

文章编号:0258-7106 (2006) 04-0369-19

贵州东南部浊积岩中金矿的地质特征和成因*

卢焕章^{1,2}, 王中刚¹, 陈文一³, 吴学益¹, 朱笑青¹, 胡瑞忠¹(1 中国科学院地球化学研究所, 贵州 贵阳 550002; 2 University of Quebec at Chicoutimi, G7H 2B1, 加拿大;
3 贵州省地质矿产局, 贵州 贵阳 550004)

摘要 文章首次明确提出黔东南天柱县、锦屏县、黎平县以及相邻的湖南省靖县、会同县、洪江县存在浊积岩型金矿。研究发现, 这些金矿均产在加里东褶皱带中, 它们产于背斜的轴部, 向两翼延伸, 形成平行于地层的石英脉; 另一种石英脉则充填于褶皱和剪切作用形成的剪切带或断裂带中。这些褶皱和断裂均呈北东方向。黔东南地区的浊积岩型金矿, 均赋存于前震旦系下江群浊积岩中, 产在板岩、凝灰岩或者在板岩和砂岩交界处。石英脉中金的富集与黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿等密切相关。细脉比宽脉更富集金, 断裂交叉处更富含金。石英脉两侧(尤其是顺层石英脉)的蚀变很弱, 主要为硅化和绿泥石化。应用 RB-SR 方法测得石英脉的年龄为 370~450 Ma, 成矿时代应在加里东期或期后。黔东南浊积岩金矿在品位(多数可见明金)、储量和产量方面均很有前景, 研究它们具有十分重要的学术价值和经济意义。

关键词 地质学; 浊积岩型金矿; 平行于地层的脉; 加里东褶皱带; 黔东南
中图分类号: 618.51 **文献标识码**: A

Turbidite hosted gold deposits in southeast Guizhou: Their structural control, mineralization characteristics, and some genetic constrains

LU HuanZhang^{1,2}, WANG ZhongGang¹, CHEN WenYi³, WU XueYi¹,
ZHU XiaoQing¹ and HU RuiZhong¹

(1 Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, Guizhou, China; 2 Sciences de la Terre, CERM, Université du Quebec à Chicoutimi, Chicoutimi, Quebec, G7H 2B1, Canada; 3 Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources, Guiyang 550004, Guizhou, China)

Abstract

Southeast Guizhou area is a gold province, as shown by the well developed primary gold mineralization in the Precambrian rocks of the southeast Guizhou and southwest Hunan Caledonian fold belt. More than twenty gold deposits have been found in the area, with gold produced both from primary quartz veins and from alluvial placer deposits. Precambrian Xiajiang Group, with minor Sinian and Cambrian sediments, dominates exposed bedrocks. Mesozoic sediments are not well developed in this area. The Precambrian Xiajiang Group, which has been subdivided into Panzao, Qingshuijiang, Pinglue and Longli Formations, is characterized by a turbidite sequence composed of slate, meta-sandstone, meta-tuff and siltstone. This succession was deformed by NE-trending folds and NEE-dipping thrust faults and shear zones. No intrusion and dyke have been found in this area. The Precambrian Xiajiang Group and the Lower Cambrian sediments experienced low-grade regional weak green-

* 本文得到中国科学院海外人才基金(2003104002452)和贵州省省长科学技术基金(GSJ03102)资助

第一作者简介 卢焕章,男,1940年生,加拿大魁北克大学教授,中国科学院地球化学研究所研究员,博士生导师,主要从事地球化学研究。

收稿日期 2005-12-27; 改回日期 2006-03-28。张绮玲编辑。

schist facies metamorphism. Three mineralization types have been identified in the region, namely, auriferous quartz veins mostly parallel to the bedding (BPV), discordant quartz veins filled into shear zones and normal faults, and placer deposits. The vein type deposits can be subdivided into three types: ① high grade (approximately 16 g/t Au) narrow gold-bearing veins, ② low grade (0.5~4 g/t Au) thicker gold-bearing quartz veins, and ③ bedding cross cutting quartz veins (3~6 g/t Au) with intensive alteration. Recent studies show that the Au contents in turbidite and in pyrite of turbidite are higher than the Au Clarke value (4×10^{-9}). This indicates that the reaction between the turbidite and pyrite as the possible source of gold and the probable hydrothermal fluids finally led to the formation of this type of deposits.

Key words: geology, turbidite-hosted gold deposit, bedding paralleled vein, Caledonian fold belt, southeast Guizhou

在中国黔东南地区赋存于浅变质浊积岩(砂岩、粉砂岩、板岩和凝灰岩)中的含金石英脉金矿,被简称为“浊积岩金矿”。这类矿床最先是在澳大利亚的Victoria(维克多利亞)省和加拿大的Novo Scotia(新斯科特)省发现的(Boyle, 1986; Large, 2004, Ramsay et al., 1998; Ryan et al., 1998; Cox et al., 1995; Jessell et al., 1994; Horne et al., 2001)。赋矿的地层可以从太古宙到第三纪。这类金矿床常常产于背斜的轴部,并与断裂和剪切带有关,大多数产于浅变质(绿片岩相)的浊积岩地层中。在加拿大新斯科特省的500 km长、100 km宽的区域中分布有300多个含金石英脉型金矿床。在澳大利亚维克多利亞省的150 km×150 km的地区内分布有12个大于30 t储量金的矿床,其中Bingigo矿床的储量将近800 t(Ramsay et al., 1998)。不仅有原生矿,其砂金产量也很大。中国黔东南地区的含金石英脉也属于这种浊积岩型的金矿,本文首次明确提出这种浊积岩型金矿存在于中国,它们无论在品位(多数可见明金),还是在储量和产量方面均很有前景。

贵州省东南部的天柱县、锦屏县和黎平县产出大量的石英脉型金矿床。随着数以百计的民营金矿的开采,特别是20世纪90年代以来,民采揭示了不少金矿的谜底,过去认为远景不大的金矿现已达几吨以上,一些过去认为储量只有几吨的金矿,现在黄金年产量都在1 t以上。以锦屏县平秋金矿为例,该矿床十多条含金石英脉长1 000 m以上,延深已达300余米,曾有23个民洞,数百人开采,年产黄金估计1 t以上,这种产于浊积岩中的金矿床的远景和储量已远远超过人们的预料。但是,对这个地区的地质构造与金矿床的关系以及金矿床的规模和成因,至今未进行过详细的研究。

笔者从2001年起,开始对锦屏、天柱、从江、黎

平等地的金矿进行地质调查和研究,在中国科学院和贵州省基金的资助下,重点对以下2个问题进行了研究:①该地区的地质构造主要特征及其与金矿的关系;②该区金矿床的特征和类型及其成因。为在该区进一步找矿、开发,最后确定该地区金矿的远景和金矿成矿模式提供资料和依据。本文就是该项目科研成果的一部分。

1 地质背景

贵州省东南部的天柱、锦屏、黎平3县及相邻的湖南省靖县、会同、洪江3县是中国浊积岩金矿分布的地方(图1和图2)。该区的大地构造位于扬子准地台和华南加里东褶皱带的结合部位。这个地带的金矿均产在加里东褶皱带中,称之为湘黔褶皱带(图1)。中国人民武装警察部队黄金指挥部(罗献林等, 1996)曾对湖南省沃溪式层控式金矿进行过研究。余大龙(1997)和卢焕章等(2005)曾对黔东南上述三县的金矿及其与地质构造的关系作过研究。

1.1 地层

区内主要地层为前震旦系下江群(图3和图4)。下江群从下至上分番召组、清水江组、平略组和隆里组。区内最老的地层为番召组,分为2段,岩性均为灰色—淡绿色板岩夹少量变余砂岩及变余凝灰岩,厚度大于1 000 m,其中有含金石英脉;清水江组为浅灰色、灰绿色及深灰色变余凝灰岩,变余层凝灰岩(见马尾丝状)、变余砂岩和板岩组成互层,厚度为2 300~3 700 m,见含金石英脉;平略组主要为浅灰色、灰绿色板岩夹少量变余砂岩,厚1 500~2 000 m,尚未发现含金石英脉;根据岩性特征,隆里组可以划分为2段:一段为浅灰色至灰色变余砂岩、变余粉砂岩夹板岩,厚600~800 m,见含金石英脉;二段为

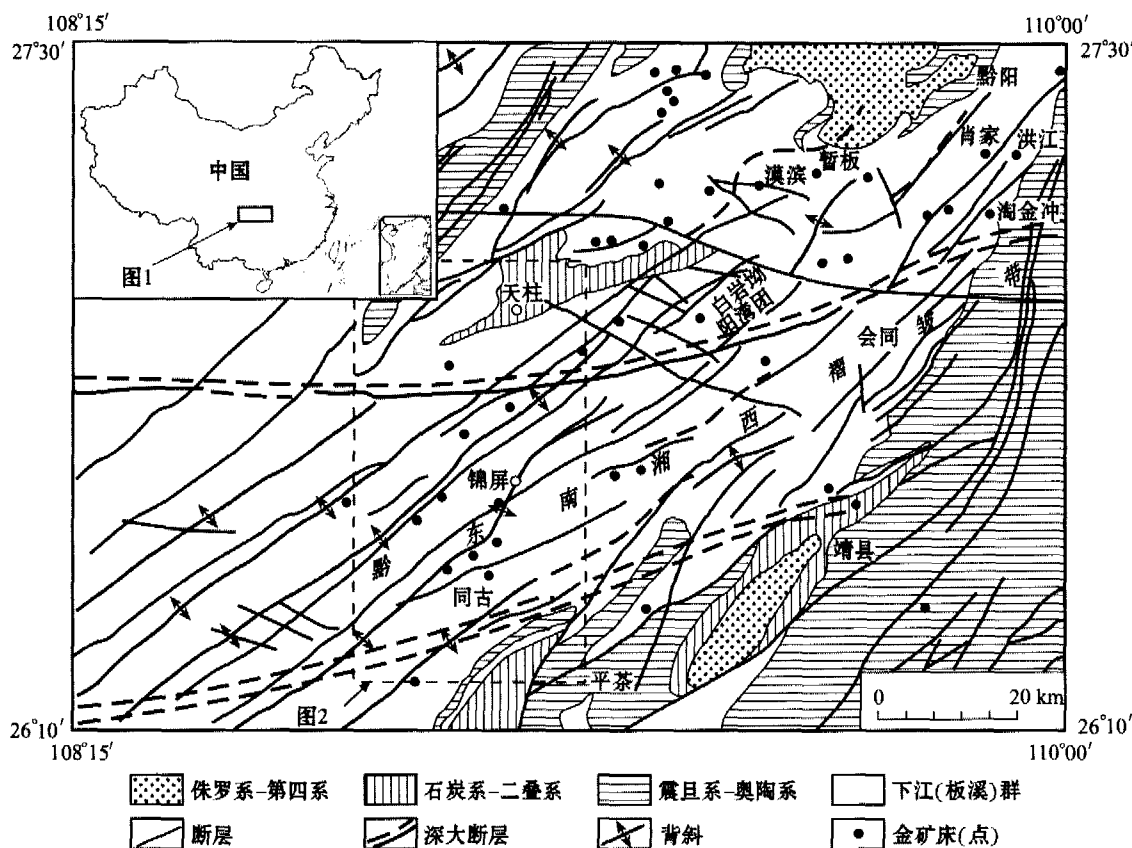


图 1 湘西—黔东南金矿床地质图(根据本研究的遥感资料及贵州、湖南省地质图编汇)

