

# 胶东邓格庄金矿地质特征与深部预测

薛建玲<sup>1,2</sup> 李胜荣<sup>1</sup> 孙文燕<sup>1</sup> 张运强<sup>1</sup> 张旭<sup>1</sup> 刘春岚<sup>3</sup> 任曙光<sup>3</sup>

(1.地质过程与矿产资源国家重点实验室,中国地质大学(北京)地球科学与资源学院,北京 100083; 2.中国地质调查局发展研究中心,北京 100037; 3.烟台市牟平金矿,山东烟台 264109)

**摘要:**邓格庄金矿床是胶东东部牟平—乳山成矿带内典型的大型石英脉型金矿床,对其研究和开发具有重要的理论意义和经济价值。矿体产于荆山群和昆崙山岩体接触部位及其附近地带,赋矿主岩为昆崙山二长花岗岩,近矿围岩蚀变类型多样,分带明显,成矿阶段具有多期多阶段特征,受与金牛山断裂带呈“入”字型的 NNE 向次级断裂控制。根据“三位一体”找矿模式,提出了与成矿同期的侵入岩和早白垩世岩浆岩二级成矿地质体概念。荆山群变质岩是金成矿的催化剂,胶东群提供了部分金等成矿物质;岩浆活动提供热源和成矿热液;断裂构造提供导矿和容矿空间,在断裂构造转折处,产状急剧变化处和分支复合的部位,以及不同断裂交汇处有利于成矿物质的聚集。结合矿体金品位和厚度等参数填图结果,探讨了矿化富集规律,推测 I<sub>2-2</sub> 矿体 94 线北东向深部-400~-1 100 m 标高可能存在较好的找矿远景。

**关键词:**地质特征;三位一体;找矿标志;邓格庄金矿;胶东

**中图分类号:**P618.51 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2012)01-0183-12

山东邓格庄金矿地处胶东东部著名的牟平—乳山金成矿带,是该成矿带内的第二大石英脉型金矿。自 1987 年投产至今, I<sub>2-2</sub>、II<sub>1</sub> 矿体上部(-300 m 以上)地段已基本采空,目前正积极向深部开拓,但矿体深部变化规律不甚明朗,资源危机问题依然存在。李惠(1991)、桂志利(1992)、张连昌等(2001)和曾庆栋(2001)通过地球化学特征及成因矿物学研究,对-345 以浅矿体预测提供了资料<sup>[1-4]</sup>。但随着勘查深度加大,进一步开展深部矿体预测迫在眉睫。本文通过分析研究矿床地质特征、成矿阶段、围岩蚀变、控矿构造、矿化富集规律,归纳了区内金矿的找矿标志,提出了下一步找矿方向,为深部找矿预测提供了信息。

## 1 区域地质

邓格庄金矿处于中朝准地台胶辽台隆胶北隆起

的东南部,金牛山断裂带北段中部,主断裂带西侧的次级断裂上(图 1)。区内构造发育,以断裂构造为主,按其走向可分为北北东向、北东向、北西向、北北西向。控矿断裂为北北东向的金牛山断裂,金矿体赋存于该断裂带中。区内出露地层简单,仅有古元古代荆山群变质岩零星出露,在区内呈包体状零星分布,是区内金矿的主要原始矿源层。新生代第四系沉积物沿沟谷、河流两侧分布。古元古代荆山群地层主要岩性为黑云变粒岩、斜长透辉岩、透辉大理岩、斜长角闪岩等。区内岩浆岩发育,岩性为中细粒含黑云母二长花岗岩(通称昆崙山二长花岗岩),为容矿围岩,侵位年龄为 155.8 Ma<sup>①</sup>。岩石呈灰白—浅肉红色,中细粒花岗变晶结构,块状构造,局部为片麻状构造。主要矿物成分有斜长石、钾长石、石英和黑云母。中生代燕山期脉岩沿矿脉或穿切矿脉展布,规模较小,主要为煌斑岩、闪长岩、伟晶岩、石英脉等。

收稿日期:2011-07-19;修回日期:2011-09-20

基金项目:全国危机矿山接替资源找矿项目(20089937)、国家自然科学基金重大研究计划重点支持项目(90914002)及高等学校学科创新引智计划资助项目(B07011)。

作者简介:薛建玲,女,1980 年生,博士生,矿物学、岩石学、矿床学专业;E-mail:xuejianling369@126.com。

通讯作者:李胜荣,男,教授,博士生导师,从事成因和找矿矿物学研究与教学工作;E-mail:liser@cugb.edu.cn。

①薛建玲.邓格庄金矿典型矿床总结(内部资料),2010。

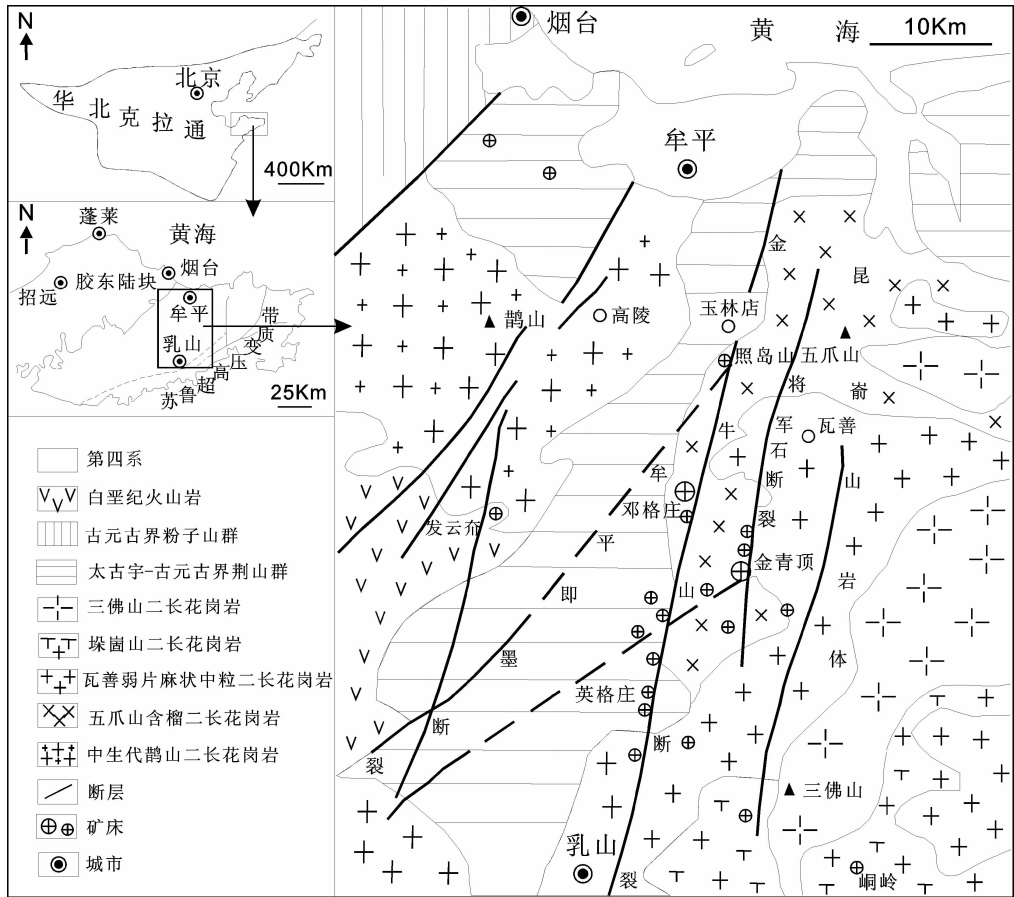


图1 胶东牟乳地区区域地质略图  
(据文献[5-7]资料改绘)

