

滇黔桂湘地区中生代复合大陆动力成矿系统特征

方维萱^{1,2}, 胡瑞忠², 苏文超², 王国芝²

(1. 有色金属矿产地质调查中心 北京地质调查所, 北京 100012; 2. 中国科学院地球化学研究所 矿床地球化学重点实验室, 贵州 贵阳 550002)

摘要:通过大陆构造地质研究和分析认为:在印支期 SW→NE 挤压构造应力场的驱动下,本区沉积盆地内可能形成自 SW→NE 向的盆地流体大规模流动(滇东南→桂西北)。在燕山早期,环太平洋板块自 SE→NW 挤压构造应力场驱动下,本区可能形成自 SE→NW 向的盆地流体大规模流动(桂东南→黔西北→滇东北),且可能被限定在康滇断块隆升区西边界的以东地区。在燕山晚期,伴随大陆构造进入伸展-走滑体制和山间断陷盆地的形成,幔源热物质侵位形成盆地流体的垂向热(流)应力驱动源,这种张剪性构造为流体成矿提供了良好的构造背景。古潜山、褶皱-断裂带、逆冲断裂-褶皱带和脆韧性剪切带可能是本区主要流体圈闭构造和矿床定位构造,成矿系列可划分为改造型拉分盆地中古潜山控制的 F-Fe-S-Sb-Au 成矿系列、褶皱-断裂带热液再造成因的 Sb-As-Hg-Au 成矿系列、改造型盆地边部逆冲断裂-褶皱带中热流体成因的 Ge-Ag-Pb-Zn 成矿系列和脆韧性剪切带中 W-Sb-Au 成矿系列。

关键词:复合大陆动力成矿系统;盆地流体;成矿系列;褶皱-断裂带;古潜山;扬子地块南缘

中图分类号:P544^{+.4}; P611 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-1552(2006)04-0470-11

0 引言

复合大陆动力成矿系统是指在造山带-高原-沉积盆地的耦合与转换过程中,由大陆内部构造-热流体多重耦合与协同作用下形成的成矿系统。它具有如下特点(以滇黔桂三角区为例):(1)成岩成矿系统发生在大陆地壳背景下,在大陆地壳演化过程中有显著多次的强烈幔-壳相互作用和物质传输与循环过程发生。局部洋壳化主要因大量的幔热物质被传输进入大陆地壳,造成大陆地壳局部裂解而形成断块构造,尽管大陆地壳有局部洋壳化,但仍以大陆地壳为主体。(2)一般基底由太古代结晶基底、元古代变质基底和早古生代褶皱基底(或称过渡性基底),具有“三层式”基底结构。基底构造层

常由不同构造地体拼合而成,这种不稳定型基底构造层在后期伸展体制下易形成断块沉降和隆升,断块沉降区演化为沉积盆地,断块隆升区演化为海岛,形成典型的盆地-海岛格局和“秦岭式”伸展构造(方维萱等,2001a)。断块隆升区(海岛)为相邻沉积盆地的蚀源岩区和物源供给区,因此,“三层式”基底构造层的物质组成对后期成岩成矿有一定控制作用,尤其对沉积盆地内热水同生沉积成岩成矿及区域成矿分带控制明显。(3)成岩成矿具有长期演化过程和多成因、成矿物质多来源特点,这种成矿集中区常发育两种成矿系列叠加。在先期形成矿源层或矿化层基础上,后期经构造再造或改造作用形成工业富集,它们被称为沉积-改造型层控矿床,因先期形成矿源层(裘愉卓等,1997)和后期构造再造或

收稿日期:2003-03-21; **改回日期:**2006-06-05

基金项目:科技部国家重点基础研究发展规划项目(课题编号 2001CB409805)及中国科学院地球化学研究所重点实验室基金(课题编号 200303)联合资助。

第一作者简介:方维萱(1961-),男,研究员,博士生导师,主要从事矿产勘查、沉积盆地与地质流体研究。Email:fangwuxuan@tom.com

改造(涂光炽,1987;吴学益等,1997)作用的程度差异,形成特有的成矿系列;先期形成矿层受后期岩浆或构造流体成矿作用叠加富集,它们被称为沉积-岩浆热液叠加矿床(涂光炽,1987)。(4)成矿集中区和矿床定位构造常有两种(或多种)控制因素,先期构造多为成矿集中区的主控构造,后期岩浆-构造多为矿床和矿体定位的主控构造。构造变形筛分-成矿期分期配套-多期流体耦合与协同研究有助于认识和筛分矿床的主控因素和找矿方向(方维萱等,2001b,c,2002)。

滇黔桂三角区地质构造及其矿产长期以来深受前人的关注和研究(施继锡等,1995;胡瑞忠等,1995;李朝阳,1995;刘建明和刘家军,1997;刘显凡等,1997;苏文超等,1998;Liu *et al.*, 1999; Ma, 1999; Peng and Hu, 1999; Chen and Zou, 1999; Zhang and Zhang, 1999; 韩润生等 2001a,b; 陈翠华等,2003;黄智龙等,2004;程日辉等,2004;肖拥军和陈广浩,2004;梁新权等,2005;柏道远等,2005),本区低温成矿域(Au-Hg-Sb-As)和高温成矿区(W-Sn-Bi-Cu-Zn)有明显区域成矿分带,高温成矿区可能是中生代大陆热点构造形成的垂向大陆动力成矿系统(方维萱等,2001d),但其低温成矿域形成的大陆动力学过程仍然不明。本文从大陆造山带-沉积盆地-高原耦合与转换过程角度,探讨大型-超大型低温矿床形成演化与大陆区域构造样式之间关系。

1 造山带-沉积盆地-云贵高原耦合-转换过程

1.1 火山岛弧-造山带-沉积盆地耦合与转换

在二叠-三叠纪,扬子地块南缘及邻区构造古地理格局为(自西向东):杂多-景洪火山弧→兰坪-勐腊弧内盆地→李仙江-Song Ma 火山岛弧→墨江晚三叠世前陆盆地(北部)/红河-Tule 弧内盆地→维西-绿春火山岛弧→哀牢山造山带→楚雄后陆盆地→康滇断块隆升区→南北向小江转换同生断裂带→个旧-那坡弧后裂谷盆地(南部)/右江-北盘江拉分盆地(北部)→华南陆表海盆地→钦防前陆盆地→大容山-十万大山同碰撞岩浆弧带→云开造山带,处于火山岛弧-造山带-沉积盆地耦合与转换过程(方维萱^①,2002)。在印支期 SW→NE 挤压构造应力场的驱动下,沉积盆地内可能形成自 SW→NE 向的盆地

流体大规模流动(滇东南→桂西北)。

在燕山早期,环太平洋板块自 SE→NW 挤压构造应力场的驱动下,本区可能形成自 SE→NW 向的盆地流体大规模流动(桂东南→黔西北→滇东北),因在康滇断块隆升区东西两侧曾形成了近南北向断裂带,且发生构造应力场转换,近南北向走滑构造形成一系列次级 NE 向压扭性断层组。研究区内自 SE→NW 向的盆地流体大规模流动可能被限定在康滇断块隆升区西边界的以东地区,次级 NE 向压扭性断层-褶皱构造是改造型盆地流体释压排泄的构造通道和储矿空间。在燕山晚期,伴随大陆构造进入伸展-走滑体制和山间断陷盆地的形成,幔源热物质侵位(垂向大陆动力系统)形成盆地流体的垂向热应力和构造应力驱动源,这种区域构造格局中张剪性构造为流体成矿提供了良好的构造背景。

