

山东下潘格庄矿区金矿成矿地质特征及成因浅析

秦克能, 陈 聪, 余 帅

云南黄金矿业集团股份有限公司, 云南 昆明

收稿日期: 2022年9月5日; 录用日期: 2022年10月4日; 发布日期: 2022年10月11日

摘 要

下潘格庄矿区金矿矿床受牟平-乳山断裂带次级断裂构造控制, 区内断裂破碎带是主要的导矿、控矿、赋矿断裂。矿体主要呈脉状、小透镜体、楔状赋存于玲珑序列九曲单元(J₃η₁LJ)蚀变带内, 蚀变带内主要岩性为黄铁矿化碎裂岩、褐铁矿化碎裂岩、绢英岩化花岗岩、绢英岩化碎裂岩, 蚀变带顶底板围岩为弱片麻状细中粒含石榴二长花岗岩、黑云片麻岩、煌斑岩、正长斑岩等变质岩及脉岩, 近矿围岩受热液影响, 发育的黄铁矿化、硅化、绢云母化与金矿生成关系密切。区内主要载金矿物为黄铁矿, 黄铁矿的颜色、晶形、赋存状态决定其含金性高低, 次要载金矿物为含矿热液活动有关的绢英岩化、硅化、钾化等。本次工作以前人研究为基础, 结合本人对矿区金矿的成矿地质特征、成矿物质来源、矿化富集规律、矿床成因进行了总结和研究, 认为该矿区金矿矿床成因类型属中温热液裂隙充填交代型金矿床, 沿断裂构造破碎带深部探索隐伏矿具有较好的找矿潜力。

关键词

金矿, 断裂, 地质特征, 矿床成因, 山东, 下潘格庄

Geological Characteristics and Genesis of Gold Mineralization in Xiapangezhuang Mining Area, Shandong Province

Keneng Qin, Cong Chen, Shuai Yu

Yunnan Gold Mining Group Co., Ltd., Kunming Yunnan

Received: Sep. 5th, 2022; accepted: Oct. 4th, 2022; published: Oct. 11th, 2022

Abstract

The gold deposit in Xiapangezhuang mining area is controlled by the secondary fault structure of

Muping Rushan fault zone. The fault fracture zone in the area is the main ore guiding, ore controlling and ore hosting fault. The ore body mainly occurs in vein, small lens and wedge shape in the Jiuqu unit of Linglong sequence (J₃ηγLJ) in the alteration zone, the main lithology in the alteration zone is pyritized cataclastic rock, limonitized cataclastic rock, sericitized granite and sericitized cataclastic rock. The surrounding rocks of the top and bottom of the alteration zone are weakly gneissic fine to medium grained garnet bearing monzonite, biotite gneiss, lamprophyre, syenite porphyry and other metamorphic rocks and dykes. The developed pyritization, silicification and sericitization are closely related to the generation of gold deposits due to the influence of thermal fluid in the surrounding rocks near the ore. The main gold bearing mineral in the area is pyrite. The color, crystal form and occurrence state of pyrite determine its gold bearing property. The secondary gold bearing minerals are sericitization, silicification and potassium mineralization related to ore bearing hydrothermal activities. This work is based on the previous research work and combined with my own summary and Research on the ore-forming geological characteristics, ore-forming material sources, mineralization enrichment rules and deposit genesis of the gold deposits in the mining area. It is believed that the genetic type of the gold deposits in the mining area belongs to the mesothermal hydrothermal fissure filling metasomatic gold deposit, and the deep exploration of hidden deposits along the fault structural fracture zone has good prospecting potential.

Keywords

Gold Mine, Fracture, Geological Characteristics, Genesis of the Deposit, Shandong Xiapangezhuang

