

# 福建尤溪肖板金矿床 金的赋存状态及金矿物特征\*

陈柏林

(中国地质科学院地质力学研究所, 北京 100081)

吴淦国

(中国地质大学, 北京 100083)

赵荣文

(福建省尤溪县黄金公司, 尤溪 365100)

吴建设 黄仁生

(福建闽西地质队, 三明 365000)

主题词 赋存状态 金矿物 肖板金矿床

摘要 肖板金矿床属受构造控制的中低温岩浆热液矿床, 矿化类型为构造蚀变岩型。金多呈独立金矿物形式出现, 少许呈分散状; 金矿物以自然金为主, 平均成色 930, 有少量银金矿和碲金矿。金矿物以包体金、裂隙金、连生金和粒间金等形式嵌布于黄铁矿、黄铜矿、石英、方铅矿及方解石等主要载金矿物中, 且石英、方解石中较金属硫化物中占优势。金矿物形态各异, 粒度以中细粒为主。

福建尤溪肖板金矿床位于闽中前寒武纪“天窗”地区, 次级构造单元属于东华—大铭山火山基底隆起带和永泰—德化火山喷发带的交接部位。矿区出露中元古界麻源群变质岩, 主要岩性为黑云石英片岩、二云变粒岩、片麻岩等, 零星出露加里东—印支期片麻状中酸性岩体和燕山晚期中酸性岩脉<sup>[1]</sup>。肖板金矿床分为肖板和上村两个矿段。肖板矿段金矿体赋存于麻源群中, 受发育于麻源群中的低角度正断层(剥离断层)的控制, 矿体产状平缓, 一般倾角 5°~25°, 呈波状起伏。上村矿段金矿体的围岩是印支期片麻状岩体, 矿体产状较陡。硫、铅、氢、氧同位素、初始铀比值、稀土元素特征等资料反映出肖板金矿床的成矿物质主要来源于麻源群变质岩, 并有少量岩浆物质的加入, 成矿时代为燕山早期; 流体包裹体特征显示出成矿流体主要为岩浆水, 并有大气降水的混入, 成矿温度为 190~244℃, 属中低温岩浆热液矿床。矿化类型以构造蚀变岩型为主, 部分为石英脉型<sup>[2,3]</sup>。

肖板矿田内矿化带及其附近围岩蚀变强烈, 主要蚀变类型有硅化、黄铁矿化、黄铜矿化、绿泥石化、绢云母化、方解石化, 少量毒砂化、方铅矿化, 显示出中温热液矿床的围岩蚀变特点, 并且, 自上村向双旗山、肖板, 方铅矿化、黄铜矿化蚀变有明显减弱的特点, 表明成矿温度降低。矿石结构有变晶结构、交代结构两个主要类型。矿石构造以块状构造、团块状构造、细脉状构造和浸染状构造最为普遍, 片状构造、条带状构造次之。

## 1 金矿石的主要矿物组合

本区矿石中的矿物成分比较简单, 但由于矿石类型不同, 矿物组合尚有较大差别, 各类

\* 国家计委科技找矿项目(JG9471909)部分研究成果

第一作者简介 陈柏林, 男, 1962年生, 副研究员, 从事矿田构造、成矿规律和显微构造研究。

① 福建地矿局区域地质调查大队, 1:5万街面幅、中仙幅区调报告, 1991。

收稿日期 1998-08-06, 改回日期 1998-11-20

矿石的主要矿物组合见表1。黄铁矿是各类矿石的主要金属矿物,在石英脉型金矿石中黄铜矿也是含量较高的金属矿物。自然金和银金矿作为有用矿物,在各类矿石中均是常见的次要金属矿物,在石英脉型矿石中尚可见到少量毒砂、方铅矿、辉钼矿。矿石中非金属矿物的含量变化较大。石英作为与金矿化关系最密切的蚀变矿物,除在构造蚀变岩型金矿石中含量较少外,在其它类型金矿石中均是主要矿物。在变粒岩型和花岗岩型金矿石中,钾长石和斜长石是最主要的非金属矿物,主要蚀变矿物绿泥石、方解石、绢云母均是常见的次要矿物。构造蚀变岩型金矿石因其原岩和蚀变等因素,与其它矿石的矿物组合差别较大,绿泥石、方解石、绢云母是主要非金属矿物,石英含量一般不高,是次要矿物。

