浙江火山岩区金矿床黄铁矿的找矿矿物学研究

邵洁涟 梅建明※

（武汉地质学院）

提要 论文给出了中国浙江火山岩区金矿床中黄铁矿的微量元素、形态和物理性质找矿标型特征。例如，（在许多）浙江火山岩区重要金—银矿床中黄铁矿相对富含铅、锌、钼、锡、砷、锑、铋而贫钴、镍、硒、碲；并且S/Se、Ag/Au、Pb/Ni、Se/Te、(As+Sb+Bi)/(Se+Te)比值较高，Co/Ni、Ag/Pb、Ag/Zn、Cu/Zn和(Co+Ni)/(Pb+Zn)比值较低。再如含金黄铁矿比不含金黄铁矿的反射率低。总之，黄铁矿的标型性研究对于寻找金矿具有重大的理论意义和实际意义。

关键词 火山岩区；金矿床；黄铁矿标型；找矿。

一、概 述

由于金的亲铁性导致金常与黄铁矿共生，使黄铁矿成为金矿床中仅次于石英的第二种最丰富的造矿矿物。众所周知，在自然界黄铁矿具有多种成因产状，在各种不同成因类型和工业类型金矿床中几乎都产有黄铁矿[1,2]。黄铁矿储藏有大量的成因信息和找矿信息[3-5]，是当前兴起的"找矿矿物学"的重要研究对象[6-8]。世界上产于陆相火山岩区的浅成火山热液型金矿床约占总储量的10－15%，苏联此类金矿占全苏金矿储量的30%以上，美国高达50%以上[9]。我国浅成火山热液型金矿的成矿地质前提条件与苏联、美国在一定程度上相似，但已发现的火山岩型和次火山岩型金矿的储量仅占全国金矿总储量的1.3%，即此类金矿在我国找矿的潜力很大，远景较好。我们对浙江火山岩区如下表（表1）所示的两大类、五亚类、七个金矿床和金矿化点中的黄铁矿进行了矿物标型性研究，发现研究结果对于帮助确定该区及类似陆相火山岩区金矿床的成因、找矿方向和提供找矿标志、评价金矿远景等方面具有重要的理论意义和实用价值。今简介如下供参考。

※徐国风、丰淑庄、左大华、杨中漪、薛成秀、王苹等参加了部分工作。

浙江火山岩区金矿床和金矿化点分类简表 表1

类	亚类	主要特点	代表性产地（式）
A类 产于中生界火山岩或元古界陈蔡群变质岩中的燕山期浅成火山热液型金银矿床	A－a亚类	产于或主要产于陈蔡群变质岩中的金银矿床和矿化点	遂昌银坑山（Ⅰ式） 东阳罗山（Ⅱ式）
	A－b亚类	产于或主要产于磨石山组火山岩中的金银矿床和矿化点	龙泉八宝山（Ⅲ式） 武义弄坑（Ⅳ式）
	A－c亚类	产于中生界火山岩系中的含金之铅锌银矿床	天台大岭口（Ⅵ式） 黄岩五部（Ⅶ式）
	A－d亚类	产于燕山期火山通道爆发角砾岩筒中之含金的银矿床	永康柏岩（Ⅴ式）
B类 产于元古界双溪坞群中的雪峰期浅成火山热液型铜金矿床	B亚类	产于前寒武系双溪坞火山岩及混合岩中之含铜的金矿床	绍兴中岙、诸暨璜山（Ⅷ式）

二、黄铁矿的形态特征

黄铁矿是本区最重要的硫化物类矿物，在银坑山Ⅳ－1号矿体石英脉型金银矿石中，黄铁矿含量为2.1 %，占所有金属矿物的73.89 %，在其他矿区黄铁矿也属主要金属矿物。遂昌银坑山黄铁矿至少可有三个世代：第一世代黄铁矿（Py－Ⅰ）为细粒的不含金黄铁矿（粒度小于0.2 毫米），与第一世代石英（Q－Ⅰ）、碲化物等共生；第二世代黄铁矿（Py－Ⅱ）为中粒含金黄铁矿（粒度多为0.3 －1.5 毫米，含金可达365 克／吨以上，多为立方体或立方体与五角十二面体聚形），与自然金银系列矿物、其它硫化物、第二世代石英（Q－Ⅱ）、蔷薇辉石、菱锰矿、冰长石、萤石共生；第三世代黄铁矿（Py－Ⅲ）为单一块状黄铁矿脉中的粗粒黄铁矿（有的呈立方体晶形，粒度大于3毫米或晶簇状一产在晶洞中，多为八面体或八面体与立方体聚形，粒度可大于30毫米以上），与第三世代石英（Q－Ⅲ）及碳酸盐类矿物共生。东阳罗山矿石中黄铁矿至少有三个世代：第一世代（Py－Ⅰ）系粗粒立方体黄铁矿（粒度多为0.3 －3毫米），与第一世代粗粒石英（Q－Ⅰ）共生；第二世代（Py－Ⅱ）为细粒五角十二面体黄铁矿（粒度为0.02－0.3 毫米），与第二世代细粒石英（Q－Ⅱ）、银金矿、螺硫银矿、磁黄铁矿、多金属硫化物等共生；第三世代（Py－Ⅲ）为极细粒立方体黄铁矿（粒度小于0.02毫米），与第三世代石英（Q－Ⅲ）、白铁矿、胶黄铁矿及部分螺硫银矿共生。龙泉八宝山黄铁矿可能有三个世代：第一世代（Py－Ⅰ）为微细粒状（粒度约为0.01－0.03毫米）、主要呈立方体晶形的黄铁矿，它们多在蚀变围岩中分布；第二世代（Py－Ⅱ）为细粒（粒度多为0.2 －0.3 毫米）、主要呈五角十二面体的黄铁矿，它与毒砂、自然金银系列矿物、多金属硫化物等共生，含金、银最高；第三世代（Py－Ⅲ）为块状黄铁矿脉，晚于金、银矿化，

