

doi: 10.12029/gc20220113

申玉科, 郭涛, 吕志成, 邓军, 杨玉泉, 赵志杰, 王成龙. 2022. 山东招远大尹格庄金矿控矿构造解析与找矿预测[J]. 中国地质, 49(1): 215–225.  
Shen Yuke, Guo Tao, Lü Zhicheng, Deng Jun, Yang Yuquan, Zhao Zhijie, Wang Chenglong. 2022. Analysis on the ore-controlling structures and prospecting in the Dayingezhuang gold deposit, Zhaoyuan, Shandong Province[J]. Geology in China, 49(1): 215–225(in Chinese with English abstract).

## 山东招远大尹格庄金矿控矿构造解析与找矿预测

申玉科<sup>1</sup>, 郭涛<sup>1</sup>, 吕志成<sup>2</sup>, 邓军<sup>3</sup>, 杨玉泉<sup>4</sup>, 赵志杰<sup>5</sup>, 王成龙<sup>5</sup>

(1. 中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081; 2. 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037; 3. 中国地质大学(北京)地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083; 4. 招远黄金集团, 山东 招远 265400; 5. 山东黄金集团公司, 山东 济南 250100)

**摘要:**【研究目的】大尹格庄金矿探明(金: 283 t, 银: 397 t)发育于招平断裂带中段, 矿区较大的断裂构造有 4 条: 招平断裂、大尹格庄断裂、南周家断裂与南沟断裂, 招平断裂带在矿区内呈 NNE20° 方向延伸, 控制金矿体的形态、产状及发育部位。确定断裂构造的运动方向, 可以指导大尹格庄金矿外围找矿预测。【研究方法】本文运用构造解析方法, 分析了主要断裂构造的运动学特征。大尹格庄断裂、南周家断裂与南沟断裂为成矿后断裂, 走向 NWW 向, 倾向 NNE, 该 3 条断裂对招平断裂起错动与改造作用, 在矿区范围内把招平断裂分割成 4 段。同样大尹格庄断裂把金矿体切割成两部分, 南侧为 1 号矿体, 北侧为 2 号矿体, 在平面上 1、2 号矿体相距 300~500 m, 向下部由于矿体产状逐渐变缓, 两者水平距离逐渐变大, 这说明成矿后断裂为正断层。【研究结果】致使后期断裂北侧的矿体向下运动, 也是导致矿体向北东方向侧伏的重要因素之一。【结论】由于南周家断裂与大尹格庄断裂的性质相似, 可以推测南周家断裂北侧是重要的找矿靶区。随深度增加, 招平断裂下盘的次级断裂构造逐渐发育, 平面上表现为与主断裂呈 10°~20° 的交角, 剖面上与主断裂倾向相近, 而产状较陡, 达 45° 以上, 控制较小的金矿体发育, 但品位较高, 是大尹格庄金矿下一步找矿的方向。

**关键词:** 金矿; 招平断裂; 控矿构造; 找矿靶区; 矿产勘查工程; 大尹格庄; 招远; 山东

**创新点:** 大尹格庄断裂、南周家断裂与南沟断裂为成矿后形成的正断层。

中图分类号: P618.51 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2022)01-0215-11

### Analysis on the ore-controlling structures and prospecting in the Dayingezhuang gold deposit, Zhaoyuan, Shandong Province

SHEN Yuke<sup>1</sup>, GUO Tao<sup>1</sup>, LÜ Zhicheng<sup>2</sup>, DENG Jun<sup>3</sup>,  
YANG Yuquan<sup>4</sup>, ZHAO Zhijie<sup>5</sup>, WANG Chenglong<sup>5</sup>

(1. Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100081, China; 2. Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China; 3. State Key Laboratory of Geological Process and Mineral Resources, China University of Geosciences, Beijing, 100083, China; 4. Zhaojin Group Co., Ltd., Zhaoyuan 265400, Shandong, China; 5. Shandong Gold Group Co., Ltd., Jinan 250100, Shandong, China)

收稿日期: 2019-10-08; 改回日期: 2021-11-27

作者简介: 申玉科, 男, 1966 年生, 博士, 教授级高级工程师, 从事矿田构造学研究; E-mail: shenyuke@126.com。

基金项目: 国家重点研发计划“深地资源勘查开采”重点专项资助(2016YFC0600107)及中国地质调查局项目(DD20160053)联合资助。

**Abstract:** This paper is the result of mineral exploration engineering.

**[Objective]**The Dayingezhuang gold deposit (explored Au 283 t, Ag 397 t) is located in the middle of Zhaoping fault zone which consist of the Zhaoping, Dayingezhuang, Nanzhoujia, and Nangou faults. The NEE-striking ( $20^{\circ}$ ) Zhaoping fault controls the location and shape of the orebodies. Determining the movement direction of faults can guide the prospecting prediction of Dayingezhuang gold deposit. **[Methods]**In this paper, the kinematic characteristics of main faults are studied by structural analysis method. The Dayingezhuang, Nanzhoujia, and Nangou faults are post-ore faults and crosscut the Zhaoping fault into four segments. These three faults are NWW-striking, NEE-dipping. The Dayingezhuang fault crosscut the orebody into two segments. No I orebody in the north and No II orebody in the south are separated by the Dayingezhuang fault. In the plan view, the distance of the two orebodies is 300–500 m. In the profile, the orebody has a gentle dip and the distance of the two orebodies increase which suggest that the Dayingezhuang fault is a normal fault. **[Results]**Owing to the up-to-the down movement, the orebody fall into NE-orientation. **[Conclusions]**In the light of the similar kinematics between the Dayingezhuang and Nanzhou faults, we infer the northern of the Nanzhou fault is a beneficial prospecting target. With increasing of depth, the secondary faults develop and control the small gold ore shoot. In the plan view, these secondary faults intersect with the main fault at the angle of  $10^{\circ}$ – $20^{\circ}$ . In the profile, these secondary faults parallel with the main fault and have a middle steeply-dipping at  $45^{\circ}$ . These faults also are beneficial prospecting target.

**Key words:** gold deposit; Zhaoping fault; controlling fracture; prospecting target area; mineral exploration engineering; Dayingezhuang; Zhangyuan; Shandong Province

**Highlights:** Dayingezhuang, Nanzhoujia, and Nangou faults are post-ore faults and normal faults.

**About the first author:** SHEN Yuke, male, born in 1966, doctor, majors in structure of ore field; E-mail:shenyuke@126.com.

**Fund support:** Supported by the National Key R&D Program of China (No.2016YFC0600107) and the project of China Geological Survey (No.DD20160053).

