

胶东金矿幔源成矿流体深部演化与深部找矿

时伟

(石家庄经济学院,河北石家庄 050031)

摘要:目前,胶东金矿成矿流体研究主要集中在成矿流体的来源及其成矿过程研究,但是对于其侵位前的物化状态及分异演化研究尚浅。该文提出胶东金矿集区幔源成矿流体深部演化的一种形成机制,并认为胶东金矿幔源成矿流体在侵位前发生了富集作用。正是由于幔源成矿流体的富集作用才使得胶东地区形成现在规模、品位的金矿。胶东金矿幔源成矿流体的侵位机制主要受华北东部构造转折体制制约。根据胶东地区金矿幔源成矿流体分异演化特征、构造特征及现有深部探测实例表明:胶东地区在1000m以下极有可能存在另一个大型金矿带。

关键词:胶东金矿;幔源成矿流体;深部演化;构造转折;深部找矿

中图分类号:P618.51

文献标识码:A

引文格式:时伟.胶东金矿幔源成矿流体深部演化与深部找矿[J].山东国土资源,2015,31(10):12-15.SHI Wei. The Deep Evolution of the Ore-forming Fluid from Originated Mantle and Deep Prospecting in Jiaodong Gold Deposit in China[J].Shandong Land and Resources, 2015,31(10):12-15.

0 引言

胶东是中国最大金矿生产地,面积占全国0.27%,黄金产量和储量却占全国1/4^[1-3]。目前,胶东金矿的研究已达到比较全面的阶段并取得了丰硕的成果。

胶东金矿成矿物质来源的研究表明:其具有多元性,既来自于控矿围岩——花岗岩麻岩和变质岩,又来自于幔源的岩浆岩^[2]。

目前,胶东金矿成矿流体的研究主要集中在成矿流体的来源及其成矿过程研究,但是对于其侵位前的物化状态及分异演化研究尚浅。流体是成矿的精髓,它的来源、运移和物质卸载反应了整个成矿过程^[4]。因此,加强成矿流体的研究对探索矿床的生成、演化有重要意义。该文主要研究了胶东矿集区幔源成矿流体在侵位前的深部分异、演化及其侵位机制,并据此对胶东幔源成矿流体型金矿的深部找矿提出建议。

1 区域地质背景

胶东位于华北克拉通东缘、西临郯庐断裂带,滨

太平洋成矿带西部,中—新生代大陆边缘活动带内,南以五莲—荣城断裂与大别苏鲁超高压变质带相邻,北为龙口—蓬莱断裂和黄海盆地^[3,5]。区域内出露地层为晚太古宙胶东群、古元古代荆山群和粉子山群以及白垩系火山岩^[3-5]。

胶东地区岩浆活动十分频繁,从太古代到新生代都有发现。燕山期岩浆活动最为强烈,以玲珑花岗岩、郭家岭花岗岩闪长岩、昆崙山花岗岩为代表^[4]。

胶东矿集区自西向东有4条主要断裂带,即牟平—即墨(牟平)断裂、米山断裂、荣成—五莲(荣成)断裂和石岛—青岛(石岛)断裂,大致呈NE—NNE向展布,其西南部大致在乳山—海阳一带聚敛,有顺时针旋转趋势(图1)。

2 幔源成矿流体的形成与演化

通过对胶东及邻区的重力异常、磁异常及地震各向异性探测成果表明,胶东地区存在明显地幔隆起,且矿集区位于地幔隆起带的拗陷区^[1,6,7],有学者称其为幔枝构造——地幔热柱的三级构造单元^[8-9]。地幔隆起主要是由地幔岩浆体上升侵位造成,因此,地幔隆起的存在为胶东金矿提供幔源成矿

收稿日期:2015-06-22;修订日期:2015-09-25;编辑:王敏

作者简介:时伟(1989—),男,山东临沂人,研究生,主要从事构造地质学研究;E-mail:jzshawei@163.com

流体成为可能。通过幔源岩浆体研究表明,其可能是核幔边界热物质演化而来^[7],其上升的驱动力目前尚未得到一致定论。通过对胶东幔源成矿流体型金矿成矿年龄测定及其化学特征分析得到,深部幔源成矿流体具有同期上升侵位的特征^[3-4]。

