

# 胶东东部文登金矿床成矿地质特征\*

## Geological Features of Wendeng Gold Deposit, Eastern Shandong

周遗军<sup>1</sup> 何国琦<sup>1</sup> 王金贤<sup>2</sup> 张艳春<sup>2</sup>

(1 北京大学, 北京 100871; 2 武警黄金技术学校, 湖北 襄樊 441002)

Zhou Yijun<sup>1</sup>, He Guoqi<sup>1</sup>, Wang Jinxian<sup>2</sup>, Zhang Yanchun<sup>2</sup>

(1 Beijing University, Beijing 1000871, China; 2 Technic College of the Chinese People's Armed Police Force, Xiangfan 441002, Hubei, China)

**摘 要** 文登金矿是受脆性剪切带控制的构造角砾岩-碎裂岩型金矿床, 是脆性剪切作用形成的, 为典型的动力成岩成矿。矿石类型主要有含金碎裂岩, 含金构造角砾岩, 网状含金构造角砾岩, 碎裂化、矿化粗中粒二长花岗岩 4 种。成矿作用分为 2 期 5 个阶段, 第一期碎裂构造作用——热液期(内生期)是主成矿期, 分 4 个成矿阶段。成矿物质来源于原岩, 主要是昆崙山超单元中晚期粗粒花岗岩。成矿时代可能为燕山晚期(成矿期绢云母 K-Ar 年龄为  $(101.97 \pm 2.49)$  Ma)。

**关键词** 金矿 脆性剪切作用 动力成岩成矿 胶东

胶东金矿床主要集中于胶东西北部, 矿床的形成主要与燕山期岩浆作用有关, 且多为岩浆热液成因。胶东东部也陆续发现了众多金矿床, 尤其是沿昆崙山岩体西侧牟(平)——乳(山)断裂带分布的牟-乳金矿成矿带; 昆崙山岩体东侧米山断裂带也发现了文登金矿, 但其成因与胶东西北部金矿床截然不同, 为受脆性剪切带控制的典型的构造角砾岩-碎裂岩型金矿床。

### 1 矿区地质

如图 1 所示, F 为米山断裂带的主断裂, F<sub>1</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub> 为其次级断裂。从东向西, F 与 F<sub>1</sub>、F<sub>1</sub> 与 F<sub>3</sub>、F<sub>3</sub> 与 F<sub>4</sub> 间的距离分别为 1 km、2 km 和 1.5 km。沿 F、F<sub>1</sub>、F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub> 分布的硅化碎裂岩带分别称 V<sub>3</sub>、V<sub>1</sub>、V<sub>4</sub> 和 V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub> 脉, V<sub>4</sub>、V<sub>5</sub>、V<sub>6</sub> 是文登金矿的主要矿脉。

矿区出露的地层主要为元古宇荆山群变质岩, 禄格庄、陡崖组的二云(黑云)片岩、变粒岩及野头组的大理岩(仅在矿区西北部出露)基本以包体形式存在。矿区出露的岩浆岩主要是昆崙山超单元二长花岗岩之鹊山弱片麻状中粒二长花岗岩单元之西院下岩体(含崙山花岗质伟晶岩单元的脉岩), 岩性为粗中粒花岗岩, TM 遥感解译表明为一环形构造。

F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub> 切过了粗中粒花岗岩, F 和 F<sub>1</sub> 则产于一套片麻状(中)细粒黑云母花岗岩(粒度细、颜色发白)中。

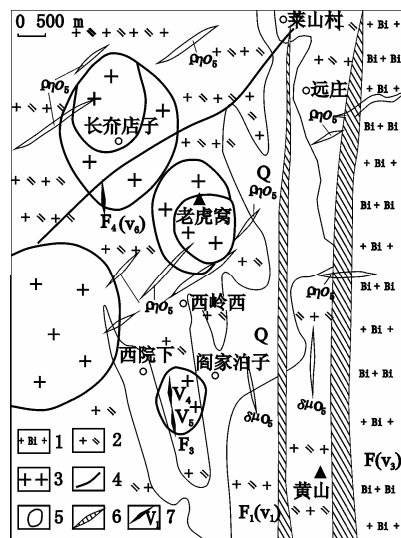


图 1 文登金矿矿区地质略图

Q—第四系;  $\rho\eta\sigma_5$ —二长石英斑岩脉;  $\delta\mu\sigma_5$ —石英闪长玢岩脉; 1—细粒黑云母花岗岩; 2—二长花岗岩; 3—(中)粗粒花岗岩; 4—线性构造; 5—环形构造; 6—断裂(脉体); 7—矿(脉)体及编号

