

文章编号: 1009-3850(2002)02-0080-11

# 四川若尔盖阿西金矿岩石学及岩石地球化学特征

何 虹, 文锦明

(四川省地质矿产勘查开发局, 四川 成都 610081)

**摘要:** 阿西金矿地处川甘陕“金三角”成矿集中区, 中三叠统为本区内最重要的金矿源层和赋矿层。阿西金矿田的形成经历了一个从沉积-成岩-富集成矿的漫长复杂的由量的积累到质的飞跃过程, 是多阶段、多层次、多因素作用有机结合的产物。赋矿岩系特征表明, 阿西金矿田的主要成矿环境为半深海斜坡环境。区内岩石类型极为复杂, 三大岩类均有产出。主要有细砂岩、杂砂岩、沉凝灰岩、碳酸盐岩、硅质岩; 变粒岩、石英岩、角岩、大理岩、夕卡岩、角砾岩; 岩浆岩类主要为英安斑岩(玢岩)、闪长岩等。其中最重要的赋矿岩石为石英岩, 其主要特征为具块状、不规则条带状构造, 呈褐黄色/浅灰色变余层状构造。由石英(75%~80%)、高岭石(10%~15%)、绢云母(2%~3%)、钛铁质(3%~4%)、玉髓(2%~3%)及少量碳质组成。其岩石化学成分与典型硅质岩相比,  $\text{SiO}_2$  偏低,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  总体偏高, 出现较强的高岭土化。通过研究认为, 该区主要赋矿岩石石英岩的原岩应属正常碎屑沉积岩。

**关键词:** 岩石学; 岩石地球化学; 阿西金矿

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

## 1 区域成矿地质-构造背景

四川若尔盖阿西金矿地处川甘陕“金三角”成矿集中区内, 北邻西秦岭复合造山带白龙江推覆构造带, 东、西分别与若尔盖中间地块和南坪褶皱冲断带等构造单元相接(图 1)<sup>[1]</sup>。

### 1.1 中上三叠统含金建造

阿西金矿广泛发育的中上三叠统以浊积岩建造为主(图 2), 据李小壮等(1989, 1994, 1996)的研究表明, 该建造形成于裂陷槽半深水大陆斜坡-深水海盆相沉积环境, 主要由变质砂岩、变质粉砂岩与板岩呈韵律式间互而成, 下部间夹结晶灰岩透镜体, 鲍玛序列清晰, 累厚近万米。此外, 在本区还有远源火山质碎屑岩夹层和火山硅质胶结物。该建造为 Au-As-Sb 元素地球化学异常层, 其中, 金背景值为  $3.5 \times 10^{-9}$ , 高于正常碎屑岩类( $2.8 \times 10^{-9}$ )和碳酸盐岩类( $< 2 \times 10^{-9}$ )岩石, 且变异系数大于 1, 表明这一建

造中活性金占有较大比例。加之该建造的非能干性岩石分布广, 厚度大, 埋藏较浅, 与印支期末-燕山早期浅成-超浅成相中酸性岩浆大量侵位其中等有利改造成矿的地质条件, 导致含金浊积岩建造成为区内最重要的金矿源层和赋矿层。

### 1.2 区域构造演化与金的富集

晚三叠世晚期, 印支造山运动导致本区全面成陆, 并由北往南发生了大规模、多层次的滑脱-推覆造山作用, 最终构成了西秦岭纬向推覆造山带叠置于巴颜喀拉弧形推覆造山带之上的区域地质构造格架。印支造山运动所导致的推覆构造及区域低温热动力变质作用, 在驱使含金地质建造中成矿物质的活化、释放封闭的地层水和矿物结晶水、驱动含矿地热流体由中深层次向浅层次断裂通道定向运移, 以及在控矿断裂带的局部减压扩容空间内沉淀下来, 亦即形成金及相关成矿物的改造预富集系统方面, 发挥了重要的控制作用。从而它也就为嗣后发生的

陆内叠加改造阶段金的工业富集奠定了重要的物质基础,创造了有利的成矿条件<sup>[2-4]</sup>。

随着特提斯区印支复合推覆造山带的形成,接踵而来的燕山期—喜马拉雅早期陆内叠加造山运动主要以继承和改造的方式把巴颜喀拉和南秦岭西段

推覆造山带的先成构造成分转化成为以若尔盖地块作为砥柱的旋卷(左旋)控矿体系和白龙江、摩天岭近东西向左行直扭控矿构造体系。此外,还新生了一系列近南北轴向的雁列式短轴叠加褶皱群,更有意义的是,在燕山早期,伴随陆内叠加造山运动的开

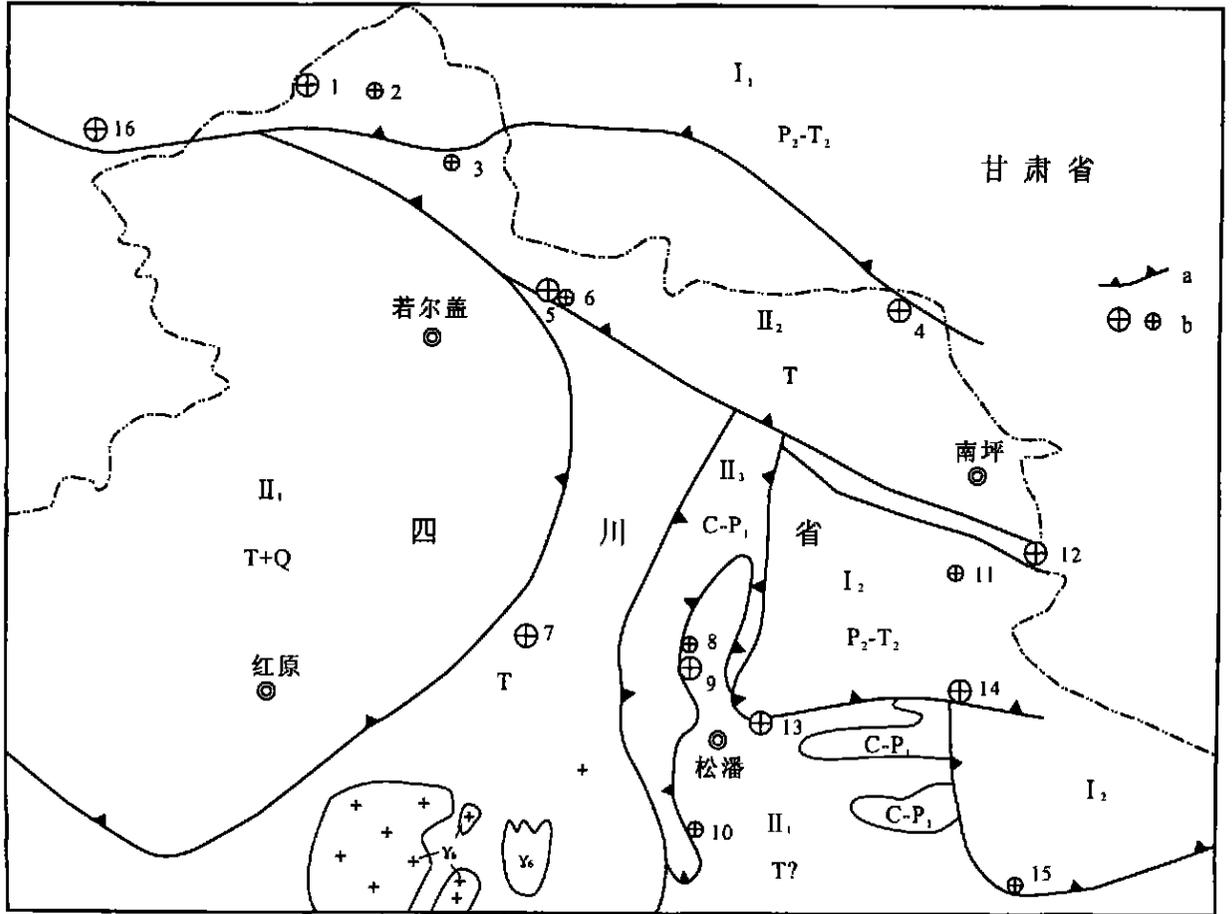


图1 川西北地区地质构造及金矿床展布(据李小壮, 1994)