Fig.1 Geological sketch map of the Mouri gold belt in Jiaodong peninsula  
(after Li Shengrong et al.,1996; Zhang Huafeng et al., 2004; Fan Hongrui et al., 2005)

## 2 矿床地质

### 2.1 矿体特征

邓格庄矿床受控于金牛山断裂带，矿体分布于与金牛山主断裂呈“入”字型构造的分枝断裂中，矿脉具有左阶侧列的“多”字形排列<sup>①</sup>，受NNE向压扭性断裂控制。邓格庄深部I<sub>2-2</sub>、II-1矿体规模较大，为主矿体。另外还有VI-1、VII-1、VIII-1等规模较小的矿体(图2~3)。

I<sub>2-2</sub>矿体位于勘查区东侧，主要为隐伏矿体，赋存于I<sub>2</sub>矿化带中，分布在9~110线间，矿体长1612m，走向10~25°，倾向北西，倾角42~79°，平均倾角56°，呈舒缓波状弯曲。矿体真厚度0.14~2.00m，平均真厚度0.58m，金平均品位6.86×10<sup>-6</sup>。

II-1矿体位于勘查区中部，赋存于II号矿化带中，分布在25~70线间，矿体长1236m，走向10°左右，倾向北西，倾角75~85°，平均倾角83°，矿体呈陡倾斜薄板状，分布严格受压扭性断裂控制，形态较为稳定。矿体沿走向及倾向个别地段有分支、膨缩，真厚度0.11~1.68m，平均真厚度0.59m，金平均品位4.33×10<sup>-6</sup>。

### 2.2 矿石特征及金的赋存状态

本区金矿矿石类型主要为富硫石英脉型原生矿石，仅在近地表处或0~15m浅地表发育少量氧化矿石。矿石结构主要为粒状结构(图4-A)和碎裂结构(图4-B)，矿石构造主要为稠密浸染状、块状构造和条带状构造，另外还有少量角砾状构造(图4-C)和晶洞构造(图4-D)。根据光、薄片鉴定结果及

①赵国春. 邓格庄金矿典型矿床总结(内部资料), 2009.

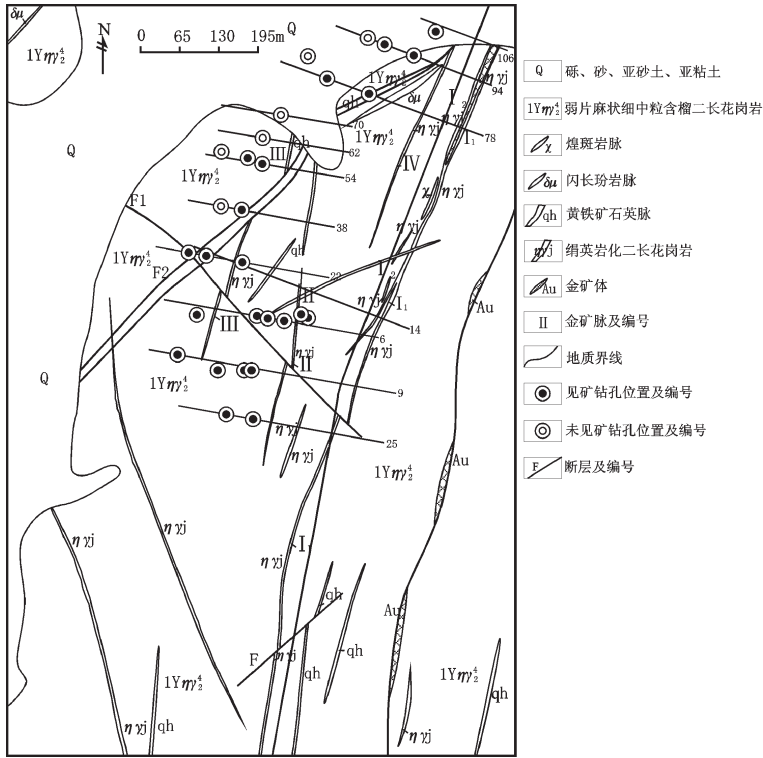


图 2 邓格庄金矿矿区地质图(据参考资料[8]改绘)

Fig.2 Geological map of the Denggezhuang gold deposit (after Liu Yutan et al., 2008)

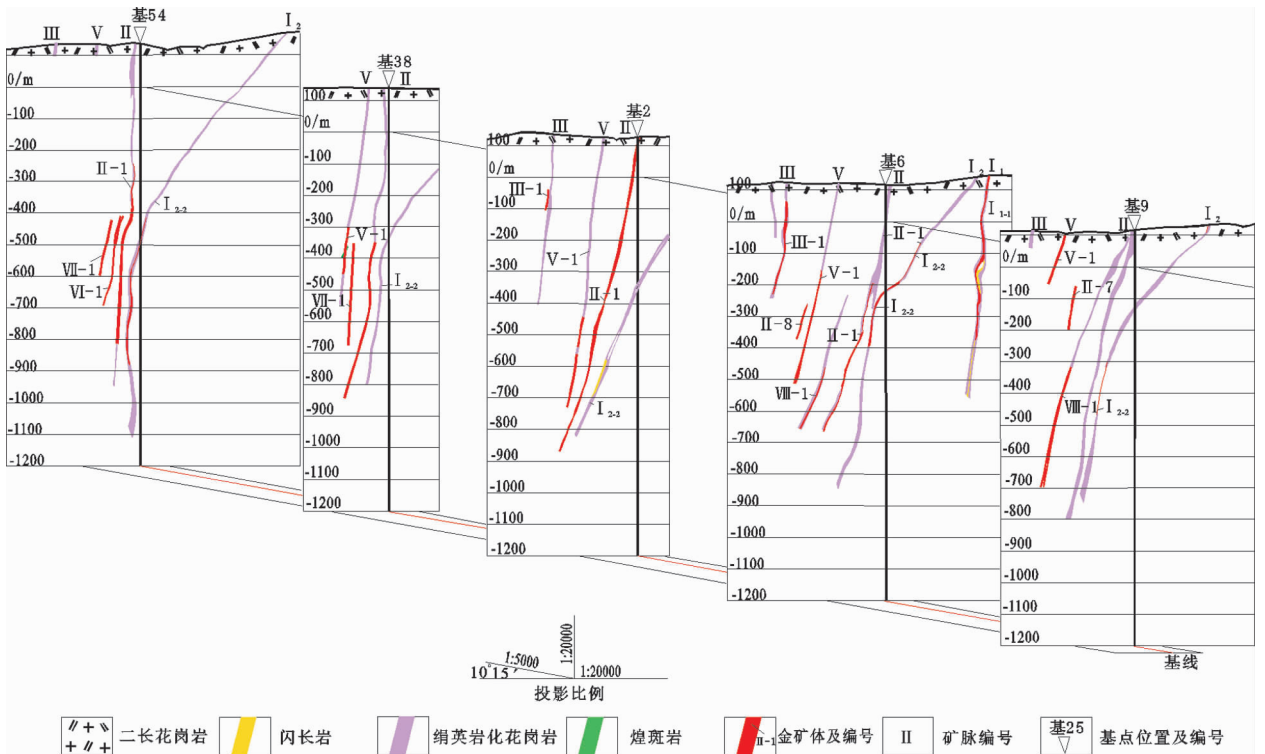


图 3 邓格庄金矿矿区 I<sub>2</sub>、II 号矿脉联合剖面图(据参考资料[8]改绘)

