

山东胶西北矿集区和焦家金矿田成矿构造系统

宋明春¹, 崔书学², 姜洪利²

SONG Ming-chun¹, CUI Shu-xue², JIANG Hong-li²

1. 山东省地质矿产勘查开发局, 山东 济南 250013;

2. 山东省第六地质矿产勘查院, 山东 招远 265400

1. Shandong Bureau of Geology and Mineral Exploration and development, Jinan 250013, Shandong, China;

2. No.6 Exploration Institute of Geology and Mineral Resources of Shandong, Zhaoyuan 265400, Shandong, China

摘要:胶西北矿集区金矿床主要受三山岛断裂、龙莱断裂和招平断裂 3 条主干断裂及其次级断裂控制, 构成胶西北 3 条金矿带和一系列金矿田。断裂总体呈 NNE 走向, 平面形态呈 S 形, 多期活动特征明显, 自主裂面向外依次出现黄铁绢英岩质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗岩等矿化蚀变带。焦家金矿田受焦家断裂的控制, 金矿床在平面上主要产于焦家断裂分枝复合、膨胀转折的部位; 焦家断裂在剖面上呈上陡下缓的铲式特征, 金矿床主要产于断裂倾角由陡变缓的转折点上部, 主要矿体沿焦家断裂下盘分布, 赋存于主裂面和与主裂面平行的一组缓倾斜裂隙中, 远离主裂面逐渐出现一组陡倾的控矿裂隙。胶西北 3 条主要金矿控矿断裂构成了一条沿玲珑花岗岩与早前寒武纪地质体边界分布的大型伸展构造带。

关键词:胶西北矿集区; 金矿; 成矿构造; 铲式断裂; 伸展构造带

中图分类号: P613

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)04-0573-06

Song M C, Cui S X, Jiang H L. Metallogenic structural system for Jiaojia gold field and Jiaoxibei gold deposits concentrated areas in Shandong Province, China. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(4): 573-578

Abstract: Gold deposits are under the control of the Sanshandao fracture, Longlai fracture, Zhaoping fracture, and other secondary fractures in eastern Shandong, China. These gold deposits constitute three ore zones and a series of ore fields. The main characteristic of the fractures is NNE strike, S type form, and multiple activities. Altered zone consists of ordinal beresitization cataclasite, beresitization granitic cataclasite, and beresitization granite from major fault. Jiaojia gold field is under the control of the Jiaojia fracture. Jiaojia fracture is listric fault whose top steep and underside gentle in profile. Gold deposits locate at parts of turning point lower of the fracture inclination. Mostly ore body of the gold deposits distribute in footwall of Jiaojia fracture, which preserved in gently fissures of parallel major faults and steep fissures of oblique crossing major fault. The three metallogenic fractures form a large-scale extensional fault between the Linglong granite and Early Precambrian geological body.

Key words: jiaoxibei gold deposits concentrated areas; gold deposit; metallogenic fracture; listric fault; extensional fault belt

胶西北矿集区金矿资源丰富, 已探明金矿资源储量约占整个胶东地区总储量的 90% 以上, 中型以上的金矿床达 28 处, 胶东地区的特大型金矿均产于这个地区。胶东金矿床具有区域集中、规模大、富集强度高和成矿期短的特点, 被中国地质学家称为中

生代成矿大爆发或金属异常巨量堆积^[1], 金矿主成矿期成矿时代为 120Ma 左右^[2-4], 与早白垩世岩石圈拉张减薄的峰期时代一致^[5-6]。

胶东金矿受构造的控制, 具有多级构造控矿的特点, 不同级别的构造控制不同级别的成矿单元(图

收稿日期: 2010-11-05; 修订日期: 2011-02-14

资助项目: 山东省地质矿产勘查开发局地质科研项目《胶西北金矿集中区深部大型—超大型金矿找矿与成矿模式研究》(批准文号: 鲁地字[2007]25 号)

作者简介: 宋明春(1963-), 男, 博士, 研究员, 从事区域地质、矿产地质勘查研究和技术管理。E-mail: mingchuns@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>



