

文章编号: 0258-7106(2006)06-0663-09

# 滇东北峨眉山玄武岩区的沉积型铜矿床\*

王居里<sup>1</sup> 郭健<sup>2</sup> 刘忠奎<sup>3</sup> 张云峰<sup>2</sup> 张蓉<sup>2</sup> 王伟涛<sup>1</sup>,  
冯士信<sup>1</sup> 冯娟萍<sup>1</sup> 井继峰<sup>2</sup> 李领军<sup>2</sup>

(1 大陆动力学国家重点实验室, 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069; 2 西北有色地质研究院, 陕西 西安 710054;  
3 奥威矿产科技有限公司, 陕西 西安 710001)

**摘要** 在滇东北峨眉山玄武岩分布区上二叠统宣威组中发现沉积型铜矿床。文章对此类沉积型铜矿床的地质特征和成矿作用特征进行了较系统的研究, 结合矿物成分和硫同位素测试结果, 探讨了矿床的形成过程和找矿前景。研究表明, 区内沉积型铜矿床主要有两种矿化类型: 结核状铜矿化和浸染状铜矿化, 矿石矿物以辉铜矿、斑铜矿、铜蓝等为主; 成矿受上二叠统宣威组沉积地层控制, 与峨眉山玄武岩喷溢形成的古火山构造和古地形以及火山期后的热泉活动关系密切, 有机质在成矿过程中可能发挥了作用, 成矿过程可能从沉积成岩阶段一直延续到成岩期后。区域上假整合覆盖于上二叠统峨眉山玄武岩之上的宣威组沉积岩系具有良好的找矿前景。

**关键词** 地质学; 峨眉山玄武岩; 上二叠统宣威组; 结核状铜矿化; 浸染状铜矿化; 滇东北地区

中图分类号: P618.41

文献标识码: A

## Sedimentary copper deposit in Emeishan basalts, northeastern Yunnan Province

WANG JuLi<sup>1</sup>, GUO Jian<sup>2</sup>, LIU ZhongKui<sup>3</sup>, ZHANG YunFeng<sup>2</sup>, ZHANG Rong<sup>2</sup>, WANG WeiTao<sup>1</sup>,  
FENG ShiXin<sup>1</sup>, FENG JuanPing<sup>1</sup>, JING JiFeng<sup>2</sup> and LI LingJun<sup>2</sup>

(1 State Key Laboratory of Continental Dynamics, Northwest University; Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China; 2 Northwest Nonferrous Geological Research Institute, Xi'an 710054, Shaanxi, China;  
3 Allway Minerals, Science and Technology Co. Ltd., Xi'an 710001, Shaanxi, China)

### Abstract

A sedimentary copper deposit was discovered in Upper Permian ( $P_2x$ ) Xuanwei Formation of Emeishan basalts in northeastern Yunnan Province, and the nodular copper mineralization and disseminated copper mineralization were recognized in the ore district. The ore minerals of nodular copper mineralization are mainly chalcocite, bornite and covellite, and the host rocks are greenish gray and purplish red thin-layered silt mudstone in the middle part of  $P_2x$ . The ore minerals of disseminated copper mineralization are mainly chalcocite and chalcopyrite, together with a small amount of native copper, and the host rocks are bluish gray and brownish gray argillite containing organic matter in the lower to middle part of  $P_2x$ . A preliminary study shows that the paleotopographic and paleovolcanic structures formed by Permian volcanic event control the sedimentation of Late Permian in the area, and that the copper mineralization is controlled strictly by Upper Permian ( $P_2x$ ) Xuanwei Formation and is closely related to post-volcanic activity of the hot spring. The organic matter might have played

\* 本文得到奥威矿产科技有限公司课题资助

第一作者简介: 王居里, 男, 1958年生, 博士, 副教授, 从事岩石学、矿床学教学和研究工作。

收稿日期: 2006-04-26; 改回日期: 2006-07-02。张绮玲编辑。

an important role in the mineralization, and the ore-forming process lasted from the diagenetic stage to the post-diagenetic stage. The sedimentary-petrologic province of Upper Permian ( $P_2x$ ) Xuanwei Formation in unconformity with the Emeishan basalts has good ore-search prospects.

**Key words:** geology, Emeishan basalt, Upper Permian Xuanwei Formation, nodular copper mineralization, disseminated copper mineralization, northeastern Yunnan Province

近年来中国西南地区峨眉山玄武岩及其喷发间歇期的沉积夹层中的铜矿床找矿和研究工作取得了重要进展(朱炳泉等,2002a;2002b;2002c;胡耀国等,2002;毛景文等,2003;张正伟等,2003;2004;刘远辉等,2003;李厚民等,2004a;2004b;2004c;2005;王砚耕等,2003)。峨眉山大火成岩省、玄武岩铜矿随之成为中国西南地区寻找铜矿床的热点地区和重要的铜矿床类型。与之相比,对区内沉积型铜矿(化)的找矿勘查和研究工作关注不够。一般认为区内沉积型铜矿(化)品位低、规模小。区域地质调查报告<sup>①</sup>描述的沉积型铜矿皆产于下三叠统飞仙关组,有关二叠系宣威组中沉积型铜矿床的报道(王利东,2002)也很少。本次工作在鲁甸幅(1:20万)二叠系宣威组中发现两种重要的铜矿化类型:①宣威组中下部厚层泥岩中与有机质密切相关的浸染状铜矿(化)层,矿点2处,矿化点多处;②宣威组中部薄层粉砂质泥岩中的结核状铜矿层,矿床1处,经露头 and 浅表工程控制获得铜资源量(333)50 625 t,预测资源量(334)超过15万吨。这在滇东北地区铜矿床找矿评价中无疑是一个新的突破,也为在峨眉山大火成岩省寻找沉积型铜矿提供了新的思路。

