

文章编号:1009-3850(2015)03-0081-07

四川九龙中咀铜矿床地质特征及找矿前景

马国桃¹, 张惠华¹, 冯孝良¹, 李同柱¹, 张 达¹, 马东方¹,
梁 鲸², 王昌南², 刘念梁²

(1. 中国地质调查局成都地质调查中心, 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:四川九龙中咀铜矿床为近年来新发现的一个产于江浪变质核杂岩中的富铜矿床。矿体呈似层状,受韧性剪切带控制,矿体在走向和倾向上延伸稳定。主要矿石类型为浸染状、网脉状、角砾状、块状铜锌矿石。矿石建造为 Fe-Cu-Zn 建造。金属矿物由黄铜矿、磁黄铁矿、闪锌矿、方铅矿等组成。主要蚀变类型为石榴子石化、绢云母化、绿泥石化、黑云母化。矿体铜品位较高,平均品位为 1.65%。目前该矿床仍在进行详查地质工作,矿区向东和向北西方向仍具有较好的找矿前景。该矿床的发现与评价,对于重新认识里伍铜矿床外围找矿潜力和进一步指导该区找矿工作具有重要意义。

关键词:地质特征;构造控矿;中咀铜矿;找矿前景

中图分类号:P618.41

文献标识码:A

引言

自 1990 年以来,扬子地台西缘变质核杂岩带一直是许多学者关注的重点地区,尤以江浪穹隆为甚^[1-2]①。江浪变质核杂岩发育著名的里伍富铜矿床^[3-7],沿该变质核杂岩边部分布有一系列的铜、铅、锌矿床。最近中国地质调查局成都地质调查中心在江浪变质核杂岩北部的中咀地区探明一个规模在中型以上的富铜矿床^[8-9]③,这是继中国地质调查局成都地质调查中心在该区完成黑牛洞中型铜矿^[10-12]②详查评价后的又一重要的找矿成果。自 2007 年开始,在中咀地区陆续开展了地质填图、地球物理测量、槽探和钻探工作;2011 年,发现中咀铜矿铜的资源量达到了中型规模,同时提交了该矿床

的详查报告;2012 年,勘查工作又取得了新的进展,在矿区的东、西方向通过钻探工作发现矿体厚度变厚,品位变高,从而进一步扩大了矿区铜资源量。目前矿区初步估算铜金属量达到 13 万吨,通过 2013~2014 年的工作,资源量仍有很好的提升空间。中咀铜矿床的发现,再一次表明江浪穹隆仍具有良好的找矿前景。对中咀铜矿床地质特征的研究,对该区铜矿勘查工作有进一步的指导意义。

1 区域地质概况

中咀铜矿床位于扬子地台的西缘松潘-甘孜造山带东缘的江浪变质核杂岩中(图 1)。松潘-甘孜造山带总体上是一个三角状褶皱带,其北侧、东南侧及东侧分别与东昆仑-西秦岭构造带、金沙江构造

收稿日期:2014-07-18; 改回日期:2015-04-28

作者简介:马国桃(1981-),男,硕士,工程师,从事矿床勘查与研究。E-mail:jzmguotao@126.com

资助项目:本文为国家资源补偿费“四川九龙县里伍铜矿外围普查”项目(编号:1212010630404)、“四川省九龙县中咀铜矿详查”项目、“西藏冈底斯成矿带铜多金属矿成矿规律综合调查”项目(编号:12120114068501)和“西藏卡达地区地质矿产综合调查”项目(编号:12120115022801)资助的成果

带及龙门山构造带相邻。地体内几乎全部被三叠系浊积岩所覆盖,其中侵位了很多花岗岩体^[13-14]。

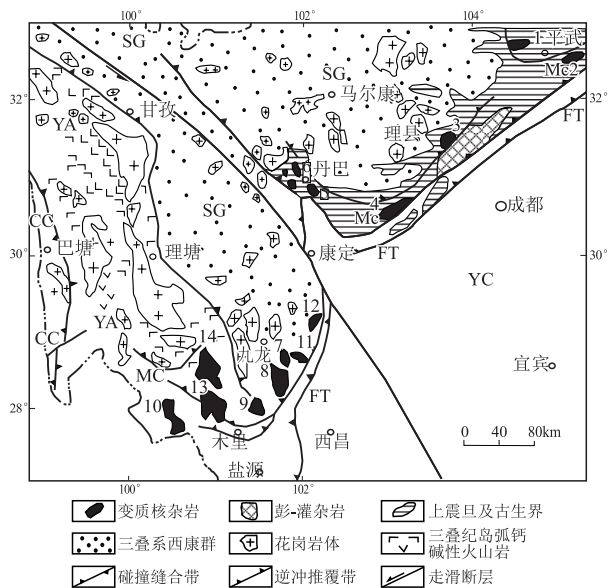


图1 川西地区变质核杂岩分布及区域构造分区略图^[1]

