

# 碧口地块铜及多金属成矿构造环境与成矿系统\*

## Metallotectonic Setting and Ore-forming System of Copper and Polymetal Ore Deposits in Bikou Block

姚书振 丁振举 周宗桂

(中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074)

Yao Shuzhen, Ding Zhenju, Zhou Zonggui

(Faculty of Earth Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China)

**摘要** 对碧口地块赋矿火山岩的常量、微量元素地球化学的研究, 表明碧口群铜矿床主要形成于元古代裂谷或局部洋盆构造环境, 而豆坝群多金属矿床主要形成于大陆边缘弧环境, 与沿铜厂-关口垭分布的侵入岩浆岩带组成活动陆缘构造带。碧口地块铜及多金属矿床分属于三个成矿系统: ① 伸展体制为主的裂谷或局部洋盆环境的古海底喷流沉积成矿系统; ② 与块体碰撞隆升过程发育的侵入岩有关的岩浆热液成矿系统; ③ 俯冲构造体制控制的大陆边缘弧环境的古海底喷流成矿系统。上述系统的发育控制了地块内部矿床的分布和矿化类型。

**关键词** 碧口地块 成矿系统 成矿构造环境 铜及多金属矿床

碧口地块是秦岭铜、多金属矿化集中区之一, 已发现的矿点或矿化点遍布全区, 具有良好的找矿远景。对碧口地块铜多金属矿床产生的构造动力学背景由于一直没有明确的认识, 在一定程度上影响到了有关成矿规律的进一步认识和成矿潜力的进一步评价。经过近几年对碧口地块铜多金属矿床成矿构造环境的进一步研究, 取得了一些新的认识。本文将重点介绍有关该方面的研究成果。

### 1 区域地质概况

碧口地块位于西秦岭造山带、松潘甘孜造山带和扬子古陆块之间, 以勉略构造带、勉县-阳平关断裂带、虎牙断裂分别与周围构造单元为界, 呈自西向东收敛的楔状地质体, 夹持于上述构造单元之间, 其地层分布见图 1。有关碧口的内部地层特征已有专门的论述(陶洪祥等, 1993; 赵祥生, 1990), 本文在此不在赘述。由于碧口地块与扬子陆块内部发育类似的震旦系沉积盖层, 故对碧口地块在震旦纪时已成为扬子陆块的一部分争议不大, 但对其在震旦纪之前

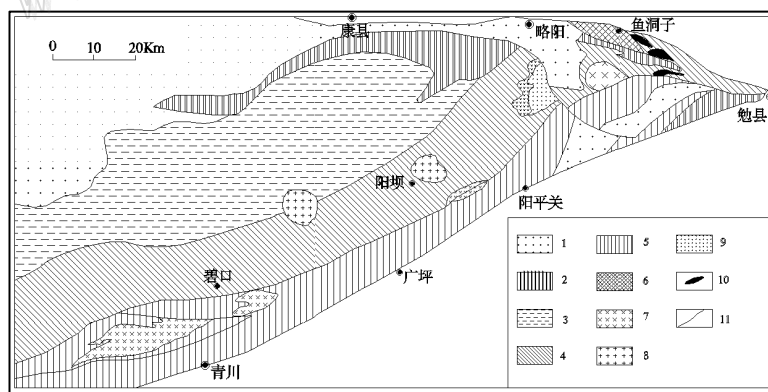


图 1 碧口地体地质略图

1—震旦-石炭系; 2—豆坝群; 3—横丹群; 4—碧口群筏子坝岩片; 5—碧口群大茅坪岩片; 6—鱼洞子群; 7—闪长岩; 8—花岗岩; 9—辉长岩; 10—超基性岩; 11—断裂

与扬子陆块的关系不同学者则有着不同的看法。其中代表性的认识是: ① 碧口地块与扬子陆块同属一个岩石圈板块(张本仁等; 1996); ② 碧口地块火山岩为产于扬子陆缘基础上的大陆裂谷或喷溢火山岩(夏

\*受国土资源部九五地质科技攻关项目(No: 9502004)和中国地质调查局项目(No: 200110200015)联合资助

第一作者简介 姚书振, 男, 1947年生, 教授, 博士生导师, 主要从事矿床学、矿田构造和区域成矿学的教学和研究工作。

林圻等, 1996); ③ 由俯冲过程产生的扬子陆块边缘的增生构造体, 发育沟-弧-盆构造体制(陶洪祥等, 1993)。这些不同认识分歧的焦点在于碧口地块相对于扬子陆块是原地的还是外来的, 产生分歧的原因在于对碧口地块火山岩的构造属性存在不同的认识。因此对碧口地块火山岩构造属性进一步研究和厘定是解决上述问题的关键。

