斯域碰撞造山作用和印度-欧亚板块碰撞的远程效应等;2) 深部上升地幔热柱的作用.

华北东部古生代含金刚石的金伯利岩的产出表明该区古生代时存在一个冷的厚达 200 km 的岩石圈,而且金刚石中固态矿物包体的研究表明古生代该区岩石圈地幔为典型的大陆克拉通型岩石圈地幔.华北东部新生代玄武岩以及尖晶石相二辉橄榄岩捕掳体的出现则显示该区新生代时岩石圈的厚度不会超过 80 km,测温资料亦显示该区为高的热流区,同时大量的尖晶石相地幔橄榄岩的岩石学、岩石化学、微量元素和同位素地球化学研究业已证明新生代该区岩石圈地幔具有大洋型岩石圈地幔特征.换言之,该区有大约 120 km 厚的岩石圈在中生代期间消失了,并且岩石圈性质和构造格局也发生了重大转变.

显然,山东乃至整个华北东部中生代的流体成矿(包括金矿),只是华北东部中生代动力学体制转折过程所包括的一个方面.

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

5 早白垩世:华北东部中生代动力学体制转折的关键时段

胶东地区中生代花岗岩出露广泛,大小岩体二十几个,通常按岩体的组成、组构、构造、产状等特征划分出五种岩体类型:玲珑型花岗岩、滦家河型花岗岩、郭家岭型花岗闪长岩、艾山型花岗闪长岩/二长花岗岩、崂山型碱性花岗岩.近二三十年来,同位素定年技术的飞速发展带来了固体地球科学研究的长足进步,许多单位和研究者对胶东花岗岩也积累了大量的定年数据,但由于多方面的原因,早期数据可信度低,数据十分分散.因此在使用定年数据时难免发生困难和误差.例如,最近苗来成等人[5]和 Wang 等[6]通过系统的单颗粒锆石 SHRIMP 研究令人信服地证明了,胶东玲珑型和滦家河型花岗岩形成于 160～150 Ma(晚侏罗世),郭家岭型花岗闪长岩形成于 130～126 Ma(早白垩世).而且前两类类岩体都含有年龄分别为前寒武纪(大于 650 Ma)和三叠纪(250～200 Ma)的继承性锆石,表明岩体很可能是前寒武纪(太古代)变质基底重熔成因(属壳源岩浆),但这一深部基底在三叠纪期间(大陆深俯冲期间)曾遭受强烈改造.

综合最新同位素定年研究成果[3－8,12],可将胶东中生代岩浆岩(包括侵入岩、火山岩、次火山岩、脉岩)分成三期:1)燕山早期的玲珑型和滦家河型花岗岩(晚株罗世,160～135 Ma),以深成侵位的、大的花岗岩岩基为主,主要产出在胶北隆起和胶南隆起,据研究主要是壳源花岗质岩浆(地壳重熔);2)燕山中期的主要时段则为早白垩世(135～95 Ma),不仅包括了郭家岭型和艾山型花岗闪长岩(侵位稍浅的、较小的岩株和斑岩体),而且还包括了早白垩世的青山群火山岩-次火山岩,以及大量的高钾基性-中性脉岩,本期的中性岩-基性岩较多,有时甚至偏碱性,据研究主要是富集地幔来源的岩浆;3)燕山晚期(晚白垩世,95～65 Ma)主要指崂山型碱性花岗岩和一些高钾基性-中性脉岩.

有趣的是,鲁东金矿的主成矿时代(115 ±15 Ma)刚好对应燕山中期这次深源岩浆活动!从而不禁使人们联想到,这次深源岩浆活动可能正是胶东金矿形成的统一背景.

