

文章编号: 1009-3850(2000)03-0001-08

黔西南微细粒金矿的油气成藏模式

尹福光, 万 方, 唐文清

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 贵州南部微细粒浸染型金矿位于扬子板块西南缘。其主要赋矿层位是二叠系—三叠系。容矿岩石为粘土岩、粉砂岩和不纯的碳酸盐岩。金矿床(点)主要分布在半局限台地相与台地边缘浅滩相鲕粒灰岩的过渡带、孤立台地边缘和盆地相浊积岩。控矿构造为背斜轴部及其倾伏端等构造应力集中的地段、层间及层内断裂或岩溶不整合面, 以及与背斜相伴生、共生的断裂构造。成矿热液是沉积、成岩期中封闭的同生水(热卤水)或石油水。沉积作用阶段, 为初始矿源岩形成; 成岩作用阶段, 像汞、铋、砷、金等活泼或较活泼的元素在压实作用和温度升高条件下, 随岩石的水体一起排出而形成流体; 构造作用阶段, 形成背斜、断裂等容矿空间, 改变了压力平衡条件, 促使成矿流体运移圈闭; 表生风化剥蚀作用阶段, 圈闭构造受到风化剥蚀而导致含矿流体发生物理、化学变化, 或其逸出地表, 使矿质沉淀、聚集而成矿。

关键词: 黔西南; 微细粒金矿; 油气成藏模式

中图分类号: P618.53; TE121

文献标识码: A

The disseminated gold deposits in southwestern Guizhou: mineralization model and its correlation with oil-generation theories

YIN Fu-guang, WAN Fang, TANG Wen-qing

Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China

Abstract: The disseminated gold deposits in southwestern Guizhou are hosted in the claystones, siltstones and impure carbonate rocks of the Permian to Triassic strata in the transitional zones between the semi-restricted platform and platform-margin shoal oolitic limestones, isolated platform margins and basinal turbidites. The ore-controlling structures are

收稿日期: 2000-01-04

represented by the axes of anticlines and their plunging ends, interformational and intraformational faults or karst unconformities and the fractured structures associated with anticlines. The ore-forming fluids include formation water, (hydrothermal brines) or oil-field water trapped during deposition and diagenesis. The source rocks were initiated during deposition. And during diagenesis, gold, mercury, antimony and arsenic elements were removed together with the fluids from the strata under the conditions of compression and high temperatures. Subsequent tectonic activity resulted in the generation of accommodation spaces such as anticlines and faults, variations in pressure equilibrium conditions, and migration and trapping of ore-forming fluids. The weathering and erosion of the trapped structures during epidiagenetic stages, in turn, gave rise to the physical and chemical changes of the ore-bearing fluids. Finally these fluids were concentrated and precipitated to form gold deposits.

Key words: southwestern Guizhou; disseminated gold deposit; oil-generation theory

1 成矿背景及矿床地质特征

黔西南微细粒金矿位于右江中生代褶皱北缘的黔西南地区,如紫木凶、板其、丫他、戈塘、大厂、滥泥沟等汞金矿床(图 1)^[1,2]。金矿化常与汞、锑、砷矿化共生或伴生,形成受同一构造带和沉积相带控制的有密切成因联系的汞、锑、砷、金成矿系列及有关的矿带和矿石组合。金矿化产出层位,以上二叠统和中下三叠统细碎屑岩-泥岩建造或碳酸盐岩建造为主^[3~5]。

汞(锑)-金矿化几乎都与背斜或穹隆有关,大都富集在背斜轴部或靠近其轴部的翼部^[6]。具体控矿构造为褶皱、断裂、层间滑动面和不整合面等^[7~8]。围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、毒砂化、汞矿化、辉锑矿化、碳酸盐化、雄(雌)黄化等。与金矿化有关的是早期硅化、黄铁矿化、毒砂化。此期蚀变生成的矿物粒度细,以浸染状分布为主。组成金矿石的矿物有黄铁矿、毒砂、辰砂、辉锑矿、自然金、 β -汞金矿、金汞齐、雄(雌)黄、石英、碳酸盐矿物(方解石、白云石、含铁白云石等)、水云母、绢云母、有机质、沥青等。主要载金矿物为含砷的黄铁矿和毒砂,粘土矿物(水云母)、有机质次之。

