

文章编号: 1000-4734(2013)04-0676-05

滇西北羊拉铜矿床研究中的几个问题

李波^{1,2}, 邹国富¹, 黄智龙^{2*}, 文书明³, 杨光勇⁴, 唐果¹, 刘月东⁴

(1. 中国有色金属工业昆明勘察设计研究院, 云南 昆明 650051; 2. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002; 3. 昆明理工大学 国土资源工程学院, 云南 昆明 650093; 4. 云南迪庆矿业开发有限责任公司, 云南 香格里拉县 674400)

摘要: 羊拉大型铜矿床位于滇西北德钦县, 为金沙江构造带内的代表性矿床, 其矿床成因和成矿模式尚未取得统一认识。本文从地层划分、岩浆岩及其构造背景、成矿物质和成矿流体来源、成矿时代与矿床成因等方面分析了研究进展, 提出了“热水沉积-岩浆热液成矿-构造热液改造”成矿模式。海西期热水沉积作用提供部分成矿物质, 但未形成规模铜矿体; 晚印支期岩浆热液成矿作用为最主要成矿期, 形成羊拉铜矿的接触交代型主矿体, 其残余岩浆浅成就位形成石英斑岩脉及斑岩型矿体; 燕山-喜山期构造热液改造成矿作用使不同矿体进一步富集或贫化, 并错段矿体形成不同的矿段。

关键词: 地层划分; 岩浆岩及构造背景; 成矿物质和成矿流体; 成矿时代与矿床成因; 羊拉铜矿床

中图分类号: P597; P618 **文献标识码:** A

作者简介: 李波, 男, 1981年生, 博士后, 主要从事找矿勘探工作. E-mail: 415014903@qq.com

金沙江构造带是我国古特提斯构造域的重要构造带之一, 许多学者在岩浆岩石学、构造单元划分和区域构造演化等方面做了大量研究工作, 取得了重要进展^[1-4]。羊拉铜矿床为金沙江结合带内的典型矿床, 因地质条件优越、找矿前景巨大而引起了众多学者浓厚的研究兴趣^[5-15]。羊拉大型铜矿床由贝吾、尼吕、江边、里农、路农、通吉格和加仁等七个矿段组成(图1), 其矿床地质特征总结如下: ①赋矿地层主要为下泥盆统江边组(D_{1j})和里农组(D_{2+3l}); ②含矿岩石以透辉矽卡岩、石榴石矽卡岩为主, 次为角闪化变质石英砂岩、绢云砂质板岩、爆破角砾岩、花岗闪长岩; ③矿体呈层状、似层状、透镜状、脉状产出, 严格受岩体、地层和构造破碎带的控制; 在不同的矿段, 矿体的产状变化较大; ④矿体产出主要有3种类型: 花岗闪长岩-花岗斑岩体外接触带的层状、似层状矿体, 花岗闪长岩-花岗斑岩体内接触带或岩体与沉积岩接触面附近的环状、弧形脉状矿体, 以第一种类型矿体为主; ⑤矿石类型多样, 根据赋矿岩石可分为矽卡岩型矿石、角闪岩型矿石、大理岩型矿石和花岗闪长岩、二长花岗岩型矿石等; ⑥矿石构造主要有浸染状、网脉

状、块状、蜂窝状、土状构造等, 矿石结构以自形-他形晶粒状结构、包含结构、充填结构和交代结构为主; ⑦矿物组成复杂, 矿石矿物主要为黄铜矿、蓝铜矿、孔雀石、黄铁矿、磁黄铁矿, 次为斑铜矿、铜蓝、赤铜矿、黑铜矿、方铅矿、辉铜矿以及自然铜等; 脉石矿物主要为透辉石、石榴石、透闪石、阳起石等矽卡岩矿物以及石英、白云石、方解石、绢云母和长石等; ⑧矿石中伴生 Au、Ag 等有益组分。