\* 作者简介 周遗军, 男, 1964 年生, 博士后, 从事矿床学、构造学研究。

表 1  $V_5$  矿脉（体）产状、形态特征

| 矿体编号      | 矿体规模/m |     |        |      | 产 状                          |                             | 矿体形态 | $w_{Au}/10^{-6}$ |
|-----------|--------|-----|--------|------|------------------------------|-----------------------------|------|------------------|
|           | 延长     | 延深  | 平均水平厚度 | 真厚度  | 倾向                           | 倾角                          |      |                  |
| $V_{5-1}$ | 258    | 278 | 1.38   | 0.85 | $80^{\circ}\sim 100^{\circ}$ | $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ | 脉状   | 7.04             |
| $V_{5-2}$ | 100    | 100 | 0.47   | 0.29 | $80^{\circ}$                 | $40^{\circ}$                | 透镜状  | 25.86            |
| $V_{5-3}$ | 100    | 100 | 1.85   | 0.97 | $85^{\circ}$                 | $35^{\circ}$                | 脉状   | 4.78             |
| $V_{5-4}$ | 100    | 100 | 1.40   | 0.92 | $85^{\circ}$                 | $30^{\circ}$                | 脉状   | 4.10             |

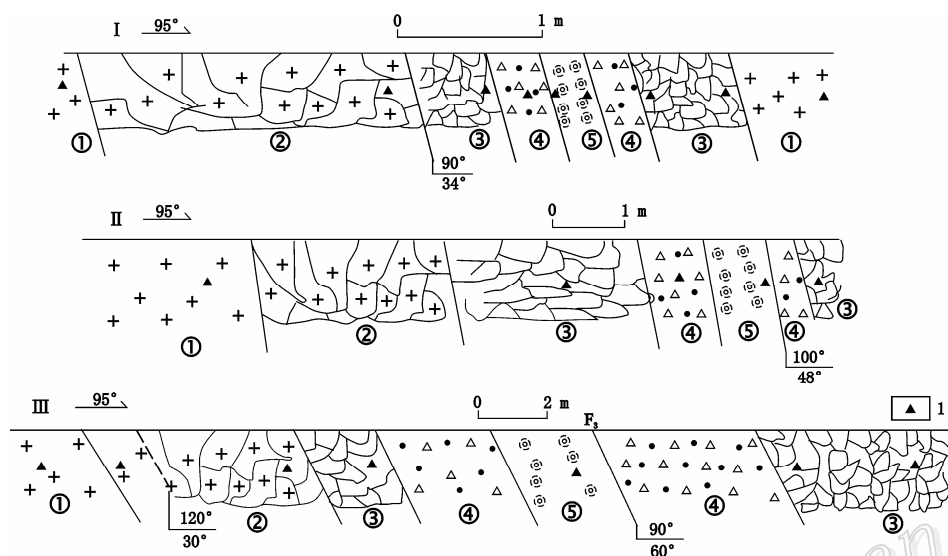


图 2 二中段南延穿脉实测地质剖面图

①—花岗岩；②—矿化碎裂化花岗岩；③—矿化网状角砾岩；④—矿化角砾岩；⑤—矿化碎裂岩；1—样品位置

## 2 矿脉（体）特征

从图 1 可看到，矿脉  $V_4$ 、 $V_5$ 、 $V_6$  严格受米山断裂带的次级断裂  $F_3$ 、 $F_4$  的控制，走向 NNE，平行分布，沿 NW 方向似乎存在雁列的趋势，间距 1~2 km。矿脉（体）产于断裂的下盘，断层的上断面为矿脉（体）的顶板。矿脉（体）形态规则，主要呈脉状；沿走向及倾向呈舒缓波状产出，局部有分支现象；矿脉总体走向 NNE，产状  $80^{\circ}\sim 100^{\circ} \angle 40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ （表 1）。