上村矿段矿石的矿物成分主要为石英、黄铁矿、方铅矿和方解石,次为碲铋矿等。

表1 肖板金矿床矿石的主要矿物共生组合

Table 1 Association of main minerals in ores from Xiaoban gold deposit

矿石类型		变粒岩型金矿石	石英脉型金矿石	构造蚀变岩型金矿石	花岗岩型金矿石	上村石英脉型金矿石
金属矿物	主要	黄铁矿	黄铁矿、黄铜矿	黄铁矿	黄铁矿	黄铁矿、方铅矿
	次要	自然金	自然金、毒砂、辉钼矿、方铅矿	自然金	自然金	自然金、碲铋矿
非金属矿物	主要	钾长石、石英、钠长石	石英	绿泥石、方解石、绢云母	钾长石、斜长石、石英	石英
	次要	绢云母、黑云母、方解石、绿泥石	方解石、绿泥石、绢云母	石英	角闪石、绢云母、方解石、绿泥石	方解石

## 2 金矿物种类与成色

通过对光片的镜下观察和电子探针分析,肖板金矿床金的赋存状态<sup>[4]</sup>是以独立金矿物为主要形式出现,金矿物又以自然金为主,银金矿次之,个别为含碲自然金。

自然金成色为830~971,平均933,含少量Ag(平均6.51%)和Fe(1.09%)。银金矿平均成色为797,含Ag平均为19.88%。黄铁矿、石英中的金矿物成色较高,黄铜矿和方解石中的金矿物成色较低(表2)。

上村矿段金矿物以自然金产出,含少量银和碲,金成色为906~954(表2),碲铋矿的电子探针分析结果为:Te 47%、Bi 42%~52%,另含少量Pb(0~9%)(表2)。

## 3 金矿物的形态和粒度特征

肖板矿段金矿物形态以半自形粒状为主(照片1、2),其次是自形、他形或不规则状、裂隙状(照片3、4、5);石英、方解石中的自然金自形程度较高,而黄铁矿和黄铜矿中的自然金自形程度偏低。上村矿段金矿物常呈粒状,经常与碲铋矿密切共生(照片6、7),或与方铅矿共生产于石英粒间(照片7),也可单独产于黄铁矿粒间(照片8)。

以肖板矿段的光片在显微镜下所见到的232个金矿物颗粒作统计,结果(表3)是:以颗粒数(镜下可见的)计,0.02~0.005mm者为最多,占55.17%,其次为0.02~0.05mm者,占28.88%;若以体积计,则以>0.05mm者为主,占74.76%。

表 2 肖板金矿床金属矿物电子探针分析结果

Table 2 EPA analyses of elements in the metallic minerals from Xiaoban gold deposit