I. 西秦岭复合造山带; I<sub>1</sub>. 白龙江推覆构造带; I<sub>2</sub>. 摩天岭推覆构造带; II. 巴颜喀拉复合造山带; II<sub>1</sub>. 若尔盖中间地块; II<sub>2</sub>. 南坪褶皱带; II<sub>3</sub>. 岷江推覆构造带; II<sub>4</sub>. 雪宝顶倒转褶皱带; P<sub>2</sub>-T<sub>2</sub>. 上二叠统一中三叠统地台型陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造; C-T<sub>1</sub>. 石炭系一下三叠统地台型碳酸盐岩建造; T<sub>2-3</sub>. 中上三叠统陷地槽型浊积岩建造; Q. 第四系湖沼相碎屑(岩)-泥炭建造; Y<sub>6</sub> 燕山期花岗岩类侵入体; a. 大断裂; b. 金矿床(点)。1. 拉日玛金矿床; 2. 牙相金矿点; 3. 京格勒金矿点; 4. 马脑壳金矿床; 5. 阿西金矿床; 6. 团结金矿点; 7. 哲波山金矿床; 8. 盐水沟金矿点; 9. 东北寨金矿床; 10. 郎盖金矿点; 11. 甲勿池金矿点; 12. 联合村金矿点; 13. 桥桥上金矿床; 14. 松潘沟金矿床; 15. 银厂沟金矿床; 16. 大水-忠曲金矿床(甘肃)

Fig. 1 Distribution of geological tectonics and gold deposits in northwestern Sichuan (after Li Xiaozhuang, 1994)

I = West Qinling composite orogen; I<sub>1</sub> = Bailongjiang nappe; I<sub>2</sub> = Motianling nappe; II = Bayan Har composite orogen; II<sub>1</sub> = Zuoige landmass; II<sub>2</sub> = Nanping fold-fault zone; II<sub>3</sub> = Minjiang nappe; II<sub>4</sub> = Xuebaoding inverted fold zone. P<sub>2</sub>-T<sub>2</sub> = Upper Permian - Middle Triassic platform-type siliciclastic carbonate rock formations; C-T<sub>1</sub> = Carboniferous - Lower Triassic platform-type carbonate rock formations; T<sub>2-3</sub> = Middle - Upper Triassic miogeosyncline type turbidite formations; Q = Quaternary limnetic facies clastic rock-peaty formations; Y<sub>6</sub> = Yanshanian granitic intrusives; a = major fault; b = gold deposit (mineralized locality). 1 = Lharima gold deposit; 2 = Yaxiang gold mineralized locality; 3 = Jinger gold mineralized locality; 4 = Manaoke gold deposit; 5 = A'gyi gold deposit; 6 = Tuanjie gold mineralized locality; 7 = Zhebohan gold deposit; 8 = Yanshuiyou gold mineralized locality; 9 = Dongbeizhai gold deposit; 10 = Langgai gold mineralized locality; 11 = Jiawuchi gold mineralized locality; 12 = Lianhecan gold mineralized locality; 13 = Qiaoqiaoshang gold deposit; 14 = Songpangou gold deposit; 15 = Yingchangou gold deposit; 16 = Dashui-Zhongqu gold deposit in Gansu

始,还伴生了一次较大规模的I型中酸性钙碱系列岩浆浅成-超浅成侵入位于中上三叠统浊积岩建造中的区域性岩浆热事件,其结果是,在金的改造预富集基础上,通过该阶段的叠加构造变形-脆性动力变质-岩浆侵位与岩浆期后热液(或其它来源热液)改造成矿作用,最终导致区内金矿全部形成就位<sup>[5-9]</sup>。

喜马拉雅晚期-挽近期,随着青藏高原隆起,复活的先成断裂和新生的X型共轭断裂系统把一部分金矿床抬升于地表,遭受剥蚀氧化,并在氧化淋滤带内形成少量次生加大成因的可见金。同时,该阶段的断裂活动也不同程度地破坏了矿床的完整性。

综上所述,阿西金矿田和区内其它金矿床一样,其形成基本与地质构造演化同步,经历了一个从沉积成岩-富集和成矿的漫长而复杂的由量的积累到

质的飞跃的过程,是多阶段、多层次、多因素作用有机结合的产物。

## 2 赋矿岩系(组)特征

### 2.1 赋矿岩系的沉积特征

#### 1. 剖面结构简述

构成阿西金矿田的地层均为三叠系(图2),可划分为中统和上统两个部分,按已出露的层位(序)和上、下的接触关系描述如下。

中三叠统上岩组,在矿田范围内由下至上,可细分为四个岩性层:

