

# 山东沂南金矿田成矿构造系统和构造控矿规律

钱建平, 常德才, 徐磊, 张海莹, 李承礼, 杜继旭, 余树青  
(桂林理工大学 地球科学学院, 广西 桂林 541004)

**摘要:** 通过成矿构造研究并辅以多种找矿手段综合分析, 以期取得危机矿山找矿的新突破。通过矿区构造地质调查、构造地球化学测量、构造蚀变带填图和以往勘探资料系统整理编图, 厘定了沂南金矿田区域性断裂构造(入字型构造)与岩体侵位构造(欠字型构造)复合成矿构造系统, 阐述了复合成矿构造系统的基本要素、特征和控矿作用, 系统地总结了矿田构造控矿规律。提出: 由金场岩体、铜井岩体、银山庄岩体构成了门字形的区隔化空间, 控制了金场矿区和铜井矿区富矿段的产出; 中酸性岩柱、岩颈及近接触带的寒武系和新元古界多层次的层间滑动带和岩床构造, 控制了多层次金铜矿体的产出, 但在远离接触带的部位, 高角度次级的 NNE、NWW-NW 向断裂, 控制了构造蚀变岩型的金铜矿体; 堆金山矿段不是典型的斑岩型金矿, 而是产在玢岩体中受 NWW-NW 向断裂控制的构造蚀变岩型金矿; 土门群和泰山群不整合面亦是重要的控矿界面, 值得下一步找矿的重视; 矿田矿化深度东深西浅, 南深北浅, 与基底泰山群顶界的埋深具有明显相关性。

**关键词:** 金矿; 成矿构造系统; 区域断裂构造; 岩体侵位构造; 构造控矿规律; 山东沂南

**中图分类号:** P613 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-1552(2017)01-0077-014

矿田构造是矿田内所有地质构造要素的总和(翟裕生和林新多, 1993)。因此, 矿田构造实际上是矿田构造系统。理论上它既包括褶皱、断裂等常见的各种尺度类型的次生构造, 亦包括沉积岩、岩浆岩各种面理的原生构造。这是因为在成矿作用过程中, 本质上各种构造面理、构造界面和构造地质体都是矿田成矿构造系统的基本组成要素, 它们交织复合、协同作用, 影响成矿热液的运移途径和富集空间, 控制着矿体的生成。然而在实际工作中, 人们往往关注次生构造对成矿的控制作用, 轻视或忽略原生构造对成矿的影响。众所周知, 危机矿山找矿是既是当前的一项紧迫的任务, 也是一项长期而艰巨的任务。沂南金矿是鲁西地区 1957 年建立的一个老矿区, 经过近 60 年的开采, 已步入危机矿山行列(高玉杰等, 2010)。多年来国内不少科研单位在沂南金矿开展过研究工作, 但很少涉及矿田成矿构造系

统及其控矿规律研究。如何在这样一个老矿山取得找矿的新突破? 科学的成矿预测是在正确的成矿分析研究基础上的合理推断(钱建平, 2011)。作者基于区域断裂构造与岩体侵位构造复合成矿系统控矿的新认识, 全面系统地总结了矿区构造控矿规律, 并运用于找矿预测, 取得了显著的找矿效果。

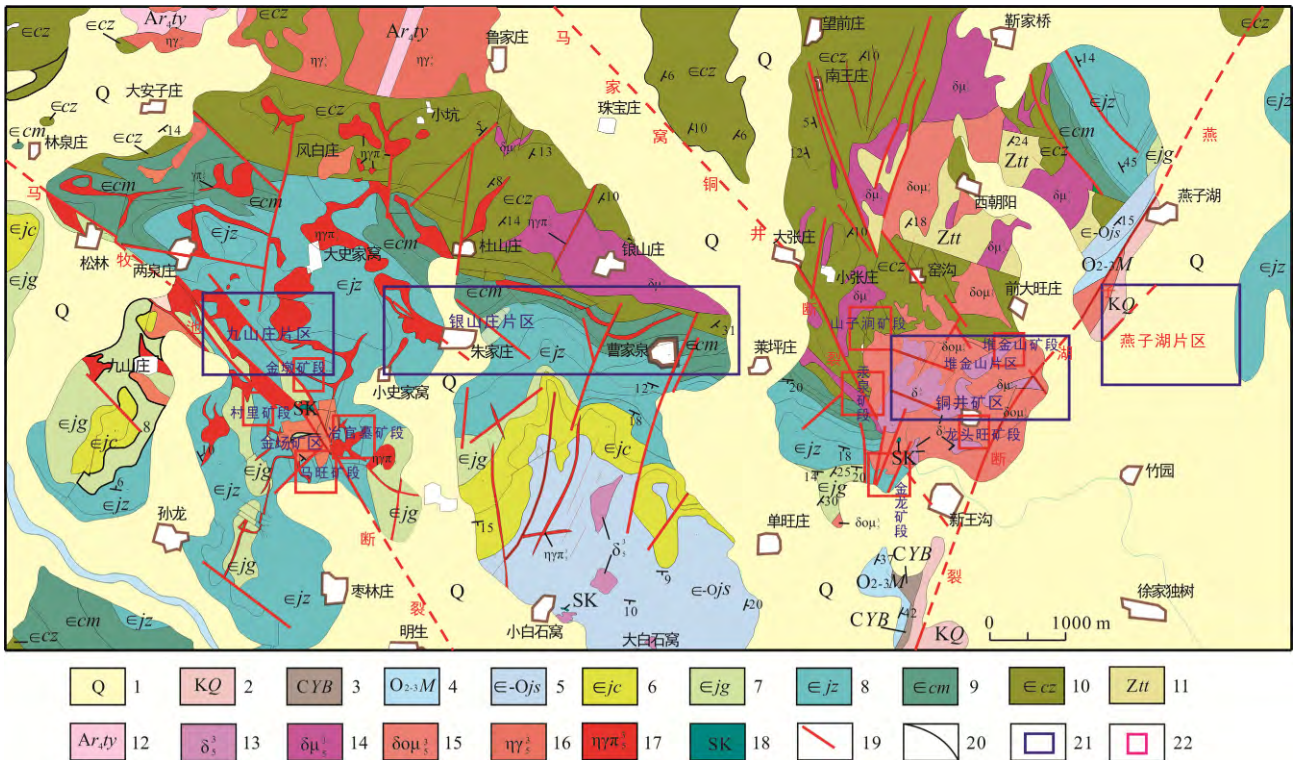
## 1 矿田地质概况

沂南金矿田位于沂沭断裂带(郯庐断裂山东段)西侧, 由相距 6 km 的铜井和金场两个矿区组成(图 1)。矿田主要出露下古生界寒武系、奥陶系, 新元古界土门群佟家庄组, 新太古界泰山岩群雁翎关组。矿田东南角零星分布石炭系和白垩系。寒武系主要为一套页岩、薄层灰岩、泥灰岩和白云岩及互层(附图 1), 在中性和酸性侵入体附近常形成条带状

收稿日期: 2016-02-28; 改回日期: 2016-08-21

项目资助: 国家自然科学基金(41263003)、矿床地球化学国家重点实验室开放基金(201308)和山东黄金地质矿产勘查有限公司项目(2012-2013)联合资助。

第一作者简介: 钱建平(1953-), 男, 教授, 博士生导师, 主要从事成矿构造和构造地球化学方向研究。Email: jpqian@163.com



1. 第四系; 2. 白垩系青山群; 3. 石炭系月门沟群; 4. 奥陶系马家沟群; 5. 寒武系-奥陶系九龙群三山子组; 6. 寒武系九龙群炒米店组; 7. 寒武系九龙群崮山组; 8. 寒武系九龙群张夏组; 9. 寒武系长清群馒头组; 10. 寒武系长清群朱砂洞组; 11. 新元古界土门群佟家庄组; 12. 新太古界泰山岩群雁翎关组; 13. 辉石闪长岩; 14. 角闪闪长玢岩; 15. 石英闪长玢岩; 16. 二长花岗岩; 17. 二长花岗斑岩; 18. 砂卡岩; 19. 实测推测断层; 20. 地质界线; 21. 构造地球化学测量片区范围; 22. 矿段范围。

图 1 沂南金矿田地质图  
Fig.1 Geological map of the Yinan gold orefield

砂卡岩(附图 2); 奥陶系主要为白云岩、灰岩; 新元古界土门群佟家庄组(Ztt)主要为砂岩、页岩夹泥灰岩, 与寒武系整合接触; 新太古界泰山岩群雁翎关组(Ar<sub>3y</sub>)主要为斜长角闪岩、角闪变粒岩、花岗片麻岩等, 与上覆地层呈不整合接触。其中寒武系和新元古界是金铜矿体的主要赋矿层位。

