

编号: 0258-7106(2011)05-0815-13

印支晚期冲断-褶皱活动在黔西南中部卡林型金矿 成矿中的作用

——以地震勘探资料为例*

胡煜昭¹, 王津津², 韩润生¹, 衣成利³

(1 昆明理工大学国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 2 陕西省地质矿产勘查开发院, 陕西 西安 700100;
3 浙江省有色金属地质勘查局地质环境研究院, 浙江 绍兴 312000)

摘 要 地震勘探资料对黔西南中部卡林型金矿赋存层位上二叠统龙潭组煤系地层、东吴不整合面和广西不整合面显示良好。该地区卡林型金矿主要受古隆起和冲断-褶皱构造的双重控制。根据卡林型金矿在冲断-褶皱构造中的位置, 可以将其划分为 2 类, 即断层控制型金矿和断层伴生型金矿。在断层控制型金矿床中, 断层“上陡下缓”, 为低角度逆冲断层, 断层上盘常发育不对称背斜, 断层向下在上二叠统龙潭组煤系地层、“大厂层”凝灰岩和东吴运动形成的不整合面间滑脱, 并造成地层明显增厚, 金矿体产于低角度逆冲断层中, 在浅部为脉状矿体, 在深部渐变为缓倾斜穿层矿体。断层伴生型金矿床发育于由高角度断层引起的层间滑动带中, 呈似层状。印支晚期华南古特提斯洋的相继闭合是形成北西向和北东向两组主要冲断-褶皱构造的构造动力学背景。尽管前期古隆起对卡林型金矿具有初始富集作用, 但冲断-褶皱活动则是金矿形成的关键。地震勘探资料揭示, 黔西南中部还存在找矿前景较好的冲断-褶皱构造。

关键词 地质学; 卡林型金矿; 冲断-褶皱构造; 古隆起; 黔西南中部

中图分类号: P618.51

文献标志码: A

Role of Late Indosinian thrust-folding in ore-forming process of Carlin-type gold deposits, central southwestern Guizhou: Seismic evidence

HU YuZhao¹, WANG JinJin², HAN RunSheng¹ and YI ChengLi³

(1 Faculty of Land Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, Yunnan, China;

2 Institute of Geology and Mineral Exploration of Shaanxi Province, Xi'an 700100, Shaanxi, China; 3 Institute of Geological Environment, Zhejiang Bureau of Geology for Nonferrous Metal Resources, Shaoxing 312000, Zhejiang, China)

Abstract

Seismic reflection data collected across central southwestern Guizhou have shed a light on coal measures of upper Permian Longtan Formation as well as Dongwu and Guangxi unconformities in Carlin-type gold deposits. Seismic profiles and regional gravity have also indicated that most Carlin-type gold deposits are controlled by both paleo-uplift and thrust-fold in this area. On the basis of the seismic profile, gold deposits can be divided into two types, namely thrust-controlled and thrust-accompanied deposits according to the position of the ore deposit in the thrust-fold belt. In thrust-controlled deposits, the thrust characterized by steeply dip angles in the shallow part and smoothly dip angles in the depth detaches into coal measures, tuffs and Dongwu unconformable contact.

* 本文得到全国危机矿山西南地区典型矿床成矿规律总结研究项目(项目编号: 20089943)资助

第一作者简介 胡煜昭, 男, 1964 年生, 博士, 高级工程师, 主要从事沉积盆地资源、能源勘查和研究。Email: huyuzhao155@sohu.com

收稿日期 2010-06-08; 改回日期 2011-07-04。张绮玲编辑。

The fault-related fold always occurs on the hanging wall block. Gold ore bodies occur in the thrust in the veinlike form in the shallow part and in low-angle strata-dissecting shape in the depth. The thrust-accompanied gold ores exist in interlayer-gliding structures caused by high-angle faults in the form of stratoid ore bodies. NW- and NE-trending thrust-fold zones were formed successively during the closure of Paleo-Tethys Ocean in South China in late Indosinian epoch. The thrust-folding was the key factor for mineralization, although the paleo-uplift exerted an initially enrichment of gold. Seismic data also show that there are some thrust-folds similar to the structure zone in places where Carlin-type gold deposits were discovered, which are favorable ore-prospecting areas.

Key words: geology, Carlin-type gold deposit, thrust-fold structure, paleo-uplift, central southwestern Guizhou

黔西南地区是世界上重要的卡林型金矿分布区,其中以水银洞(55 t; Su et al., 2009)和烂泥沟(200 t; Peters et al., 2007)金矿床规模最大。黔西南存在2套赋金层位,其一为癞子山赋金层序,分布于黔西南东部和南部,含矿地层为三叠系复理石建造,以烂泥沟金矿为代表;其二为龙头山赋金层序,分布于黔西南中部,含矿地层为上二叠统“大厂层”火山角砾岩和龙潭组煤系地层,主要金矿床有水银洞、紫木函和戈塘等(王砚耕等, 1994)。

关于黔西南卡林型金矿成因的认识存在较大的争议。一些研究者根据金矿床分布于逆冲断层之中,矿体及其围岩发育大量的小型构造如小型逆断层、小型不对称褶皱和与挤压有关的构造岩等现象,以及在构造带中随着变形程度的增加金元素有明显的富集趋势,认为本区卡林型金矿的形成与逆冲推覆构造活动有着密切关系(毛健全等, 1990; 王砚耕等, 1994; 何丰胜等, 1997; 杜定全, 1999; 陶平等, 2002; 胡斌等, 2004; Peters et al., 2007; 付芝康等, 2008); 另一些研究者认为黔西南地区在燕山期构造环境由挤压转化为拉张,区内发生了幔源超基性岩浆侵入,携带有Au、As等成矿元素及富含CO₂、S、F、Cl和SiO₂等矿化剂的深源流体沿着深大断裂上升进入地壳,当成矿热液上移至与深大断裂沟通的次级构造如切层断层和层间破碎带时,大气降水加入而形成卡林型金矿床(刘显凡等, 1996; 朱赖民等, 1997; Fang et al., 2008; Su et al., 2009); 也有研究者认为黔西南卡林型金矿床在沉积-成岩期(晚二叠世)就已经成矿(刘建明, 2000),矿体主要呈层状和似层状(陶平等, 2005; 刘建中等, 2006; 夏勇等, 2009),层序不整合界面及其相应的低水位体系域控制了金矿床矿体的展布(杨科伍, 1992; 王立亭等, 1994; 汪立全等, 1998)。

地震勘探主要利用声波对地下地质体进行探

测,特别适用于板状地质体发育的地区,能够为金属矿床研究和勘探提供丰富的信息(梁光河等, 2001; 吕庆田等, 2004; William et al., 2010; Chopping et al., 2010; Faure et al., 2011)。黔西南地区是中国南方海相地层油气勘探的重要领域之一,不少地区都进行过地震勘探,其中A-A'地震线西起晴隆县城南,东至贞丰县者相镇南, B-B'地震线西起兴仁县潘家庄镇南,东至安龙县兴隆镇,它们穿过了黔西南中部重要的含金构造带。在偏移地震剖面上,二叠系煤系地层和三叠系碎屑岩区、早古生代末的广西运动和早二叠世末的东吴运动形成的不整合面(分别简称为广西面和东吴面)反射波组清晰,同时也显示出黔西南中部控金构造具有明显的冲断-褶皱构造特征。本文采用地震勘探资料,首次在更大范围(成矿带尺度)和更大深度(盆地尺度)上探讨黔西南中部卡林型金矿的深部构造特征,这对本区卡林型金矿的成矿研究和找矿勘探具有意义。