武义弄坑黄铁矿有四个世代：第一世代（Py－Ⅰ）系粗粒立方体黄铁矿（粒度多为0.3－2毫米），与第一世代石英（Q－Ⅰ）共生；第二世代（Py－Ⅱ）为块状黄铁矿（粒度较小），与第二世代石英（Q－Ⅱ）、铁闪锌矿、磁黄铁矿、金银矿物等共生；第三世代（Py－Ⅲ）系微细粒五角十二面体黄铁矿，与第三世代石英（Q－Ⅲ）及金银矿物共生；第四世代（Py－Ⅳ）为细粒立方体黄铁矿与第四代石英（Q－Ⅳ）共生，晚于金银矿化。绍兴中岙黄铁矿与金银矿化关系密切的至少有两个世代：第一世代含金黄铁矿（Py－Ⅰ）系细粒五角十二面体黄铁矿（粒度多为0.4－0.9毫米）、与自然金及第二世代石英（Q－Ⅱ）共生；第二世代（Py－Ⅱ）为微细粒含金黄铁矿（粒度多为0.07－0.1毫米），立方体晶形，与第四世代石英（Q－Ⅳ）和极少量自然金共生。天台大岭口黄铁矿至少有三个世代：第一世代（Py－Ⅰ）为细粒立方体黄铁矿（粒度0.1－0.5毫米），与第一世代石英（Q－Ⅰ）共生；第二世代（Py－Ⅱ）为半自形细粒含金黄铁矿，与第二世代石英（Q－Ⅱ）、含银方铅矿、闪锌矿等共生；第三世代（Py－Ⅲ）系他形含金黄铁矿，与第三世代石英（Q－Ⅲ）、深红银矿、银黝铜矿、辉银矿、多金属硫化物、白铁矿等共生。

上述事实说明了在本区同类金银矿床或金银矿化矿石中，富金黄铁矿具有颗粒较细、晶形以五角十二面体为主的形态特征。

三、黄铁矿的化学成分特征

本区黄铁矿储存有大量成因信息和找矿信息，其中以化学成分标型特征最为重要。我们对本工作区金矿床中三十多件黄铁矿样品进行了单矿物化学定量全分析，获得了一些有用信息（见表2－表6），现简要阐述于下。

从表2到表6资料可以看出：

（1）浙江火山岩区独立金矿床中黄铁矿含金平均大于25克／吨，伴生金矿床中黄铁矿含金平均约为15－25克／吨，不具工业意义之矿化区内的黄铁矿含金往往平均不到1克／吨（表2）；

（2）工业意义较大的Ⅰ、Ⅲ、Ⅵ、Ⅶ式金银矿床中的黄铁矿比工业意义较小的Ⅷ式含铜的金矿床中之黄铁矿具有Co、Ni、Se、Te显著地低，Co／Ni、Ag／Pb、Ag／Zn、Cu／Zn、（Co＋Ni）／（Pb＋Zn）比值小，Pb、Zn、Mo、Sn、As、Sb、Bi明显高，S／Se、Ag／Au、Pb／Ni、Se／Te、（As＋Sb＋Bi）／（Se＋Te）比值较大的特点（表4）。这些特点从形成的地质特征来看是由于前寒武纪古火山热液矿床Co、Se含量高且没有Pb的大量富集，以及中生代浅成火山热液矿床富含Pb、Mo、Sn、Bi、Sb而决定的。此与环太平洋金矿带亚洲分支总的地质构造特征完全一致，提供了在浙江火山岩区有可能找到金—锡矿床、钨、钼、锡、铋、金综合矿床和铅锌金银矿床的重要信息。

