

# 浙江开化县桐村铜钼矿矿体地质特征及矿床成因分析

陈剑勇<sup>1</sup> 刘凤龙<sup>1</sup> 陈美风<sup>2</sup> 王 强<sup>1</sup>

1.浙江省地矿科技有限公司 浙江杭州 310007

2.浙江省地矿勘察院有限公司 浙江杭州 310063

**摘 要:** 桐村钼(铜)矿矿床位于中国钦杭成矿带北东段的杭州-开化加里东裂陷南端。矿区出露地层为震旦系-奥陶系,矿体产于燕山早期斑岩体及其外接触带。矿区矿石主要由辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿组成,呈浸染状或细脉状产于斑岩体、矽卡岩与围岩中,且围岩中呈顺层状产出。桐村钼(铜)矿岩体蚀变由岩体中心向外依次为钾化带、绢英岩化带和泥化带,其中绢英岩化带较发育,是辉钼矿化和黄铜矿化较强蚀变带。矿床可分2个成期6个成矿阶段,其中,石英-绢云母-硫化物成矿阶段是主成矿阶段。结合该矿床成矿年龄 $163.9\pm 1.9$  Ma和周缘156-169Ma侵入岩年龄,以及同位素示踪结果(Zeng Q D et al., 2012),认为该矿床是与斑岩岩浆活动有关的热液成矿作用的产物。

**关键词:** 桐村钼(铜)矿; 矿体特征; 蚀变; 热液成矿

## Geological characteristics and genetic analysis of the ore body of Tongcun

### Copper-molybdenum Mine in Kaihua County, Zhejiang Province

Jianyong Chen<sup>1</sup> Fenglong Liu<sup>1</sup> Meifeng Chen<sup>2</sup> Qiang Wang<sup>1</sup>

1. Zhejiang Geology and Mining Technology Co., LTD., Zhejiang, Hangzhou, 310007

2. Zhejiang Geology and Mineral Exploration Institute Co., Ltd., Zhejiang, Hangzhou, 310063

**Abstract:** The Tongcun molybdenum (copper) deposit is located in the southern end of the Hangzhou-Kaihua graben, which is the northeastern segment of the Qinhang metallogenic belt in China. The exposed strata in the mining area belong to the Silurian-Ordovician system, and the ore bodies occur in the Early Yanshanian granitic intrusions and their peripheral contact zones. The main ore minerals in the deposit are molybdenite, pyrite, and chalcopyrite, occurring as impregnations or thin veins in the granitic intrusions, skarn, and surrounding rocks, with stratiform occurrences in the surrounding rocks. The alteration of the Tongcun molybdenum (copper) deposit is characterized by a zonation from the central part of the intrusion outward, including a potassic alteration zone, a sericite-albite alteration zone, and an argillization zone. Among them, the sericite-albite alteration zone is well-developed and represents the stronger alteration zone associated with molybdenite and chalcopyrite mineralization. The deposit can be divided into two epochs and six ore-forming stages, with the quartz-sericite-sulfide ore-forming stage being the main ore-forming stage. Based on the age of mineralization at  $163.9\pm 1.9$  Ma, the intrusion age of surrounding rocks (156-169 Ma), and isotopic tracing results (Zeng Q D et al., 2012), it is believed that the deposit is a product of hydrothermal mineralization related to the granitic magmatic activity.

**Keywords:** Tongcun molybdenum (copper) ore; Characteristics of ore body; Alteration; Hydrothermal mineralization

#### 一、区域构造背景

桐村钼(铜)矿矿床位于中国钦杭成矿带北东段的杭州-开化加里东裂陷南端,区域内出露地层为震旦系-奥陶系。矿区位于南华山-开化(大溪边)一线以震旦系为核部的复背斜南西段南东翼,区内构造以断裂为主要表现形式,有NE向、NNE向、NW向和EW向四组。燕山早期岩浆岩活动强烈,以中酸性岩类为主,区内多金属矿点较多,物探化探异常较发育,与燕山早期斑岩体及其外接触带部位密切相关。

#### 二、矿区地质特征

桐村钼(铜)矿区位于南华山-开化(大溪边)一线以震旦系为核部的复背斜南西段南东翼,矿区出露地层以奥陶系为主,矿体产出部位主要受岩体接触带和NW向构造控制,自南西至北东分为黄柏坑矿段、宋家庄矿段和桐村矿段三个矿段。

