川西地区热香铜矿矿床地质特征及找矿模型

王振中[1]，李佑国[1]，陈思雨[2]

(1. 成都理工大学地球科学学院，成都 610059；2. 成都理工大学传播科学与艺术学院，成都 610059)

摘要：根据矿床的化学成分特征，成矿构造环境的研究，认为热香铜矿为地壳源区的缺水环境中在板内岩浆作用下花岗岩系列最晚期演化阶段形成的铜矿，它们的形成没有来自俯冲板片的流体参与。

关键词：铜矿床；西南三江成矿带；找矿模型；川西

中图分类号：P618.41　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1006-0995（2009）01-0041-05

热香铜矿位于四川西部乡城县，东经 99° 54′ 15″ ~99 ° 58′ 15″，北纬：28° 47′ ~28° 56′，处于著名的西南三江多金属成矿带，义敦岛弧有色、贵金属矿产地集中区。区内已经发现了多个大型斑岩铜矿，如普朗、雪鸡坪、羊拉等铜床。最近发现的热香铜矿床具有热液型铜矿特征，但是在化学成分、成矿物质来源上又与普朗，雪鸡坪的岛弧型铜矿床有相当大的差异。根据化学成分、成矿构造环境特征的研究，认为热香的二长花岗岩岩浆形成于碰撞后的板内环境，属于中上地壳在缺水条件下部分熔融的产物，岩浆形成温度相对较高，高度富集了 U、Th 等不相容元素。研究热香铜矿床，可以进一步丰富义敦岛弧带铜矿床的成矿类型研究，对该区寻找同类型铜矿床有重要的指导意义。

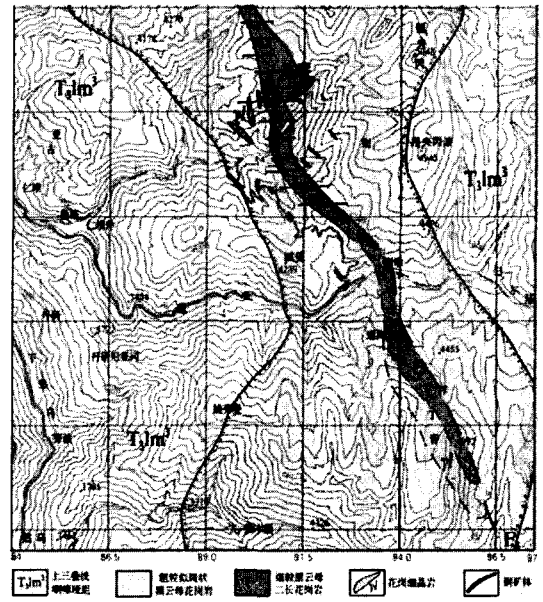

图 1 热香岩体地质图（资料据川西北地质队）

1 成矿地质背景

本区位处乡城大断裂上盘娘拥复向斜次级旺央向斜核部，出露的上三叠统喇嘛垭组第三段地层由一套海陆交互相沉积的长英质砂岩-粉砂岩-粉砂质板岩序列组成。区内褶皱、断裂发育，南北向展布（图 1），与区域构造线一致。乡城大断裂上盘次级雨地逆冲断裂（F1）错断茨林措岩体，控制着晚期热香含铜二长花岗岩岩墙、花岗细晶岩脉和化探异常的展布。

2 地质特征

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 3 670 ~ 4 840m，最低侵蚀基准面 3 560m。含铜二长花岗岩岩墙沿雨地断裂呈带状，长约 20 500m，宽 400 ~ 1 200m，控制异常带长约 13 000m，宽 400 ~ 1 300m，面积大于 8.42km2。

工程揭露与激电测量配合，初步圈定矿体 1 个，呈似层状、墙状产出，近南北向展布；倾向 30° ~ 86°，倾角 60° ~75°；控制矿体长约 1 800m，水平宽度大于 18.30m，单样品位 Cu 0.12% ~ 2.9%，平均 0.49%。

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的硅化暗色石英和蚀变黑云母边缘，硅化、黑云母化强烈地段密集的黄铜矿常与黄铁矿共生。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、有少量黑云母。

