

# 浅析郯庐断裂对胶东金矿集中区大规模成矿的影响

徐方<sup>1,2)</sup>, 胡海博<sup>2)</sup>, 韩荣文<sup>2)</sup>, 褚福贺<sup>1)</sup>

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

郯庐断裂属中国巨型深大断裂, 是中国已知的最大导矿构造与控矿构造(毛景文等,1997;翟裕生,1999)。郯庐断裂带(山东段)长 330 公里, 自西向东由唐吾-葛沟断裂、沂水-汤头断裂、安丘-莒县断裂和昌邑-大店断裂组成(图 1)。据断裂带内构造与充填物特点及大地电磁测深资料, 断裂带已深切至 70km 以下的地幔层。郯庐断裂带在中生代发生了巨大的平移活动, 在其东部地块内造成了拉伸与挤压相间的构造格局, 对胶东金矿集中区的形产生了重要作用。本文研究了中新生代郯庐断裂带构造演化和胶东地区不同类型金矿床的空间分布、矿床成因以及成矿年代的关系, 探讨了郯庐断裂对胶东金矿集中区大规模成矿的影响。

## 1 郯庐断裂的特征及构造演化

郯庐断裂带(山东段)(简称“郯庐断裂”)总体走向NE 15°-20°, 平均约18°, 其宽约20 -60km, 北宽南窄, 是一个由4 条北北东向主干断裂带和多条北北东向、北东向及北西向次级断裂组成的复杂活动断裂构造系统, 总体上具有地堑或裂谷的性质。主断裂面以及各自的次级平行断裂组成各断裂倾角多数在65°以上, 总体表现出正断层性质。

郯庐断裂带是一古老的基底韧性剪切带, 其活动时代可追溯到古元古代(马杏垣,1989); 其演化大

致可分为古生代(张性)、中生代(压性-压扭性)和新生代(扭张性)三个阶段。在印支构造旋回(晚三叠世)华北与扬子板块的碰撞造山过程中, 郯庐断裂作为陆内转换断层, 产生一系列深层次高压左行韧性变形(侯明金等,2007); 断裂带左行走滑的鼎盛活动时期为早侏罗世(王小凤等, 1996), 从晚侏罗世至早白垩世左行韧性剪切变形逐步转化为脆—脆性变形; 早白垩世末期(120~100Ma.) 迅速完成从左旋韧性剪切向脆性伸展断陷的构造转换, 这个时期正是胶东金矿成矿大爆发时期(裴荣富等,1999)。晚白垩世至古近纪末, 以伸展拉张脆性形变为主, 控制了岩浆活动、沉积作用和金矿的成矿作用; 新近纪以来新构造活化主要表现为右行压扭性脆性形变, 但变形强度远弱于前两个阶段(吴根耀等,2007; 侯明金等,2007)。

郯庐断裂带东侧为胶东地区, 主要发育了规模仅次于它的三条NE-NNE 向断裂(表1), 分别为: 苍三断裂、焦新断裂、招平断裂, 均属于郯庐断裂带中生代大规模左行走滑剪切运动所形成的分支构造。强大的左行走滑剪切力偶, 牵引胶北太古宙穹隆(栖霞复背斜)逆时针旋扭隆升, 形成了三山岛-苍上、焦家—黄县和招远-平度(破头青)等弧形右行剪切带和混合花岗岩。

注: 本文为山东省地质矿产勘查开发局科技项目(项目编号: KY2009001)的成果。

收稿日期: 2015-03-01; 改回日期: 2015-03-01; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 徐方, 男, 1979 年生。在读博士, 高级工程师, 地质矿产专业。Email: xuf0815@163.com。