##### 1. 地层

寒武-奥陶系西阳山组( $\epsilon_3Ox$ ):为矿区内出露最老的地层,仅在矿区中部大鱼塘一带出露。岩性为灰黑色薄-中厚层状含灰岩透镜体的泥质灰岩,四周受断层破坏,出露厚度为17m。

奥陶系下统印渚埠组 ( $O_{1y}$ ): 主要分布在黄柏坑、桐村、将军坞至建平村一带, 占矿区面积 70%。岩性主要为青灰色钙质泥岩和含钙质结核的泥岩, 中间夹一层不纯的灰岩作为上下段的标志, 厚度为 559m, 与下伏西阳山组整合接触。

奥陶系下统宁国组 ( $O_{1n}$ ): 分布于在矿区中部香炉岭至南西端杜坑隔、垄里一带, 岩性主要为黑色含碳质泥质页岩、硅质页岩, 中-薄层状构造, 顶部见有黑色鲕粒, 出露厚度为 282m。

奥陶系中统胡乐组 ( $O_2h$ ): 主要位于矿区南西端垄里一带及邹家北侧, 岩性为黑色薄-中厚层状硅质岩夹硅质页岩, 厚约 10m, 与宁国组整合接触。

奥陶系上统砚瓦山组 ( $O_{3y}$ ): 主要位于矿区中部大鱼塘-邹家、垄里村一带, 岩性主要为薄层状瘤状灰岩和薄层状泥质灰岩互层, 底部发育五层薄-中厚层深灰色灰岩, 厚约 150m。

奥陶系上统黄泥岗组 ( $O_{3h}$ ): 仅在矿区中部大鱼塘北侧一带出露, 岩性为灰蓝色或灰绿色中-薄层状含灰岩瘤之钙质泥岩, 上部瘤渐减, 厚约 48m。

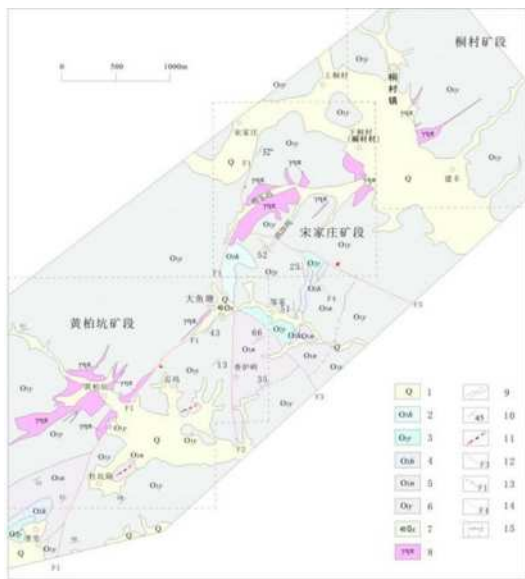


图 1 桐村矿区地质简图

1.第四系 2.黄泥岗组 3.砚瓦山组 4.胡乐组 5.宁国组 6.印渚埠组 7.西阳山组 8.二长花岗斑岩 9.实(推)测地层界线 10.地层产状 11.向斜轴 12.实测性质不明断层及编号 13.实测逆断层及编号 14.实测正断层及编号 15.矿区边界线及名称

### 2.构造

矿区位于南华山-开化(大溪边)一线以震旦系为核部的复背斜南西段南东翼。区内构造以断列为主要表现形式,

有 NE 向、NNE 向、NW 向和 EW 向四组: ①NE 向断裂表现为 45°~60°方向延伸以压性为主的断裂, 断裂局部含矿; ②NNE 向断裂表现为 5°~15°方向延伸的压扭性断裂, 区内规模较大, 为控矿构造; ③NW 向断裂表现为走向约 300°~310°张扭性断裂, 是区内最发育且形成最早一组断裂, 多被 NE、NNE 向断裂错切; ④EW 向断裂为压扭性断裂, 属 NE 向构造的配套构造, 控制着中基性岩脉的侵入。