收稿日期：2008-07-14

项目资助：中国地质调查局地质大调查资助项目（200310200018）

作者简介：王振中（1984-），男，河南开封人，硕士研究生，主要从事区域找矿、地球化学以及 GIS 系统开发研究

矿石具细粒结构和花岗结构，块状及浸染状构造。氧化矿石较贫，平均品位 Cu 0.21%～0.30%；原生矿石较富，平均品位 Cu 0.47%～0.57%，品位变化系 92%。品位高低与硅化（暗色石英）强度息息相关，硅化强烈地段较富，铜品位一般在 0.25%～0.64%间变化，最高可达 2.90%；硅化微弱地段较贫，铜品位在 0.20%～0.43%间变化。矿石化学成分属硅酸盐型酸性矿石，自然类型为花岗闪长岩型矿石，按结构构造为稀疏浸染型铜矿石。

矿体形成后无构造破坏。在氧化和水解作用下，黄铜矿、辉铜矿氧化后在矿石内形成不规则褐色、紫褐色、褐黄色斑点（团），沿节理裂隙面形成孔雀石和铜兰。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集程度有关。在节理裂隙稀疏地段，淋失带深度 5～8m，贫化带深度为 3～5m,；节理裂隙密集发育地带，淋失带深度大于 40m。

3 地球化学特征

3.1 常微量稀土元素特征

研究区花岗岩类岩石的主元素分析数据列于表 1 中，区内浅成花岗岩可划为中细粒二长花岗岩。热香细粒二长花岗岩岩体的 SiO_2 含量高（75.58%～80.55%），贫 TiO_2、Al_2O_3 与 MgO，富碱，尤以富 K_2O（4.33%～5.18%）为特征，属于铝过饱和系列。地表样品（RX-4）相对坑道样品而言，其 SiO_2 含量大约高出 5%，贫钠而相对富钾，反映出地表具有更强的硅化和钾化，或是地表风化淋滤等因素综合作用的结果。洪措花岗岩体在空间上与热香岩体相邻，其化学成分也十分类似，岩体的 SiO_2、总碱含量略低，而 Al_2O_3 含量略高，也属于铝过饱和系列。三道桥 1 件黑云二长花岗岩样品显示出相对较低的 SiO_2 含量（70.24%）和较高的 Fe、Mg、Ca 含量。

表1 洪措、热香地区岩石化学成分表（wt%）

原编号	岩石名称	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	LOI	总量
CM0-20	细粒二长花岗岩	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	细粒二长花岗岩	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	硅化细粒二长花岗岩	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
HC-3	中粒黑云二长花岗岩	72.56	0.35	13.26	1.65	2.26	0.037	0.66	0.98	2.99	4.06	0.11	0.94	99.86
HC-5	中细粒花岗岩	76.74	0.13	12.34	0.38	0.65	0.015	0.08	0.67	3.02	4.48	0.064	0.40	98.97
SDQ-3	中粒黑云二长花岗岩	70.24	0.50	14.01	2.20	2.16	0.031	0.94	1.26	2.89	3.91	0.20	1.06	99.40

研究区花岗岩类岩石的微量元素和稀土元素分析数据列于表 2。热香细粒二长花岗岩的低场强元素相对富集，尤其是 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 的强烈亏损是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。高场强元素 Nb、Ta、Zr、Hf 富集成峰，表明它们已远离岛弧环境，特别是 Ta 峰的出现是板内岩浆作用的显著标志。(Marjorie,1989; Edwardsetal.1994; Hoogewerffetal.,1997)。板内火山岩以富 K_2O、Nb、Ta、Zr、Hf，亏损 CaO、Sr、Eu 为特点,稀土元素经球粒陨石标准化的分配曲线呈 V 型，这指示板内火山作用是在地壳源区的缺水环境中产生