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

下潘格庄矿区金矿区域大地构造位于秦岭 - 大别 - 苏鲁造山带(I), 胶南 - 威海隆起区(II), 威海隆起(III), 乳山 - 荣成断隆(IV), 昆嵛山 - 乳山凸起(V)的西北部, 朱吴断裂东侧, 中生代玲珑序列与新元古代荣成序列之接触部位[1] [2], 属胶东牟平 - 乳山成矿带。区域内出露地层主要为古元古代荆山群禄格庄组、野头组和陡崖组, 其次为中生代早白垩纪莱阳群林寺山组和新生代第四系(图 1)。区域内岩浆活动频繁, 包体状零星出露古元古代侵入岩, 大面积分布新元古代荣成序列玉林店单元和中生代玲珑序列云山单元、九曲单元、大庄子单元、郭家店单元、笔架山单元及中生代脉岩。区域内构造活动强烈, 以古元古代褶皱构造和中生代断裂构造构成区域的基本构造格局, 以脆性断裂及为发育[3]; 据以往 1:50 万航磁图, 矿床所处位置为航磁平缓的低值区, 反映了中生代玲珑超单元的重磁场特征, 矿床处于大张家乔 Au 元素异常浓集带的西南侧, Au 异常较好[4], 与其对应的岩性为中生代玲珑序列与古元古代荆山群变质岩地层的接触带附近, 区内成矿地质条件良好。早白垩纪, 由于板块俯冲、回撤, 诱发壳幔相互作用, 产生大规模岩浆活动, 引起广泛的流体活动, 同时地壳拉张和岩浆隆升, 形成花岗岩穹窿 - 伸展构造, 伸展构造既为成矿流体运移提供了良好的通道, 又为成矿流体沉淀、矿体存储提供了有利的空间, 陆壳重熔、流体活动、热隆 - 伸展是区域内金矿成矿的有利条件, 随着地壳快速隆升, 温度和压力骤降, 成矿流体发生沸腾和相分离作用而成矿[5]。区域内矿产丰富, 是一个以金为主, 共(伴)生银、铜、铅、锌、铁等多种有用金属元素, 区域内还有钠长石矿、石墨矿等非金属矿[6]。矿区具有较好成矿地质背景, 已

探明中-小型金矿床有韩家乔、双山屯、棉花洲和下雨村等金矿床多处，金矿点十余处。区内金矿主要为黄铁矿化碎裂岩型金矿石，早期成矿形成的自然金呈包体金与黄铁矿、石英共生，晚期成矿形成的自然金呈晶隙金、裂隙金分布于石英、黄铁矿、黄铜矿等矿物的晶隙或裂隙中。

综合地层柱状剖面图

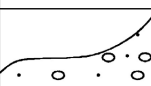

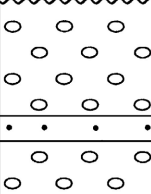
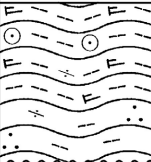
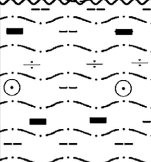

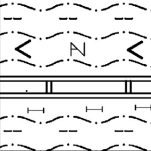
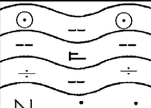
年代地层单位 岩石地层单位						代号	柱状图	厚度 (m)	岩性描述	同位素年龄值 (Ma)
界	系	统	群	组	段					
新生代	第四系	全新统		沂河组		Qh _y		0-1.5	灰白色含砾混砂、砂砾	
				临沂组		Qh _l		> 5	含砾粘土、含砾粘土粉砂	
中生界	白垩系	下白垩统	莱阳群	林寺山组		K ₁ l		45 1037	林寺山组：紫褐、黄褐色巨砾、粗砾厚层复成分砾岩，局部夹薄层状砂岩 局部与止凤庄组为相变关系	
古元古界	滹沱系		荆山群	陡崖组	水桃林片岩段	Ht _d ^s		533.20	石榴黑云片岩、蓝晶硅线黑云片岩、斜长透辉岩、长石石英岩及少量黑云变粒岩	
					徐村石墨岩系段	Ht _d ^x		> 511	石墨黑云变粒岩、黑云变粒岩、石墨黑云片岩、石榴矽线黑云片岩夹大理岩、透辉岩、长石石英岩、浅粒岩	1801
				野头组	野头组	Ht _y ^d		> 234	蛇纹石化大理岩、橄榄大理岩、白云石大理岩、透辉大理岩	
					祥山变粒岩段	Ht _y ^x		306	黑云变粒岩、透辉变粒岩、斜长透辉岩夹大理岩、斜长角闪岩	
				禄格庄组	安吉村片岩段	Ht _l ^a		> 500	厚层硅线黑云片岩、含石榴黑云片岩、黑云片岩夹薄层黑云变粒岩、透闪变粒岩、透闪大理岩、长石石英岩	

Figure 1. Comprehensive stratigraphic histogram of Xiapangezhuang area in Shandong Province
图 1. 山东下潘格庄区域综合地层柱状图

2. 矿区地质特征

2.1. 矿区地层

矿区内地层较为单一，主要为古元古代荆山群变质岩系和新生代第四系(Q_h)。各地层岩性特征如下：

- 1) 新生代第四系临沂组(Q_hl)：主要岩性为残坡积相含砾砂质粘土、粘土质粉砂夹砂砾石层。

2) 古元古界荆山群变质岩系：古元古界荆山群变质岩系，多为规模较小的捕虏体零星分布，主要岩性为黑云斜长片麻岩、黑云片岩夹大理岩。

2.2. 矿区构造

矿区内以脆性断裂发育为主，构造主要为北北东向、北东向断裂，次为北西向断裂，其中北北东向断裂为矿区内主要导矿、控矿构造(图 2)；断裂构造为矿产热液流动提供了有利的运移通道，又为矿产的富集提供了容矿空间[7]。

