

金矿床, 黔西南, 成矿模式

146 - 153

p618.510.5

## 黔西南金矿及其成矿模式

# Gold Deposits in Southwest Guizhou and Their Metallogenetic Model

韩至钧      盛学庸

Han Zhijun and Sheng Xueyong

(贵州省地质矿产厅)

*Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development,  
78 Beijing Road, Guiyang 550004, P. R. C*

**Abstract:** The Carlin-type gold deposits of China were firstly discovered in Southwest Guizhou Province in 1987. So far, a lot of similar deposits (some with a tens of tonnage, such as Lannigou, Zimudang etc. deposits) and occurrences have continuously been found in the area, and the region with prospect has been expanded into an area of about 100 thousand km<sup>2</sup>, called "Golden Triangle in Southwest China", including the joint between Southwest Guizhou, Northwest Guangxi and Southeast Yunnan provinces. Recently, a new type of karst delapsional lateritic gold deposit related to Carlin type in genesis was found, making the area as an important place of gold production in China. In this paper, the authors have outlined the main features of the two kinds of gold deposits and, based on these, have expounded their viewpoints on some problems associated with the deposits as follows: 1. The occurrence of Youjiang basin is a key to mineralization and location of the gold deposits in Southwest Guizhou; 2. There is a large depth of potential mineralization and a great attention should be paid to ore-search in depth; 3. The formation water, including the thermodehydration water, was the main source water making up the mineralizing fluid, and the meteoric water was not introduced until the late stage of the metallogenesis which was not associated with the deposition of gold; 4. Apparently, the gold deposits are controlled by certain structure, lithology, horizon and facies, but only the structure and lithology are essential, and the horizon and facies are apparent. And an emphasis has been given to the control of compounding of the structure and lithology to the gold mineralization 5. The existence of framboidal syngenetic pyrites in protolith was an important factor to lead to the gold deposition from the mineralizing fluid, and the absorption and reduction of the syngenetic pyrites to gold was a major way of the deposition of gold, because of common existence of the pyrites, each of which has a nucleus consisting of syngenetic framboidal pyrite and a coating composed of hydrothermal pyrite rich in Au and As; 6. the lateritic gold deposit is a deriva-

tive of the Carlin type gold deposit, i. e. the primary Carlin type gold deposit was caved in thanks to the intensive karstification of the underlying carbonate rocks and then was intensively lateritized during the Shanpen stage, finally, the lateritic gold deposit formed. So, there is a relationship of coexistence regionally and of flux and reflux in ore-hosting space between them. The metallogenetic model for the gold deposits of Southwest Guizhou was established at the end of the paper.

**关键词：**金矿 卡林型 红土型 成矿模式 黔西南

**〔内容提要〕** 黔西南是中国最先发现卡林型金矿的地区，迄今，产地已扩大到黔、桂、滇三省毗邻区的“黔—桂—滇金三角”，面积达10万平方公里左右，致使该区成为中国重要的黄金产区之一。近年来，区内又发现了具有重要经济价值的岩溶塌陷成因的红土型金矿。本文概要地介绍了两种类型金矿的地质特征，在此基础上着重阐述了作者的如下观点：①右江盆地的存在是本区金矿成矿定位的决定性因素，盆地的形成与演化为含矿热液的孕育提供了热、水、矿“三源”，盆地的边缘断裂是成矿热液释放的主要通道，故尔在右江盆地与扬子地台的衔接带成矿。②原生金矿的成矿深度很大，下限超过成矿时古地面以下4000m，应重视深部找矿。③矿床的产出，从表观上看，与一定的构造、层位、岩相和岩性有关，但层位和岩相对矿床的控制仅是表观的，构造和岩性的控制才是本质的，即背斜和穹隆核部具多次活动的断裂和富含同生黄铁矿的细碎屑岩复合控矿。④构成成矿热液的流体主要是盆地中的沉积建造水，包括封存水和热脱水，只是在与金的沉淀并无直接联系的热液活动晚期，才明显地有大气水介入。⑤容矿岩石中原有的草莓状同生黄铁矿的存在是导致金从溶液中淀出的重要原因；同生黄铁矿的吸附和还原是金的主要沉淀方式；具同生黄铁矿内核和富金、砷热液黄铁矿外环的载金黄铁矿作为金的主要载体的普遍存在，是这一判断的重要证据。⑥红土型金矿是卡林型金矿的次生衍生物，是原有的卡林型金矿，在山盆期因下伏碳酸盐岩高度岩溶化引起塌陷后再红土化的产物，因此，二者有区域上共存，在容矿空间上互为消长。最后，作者建立了本区金成矿模式。

