

# 治岭头金银矿床的 地球化学特征及找矿标志

周俊法

(浙江丽水地质大队)

治岭头金银矿床是在查证1965年1/10万区域化探(水系沉积物和重砂测量)金、银、铜、铅、锌等元素综合异常的过程中找到的。它的发现打开了本区寻找金银矿床的前景,进而确定了诸暨—龙泉Ⅲ级金银成矿带。

## 地质概况

矿区有两个构造层:下部为前泥盆纪陈蔡群变质岩,以副片麻岩为主;上部为晚侏罗世壳源型中酸性—酸性陆相火山岩建造。燕山中晚期钾质花岗岩呈小岩株产出,以霏细斑岩岩脉为主的脉岩成群分布。黑云母斜长片麻岩与含石榴石黑云母斜长片麻岩是金银矿床的主要围岩。矿带严格受近东西向—北东向张扭性断裂控制。矿带长约2000米,包括7个矿体,长140~400余米不等,由贫硫化物石英脉、网脉及脉旁黄铁绢英岩组成。整个矿带仅西端出露不足百米,向东沿走向侧伏,是个半隐伏矿床(图1)。

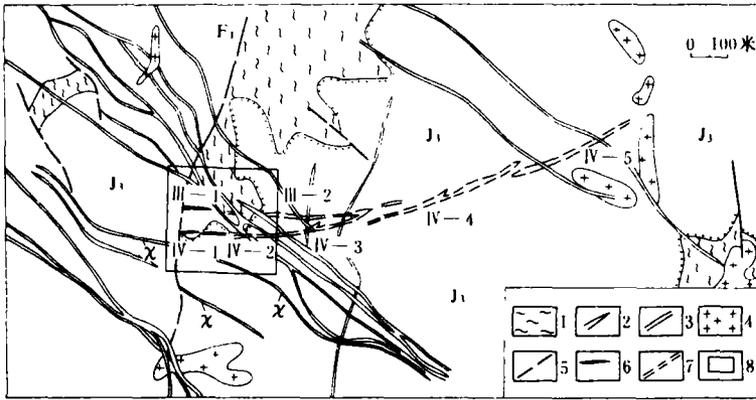


图1 矿区地质略图

J<sub>1</sub>—晚侏罗世火山岩: 1—变质岩: 2—霏细斑岩岩脉: 3—基性岩脉: 4—花岗岩: 5—断层: 6—金银矿露头: 7—矿体地表投影: 8—地表采样范围

矿、黄铜矿、金银矿系列、碲金矿、碲银矿、辉银矿等;脉石以石英为主,次为绢云母、蔷薇辉石、含锰碳酸盐、绿泥石、绿帘石、长石、石墨。

近矿围岩蚀变有浅色和深色两种。早期以浅色蚀变为主,主要是硅化、黄铁绢英岩化、蔷薇辉石化、含锰碳酸盐化;深色蚀变以绿帘石化为主,叠加于浅色蚀变之上。

矿床成因尚有争议,持变质热液说或变质热液叠加火山热液成矿说者居多。

## 岩(矿)石中微量元素 分布分配特征

(一) 元素分布特征 矿区主要岩石与矿石中微量元素平均含量见表1。由表可知:变质岩中的

Au, Ti, Ni, Co含量高于火山岩,而Cu, Pb, Zn, Mn则相反。火山岩的Pb, Zn, Mn高于克拉克值,其他元素低于或接近克拉克值。霏细斑岩中大多数元素含量较高。矿石中Ti, Ni含量低,矿上出现相对负异常,其余元素比赋矿围岩高1~10<sup>3</sup>倍。

矿区无矿地段钻孔中的变质岩及远离矿区的时代变质岩化学光谱法测定金的分布如图2所示。远离矿区的变质岩地段金含量为5~30ppb,可能是初始富集金(银)的矿源层。由沙剖面(金的含量接近片麻岩类金的含量)经Ⅱ—1剖面金的贫化区,到矿区,金的含量迅速增加(平均12.4ppb),表明金在区域变质作用过程中发生了活化、转移和重新富集。

主要岩(矿)石中元素含量平均值(ppm)