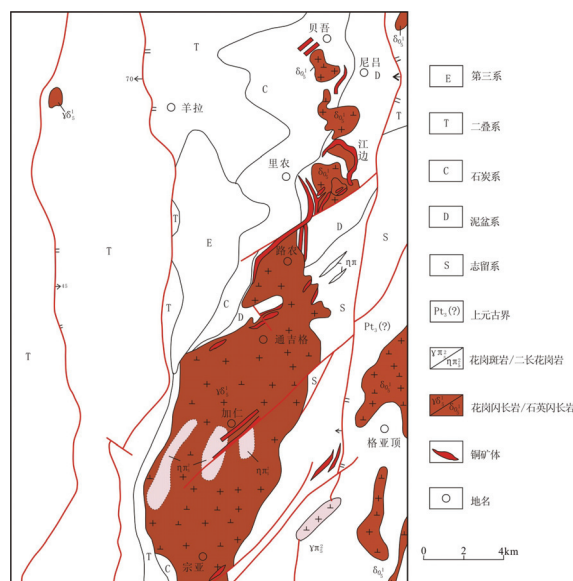


图1 羊拉铜矿床地质简图

Fig. 1. Geological sketch map of Yangla cooper deposit.

收稿日期: 2013-06-12

基金项目: 中国博士后科学基金(2012M510214); 云铜集团重点科技项目(20110103); 云南省创新团队(2012HC024); 矿床地球化学国家重点实验室开放基金(2011008)

* 通讯作者, E-mail: huangzhilong@vip.gyig.ac.cn

目前关于羊拉铜矿的矿床成因和成矿模式还存在有矽卡岩型^[14]、斑岩型^[35]、海底喷流沉积成因^[6,32-34]、斑岩-矽卡岩型^[9]、VHMS型^[31]、复合成因^[5,13]、叠加成因^[29]等不同观点,反映了众多学者对区域成矿背景和成矿作用的不同认识或存有争议,亦说明了羊拉铜矿床成因的复杂性。由于羊拉铜矿地处偏远高寒山区、工作条件艰苦,前人研究成果主要集中在露头较好的里农矿段,而对矿区其他矿段的研究成果甚少或近乎空白(如路农矿段及其与里农的结合段)。本文在总结地层划分、岩浆岩及其构造背景、成矿物质和成矿流体来源、成矿时代与矿床成因等方面研究成果和进展的基础上,结合笔者所在课题组最新研究成果,提出了“热水沉积-岩浆热液成矿-构造热液改造”成矿模式。

1 地层划分

迄今为止,羊拉矿床的地层还未形成统一的划分方案。1:20万德荣幅区调报告^[16]将羊拉矿区出露地层笼统称为二叠系嘎金雪山群,并根据岩性组合将其分为上、下两个亚群;何龙清等^[17]认为嘎金雪山群是经构造变形和变质作用改造之后形成的一个构造地层单元,并改称为嘎金雪山岩群,其中普遍见逆冲推覆构造;王立全等^[18]认为嘎金雪山群是由不同岩性、不同时代、不同规模的构造岩片混杂叠置形成的非史密斯单元;云南省地调院^[10]将出露地层划分为志留系(S)、下泥盆统江边组(D_j)、中上泥盆统里农组(D₂₊₃)和下石炭统贝吾组(C_{1b});曲晓明等^[9]将嘎金雪山群推定为元古界地块的残留体;朱俊等^[12]运用构造岩体理论,根据实测地层剖面及其牙形石化石将矿区地层重新划分为下泥盆统江边组岩块、中泥盆统-石炭系岩块和二叠系岩块。矿山企业为便于生产探矿而采用云南省地调院的划分方案,但笔者更倾向于构造岩体的划分方案。

2 岩浆岩及其构造背景

羊拉铜矿床岩浆岩出露面积较大,火山岩和侵入岩均有分布。魏君奇等^[19]认为羊拉矿区的火山岩与地幔热柱有关,按其产状分为块状和层状两类;前者生成于早石炭世(361.6±8.5 Ma),岩性为单一拉斑玄武岩,发育于裂谷洋盆中央;后者则生成于晚石炭世(296.1±7.0 Ma),岩性主要为玄武岩和安山岩组合,形成于裂谷洋盆的陆缘斜坡环境。朱经经等^[20]和朱俊等^[11]认为羊拉矿区

