

# 水泉金矿成矿规律的初步研究

倪富昌

(辽宁省地矿局第四地质大队)

水泉金矿位于辽宁虹螺山花岗岩体东侧,其周围构造发育,是一个有色金属成矿远景区。

## 区域地质概况

区内出露地层有长城系常州村组长石石英砂岩、石英砾岩,大红峪组含砾长石石英砂岩,高于庄组白云岩,杨庄组粉色白云岩、砂岩,雾迷山组燧石条带白云岩,景儿峪组含海绿石石英砂岩、角砾岩;寒武系紫色粉砂质页岩和侏罗系义县组安山岩、凝灰岩等(图1)。

区内断裂构造发育,通过全区的主要有老虎洞水泉—钢屯、营盘—杨家杖子两条东西向断裂。北东向断裂多条,显压性特征,和垂直北东向断裂的一组北西向张断裂。

岩浆活动主要有太古代和燕山期两个旋回,主要侵入岩见表1。

表1 区域内的主要侵入岩

| 旋回  | 代号                     | 岩石名称  | 产状 |
|-----|------------------------|-------|----|
| 燕山期 | $\gamma\pi_3^{1-2}$    | 花岗斑岩  | 岩株 |
|     | $\delta\mu_3^{2-3}$    | 闪长玢岩  | 岩脉 |
|     | $J\mu_3^{2-3-1}$       | 辉绿岩   | 岩脉 |
|     | $\delta_3^{2-4}$       | 闪长岩   | 岩脉 |
|     | $\gamma_3^{2-3}$       | 细粒花岗岩 | 岩脉 |
|     | $\gamma_3^{1-2-2}$     | 红色花岗岩 | 岩株 |
| 太古代 | $\gamma\delta_3^{2-1}$ | 花岗闪长岩 | 岩株 |
|     | $M\gamma_1$            | 混合花岗岩 | 岩基 |

## 矿床地质特征

1. 含矿岩体 本区含矿岩体主要为闪长岩和花岗斑岩。

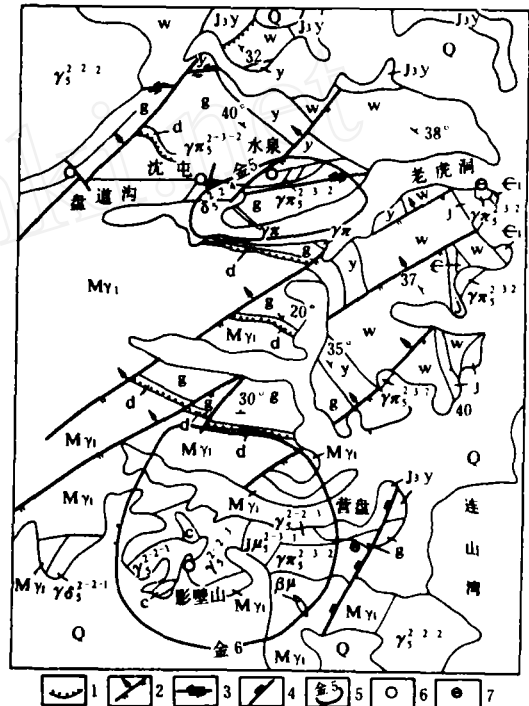


图1 水泉金矿区域地质略图

Q—第四系; J<sub>3</sub>y—侏罗系义县组安山岩和凝灰岩;  $\epsilon$ —寒武系紫色砂质页岩; j—震旦系景儿峪组燧石角砾岩; w—震旦系雾迷山组燧石条带白云岩; y—震旦系杨庄组燧石条带白云岩; g—震旦系高于庄组燧石条带白云岩; d—震旦系大红峪组含砾长石石英砂岩; c—震旦系常州村组长石石英砂岩、石英砾岩;  $\gamma\pi_3^{1-2}$ —花岗斑岩;  $J\mu_3^{2-3-1}$ —辉绿岩;  $\delta_3^{2-4}$ —闪长岩;  $\gamma_3^{2-3}$ —细粒花岗岩;  $\gamma_3^{1-2-2}$ —红色花岗岩;  $M\gamma_1$ —混合花岗岩;  $\gamma\pi$ —花岗斑岩; 1—不整合地质界线; 2—压性断层; 3—压扭性断层; 4—新华夏系断层; 5—金重砂异常; 6—金矿床和矿化点; 7—铜矿床