Fig.3 Combined profiles of No. I<sub>2</sub> and II lodes of the Denggezhuang gold deposit (after Liu Yutan et al., 2008)

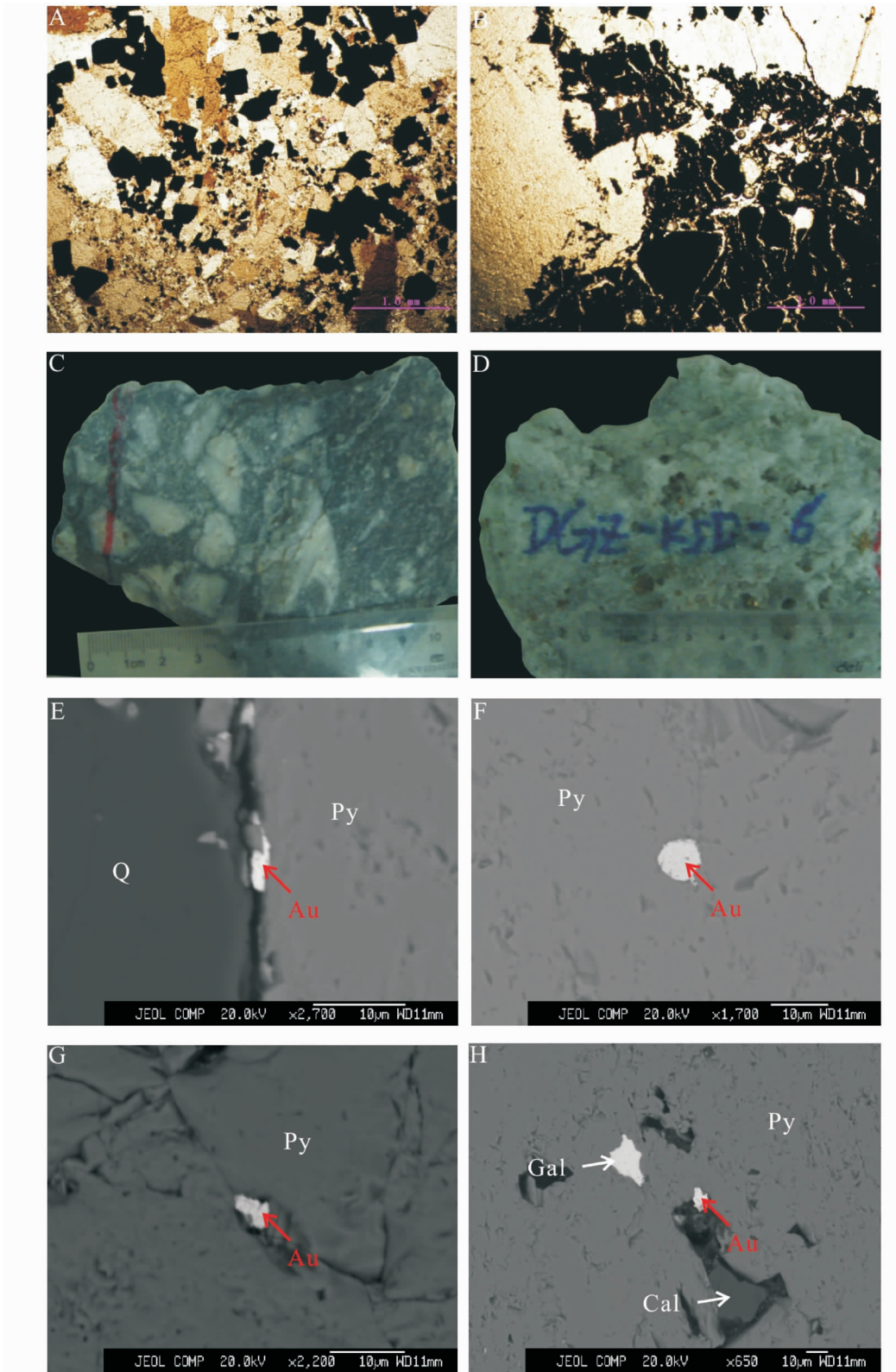


图 4 矿石结构构造与金的赋存状态

A—自形和半自形粒状结构；B—碎裂结构；C—角砾状构造；D—晶洞构造；E—晶隙金；F—包裹金；G—裂隙金；H—粒间金

Fig.4 Texture and structure of ores and modes of occurrence of gold

A- Idiomorphic and hypidiomorphic granular texture; B- Cataclastic texture; C- Brecciated structure; D- Mirolitic structure; E-Crystal interface-gold; F- Inclusion-gold; G-Crack-gold; H- Intergranular gold



野外观察,矿石矿物主要为黄铁矿,少量黄铜矿、磁黄铁矿、磁铁矿、褐铁矿、方铅矿、闪锌矿和金矿物(银金矿、金银矿、自然金);脉石矿物主要为石英,少量方解石、绢云母和斜长石。金矿物赋存状态以晶隙金(59%)、包体金(31%)为主,少量粒间金(8%)和裂隙金(2%)。金矿物形态主要为角粒状(77%),其次为片状(6%)、麦粒状(6%)和枝杈状(3%)。金矿物粒度一般为 0.002~0.040 mm (67.2%), 最小为 0.001~0.002 mm(24.6%), 最大为 0.09~0.164 mm。金的粒度主要为细粒(33.4%)和微细粒(55.7%), 少量中粒(4.9%)和粗粒金(4.9%)(图 4-E~H, 表 1)。

### 2.3 围岩蚀变

邓格庄金矿床围岩蚀变发育, 蚀变类型主要为钾长石化、绢云母化、碳酸岩化、硅化、黄铁矿化, 少量绿泥石化等(图 5)。围岩蚀变分带明显, 自含金石英脉(矿体)向两侧依次为(黄铁)绢英岩化—钾长石(赤铁矿)化—未蚀变二长花岗岩, 不同蚀变带间呈渐变过渡关系。其他类型蚀变岩叠加于其上, 不具明显分带特征, 因此不构成成岩成矿过渡期的独立阶段。各蚀变带的宽窄不等, 随蚀变强弱而定。一般上盘蚀变强, 下盘蚀变弱; 绢英岩化带窄, 钾长石化带宽(图 6)。

钾长石化分布范围大小不等, 但总是在矿体附近出现, 属于强碱性、高温环境<sup>[9]</sup>。该阶段成矿流体与围岩发生强烈的水岩反应, 大量微斜长石交代斜长石, 并包裹斜长石和石英, 钾长石化大规模发育, 空间上分布于矿脉最外带, 此阶段 Au 等成矿物质处于活化状态, 很少沉淀。微斜长石岩呈肉红色, 中

细粒变晶结构、蚕食结构、筛网结构, 云雾状构造、不均匀块状构造。矿物组合为石英、钾长石、斜长石和少量的黑云母、金红石、赤铁矿等(图 5-A)。

绢英岩化带和金矿体在空间上紧密产出, 属于中性、中低温环境<sup>[9]</sup>, 随着成矿流体温度、氧逸度和 pH 值的降低, 大量绢云母和细粒白云母出现, 蚀变作用进一步加强。该带相对较窄, 有利于 Au 的迁移及在还原条件下的成矿富集。矿物组合为绢云母、白云母和呈他形细粒或隐晶质结构的石英等(图 5-B)。

碳酸盐化在碱性环境下较大温度范围内都可能发生, 因此碳酸盐化分布较为广泛, 多呈细脉状, 少数成条带状分布, 充填于近矿蚀变岩裂隙中(图 5-C), 或成矿晚期阶段中(图 5-E)。

