

川西热香铜矿地质—地球化学找矿模型

费光春¹, 李佑国¹, 温春齐¹, 陈旭², 段琼³

(1. 成都理工大学 地球科学学院, 四川 成都 610059; 2. 成都理工大学 环境与土木工程学院, 四川 成都 610059; 3. 重庆市北碚区王朴中学, 重庆 400717)

摘要: 热香铜矿位于乡城大断裂上盘娘拥复向斜次级旺央向斜核部, 赋存于花岗闪长岩岩墙中。通过对矿体, 矿石以及成矿岩体的常微量元素化学成分特征的研究, 初步认为热香铜矿是由于陆内走滑作用, 岩浆沿断裂进一步侵位形成热液铜矿床。在综合研究的基础上建立了热香铜矿的地质—地球化学找矿模型。

关键词: 铜矿; 地球化学; 找矿模型; 川西热香

中图分类号: P632 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8918(2010)01-0019-05

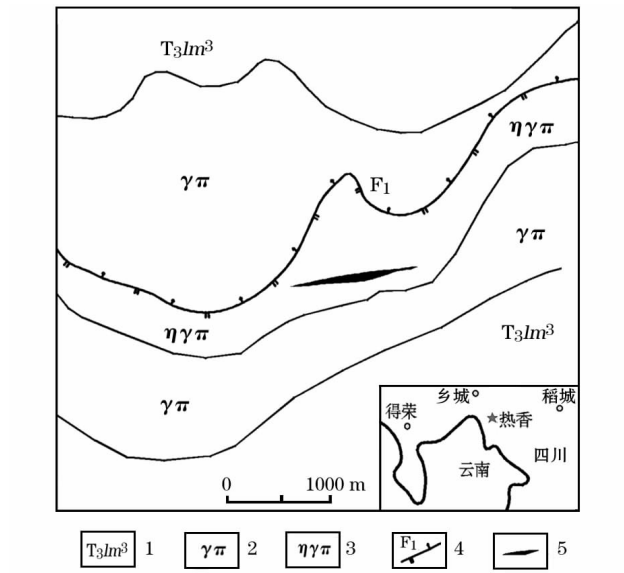
热香铜矿位于三江北段义敦岛弧有色、贵金属矿产地集中区中部, 隶属乡城县青麦乡、然乌乡、青德乡管辖, 地质构造复杂、成矿条件优越^[1]。义敦岛弧及邻区已经发现了多个大中型铜矿, 如普朗铜矿、雪鸡坪铜矿、模范村铜矿。热香铜矿是近期发现的又一个有潜力的铜矿, 研究热香铜矿的找矿模型对区域铜矿找矿勘探有着重要指导意义。

1 矿区地质背景

出露地层为上三叠统喇嘛垭组, 由一套海陆交互沉积的长英质砂岩—粉砂岩—粉砂质板岩岩性序列组成(图1)。褶皱和断裂发育, 与区域构造线一致, 呈南北向展布。燕山晚期第一幕茨林措似斑状黑云母花岗岩体沿旺央向斜核部侵入, 呈不规则岩基。第二幕热香含铜二长花岗岩岩墙、花岗细晶岩沿雨地逆冲断裂带侵入于早期岩体之中构成复式岩体。

2 矿床地质特征

赋存于乡城大断裂上盘娘拥复向斜次级旺央向斜核部。上盘次级雨地F₁逆冲断裂控制着晚期热香含铜花岗闪长岩岩墙和化探异常的展布。矿床北起斯令措, 南止洪措南侧, 分布在洪措—绒叟—热香—央则昂措—斯令措一线, 出露标高3670~4840 m, 最低侵蚀基准面标高3560 m。含铜花岗闪长岩岩墙沿雨地断裂呈带状展布, 长度20.5 km, 宽400~1200 m, 控制异常带长13 km, 宽400~



1—上三叠统喇嘛垭组; 2—似斑状黑云母花岗岩; 3—黑云母二长花岗岩; 4—断层; 5—矿体

图1 热香铜矿地质概况^[2]

1 300 m, 面积大于8.42 km²。

2.1 矿体产出特征及矿化特征

通过1:1万地质草测、1:1万土壤剖面测量与坑探工程控制, 圈定出铜矿体1个, 赋存于花岗闪长岩岩墙中。矿体呈似层状、墙状产出, 近南北向展布, 倾向30°~86°, 倾角60°~75°, 控制矿体长1800 m, 水平宽度大于18.30 m, 单样铜含量范围0.12%~2.9%, 平均含量0.49%。各工程见矿情况见表1。铜矿化以细粒浸染状为主, 黄铜矿、辉铜矿呈它形细粒稀疏浸染于岩石中, 分布在硅化暗色