(1) 闪长岩: 岩体为似哑铃状岩脉, 东西向展布, 长5 km, 宽20~600m, 出露面积约3 km<sup>2</sup>, 同位素年龄为160百万年<sup>①</sup>。岩石呈深灰色, 中细粒或斑状结构, 块状构造, 主要由中性斜长石、普通角闪石、黑云母组成, 次要矿物有石英、钾长石, 副矿物为磷灰石等。沿节理裂隙常见有石英、黄铁矿等硫化物细脉。闪长岩属正常系列岩石,  $s = 66 \sim 76$ , 铁镁含量高,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7.03 \sim 8.30\%$ ,  $\text{Na}_2\text{O} > \text{K}_2\text{O}$ 。

(2) 花岗斑岩: 岩体呈不规则的岩枝状, 地表出露长300m, 宽80m, 倾向北西, 倾角30~40°, 同位素年龄118百万年<sup>②</sup>。岩石呈肉红色, 斑状结构, 斑晶为钾长石、斜长石、黑云母和石英, 斑晶粒径为3~5 mm, 含量约30%; 基质为花岗质结构, 副矿物有锆石、磷灰石等。岩石属铝

过饱和系列,  $s = 65 \sim 78$ ,  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} = 7.79 \sim 8.46\%$ ,  $a/c = 7 \sim 47$ 。

2. 含矿带和矿体 含矿带产于闪长岩体内, 主要有三条, 总体呈东西向展布; 地表出露二条, 长200~500 m, 宽20~70m (图2), 倾向北, 倾角60~80°, 延伸250~450m。含矿带由角砾岩、石英网脉等组成; 角砾主要是闪长岩, 砾径约10cm, 为含硫化物的石英脉所胶结, 石英脉宽1~15cm, 含脉率10~50%。

三个含矿带共圈出主要矿体4个。矿体埋藏浅, 长120~265m, 厚1.10~7.50m, 延续性好, 厚度变化稍大。矿体多呈脉状, 产状与矿化带一致。矿脉地表出露不全 (图3), 品位5~50g/t, 伴生有Ag, Cu等。铜矿化多沿花岗斑岩接触带和北西向破碎带分布。

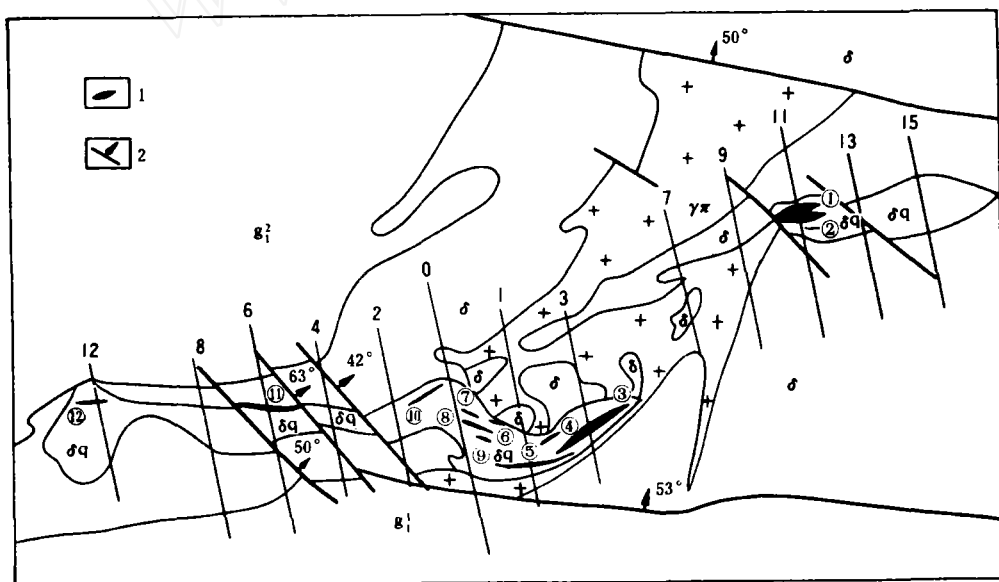


图2 水泉金矿含矿带和矿体分布略图

$g_1$ —震旦系高于庄组一段含锰白云岩;  $g_2$ —高于庄组二段白云岩;  $\gamma\pi$ —花岗

斑岩;  $\delta$ —闪长岩;  $\delta q$ —含矿带; 1—金矿体及其编号; 2—断裂及其产状

金矿物以含银自然金为主, 其次为银金矿、自然银等。主要金属硫化物为黄铁矿、黄铜矿, 其次为辉钼矿、黝铜矿、方铅矿、闪锌矿、辉铋矿、硫砷铅矿等。脉石矿物以石英、白云石为主,

