北秦岭西部铜峪 VHMS 型铜矿床地质-地球化学特征与成矿动力学背景*

朱赖民，李 犇，张国伟，弓虎军，郭 波

（西北大学地质学系大陆动力学国家重点实验室，陕西 西安 710069）

已有研究已充分证明，商丹带是秦岭主造山期板块的俯冲碰撞缝合带，商丹一线曾有一个消失的有限洋盆，商丹带就是其消亡的俯冲碰撞缝合线。华北地块南缘呈现出由南向北依次为从商丹俯冲带、秦岭杂岩为基底的岛弧火山岩与花岗岩带到二郎坪弧后边缘海盆带，构成与活动大陆边缘类似的沟-弧-盆构造体系。早古生代秦岭商丹洋洋壳俯冲导致北秦岭岛弧造山带的发育，岛弧造山过程起始于洋壳的俯冲消减, 终止于弧后扩张盆地的形成发育, 火山岩浆弧构成俯冲造山带的主体，故北秦岭俯冲造山带中具有形成与早古生代岛弧-弧后基性火山作用有关的火山喷流型块状硫化物矿床（VHMS）的优越地质条件。近年来，在该带东部河南桐柏地区的二郎坪弧后盆地海相火山-沉积建造中相继发现了刘山岩、水洞岭和上庄坪矿等 VHMS 型矿床，同时显示该带中西部陕西和甘肃也有较好找矿前景。本文报道的北秦岭西部陕西境内的铜峪铜矿床，为加里东期与古秦岭洋盆俯冲事件有关的 VHMS 型矿床。

1 铜峪铜矿床地质-地球化学特征

陕西铜峪铜矿床位于秦岭造山带北秦岭构造带中段斜峪关群中，在大地构造位置上处于商丹缝合带北侧，秦岭与祁连造山带的交汇部位。铜峪铜矿床矿区斜峪关群为一套浅－中级变质的中基性火山岩-沉积岩系，包括变玄武岩、变安山岩、变英安岩和角砾熔岩等变质火山岩类，以及大理岩、结晶灰岩和变泥质砂岩等变质沉积岩类。矿区地层总体走向北西西，东、西两端分别被太白花岗岩体、宝鸡花岗岩体所截，中部煤沟花岗岩体侵入其中。矿区共有矿体 73 个，目前控制储量超过 5 万吨，其中 9 个主矿体控制了全区总储量的 77%，主要集中分布在喷发沉积分异比较好的中心区内。矿区火山作用以间歇式喷发为主，伴随较弱的喷溢作用，由于火山喷发过程的不均一性，不同地段的分异特点不一致，火山喷发岩中常见明显的韵律层和层状构造。矿体形态主要为透镜状、似层状，大体顺层产出，与背斜轴线及早期断裂走向一致，主体走向 120～140°，倾角 30～50°，连续性一般较好，矿体厚度变化大，分枝膨缩现象常见。矿区中心蚀变类型以阳起石化和透辉石化为主，伴有绿帘石化和绿泥石化向外蚀变逐渐减弱，矿体的赋存明显受到蚀变控制。矿化和蚀变作用在空间展布上具有一致性，主要围岩蚀变包括透辉石化、石榴石化、阳起石化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化、硅化和碳酸岩化等。矿石的结构主要有他形粒状结构、半自形-自形粒状结构、交代溶蚀结构、填间结构、压碎结构、和嵌晶状变晶结构等。矿石以浸染状构造为主，其次有团块状、似条纹-条带状和网脉状构造。矿石的矿物成分较简单，金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿和磁黄铁矿，次为闪锌矿、磁铁矿和辉锑矿；脉石矿物主要包括阳起石、透辉石、方解石、绿帘石、石英和绿泥石。

赋矿斜峪关群火山岩围岩微量元素研究表明，铜峪铜矿区及区域斜峪关群火山岩从玄武岩→安山岩→流纹岩具有分异演化特征，构成一套较完整的正常钙碱性岛弧火山岩系列。大部分火山岩样品在原始地幔

*本文得到国家自然科学基金项目(编号 40872071)、国家重大基础研究 973 项目（编号 2006CB403502）及西北大学大陆动力学国家重点实验室科技部项目资助(编号 BJ091349)的资助
第一作者简介 朱赖民，男，1966 年生，教授，博士，矿床地球化学专业. Email: zhulaimin@nwu.edu.cn

