

滇西墨江金厂金矿床时空四维结构模型*

蔡新平 徐兴旺 张宝林 秦大军 梁光河 王杰

(中国科学院地质研究所, 北京)

提 要:对墨江金厂金矿关键性地质问题研究结果表明, 矿区金厂韧性剪切带(SZjc)、NWW向褶皱构造和金厂超镁铁岩体侵位构造是不同成矿期的控矿构造, 金矿床有三种成因类型, 分别对应三期三种不同类型的成矿作用。

关键词: 金矿床 矿床四维结构模型 热泉型硅质岩 超镁铁质岩 墨江金厂

对已知矿床深部和外围找矿预测研究一直是矿床地质学的前沿问题和难题之一, 也是目前我国一些危机矿山资源增储的关键。蔡新平^[1,2,16]在危机金矿山深部找矿研究过程, 提出了“矿床结构模型”的概念, 运用该理论在冀东金厂峪金矿的深部找矿预测中研究了控矿构造的时序和级序。对新疆康古尔金矿床研究亦表明, 该矿床的形成也具有多期性的成矿作用, 每一期的主控矿构造要素各具特点^[10]。作者对滇西墨江金厂金矿床的研究结果表明, 不同成因和不同成矿阶段控矿构造的类型可以是不同的, 同时进一步发现岩石、地层及与岩浆活动有关的地质流体也是重要的控矿因素。为此, 既要考察成矿过程的时空演化, 同时也要考虑岩石、地层、流体对成矿作用的贡献, 即从时空演化的角度来综合考察矿床(体)与诸控矿因素的时空配置关系, 称之为矿床时空四维结构模型。

对墨江金厂金矿的成因仍存在不同认识: 海西期与区域变质作用有关、成矿物质源于围岩的变质热液说^①; 燕山期与金厂超镁铁质岩有关的古洋壳溶滤说^[6]; 与金厂超镁铁岩体侵入有关的中低温热液蚀变说^[11~13]; 主成矿期为海西期, 成矿物质主要源于结晶基底的混合热液说^[15]; 燕山-喜山期受金厂断裂控制的热液说^[8,9]。从上可以看出, 认识的分歧主要集中在成矿时代、成矿物质来源和矿床类型及控矿构造。我们针对这几个关键问题, 从变形构造与矿床类型研究入手开展了室内外综合研究。本文在介绍墨江金矿床矿区变形构造等特征基础上, 构筑该金矿床的时空四维结构模型, 旨在推动矿床结构模型研究和墨江金矿深部与外围找矿预测研究的深入开展。

1 区域地质背景

墨江金矿床位于扬子地块与中缅地块之间哀牢山浅变质带、九甲-安定断裂的东侧。九甲-安定断裂走向NW30°~40°, 倾向NE; 沿断裂或近两旁侧发育有数百个超镁铁岩体, 一般延长数十至数百米, 乃至千米, 长宽比3:1~40:1, 矿区东侧的金厂岩体是其中最大的一个岩体。九甲-安定断裂东侧的哀牢山浅变质带多期次的构造作用、变质作用和岩浆活动, 对金矿成矿非常有利。

2 墨江金矿矿区变形构造特征

2.1 变形构造类型

墨江金矿矿区变形构造类型: ①从构造形迹来分, 有褶皱构造、断裂构造和韧性剪切带构造, 规模较大的有金厂NNW向褶皱系、金厂逆冲断层(F₂)、金厂矿区NWW向褶皱构造、金厂超镁铁岩体侵位构造和

* 本研究得到中科院“九五”黄金重大项目课题资助(编号: KZ951-A₁-404-02-06)

第一作者简介: 蔡新平, 男, 1944年生, 研究员, 博士生导师, 岩石大地构造和构造与成矿专业。邮政编码: 100029
1998-07-27 收稿, 1998-11-29 修改回

① 中国人民解放军 00533 部队, 1982, 云南省墨江县金厂矿区金矿详细地质勘探报告

金厂韧性剪切带 (SZjc) (图1); ②从构造变形与金矿成矿的关系来分, 有成矿期构造和成矿后构造; 金厂 NNW 向褶皱系和金厂逆冲断层 (F_2) 属成矿后构造; 金厂矿区 NNW 向褶皱构造、金厂超镁铁岩体侵位构造和金厂韧性剪切带 (SZjc) 属成矿期构造。其中金厂韧性剪切带 (SZjc) 是本次研究工作厘定出来的。