金的赋存状态有自然金和类质同象两种。自然金(包括银-金矿、汞-金矿)以微粒形式嵌布在石英、水云母、方解石、黄铁矿粒间、黄铁矿的裂纹及含砷环带间隙之中。在含砷高的黄铁矿和毒砂中则以类质同象存在。

2 控矿因素

2.1 沉积相特征

黔西南地区金矿床的分布表现出与沉积相具有某种相关性(图 2)。从金矿床产出的构造、岩相部位看,容矿岩石可划分为不纯碳酸盐岩(台地)型和碎屑岩型(盆地)两大类。其主要控矿岩相带,则于不同时期有所不同。产于上二叠统龙潭组中的金矿床(点),主要分布在半局限台地相带内;而早三叠世沉积相控矿一是台地型金矿多沿台地边缘浅滩相与局限台

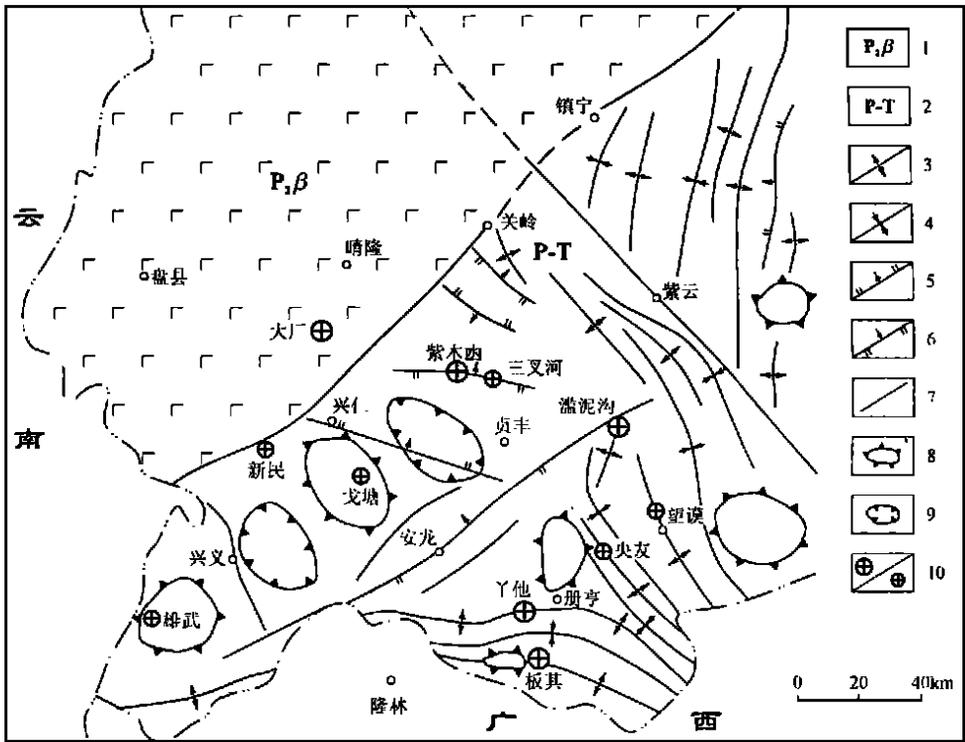


图1 黔西南金矿成矿区构造地质略图(仿王立全, 1998)

- 1. 晚二叠世玄武岩; 2. 二叠系—三叠系; 3. 背斜; 4. 向斜; 5. 正断层; 6. 逆断层; 7. 性质不明断层; 8. 构造穹窿; 9. 构造盆地; 10. 金矿床(点)