位置	序号	样号	矿物	元素含量(%)											总量	金成色	
				S	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	As	Sb	Se	Te	Au			Ag
肖板	1	9501-2	黄铁矿	53.31	45.91	0.00	0.20	0.00	0.00	0.00	0.03	0.00	0.18	0.00	0.00	99.63	
	2	9501-2	黄铜矿	34.81	30.20	0.00	0.00	33.99	0.00	0.77	0.09	0.06	0.00	0.08	0.00	100.00	
	3	B01-2	黄铜矿	34.55	29.39	0.00	0.00	34.60	0.00	0.74	0.41	0.19	0.27	0.00	0.10	100.25	
	4	9501-2	自然金	0.00	0.91	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.42	0.06	1.52	83.00	13.92	100.02	856
	5	9501-2	自然金	0.00	0.39	0.00	0.41	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	96.28	2.79	100.01	971
	6	9501-2	自然金	0.00	0.04	0.00	0.47	0.00	0.48	0.00	0.00	0.00	0.05	90.59	8.45	100.08	915
	7	B01-2	自然金	0.00	0.21	0.10	0.34	0.00	0.00	0.00	0.11	0.00	0.00	82.46	16.77	99.99	830
	8	Y005-1	自然金	0.57	0.31	0.29	0.34	0.33	0.23	0.33	0.00	1.15	13.17	79.77	3.43	99.92	957
	9	Y005-1	自然金	0.00	0.31	0.12	0.00	0.10	0.37	0.06	0.00	0.00	0.00	94.88	4.17	100.01	958
	10	Y005-1	自然金	1.54	0.42	0.00	0.25	0.00	0.60	0.66	0.15	1.49	0.16	91.07	3.69	100.03	961
	11	资料(8)	自然金	—	1.73	Bi 0.92	—	0.15	0.00	0.00	—	0.00	0.09	92.86	5.57	101.32	943
	12	资料(5)	银金矿	—	1.63	Bi 1.49	—	0.31	0.00	0.01	—	0.01	0.00	77.88	19.88	101.21	797
上村	13	Y012	碲铋矿	0.00	Pb 8.94	Bi 42.86	0.02	0.00	0.10	0.02	0.76	0.00	46.82	0.20	0.00	99.72	
	14	Y012	方铅矿	13.02	Pb 85.42	0.00	0.05	0.42	0.42	0.22	0.04	0.08	0.00	0.00	0.35	100.02	
	15	Y012	方铅矿	12.83	Pb 86.05	0.18	0.29	0.21	0.00	0.17	0.06	0.00	0.44	0.00	0.00	100.23	
	16	Y012	方铅矿	12.26	Pb 86.15	0.00	0.00	0.00	0.03	0.10	0.41	0.00	0.31	0.00	0.48	99.74	
	17	Y012	自然金	0.00	Pb 3.04	0.07	0.00	0.11	0.16	0.03	0.00	0.00	0.11	92.78	4.52	100.82	954
	18	Y012	自然金	0.00	0.50	0.00	0.11	0.12	0.00	0.00	0.23	0.00	0.53	88.62	9.23	99.34	906
	19	Y012	自然金	0.00	—	0.00	0.31	0.00	0.40	0.00	0.30	0.00	0.12	89.52	9.33	99.98	906
	20	Y012	自然金	0.00	Pb 1.04	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0.00	0.32	92.41	5.92	100.02	939
	21	Y012	碲铋矿	0.05	—	Bi 52.21	0.00	0.41	0.00	0.00	0.28	0.10	47.06	0.38	0.34	100.83	
	22	Y012	碲铋矿	0.00	Pb 0.00	Bi 49.61	0.12	0.11	0.11	0.07	0.73	0.13	47.66	0.45	0.00	98.99	

测试仪器型号：JcXA-733 型电子探针，LINK-860-2 型能谱仪；测试条件：电压 15kV，电流  $2 \times 10^{-8}$  A，束斑直径 0.5 $\mu$ m；测试单位及测试者：中国地质大学(北京)电子探针室 李树岩。11、12 号的数据引自参考文献 [5]，所列的是平均值，括号内数字为样品数。“—”为未测。

表 3 肖板金矿段金矿物粒度及赋存状态统计

Table 3 Statistics of sizes and modes of occurrence of gold minerals from Xiaoban gold deposit