CC. 碰撞结合带;YA. 义敦岛弧带;SG. 松潘-甘孜造山带;MC. 大陆斜坡变质核杂岩带;FT. 前陆逆冲推覆带;YC. 扬子地台。变质核杂岩名称:1. 摩天岭;2. 桥子顶;3. 雪龙包;4. 雅斯德;5. 格宗;6. 公差;7. 踏卡;8. 江浪;9. 长枪;10. 恰斯;11. 三垭;12. 田湾;13. 瓦厂;14. 唐央

Fig. 1 Sketch to show the distribution of the metamorphic core complexes and tectonic division in western Sichuan (after Fu Zhaoren et al., 1997)

矿区内有两条近于平行的主推覆断裂,一条是管河-金河断裂,另一条为位于其北西侧的锦屏山断裂。在两条断裂的北西侧后缘分布一系列呈串珠状的穹隆构造,为重要的区域控矿构造。

中咀铜矿床位于江浪变质核杂岩的北部(图2),与里伍铜矿、黑牛洞铜矿同产于里伍岩群的中段,呈似环状分布。矿区地层经历了强烈构造变形变质,多期构造置换与变质作用相互交织,同步演变,构造与变质序列十分复杂。

位于矿区北东的文家坪,见有燕山期侵入江浪穹隆北东翼的酸性岩体,主要为似花斑状黑云母花岗岩($181.2 \pm 1.4\text{Ma}$)^[15],岩体接触带有大量围岩俘虏体,接触带宽数十到百余米,角岩化明显。另在穹隆以西见有花岗闪长岩体侵入。同时见有大量斜长角闪岩分布在里伍岩群中段,呈条带状、透镜状产出。

矿区内主要出露的地层为前震旦系里伍岩群(Pt_2L),以云母片岩、云母石英片岩、片状石英岩为主,夹斜长角闪岩及变基性岩。矿体围岩为含石榴

子石二云石英片岩、石英片岩、黑云母片岩和斜长角闪岩,岩石中均可见稀疏浸染状或沿片理分布的薄片状磁黄铁矿,偶见黄铜矿。

2 矿床地质特征

2.1 矿体特征

中咀矿区共划分 Z_{1-1} 、 Z_{1-2} 、 Z_{1-3} 、 Z_{1-4} 、 Z_{1-5} 、 Z_{1-6} 6 个矿体。其中 Z_{1-2} 和 Z_{1-3} 为主要的工业矿体,其余为零星矿体。现将矿体 Z_{1-2} 、 Z_{1-3} 主要特征分述如下。

Z_{1-3} 号矿体产于里伍岩群中,地表矿体出露在 6 线-8 线附近,矿体地表出露长度大于 100m,为半隐伏矿体。矿体总体呈似层状,走向 $300 \sim 330^\circ$ 左右,倾向北西,倾角变化于 $15 \sim 40^\circ$ 之间,从露头向深部倾向方向呈扇形扩大。矿体走向长 1100m,倾向长 500m,矿体控制标高为 2770.17m 至 3131.90m,埋深 $0 \sim 744.44\text{m}$ 。矿体沿走向和倾向延伸均较为稳定和连续,厚度变化大,厚 $0.66 \sim 10.62\text{m}$,平均厚度 3.75m ,厚度变化系数为 203.16%。矿体铅直厚度变化于 $0.76 \sim 12.26\text{m}$,算术平均铅直厚度 4.34m ,铅直厚度变化系数为 204.93%。含铜 $0.22\% \sim 6.80\%$,平均 1.65% ,品位变化系数为 82.46%;含锌 $0.03\% \sim 2.59\%$,平均 0.74% ,品位变化系数为 62.01%。矿体厚度与 Cu 和 Zn 品位总体不具相关性,矿体厚度在 8、10、12、14、16、18、20 线增厚。钻孔内 Cu、Zn 品位相对稳定。 Z_{1-3} 号矿体矿石类型主要为闪锌矿黄铜矿磁黄铁矿矿石,部分为黄铜矿磁黄铁矿矿石。以致密块状构造为主,其次为条带状、团块状构造。

