

# 中条山地区铜金成矿地质基础和预测

沈保丰, 胡小蝶, 杨春亮, 曹秀兰

(天津地质矿产研究所, 天津 300170)

**摘 要:**中条山地区主要经历了四次与铜、金有关的重大地质事件, 分别是新太古代花岗岩—绿岩带、古元古代裂谷作用、中元古代火山活动和中生代岩浆作用, 其中以前二次最为重要。中条山北、东段以古元古代裂谷作用为主, 叠加了中元古代火山作用和强度较弱的中生代岩浆活动, 成矿以铜为主, 其次为金。西南段以新太古代花岗岩—绿岩带的地质事件为主, 并叠加较为发育的中生代岩浆活动, 成矿以金为主, 其次为铜。本区是铜、金成矿条件十分有利地区, 有较好的找矿前景。

**关键词:**中条山; 铜矿床; 金矿床; 花岗岩—绿岩带; 古元古代裂谷; 成矿预测

**中图分类号:** P618.41

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1007-6956(2004)02-0105-07

山西中条山地区是我国重要的铜矿床密集区, 也是目前华北最主要的铜矿开采和生产基地。据陈平的资料<sup>①</sup>, 目前中条山地区已探明铜金属储量近 400 万吨, 占全省铜保有储量 96.19%, 其中品位  $\geq 1$  的富矿占总储量 23%。已探明矿床 20 处, 其中超大型矿床 1 处(铜矿峪)、中型矿床 6 处(如蓖子沟、胡家峪、老宝滩、桐木沟等), 小型矿床 13 处(如铜凹—山神庙、凉水泉等), 矿点百余处。在本区的西南部近些年来陆续发现了一批金矿床(点), 如胡家沟、双对沟、蚕坊、李家窑、坪坪沟、白峪里、牛家庄等矿床和产在本区东北部铜矿峪、蓖子沟铜矿床内的伴生金矿, 可以说中条山是铜、金成矿地质基础十分优越的地区。

## 1 变质基底花岗岩—绿岩带

本区基底新太古代深变质, 涑水杂岩是由变质表壳岩和不同期次的古老花岗质侵入体组成, 主要产出在中条山地区西南段。主体呈北东向分布在闻喜—夏县一带的涑水河流域, 延伸约 100 km, 宽约 10 km, 自北东而南西分别与古元古界绛县群、中条群接触(图 1)。西北侧平原第四系地堑中的稷山、曲沃、稷王山等地见到孤立出露的变质体, 并常有古生代岩层不整合覆盖, 可能也属涑水杂岩。变质表壳岩较多分

布在冷口—运城一带(图 1), 它们以大小不等的包体形式, 呈长条状、椭圆状、透镜体状分布在花岗质片麻岩中。西南部解州片麻岩中的变质表壳岩保留较完整, 出露最大面积约 2 km<sup>2</sup>。变质表壳岩的主要岩石类型有斜长角闪岩、黑云角闪片岩、黑云片岩、黑云变粒岩、长石石英岩、磁铁石英岩、角闪石岩、浅粒岩、蛇纹石化大理岩等, 其中以斜长角闪岩分布最广泛。如在绛县冷口村附近主要是变质基性火山岩, 包括斜长角闪岩、黑云片岩、角闪黑云片岩、绿泥黑云片岩和方柱黑云片岩等。在桃花洞—薛家岭一带为角闪石岩和斜长角闪岩。斜长角闪岩常与黑云片岩、黑云角闪片岩紧密产出, 与围岩片麻岩的界线清楚。蛇纹石化大理岩仅发现在运城市柴家窑以南的解州片麻岩中, 以捕虏体形式产于片麻状二长花岗岩中。据白瑾<sup>[1]</sup>、唐立忠<sup>[2]</sup>等的岩石化学、微量和稀土元素的化学成分资料分析, 斜长角闪岩类的原岩为拉斑玄武岩类, 类似 K. Condie<sup>[3]</sup>太古宙 TH2 型拉斑玄武岩(即富集型太古宙玄武岩, 与现代地幔柱、洋中脊或洋岛的玄武岩稀土特征相似)和具有典型消减带玄武岩的特点<sup>[4]</sup>。角闪变粒岩、黑云变粒岩和浅粒岩原岩岩石类型是以英安岩、英安质凝灰岩为主, 为安山岩—英安岩—流纹岩中钾至高钾的中酸性火山岩, 属于造山区的

