

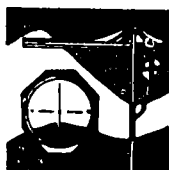
# 耿庄次火山热液型金矿的特征与成因

李 生 元

(山西冶金地质勘探公司)

山西耿庄金矿床产于中生代中酸性次火山隐爆(角砾)岩筒中,是典型的复成因矿床。在深断裂控制的深源岩浆热力作用下,由岩浆析出的高硫气体与围岩封存水、成矿物质相结合,形成成矿热液。同时形成的热液角砾岩、炭质角砾岩和蚀变带,可作为找矿标志。

**关键词:** 山西省;耿庄;金矿床;次火山热液型



地质·矿床

晋东北五台地区是山西省最重要、最有望的金矿成矿区。耿庄矿床是其中工作程度较高的一个金矿床。它在该区内生金矿床中具有一定的代表性,有必要进行总结,以促进该区金矿的普查找矿工作。

## 地质概况

耿庄矿床位于山西台背斜五台台穹之北中部。区内地层结构型式见表 1。

这一地区是燕山期构造—岩浆活动剧烈而频繁的地区,也是一个与这种活动有关的金银和多金属成矿区。在构造上,北东—北北东向的褶皱和挤压

五台地区地层结构型式

表 1

| 构造层            |      | 时代      | 沉积建造                                   | 特征                                    |  |
|----------------|------|---------|----------------------------------------|---------------------------------------|--|
| 层序             | 名称   |         |                                        |                                       |  |
| V              | 地台盖层 | 下古生界构造层 | $\epsilon-O$ 地台型滨海—浅海相碎屑—碳酸盐岩建造        | 无岩浆活动, 未变质, 褶皱与IV同步                   |  |
| IV             |      | 上元古界构造层 | Z地台型浅海相碎屑—碳酸盐岩建造                       | 无岩浆活动, 未变质, 短轴褶曲                      |  |
| ~~~~~吕梁运动~~~~~ |      |         |                                        |                                       |  |
| III            | 褶皱基底 | 滹沱构造层   | $P_{t2}$ 冒地槽型滨海相碎屑岩建造及碳酸盐岩建造, 夹少量基性火山岩 | 小规模基性岩脉及喷发岩, 浅变质, 连续紧闭线状褶皱            |  |
| ~~~~~五台运动~~~~~ |      |         |                                        |                                       |  |
| II             |      | 五台构造层   | $P_{t1}$ 优地槽型深海细碧角斑岩建造, 夹少量浅海碎屑—碳酸盐岩建造 | 局部混合岩化, 大规模海底中—基性火山岩, 中—浅变质, 大型线型复式褶皱 |  |
| ~~~~~阜平运动~~~~~ |      |         |                                        |                                       |  |
| I              |      | 阜平构造层   | $Ar_1$ 碎屑岩、硅质岩、碳酸盐岩                    | 强烈混合岩化, 高级变质, 穹状短轴褶皱                  |  |

性断裂、北西—北北西向的张性—张扭性断裂的活动乃是该区五台运动以来构造变动的基本特征。各构造时期同性质大地构造应力方向的接近一致使该区断裂,特别是北西—北北西向的断裂得以长期继承性发展,从而获得颇大的深度和广度,它们对燕