上述资料不但为找矿初期阶段评价矿化远景提供了有效的定量数据，而且还提供上述两类矿床形成条件的成因信息。显而易见，产于双溪坞群轻微变质的变安山岩、混合石英闪长岩中的B类矿床，具有前寒武纪古火山热液矿床的特征，因而黄铁矿的Co、Ni、Se的含量

本区各产地及不同类型矿床中黄铁矿的化学成分特征（一） 表 2

矿区、矿床类型 \ 数据（克/吨）项目	Fe（%）	Co	Ni	Pb	Zn	Mo	Sn	Ag	Au	S（%）	As	Sb	Bi	Sc	Tc
产于陈蔡群中的银坑山金银矿床（A－a亚类矿床）	45.34－47.85	1.－720	18－118	600－12550	200－8300	22－26	18－200	20.85－5907.79	0.3－365.3	50.23－53.92	60－1356	<10－8200	52－4921	2.1	57.6
	46.53（9）	104（9）	39（9）	3699（10）	2892（10）	24（2）	109（2）	750.76（10）	44.59（9）	52.524（9）	373（10）	1803（8）	1702（3）	2.1（1）	57.6（1）
产于陈蔡群中的罗山金银矿化点（A－a亚类矿床）	45.32－46.84	10－135	21－141	105－1013	292－5242	5－106	<1	24.10－4033.81	1－33.7	52.18－53.15	2000－5690	10－130	<1－5	4.2－9.8	2.5－4.9
	46.22（6）	40（6）	66（6）	1756.67（6）	2331（6）	27.8（6）	<1（2）	1157.03（6）	15.11（6）	52.93（6）	4612（6）	87（6）	1.3（6）	7.2（4）	3.7（4）
主要产于磨石山组中的八宝山金银矿床（A－b亚类矿床）	45.89－46.17	23－98	31－42	85－890	190－460			7.3－189.8	0.06－65.95	52.76－53.60	480－850	1000－11900	7－15	2	7
	46.03（2）	54（5）	37（5）	481（5）	300（5）			73.76（5）	25.27（5）	53.18（2）	647（3）	3469（5）	11（2）	2（1）	7（1）
产于磨石山组中的弄坑金银矿化点（A－b亚类矿床）	45.95－47.47	10－20	15－40	34－383	76－486	10－7		27.95－409.3	0.14－1.62	52.05－53.46	19.80－11490	150－6450	1	1.4－9.2	1.2－6.7
	46.34（6）	13（6）	22（6）	147.5（6）	158（6）	31.7（6）		244.91（6）	0.98（6）	52.92（6）	3230（6）	1685（6）	1（6）	5.8（6）	4.5（6）
产于双溪坞群中的中岙含铜金矿床	46.24－46.79	66－817	60－282	10－53	20－360	2－5	<1	56.7－616.18	45.55－177.33	53.05－53.51	10－30	10	12－91	27.8－59.2	93.8－273
	46.465（6）	413（6）	132（6）	26.83（6）	106.17（6）	3.8（4）	<1（4）	251.32（6）	95.29（6）	53.375（6）	17.5（4）	10（4）	48（6）	45.3（4）	197.5（4）
产于双溪坞群中的璜山含铜金矿床	47.49	377	84	100	20			29.29	10	52.47			7		
	47.49（1）	377（1）	84（1）	100（1）	20（1）			29.29（1）	10（1）	52.47（1）			7（1）		
产于磨山石组中的大岭口含金铅锌银矿床（A－c亚类矿床）	45.89	12	24	>8000				795.54	20	54.03	1000	500	<1		
	45.89（1）	12（1）	24（1）	>8000（1）				795.54（1）	20（1）	54.03（1）	1000（1）	500（1）	<1（1）		
与燕山期火山成矿作用有关的金银矿床（A类矿床）	45.32－47.85	10－720	18－141	34－12580	76－8300	5－106	<1－200	7.3－5909.79	0.06－365.3	50.23－54.03	60－11496	<10－11900	<1－4921	1.4－9.8	1.2－57.6
	46.336（24）	57（27）	40（27）	2100.71（28）	1679.78（27）	29（14）	~55（4）	610.13（28）	23.86（27）	52.84（24）	2030（26）	1650（26）	285.7（18）	5.6（12）	8.9（12）
与前寒武纪火山成矿作用有关的含铜金矿床（B类矿床）	46.24－47.49	66－817	60－282	10－100	20－360	2－5	<1	56.70－616.18	10－177.33	52.47－53.51	10－30	10	7－91	27.8－59.2	93.8－273
	46.61（7）	408（7）	125（7）	37.29（7）	93.86（7）	3.8（4）	<1（4）	219.6（7）	83.1（7）	53.25（7）	17.5（4）	10（4）	38.6（7）	45.3（4）	197.5（4）

