山东省七宝山角砾岩筒型金铜矿床的地质地球化学特征

邱德同*　　孔令刚

（南京大学地质系）　　（山东省冶金第四勘探队）

七宝山矿床位于山东省东部南，是近年来发现的一个中型金铜矿床。

通过对该矿床地质地球化学特征的研究，我们认为，该矿床属于爆发角砾岩筒型金铜矿床。该矿床的发现，为我国金矿成因类型的研究增加了新鲜的资料，对金矿的地质找矿有一定的启示意义。

矿区地质概况

七宝山矿区位于胶莱拗陷之西南端，西面紧邻郯庐断裂带，南面近靠胶南隆起，处于上述三个地质构造单元的复合部位。上述地质构造单元，特别是北北东向的郯庐断裂带（山东境内的称为沂沐断裂带）及其次一级构造对该地区的成岩成矿起着重要的制约作用；其次，胶南隆起与胶莱拗陷的交切部位所形成的基底断裂构造，对该地区的成岩成矿作用也有很大的影响。

矿区及其外围出露的地层为中生代陆相沉积岩：矿区附近，白垩系下统青山组（K_1q）广为出露，为一套安山质的火山岩及火山碎屑沉积岩；矿区西北侧分布有白垩系上统王氏组（K_2w），其岩性为紫红色砂砾岩、砂岩夹泥岩及粉砂质泥岩；矿区南东侧分布有侏罗系上统莱阳组（J_3l），其岩性为砂岩、细砂岩、粉砂岩等。

本区燕山期岩浆作用十分强烈，既有大规模的火山喷发，又有后期强烈的岩浆侵入活动。在火山喷发作用中形成了中心式喷发的七宝山火山机构（图1）。判断七宝山古火山机构存在的地质依据主要是：①由辉石二长岩和安粗斑岩所圈闭和充填的七宝山古火山口，在形态上呈似等轴状，直径约4公里，为中心式喷发所形成的火山口；②火山周围被切割的山体，例如南东侧的钓鱼台、七宝山及大张山等山体，其单面山脊的走向沿火山口呈弧形分布；③沿火山口的周边分布一圈熔岩角砾岩、安山岩、角砾凝灰岩等火口相的火山岩；远离火山口急剧过渡为凝灰岩，乃至火山－沉积岩。因此由火山口向外围，火山岩相变化极为明显：熔岩、熔岩角砾岩、角砾凝灰岩（火口相）→凝灰岩（盖层相）→火山－沉积岩；④火山盖层相的岩石呈现明显的外倾围斜产状：在北东部位，盖层相的外倾角一般为20～30°；在南部和西部，外倾角一般为10～20°；在南东部由于晚阶段副火山的喷发及岩墙岩脉大规模侵入，火山岩层的产状比较混乱。但是从总体上看，盖层相的外倾围斜趋势还是比较清晰的；⑤沿火山口主喷发中心的外缘，由于火山口的塌陷作用，形成若干个副火山口，例如七宝山及瓮山为两个典型的副火山口；⑥沿火山口的周边形成比较发育的环状和放射状裂隙系，它们均被后期的中浅成侵入岩所充填。例如辉石二长岩呈岩墙、岩床和岩瘤等充填于火山口周边的环状裂隙系中；石英闪长玢岩及某些基性岩则呈岩墙、岩脉充填于火山口外围的放射状裂隙系中。其次，沿火山口周边还分布有环形和放射状的沟谷水系，它们是原始的环形和放射状构造在地貌上的反映；⑦沿火山口环形断裂带的周边，由于受到火山口喷气作用的影响，产生一系列热液蚀变作用，形次生石英岩化带、绢云母黄铁矿化带及青盘岩化带；⑧火山机构中的各类岩石在化学成分上接近（表1），表明它们的同源性。在次火山岩中，还存在明显的自碎淬火现象以及气孔状构造等，显示了火山喷发—侵入地质体所特有的现象。

由于火山的大规模喷发，形成七宝山火山口。随

---

*南大参加研究工作的还有殷建华、周华平、刘易、颜骋、王庚亮、孙爱萍、范宏瑞、余养成、王照升等同学。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