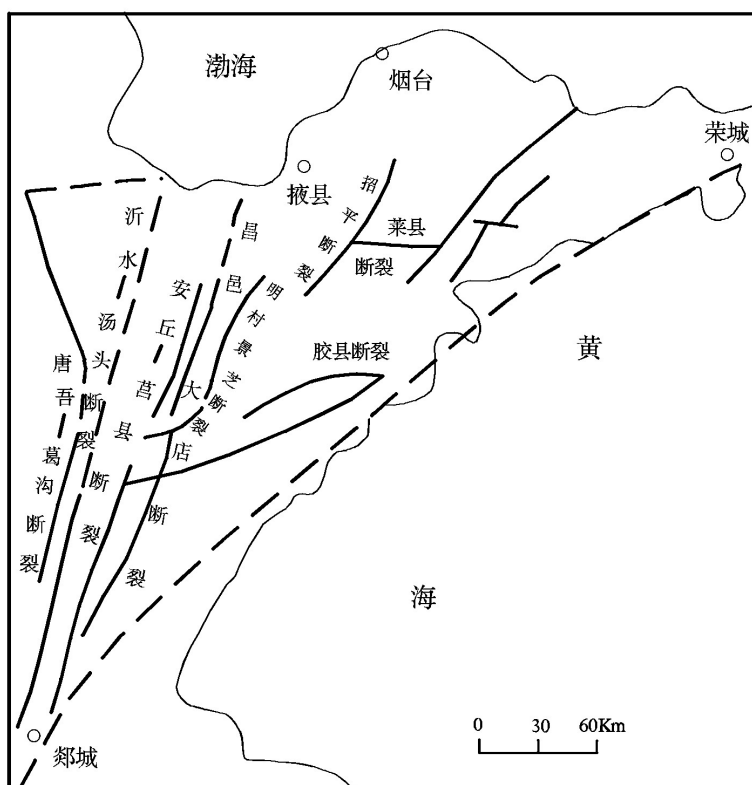


图 1 郯庐断裂及胶东地区构造简图

表 1 郯庐断裂带、招平断裂、焦新断裂、苍三断裂地质特征统计表

断裂(带)	产 状			规 模	
	走向	倾向	倾角	长度 $l / \text{km}$	宽度 $b / \text{km}$
郯庐断裂带	NE15° ~ 20°	NW 或 SE	陡	300(山东境内)	20~ 40
苍三断裂	NE15° ~ 40°	SE	35° ~ 40°	11	0.5
焦新断裂	NE20° ~ 40°	NW	40° ~ 50°	45	1~ 2
招平断裂	NE20° ~ 45°	SE	30° ~ 45°	> 80	北端 15 南端 5

据范永香等, 1993

## 2 胶东金矿特征

胶东地区是我国最大的黄金矿集区, 区内密集分布超大型金矿床5个, 大型、中型金矿床30多个以及上百个小型金矿床, 它具有区域集中、规模大、储量多和成矿期短的特点(邓军等, 1999)。

### 2.1 金矿类型

胶东地区金矿类型多, 矿床地质特征各异, 但成矿背景相似, 都以胶东群地层为背景, 以燕山早期为主要成矿时代, 以中酸性继承性岩浆活动为成矿动力, 金矿产出主要受郯庐断裂东侧次级断裂带控制。根据控矿条件、赋矿围岩、矿石组成和结构特征等特征, 将胶东金矿划分为3种矿床(化)类

型(表2), 韧性剪切带-蚀变岩型(焦家金矿)、脆性断裂-石英脉型(玲珑金矿、乳山金矿)、低角度层间滑动断裂-破碎-角砾岩型(蓬家夼金矿、发云夼金矿)和隐爆角砾岩次火山岩型(七宝山金铜矿)。

### 2.2 金矿的空间分布

断裂构造是郯庐断裂东侧胶东金成矿作用的主要控制因素之一, 区域上金矿化均发生在郯庐断裂带各级构造断裂内, 郯庐断裂的主干断裂带与其分支断裂的复合部位控制了金矿化区(带)的分布, 如招掖金矿成矿带、牟乳金矿化带均为郯庐断裂带大型分支断裂的发育集中带。金矿床和金矿体产出则赋存在更次一级分支断裂构造内。

在空间上这几种类型金矿具有一定的分布规律性, 含金硫化物石英脉型和蚀变岩型金矿主要产出在胶东西北地区, 主要受中生代燕山期钙碱性花岗质岩体影响, 具有围绕岩体分布的特点, 前者分布于岩体边缘的内带内, 后者主要在岩体边缘外带即岩体与老地层接触蚀变带产出; 层间滑动角砾型金矿主要分布在胶莱盆地边缘, 如盆地东北缘发现蓬家乔金矿、发云乔金矿, 胶莱盆地西北缘的平度大庄子金矿。层间滑动角砾岩型金矿化与中生代期

间胶莱走滑拉分盆地的演化发展有成因关系, 它主要产出在盆地边缘由于层间滑动产生的层间滑动断层的构造角砾岩和碎裂岩带内; 次火山岩型金矿化集中发育在郯庐断裂带的中南部, 主要是隐爆角砾岩型金矿化, 如七宝山铜金矿、铜井金矿、铜石金矿等, 沂南地区偏碱性浅火山小岩体周围也同样产出有与之有关的浅成热液火山次火山岩型金矿床。