表 1

元素	变质岩	火山岩	霏细斑岩岩脉	金银矿石	克拉克值(泰勒)
Au	0.0124 <sup>①</sup>	0.0042 <sup>①</sup>	0.0042 <sup>①</sup>	13.33 <sup>②</sup>	0.0040
Ag	< 0.3	< 0.3	1.2	275.33 <sup>②</sup>	0.07
Cu	21	30	65	683 <sup>②</sup>	55
Pb	35	52	436	2088 <sup>②</sup>	12.5
Zn	75	160	1329	4172 <sup>②</sup>	70
Mn	484	1510		5150	950
Sn	< 5	< 5	16.1	12.3	2.0
Mo	< 5	< 5	11	18.4	1.5
Ni	34	5.5	10.7	16.4	75
Co	8.7	5.9	4.7	10.5	25
Ti	4224	700	1822	1488	5700

①化学光谱法测定; ②化学定量分析; 其余为光谱半定量分析。

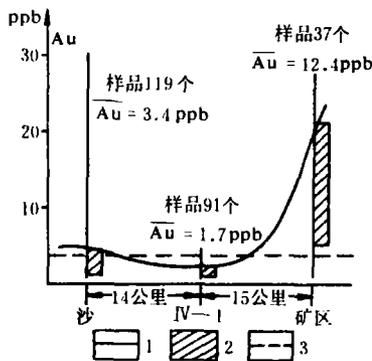


图 2 变质岩中金的变化趋势  
1—变化区间; 2—金含量常见值范围;  
3—片麻岩类金的丰度(3.9ppb)

(二) 元素组合特征及其地质意义

表 1 中所列元素分两类: 一类是 Ti, Ni, Co, 高值带反映变质岩; 另一类是成矿成晕元素, 其中 Au, Ag 是找矿的直接指示元素, 形成矿物有金银互化物、碲化物、辉银矿等, 赋存于硫化物晶体中, 或呈胶体微粒赋存于长英质矿物中; Cu, Pb, Zn, Mn 为近矿指示元素, 前三者呈硫化物, Mn 由早到晚则呈蔷薇辉石—硫锰矿—含锰碳酸盐; Mo,

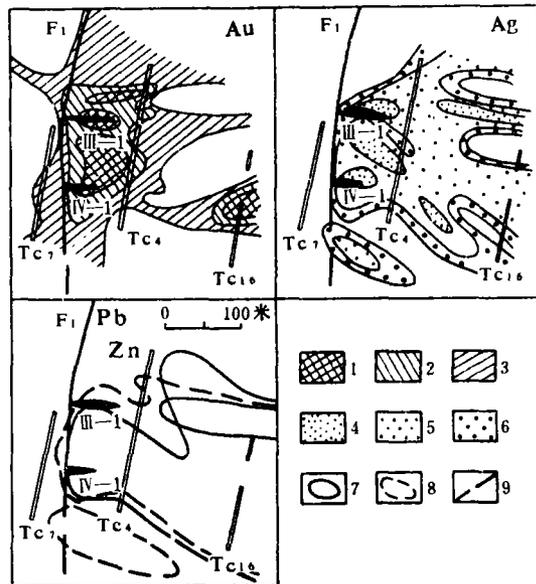


图 3 矿带头部地表原生异常

1—Au > 240 ppb; 2—Au 为 120~240 ppb; 3—Au > 60~120 ppb; 4—Ag > 10 ppm; 5—Ag 3~10 ppm; 6—Ag 1~3 ppm; 7—Cu > 40 ppm; 8—Pb > 100 ppm; 9—断层

线金属量和纵向水平梯度

表 2

F <sub>1</sub> 断 裂	工 程 号	西 侧		东 侧		
		Tc <sub>1</sub>	Tc <sub>4</sub>	Tc <sub>4</sub>	Tc <sub>8</sub>	Tc <sub>12</sub>
工程间距(米)			50	50	50	50
Au	线金属量	1.84	46.95	20.45	10.60	4.1
	水平梯度		-0.178	0.104	0.034	0.030
Ag	线金属量	0	2791.0	661.5	976.5	1829.5
	水平梯度		-11.16	8.52	-1.26	-3.40

