西南三江成矿带中南段金属矿床成矿规律与若干问题探讨

王安建[1)], 曹殿华[1)], 管烨[2)], 刘俊来[3)], 李文昌[4)]
1) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037;
2) 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037;
3) 中国地质大学(北京), 北京, 100083;
4) 云南省地质调查局, 昆明, 650051

内容提要: 三江中南段地区地质构造演化复杂, 古特提斯演化过程和陆内汇聚造山过程均伴随大规模的成矿作用, 但是其涉及的空间范围不同, 统一进行成矿带划分不能清晰地反映区域成矿规律。本次工作按前寒武纪、古特提斯阶段和陆内造山阶段进行了成矿带划分, 提出了新的划分方案。系统提出了经过三江中南段地区至东南亚的5条展布千余千米长的大型成矿带: 大理-哀牢山Cu、Ni、PGE成矿带, 兰坪-思茅盆地铅锌、银铜钴、汞锑多金属成矿带, 金沙江-哀牢山铜金矿带, 东南亚锡矿带西带和中带。在此基础上探讨了成矿带中存在的若干地质问题。

关键词: 西南三江; 成矿带; 成矿规律; 古特提斯; 造山带

三江成矿带位于特提斯构造域的东段, 冈瓦纳大陆与劳亚大陆的结合部位, 经历晚古生代—中生代特提斯(Tethys)构造演化和新生代大陆碰撞造山的叠加转换, 发生多幕式的大规模成矿作用和巨量规模的金属工业聚积。本文围绕三江成矿带中南段(云南段)的成矿规律与找矿评价问题, 基于构造旋回进行成矿带的划分, 并讨论了每个成矿带的成矿规律及存在的关键地质问题。

1 区域地质背景

依据区内主要构造旋回, 对该区地质特征进行概括介绍。

1.1 前寒武纪基底

研究区前寒武纪基底岩系可分为扬子型和冈瓦纳型基底, 它们的分界线为昌宁-孟连缝合线(钟大赉等, 1998)。扬子型基底主要形成于中元古代的活动大陆边缘, 出露于思茅红盆的周围, 主要包括哀牢山群、大勐龙群、崇山群和原澜沧群的惠民组。思茅红盆的基底很可能属于扬子地块, 而点苍山群和石鼓群可能形成于扬子地块上的裂谷环境。属于冈瓦纳型基底的岩石单位仅有高黎贡群, 保山地块与缅泰马地块之间未曾被洋盆分隔开过。

1.2 早古生代

区内早古生代地层出露较少, 主要集中于保山、潞西、大理及南部的金平、绿春等地区, 研究程度不高。扬子区基本为陆源碎屑浊流沉积及碳酸盐沉积, 缺少火山岩及火山碎屑, 显示了被动大陆边缘沉积组合特征。昌宁孟连带以西早古生代大陆边缘沉积以西盟-勐统群为代表, 其大陆边缘的性质尚待进一步研究(钟大赉等, 1998)。

1.3 古特提斯阶段

滇西古特提斯阶段(泥盆纪至三叠纪)地层发育完整, 沉积类型多样。区内该阶段存在结构复杂的构造古地理面貌, 与现在的西南太平洋颇可类比(刘本培等, 1991, 1993; Zhong and Wang, 1991; 钟大赉等, 1993, 1998)。昌宁-孟连洋对于两侧的沉积地质记录具有最显著的分割性, 可代表古特提斯的主支洋盆, 反映了当时全球构造格局中各自具有复杂大

注: 本文为国家科技攻关计划课题(编号 2001BA609A-05, 2003BA612A-05)、国家"973"项目(编号 2002CB412607)、国家科技支撑计划课题(编号 2006BAB01A07, 2006BAB01B05)、地质调查项目(编号 121201066307)、中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(编号 K2007-1-1)资助的成果。
收稿日期: 2009-09-22; 改回日期: 2009-10-08; 责任编辑: 周健。
作者简介: 王安建, 男, 1953年生。教授, 博士生导师, 长期从事区域成矿学与矿产资源评价研究。通讯地址: 100037, 北京市西城区百万庄大街26号, 中国地质科学院矿产资源研究所; 电话: 010—68999066; Email: ajwang@cags.net.cn。
© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

陆边缘的冈瓦纳和劳亚两大板块之间的界线(Liu et al., 1989; 刘本培等, 1991, 1993; Zhong and Wang, 1991; 钟大赉等, 1993, 1998)。金沙江洋盆、墨江洋盆可视作扬子微大陆西缘拉伸裂离形成的分支洋盆(钟大赉等, 1998)。

钟大赉等(1998)和 Metcalfe(2006)基于地层事件和古生物化石建立了古特提斯造山带构造演化模型。Jian 等(2009)基于大量锆石 SHRIMP 测年结果对滇西古特提斯构造演化进行了限定: 大约 400 Ma 思茅地块从扬子克拉通裂解; 387~ 374 Ma 墨江洋盆扩张, 形成哀牢山蛇绿混杂岩带; 346~ 341 Ma 金沙江洋张开, 形成金沙江蛇绿混杂岩带。但是昌宁-孟连洋的演化时代存在较大的争议, 需作进一步的研究工作。

1.4 陆内造山阶段

印支运动后, 研究区进入陆内发展阶段, 金沙江哀牢山以西的滇西绝大部分纳入了基墨利地块的范围而卷入了新特提斯的叠加变形(罗君烈, 1990)。除中侏罗世于贡山—腾冲区曾发生短暂的海侵外, 兰坪—思茅地区形成巨厚的红层盆地, 中甸地区一直未接受侏罗纪—白垩纪的沉积而处于隆起剥蚀状态。中始新世末, 大型的兰坪-思茅盆地不复存在, 上新统和渐新统是一套巨厚的磨拉石建造, 为快速的山麓堆积, 与下伏和上覆地层呈角度不整合接触, 反映了强烈活动的构造环境。中新世早、中期, 山间沉积小盆地星罗棋布, 以灰、深灰色含煤的湖沼相砂、泥岩沉积为主, 最厚达 2000 m, 至中中新世沉积厚度变小, 反映了夷平的过程, 构造活动相对平静。区内上中新统与下上新统普遍缺失, 在中新世晚期-早上新世初, 已达到准平原化(何科昭等, 1993)。早上新世末, 又有新的断陷盆地形成, 晚上新世发育了一套以湖沼相为主的泥岩沉积, 中晚期腾冲、凤庆、普洱、墨江等地有基性、中基性火山喷发活动。晚上新世是地壳强烈抬升的时期。

区内新生代发育两期高钾岩浆活动(Wang et al., 2001; 王江海等, 2002), 40~ 28 Ma 高钾岩石沿主走滑断裂金沙江-红河断裂断续分布, 是在转换压缩过程中发生的; 晚期(17 Ma 左右)高钾岩石广泛分布于裂谷盆地中, 它与青藏和东亚地区出现的东西向伸展有关。

地壳块体的旋转是藏东地区新生代地壳演化的重要特点。两阶段地块旋转演化的机制, 合理解释了藏东地区的新生代构造格局。第一阶段, 从大约 40 Ma 开始印支地块有一次快速的大规模顺时针旋转。第二阶段(33~ 17 Ma), 地块差异旋转与变质核杂岩的剥露同时发生(Lee et al., 1995; Huang et al., 1993; Chen el al., 1995), 差异旋转导致地块的伸展, 且使其失去完整性, 并致使东南亚变质核杂岩的剥露(刘俊来等, 2007)。