注：表中数据横线以上为数值范围，横线以下为平均值，圆括号中的数字为样品数。下同。

本区各产地及不同类型矿床中黄铁矿的化学成分特征（二） 表 3

矿区、矿床类型 \ 项目 数据	Co/Ni	S/Se	Ag/Au	Ag/Pb	Ag/Zn	Cu/Zn	Pb/Ni	Se/Te	Fe+S (%)	Mo+Sn (克/吨)	(Co+Ni)/(Pb+Zn)	(As+Sb+Bi)/(Se+Te)
产于陈蔡群中的银坑山金银矿床（A－a亚类矿床）	0.64－6.10 2.67 （9）	253271 253271 （1）	2.71－215.74 18.61 （9）	0.0027－0.91 0.203 （10）	0.0035 1.97 0.2596 （10）	0.016－1.25 0.0326 （10）	20.69－165.93 101.62 （10）	0.037 0.037 （1）	97.13－99.78 99.051 （9）	133.0	0.0217	64.958
产于陈蔡群中的罗山金银矿化点（A－a亚类矿床）	0.10－0.96 0.61 （6）	35511－126548 73431 （4）	19.13 134.46 76.57 （6）	0.096－1.35 0.659 （6）	0.011－2.63 0.4964 （6）	0.0025－0.19 0.215 （6）	1.81－142.86 26.62 （6）	1.12－3.76 1.95 （4）	99.07－99.98 99.15 （6）	～28.8	0.0259	431.220
主要产于磨石山组中的八宝山金银矿床（A－b亚类矿床）	0.56－3.16 1.46 （5）	246050 246050 （1）	2.25－148.18 2.92 （5）	0.042－3.44 0.153 （5）	0.03－0.61 0.2459 （5）	0.15－0.68 0.35 （5）	2.07－28.71 13.0 （5）	0.286 0.286 （1）	98.65－99.77 99.21 （2）		0.1165	457.556
产于磨石山组中的弄坑金银矿化点（A－b亚类矿床）	0.50－0.67 0.59 （6）	56576－376357 91241 （6）	98.53－549.52 249.91 （6）	0.46－8.12 1.66 （6）	0.35－4.09 1.55 （6）	0.16－1.23 0.36 （6）	2.0－9.95 6.71 （6）	0.32－7.08 1.29 （6）	98.39 99.66 99.26 （6）	31.7	0.1146	477.282
产于双溪坞群中的中岙含铜金矿床	1.03－7.33 3.13 （6）	10688－19248 11799 （4）	0.707－12.32 2.64 （6）	2.37－21.87 9.367 （6）	0.35－30.81 2.367 （6）	0.15－20 1.804 （6）	0.036－0.55 0.203 （6）	0.16－0.38 0.23 （4）	99.75－99.97 99.84 （6）	～1.8	4.0977	0.311
产于双溪坞群中的横山含铜金矿床	4.49 4.49 （1）		2.93 2.93 （1）	0.293 0.293 （1）	1.465 1.465 （1）	1.5 1.5 （1）	1.19 1.19 （1）		99.96 99.96 （1）		3.8417	
产于磨石山组中的大岭口含金铅锌银矿床（A－c亚类矿床）	0.50 0.50 （1）		39.78 39.78 （1）	<0.1 <0.1 （1）			>333.3 >333.3 （1）		99.92 99.92 （1）		0.0015	
与燕山期火山成矿作用有关的金银矿床（A类矿床）	0.10－6.10 1.43 （27）	35511－253271 93964 （12）	2.25－549.52 26.46 （27）	0.0027－8.12 0.29 （28）	0.0035 4.09 0.376 （27）	0.0025－1.25 0.106 （27）	1.81 165.93 48.52 （28）	0.037－7.08 0.63 （12）	97.13－99.98 99.176	～84.0	0.0257	273.497
与前寒武纪火山成矿作用有关的含铜金矿床（B类矿床）	1.03－7.33 3.26 （7）	10688－19248 11799 （4）	0.707 12.32 2.643 （7）	0.293－21.87 5.889 （7）	0.35－30.81 1.711 （7）	0.15－20 1.795 （7）	0.036－1.19 0.298 （7）	0.16－0.38 0.23 （4）	99.75－99.97 99.86 （7）	～4.8	4.0641	0.272

评价本区金矿床工业价值的黄铁矿微量元素标型特征 表 4

项目 / 数据 / 矿床类型	微量元素（克/吨）											微量元素比值									
	Co	Ni	Se	Te	Pb	Zn	Mo	Sn	As	Sb	Bi	Co/Ni	Ag/Pb	Ag/Zn	Cu/Zn	$\frac{Co+Ni}{Pb+Zn}$	S/Se	Ag/Au	$\frac{Pb}{Ni}$	$\frac{Se}{Te}$	$\frac{As+Sb+Bi}{Se+Te}$
工业意义可能较大的Ⅰ、Ⅱ、Ⅵ、Ⅶ式金矿床	57	10	5.6	8.9	2101	1680	29	55	2030	1650	286	1.43	0.29	0.38	0.11	0.026	93961	26.5	18.5	0.63	273.5
工业意义较小的Ⅷ式金矿床	108	125	45.3	198	37.3	93.9	3.8	<1	17.5	10	38.6	3.26	5.89	1.71	1.80	4.064	11799	2.64	0.30	0.23	0.272