单位: 线金属量 ppm 米; 水平梯度: ppm / 米。

Sn为矿体尾部指示元素，Mo呈细鳞片状辉钼矿，Sn可能以细粒分散状独立矿物或类质同象形式存在。

### 原生晕异常特征

(一) 矿带头部(地表)原生异常特征 矿区以盲矿为主，出露矿体约占矿带长的5%，查明其异常特征对指导盲矿找矿是十分重要的。矿带头部

原生异常如图3所示，Au最高值为530ppb，Ag异常最高值为112ppm，Au，Ag异常浓度分带清晰，Au > 240 ppb，Ag > 10ppm的套合异常包围了出露的Ⅲ、Ⅳ号矿带及蚀变体。Au的线金属量及纵向水平梯度自出露矿带的探槽Tc<sub>1</sub>向东渐减，反映矿带自Tc<sub>1</sub>起变为隐伏盲矿。Ag异常向东有渐增趋势(表2)。同一Au，Ag异常展布于变质岩和火山岩上，据此可追索火山岩覆盖下的盲矿。

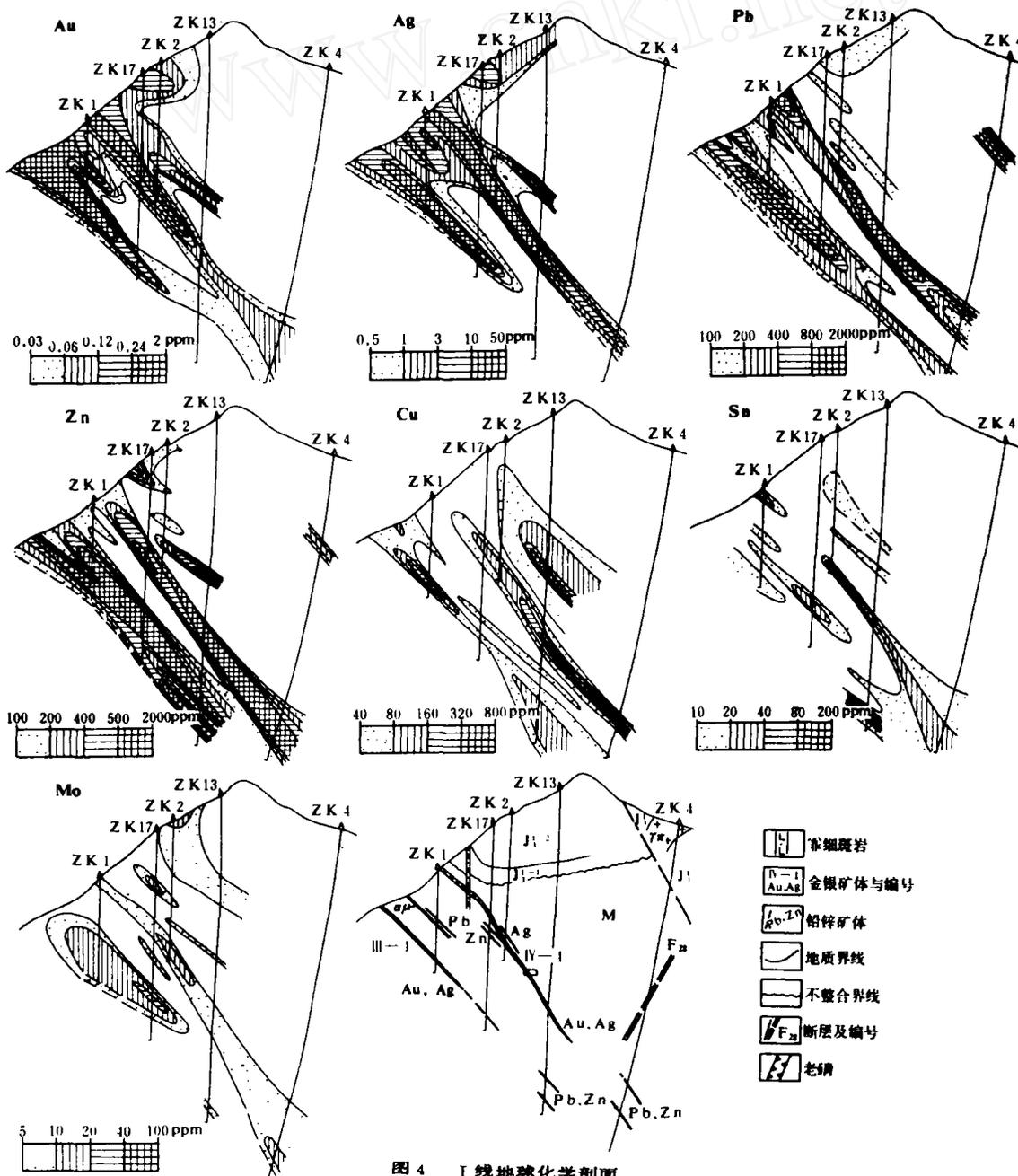


图4 I线地球化学剖面

J<sub>1</sub><sup>1</sup>—凝灰砂砾岩；J<sub>1</sub><sup>2</sup>—凝灰岩、熔凝灰岩；M—前泥盆系变质岩；γπ—花岗斑岩；αμ—安山岩岩脉

除Au、Ag异常外，还有Cu、Pb、Zn、Mn异常相伴。各元素异常都分布于F<sub>1</sub>断层以东，反映了F<sub>1</sub>是成矿的地球化学障。

(二) 钻孔剖面异常特征 在剖面上，元素具垂直分带特征，Au和Ag居上，Pb、Zn和Cu居中，Mo和Sn偏于尾部；Au和Ag异常浓度与宽度自上而下渐减，Au > 100 ppb、Ag > 10 ppm的异常在矿体尖灭后20~30米消失，Pb、Zn的中高浓度带在矿体尖灭后可继续延伸百米以上，Mo异常的浓度和宽度自下而上渐增，在矿体尾部有较大延伸。