## 1 引 言

胶东西北部为世界著名的金矿集中区,是中国第一大黄金产地(邓军等,2005;Wang et al., 2015),至今,该区累积探明的金储量达4300余吨,已开采黄金在1000 t以上。随着地球科学的进步与研究程度的深入,胶东西北部的找矿效果好,增储明显,已有金矿的深部与外围找矿屡有突破。尤其是在焦家断裂带的深部与南段(Song et al., 2012; Yu et al., 2020)、三山岛断裂带的深部与北段(Song et al., 2021)、招平断裂带深部等,均发现较大的、连续的工业金矿体,为该区金矿及相关产业可持续发展提供了重要资源保证。

大尹格庄金矿为招平断裂带中段赋存的特大型金矿床,累计探明的金储量达283 t(张瑞忠等, 2016),银储量397 t(Yuan et al., 2019)自2010年,随着巷道探矿工程及深部钻探工程的投入,黄金储量逐年增加,深部找矿效果显著。2014年,在地表以下1600 m处发现工业矿体,显示深部仍具有良好的成矿地质条件及较好的找矿前景。近几年,作者通过野外地质调查、井下岩矿观测及断裂构造测量、钻孔岩心编录分析,认为大尹格庄金矿与胶西北

部其他大型特大型金矿在成矿地质条件、构造控矿特征、成矿作用过程等有较多的相同与相似之处;在区域性控矿断裂构造作用下,同一矿田内,石英脉型与碎裂蚀变岩型等两种矿化类型共同存在与发育(Mao et al., 2008; Deng et al., 2011),虽然,在矿石类型、控矿空间和所处的构造部位等方面有所不同,但是二者在成矿物质来源、成矿流体来源、成矿动力来源、金属矿物和非金属矿物组成、蚀变特征等方面是相同或相似的,是同一成矿作用过程中形成的不同的矿化类型(申玉科等,2015)。

## 2 矿床地质特征

### 2.1 岩石学特征

大尹格庄金矿床位于胶东西北部金矿集中区招平断裂带的中段,在招远市南偏西约18 km处(Deng et al., 2011)。矿区范围内地表较大面积为第四系覆盖,发育的基岩主要为胶东群混合岩化黑云斜长变粒岩、黑云母二长花岗岩及中粒花岗闪长岩(图1)。太古宙胶东岩群主要分布于矿区的东部,招平断裂的上盘,由混合岩化黑云斜长变粒岩和片麻状斜长角闪岩组成(Deng et al., 2009; Yang et al., 2014)。下盘是玲珑黑云母花岗岩及中粒花岗闪长

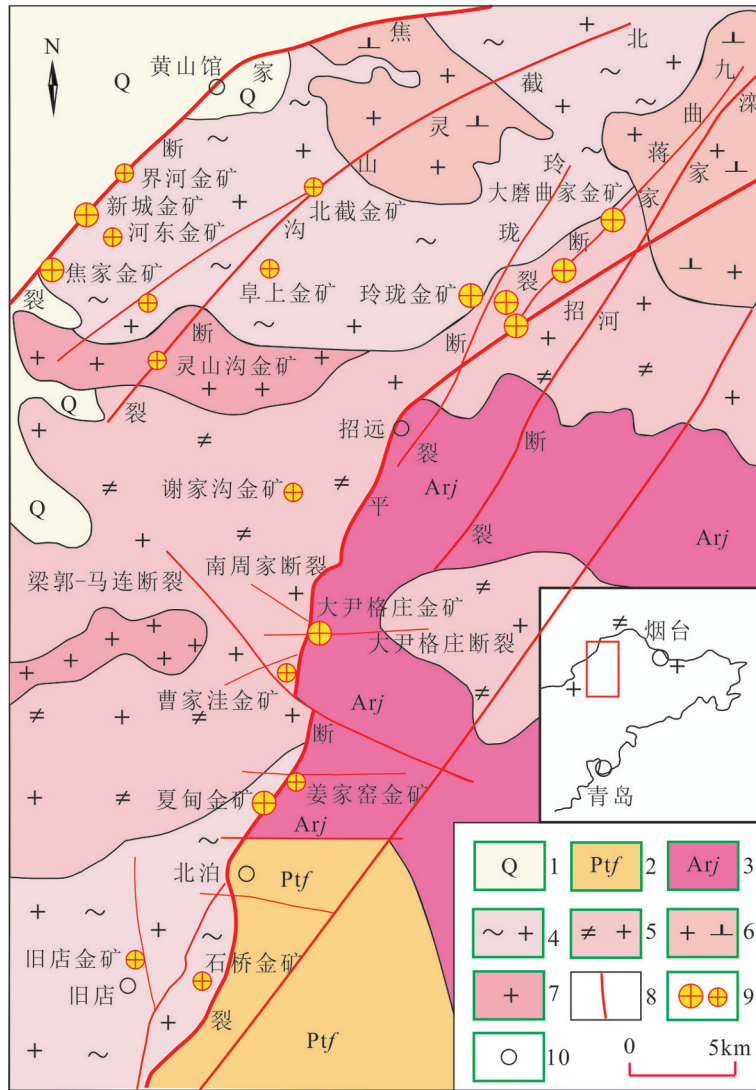


图1 招平断裂带和焦家断裂带主要金矿床分布图

1—第四系;2—元古宙变质岩;3—太古宙变质岩;4—玲珑型花岗岩;5—滦家河型二长花岗岩;6—郭家岭型花岗闪长岩;7—艾山型花岗岩;8—断裂;9—金矿床;10—地名

Fig.1 Map of the Zhaoping fault and Jiaojia fault showing location of the major gold deposits

1-Quaternary; 2-Proterozoic metamorphic rocks; 3-Archean metamorphic rocks; 4-Linglong-type gneissic granite; 5-Luanjiahe-type monzonitic granite; 6-GuoJialing-type granodiorite; 7-Aishan-type granite Lamprophyre; 8-Fault; 9-Gold deposit; 10-Place name

岩。在空间上,中粒花岗闪长岩侵位于黑云母花岗岩下部;目前,在1500 m深的钻孔岩心内还发现郭家岭似斑状花岗闪长岩岩体。另外,矿区及外围中基性脉岩发育(张群喜等,2005),成群分布,主要有花岗伟晶岩脉、闪长玢岩脉、石英闪长玢岩脉、闪长煌斑岩脉等,沿NNE向断裂构造带侵入,是多期次构造活动及岩浆作用的结果(Liu et al., 2018),这些脉岩大都来源于深部岩浆房。

### 2.2 构造特征

在不同区段、不同的深度,招平断裂带发育于

不同的岩性界面,招远以南区段主要发育于胶东岩群与黑云母二长花岗岩接触带内或其附近,招远以北区段主要发育于玲珑花岗岩与滦家河花岗岩之间的接触带附近。该断裂为成矿前形成,成矿期再次活动(邓军等,1996),或者是成矿期沿不同的岩性界面活化形成的断裂构造带,是成矿物质运移的主要通道和大型储矿空间。其实质是在早期岩相界面的基础上经成矿期叠加、复合和改造而成的。在剖面上,招平断裂表现为上陡下缓,具有铲式断裂的特点(宋明春等,2012),上部倾角在30~45°,下

部倾角经钻孔揭示只有 $10^{\circ}$ 左右。上、下部构造岩特征表现出明显的差异,上部以脆性变形为主,下部则以韧性变形为主。

招平断裂从北到南约100 km(刘晓煌等,2003),影响范围最宽达5 km以上。整个构造带在平面上呈“S”形,招远市以北区段走向总体NE—NEE向,招远市至夏甸之间为NNE—SN向,夏甸以南区段再转为NE向,整体倾向SE—SEE,倾向与走向相对应并随之发生变化。

招平断裂是胶东地区规模最大的控矿断裂,其构造带内赋存有阜山、岭南、东风、大尹格庄、夏甸等多个大型特大型金矿(图2)。在大尹格庄金矿1号矿体分布于54~68线,总体走向长度700余米,−100 m标高以下,矿体在−600 m标高矿化强,矿体没有封闭。2号矿体分布于66~110线,走向长度900余米,−80 m标高以下,钻探工程已控制到−1400 m,矿体在标高−1400 m仍未封闭。随着深度的增加,矿体的形态逐渐发生变化,由浅部的透镜体状、不连续性,向深部变成板状,矿体也变得较连续。

