第4卷 第2期
1998年6月

地质力学学报
JOURNAL OF GEOMECHANICS

Vol. 4 No. 2
Jun. 1998

# 胶东变质岩型金矿构造–岩相特征及其控矿作用

朱大岗 吕古贤 郭初
(中国地质科学院地质力学研究所)
邓 军 鲁安怀
(中国地质大学,北京)
张振江
(武警黄金部队第十支队)

**摘 要** 本文简述了胶东变质岩型金矿的构造–岩相特征。通过对构造体系及其复合成分的控矿和成矿作用,断裂性质和规模控制矿化类型和蚀变特征,构造–岩相类型控制矿化分带和矿体组合特征等方面的综合研究,分析了构造–岩相型式的控岩控矿作用,并对胶东变质岩型金矿构造–岩相成矿系列和成矿模式进行了探讨。

**关键词** 变质岩型金矿 构造–岩相特征 控矿作用 胶东

胶东变质岩型金矿是90年代初,我国地质工作者发现的赋存于胶东变质岩区大规模韧–脆性剪切带内的新类型金矿床[1],已探明大庄子、吉戈庄、台前、西林、马家窑、西院下、大时家、东武林等一系列中、小型金矿床,取得了找矿理论和找矿实践的突破,也为胶东地区寻找新的金矿靶区开创了光明的前景。本文将总结此类型金矿的构造–岩相特征及其控矿作用。

## 1 区域地质背景与矿床类型

胶东变质岩区位于华北地块的东部,西部以郯庐断裂为界与鲁西地块相隔,东部以五莲–荣城断裂为界与胶东南地块毗邻,为太古宇–元古宇变质岩带发育地区,属滨太平洋成矿带西部中–新生代活动的大陆边缘带[2]。按其空间分布,可分为招掖强烈改造太古宙变质岩构造区、栖霞太古宙–元古宙古陆核区和牟乳强烈改造元古宙变质岩区(图1)。区内广泛出露太古宇胶东群、下元古界荆山群、中元古界粉子山群和上元古界蓬莱群变质岩,以角闪岩相为主夹麻粒岩相(胶东群)、绿片岩相(蓬莱群),变质程度总的趋势由下而上逐渐变浅[3]。

胶东变质岩区基底构造以EW向展布的反"S"弧形复式褶皱为主,由近于平行发育的两套紧密线型复式背斜组成。北部为莱州–招远–栖霞弧形复式背斜,南部为平度–旧店–莱阳弧形复式背斜。前者核部出露以胶东群为主,后者从郭家店东南至莱阳一线则以荆山群为核部,表

1997年10月28日收稿,1998年4月20日修改稿

本文为国家计委科技找矿项目(JG947110)所属专题研究成果的部分内容。参加野外工作的还有:舒斌、郭涛、徐刚、殷秀兰、景万、丁益民、邱元德、修淑芝等

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

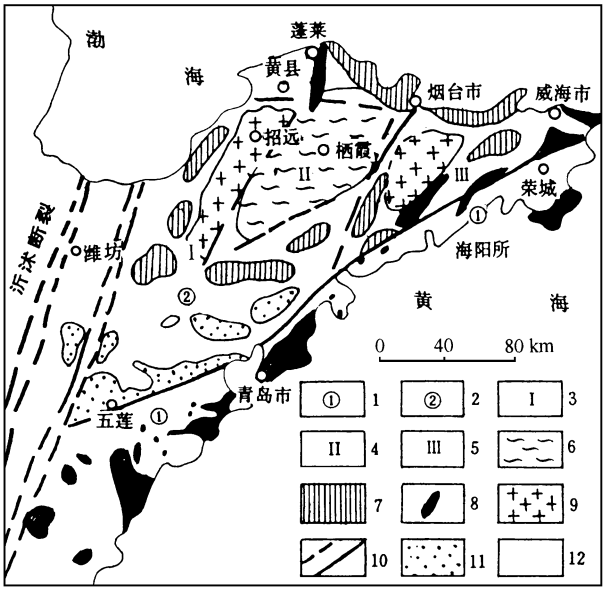


图 1 胶东变质岩区构造分区简图
(据杨敏之等 1996 年资料修编)