## 1 地质背景

研究区位于云南省巧家县马树乡境内,构造上属于扬子准地台滇东台褶带内的滇东北台褶束(云南省地质矿产局,1990)。区内地质矿产基本特征如图1所示。

### 1.1 地层

工作区内出露的地层主要有二叠系上统(地层代号沿用传统划法)峨眉山玄武岩组( $P_2\beta$ )、宣威组( $P_2x$ )、局部出露三叠系下统飞仙关组( $T_1f$ )。

(1)二叠系上统峨眉山玄武岩组( $P_2\beta$ )

前人<sup>②</sup>将峨眉山玄武岩组划分为4个岩性段:第

一段( $P_2\beta^1$ )为火山角砾岩段;第二段( $P_2\beta^2$ )为下斑状玄武岩段;第三段( $P_2\beta^3$ )为上斑状玄武岩段;第四段( $P_2\beta^4$ )为致密玄武岩段。工作区内主要见该组第四段、第三段,仅在局部地区见第一和第二岩性段(二者未分)。各段之间多有碎屑沉积夹层,多为火山平行不整合,部分第四段顶部为凝灰质(粉)砂岩、凝灰质泥岩,与上覆宣威组为假整合。

第四段玄武岩和第三段顶部凝灰岩中均具铜矿化,局部构成铜矿点,铜品位可达2.90%。

(2)二叠系上统宣威组( $P_2x$ )

主要为青灰色、褐灰色中-厚层泥岩,灰色、紫红色中-薄层粉砂质泥(页)岩,局部夹砂岩,下部偶夹煤层,底部局部为铝土岩、砾岩。与下伏峨眉山玄武岩组呈假整合接触。是区内沉积型铜矿重要的含矿层位。受沉积时的古地理环境的影响,宣威组地层总厚度、各层厚度及其出露情况有较大的变化,这种变化对于区内沉积型铜矿的成矿特征有重要的控制作用(图2)。

(3)三叠系下统飞仙关组( $T_1f$ )

飞仙关组下段( $T_1f^1$ )暗紫红色、灰棕色含泥砾砂岩、粉砂岩,泥质粉砂岩及泥岩。

飞仙关组上段( $T_1f^2$ )棕红色厚层状泥岩、粉砂质泥岩夹粉砂岩及砂岩。

本组覆于二叠系上统宣威组之上,呈整合过渡关系。局部具铜矿化。

### 1.2 构造

工作区及外围地区地质构造发育较弱,地层主要呈较平缓的单斜层,主体向东倾,倾角 $10\sim 25^\circ$ 。

本次工作在宣威组泥岩中发现几组节理:①组为北东向,向北西陡倾,倾角 $77^\circ$ 左右;②组为近南北向,向西或向东陡倾,倾角 $80\sim 88^\circ$ ;③组为北西向,向北东倾,倾角 $71^\circ$ 左右;④组为北西西(或近东西向)向,向南南西(或南)倾,倾角 $88^\circ$ 左右。其中第①、②组和第④组与区内铜的成矿作用关系密切。

① 云南省地质局. 1978. 中华人民共和国区域地质调查报告(鲁甸幅,矿产部分). 1~107

② 云南省地质局. 1978. 中华人民共和国区域地质调查报告(鲁甸幅,地质部分). 1~181.