第一层:褐色薄中层中细粒长石石英砂岩夹钙质泥岩,出露不全,仅见于矿区西南角。厚约100m。

第二层:浅灰至深灰色薄层灰岩与浅灰褐色薄

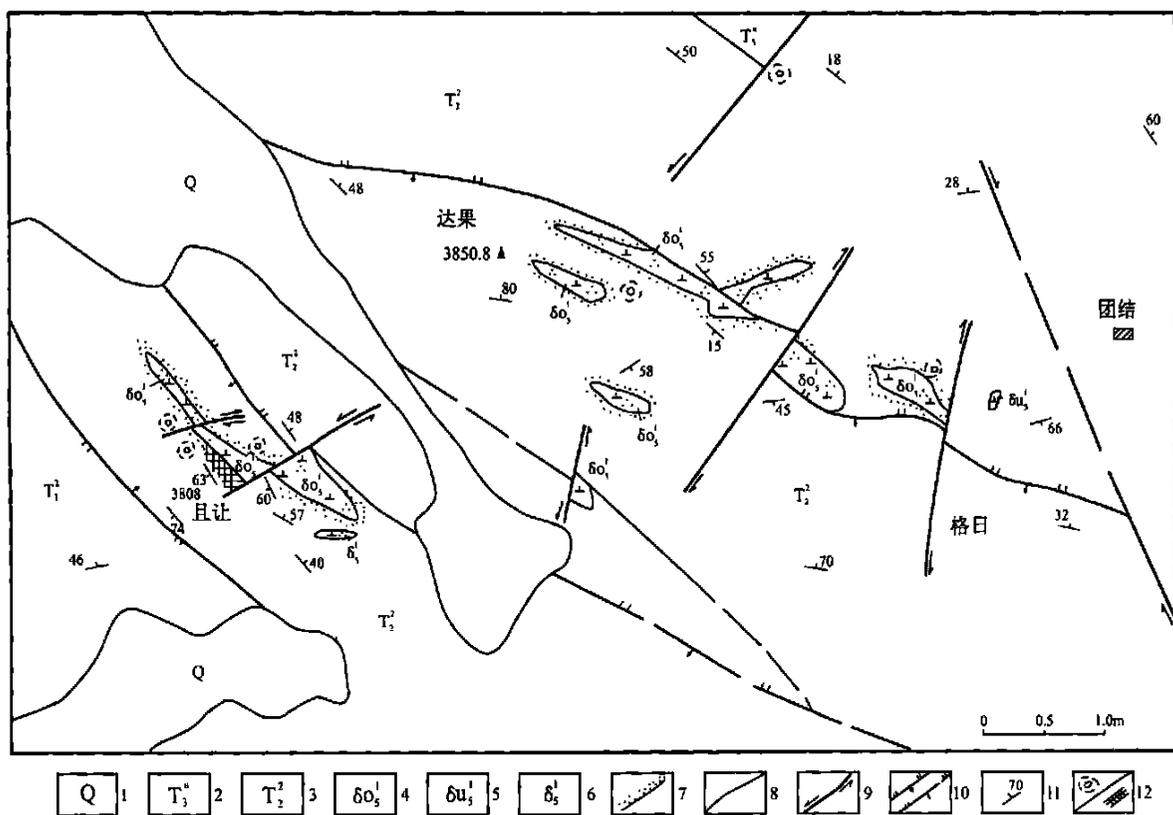


图2 阿西金矿区域地质图

1. 第四系冲积堆积物 2. 上三叠统下岩组砂岩夹板岩及灰岩; 3. 中三叠统中岩组砂岩、板岩夹灰岩、粉砂岩; 4. 印支期石英闪长岩; 5. 印支期闪长岩; 6. 闪长岩; 7. 角岩化; 8. 地质界线; 9. 实测平移断层; 10. 实测及推测逆冲断层; 11. 地层产状; 12. 硅化/夕卡岩化

Fig. 2 Regional geological map of the A'gyi gold deposit

1= Quaternary alluvium; 2= lower rock group sandstone interbedded with slate and limestone in the Upper Triassic strata; 3= middle rock group sandstone and slate interbedded with limestone and siltstone in the Middle Triassic strata; 4= Indosinian quartz diorite; 5= Indosinian dioritic porphyrite; 6= diorite; 7= hornfelsization; 8= geological boundary; 9= measured strike-slip fault; 10= measured/inferred thrust; 11= stratigraphic mode of occurrence; 12= silicification/ skarnization

中厚层细粒长石石英砂岩互层, 夹薄层泥质岩。厚约200m。

第三层: 灰色至浅绿灰色薄中厚层细粒钙质长石石英砂岩夹石英砂岩、长石砂岩及厚层状灰岩透镜体, 各类砂岩中夹薄层泥质粘土岩。为次要赋矿层位。厚约400m左右。

第四层: 灰色/灰白色薄层灰岩, 褐色薄中厚层细粒长石石英砂岩互层或互层出现。长石石英砂岩中间夹少量钙质砂岩、凝灰质板岩。该层下部含有凝灰质岩屑砂岩。本层为主要的赋矿层位。厚200~375m。

上三叠统(末分), 仅见于牙相寨附近的露头。以含砾砂岩、杂砂岩、岩屑砂岩为主, 少量板岩。厚度不详。

2. 沉积环境

仅依据有限的露头剖面及区域相关资料, 对本区中三叠世晚期和上三叠世早期的沉积物进行相序和环境分析。

中三叠世晚期, 本区以碳酸盐沉积为主, 且碳酸盐岩中具砾屑灰岩, 滑塌层理构造及等深流沉积并存的特征。在阿西金矿段, 可以见到保存较为完好的滑塌沉积构造。岩石主要由灰岩(已蚀变为大理岩)和砂岩、砂质灰岩互层(已蚀变为硅质条带)组成, 硅质条带层上、下基本未变形, 而中部却发生滑塌变形, 形成揉皱<sup>[7]</sup>。推测其原岩在未完全固结前沿斜坡有滑动, 沉积的灰泥基质砂质层发生滑塌变形, 显示斜坡相的沉积标志。在阿西矿段 TC6 探槽

中部(前述第四层中)还发现保存完整的深水细粒碳酸盐岩层序(图3)。该类型层序总厚11.2cm, 可详细划分出11层。主要岩性为粉砂质灰岩、粉屑灰岩及泥晶灰岩。单层厚度极薄, 一般为1~2cm, 各层之间岩层面为突变界面, 界线清楚。粉砂质灰岩、粉屑灰岩有时呈现透镜状, 单层厚度在很小的范围内可以急剧相变, 发育单斜沙纹层理。泥晶灰岩层内发育连续分布的遗迹化石。与等深流沉积特征极为相似(刘宝麟等, 1987; 赵江天等, 1992; 晋慧娟等, 1994, 1995)。等深流是一种沿大陆斜坡、陆隆等深线流动的底流, 一般认为等深流沉积或等深流的存在是大陆斜坡沉积环境的一个重要特征。与此同时, 在该等深积岩之上的泥晶灰岩中产有大量的单轴型硅质海绵骨针。有资料表明, 硅质海绵骨针是深水盆地相的产物(威尔逊, 1978)。依据上述, 本区中三叠世晚期为一半深海-深海大陆斜坡至深水盆地的沉积环境, 而且海水有由下而上变浅的趋势。

晚三叠世早期, 本区以细粗碎屑沉积为主, 岩石中发育块状层理, 递变层理, 小型交错层理, 底部发育重荷模、槽模、沟模等沉积构造, 显示浊流沉积特点。在本区北西角牙相寨附近, 发育有完整的鲍玛序列(图4)。其露头可明显鉴别出七种类型的鲍玛序列, 以A、B、C、D、E段发育完整占优势, 其它有A、C、D、A等类型。砂/板岩之比大, 应属于半深海斜坡近源型浊积岩。