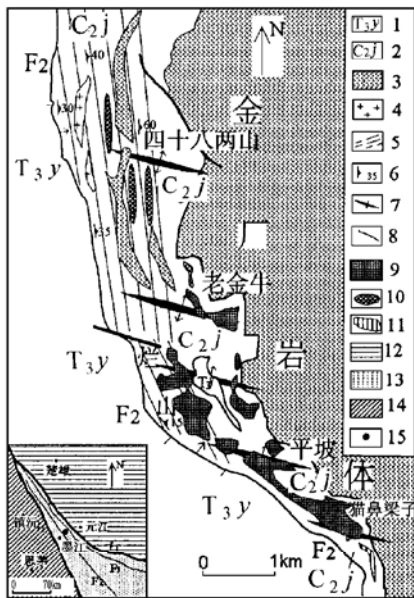


图1 墨江金厂金矿床地质构造简图

(据中国人民解放军 00533 部队资料修编)

- 1-上三叠统一碗水组; 2-中石炭统金厂组; 3-超镁铁岩体;
- 4-花岗斑岩; 5-韧性剪切带; 6-片理产状; 7-背斜构造; 8-
- 断层构造; 9-混合型金矿体; 10-早期韧性剪切带型石英脉
- 型金矿体; 11-后期富金石英脉型金矿体; 12-扬子地块;
- 13-哀牢山变质带; 14-中缅地块; 15-墨江金矿

Fig. 1. Geological-structural map of the Jinchang gold deposit in Mojiang county

- 1-Upper Triassic Yiwangshui Formation; 2-Carboniferous Jinchang Formation; 3-Ultramafic rock; 4-Granite porphyry; 5-Ductile shear zone; 6-Attitude of schistosity; 7-Syncline; 8-Fault structure; 9-Mixed type orebody; 10-Early gold-bearing quartz ore vein distributed along foliation in the ductile shear zone; 11-Late Au-rich quartz ore vein; 12-Yangzi block; 13-Ailaoshan metamorphic belt; 14-

Zongmian Block; 15-Mojiang gold mineral deposit.

2.2 金厂 NNW 向褶皱系

金厂 NNW 向褶皱系指金厂矿区及外围以三叠系上统一碗水组所显示的褶皱构造系, 主要由马乎洞-龙潭阱向斜、金厂复背斜和板壁向斜组成, 褶皱系轴向 340° 左右, 与九甲-安定断裂走向相近。马乎洞-龙潭阱向斜为一倒转向斜, 金厂复背斜为倒转复背斜。在褶皱翼部叠加发育有 3 条 NNW 向逆断层: 风丫逆断层、金厂逆断层和板壁河逆断层, 断层走向 NNW, 倾向 NEE, 倾角较陡。金厂金矿区位于金厂复背斜西侧次级褶皱——四十八两山-烂山背斜带, 金厂复背斜的大部分为超镁铁岩体所占据。褶皱构造形成于燕山-喜山期。

2.3 金厂逆冲断层 (F_2)

区域上九甲-安定断裂 (F_2) 从金厂金矿区西侧通过, 其在金矿区范围内被称为金厂逆冲断层 (F_2)。其走向 NNW 至 NW, 老金牛以北走向近南北, 老金牛至猫鼻梁子一带走向 330° 左右; 断层西侧为三叠系一碗水组 (T_{3y}), 断层东侧为石炭系金厂组 (C_{2j}) 和超镁铁岩体 (金厂岩体) 及少量花岗斑岩脉 (图 1)。断层总体倾向 E 或 NE,

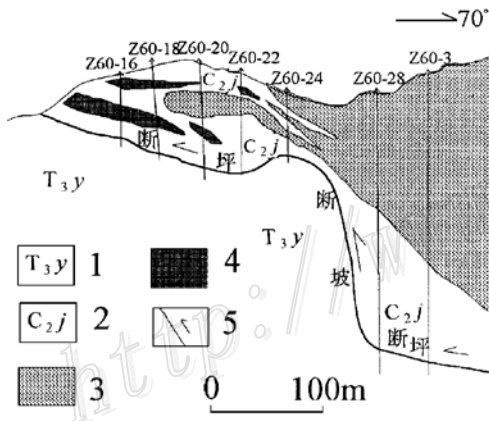


图2 金厂逆冲断层 (F_2) 60号勘探线剖面图

- 1-三叠系一碗水组; 2-石炭系金厂组; 3-金厂超镁铁岩体; 4-金矿体; 5-断层

Fig. 2. Geological section along No. 60 exploration line of Jinchang area, showing the thrust fault.

- 1-Upper Triassic Yiwangshui Formation; 2-Carboniferous Jinchang Formation; 3-Jinchang Ultramafic rocks; 4-Gold orebody; 5-Fault.