矿田岩浆岩主要有金场岩体、铜井岩体和银山庄岩体等。金场岩体为一个由二长花岗岩、二长花岗斑岩、花岗斑岩(附图 3)和闪长玢岩组成的杂岩体。铜井岩体为一个由石英闪长岩、闪长玢岩(附图 4)组成的杂岩体。银山庄岩体位于金场岩体和铜井岩体北侧, 呈 NWW 向长条状, 岩性为角闪闪长玢岩。三个岩体形成时代均为燕山期, 银山庄闪长玢岩岩体锆石 U-Pb 年龄为 128 Ma(王永等, 2011); 铜井岩体闪长岩中锆石具有典型的岩浆锆石特征, U-Pb 年龄为 128~129 Ma(王永等, 2011), 铜井闪长岩 K-Ar 年龄为 125.5 Ma, 闪长玢岩为 117.5 Ma(郑子恒和罗根全, 1996)。山东省地矿局地质八队对金场岩体二长花岗岩利用 K-Ar 法测得年龄值为 125.5 Ma, 二长花岗斑岩年龄值为 116.8 Ma(高玉杰等, 2010)。

此外, 大量花岗斑岩与闪长玢岩穿插关系表明, 花岗斑岩明显晚于闪长玢岩(附图 5)。总体上由早到晚, 依次为闪长岩、闪长玢岩→二长花岗岩→二长花岗斑岩、花岗斑岩。

金场矿区由冶官墓矿段、马旺矿段、金墩矿段和村里矿段组成; 铜井矿区由山子涧矿段、汞泉矿段、金龙矿段、龙头旺矿段、堆金山矿段组成。各矿段矿体主要赋存于金场岩体和铜井岩体边部的接触带及其外侧围岩中的层间构造薄弱带(新太古界与新元古界不整合面及构造滑脱带、新元古界和寒武系层间滑动、层间断裂和层间破碎带), 以及顺层侵入的岩床内部及其上下两侧, 在岩体外 200~300 m 范围内环绕岩体呈环状产出。矿体形态复杂, 多呈似层状、扁豆状、透镜状、囊状或不规则状。一般走向延长 140~200 m, 倾向延深 100~150 m。矿体规模小但赋矿层位多, 共有 8 个含矿层位 14 层矿体。

矿石类型有单一磁铁矿矿石、含金铜磁铁矿矿石、含金铜砂卡岩型矿石及含金铜大理岩型矿石 4 类。矿石中金属矿物主要有自然金、黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、磁铁矿、镜铁矿等; 非金属矿物有石榴石、透辉

石、绿帘石、绿泥石、石英、方解石等。矿石结构主要有自形和半自形粒状结构、交代结构及交代残余结构，矿石构造主要有块状、浸染状、条带状、脉状或网脉状构造。自然金多沿晚期黄铜矿和黝铜矿裂隙分布或呈球粒包于其中。矿石中除主要有用组分 Au、Cu、Fe 外，伴有 Ag、S、Mo、Pb、Zn。

多年来国内不少学者在沂南金矿开展过研究工作，认为该矿床为一典型的矽卡岩型矿床(徐庆国等, 1982; 郑子恒和罗根全, 1996; 杨现利, 2001; 董树义等, 2010)，局部可能存在斑岩型金矿(徐庆国等, 1982); 沂南金矿床成矿热液及成矿物质主要来自岩浆体系(邱检生等, 1996); 金属成矿元素来源于花岗-绿岩带型结晶基底——泰山群，硫主要来源于深源岩浆，成矿流体主要为岩浆热液(李科等, 2009; 刘丽, 2009, 董树义等, 2010)。但以往的研究较少涉及矿田成矿构造系统及其控矿规律。

## 2 矿田成矿构造系统

依成因沂南金矿田构造可划分为区域断裂构造和岩体侵位构造两套构造系统。

### 2.1 区域断裂构造

区域构造在矿田内表现最醒目的是一系列不同规模和走向的断裂带，依走向可分为 NW-NWW 向、

NNE 向、近 EW 向、近 SN 向四组，但以 NW-NWW 向、NNE 向为主。

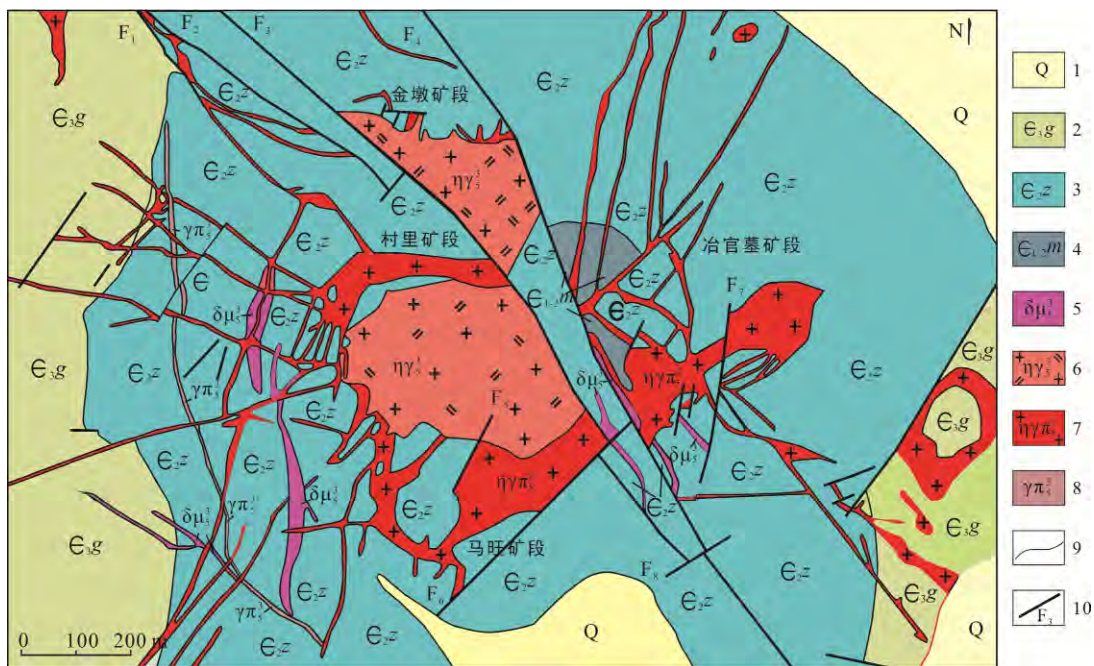
NNE 向断裂规模大、延伸远、活动时间长，构造性质复杂。其走向 10°~40°，倾向以 NW 向为主，倾角 62°~80°，属沂沭断裂带同序次断裂。其中郟部-葛沟断裂(亦称燕子湖断裂)为沂沭断裂带最西侧的一条主干断裂。该组断裂带内发育大量的构造角砾岩、碎裂岩、劈理、揉皱和构造透镜体，断层面上具近水平擦痕及阶步。早期为左行平移压剪性断层；晚期为右行平移张剪性断层，表现在矿田内金场二长花岗岩体为冶官墓二长花岗斑岩脉沿 NE 向断裂侵入(图 2)。

NW-NWW 向断裂规模亦较大，走向 300°~345°，倾向多为 SW 向，倾角 65°~85°，如马牧池-金场断裂、马家窝-铜井断裂。马牧池-金场断裂为本区规模最大的 NW 向断裂。该组断裂带内可见大小不一的角砾为石英脉胶结，劈理和构造透镜体等。早期为右行平移张剪性断层；晚期为左行平移压剪性断层，将金场二长花岗岩体错断(图 2)。一系列 NW-NWW 向断裂沿走向终止于沂沭断裂带，二者构成特征的入字型构造(图 1、3)。

