

## 黄铁矿标型特征在金矿地质中的应用

宋焕斌

(昆明工学院)

黄铁矿是金矿床中普遍出现的金属矿物,同时也是重要的造矿矿物。本文收集了国内外金矿床中黄铁矿的矿物学研究资料,总结了黄铁矿的标型特征及其地质解译,介绍了黄铁矿的14种标型性质及其在金矿床地质中的应用。

**关键词:** 黄铁矿; 标型特征; 金矿床; 应用



黄铁矿作为载金矿物,不仅是各种类型金矿床中分布最广的金属矿物,而且隐藏着丰富的地质信息。不同物理、化学条件下形成的黄铁矿,其形态、化学成分和物理性质等都存在着差异,只要应用现代研究方法查明这些微小的差别,就能为评价矿床、扩大远景和矿床成因等问题提供有用的矿物学依据。

### 形态标型

黄铁矿的结晶力较强,故常以自形晶出现。金矿床中常见的黄铁矿晶形为立方体、五角十二面体和八面体,而四角三八面体、菱形十二面体、三角三八面体及偏方复十二面体则很少见。据对胶东玲珑等4个金矿床的统计,不同晶形黄铁矿的出现频率依次是立方体(100)—五角十二面体(210)—八面体(111)—偏方复十二面体(321)、(421)—四角三八面体(211)—三角三八面体(221),其出现的倍率比依次为1156:716:201:18:2:1<sup>[1]</sup>。

### 1. 晶形与含金性

黄铁矿的晶形可用来评价含金性。大量研究表明,五角十二面体和八面体黄铁矿含金性比立方体的好。如河南小秦岭金矿区的粗粒黄铁矿,立方体晶形的含金1.2~7.1ppm,八面体者一般为20ppm,五角十二面体含金高达461.5ppm<sup>[2]</sup>。晶体的自形程度也与含金量有关,一般是晶形差的黄铁矿含金量较晶形好的高。例如山东招远金矿床的细粒黄铁矿,晶形完好的立方体含Au 2.15ppm,而晶形较差者可达144ppm。

### 2. 晶形与分带性

金矿床的不同部位,黄铁矿的晶形往往不同。矿体上部和外带通常以立方体黄铁矿为主,向矿体内部五角十二面体和八面体明显递增。如山东栖霞金矿床含金石英脉中心的黄铁矿以五角十二面体、八面体和立方体为主,向外转变为五角十二面体和立方体,最外为立方体<sup>[1]</sup>,水平分带明显。又如苏联东乌兹别克斯坦金矿床,矿脉上部以立方体黄铁矿为主,中部为立方体、八面体和五角十二面体聚形,再往下五角十二面体增加(转据徐国风,1987),显示垂直分带性。此外,矿体从浅部至根部,黄铁矿晶面生长

线的强度逐渐减弱。可见, 掌握了一个矿床黄铁矿的形态分带特征, 有助于指导找矿及评价矿体的剥蚀深度等。

### 3. 晶形与矿床建造

在不同建造类型的金矿床中, 黄铁矿的晶形也不同。高温石英—Au组合的矿床中, 黄铁矿都是立方体、八面体及五角十二面体; 中温Au—硫化物组合中常见的是立方体; 中至低温石英—Au、硫化物组合中则是立方体或五角十二面体; 变质金矿床的黄铁矿因常发生重结晶作用, 往往形成五角十二面体, 经热液交代后可形成粗粒立方体<sup>[2]</sup>。

### 4. 晶形与形成环境

立方体晶形的黄铁矿不是在黄铁矿的最佳形成温度下生成的, 在较高和较低的温度(如玲珑金矿黄铁矿形成于320℃和218℃)、温度变化梯度大(快速冷却)、过饱和度低(硫逸度小)、物质供应不足的条件有利于立方体(100)晶形的生成。因此, 立方体黄铁矿常在矿脉上侧、近矿围岩、弱矿化带及构造破碎带中出现; 五角十二面的黄铁矿形成于温度适中(黄铁矿的最佳形成温度)、温度变化梯度小(缓慢冷却)、过饱和度大(硫逸度大)和物质来源充足的条件下, 故常出现在矿体内带、矿脉下侧、强矿化地段或矿床下部; 八面体黄铁矿的形成条件与五角十二面体类似, 可成次要单形或主要单形出现于强矿化地段或矿体内带, 但出现频率大大低于五角十二面体。八面体晶形的黄铁矿还常出现在矿床浅部, 如玲珑、新城和三山岛等金矿矿体顶部都为八面体晶形的黄铁矿<sup>[4]</sup>。