断层下盘为一碗水组砂砾岩，断层上盘为金厂组浅变质岩和金厂超镁铁岩岩体；老金牛以北断层往东倾，倾角 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ；老金牛至猫鼻梁子一带，断层总体倾向 NE，倾角 $30^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ；烂山一带断层出现断坪、断坪构造（图 2）和构造窗。

金厂逆冲断层面之上普遍发育厚 $1\sim 2\text{ m}$ 的断层构造岩。构造岩类型以断层泥、角砾岩和磨砾岩为主，构造岩的原岩为断层上盘金厂组的浅变质岩和金厂超镁铁岩。断层破碎带见有不含金的石英小网脉。断层面之下一碗水组砂砾岩碎裂化强烈，碎裂化带宽 $10\sim 5\text{ m}$ 不等，岩石碎裂化程度靠近断层面较强。断层构造岩中动力变质矿物不发育，仅见少量绢云母，岩石变形变质的温度较低，为浅层次构造形迹。

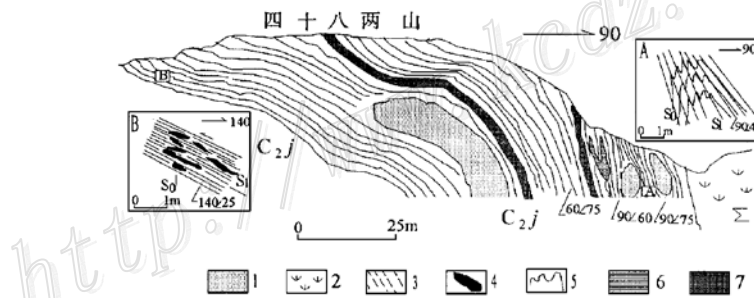
断层带内伴派生的磨砾岩斜列构造和阶步构造发育，为逆冲断层。断层面上擦痕构造至少有两组：一组在断面上的侧伏角 $70^{\circ}\sim 90^{\circ}$ ；另一组产状近水平。从擦痕的叠加情况看，逆冲在先，走滑在后。即金厂逆冲断层后期曾有左旋走滑运动。断层形成和活动时期为燕山-喜山期。该断裂带无金矿化显示，是成矿后断层。

2.4 金厂矿区 NWW 向褶皱构造

金厂矿区 NWW 向褶皱构造发育于矿区金厂组之内，轴向 NWW，轴面近直立。其西段为金厂逆冲断层 (F_2) 所切，东段为金厂超镁铁岩体所吞蚀（图 1）。可确定的褶皱有四十八两山背斜、老金牛背斜、烂山背斜、平坡背斜和猫鼻子梁背斜。烂山露天采场 YM09 点烂山-平坡背斜构造的转折端形态清楚，褶皱构造的两翼产状较对称，倾角 $40^{\circ}\sim 50^{\circ}$ ，轴向约 310° 左右，轴面直立。值得指出的是，烂山一带地层层面构造和层间的折劈理构造都显示该带地层的产状是正常的。

2.5 金厂韧性剪切带 (SZjc)

金厂韧性剪切带 (SZjc) 发育于金厂矿区金厂组内，由一套透入性发育的片理构造组成，走向 NNW—NS（图 1），向东倾，倾角 $25^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ，西缓东陡，剪切带在剖面上呈波状起伏（图 3）。韧性构造形迹发育，主要有片理构造、拉伸线理构造、同生褶皱 (contemporary fold)、布丁构造、置换构造和 σ 构造（图 3-A 和图 3-B）。动力变质岩类型有泥质片岩、钙质千糜岩、硅质糜棱岩和布丁岩；动力变质相为低绿片岩相，变形变质温度压力较低。不对称 σ 构造和拉伸线理构造指示剪切带的运动方向为上盘往上往西逆冲，即该韧性剪切带为由东往西逆冲的逆冲推覆剪切带。沿片理面有板状含金石英脉充填。金厂韧性剪切带 (SZjc) 为金厂超镁铁岩体所穿插和吞蚀，为三叠系一碗水组砂砾岩不整合，其形成于超镁铁岩体侵位和三叠纪之前。



2.6 金厂超镁铁岩体侵位构造

岩体侵位构造指在岩体冷侵位过程中形成的、与岩体侵位作用密切相关的构造形迹。金厂超镁铁岩侵位于金厂逆冲断层 (F_2) 之上、石炭系金厂组之中，大部分地层已被岩体吞蚀，形成规模较大的吞蚀构造，被吞蚀的热水沉积硅质岩、发生韧性剪切变形的细碎屑岩等岩石的物质组分已通过某种机制迁离和重组。金厂逆冲断层之下的三叠系一碗水组砂砾岩内见有大量的超镁铁岩砾石。