1) 北北东向断裂：

下乔断裂：主要为 F_1 、 F_2 断裂，出露于矿区西北部，控制矿区 V 号矿化蚀变带。主断裂面光滑平直，沿走向和倾向均呈舒缓波状弯曲，断裂带显示压扭性，断裂面见明显的断层泥。主断裂面两侧构造蚀变岩主要为黄铁矿化、硅化、钠长石化、绢英岩化二长花岗岩及蚀变煌斑岩，是区内的控矿构造之一。

2) 北东向断裂：

下潘格庄断裂：下潘格庄断裂出露于矿区中部及东南部，主要断层为 F_6 、 F_9 、 F_{10} 、 F_{11} 、 F_{12} 断裂，断裂带显示压扭性的特点。断裂面内由灰白、灰绿色断层泥组成，两侧主要为绢英岩化、硅化、绢云母化、褐铁矿化及钾化蚀变，局部见黄铁矿化蚀变。矿区主要矿(化)体分布于下潘格庄断裂带及其次级张性断裂带中。

3) 北西向断裂：

F_4 断裂为区内北西向断裂，一般规模小，多被煌斑岩脉或闪长玢岩充填切割北北东向断裂，但位移不大。

2.3. 矿区岩浆岩活动

矿区内岩浆岩较为频繁，大面积分布中生代玲珑序列九曲单元，另外见有较多的中生代脉岩穿插。

1) 中生代玲珑序列九曲单元($J_3\eta\eta LJ$)：分布于全区，岩性为弱片麻状细中粒含石榴二长花岗岩。

2) 脉岩：矿区内中生代脉岩发育，主要有闪长玢岩、煌斑岩，角闪正长岩、斜长角闪岩、石英脉等。

2.4. 矿区地球物理特征

据 1:20 万水系沉积物金元素地球化学异常图显示：矿区位于大张家金异常浓集带的西南侧，Au 背景值较高。在 1:50 万航磁图上，本区范围处于磁场的负值区，与其对应的岩性为中生代玲珑序列与古元古代荆山群变质岩地层的接触带近区域成矿地质条件良好[2]。

3. 矿体地质特征

3.1. 矿化带划分及特征

根据矿体赋矿层位、含矿岩性、围岩蚀变与控矿断层的关系划定 5 条矿化带，分别为 I、II、III、IV、V 号矿化带。

1) I 号矿化带：位于矿区中部，受下潘格庄 F_6 断裂控制，蚀变带宽 0.5~2.0 m，蚀变带内岩性主要为黄铁矿化碎裂岩。I-1~I-6 金矿体即赋存于此矿化蚀变带内，金品位为 $0.05\sim 9.80 \times 10^{-6}$ 。

2) II、III 号矿化带：分布于 I 号矿化蚀变带东南部，受下潘格庄断裂次级断裂控制，蚀变带宽 1.0~2.0 m。蚀变带内岩性主要为黄铁矿化碎裂岩。II-1、II-2 金矿体赋存于 II 号矿化带内，金品位为 $0.05\sim 1.70 \times 10^{-6}$ 。III-1、III-2、III-3、III-4 金矿体赋存于 III 号矿化带内，金品位为 $0.05\sim 11.62 \times 10^{-6}$ 。