Fig.1 Generalized structural-geological map showing the distribution of the gold deposits in southwestern Guizhou (after Wang Liqun, 1998)

- 1= Late Permian basalt; 2= Permian-Triassic strata; 3= anticline; 4= syncline; 5= normal fault; 6= reversed fault; 7= unknown fault; 8= structural dome; 9= structural basin; 10= gold deposit

地鲕粒灰岩的过渡带分布;二是盆地型金矿多分布于孤立台地边缘。至于中三叠统赋金层中的金矿,则集中产于盆地相细碎屑浊积岩中,并在空间分布上与“盆丘”(水下隆起的点礁)有一定的依附关系。

2.2 控矿构造

黔西南地区金矿床的成矿年龄值为燕山期(175~130Ma),表明燕山期构造运动对成矿起着最终定位和富集的作用。燕山期构造运动使黔西南地区地层褶皱回返,地层变形变位并产生一系列的背斜(穹窿)及相伴生的逆冲断层或层间滑动带。背斜(穹窿)与之伴生的层间滑动带——构造圈闭系统,是黔西南大厂锑金矿和戈塘金矿的成矿构造式样;背斜(穹窿)与之伴生的逆冲断层——构造开放系统,是黔西南金矿(紫木凶、滥泥沟、板其、丫他金矿)的另一成矿构造式样。

构造运动使地层变形形成背斜(穹窿)的应力超过岩石受力极限时,发生构造变位,生成近背斜(穹窿)轴部的低角度逆冲断层——构造开放系统(图3)

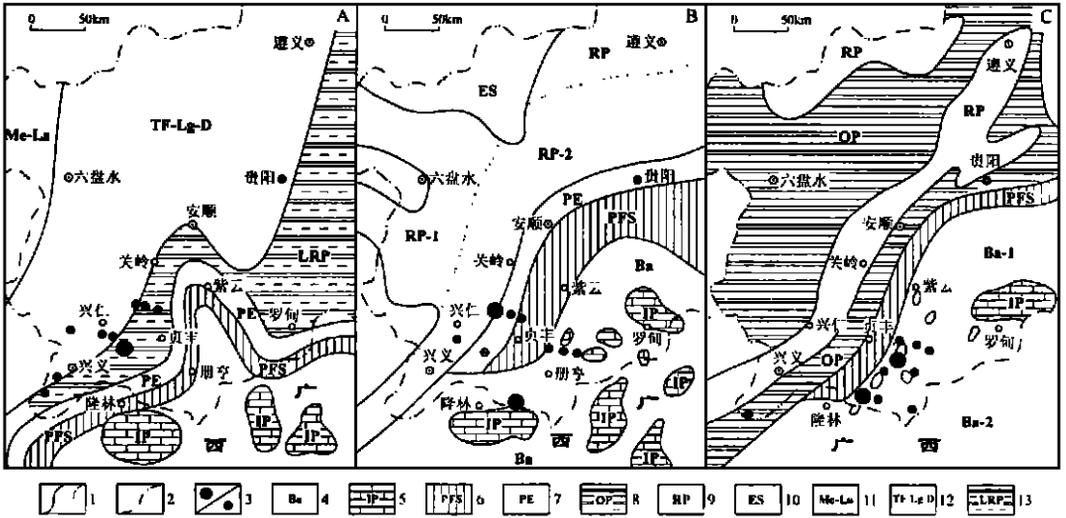


图 2 晚二叠世—早三叠世的岩相古地理及金矿分布

A. 龙潭期; B. 印度期; C. 安尼期。

1. 相边界; 2. 省边界; 3. 金矿床(点); 4. 次深海; 5. 孤立台地; 6. 碳酸盐台地前缘斜坡; 7. 台地边缘浅滩; 8. 开阔台地; 9. 局限台地; 10. 河口湾; 11. 曲流河-湖泊; 12. 潮坪-三角洲; 13. 半局限台地