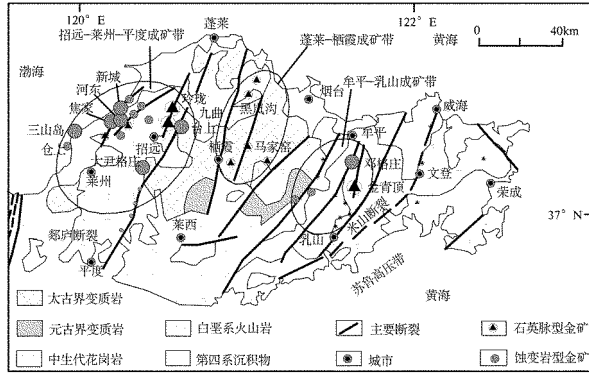


图 1 胶东矿集区地质和金矿分布图^[2]

幔源成矿流体具有核幔边界热物质的特征,即贵金属元素、有色金属元素、铁族元素、铂族元素等比重较大的元素有在地核聚集的趋势^[10]。通过对地球的金元素分布规律(表 1)研究表明:地球上 99% 的金赋存于地核内部。核幔边界处于 3000℃ ~ 5000℃ 的高温环境^[11],而金元素的熔点为 1064.43℃、沸点为 2807.00℃(表 2)^[10],在此状态下金元素呈紫色气体状态赋存于铁镍之间^[12]。

表 1 金、银在地球各圈层的分布特征^[10]

圈层	质量百分数(%)	金的丰度值(%)	银的丰度值(%)
地壳	0.4	3.0	80.0
地幔	68.1	1.0	55.0
地核	31.5	900.0	10000.0
地球	100	284.0	3200.0

表 2 不同元素密度、熔点、沸点对比^[10]

元素	密度/g·cm ⁻³	熔点/℃	沸点/℃
Au	19.32	1064.43	2807.00
Ag	10.50	960.60	2212.00
Cu	8.51	1083.40	2567.00
Pb	11.34	327.00	1525.00
Zn	7.19	419.80	906.00
Ni	8.80	1452.00	3075.00

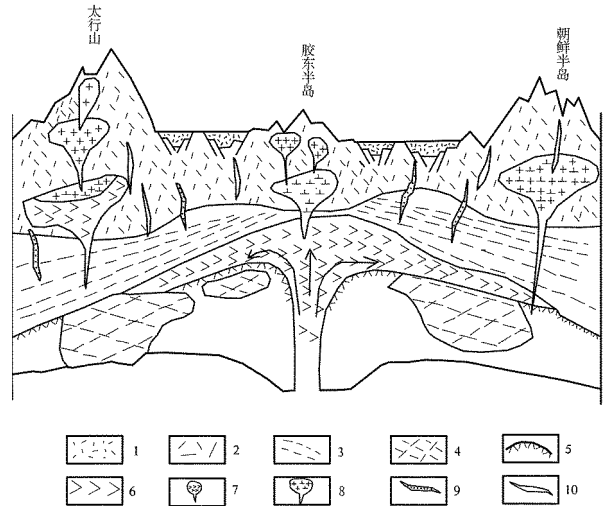
金元素随地幔热流物质从核幔边界向上运移时,随着上升高度、围岩状态、温度和压力等变化而发生一系列物理变化:

(1)金的运移途径:地核-D"层-下地幔-上地

幔-岩石圈-地壳。

(2)金的存在状态:紫色气体-气、液混合相-含矿(金)流体-固态金^[7,10]。

深部岩浆体体积巨大,金元素相对含量比较低。此时深部岩浆体上升侵位固结成矿,并不能形成当前品位的金矿,甚至不能形成具有工业价值的金矿床。该文认为,深部岩浆体在侵位前必定发生了幔源金矿流体的富集作用。下面探讨胶东金矿幔源成矿流体从地幔向上迁移及演化过程(图 2)。



1—新生代沉积盆地;2—上地壳;3—中地壳;4—下地壳;
5—地幔岩;6—中基性侵入岩;7—中酸性侵入岩;
8—中基性侵入岩;9—基性岩岩;10—酸性岩岩脉

图 2 华北东部幔源岩浆的迁移演化模式^[7]