2 成矿带的划分

对三江地区大地构造认识尽管存在较多的不同意见, 但对构造分区的划分界线大体一致(任纪舜等, 1999; 陈炳蔚等, 1987; 罗君烈, 1990; 莫宣学等, 1993; 刘增乾等, 1993; 程裕淇, 1994), 对应的成矿带划分边界与构造单元的边界基本相同(郭文魁, 1986; 罗君烈, 1990; 刘增乾等, 1993; 陈毓川等, 1999, 2007; 徐志刚等, 2008)。三江中南段地区地质构造演化复杂, 古特提斯演化过程和陆内造山过程均伴随大规模的成矿作用, 虽有一定程度的叠加, 但是其涉及的空间范围不尽相同, 统一进行成矿带划分不能清晰反映区域成矿规律。本次工作按前寒武纪、古特提斯阶段、陆内造山阶段 3 个阶段进行了成矿带划分, 因为前寒武纪成矿规模较小, 本文只简单介绍。

3 成矿带的基本特点及问题讨论

受篇幅限制, 本文的叙述不能面面俱到, 故选择区内成矿规模大、有重要找矿前景或研究较薄弱的成矿带进行成矿规律总结分析, 查找影响地质找矿的关键地质问题。

3.1 前寒武纪

目前只发现赋存在澜沧群变质岩系中的惠民式铁矿, 这套变质岩系南北长约 70 km, 其中分布有惠民、仓房、大小南坡、磨刀河、西定等铁矿床(点)。矿床与火山活动关系密切, 铁矿的形成多发生在火山作用的间歇期(李永森等, 1986)。

3.2 古特提斯阶段

划分了与古特提斯洋的演化和峨眉山地幔柱有关的 4 个成矿带(图 1)。

3.2.1 中甸铜金多金属成矿带

近年来, 较为精确的年代学研究表明中甸弧钙碱性斑(玢)岩体的侵位时代为 228~ 215 Ma 左右(曾普胜等, 2003, 2006; 林清茶等, 2006; 张兴春等, 2007), 在空间上可分成东西 2 个岩带(云南省地质矿产局, 1990), 与三叠纪火山岩相伴随, 侵入的最高层位为上三叠统。目前已发现普朗、雪鸡坪、松诺、烂泥塘、春都等斑岩铜矿和浪都矽卡岩矿床。红山和红牛矽卡岩矿床的成矿时代目前仍不确定。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

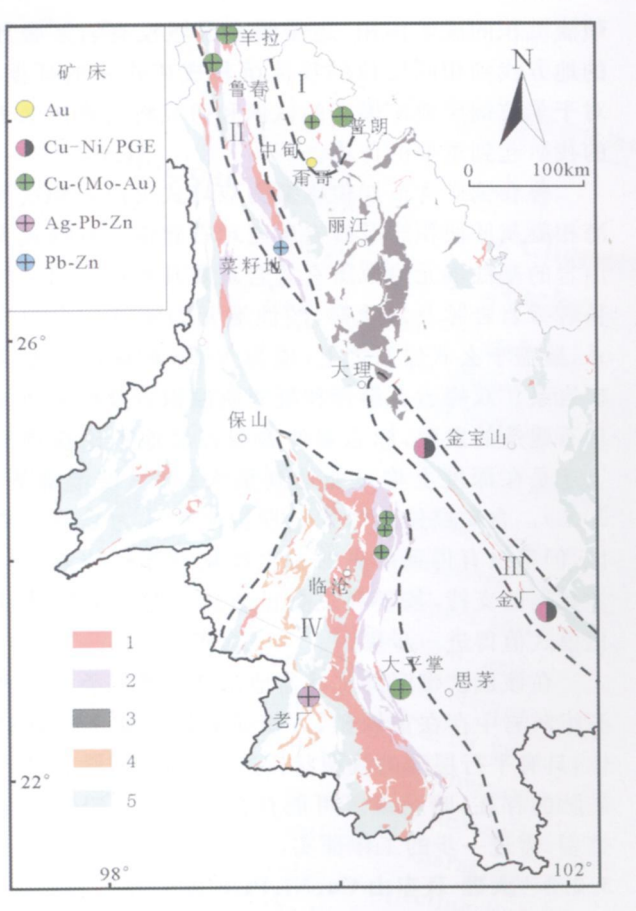

图 1　西南三江中南段古特提斯阶段成矿带划分

Fig. 1　Paleo-tethys metallogenic belts of southern Three Rivers region

1—三叠纪侵入岩; 2—三叠纪火山岩; 3—峨眉山玄武岩; 4—石炭纪火山岩; 5—前寒武纪基底; 成矿带: Ⅰ—中甸铜金多金属成矿带; Ⅱ—羊拉-鲁春多金属成矿带; Ⅲ—大理-哀牢山 Cu、Ni、PGE 成矿带; Ⅳ—昌宁-孟连铜银铅锌成矿带

1—Triassic intrusions; 2—Triassic volcanics; 3—Emeishan basalt; 4—Carboniferous volcanics; 5—Precambrian basement; Metallogenic belts: Ⅰ—Zhongdian Cu-Au polymetallic belt; Ⅱ—Yangla-Luchun polymetallic belt; Ⅲ—Dali-Ailaoshan Cu、Ni、PGE belt; Ⅳ—Changning-Menglian Cu-Ag-Pb-Zn belt

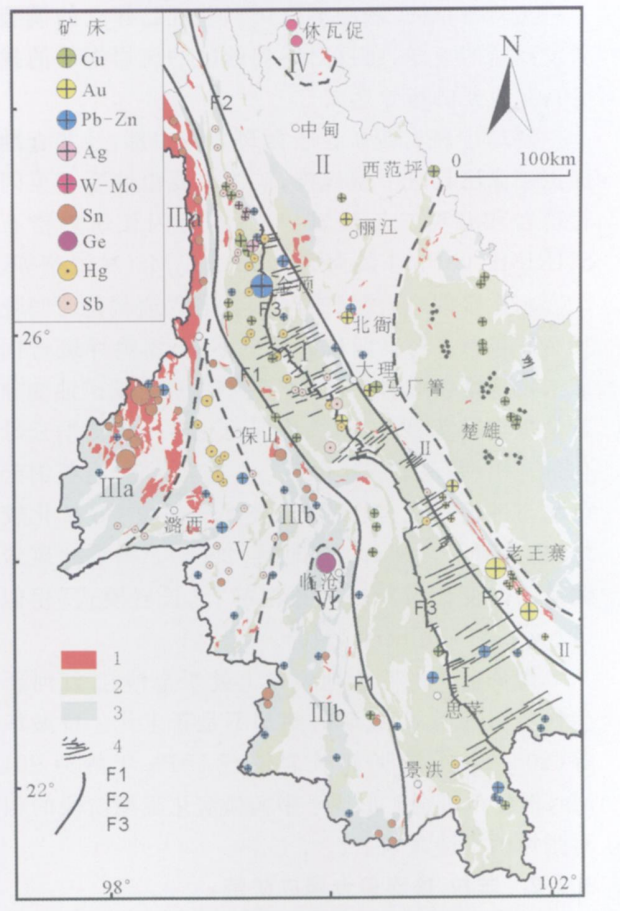

图 2　西南三江中南段陆内造山阶段成矿带划分

Fig. 2　Metallogenic belts of south Three Rivers region at the intracontinental orogenic stage

1—K—E 花岗岩; 2—红层盆地; 3—前寒武纪基底; 4—东西向构造带; F1—澜沧江断裂带; F2—红河-金沙江断裂带; F3—中轴断裂带; 成矿带: Ⅰ—兰坪-思茅铅锌、银铜钴、汞锑多金属成矿带; Ⅱ—金沙江-哀牢山铜金矿带; Ⅲa—腾冲锡矿带; Ⅲb—澜沧江锡矿带; Ⅳ—中甸钨钼铜矿带; Ⅴ—保山铅锌、汞锑成矿带; Ⅵ—临沧锗成矿带