Fig. 2 Late Permian—Early Triassic sedimentary facies and palaeogeography in relations to the distribution of the gold deposits in southwestern Guizhou

A= Longtanian; B= Indian; C= Anisian. 1= facies boundary; 2= provincial boundary; 3= gold deposit; 4= bathyal facies; 5= isolated platform; 6= platform foreslope; 7= platform-margin shoal; 8= open platform; 9= restricted platform; 10= estuary; 11= meandering stream-lake; 12= tidal flat-delta; 13= semi-restricted platform

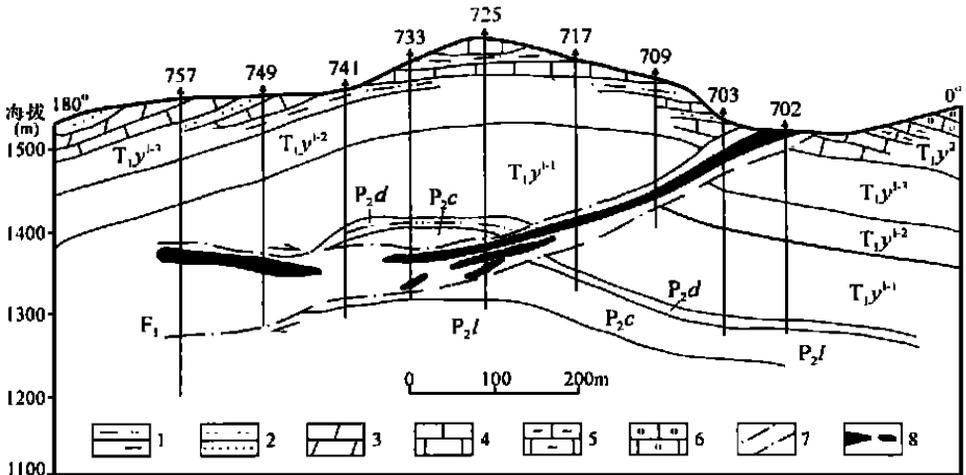


图 3 紫木凶金矿床 7 勘探线剖面图(仿郭振春, 1988)

1. 粉砂质粘土岩; 2. 粉砂岩; 3. 泥灰岩; 4. 灰岩; 5. 层纹状灰岩; 6. 鲕粒灰岩; 7. 蚀变破碎带; 8. 金矿体

Fig. 3 No. 7 exploratory profile through the Zimudang gold deposit (after Guo Zhenchun, 1988)

1= silty clay stone; 2= siltstone; 3= marl; 4= limestone; 5= laminated limestone; 6= oolitic limestone; 7= altered fracture zone; 8= gold orebody

3 成矿物化条件

3.1 同位素地质特征

黔西南地区金矿床中黄铁矿的硫同素 $\delta^{34}\text{S}$ 一般为正值, $\delta^{34}\text{S}$ 0.4‰~13.2‰, 其均值多在零值附近, 呈明显的塔式效应。从沉积-成岩期至成矿早晚期的 $\delta^{34}\text{S}$ 呈现由低到高的变化; 不同矿带中金矿床的硫化物的同位素组成又各具特点等。由此表明: 硫可能具有多来源和成矿流体的硫逸度未象在封闭系统中那样随温度下降而下降, 与此相反, 可推测成矿作用并非在单一的封闭系统中进行, 其间尚有开放系统, 系在复杂的地质作用和地球化学条件控制下形成。金矿床中热液期硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 值明显继承了地层中沉积硫的硫同位素组成特点, 即热液成矿期硫化物和成岩期黄铁矿的硫为同一沉积硫源。该区金(汞)矿床赋矿岩石为二叠系和三叠系的碳酸盐岩, 晚二叠世早期有玄武质的海底喷发沉积, 三叠系夜郎组、二叠系长兴组为富含生物的封闭、半封闭环境下沉积, 且夜郎组还有火山凝灰质的夹层, 由此表明: 黄铁矿的 $\delta^{34}\text{S}$ 值与二叠纪海水硫酸盐的 $\delta^{34}\text{S}$ (10‰) 相比, 前者较低 (Sangster, 1997), 而与三叠纪海水硫酸盐的 $\delta^{34}\text{S}$ (16‰) 相似 (Holster, 1997; Pool, 1980), 反映其硫来源于地层本身。

