文章编号: 1009-3850(2010) 02-0091-06

四川省九龙县中咀铜矿床地质特征及成因探讨

李同柱, 冯孝良, 张惠华, 吴振波, 唐高林, 夏祥标,

(1. 成都地质矿产研究所,四川 成都 610081; 2. 四川里伍铜业股份有限公司,四川 甘孜 626200)

摘要: 中咀铜矿床位于扬子地台西缘江浪变质核杂岩内, 围岩为一套中元古界变质火山、陆源碎屑沉积岩。原岩经过 多期次变形变质作用, 韧性剪切带控制了蚀变带、矿化带和矿体的分布。包括中咀铜矿在内的"里伍式"铜矿床物质 具有多来源、成矿作用具有多期次、多成因的特点, 其主成矿作用为燕山期中高温热液交代充填成矿, 成因上属于海 相沉积一改造型矿床。成矿物质主要来源于含矿岩系本身, 控矿构造主要为韧性剪切带和穹窿构造。

关键 词: 四川; 九龙; 中咀铜矿床; 韧性剪切带; 变质核杂岩

中图分类号: P611 文献标识码: A

在扬子地台西缘木里 锦屏山弧形推覆构造带 江浪穹窿内, 先后发现了里伍、挖金沟、黑牛洞、中 咀、笋叶林、柏香林、上海底、白岩子等铜矿床 (点), 同时在江浪穹窿附近还分布着恰斯、瓦厂、长枪、滴 知卡和三垭等一系列地质特征相近的穹隆构造^[1], 它们可能也蕴含着丰富的内生金属和非金属矿 产^[2]。

里伍铜矿床作为一个中型富铜矿床,其成因一 直存在着争议^[2~6]。经过十多年的开采,资源消耗 量较大,在里伍铜矿外围找矿成为当前的主要工作。

2006—2009年, 成都地质矿产研究所全国危机 矿山接替资源勘查项目对该矿区开展预测和普查工 作。施工的坑探和钻探工程见矿情况较好, 取得了 较好的找矿效果, 现正在对中咀矿区主矿体进行进 一步的普查工作。里伍铜矿外围的中咀矿床经过近 三年的工作, 已初步查明了矿区的地质特征、矿石结 构构造、矿体形态、展布和控矿构造。本文结合前人 研究成果, 对该矿床的地质特征进行总结并对其成 因进行分析, 为下一步接替资源勘查工作提供依据。

1 区域地质背景

中咀铜矿床大地构造位置上位于扬子地台西缘 康滇地轴以西,处于松潘 甘孜造山带东南缘的北东 向木里 锦屏山弧形推覆构造带北西侧后缘的江浪 变质核杂岩穹隆构造内。

根据岩石组合和构造变形特点, 江浪变质核杂 岩构造地层由内向外划分为三大构造地层系统: 即 中元古界里伍岩群堆垛层系统、古生界褶叠层系统 和三叠系西康群板岩带。在各体系之间及各体系内 部发育一系列的顺层韧性剪切滑脱带^[27]。穹隆内 出露地层 由内向外依次为中元古界里伍岩群 (P±L)、奥陶系江浪岩组(Oj)、志留系甲坝板岩组 (Sj)和二叠系乌拉溪岩组(PY)。

穹窿北东部文家坪分布有燕山期的似斑状黑云 母花岗岩,穹窿以西见有花岗闪长岩小岩体侵入。 穹窿内则广泛分布有新元古界层状基性、碱性火山 岩。前人研究认为,侵入岩与里伍式铜矿无成因联 系,而火山岩则为里伍式铜矿提供了丰富的矿质来 源¹³。

收稿日期: 2009-08-39 改回日期: 2010-06-10 资助项目:本文受全国危机矿山项目(编号 200651055, 200851022)资助 作者简介: 李同柱(1981-),男,硕士,主要从事矿产勘查与研究工作 2.1 地层