1—K—E granites; 2—Red bed basin; 3—Precambrian basement; 4—EW trending tectonic belts; F1—Lancangjiang fault zone; F2—Honghe Jinshajiang fault zone; F3—Zhongzhou fault zone; Metallogenic belts: Ⅰ—Lanping-Simao Pb-Zn、Ag-Cu-Co、Hg-Sb belt; Ⅱ—Jinshajiang-Ailaoshan Cu、Au belt; Ⅲa—Tengchong Sn belt; Ⅲb—Lancangjiang Sn belt; Ⅳ—Zhongdian W-Mo belt; Ⅴ—Baoshan Pb-Zn、Hg-Sb belt; Ⅵ—Lincang Ge belt

普朗斑岩铜矿无矿化石英闪长玢岩和含矿二长斑岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄分别为 228 ±3 Ma 和 226.3 ±2.8 Ma(张兴春等, 2007)。含矿黑云石英二长斑岩的钾硅酸盐化形成的黑云母的 ^{40}Ar-^{39}Ar 坪年龄为 214.58 Ma 和 216 Ma(曾普胜等, 2006), 辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 213~ 219 Ma(曾普胜等, 2006), 两者比较接近。普朗斑岩铜矿缺少典型的绢英岩化带(或千枚岩化带), 铜矿化主要赋存在钾化带中, 与经典的斑岩铜矿"二长岩"蚀变分带模式不同, 类似于"闪长岩"分带模式(曹殿华等, 2009)。

普朗斑岩铜矿存在大量的镁铁质微粒包体, 混合结构(mingling texture)和淬冷结晶特征的存在说明斑岩铜矿成矿作用发生时伴随岩浆混合作用, 主量元素和微量元素特征也显示了包体和寄主岩具有成分上的交换(曹殿华等, 2009)。普朗斑岩铜矿成为研究岩浆混合作用对斑岩铜矿是否存在贡献的

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

天然实验室,对其解剖不仅可以验证已建立的模型和发现新的规律,而且对中甸地区的斑岩铜矿的找矿具有重要的指导意义。

雪鸡坪斑岩铜矿位于西斑岩带中部,经普查勘探该矿床已具有中型规模,矿体主要由蚀变石英闪长玢岩和石英二长斑岩构成,石英闪长玢岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 215.3±2.3 Ma(林清茶等,2006),比普朗斑岩铜矿的石英闪长玢岩侵位时间晚 13 Ma 左右。与普朗斑岩铜矿不同,雪鸡坪斑岩铜矿未发现镁铁质岩浆包体。雪鸡坪斑岩铜矿蚀变分带从内向外为钾长石化、黑云母化带—石英绢云母化带—伊利石、碳酸盐化带—青磐岩化带,石英绢云母化与钾长石化、黑云母化叠加的部位 Cu 矿化较好(杨岳清等,2002;黄崇珂等,2001)。雪鸡坪斑岩铜矿的蚀变分带特征与典型的"二长岩模式"相似(Lowell 和 Guilbert,1970)。

甭哥金矿虽然地理位置上处于金沙江-红河新生代剪切带上,但成矿时间却不是新生代。曹殿华等(2007)测定甭哥正长岩锆石 U-Pb 年龄为 201 Ma,指出甭哥金矿形成于中甸弧演化晚期阶段的相对张性的构造背景下。

3.2.2 羊拉-鲁春多金属成矿带

该带主要包含两个成矿类型:一是与岛弧钙碱性岩浆活动有关的斑岩-矽卡岩矿床,典型矿床为羊拉大型铜矿;二是火山成因块状硫化物(VMS)矿床,典型矿床为鲁春铜铅锌矿床。

羊拉铜矿点于上世纪 60 年代寻找铬铁矿时由云南地质矿产局发现。80 和 90 年代初,曾以云南省扶贫项目开展勘探工作,初步控制后,认为矿点属矽卡岩型矿化,具有较大的资源潜力。1995 年开始,羊拉被列入"三江特别找矿计划"的重点勘查项目,同时安排了相应的科技攻关课题研究,并提出了海底喷流沉积成矿认识。后经进一步调查评价发现:矿体大多围绕花岗岩体分布,矿石以矽卡岩型为主,花岗闪长岩体中多处见蚀变和铜矿化等,2003 年羊拉铜矿提交铜资源量 123×10^4 t,普遍认为是斑岩-矽卡岩型矿床,随即按斑岩-矽卡岩型开展寻找斑岩铜矿工作。然而,在斑岩体内对蚀变岩中铜矿体实施钻探揭露后,并未见到大的斑岩铜矿体。相反如里农一些矿体产于大理岩内变石英杂砂岩、板岩夹层中,稳定延伸达 1860 m,具有明显的层控特征。勘查单位因此提出了矿床是在喷流沉积基础上叠加了岩浆接触交代和后期的构造热液成矿作用,为复合成因的铜多金属矿床。要证明是否存在喷流沉积的成矿作用,还需要在区域没有岩浆叠加的地方找到相同层位的喷流沉积成矿作用的证据。对于羊拉铜矿成矿模式的认识和研究将对该区未来的找矿起到重要的作用。

鲁春铜矿含矿层位主要为双峰式火山岩和次深海相凝灰质浊积岩及砂岩质复理石建造。双峰式火山岩的基性端元为拉斑玄武岩系及其相伴产出的辉长辉绿岩岩脉及岩墙群,酸性端元为流纹质火山岩系,覆盖于玄武岩系之上,成为 VMS 矿床的主要含矿岩系。双峰岩石组合和凝灰质浊积岩及砂泥质复理石建造的发育,标志着伸展裂谷盆地不论在规模上还是在深度上均可能达到最大程度(侯增谦等,2003)。含矿层位的时代长期以来被认为是晚三叠世,但是没有得到可靠的古生物化石和同位素年代学数据的支持,基于晚三叠世所建立起来的构造演化模式值得进一步探讨。

在该成矿带南部兰坪盆地东侧的晚三叠世三合洞组灰岩中存在黄铁矿、方铅矿和闪锌矿的层状矿体,具有平行层理的纹层状构造,下部有网脉状黄铁矿脉的存在,暗示该区可能存在 Sedex 型铅锌矿化类型,需进一步的工作证实。

3.2.3 大理-哀牢山 **Cu、Ni、PGE** 成矿带

该矿带沿金沙江-红河剪切带分布,位于峨眉山大陆溢流玄武岩省的东南缘。从南向北可分为 3 段:北段大理铂钯矿带,分布于大理凤仪至弥渡金宝山一带,目前已发现大型矿床 1 处、中型矿床 1 个,典型矿床为金宝山铂钯矿;中段哀牢山墨江镍钴矿带,已发现大型矿床 1 个,中型矿床 2 个,典型矿床为墨江金厂镍钴矿;南段为金平铜镍成矿带,典型矿床为白马寨铜镍矿床,该带向东南延伸进入越南境内,目前已发现 Ban Phuc 大型铜镍硫化物矿床。

近年来锆石 SHRIMP 年代学研究约束了峨眉山大陆溢流玄武岩的岩浆活动时限为 267~256 Ma(Zhou et al., 2002; Luo et al., 2006; Shellnutt and Zhou, 2007; He et al., 2007)。金宝山超镁铁岩体蛇纹石化橄榄岩及斜长角闪石岩的锆石 SHRIMP 年龄分别为 260.6±3.5 Ma 和 260.7±5.6 Ma,反映金宝山超镁铁岩体的形成年龄在 260 Ma 左右,与峨眉山大火成岩省其他镁铁-超镁铁岩体的 SHRIMP 年龄一致,从年代学上界定了金宝山岩体为峨眉山大火成岩省岩浆活动的产物(陶琰等,2008)。南段金平白马寨铜镍硫化物矿硫化物矿石 Re-Os 同位素等时线年龄为 259±18 Ma(石贵勇等,2006),成矿时代与峨眉大火山岩省主喷发期基本同期。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

