

胶东金矿集中区大规模成矿的原因分析

褚福贺¹, 岳婷¹, 徐方², 张运勋¹, 胡社荣¹

(1. 中国矿业大学(北京)地球科学与测绘工程学院, 北京 100083; 2. 天津市地质调查研究院, 天津 300191)

摘要:全面收集了胶东矿集区矿床和相关岩石的同位素年龄, 对该区大规模成矿的原因进行了系统分析。数据显示胶东金矿大规模成矿作用的高峰为 110 ~ 130 Ma, 成矿作用同步或略滞后于中生代花岗岩的形成时间。郯庐断裂带是华北地区最主要的断裂带, 并且在 110 ~ 150 Ma 期间平移活动最显著, 因此郯庐断裂带的活动对该区金矿的大规模形成起到非常重要的作用。综合上述观点, 胶东金矿集中区大规模成矿是多种因素耦合的结果。

关键词:胶东金矿; 成矿作用; 花岗岩

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

胶东地区以约 0.3% 国土面积占有全国约 25% 的黄金储量和产量, 是我国金矿资源主要密集区, 并以玲珑—焦家式金矿而享誉全球^[1]。胶东地区处于滨太平洋成矿带西部大陆边缘活动带, 为太古宙—元古宙花岗岩—绿岩带发育地区, 是地壳构造运动、变质作用、岩浆作用和成矿作用多旋回发育地带(杨敏之等, 1996)。长期以来, 众多研究者先后在此开展了大量研究, 取得了丰硕成果, 然而关于胶东金矿集中区形成的主导因素产生了不同的观点, 即: ①郯庐断裂活动^[1]; ②板块的碰撞^[2]; ③中国东部岩石圈减薄的壳幔过程^[3]; ④地幔热柱活动^[4]。通过对大量资料的分析, 该文提出关于胶东金矿集中区形成的主导因素并探讨了金矿大规模形成的原因。

1 胶东金矿的特征及大规模成矿时间

金矿床的类型和空间展布特征对成矿的主要因素的分析起到指示性意义。胶东金矿床类型主要有 3 种: 一是石英脉型; 二是破碎带蚀变岩型; 三是石英脉型和破碎带蚀变岩型过渡类型^[5]。

1.1 矿床的空间展布特征

1.1.1 矿床的分布与中生代花岗岩的相关性

胶东地区在中生代岩浆活动强烈, 侵入岩非常

发育, 其中最主要的有玲珑型花岗岩、栾家河型花岗岩和郭家岭型花岗岩, 金矿的分布与花岗岩在空间上有密切的相关性。据调查, 胶东大部分的金矿床分布于花岗岩体内部或花岗岩与围岩的接触带上。例如, 玲珑、阜山大型金矿床和灵山沟中型金矿床产于玲珑花岗岩中; 焦家、新城、界河、河东和北截金矿床产于郭家岭型花岗闪长岩内部或郭家岭型花岗闪长岩与玲珑型花岗岩的接触带; 招远南部的大尹格庄、夏甸和旧店金矿床均赋存于滦家河型花岗岩内或花岗岩与前寒武纪变质岩的接触带上。

1.1.2 矿床的分布与断裂构造的关系

胶东地区断裂构造发育, 金矿床的分布与断裂构造有非常密切的关系。矿体分布于 NNE 向和 NE 向断裂带内, 严格受到断裂带的控制(图 1)。沿断裂走向、倾向转弯部位或构造交会部位是矿体的有利赋存部位^[6]。在平面上, 矿床沿断裂带呈串珠状分布。如玲珑金矿的矿脉分布和产状受 NNE 向破头青断裂带及其次级断裂构造控制; 三山岛、仓上大型金矿床赋存于三山岛—仓上断裂中; 焦家断裂控制了焦家、新城等大型金矿床的分布; 招(远)—平(度)断裂中赋存有夏甸、大尹格庄等金矿。