上述剖面特征显示出本区这一时期为一半深海斜坡环境。

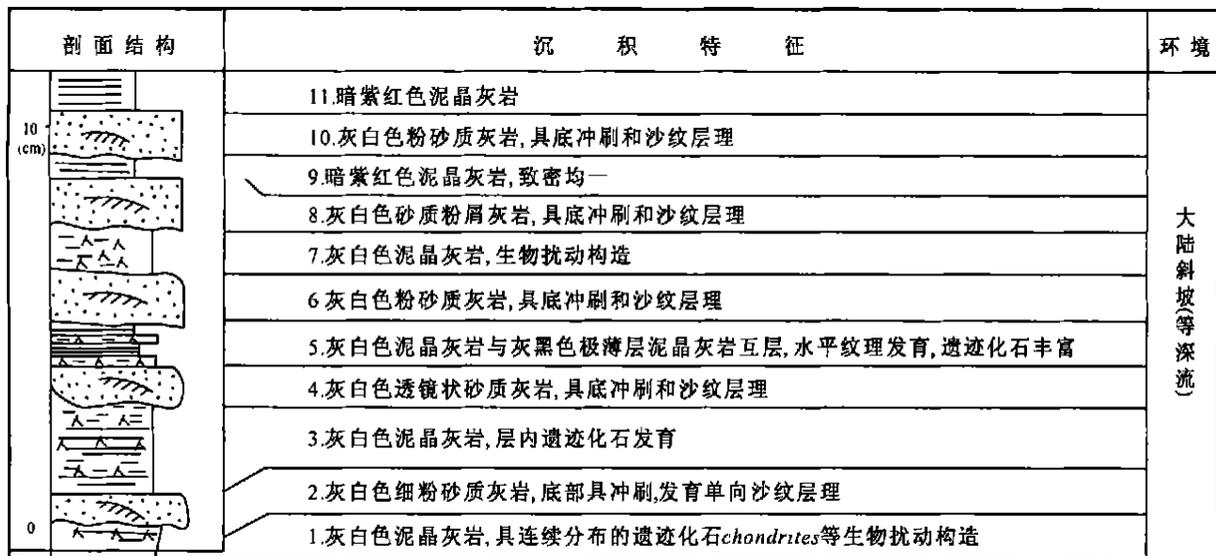


图3 阿西矿区 TC6 中部沉积序列及环境解释

Fig. 3 Depositional sequences and environmental interpretation of the middle member of TC6 in the A'gyi gold deposit

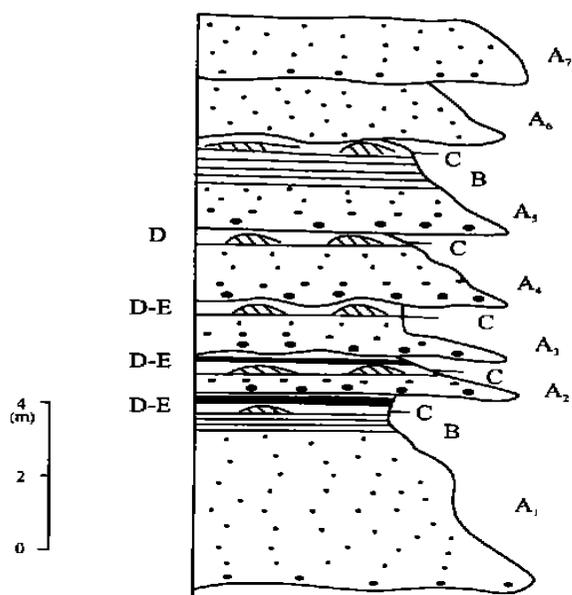


图4 牙相寨 T<sub>3</sub> 浊积岩中鲍玛序列素描(据赖旭龙, 1995)

Fig. 4 Sketch of the Bouma sequences in the Upper Triassic turbidites from Yaxiangzhai, Zoige (after Lai Xulong, 1995)

### 3 岩石学特征

阿西金矿田内岩石类型较为复杂, 三大类岩石均有产出, 其详细的岩石学特征如下:

#### 3.1 沉积岩类

沉积岩类主要有细砂岩、杂砂岩、板岩、凝灰岩( )、灰岩、白云岩和硅质岩等。

##### 1. 细砂岩

岩石呈褐色, 块状构造, 砂细砂状结构, 碎屑成分为正常的陆源碎屑, 粒度均一, 一般为 0.1mm 左右, 形态为次圆状、次棱角状, 有少量凝灰碎屑, 长石已蚀变为高岭石, 填隙物以钙质, 铁质为主, 重结晶后生成铁方解石, 并已褐铁矿化, 分布在碎屑间隙, 有少量火山灰质重结晶后呈微晶长英质和绢云母等。碎屑成分在 70% 左右, 构成碎屑的矿物和岩屑有石英(87%)、石英岩屑(3%)、硅质岩屑(2%~3%)、斜长石(5%~8%)、千枚岩屑(<5%), 白云母、电气石、刚玉、磷灰石少量, 凝灰物极少。填隙物占 30%, 主要有钙质(20%), 少量铁质和火山灰质。常见有褐铁矿化含凝灰质长石石英细砂岩、凝灰质钙质岩屑石英细砂岩。

##### 2. 杂砂岩

岩石呈黄褐色, 块状构造, 砂状结构, 局部显定向构造, 基底式胶结。碎屑成分为 45%~50%, 构成碎屑的成分有石英(90%)、石英岩屑(1%~2%)、

斜长石(2%~3%)、铁方解石(5%)、白云母(1%~2%)、千枚岩屑(2%), 重矿物少量, 有锆石、电气石、磷灰石等。填隙物占 50%~55%, 主要为钙质和铁质胶结物, 次为凝灰质, 火山灰少量。胶结物重结晶程度较好, 生成铁方解石, 又经后期风化, 有褐铁矿析出。凝灰质重结晶(蚀变)后为长英质、绢云母, 绢云母定向排列。铁方解石还轻微交代了石英颗粒, 石英大部分具波状消光。后期方解石脉呈较宽的脉体充填于岩石裂隙中。本区主要为凝灰质钙质细粒岩屑石英杂砂岩。

#### 3. 沉凝灰岩

岩石呈灰褐色, 凝灰细砂状结构, 薄(纹)层状构造、块状构造。碎屑成分较复杂, 陆源碎屑和火山碎屑基本相当。石英多呈棱角状、次棱角状, 少数为次圆状, 经流水搬运, 透明度较差。长石为条状半自形。岩屑端元成分较多, 以千枚岩屑为主, 其中白云母定向排列, 石英则沿长轴方向排列。火山碎屑以石英晶屑及脱玻化的玻屑为主, 形态多呈尖角状、骨状等不规则形态, 黑云母呈挠曲状, 填隙物为钙质及火山灰质。钙质含量高, 多为混生, 透明度低, 富含钛泥质。火山灰蚀变为长英质绢云母。岩石中碎屑占 50%, 陆源碎屑占碎屑总量的 40%, 以石英为主, 次为各种石英岩屑、斜长石、千枚岩屑、刚玉、锆石、磷灰石等重矿物。火山碎屑中主要为石英, 次为黑云母、白云母等。填隙物占 50%, 其中钙质胶结物占 35%, 火山灰质占 15%。

#### 4. 碳酸盐岩

本区以灰岩和白云岩为主。

灰岩呈灰白色, 大部分已成角砾状, 具细晶结构, 碎裂结构, 角砾状构造。主要成分为方解石, 次为硅质或石英, 少量金属矿物, 方解石呈隐微晶状, 透明度较低。石英重结晶较为明显, 粒度较粗。方解石和石英中包裹有较多的金属矿物, 其中还见有草莓状黄铁矿。常见有硅质细晶灰岩。

白云岩呈深灰色, 致密块状, 具交代残留结构, 块状构造。由微晶铁白云石(55%~83%)、硅化石英(15%~40%)和少量金属矿物(2%~5%)及白云母组成。铁白云石呈他形粒状, 均一消光, 粒径 0.016~0.249mm, 以 0.033~0.165mm 为主, 呈波状消光, 条带消光, 晶体不干净, 常见星角状和粒状金属矿物及尘状物分布, 表明石英是在动态下交代结晶的。金属矿物从产出形态看, 主要为毒砂和黄铁矿, 呈星角状集合体多为毒砂, 粒径 0.05~0.15mm, 主要分布于石英或白云石间。以硅化细粉晶白云岩