序号	光片号	样品位置 (矿带编号)	矿 石 类 型	金矿物颗粒大小(mm)					金矿物赋存状态			合计	视域数
				>0.1	0.1~ 0.05	0.05~ 0.02	0.02~ 0.005	<0.005	石英、 方解石 之中	黄铁 矿中	黄铜 矿中		
1	B08-2	7Au	石英脉型	2	0	18	11	0	12	19	0	31	6
2	9501-2	7Au	石英脉型	0	1	2	20	10	25	6	2	33	5
3	9501-2	7Au	石英脉型	0	0	8	9	4	13	5	3	21	8
4	B01-2	7Au	石英脉型	1	2	12	13	0	0	9	19	28	19
5	Y001-1	13Au	蚀变岩型	0	0	4	5	0	0	9	0	9	6
6	Y005-1	8Au	蚀变岩型	0	0	5	54	14	66	7	0	73	11
7	B08-1	7Au	石英脉型	0	1	3	1	0	0	5	0	5	4
8	B01-1	7Au	石英脉型	0	1	8	12	0	9	8	4	21	10
9	SJ0-1	13Au	石英脉型	0	0	2	1	0	2	0	1	3	3
10	SJ0-2	13Au	石英脉型	0	1	4	1	0	5	1	0	6	4
11	YJ40-1	7Au	石英脉型	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1
12	YJ50	7Au	石英脉型	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1
合 计 (颗)				3	6	67	128	28	134	69	29	232	75
颗粒百分数(%)				1.29	2.59	28.88	55.17	12.07	57.76	29.74	12.50	—	—
体积百分数(%)				48.93	25.83	23.51	1.70	0.03	48.51	23.18	28.31	—	—

据上村矿段的3个光片在显微镜下所见的196个金颗粒的统计, >0.1mm的巨粒金有5粒, >0.02mm的中粗粒金有83粒, 而以体积计算, 则中粗粒金占绝对优势(表4)。

表4 上村矿段金矿物粒度及赋存状态统计

Table 4 Statistics of sizes and modes of occurrence of gold minerals from Shangcun deposit

序号	光片号	矿石类型	金矿物粒度(mm)					金矿物赋存状态				合计
			>0.1	0.1~0.05	0.05~0.02	0.02~0.005	<0.005	黄铁矿	方铅矿	石英	方解石	
1	Y12-1a	含方铅矿黄铁矿 石英脉型	0	6	12	6	3	2	8	12	5	27
2	Y12-1b		5	17	41	53	43	32	28	65	34	159
3	Y12-2	黄铁矿石英脉型	0	0	2	2	6	2	0	5	3	10
合计(颗)			5	23	55	61	52	36	36	82	42	196
颗粒百分数(%)			2.55	11.73	28.06	31.12	26.53	18.36	18.36	41.84	21.43	-
体积百分数(%)			67.95	26.67	5.06	0.21	0.09	6.79	18.26	53.81	21.14	-

## 4 金矿物的赋存状态

肖板矿段金矿物赋存状态有3种, 即在脉石矿物(石英和方解石)中、在黄铁矿中及与黄铜矿共生于黄铁矿裂隙中(表3)。统计结果显示: 按颗粒数计, 在脉石矿物中最占优势, 为57.76%, 黄铁矿中次之, 占29.74%; 若以体积计, 也是脉石矿物中占优势, 为48.51%, 黄铁矿和黄铜矿中的相近。在上村矿段, 以颗粒数统计, 石英中占优势, 为41.84%, 黄铁矿、方铅矿、方解石中的比较接近; 从体积看, 因黄铁矿中自然金粒度较小, 所占体积较少(表4)。

金矿物与其它矿物的关系(即嵌布形式)有包体金(照片5)、裂隙金(照片4)、连生金(照片3、6、7)和粒间金(照片1、2、8)等。

除上述金矿物外, 金元素还可能以机械混入物、呈固溶体及吸附方式存在于载金矿物中, 电子探针分析结果显示, 在黄铁矿、黄铜矿、石英、方解石中均含有微量的金(表2, 表5)。

表5 肖板金矿床脉石矿物电子探针分析结果

Table 5 EPA analyses of quartz and calcite from Xiaoban gold deposit

序号	样号	矿物	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MnO	MgO	CaO	CoO
1	9501-2-1	石英	98.49	0.02	0.00	0.00	0.00	0.19	0.00	0.00	0.06
2	Y005-1-1	方解石	0.08	0.00	0.00	0.20	0.42	3.12	0.26	55.93	0.07
序号	样号	矿物	NiO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SrO	BaO	Au	Ag	总量
1	9501-2-1	石英	0.00	0.00	0.19	0.81	-	-	0.06	0.06	99.88
2	Y005-1-1	方解石	0.19	0.00	0.34	0.13	0.24	0.25	0.47	0.00	61.70