与金矿化有关的石英、方解石、白云石的氧同位素值 $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$ 为 9.61‰~27.51‰, D 值变化范围不大, 多数集中在 -73.7‰~-87‰, 表明成矿流体具多来源的特点。即有与石油、天然气共生的地层水, 又有大气降水。

3.2 成矿流体性质

黔南微细粒金矿中的包裹体以液体包裹体较多, 其气液比一般小于 10%。包裹体较小, 为 1~10 μm 。形态以规则形状为主, 不规则者少见^[9~10]。成矿温度在 130~300℃之间变化, 主要为 170℃左右。成矿溶液中, $2 < \text{Na}^+/\text{K}^+ < 4$, $\text{Na}^+ / (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}) < 4$, 为 Na-Ca-Cl-F 型。矿物包裹体中含有一定量的 F, 富含 CH₄ 和有机质等。成矿流体的氧逸度低, 二氧化碳逸度高, 为中偏碱性, 属还原环境。

4 矿床成因及成矿模式

4.1 与油气的相关性

生油岩系与含矿岩系 金矿化虽在不同时期 (P₂-T₃) 的不同沉积相带中都有产出, 但金矿床(点)主要分布于不同岩相过渡带内。该过渡带也是应力场的薄弱环节带, 在盆地演化过程中易产生同生断裂, 它与孤立台地边缘和生物礁、丘边缘礁有一定的依附关系。而断裂带也可成为地下油气、含矿热流体运移的通道和停积场所。晚二叠世至中三叠世的局限性环境中形成的沉积障碍(如半局限-局限台地、台缘浅滩、生物礁、丘等), 一方面使有机质、成矿元素在这种局限一半局限的水体中不易扩散而相对浓集; 另一方面, 这些特定的岩相中生物、有机质的分解和转化, 不但提供了形成金属硫化物的大量硫源, 而有机质也可与金结合成有机络合物, 在金矿形成的元素活化、迁移和富集过程中有着重要作用。

如果沉积物中没有一定的有机质,就难生成石油。粘土岩和碳酸盐岩即是生油岩,因粘土矿物和有机质对金属元素有较强的吸附能力,也是金属矿床的主要矿源层^[11~14]。

控矿构造与控油构造 油气勘探结果业已证实,本地区的油气藏圈闭以“构造穹窿”为特征,但近几年地震勘探结果证实,这些“穹窿构造”实为台地包围的碳酸盐孤台圈闭和各种成因的礁滩组合圈闭,部分为礁体系与构造穹窿相叠加而成的“构造-礁体”复合圈闭^[15]。其主要油气勘探目标包括:A. 碳酸盐孤台-台盆硅泥岩上超岩性尖灭圈闭;B. 礁滩组合圈闭;C. 重力流沉积岩性尖灭圈闭;D. 岩性断层复合圈闭。与前所述的容矿构造相似。

有机质与成矿物质 如前所述,油田水几乎都是矿化不同的卤水。黔西南金矿床矿物包裹体含大量有机质,如甲烷,与生油层密切相关。石油的成熟温度约为50~115,大多数石油处于65.6~148.9之间。足以使汞、锑、砷、金等金属络合物转换到石油和油田水中,与其一起运移。