其次有钾长石、方解石等。

矿石可分为含金石英—黄铁矿型和碳酸盐—黄铁矿型 (少见) 等类型。

含银自然金常呈树枝状 (照片1)、不规则粒

①辽宁省地质矿产局综合研究队徐详成采样, 长春冶金研究所测定, 1981。

②核工业部北京铀矿地质研究所测定, 1982。

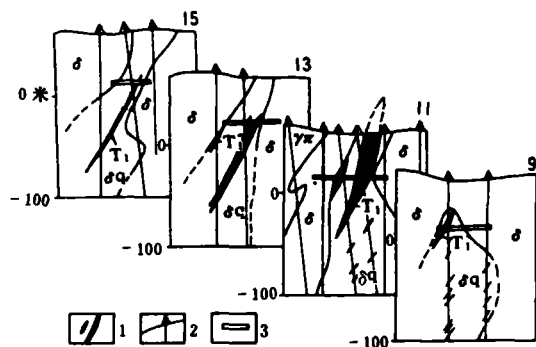
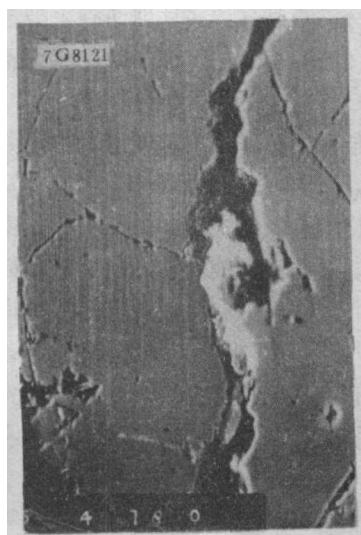


图3 水泉金矿T<sub>1</sub>号矿体立体剖面图

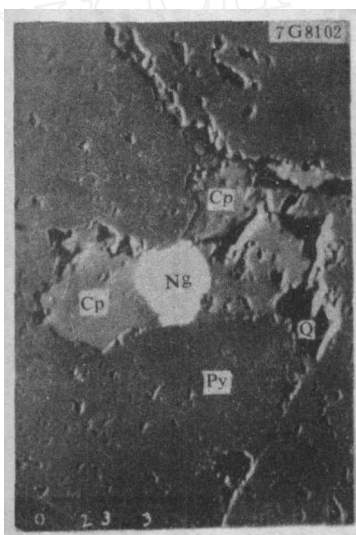
δ—闪长岩; γπ—花岗斑岩; δq—含矿带;

1—金铜矿体; 2—钻孔; 3—穿脉坑道

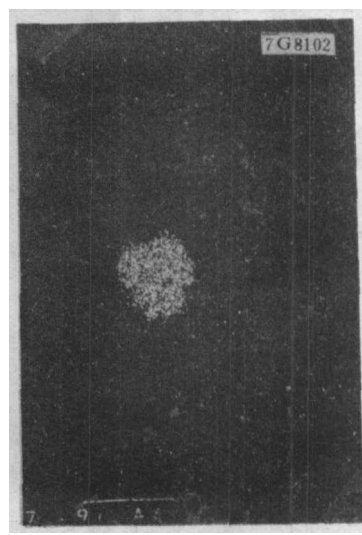
状(照片2)分布于黄铁矿裂隙中, 电子探针X射线象(照片3)显示Ag, Ag元素分布均匀,



照片1 产于黄铁矿裂隙中的自然金  
(白色矿物为自然金) ×300



照片2 背色散电子象  
(直流象)  
象中发亮部分为沿早期黄铁矿裂隙充填的含银自然金(Ng)  
被黄铜矿(Cp)包含, ×300



照片3 金元素X射线象

硅化主要分布于东西含矿带, 充填或交代碎裂岩、压碎岩, 并伴有金矿化。绢云母化主要分布于含矿角砾岩带, 显微针状、鳞片状的绢云母化岩石中见有含金黄铁矿等金属硫化物。含矿带及其两侧之闪长岩中均见有程度不同的绿泥石化, 沿岩石节理、裂隙不规则分布。含矿带膨大部分、含矿带及其两侧闪长岩中绿泥石化亦发育。

两者呈固溶体。金矿物的电子探针分析结果见表2。

主要金矿物电子探针分析\* 表2

| 样号   | 采样位置           | 金矿物   | 金银分析** |       |           |       |
|------|----------------|-------|--------|-------|-----------|-------|
|      |                |       | %      |       | 杂质(相对强度)% |       |
|      |                |       | Au     | Ag    | Fe        | Cu    |
| 8102 | T <sub>1</sub> | 含银自然金 | 85.18  | 14.82 | 0.28      | 0.06  |
| 8110 | T <sub>3</sub> | 银金矿   | 73.45  | 26.55 | 0.601     | 0.137 |

