

山东省双山屯金矿床深部矿体 地质特征及找矿前景

金 刚^{1,2}, 赵宪东², 王 宁², 包 涵², 徐 建²,
王志浩², 曲凡波³, 黄吉友²

(1. 中国地质大学地球科学与资源学院, 北京 100083;

2. 中国冶金地质总局山东正元地质勘查院, 山东 烟台 264002;

3. 烟台市百恒金矿有限公司, 山东 烟台 264107)

摘要: 山东省烟台市双山屯金矿产于牟平—朱吴断裂的构造破碎带中,与区域金矿的特征相似,金矿体严格受断裂的控制。深部的金矿体主要有Ⅱ-7号和M7号矿体,金矿体在空间上呈舒缓波状,并向E侧伏;断裂控制了围岩蚀变的范围、形态和分带,也控制着矿体的产状、形态,使蚀变和金矿化具有时空的一致性。勘查结果表明,深部的金矿体在产状、矿石类型等方面出现了明显变化,在-900 m标高以下并未封闭,仍有向深部延伸的可能,因此要注意已知矿体边部和深部的找矿;控矿断裂在晚中生代经历了多次性质的活动,但金的成矿只是在断裂活动的特定时段发生,即早白垩世晚期(130~110 Ma)的张扭活动,该期断裂活动提供了成矿所需的运移通道和储矿空间。

关键词: 双山屯金矿;断裂控矿;蚀变破碎带;深部找矿;山东省

中图分类号: P613;P618.51 **文献标识码:** A

0 引言

山东省烟台市双山屯金矿位于烟台市牟平区高陵镇双山屯。金矿受牟平—朱吴断裂的控制,是该断裂中的一个中型金矿床,矿山开采多年,浅部矿体已经采空。近几年对矿床-500 m以下的金矿体进行深部工程控制,目的是探寻深部矿体沿倾斜方向的延伸情况。通过详查工作,在-600~-900 m发现了新的金矿体,证实了该矿床的深部存在第二富集带的预测^①。双山屯金矿的矿体严格受断裂构造的控制,本文将对断裂的控矿地质特征进行探讨,为下一步找矿提供科学依据。

1 成矿地质背景

双山屯金矿床位于胶东半岛东部的牟乳金成矿带的北部。区域的变质岩系仅有呈零星分布的古元古界荆山群禄格庄岩组的残留块体,岩性主要为角闪岩和斜长角闪岩。区内出露的岩浆岩主要为中生代原地半原地交代成因二长花岗岩^[1]。区域构造以牟平—即墨断裂带规模最为宏大,断裂带走向为NNE向,由一系列NE-NNE向大型断裂组成,其中主要断裂有6~7条。矿区所在区域为该断裂带的北段,可见4条主要断裂,自西向东分别为桃村断裂、郭城断裂、牟平—朱吴断裂和海阳断裂(育黎断裂)^[2]。

牟平—即墨断裂带由一系列压扭性结构面组成,具挤压片理带、劈理带、糜棱岩带和与断裂面平行分布的构造透镜体,水平擦痕、断层泥多处可见。

收稿日期: 2015-12-11; 改回日期: 2016-07-20; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 金刚(1984—),男,工程师,硕士研究生,构造地质学专业,从事固体矿产勘查及科研工作。通信地址:山东省烟台市高新区航天路正元大厦13层;邮政编码:264003;E-mail:jingang95331@163.com

