

## 滇东南地区微细粒金矿成矿讨论

杨云保

(云南国土资源职业学院, 昆明 650217)

**[摘要]** 基于滇、黔、桂“金三角”区微细粒型金矿地质特征及地质背景, 立足于因果关系的分析方法, 以区域地层、构造、岩浆作用、变质作用、岩石地球化学特征、金赋矿层位、容矿岩石、不整合构造、蚀变作用等作为基础, 对金矿物来源、成矿物质迁移、富集条件展开了讨论, 类比推理了古风化壳对岩石中的微量成矿元素的初始富集及在成矿中的作用。

**[关键词]** 容矿地层 穹形隆起 不整合面 蚀变 成矿

**[中图分类号]** P618.51 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 0495-5331(2004)03-0031-05

## 1 地质背景

滇东南金矿系滇、黔、桂“金三角”矿集区的一个组成部分, 受区域地质构造控制十分明显, 从矿床、矿点的分布, 产出部位, 构造背景, 成矿形式等与贵州、广西近云南部分都有着一致或相似的特征。

## 1.1 地层

滇东南位于滇东稳定区与越北陆之间, 吕梁、晋宁基底分布于盆地边缘, 震旦系地层为裂隙浅槽相的碎屑岩沉积, 为一套砂、页岩组成。寒武—奥陶系地层(弥勒—师宗、丘北等地为隆起侵蚀)以碳酸盐岩、镁质碳酸盐岩沉积, 其中寒武系以白云质灰岩、白云岩为主, 奥陶系由白云质灰岩、白云岩夹页岩、砂岩组成。志留系在区内缺失。泥盆系地层在滇东南广泛分布, 并形成自下而上由碎屑岩向碳酸盐岩的过度, 下泥盆统以泥岩、灰质泥岩、砂质泥岩为主, 在富宁地区见凝灰岩; 中、上泥盆统以泥质白云岩、白云岩和灰岩为主。石炭系—下二叠统地层, 除屏边、马关(越北古陆)缺失外, 其它地区均有分布, 主要为生物碎屑灰岩、白云质灰岩、硅质岩。上二叠统峨眉山玄武岩遍及文山—广南以北地区, 形成一套由下至上, 由凝灰岩—致密玄武岩—杏仁状玄武岩的岩石组合。玄武岩喷发期间, 整个滇东南处于侵蚀区, 致使形成上、下地层的不整合接触。上二叠统龙潭组—长兴组, 弥勒—师宗一带为凝灰质粉砂岩、泥岩及灰岩、生物碎屑灰岩沉积, 丘北、广南、富宁一

带为粉砂质页岩、泥质砂岩、凝灰岩及灰岩、白云质灰岩, 其它地区为灰岩夹碎屑岩及煤层。三叠系地层在丘北、广南、富宁为碎屑岩、火山碎屑岩与碳酸盐岩的相变沉积, 主要由石英细砂岩、凝灰质泥岩、灰岩、硅质岩, 其它地区为泥质灰岩、灰岩和白云岩。三叠系与二叠系间全区均存在着沉积间断。

## 1.2 岩浆活动与变质作用

滇东南岩浆活动相对于北部的扬子地台较为频繁, 主要活动时期为晚古生代海西期、中生代印支期和燕山期, 其次在晚加里东期和喜山期。活动形式有喷发、喷溢、充填和侵入等。基性岩、超基性岩以喷发、喷溢和侵入为特征, 如泥盆纪喷发沉积的玄武质砂泥岩(见于富宁), 二叠纪、三叠纪以玄武质晶屑、玻屑凝灰岩、玄武岩、侵入辉绿岩、钠长石化酸性凝灰岩为特征; 酸性岩以侵入为主(燕山期活动), 如个旧花岗岩、文山薄竹山花岗岩、马关都老君山花岗岩; 基性—超基性火山岩简见于马关八寨, 活动于喜山期<sup>[2-3]</sup>(图1)。

滇东南变质作用按变质程度和变质时期可划分为两个区: 即丘北—广南—富宁低绿片岩相带, 马关、麻栗坡低绿片岩相、高绿片岩相和低角闪岩相带; 低绿片岩相变质于印支期; 绿片岩相, 角闪岩相变质于海西期<sup>[3]</sup>。