硅化可形成于高温至低温的环境中, 分布较为广泛, 但集中发育于蚀变带靠近矿体的部位或矿体中, 与成矿关系密切(图 5-F)。

黄铁矿化一般与硅化、绢云母化紧密伴生, 形成于还原环境, 硫逸度较高的条件下。黄铁矿化的蚀变岩中, 黄铁矿可分早晚两期。早期黄铁矿呈中粒自形—半自形在花岗岩中呈星点状、浸染状分布(图 5-A); 晚期黄铁矿呈中细粒半自形粒状—他形沿裂隙呈细脉状分布, 可能是石英黄铁矿脉体充填阶段的产物(图 4-A、4-B)。

### 2.4 成矿阶段

绢英岩化阶段晚期, 介质由碱性氧化向中酸性还原转化, 发生黄铁绢英岩化作用(图 5-D), Au 转为还原态, 开始沉淀, 标志着成矿期的开端。

表 1 金矿物特征统计  
Table 1 Statistic characteristics of gold minerals

形态	角粒状	片状	麦粒状	枝杈状	其他
粒数/个	47	4	4	2	4
比例/%	77	6	6	3	6
赋存状态	晶隙金	包体金	粒间金	裂隙金	
个数/个	36	19	5	1	
比例/%	59	31	8	2	
粒度/mm	粗粒 (0.295~>0.074)	中粒 (0.074~>0.037)	细粒 (0.037~>0.01)	微细粒 (<0.01)	
粒数/个	3	3	21	34	
比例/%	4.9	4.9	33.4	55.7	

注: 据山东省第三地质矿产勘查院资料统计。

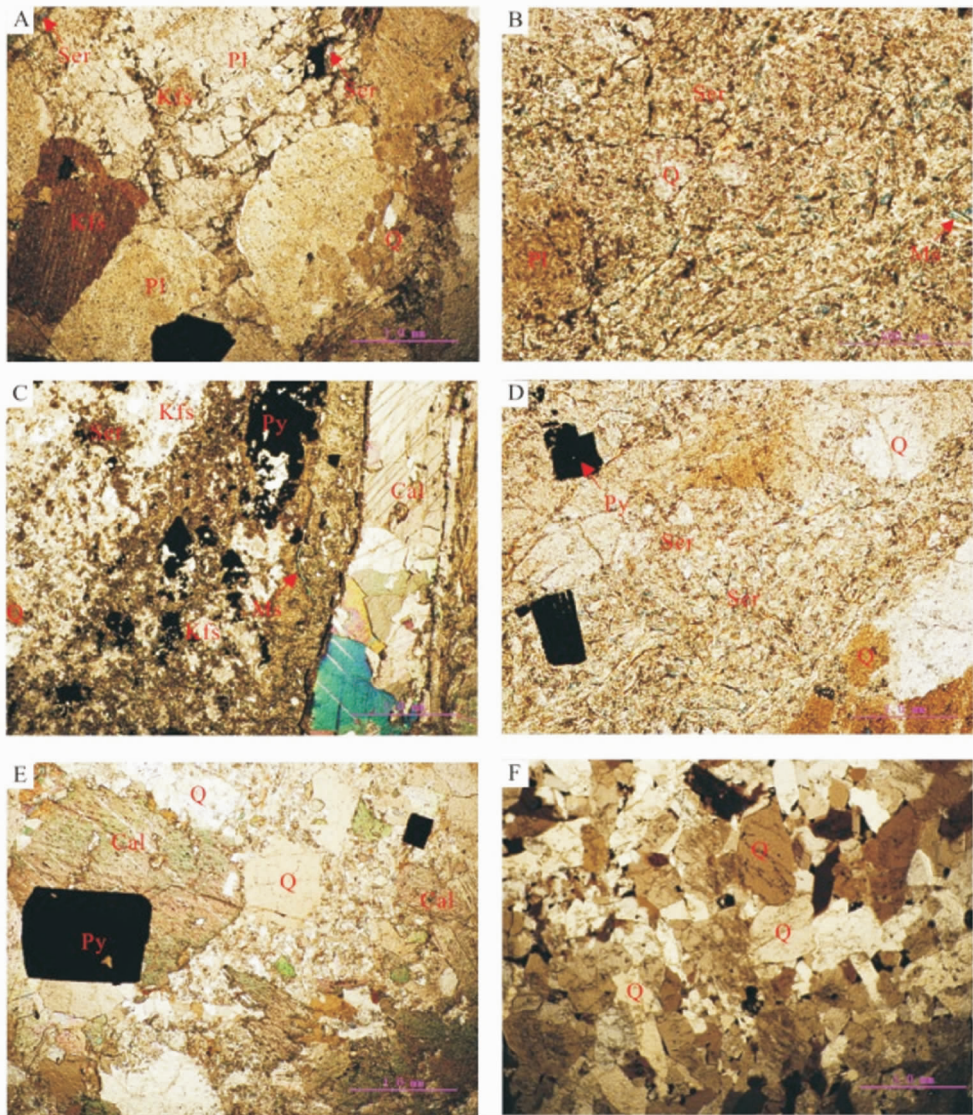


图 5 邓格庄金矿热液蚀变矿化类型和矿物组合

A—钾长石化;B—绢英岩化;C—碳酸盐化脉穿切黄铁绢英岩化;D—黄铁绢英岩化;E—黄铁碳酸盐化;F—硅化;  
 Kfs—钾长石;Pl—斜长石;Q—石英;Ser—绢云母;Ms—白云母;Cal—方解石;Py—黄铁矿

Fig.5 Hydrothermal alteration and mineral association in the Denggezhuang gold deposit

A- K-feldspathization; B- Sericitization; C- Carbonation cutting across beresitization; D- beresitization;  
 E- Pyritization and carbonation; F- Silicification; Kfs-K-feldspar; Pl- Plagioclase; Q-Quartz; Ser- Sericite;  
 Ms- Muscovite; Cal- Calcite; Py-Pyrite

在围岩发生大规模的水岩反应之后，交代作用转变为充填作用，成矿流体开始发生大规模的沉淀。断裂构造继续活动，产生张剪性裂隙，当成矿流体进入张剪性断裂空间时，由于温度、压力等条件的改变，成矿流体迅速发生沸腾，形成不同阶段的流体填充<sup>[10]</sup>。

根据野外观察及镜下显微分析，邓格庄金矿成矿阶段从早到晚可分为V个主要阶段。各阶段黄铁

矿裂隙均较发育，部分呈现环带结构。

I 黄铁绢英岩阶段：该阶段是绢英岩化的继续，蚀变作用较强，出现较丰富的浸染状黄铁矿，开始发生金沉淀作用，标志着成矿期的开始。黄铁矿颗粒较为粗大，石英颗粒细小，自形程度较差。由该阶段形成的独立蚀变岩型矿石多被后期的含金石英脉所包裹，构不成独立矿体。

II 黄铁矿—石英阶段：该阶段是充填成矿的开



始,以后几个成矿阶段都是以充填成矿为特征的。该阶段矿物组合为大量石英和少量黄铁矿。黄铁矿颗粒粗大,自形一半自形粒状结构,形态多为立方体,少量为五角十二面体,晶形较好;石英为乳白色粒状集合体,半自形晶,粒度较大。

