

试论郯庐断裂带对胶东 金矿集中区形成的巨大作用

蔡新平

(中国科学院地质研究所)

提要 郯庐断裂带的巨大的平移活动在其东部地块内所造成的拉伸与挤压相间的构造格局,控制了中国东部一系列重要的金矿集中区,尤其在胶东金矿集中区的形成中的作用最为巨大。它不仅是玲珑热背斜及相关的拆离构造等区域控矿构造系统形成的主要控制因素,而且以其贯通性的韧性剪切作用的深源活化效应和地震泵效应直接参与了金的成矿作用。可以说郯庐断裂带是胶东金矿集中区形成的诸多因素中最主要的因素。

前 言

胶东金矿集中区能成为我国十多个金矿集中区之最,除了成矿作用中的共性外,必然还具有某些地质上的特殊性。以往曾经作为特殊性对待的某些地质要素,如胶东群的含金性及其超变质作用、多期多因复式花岗岩、网络状或S型构造系统等,与其它金矿集中区相比较均没有体现出特殊性,因此也不能据此阐明胶东金矿集中区形成的本质原因。

胶北地体之西紧邻中国东部巨大的韧性剪切带——郯庐断裂带,它与其南的胶南—苏北地体之间也存在一组大型韧性和脆性剪切断裂带,胶东金矿集中区即产出在这两大剪切断裂体系之间的以太古代胶东群为核心的西北部隆起区,而其中几乎所有重要金矿床又都产于隆起区内的复式花岗岩体的内外接触带上,这些岩体的侵位、展布和主控矿断裂均显示出与郯庐断裂带活动有着密切关系。巨型韧性剪切带和被巨型韧性剪切带夹持的地体,上壳引张及伸展构造,富金的元古代—太古代深变质建造,多期多因复式花岗岩、特别是中生代活动所造成的岩浆地热系统,成矿阶段良好的构造封闭条件及成矿后适宜的保存与剥露条件,这五大地质要素的组合及其在成矿作用中的最佳时空谱和构成了胶东地区独特的成矿优势,而其中郯庐断裂带是五大要素中的核心。这一岩石圈级的巨型韧性剪切带,一方面参与了对成控矿系统形成的控制作用;另一方面又以其巨大的韧性剪切活动过程所造成的深源多层次活化效应、地震泵效应直接参与了金成矿作用,

本文 1992 年 12 月收到,1993 年 4 月改回。

它是胶东金矿集中区形成的诸多要素中最为特殊的要素。深入研究郯庐断裂带与胶东金矿集中区形成的关系,是揭示胶东金矿集中区形成实质因素之关键。

一、郯庐断裂带性质与胶东地体构造变动

对郯庐断裂带的基本性质和活动史,根据已有的研究成果,可以作出以下简单概括:郯庐断裂带原是一古老的基底韧性剪切带,在此基础上于印支—燕山期发展成纵贯亚洲大陆东部的一个具有陆壳转换断层性质的岩石圈断裂带。中生代早期以大规模的左旋平移活动为特色,晚侏罗世后期到早白垩世平移活动达到高潮,同时发生裂谷幔源火山活动,早白垩世后期区域应力场发生转变,左旋平移活动结束,进入上壳地堑型裂谷活动阶段;晚喜山期活动状态再次发生转变,除中段渤海部位裂陷作用还在发展外,其他地段已渐趋闭合。综合徐嘉炜(1980)、陈丕基(1988)、郭振一(1986)等人资料,该断裂带中生代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—150Ma之间,高潮期在平移活动的晚期,持续12—18Ma,平移错开距离达460—740km,平均平移速度1.06cm/a,高潮期可达4—6cm/a,大约90—120Ma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。