1 区域地质背景

黔西南中部四周为断层所围限,其南界为猪场-上寨断层,北界为董岗断层,西界为马场断层,东界为坡坪断层(图1)。震旦纪—寒武纪,黔西南地区是扬子地块的一部分(刘宝珣等, 1994; 马永生等, 2003); 奥陶纪至志留纪初,受郁南运动和广西运动的影响,本区发生褶皱作用,形成前陆冲断带(廖宗庭等, 2005); 泥盆纪—早二叠世黔西南处于被动大陆边缘裂陷盆地阶段(吴应林等, 1990; 秦建华等, 1996; 刘特民等, 2001; 杜远生等, 2009); 晚二叠世—中三叠世黔西南处于裂谷盆地或右江再生地槽阶段(柳淮之, 1994; 秦建华等, 1996; 章正军等, 1997); 晚三叠世—侏罗纪早期处于陆内前陆盆地(牟传龙等, 1990; 秦建华等, 1996; 章正军等, 1997)和冲断-褶皱

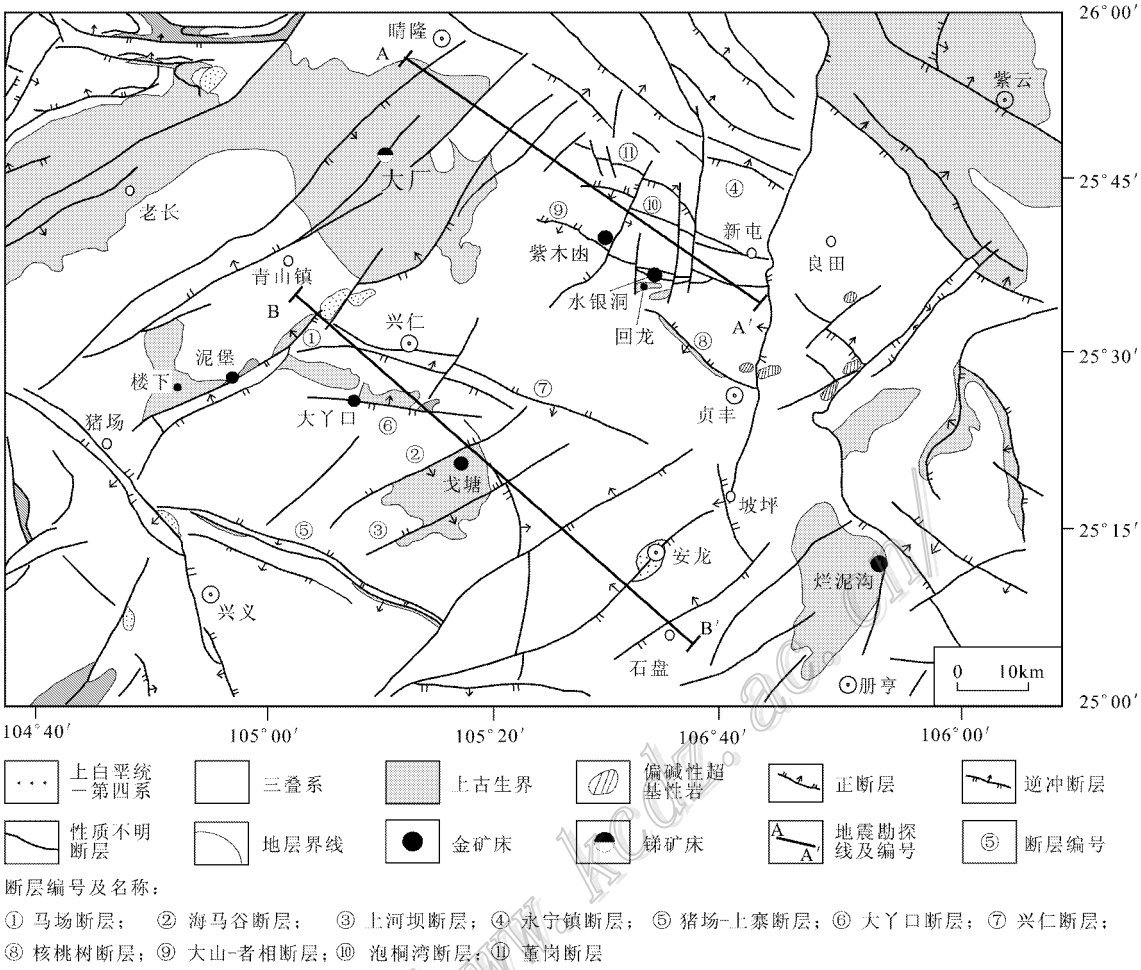


图 1 黔西南区域地质构造略图(根据王砚耕等,1994 资料修改)

Fig. 1 Diagrammatic geological-tectonic map of southwestern Guizhou(modified after Wang et al. ,1994)

阶段(毛健全等,1990;王砚耕等,1994;吴根耀,2001);中生代至古近纪黔西南地区缓慢抬升、剥蚀(赵孟军等,2007),同时发生了伸展构造变形与塌陷,形成了一些小型断陷盆地如潘家庄、罐子窑、普安和碧痕营等,也形成一些超基性岩体(胡瑞忠等,1995;方维萱等,2006);新近纪,由于印度板块与欧亚板块的急剧碰撞(王二七等,2001;王成善等,2009),黔西南进入急剧抬升阶段(赵孟军等,2007)。

黔西南中部地层总体倾角平缓,出露地层较少,最老的地层为下二叠统茅口组(P_{1m}),最新地层为中三叠统。主要含矿层位与岩石组合包括:茅口组之上“大厂层(P_{2d})”硅化火山角砾岩、凝灰岩、沉凝灰岩;上二叠统龙潭组(P_{2l})、长兴组(P_{2c})砂岩、粉砂岩及不纯碳酸盐岩;下三叠统夜郎组(T_{1y})碳酸盐岩。

该区最为醒目的构造形迹是北东向与北西向冲

断-褶皱构造的复合,它们在地表形成形状各异的“结构岩体”(王砚耕等,1994)。北西向构造自南而北依次为猪场-上寨、大丫口、兴仁、贞丰、大山-者相和新屯等6排断层-褶皱带,这些断层-褶皱带的主构造面倾向南西,在大山-者相构造带已经发现水银洞、紫木函等大型金矿。北东向和北北东向断层-褶皱带主构造面倾向以北西和北西西为主,也有南东倾向,主要构造带有马场、戈塘、永宁镇等多条断层-褶皱带等,其中在马场、戈塘等构造带已发现了金矿。

黔西南中部缺失上二叠统峨眉山玄武岩,但发育爆发相火山角砾岩和凝灰岩(陶平等,2002;刘建中等,2006)。偏碱性超基性岩体主要分布于坡坪断层东西两盘的白层、鲁容和杨家寨等地(王砚耕等,1994),但在卡林型金矿中还未发现超基性岩体,在A-A'、B-B'两条地震剖面中也未发现侵入岩的反射。

2 主要金矿床(带)冲断-褶皱构造特征

黔西南中部卡林型金矿床位于冲断-褶皱带之中,其分布与冲断-褶皱构造带走向一致,在矿石及围岩中构造现象如构造角砾岩、片理化带和小型逆冲断层等十分发育,说明卡林型金矿明显地受冲断-褶皱构造的控制,成矿作用与冲断-褶皱活动关系十分密切。在地震剖面上,按照金矿体在冲断-褶皱构造中的位置可将矿床分为2类:断层控制型,如灰家堡矿田和大丫口金矿;断层伴生型,如泥堡金矿、戈塘金矿。前者产于低角度逆冲断层中,控制金矿床的主要逆冲断层具有“上陡下缓”的特点,上部倾角一般 $30\sim 40^\circ$,往下近于水平,褶皱两翼不对称,靠近逆断层一翼,地层倾角较陡,远离主断层一翼地层倾角较缓,矿体形态与断层几何学特征有关,也具有“上陡下缓”的特征,上部为脉状矿体,下部为低角度穿层矿体。后者发育于高角度逆冲断层活动时产生的层间破碎带中,矿体为似层状,而在高角度逆冲断层中目前还未发现矿体。