图 2 是文登金矿床  $V_5$  矿脉的实测地质剖面图。其中剖面 I、II 分别是二中段南延 217 和 105 测点穿脉南壁地质素描图；剖面 III 是二中段南延 A 测点穿脉北壁地质素描图。

矿脉（体）的产状为  $80^{\circ}\sim 100^{\circ} \angle 40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，与顶板产状一致；矿脉（体）从边部至中心岩性依次为粗中粒花岗岩→碎裂化、矿化粗中粒花岗岩（次要矿石）→网状含金构造角砾岩（主要矿石）→含金构造角砾岩（最主要矿石）→含金碎裂岩（最富的矿石），以含金碎裂岩为中心，两侧岩性基本对称，下盘矿化更发育一些。

（1）含金碎裂岩是最富的矿石，发育宽度 0.2~2.0 m，手标本呈灰黑色，略显透明，细粒黄铁矿等金属矿物均匀密布其中，粒度细，致密坚硬。肉眼能见碎斑者为碎裂岩，显微镜不能见碎斑者为超碎裂岩。碎裂结构，块状构造；碎斑主要是蚀变（硅化、绢云母化）的二长花岗岩，粒度 0.1~0.5 cm，赋存于荆山群变质岩中，含量小于 10%；基质主要是石英（含量大于 80%）及少量绢云母（含量小于 10%），粒度 0.01 mm，石英的机械双晶、波状消光十分发育。金属矿物以黄铁矿、镜铁矿为主，黄铜矿、方铅矿、闪锌矿总含量小于 5%。

（2）含金构造角砾岩是最主要的矿石，发育宽度 0.5~10.0 m。手标本呈灰黑色基调，显肉红色的斑点，角砾状构造。角砾主要是蚀变（硅化、绢云母化）的二长花岗岩，粒度 0.1~0.5 cm，存在于荆山群变质岩中，棱角状，含量大于 80%；胶结物主要是石英及以黄铁矿、镜铁矿为主的多金属硫化物。

(3) 网状含金构造角砾岩是主要矿石, 发育宽度 0.5~3.0m。手标本呈灰黑色或肉红色基调, 以石英及以黄铁矿、镜铁矿为主的多金属硫化物组成的网状细脉分布于二长花岗岩中, 具网状构造。

(4) 碎裂化、矿化粗中粒二长花岗岩, 发育宽度几米至十几米, 手标本颜色更发红。矿化沿裂隙发育, 主要是细脉状黄铁矿化、镜铁矿化及硅化; 裂隙(节理)主要平行断层面发育, 产状与断层一致, 裂隙间距多在 5 cm 以上, 矿化细脉宽度小于 0.5 cm。矿化石英脉(厚度为 1~20 cm)常顺节理充填于该花岗岩中。半自形中粒结构, 块状-弱片麻状构造, 主要矿物成分为碱性长石(微斜长石、条纹长石及正长石)、斜长石(更长石—中长石)、石英, 基本特征及主体岩性与西院下二长花岗岩体一致, 但增加了主要呈细脉状黄铁矿、镜铁矿、石英等矿物。同时发育蠕英、条纹、净边、变余砂状、港湾状等交代结构及石英的波状消光。正因为基本岩性与二长花岗岩体一致, 故而其定名时基本名称不变, 只是缀加了宏观的构造(裂隙)和蚀变(矿化)特征。

### 3 矿相学特征

#### 3.1 矿物成分、结构、构造

文登金矿床矿石类型主要是含 Au 碎裂岩, 含 Au 构造角砾岩, 网状含 Au 构造角砾岩, 碎裂化、矿化粗中粒二长花岗岩 4 种, 另外还有少量含 Au 石英岩(脉)型。金属矿物主要为自然金、黄铁矿(6.55%)、镜铁矿(4.06%), 少量黄铜矿(0.02%)、方铅矿(0.03%)、闪锌矿(0.06%)、斑铜矿、磁铁矿、赤铁矿、自然铜、水赤铁矿、针铁矿-水针铁矿、菱铁矿、褐铁矿等; 非金属矿物为碱性长石(微斜长石、条纹长石及正长石)+斜长石(更长石—中长石)(7.39%)、石英(73.97%)等花岗岩的造岩矿物及绢云母(2.60%)、方解石、高岭石(0.87%)、铁白云石、绿泥石(3.04%)等。各类矿石的矿物成分、结构、构造见表 2。