III 石英黄铁矿阶段:矿物组合与 II 阶段基本相同,但以黄铁矿为主,石英次之。黄铁矿颗粒细小,晶形不规则,多为他形或不规则块状集合体,部分半自形。近地表处表面常见褐铁矿化。石英多为烟灰色,颗粒细小,自形及半自形晶居多。该阶段含金量高,金矿物以自然金和银金矿产出,为主成矿阶段。该阶段晚期尚可见石英磁黄铁矿脉产出,可构成一个亚阶段,但其发育空间较局限,其意义主要表现在矿物组合的多样性对成矿强度的控制方面。

IV 多金属硫化物阶段:矿物组合为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、磁铁矿、褐铁矿和石英等。黄铁矿呈不规则状或细粒状与其他硫化物构成块状或条带状矿石;石英为浅烟灰色,自形程度差。多金属硫化物与金银矿、银金矿密切共生。该阶段矿石常胶结前几个阶段的角砾或呈细脉状充填于早期的石英黄铁矿矿石裂隙中。该阶段为主成矿阶段,经表生富集后可见形成少量铜蓝。

V 石英碳酸盐阶段:由于邓格庄金矿距离富含碳酸盐岩的荆山群甚近,故几乎各阶段都可出现少量碳酸盐矿物,但本阶段则以大量碳酸盐矿物出现为特征,是成矿进入晚期的标志。其矿物组合主要有铁方解石、铁白云石及菱铁矿和石英,金的含量较低,硫化物矿物仅见少量黄铁矿。石英呈乳白色。碳酸盐细脉穿切其他阶段形成的矿石,具有十分明显的最终形成的产状特征。

### 3 “三位一体”深部找矿方法

所谓的“三位一体”的深部找矿方法即:通过成

矿地质作用研究确定成矿地质体,通过成岩成矿构造及成矿结构面研究判断矿体(床)空间位置,通过成矿流体作用标志研究判断深部隐伏矿体(床)的存在和可能位置<sup>①</sup>。本文通过地层-构造-岩浆岩研究,并结合围岩蚀变等矿化特征,确定了成矿地质体,为深部找矿提供了方向。

#### 3.1 老地层对金成矿的贡献

荆山群是金成矿的催化剂<sup>[11]</sup>。牟平—乳山金成矿带是胶东,乃至中国著名的黄金集中区。区内金矿主要产于荆山群和昆嵛山岩体接触部位及其附近地带(图 2),昆嵛山岩体中可见荆山群变质岩捕虏体,碳酸盐脉发育广泛,某种程度上反映了两者接触部位岩浆热液活动频繁,有利于物质交换。

胶东群提供部分金等成矿物质<sup>[11]</sup>。金矿体与昆嵛山二长花岗岩、胶东群和荆山群变质岩  $\delta^{34}\text{S}$  值(范围+4.9‰~+9.98‰,平均为 8.125‰)和普通铅同位素 ( $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=16.4\sim 18.025$ ,  $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=15.301\sim 15.838$ ,  $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=36.752\sim 38.824$ )十分相近<sup>[10-19]</sup>。硫、铅同位素结果表明,金矿床与赋矿主岩有一定的继承性,硫源部分来自胶东群,经过混合岩化和重熔作用,硫被活化迁移,最终形成均一化结果。赵明川(2006)<sup>[10]</sup>和杨树望(1989)<sup>[20]</sup>通过对牟乳金矿带地层中金丰度的研究,得出随着花岗岩化程度增强,金丰度有降低的趋势这一结论,同时也说明了地层中的部分金能够被活化、迁移,并释放到流体中。因此,金的成矿物质来源在一定程度上与老地层关系密切。

#### 3.2 控矿断裂特征

区内控矿构造为金牛山断裂,走向  $10^\circ\sim 15^\circ$ ,倾向总体以南东为主,局部见有反倾,倾角  $75^\circ\sim 85^\circ$ ,局部近直立,呈左行压扭性。邓格庄金矿赋存于金牛山断裂北段西侧的次级断裂中,具有多期活动的特点,成矿前呈左形压扭,成矿期为右形张扭。矿体严

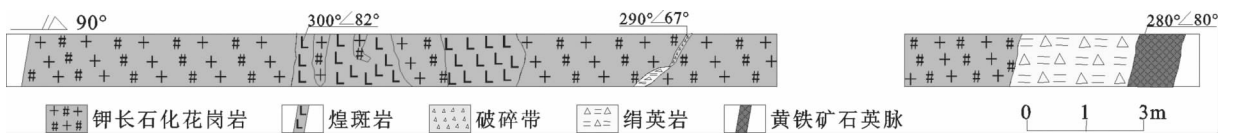


图 6 II<sub>1</sub> 矿体-465m 中段 17 穿北壁岩性分带素描图  
Fig.6 Sketch of hydrothermal alteration assemblage zoning of north face of No 17 transverse drift at -465m level of II<sub>1</sub> ore body

①叶天竺. 深部找矿预测方法研究(讲义),2010.

格受控于“入”字型断裂构造,大多赋存于断裂构造下盘。富矿段在平面上主要分布在主断裂的转折处,在剖面上则分布在由舒缓波状转陡处(图7-a、7-b)。断裂构造具有膨大收缩,分支复合的特点,在收缩复合部位受多期流体叠加扰动,有利于金等成矿物质的聚集(图7-c)。

另外,区内牟平—即墨断裂带规模较大,走向45°~55°,倾向南东,倾角70°~75°,呈左行压扭性。NE向和NNE向断裂构造在区域上呈“棋盘格”式,在两者交汇的部位,成矿条件较好,具有一定的深部找矿远景(图7-d)。

### 3.3 多期多阶段岩浆活动特征

邓格庄金矿区围岩为昆崙山二长花岗岩,虽然同位素等证据表明其与胶东群、荆山群和金矿体具有一定的同源性,但由于其成岩年龄与成矿年龄相差较大,所以并非邓格庄金矿成矿母岩<sup>①</sup>。本区脉岩发育,其中伟晶岩是近矿的标志<sup>[7]</sup>,侵入岩接触带部位往往是成矿热液频繁活动的地带,原始矿源层中的金等成矿元素多次迁移活化,前期形成的金矿化被多次加强,金等成矿元素运移到有利的接触带部位富集成矿,形成品位较高的矿段。区内脉岩主要有中生代闪长玢岩脉、煌斑岩脉等。脉岩与矿体紧密共生,成矿前后裂隙发育,能对金矿成矿热液的运移起到导矿和容矿作用,可作为深源流体通道,同时脉岩中含有一定量的Au等成矿物质,因此有利于大矿

的形成。

### 3.4 成矿地质体

所谓成矿地质体是指成矿地质作用的实物载体,指构造及其岩石组合体<sup>②</sup>。

区内早白垩世花岗岩侵位虽然与成矿同时,侵位深度也基本一致<sup>②[20]</sup>,但在空间上无论从剖面上还是平面上均不匹配,因而不是直接的成矿地质体,但可作为间接或二级成矿地质体。

金矿脉与脉岩均分布在深切断裂中,在空间上松散伴生,而非紧密相随,因而不具有直接派生的亲缘关系,但从时空上看中基性脉岩是相对直接的成矿地质体或一级成矿地质体。

因此,地层、断裂构造和岩浆活动构成了区内金矿“三位一体”的找矿模式,区内金矿主要产于荆山群和昆崙山岩体接触带附近,深部胶东群的金等成矿元素某种程度被活化、迁移,并释放到流体中。侵入岩接触带部位岩浆热液活动频繁,深源流体被带入,具有多期多阶段扰动叠加特征。在构造转折处、产状变陡处和收缩复合部位,以及不同断裂交汇部位,均有利于金等成矿物质的富集。