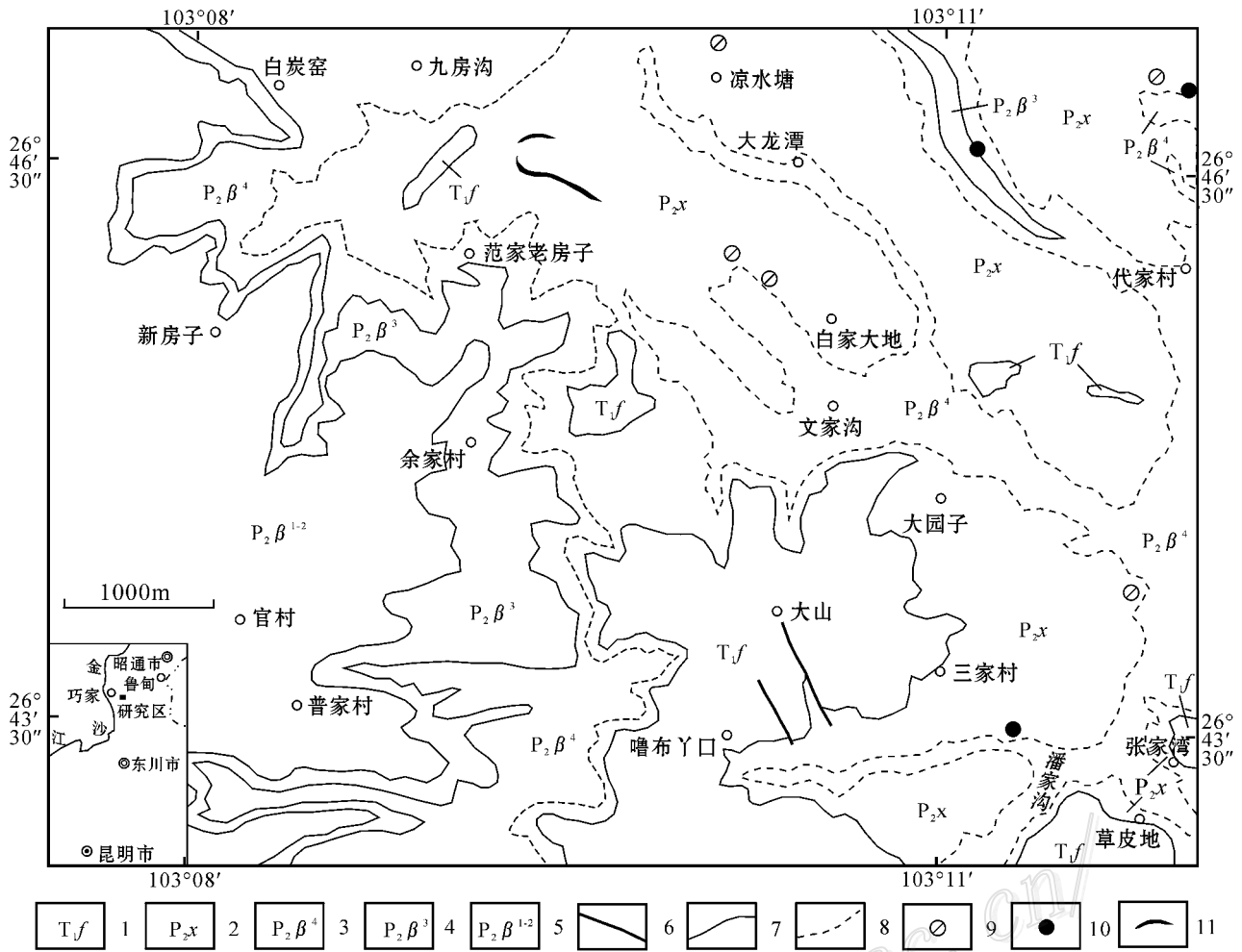


图 1 云南省巧家县大龙潭铜矿区地质图

1—三叠系飞仙关组；2—二叠系宣威组；3—二叠系峨眉山玄武岩组第四岩性段；4—二叠系峨眉山玄武岩组第三岩性段；5—二叠系峨眉山玄武岩组第一、二岩性段；6—断层；7—地质界线；8—假整合接触界线；9—铜矿化点；10—铜矿点；11—铜矿体

Fig. 1 Geological map of the Dalongtan copper district in Qiaojia County, Yunnan Province

1—Triassic Feixianguan Formation；2—Permian Xuanwei Formation；3—4th Member of Permian Emeishan basalt；4—3rd Member of Permian Emeishan basalt；5—1st and 2nd Member of Permian Emeishan basalt；6—Fault；7—Geological boundary；8—Unconformity；9—Copper mineralization spot；10—Copper ore spot；11—Copper ore body

## 2 矿床地质特征

### 2.1 含矿层位、矿化类型及矿(化)体特征

本次新发现的沉积型铜矿床的含矿层位为上二叠统宣威组( $P_2x$ )沉积岩系。矿化类型为浸染状和结核状(豆状)两种,后者比前者矿化强度高、规模大。

浸染状铜矿(化)体主要分布在二叠系上统宣威组青灰色、褐灰色中-厚层泥岩或含粉砂泥岩中,局部富含有机质,含矿层厚度、延伸稳定,厚0.6~2.7 m,产状为 $110^\circ \angle 25^\circ$ ,矿化强度较高,单样品位达

2.23%。结核状铜矿体呈层状主要分布于宣威组绿灰色、紫红色薄层状含粉砂泥岩和粉砂质泥岩中,厚0.5~2.3 m,产状为 $80 \sim 106^\circ \angle 9 \sim 16^\circ$ ,矿体延伸稳定,连续性好,铜品位最高达11.22%(采样时避开辉铜矿结核密集部位),在XJ15勘探线上按样长加权平均品位为5.03%。已控制的矿体出露长度(水平距离)为750 m,宽(水平距离)300 m。是目前工作区内发现的规模最大、矿化强度最高的铜矿体。

### 2.2 矿石特征

与矿化类型相对应,有两种主要矿石类型:①浸染状矿石,金属矿物主要是辉铜矿(0.5%~3%)、黄铜矿(0.5%~1%),少量自然铜,皆呈浸染状或细脉

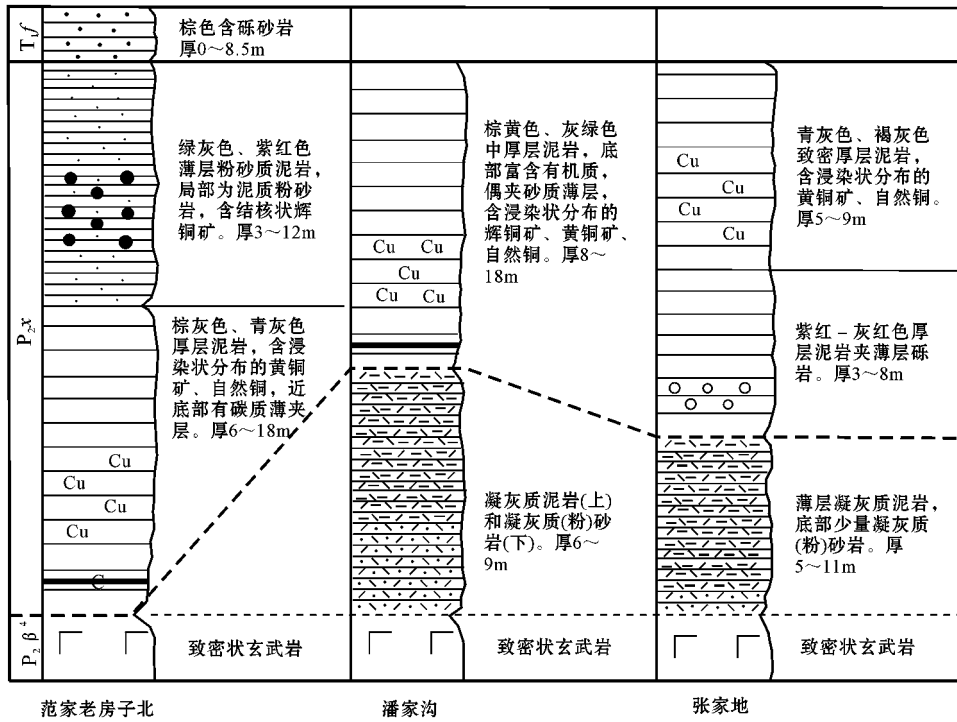


图2 巧家县大龙潭铜矿区上二叠统宣威组柱状对比略图

Fig. 2 Columnar sketch section showing  $P_2x$  in the Dalongtan copper district, Qiaojia County