1987年，黔西南地区发现了中国的首批卡林型金矿。迄今，金矿的产地已扩大为包括黔、桂、滇毗邻区在内，面积近10万km<sup>2</sup>的所谓“黔—桂—滇金三角”。区内已发现包括烂泥沟特大型金矿在内的一批金矿床和矿化点，近年来，区内又相继发现了与卡林型金矿有成因联系且具重大经济价值的岩溶塌积成因的红土型金矿，从而使该区成为中国最重要的金矿产区之一。

## 1 区域地质背景

黔西南地区跨越扬子陆块和华南褶皱系的右江造山带（右江盆地），濒临特提斯—喜马拉雅构造域与濒太平洋构造域的结合部位。

扬子陆块位于本区北部，其基底为前震旦系，具“三层式”结构。盖层由震旦纪以来的被动大陆边缘浅水沉积构成。除晚二叠世早期西邻有大规模大陆溢流型拉斑玄武岩流外，总体上岩浆活动不发育。中生代晚期的燕山运动使盖层褶皱断裂，但褶皱多舒缓开阔。

右江造山带位于本区南部，地质景观与扬子区形成鲜明对照。其中，下层基底与扬子陆地相似，上层基底由晚元古代至早古生代的浅变质岩系组成，泥盆纪以来，经历了复杂

而漫长的盆地演化史, 沉积了巨厚的盖层。泥盆纪至早二叠世属被动边缘裂陷盆地, 沉积物以浅水碳酸盐为主; 晚二叠世至早三叠世转化为被动边缘裂谷盆地, 深水碳酸盐和细碎屑沉积占主导地位; 中、晚三叠世期间, 受特提斯的影响转化为周缘前陆盆地, 沉积了巨厚的复理式建造。区内除小规模的二叠纪的次火山相辉绿岩及燕山期偏碱性超基性岩外, 岩浆活动亦不发育, 但就整个右江盆地而言, 岩浆活动相当活跃。燕山运动使盖层发生剧烈变形, 形成紧密褶皱和逆冲推覆。

两大构造单元间发育一条绵延数百公里的三叠纪相变线, 为盆缘基底同生断裂在沉积相上的显示, 构成两大构造单元的界限。沿相变线的一些地段, 明显可见晚期推覆构造叠加。本区北东侧为著名的紫云—丫都断裂, 是一条沿加里东期古断裂发育的推覆带。地球物理资料表明, 区内基底上还存在着若干 SN 向断裂。

本区为一金—砷—汞—铋地球化学异常区和燕山期以来的地热正异常区。

## 2 矿床的主要特征

### 2.1 卡林型金矿

本区的原生金矿全为以沉积岩为容矿岩石的微细粒低温热液金矿, 各矿床或矿(化)点的特征大同小异, 与美国卡林型金矿十分相似。

2.1.1 容矿地层及岩性 迄今, 已发现的赋金地层, 以组为单位已超过 20 个, 但主要金矿化多集中在上二叠统和中下三叠统地层中。赋金层序在右江造山带主要为二叠系礁灰岩间断面或假整合面之上和上三叠统黑猫湾组之下的一套以陆源碎屑岩为主的层序; 在扬子陆块范围内, 则主要为平行不整合于下二叠统茅口组之上, 上三叠统赖石科组下超面之下的一套以浅海相碳酸盐岩为主的层序。容矿岩石以细碎屑岩(包括凝灰质碎屑岩)和不纯碳酸盐岩为主, 未发现粗碎屑岩和纯碳酸盐岩容矿。