在剖面上，矿体呈左行斜列出现，当矿体间距小于20~30米时，Au、Ag高浓度带包围剖面上的所有矿体，否则各自分开，而Pb、Zn高浓度带则包罗了斜列的所有矿体，愈近矿带东部，Mo、Sn浓度愈高。矿带(矿体)顶板各元素异常较底板发育，这与矿带顶板比底板蚀变强度和宽度大相对应。据钻孔控制，在隐伏矿体上方50~70米处，金银异常仍清晰，金可达50~100 ppb。

(三) 异常元素的相关性 IV号矿带51个见矿工程组合样化学定量分析6个元素的相关系数列表3。在 $r_{0.05} = 0.3080$ 水平上，将元素分为两

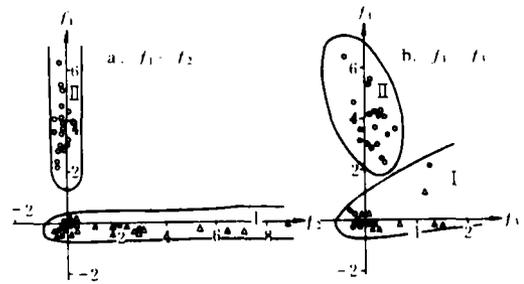
偏 相 关 系 数 表 3

	Au	Ag	Cu	Pb	Zn	$\Delta S^*$
Au	1.000					
Ag	0.7956	1.0000				
Cu	0.1428	0.1978	1.0000			
Pb	0.1137	0.1473	0.7795	1.0000		
Zn	0.1275	0.0784	0.4760	0.6769	1.0000	
$\Delta S$	0.4395	0.0432	0.1661	0.1826	0.2595	1.0000

\* 分析S减去组成 PbS、ZnS、CuFeS<sub>2</sub>后剩余视为组成FeS<sub>2</sub>。

群：Cu—Pb—Zn与Au—Ag— $\Delta S$ 。前者反映了成矿作用的早期阶段，仅有少量包体金银产出。后者为金银主成矿阶段组合，金银呈连续的互化物出现。金与其他元素及相应矿物的相关性按下列顺序递增：Pb(PbS)→Zn(ZnS)→Cu(CuFeS<sub>2</sub>)→ $\Delta S$ (FeS<sub>2</sub>)。这一序列与单矿物中的分配率是一致的。金在黄铁矿中分配率为32%，闪锌矿中为1.23%，方铅矿中为0.74%。Au— $\Delta S$ 密切相关，Ag— $\Delta S$ 不相关，与热液成矿作用中金与硫的相对亲和力大于银与硫的相对亲和力，金比银更富集于黄铁矿中的地球化学行为一致。