\* 核工业部北京地质研究所张宜、黄玉柱分析, 1982。

\*\* Au, Ag含量已归一化。

3. 围岩蚀变 与金矿化关系比较密切的蚀变有硅化、绢云母化和绿泥石化。

### 成矿规律的初步研究

1. 金质来源 水泉金矿与闪长岩关系密切, 主要矿体均赋存于闪长岩内。岩体人工重砂中见有自然金。不同岩石微量金分析以闪长岩中含金丰度值高, 为0.1114g/t(表3)。矿区主要含矿部位9~11勘探线-60m中段(见图2)闪长岩含矿带宽50m, 含Au平均1g/t。

微量金分析\* (g/t)

表 3

| 岩石名称    | 样数 | 金平均含量  |
|---------|----|--------|
| 白云岩     | 4  | 0.0031 |
| 炭质板岩    | 1  | 0.0030 |
| 闪长石     | 7  | 0.1114 |
| 花岗斑岩    | 4  | 0.0950 |
| 钾长石(脉)  | 1  | 0.0056 |
| 早期石英脉   | 1  | 0.0162 |
| 晚期白色石英脉 | 1  | 0.0040 |
| 煌斑岩     | 1  | 0.0044 |

\* 本队综合室杜长安、王盛君采样, 辽宁地矿局中心实验室分析, 1982。

硫同位素测定结果\* (‰)

表 4

| 样号     | $\delta S^{34}$ | 样号     | $\delta S^{34}$ |
|--------|-----------------|--------|-----------------|
| 4 TZ-1 | -6.04           | 4 TZ-9 | -6.25           |
| - 2    | -6.77           | - 10   | -6.82           |
| - 3    | -5.84           | - 11   | -5.22           |
| - 4    | -5.20           | - 12   | -6.56           |
| - 5    | -6.09           | - 13   | -6.00           |
| - 6    | -6.54           | - 14   | -5.85           |
| - 7    | -5.95           | - 15   | -5.91           |
| - 8    | -5.99           |        |                 |

\* 沈阳地质矿产研究所测定, 1982。

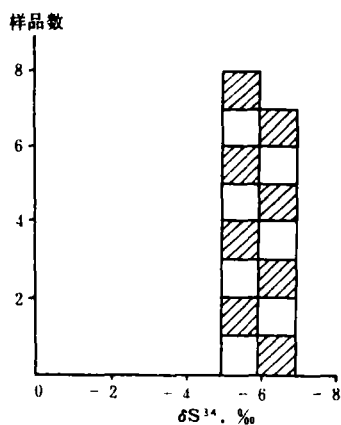
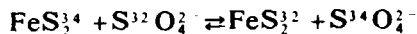


图 4 硫同位素的分布

矿区硫同位素测定资料(表 4, 图 4)表明,  $\delta S^{34}$  值接近陨石值, 且均为变异小的负值。据王

义文<sup>③</sup>研究认为, 遭到溶蚀和褐铁矿化, 黄铁矿中的硫呈硫酸盐形式转入溶液中:



导致硫化物中  $\delta S^{34}$  降低。该区矿体在河床下面, 矿石中黄铁矿的硫易遭溶蚀, 使  $\delta S^{34}$  降低, 推测未遭溶蚀之原生黄铁矿  $\delta S^{34}$  可能为不大的正值。该区硫值具有火山岩特征, 金、硫同源, 可能都是来源于上地幔之闪长岩浆。

2. 容矿构造 主要有两期。第一期, 燕山早期闪长岩侵位之后, 由于构造应力的作用, 形成东西向节理裂隙带, 为热液活动、Au 的迁移富集形成有利的容矿空间,  $SiO_2$ , Fe, S, Cu, Au 等充填裂隙, 形成早期含矿带, 即石英网脉带。第二期是燕山晚期, 由于花岗斑岩的侵入, 使早期构造复活, 部分石英脉破碎成构造角砾岩带, 构造角砾岩带是良好的容矿构造, 是矿液沉淀的场所。

3. 花岗斑岩的富集作用 花岗斑岩中含金量亦较高, 平均为 0.0950g/t (见表 3), 仅次于闪长岩, 可作为成矿的金质来源和矿化作用的热源, 有利于金的活化、迁移和富集。该区主要矿体都赋存于花岗斑岩附近的東西向含矿带内, 特别是富矿(品位 50g/t $\pm$ ) 都靠近花岗斑岩体, 距花岗斑岩体远者, 金有变贫的趋势; 远离花岗斑岩的矿化带, 石英网脉带再宽, 含金品位低, 难形成工业矿体。