核幔边界热流物质侵位到地幔形成的深部岩浆体可看作一个巨大的岩浆房,其内部岩浆成分具有核幔边界热流物质的特征。深部岩浆体由于升降温、减压作用使其内部发生差异沉降作用,即高密度成分在重力作用下向下运移,低密度气-液流体成分在浮力作用下向上运移。深部岩浆体内部形成不同成分的垂向分层现象。此时,金元素主要以气-液状态存在^[13],弥散在深部岩浆体内部的金元素在浮力作用下向上运移,并在其上部富集。因此,金元素的含量在深部岩浆体内部的分布由上到下呈递减趋势,其主要集中在上部,下部岩浆内也含有可观数量的金元素。

当深部岩浆体受到自身能量释放、下部热物质再次上升或构造运动的影响时,其内部岩浆突破围岩束缚,从岩浆房顶部再次向上发生侵位,并形成一

个或多个次级岩浆体,类似于地幔柱的多级演化。次级岩浆体整体呈圆状或椭圆状分布于原始岩浆体的上部,它们的体积明显变小,内部岩浆成分发生明显变化。

次级岩浆体的成分主要是深部岩浆体上部的相对密度较低的、富含气-液态金元素的岩浆,可能含有部分中、下部相对密度较高的岩浆。因而,次级岩浆体内部金元素相对含量明显增高。随着岩浆体的再次侵位结束,形成的次级岩浆体发生降温、减压作用,使其内部发生结晶分异作用,处于气-液流体状态的金元素再次在岩浆房顶部富集,金元素的相对含量较下部岩浆体更高。随后,岩浆体重复上述侵位演化过程,直至侵位到上地壳,金矿幔源成矿流体的深部分异演化结束。

金矿幔源成矿流体的演化过程中具有以下特点:岩浆侵位深度较深,温度、压力足以使金元素处于气态至气-液流体态,保证金元素快速上升迁移;深部岩浆体的岩浆性质由超基性、基性、中性到酸性或碱性依次发生变化,最终侵位的岩浆多为酸性或碱性;岩浆体向上迁移、演化过程中,次级岩浆体往往呈树枝状逐级演化,到达上地壳时形成多个小岩浆体,并呈圆状或椭圆状分布在下部大岩浆体周围,胶东矿集区可清楚的划分出多个小岩浆体。

由于岩浆体与围岩之间呈直接接触关系,使其在上升侵位、分异演化等过程中与围岩发生一系列反应,如同化混热、侵蚀、溶蚀等作用,导致幔源成矿流体具有壳幔混合特征。

3 幔源成矿流体的侵位

关于胶东金矿成矿时代存在很大争论,其成矿年龄参差不齐,很多早期获得的年代学数据受限于分析方法和分析精度并不可信。翟明国等^[14]通过对载金矿物—黄铁矿的微量元素含量研究,测得载金矿物黄铁矿的 Rb - Sr 等时线法年龄为 121.6 ~ 122.7 Ma,即早白垩世^[14]。该年龄值已得到高精度的 SHRIMP 锆石 U - Pb 年龄证实,与普遍接受的 120±10Ma 的胶东金矿成矿高峰期年龄相吻合^[15]。

胶东金矿研究早期,有些学者认为中生代对其具有影响意义的地质事件有:古太平洋板块向欧亚大陆斜向俯冲作用、中生代早期的华北板块与扬子板块之间的深俯冲作用、岩石圈减薄和中生代晚期的地壳拉伸作用、郯庐断裂带左行走滑运动、大规模

的构造岩浆活动等^[16]。目前,普遍认为,胶东大规模成矿的动力学过程必定受华北东部中生代构造转折体制制约,其始于 150 ~ 140 Ma,终于 110 ~ 100 Ma,高峰期是 120 ~ 110 Ma^[15],与胶东矿集区大规模成矿时间(120±10 Ma)吻合。