Z_{1-2} 号矿体也产于里伍岩群中,地表未出露,为隐伏矿体。 Z_{1-2} 号矿体与 Z_{1-3} 号矿体大致处于相同层位。矿体呈似层状,走向 $300 \sim 330^\circ$ 左右,倾向北西,倾角变化于 $30 \sim 50^\circ$ 之间,总体浅部稍缓,向深部倾向方向呈扇形扩大。矿体走向长 430m,倾向长 300m,矿体控制标高为 2973.82m (11 线) 至 3165.71m (7 线)。矿体沿走向和倾向延伸均较为稳定和连续,厚度变化不大,厚 $0.96 \sim 3.13\text{m}$,平均厚度 1.62m ,厚度变化系数为 47.52%。矿体铅直厚度变化于 $0.99 \sim 3.40\text{m}$,算术平均铅直厚度 1.75m ,铅直厚度变化系数为 54.31%。含铜 $0.22\% \sim 1.09\%$,平均 0.64% ,品位变化系数为 13.89%;含锌 $0.18\% \sim 1.54\%$,平均 0.59% ,品位变化系数为 13.02%。 Z_{1-2} 号矿体矿石类型主要为闪锌矿黄铜矿磁黄铁矿矿石,部分为黄铜矿磁黄铁矿矿石。以浸染状、条带状、团块状构造为主,局部