1.2 大陆岩石圈深部构造及动力学分析

华南地块(陆表海盆地)曾发生过自 E→W 的俯冲碰撞,在滇东-黔西一带深部现今仍有残存的大陆俯冲板片(图1)(赵永贵等,1992)。由于华南地块西缘的下岩石圈以较高角度(>45°)向西俯冲消减,在安顺-黔西东侧,软流圈体被华南地块南缘的下岩石圈俯冲板片所切割断开,垂向和近东西向断开距离均约有200km(图1a,b),软流圈体断开可能伴随着区域性地温升高。图1b剖面的东端,残存的软流体垂直上涌可能曾供给较厚大陆岩石圈足够的热能,沿张性超岩石圈断裂发生幔源热物质侵位,形成贵州贞丰-罗甸县辉绿辉长岩-碱性岩-金伯利岩-钾镁煌斑岩,同时也传输给大陆岩石圈大量的热物质和稳定的热能,它们与黔西南 Au-Hg-Sb-As 大型-超大型矿床集中区在空间分布上相吻合,暗示软流圈体断开过程和软流体垂直上涌驱动本区发生流体大规模运移,可能是控制 Au-Hg-Sb-As 大型-超大型矿床集中区定位的地球动力学制约因素。赵永贵等(1992)认为近百千米厚的俯冲下岩石圈和数十千米宽的软流圈上涌体的差异特征残存约有300~400Ma,现存的深部构造形态可能是0.3~0.4Ga 来大地构造运动的综合遗迹。在此基础上,探讨云贵高原形成及其与矿产资源关系是可行的途径。

1.3 云贵高原边缘大陆构造样式和形成机制

通过地表地质路线观测,结合反射地震剖面解

① 方维萱. 2002. 扬子地块南缘及邻区大型-超大型矿床密集区大陆动力学分析与研究. 贵阳:中国科学院地球化学研究所,1-180.

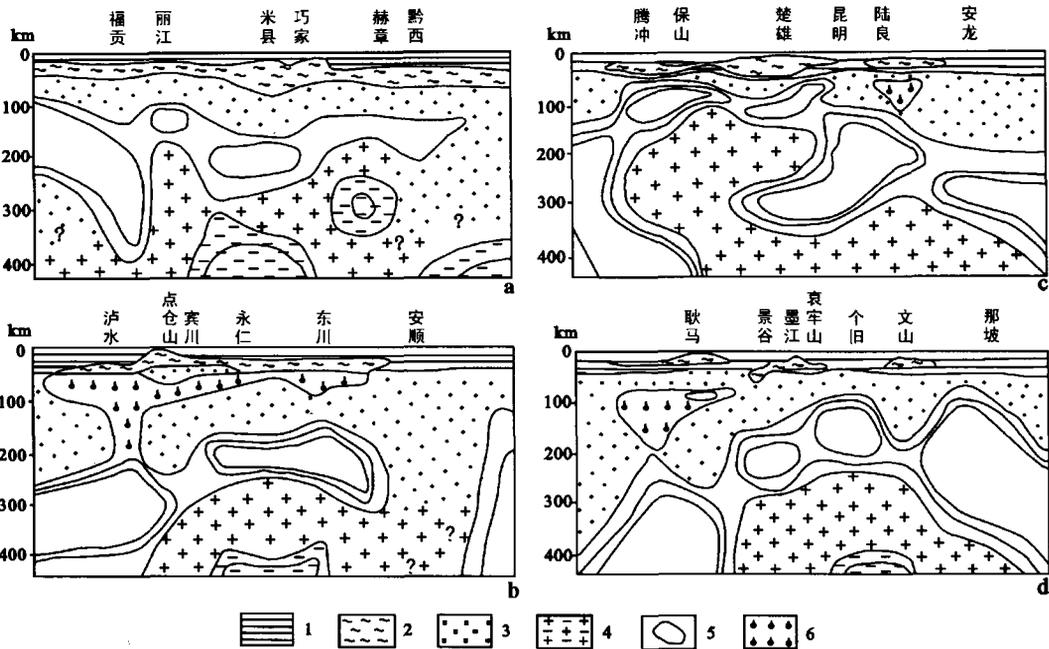


图 1 扬子地块南缘及邻区大陆岩石圈深部构造剖面图(据赵永贵等,1992)

a-福贡-黔西剖面(N27°);b-泸水-安顺剖面(N26°);c-腾冲-安龙剖面(N25°);d-耿马-那坡剖面(N23.5°). 1-地壳;2-壳内低速带;3-下岩石圈;4-过渡地幔;5-软流圈;6-软流圈上涌体

Fig. 1 Geologic sketch showing deep tectonic sections of continental lithosphere in the southern margin of the Yangtze massif (after Zhao *et al.*, 1992)

释研究认为大陆构造动力学机制主要有(方维萱, 2002^①):①断块构造成山区(带);②逆冲推覆构造作用(图 2);③正扇形背冲式-斜冲走滑式断块构造(图 3)。

①断块构造成山区(带)以云贵构造高原北缘大凉山山脉系及梵净山脉系较为典型,这两个断块成山造原形成地层收缩褶皱和大陆地壳垂向加积增厚。在构造古地理上,因大凉山山脉系及梵净山脉系垂向隆升,使重庆一带而演化为新生代前陆盆地,它们是云贵高原与四川-重庆新生代沉积盆地的分

割界线。梵净山山体外围部分与中心部位的物质组成与构造样式明显不同,梵净山断块构造成山区以金顶为中心部位,中心部位出露梵净山群(Pt₁f)和板溪群(Pt₂b)为主体的浅变质火山-沉积岩系,构造样式为由 NEE 向短轴褶皱(张家堰和黑湾河倒转背斜、牛风包倒转向斜等三个轴向相同)组成的复式背斜,由 NEE 向红石枢纽断层、NEE-NW 向近圈闭状断裂组成断块山体(构造穹隆);梵净山山体外围部分由震旦-三叠系(缺失泥盆-石炭系)浅海相碳酸盐岩夹碎屑岩组成,构造样式为褶皱-断裂组成的滑覆构造系统。燕山运动期,基底和盖层均再次发生强烈变形。压性-压扭性断裂和褶皱特征表明是在大陆挤压收缩体制下的断块构造成山区,NEE 向断裂走向和褶皱轴向揭示挤压应力场为 SE→NW 向,可能与燕山早期环太平洋板块自 SE→NW 向的俯冲作用有密切关系。在断块构造成山过程中,构造动力驱动区域流体可能产生垂向运移-对流体系。

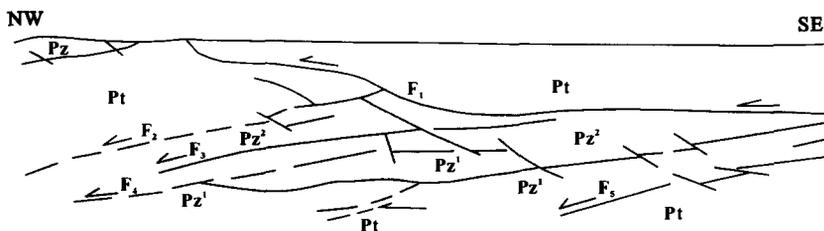


图 2 黔东凯里-雷山“剪刀式”逆冲推覆构造剖面示意图

(据杨惠民等,1999)

Pz²-上古生界;Pz¹-下古生界;Pz-古生界;Pt-元古界板溪群;F₂-断层及编号

Fig. 2 Scissor-shaped nappe-thrust tectonics in Kaili-Leishan, eastern Guizhou (after Yang *et al.*, 1999)