金厂超镁铁岩体边部和穿插于金厂组内的超镁铁岩岩枝强烈地透镜体化和片理化。片理之间有较多的细粒浸染状黄铁矿分布；透镜状超镁铁岩碎裂化强烈，沿破裂面有黄铁矿脉、碳酸盐脉和蛇纹石脉充填；超镁铁岩片理化过程伴随黄铁矿化和碳酸盐化，透镜体之间的片理裂隙带是含矿流体往上迁移的良好通道。超镁铁质片岩中见石炭系金厂组泥质片岩的残留体。

图3 金厂韧性剪切带四十八两山信手剖面图

1—含水云母硅质岩；2—超镁铁岩体；3—片理构造；4—布丁构造；5—层理构造；6—韧性变形前石英脉；7—韧性剪切带型含金石英脉

Fig. 3. Geological section of Jinchang ductile shear zone in Sishibaliangshan area.

1—Cr—bearing hydromica siliceous rock; 2—Ultramafic rock; 3—Schistosity structure; 4—Boudin structure; 5—Bedding structure; 6—Quartz ore vein formed before the ductile deformation; 7—Gold—bearing ore vein formed in the for-

mation process of the ductile shear zone.

四十八两山西侧超镁铁岩岩枝的边部发育有宽20~50m不等的次生岩脉带，从超镁铁岩往外为滑石片岩、菱镁矿和石英岩，滑石片岩内有自然金产出，为含金滑石片岩^[11]。我们在YM07点透视镜状超镁铁岩内也发现一宽约1m的石英质碳酸岩脉，早期隐晶质石英岩为碳酸岩脉穿插；方解石中含微量元素Cr，呈草绿色。金厂岩体东坡，岩体与金厂组接触面之间普遍发育厚1~5m不等的石英岩-碳酸岩；板壁河YM14点超镁铁岩体上部的石英岩-碳酸岩呈蘑菇状，并具有一定的分带性；底部为含少量含铬方解石玉髓状石英岩，中下部为角砾岩带，上部为次生岩网脉带。其中角砾岩的角砾和胶结物均为石英岩，角砾呈不规则球状，表面溶蚀构造发育。次生岩网脉带的脉体有碳酸岩脉和石英岩脉，脉体厚2~20cm不等，产状较陡，脉体内见超镁铁岩角砾（粒径小于1cm），碳酸岩脉内草绿色含铬方解石含量可达10%。超镁铁岩体边部和顶部石英岩、碳酸岩等次生岩发育的特征说明，超镁铁岩体侵入定位后，有较多的石英质流体沿超镁铁岩体透视镜体化带的裂隙系统从下往上、往外迁移。

2.7 墨江金矿区变形构造形成时序与形成的区域构造背景分析

墨江金矿区变形构造的复合分析结果表明，上述变形构造形成的先后次序是：金厂韧性剪切带(SZjc)→金厂矿区NNW向褶皱构造→金厂超镁铁岩体侵入构造→金厂NNW向褶皱系→金厂逆冲断层(F₂)，其中中前三者形成于三叠纪前的海西期，后二者形成于三叠纪后的燕山-喜山期。关于金厂超镁铁岩体的性质、形成和侵位时间，目前仍有不同的认识(张海涛, 1981; 俞汉茂, 1990)^[4~6, 11, 12]。我们的研究表明：该区石炭系为洋壳蛇绿岩套^[14]，金厂组的碎屑岩和硅质岩是蛇绿岩套的上部层序，超镁铁质岩是蛇绿岩套的下部层序，发生在晚石炭世—二叠纪的洋陆碰撞过程中强烈蛇纹石化的超镁铁质岩，由于其具有的高塑变性，在侧向挤压作用下发生了透入性挤压塑变，以塑性粒流的方式冷侵位-挤入上部层位，并形成贯通性的构造裂隙系统，主侵位时间为三叠纪前的海西期，在燕山-喜山期仍有小规模、小范围和短距离的位移和二次冷侵位，出现一些小岩枝穿入三叠系一碗水组中的现象。