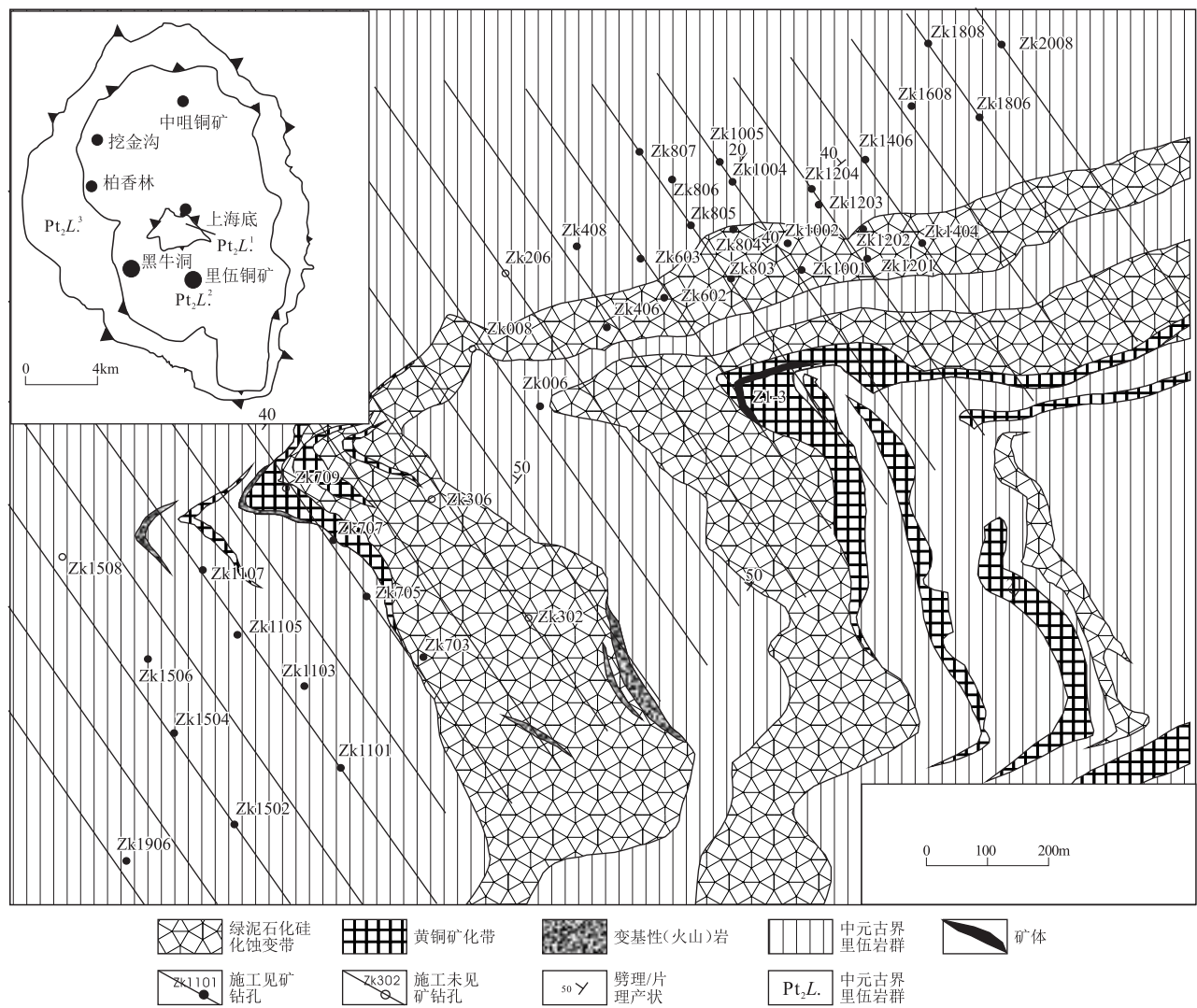


图 2 中咀铜矿床地质简图

Fig.2 Simplified geological map of the Zhongzui copper deposit

(ZK1504)为致密块状。

2.2 矿石类型

2.2.1 矿石类型

根据岩石类型和结构构造将矿石类型划分为两种:致密黄铜矿磁黄铁矿块状矿石和细脉浸染状黄铜矿磁黄铁矿矿石(图4)。

致密黄铜矿磁黄铁矿块状矿石的金属矿物有磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等,含量一般为60%~80%;非金属矿物主要为石英、黑云母、绿泥石等,含量较少,一般为20%~40%。

细脉脉浸染状黄铜矿磁黄铁矿矿石的金属矿物为闪锌矿、黄铜矿、磁黄铁矿等,含量一般为6%~28%;非金属矿物主要为石英、黑云母、绿泥石、石榴子石、绢云母等,含量一般为72%~94%。

依据矿石中的主要矿物成分划分工业类型,主要有氧化矿石、原生矿石两种。

氧化矿石分布在矿体的地表浅部,以发育孔雀石、黄铜矿、褐铁矿为主要特征。褐铁矿呈黄褐色,流失后呈蜂窝状,多为磁黄铁矿氧化后产物,多为低品位贫矿石,这亦为地表的宏观找矿标志。

原生矿石为分布在距地表60m以下的各种矿石,品位较富,为矿区主要的矿石类型。

2.2.2 矿石的矿物成分

矿石的矿石矿物成分比较简单,主要有磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿等,含有少量的方铅矿、黄铁矿、辉钼矿等。仅在地表氧化带见有褐铁矿、孔雀石、铜蓝以及铁、铜、锌、铅的硫酸盐矾类矿物。矿石的脉石矿物以石英、白云母、黑云母、绢云母、绿泥石为主,其次为石榴子石、角闪石、电气石、长石等。

2.2.3 矿石的化学成分

根据矿石基本分析(Cu、Zn)和组合分析(Au、Ag、Pb、Ni、Co、S等)结果,矿石中主要有用成分为铜

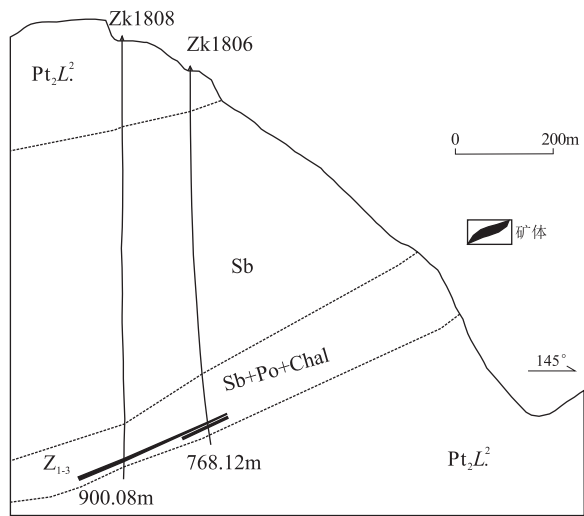


图3 中咀铜矿床18线剖面图

Pt₂L₂. 中元古界里伍岩群; Sb. 绿泥石化硅化蚀变带; Sb + Po + Chal. 磁黄铁矿化黄铜矿化带

Fig. 3 Geological profile through No. 18 prospecting line in the Zhongzui copper deposit