### 3.岩浆岩

区内岩浆活动强烈, 以中酸性岩体为主, 从北东-南西依次分布着燕山早期侵入的桐村、将军坞和黄柏坑三个较大的二长花岗岩、花岗斑岩体, 受 NE 向压扭性断裂和 NW 向张性断裂构造结点控制。脉岩有闪长煌斑岩、文象花岗岩、霏细斑岩、二长花岗细晶岩、辉绿岩和辉石玄武岩等, 侵入时间较斑岩体晚。

## 三、矿体地质特征

### 1.矿体特征

桐村钼(铜)矿的主矿体主要分布在斑岩体及其外接触带处, 宋家庄矿段矿化情况较好, 钼矿(化)体呈浸染状或细脉状产于斑岩体、矽卡岩与围岩中, 围岩中主要呈顺层状产出, 宋家庄矿段由 I 号和 II 号矿体组成(图 2)。

I 号矿体, 倾向 95°~105°, 倾角 18°~35°不等, 地表控制走向长度约 260m, 控制斜深 620m, 钼单层工业矿体视厚度一般 2.94~5.34m, 最大视厚度达(PD1 中)约 15.8m, 平均 0.101%。铜单层视厚度约 19.25m, 品位为 0.52%, 厚度为 4.58m。

II 号矿体, 地表未控制, ZK3 中见 4 四层矿体, 视厚度分别为 1.15m、3.34m、3.38m、7.28m, Mo 品位分别为 0.063%、0.059%、0.045%、0.106%, 前 3 层 Cu 品位分别为 0.13%、0.15%、0.43%。

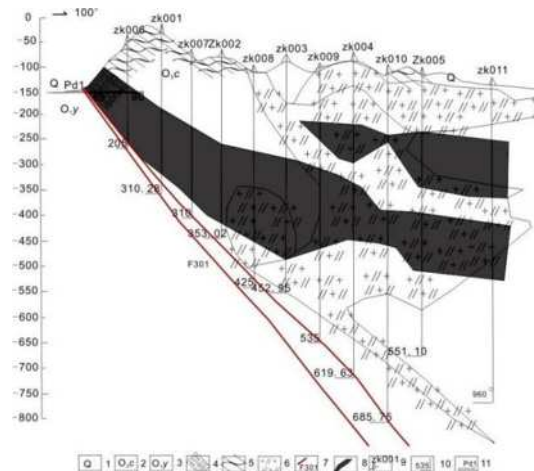


图2 宋家庄矿段钼(铜)矿I号矿体0号勘探线剖面图

1.第四系; 2.奥陶系上统长坞组; 3.奥陶系下统印渚埠组; 4.矽卡岩; 5.角岩; 6.蚀变二长花岗岩; 7.断层及编号; 8.钼矿体; 9.钻孔及编号; 10.钻孔孔深(m); 11.完工平硐及编号

### 2.矿石结构、构造

区内矿石以粒状鳞片变晶结构、交代结构和自形-半自形结构为主; 以晶粒状、交代状和薄膜状为主, 常见浸染状和细脉-网脉状构造。

粒状鳞片变晶结构: 主要为白云母鳞片-叶片状, 片径 0.02~0.25 mm, 杂乱分布, 局部有变为黑云母的趋势; 石英呈近等轴粒状, 大小 0.02~0.15mm, 粒间镶嵌状。

交代结构: 钾长石部分与石英呈文象状交代, 局部被石英交代。

自形-半自形结构: 主要为黄铁矿、钾长石、石英、斜长石和石榴石呈自形-半自形晶。

### 3.围岩蚀变

矿区的围岩蚀变作用包括由花岗岩侵入所引起的围岩角岩化、矽卡岩化及后期叠加的热液蚀变(钾化、绢英岩化、硅化、绿泥石化、叶腊石化、绿帘石化和碳酸盐化等)。主要蚀变特征如下:

(1) 角岩化: 岩体与围岩接触部位, 发生了较强烈的热接触变质作用, 形成角岩或角岩化岩石, 主要有石英、云母质成分和绿泥石, 及少量砂屑和粉砂屑。

(2) 矽卡岩化: 当岩体侵位于中、浅部位的含钙质变质粉砂岩等围岩时, 通过含矿气水热液的交代作用, 形成矽卡岩。

(3) 钾化: 蚀变矿物主要为钾长石和黑云母。钾长石呈暗红色或肉红色, 结晶颗粒细; 钾长石发育处, 伴有石英硫化物细脉或网脉产出。

(4) 硅化: 硅化作用较发育, 其主要特征: 脉幅 0.1~5 cm 的石英或石英-方解石脉较发育, 其中 0.1~1cm 的石英脉多见, 在花岗斑岩和角岩中均可见。石英脉两侧多见辉钼矿细脉, 脉内多发育黄铜矿团粒。