1.2 胶东金矿大规模形成的时间

玲珑金矿主成矿期成矿时代为 121.6 Ma^[7], 胡八庄金矿的成矿时代为 (126.5 ± 5.6) Ma^[8]。综合

收稿日期: 2013-08-22; 修订日期: 2013-11-26; 编辑: 陶卫卫

作者简介: 褚福贺(1989—), 男, 山东济宁人, 硕士生在读, 研究方向: 构造地质; E-mail: chufuhe6688@126.com。

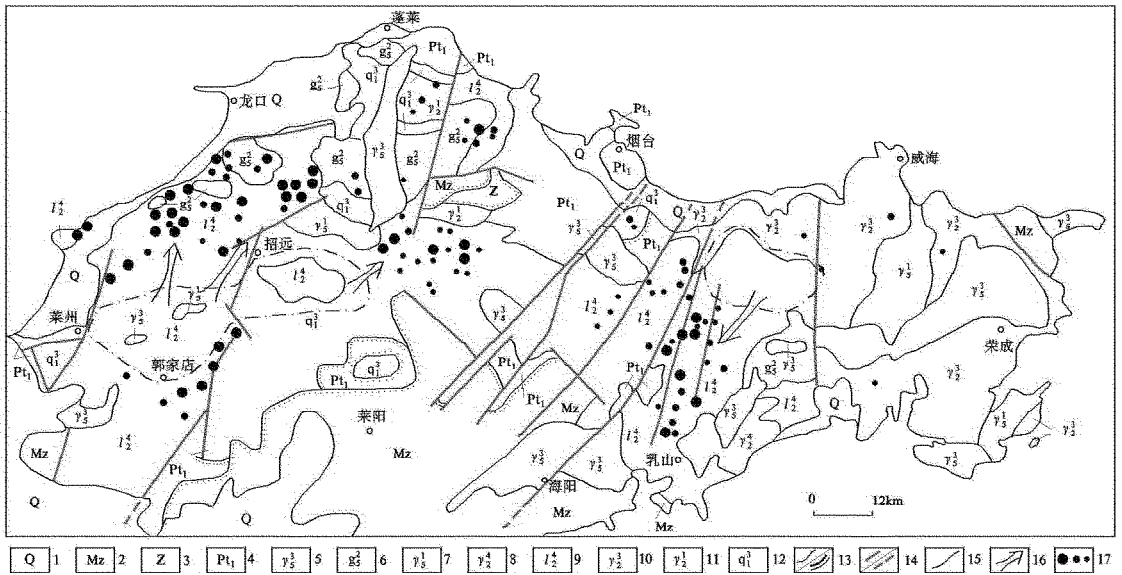


图1 胶东地区侵入岩分布与金矿的关系图

1—第四系;2—中生界;3—震旦期;4—古元古界;5—燕山晚期侵入岩;6—燕山早期郭家岭超单元;7—印支期侵入岩;8—震旦期侵入岩;9—震旦期玲珑超单元;10—晋宁期侵入岩;11—吕梁期侵入岩;12—阜平—五台期栖霞超单元;13—地质及不整合界线;14—实测及推测断层;15—玲珑超单元岩体交代中心;16—岩体超覆方向;17—金矿床及矿化点

表1 胶东矿集区金矿床同位素年龄统计

矿床	测定矿物	测定方法	年龄/Ma	资料来源
玲珑西山		Rlr - Sr	115.0 ± 3.7	骆万成 伍勤生 1987
玲珑西山		K - Ar	110.0 ± 2.0	
焦家	水云母	Rlr - Sr	105.0 ± 7.0	
焦家		Rlr - Sr	88.1 ± 1.0	
焦家		K - Ar	106.0 ± 2.0	
灵山沟		Rlr - Sr	115.0 ± 5.0	
马家窑		Rlr - Sr	135.1 ± 5.2	
马家窑		K - Ar	120.0 ± 2.0	
东风			71.86 ± 9.6	吕古贤等 1993
玲珑西108脉	绢云母	Rlr - Sr	100.28 ± 3.75	
玲珑破头青			80.67 ± 0.23	张振海等 1994
玲珑西108脉			100.74 ± 3.58	
玲珑九曲			111.38 ± 2.81	
界河	绢云母	Rlr - Sr	46.52 ± 2.29	
灵山沟			188.94 ± 4.24	
马家窑			106.14 ± 4.92	
乳山			113.31 ± 4.43	
乳山	微斜长石 蚀变岩石 绢云母	Rlr - Sr	112.31 ± 3.31	张振海等 1994
			121.30 ± 5.87	
			101.78 ± 3.40	
金牛山	绢云母	Rlr - Sr	80.6 ± 6.0	李宇峰 1987
玲珑金矿	矿石	Rb - Sr	120.0 ~ 122.5	杨进辉等 2000
乳山	锆石	SHRIMP	117 ± 3.0	胡芳芳等 2004
胡八庄金矿	绢云母	Rb - Sr	126.5 ± 5.6	蔡亚春等 2011