和锌,伴生有益组分为钴、银、硫等。矿区铜(锌) 矿

石中铜平均含量为 1.46%,其中 Z₁₋₃号矿体矿石平均含铜 1.65%,Z₁₋₂号矿体平均含铜 0.64%,前者明显高于后者。全矿铜(锌) 矿石中锌平均含量为 0.66%,其中 Z₁₋₃号矿体矿石平均含锌 0.74%,Z₁₋₂号矿体平均含锌 0.59%。铜与锌含量在致密黄铜矿磁黄铁矿块状矿石和细脉浸染状黄铜矿磁黄铁矿矿石中总体表现为共生关系,含量为正相关,即铜高、锌高。

矿石组合样品分析显示,伴生有益组分主要有钴、银、硫等,矿石中钴含量范围为 0.0064% ~ 0.027%,变化较大。全矿钴平均含量为 0.0163%,满足伴生组分要求。但钴在矿石中的赋存形式尚不清楚,有待研究。矿石因富含金属硫化物,所以硫含量普遍较高,含量变化较小。矿石中硫含量范围为 7.34% ~ 24.88%,全矿硫平均含量为 14.91%,硫含量在致密块状矿石中大于团块状和浸染状矿石。矿石中银含量范围为 4.17 ~ 12.60g/t 之间,变化不大。全矿银平均含量为 9.11g/t,满足伴生组分要求。



图4 中咀铜矿床钻孔中矿石类型

a. ZK2008 钻孔致密黄铜矿磁黄铁矿块状矿石(矿体真厚度为 2.93m,Cu 平均品位为 1.68%);b. ZK1808 钻孔致密块状矿石、细脉浸染状黄铜矿磁黄铁矿矿石(矿体真厚度为 5.05m,Cu 平均品位为 2.47%

Fig. 4 Ore types in the Zhongzui copper deposit

组合样品分析结果表明,S、Co、Ag 在矿体中都具综合回收利用价值,Au 不具综合回收价值。有害元素 As 含量低,对选矿的影响极小。

2.2.4 矿石结构构造

矿石结构主要有他形粒状结构、片状变晶结构、溶蚀残余结构、交代残余结构、固溶体分离结构。

矿石构造均较为简单,以致密块状构造为主,其次为条带-浸染状构造,少量为脉-网脉状构造、团块状构造和角砾状构造。根据钻孔、坑道工程矿体

编录观察研究,矿石构造在矿体空间上存在一定的分布规律:致密块状构造往往出现于矿体的中心部位;网脉状、团块状、角砾状矿石位于矿体的上下边部;条带状、浸染状构造往往出现于矿体靠围岩部位。这一分布特征与相邻的里伍铜矿和黑牛洞铜矿极为相似。

2.3 围岩蚀变

自矿体向外受岩性差异影响,蚀变作用的分带性不明显,蚀变与矿化强度总体上呈现为正消长的

关系较为清楚。近矿顶底板围岩蚀变强烈,普遍伴有星点状,局部为浸染状磁黄铁矿,偶见黄铜矿、闪锌矿。远矿部位围岩蚀变逐渐趋弱,仅见有少量的磁黄铁矿。蚀变类型主要有黑云母化、电气石化、斜长石化、硅化、绢云母化、绿泥石化等。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,成矿与晚期蚀变作用关系密切。近矿部位晚期强烈的绢云母化、绿泥石化常使岩石发生明显褪色现象,片理构造趋于消失,为重要近矿标志。

2.4 成矿期与成矿阶段

根据矿区矿化与蚀变关系的野外观察和室内矿物共生组合及矿石组构特征的研究,中咀铜矿床可划分为三期五阶段,三个矿化期分别为区域动力变质期、中高温热液成矿期、表生期。成矿期可以分为三个阶段,中高温热液蚀变阶段、中高温硫化物沉淀阶段和中低温热液蚀变阶段。早期中高温热液蚀变以形成大量黑云母并伴有少量硫化物沉淀为特征,中期以大量硫化物析出为特征,晚期以中低温绿泥石化、绢云母化为特征。