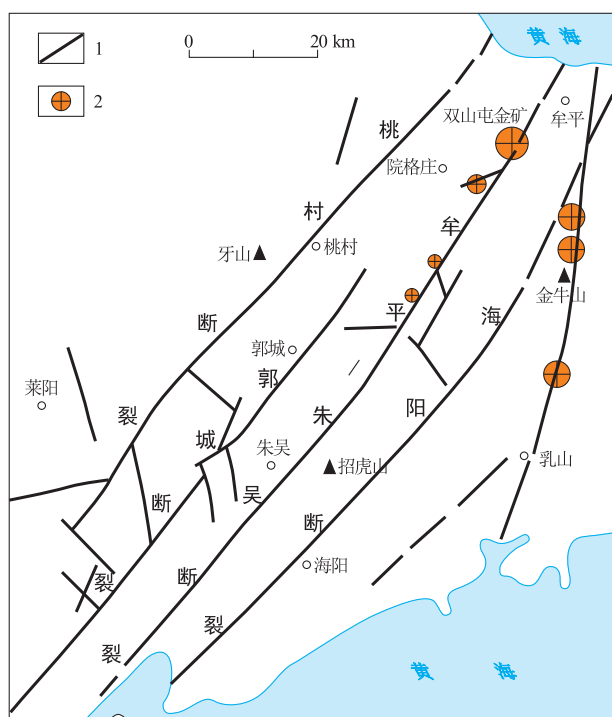


图 1 牟平—即墨断裂带主要断裂分布略图

Fig. 1 Map showing distribution of major faults in Muping-Jimo fault belt

1. 断裂带; 2. 金矿床

同期的 NW 向张裂面发育, 与主结构面近乎垂直^[2]。牟平—即墨断裂带对区域地质构造有着显著的影响, 它将胶东半岛分成东、西两个不同的构造区, 对区域地层、区域构造、中生代沉积建造、岩浆活动及区域金矿的分布都有明显的控制作用。

牟乳金成矿带中的近百个金矿床(点)受到各级断裂构造的控制, 双山屯金矿即产于牟平—朱吴断裂中(图 1)。金矿体的产状、形态变化与断裂的变化特点相一致, 矿化范围也都被限制在断裂带内, 断裂控矿是区域金矿的规律性特征。

2 金矿床地质特征

由于双山屯金矿近地表金矿体开采殆尽, 探矿工作主要目标是矿区—500 m 标高以下地段。这一地段的主要矿体有 2 个, 即 II-7 号矿体和 M7 号矿体。

(1) II-7 号矿体。赋存于 II 号蚀变带中, 矿体埋深大, 为 II 号蚀变带中的主矿体。矿体赋存标高为—660~—900 m, 矿体呈脉状, 产状与蚀变带一致, 与其他矿体平行斜列产出(图 2), 走向 65°~

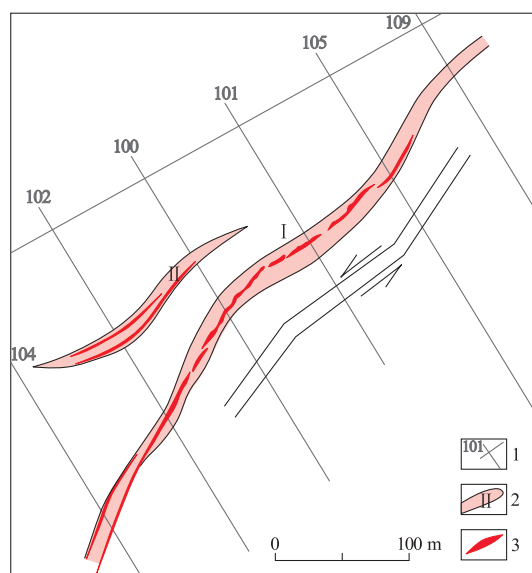


图 2 双山屯金矿区—240 m 中段平面图

Fig. 2 Plan map of level -240m of

Shuangshantun gold deposit

1. 勘探线编号; 2. 蚀变带编号; 3. 矿体

90°, 倾向 SE, 倾角 50°~70°。矿体长约 200 m, 倾斜延深 140 m, 矿体沿走向和倾向均具舒缓波状、向 E 侧伏的特征, 侧伏延深 350 余 m。金矿体在倾角变缓时厚度同时增大, 最大厚度为 4.68 m, 金的品位亦相对增高; 在其倾角变陡的部位, 矿体厚度随之变薄, 金品位也相对降低。II-7 号矿体向北和向深部均未封闭, 仍有延伸(展)趋势(图 3a)。

(2) M7 号矿体。是目前矿区深部最大的盲矿体, 赋存标高—650~—900 m。矿体产状与蚀变带一致, 呈脉状, 走向 70°~90°, 倾向 SE, 倾角 55°~70°。走向长约 250 m, 倾斜延深 150 m, 具向 NE 侧伏的特点, 侧伏延深 350 余 m。矿体的其他特征与 II-7 号矿体基本相同, 向北及深部矿体均未封闭(图 3b)。M7 号矿体是矿区内品位最高的矿体, 矿石类型也是胶东半岛金矿床中最为特殊的类型^①, 黄铁矿含量达 85%, 最高含量 95%, 多见黄铜矿, 局部沿黄铁矿裂隙见有闪锌矿、方铅矿, 石英含量 5% 左右, 矿石中多见细粒、中粒自然金发育。矿体主要为石英黄铁矿脉, 局部见石英多金属硫化物黄铁矿脉。