Fig. 1 Tectonic diversion of metamorphic belt, Eastern Shandong Province

1. 胶东南地块; 2. 胶东北地块; 3. 强烈改造太古宙变质岩构造区; 4. 太古-元古宙陆核; 5. 强烈改造元古宙变质岩构造区; 6. 太古宙变质岩带及 T.T.G; 7. 元古宙变质岩带; 8. 中生代同熔花岗岩; 9. 壳源重熔花岗岩; 10. 深断裂; 11. 中生界; 12. 新生代

明北部的隆起剥蚀程度更强一些。它们整体呈 EW 向分布, 以复式背斜为核心组成鲁东弧形断褶-变质岩相型式; 盖层多为继承性向斜式断陷盆地沉积, 受基底复式向斜控制。

本区断裂构造发育, 以 NNE 和 NE 向为主, SN 向、近 EW 向和 NW 向次之。总体上NNE 向的新华夏系与 NE 向华夏式构造复合或相互迁就利用, 把新老地层及岩浆岩卷入其中, 形成一系列 NNE(NE)—NEE(EW)—NNE(NE) 向呈曲折状延展的 "N "字形构造-岩相型式[4]。

本区侵入岩出露较多, 系多期次岩浆活动的产物, 其中以太古-元古宙和燕山期最为发育, 并与同期构造运动强度呈一定的对应关系。岩石类型较齐全, 岩性较复杂, 但以中酸性岩占绝对优势, 往往受不同褶皱、断裂构造带的控制, 在空间上沿一定方向呈带状展布。其成因可分为混合交代型、壳源深熔型和壳幔同熔型。各期次岩体中, 以太古宙-元古宙英云闪长岩和燕山早期第一阶段( 玲珑型花岗岩)、第二阶段( 郭家岭型花岗闪长岩) 和第三阶段( 滦家河型二长花岗岩) 与金矿的形成和分布关系最为密切[5]。

目前所知, 胶东变质岩型金矿主要有两种类型, 即产于变质岩系大规模韧-脆性剪切带中的蚀变岩型金矿床和产于变质岩中顺层或斜切岩层且与石英脉有关的 "盘马式 "金矿床[6], 成矿时期均为燕山晚期。

## 2 构造体系及其复合成分的控矿和成矿作用

研究表明, 胶东变质岩型金矿田、矿化区和矿床的分布受控于区域 EW 向构造带、新华夏系和华夏式构造的交替活动及复合而成的构造格架。新华夏系NNE 向构造、华夏式 NE 向构造和近 EW—NEE 向区域性压扭性构造构成该区三个主要控矿、成矿构造系统[2]。

新华夏系 NNE 向构造与 NE 向构造复合, 形成 NNE 至近 SN 向的 "金牛山式 "构造[5], 在平度市大庄子—吉戈庄一带构成复合型控岩控矿及成岩成矿的实例( 图 2)。这种构造带内的韧-脆性断裂带中, 既有蚀变岩型金矿, 又有交代充填硫化物石英脉型金矿[7]。

华夏式 NE 向构造带中产出的矿带, 以破碎、蚀变( 面型蚀变) 强烈, 工业矿体宽大, 延伸较远且变化小为特征, 以栖霞市台前金矿为代表( 图 3)。区域性 EW 向构造带中以产出的矿脉宽大、破碎蚀变发育、矿石类型简单、金品位较低且粒度较小的蚀变岩型金矿为特征, 以栖霞市西


© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

林金矿和文登市大时家金矿为代表。

NW 向构造有两类, 一类为 NNW 向; 一类为 NW 向。它们分属新华夏系和华夏式的配套成分。NW 向一组以文登市东武林金矿和栖霞马家窑Ⅱ号矿脉为代表( 图 4), 形成时间较早, 构造活动期次多且时间长, 后期压扭性质明显, 破碎蚀变岩较宽大, 矿化普遍, 但品位较低, 工业矿体较少, 且往往被新华夏系切割或扭错。大义山式 NNW 向张扭性断裂形成时间相对晚一些, 构造活动期次简单, 以张扭性变形为特征, 矿体规模虽不大, 但品位较高, 以马家窑金矿Ⅰ号矿脉为代表, 可以见到 NNW 向构造错断 NW 向构造的现象[8]。

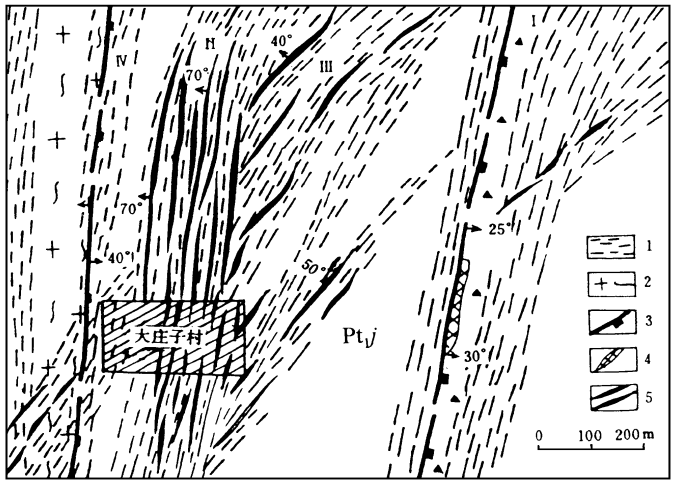


图 2 平度大庄子金矿床矿化带分布图( 据汪山 1994 等修改)

Fig. 2 Distribution plan of mineralized zones in Dazhuangzi gold deposit, Pingdu area

1. 韧性剪切带构造片理; 2. 花岗岩及其构造片理; 3. 压扭性断裂; 4. 蚀变岩型金矿体; 5. 含金石英脉; $P_{t_1}j$ 荆山群

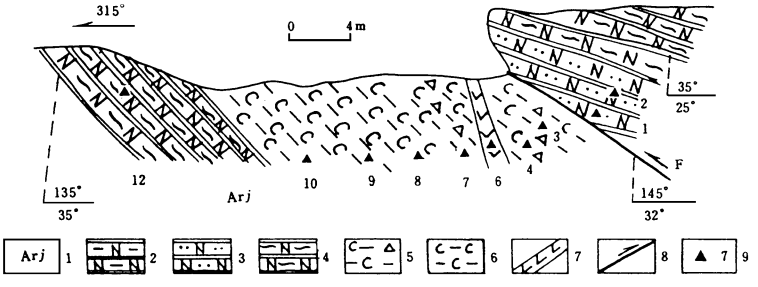


图 3 栖霞台前金矿地质剖面图

Fig. 3 Geological section of Taiqian gold deposit in Qixia area

1. 太古界胶东群; 2. 黑云斜长变粒岩; 3. 长石石英岩; 4. 斜长角闪片麻岩; 5. 碎裂黄铁绢英岩; 6. 黄铁绢英岩; 7. 煌斑岩; 8. 压扭性断裂; 9. 采样点及编号

## 3 断裂性质和规模控制矿化类型和蚀变特征

胶东变质岩型金矿化带主要沿韧-脆性剪切带分布。金矿床或矿体主要赋存在糜棱岩、片理化带、断层角砾岩带和碎裂岩带中, 分属新华夏系和华夏式的 NNE、NE 和 NNW、NEE 向几组断裂, 为胶东变质岩区控矿和容矿的有利构造。

从矿床类型看, 区域压扭和扭压性构造带中赋存破碎带蚀变岩型金矿, 以大庄子Ⅰ号矿脉、台前金矿、西院下金矿、大时家金矿、西林金矿为代表。矿化限于断裂破碎带, 以发育多种蚀