## 4 矿体金品位和厚度填图及深部找矿方向

### 4.1 矿体金品位和厚度填图

本文以I<sub>2-2</sub>矿体为例,收集了+55 m~-425 m

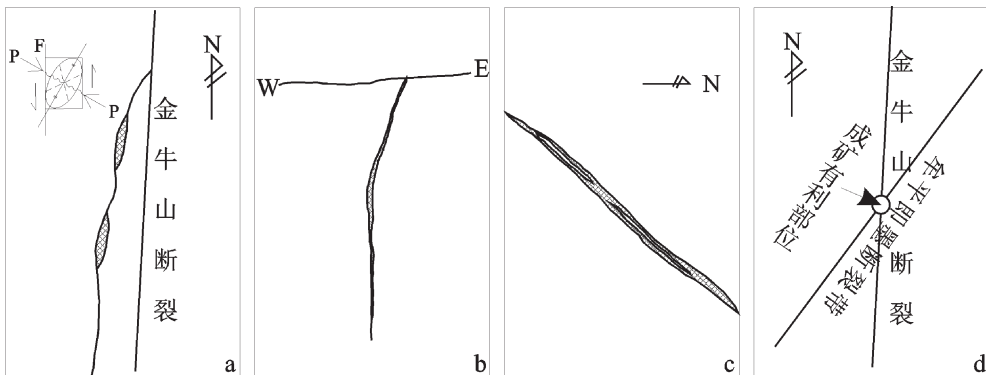


图7 断裂构造控矿示意图  
Fig.7 Sketch map of ore-controlling faults

①Xue Jianling, Li Shengrong, Ye Tianzhu, et al. Characteristics of Fluid Inclusions and Genesis of Denggezhuang Gold Deposit in Yantai City of Jiaodong Peninsula, 2011 (in review).

②叶天竺. 深部找矿预测方法研究(讲义), 2010.



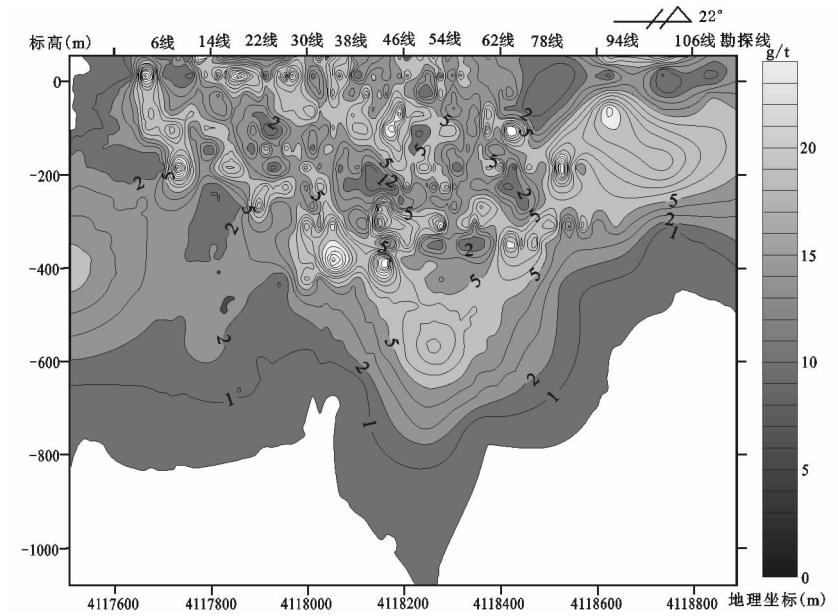


图 8 邓格庄矿区 I<sub>2-2</sub> 矿体金品位等值线垂直纵投影图  
 Fig.8 Vertical longitudinal projection of gold grade of No. I<sub>2-2</sub> ore body in the Denggezhuang gold deposit

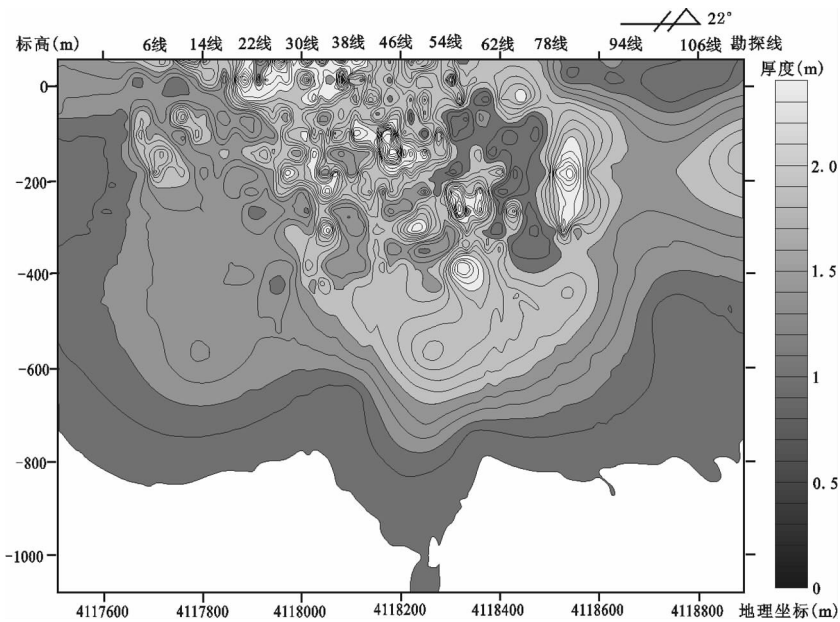


图 9 邓格庄矿区 I<sub>2-2</sub> 矿体厚度等值线垂直纵投影图  
 Fig.9 Vertical longitudinal projection of thickness of No. I<sub>2-2</sub> ore body in the Denggezhuang gold deposit

13 个中段 793 个工程和深部 31 个钻孔的经纬度、金品位和矿体厚度数据,绘制了矿体金品位和厚度等值线垂直纵投影图,基本查明了矿化的空间富集规律,并对下一步找矿方向进行了初步探讨。

(1) 矿体金品位填图

金含量也即金品位的变化最能体现金的运移、赋存及富集规律。从 I<sub>2-2</sub> 矿体金品位等值线垂直纵投影图上可以看出(图 8):

矿体沿走向向北东侧伏,且富矿包也有向北东侧伏的规律,说明成矿物质是自北向南成一定角度向上运移的。I<sub>2-2</sub>矿体三个富矿包近等间距分布:6~14 勘探线附近+55~-265 m 中段之间,22~30 勘探线-225~-425 m 中段之间,46~62 勘探线-425~700 m 标高之间,富矿包具有分支复合、尖灭再现的特点,且由南西到北东逐渐增大,标高逐渐减低,94 线北东方向金品位等值线未封边,结合矿体侧伏方向和侧伏角,推测 94 线北东方向-400~-1100 m 标高找矿潜力较大。这一结果与黄铁矿热电性参数填图结果一致<sup>①</sup>。

(2)矿体厚度填图

矿体厚度常常与断裂产状及规模的突变有关,与金品位也常有一定的相关性。由 I<sub>2-2</sub>矿体厚度等值线垂直投影图(图 9)可以看出,I<sub>2-2</sub>矿体的厚度与金品位具有较好的正相关性,矿体厚度厚大的部分也是金品位高值区,而且同样表现出了沿矿体走向向北东侧伏的规律。I<sub>2-2</sub>矿体从形态上反映了主控矿断裂构造的分支复合特点。