### 5. 晶形与成矿期次

立方体黄铁矿主要形成于早期成矿阶段和最晚期成矿阶段; 五角十二面体主要在矿化中期或中晚期阶段形成; 八面体多数形成于矿化的中晚期。如小秦岭金矿区的黄铁矿分4个阶段形成: 第一阶段全是立方体, 第

二阶段为立方体和五角十二面体, 第三阶段出现较多的八面体, 最后一个阶段又为立方体。苏联某含金硫化物矿床的黄铁矿分3个世代形成: 第一世代晶形主要是(100), 有时出现(111); 第二世代晶形复杂, 以(100)、(111)、(210)最常见, 晶面具羽毛状多角形的条纹; 第三世代又为(100), 晶面具有粗糙不连续的条纹<sup>[5]</sup>。

近年来, 新兴起了地质矿物填图法, 如任忱英等首次在国内进行了有关尝试, 对山东招远—掖县地区的金矿床做了黄铁矿晶形地貌填图的试探<sup>[4]</sup>。

## 成分标型

不同地质条件下形成的黄铁矿, 其Fe与S的比例以及微量元素的种类和含量都有所差异, 从而能反映出矿床成因和找矿评价等方面的信息。

### 1. 主元素含量

黄铁矿的Fe和S, 一般情况下其比例是S/Fe=2, 变化范围为1.8~2.1。高温条件下形成的黄铁矿亏硫; 沉积岩中的黄铁矿S/Fe比值接近于理论值, 有时S略多<sup>[6]</sup>。小秦岭金矿区的黄铁矿平均含S49.74%, Fe44.41%<sup>[2]</sup>, 与理论值(Fe46.55%, S53.45)相比, Fe和S均亏。

一般来说, 外生黄铁矿多硫而内生的亏硫<sup>[7]</sup>; 矿体顶部和上部的黄铁矿硫有盈余, 而下部和根部亏硫。

### 2. 微量元素

黄铁矿的微量元素具有重要标型意义, 它可用来评价含金性及金矿化远景、指示矿石的贫富及矿床的工业意义、划分矿化阶段、了解自然金的成色、对矿床进行分带及确定成矿温度和矿床成因等。表中列出了黄铁矿中标型意义较大的微量元素种类及其应用范围, 其中给出的一些定量标准是根据较多的矿床实例总结出来的, 并非绝对通用, 故在实际工作中应灵活掌握。

金矿床中黄铁矿的微量元素标型特征 (3.5.9.10.11)

