

中条裂谷的递进演化与王屋山地区 铜矿成矿地质条件分析

崔小军^{1,2}, 康顺福¹, 刘家军², 赵百胜²

(1. 河南省地质调查院, 郑州 450007; 2. 中国地质大学 地质过程与矿产资源国家重点实验室, 北京 100083)

摘 要: 对中条—王屋山地区前寒武纪沉积建造、岩浆建造、构造形态的分析后, 反演出中条裂谷的递进演化过程, 认为王屋山地区在中条裂谷和区域地壳的演化过程中形成了极为有利的成矿条件: 形成多层含矿建造; 通达地幔的深大断裂提供了丰富的矿源和成矿空间; 频繁的岩浆活动补充了矿质并提供了成矿热能; 剥离断层系统进一步提供了扩容空间; 以活化转移为主要机制的强烈变形变质作用对已形成的含矿建造(矿源层)进行改造。因此, 王屋山地区具有巨大的找矿潜力。

关键词: 王屋山地区; 中条裂谷; 递进演化; 铜矿; 成矿地质条件; 河南省; 山西省

中图分类号: P612; P618. 41 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2007)01-0024-07

0 引言

王屋山地区位于河南省济源市西北部山区, 属中条山脉的东延部分, 与铜矿资源极为丰富的山西省中条山地区毗邻。区内铜矿化普遍, 铜矿床(点)星罗棋布, 成矿条件极为有利。然而, 该区的找矿工作近几年一直没有大的突破, 始终未发现具有大中型规模的铜矿床。而同属太古代—早、中元古代中条山三叉裂谷带的中条山地区, 前寒武系中已发现铜矿床 20 多处, 其中超大型铜矿 1 处、大中型 5 处、小型 10 余处。对于这一现象, 作者试图将王屋山地区置于中条裂谷这一大的成矿地质背景下, 通过对中条裂谷递进演化分析, 重新认识王屋山地区的成矿地质条件, 预测区内的找矿潜力。

1 大地构造背景

王屋山地区所处大地构造位置, 按传统的“槽—台”学说, 为华北地台南缘^[1,2], 按板块学说则是位于华北、华南两大古板块的拼合地带, 为典型的晚太古

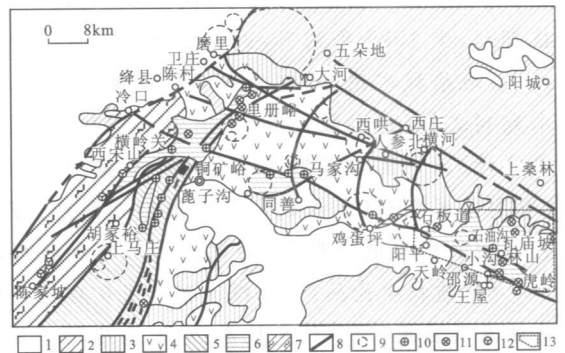


图 1 中条山—王屋山地区 TM 卫片地质解释图
(据文献[4]略有修改)

Fig. 1 Geological interpretation map of TM satellite image of Zhongtiaoshan-Wangwushan region

1. 第三系、第四系 2. 中生界、古生界 3. 长城系 4. 元古界西阳河群 5. 元古界中条群 6. 太古界绛县群、林山群 7. 中太古界涑水杂岩 8. 线性构造 9. 环形影像 10. 铜矿点 11. 铜镍矿点 12. 研究区

代—早、中元古代三叉型裂谷, 亦可称为克拉通边缘裂隙槽^[3,4]。根据华北断块构造单元的划分, 王屋山地区处于华北断块之太行断块南缘的中条块隆^[5]。

中条裂谷在平面上呈“人”字三叉型展布, 冀树

收稿日期: 2006-01-16; 改回日期: 2006-05-12

基金项目: 国家自然科学基金项目(40573026)、重点基金项目(40234051)和国土资源大调查项目(200410200024)资助。

作者简介: 崔小军(1968-), 男, 河南焦作人, 工程师, 硕士, 主要从事地质勘查与找矿。

楷^[6]曾提出, 中条三叉“人”字型裂谷的西南支控制着横关岭、铜矿峪以及胡蓖型铜矿床的展布, 南东支控制着下庄、同善、落家河等铜矿床(点)的分布。图 1 可以清楚地看到南东支向王屋山地区继续延伸, 控制着铜锣、清虚宫、小沟、虎岭、瓦庙坡等众多小型铜矿床(点)的分布。