根据中国东部晚元古代岩相古地理分析(徐学思、张用夏,1984)及郯庐断裂带内的太古界(泰山群)中的韧性剪切变形特征研究(张家声,1992),郯庐断裂带在前寒武纪就已存在,虽然在古生代没有明显的活动,但无疑已是中国东部地壳中的一个潜在的大型构造界面。发生在中国和东亚地区的印支运动是该区地壳发展史上的一个重要转折期。该期板块运动的一个显著的特点是南北分离的几大板块向北半球中纬度会聚,北部的西伯利亚板块向南,印支、扬子板块向北,都朝向位于中间的塔里木—华北板块靠拢。塔里木—华北板块中部同时受到南北两个方向强烈的挤压,受力最大,于是华北地台中部的地壳向东蠕散,同时华北和扬子地台的南东部还受到了华南板块向北和西南太平洋板块向北西方向的推挤,于是先前已存在的郯庐断裂带就顺势成为了一个转换断层,使东亚地壳的几个不同部分运动的几何空间和应力场得以谐和。位于扬子地台北缘的胶南地体和位于华北地台南缘的胶北地体在印支期碰合成为一体,它们恰好位于秦岭—大别对接带被郯庐断裂切割部位之东,于是它们也就在郯庐断裂带以东的部位被大幅度的向北推移。在鲁东地块整体向北推移的过程中,内部原来的几条近东西向的主干断裂带也转换成具压扭特征的剪切带,由西向东依次作左旋滑移,并扭转成近北东向。断裂带东部地壳的快速横向和纵向的不均一扭滑,造成了地壳的不均一形变,鲁东地块在整体隆起的背景上,发生挤压隆升和拉张断陷相间出现的断块活动,并由此导致了强烈的岩浆活动,块隆区发生与挤压作用有关的壳源花岗岩岩浆活动,断陷区则发生与拉张作用有关的幔源中基性火山活动。随着地球动力学环境和区域应力场的变化,郯庐断裂带在其发展过程中也不断的调整其活动方式。

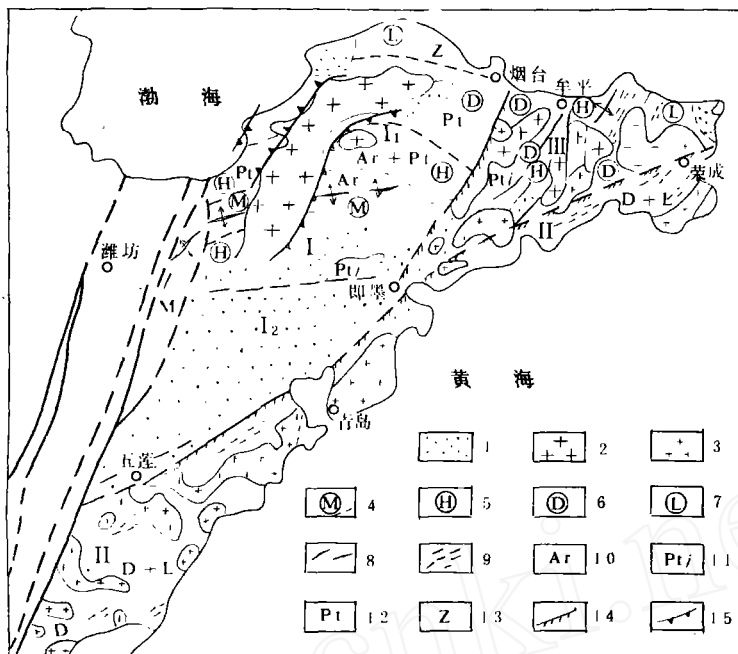


图1 鲁东联合地体的基本结构示意图

- I. 胶北地体: I₁. 胶西北隆起; I₂. 胶莱拗陷; II. 胶南地体; III. 牟平—即墨构造混杂带; 1. 中—新生界断陷; 2. 前燕山期和早燕山期花岗岩; 3. 晚燕山期花岗岩; 4. 角闪麻粒岩相带; 5. 高角闪岩相带; 6. 低角闪岩相带; 7. 绿片岩相带; 8. 基底复背斜构造轴; 9. 榴辉岩带; 10. 胶东群; 11. 荆山群; 12. 粉子山群; 13. 蓬莱群; 14. 构造单元界线; 15. 低角度拆离断层