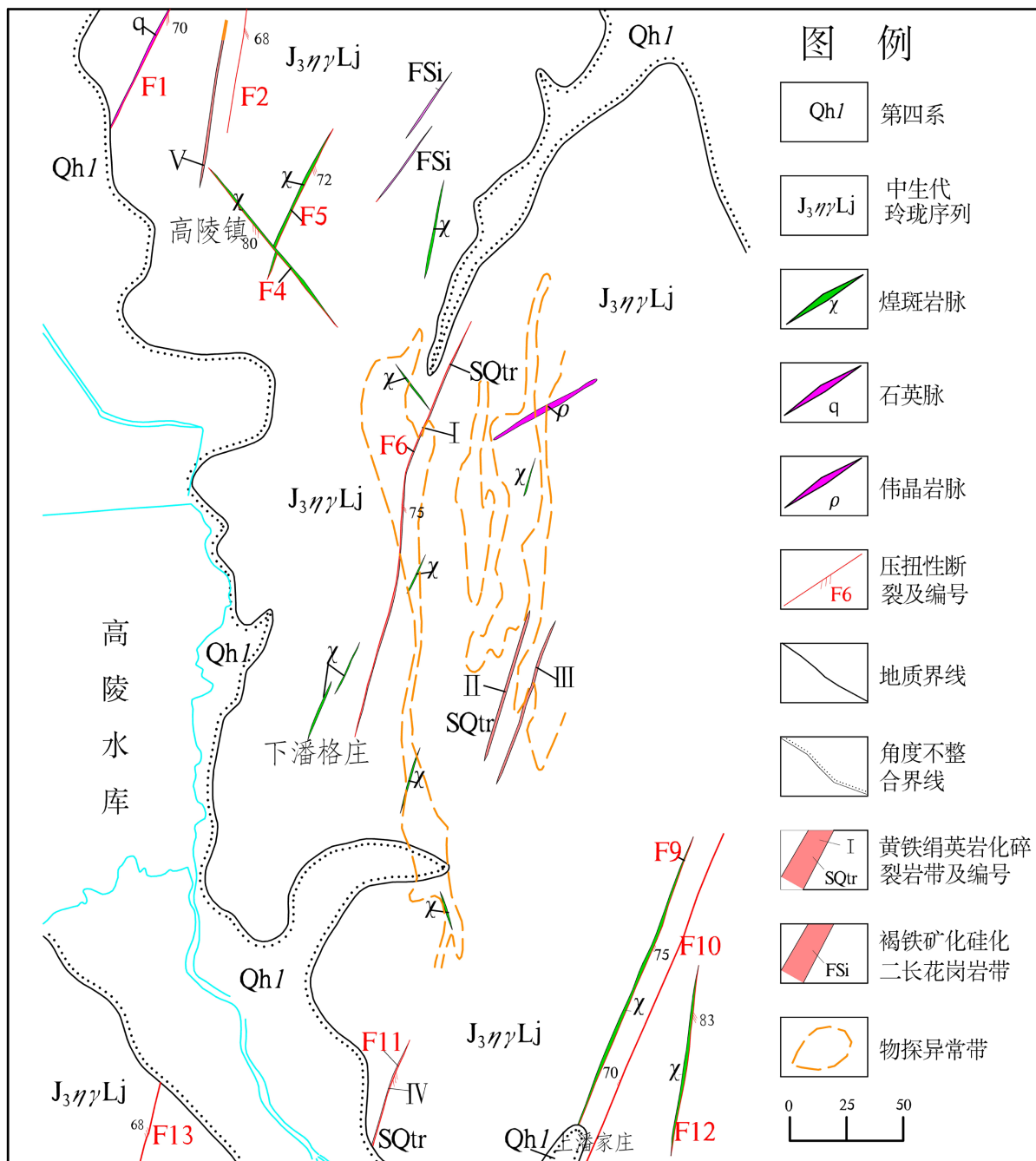


Figure 2. Geological sketch of gold deposit in Xiapangezhuang mining area, Shandong Province

图 2. 山东下潘格庄矿区金矿地质简图

3) IV 号矿化带: 分布于下潘格庄村南, 受下潘格庄 F₁₁ 断裂控制, 蚀变带宽 1.5~6.0 m; 蚀变带内岩性主要为绢英岩化碎裂岩、褐(黄)铁矿化碎裂岩。IV-1、IV-2 金矿体即赋存于此矿化蚀变带中, Au 品位为 0.05~11.30 × 10⁻⁶。

4) V 号矿化带: 位于高陵村北, 受下夤 F₁、F₂ 断裂控制, 蚀变带宽 2~27 m; 蚀变带内岩性主要由褐(黄)铁矿化碎裂岩、绢英岩化花岗岩组成。V-1~V-8 金矿体即赋存于此矿化蚀变带中, Au 品位为 0.05~8.00 × 10⁻⁶。

3.2. 矿体特征

在矿化带划分的基础上, 根据矿体的赋存空间、含矿地层(岩性)、含矿岩石与围岩蚀变等地质特征圈定各矿体。V-1 为矿区主要矿体, IV-1 为次要矿体, 其它为零星小矿体。主要矿体特征如下:

1) V-1 矿体: 矿体呈脉状赋存于 V 号矿化带中(图 3), 赋存标高为+83 m~-1008 m。矿体单工程厚度为 0.60~6.30 m, 平均为 1.73 m, 厚度变化系数为 81%, 属矿体厚度较稳定型。单样品金品位为 0.05×10^{-6} ~ 28.60×10^{-6} , 平均品位为 6.06×10^{-6} , 品位变化系数为 92%, 属有用组分分布均匀[2]。