区内出露地层为中元古界里伍群中岩段(图 1),原岩为一套变质火山陆源碎屑沉积岩。经过多 期次变形变质作用的改造,原岩已基本无法辨认,为 一套无序的构造堆垛层。主要岩性为云母片岩、云 母石英片岩、云母石英岩、石英岩夹变基性(火山) 岩。由于岩性差异不明显,不同岩性层以不同尺度 的构造剪切岩片交替出现,缺乏标志层,岩性不连 续,对比划分比较困难。

区内变基性 (火山)岩较为发育,均为多次构造 置换残留,呈透镜带状沿 §面理分布 (仅局部还残 留侵入接触关系),垂向上多具韵律性,横向上常迅 速地尖灭或侧现。岩性主要为黑云绿泥透闪岩,部 分为斜长角闪岩。

2.2 构造

1. 面理构造

区内能观察到的面理构造主要是 §、§和 § 期。其中 §面理为里伍岩群中广泛发育的透入性 主期面理,也是构成江浪穹隆的区域性面理, §片 理随同穹隆的形成被褶皱掀斜,构成现今似单斜构造面貌。中咀铜矿区位于江浪穹隆北西翼,区内 5 片理产状总体向北西倾斜,由西向东,由北西逐渐向 北北西偏转,倾角多在 30~40°之间。

在 §紧闭褶皱的翼部, §和 §面理近于平行 而难以区分,只有在 §褶皱的转折端,才可辨认出 §面理是 §面理褶皱的轴面片理或逆冲韧性剪切 带片理。 §片理大致沿 §片理继承性发展,对 § 面理表现出的是一种横向构造置换,反映了伸展机 制下的顺层水平剪切变形 (图 2)。

2 褶皱

区内褶皱主要为紧闭同斜褶皱和顺层掩卧褶 皱。其中紧闭同斜褶皱很发育,它是以 §面理为变 形面形成的。褶曲规模很小,以数毫米至数十厘米 者为多。其枢纽倾伏较陡,褶曲两翼同向倾斜,产状 近乎一致,转折端岩性层增厚现象明显,两翼变薄显 著,有时变薄拉断,仅有转折端部分残存而形成无根 褶皱。沿褶皱轴面形成了里伍岩群中区域性的透入 性 §片理,代表了一次区域上的构造挤压事件。

顺层掩卧褶皱主要分布于顺层剪切带中,是以 §片理为变形面形成的。褶曲规模很小,以厘米级



图 1 中咀铜矿区地质简图

1 第四系; 2 中元古界里伍岩群; 3 变基性(火山)岩; 4 石英脉; 5 蚀变带; 6 黄铜矿化蚀变带; 7. 磁黄铁矿、黄铜矿矿体; 8 片理产状; 9 正断层及编号

Fig 1 Simplified geological map of the Zhongzui copper deposit

1=Quatemary 2=Mesoproterozoic Livu Group Complex, 3= metamorphic basic (volcanic) rock 4= quartz vein, 5= alteration zone 6= coppermineralization zone 7= pyrthotic and chalcopyrite ore body 8= occurrence of schistosity 9= normal fault

者为多,平行轴面形成 Ş带状褶劈理,对 §面理表 现出的是一种横向构造置换。

区内东侧还发育等厚开阔褶皱,但不普遍。 3. 断裂

区内可见两条成矿期后断层 (图 1)。其中 Fi 断层为正断层,延伸长几十米,未对矿体造成破坏。 F2为一大致顺层下滑形成的高角度正断层,同时伴 有右行平移滑动。断层形成的破碎带宽 6~10^m由 多条小型断层及节理组成。破碎带中的砾石主要为 黑云石英片岩,具构造透镜体化特征,砾石常被粘土 化、绿泥石化及绢云母化。可见小型的下滑"2[°]型 褶皱发育。F2断层明显切割 Z-1主矿体,使 Z-1 矿体部分发生错动,上盘向下滑动的垂向距离为 50 ~100^m,同时向近东方向滑动,对矿体有一定的破 坏作用。