## 2 碧口地块铜多金属矿床成因类型及分布特征

碧口地块铜多金属矿床按照其主要成矿作用的差异, 可划分为以海底喷流沉积成矿为主的喷流矿床和以岩浆热液成矿为主的岩浆热液矿床两类。前者代表性的矿床主要为赋存于碧口群的以铜矿化为主的筏子坝、大茅坪和阳坝铜矿床和赋存于豆坝群的以多金属矿化为主的东沟坝矿床。产于碧口群的铜矿床主要赋存于细碧岩或细碧-角斑质火山岩系的上部层位, 直接容矿岩石为磁铁石英岩, 与火山岩总体上呈整合接触, 单个矿体一般为透镜状。矿石金属硫化物矿物主要由黄铜矿、黄铁矿和少量闪锌矿组成, 矿石主要为块状、条带状、脉状、浸染状和层纹状构造, 以自形-他形粒状、交代熔蚀结构为主, 次为文象、固熔体分离结构。矿床受到后期构造变形的较强烈的改造, 元素发生局部富集。但总体显示受层位和岩性控制, 直接容矿主岩为热水喷流成因的磁铁石英岩(丁振举等, 1998a), 矿床集中分布于碧口地块南带的碧口群分布区。

产于豆坝群的多金属矿床, 与碧口群变质火山岩中的铜矿床类似, 但成矿元素组合明显不同, 以Pb-Zn-Au-Ag-Ba元素组合为特征, 矿石主要硫化物为方铅矿、闪锌矿和黄铁矿, 少量黄铜矿, 脉石矿物主要为重晶石。矿床主要产于偏酸性的变质火山岩内, 直接容矿主岩为热水喷流沉积成因的重晶石岩, 矿床同样受到强烈的变形改造, 铅锌矿体主要顺层分布, 受层位控制明显, 金银矿体与变形改造关系密切, 具有明显的后生成矿特征。

除上述与海底喷流成矿作用有关的矿床外, 碧口地块尚发育与岩浆侵入活动有关的岩浆热液铜矿床, 典型代表为铜厂铜矿床。铜厂岩体位于碧口群与豆坝群之间的构造岩浆带内, 一些同位素定年资料显示其为晚元古代岩体(张国伟等, 2000), 是迄今为止碧口地块内部发现的规模最大的岩浆热液矿床。铜厂铜矿床就位于铜厂石英闪长岩体北部接触带附近的岩体内部, 受岩体接触带与断裂的双重控制。矿石金属矿物以黄铜矿、黄铁矿为主, 并含有少量的辉铜矿、辉钼矿、闪锌矿和毒砂等, 围岩蚀变主要为硅化、碳酸盐化、绢云母化和黄铁矿化。根据作者(丁振举, 1998b)的研究, 铜厂岩体内部Cu-Mo矿化形成的辉钼矿Os模式年龄为 $889 \pm 60\text{Ma}$ , 接近岩体锆石U-Pb年龄, 沿岩体边部断裂构造充填的脉状硫化物Rb-Sr等时线年龄为 $199 \pm 20\text{Ma}$ , 主要反映构造改造成矿时间。矿石稀土及铅同位素组成与岩体和围岩类似, 指示成矿物质主要源于围岩或岩体。H、O、C同位素组成显示成矿流体早期以岩浆热液为主, 晚期逐渐演变为以天水为主(叶琳等, 1999)。与铜厂类似的铜矿化现象, 也出现在关口垭岩体, 但由于研究程度很低无法作出进一步的评价。

## 3 碧口地块火山岩构造属性与成矿系统

由于碧口地块受到多期构造作用的强烈改造, 现存的各构造-岩片之间的关系, 已是多期构造-热事件改造和再造的结果, 准确的恢复岩石原始接触关系已非常困难。为了最大限度的避免岩石变质或蚀变造成元素的得失而对判别环境产生的影响, 本次选取受变质影响较弱的惰性元素作为岩石构造环境的判别参数。为避免层序的不确定性对环境解释的影响, 对筏子坝、大茅坪铜矿和东沟坝多金属矿床所在的构造岩片火山岩分别进行研究, 力图最大程度地使研究的火山岩能够真正反映矿床形成的构造环境。