下潘格庄矿区金矿 388 勘探线剖面图

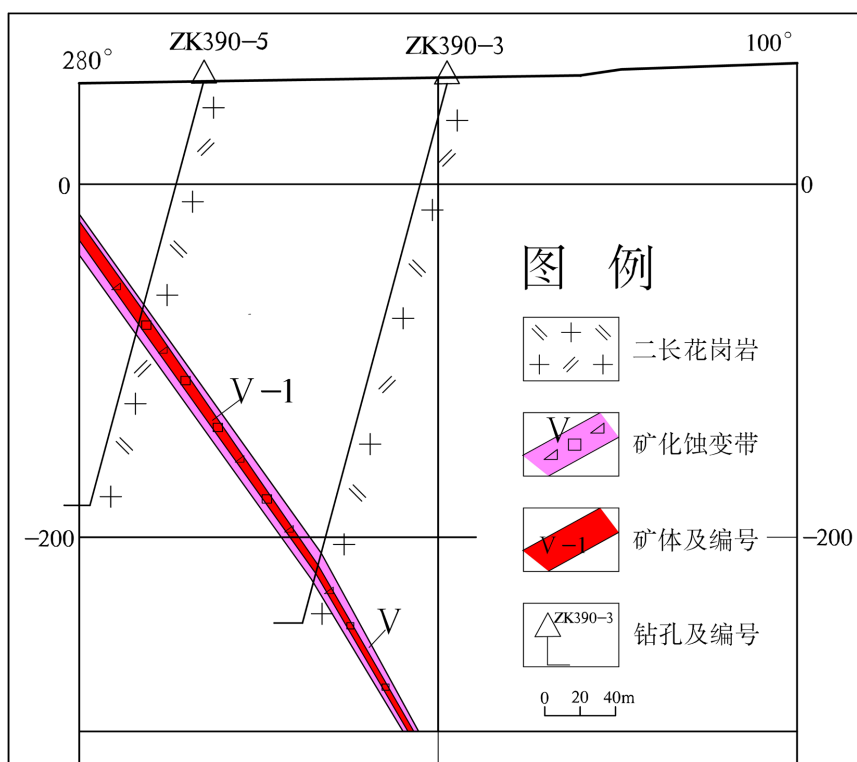


Figure 3. Profile of gold mine 388 exploration line in Xiapangezhuang mining area
图 3. 下潘格庄矿区金矿 388 勘探线剖面图

2) IV-1 矿体: 矿体呈脉状赋存于 IV 号矿化带中, 赋存标高为+77 m~-195 m。单工程矿体厚度为 0.66 m~2.12 m, 平均为 1.02 m, 厚度变化系数为 38%, 属矿体厚度稳定型。单样品金品位为平均品位为 1.04 ~ 300.75×10^{-6} , 平均品位为 11.79×10^{-6} , 品位变化系数为 295%, 属有用组分分布均匀[2]。

3.3. 矿石质量

1) 矿物组成: 矿物成分主要有金属氧化物类、硫化物类、硅酸盐类及碳酸盐类矿物等, 主要金属硫化物矿物组成为黄铁矿、少量磁黄铁矿、黄铜矿、微量方铅矿、闪锌矿等, 金属氧化物主要为少量磁铁矿、褐铁矿等。贵金属矿物主要为自然金、少量金银矿。脉石矿物有石英、绢云母、方解石、绿泥石、高岭土等。

2) 矿石结构构造: 镜下观察, 矿石结构以晶粒状结构(图 4) [2]、压碎结构(图 5) [2]为主, 次为填隙结构、乳滴状结构、包含结构、镶嵌结构、交代残余结构。矿石构造主要为块状、脉状、浸染状构造,

次为角砾状构造。

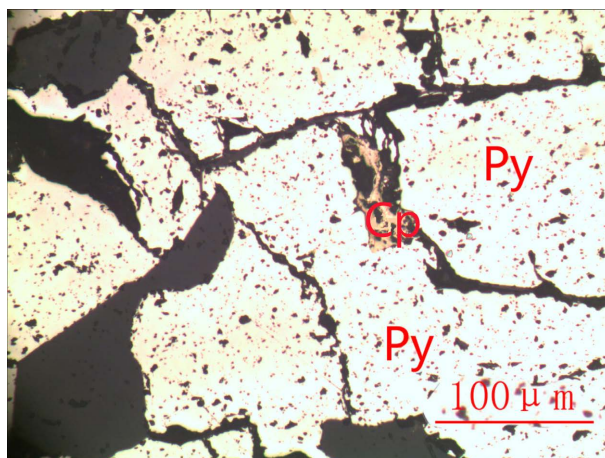


Figure 4. Crystalline structure, pyrite (Py) shows an euhedral-semi-euhedral crystal enveloping other crystalline chalcopyrite (Cp)