### 2.3 矿化特征

大尹格庄金矿矿体的形态、产状与赋存部位严格受断裂构造的控制。金矿体大都赋存于主断裂面的

下盘0~60 m范围内,靠近断层泥,呈透镜体状。矿体规模、矿石品位随蚀变带宽度、蚀变类型、裂隙发育程度等变化而变化(张群喜等,2007)。蚀变带越宽的部位,矿体的厚度及品位相对较高;同样,蚀变越强矿石的品位越高。矿体大都发育强绢云母化和强硅化带内,而在钾化、强钾长带内,岩石的金含量较低,基本达不到工业品位,而且黄铁矿等金属硫化物的含量也很少。在裂隙比较发育的部位,常常是矿化较强的地方,这些密集的裂隙为金属硫化物及石英的结晶富集提供了大量的有效空间,利于成矿物质的填充与沉淀(Qiong and Santosh,2015)。

依据矿山开采生产区段,以大尹格庄断裂为界,总体上划分为南北两大块(图3),南段称为1号矿体,北段称为2号矿体。实际上,1、2号矿体都是由多个小的矿体矿脉组成的。南部的1号矿体形态相对简单,矿体呈板状、似板状,或不规则的透镜体状;北部的2号矿体在与南盘相对应的中段则复杂得多(图4,图5),是多条延长、宽度等大小不等的矿脉或矿体群组成的形态不规则的矿化带。当然矿体的形态在上部与下部也不太一样,上部矿脉(体)条数较多,而下部矿脉(体)个数变少,且相对集中,这与成矿期的构造特征、应力特征及岩石的

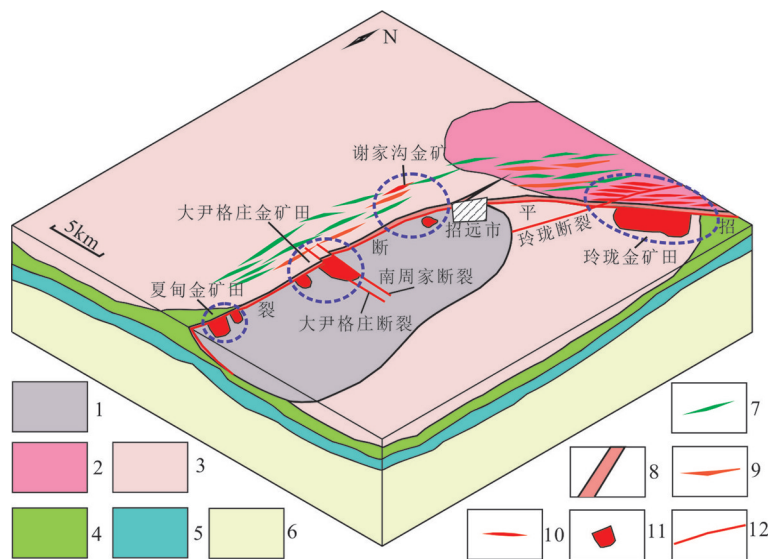


图2 招平断裂及矿体分布示意图

1—太古宙变质岩;2—玲珑型片麻状花岗岩;3—深家河型二长花岗岩;4—郭家岭型花岗闪长岩;5—下伏岩体;6—深部地质体;7—煌斑岩脉;8—绢云岩化碎裂花岗岩;9—绢云岩;10—金矿体;11—金矿体平面投影;12—断裂

Fig.2 Schematic diagram of distribution of gold ore-bodies along Zhaoping fault

1—Archean metamorphic rocks; 2—Linglong-type gneissic granite; 3—Luanjiahe-type monzonitic granite; 4—GuoJialing-type granodiorite; 5—Underlying rock mass; 6—Deep geological mass; 7—Lamprophyre dyke; 8—Sericite cataclastic granite; 9—Sericite; 10—Gold ore body; 11—Plane projection of gold ore body; 12—Fault

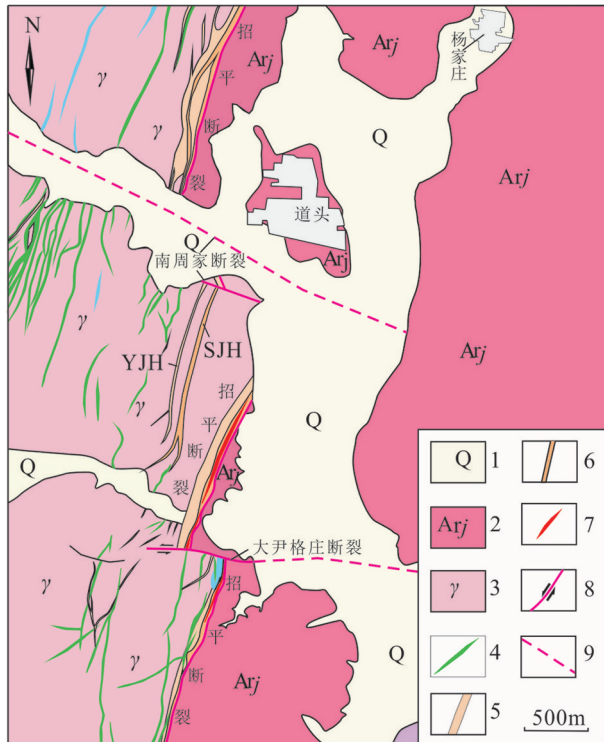


图3 大尹格庄金矿区地质简图

1—第四系;2—太古宙变质岩;3—花岗岩;4—煌斑岩脉;5—黄铁绢云岩化花岗岩;6—黄铁绢云岩化碎裂花岗岩;7—金矿体;8—断裂;9—隐伏断裂

Fig.3 Geological map of Dayingezhuang gold deposit

1-Quaternary;2-Archean metamorphic rocks;3-granite;4-Lamprophyre;5-Pyrite-sericite-quartz alteration granite;6-Pyrite-sericite alteration cataclastic granite;7-Gold deposit;8-Fault;9- Hidden fault

变形特征有关系。

由多个矿体组成的1、2号矿体,规模大,矿化较连续,为矿区的主要矿体,二者的黄金储量占矿床探明储量的90%以上,1、2号矿体是由于成矿后形成的大尹格庄断裂切割了招平断裂,致使早期相连的矿体分割成两个矿体,分别位于大尹格庄断裂的南、北两侧。

组成矿石的金属矿物主要为黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、砷黄铁矿、银金矿、自然金(Yan et al., 2014);非金属矿物:石英、长石、绢云母、绿泥石、高岭土、方解石等。

由于成矿流体在运移过程中与所经由的围岩之间发生水岩反应,热液型脉状矿体的两盘常常形成围岩蚀变现象(Li et al., 2013; Xu et al., 2017; Duan et al., 2021),矿体的围岩蚀变受原岩的结构构造、矿物组成、流体成分、流体的温压等因素的影