图1 胶东地区金矿成矿单元划分

Fig. 1 Division of metallogenic units of gold deposits in the Jiaodong area

1—早前寒武纪变质基底岩系;2—新元古代花岗质片麻岩;3—震旦纪地层;4—中生代花岗岩类;
5—中生代火山—沉积地层;6—第四纪地层;7—地质界线;8—实测/推测断层;9—金矿床、金矿点、金矿
化点;10—成矿小区范围;11—金矿带位置。S—三山岛金矿带;J—焦家金矿带;Z—招平金矿带;
Q—栖霞—大柳行金矿带;T—桃村金矿带;M—金牛山金矿带。图中数字:1—三山岛金矿田;
2—焦家金矿田;3—灵北金矿田;4—鞍山金矿田;5—大庄子—吉戈庄金矿田;6—玲珑金矿田;
7—大尹格庄—夏甸金矿田;8—旧店金矿田;9—栖霞金矿田;10—大柳行金矿田;
11—莱山—王格庄金矿田;12—蓬家疃金矿田;13—邓格庄—金青顶金矿田

1)。矿集区受胶北地块(华北板块)和威海超高压变质带(大别—苏鲁造山带)的控制,一级矿集区位于胶北地块和威海超高压变质带边缘,次级矿集区(成矿小区)位于胶北地块内部和边缘。矿带受NNE向断裂及其次级断裂的控制;矿田受NNE向控矿主干断裂带与基底构造复合段的控制;矿床受NNE向和NE向断裂或裂隙带的控制。矿体受NNE向断裂局部开启段或其分枝复合、羽枝交会部位的控制。富矿柱受矿化裂隙发育程度增高部位或控矿构造多次活动、矿化裂隙叠加部位的控制^[7]。

胶西北断裂构造及其与金矿的关系前人已做过较多研究^[8-22]。本文在以往研究的基础上,重点探讨胶西北3条金矿带控矿断裂的特征、深部找矿揭示的焦家矿田断裂深部的特征、矿体控矿构造类型和不同类型构造所构成的成矿构造系统。

1 胶西北矿集区的主要控矿断裂

胶西北矿集区金矿床主要受三山岛断裂、龙莱断裂和招平断裂3条主干断裂及其次级断裂的控

制,构成胶西北3条金矿带和一系列金矿田。

1.1 三山岛断裂

位于渤海之滨的莱州市三山岛—仓上一潘家屋子一线,大部分地段被第四系覆盖。断裂地表出露长12km,带宽20~400m,总体走向40~50°,三山岛—新立段走向40°,从新立向南西以80°走向延入渤海,跨海后在仓北以10~20°走向延至仓南。从仓南以85°走向往南西延长2km,逐渐转为45°,至潘家屋子延入渤海,倾向南东,倾角30~40°,局部可达80°。断裂平面上呈S形,形态不规则,膨缩现象明显,其下盘多发育与走向平行或呈入字型相交的分枝构造。断裂总体发育于侏罗纪玲珑花岗岩与早前寒武纪变质岩系的接触带,沿断裂带具强烈的绢英岩化蚀变。断裂具多期活动的特点,成矿前为左行压扭,成矿期为右行张扭,成矿后为左行压扭。断裂带主裂面明显,其内发育有10~50cm厚的灰黑色断层泥。带内构造岩发育,蚀变分带明显,以主裂面为界,以下依次出现黄铁绢英岩质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗岩,各带呈渐变关

系;主裂面以上蚀变岩带较窄,蚀变分带不明显。

三山岛断裂由北向南控制三山岛、新立和仓上 3 处大至特大型破碎带蚀变岩型金矿,构成三山岛金矿田。

1.2 龙莱断裂

包括龙口-莱州主干断裂及其上、下盘伴生、派生的低序次断裂,断裂中段招远高家庄子以南金矿密集分布地段习称为焦家断裂带。

龙口-莱州断裂北起龙口姚家,南至莱州市紫罗姬家一带。断裂长约 60km,宽 50~500m。走向总体呈 NNE 向,但变化较大:从寺庄村沿 NNE—NE 走向延伸至高家庄子,过辛庄后拐向 NEE 向(75°左右)至水盘,从水盘沿 25°方向进入龙口市境内;寺庄以南以 170°走向延至徐村院村南。断裂倾向北西,倾角 30~50°,局部可达 78°。断裂平面上呈 S 形,形态不规则,膨缩现象明显,其下盘发育较多与走向平行或呈入字型相交的分枝构造。断裂发育于早前寒武纪变质岩系与玲珑花岗岩、早白垩世郭家岭花岗岩的接触部位或内接触带,断裂发育部位往往形成较厚的灰黑色断层泥和规模不等的破碎蚀变岩带。