华北东部构造体制转折具体表现:①中生代构造体制转折总体上表现为陆内伸展与地幔隆起相伴的岩石圈大规模减薄;②由 EW 向到 NNE 向的盆岭格局重组;③中生代构造体制转折的伸展作用与印支期末的碰撞后的伸展不属同一构造动力学过程;④深部的壳幔作用和岩石圈减薄与上部地壳的运动有明显的吻合和成因联系^[15]。

中生代期间,中国东部发生了强烈的岩石圈减薄作用^[17],而胶东半岛在早白垩世(140 ~ 110 Ma)期间,地壳隆升-剥蚀厚约 7 km^[18],这与中国东部岩石圈减薄的峰期时限吻合。

胶东金矿幔源成矿流体的侵位机制可以解释为:华北东部中生代构造转折期,陆内伸展与地幔隆起相伴的岩石圈大规模减薄,导致深部的壳幔作用和岩石圈减薄。深部的壳幔作用导致胶东地区岩石圈整体性扰动及原有平衡结构的破坏;深部岩浆体的快速侵位,导致胶东地区岩石圈快速隆升、引起大规模的地壳减薄及下地壳发生拆离破坏,并在深部派生出一系列 NE, NNE 向剪切带;其作为含矿流体侵位的导矿、控矿构造系统。当 NE, NNE 向导矿构造切穿岩浆房上部时;富集含矿流体沿其上升运移或直接向上迁移,并在上部控矿构造内定位,通过多种成矿作用(结晶分异、围岩蚀变、与大气水混合等作用)形成含矿体;当深部导矿构造切穿岩浆房侧面时,其上升侵位的岩浆含有的含矿流体相对较少,固结成品位较低的金矿,此类矿床多分布在主成矿区外围。

在侵位过程中,含矿流体总会沿着某一条“优势”控矿构造先侵位,当该控矿构造达到饱和时,再向“次级优势”控矿构造侵位。因此,胶东地区主要形成 3 条成矿带,即招远-莱州-平度成矿带、蓬莱-栖霞成矿带、牟平-乳山成矿带。

4 幔源成矿流体的演化与深部找矿

目前固体矿产深部找矿是指地表以下 1 000 ~ 2 000 m 范围内的找矿^[19],根据我国矿产资源找矿

特征认为深部找矿深度在 500~2 000 m^[20]。

胶东幔源成矿流在华北东部中生代构造转折期发生上升侵位,并在容矿空间内固结成矿。华北东部中生代构造转折期的陆内伸展与地幔隆起相伴的岩石圈大规模减薄,产生一系列 NE, NNE 向导矿、控矿构造,且发生大幅度的上移。

目前,胶东矿集区已勘探到的金矿深度大部分在 1 000 m 以上,少数在 1 000 m 以下,如胶西北三山岛金矿超深部探矿工作显示存在一条倾向延深 2 300 m 尚未尖灭的蚀变带^[21]。华北东部中生代构造转折产生的导矿、控矿构造并非局限在 1 000 m 以上,在地下 1 000 m 以下极有可能产出。根据现有勘测表明,在 1 000 m 以下极有可能存在另一个大型金矿成矿带,其赋存矿体与上部金矿体同源、同期,其金矿品位和 1 000 m 以上金矿带的品位相同或稍低于上部金矿品位。

5 结论

(1) 胶东金矿幔源成矿流体在侵位前发生了富集演化,正是幔源成矿流体的富集演化作用使得胶东地区形成现在规模、品位的金矿。

(2) 华北东部中生代构造体制转折为胶东金矿提供导矿、控矿构造系统,是胶东金矿的侵位机制。

(3) 胶东矿集区在 1 000 m 以下极有可能存在另一个大型金矿带。

参考文献:

- [1] 杨立强,王光杰,张中杰,等.胶东金矿集中区岩石圈结构与深部成矿作用[J].地球科学—中国地质大学学报,2000,25(4):421-428.
- [2] 翟明国,范宏瑞,杨进辉,等.非造山带型金矿—胶东型金矿的陆内成矿作用[J].地学前缘,2004,11(1):85-98.
- [3] 范宏瑞,胡芳芳,杨进辉,等.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[J].岩石学报,2005,21(5):1317-1328.