表2 焦家式、玲珑式和蓬家乔式金矿地质地球化学特征对比

矿床类型	焦家式	玲珑式	蓬家乔式
控矿构造	胶北隆起 NNE 向脆韧性-脆性断裂 (主断裂)	胶北隆起 NE-NNE 向主断裂的次级脆性断裂	胶莱盆地北缘 NE-EW 向低角度正断裂
围岩	胶东群、玲珑花岗岩	玲珑花岗岩	荆山群和莱阳组
围岩蚀变	黄铁矿英岩化、硅化、碳酸盐化	(黄铁) 绢英岩化、硅化、钾化、碳酸盐化	黄铁矿化、绢云母化、硅化、碳酸盐化、绿泥石化
矿体形态	似层状、透镜状	脉状、透镜状	透镜体、铲状
矿体规模	长 1000 m, 宽 10~60 m, 延深 1500 m 以上, 大于延长	长数百米~数公里, 宽 <10 m, 延深 <700 m, 延长大于延深	长 200~1500 m, 宽 8~28 m, 延深 500 m 左右
矿体产状	NNE 为主, 其次为 NE 走向, 倾角 25~42°	NE 走向, 倾角 70~85°, 部分矿体呈 S 形产出	近 EW 弧形产出, 倾角上陡 (45°) 下缓 (15°)
矿体品位	5~10 g/t	10~20 g/t	3~4 g/t
矿石类型	浸染型、细脉-浸染型	脉型、细脉-浸染型	碎裂-角砾岩型
矿石矿物	金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿等; 铁白云石、菱铁矿、绢云母、钾长石等	金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿等; 非金属矿物有石英、方解石、铁白云石、菱铁矿、绢云母、钾长石等	非金属矿物有石英、方解石、铁白云石、菱铁矿、绢云母、钾长石等
金矿物	银金矿、金银矿、自然金	银金矿、自然金	银金矿
成矿温度/°C	170~310	190~310	120~320
流体压力/MPa	30~60	20~60	40~50
成矿时代/Ma	105~126	110~126	110~128
成矿期构造差异应力/MPa	100~194	60~90	100~130
流体盐度 w(NaCl <sub>eq</sub> )/%	6~9	2.39~6.18	1.5~8.0
流体同位素及流体来源	$\delta D = -81\% \sim -91\%$ ; $\delta^{18}O = 5.4\% \sim 6.6\%$ ; 深源 (岩漿) 水为主	$\delta D = -54\% \sim -93\%$ ; $\delta^{18}O = 3.2 \sim 7.2\%$ ; 深源 (岩漿) 水为主	$\delta D = -90\% \sim -98\%$ ; $\delta^{18}O = 0.6\% \sim 1.0\%$ ; 大气降水为主
实例	焦家、新城、三山岛、仓上、马塘、东李、河西、塑儿山	玲珑、邓格庄、金青顶、唐家沟、金牛山、阜山	蓬家乔、发云乔、大庄子、郭城、西林

### 2.3 金矿的成矿年代

同位素测年是准确确定金矿成矿时代的最佳方法, 胶东地区金矿床 (化) 均发生在中生代燕山期, 并具有北早南晚、东早西晚的特点。根据现有的金矿同位素年龄结果 (见下表), 并结合与金矿化有关的岩浆岩的岩性和金矿成矿作用大地构造应力背景, 大致可将郯庐断裂及其邻区金矿化分为 3 个不同的期次:

第一期为胶西北地区与钙碱性花岗质侵入岩有关的金矿化。此期金矿成矿作用主要发生在郯庐断裂带区域性挤压期间, 即晚侏罗世到早白垩世早期期间 (120 Ma 前), 这期金矿化是郯庐断裂带及其邻区金矿化的高潮, 是胶东地区金矿的主要成矿

期。金矿成矿作用以典型的石英脉型和蚀变岩型金矿化为主, 如焦家、玲珑等金矿床, 基本均产在岩体与地层内外接触带内, 金矿化的形成与下地壳古老地层的重熔产生的流体有关, 具有围绕岩体边缘分布的特点。