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

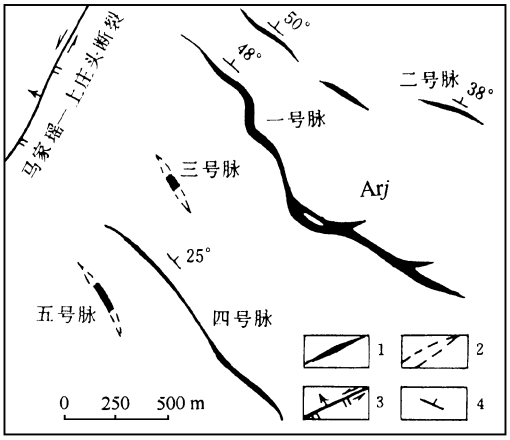


图 4 栖霞马家窑金矿区矿脉分布图
(据杨敏之等, 1996)

Fig. 4 Distribution plan of lode groups in Majiayao gold deposit, Qixia area

1. 矿脉; 2. 推测矿脉; 3. 压扭性断层; 4. 产状; $Ar_j$ 胶东群

变、没有石英脉为特征, 但可含细的不连续石英脉体或石英团块; 矿石为各种蚀变岩, 以角砾状、网脉状、浸染状为主。在上述主断裂旁侧次级或配套的张扭性、扭性和引张构造中, 则充填有黄铁矿石英脉型金矿, 以大庄子Ⅱ号矿脉、吉戈庄金矿、东武林金矿、马家窑金矿为代表。破碎带为石英脉占据, 含自然金和硫化物; 矿石以块状为主, 石英脉沿断裂充填, 常伴有围岩蚀变和矿化, 两侧蚀变围岩有时可达工业要求[9]。总之, 在破碎范围大、微裂隙发育、面型蚀变强且宽的压性、压扭性断层内, 常赋存破碎带蚀变岩型金矿; 而在破碎范围小、围岩裂隙不发育、面型蚀变弱、主要为线型蚀变且蚀变带较窄的张性、张扭性断层内常赋存石英脉型金矿(表 1)。

从空间分布看, 一般在缓倾(< 40°)或近于平卧的压扭性主控断裂(片理化带) 中, 赋存破碎带蚀变岩型金矿体; 而主控断裂下盘陡倾(> 50°)的张扭性断裂带中, 则赋存含金石英脉型金矿体。如大庄子Ⅰ号脉赋矿构造的倾角为 35°而Ⅱ号脉却有 70°, 且两类赋矿构造倾向多数相反, 前者矿体规模大, 厚度变化小, 延伸稳定; 后者虽然规模小、厚度变化较大, 但金品位却较高, 且多条矿体平行分布, 形成一个矿脉带。上述不同类型金矿体的空间分布, 和莱州市焦家金矿田内的焦家金矿床和新城金矿床的赋存规律相似①。

表 1 马家窑金矿床与大庄子金矿床地质构造与成矿特征对比

Table 1 Correlation of geological structure and minerogenic characteristics between Majiayao and Dazhuangzi gold deposits

| 矿床 / 特征 | 马家窑金矿床(硫化物石英脉型) | 大庄子金矿床(破碎带蚀变岩型) |
|---|---|---|
| 构造特点 | 控矿断裂为 NE—NNE 向的次级 NW 向断裂 | 控矿断裂为NNE—SN 向(金牛山式) |
| 围岩 | 胶东群斜长角闪岩、黑云变粒岩、斜长角闪片麻岩 | 荆山群黑云斜长片麻岩、浅粒岩、变粒岩、斜长角闪岩 |
| 围岩蚀变 | 黄铁绢英岩→绢英岩→绢英岩化斜长角闪岩(线型蚀变带) | 黄铁绢英岩→绢云母石英岩→绢云母化黑云斜长片麻岩(面型蚀变带) |
| 矿石结构 | 脉状构造、网脉状构造、梳状构造、晶洞构造、半自形粒状结构、斑块状构造、块状构造 | 细脉浸染状构造、角砾状构造、交代结构、脉状构造、网脉状构造、压碎结构、条带状构造 |
| 矿化阶段 | ①含金黄铁矿-石英阶段; ②含金多金属硫化物阶段; ③碳酸盐阶段 | ①含金黄铁矿-石英阶段; ②含金多金属硫化物阶段; ③石英-碳酸盐阶段; ④褐铁矿化阶段 |
| 矿石元素组合 | Fe、Au-Ag、Cu、Pb、Zn、W、As、Bi、Sb | Fe、Au-Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、Hg、Mo、Co、Ni |
| 金矿物 | 自然金、银金矿 | 自然金、银金矿、金银矿 |
| 成矿温度 | 190—230℃(均一法) | 石英: 188—196℃<br>黄铁矿: 174—230℃(爆裂法) |