2.1 灰家堡金矿田

灰家堡金矿田位于大山-者相断层-褶皱带中,在17 km长范围内,自西向东分布了老王寨、紫木函、太平洞、大坝田、杨家山、滥木厂、水银洞、赵家坪、雄黄岩、普子垄、皂凡山和背阴坡等13个金矿床,其中紫木函、太平洞为大型金矿,水银洞为超大型金矿(杜定全,1999;刘建中等,2006)。

A-A'号地震线从大山-者相断层-褶皱带东端(者相镇南)通过。在偏移地震剖面上,大山-者相断层(断层⑨)十分清楚,断层倾向南西,倾角在浅部较陡,往深部变得十分平缓,并在东吴不整合面中滑脱。地震剖面揭示,在深部大山-者相断层上下盘煤系地层厚度显著增加,大约是原始地层厚度的2倍,这应该这是由于大山-者相断层的逆冲作用所导致,是强大的应力作用的反映(图2a)。由于下三叠统夜郎组(T_{1y})灰岩厚度较大,不能形成有效的波阻抗差,因此在地震剖面反射较差,未能显示出灰家堡背斜。

紫木函金矿床具有明显的构造控制特征,金矿形态主要受“上陡下缓”低角度逆冲断层的控制,脉状矿体位于浅部,在矿体及围岩中构造岩十分发育,可划分为碎裂岩-节理密集带、磨砾岩-剪切旋转带和断层泥-局部压溶带等3个带(王砚耕等,1994;杜定

全,1999)。似层状矿体位于深部平缓的逆断层中,在含矿围岩中,小型构造如节理、小褶曲、构造角砾岩也十分发育(王砚耕等,1994;陶平等,2002)。在紫木函金矿0号勘探线上,大山-者相断层(前人文献为F1,亦即本文断层⑨)倾向南西,这与地震线上该断层的特征一致。但在紫木函金矿32号勘探线,主断层被解释为F6断层,倾向北东,而F1断层被解释是次要断层(王砚耕等,1994)。从紫木函金矿32号勘探线北段地表有明显褶皱而中部构造变形相对较弱的事实看,F1断层(即断层⑨)似乎应为主要断层,该断层向南倾角变缓,在煤系地层中顺层滑脱,而F6断层则是次要断层,是大山-者相断层的反冲断层(图2b)。

水银洞金矿床位于灰家堡背斜核部,矿体呈层状和似层状,有的研究者认为其是层控矿床(刘建中等,2006)。但有人发现,水银洞金矿床由上二叠统“大厂层”和龙潭组构成的矿石和围岩中发育小型低角度逆断层、牵引褶皱和层间破碎带(胡斌等,2004)等挤压性构造。大山-者相断层位于水银洞金矿床以北,但在纳秧矿段可见向北东倾向的逆冲断层及其产生的相关褶皱(付芝康等,2008),可能是大山-者相断层的反冲断层。结合上述地震资料,笔者认为大山-者相断层已经延深至水银洞金矿床中,这与紫木函金矿床的构造格架(见图2)是十分相似的。

2.2 大丫口金矿

大丫口金矿点位于大丫口断层-褶皱带中,该断褶皱带由大丫口断层和新寨背斜组成,长度25 km,金矿点位于新寨背斜南翼,大丫口断层(断层⑥)走向近东西,倾向北,在地表断层倾角较陡,约为 45° 。B-B'地震线从大丫口金矿以东穿过,在地震线偏移剖面上(图3),大丫口断层和新寨背斜显示较好。虽然大丫口断层在地表倾角较陡,但往深部断层产状迅速变缓,为一低角度逆冲断层,也正是由于大丫口断层低角度的逆冲作用,使得新寨背斜北翼龙潭组煤系地层厚度明显增加,造成新寨背斜两翼地层厚度极端的不协调。

大丫口金矿矿化体位于大丫口断层破碎带中,呈透镜状和不规则状,矿体中挤压性构造如小型逆冲断层,断层角砾岩等也比较发育,断层带横剖面具有良好的分带性,在断层带两侧为断层泥或者片理化碎裂岩,在断层带中部为断层角砾岩(郝家棚,2007)。

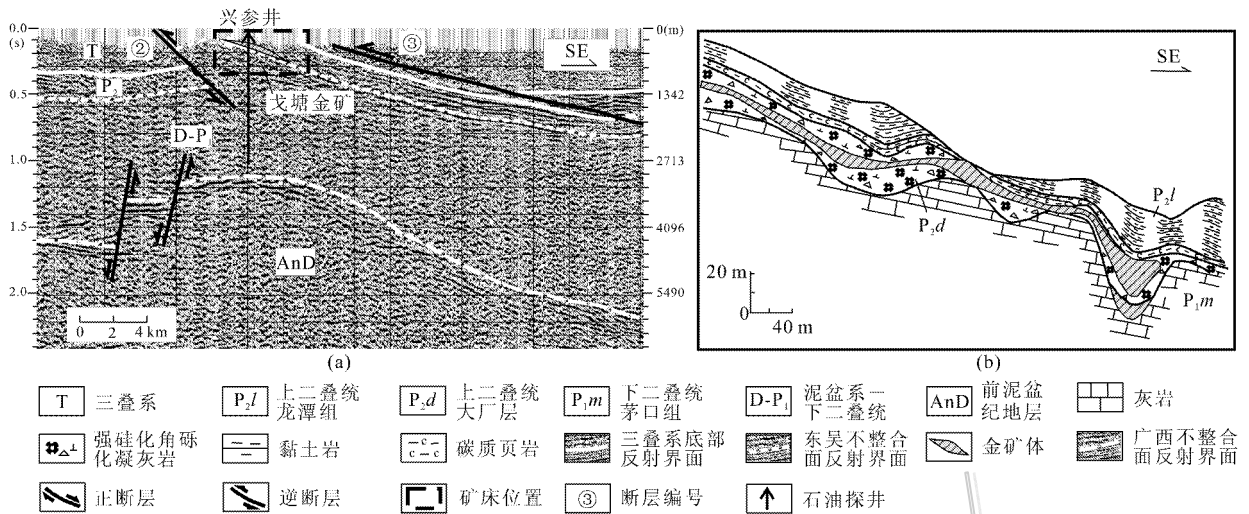


图 5 戈塘金矿地质-地震对比图(右图引自王砚耕等,1994 资料)

a. 戈塘金矿地震偏移剖面解释 b. 戈塘金矿二龙口 3 号勘探线剖面

Fig. 5 Seismic versus geological map of the Getang gold deposit (after Wang et al., 1994)

a. Interpretation map of seismic migration profile of the Getang gold deposit, the left scale of seismic migration profile is two-way travel time of seismic wave, the right scale is the depth from surface; b. Geological section along No. 3 exploration line of Erlongkou in the Getang gold deposit

分为 3 段,第一和第二段为不同砾径的凝灰质角砾岩、角砾岩,岩石硅化强烈,第三段为凝灰岩。花鱼井断层以西和青山镇断层以东,第一、二段很薄或缺失,主要以凝灰岩为主,厚度 9~45 m(陶平等,2002)。

龙潭组煤系地层:上二叠统龙潭组为煤系地层,主要由黑色泥岩、粉砂岩夹煤层和煤线组成,厚度 200~300 m。而在贞丰相变线以东和隆林一带,潮坪相煤系地层相变为颗粒滩相吴家坪组灰岩和台盆相黑色泥岩。

本区位于峨眉山玄武岩前锋带,缺失喷溢相峨眉山玄武岩;“大厂层”凝灰岩与龙潭组煤系地层直接接触,两层滑脱层合而为一。此外,东吴运动形成的高岭土层也是较好的滑脱层,如在晴隆锑矿床东吴面上多处可见风化成因的高岭土层,长度近几十米,厚度数十厘米。