2 中条裂谷及区域地壳演化史

王屋山地区出露地层以煤窑沟—西七林为界明显分为东、西两个地质单元, 东部广泛出露新太古界—古元古界结晶基底, 西部为中元古界熊耳群和汝阳群弱变质或未变质盖层。自下而上依次为太古界林山群、古元古界银鱼沟群、铁山群、双房群和中新元古界熊耳群、汝阳群^[7], 各群大致可与中条山地区的绛县群、中条群、担山石群、西阳河群相对比。

其中太古界林山群与古元古界银鱼沟群、双房群与熊耳群、熊耳群与汝阳群之间均为角度不整合接触关系, 显示了区域内 3 个大的构造运动旋回。

中条裂谷的形成—发展及其演化基本上代表了区内前寒武地壳的发展史, 同时也直接控制着区域内矿产的分布格局。中条裂谷在漫长的地质演变过程中, 先后经历了数次的“开”、“合”(白谨等学者将中条裂谷的演化概括为三“开”三“合”)和 3 次大规模的地壳运动(五台运动或绛县运动、中条运动、王屋运动)。伴随着 3 次大的构造运动旋回, 中条裂谷内堆积了 3 套截然不同的沉积建造(表 1), 同时也形成了多个矿源层和多次成矿作用。关于中条裂谷的演化有关资料和论述很多, 作者在综合前人对中条裂谷研究的基础上, 根据中条—王屋山地区的区域地质资料, 将中条裂谷划分为 3 个大的演化期: 太古代绛县期、早元古代中条期、中新元古代西洋河期 3 个大的构造运动旋回。

表 1 王屋山地区地壳演化简表
Table 1 Crust evolution of Wangwushan rigion

地质年代	岩石地层	年龄/Ma	沉积建造	岩浆建造	大地构造环境	变质作用	构造样式	构造运动
古生代	寒武、奥陶	< 600	碳酸盐岩建造		地台	未变质	近水平岩层	加里东运动
中、新元古代	汝阳群	1000~ 1850	复理石碎屑岩建造	喷出岩 (安山岩)	陆内裂谷 (拗拉槽)	弱变质或未变质	宽缓褶皱	王屋运动
	熊耳群							
古元古代	双房群	1850~ 2500	复理石碎屑 泥质—碳酸盐岩建造	中基性火山岩	大陆边缘 裂谷 (裂陷槽)	低角闪岩 相至低绿 片岩相	平卧褶皱及 低角度韧性 剪切变形带	中条运动
	铁山群							
	银鱼沟群		碎屑岩—碳酸盐岩建造	中基性火山岩				中条运动初幕
新太古代	林山群	2500~ 2800	复理石建造	双峰式火山岩、 花岗斑岩基性岩				绛县运动 (五台运动)

据文献[2, 7] 资料综合。

2.1 绛县期陆缘裂陷槽(2 800~ 2 500 Ma)

该期是绛县群和林山群的形成时期, 在晚太古代, 由于地幔的底辟作用, 岩石圈变薄, 在地幔扩张和上隆的引力作用下, 华北古陆(中条山涑水杂岩古陆)东南边部裂开, 形成 NE 和 NNW 向内陆裂陷槽, 中条古裂谷开始形成。在此期间裂谷经历了拉张破裂、拉张裂陷、隆升等阶段。裂谷因受基底构造控制, 呈 EW 向展布, 沉积了绛县群(王屋一带称林山群)的火山—沉积岩系, 绛县群除了分布于裂谷南西支的横关岭—铜矿峪一带, 同时在裂谷的南东支铜善天窗、落家河天窗、王屋天窗均有分布(图 1)。绛县群与林山群实为同源、同期、相同地质环境下的

产物。

绛县初期在裂陷槽内首先堆积了风化剥蚀搬运来的陆源碎屑物质, 形成王屋山地区林山群曹庄组石英岩、页岩、砂页岩建造(表 2)。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。该阶段裂谷不断加深, 其沉积物(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, 地层为王屋地区的迎门宫组下段、中条山地区的横关岭组, 该层普遍具黄铜—黄铁矿化。