4. 成矿阶段 该期成矿作用大致可分为 4 个阶段。

第一期石英—黄铁矿阶段: 在动力变质作用下, 闪长岩中的角闪石和斜长石转变为绿泥石和绢云母, 将有  $SiO_2$  释放出来。据 П. H. 齐尔文斯基<sup>④</sup>的资料, 普通角闪石转变为绿泥石时,  $SiO_2$  含量由 45.83% 降为 31.66%; 斜长石 (Ab70) 转变为绢云母时,  $SiO_2$  含量由 60.83% 降为 50.88%。从闪长岩中析出的  $SiO_2$  和原岩中携带的 S, Au, Cu 等, 由于结晶温度的差异, 形成含金黄铁矿

③王义文: 硫同位素研究在金矿床中的应用, 1980。

④П. H. 齐尔文斯基: 火成岩、变质岩、沉积岩的主要矿物的平均化学成分, 1957。

石英脉(照片4)。爆裂温度<sup>⑤</sup>石英包裹体为335~355℃,黄铁矿为170~260℃。石英分布于脉壁,黄铁矿分布于脉中间,金呈次显微状分散于黄铁矿中。



照片4 脉早结晶的石英(Q)空隙  
被晚结晶的黄铁矿充填(Py)

第二期石英—黄铁矿阶段:是金的主要成矿阶段。花岗斑岩的侵入所带来的热源和构造应力作用,使第一期黄铁矿破碎,热液沿黄铁矿裂隙充填交代,形成粒状、脉状、树枝状自然金。

第三期石英脉阶段:主要为晚期白色石英脉,分布于花岗斑岩体及其附近构造带中,含金较低,微量金为0.0040g/t(见表3)。这期石英脉是辉钼矿形成阶段,可圈出钼矿体。

第四期碳酸盐化阶段:主要形成方解石脉,方解石均一温度为120~130℃。

5. 成矿过程 笔者初步认为,本区的早期东西向构造带为闪长岩的侵位创造了有利的条件。该带的继续活动,又切断了闪长岩体。在构造运动产生的温度、压力作用下,闪长岩带来的SiO<sub>2</sub>等在适当的条件下形成石英脉;构造的继续活动,石英脉又遭破坏,这时Au和其他金属硫化物,沿节理裂隙运移、沉淀,在闪长岩体内的东西向含矿带形成大量含金石英网脉。

后期花岗斑岩侵入,使石英网脉中的Au再

次活化,花岗斑岩脉携带来的Au也参与了成矿过程,在角砾岩带中富集成工业矿体。

矿床属中—低温热液型金矿床。

6. 矿床分布规律 矿带的分布与熔浆演化密切相关。该区燕山期的侵入活动,有由中性向酸性演化的趋势。水泉岩体由闪长岩而花岗斑岩,老虎洞岩体由角闪二长斑岩而花岗斑岩,营盘岩体由花岗闪长斑岩而花岗斑岩。

在矿种上,一般花岗斑岩体及其内接触带为钼矿化,外接触带和围岩为铜、铅、锌、金和银矿化。

矿床(点)受东西向构造和北东向(华夏系)构造的复合部位控制。区域内的水泉金矿床,盘道沟、影壁山矿化点,以及与金有关的老虎洞、营盘钼矿床,均产于这种构造的复合部位。

含矿带内石英脉密集和出现角砾岩带的部位,常出现富矿体。工业矿体多富集于含矿带内而又靠近花岗斑岩的部位;经多次活动的构造带含金富。石英脉中金属硫化物增多者金富,黄铁矿比黄铜矿、辉钼矿中含金富(表5)。

单矿物中金银的平均含量<sup>\*</sup>(g/t) 表5

| 矿物  | 样数 | Au   | Ag    |
|-----|----|------|-------|
| 黄铁矿 | 9  | 36.7 | 127.7 |
| 黄铜矿 | 6  | 2.7  | 79.1  |
| 辉钼矿 | 1  | 12.4 | 59.0  |

\* 本队综合室杜长安、王盛君采样,核工业部北京铀矿地质研究所分析,1982。

7. 找矿标志 有利的构造部位、石英脉密集区、金重砂异常和黄铁矿化的出现,可做为本区的找矿标志。

本文在撰写过程中得到张家炳总工程师的指导;金的赋存状态研究,蒙崔笑梅、赵海鹏、杜长安和王盛君工程师的协助;刘克成和刘士兰同志清绘附图,在此一并致谢。

⑤辽宁省地矿局中心实验室测定,1982。