Fig. 1 Geological map of gold deposits in southeast Guizhou and west Hunan (based on remote sensing data and geological maps of Guizhou and Hunan)

浅灰绿色、灰绿色板岩夹少量细砂岩,厚 700~900 m,产含金石英脉。一般来说,番召组分布于背斜核部,其余依次分布于背斜翼部。区内下江群沉积构造保存良好,常见鲍马韵律(图 4)。偶见原生滑塌-滑移成因的角砾岩夹层及包卷层理,主要为浅、中海斜坡-盆地相浊流沉积。清水江组及隆里组一段主要为浊积扇上部及中部。番召组二段、平略组及隆里组二段主要为浊积扇边缘至深海沉积。下江群地层总厚度约 7 000 m。在清水江组和番召组的底部见到凝灰岩,说明它曾经处于海底火山喷发的环境,也许提供了金来源的一部分。其岩性为板岩、粉砂岩和砂岩,表明这些沉积岩是在浊积的、不太深的海洋环境中形成的。

图 4 是对浊积岩地层的野外观察的结果。图 4A 是平秋镇附近的下江群浊积岩的波状纹理;图 4B 是它的放大;图 4C 示浊积岩中矿物岩屑粗细粒度的变化,表明其分选中等及鲍马韵律。图 4D 示交错层理和巨厚的均粒层,在显微镜下见粒度粗细分选。在锦屏县的下江群见到了鲍马韵律层,这是

浊积岩地层的基本特征。标准的鲍马韵律层从下到上有 5 层:均粒层(图 4C 中 b);下部平行的纹层(图 4C 中 a);波痕状纹层(图 4C 中 c);上部平行的纹层和泥质层。在锦屏常见到 3 层,有时可见 4 层,而泥质层常缺失,所以本地区的地质是浊积岩,含矿的石英脉一般产在板岩、泥质板岩或砂岩中。

区内下江群和震旦系下统的岩石经历了浅变质作用,形成了低级的区域绿片岩相,但含金石英脉未受到变质,说明其形成时代应晚于震旦系下统。除此之外,本区内迄今未见有火成岩。

1.2 构造特征

为了弄清本区主要地质构造格局及其主要特征,笔者在贵州省遥感站的协助下,采用卫星的 TM 数据和航空照片,利用加拿大的 PCI 遥感数据图像处理系统,对研究区的 TM 数据进行处理,并根据实际地质考察进行解释,做出了遥感解释综合地质图,然后结合地质资料以及笔者 3 年来的地质工作,编制了黔东南锦屏、天柱毗邻区构造地质图(图 2)。这些图件是笔者研究工作的主要成果之一。以下是

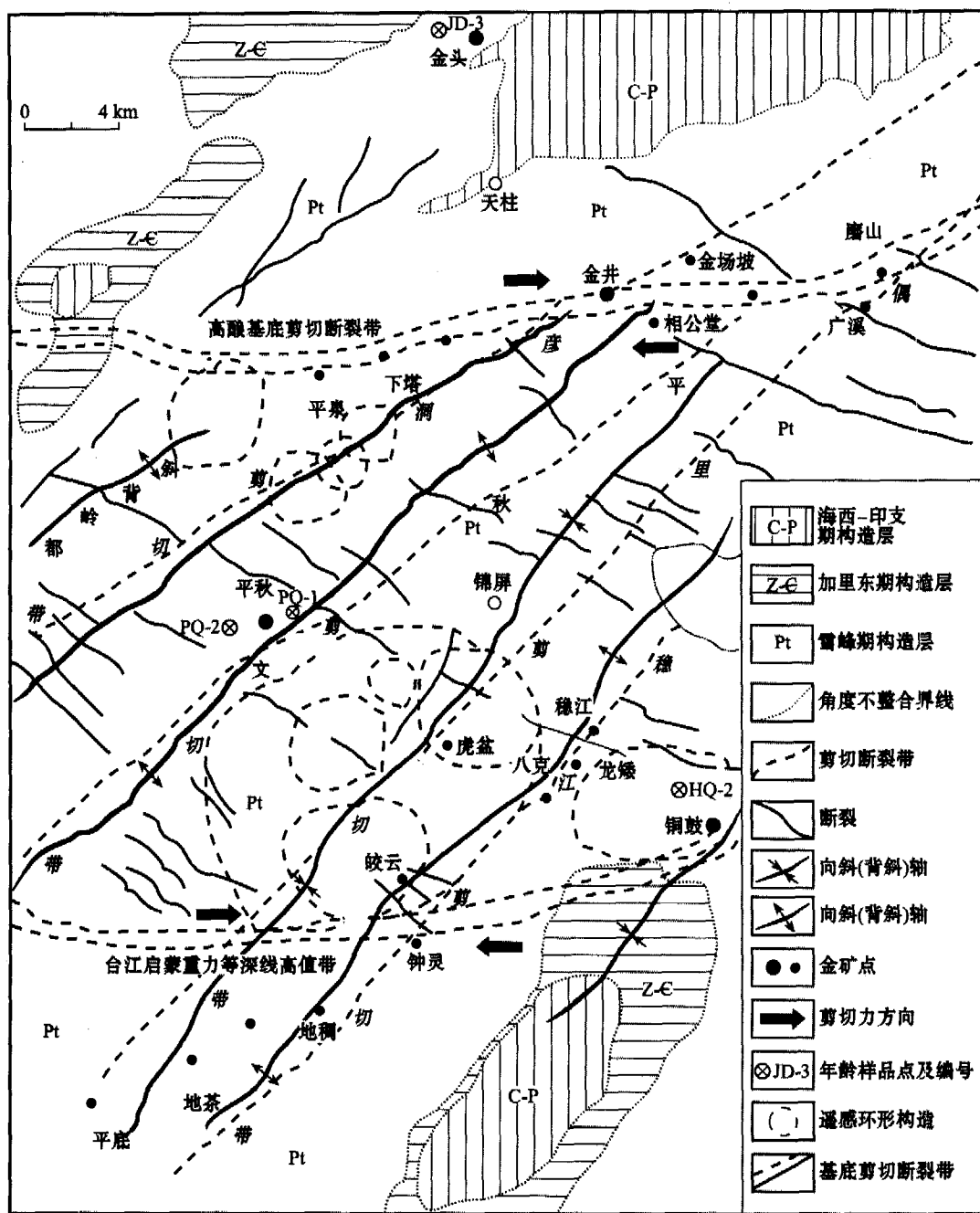


图2 黔东南锦屏、天柱毗邻区构造地质图(据本研究的遥感和地质资料编绘)

Fig. 2 Geological and structural map of Jinping and Tienzhu region, southeast Guizhou (based on remote sensing data and geological maps of Guizhou and Hunan)

该区的主要构造特征。

黔东南的天柱县、锦屏县、黎平县以及湘西的靖县、会同县和洪江县均位于扬子准地台的边缘和华南加里东褶皱带的结合部,区内出露地层有前震旦系下江群、震旦系、石炭系、二叠系、侏罗系、白垩系及零星分布的第四系。其中震旦系与前震旦系下江群,石炭系与下江群或震旦系,二叠系与下江群,白

垩系与下江群,第四系与下伏诸地层之间均呈角度不整合接触,石炭系与二叠系,侏罗系与二叠系之间呈平行不整合接触。根据地层的接触关系,可以把构造运动划分为前震旦系的雪峰构造层,泥盆系前的加里东构造层,三叠系前的海西—印支构造层以及侏罗系地层沉积之后的燕山—喜马拉雅构造层。图5示本区造山运动,变质作用与成矿作用之

| 系 | 群 | 组 | 代号 | 柱状图 | 厚度/m | 岩性简述 | |
|------|---------|-----------|------------------------------|-------------------------------|-----------|--|---|
| 第四系 | | | Q | | <100 | 土 | |
| 二叠系 | | | P | | <100 | 灰岩 | |
| 石炭系 | | | C | | <100 | 白云岩, 灰岩 | |
| 寒武系 | 下 | | ε | | <100 | 黑色页岩 | |
| 震旦系 | 上 | 陡山沱组和留茶坡组 | Z | | 300~1500 | 岩性为变余石英砂岩, 变余含砾砂岩, 杂砾岩, 杂砂岩, 粉砂岩, 黑色页岩 | |
| | 下 | | | | | | |
| 前震旦系 | 前震旦系下江群 | 隆里组 | 隆里组二段 | Pt ₃ ^{l2} | | 700~900 | 浅灰绿、灰绿色板岩夹少量细砂岩, 见含金石英脉 |
| | | | 隆里组一段 | Pt ₃ ^{l1} | | 600~800 | 浅灰色至灰色变余砂岩, 变余粉砂岩夹板岩, 见含金石英脉 |
| | | 平略组 | Pt ₃ ^p | | 1500~2000 | 岩性为浅灰色、灰绿色板岩夹少量变余砂岩 | |
| | | 清水江组 | 清水江组一段 | Pt ₃ ^{q2} | | 800~1200 | 以变余层凝灰岩为主, 见含金石英脉 |
| | | | 清水江组二段 | Pt ₃ ^{q1} | | 1500~2000 | 浅灰色、灰绿色及深灰色变余凝灰岩, 变余砂岩和板岩, 组成互层, 见含金石英脉 |
| | | 番禺组 | 番禺组二段 | Pt ₃ ^{f2} | | >1000 | 见于锦平县魁胆、文斗、河口一带背斜核部, 岩性为灰色—深灰色板岩, 夹少量变余砂岩及变余凝灰岩, 见含金石英脉 |