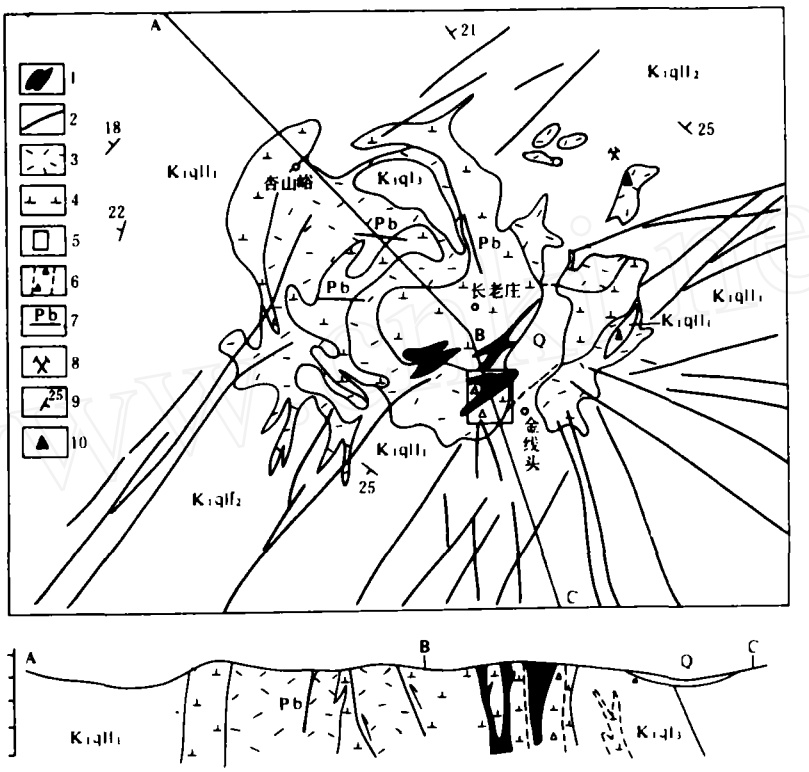


图 1 ·七宝山金铜矿区地质略图

Q—第四系沉积物；K_1ql_1—安山岩集块岩互层；K_1ql_1—安山质火山角砾岩夹凝灰岩；K_1ql_3—安山质熔岩、角砾熔岩；1—石英闪长玢岩小岩株；2—石英闪长玢岩岩墙；3—安粗斑岩；4—辉石二长岩；5—金铜矿化带；6—金铜矿化角砾岩筒；7—铅锌重晶石矿脉；8—黄铁矿矿床；9—火山岩产状；10—山峰

七宝山古火机构各类岩石化学成分平均值（%） 表 1

岩石类型	样品个数	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O
青山组火山岩	13	56.17	0.75	17.68	3.59	3.07	0.13	2.48	4.52	4.06	4.45
辉石二长岩	14	53.25	0.93	17.26	4.09	3.52	0.14	3.16	5.86	3.18	4.02
安粗斑岩	19	55.25	0.88	17.72	4.17	2.72	0.18	2.56	2.51	3.94	4.24
石英闪长玢岩	11	63.02	0.51	15.13	2.50	2.36	0.14	2.54	2.94	3.72	3.67

（据山东冶勘四队、地质四队及南京大学地质系的分析资料整理）

之，由于岩浆房空虚，造成火山口塌陷，这不仅为次火山岩相和中浅成侵入体的形成提供了空间条件，也为以后的矿化作用创造构造条件。其次，火山喷发和岩浆侵入，也提供了成矿的物质来源。例如分布于钓鱼台一带的大型黄铁矿矿床和分布于金牛栏地段的金铜矿床，均分布于七宝山古火山口的外缘。它们与古火山机构有密切的空间和成因联系，前者产于呈层状、似层状分布的角砾凝灰岩中，后者则产于爆发角砾岩筒中。

在火山喷发和侵入岩形成之后，该矿区的构造活动仍非常强烈，形成十分发育的断裂构造。主要有北东向的压扭性断裂、北西向的张扭性断裂、近东西向的压扭性断裂及近南北向的扭性断裂。沿前三组断裂往往充填有铅锌矿脉，而近南北向的断裂则为成矿后的断裂。