4. 韧性剪切带

大致沿 §片理顺层剪切形成,以发育顺片理的 石香肠、无根褶皱、流褶皱、SC组构、变形旋转的石 英体 (图 3)、石英拔丝 (图 4)等为主要特征。韧性 剪切带在区内分布较多,宽度从数厘米至数十米不 等。当剪切面理发育密集时,往往形成一些规模较 大的剪切带,区内在西部和东部各有一个较大的剪 切带分布 (图 1)。区域上该期剪切面理出现的最新 地层为二叠系,而上覆三叠系地层中没有遭受该期 构造变形,因此其变形时代为二叠纪中晚期。



图 2 剪切面理 S_4 大致沿 S_3 面理继承性发展 F F_2 S_4 shear foliation development rough y along S_3 foliation



图 3 眼球状石英体旋转特征 Fig 3 Rotation of augen quartz



图 4 剪切带中的石英"拔丝"现象 Fig 4 Streaked quartz in the shear zone

2.3 蚀变、矿化

区内蚀变发育,且都发生在韧性剪切带中。地 表共圈出蚀变矿化带 8条,其中 Z-I 和 Z-II 规模 较大(图 1)。 Z-I 出露宽 100~400^m延伸长大于 800^m向西可能与挖金沟二号矿化带相连,向东与 笋叶林 S-II号矿化蚀变带相连,规模较大,目前已 发现的两条矿体均分布其中。目前地表未发现 Z-II 矿体,深部有存在隐伏矿体的可能。

蚀变类型主要有黑云母化、绢云母化、硅化、绿 泥石化,次为石榴石化、电气石化、十字石化、斜长石 化。根据野外及室内镜下观察,蚀变作用经历了早 期黑云母化、斜长石化,中期电气石化、硅化到晚期 绢云母化和绿泥石化的演变,成矿与中晚期蚀变作 用关系密切。

和邻近的笋叶林、柏香林矿区相比,中咀矿区绢 云母化、绿泥石化较为发育,主要发育在二云石英片 岩中。绢云母化、绿泥石化发育部位岩石片理揉皱 明显,同时岩石变得松软,颜色较浅,为重要的找矿 标志。局部的晚期石英脉中见蓝晶石化,其与发育 在片岩、石英岩中区域变质成因的蓝晶石不同,呈板 柱状、束状、放射状(图 5),粒度较大,应为气成热液 成因。



图 5 晚期石英脉中蓝晶石呈板柱状 Fig 5 Columnar k Yan ite in the late quartz vein

矿化主要为磁黄铁矿化、黄铜矿化,次为闪锌矿 化和黄铁矿化。矿化呈团块状、星点侵染状、条纹条 带状(图 6)、网脉状和薄膜状,对岩性选择性不强, 从富含云母的云母片岩、云母石英片岩等变形强烈 的岩性层到石英岩等变形弱的岩性层,都能见到不 同程度的矿化,只是前者矿化现对较强,而后者则较 弱。变基性(火山)岩中也常见金属硫化物呈星点 侵染状分布。



图 6 金属硫化物沿剪切面理分布 F g 6 Metallic sulphides along the shear foliation

3 矿体特征

区内目前共发现有两条矿体,均分布于 Z-I 矿化蚀变带中。其中 Z-1矿体为主要工业矿体, 呈似层状大致平行 §片理分布。矿体地表出露长 度大于 100^m,为半隐伏矿体。矿体沿走向和倾向延 伸均较为稳定和连续,厚度 2~5^m,平均厚度 2.7 ^m,铜品位 0.25% ~2.91%,平均为 1.47%,品位 变化系数为 103.61%。 Z-2矿体呈透镜状产出,产 状与围岩片理产状基本一致,规模较小。

矿石中金属矿物主要为磁黄铁矿、黄铜矿和闪锌 矿,次为方铅矿、黄铁矿。次生金属矿物不发育,仅在 地表氧化带见有褐铁矿、孔雀石、铜蓝等零星分布。 脉石矿物主要为石英、黑云母、绢(白)云母、绿泥石、 次为石榴石、电气石、十字石、闪石类、蓝晶石等。