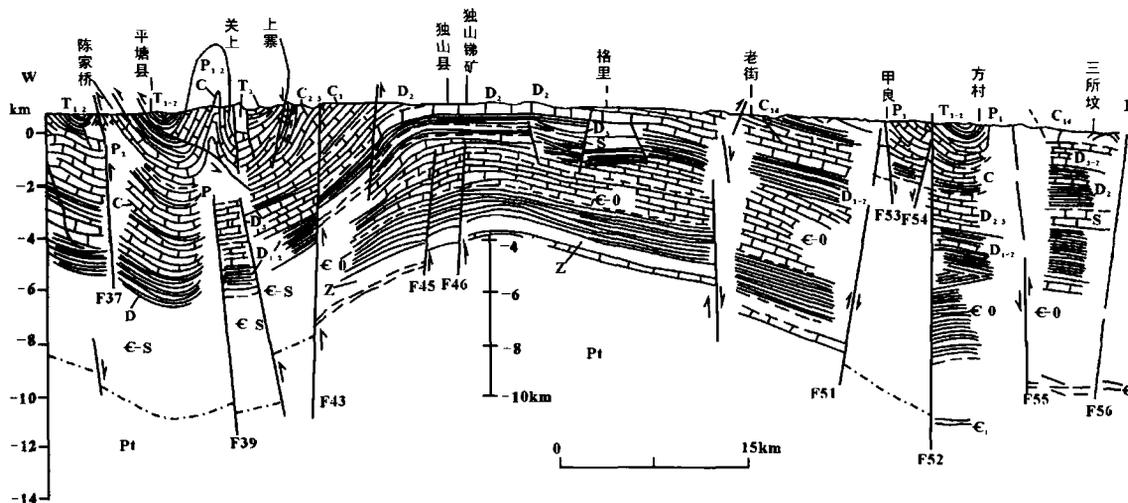


图 3 荔波-独山-平塘正扇形背冲式及斜冲走滑式断块构造反射地震剖面解译图

(据西南石油地质局 05 工程处资料, 1989, 有修改)

Fig. 3 Interpretation of a reflection seismic sounding profile for fan-shaped uplifting and strike-slip fault-block in Libo-Dushan-Pingtang area (modified after the 05 Engineering Division of Southwest China Oil Geology Bureau, 1989)

② 逆冲推覆构造作用(图 2)在云贵高原东缘黔东-湘西一带发育,自加里东期产生多期和层次的逆冲推覆构造,由地表构造窗、飞来峰、脆韧性剪切带(板溪群中)及逆冲断层等组成。反射地震剖面解释(杨惠民等, 1999)表明中元古代板溪群逆冲推覆于震旦-志留纪地层之上,在雷山-凯里一带,地表元古代板溪群(Pt_2b)之下(0~10km)由古生代地层组成,板溪群(Pt_2b)向西逆冲推覆距离在 5~20km 不等。据饶家荣等(1993)研究认为:麻阳-澧县断裂带在深部 17~21km 处可能存在太古代结晶基底,深部向东缓倾斜的断裂带可能属雪峰西缘逆冲推覆构造带的根部带(结晶基底顶面的韧性层滑脱面)。SE→NW 向逆冲推覆构造作用驱动流体发生大规模运移。

③ 正扇形背冲式-斜冲走滑式断块构造以荔波-独山-平塘为典型代表(图 3)。在独山-格里一带,正扇式背冲式断块构造在深部(3~12km)主要由震旦-志留纪地层组成的断块构造上隆区,两侧发育相背的阶梯状正断层,垂向断距 1~3km。地表地质构造为宽缓背斜(箱状褶皱),独山箱状背斜总体 NNE 向延伸,长约 70km,宽 0~35km。背斜轴部地层平缓(倾角 5~8°),两翼地层产状相对较陡。西翼倾向 NNW,倾角 10~15°,东翼地层倾向 SSE,倾角 20~40°。背斜向南倾伏,倾伏角 8~15°。独山箱状背斜的核部及两翼次级褶皱发育,多为短轴

背斜。在其核部及两翼发育一系列产状相背的 NEE-NWW 走向断层,燕山期以张扭性力学结构面为主,它们是独山半坡梯矿主要储矿构造。深部(3~12km)深处导矿构造与地表断层系储矿构造属同一构造系统。

平塘深部(10km 处)与独山地区的地层组成一致(图 3),以寒武-志留纪地层底面计算,二者之间相对垂向落差有 6 km。在垂深 5 km 以上,主要为泥盆-三叠纪被动陆缘碳酸盐岩-碎屑岩体系组成,地层褶皱强烈,形成倒转向斜及紧闭背斜。在地表由一系列向西逆冲断层系组成,断层面具有明显左旋走滑特征,构成斜冲走滑式断块构造。在燕山期自 SE→NW 方向区域挤压应力场作用下,沿震旦-志留纪地层下界面与元古代板溪群上界面之间形成层间韧性滑脱构造面,造成震旦-志留纪地层垂向加厚和挤出隆起(独山-上寨一带)。在泥盆-三叠纪地层与震旦-志留纪地层之间的韧性滑脱构造面上部,因岩石塑性较大(含泥质较多)发生收缩褶皱变形和左旋走滑,形成正扇形背冲式(基底构造)-斜冲走滑式断块构造变形(薄皮构造),使大陆地壳上部增厚加积,斜冲走滑式断块构造区盆地流体被构造驱动排泄,正扇形背冲式构造中因切层断层发育提供了盆地流体垂向运移构造通道,这种大陆区域构造样式形成过程中曾驱动本区震旦-三叠纪盆地构造层中发生大规模盆地流体运移。

2 成矿系列与定位区域构造样式

本区成矿系列可划分为古潜山控制的 F-Fe-S-Sb-Au 成矿系列、褶皱 - 断裂带热水再造成因的 Sb-As-Hg-Au 成矿系列、逆冲断裂 - 褶皱带中改造型盆地热流体成因的 Ge-Ag-Pb-Zn 成矿系列和脆韧性剪切带中 W-Sb-Au 成矿系列(表 1), 现仅讨论前二者。

2.1 古潜山及其后期构造变形样式

在滇黔桂地区产出一系列披覆式和复合式古潜山构造, 披覆式古潜山有赖子山、高龙 - 八渡、安然 - 板其、戈塘、白层等; 复合式古潜山有隆林 - 隆或、胶贯等。古潜山及其后期构造变形样式如图 4, 它们可能是含矿热流体的岩性圈闭和构造圈闭, 也是矿床的定位构造。

表 1 滇黔桂湘地区复合大陆动力成矿系统与成矿系列特征简表

Table 1 Characteristics of metallogenic system of compound continental dynamics in Yunnan-Guizhou-Guangxi-Hunan Provinces

