

doi: 10.6053/j.issn.1001-1412.2018.01.006

四川省中厂铜矿矿床地质特征及成因讨论

张淑花

(四川省冶金地质勘查局六〇六大队,成都 611730)

摘要: 四川省中厂铜矿位于扬子地台西南缘的康滇地轴中段,赋矿地层为中元古界下部的通安组,铜矿体赋存在通安组第二段和第三段中,铜矿体呈似层状,矿体围岩分别为白云石大理岩、石英变粒岩和含石英大理岩,地层中层间破碎带、滑动带和裂隙发育,并发生硅化、绢云母化、白云石化和褪色等热液蚀变,地层中碳质含量较高,矿床地质特征上判断,成矿经过沉积成岩期和构造-热液改造期,成矿物质为多期多来源,因此认为中厂铜矿床属于沉积-改造型铜矿床。

关键词: 中厂铜矿床;地质特征;矿床成因;沉积-改造型铜矿;四川省

中图分类号: P613;P618.41 **文献标识码:** A

0 引言

四川省中厂铜矿床位于凉山彝族自治州会理县黎溪区中厂乡,距会理县城直距约42 km;矿区地理坐标为:东经102°01'52.59",北纬26°19'48.10"。中厂矿区铜矿体产于中元古界通安组中,矿床受地层层位控制明显,同类铜矿在川滇交界地区广泛分布,资源量丰富,是一种重要的铜矿床类型,在云南省称为“东川式”铜矿,在四川省内则被称为“黎溪式”铜矿^[1]。

多年以来,四川省地质局力马河队、四川省地质局第一区测队、黎溪区农工商总公司、四川省地质矿产局403地质队先后在矿区所在区域开展了大量基础地质调查和铜矿找矿勘查工作,一些地质科研机构和地学院校亦开展了多项专题性地质科学研究,研究成果相当丰硕^[2-15]。2003—2014年,四川省冶金地质勘查局六〇六大队在中厂矿区开展了综合性地质普查-详查工作,查明铜矿体的赋矿层位和主要赋矿岩石类型,圈定了4条铜矿体,探获铜矿石资源/储量 $(332+333)332.03\times10^4$ t,确定铜矿床的规模为小型,具有较好开发价值^①。

前人文献的研究内容主要是围绕区域地质构造

演化、区域地层对比、区域成矿规律,铜矿地质研究多集中于云南省东川地区的“东川式”铜矿和四川省拉拉 IOCg 型铜矿床,而对四川省的“黎溪式”铜矿的研究文献数量较少,且多为20世纪80年代的文献^[10-15],关于中厂地区铜矿床的专述性文献尚未见及。本文旨在中厂铜矿的勘查工作基础上,主要对中厂铜矿的矿床地质特征进行阐述,并对矿床成因进行讨论,为区域同类型铜矿地质勘查和区域找矿提供参考。

1 成矿地质背景

中厂铜矿床位于扬子地块西南缘,即传统所称“康滇地轴”的中段。在纵贯川、滇的狭长地带中以元古宇为基底,包括中元古界下部(>1400 Ma)的东川群、河口群和通安组,中元古界上部(<1400 Ma)的会理群等。盖层包括下震旦统澄江组、奥陶系红石崖组、上二叠统峨眉山玄武岩组、上三叠统白果湾组,以及零星出露的寒武系和白垩系,新近系和第四系分布于新生代盆地中。

区域自早元古代以来,发生过多期岩浆活动,以浅成、喷发为主。岩类以玄武岩、辉绿辉长岩、花岗岩分布最广。它们主要沿区域性大断裂、断裂交叉

收稿日期: 2017-11-23; 改回日期: 2017-12-11; 责任编辑: 余和勇

作者简介: 张淑花(1974—),女,高级工程师,硕士,主要从事矿权管理及地质矿产勘查工作。通信地址:四川省成都市郫都区一里东街249号;邮政编码:611730;E-mail:373527237@qq.com

处、区域复背斜轴部等部位产出,呈岩床、岩墙、岩盘、岩基出现。主要分布于区域的北西部地区(图 1),与区域内生金属、非金属矿产具有成因关系。

由于三江造山带的影响,在扬子地块西南缘发育大量近 SN 走向的区域性断裂,如攀枝花断裂、安宁河—绿汁江断裂、汤郎—撮科断裂、皎平—铜厂断裂、小江断裂(图 1)等,这些断裂多具长期活动的历史,将中元古代各地层单元切割错断,增加了各地元古宇对比方面的难度。

区域矿产以铁铜为主,主要分为 2 种类型:一为产于中元古界下部通安组和东川群等地层中的层状铜矿床(SSC 矿床);二为产于中元古界下部河口群中与岩浆热液有关的铁氧化物-铜-金矿床(IOCg 矿床)。中厂铜矿区周边的已知铜矿(床)点有黑箐铜矿、中厂铜矿、老棚湾铜矿、红铜山铜矿、南充铜矿、莲塘铜矿等小-中型铜矿床及铜厂沟、青矿山等

矿点^[1]。

2 矿区地质特征

2.1 矿区地层特征

中厂铜矿区出露的地层有中元古界河口群(Pt_2H)、通安组(Pt_2t)和第四系(图 2)。根据中元古界区域岩石组合对比、形成地质环境以及最新的同位素年代学研究资料^[3-6],中元古界的通安组与河口群均为中元古代早期产物。