哀牢山墨江镍钴矿带分布于蛇绿混杂岩带超基性岩的围岩中, 蛇绿混杂岩带形成时代为 387~ 374 Ma (Jian et al., 2009), 镍矿的成矿时代长期以来争议较大, 应汉龙等(2005) 测定了墨江金厂两类镍矿体中 3 个蚀变铬绢云母的$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年龄, 坪年龄分别为63. 09 ±0. 16 Ma、62. 05 ±0. 14 Ma 和 61. 55 ±0. 23 Ma, 代表镍矿化时间, 镍矿体是海西期形成的金厂超基性岩在新生代初受热液淋滤形成的。本文认为该类矿床的成矿时代仍需进一步的研究, 加之矿化对古生代超基性岩的依赖性, 成矿带划分时暂时将之归到古特提斯成矿阶段。

3. 2. 4　昌宁-孟连铜银铅锌成矿带

长期以来, 昌宁-孟连块状硫化物矿床被认为与昌宁-孟连裂谷-洋盆的演化有密切关系(刘增乾等, 1993), 裂谷发展早期形成了老厂式银多金属矿床, 晚期形成了铜厂街式铜矿床, 都具有火山成因块状硫化物矿床的共同特征, 如由下部网脉状矿与上部层状矿组成的双层结构等等。第四纪红土化作用形成以老厂为代表的红土型银锰矿床。

关于老厂矿区火山岩的时代长期以来一直存在较大的争议(冯庆来等, 1992, 1993; 吴根耀, 1993), 老厂的火山岩可区分为浅海相的早石炭世火山岩和深海相的二叠纪火山岩, 昌宁-孟连带中多金属矿床的出现似乎主要与二叠纪火山岩相关联(方宗杰等, 1999)。昌宁-孟连带火山成因块状硫化物矿床成矿时代和形成的构造背景还需进一步探讨。

大平掌铜矿的成因类型及形成时代曾有较多的争议(钟宏等, 1999; 戴宝章等, 2004), 成矿的地球动力学背景一直没有合理的解释。杨岳清等(2008) 认为大平掌铜矿是一个较典型的、与火山作用有关的“黑矿型”块状硫化物铜多金属矿床, 赋矿围岩 Rb-Sr 等时线年龄为 306 Ma。大平掌矿区细碧岩-石英角斑岩建造为典型的双峰式火山岩组合, 元素和同位素特征显示其形成于岛弧环境(钟宏等, 2004)。

3. 3　陆内造山阶段

该阶段共划分了 6 个成矿带。系统总结了从青藏高原到东南亚的 4 条北北西向展布千余千米长的大型成矿带(图 2): 兰坪-思茅铅锌、银铜钴、汞锑多金属成矿带; 金沙江-哀牢山铜金矿带; 东南亚锡矿带西带(腾冲锡矿带); 东南亚锡矿带中带(澜沧江锡矿带)。

3. 3. 1　兰坪-思茅铅锌、银铜钴、汞锑多金属成矿带

该矿带从北部的昌都盆地经兰坪-思茅盆地延伸至老挝、泰国境内。按成矿元素组合可以分为铅锌矿床、银铜钴矿床、汞锑矿床 3 类矿床。

银铜钴矿床: 主要分布于兰坪-思茅盆地西侧, 典型矿床有白秧坪银铜钴矿床、金满铜钴矿、白羊场铜银矿、厂街铜钴矿等, 成矿年代为 58 ±2 Ma(薛春纪等, 2003; 刘家军等, 2003; 徐晓春等, 2004), 主要形成于地壳快速隆升阶段。在兰坪-思茅盆地范围内, 成矿元素从北向南有 Cu-Ag → Cu-Ag-Co → Cu-Co → Cu 的分布特点。

铅锌矿床: 该带内铅锌矿床没有得到令人信服的同位素年龄, 但成矿作用受逆冲推覆构造系统控制, 区域上第一次较大规模水平运动发生在中始新世与晚始新世之间(37 Ma ±), 因此受逆冲推覆构造系统控制铅锌矿床应该晚于 37 Ma。

金顶超大型铅锌矿床是新生代陆陆碰撞造山背景下, 在晚始新世至渐新世区域挤压推覆转变为区域拉张伸展构造环境转换时期, 幔源岩浆和热流驱动盆山转换前被封闭在裂谷或前陆盆地深部富含油气、膏盐和金属的流体, 沿着造山带两组伸展构造交汇部位上升(图 2), 在构造圈闭环境下通过角砾岩侵位—流砂底辟—流体排泄—金属淀积的产物(王安建等, 2009)。

汞锑矿床: 矿床以热液型为主, 可形成汞矿、汞锑矿床或锑矿, 经常与铜、铅、锌形成共伴生矿床, 其中锑矿的矿床规模较大, 如云南笔架山锑矿床、石崖村锑矿床, 矿床规模可达中型。关于汞锑矿化的成矿时代和构造背景还需进一步研究。

3. 3. 2　金沙江-哀牢山铜金成矿带

对于印度与欧亚板块的侧向碰撞带, 走滑断裂构造是三江地区最为特色的构造型式(Tapponnier et al., 1986, 1990; 钟大赉等, 1989, 1990; 张连生等, 1991, 1996; Leloup et al., 1995; 刘俊来等, 2006, 2007)。区域走滑构造有两种不同的表现, 即相对较早阶段的下地壳韧性走滑剪切带和较晚阶段中上地区层次的脆性走滑断裂构造。区域岩浆活动与区域构造事件的发生具有密切的时空联系, 区域性递进收缩事件与左行走滑事件发生于碰撞过程的早期阶段, 并伴随着早期高钾岩浆活动。多阶段收缩造山作用、走滑作用、伸展作用与岩浆活动性直接受区域岩石圈板块与地块旋转过程中印度洋岩石圈板块的正向与斜向俯冲、俯冲大洋板块的回退等因素所制约(刘俊来等, 2006)。

目前大量的同位素年代学研究结果显示, 沿金沙江-红河剪切带分布的富碱(高钾) 岩体从超基性至酸性基本是同时形成的, 芒康以北形成时代在 41

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

~ 37 Ma 之间, 以南形成时代在 35 ±2.5 Ma 之间。暗示板块构造与走滑断裂及富碱(高钾)岩浆活动有紧密内在联系(毛景文等, 2006), 与之相关的铜金矿床可以按成因划分为金沙江-哀牢山斑岩铜钼金矿带和哀牢山金矿带两个次级成矿带。

金沙江-哀牢山斑岩铜钼金成矿带: 该带是我国重要的斑岩型铜钼(金)成矿带, 成矿与新生代富碱酸性斑岩(二长花岗质的、石英二长质的斑岩)关系密切, 辉钼矿 Re-Os 的测试结果显示成矿与成岩的时间间隔很短, 玉龙矿区含矿斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 41 Ma(郭利果等, 2006), 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 40.1 ±1.8 Ma(Hou et al., 2003; 曾普胜等, 2006), 马厂箐矿床含矿斑岩锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为 35.0 Ma(梁华英等, 2004), 辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 33.9 Ma(王登红等, 2004)、35.8 Ma(曾普胜等, 2006), 西范坪矿床辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 32.1 ±1.6 Ma(曾普胜等, 2006)。