矿石结构以它形粒状结构为主,常见充填交代结 构、交代溶蚀结构及交代残余结构。矿石构造较为简 单,以块状构造为主,其次为条带 浸染状、角砾状构 造,少量脉状 网脉状和团块状构造 (图 7)。不同类 型矿石在矿体空间上存在一定的分布规律,块状富矿 石分布于矿体的中部,条带 网脉状 团块状矿石分布 于矿体的边部,而浸染状矿石分布于靠近矿体的围岩 中,这一特征与相邻的里伍、黑牛洞铜矿床极为相似。 同时,块状矿石与角砾状矿石界线不易划分,而与条 带 浸染状矿石界线则截然明了。



图 7 块状矿石,其边界为条带一浸染状矿石,并逐渐向 星点浸染状矿石过渡

Fig 7 Streaked-dissen inated ore

4 矿床成因

根据笔者所在项目的研究并结合前人研究成 果,认为包括中咀铜矿在内的"里伍式"铜矿床的成 矿物质具有多来源、成矿作用具有多期次、多成因的 特点,其主成矿作用为燕山期^[8~10]中高温热液交代 充填成矿,成因上属于海相沉积 改造型矿床。

热液交代充填成矿的标志如下: (1)矿体中不 同类型的矿石,常可见块状富矿石分布干矿体的中 部,条带状、网脉状、团块状矿石分布于矿体的边部, 而浸染状矿石分布于靠近矿体的围岩中:(2)块状 矿石内常见有围岩角砾包裹并胶结,被包裹的围岩 角砾与矿体顶、底板围岩具有相同的变形变质特征, 岩石片理产状保持很大程度的一致性,具矿液原地 或近原地交代溶蚀残留围岩特点; (3) 在块状矿石 或一些条带状矿石中,除存在与磁黄铁矿共生的同 期黄铜矿外,还有较多黄铜矿沿磁黄铁矿、闪锌矿颗 粒边缘、粒间嵌布,或沿微细裂隙充填,对磁黄铁矿、 闪锌矿进行交代。部分光片中见黄铜矿呈乳浊状嵌 布在闪锌矿中,反映出这种后期黄铜矿形成时间较 磁黄铁矿、闪锌矿晚的特征; (4)块状矿石中可见铝 硅酸盐或石英等矿物颗粒与金属矿物颗粒间为港 湾 熔蚀状; (5)矿体与蚀变关系密切, 矿体均发育在 蚀变带中,表明热液活动强烈。

研究表明,"里伍式"铜矿床成矿物质主要来源 于含矿岩系本身,控矿构造主要为韧性剪切带和穹 窿构造。

4.1 成矿物质来源

江浪穹窿内已发现的铜矿床主要产在中元古界 里伍岩群堆剁层系统构造地层中,具有一定的层位 特征。尽管 喻面理不是可广泛划分对比的岩性界 面,但由于后期变形面理置换往往对前期层 面理存 在一定程度的继承性,在一定范围内原岩物质组成 总体仍大致得以保留。根据矿床的含矿地层 岩石 组合、矿体排列的构造样式、变形变质程度和矿石物 质成分等特征综合分析,认为成矿物质主要来源于 含矿岩系本身^[2811]。此外,二叠纪区域性的裂陷作 用导致基性岩浆喷发也带来了部分的成矿物质。

4.2 韧性剪切带

"里伍式"铜矿的蚀变和矿化与韧性剪切带关 系非常密切, 金属硫化物和蚀变矿物往往沿剪切面 理密集发育, 规模较大的剪切带往往形成矿化蚀变 带或矿体。韧性剪切带不仅是主要的导矿、容矿和 控矿构造, 而且通过变质分异和变形分解过程, 导制 成矿物质的进一步富集^[12~15]。顺层韧性剪切带为 重要的找矿标志。

