

# 龙水地区金矿成矿模式

文 爱 国

(冶金工业部龙水金矿)

龙水地区是我国南方的贵金属重要产区。该地区的贵金属热液矿床的形成,是随地体基底的“成熟度”趋高而形成的。形成贵金属热液矿床的矿化流体,是由被加热的大气降水形成的地下水和地体基底的“Au~黄铁矿~C有机”体系,经多次的有机物理化学作用而形成的。高度矿化流体,最终迁移到构造圈闭的“破裂”中富集,从而形成具有经济意义的矿床。

根据矿床与基底的空间关系和围岩条件分为:

## 一、原地热液矿床

原地热液矿床形成于“成熟”的地体基底上。形成矿床的高度矿化流体,是在矿源岩(层)中的Au~黄铁矿~C有机”体系里活化出来的。其最终又充填在原地的“破裂”上富集形成具有经济意义的矿床。这一类型的矿床,以产于元古代板溪群的英阳关银金多金属矿床为代表。

~~~~~  
1988, № 1。

9、裘有守:国内外黄金地质概况及今后工作建议,《东北地质科技情报》,1988 № 3。

10、肖平:新疆阿尔泰地区金矿资源可观,《矿产地质动态》,1988, № 7。

11、梁颜辉:陕南发现与超基性岩有关的金矿,《陕西地质科技情报》,1988, № 4。

基底是前地槽期的沉积产物,主要由砂岩、大理岩、钙锰质千枚岩、火山砾岩、熔岩、细碧角斑岩及条带状磁铁矿层组成。基底元素丰度Au16.6PPb、Ag1800PPb,组成“Au~黄铁矿~C有机”体系的是含C有机的碳质页岩层,含金最高,且与C有机岩层中的黄铁矿密切。由于地体基底的“破裂”,促进C有机热分解及硫化物的分解,大量地形成CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、H<sub>2</sub>S、N<sub>2</sub>、NH<sub>3</sub>、CO、H<sub>2</sub>等高度的矿化流体,部分C有机被卤化、硝化和磺化,与金形成有机络合物或螯合物,受加热的地下水淋滤迁出。所以,后期稳定的有机化合物(如甲烷CH<sub>4</sub>)含量则可作为地体基底矿源层“成熟度”的标志。

据H. Л. Ермолаев等认为,金可生成如环戊二烯型[(AuC<sub>5</sub>H<sub>5</sub>)<sub>n</sub>]、桥状配位体的聚合物[(AuC≡CR)<sub>n</sub>]及金的磺酰基、磺酸盐、二羧酸化合物。在龙水地区据矿物包裹体以含Cl<sup>-</sup>、F<sup>-</sup>为特征,故金可能是以卤化的有机络合物迁移为主。

矿化的“初溶液”迁入“破裂”中圈闭起来,“破裂”中未分解的C有机,则可对溶液中络合离子吸附浓集。C有机对阳离子的吸附具有顺序性,先后排列的是Au、Ag、Cu、Zn、Pb;在连续的吸附过程中,Au会从C有机中置换出Ag;以吸附Ag为主时,则在等温条件上进行;大量贱金属离子也影响C有机对Au的吸附。

原地热液矿床,金属矿物以黄铁矿、毒砂、方铅矿、铁闪锌矿、磁黄铁矿为主,白

铁矿、黄铜矿、黝铜矿为次，少量的银黝铜矿、锡石、白钨矿、辉银矿、淡红银矿。脉石矿物以石英、萤石为主，次为绢云母、绿泥石、白云母、菱锰矿、方解石、少量的黑云母、电气石、磷灰石、金红石和独居石、重晶石等。金的载体矿物为毒砂、黄铁矿、砷铅铁矿，银的载体矿物是方铅矿、闪锌矿，次黄铜矿、磁黄铁矿、黄铁矿。

黄铁矿热分解转化成磁黄铁矿、磁铁矿时导致硫和金、银元素的流失，黄铁矿  $\text{Au } 5.95\text{g/t}$ 、 $\text{Ag } 166.8\text{g/t} \rightarrow$  磁黄铁矿  $\text{Au } 0.05\text{g/t}$ 、 $\text{Ag } 65.6\text{g/t} \rightarrow$  磁铁矿  $\text{Ag } 5 \sim 10\text{g/t}$ ，白铁矿是低温条件形成的。C有机大部分氧化与岩层的钙、锰质作用形成菱锰矿、方解石等碳酸盐，极少量的氧化残余成游离的碳黑浸染于脉壁。矿床金银值  $1:200$ ，铅锌比值  $1:0.15$ ，化学成分以含银为主，伴生少量的金，携带杂而多的贱金属元素，这也是上述C有机吸附原理所得出的结果。

## 二、异地热液矿床

异地热液矿床是形成于地体“成熟”基底盖层中的热液矿床，以围绕出露的基底边缘作环状分布，这一矿床类型以龙水岭金矿床为代表。