## 1.3 褶皱、断裂及构造隆起

该区无论地层的沉积建造、岩浆活动、变质作用及构造变形的发生和发展, 在很大程度上受着弥

**[收稿日期]** 2003-01-22; **[修订日期]** 2003-04-18; **[责任编辑]** 曲丽莉。

**[作者简介]** 杨云保(1959年-), 男, 2001年毕业于中南大学, 获硕士学位, 高级地质工程师, 现主要从事地质找矿工作。

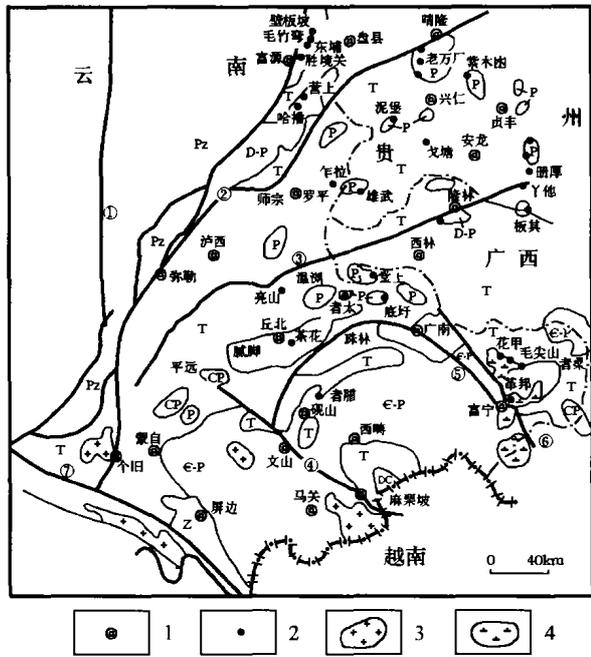


图1 滇、黔、桂“金三角”构造与金矿分布略图

1—地、州、县所在地;2—金矿点;3—花岗岩;4—基性侵入岩;  
 ε-P—穹形隆起区及出露地层;T—三叠系地层;①—小江断裂;  
 ②—弥勒—师宗断裂;③—南盘江断裂;④—文麻断裂;  
 ⑤—文山—丘北—富宁断裂;⑥—富宁断裂;⑦—红河断裂

勒—师宗断裂、南盘江断裂、丘北—富宁断裂、文麻断裂和富宁断裂等所控制。加里东期、海西期、几次升降运动均造成上、下地层的不整合和假合接触,印

支期末及其后的造山运动使区域内的地层沿主构造(深大断裂)方向发生褶皱和破裂,因而构造线方向由北向南、由西向东表现为北东向—东西向转北西向、南东向的线形构造格局。造山运动造成的古生界地层穹形隆起带也沿几条主构造方向不同程度、不同规模、不同构造形式地表现出来。较为突出的局部构造穹形隆起区有:富源隆起、圭山—营上穹形隆起、腻脚—丘北隆起、广南—温浏隆起、珠林隆起、广南隆起、富宁隆起、砚山隆起及蒙自、文山、马关隆起,另还有富源老厂、罗平团山、罗平中寨、师宗龙庆、广南者太、广南米落、广南堂上、砚山平远、砚山红甸隆起和马关八布隆起等等(图1)。这些局部构造隆起外围均为三叠系地层,且隆起区及其外围常与不同方向、不同规模的断层紧密伴生或是联系。总体该区构造复杂,形式多样,构造的地形也十分复杂。

1.4 岩石金属元素地球化学特征

据区域岩石中金属元素地球化学测量,铅、锌、铜、钼、铬、镍、钴、钒、锶、铷、铯、钍、钷在各地层中的含量如下表1<sup>[2]</sup>:

锌、铜、镍、钴、铬、钒等元素在坡脚组、玄武岩组、龙潭组、洗马塘组中含量均较高,而古木组、东岗岭组、下、中石炭统、吴家坪组、长兴组中一般都低。锶在茅口组、吴家坪组中含量较高<sup>[2]</sup>。