区内形成以横关岭型铜矿为代表的陆源同生沉积矿床,王屋地区的虎岭、三官店、清虚宫等铜矿点均赋存于该层位。

随着裂谷盆地的强烈断陷,早期的酸性火山物质(变流纹质凝灰岩、变流纹岩等)和后期的基性火

山物质(绿泥黑云片岩、绿泥绢云片岩、绿泥片岩等)不断向海盆堆积,形成了落家河型铜矿床和铜矿峪式铜矿床的赋矿层位。该地层相在中条山地区为宋家山组和西井沟组,相当于王屋地区的迎门宫组上段,区内的小沟、软枣角沟铜矿均赋存于该层位。

表 2 王屋山地区与中条山地区前寒武地层及含矿建造对比表

王 屋 山 地 区				中 条 山 地 区			
界 群	组	沉积建造	含矿性	界 群	组	主要岩石特征	含矿性
中 新 元 古 界	汝阳群	红色碎屑岩	热液型铜矿(铜钨)	中 新 元 古 界	汝阳群	红色碎屑岩	
	熊耳群	大鼓石组、许山组、鸡蛋坪组、马家河组	磨拉石建造、安山岩建造、复理石碎屑岩建造	西 洋 河 群	大鼓石组、许山组、鸡蛋坪组、马家河组	碎屑岩、喷出岩(安山岩)、泥质碎屑岩、碳酸盐岩建造	安山岩铜矿
古 元 古 界	双房群	白龙沟组、神沟组、银洞河组	泥砂质沉积-基性火山沉积-泥质碎屑岩	担山石群		磨拉石建造、泥质-碳酸盐岩建造	含层控铜矿
	铁山河群	白岩山组、桃园组	碎屑-泥质-碳酸盐岩建造夹基性火山岩	上中条亚群		复理石碎屑造夹基性火山岩建造	
	银鱼沟群	赤山沟组	上段 内陆湖沼相泥质-有机质建造	古 元 古 界	余家山组	硅质条带大理岩白云岩夹黑色片岩	主要容矿地层容矿
			中下段 富含钙镁的碳酸盐碎屑岩建造		篦子沟组	碳质片岩夹不纯大理岩	部分容矿
	幸福圆组		下段 中基性火山岩建造		余元下组	白云石大理岩	主要容矿地层
					龙峪组	中下部钙质绢云片岩夹石英岩、大理岩	部分为容矿地层
新 太 古 界	林山群	迎门宫组	上段海相火山岩建造	新 太 古 界	西井沟组	变基性火山岩	
			下段 碎屑、泥质、火山岩建造		横关岭组	绢云片岩	主要含铜及铜矿化层位
		曹庄组	粗碎屑岩建造		平头岭组	石英岩	

王屋山地区资料来自本文;中条山地区资料引自文献[8]。

林山群可分为两大沉积-喷发旋回。下部曹庄组代表裂谷发展初期粗碎屑岩建造,为一不完全的沉积旋回;上部迎门宫组代表裂谷下陷阶段海相火山岩建造和裂谷回返阶段的碎屑、泥质、火山岩建造,构成一个完整的沉积-喷发旋回。区内的软枣角沟铜矿、小沟-柳行沟铜矿、清虚宫-虎岭含铜矿化带均产于该建造之中,为区内最主要的含矿建造之一。

关于林山群与中条山地区绛县群的对比问题,可以从沉积建造和岩石年龄两方面进行讨论。据河南省济源-沁阳县 1:5 万区域地质报告资料,区内林山群同位素年龄 Rb-Sr 法年龄为(2 523 ±173) Ma。根据地层的上下关系:林山群与上覆古元古界银鱼沟群呈区域性角度不整合接触,将该群划为新太古界是合适的。绛县群变质流纹岩的 Sm-Nd 等时线、单颗锆石蒸发 Pb-Pb 法年龄分别为(2 570 ±

140) Ma^[6]和(2 506±5) Ma^[9],变质酸性岩和基性火山岩的 Sm-Nd, Rb-Sr 等时线年龄分别为(2 554±35) Ma 和(2 393±11) Ma^[9]。从沉积建造来看,绛县群由一套复理式浊积岩系和双峰式高钾质火山岩变质而成的低角闪-低绿片岩相,具裂谷沉积建造和火山岩建造特征^[10],属裂谷构造环境的产物^[6, 11, 12]。林山群为一套粗碎屑岩(浊积岩)建造-海相火山岩建造-碎屑、泥质、火山岩建造,也显示出裂陷环境的特征。它们均经历了张裂、下陷、回返3个阶段。故两者均完全对应。