位于胶北隆起和胶南隆起之间的胶莱盆地是一个与郯庐断裂带的左行走滑有关的早白垩世走滑拉分盆地.盆地充填物从下向上分为三套:莱阳群河湖相碎屑岩,青山群中-基性火山岩间夹酸性火山岩,以及王氏群红色-杂色碎屑岩.青山群火山岩覆盖范围广(大于莱阳群)、厚度大(可厚逾 2000 米),代表了盆地演化中期的强烈地壳(岩石圈)伸展、减薄、增温、基底破裂、以及大规模岩浆活动-火山喷发.而这一时段也正好对应着胶东金矿的成矿高峰(115 ±15 Ma).实际上,尽管中国东部中生代火山岩主体的时代归属曾经是一个长期争论的问题(晚侏罗还是早白垩?),但目前的研究已经基本确认,我国东部中生代火山岩的主要形成时代是白垩纪(140～100 Ma),而且最高峰约在 130～120 Ma[17].青山群火山岩只不过是中国东部中生代火山岩的一部分.

如前所述,华北东部岩石圈在中生代发生了强烈减薄.由于华北东部白垩纪末-老第三纪的基性岩浆岩显示了很薄的大洋型岩石圈地幔,而且岩石圈的厚度在这以后又开始显示缓慢增厚的趋势.因此我们有理由推测,早白垩世山东深源岩浆活动、尤其是火山喷发强烈的时期,可能是东部岩石圈减薄作用最为强烈、软流圈(甚至更深部)的物质和能量上涌最为剧烈的时段.构造热同位素定年和构造核杂岩的研究也初步显示,早白垩世可能是华北东部

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

岩石圈伸展、郯庐断裂带走滑最为剧烈的时期.有趣的是,这同时还与 Larson[18]提出的引起地球最近一次脉动的超级地幔柱的高潮时段(125～100 Ma),以及古地磁研究得出的古太平洋板块向西俯冲的高速时段(135～85 Ma)[3]相吻合.这些相互关联的现象表明,早白垩世正是中国东部岩石圈减薄最为剧烈、古太平洋板块向欧亚大陆斜向快速俯冲、郯庐断裂发生强烈的左行走滑的关键时段.区域构造应力场转变为强烈引张,深部物质(不仅是上地幔物质,还可能包括下地幔物质)和热能大规模强烈上涌.这些上涌的深部物质既可能以岩浆的形式,从而形成众多的火山-次火山-浅成侵入杂岩;还可能以流体上升溢的形式,并形成众多的金矿床.尽管由于深部流体上升的路径不同、流体卸载成矿的机制和具体环境不同,但都受同一次深部物质 - 热能上涌事件的制约.这样似乎可以解释"山东金矿无论矿化类型、产出空间、以及地质背景的不同,大都显示出受 115 ±15 Ma(早白垩纪)前后某次统一的重大地质事件的控制"这一现象.实际上,这也就是华北东部,尤其是胶东金矿形成的地球动力学大背景.

目前对地幔(深源)流体及其成矿能力的认识已经有了长足的进步.概而言之,1)深源流体属 C-H-O 体系,CO_2 是其主要/十分重要的组分(远远超过其在地壳浅部流体中的重要性);2)这种流体可以含非常高的成矿金属元素(包括金),具有很强的成矿能力,即使被地壳浅部流体成百倍地稀释後其成矿能力仍然高于我们通常意义上的成矿流体(Scott, 2000 年学术讲座).这可能是胶东许多金矿床矿石中的石英富含 CO_2 流体包裹体的原因.因此,用碳氧同位素来探讨深部流体的成矿作用可能是一条可行的途径.

本文仅是初步研究得出的肤浅认识,更深一步的工作正在进行之中.

参 考 文 献

[1] 王鸿祯,李光岑. 国际地层时代对比表[M]. 北京:地质出版社,1990.

[2] 刘建明,赵善仁,沈洁等.成矿活动的同位素定年方法评述[J].地球物理学进展,1998,13(3):46～55.

[3] 杨进辉. 胶东地区金矿床成矿时代及其成矿地球动力学背景 —兼论壳幔相互作用与成岩成矿[博士论文][D],中国科学院地质与地球物理研究所,2000,133.

[4] 张振海,张景鑫,叶素芝. 胶东金矿同位素年龄的厘定[M]. 北京:地震出版社,1994. 56.