图 3 锦屏地区的地质柱状图

Fig. 3 Stratigraphic column of Jinping area

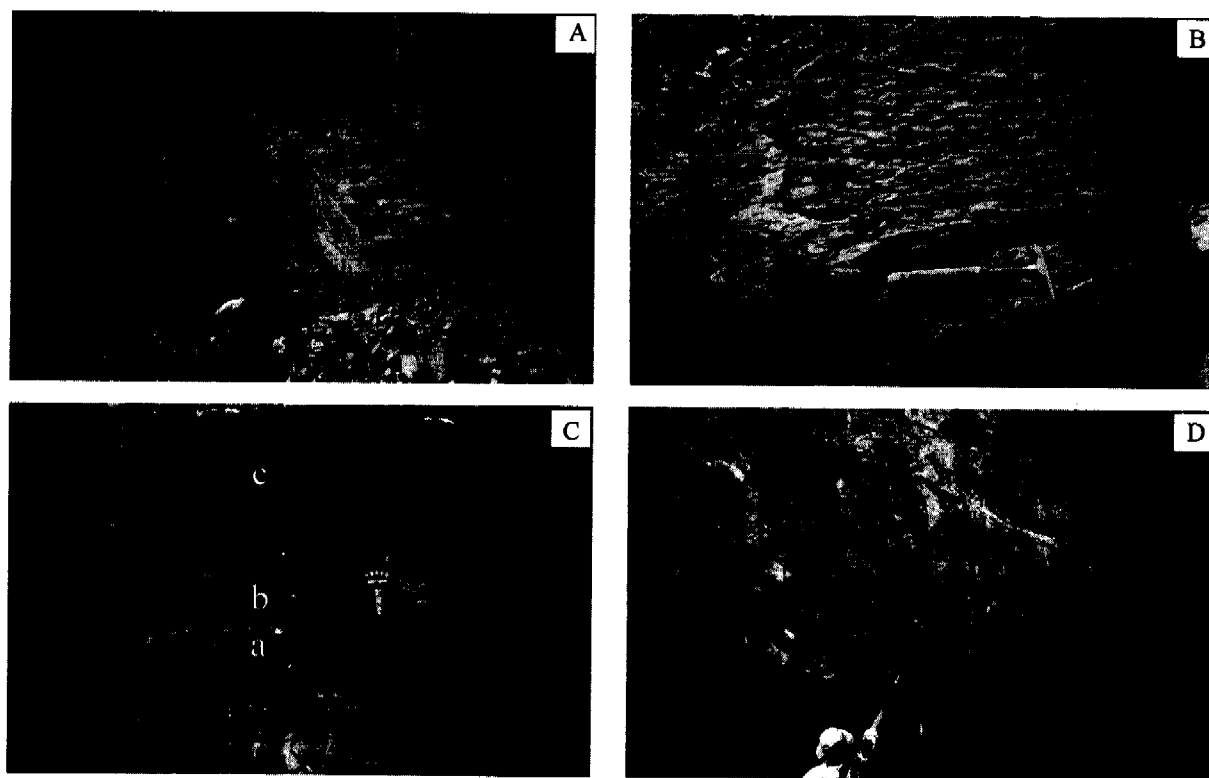


图4 黔东南锦屏县下江群的浊积岩

Fig. 4 Turbidite sequence of Xiajiang Group in Jinping, southeast Guizhou

| | 雪峰运动 (D ₁) | 加里东运动 (D ₂) | 燕山运动 (D ₃) | 喜马拉雅运动 (D ₄) |
|------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 构造 | 早期E-W向断裂 | 早期NE向剪切和断裂 | 褶皱和断裂 | 断裂 |
| 变形强度 | | | | |
| 变质作用 | | | | |
| 金矿化 | | | | |

图5 黔东南地区造山运动、形变、变质作用与金矿化之关系

D₁—雪峰运动; D₂—加里东运动; D₃—燕山运动; D₄—喜马拉雅运动

Fig. 5 The relationship between orogeny, deformation, metamorphism and gold mineralization in southeast Guizhou

D₁—Xiufeng movement; D₂—Caledonian movement; D₃—Yanshanian movement; D₄—Himalaya movement

关系。

中元古代晚期(850 Ma)雪峰运动以后,该区古老的地壳已由大洋地壳经陆缘过渡型演化为大陆型

地壳。雪峰期构造运动(D₁)基本奠定了区内NE向的构造格局,加里东期构造运动(D₂),使黔东南整个地区发育多条EW向基底断裂。在本区北部发育

EW向的高酿基底剪切断裂,在南部分布有凯里—台江—剑河—启蒙重力等深高值带(启蒙基底剪切断裂带),并发生右旋剪切作用,强化了该区NE向构造格局,使本区在相当一个地质时期造山成陆。尽管海西期—印支期构造运动再次使本区局部下陷形成小型海湾,但影响不大,NE向的构造格局基本没有改变。直到燕山运动(D₃)、喜马拉雅运动(D₄),太平洋板块对亚洲大陆板块斜向俯冲,对亚洲大陆产生左旋压扭剪切作用,使本区NNE向构造叠加在EW向和NE向构造上。

(1) EW向断裂构造 本区存在2条近EW向断裂带:北边为凯寨—高酿基底断裂带,区内出露长度大于50 km,从基底地层效应来看断层北侧下降,地层断距约200~300 m;南边一条为凯里—台江—剑河—启蒙基底断裂带,是一条地球物理重力等深线的高速带,也是一条基底剪切带,它与北边的凯寨—高酿基底断裂带一样,在其东部也向东北方向抬升。这2条EW向断裂带构造成一个地堑型的主要构造格局。

(2) 环形构造 环形构造是在本次研究中发现的,共有20多个。经与邻区已知环形构造进行对比和验证,本区的环形构造可以分为4种:①隐伏岩体成因的环形构造,见于平略、皎洞、偶里一带,是本区最大的环形构造;②构造盆地的环形构造,见于都岭、石洞、凸洞及同古一带;③不同构造叠加的环形构造,分布在秀洞、岔路一带;④性质不明的环形构造,如皇封溪、茅坪一带。在这些环形构造中,由隐伏岩体成因的环形构造(平略、皎洞、偶里一带)应引起注意,因为本区尚未发现火成岩,其次,这种环形构造较大,粗略估计最大的环形构造其平均直径为21.3 km,估算其面积为356 km²。如果真是这么大

的一个岩浆房,它供给的能量和热液则十分可观;也许是一个复式岩体,因为在大环中还套有小环(图2)。一般来说,分异好的岩体,其岩浆结晶持续的时间长,热液作用强烈,有利于成矿作用。构造盆地的环形构造对成矿作用也是十分有利的,这种构造盆地就像地堑一样,在盆地的两侧形成很深的阶梯状断裂带,有利于成矿流体的循环和流动;此外两种或多种构造叠加的地方,也有利于成矿。

(3) 褶皱构造 本区的褶皱构造由背斜和向斜组成,有些背斜还发育次级背斜构成复背斜。褶皱构造有2期:基底褶皱和盖层褶皱。基底褶皱呈NE向,主要是加里东期形成的,燕山期的盖层褶皱除继承和叠加在加里东期NE向褶皱外,尚有部分呈NNE向的褶皱。本区自北西到南东方向发育的主要褶皱及特征列于表1。值得一提的是背斜常呈箱式和尖顶式,是浊积岩中金矿控矿构造的主要型式。

(4) 剪切带 本区的剪切带主要为NE向,从北西到南东分布有以下几条。

彦洞剪切带,长约70~80 km,一直延伸到湖南境内。它在金井金矿附近与EW向的高酿基底剪切断裂带相交,与彦洞向斜轴近乎平行,只是在南边的孟柏附近两者相交。

磨山剪切带,长约12~15 km,与高酿基底剪切带在东部的一段平行。

平秋剪切带,长约50 km,切过可能是由隐伏侵入体引起的最大的环形构造,并在平秋镇的金厂溪—桃子坳一带与平秋背斜相交,在茅坪附近与偶里向斜相交。

稳江剪切带,长约40 km,它在稳江附近与稳江背斜相交,在新寨附近与偶里向斜相交。

同古剪切带,约50 km长,它与启蒙—台江基

表1 本区褶皱构造及其主要特征

Table 1 Fold structures in this area and their major characteristics

| 褶皱名称 | 地层 | 主要特征 |
|---------|--------------------|--------------------------------|
| 凯寨向斜 | 核部为震旦系—寒武系,翼部为下江群 | 长>10 km,宽5 km,两翼对称,∠20~50°,核部陡 |
| 都岭背斜 | 下江群清水江组 | 长36 km,宽5~8 km,形态舒缓,∠20~30° |
| 彦洞向斜 | 清水江组、平略组 | 长45 km,宽5~6 km,两翼对称,∠20~30° |
| 平秋—文斗背斜 | 番召组二段及清水江组 | 长>10 km,宽5~8 km,两翼对称,∠25~30° |
| 偶里向斜 | 核部为隆里组,翼部为平略组及清水江组 | 长>55 km,宽8~10 km,两翼对称,∠30~40° |
| 稳江—杨家背斜 | 清水江组及平略组 | 长>55 km,宽6~10 km,两翼对称,∠20~30° |
| 同古向斜 | 核部为长安组,翼部为隆里组 | 长>20 km,宽8 km,两翼对称,∠20~30° |
| 雷打坡背斜 | 隆里组 | 长10 km,宽8 km,两翼大致对称,∠20~50° |
| 黄牛山向斜 | 核部为长安组,翼部为隆里组 | 长10 km,宽8 km,两翼大致对称,∠20~30° |

底剪切带在钟灵金矿附近相交,在山洞附近与铜鼓向斜相交,从山洞向东北方向约4 km处,同古剪切带与雷打坡背斜相交。

除上述剪切带外,还有几条尚未详细研究的剪切带,如隆里—敖市剪切带、中黄剪切带等。本区的剪切带从南向北剪切程度有增强的趋势。

(5) 密集构造带 区内还发育一些密集构造带,它可能是密集劈理带或区域性、透入性的平直断裂带,它们呈密集梳状,平均10 km内达40~60条,呈NE方向展布。位于平秋、偶里—新寨、八克、凯寨、钟灵和天柱凸洞一带。在研究区南侧的彦洞—同古一带表现为NW向、NE向2组密集透入性构造在该带上相交。

区内除发育上述构造外,还发育一般断裂,计有NE向、NEE向和NW向等多组断裂构造。

本区背斜和断裂对金矿的控制十分明显。例如平秋—文斗背斜中分布有平秋、相公堂金矿,稳江背斜分布有地稠、八克、龙矮金矿,雷打坡背斜分布有花桥、山洞金矿,彦洞剪切带分布有金斗、金场坡金矿,平秋剪切带分布有平秋金矿,稳江剪切带分布有皎云、虎盆金矿,同古剪切带分布有平底、地稠、地茶、儒飘、同古、钟灵和高秋金矿等。

2 浊积岩中石英脉金矿的地质特征

黔东南地区的石英脉金矿均赋存于浊积岩中,产在板岩中,或者在板岩与砂岩交界处,充填于受背斜控制的层间裂隙和其他断层中。现以同古花桥、平秋和八克3个矿床为例来说明其特征,然后加以总结。

2.1 同古花桥金矿床

同古花桥金矿区民采历史悠久,20世纪70年代末至80年代初,贵州省地质矿产局103队、117队做了许多工作,圈定了1.35 t的黄金地质储量,但据不完全统计实际开采出的黄金可能将近10 t。

(1) 地层和构造特征 区内地层以下江群隆里组为主,其次有下江群清水江组、震旦系、石炭系、白垩系和第四系。矿区内的地层主要为下江群隆里组一、二段,均为浊积岩。隆里组第一段:分2个亚段,共4层,厚度>212 m。岩性由层状含粉砂质板岩、变质细砂岩、粉砂岩组成2个旋回。在这之上有一层厚度不大的变质含砾砂岩。其中第二亚段的第一层普遍见有金矿化,矿区划出的M₆含金脉带即产

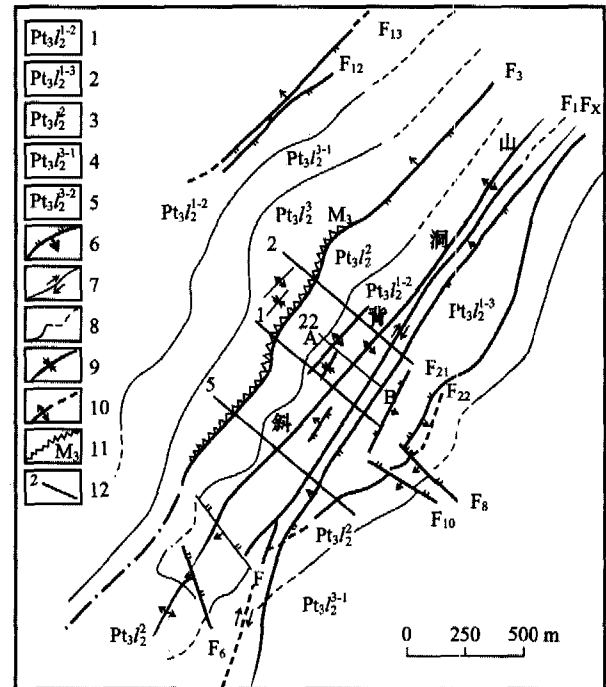


图6 黔东南同古花桥金矿床地质图(据吴攀,1999修改)
1~5—下江群隆里组:1—第二段第一层亚段二层;2—第二段第一亚段三层;3—第二段第二亚段;4—第二段第三亚段一层;5—第二段第三亚段二层;6—剪切带;7—平移断层及推测断层;8—地层界限及推测;9—向斜;10—背斜及推测;11—含金石英脉及编号;12—勘探线及编号