收稿日期: 2004-03-10

基金项目: 地质大调查综合研究项目 K1.4-3-1 前寒武纪成矿作用; 国家黄金攻关项目 90051-01

作者简介: 沈保丰(1935-), 研究员, 博士生导师, 从事矿床地质、前寒武纪成矿作用和成矿预测研究。

①陈平. 山西省中条山区铜金成矿资源评价的几点意见, 2000 年 5 月(未刊)。

钙碱性系列。大理岩类的化学成份中 MgO 含量高达 15.78%，CaO 含量低，为 33.11%，SiO<sub>2</sub> 达 11.84%，原岩为含碎屑的白云质灰岩。变质表壳岩不同岩石类型由于出露地段不同，很难建立确切的地层层序，但从岩石特征来分析，原岩类型可能下部为镁铁质火山岩，上部为安山质—长英质火山岩，顶部以碳酸盐岩为主及少量碎屑岩，大致反映出一个大的火山—沉积旋回。从变质火山岩的稀土元素和微量元素的特征来分析，其形成于活动大陆边缘、火山弧或板块俯冲带附近，是古老绿岩的残余<sup>[1]</sup>。

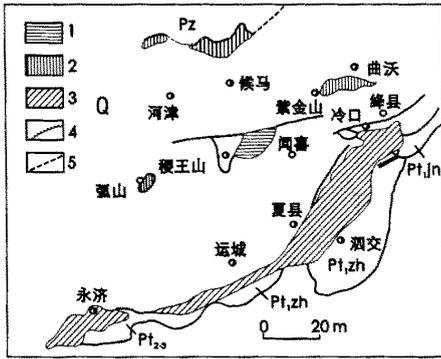


图1 涑水杂岩分布图(据孙大中等<sup>[6]</sup>,修改)

Fig.1 Distributive map of Sushui Rock Group

1. 涑水杂岩(麻粒岩相);
2. 涑水杂岩(高角闪岩相);
3. 涑水杂岩(低角闪岩相);
4. 不整合;
5. 断层; Pt<sub>1jn</sub>. 绛县群; Pt<sub>1zh</sub>. 中条群; Pt<sub>2-3</sub>. 中新元古界; Pz. 古生界; Q. 第四系

古老花岗岩质侵入体大致可以分为三期，第一期称寨子—西姚片麻岩，也叫灰色片麻岩，是涑水杂岩的主要组成部分，在中条山北、东段和西南段都有广泛分布。主要岩石类型有：黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩以及黑云角闪二长片麻岩等，有时可见眼球状黑云斜长片麻岩和角砾状黑云斜长片麻岩。岩石呈似层状、带状产出，具片麻状构造，含有较多变质表壳岩的包体。根据化学成分和稀土元素的含量，其岩石以花岗闪长岩—英云闪长岩—奥长花岗岩为主，有少量花岗岩，属高铝型 TTG 质片麻岩。

第二期解州—横岭关片麻岩，主要出露在解州、韩阳、凤凰咀、横岭关和北峪一带。岩石变形较弱，不发育条带。岩石类型主要为肉红色片麻状二长花岗岩、眼球状花岗片麻岩，在冷

口—横岭关和黑里沟等地见横岭关片麻岩侵入和穿切寨子—西姚灰色片麻岩现象。岩石形成于同造山期和晚造山期阶段。

第三期为五老峰—烟庄花岗岩。主要出露在永济—五老峰、冷口—烟庄一带。岩石变形极弱，岩石类型为中细粒黑云母花岗岩、中粗粒含微斜长石斑晶的斑状花岗岩，为高钾钙碱性花岗岩，常呈块状构造。岩石内常含上述片麻岩捕虏体，但很少见涑水岩群的包体，为后造山期花岗岩。