3.2 冲断-褶皱构造形成的动力学背景

黔西南中部冲断-褶皱带与八布-Phu Ngu 洋的闭合有着密切的联系。海西期中期,八布-Phu Ngu 洋开始形成,在二叠纪洋壳开始向东北方向消减,并形成火山弧,由于微型陆块(海台)被刮消,洋盆不断地被火山-沉积楔填满,形成增生楔,晚三叠世湘桂地块与增生楔发生碰撞,后者仰冲于前者之上(吴根耀,2001;马力等,2004),形成了十分壮观的多方向前陆冲断-褶皱带,其宽度可达 300 km,右江断裂和

垭(都)紫(云)罗(甸)断裂是其重要组成部分(毛健全等,1990;吴根耀,2001)。

黔西南中部及相邻地区以北东向和北西向为主的构造格局具有复杂的动力学背景,首先与先存的伸展构造有关(夏文臣等,1995;刘特民等,2001;杜远生等,2009),在泥盆纪至中三叠世,本区以伸展构造为主,形成了一些北西向断裂(如垭-紫-罗断裂和猪场-上寨断层)和大量的北东向和近北北向伸展性断层,在印支晚期挤压背景下,有些断层性质发生了反转,在浅部为逆断层性质,但在深部还残留有正断层性质,这在穿越黔西南中部的 MT 剖面上是十分常见的,在地震剖面上也有强烈的反映(胡煜昭,2011)。第二,与印支期不同位置不同延伸方向的古特提斯洋先后关闭有关,先是走向北西的西段洋盆(中越交界的八布-Phu-Ngu 洋及越北香葩岛-海南屯昌一带的洋盆)的关闭,形成北西向冲断-褶皱带(吴根耀,2001;马力等,2004),黔西南中部发育的 6 排倾向南西的北西向逆冲断层反映了自南西向北东的挤压。之后是北东向的东段(海南屯昌-福建长乐)发生碰撞型造山,在黔西南中部形成北东向冲断-褶皱构造(吴根耀,2001;马力等,2004),断层可能继承早期正断层的倾向,因此北东向逆冲断层无倾向优势,既有向北西方向倾斜的,也有向南东方向倾斜的,常常形成对冲或背冲构造。不同方向构造形成

的先后顺序可以从黔西南中部北东向逆冲断层错断北西向逆冲断层的普遍现象而得到印证(见图 1)。

4 黔西南中部卡林型金矿形成作用讨论

黔西南金矿成矿流体具有盆地流体性质(何立贤,1996;刘建明,2000; Wang et al., 2003),油气流体在金矿形成中也发挥着重要作用(顾雪祥等,2010)。有的研究者认为成矿流体有岩浆流体参与(夏勇等,2009),然而在地震剖面 and 大地电磁测深(MT)资料上均未发现岩体^①,说明岩浆作用对成矿的影响可能不大。

4.1 东吴面、“大厂层”火山岩和煤系地层在成矿中的作用

东吴运动形成的不整合面在整个华南地区都是存在的,不整合面上古喀斯特十分发育(中国科学院地质研究所岩溶研究组,1979;何斌等,2004)。在黔西南地区,东吴不整合面也十分发育,如在晴隆锑矿,“大厂层”下可见起伏不平的古剥蚀面、古溶蚀洼地、古溶斗、古峰林、古溶丘、古洞穴及古洞穴充填物。本区以东秧 1 井(位于册亨县秧坝乡)在 2 201~2 207 m 井段发现下二叠统茅口组与上二叠统吴家坪组之间存在古岩溶(麻建民等,2005)。由于东吴面分布广泛,渗透性好,因此是沟通不同构造单元的最佳通道,是盆地流体水平方向运移的主要途径(王立全等,1998)。王国芝等(Wang et al., 2003)认为黔西南地区大面积硅化是盆地流体沿不整合面大规模运移的结果。

黔西南“大厂层”中金的背景值很高,是重要的金矿源层。在黔西南,该地层 $w(\text{Au})$ 可达 $40 \times 10^{-9} \sim 60 \times 10^{-9}$ (陶平等,2005),晴隆锑矿“大厂层”1455 件样品中, $w(\text{Au})$ 平均为 42×10^{-9} ^②,比黔西南地区其他地层高出 20~30 倍。

黔西南龙潭组煤系地层具有丰富的有机质,碳质泥岩有机碳含量 1.18%~5.45%,平均 3.48%(8 件样品),煤层中全硫含量为 5.71%~11.94%(3 件样品),为高硫煤^③,从而构成了成矿热液沉淀的地球化学障。

4.2 古隆起促使金矿初始富集

重力资料显示,黔西南中部发育多个大面积重

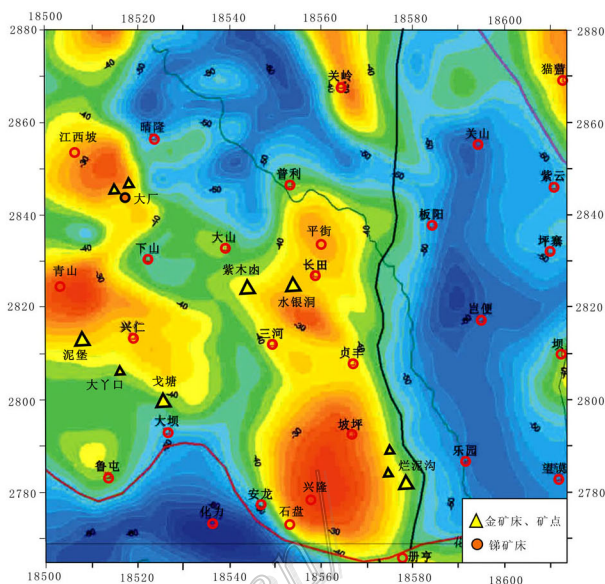


图 6 黔西南中部剩余重力异常与锑、金矿床位置图
(据中石化南方勘探开发分公司,2007 资料^①编绘)
等值线间距为 -10 mGal

Fig. 6 Bouguer gravity anomaly map and distribution of gold and antimony deposits in central southwestern Guizhou
(modified after Sinopec, 2007)
intervals: -10 mGal

力高值异常(图 6),以 -43 mGal 为基础,可以圈出江西坡-大厂、青山-兴仁和长田-坡坪 3 个重力异常区。地质和地球物理综合分析,这些重力异常均为盆地基底隆起,是寒武纪末—奥陶纪初郁南运动的产物。虽然不同阶段古隆起幅度和面积有所变化,但这些古隆起自泥盆纪至三叠纪均长期存在,并对海底古地形有一定的影响^①。黔西南中部卡林型金矿床和锑矿床均分布于古隆起之上,如大厂锑(金)矿床分布于江西坡-大厂古隆起上,泥堡、大丫口和戈塘金矿床分布于青山-兴仁古隆起南坡,紫木垭和水银洞金矿床分布于长田-坡坪古隆起之上,而烂泥沟金矿则分布于长田-坡坪古隆起东南坡(图 6)。地震偏移剖面也显示,一些金矿床(田)如灰家堡、戈塘、泥堡等深部古隆起也是存在的(图 2、4、5)。以广西面为准,戈塘金矿床所在的古隆起幅度最大,隆起幅度高达 3 150 m,灰家堡金矿田深部古隆起幅度约 2 260 m,泥堡金矿床深部古隆起幅度较低,约 84 m。