浸染状分布于矿石中。脉石矿物主要是粘土矿物(80%~90%,主要呈隐晶质致密状,少量为微细粒高岭石)、微细粒石英(5%~15%)。矿化好的地段含有有机质较多,含量可达3%~9%。浸染状辉铜矿多分布于有机质附近,或呈细脉状穿过沥青质脉分布(图3a)。

②结核状矿石,金属矿物主要是辉铜矿、斑铜矿和铜蓝,常见辉铜矿与斑铜矿(图3b),斑铜矿与铜蓝呈结核状交生体产出,其形状呈球形、串珠状,直径5~35mm,含量为0.5%~8%,最高可达25%。脉石矿物主要是粘土矿物(60%~75%,主要呈隐晶质致密状,少量为微细粒高岭石)和粉砂级石英颗粒(15%~35%),少量绢云母和个别绿泥石、绿帘石细小颗粒。矿石主要为他形不等粒粒状结构、交生结构,浸染状、细脉浸染状以及结核状构造。

结核状铜矿沿一定层位分布,局部集中呈窝状分布(图3c、d),具有易采、易选、易冶炼的特征,加之区内交通便利,因此矿石的经济利用条件非常优越。

### 2.3 蚀变特征

野外和室内研究表明,与浸染状矿化有关的蚀变主要是与辉铜矿化共生的细脉状沥青化和沿微细裂隙发育的与黄铜矿化共生的网脉状硅化,说明①浸染状铜矿化成矿作用与有机质关系密切,②成矿

作用以后生(成岩期后)热液期成矿为主。结核状矿石成矿期蚀变不明显,仅见部分辉铜矿、斑铜矿结核表面形成少量孔雀石和微量黑铜矿,属表生氧化期作用的产物,说明结核状铜矿化成矿作用发生于沉积成岩期到表生氧化期之前。

### 2.4 控矿、容矿构造特征

研究表明,区内铜成矿与古火山口构造密切相关,沉积型铜矿成矿的有利部位是火山口中心与沉积中心的过渡地带,该地带沉积物主要源自火山高地,经过一定距离的搬运有利于铜的分离、聚集和沉淀,加之离火山口中心距离较近,能够受到一定的后续热的作用,有利于铜富集成矿。此外晚期节理,尤其是北东向和近南北向节理,与沉积型铜矿关系密切,不论是浸染状还是结核状铜矿化,此类节理既是控矿构造,也是容矿构造。也说明成矿作用一直延续到沉积成岩期后。

### 2.5 矿石矿物成分及硫同位素特征

显微镜下鉴定和电子探针分析结果(表1)表明,两种类型铜矿化中铜矿石矿物都是铜含量很高的矿石矿物。浸染状矿石的矿石矿物主要是辉铜矿,有少量黄铜矿和自然铜。结核状矿石中矿石矿物主要是辉铜矿、斑铜矿和铜蓝。结核多数由辉铜矿和斑