许多学者对涑水花岗岩—绿岩带进行同位素年代学的研究。Kroner 等<sup>[5]</sup>在冷口南侧对变英安质凝灰岩中获得(2 521 ± 3)Ma 的锆石 Pb—Pb 蒸发年龄，以后又获得(2 495 ± 51)Ma 的 Sm—Nd 等时线年龄和(2 440 ± 43)Ma 的 Rb—Sr 等时线年龄，因而认为原岩成岩年龄为 25 亿年左右，属新太古代。孙大中等<sup>[6]</sup>在变英安质凝灰岩中获得(2 360 ± 62)Ma 的 TIMS 法锆石年龄和(2 333 ± 5)Ma 的 SHRIMP 锆石年龄，认为冷口变质火山岩原岩形成年龄为 23 亿年。但是在此相同样品中，李惠民获得(2 508 ± 4)Ma 的 TIMS 法锆石年龄<sup>[1]</sup>。张兆琪等<sup>[7]</sup>对西姚灰色片麻岩获得(2 457 ± 14)Ma、(2 507 ± 26)Ma 等 TIMS 法锆石年龄，在东段孙大中等<sup>[6]</sup>获得(2 321 ± 2)Ma 的 TIMS 锆石年龄。在横岭关片麻岩中已获得(2 231 ± 86)Ma 的常规锆石 U—Pb 年龄。五老峰—烟庄花岗岩获得 1 835 Ma 的 TIMS 法锆石年龄<sup>[7]</sup>。

涑水杂岩的变质程度在不同地段有差异，在稷山出露的主要是遭受麻粒岩相变质的角闪二辉斜长麻粒岩、二辉角闪斜长麻粒岩、斜长角闪岩和片麻岩，其它地区以角闪岩相为主，在中条山西麓山前断裂以北、曲沃和稷王山零星出露岩石为低压高角闪岩相。在夏县、闻喜一带为中低压低角闪岩相<sup>[8]</sup>(图 1)。

区内分布在涑水花岗岩—绿岩带中的双对沟、蚕房、胡家沟、坪坪沟等金矿(或铜镍矿)和白峪口铜矿等，都与涑水花岗岩—绿岩带及随后的吕梁期、中生代花岗岩后期强烈活化改造有关。

由此可见涑水花岗岩—绿岩带主体形成于新太古代，表壳岩具双峰式火山岩型，变质作用

以角闪岩相为主,局部地段为高角闪岩相麻粒岩相,属深变质绿岩带,其特征与小秦岭花岗岩—绿岩带相似。

## 2 中条古元古代裂谷的地质特征和演化

新太古代末期造山带通过不同陆块间的岛弧增生、碰撞,在全球范围内形成了二个规模不大的超大陆—Kenorland 和 Southern Supercontinent<sup>[9]</sup>,在此期间华北古大陆及南缘成了 Kenorland 超大陆的一部分。根据孙大中等<sup>[6]</sup>的资料,本区 2.5 Ga 左右形成的华北古大陆,在 2.30 Ga 开始裂解,由于地幔柱上隆或底辟作

用,促使地壳变薄、拉张、裂陷形成中条古元古代裂谷。裂谷最后挤压消亡,收缩隆起大致在 1.85 Ga,裂谷存在约 450 Ma,其间经历了三期七阶段的地质演化历史。

**第一期** 2.30 ~ 2.10 Ga,是本区绛县群的形成时期,也是中条裂谷初期拉张破裂、早期拉张裂陷和中期隆升阶段。在此期间,中条裂谷受基底构造控制,呈 EW 向展布,沉积了绛县群的火山—沉积岩系(图 2,3)。绛县群主要分布在横岭关—上天井和黑岩底—铜矿峪一带,其次在上玉坡—胡家峪“短轴背斜”区亦有出露。此外在同善天窗、落家河天窗、王屋天窗也有分布。绛县厚度大于 2 350 m。