2.1.1 中元古代河口群(Pt_2H)

河口群呈 NW 走向分布于矿区西部边缘,下部为灰黑色碳质片岩,上部为银灰色云母片岩;区内出露厚度约 125 m。

2.1.2 中元古代通安组(Pt_2t)

通安组是中厂矿区的主要赋铜层位,岩石类型以含碳的碳酸盐岩和碎屑岩为主体,常夹火山-火山碎屑岩薄层,后经区域变质作用形成一套浅变质沉积岩系。本区只发育通安组的第一段—第三段,从岩石序列、沉积特点、赋矿特征和演化规律上分析,可分别与云南东川群的因民组、落雪组和黑山组对比^[14]。通安组与下伏的河口群呈平行不整合的接触关系(图 3)。研究表明,通安组为一套低-中压型低绿片岩相-低角闪岩相区域动热变质岩系,原岩为沉积于闭塞非补偿性深-次深海盆中的还原性碎屑岩-碳酸盐岩建造,沉积岩石中有明显的火山活动产物,并普遍含碳,千枚岩中含碳可超过 25%,并见有团块状黄铁矿。

(1)通安组第一段(Pt_2t^1):呈 NW 走向分布于矿区的西部,岩层产状倾向 NE,倾角 60° ;下部为灰色变质砂岩,上部为灰黑色砂质板岩,表现为滨海相变砂岩-泥质岩的沉积环境,出露厚度约 292 m。

(2)通安组第二段(Pt_2t^2):,分布于矿区的西部,岩层产状倾向 NE,倾角 70° 左右;出露厚度约 205 m。下部为灰-灰白色白云石大理岩(Pt_2t^{2-1}),厚约 90 m,细-中粒状变晶结构,厚-巨厚层状构造,主要矿物成分为白云石、方解石,白云石大理岩层间滑动带中有星点状黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿化,并在局部富集成工业矿体,此岩性层为矿区的 I 号铜矿体;上部为灰色大理岩(Pt_2t^{2-2}),厚约 115 m,细粒变晶结构,薄-中层状构造,主要矿物成分为白云石、方解石,局部含燧石条带和结核。该段形成于碳酸盐岩台地相环境。

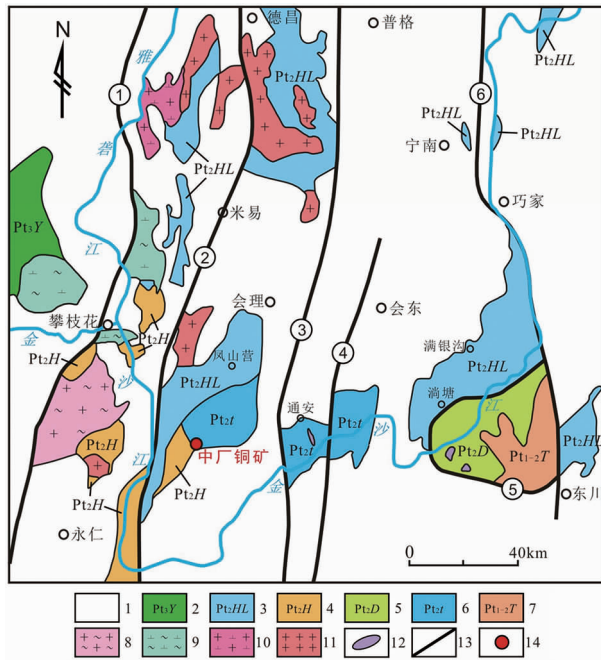


图 1 会理—东川地区中元古界分布略图

(据文献[3],改编)

Fig. 1 Map showing distribution of Middle Proterozoic strata in Huili-Dongchuan area

1. 新元古界上部及以上盖层;2. 新元古界下部盐边群;
3. 中元古界上部会理群;4. 中元古界下部河口群;
5. 中元古界下部东川群;6. 中元古界下部通安组;
7. 古-中元古界下部汤丹群;8. 混合片麻岩;9. 闪长质片麻岩;
10. 花岗闪长岩;11. 花岗岩;12. 超镁铁质岩;
13. 区域性断裂:①攀枝花—楚雄断裂;②安宁河—绿汁江断裂;
- ③汤郎—禄表断裂;④皎平—铜厂断裂;
- ⑤麻塘—汤丹断裂;⑥小江断裂;14. 中厂铜矿区

