

胶东玲珑式和焦家式金矿控矿构造分析

孙爱群,牛树银,张建珍,王宝德,张福祥,王铮

石家庄经济学院资源学院, 石家庄, 050031

胶西北地区黄金储量巨大,成矿时间集中(115 $\pm$ 5Ma),并且主要展布在三山岛、焦家和招平等三条主干断裂带上,并以焦家式蚀变岩型金矿和玲珑式石英脉型金矿为主要类型,很多地质学家开展了卓有成效的研究,极大地促进了胶东地区金矿的科研与开发(毛景文等,2005;邓军等,2005;范宏瑞等,2005;吕古贤等,2007;李士先等,2007;宋春明等,2010)。但是,对焦家式金矿和玲珑式金矿控矿构造的认识仍然存在着较大的分歧。

1 主要矿床类型

胶西北郭家店隆起区外围发育的三山岛、焦家、招平等三条区域性主干断裂构造,分别控制着一系列超大型-大中型金矿。金矿床分布之密集,资源储量之巨大国内外罕见。成矿类型则以焦家式金矿和玲珑式金矿为主,那么,这两种主要成矿类型的控矿构造有什么区别,它们的成矿作用又有什么不同呢?这是很多地质学家所关注的关键问题。

幔枝构造(mantle branch structure)是地幔热柱多级演化的第三级构造单元,它是地幔热柱在地壳浅部的综合表现。郭家店幔枝构造对胶西北矿化集中区的成矿作用有着明显的控制作用,牛树银等(2011)曾从莱阳-莱西地幔亚热柱与外围郭家店、岐山、盘石店等幔枝构造的形成与演化角度探讨了胶西北成矿集中区的深部过程,孙爱群等(2012)则在侧重论述了郭家店幔枝构造的基础上提出了对焦家断裂与三山岛断裂交切关系的认识,本文则拟从幔枝构造控矿和成矿特征的视角探讨焦家式金矿和玲珑式金矿的成矿作用。

2 郭家岭幔枝构造区建造概况

郭家岭幔枝构造的基底岩系由中太古界-元古宇变火山沉积岩(麻粒岩相-绿片岩相)组成,包

括胶东岩群、荆山群和粉子山群。在局部地区结晶基底之上不整合覆盖了新元古代盖层性沉积蓬莱群,缺失整个古生界。在胶莱盆地中,堆积了中新生代陆相碎屑岩和火山岩。

研究区岩浆岩以中生代郭家岭超单元和玲珑超单元为主体,玲珑花岗岩是本区的主要岩体,其主要岩性为中粗粒花岗岩、弱片麻状黑云母花岗岩和含榴浅色中细粒花岗岩。郭家岭花岗岩呈岩基或岩株断续分布,其岩性为钾长变斑片麻状花岗闪长岩。

3 郭家岭幔枝构造外围拆离带

郭家岭幔枝构造是胶西北地区重要的成矿控矿构造,它展布于郭家店地区,北至招远大秦家,南到崔召,东侧为招远-平度断裂带,西侧为新城-焦家断裂带,总体呈现以玲珑杂岩体为中心的北东向椭圆隆起(图1),在其外缘展布的招平、焦家区域性主干断裂为幔枝构造外围主要拆离带,三山岛断裂则是焦家拆离带外围的铲状断裂。

招远-平度断裂带是胶西北地区规模最大的控矿断裂带,南起平度城北宋戈庄附近,呈北北东走向,向北至南墅以北转为北东向,经招远城后再转为北东东向,延至龙口市颜家沟一带尖灭。主干断裂总体走向为北东 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$,局部有所偏转,构成北东-北北东向招平断裂带。断裂带总体表现为南窄北宽的特征,南部宽约5000m,北部宽约15000m。主干断裂带倾向SE,倾角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$,宽100~300m不等。

焦家断裂带北起龙口市黄山馆,南至莱州市朱桥徐村院,主要发育在前寒武纪变质岩系与玲珑花岗岩、郭家岭花岗闪长岩接触带或两岩体之接触带。断裂总体走向 $35^{\circ}\sim 40^{\circ}$,倾向北西,倾角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$,局部陡倾可达 78° ,呈弧形弯曲状构成一个开阔的弧形,分支复合现象明显。南部的寺庄段发育在玲珑花岗岩中;马塘-新城段的东季以南地区断