二、郯庐断裂带对金矿区域成矿的控制作用

沿郯庐断裂带及其主干分支断裂带东侧的中国东部大陆呈断隆与断拗相间排列的构造格局,与断裂带西部相比,显得尤为破碎。一个重要的现象是,那些有前寒武纪基底出露的断隆区都是重要的金矿成矿区(带)。最北端为佳木斯成矿区,向南在鞍本靖宇隆起上有海沟—夹皮沟成矿带,辽东隆起上有丹东—营口成矿区,隔渤海向南的胶西北隆起上则是著名的胶东金矿集中区,进入苏皖赣地区,有长江中下游和江南古陆成矿区,产出丰富的伴生金矿,进入云开隆起的粤西成矿区有著名的河台金矿。这些金矿成矿区的共同特点是:成矿时代集中在中生代或者与中生代的改造作用关系密切;多数矿床受前寒武纪基底构造层中的韧性剪切系统和叠加的中生代脆性破裂系统控制;成矿前和成矿过程中伴随有广泛的岩浆活动,以花岗岩和中基性脉岩为特征;矿带或矿床分布在郯庐断裂带东侧的一定范围内,受与郯庐断裂带活动有关的次级断裂带控制,靠近主干断裂带部位成矿作用强,远离主断裂带成矿作用减弱;除与巨型的東西向构造带的交切部位外,成矿带一般不向西跨过郯庐断裂带。在断拗区则产有与火山—次火山岩和小侵入体有关的金矿床,它们一般都分布在近主断裂带的两侧,与低序次张扭性断裂有关。虽然不同的

成矿区还有其它一些具体的控制矿因素和特征,但从其大构造背景和上述共性来看,郯庐断裂带无疑起着重要的控制作用。

三、郯庐断裂带平移活动的深层构造效应

岩石圈和地壳具有多层次的结构和横向纵向的不均一性,中下地壳内常常分布有多个低速层(高导层),一般认为壳内的部分熔融层或高含“水”层,是壳内的构造软弱带,它们常发生在圈层结构界面附近。如横跨郯庐断裂带的连云港—泗水地球物理断面上就出现了四个低速层(马杏垣,1989)”

构造运动的水平和垂直方式的转换并互为因果是一个普遍现象,贯通岩石圈的巨型断裂带的垂向的平推剪切运动必然要通过各圈层或各构造层界面水平方向的层间滑动才能实现。多层次滑移的基本形式是:叠覆式、拆离式、旋扭式和复合式。叠覆式层滑造成块体的增厚,如叠瓦状构造;拆离式层滑造成块体的减薄、拉分,是拉分型盆岭系形成的主要方式;旋扭式层滑则造成块体的一部分减薄,一部分增厚。大型平推滑块由于其内部结构的不均一,块体的不同部分在滑移的过程中其边界条件和应力状态在不断变化,导致块体的不同部分和不同层次产生不同的位移量,因此块体内水平和构造层间的扭滑运动非常普遍,其所造成的构造形式在郯庐断裂带两侧均可看到。层滑可以从深部开始向上部发展,也可以从浅部向深部发展,这取决于驱动力源作用方式、滑移体受力方式以及块体的内部结构。从郯庐断裂带东部地壳的形变和岩浆活动发展过程及其后期向裂谷转化的特点来看,剪切和层滑活动是由浅向深发展的,断裂向地幔的透入并诱发幔隆和幔源岩浆活动发生在平移活动高潮阶段。运动块体在大距离的走滑方向上造成了地壳中出现相对的拉张区和相对的挤压区,拉张区地壳减薄,地幔上隆,挤压区地壳增厚并产生花岗岩岩浆活动。这正是胶莱盆地和胶西北隆起形成的地球动力学机制。在郯庐断裂带平移活动的后期,在东部滑移块体的下部形成了一连串的幔隆和幔拗,这如同从下部给滑移块体嵌入了楔子,于是运动被其自身的“产物”所阻止,大规模的平移活动在其达到高潮之后就很快“刹车”了,并为裂谷活动所取代。