表1 滇东南地区区域地层岩石金属元素地球化学测量结果

| 地层组名 | 代号               | As  | Sb | Pb | Cr  | Ni | V   | Co | Cu  | Zn  | Mo | 备注       |
|------|------------------|-----|----|----|-----|----|-----|----|-----|-----|----|----------|
| 平寨组  | T <sub>3</sub> p | 0   | 0  | 5  | 219 | 11 | 26  | 11 | 13  | 45  | 2  | 碎屑岩      |
| 兰木组  | T <sub>2</sub> l | 0   | 0  | 6  | 146 | 13 | 30  | 8  | 14  | 31  | 0  | 碎屑岩      |
| 板纳组  | T <sub>2</sub> b | 0   | 3  | 9  | 150 | 20 | 55  | 8  | 20  | 66  | 0  | 碎屑岩      |
| 永宁镇组 | T <sub>1</sub> y | 0   | 0  |    | 73  | 12 | 40  | 11 | 27  | 82  | 0  | 碎屑岩      |
| 洗马塘组 | T <sub>1</sub> x | 0   | 4  | 6  | 137 | 56 | 170 | 23 | 122 | 174 | 0  | 碎屑岩      |
| 长兴组  | P <sub>2</sub> c | 0   | 11 | 6  | 28  | 9  | 11  | 4  | 11  | 1   | 0  | 碎屑岩      |
| 吴家坪组 | P <sub>2</sub> w | 0   | 35 | 5  | 80  | 50 | 92  | 16 | 118 | 77  | 0  | 碎屑岩      |
| 玄武岩组 | P <sub>2</sub> β | 14  | 24 | 4  | 50  | 28 | 183 | 27 | 36  | 56  | 0  | 火山岩      |
| 茅口组  | P <sub>1</sub> m | 0   | 22 | 5  | 17  | 0  | 5   | 0  | 8   | 0   | 0  | 碳酸盐岩     |
| 棲霞组  | P <sub>1</sub> q | 0   | 0  | 5  | 0   | 0  | 5   | 0  | 5   | 0   | 0  | 碳酸盐岩     |
| 马平组  | C <sub>3</sub> m | 0   | 0  | 5  | 28  | 3  | 5   | 1  | 7   | 28  | 0  | 碳酸盐岩     |
| 威宁组  | C <sub>2</sub> w | 0   | 4  | 6  | 14  | 1  | 5   | 0  | 6   | 2   | 0  | 碳酸盐岩     |
| 下石炭统 | C <sub>1</sub>   | 0   | 2  | 5  | 15  | 2  | 5   | 0  | 7   | 1   | 0  | 碳酸盐岩     |
| 榴江组  | D <sub>3</sub> l | 0   | 9  | 5  | 94  | 11 | 24  | 5  | 16  | 23  | 1  | 碎屑岩      |
| 东岗岭组 | D <sub>2</sub> d | 0   | 10 | 5  | 33  | 6  | 14  | 4  | 9   | 16  | 0  | 碎屑岩、碳酸盐岩 |
| 古木组  | D <sub>2</sub> g | 0-9 | 3  | 5  | 142 | 10 | 5   | 5  | 8   | 11  | 2  | 碳酸盐岩、碎屑岩 |
| 芭蕉箐组 | D <sub>1</sub> b | 0   | 0  | 5  | 66  | 14 | 47  | 3  | 6   | 5   | 0  | 碳酸盐岩     |
| 坡脚组  | D <sub>1</sub> p | 0   | 0  | 14 | 94  | 21 | 109 | 7  | 37  | 68  | 0  | 碎屑岩      |
| 田逢组  | ε <sub>2</sub> t | 0   | 0  | -  | -   | -  | -   | -  | -   | 55  | -  | 碎屑岩、碳酸盐岩 |
| 冲庄组  | ε <sub>1</sub> c | 0   | 0  | 6  | 75  | 25 | 85  | 3  | 25  | 55  | 0  | 碎屑岩      |

注:资料来源于《区域地质调查报告》1980年1/20万丘北幅。

玄武岩、细碎屑岩所含的锌、铜、铬、镍、钴、钒等元素远高于碳酸盐岩,碳酸盐岩和炭质泥岩中含的铋却高于其它类岩石。从以上几种金属元素在各地层中或各类岩石中的丰度变化显示:多数金属成矿元素在火山岩或含火山岩的碎屑岩地层中丰度高于其它类岩石。作为金元素,许多统计资料均表明,金在基性和超基性岩中高于其它各类岩石<sup>[4]</sup>。