### 2.2 岩浆岩体侵位构造

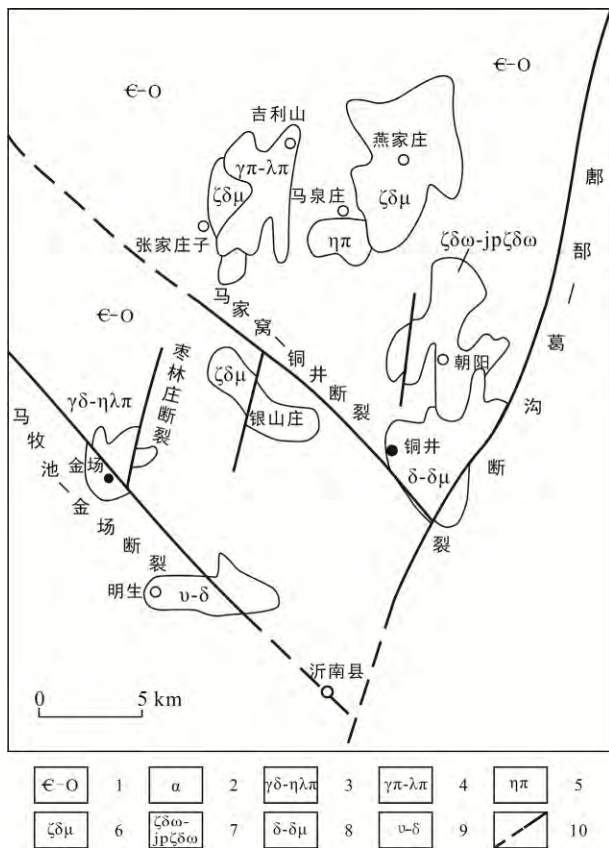
#### 2.2.1 岩颈、岩环和放射状岩脉

金场杂岩体为一岩颈、岩环、多层式岩床和放射状岩脉群共同组成的复式杂岩体。其侵位于金场



1. 第四系; 2. 上寒武统崮山组; 3. 中寒武统张夏组; 4. 下-中寒武统馒头组; 5. 闪长玢岩; 6. 二长花岗岩; 7. 花岗斑岩; 8. 角闪花岗斑岩; 9. 地质界线; 10. 断层及编号。

图 2 金场矿区地质简图  
Fig.2 Geological map of the Jinchang orefield



1. 寒武系-奥陶系; 2. 安山岩; 3. 花岗闪长岩-二长花岗斑岩; 4. 花岗斑岩-石英斑岩; 5. 二长斑岩; 6. 正长闪长玢岩; 7. 正长闪长玢岩-聚斑正长闪长玢岩; 8. 闪长岩-闪长玢岩; 9. 辉长岩-闪长岩; 10. 实测推测断层。

图 3 沂南金矿田区域构造略图

Fig.3 Tectonic outlines of the Yinan gold orefield

穹窿核部, 中心岩颈, 岩性为斑状中细粒二长花岗岩; 周边镶有二长花岗斑岩环; 再向外为闪长玢岩、花岗斑岩多层式岩床及放射状岩脉群, 总体上在平面上呈放射状(图 2), 在剖面上呈欠字型构造(图 11)。铜井杂岩体呈岩株状侵位于铜井穹窿核部, 岩体西部主要为石英闪长岩, 东部主要为闪长玢岩, 岩株四周亦发育多层状或舌状岩床。

### 2.2.2 上拱穹窿及层间剥离构造

上拱穹窿包括金场穹窿和铜井穹窿。金场穹窿呈北西略长的椭圆状, 中心为金场杂岩体, 四周出露寒武系呈围斜外倾, 倾角一般为  $8^{\circ}\sim 20^{\circ}$ , 近中心部位可达  $30^{\circ}$ 。铜井穹窿构造, 中心为铜井杂岩体, 长轴走向近 SN, 寒武系盖层呈围斜外倾, 倾角  $15^{\circ}\sim 20^{\circ}$ 。在中心酸性岩体上隆侵位的热动力作用下, 地层发生横弯褶皱变形形成穹窿构造。作为穹窿构造的基本岩层组合——寒武系和新元古界弱粘的页岩和薄层灰岩互层, 有利于形成一系列层间

剥离、层间滑动和层间断裂构造, 为后期岩床、岩舌的强力侵位和层状金矿体定位提供了有利条件(附图 6、7)。

### 2.3 成矿构造系统

综上所述, 区内 NNE 向沂沭断裂带与一系列 NW-NWW 向次级断裂构成的入字型构造奠定了区域和矿田构造格架和背景, 后期岩体侵位形成的穹窿和套叠式层间断裂构造叠置其上使之复杂化, 区域性断裂构造系统(入字型构造)与岩体侵位构造系统(欠字型构造)共同构成了矿田复合成矿构造系统, 制约了本区金铜矿床的形成以及金铜矿体的产状、形态、空间分布及基本构式(表 1)。

## 3 构造控岩控矿规律

构造控岩控矿规律可以从两条线索来总结。一是从全息的观点出发, 由大到小, 从区域构造→矿田构造→矿床构造; 一是从构造的演化来认识, 由岩体构造→次生构造。

### 3.1 沂沭断裂及旁侧的 NWW-NW 向次级断裂构成的入字型构造是区域重要的控岩控矿构造, 二者交汇部位控制了沂南金矿田的产出

作为郯城-庐江大断裂的一部分, 沂沭断裂带是区域重要的 NNE 向断裂带, 矿田内 NWW-NW 向的马家窝-铜井断裂和马牧池-金场断裂属其旁侧重要的次级构造带, 后者均终止于沂沭断裂带, 二者构成入字型构造, 其交汇部位分别控制了金场岩体和铜井岩体及其相关矿床的产出(图 3)。

### 3.2 金场岩体、铜井岩体和银山庄岩体, 三者构成了门字形的区隔化空间, 控制了金场矿区和铜井矿区主要矿段的分布

在门字形构造的内侧, 分布了一系列金铜矿段。如金场岩体东侧有金场矿区的两个主要矿段冶官墓矿段和马旺矿段, 矿山采矿资料证实这两个矿段在深部已连为一体。铜井岩体西侧由北向南依次有山子涧矿段、汞泉矿段、金龙矿段, 它们都是铜井矿区较好的金铜矿化地段(图 1)。

门字形构造内侧成矿性较好的可能原因: 其一是与透水性差的中酸性岩体之围限作用形成的区隔化空间有关, 本区成岩作用与成矿作用具有一定的时差, 同位素测年和岩体穿插关系均表明, 矿区岩体侵入顺序依次为闪长岩、闪长玢岩→二长花岗岩→二长花岗斑岩、花岗斑岩, 而中酸性岩体和寒武系围岩同时遭受了矽卡岩化, 金铜矿化作用又明显交代

表 1 矿田成矿构造系统分级及控矿特征一览表  
Table 1 Classification and ore-control features of the metallogenic tectonic system

成矿构造系统 (级)	成矿构造子系统 (级)	基本构造要素 (级)	基本特征	控岩控矿作用	
矿田复合成矿构造系统	次生构造	区域断裂构造系统(入字型构造, 水平应力作用)	主干NNE向区域性断裂, 中性、酸性侵入岩带, 裂谷盆地火山碎屑沉积建造	走向延伸远, 规模大, 具多期活动, 活动历史悠久, 构造性质复杂	主干断裂控岩; 次级断裂控矿, 发育构造蚀变岩型和构造破碎带型矿床, 脉状矿体, 如沂沭断裂带的龙泉站金矿床、牛家小河金矿床(李洪奎等, 2004)、沂南矿田新发现的燕子湖矿段
			旁侧次级NW-NWW向断裂, 中性、中酸性侵入岩带, 断陷盆地火山碎屑沉积建造	走向延伸较远, 规模较大, 具多期活动, 活动历史较长, 构造性质亦较复杂	主干断裂控岩; 次级断裂控矿, 发育构造蚀变岩型矿床, 脉状矿体, 如铜井矿区堆金山金矿段
	原生构造	岩浆岩侵位构造系统(欠字型构造, 垂直应力作用)	岩颈、岩环及边缘接触带	管状、柱状, 产状陡, 延深深, 活动时间短, 构造相对简单	导矿兼容矿构造, 岩体内部发育构造蚀变岩型矿床、接触带及灰岩捕掳体发育砂卡岩型矿床, 脉状、囊状、不规则状矿体, 如沂南矿田各矿段
			上拱穹窿、顺层滑脱、层间剥离、层间滑动、层间断裂破碎带及岩床、岩舌、放射状岩脉	多层状、透镜状, 产状缓, 延伸短, 具多期活动, 活动时期长, 构造相对简单	容矿构造, 砂卡岩型矿床, 层状、似层状、透镜状矿体, 如沂南矿田各矿段(郑子恒和罗根全, 1996; 焦鹏等, 2006; 国兴伟等, 2010)

了砂卡岩, 上述事实表明金铜热液矿化作用主要是在中酸性岩体固结成岩后发生的。其二是在金场岩体东侧和铜井岩体西侧分别发育有枣林庄断裂和马家窝断裂, 为矿液活动运移提供了良好通道。据杨现利(2001)资料, 在金场岩体东侧, 随远离控矿断裂, 围岩的热变质和接触交代变质强度明显减弱, 金铜矿体中的磁铁矿爆裂温度逐步降低。