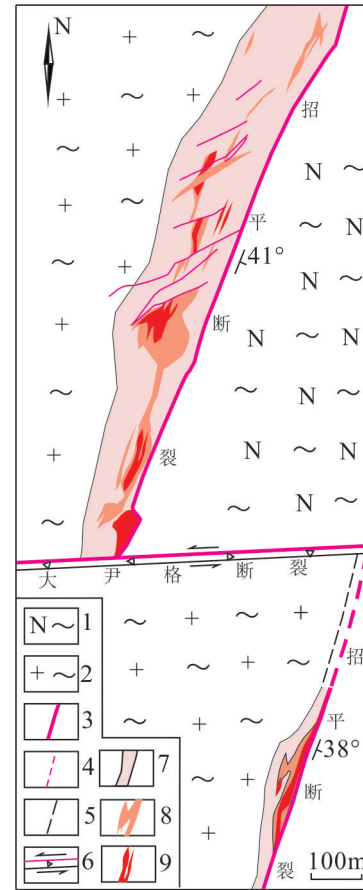


图4 -140 m中段平面图

1—太古代角闪岩;2—花岗岩;3—断裂;4—推测断裂;5—推测蚀变带边界;6—断裂及运动方向;7—黄铁绢云岩化碎裂花岗岩;8—黄铁绢英岩化花岗岩;9—金矿体

Fig.4 Geological plan of ore body at -140 m level in Dayingezhuang gold deposit

1- Archean amphibolite; 2- Granite; 3- Fault; 4- Inferred fault; 5- Inferred direction of alteration belt; 6- Fault and direction of motion; 7- Pyritesericite alteration cataclastic granite; 8- Pyritesericite-quartz alteration granite; 9- Gold deposit

响。大尹格庄金矿控矿主断裂上下盘分别为花岗岩与胶东群斜长角闪岩,表现出的蚀变现象有所区别,下盘蚀变类型主要为黄铁矿化、绢云母化、硅化、钾化、碳酸盐化,其次发育绿泥石化和高岭土化,上盘常表现为硅化、绿泥石化、钾化和碳酸盐化。依据蚀变矿物的组成及其含量,整个蚀变岩系由矿体向下盘可划分为黄铁绢英岩化带、绢英岩化带、绢云岩化带与钾化带(Xu et al., 2016)。

### 3 构造解析

#### 3.1 控矿构造

尽管招平断裂为大尹格庄金矿主要控矿构造,

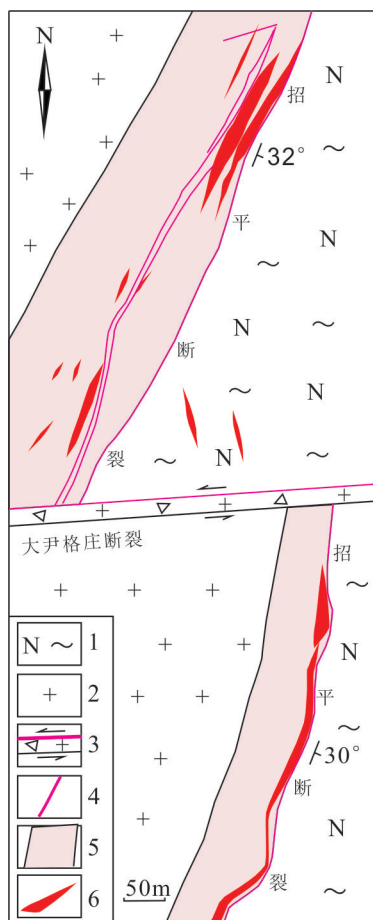


图5 -496 m中段平面图

1—太古宙角闪岩;2—花岗岩;3—断裂及运动方向;4—断裂;5—黄铁矿绢云岩化碎裂花岗岩;6—金矿体

Fig.5 Geological plan of ore body at -496m in level

Dayingezhuang gold deposit

1—Archean amphibolite; 2—Granite; 3—Fault and direction of motion;

4—Fault; 5—Pyrite-sericite alteration cataclastic granite; 6—Gold deposit

然而在其下盘发育一些次级断裂(李德秀等, 2006),具有张扭性特征,控制一些小型透镜体状金矿体的成生与就位。这些小型金矿体常常呈NE走向,与主断裂呈 $10\sim 20^\circ$ 的交角。在剖面上,小型金矿体大都倾向NE,倾角较陡,一般在 $50^\circ$ 以上,矿体延伸短,品位比1、2号矿体的品位略高。

### 3.2 成矿后构造

沿招平断裂带的延伸方向上,成矿后断裂构造发育,几条规模较大的成矿后断裂把招平断裂切割成若干段,比较大的有玲珑断裂、九曲蒋家家、梁郭—马连断裂、大尹格庄断裂、南周家家、南沟断裂、碎石山断裂等(刘晓煌等, 2003)。

矿区内断裂构造发育,规模较大的主要有四条:招平断裂、大尹格庄断裂、南周家断裂、南沟断裂(杨斌等, 2012)。大尹格庄金矿区范围内,大尹格庄断裂、南周家断裂和南沟断裂均为成矿后形成的断裂构造,对招平断裂及其控制的矿体起着改造作用(图6),尤其是大尹格庄断裂与南周家断裂,对矿体的错动在水平面上显示达300 m以上。

大尹格庄断裂发育于矿区中部,总体走向 $100^\circ$ ,倾向NNE,倾角 $45^\circ\sim 60^\circ$ (李卫革等, 2003),矿区范围内出露长度约2200 m,破碎带主带宽度2~35 m。它影响宽度最大达上百米,错断招平断裂,在地表水平表现为右行错动,两盘水平错距约260~300 m(李德秀等, 2006)。然而,从两盘的蚀变范围、蚀变强度、金矿化分布、矿体形态等现象来分析(李德秀等, 2006),反映出两盘是上下错动的,该断裂构造的错动,致使在同一标高,其两侧的矿体形态特征不一致,北盘矿体小而多,矿化不连续,而南侧矿体较大,连续性好。从矿化的特征也能推断,大尹格庄断裂是以正断为主,如大尹格庄断裂南侧的1号矿体在-380 m中段矿体形态大致与2号矿体-616 m中段的相似。表现在地表,则是南北两盘相对水平右行近300 m,而表现在-496 m中段,两盘矿体水平相距500余m,不同中段,两个矿体之间的水平距离不同,这是由于矿体在不同标高的倾角不同引起的。

因而,从大尹格庄断裂南北两盘的地质现象及矿体的特征对比发现,在多个中段水平,两盘的金矿体形态、矿物组成、矿体的规模等特征,都是不同的,不能表现为水平错动的迹象(图4,图5),大尹格庄断裂实质上是正断层,北盘下降,南盘相对上升,只是表现为水平方向上地质体的错动,其实是断层效应引起的。通过推算,两盘垂向相对运动达200 m以上。

南周家断裂为矿区北部发育的成矿后断裂,李德秀等(2006)、潘红伟等(2008)认为其长560~1000 m,宽3~20 m,走向 $110^\circ$ ,倾向SW,倾角 $55^\circ\sim 72^\circ$ ,相距80 m的大致平行的2条断裂组成,将招平断裂分割错断成3段,各段水平断距约140 m,使北盘西移。由于地表第四纪沉积覆盖,该断裂的构造岩在地表没有出露,地貌上表现为河流。笔者在野外地质调查及蚀变岩填图工作过程中,通过河流两侧的岩石特征对比,发现相对应的部位,岩石特征明显