## 2 金矿床类型及特征

滇东南地区的金矿从矿体产出形态、产出构造部位、容矿围岩、蚀变等均有不同类型,为便于分类的系统化、规范化和统一化,分类按陈毓川等著的《中国金矿床及其成矿规律》中的分类方案,其中将该区表生作用形成的金矿(因与国外红土型金矿比较存在的较大差异,根据涂光炽教授对这种红色风化壳型金矿命名)称为红色粘土型金矿<sup>[5]</sup>。分类按含金建造和容矿岩石、粒度(50~500 nm),分为沉积岩建造的碎屑岩—碳酸盐岩中的微细粒浸染型金矿、基性火山岩建造中的微细粒型金矿和与表生作用有关的红色粘土型金矿3个类型。

### 2.1 碎屑岩—碳酸盐岩中的微细粒型金矿特征

#### 2.1.1 产于不整合面上的微细粒型金矿

产于不整合面上的金矿占了该区域已知金矿的绝大部分。区域内的几个不整合面均发现金矿。金矿产于隆起的古生界地层褶皱中、断裂旁侧,层间断裂或密集的节理裂隙中,且以交代为主的形式产出。如产于田蓬组( $\epsilon_2t$ )与坡脚组( $D_1p$ )不整合面之上部地层坡脚组中的革邦金矿、花甲金矿、云盘山金矿、毛尖山金矿和者桑金矿等;产于茅口组( $P_1m$ )与玄武岩组( $P_2\beta$ )和与吴家坪组( $P_2w$ )间不整合面上的金矿有壁板坡金矿、毛竹湾金矿、东埔金矿、胜境关金矿、营上麻长地金矿、哈播金矿、堂上金矿、者太金矿、茶花金矿和者腊金矿等。产于该部位的金矿一般多呈层状、似层状及透镜状产出,矿体形态很大程度上受古风化面形态而控制。容矿岩石有粉砂质凝灰岩、凝灰质粉砂岩、泥质粉砂岩、砂岩、不纯碳酸盐岩、玄武岩及辉绿岩。蚀变常表现为硅化、黄铁矿化、毒砂化和方解石化;元素地球化学组合常为Au、Hg、As、Sb、Cu、Zn、Ni、Co等,其中以Au、Hg、As、Sb为主要组合元素<sup>①</sup>;矿体厚度几米至10余米不等,呈层状或似层状产出;金矿化一般 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ 。金矿常有与铋矿、或汞、砷矿形成“同位不同床”的亲缘关系相伴产出。

### 2.1.2 呈陡倾斜脉状产出的金矿

该类金矿主要产于三叠系板纳组( $T_2b$ )或个旧组( $T_2g$ )、罗楼组( $T_1l$ )地层中,如亮山金矿、堂上金矿、洒拉冲金矿、坝威金矿、乍拉金矿等。赋矿围岩往往为含基性火山物质沉积的细碎屑岩;容矿岩石为断层破碎的砂泥岩、泥质砂岩和硅质岩;蚀变常有硅化、黄铁矿化、毒砂化;矿体厚一般1~10余米,倾角一般 $60^\circ \sim 80^\circ$ ;品位一般 $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ ;除金外,往往伴随有铋矿、或是汞矿、或是砷矿。

### 2.2 基性火山岩中的微细粒型金矿

这类金矿主要产于峨眉山玄武岩及印支期—燕山期侵入于泥盆系地层中的基性岩带、岩床等中。矿体产出形式有脉状和层状(原始砂泥岩俘掳体);赋矿围岩为基性喷出岩和侵入岩;容矿岩石为断层破碎的基性岩或砂泥岩俘掳体;脉状矿体产状一般都比较陡,且成群出现,矿体厚度一般在0.5~2 m左右,品位一般 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-6}$ ,见于革邦、堂上等地;呈层状俘掳体形式产出的金矿,矿体形态受俘掳体形态所限,产状多与区域地层保持一致,赋矿围岩为基性岩,而容矿岩石为蚀变砂泥岩,矿体厚度可由0.5~10余m不等,品位一般 $1 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-6}$ ,蚀变表现为硅化、黄铁矿化和退色蚀变,且以硅化和退色蚀变为主要特征,如达木金矿、花甲金矿、毛尖山金矿等就属这类型。