① 汪山、姚志祥等, 山东莱州—平度地区花岗岩-绿岩地体金矿地质特征、矿床模式及远景预测(科研报告), 1994


© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

## 4 构造–岩相类型控制矿化分带和矿体组合

根据胶东变质岩型金矿成矿区内控矿断裂的特征及矿化类型等, 可将其划分为平度北–莱州南成矿带、栖霞成矿带、福山–姜家成矿带和文登–侯家 4 个成矿带( 图 5) 。

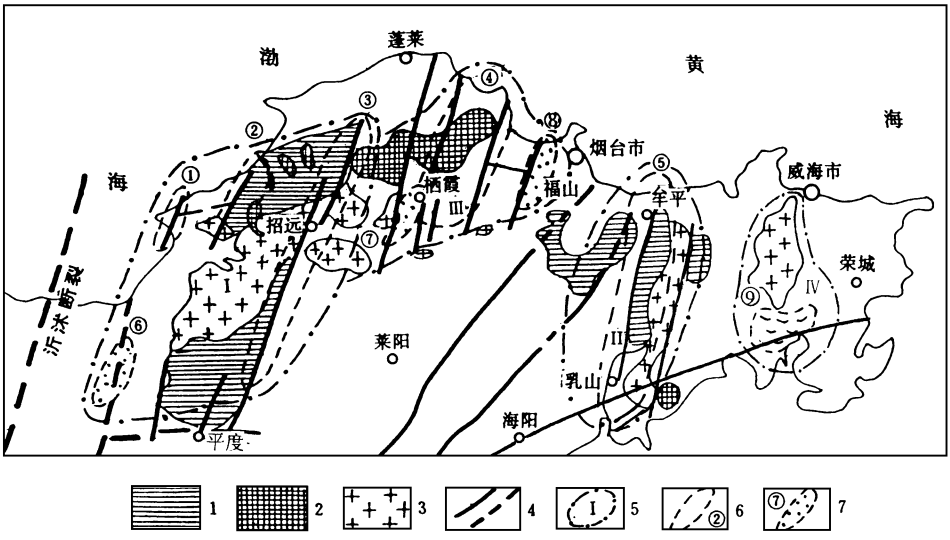


图 5 胶东金矿成矿区带划分图

( 据汪山等 1994 年资料修编)

Fig. 5 Divison of metallogenic region and zone of gold deposits, Eastern Shandong Province

1. 玲珑片麻状花岗岩; 2. 郭家岭型斑状花岗岩; 3. 玲珑中粗粒花岗岩; 4. 断裂带及推测或隐伏断裂带; 5. 金矿化集中区及编号; ( Ⅰ. 莱、招金矿化集中区; Ⅱ. 牟乳金矿化集中区; Ⅲ. 蓬、栖、福金矿化集中区; Ⅳ. 文、荣金矿化集中区) ; 6. 金矿成矿带及编号( ①三山岛成矿带; ②新城–焦家成矿带; ③玲珑–招远成矿带; ④蓬莱–栖霞成矿带; ⑤牟乳成矿带) ; 7. 预测金成矿带(⑥平度西北部成矿带; ⑦栖霞成矿带; ⑧福山–姜家成矿带; ⑨文登–侯家成矿带)