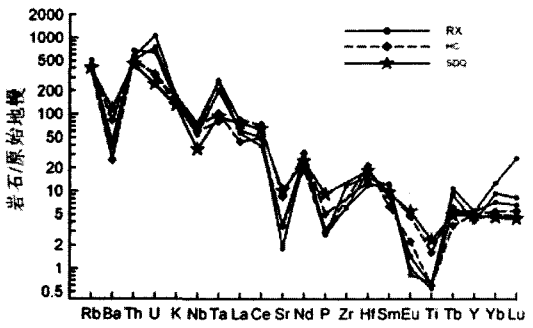

图 2 热香－洪措地区花岗岩微量元素蛛网图（RX－热香，HC－洪措，SDQ－三道桥）

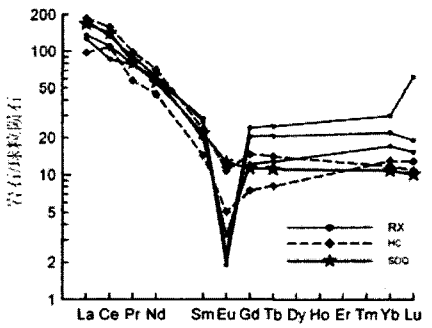

图 3 热香－洪措花岗岩稀土元素配分图（RX－热香，HC－洪措，SDQ－三道桥）

的，其形成没有来自俯冲板片的流体参与（曲晓明）。

本套花岗岩 Rb/Sr=3.58～8.5，显著大于幔源岩浆和壳幔混合源花岗岩 Rb/Sr 值(分别<0.05,0.05～0.5)，接近于壳源 Rb/Sr 值(>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，具有某些同碰撞花岗岩的特征。

热香细粒二长花岗岩的稀土元素总量相对较高（$\sum REE = 176 \sim 241 \times 10^{-6}$），负 Eu 异常显著（$\delta Eu = 0.08 - 0.21$），呈“V”字形分布（图 3）。据王中刚研究表明，$\delta Eu<0.3$，这一类稀土配分模式主要出现在花岗岩系列最晚期演化阶段。

3.2 构造环境分析及成矿年龄分析

洪措、热香地区和区域上其他地区比较：花岗岩稳定性微量元素 Nb、Y 在板块环境判别图上投点（图 4）可以看出，普朗、雪鸡坪、红卓、竹鸡顶、日绒措地区的成分点投入 VAG + S-COLG 区域，而三道桥、洪措和热香地区花岗岩基本上投入 WPG（板内）区域。从 Ta-Yb 图解（图 5）进一步看出，三道桥、洪措和热香地区

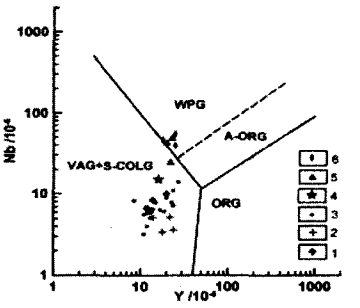

图 4 Nb-Y 图解

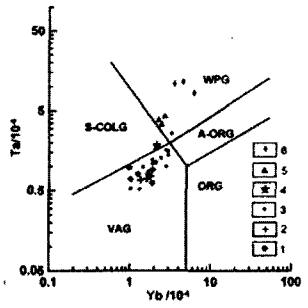

图 5 Ta-Yb 图解

（WPG:板内；VAG：火山弧；S-COLG：同碰撞；ORG-洋中脊；底图据 Pearce，1984）1－普朗、雪鸡坪；2－红卓；3－竹鸡顶；4－日绒措；5－三道桥、

表 2　洪措、热香地区岩石微量元素及稀土元素表（$\times 10^{-6}$，Au：$\times 10^{-9}$）

原编号	岩石名称	As	Au	Ba	Co	Cr	Cs	Cu	Hf	Nb	Pb	Rb	Sb	Sc	Sr
CM0-20	细粒二长花岗岩	13.5	8.3	187	2.2	49	8.8	103	4.6	46	195	323	6	1.7	38
CM0-45	细粒二长花岗岩	60.3	11.7	308	23.8	42	6.2	668	5.6	54	110	276	4.3	1.9	78
RX-4	硅化细粒二长花岗岩	204.8	3.3	263	3.6	48	10.2	813	3.6	39	147	247	13.4	1.62	40
HC-3	中粒黑云二长花岗岩	13.7	3.0	585	4.5	12	10.3	40.0	4	43	53.7	274	0.56	3.3	180
HC-5	中细粒花岗岩	7.5	4.2	178	1.8	8.9	6.2	31.7	6.6	49	35.2	257	33.2	1.3	75
SDQ-3	中粒黑云二长花岗岩	66.8	3.2	816	1.6	13.7	10.9	92.7	5.7	25	58.4	255	5.3	6.3	212