沿剪切带向南表现出铜钼逐渐减少, 金逐渐增多的趋势, 即 Cu-Mo → Cu-(Mo) Au → Au-Cu(Mo), Au(Ag-Pb-Zn) → Au。一般而言, 富碱酸性斑岩(二长花岗岩、石英二长斑岩)与 Cu-Mo 和 Cu-Au 矿化关系密切, 而富钾碱性深成岩(石英正长岩)主要产出金矿化。北部玉龙矿带主要形成与早期(41~ 37 Ma)富碱酸性斑岩有关的斑岩型 Cu-Mo 矿床。中部丽江—大理一带为过渡带, 表现为深成富钾碱性深成岩与富碱酸性斑岩的相继侵入, 伴随着金与 Cu-Mo 的成矿作用, 形成北衙金矿床、西范坪 Cu-Au 矿床、姚安 Au(Ag-Pb-Zn)矿床、马厂箐 Au-Cu-Mo 矿床。南部的哀牢山剪切带主要表现为与富钾碱性深成岩(石英正长岩)有关的金矿成矿作用, 形成长安、小水井、姚安、哈播等金矿, 在利于金矿成矿的韧性剪切带内形成了哀牢山金矿带(见下文)。

哀牢山金成矿带: 哀牢山金矿带发育于沿金沙江-红河剪切带南段哀牢山左行走滑韧性剪切带内, 伴随着富钾碱性深成岩(正长岩等)和煌斑岩的侵入, 发生大规模的金矿成矿作用, 成为三江地区最重要的金矿矿集区。目前已发现老王寨、冬瓜林、金厂和大坪 4 个大型金矿、8 个中型金矿和许多小型金矿, 累积储量已达 150 t(李兴振等, 1999)。韧性剪切带为金矿成矿的有利场所, 并非直接来源(刘增乾等, 1993), 富钾碱性深成岩(正长岩等)提供了成矿物质。煌斑岩与富钾碱性深成岩和金矿密切共生, 在金矿化过程中不具有提供大量成矿物质和成矿流体的潜力, 但伴随煌斑岩岩浆活动过程中的地幔去气作用和岩浆去气作用形成的流体为成矿流体的重要来源, 并且在含金流体成矿过程中起到"地球化学障的作用"(毛景文等, 2006)。

3.3.3 东南亚锡成矿带

区内分布腾冲锡矿带和澜沧江锡矿带两条大锡成矿带, 分别对应东南亚锡矿带的西带和中带。

腾冲锡成矿带: 腾冲锡矿带分布于怒江以西, 从贡山到腾冲、梁河, 向南与东南亚锡矿带的西带相连。腾冲地区包括 3 条不同时代、不同成因类型、时空相依、平行分布的花岗岩带, 自东而西依次为早白垩世—晚侏罗世东河花岗岩带、晚白垩世古永花岗岩带和古近纪槟榔江花岗岩带, 与其相应的锡多金属矿床分布广泛, 类型较多。毛景文(1988)总结了该区锡矿的成矿规律, 从二长或(和)碱性长石花岗岩结晶晚期到岩浆期后, 矿化蚀变产出序次为: 矽卡岩型锡矿化阶段—钾长石化阶段—钠长石稀有金属矿化阶段—云英岩型锡矿化阶段—石英萤石阶段—碳酸盐化阶段。矿化作用在空间上的分带性表现为, 在二长或(和)碱性长石花岗岩岩隆部位向外有钠长石稀有锡-钨矿化 → 云英岩型锡矿化 → 矽卡岩型铁-锡矿化 → 脉状氟-锡矿化。

澜沧江锡成矿带: 澜沧江锡矿带沿澜沧江西侧呈线性展布, 从类乌齐、云龙、昌宁到西盟、景洪, 向南与东南亚锡矿带的中带相连。主要位于澜沧江西部地带及波密-采玉深断裂东部地区, 地层主要有新元古代变质岩系及古生代火山碎屑岩、碳酸盐岩, 主要锡矿化与富含电气石的花岗岩密切相伴。锡矿床以富含电气石为特征, 主要锡矿床有铁厂、嫫坝地、西盟, 矿床类型为电气石脉型。该矿带成矿时代有较大争议, 主要有燕山晚期—喜马拉雅早期(徐志刚等, 2008)和印支期(施林等, 1989)两种认识。云龙铁厂锡矿是唯一赋存于混合岩中的锡矿, 混合岩全岩 Rb-Sr 等时线年龄 473 ±23 Ma, 电气石和锡石的微量和稀土元素具有混合岩化热液的特征(Yu et al., 2003; Jiang et al., 2004)。该成矿带还要进行大量的工作。

3.3.4 中甸钨钼铜成矿带

该矿带位于滇西北中甸弧东北部, 出露燕山期休瓦促和热林两个二长花岗岩岩体, 辉钼矿 Re-Os 年龄分别为 83 Ma 和 81.2 Ma(李建康等, 2007)。红山矽卡岩型铜矿体下部花岗斑岩中石英脉型钼矿体的辉钼矿 Re-Os 等时线年龄为 77 Ma(徐兴旺等, 2006), 矽卡岩型铜矿体中黄铁矿的 Re-Os 等时线年龄为 75 ±18 Ma(李建康等, 2007), 反映了红山铜

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

钼矿床形成于燕山晚期。在时空分布上, 休瓦促→热林→红山 3 矿床具有成矿年代相近、空间等距、矿种由高温组合向低温组合变化、矿化类型相似、成矿母岩体就位深度递增等特点(李建康等, 2007) 。矽卡岩型铜矿体中的黄铁矿的 Re-Os 测试结果不理想, 矽卡岩型铜矿体的成矿时代需进一步的工作验证, 最近在红山铜矿床附近发现了规模较大的红牛矽卡岩型铜矿, 该区有较大的找矿前景。

3. 3. 5　保山铅锌、汞锑成矿带

赋于区内各个碳酸盐岩层位中的热液型 Pb-Zn 矿床, 可能成矿于晚白垩世—古近纪(徐志刚等, 2008) 。

汞锑矿床赋矿地层以下泥盆统为主, 其次为石炭系—二叠系。容矿岩石常为碎屑岩。在矿区及其外围常有岩体出露。矿床以热液型为主, 并且汞矿化比较发育, 常成独立矿床, 如保山的官山汞矿床、金家山汞矿床, 矿床规模多为中、小型。其形成时代可能为晚白垩世—古近纪, 对应的构造背景还需进一步研究。

3. 3. 6　临沧锗成矿带

云南临沧锗矿床位于滇西临沧县境内以富锗的印支期复式花岗岩基为基底的帮卖陆相含煤碎屑岩盆地的西缘。锗矿床赋存于该盆地中新世帮卖组含煤层系中, 探明储量已达到超大型规模, 是国内外罕见的以锗为主的褐煤型铀锗矿床。临沧锗矿床是我国近年发现的具有独立开采价值、且接近超大型矿床规模的锗矿床(胡瑞忠等, 1996) 。矿体中的锗主要以有机配合物的形式存在(张淑苓等, 1988; 庄汉平等, 1998) , 临沧锗矿床含锗煤的特征以及锗在煤中的分布及存在形式与世界上其他地区的含锗煤基本相似(胡瑞忠等, 1996) 。临沧锗矿床煤中锗的来源与盆地西缘的二云母花岗岩有关, 但对锗进入成煤盆地的方式争论较大, 可以概括为成煤植物吸收(张淑苓等, 1988) 、花岗岩风化带入(卢家烂等, 2000) 和热水活动带入(胡瑞忠等, 1996; 戚华文等, 2003) 3 种观点, 临沧锗矿床煤中锗可能主要由与煤层形成近同时的、以热水成因硅质岩为标志的热水活动带入成煤盆地(戚华文等, 2003) 。

临沧锗矿床中的锗无论在纵向还是横向上都非均匀分布, 具有工业意义的锗基本上都集中在靠近盆地基底第 1 含煤段($N_1 b^2$) 的煤层中, 临沧锗矿床是铀锗共生矿床(张淑苓等, 1987, 1988) 。由于临沧锗矿床赋矿层位稳定, 伴生放射性元素, 因此找矿方向和技术方法都很明确。