为主。

### 5. 硅质岩

岩石具碎屑结构,角砾状构造。由石英或硅质(75%~70%)和胶结物(25%~30%)构成。碎屑中硅质呈微晶状,并嵌布有含量不等的黑色尘金属矿物,单偏光下显乌黑色,并有后期石英细脉穿插其中。石英均呈波状消光。胶结物主要是隐微晶硅质,嵌布有少量黑色/褐色/白色的白钛石矿。

## 3.2 变质岩类

### 1. 变粒岩

宏观特征表现为呈黄褐色和灰白色相间的致密块状,岩性不均一,新鲜切面中心部位显灰白色斑点,外围渐变为灰黄色/黄褐色/灰白色。硬度亦不一致,中心较外围要高。微观特征主要表现为,显微粒状变晶结晶、斑状(点)变晶结构、块状构造。岩石由石英(40%)、长石(32%)和石榴子石(15%)及不透明矿物(10%)和少量绢云母、黑云母等矿物组成。石英呈不规则粒状,粒度较为均一,粒径一般为0.05mm,与长石呈镶嵌状。长石强烈高岭石化,但又不都具高岭石特征,透明度较低,少量长石已绢云母化,有铁质加入者形成微晶黑云母。石榴子石为钙铝石榴子石,呈黄褐色,单偏光下透明度低,结晶程度不好,颗粒界线模糊,均质性,呈他形,圆形斑点,粒径为0.07~0.1mm,边缘褐铁矿化较明显,不透明矿物呈微粒稀疏或团粒状,其成分可能是碳质或铁质物。本区变粒岩主要有高岭石化石榴子石长英变粒岩、含铁方解石化石英变粒岩和角岩化条带状变粒岩,后者可见角岩组构和含铁物与长石石英等组成的条带状构造。

### 2. 石英岩

岩石呈浅灰色/黄褐色,不规则条带状构造、块状构造,变余层状构造,粒状变晶结构。由石英(75%~80%)、高岭石(10%~15%)、绢云母(2%~3%)、钛铁质(3%~4%)、玉髓(2%~3%)及少量碳质物组成。石英为不规则状,粒度微细,一般为0.05~0.1mm,彼此镶嵌,结晶程度不高,其结构类似于微晶玻璃体,偶见球粒形态的石英,石英具强波状消光。不规则团块状高岭石(绿泥石)微晶和绢云母微集合体不均匀地分布于石英颗粒之间,这两种片状矿物粒径小于0.005mm。有的绿泥石边缘见有更晚期白色石英脉,有的绢云母成不完整的球粒放射状排列;钛铁质由于重结晶作用而析出了不均匀的斑点,呈似条带状分布。本区石英岩主要有碳酸盐化含泥石英岩、硅化含泥石英岩、条带状高岭石化石英

岩等,是重要的赋矿岩石。

### 3. 角岩

主要见有透辉斜长角岩和石榴子石长英角岩。

透辉斜长角岩呈浅灰色,具粒状变晶结构,包含变晶结构,交代变晶结构,条带状构造。主要矿物成分为透辉石(30%)、斜长石(30%)、石英(25%)、萤石(7%)、黑云母(5%)、方解石(3%)和少量楣石、金红石等。条带宽窄不一,颜色略有变化,有的条带以中细粒斜长石、石英为主,有的以细微晶斜长石、石英为主。透辉石粒度较细,呈他形粒状、半自形粒状,无色或淡绿色,多被长石、石英包含,或交代长石、石英。斜长石多为他形板状晶体,强高岭石化,污浊,透明度低,很少见双晶。石英清澈透明,呈不规则粒状。黑云母集中分布在很细的条带中,呈微晶片状,棕色/棕黄色,显多色性。萤石集中分布于细条带中,均质性,高负突起。方解石呈他形、半自形微晶稀疏分布。

石榴子石长英角岩则由石英(40%~45%)、钠长石(20%~25%)、石榴子石(20%~25%)、高岭石(8%)和铁方解石(3%~5%)及方解石、绢云母铁质(3%~5%)等成分构成。石英为他形不等粒,粒径为0.01~0.05mm,透明度高,不含杂质,为重结晶作用的产物,与长石、石榴子石呈镶嵌状。钠长石为半自形不等粒状,高岭石化和绢云母化发育。石榴子石重结晶程度较低,颗粒界线不甚清楚,折光率高于长英质,均质性。高岭石多分布在方解石细脉边缘。绢云母铁染较强,沿高岭石边缘分布。高岭石、方解石和绢云母组成了明显的条带,这些条带是晚期形成的,多组条带彼此平行,很可能是构造作用贯入。含铁方解石和铁质物多为不规则星散状、团粒状,较均匀地分布于岩石中,大部分已褐铁矿化。

### 4. 大理岩

前已述及,本区灰岩岩层厚度不大,且区域分布极度不稳定,多夹于砂板岩层中。所以,在接触变质带中的大理岩往往与角岩呈相互过渡,呈浅灰白色及灰色条带相间。岩石较致密,微细晶。具粒状变晶结构、包含变晶结构,块状构造、条带状构造、非定向构造、变余层状构造。矿物成分复杂。岩石中条带内的矿物成分均有差异,每个条带的矿物组合大致可分为七个微条带。

(1) 钙铝石榴子石、含铁绢云母(水云母)、硅灰石、方解石、次透辉石、透闪石、石英、符山石、白钨矿微条带。此条带矿物成分复杂,结晶程度较低。石榴子石呈微粒、他形晶,光性特征不标准,均质性未

达全黑。含铁绢云母结晶程度更低,呈黄色斑点状,颗粒界线不清,由极微细颗粒组成。片状矿物基本显示粘土矿物特征。硅灰石呈板状、片状,颗粒边界模糊,结晶程度较低。方解石有两种:一是由原岩重结晶形成,自形程度较高,含量亦高,多呈微晶粒状;一种为其它矿物重结晶而成的他形不规则微晶,自形程度低。其它几种矿物含量低,白钨矿极少见。

(2)方解石、次透辉石、透闪石、石英、含铁绢云母、金红石、锆石微条带矿物成分以方解石为主,呈自形板状,有少量微细他形晶。其它几种矿物分布在方解石间隙中,次透辉石粒径明显小于方解石,含铁绢云母结晶程度很低。该条带内又略显更微细的条带构造,分别由暗色矿物集合体和方解石构成。

(3)次透辉石、方解石、楣石、硅灰石、绿帘石、石榴子石、斜黝帘石、石英、锆石微条带。该条带以次透辉石、绿帘石为主,方解石次之,其它矿物含量低。次透辉石多由微晶、细晶组成细条带状,方解石较分散,石榴子石结晶程度更低,略显均质性。