由于构造级别、容矿空间、构造分带等差异, 在各成矿带中矿化及矿石类型亦存在差异, 表现出构造—蚀变—矿化类型及矿体组合的水平分带性, 形成本区两大金矿类型。即细脉浸染状蚀变岩型与硫化物石英脉型矿脉共生的组合特征( 表 2) 。这种矿化分带主要受构造–岩相的制约[6] 。当压性、压扭性构造中 $SiO_2$ 含量低则难以形成石英脉型金矿, 而常出现破碎蚀变岩型金矿, 如台前金矿、西林金矿等; 当 $SiO_2$ 含量很高的成矿热液进入张性或张扭性构造中时, 由于 $SiO_2$ 难以进入围岩而充填在断裂内, 则形成石英脉型金矿, 如吉戈庄金矿、马家窑金矿等。若岩石化学成分相似, 当岩石中矿物结晶程度越高, 则越利于封存热液, 形成石英脉型, 否则易形成破碎带蚀变岩型[10] ; 同时, 围岩中的裂隙越发育, 越易赋存破碎带蚀变岩型, 反之则赋存石英脉型。构造–岩相的差异和断裂中断层泥、炭质页岩等隔挡层的差异, 也使金矿带的分布和矿体的组合有所不同[11] 。矿体或矿脉一般多分布在断层的一侧, 或上盘或下盘。如大庄子金矿 Ⅰ 号矿脉产在主断裂带的上盘, Ⅱ 号矿脉和台前金矿主矿脉则产在主断裂的下盘。西院下金矿、吉戈庄金矿脉处在 NE—NNE 向断裂带内; 马家窑 Ⅰ 号矿脉的展布则与 NNW 向( 大义山式)

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

构造一致。

## 5 构造–岩相成矿系列和成矿模式

构造–岩相成矿系列和成矿模式是在剖析典型矿床形成的地质构造条件、构造对成岩成矿和金的矿化的控制规律进行归纳和总结的基础上,进行高度综合和概括[12]而提出的理论模式。

表 2 胶东变质岩型金矿构造一矿化分带及特征

Table 2 Feature and zoning of structure–mineralization in the gold deposits of metamorphic rock, eastern Shandong Province

| 矿化类型 | 破碎带蚀变岩型 | | | | | 硫化物石英脉型 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 矿化分带 | 浸染状矿化带 | | 细脉浸染状矿化带 | | | 裂隙脉状矿化带 | 脉状矿化带 |
| 构造分带 | 断裂破碎带 | 挤压片理带 | 构造透镜体带 | 密集节理带 | 稀疏节理带 | 张扭裂构造带 | 张裂构造带 |
| 构造岩分带 | 超碎糜棱岩带 | 碎粒糜棱岩带 | 碎斑糜棱岩带 | 碎裂初糜棱岩带 | 碎裂岩带 | 张扭裂岩带 | 张裂岩带 |
| 断裂性质 | 压扭性断裂 | | | | | 张扭性、张性断裂 | |
| 断裂级别 | 黑羊山一大庄子、台前一笏山、西林等高级别断裂带 | | | | | 主干断裂带的低级序断裂带 | |
| 构造变形 | 早期以韧性变形为主,晚期以脆性变形为主 | | | | | 以脆性变形为主 | |
| 典型实例 | 大庄子金矿Ⅰ号矿脉、台前金矿床、西林金矿床 | | | | | 大庄子金矿Ⅱ号矿脉、吉戈庄金矿床、马家窑金矿床 | |

前文已述,胶东变质岩型金矿主要有破碎带蚀变岩型和硫化物石英脉型两种。矿床地质特征与胶东地区玲珑—焦家式金矿极为相似,只是围岩不同而已。这两类变质岩型金矿床均产于同一成矿区,有统一的成矿地质构造背景、地层条件和矿质来源,以及相近的矿化热液。此外,在控矿构造条件、围岩和围岩蚀变类型、矿化阶段、矿物组成、成矿温度和压力、稳定同位素和稀土组成等方面也大体相似。差异主要是由于控岩控矿构造的作用方式、所处构造部位和力学性质的不同导致的矿体围岩、矿体形态、规模和产状以及矿石类型等方面存在某种差异。因此,胶东变质岩型金矿应属于同一个构造–变质岩相成矿系列。