成矿系统	矿床定位区域构造	热流体的圈闭构造/矿体定位构造	构造 - 热流体动力学类型/流体场驱动的动力类型	矿床组合的地球化学类型	实例
1. 改造型拉分盆地中古潜山控制的 F-Fe-S-Sb-Au 成矿系列	改造型拉分盆地中披覆式古潜山	披覆式古潜山及其岩性圈闭/局部不整合面、层间破碎带、古喀斯特和切层断裂	层间超压热流体模型/构造驱动 层间超压热流体模型/构造 - 垂向热流驱动 层间超压热流体模型/构造 - 垂向热流驱动	Au Au(As) Au-Sb	贵州戈塘金矿 贵州烂泥沟金矿、安然 - 板其神金矿 广西高龙金矿、八渡锑矿 - 金矿
	改造型拉分盆地中复合式古潜山	复合式古潜山及其岩性圈闭/层间破碎带、古喀斯特和切层断裂	层间欠压实热流体模型/构造驱动 层间超压热流体模型/构造 - 垂向热流驱动	Au-Sb-F-Fe Au-Sb	贵州晴隆黄铁矿 - 萤石 - 金 - 锑矿田 贵州胶贯金矿、广西马雄锑矿隆或金矿
2. 褶皱 - 断裂带热水再造成因的 Sb-As-Hg-Au 成矿系列	褶皱 - 断裂带古油藏中	古油藏圈闭/褶皱 - 断裂带中层间破碎带、裂隙带和低序次小构造	层间超压流体二次排泄模型/构造驱动 层间超压流体二次排泄模型/构造驱动	Hg-As-Au Hg	黔东北务川 - 木油厂汞矿田、丹寨金汞矿田 贵州杉木董超大型汞矿床
	褶皱 - 断裂带古喀斯特	古喀斯特圈闭/古喀斯特、断裂 - 裂隙带	热泉古岩溶管道流模型/构造驱动	As	湖南石门超大型雄黄矿床
3. 改造型盆地逆冲断裂 - 褶皱带中盆地热流体成因的 Ge-Ag-Pb-Zn 成矿系列	改造型盆地边缘逆冲断裂 - 褶皱带	盆地流体多重耦合圈闭/次级 NE 向压扭性层间断裂和破碎带	盆地超压流体二次排泄模型/构造 - 垂向热流驱动	Ge-Ag-Cd-Pb-Zn	云南矿山厂和麒麟厂富锗银铅锌矿(韩润生等, 2001)
	改造型盆地边缘逆冲断裂 - 褶皱带	盆地流体多重耦合圈闭/次级 NE 向压扭性层间断裂和破碎带 - 倒转背斜	盆地超压流体二次排泄模型/构造 - 垂向热流驱动	Ge-Ag-Cd-Pb-Zn	云南毛坪 - 放马坝富锗银铅锌矿
	改造型盆地中逆冲 - 褶皱带	盆地流体多重耦合圈闭/断裂和破碎带 - 古喀斯特	盆地超压流体二次排泄模型/构造 - 垂向热流驱动	Ge-Ag-Cd-Pb-Zn	四川天宝山、大梁子富锗银铅锌矿
4. 脆韧性剪切带中 W-Sb-Au 成矿系列	逆冲推覆构造带	剪切构造带中超压流体失稳/切层韧性剪切带 - 顺层滑脱剪切带	剪切构造带中超压流体模型/构造驱动	W-Sb-Au	湖南沃溪金锑钨矿床
	逆冲推覆构造带	剪切构造带中超压流体失稳/切层韧性剪切带	剪切构造带中超压流体模型/构造驱动	Sb-Au	贵州八德锑矿

(1) 二叠纪 - 中三叠世伸展体制下, 古潜山构造为陆表海域中的孤立台地或局部曾出露于海面之上的岛屿。

(2) 从沉积学和事件地层学角度看, 在披覆式古潜山中(图 4 中高龙 - 八渡等地), 上二叠统与下

- 中三叠统发育与火山喷发事件有关火山 - 沉积岩系(流体岩性圈闭层), 中三叠统具有上超沉积层序, 如赖子山、高龙 - 八渡、安然 - 板其、戈塘、白层等。在复合式古潜山中(图 4 中隆林、晴隆等地), 二叠纪火山喷发强烈, 火山喷发形成的火山岩相上

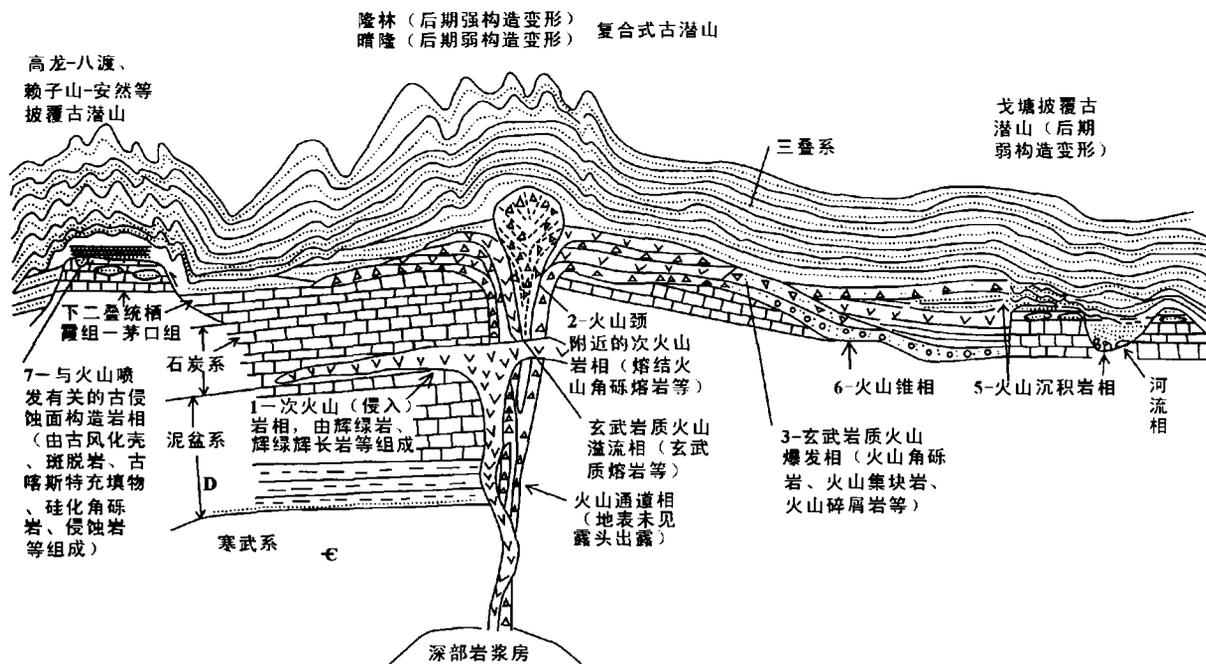


图 4 滇黔桂湘地区古潜山及其后期构造变形样式

Fig. 4 Sketch showing the paleo-burial hills and their late stage deformation styles in Yunnan-Guizhou-Guangxi provinces

覆于先存的水下降起之上,火山岩相发育齐全,组成火山穹隆或古火山机构(流体圈闭构造),中三叠统具有上超沉积层序,如隆林-隆或。

(3) 在构造-地层学及构造转换的沉积学界面上,披覆式古潜山与复合式古潜山均发育古侵蚀面、古喀斯特和古风化残余沉积层,它们是构造转换的沉积学界面物质记录。如赖子山披覆式古潜山在二叠-三叠系之间发育古风化壳(流体岩性圈闭层)。

(4) 在古潜山周缘沿二叠-三叠系之间的火山-沉积岩系中发育一系列古侵蚀面,如 D_1/ϵ 、 C_1/D_3 、 P_2/P_1 、 T_1/P_1 、 T_2/P_2 等(陈开礼,2000)之间发育古侵蚀面、古喀斯特和残余沉积层(含有古土壤层),它们是盆地流体排泄和运移的岩性-层间构造通道,同时也是储矿构造。在印支-燕山期挤压受缩体制下,这些层位成为层间压实超压流体的储集层,沿这些层位(构造脆弱面)形成环状构造滑脱面,构造驱动层间压实超压流体向古潜山顶部的低压区发生大规模运移,因(古土壤)残余沉积层和三叠系中含泥质或火山灰质较高的岩石流体渗透率低,构成对层间压实超压流体的岩性圈闭,形成盆地流体聚集空间。古潜山流体圈闭构造、环状构造滑脱面和岩性圈闭等形成的盆地流体聚集空间,在燕山晚期被一系列 NW、NE 和 SN 向张扭性断层切割,触发层间压实超压流体发生释压排泄,它们是在构

