

# 中国首例铁氧化物-铜-金-铀-稀土型 矿床的厘定及其成矿演化

李泽琴<sup>1</sup>, 胡瑞忠<sup>2</sup>, 王奖臻<sup>1,2</sup>, 刘家军<sup>2</sup>, 李朝阳<sup>2</sup>, 刘玉平<sup>2</sup>, 叶霖<sup>2</sup>

(1. 成都理工大学, 四川 成都 610059; 2. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学开放研究实验室, 贵州 贵阳 550002)

**摘要:**通过对拉拉矿床矿物共生组合、矿物生成顺序、矿石特征的研究,发现其矿石矿物以磁铁矿为主,铁和铜的硫化物次之,并含有大量稀土矿物和自然金。拉拉矿床至少经历了两期成矿作用:早期为区域变质成矿作用,晚期为热液成矿作用。早期形成 Fe-REE-P 矿化,晚期为 Cu-Mo-Au-Co (U) 矿化。根据这些特征,首次指出该矿床属于铁氧化物-铜-金-铀-稀土型矿床,而不是以往所称的块状硫化物型铜矿。

**关键词:**拉拉铁氧化物-铜-金-铀-稀土型矿床;成矿演化;扬子地台西缘

**中图分类号:** P618.31:618.41:618.51:619.14:618.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-2802(2002)04-0258-03

铁氧化物-铜-金-铀-稀土型矿床是近年来国际上确立的一种新的矿床类型<sup>[1]</sup>。由于其规模大、可利用的有用元素多,因此成为矿业界的研究热点和找矿勘探的重要目标<sup>[2]</sup>。迄今在澳大利亚、巴西、加拿大、美国等国相继发现了这类矿床,但是我国仍未见有该类矿床的报道。

拉拉矿床以前被认为属于块状硫化物型铜矿床<sup>[3]</sup>,铜总储量超过 100 万 t,规模居四川省之冠。最近我们对该矿床进行了再研究,认为它应属铁氧化物-铜-金-铀-稀土型矿床,矿床的形成经历了火山喷发和变质热液叠加两个阶段。

## 1 拉拉矿床类型的归属

1992 年 Hitzman 等总结了包括澳大利亚的奥林匹克坝、加拿大的沃尔耐克山(Werneck Mountain)和瑞典的基鲁纳铁矿在内的全球数十个大型铜(铁)矿床特征后,发现这些矿床具有以下共同的特性:1) 矿石中金属矿物以铁氧化物(磁铁矿和/或赤铁矿)为主,而铁硫化物的含量较低,一般为铁氧化物的 1/2 ~ 1/10,基本不含铅锌的硫化物;2) 除 Fe 和 Cu 外,矿床中富集的元素有 Au、Ag、U、REE、Mo 和 Co 等;3) 矿石中常含磷灰石、萤石与菱铁矿等富含 P、F 和 CO<sub>2</sub> 的矿物;4) 矿石以浸染状构造为主;5) 伴随矿化作用发生强烈的碱交代,尤以钠交代为特征<sup>[1,4,5]</sup>。

拉拉矿床位于扬子地台西缘,西临绿汁江大断

裂,在早、中元古代属于大陆裂谷环境<sup>[6]</sup>。围岩主要为元古界河口群落组钠长石岩和石榴子石黑云母片岩,原岩为变质火山岩。矿石分为钠长岩型和黑云母片岩型,矿物含量分别为(%) :磁铁矿 7.49、4.25;黄铁矿 4.69、0.47,黄铜矿 2.54、1.85,辉钼矿 0.006、0.06,磷灰石 3.86、3.17,暗色矿物 18.29、39.19,浅色矿物为 63.13、51.01(以 2000 g 样品统计;浅色矿物中含少量独居石)<sup>[7]</sup>。矿化特征为:金属矿物以磁铁矿为主,两类矿石磁铁矿的含量都大于黄铁矿;出现大量碳酸盐矿物、萤石和磷灰石;除 Fe、Cu 矿化外,还伴生有 Au、Ag、REE、Mo、Co、P 和 F 矿化,其中 Au、Co、Mo 矿化达中型规模;围岩蚀变以钠长石化为主;矿石构造以浸染状和条纹状为主。由此可见拉拉矿床应属于铁氧化物-铜-金-铀-稀土型矿床,而不是块状硫化物矿床(表 1)。