根据对3个矿床所在的3个构造岩片变质火山岩的岩石化学成分分析, 碧口群大茅坪变火山岩 $\text{SiO}_2$ 在43%~53%之间, 岩石化学组成相当于拉斑玄武岩, 筏子坝变火山岩 $\text{SiO}_2$ 集中于43%~52%和61%~72%, 岩石组成具有明显的双峰式特征, 其中基性岩石具有明显的富铁演化趋势而酸性岩石具有明显富碱的演化趋势(Alk-FeOt-MgO略)。而东沟坝豆坝群变火山岩的 $\text{SiO}_2$ 含量为51%~74%, 属中基性到酸性火山岩类。3

个岩片火山岩在稀土及微量元素组成特征方面同样表现出一定差异。大茅坪变火山岩具有两种截然不同的样式，偏碱性的玄武质岩石具有轻、重稀土明显分异，富集LREE和稀土配分曲线右倾特征，不显示明显的Eu异常，而偏碱性的玄武质岩石，具有LREE明显亏损和相对明显的LREE分异特征。在原始地幔标准化的蜘蛛网图中，相对原始地幔两种岩石随元素不相容性的降低，元素富集程度分别表现出逐渐变小和增加的趋势，即分别具有强不相容元素富集和亏损的特点。偏碱性的玄武质岩石除个别样品显示Pb的富集和总体上更亏损Ti之外，其分配样式总体上与OIB接近。而非碱性火山岩除具有明显的Pb富集外，其分配模式在总体上类似于N-MORB。

筏子坝变玄武岩的轻重稀土元素之间分异较弱，LREE 从亏损到略富集，配分曲线样式总体上较为平坦。在原始地幔标准化的蜘蛛网图中，变基性火山岩元素随不相容性减弱，趋向富集，其中大多数样品显示 Pb 明显富集和 Hf 弱富集，部分样品显示 Ti 的强亏损。相对 MORB，强不相容元素略显富集，但在总体上具有 MORB 类似的分配模式。而筏子坝变酸性火山岩的 LREE 相对 HREE 明显富集，LREE 分异相对明显，而 HREE 分异相对较弱，普遍发育弱的 Eu 负异常。相对原始地幔，变酸性火山岩具有强不相容元素富集，弱不相容元素亏损的特征，显示明显的 Nb-Ta、Ti 的亏损，在部分样品中显示 Pb 富集，总体上与壳源岩石配分曲线样式相似。

东沟坝变火山岩从中基性到酸性岩石具有类似的稀土及微量元素配分模式，相对球粒陨石或原始地幔具有明显的 LREE、强不相容元素富集和 Eu、Nb-Ta、Ti 的明显亏损及普遍显示 Pb 富集特征，相对 MORB 显示明显的 Nb、Ti 亏损、Pb 富集。这些特征表明形成东沟坝火山岩的岩浆经历了不同程度的结晶分异，岩浆源区或以陆壳物质为主或幔源岩浆在源区或上侵过程中同化了部分陆壳组分。由于东沟坝基性火山岩显示明显的 Nb-Ta、Ti 亏损，明显不同于大洋洋脊火山岩及洋岛火山岩，而与岛弧型火山岩或大陆火山弧岩石类似，因此上述特征可能指示火山岩形成于与俯冲有关的挤压构造环境。

根据对大茅坪、筏子坝碧口群基性火山岩和东沟坝豆坝群变安山岩形成构造环境的进一步判别(图 2、3)，碧口群基性火山岩主要为 MORB 和板内火山岩，其中大茅坪一带火山岩主要显示板内与 MORB 组合，筏子坝火山岩主要显示正常到过渡型 MORB 特征，这些特征与碧口群基性火山岩普遍不显示 Nb-Ta 亏损相吻合，共同表明碧口群火山岩形成于非岛弧或火山弧构造环境。由于筏子坝一带 MORB 型基性火山岩与酸性火山岩互层产出，具有明显的双峰式岩石组合，因此筏子坝火山岩应主要为裂谷性质的火山岩。大茅坪主要由基性火山岩组成，其中表现为典型 MORB 火山岩与少量 OIB 火山岩共生，表明火山岩主要形成于类似于弧后盆地的伸展构造环境。东沟坝安山岩主要落于大陆边缘弧构造环境，与基性火山岩显示出

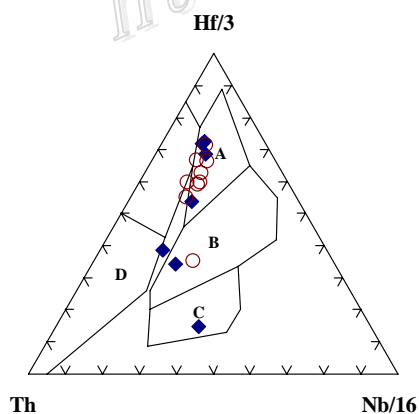


图 2 碧口群变基性火山岩构造环境 Hf-Th-Ta 判别  
(据 Wood, 1979)