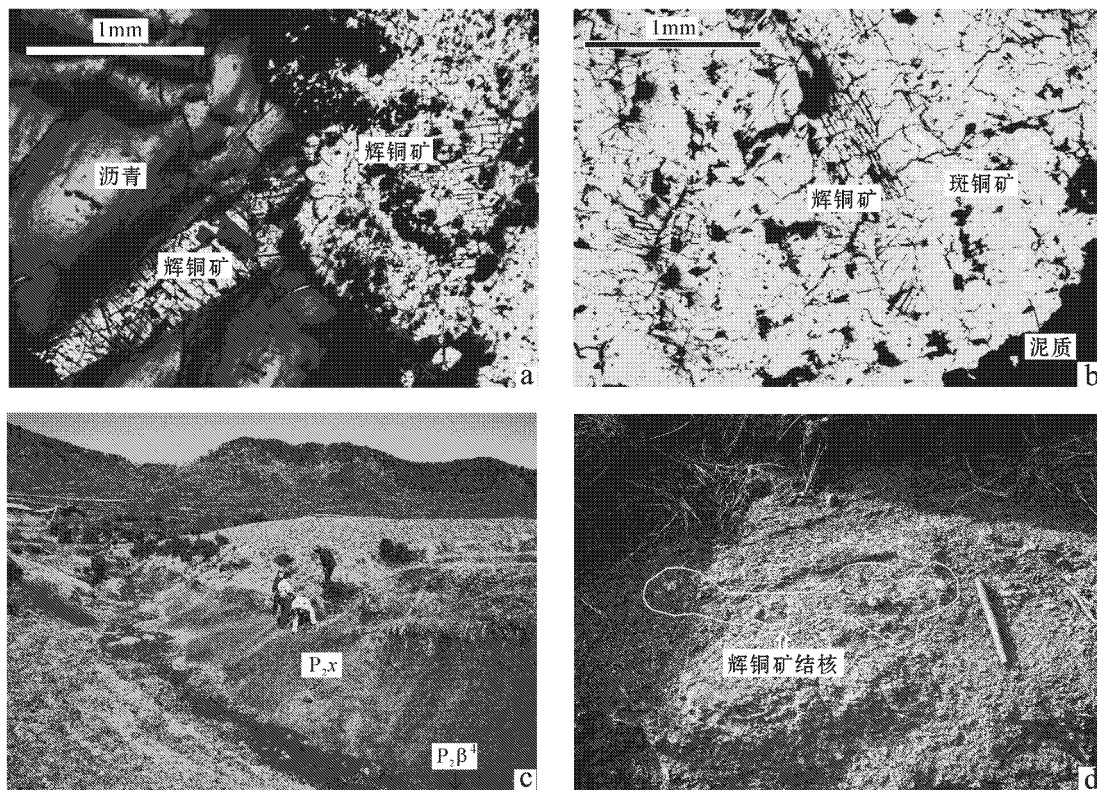


图 3 沉积型铜矿典型矿石和含矿主岩照片

a. 分布于沥青附近并切穿沥青脉的辉铜矿, 光片 CP-1; b. 辉铜矿、斑铜矿构成的结核(部分) 光片 DLC-2; c. 含辉铜矿、斑铜矿结核的紫红色薄层粉砂质泥岩层位 ( $P_{2x}$ ) 其下为峨眉山玄武岩 ( $P_{2\beta^4}$ ); d. 青灰色薄层粉砂质泥岩 ( $P_{2x}$ ) 中的辉铜矿、斑铜矿结核

Fig. 3 Major features of typical ores and host rocks of sedimentary copper deposit

a. Chalcocite cutting bitumen or near bitumen ; b. Nodular ore consisting of chalcocite and bornite ; c. Purplish red thin layer silt mudstone ( $P_{2x}$ ) containing nodular chalcocite and bornite , with the Emeishan basalt ( $P_{2\beta^4}$ ) below the layer ; d. Bluish gray thin layer silt mudstone ( $P_{2x}$ ) containing nodular chalcocite and bornite

表 1 沉积型铜矿的矿石矿物成分

Table 1 Composition of ore minerals of sedimentary copper deposit

样号	$w_B/\%$										总和
	As	Fe	S	Zn	Cu	Ni	Co	Ag	Te	Au	
CP-1-1	0.02	2.87	20.71	0.08	77.01	0.00	0.00	0.09	0.00	0.00	100.78
CP-1-2	0.02	5.82	20.96	0.03	70.13	0.00	0.01	0.04	0.00	0.00	97.01
CP-1-3	0.00	0.57	19.17	0.06	78.94	0.00	0.00	0.01	0.00	0.13	98.88
CP-1-4	0.02	0.41	19.70	0.01	80.36	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	100.57
CP-1-5	0.01	5.07	20.86	0.07	72.98	0.00	0.01	0.02	0.00	0.04	99.06
DL-2-1	0.06	0.17	19.00	0.05	80.24	0.00	0.00	0.05	0.00	0.13	99.70
DL-2-2	0.03	11.79	22.86	0.03	63.49	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	98.22
XJ-15-1	0.00	3.68	20.68	0.03	76.27	0.01	0.00	0.05	0.00	0.00	100.72
XJ-15-2	0.02	10.13	21.89	0.03	67.47	0.01	0.01	0.02	0.00	0.24	99.82
XJ-15-3	0.00	8.19	21.31	0.08	70.99	0.01	0.00	0.05	0.00	0.16	100.79
XJ-20-1	0.00	11.22	27.40	0.01	61.18	0.01	0.00	0.06	0.00	0.09	99.97
XJ-20-2	0.02	0.75	31.27	0.05	67.66	0.00	0.01	0.05	0.00	0.01	99.83

样号 CP 为浸染状矿石, 其余为结核状矿石。分析单位: 中国地质科学院矿产资源研究所电子探针室。

铜矿构成,有的由斑铜矿和铜蓝构成。

辉铜矿普遍含有较高的铁,属于辉铜矿与斑铜矿的过渡类型。

辉铜矿结核及其围岩的硫同位素分析结果(表2)表明,辉铜矿结核与围岩粉砂质泥岩的 $\delta^{34}\text{S}$ 范围基本一致,辉铜矿结核的负值范围更大。硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$ 与曼斯费尔德含铜页岩(静海沉积矿床)中硫化物的 $\delta^{34}\text{S}$  (-25‰~-35‰,郑永飞等,2000)明显不同;与浅海相沉积矿床,如美国密歇根州的白松铜矿床的 $\delta^{34}\text{S}$  (-10‰~-18‰,郑永飞等,2000)类似,但其正值范围更大;与云南六苴铜矿床(陆相沉积铜矿床)的 $\delta^{34}\text{S}$  (-2.3‰~29.6‰,黄崇轲等,2001)基本一致,但本区硫同位素的负值范围更大(-12.4‰)。此外本矿床硫同位素组成范围包含了邻区玄武岩铜矿中辉铜矿的硫同位素组成(19.2‰~20.7‰,李厚民等,2004c)。硫同位素组成特征说明,本区硫的来源及其成矿环境与上述其他矿床不同,应来源于沉积地层,且与陆相较封闭的沉积条件密切相关。

### 3 矿床成因和找矿前景

#### 3.1 矿床成因

##### 3.1.1 矿体产出规律

野外地质调查以及浅表工程揭露表明,区内沉积型铜矿床矿体产出具有以下规律:

(1) 矿体产出受特定的地层层位控制。呈层状、似层状产于陆内湖盆边缘地带的上二叠统宣威组地层中,距下伏峨眉山玄武岩相对较近的部位。

(2) 矿体产出严格受岩性控制。结核状(豆状)矿石主要产于宣威组绿灰色、紫红色薄层粉砂质泥岩中,浸染状矿石则主要产于局部富含有机质的宣威组青灰色、褐灰色中-厚层泥岩中。

表2 矿石矿物及围岩的硫同位素组成

Table 2 Sulfur isotope data of ore minerals and their wall rocks

样号	样品名称	$\delta^{34}\text{S}_{\text{VCDT}}/\text{‰}$
XJ3-1	辉铜矿	-12.4
XJ15-1	辉铜矿	28.0
XJ18-1	辉铜矿	4.8
XJ-11	粉砂质泥岩	15.5
XJ-15	粉砂质泥岩	27.4
XJ-20	粉砂质泥岩	-0.1