3.3 浅成超浅成中酸性侵入体的岩颈构造及近接触带多层次的岩床构造, 共同构成侵入岩体欠字型构造系统, 控制了多层次金铜矿体的产出  
从成矿热液运移的通道系统来看, 岩柱、岩颈

及陡倾斜接触带及高角度断层作为导矿构造, 寒武系、土门群多层次缓倾斜的层间剥离、层间滑动、层间断裂破碎带以及土门群与泰山群不整合面及滑脱带作为容矿构造, 而成矿前形成的多层次岩床、岩舌在此对矿液起了很好的屏蔽作用, 金铜层状矿体往往位于其下盘(附图 8、9)。由于容矿构造的多层次性, 也促使矿体具有多层性的特点。这种中心为贯通式岩柱或岩颈, 四周为岩床、岩舌、层状或透镜状矿体组合并在剖面上层层套叠, 构成了侵入岩体特有的欠字型成矿构造系统(图 4)。

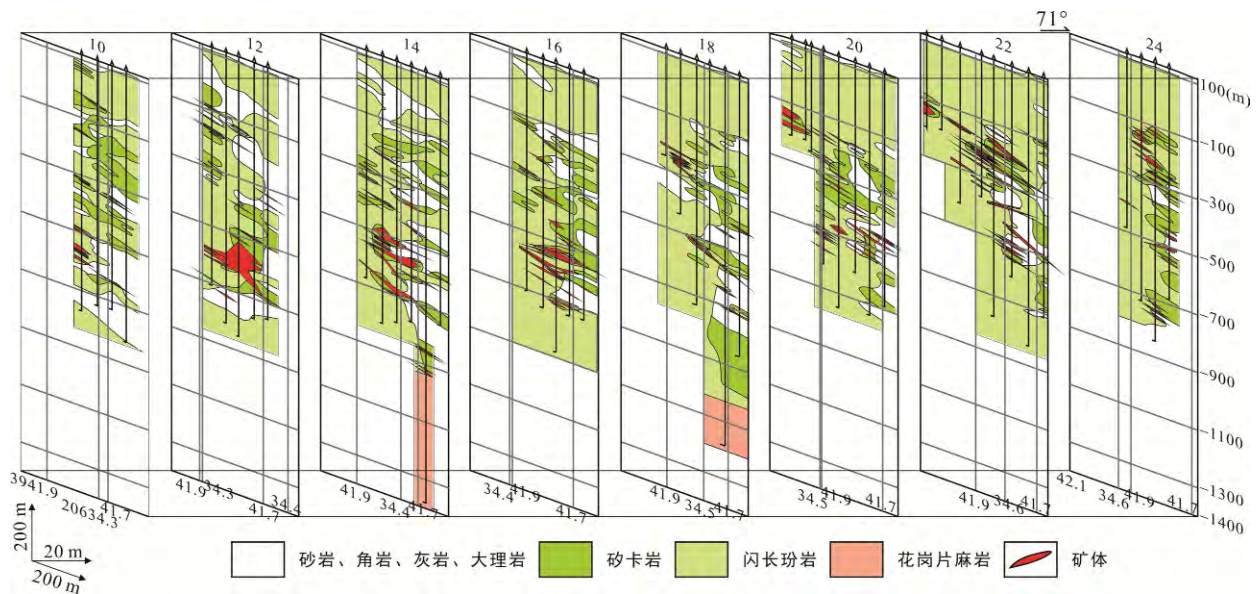


图 4 金龙东矿段 10~24 线联合勘探线剖面图

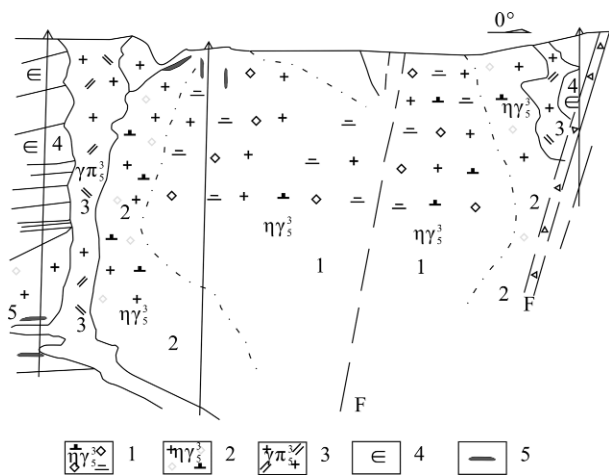
Fig.4 Cross section of exploration line 10-24 at the east part of the Jinlong ore section

岩体产状的超覆也促进了屏蔽作用,使含金成矿溶液不致发散,有利于成矿物质的沉淀和富集(图 5)。

3.4 捕虏体构造,由于与岩体物理性质和化学性质的很大差异,因此其亦是有利的赋矿部位(图 6、7)

3.5 远离接触带的高角度 NNE、NW-NWW 向断裂亦是重要的控岩和控矿构造

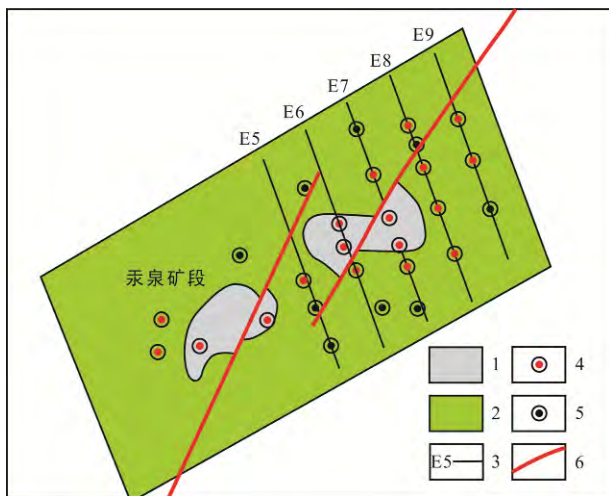
在侵入岩体内部和远离接触带围岩中,层间滑动和层间断裂构造不发育或不显著,这些构造部位



1. 碳酸盐化绢云母化二长花岗岩; 2. 碳酸盐化二长花岗岩; 3. 花岗岩; 4. 寒武系; 5. 矿体。

图 5 沂南金矿田金场杂岩体复式岩颈形态剖面图

Fig.5 Profile of the composite necks of the Jinchang batholith in the Yinan gold orefield



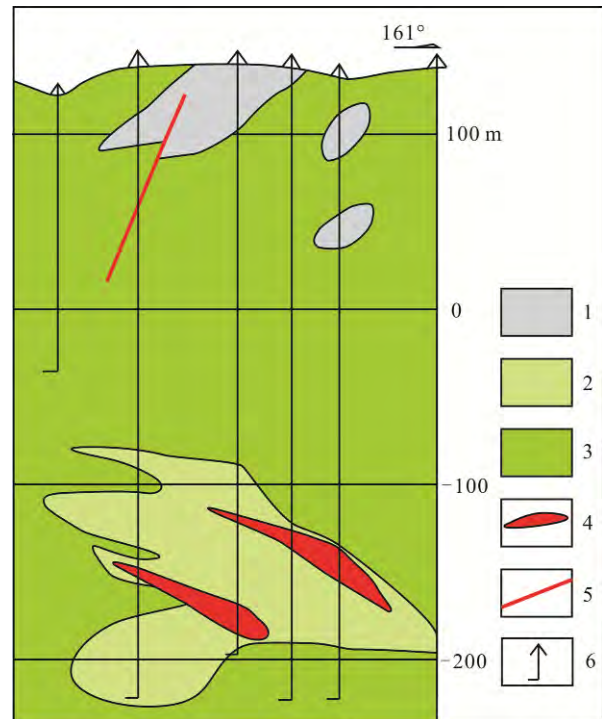
1. 大理岩; 2. 石英闪长玢岩; 3. 勘探线及编号; 4. 见矿钻孔; 5. 未见矿钻孔; 6. 断裂。

图 6 汞泉矿段地质简图

Fig.6 Geological sketch of the Gongquan ore section

高角度断裂的控矿作用相对显得重要,这亦可由金多金属构造地球化学异常的分布得到有力的证实。这里非常有趣的是,在矿田不同分区,构造地球化学异常具有明显不同的方向性,如矿田西部次级 NW-NWW 向断裂分布区的九山庄、银山庄和堆金山(图 8a, b, c)构造地球化学异常走向均呈 NW-NWW 向展布,恰与区域断裂构造带延伸方向一致;矿田东部邻近沂沭断裂的燕子湖片区构造地球化学异常走向呈 NNE 向(图 8d)。