- [4] 毛景文,李厚民,王义天,等.地幔流体参与胶东金矿成矿作用的氢氧碳硫同位素证据[J].地质学报,2005,79(6):839-857.
- [5] 陈衍景,FrancoPIRAJNO,赖勇,等.胶东矿集区大规模成矿时间和构造环境[J].岩石学报,2004,20(4):907-922.
- [6] 张华锋,李胜荣,翟明国,等.胶东半岛早白垩世地壳隆升剥蚀及其动力学意义[J].岩石学报,2006,22(2):285-295.
- [7] 牛树银,孙爱群,马宝军,等.华北东部地幔热柱的特征与演化[J].中国地质,2010,37(4):931-945.
- [8] 李红阳,阎升好,王金锁,等.初论地幔热柱与成矿[J].矿床地质,1996,15(3):249-255.
- [9] 牛树银,孙爱群,谢汝斌,等.地幔热柱及其成矿作用研究[J].前寒武纪研究进展,2002,25(1):11-23.
- [10] 牛树银,侯增谦,孙爱群.核幔成矿物质(流体)的反重力迁移—地幔热柱多级演化成矿作用[J].地学前缘,2001,8(3):95-101.
- [11] 李西军,龚自正,刘福生,等.铁高压熔化线的测量—熔体机理的影响[J].高压物理学报,2001,15(3):222-228.
- [12] 霍明远.金的原子结构模型及其成矿模型[A]//金的经济地质学[C].北京:科学出版社,1991:1-7.
- [13] 牛树银,孙爱群,王宝德,等.核幔成矿物质与地幔热柱多级演化成矿[J].山东国土资源,2012,28(12):27-32.
- [14] 翟明国,杨进辉,刘文军.胶东大型黄金矿集区及大规模成矿作用[J].中国科学,2001,31(7):545-552.
- [15] 翟明国,孟庆任,刘建明,等.华北东部中生代构造体制转折期的主要地质效应和形成动力学探讨[J].地学前缘,2004,11(3):285-297.
- [16] 翟明国.华北克拉通 2.1-1.7Ga 地质事件群的分解和构造意义探讨[J].岩石学报,2004,20(6):1343-1354.
- [17] 周新华,杨进辉,张连昌.胶东超大型金矿的形成与中生代华北大陆岩石圈深部过程[J].中国科学 D 辑,2002,32(12):11-24.
- [18] 张华锋,李胜荣,翟明国,等.胶东半岛早白垩世地壳隆升剥蚀及其动力学意义[J].岩石学报,2006,22(2):285-295.
- [19] 叶天竺,薛建玲.金属矿床深部找矿中的地质研究[J].中国地质,2007,34(5):856-874.
- [20] 滕吉文,杨立强,姚敬全,等.金属矿产资源的深部找矿、勘探与成矿的深层动力过程[J].地球物理学进展,2007,22(2):317-334.
- [21] 赵冬冬,金刚,李海松,等.山东省莱州市三山岛金矿床地质特征及成因探讨[J].地质找矿论丛,2013,28(4):546-551.

The Deep Evolution of the Ore-forming Fluid from Originated Mantle and Deep Prospecting in Jiaodong Gold Deposit in China

SHI Wei

(Shijiazhuang University of Economics, Hebei Shijiazhuang 050031, China)

Abstract: At present, study on the ore-forming fluid of Jiaodong gold deposit is focused on the sources and mineralization processes, but the study on physical and chemical state and differential evolution before its emplacement is

not enough. In this paper, a set of the formation mechanism of the mantle ore – forming fluid of Jiaodong gold deposit has been put forward. It is regarded that enrichment has happened before emplacement. Enrichment of the mantle ore fluids has formed such scale and degree of Jiaodong gold deposit. Emplacement mechanism is mainly controlled by tectonic regime inversion of the North Eastern tectonic of the mantle ore – forming fluid of Jiaodong gold deposit. According to the differential evolution features, structural features, and deep exploration of existing examples of mantle ore – forming fluid of Jiaodong gold deposit, it is showed that; there is another gold belt under 1000m in Jiaodong area.

Key words: Jiaodong gold deposit; mantle ore – forming fluid; deep evolution; tectonic regime inversion; deep prospecting