

文章编号: D258-7106(2006)01-0101-10

一个与火山碎屑岩和热液喷发有关的金矿床^{*}

——贵州泥堡金矿

刘平¹ 李沛刚² 马荣¹ 韩忠华² 杨光龙² 叶德书¹

(1 贵州省地质矿产局 106 地质队, 贵州 遵义 563000; 2 贵州省地质调查院, 贵州 贵阳 550004)

摘要 泥堡金矿位于黔西南峨眉山玄武岩外缘的凝灰岩分布区, 属微细浸染型矿床。文章通过对泥堡矿床的地层、岩石、构造、矿体、矿石等实地调查和综合解析, 探讨其主要控矿因素和成矿作用, 为今后寻找类似矿床提供参考和借鉴。研究表明, 泥堡矿床最主要的金矿体产于茅口组与峨眉山玄武岩组之间的沉积间断面附近, 是一个集矿源层、流体通道和容矿部位于一体的极具特色的成矿组合。在该区, $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 底部富含有机质的凝灰岩, $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 与大厂石英岩之间的热液喷发角砾岩, 都是最主要的赋矿部位和容矿岩石。各种同位素和流体包裹体测试结果显示, 黄铁矿中的硫与玄武岩中的硫可能都来自幔源, 富含 SiO_2 和 K 的低盐度、中低温成矿流体是地表水沿断裂深循环形成的, 成矿时代属晚侏罗世(142 Ma), 是黔西南地区最早形成的金矿床之一。

关键词 地质学; 火山碎屑岩; 热液喷发; 微细浸染型金矿床; 泥堡; 贵州

中图分类号: P618.51

文献标识码: A

A gold deposit associated with pyroclastic rock and hydrothermal exhalation: Nibao gold deposit in Guizhou Province, China

LIU Ping¹, LI PeiGang², MA Rong¹, HAN ZhongHua², YANG GuangLong² and YE DeShu¹

(1 No. 106 Geological Party, Guizhou Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development, Zunyi 563000, Guizhou, China; 2 Guizhou Academy of Geological Survey, Guiyang 550004, Guizhou, China)

Abstract

Located in the tuff distribution area on the outer edge of Emeishan basalt in southwest Guizhou, the Nibao gold deposit is a fine-disseminated gold deposit. Based on a field investigation and integrated analysis of strata, rocks, structures, ore bodies, and minerals, the authors probed into the major controlling factors and the ore-forming process, with the purpose of providing reference data for further ore-prospecting work. The results show that the main gold ore bodies were produced near the interruption of sedimentation between Maokou Formation and Emeishan Basalt, which is a characteristic ore-forming combination composed of ore source bed, fluid passageway and ore-hosting space. There exist tuff with abundant organic materials at the bottom of $P_{2-3}\beta^{1-1}$ and hydrothermal exhalation breccias between $P_{2-3}\beta^{1-1}$ and Dachang quartz rock, which constitute main ore-containing space and ore-hosting rocks. The results of isotopic determinations suggest that the sulfur in pyrite and basalt came from the mantle, and the low salinity and intermediate-low temperature ore-forming fluids with rich SiO_2 and K^+ were formed by the circulation of atmospheric water along the fissures. Mineralization took place in Late Jurassic (142 Ma). The deposit is one of the earliest-discovered gold deposits in southwest Guizhou.

^{*} 本文得到国土资源大调查项目(200110200043)的资助

第一作者简介 刘平,男,1935年生,高级工程师,长期从事地质矿产勘查工作。

收稿日期 2005-04-29; 改回日期 2005-10-18。

Key words: geology, pyroclastic rock, hydrothermal exhalation, fine-disseminated gold deposit, Nibao, Guizhou Province

泥堡金矿位于贵州省普安县南部,属黔西南金矿区的组成部分。在大地构造上,该地处于扬子陆块与右江造山带分界线北侧的扬子陆块内。其绝大多数金矿分布在赫章—水城—盘县—罗平与垭都—紫云 2 条深大断裂带所夹持的古、今地热异常区内,泥堡金矿位于峨眉山玄武岩外缘的凝灰岩分布区的边部(图 1)。泥堡矿床顺 NEE 向断裂带延伸,长约 7 km,近南北向宽约 1~2 km。成因类型为凝灰岩中与热液喷发有关的微细浸染型金矿床。

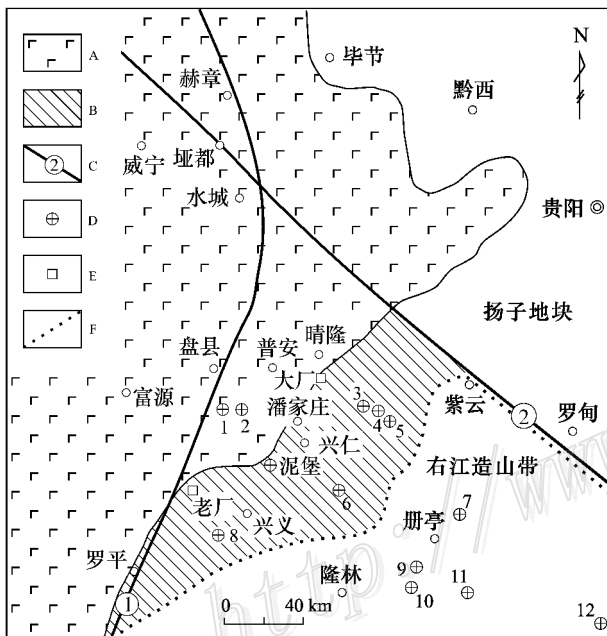


图 1 黔西南峨眉山玄武岩及金矿分布图^①

A-玄武岩分布区;B-玄武岩外缘凝灰岩分布区;C-深大断裂:
①-赫章—水城—盘县—罗平深断裂,②-垭都—紫云深断裂;
D-金矿床(点):1-砂锅厂,2-陇英大地,3-紫木幽,4-水银洞,
5-三岔河,6-戈塘,7-烂泥沟,8-雄武,9-丫他,10-板其,
11-百地,12-金牙;E-Sb矿床;F-构造单元分界线

Fig. 1 Geological map showing distribution of Emeishan basalt and gold deposits in southwestern Guizhou

