

## 四川若尔盖巴西金矿床地质特征及成因\*

罗梅

何虹

王月文

(成都理工学院,成都) (四川地矿局川西北地质大队,绵阳) (中国地质博物馆,北京)

**摘要:** 若尔盖巴西金矿床位于陕甘川三角成矿区,产于中三叠统草地群与印支-燕山期闪长岩侵入体的接触过渡部位,按金矿赋存的主要岩性、岩石成因类型及产出特点,本矿床分为侵入体外接触带交代(硅化)石英岩型和接触带夕卡岩型两种类型。巴西金矿床的形成经历了成岩成矿期、热液期和表生期三期成矿作用,以热液期为主(包括金-毒砂-黄铁矿-石英阶段和金-辉锑矿-方解石阶段)。根据矿石矿物组合,矿物自然连生组合及标型元素特征提供的成矿信息,该文论述了金的运移形式和金的成矿作用机制,探讨了本区两种类型金矿床金矿化的成因。

**关键词:** 巴西金矿床 地质特征 矿床成因 四川若尔盖

四川若尔盖巴西金矿床是陕甘川“金三角”成矿集中区若尔盖地块东部金矿带中较典型的一个金矿床。该矿床位于四川若尔盖县城北东(35°方位)平距约20 km,经四川省地矿局川西北地质大队勘查证实为具有中型远景的金矿床。本文在现有的勘查工作的基础上,根据笔者近年对该矿床的研究,在此系统阐述矿床的地质矿化特征,并对矿床成因进行初步探讨。

## 1 矿床地质特征

矿区内出露中三叠统草地群第二组第3、4段地层,岩性主要为灰色、青灰色长石石英砂岩、变石英岩夹硅质条带细晶灰岩和泥质板岩或碳泥质板岩,金矿化主要产于第4段地层中。由于受印支-燕山期黑云母闪长岩与石英闪长岩侵入体的影响,与岩体接触过渡部位的围岩普遍发生热变质和接触交代变质作用。

矿区总体为一复式背斜褶曲构造,在矿区东南部,背斜核部被黑云母闪长岩与石英闪长岩侵入而破坏。由于受一组NW向(或近EW向)断裂构造( $F_2$ ,  $F_3$ )的影响,背斜南西翼保存不完整。在本区西北部,由于构造挤压和岩浆侵入活动的影响,地层褶曲与断裂都很发育。本区主要金矿化(II号矿带)分布于 $F_6$ 与 $F_4$ 两断层之间的且让岩体的南西部,主要由单斜地层构成。

本区断裂构造主要为NW向、此外有近EW向,近SN向和NE向三组。NW向主断裂 $F_2$ 和 $F_6$ 为逆冲断层,由它们控制了本区总体构造轮廓,且让石英、黑云母闪长岩体即夹于 $F_2$ 与 $F_6$ 两断裂之间呈NW向延伸(图1)。 $F_4$ 为较大的NE向平移断层,其他NE向小型平移断裂多切割金矿体,因而造成矿体的不连续。本区断裂构造具有多期次活动特征,以压性和压扭性为主,断层倾角一般都较陡(多大于60°)。在NW向断裂中,发育于主背斜南西翼的 $F_2$ 、 $F_3$ 断裂倾向南西,发育于主背斜北东翼的 $F_6$ 断裂倾向北东,这一特征反映本区构造主要承受了北东-南西方向区域压应力的影响。

矿区内主侵入体为“且让岩体”,主要由石英闪长岩及黑云母闪长岩、黑云母石英闪长岩和闪长玢岩组成。该岩体呈NW向不规则脉状侵入草地群中(主要分布于第二组4段地层中),属印支-燕山期岩体。从野外产状和接触关系看,黑云母闪长岩为相对早期的侵入体,石英闪长岩为其后的主侵入体。黑云母石英闪长岩出露较少,主要分布于上述两种闪长岩的接触过渡部位呈脉状产出,大小不等的闪长玢岩、花岗斑岩及细晶花岗岩等酸性脉体分布于且让岩体边部及围岩中,推测为主侵入体的同源产物或石英闪长岩的