山期中—酸性火山—岩浆活动及与之有关的矿床(田)有重要的控制作用。

耿庄矿床属后峪矿田的一部分。燕山期酸性—中酸性杂岩体在区域性耿庄—红安张扭性大断裂(以下称 $F_1$ )东侧侵位,与之有关形成以后峪大型

各种隐爆角砾岩的特征

表 2

| 隐爆阶段               | 岩石名称    | 产 出 位 置                            | 角 砾 特 征                                                                                | 胶 结 物                     | 主要鉴别特征                          |
|--------------------|---------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 第一阶段隐爆<br>(气爆)形成   | 震角砾碎岩   | 隐爆岩边部, 与围岩(变质岩系)界线截然(浅部)或呈渐变(深部)关系 | 成份单一, 与围岩组成有依存关系, 主要由各种片麻岩和片岩组成, 角砾形态不规则。具可拼性, 砾径在1米以下                                 | 与角砾同成份的岩尘或硅质              | 色浅, 质坚, 成份单一, 产于隐爆岩边部           |
|                    | 崩坍角砾岩   | 紧靠震碎带之内侧, 隐爆岩之上部                   | 成份复杂, 以盖层沉积岩(砂岩、页岩、粘土岩、碳酸盐岩)为主, 有少数变质岩和岩浆岩角砾; 砾径极悬殊, 常见数十米厚的碳酸盐岩、粘土岩、变质岩岩块; 角砾呈棱角状、无分选 | 成份复杂的岩尘、泥质和粘土质            | 角砾成份杂, 以沉积岩角砾为主, 泥质胶结, 质疏松, 多孔隙 |
| 第二阶段形成<br>(浆爆)     | 熔岩角砾浆岩  | 靠近次火山通道的壁岩周围或单独呈脉状侵入上述两带和围岩中       | 角砾以花岗闪长斑岩为主, 边部成份稍复杂; 粒径均匀, 多在3~8厘米, 呈次圆状、滚圆状、棱角状                                      | 花岗质熔浆                     | 色浅, 质坚, 花岗质熔浆胶结                 |
| 第三阶段形成<br>(热液作用)形成 | 热液角砾贯入岩 | 脉状或不规则状贯入上述各种角砾岩、斑岩或围岩中            | 成份杂, 显著不同于周围角砾岩, 砾径小, 在数厘米之下, 一般滚圆度好                                                   | 深灰夹杂, 黑斑的凝灰状物质            | 岩墙状产出, 色杂, 成份复杂                 |
|                    | 热液混杂岩   | 沿前三种角砾岩中的次级破碎带及疏松多孔地段形成            | 角砾特征取決于不被混杂的原角砾岩; 有少数由热液带入的细砾                                                          | 取决于被混杂的原角砾岩, 混有少量的“凝灰状”物质 | 色深而杂, 多数重加矿化                    |

斑岩钼矿为中心的金、银、铜、铅、锌、钼及硫铁矿矿田。矿石矿物和元素地球化学晕的分布显示以后峪向外呈Mo—Cu—Au、Ag、Pb、Zn矿化的环状分带<sup>①</sup>。

在F<sub>1</sub>大断裂与耿庄局部北北东向压扭性断裂(以下称F<sub>2</sub>)交叉部位, 诱发了耿庄隐爆岩。隐爆岩由超浅成侵入的花岗闪长岩—花岗闪长斑岩—花岗斑岩—辉绿岩岩脉的复式岩株及其伴随的各种隐爆角砾岩组成。隐爆岩在平面上呈似长方形, 顺F<sub>2</sub>断层展布, 延长1000余米, 宽500余米, 面积约0.5平方公里。剖面上呈斜漏斗状, 深200~500米。围岩为下元古界五台群木格组车厂段的各种片麻岩、片岩组成的变质岩系<sup>②</sup>。

隐爆岩具有明显多阶段隐爆的特征; 形成具有不同组成、不同结构构造、不同产状和不同形成方式的各种角砾岩(表2)。自西向东(从边缘向隐爆中心)表现出明显的分带现象, 顺序为: 围岩→震碎角砾岩带→崩坍角砾岩带→熔浆角砾岩—花岗闪长斑岩带。晚阶段的热液贯入角砾岩和热液混杂角砾岩呈脉状或不规则状贯穿上述各带及围岩。

耿庄矿床位于隐爆岩的西部和南段。由大小30余条工业矿体和100余处表外矿段组成。矿体分布

受隐爆岩中走向呈环形变化的次级小断裂和花岗闪长斑岩—熔浆角砾岩与崩坍角砾岩的接触带控制。而矿体的膨胀和富集部位往往与处于上述构造部位的崩坍碳酸盐岩块和碳酸盐岩角砾集中的地段有关。矿体呈脉状、透镜状。形状变化大, 常见膨胀、收缩、复合、分枝现象。规模一般小, 延长20~200米, 延深50~250米, 厚数厘米至20余米。自北向南, 走向按北北东→北→北北西→北西向的趋势变化<sup>③</sup>, 倾向东(次火山岩侵入中心), 倾角为40~84°。