(4)方解石、次透辉石、绢云母、石英、楣石微条带以方解石为主,绝大部分为自形粒状,极少量为他形微晶。次透辉石为糖粒状,分散分布。楣石含量较多,与次透辉石共生。

(5)绢云母、次透辉石、绿帘石、方解石、石英、透闪石微条带以绢云母、次透辉石为主,具微细条带状构造。

(6)方解石、次透辉石、黑云母、透闪石、石英微条带以自形板状方解石为主,次透辉石为微粒状,黑云母已强烈绿泥石化。

(7)次透辉石、透闪石、绢云母、高岭石、方解石、绿帘石、斜黝帘石微条带以暗色矿物为主,次透辉石结晶程度较高,呈细条带状,方解石含量低,以微晶为主。

上述微条带由1~7表现为轻弱交代向无明显交代过渡,具热接触变质作用的遗迹。

### 5. 夕卡岩

夕卡岩呈浅灰色,致密状,具粒状变晶结构,包含变晶结构,条带状构造,块状构造。矿物成分较复杂,主要是钙铝石榴子石(35%)、透辉石(15%)、斜长石(15%)、方解石(12%)等。并分别组成以不同矿物为主的条带。其它矿物还有方柱石(8%~10%)、透闪石(5%~8%)、石英(4%)及少量符山石、硅灰石、尖晶石、楣石、白云母等矿物。石榴子石呈淡黄绿色,少数无色,等轴粒状,多为细晶,条带状分布。透辉石无色或浅绿色,细粒状,分散分布。斜

长石呈不等粒和中细粒状、板状、高岭石化明显,透明度差。方解石呈不等粒状,微中粗粒状、片状,结晶程度高,包裹有透辉石、石榴子石、方柱石、透闪石。石榴子石、透辉石、方柱石、透闪石均有较强的绢云母化、白云母化和纤闪石化,隐约可见原矿物晶形特征。其它次要矿物呈稀疏状,多与主要矿物呈镶嵌状分布。

### 6. 角砾岩

岩石呈角砾状构造。角砾多呈大小不等的棱角状、碎裂状,被胶结物呈网脉状穿插。角砾含量在30%左右,其成分为砂(板)岩、碳酸盐岩和岩浆岩的复杂混合。胶结物成分以硅质为主,少有碳酸盐类和粘土矿物类。角砾岩中局部显示气孔构造,假流纹构造,系后期热液蚀变在角砾岩带中交代和构造作用产生塑性流动的结果。

### 3.3 岩浆岩类

本区岩浆岩主要以侵入岩形式出现,岩石类型有英安斑岩或英安玢岩、黑云母闪长岩、石英闪长岩等,后期蚀变强烈,原岩岩石特征也有较大变化。

#### 1. 英安斑岩(玢岩)

岩石呈灰黑色,具显微粒状变晶结构、变余斑状结构,块状构造,硅化强烈。斑晶透明度较高,不含碳质及金属矿物,主要成分为微晶石英,长石呈半自形、长条状,多被条形状石英交代。局部具变斜气孔构造,主要成分为微晶石英,长石呈半自形、长条状,多被石英交代。局部具变余气孔构造,气孔呈不规则状,边缘多有石英镶边,有圆形的气孔被石英、高岭石充填的现象。金属矿物主要是黄铁矿,次为少量辉铜矿、铜蓝等。

#### 2. 闪长岩

岩石风化色呈灰白色,块状构造,柱状/粒状结构,闪长结构。主要矿物成分为中长石(76%~78%),其它矿物还有黑云母、石英、普通角闪石等。中长石大多呈板条状,发育聚片双晶,双晶纹多数细而密,据 $\perp(010)$ 最大消光角测得牌号为An30~40。个别具环带构造,内部有少许绢云母分解物,属中长石。黑云母可分为原生黑云母和蚀变黑云母两种,原生者呈短片状,群体嵌布在斜长石之间;蚀变者呈窄长片状,常与角闪石伴生或嵌在其中。二者多色性和吸收性较强, $N_g$ -深棕; $N_p$ -淡黄, $N_g > N_p$ 。石英呈他形粒状,粒度较细,呈充填式嵌于斜长石间,无色,干净。普通角闪石呈柱状、粒状,柱面和横切面解理发育,据 $N_g \wedge C$ 测得消光角为 $22^\circ$ ,属普通角闪石,呈绿色多色性, $N_g'$ -绿、黄绿, $N_p'$ -淡绿。从内到

外,析出铁质由少到多,多色性由强变弱,甚至向绿泥石过渡。根据矿物成分含量的差异,可分为黑云母闪长岩、石英闪长岩、角闪闪长岩等。

## 4 岩石化学成分特征

### 4.1 石英岩类化学成分特征和原岩恢复

从石英岩(矿石)化学成分分析结果,其SiO<sub>2</sub>含量一般为70%~80%,最高可达85.45%,与典型的硅质岩相比,明显偏低;Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量总体偏高,显示沉积碎屑或后期的高岭土化;TFe和CaO的含量较高,其它组分与正常石英岩接近。

对本区石英岩原岩的归属存在较多的争议,前人在铜矿普查中,曾鉴定为次生石英岩,视其为酸性火山岩的硅化蚀变岩(202地质队,1971);也将其视为火山岩(田守玉等,1993)。为了查明其原岩特征,笔者根据已鉴定的岩石学特征和岩石化学成分等成果,采用不同的类比和分析方法进行了探讨。

在对岩(矿)石的岩石化学分析成果进行了尼格里特征参数和西蒙南特征参数计算(表1),同时把这些参数投点于尼格里四面体和西蒙南有关在不同成因类型岩石的化学成分分区中(al+fm)-(ca+lk)-Si的分布图解中(图5,图6),石英岩中仅极少数落入火成岩区域,主要落入残余沉积物、粘土质沉积物区或化学沉积物区(尼格里),亦或砂岩、厚层泥岩、钙质沉积物区(西蒙南),无疑显示石英岩原岩应为正常碎屑沉积岩。

### 4.2 岩浆岩化学成分及成因分析

前已述及,本区岩浆岩以侵入岩形式出现,以闪长岩类为主,其化学成分见表2,特征参数列于表3。

从表3可知,本区闪长岩类铝碱指数均小于1, K<sub>2</sub>O/Na<sub>2</sub>O 值仅1件大于1,主要属K<sub>2</sub>O<Na<sub>2</sub>O;里特曼指数(δ)较高,则又可划入钙碱性岩石系列。

从Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O关系图(图7)可知,本区闪长岩属

表1 阿西金矿岩石/矿石特征参数计算

Table 1 The calculations of the diagnostic parameters for the rocks (ores) from the Agyi gold deposit

岩(矿)石名称	al	fm	c	alk	c/fm	Si	(al+fm)-(c+alk)
黑云母闪长岩	48	43	8.3	1.2	0.19	1315	81
透辉石夕卡岩	12	37	44	7	1.2	116	-2
夕卡岩	13	17	66	4	4	90	-40
夕卡岩	5	31	64	0.5	2.1	73	-28.4
夕卡岩	12	10	77	1.2	7.7	49	-56.4
夕卡岩化大理岩	14	29	46	11	16	113	-14
砂卡岩化大理岩	14	29	46	11	0.27	156	-14
夕卡岩	51	37	10	2.4	1.8	1085	75.2
夕卡岩	16	29	53	2.3	1.3	338	-10.6
夕卡岩	11	38	50	1.4	0.26	500	-2.8
夕卡岩	63	27	7	3	0.5	692	80
条带状石英岩	65	20	10	5	0.27	689	70
条带状石英岩	67	22	6	5	2.7	695	78
硅化石英砂岩	28	19	52	1	0.68	413	-6
石英岩型富矿石	34	38	26	2	0.35	610	44
石英岩型富矿石	57	31	11	3	0.25	651	74
石英岩型富矿石	41	43	11	5	2.8	706	68
石英岩型富矿石	17	21	61	1.5	0.37	393	-24
石英岩型富矿石	43	38	14	3	0.25	777	64
石英岩型富矿石	42	45	11	2	1.29	741	74
石英岩型富矿石	19	34	44	3	1	549	6
石英岩型富矿石	32	32	34	2	0.38	278	28
石英岩型贫矿石	41	43	13	3	0.3	885	68
石英岩型贫矿石	45	38	12	5	0.4	583	66
石英岩型贫矿石	46	35	17	2	0.7	807	62
石英岩型贫矿石	13	49	36	2	2.4	348	24
石英岩型贫矿石	14	25	60	1	0.3	255	-22
石英岩型贫矿石	32	45	15	8	0.13	679	54
石英岩型贫矿石	29	61	8	2		755	80