角砾岩筒型的金铜矿床

1. 爆发角砾岩筒和金铜矿化

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

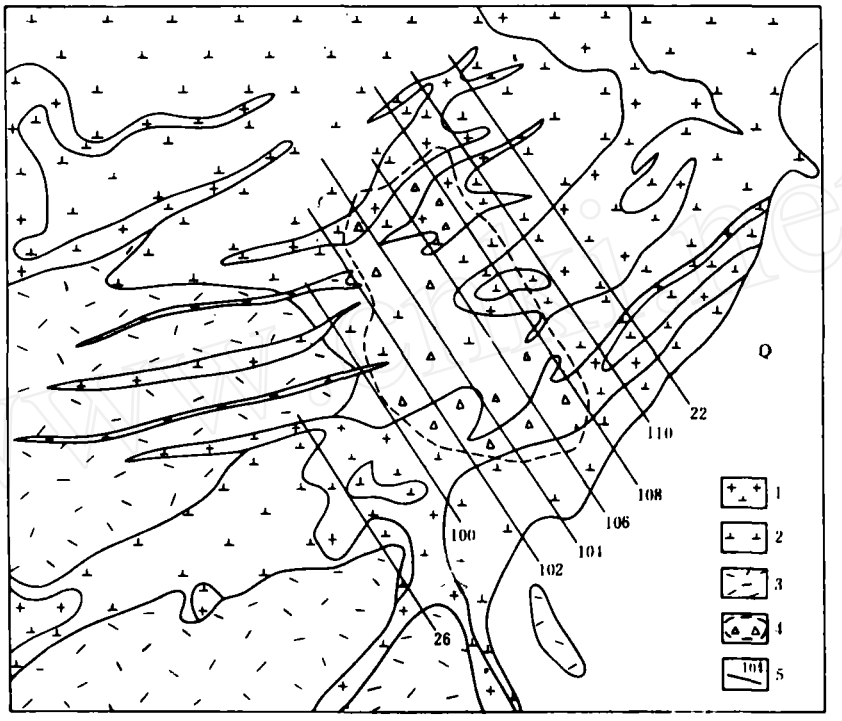


图 2　七宝山金铜矿床地质图

Q—第四系沉积物；1—石英闪长玢岩；2—辉石二长岩；3—安粗斑岩；4—金铜矿化角砾岩筒；5—勘探线及其编号

七宝山金铜矿为一角砾岩筒型矿床。整个矿床位于一个隐爆为主、兼有塌陷特征的角砾岩筒中。该岩筒分布于七宝山古火山机构的南缘，处于环形断裂和放射状断裂的交汇部位，略呈北西—南东向的椭圆形（图 2），长340米，宽约280米，地表以下延深约150米，产状近于直立。

根据此处构造岩浆特征分析，我们认为角砾岩筒所在部位可能为七宝山火山机构的一个副火山岩颈。其依据是，地表呈小岩株、岩瘤状分布的石英闪长玢岩小侵入体，在深处则呈岩筒状，延深较大。在火山岩颈这样的构造薄弱部位，后期的气水热液则有可能沿此通道上升，形成爆发角砾岩筒。总之，该角砾岩筒与古火山机构有密切的成因联系。

该矿化角砾岩筒具有以下地质特征：

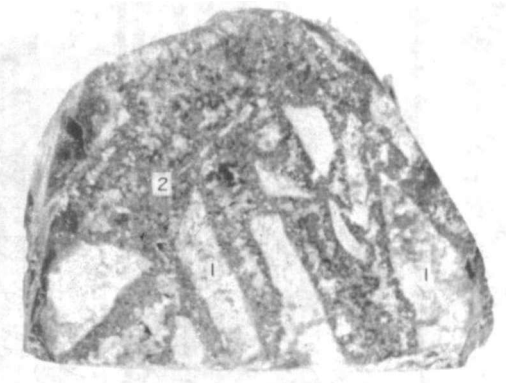
（1）岩筒中的角砾岩，绝大多数为原地围岩的产物，无外来成分混入。角砾的成分为辉石二长岩和石英闪长玢岩；

（2）角砾之间无位移或只有较小的位移。根据角砾的成分可将其拼接于一起；

（3）角砾的形态为棱角状及次棱角状（照片 1）；

（4）角砾的大小极不均一，小至 1 ～ 2 厘米，大至 1 至几米，一般多为十几至几十厘米；

（5）角砾岩筒内，角砾的发育程度很不均一，局部地段角砾发育，成为角砾的密集带及矿化的富集带，但是较多部位角砾并不发育，甚至完全没有角砾出现。角砾岩的密集带主要受北东向断裂构造控制，其次受北西向断裂构造控制；



照片 1　角砾状矿石（矿石光片，1：3）

1—辉石二长岩的角砾；2—镜铁矿、粘土矿物及少量硫化物所组成的胶结物

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

（6）矿床露天开采揭露：角砾岩筒内部岩石破碎，角砾发育，遭受强烈的蚀变和矿化；而角砾岩筒外部，岩石蚀变微弱，仅有少数镜铁矿细脉沿一定方向的构造裂隙充填，角砾岩筒与围岩的界限较为清晰。根据钻孔资料，角砾岩筒的上部，角砾发育，随着深度的加大，角砾趋向于减少，零米标高左右角砾趋于消失，过渡为正常岩石；