造驱动下含矿热流体运移的构造通道和储矿空间。

(5) 在较强的印支-燕山期盖层构造变形域中,古潜山外周缘三叠系(部分地段包括二叠系软弱岩层)形成等斜-紧闭褶皱,古潜山核心部位(ϵ - P)以宽缓褶皱为主,二者之间以巨大的不协调褶皱为特点,如赖子山、隆林-隆或、高龙-八渡、安然-板其、白层等。然而,在较弱的印支-燕山期盖层构造变形域中,以软-硬岩层间构造滑脱面发育、NE-NW-SN 向断裂带切割宽缓穹状褶皱为特点,如晴隆-沙子岭、戈塘等。

(6) 在古潜山分布区,形成受古潜山及后期构造变形样式控制的 Fe-S-F-Tl-Hg-Au-Sb 成矿系列和成矿集中区。根据古潜山类型、后期构造变形特征和成矿特点,可进一步划分为披覆式古潜山控制的 Tl-Hg-Au-Sb 成矿亚系列、复合式古潜山控制的 Fe-S-F-Au-Sb 成矿亚系列。

2.1.1 披覆式古潜山控制的 Tl-Hg-Au-Sb 成矿亚系列

以上讨论了古潜山类型及识别特征,以下依据断层-褶皱及其派生小型构造等特征,具体对赖子山和安然-板其披覆式古潜山进行构造变形筛分,恢复构造演化历史。

(1) 海西期走滑拉分变形期($C-T_2$) D_1 : 石炭-三叠纪形成赖子山近南北向古潜山(披覆同生褶

皱)及安然-板其近东西向古潜山(披覆同生褶皱)。披覆同生褶皱主要有两个阶段,即($P-T_2$) $D_1S_1^1$:古潜山周缘受同生断层[($P-T_2$) $D_1F_1^1$]控制,同构造期构造滑塌沉积中,形成同生滑移褶皱群落,如册亭-册阳一带、乐园北盘江东岸三叠统新苑组中的同生滑移褶皱;(T_2-T_3) $D_1S_2^2$:在上述两个古潜山上,因中-晚三叠统超覆于石炭系与二叠-下三叠统之上,形成披覆式宽缓背斜(同沉积背斜),

它们对后期构造变形有明显的控制作用(图 5)。古侵蚀面($SPTT_2$)上铁铝质粘土岩(方维萱,2002^①)和上下相邻的凝灰质浊积岩系是 Au-As-Sb-Hg 的矿源层。

(2) 印支-燕山期挤压收缩变形期($\epsilon-P_2-K$) D_2 :印支期褶皱带[(P_2-T) D_2^1]在桂西-滇东南发育,形成南盘江-右江成陆造原褶皱带,构造线主体为 NW 向。在三叠系碎屑岩区中,褶皱多为线形长轴紧闭-直立-倒转褶皱

群落[(P_2-T) D_2^1];在碳酸盐岩分布区以相对宽缓褶皱为主[($\epsilon-P_1$) D_2],反映印支期来自印支板块的主挤压应力场方向为 SW \rightarrow NE。如在那坡-靖西前陆冲断褶皱带,三叠系中紧闭倒转-平卧次级褶皱群落发育,显示印支期挤压应力场强度较大。安然板-板其一带在先存构造基础上,形成以三叠纪地层褶皱变形为主的薄皮式构造,表明挤压应力场强度减弱。

在八渡-秧坝-册亭一线形成一系列褶皱[(P_2-T) $D_2S_2^1$],总体上等斜-紧闭褶皱为主;但披露式古潜山的核心部位石炭-二叠系构造变形较弱,以宽缓褶皱为主[($\epsilon-P_1$) D],这种不协调褶皱是(P_2-T) $D_2S_2^1$ 构造变形期的典型特点。但(P_2-T) $D_2S_2^1$ 期对坝索-册亭以北地区基本无较大影响,以近北东向断层局部较为发育。

(T_3-J-K_1) D_2^2 形成于燕山早期(图 5),来自 SE \rightarrow NW 向强大的挤压应力场形成 NE 向压扭性及 NW 向张扭性斜冲走滑断层系[(T_3-J-K_1) $D_2^2F_2$],这两组斜冲走滑断层使(P_2-

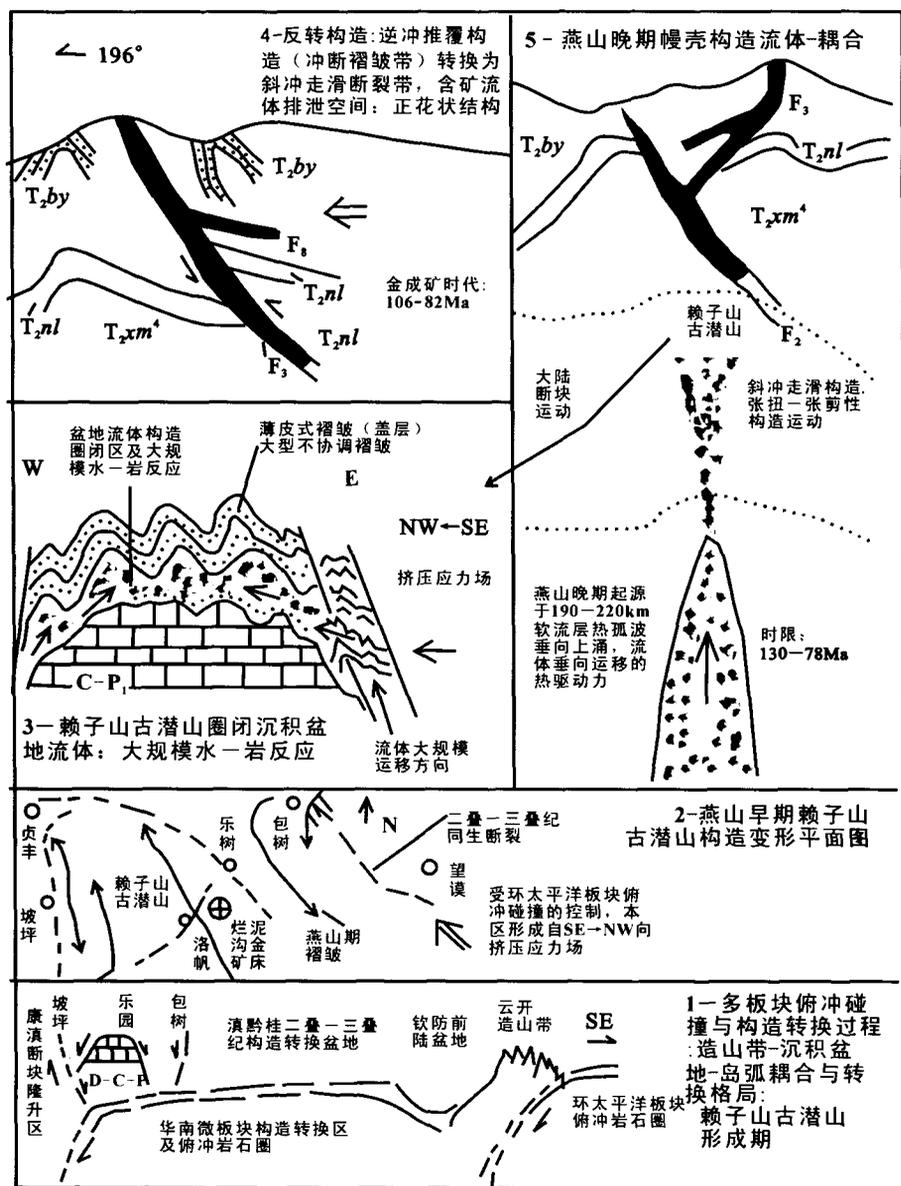


图 5 烂泥沟超大型金矿床形成的构造-流体成矿多重耦合结构演化示意图

T_{2by} -中三叠统边阳组; T_{2nl} -中三叠统尼罗组; T_{2xm}^4 -中三叠统许满组第四段;
 F_2 -断层及编号

Fig. 5 Sketch showing evolution of the multi-coupling structure characterized by tectonic-fluid metallogeny for formation of the Lannigou superlarge gold deposit