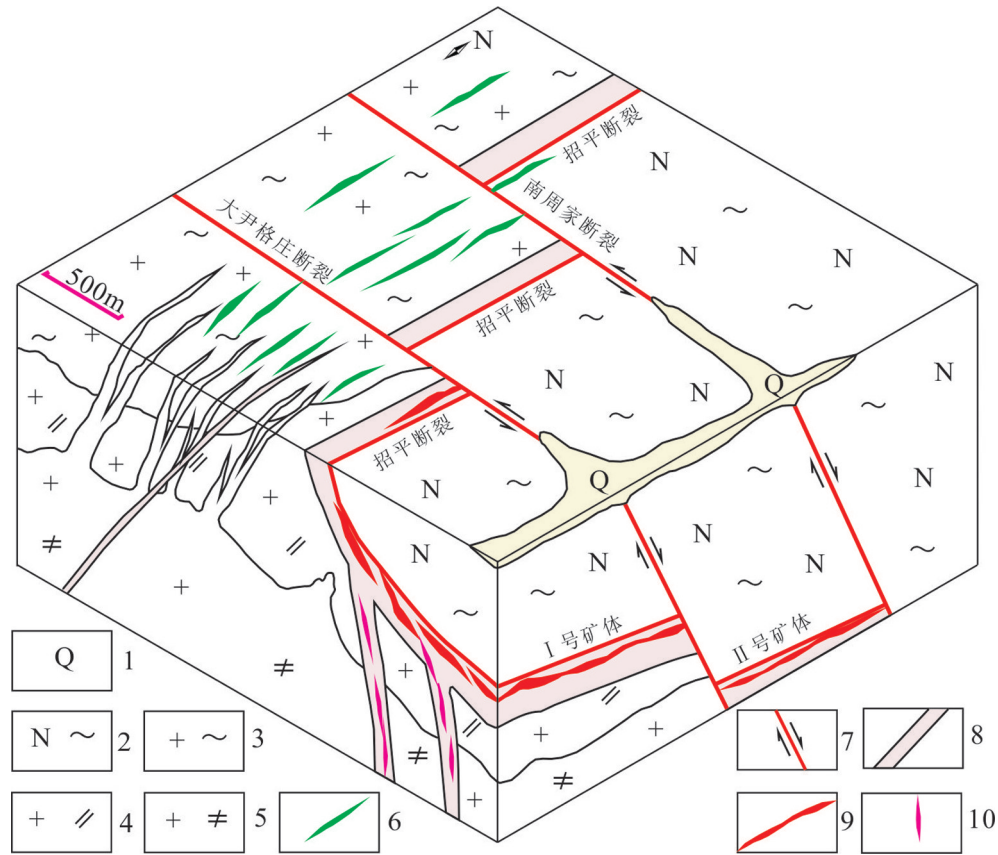


图6 大尹格庄金矿控矿构造示意图

1—第四系;2—太古宙变质岩;3—玲珑似片麻状花岗岩;4—滦家河二长花岗岩;5—中粒花岗闪长岩;6—煌斑岩脉;7—断裂;8—黄铁绢云岩化碎裂花岗岩;9—黄铁绢云岩化型金矿体;10—石英脉型金矿体

Fig.6 Schematic diagram of control-gold-ore bodies structures in Dayingezhuang gold deposit

1-Quaternary; 2-Archean metamorphic rocks; 3-Linglong-type gneissic granite; 4-Luanjiahe-type monzonitic granite; 5-Medium-grained granodiorite; 6-Lamprophyre; 7-Fault; 8-Pyrite-sericite alteration cataclastic granite; 9-Pyrite-sericite-quartz alteration type gold lode; 10-Quartz type gold deposit

不同,北侧为钾化、绢云岩化蚀变花岗岩,而南侧为弱钾化的花岗岩。初步判断该断裂为向NNE倾的正断层,其性质与大尹格庄断裂相似,而且错断招平断裂带,在地表显示两盘相对运动约500 m。从三维空间上分析,1、2号矿体向NE侧伏(图6),可能是由大尹格庄断裂与南周家断裂错断矿体所引起的。

笔者在大尹格庄金矿井下对一些小型的成矿后断裂构造进行了测量,从断裂构造的力学性质、两盘标志性地质的相对位置、牵引构造、擦痕、阶步等方面分析(刘红涛等,2018),认为该矿床范围内发育的成矿后断裂,从运动方向来看,大多数是正断层。

#### 4 找矿预测

招平断裂为胶东西北部地区规模较大的断裂

构造带,由于构造应力场的作用(陈耀煌等,2014),在其形成的过程中,同时会形成多条次级断裂构造,控制成矿物质的运移与赋存(张垚垚等,2017)。由于成矿物质来源于深部岩浆活动(Mao et al., 2008),分离出的成矿物质与成矿流体会通过断裂构造体系运移、沉淀与富集成矿。

依据构造控矿体系(吕古贤等,2007),主次断裂构造是胶东西北部金矿集中区典型的构造特征,在主断裂带形成蚀变岩型矿体,相应地在主断裂带的下盘次级张扭性断裂构造中发育石英脉型矿体(宋明春等,2014),矿体的走向与招平断裂交角大约为10°。倾向北西或南东,倾角较陡,一般为45°以上,矿脉条数多,矿体规模小。目前大尹格庄金矿主断裂下盘的一些钻孔资料信息显示(图7),该矿床发育张扭性断裂构造控制的石英脉型矿体。

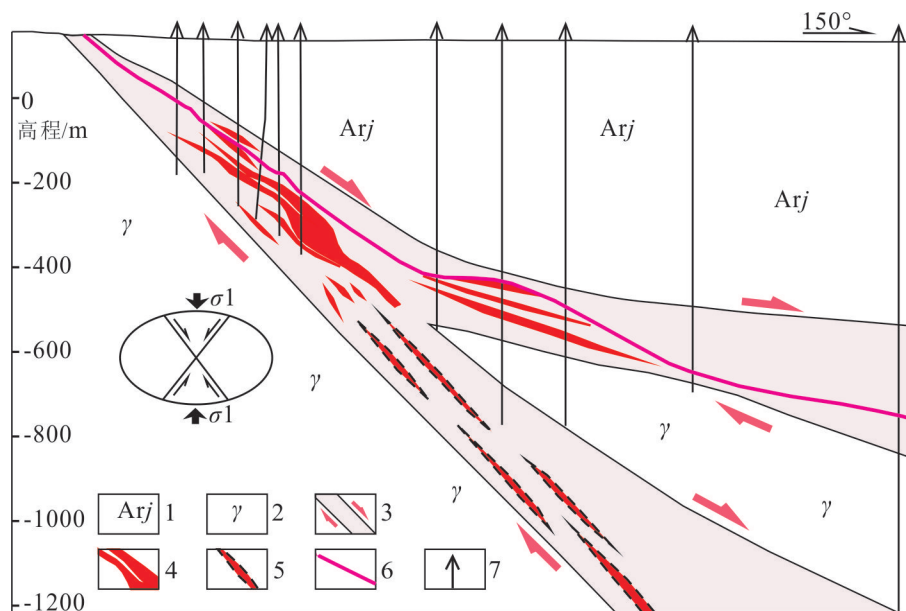


图7 大尹格庄金矿71线剖面图

1—太古宙地层;2—花岗岩;3—构造带蚀变带及两盘相对运动方向;4—金矿体;5—预测矿体;6—断裂;7—钻孔

Fig.7 Cross-section along 71st exploration line in Dayingezhuang gold deposit

1-Archean amphibolite; 2-Granite; 3-Alteration cataclasite and direction of motion; 4-Gold bodies; 5-Predicted Gold ore-bodies; 6-Fault; 7-Drill holes