测试仪器型号、测试条件、测试单位及测试者均同表2。方解石总量的不足部分应为CO<sub>2</sub>。

## 5 金矿物特征所反映的矿床成因意义

### 5.1 主要结论

(1) 肖板金矿床内的金多呈独立金矿物形式出现, 少许呈分散状。

(2) 金矿物以自然金为主, 平均成色 930, 并含有含碲自然金及少量银金矿。

(3) 金矿物以包体金、裂隙金、连生金和粒间金等形式嵌布于黄铁矿、黄铜矿、石英、方铅矿及方解石等主要载金矿物中, 且在石英、方解石中较在金属硫化物中占优势; 金矿物形态各异, 粒度以中细粒为主。

## 5.2 金矿物特征所反映的矿床成因意义

首先, 肖板金矿床内的金矿物以自然金为主, 且自然金成色较高, 与我国绿岩带中的小秦岭金矿<sup>[6-8]</sup>、金厂峪金矿<sup>[9]</sup>、排山楼金矿<sup>[10]</sup>、安徽五河金矿<sup>[11]</sup>及北京崎峰茶金矿<sup>[12]</sup>相似, 反映出成矿物质主要来源于变质岩, 成矿作用与燕山期中酸性侵入岩有关<sup>[7]</sup>, 且成矿温度相对较高, 与我国东部火山热液型冶岭头金矿<sup>[7,13]</sup>明显不同。第二, 碲元素含量较高, 反映出与岩浆岩的关系密切。第三, 虽然肖板矿段和双旗山矿段赋矿围岩为变质岩、矿体产状平缓、以交代矿化蚀变为主, 而上村矿段赋矿围岩为片麻状花岗岩、矿体产状陡立、以充填矿化为主, 两者存在较大的差异, 但是金矿物特征非常相似, 反映出成矿作用和控矿因素相似, 是同一成矿作用受不同构造动力条件影响的结果。肖板、双旗山是受蒲洋变质核杂岩北西侧的低角度断层控制, 而上村是受该杂岩近核部张性断裂控制<sup>[13]</sup>。这与地质地球化学研究所获得的矿床成因认识相一致。

## 参 考 文 献

- 1 福建省地质矿产局. 福建省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1985.
- 2 陈柏林, 吴淦国, 黄仁生等. 福建尤溪肖板金矿床成因探讨. 矿床地质, 1998, 17(增刊): 319~322.
- 3 陈柏林, 吴淦国, 黄仁生等. 福建蒲洋变质核杂岩构造及其控矿作用初探. 福建地质, 1998, 17(3): 139~145.
- 4 乌顿布格 W, 伯克 E A J 著. 金属矿物显微镜鉴定表. 闵茂中, 于凤池, 苏树春译. 北京: 地质出版社, 1975.
- 5 张家元. 福建省双旗山金矿床地质特征及成因研究. 福建地质, 1992, 11(1): 17~32.
- 6 陈光远. 成因矿物学与找矿矿物学. 重庆: 重庆出版社, 1987.
- 7 韦永福, 吕英杰, 江雄新等. 中国金矿床. 北京: 地震出版社, 1994.
- 8 吴兴宇. 陕西小秦岭金矿床中金的赋存状态及分布规律. 有色金属矿产与勘查, 1998, 7(4): 22~27.
- 9 余昌涛. 冀东主要类型金矿床的成因及形成机理研究. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集(2), 冀东地区. 北京: 地质出版社, 1989.
- 10 曲亚军等. 排山楼金矿床地质特征及金质来源. 辽宁地质, 1990, (4).
- 11 董法先, 李中坚, 陈柏林等. 安徽省五河县大巩山-荣渡地区金矿控矿构造与找矿方向. 北京: 地质出版社, 1995.
- 12 李中坚, 陈柏林, 董法先等. 北京怀柔崎峰茶-琉璃庙地区含金构造特征与找矿方向. 北京: 北京科学技术出版社, 1997.
- 13 郑明华, 刘建明. 论浙江冶岭头金银矿床的成矿物质来源. 矿床地质, 1986, 5(1): 39~52.