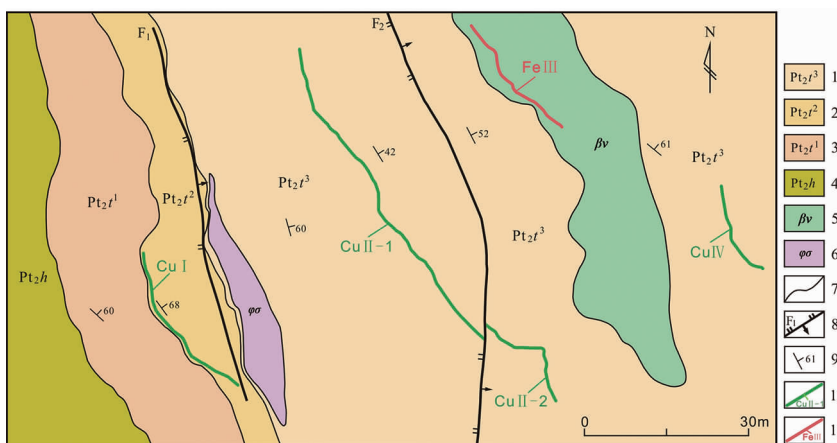


图2 中厂铜矿区地质略图

Fig. 2 Geological sketch of Zhongchang Cu deposit

1. 中元古界河口群; 2. 中元古界通安组第一段;
3. 中元古界通安组第二段; 4. 中元古界通安组第三段;
5. 辉长岩、辉绿辉长岩; 6. 辉橄岩;
7. 地质界线; 8. 逆断层及编号; 9. 岩层产状;
10. 铜矿脉及编号; 11. 铁矿体及编号

界	组	段	层	柱状图	厚度/m	岩性	含矿性
新生界	第四系Q				30.00	岩石碎块、黏土和砂土	
中元古界	通安组	第三段	Pt ₂ f ³⁻¹⁰		73.18	灰黑色绢云母板岩	
			Pt ₂ f ³⁻⁹		69.82	灰白色含石英大理岩	IV号铜矿体
			Pt ₂ f ³⁻⁸		74.29	灰黑色石英变粒岩	
			Pt ₂ f ³⁻⁷		270.79	浅黄绿色绿片岩	III号铁矿体
			Pt ₂ f ³⁻⁶		194.02	银灰色绢云母千枚岩	
			Pt ₂ f ³⁻⁵		61.73	灰白色变质砂岩	
			Pt ₂ f ³⁻⁴		172.16	深灰色石英变粒岩	II-1号铜矿体 II-2号铜矿体
			Pt ₂ f ³⁻³		93.93	灰白色变质砂岩	
			Pt ₂ f ³⁻²		163.80	浅灰黄色绢云千枚岩	
			Pt ₂ f ³⁻¹		94.35	黑色碳质板岩	
		第二段	Pt ₂ f ²⁻²		115.08	灰色大理岩	
			Pt ₂ f ²⁻¹		90.21	灰-灰白色白云石大理岩	I号铜矿体
		第一段	Pt ₂ f ¹⁻²		199.02	灰黑色砂质板岩	
			Pt ₂ f ¹⁻¹		93.24	灰色变质砂岩	
			河口群Pt ₂ h		>1.32	银灰色云母片岩	

图3 中厂矿区综合地层柱状图

Fig. 3 Integrated column of Zhongchang Cu deposit

(3)通安组第三段(Pt₂f³): 出露于矿区的中部及东部, 分布面积较大, 总厚度约 1 670 m。自下而上可分 10 个岩性层, 即黑色碳质板岩、浅灰色绢云千枚岩、灰色变质砂岩、深灰色石英变粒岩(Ⅱ号铜矿体赋存于此岩性层中)、灰白色变质砂岩、银灰色绢云母千枚岩、浅黄绿色绿片岩、灰黑色石英变粒岩、灰白色含石英大理岩(Ⅳ号铜矿体赋存于此岩性层中)和灰黑色绢云板岩。该段形成于浅海盆地相—深海盆地相的沉积环境中。

2.2 矿区构造特征

中厂铜矿区总体构造特征为一套单斜岩层, 由于后期断裂的破坏, 致使地层产状的局部紊乱, 总体产状为倾向 NE, 倾角 50°~70°。矿区内断裂构造较为发育, 走向主要为 NW 向。受断裂活动的影响, 岩石中节理、裂隙发育, 在岩层中常形成层间破碎带或滑动带, 为铜矿化提供了重要的储矿空间。区内较具规模的断裂有 2 条(F₁ 和 F₂)。在矿区范围内, F₁ 断裂发育于通安组第二段的近顶部部位, 其性质属逆断层, NNW 走向, 倾向 NEE; F₂ 断裂发育在通安组第三段岩石中, 为逆断层, 断裂呈弧形, 总体走向为 NNW, 倾向 NEE, 断层将矿区内主要的Ⅱ号铜矿体切错为 2 段, 即Ⅱ-1 矿体和Ⅱ-2 矿体。

2.3 矿区岩浆岩特征

中厂铜矿区的岩浆岩为辉绿辉长岩(β_{v4}) 和辉橄岩(φσ₄), 均呈岩脉状侵入于中元古界通安组第三段(Pt₂f³)中。由于对岩体的研究资料有限, 尤其是

缺乏同位素测年数据,所以暂沿用前人资料,将其归属为晚二叠世峨眉山玄武岩同期异相产物。值得注意的是,近年的研究显示,区域侵入于中元古界河口群、通安组和东川群中的中-基性、超基性岩的同位素地质年龄数据多集中于1400~1750 Ma,为中元古代产物;河口附近的辉长岩体在东川一带,还见到辉长岩体被震旦系地层不整合覆盖的现象。所以,中厂矿区的辉橄岩和辉绿辉长岩的成岩时代还有待于进一步的研究厘定。