矿区附近里伍、黑牛洞、挖金沟、笋叶林、上海底矿床(点)(图2)的地质特征与中咀铜矿床有一定相似性,成矿均与黑云母化密切相关,在该区工作的地质同仁对此已经达成共识^{[7][10][12]①②③}。中咀矿床、黑牛洞矿床的含矿蚀变带中的黑云母化与成矿关系也最为密切,黑云母与金属矿物共生。再结合成矿期次的划分,黑云母形成年龄可以代表矿床的成矿年龄或成矿年龄的上限。因此本项目组人员通过野外观察和分析采取成矿阶段与矿石矿物共生的黑云母作为成矿年龄的测试矿物,得出中咀铜矿床的成矿年龄为143.4 Ma^[7]。

3 控矿因素分析

综合区域地质、矿区地质及物化探异常特征分析,中咀铜矿床控矿因素主要为地层和构造。

3.1 地层与成矿关系

根据地表穿插和深部工程验证可知,中咀铜矿床铜矿体分布在含矿构造蚀变带中。蚀变标志主要表现为更大范围内的黑云母化,主要形成棕-棕褐色黑云母切层粗斑、顺层条带,并伴有稀疏星点状磁黄铁矿,偶见黄铜矿。近矿较小范围内的绢云母化、绿泥石化、电气石化,表现为岩石明显褪色、片理趋弱或消失。蚀变与成矿的关系最为密切,蚀变

越强,规模越大,成矿越有利。由于蚀变体发育深度和穹隆各处剥蚀深度不同,蚀变体露头不一定代表深部规模,所以也不能一概按蚀变带地表规模评价其含矿性好坏^[9]。

3.2 构造与成矿关系

江浪穹隆为一近南北向的短轴背形构造,在成穹后期发生正滑作用的同时,伴有不均匀侧向区域构造应力挤压,导致沿构造-岩层面理出现变形,在转折突出部位沿S₃面理间容易引起张性虚脱空间,有利成矿热液充填成矿。中咀、里伍、黑牛洞、挖金沟等矿床分别位于穹隆体的北东、南西、南西、北西转折部位(图2),并发育大规模的蚀变带。有利的含矿构造主要出现在大套稳定延伸的强能干性与弱能干性岩层之间,形成结构简单、延伸稳定、规模较大的韧性剪切带。脆性断层叠加在早期韧性断层之上,形成多层的挤压破碎带。同时,含矿流体沿断裂上升,在背斜轴部和褶皱强烈的虚脱部位形成了矿区数层雁行排列的厚大富铜矿体。

4 找矿前景

4.1 物探异常特征

4.1.1 瞬变电磁测深

瞬变电磁测深点主要布置在激电中梯所获得的高极化低电阻异常部位或推断矿体的延伸方向上。从所获得的资料看,在剖面上,瞬变电磁测深曲线大部分呈现Q型(部分呈现K型),并在一定视深度范围内均有不同强度的较低视电阻率异常显示,特别是在激电高极化率异常地段、矿体部位或矿体延深方向找矿有利部位其异常较为明显。视电阻率异常强度一般在100~300Ω·m之间,有的则在100Ω·m以下,甚至10Ω·m左右。而在正常围岩部位,视电阻率值均在1000Ω·m以上,有的在10000Ω·m以上。根据各测深点的反演结果看,低阻异常的视深度大部分在100~400m范围内,有的在500m以上,个别低阻异常点深度达800m。总体上看,各测深点上低视电阻率异常视深度大致反映了矿体或低阻地质体的埋深情况。

4.1.2 充电电位观测

对平硐内的原Z₁₋₁矿体进行大功率充电,布置了8条充电电位观测剖面开展电位测量。中咀的充电电位测量,从观测的结果看,在测区的东部,电位值普遍较低,一般在几mv至几十mv之间,充电电位异常主要反映在测区的西侧,其电位值一般在100~400mv之间,最高达700mv。从异常的分布特