胶东变质岩型金矿床的成矿模式和主要类型金矿产出位置(图 6)表明,金成矿的直接原因与中生代的构造–岩相–岩浆热液活动有关,形成金矿床的关键在于构造–岩相–热液作用晚期所发生的构造驱动和构造分异作用。结晶基底中生代重熔形成的弥漫型成矿流体,在构造发动后沿共轭剪切带或碎裂带运移,形成较集中的黄铁绢英岩蚀变及矿质的初步富集,而主要的成矿作用则发生在构造带性质转化阶段,含矿热液叠加在剪切蚀变矿化带中部。在构造变形带为压性、压扭性的部位,则形成破碎带蚀变岩型金矿体;而在引张成张扭性的构造空间,矿液交代充填形成硫化物石英脉型金矿体[13]。

从形成时间上讲,破碎带蚀变黄铁绢英岩化在先,硅化脉及硫化物石英脉稍后;破碎带蚀变岩型往往在断裂带内,石英脉型则多发育在断裂带下盘,剖面上呈“入”字型构造控矿型式。此外,绢英岩化带往往分布在矿脉两侧,而石英脉带多处于矿脉的中部。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

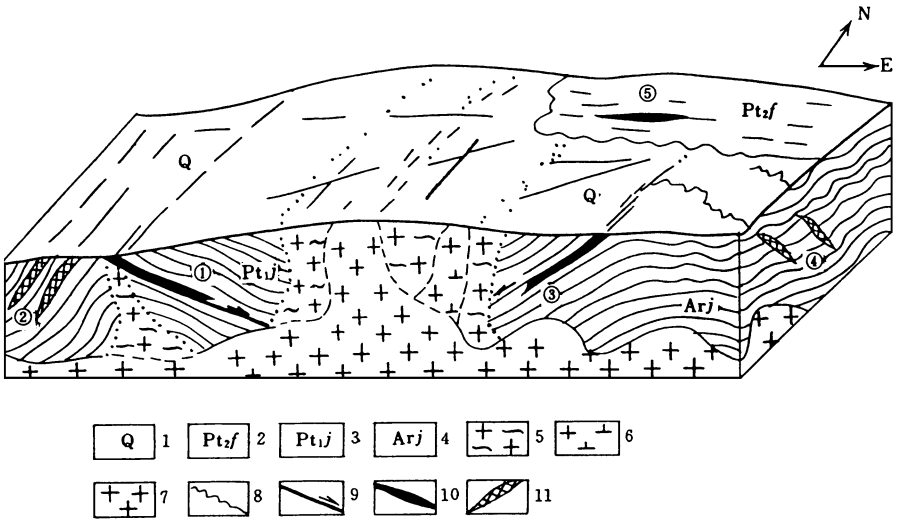


图 6　胶东变质岩型金矿成矿模式及主要类型金矿产出位置示意图

Fig. 6　Metallogenic model of gold deposits of metamorphic rock type and occurrence location of main gold deposits in the Easten Shandong Province

1. 第四系; 2. 粉子山群; 3. 荆山群; 4. 胶东群; 5. 片麻状花岗岩(玲珑型); 6. 花岗闪长岩(郭家岭型); 7. 二长花岗岩(滦家河型); 8. 地质界线; 9. 断裂; 10. 蚀变岩型金矿; 11. 石英脉型金矿; ①大庄子金矿Ⅰ号矿脉; ②吉戈庄金矿、大庄子金矿Ⅱ号矿脉群; ③台前金矿Ⅰ号矿脉; ④马家窑金矿Ⅰ、Ⅱ号矿脉; ⑤西林金矿