玄武岩具洋脊特征,为金沙江缝合带的组成部分;块状玄武岩可能形成于金沙江弧后洋盆裂解过程中,层状玄武安山岩则形成于金沙江洋西向俯冲之时的大陆边缘弧环境^[14]。辉绿岩脉在矿区范围内多处出露,在地表、坑道和钻孔中均能见到,王彦斌等^[21]获得辉绿岩脉锆石 U-Pb 年龄为 222.0±1 Ma、MSWD=1.05,具大陆边缘岛弧性质,形成于三叠纪金沙江带陆缘岛弧岩浆活动阶段^[11]。笔者所在课题组(未发表资料)获得羊拉矿区三件辉绿岩锆石 U-Pb 成岩年龄分别为 231.3±0.88 Ma、229.5±1.4 Ma 和 228.7±0.85 Ma,稍晚于花岗闪长岩的成岩年龄。

侵入岩体与成矿关系密切,岩性主要为花岗闪长岩、石英闪长岩、(黑云母)二长花岗岩等,岩石成因类型为 I 型花岗岩,具有“壳幔”混合来源^[5,15,22-24],已发表成岩年龄显示形成于印支期(231~239 Ma)^[15,21-25],集中于 235~239 Ma 之间,分歧在于成岩构造环境。魏君奇等^[22]、战明国等^[5]及王彦斌等^[21]认为其形成于俯冲构造背景,而高睿等^[23]、朱经经等^[24]和 Zhu 等^[15]通过区域对比及地球化学分析,认为形成于碰撞晚期-碰撞后构造背景。笔者所在课题组(未发表资料)获得路农矿段粗晶花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄为 238.9±0.87 Ma、里农矿段细晶花岗闪长岩锆石 U-Pb 年龄为 232.85±1.2 Ma,与前人研究成果一致,但稍早于江边矿段、贝吾矿段的花岗闪长岩。羊拉矿区里农斑岩体出露面积较小,其 Rb-Sr 成岩年龄为 202 Ma^[26],但林仕良等对同一斑岩体的 K-Ar 测年值为 122.3±1.5 Ma^[27],战明国等^[5]推测形成于喜马拉雅期,李定谋等^[28]则推断为燕山晚期形成;笔者所在课题组(未发表资料)新近获得石英斑岩锆石 U-Pb 年龄为 234.0±2.9 Ma、232.2±0.77 Ma、228.8±0.69 Ma,显示其形成于花岗闪长岩的晚阶段,并且与花岗闪长岩具有类似的地球化学性质,反映石英斑岩可能为形成花岗闪长岩的晚阶段残余岩浆在浅成快速成岩的产物。

3 成矿物质和成矿流体来源

战明国等^[5]研究羊拉矿床金属硫化物 $\delta^{34}\text{S}$ 在 -3.15‰~+1.20‰ 之间,均值为 0.23‰,接近陨石硫,反映成矿物质深部来源的特征。潘家永等^[8]研究羊拉铜矿硫化物的硫同位素组成变化范围很小($\delta^{34}\text{S}$ 为 -3.16‰~+1.85‰),且不同成矿期硫同位素组成相近,反映硫源均一,可能来源于

上地幔或岩浆作用。杨喜安^[29]研究羊拉铜矿床硫化物硫同位素在-9.8‰~-0.9‰之间,认为成矿早期硫来源于上地幔,晚期有壳源物质的加入。赵江南^[30]获得羊拉铜矿床 10 件硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 在-24.73‰~+2.29‰之间,除一件样品出现较低负值外,其余样品均在零值附近,认为具幔源硫特征,与长江中下游矽卡岩型铜矿的硫同位素组成相似。朱经经^[14]对羊拉铜矿床 31 件硫化物硫同位素研究发现,不同矿段、不同矿石类型硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 组成类似、变化范围较窄,且未达到分馏平衡;硫同位素组成与斑岩型铜矿较为一致,认为羊拉铜矿不具有“同生沉积”成因,属于岩浆热液矿床。笔者所在课题组(未发表资料)详细研究了羊拉铜矿床硫同位素,发现存在“低 $\delta^{34}\text{S}$ 黄铁矿”($\delta^{34}\text{S}$: -40.40‰~-7.20‰),可能为构造热液改造成矿期的产物;其他硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 组成则高度集中、塔式效应明显,估算的 $\delta^{34}\text{S}_{\text{SS}}$ 集中在-2‰~+2‰之间,具幔源硫特征,表明成矿流体中的硫来自地幔或深部地壳,主要由花岗闪长岩提供。