4.2 成矿模式

黔西南赋存于沉积岩中的金(汞、锑、砷)矿床的含矿热液是金矿建造中封存的同生水或富含成矿元素的生油层系中的石油和油田水,这些流体在封存、迁移形成后又遭受到破坏而导致成矿物质沉淀而成矿。这一过程可划分为四个阶段(图4):

(1) 黔西南地区位于褶皱带北缘晚古生代以来,长期处于沉降中心的地带。东吴运动以后,右江地区整体抬升,石炭系一下二叠统露出水面而遭受剥蚀,导致晚二叠世沉积与其下伏地层之间呈岩溶不整合或平行不整合接触。该时期,相当于峨眉山玄武岩喷发的第一和第二期,即茅口晚期的两次喷发。在黔西南大部分地区则沉积有火山碎屑岩和凝灰岩。晴隆大厂锑金矿应为第一期喷发沉积凝灰岩。从大厂、戈塘和广西浪泉岩溶不整合面低洼地带产出大量大小不等、成分多样的角砾岩来看,这一时期的火山沉积物,在高位地段曾遭受到风化剥蚀。之后,为晚二叠世龙潭期的沉积。在龙潭期期间,还有多次火山喷发。这一时期的火山喷发沉积,是本区汞、锑、砷、金的沉积矿源层。这从本区茅口灰岩岩溶不整合面上直到龙潭组中成矿元素含量普遍较高得到证实。因此,茅口晚期到龙潭期是本区汞、锑、砷、金矿源层形成时期。

(2) 龙潭期以后,以兴仁为中心,大体继承了晚古生代早期的沉积环境,沉积了巨厚的海相三叠系和陆相侏罗系。这一时期,由于沉积物不断增厚,不同部位的层系,由早期成岩过渡到晚期成岩阶段。不同层系中的粘土岩发生压实脱水、热脱水作用,含碳质岩系中的有机质也逐步演化而形成石油。以水溶形式随水体而进入上覆和下伏的多孔隙储层——碳酸盐岩或砂岩中。活泼和较活泼的汞、锑、砷、金元素,也将在这一进程中,以络合物和其它形式随水、油而进入储集层。这就是石油和带矿流体形成阶段。

(3) 燕山运动使本区褶皱形成众多的构造圈闭,在储集层里,尤其是在背斜轴部附近,产生大量裂隙,使储层中的流体向背斜轴部聚集并圈闭在泥质岩盖层之下。本区主要储层是栖霞组、茅口组和关岭组;主要盖层是夜郎组和上三叠统赖石科组、把南组。如有油气田形成,储层可能由气、油、水三层结构组成;在非生油储层中,则为单一的卤水储层。这是石油(气)聚集成油田,也是带矿流体的聚集阶段。这一阶段,在由流体转换的聚集过程中,将进一步浸取岩石中的成矿元素。

(4) 在褶皱形成过程中, 与之伴生或共生的断裂、裂隙及层间滑脱形成。地层抬升, 且后期的风化剥蚀, 含矿元素丰富的热齿水、油气水由封闭环境转化为开放环境, 导致带成矿流体沿断裂带喷溢并与下渗地下水混合, 使带矿溶液发生急剧的物理化学变化, 温压降低、溶液稀释、氧逸度增等, 从而加快了成矿作用的进程。