表 2 阿西金矿石/矿石化学成分表 ( $w_B/\%$ )  
 Table 2 Chemical compositions of the rocks (ores) from the A'gyi gold deposit ( $w_B/\%$ )

序号	样品数	岩(矿)石名称	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	CaO	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O	总量
1	4	石英岩	77.42	0.18	4.99	3.25	0.38	4.48	0.60	0.10	0.12	0.08	0.19	2.75	94.53
2	1	块状石英岩	76.89	0.61	11.99	2.16	1.40	0.80	0.10	0.05	0.20	0.05	0.12	0.85	95.22
3	2	条带状石英岩	77.45	0.61	12.56	1.27	1.54	0.88	0.12	0.02	0.50	0.08	0.20	2.63	97.8
4	1	硅化石英砂岩	69.33	0.42	7.98	2.44	1.28	8.20	0.18	0.04	0.04	0.03	0.16	3.68	93.77
5	2	块状石英岩富矿石	77.04	0.50	9.36	4.09	0.39	2.05	0.55	0.02	0.36	0.06	0.06	1.04	95.49
6	2	角砾状石英岩富矿石	79.83	0.49	7.91	3.87	1.33	1.29	0.26	0.04	0.37	0.07	0.09	1.69	97.23
7	3	条带状石英岩富矿石	73.49	0.34	8.17	2.02	3.44	4.73	0.81	0.06	0.22	0.12	0.18	1.08	94.66
8	3	块状石英岩富矿石	79.01	0.56	8.06	3.72	1.28	1.40	0.20	0.03	0.28	0.11	0.12	1.14	95.91
9	3	角砾状石英岩富矿石	71.34	0.25	5.61	1.07	4.63	7.41	1.68	0.05	0.27	0.19	0.08	0.99	93.56
10	1	条带状石英岩富矿石	82.24	0.20	5.38	3.24	4.54	0.85	0.29	0.02	0.14	0.04	0.11	0.58	97.63
11	2	夕卡岩	39.73	0.31	7.78	6.96	1.53	29.70	2.15	0.19	0.575	0.22	0.125	0.39	89.68
12	3	夕卡岩化大理岩	41.32	0.59	10.04	3.48	2.16	26.64	3.20	0.14	2.07	0.35	0.14	0.56	90.70
13	1	透辉石夕卡岩	48.78	0.56	8.70	1.55	3.20	17.61	7.80	0.17	2.38	0.88	0.16	0.89	92.68
14	2	硅化石英岩富矿石	83.16	0.46	7.89	1.98	0.41	0.54	0.10	0.01	0.13	0.03	0.16	3.60	98.45
15	2	黑云母闪长岩	53.32	0.69	17.76	1.52	3.13	6.66	2.36	0.08	4.38	2.98	0.16	2.46	95.48
16	1	蚀变闪长岩	49.65	0.52	15.03	4.35	0.58	11.28	1.87	0.07	0.87	1.33	0.18	5.64	91.37
17	1	石英闪长岩	62.30	1.03	15.31	0.47	5.83	4.73	1.80	0.02	3.41	3.60	0.13	0.53	99.16
18	1	黑云母石英闪长岩	60.80	1.01	16.31	1.46	3.87	5.98	1.50	0.03	2.91	3.67	0.10	0.86	98.50
19	1	蚀变黑云母闪长岩	38.78	0.48	10.08	3.03	2.88	16.72	4.89	0.15	2.00	0.22	0.09	3.25	82.57

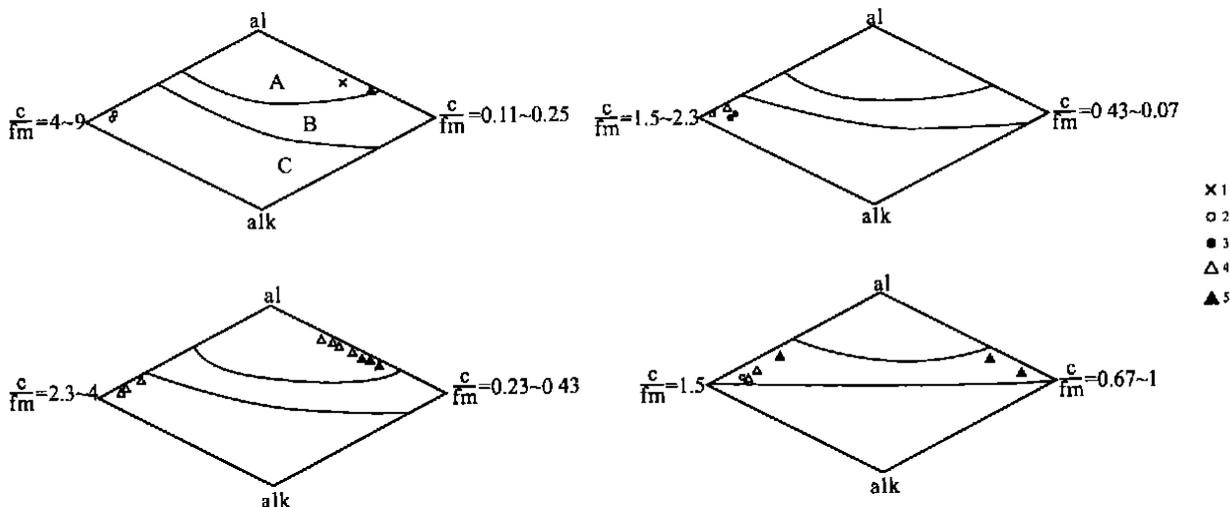


图5 岩(矿)石尼格里四面体图解

1. 黑云母闪长岩; 2. 夕卡岩; 3. 大理岩; 4. 石英岩; 5. 石英岩型矿石。A. 残余沉积物、粘土质沉积物 B. 火成岩; C. 化学沉积物

Fig. 5 Niggli's tetrahedral diagrams for the rocks (ores) from the study area

I= biotite diorite; 2= skam; 3= marble; 4= quartzite; 5= quartzite-type ores. A= residual sediments and clayey sediments; B= igneous rocks; C= chemical sediments