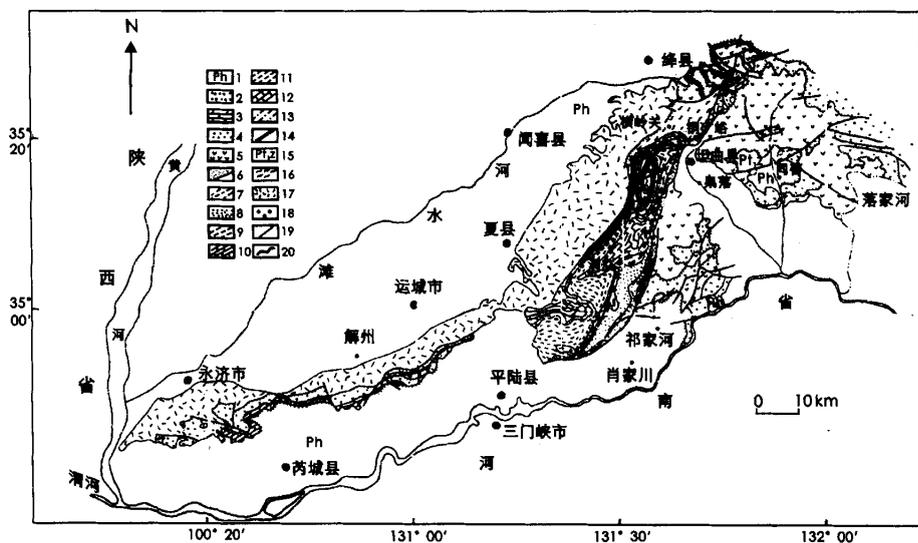


图 2 中条山前寒武纪地质略图(据白瑾等<sup>[13]</sup>,略有修改)

Fig 2 Precambrian geological sketch map of Zhongtiao Mts.

1. 显生宙盖层; 2. 新元古界罗圈组; 3. 中元古界藪县系洛南群龙家园组; 4. 中元古界藪县系汝阳群; 5. 中元古界长城系西阳河群; 6. 古元古界担山石群; 7. 古元古界中条群陈家山组片岩; 8. 中条群吴家坪组石英岩; 9. 中条群温峪组片岩; 10. 中条群余家山组大理岩; 11. 中条群篦子沟组片岩; 12. 中条群余元下组大理岩; 13. 中条群龙峪组板岩; 14. 中条群界牌梁组石英岩; 15. 绛县群未分; 16. 古元古界绛县群; 17. 新太古代涑水杂岩; 18. 花岗岩; 19. 断层; 20. 不整合面; Ph. 显生宙盖层

1) 初期拉伸破裂阶段经过涑水运动后的中条古陆,在 2.3 Ga 开始拉伸破裂,在古陆的边缘东西向沉积盆地的边缘,沉积了具复理石韵律特征的碎屑岩—泥质岩,现已变质为绢云石英片岩、石英岩、含碳十字石榴绢云片岩、二云片岩、含碳绢云片岩等,地层为横岭关亚群,并伴

有陆缘含铜沉积,形成以横岭关型铜矿床,是陆缘同生沉积矿床,其物源区应是涑水花岗岩—绿岩带。

2) 早期拉张裂陷阶段,随着地壳的进一步拉伸破裂,断裂不断加深,裂谷迅速发展,在裂谷的中心部位—凹陷中心,地幔物质上涌,强烈

的海底火山活动是这一阶段的特点。这一阶段裂谷不断的加深,其沉积物(已经后期区域变质)由保留较好的递变层、交错层、波痕等原生沉积构造的石英岩夹绢英岩或绢英片岩、逐渐过渡为绢英岩、绢英片岩、含磁铁绿泥绢云片岩等。随着裂谷盆地向NW方向不断的加深,断陷强度越来越大,地幔物质向海盆不断添加,先是酸性火山物质—变流纹质凝灰角砾岩、变流纹质凝灰岩、变流纹岩等,后是基性火山物质—绿泥黑云片岩、绿泥绢云片岩、绿泥片岩等,形成了落家河型铜矿床。最后相当于骆驼峰组时期,在骆驼峰—西井沟和米岔沟—北崖一带,又一次以变流纹质石英晶屑凝灰岩为主的酸性火山喷发—喷溢活动,此次火山活动在2.1~2.2 Ga左右,形成了我国著名的变质海相火山岩—斑岩型铜矿峪铜矿床。此阶段形成铜矿峪亚群

的火山沉积物。

3)中期隆升阶段,在绛县期末,可能在2.2~2.1 Ga左右,区域应力场由拉张转为挤压,也就是绛县运动,在“短轴背斜”核部,横岭关花岗岩体、北峪花岗岩体等侵入,局部隆起,造成绛县群在该区的剥蚀,海盆缩小。

第二期 2.10~1.90 Ga,是本区中条群形成时期。中条裂谷沿NNE向深大断裂拗陷,与裂谷西侧的边界断裂近似平行,产生了北东向的次级断陷盆地(图2,3),断陷使古海盆东缘扩大。地壳再度沉陷,与第一期相比,其沉积厚度和分布范围毫不逊色。中条群在区内出露十分广泛,主要分布在杨家池—胡家峪—曹家庄—神仙岭一带,其次在徐茂公殿—后河一带也有出露,分布面积近700 km<sup>2</sup>,地层走向NE-SW,厚度在7000 m左右。