以元素相关性为基础的R型因子分析结果表明，矿区原生异常中有四个成矿主因子。 $f_1$ (Zn—Cd—Pb—In—Sn)与铅锌矿化有关； $f_2$ (Ag—Au)是金银矿主因子； $f_3$ (Cu—Mo)反映了上述成矿作用的早中阶段沉淀作用； $f_4$ (—Sn)则为成矿作用初期产物。因子得分图解将金银矿带四周变质岩中的铅锌矿脉与火山岩中铅锌矿脉划分为两个独立的地质事件，而金银矿与周围变质岩中铅锌矿脉则是同一地质事件的产物(图5)。



△金银矿 ●金银矿附近变质岩中铅锌矿 ○火山岩中铅锌矿

图5 1线、24线矿体因子图解

I—变质岩中金银矿及铅锌矿脉；II—火山岩中铅锌矿

金银矿原生异常的 $f_2$ 为正得分异常， $f_1$ 为负得分。在矿体中下部 $f_1$ 出现正异常，矿体尾部出现 $f_4$ 负极值。而火山岩中的铅锌矿脉 $f_1$ 为正得分异常， $f_2$ 则以负值为主， $f_3$ 、 $f_4$ 均为正异常。多元素组合异常的因子得分异常组合类型是判别异常找金银、还是铅锌的重要标志。

(四) 元素对比值 成矿元素含量的研究和赋存金银工业矿体的矿带钻孔剖面原生异常对比表明： $Au/Ag > 0.02$ 的等值线可以圈定工业矿体，从矿体边界至矿体中心， $Au/Ag$ 比值渐增，最高可达0.5； $Ag/Pb$ 、 $Ag/Mo$ 、和 $(Au+Ag)/(Sn+Mo)$ 其值均 $> 0.1$ ，在矿体部位出现 $> 1$ 的高值带，分散矿化或已被剥蚀到尾部的矿带不具此特征；区内金银矿床、黄铁矿床、铅锌矿点矿石及异常中 $Ag/Pb$ 的研究表明，金银矿引起的近矿异常出现 $Ag/Pb > 0.1 \sim 1$ 连续高值带，其他矿引起的异常无此特征。

矿区中副变质岩的Co/Ni平均值为0.29，火山岩中Co/Ni平均值为1.09，燕山期火山热液形成的黄铁矿中Co/Ni平均值为2.363( $\delta = 0.781$ )，含金石英脉中黄铁矿的Co/Ni平均值为0.644( $\delta = 0.201$ )，金银矿原生异常的Co/Ni

值是0.296~0.714。由此可见，矿区含金石英脉与典型的岩浆热液矿床（Co/Ni>1）有区别，可能为变质热液型。

(五) 金银矿体原生异常分带模式 根据原生异常的元素组合、规模、形态特征、浓度中心相对位置和分带指数等，确定了金银矿体原生异常的分带模式（图6）。图中A剥蚀水平代表了以盲矿为

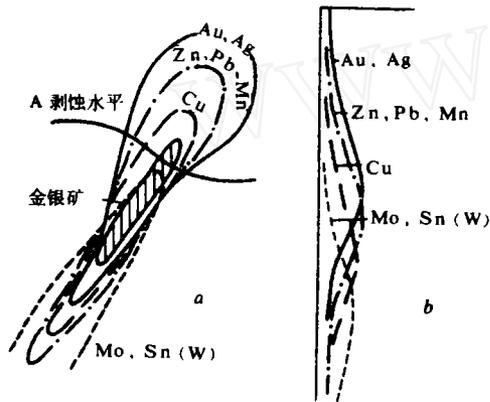


图6 原生异常组分分带模式

a—轴向及水平分带； b—垂直分带

主的侧伏矿带头部出露部位，即成矿作用的前缘，其由内向外的水平分带序列是：Cu→Mn→Pb→Zn→Ag→Au，无Sn，Mo。金银矿体原生异常组分由下而上的垂直分带是：Sn→Mo→