绛县期末(2 500 Ma)发生了绛县运动(相当于五台运动或嵩阳运动),区域应力场由拉张转为挤压,强烈的五台运动使王屋山地区发生普遍的区域变质和混合岩化,伴随着伟晶岩脉、花岗岩脉、正长岩脉的侵入。同时地层发生强烈褶皱(安坪背斜等)上隆和大规模的断裂作用。最后,全区裸露,长期接受剥蚀,形成数十米的风化壳,造成区内第一个角度不整合面。

2.2 中条期陆缘裂谷(2 500~ 1 900 Ma)

中条裂谷在拉伸机制下再次裂陷成槽,它是在绛县期古裂谷基础上的继承和发展。初期,裂谷接受来自绛县群和林山群的陆源碎屑,沉积了一套砂质、半泥质陆源浅海碎屑岩建造。该地层在王屋地区为幸福圆组,中条山地区则为界牌梁组(表1)。

赤山沟早期(相当于中条地区龙峪期),沉积盆地发生明显的差异运动。大致以天台山为界,以东由于强烈凹陷导致基性火山岩喷溢,形成一套百余米厚的富含铜、铁的中基性火山岩建造,成为区内又一个矿源层(赤山沟组下段),该层普遍具孔雀石化和黄铁-黄铜矿化,为区内重要的含矿地层。赤山沟中期后逐渐形成封闭-半封闭海盆,以还原环境为主,海水富含钙镁质,形成厚达400余m的巨厚层钙镁碳酸盐岩建造(赤山沟组中段)。最后发展成为内陆泥沼相,形成厚达数百米的碳质页岩(赤山沟组上段)。天台山以西为开阔海域,长期处于振荡状态,形成厚约500m的碎屑岩-泥质岩-碳酸盐岩韵律沉积,类似于复理石建造。因此,银鱼沟群代表一个由碎屑岩-泥质碎屑夹火山岩-碳酸盐岩-碳泥质岩组成的完整的沉积-喷发旋回。该旋回反映了早元古代中条裂谷在晚太古代裂谷基础上的继承和发展,并在裂谷内堆积了一套复理式沉积建造。从沉积建造特征分析,裂谷活动是在缓慢沉降环境中形成的浅海相、滨海相或泻湖相(碳质片岩)、海湾相沉积建造。据李树屏、陈文明等^[13]研究表明中

条山胡鹮型铜矿床的原始矿源层就产在滨海相或泻湖相向稳定海湾相过渡的环境。因此,银鱼沟群赤山沟组成为区内又一个重要的含矿建造。

铁山期,在天台山以西经历了两个相似的沉降沉积旋回,早期强烈下降,以陆源碎屑为主,后期频繁振荡运动,形成韵律沉积。白岩山后期海水富含铁质和硅质。桃园期白岩山一带局部隆起,缺失泥质、碳酸盐岩沉积。该期以氧化环境为主,后期海水富含镁。由此表明,铁山河群代表了一个由碎屑岩-泥质碎屑夹火山岩-碳酸盐岩-碳泥质岩组成的完整的沉积-喷发旋回,反映了冒地槽沉积建造特征,标志着裂谷处于稳定沉降的状态。晚期受中条运动初幕的影响,区域内发生海退;同时地层产生褶皱(区内SN向中小型紧闭褶皱即为该期产物)并伴随着中基性岩浆侵入和区域性铁、铜成矿作用,为区内铁、铜矿产的重要成矿期。双房期的初期,研究区西部急剧大幅度下降,造成大规模的基性火山岩喷发,形成以火山岩为主夹泥质碎屑岩的火山岩建造(角闪岩夹长石砂岩)。尔后演化为陆源碎屑、火山岩喷发交替出现陆源碎屑-基性火山岩建造。沉积盆地不稳定、火山岩喷发频繁,但始终处于浅海环境为该期的特点。中后期海盆地缓慢下降,物质供应充足,沉积与下降速度大体相当,形成一套巨厚层陆源碎屑夹少量火山岩建造。继之海盆地剧烈动荡,表现为大幅度下降及大规模的海底火山喷发,由于陆源碎屑物质供应不足,形成基性火山岩夹陆源碎屑建造,末期出现碳酸盐岩夹层。