金厂韧性剪切带形成及其上覆地层由东往西的逆冲推覆和金厂超镁铁岩体的构造侵位，都受区域上海西期东西向洋陆挤压碰撞作用控制，曾发生由西向东，相对于西侧中缅大陆型板块(地块)斜冲的作用，NNW向褶皱构造与近SN向的斜冲剪切作用所派生的NE-SW向的压扭应力有关(Boyer, 1986; Ghosh等, 1987; Weijermars, 1992; Yin An等, 1993; 徐兴旺, 1996)。金厂NNW向褶皱系与金厂逆冲断层均属板内挤压变形构造，金厂逆冲断层具早期以仰冲为主晚期转变为水平走滑为主的特征，其成因可能和印度板块与欧亚板块的俯冲碰撞有关。

3 墨江金矿床矿体的矿石类型、空间分布及其与变形构造的关系

该金矿床的原生矿石基本类型有两种，即含金石英脉型金矿石和浸染状含金石英岩型金矿石。墨江金矿区不含金的石英脉在成矿前和成矿后均有产出，成矿前的石英脉已随地层一起褶皱和被构造置换。

浸染状含金硅质岩型金矿石是金厂金矿重要的矿石类型，是一种由热泉成因含矿硅质流体沉积和交代地层中硅质岩而形成的含金硅质杂岩。矿石灰—深灰色，块状构造，具沉积条带或角砾状构造。多呈不规则巨大透视镜体产于烂山段地层内，是矿区主要的金、砷硫化镍矿容矿岩石。矿石中脉石矿物有隐晶硅质、玉

髓和石英,金属矿物以黄铁矿和白铁矿为主,含量可达5%~15%,副矿物可见高温气成电气石、鱼眼石、沸石和蛋白石等。高温气成电气石的产出说明该含金流体曾经历了高温和沸腾作用,蛋白石的产出表明流体的沉淀处于较低温环境。黄铁矿集合体内鲕状构造发育,具生物成因结构(帅德权,1988),这表明含金硅质型金矿体是沉积形成的,为深海热泉成因。Au、Ag、Ni主要呈浸染状矿化,金品位较低,一般1~4 g/t,少量可达10 g/t以上。

含金石英脉矿体又可分为早期贫金石英脉(Q₁)和后期富金石英脉(Q₂)两种。早期贫金石英脉(Q₁),呈板状顺金厂韧性剪切带(SZjc)片理构造产出,边界平直,厚0.2~2 m不等,厚度变化小(图3);矿石主要由石英组成,含少量黄铁矿等金属矿物(少于2%),石英和黄铁矿是主要的载金矿物,含金品位多在2 g/t以下,少量可达10 g/t。

后期含金石英脉(Q₂)一般穿层和穿切早期韧性变形片理产出,脉体形态复杂多样,分枝复合现象常见,多呈肠状、条带状、复脉状或平行脉带产出。脉体厚度变化大,以猫鼻梁子59号矿体1753中段矿段为例,矿体中部厚度近2 m,而边部厚度不到20 cm。脉体具条带状—裙边状构造,并常带斑斓色彩。脉内纹层状构造发育,成分层对称产出:中间部位为含金品位不高的白色石英带,外侧则常被染成翠蓝绿色调(Ni、Cr离子染色)的石英带,再外侧常见黑白相间的条带状—裙边状构造的石英带(黑色石英条带主要是因含碳质成分或含银黝铜矿一类矿物较多而显暗色)。脉体内Ni、Cr离子的发育说明脉体的形成与超镁铁岩体的活动密切相关,石英条带中碳质成分可能源于深源流体组分CO₂的直接分解或动力变质作用造成碳酸盐岩的分解。岩脉内金属矿物含量小于5%;含金品位较高,有的每吨达数十至数百克,最高品位达703.71 g/t。后期富金石英脉(Q₂)总体上分布于金厂超镁铁岩的外接触带,走向280°~310°,脉体走向与金厂矿区NWW向褶皱构造的轴向一致;脉体在远离金厂岩体一端厚度较大且品位较高、近岩体一端厚度变薄且品位较低;四十八两山一带,脉体穿插于早期韧性变形带内,与片理构造交角40°~60°,并常穿断早期贫金石英脉(Q₁);烂山和猫鼻梁子一带主要产出于金厂韧性剪切带(SZjc)上部未发生韧性变形或变形较弱的烂山段硅质岩岩层内,脉体与地层斜交,59号矿体1753中段沿脉4穿与5穿之间矿段纵剖面呈蘑菇状穿切地层。蘑菇状矿体的柱体段含金石英岩矿石结构松散、具糖粒状构造,其可能是含金硅质流体上升的通道;在烂山露天采场YM09点富金石英脉(Q₂)产出于烂山NWW向背斜构造的核部,这说明后期富金石英脉的定位受矿区NWW向褶皱构造的控制。