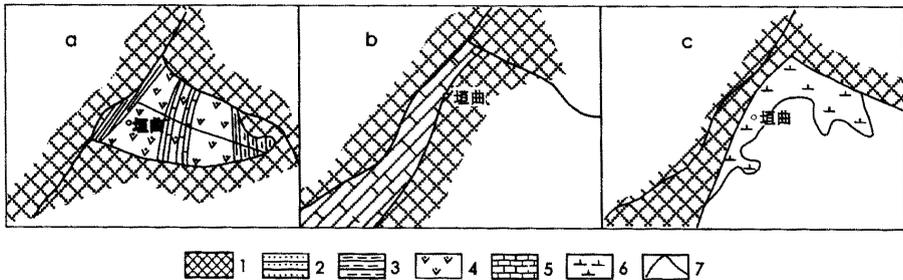


图3 中条裂谷构造演化示意图(据孙继源等<sup>[10]</sup>,略有修改)

Fig.3 Sketch map showing tectonic evolution of Zhongtiao rift

- a. 古元古代绛县群的分布与古构造; b. 古元古代中条群分布与古构造; c. 中元古代西阳河群的分布与古构造; 1. 涑水古陆; 2. 砂岩、砂质页岩; 3. 泥岩、泥质页岩; 4. 基性、中酸性火山岩; 5. 碳酸盐岩(在图b中中条群还包括磨拉石及复理石建造); 6. 安山岩—流纹岩; 7. 断层(包括岩石圈断裂、基底断裂)

4)晚期拉伸裂陷阶段,绛县运动后形成的涑水—绛县地块,在此阶段抬升,同时中条盆地下沉,不断接受来自西北部的沉积。在界牌梁附近首先形成冲积扇相砾岩、长石石英岩和细粒石英岩,在南西部下阴—庞家庄以南沿地块涑水杂岩分布区,在“短轴背斜”区滨海沉积带沉积有浅湖亚相的长石石英岩、细粒石英岩。在界牌梁期后,裂陷进一步加深,陆源物质大量进入盆地,由于海水有周期性的深、浅变化和陆源供给物质供给量不同,早期随着钙泥质岩的沉积,又沉积了长石石英岩。以后海水不断加深,又沉积了镁质碳酸盐岩。从整体看,龙峪期是长石石英岩—钙泥

质岩—镁质碳酸盐岩的较完整的沉积韵律,属潮坪相。进入余元下期,海水不断扩大,形成潮坪—海湾相的镁质碳酸盐岩沉积。继余元下期大规模海侵以后,西部古陆明显抬升,并经受强烈风化剥蚀,具有丰富陆源碎屑物的补给源,形成了篦子沟期潮坪相的泥质岩、半泥质岩,间夹碳酸盐岩沉积,后又形成了泻湖相含碳泥质岩、半泥质岩,间夹含碳质或钙质的泥质岩、不纯镁质碳酸盐岩和镁质碳酸盐岩等。在这时期,形成了海底局限滞流盆地环境,是正常沉积和热水沉积交互沉积产物。泻湖相是篦子沟期近古陆碳酸盐—陆源碎屑混合沉积相的主体,也是陆源和内

源成矿物质聚集的最重要场所,是中条山裂谷胡—篁型铜矿床的主要含矿层位。余家山期海侵再次扩大,形成潮坪—海湾相组合的镁质碳酸盐岩夹碳质片岩。以后盆地再次缩小,形成温岭期绢云片岩夹白云石大理岩,吴家坪组石英岩和陈家山组片岩。

5)晚期裂谷收缩阶段在约 1.9 Ga 左右,裂谷收缩隆起,海盆变浅。

**第三期** 1.9 ~ 1.85 Ga,担山石群形成阶段,主要分布在铜矿峪沟口—西峰山—担山石—马村—北上坪一带,为变质砾石、石英岩,厚度不大于 600 m。

6)末期裂谷收缩阶段 此期在中条群沉积后地壳回返,在山前凹陷或山间盆地中沉积了砾岩、石英岩磨拉石建造,裂谷盆地已大大缩小。

7)裂谷挤压消亡阶段约在 1.85 Ga。本区裂谷收缩隆起,发生中条运动,红瓦厦等钠长花岗岩侵入,岩石普遍遭受一次区域动力变质作用,裂谷最终消亡成陆。中条裂谷构造演化见图 3。