Fig. 6 Geological map of the Huaqiao gold deposit in southeast Guizhou (modified after Wu, 1999)

1~5—Longli Formation of Xiajiang Group; 6—Shear zone; 7—Strike-slip fault and inferred one; 8—Stratigraphic boundary and inferred one; 9—Syncline; 10—Anticline and inferred one; 11—Gold quartz vein and its serial number; 12—Exploration line and its serial number

于此层中,是矿区的主要含金层位。M₅含金脉带位于这一亚段的第三层。隆里组第二段:分3个亚段,共6层,厚度>494 m。岩性从下至上分别为条带状砂质板岩、砂质板岩(夹有粘土质板岩100 m余);厚层状变质细砂岩、中粒砂岩;条带状砂质板岩、粘土质板岩。M₄含金脉带产于第一亚段第一层;M₁位于该亚段的第三层;具有弱矿化的M₂、M₃脉产于第二亚段的中、下部。

区内的褶皱以加里东期的雷打坡和山洞线状或长轴状背斜为主,多被断裂破坏(如被花桥断层破坏)。矿区则位于山洞背斜南西段。

区域上的断裂以NE向压性、压扭性断裂为主(图6),区内以花桥断层为代表,断面沿走向、倾向呈舒缓波状弯曲,并有宽>10 m的挤压破碎带,断层

倾向 NW, 倾角 75° 左右。矿区内的主要断裂为 NE 向的 F_1 、 F_3 和 F_x 合, 向 NW 倾斜, 倾角较大。 F_1 位于山洞背斜南东翼, 是以扭性特征为主的平移断层。 F_3 位于山洞背斜北西翼的逆断层, 与山洞背斜轴大致平行, 普遍见有金矿化; F_x 则是在采矿过程中偶然揭露的含金剪切破碎带, 它是矿区的主要导矿构造和容矿构造之一(图 6、图 7)。

(2) 石英脉地质特征 据钻孔资料, 区内划分出 6 条含金脉带($M_1 \sim M_6$), 其中 $M_1 \sim M_3$ 脉带产于地表或距地表数十米范围内, $M_4 \sim M_6$ 则位于 10 m 以下的深部, 为矿床的主矿体。矿区石英脉以层间脉和破碎带脉型为主, 还有节理脉和网脉。石英脉呈单脉或几组平行单脉(或交错脉)组成脉带。其规模和形态严格受层间剥离空间或断裂的控制。

F_x 破碎带位于山洞背斜南东翼的剪切破碎带, 是一条被以往地质工作漏掉的(隐伏)逆断层。经详细的观察研究, 认为它对矿床的成矿具有决定性的作用, 具有以下特点: ①其规模较大, 延伸较稳定, 厚度 1 m 左右, 产状 $310 \sim 325^\circ \angle 25 \sim 42^\circ$; ②断层本身含矿性好, 一般品位为 2~5 g/t, 局部可达 30~40 g/t; ③断层破碎带中除充填各种形态的石英小脉外, 还充填了大量片理化的黑色炭质板岩; ④断层破碎带普遍见金矿化, 硫化物种类和数量较多。 F_x 的

发现大大提高了矿区的金储量。

(3) 矿石类型及矿物组成 石英脉有 2 类: 一类平行地层位于背斜轴部; 另一类切穿地层的石英脉和破碎带型。两种类型矿石的矿物组分均较简单, 除金矿物外, 矿石矿物以黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿为主, 还有少量黝铜矿、黄铜矿等。脉石矿物主要是石英, 占 95% 以上, 其次有铁白云石、方解石、绿泥石及少量炭质、绢云母、粘土矿物等。石英脉可分为 4 个成矿阶段: ①白色石英阶段; ②黄铁矿-石英-自然金阶段; ③闪锌矿方铅矿-自然金阶段和④方解石-石英阶段。自然金主要产于黄铁矿-石英-自然金阶段和闪锌矿-方铅矿-自然金阶段。

(4) 金的富集及产出特征 石英脉和石英颗粒大小与脉体含金性呈负相关关系: 脉体中的硫化物种类和数量的多少与脉体含金性呈正相关关系。以下是金相对富集的良好标志: ①在两类不同脉型的交汇部位; ②产状突变, 由陡变缓或由缓变陡部位; ③脉体较细小, 石英色调呈烟灰色和乳白色; ④硫化物种类和数量突然增多地段; ⑤黄铁矿颗粒细小而密集地段。明金主要产于石英脉的裂隙、孔隙或脉壁边缘(对脉型矿石而言), 或产于断层泥中(对破碎带型而言); 区内金的一种赋存状态为微细粒的被黄铁矿等硫化物包裹的金。金还产于脉体边缘的星

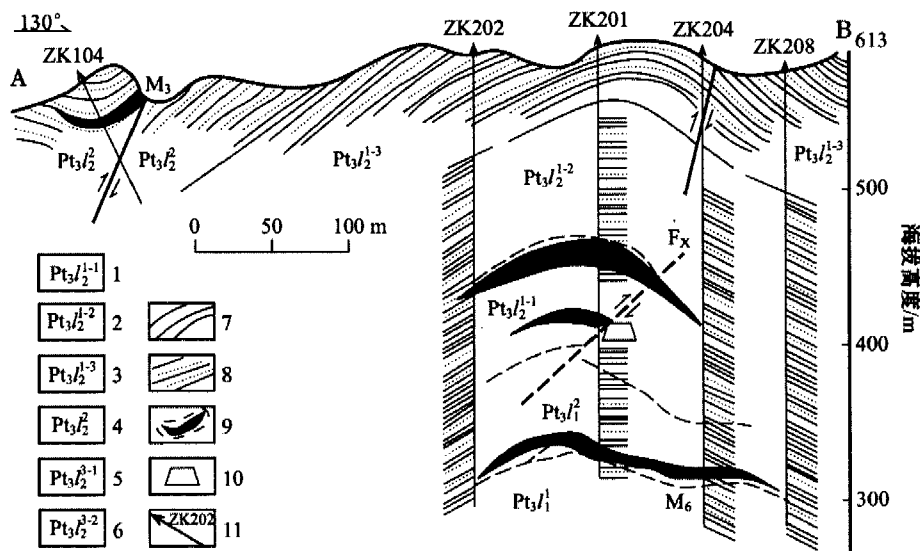


图 7 同古花桥金矿地质剖面图

1~6—下江群隆里组: 1—第二段第一亚段一层; 2—第二段第一亚段二层; 3—第二段第一亚段三层; 4—第二段第二亚段一层; 5—第二段第三亚段一层; 6—第二段第三亚段二层; 7—砂质板岩; 8—变余砂岩; 9—含金石英脉; 10—平洞; 11—钻孔及编号

Fig. 7 Geological section of the Huaqiao gold deposit in Tonggu

1~6—Longli Formation of Xiajiang Group; 7—Arenaceous slate; 8—Blasto-sandstone; 9—Gold-bearing quartz vein; 10—Adit;

11—Drilling hole and its serial number

散状或细脉状黄铁矿等硫化物间,或呈镶嵌状产于硫化物晶体集合体之中。自然金的形态也千姿百态,有粒状、片状、鳞片状、不规则状等。

(5) 围岩蚀变 矿区内的蚀变程度不高,范围不广,但普遍存在,主要围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、毒砂化、铁白云石化、绿泥石化,还有方解石化、绢云母化和高岭石化等。其中前五种蚀变与金矿化关系较大。

2.2 平秋金矿床

(1) 地层 该区出露地层为下江群番召组二段

(Pt_3f^2),岩性为一套绿片岩相的层纹状、条带状绿泥石绢云母板岩、粘土板岩、粉砂质板岩及变余砂岩,偶夹有不稳定的余变凝灰质板岩和变余玻屑凝灰岩。岩石中普遍含炭质和星散状黄铁矿,根据岩性组合特征将番召组二段(Pt_3f^2)划分为3个亚段(图8),自上而下分述如下:

第一亚段(Pt_3f^{2-1}):出露于矿区十二盘至松路一带 F_1 断层的北西盘。为灰色、深灰、紫红色薄至中厚层绢云母板岩,变余凝灰质板岩和变余玻屑凝灰岩。具有磷片变晶结构、板劈理极为发育,出露厚

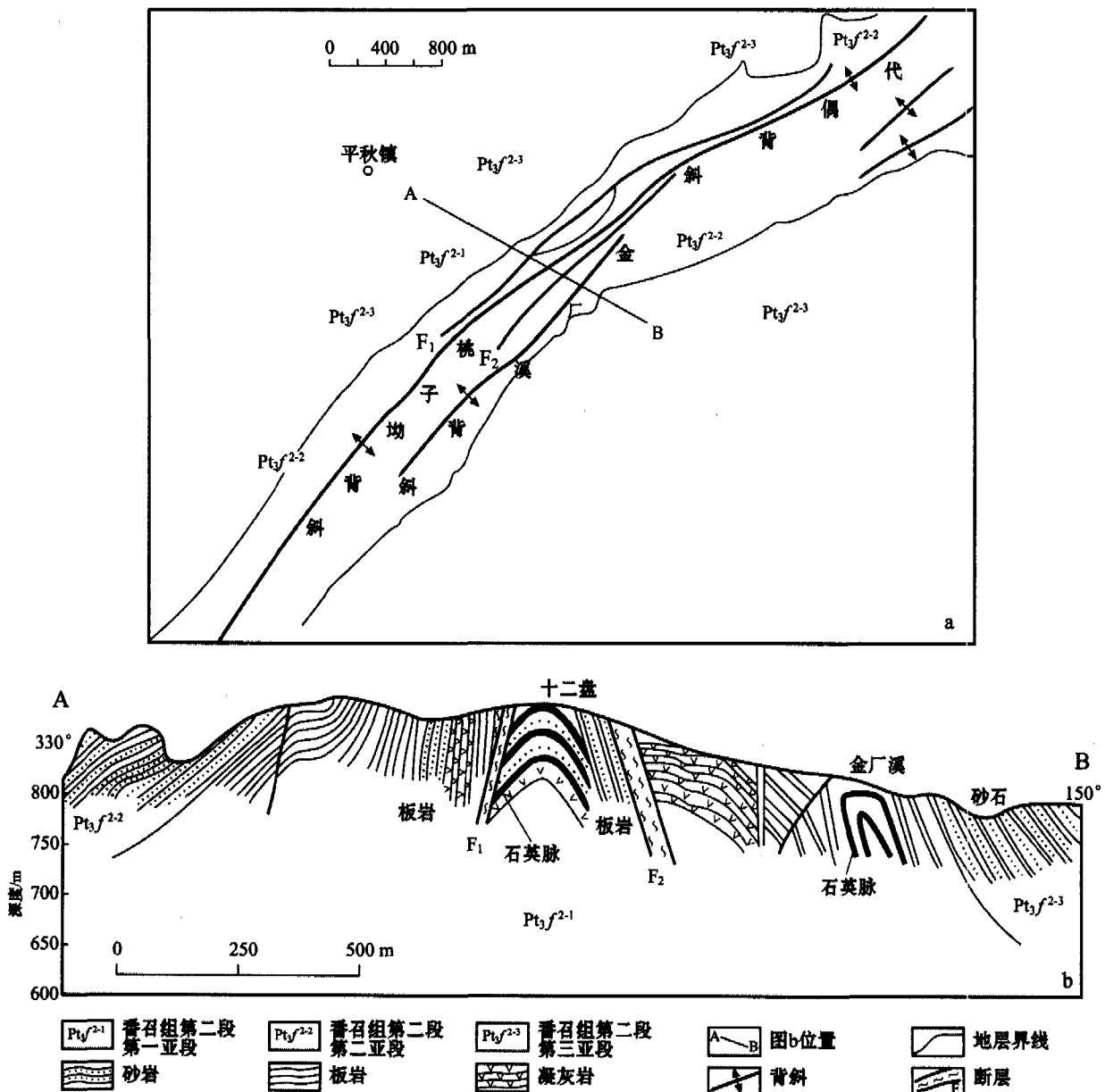


图8 平秋金矿床地质图(a)及剖面图(b)