(1)辉橄岩:呈岩脉状侵入于通安组三段底部的黑色碳质板岩中,岩石具斑状结构,块状构造,主要矿物成分为橄榄石,次为普通辉石。

(2)辉绿辉长岩:呈脉状-似层状侵入于通安组三段的黄绿色绿片岩中,辉绿辉长岩呈绿-暗绿色,具辉绿-辉长结构,块状构造。其矿物成分为拉长石(30%~60%)、普通辉石(25%~50%)、橄榄石和磁铁矿(5%~15%)、黑云母(3%~5%)和角闪石(1%~5%),副矿物有锆石、磷灰石、金红石等;橄榄石具蛇纹石化,辉石具绿泥石化和黑云母化。

3 矿床地质特征

3.1 矿体特征

中厂铜矿床的含矿层位为中元古界下部的通安组,目前共发现4条工业矿体(见图2)。

(1) I号铜矿体赋存在通安组第二段(Pt_2t^2)白云石大理岩(原岩为白云岩或白云质灰岩)的层间滑动带中(图4a)。在矿区西部呈NW向延伸,出露长度约600 m,矿体厚度1~2 m,倾向 $38^\circ\sim 80^\circ$,倾角 $50^\circ\sim 77^\circ$;矿体的顶底板均为白云石大理岩,有硅化

和退色现象;矿石矿物主要为黄铜矿,次为斑铜矿;黄铜矿呈他形粒状集合体产出,斑铜矿呈星点状分布,矿物生成顺序:黄铜矿→斑铜矿;脉石矿物主要为方解石、白云石、石英,次为白云母、绢云母等;矿石中有用组分为Cu,品位为 $w(Cu)=0.49\%\sim 4.59\%$,平均品位0.97%,沿倾向Cu的品位有升高趋势,矿体的南东端Cu的品位略有变低;地表有10个槽探工程进行控制,深部有坑道工程进行深部控制,控制程度较高。

(2) II-1号和II-2号铜矿体赋存在通安组第三段(Pt_1t^3)灰色-深灰色石英变粒岩(原岩为硬质砂岩)中(图4b),位于矿区中部,为中厂矿区的主矿体,矿体NNW向展布,呈层状、似板状产出。矿体倾向 $38^\circ\sim 55^\circ$,倾角 $57^\circ\sim 64^\circ$;工程控制长度998 m,钻探工程控制延深79~83 m,厚4.67~8.02 m,平均厚6.37 m,矿体的南段略厚,北段略薄,偶含夹石,夹石厚度约2 m(图5);矿体顶底板均为石英变粒岩,一般石英含量较少,伴有绢云母化、白云石化;矿石矿物主要为黄铜矿、斑铜矿,次为辉铜矿,极少量孔雀石、蓝铜矿等氧化矿物,黄铜矿多呈他形粒状集合体、浸染不规则状分布,斑铜矿呈他形粒状集合体分布并交代黄铜矿,辉铜矿主要呈隐晶质烟灰状分布于脉石矿物晶体中;矿物生成顺序:黄铜矿→斑铜矿→辉铜矿→孔雀石→蓝铜矿;脉石矿物主要为石英、斜长石、白云石,次为绢云母、绿泥石、石墨等;矿体有用组分Cu的品位为 $w(Cu)=0.49\%\sim 0.97\%$,平均品位0.72%;沿走向品位变化不大,沿倾向延伸品位略有增高,厚度亦略有增大。地表有18个槽探工程控制矿体,深部用8个钻孔和坑探工程进行控制,对矿体的控制程度较高。逆断层 F_2 位于矿体的南部,把II-1号和II-2号铜矿体错断,II

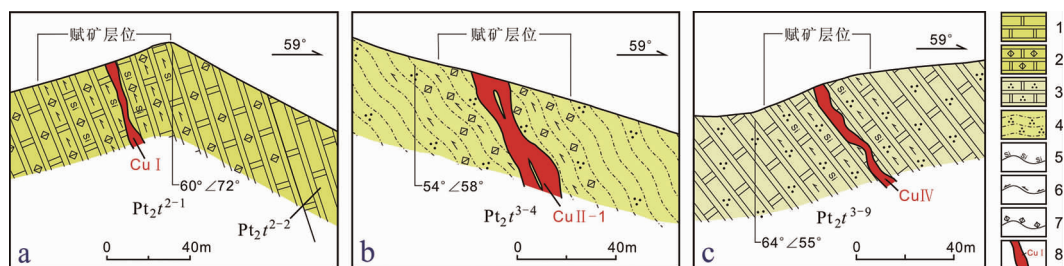


图4 中厂铜矿床赋矿层位剖面图

Fig. 4 Section of the host stratum of Zhongchang Cu deposit

a. I号铜矿体赋矿层位剖面图; b. II-1号铜矿体赋矿层位剖面图; c. IV号铜矿体赋矿层位剖面图

1. 大理岩; 2. 白云石大理岩; 3. 含石英大理岩; 4. 石英变粒岩; 5. 硅化;