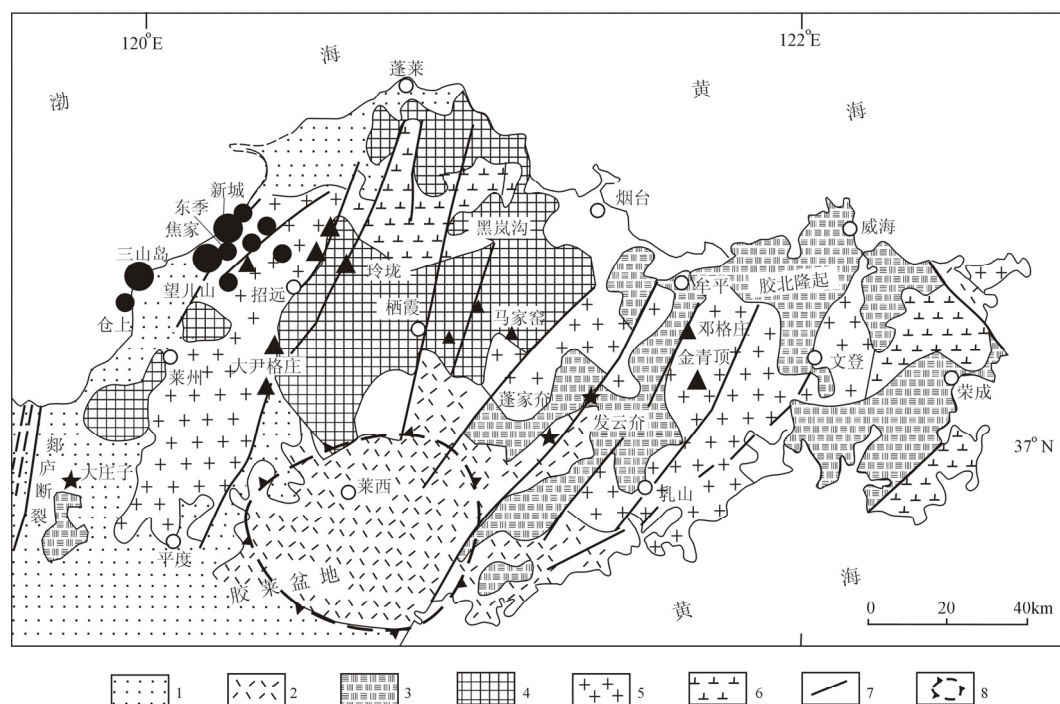


图1 胶东地区地质-构造简图(据毛景文等,2005, 略修)
1-第四纪沉积物;2-白垩纪火山岩;3-元古宙变质岩;4-太古宙变质岩;5-侏罗纪花岗岩;6-白垩纪花岗岩闪长岩;
7-断裂;8-莱西地幔亚热柱。▲:石英脉型金矿;●:破碎蚀变岩型金矿;★:角砾岩型金矿

裂发育在胶东群变质岩系与玲珑花岗岩接触带,新城附近断裂发育在玲珑花岗岩内部或玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩接触带。

三山岛断裂带位于胶东半岛的西北端,主要发育在莱州市三山岛—仓上—潘家屋子一带,陆地出露 12 km,其余大部分被第四系覆盖。断裂带宽 20~400 m,总体走向 40°~50°。该断裂带北段的三山岛—新立段走向北东 40°,倾向南东,倾角 35°~45°;往南三山岛断裂走向转为北东 80°,发育于玲珑花岗岩内,断裂带倾向南东,倾角 33°~67°,多在 40°~50°间,平均倾角 46°,由北东向南西倾角有逐渐变陡趋势。

4 断裂形成机制分析

研究认为,胶西北金矿集中区主干断裂的形成与深部过程密切相关。华北东部地区在经历了古生代漫长的稳定地台演化阶段后,于燕山运动时期进入了华北东部地幔热柱演化阶段,胶东恰好位于该地幔热柱的中心部位,此时,胶西北成矿集中区则进入了以莱阳—莱西地幔亚热柱与其外围郭家店、岐山、盘石店等幔枝构造的发展演化阶段。