第二期为发育在走滑拉分盆地边缘的层间滑动角砾型金矿化。这期金矿化主要发生在郯庐断裂带区域性伸展的地质背景下, 金矿化与胶莱盆地等中生代走滑拉分盆地的发育演化过程有密切关系 (刘玉强等, 1999; 杨金中等, 1999)。如蓬家乔、发云乔等金矿床, 推测金矿形成时代大约在 120~100 Ma 期间。

第三期为沂南-临沂地区与中性、偏碱性次火山

岩和火山岩有关的金矿化, 此期金矿化类型较多, 主要为隐爆角砾岩金矿化, 一般金矿规模较小。此期金矿化与郯庐断裂继续深切张裂, 引发上隆地幔和地壳深部物质侵入喷发形成中生、偏碱性浅成岩体或火山机构有关, 金矿化主要发生在次火山杂岩体的边部或火山角砾岩筒内。如卓家庄、龙宝山等金矿, 金矿一般为浅成低温热液次火山岩型金矿, 常形成金银碲元素组合, 金矿化主要发生在燕山晚期早白垩世之后。

金矿化与胶东地区断裂构造、侵入岩和火山岩在空间分布上的规律性、成矿时代和岩浆活动时间的吻合及物质来源上的联系, 表明金矿化与郯庐断裂带中生代燕山期构造-岩浆活动演化具有内在的成因联系。

### 3 郯庐断裂的演化与胶东金矿成矿的耦合关系

郯庐断裂形成时间早, 演化历史长, 断裂活动复杂(万天丰等, 1996; 邓乃恭等, 1984)。在中生代, 由于受古太平洋板块向欧亚大陆斜向快速俯冲、郯庐断裂发生强烈左行走滑, 导致了郯庐断裂带地质历史上最活跃的构造-岩浆活动, 对胶东地区金矿床的形成、产出具有重要的影响。

(1) 晚三叠世-中侏罗世, 郯庐断裂主要受华南、华北板块挤压、碰撞作用, 形成挤压构造。在晚三叠世-早侏罗世早期, 郯庐断裂发生了显著的左旋走滑剪切变形(张岳桥等, 2008)。进入早、中侏罗世, 郯庐断裂带从韧性左行走滑向脆性左行走滑断裂转变, 郯庐断裂带中、南段的基本格局形成(王小凤等, 2000)。此期间, 郯庐断裂及胶东地区构造-岩浆活动不强烈, 未形成成矿元素运移、富集有效条件。

(2) 晚侏罗世-早白垩世早期, 随着古太平洋板块向亚洲大陆的俯冲(朱光等, 2005), 中国东部受到北西-南东向的强烈挤压, 郯庐断裂再次发生左旋走滑活动。形成胶东钙碱性侵入岩浆岩, 岩石组合为安山岩-英安岩-流纹岩组合, 胶西北玲珑、焦家、新城等金矿沿侵入岩浆岩边部产出, 同时又受到郯庐断裂带次级构造的控制。

(3) 早白垩世中晚期, 太平洋板块俯冲方向的改变(由北北西、正北向变为北西向)(陈宣华等, 2000), 及其俯冲速率的加快, 造成郯庐断裂的大规模左行走滑和五莲-荣城断裂的右行走滑活动,

导致深部成矿流体自深部赋存部位沿构造断裂系统上移区域张裂性构造-岩浆活动强烈, 使胶北地块向北东方向拉出, 开始形成胶莱拉分盆地(李碧乐等, 2003)。在盆地的进一步张裂拉分过程中, 沿新老地层的接触带产生层间滑动位移, 沿胶莱盆地边缘形成层间滑动角砾岩型金矿, 如胶莱盆地东北边缘的蓬家夼和发云夼等金矿最为典型。

(4) 晚白垩世-古新世以右旋走滑为主, 区域上为拉张构造构造环境背景, 郯庐断裂持续向地壳深部下切, 胶莱盆地继续拉张, 导致断裂逐渐向裂谷性质演化, 引起地幔上涌和下地壳的部分熔融, 沿郯庐断裂次级构造薄弱带产生中性、偏碱性岩浆岩的侵入, 在次级构造分支内形成中生、偏碱性浅成岩体或火山机构, 形成为浅成低温热液火山次火山岩型金矿, 金矿化主要发生在燕山晚期早白垩世之后。

### 4 结论

郯庐断裂构造系统在胶东西部地区的三条分支断裂的带内及两侧分布着特大型、大型及中小型矿床百余处, 这些矿床的空间分布规律、矿床地质特征均表明该构造系统对该区金矿床具有重要的控制作用, 主要表现在:

(1) 郯庐断裂带是古太平洋板块向欧亚板块碰撞、俯冲作用的前缘地带, 其在中生代受太平洋板块斜向快速俯冲、郯庐断裂发生强烈左行走滑、华东北部岩石圈剧烈减薄、区域构造应力场转变为强烈引张、火山-岩浆活动强烈, 是胶东地区金矿成矿作用的主要因素。

(2) 郯庐断裂对胶东地区NE-NNE 向断裂构造系、侵入岩和火山岩具有控制作用, 郯庐断裂的中生代构造演化与胶东金矿床(化)的成矿时代、岩浆活动时间、分布规律相吻合, 表明胶东地区金矿化与郯庐断裂中生代燕山期构造-岩浆活动演化具有内在的成因关系。

(3) 中生代早白垩世, 太平洋板块俯冲方向的改变、俯冲速率的加快, 郯庐断裂受区域张拉作用, 构造-岩浆活动强烈, 深部成矿流体沿构造断裂上移, 是胶东地区金矿床(化)大规模成矿的主要因素。

### 参 考 文 献 / References

陈宣华, 王小凤, 张青. 2000. 郯庐断裂带形成演化的年代学研究[J]. 长春科

- 技大学学报,30(3):215-220
- 邓军, 翟裕生, 杨立强. 1999. 构造演化与成矿系统动力学-以胶东金矿集中区为例[J]. 地学前缘, 6(2):315-322.
- 邓乃恭. 1984. 中生代华夏类型构造和郯庐断裂体系的特征与形成机制. 构造地质论丛. 地质出版社, 33-38.
- 侯明金, 朱光, Jacques Mercier. 2007. 郯庐断裂带(安徽段)及邻区的动力学分析与区域构造演化[J]. 地质科学, 42(2): 362-381.
- 李碧乐, 孙丰月, 姚凤良. 2002. 中生代敦化-密山断裂大规模左旋平移及其对金矿床形成的控制作用[J]. 大地构造与成矿学, 26(4):390-395.
- 刘玉强, 杨东来, 黄太岭. 1999. 山东胶莱盆地金矿床地质特征及找矿方向[J]. 矿床地质, 18(3):195-208.
- 马杏垣. 1989. 中国岩石圈动力学地图集. 中国地图出版社.
- 毛景文, 华仁民, 李晓波. 1999. 浅议大规模成矿作用与大型矿集区. 矿床地质[J], 18(4):316-322.
- 裴荣富, 邱小平, 尹冰川. 1999. 成矿作用爆发异常及巨量金属堆积[J]. 矿床地质, 18(4):333-340.
- 沈远超, 谢宏远, 李光明. 1998. 山东蓬家金矿的基本地质特征及其找矿方向[J]. 地质与勘探, 34(5):3-7.
- 王小凤, 李中坚, 陈柏林, 董树文. 1996. 郯庐断裂带[M]. 地质出版社, 9-28.
- 王小凤, 李中坚, 陈柏林. 2005. 郯庐断裂带[M]. 地质出版社, 329-338.
- 万天丰, 朱鸿, 赵磊, 林建平, 程捷, 陈进. 1996. 郯庐断裂带的形成与演化: 综述. 现代地质, 2(10):159-168.
- 吴根耀, 梁兴, 陈焕疆. 2007. 试论郯城-庐江断裂带的形成、演化及其性质[J]. 地质科学, 42(1): 160-175.
- 杨金中, 沈远超, 赵玉灵. 1999. 层间滑动角砾岩金矿床的地质特征及形成机制-以山东乳山蓬家金矿为例[J]. 黄金科学技术, 7(3): 11-15.
- 杨金中, 赵玉灵, 沈远超. 1999. 胶莱盆地与金矿成矿[J]. 黄金, 20(9):1-6.
- 杨金中, 沈远超, 赵玉灵. 1999. 层间滑动角砾岩金矿床的地质特征及形成机制-以山东乳山蓬家金矿为例[J]. 黄金科学技术, 7(3):11-15.
- 翟裕生, 张湖, 宋鸿林. 1997. 大型构造与超大型矿床[北京]. 地质出版社, 97-124.
- 朱光, 刘国生, Dunlap W J. 2004. 郯庐断裂带同造山走滑运动的 $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ 年代学证据[J]. 科学通报, 49(2): 190-198.