表 2 文登金矿床矿石的矿物成分、结构、构造

| 矿石类型及名称        | 矿物组合                    |                                 | 结构          | 构造     |
|----------------|-------------------------|---------------------------------|-------------|--------|
|                | 金属矿物                    | 非金属矿物                           |             |        |
| 含金碎裂岩          | 自然金、黄铁矿、镜铁矿, 少量黄铜矿、方铅矿等 | 石英、绢云母                          | 碎裂、乳滴、嵌晶、包含 | 块状     |
| 含金构造角砾岩        | 自然金、黄铁矿、镜铁矿, 少量黄铜矿、方铅矿等 | 花岗岩角砾 <sup>①</sup> 、绢云母、方解石、高岭石 | 交代、乳滴、嵌晶、包含 | 角砾     |
| 网状含金构造角砾岩      | 自然金、黄铁矿、镜铁矿, 少量黄铜矿、方铅矿等 | 花岗岩角砾 <sup>①</sup> 、绢云母、方解石、高岭石 | 交代、乳滴、嵌晶、包含 | 网状、角砾状 |
| 碎裂化、矿化粗中粒二长花岗岩 | 自然金、黄铁矿、镜铁矿, 少量黄铜矿、方铅矿等 | 二长花岗岩 <sup>①</sup> 、绢云母、方解石、高岭石 | 花岗、乳滴、嵌晶、包含 | 脉状、片麻状 |
| 含金石英岩(脉)       | 自然金、黄铁矿                 | 石英                              | 乳滴、嵌晶、包含    | 脉状     |

金矿物以自然金形式存在, 为裂隙金、晶隙金及少量包裹体金, 载金矿物主要为石英、黄铁矿及闪锌矿、方铅矿、镜铁矿。电镜分析表明, 金粒中 Au 含量为 94.58%~95.74%, 余量为 Ag<sup>①</sup>。

#### 3.2 成矿阶段划分

金成矿作用分为 2 期 5 个阶段。第一期 of 碎裂构造作用——热液期(内生期), 分 4 个成矿阶段(表 3)。

I. 早期黄铁矿-自然金-石英阶段形成的石英、黄铁矿呈半自形-他形, 中粗粒。由于碎裂构造作用, 黄铁矿具碎裂结构或呈角砾状, 长石类矿物的绢云母化较强烈, 形成的自然金存在于黄铁矿与石英晶间, 同时由于碎裂构造作用而呈角砾状。

II. 黄铁矿-镜铁矿-自然金-石英阶段, 石英、黄铁矿、镜铁矿等沿早期形成的石英、黄铁矿裂隙及碎裂岩和角砾岩的裂隙充填而呈脉状和网脉状; 自然金存在于裂隙间、晶间, 有的被石英、黄铁矿、镜铁矿等包裹。此时绢云母化仍较强烈。

III. 镜铁矿-多金属硫化物-自然金-石英阶段, 除黄铁矿、镜铁矿外, 黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等多金属硫化物及自然金大量出现, 多金属硫化物呈脉状充填于裂隙间或浸染状分布于碎裂岩中。岩石进一步碎

<sup>①</sup> 冶金华东地质勘查局八一队, 1991. 山东省文登市界石镇西院下金矿床勘探地质报告。

表 3 文登金矿床V<sub>5</sub>矿脉矿物生成顺序与成矿期、成矿阶段划分

| 矿 物  | 热 液 期 |    |     |    | 表生期 |
|------|-------|----|-----|----|-----|
|      | I     | II | III | IV | V   |
| 黄铁矿  |       |    |     |    |     |
| 镜铁矿  |       |    |     |    |     |
| 自然金  |       |    |     |    |     |
| 黄铜矿  |       |    |     |    |     |
| 斑铜矿  |       |    |     |    |     |
| 方铅矿  |       |    |     |    |     |
| 闪锌矿  |       |    |     |    |     |
| 铁白云石 |       |    |     |    |     |
| 菱铁矿  |       |    |     |    |     |
| 石英   |       |    |     |    |     |
| 绢云母  |       |    |     |    |     |
| 碳酸盐岩 |       |    |     |    |     |
| 褐铁矿  |       |    |     |    |     |
| 高岭土  |       |    |     |    |     |