中条期末(1 850~ 1 900 Ma)发生了中条运动,强烈的中条运动导致了区域变质作用,局部的混合岩化作用和中基性岩浆的侵入,形成规模不等的浅成中基性侵入岩体和伟晶岩脉、花岗岩脉、石英脉等。同时发生强烈褶皱和大规模断裂,并伴随着一次区域性的铁、铜矿化。

可见,中条运动奠定了本区构造基础,裂谷再次闭合,并形成了区内古元古界与中元古界熊耳群之间的角度不整合。

2.3 西洋河期陆内裂谷(1 900~ 1 000 Ma)

中元古代开始,华北古大陆南缘陆壳破裂,在豫、晋、陕三省交界处形成裂谷构造,具较典型的三叉裂开特点。其中向北深深插入华北古大陆内,长达160 km以上,演化成熊耳-汉高掬拉槽;向南西、南东东逐渐演化为陆块间的宽坪海槽,将秦岭一大别地块从华北古大陆南缘分离出去^[14]。

中条-王屋一带以广泛分布的西洋河群弱变质

盖层为特征, 该群由大鼓石组、许山组、鸡蛋坪组、马家河组组成, 是一套以熔岩为主、火山碎屑岩次之、未变质的火山岩, 出露面积超过 800 km^2 , 厚度在 $3\,000 \text{ m}$ 以上, 局部达 $5\,000$ 余 m , 与下伏的古元古代变质岩呈明显的角度不整合或断层接触, 与上覆汝阳群为低角度不整合关系。

研究区内铁山河以西地区, 早期地壳缓慢下降, 接受来自北西方向的海浸, 首先形成砾岩、砂岩、页岩的滨海—浅海相建造, 以氧化环境为主, 形成一套红色岩系, 局部成为半闭塞海盆 (湾), 出现红绿色交替的页岩, 应为氧化—还原环境交替的产物, 其地层为大鼓石组。同时伴随着一次弱的砂岩型铜矿化 (铜锣—老东沟砂页岩铜矿)。随着地壳的继续下降, 由于强烈的差异运动, 出现大规模以海相为主的裂隙式喷溢, 形成厚 $3\,000$ 余 m 的基性、中基性为主的火山岩、火山碎屑岩夹少量陆源碎屑建造。从熔岩的枕状构造、龟裂等说明以浅海环境为主, 地层为许山组。中期, 地壳有一个短暂的局部裸露剥蚀期, 形成鸡蛋坪组与许山组之间的不整合接触; 而后下沉, 先形成薄层陆源碎屑岩—页岩建造, 接着又出现大规模的中酸性火山喷发, 形成厚百余米的英安岩建造。晚期, 由于地壳上升、海水变浅、振荡运动频繁, 火山岩与陆源火山碎屑岩相间, 形成厚达 $2\,000 \text{ m}$ 的中基性火山岩、砂页岩、凝灰岩建造。最后全区上升出露地表, 形成与上覆汝阳群的角度不整合, 也是区域内的最后一个角度不整合。

西洋河群火山岩主要岩石类型为玄武安山岩、安山岩、英安岩、流纹岩, 总体看来中基性熔岩出现在该群下部与上部, 中酸性熔岩组成该群的中部, 岩石具双峰式特征, 依岩石地球化学特征判断, 该群生成于陆内环境。孙大中等^[1]获得中条山地区鸡蛋坪组流纹岩中锆石年龄 $1\,826 \sim 1\,840 \text{ Ma}$; 河南省地质二队、河南省地质科研所分别在大鼓石组和马家河组获得 K-Ar 同位素年龄为 $1\,778 \text{ Ma}$ 和 $1\,675 \text{ Ma}$ 。因而西洋河群的底界年龄厘定 $1\,840 \text{ Ma}$ 。中条地区在许山组中基性—中酸性火山岩构造破碎带中产出芦家坪式铜矿床; 王屋地区在大鼓石组紫红色砂页岩中发现有小型铜矿 (化) 点, 在许山组中发现有古火山口型铜矿 (化) 点。

约距今 $1\,000 \text{ Ma}$ 以前, 华北原地台逐渐同扬子原地台实现了拼接^[14], 形成了统一的陆壳, 开始接受中新元古代汝阳群的盖层沉积。