原编号	岩石名称	Ta	Th	U	W	Y	Zn	Zr
CM0-20	细粒二长花岗岩	11.36	57.97	13.3	2.5	18	49	132
CM0-45	细粒二长花岗岩	10.7	48.35	22.2	1.5	25	178	68
RX-4	硅化细粒二长花岗岩	8.3	43.72	15.5	3.6	25	76	70
HC-3	中粒黑云二长花岗岩	3.3	42.6	6.9	6.2	20	26	
HC-5	中细粒花岗岩	4.2	42.8	7.1	2.7	23	15.1	
SDQ-3	中粒黑云二长花岗岩	3.8	38.4	5.1	5.8	22	19	

原编号	岩石名称	La	Ce	Nd	Sm	Eu	Tb	Yb	Lu	∑REE	δCe	δEu*	(La/Yb)n
CM0-20	细粒二长花岗岩	55.56	106.92	37.78	5.25	0.14	0.98	4.56	0.61	241.41	0.99	0.08	8.21
CM0-45	细粒二长花岗岩	39.28	69.61	36.86	3.84	0.24	0.61	3.57	0.49	176.33	0.84	0.21	7.42
RX-4	硅化细粒二长花岗岩	42.01	89.46	35.17	5.55	0.17	1.17	6.22	1.97	214.22	1.04	0.09	4.55
HC-3	中粒黑云二长花岗岩	58.1	128	42.7	4.55	0.792	0.67	2.46	0.349	261.79	1.11	0.57	15.92
HC-5	中细粒花岗岩	30.3	87.8	26.7	2.81	0.373	0.386	2.7	0.412	166.67	1.4	0.46	7.57
SDQ-3	中粒黑云二长花岗岩	52	114	33.3	4.23	0.929	0.529	2.26	0.324	227.28	1.14	0.77	15.51

注：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，★采用 Boynlon（1984）球粒陨石推荐值标准化，δCe、δEu 和∑REE 采用内插法估算。

花岗岩的化学成分反映了板内花岗岩特点，普朗、雪鸡坪、红卓和竹鸡顶地区的浅成花岗岩具有火山弧

花岗岩的地球化学特征，而日绒措花岗斑岩的成分点正好投在 VAG 与 S-COLG 的分界线上（图 5）。

从花岗岩的空间分布上看，从雪鸡坪、普朗→红卓，竹鸡顶→日绒措→三道桥，洪措→热香，这种由南向北分布的花岗岩，其岩石化学成分显示出一种逐渐富 Ta 的趋势。

热香的全岩分析样品应用 K-Ar 法分析表明斑岩体的侵入时间为 51.1 Ma，综合研究区内花岗岩的地质、地球化学特征认为，三道桥、洪措和热香地区的二长花岗岩岩浆形成于碰撞后的板内环境，属于中上地壳在缺水条件下部分熔融的产物，岩浆形的温度相对较高，高度富集了 U、Th 等不相容元素。

4 岩浆起源与成矿潜力分析

对研究区花岗岩类 Cu、Pb、Zn、Au 和 Sb 的含量分析结果看出，除个别样品外，绝大多数超过了该元素在大陆地壳中的平均含量。其中，Cu、Sb 可以富集达到工业品位，Au 在铜矿石中的富集可能具有综合利用价值（0.56 g/t）；W、Sn、Bi 等在花岗岩中的含量可达到该元素克拉克值几十倍，暗示这些元素在区域上有富集成矿的可能性。这表明，研究区内花岗岩有形成铜矿（斑岩铜矿）的潜力，个别岩体还可能有形成 W、Sn、Bi 矿的潜力。

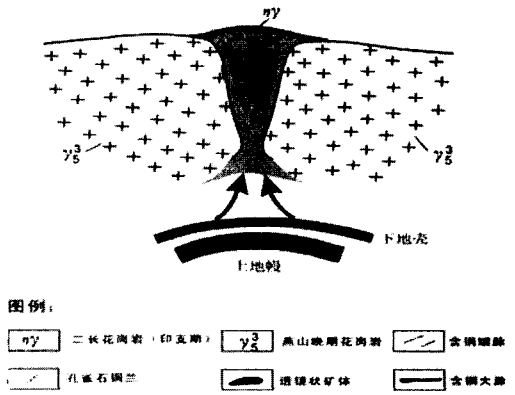

图 6 热香热液型铜矿床成因模式图

斑岩铜矿几乎不受岩石类型限制，本区花岗岩中往往含有一定量的磁铁矿（1%±），很少见到钛铁矿，岩石中 S 的含量大于 125×10^{-6}，应当属于氧化型花岗岩浆，具有斑岩铜的成矿潜力。