\* 原地质矿产部定向科研基金项目资助(编号:直科定93-20)

罗梅,男,1948年生,副教授,1975年毕业于成都地质学院,从事矿产资源勘查与开发研究。邮政编码:610059

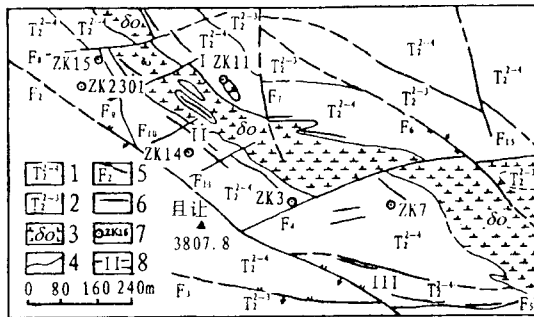


图1 巴西金矿床地质图

1—中三叠统草地群第二组4段；2—中三叠统草地群第二组3段；3—石英闪长岩；4—地质界线；5—断层及编号；6—金矿体；7—钻孔及编号；8—矿带及编号

晚期分异产物。

与金矿化关系密切的岩浆岩主要是石英闪长岩，岩石中的金属矿物见有黄铁矿、黄铜矿、斑铜矿、毒砂、黝铜矿、辉钼矿、辉铜矿、辉钨矿、辉铋矿、黑钨矿、辰砂和雄黄等，岩石蚀变较强，含金  $0.1 \times 10^{-6} \sim 2.17 \times 10^{-6}$ 。

## 2 金矿化特征

本区 I、II、III 三条金矿（化）带从北向南、从西向东依次排列。

(1) I号金矿化带：矿化带位于矿区北西部，地表靠土壤金次生晕圈定，深部有两钻孔（ZK11、ZK12，由原404队施工）见矿。金异常（矿化）带在地表长600m，宽2~10m，呈NW向沿且让岩体北东侧展布，伴生Cu、Fe矿化体。圈出金矿体5个，矿体长35~100m，平均厚0.78~3.26m，平均Au品位  $1.21 \sim 4.62 \times 10^{-6}$ 。

(2) II号金矿带（本区主矿带）：矿带大致平行I号矿化带，沿且让岩体南西侧分布，矿带长500余米，宽10~100m，向深部延伸约200m（ZK15孔控制）。钻孔与地表探槽（间距20~40m）控制大小金矿体共22个，矿体长38~365m，平均厚0.58~7.8m，平均Au品位  $1.10 \sim 21.26 \times 10^{-6}$ 。该带金矿储量占全区总储量的2/3以上。

(3) III号金矿化带：矿化带位于矿区东南部，在II号矿带东南部的延伸方向上，其间发育F4左旋平移断层，并有100多米无矿地段相分隔。地表用40~80m间距探槽控制，已揭露10个Au矿体，长30~80m，平均厚0.70~7.46m，平均Au品位  $1.04 \times 10^{-6} \sim 4.34 \times 10^{-6}$ 。

本区三条金矿（化）带的形成与分布与且让岩体有密切关系，按矿体在岩体与围岩中的产出部位，可分为产于岩体外、岩体内及接触带中三类。从统计资料看，本区地表及近地表最主要的金矿体均产于岩体外接触带围岩的构造破碎带中，含矿岩石主要为硅化强烈的变石英砂岩及交代（硅化）石英岩，矿石有块状、条带状和角砾状三种类型。产于岩体与围岩接触带中的金矿体受岩体侵入界面凹凸弯曲程度及围岩产状的双重控制，呈不规则囊状，柱状及透镜状产出（图2），金矿石类型复杂，以夕卡岩型成分角砾岩型矿石为主，平均金品位  $2.31 \times 10^{-6} \sim 9.30 \times 10^{-6}$ 。