4.2 找矿标志

通过系统总结和研究邓格庄金矿区的成矿规律,并结合已初步掌握的整个牟乳成矿带其他金矿特征,将区内金矿找矿标志总结如下:

(1)围岩蚀变。围岩蚀变类型多样,地表出现褐铁矿、孔雀石、菱铁矿和石英等风化矿物,是发育大矿的标志之一。断裂旁侧发育大面积的强钾长石化,绢英岩带是接近矿体的标识,通常较窄,有利于金的富集。

(2)成矿阶段。多期多阶段成矿,各个阶段互相叠加伴生,矿物组合复杂多样,是形成大矿富矿的标志<sup>[2]</sup>。

(3)老地层提供原始矿源层。区内金矿主要产于荆山群和昆崙山岩体接触部位及其附近地带,金的成矿物质来源在一定程度上与老地层关系密切。

(4)断裂构造控矿。在 NNE 向断裂构造转折处、主断裂产状急剧变陡处和断裂分支复合部位,以及 NNE 和 NE 向断裂交汇部位,常有利于矿化的富集。

(5)岩浆岩。区内广泛发育与矿体同时期的多期次多类型的岩墙状或脉状侵入岩,起到导矿和容矿

的作用,可作为一级成矿地质体。

(6)侧伏规律。根据品位和厚度等值线填图可以看出,I<sub>2-2</sub>和 II-1 号矿体明显向 NE 向侧伏。矿体在倾向上有膨大收缩、尖灭再现的特点,应充分考虑深部存在无矿间隔的可能。

4.3 找矿方向

根据邓格庄金矿成矿地质条件、围岩蚀变类型及其发育程度、成矿阶段和“三位一体”找矿模式及找矿标志,结合金品位和矿体厚度填图结果,可提出下一步找矿方向。

I<sub>2-2</sub>矿体向深部产状由缓变陡,并沿走向向北东方向侧伏。根据矿脉联合剖面图推测,94 线深部-500 m 标高左右可能为控矿断裂转折点,岩心观察围岩蚀变强烈,钾长石化范围较上部宽,且等值线高值区并未圈闭,因此推测 94 线北东向深部-400~-1000 m 标高具有较好的找矿潜力,建议加大探边摸底力度,进行适当深部探矿工程控制。

邓格庄金矿床外围,照岛山矿区地处金牛山主断裂带内,在金牛山断裂和牟平即墨断裂的交汇处,地表露头明显,蚀变作用强烈,深部找矿潜力巨大。近年来,通过危机矿山接替资源找矿项目和矿山自主投资项目的实施,获得显著的找矿成果。因此,在向矿区深部积极开拓的同时,应充分分析和研究矿区外围矿床(点)的找矿标志特征,加强对矿区外围成矿条件有利地段的找矿工作。

**致谢:**野外工作期间,得到了烟台牟平金矿领导和地测科技人员的大力支持和无私帮助;室内分析工作得到了赵国春老师、申俊峰老师、张华锋老师、张秀宝老师和硕士生崔举超的指导和帮助,在此一并表示感谢!

参考文献(References):

[1] 李惠,刘振昌,张文华,等.山东牟平邓格庄金矿的叠加晕模式[J].黄金地质,1999,5(3):58-63.  
Li Hui, Liu Zhenchang, Zhang Wenhua, et al. The model of superimposed halos in Denggezhuang gold deposit, Muping, Shandong [J]. Gold Geology, 1999, 5 (3):58-63 (in Chinese with English abstract).

[2] 桂志利.山东省牟平县金矿成因矿物学与找矿矿物学研究(硕士论文)[D].北京:中国地质大学(北京),1992:52-71.  
Gui Zhili. Study on Genetic and Prospecting Mineralogy of Muping Gold Mine, Shandong Province [D]. Beijing: Chinese University of

①薛建玲,李胜荣,叶天竺,等.胶东邓格庄金矿黄铁矿晶体形态、化学成分和热电性标型特征及其找矿意义,2011(审稿中).

- Geosciences, 1992:96-98 (in Chinese with English abstract).
- [3] 张连昌, 沈远超, 曾庆栋, 等. 胶东邓格庄金矿床矿化富集规律及深部预测[J]. 西安工程学院学报, 2001, 23 (1):1-5.  
Zhang Lianchang, Shen Yuanchao, Zeng Qingdong, et al. Mineralizing accumulation features of rich ores and deep-seated prediction for Denggezhuang gold deposit in Jiaodong[J]. Journal of Xi'an Engineering University, 2001, 23 (1):1-5 (in Chinese with English abstract).
- [4] 曾庆栋, 沈远超, 张连昌, 等. 山东省牟平邓格庄金矿号矿体深部预测[J]. 地质与资源, 2001, 10(2):80-84.  
Zeng Qingdong, Shen Yuanchao, Zhang Lianchang, et al. Deep prognosis for No. II ore body of Denggezhuang gold deposit, Shandong province, China [J]. Geology and Resources, 2001, 10 (2):80-84 (in Chinese with English abstract).
- [5] 李胜荣, 陈光远, 邵伟, 等. 胶东乳山金矿田成因矿物学 [M]. 北京:地质出版社, 1996:1-116.  
Li Shengrong, Chen Guangyuan, Shao Wei, et al. Genetic Mineralogy of Rushan Gold Field, Jiaodong, China [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1996:1-24 (in Chinese with English abstract).
- [6] 张华锋, 翟明国, 何中甫, 等. 胶东昆崙山杂岩中高锶花岗岩地球化学成因及其意义[J]. 岩石学报, 2004, 20(3):369-380.  
Zhang Huafeng, Zhai Mingguo, He Zhongfu, et al. Petrogenesis and implications of the sodium-rich granites from the Kunyushan complex, Eastern Shandong Province [J]. Acta Petrologica Sinica, 2004, 20(3):369-380(in Chinese with English abstract).
- [7] 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大规模成矿[J]. 岩石学报, 2005(5), 21:1317-1328.  
Fan Hongrui, Hu Fangfang, Yang Jinghui, et al. Fluid evolution and large-scale gold metallogeny during Mesozoic tectonic transition in the eastern Shandong Province[J]. Acta Petrologica Sinica, 2005, 21 (5):1317-1328(in Chinese with English abstract).
- [8] 刘玉潭, 万鹏, 于东斌, 等. 山东省烟台市牟平区邓格庄金矿接替资源勘查报告[R]. 烟台:山东省第三地质矿产勘查院. 2008:10-61.  
Liu Yutan, Wan Peng, Yu Dongbin et al. Exploration Report of Succession Mineral Resources in the Denggezhuang Gold Deposit, Shandong Province [R]. Yantai:Shandong No.3 Institute of Geological and Mineral Exploration, 2008:10-61(in Chinese).
- [9] 叶天竺, 薛建玲. 金属矿床深部找矿中的地质研究 [J]. 中国地质, 2007, 34(5):855-869.  
Ye Tianzhu, Xue Jianling. Geological study in search of metallic ore deposits at depth [J]. Geology in China, 2007, 34 (5):855-869(in Chinese with English abstract).
- [10] 高太忠, 赵伦山, 杨敏之. 山东牟平金矿带成矿演化机制探讨[J]. 大地构造与成矿学, 2001, 25(2):155-160.  
Gao Taizhong, Zhao Lunshan, Yang Minzhi. Gold mineralization and its evolution in the Mouping-Rushan gold ore belt, Shandong province, China[J]. Geotectonica et Metallogenia, 2001, 25(2):155-160(in Chinese with English abstract).
- [11] 李胜荣. 山东乳山金矿热液成矿期划分新方案[C]//欧阳自远等主编. 矿物岩石地球化学新探索.地震出版社, 1993:185-186.  
Li Shengrong. New scheme to the identifying of hydrothermal metallizing phase in Rushan gold deposit, Shandong Province [C] //OUyang Zhiyuan. A New Approach of Mineralogy, Petrology and Geochemistry. Seismological Press, 1993:185-186 (in Chinese with English abstract).
- [12] 毛景文, 李厚民, 王义天, 等. 地幔流体参与胶东金矿成矿作用的氢氧碳硫同位素证据[J]. 地质学报, 2005, 79(6):839-857.  
Mao Jingwen, Li Houmin, Wang Yitian, et al. The relationship between mantle-derived fluid and gold ore-formation in the Eastern Shandong peninsula: Evidences from D-O-C-S isotopes [J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(6):839-857(in Chinese with English abstract).
- [13] 应汉龙. 胶东金青顶和邓格庄金矿床的同位素组成及其地质意义[J]. 贵金属地质, 1994, 3(3):201-207.  
Ying Hanlong. Isotopic compositions and their geological significance of Jingqiding and Denggezhuang gold deposits, Jiaodong[J]. Journal of Precious Metallic Geology, 1994, 3(3):201-207(in Chinese with English abstract).
- [14] 张起诚, 沈昆, 赵志高. 山东牟平邓格庄金矿床金及相关矿物的研究[J]. 山东地质, 1994, 10 (1):12-23.  
Zhang Qicheng, Shen Kun, Zhao Zhigao, et al. Study on the gold and related minerals in the Denggezhuang gold deposit in Muping, Shanfong province[J]. Geology of Shandong, 1994, 10(1):12-23(in Chinese with English abstract).
- [15] 李兆龙, 杨敏之, 等. 胶东金矿床地质地球化学[M]. 天津:天津科学技术出版社, 1993:109-127.  
Li Zhaolong, Yang Minzhi, et al. The Geology-Geochemistry of Gold Deposits in Jiaodong Region [M]. Tianjing:Tianjin Science and Technology Press, 1993:109-127 (in Chinese with English abstract).
- [16] 杨士望. 论胶东半岛西北部胶东群地层、金的矿源层和金矿床的层控性质[J]. 地质找矿论丛, 1986, 1(2/3).  
Yang Shiwang. A discussion of the Jiaodong Group strata, the source-bed of gold and the strata bound features of gold ore deposits in Northwest part of Jiaodong peninsula [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 1986, 1 (2/3) (in Chinese with English abstract).
- [17] 陈光远, 孙岱生, 邵伟, 等. 胶东金矿成因矿物学与找矿 [M]. 重庆:重庆出版社. 1989.  
Chen Guangyuan, Sun Daisheng, Shao Wei, et al. Genetic Mineralogy of Gold Deposits in Jiaodong Region with Emphasis on Gold Prospecting[M]. Chongqing:Chongqing Press, 1989.
- [18] 王义文, 朱奉三, 宫润谭. 构造同位素地球化学——胶东金矿集区硫同位素再研究[J]. 黄金, 2002, 4(23):1-16.  
Wang Yitian, Zhu Fengsan, Gong Runtan. Tectonic isotope geochemistry—Further study on sulphur isotope of Jiaodong Gold Concentration Area [J]. Gold, 2002, 4(23):1-16 (in Chinese with English abstract).