4　主要认识

4. 1　成矿分带

三江中南段地区地质构造演化复杂, 古特提斯演化过程和陆内汇聚造山过程均伴随大规模的成矿作用, 但是其涉及的空间范围不同, 统一进行成矿带划分不能清晰反映区域成矿规律。本次工作按前寒武纪、古特提斯阶段、陆内造山阶段 3 个阶段进行了成矿带划分, 提出了新的划分方案, 系统提出了经过三江中南段地区至东南亚的 5 条展布千余千米长的大型成矿带:

(1) 大理-哀牢山 Cu、Ni、PGE 成矿带。

(2) 兰坪-思茅盆地铅锌、银铜钴、汞锑多金属成矿带。

(3) 金沙江-哀牢山铜金矿带。

(4) 东南亚锡矿带西带和中带。

受后期构造叠加改造影响, 古特提斯阶段的成矿带出露范围相对集中, 但成矿的强度很大, 均与大洋扩张与闭合不同阶段伴随的岩浆活动有关, 形成昌宁-孟连铜银铅锌成矿带、羊拉-鲁春多金属成矿带与中甸铜金多金属成矿带。

4. 2　成矿规律

根据成矿带的划分和各成矿带中的成矿事件, 我们可以总结研究区主要矿床形成的时间序列:

前寒武纪阶段:

新元古代: 与火山活动有关的铁矿床, 典型矿床为惠民铁矿。

古特提斯阶段:

早石炭世: 裂谷环境中的火山块状硫化物矿床, 如老厂银多金属矿床。

晚石炭世: 岛弧环境中“黑矿型”块状硫化物矿床, 如大平掌铜矿。

晚二叠世: 与峨眉山大火成岩省镁铁—超镁铁质岩浆活动有关的 Cu、Ni、PGE 矿床, 如金宝山铂钯矿、白马寨铜镍矿床, 而墨江金厂镍矿可能形成于该阶段。

早三叠世: 伸展裂谷盆地内火山块状硫化物矿床, 如鲁春铜矿。

晚三叠世: 与岛弧钙碱性岩浆活动有关的斑岩铜矿、斑岩-矽卡岩铜多金属矿矿床, 典型矿床为羊拉大型铜矿、普朗斑岩铜矿。

晚三叠世末: 大陆弧演化晚期阶段的相对张性的构造背景下碱性岩型金矿, 如甭哥金矿。

陆内造山阶段:

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

晚白垩世(83~ 75 Ma): 与碰撞造山环境花岗岩有关的钨钼矿床, 形成中甸钨钼成矿带。

晚白垩世末—始新世: 与岛弧环境花岗岩有关的锡多金属矿床, 形成腾冲锡成矿带和澜沧江锡成矿带; 该期在保山地块还形成大面积分布的铅锌、汞锑矿床。

古新世(58 Ma 左右): 地壳快速隆升阶段红层盆地中的脉状银铜钴矿床, 如白秧坪银铜钴矿床、金满铜钴矿、白羊场铜银矿、厂街铜钴矿等。

35 Ma 左右: 走滑剪切构造带中与富碱酸性斑岩(二长花岗质的、石英二长质的斑岩) 活动有关的斑岩型铜钼(金) 矿床和与富钾碱性深成岩(石英正长岩) 有关的金矿床, 形成金沙江-哀牢山斑岩铜钼金成矿带, 伴随着富钾碱性深成岩(正长岩等) 和煌斑岩的侵入在韧性剪切带环境中形成剪切带型金矿, 形成哀牢山金成矿带。

始新世后: 区域挤压推覆转变为区域拉张伸展构造环境转换时期, 赋存于推覆构造系统中的铅锌矿床, 形成兰坪思茅铅锌成矿带

中新世: 以富锗的印支期复式花岗岩基为基底的陆相含煤碎屑岩盆地中的锗矿床, 形成临沧锗成矿带。

4.3 若干问题

(1) 成矿时代: 近年来, 新的同位素分析测试方法的应用在研究区得到了大量更加可靠的成岩成矿年龄, 重新限定了构造演化过程和区域成矿规律。但是研究区内火山岩或沉积岩容矿的金属矿床的成矿时代与构造背景一直存在较大的争议。火山块状硫化物矿床老厂银多金属矿、大平掌铜矿和鲁春铜矿的含矿火山岩的形成时代争议较大, 沉积岩容矿的铅锌矿床和汞锑矿床的成矿时代也一直没有得到直接的证据。许多与岩浆侵入有关的金属矿床如中甸红山铜多金属矿、中甸麻花坪钨铍矿、墨江金厂镍钴矿、澜沧江锡矿带内锡矿床的成矿时代仍不清楚, 制约着该类型的矿床的成矿理论研究与找矿评价工作。

(2) 矿床成因: 研究区矿床类型多、规模大, 提供了许多研究矿床成矿理论的天然实验室。普朗斑岩铜矿存在大量的镁铁质微粒包体, 基性岩浆的注入对普朗斑岩铜矿的成矿作用是否存在贡献? 对于金顶铅锌矿床, 有机质与盐类矿体在成矿过程中的作用, 控制成矿的构造体系仍需进一步研究。羊拉铜矿是否存在喷流沉积的成矿作用是该矿床成因研究中争论的焦点, 要证明是否存在, 需要在区域没有岩浆叠加的地方找到相同层位的喷流沉积成矿作用的证据。

(3) 构造背景: 该区的构造背景方面仍有许多未解决的重大问题, 如峨眉山地幔柱与古特提斯洋演化的关系, 新特提斯洋的演化及与其相关的成矿作用, 印度和欧亚大陆碰撞对该区构造变形与成矿作用的影响等等。

参 考 文 献

曹殿华, 王安建, 修群业, 杨岳清, 李瑞萍. 2007. 中甸地区甫哥正长岩地球化学特征及其地质意义. 地质学报, 81(7): 995~ 1003.

曹殿华, 王安建, 李文昌, 王高尚, 李瑞萍, 李以科. 2009. 普朗斑岩铜矿岩浆混合作用: 岩石学及元素地球化学证据. 地质学报, 83(2): 166~ 175.

陈炳蔚, 王铠元, 刘嘉熹. 1987. 怒江-澜沧江-金沙江地区大地构造. 北京: 地质出版社.

陈毓川, 等. 1999. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价. 北京: 地质出版社.

陈毓川, 等. 2007. 中国成矿体系与区域成矿评价. 北京: 地质出版社.

程裕淇. 1994. 中国区域地质概论. 北京: 地质出版社.

方宗杰, 王玉净, 郭振宇, 周志澄, 廖卓庭, 潘华璋. 1999. 滇西南澜沧县老厂浅水相"老厂组"时代之订正. 地层学杂志, 23(4): 248~ 256.

冯庆来, 刘本培. 1992. 滇西南一些地区的晚古生代放射虫化石及其地层意义. 见: 古大陆边缘沉积地质文集. 武汉: 中国地质大学出版社, 119~ 124.

冯庆来, 刘本培. 1993. 滇西南昌宁—孟连构造带火山岩地层学研究. 现代地质, 7(4): 402~ 408.

郭利果, 刘玉平, 徐伟, 张兴春, 秦克章, 李铁胜, 石玉若. 2006. SHRIMP 锆石年代学对西藏玉龙斑岩铜矿成矿年龄的制约. 岩石学报, 22(4): 1009~ 1016.

郭文魁. 1986. 中国内生金属成矿图说明书. 北京: 地图出版社.

何科昭, 何浩生, 赵崇贺, 帅开业. 1993. 滇西中新生代构造演化. 亚洲的增生. 北京: 地震出版社, 3: 77~ 86.

侯增谦, 韩发, 夏林圻, 等. 2003. 现代与古代海底热水成矿作用. 北京: 地质出版社, 430.