征看,在测区东侧异常梯度变化较陡,在侧区西侧电位值逐渐增大,并有向西及西南方向(或挖金沟矿区一侧)延伸的趋势。由于充电范围小,西部高值异常趋势已向西延至充电观察区外,充电电位异常在工作区西侧无法继续追索并封闭,因此充电等位线没有完全反映出异常体(矿体)的分布趋势。

中咀主矿体 $Z_{1,3}$ 产状与 S_3 片理一致,倾向北西,中咀河沟北侧,异常走向北东,与矿体走向一致。中咀河沟南侧的充电异常高值中心走向为北北西,可能为中咀主矿体向北西延至深部的反映。2012年,在矿区北东部详查施工的 Zk1406、Zk1808、Zk2008 钻孔均见到品位变富矿体厚度增加的 $Z_{1,3}$ 矿体;在矿区西部施工的 Zk1906 钻孔中矿体品位变高的富铜矿体(图2)。

4.2 化探异常特征

本项目组收集了1970~1975年进行的1:20万区域地质调查和1989年完成的1:20万化探扫面的相关资料,根据研究需要对Cu、Au、Ag、Pb、Zn数据进行重新整理,编制了地球化学图。整个江浪穹窿Cu、Zn元素含量普遍很高,其中Cu含量多大于 57×10^{-6} ,Zn元素含量多大于 92×10^{-6} 。在里伍矿区附近,Cu、Au、Ag、Pb、Zn元素均有一定的异常,且异常套合较好、异常浓度较高。其中Cu异常最为显著、浓度也很高,Pb、Zn异常浓度也较高,而Ag、Au异常则较弱。

穹窿西北部Cu异常具规模,中咀铜矿、笋叶林、挖金沟、柏香林均位于该异常的东南边缘,因此,中咀矿区Cu的找矿潜力较大^[16]。

4.3 找矿方向

中咀矿区西部的 $Z_{1,2}$ 矿体,其北西往深部还尚未得到有效的控制,同时也未控制住矿体边界,因此向西与挖金沟之间地段有较好的资源前景。

中咀矿区东部的 $Z_{1,3}$ 矿体往东向豆儿坪方向矿体具有厚度增加,品位变高的趋势(图2),仍未控制住矿体边界,存在较好的找矿前景。中咀矿区还有很好的资源提升空间。

在整个江浪穹窿内,已有的中咀、里伍、黑牛洞、挖金沟、柏香林、笋叶林等铜矿床(点)都环绕江浪穹窿呈环带状分布(图2)。在穹窿的西部黑牛洞与柏香林之间、穹窿的东部笋叶林与里伍之间,均存在里伍式铜矿形成的构造条件,上述地段还存在较大的找矿远景,是今后找矿的重点工作区域^[9]。

目前,里伍矿田内获得的铜资源量大大超过了50万吨,达到了大型铜矿床的规模,从而确定为四

川省第一大铜矿(中咀铜矿详查评审会专家交流意见,2012年)。成都地质矿产研究所在里伍地区通过历时8年的地质工作,使该地区找矿工作取得重要进展,相关的研究工作对该地区找矿工作具有重要的理论意义和指导意义。

5 结论

(1)中咀铜矿床主要为 $Z_{1,3}$ 和 $Z_{1,2}$ 号矿体,矿石类型为致密黄铜矿磁黄铁矿块状矿石和细脉浸染状黄铜矿磁黄铁矿矿石。金属矿物为有磁黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿等;非金属矿物主要为石英、黑云母、绿泥石等。蚀变类型主要有黑云母化、电气石化、斜长石化、硅化、绢云母化、绿泥石化等。近矿部位发育强烈的绢云母化、绿泥石化常使岩石发生明显褪色现象,片理构造趋于消失,为重要近矿标志。

(2)中咀铜矿西部和北东部仍未控制矿体边界,矿体往深部具有厚度增加,品位变高的趋势,中咀矿区还有很好的资源提升空间。

(3)江浪穹窿仍有较好的找矿前景,加强江浪穹窿的各项地质工作将对该地区找矿工作具有重要的理论意义和指导意义。

注释:

①宋鸿林,田竞亚,颜丹平等.1995.扬子地台西缘江浪变质核杂岩变形变质作用及李伍式铜矿成矿模式.“八五”地质矿产部重点科技攻关项目研究成果报告.1-82.