四、贯通性韧性剪切作用的深源活化效应 及地震泵效应的成矿作用

郯庐断裂带通过其贯通性韧性剪切作用的深源活化效应及地震泵效应直接参与了成矿作用。

Cameron(1989)提出了一个贯通式横推剪切带的金成矿模式,对研究郯庐断裂带的成矿作用很有启发意义。

模拟实验证明剪切域内的周向压低于域外周向压,剪应变愈强域内周向压也愈低。因此韧性剪切域既是动力变质热液的形成区,也是断裂带旁侧圈层构造活化带内形成的矿化热液的吸收区,同时也是流体主要渗透运移通道。剪切带温度是环境地温加上摩擦热,随深度增加,温度增加,岩石的粘度下降,导致形变向外扩展,越向深部,变形的范围

也越大,大约从 10—15km 向下韧性剪切域能以约 40—50 度的楔形角扩展,剪切强度越大的部位,韧性形变带发育的深度和宽度也必然越大,推测与胶东金矿成矿区毗邻的郯庐断裂带的深部(下地壳,30—40km 深度范围)其影响宽度可达 50—60km,这就造成了一个巨大的构造活化带。考虑到它对岩石圈的贯通作用,其活化作用的影响可达上地幔。也就是说郯庐断裂带的深层次活化效应不仅使地壳内各构造层发生层间活化,而且其本身也形成了一个有巨大延深和宽度的贯通性的垂向构造活化带,其影响范围内的地壳,乃至上地幔都有可能成为“矿源层”。因此不需要去寻找其它原因,郯庐断裂带本身就是巨大的矿源供给带,同时也是矿化热液的运移通道,成矿物质不仅可来至中下地壳的不同构造活化层,也可以来至下岩石圈地幔,其所提供成矿物质的能力是单一个胶东群活化作用所不能比拟的。

一个具有长达几十百万年活动历史的巨型断裂带,在其活动过程中应力的积累—释放—松弛—再积累是反复交替进行的。应力的积累阶段与韧性形变相对应,压力不断增加,应力突然释放对应于脆性破裂,相当于地震活动,同时产生瞬时最大位移。应力释放后是一个应力松弛期,断裂带内产生负压效应,可以有效的吸入周围流体。随着吸入作用的饱和,应力不断的积累,压力不断增加,迫使流体向上运移,在发震的临界期被挤入与之贯通的脆性破裂系统中,震后应力松弛再进入热液吸收期。随着断裂活动的张弛往复,流体也就不断的吸入和排出,这就形成了所谓的地震泵效应(Sibson 等,1988)。地震泵效应不单是可以运移深部带的矿化热液,也能从上部脆性破裂带吸入大气降水,并使之参与循环,因此许多与大规模断裂活动有关的金矿床中都能发现有大气降水的参与。

五、胶东金矿成矿作用的构造时空谱和及成矿模式

推测在郯庐断裂带由快速左旋平移到转变为右旋的过渡阶段断裂脉动活动最强的时期,约在 90—120Ma 之间,即早白垩世晚期,这也是胶东绝大部分金矿床的主成矿期。在这个阶段胶西北地体在胶莱盆地地幔隆起和玄武岩浆上涌的作用下,受到了强烈的侧向挤压,迅速抬升,原来处在韧性剪切域的层间滑动剪切系统(伸展构造带),抬升到脆韧性转换域,于是成了由郯庐断裂带地震泵效应所泵出的矿化热液的最佳吸收带。这种十分有利于成矿作用的构造活动的时空谱和并不是任何成矿区都能出现的,而胶西北地体上恰好具备了这种条件。