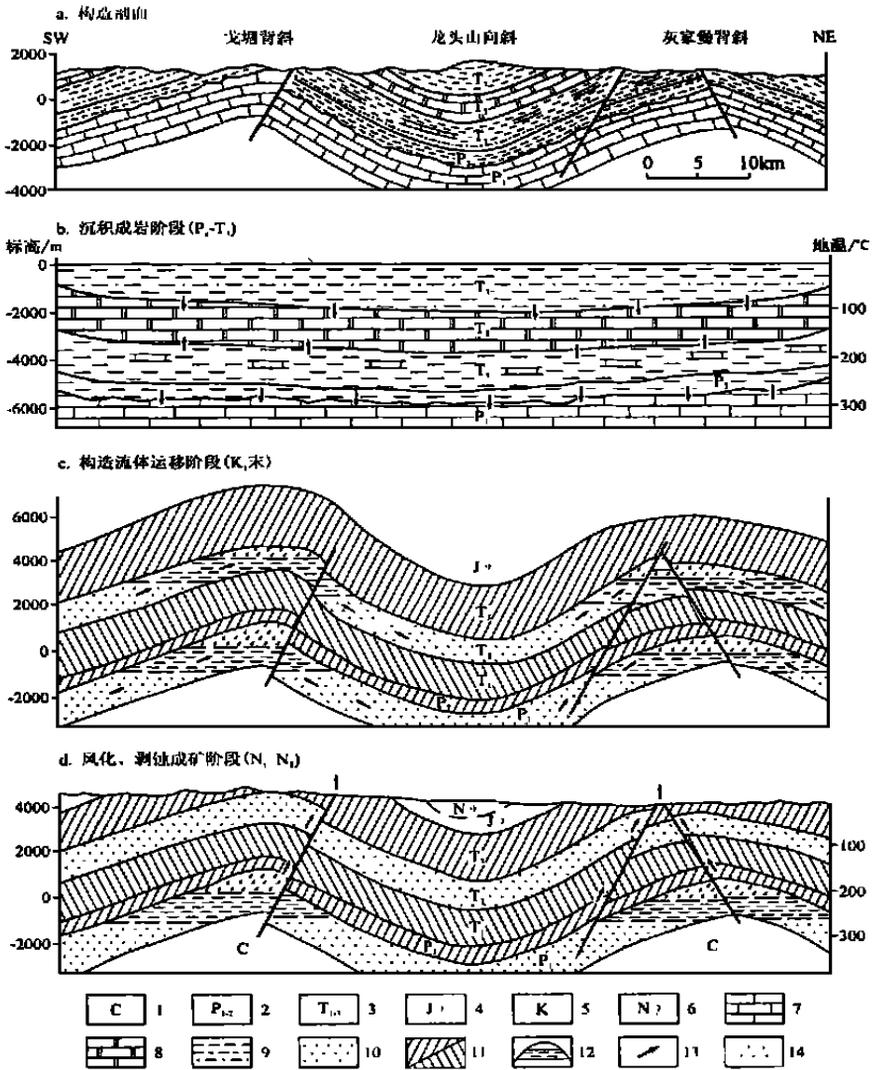


图4 金(汞、锑)成矿模式图

A. 构造剖面; B 沉积成岩阶段; C. 构造流体运移阶段; D. 风化、剥蚀成矿阶段。

1. 石炭系; 2. 二叠系; 3. 三叠系; 4. 侏罗系; 5. 白垩系; 6. 新第三系; 7. 灰岩; 8. 白云岩; 9. 泥质粉砂质砂岩; 10. 储集层; 11. 盖层; 12. 圈闭; 13. 流体运移方向; 14. 金(汞、锑)矿床

Fig. 4 Mineralization modal for the gold (mercury and antimony) deposits in the study area
 A= structural profile; B= depositional diagenetic stage; C= tectonic-related fluid migration stage; D= weathering, denudation and mineralization stages. 1= Carboniferous; 2= Permian; 3= Triassic; 4= Jurassic; 5= Cretaceous; 6= Neogene; 7= limestone; 8= dolostone; 9= muddy and silty sandstone; 10= reservoir; 11= seal; 12= trap; 13= fluid migration direction; 14= gold (mercury and antimony) deposit

众所周知,金的成矿温度一般在 250 ~ 150 °C 之间。据 Rytuba 研究^[14~17],金的溶解度在 pH 值小于 6.5,作为温度的函数实际上是不变的。但在 pH 值大于 6.5 时,随着温度的升高,溶解度显著增加,温度升高达 100 °C,溶解度大约增加 10 倍,金将大量沉淀。而在这一区间,由于 pH 值大于 6.5 溶液偏碱性,汞硫络合物在溶液中仍是稳定的。因此在温度降低的过程中,金首先沉淀而富集,汞在温度继续降低后才沉淀。