### 3 叠加于中条裂谷上的西阳河群火山岩系

中元古代开始,华北古大陆南缘陆壳破裂,在豫、陕、晋三省交界处形成裂谷构造,具有较典型的三叉裂开的特点:其中向北的一支呈楔形深深插入华北古大陆内,长达 160 km 以上,演化成熊耳—汉高拗拉槽;南西西和南东东两支逐渐演化成陆块间的海槽——宽坪海槽,将秦岭一大别地块从华北古大陆南缘分离出去<sup>[1]</sup>。

中条山地区中元古代火山岩群称西阳河群,分布较广,以盖层形式分布在区域东部,出露面积超过 800 km<sup>2</sup>,除中条山东段北坡的陈村峪—里册峪一带外,主要出露在西桑池—刘张—朱家庄—架桑等地,这套火山岩系向南东与河南、陕西境内的熊耳群火山岩相衔接,总体走向 NE—SW,倾向 SE,倾角 5°~10°,局部倾角可达 30°左右。该群由大古石组、许山组、鸡蛋坪组和马家河组组成,是一套以熔岩为主,火山碎屑岩次之、未变质的双峰式火山岩,出露厚度达 5 000 余米,与下伏的古元古代变质岩为明显的角度不整合或断层接触,与上覆的汝阳河群

为低角度的不整合关系。

西阳河群火山岩的主要岩石类型为玄武安山岩、英安岩、流纹岩,同时有极少量的玄武岩、粗面岩和安山岩。中基性熔岩出现该群的下部与上部,中酸性熔岩组成该群的中部,总体看岩石具有双峰式特征。西阳河群的下部时见砂砾岩沉积。玄武安山岩是主要岩石,枕状构造十分发育,还常见枕状集块岩。英安岩出露面积较大,具斑状构造,斑晶为正长石、微斜长石和石英,基质多为玻璃质球晶、微粒斜长石和石英。流纹岩只在个别喷发旋回顶部出现,流纹构造发育,主要由玻璃质和隐晶质物质组成。依地球化学特征判断,西阳河期火山岩可能形成于活动大陆边缘火山弧环境。孙大中等<sup>[6]</sup>对采自中条山地区鸡蛋坪组流纹斑岩中锆石,获得 TIMS 法锆石年龄(1 826 ± 32) Ma 和 SHRIMP 锆石年龄(1 840 ± 14) Ma。因而,西阳河群的底界年龄厘定为 1 850 Ma。在西阳河群许山组中基性—中酸性火山岩的构造破碎带中,产出芦家坪式铜矿床。

### 4 广为分布的中生代岩浆岩

区内中生代岩浆活动较强,西南段和北、中段差异较大。中条山西南段的中生代侵入岩主要有蚕坊、相家窑、银洞梁等岩体和凤凰咀—靖家山一带隐伏岩体。岩体多呈 NEE 向(或近 EW 向)展布,形态为较小的岩株(瘤)状,平面上呈椭圆形。岩体规模不大,如蚕坊、相家窑岩体地表出露面积分别为 6.0 和 1.21 km<sup>2</sup>,都侵入于涑水杂岩内。岩石类型有含斑石英二长闪长岩、斑状黑云花岗闪长岩、花岗闪长岩等。脉岩活动一般规模小,多出现在岩体或隐伏岩体的内部和周围。中生代岩浆活动与区内金矿化关系密切。

中条山北、东段的中生代岩浆活动相对较弱,多以浅成侵入为主,呈岩株、岩脉状产出。有金牛寺、南头岭等岩体及石英斑岩、二长斑岩、石英二长斑岩、闪长岩等中酸性岩脉。

### 5 铜、金矿的成矿预测

本区主要经历了新太古代花岗岩—绿岩带、古元古代裂谷作用、中元古代火山活动和中生代岩浆作用四次与铜、金有关的重大地质事件,

其中以前二次最为重要。后期的地质事件常叠加在早先的地质事件之上,造成铜、金成矿作用的多期性、多样性、继承性和新生性。成矿系统在时空上具有叠加、复合和迁移的特征。但在本区不同地段的重大地质事件和铜、金成矿作用的规模和强度不一。在北、东段以古元古代裂谷作用为主,叠加了中元古代火山作用和强度较弱的中生代岩浆活动,成矿以铜为主,其次为金。在西南段以新太古代花岗岩—绿岩带的地质事件为主,并叠加较为发育的中生代岩浆活动,成矿以金为主,其次为铜。