Fig. 8 Geological map(a) and a geological section(b) of the Penqiu gold deposit

度大于 97 m。

第二亚段(Pt_3f^{2-2}): 灰色、灰绿色薄层至中厚层粉砂质绢云母板岩, 具水平条纹构造, 偶夹不稳定的变余凝灰质板岩和变余玻屑凝灰岩。为矿区的主要含矿地层, 厚度约 204 m。

第三亚段(Pt_3f^{2-3}): 主要分布于矿区西北部及东南部。为灰色、浅灰色薄至中厚层粉砂质绢云母板岩夹中厚层至厚层变余砂岩。粉砂质绢云母板岩中水平层纹发育。厚度大于 103 m。

(2) 构造 矿区构造以 NE 向褶皱和断裂为主, 次为背斜轴部叠加于劈理化带中的近东西向的脆性断裂破碎带和发育于背斜轴部的层间滑动断层, 其中规模较大的褶皱以北东向的桃子坳背斜、代偶背斜。金厂溪背斜为代表, 断裂则以区内控矿断裂 F_1 、 F_2 为代表(图 8a, 8b)。

桃子坳背斜: 在区内长约 7 km, 往 SW 延伸, 往 NE 至代偶背斜 SW 端倾伏。背斜轴走向 $NE55^\circ$, NW 翼地层产状较陡, 倾角 $35\sim 80^\circ$, 局部直立或倒转, 在该翼近轴部发育有北东向剪切带, 剪切带宽 50~150 m, 产状较陡, 倾角在 $30\sim 85^\circ$ 之间, 带内劈理化, 片理化发育, 其间发育一条 NE 向断层(F_1) 和一系列 NE 向的石英破碎带。SE 翼地层产状较缓, 倾角一般 $20\sim 40^\circ$, 局部可达 60° 。

代偶背斜: 分布于矿区北东部, 区内背斜长 25 km, 往 SW 倾伏, 往 NE 延伸出测区, 从北东往南西轴向由 65° 变为 85° , 两翼地层产状不对称, NE 翼产状较陡, 陡角 $30\sim 75^\circ$, SE 翼产状较缓, 倾角 $20\sim 40^\circ$ 。

金厂溪背斜: 轴长 2.5 km, 轴向 45° , 总体向 SW 倾伏, 往 NE 在松格附近被 F_2 破坏。NE 翼地层产状较缓, 倾角 $15\sim 35^\circ$, SE 翼地层产状较陡, 倾角 $30\sim 65^\circ$ 。这 3 个背斜中均产生层间石英矿脉。

区内断裂构造主要有 NE 向断裂 F_1 、 F_2 , 其次为沿背斜轴部的层间滑动断层。断裂 F_1 、 F_2 局部含矿, 为构造破碎蚀变岩型金矿的主要控矿构造和产出部位; 层间滑动断裂则是矿区石英脉型金矿的主要控矿构造(图 8 和图 9)。

F_1 : 区内延伸约 3 km, 断面走向从 SW 往 NE, 由 50° 转为 65° , 倾向 $320\sim 350^\circ$, 倾角 $45\sim 85^\circ$, 总体表现为上陡下缓。断裂带宽 1~5 m。根据断层两盘的地层产状, 运动学特征及上下盘地层对比, 该断层为逆冲断层, 垂直断距大于 90 m。断裂两侧发育有 10~50 m 宽劈理化带。其上盘出露地层为番召组二段一亚段, 为灰色、深灰色、紫红色薄至中厚层状绢云母板岩。下盘地层为番召组二段二亚段, 为灰色、灰绿色薄至中厚层状粉砂质绢云母板岩。断裂带内主要为碎裂岩、构造透镜体、劈理化板岩、片理化板

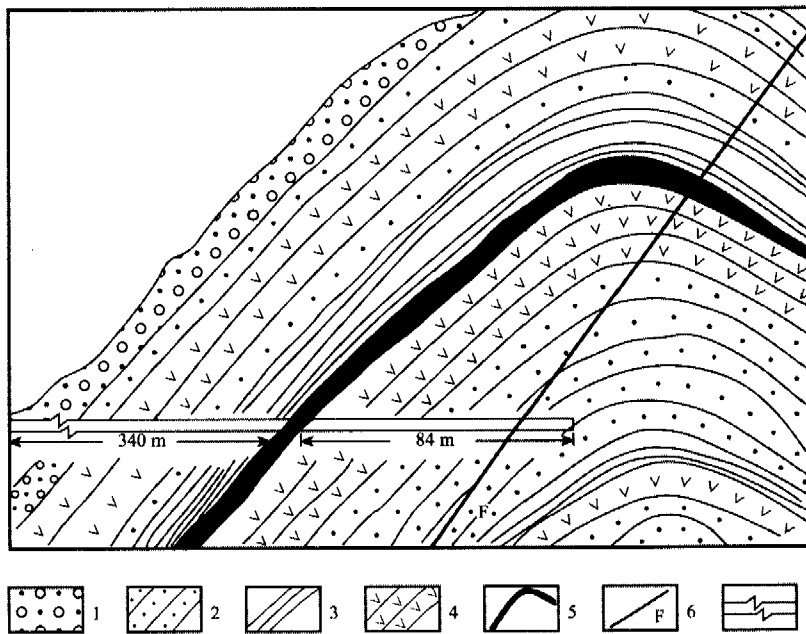


图 9 98 铜褶皱轴部金矿体的形态

1—第四纪; 2—变余砂岩; 3—绢云母板岩; 4—板岩凝灰岩; 5—含金石英脉; 6—剪切带; 7—示意延长

Fig. 9 Geological section of No. 98 gold deposit, showing the shape of the gold ore body and its relationship with the anticline

1—Quaternary; 2—Blasto-sandstone; 3—Sericite slate; 4—Slate tuff; 5—Gold-bearing quartz vein; 6—Shear Zone; 7—More longer

岩及断层泥。断裂带中岩石普遍具硅化、黄铁矿化、毒砂化等蚀变。

F_2 :为逆冲断层,断距不大,一般在5~15 m,区内延伸约3 km,根据工程揭露,断裂带宽2~20 m。断层走向从SW往NE由45°转为55°,总体倾向南东,倾角75°左右,局部直立或反倾。断裂两侧发育10~20 m宽的劈理化带。地表断裂沿走向局部以劈理化带的形式过渡。断裂带内主要为片理化板岩、构造透镜体、石英碎裂岩、碎粒岩、断层泥等,带内岩石普遍具硅化、黄铁矿化、毒砂化等,金属硫化物呈细粒浸染状分布,一般随岩石构造破碎程度增强而增多。

层间滑动断层主要分布在桃子坳背斜、代偶背斜、金厂溪背斜两翼及轴部,走向一般延长100~1 500 m,倾向100~200 m,宽0.05~1.05 m,多被石英脉所充填。

(3) 矿体类型 平秋金矿区产出的矿体按产出特征(产状、形态、空间展布、控制因素等)及相互之间的关系分为2种类型:整合层间脉型矿体和不整合破碎带型矿体。其中整合层间脉型矿体指充填于层间断层中,其形态、规模受层间断层空间控制,如目前正在金厂溪背斜附近开采的若干条矿脉就是这种类型(图8a, 8b)。不整合破碎带型矿体则是指切割地层或产于剪切破碎带中由石英团块、断层角砾和断层泥等组成的形态复杂的矿体。据调查,该类型矿体在十二盘公路右侧的斜井中见到过,品位低,没有开采。

整合层间脉型矿体与岩石层面平行或近于平行,矿体表现为层状、似层状、鞍状、扁豆状、透镜状等形态,单脉或由平行的数个单脉组成脉带。脉体的厚度变化较大,与围岩的界线清楚。脉体中常见一些不规则的围岩条带。矿体与围岩间常夹着一层厚度不等(一般0.05~0.20 m)的构造泥。在金厂溪98 硐开进到340 m时,沿着含金石英脉向上开采,金品位逐渐升高,到了背斜轴部产状变化较大,在褶曲顶部金品位最高,形成富矿体,跨过该褶曲轴部后金品位急剧下降,成为贫矿体。调查显示,富矿部位就是褶皱轴与断裂相交的部位,该断裂与层间脉有成因联系,是导矿构造,在空间上可能形成矿体(图9)。

脉体被后期断层破坏,有尖灭侧现和再现现象。晚阶段石英脉体切断早阶段石英脉体的现象也较为常见,表现出明显的阶段性。

金在矿体中的赋存状态主要是自然金,金品位

高的地方硫化物(毒砂、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿)的数量也相对较多。明金的粒径较大,以0.3~0.8 mm居多。可见到粒径大于0.5 cm,重量大于1.5 g的粗大颗粒。明金呈颗粒状、树枝状或不规则状的自然金产于石英裂隙之中或产于脉壁的边缘或石英脉体的围岩条带周围,或产于绿泥石化的围岩条带中。常见自然金与黄铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿共生在一起。金的品位从0.4 g/t到150 g/t之间。

经大量的坑内和实验室观察,总结前人一些经验,得出金的富集规律如下:①金品位变化大,民间所谓的“金隔一张纸”就是对这一规律的形象概括。即金的品位在矿体中的变化不是连续的,而是跳跃式的;②含金脉体由厚变薄或由薄变厚处往往会出现品位的升高;③含金石英脉由于构造影响出现绕曲或产状上的变化时,也预示金品位的升高。脉体与断层的交汇处,会出现较高的金品位;④脉体尖灭侧或尖灭再现时,常出现富矿体(包);⑤脉体越大、越宽,金的品位反而不高;⑥矿体中含金量在其倾向上的变化较快,而沿其走向则较稳定;⑦脉体的底部较顶板更易富集金;⑧金常富集于石英脉中围岩俘虏体的周围。

条带状构造、块状构造是最常见的两种矿石构造,角砾状构造、晶洞、晶簇状构造在厚大的脉体中也较为常见,这种矿石构造充分体现了成矿方式以充填状为主。条带状构造的石英脉中常见围岩的条带或泥质条带,偶见硫化物条带。