同样在其南部毗邻的曹家洼金矿,以及南部的夏甸金矿均有石英脉型矿体发育,与蚀变岩型矿体水平相距约400 m以上,品位高,矿体小,具有可类比性。随着勘探工作的深入及采矿工作进行,这种主次断裂构造联合控矿的现象,在胶东西北部地区多个矿区都开始引起地质找矿工作的重视,如玲珑金矿、焦家金矿、寺庄金矿、平度大庄子金矿等都发育两种矿化类型(Zhu et al., 2018)。因而,大尹格庄金矿石英脉型金矿体的找矿工作也是该区找矿的一个重要目标。

南周家断裂是成矿后形成的断裂构造,对招平断裂起错断改造作用(图3)。通过地表1:5万地质调查工程实施及1:1万构造蚀变岩填图,发现南周家断裂北侧沿招平断裂带蚀变岩较发育,以绢云岩化碎裂花岗岩为主,局部出现黄铁矿化,这些蚀变矿化信息是深部开展找矿的主要标志之一。同时,大尹格庄金矿巷道探矿工程及深部钻探找矿信息显示,在南周家断裂南侧发现相对连续的2号矿体群,矿化蚀变带并非尖灭了,而是被错断了;另外从矿体的水平投影图上也可以看出,在南周家断裂南侧矿体群连续发育。由于南周家断裂的错断效应的影响,在南周家断裂北侧则没有发现较好的工业金矿体,这与矿体渐变特征不

相符,只是目前的探矿工程没有到位,或是对成矿认识还有待于深入,南周家断裂北侧应是一个找矿的靶区,是下一个找矿的方向。

## 5 讨论

(1)多级构造控矿是胶东地区主要的控矿形式,控制“玲珑—焦家式”金矿的成生与富集。主构造控制大型蚀变岩型金矿体的赋存部位及形态,次构造则控制中小型石英脉型金矿体的发育(韩琼等, 2019)。通过构造分期与配套研究,可以确定其在成矿作用过程的组合形式及对成矿的影响。大尹格庄金矿板状矿体与透镜状矿体及一些细脉状矿体是由不同形态、不同规模、不同力学性质的断裂构造控制的。在胶东西北部地区,大尹格庄金矿在所处的构造部位、控矿构造形态、构造应力状态都与其他金矿相似,是可对比的。从大尹格庄金矿下部的探矿效果分析,该矿床发育两种矿化类型,即石英脉型与蚀变岩型,这也是开展大尹格庄金矿床石英脉型金矿体找矿预测的基础。

(2)胶东西北部地区大规模金矿成矿作用,是中生代岩浆作用与构造运动耦合的结果。从地球构造动力学、岩浆演化、构造成因、成矿物质来源、



成矿流体来源、成矿动力来源和成矿时间等方面(Zhai et al., 2001; 刘晓煌等, 2003; Zhou et al., 2003)进行综合分析,笔者认为,大尹格庄金矿与其他金矿在矿床成因模式,矿床形成时间等方面是同一的,是同一次成矿作用的结果。

(3)招平断裂由北向南延伸近百千米,除后期断裂构造切割错断外,基本上是连续的,从构造岩特征、蚀变带(刘晓煌等, 2003)的分布特征方面来看,其走向与倾向是相对稳定的,所不同的只是在北段和南中段,上下盘的岩性有所区别,北段上盘为滦家河二长花岗岩,下盘为玲珑花岗岩;南中段则上盘为胶东群斜长角闪岩,下盘为玲珑花岗岩。这两种不同的构造界面是招平断裂形成与发育的基础。当然招平断裂北段和南中段,在结合部位也会表现为不同的断裂构造带,是两条断裂的复合,或者说是由两条分支断裂构造组成的。

(4)大尹格庄断裂为成矿后形成的正断层,主要证据表现在以下几个方面:①大尹格庄断裂在地表对招平断裂错动的水平距离与下部中段错动的水平距离不一致。在地表水平错动招平断裂约300 m,而在-496 m中段,水平错动招平断裂约500 m。这是由于招平断裂在浅表与下部中段的不同的倾角引起的,如果大尹格庄断裂是平移断层,则在浅表与下部中段错动的距离是一致的。②大尹格庄断裂两盘的矿体特征不一致,北盘(上盘)矿体小而多,不规则,矿化不连续,南盘的矿体呈板状,连续性好,延伸长而稳定。这说明在成矿期,北盘所处的部位在浅部,南盘在下部,浅部表现较强的脆性变形。③大尹格庄断裂倾向NNE,倾角 $45^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ,与正断层的产状相符。

(5)成矿后断裂构造对矿体的错断与改造(刘晓煌等, 2003),导致原来连续的矿体发生错位,给找矿工作带来一定的难度,像大尹格庄金矿的1号矿脉和2号矿脉,被大尹格庄断裂错断300~500 m;南周家断裂同样为成矿后断裂,其两盘相对运动的方向与大尹格庄断裂相似,对招平断裂平面上右行错动,距离达500余米,其北盘下部是有利的找矿部位。后期断裂构造性质的准确判断对找寻被错失的矿体可以提供重要的指导信息。

## 6 结论

(1)大尹格庄金矿发育两种矿化类型,石英脉

型和蚀变岩型,是多级断裂构造控制的,石英脉型金矿产状较陡,而且矿体较多,深部应加强石英脉型金矿的找矿工作。

(2)南周家断裂与大尹格庄断裂均是成矿后断裂,对矿体起破坏作用,大尹格庄断裂垂向错断矿体,使北部矿体下降,南周家断裂同样错断招平断裂,其北盘是找矿的有利部位。

**致谢:**论文的完成得益于与韦昌山研究员的探讨;审稿老师对本文提出宝贵的修改意见;刘向冲副研究员对本文的英文摘要进行了校验;野外工作得到山东黄金集团股份有限公司、山东招金集团公司及胶东各金矿科技工作人员的大力支持及帮助。在此一并表示诚挚感谢。

## References

- Chen Yaohuang, Yao Shuzhen, Zeng Guoping, Li Shouye, Chen Jinghe, Zhang Huili. 2014. Ore-controlling structure and mineralization rules of main auriferous quartz veins in the Daping gold deposit: An example of the Ailaoshan metallogenic belt in Yunnan Province[J]. *Geology and Exploration*, 50(3): 419-431(in Chinese with English abstract).
- Deng Jun, Wang Qingfei, Wan Li, Yang Liqiang, Gong Qingjie, Zhao Jie, Liu Huan. 2009. Self-similar fractal analysis of gold mineralization of Dayingezhuang disseminated veinlet deposit in Jiaodong gold province, China[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 102: 95-102.
- Deng Jun, Wang Qingfei, Yang Liqiang, Gao Bangfe. 2005. An analysis of the interior structure of the gold hydrothermal Metallogenic system of the northwestern Jiaodong Peninsula, Shandong Province[J]. *Earth Scienc*, 30(1): 102-108(in Chinese with English abstract).
- Deng Jun, Xu Shouli, Lü Guxian, Chen Zhengle, Shu Bin. 1996. Researches of fracture structure and mineralization in northwest Jiaodong[J]. *Geoscience*, 10(4): 502-511(in Chinese with English abstract).
- Duan Liu'an, Guo Yuncheng, Han Xiaomeng, Wang Jiantian, Zhao Pengfei, Wang Lipeng, Wei Youfeng. 2021. New understanding guiding the discovery of a medium-scale tectonic altered rock type gold deposit on the northeastern margin of Jiaolai Basin, Shandong Province, China[J]. *China Geology*, 3: 1-3.
- Han Qiong, Zhao Tongyang, Zheng Jiaying, Sun Yaofeng. 2019. Structural ore-controlling characteristics and favorability analysis of the Kalamaili gold ore belt in east Junggar[J]. *Journal of Geomechanics*, 25(S1): 21-26(in Chinese with English abstract).
- Li Dexiu, Gao Bangfei, Liu Yan, Zhou Yinghua, Jiang Shaoqing, Xu Fuyun, Zhu Yuerong, Yu Ruiye, Xu Jianli, Wang Cuihong, Zhang