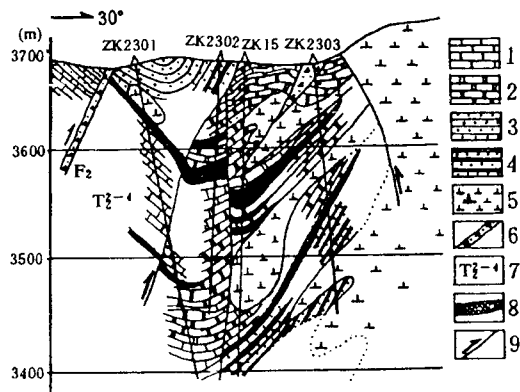


图2 巴西金矿床23号勘探线剖面图

1—灰岩；2—夕卡岩、大理岩；3—砂岩；4—硅化石英岩；5—石英闪长岩；6—断层角砾岩；7—中三叠统草地群第二组4段；8—金矿体；9—断层

金矿化带中围岩蚀变主要有硅化、夕卡岩化、赤（褐）铁矿化及局部发育的黄铁矿、辉钨矿与毒砂等多金属硫化物。从整体看，地表及浅部金矿体直接产于强烈硅化的蚀变岩中（称交代石英岩），金矿化与赤、褐铁矿化和多金属硫化物化有密切关系；深部金矿体主要产于硅化、夕卡岩化岩石中，金矿化与多金属硫化物化关系密切。地表及浅部褐铁矿化强烈发育地段，矿石多为网脉状，蜂窝状褐铁矿化碎裂岩，褐铁矿（单矿物）含金一般为  $50 \times 10^{-6}$  左右，矿石人工重砂选出较多细粒自然金。向深部（距地表40m坑道内）褐铁矿化明显减弱，相对多金属硫化物增多，金矿石中未发现自然金（明金）。

### 3 成矿期与成矿各阶段成矿作用特征

巴西金矿床的成矿可分为成岩成矿期、热液期和表生期三期，其中以热液期为主。热液期成矿温度不高，石英气液包裹体均一法测温为133~239℃，属中低温—低温热液。由于温度不高，热液萃取的成矿物质有限，且金矿物颗粒极细小，多混入黄铁矿、毒砂、辉锑矿等硫化物中，呈次显微金形式存在。

本矿床热液期可划出金-毒砂-黄铁矿-石英和金-辉锑矿-方解石两个阶段。金-毒砂-黄铁矿-石英阶段成矿温度相对较高，以形成Au-Ag-Fe-As-S系列矿物为主，金粒一般细小；金-辉锑矿-方解石阶段成矿温度低，以形成Au-Sb-S系列矿物为主，金多为次显微金。