龙莱断裂两盘的主要次级断裂包括:望儿山支断裂、河西支断裂、侯家支断裂、金华山-洼孙家支断裂、埠后支断裂、寺庄支断裂、邱家支断裂等。

特大型金矿焦家金矿、新城金矿和河东、河西等其它 15 处大中型金矿均受龙莱断裂或其旁侧次级断裂的控制,构成了由焦家主干断裂及其分枝断裂控制的焦家金矿田,即由灵北断裂控制的灵北金矿田、由龙莱断裂北段控制的鞍石金矿田和受大庄子、宝落、张舍-马戈庄、东石岭-前楼、吉戈庄等一系列 NNE 或 NE 向断裂控制的大庄子-吉戈庄金矿田。

1.3 招平断裂

招远-平度断裂平面上呈舒缓波状展布,断裂南起平度城北宋戈庄附近,呈 NNE 走向,向北至南墅以北转为 NE 向,经招远城后再转为 NEE 东向,延至龙口市颜家沟一带尖灭。断裂走向变化较大,在招远城以南近于南北走向或 15°左右,经朱家嘴急转为 45~60°。断裂全长 120km,宽 150~200m,倾向南东-东,倾角 30~70°。断裂由主干断裂和次级断裂构造系统组成,其中主干断裂北段的丁家庄子-大磨曲家地段习称为破头青断裂。

招平断裂多沿早前寒武纪变质岩系与玲珑花岗岩的接触带分布,主干断裂下盘均为玲珑花岗岩,上盘在平度市山旺-山后一带为古元古代荆山群,山后至招远新村、大尹格庄至招城上盘均为栖霞片麻岩套,招城以北上盘为三叠纪文登花岗岩,局部切割栖霞片麻岩套。

断裂沿倾向和走向均呈舒缓波状,并且发育有较稳定的断层泥作为主裂面的标志。以主裂面为界,上盘蚀变作用弱,蚀变带狭窄,宽十余米;下盘蚀变作用强,蚀变带宽大,宽数十米至几百米,并有明显的蚀变岩分带特征。自蚀变带中心向外依次出现黄铁绢英岩化碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗岩带和钾化花岗岩带。断裂构造岩非常发育,包括角砾岩、碎裂岩和碎裂状岩石,且有先期的韧性变形糜棱岩相伴产出。

招平断裂带是多次活动的产物,在成矿前至成矿过程中,其力学性质由右行压扭性斜冲,转为上盘斜落的左行张扭性,使早期的紧闭断裂发展成为张启性断裂,从而为矿液的上移提供了通道,为金矿的富集、沉淀提供了最佳场所。后期又有左行压扭性活动,形成以压扭性为主的左行断裂破碎带。

招平断裂中已探明资源储量的金矿床有 15 个,特大型—大型金矿床有著名的玲珑金矿及大尹格庄、东风、台上、夏甸等金矿,另有山后、张格庄、石桥、南墅、山旺等一批中小型金矿赋存在该断裂及其附近的次级断裂中。这些金矿床构成了 3 个金矿田:受招平断裂北段破头青断裂、下盘次级断裂控制的玲珑金矿田,断裂中段的大尹格庄-夏甸金矿田和招平断裂南段下盘的旧店金矿田。

2 焦家金矿田的控矿断裂

2.1 焦家断裂的产状和活动性质

焦家断裂为金矿最密集的成矿构造带,是龙莱断裂的南段,自南向北大致分为 3 段。寺庄段:发育于玲珑花岗岩内,形成宽 80~500m 的破碎蚀变带,北段走向 15°,南段渐弯曲为走向 325°,倾向北西或南西,倾角 30~40°,其上盘发育寺庄支断裂,下盘发育邱家支断裂,此段赋存寺庄金矿床。马塘-新城段:东季以南断裂发育于早前寒武纪变质岩系与玲珑花岗岩接触的部位,新城附近发育于玲珑花岗岩内部或其与郭家岭花岗闪长岩的接触带,破碎蚀变带宽 80~200m,总体走向 40°,平面上呈曲率较大的