（7'）角砾之间的孔隙，被热液矿物及蚀变矿物充填（图3）。角砾胶结物呈不规则的网脉状分布。胶结物主要为镜铁矿，其次为铁锰碳酸盐矿物、石英及少量硫化物等。金、银矿物作为这些矿物的共生矿物，赋存于胶结物中。蚀变矿物主要为粘土类矿物（伊利石、高岭石及水云母）及绢云母等；

（8）在角砾岩筒的顶部，角砾近似水平排列，类似于“水平张性裂隙”。这种现象的出现，是由于气水热液剧烈上升爆发所产生的顶蚀作用及其后的塌陷作用的结果。

角砾岩筒与金铜矿化的关系十分明显。在角砾岩的密集带，岩石的裂隙、孔隙发育，热液矿物作为角砾的胶结物，大量充填于角砾的间隙，成为金铜矿化的富集带；反之，角砾不发育，矿化则极微弱。现在勘探工程所控制的金铜矿化带，基本位于角砾岩筒的界限之内；角砾岩筒之外矿化很微弱，或无矿化显示。其次，矿体的形态产状完全受角砾岩的控制。由于角砾岩筒中各部位角砾发育程度的不均一性，因而所形成的矿体及其原生晕的形态也极不规则，呈巢状、柱状等（图3、4）。

矿床属浅成、超浅成矿床，现已剥蚀出露于地表，正进行露天开采。整个矿床由一个矿化带组成。矿化极不均匀，矿体无自然界线，只能依据品位圈定矿体。金铜矿化一般较贫。

2.矿物成分

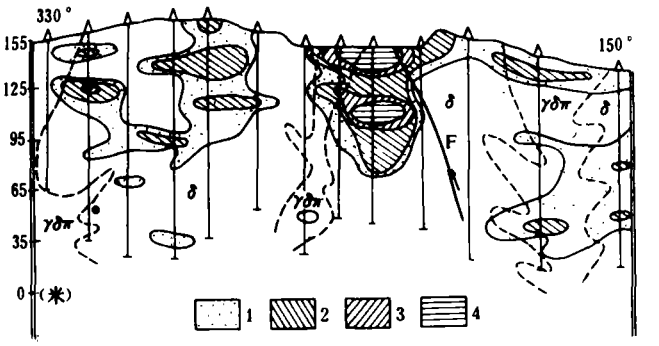


图3　106线金的原生晕剖面图

1～4—金的原生晕含量等值线：1—0.5～1 ppm；2—1～5 ppm；3—3～5 ppm；4—>5 ppm；δ—辉石二长岩；γδπ—石英闪长玢岩

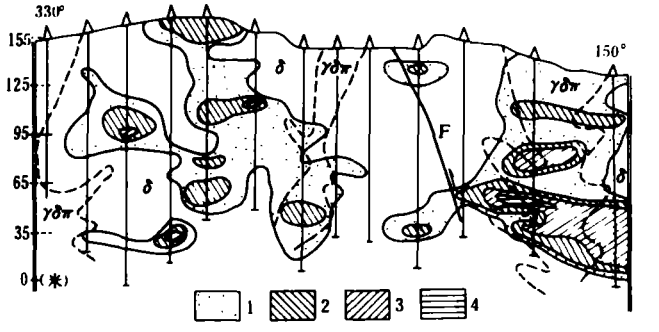


图4　106线铜的原生晕剖面图

1～4—铜的原生晕等线值：1—0.2～0.5%；2—0.3～0.5%；3—0.5～0.7%；4—>0.7 %；δ—辉石二长岩；γδπ—石英闪长玢岩

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.镜铁矿 是矿脉中最主要的热液矿物。镜铁矿约占矿脉中矿物总量的70～90%，有的矿脉则为纯镜铁矿矿脉。镜铁矿和其他金属矿物一起，以网脉状或细脉状充填于角砾的间隙或微构造裂隙中。镜铁矿是该矿床金的主要载体矿物。据11个镜铁矿单矿物金的分析资料，单矿物中金的含量约为2～6克/吨。此外，镜铁矿中锰、锌及银的含量也较高。