[5] 苗来成.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,1997,27(3):207～213.

[6] Wang L G,et al. Constraints on crustal evolution and gold metallogeny in the Northwestern Jiaodong Peninsula, China, from SHRIMP U-Pb zircon studies of granitoids[J]. Ore Geol. Reviews, 1998, 13: 275～291.

[7] 孙丰月,石准立,冯本智.胶东金矿地质及幔源 C-H-O 流体分异成岩成矿[M].长春:吉林人民出版社,1995,1～170.

[8] 陈克荣,潘永伟,陈小明.山东五莲七宝山早白垩世破火山口与火山-侵入杂岩特征和成因[J].南京大学学报(自然科学),1993,29(1):92～103.

[9] Trumbull R B, Liu Hua, Lehrberger G, et al. Granitoid-hosted gold deposits in the Anjiayingzi district of Inner Mongolia, People's Republic of China[J]. Econ. Geol., 1996, 91: 875～895.

[10] 刘建明,刘家军,郑明华,等.微细侵染型金矿床的稳定同位素特征与成因探讨[J].地球化学,1998,27(6):585～591.

[11] 姚凤良,刘连登,孔庆存,宫润潭.胶东西北部脉状金矿[M].长春:吉林科学技术出版社,1990,1～234.

[12] 李兆龙,杨敏之.胶东金矿床地质地球化学[M].天津:天津科学技术出版社,1993,1～300.

[13] 王正坤.胶东栖霞金矿床铅、氢、氧同位素特点及其成因意义[M].天津地质学会志,9(3):1991.

[14] 李治平.胶东东部乳山花岗岩的地质地球化学特征及其与金矿的关系[A].见:国际金矿地质与勘探学术会议论文

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

集[C],沈阳:东北工学院出版社,1987.
[15] 李晓明.山东三山岛金矿床氧、氢、硫稳定同位素研究及应用[J].地质与找矿论丛,1998,3(2):25～35.
[16] 卢焕章,Guha J,方根保.山东玲珑金矿的成矿流体特征[C].地球化学,1999,28(5):421～437.
[17] 陈江峰,周泰禧,陈道公.中、新生代火山岩年代学[A].于津生主编.中国同位素地球化学研究[C].北京:科学出版社,1997:36～48.
[18] Larson R L. Latest pulse of earth: Evidence for a mid-Cretaceous superplume. Geology, 1991, 19: 547～550.

PRELIMINARY DISCUSSION ON GEODYNAMIC BACKGROUND OF MESOZOIC GOLD METALLOGENY IN EASTERN NORTH CHINA — With examples from eastern Shandong Province

LIU Jian-ming[1] YE Jie[1] XU Jiu-hua[2] JIANG Neng[1] YING Han-long[1]
(1. *Institute of Geology and Geophysics CAS, Beijing* 100101, *China*;
2. *Beijing University of Science and Technology, Beijing* 100083, *China*)

Abstract: Most recently it was demonstrated by isotopic age dating that the most gold deposits in Shandong Province were formed during a short time interval of 115 ±15 Ma (Earlier Cretaceous), no matter what mineralization type, what kind of geological setting, and where occurred. This fact implies that all the gold deposits might be constraint by a single event at that time. Carbon and oxygen isotope composition of carbonates in gold ores indicates that CO_2 in ore-forming fluids was probably derived from deep interior of the Earth (lithospheric mantle or deeper). Interesting that Earlier Cretaceous was coincided with the key time span of transform of geodynamic regime in eastern North China during Mesozoic, that is, the key time span for strong magmatic activity (particularly magmas of mantle sources), strong extensional tectonic process, strong lithospheric thinning, high speed subduction of western Paleo-Pacific plate under Euro-Asian plate, and rising of a possible deep superplume. Thereafter, most of the gold deposits in Shandong Province, or even in the whole eastern North China, was genetically constraint by material/energy rising process during Earlier Cretaceous.

Key words: Gold deposit; Earlier Cretaceous; Material rising from deep Earth interior; Eastern North China

© 1994-2008 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net