标型元素	标型意义	一般应用范围	实例	
Au Ag	矿化远景	黄铁矿中含Au为 $n \times 10\text{ppm}$ 可望找到独立的金矿床,含Au $n\text{ppm}$ 多为伴生金矿床, $<0.1\text{ppm}$ 时无金矿化的显示	黑龙江团结沟金矿床黄铁矿含Au 87.04ppm,为独立金矿床;安徽沙溪伴生金矿床黄铁矿含金为7.3ppm	
	矿石的贫富	黄铁矿含Au高的矿石多是富矿	浙江火山岩区的中岙、银坑山、八宝山、罗山等矿床(点),反映黄铁矿含金量与矿石的金品位呈正相关。	
	矿床成因	中、低温热液型金矿床的黄铁矿 $\text{Au}/\text{Ag} > 0.5$		黑龙江团结沟金矿床 ( $\text{Au}/\text{Ag} = 29.71$ ), 河南杨寨峪金矿床 ( $\text{Au}/\text{Ag} = 9.65$ )
		火山岩型、构造破碎蚀变岩型、沉积-变质热液交代型金矿床及各类伴生金矿床的黄铁矿 $\text{Au}/\text{Ag} < 0.5$		山东焦家金矿床 ( $\text{Au}/\text{Ag} = 0.16$ ), 河南桐柏金矿床 ( $\text{Au}/\text{Ag} = 0.11$ )
	自然金的成色	黄铁矿的Au/Ag比值较大的金矿床,自然金的成色也较高		团结沟金矿床黄铁矿 $\text{Au}/\text{Ag} \approx 30$ ,自然金成色达948
		自然金成色为700--800的金矿床中的黄铁矿, $\text{Au}/\text{Ag} = 1 \sim 2$		浙江八宝山金矿
		自然金成色 $<700$ 的金矿床中的黄铁矿, $\text{Au}/\text{Ag} < 1$		焦家金矿床,桐柏金矿床
Co Ni	矿床成因	与火山岩有关的金矿床黄铁矿中Co含量高,Co/Ni比值也较高	八宝山金矿床 (Co=390ppm, Co/Ni=39)	
		受热液影响的金矿床,黄铁矿中Co $>100\text{ppm}$ ,而且Co $>$ Ni	杨寨峪金矿床 (Co=110ppm, Ni=45ppm)	
		与岩浆作用有关的铜镍矿床、夕卡岩矿床等伴生的金矿床及沉积-变质金矿床,黄铁矿常是Co $<$ Ni	湖南沃溪W-Sb-Au矿床, (Co=48ppm, Ni=150ppm)	
		火山沉积变质型伴生金矿床中的黄铁矿 Co/Ni=1.21~4.67		
	含Au(Ag)性	黄铁矿中Co+Ni的含量与Au+Ag的含量呈反比关系,Co/Ni $<1$ 时含金性更好	桐柏破山矿区	
	矿化期次	同一矿床,早、中世代的黄铁矿比晚世代的黄铁矿含Co更高	小秦岭金矿区的黄铁矿从早到晚含Co分别为490、181、173、153ppm	
	矿床工业意义	某些地区黄铁矿的Co/Ni比值较大时,矿床的工业意义也较大	浙江火山岩区金矿床工业意义从巨大、较大、较小到小,黄铁矿Co/Ni相应为2.67、1.46、0.61、0.59	
Se Te	矿床成因	与火山作用有关的热液金矿床、与中低温热液有关的含金石英脉型金矿床以及岩浆熔离型铜镍矿床和夕卡岩型铁铜矿床中的伴生金矿床,黄铁矿的Se、Te含量较高		
		沉积成因的伴生金矿床中,黄铁矿Se、Te含量较低		
		火山沉积变质型伴生金矿床中的黄铁矿 S/Se=25~50万		

(续表)

标准元素	标型意义	一般应用范围	实例
Se Te	矿床成因	中低温热液金矿床中的黄铁矿S/Se主要为1.0~2.67万	小秦岭金矿床的黄铁矿 S/Se=0.106~8.452万
	含Au(Ag)性	同一矿床的黄铁矿中, Se+Te的含量与Au+Ag的含量成正比关系	河南银洞坡金银矿床
	成矿温度	黄铁矿中的Te, 在内生成矿作用过程中, 随着温度降低而含量增加	小秦岭金矿区黄铁矿从第一到第四阶段, Te含量依次为2.9、4.4、6.3、4.7 ppm
As Hg Cu Pb Zn	含Au性	黄铁矿中As含量高时, 黄铁矿本身或含这种黄铁矿的矿石含Au也高 黄铁矿中As、Hg很高, 且Cu>Pb>Zn, 并出现Bi和Sb时, 含量明显增高	
Tl Re Ga Ge	成矿温度	低温热液矿床的黄铁矿Tl含量较高, 中温热液矿床的黄铁矿Ga和Ge的含量高, 高温热液矿床的黄铁矿的Re含量相对较高	
元素组合	分带性	金矿床中的黄铁矿, 其微量元素类型和含量在空间上常呈规律性分布, 可用以评价深部矿体及判断矿体的剥蚀深度等	苏联西伯利亚和中亚地区的一些中深金矿床, 矿体上部黄铁矿富含Ba、Ag、Sb和Hg等, 中部黄铁矿富含Co、Ni、Ti、Cr等, 下部矿体的黄铁矿富含As和Cu