T) D_2S_2 期的褶皱轴被错断, 断层的 SE 盘发生顺时针错动。与 (T_3 -J- K_1) $D_2^2F_2$ 相伴, 形成一系列次级 NE 向小褶皱 [$(T_3$ -J- K_1) $D_2^2S_2$], 伴有 NE 向的轴面劈理发育, 以绿泥石构造片理及绢云母组成的新生面理为主。板其 - 丫他 - 册阳 - 烂泥沟金矿带沿 NE 向斜冲走滑断层带宏观呈 NE 向展布。在烂泥沟金矿床中, F_3 断层 [$(J-K_1) D_2^2F_2$] 是 I 号主矿体的储矿构造 (韩至钧等, 1999), 总体走向为 NW 向, 走向长近 2000m。在平面展布上呈宽度不等的波曲状形态。在剖面上, 倾角变化很大, 断层破碎带宽一般为 10 余米, 变化范围在 50 ~ 40m。

(K_2 -E) D_2^3 形成于燕山晚期 (图 5), 此时本区强大挤压应力消失, 在贞丰 - 罗甸一带起源于软流层的地幔热点以热弧波形式上涌侵入, 形成同构造期半地槽式山间断陷盆地 [$(K_2$ -E) $D_2^3SB_1$]。大陆地壳以断块运动为主, NW、NE 和 SN 向张性 - 张扭性断层活动强烈 [$(K_2$ -E) $D_2^3F_3$]。在断裂破碎中, 以张裂隙带中充填大量雄黄 - 辰砂脉、方解石 - 辰砂 - 辉锑矿脉、石英 - 硫化物脉及其交织复杂网脉为特点, 形成大规模低温 Au-Sb-Hg 成矿作用。但大型 - 超大型金矿床的定位受大陆内部走滑构造变形带中正花状构造和古潜山 (流体排泄空间) 复合控制 (图 5)。

储矿构造及其含矿构造岩特征以烂泥沟金矿区为典型实例 (图 5), F_2 断层 [$(K_2$ -E) D_3F_3] 走向长 500m, 倾向 SE, 倾角 $45^\circ \sim 80^\circ$, 地表倾 NW 向。总体走向为 $NE60^\circ \pm$, 断层破碎带宽 3 ~ 5m。 F_2 形成于 F_3 之后, 对 F_3 有很大的影响和叠加改造 (韩至钧等, 1999)。造成 F_3 断层发生右行错断和叠加变形, 近地表为直立反倾, 平均倾角 70° , 倾角呈现浅部陡、深部缓的趋势。在 F_2 与 F_3 的交切部位, 断层破碎带宽为 10 ~ 60 余米以上, 形成厚度达 40 ~ 60m 的富金矿柱。二者交汇处形成的构造岩类型 [$(K_2$ -E) D_2R_3] 及次级构造有:

① 含矿水热动力破碎角砾岩: 原岩以含蚀变糜棱岩为主, 形成张性破碎角砾, 各角砾间有可拼结性。发育网脉状方解石 - 白云石 - 辉锑矿脉、雄黄脉、雄黄方解石脉。辉锑矿晶隙构造发育, 局部可见到毛发状辉锑矿集合体生长在方解石 - 白云石晶洞中。辉锑矿具较好晶形。雄黄脉宽 1.0 ~ 80cm 不等, 局部形成雄黄蚀变岩 (雄黄 > 60%), 上述各种脉体以细脉状、网脉状胶结张性角砾岩, 或穿插分布于其中。表明晚期叠加富化成矿作用发生在张性 - 张剪性环境中。晚期水热动力破碎形成的含矿角砾

岩是富矿柱形成的主要因素。含矿热流体因构造减压发生超压流体减压, 因挥发组分逃逸形成汽压致裂, 这种角砾岩特征说明曾有流体沸腾现象, 雄黄 - 辉锑矿 - 方解石 - 白云石细脉及网脉的大量集中并伴有强烈的碳化产于 F_2 与 F_3 构造交汇部位, 提示可能是热流体 (热泉) 的喷流通道的强减压部位。

② 毒砂 - 黄铁矿 - 硅化蚀变糜棱岩: 它们产于 F_3 断层带中, 毒砂 - 黄铁矿 - 硅化具有多期形成的特点, 局部呈网脉 - 团块状穿插分布于含金蚀变糜棱岩中, 它们与雄黄 - 辉锑矿 - 碳酸盐脉及碳化同属成矿晚期产物。与 F_3 同构造期的蚀变以均匀浸染状毒砂 - 黄铁矿硅化为主, 毒砂 - 黄铁矿局部呈条带状沿同构造期 C 面理产出, 这种蚀变组合一般多产于强应变带中。

③ 毒砂 - 黄铁矿 - 绢云母化蚀变糜棱岩: 岩石具有明显褪色化, 绢云母晶片粗大, 可达 1 ~ 3mm, 沿新生面理分布。毒砂 - 黄铁矿呈浸染状、条纹状及条带状, 沿构造置换面理密集分布。上述构造岩特征说明金成矿主要发生在燕山晚期。

2.1.2 复合式古潜山控制的 Fe-S-F-Au-Sb 成矿亚系列

与披覆式古潜山不同, 复合式古潜山控制的 Fe-S-F-Au-Sb 成矿亚系列。在滇黔桂地区产于二叠系中各类矿产大多与二叠纪海相 - 海陆交互相中火山喷溢 - 喷发活动密切相关, 由火山活动直接或间接地提供成矿能量和物质, 在后期改造过程中, 成矿流体被复合式古潜山圈闭, 切层断裂导致流体释压排泄, 触发流体失稳, 发生富集成矿。晴隆萤石 - 锑矿床赋存在下二叠统茅口组顶部碳酸盐岩与上二叠统峨眉山玄武岩之间发育的火山 - 沉积岩层 (SPTT₂), 因火山 - 沉积岩层 (大厂层) 岩石能干性差异大, 在燕山 - 喜马拉雅山期演化为区域性构造滑脱面。萤石 - 锑矿床受“大厂层”层位及层间构造滑动带控制明显, 矿体产状较缓, 与地层产状大致相同。如晴隆 - 沙子岭中型 - 大型萤石 - 黄铁矿 - 锑矿床集中区、隆林 - 隆或大型金 - 锑矿床集中区等。

2.2 褶皱 - 断裂带热水再造成因的 Sb-As-Hg-Au 成矿系列

黔东汞矿带由中部晚元古代板溪群将其分割为北部铜仁 - 万山 Hg 矿带及南部三都 - 丹寨汞矿带。三都 - 丹寨汞矿带南北向长 90km, 宽 3 ~ 5km, 从北到南有丹寨水银厂汞矿田、三都交梨和周覃汞矿田。在沉积相上, 该矿带位于晚寒武 - 早奥陶世