3 成矿地质条件分析

王屋—中条地区在晚太古代、早—中元古代虽都为裂谷环境, 但不同的是在绛县期和中条期为大陆边缘裂谷 (裂隙槽), 而西洋河期为大陆内裂谷 (拗拉槽)。这种裂谷环境为区内的成矿作用提供了十分有利的条件。综合起来表现在:

(1) 中条裂谷在开、合演化过程中形成丰富的含矿建造。研究表明, 王屋山地区的含矿建造有以下 4 个: 林山群迎门宫组, 为裂谷下陷阶段海相火山岩建造和裂谷回返阶段的碎屑、泥质、火山岩建造, 构成一个完整的沉积—喷发旋回。该建造成为区内第一个重要的矿源层。区内已发现的小沟铜矿以及矿区外围的汤洼、柳行沟铜矿点、软枣角沟铜矿、沿封门口断层带所有铜矿点皆赋存于该建造中。中条山地区与该建造相当的绛县群宋家山组、铜矿峪组、横关岭组已发现众多的大、中型铜矿床 (宋家山组中的落家河铜矿床、铜矿峪组中的铜矿峪铜矿床、横关岭组中的横关岭铜矿床)。真允庆^[3, 15]曾多次提出, 在同善、落家河、王屋 3 个构造剥蚀天窗内, 凡有宋家山组火山—沉积岩、并具喷流岩、又有基性岩的地段均可作为找矿靶区。裂谷盆地中频繁的岩浆活动带来丰富的富铜玄武岩或中基性火山岩, 为成矿提供了丰富的物源。中条山地区已知的大中型铜矿床均具特定的产出层位。银鱼沟群赤山沟组下段, 为一套富含铜、铁的中基性火山岩建造, 代表裂谷张裂期大规模的海相火山喷发环境, 是区内又一个重要的矿源层。瓦庙坡铜矿区的主要矿化带皆赋于该建造中, 与此相对应的中条山地区中条群的篦子沟组是胡蓖型铜矿床的主要赋存层位。双房群银洞河组为巨厚的碎屑岩夹基性火山岩建造, 大鼓石铜矿点赋存于该建造中。长城系大古石组砂岩和页岩是赋存层控热液型 (含铜砂页岩型) 铜矿床的主要层位。

(2) 裂谷盆地在沉积作用的过程中存在强烈的张性断裂活动, 为深部热液向浅部流动和海水向深部循环提供了良好的通道。根据有关资料^[6, 15]证实, 中条裂谷中的铜矿床皆与海底热液成矿作用和火山热液成矿作用有关, 成矿前的构造空间 (特别是断裂构造) 则是含铜热液运移和沉淀的场所。由此可知裂谷中的张性断裂活动对成矿有着至关重要的作用。中条裂谷中所有铜矿床皆受沿裂谷边缘展布

的 NW 向和 NWW 向两组断裂控制(图 1),无庸置疑这两组断裂应为成矿前断裂。

(3) 裂谷中存在高热流,提供大量的成矿热能,为成矿热液迁移提供驱动力。据真允庆等^[15]研究,中条裂谷内绝大多数铜矿床不仅与酸性、中基性岩浆有密切的关系,而且还伴随有一种频繁出现的赋矿喷流岩。喷流岩既有海底火山喷发特征,又有火山沉积岩的热水沉积特征。这些喷流岩为成矿提供了大量热能。

(4) 频繁的岩浆活动带来丰富的矿源岩。王屋一中条地区几乎所有的铜矿床(点)在空间上均与中基性岩体形影不离。瓦庙坡铜矿床所有矿化带均与变中基性岩体紧密相伴,岩体呈席状沿层间剥离断层面展布;横关岭铜矿床的上下盘围岩中,均见有斜长角闪岩呈岩床产出;胡蓖型铜矿床中与基性岩的接触带内均为富铜矿体;此外在铜矿峪铜矿床、小沟铜矿情况也大致相同。