A—N-MORB; B—P-MORB; C—板内玄武岩及分异产物; D—岛弧拉斑玄武岩及分异产物; ◆大茅坪火山岩; ○筏子坝火山岩

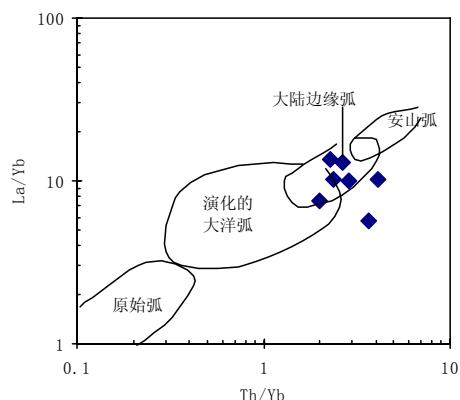


图 3 东沟坝豆坝群变安山岩构造环境  
(据 Condie, 1986)

的明显 Nb-Ta 亏损事实一致, 均指示东沟坝火山岩形成于与俯冲作用有关的大陆边缘弧构造环境。同时东沟坝火山岩紧邻鱼洞子陆块, 存在产生于大陆边缘弧环境的可能性。如果上述分析正确, 那么碧口地块火山岩明显可分为裂谷(或弧后盆地)型和岛弧型两类火山岩。结合两者之间分布变质变形的超基性带及属阿尔卑斯变橄榄岩的属性, 以及铜厂岩体具有的板块碰撞隆升岩体的属性(丁振举等, 1999), 说明碧口地块在元古代早期曾经历了洋盆化过程, 局部曾有洋壳发育, 晚期在盆地收缩闭合过程中, 地壳增厚加温又引起铜厂岩体的侵入。基于以上分析不难看出, 碧口地块是由不同构造环境火山岩为主体组成的复杂地质体。

与上述火山岩及侵入岩空间分布相匹配, 碧口地块矿床自南向北形成了明显的三个矿带, 即碧口群火山岩铜成矿带、铜厂—关口垭岩浆热液铜成矿带和北部的豆坝群火山岩多金属成矿带, 上述三个成矿带隶属于三个成矿系统: ①伸展体制为主的裂谷或局部洋盆环境的古海底喷流沉积成矿系统; ②与块体碰撞隆升过程发育的侵入岩有关的岩浆热液成矿系统; ③俯冲体制控制的大陆边缘弧环境的古海底喷流成矿系统。②、③有可能组成了碧口地块活动陆缘弧构造成矿带, 对该带构造属性的进一步研究和厘定, 将有助于本区找矿工作的进一步突破。

#### 参 考 文 献

- 丁振举, 姚书振, 周宗桂. 1998a. 碧口群硅质岩成因与地质意义. 矿物学报, 18(3): 331~336.
- 丁振举, 姚书振, 周宗桂. 1998b. 陕西略阳铜厂铜矿床成矿时代及其地质意义. 西安工程学院学报, 2(3): 24~27.
- 丁振举, 姚书振, 周宗桂. 1999. 略阳铜厂铜矿床 Sr、Pb 同位素组成及其成矿意义. 矿物岩石, 19(4): 78~81.
- 陶洪祥, 何恢亚, 王全庆, 等. 1993. 扬子板块北缘构造演化史. 西安: 西北大学出版社.
- 吴利仁, 徐贵忠. 2000. 东秦岭-大别山碰撞造山带的地质演化. 北京: 科学出版社.
- 夏林圻, 夏祖春, 徐学义. 1996. 南秦岭中-晚元古代火山岩性质与前寒武大陆裂解. 中国科学 D 辑, 26(3): 237~243.
- 叶琳, 刘铁庚. 1999. 铜厂铜矿稳定同位素研究. 矿物岩石, 19(4): 74~77.
- 张本仁, 张宏飞, 赵志丹, 等. 1996. 东秦岭及临区壳、幔地球化学分区和演化及其大地构造意义. 中国科学 D 辑, 26(3): 201~208.
- 张国伟, 张本仁, 袁学成, 等. 2000. 秦岭造山带与大陆动力学. 北京: 科学出版社.
- 赵祥生, 马少龙, 邹湘华, 等. 1990. 秦巴地区碧口群时代层序, 火山作用及含矿性研究. 中国地质科学院西安地质矿产研究所所刊. 29: 1~117.