(5) 绢云母化: 主要由含钾质的碱性热液交代围岩中的长石类矿物或其他铝硅酸盐矿物, 形成鳞片状绢云母。多数蚀变的花岗岩均为长石(钾长石和斜长石)绢云母化。鳞片状的绢云母化岩石中见有辉钼矿及黄铜黄铁矿等金属矿物。

(6) 绿泥石化: 多为成矿晚期热液蚀变产物, 含矿带及两侧的围岩中均发育不同程度的绿泥石化, 多为黑云母绿

泥石化。

(7) 碳酸盐化: 分布石英脉两侧, 是晚期低温阶段产物, 主要形成方解石。

### 4.成矿期与成矿阶段划分

区内岩体具有明显蚀变分带特征, 由岩体中心向外依次为钾化带、绢英岩化带和泥化带, 其中绢英岩化带较发育, 其蚀变分带如图中显示, 矿体纵向上从深部到浅部, 分别发育钾化带、绢英岩化带和泥化带。借助矿化特征、矿物组合关系以及矿脉、岩脉的相互穿插关系, 将该矿床划分出 2 个成矿期, 6 个成矿阶段。

(1) 气水热液期: 为桐村钼(铜)矿床的主要成矿期。当花岗斑岩体侵入后, 伴随岩浆的结晶和演化, 从岩浆中分离出的气水热液携带岩浆中大量成矿元素和挥发组分, 沿着构造裂隙从深部向上部运移, 当到达岩体顶部或围岩中时, 由于物理化学条件的变化, 成矿元素如 Mo 和 Cu 以金属硫化物形式从热液中析出, 并富集成矿。同时, 在岩体及其围岩中发生蚀变作用, 广泛发育石英绢云母化和青盘岩化, 局部出现角岩化和矽卡岩化等。此成矿期主要分为 6 个成矿阶段:

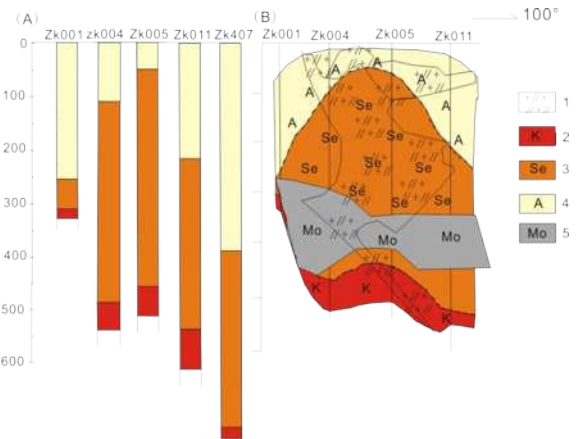


图3 矿区蚀变分带图(A)和蚀变矿化岩体分带剖面示意图(B)(据张德会等, 2013)

- 1.蚀变二长花岗岩; 2.钾化带; 3.绢英岩化带; 4.泥化带; 5.辉钼矿体

早期矽卡岩化阶段: 主要形成石榴子石、透辉石、方柱石等早期矽卡岩矿物。

含水矽卡岩化阶段: 亦称矽卡岩晚期阶段, 这一阶段的开始为矿化初始富集阶段, 生成磁铁矿(不多见)及少量辉钼矿和黄铁矿。同时, 伴随着这期的蚀变作用, 产生绿帘石、透闪石等含水的矽卡岩矿物。

硫化物-钾化阶段: 含有一定的 HCl 和 H<sub>2</sub>S 等的金属组分, 与斑岩和围岩发生反应时, 在斑岩内形成黑云母化和

钾长石化;在围岩中形成角岩。同时,流体中的 $H_2S$ 与金属元素络合形成自形和半自形的黄铁、黄铜和辉钼矿。

石英-绢云母-硫化物阶段:主要为辉钼矿、石英、黄铜矿和黄铁矿等矿物组合,并产生绢云母化、硅化、绿泥石化和碳酸盐化等;