从矿源岩（层）中活化出来的高度矿化流体，通过盖层的“破裂”或孔隙迁移。迁移过程是在“ $\text{Au} \sim$ 黄铁矿 $\sim$ C有机”体系中进行，至使矿液的通道（无论是地层或岩体）都有游离碳的浸染。迁移过程并进行多次的“活化 $\rightarrow$ 迁移 $\rightarrow$ 吸附浓集 $\rightarrow$ 再解吸 $\rightarrow$ 吸着沉淀”的循环，促进体系中的元素分异，形成高度矿化分异流体。同位素年龄测定告诉我们，形成足以成矿的浓集分异流体，大致需要的时间达  $123 \sim 345$  百万年。

盖层为寒武系清溪亚群，属地槽期的沉积产物，岩性为浅变质砂页岩及互层，以含磷结核及类复理式建造为特征。顶部富含有机碳质，金丰度  $9.7\text{PPb}$ ，总厚  $4820\text{m}$ ，其中

碳质页岩元素丰度 C有机  $2.35\%$ ， $\text{Au } 23.0 \sim 42.1\text{PPb}$ ，顶部为主要的含矿层。

在盖层中于碳质页岩的“破裂”上，可见由“初溶液”沉淀形成的团块状细粒他形黄铁矿脉，含金丰度在  $0.25 \sim 0.68\text{PPm}$ ，个别达  $1 \sim 2\text{PPm}$ 。局部受后期岩浆改造的岩层，可见类似于原地热液矿床的银—金—磁黄铁矿等硫化物的特征组合，如连阳岩体一带形成的矿化。

在上述矿化流体的分异循环过程中，对C有机吸附的阳离子解吸，主要是在大量的绢云母化、绿泥石化之后溶液游离出大量的  $\text{K}^+$ 、 $\text{Na}^+$  碱金属离子，与溶液中的  $\text{HS}^-$  阴离子对C有机产生的阳离子交换，至使产生绢云母化的C有机总比产生碳酸盐化后的C有机，其含金丰度低。矿物包裹体表明：在岩浆岩中的矿床，以  $\text{K}^+$  解吸为主（ $\text{K}^+ > \text{Na}^+$ ，张公岭矿床）；而在沉积岩中的矿床，则以  $\text{Na}^+$  解吸为主（ $\text{Na}^+ > \text{K}^+$ ，龙水岭矿床）。温度和压力的升高可以解吸，但不利的是会造成金沉淀在C有机上，氧化后形成含自然金的碳酸盐脉，如张公岭铀金—碳酸盐脉。实践表明，温度在  $180 \sim 200^\circ\text{C}$  左右最适宜，矿床石英包裹体均一温度为  $142 \sim 211^\circ\text{C}$ ，与之常为接近。解吸的贵金属元素也可以在溶液中聚集，在溶液再次沸腾时再与吸着剂结晶，如张公岭矿床石英均一法  $152 \sim 271^\circ\text{C}$ 。变价的阳离子可以促进金的还原沉淀。主要是  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 。矿床的磁铁矿—绢云母—石英组合中，就沉淀有早期微量高成色的金。含金黄铁矿中的含金量与高价的Mn含量相关系数（ $+0.64$ ）最大，矿物包裹体亦表明普遍含有高价的  $\text{Fe}^{3+}$ ，含  $\text{Fe}^{3+} 0.1 \sim 3.5\text{wt}\%$ 。刚沉淀的金呈微粒游离状，是靠黄铁矿或硫化物吸着结晶而大量沉淀的，这就造成了矿床中矿石以金—黄铁矿建造为主。

异地热液矿床的矿物组合，金属矿物主要是黄铁矿、次要为方铅矿、黄铜矿、少量

# 花岗岩成因类型与金的成矿作用

刘家远 雷文高

(桂林冶金地质学院隐伏矿床预测研究所)

金的成矿与花岗岩类活动有着密切的成因联系。与花岗岩有关的金矿,在金矿床中日益占有重要的地位,这已为愈来愈多的事实所证明。对国外某些一向被认为与花岗岩毫无联系的金矿类型,人们的认识也在发生着变化<sup>[1]</sup>,如加拿大等地著名的太古代绿岩金矿。著名矿床学家郭文魁教授在1988年12月环太平洋带中国南部区域地质及成矿规律研讨会上,所作《山金成因的主要控制因素》的学术报告中,在指出构造条件对金矿成矿控制作用的同时,也强调了花岗岩类活动与金矿成矿不可分割的联系。他指出:“国外太古代绿岩带金矿的形成,一般都需要有花岗岩侵入体或长英质岩石的侵入体存在。这说明绿岩带金矿的成矿与花岗岩类活动也有密切的联系”。所谓卡林型金矿也是如此。

的闪锌矿、斑铜矿、辉铜矿、黝铜矿、自然金、毒砂、磁铁矿、菱铁矿、非金属矿物主要的是C有机、石英,次要的绢云母、方解石、白云石、重晶石。金的载体矿物主要是黄铁矿、黄铜矿。矿床金银比值1:1.17,铅锌比值1:0.08。矿床围岩的C有机主要受热动力变质而成石墨化,与金的富集无关,而热液中的C有机未氧化的成游离碳黑浸染形成所谓的“火烧状矿石”,与硫化物呈条带状沉淀的矿石是富含金的。