(3) 深部金矿体的变化。在—500 m 标高以下的第二富集带中, 金矿体和金矿石发生明显的变化: ①深部金矿体的产状与浅表部位金矿体在走向上不一致, 深部矿体走向向 NEE 偏转, 而地表则以 NE 向为主, 这与焦家金矿和河西金矿控矿断裂的“N 字型”构造型式非常相似; ②在深部矿体的石英黄铁矿

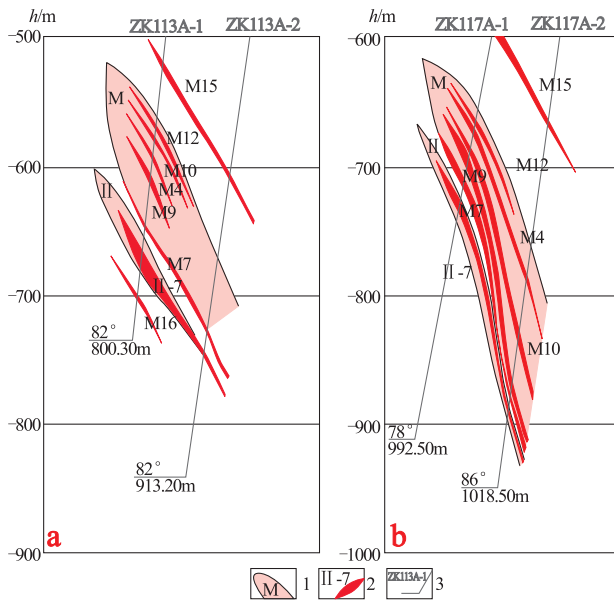


图 3 双山屯矿区勘探线剖面图

Fig. 3 Section of exploration lines in Shuangshantun gold deposit

a. 113A 号勘探线; b. 117A 号勘探线

1. 蚀变带及编号; 2. 矿体及编号; 3. 钻孔及编号

脉中局部可见闪锌矿、方铅矿沿黄铁矿脉裂隙发育,矿体中的夹石多为含金黄铁矿钠长石化二长花岗岩;③矿石类型有明显变化,浅部的金矿石以石英脉型为主,但在-500 m 标高以下发现有含金黄铁矿钠长石化二长花岗岩、石英黄铁矿脉 2 种矿石类型,金矿石则变为由黄铁矿脉-石英黄铁矿脉-含金钠长石构成的一种混合型矿石;④金矿体在-900 m 标高向北和向深部均没有封闭,依然有继续延伸的可能。

3 断裂对围岩蚀变的控制作用

胶东地区金矿床的围岩蚀变普遍受断裂的控制,双山屯金矿亦如此。矿区内的蚀变与断裂关系密切,具有多阶段性和分带性特征。

3.1 围岩蚀变类型

双山屯金矿的围岩蚀变主要产于破碎带中,蚀变类型有硅化、绢云母化、黄铁矿化、钾化、钠长石化、碳酸盐化,蚀变分带特征较明显^①。

(1)钾化。即钾长石化,主要由钾长石交代斜长石而成。

(2)钠长石化。钠长石交代岩石中的斜长石,使其号码降低。

(3)硅化。有 2 种形式,早阶段表现为蠕虫状石

英,晚阶段则为脉型石英。

(4)绢云母化。早阶段绢云母化较弱,与钾化同阶段形成;晚阶段绢云母化强烈,为硅化同阶段的产物。

(5)黄铁矿化。亦存在多阶段的特点,是矿区主要的载体矿物,黄铁矿中的金主要呈包裹金和裂隙金。

(6)碳酸盐化。产生于金矿化的晚期。分为 2 个阶段,早阶段多与金属硫化物和银金矿伴生,碳酸盐矿物由极细粒的方解石组成,呈云块状集合体;晚阶段为碳酸盐细脉,与矿化无关。