分析单位:中国地质科学院矿产资源研究所同位素实验室。

#### 3.1.2 矿床形成机制

(1) 古构造、古地理环境对矿床形成的制约作用。遥感图像解译(图4)和野外大比例尺填图(图1)查明,区内沉积型铜矿的形成明显受到峨眉山玄武岩喷溢形成的古地理和古构造环境的控制。尤其是目前发现的大规模的结核状铜矿体主要分布在古火山口周围、火山高地与火山凹地的过渡地带,含矿层与下伏峨眉山玄武岩距离很近。其原因是晚二叠世峨眉山玄武岩的喷发形成了起伏不平的古地形,之后的风化剥蚀、搬运和沉积作用使得火山凹地形成湖泊沼泽环境,此环境中接受了源自峨眉山玄武岩的含铜细碎屑沉积物,形成上二叠统宣威组含铜沉积岩系,构成沉积型铜矿的重要物质基础。沉积过程中,来自于峨眉山玄武岩组火山高地的含铜沉积物随着沉积环境的变化发生了明显的分异,使深处淤泥和浅部含粉砂泥质沉积物中的铜含量有明显的差异,并导致其成矿差异。

(2) 成矿过程。初步研究表明,沉积成岩成矿过程的热动力条件可能与峨眉山玄武岩喷溢期后的火山热泉活动有关,区内沉积型铜矿的形成过程可能从沉积成岩阶段一直延续到成岩期后,具有同生沉积+后生热液改造富集的特征。

成岩过程中,含铜沉积物经过压实、固结,同生沉积流体发生渗流循环,使原始沉积层中的铜元素进一步向渗透性相对较好的粉砂质泥岩和富含有机质、有利于吸附铜元素的泥质岩石中聚集,初步富集。在此基础上,在距古火山机构相对较近的地带,可能由于受火山余热(热泉)的影响,促进流体的混

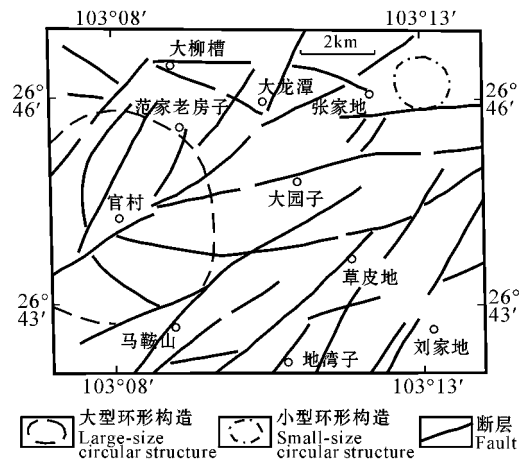


图4 大龙潭地区遥感解译图

Fig. 4 Remote sensing interpretation map of Dalongtan area

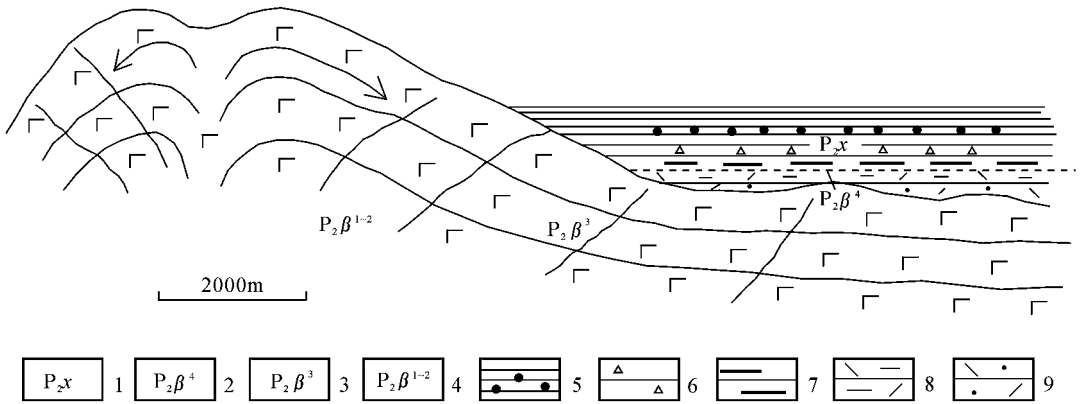


图 5 大龙潭地区沉积型铜矿成矿模式简图

1—宣威组；2—峨眉山玄武岩第四岩性段；3—峨眉山玄武岩第三岩性段；4—峨眉山玄武岩第一、二岩性段；5—含辉铜矿结核的薄层泥岩；6—具浸染状铜矿化的厚层泥岩；7—含有机质的厚层泥岩；8—凝灰质泥岩；9—凝灰质(粉)砂岩

Fig. 5 Metallogenic model of the sedimentary copper deposit in Dalongtan area, northeastern Yunnan Province

1—Xuanwei Formation; 2—4th Member of the Emeishan basalt; 3—3rd Member of the Emeishan basalt; 4—1st and 2nd Member of the Emeishan basalt; 5—Thin layer silt mudstone containing nodular chalcocite; 6—Argillite with disseminated copper mineralization; 7—Argillite with organic matter; 8—Tuffaceous mudstone; 9—Tuffaceous sandstone

合、再循环,在相对富铜而贫硫的环境中,一方面促使粉砂质泥岩中的成矿元素以富铜贫硫的矿石矿物——辉铜矿与斑铜矿(或斑铜矿与铜蓝)的交生体的形式形成结核,沿一定层位或节理构造集中分布,构成工业富矿体;另一方面加速泥质沉积物中的有机质的腐烂、分解,形成二氧化碳、硫化氢等,含矿热液中的铜元素被还原,以辉铜矿、黄铜矿、自然铜的形式呈分散状形成于富含有机质的泥岩中,局部形成工业矿体。成矿模式可用图 5 表示。