通过本次工作,在铜井岩体的堆金山片区构造地球化学异常中发现 NW 向带状蚀变型金矿化,异常元素组合为 Au、Ag、As、Sb、Hg、Cu、Pb、Zn、Mo,各元素异常重叠性好,其中尤以 I、II 号异常带连续性较好,异常强度更高,金含量大于  $400 \times 10^{-9}$  的就达 17 个,已明确显示了金矿体的存在。根据其异常具明显的方向性,且受同向的构造蚀变破碎带控制,构造蚀变破碎带方位与区域性断裂方位一致,不具特征的隐爆角砾岩和斑岩型矿床蚀变分带,当为产于斑岩体中的构造蚀变型金矿,不是以往所谓的斑岩型金矿。在紧邻沂沭断裂的燕子湖片区 Au、Cu 低缓构造地球化学异常中,经钻探验证亦发现成型的金矿化。上述成果启示我们,仅



1. 大理岩; 2. 砂卡岩; 3. 石英闪长玢岩; 4. 矿体; 5. 断裂; 6. 钻孔。

图 7 汞泉矿段 E7 勘探线地质剖面图

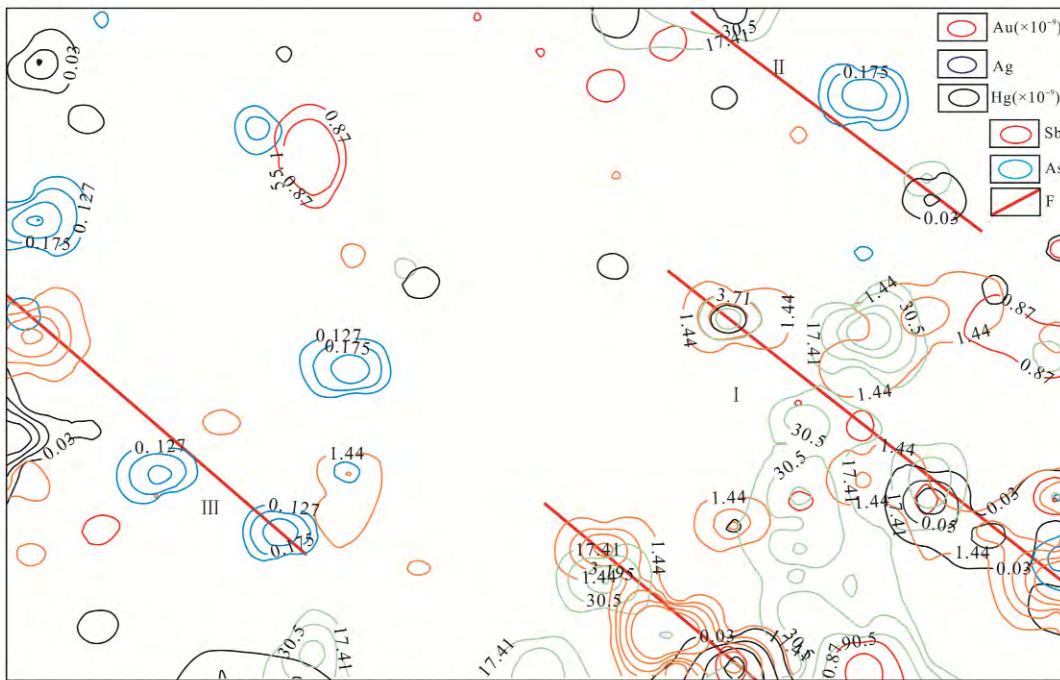
Fig.7 Geological profile of exploration line E7 in the Gongquan ore section

仅停留在矿区已有的层状构造控矿的认识是不全面的, 在岩体内部及岩体外侧远接触带的围岩中应重视 NNE、NWW 向高角度断裂的控矿作用。这也为下一步矿田找矿提供了新的思路。

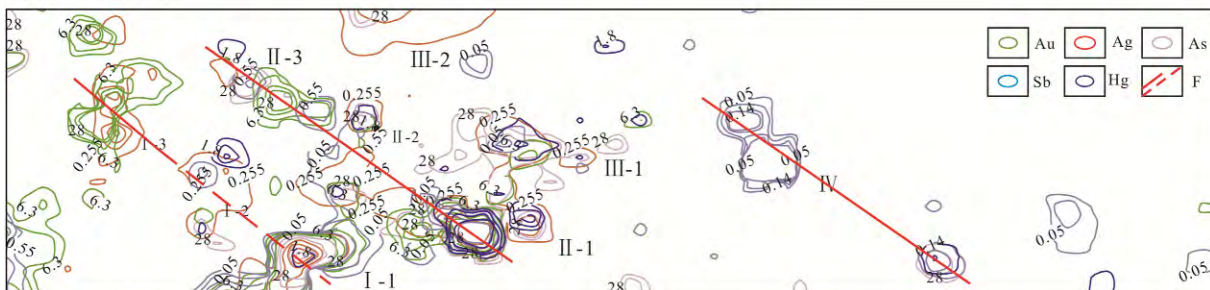
**3.6 矿田内金矿化深度东深西浅、南深北浅, 与新太古界基底泰山群顶界的埋深具有一定相关性**

通过对金场、铜井两个矿床以往勘探资料的系

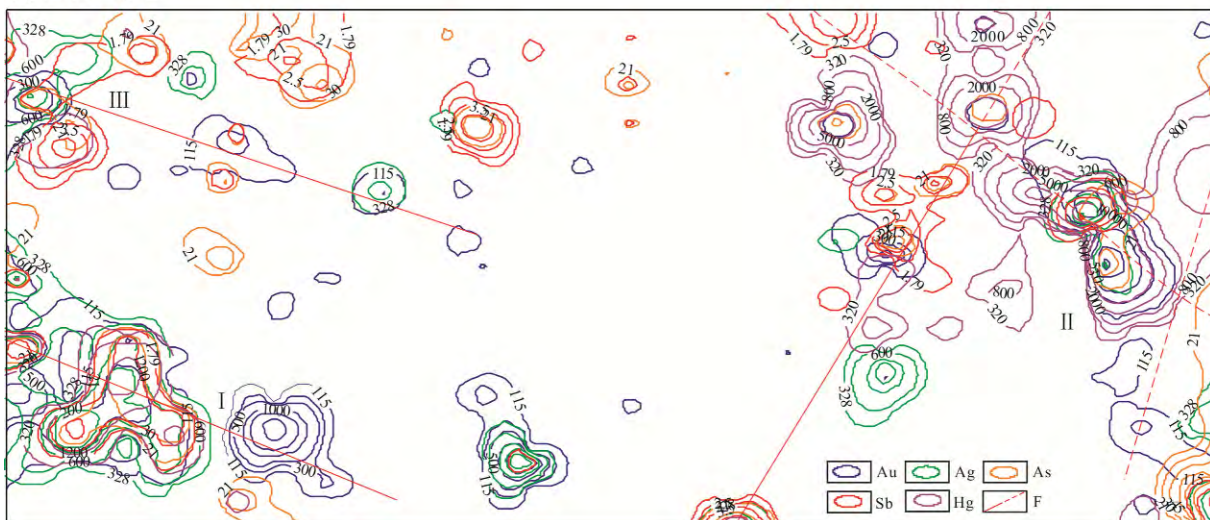
(a) 九山庄东工作区



(b) 银山庄南工作区



(c) 堆金山工作区



(d)燕子湖工作区



图 8 矿田不同片区 Au、Ag、As、Sb、Hg 元素地球化学综合异常图  
Fig.8 Geochemical anomaly maps of different work areas in the orefield

统整理，并编制各矿段联合勘探线剖面图(图 4)和联合中段平面图(图 9)，将矿田矿体产出规律总结如表 2。

(1) 矿体的产状与穹窿的围斜构造产状基本对应，矿体倾角均较小，侧伏亦不显著。

(2) 在四个矿段中有两个矿段在新元古界土门

群与新太古界泰山群不整合面及其附近均有金铜矿体分布(附图 10)，由于该不整合面上下新元古界与新太古界岩石性质及变质程度具有明显差异，在后期构造运动中极易发生滑脱和剥离，因此沿该不整合面的找矿值得下一步工作重视。

(3) 矿化深度东深西浅，金龙东最深-940 m，

表 2 沂南金矿田各矿段矿体产出特征  
Table 2 Characteristics of ore bodies in different sections of the Yinan gold orefield