巴西金矿床各成矿期与成矿阶段特征列表如下（表1）。

表1 巴西金矿床成矿期各阶段主要特征

| 成矿期与成矿阶段 | 成岩成矿期                                      | 热液期                                      |                                | 表生期<br>表生阶段                                      |
|----------|--|--|--------------------------------|--|
|          |  | 金-毒砂-黄铁矿-石英阶段                            | 金-辉锑矿-方解石阶段                    |  |
| 矿物组成     | 石英、细晶黄铁矿、磁铁矿、钛铁矿、锌铜矿、火山玻璃、自然砷、毒砂、含银自然金、自然金 | 毒砂、黄铁矿、石英、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、辉钼矿、自然金、含银自然金、银金矿  | 辉锑矿、雄黄、方解石、辉碲矿、黄铁矿、自然金         | 针铁矿、纤铁矿、水铝英石、硬锰矿、孔雀石、铜蓝、臭葱石、锑华、方解石、自然金、含银自然金、银金矿 |
| 矿石结构     | 硅细菌结构、他形粒状结构、散粒状结构、板片状结构、胶粒状结构等            | 自形晶结构、半自形晶结构、他形晶结构、包含状结构、压碎结构、残余结构等      | 内部双晶结构、网脉状结构、他形散粒浸染状结构、镶嵌粒状结构等 | 胶状结构、残余状结构、假像结构、皮壳状结构、土状结构等                      |
| 成矿元素组合   | Si, Fe, S, O, Cu, Zn, As, Au等              | Au, Ag, Cu, Fe, Pb, Zn, Mo, U, As, S, O等 | Sb, As, S, Ca, Mg, Te, Au等     | Fe, Cu, Pb, Zn, O, H, As, Au等                    |
| 成矿物源     | 海底火山喷气热液作用、扩散、对流作用带入矿质，陆源碎屑带入矿质等           | 中低温→中偏低温热液充填、交代成矿（广义热液）                  | 低温热液物质充填、交代成矿（广义热液）            | 表生作用下，原生矿物的次生风化作用，Au矿质可以再集中于氧化带等                 |
| 成矿作用     | 沉积、成岩成矿作用、火山作用、扩散、对流搬运作用、生物作用等             | 热液充填作用、交代作用、有机碳质物的聚集、还原、沉淀矿质作用等          | 热液充填、交代作用、有机碳质物的间接成矿作用等        | 表生风化作用、无机胶体作用、生物作用等                              |
| 工业价值     | 不明显  | 主要                                       | 主要                             | 次要   |

### 4 矿床成因

通过载金硫化物硫同位素分布特征研究，可判断成矿物质的来源。巴西金矿床12件金矿石硫同位素分布特征是：黄铁矿（6件） $\delta^{34}\text{S}$ 变化范围为2.1‰~ -12.2‰（平均-3.42‰），毒砂（2件） $\delta^{34}\text{S}$ 为-9.8‰和-13.3‰（平均-11.59‰），辉锑矿（4件） $\delta^{34}\text{S}$ 为-8.7‰~-11.3‰（平均-9.89‰）。从硫同位素分布直方图（图3）看出，本区12件硫同位素中只有2件（黄铁矿）同位素值大于零，其他的硫同位素值均为负值，且变化范围较宽，表明矿石中的硫及成矿物质主要来自地层，但又不排除有少量岩浆期后热液参与成矿的可能性。

借助矿石中矿物包裹体溶液的氢氧同位素特征可探讨成矿热液的来源及性质。巴西金矿床矿石中石英

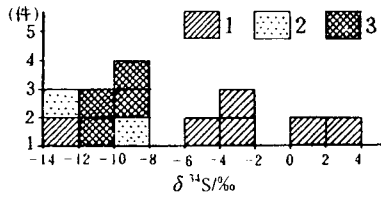


图3 硫同位素分布直方图

1—黄铁矿；2—毒砂；3—辉锑矿

(7件)包裹体溶液  $\delta^{18}\text{O}$  变化范围为 13.6‰ ~ 21.8‰, (平均 18.3‰), 包裹体溶液  $\delta\text{D}$  为 -55‰ ~ -118‰ (平均 -97.1‰), 计算求得成矿溶液的  $\delta^{18}\text{O}_{\text{H}_2\text{O}}$  为 -1.1‰ ~ 5.8‰ (平均 1.48‰)。用均一法测得矿石中石英气液包裹体温度变化范围为 133 ~ 239℃ (平均 173℃)。这些数据表明本区成矿流体主要来自大气降水, 即大气降水在渗入循环过程中被加热, 并溶解围岩中的矿质成分形成了含矿热水溶液。