## Mode of Occurrence of Gold and Characteristics of Gold Minerals in Xiaoban Gold Deposit, Youxi County, Fujian Province

Chen Bailin

(Institute of Geomechanics, CAGS, Beijing 100081)

Zhao Rongwen

(Youxi Gold Exploration Corporation of Fujian,

Youxi 365100)

Wu Ganguo

(China University of Geosciences, Beijing 100083)

Wu Jianshe, Huang Rensheng

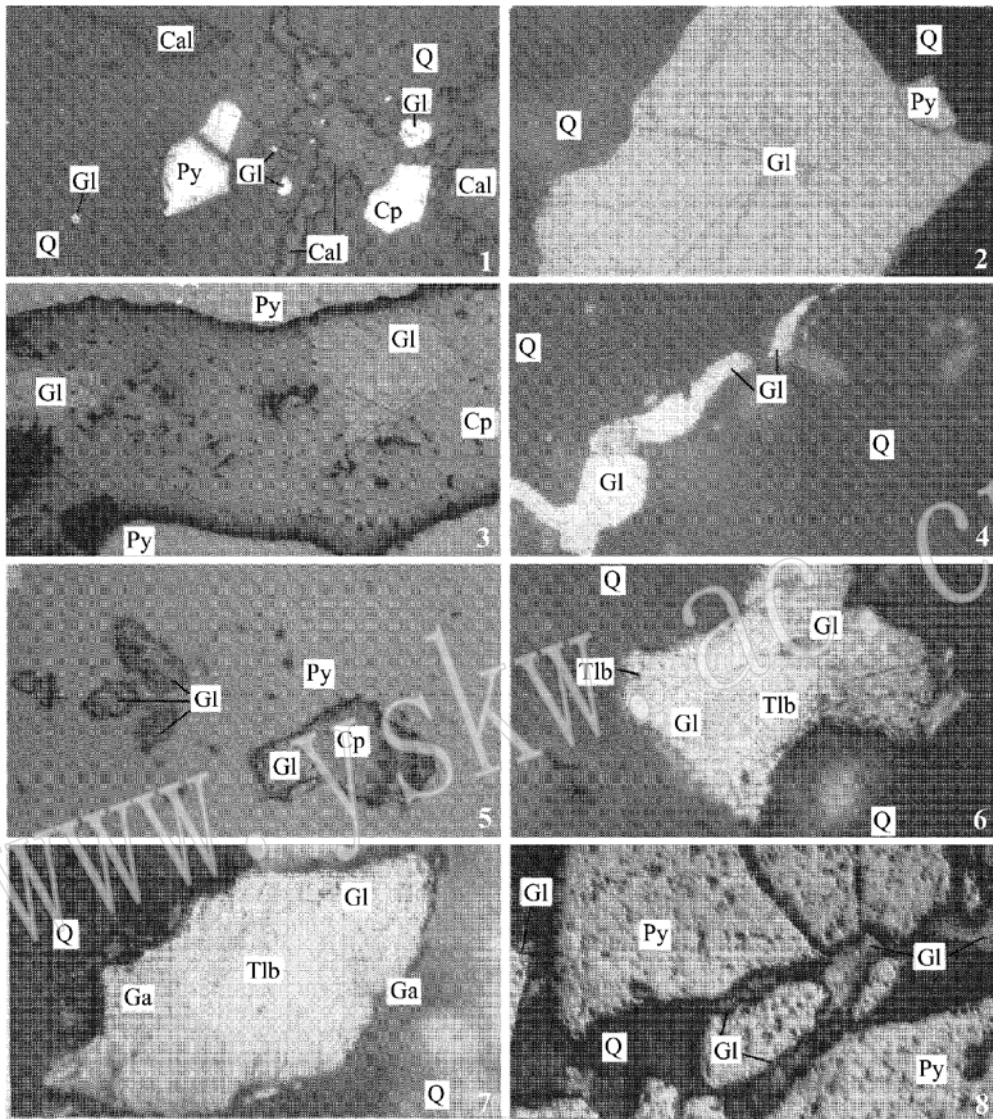
(West Fujian Geological Party of FBEDGMR,