胡瑞忠, 毕献武, 叶造军, 等. 1996. 临沧锗矿床成因初探. 矿物学报, 16(2): 97~ 102.

黄崇珂, 白冶, 朱裕生, 等. 2001. 中国铜矿床(上册). 北京: 地质出版社, 371.

李建康, 李文昌, 王登红, 卢映祥, 尹光侯, 薛顺荣. 2007. 中甸弧燕山晚期成矿事件的 Re-Os 定年及成矿规律研究. 岩石学报, 23(10): 2415~ 2422.

李兴振, 刘文均, 王义昭. 1999. 西南三江地区特提斯演化与成矿(总论). 北京: 地质出版社.

李永森, 周伟勤, 陈文明, 史清琴, 陈福忠. 1986. 怒江-澜沧江-金沙江地区重要金属矿产特征及分布规律. 北京: 地质出版社, 162.

梁华英, 谢应雯, 张玉泉, Ian Campbell. 2004. 富钾碱性岩体形成演化对铜矿成矿制约——以马厂箐铜矿为例. 自然科学进展, 14(1): 116~ 120.

林清茶, 夏斌, 张玉泉. 2006. 云南中甸地区雪鸡坪同碰撞石英闪长玢岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其意义. 地质通报, 25: 133~

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

137.

刘本培, 方念乔, 冯庆来, 谢学文, 贾进华. 1991. 滇西古特提斯多岛洋构造古地理格局. 见: 地质矿产部成都地质矿产研究所主编. 中国西部特提斯构造演化及成矿作用. 成都: 电子科技大学出版社, 212.

刘本培, 冯庆来, 方念乔, 贾进华, 何蓥香. 1993. 滇西南昌宁—孟连带和涸沧江带古特提斯多岛洋构造演化. 地球科学, 18(5): 529~538.

刘家军, 李志明, 刘玉平, 等. 2003. 滇西金满脉状铜矿床成矿年龄讨论. 现代地质, 17(1): 34~39.

刘俊来, 宋志杰, 曹淑云, 翟云峰, 王安建, 高兰, 修群业, 曹殿华. 2006. 印度欧亚侧向碰撞带构造—岩浆演化的动力学背景与过程——以藏东三江地区构造演化为例. 岩石学报, 22(4): 775~786.

刘俊来, 曹淑云, 翟云峰, 宋志杰, 王安建, 修群业, 曹殿华, 高兰, 管烨. 2007. 用陆块旋转解释藏东南渐新世—中新世伸展作用——来自点苍山及邻区变质核杂岩的证据. 地学前缘, 14(4): 40~48.

刘增乾, 李兴振, 叶庆同, 等. 1993. 三江地区构造岩浆带的划分与矿产分布规律. 北京: 地质出版社.

卢家烂, 庄汉平, 傅家谟, 等. 2000. 临沧超大型锗矿床的沉积环境、成岩过程和热液作用与锗的富集. 地球化学, 29(1): 36~42.

罗君烈. 1990. 滇西特提斯造山带的演化及基本特征. 云南地质, 9(4): 247~290.

毛景文. 1988. 云南腾冲地区火成岩系列和锡多金属矿床成矿系列的初步研究. 地质学报, 63(4): 342~352.

毛景文, 胡瑞忠, 陈毓川, 王义天, 等. 2006. 大规模成矿作用与大型矿集区. 北京: 地质出版社.

莫宣学, 路凤香, 等. 1993. 三江特提斯火山作用与成矿. 地质矿产部地质专报. 北京: 地质出版社, 267.

戚华文, 胡瑞忠, 苏文超, 漆亮, 冯家毅. 2003. 陆相热水沉积成因硅质岩与超大型锗矿床的成因——以临沧锗矿床为例. 中国科学(D辑), 33(3): 236~246.

任纪舜, 王作勋, 陈炳蔚, 姜春发, 牛宝贵, 李锦轶, 谢广连, 和政军, 刘志刚. 1999. 从全球看中国大地构造——中国及邻区大地构造图简要说明. 北京: 地质出版社.

施林, 等. 1989. 滇西锡矿带成矿规律. 北京: 地质出版社.

石贵勇, 孙晓明, 王生伟, 熊德信, 屈文俊, 杜安道. 2006. 云南白马寨铜镍硫化物矿床 Re-Os 同位素定年及其地质意义. 岩石学报, 22(10): 2451~2456.

陶琰, 马言胜, 苗来成, 朱飞霖. 2008. 云南金宝山超镁铁岩体锆石 SHRIMP 年龄. 科学通报, 53(22): 2828~2832.

王安建, 曹殿华, 高兰, 王高尚, 管烨, 修群业, 刘俊来. 2009. 论云南兰坪金顶超大型铅锌矿床的成因. 地质学报, 83(1): 43~54.

王登红, 屈文俊, 李志伟, 应汉龙, 陈毓川. 2004. 金沙江—红河成矿带斑岩铜钼矿的成矿集中期: Re-Os 同位素定年. 中国科学(D辑), 34(4): 345~349.

王江海, 尹安, Harrison T M, Grove M, 周江羽, 张玉泉, 解广轰. 2002. 青藏东缘新生代两类高钾岩浆活动的热年代学研究. 中国科学, 32(7): 529~537.

吴根耀. 1993. 滇西昌宁—孟连地区依柳组、平掌组地层初议. 地层学杂志, 17(4): 302~309.

徐兴旺, 蔡新平, 曲文俊, 宋保昌, 秦克章, 张宝林. 2006. 西北红山晚白垩世花岗斑岩型成矿系统及其大地构造学意义. 地质学报, 80(9): 1421~1433.

徐志刚, 陈毓川, 王登红, 陈郑辉, 李厚民, 等. 2008. 中国成矿带划分方案. 北京: 地质出版社.

徐晓春, 黄震, 谢巧勤, 岳书仓, 刘因. 2004. 云南金满水泄铜多金属矿床的 Ar-Ar 同位素年代学及其地质意义. 高校地质学报, 10(2): 157~164.

薛春纪, 陈毓川, 王登红, 等. 2003. 滇西北金顶和白秧坪矿床: 地质和 He, Ne, Xe 同位素组成及成矿时代. 中国科学(D辑), 33(4): 315~322.

杨岳清, 侯增谦, 黄典豪, 曲晓明. 2002. 中甸弧碰撞造山作用和岩浆成矿系统. 地球学报, 23(1): 17~24.

应汉龙, 王登红, 刘和林. 2005. 云南墨江金厂镍-金矿床镍矿化地质特征及形成时间. 矿床地质, 24(1): 44~51.

云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志. 北京: 地质出版社.

曾普胜, 莫宣学, 喻学惠, 侯增谦, 徐启东, 王海平, 李红, 杨朝志. 2003. 滇西北中甸斑岩及斑岩铜矿. 矿床地质, 22(4): 393~400.

曾普胜, 侯增谦, 高永峰, 杜安道. 2006. 印度-亚洲碰撞带东段喜马拉雅期铜-钼-金矿床 Re-Os 年龄及成矿作用. 地质论评, 52(1): 72~84.

张连生, 钟大赉, 刘小汉. 1991. 金沙江缝合线与红河哀牢山断裂的构造关系. 中国科学院地质研究所岩石圈构造演化开放研究实验室年报(1989~1990). 北京: 中国科学技术出版社, 23~25.

张连生, 钟大赉. 1996. 从红河剪切带走滑运动看东亚大陆新生代构造. 地质科学, 31: 327~341.

张淑苓, 王淑英, 尹金双. 1987. 云南临沧地区帮卖盆地含铀煤中锗矿的研究. 铀矿地质, 3(5): 267~276.

张淑苓, 尹金双, 王淑英. 1988. 云南帮卖盆地煤中锗存在形式的研究. 沉积学报, 6(3): 29~40.