## 2 矿床地质特征及成矿演化

拉拉矿床由落函、落东、李家村和石龙四个矿段组成。磁铁矿-黄铜矿(Mo、Co、Au、REE)矿体呈似层状和透镜状;长数百米至千余米,最长 1960 m;厚 5 ~ 10 m,最厚 26 m。矿体总体走向北西西—东西向,倾向南南西—正南,倾角 15 ~ 30°。矿体产状与围岩片理基本一致。矿石矿物以磁铁矿为主,其次有黄铁矿与黄铜矿,少量含稀土磷灰石、辉钼矿、斑铜矿以及微量的自然金、独居石、氟碳铈矿和赤铁

收稿日期: 2002-07-17 收到, 08-25 改回

基金项目: 国家自然科学基金项目(40172039)和中国科学院知识创新项目(KZCX2-101)资助

第一作者简介: 李泽琴(1957—),女,博士,副教授,主要从事矿床学研究。

表1 拉拉矿床与铁氧化物-铜-金-铀-稀土矿床和块状硫化物矿床特征对比

Table 1 Characters of Lala and massive sulfide deposits

矿床	铁氧化物-铜-金-铀-稀土矿床	拉拉矿床	块状硫化物矿床
铁氧化物	主要金属矿物	磁铁矿为主要金属矿物(>10%)	少量,且仅局部出现
铁的硫化物	少量-微量	少量(平均2%)	大量出现,主要金属矿物
铅锌硫化物	微量	罕见	主要经济矿物,可达10%
矿石构造	浸染状、角砾状	浸染状、条纹状	块状、细脉状、网脉状
Cu品位	0.5%~1.6%	0.92%	0.8%~2.2%
伴生元素	Au、Ag、REE、U、Mo、Co、Nb、P	Au、Ag、REE、Mo、Co、P	Pb、Zn、Ag、Se、Bi、Gd、Co、Ni
蚀变类型	钠化、钾化、碳酸盐化、萤石化	钠长石化、黑云母化、萤石化、碳酸盐化	硅化、绢云母化、绿泥石化

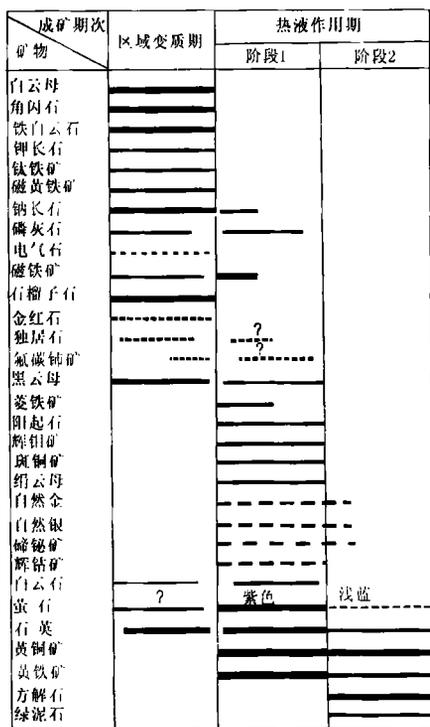
矿。矿石构造以浸染状和条纹状为主。

磁铁矿早期为区域变质成因,晚期为热液成因。前者呈他形晶,分布于变质矿物之间或包裹于石榴子石变斑晶内;后者则呈八面体自形晶产于脉中,与黄铜矿等热液矿物共生。变质磷灰石呈他形或半自形,长轴平行岩石片理走向,稀土元素含量高,总量可达7%,X荧光下呈桔红色;热液磷灰石呈半自形六方柱状分布于热液矿脉中,与热液磁铁矿和硫化物共生,稀土含量一般不超过1%,X荧光下呈灰蓝色。区域变质成因的稀土矿物主要为独居石、磷钇矿和褐帘石,热液成因的为氟碳铈矿、氟碳钙铈矿及

包裹于萤石中的针状磷钇矿。黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿等硫化物为热液成因。矿物生成顺序见图1。