作者对小沟、北沟、瓦庙坡等铜矿区变基性火山岩中 Cu 含量的统计表明,王屋山地区变基性火山岩中 Cu 的背景值高,是基性岩中 Cu 丰度值的 1 倍多。在野外经常可以看到斜长角闪岩、方柱角闪黑云片岩中有残留的 Cu 的硫化物呈星散浸染状分布,局部可见石英-硫化物透镜体沿片理分布。说明变基性火山岩完全有可能提供丰富的成矿物质 Cu。然而在靠近矿体部分的变基性火山岩中 Cu 的含量明显偏低,作者在瓦庙坡铜矿普查过程对 5 个钻孔的方柱角闪黑云片中的 Cu 含量进行统计,结果表明 $w(\text{Cu})$ 降为 38×10^{-6} ;小沟铜矿近矿的方柱角闪黑云片中 $w(\text{Cu}) = 48 \times 10^{-6}$,角闪黑云片中 $w(\text{Cu}) = 24 \times 10^{-6}$,表明该区铜矿床中的基性火山岩具有明显的 Cu 亏损现象,其中大量的 Cu 在热液活动中已被萃取和带出而成为成矿物质的主要组成部分。因此,变基性火山岩为区内最主要的矿源岩。

(5) 地壳的伸展作用形成的剥离断层体系提供有利的成矿空间。剥离断层是中条山地区一种重要的控岩、控矿构造形迹。据李先福等^[16]研究认为,中条群在早、中元古代经历了多期变形作用的叠加改造,变形相经历了从深层次到浅层次的构造演变。谭少华等^[17]进一步研究认为,中条群在早、中元古代受到了 3 期伸展变形作用的叠加改造,形成了不同期次的剥离断层。在著名的胡家峪-蓖子沟矿田中,剥离断层特征十分明显,主要发育有余家山剥离断层系和界牌梁剥离断层系,此外在下中条亚群各套地层间,由于岩石能干性的差异形成了一系列层

间剥离断层系。这些剥离断层系统的形成、发展和改造对胡蓖型铜矿床的形成与演化具有重要的意义^[17]。

在封门口断层带北侧自南东到北西方向依次呈现林山群变质杂岩、银鱼沟群-铁山群-双房群(相当于中条群)多期复合的变形变质带、熊耳群和汝阳群弱变形变质盖层,3 个带由老到新依次呈斜列叠复关系(图 2),三者间既是角度不整合,又是剥离断层接触。此外,在银鱼沟群内部赤山沟组与幸福园组之间,由于岩石能干性不同,在岩层的差异性界面间也呈层间剥离断层接触。区内大部分铜、铁矿产均与剥离断层系密切相关,或产于剥离断层带附近,或产于层间剥离断层系。

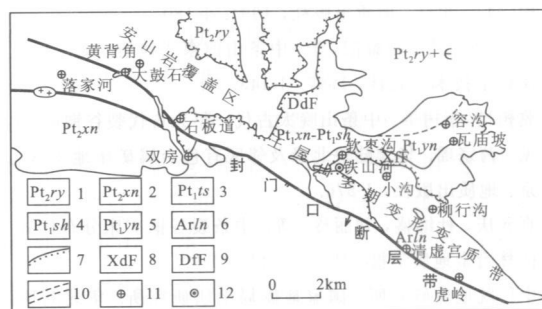


图 2 王屋山地区地质略图

Fig. 2 Sketch geological map of the Wangwushan region

1. 中元古界汝阳群 2. 中元古界熊耳群 3. 下元古界铁山河群
4. 下元古界双房群 5. 下元古界银鱼沟群 6. 太古界林山群
7. 角度不整合 8. 幸福园剥离断层 9. 大鼓石剥离断层
10. 赤山沟层间剥离断层 11. 铜矿点 12. 铁矿点

(6) 从变质成矿的角度来分析,裂谷封闭期的逆冲推覆和褶皱造山作用以及相伴的热事件不仅对含矿岩系进行了变形变质改造,而且造成了以活化转移为主要机制的改造成矿作用。在中条-王屋地区,伴随中条运动而发生的强烈变形变质作用必然对已形成的含矿建造(矿源层)进行改造,这一点在王屋地区的小沟铜矿、瓦庙坡铜矿以及中条地区的胡蓖型铜矿床已得到证实。

4 结论

王屋山地区在前寒武纪区域地壳演化中,经历了五台运动(绛县运动)、中条运动、王屋运动 3 次大的构造运动旋回,中条裂谷经历了三“开”、三“合”的演化过程,形成了极为有利的成矿地质条件:

前寒武系中有 4 个重要的含矿建造: 林山群迎门宫组海相火山岩建造和碎屑、泥质、火山岩建造, 银鱼沟群赤山沟组下段中基性火山岩建造, 双房群银洞河组碎屑岩夹基性火山岩建造, 长城系大古石组砂岩和页岩; 频繁的岩浆活动带来丰富的矿源岩和成矿热能; 丰富的剥离断层体系提供了有利的成矿空间; 裂谷中深达地幔的大断裂为深部热液向浅部流动、海水向深部循环提供良好的通道。据此, 作者认为, 王屋山地区具有巨大的找矿潜力。