- Ruizhong, Wu Zhong. 2006. Structural controls and ore prospecting in the Dayingezhuang gold deposit[J]. *Geology and Prospecting*, 42(4): 32–35(in Chinese with English abstract).
- Li Weige, Li Longyi, Zhang Ruizhong, Qian Jin, Guo Junli. 2003. Geological characteristics of the Dayingezhuang gold deposit in the Jiaodong area and its resource prospects at depth[J]. *Journal of Geomechanics*, 9(3): 244–259(in Chinese with English abstract).
- Li Xiaochun, Fan Hongrui, Santosh M, Hu Fangfang, Yang Kuifeng, Lan Tingguang. 2013. Hydrothermal alteration associated with Mesozoic granite-hosted gold mineralization at the Sanshandao deposit, Jiaodong Gold Province, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 53:403–421.
- Liu Hongtao, Di Qingyun, Xue Guoqiang, Luo Xiaonan, Ding Yunhe, Wang Chunyong. 2018. The metamorphic core complex in the Xiaoshan gold-polymetallic concentrating area of Henan Province and its implications for mineral exploration[J]. *Geology and Exploration*, 54(2): 230–242(in Chinese with English abstract).
- Liu Xiaohuang, Zhang Xiaozhi, Ha Benhai, Song Quanwu, Dai Lixin, Gao Chixing. 2003. The geological characteristics of Zhaoping fault zone and its mineralization prognosis[J]. *Gold*, 24(12): 10–13 (in Chinese with English abstract).
- Liu Xuefei, Deng Jun, Liang Yayun, Wang Qingfei, Pan Ruiguang, Qin Cheng, Yang Yi. 2018. Petrogenesis of Early Cretaceous intermediate-felsic dikes in the Jiaodong Peninsula, south-eastern North China Craton: Constraints from geochronology, geochemistry and Sr–Nd–Pb–Hf isotopes[J]. *Gondwana Research*, 60: 69–93.
- Lü Guxian, Guo Tao, Shu Bin, Shen Yuke, Liu Dujuan, Zhou Guofa, Ding Yuexiang, Wu Jichun, Zhao Keguang, Sun Zhifu, Zheng Xiaoli, Ha Benhai. 2007. Study on the multi-level controlling rule for tectonic system in Jiaodong gold centralized area[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 31(2): 193–204(in Chinese with English abstract).
- Mao Jingwen, Wang Yitian, Li Houmin, Franco Pirajno, Zhang Changqing, Wang Ruiting. 2008. The relationship of mantle-derived fluids to gold metallogenesis in the Jiaodong Peninsula: Evidence from D–O–C–S isotope systematics[J]. *Ore Geology Reviews*, 33:361–381.
- Pan Hongwei, Zhang Ruizhong, Fan Mingyu. 2008. Ore-controlling effects of NWW trending faults in Dayingezhuang gold deposit, Shandong Province[J]. *Gold*, 29(1): 21–24(in Chinese with English abstract).
- Qiong Yanyang, Santosh M. 2015. Early Cretaceous magma flare-up and its implications on gold mineralization in the Jiaodong Peninsula, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 65:626–642.
- Shen yuke, Lü Guxian, Zhou Guofa, Wang Yichun, Yu Xiangbo, Wang Yingtain. 2015. The analysis of altered rock and the breakthrough in prospecting in the blank area of Dazhuangzi gold mine in Pingdu, Shandong Province[J]. *Earth Science Frontiers*, 22(4):152–161(in Chinese with English abstract).
- Song Mingchun, Ding Zhengjiang, Zhang Junjin, Song Yingxin, Bo Junwei, Wang Yuqun, Liu Hongbo, Li Shiyong, Li Jie, Li Ruixiang, Wang Bin, Liu Xiangdong, Zhang Liangliang, Dong Leilei, Li Jian, He Chunyan. 2021. Geology and mineralization of the Sanshandao supergiant gold deposit (1200 t) in the Jiaodong Peninsula, China: A review[J]. *China Geology*, 4: 686–719.
- Song Mingchun, Li Sanzhong, Yi Pihou, Cui Shuxue, Xu Junxiang, Lü Guxian, Song Yingxin, Jiang Hongli, Zhou Mingling, Zhang Pijian, Huang Tailing, Liu Changchun, Liu Dianhao. 2014. Classification and metallogenic theory of the Jiaojia-style gold deposit in Jiaodong Peninsula, China[J]. *Journal of Jilin University(Earth Science Edition)*, 44(1):87–104(in Chinese with English abstract).
- Song Mingchun, Yi Peihou, Xu Junxiang, Cui Shuxue, Shen Kun, Jiang Hongli, Yuan Wenhua, Wang Huajian. 2012. A step metallogenetic model for gold deposits in the northwestern Shandong Peninsula, China[J]. *Science China Earth Science*, 55: 940–948.
- Wang Zhongliang, Yang Liqiang, Guo Linnan, Erin Marsh, Wang Jianping, Liu Yue, Zhang Chao, Li Ruihong, Zhang Liang, Zheng Xiaoli, Zhao Rongxin. 2015. Fluid immiscibility and gold deposition in the Xincheng deposit, Jiaodong Peninsula, China: A fluid inclusion study[J]. *Ore Geology Reviews*, 65: 701–717.
- Xu Wengang, Fan Hongrui, Yang Kuifeng, Hu Fangfang, Cai Yachun, Wen Bojie. 2016. Exhaustive gold mineralizing processes of the Sanshandao gold deposit, Jiaodong Peninsula, eastern China: Displayed by hydrothermal alteration modeling[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 129: 152–169.
- Xu Wengang, Fan Hongrui, Yang Kuifeng, Hu Fangfang, Cai Yachun. 2017. Gold mineralizing efficiency during hydrothermal alteration of the Mesozoic granitoids in the northwest Jiaodong Peninsula: Contrasting conditions between the Guojialing and Linglong plutons[J]. *Geochemistry*, 77: 387–398.
- Yan Yutong, Zhang Na, Li Shengrong, Li Yongsheng. 2014. Mineral chemistry and isotope geochemistry of pyrite from the Heilangou gold deposit, Jiaodong Peninsula, Eastern China[J]. *Geoscience Frontiers*, 5: 205–213.
- Yang Bin, Gao Xing, Peng Shenglin, Xi Zhenzhu, Zhang Daojun, Liu Gengyin, Chen Yan, Liu Xianhong, Li Shousheng, Wang Hui, Dou Yuandong, Yang Yuquan. 2012. Oriental prognosis of deep ore-bodies in Dayingezhuang–Houcang mining area of Zhaoping fault zone[J]. *The Chinese Journal of Nonferrous Metals*, 22(3): 32–35 (in Chinese with English abstract).
- Yang Liqiang, Deng Jun, Guo Ruipeng, Guo Linnan, Wang Zhongliang, Chen Binghan, Wang Xudong. 2016. World-class Xincheng gold deposit: An example from the giant Jiaodong gold province[J]. *Geoscience Frontiers*, 7:419–430.
- Yang Liqiang, Deng Jun, Richard J Goldfarb, Zhang Jing, Gao Bangfei, Wang Zhongliang. 2014.  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  geochronological