### 3.2 找矿前景和找矿方向

长期以来,对峨眉山玄武岩出露地区铜矿床找矿评价和研究工作主要针对峨眉山玄武岩及其不同旋回之间的火山碎屑沉积岩展开,尤其是近年来玄武岩铜矿的找矿和研究工作取得了重要进展,而在区内峨眉山玄武岩之上的二叠系宣威组、三叠系飞仙关组沉积岩系中寻找铜矿床的工作始终没有明显的突破,仅见王利东(2002)报道了产于二叠系宣威组中的会泽水槽子铜矿床,以致对区内在沉积岩系中开展铜矿床找矿评价和研究工作重视不够。本项工作在滇东北峨眉山玄武岩之上的宣威组沉积岩系中取得铜矿床找矿评价工作的重要突破,表明在滇东北地区寻找沉积型铜矿前景看好。

本次发现的铜矿床与会泽水槽子铜矿床(王利东,2002)的主要区别是:本矿床矿体规模大,矿石品位高,主要含矿层位不同(会泽水槽子铜矿床含矿层位主要是灰黑色碳质泥岩);主要矿石矿物不同(会

泽水槽子铜矿床矿石矿物主要是自然铜)。从区域范围看,假整合覆于峨眉山玄武岩之上的二叠系宣威组泥质沉积岩系层位稳定,分布范围较广,含矿层厚度、延伸都比较稳定,是区内寻找沉积型铜矿的重要目标层位。在宣威组中开展铜矿床找矿评价时,工作重点应放在下列层位:①古火山口周围火山高地与沉积中心过渡地带的薄层粉砂质泥岩层;②火山凹地沉积部位富含有机质的厚层泥质岩层。其找矿标志如下。

(1)岩性及构造标志。岩性标志主要是上二叠统宣威组中-上部的绿灰色、紫红色薄层粉砂质泥岩和中-下部的青灰色、褐灰色富含有机质的厚层泥岩。古火山口构造与沉积凹地的过渡部位是成矿的有利构造部位;北东向和近南北向张剪性节理与此类矿床关系密切,不论是浸染状还是结核状铜矿化,这两组节理既是控矿构造,也是容矿构造和明显的找矿标志。

(2)矿物学标志。矿石矿物主要有辉铜矿(含铁辉铜矿)、斑铜矿和铜蓝等,主要呈结核状产出,标志明显。浸染状矿化中的辉铜矿、黄铜矿等也是明显的找矿标志。

## 4 结 论

(1)滇东北峨眉山玄武岩区沉积型铜矿床的发现,表明中国西南地区与峨眉山玄武岩有关的上二

叠统宣威组沉积岩系具有良好的铜矿找矿前景,值得相关部门加大投入力度开展进一步找矿评价和矿床成因研究。该发现为在我国西南地区开展沉积型铜矿的找矿评价提供了新的思路,对于整个川滇黔峨眉山玄武岩分布地区的找矿评价和研究有着重要的启示。对其进行深入研究不仅具有重要的理论意义,而且具有经济和社会意义。

(2) 区内沉积型铜矿主要有两种矿化类型:浸染状铜矿化和结核状铜矿化。结核状矿石由辉铜矿、斑铜矿和铜蓝等矿物构成,矿体层位稳定、规模大、品位高、埋藏浅,是区内目前最具勘查、开发前景的铜矿类型。

(3) 区内沉积型铜矿的成矿物质应主要来源于上二叠统峨眉山玄武岩,硫的来源及其成矿环境与陆相较封闭的沉积条件密切相关。成矿过程可能与宣威组成岩期以及成岩期后的热液叠加改造有关,有机质在成矿过程中可能发挥了比较重要的作用,值得进一步深入研究。

## References

- Bureau of geology and mineral resources of Yunnan Province. 1990. Regional geology of Yunnan Province [M]: Beijing: Geol. Pub. House. 1~728 (in Chinese with English brief text).
- Hu Y G, Zhu B Q and Chang X Y. 2002. Extreme coupling conditions for native copper mineralization on large scale in border area between Yunnan and Guizhou Provinces, China [J]. Mineral Deposits, 21 (Supp.): 390~393 (in Chinese).
- Huang C K, Bai Y, Zhu Y S, Wang H Z and Shang X Z. 2001. Copper deposit of China [M]. Beijing: Geol. Publ. House. 373~705 (in Chinese).
- Li H M, Mao J W, Xu Z B, Chen Y C, Zhang C Q and Xu H. 2004a. Copper mineralisation characteristics of the Emeishan basalt district in the Yunnan-Guizhou border area [J]. Acta Geoscientica Sinica, 25(5): 495~502 (in Chinese with English abstract).
- Li H M, Mao J W, Zhang C Q, Xu H and Chen Y C. 2004b. The composition, texture and origin of organic matter in basalt-type copper deposits in the northeast Yunnan-western Guizhou area [J]. Acta Geologic Sinica, 78(4): 519~526 (in Chinese with English abstract).
- Li H M, Mao J W, Zhang C Q, Xu H, Chen Y C and Wang D H. 2004c. Isotopic geochemistry of Emeishan basalt copper deposits in northeast Yunnan and western Guizhou [J]. Mineral Deposits, 23(2): 232~240 (in Chinese with English abstract).
- Li H M, Mao J W, Wang D H, Chen Y C, Zhang C Q and Xu H. 2005. PGE and trace element characteristics of copper mineralization in Emeishan basalts of Yunnan-Guizhou border area [J]. Mineral