前人已对羊拉铜矿床做过一些碳、氧同位素研究,潘家永等^[8]发现羊拉矿床矿石中方解石的碳同位素与地层大理岩的碳同位素组成明显不同,认为矿石中方解石的碳来源于地幔射气作用或岩浆作用。朱经经^[14]认为早、晚期方解石的成矿流体均来自于岩浆;杨喜安亦持相同观点^[29]。笔者(未发表资料)亦证明羊拉矿床成矿早期和成矿晚期流体的碳、氧同位素组成相近,与岩浆水碳氧同位素组成基本一致,反映成矿流体具有幔源或岩浆来源特征。羊拉铜矿床氢、氧同位素研究相对薄弱,杨喜安^[28]、赵江南^[29]和笔者(未发表资料)均认为羊拉矿床成矿流体主要来源于岩浆,在流体演化过程中有大气降水的混入。

前人分析了羊拉矿区部分地层、岩浆岩和矿石矿物的铅同位素组成,对成矿物质来源有不同认识。战明国等^[5]获得的矿石铅与长石铅的同位素组成基本一致,且变化范围很小,认为羊拉矿床成岩、成矿物质来源较单一,可能来自于上地壳。潘家永等^[8]认为早期热水沉积型矿石铅主要来源于上地壳,而矽卡岩型矿石和热液充填-交代型矿石则有深部幔源铅的参与。杨喜安^[29]认为成矿作用铅来源于地幔或岩浆,在成矿流体上升过程中混合了上地壳物质;赵江南^[30]研究表明羊拉矿床中铅主要与岩浆作用有关,来自上地壳及地壳与地幔混合的源区。朱经经^[14]根据矿区所有金属硫化物铅同位素组成与花岗闪长岩相近,与地

层和玄武岩存在较明显差别,在铅同位素组成构造模式图上,金属硫化物位于花岗闪长岩分布范围,与地层和玄武岩的分布范围不同,认为成矿物质可能主要来源于中酸性岩浆。笔者(未发表资料)研究认为羊拉矿床成矿物质具“多源性”,矿石矿物铅为地幔、下地壳和上地壳来源的混合铅,矿区花岗闪长岩、玄武岩、石英斑岩以及矽板岩、大理岩、硅质岩和矽卡岩均可能提供部分成矿物质。

4 成矿时代与矿床成因

早期矿床研究中多根据矿床地质、矿床与围岩或侵入岩的接触关系、铅同位素模式年龄和赋矿围岩的年龄推测成矿时代,如:战明国等^[5]通过赋矿地层中基性火山岩及矿区花岗闪长岩定年结果,认为羊拉矿床的形成经历了华力西期、印支期和燕山期-喜山期三个时期,而主成矿期为华力西期。随着同位素定年技术的提高,近年来的研究成果显示羊拉矿床的成矿时代为印支期,如:杨喜安等^[25]测得 KT2 矿体内辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 230.9 ± 3.2 Ma、李文昌等^[31]获得 KT2 矿体内辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 228.3 ± 3.8 Ma、 230 ± 4.8 Ma、朱经经^[14]获得 KT5 矿体内辉钼矿 Re-Os 同位素年龄为 232.0 ± 1.5 Ma,这些等时线成矿年龄基本一致,可以判断羊拉矿床的成矿时代为 230 Ma 左右,稍晚于花岗闪长岩体的成岩年龄或相近,但与石英斑岩和细晶花岗闪长岩的成岩年龄高度一致;但热水沉积成矿作用和构造热液改造成矿作用还缺少精确年代学证据的制约。

羊拉铜矿床矿石组构复杂,对其成因类型和成矿模式争议较大。总体而言,争议的焦点在于成矿早期是否存在喷流沉积成矿作用,以及喷流沉积型成矿作用和矽卡岩型成矿作用哪个起主导作用^[14]。云南省地勘局第三地质大队认为矿床类型为矽卡岩型;路远发等^[32-33]从矿物流体包裹体、矿床元素地球化学及 C-O 同位素的角度论证了本区层状矽卡岩矿体属喷流沉积成因;潘家永等^[6]和 Pan 等^[34]通过矿床地球化学和硅质岩成因的研究,指出海底喷流热水沉积作用在羊拉矿床的形成中起了主导作用;李文昌等^[31]认为羊拉铜矿为与洋内弧火山活动有关的 VHMS 块状硫化物矿床;陈开旭等^[35]通过蚀变、矿化分带研究,认为矿床存在燕山早期斑岩型矿化。曲晓明等^[9]研究认为本区矿化特征与海底喷流-沉积形成的