一个需要回答的问题是:郯庐断裂带以西的鲁西地体为什么没有出现相应的成矿条件?对于深层多层次活化和地震泵效应的成矿模式而言,对围岩没有特殊选择性,因此建造的差异性不能回答这个问题,主动平移块体的活化强度大于断裂带西部相对固定的块体,是一个可以考虑的因素,但更重要的原因还在于郯庐断裂带结构和断裂带两侧地体的相对活动方式。现以沂沭断裂带为例来说明这个问题。

地球物理资料表明,组成郯庐断裂带的四条断裂中,东侧的昌邑—大店断裂是主干断裂,断层面西倾,主断层面是一强压扭结构面(郭振一等,1986),断裂带上盘有很厚的发生在前寒武纪韧性剪切作用下由泰山群变质杂岩形成的糜棱岩(张家声,1992),在主成矿阶段之前,主断层面上盘两个地堑中已充填了巨厚的火山岩(鲁西和郯庐断裂带内

的青山组火山活动早于鲁东青山组 10—20Ma),这种结构使断层带上盘成为良好的隔挡层,矿化热液被封闭在断层的下盘。另外东侧的鲁东地体是强烈的隆升块体,又是主动滑移体,因此层间拆离断层发育,同时也发育交叉的脆性破裂系统,这几种构造因素的组合就造成了东西两侧成矿条件的巨大反差。这有些类似焦家式金矿的成矿特征,绝大多数矿床都产在断裂带的下盘。图 2 是根据郯庐断裂带剖面结构建立的成矿模式。

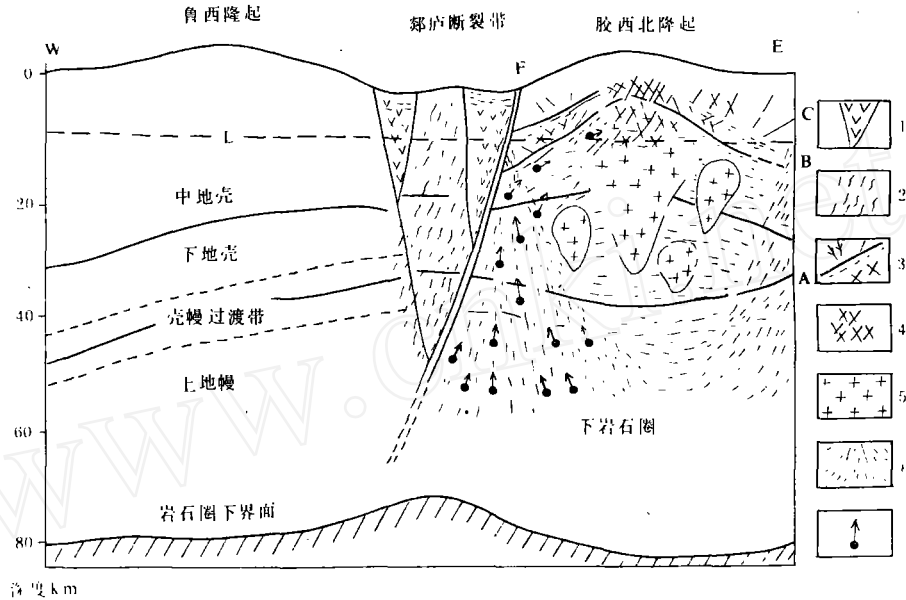


图 2 郯庐断裂带结构与成矿模式示意图

- A. 韧性域; B. 韧脆性转变域; C. 脆性域; L. 平均剥蚀面; 1. 中基性火山岩; 2. 变质基底(太古界)糜棱岩;
- 3. 低角度拆离断层系统(蚀变岩型矿床控矿构造); 4. 穹隆顶部张剪性断裂带(石英脉型矿床控矿构造);
- 5. 深熔花岗岩; 6. 塑变带; 7. 矿化热液