矿区	矿段	成果依据	矿化区间	矿化中心		主要赋矿位置	矿体倾向	矿体侧伏
金龙(矿区南部)	金龙东10~24线联合勘探线剖面图		-80 m至-940 m中段	12~14号勘探线	-550 m中段	九龙群	略向SE	略向NEE
	金龙东矿段联合中段平面图		-50 m至-185 m		-130 m	九龙群	略向S	略向E
铜井(矿区东部)	龙头旺南7~25线联合勘探线剖面图		120 m至-530 m	13~21线, 13线最好	-50 m	长清群	SSE向	NWW向
	龙头旺西16~26线联合勘探线剖面图		30 m至-360 m	20线	-200 m	长清群	SSW向	略向NWW
	龙头旺矿段联合中段平面图		54 m至-22 m		29 m	九龙群	S向	
			-90 m至-210 m		-90 m	长清群		
山子涧(矿区北部)	山子涧8~16线联合勘探线剖面图		-100 m至-330 m	10~12线	-300 m	泰山群其上不整合面	略向S	略向SWW
	山子涧-汞泉矿段联合中段平面图		-50 m至-250 m		-150 m	长清群	略向S	略向SW
			-310 m至-330 m		-330 m	泰山群其上不整合面		
金场(矿田西部)	冶官墓		-250 m至-540 m	N12线	-350 m	泰山群其上不整合面	略向NE	略向SE
	冶官墓矿段联合中段平面图		-265 m至-375 m		-305 m	泰山群其上不整合面	N向	E向



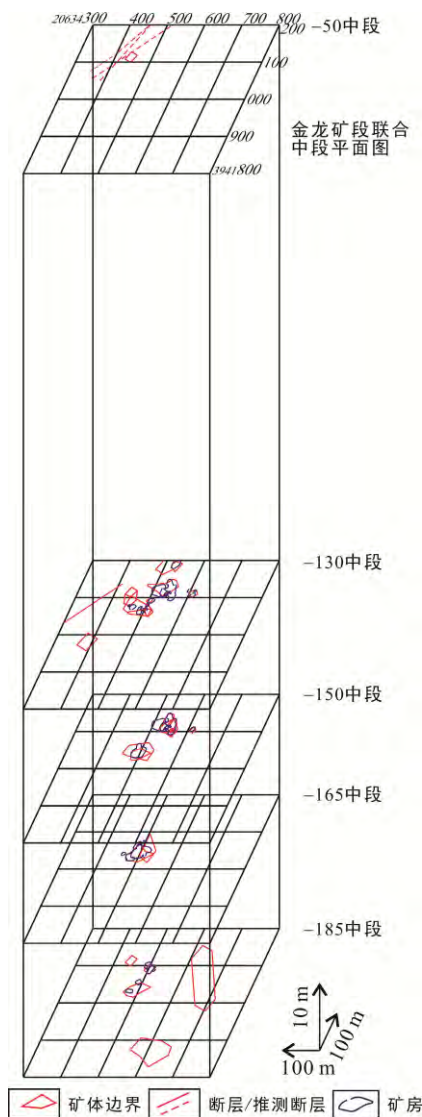


图 9 金龙东矿段联合中段平面图

Fig.9 Combined geological level plan in the east part of the Jinlong ore section

冶官墓-540 m; 南深北浅, 金龙东最深-940 m, 山子涧-330 m。相应地, 矿田西北太古界泰山群出露地表, 向东向南逐渐变深, Au、Cu 矿化深度的变化与基底泰山群顶界的埋深变化趋势具有明显的相关性。

## 4 成矿构造的演化

通过对区域和矿田构造、岩浆活动、成矿特征等方面资料的综合分析, 可将本区成矿构造演化和控岩控矿作用概括如下:

### 4.1 区域构造演化

中生代以来, 由于太平洋板块向东亚大陆不断俯冲, 使沂沭断裂带发生强烈的构造活化和大规模

的左行走滑平移(朱光和徐嘉炜, 1995; 朱光等, 2006), 形成一系列 NNE 向压剪性断裂和挤压带, 以及与之配套的 NW-NWW 向张剪性断裂和断陷盆地(图 10)。板块俯冲引起上地幔和下地壳物质的深熔作用, 熔体沿着深断裂带上涌。白垩纪早期, 中性和酸性岩浆沿 NW-NWW 向断裂多期次侵入或喷发, 为成矿提供了丰富的矿源和热源。

白垩纪晚期, 区域应力场转化为右旋剪切作用, 沂沭大断裂右旋张开, 接受裂谷盆地火山碎屑沉积, 一系列中性、酸性岩浆沿 NNE 向断裂带侵入。与之相伴的 NW-NWW 向断裂性质亦发生转化, 形成一系列挤压构造带, 早期侵入岩体被断裂剪切破碎(图 1)。

### 4.2 矿田成矿构造演化和金铜成矿

伴随区域沂沭断裂带的演化, 沂南矿田成矿构造系统亦在不断发展演化。白垩纪早期, 在区域性 NNE 向断裂和 NW-NWW 向断裂交汇的构造薄弱部位, 形成管状通道系统, 深部岩浆顺势上涌, 依次有中性岩浆、酸性岩浆间歇式上侵, 形成管状岩颈和岩环。在岩浆与围岩的密度差引起的浮力和热动力驱动下, 地层穹状拱起, 形成穹窿构造系统。在穹窿形成过程中, 由于深变质新太古界片麻岩刚性基底和塑性盖层的物性差异, 有利于盖层沿不整合面发生顺层滑脱和形成剥离断层, 而新元古界土门群和寒武系薄层泥页岩和灰岩互层的特殊岩性组合, 有利于产生多层次层间滑动和层间断裂系统, 后期岩浆则顺层强力侵入, 形成本区金场和铜井穹窿翼部多层次的闪长玢岩和花岗斑岩岩床、岩舌; 岩浆的侧向膨胀挤压进一步形成放射状花岗斑岩岩脉; 岩浆的热力烘烤作用, 则使围岩形成大理岩、角岩、石英岩等热力变质岩。

随着深部岩浆不断分异演化和逐渐冷却, 由岩浆分异出的含矿溶液脉动式上升, 与围岩发生水-岩相互作用, 形成各类砂卡岩和构造蚀变岩。岩浆的冷缩使穹窿构造回落, 层间断裂裂隙再次张开, 有利于含矿溶液与砂卡岩及其他围岩相互作用, 并随着温度、压力下降, 由早期到晚期, 沿岩体与围岩的接触带及其附近的层间断裂以及岩体内部的灰岩捕虏体中依次形成层状、似层状砂卡岩型磁铁矿化和铜金矿化, 在沂沭断裂带附近和斑岩体中形成构造蚀变岩型的金铜矿化。

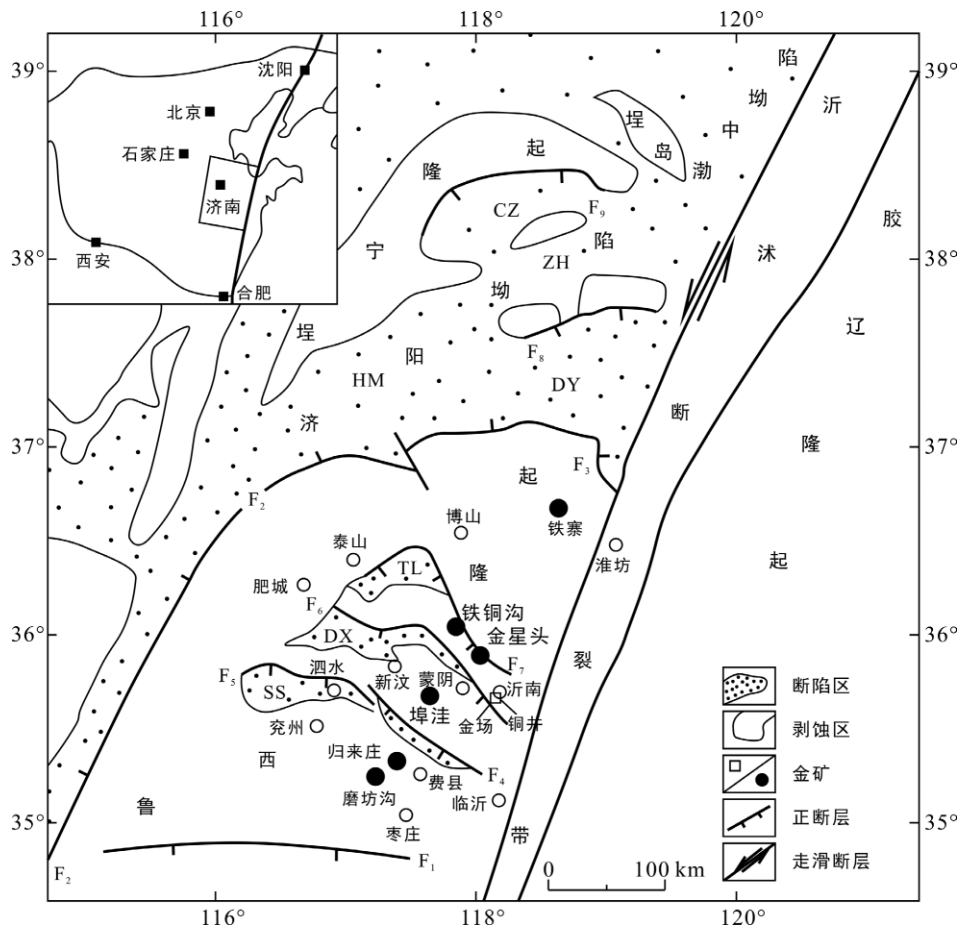


图 10 鲁西区域构造简图(据李理等, 2007 修改)