表 1 热香铜矿探矿工程见矿一览^[2]

工程号	水平厚度 m	加权平均品位 %	品位变化范围 %	矿石类型
RTC0702	>7.00	0.27	0.22~0.31	细粒二长花岗岩
RTC0001	>12.45	0.30	0.12~0.39	
RTC0801	>18.30	0.57	0.12~2.90	
RTC2401	>8.88	0.45	0.14~1.44	
RPD0001	>10.22	0.21	0.21~0.24	
RPD0001-CM0W	>4.66	0.22	0.18~0.29	岩

石英和蚀变黑云母边缘;硅化、黑云母化强烈地段分布密集黄铜矿常与黄铁矿共生。

2.2 矿石特征

矿石矿物以黄铜矿、辉铜矿、黄铁矿、孔雀石和铜兰为主,脉石矿物以石英、斜长石、钾长石为主、少量黑云母。矿石结构有细粒结构和花岗结构,矿石主要构造有块状、脉状及浸染状构造。矿石含量变化较大,氧化矿石含量较贫,平均含量0.21%~0.30%,原生矿石品位较富,平均含量0.47%~0.57%,变异系数92%。含量高低与硅化(暗色石英)强度息息相关,硅化强烈地段较富,硅化微弱地段较贫。

2.3 后生改造及蚀变

矿体形成后无构造破坏,在长期氧化和水解作用下,黄铜矿、辉铜矿氧化后伴随地表水而流失,在矿石内形成不规则的褐色、紫褐色、褐黄色斑点(团),沿节理裂隙面形成孔雀石和铜兰,导致地表矿体品位严重贫化而取样分析达不到工业要求。区内普遍存在淋失带→贫化带→原生带的垂直分带现象。各次生带深度不一,与含矿岩石中节理裂隙发育密度关系密切,在节理裂隙稀疏地段,淋失带深度5~8 m,贫化带深度为3~5 m;节理裂隙密集发育地带,淋失带深度大于40 m。淋失带中,黄铜矿、辉铜矿、黄铁矿等矿物完全被氧化流失,形成褐色、紫褐色、褐黄色斑点(团),沿节理裂隙面雀石和铜兰稀疏分布,局部可见黄铜矿残骸和尚未完全氧化的不规则原生矿石球状体,铜含量一般在0.02%~0.08%。原生带中,铜的氧化物和褐色斑点完全消失,具有大量浸染状铜矿物分布,原生矿石铜品位明显变富,在0.15%~2.9%变化。

各类岩石均经受不同程度的区域变质作用,在岩体边缘广泛发育有角岩化,岩石内部具钾化(黑云母化)、硅化、钠黝帘化、绿泥石化等成矿热液蚀变。

2.4 矿床规模

根据“铜矿地质勘探规范”^[3]对硫化矿石品位的要求,本次资源量概算工业指标分别为:边界品位, $w(\text{Cu})\geq 0.2\%$;最低工业指标, $w(\text{Cu})\geq 0.4\%$;

最低可采厚度 $\geq 1\text{ m}$;夹石剔除厚度 $\geq 4\text{ m}$ 。根据国标“固体矿产资源/储量分类”^[3],结合矿床工程控制程度,选用矿体垂直纵投影图进行3 341资源量概算,获3 341资源量100 852.4 t。矿床规模属中型规模。

3 地球化学特征

3.1 水系沉积物异常特征

在洪措—绒叟—热香—央则昂措—斯令措一带,圈定Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Mo、W、Sn、Bi、Sb、As异常4个,组合合异常4个。

次林措(热香)铜多金属异常位于热香岩体中部。铜异常面积38.85 km²,三级浓度分带显著,浓集中心明显,元素组合为Au、Ag、Cu、W、Sb、As、Sn、Bi。Cu衬度值24.68,变异系数0.82,富集系数2.63,平均值86.71,面金属量3 342.7。含量峰值: Au为 7.9×10^{-9} 、Ag为 0.91×10^{-6} 、Cu为 533×10^{-6} 、Sb为 5.07×10^{-6} 、W为 82.2×10^{-6} 、Sn为 46.5×10^{-6} 、As为 253.13×10^{-6} 、Bi为 8.05×10^{-6} 。具2个浓集中心,与含铜二长花岗岩体套合,Cu、W、Sn、As具衬度大、浓度高、规模大、富集程度高、变异系数大、成矿特征明显。