后期富金石英脉(Q₂)和硅化含金硅质岩多共生产出,并构成矿区混合型金矿体。硅化含金硅质岩内的沉积构造多已被破坏,岩石外形具次生石英岩的特征,又称含金石英岩。混合型金矿体是墨江金矿主要的工业矿体。含金硅质岩与其所夹富金石英脉的产状一致。已发现的混合型金矿体主要分布于老金牛至猫鼻梁子一带、金厂逆冲推覆断层(F₂)上盘、金厂超镁铁岩体西侧外接触带、金厂组内,平面上具沿岩体接触带方向(NW—NNW向)成带、矿区内沿褶皱构造轴向(NWW向)成串的特征。老金牛、烂山及平坡一带,混合型金矿体剖面上在矿区NWW向褶皱构造核部明显加厚。金品位富集部位由所夹石英脉位置、分布、形态控制,富集带方向也多呈NWW向。另外,随距金厂超镁铁岩体距离的渐远,混合型金矿体的厚度和金含量缓慢地上升,到极点后突然下降^[6,11]。这表明热泉沉积成因含金硅质岩型金矿体曾被从超镁铁岩体外移的含矿流体所改造,后期富金石英脉(Q₂)的形成与热泉沉积成因含金硅质岩型金矿体密切相关。

上述墨江金矿床金矿体的矿石类型、空间分布及其与变形构造的关系特征表明,墨江金矿床金矿体成因类型,从构造上来分,有三种类型并对应三次不同类型和不同阶段的成矿作用:即热泉沉积成因的含金硅质岩型金矿体,产出于金厂韧性剪切带内;受韧性剪切变形控制的韧性剪切带石英脉型金矿体;产出于金厂超镁铁岩体西侧外接触带、定位于金厂韧性剪切带上部烂山组NWW向褶皱构造核部富金石英脉型金矿体。

4 成矿物质来源与成矿时代

关于墨江金矿成矿物质来源与成矿时代仍有不同的认识^[6,8,9,11-15]。含矿的石炭系浅变质岩系、超镁铁岩体和三叠系一碗水组砂砾岩呈不整合,底砾岩中含金石英脉砾石和含金石英质杂岩砾石的发育,都说明墨江

金矿的主成矿期在三叠纪之前。

浸染状含金硅质岩型金矿体与矿区大量的硅质岩一样，系热泉沉积成因（应汉龙，1995），成矿时间为石炭纪，成矿物质源于深部的上地幔。

韧性剪切带型早期贫金石英脉（ Q_1 ）中石英氧同位素（ $\delta^{18}O$ ）值为 21.0‰，脉内黄铁矿硫同位素（ $\delta^{34}S$ ）值与韧性剪切带板片岩中黄铁矿硫同位素（ $\delta^{34}S$ ）值相近，分别为 -2.6‰和 -2.7‰，这表明脉内黄铁矿与韧性剪切带板片岩中黄铁矿属于同一硫同位素体系演化的产物。石英脉的模式年龄为 $290 \times 10^6 a^{[15]}$ ，成矿时间为海西中晚期早二叠世。

混合型金矿体中含金石英岩中黄铁矿硫同位素（ $\delta^{34}S$ ）值与不含金石英质杂岩、硅化砂板岩及超镁铁质片岩中黄铁矿硫同位素（ $\delta^{34}S$ ）值相近，分别为 -4.1‰、-4.6‰、-5.6‰和 -5.1‰^[15]，这说明这些岩石中的黄铁矿可能源于同一分馏平衡体系，并具密切的成因联系。混合型金矿体中含金石英岩的模式年龄为 $241 \times 10^6 a$ ，与其伴生的滑石和菱铁矿的模式年龄为 $218 \times 10^6 a$ 和 $248 \times 10^6 a^{[15]}$ ，即含金石英岩和与其共生的富金石英脉的成矿时间为海西晚期晚二叠世。

5 墨江金矿床构造控矿过程与矿床时空四维结构模型

如前所述，墨江金矿床有三种成因类型的金矿体，并经历了 3 次不同性质与类型的成矿作用。石炭纪，研究区作为金沙江-哀牢山古洋盆的一部分，形成了下部为超铁镁质岩，上部为火山岩、碎屑岩和硅质岩的蛇绿岩建造^[14]；在热泉成因硅质岩形成过程，伴随有热泉型金矿的成矿作用，形成矿区浸染状含金硅质岩型金矿体。晚石炭世—二叠纪，区域上哀牢山古生代大洋板块与其西侧的中缅大陆板块（地块）发生挤压碰撞作用。早二叠世矿区发育了一条自东往西逆冲推覆的韧性剪切带，韧性剪切带的形成演化伴随流体的形成与迁移运动和金元素的迁移与富集，剪切带两侧地层中的金元素进入剪切带，剪切带上部热泉成因含金硅质岩型金矿体不同程度的被流体交代而进入剪切带，形成含金韧性剪切带和石英脉型金矿。矿区韧性逆冲剪切带形