Fig.10 Tectonic sketch of the western Shandong province

综合分析沂南金矿田成矿构造系统、赋矿地层岩性及金铜矿化和蚀变特征, 建立如下成矿模式(图 11)。

## 5 几点认识

(1) 区域性断裂构造系统(入字型构造)与岩体侵位构造系统(欠字型构造)交织复合, 构成了沂南金矿田成矿构造系统, 二者对本区铁金铜的成矿具有不可或缺的作用。这对研究鲁西一些具有类似构造背景的矿区的构造控矿规律具有参考意义。在我国不少地区发育元古宇和寒武系一套薄层泥岩和碳酸盐岩岩系, 当后期酸性含矿岩体强力侵位易于形成穹窿构造, 欠字型构造及其控矿作用具有普遍意义。

(2) 由金场岩体、铜井岩体、银山庄岩体共同构成了门字形的区隔化空间。门字形构造的内侧为

Au、Cu 含矿热液的主要活动中心, 控制了金场矿区和铜井矿区富矿段的产出。

(3) 中酸性岩柱、岩颈及近接触带的寒武系和新元古界多层次的层间滑动带和岩床构造构成的欠字型侵位构造系统, 控制了多层次金铜矿体的产出; 但在远离接触带的部位, 次级高角度 NNE、NW-NWW 向断裂, 控制了构造蚀变岩型的金铜矿体, 亦是矿田重要的控岩和控矿构造。

(4) 构造地球化学测量和构造蚀变带填图均表明堆金山矿段不是典型的斑岩型金矿, 而是产在玢岩体中受 NW-NWW 向断裂控制的构造蚀变岩型金矿。

(5) 本区的土门群和泰山群不整合面上及其附近均有主要矿体分布, 值得下一步找矿重视。矿田矿化深度东深西浅, 南深北浅, 其与基底泰山群顶界的埋深具有明显相关性。

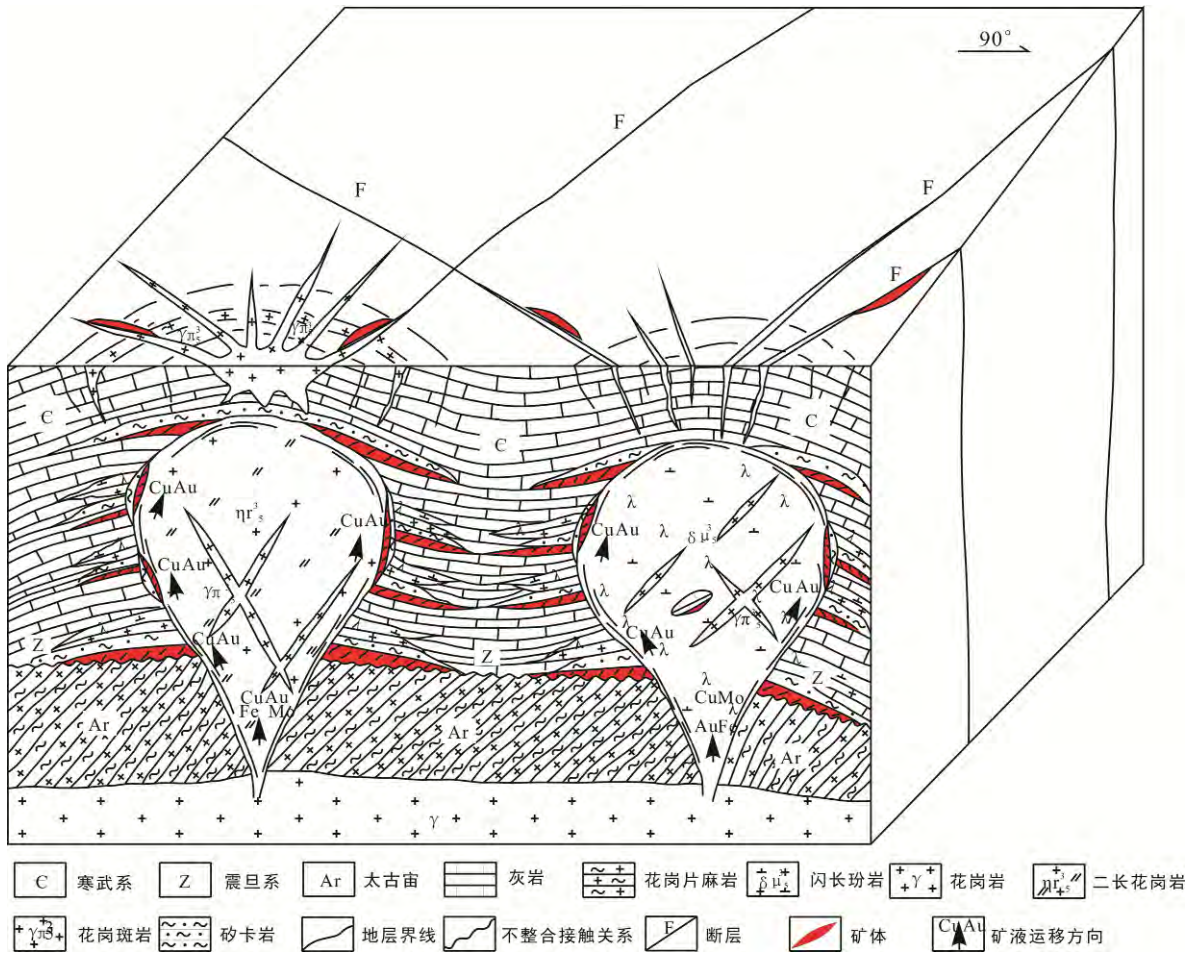


图 11 沂南金矿田金铜矿床成矿模式

Fig.11 Metallogenic model of gold-copper mineralization in the Yinan gold deposit

致谢：工作中得到了山东黄金集团山东黄金地质矿产勘查有限公司和沂南金矿地质技术人员的大力支持，在论文修改过程中审稿人提出了中肯的修改意见，在此一并致谢！

参考文献：

董树义, 顾雪祥, 李科, 刘丽, 章永梅, 程文斌. 2010. 山东沂南金矿床成矿物质来源探讨. 地球与环境, 38(3): 295-303.

高玉杰, 郑青林, 舒顺龙, 赵云龙, 丛顺明. 2010. 金场矿区矿化特征和深部找矿潜力分析. 有色金属(矿山部分), 62(4): 25-28.

国兴伟, 张洪波, 高鹏为, 刘峰基, 王炳勤. 2010. 沂南金矿砂卡岩型多金属矿床成矿规律及深部找矿预测. 黄金科学技术, 18(5): 31-33.

焦鹏, 高兴艳, 刘章存. 2006. 金场矿区砂卡岩型含金铜多金属矿床成矿规律及深部找矿预测. 有色金属(矿山部分), 58(4): 24-26.

李洪奎, 杨永波, 田京祥, 李秀章, 陈延贵, 李英平, 刘

汉栋. 2004. 山东沂沭断裂带中段金矿床地质特征. 地质与勘探, 40(4): 27-31.

李科, 顾雪祥, 董树义. 2009. 山东沂南金铜铁矿床同位素地球化学研究. 矿床地质, 28(1): 93-103.

李理, 张进江, 钟大赉, 王先美. 2007. 鲁西地区沿寒武系/太古宙不整合面滑脱构造的主要特征及形成机制. 地质科学, 42(2): 335-352.