VHMS型矿床明显不同,成矿作用发生在赋矿岩系沉积-成岩-变质作用之后,说明它是与接触交代有关的斑岩-矽卡岩型矿床。随着研究程度的不断深入,多数学者更倾向于认为羊拉铜矿床为多因复合类型:魏君奇等^[36]通过矿区岩浆-构造分析,也认为矿床存在海底喷流-沉积型、矽卡岩型及斑岩型三期成矿;朱俊等^[13]通过岩石矿物及稀土元素地球化学研究,认为矿床为具层控特征的叠加矿床,即早期存在沉积-喷流型原生硫化物矿化,印支期花岗闪长岩体对原生矿体进行了叠加改造。

5 结论

羊拉矿床形成众多的矿石类型以及规模巨大的金属量富集,笔者认为不可能是一次成矿作用的结果,可能经历了多期成矿作用。在里农-路农接合部发现的新矿体明显地受构造控制,矿体呈层状、似层状产于层间断裂内或与层间断裂呈小角度相交;而与里农矿段、路农矿段的矿体对比研究发现,三者矿石类型、矿物种类及矿物组合等方面是相同的。因而推断里农矿段、路农矿段及两者接合部的矿体原为同一矿体,只是被后期 F_4 断裂及其与 F_4 断裂平行的一组断裂构造所破坏而形成现在不同的矿段。因此,在研究羊拉铜矿床成因和成矿模式时,不应只局限于研究里农矿段,而应纳入其他矿段作为整体统一研究。综合前人资料和地球化学研究成果,笔者认为羊拉铜矿的形成至少经历了三期成矿作用,总结其成矿模式为“热水沉积-岩浆热液成矿-构造热液改造”:海西期热水沉积作用提供部分成矿物质,但未形成规模铜矿体,主要证据有主矿

体中普遍出现的鲕粒黄铁矿、赋矿地层成矿元素含量较高且类似层位在羊拉矿床以北的金沙江构造带内亦有出露(与王义昭私人交流),同位素地球化学也证实成矿物质部分来自于地层;晚印支期岩浆热液成矿作用为最主要成矿期,形成羊拉铜矿的接触交代型主矿体,其残余岩浆浅成就位形成石英斑岩及斑岩型矿体;燕山-喜山期构造热液改造成矿作用使不同矿体进一步富集或贫化,并错段矿体形成不同的矿段。

值得说明的是,羊拉铜矿床的主体是矽卡岩型矿体,岩浆热液成矿作用是最重要的成矿作用;前人多认为羊拉矿区规模较大的层状矿体为海底喷流沉积成因^[5, 13, 27, 29, 31-33, 36],但笔者未发现海底喷流沉积形成大规模工业矿体的证据,本文工作证实里农矿段层状矿体和路农矿段矽卡岩型矿体为同一矿体,层状矿体为岩浆热液沿碳酸盐岩、钙质碎屑岩的层间断裂发生接触交代作用而形成的矽卡岩型矿体;故推测早期热水沉积提供部分成矿物质,但未形成规模铜矿体。要证实羊拉矿床是否存在海底喷流沉积成矿作用,还需研究区域上其他地段相同层位是否存在喷流沉积成矿作用及相关矿床。同时,羊拉矿区深部是否存在规模斑岩型铜矿体和斑岩成矿作用以及岩浆-构造-流体耦合成矿机制是今后羊拉矿床研究中的重要方向之一。

致谢:野外工作得到了羊拉矿山龙斐、罗诚、李福华、刘凤泽等地质技术人员的大力支持,参加野外工作的还有周家喜博士、孙海瑞博士、严再飞博士、方中有工程师、李红飞助理工程师,文中内容向蒋志文教授级高工、王义昭教授级高工、王学焜教授、韩润生研究员和周家喜副研究员等专家进行了请教,在此一并表示感谢!