Zn→Pb(Mn)→Au→Ag。这一序列与金属正电性的增加、氯化物络合物稳定<sup>①</sup>是一致的。用计算分带性指数方法研究了因子垂直分带，其结果由下而上为： $f_4 \rightarrow f_3 \rightarrow f_1 \rightarrow f_2$ 。元素的因子的垂直分带与矿体中矿物共生组合空间变化对比表明，因子垂直分带能更好地反映矿体中矿物共生组合的变化。

### 原生异常形成机制的探讨

本矿床为复成因矿床，其形成与区域变质作用和火山作用有关。测温资料表明成矿温度240~360℃，为中高温变质热液矿床。

一般地说，地球化学上的共性和变异的连续性是成因上有联系的重要证据之一，区内变质岩属绿片岩相，原岩为砂泥质沉积岩夹火山岩，局部混合岩化较强。大部分岩性段含金1~2ppb，少数岩性段含金5~30ppb，矿区达14.2ppb，变化规律如图2。据此认为，雪峰运动之后，区内接受了准地槽型砂泥质海相沉积岩夹火山岩，形成了含金量高于克拉克值的初始富金银等成矿元素的矿源岩层。在区域变质过程中，矿源岩层中的成矿元素与岩石内囚水产生活化转移，形成变质热液。矿区含金石英脉包裹体以液相为主（气液比20~30%），子矿物以NaCl为主。包裹体成份测定结果（表4）表明。变质热液盐度高、富含矿化剂，呈弱酸

石英包裹体成分表

表4

样品名称	SiO <sub>2</sub> ppm	Ca <sup>2+</sup> ppm	Mg <sup>2+</sup> ppm	K <sup>+</sup> ppm	Na <sup>+</sup> ppm	Fe <sup>3+</sup> ppm	Cl <sup>-</sup> ppm	F <sup>-</sup> ppm	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ppm	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ppm	CH <sub>4</sub> ml/100g	CO <sub>2</sub> ml/100g	CO ml/100g
变质岩石英	0.72	1.24	1.88	1.84	0.82	0.05	0.87	0.15	6.70	10.00	2.30	50.80	4.10
石英脉石英	0.72	1.02	1.47	0.75	0.62	0.42	4.15	0.10	15.29	6.98	2.42	23.38	3.14

据省金矿专题组1983年资料。

性，这就增强了它攫取运移途中金属的活力，导致大部分岩段金降至1~2ppb，形成金的贫化区。而使成矿物质浓度不断增高。

围岩蚀变及组分研究表明，金银在成矿溶液中以复杂络合物形式迁移，早期以氯化物络离子（[AuCl<sub>4</sub>]<sup>-</sup>，[AgCl<sub>2</sub>]<sup>-</sup>）形式为主，晚期演化为多硫化物络离子，如[AuS<sub>2</sub>]<sup>-</sup>，[AgS]<sup>-</sup>。当成矿溶液运移至断裂构造带和有利的岩性地段，由于物化条件的改变，络离子解体，以充填交待方式成矿成晕。在矿液自下而上运移过程中，由于渗

滤和扩散作用，成矿成晕元素按其负电性增加和络合物稳定的方向Sn→Mo→Cu→Zn→Pb→Au→Ag顺序发生沉淀，形成了元素的垂向分带和水平分带。矿石中铅同位素年龄为253~270百万年。

燕山期强烈火山活动形成的火山岩喷发物不整合于变质岩之上，次火山岩相脉岩群鱼贯矿区。正

<sup>①</sup>吉林省冶金地质勘探公司研究所编，金矿参考资料汇编第四集，1978，124~141页。

常火山岩类金的含量如表1, 硅化、黄铁矿化, 绿泥石化后金的平均值增至43.7 ppb (17~140 ppb), 这表明燕山晚期火山活动也携带了较多的金银等成矿元素。在区内火山岩中形成了富银铅锌矿脉, 在石英脉型金银矿中不仅叠加了富金银的硫化物团块和脉体, 而且形成了碲金矿、碲银矿、辉银矿等矿物组合, 某些脉岩附近矿体增厚变富迹象明显。同时, 形成了金银等原生异常的“穿层”“跨时”分布。