洪措岩体和热香岩体中 SiO_2 含量较高（大于 72.5%），具有酸性、富碱、基性组分低以及高分异的特点，这也是我国滇西含锡花岗岩的主要特点。因此认为，洪措和热香岩体具有 W、Sn 矿产的成矿潜力。

5 矿床成因与找矿模型

铜矿体赋存于花岗闪长岩岩墙中，在乡城大断裂上盘娘拥洪措岩体和热香岩体中 SiO_2 含量较高（大

表 3 热香热液型铜矿综合信息找矿模型

标志分类	特 征
区域构造	义敦岛弧带中段南部
区域地层	出露上三叠统喇嘛垭组第三段地层
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	细粒二长花岗岩
蚀变分带	岩株内硅化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、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 组合异常 4 个。土壤 Cu 异常面积大于 8.41km^2，峰值 3862×10^{-6}，平均值 113×10^{-6}，具 6 个三级浓集中心。
岩石化学特征	热香岩体表现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，硅化、黑云母化强烈地段分布密集黄铜矿常与黄铁矿共生。
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，在板内裂陷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。

于 72.5%），具有酸性、富碱、基性组分低以及高分异的特点，这也是我国滇西含锡花岗岩的主要特点。因此认为，洪措和热香岩体具有 W、Sn 矿产的成矿潜力。

复向斜次级旺央向斜核部。上盘次级雨地逆冲断裂（F1）控制着晚期热香含铜二长花岗岩岩墙和化探异常的展布。热香细粒二长花岗岩岩浆形成于板内环境，属中上地壳在缺水条件下部分熔融产物，岩浆形成的温度相对较高。成矿岩体表现出多期次性，成矿主要在燕山晚期，喜山期由于陆内走滑作用，岩浆沿断裂进一步侵位形成铜矿床，其成因模式如图 6。

进一步对矿床矿化分带、围岩蚀变、蚀变分带、成矿机理、找矿标志等进行综合研究，可建立构造热液型铜矿综合信息找矿模型（表 3）。该区成矿条件良好，化探异常衬度大、浓度高、规模大、变异系数大。矿区已圈定一个规模宏大的含铜二长花岗岩岩墙，具有良好的成矿地质条件，规模尚未完全控制。区内蕴藏资源潜力巨大，通过进一步地质工作，可望找到大型矿床。

参考文献：

[1] 中国地质调查局. 国内外斑岩型铜矿研究进展[J]. 北京：2002.

[2] 曾普胜，莫宣学，喻学惠，等. 滇西北中甸斑岩及斑岩铜矿[J]. 矿床地质，2003，Vol.22，No.4：393～400.

[3] 曾普胜，侯增谦，李丽辉，等. 滇西北普朗斑岩铜矿床成矿时代及其意义[J]. 地质通报，2004，Vol.23，No.11：1128～1131.

[4] 温春齐. 矿床研究方法[M]. 成都：成都理工大学出版社，2004.

[5] 唐菊兴. 西藏玉龙斑岩铜（钼）矿成矿作用与矿床定位预测研究［学位论文］[Z]. 成都理工大学地球科学学院，2003.

Geological Features and Exploration Model for the Rexiang Copper Deposit in West Sichuan

WANG Zhen-zhong[1]，LI You-guo[1]，CHEN Si-yu[2]

(1-College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059; 2-College of Communication Science and Art, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

Abstract: The Rexiang copper deposit lies in the Nujiang-Lanchang-Jinsha River metallogenic belt and in nonferrous and precious metal concentration region in the Yidun island arc zone. The ore is rich in Rb, Th, U and Ta, obviously depleted in Ba, Sr and Ti and middlingly depleted in Nb and P. Based on ore chemical compositions and mineralizing tectonic setting, it is suggested that ore material of the Rexiang copper deposit was derived from non-water crust and formed in the last stage of granite magma series of intraplate magmatism without participation of fluids derived from the subduction plate.

Key words: copper deposit; Nujiang-Lancang-Jinsha River metallogenic belt; exploration model; west Sichuan