图 4. 晶粒状结构, 黄铁矿(Py)呈自形 - 半自形晶体包裹它形晶黄铜矿(Cp)

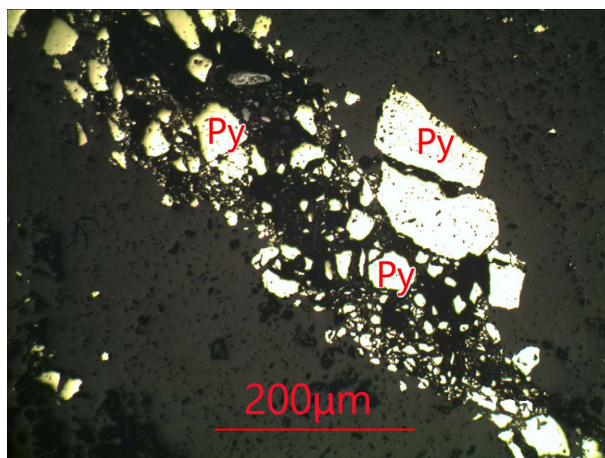


Figure 5. Crushed structure, pyrite (Py) shows crushed structure

图 5. 压碎结构, 黄铁矿(Py)呈压碎结构

3.4. 矿化蚀变

硅化、绢英岩化蚀变的破碎带是赋存金的主要地段, 蚀变破碎带中有黄铁矿、方铅矿、黄铜矿、闪锌矿等多金属硫化物出现时, 往往形成金矿体。

3.5. 主要矿物特征

1) 主要矿石矿物特征

黄铁矿: 为矿石中含量高、分布普遍的金属硫化物。黄铁矿在矿石中主要为两种类型。第一种类型为早期成矿阶段晶出的黄铁矿, 其特点是颗粒粗大, 磨光度差, 主要呈稠密浸染状产出, 少量呈块状产出, 该类黄铁矿中及裂隙中常见有细粒黄铜矿、磁黄铁矿及金属矿物分布。该类黄铁矿自形程度较高, 多以半自形晶产出、少量呈自形的五角十二面体产出。第二种类型黄铁矿为成矿中、晚期晶出的黄铁矿,

其特点是粒度较细、磨光度好，自形程度较差，主要嵌布在脉石矿物裂隙或粒间中，该类黄铁矿与早期黄铁矿粒间常有金矿物分布。说明黄铁矿与金矿物的关系密切，为金矿物主要载体矿物。

黄铜矿：在矿石中嵌布的粒度较细。嵌布在黄铁矿中的黄铜矿多以小于 0.037 mm 为主，黄铜矿呈不规则粒状被包裹于黄铁矿中，而嵌布在脉石粒间的黄铜矿粒度以大于 0.037 mm 为主，黄铜矿常沿黄铁矿间隙呈填隙结构分布，黄铁矿裂隙中见有黄铜矿与方铅矿、金矿物连晶嵌布其中。黄铜矿与黄铁矿关系较密切，两者常构成连晶呈脉状构造嵌布在脉石裂隙中。

磁黄铁矿：磁黄铁矿在矿石中主要呈不规则粒状包裹于黄铁矿中，包裹于黄铁矿中的磁黄铁矿与金矿物的关系比较密切，见有金矿物与此类磁黄铁矿连晶嵌布于黄铁矿裂隙及脉石粒间中。

磁铁矿：多呈完好的菱形十二面体，六面体等轴晶形，晶体多聚集成块状，局部呈致密块状，散粒状与黄铜矿、黄铁矿、透辉石、绿泥石等矿物共生。

2) 主要脉石矿物特征

石英：是组成脉石矿物的主要矿物，矿石中石英多以隐晶质状态、少量呈粒状分布于矿石中，烟灰色隐晶质石英中含有稠密浸染状黄铁矿或块状黄铁矿化是组成矿石的主要含金体，在该类矿石中见有大量金矿物嵌布于黄铁矿中、黄铁矿粒间、脉石中、脉石粒间等。

方解石：呈晶簇状、细脉状分布大理岩、透辉岩中；部分呈镶嵌的粒状胶结了石榴子石，具菱面体解理，其中常见有立方体状的黄铁矿、斑点状黄铜矿浸染。

4. 矿床成因

4.1. 矿床成因模式

通过对矿床矿石矿物成分、矿物共生组合、相互间穿插关系及矿石结构构造细致分析，认为本矿床成矿作用可划分为三个成矿阶段。

1) 含金石英粗晶黄铁矿阶段：矿物组合为石英、黄铁矿、自然金、绢云母等。此阶段石英与黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等矿石矿物共生。黄铁矿结晶程度较高，颗粒一般较粗大，多呈自形团块状、浸染状。自然金多以包体金分布于石英、黄铁矿晶体中。为金的主要成矿阶段之一(图 6) [2]。