A-Distribution of basalt;B-Distribution of tuff outside the basalt;
C-Deep faults:①-Hezhang—Shuicheng—Panxian—Luoping,
②-Yadou—Ziyun;D-Gold deposits (spots):1-Shaguochang,
2-Longyingdadi,3-Zimudang,4-Shuiyindong,5-Sanchahe,
6-Getang,7-Lannigou,8-Xiongwu,9-Yata,10-Banqi,
11-Baidi,12-Jinya;E-Sb deposits;F-Boundary of structure unit

泥堡金矿床是原贵州省地质矿产局 109 地质队于 1988 年开展 1:5 万区域化探测量时发现的,1991 年转交 106 地质队进行地质勘查,1994 年提交地质勘查报告。2001 年 3 月至 2003 年 3 月,又成为中国地质调查局下达的《贵州盘县—兴仁地区金矿评价》地质调查项目的一部分。王砚耕等(1995)、韩至钧等(1999)在其专著中都曾提到泥堡金矿是以火山碎屑岩为容矿岩石的金矿床。通过 2001~2003 年的地质调查评价,对泥堡矿床的认识较前有所提高,特别是认识到热液喷发角砾岩的分布特征以及金矿与热液喷发的关系,因而,笔者认为有进一步探讨的必要。

1 矿床地质特征

1.1 地层及岩性

矿区内出露的地层主要是中二叠统茅口组及其顶部的大厂石英岩、峨眉山玄武岩组、上二叠统龙潭组,矿区南部还有下、中三叠统。由老至新简述如下。

茅口组(P_{2m}) 浅灰色中厚层—块状含生物碎屑灰岩,零星分布。厚度大于 10 m。

大厂石英岩(dq):为茅口组顶部一套灰、灰白色中厚层—厚层次生石英岩(强硅化石英岩),是该区寻找铋矿、金矿的重要标志层(不是正式的岩石地层单位,以 dq 表示)。该层底部与茅口组灰岩为连续沉积,硅化从无到有,由弱到强,灰岩与次生石英岩为过渡关系。在无矿地段,整个大厂石英岩都是大致相同、浅灰色、纯净坚硬的次生石英岩。其上部 and 顶部,常为热液喷发角砾岩,并与 $P_{2,3}\beta^{1-1}$ 底部的热液喷发角砾岩连成一体,为金矿的主要产出部位(详见后述)。该层厚 2~17.8 m。

峨眉山玄武岩组第 1 段($P_{2,3}\beta^1$) 笔者将峨眉山玄武岩组划分为两个大的岩性段:该区及以东大片地区无玄武岩分布,仅有凝灰岩、沉凝灰岩夹少量正常沉积岩,统称为第 1 段($P_{2,3}\beta^1$);广泛分布的玄武质熔岩及其间所夹的火山碎屑岩,笼统称为第 2 段($P_{2,3}\beta^2$)。泥堡矿区内仅出露第 1 段。

① 贵州省地质调查院, 2003. 贵州省盘县—兴仁地区金矿评价报告。(内部资料)。

笔者又将 $P_{2,3}\beta^1$ 分为两个亚段。

下亚段 ($P_{2,3}\beta^{1-1}$): 主要为灰、绿灰、深灰、灰黑色薄层-中厚层凝灰岩, 以岩屑凝灰岩为主, 玻屑、晶屑凝灰岩较少。按粒度划分, 则以砂屑凝灰岩、粉砂屑凝灰岩为主, 夹多层薄层细火山角砾岩(砾径 2~5 mm, 个别达 10 mm)。凝灰岩中普遍存在厚 1~20 mm 的黑色碳质条带, 沿层常有粉晶-细晶黄铁矿, 呈层状(厚 1~10 mm)或小透镜体分布, 岩石多呈条带状构造。其中部及上部, 常含有少量碳酸盐矿物(最多占 15%, 以白云石为主), 并时见生物碎屑(以海百合茎为主)。该层假整合于大厂石英岩的侵蚀面上。

该层底部是区内最主要的含金部位, 构成最大的金矿体, 矿体之上为厚 2~3 m 的灰色极薄层-板状粘土岩与凝灰质粘土岩互层, 起遮挡层作用。 $P_{2,3}\beta^{1-1}$ 共厚 5.30~25.59 m。

上亚段 ($P_{2,3}\beta^{1-2}$): 下部为深灰-灰黑色极薄层-薄层含碳质、凝灰质粘土岩与粉砂屑凝灰岩互层, 中部为灰色砂屑凝灰岩、粉砂屑凝灰岩及粘土质凝灰岩组成的 2~4 个沉积旋回, 其顶部偶见厚 0.1 m 的劣质煤; 上部为灰、灰绿色薄层伊利石粘土岩夹凝灰质粘土岩, 在横向上常变为含碳质条带粉砂屑凝灰岩。共厚 3.65~20.20 m。该层中上部砂屑、粉砂屑凝灰岩含金, 有时形成小矿体。

上二叠统龙潭组 (P_3l) 依岩性可分为 4 段。

龙潭组第 1 段 (P_3l^1): 以灰、深灰、灰黑色薄层粘土岩、粉砂岩、碳质页岩为主, 下部和底部各有一层灰色、深灰色厚层-块状含生物碎屑的次生石英岩(由生物碎屑灰岩硅化而成, 生物碎屑以海百合茎为主)。下部次生石英岩厚 0.5~3 m, 不含金; 底部次生石英岩厚 2~8.1 m, 当其纯净坚硬时不含金, 当其中含有凝灰质时普遍含金, 若风化成灰黄、黄褐色且呈疏松多孔时, 金品位较高。此层为该区重要的含金层位。与下伏 $P_{2,3}\beta^{1-2}$ 呈假整合接触。厚 20.1~41.5 m。

龙潭组第 2 至第 4 段 (P_3l^{2-4}): 由灰、深灰、灰黑色薄层粘土岩、碳质粘土岩、粉砂岩、砂岩及硅质岩等组成, 夹多层灰岩、泥灰岩及 20 多层可采煤。中部夹一层厚 1.99 m 的深灰色细火山角砾岩, 以及多层粉砂屑凝灰岩、凝灰质粉砂岩等。细火山角砾岩及凝灰岩含金, 有的形成工业矿体。厚度大于 250 m。

在矿区南缘, 因断层, 还出露有下三叠统飞仙关组 (T_{1f}) 粉砂岩, 永宁镇组 (T_{1yn}) 白云岩、石灰岩;