Ⅰ、Ⅱ式金银矿化黄铁矿微量元素找矿标型特征 表 5

项目 / 数据 / 矿床类型	微量元素（克/吨）							微量元素比值							
	Co	Sn	Pb	Au	Sb	Bi	Te	Ag/Au	Ag/Pb	Cu/Zn	Se/Te	$\frac{As+Sb+Bi}{Se+Te}$	Co/Ni	S/Se	Pb/Ni
工业意义巨大的Ⅰ式金银矿床	101	109	3699	11.6	1803	1702	57.6	18.6	0.2	0.03	0.04	65	2.67	253271	102
工业意义较小的Ⅱ式金银矿化点	10	<1	1757	15.1	87	1.3	3.7	76.6	0.66	0.22	1.95	431	0.61	73431	26.6

Ⅲ、Ⅳ式金银矿化黄铁矿微量元素找矿标型特征 表 6

项目 / 数据 / 矿床类型	微量元素（克/吨）						微量元素比值					
	Co	Pb	Zn	Au	Sb	Bi	Ag/Au	Ag/Zn	Se/Te	Co/Ni	S/Se	Pb/Ni
经济价值较大的Ⅲ式金银矿床	54	181	300	25.3	3460	11	2.92	0.25	0.29	1.46	246050	13
经济价值小的Ⅳ式金银矿化点	13	148	158	0.98	1685	1	250	1.55	1.29	0.59	91241	6.71

以及Co / Ni 比值都较高。而且B类矿床黄铁矿铅含量和Pb / Ni 比值低以及Ag / Pb 比值高都反映了古老热液金矿床的特征（没有铅的大量富集）。相应A类矿床Mo、Sn、Sb、Bi含量和Pb /Ni、（As +Sb +Bi ）/（Se + Te）比值高反映了年轻热液金矿床的特点（金矿化演变到古生代特别是中、新生代铅大量富集并含有Mo、Sn、Sb、Bi 等特征元素）。A类矿床黄铁矿含Pb、Zn、Mo、Sn、Ag 和As、Sb、Bi 较高说明类质同象替换作用较为发育，导致A类矿床黄铁矿的（Fe +S）数值较低（A类矿床为99.176%、B类矿床为99.86 %）

（3）在A类矿床中同属于陈蔡群变质岩中的金银矿床（A－a 亚类矿床）工业意义也不相同。工业意义大的银坑山矿床（Ⅰ式）黄铁矿比之经济价值小的罗山金银矿化点（Ⅱ式）具有含Co、Sn、Pb、Au、Sb、Bi、Te 较高和Ag / Au、Ag / Pb、Cu / Zn、Se / Te、（As + Sb + Bi ）/（Se +Te ）比值较小以及Co / Ni、S / Se、Pb /Ni 比值较大的特点（表5）这不但在理论上可以解释银坑山金银矿石矿物组合复杂（如具有碲化物、铋硫盐类矿物、锡硫盐类矿物、锰矿物等）的必然性，而且在实际上提供了在本区寻找大型金银矿床的矿物学标志。同样，对产于（或主要产于）磨石山组火山岩中的金银矿床（A－b 类矿床），经济价值较大的八宝山金银矿床（Ⅲ式）较之工业意义小的弄坑金银矿化点（Ⅳ式）黄铁矿具有含Co、Pb、Zn、Au、Sb、Bi 较高和Ag / Au、Ag / Pb、Ag / Zn、Se / Te 比值较小以及Co / Ni、S / Se、Pb / Ni 比值较大的特点（表6）。在B类矿床中远景略大的中岙含铜金矿床较远景略逊一筹的璜山含铜金矿床黄铁矿则具有Zn、Ag、Au、Bi 含量较高和Pb 含量较低以及Ag / Pb 比值高、Pb / Ni 比值低的特点（表2、表3）。

总起来看，远景好的金矿化其黄铁矿的Au、Sb、Bi、Co 含量较高、Se / Te 比值小以及Mo 与Sn 之和大；远景差的金矿化其黄铁矿含Au、Sb、Bi、Co 及Mo 与Sn 之和小、Se / Te 比值大。