另外,矿区还有赤铁矿化蚀变,主要分布于地表,呈面状。赤铁矿化是花岗岩中的氧化亚铁经氧化作用而成,是成矿后的氧化期产物。

3.2 构造蚀变带的分布特征

3.2.1 构造蚀变带的空间分带

从含矿断裂的中心向两侧,围岩蚀变的类型、强度及矿物组合呈现对称分带的特点。自中心向外依次出现石英黄铁矿化带→黄铁矿石英脉带→黄铁钠长石化二长花岗岩带→钾化花岗岩带→二长花岗岩(图 4)。各蚀变带之间没有明显的界线,均呈渐变过渡关系。

3.2.2 构造蚀变带的变化特点

(1)蚀变带的形态、规模、产状变化特点。构造蚀变带呈带状展布,产状与主断面基本一致,走向 NE,倾向 SE,倾角约 70°。蚀变带边界的变化与断裂面变化相互协调,蚀变带的厚度与破碎带呈同步变化,反映出围岩蚀变受断裂的控制。

(2)蚀变矿物组合的特点。各蚀变矿物组合见表 1,从表中可以看出,绢英岩化带→硅化带→钾化钠化复合带,矿物种类增多,蚀变矿物数量减少,残留矿物数量增加。

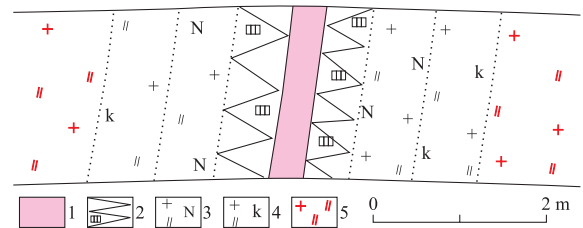


图 4 双山屯矿区-240 m 中段 105 穿脉素描图

Fig. 4 Sketch of ore at level -240 m in

Shuangshantun gold deposit

1. 石英黄铁矿脉; 2. 黄铁矿石英脉; 3. 黄铁钠长石化二长花岗岩; 4. 钾化二长花岗岩; 5. 二长花岗岩

表 1 各蚀变带矿物组合统计

Table 1 Statistics of mineral assemblage in each alteration zone

蚀变分带	绢英岩化带	硅化带	钾化钠化复合带
主要矿物	石英、绢云母	石英、更长石、透长石	石英、透长石、更长石、钠长石
次要矿物	更长石	微斜长石、绢云母	微斜长石、绢云母
少量矿物	方解石、黄铁矿	方解石、黄铁矿	方解石、黄铁矿、赤铁矿
蚀变矿物	占 85%	占 70%	占 45%
残留矿物	占 15%	占 30%	占 55%
蚀变强度	强		→弱

3.3 蚀变与矿化的关系

(1) 金矿化在空间上对蚀变有依附性。金矿化未超出蚀变的范围, 蚀变岩的组构制约着矿化的类型, 蚀变带与矿化带分布相互协调: 黄铁绢英岩蚀变带对应浸染状金矿化带, 强绢英岩化蚀变带对应细脉浸染状金矿化带, 弱绢英岩化蚀变带对应网脉状金矿化带, 硅化带+钾化钠化复合蚀变带对应裂隙团粒状金矿化带。

(2) 蚀变与矿化的关系。双山屯金矿的早期热液具有高温、碱性、Eh 值高的特点, 因此形成强烈的钾化、钠化蚀变, 并发生第一阶段的微弱矿化; 中期热液呈酸性特征, 产生强烈的硅化; 随着温度、pH 值和 Eh 值的逐渐降低, 热液处于弱酸-弱碱性还原状态, 发生强烈的绢英岩化和黄铁矿化, 金大量析出, 为金的主要矿化阶段; 晚期热液为中性-碱性, 出现碳酸盐化, 金继续析出, 但并不强烈。

综上所述, 绢英岩化、硅化和黄铁矿化最有利于金的析出, 是找金的主要围岩蚀变标志。

4 金矿形成于断裂活动的特定时段

研究资料表明, 中国东部在晚中生代构造体制发生重要的转换, 胶东地区由于地幔物质上涌造成岩石圈的减薄、大量花岗岩体的抬升-去根, 形成花岗岩穹隆-拆离构造, 浅表层次的断裂活动为金矿成矿热液迁移和沉淀提供了良好的通道和空间^[3-5]。