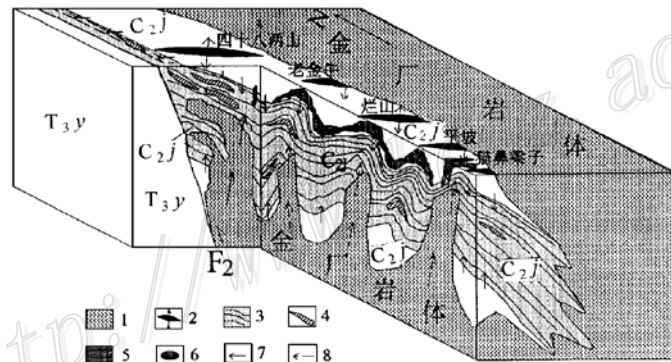


图 4 墨江金厂金矿床时空四维结构模型

- 1—超镁铁岩；2—NWW 向褶皱构造；3—含金韧性剪切带；4—韧性剪切带型早期贫金石英脉型金矿体；5—富金石英脉型金矿体；6—混合型金矿体；7—韧性剪切变形过程含金流体的迁移方向；8—主成矿期含金流体迁移方向

Fig. 6. Time—space four—dimensional framework of the Jinchang gold deposit in Mojiang County.

- 1—Ultramafic rocks；2—NWW-trending fold structure；3—Gold—bearing ductile shear zone；4—Gold—bearing quartz ore vein distributed along foliation in the ductile shear zone；5—Au—rich quartz ore vein；6—Mixed type orebody；7—Migrating direction of gold—bearing fluids in the process of ductile shear deformation；8—Migrating direction of gold—bearing fluids at the principal ore—forming stage.

成过程伴生 NWW 向褶皱构造的形成。稍后洋陆的递进挤压作用，使蛇绿岩套下部层位的已强烈蛇纹石化的超镁铁质岩向上冷侵位于上覆浅变质地层内，早期的岩石地层、构造形迹和金矿体部分被吞蚀，并形成贯通

性的构造裂隙系统。被吞蚀的岩石地层发生物质组分的分离、重组、迁移和再聚集，金和镍等金属元素在该过程也得到进一步的富集，构成后期金矿成矿的重要成矿物质来源。晚二叠世，深部含矿硅质流体沿超镁铁质岩冷侵位过程所形成的裂隙系统往上、往外迁移，定位于超镁铁岩体西侧外接触带金厂组 NWW 向褶皱构造核部，形成富金石英脉型金矿体，或交代早期热泉成因含金硅质岩型金矿体而形成矿区混合型金矿体。上述金矿体与诸控矿因素的时空配置构架就是墨江金厂金矿床的时空四维结构模型（图 4）。

6 结 论

综合上述，我们可以得出以下几点基本认识：

(1) 矿区金厂韧性剪切带 (SZjc)、NWW 向褶皱构造和金厂超镁铁岩体冷侵位构造属成矿期构造，金厂 NNW 向褶皱系和金厂逆冲断层 (F_2) 属成矿后构造。

(2) 金矿床有三种成因类型的金矿体，并对应三次不同构造类型和不同阶段的成矿作用，成矿期在三叠纪之前。即石炭纪热泉型金矿的成矿作用和烂山一带热泉硅质岩型金矿体的形成，早二叠世与韧性剪切带形成演化伴生的韧性剪切带型含金石英脉的成矿作用，晚二叠世定位于超镁铁岩体西侧外接触带金厂组 NWW 向褶皱构造核部的富金石英脉型金矿体和混合型金矿体的形成与成矿作用。

(3) 矿区金厂超镁铁质岩属哀牢山大洋壳蛇绿岩套组成的下部层位，在洋陆挤压碰撞过程，以塑性碎裂流的方式往上冷侵位于上覆浅变质岩中。其冷侵位过程所形成的贯通性裂隙系统是后期含矿流体运移的主要通道。其冷侵位对后期成矿的构造意义远大于成矿物质的补给意义。