张兴春, 王守旭, 冷成彪, 秦朝建, 王外全, 杨朝志. 2007. 云南中甸普朗斑岩铜矿地质地球化学研究. 矿物岩石地球化学通报, 26(增刊): 353~355.

钟大赉, Tapponnier P, 吴海威, 张连生, 嵇少丞, 钟嘉猷, 刘小汉, Schaerer U, Lacassin R, Leloup P. 1989. 大型走滑断层——碰撞后陆内变形的重要形式. 科学通报, (7): 526~529.

钟大赉, 丁林. 1993. 从三江及邻区特提斯带演化讨论冈瓦纳大陆离散与亚洲大陆增生. 亚洲的增生. 北京: 地震出版社, 5~8.

钟大赉, 等. 1998. 滇川西部古特提斯造山带. 北京: 科学出版社.

钟宏, 胡瑞忠, 叶造军, 涂光炽. 1999. 云南大平掌细碧-角斑岩建造的同位素年代学及其地质意义. 中国科学(D辑), 29(5): 407~412.

庄汉平, 刘金钟, 傅家谟, 等. 1998. 临沧超大型锗矿床锗赋存状态研究. 中国科学(D辑), 28(增刊): 37~42.

Chen H, Dobson J, Heller F, Hao J. 1995. Paleomagnetic evidence for clockwise rotation of the Simao region since the Cretaceous: a consequence of India-Asia collision. Earth and Planetary Science Letters, 134: 203~217.

He B, Xu Y G, Huang X L, Luo Z Y, Shi Y R, Yang Q J, Yu S Y. 2007. Age and duration of the Emeishan flood volcanism, SW China: geochemistry and SHRIMP zircon U-Pb dating of silicic

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

ignimbrites, post-volcanic Xuanwei Formation and clay tuff at the Chaotian section. Earth and Planetary Science Letters, 255: 306~ 323.

Hou Z Q, Ma H W, Khin Z, Zhang Y Q, Wang M J. 2003. The Himalayan Yulong porphyry copper belt: produced by large-scale strike-slip faulting at Eastern Tibet. Economic Geology, 98: 125~ 145.

Huang K, Opdyke N D. 1993. Paleomagnetic results from Cretaceous and Jurassic rocks of South and Southwest Yunnan: evidence for large clockwise rotations in the Indochina and Shan-Thai-Malay terranes. Earth and Planetary Science Letters, 117: 507~ 524.

Jian P, Liu D Y, Kroner A, Zhang Q, Wang Y Z, Sun X M, Zhang W. 2009. Devonian to Permian plate tectonic cycle of the Paleo-Tethys Orogen in southwest China (Ⅱ): Insights from zircon ages of ophiolites, arc/back-arc assemblages and within-plate igneous rocks and generation of the Emeishan CFB province. Lithos, in press.

Jiang S Y, Yu J M, Lu J J. 2004. Trace and rare-earth element geochemistry in tourmaline and cassiterite from the Yunlong tin deposit, Yunnan, China: implication for migmatitie-hydrothermal fluid evolution and ore genesis. Chemical Geology, 209: 193~ 213.

Lee T Y, Lawver L A. 1995. Cenozoic plate reconst ruction of Sout heast Asia. Tectonophysics, 251: 85~ 138.

Leloup P H, Lacassin R, Tapponnier P, Scharer U, Zhong D L, Liu X H, Zhang L S, Ji S C. 1995. The Ailao Shan-Red River shear zone(Yunnan, China): Tertiary Transform boundary of Indochina. Tectonophysics, 251: 3~ 84.

Liu B P, Feng Q L, Xie X X. 1989. Tectonic evolution of the Paleo-Tethys in Changning-Menglian belt in western Yunnan during Hercynian-Indosinian stage. In: Reports and Abstracts 4th Symposium on Pre-Jurassic Evolution of Asia. 1: 14~ 17.

Lowell J D, Guilbert J M. 1970. Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in porphyry copper deposit. Econ. Geol., 65: 373~ 405.

Luo Z Y, Xu Y G, He B, Huang X L, Shi Y R. 2006. A-type granite and syenite intrusions in Emeishan large igneous provinces: product of the Emeishan plume. International Conference on Continental Volcanism IAVCEI 2006 Abstracts & Program, 63.

Metcalfe I. 2006. Paleogeography of East Asian crustal fragments: the Korean Peninsula in context. Gondwana Research, 9: 24~ 46.

Shellnutt J G, Zhou M F. 2007. Permian peralkaline, peraluminous and metaluminous A-type granites in the Panxi district, SW China: their relationship to the Emeishan mantle plume. Chemical Geology, 243: 286~ 316.

Tapponnier P, Peltzer G, Armijo R. 1986. On the mechanics of the collision between India and Asia. In: Coward M P, Ties A C, eds. Collision Tectonics. Geological Society of London Special Publication, 19: 115~ 157.

Tapponnier P, Lacassin R, Lelop P H, Schärer U, Zhong D L, Liu X H, Ji S C, Zhang L S, Zhong J Y. 1990. The Ailao Shan/Red River metamorphic belt: Tertiary left-lateral shear between Indochina and South China. Nature, 343: 431~ 437.

Wang J H, Yin A, Harrison T M, Grove M, Zhang Y Q, Xie G H. 2001. A tectonic model for Cenozoic igneous activities in the eastern Indo-Asian collision zone. Earth and Planetary Science Letters, 188: 123~ 133.

Yu J M, Jiang S Y. 2003. Chemical composition of tourmaline from the Yunlong tin deposit, Yunnan, China: implications for ore genesis and mineral exploration. Mineralogy and Petrology, 77: 67~ 84.

Zhong D L, Wang Y. 1991. Paleo-Tethys tectonic evolution in western Yunnan, SW China. In: Proceedings of 1st Inernational Symposium on IGCP Project 321(abstracts). Kunming, 280~ 285.

Zhou M F, Malpas J, Song X Y, Robinson P T, Sun M, Kennedy A K, Lesher, C M, Keays R R. 2002. A temporal link between the Emeishan large igneous province (SW China) and the end-Guadalupian mass extinction. Earth and Planetary Science Letters, 196: 113~ 122.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Metallogenic Belts of Southern Three Rivers Region, Southwest China: Distribution, Characteristics and Discussion

WANG Anjian[1)], CAO Dianhua[1)], GUAN Ye[2)], LIU Junlai[3)], LI Wenchang[4)]

1) *Institute of Mineral Resources, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037;

2) *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing*, 100037;

3) *China University of Geosciences, Beijing*, 100083;

4) *Yunnan Geological Survey, Kunming*, 650051

Abstract

The geologic and tectonic evolution of the central and southern sections of the Three Rivers region is very complicated. The evolution of Paleo-Tethys and intracontinental convergent orogeny are accompanied by large-scale mineralization, and they differ greatly in terms of spatial scale. Therefore, the uniform classification of metallogenic belts could not reflect the regional mineralization rule of this area. This study divides the metallogenic belts based on Precambrian, Paleo-Tethys and intracontinental orogenic stages and proposes a new scheme for classification. Five large-scale metallogenic belts extending from the central section of Three Rivers region to Southeast Asia with a total length of more than a few hundred kilometers, are the Dali-Ailaoshan Cu-Ni-PGE metallogenic belt, Pb-Zn, Ag-Cu-Co, or Hg-Sb polymetallic metallogenic belts of Lanping-Simao basin, Jinshajiang-Ailaoshan Cu-Au metallogenic belt, the western and middle Sn metallogenic belts of Southeast Asia. In addition, a lot of geological problems about metallogenic belts are also discussed.

Key words: Three Rivers region; metallogenic belts; paleo-Tethys; continental orogeny

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net