① 中石化南方勘探开发分公司. 2007. 黔西南坳陷年度工作总结报告。

② 胡煜昭,方维萱,刘玉平,等. 2010. 贵州省晴隆县晴隆锑矿接替资源勘查(普查)报告。

沉积盆地中的古隆起是改造型矿床的重要控制因素,在其他沉积盆地中也有类似现象,如楚雄盆地砂岩铜矿床和塔里木盆地乌拉根铅锌矿床也分布于古隆起之上(李长青,2004;祝新友等,2010),这说明古隆起是成矿流体运移的重要指向。黔西南中部古隆起可能对卡林型金矿具有初步的富集作用。晴隆锑矿深部东吴不整合面之上存在古隆起,锑矿体主要分布于古隆起之上披覆背斜核部和两翼,并受北东向张性断层的控制,逆冲断层不发育,这些张性断层仅切割“大厂层”及相邻地层,向上的玄武岩组和龙潭组没有被错断^①,其形成时间较可能为海西期。晴隆锑矿床的锑矿体局部 $w(\text{Au})$ 可达 0.88 g/t ,说明在伸展背景下,上覆地层的静压力促使盆地成矿流体已经向披覆背斜核部方向发生了运移,并发生初步富集。在黔西南东部的金牙金矿和烂泥沟金矿同样也发生了金的初始富集,其形成年龄为 260 Ma (胡瑞忠等,1995)。

4.3 冲断-褶皱活动是金矿形成的关键

黔西南中部金矿均位于冲断-褶皱构造中,而且随着挤压构造应力增强,金矿规模似乎有增大的趋势。如晴隆锑矿床以伸展构造为主,挤压构造很少,仅在三望坪4号勘探线钻遇到一条小型逆断层,锑矿床中未发现工业金矿体^②。高角度逆冲断层伴生的层间破碎带中金矿床规模不大,一般为中到小型矿床,而低角度逆冲断层中矿体规模较大,如大山-者相构造带中的水银洞为超大型矿床,紫木幽和太平洞为大型矿床。

成矿流体的锆同位素、稀土元素和常量元素特征比值共同表明,台地上(黔西南中部)低温成矿流体与盆地内(黔西南东部)低温成矿流体相似,成因上具有密切联系,可能属于同源流体,成矿流体自盆地向台地地方向运移(Wang et al., 2003)。在黔西南中部,逆冲作用一方面驱动盆地流体自南而北,自东而西沿东吴不整合面向古隆起方向运移,另一方面对古隆起进行变形改造,在古隆起的之上形成冲断-褶皱构造。冲断-褶皱构造成为盆地流体释压泄流的主要通道,也是盆地流体的构造圈闭和重要的聚矿场所(方维萱等,2006)。

黔西南地区卡林型金矿同位素成矿年龄跨度较大,可能是不同测试方法所致(Peters et al., 2007),

导致了成矿年龄不能与成矿构造的形成时代很好的结合起来,如金牙金矿和烂泥沟金矿的多种定年方法揭示,金成矿年龄约为 $140\sim 75\text{ Ma}$ (胡瑞忠等,1995),泥堡金矿成矿 Rb-Sr 年龄为 $(142\pm 10)\text{ Ma}$,相当于晚侏罗世(刘平等,2006),戈塘铅同位素年龄为 100 Ma (李文亢等,1989),利用石英顺磁共振测得水银洞金矿成矿年龄为 $60\sim 80\text{ Ma}$ (刘建中等,2006),利用 Sm-Nd 法测得水银洞金矿成矿年龄值为 $(134\pm 3)\text{ Ma}$ 和 $(136\pm 3)\text{ Ma}$ (Su et al., 2009)。Re-Os同位素测年是发展较快的测年方法,除广泛应用于辉钼矿定年外,近年来也用于黄铁矿的定年。烂泥沟金矿载金矿物含砷黄铁矿 Re-Os 年龄为 $(193\pm 13)\text{ Ma}$,大致为印支晚期至燕山早期(陈懋弘等,2007),这个年龄与黔西南金矿成矿的挤压收缩构造背景有较好的对应,对解释黔西南地区金矿成因具有重要的参考意义。

5 黔西南中部卡林型金矿找矿方向

尽管黔西南中部卡林型金矿与地层(曹鸿水,1991;汪立全等,1998;陶平等,2005),深部岩浆(刘显凡等,1996;朱赖民等,1997;Fang et al., 2008; Su et al., 2009)可能有一定的关系,但工业矿体主要受冲断-褶皱或者逆冲推覆构造的控制(毛健全等,1990;王砚耕等,1994;何丰胜等,1997;杜定全,1999),矿体或者产于逆冲断层间,或者产于逆冲断层所诱发的层间滑动带中。因此,基于冲断-褶皱构造的成矿预测在找矿勘探方面具有积极的意义。

前已述及,断层控制型金矿规模较大,因此对这类矿床的预测应是勘探的重点。在黔西南中部北西向6排断层-褶皱带中(见图1),猪场上寨断层-褶皱带具有明显的剩余重力负异常,说明猪场-上寨断层已向下延伸至盆地基底(胡煜昭,2011),属基底卷入构造。而其他5条断层-褶皱带均位于古隆起之上,地表构造特征也较为相似,地震资料显示一些断层-褶皱带具有盖层滑脱构造的特征。兴仁和新屯断层-褶皱带中含矿地层(二叠系煤系地层)未出露地表,埋藏深度可能较大。大山-者相、贞丰和大丫口3条断层-褶皱带中的含矿地层已经出露至地表,是找矿勘探最为现实的构造带。

① 胡煜昭,方维萱,刘玉平等,2010.贵州省晴隆县晴隆锑矿接替资源勘查(普查)报告.

贞丰断层-褶皱带由贞丰背斜及其北东翼的核桃树断层组成,背斜两翼产状明显不对称,北东翼较陡,倾角约 $30\sim 45^\circ$,南西翼倾角平缓约 5° 。在 1:20 万高精度航磁资料上,贞丰断褶带与大山-者相断褶带十分相似,均以大片负磁场为背景和异常走向线呈线型展布为特征(刘远辉,2005),这预示着贞丰断褶带与大山-者相断褶带具有相似的冲断-褶皱特征。核桃树断层虽然在地表倾角达 $60\sim 70^\circ$,但在深部可能沿着东吴不整合面“大厂层”凝灰岩-龙潭组煤系地层间滑脱。加之,龙潭组已经在贞丰背斜核部出露,表明核桃树断层变缓部分埋深不大,勘探深度适中, Au、As、W、Mo 等元素化学异常显著(刘远辉,2005),并有金矿化出现,应是找矿重点靶区。

大丫口金矿北西方向深部同样存在北倾的低角度逆冲断层(见图 3),该断层造成煤系地层厚度明显增加,与灰家堡金矿田具有一定的相似性,其现今埋深约为 $500\sim 600$ m,也具有较好的找矿前景。尽管已经在大山-者相断层-褶皱带发现很多金矿床,但从地震剖面分析,该构造带还具有一定的找矿潜力,如者相镇以南的地震剖面显示,煤系地层因断层的逆冲作用而重复和厚度增加,构造作用强度较大,该处含矿地层(煤系地层)现今深度介于 $1\,400\sim 2\,000$ m 之间,是深部勘探的重要领域。

6 结 论

(1) 黔西南中部卡林型金矿床受冲断-褶皱构造和古隆起控制。古隆起形成于早古生代晚期,在泥盆纪至中三叠世的伸展环境中长期存在,而冲断-褶皱构造是印支晚期华南古特提斯洋持续闭合的产物,首先是北西向冲断-褶皱构造的形成,然后形成北东向构造。

(2) 按照卡林型金矿床在冲断-褶皱构造中的空间位置,可将矿床分为断层控制型和断层伴生型,前者由于构造动力较强,常常造成煤系地层厚度成倍增加,成为大型、超大型金矿的重要赋存构造。