矿体主要产于崩坍角砾岩中, 而在熔浆角砾岩—花岗闪长斑岩带中仅见少数小矿体。

矿区围岩蚀变可分为两种类型。一是沿F<sub>1</sub>断层两侧30~200米范围内发育的线状硅化、绢云母化蚀变带, 二是发育于隐爆岩及其周围的面状蚀变带。前者不含矿, 后者可分为三期蚀变: 成矿前的黄铁矿化(I)、绢云母化, 局部见绿泥石化和绿帘石化; 成矿期的黄铁矿化(II)、硅化(I)和成矿后的硅

① 参见文献[1]图1。

② 参见文献[1]图2。

③ 参见文献[1]图5。

各矿化阶段黄铁矿的特征

表 3

| 阶段<br>黄铁矿           | 颜 色     | 粒 度<br>(毫米)    | 晶 形           | 构 造                   | 伴生矿物    | 含金性 |
|---------------------|---------|----------------|---------------|-----------------------|---------|-----|
| 成矿前阶段<br>黄铁矿 (I)    | 浅亮黄色    | 细<br><1        | 自形、立方体        | 浸染状、细脉状               | 绢云母     | 无   |
| 早期成矿阶段<br>黄铁矿 (II)  | 深黄色、黄绿色 | 粗<br>2~5,最大达10 | 他形、半自形、<br>自形 | 致密粒状、稠密浸染<br>状、块状、细脉状 | 各种金属矿物  | 少   |
| 晚期成矿阶段<br>黄铁矿 (III) | 微黄色、白色  |                |               | 胶状、块状                 | 随后是脉石矿物 | 无   |

联庄矿床品位(%)表

表 4

| 矿 种           | Au*            | Ag*            | Cu            | Pb            | Zn             | S     | 说 明                |
|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|-------|--------------------|
| 矿 区 品 位       | 1.50           | 65.69          | 0.101         | 0.658         | 1.887          | 8.186 | 全区32个矿体            |
| 单矿种工业<br>矿体品位 | 10.26<br>(4个样) | 157.68<br>(1个) | 0.972<br>(2个) | 0.903<br>(9个) | 2.043<br>(17个) |       | 指某一矿种达到工<br>业品位的矿体 |
| 最高品位          | 497.50         | 718.00         | 2.72          | 10.48         | 31.44          |       |                    |
| 品位变化系数<br>(%) | 112~342        | 80~220         | 121~132       | 96~138        | 98~205         |       | 据三个主要矿体计算          |

\*单位:克/吨。

化(II)、重晶石化、碳酸盐化等。成矿前蚀变波及整个隐爆岩以至围岩,成矿期蚀变几乎仅限于矿体。由于成矿前蚀变分布太广,成矿期蚀变分布太狭,因而在隐爆岩内寻找矿体意义不大。而热液贯入角砾岩、热液混杂角砾岩及炭质(角砾)岩是胜于围岩蚀变最好的找矿标志。因为它们在时间上和空间上接近于矿化作用,且分布范围大于矿体。热液贯入角砾岩和热液混杂角砾岩在表2中已作了描述。炭质(角砾)岩是对后来局部被炭质污染(炭化作用)的上述各种角砾岩、岩块、断层泥、糜棱岩、花岗闪长斑岩的总称。炭质(角砾)岩以其色黑截然区别于周围岩石,其结构、构造、成份与被污染的原岩基本相同,只是含炭量增大,从 $n \sim 30\%$ 以上。在构造上它的分布与次级含矿断裂、裂隙和疏松的崩坍带有关。它与多金属矿化、金银矿化关系最为密切,或者其中包含矿体,或者本身构成矿体,或者其中矿化强烈。

炭化作用是由热液活动引起的,它反映了含矿热液的一个成份特征。哪怕是仅有1毫米宽的细脉,其中也常见黑色炭质薄膜,可作为这方面的证

据。

热液贯入角砾岩或热液混杂角砾岩、炭质(角砾岩)和矿脉在构造分布上往往具有一致性和继承性,同时反映出以热液贯入角砾岩到炭质角砾岩再到矿脉的发生顺序<sup>④</sup>。