中三叠统关岭组 (T_{2g}^1) 灰岩、白云岩等。这些地层均不含金。

1.2 构造

泥堡矿区位于 NE 向潘家庄断裂带西段呈 NEE 向延伸的部分。控矿构造主要是夹持在一系列走向断层, 尤其是 F_2 与 F_{11} 两条高角度逆冲断层 (F_{11} 在区内表现为正断层) 之间的二龙抢宝背斜 (图 2)。最主要的容矿构造是沿假整合面生成的层间喷发角砾岩带和层间滑脱构造带。主要有:

(1) 沿茅口组顶部大厂石英岩 (dcq) 与峨眉山玄武岩组 ($P_{2,3}\beta^{1-1}$) 之间的区域沉积间断面, 常有热液喷发角砾岩顺层分布。在偏向 dcq 一侧时, 角砾岩为灰、黑灰色, 风化后呈褐黄色, 角砾均呈棱角状, 大小不等, 大者可达 2~3 m, 一般多为 20~50 cm。角砾成分以次生石英岩为主, 同时混有大量凝灰岩角砾; 大砾石之间的填充物多为 10 cm 以下的凝灰岩和次生石英岩砂、砾屑。在偏向 $P_{2,3}\beta^{1-1}$ 一侧时, 角砾岩亦为灰、黑灰色, 角砾亦呈棱角状, 只是砾径较小, 多为 5~20 cm, 大者可达 40~50 cm; 角砾成分以凝灰岩为主, 混有一些次生石英岩角砾, 越向下, 次生石英岩角砾越多, 并与 dcq 顶部连成一体, 两者呈过渡状态。金矿主要产于含有大量凝灰岩碎屑的胶结物和凝灰岩角砾中。

此层热液喷发角砾岩在该区内分布广泛。在中、东部长约 4 000 m 的范围内, 出现 3 处热液喷发角砾岩发育地段, 每段走向长约 150~300 m, 厚 3~6 m, 最厚处可达 20 m, 每处都是近中心部位最厚, 向东、西两端变薄、尖灭, 呈顺层分布的大透镜体。其中均具强烈的金矿化, 并以其为中心, 由西向东构成玉家坪、破脸山、果园 3 个矿段。值得关注的是, 在这些角砾岩内部和边缘, 从未发现过擦痕、阶步、镜面、糜棱岩等与断裂有关的痕迹, 在角砾岩中还可见到砾中砾的现象, 说明至少发生过两次以上的热液喷发。在 $P_{2,3}\beta^{1-1}$ 角砾岩之上的岩层中, 常见揉皱和挠曲现象。

由于地下水沿层间喷发角砾岩带流动, 导致在 $P_{2,3}\beta^{1-1}$ 底部和 dcq 顶部, 常有洞穴顺层分布。洞穴大小不等, 大者直径 1~2 m, 一般多为 0.3~0.5 m。洞穴附近的金矿均为氧化矿, 且品位较高, 因此, 这些洞穴常成为采矿者寻找富矿的直接标志。

(2) $P_{2,3}\beta^{1-2}$ 与 P_3l^1 之间的层间滑脱构造带, 也是一个区域性的沉积间断面, 但其发育程度、规模及

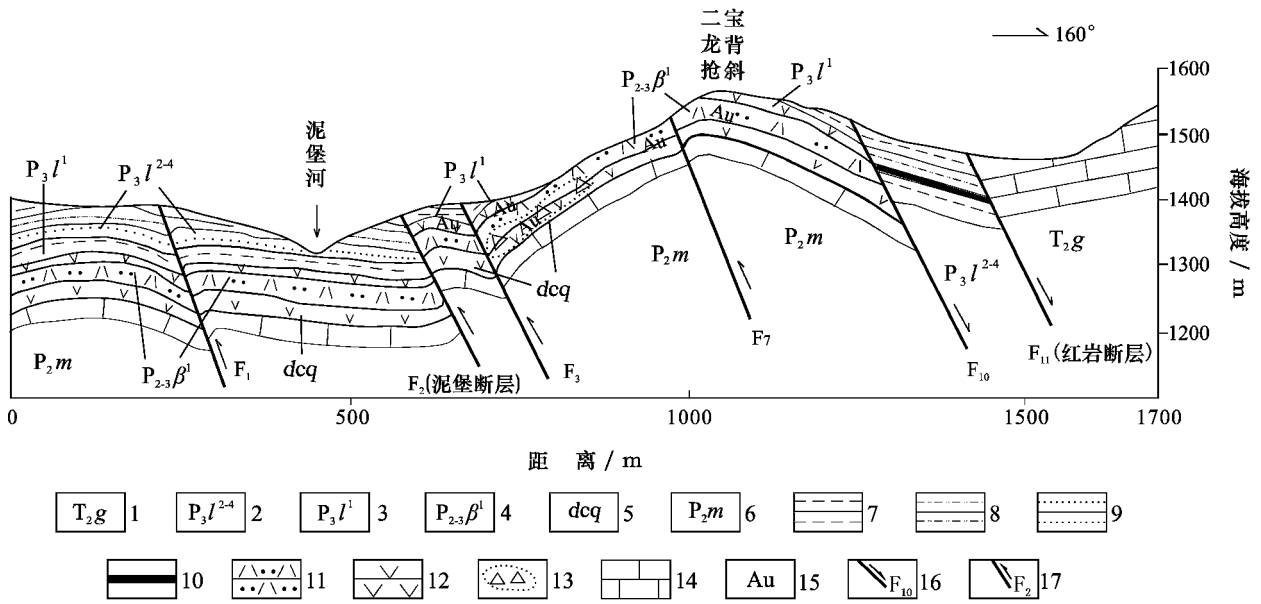


图2 泥堡金矿床剖面图

1—中三叠统关岭组 2—上二叠统龙潭组 2至4段 3—上二叠统龙潭组 1段 4—峨眉山玄武岩组第1段 5—大厂石英岩 6—中二叠统茅口组 7—粘土岩 8—粉砂岩 9—砂岩 ;10—煤 ;11—凝灰岩、沉凝灰岩 ;12—次生石英岩 ;13—热液喷发角砾岩及其范围 ;14—灰岩 ;
15—金矿体 ;16—正断层及编号 ;17—逆冲断层及编号