### 2.3 红色粘土型微细粒金矿

这类金矿在区内占有一定的比例,几乎滇东南原生微细粒金矿区均有这类金矿。其容矿岩石为红色、褐红色、褐黄色、灰色或灰白色第四纪粘土和砂质粘土;矿体厚度受地形、地貌影响较为明显;矿体形态也多受控于下部矿体形态,侧向迁移小,矿体底部形态因受风化面、风化深度、风化差异的影响显得十分复杂;上部褐铁矿化往往强于下部,矿体表现为上贫下富,矿化强度往往有稍强于下部原生矿的趋势。

## 3 微细粒型金矿成矿讨论

### 3.1 深部构造、穹形隆起与成矿

地壳深部构造对成矿有重要影响,地壳深部陡梯度带的上部是地壳的活动地带,也是地壳挤压应力的主要集中带。在一定深度下,地幔隆起区的上部地壳可为隐伏岩体和地幔射气活动提供广阔的空间,有利于形成构造岩浆水热体系,为成矿提供地热

① 西南有色地质勘查局,滇东南金银多金属找矿专题2000年设计方案,2000。

异常等条件,另一方面,这些断裂规模较大、切割深、活动时间长和复活性强的特点<sup>[6]</sup>。滇东南地区在前印支运动的拉张阶段,表现为沉积同生断裂,主要控制含矿建造、赋矿岩石组合的形成和分布;在印支运动期间以挤压和剪切为主,控制着各成矿区的构造变形、成矿区(带)的展布以及成矿中的导热、导矿作用。弥勒—师宗断裂带、南盘江断裂、文山—丘北—广南—富宁断裂等,这些断裂的多期性、继承性的活动,致使深部热流上涌成矿。

滇、黔、桂“金三角”大、小金矿多产于隆起边缘或外部。桂西北高龙金矿产于高龙隆起边缘;金牙、明山、罗楼等金矿产于凌云隆起边缘;浪金、平山金矿产于乐业隆起边缘<sup>[7]</sup>;贵州紫木垭、戈塘金矿、老万场金矿等也产于隆起中或边缘;滇东南地区壁板坡、毛竹湾、东埔、胜境关、营上麻长地、哈播金矿产于富源—营上隆起边缘,乍拉金矿产于罗平中寨晚隆起外围,茶花金矿产于腻脚—丘北隆起边缘,者太金矿、米落金矿、堂上金矿、老寨湾金矿、者桑金矿、革邦金矿、花甲、云盘山等金矿分别产于者太、米落、堂上、珠琳、者桑、富宁等隆起边缘及外围(图1)。

### 3.2 赋矿地层、容矿岩石与矿源层

“金三角”地区金赋矿地层较广,据黔、桂有关资料报道,已知赋矿地层有:上寒武统三都组、下奥陶统锅塘组 and 同高组(黔南);下二叠统茅口组、上二叠统龙潭组、长兴组及中三叠统许满组、下三叠统夜郎组(黔西南);容矿岩石有:碳酸盐岩、砂岩、泥质砂岩、硅质蚀变岩、凝灰岩、玄武岩<sup>[6]</sup>。滇东南地区金的赋矿层位有:下泥盆统坡脚组(富宁地区的花甲、革邦、者桑等金矿);上二叠统玄武组(富源壁板坡、胜境关、广南堂上、者太金矿等),上二叠统吴家坪组(龙潭组)—茶花金矿、者腊金矿等;下三叠统罗楼组和中三叠统板纳组(个旧组)—亮山、堂上、乍拉等金矿;容矿岩石:粉砂质凝灰岩、凝灰质粉砂岩、泥质粉砂岩、砂岩、不纯碳酸盐岩、玄武岩、辉绿岩及第四纪粘土岩等。这些容矿岩石或赋矿地层在区域地层柱状剖面上表现了 As、Sb、Cu、Ni、Cr、Zn 等较高的元素地球化学背景,且金矿化也常成为这些元素组合。

据黔西南板其、丫它、戈塘、微细粒型金矿 S 稳定同位素研究表明<sup>[8]</sup>:围岩中硫与矿石中的硫之间存在着密切的联系,且大部份来自于围岩;矿石中的碳大部份也取自于围岩;氢、氧同位素证明了成矿过程中的水主要来源于大气这一重要溶矿剂。从矿体所产的层位、构造部位、建造类型以及岩石地球化学