包洛铜金多金属异常位于热香岩体北缘,异常呈南北向展布,铜异常面积8.21 km²,具三级浓度分带,浓集中心明显,元素组合为Au、Ag、Cu、W、Sb、As、Sn、Bi、Mo。Cu衬度值8.23,变异系数0.48,富集系数2.07,平均值68.18,面金属量1 235.4。含量峰值: Au为 11.9×10^{-9} 、Ag为 4.7×10^{-6} 、Cu为 178×10^{-6} 、Sb为 24.84×10^{-6} 、W为 91.3×10^{-6} 、Sn为 46×10^{-6} 、As为 274.25×10^{-6} 、Bi为 6.55×10^{-6} 、Mo为 9.66×10^{-6} 。矿致异常特征显著,其中Cu、Au、As、Sb、W具衬度大、浓度高、规模大、富集程度高、变异系数大、成矿特征明显。

洪措铜金多金属异常位于热香岩体南缘洪措一带,呈南北向展布,铜异常面积18.12 km²,具三级浓度分带,元素组合为Cu、W、Sb、As、Sn、Bi、M、Au、Pb。Cu衬度值3.56,变异系数0.20,富集系数1.6,平均值52.64,面金属量432.2。含量峰值: Au为 10.3×10^{-9} 、Pb为 81×10^{-6} 、Cu为 177×10^{-6} 、Sb为 13.17×10^{-6} 、W为 34.2×10^{-6} 、Sn为 1.0×10^{-6} 、As为 316.72×10^{-6} 、Bi为 4.2×10^{-6} 、Mo为 22.26×10^{-6} 。矿致异常特征显著。

3.2 土壤铜异常特征

按(400~1 600) m×20 m间距施测土壤剖面19条,据测试数据统计,铜异常下限值为 46×10^{-6} ,

初步圈定 1 个铜异常,呈近南北向展布,控制异常带长 13 km,宽 400 ~ 1 300 m,面积大于 8.41 km²,峰值 3 862 × 10⁻⁶,异常平均值 113 × 10⁻⁶,衬度值 137.9,变异系数 2.64,富集系数 31.9,面金属量 950.33,三级浓度分带显著,具有 6 个三级浓集中

心,与含铜二长花岗岩体套合。

3.3 矿床地球化学特征

矿区有代表性的浅成花岗岩样品的元素分析数据列于表 2。表中编号 CM0-20、CM0-45 均为细粒二长花岗岩,RX-4 为硅化细粒二长花岗岩。

表 2 热香铜矿浅成花岗岩氧化物和微量元素含量

原编号	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	烧失量	总量
CM0-20	75.58	0.14	12.06	0.99	1.7	0.02	0.23	0.86	3.17	4.53	0.059	0.5	99.84
CM0-45	75.93	0.13	12.3	0.36	1.51	0.011	0.08	0.91	2.58	5.18	0.07	0.69	99.75
RX-4	80.55	0.12	10.44	0.6	1.08	0.008	0.37	0.11	0.29	4.33	0.059	2.01	99.97

原编号	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	Σ REE	δ(Ce)	δ(Eu)	$\frac{N(La)}{N(Yb)}$	$\frac{N(La)}{N(Sm)}$
CM0-20	55.56	106.92	37.78	5.25	0.14	0.98	4.56	0.61	241.41	0.99	0.08	8.21	10.58
CM0-45	39.28	69.61	36.86	3.84	0.24	0.61	3.57	0.49	176.33	0.84	0.21	7.42	10.23
RX-4	42.01	89.46	35.17	5.55	0.17	1.17	6.22	1.97	214.22	1.04	0.09	4.55	7.57

原编号	As	Au	Ba	Co	Cr	Cs	Cu	Hf	Nb	Pb	Rb	Sb	Sc	Sr	Ta	Th	U	W	Y	Zr
CM0-20	13.5	8.3	187	2.2	49	8.8	103	4.6	46	195	323	6	1.7	38	11.36	57.97	13.3	2.5	18	132
CM0-45	60.3	11.7	308	23.8	42	6.2	668	5.6	54	110	276	4.3	1.9	78	10.7	48.35	22.2	1.5	25	68
RX-4	204.8	3.3	263	3.6	48	10.2	813	3.6	39	147	247	13.4	1.62	40	8.3	43.72	15.5	3.6	25	70