胶东各个矿区金矿成矿时代的资料(表1),金矿的成矿年代都集中在110~130 Ma之间,因此胶东金矿大规模成矿作用的高峰为110~130 Ma。

2 胶东地区构造背景分析

胶东矿集区位于胶北地体上,该地体西以郯庐断裂为界与鲁西地体相隔,南邻中生代盆地-胶莱拗陷,东南部以五莲-荣成断裂为界与苏-鲁超高压带相接。胶东金矿集中区所属的中国东部活动大陆边缘自中生代开始的科迪勒拉型(海)沟-(火山)弧体系)逐渐向西太平洋型(沟-弧-盆(边缘海)体系)演化和转变的过程。华北东部在中生代前后动力学机制发生过重大转折^[9]。

中生代早期,华北古陆南北边缘的碰撞造山作用趋于结束,因此SN向的挤压构造体制向中生代中期-新生代的近EW向伸展构造体制转变,古生代近EW向的构造线方向转变为NNE向为主的中生代构造线方向^[10]。与此同时,岩石圈剧烈减薄,华北东部古生代岩石圈厚度达200 km左右^[11],而到了新生代华北东部岩石圈的厚度不会超过80 km,研究表明,新生代该区岩石圈地幔具有大洋型岩石圈地幔特征^[12]。该区在中生代期间消失了有大约

120 km 厚的岩石圈,表明在中生代曾发生过大规模的地幔上涌和岩石圈减薄^[10]。

郯庐断裂带是华北地区最主要的断裂带,该断裂带活动最强的是其中段的沂沭断裂带,平移活动最显著时期在 110 ~ 150 Ma 之间,高潮期在平移活动的晚期,持续 12 ~ 18 Ma,平移错开距达 460 ~ 740 km,平均平移速度 1.06 cm/a,高潮期可达 4 ~ 6 cm/a,大约 90 ~ 120 Ma 期间是应力和活动状态转变的过渡时期,这也是胶东金矿的主成矿期^[11],因此,郯庐断裂带与胶东金矿的形成亦有密切的关系。

胶东金矿集中区岩浆活动频繁,具有多期多旋回的特点,主要可以分为 3 个岩套,即新太古代-古元古代早期 TTG 岩套;中生代壳源交代-深熔花岗岩套及燕山晚期壳-幔混源同熔花岗岩套。其中与胶东西部(招远金矿集中区)的金矿床有密切空间关系,是壳源交代-深熔花岗岩,包括:片麻状黑云母花岗岩(玲珑型花岗岩)、似斑状花岗闪长岩(郭家岭型花岗岩)和中粗粒二长花岗岩(栾家河型花岗岩)^[12,13]。

表 2 胶东地区中生代主要侵入岩同位素年龄

岩石类型	年龄 (Ma)	测试方法	资料来源
玲珑型花岗岩	164 ± 2	⁴⁰ Ar - ³⁹ Ar, 黑云母	胡世玲等,1987
	153 ± 4, 157 ± 4, 158 ± 3, 154 ± 4, 152 ± 10, 160 ± 3	SHRIMP 锆石 U - Pb	苗来成等,1998
	156	铷锶	李华芹等,1993
	164 ± 1	氩氩	Qiu et al,2002
	153 ± 4, 160 ± 3, 158 ± 3	SHRIMP 锆石	Wang et al,1998. Qiu et al,2002
郭家岭型花岗岩	134	⁴⁰ Ar - ³⁹ Ar, 黑云母	胡世玲等,1987
	126 ± 2, 128 ± 6, 129 ± 3, 128 ± 2, 130 ± 3	SHRIMP 锆石 U - Pb	关康等,1998
	150	钾氩	李华芹等,1993
	165, 149, 135, 128, 118, 116	钾氩	Wang et al,1992
	135 ± 2	氩氩	Qiu et al,2002
栾家河型花岗岩	130 ± 3, 129 ± 3, 128 ± 6, 126 ± 2, 128 ± 2	SHRIMP 锆石	Wang et al,1998. Qiu et al,2002
	157 ± 5, 152 ± 10	SHRIMP 锆石	Wang et al,1998. Qiu et al,2002
	155 ± 2	氩氩	Qiu et al,2002
	152.47 ± 7.15	铷锶	Wang et al,1992