特征、容矿岩石等也可说明矿质来源这一命题。据 K H 魏德波尔(K H Wedepohl, 1974 年)资料,金在各类岩石中的分布<sup>[4]</sup>:花岗岩  $1.7 \times 10^{-9}$ ;流纹岩  $1.5 \times 10^{-9}$ ;花岗闪长岩  $3.0 \times 10^{-9}$ ;闪长岩  $3.2 \times 10^{-9}$ ;辉长岩  $4.8 \times 10^{-9}$ ;玄武岩  $3.6 \times 10^{-9}$ ;橄榄岩  $6.6 \times 10^{-9}$ ;砂岩  $3.4 \times 10^{-9}$ ;页岩  $2.7 \times 10^{-9}$ ;碳酸盐岩  $3.4 \times 10^{-9}$ 。从上可看出:从酸性岩到基性岩,从喷出岩到深成岩金的背景含量有所增加。莫伊森柯(1972 年)曾强调 Fe、Mg 质岩石比 Si、Al 质岩石含量高,金的根本来源于地幔。就富集系数,若最低品位按  $1 \times 10^{-6}$  计,基性和超基性岩需富集 200 倍,纯沉积岩需富集 333 倍,该区金的赋矿层位都含火山岩物质,表明金与地层、火山岩的关系。同时该区金矿多产于不整合面上,如下二叠统茅口组与玄武岩组之间的凝灰岩、凝灰质砂、泥岩、硅质岩中;下二叠统与上二叠统吴家坪组间不整合面容矿;奥陶系与泥盆系不整合面上部坡脚组砂泥岩容矿等,产于不整合面上的金矿占据了“金三角”区金矿的绝大部分,推断金在古风化作用中可能有着初始富集作用的存在。据风化壳中 Au 元素的质量迁移研究表明:金在表生作用下,在剖面上迁出和迁入量是基本一致的<sup>[9]</sup>。这充分说明了古风化壳的存在对岩中微量元素初步富集作用—即浅部迁出,深部或底部迁入的垂向迁移特征<sup>[10-11]</sup>。产于不整合面上的金矿,矿体产状与不整合面产状基本一致,也说明古风化面对成矿的控制作用。矿化剂元素 S、As、Sb、Fe 与金矿常常伴生,经研究且主要来源于赋矿层位也佐证了金与矿源层的密切关系。产于基性岩俘掇体中的金矿来源除地层外,相当的部份由基性岩提供,特别是在基性岩中的脉状金矿。作为红色粘土型金矿的矿源基本是原生矿。

### 3.3 蚀变、矿化与成矿

#### 3.3.1 碱交代和硅迁移与成矿

硅化是滇东南地区乃至“金三角”地区金矿中极为普遍的一种蚀变现象,是找金的一个直接而又重要的标志之一,而且它出现的分量与金矿化强弱有着正相关关系。据国内、外大量实验表明<sup>[12]</sup>:石英在碱性溶液中溶解度最大,中和作用(即降低碱性)是  $\text{SiO}_2$  沉淀的重要因素。碱交代的过程为:热液中的碱或盐类中的碱性阳离子对岩石、矿物起破坏作用,造成成矿元素的释放,释放出来的矿质又被盐的另一半酸质,首先是  $\text{SiO}_2$ 、另还有  $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{Br}^-$ 、 $\text{I}^-$ 、 $\text{S}_2^{2-}$ 、 $\text{S}^{2-}$ 、 $\text{H}_2\text{S}$ 、 $\text{CN}^-$ 、 $\text{BO}_2^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ 、 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$  及两性元素氧化物形成的酸酐等共同络合迁

移。且自然界中普遍出现的碳酸盐化就是碱交代的最好证明。

大量统计表明<sup>[12]</sup>:在钾交代最易成矿的是铜、钼、金、铅、锌、钨、锡、铋、铍、稀土等;在钠交代中成矿者最多是铀、铁、铌、钽、锆、钨、银、汞、砷、氟等。滇东金成矿区的成矿元素组合常以金、铜、铅、锌、铋、汞、砷、银等组合为特征,表明了存在着钾、钠混合交代作用。

变质作用的发生也是引起金属元素活化、迁移、富集的动因之一。变质作用的发生一方面活化了成矿元素,并且提供了热和液。发生于印支期的丘北、广南、富宁的低绿片岩变质作用和海西期的马关、麻栗坡等地的绿片岩—低角闪岩相的变质作用都有对成矿带来一定的富集作用。