2.1.2 构造控制 在区域上, 金矿化几乎毫无例外地与砷、汞、铋矿化一道受背斜或穹隆的核部控制, 共同组成矿田。矿床和矿体则直接受平行背斜轴线发育且具多期活动特征的纵向断裂破碎带、沿古侵蚀间断面或滑脱面发育的顺层拓空构造及层间破碎带控制。矿体按产状可分为切层型、顺层型和复合型三种类型。

2.1.3 热液蚀变及矿化阶段 主要热液蚀变为硅化和黄铁矿化, 其次为不同程度的毒砂化、辰砂化、辉锑矿化、雄雌黄化、重晶石化、萤石化、碳酸盐化等。它们分属热液活动不同阶段, 大致可分为早、中、晚三期。早期, 以硅化和黄铁矿化为主, 前者呈弥漫状交代, 后者颗粒较大, 自形程度高。中期, 硅化表现为他形粒状或细脉浸染状的石英, 黄铁矿表现为富砷黄铁矿呈环带状围绕早期或同生黄铁矿生长加大。晚期则表现为含辰砂、辉锑矿、雄雌黄或黄铁矿的石英脉穿插于矿化带中。

2.1.4 矿石特征 金在原生矿石中均为不可见金, 多产在构造破碎带中而具有不同程度构造岩外貌, 常伴有硅化和黄铁矿化。氧化矿石多呈土状或半土状, 因黄铁矿转化为褐铁矿, 而具有铁染外貌, 易于识别。

2.1.5 金的赋存状态及载金矿物 主要的原生载金矿物为具富砷环边的黄铁矿和粘土矿物, 部分石英和有机质也含少量金。电子探针图象显示含金水云母中有大量分散状的金黄

矿，表明所谓水云母载金可能还是微粒黄铁矿载金（毛永和等，1987）。

2.1.6 稳定同位素 金矿床热液硫化物的  $\delta^{34}\text{S}$  值都接近于零，明显继承了地层中沉积硫的同位素组成特征。矿石中碳酸盐的  $\delta^{13}\text{C}$  值变化在  $-8.55\text{‰} \sim +2.49\text{‰}$  之间，与海相碳酸盐岩的相似；其  $\delta^{18}\text{O}$  (SMOW) 值为  $+9.61\text{‰} \sim +27.51\text{‰}$ ， $\delta^{17}\text{O}_{\text{A}}$  值为  $-5.67\text{‰} \sim +15.66\text{‰}$ ，反映了当地沉积岩背景。利用矿石中石英和碳酸盐矿物流体包裹体所测得的  $\delta\text{D}$  值，小于张理刚（1984）所作我国现代大气降水  $\delta\text{D}$  等值线的贵州部分（ $-50\text{‰} \sim -65\text{‰}$ ），显示流体并非单纯大气降水。

2.1.7 流体包裹体 样品主要采自热液晚期的脉石矿物及硫化物，其包裹体具有以下特征：①以液体包裹体为主，未发现沸腾包体；②均一化温度为  $90 \sim 300\text{C}$ ；③盐度、密度均较低，前者为  $1\% \sim 7\%$ ，后者为  $0.72 \sim 0.98\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ，可能显示成矿的晚期有大气水介入；④成份  $2 < \text{Na}^+/\text{K}^+ < 4$ ， $1 < \text{Na}^+/\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} < 2$ ； $\text{Cl}^-$  高， $\text{F}^-/\text{Cl}^-$  值小； $\text{CH}_4$ 、 $\text{CO}_2$  高，分别达到  $(0.20 \sim 80) \times 10^{-6}$  和  $2 \times 10^{-6} \sim 200 \times 10^{-6}$ ；⑤ $f\text{O}_2$  低，为  $10^{-33} \sim 10^{-57}\text{bar}$ ，多数为  $10^{-35} \sim 10^{-45}\text{bar}$ ； $f\text{CO}_2$  较高，为  $10^{-5} \sim 10^{-7.9}\text{bar}$ ；⑥pH 值  $6.08 \sim 6.42$ ，显示中偏碱性；Eh 值大致为  $-0.34 \sim -0.71$ ，偏低。总体上看，成矿溶液盐度、密度都低，为 Na-Ca-Cl-F 型，其中含有一定量的  $\text{F}^-$ ，富含  $\text{CH}_4$  和有机质，具低氧逸度和高二氧化碳逸度，显示还原环境。