2.黄铁矿 它的形成至少可分为三个阶段：早阶段，以浸染状分布于蚀变围岩中，一般不含金；第二阶段，呈石英—黄铁矿细脉充填于构造裂隙中，亦较少含金，一般分布于矿化带的外围；第三阶段，与镜铁矿、铁锰碳酸盐矿物、石英及黄铜矿等共生，呈网脉状充填于角砾的间隙中，含金较高，为金的主要载体矿物之一。此外，黄铁矿中Cu，Ag，Sb，Te，Se等元素的含量也较高。

3.黄铜矿 早期的黄铜矿多以浸染状的细小颗粒分散于脉石中，或是呈他形粒状分布于镜铁矿—碳酸盐矿脉中；晚期的黄铜矿往往以微细脉状或细小包裹体，沿黄铁矿等矿物的裂隙、晶隙充填或交代，或被黄铁矿所包裹。黄铜矿中金、银等含量也较高，尤以富银为特征。

4.碳酸盐类矿物 根据电子探针分析结果（表2），该类矿物以菱铁锰矿为主，其次为铁白云石和菱铁矿，组成菱铁锰矿—菱铁矿—铁白云石的类质同象系列。该类矿物中除含锰较高外，成矿元素金、银及铜等含量低微。

5.石英 可分为两个世代：早世代的石英为灰黑色，呈他形粒状或半自形晶，分布于较宽脉体的两侧，或充填于细小网脉中；晚世代的石英一般为淡紫色，呈柱状晶簇，分布于脉体的晶隙中。石英中金、银等成矿元素的含量低微。

3.矿床的物质组分特征

矿床中除主要成矿元素金、铜外，还伴生银、硫等，具有综合利用的价值。W，Mn，Ba，Pb，Zn，Mo及Bi等元素在矿床中的含量也较高，形成显著的地球化学异常，为金铜矿化的指示元素。As，Sb，Se及Te等元素的含量低微。Co，Ni，V，Ti，Sn及Be等元素的含量与中性岩类的正常含量近似，无异常显示。这里

矿石矿物电子探针分析结果（%） 表2

矿物	编号	Cu	Ni	Au	As	Co	Te	Ag	Fe	S
斑铜矿	E_{1-1}	62.45	-	0.03	-	0.01	0.03	0.85	10.81	24.95
斑铜矿	E_{1-2}	63.39	0.01	0.07	-	-	-	1.02	10.54	23.62
黄铁矿	E_3	-	-	-	0.06	0.06	-	0.01	46.22	53.92
黄铜矿	E_6	34.48	-	0.22	-	0.02	0.12	0.01	29.54	33.83
黄铁矿	E_{7-1}	-	-	0.01	0.03	0.04	0.01	-	46.14	53.03
黄铜矿	E_{7-2}	34.19	-	0.03	-	0.03	-	0.05	29.14	34.42

矿物	编号	FeO	MnO	WO_3	CaO	MoO_3
白钨矿	W－1－1	0.03	0.07	76.83	18.84	0.05
白钨矿	W—1—2	0.02	—	76.10	19.16	0.02
镜铁矿	W—2—1	95.34	0.02	1.09	-	0.01
镜铁矿	W－2－2	95.14	0.05	0.45	-	0.01
镜铁矿	W－2－3	95.19	0.03	1.30	0.24	-
镜铁矿	W－2－4	95.98	-	0.24	-	0.02
镜铁矿	W－3－1	94.70	0.60	0.24	0.01	-
镜铁矿	W－3－2	95.10	0.10	1.22	-	0.02
镜铁矿	W－3－3	95.07	0.15	0.39	0.12	-
菱铁矿	W－2－5	53.24	0.04	0.12	3.15	-
菱铁锰矿	Mn－1－1	34.77	16.87	0.12	0.74	-
菱铁锰矿	Mn－2－2	28.97	26.07	0.04	0.82	-
菱铁锰矿	Mn－1－3	28.11	27.64	0.03	1.10	0.01
铁白云石	Mn－2－1	10.55	0.36	-	27.18	-
铁白云石	Mn－2－2	9.25	3.86	0.01	26.15	0.01

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

仅将矿床中金、铜、钨及银的分布特征作一简述。

1.金　是矿床中主要成矿元素之一。据山东冶勘四队的资料，金的品位较低，一般为3～5克/吨，最高含量为20～30克/吨。

金矿化具有明显的垂直分带性：矿化富集带偏于地表及上部中段，而下部中段矿化微弱，接近零米标高，金矿化渐灭。金矿化带在平面上呈北东向展布，部分中段还有呈北西展布的势趋。金主要呈自然金，部分呈银金矿存在。自然金多以不规则的粒状产出，少数呈微细脉状、枝状。粒径多在0.005～0.075毫米，属于细粒金。矿石中金的成色在760～865之间，多在800左右，属于中等成色。自然金在矿石中主要呈晶隙金，其次是裂隙金，少数呈包裹体金分布。