- [19] 裘有守, 王孔海, 崔克英, 等. 山东牟平—乳山地区变质岩和花岗岩含金性及其与金矿成矿关系[C]//沈阳地矿所. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集 (5, 胶东地区). 北京: 地质出版社, 1988:120-177.
- Qiu Youshou, Wang Konghai, Cui Keying, et al. Auriferousness of metamorphic rocks and granite in Muping—Rushan area of Shandong and their relation with minerogenesis [C]//Shenyang Institute of Geology and Mineral Resource. Contributions to the Project of Regional Metallogenetic Conditions of Main Gold Deposit Iype in China (V:Jiaodong Area In Shandong Province). Beijing:Geological Publishing House, 1988:120-177 (in Chinese with English abstract).
- [20] 赵明川. 金青顶金矿床地质特征及成矿作用 [J]. 地质找矿论丛, 2006, 21:48-51.
- Zhao Mingchuan. [J]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 2006, 21:48-51 (in Chinese with English abstract).
- [21] 张华锋, 李胜荣, 翟明国, 等. 胶东半岛早白垩世地壳隆升剥蚀及其动力学意义[J]. 岩石学报, 2006, 22(2):285-295.
- Zhang Huafeng, Li Shengrong, Zhai Mingguo, et al. Crust uplift and its implications in the Jiaodong Peninsula, eastern China [J]. Acta Petrologica Sinica, 2006, 22 (2):285-295 (in Chinese with English abstract).
- [22] 李胜荣. 胶东东部基底构造层在金矿成矿中的贡献[C]//欧阳自远主编. 矿物岩石地球化学新探索.地震出版社, 1993:186-187.
- Li Shengrong. Basement structural layers of Eastern Jiaodong peninsula during gold mineralization [C]//OUyang Zhiyuan. A New Approach of Mineralogy, Petrology and Geochemistry. Seismological Press, 1993:186-187 (in Chinese with English abstract).

## Geological characteristics and metallogenic prognosis of the Denggezhuang gold deposit in Jiaodong peninsula

Xue Jian-ling<sup>1,2</sup>, Li Sheng-rong<sup>1</sup>, Sun Wen-yan<sup>1</sup>,  
Zhang Yun-qiang<sup>1</sup>, Zhang Xu<sup>1</sup>, Liu Chun-lan<sup>3</sup>, Ren Shu-guang<sup>3</sup>

(1.State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, Chinese University of Geosciences, Beijing, 100083; 2.Development and Research Center of China Geology Survey, Beijing, 100037; 3. Muping Gold Deposit, Yantai, 264109)

**Abstract:** The Denggezhuang gold deposit is one of the most typical quartz vein gold deposits in the Muping—Rushan metallogenic belt in Jiaodong peninsula, and hence it has great academic significance and economic value. Ore bodies are located in the Kunyushan rock mass close to the contact zone between Jingshan Group metamorphic rocks and Kunyushan rock mass. Wall rock alterations of the ore deposit are relatively well developed, characterized by multiple stages and significant zonal structure. Ore bodies are controlled by the NNE-trending sub-fractures west of Jinniushan fracture zone. Based on a study of the “three in one” ore-forming model, the authors hold that the formation age of the vein rock is the same as the ore-forming age, and this vein rock and early Cretaceous magmatic rock are respectively I and II grade ore-forming geological bodies. Jingshan Group metamorphic rock served as the activator, Jiaodong Group partially provided ore materials, magmatism provided heat source for multiple ore-forming fluids, and fractures played the role of dynamics and location space. The precipitation of ore-forming materials usually occurred in the locations of abrupt change of the attitudes of fractures and the branching and compounding of different faults. Combined with the results of vertical zoning of gold grades and thickness mapping, this paper summarizes prospecting criteria, discusses the concentration rules of gold mineralization, and suggests that at the depth of -400~1000m in the northeast direction of No. 94 exploration line of No. I<sub>2-2</sub> ore body there may exist favorable prospecting potential.

**Key words:** gold ore deposit; geological characteristics; prospecting criteria; Denggezhuang; Jiaodong?

**About the first author:** XUE Jian-ling, female, born in 1980, Ph.D candidate, mainly engages in the study of petrology, mineralogy and economic deposit; E-mail: xuejianling369@126.com.