Fig.2 Geological section of Nibao gold deposit

1—Middle Triassic Guanling Formation ; 2—2nd to 4th Member of Upper Longtan Formation ; 3—1st Member of Longtan Formation ; 4—1st Member of Emeishan basalt formation ; 5—Dachang quartzite ; 6—Middle Permian Maokou Formation ; 7—Clay rock ; 8—Siltstone ; 9—Sandstone ;
10—Coal ; 11—Tuff , sedimentary tuff ; 12—Secondary quartzite ; 13—Hydrothermal exhalative breccia and its distribution ; 14—Limestone ;
15—Gold ore body ; 16—Normal fault and its serial number ; 17—Reverse fault and its serial number

金矿富集等,都远较前者为小,且未出现热液喷发角砾岩。

1.3 矿体及矿石

1.3.1 矿体

据贵州省地质调查院调查评价结果^①,区内矿体具多层性,分别赋存于 dcq 顶部、 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 底部、 $P_{2-3}\beta^{1-2}$ 中部、 P_3l^1 底部和 P_3l^2 中部。所有金矿体都与凝灰岩、沉凝灰岩密切相关。其中,最主要的金矿体产于 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 底部的砂屑凝灰岩和 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 与 dcq 之间的喷发角砾岩中。这两种容矿岩石中的矿体常连成一体,分布广泛,规模较大,占全区总资源量的 83%。矿体厚 1.93~14.53 m,平均 6.20 m,厚度变化系数为 62.5%;矿石的金含量为 1.0×10^{-6} ~ 21.61×10^{-6} ,矿体的平均金含量为 4.68×10^{-6} ,品位变化系数为 44.9%,说明矿体厚度不稳定,金含量不均匀。其次为 P_3l^1 底部的矿体。 $P_{2-3}\beta^{1-2}$ 中部和 P_3l^2 中部的矿体分布局限,规模较小。所有金矿体

均分布在 F_2 和 F_{11} 之间(图 2)。

以上诸层内的矿体均呈似层状、透镜状顺层分布,并随地层褶皱而褶皱。区内一些走向逆冲断层和横向张扭性断层均切断矿体。

1.3.2 矿石

(1) 结构、构造

矿石的结构主要有砂状、岩屑-凝灰、不等粒、交代、泥晶生物碎屑、泥质和粉砂结构等。矿石的构造主要有块状、角砾状、条带状-条纹状及半土状构造。

(2) 矿石的矿物成分

不同层位的矿石,其矿物成分略有不同。 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 底部金矿体中矿石的矿物成分较为复杂。与金矿有成因联系的主要是黄铁矿(氧化后为褐铁矿)、石英、粘土矿物及萤石。

自然金 光学显微镜下未见,仅在人工重砂中见到一粒。金黄色,粒状,粒度 0.08×0.16 mm。据相邻矿区的资料,自然金粒度多不足 0.001 mm。

① 贵州省地质调查院, 2003. 贵州省盘县—兴仁地区金矿评价报告。(内部资料)。

石英 *dcq* 及 P_3l^1 底部次生石英岩中的石英，由早期硅化形成，交代了茅口组顶部和龙潭组底部含生物碎屑灰岩。 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 凝灰岩中有 3 种石英：①火山玻璃脱玻形成的隐晶玉髓，粒度多小于 0.005 mm，常与粘土矿物共生；②成矿期硅化石英，呈自形-半自形粒状，有的为粒状集合体，粒度 0.01~0.2 mm，在镜下可见其沿裂隙充填呈细脉或网脉状，有的切穿岩屑，脉宽多小于 0.1 mm；③顺层分布的石英脉，以 $P_2\beta^{1-1}$ 下部为多，脉宽 0.1~5 cm，长数十厘米至十余米，少数互相穿插呈网状。使用 AA800 原子吸收分光光度计（火焰），对 2 件脉石英人工重砂单矿物（纯度大于 99%）进行了分析，其金含量为 $1.38 \times 10^{-6} \sim 1.51 \times 10^{-6}$ 。

黄铁矿 有成岩期和成矿期 2 种。前者以立方体自形晶粒为主，粒度多为 0.01~0.02 mm，在凝灰岩内，主要分布在有机质（植物碎片）中。后者主要呈半自形粒状、霉菌状集合体，粒度多为 0.1~0.5 mm，晶形以五角十二面体为主，主要分布在凝灰岩碎屑之间的胶结物中，镜下可见其内部具环带状构造。据成矿期黄铁矿单矿物分析，其金含量为 $11.38 \times 10^{-6} \sim 17.88 \times 10^{-6}$ 。

萤石 仅见于 *dcq* 中，从底部到顶部均有分布，多为无色透明，少数为浅粉红色、浅蓝色、浅紫色等；呈脉状、小透镜状和豆荚状，顺层分布。产在 *dcq* 底

部者，脉宽多为 5~10 cm，最宽达 40 cm，长 20~50 cm，最长大于 6 m；产在 *dcq* 顶部者，脉宽 0.3~10 cm，一般长不足 1 m，个别大于 3 m。镜下见有萤石蚕食早期硅化石英的现象；在萤石的解理、裂隙中，见有黄铁矿细脉充填，说明萤石晚于早期硅化石英而早于热液黄铁矿。据 2 件人工重砂单矿物萤石样品（纯度大于 99%）的分析，其金含量为 $0.04 \times 10^{-6} \sim 0.11 \times 10^{-6}$ （可能是晚期黄铁矿带来的金）。

粘土矿物 主要见于凝灰岩岩屑和胶结物中，多为伊利石，高岭石甚少，在凝灰岩中，伊利石占 70% 以上。系火山物质脱玻分解产物。

闪锌矿 见于 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 凝灰岩的成矿期硅化石英粒间或石英细脉中，呈他形粒状。

方铅矿 他形粒状，有的与成矿期石英、黄铁矿连生。

(3) 矿石类型及金的赋存状态

矿石的自然类型可分为原生矿石、氧化矿石及两者之间的混合矿石。原生矿石主要为深灰—灰黑色含碳质硅化、黄铁矿化砂屑凝灰岩（ $P_{2-3}\beta^{1-1}$ ），黄铁矿化凝灰质石英角砾岩（*dcq*）和黄铁矿化凝灰质次生石英岩（ P_3l^1 ）。在地表及近地表部分，黄铁矿氧化成褐铁矿，灰黑色坚硬的原生矿石变为褐黄、褐色疏松的土状-半土状氧化矿石。原生矿石内的金主要赋存在黄铁矿中，占金总量的 70% 以上，其次在硅