由表 2 可知,玲珑花岗岩的侵入时代为 160 ~ 150 Ma,郭家岭花岗岩侵入时代为 130 ~ 126 Ma。

玲珑花岗岩分布在招远北部、莱州东部,呈 NE 走向带状分布,与区域构造线方向基本一致,与胶东岩群变质岩系呈混合交代接触^[14]。玲珑花岗岩虽

然分布广泛,但并无明显的岩相分带现象,岩性不均匀,岩石类型繁多,尤其暗色矿物含量和结构构造差异甚大。郭家岭花岗闪长岩一般是以小岩株分布于栖霞复背斜的北翼,大致呈 EW 向展布,出露于玲珑花岗岩及胶东岩群变质岩系中,与玲珑花岗岩和胶东岩群呈侵入接触和渐变过渡关系。上已述及,从金矿空间展布来看,金矿床(点)多集中分布于郭家岭花岗岩的内外接触带和玲珑花岗岩中^[15]。玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩常常是金矿的直接围岩,与金矿有密切的联系。

3 金矿的成矿作用

3.1 金质来源

关于矿源层,存在较大的争论,但它对金矿的成因等一系列的研究,却是至关重要的。胶东金矿床的矿源问题至今没有统一的认识。有人强调胶东岩群作为矿源层,有人认为矿源来自于地幔,甚至有人认为不存在金的矿源层。经过对不同岩石建造金丰度的研究表明,胶东岩群正变质岩的原岩建造——太古宙拉斑玄武岩为含金初始矿源岩,新太古代胶东岩群古元古代荆山群、粉子山群变质岩为中间矿源岩,燕山期玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩为成矿物质直接来源的主要供给者——直接矿源岩^[16]。

3.2 成矿过程

胶东地区在中生代构造活动强烈,岩石圈减薄,多期岩浆发育,与此同时,郯庐断裂带也活动强烈,研究表明,胶东地区的 NE 和 NNE 向断裂为郯庐断裂的分支或次级断裂(卢焕章,徐嘉炜),胶东地区 NE 和 NNE 向的张性断裂发育(表 3),为金矿的形成提供了运移通道和容矿空间。构造活动为金矿的形成提供了所需的条件,根据测量统计的节理数据,编制成节理玫瑰花图(图 2)。

表 3 节理统计(倾向∠倾角)

105°∠80°	125°∠60°	288°∠84°	140°∠31°
102°∠68°	313°∠78°	298°∠89°	78°∠75°
305°∠71°	95°∠75°	289°∠86°	180°∠84°
88°∠89°	108°∠80°	116°∠65°	275°∠78°
320°∠83°	147°∠89°	230°∠88°	292°∠75°
93°∠88°	140°∠80°	115°∠75°	335°∠87°
56°∠48°	325°∠89°	86°∠36°	110°∠89°
345°∠56°	120°∠60°	110°∠55°	125°∠7°

随着岩石圈的减薄,岩石圈底部存在着大量的

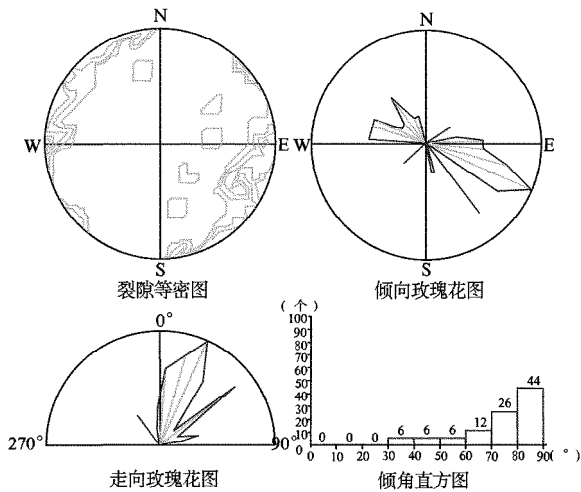


图2 节理等密度图,倾向、走向玫瑰花图,倾角直方图

拆沉、熔融,初始矿源岩大规模重熔,在元素的分异过程中 Au 大量富集,为大规模金矿的形成提供了物质基础,在此之后的燕山期的岩浆活动形成了玲珑花岗岩和郭家岭花岗岩,岩浆活动为含矿热液的运移提供了热源。