### 5.1 北、东段的成矿预测

北、东段是本区主要铜矿床密集区,分布着铜矿峪、篦子沟、胡家峪、桐木沟、老宝滩、落家河等一批超大型、中、小型矿床。铜矿床的形成是与古元古代初期太古宙华北古大陆裂解作用有关,在古大陆裂解时形成的中条裂谷,其发生、发展和演化与铜矿形成有紧密的关系。在从 2.3 ~ 1.85 Ga 的 450 Ma 地质历史中,经历了 3 期 7 个阶段的地质演化,形成了铜矿峪型、胡—篦型、横岭关型、落家河型等多来源、多类型、多成因铜矿床,此外在中元古代西阳河群中还产出芦家坪型铜矿床。在铜矿峪、篦子沟铜矿床内还伴生达中等规模的金矿。本区虽然地质工作程度较高,已经投入钻探工作量 60 多万米,坑探工作量 2 万多米,但工作区主要集中在铜矿峪火山构造盆、胡家峪—上玉坡短轴背斜和落家河构造天窗内,还有广大地区有待进一步工作。对北、东段以铜为主的成矿预测,陈平<sup>①</sup>、孙继源等<sup>[10]</sup>和冀树楷等<sup>[11]</sup>做了大量的工作,提出了宝贵的意见。我们在前人工作的基础上,认为在本区北、东段的成矿预测基本思路和原则是:就矿找矿,对已知矿区的边部和深部探底摸底;区域展开,对成矿有利地区重点突破;对新地区、新类型、新方向进行探索,力求取得实效。

铜矿峪和上玉坡—胡家峪“短轴背斜”地区是中条山两个最主要的铜矿床分布区和目前矿山开采基地。铜矿峪铜矿现开采的主要矿体是 4 号和 5 号,但这 2 个矿体深部尚未控制,变厚加富的可能性依然存在;矿区外围黑崖底、米岔沟等铜矿化点也有进一步工作的必要性。在上玉坡—胡家峪“短轴背斜”的北西侧、北东端应

进行地质工作,寻找胡—篦型矿床,对矿田内沙坪、37 号异常等找矿靶区应进行深入工作。

对同善—落家河—王屋山构造剥蚀天窗远景区的找矿重点应是与基性火山岩关系密切的落家河型铜矿,其次是变质砂岩型和大理岩型。

本区较大面积分布着中元古代西阳河群火山岩盖层。除对西阳河群中有利的成矿构造部位继续关注芦家坪式铜矿寻找,在西阳河群火山岩盖层下部寻找铜矿峪型、胡—篦型、落家河型铜矿外,结合本区南部河南熊耳群找金的经验,应注意寻找上官式和祁雨沟式金矿。

### 5.2 西南段成矿预测

西南段相对于北、东段的地质工作程度低,地质特征类似于河南小秦岭花岗岩—绿岩带,因而除铜矿外,尤其应重视金矿的寻找,以期取得重大的进展。本区 1/20 万化探已发现大面积强度较高的 Au、Cu、Ag、Pb、Zn、Ni、Co、Mo 等异常,反映本区是金和多金属元素相对浓集区<sup>[12]</sup>。区内已发现产在涑水杂岩中双对沟、蚕房、胡家沟、武家沟等金矿床(点),产在变基性岩脉中铜镍型坪坪沟矿床和产在变基性火山岩中的白峪口铜铁矿床等。

目前已发现的金矿床规模虽然不大,但该类型金矿有时地表出露规模虽小,往往通过对控矿系统的深入研究,依据物化探资料,选出最佳成矿地段,进行工程评价,常会取得较好的效果。因而有必要对已知矿点进行详细地质工作,以期取得突破。同时对产于中元古代西阳河群内的上官式和祁雨沟式金矿也要予以重视。