石英脉的围岩蚀变总的来说微弱,一般在脉体两侧<0.5 m的范围内。常见的围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、毒砂化和铁白云石化等。

2.3 八克金矿床

八克金矿床位于锦屏县南14 km左右的八克村。矿区被八克河一分为二,面积约2 km²(图10)。20世纪80年代早、中期开始民采,1990~1991年开采活动达到顶峰。在此期间金的年产量在1 t以上。调查显示,80年代末至90年代初期,由于民采的不断扩大,引起了各级地质部门的重视。这期间,101地质队、107地质队挖了大小探槽20多条,开拓坑道几百米,进行探采、揭露的石英脉十多条,测制了矿区1:1 000地形地质草图。1991~1992年间,贵州工业大学也对该区进行了地质地球化学方面的调查研究,取得了一些研究成果(图10、图11)。

矿区目前含金石英脉浅部基本采空。经调查,该矿区的石英脉中普遍含金,达工业边界品位以上,局部品位特高或称富金包,其金品位之高,在黔东南

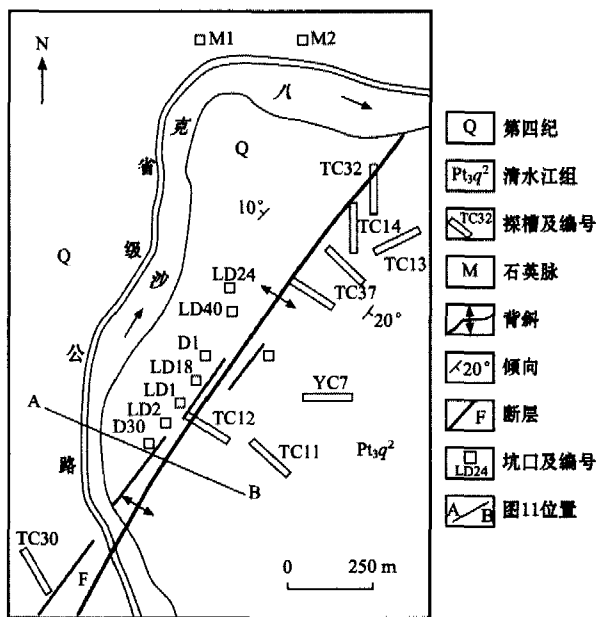


图 10 八克矿区地质图

Fig. 10 Geological map of the Bake gold deposit

八克背斜是稳江背斜一翼上的次级背斜,对矿区内含金石英脉和成矿起着重要的控制作用。背斜两翼地层倾向相反,倾角大致相等,属短轴直立褶皱。岩层倾角一般为 10~29°,局部地层较陡,倾角达 50°左右。

在八克背斜西北翼,南部矿区北东方向和东部矿区之间,存在一个长约 55 m 的次级向斜和一个长约 30 m 的次级小背斜。它们的轴部延伸方向和八克背斜基本一致,相距八克背斜轴部约 40 m 左右。其间地层产状平缓(170°∠15°)。

走向断层是一条基本沿背斜轴部走向展布的断层。区内的层间断裂特别发育,几乎全部分布在八克背斜轴部和近轴部位置,多沿背斜轴部平行对称出现,是含金石英脉的主要控矿构造。矿区的主要石英脉都是充填在层间断裂中的。

(3) 石英脉 八克金矿床目前揭露的石英脉有 23 条,主要分布于八克背斜两翼的地层中。可见层状、似层状、透镜状、扁豆状、羽状或其他不规则状的石英脉,脉体长度、厚度、大小、规模不等,普遍含金,多数达工业边界品位以上。由于其中硫化物氧化,石英脉外表大多呈褐黄色。矿体主要由石英(常占 90% 以上)和少量金属硫化物组成;硫化物主要有毒砂和黄铁矿,含金高的矿石中,常可见闪锌矿和方铅矿等。在矿区常见大于 1 mm 的自然金颗粒,自然金粒度小于 0.10 mm 占多数,0.1~0.3 mm 者次之。自然金多产于石英的粒间隙、裂隙中或被毒砂等硫化物包裹。

(4) 围岩蚀变 八克金矿床和黔东南其他金矿床相比,围岩蚀变种类多,强度较大,范围广泛。地表部分因风化而变得疏松性脆,颜色变浅(灰白色

罕见,可达到 5% 以上。

(1) 地层和岩石 矿区出露的地层为清水江组二段,主要是深灰色变余层凝灰岩、凝灰质板岩夹变余砂岩。变余层凝灰岩、凝灰质板岩结构致密,可见交错层理。岩石中常有黄铁矿、毒砂、铁白云石等矿物,变余砂岩层纹构造明显,岩石较为坚硬。

(2) 构造 矿区的构造在宏观上较为简单,可以概括为“背斜加一刀”,即断层沿八克背斜轴部延伸。此外,区内的次级构造,如小褶皱、小断裂、节理等均较发育。

围岩蚀变有硅化、黄铁矿化、毒砂化、铁白云石化。

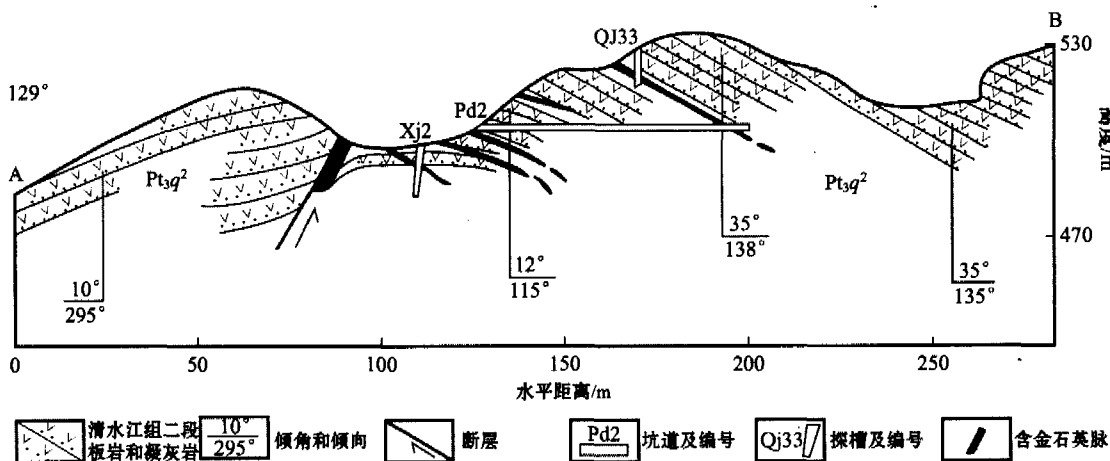


图 11 八克矿床剖面图

Fig. 11 Geological section of the Bake gold deposit

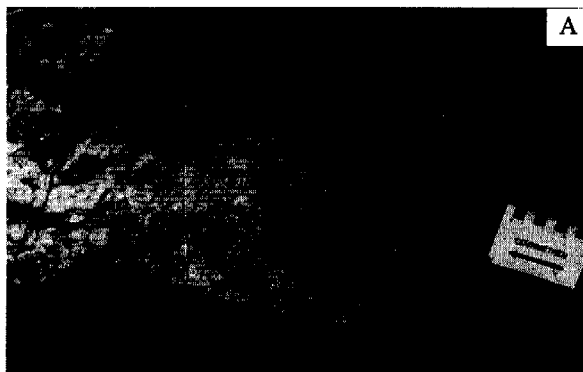
一白色),由于硫化物大量氧化形成褐色、黑色斑点状,甚至氧化流失形成筛孔状。

(5) 包裹体特征 八克金矿床与黔东南其他金矿床一样均含有二氧化碳包裹体。曾经用均一法测定了45个样品中的429个包裹体,得知矿区成矿稳定范围为100~450℃,主要集中在250~350℃间。因此,八克金矿床是一个中温热液矿床,比区内其他金矿高出50℃以上,这也是它的围岩蚀变广泛而强烈的原因所在。

3 黔东南浊积岩中金矿的地质特征

3.1 黔东南浊积岩中含金石英脉的分类

通过上述3个矿床以及天柱县的坑头、金井等矿床的研究可以把含金石英脉分成顺层分布的石英脉和穿层分布的石英脉及破碎带2类(图12)。在顺层分布的石英脉中有大脉和细脉2种,充填于与背斜有关的层间断层或剪切带中。穿层分布的石英



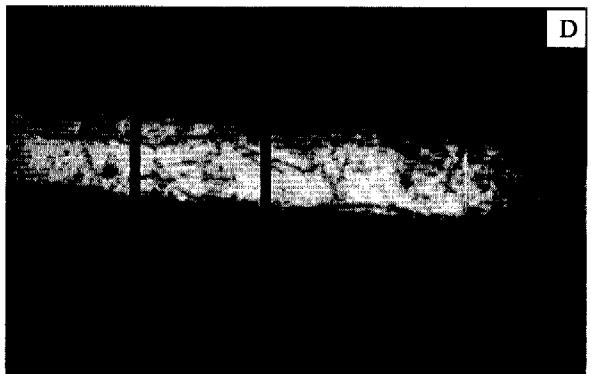
A. 含金石英脉充填于脆韧性剪切带中,甚至在石英脉形成过程中也见到剪切



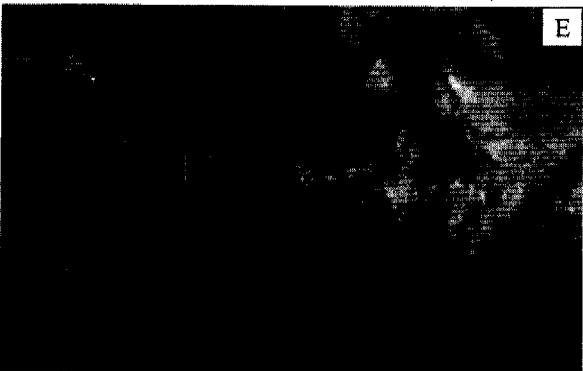
B. 顺层石英脉,但其中可见到许多围岩的条带



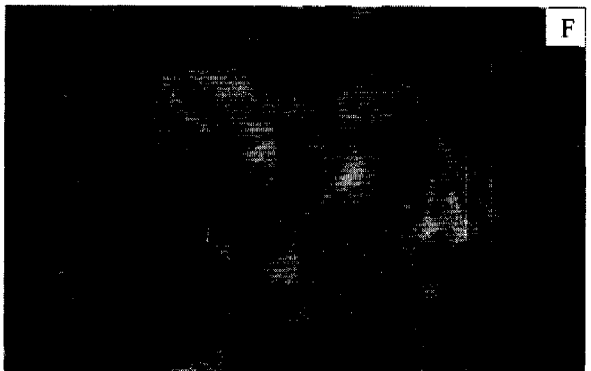
C. 含金石英脉充填于顺层的剪切带中,而在两边沿着剪切的P裂隙充填了羽状石英脉(切过层理)



D. 一条沿层间断裂充填的石英脉



E. 是图D中里框的放大



F. 是D的手标本,可见许多围岩的条带

图12 黔东南地区各种类型石英脉之产状和形态

Fig. 12 Photos showing modes of occurrence and shapes of various gold-bearing quartz veins in southeast Guizhou