## 物性标型

### 1. 粒度

黄铁矿的含金性与粒度大小有关, 同一矿床的黄铁矿粒度越细, 含Au就越高。如美国卡林金矿床的微粒黄铁矿含Au高达4200ppm; 我国河南杨寨峪金矿床粒径>5mm的黄铁矿平均含Au不到10ppm, 3~5mm者含Au25~64ppm, 粒径减小到1~3mm时含Au量增至154~338ppm, 而<1mm的细粒黄铁矿含Au达500~932ppm(方耀奎, 1985转据栾世伟等)<sup>[2]</sup>。

### 2. 颜色

含金黄铁矿的颜色多为浅黄、浅绿黄、灰黄或暗黄色<sup>[2]</sup>。如小秦岭金矿区第一和第四阶段的黄铁矿为浅黄色, 二、三阶段者为绿黄色<sup>[10]</sup>。某些微量元素常引起含金黄铁矿在正交偏光下产生淡橙红色、淡绿色及明

暗变化等光性异常现象。由于肉眼辨别同种矿物颜色微弱差异的能力有限, 故可采用测定黄铁矿的颜色指数、反射色主波长及颜色饱和度等定量数据来研究黄铁矿的颜色。

### 3. 硬度

黄铁矿的硬度变化很大, 其显微硬度为500~2114kg/mm<sup>2</sup><sup>[8]</sup>, 多数为604~1458kg/mm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。与一般的黄铁矿相比, 含金黄铁矿由于含As较高, 晶体结构常发生线状位移及存在较多的包裹体等因素, 使其硬度降低。同一矿床中黄铁矿的硬度有时具有规律性变化, 可作为划分成矿阶段的标志。如杨寨峪金矿床从早到晚分为4个成矿阶段, 各阶段黄铁矿的硬度依次增大, 分别为1546-1584-1622-1697kg/mm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。小秦岭金矿区最早(I)和最晚(IV)阶段的黄铁矿硬度分别为1148和1366kg/mm<sup>2</sup>, 中间两个阶段(II、III)的黄铁矿硬度较低, 为

990kg/mm<sup>2</sup>[10]; 团结沟金矿床早期黄铁矿的硬度相对较高, 为1041kg/mm<sup>2</sup>, 晚期黄铁矿硬度明显降低, 为880kg/mm<sup>2</sup>[12]。

#### 4. 比重

黄铁矿的理论比重值为4.9~5.2, 含金黄铁矿常为此区间的下限值。有关资料报道金矿床中黄铁矿的比重为4.5~4.9[7, 8], 但国内的金矿床多高于此值。如浙江火山岩区金矿床的黄铁矿比重为4.89~5.11, 其中银坑山(7)为5.02(括号中为样品数), 罗山(6)和弄坑(3)为5.01, 中岙(3)为4.97, 八宝山(2)为4.96, 璜山(1)为4.95[13]。同一矿区不同阶段的黄铁矿其比重常有差异, 据此可供划分成矿期次, 如小秦岭含金石英脉中, 第一和第四阶段的黄铁矿比重<5.0, 而二、三阶段的黄铁矿比重>5.0[10]。

#### 5. 反射率

不同成因的金矿床或同一矿床不同期次形成的黄铁矿反射率差异很大。如团结沟金矿床早期的黄铁矿反射率明显高于晚期黄铁矿, 前者当入射光波长为580、620和660nm时, 相应的反射率为55.00、54.53和53.65%, 而后者在同波长入射光下, 反射率明显降低, 分别为45.65、47.51和48.52%[12], 由此可作为划分成矿期次的标志之一。含金黄铁矿常因含砷使其反射率降低, 含砷7%时, 对546nm的绿光反射率可从纯黄铁矿的52~53.4%降至46%[8]。