组成矿石的金属矿物有黄铁矿、闪锌矿、方铅矿、黄铜矿、铜蓝、毒砂、黝铜矿、辉铜矿、银黝铜矿、银金矿、金银齐、红银矿、白铁矿、菱、锰矿、车轮矿等。非金属矿物有石英、方解石以及被交代原岩的残留矿物:绢云母、高岭土、钾长石、斜长石、角闪石、绿泥石等。

黄铁矿—白铁矿系列的晶出贯穿于成矿过程的始终,并且不同阶段析出的黄铁矿具有明显的差异(表3),成为划分成矿阶段的标志。

方铅矿也可分为两个阶段。早阶段方铅矿(I)与黄铁矿(II)、黄铜矿密切伴生,三角孔发育,含金;晚阶段方铅矿(II)与铜锌矿化不密切,不含金。

④ 参见文献[1]图9。

金银系列矿物多交代闪锌矿,极少部分与黄铁矿和毒砂伴生,个别见于方铅矿和石英的包裹体中。金银的富集并不完全与黄铁矿的发育程度密切相关,这是耿庄金矿区区别于一般金银矿床的特征之一。

该矿床的又一特征是金银矿物粒度大(0.05~1毫米)、成色低(507~744)。

矿石呈致密块状、粗粒稠密浸染状、细脉浸染状产出。

矿石品位不高、变化较大(表4),  $Au/Ag = 1/44$ ,  $Cu:Pb:Zn = 1:6.5:18.9$ 。

### 成矿地质条件分析

**含矿建造** 许多作者根据矿床的地球化学特征研究,证实了这一地区存在以下的含金(银)建造:

1. 下元古界五台群木格组(车厂段和黑豆崖段)优地槽型含金变质中一基性火山岩建造。原岩为中一基性火山岩和火山碎屑岩。变质组合为中一浅变质的黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩和角闪岩,含数层不稳定的磁铁矿英岩。

2. 上元古界震旦系高于庄组(第一段和第三段)地台型含金碎屑—碳酸盐岩建造。岩性为碎屑状白云岩、含燧石条带云泥晶白云岩和厚层白云岩,含矿层多出现于碎屑岩层、碎屑白云岩与厚层白云岩的转换处。

耿庄、义兴寨、大那水一带五台群地层含金平均为62ppb,黄草、茶坊一带上述高于庄组中的含矿层含金270~940ppb,除金之外,Ag、Cu、Co、Ti、Ba、Pb、Zn的含量也较高。

这一地区金矿床(点)的分布也证实了上述含金建造。后峪矿田内的金银铅锌矿带的矿床(点)大部分分布于车厂段中,少部分分布于高于庄组的白云岩中。矿床(点)在空间上有的与岩浆岩关系密切,有的远离岩浆岩。远离岩浆岩的矿床有的呈似层状(如马家岔),有的受构造控制呈脉状斜交地层(如大麻花沟)产出。这些矿床的形成与岩浆热效应有关,但矿质是非岩浆源的。在耿庄,与金矿关系密切的岩体含金甚微。此外,这一地区砂金点、重砂异常点甚多,且与上述含金地层分布一致。数年来根据现代砂金追索原生金矿床在许多矿区(点)没有成效,应该考虑近代外生条件下从矿源层中移出金并在冲积物中富集的可能性。并非所有的砂金均源于岩金矿床。

五台群含金建造的形成与下元古代优地槽环境下海底中一基性火山岩的喷发有关,由火山—沉积作用形成。这一时期中一基性火山岩含金较高与金元素随地球演化在时间上的分布有关。