脉沿着断层或剪切带分布。这种断层或剪切带常与背斜同时形成或稍后形成。在剪切带中充填的石英脉常呈石英团块或透镜状。

图 12 显示了各种类型石英脉的照片。图 12 A、B 是一种顺层的石英脉, 充填于脆韧性剪切带中, 在脉中可见许多条带状的围岩(黑色)夹在石英脉中。有时石英脉除了填充在顺层的裂隙中(图 12C)外, 还充填在与层间裂隙相关的羽状或雁行状裂隙中(图 12D)。图 12E、F 里示一条充填于层间裂隙中的石英脉。图 12E 是图 12D 的放大, F 是在这条脉中取的标本, 可见石英脉平行地层。

3.2 黔东南浊积岩中的金矿的成矿期和蚀变作用

根据野外观察和显微镜下对矿物生成顺序的鉴定, 综合起来可分 4 个成矿阶段(图 13): 贫金石英脉

阶段, 一般无矿化; 黄铁矿(毒砂)-石英-自然金阶段; 多种硫化物(黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿)-自然金-石英阶段, 为金的主要沉淀阶段; 石英-碳酸盐阶段, 一般无矿化。

蚀变作用在黔东南地区并不十分发育, 其主要的蚀变作用有硅化、黄铁矿化、绿泥石化。一般来说在平行层理的石英脉的蚀变作用要比充填于剪切带的破碎带弱得多。在上述 3 个矿床中的八克矿床是这个地区蚀变最强的一个。

金的富集与所在的石英脉的形态位置有关(图 14), 一般近背斜轴部和脉变细时金的品位增高。

3.3 黔东南石英脉型金矿的主要特征

黔东南石英脉型金矿的主要特征总结如下:

(1) 产于元古代的一套浊积岩中, 近矿围岩一

| 矿物 | 贫金石英阶段 | 黄铁矿-石英阶段 | 多金属硫化物-石英阶段 | 石英-碳酸盐阶段 |
|-----|--------|----------|-------------|----------|
| 石英 | —— | —— | —— | —— |
| 绿泥石 | —— | —— | —— | —— |
| 绢云母 | —— | —— | —— | —— |
| 蛭云母 | —— | —— | —— | —— |
| 黄铁矿 | —— | —— | —— | —— |
| 毒砂 | —— | —— | —— | —— |
| 自然金 | —— | —— | —— | —— |
| 闪锌矿 | —— | —— | —— | —— |
| 方铅矿 | —— | —— | —— | —— |
| 黄铜矿 | —— | —— | —— | —— |
| 白云石 | —— | —— | —— | —— |
| 方解石 | —— | —— | —— | —— |

图 13 矿物共生组合和成矿阶段图

Fig. 13 Mineral assemblages and parageneses of gold deposits hosted in turbidite

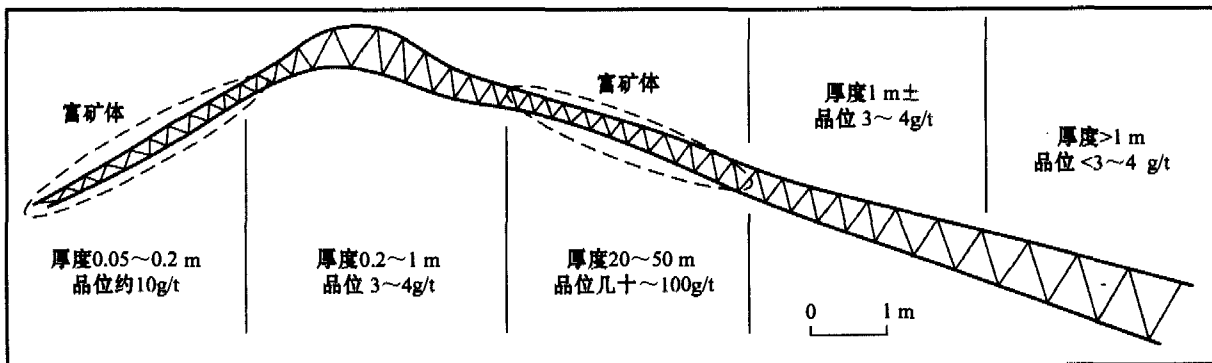


图 14 金富集与石英脉形态及构造位置之关系(以花桥石英脉的金富集情况为例, 据吴攀, 1999)

Fig. 14 The relationship of gold concentrations to shapes and structural locations of the quartz veins (exemplified by gold concentration in Huaqiao quartz vein)

般是板岩,见于下江群除平略组外的岩层中。

(2) 从板块构造上讲,它位于扬子地块的边缘,产于加里东造山运动中。从构造上讲,它产于背斜的轴部,向两翼延伸,形成平行于地层的石英脉。另一种则充填于由于褶皱和剪切作用形成的剪切带或断裂带中。这些褶皱和断裂均呈北东方向。

(3) 从产状来讲,一类平行层理,另一类则切穿层理,以前者为主。

(4) 成矿时代应在加里东期或期后,因为石英脉是充填于加里东背斜控制的背斜层间裂隙中,应用 RB-SR 方法测得石英脉的年龄为 370~450 Ma (另文发表),这与维克多利亞的浊积岩中的金矿年龄相似。

(5) 石英脉两侧(尤其是顺层石英脉)的蚀变很弱,主要为硅化和绿泥石化。但在八克矿区,以及产在破碎带中的石英脉两侧蚀变加强。还见到白云石化和绢云母化。

(6) 石英脉中金的富集明显与硫化物相关,主要与黄铁矿、毒砂、闪锌矿、方铅矿等密切相关。细脉比宽脉更富集金,断裂交叉处更富含金,有时可见明金。

4 黔东南金矿成因的探

4.1 地层——矿源层

在浊积岩地层中可见许多细小的黄铁矿细脉,并且在地层中散布了许多呈点状的黄铁矿和毒砂。吴攀(1999)曾对花桥金矿的主坑道按 50 m 间隔拣块取样。其 27 个样品的金平均值为 5.36×10^{-9} ,比金的地壳丰度 4×10^{-9} 多了 1.36×10^{-9} 。姚家冲金矿的围岩(板岩和角砾岩)分析结果为 0.16×10^{-6} 和 2.24×10^{-6} (各 2 个样品),也高于地壳丰度。

澳大利亚塔斯马尼亚大学的 Large(2004)曾对维克多利亞的浊积岩金矿的地层中的黄铁矿作了电子探针分析,一共分析了 75 个黄铁矿中的 Au 含量,其平均值为 0.5×10^{-6} 。他对这个分析结果作了计算,如果地层中黄铁矿平均含量为 4%,则地层的金含量为 0.02×10^{-6} 。这个值比沉积岩中金的丰度高出 10~100 倍。Bierlein 等(2001)测得板岩中的含金平均值为 19×10^{-9} ,但在碳酸盐化的指示层中金的含量则高出一个数量级。在澳大利亚维克多利亞的黑色页岩和指示岩层中黄铁矿中含金量达 15×10^{-9} 。这表明一些指示层中硫化物的含量可能很

高,或者这些硫化物中金的含量比别处硫化物的含量高。吴攀(1999)用电子探针分析了花桥金矿石英脉中黄铁矿的 Au,平均含量(共 3 个样品) w_{Au} 为 0.13×10^{-6} 。Large(2004)进一步分析说,如果靠从地层中汲取 Au 去形成一个一百万盎司的金矿床,这个含黄铁矿的地层则需要 0.1×10^{-6} 的金含量;若其淋出率为 20%,则需要 0.6 km^3 体积的沉积层即可满足要求(即长 3 km、厚 200 m、宽 1 000 m 的地层)。如果可以把地层中的金 100% 的淋漓出来,则体积为 0.12 km^3 的地层即可满足。

在本次研究中,笔者也作了 2 个地层剖面,一共 150 个样品,其分析结果(另文发表, $w_{Au} 2 \times 10^{-9} \sim 15 \times 10^{-9}$)与吴攀(1999)的数据是相似的。综上所述,矿区内的浊积岩可能是一个矿源层。

4.2 成矿模式的探讨

关于贵州东南部石英脉中金矿的成矿模式有以下几种考虑。

(1) 成矿作用与背斜和断裂的关系

图 15 为石英脉与背斜形成的关系,表示 3 种情况:第一种是矿床与沉积岩同时形成,背斜发生在矿形成之后;第二种石英脉是与背斜同时形成的;第三种情况是成矿作用晚于背斜,石英脉充填于背斜形成的层间裂隙中。图 16 为加拿大新斯科特省 Dufferin 矿石英脉与背斜之关系,表明金矿晚于背斜形成。

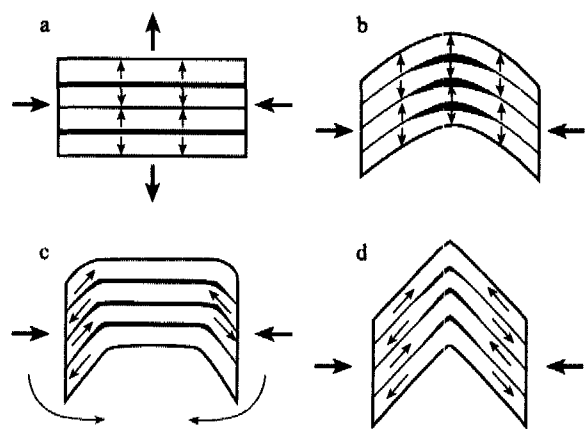


图 15 层状石英脉与背斜的关系(据 Horne et al., 2001 修改)

a. 形成于背斜之前;b. 与背斜同时形成,当背斜形成时,成矿流体沿背斜轴部的裂隙进入层间石英脉;c. 形成晚于背斜,c 是箱式背斜,d 是尖顶背斜

Fig. 15 The relationship between the formation of stratified quartz veins and the anticline(after Horn et al., 2001)
a. Formed before the anticline; b. Formed simultaneously with the anticline; c, d. Formed later than the anticline

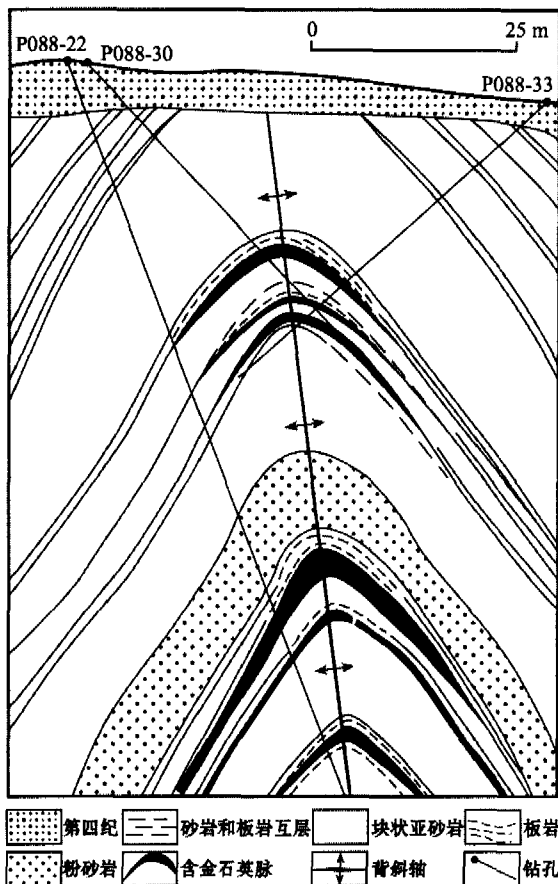


图 16 加拿大新斯科特省 Dufferin 矿床的石英脉与背斜之关系(Horne et al., 2001)