稀土元素可因外界条件变化而引起分馏, 因而成为解决成矿物质来源与分析成矿条件的有效手段之一。本区矿石和岩石的稀土总量从矿石 → 闪长岩 → 蚀变围岩依次递增, 矿石的  $\Sigma\text{REE}$  低可能与硅化交代硅质矿石中石英的  $\Sigma\text{REE}$  最低有关 (图4)。稀土元素在蚀变围岩中得到富集, 主要与夕卡岩富稀土有关, 夕卡岩化蚀变交代岩是岩浆热液作用的结果。总体看矿石和蚀变围岩及闪长岩稀土元素含量配分曲线显示很好的一致性, 变价稀土元素离子 (Eu、Ce) 均未形成明显异常, 表明成矿过程中环境变化总体不大, 其配分形式与普通闪长岩的轻稀土富集 (配分曲线向重稀土一侧倾斜) 相一致, 表明金矿石成因与闪长岩有较密切关系。黄铁矿、毒砂、辉锑

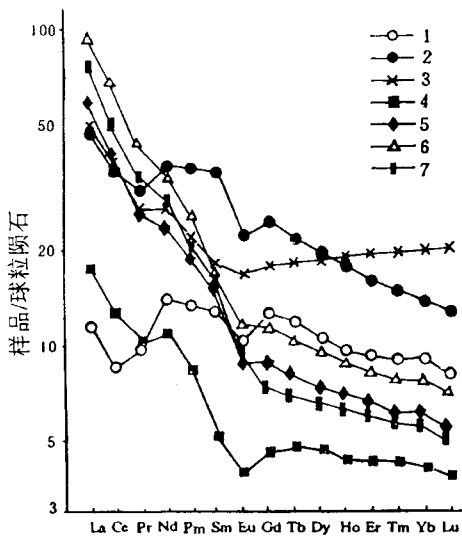


图4 稀土元素球粒陨石标准化图解

1—黄铁矿；2—毒砂；3—辉锑矿；4—石英；5—金矿石；6—蚀变岩石；7—闪长岩

矿和石英4种主要载金热液矿物中,毒砂和辉锑矿的  $\Sigma\text{REE}$  接近矿石或岩石稀土元素总量水平, 而黄铁矿和石英的  $\Sigma\text{REE}$  较低 (分别为  $42.5 \times 10^{-6}$  和  $34.2 \times 10^{-6}$ )。从以上分析不难看出, 产于岩体外接触带硅化构造破碎带中的交代石英岩型金矿床, 从成矿物质来源和成矿作用过程来看, 金矿化仍属地下热 (卤) 水渗滤型矿化, 即主要由下渗的天然水在地下被加热, 通过环流将矿源层——含碳泥砂质岩系中的成矿物质活化并浸出, 然后沿着岩石中的断裂、裂隙和层间破碎系统迁移至有利的构造-岩石环境内进行交代和充填成矿。此外, 岩浆期后热液及接触交代变质热液对该类型金矿化的成矿也有一定意义, 但不是主要的, 这可以从矿石硫同位素、氢氧同位素及稀土元素特征得到证实。

根据矿物的穿切关系等分析, 夕卡岩型金矿化的成矿作用具有多阶段性, 主要经历了夕卡岩化—金属矿化—金矿化3个阶段, 各阶段矿物叠加普遍。含金的热水溶液主要为岩浆期后热液和加热的下渗天然水循环热液及接触交代变质热液, 该混合热液沿接触带早期硅化-夕卡岩化岩的破碎、裂隙带进行扩散、充填与交代作用, 形成细脉状、细网脉状和浸染状金矿化。

参加本项目工作的还有夏绪学、李盛萍等同志, 工作中得到李小壮、曹志敏等同志的支持和帮助, 在此表示感谢。

参 考 文 献

- 1 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志. 北京: 地质出版社, 1991.
- 2 胡受奚. 交代蚀变岩相学. 北京: 地质出版社, 1980.
- 3 罗梅, 何虹, 李盛萍. 四川若尔盖巴西金矿床类型与矿石物质组成研究. 见: 四川省地学核技术应用开发重点实验室年报. 成都: 成都科技大学出版社, 1996.