震旦系含金建造的形成与当时所处的稳定地台型陆缘海环境和接近含金古陆蚀源区有关,由外生—沉积作用形成。

此外,有必要提一下由铅同位素特征显示的下古生界存在含铅建造的可能性。耿庄岩体和矿石中7个普通铅矿物铅同位素测试结果(表5)表明,各样品铅的年龄、源区 $\mu$ 值、Th/U值均较一致,在 $Pb^{207}/Pb^{204}$ — $Pb^{206}/Pb^{204}$ 坐标图上(图1)基本重合,不表现任何线性关系。这说明岩体和矿石中的铅来自相同的母源,具有单阶段模式的演化历史,正常铅的年龄为5亿年左右。

普通铅的年龄(5亿年)和与矿床有成因联系的岩体的K—Ar年龄(1亿年左右)是不吻合的,说明岩体和矿石中的铅不是从地壳深部岩浆带上来的,而是成矿溶液从含年龄不老于5亿年的普通铅的地质体中活化带出的。假如普通铅的封闭与含铅地质体同时形成的话,相当于5亿年的地质体在该区只有零星残存的寒武—奥陶系碳酸盐岩建造,其厚度可达900余米,它们可能是矿床中铅的源泉。

虽然目前耿庄隐爆岩上未直接覆盖古生代地层,但其中崩坍角砾岩的成份特征足以说明当时存在以震旦系至二叠系的巨厚盖层。

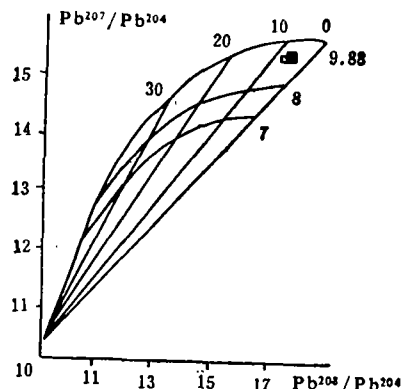


图1 耿庄铅同位素组成坐标图

**构造条件** 地史上大地构造活动发育的时期对五台地区的金矿成矿作用是至关重要的。如果说晚太古代—早元古代优地槽活动时时期造就了广泛的初

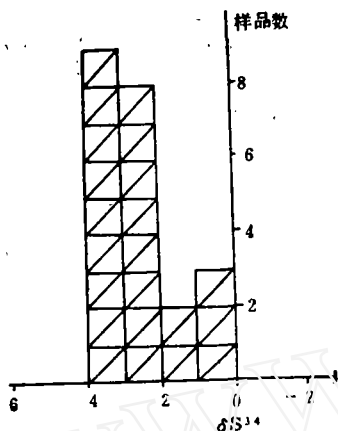


图2 耿庄矿区硫同位素组成图

始含矿火山建造（这是成矿的基础）的话，那末经历15亿年稳定期（其间有一些中间变化，如形成新的含金沉积建造）后，中生代期间地壳的再度活化，剧烈的构造—岩浆活动促进了含金建造中的金的集中，成为重要的内生金矿成矿期。

在五台地块上，构造的发展具有明显的长期继承性。早元古代末的五台运动使基底地层褶皱隆地，同时在与褶皱垂直的北西—北北西向上由于承受最大引张而产生一系列潜在破裂面。吕梁运动使之发展为断裂，并部分充以基性岩脉。燕山运动阶段，使该地块上派生的张扭性应力起了主导的作用，加之运动的剧烈性和反复性，原有断裂再度复活、加深并伴有新断裂的发生，造就了一个以北北西向张扭性断裂为主干的、包括其他方向断层的区

铅同位素计算结果表

表5

| 样号              | 单阶段模式 (Doe) |            |           | 两阶段模式 (Stacey) |            |           | 混合模式<br>Zhu-Bing-Qwon |
|-----------------|-------------|------------|-----------|----------------|------------|-----------|-----------------------|
|                 | 年龄 (百万年)    | 源区 $\mu$ 值 | 源区 Th/U 值 | 年龄 (百万年)       | 源区 $\mu$ 值 | 源区 Th/U 值 |                       |
| Gq <sub>1</sub> | 539.41      | 9.05       | 4.09      | 336.00         | 8.74       | 4.15      | 无解                    |
| Gq <sub>2</sub> | 533.01      | 9.00       | 4.03      | 304.80         | 8.63       | 4.08      | 无解                    |
| Gq <sub>3</sub> | 502.29      | 8.98       | 4.00      | 265.06         | 8.60       | 4.03      | 无解                    |
| Gq <sub>4</sub> | 532.52      | 8.96       | 4.00      | 285.42         | 8.55       | 4.04      | 无解                    |
| Gq <sub>5</sub> | 540.36      | 8.97       | 4.05      | 297.50         | 8.57       | 4.11      | 无解                    |
| Gq <sub>6</sub> | 701.54      | 9.05       | 4.00      | 502.77         | 8.72       | 4.04      | 无解                    |
| Gq <sub>7</sub> | 516.34      | 8.93       | 4.04      | 249.16         | 8.47       | 4.08      | 无解                    |