刘丽. 2009. 山东沂南金矿床成矿流体特征及地质意义. 北京: 中国地质大学(北京)硕士学位论文.

钱建平, 陈宏毅, 吴小雷, 王自国, 蒙勇. 2011. 胶东望儿山金矿成矿构造分析和成矿预测. 大地构造与成矿学, 35(2): 221-231.

邱检生, 王德滋, 任启江. 1996. 山东沂南金场砂卡岩型金铜矿床地质地球化学特征及矿床成因. 矿床地质, 15(4): 330-340.

王永, 范宏瑞, 胡芳芳, 蓝廷广, 焦鹏, 王世平. 2011. 鲁西沂南铜井闪长质岩体锆石U-Pb年龄、元素及同位素地球化学特征. 岩石矿物学杂志, 30(4): 553-566.

徐庆国, 韩仲文, 毋瑞身. 1982. 山东沂南冶官墓砂卡岩

- 型金矿的某些特点. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊, (3): 106–116.
- 杨现利. 2001. 利用岩浆和矿液活动中心寻找矽卡岩型矿床矿体群. 有色金属(矿山部分), 53(6): 25–27.
- 翟裕生, 林新多. 1993. 矿田构造学. 北京: 地质出版社: 1–214.
- 郑子恒, 罗根全. 1996. 利用岩体边部构造形态预测矽卡岩型矿床盲小矿体. 有色金属(矿山部分), 48(6): 26–29.
- 朱光, 徐嘉炜. 1995. 沂沭断裂带内盖层的剪切变形及其构造意义. 长春地质学院学报, 25(3): 279–285.
- 朱光, 徐佑德, 刘国生, 王勇生, 谢成龙. 2006. 郯庐断裂带中–南段走滑构造特征与变形规律. 地质科学, 41(2): 226–241.

## Metallogenic Tectonic System of Yinan Au-Cu Deposit, Shandong Province

QIAN Jianping, CHANG Decai, XU Lei, ZHANG Haiying, LI Chengli, DU Jixu and YU Shuqing

(College of Earth Sciences, Guilin University of Technology, Guilin 541004, Guangxi, China)

**Abstract:** Metallogenic structure investigation is an important method in prospecting of crisis mines. The metallogenic tectonic system of the Yinan Au-Cu deposit is constructed on the basis of geological and tectonic geochemical survey, tectonic alteration zone mapping and compilation of the previous exploration data. It is evident that the Jinchang, Tongjing and Yinshanzhuang plutons control the distribution of the rich ores in the Jinchang and Tongjing mining districts; the multi-layered sliding belts in the Upper Proterozoic and Cambrian near the contact zone with the intermediate and acidic intrusions control the stratiform Au-Cu ore bodies; whereas the secondary high-angle NNE trending and NWW-NW trending faults far away from the contact zone are hosts of the tectonic altered rock type gold copper ores. The Duijinshan section is not typical porphyry gold mineralization, but the structural altered rock type gold mineralization located inside of the porphyry and controlled by the NWW-NW trending fractures. The unconformity between the Tumen Group and Taishan Group is also an important ore-controlling interface and worthy attention of future prospecting. The depth of mineralization in the area is obviously related to the buried depth of the Taishan Group.

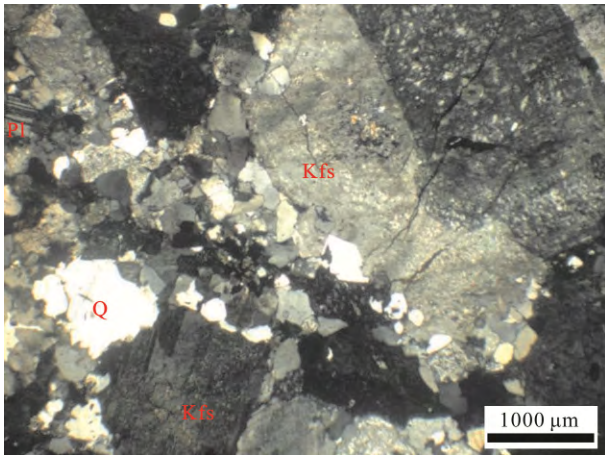
**Keywords:** gold ore; metallogenic tectonic system; regional fracture structure; emplacement structure of rock mass; structural ore-controlling rules; Yinan, Shandong province



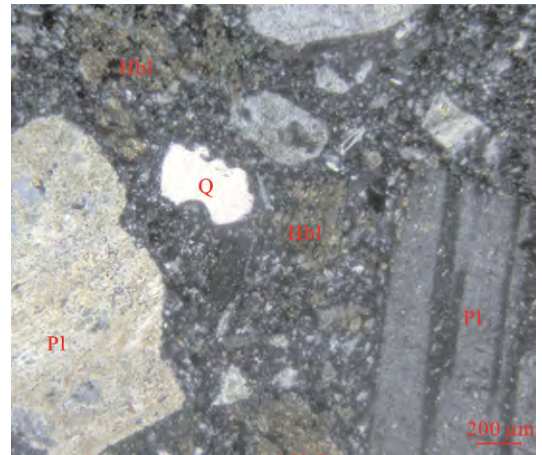
附图 1 寒武系馒头组( E<sub>1</sub>m)底部紫色页岩夹薄层灰岩(24~45 号观测点)



附图 2 条带状砂卡岩(SK) (金场矿区-330 m 中段)



附图 3 花岗斑岩斑晶：钾长石(Kfs)、斜长石(Pl)、石英(Q)；  
基质：长英质，主要为石英、长石。正交偏光(+)



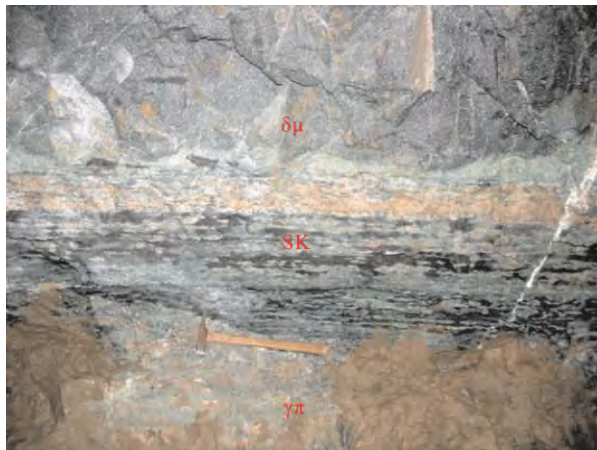
附图 4 闪长玢岩 斑晶：斜长石(Pl)、角闪石(Hbl)和石英(Q)；  
基质：长石为主，含少许细粒石英。正交偏光(+)



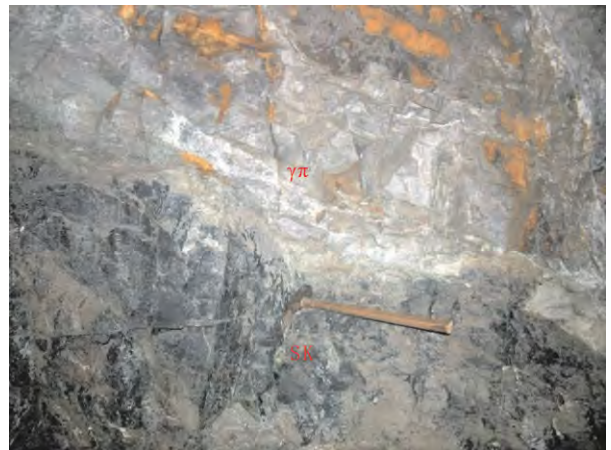
附图 5 花岗斑岩(γπ)脉穿插闪长玢岩(δμ) (金场矿区-330 m 中段)



附图 6 上下两层花岗斑岩(γπ)岩床沿张夏组泥晶灰岩(εjz)层理侵入(金场矿区-265 m 中段)



附图 7 上下分别为闪长玢岩(δμ)和花岗斑岩(γπ)岩床  
中间为条带状砂卡岩(铜井矿区-335 m 中段)



附图 8 砂卡岩矿体(SK)产于花岗斑岩(γπ)岩床  
之下(金场矿区冶官墓矿段-330 m 中段)



附图 9 砂卡岩矿体(SK)产于蚀变的花岗斑岩(γπ)岩床  
之下(金场矿区马旺矿段-265 m 中段)



附图 10 土门群与泰山群不整合面上也可见浸染状  
硫化物矿化(铜井矿区金龙矿段-335 m 中段)