(3) 地震勘探在黔西南中部能够取得品质较高的资料,这在卡林型金矿构造研究和勘探中具有重要意义,同时对今后该类矿床预测方法的选择也具有重要的启示。

References

- Cao H S. 1991. A discussion on the genetic environment and minerogenesis of Dachang Strata in Southwestern Guizhou[J]. *Geology of Guizhou*, 26(8): 5-12 (in Chinese with English abstract).
- Chen M H, Mao J W, Qu W J, Wu L L, Uttley P J, Norman T, Zheng J M and Qin Y Z. 2007. Re-Os dating of arsenian pyrites from the Lannigou gold deposit, Zhengfeng, Guizhou Province, and its geological significance[J]. *Geological Review*, 53(3): 371-382 (in Chinese with English abstract).
- Chopping R, Huston D, Korsch R, Henson P and Williams N. 2010. Links between the eastern boundary of the Mount Isa Province and IOCG mineralisation: New geophysical evidence[A]. Abstracts of 13th Quadrennial IAGOD Symposium[C]. Adelaide: 55.
- Du D Q. 1999. A discussion on the deformation characters of ore-controlled fault zone and its relation with rock deformation in Zimudang gold or[J]. *Journal of Guizhou University of Technology (Natural Science Edition)*, 28(4): 23-26 (in Chinese with English abstract).
- Du Y S, Huang H W, Huang Z Q, Xu Y J, Yang J H and Huang H. 2009. Basin translation from late Palaeozoic to Triassic of Youjiang Basin and its tectonic significance[J]. *Geological Science and Technology Information*, 28(6): 10-15 (in Chinese with English abstract).
- Fang W X, Hu R Z, Su W C and Wang G Z. 2006. Feature of metallogenic system of compound continental dynamics in Yunnan-Guizhou-Guangxi-Hunan Provinces[J]. *Geotectonica et Metallogenia*, 30(4): 470-480 (in Chinese with English abstract).
- Fang W X, Hu R Z, Su W C and Xiao J F. 2008. Emplacement ages and geochemical characteristics of grabbroic intrusions and prospecting orientation of related deposit in Luodian, Guizhou Province[J]. *Acta Geologica Sina*, 82(4): 864-874.
- Faure S, Godey S, Fallara F and Trepanier S. 2011. Seismic architecture of the archaic North American mantle and its relationship to diamondiferous Kimberlite field[J]. *Econ. Geol.*, 106: 230-240.
- Fu Z K, Qi J and Zhang J Z. 2008. Thrust faulted nappe structural character and its exploration significance of Nayang ore block of Shuiyindong gold field in Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 25(3): 188-192 (in Chinese with English abstract).
- Gu X X, Zhang Y M, Li B H, Xue C J, Dong S Y, Fu S H, Cheng W B, Liu L and Wu C Y. 2010. The coupling relationship between metallization and hydrocarbon accumulation in sedimentary basins[J]. *Earth Science Frontiers*, 17(2): 85-104 (in Chinese with English abstract).
- Hao J X. 2007. Controlling structure mode of micro-fine disseminated gold deposits of Qianxi 'nan (Master degree) [D]. Supervisor: Du D Q. Guiyang: Guizhou University. 1-75 (in Chinese with English abstract).

- He B, Wang Y M and Jiang X W. 2004. Paleo-karst landforms on top of limestone of the Maokou Formation in the west of the Upper Yangtze Platform and its geological significance[J]. *Geology in China*, (1): 50-55(in Chinese with English abstract).
- He F S, Mao J Q and Du D Q. 1997. A study on the bedding detachment in Guotang ore region[J]. *Journal of Guizhou University of Technology (Natural Science Edition)*, 26(2): 11-16(in Chinese with English abstract).
- He L X. 1996. Genetic model for gold deposits in Southwestern Guizhou: A co-source of heat, water and ore-materials[J]. *Guizhou Geology*, 4(2): 154-160(in Chinese with English abstract).
- Hu B, Hu R Z and Guo Q. 2004. A comparison analysis on the ore-controlling factors of the Shuiyindong gold deposit and the Nibao gold deposit in Southwestern Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 81(21): 211-214(in Chinese with English abstract).
- Hu R Z, Su W C, Bi X W and Li Z Q. 1995. A possible evolution way of ore-forming hydrothermal fluid for the Carlin-type gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi Triangle Area[J]. *Acta Mineralogica Sinica*, 17(2): 145-149(in Chinese with English abstract).
- Hu Y Z. 2011. The sedimentary basin analysis and study on antimony and gold mineralization in Southwestern Guizhou depression (Ph. D. thesis [D]. Supervisor: Fang W X. Kunming University of Science and Technology. 1-171(in Chinese with English abstract).
- Institute of Karst Geology of Chinese Academy of Geological Science. 1979. Study of Karst in China[M]. Beijing: Science Press. 285p (in Chinese).
- Li C Q. 2004. Analysis on abnormal properties of high-resistance and low density in Dayao structure[J]. *South China Oil and Gas*, 17(2): 36-44(in Chinese with English abstract).
- Li W K, Jiang X S and Ju R H. 1989. Geology characteristics and ore forming of micro-disseminated gold deposits in Southwestern Guizhou Province[A]. In: Shengyang Institute of Geology and Mineral, ed. Collected works of regional metallogenetic condition of main type gold deposits in China[C]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-85(in Chinese).
- Liang G H, Cai X P, Zhang B L and Xu X W. 2001. The application of seismic exploration method in deep prediction of gold deposits[J]. *Geology and Prospecting*, 36(6): 29-33(in Chinese with English abstract).
- Liao Z T, Ma T T, Zhou Z Y and Chen Y K. 2005. Review on Rodinia and tectonics in South China[J]. *Journal of Tongji University (Natural Science)*, 33(9): 1182-1185(in Chinese with English abstract).
- Liu B J and Xu X S. 1994. Atlas of sedimentary facies and paleogeography in South China[M]. Beijing: Science Press. 126-144(in Chinese).
- Liu H Z. 1994. The mineralization of rift and micro-aulacogen in Yangtze Block[J]. *Journal of Guilin College of Geology*, 14(1): 10-22(in Chinese with English abstract).
- Liu J M. 2000. Dynamics of sedimentary basins and basin-fluid related ore-forming[J]. *Bulletin of Mineralogy Petrology And Geochemistry*, (2): 9-17(in Chinese with English abstract).
- Liu J Z, Deng Y M, Liu C Q, Zhang X C and Xia Y. 2006. Metallogenic conditions and model of the superlarge shuiyindong stratabound gold deposit in Zhenfeng County, Guizhou Province[J]. *China Geology*, 33(1): 169-177(in Chinese with English abstract).
- Liu P, Li P G, Li K Q, Lei Z Y, Li X H, Song W H and Zhang H S. 2006. The elementary analyzing about mineralization geological process of gold deposits in Southwest Guizhou[J]. *Geology of Guizhou*, 23(2): 83-97(in Chinese with English abstract).
- Liu T M, Liu B W, Chen G D and Wu Z Y. 2001. Tectonic evolution and hydrocarbon preservation region division in Nanpanjiang basin [J]. *Natural Gas Industry*, 21(1): 18-23(in Chinese with English abstract).
- Liu X F, Jin J F and Ni S J. 1996. An evidence for REE geochemistry of plutonic materials originating from Carlin-type gold deposits in the Yunnan-Guizhou-Guangxi triangle area[J]. *Journal of Chengdu Institute of Technology*, 23(4): 25-30(in Chinese with English abstract).
- Liu Y H. 2005. Analysis and forecasting on minerogenesis of Au(Sb) of Zhengfeng anticline in the Southwest of Guizhou[J]. *Guizhou Geology*, 22(1): 1-8(in Chinese with English abstract).
- Lv Q T, Hou Z Q and Shi D N. 2004. Tentative seismic reflection study of Shizishan orefield in Tongling and its significance in regional exploration[J]. *Mineral Deposits*, 23(3): 383-389(in Chinese with English abstract).
- Ma J M, Hou M C, Chen H D, Tian J C, Qin J X and Wang C S. 2005. The palaeokarstification in the late Palaeozoic Youjiang basin, Southwestern China[J]. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 25(1-2): 203-209(in Chinese with English abstract).
- Ma L, Chen H J, Gan K W, Xu K D, Xu X S, Wu G Y, Ye Z, Liang X, Wu S H, Qiu Y Y, Zhang P L and Ge F F. 2004. The tectonics of Southern China and marine petroleum geology[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 195-207(in Chinese).
- Ma Y S, Hu Y Z, Zhang H R and Fu X R. 2003. Analysis on potential for oil & gas exploration in thrust nappe belt in the south part of Central orogenic system[J]. *Southern China Oil and Gas*, (4): 15-21(in Chinese with English abstract).
- Mao J Q, Du D Q, Pan N X and Yu D L. 1990. Analysis of detachment and gold ore deposit in Southwestern Guizhou[J]. *Journal of Guizhou Institute of Technology*, 19(3): 44-49(in Chinese with English abstract).
- Mou C L and Wu Y L. 1990. Middle Triassic turbidites sources area and tectonic setting in Nanpanjiang basin[J]. *Journal of Chengdu College of Geology*, 17(4): 90-96(in Chinese with English abstract).
- Peters S G, Huang J Z, Li Z P and Jing C G. 2007. Sedimentary rock-hosted Au deposits of the Dian-Qian-Gui area, Guizhou, and Yunnan Provinces, and Guangxi District, China[J]. *Ore Geology Reviews*, 31: 170-204.
- Qin J H, Wu Y L and Yan Y J. 1996. Hercynian-Indosinian sedimentary-tectonic evolution of the Nanpanjiang basin[J]. *Acta Geologica Sinica*, 70(2): 99-107(in Chinese with English abstract).
- Su W C, Hu R Z, Xia B, Xia Y and Liu Y P. 2009. Calcite Sm-Nd