2.铜　也是该矿床的主要成矿元素之一。据山东地质四队的资料（1979），矿石中铜的平均品位约为0.61%，变化范围为2.5～0.3%，其金属储量为中型规模。在垂直方向上，铜矿化较金稳定，矿化富集中心趋于中、上部中段，往深部矿化仍有一定的延伸。在空间上，金、铜矿化的富集带仅有部分是重合的，多数情况下是分离的。

3.钨　该矿富钨现象是十分特征的，这在国内斑岩金矿床乃至多数内生金矿床中也较为少见。钨的富集带仅与金矿化有关，而在金矿化带外围则没有钨的异常显示。矿体中钨的含量为30～400ppm，平均为100ppm，最高含量可达1000ppm。钨呈白钨矿存在（表2）。白钨矿分布于围岩的裂隙及不同矿物的间隙中。其矿物颗粒较粗，最大粒径可达2毫米。对各类单矿物进行钨的定量分析结果表明，以镜铁矿中钨的含量最高，一般在1000～1500ppm，最高可达2000ppm。其他矿物中钨的含量均很低，一般为n～$n\cdot10$ppm。

4.银　矿石中银的含量比较稳定。一般为5～20克/吨，最高可达50克/吨，矿石中Au/Ag约为1/5～1/10。银的含量在垂直方向上比较稳定，富集中心不明显。从总体上看，银的富集中心趋向于中、下部，较多地与铜硫的富集中心吻合。单矿物中银的分析结果表明，黄铁矿及黄铜矿是银的主要富集矿物。

根据矿石中成矿元素及伴生元素的定量分析结果，进行了R型因子分析。结果表明，金和钨为一组合因子，铜和硫为另一组合因子，这两个因子是互相排斥的；银、铅、铋则为一过渡性的因子，介于上述两对立因子之间；锰和锌分别组成一单独因子，与矿化关系不大。因子分析结果还表明，该矿床中金和铜之间并不存在互相依存的关系，而是呈负相关关系。

找矿方向和找矿标志

七宝山金铜矿床的发现再次表明，郯庐深大断裂带是我国斑岩金铜矿床的重要远景区之一。该断裂经历了长期的剧烈活动，对构造岩浆及矿化作用起着第一级的控制作用。安徽沙溪钼矿、山东沂南金矿及本矿床等一系列金矿或铜（金）矿，无不与之密切相关。因此，该断裂带及其两侧地区应成为我国东部地区寻找斑岩金铜矿床的战略区，有必要加强金矿的普查找矿工作。

其次，在胶莱拗陷与胶南隆起（或胶北隆起）的交切部位，例如拗陷区火山岩盆地的边缘，应注意寻找与火山岩—次火山岩有关的金矿或金铜矿床。因为在拗陷区火山岩盆地的边缘，燕山期中性—中酸性岩浆喷发及侵入活动剧烈，有可能形成与次火山岩体有关的金矿（沂南堆金山式）或与火山机构有关的爆发角砾岩筒型的金矿（七宝山式）。

根据七宝山金矿的找矿实践经验，我们认为在该矿区及其外围，寻找与火山岩—次火山岩有关的金矿的找矿标志可归纳为：①古火山岩机构，特别是古火山口的外缘，往往是各类金属矿化和非金属矿化分布的地带，②爆发角砾岩筒，特别是分布于火山机构外侧的隐爆角砾岩筒，最有利于金铜矿化；③作为火山机构中央岩株或环状岩墙而存在的中酸性小侵入体，在其边缘部位往往形成细脉浸染状金铜矿床；④硅化绢云母化黄铁矿化的面形蚀变带；⑤强烈发育的黄铁矿化细网脉带；⑥古火山口环形断裂和放射状断裂的交汇部位，或古火山口外围的小岩颈；⑦以Au，Cu，Ag，W，Pb，Zn，Mn及Bi等元素所组成的地球化学异常。

*　　*　　*

工作中得到山东地质四队和七宝山金矿等单位的大力支持，并引用了他们的部分研究成果。山东冶金第四勘探队的杜长学和罗至刚等同志，南京大学地质系的刘英俊、李兆麟、王鹤年、任启江和武耀诚同志志给予热情指导和帮助，在此一并致谢。

© 1994-2009 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net