Sanming 365000)

**Key words:** mode of occurrence; gold mineral; feature; Xiaoban gold deposit

### Abstract

The Xiaoban gold deposit, belonging to altered fractured rock type, is a medium-low temperature magmatic hydrothermal deposit controlled by the low angle detachment fault northwest of the Puyang metamorphic core complex. In the Early Yanshanian, mineralization of the deposit took place. The mineral association of the gold ore consists of quartz, calcite, pyrite, chalcopyrite, galena and tellurobismuthite. Gold occurs mainly as independent gold minerals, and subordinately as mechanical mixture, solid solution and adsorbed matter in auriferous minerals. The essential gold mineral is native gold with average gold content of 91.13% ( $1000 \times \text{Au}/(\text{Au} + \text{Ag}) = 933$ ); the auxiliary minerals are electrum with 77.88% Au and 19.98% Ag ( $1000 \times \text{Au}/(\text{Au} + \text{Ag}) = 797$ ) and Te-bearing native gold with 79.77% Au and 13.17% Te. Gold minerals in the major auriferous minerals (pyrite, chalcopyrite, quartz, calcite and galena) occurs in the intergranular, interlocking, crevice and enclosure forms, and gold in quartz and calcite is higher than gold in other minerals. Mainly as hypidiomorphic-granular ones and secondarily as idiomorphic-granular and veinlet ones, the gold minerals are commonly medium-fine grains, with 0.05~0.005 mm grains making up 59.13~84.45%. The high Au/(Au + Ag) ratio of the gold minerals in the area is similar to things of other deposits in the greenstone belt of China but is different from character of the volcanic hydrothermal type gold deposits such as the Zhilingtou gold deposit in east China. These features show that the source materials of the deposit were mainly derived from the metamorphic rocks of Middle Proterozoic Mayuan Group and that the metallization of gold was closely related to the intermediate-acid intrusive rocks at a relatively high temperature in Early Yanshanian. The high Te content indicates that metallization was also related to the magma. Although there are quite a few differences in country rocks, attitudes of orebodies, types of mineralization and alterations between Xiaoban gold deposit and Shangcun gold deposit, the similar characteristics of gold minerals suggest that they result from different structural dynamic conditions in the same mineralizing process and identical mineralizing setting. These conclusions are consistent with the genetic understanding of the ore deposit.



图版说明

- 照片1 自然金呈自形晶与黄铁矿、黄铜矿共生，嵌布于方解石中 肖板 反光 10×16  
 照片2 自然金呈半自形粒状嵌布于石英中 肖板 反光 10×40  
 照片3 含银自然金嵌布于黄铁矿裂隙内的黄铜矿细脉中 肖板 反光 10×16  
 照片4 自然金呈细粒状嵌布于石英裂隙中 肖板 反光 10×40  
 照片5 自然金呈不规则粒状分布于黄铁矿中 肖板 反光 10×40  
 照片6 自然金与碲铋矿连生，呈半自形粒状分布于石英粒间 上村金矿点 反光 10×40  
 照片7 自然金与碲铋矿、方铅矿连生，呈半自形粒状分布于石英粒间 上村金矿点 反光 10×40  
 照片8 自然金呈不规则粒状分布于黄铁矿粒间的石英中 上村金矿点 反光 10×16  
 矿物代号：Ga—方铅矿；Py—黄铁矿；Cp—黄铜矿；Q—石英；Cal—方解石；Tlb—碲铋矿；Gl—自然金