至于胶南隆起与胶西北隆起成矿作用的差异的主要原因也不在于建造,而是在于它们和郯庐断裂带构造时空关系的差异性。胶北地体与胶南地体是在大别山带的东西向构造带的位置上碰合形成联合地体后,才被郯庐断裂带的平移作用推移到现在的位置的,虽然五荣断裂带在平移的过程中也发生了剪切活动,但它的贯通性和强度远不能与郯庐断裂带相比。在胶南地体上缺少与胶西北隆起上深家河、郭家岭同期同类型的花岗岩的事实,也说明了在胶南地体深部没有发生类似于胶西北隆起那样强大的深层构造活化作用,其成矿作用的构造时空谱和性远不如胶北地体。牟平—即墨构造混杂带的成矿条件介于二者之间,它的基底构造相对于胶西北隆起也发生了很强的扭转,深部的构造活化作用也很强,但其有利于成矿的深位层间拆离构造系统可能还不曾剥露出来,目前仅发现受陡倾斜脆性剪切断裂控制的石英硫化物脉状金矿,尚没有发现受低角度拆离断裂带控制的构造蚀变岩型金矿,以至缺少类似于胶西北隆起上的焦家式特大和超大型金矿

床。要扩大牟乳地区找矿远景, 应注意寻找缓倾斜拆离断裂系统。

六、玲珑热背斜、伸展构造及其控矿作用

1. 复式杂岩体、热背斜形成的构造机制

玲珑复式花岗杂岩体由玲珑、郭家岭、滦家河等三个类型的花岗岩组成。玲珑岩体属原地侵位的交代成因的花岗岩, 原始成岩时代可能是早元古代(1800—2200Ma), 再造年龄在 150Ma 左右, 中生代活化之前它就以半固结态潜夹在中下地壳内的胶东群变质岩层中, 是一个潜在的构造软弱层。郭家岭花岗岩可能是玲珑花岗岩的钾交代、重熔再生岩浆, 形成晚于玲珑花岗岩, 成岩年龄大约 130Ma。滦家河花岗岩对前两者具明显的侵入特征, 岩石化学显示低熔岩浆特征, 它可能是花岗质下地壳重熔岩浆。滦家河花岗岩初始形成时间与玲珑花岗岩再活化的时间大体相同, 是同构造阶段的产物, 但它经历了一个漫长的上升时间, 它侵位于玲珑花岗岩中的最后固结时间约 123Ma。

在青山组底砾岩和莱阳组的上部砾岩层中发现有相当于玲珑花岗岩的砾石, 说明在青山组沉积时已有部分花岗岩剥露到地表。在富含水和高热流条件下, 玲珑花岗岩的形成温度不应低于 650℃, 深度不应小于 15km。如果它是原地侵位, 当其剥露到地表时, 应有不少于 15km 的上覆地层被剥蚀。假定胶东群变质岩的厚度 10—15km, 主成矿活动发生的时间大体与青山组火山活动的时间相当(120—100Ma), 当成矿作用发生时已有部分胶东群和花岗岩一起剥露到地表, 那么相当于焦家式金矿床的成矿深度只能小于 10—15km, 因此可以肯定当成矿作用发生时, 赋矿的原胶东群与玲珑花岗岩之间的韧性剪切带已进入到脆性域, 或是脆韧性转换带。也就是说成矿系统是叠置在早先的韧性剪切带上的脆性破裂系统。当含矿带又被剥露到的地表时, 至少又有 10km 左右的上覆岩石被剥蚀掉。据此可以判断玲珑花岗岩在 150Ma 前于深部形成后, 已被强烈的抬升了至少 25km。中生代胶西北地块隆升作用最强的部位就是玲珑杂岩体展布的范围, 构成一个顶升上穹背斜, 不断隆升的岩体和深部岩浆房的热活动造成了一个高地温场, 其地温曲线与玲珑杂岩体的空间形态和热状态相对应, 这就是玲珑热背斜。胶西北金矿床的形成与空间分布, 与玲珑热背斜所控制的地热循环系统有密切关系。图 3 是胶西北隆起和玲珑热隆形成的一个简单的动力学模式, 表示其形成和展布主要受位于西北部的渤海幔隆和南东部的莱阳幔隆的控制。