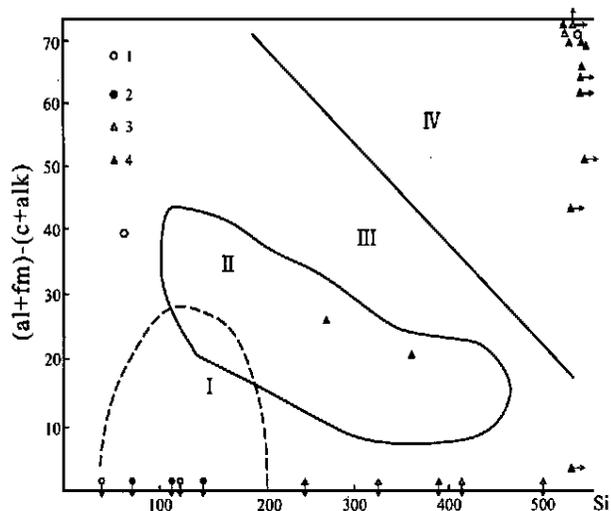


图6 不同成因类型岩石的化学成分区中(al+fm)-(c+alk)-Si 的分布图解(据西蒙南, 1953)

I. 钙质沉积物区; II. 火山岩区; III. 厚层泥岩区; IV. 砂岩区。其它图注同图5

Fig. 6 (al+fm)-(c+alk)-Si diagram showing the distribution of the chemical compositional fields for the rocks of different origins (after Simengnan, 1953)

I = calcareous sediments; II = volcanic rocks; III = thick bedded mudstone; IV = sandstone. See Fig. 5 for the other symbols

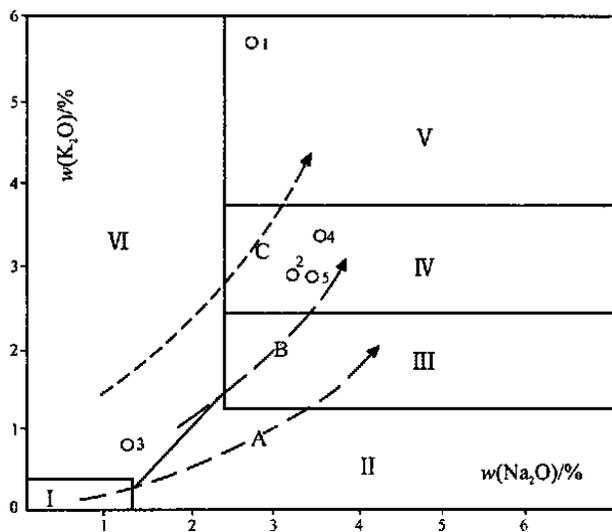


图7 岩浆岩 Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O 关系图(据徐克勤, 1987)

I. 地球原始物质和基性岩区; II. 地幔型基性岩区; III. 壳幔型中性岩区; IV. 壳幔型和硅铝质地壳过渡区中酸性岩区; V. 酸性岩区, 即硅铝质壳型花岗岩区; VI. 沉积岩区。A. 钠质系列演化线; B. 钾质系列演化线; C. 过渡性岩石演化线(图中样号同表3中序号)

Fig. 7 Na<sub>2</sub>O-K<sub>2</sub>O diagram for magmatic rocks (after Xu Keqin, 1987)

I = Earth's primitive matter and basic rock field; II = mantle-type basic rock field; III = crust-mantle type median rock field; IV = median-acidic rock field in the crust-mantle type and sialic crustal transitional field; V = acidic rock field, i. e. sialic crustal granite field; VI = sedimentary rock field. A = sodic series line; B = potassic series line; C = transitional series line (The sample numbers are the same as the numbers in Table 3)

表3 阿西金矿田岩浆岩石化学特征参数

Table 3 Diagnostic petrochemical parameters for the magmatic rocks from the A'gyi gold deposit

序号	岩石名称	特征参数				
		A/NKC	K <sub>2</sub> O/Na <sub>2</sub> O	$\delta$	S <sub>z</sub>	C
1	黑云母闪长岩	0.74	2.16	9.51	594±170	124±37
2	黑云母闪长岩	0.92	0.91	3.02	273±82	59±17
3	蚀变闪长岩	0.63	0.65	0.72	79±21	19±6
4	石英闪长岩	0.84	0.95	2.55	278±82	60±18
5	黑云母石英闪长岩	0.81	0.79	2.43	247±72	53±16

壳幔型和硅铝质地壳过渡区或硅铝质壳型的岩浆岩区,表明其总体应属中深成相侵入体。根据康迪(1973)所建立的判别式(表3中S<sub>z</sub>、C)计算,其岩浆形成时的深度在200km以上,而此时地壳厚度则小于50km,亦即是大陆造山带。

#### 参考文献:

- [1] 翟裕生. 矿田构造学概论[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1984.  
 [2] 陈国达. 成矿构造研究法[M]. 北京: 地质出版社, 1978.  
 [3] 张理刚. 稳定同位素在地质科学中的应用[M]. 西安: 陕西科学技术出版社, 1985.  
 [4] 池三川. 隐伏矿床(体)的寻找[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1988.

- [5] 刘东升. 中国卡林型(微细浸染型)金矿[M]. 南京: 南京大学出版社, 1994.  
 [6] 郑明华, 等. 喷流型与浊流型层控金矿床[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1993.  
 [7] 殷鸿福, 等. 秦岭及邻区三叠系[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1992.  
 [8] 王小春. 川西北地区微细浸染型金矿的成矿过程[J]. 四川地质学报, 1995, 15(1): 41-48.  
 [9] 李小壮. 川西北地区浅成低温热液金矿系列的矿床与分布规律[J]. 四川地质学报, 1996, 16(2): 135-141.  
 [10] 倪师军. 小秦岭中基性脉岩与金矿成因关系新模式[M]. 成都: 西南交通大学出版社, 1994.  
 [11] 毛裕年, 等. 西秦岭硅灰泥岩型铀矿[M]. 北京: 地质出版社, 1989.

## Petrology and petrogeochemistry of the A'gyi gold deposit, Zoige, Sichuan

HE Hong, WEN Jin-ming

(Sichuan Bureau of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610081, Sichuan, China)

**Abstract:** The A'gyi gold deposit in Zoige, Sichuan is located in the "golden triangle" as metallogenic clusters at the juncture of Sichuan, Gansu and Shaanxi Provinces, where the Middle Triassic strata are considered to be the most important source rocks and host rocks. The gold deposit resulted from polyphase geological processes and has polyphyletic origins, and thus recorded the complex evolution from deposition through diagenesis to enrichment and finally to mineralization. The study of the host rocks indicates that the gold deposit was formed in the bathyal-slope environment. The rocks cropped out in the region include the sedimentary and metamorphic rocks composed of fine-grained sandstones, graywacke, sedimentary tuff, carbonate rocks, siliceous rocks, leptynite, quartzite, hornfels, marble, skarns and breccias. The magmatic rocks consist dominantly of dacite porphyry (porphyrite) and diorites. The quartzites as the most important host rocks exhibit massive and irregular banded structures, brownish yellow/light gray blastobedded structures, and consist of quartz (75%—80%), kaolinite (10%—15%), sericite (2%—3%), ilmenite (3%—4%), chalcocony (2%—3%), and a small amount of carbonaceous components. Petrochemically, the quartzites can be distinguished from the representative siliceous rocks by lower SiO<sub>2</sub>, higher Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and highly kaolinization. The quartzites are interpreted to be a kind of altered products and their primitive rocks should be normal clastic sedimentary rocks.

**Key words:** petrology; petrogeochemistry; A'gyi gold deposit