- isochron age of the Shuiyindong Carlin-type gold deposit, Guizhou, China[J]. Chemical Geology, 258: 269-274.
- Tao P, Li P G and Li K Q. 2002. The structure of the deposits of the Nibao goldfield and its relationship with metallogenesis[J]. Guizhou Geology, 19(4): 221-227 in Chinese with English abstract).
- Tao P, Du F Y, Du C Q and Ma R. 2005. Ore-controlling factors of gold deposits in volcanic tuff in the Southwestern Guizhou Province [J]. Geology and Prospecting, 41(2): 12-17 in Chinese with English abstract).
- Wang C S, Dai J G, Liu Z F, Zhu L D, Li Y L and Jia G D. 2009. The uplift history of the Tibetan plateau and Himalaya and its study approaches and techniques: A review[J]. Earth Science Frontiers, 16(3): 1-30 in Chinese with English abstract).
- Wang E Q, Burchfiel B C and Ji J Q. 2001. Evidence and estimation of Cenozoic crustal shortening across the eastern Himalaya syntaxis[J]. Science in China (Series D), 31(1): 1-9 in Chinese).
- Wang G Z, Hu R Z, Su W C and Zhu L M. 2003. Fluid flow and mineralization of Youjiang basin in the Yunnan-Guizhou-Guangxi area, China[J]. Science in China (Series D), 46(5): 99-109.
- Wang L Q and Mou C L. 1998. The controls of the sequence boundary diversity over ore deposits[J]. Tethyan Geology, 22(2): 57-67 in Chinese with English abstract).
- Wang L T, Luo Y B, Zhao S J and Luo J H. 1994. Permian lithofacies paleogeography and mineralization in South China[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 1-138 in Chinese).
- Wang Y G, Suo S T and Zhang F M. 1994. The tectonic and Carlin-type gold deposit in Southwestern Guizhou[M]. Beijing: Geol. Pub. House. 76-84 in Chinese with English abstract).
- William C E, Korsch R J, Moore D H, Cayley R A, Lisitsin V A, Rawling T J, Morand V J and O'Shea P J. 2010. Crustal-scale fluid pathways and source rocks in the Victorian gold province, Australia: Insights from deep seismic reflection profiles[J]. Econ. Geol., 105: 895-915.
- Wu G Y. 2001. Indosinian foreland fold and thrust belt bordering Yunnan and Guangxi, China[J]. Chinese Journal of Geology, 36(1): 64-71 in Chinese with English abstract).
- Wu Y L, Mou C L, Qin J H, Luo C X, Zhu Z F and Tan Q Y. 1990. Evolution of a Hercynian-indosinian foreland basin on the Southeastern margin of the Yangzi plate and tectonics in South China[J]. Journal of Palaeogeography, 2: 8-15 in Chinese with English abstract).
- Xia W C, Zou J, Lei J X, Zhang N M and Peng Y. 1995. The evolution of rifted oceanic basin due to lithospheric stretching in Yunnan, Guizhou and Guangxi Provinces during the late Hercynian to middle Indosinian stage[J]. Acta Geologica Sinica, 69(2): 97-115 in Chinese with English abstract).
- Xia Y, Zhang Y, Su W C, Tao Y, Zhang X C, Liu J Z and Deng Y M. 2009. Metallogenic model and prognosis of the Shuiyindong super-large stratabound Carlin-type gold deposit, Southwestern Guizhou Province, China[J]. Acta Geologica Sinica, 83(10): 1473-1482 in Chinese with English abstract).
- Yang K W. 1992. Preliminary studies on genesis and prospect of Getang-type gold deposits[J]. Guizhou Geology, 33(4): 300-306 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Z J, Ding J and Zhao M. 1997. On the geological setting of Triassic plate tectonics in the area of Nanpan river[J]. Yunnan Geology, 63(3): 211-221 in Chinese with English abstract).
- Zhao M J, Zhang S C, Zhao L, Zhao P C and Da J. 2007. Geochemistry and genesis of bitumen in Paleo-oil reservoir in the Nanpanjiang basin, China[J]. Science in China (Series D), 37(2): 167-177 in Chinese).
- Zhu L M, Jin J F, He M Y and Hu R Z. 1997. An initial study of the mineralization of plutonic fluid of the fine-disseminated gold deposit in Southwest Guizhou Province[J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology And Geochemistry, 16(3): 174-177 in Chinese with English abstract).