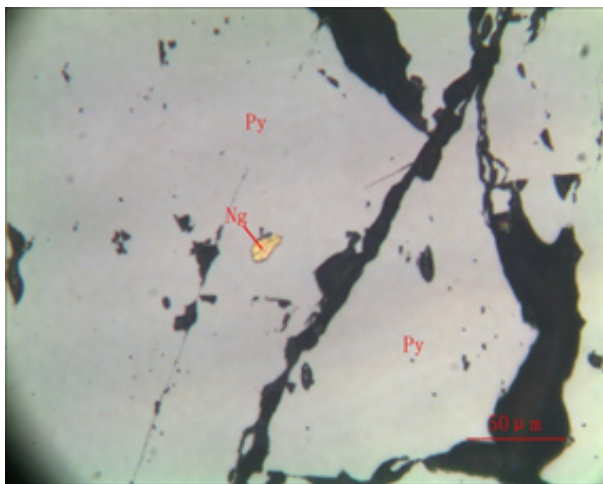


Figure 6. The natural gold (Ng) of the coarse pyrite (Py) inclusions at the first mineralization stage shows wheat-grain shape

图 6. 第 1 成矿阶段的粗粒黄铁矿(Py)包自然金(Ng)呈麦粒状

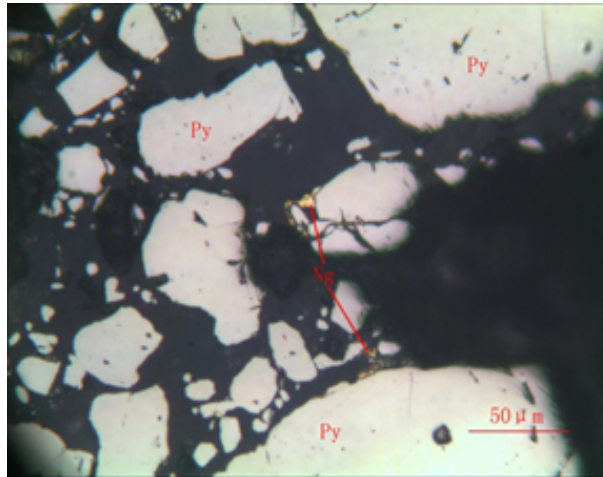


Figure 7. Mineralization stage II: Natural gold (Ng) is filled at the intersection of the obtuse Angle fissure of gangue minerals (dark) and pyrite (Py), and gold grains are branched and sharp-angle grains

图 7. 第 II 成矿阶段：在脉石矿物(暗色)和黄铁矿(Py)的钝角裂隙交汇处自然金(Ng)充填，金粒呈枝杈状、尖角粒状

2) 含金、磁黄铁矿、多金属硫化物阶段：矿物组合为磁黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、石英、绢云母等。是多金属硫化物形成阶段，为金的另一个主要成矿阶段。磁黄铁矿以不规则状交代黄铁矿，黄铜矿尖角状，方铅矿、闪锌矿呈散状交代黄铁矿。自然金多以枝杈状、尖角状分布于黄铁矿晶隙和黄铁矿与石英晶隙中(图 7) [2]。

3) 方解石阶段：矿物组合为方解石、石英等，这个阶段没有金沉淀。方解石呈它形粒状、石英呈自形 - 它形粒状充填，为成矿晚期阶段。

4.2. 矿床成因类型

据前人研究资料显示，下潘格庄金矿附近牟平金矿成矿年龄为 121.78 Ma，下雨村金矿成矿年龄为 124.60 Ma，发云乔金矿成矿年龄为 128.20 Ma，根据此成矿年龄推测下潘格庄金矿成矿年龄在 130 Ma~120 Ma 之间[1]。胶东地区处于特提斯、古亚洲洋和太平洋三大构造域的结合部位，这一时期经历着由挤压向伸展过度的构造体制转换，岩石圈大规模减薄，大量岩石圈地幔物质以及软流圈物质上涌[8] [9] [10] [11]，为深源物质上升参与成矿提供了有利的条件。下潘格庄金矿的围岩为玲珑序列九曲单元弱片麻状细中粒含石榴二长花岗岩，同位素年龄为 153 Ma，与其成矿年龄相差约 30 Ma。矿区属胶东牟平 - 乳山成矿带内，元古代各期岩体的形成，将金等成矿元素运移集中，区内元古代荆山群变质岩中金的丰度值高，为金矿床的原始矿源层[12]，胶东金矿成矿物质来源主要为深源含矿流体活化、迁移胶东群的金等成矿元素，使其不断富集[13]。含金流体运移过程中与围岩发生水 - 岩反应，导致流体 pH、氧逸度发生改变；运移至构造转折处、产状陡变缓及收缩复合等有利部位，造成流体温度、压力下降，上述物理化学条件的变化导致金沉淀成矿。矿床矿石岩性主要为黄铁矿化碎裂岩，矿床成因类型属中温热液裂隙充填交代型金矿床。