自晚侏罗世到晚白垩世, 牟平—即墨断裂带经历了压扭→引张→压扭→引张的活动历程^[2]。第一次压扭表现为左行走滑, 发生于晚侏罗世末—早白垩世初 (150~130 Ma), 这时玲珑、昆嵛山、鹊山岩体 (160~150 Ma) 和郭家岭、滦家河岩体 (140~130 Ma) 均已侵入成岩。在长时期强烈的压扭性活动之后, 巨大的压应力得以释放, 地壳处于以引张为主导的松弛状态, 从而为深部残余岩浆的上侵和大量的

热液向上部运移提供了条件, 同时也为成矿提供了储矿空间。区域成矿时代研究结果表明, 金矿在深部物质的参与下出现大规模的成矿 (130~110 Ma)^[6-8]。

尽管断裂构造经历了长期的、性质不同的演化过程, 但受断裂控制的成矿作用却只发生在断裂活动的特定阶段, 与断裂的历史相比, 成矿只是很短促的一段时间。双山屯金矿所赋存的牟平—朱吴断裂在晚侏罗世至白垩纪经历了多次性质不同的活动, 但金的成矿却主要发生于早白垩世晚期 (130~110 Ma), 这时的断裂呈右行张 (扭) 的状态。成矿作用的 4 个阶段均发生于断裂的引张时段。只有在断裂的引张状态下, 流体才能进入压力降低的断裂破碎带中, 金属元素才具有沉淀富集的空间条件。断裂早期阶段的左行压扭活动奠定了断裂破碎带的格局, 破碎带的规模和破碎程度决定了矿化的范围和程度, 但主要的蚀变和矿化却发生在较晚的断裂张性活动时段, 这时紧闭的破裂面呈松弛张开状, 深部的残余岩浆和流体迅速向压力减小的部位迁移, 并与围岩发生反应, 温度压力环境的变化致使成矿物质快速脱离流体而沉淀富集, 形成金的矿化。从表 2 可以看出, 在矿化的 4 个阶段, 金属矿物的结构构造、矿化元素组合、围岩蚀变的种类与强度都是不一样的, 这反映了断裂应力状态、破碎带物理-化学环境的变化。成矿之后, 随着挤压应力的不断聚集, 破碎带密度逐渐加大, 构造空间减少, 成矿作用随之变弱乃至停止。

赋矿断裂在平面和剖面上均呈舒缓波状延展, 主要工业矿体多赋存于断裂上盘凹兜, 而断裂的波谷一般矿化较差。断裂破碎带呈现宽窄的变化。成矿过程中构造的多次叠加, 易形成局部拉张而有利于矿液的充填。控矿断裂总体上以压扭性为主, 但在矿化部位可见明显的张性特征, 如早期充填的石英脉常呈波状起伏延伸, 这是由于成矿过程中, 断裂构造后期活动是沿着老的结构面发生, 因而造成了明显的构造叠加现象。成矿后的断裂依然沿着旧有结构面呈压扭性活动, 会对已有矿体造成破坏。

表 2 矿石组构类型及含金性

Table 2 Fabric types of ore and their Au-bearing properties

构造类型	结构类型	矿物及其形态特征	形成阶段	含金特征
块状	粒状	半自形黄铁矿集合体	Ⅱ	工业矿石
	碎裂网脉状	黄铁矿碎裂状,被黄铜矿、方铅矿、闪锌矿细脉切割,或被后期石英熔蚀	Ⅱ,Ⅳ	富矿石,分布较广
	致密状	半自形黄铁矿和他形黄铁矿镶嵌	Ⅱ	工业矿石
	胶结状	中粒半自形黄铁矿,粒间充填细粒黄铁矿	Ⅱ,Ⅲ	富矿石,分布局限
	交错状	细粒黄铁矿细脉切割块状和中粗粒黄铁矿	Ⅱ,Ⅲ (Ⅰ+Ⅲ)	富矿石
斑杂状	团块状	半自形粗粒黄铁矿不规则分布于脉状石英中	Ⅰ	非工业矿石或贫矿石
斑点状	粒状	石英脉中有浸染状中粗粒自形黄铁矿	Ⅰ	非工业矿石
角砾状	胶结状	黄铁矿集合体角砾被硫化物或石英熔蚀胶结	Ⅱ,Ⅳ	富矿石
网脉状	细脉状、浸染状	半自形黄铁矿呈细脉浸染充填于蚀变岩裂隙中	Ⅱ	工业矿石