（4）本区三十多件黄铁矿样品平均含Co 129.3 ppm，与岩浆热液矿床中黄铁矿的含量（>100 ppm）相近，既不同于沉积矿床的标型数值（沉积型含铜砂岩矿床和镍钼矿床黄铁矿含Co 都是18ppm，近代沉积和前寒武纪同生沉积矿床黄铁矿多数含钴几十ppm），也不同于沉积变质型矿床中黄铁矿的含钴量（2000、3550ppm）；三十四件Co / Ni 比值平均值为2.25，也与沉积变质矿床中黄铁矿的Co / Ni 比值（1.67－13.33）不符。十六件样品平均含Se 15.53 ppm，与热液矿床中黄铁矿的标型数值（2－50 ppm）一致，而与沉积矿床中黄铁矿的含硒量（0.5 －2 ppm）不符。十六件黄铁矿样品的S/ Se 平均值为34000，超出沉积矿床S/ Se 比值的标型范围（1069000 －267250），而处于热液矿床的标型范围（267250 －10690）之内。本区十六件黄铁矿样品的Se / Te 平均值为0.29，与中温热液矿床的标型数值（0.2）相近。本区十五件黄铁矿样品平均含Ga 1.2 ppm，与热液矿床的标型数值（0.65－1.6 ppm）一致。本区黄铁矿样品Cu / Zn 和Ag / Zn 的平均值为0.13和0.39，黄铁矿样品Pb / Ni 平均值为29.0，此都与变质矿床的标型数值（Cu / Zn 为0.2－0.3，Ag / Zn 为0.006 －0.08，Pb / Ni 为0.02－0.14）不符。

（5）从表7、8资料可以看出本区黄铁矿中的化学成分特征有可能帮助区分矿石类型

银坑山矿床金银矿石中黄铁矿具有富含 Au、Ag、Co 以及Ag / Pb、Co / Ni 比值大的特点。铅锌矿石中黄铁矿具有富含 Pb 以及 Ag / Pb 比值小的特点。硫铁矿矿石则具有 Au、Ag、Pb、Co 含量低、Co / Ni 比值小的特点。

银坑山不同类型矿石中黄铁矿的化学成分特征 表 7

矿石类型（样品数） \ 项目（克/吨）	Ag	Au	Pb	Co	Ag / Pb	Co / Ni
金银矿石中的黄铁矿（7）	57.15	1054.26	3958.57	127.71	0.266	2.99
硫铁矿矿石中的黄铁矿（1－2）	0.30	34.14	860.00	15.00	0.0397	0.80
铅锌矿石中的黄铁矿（1）	1.00	59.49	7560.00	27.00	0.0079	0.82

有意义的是，还可以由 Ag / Pb 比值为10^{-1}数量级、10^{-2}数量级和10^{-3}数量级以及 Au 含量(按克 / 吨计)系10^{+1}数量级、10^{-1}数量级和10 数量级直接判定是金银矿石、硫铁矿石和铅锌矿石。

关于不同世代黄铁矿的化学成分特点，表 8 所提供的资料可以帮助鉴别成矿时的黄铁矿和成矿前及成矿后黄铁矿。由表 8 可知，银坑山和八宝山金银矿床成矿时黄铁矿较之成矿前及成矿后黄铁矿具有富含 Au、Ag、Co 以及 Co / Ni 、Ag / Pb 比值显著地大的特点。

四、黄铁矿的物理性质

黄铁矿的物理性质较重要的有反射率、比重、热电系数等，测试结果如下（见表 9、10、11）。

由表 9 可以看出，本区成矿时含金黄铁矿（如 A 类矿床中银坑山的 Py －Ⅱ和八宝山的（Py－Ⅱ）比成矿后不含金黄铁矿（如 A 类矿床中银坑山的 Py －Ⅲ）反射率低；B 类矿床中岔含铜金矿石中含金黄铁矿（如中岔 Py－Ⅱ－Au）反射率高于 A 类矿床金银矿石中的含金黄

本区金银矿床中不同世代黄铁矿的化学成分特征 表 8

矿区、世代 \ 项目（克/吨）	Au	Ag	Co	Pb	Zn	Co / Ni	Ag / Pb
银坑山成矿前黄铁矿（Py －Ⅰ）	1.31	201.5	23.0	1080	300	0.74	0.0501
银坑山成矿时黄铁矿（Py －Ⅱ）	197.65	3449.9	395.5	1715	4120	1.85	0.7317
银坑山成矿后黄铁矿（Py －Ⅲ）	0.684	13.9	19.6	3662	3644	0.80	0.0038
八宝山成矿前黄铁矿（Py －Ⅰ）	0.06	7.3	23.0	85	240	0.56	0.0859
八宝山成矿时黄铁矿（Py －Ⅱ）	62.95	162.5	88.0	800	385	2.84	0.2031
八宝山成矿后黄铁矿（Py －Ⅲ）	0.21	18.3	36.5	360	245	0.90	0.0508