表 1 泥堡金矿床矿石的化学成分

Table 1 Chemical composition of ore from Nibao gold deposit

	$\alpha(B)\%$			
	P_3l^1 含凝灰质次生石英岩 混合矿石(3)	$P_{2-3}\beta^{1-1}$ 褐铁矿化硅化凝灰岩 氧化矿石(3)	$P_{2-3}\beta^{1-1}$ 黄铁矿化硅化凝灰岩 原生矿石(4)	<i>dcq</i> 凝灰质石英角砾岩 混合矿石(2)
SiO ₂	78.33	56.97	52.28	70.08
Al ₂ O ₃	4.47	15.54	16.94	6.60
Fe ₂ O ₃	7.26	12.60	11.66	11.53
FeO	1.24	1.43	2.02	3.59
TiO ₂	0.29	2.99	1.45	0.70
MgO	0.12	0.24	0.35	0.08
CaO	1.59	0.09	0.44	4.22
Na ₂ O	0.005	0.06	0.09	0.04
K ₂ O	0.80	3.61	4.36	1.10
P ₂ O ₅	0.27	0.98	0.04	0.23
H ₂ O ⁺	2.00	4.65	5.01	1.91
TS*	2.77	0.22	7.68	1.73
TC**	0.56	0.33	0.84	0.41
Au***	2.48	3.29	8.67	1.36

测试仪器：AA800 原子吸收分光光度计，7200 型（可见光）分光光度计，等；测试单位：贵州省地质矿产中心实验室。*—全硫；**—全碳；

***—单位为 10^{-6} 。括号内为样品数。

酸盐(粘土矿物和石英)中。在氧化矿石中,游离金占80%以上。

(4) 矿石化学成分

矿石的化学成分见表1。

(5) 围岩蚀变

围岩蚀变较简单,主要为硅化和黄铁矿化。

硅化有2种。①早期硅化,如 dcq 、 P_3l^1 底部生物碎屑灰岩被细小的石英和隐晶玉髓全部或部分交代而成为次生石英岩,石英中仍保留有方解石的残余特征和生物碎屑。此期硅化与金无关。②凝灰岩中的晚期硅化,中—细粒岩屑及胶结物已全部被细粒石英交代,只保留岩屑的外形,有的石英中还有粘土矿物残留,或包裹有黄铁矿颗粒。晚期硅化与金矿密切相关。

黄铁矿化在 $P_{2-3}\beta^1$ 凝灰岩中,成矿期黄铁矿(主要是五角十二面体)呈星点状分布在中、细粒岩屑之间的胶结物中。有的黄铁矿中有细小石英颗粒分布,有的石英中也常包有黄铁矿颗粒,有的黄铁矿与方铅矿、石英连生,说明黄铁矿与晚期硅化石英同时生成。

2 稳定同位素

2.1 硫同位素

据 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 下部金矿体内7件黄铁矿样品的硫同位素测定结果, $\delta^{34}S$ 在 -1.8‰ ~ 0.9‰ 之间,平均为 -0.14‰ (表2)。 $\delta^{34}S$ 在0值附近,且变化范围甚窄,表明矿物中的硫与玄武岩中的硫可能来自相同源区(幔源)。而泥堡矿床以东邻区的一些矿床的 $\delta^{34}S$ 则与此大不相同(王砚耕等,1995;韩至钧等,1999;何立贤等,1993)。

2.2 氢氧同位素

据区内不同部位3件萤石(脉)和3件石英(脉)

表2 泥堡金矿床硫同位素组成

Table 2 Sulfur isotope composition of Nibao gold deposit

样号	测定矿物	$\delta^{34}S_{CDT}/\text{‰}$	备注
CSR—7	黄铁矿	-0.8	
CSR—23	黄铁矿	-1.2	
CSR—24	黄铁矿	-0.0	
CSR—31	黄铁矿	-1.8	
CSR—33	黄铁矿	0.9	
CSR—36	黄铁矿	0.5	
CSR—38	黄铁矿	0.6	
CSR—38	黄铁矿	0.6	重复样

测试仪器:MAT-251 质谱仪,测试单位:宜昌地质矿产研究所同位素室。

中包裹体氢氧同位素测定结果(表3), δD_{H_2O} 为 -99‰ ~ -74‰ ,平均为 -84‰ ;其中,萤石平均为 -86‰ ,石英为 -82‰ 。 $\delta^{18}O_{H_2O}$ 为 -8.9‰ ~ -0.1‰ ,平均为 -5.8‰ ;其中,萤石平均为 -4.6‰ ,石英平均为 -7.0‰ 。在 δD - $\delta^{18}O$ 图(图3)上,其投点介于岩浆水与大气降水之间,明显偏向大气降水线一侧,有些还落在“雨水热液”范围内,说明成矿热液以大气水为主。

3 流体包裹体

对矿区内3件萤石(脉)、3件石英(脉)和1件含金凝灰岩中成矿期硅化石英进行了测定,测定结果表明,包裹体类型较简单,个体较小,多为 $5\sim 18\mu m$ 。诸矿物内的流体包裹体多属 $NaCl-H_2O$ 型,少数为 $NaCl-H_2O-CO_2$ 型。

3.1 均一温度

3件萤石的均一温度范围为 $95\sim 210^\circ C$,在均一温度直方图上为单峰式,最佳温度为 $120\sim 150^\circ C$,平均为 $139.4^\circ C$ (图4)。3件脉石英和一件硅化石英的均一温度范围为 $120\sim 285^\circ C$,在均一温度直方图上

表3 泥堡金矿床流体包裹体氢氧同位素组成

Table 3 Hydrogen and oxygen isotope composition of fluid inclusions in Nibao gold deposit

序号	样号	取样位置	层位	测定矿物	$\delta^{18}O_{SMOW}/\text{‰}$	$\delta D_{SMOW}/\text{‰}$
1	CSR—21	果园矿段 TC51	dcq 下部	萤石	-5.4	-84
2	CSR—28	玉家坪矿段 D2004 点	dcq 底部	萤石	-8.3	-99
3	CSR—30	玉家坪矿段万年水采场	dcq 顶部	萤石	-0.1	-74
4	CSR—22	破脸山矿段 QJ8 采场	$P_{2,3}\beta^{1-1}$ 底部	石英	-6.9	-77
5	CSR—27	龙脑壳东一采坑内	$P_{2,3}\beta^{1-1}$ 下部	石英	-8.9	-83
6	CSR—40	玉家坪矿段原兴鑫金矿采场	$P_{2,3}\beta^{1-1}$ 下部	石英	-5.2	-87