#### 6. 磁性

对黄铁矿进行磁学性质研究的实例很少。磁性通常用比磁化率和居理点来度量。在小秦岭金矿区的石英脉中, 早阶段和晚阶段形成的黄铁矿都是浅黄色全自形的立方体晶形, 凭形态和颜色无法区分, 但两者的比磁化率有较明显的差异, 前者为 $0.98 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$ , 后者为 $7.14 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{g}$ , 从而为区分不同阶段的黄铁矿提供了磁性标志。

#### 7. 热电性

热电性是黄铁矿最重要的标型性质之一, 用热电系数( $\alpha$ )来度量。金矿床中黄铁矿的热电系数在空间和时间上都有其规律性。矿体上部晚期较低温的黄铁矿 $\alpha$ 为正值, 属于空穴导型, 称*p*型导电性; 矿体下部早期较高温的黄铁矿 $\alpha$ 为负值, 属于电子导型, 即*n*型导电性; 而矿体中部中期中温黄铁矿为空穴导型和电子导型的混合型导电性,  $\alpha$ 值越大, 含金性越好。所以, 利用黄铁矿的热电动势可以确定金矿床的垂直分带和剥蚀深度, 评价深部矿体乃至寻找盲矿体。如浙江银坑山和八宝山金银矿床, 前者黄铁矿在500m标高以上为空穴导型, 较深部出现混合导型; 后者也类似, 上部为空穴导型, 下部为混合导型[3]。据此推断这两个矿床目前的勘探深度还未达到矿体根部, 即下部还应存在黄铁矿为电子导型的矿体。

黄铁矿的导型还可用以确定它的成因, 陈光远等报道了波古什(Bogush, 1979)对北高加索泥盆纪火山沉积岩组硫化矿石中300余件黄铁矿的研究[5], 发现沉积或成岩形成的黄铁矿为空穴导型, 变质成因的黄铁矿为电子导型, 而来源于沉积物质的热液或热液叠加成因的黄铁矿为混合导型。

黄铁矿的导型能反映介质的硫逸度, *p*型黄铁矿指示形成环境的硫逸度较高, 而*n*型指示硫逸度较低。所以, 一般亏硫的黄铁矿属*n*型, 亏铁者多属*p*型。

黄铁矿的 $\alpha$ 值可用以划分成矿阶段, 如张立(1983)对玲珑金矿西山108号脉的87个黄铁矿样进行热电性研究, 发现早阶段与闪锌矿、黄铜矿和方铅矿共生的黄铁矿 $\alpha$ 为正值, 区间为204~320 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ; 第二阶段与石英共生的黄铁矿 $\alpha$ 为负值, 区间从-269.2~-287.0 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ ; 第三阶段与方解石共生的黄铁矿 $\alpha$ 值为+182 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$ (转据陈光远等)[5]。

黄铁矿的热电系数与其含金性有关, 含金量低于10ppm时 $\alpha$ 为负值, 等于10ppm时 $\alpha$

为正值 (+100 $\mu$ V/ $^{\circ}$ C), 而含金量高于 10ppm时 $\alpha$ 既可为正值, 也可为负值(转据斯是琴等)<sup>[7]</sup>。据多数金矿床实例, 富矿柱中的黄铁矿不仅热电动势大, 而且往往属混合导型。

### 8. 核磁共振

核磁共振对研究矿物的缺陷、矿物中水的状态和类型、矿物成因以及含矿性评价等都有一定意义。核磁共振查明黄铁矿中的水除包体水外, 还有代替 $S^{2-}$ 的 $OH^{-}$ 存在。例如沉积成岩成因的黄铁矿有大量包体水和羟基, 热液交代成因的黄铁矿有羟基存在, 爆破角砾岩筒中的黄铁矿不含水和羟基, 而花岗质岩石中的黄铁矿及片麻岩中的黄铁矿变斑晶含包体水和羟基最多<sup>[5]</sup>。在金矿床中, 黄铁矿含金量越高, 其核磁共振信号越强, 两者呈正相关。