产于变基性岩脉中的坪坪沟铜镍矿,是近年来山西省地调院新发现的矿床。矿带长约 1 800 m,包括数条矿化体,长 200 ~ 1 000 m,宽 5 ~ 10 m,呈大致平行带状分布,与围岩黑云斜长片麻岩的片麻理产状一致,矿体走向和延深尚未控制<sup>[12]</sup>。对这类矿床应与金川铜镍矿和绿岩带铜镍矿进行对比分析研究,在有利部位,进行工程验证。对产于黑云片岩、角闪黑云片岩等变基性火山岩中的白峪口铜铁矿床也应予以必要地质工作。

## 6 结语

(1)中条山地区主要经历了新太古代花岗

岩-绿岩带、古元古代裂谷作用、中元古代火山活动和中生代岩浆作用的四次与铜、金有关的重大地质事件,其中前二次最为重要。

(2)中条山地区北、东段以古元古代裂谷作用为主,叠加了中元古代火山作用和强度较弱的中生代岩浆活动,成矿以铜为主,其次为金。西南段以新太古代花岗岩-绿岩带的地质事件为主,并叠加较为发育的中生代岩浆活动,成矿以金为主,其次为铜。本区是铜、金成矿较有利地区,有较好的找矿前景。

**致谢:**作者对陈平教授高级工程师、王进军博士研究生、山西省地调院和山西省地勘局214地质队等在工作过程中给予大力支持,表示感谢!

#### 参考文献:

- [1]白瑾,余致信,颜耀阳,等.中条山前寒武纪地质[M].天津:天津科学技术出版社,1997,1-143.
- [2]唐立忠.中条山西南段太古宙变质岩石单元的划分与对比[J].华北地质矿产杂志,1996,11(3):463-468.
- [3]Condie, K. C. Archaean Greenstone Belts[M]. Elsevier Amsterdam, 1981.
- [4]赵风清,唐敏.晋南中条山北峪奥长花岗岩的岩石地球化学[J].华北地质矿产杂志,1994,9(3):271-280.
- [5]Kroner, A., Sun, D. Z., Hu, W. X. and Todt, W.. An Early Proterozoic Copper-bearing Magmatic Arc in North-Central China[J]. TERRA Abstract, 1989, 1: 21.
- [6]孙大中,胡维兴,等.中条山前寒武纪年代构造格架和年代地壳结构[M].北京:地质出版社,1993,1-180.
- [7]张兆琪,薛文彦,柴金钟,等.中条山西南段基底岩系的地质特征[J].地质调查与研究,2003,26(4):193-199.
- [8]董申保,等.中国变质作用及其与地壳演化的关系[M].北京:地质出版社,1986,233.
- [9]李江海,侯贵廷,黄雄南,等.华北克拉通对前寒武纪超大陆旋回的基本制约[J].岩石学报,2001,17(2):177-186.
- [10]孙继源,冀树楷,真允庆.中条裂谷铜矿床[M].北京:地质出版社,1995,1-194.
- [11]冀树楷,傅昭仁,李树屏,等.中条山铜矿成矿模式及勘查模式[M].北京:地质出版社,1992,1-115.
- [12]薛克勤,赵月凤,董清雷.中条山西南段与变基性岩有关的铜矿地质特征及成因浅析[J].前寒武纪研究进展,2002,25(3~4):151-159.

## Geological Foundation and Metallogenetic Prognosis of the Copper and Gold Mineralization in Zhongtiao Mts. Area

SHEN Bao-feng, HU Xiao-die, YANG Chun-liang, CAO Xiu-lan

(Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170)

**Abstract:** Zhongtiao Mts. area underwent Neoproterozoic granitoid-greenstone belts forming, Paleoproterozoic rifting, Mesoproterozoic volcanism and Mesozoic magmatism totally four-times important events, which have relation with copper and gold mineralization. The first two of them are more important. In the north and the east parts, Paleoproterozoic rifting developed well, and then Mesoproterozoic volcanism and weak magmatism overprinted on it. In the southwest part, Neoproterozoic granitoid-greenstone belts forming is the most important geological event, and the strong Mesozoic magmatism overprinted on it, the mineralization is mainly gold and secondly copper. This area is very important region for prospecting copper and gold ores.

**Key words:** Zhongtiao Mts.; copper ore deposit; gold ore deposit; granitoid-greenstone belts; Paleoproterozoic rift; metallogenetic prognosis