测试仪器:MAT-251 质谱仪,测试单位:宜昌地质矿产研究所同位素室。

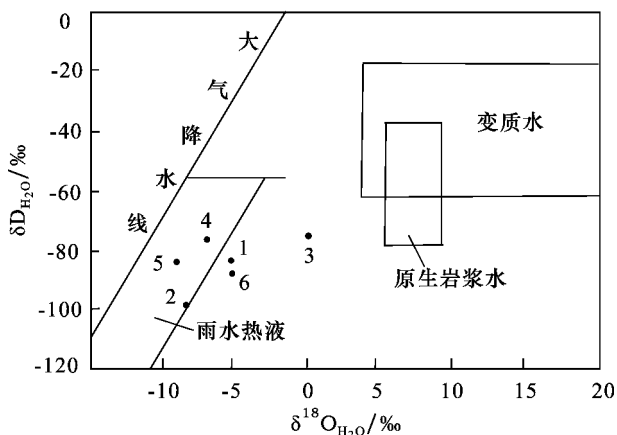


图 3 泥堡金矿床流体包裹体 δD - $\delta^{18}O$ 关系图 (图中点号同表 3 序号)

Fig. 3 δD versus $\delta^{18}O$ of fluid inclusions in Nibao gold deposit (the number as for Table 3)

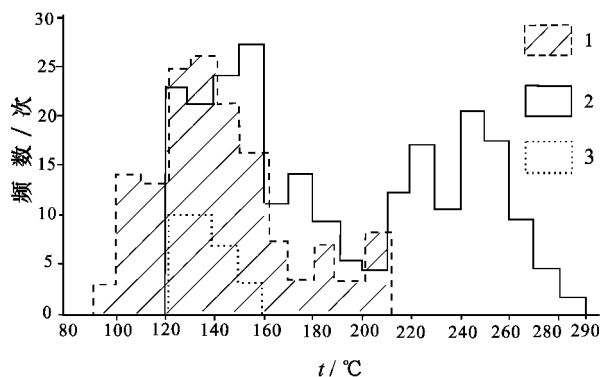


图 4 泥堡金矿床流体包裹体均一温度直方图

1—萤石(3件) 2—石英(3件) 3—硅化石英(1件)

Fig. 4 Histogram showing homogenization temperature of fluid inclusions in Nibao gold deposit
1—Fluorite (3 samples); 2—Quartz (3 samples); 3—Silicified quartz (1 sample)

表 4 泥堡金矿床矿物流体包裹体参数平均值

Table 4 Average parameters of fluid inclusions in minerals from Nibao gold deposit

测定矿物	样品数/件	包裹体数	均一温度 $t_h/^\circ C$		盐度 $w(NaCl_{eq})\%$		密度 $\rho(g \cdot cm^{-3})$		压力 $p/10^5 Pa$		深度/km	
			范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值	范围	均值
萤石(脉)	3	146	95~210	139.4	0.9~3.4	1.98	0.868~0.973	0.928	220~500	361	0.73~1.60	1.20
石英(脉)	3	196	120~285	191	1.03~5.077	3.35	0.882~1.04	0.937	250~440	355	0.83~1.46	1.14
成矿期硅化石英	1	30	125~155	142.4	3.4~5.8	4.98	0.951~0.975	0.963	340~420	380	1.33~1.40	1.37

测试单位:宜昌地质矿产研究所包裹体室。

呈双峰式。按峰值可分为 2 个阶段:第 1 阶段,最佳温度为 220~260 $^\circ C$,平均为 238.8 $^\circ C$;第 2 阶段,为 120~160 $^\circ C$,平均为 150.3 $^\circ C$ (图 4)。其中,一件成矿期硅化石英的温度为 125~155 $^\circ C$,平均为 142.4 $^\circ C$ 。

3.2 盐度

3 件萤石的盐度 $w(NaCl_{eq})$ 为 1.2%~3.4%,平均为 1.98%;3 件脉石英的盐度为 1.03%~5.77%,平均为 3.35%;成矿期硅化石英的盐度为 3.4%~5.8%,平均为 4.98%(表 4)。

3.3 密度、压力和深度

详见表 4。

3.4 流体包裹体成分

据 3 件萤石和 3 件脉石英内流体包裹体成分测试结果(表 5),包裹体液相呈弱酸性, $K^+ > Na^+$, $Ca^{2+} > Mg^{2+}$, $Cl^- > F^-$, HCO_3^- 为 0。在石英内包裹体的液相中, K^+ 平均占阳离子总量的 43%, Cl^- 平均占阴离子总量的 75%;在气相组分中,以 H_2O 为最多,占气相组分的 95.7%~99.8%;次为 CO_2 ,但其

含量不足气相组分总和的 5%(0.22%~4.26%)。与相邻的一些金矿床相比,泥堡金矿床包裹体中的 CO_2 、 CO 和 CH_4 含量显著偏低(王砚耕等,1995;韩至钧等,1999);石英包裹体液相组分的阴阳离子总量仅相当于相邻金矿床的 1/2~1/10(戈塘矿床包裹体流体组分及含量与泥堡矿床近似)(韩至钧等,1999)。

4 成矿时代

笔者于破脸山矿段 QJ8 采场,在 $P_{2-3}\beta^{1-1}$ 底部硅化、黄铁矿化凝灰岩(金矿体)中,沿一条顺层分布的石英脉(脉长 3.2 m,脉宽 1~2 cm,脉石呈乳白色,较纯洁,未风化)按 0.4 m 间距,共采集 6 个点的脉石英样品,用人工重砂法在镜下挑选出纯度 $\geq 99.5\%$ 的石英单矿物,送交宜昌地质矿产研究所进行流体包裹体铷锶同位素测定,测定结果见表 6。锶同位素组成 $^{87}Sr/^{86}Sr = 0.70778 \pm 0.00008 (1\sigma)$,具地壳演化区的组成特征。

表5 泥堡金矿床矿物流体包裹体平均成分

Table 5 Average chemical composition of fluid inclusions in minerals from Nibao gold deposit