## 2.2 红土型金矿（以老万场金矿为例）

矿区位于宽缓的碧痕营穹状背斜的核部。区内大片出露下二叠统茅口组灰岩，作为卡林型金矿赋矿层位的上二叠统及三叠系已遭剥蚀。矿区地层平缓，构造简单，仅有一条 NEE 向的断裂通过。

矿区及其附近约  $100\text{km}^2$  范围内，于地面不同高度上，特别是挖地中，到处散布着巨大的上二叠统硅质岩转块，是矿区重要景观之一，给人一种“上覆地层整体塌陷”的印象。含金红土中同样可以找到此种转块，甚至保存有风化残余的凝灰质岩石残块。从构造剖面分析，这些物质的跌落垂距达  $300\text{m}$  余。

按区内茅口灰岩中岩溶发育的套叠关系，至少可将其分为三期，即山盆期、宽谷期及乌江期。早期岩溶对晚期岩溶起着破坏作用。矿床产在沿断裂发育的山盆期（ $2.48\text{Ma}$ ）岩溶洼地内的红土中。矿体厚数米至  $20\text{m}$ ，平均含金  $5 \times 10^{-6}$  以上，单样  $> 10^{-6}$  者屡见不鲜。矿床可达中型规模。

## 3 几个有关问题的探讨

### 3.1 右江盆地是金矿成矿和定位的前提

晚古生代早期至中生代早期，因地幔上隆导致右江盆地的形成，并经历了被动边缘裂陷盆地—被动边缘裂谷盆地—周缘前陆盆地的复杂演化过程。盆地大幅度的下陷和巨厚沉积物的聚积，为含矿热液孕育所需的热、矿、水“三源”创造了前提。盆缘基底断裂的存在，为含金热液的向上排放提供了通道；盖层的褶皱断裂则为矿液的进一步运移和矿床的最终就位提供了场所。黔西南金矿的成矿和定位是右江盆地演化的必然结果。

### 3.2 成矿深度大, 应重视深部找矿

以烂泥沟金矿为例, 其地表出露的最大标高为 762m, 钻探控制的最低标高为 220m, 控制垂深已达 542m。标高 220m 处的矿体, 无论是从品位和厚度上看, 都显示出一种稳定向下延伸的趋势。

苏文超 (1994) 通过对矿床中黄铁矿成因矿物学的研究指出: 矿体中的热液黄铁矿以五角十二面体和八面体及其聚形为主, 缺少立方体; P 型黄铁矿出现率达 85%~100%。结合其它特征分析, 显示目前勘探工程控制的地段仅属矿体的中上部。利用黄铁矿导型出现的频率所计算出矿体可能的垂直延伸达 1800m。如果其他条件具备的话, 即从目前揭露的深度向下, 还有可能向下延伸 1300m 以上<sup>[5]</sup>。

现有资料表明, 黔西南金矿的成矿时代属燕山期 (100Ma±)。按照区域地层记录所推算的该区燕山期以来的剥蚀量 > 2000m。加上这一数字, 成矿时的矿化下限可达 4000m 之深。由此引伸出如下认识: ①应重视开展深部找矿; ②对矿液水源的天水成因说应给以再认识。

### 3.3 沉积建造水是构成成矿流体的主要水源

有人根据取自晚期热液产物方解石、白云石和石英液态包体的氢氧同位素组成, 认为成矿热液的水源主要是下渗天水。笔者认为这一结论最多说明成矿晚期有天水参与, 而不能证明整个成矿流体的主要水源是天水。