在野外工作和成文过程中曾得到中科院贵阳地化所高振敏、夏勇、罗泰义，中科院地质所应汉龙、汪道京有益的讨论和建议，得到墨江金厂金矿的支持与帮助，在此表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- 1 蔡新平, 赵大升. 北衙金矿床的地质地球化学. 见: 中国科学院黄金科技工作领导小组办公室主编. 中国金矿研究新进展 (第一卷). 北京: 地质出版社, 1994, 223~243.
- 2 蔡新平, 张宝林. 矿床结构模型与某些类型金矿床定位预测. 地质科学, 1998, 33 (3).
- 3 陈炳蔚, 王铠元, 蔡振京等. 怒江—澜沧江—金沙江地区大地构造. 北京: 地质出版社, 1987, 1~55.
- 4 程裕淇主编. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社, 1994, 239~312.
- 5 陈炳蔚, 李永森, 曲景川等. 三江地区主要大地构造问题及其与成矿的关系. 北京: 地质出版社, 1991, 8~12.
- 6 蒋志. 金厂金镍矿床形成的地球化学过程. 地质与勘探, 1984, (1): 6~13.
- 7 罗建宁, 张正贵, 陈明等. 三江特提斯沉积地质与成矿. 北京: 地质出版社, 1982, 22~30.
- 8 刘星, 陈友春. 墨江金矿的矿化空间分布规律. 云南地质, 1992, 11 (1): 58~61.
- 9 李元. 墨江金矿床的构造控矿特征. 云南地质, 1992, 11 (4): 308~317.
- 10 徐兴旺, 蔡新平等. 新疆康古尔金矿床时空四维结构模型. 矿床地质, 1998, 17 (2): 150~157.
- 11 俞广钧, 谢如勇. 墨江金厂金矿床的地质特征及其成因. 地质与勘探, 1986, (2): 11~17.
- 12 俞广钧. 云南金矿床的主要类型及其找矿前景. 地质与勘探, 1989, 25 (1): 27~28.
- 13 张海涛, 杨家瑞, 薛道政. 超基性岩蚀变热液型金矿床. 云南地质, 1984, 3 (4): 311~325.
- 14 张旗, 张魁武, 李达周等. 云南新平县双沟蛇绿岩的初步研究. 岩石学报, 1988, (4): 437~446.
- 15 张志兰, 张树发, 袁海华等. 云南墨江金厂金矿的同位素地质特征及成因探讨. 成都地质学院学报, 1987, 14 (4): 29~40.
- 16 Cai Xinping, Zhang Baolin, Qin Dajun, Qi Xueyi. Regional mineralization of gold and its typical deposits in southern belt of northern margin of North China fault-block region. In: Jin Chengwei, ed. Geology of main gold metallogenic belts in northern part of China. Seismological Press, Beijing, China. 1996. 78~122

TIME-SPACE FOUR-DIMENSIONAL FRAMEWORK OF THE JINGCHANG GOLD DEPOSIT IN MOJIANG COUNTY, WESTERY YUNNAN

Cai Xinping, Xu Xingwang, Zhang Baolin, Qin Dajun, Liang Guanhe, Wang Jie

(Institute of Geology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029)

Key words: gold deposit, four-dimensional framework of mineral deposit, thermal spring siliceous rock, ultramafic rock, Mojiang

Abstract

Based on a study of some key geological problems of the Jinchang gold deposit in Mojiang County, the authors have concluded that the Jinchang ductile shear zone (Szc), the NWW-striking fold structure and the emplacement tectonics of the ultramafic rocks in Jinchang area make up ore-forming structures, that there are three genetic types of orebodies corresponding to three different types and stages of mineralization, and that all mineralizations occurred before Triassic. During the formation of thermal spring siliceous rocks, thermal-spring type gold mineralization took place and the thermal-spring siliceous orebodies were formed in Lanshan area. When the Ailaoshan ancient oceanic plate collided with the Zhongmian continental plate regionally in Early Permian, EW-thrusting ductile shear zone was developed in company with the formation of gold-bearing ductile shear zone and gold-bearing quartz veins which were distributed along foliations. Later, the ultramafic rocks in Jinchang area coolly intruded upward into the shallow metamorphic rocks, and partly swallowed the early strata tectonics and gold orebodies. In Late Permian, ore-bearing siliceous fluids migrated from the depth upward along the fractural system developed in the process of "cool" intrusion of ultramafic rocks, and were emplaced in the core of the NWW-striking folds of Jinchang area, finally forming the Au-rich quartz veins and the mixed type orebodies. The time-space relationship between the orebodies and the main ore-controlling factors is the time-space four-dimensional framework of the Jinchang gold deposit.