S 形,变化范围 $5\sim 40^\circ$;倾向北西,倾角 $25\sim 60^\circ$,东季局部地段可达 80° 左右,此段赋存有焦家、新城、马塘、东季金矿床。新城—高家庄子段,发育于玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩接触的部位,上盘发育埠后支断裂,下盘为侯家支断裂、河西支断裂、望儿山支断裂,主干断裂与支断裂在平面上呈斜列分布的入字型构造和菱形结环特征(图 2)。金矿床在平面上主要产于焦家断裂分枝复合、膨胀转折的部位。

焦家断裂多期活动特征比较明显,一般认为成矿前断裂经受了左行压扭性活动,形成糜棱岩;成矿期断裂活动属右行张扭性质,为成矿流体运移、沉淀提供了有利的空间;成矿后断裂以压性为主兼扭性。多数人认为主成矿期断裂活动表现为右行(旋)张扭性或右行张剪性^[23-25],也有人认为焦家主断裂与矿化有关的脆性断裂活动早期为压扭性破碎带,晚期为一组短粗张扭性裂面占主导地位的裂隙^[10]。

2.2 焦家铲式断裂深部变化

21 世纪以来,地质工作者在焦家金矿带开展了金矿深部找矿工作,2006 年以来相继发现了寺庄矿区深部特大型金矿床、焦家矿区深部特大型金矿床^[26]、马塘矿区深部特大型金矿床 3 处深部金矿床。钻探揭露主构造带最大垂深 1120m,揭示了焦家断裂沿倾向上的深部变化规律。焦家断裂在倾向剖面上显示出铲式断裂的特点:在焦家矿区,焦家断裂产状有 2 处明显的转折,一是地表至 -400m ,断裂倾角由近 70° 渐变为 30° 左右,主矿体厚大部位出现于 -100m 以下产状明显变缓处,构成浅部金矿体;二是 $-600\sim -1000\text{m}$,断裂倾角由 30° 左右渐变为 16° (图 3),主矿体厚大部位出现于 -850m 以下产状明显变缓处,构成深部金矿体。可见,焦家断裂在剖面上显示台阶式或坡坪式的特点。金矿床在剖面上主要产于断裂倾角由陡变缓的转折点下部。

3 寺庄—焦家矿区矿体赋矿构造

寺庄—焦家矿区主矿体基本沿焦家断裂主裂面分布,其上被 $2\sim 50\text{cm}$ 厚的连续而稳定的断层泥遮挡。其它矿体大部分赋存于一组缓倾斜的裂隙中,远离主裂面逐渐出现一组陡倾的裂隙,二者相间分布,或稀或密、或宽或窄。焦家金矿(焦家矿区浅部矿床)在开采过程中发现的 3 号矿脉群就是由陡倾矿体和反倾矿体组成的^[23,27-28]。