6. 绢云母化; 7. 白云石化; 8. 铜矿体

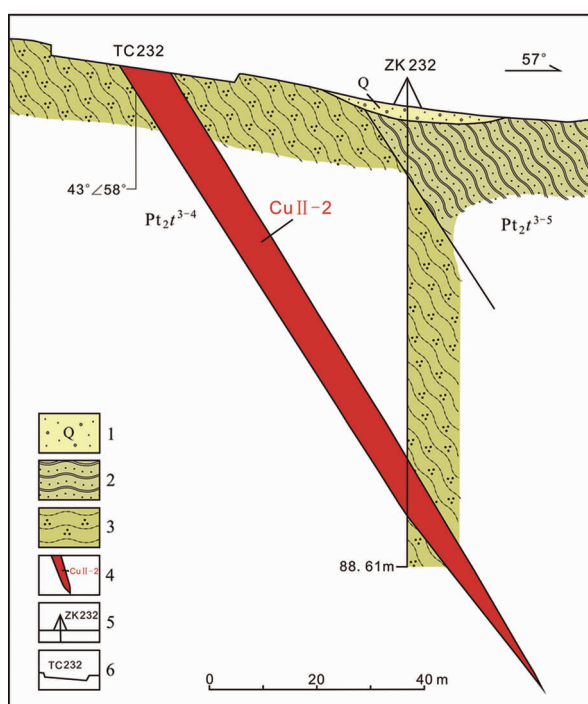


图5 中厂铜矿Ⅱ-2矿体勘探线剖面

Fig. 5 Section of ore body II-2 of Zhongchang Cu deposit

1. 第四系; 2. 变质砂岩; 3. 石英变粒岩;
4. 矿体及编号; 5. 钻孔及编号; 6. 探槽及编号

-2号铜矿体向南西方向相对错动了约20 m, 断裂除了对矿体的形态有所影响外, 对矿体内有益元素的富集状态、分布规律和矿体的厚度没有太大影响。

(3)Ⅳ号铜矿体赋存在通安组第三段(Pt_2t^3)含石英大理岩(原岩为碳酸盐岩)中(见图4c), NNW向展布, 呈似层状产出。矿体倾向 $36^\circ\sim 56^\circ$, 倾角 $53^\circ\sim 59^\circ$, 工程控制矿体长度274 m, 钻探工程控制延深74~86 m, 厚1.29~2.03 m, 平均厚1.87 m; 矿体顶底板均为含石英大理岩, 硅化较强, 并伴有绢云母化; 矿石矿物主要为黄铜矿, 有少量孔雀石, 黄铜矿主要呈他形粒状集合体, 偶呈星点状, 孔雀石与黄铜矿紧密相连, 矿物生成顺序: 黄铜矿→孔雀石; 脉石矿物主要为石英、白云石, 次为绢云母; 矿体有用组分Cu的品位为 $w(Cu)=0.41\%\sim 1.42\%$, 平均0.88%, 矿体厚度较为稳定, 沿走向和沿倾向厚度和品位变化不大。矿体在地表有5个槽探工程和两个老硐控制, 深部有3个钻探工程控制, 对矿体的控制程度较高。

综上所述, 中厂铜矿床历经了多期成矿作用, 勘查工作中发现至少2期成矿作用。一为沉积期的铜成矿作用, 表现为斑铜矿、黄铜矿相伴生呈条带状顺

层分布; 二为后期有改造作用, 表现为斑铜矿、黄铜矿呈脉状、团块状、斑点状充填于岩石的后生裂隙中。

3.2 矿石特征

中厂矿区的铜矿石仅在地表附近有一定的氧化, 氧化深度较浅, 一般不超过0.5 m。槽探和钻孔中所取样品的物相分析结果表明, 铜的氧化物所占比例很低, 均小于10%, 说明0.5 m以下的矿石均以硫化矿为主。矿石的有益组分比较单一, 以铜为主, 其他有益组分极少。铜矿物多以黄铜矿、斑铜矿、少量辉铜矿、极少量孔雀石的形式存在, 矿体单工程平均品位(质量分数)最低0.22%, 最高0.97%, 平均品位0.72%, 品位变化系数23.63%, 属于均匀类型。

3.3 矿石结构构造

(1)Ⅰ号铜矿体的矿石结构以自形粒状为主, 金属矿物粒度一般为0.2~0.05 mm, 多为不规则状的集合体, 不均匀的充填于岩石孔隙之间。除此之外尚有少量微粒及隐晶质结构; 矿石构造以致密块状、浸染状为主, 次为细脉浸染状。

(2)Ⅱ-1号和Ⅱ-2号铜矿体的矿石结构为自形或他形粒状; 矿石构造主要为稠密浸染状、马尾丝状、网脉状、条带状, 次为星点状、散星状(图6)。

(3)Ⅳ号铜矿体的矿石结构为半自形-他形粒状、自形晶、针状纤维状; 矿石构造主要为致密块状、稀疏浸染状, 偶有细脉浸染状。

3.4 围岩蚀变

矿床围岩蚀变类型主要有硅化、白云石化、方解石化、绿泥石化、绢云母化、黑云母化及重结晶、褪色现象。与铜矿关系密切的蚀变类型主要为硅化、白云石化、绢云母化及褪色。

4 矿床成因讨论

中厂铜矿与其他沉积型层状铜矿一样, 矿床成因是备受关注的问题。多年以来先后有沉积成因、喷流沉积成因、海相火山热液沉积成因、沉积-变质成因、沉积-改造成因等不同的成因观点。本文仅就中厂铜矿的地质特征, 结合前人的一些研究成果, 对中厂铜矿的控矿因素和矿床成因作以下讨论。