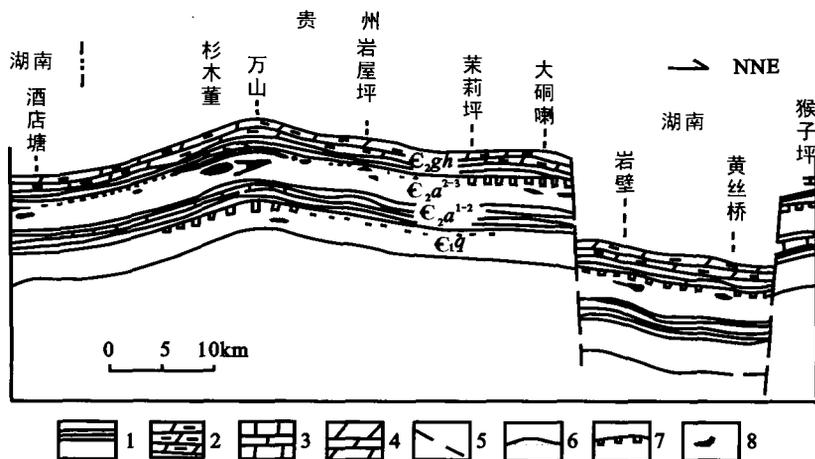


图 6 铜仁 - 万山古油藏与大型 - 超大型汞矿床
(据杨惠民等, 1999, 有改动)

- 1 - 黑色页岩; 2 - 泥质白云岩; 3 - 薄层灰岩; 4 - 白云岩; 5 - 断层; 6 - 推测气帽;
7 - 沥青富集带; 8 - 汞矿床; ϵ_{2gh} - 中寒武统; $\epsilon_{2a^{2-3}}$ - 中寒武统放溪组第二、
三段; $\epsilon_{2a^{1-2}}$ - 中寒武统放溪组第一、二段; ϵ_{1q} - 下寒武统牛蹄塘组

Fig. 6 Sketch showing large-superlarge Hg deposits and paleo-oil traps in Tongren-Wanshan area in Guizhou

盆地斜坡相 - 陆棚相的过渡部位(该部位受同生断层控制明显),在构造上,汞矿带受两条近于平行的近南北向逆冲断层控制,上述三个 Au-Hg 矿田受这两条南北向逆断层带之间的 NNE-SE 向水银厂断裂、交犁背斜和周覃背斜控制定位。汞矿体主要产于上寒武统杨家湾组、下奥陶统锅塘组及上泥盆统望坡组中的碳酸盐岩。丹寨金矿石的 Rb-Sr 等时线法年龄为 114Ma(陈庆年等, 1990)^②,说明矿床定位时间主要在燕山期。

在湘黔汞矿带中,万山大型 - 超大型集中区规模最大(图 6),它位于湘黔汞矿带南段,呈北北东向延伸,东西宽约 3km,南北长 10km。由岩屋坪矿田、万山矿田及龙田冲矿田组成,已发现杉木董超大型汞矿床,张家湾、岩屋坪矿及冷风洞 - 油菜冲等大型汞矿床和客寨大型硒汞矿床。控制万山大型 - 超大型集中区的定位构造为下溪背斜 - 万山向斜和万山断层杉木董超大型汞矿床产于万山断层东侧,构造定位受轴向为 NW 向杉木董背斜向西倾伏端与 NEE 向杉木董断层的斜交部位,铜仁 - 万山古油藏与大型 - 超大型汞矿床有密切关系(图 6),被破坏古油藏的为形成杉木董超大型汞矿床提供良好的储矿空间。汞矿体呈似层状产于中寒武统白云岩系

中。围岩蚀变强烈,主要有退色重结晶、硅化、白云石化、方解石化、沥青化、重晶石化、黄铁矿化、粘土化和石膏化等。矿石类型主要为含 Hg 蚀变白云岩型。汞矿的赋矿围岩多为斜坡相滑塌成因的砾屑白云岩、砾屑灰岩、多空穴白云岩等,它们具有大空隙度、高渗透率的特点,白云岩化过程中亦可增大岩石空隙度。杨惠民等(1999)认为铜仁古油藏的岩石空隙类型有埋藏熔蚀型、构造裂隙型和晶间空隙型等,测定岩石的空隙度和渗透率为(36 件),砾屑灰岩平均空隙度为 1.86%,渗透率为 $n \times 10^{-4} \sim n \times 10^{-6} \mu\text{m}^2$,其中孔径大于 10μ 的微孔和微隙约占 30%;粉晶白云岩平均空隙度为 5.28%,最大达 10.5%,渗透率为 $6.78 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,这种

岩石的大空隙度和高渗透率是本区形成超大型汞矿床的重要因素之一。据杨惠民等(1999)研究认为:铜仁和丹寨与汞矿共生的脉石矿物包裹体均一温度(分别为 $101 \sim 183^\circ\text{C}$, $95 \sim 166^\circ\text{C}$)与油气演化湿气阶段温度相近,万山杉木董和炸药库 Hg 矿床中,与汞矿共生的脉石矿物中烃类包裹体含有甲烷、重烃和异构烷烃,指示可能曾是古油藏气帽(图 6),在杉木董矿区附近白云岩的洞穴中,见到颇为富集的沥青,铜仁古油藏形成于加里东期,在海西 - 印支期再次加深埋藏,油气演化进入湿气阶段。

铜仁古油藏可能在燕山期垂向断块抬升和 SE → NW 逆冲推覆构造作用下遭到破坏,触发流体发生二次运移,油 - 水混合相流体在构造通道中二次运移为连续排泄,但(天然)气相因流体压力等因素制约,在构造通道中二次运移常为不连续排泄,当逐渐聚集的气相流体压力超过构造圈闭的外压力时,发生气相流体隐爆开启通道而继续运移。深部高盐度的(大气降水成因)流体注入到遭破坏的古油藏中,气相 - 油 - 卤水流体混合导致矿质沉淀在古油藏中。古油藏可能是形成杉木董超大型汞矿床重要储矿条件。

② 陈庆年,杨国桢,周不康. 1990. 丹寨汞金矿床研究的新进展(科研报告).

3 结 论

在本区岩石圈垂向构造层空间关系上(从下到上),大陆区域构造样式与成矿系列定位之间关系可简要归纳为:

(1) W-Sb-Au 成矿系列产于中元古代过渡性绿片岩相浅变质基底构造层(Pt_{1-2})中发育的脆韧性剪切带。

(2) 热水再造成因的 Sb-As-Hg-Au 成矿系列主要产于震旦-志留纪过渡性褶皱基底构造层(Z-S)中发育的褶皱-断裂带。

(3) 改造型盆地热流体成因的 Ge-Ag-Pb-Zn 成矿系列主要产于泥盆纪-石炭纪伸展盆地构造层(D-C 原型盆地)中发育的逆冲断裂-褶皱带。

(4) F-Fe-S-Sb-Au 成矿系列产于二叠-三叠纪转换盆地构造层(P-T)中,该系列受古潜山及其后期构造变形样式的复合控制。

从时间关系上分析,大陆区域构造样式与成矿系列定位之间关系可简要归纳为:

(1) 切层 NE-NNE 向的脆韧性剪切带中 W-Sb-Au 矿床可能与燕山早期环太平洋板块自 SE→NW 挤压构造应力场密切相关,并驱动自 SE→NW 向的盆地流体大规模流动;

(2) 盆地流体可能在燕山晚期大陆构造伸展-走滑体制下形成的张剪性构造定位成矿,在有利的定位构造中形成与盆地流体成矿密切有关的 Sb-As-Hg-Au、F-Fe-S-Sb-Au 和 Ge-Ag-Pb-Zn 的成矿系列。

参考文献 (References):

柏道远,熊延望,王先辉,马铁球. 2005. 湖南常德-安仁 NW 向断裂左旋走滑与安仁“y”字型构造. 大地构造与成矿学, 29(4): 435-442.

陈翠华,何彬彬,顾雪祥,刘建明. 2003. 右江盆地中三叠统浊积岩系的物源和沉积构造背景分析. 大地构造与成矿学, 27(1): 77-82.

陈开礼. 2000. 桂西古侵蚀沉积断面型金矿床. 广西地质, 13(4): 19-22.