### 9. 红外吸收谱

对金矿床中黄铁矿的红外谱学研究不如石英广泛, 但仍具有一定的标型意义。例如方耀奎(1985)通过对小秦岭地区含金石英脉中黄铁矿的红外谱学研究, 发现各个成矿阶段黄铁矿的远红外吸收性都较强, 但不同阶段的黄铁矿具有不同的特征峰值: 第一、三阶段的黄铁矿具 $419\text{cm}^{-1}$ 的特征峰; 四阶段黄铁矿的特征峰为 $418\text{cm}^{-1}$ ; 二阶段黄铁矿为 $417\text{cm}^{-1}$ <sup>[10]</sup>。结合其他峰值, 便可进行成矿阶段的划分。黄铁矿的红外特征可用于评价矿石的含金性, 徐国风等(1985)对浙江火山岩区等金矿床的研究表明, 富金矿石中黄铁矿多显示 $417$ 和 $418\text{cm}^{-1}$ 红外吸收峰, 贫金矿石中的黄铁矿则显示 $413\sim 416\text{cm}^{-1}$ 或 $419\text{cm}^{-1}$ 以上的红外吸收峰。

### 10. X射线粉末衍射

黄铁矿粉末衍射德拜图象有可能区分含金与非含金黄铁矿。张德义(1983)研究了李家沟金矿后发现, 含金黄铁矿和非含金黄铁矿的德拜图具有差异: 含金黄铁矿漫反射有所增强, 低一中角度的衍射线有不同程度

的宽化, 锐度降低, (211)、(321)、(220)、(420)、(332)、(422)衍射线与(311)衍射线相对强度比偏大, 说明含金黄铁矿的最强衍射线(311)本身强度有所降低, 而其他衍射线强度有所增加; 不含金黄铁矿漫散射少, 衍射线宽化不明显, 锐度较好, (211)、(321)、(220)、(420)、(332)、(422)衍射线与(311)衍射线相对强度比偏小(转据陈光远等)<sup>[5]</sup>。陈光远等用含金黄铁矿晶体不完善—镶嵌亚组织发育来解释上述现象。黄铁矿粉末衍射特点还能反映晶体结构上的局部不平衡变态, 由于镶嵌取向不一致, 破坏了晶体的点阵, 造成位错缺陷空隙, 在生长过程中有利于金进入黄铁矿晶格。

### 11. 晶胞参数

黄铁矿晶胞参数的变化主要由成分引起, 温度和压力对晶胞大小也有一定的影响。黄铁矿的晶胞参数可用来区别含金黄铁矿和不含金黄铁矿, 指示成矿环境及对比矿化温度等。纯黄铁矿( $S/Fe=2$ )的理论 $a_0$ 值为 $5.4175\text{\AA}$ , 含金黄铁矿常因含有较多的Co、Ni、As等元素, 造成半径较大的阳离子替换Fe离子, 致使黄铁矿晶胞增大, 如黄铁矿含3%的As时, 其 $a_0$ 值增至 $5.4369\text{\AA}$ 。我国小秦岭金矿区黄铁矿 $a_0$ 值为 $5.4200\text{\AA}$ (方耀奎, 1985), 李家沟金矿为 $5.4177\text{\AA}$ , 金山为 $5.4181\text{\AA}$ (转据陈光远等, 1987), 都大于纯黄铁矿的 $a_0$ 值, 但也有例外。当硫逸度较低时, 形成的黄铁矿 $S/Fe<2$ , 造成黄铁矿中硫空位, S—Fe键性增强, 导致 $a_0$ 值减小。当 $S/Fe$ 为1.95时,  $a_0$ 降为 $5.4159\text{\AA}$ , 煅烧黄铁矿使部分硫逸失,  $a_0$ 值可降至 $5.415\sim 5.413\text{\AA}$ 。因此, 在一定条件下, 黄铁矿晶胞参数能指示介质硫逸度的高低。单位晶胞的大小与温度有一定关系, 其他条件相似时, 较高温度下形成的黄铁矿晶胞相对要小些。所以, 同一矿区成分相近的黄铁矿, 其晶胞大小可反映成矿温度的相对高低