注:表中氧化物、烧失量含量单位为%,Au 含量单位为 10⁻⁹,其他微量元素含量单位为 10⁻⁶。样品由西南冶金测试所和成都理工大学应用核技术研究所分析。稀土元素采用 Boynton(1984)球粒陨石推荐值标准化^[4],δ(Ce)、δ(Eu)和 Σ REE 采用内插法进行估算;微量元素采用 Sun and McDonough(1989)原始地幔值标准化^[5]。

3.3.1 氧化物特征

热香细粒二长花岗岩岩体的 SiO₂ 含量较高(大于 75%),贫 TiO₂ 与 MgO,富碱,尤其是富 K₂O(大于 4.3%),属于富碱的酸性岩浆岩类。经投图判别,热香岩体属于高钾钙碱性岩浆系列,岩浆分异演化程度很高,分异指数大于 90,分离结晶程度也非常高。

3.3.2 微量元素、稀土元素特征

热香细粒二长花岗岩的高场强元素相对富集,尤其是富集 Rb、Th、U 和 Ta(图 2),而 Ba、Sr、Ti 强烈亏损,Nb 和 P 中等亏损。Ba 和 Sr 的强烈亏损显示造山后花岗岩的特征,相对富 Ta,而 Nb、P、Ti 的亏损是起源于中上地壳的花岗岩的特征,可能与磷灰石和钛磁铁矿在源区残留有关^[6-7]。高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf 富集成峰,表明它们已经远离岛弧环境,特别是 Ta 峰的出现是板内岩浆作用的显著标志。 $w(Rb)/w(Sr)$ 在本套花岗岩中为 3.58 ~ 8.5,大于幔源岩浆和壳幔混合源花岗岩的值(分别为小于 0.05,0.05 ~ 0.5),接近于壳源值(大于 0.5),表明岩浆物源以壳源为主,花岗岩属于陆壳重熔型花岗岩,具有同碰撞花岗岩的本质特征^[8]。

热香细粒二长花岗岩的稀土元素总量相对较高, $w(\Sigma REE) = (176 \sim 241) \times 10^{-6}$,总量变化较小。 $N(La)/N(Yb)$ 在 4.55 ~ 8.21 之间,轻稀土相对富集。 $N(La)/N(Sm)$ 在 7.57 ~ 10.58 之间,轻稀土元素的分馏程度较重稀土元素高。负 Eu 异常显