- constraints on the formation of the Dayingezhuang gold deposit: New implications for timing and duration of hydrothermal activity in the Jiaodong gold province, China[J]. *Gondwana Research*, 25: 1469–1483.
- Yu Xuefeng, Li Dapeng, Tian Jingxiang, Yang Deping, Shan Wei, Geng Ke, Xiong Yuxin, Chi Naijie, Wei Pengfei, Liu Pengrui. 2020. Deep gold mineralization features of Jiaojia metallogenic belt, Jiaodong gold Province: Based on the breakthrough of 3000 m exploration drilling[J]. *China Geology*, 3: 385–401.
- Yuan Zhongzheng, Li Zhanke, Zhao Xinfu, Sun Huashan, Qiu Huaning, Li Jianwei. 2019. New constraints on the genesis of the giant Dayingezhuang gold (silver) deposit in the Jiaodong district, North China Craton[J]. *Ore Geology Reviews*, 112: 1–16.
- Zhai Mingguo, Yang Jinhui, Liu Wenjun. 2001. Large clusters of gold deposits and large-scale metallogenesis in the Jiaodong Peninsula, Eastern China[J]. *Science in China (Series D)*, 44(8): 758–768.
- Zhang Qunxi, Su Yanpin. 2005. Ore control complication of the Xiejiagou Gold Deposit, Shandong Province[J]. *Gold Science and Technology*, 13(4): 17–22 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Qunxi, Wang Jianguo, Sun Zhongshi. 2007. Relations between wall rock altered characteristics and Au mineralization of Xiejiagou Au deposit, Zhaoyuan Area, Shandong Province[J]. *Journal of Guilin University of Technology*, 27(1): 13–17 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Ruizhong, Wang Zhongliang, Wang Sirui, Liu Yu, Qin Wenkai. 2016. Metallogenic mechanism of Dayingezhuang gold deposit, northwestern Jiaodong Peninsula: Geochemistry constrains from the gold bearing pyrite typomorph and sulfur isotope[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 32(8): 2451–2462 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Yaoyao, Zhang Da, Wu Ganguo, Di Yongjun, Liu Jun, Bu Xingchen, Li Xingjian. 2017. Ore-controlling structural characteristics of Daping gold deposit in Yunnan and prospecting orientation research[J]. *Journal of Geomechanics*, 23(2): 315–25 (in Chinese with English abstract).
- Zhao Xinhua, Yang Jinhui, Zhang Lianchang. 2003. Metallogenesis of super large gold deposits in Jiaodong region and deep processes of subcontinental lithosphere beneath North China Craton in Mesozoic[J]. *Science in China (Series D)*, 46(Supp.): 14–25.
- Zhu Zhiyong, Jiang Shaoyong, Ryan Mathur, Nigel J. Cook, Yang Tao, Wang Meng, Ma Liang, Cristiana L. Ciobanu. 2018. Iron isotope behavior during fluid/rock interaction in K-feldspar alteration zone—A model for pyrite in gold deposits from the Jiaodong Peninsula, East China[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 222: 94–116.
- ### 附中文参考文献
- 陈耀煌, 姚书振, 曾国平, 李守业, 陈景河, 张惠丽. 2014. 大坪金矿床主矿体控矿构造与矿化富集规律[J]. *地质与勘探*, 50(3): 419–431.
- 邓军, 王庆飞, 杨立强, 高帮飞. 2005. 胶东西北部金热液成矿系统内部结构解析[J]. *地球科学*, 30(1): 102–108.
- 邓军, 徐守礼, 吕古贤, 陈正乐, 舒斌. 1996. 胶东西北部断裂构造与成矿作用研究[J]. *现代地质*, 10(4): 502–511.
- 韩琼, 赵同阳, 郑加行, 孙耀锋. 2019. 东准噶尔卡拉麦里金矿带构造控矿特征及有利度分析[J]. *地质力学学报*, 25(S1): 21–26.
- 李德秀, 高帮飞, 刘琰, 周应华, 江少卿, 徐福玉, 朱悦荣, 于瑞业, 徐建利, 王翠红, 张瑞忠, 吴忠. 2006. 大尹格庄金矿床构造控矿规律及找矿意义[J]. *地质与勘探*, 42(4): 32–35.
- 李卫革, 李龙义, 张瑞忠, 钱进, 郭俊利. 2003. 胶东大尹格庄金矿床地质特征与深部资源前景[J]. *地质力学学报*, 9(3): 244–259.
- 刘红涛, 底青云, 薛国强, 罗小南, 丁云河, 王春永. 2018. 河南省崂山金多金属矿集区控矿构造分析与思考[J]. *地质与勘探*, 54(2): 230–242.
- 刘晓煌, 张效智, 哈本海, 宋泉吾, 戴立新, 高池兴. 2003. 招平断裂带地质特征及成矿预测浅析[J]. *黄金*, 24(12): 10–13.
- 吕古贤, 郭涛, 舒斌, 申玉科, 刘杜鹃, 周国发, 丁岳祥, 武际春, 赵可广, 孙之夫, 郑小礼, 哈本海. 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.
- 潘红伟, 张瑞忠, 樊明玉. 2008. 山东大尹格庄金矿NWW向断裂控矿作用浅析[J]. *黄金*, 29(1): 21–24.
- 申玉科, 吕古贤, 周国发, 王义春, 于向波, 王营田. 2015. 山东平度大庄子金矿构造岩相解析与空白区找矿突破[J]. *地学前缘*, 22(4): 152–161.
- 宋明春, 李三忠, 伊丕厚, 崔书学, 徐军祥, 吕古贤, 宋英昕, 姜洪利, 周明岭, 张丕建, 黄太岭, 刘长春, 刘殿浩. 2014. 中国胶东焦家式金矿类型及其成矿理论[J]. *吉林大学学报: 地球科学版*, 44(1): 87–104.
- 杨斌, 高星, 彭省临, 席振铎, 张道军, 刘庚寅, 陈燕, 刘贤红, 李守生, 王慧, 窦源东, 杨玉泉. 2012. 招平断裂带大尹格庄—后仓段深部矿体定位预测[J]. *中国有色金属学报*, 22(3): 32–35.
- 张群喜, 苏燕平. 2005. 山东谢家沟金矿控矿因素分析[J]. *黄金科学技术*, 13(4): 17–22.
- 张群喜, 王建国, 孙忠实. 2007. 山东招远谢家沟金矿围岩蚀变特征及与金矿化关系[J]. *桂林工学院学报*, 27(1): 13–17.
- 张瑞忠, 王中亮, 王偲瑞, 刘育, 秦文凯. 2016. 胶西北大尹格庄金矿床成矿机理: 载金黄铁矿标型及硫同位素地球化学约束[J]. *岩石学报*, 32(8): 2451–2462.
- 张垚垚, 张达, 吴淦国, 狄永军, 刘军, 卜星辰, 李兴俭. 2017. 云南省大坪金矿控矿构造特征与找矿方向研究[J]. *地质力学学报*, 23(2): 315–25.