在深部的被花岗岩加热的了成矿流体,沿着剪切带及次一级构造上升。这种流体在石英大脉中可见到相分离作用和围岩蚀变作用,这 2 个作用使流体中的金、硫化物等沉淀下来。在蚀变岩型金矿中主要是由成矿流体与花岗岩在相对细小的、密集的裂隙中进行相互作用,形成了蚀变带和金的矿化^[12]。从而形成了花岗岩体内部或花岗岩与围岩的接触带上的沿断裂带呈串珠状分布的密集金矿带。

4 结语

(1)构造运动、岩浆活动和初始矿源岩的重熔等条件的综合(耦合)作用,是使胶东地区在短时期内形成大规模矿床的重要原因。

(2)区内各类型金矿床是在同一构造背景下形成的,成矿热液沿构造通道上升形成了形式多样的热液矿床,矿床分布主要与同期的构造活动密切相关。

参考文献:

- [1] 蔡新平. 试论郯庐断裂带对胶东金矿集中区形成的巨大作用[J]. 山东地质, 1993, 9(2): 93-101.
- [2] 陈衍景, PIRAJNOF, 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.
- [3] 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(增刊): 11-20.
- [4] 牛树银, 孙爱群, 张建珍, 等. 胶东西北部金矿集中区深部控矿构造探讨[J]. 地质学报, 2011, 85(7): 1094-1107.
- [5] 苗来成, 朱成伟, 翟裕生, 等. 山东招掖金矿带内花岗岩与金矿化关系探讨[J]. 黄金地质, 1999, 5(4): 7-11.
- [6] 单伟, 张增奇, 程光锁, 等. 胶东金矿成矿系统分析[J]. 山东国土资源, 2011, 27(10): 7-15.
- [7] 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[J]. 科学通报, 2000, 45(14): 1547-1553.
- [8] 蔡亚春, 范宏瑞, 胡芳芳, 等. 胶东胡八庄金矿成矿流体、稳定同位素及成矿时代研究[J]. 岩石学报, 2011, 27(5): 1341-1351.
- [9] 黎清华. 胶东大型金矿集中区成矿作用研究综述[J]. 黄金地质, 2004, 10(1): 55-61.
- [10] 邓军, 杨立强, 葛良胜, 等. 胶东矿集区形成的构造体制研究进展[J]. 自然科学进展, 2006, 16(5): 513-518.
- [11] 刘建明, 叶杰, 徐九华, 等. 初论华北东部中生代金成矿的地球动力学背景——以胶东金矿床为例[J]. 地球物理学进展, 2001, 16(1): 39-46.
- [12] 卢焕章, J. Guha, 方根保. 山东玲珑金矿的成矿流体特征[J]. 地球化学, 1999, 28(5): 421-437.
- [13] 李洪奎, 嵇传源, 耿科, 等. 胶东金矿成矿构造背景探讨[J]. 山东国土资源, 2012, 28(1): 5-13.
- [14] 王海芹, 霍光辉. 胶东地区与金矿有关的花岗岩体中的流体包裹体研究[J]. 地质力学学报, 2008, 14(3): 263-273.
- [15] 董南庭, 武贵禄. 胶东金矿及考察后的几点体会[J]. 吉林地质, 1988(4): 1-20.
- [16] 邓军, 杨立强, 刘伟, 等. 胶东招掖矿集区巨量金质来源和流体成矿效应[J]. 地质科学, 2001, 36(3): 257-268.

Origin Analysis on Large Scale Mineralization in Gold Concentrated Deposits in Jiaodong Area

CHU Fuhe¹, YUE Ting¹, XU Fang², ZHANG Yunxun¹, HU Sherong¹

(1. Earth Sciences and Surveying Engineering College of China University of Mining (Beijing), Beijing 100083,

China; 2. Tianjin Geological Surveying Institute, Tianjin 300191, China)

Abstract: On the basis of collecting isotopic ages of ore deposit and associated rock in Jiaodong area, origin of large scale mineralization system in this area has been analyzed comprehensively. It is showed that the peak of gold mineralization in Jiaodong area is 110 ~ 130Ma, and mineralization is synchronous or slightly lags behind the formation time of the Mesozoic granites. Tanlu fault belt is a major fault zones in North China, and translational activity is the most significant in 110 ~ 150Ma. Thus, the activity of Tanlu fault zone play a very important role in forming large scale gold deposits. Jiaodong gold mineralization concentrated area is the result of many factors.

Key words: Gold deposits in Shandong province; mineralization; granite