(1)铜矿体严格受地层层位和岩性的控制。“层控”是沉积型层状铜矿床的基本特征。中元古界通安组中有多个含铜层位, 从黑菁铜矿向南东, 通安组

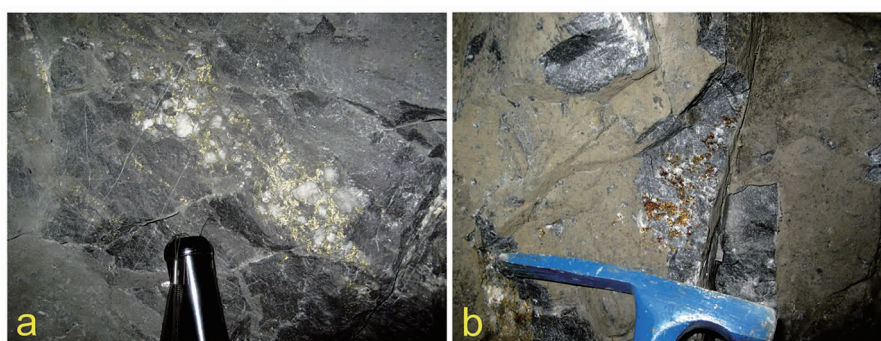


图6 中厂铜矿区的铜矿石野外照片

Fig. 6 Photo of ore taken in field

- a. 灰色-深灰色石英变粒岩中的石英-黄铜矿呈细脉状、条带状, 有些黄铜矿细脉明显受岩石裂隙的控制;
- b. 含石英大理岩中的石英-黄铜矿呈团块状、浸染状产出

赋铜层位断续延展,形成数个铜矿床(点),中厂矿区位于这一含矿层位的东南端,构成沿通安组走向(NW向)延展的一个含矿带^[1,11]。在中厂矿区共有3个含铜的层位,分别为通安组二段第1层的下部、通安组三段第4层和第9层。3个层位的岩性分别为白云石大理岩、石英变粒岩和含石英大理岩;铜矿体呈似层状、透镜状赋存于地层中,倾向NE,倾角较陡,矿体均受岩性层的控制;产于石英变粒岩中的Ⅱ号矿体工程控制长度已达998 m,平均厚度6.37 m,平均品位0.72%,矿体的厚度和品位都很稳定,层位和岩性的控制作用相当显著。

(2)矿化明显受到后期构造-热液的改造。矿区附近的NW向断裂发育,地层中常见到层间破碎带、层间滑动带,岩石中的、裂隙发育,这为后期热液运移提供了有利的空间条件。图6a清楚地反映出,石英-黄铜矿细脉常沿裂隙充填,受裂隙的控制;围岩蚀变在川滇地区层状铜矿中普遍存在,铜矿体附近都伴有明显的硅化、碳酸盐化和褪色现象,部分蚀变(如硅化)亦沿层间破碎带或岩石裂隙发育。地层的破碎和围岩蚀变均明显晚于地层的区域变质,由此看来,沉积-变质的成因观点显然有欠妥当,矿床的热液改造期是晚于区域变质期的,沉积-变质期后的构造-热液改造作用是中厂矿区成矿的重要时期。

(3)成矿物质显示多源的特点。成矿物质来源的研究主要包括成矿元素铜和矿化介质元素硫的来源两方面。根据目前的研究,通安组中的铜元素几个可能的来源为:①古老基底岩石来源;②火山物质来源;③中-基性、超基性侵入体来源;④热液期对流循环系统来源。研究表明,通安组形成于非补偿的还原性海盆环境中,因此还原剂对成矿的作用是非

常重要的。通安组岩石中的碳质含量较高^[16],同时在黑菁和中厂矿区的包裹体中发现存在 CH_4 ^[11],碳酸盐中丰富的叠层石等微生物可以提供大量的有机碳和 CH_4 ,吸附并富集海水中的成矿物质。“黎溪式”铜矿床中硫化物的硫同位素组成分布范围大, $\delta(^{34}\text{S}) = -3.46 \times 10^{-3} \sim 27.19 \times 10^{-3}$,与东川铜矿的硫同位素很相似(图7)^[15],但多数数据都集中于 $-3.46 \times 10^{-3} \sim 5.5 \times 10^{-3}$ 之间(图7中的粉红色线段),显示深部源的特点,有研究者认为反映了沉积

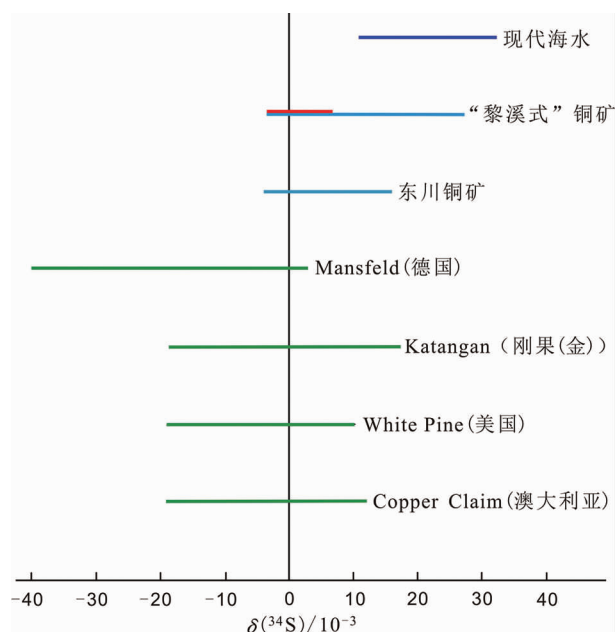


图7 “黎溪式”铜矿与国内外层状铜矿硫同位素值对比
(“黎溪式”铜矿数据据文献[11],底图据文献[15])