### 找矿地球化学标志

(一) 陈蔡群变质岩块具金的正常分布和异常分布的双重分布地段, 特别是金增高与亏损匹配的地区, 是这类矿床产出部位。

(二) 金银矿引起的异常具有  $Au > 100$  ppb,  $Ag > 10$  ppm; 且伴有 Cu, Pb, Zn, Mn, Mo 及 Sn 异常;  $Ag/Pb > 0.1$  的特征。

(三) 指示元素具有明显的浓度分带, 形成带

(上接第40页)

采方式, 探矿工程的种类, 工程量的大小, 探矿工程和试验研究任务的技术复杂程度, 以及建设单位的探矿施工和技术力量等因素。

有的同志也许会担心, 一个矿床经过详细勘探, 会不会因地质情况发生变化而失去开发利用的价值呢? 说这种情况绝对不会出现, 未免太绝对化了, 只能说这种可能性极小。这是因为, 决定一个矿床由初步勘探阶段转入详细勘探是有足够依据的, 也就是说, 详细勘探是在具备一定的勘探研究程度和工作质量要求的初步勘探的基础上进行的。只要把好初步勘探的质量关, 技术经济评价工作搞得踏实, 就可以使矿床失去开发利用价值的风险降到最低限度。为此, 我们初步设想了一个地质勘探阶段转变的依据和标准(见表)。

上表所列内容, 并不见得都合适, 只是提出个初步的设想, 关键是对初步勘探应提出一个明确的要求。对详细勘探的要求, 一般可由建设单位在所编制的详勘设计提出。

### 勘探工作改革的预期效果

勘探工作合理化问题, 主要是针对以往地质勘探与矿山建设脱节, 勘探研究工作的深度、内容和质量不能满足矿山设计和建设的实际需要而提出的。改革

状或面型偏心异常, 指示元素在垂向上, 上部为 An, Ag, 中部为 Cu, Pb, Zn, Mn, 下部为 Sn, Mo。

(四)  $Co/Ni < 1$ ,  $Ag/Pb > 0.1$  的硅化、细粒黄铁矿化蚀变带是直接找矿标志。细粒黄铁矿含 Au 22.8~365.5 ppb, Ag 180~2536 ppm, As 58~2800 ppm。

本文使用了矿区工作者和省地科所金矿组的测试资料。徐外生等工程师审阅了初稿, 提出了宝贵修改意见, 工作中得到矿区杨富田等工程师帮助。图件由燕美华同志清绘, 一并致谢。限于水平, 不当之处请指正。

### 参 考 文 献

- [1] 汤文权、杨富田: 中国地质, 1983, No. 3, 12~15页
- [2] 谢学锦: 区域化探, 地质出版社, 1979
- [3] 吴承烈: 物探与化探, 1980, No. 1, 1~4页

以后的详细勘探所采用的手段, 除露天开采的矿床, 可打少量坑道和浅井, 主要为加密钻探外, 坑内开采的矿床均应以坑探为主, 坑内及地表钻探为辅的原则。所施工的探矿井巷工程, 绝大多数能为矿山开拓和开采所利用, 可减少工程重复, 节约资金。

由于探矿工作是密切联系生产实际的需要, 因此在基建期间也不再需要因勘探程度不足而进行补充勘探了。这样就解决了以往因勘探、研究程度不够, 资料不完备, 而经常与地质部门发生矛盾和扯皮现象, 而加快建设速度。

总而言之, 勘探工作改革的突出效果, 就是使得探矿与建设做到紧密衔接, 把矿山建设所需的各种试验(包括采矿方法试验)、测试和研究工作搞深搞透, 减少投资决策的风险程度, 提高成功率, 取得良好的建设经济效果。

不是说西方国家承包建设的工厂, 因投产后能很快地、顺利地达到设计生产能力, 而被称为“钥匙工厂”吗? 我们也设想, 如果因探矿工作的改革, 为矿山设计提供的各种试验研究成果等地质资料, 不但在数量上而且在质量上也能符合矿山建设设计的要求, 那么, 建成“钥匙矿山”也不是不可能的。