参考文献:

- [1] 李兴振,刘文均,王义昭,等.西南三江地区特提斯构造演化与成矿(总论)[M].北京:地质出版社,1999:133-135.
- [2] 简平,刘敦一,孙晓猛.滇川西部金沙江石炭纪蛇绿岩 SHRIM P 测年:古特提斯洋壳演化的同位素年代学制约[J].地质学报,2003,77(2):217-228.
- [3] 侯增谦,曲晓明,周继荣,等.三江地区义敦岛弧碰撞造山过程:花岗岩记录[J].地质学报,2001,75(4):484-497.
- [4] Xiao L, He Q, Franco P, et al. Possible correlation between a mantle plume and the evolution of Paleo-Tethys Jinshajiang Ocean: Evidence from a volcanic rifted margin in the Xiaru-Tuoding area, Yunnan, SW China [J]. *Lithos*, 2008, 100(1-4): 112-126.
- [5] 战明国,路远发,陈式房,等.滇西德钦羊拉铜矿[M].武汉:中国地质大学出版社,1998.
- [6] 潘家永,张乾,李朝阳.滇西羊拉铜矿床稀土元素地球化学研究[J].矿物学报,2000a,20(1):44-49.
- [7] 潘家永,张乾,马东升,等.滇西学拉铜矿区硅质岩特征及与成矿的关系[J].中国科学(D辑),2001,31(1):10-16.
- [8] 潘家永,张乾,马东升,等.滇西羊拉铜矿床稳定同位素地球化学研究[J].矿物学报,2000,20(4):385-389.
- [9] 曲晓明,杨岳清,李佑国.从赋矿岩系岩石类型的多样性论羊拉铜矿的成因[J].矿床地质,2004,23(4):431-444.
- [10] 云南省地质调查院.云南省德钦县羊拉铜矿地质勘探报告[R].昆明:云南省地质调查院,2004:1-254.
- [11] 朱俊,李文昌,曾普胜,等.滇西北羊拉矿区基性岩地球化学特征及构造意义[J].地质与勘探,2010,46(5):899-909.
- [12] 朱俊,曾普胜,曾礼传,等.滇西北羊拉铜矿区地层划分[J].地质学报,2009,83(10):1415-1420.