- Zhu X Y, Wang J B, Liu Z R and Fang T H. 2010. Geologic characteristics and the genesis of the Wulagen lead-zinc deposit, Xinjiang, China[J]. Acta Geologica Sinica, 84(5): 694-702 in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 曹鸿水. 1991. 黔西南“大厂层”形成环境及其成矿作用的探讨[J]. 贵州地质, 26(8): 5-12.
- 陈懋弘, 毛景文, 屈文俊, 吴六灵, Phillip J U, Tony N, 郑建民, 秦运忠. 2007. 贵州贞丰烂泥沟金矿含砷黄铁矿 Re-Os 同位素测年及地质意义[J]. 地质论评, 53(3): 371-382.
- 杜定全. 1999. 紫木函金矿控矿断层的变形特征及其与成矿作用关系的讨论[J]. 贵州工业大学学报(自然科学版), 28(4): 23-26.
- 杜远生, 黄宏伟, 黄志强, 徐亚军, 杨江海, 黄虎. 2009. 右江盆地晚古生代-三叠纪盆地转换及其构造意义[J]. 地质科技情报, 28(6): 10-15.
- 方维萱, 胡瑞忠, 苏文超, 王国芝. 2006. 滇黔桂湘地区中生代复合大陆动力成矿系统特征[J]. 大地构造与成矿学, 30(4): 470-480.
- 付芝康, 祁杰, 张金忠. 2008. 贵州水银洞金矿区纳秧矿段逆冲推覆构造特征及其找矿意义[J]. 贵州地质, 25(3): 188-192.
- 顾雪祥, 章永梅, 李葆华, 薛春纪, 董树义, 付绍洪, 程文斌, 刘丽, 吴程赞. 2010. 沉积盆地中金属成矿与油气成藏的耦合关系[J]. 地学前缘, 17(2): 85-104.
- 郝家棚. 2007. 黔西南微细浸染型金矿构造控矿与成矿规律研究(硕士学位论文)[D]. 导师: 杜定全. 贵州大学. 1-75.
- 何斌, 王雅玫, 姜晓玮. 2004. 上扬子西部茅口组灰岩顶部古喀斯特地貌的厘定及地质意义[J]. 中国地质(1): 50-55.
- 何丰胜, 毛建全, 杜定全. 1997. 戈塘矿区层滑构造研究[J]. 贵州工业大学学报, 26(2): 11-16.
- 何立贤. 1996. 黔西南金矿“热、液、矿”同源成矿模式[J]. 贵州地质, 47(2): 154-160.
- 胡斌, 胡瑞中, 郭群. 2004. 黔西南水银洞金矿床与泥堡金矿床控矿因素对比分析[J]. 贵州地质, 81(21): 211-214.
- 胡瑞忠, 苏文超, 毕献武, 李泽琴. 1995. 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[J]. 矿物学报, 17(2): 145-149.
- 胡煜昭. 2011. 黔西南坳陷沉积盆地分析及锡金成矿研究[博士学位论文][D]. 导师: 方维萱. 昆明理工大学. 1-171.
- 李文亢, 姜信顺, 具然弘. 1989. 黔西南微细金矿床地质特征及成矿作用[A]. 见: 沈阳地质矿产研究所. 中国金矿主要类型区域成矿条件文集[C]. 北京: 地质出版社. 1-85.
- 李长青. 2004. 大姚构造高阻、低密度异常属性分析[J]. 南方油气, 17(2): 36-44.
- 梁光河, 蔡新平, 张宝林, 徐兴旺. 2001. 浅层地震勘探方法在金矿深部预测中的应用[J]. 地质与勘探, 36(6): 29-33.
- 廖宗庭, 马婷婷, 周征宇, 陈跃昆. 2005. Rodinia 裂解与华南微板块形成和演化[J]. 同济大学学报, 33(9): 1182-1185.
- 柳淮之. 1994. 扬子地块裂谷与微裂陷成矿作用[J]. 桂林冶金地质学院学报, 14(1): 10-22.
- 刘宝珺, 许效松. 1994. 中国南方岩相古地理图集(震旦纪—三叠纪)[M]. 北京: 科学出版社. 126-144.
- 刘建明. 2000. 沉积盆地动力学与盆地流体成矿[J]. 矿物岩石地球化学通报(2): 9-17.
- 刘建中, 邓一明, 刘川勤, 张兴春, 夏勇. 2006. 贵州省贞丰县水银洞层控特大型金矿成矿条件与成矿模式[J]. 中国地质, 33(1): 169-177.
- 刘平, 李沛刚, 李克庆, 雷志远, 李小红, 宋卫华, 张华松. 2006. 黔西南金矿成矿地质作用浅析[J]. 贵州地质, 23(2): 83-97.
- 刘特民, 刘炳温, 陈国栋. 2001. 南盘江盆地构造演化与油气保存区划分[J]. 天然气工业, 21(1): 18-23.
- 刘显凡, 金景福, 倪师军. 1996. 滇黔桂微细浸染型金矿深部物源的稀土元素证据[J]. 成都理工学院学报, 23(4): 25-30.
- 刘远辉. 2005. 贵州西南部贞丰背斜金(锑)成矿分析与预测[J]. 贵州地质, 22(1): 1-8.
- 吕庆田, 侯增谦, 史大年. 2004. 铜陵狮子山金属矿地震反射结果及对区域找矿的意义[J]. 矿床地质, 23(3): 383-389.
- 麻建民, 侯明才, 陈洪德, 田景春, 覃建雄, 王成善. 2005. 晚古生代右江盆地古岩溶作用研究[J]. 沉积与特提斯地质, 25(1-2): 203-209.
- 马力, 陈焕疆, 甘克文, 徐克定, 许效松, 吴根耀, 叶舟, 梁兴, 吴少华, 邱蕴玉, 张平澜, 葛凡凡. 2004. 中国南方大地构造和海相油气地质[M]. 北京: 地质出版社. 195-207.
- 马永生, 胡煜昭, 张汉荣, 付孝锐. 2003. 中央造山系南缘逆冲推覆带油气勘探潜力分析[J]. 南方油气(4): 15-21.
- 毛建全, 杜定全, 潘年勋, 余大龙. 1990. 滑脱构造与黔西南地区金矿浅析[J]. 贵州工学院学报, 19(3): 44-49.
- 牟传龙, 吴应林. 1990. 南盘江盆地中三叠统浊积岩及其物源和大地构造背景[J]. 成都地质学院学报, 17(4): 90-96.
- 秦建华, 吴应林, 颜仰基. 1996. 南盘江盆地海西-印支期沉积构造特征[J]. 地质学报, 70(2): 99-107.
- 陶平, 李沛刚, 李克庆. 2002. 贵州泥堡金矿区矿床构造及其与成矿的关系[J]. 贵州地质, 19(4): 221-227.
- 陶平, 杜芳应, 杜昌乾, 马荣. 2005. 黔西南凝灰岩中金矿控矿因素概述[J]. 地质与勘探, 41(2): 12-17.
- 王成善, 戴紫根, 刘志飞, 朱利东, 李亚林, 贾国东. 2009. 西藏高原与喜马拉雅的隆升历史和研究方法: 回顾与进展[J]. 地学前缘, 16(3): 1-30.
- 王二七, Berchfiel B C, 季建清. 2001. 东喜马拉雅构造结新生代地壳短量的估算及其地质依据[J]. 中国科学(D辑), 31(1): 1-9.
- 王立全, 牟传龙. 1998. 层序界面多重性控矿机制分析[J]. 特提斯地质, 22(22): 57-67.
- 王立亭, 陆彦邦, 赵时久. 1994. 中国南方二叠纪岩相古地理与成矿作用[M]. 北京: 地质出版社. 1-138.
- 王视耕, 索书田, 张发明, 等. 1994. 黔西南构造与卡林型金矿[M]. 北京: 地质出版社. 76-84.
- 吴根耀. 2001. 滇桂交界区印支期前陆褶皱冲断带[J]. 地质科学, 36(1): 64-71.
- 吴应林, 牟传龙, 秦建华, 罗崇迅, 朱忠发, 谭钦银. 1990. 扬子板块东南边缘海西—印支期边缘前陆盆地演化及南方大地构造问题[J]. 岩相古地理, 2: 8-15.
- 夏文臣, 周杰, 雷建喜, 张年茂, 彭阳. 1995. 滇黔桂晚海西—中印支伸展裂谷海盆地的演化[J]. 地质学报, 69(2): 97-112.
- 夏勇, 张瑜, 苏文超, 陶琰, 张兴春, 刘建中, 邓一明. 2009. 黔西南水银洞层控超大型卡林型金矿床成矿模式及成矿预测研究[J]. 地质学报, 83(10): 1473-1482.
- 杨科伍. 1992. 戈塘式金矿床之成因及找矿远景初探[J]. 贵州地质, 33(4): 300-306.
- 章正军, 丁俊, 赵民. 1997. 南盘江地区三叠纪板块背景探讨[J]. 云南地质, 16(3): 211-221.
- 赵孟军, 张水昌, 赵陵, 赵培初, 达江. 2007. 南盘江盆地古油藏沥青、天然气的地球化学特征及成因[J]. 中国科学(D辑), 37(2): 167-177.
- 中国科学院地质研究所岩溶研究组. 1979. 中国岩溶研究[M]. 北京: 科学出版社. 285页.
- 朱赖民, 金景福, 何明友, 胡瑞忠. 1997. 初论黔西南微细浸染型金矿床深源流体成矿[J]. 矿物岩石地球化学通报, 16(3): 174-177.
- 祝新友, 王京彬, 刘增仁, 方同辉. 2010. 新疆乌拉根铅锌矿床地质特征与成因[J]. 地质学报, 84(5): 694-702.