缓倾裂隙平行或近平行于主裂面,裂隙与岩心

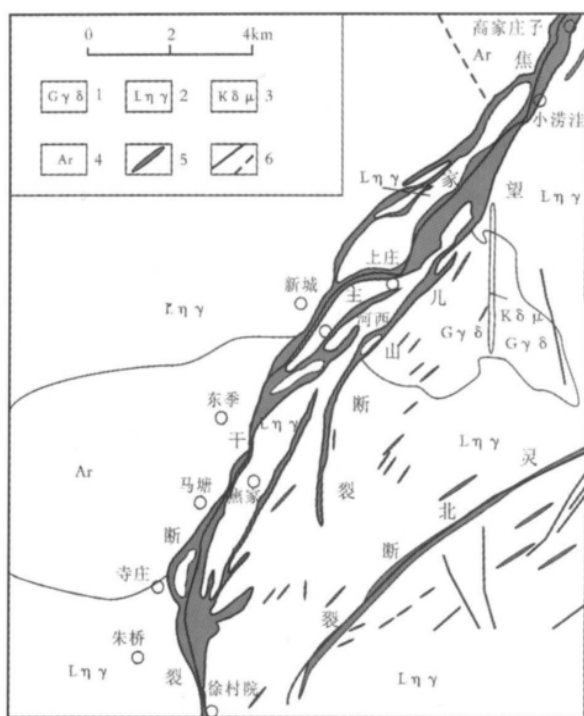


图 2 焦家断裂地质图

Fig. 2 Geologic map of the Jiaojia faults

1—郭家岭花岗闪长岩;2—玲珑二长花岗岩;3—闪长岩;4—早前寒武纪变质岩系;5—破碎蚀变带;6—实测/推测断裂

轴(钻孔岩心的轴面)夹角以 $40\sim 60^\circ$ 为主,少数小于 40° ;倾角主要为 $16\sim 50^\circ$,少数大于 50° ;单条裂隙主要宽度 $5\sim 10\text{cm}$,相对较宽;裂隙平直,反映具剪切性质。陡倾裂隙与主裂面呈斜交关系或反向倾斜,裂隙与岩心轴夹角以小于 10° 为主,少数 $20\sim 30^\circ$;倾角多大于 80° ,少数 $60\sim 70^\circ$;单条裂隙宽度主要为 $2\sim 4\text{cm}$,相对较窄;裂隙呈不对称折线状,反映具张扭活动的性质。沿 2 组裂隙均有明显的金矿化。

表 1 中统计了寺庄矿区深部金矿矿化细脉的宽度, $0.1\sim 2.0\text{cm}$ 宽的细脉共 741 条,占统计总数的 89.60% ,少数矿化细脉宽度可达 $10\sim 12\text{cm}$ 。这些矿化细脉金品位一般较高,往往 1~2 条细脉足以保证矿体达到工业品位。

4 胶西北成矿构造系统

胶西北主要成矿带控矿构造、金矿田控矿断裂、金矿体控矿裂隙是在同一构造背景下形成的统一的成矿构造系统。研究发现,胶西北 3 条主要金矿控矿断裂在断裂展布特点、倾角、断裂组合特点,

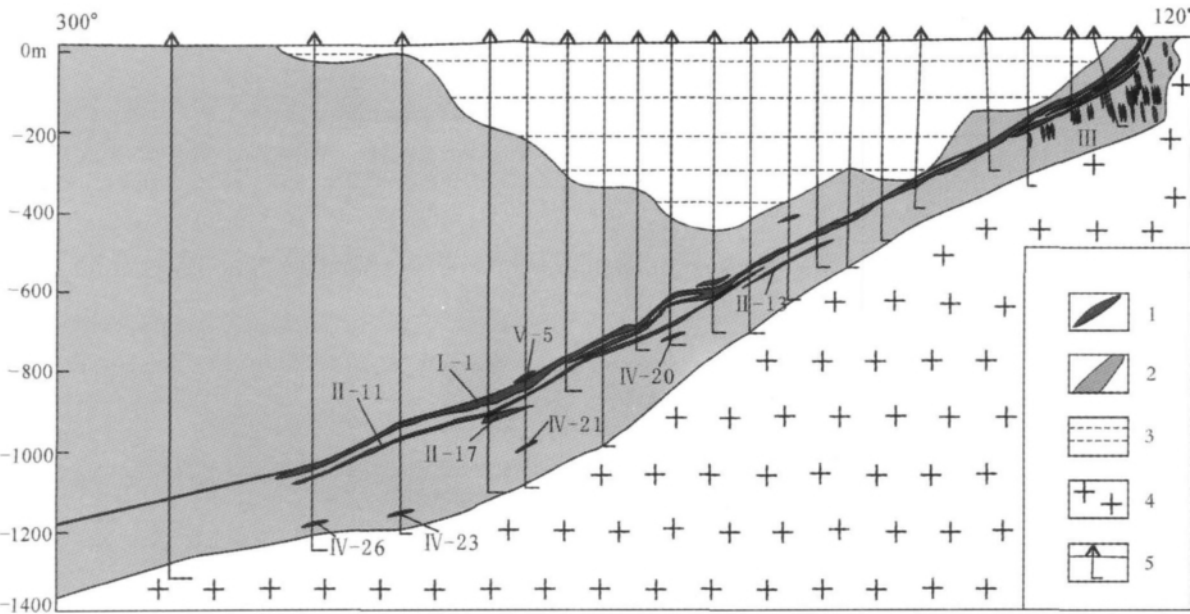


图 3 焦家矿区 112 勘探线焦家断裂剖面

Fig. 3 Profile section of Jiaojia fault in Jiaojia ore area

1—金矿体;2—矿化蚀变带;3—早前寒武纪变质岩系;4—玲珑花岗岩;5—钻孔位置;I—1—矿体编号

断裂附近的构造岩、蚀变、矿化特点、断裂活动期次、性质等方面具有明显的相似性^[26],三者组成了一条沿玲珑花岗岩与早前寒武纪地质体边界分布的大型伸展构造带,伸展构造带的上盘主体为中高级变质的早前寒武纪变质岩,下盘为未变质的玲珑花岗岩(图 4)。