5. 结论

牟平 - 乳山成矿带是构成胶东地区重要成矿区之一[14]，胶东金矿发生于伸展构造背景下，成矿地质条件优越，矿化标志明显，Au 异常较好。金矿形成与基底岩系活化改造及脆性断裂构造密切相关[15]，

区内矿床的形成与地表浅部具有破裂特征的构造空间有关, 金矿体在空间上受北北东向、北东向断裂构造控制, 下乔断裂、下潘格庄断裂是整个矿区的最主要的导矿、控矿、赋矿构造, 金矿体大多赋存于断裂构造蚀变带中; 在构造断裂的应力作用下, 深部的残余岩浆和流体迅速向压力减小的部位迁移, 含矿热液沿断裂构造裂隙带以充填渗透交代方式对构造岩石和周围岩石产生蚀变作用, 形成蚀变较强的黄铁矿化、硅化、绢云母化等, 随着温度压力环境的变化致使成矿物质快速脱离流体, 最终在合适的裂隙空间沉淀富集形成金矿体, 形成了该矿床的中温热液裂隙充填交代型金矿。

参考文献

- [1] 乳山市金硕矿业有限公司. 山东省烟台市牟平区下潘格庄矿区金矿详查报告[R]. 威海: 乳山市金硕矿业有限公司, 2017.
- [2] 乳山市金硕矿业有限公司. 山东省烟台市牟平区下潘格庄矿区金矿资源储量核实(分割)报告[R]. 威海: 乳山市金硕矿业有限公司, 2018.
- [3] 程蓉蓉, 万鹏, 张晓峰, 岳跃破, 李金鹏, 于剑锋, 等. 胶东牟平-乳山金矿带金成矿预测[J]. 西部探矿工程, 2016(2): 169-173.
- [4] 张德全, 徐洪林, 孙桂英. 山东牟平邓格庄金矿的地球化学特征及成因[J]. 矿床地质, 1997(3): 13-22.
- [5] 金刚, 赵宪东, 王宁, 包涵, 徐建, 王志浩, 等. 山东省双山屯金矿床深部矿体地质特征及找矿前景[J]. 地质找矿论丛, 2016, 31(3): 369-374.
- [6] 杨喜安, 赵国春, 宋玉波, 田飞, 董汉文, 高建伟. 胶东牟平乳山成矿带拆离断层控矿特征及找矿方向[J]. 大地构造与成矿学, 2011, 35(3): 339-347.
- [7] 喻建荣. 新龙县松庆玛一带成矿地质背景及找矿方向研究[J]. 四川地质学报, 2012, 32(1): 45-48.
- [8] 薛建玲, 李胜荣, 孙文燕, 张运强, 张旭. 胶东邓格庄金矿黄铁矿成因矿物学特征及其找矿意义[J]. 中国科学, 2013, 43(11): 1857-1873.
- [9] 胡芳芳, 范宏瑞, 杨奎锋, 沈昆, 翟明国, 金成伟. 胶东牟平邓格庄金矿床流体包裹体研究[J]. 岩石学报, 2007, 23(9): 2155-2164.
- [10] 吕古贤, 等. 胶东玲珑庄金矿田地质[M]. 北京: 科学出版社, 2013.
- [11] 鄢云飞, 谭俊, 李闫华, 阮诗昆. 中国浅成低温热液型金矿床地质特征及研究现状[J]. 资源环境与工程, 2007, 21(1): 7-11+46.
- [12] 万鹏, 等. 胶东邓格庄金矿床深部成矿特征及找矿方法组合[J]. 黄金科学技术, 2017, 25(3): 46-53.
- [13] 李旭芬, 刘建朝, 张学仁, 于虎. 牟平-乳山金矿带构造特征及成矿预测[J]. 黄金科学技术, 2013, 21(3): 10-15.
- [14] 宋春明, 崔书学, 周明岭, 姜洪利, 袁文花, 魏绪峰, 等. 山东省焦家矿区深部超大型金矿床及其对“焦家式”金矿的启示[J]. 地质学报, 2010, 84(9): 1349-1358.
- [15] 戚静洁, 柳志进, 李钰欣, 王建田, 王春来. 胶东金山金矿床地质特征及构造控矿模式浅析[J]. 山东国土资源, 2018, 34(4): 19-24.