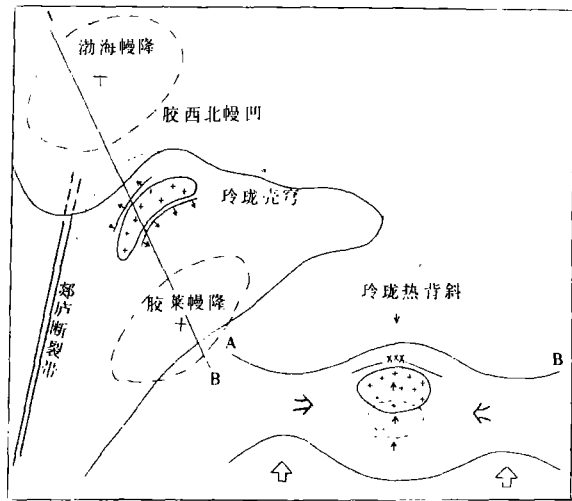


图 3 玲珑热背斜形成的动力学模型

2. 胶西北隆起区的伸展构造及其控矿作用

断块隆升作用造成的上壳拉张的脆性张扭断裂系统和花岗岩上侵顶升作用造成的上穹拆离构造系统构成了胶西北隆起区的伸展构造体系(图4)。

三山岛、焦家、招平这三条低角度的断裂系统中几乎集中了胶东地区绝大部分已知的超大、特大和具有超大远景的金矿床,其储量占胶东地区金矿储量80%,可见其在成矿作用中的重要性。据我们研究焦家断裂和招平断裂的原始韧性组构,均指示它们都是正型韧性剪切带,前者西倾,后者东倾,上盘下滑,早期叠加的脆性破裂也是正断层性质,压扭性逆冲转换发生在成矿作用之后。三山岛新断裂东倾,具有类似结构特征。

玲珑和郭家岭花岗岩中广泛发育的塑变结构表明其在深部曾经发生过韧性形变,其中玲珑花岗岩本身及其与胶东群之间具有似层状的流变结构特征,推测原始的玲珑花岗岩层就是地壳内的一个局部熔融层,受郯庐断裂带平移运动的影响而发生了广泛的层间滑移效应。当隆升作用发生时处在塑性状态的玲珑花岗岩内及其与胶东群的接触带,于背斜的两翼滑脱作用显著增强,于是形成了倾向相反的两组韧性拆离断裂系统,随着上隆作用的增强,两翼变陡,拆离断层的倾角加大,形成背型构造。当隆升区进入脆性域后,韧性剪切带逐步叠加上脆性形变系统,在上顶和上覆盖层的重力形成的垂向压力作用下,主断裂面形成具有超脆裂形变性质的断层泥,这种断层泥是该区低角度重力滑动断层带中的典型构造岩,象胶东焦家式金矿的赋矿断裂系统中这样发育连续完整的断层泥在其它金成矿区均很少见,由于它形成在即将到来的主成矿期之前,构成了成矿系统的极佳的构造封闭层,是焦家式金矿形成的重要条件之一。当构造进一步抬升,界面上的滑移作用被脆性剪切破裂系统所取代,热液进入后发生蚀变交代作用,形成焦家式金矿床。由于断裂带上盘相对自由,应力在下盘相对集中,下盘破裂更为发育,再加上主断裂面断层泥的封闭作用,因此金矿床主要赋存在断层带的下盘。位于玲珑背型构造轴的花岗岩