总之, 在早期韧性剪切作用基础上叠加晚期脆性碎裂作用, 是形成胶东变质岩型金矿的必要条件。韧性剪切作用导致升温升压, 使岩石中分散的金元素得以活化运移, 脆性碎裂作用提供的减温减压空间及储矿裂隙系统, 便于金的沉淀富集。这种成矿作用可称之为韧性断裂上叠加脆性断裂的复合构造岩成矿模式[14]。因此, 胶东变质岩型金矿属内生金矿群断控金矿系[15]中的破碎带蚀变岩型和硫化物石英脉型成矿系列。

## 参 考 文 献


1　吕古贤, 王志刚, 等. 胶东金矿新的矿床类型—— 变质岩系中大规模剪切带蚀变岩型金矿. 地质论评, 1996, 43(1)

2　山东省地质矿产局. 山东省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991

3　曹国权, 王致本, 等. 山东沂沭断裂带以东前寒武纪地层研究动态. 山东地质, 1991, 7(2)

4　吕古贤, 孔庆存. 胶东玲珑-焦家式金矿地质. 北京: 科学出版社, 1993

5　邓军, 徐守礼, 等. 胶东西北部构造体系及金成矿动力学. 北京: 地质出版社, 1996

6　杨敏之, 吕古贤. 胶东绿岩带金矿地质地球化学. 北京: 地质出版社, 1996

7　朱大岗, 张振江. 胶东大庄子金矿地质特征. 矿物岩石地球化学通报, 1998, 17(1)

8　李兆龙, 等. 胶东马家窑金矿地质地球化学特征及矿床成因. 地质找矿论丛, 1990, 5(3)

9　Groves D I, et al. The genesis and tectonic control on Archean gold deposits of the Western Australian Shidd-Ametamorphic replacement model. Ore Geology Reviews, 1987, 2

10　White S H. Shear and fault controls of gold mineralization: an exploration overview, Bicentennial Gold 88, Poster Programme, 1988, 2


© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww

11 王义为. 金矿矿源层与矿源层中金的丰度与活度. 地质与勘探, 1992, 28(4)
12 吕古贤. 胶东半岛构造-岩相型式及玲珑-焦家式金矿的构造动力成岩成矿地质特征研究. 中国地质科学院院报, 第23号, 北京: 地质出版社, 1991
13 Zhu Dagang. Tectonic deformation and gold mineralization in Zhaoyuan-Yuxian area, Shandong Province. Journal of Geomechanics. 1996, 2(English Supplement)
14 鲁安怀, 陈光远. 铬铝云母成因矿物学——兼论焦家式金矿床成因与找矿. 北京: 地质出版社, 1995
15 陈衍景, 富士谷. 豫西金矿成矿规律. 北京: 地震出版社, 1992

# TECTONIC-LITHOFACIES FEATURES OF GOLD DEPOSIT OF METAMORPHIC ROCK TYPE IN EASTERN SHANDONG AND ITS ORE-CONTROLLING

Zhu Dagang L Guxian Guo Chusun
(*Institute of Geomechanics, CAGS*)
Deng Jun Lu Anhuai
(*China University of Geosciences, Beijing*)
Zhang Zhenjiang
(*No. 10 Gold Geological Party, Yantai, Shandong*)

**Abstract** The tectonic-lithofacies features of gold deposit of metamorphic rock type in the Eastern Shandong are described in this paper. A comprehensive study of the control of ore deposits by tectonic systems and their compounding, the control of mineralization type and alteration by faulst size and their mechanical properties, the control of mineralization zoning and orebody assemblage by tectonic-lithofacies patterns is made. As a result the control of ore and rock by tectonic-lithofacies patterns is analyzed. The tectonic-lithofacies metallogenic series of the gold deposit of metamorphic rock types in the Eastern Shandong as well as a model of its formation is also discussed.

**Key words** gold deposit of metamorphic rock type, tectonic-lithofacies, ore-control, Eastern Shandong Province

## 第 一 作 者 简 介

朱大岗, 男, 1951 年生, 副研究员。1978 年毕业于南京大学地质系矿物岩石学专业, 主要从事显微构造、矿田构造、构造地球化学等研究。通讯地址: 北京市海淀区民族学院南路 11 号地质力学研究所。邮政编码: 100081。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://ww