## 三、“岩浆”热液矿床

“岩浆”热液矿床既可以是原地形成,

## 一、与花岗岩有关金矿的成矿作用特征

根据对国内若干与花岗岩密切相关的典型金矿床的研究,与花岗岩有关金矿床的成矿作用,同其他许多与花岗岩有关的内生金属矿床一样,按其矿质来源,可以划分为两类不同性质的成矿作用:即自源成矿作用和它源成矿作用。所谓自源成矿作用,是指直接由花岗岩浆本身携带而来的矿质,经过充分的分异演化过程在岩浆热液阶段(实际上始自岩浆阶段晚期主要集中于岩浆热液阶段)所完成的金的成矿作用。至于花岗岩浆本身所含矿质的初始来源,则可能是多种多样的,它取决于岩浆发生的源岩,也即所谓“浆源层”。

又可以是异地形成的。但由于矿床是产于岩浆岩中,传统上称之为岩浆热液矿床。

该类型矿床,岩体的成岩时代与矿床成矿时代往往有很大的时差,如张公岭金银多金属矿床。围岩大宁岩体,脉岩及主体形成于223~445百万年,而矿床成矿模式年龄则为100百万年。与岩浆岩同期形成的冷凝原生节理充填的石英~硫化物脉是不含金的。含金的是充填在“破裂”上含微量C有机的蚀变岩,这就说明金自基底中的“Au~黄铁矿~C有机”体系里的物质来源。该类矿床围岩主体岩性为中粒斑状花岗闪长岩,次

(下转第5页)

关于溴化物法，哈伯法，均仅限于氧化矿，试剂较贵。碘化法，澳国正在实验。

#### 四、建 议

1、尽快开展老尾矿、浮选尾矿及边外矿的利用工作。这部分矿石无采矿及球磨问题，易于氰化时，当可浸金达 $0.8\text{g/t}$ （按澳国的经济标准为准）用炭浆法是经济可行的，从而可为国家近期黄金生产翻番的任务作出贡献。据澳国建厂经验，三个月可建成炭浆厂，生产成本与堆浸相近。

2、浮选含砷金精矿时，将黄铁矿与砷黄铁矿分选，选出黄铁矿部分，焙烧后提金；含砷黄铁矿部分，则暂堆放，待有较好的处理方法后再利用。

3、建议建立一个黄金科研协调组，交流信息情报，定期交流科研、学校及工厂间的科研技术问题及进展状况。

4、在我院，目前科研攻关似应首先集

中在难冶金矿及金精矿上，为国家目前尚无利用的金矿资源提供技术手段。下一阶段作为一个战略性措施，应大力研究生物提金技术及工程。

5、应充分注意黄金生产中的环保问题。由于群采、水银、氰化物、二氧化硫等，造成环境污染严重。为配合金矿资源开发，建议组织有关环保研究单位，配合资源开发和新技术应用进行相关的研究工作。

6、为保持科研后劲，对新工艺研究、探索性研究，不能急于求成。在其发展过程中，给以必要的经济支持。有关基础性研究，应得到合理支持。

#### 参加本次考察成员：

陈家鏊（组长，化冶所）、李洪海（院黄金办公室）、苏凤林（外事局）、夏光祥、莫乾（化冶所）、吕谦（金属所）、薛祚林（应化所）

（上接第12页）

为石英闪长岩以及各类酸性脉岩。主体化学成分 $\text{SiO}_2 < 70\%$ ， $\text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O}$ ， $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} > 7.16\%$ ，元素丰度 $\text{Au} 2.2\text{PPb}$ ，在矿床形成的同时，沿“破裂”上充填有酸性的次火山岩。

张公岭金银多金属矿床的碳酸盐脉含金丰度 $14.8\text{PPb}$ ，为脉岩类最高的，而花岗斑岩 $1.2\text{PPb}$ ，细晶岩 $1.3\text{PPb}$ ，在发生菱锰矿化的碳酸盐脉中，含有大量的硫银矿物、硫化物，这些都被认为是吸附了贵金属元素的C有机热氧化分解的结果。残余的C有机常伴随沥青铀矿、晶质铀矿的矿化，并含较多的自然金矿物。

该类型矿床的矿石矿物，以黄铁矿、方铅矿、闪锌矿为主，次为毒砂、黄铜矿和多

种硫银矿物，主要是 $\text{Ag-Sb-Pb}$ 系列和 $\text{Ab-Sb-Cu}$ 系列，如硫锑铅银矿、辉锑铅银矿、脆硫锑银矿、硫锑铜银矿、银黝铜矿、浓红银矿、辉银矿和锑银矿，以及自然银和银金矿。

脉石矿物以石英、菱锰矿为主，次为绢云母、白云母、少量的方解石、铁白云石、绿泥石、钾长石、白钛石等。据称在黄铁绢英岩中的石英发现有自然铝。

金银的载体矿物分别是黄铁矿、方铅矿。矿床金银比值 $1:60$ ，铅锌比值 $1:0.89$ 。物质化学成份表明与基底成分的继承性。

金银矿化主要在黄铁绢英岩阶段，少量的在碳酸盐阶段。