- [13] 朱俊, 李文昌, 曾普胜, 等. 滇西羊拉矿区层状铜矿床复合成因的地质地球化学证据[J]. 地质论评, 2011, 57(3): 337-349.
- [14] 朱经纬. 滇西北羊拉铜矿床成矿地质背景及成因机制[D]. 贵阳: 中国科学院地球化学研究所博士学位论文, 2012.
- [15] Zhu J J, Hu R Z, Bi X W, et al. Zircon U-Pb ages, Hf-O isotopes and whole-rock Sr-Nd-Pb isotopic geochemistry of granitoids in the Jinshajiang suture zone, SW China: Constraints on petro genesis and tectonic evolution of the Paleo-Tethys Ocean [J]. *Lithos*, 2011, 126: 248-264.
- [16] 四川省地质局第三区域地质测量队. H-47 X X VIII(得荣幅)地质报告[R]. 四川省地质局, 1977.
- [17] 何龙清, 战明国, 路远发. 滇西羊拉铜矿区层序地层划分及赋矿层位研究[J]. 华南地质与矿产, 1998, (3): 37-41.
- [18] 王立全, 潘桂棠, 李定谋, 等. 金沙江弧-盆系时空结构及地史演化[J]. 地质学报, 1999, 73(3): 206-218.
- [19] 魏君奇, 陈开旭, 何龙清. 滇西羊拉矿区火山岩构造-岩浆类型[J]. 地球学报, 1999, 20(3): 246-252.
- [20] 朱经纬, 胡瑞忠, 钟宏, 等. 滇西羊拉铜矿床地质及火成岩地球化学研究[J]. 矿物学报, 2009, S1: 276.
- [21] 王彦斌, 韩娟, 曾普胜, 等. 云南德钦羊拉大型铜矿区花岗岩闪长岩的锆石 U-Pb 年龄、Hf 同位素特征及其地质意义[J]. 岩石学报, 2010, 26(6): 1833-1844.
- [22] 魏君奇, 战明国, 路远发, 等. 滇西德钦羊拉矿区花岗岩类地球化学[J]. 华南地质与矿产, 1997, (4): 50-56.
- [23] 高睿, 肖龙, 何琦, 等. 滇西维西-德钦花岗岩年代学、地球化学和岩石成因[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 2010, 35(2): 186-200.
- [24] 朱经纬, 胡瑞忠, 毕献武, 等. 滇西北羊拉铜矿矿区花岗岩成因及其构造意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2553-2566.
- [25] 杨喜安, 刘家军, 韩思宇, 等. 云南羊拉铜矿床里农花岗岩闪长岩体锆石 U-Pb 年龄、矿体辉钼矿 Re-Os 年龄及其地质意义[J]. 岩石学报, 2011, 27(9): 2567-2576.
- [26] 陈开旭, 魏君奇, 鄢道平, 等. 滇西德钦羊拉地区斑岩及其成矿作用初步研究[J]. 华南地质与矿产, 1999, (2): 1-8.
- [27] 潘桂棠, 徐强, 侯增谦, 等. 西南“三江”多岛弧造山过程成矿系统与资源评价[J]. 北京: 地质出版社, 2003, 171-192.
- [28] 李定谋, 王立全, 须同瑞, 等. 金沙江构造带铜金成矿与找矿[M]. 北京: 地质出版社, 2002: 104-144.
- [29] 杨喜安. 滇西羊拉成矿带叠加成矿作用及找矿模式[D]. 北京: 中国地质大学(北京)博士学位论文, 2012.
- [30] 赵江南. 滇西羊拉铜矿床地质地球化学特征及深部找矿预测[D]. 武汉: 中国地质大学(武汉)博士学位论文, 2012.
- [31] 李文昌, 潘桂棠, 侯增谦, 等. 西南“三江”多岛弧盆-碰撞造山成矿理论与勘查技术[M]. 北京: 地质出版社, 2010: 232-238.
- [32] 路远发, 陈开旭, 黄惠兰. 云南羊拉地区不同类型铜矿床流体包裹体研究[J]. 地质科技情报, 2004, 23(2): 13-20.
- [33] 路远发, 陈开旭, 战明国. 羊拉地区含矿矽卡岩成因的地球化学证据[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1999, 24(3): 298-303.
- [34] Pan J Y, Zhang Q, Ma D S, et al. Cherts from the Yangla copper deposit, western Yunnan Province: Geochemical characteristics and relationship with massive sulfide mineralization [J]. *Science in China (Series D)*, 2001, 44(3): 237-244.
- [35] 陈开旭, 魏君奇, 鄢道平, 等. 滇西德钦羊拉地区斑岩及其成矿作用初步研究[J]. 华南地质与矿产, 1999, (2): 1-8.
- [36] 魏君奇, 陈开旭. 云南羊拉地区铜矿成矿系列[J]. 地质科技情报, 2004, 23(2): 21-24.

Several Problems in Genetic Studies on Yangla Copper Deposit, Yunnan Province, China

LI Bo^{1,2}, ZOU Guo-fu¹, HUANG Zhi-long², WEN Shu-ming³, YANG Guang-yong⁴, TANG Guo¹, LIU Yue-dong⁴

(1. Kunming Prospecting Design Institute of China Nonferrous Metals Industry, Kunming 650051, China;

2. State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China;

3. Faculty of Land Resource Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

4. Yunnan Diqing Mining Co., Ltd. Shangrila 674400, China)

Abstract: Yangla large copper deposit, located in Deqin county, northwestern Yunnan, is a typical deposit in the Jinshajiang tectonic belt, and there is no unified understanding on its ore genesis and metallogenic model. In this paper, based on the stratigraphic subdivision, magmatic rocks and tectonic setting, metallogenic material and ore-forming fluid, metallogenic epoch and ore genesis, we summarized the progress in the study on Yangla large copper deposit, and proposed a new metallogenic model, hydrothermal sedimentation-magmatic hydrothermal mineralization-structure-hydrothermal transformation. In Hercynian period, hydrothermal sedimentation provided partial ore forming material for copper deposit, but did not formed the scale copper ore-body. In late Indo-Sinian period, magmatic hydrothermal mineralization formed the skarn-type ore-body, as the main ore body of Yangla deposit, and the residual magma formed quartz porphyry and veins and porphyry copper ore-body in a shallow-seated environment. During Yenshanian and Himalayan period, structure-hydrothermal transformation further transformed early ore-body into rich ore-body or lean ore-body, and the early ore-body was broken into different ore-section in space.

Key words: stratigraphic subdivision; magmatic rock; tectonic setting; metallogenic material; ore-forming fluid; metallogenic epoch; ore genesis; Yangla copper deposit