综上所述,拉拉矿床有两个形成期:第一期区域变质成矿期,形成磁铁矿和磷灰石,伴有稀土矿化;第二期热液成矿期,形成铜、钼、钴、金矿化与黄铁矿化,并发生磁铁矿和稀土矿物的改造再沉淀,伴随广泛的钠长石化、萤石化、黑云母化和碳酸盐化。热液作用期间伴随的强烈构造应力<sup>[5]</sup>使热液以渗透交代为主要成矿方式,致使铜铁硫化物定向排列,形成具条纹状和条带状构造的铜矿石。

上述两阶段成矿论还得到下列事实的支持:1)磁铁矿-磷灰石矿化与黄铜矿-辉钼矿矿化在空间上是分离的。即除了在铜矿化带中有铁矿化外,区域上还有许多同期同层位的火山-变质型铁矿床,如李家坟磁铁矿床、官地磁铁矿床等。在拉拉矿带内铁矿化的范围也比铜矿化的大,且有“上铜下铁”的变化趋势。此外河口群变质火山岩中普遍含有尘点状与纹层状磁铁矿,含量(体积)一般为10%~20%,铁丰度为克拉克值的2~4倍;但是这些岩石中铜的含量并不高,铜丰度为 $140 \times 10^{-6}$ ,仅为地壳克拉克值的两倍多。说明在河口群分布地区,火山喷发-变质时主要富集铁,而铜成矿应属后期叠加。2)采自4个辉钼矿样品落函、落东以及石龙矿区,应用Re-Os法测得表面年龄分别为 $1005 \pm 1$ 、 $1001 \pm 1$ 、 $983 \pm 1$ 和 $928 \pm 1$  Ma,表明铜-钼矿化年龄为1 Ga左右。而河口群原岩和变质时代分别为1.6~1.7和1.2 Ga<sup>[6]</sup>。可见铜矿化远比河口群原岩形成和变质晚,是一次独立的地质事件。3)矿石多项分析表明,矿床中Cu-Mo、Cu-Au、REE-P呈显著正相关,而Cu-REE不具相关性(图2)。且矿石中磁铁矿与黄铜矿含量互为消长;反映Cu-Mo-Au为同期一矿化,而Fe-REE-P为另一期矿化。



粗线为主要矿物,细线为次要矿物,虚线为微量矿物

图1 拉拉铁氧化物-铜-金-铀-稀土矿床矿物生成顺序表

Fig. 1 Generalized paragenesis diagram of Lala ore deposit

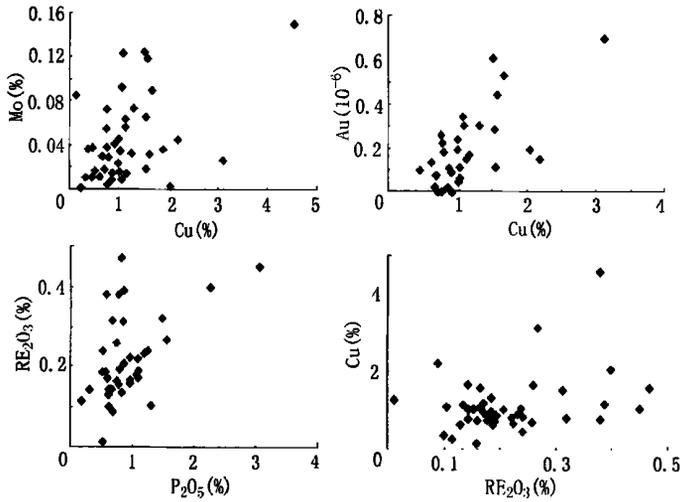


图2 拉拉铁氧化物-铜-金-铀-稀土矿床 Cu-Mo、Cu-Au、 $RE_2O_3$ - $P_2O_5$ 、Cu- $RE_2O_3$  相关图<sup>[7]</sup>  
Fig. 2 Variation diagrams of Cu vs. Mo, Cu vs. Au,  $RE_2O_3$  vs.  $P_2O_5$ , and Cu vs.  $RE_2O_3$ <sup>[7]</sup>

综上所述,可以得出如下结论:(1)拉拉矿床的地质特征与铁氧化物-铜-金-铀-稀土矿床完全一致,而与块状硫化物型铜矿床的相差很大,因此它应归属于铁氧化物-铜-金-铀-稀土型矿床。(2)拉拉矿床至少经历了两期次的成矿作用。早期为区域变质成矿作用,晚期为热液成矿作用;早期形成 Fe-REE-P 矿化,晚期为 Cu-Mo-Au-Co-(U) 矿化。