参考文献:

- [1] 孙大中, 胡维兴. 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, 1994. 1-180.
- [2] 白瑾, 余致信, 颜耀阳, 等. 中条山前寒武地质[M]. 天津: 天津科学技术出版社, 1997. 1-143.
- [3] 冀树楷, 李树屏. 中条山晚太古代-早元古代裂谷铜矿床[A]. 见: 芮宗瑶. 华北陆块北缘及邻区有色金属矿床地质[C]. 北京: 地质出版社, 1-576.
- [4] 真允庆, 杜继盛, 刘丽玲, 等. 中条裂谷铜矿床分布样式[J]. 桂林冶金地质学报, 1994, 14(1): 1-9.
- [5] 中科院地质研究所, 国家地震局地质研究所. 华北断块区的形成与发展[M]. 北京: 科学出版社, 1980. 1-25.
- [6] 冀树楷, 傅昭仁, 李树屏, 等. 中条山铜矿成矿模式和勘查模式[M]. 北京: 地质出版社, 1992. 1-115.
- [7] 河南省地质局区测队. 河南省济源、泌阳县北部地区 1:20 万幅区域地质调查报告[R]. 郑州: 河南省地质局, 1981.
- [8] 中条山铜矿地质编写组. 中条山铜矿地质[M]. 北京: 地质出版社, 1978. 1-167.
- [9] Kroner A, Sun D Z, Hu W X, *et al.* An Early Proterozoic Copper-bearing Magmatic Arc in North-Central China[J]. TERRA Abstract, 1989, : 21.
- [10] 刘亮明, 陈国达, 彭省临, 等. 中条山地区地壳递进演化与薹型铜矿床的成因[J]. 中南工业大学学报, 1999, 30(4): 354-358.
- [11] 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.
- [12] 马杏垣. 中国地质历史过程中的裂陷作用[A]. 见: 国家地震局地质研究所. 现代地壳运动研究[C]. 北京: 地震出版社, 1985.
- [13] 李树屏, 陈文明. 中条山区前寒武纪铜矿床地质历史演化及成矿年代[J]. 华北地质矿产杂志, 1996, 9: 11-3.
- [14] 白瑾, 戴凤岩, 颜耀阳. 中条山前寒武纪地壳演化[J]. 地学前缘, 1997, 10(4): 3-4.
- [15] 真允庆, 姚富强. 中条山区裂谷型层状铜矿床[J]. 桂林冶金地质学报, 1992, 12(1): 30-40.
- [16] 李先福, 谭少华, 孔东军. 山西中条山胡-薹型铜矿薹子沟组地层的解体与重建[J]. 现代地质, 1990, 4(3): 70-79.
- [17] 谭少华. 山西中条山铜矿区的剥离断层[J]. 西南工学院学报, 1996, 11(3): 68-73.

STEPWISE EVOLUTION OF ZHONGTIAO RIFT AND ANALYSIS ON COPPER MINERALIZATION CONDITIONS IN WANGWUSHAN REGION

CUI Xiao-jun^{1,2}, KANG Sun-fu¹, LIU Jia-jun², ZHAO Bai-sheng²

(1. Henan Geological Survey, Zhengzhou 450007, China; 2. State Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources, China University of Geoscience, Beijing 100083, China)

Abstract: The author inversed the stepwise evolution of Zhongtiao rift by analyzing Precambrian sedimentary formation, magma formation and tectonic form of the Zhongtiaoshan-Wangwushan region and discussed the perfect mineralization conditions of the Wangwushan region formed in the evolution of the Zhongtiao rift and regional crust. The perfect mineralization conditions include: multiple horizons of ore-bearing formations were formed; great mantle-connected fault supplied plenty of ore source and space; frequent magmatism supplied heat energy and ore materials; stripping fault system provide ore-hosted space; metallogenic activation and mobilization of strong deformation and metamorphism reworking on the pre-existing ore formation. The author considers the Wangwushan a huge potential ore region.

Key Words: Wangwushan region; Zhongtiao rift; stepwise evolution; copper mineralization; geological conditions; Henan province; Shanxi province