及指示热源的方向。

近年来,矿物标型性研究已涉及到对矿物包裹体和同位素的研究。对黄铁矿而言,主要研究手段有硫同位素组成测定、爆裂法测温、以及提取包体水进行成分及氢氧等同位素组成的测定,用以解决成矿温度、成矿物质来源及有关成矿物理化学条件等问题。

在金矿床研究及找矿工作中,黄铁矿的形态、微量元素及热电系数的标型意义尤为重要。但对于不同的金矿床,标型性质的主次也不尽一致,某矿床次要的标型性质对另一矿床可能是主要的。因此,研究金矿床中黄铁矿的标型特征应抓住那些对生成条件反应最敏感、隐藏地质信息最多且便于对比的标型性质。取样时,对不同阶段形成的黄铁矿要分别处理,样品最好沿矿体水平或垂直

方向按一定间距采取。总之,必须注意样品的系统性和代表性。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 陈光远等,现代地质,1987,第1期。
- [ 2 ] 栾世伟等,《金矿床地质及找矿方法》,重庆,四川科学技术出版社,1987年。
- [ 3 ] 徐国风,地质与勘探,1987,第2期。
- [ 4 ] 任英忱等,地质找矿论丛,1986,第2期。
- [ 5 ] 陈光远等,《成因矿物学与找矿矿物学》,重庆,重庆出版社,1987年。
- [ 6 ] 徐国风等,矿产与地质,1987,第1、2期。
- [ 7 ] 靳逸琴等,《成因矿物学概论》,吉林大学出版社,1986年。
- [ 8 ] 徐国风等,地质论评,1980,第6期。
- [ 9 ] 徐国风等,黄金,1985,第6期。
- [ 10 ] 方耀奎,成都地质学院学报,1985,第2期。
- [ 11 ] 徐国风等,地质与勘探,1987,第9期。
- [ 12 ] 姜顺信,《金矿地质论文集》,北京,地质出版社,1986年。
- [ 13 ] 邵洁涟等,地质找矿论丛,1987,第1期。

## Applications of Typomorphic Characteristics of Pyrite in Gold Geology

Song Huanbin

Pyrite is a metallic mineral commonly occurred in Au-deposits. It is also an important ore-forming mineral. A wealth of information of mineralogical studies at home and abroad on pyrite in gold deposits has been investigated in this paper. A comprehensive summing up for typomorphic characteristics of pyrite and their geological interpretations are made, and fourteen typomorphic properties and their applications in gold geology are also given in this paper.

(上接第30页)

国群采产金量可达100万两。国外也有这方面的实例。据悉,开采砂金矿年产金320万两的苏联马加丹地区,相当大的一部分黄金采自小沟砂金富矿。澳大利亚的维多利亚大砂金矿区,过采砂金矿量在3200万两(1000t)以上。令人感兴趣的是,如此巨大规模的砂金矿区,竟主要是由占矿量90%以上、单个砂矿储量不超过2t的小矿群构成的!事实说明,砂金小矿资源是大有作为的。(2)开发砂金小矿资源,尤其是小沟砂金矿,有助于探寻原生矿源,而且往往是扩大金矿资源的先导。黑龙江省的团结沟和老座山金矿以及广东河台金矿,都是根据民采小沟砂金矿提供的找矿信息而发现的。

为促进砂金小矿的开发,笔者提出以下建议:

1. 制定新的可行的小矿资源开发政策。鼓励乡镇地方企业投资开发,以充分利用这些资源。
2. 鉴于很大一部分小矿资源具有工业价值,所以有关砂金矿的工业储量下限规定应考虑重新确定。过去不论开采条件如何,一律以采金船地质要求为中心的评价标准和规定,也应合理予以修正。
3. 应将砂金小矿资源列入勘查计划。对砂金成群、成片发育的大砂金区,应实行饱和勘查。在普查见矿基础上,如有条件,应尽可能采用“溜槽法”,以采代探。
4. 加强砂金小矿资源的调查。广泛收集信息,加强砂金区的原生源找矿研究,并列人科研攻关项目,以求有新的突破。