莱阳—莱西地幔亚热柱活动的早期,多以大规模的基—中性火山喷发为主,火山喷发导致形成莱阳—莱西为中心的热断陷盆地,快速堆积了相当厚

大的白垩纪火山碎屑岩;亚热柱活动的晚期,则主要表现为地幔物质呈蘑菇状向外围拆离扩展,加之地幔位势差的存在,使地幔物质可通过上地幔顶部壳幔过渡带、中地壳低速带(多表现为韧性流变拆离带)等薄弱带向外围拆离侵位,特别是具有低速高导性质的中地壳很容易被地幔岩呈岩床状侵入,这好像把烧红的铁块快速插入木片之中一样,地幔岩降温的过程就足以热熔硅铝质中地壳物质,形成新的岩浆房并发生接力上侵作用,而这些接力上侵岩浆一旦被造山带持续活动的陡倾韧性剪切带所切割,便可形成沿造山带排列的点状或线状岩浆源地,发生从基中性—中酸性的脉动式岩浆侵入,(尤其是热隆作用引起的)中酸性岩浆岩的密度倒置(表现为重力负异常),便会带动变质围岩一起发生隆升,形成地幔热柱多级演化的第三级单元,即幔枝构造(mantle branch structures),其中隆升较快的部位可发育成典型的变质核杂岩(相当于幔枝构造的中期演化阶段)。郭家店为中心的强烈隆起就是这种典型的幔枝构造(图 2),其总体形态呈北北东向浑圆状则是受太平洋板块向北西向俯冲的构造复合影响所致。

从招平、焦家、三山岛三条区域性主干断裂特征与郭家店幔枝构造的形成机制结合起来分析表明,在郭家店幔枝构造形成过程中,也许区域上已

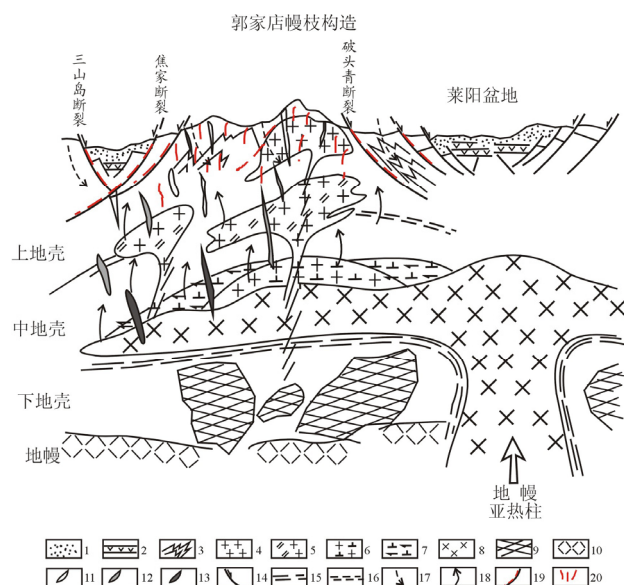


图2 胶西北地区幔枝构造成矿-控矿模式图
1-第四系；2-白垩系火山岩；3-基底变质岩系；4-花岗岩；5-二长花岗岩；6-花岗闪长岩；7-辉石闪长岩；8-地幔亚热柱侵入岩；9-下地壳拆沉块体；10-地幔岩；11-酸性岩脉；12-中性岩脉；13-基性岩脉；14-拆离带或铲状断裂；15-壳间拆离带；16-剪切带；17-大气降水；18-深源上升流体；19-焦家式金矿；20-玲珑式金矿。

经存在的上述三条断裂被利用和改造为幔枝构造的主拆离带和铲状断裂。

由于郭家店幔枝构造的强烈上隆，位于幔枝构造隆起南东侧的招平-破头青断裂便被改造为主要拆离滑脱带，位于幔枝构造隆起北西侧的焦家断裂则被改造为主要拆离滑脱带（图2），至少在郭家店幔枝构造形成阶段，两条主要拆离滑脱带为张扭性正断层，三山岛断裂则是焦家拆离滑脱带上盘的铲状断裂。而三条主干断裂的张扭性活动恰恰为燕山期的成矿作用提供了储集场所，成为胶东地区最为重要的成矿控矿构造。

5 成矿控矿作用分析

正是因为燕山期大规模的岩浆活动，特别是中酸性岩浆侵入，导致岩浆-变质杂岩一起发生大规模隆升，上部盖层则发生大幅度拆离滑脱，以至于岩浆-变质杂岩呈揭顶式裸露，上部盖层拆离到远离中心的龙口、长山群岛等外围地区，从而构成剥蚀较深的幔枝构造。

幔枝构造研究认为，成矿物质主要来自深源，甚至来自核-幔缘边界，通过地幔热柱多级演化，从地幔热柱→亚热柱→幔枝构造→有利构造扩容带→矿田→矿床→矿体（脉）逐渐迁移、聚集成矿的过程，具备了很好的成矿物质的来源→迁移通道→储集场所系统，因此，可以形成沿主干断裂构造成串展布的一系列大-超大型金矿，相当于裴荣富