伸展构造主裂面在剖面上呈铲式分布,构成金矿田的控矿断裂。主断面之下,由伸展引起的剪切应力产生了具共轭剪节理性质的网状裂隙带,构成矿区内陡倾和缓倾的赋矿裂隙;远离主断面主要分布近直立的张裂隙带,为脉状矿体提供了成矿空间。

据研究,中生代中晚期,中国东部总体表现为陆内伸展和与地幔隆起相伴的大规模岩石圈减薄^[5-6],胶东地区中生代大规模强烈的岩浆活动和大范围断陷盆地的发育,是记录软流圈上升、岩石圈减薄和地壳伸展的有力证据^[5,29]。胶东金矿主成

表 1 寺庄矿区深部矿床矿化细脉统计结果(827 条)

Table 1 The statistics of veins of deep gold deposit in Sizhuang ore area

矿化细脉宽度/mm	1~2	3~5	6~9	10~15	16~20	21~25	26~30	31~35
数量/条	180	257	84	153	67	10	35	9
比例/%	21.76	31.08	10.16	18.50	8.10	1.21	4.23	1.09
矿化细脉宽度/mm	36~40	41~45	46~50	51~55	56~60	76~80	96~100	116~120
数量/条	6	2	4	13	1	2	3	1
比例/%	0.72	0.24	0.48	1.57	0.12	0.24	0.36	0.12

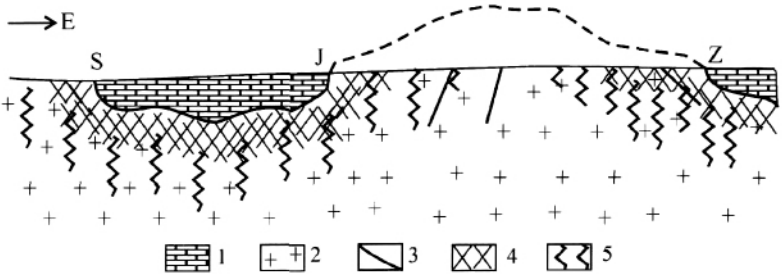


图 4 胶西北矿集区金矿成矿构造系统

Fig. 4 Schematic cartoon showing the metallogenic structure of the Jiaoxibei gold deposits concentrated areas

1—早前寒武纪变质岩系;2—玲珑花岗岩;3—伸展构造主裂面;
4—网状裂隙带;5—张裂隙带;S—三山岛断裂;J—焦家断裂;Z—招平断裂

矿期的时代与白垩纪岩浆活动的峰值年龄一致,金矿大规模形成之时恰与岩石圈减薄的峰期吻合,指

示胶东金矿爆发成矿作用与中生代岩石圈减薄有关,这一认识已被许多研究者所注意^[1,30-31]。华北东部中生代岩石圈减薄,造成大规模的陆壳特别是下地壳重熔活化和岩浆活动、壳幔物质大比例地交换和混合、流体作用异常活跃,形成了一个岩浆-流体-成矿系统^[1]。早白垩世金的突发式集中成矿与地幔物质-能量强烈上涌、岩石圈快速减薄、下地壳大面积置换、大规模火山喷发、地壳显著伸展和郯庐断裂大规模走滑显然形成于统一的地球动力学过程。