②汪名杰,李建忠,姚鹏.2007.四川省九龙县里伍铜矿外围普查报告.1-202.

③冯孝良,张惠华等.2012.四川省九龙县中咀铜矿详查报告.1-187.

参考文献:

- [1] 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.
- [2] 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[J].现代地质,1997,11(3):290-297.
- [3] 姚家栋.试论李伍铜矿床成因[J].四川地质学报,1990,10(4):251-258.
- [4] 姚家栋.李伍式铜矿床成矿控制条件与找矿前景[J].四川地质学报,1991,11(1):29-36.
- [5] 宋铁和,幸石川.李伍铜矿床成因探讨[J].西南矿产地质,1990,4(4):1-12.
- [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] 冯孝良,汪名杰,文成敏,张惠华.浅析里伍铜矿外围找矿前景

[J]. 沉积与特提斯地质,2007,27(1):9-13.

[8] 李同柱,冯孝良,张惠华,唐高林,吴振波,夏祥标. 四川里伍铜矿含矿岩系地球化学特征及成因分析[J]. 地质与勘探,2010,46(5):921-930.

[9] 张惠华,冯孝良,唐高林,周清,李同柱,祝向平,吴振波,夏祥标. 四川省九龙县中咀铜矿构造与成矿关系研究[J]. 高校地质学报,2013,19(1):95-108.

[10] 李建忠,汪名杰,姚鹏,邹光富,唐高林,李贵鸿,沈战武,祝向平. 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):69-77.

[11] 李建忠,汪名杰,王发清,姚鹏,梁鲸,唐高林,祝向平,马国桃,邹光富,沈战武,陈敏华,李贵洪. 四川省九龙县黑牛洞韧性剪切带型浸染状铜矿石的特征及其矿床学意义[J]. 矿床地质,2010,29(5):853-868.

[12] 马国桃,汪名杰,姚鹏,李建忠,祝向平,陈敏华,梁鲸. 四川省九龙县黑牛洞富铜矿床黑云母⁴⁰Ar-³⁹Ar 测年及其地质意义[J]. 地质学报,2009,83(5):671-679.

[13] 许志琴,侯立纬,王宗秀,傅小方,黄明华. 中国松潘-甘孜造山带的造山过程[M]. 北京:地质出版社,1992. 19-35,102-136.

[14] 胡健民,孟庆任,石玉若,渠洪杰. 松潘-甘孜地体内花岗岩锆石 SHRIMP U-Pb 定年及其构造意义[J]. 岩石学报,2005,21(3):865-880.

[15] 马国桃,姚鹏,马东方,搞大发,汪名杰,李建忠,张慧华,陈敏华,梁鲸. 四川九龙新火山花岗岩体单颗粒锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年及其地质意义[J]. 沉积与特提斯地质,2012,32(4):70-75.

[16] 夏祥标,唐高林,冯孝良,张惠华,吴振波,李同柱. 四川九龙里伍地区筭叶林铜矿床地质特征[J]. 华南地质与矿产,2009,(3):51-58.

Geology and exploration potential of the Zhongzui Copper deposit in Jiulong, western Sichuan

MA Guo-tao¹, ZHANG Hui-hua¹, FENG Xiao-liang¹, LI Tong-zhu¹, ZHANG Da¹, MA Dong-fang¹, LIANG Jing², WANG Chang-nan², LIU Nian-liang²

(1. Chengdu Center, China Geological Survey, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Liwu Copper Mining Co. Ltd., Garze 626200, Sichuan, China)

Abstract: The Zhongzui Copper deposit, a medium-sized copper-rich deposit explored in recent years, is hosted to the Jianglang metamorphic core complexes in Jiulong, western Sichuan. The copper ore bodies often occur as stratoids controlled by ductile shear zones, and are laterally extensive. The ore types comprise disseminated, veinlet, brecciated and massive Cu-Zn ores in the Fe-Cu-Zn formations. The metallic minerals contain chalcopyrite, pyrrhotite, sphalerite and galena. The main alterations include garnetization, sericitization, chloritization and biotitization. The ore bodies have higher copper grades, with an average copper grade of 1.65%. The discovery of the Zhongzui copper deposit is significant to the reassessment of the exploration potential around the Liwu copper deposit.

Key words: geology; structurally-controlled deposit; Zhongzui copper deposit; exploration potential