	萤石	石英
样品数/件	3	3
爆裂温度/℃	100~500	100~600
$w_{\text{液相}}/10^{-6}$		
K^+	2.01	4.12
Na^+	1.53	2.37
Ca^{2+}	34.55	2.62
Mg^{2+}	0.16	0.49
Li^+	0.021	0.027
F^-	47.12	0.29
Cl^-	2.74	4.46
SO_4^{2-}	0.00	1.17
HCO_3^-	0.00	0.00
pH	6.13	6.63
摩尔比		
K^+/Na^+	1.31	1.74
Ca^{2+}/Mg^{2+}		5.35
F^-/Cl^-		0.065
$w_{\text{气相}}/10^{-6}$		
H_2O	206.30	300.64
CO_2	5.05	6.48
CO	0.02	0.03
CH_4	0.023	0.053
H_2	0.06	0.07
$(CH_4 + CO + H_2)/CO_2$	0.020	0.024
H_2O 在气相成分中的比例/%	97.56	97.84

测试单位:宜昌地质矿产研究所包裹体室。由于包裹体少而小,爆裂温度偏高,由于矿物溶解的影响,萤石中 Ca^{2+} 、 F^- 含量偏高,仅供参考。

表6 泥堡金矿床石英流体包裹体铷锶同位素组成

Table 6 Rb and Sr isotope composition of fluid inclusions in quartz from Nibao gold deposit

序号	样号	$w_{\text{Rb}}/10^{-6}$	$w_{\text{Sr}}/10^{-6}$	$^{87}\text{Rb}/^{86}\text{Sr}$	$^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}(2\sigma)$
1	CSR44-1	12.58	43.15	0.8408	0.70954 ± 0.00001
2	CSR44-2	11.3	12.16	2.681	0.71324 ± 0.00007
3	CSR44-3	15.51	27.81	1.609	0.71105 ± 0.00004
4	CSR44-4	15.25	16.17	2.721	0.71321 ± 0.00004
5	CSR44-5	24.68	19.53	3.646	0.71519 ± 0.00006
6	CSR44-6	16.73	28.02	1.722	0.71118 ± 0.00002

$t = (142 \pm 2) \text{ Ma} (1\sigma)$; $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr} = 0.70778 \pm 0.00008 (1\sigma)$ 测试仪器: MAT-251 质谱仪, 测试单位: 宜昌地质矿产研究所同位素室。

从6个点的脉石英单矿物中抽取一定比例的样品构成一件组合样,送交贵州省地质矿产中心实验室进行微量元素分析,其中, Au 1.38×10^{-6} , Ag 0.60×10^{-6} , $Au/Ag = 2.30$,与泥堡矿床16件金矿

石的 Au/Ag 为 3.67 较为接近,而与相邻金矿床的 Au/Ag (多大于 10) 则相差较大。说明该区脉石英含金,且其 Au/Ag 与金矿石的 Au/Ag 相近。据6件脉石英流体包裹体铷锶同位素测定结果,在 Rb-Sr 同位素等时线图上构成一条极佳等时线(图5)。测得年龄为 $(142 \pm 2) \text{ Ma} (1\sigma)$,成矿时代为晚侏罗世。该成矿年龄比相邻的戈塘、三岔河、丫他、板其金矿的 100 Ma (韩至钧等,1999;何立贤等,1993),百地、烂泥沟金矿的 85.5~90.8 Ma (韩至钧等,1999),以及广西高龙、金牙金矿的成矿时代(陈凯礼,2002)都要早些。

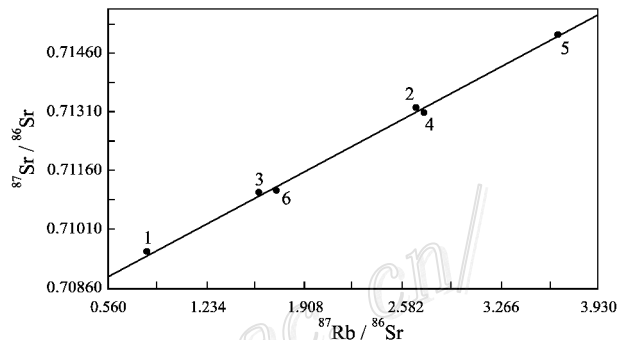


图5 泥堡金矿床石英内流体包裹体 Rb-Sr 同位素等时线图(图中点号同表6序号)

Fig. 5 Isochron diagram of Rb and Sr isotope compositions of fluid inclusions in quartz from Nibao gold deposit (the number as for Table 6)

5 讨论

5.1 成矿物质来源

玄武岩中的金含量为 44×10^{-9} (韩至钧等,1999),晴隆附近 12 件玄武岩平均含金高达 200×10^{-9} (陈凯礼,2002)。据贵州省地质调查院资料^①,泥堡矿床周围无矿地段凝灰岩平均含金 8.15×10^{-9} (18 件)。这些都大大高于贵州全省岩石中金的平均含量 1.50×10^{-9} (何立贤等,1993),也高于基性岩中金的丰度值 4×10^{-9} (袁见齐等,1979),说明该区内的玄武岩、凝灰岩本身就是富金地体,是金的矿源层。

5.2 热能来源

黔西南地区从古至今都是地热异常区。二叠纪

① 贵州省地质调查院, 2003. 贵州省盘县—兴仁地区金矿评价报告。(内部资料)。

至侏罗纪的古地温梯度为 $2.5 \sim 3.5^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ^①, 现代地温梯度为 $2.5 \sim 4^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ ^②。该区二叠系至三叠系的厚度达 6 000 m 以上, 据此推算, 燕山初期二叠系底部的温度当在 180°C 以上, 仅地热增温作用就可形成中低温成矿流体(肖荣阁等, 2001)。

威宁南屯及水城不鲁模等 7 处辉绿岩全岩 K-Ar 法年龄为 127~283 Ma, 地质时代为中二叠世晚期至早白垩世; 盘县、普安 2 处辉绿岩全岩 K-Ar 法年龄为 115.5~146 Ma, 贞丰以东偏碱性超基性岩全岩 K-Ar 法年龄为 77.5~97 Ma(贵州省地质矿产局, 1987) 地质时代为中侏罗世至晚白垩世, 这与该区及周围金矿床的成矿时代是一致的。也就是说, 在泥堡及周边地区内, 从中二叠世茅口期至晚白垩世都有岩浆岩形成。虽然峨眉地幔柱经过二叠纪大规模的喷发与侵位, 已逐渐失去活动性, 但其残留部份仍停留在地壳底部(王登红, 2001), 当遇到适当的条件时, 如强烈的燕山活动, 岩浆依然会沿深大断裂上侵, 并释放出大量的热能。