Fig. 7 S isotopic values of Lixi style Cu deposit and other stratiform Cu deposits at home and abroad

成岩期火山物质中硫的参与^[1],但作者认为不能忽视构造-热液改造期硫的作用。总之,影响硫同位素分馏的因素较多,硫具有多源的特点。

(4)成矿物理化学条件的复杂性。据仇定茂^[11]对黑菁和中厂矿区的“黎溪式”铜矿床包裹体的研究,成矿流体的盐度 $w(\text{NaCl}, \text{eq}) = 32\% \sim 41\%$,均一温度 $T_h = 100 \sim 295^\circ\text{C}$,其具中-高盐度和中-低温度的特点与东川地区铜矿床^[17]很相似(表 1)。从表 1 可以发现,黑菁和中厂矿区包体的均一温度范围可能是沉积成岩成矿期和构造-热液改造期的叠加,只是因为研究程度的关系,两期的成矿作用还有待加以区分和揭示。

(5)成矿时代具有多期性特点。川滇地区层状铜矿床的成矿时代是随着矿床研究的不断深入而发展的。上世纪 80 年代中期以前,人们多认为这类矿床是沉积成岩成矿的,所以往往将地层的形成时代当作成矿时代。但 80 年代末期以后,人们开始认识到矿床有成岩成矿和构造-热液改造两期成矿的特点^[13,15],随着测年理论和技术的不完善,逐渐积累了一批成矿年代的数据。中厂铜矿床赋矿地层通安组的形成年龄被限定在 $1\,806 \sim 1\,513\text{ Ma}$ 之间^[3,4],即原生沉积矿体形成于中元古代早期;沉积成岩以后,

通安组先后经过区域变质作用和基性-超基性岩侵入等动-热事件,通安群中的原生铜矿化(体)在新元古代 $1\,068 \sim 711.5\text{ Ma}$ 的构造-热事件中得以改造并基本定型,目前黎溪地区尚未见到有成矿时代的报道,但因通安组一段-四段与东川地区因民-青龙山组可以对比,东川地区的成矿年龄数据(表 2)也基本代表了“黎溪式”铜矿的改造期时间。

从以上讨论可以看出,中厂铜矿床在沉积成岩期间有了铜的富集,形成原生的铜矿体(胚),后经构造-热液期的进一步富集和改造,构成目前所见铜矿床,因而将其厘定为沉积-改造型层状铜矿床是适宜的。

5 结 论

中厂铜矿床的铜矿体既有受层位和岩性控制的特点,又明显受到后期构造-热事件改造,成矿物质呈现多期、多来源的特征,围岩裂隙和蚀变发育说明改造期成矿的物理化学条件为中高盐度、中低温压环境,且晚于区域变质-岩浆活动,沉积成矿期和构造-热液改造期的时间厘定于 $1\,806 \sim 1\,513\text{ Ma}$ 和

表 1 “黎溪式”与“东川式”铜矿的成矿物理化学条件对比

Table 1 Physical and chemical condition of Lixi style Cu deposit and Dongchuan style Cu deposit

矿床/矿体类型	均一温度 $T_h/^\circ\text{C}$	盐度 $w(\text{NaCl}, \text{eq})/\%$	密度 (g/cm^3)	资料来源
“黎溪式”铜矿体	100~295	32~41		文献[11]
“稀矿山式”铜铁矿体	180~280	15.81~33.92	1.01~1.10	
“东川式”铜矿体	成岩成矿期	137.6~214.3	0.97~1.06	文献[17]
	构造-岩浆改造期	235.9~281.3		

表 2 东川地区铜矿床成矿时代数据统计

Table 2 Statistics of isotope-dated age of Cu deposits in Dongchuan area

采样地点	样品名称	产状	测年方法	年龄值/Ma	资料来源
东川落雪矿区	绿泥石化辉长岩	岩脉,边界平直,被断裂破坏	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法	217.3 ± 1.7	文献[17]
	铁铜矿化辉绿岩	岩脉,边界不平直,已矿化	LA-ICP-MS 锆石 U-Pb 法	1068 ± 5.1	
	黄铜矿	团块状黄铜矿,与热液蚀变矿物共生	Re-Os 法	879 ± 70	文献[7]
	铜矿石	落雪组白云岩中的铜矿石	Pb-Pb 法等时线年龄	794 ± 73	文献[19]
	石英	脉状铜矿石中的石英包体	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法等时线年龄	711.5 ± 33.4	
	硅质角砾	硅质角砾	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法坪-反法等时线年龄	$691 \pm 7, 696 \pm 57$	
东川桃园铜矿	石英	层状铜矿体中的石英	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法	$1470, 810 \sim 770$	文献[7]
	石英	黑山组似层状矿体中与铜矿共生的石英	$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法坪年龄	768.43 ± 0.58	
			$^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 法等时线年龄	770.00 ± 5.44	
稀矿山铜铁矿	铜矿石	脉状	Re-Os 法	826 ± 230	文献[17]
	黄铜矿	①铁矿体中的呈细脉状浸染状黄铜矿		$1841.56 \sim 1831.11$	文献[20]
		②磁铁矿中的团块状黄铜矿	Re-Os 模式年龄	$1600.94 \sim 1553.87$	
		③与硅化蚀变共生的黄铜矿		$989.76 \sim 860.82$	