院士提出的源-运-储。

金的成矿作用以含矿流体贯入为主，围岩萃取为辅。而且成矿物质的析出沉淀受着温度、压力等成矿物理-化学条件的控制，具有从下部往上部，温度-压力从高往低演化的特点。对于郭家店幔枝构造来讲，这是因为尽管成矿流体更多的是从幔枝构造核部向上（外）迁移，但是，如果核部温度偏高，则成矿流体尚不能满足成矿物质结晶沉淀的温度，则成矿流体继续向外迁移。迁移形式可以气态的形式迁移逐渐过渡到以含矿流体的形式运移，直到外围较好的脆韧性-脆韧性剪切带、侵入岩体的内、外接触带、密集的构造裂隙带、各种脉岩与围岩的接触带集聚成矿。因此，从区域成矿特征来看，成矿作用在幔枝构造外围拆离带（断裂）中更为集中。

至于金的成矿类型，则与其所处构造位置密切相关：如果成矿流体沿着早期已存在的脆韧性拆离滑脱带贯入，由于带中已经存在压扭性-张扭性剪切活动形成的构造角砾岩和构造扩容带，则成矿流体相对容易沿带贯入，形成蚀变岩型金矿（即焦家式金矿——类似于混凝土中水泥胶结石子）；如果成矿流体在温度压力作用下贯入到由于幔枝构造上隆所形成的构造裂隙中结晶沉淀，便会表现为钾质-硅质脉状金矿（玲珑式金矿——由于裂隙两侧岩石完整而仅在矿脉边部形成很窄的围岩蚀变边）；而在莱芜盆地（莱阳-莱西亚热柱）的外围，特别是在郭家店幔枝构造与盆地之间形成一系列向盆地拆离的滑脱带，在拆离滑脱带的局部引张区段亦可形成很好的成矿扩容带，构成拆离带是金矿（蓬家式或杜家崖式金矿）；毛景文等（2005）专门采集了石英脉型、断裂蚀变岩型和角砾岩型等三类 10 个矿床中成矿主期的黄铁矿、绢云母和钾长石进行了硫、氢、氧同位素测试，同时对比测定了玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩中黑云母和钾长石的氢、氧同位素，结果表明这些金矿虽然产出形式有差别，但都是同一深部流体库中流体上涌、与围岩发生强烈水岩反应和与地壳流体混合，通过交代和沉淀成矿的结果。当然，成矿的重要因素是有大规模成矿物质补给、有很好的成矿扩容空间，因此，除了形成上述主要成矿类型，还可以形成不同的过渡类型金矿。

6 结论

(1) 由于成矿流体迁移受温度、压力等地球物理、地球化学场的制约和迁移通道的控制,金的成矿作用往往多集中在幔枝构造外围拆离带及断裂或裂隙中;

(2) 来自深源的成矿流体在温度、压力等条件驱动下,迁移到幔枝构造不同的构造扩容带中,由于构造扩容带条件不同或接触围岩不同,而表现出不同的成矿类型,进入已存在的拆离带中表现为断裂蚀变岩型,进入到构造裂隙中则表现为石英脉型金矿。

致谢:衷心感谢毛景文教授、孙丰月教授、郝梓国研究员所给予的热情指导,感谢山东省国土资源厅、地质矿产勘查开发局有关领导专家和有关矿山技术人员所给予的热情指导和帮助。本文为公益性行业科研专项经费项目“我国典型金属矿科学基地研究”(编号:200911007)和中国地质调查局危机矿山研究项目(编号:20089948、20109901)资助。

参考文献

- 邓军,王庆飞,杨立强,高帮飞.胶东西北部金热液成矿系统内部结构解析[J].地球科学——中国地质大学学报,2005,30(1):102-108.
- 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,2005,1(5):1317-1328.
- 吕古贤,郭涛,舒斌,等.2007.胶东金矿集中区构造体系多层次控矿规律研究[J].大地构造与成矿学,31(2):193-204.
- 毛景文,李厚民,王义天,张长青,王瑞廷.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
- 李士先,刘长春,安郁宏,等.胶东金矿地质[M].北京:地质出版社,2007,1-423.
- 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):1094-110
- 宋春明,崔书学,伊丕厚,等.胶西北金矿集中区深部大型-超大型金矿找矿与成矿模式[M].北京:地质出版社,2010,1-339.
- Maruyama S. Plume tectonics[J]. *J. Geol. Soc. Japan*, 1994,100(1):24~49.
- 张荣华,胡书敏,张雪彤.金铜在气相中的迁移实验及矿石的成因[J].矿床地质,2006,25(6):765-713.