本区黄铁矿的反射率特征　　表 9

数据项目（%） 矿区、样号	在单色光（波长单位为毫微米）下的反射率R			
	480	546	589	644
银坑山金矿石中 Py－II（12－1）	45.69	51.11	51.20	51.19
银坑山金矿石中 Py－II（12－2）	45.60	50.31	51.37	51.39
银坑山金矿石中 Py－III（Ⅳ－1矿体）	47.50	53.63	55.67	55.05
银坑山金矿石中 Py－III（晶洞内八面体）	49.91	54.69	57.00	57.93
银坑山金矿石中 Py－III（晶洞内立方体）	48.62	53.70	55.73	56.45
罗　山 Py－II（L－10）	47.60	53.30	54.60	54.10
罗　山 Py－III（L－12）	46.70	52.90	55.00	54.30
八宝山 Py－II（T－I－1，五角十二面体）	43.20	50.06	52.59	53.66
八宝山 Py－II（Z－11，五角十二面体）	44.80	49.74	50.86	51.03
弄　坑金银矿石中 Py－II（Y－13）	44.90	51.80	53.20	53.00
弄　坑金银矿石中 Py－III（晶体已氧化）	22.90	30.40	34.50	36.80
中　岙金矿石中 Py－II－Au（PD 1）	48.20	53.60	54.90	54.60

1）测试者：浙江省地质局实验室夏安宁。

本区黄铁矿的比重数值特征　　表 10

数据项目 矿区、样号	比　　重　　G
银坑山金矿石中 Py－I	5.05　1）
银坑山铅锌矿石中 Py－I	4.98　1）
银坑山金矿石中 Py－II（SCD 11）	5.08　1）
银坑山硫矿石中 Py－III（PD105）	5.04　1）
银坑山金矿石中 Py－III（Ⅳ－1矿体）	4.96　1）
银坑山金矿石中 Py－III（晶洞内八面体）	5.09　1）
银坑山金矿石中 Py－III（晶洞内立方体）	4.91　1）
罗　山　Py－I（L－5）	5.00　2）
罗　山　Py－II（L－14）	5.02　2）
罗　山　Py－II（L－41）	5.04　2）
罗　山　Py－III（L－38）	4.95　2）
罗　山　Py－III（L－10）	5.02　2）
罗　山　Py－III（L－12）	5.01　2）
八宝山　Py－II（T－I－1）	4.90　1）
八宝山　Py－II（I－PD 3－19）	5.01　1）
弄　坑金银矿石中　Py－II（Y－1）	5.02　1）
弄　坑金银矿石中　Py－II（Y－13）	5.11　1）
弄　坑金银矿石中　Py－III（Lun）	4.89　1）
中　岙金矿石中　Py－I－Au（4）	4.96　1）
中　岙金矿石中　Py－I－Au（5）	4.90　1）
中　岙金矿石中　Py－I－Au（6）	5.06　1）
璜　山金矿石中　Py（TC 31）	4.95　1）

1）测试单位：湖北地质实验室　2）测试者：武汉地质学院岩石矿物学专业　王　忠

本区黄铁矿的热电系数特征 表11

矿区、样号 \ 数据(微伏/度) 项目	热电系数	(导型)
银坑山金矿石中Py－I	+335.12	(空穴导型) 1)
银坑山铅锌矿石中 Py－I	+321.43	(空穴导型) 1)
银坑山铅锌矿石中 Py－II (ZK 45)	－344.80	(电子导型) 2)
银坑山金矿石中 Py－II (100)	+500.00	(空穴导型) 2)
银坑山金矿石中 Py－II	+509.00	(空穴导型) 2)
银坑山金矿石中 Py－III (PYZ)	+381.00	(空穴导型) 2)
银坑山硫矿石中 Py－III (PD105)	+272.20	(空穴导型) 1)
银坑山金矿石中 Py－III (Ⅳ－1矿体)	+415.00	(空穴导型) 1)
银坑山金矿石中 Py－III (晶洞内八面体)	+295.00	(空穴导型) 1)
银坑山金矿石中 Py－III (晶洞内立方体)	+326.03	(空穴导型) 1)
八宝山 Py－II (T－I－1)	+222.50	(空穴导型) 1)
八宝山 Py－II (I－PD 3－19)	+254.20	(空穴导型) 1)
八宝山 Py－II (Bar)	+272.90	(空穴导型) 2)
弄坑金银矿石中 Py－II (Y－1)	+416.67	(空穴导型) 1)
弄坑金银矿石中 Py－II (Y－TC 23)	+297.30	(空穴导型) 1)
弄坑金银矿石中 Py－III (Lun)	+275.00	(空穴导型) 1)
中岔金矿石中 Py－II－Au (PD1)	－166.67	(电子导型) 1)
柏岩金银矿化区 Py (永康)	－200.54	(电子导型) 1)

1) 测试者：成都地质学院岩矿测试技术教研室邵 伟　2) 测试单位：兰州白银矿冶研究院岩矿实验室

铁矿（如银坑山 Py－II和八宝山 Py－II）。

从表10资料得知，在A－a亚类和B类矿床中，同类矿床相比远景好的矿床黄铁矿比重值高于远景差的矿床之黄铁矿的比重值（如银坑山和中岔分别高于罗山和璜山）。同一矿床中，成矿时的含金黄铁矿（如银坑山的 Py－II和罗山的Py－II）等比重值大于成矿前及成矿后的不含金黄铁矿（如银坑山和罗山的 Py－I 及 Py－III）。