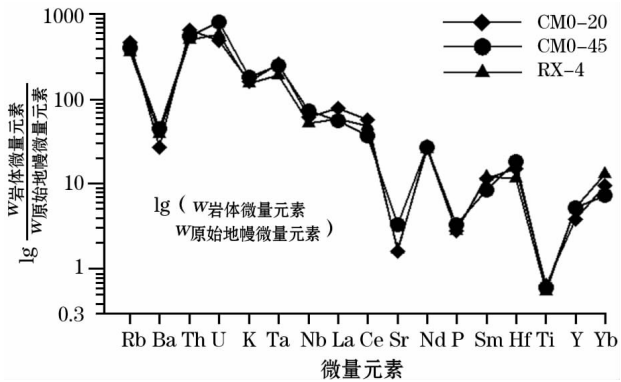


图 2 热香岩体微量元素配分

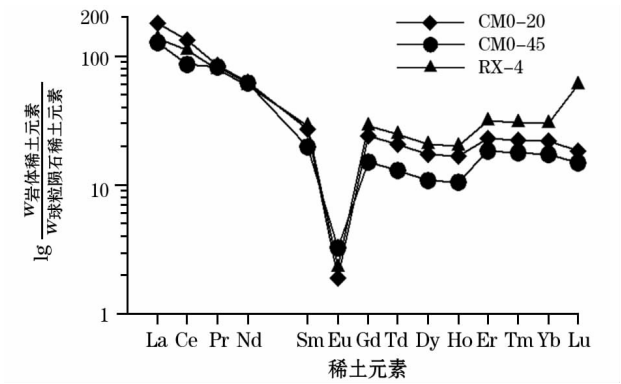


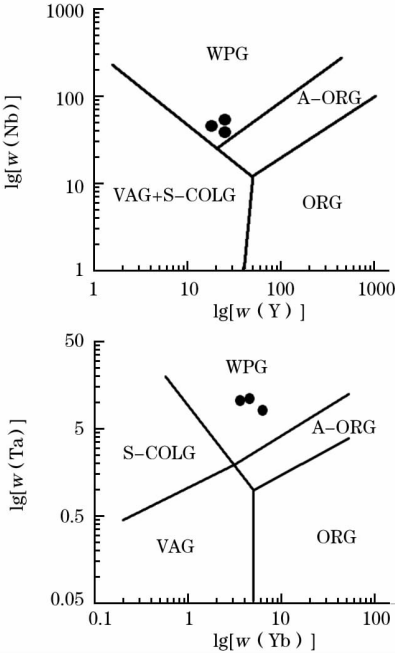
图 3 热香岩体稀土元素配分

著, $\delta(Eu) = 0.08 \sim 0.21$,呈“V”字形分布(图 3),显示壳型(C 型)配分模式特征,与前面的微量元素的分析结果 $w(Rb)/w(Sr)$ 值一致。据王中刚研究表明, $\delta(Eu) < 0.3$,这一类稀土配分模式主要表现在

花岗岩系列最晚期演化阶段形成^[9]。

3.3.3 构造环境

热香稳定性微量元素 Nb、Ta、Y、Yb 在板块环境判别图上的投点位置(图 4)表明:热香花岗岩为 WPG 花岗岩,即板内花岗岩,属于中上地壳在缺水



WPG—板内花岗岩;VAG—火山弧花岗岩;S-COLG—同碰撞花岗岩类;ORG—洋中脊花岗岩;A-ORG—异常洋中脊花岗岩。
底图据文献[10]

图 4 热香花岗岩构造环境微量元素判别

条件下部分熔融的产物^[11-12]。岩浆形成的温度相对较高,高度富集的 U、Th 特征(图 2),暗示岩浆源区可能存在放射性生热而诱发岩浆产生。这种岩浆的含铜性主要取决于深源含铜流体或岩浆的参与程度以及岩浆源区铜背景值高的地层或岩浆岩的参与程度。

4 成因初探及找矿模型的初步建立

目前获得一个全岩 K-Ar 年龄(CM0-45, 51.1 Ma),由成都理工大学应用核技术研究所分析。表明岩体的侵入时间为 51.1 Ma。而根据区域构造环境表现为喜山期自 60 Ma 始,义敦造山带的造山后伸展随之停止,转而发生急速垂直抬升,并产生强烈逆冲—推覆和走滑平移构造,中咱地块作为构造岩片向东被逆冲—推覆在岛弧造山带上,造成深部岩浆侵入成岩。结合矿石结构构造特征、稀土元素、微量元素和构造环境投图资料初步分析,热香铜矿是在碰撞陆内走滑作用下软流圈上涌引起的减压和增温,在板内裂隙环境中引发地壳浅部岩石大规模熔融,侵位形成热液型铜矿。

通过对热香铜矿床可能的矿化分带、围岩蚀变类型、可能的蚀变分带、成矿机理、找矿标志等进行综合研究,初步建立了热香铜矿的地质—地球化学找矿模型^[13-14](表 3)。

表 3 热香铜矿地质—地球化学找矿模型

标志分类	特 征
区域构造	义敦岛弧带中段南部
区域地层	上三叠统喇嘛垭组
含矿围岩	海陆交互相沉积的长英质砂岩—粉砂岩—粉砂质板岩岩性序列
含矿母岩	似斑状黑云母花岗岩
蚀变分带	岩株内部硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化,接触带上砂卡岩化、角岩化、硅化发育。 含矿部位常见褪色、蚀变等现象
地表直接找矿标志	孔雀石化
遥感特征	以面型蚀变和线环构造为主
区域重力场	位于南北向负异常带
区域磁场特征	表现为区域正异常
区域地球化学场	位于 Cu、Mo 高背景区
矿区地球化学场	洪措—绒叟—热香—央则昂措—斯令措一带圈定 Cu、Pb、Zn、Au、Ag、Mo、W、Sn、Bi、Sb、As 异常 4 个,组合异常 4 个。Cu 土壤化探异常面积大于 8.41 km ² , 峰值 3 862 × 10 ⁻⁶ , 异常平均值 113 × 10 ⁻⁶ , 衬度值 137.9, 变异系数 2.64, 富集系数 31.9, 面金属量 950.33, 三级浓度分带显著, 具有 6 个三级浓集中心
岩石化学特征	热香岩体表现为轻稀土富集型, 强的 Eu 负异常, 为板内花岗岩特征。高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf 富集成峰, 表明它们已经远离岛弧环境, 特别是 Ta 峰的出现是板内岩浆作用的显著标志
矿化特征	铜矿化以细粒浸染状为主, 黄铜矿、辉铜矿呈它形细粒稀疏浸染于岩石中, 分布在硅化暗色石英和蚀变黑云母边缘
成矿时代	喜山期
矿床类型	板内热液型铜矿
矿床成因	碰撞陆内走滑作用下软流圈上涌引起的减压和增温, 在板内裂隙环境中引发地壳浅部岩石大规模熔融, 侵位形成热液型铜矿