- Deposits, 24(3): 285~291 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y H, Li J and Deng K Y. 2003. Geological conditions of copper deposits associated with the Emeishan basalt in the Panxian area, Guizhou [J]. Geological Bulletin of China, 22(9): 713~717 (in Chinese with English abstract).
- Mao J W, Wang Z L, Li H M, Wang C Y and Chen Y C. 2003. Carbon and oxygen isotope components in the Permian basalt-hosted copper deposit in Ludian area, Yunnan: Implication for the mineralization process [J]. Geological Review, 49(6): 610~615 (in Chinese with English abstract).
- Wang L D. 2002. A discussion about the geology and genesis of Shuicaozi Cu deposit, Huize [J]. Yunnan Geology, 21(3): 293~299 (in Chinese with English abstract).
- Wang Y G and Wang S Y. 2003. Emeishan large igneous provinces and basalt copper deposits: An example from Permian basalt areas in Guizhou [J]. Guizhou Geology, 20(1): 5~10 (in Chinese with English abstract).
- Zhang Z W, Zhu B Q, Chang X Y and Hu Y G. 2003. The discovery of the chalcopyrite-mineralization on the formation of the Permian basalts in the west of Guizhou Province, China [J]. Acta Mineralogica Sinica, 23(2): 103 (in Chinese).
- Zhang Z W, Cheng Z O, Zhu B Q, Zhang Q and Zhu X Q and Hu Y G. 2004. The relationship between the horizon of the Emeishan basalt formation and copper mineralization [J]. Acta Geoscientica Sinica, 25(5): 503~508 (in Chinese with English abstract).
- Zheng Y F and Chen J F. 2000. Stable isotope geochemistry [M]. Beijing: Science Press. 1~316 (in Chinese).
- Zhu B Q, Chang X Y, Hu Y G and Zhang Z W. 2002a. Discovery of Yanhe copper deposit in the Yunnan-Guizhou border area and a new train of thought for copper prospecting in the large igneous province of Emeishan flood basalts [J]. Advance in Earth Sciences, 17(6): 912~917 (in Chinese with English abstract).
- Zhu B Q, Hu Y G, Zhang Z W and Chang X Y. 2002b. Discovery of the Keweenaw-like copper deposit in the geochemical border of Yunnan-Guizhou [J]. Science in China (Series D), 33(Supp.): 49~59 (in Chinese).
- Zhu B Q, Zhang Z W and Hu Y G. 2002c. Discovery of the stratabound copper deposit on the volcano tuff breccias in the northeast of Yunnan Province, China [J]. Geological Bulletin of China, 21(7): 450 (in Chinese).

## 附中文参考文献

- 胡耀国, 朱炳泉, 常向阳. 2002. 滇黔边界大规模自然铜矿化的极端成矿条件的耦合 [J]. 矿床地质, 21(增刊): 390~393.
- 黄崇轲, 白冶, 朱裕生, 王惠章, 尚修志. 2001. 中国铜矿床(下册) [M]. 北京: 地质出版社. 373~705.
- 李厚民, 毛景文, 徐章宝, 陈毓川, 张长青, 许虹. 2004a. 滇黔交界地区峨眉山玄武岩铜矿化蚀变特征 [J]. 地球学报, 25(5): 495~502.
- 李厚民, 毛景文, 张长青, 许虹, 陈毓川. 2004b. 滇黔交界地区玄武



- 岩铜矿有机质的组成、结构及成因[J]. 地质学报, 78(4):519~526.
- 李厚民, 毛景文, 张长青, 许虹, 陈毓川, 王登红. 2004c. 滇黔交界地区玄武岩铜矿同位素地球化学特征[J]. 矿床地质, 23(2):232~240.
- 李厚民, 毛景文, 王登红, 陈毓川, 张长青, 许虹. 2005. 滇黔交界地区峨眉山玄武岩铜矿的 PGE 及微量元素特征[J]. 矿床地质, 24(3):285~291.
- 刘远辉, 李进, 邓克勇. 2003. 贵州盘县地区峨眉山玄武岩铜矿的成矿地质条件[J]. 地质通报, 22(9):713~717.
- 毛景文, 王志良, 李厚民, 王成玉, 陈毓川. 2003. 云南鲁甸地区二叠纪玄武岩中铜矿床的碳氧同位素对成矿过程的指示[J]. 49(6):610~615.
- 王利东. 2002. 会泽水槽子铜矿床及成因探讨[J]. 云南地质, 21(3):293~299.
- 王视耕, 王尚彦. 2003. 峨眉山大火成岩省与玄武岩铜矿[J]. 贵州地质, 20(1):5~10.
- 云南省地质矿产局. 1990. 云南省区域地质志[M]. 北京:地质出版社. 1~728.
- 张正伟, 朱炳泉, 常向阳, 胡耀国. 2003. 黔西上二叠统玄武岩组上部凝灰岩层发现黄铜矿化[J]. 矿物学报, 23(2):102.
- 张正伟, 程占东, 朱炳泉, 张乾, 朱笑青, 胡耀国. 2004. 峨眉山玄武岩组铜矿化与层位的关系[J]. 地球学报, 25(5):503~508.
- 郑永飞, 陈江峰. 2000. 稳定同位素地球化学[M]. 北京:科学出版社. 1~316.
- 朱炳泉, 常向阳, 胡耀国, 张正伟. 2002a. 滇黔边界鲁甸沿河铜矿床的发现与峨眉山大火成岩省找矿新思路[J]. 地球科学进展, 17(6):912~917.
- 朱炳泉, 胡耀国, 张正伟, 常向阳. 2002b. 滇黔地球化学边界似基韦诺(Keweenaw)型铜矿床的发现[J]. 中国科学(D辑), 32(增刊):49~59.
- 朱炳泉, 张正伟, 胡耀国. 2002c. 滇东北发现具工业价值的火山凝灰角砾岩层控型铜矿床[J]. 地质通报, 21(7):450.