很难设想, 在存在地温增温率的情况下, 缺乏势头的天水能下渗到 4000m 左右的深度, 而不会中途受热密度降低返回地面。何况成矿深度并不等于矿液的孕育深度, 二者之间还应存在一定的距离。假定下泥盆统益兰组是该区最深的矿源层 (何立贤, 1993), 成矿时期又是燕山期, 则矿液的孕育深度有可能超过 7000m。要设想天水自然地地下渗到如此巨大的深度, 显然是困难的。

何立贤 (1990, 1993) 曾详细地论证了建造封存水作为黔西南卡林型金矿成矿热液水源的可能性。笔者要补充的是作为建造水的重要组成部分的热脱水 (thermodehydration water) 的重要性。D. I. 巴甫洛夫 (1988) 在讨论含油盆地中层状铅锌矿形成机理时并指出: “在沉积物埋深到 1~1.5km 后, 主要由于上覆沉积物压力的影响, 粘土矿物的含水量将从 70%~80% 降低到 30%~35%; 随着埋深的增大, 地温增高, 沉积物还会进一步产生热脱水, 这种后生水的数量可以大大地超过封存的孔隙水。”<sup>[6]</sup> M. C. Powers (1967) 认为这种水是粘土矿物中的蒙脱石转化为伊利石时释放出来的。在认识黔西南金矿的成矿作用时, 这一理论显然也是适用的。

黔西南地区在加里东造山运动之后, 又经历了漫长而复杂的盆地演化过程, 堆积了巨厚的沉积序列, 特别是中上三叠世期间的大规模的复理式沉积 (王砚耕, 1995)。右江盆地巨厚沉积物中所含大量粘土矿物, 随着盆地的大幅度地沉降, 除了释放出大量的封存水外, 还必将释放出相当数量的热脱水。在考虑成矿热液水源时, 对这样一种水源显然是不能忽视的。

### 3.4 构造—岩性复合是控制矿化就位的重要条件

黔西南的原生金矿与一定的构造、层位、岩相和岩性间存在着明显的空间联系, 已是公认的事实, 但绝非有利的构造、层位、岩相和岩性就一定成矿, 至今尚未见到这些因素

单独控矿的例子。该区的几乎所有的矿床和矿（化）点都是产生在背斜或穹隆核部的构造破碎带（包括层间拓空）与一定的层位、岩相或岩性相复合的部位。层位和岩相对矿化的控制只是表现的，岩性的控制才是本质的，层位或岩相的控制归根结蒂是岩性的控制。因为，无论其含矿层位和岩相如何，其含矿岩石几乎毫无例外地都是细碎屑岩或凝灰质碎屑岩类。

有人将美国卡林金矿和黔西南紫木函金矿的容矿岩石称为碳酸盐岩。然而，这些岩石和正常的碳酸盐岩不同，是具条带状构造的不纯碳酸盐岩，其浅色条带为碳酸盐，深色条带则是细碎屑岩。这些岩石在表生条件下，风化后呈粘土岩状，不存在碳酸盐岩特有的岩溶化现象，金矿化实际上是赋存在这些深色条带中，至今还不曾见到过纯碳酸盐岩地层中有原生金矿化的报导。因此，可将黔西南原生金矿的控制条件归纳为：受背斜或穹隆核部断裂破碎带（包括层间拓空）与某些特定层位的细碎屑岩段复合控制。也正是这一原因才导致了矿化在空间上出现所谓“多层楼”模式（王砚耕，1995）。

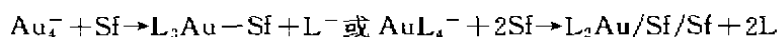
### 3.5 同生黄铁矿的存在导致金的沉淀

何以金矿化对细碎屑岩“情有独钟”？，答案在于原岩中存在大量草莓状同生黄铁矿。正是这些同生黄铁矿对热液中金的吸附和还原作用使金得以沉淀成矿。这可以从金的主要载体黄铁矿的特征得到有力的证明。