从表11资料来看，远景好的银坑山矿床黄铁矿热电系数除500 米标高以上为空穴导型、较深部（45号钻孔）开始出现混合导型（空穴导型和电子导型都出现）外，并且热电系数绝对值较大；远景较差的弄坑矿化区等仅出现单一导型且热电系数绝对值较小。有意义的是，根据国外黄铁矿热电性导型空间分布特征（矿床浅部为空穴导型、矿床中部为混合导型、矿床深部为电子导型），本区银坑山金银矿床目前勘查深度可能处于浅部或开始进入中部，这就为银坑山金矿床深部可能有一定远景提供了找矿信息。

结　　论

（一）黄铁矿中微量元素、形态及某些物理性质的细微差别（如反射率、比重、热电性等）是本区金银矿床或金银矿化的主要标型特征；

（二）本区工业意义较大的金银矿床中的黄铁矿比工业意义较小的黄铁矿具有 Co、Ni、Se、Te 显著地低、Co／Ni、Ag／Pb、Ag／Zn、Cu／Zn、（Co＋Ni）/（Pb＋Zn）比值小，Pb、Zn、Mo、Sn、As、Sb、Bi 明显高，S／Se、Ag／Au、Pb／Ni、Se／Te、（As＋Sb＋Bi）/（Se＋Te）比值较大的特点；

（三）黄铁矿样品平均Co的含量（129.3 ppm）、Co／Ni比值平均为2.25、Se的平均含量（15.53 ppm）、S／Se平均值为34000、Se／Te平均值为0.29、Ga的含量（1.2 ppm）以及Cu／Zn、Ag／Zn、Pb／Ni平均值分别为0.13、0.39及2.90等特征均为本矿区金银矿床的成因系燕山期浅成火山热液型成因提供了证据；

（四）本区成矿时含金黄铁矿比成矿后不含金黄铁矿反射率低；同类矿床中远景好的矿床黄铁矿比重高于远景差黄铁矿的比重；远景好的银坑山黄铁矿热电系数绝对数值较大且在浅部为空穴导型、较深部出现混合导型，这可以为矿体剥蚀程度、找矿远景提供信息。

参 考 文 献

(1) Кулындышев В. А, Мельников В Д.: 1984, Золоторудные формации. В КН. «Основные типы рудных формаций» 264—297, М. Наука.

(2) Boyle R. W.: 1979, The Geochemistry of Gold and its Deposits. Geological Survey Bulletin 280, Canada。

(3) 徐国风、邵洁涟：1980，黄铁矿的标型特征及其实际意义，《地质论评》第6期。

(4) 徐国风、邵洁涟：1981，金及相关金属矿物的成因标型特征，《地球科学》第2期。

(5) Китаенко А. Э: 1984, Пирит Ка К Минералого-геохими-ческий индикатор Зональности околорудного ореола Первомайского Медно-цинковоколчеданого Месторождения. Геол. рудн. месторожд, Том 26, No 2, 77—86。

(6) Гамянин Г. Н., и др.: 1983, Значение изучения гиломорфизма Минералов При регионально-Минералогических исследованиях. Минерл. сб Львов ун-та, No 37/2, 17—25。

(7) Сидоренко А. В.: 1983, Проьлемы кристаллохимия и Генезиса Минералов. 148 С.Л., Наука.

(8) Гинзьург А. И., и др,: 1981, Минералогические исследования в практике Геологоразведочных раьот. 235 С. М., Недра

(9) 徐国风、邵洁涟：1985，矿物标型性研究在评价金矿床远景上的应用。《黄金》第6期。

ON THE PROSPECTING MINERALOGICAL STUDY OF PYRITE FROM GOLD DEPOSITS OF THE VOLCANIC TERRAIN IN ZHEJIANG PROVINCE, CHINA

Shao Jielian Mei Jianming

(Wuhan College of Geology)

Abstract

In this paper, the prospecting typomorphic characteristics for minor elements, morphology and physical properties of pyrite from gold deposits of the volcanic terrain in Zhejiang province are given. In many important gold-silver deposits from the volcanic terrain in Zhejiang, pyrite is relatively rich in Pb, Zn, Mo, Sn, As, Sb, Bi, and poor in Co, Ni, Se, Te; and has higher ratios of S/Se, Ag/Au, Pb/Ni, Se/Te, (As+Sb+Bi)/(Se+Te), lower ratios of Co/Ni, Ag/Pb, Ag/Zn, Cu/Zn and (Co=Ni)/(Pb+Zn). The reflectance of gold-bearing pyrite, for example, is less than non-auric pyrite. In sum, the study of typomorphism of pyrite is of great theorectical and practical significance for gold prospecting.