1 068~711.5 Ma 两个时限范围内。因此,认为中厂铜矿床的成因类型属于沉积-改造型层状铜矿床。

注释:

- ① 四川省冶金地质勘查局六〇六大队. 四川省会理县中厂矿区铜矿、铁矿补充详查报告[R]. 成都:四川省冶金地质勘查局六〇六大队,2014.

参考文献:

- [1] 王彬. 四川会理黑菁铜矿矿床地质特征及成因浅析[D]. 成都:成都理工大学,2016:1-56.
- [2] 四川省地质矿产局. 四川省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1991:1-662.
- [3] 耿元生,旷红伟,柳永清,等. 扬子地块西、北缘中元古代地层的划分与对比[J]. 地质学报,2017,91(10):2151-2174.
- [4] 耿元生,柳永清,高林志,等. 扬子克拉通西南缘中元古代通安组的形成时代:锆石 LA-ICP-MS U-Pb 年龄[J]. 地质学报,2012,86(9):1479-1490.
- [5] 尹福光,孙志明,张璋. 会理—东川地区中元古代地层—构造格架[J]. 地质论评,2011,57(6):770-778.
- [6] 范宏鹏,朱维光,陈才杰. 扬子地块西缘康滇地区古-中元古代地层和岩浆活动研究进展[J]. 地球科学与环境学报,2015,37(5):17-30.
- [7] 王生伟,蒋小芳,杨波,等. 康滇地区元古宙构造运动 I: 昆阳陆内裂谷、地幔柱及其成矿作用[J]. 地质论评,2016,62(6):1354-1377.
- [8] 吴健民,刘肇昌,黎功举,等. 扬子地块西缘铜矿床地质[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1998:1-210.
- [9] 沈苏. “康滇地轴”地区主要铜矿类型及分布规律[C]//铜铁矿床专辑,5. 北京:地质出版社,1975.
- [10] 盛东劲. 康滇地轴中段西缘“黎溪式”铜矿床的岩相控制特征及成因[J]. 四川地质学报,1984,4(2):48-53.
- [11] 仇定茂. 黎溪式铜矿的有机-成岩成因[J]. 地质与勘探,1989(4):23-25.
- [12] 朱志敏. 四川黎溪地区沉积岩中的层状铜矿床[J]. 矿物学报,2013(S2):893.
- [13] 华仁民. 东川式层状铜矿的沉积-改造成因[J]. 矿床地质,1989,8(2):3-13.
- [14] 辜学达,刘啸虎. 四川省岩石地层:全国地层多重划分对比研究(51)[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997:6-27.
- [15] 阮惠础,华仁民,倪培. 东川式铜矿的成因再探[J]. 地质找矿论丛,1988,3(1):9-22.
- [16] 阚泽忠,乔正福. 四川会理—河口地区褶皱基底的双层结构[J]. 四川地质学报,1999,19(3):204-209.
- [17] 朱文兵. 云南因民铜矿床地质地球化学特征与成因研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2016.
- [18] 黄永平,吴健民. 西昌—滇中元古界铜矿床铅同位素成矿年龄探讨[J]. 地质地球化学,1996(5):9-14.
- [19] 邱华宁, Wijbrans J R, 李献华,等. “东川式”层状铜矿⁴⁰Ar-³⁹Ar成矿年龄测定[J]. 矿物岩石地球化学通报,2001,20(4):358-359.
- [20] 李元龙. 东川稀矿山式铜铁矿床地质地球化学特征及构造控矿模式分析[D]. 昆明:昆明理工大学,2013.

Geological characteristics and genesis of the Zhongchang copper deposit in Sichuan province

ZHANG Shuhua

(Exploration Team 606 of Sichuan Metallurgical & Geological

Exploration Bureau, Chengdu 611730; China)

Abstract: The Zhongchang copper deposit is located in the Middle Proterozoic Lower Tongan formation in the middle of Kangdian axis at southwest margin of the Yangtze Platform. Ore bodies are lenticular or layeroid occurring in dolomite, quartz marble and quartz-bearing marble in the 2nd and 3rd member of Tong formation. In the strata are developed interformation fractural zone, sliding zone, fractures, and hydrothermal alteration, such as silicification, sericitization, dolomitization and decoloration and carbon content is high. Judged from the geological characteristics ore material of the deposit is multi-sourced and the metallogenic process includes sedimentary diagenesis and hydrothermal reworking and the deposit is a sedimentary reworking type Cu deposit.

Key Words: Zhongchang copper deposit; geological characteristics; genesis of ore deposit; the sedimentary-reworking type deposit; Sichuan province