电子探针图象表明，载金黄铁矿普遍都具有环边构造，即由一个不含金的同生黄铁矿（草莓状）或含金量极低的早期热液立方体黄铁矿内核，和若干富金、砷的热液黄铁矿生长外环构成（姜信顺，1987；苏文超，1994；聂爱国，1995），说明它们在热液活动期间，后者以前者为凝聚中心附着其上而成。

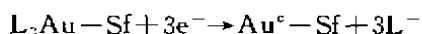
环状载金黄铁矿的形成机理可以通过 Bancroft 和 Jean (1985) 的研究得以解释。他们应用 XPS 和 SEM 研究了各种硫化物表面对  $\text{AuCl}_4^-$ 、 $\text{Au}(\text{CN})_2^-$  及  $\text{AuCN}$  等络合物的吸附和还原反应，其反应式如下：

(1) 硫化物表面吸附反应：



其中，Sf 为硫化物表面位置，L 为配体。

(2) 硫化物表面还原反应：



上述反应表明，只要有硫化物表面存在，金就可以从不饱和溶液中析出而沉淀在硫化物的表面上。

有人认为，原岩中的草莓状同生黄铁矿呈条带状沿层理分布，与热液黄铁矿有本质的区别，是不含金的。对未遭构造破坏的原岩而言，的确如此，但在遭受构造破碎从而失去条带构造之后，这些同生黄铁矿在作为含矿热液通道的构造破碎带中，便有机会和含金热液直接接触，从而成为金的沉淀中心。也正是同生黄铁矿对金的吸附和还原作用，从根本上揭示了细碎屑岩控矿的本质。

### 3.6 岩溶作用在红土型金矿的形成中发挥了重要的作用

红土型金矿是卡林型金矿的衍生物，是原有卡林型金矿，因下伏碳酸盐岩高度岩溶化引起坍塌后，保留在岩溶洼地中的物质经红土化和淋蚀作用形成的。矿床的形成显然与岩

溶的发育有关,岩溶在其成矿过程中主要起了以下几方面的作用:①导致原有卡林型金矿发生塌陷;②岩溶洼地为塌积物的保存创造了条件;③在山盆期(相当于新第三纪—第四纪初的成煤时期)湿热气候条件下,塌积物遭受红土化及其后的岩溶淋蚀作用,使其中的金进一步富集。

根据以上分析,不难看出:两种类型金矿在整个成矿区范围内彼此共存,但容矿空间上互为消长。

#### 4 金矿成矿模式

综上所述,笔者用图解法为黔西南金矿建立了如下成矿模式:

(1) 地幔的局部上隆导致右江盆地的形成,为成矿热液的孕育创造了条件:地幔热流上涌和盆地内的岩浆活动、沉积物的脱水(包括封存水和热脱水),以及沉积物中原有的分散矿质,分别为成矿热液的形成提供了热、水、矿“三源”。盆缘断裂的存在为矿液的排放和运移提供了通道(图 1a)。

(2) 燕山运动时,盖层发生褶皱断裂,使成矿流体沿盖层断裂向背斜和穹隆核部负压区运移。当矿液运移至富含同生黄铁矿和有机质的细碎屑岩附近,即断裂与该类岩石的复合部位时,矿液中络合物内的金受其吸附和还原发生沉淀,形成卡林型金矿(图 1b)。

(3) 随着地壳的上升,于第三纪晚期—第四纪早期,侵蚀基准面下降,原有的卡林型金矿因下伏碳酸盐岩强烈岩溶化而大规模塌陷。由于这一时期系成煤期,气候湿热,保存在岩溶洼地中的卡林型金矿塌积物质遭受红土化,从而转化为红土型金矿(图 1c, d, e)。