剪切带中常见浸染状或条纹条带状矿化,局部 还可见金属硫化物呈薄膜状沿剪切面理面分布,从 显微结构上也能看出沿剪切面理分布的硫化物条带 具一定的韧性变形特征。这些都说明韧性剪切带能 使成矿物质进一步富集形成浸染状、条纹条带状贫 矿体。刘连登等对辽宁红透山块状硫化物矿床中韧 性剪切带及其矿石进行了研究,认为铜、金高度富集 是因为黄铜矿和自然金等矿物塑性显著大于黄铁矿 和脆性围岩,因而在剪切变形中发生固态差异活化 所致^[16]。顾连兴则认为该矿床中这些金属高度富 集主要是糜棱岩受到了后期流体的叠加,即在韧性 剪切变形过程中会导致成矿物质流体的再活化和在 有利部位富集^[17-18]。

韧性剪切带的形成受岩性层等因素影响,常表 现有所不同。有利的含矿构造主要出现在大套稳定 延伸的强、弱能干性层之间,形成结构简单,延伸稳 定,规模较大的含矿构造,从而形成结构简单的富大 矿体。中咀 Z-1主矿体就产于这一类型构造中, 而临近的挖金沟、笋叶林地区则不同,其剪切带是由 沿多而薄的强、弱能干性层间发育的一系列密集滑 脱界面组成,形成的控矿构造虽然规模较大,但其形 态和分布变化较大,所控制的蚀变带、矿体成群分 布,呈小而多的特征。

4.3 穹窿构造

燕山早中期区域上再次发生深部岩浆上涌,引 起近南北向的收缩和推覆构造运动,并在雅江,木里 推覆岩片前锋带与印支期形成的箱状背斜横跨叠加 成穹。强烈的成穹作用使里伍岩群的产状发生改 变,先前形成的层间断裂、次级褶皱、片理剥离带或 构造破碎带全面拉张打开,同时沿韧性剪切带发生 重力下滑,形成一系列不同规模的重力滑脱带,从而 形成各种张性的导矿、容矿网络系统。尤其是韧性 剪切带往往演化转变为脆性滑脱断裂构造,成为赋 矿的有利部位。

在穹隆四周的转折部位, 成穹后期发生正滑作 用, 伴有不均匀侧向区域构造应力挤压, 导致沿构造 岩性层面理发生变形, 形成张性虚脱空间。穹隆形 成之后, 由于受到区域构造挤压变形, 局部可能形成 面理褶皱挠曲, 发生面理间虚脱。里伍、黑牛洞、挖 金沟、笋叶林等矿床分别位于穹隆体的东南、西南、 北西、北东的转折部位。

5 结论

(1)中咀矿区内的蚀变带、矿化带和矿体均受 顺层韧性剪切带控制。

(2)包括中咀铜矿在内的"里伍式"铜矿床物质 具有多来源、成矿作用具有多期次、多成因的特点, 其主成矿作用为燕山期中高温热液交代充填成矿, 成因上属于沉积 改造型矿床。

(3)"里伍式"铜矿床成矿物质主要来源于含矿 岩系本身,控矿构造主要为韧性剪切带和穹窿构造。

参考文献:

- [1] 许志琴,侯立纬,王宗秀.中国松潘一甘孜造山带的造山过程
 [^{M]}.北京:地质出版社,1992 117-136
- [2] 傅昭仁, 宋鸿林, 颜丹平. 扬子地台西缘 江浪变质核杂岩结构 及对成矿的控制[J. 地质学报, 1997, 71(2): 113-122
- [3] 颜丹平,宋鸿林,傅昭仁.四川省九龙县江浪穹隆的变形变质 作用与李伍铜矿控矿构造模式[J].矿床地质,1994,13(增 刊):120-121
- [4] 颜丹平, 宋鸿林, 傅昭仁. 扬子地台西缘造山前的区域伸展作用研究[]. 地学前缘, 1999, 6 (4): 352
- [5] 姚家栋. 试论李伍铜矿床成因 [J]. 四川地质学报, 1990, 10 (4): 251-258.
- [6] 杜亚军,田竞亚.李伍铜矿床控矿构造地质特征及演化模式探 讨[J.四川地质学报,1996,16(3):213-218
- [7] 颜丹平,宋鸿林,傅昭仁.扬子地台西缘江浪变质核杂岩的出露地壳剖面构造地层柱[].现代地质,1997,11(3):290-296
- [8] 颜丹平,宋鸿林,傅昭仁,等.扬子地台西缘变质核杂岩带
 [^{M]}.北京:地质出版社,1997.18-78
- [9] 马国桃, 汪名杰等. 四川省九龙县黑牛洞富铜矿矿床黑云母 40^{Ar}-39^A 铡年及其地质意义[J]. 地质学报, 2009, 83(5):

671-679.

- [10] 四川省地质局第一区域地质测量大队.1:20万金矿幅区域地 质调查报告[R].1974 86-87.
- [11] 冯孝良, 刘俨松, 张惠华, 等. 四川九龙县里伍铜矿包裹体研究[]. 沉积与特提斯地质, 2008, 28(2): 1-11.
- [12] 李建忠, 汪名杰, 姚鹏, 等. 四川九龙黑牛洞铜矿床地质特征
 及其外围找矿方向初探[J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26
 (4): 70-76
- [13] VOKE F M A review of the metamorphism deposits J. Earth Science Review, 1969, 5, 99-143
- [14] MARSHAIL B GLLGAN L B Durchbewegung structure, piercement cusps, and piercement veins in massive sulfide de. Pisits formation and interpretation [J]. Economic Gelp By, 1989, 84(8): 2311-2319.
- [15] GU L'ANX NG, ZHENG YUANCHUAN, TANG X IAOQIAN, WU CHANGZH J HU WENXUAN, Advances in research of sulphide ore textures and their in Plications for one genesis [J. Progess in Natural Science, 2006, 16(3): 1007-1021
- [16] 刘连登,朱永正,戴仕炳.金矿与韧性剪切带及叠加构造
 [A].张贻侠,刘连登.中国前寒纪矿床和构造[Q.北京:地 震出版社,1994.39-78
- [17] 顾连兴, 汤晓茜, 吴昌志, 等. 辽宁红透山块状硫化物矿床矿
 石糜棱岩铜-金富集机制[]. 地学前缘, 2004, 11(2): 339-351
- [18] 顾连兴,汤晓茜,郑远川,等.辽宁红透山铜锌块状硫化物矿 床的变质变形和成矿组分再活化[J].岩石学报,2004,20
 (4):923-934

Geology and genesis of the Zhongzui copper deposit in Jiulong Sichuan

LI Tong zhu, FENG X jao liang, ZHANG Hui hud, WU Zhen bo, TANG Gao lif, XIA X jang biad

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources Chengdu 610081, Sichuan, China, 2 Livu Copper Mining Co. Ltd. Garze 626200, Sichuan, China)

Ab stract The Zhongzui copper deposit in Jiulong Sichuan is beated in the Jianglangm etamotphic core complexes on the western margin of the Yangtze platform. The country tocks of the copper deposit consist dominantly of Mesoproterozoic metamotphic volcano terrigenous clastic sedimentary tocks and the primitive tocks have gone through multistage deformation and metamotphism. The distribution of the alteration zone mineralization zone and ore bodies is controlled by ductile shear zone. The copper deposit has polyphase and polygenetic origins of oreforming matter and resulted from the Yanshanian (143–135 Ma) mesothermal to hypothermal replacement filling and mineralization. Genetically, it belongs to the reworked marine sedimentary deposit. The ore-forming matter is derived mainly from the autochthonous ore-bearing rock series, and the ore-controlling structures are made up of ductile shear zones and dome structures

Keywords Sichuan Jiulong Zhongzui copper deposit ductile shear zone metamonphic core complex