Fig. 16 The relationship between the anticline and the quartz veins in the Dufferin gold mine, Canada (Horne et al, 2001)

在黔东南地区,根据野外观察和室内研究,应属于第三种情况。笔者在锦屏县三江路红星桥头的公路边上看到平行地层的石英脉受背斜控制(图 17),同时在图的左边见到一条剪切带,在剪切带中可以见到石英脉或石英破碎带,有时也含矿,所以石英脉的充填是受背斜控制的层间裂隙或与其相关的断层或剪切带所控制。

(2) 成矿流体的来源

在澳大利亚的维克多利亞和加拿大新斯科特省的浊积岩中的石英脉金矿,在地质特征方面与黔东南地区有一些不同,主要表现在:① 前两者均有花岗岩侵入;② 前两者的区域变质程度略高于后者,从绿片岩相到角闪岩相,而贵州东南部只是次绿片岩相,无岩浆侵入。

因此在考虑成矿流体的来源方面,亦应有所不同。有关成矿流体的来源,可能有以下几种:① 深部的岩浆流体,这种情况在加拿大和澳大利亚均有



图 17 锦屏县三江路红星桥头公路边上之背斜,剪切带和石英脉之分布

(这种剪切带在平秋镇公路上的背斜轴部也见过。图中可见层间的石英脉,在照片的上部,接近背斜的轴部处,亦可见到白色的石英脉,这是一种顺层的石英脉。该照片向人们显示了这种产于浊积岩中的金矿的成矿规律和模式)

Fig. 17 The relationships between anticline, shear zone and gold mineralization in Jinping

(Such shear zones can also be observed along the highway in Pingqiu Town. In the figure, there are interlayer quartz veins. Near the anticlinal axis in the upper part of the photograph, you can see white quartz veins, which are a kind of bedding quartz veins. This photograph illustrates the metallogenic regularity and model of such turbidite hosted gold deposits)

可能,分别测得的 $\delta^{18}O_{\text{水}}$ 为 14.8‰ 和 16.0‰ ~ 17.6‰;② 变质流体,这3个矿区的包裹体资料均含 CO_2 ;③ 深部建造水或地层水,因为从流体包裹体的资料来看其均一温度均在 200~350℃ 范围。但石英脉与围岩的蚀变都普遍不强烈,这可能是由于这种成矿流体的成分与围岩相差不大,或者在深部由围岩形成的水库中,成矿流体已与库岩在成分上达到平衡。

吴攀(1999)曾对花桥金矿作稳定同位素的研究,测得 $\delta^{18}O_{\text{水}}$ 和 δD 均落在大气降水与岩浆水、变质水之混合水区域内。笔者测得 $\delta^{18}O_{\text{水}}$ 和 δD 均落在岩浆水区域内,认为成矿流体可能是大气降水与岩浆水之混合的。平秋金矿和花桥石英脉金矿的流体包裹体可以分为 CO_2 包裹体、 H_2O-CO_2 包裹体和液体包裹体。以 CO_2 包裹体和 H_2O-CO_2 包裹体为主。

(3) 成矿流体的迁移和演化

有关成矿流体的迁移,一般认为是通过深部的剪切带、断裂等进行迁移。Large(2004)认为有两种

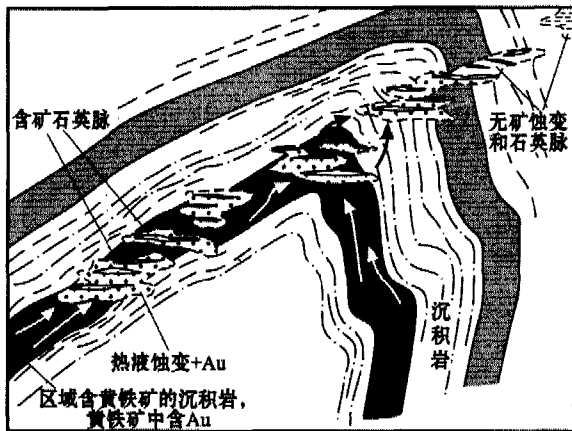


图 18A 浊积岩中黄铁矿作为矿源层的金矿形成模式图 (From Large, 2004)

图中箭头示热液流动方向,黑点为黄铁矿

Fig. 18A Model of turbidite hosted gold deposits with pyrite as the source bed (from Large, 2004)

Arrows show moving direction of hydrothermal fluid, and black dots represent pyrite

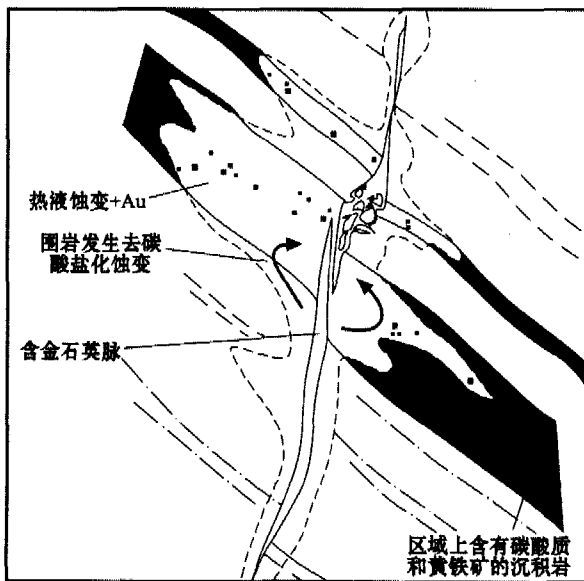


图 18B 金的来源是远源的浊积岩中金矿成矿模式图 (From Large, 2004)

Fig. 18B Metallogenic model for gold deposits with distal turbidite as the source of gold (from Large, 2004)

途径,一种是沿背斜(图 18A)的层间裂隙进入地层汲取其中的金形成含金的石英脉;另一种是沿断裂进入围岩(图 18B)。这种流体可能已是成矿流体,但也不排除它汲取围岩中的 Au 的可能性。笔者认为这两种机理均是可能的。也就是说,在锦屏和天柱的浊积岩中的金矿的成矿流体有 2 种迁移形式,实际也存在这 2 类矿床。成矿流体进入断层并沉淀

出金和石英。在这过程中不汲取浊积岩地层中黄铁矿中的金(图 18B)。

总的来说,贵州东南部的浊变岩型金矿产在前寒纪下江群的浊积岩中。该区经历了雪峰期、加里东期、燕山期和喜马拉雅期的造山运动。与金矿化密切相关的是加里东期后 NE 向的褶皱和剪切带。

含金石英脉可分为 2 种类型:一种是顺层的分布在背斜轴部的石英脉,这是主要的;另一种是沿断层和剪切带分布的石英脉。

自然金与黄铁矿、毒砂及少量方铅矿和闪锌矿共生。含金的成矿流体在背斜轴部的裂隙沉淀,形成了浊积岩型金矿。

References

Boyle R W. 1986. Gold deposits in turbidite sequences: Their geology, geochemistry and history of the theories of their origin [A]. In: Keppie, Boyle and Haynes, eds. Turbidite-hosted gold deposits [C]. Geological Association of Canada special paper 32, 1-13.

Cox T F, Sun S S, Etheridge M A, Wall V J and Potter T F. 1995. Structural and geochemical controls on the development of turbidite hosted gold quartz vein deposits, Wattle Gully mine, Central Victoria, Australia [J]. Econ. Geol., 90: 1722-1746.

Horne R and Culshaw N. 2001. Flexural-slip folding in the Meguma group, Nova Scotia, Canada [J]. Journal of Structural Geology, 23: 1631-1652.

Jessell M W, Willman C E and Gray D R. 1994. Bedding parallel veins and their relationship to folding [J]. Journal of Structural Geology, 16(6): 753-767.

Large R R. 2004. A new approach to the terrane selection, deposit vectoring and ore-deposit characterization for sediment-hosted gold systems [M]. CODES research project C330, 42p.

Lu H Z, Wang Z, Chen W, Wu X, Hu Z and Keita M. 2005. Turbidite-hosted gold deposits of SE Guizhou, China: Their regional setting, mineralizing styles, and some genetic constrains [A]. In: Mao and Bierlein, eds. Mineral deposit research: Meeting the global challenge [M]. v. 1, Chapter 5-7, 545-548.

Lu H Z, Wang Z G, Chen W Y, Wu X Y, Zhu X Q and Hu R Z. 2005. The relationship between geological structures and gold mineralization, SE Guizhou Province [J]. Acta Geologica Sinica, (1): 99-105 (in Chinese with English abstract).

Luo X L, et al. 1996. The geology of woxi type of gold deposits in Hunan province [M]. Beijing: Geol. Pub. House. 313 p (in Chinese).

Ramsay W R H, Bierlein F P, Arne D C and VandenBerg A H M. 1998. Turbidite hosted gold deposits of Central Victoria, Australia: Their regional setting, mineralizing styles, and some genetic constrains [J]. Ore Geology Reviews, 13: 131-151.

Rayn R J and Smith P K. 1998. A review of the mesothermal gold de-

- posits of the Meguma group, Nova Scotia, Canada[J]. *Ore Geology Reviews*, 13: 153~183.
- Yu D L. 1997. Gold deposits in SE Guizhou Province[J]. *Geology of Guizhou*, (1): 45~50.
- Wu P. 1999. Geology and characteristics of Tonggu gold deposit, SE Guizhou[D] (Master thesis). Guiyang: Guizhou Industry University (in Chinese).

- 卢焕章, 王中刚, 陈文一, 吴学益, 朱笑青, 胡瑞中. 2005. 贵州东南部的地质构造与金矿的关系[J]. *地质学报*, 1: 99~105.
- 罗献林, 等(中国人民武装警察部队黄金指挥部). 1996. 湖南省沃溪式层控金矿地质[M]. 北京: 地质出版社. 313 页.
- 余大龙. 1997. 贵州东南部金矿的研究[J]. *贵州地质*, (1): 45~50.
- 吴攀. 1999. 贵州东南部同古金矿床地质成矿作用研究[D][学位论文]. 贵阳: 贵州工业大学.

附中文参考文献

第七届矿床专业委员会名单

顾问: 宋叔和 涂光炽 郑绵平 裴荣富 常印佛 汤中立 赵鹏大 翟裕生 多吉
 主任: 陈毓川
 副主任: 王瑞江 胡瑞忠 王京彬 陈仁义 邓军 李子颖 李俊 白万成
 委员: 陈庆 陈祥云 陈衍景 丁俊 丁式江 董连慧 董永观 杜建国 范宏瑞 管太阳
 何虹 侯增谦 华仁民 贾宝华 雷良奇 李胜祥 李文昌 李文渊 李延河 梁华英
 刘建明 路远发 吕庆田 毛德宝 毛景文 聂凤军 牛树银 潘家华 彭齐鸣 彭少梅
 彭省临 钱壮志 秦克章 秦民宽 申茂德 孙景贵 孙文泓 孙晓明 唐菊兴 王登红
 王东生 王高尚 王海平 王全明 王铁军 夏学惠 肖克炎 徐九华 薛春纪 严光生
 燕长海 杨建民 杨学勇 杨有明 姚书振 易发成 尹意求 张德全 张复新 张宏
 张永生 张作衡 郑有业 周尚国 周涛发 朱永峰

秘书长: 毛景文

副秘书长: 秦克章 薛春纪 孙文泓