5 结论

分布于黔南扬子板块西南缘的微细粒浸染型金矿,其主要赋矿层位为二叠系—三叠系;容矿岩石为粘土岩、粉砂岩和不纯的碳酸盐岩;金矿床(点)主要分布在半局限台地相带内、台地边缘浅滩相与局限台地鲕粒灰岩的过渡带和孤立台地边缘;控矿构造为背斜轴部及其倾伏端等构造应力集中的地段、层间及层内断裂或岩溶不整合面,以及与背斜相伴生、共生的断裂构造。成矿热液是沉积、成岩期中封闭的同生水(热卤水)或石油水。成矿过程划分为四个阶段:沉积作用阶段,为初矿源岩形成期;成岩作用阶段,像汞、铋、砷、金等活泼或较活泼的元素在压实作用和温度升高条件下,随岩石的水体一起排出而形成流体;构造成作用阶段,形成容矿空间,改变了压力平衡条件,促使成流体运移成矿;表生风化剥蚀作用阶段,圈闭构造受到风化剥蚀而导致含矿流体发生物理、化学变化,或其逸出地表过程中形成矿床。

参考文献:

- [1] 何立贤,曾若兰,林立青. 贵州金矿[M]. 北京:地质出版社,1993.
- [2] 王立全等. 层序界面多重性控矿机制分析[A],特提斯地质[C],北京:地质出版社,1998,(22):57—67.
- [3] 贵州省地质矿产局. 贵州省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1987.
- [4] 曾若兰等. 中国汞矿[M]. 成都:四川科学技术出版社,1989.
- [5] 陈履安. 试论贵州碳酸盐岩建造中汞铋砷金成矿作用的地球化学机制[J]. 贵州地质,1990,(3):8—12.
- [6] 杨科伍. 戈塘式金矿床成因及找矿远景初探——兼论紫木函式金矿[J]. 贵州地质,1992,(4):21—26.
- [7] 赵家骥. 中国西部二叠纪玄武岩系成因及时代之探讨[J]. 地质评论,1972,(7):23—26.
- [8] 曹鸿水. 黔西南“大厂层”形成环境及其成矿作用的探讨[J]. 贵州地质,1991,(1):37—43.
- [9] 尹福光. 贵州微细粒浸染型金矿成矿流体性质[A]. 特提斯地质[C],北京:地质出版社,1998,(22):105—116.
- [10] 卢焕章等. 包裹体地球化学[M]. 北京:地质出版社,1990.
- [11] 郑明华等. 喷流型与油流型金矿床[M]. 成都:四川科学技术出版社,1994.
- [12] ANNELS A E and ROBERTS D E. Turbidity-hosted gold mineralization at the Dolaucothi gold mines, Dyfed, Wales, U-
nited Kingdom [J]. Economic Geology, 1989, 84(5): 1293—1314.
- [13] HERIG P M et al. Hydrothermal silica chimney fields in the Galapagos Spreading Center at 86°W [J]. Earth and Planetary
Science Letters, 1988, 89(3—4): 261—272.
- [14] BOYLE R W. 金的地球化学金矿床[M],北京:地质出版社,1984.
- [15] ALLEN P A and ALLEN J R. Basin Analysis Principles and Applications [M]. Oxford: Blackwell Scientific Publications,
1990.
- [16] DECELLES P G and CURRIE B S. Long-term sediments accumulation in the Middle Jurassic-early Eocene Cordilleran
retroarc foreland basin system [J]. Geology, 1996, 24(7): 591—594.
- [17] 王成善等. 中国南方海相二叠系层序地层与油气勘探[M]. 成都:四川科学技术出版社,1998.