域性断层群带，控制着燕山期岩浆活动和成矿作用。耿庄F<sub>1</sub>断层是其中一条主干断层，长30余公里，有20~30米的破碎带。从受其控制的耿庄次火山岩与矿石硫同位素的幔源特征看，它具有相当的深度，成为耿庄深源岩浆房产生的导因和岩浆上升的通道。

F<sub>2</sub>断裂斜贯矿区，它与F<sub>1</sub>相交促进了岩浆的超浅成侵入，导致隐爆岩，成为耿庄的控岩构造和导矿构造。

由于F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>断裂的反复活动和隐爆岩筒的发展，在隐爆岩中发育了许多次级小断裂、小裂隙。这些小断裂走向以北北西向和北北东向为主，分别与F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>走向一致，说明了他们对F<sub>1</sub>、F<sub>2</sub>的依存关系；同时自北向南，其走向按北北东—北—北北西—北西向变化，与隐爆岩筒的边缘同步变化，说明了其形成与次火山岩筒的发展有关。

上述小断裂和花岗闪长斑岩或熔浆角砾岩岩枝（一般也受上述小断裂控制）边部是重要的储矿构

造。

处于上述储矿构造部位的崩坍碳酸盐岩块或碳酸盐岩角砾集中的地段是形成富大矿体有利地段。

**岩浆岩条件** 燕山期中酸性岩岩体成侵入和次火山活动对成矿也是至关重要的。第一，它提供了成矿的热动力，促进了成矿介质和成矿物质的活动和集中。第二，为成矿溶液提供了重要的成矿介质和成矿组份，包括：①从地壳下部带大量的幔源硫，它在热液阶段以还原态大量溶于热液，与成矿元素结合形成易溶络阴离子，从而使矿质集中于溶液，向赋矿构造迁移；②由岩浆分馏作用产生大量的挥发份向围岩扩散，一方面起了传热作用，另一方面参与成矿热液。并且挥发份对提高物质的溶解度是很重要的；③增加热液中的碱质，使溶液稍偏碱性，促进H<sub>2</sub>S的溶解，提高了重金属络阴离子的浓度并保持其稳定性和迁移能力；④部分成矿物质如铜、硫和一部分锌可能来源于岩浆。

耿庄矿床属高硫化物黄铁矿型矿床。岩体和矿

耿庄岩体岩石化学成分(%)表

表 6

| 岩 性              | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO  | MnO  | V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | MgO  | CaO  | K <sub>2</sub> O | Na <sub>2</sub> O | SO <sub>3</sub> | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | H <sub>2</sub> O | CO <sub>2</sub> |
|------------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|------|------|-------------------------------|------|------|------------------|-------------------|-----------------|-------------------------------|------------------|-----------------|
| 花岗闪长岩<br>(2个样平均) | 61.62            | 0.42             | 14.65                          | 0.90                           | 2.88 | 0.16 |                               | 1.45 | 2.79 | 5.10             | 1.64              | 1.75            | 0.206                         | 2.00             | 3.76            |
| 花岗闪长斑<br>岩(4个平均) | 62.27            | 0.41             | 15.46                          | 2.12                           | 2.10 | 0.12 |                               | 1.03 | 2.59 | 6.43             | 0.48              | 1.27            | 0.203                         | 1.93             | 3.36            |
| 辉绿岩脉<br>(2个平均)   | 46.75            | 1.51             | 14.17                          | 2.89                           | 6.12 | 0.23 | 0.03                          | 6.60 | 8.55 | 1.94             | 2.70              | 1.95            | 0.360                         | 1.78             | 4.58            |