纯辉钼矿石英脉:为辉钼矿和石英组合,石英脉中仅见辉钼矿细晶或细脉;

石英碳酸盐阶段:主要形成石英和方解石脉,脉宽一般为 $0.1\sim 1\text{ mm}$ ,其中偶见辉钼矿和黄铁矿化。此阶段的出现标志气水热液成矿期的结束。

对比这6个成矿阶段的矿物共生组合特点,本矿床以石英-绢云母-硫化物成矿阶段为主,其他成矿阶段也有强、弱不同程度的表现。

(2)表生期:在内生条件下形成的钼(铜)矿床因长期遭受风化剥蚀而在地表出露,并在大气、水和生物作用下形成褐铁矿、孔雀石、钼华等。矿区表生期矿化不发育。

#### 四、矿床成因及找矿标志

##### 1.矿床成因类型

同位素的研究成果显示(张德会等,2013):桐村钼(铜)矿的成矿流体为岩浆水与大气降水的混合溶液;矿区主要控矿岩体中的硫为深源硫,可能来自幔源岩浆,且与岩浆岩、角岩有成因联系;铅同位素投点落在造山带与地壳之间,暗示本区成矿物质来源主要为地壳物质,亦有少量地幔物质的参与。可见,矿区含矿岩浆岩与成矿物质均来源于古老地壳,并有地幔物质的加入。

成矿花岗斑岩呈小岩体或岩枝,是以古老地壳熔融,混染部分地幔物质的高钾钙碱性过铝质或准铝质I型花岗岩,岩浆为氧化型磁铁矿系列,形成于挤压造山环境或挤压向伸展转化过渡时期,岩体铜、钼丰度高(桐村岩体 $Cu\ 203.4\times 10^{-6}$ , $Mo\ 45.05\times 10^{-6}$ ,张德会,2012),富硫等挥发份。

矿石流体包裹体以气液包裹体为主,均一温度主要集中在 $130\sim 410^{\circ}C$ ,属于中低温流体;流体包裹体的盐度主要集

中在 $6\%\sim 8\%$ ( $WNaCl$ ),最高不超过 $15\%$ ( $WNaCl$ ),盐度较低。均一压力变化范围较大,约 $30\sim 600\text{ bar}$ ,推测成矿深度 $2.3\sim 10.2\text{ km}$ 。

##### 2.成矿时代

桐村岩体锆石U-Pb谐和年龄 $156\sim 169\text{ Ma}$ ;黄柏坑岩体锆石U-Pb谐和年龄为 $158\sim 166\text{ Ma}$ ,宋家庄 $166\pm 2\text{ Ma}$ 。桐村矿床辉钼矿Re-Os同位素年龄为 $163.9\pm 1.9\text{ Ma}$ (ZengQDetal.,2012),反映矿区成岩成矿近于同时发生,成岩和成矿是一个连续过程,即成岩成矿为同期构造-岩浆活动产物,具有斑岩型矿床特征。

##### 3.找矿标志

(1)主岩体旁侧有一定规模岩枝内外接触带和NW向裂带是主要赋矿部位。

(2)Mo发育一定规模线性较好的土壤异常是找矿的直接标志。

(3)主要近矿围岩蚀变为云母化、硅化,是找矿的间接标志。

(4)矿体的顶底板围岩是角岩或碎斑蚀变花岗岩、角岩带和碎裂蚀变花岗岩是找矿的间接标志。

#### 参考文献:

- [1]金维松,阙祖亮,李汉明.浙江省开化县桐村铜钼矿地质特征及找矿标志[J].矿产与地质,2012,26(5):402-407.
- [2]周乐尧,金宠,贾宝剑,等.钦杭成矿带浙江段内生金属矿产成矿规律与评价技术集成研究[R].浙江省地质矿产研究所,2016.
- [3]熊明祥,卢健,郭灿平,杨强等.安徽怀宁县长岭铅锌矿体地质特征及矿床成因分析[J].世界有色金属,2021(3):68-70.
- [4]刘伯根,等.浙江省1:5万毛坦幅马金幅油口幅开化县幅区域地质调查报告[R].浙江省第三地质大队,1995.
- [5]丁元,等.浙江省开化县桐村铜钼矿矿区普查评价报告[R].浙江省金华地质大队,1978.