程日辉,王璞瑁,刘万洙,唐华风,白云凤,孔庆莹,宋维海. 2004. 下扬子区三叠纪层序地层样式对扬子板块与华北板块碰撞的响应. 大地构造与成矿学, 28(2): 134-141.

方维萱,张国伟,李亚林. 2001a. 秦岭造山带晚古生代伸展构造特征及意义. 西北大学学报(自然科学版), 31(3): 235-240.

方维萱,胡瑞忠,谢桂青,漆亮,苏文超. 2001b. 云南墨江

-元江镍金矿床主要控矿因素分析与研究. 矿物学报, 21(1): 80-89.

方维萱,胡瑞忠,谢桂青. 2001c. 墨江镍金矿床(黄铁矿)硅质岩的成岩成矿时代及意义. 科学通报, 46(10): 857-860.

方维萱,胡瑞忠,苏文超,高振敏. 2001d. 扬子地块南缘及邻区大陆动力成矿系统、成矿系列与找矿方向. 矿物学报, 21(4): 561-570.

方维萱,胡瑞忠,谢桂青,苏文超. 2002. 云南哀牢山地区构造岩石地层单元及其构造演化. 大地构造与成矿学, 25(1): 28-36.

韩润生,陈进,李元,马德云,高德荣,赵德顺. 2001a. 云南会泽麒麟厂铅锌矿床构造地球化学及定位预测. 矿物学报, 21(4): 667-673.

韩润生,刘丛强,黄智龙,陈进,马德云,李元. 2001b. 论云南会泽富铅锌矿床成矿模式. 矿物学报, 21(4): 674-680.

韩至钧,王砚耕,冯济舟著. 1999. 黔西南金矿地质与勘查. 贵阳:贵州科技出版社, 17-68.

胡瑞忠,苏文超,毕献武,李泽琴. 1995. 滇黔桂三角区微细浸染型金矿床成矿热液一种可能的演化途径:年代学证据. 矿物学报, 15(2): 144-149.

黄智龙,李文博,陈进,许德如,韩润生,刘丛强. 2004. 云南会泽超大型铅锌矿床 C、O 同位素地球化学. 大地构造与成矿学, 28(1): 53-59.

李朝阳. 1995. 有关卡林型金矿的几点认识. 矿物学报, 15(2): 132-137.

梁新权,李献华,丘元禧,杨东生. 2005. 华南印支期碰撞造山-十万大山盆地构造和沉积学证据. 大地构造与成矿学, 29(1): 99-112.

刘建明,刘家军. 1997. 滇黔桂三角区微细浸染型金矿床的盆地流体成因模式. 矿物学报, 17(4): 448-456.

刘显凡,倪师军,金景福,卢秋霞,张兴春. 1997. 微细浸染型金矿床中原生矿石向氧化矿石转化机理探讨. 矿物学报, 17(4): 501-506.

裘愉卓,于炳松,李发娟. 1997. 扬子地块西南部地球化学异常层与地壳演化和成矿作用. 矿物学报, 17(4): 369-375.

饶家荣,曹一中,王纪恒. 1993. 湖南深部构造. 湖南地质, 7(增刊): 17-80.

施继锡,余孝颖,王华云. 1995. 古油藏、沥青及沥青包裹体在金属成矿研究中的应用. 矿物学报, 15(2): 177-122.

苏文超,杨科佑,胡瑞忠,陈丰. 1998. 中国西南部卡林型金矿床流体包裹体年代学研究——以贵州烂泥沟大型卡林型金矿床为例. 矿物学报, 18(3): 359-362.

涂光炽. 1987. 中国层控矿床地球化学(第二卷). 北京:科学出版社, 1-292.

- 吴学益, 吴惠明, 李省芬. 1997. 扬子地块西南缘区域成矿的大地构造背景和矿床形成的构造控制. *矿物学报*, 17(4): 376 - 385.
- 肖拥军, 陈广浩. 2004. 湘东北大洞 - 万古地区金矿构造成因定位机制的初步研究. *大地构造与成矿学*, 28(1): 38 - 44.
- 杨惠民, 刘炳温, 邓宗淮, 齐敬文, 吴大华, 黄蕴明. 1999. 滇黔桂海相碳酸盐岩地区最佳油气保存单元的评价与选择. 贵阳: 贵州科技出版社, 4 - 274.
- 赵永贵, 钟大赉, 刘建华, 吴华, 刘福田. 1992. 地震层析地质解释原理及其在滇西深部构造研究中的应用. *地质科学*, 2: 106 - 113.
- Chen Daiyan and Zou Zhenxi. 1999. Low-temperature geochemical characteristics of ore-forming fluid in the Dachang Sb deposit, Qinglong, Guizhou Province, China. *Chinese Science Bulletin*, 44(supp. 2): 205 - 206.
- Liu Jiajun, Liu Congqiang, Liu Jianming and Gu Tuan. 1999. The characteristics of chert from micro-disseminated gold deposits and their genetic significance in southwestern Guizhou, China. *Chinese Science Bulletin*, 44(supp. 2): 20 - 21.
- Ma Dongsheng. 1999. Mid-low temperature metallogenic province of south China: A continental-scale mineralization and temperature zoning. *Chinese Science Bulletin*, 44(supp. 2): 27 - 29.
- Peng Jiantang and Hu Ruizhong. 1999. Involvement of deep-source components in Sb mineralization on the southwestern margin of the Yangtze massif - A discussion on its possibility. *Chinese Science Bulletin*, 44(supp. 2): 50 - 51.
- Zhang Chengbo and Zhang Zheru. 1999. Dynamic processes of ore-forming fluid and the localization of orebody: Case study on the sediment-hosted gold deposits of southwestern Guizhou, China. *Chinese Science Bulletin*, 44(supp. 2): 263 - 264.

FEATURES OF METALLOGENIC SYSTEM OF COMPOUND CONTINENTAL DYNAMICS IN YUNNAN-GUIZHOU- GUANGXI-HUNAN PROVINCES

FANG Weixuan^{1,2}, HU Ruizhong², SU Wenchao² and WANG Guozhi²

(1. Institute of Beijing Geological Survey, China Geological Survey for Non-ferrous Metallic Resources, Beijing 100012, China; 2. Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang, GZ 550002, China)

Abstract: Based on research and analysis of continental tectonics, it is proposed in this paper that the basinal fluids, migrating from the southwestern part of the basin (southeastern Yunnan) to the northeastern part of the basin (northwestern Guangxi) and driven by NE-directed tectonic compression field during the Indosinian orogeny, might be at large-scale, and the basinal fluids, migrating from the southeastern part of the basin to the northwestern part of the basin and driven by northwest-directing tectonic compression field derived from the western margin of the Pacific Plate during the early Yanshanian orogeny and confined by the western margin of the Kangdian uplifting fault-block, might also be at large-scale. Vertical uplifting thermodynamic field derived from mantle-sourced materials under the basin serves to facilitate migration of the basinal fluids, resulting in extension of continental crust and formation of intracontinental basins. The extension-shearing background of the continental crust may have supplied the tectonic space for localization of the basinal fluids in the study area. The paleo-buried mountains, fault-fold zones and thrusting fault-fold zones could have been the traps and tectonic sites for the basinal fluids in the area. The metallogenic series can be classified into the F-Fe-S-Sb-Au of metallogenic series controlled by the paleo-buried mountains in the superimposed-type pull-apart basin, the hot-fluid reworking Sb-As-Hg-Au series in the fault-fold zones, the Ge-Ag-Pb-Zn series in thrusting fault-fold zone of the superimposed basin and the W-Sb-Au series in the brittle-ductile shear zone.

Keywords: compound metallogenic system of continental dynamics; basinal fluids; metallogenic series, fault-fold zone; paleo-buried hill; southern margin of Yangtze massif