#### 参 考 文 献

- [1] 何立贤等 1993 贵州金矿地质 地质出版社
- [2] 何立贤 1990 汞矿带中金矿成矿条件及赋存规律 贵州地质 No3
- [3] 苏文超 1994 黔西南金矿床黄铁矿热电性研究及其深部矿床远景评价
- [4] 王砚耕 1995 南盘江地区浅成地壳结构与金矿分布模式 贵州地质 No2
- [5] 盛学庸 樊春辉 1990 黔西南超显微浸染型金矿地质特征及其有关问题的探讨 贵州地质科技情报 第 1 期
- [6] 毛永和等 1987 不可见金赋存状态的电子探针分析研究(未发表)
- [7] A. S. Radtke 1985 Geology of Carlin Gold Deposit
- [8] D. I. Pavlov D. I. Gorzhevskiy L. G. Bogashova G. A. Goleva M. G. Dobrovolskaya M. K. Kalinko A. A. - Kartsev A. A. Pek T. N. Shadlun A. M. Blokh A. I. Donets and L. P. Limonova 1988 The Connection Between Stratiform Lead-Zinc Deposits in Carbonate Rocks and Oil-producing and Saline Sequences International Geology Review June 1988 Vol. 30 P. 597—612

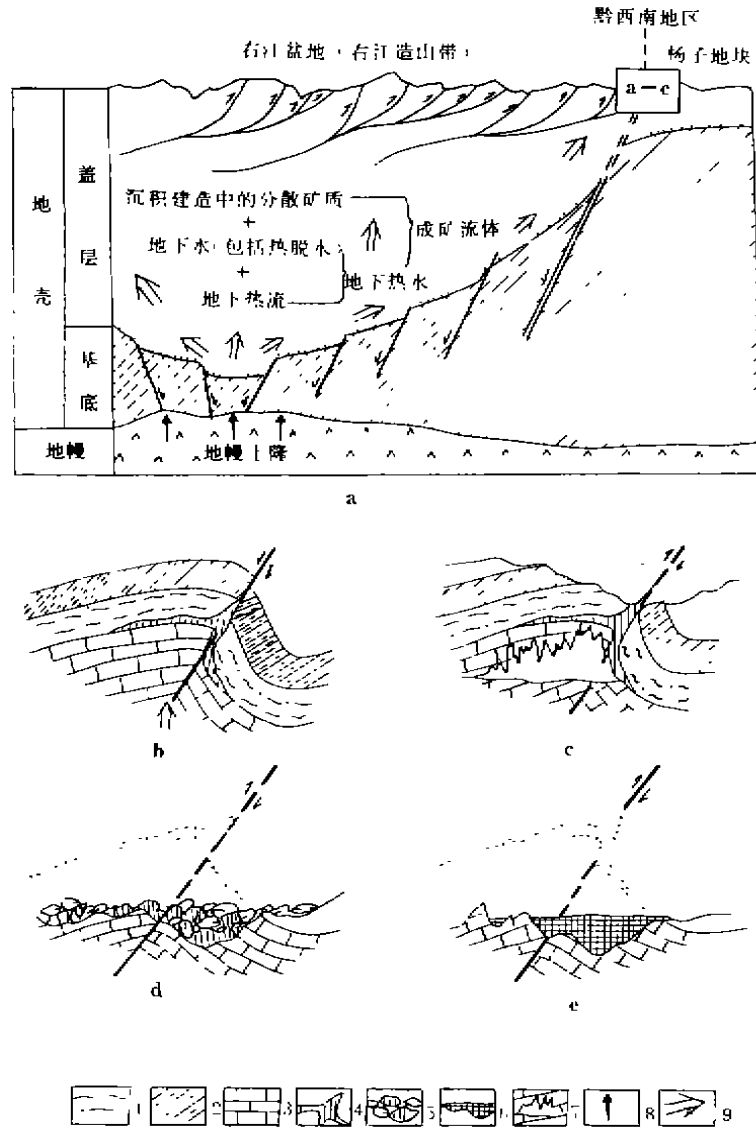


图 1 黔西南金矿成矿模式图

Fig. 1 Metallogenetic Model for the Gold Deposits in Southwest Guizhou

- 1. 卡林型金矿赋矿层位 2. 其它非卡林型金矿赋矿层位 3. 碳酸盐岩 4. 卡林型金矿矿体
- 5. 卡林型金矿塌积物 6. 红土型金矿 7. 地下岩溶 8. 地热流 9. 成矿流体及流动方向