### 3.3.2 物化条件与成矿

物化条件的建立是促使矿质溶解、络合、迁移的基本条件,是成矿的开始。环境条件的改变是物化条件改变的必然,是成矿的结果。

物化条件的建立包括热源、碱的带入、压力的增加等是形成矿质溶解、络合、迁移的共同作用的条件。安德森(1964年)报导,在饱和 SiO<sub>2</sub> 的碱质氟化物溶液中,浓度 3.6 mol,温度 600℃~700℃,压力 3~4 kb,金的溶解度可由 1000×10<sup>-6</sup>~2000×10<sup>-6</sup>。B G 韦斯伯格(Weissberg, 1970年)实验研究指出:当溶液中 NaHS 浓度达到每公升 0.2~0.3 mol,温度为 150℃,压力为 1 kb 条件下,金的溶解度为 100×10<sup>-6</sup>~200×10<sup>-6</sup>,金的溶解度随 O<sub>2</sub>、NaHS 的浓度和温度提高而提高。维洛尔 1970 年的资料表明:当温度大于 300℃时,金是呈氟络合物形式迁移,当温度低于 300℃以下时,金以胶体形式析出;在有 SiO<sub>2</sub> 存在时,硅溶胶可保护金溶胶在 350℃时稳定的迁移<sup>[4]</sup>。

物化条件改变是成矿的必然结果。物化条件的

改变成矿包括了温度的降低、压力的减小、交代作用等。有利的断层破碎带、层间滑动面、褶皱的虚脱部位、节理、裂隙密集发育部位、不整合面等均是减压的有利部位,矿液由深部向浅部、由封闭向开放的运移本身就是减压的过程;矿液由深部到浅部、由封闭一半开放—开放必然引起温度的降低,这些就是物理条件改变引起成矿的物理因素。泥质、碳质、铁质、碳酸盐成分与矿液的化学反应等以及 pH 降低、Eh 提高都会引起金沉淀而富集成矿。

滇东南地区几条深大断裂的继承性活动,印支期造山运动、变质作用、岩浆活动等都可金元素活化迁移提供物化条件。

### [参考文献]

- [1] 王祖关,江能人,谭雪春,等. 云南岩相古地理及图集[M]. 昆明:云南科技出版社,1998,7~9.
- [2] 云南省地矿局. 区域地质调查报告(矿产部份)[M]. 云南:1980,53~56.
- [3] 云南省地矿局. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1990,273~540.
- [4] 张振儒,廖风先,李健炎,等. 金矿研究[M]. 湖南:中南工业大学出版社,1989,16~20,56~58.
- [5] 高振敏,杨竹森,饶文波,等. 中国红色粘土型金矿与国外红土型金矿的对比研究[J]. 矿床地质增刊,2002,117~120.
- [6] 陈毓川,李兆翔,毋瑞身,等. 中国金矿床及其成矿规律[M]. 北京:地质出版社,2001,187~189,234~235.
- [7] 国家辉. 滇东南桂西北微细粒型金矿成矿作用探讨[J]. 矿床地质增刊,2002,121~122.
- [8] 姜信顺. 黔西南微细粒金矿床同位素研究[J]. 贵金属地质,1988,(3~4):242~251.
- [9] 涂光炽. 低温地球化学[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [10] 王燕,谭凯旋,刘顺生,等. 红土风化壳形成过程中岩石体积变化和质量迁移[J]. 矿床地质增刊,2002,700~7003.
- [11] 王燕,谭凯旋,刘顺生,等. 红土型金矿的成矿机理与成矿模式[J]. 地质与勘探,2002,(4):12~16.
- [12] 杜乐天. 硅迷与碱育[J]. 铀矿地质,1990,6:338~348.

## MINERALIZATION OF MICRO GRAIN - TYPE GOLD DEPOSITS IN SOUTHEASTERN YUNNAN

YANG Yun - bao

(Yunnan Territorial Resources vocational college, Kunming 650217)

**Abstract:** Geological features and regional geological background of micro grain - type gold deposits in "Gold - Triangle" area of Yunnan, Guizhou and Guangxi provinces have been introduced.

Based on regional strata and structures, magmatism, metamorphism, lithochemochemistry, host strata and rocks, unconformity surface and wallrock alteration, resource, movement and concentration of gold is discussed. Fossil residua for the initial enrichment of micro - gold and affects during mineralization is analogized.

**Key words:** host strata, domal uplift, unconformity surface, alteration, mineralization