致谢:感谢山东省第六地质矿产勘查院杨之利、齐立平等同志为本文提供了深部金矿的部分勘查资料。

参考文献

- [1]翟明国,范洪瑞,杨进辉,等.非造山带型金矿——胶东型金矿的陆内成矿作用[J].地学前缘,2004,11(1):85-98.
- [2]李厚民,毛景文,沈远超,等.胶西北东季金矿床钾长石和石英的 Ar-Ar 年龄及其意义[J].矿床地质,2003,22(1):72-77.
- [3]杨金中,李光明.胶东中生代两期金矿化作用的对比研究及其意义[J].地质与勘探,2001,37(1):33-37.
- [4]Xiao'ou Zhang, Peter A Cawood, Simon A Wild, et al. Geology and timing of mineralization at the Cangshang gold deposit, north-western Jiaodong peninsula, China[J]. Mineralium Deposite, 2003, 38: 141-153.
- [5]徐贵忠,周瑞,闫臻,等.论胶东地区中生代岩石圈减薄的证据及其动力学机制[J].大地构造与成矿学,2001,25(1):368-380.
- [6]翟明国,樊祺诚,张宏福,等.华北东部岩石圈减薄中的下地壳过程:岩浆底侵、置换与拆沉作用[J].岩石学报,2005,21(6):1509-1526.
- [7]李士先,刘长春,安郁宏,等.胶东金矿地质[M].北京:地质出版社,2007:274.
- [8]邓军,徐守礼.胶东西北部构造体系及金成矿动力学[M].北京:地质出版社,1996:13-39,75-80.
- [9]朱大岗.山东招掖金矿带构造变形特征及其成矿作用[J].地质力学学报,1997,3(2):66-72.
- [10]徐刚.焦家金矿田断裂构造与矿化特征的关系研究[J].矿床地质,2002,21(增刊):731-734.
- [11]卢焕章, Guy Acambault, 李院生, 等. 山东玲珑—焦家地区形变类型与金矿的关系[J]. 地质学报, 1999, 73(2): 174-188.
- [12]吕古贤,孔庆存.胶东玲珑—焦家式金矿地质[M].北京:地质出版社,1993:95-138.
- [13]苗来成,罗镇宽,关康,等.胶东招掖金矿带控矿断裂演化规律[J].地质找矿论丛,1997,12(1):26-35.
- [14]范永香,高秋斌.山东招远—掖县金矿带构造控矿规律研究[M].武汉:中国地质大学出版社,1993:1-76.
- [15]卢作祥,范永香,刘石年.山东玲珑金矿田构造控矿作用探讨[J].地球科学,1984,(3):127-138.
- [16]邓军,徐守礼,吕古贤,等.胶东西北部断裂构造与成矿作用研究[J].现代地质,1996,10(4):502-511.
- [17]林文蔚,赵一鸣,徐珏.胶东招远—平度断裂活动性质及活动时代[J].中国区域地质,2000,19(1):43-50.
- [18]刘于旺.焦家金矿田断裂构造控矿特征及控矿机理浅析[J].黄金,2005,26(9):9-13.
- [19]吕古贤,邓军,郭涛,等.玲珑—焦家式金矿构造变形岩相形迹大比例尺填图与构造成矿研究[J].地球学报,1998,19(2):177-186.
- [20]吕古贤,郭涛.胶东金矿集中区构造控岩控矿地质特征研究[J].地球学报,2006,27(5):471-478.
- [21]吕古贤,郭涛,刘杜鹃.玲珑—焦家式金矿构造地质特征及成矿构造物理化学参量因子分析——以阜山金矿区为例[J].地球学报,2002,23(5):409-416.
- [22]邓军,王庆飞,杨立强,等.胶西北金矿集区成矿作用发生的地质背景[J].地学前缘,2004,11(4):527-533.
- [23]汪劲草,夏斌,汤静如.对玲珑—焦家矿集区几个关键地质问题的认识[J].大地构造与成矿学,2003,27(2):147-151.
- [24]李厚民,沈远超,刘铁兵.胶东西北部焦家式与玲珑式金矿的成因联系[J].矿床地质,2002,21(增刊):621-624.
- [25]李俊建,罗镇宽,刘晓阳,等.胶东中生代花岗岩及大型—超大型金矿床形成的地球动力学背景[J].矿床地质,2005,24(4):361-372.
- [26]宋明春,崔书学,杨之利,等.山东焦家金矿带深部找矿的重大突破及其意义[J].地质与勘探,2008,44(1):1-8.
- [27]张连昌,曾庆栋,沈远超,等.胶西北红布金矿地质特征及构造解析[J].地质与勘探,2002,38(3):18-22.
- [28]张锐,曾庆栋.焦家金矿 3# 脉成矿规律探讨[J].黄金科学技术,2004,12(2):16-21.
- [29]宋明春,徐军祥,王沛成,等.山东省大地构造格局和地质构造演化[M].北京:地质出版社,2009:117-119.
- [30]毛景文,华仁民,李晓波.浅议大规模成矿作用与大型矿集区[J].矿床地质,1999,18(4):291-298.
- [31]邓晋福,莫宣学,赵海玲,等.中国东部燕山期岩石圈—软流圈系统大灾变与成矿环境[J].矿床地质,1999,18(4):309-322.