注:Ⅰ为黄铁矿-石英阶段,Ⅱ为黄铁矿阶段,Ⅲ为细粒黄铁矿阶段,Ⅳ为多金属硫化物阶段。

5 找矿方向

双山屯金矿的金矿体严格受牟平—朱吴断裂带的控制,矿体多呈脉状赋存于蚀变带中,产状与蚀变带一致,空间上呈大致平行的复脉。在矿区—600~—900 m 标高,Ⅱ号蚀变带出现厚大的矿体(Ⅱ-7),隐伏蚀变带中发现品位高的金矿体(M7),矿体向深部尚未封闭,沿走向亦有延伸的趋势,并且向 E 侧伏。因此,今后要在矿体边部和深部、尤其是沿矿体侧伏方向找矿,并结合金矿体产状、矿石类型的变化进行探矿。

注释:

① 山东正元地质资源勘查有限责任公司. 山东省烟台市牟平区双山屯矿区深部及外围金矿详查报告. 烟台:中国冶金地质总局山东正元地质勘查院,2012.

参考文献:

[1] 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,1993:1-50.

[2] 张岳桥,李金良,张田,等. 胶东半岛牟平—即墨断裂带晚中生代运动学转换历史[J]. 地质论评,2007,53(3):289-300.

[3] 范宏瑞,胡芳芳,杨进辉,等. 胶东中生代构造体制转折过程中流体演化和金的大规模成矿[J]. 岩石学报,2005,21(5):1317-1328.

[4] 邓军,翟裕生,杨立强,等. 构造演化与成矿系统动力学:以胶东金矿集中区为例[J]. 地学前缘,1999,6(2):315-323.

[5] 杨立强,王光杰,张中杰,等. 胶东金矿集中区岩石圈结构与深部成矿作用[J]. 地球科学:中国地质大学学报,2000,25(4):421-427.

[6] 蔡亚春,范宏瑞,胡芳芳,等. 胶东胡八庄金矿成流体、稳定同位素及成矿时代研究[J]. 岩石学报,2011,27(5):1341-1351.

[7] 杨立强,邓军,葛良胜,等. 胶东金矿成矿时代和矿床成因研究评述[J]. 自然科学进展,2006,16(7):797-802.

[8] 赵泽霖,李俊建,刘利双,等. 胶东金矿床热液来源再分析及成矿动力学过程探讨[J]. 黄金科学技术,2015,23(4):8-17.

Geological characteristics and ore potential of deep ore bodies in Shuangshantun gold deposit, Shandong province

JIN Gang^{1,2}, ZHAO Xiandong², WANG Ning², BAO Han²,
XU Jian², WANG Zhihao², QU Fanbo³, HUANG Jiyou²

(1. School of Earth Science and Resource, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;
2. Zhengyuan Institute of Geology and Exploration of China Metallurgical Geology Bureau,
Yantai 264002, Shandong, China; 3. Yantai Hengjin gold mine Co. Ltd, Yantai 264107, Shandong, China)

Abstract: The gold deposit occurs in the cataclastic zone of Muping-Zhuwu fault with features of the regionally distributed gold deposits. Ore bodies are strictly controlled by fault. Ore body Ⅱ-7 and M7 are the main deep ore bodies. Spatially they look gentle wave and pitches to east. Extent, morphology and zoning of the wall rock alteration and attitude and change of the attitude etc. of ore bodies are generally

controlled by faulting. Mineralization coincides with alteration. Attitude and ore types of ore bodies vary evidently to depth and are not closed bellow -900 m elevation and extend possibly to more depth thus attention should be paid to surroundings and depth of the known ore bodies for further exploration. During Late Palaeozoic Era nature of fault activity changed many times. However, gold ore was formed at special period of the faulting activity namely tenso-shear period when fault provides channel for ore fluid transportation and space for ore precipitation.

Key Words: Shuangshantun gold deposit; fault control on ore; altered cataclastic zone; ore prospecting to depth; Shandong province