石中硫同位素的特征是 $\delta S_{34}\%$ 均为不太大的正值,变化范围小(0.5~3.6%),塔式效应明显(图2),平均值为2.57%,接近于Canyon Diablo 陨硫铁相的 $\delta S_{34}\%$ ( $0 \sim \pm 2.2\%$ )。由此可见,矿床中的硫是由岩浆从地壳深部带人的。

岩体富含挥发份和碱质(表6),由于岩浆分异较彻底,有利于挥发份的分馏和集中。这种彻底的分异表现在岩浆的多阶段侵入和各阶段岩浆质的显著差异上。

由上可见,耿庄成矿条件是有利的,但成矿物质供应不足,未形成巨大矿床,同时,多孔隙的隐爆岩又造成了矿质的分散,使矿体规模减小,数目增多,品位降低。

### 耿庄矿床的复成模型

耿庄矿床为中生代陆相次火山岩中一低温热液矿床。但是整个成矿作用经历了漫长而复杂的历程,是多旋回构造、火山—岩浆以及外营力共同作用的结果,因而,它又是典型的复成矿床。

矿床的复成性包括:①从原始含矿建造的形成到矿床的形成经历了十几亿年的多阶段发展历史;②受大地构造型式发展演化和火山—岩浆作用制约的成矿物质的逐步集中;③成矿介质和成矿物质的多来源性;④各种地质事件对成矿的积极作用;⑤矿质集中的不同方式和它们的结合:由同生火山—沉积作用和同生外生沉积作用形成含矿建造,由火山一侧分泌热液和交代充填作用形成工业矿床。

耿庄矿床的复成模型包括以下两点:

1. 从成矿模型的整体出发,耿庄矿床的形成包括三个阶段:

①优地槽期含矿火山建造的形成。②稳定地台期含矿火山建造的进一步分化,形成新的地台型含矿碳酸盐岩建造,局部富集成矿体。③活化地台区由次火山热液作用从含矿建造和岩浆中集中成矿物

质形成工业矿床。

2. 成矿模型。侵入至地表浅处的次火山岩作为一个热源,使隐爆岩内部及其周围和F<sub>1</sub>断层两侧一定范围内(注意,F<sub>1</sub>断层两侧有相当宽的无矿蚀变带)产生了梯度按一定规律变化的热晕。在热晕涉及的范围内,围岩中的封存水(天水、岩隙水、结构水)变热,活性增加,发生一定程度的集中。在岩浆期和岩浆期的最早阶段从岩浆中析出的高温(450~500°C以上)气体(从围岩蚀变和矿石成份看主要有S<sub>2</sub>、As、CO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>、OH等,卤族元素不发育)。由于具有足够的能量,向上述范围扩散,与围岩水混合,在温度降低时形成热液。随着温度的降低(100°C左右),大量的硫变为还原态((HS)<sup>-</sup>, S<sup>2-</sup>)转入溶液,并从围岩和岩体中萃取出矿物质。成矿物质与还原态硫结合形成可溶性络合物,热液成为含矿的。

随着围岩与岩体温度的均衡,热液向隐爆岩及其中的次级裂隙(低压区)集中。这种集中是多阶段的、脉动性的,并且在晚阶段进入的热液矿质浓度较高。随之依次发生如下的事件:

①形成热液贯入角砾岩和热液混杂角砾岩。②形成炭质(角砾)岩(可能与高温条件下热液中炭

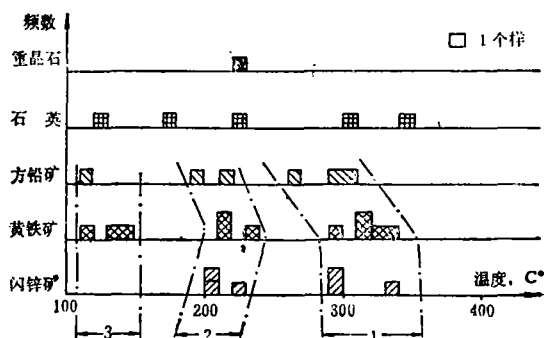


图 3 矿物包裹体测温结果示意图

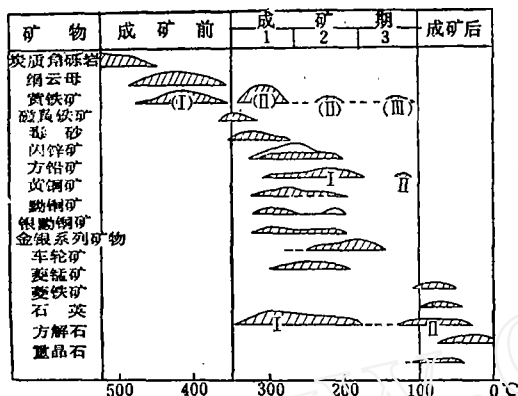


图 4 矿物析出顺序图

的氧化物或氯化物向半封闭的断裂、裂隙带逃逸和还原造成炭质沉淀有关)。③在隐爆岩中发生普遍

强烈的黄铁矿化、绢云母化，微弱的铅锌矿化。这种普遍性可能与具有较大的热活动性（350°C以上）有关。④最后矿液集中在储矿构造中，矿质浓度逐渐增大。在 350°C 以下，溶液中发生各种化学反应形成有用矿物的堆积。矿石沉淀的温度在 350~100°C 的范围内（图 3）。⑤在低温（100°C 以下）条件下，热液中，由于硫化物的大量沉淀使矿质浓度大大降低，形成小规模的脉石矿物，如重晶石、方解石、菱锰矿等。

从地质观察和光片鉴定确定，成矿过程中矿物析出的顺序如图 4。

### 参 考 文 献

- [ 1 ] 李生元：地质与勘探，1986年，第1期。
- [ 2 ] Яковлев, Г. Ф.: Сов. Геол., 1985, №3.

## Characteristics and Origin of the Gengzhuang Subvolcanogenic Hydrothermal Gold Deposit

Li Shengyuan

The Gengzhung gold deposit, occurred in a Mesozoic intermediate-acidic concealed explosive breccia pipe, is a typical polygenetic and compound deposit. Under the action of magmatic heat source controlled by deep-seated faults, the high sulfur gas liberated from the magma, the connate water in country rocks and ore forming materials combined together to form the hot mineralizing fluid. The hydrothermal breccia, carbonaceous breccia and alteration zone formed in the same time, may be used as the exploration guides.

(上接第32页)

### 研究红帘石的意义

1. 为本区锰矿床的成因提供依据。

红帘石的形成和变化过程，大致反映了锰矿的变化富集过程。

2. 为分析当时的变质环境提供依据。

红帘石中的  $Fe^{3+}$  是在氧逸度较高的氧化环境中形成的。说明本区遭受区域变质时，仅局部地段为氧逸度高的氧化环境（红帘石产出地段），故红帘石分布不普遍。

3. 为选矿、冶炼锰矿石提供依据。

本区红帘石含  $Mn_2O_3$  13.15~16.76%，是锰矿石中的主要含锰矿物之一，也是硅酸锰的主要赋存矿物之一。据物相分析资料，硅酸锰在本区锰矿石中占较高比例，最高达 15.11%。因此，选矿和冶炼锰矿石时，必须注意选取和分离  $Mn_2SiO_3$  中的 Mn，才能提高锰矿石的利用价值。

在成文过程中，得到我所锰矿专题组同志们的大力支持，引用了部分资料。成文后，周新民等同志审阅全文并提出宝贵意见。在此一并致谢。

## Investigation of the Characteristics and Genesis of the Piedmontite from the Heishui Manganese Ore District, Sichuan

Lu Shengming

From the occurrence characteristics of the piedmontite which was discovered for the first time in the Heishui Manganese ore district, an investigation on its mineralogical and chemical characteristics and genesis has been made. The results obtained are valuable to the genesis study of the Mn-deposits in this mining district, the analysis of metamorphic environment and the mining and utilization of manganese ores.