裂，绢云母化强烈。

IV. 石英-碳酸盐阶段，形成的石英-碳酸盐岩细脉穿插早期形成的黄铁矿、镜铁矿脉，多金属硫化物已很少，基本不含 Au。该阶段标志本期成矿作用结束。

V. 表生氧化作用阶段，主要形成褐铁矿，同时长石类矿物的高岭土化发育。

4 矿床类型及矿床成因

文登金矿床的控、容矿构造是脆性断裂及其裂隙，矿石是一套含金的构造角砾岩-碎裂岩，产于构造岩中，是典型的碎裂岩型金矿床。

文登金矿床是脆性剪切作用形成的，是典型的动力成岩成矿。成矿物质来源于原岩，主要是昆崙山超单元中晚期的粗粒花岗岩，作为残留体（包体）存在于花岗岩中的荆山群变质岩及其他岩石也可能提供了部分矿源。成矿时代可能为燕山期（成矿期绢云母的 K-Ar 年龄为（101.97±2.49）Ma）（许顺山等，1997），其准确时间应在燕山晚期或者更晚。一方面因为是纯脆性剪切成岩成矿，另一方面是因为更偏东部的范家埠金矿床的蚀变钾长石 K-Ar 年龄仅为（43.6±1.05）Ma。

在燕山晚期或者更晚时期，处于地壳较浅层次的米山地区发生了右行脆性变形。该期脆性变形经历了 3 个阶段，早阶段以压性为主、中阶段具张扭性、晚阶段为压扭性。总体以压性为主，尤其是在米山断裂带的主干断裂及其附近（F、F<sub>1</sub>等）形成的构造岩以碎裂岩或碎裂化的岩石为主，很少发育角砾岩（具张性特征），但是距离主干断裂较远的次级断裂（F<sub>3</sub>、F<sub>4</sub>等）则有所不同，除早、晚阶段的压性作用发育外，还发育中阶段的张扭性构造，因此除碎裂岩外，还形成了独具特色的角砾岩，尤其是张性角砾岩。中阶段的张扭性构造作用为金矿成矿提供了最有利的营力和空间。

在脆性剪切构造作用过程中，岩石（米山地区主要是花岗质）发生破碎（以机械破碎为主）并发育裂隙化、角砾化等，形成碎斑和角砾；随着脆性变形的递进，岩石中的矿物也发生破碎——细粒化，或称碎粒化，形成基质。

花岗岩中的主要矿物是粒、柱状的石英和长石。在细粒化（碎粒化）的过程中，石英在粒度上发生变化（变细），组成不变；而长石则发生组成的变化，转化为石英和绢云母（粒度更细）。一定的 *p*、*t* 条件下，上述作用一直在进行。地质作用中普遍存在流体，一定 *p*、*t* 条件下的流体作用，活性组分 K、Na 等及低熔组分石英等进入流体；与此同时，成矿物质也进入流体。事实证明花岗岩物质组成的变化有利于 Au 等有用组分的活化。含有矿质的流体与细粒化石英、绢云母混合成“碎粒流”存在于岩石最破碎的地带，形成含 Au 花岗质或硅质碎裂岩；“稀的”与已存在的细粒化石英、绢云母混合充填于裂隙中，形成了含 Au 角砾岩、网状角砾岩、碎裂花岗岩。上述变化都与脆性变形同步进行，总体是固-固变化（类似于形成变质岩的变化），最终形成矿床。

参 考 文 献

许顺山, 吕古贤. 1997. 米山断裂带构造变形特征及意义. 地质找矿论丛, 12(2): 49~57.