致谢:野外工作得到拉拉矿区李学清、朱志全等的帮助,谨致谢忱。

#### 参考文献:

- [1] Hitzman M W. Iron oxide-Cu-Au deposits: what, where, and why [A]. Hydrothermal Iron Oxide Copper-Gold and Related Deposits: A Global Perspective [M]. 2001, 1: 1 - 26.
- [2] Papageorge M. Iron oxide copper-gold deposits: separating fact from fantasy short course [J]. Geoscience Canada, 2001, 28: 31 - 36.
- [3] 姜福芝. 我国海相火山铁铜矿床的成因类型及其某些成矿特征的讨论 [J]. 矿床地质, 1983, 2(4): 11 - 18.
- [4] Hitzman M W, Oreskes N, Einaudi M T. Geological characteristics and tectonic setting of Proterozoic iron oxide (Cu-U-Au-REE) deposits [J]. Precambrian Res., 1992, 58: 241 - 287.
- [5] Groves D I, Vielreicher M N. The phalabowra (palabora) carbonate-hosted magnetite-copper sulfide deposit, South Africa: an end-member of the iron-oxide copper-gold-rare earth element deposit group? [J]. Mineral Deposita, 2001, 36: 189 - 194.
- [6] 申屠保涌. 四川会理拉拉厂铜矿床动力变质-热液成矿模式 [J]. 矿床地质, 1998, (增刊): 519 - 522.
- [7] 西南冶金地质局 603 地质队. 四川省会理县拉拉铜矿落函矿区详细勘探地质报告 [R]. 1982.

## Lala Fe-Oxide-Cu-Au-U-REE Ore Deposit, Sichuan China — An Example of Superimposed Mineralization

LI Ze-qin<sup>2</sup>, HU Rui-zhong<sup>2</sup>, WANG Jiang-zhen<sup>1,2</sup>, LIU Jia-jun<sup>2</sup>, LI Chao-yang<sup>2</sup>, LIU Yu-ping<sup>2</sup>, YE Lin<sup>2</sup>  
(1. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China; 2. Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China)

**Abstract:** Lala Fe-Oxide-Cu-Au-U-REE deposit, classified as a massive sulfide deposit before, is located in Sichuan province, China. LaLa district is situated near the western margin of Yangtze block. The deposit is hosted in a Proterozoic unit, named Hekou Group, which is composed of metavolcanic and metasedimentary rocks. The metavolcanics consist of spilite, keratophyre, keratophyre volcanoclastic rock, with subsidiary co-genetic intrusive rocks. The metasedimentary rocks are comprised of magnetic quartzite, mica schist and marble. The LaLa deposit appears to have the form of a large lens. The ore bodies strike west northwest and dip at approximately 30° to south. The LaLa deposit contains a resource of about 200 Mt, including 0.9% Cu, 0.026% Mo, 0.02% Co, 0.25%  $RE_2O_3$ , 0.49ppm Au, 1.89ppm Ag. The deposit is mainly comprised of magnetite, chalcopyrite, pyrite, minor bornite, molybdenite, apatite-bearing REE, cobaltite, pyrrhotite, and trace native gold, native silver, chalcocite, with rare telluride. Gangue minerals include albite, carbonate, biotite, quartz, fluorite, hongblende, sericite, almandine, and K-feldspar, with minor chlorite and tourmaline. According to the texture of the minerals, it is suggested that some of them were formed in regional metamorphism but the others formed in hydrothermal process. The hydrothermal mineralization has been determined by Re-Os molybdenite. Four samples give the model ages: 1001 ± 1Ma, 1005 ± 1Ma, 928 ± 1Ma, and 983 ± 1Ma, respectively. These data demonstrate that the hydrothermal mineralization occurred at ~1000Ma. And the age of the metamorphic mineralization is 1200Ma of the whole rock Rb-Sr dating of muscovite schist.

**Key words:** Fe-Oxide-Cu-Au-U-REE deposit; metamorphic and hydrothermal mineralization; Sichuan