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

标准化的微量元素蛛网图上显示大离子亲石元素如 Cs、Th、U、La、Ce 富集而相对亏损 Rb、Sr、Nb、Ta、Ti、Zr、Hf 等，呈现出典型的岛弧火山岩的微量元素变化特征。在 Y-Sr/Y 图解上，斜峪关群长英质火山岩投点均落入岛弧岩浆岩区，在 Th/Nb-Ce/Nb、Hf/3-Th-Nb/16、La-La/Nb 和 Ta/Yb-Th/Yb 图解上，基性火山岩样品均投入岛弧玄武岩区，表明斜峪关群火山岩的形成与大洋板块俯冲作用有关的岛弧环境。铜峪铜矿区赋矿岛弧火山岩锆石 U-Pb 加权平均年龄为（462.2±7.0）Ma，矿石与赋矿火山岩具有相同物质来源，显示铜峪铜矿床属于加里东期与古秦岭洋盆俯冲事件有关的 VHMS 型矿床。

煤沟花岗闪长岩体侵入于矿区背斜南翼，岩体北部与斜峪关群变质火山岩呈侵入接触，南部与早奥陶世绢云石英片岩和炭质板岩亦为侵入接触。煤沟花岗闪长岩锆石 U-Pb 加权平均年龄为（439.3±3）Ma，显示其形成与古秦岭洋板片在 440 Ma 左右的俯冲事件有关，岩石具有高 $Mg^{\#}$，富 Ni 和 Cr，轻、重稀土元素强烈分异，Eu 异常不明显，高 Sr、低 Y、Sr/Y 比值高，锆石 Hf 二阶段模式年龄集中在 723～908 Ma 之间，$\varepsilon_{Hf}(t)$= 2.57～11.2，表明煤沟花岗闪长岩体属与俯冲的古秦岭洋玄武质板片部分熔融产生的熔体与地幔楔发生交代作用形成的具埃达克岩性质的岛弧花岗岩。煤沟花岗闪长岩体 Sr 初始比值分布范围高于亏损地幔范围，I_{Sr}-$\varepsilon_{Nd}(t)$图解显示，煤沟花岗闪长岩分布范围与斜峪关群火山岩分布范围和变化趋势基本一致。铜峪铜矿床矿石硫化物 $\delta^{34}S$ 值集中于在 1.13‰～3.36‰之间，平均值为 2.22‰，与幔源硫的 $\delta^{34}S$ 值变化范围一致，而与海水硫和沉积物硫的 $\delta^{34}S$ 值显著不同，表明幔源硫是成矿流体中硫的主要来源。在 Zartman 铅同位素图解中，矿石金属硫化物、煤沟花岗闪长岩和矿化岩分布范围位于岛弧和下地壳混合区域，显示岛弧铅与地层铅的混合特征。

2 铜峪铜矿床成矿动力学背景与成矿过程

铜峪铜矿区岛弧火山岩－埃达克岩组合的确定，为秦岭－祁连造山带进一步开展与岛弧火山岩有关的 VHMS 矿床和与埃达克岩有关的 Cu(Au)矿床的勘查提供了重要线索。铜峪铜矿床是古秦岭洋板片在 440～460 Ma 左右的俯冲事件中，由俯冲板片脱水产生的高氧逸度流体进入地幔楔，活化萃取地幔楔的 Cu 等金属元素并导致地幔楔部分熔融产生的钙碱性岩浆在岛弧区喷发形成的 VHMS 型矿床。铜峪铜矿床的形成过程可概括为：① 大约 1 000～700 Ma 间，扬子板块在晋宁期拼合为统一的块体，而其北缘的北秦岭区仍处于持续扩张状态，最后集中沿商丹带拉开形成古秦岭洋。② 奥陶纪—志留纪之交，古秦岭洋板片由南向北俯冲，板片脱水，少量上覆沉积物发生熔融，产生大量高氧逸度热液流体进入地幔楔，萃取地幔楔中 Cu 等成矿元素，并促使地幔楔发生部分熔融，产生含矿钙碱性岛弧火山岩浆，岩浆及富含成矿物质的流体上升，通过地壳时受到古地壳的混染，在地表喷发形成初始层状和浸染状矿体。③ 中晚三叠世(T_{2-3})后，古秦岭洋持续由南向北俯冲，并最终闭合，伴随扬子板块沿勉略带向南秦岭板块之下的俯冲和勉略洋盆的闭合，矿体与赋矿地层共同发生褶皱变形，矿体被挤压拉伸，在强应变带被挤压变薄、拉断或被断裂错失，在构造扩容带膨大，矿体在空间上成群、成带近平行展布，沿断裂带发生片理化、压碎、糜棱岩化等机械变形，金属硫化物出现破裂、重熔和迁移。

参 考 文 献（略）

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net