5 结论

(1)矿体赋存于花岗闪长岩岩墙中,矿体形成后无构造破坏,但地表淋失现象较明显,存在淋失带→贫化带→原生带的垂直分带现象。

(2)对热香成矿岩体的常微量元素和稀土元素的研究表明,热香铜矿属于板内热液型铜矿。岩浆物源以壳源为主,花岗岩属于陆壳重熔型花岗岩,具有同碰撞花岗岩的本质特征。

(3)初步认为,矿床是在碰撞陆内走滑作用下软流圈上涌引起的减压和增温,在板内裂隙环境中引发地壳浅部岩石大规模熔融,侵位形成热液型铜矿。并在综合研究的基础上初步建立了热香铜矿的地质—地球化学找矿模型。

参考文献:

[1] 侯增谦,杨岳清,曲晓明,等. 三江地区义敦岛弧造山带演化和成矿系统[J]. 地质学报,2004,78(1):109.

[2] 苏画,秦玉龙,杨映东,等. 四川省乡城县热香铜矿异常查证报告[R]. 四川省地质矿产勘查开发局川西北地质大队,2005.

[3] GB/T17766-1999, 固体矿产资源/储量分类[S].

[4] Boynton W V. Geochemistry of the rare earth elements; meteorites-

tudies[G]//Rare earth element geochemistry. Amsterdam:Elsevier,1984;63.

[5] Sun S S,McDonough W F. Chemical and isotopicsystematics of oceanic basins ; implications for mantle composition and processes [J]. Geological Special Publication of Geological Society of London,1989,42;313.

[6] 邱家骢,林景任. 岩石化学[M]. 北京:地质出版社,1991.

[7] 费光春,李佑国,陈旭,等. 川西乡城—稻城—得荣中带地区浅成花岗岩岩石化学特征及成矿潜力探讨[J]. 新疆地质,2006,24(3):305.

[8] 李昌年. 火成岩微量元素岩石学[M]. 北京:中国地质大学出版社,1992;74-88.

[9] 林武. 藏南冈底斯铜矿带冲江含矿斑岩地球化学特征及形成研究[D]. 广东:中国科学院广州地球化学研究所,2005.

[10] Pearce J A,Harris N B M,Tindle A G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks[J]. Journal of Petrology,1984,25;956.

[11] 汪洋,邓晋福. 湘东北地区燕山晚期强过铝质花岗岩的岩石化学特征及构造意义[J]. 大地构造与成矿学,2004,28(1):60.

[12] 刘帅,黄美化,巫建华,等. 赣南余田群双峰式火山岩地球化学特征及构造环境[J]. 桂林工学院学报,2006,26(3):320.

[13] 王钟,邵孟林. 隐伏有色金属矿床综合找矿模型[M]. 北京:地质出版社,1996.

[14] 吴六灵,邓杏彬,周建华,等. 广西深泥田金矿床地质—地球化学找矿模型[J]. 地质通报,2004,23(7):689.

GEOLOGICAL-GEOCHEMICAL PROSPECTING MODEL
FOR THE REXIANG COPPER DEPOSIT IN WESTERN SICHUAN

FEI Guang-chun¹, LI You-guo¹, WEN Chun-qi¹, CHEN Xu², DUAN Qiong³

(1. College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 3. Wangpu Middle School in Beibei District, Chongqing 400717, China)

Abstract: The Rexiang copper deposit is located in the secondary syncline core of Niangyongfu syncline on the hanging wall of Xiangcheng fault and occurs in granodiorite dikes. According to researches on the ore body, ores and content of major and trace elements, the authors preliminarily hold that the Rexiang ore deposit is a hydrothermal copper deposit formed by magmatic intrusion in faults resulting from intracontinental strike-slip. On the basis of a comprehensive analysis, the authors have constructed a geological-geochemical ore-prospecting model for the Rexiang copper deposit.

Key words: copper deposit; geochemistry; ore-prospecting model; Rexiang in western Sichuan

作者简介: 费光春(1982-),男,四川乐山人,讲师,博士研究生,矿物学、岩石学、矿床学专业。