5.3 成矿流体

该区脉石英的氢氧同位素、流体包裹体的各项参数及成分的测定结果表明, 成矿流体是一种含大量大气水的弱酸性、低盐度、中—低温热液。该热液中阴、阳离子总量较少, 以 K^+ 和 Cl^- 为主; 气相组分中 CO_2 、 CO 和 CH_4 含量甚微, 加之矿区内的矿石普遍硅化, 说明富含 SiO_2 和 K 的成矿热液是地表水沿断裂带深循环形成的, 其中 K 主要来自富含 K 的凝灰岩。

5.4 热液喷发角砾岩与成矿

在燕山运动导致地层发生褶皱作用的过程中, 由于 P_2m 灰岩与 $P_{2,3}\beta^{1-1}$ 凝灰岩、沉凝灰岩以及 $P_{2,3}\beta^{1-2}$ 与 P_3l^1 底部灰岩的能干性差异甚大, 使得整个矿床乃至更大区域内, 沿两者之间的沉积间断面发生滑动并形成虚脱空间, 为热液提供了通道。早期含大量 Si、F 但不含金的热液沿通道流动、渗透, 先是使 P_2m 顶部及 P_3l^1 底部的灰岩逐渐硅化并成为次生石英岩; 继而, 沿 P_2m 顶部大厂石英岩的层间裂隙沉淀了萤石。

随着成矿热液在地热系统内不断地循环, 在运移过程中进一步溶滤围岩, 特别是大区域范围的凝灰岩乃至玄武岩中的可溶盐和金, 增大了矿液的盐

度和 Au、Si、K 的浓度, 当遇到适当的构造部位和适当的物理化学条件时, 即可卸载成矿。这可能是金最早的沉淀成矿。随着燕山运动强度的加大, 在原有地热异常基础上, 叠加了辉绿岩侵入带来的热量, 即峨眉地幔柱释放的“余热”, 使区域热能突然增大, 形成了过压的成矿流体, 当流体压力超过了静岩载荷与岩石抗张强度之和时, 就会产生水力压裂, 进而发生热液喷发并形成热液喷发角砾岩(黄伟林, 1987), 与此同时, 发生了第二次金沉淀。

从角砾岩中存在砾中砾的现象判断, 即使在同一地段, 这种热液喷发至少发生过两次以上。后来的富含金、硅的成矿热液, 沿可渗透的角砾岩通道及周围破碎的围岩渗透、流动, 再一次发生水岩相互作用, 使金更加富集。就是说, 在热液喷发之前、之间和之后, 可能发生过多次金的沉淀成矿。

泥堡矿床东北的戈塘等金矿床, 乃至晴隆大厂的梯矿床, 都处于同一沉积间断面, 可能都以大致相同的机制形成了热液喷发角砾岩, 并成为最主要的容矿构造部位。这就构成了该区集矿源层、流体通道和容矿空间于一体的极具特色的成矿组合。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Guizhou Province. 1987. Regional geology of Guizhou Province [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).
- Chen K L (ed). 2002. Geology of gold deposits of Guangxi [M]. Nanning: Guangxi Science and Technology Press (in Chinese with English abstract).
- Han Z J, Wang Y G, Feng J Z, Chen T J, Luo X H and Liu Y H. 1999. Geology and exploration of sedimentary-rock-hosted disseminated gold deposits in southwestern Guizhou [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press (in Chinese with English abstract).
- He L X, Zeng R L and Lin L Q. 1993. Geology of gold deposits of Guizhou [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese with English abstract).
- Wang D H. 2001. Basic concept, classification, evolution of mantle plume and large scale mineralization: Probe into southwestern China [J]. Earth Science Frontiers, 8(3): 67~72 (in Chinese with English abstract).
- Wang Y G, Wang L T, Zhang M F and Wang LL. 1995. Texture of the upper crust and pattern of the disseminated gold deposits distributed in Nanpanjiang area [J]. Geology of Guizhou, 12(2): 91~

① 金晓华. 1982. 贵州煤的变质规律与古生界油气远景. 贵州石油地质 (1). (内部刊物).

② 贵州省地质矿产局区域地质调查队. 1986. 贵州省区域矿产志. (内部资料).

183 (in Chinese with English abstract).

Xiao R G, Zhang Z H, Chen H Q and Zhang H C. 2001. Types of geological fluids and ore-forming fluid [J]. Earth Science Frontiers, 8 (4): 245~251 (in Chinese with English abstract).

Yang K W. 1992. Preliminary studies on genesis and prospect of Getang-type gold deposits-concurrent discussion of Zimudang-type gold deposits [J]. Geology of Guizhou, (4): 299~306 (in Chinese with English abstract).

Yuan J Q, Zhu S Q and Zhai Y S, ed. 1979. Metallogeny [M]. Beijing: Geol. Pub. House (in Chinese).

附中文参考文献

陈凯礼, 主编. 2002. 广西金矿地质 [M]. 南宁: 广西科学技术出版社.

贵州省地质矿产局. 1987. 贵州省区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社.

韩至钧, 王砚耕, 冯济舟, 陈潭钧, 罗孝桓, 刘远辉. 1999. 黔西南金矿地质与勘查 [M]. 贵阳: 贵州科学技术出版社.

何立贤, 曾若兰, 林立青. 1993. 贵州金矿地质 [M]. 北京: 地质出版社.

王登红. 2001. 地幔柱的概念、分类、演化与大规模成矿——对中国西南部的探讨 [J]. 地学前缘, (3): 67~72.

王砚耕, 王立亭, 张明发, 汪隆六. 1995. 南盘江地区浅层地壳结构与金矿分布模式 [J]. 贵州地质, (2): 91~183.

肖荣阁, 张宗恒, 陈卉泉, 张汉城. 2001. 地质流体自然类型与成矿流体类型 [J]. 地学前缘, (4): 245~252.

杨科伍. 1992. 戈塘式金矿床之成因及找矿远景初探-兼论紫木函式金矿 [J]. 贵州地质, (4): 299~306.

袁见齐, 朱上庆, 翟裕生, 主编. 1979. 矿床学 [M]. 北京: 地质出版社.

黄伟林译, 祈锐光校. 1987. 热液喷发机制与热泉金矿床 [J]. 地质地球化学 (金矿特辑), (12). 译自 C. E. Nelson et al. 1985. Economic Geology 80: 1633~1639.

<http://www.kcdz.ac.cn/>