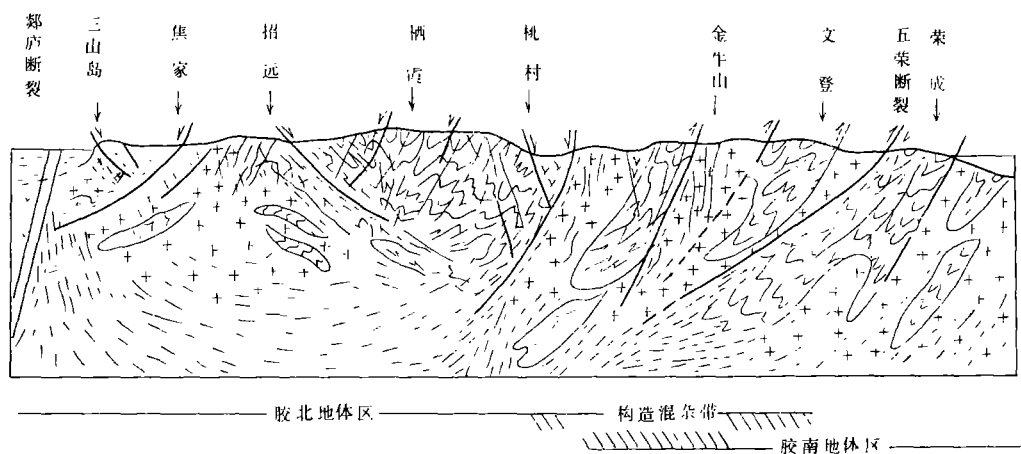


图4 三山岛—荣成剖面地体结构及控矿构造综合示意剖面图

在顶升作用下形成大型陡倾斜张剪破裂系统,发育充填式石英大脉型金矿床,即玲珑式金矿床。夹于两个韧性滑脱带之间的相对刚性层块体内也可形成次级张扭性或压扭性小型和微细型破裂带,充填含金细脉和网脉状矿体,与主滑脱断层带产出的蚀变岩型金矿

体构成复合式金矿床,相当于灵山沟式过渡型金矿床。

参 考 文 献

- 〔1〕 徐家炜,1980,郯—庐断裂带的平移及其地质意义,合肥工业大学学报,1980年,第1期。
- 〔2〕 郭振一,1984,沂沭断裂带的基本特征及其活动方式,构造地质论丛,之三。
- 〔3〕 徐学思,1984,郯庐断裂带的平移,构造地质论丛,之三。
- 〔4〕 张用夏,1984,郯庐断裂带的平移及其对邻区构造的影响,构造地质论丛,之三。
- 〔5〕 马杏垣,1989,江苏响水至内蒙满都拉地质断面南北两段的地质观察。地球科学,第14卷,第1期。
- 〔6〕 马杏垣主编,1989,中国岩石圈动力学地图集,中国地图出版社。
- 〔7〕 张家声,1992,郯庐剪切带的性质和意义。地球科学,第17卷,第4期。

GREAT EFFECT OF THE TANCHENG—LUJIANG FRACTURE ZONE ON THE FORMATION OF EASTERN SHANDONG GOLD METALLOGENETIC PROVINCE: A DISCUSSION

Cai Xinping

(*Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences*)

Abstract

The huge sinistral displacement of the Tancheng—Lujiang Fracture Zone has created a structural pattern with the alternation of extension and compression in the east china continent and controlled a series of important gold metallogenetic provinces on the east side of the fracture zone. Besides, this great fracture zone itself was directly involved in the gold metallization by its structural activation of katazonal ductile—shearing throughout the crust and its seismic—pumping effect. The origin and development of areal structural system controlling gold deposits in Eastern Shandong gold province, such as the Linglong granitic complex thermoarch and extensional—shearing fracture system is closely related to the action of the Tancheng—Lujiang Fracture Zone. At all events, the Tancheng—Lujiang Fracture Zone is a primary factor to gold metallization and formation of the metallogenetic province in Eastern Shandong.