

谨将此书献给第三十届国际地质大会

中条裂谷铜矿床

孙继源 冀树楷 真允庆 著



地质出版社



中条裂谷铜矿床

孙继源 冀树楷 真允庆 著

地质出版社

· 北 京 ·

(京) 新登字 085 号

内 容 简 介

本书主要论述了中条裂谷形成机制及其在构造形迹、火山-岩浆旋回、沉积建造和成矿作用等方面的双模式地质特征。对中条裂谷的横岭关型、铜矿峪型、落家河型和胡-篦型等主要铜矿床,从成矿地质条件、地球化学和矿床成因等方面进行了剖析,还简要地阐述了白峪口(型)、虎坪(型)、篱芭沟(型)、芦家坪(型)等铜矿床的矿床地质特征。探讨了中条裂谷型铜矿床的时空分布规律,控矿因素和成矿系列。建立了矿床成因模式和找矿模式。指出了今后勘查铜矿床的具体建议和找矿方向。

本书实际材料翔实可靠,内容丰富,立论有据,论述简明,不仅对中条山区隐伏铜矿床的地质勘查具有实用价值,而且对从事矿床、构造、物化探及矿产普查等专业的博士、硕士研究生及大专院校的师生和从事地质找矿、勘查和科研人员均有参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

中条裂谷铜矿床:全国铜矿专项补助攻关项目/孙继源等著.——北京:地质出版社,1995.10
ISBN 7-116-01843-3

I. 中… II. 孙… III. 铜矿床-中国-采矿地质学 N. P618.410.62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 05108 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:赵俊磊 王 榕

*

山西省地矿局运城测绘印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所发行

开本:787×1092 1/16 印张:13.125 铜版图:4 张 字数:300 000

1995 年 10 月北京第一版·1995 年 10 月北京第一次印刷

印数:1—600 册 定价:15.00 元

ISBN 7-116-01843-3

P·1453

序

中条山是我国产铜最早的地区之一。新中国建立后,为了解决国家铜的急需,地质、冶金等有关部门对中条山古采矿遗迹进行地质调查研究,开展普查勘探工作,成功地评价了许多矿床,相继建成了数座矿山,使中条山区成为我国重要产铜基地之一,为国家作出了重大贡献。但随着经济建设迅猛发展,铜矿资源日趋紧张,为扭转这一局面,全国加强了《铜矿攻关》科研工作。结合中条山铜矿山持续生产需提供接替资源实际情况,山西省地质矿产局与冶金工业部第三地质勘查局联合攻关,从事《中条山区隐伏铜矿找矿研究》。成果指出中条山区仍具进一步勘查前景。

《中条裂谷铜矿床》一书是在上述科研成果的基础上,进一步收集本区有远景的铜矿床新资料,综合深入探讨,加工润色而成。本书著者们对中条山区成矿地质环境作了细致而深入的研究,划分出构造地层单元,指出不同构造层内赋存不同类型矿床。如涑水杂岩太古宙结晶基底有白峪口型铜矿,新太古代优地槽中产有铜矿峪型、横岭关型、落家河型等铜矿床,而古元古代地槽建造内则出现胡-篦型铜矿床等。通过矿床区域地质,特别是岩石学、地球化学等方面的综合研究,有依据地提出中条裂谷双模式特征、先张后压构造形迹叠置、沉积序列二元结构、双峰式火山-侵入岩建造和双模式成矿等新的认识。著者们运用成矿系列观点,划分出中条地区区域成矿系列及亚系列,并进一步修改了区域成矿模式,新建了矿床模式。理论联系实际,值得重视地是著者们在成矿模式研究的基础上,建立了各主要铜矿类型的找矿模式,为勘查隐伏铜矿提供了具体方法,有实际意义。

总的说,本书内容丰富、资料新、论证有据并紧密结合生产实际,是对中条山区铜矿迄今最系统、全面、有创新性的专著。相信它的出版,不但可以促使我国前寒武纪铜矿床对比研究提高到一个新水平,而且也丰富了铜矿勘查思路,对矿床地质界有重要参考价值。

宋叔和

1995.2.23

前言

山西省中条山铜矿是我国著名的铜矿产地之一。铜矿开采历史悠久。据《史记·封禅书》记载,“黄帝采首山铜,铸鼎于荆山下”(首山一名雷首山,亦名历山,即今中条山)^①。可见,中条山铜矿采矿始于公元前 20 世纪的五帝时代。唐书《食货志》,明代李贤等新编《大明统一志》,清代张廷玉等撰著的《明史·地理志》及顾祖禹编写的《读史方輿纪要》等文献均有开采利用中条山铜矿的历史记载。区内相继发现古矿洞和炉渣遗迹多处。

建国以来,地质、冶金等有关部门对中条山铜矿资源进行了大量的地质勘查工作。1/20 万区域地质调查、化探扫面(第二代)、重力测量、正规 1/5 万区域地质调查,及各种比例尺的地质(构造)测量范围基本包括了中条山区的主要成矿区。同时,相继进行了不同比例尺的航磁、地磁、电法、水系沉积物测量、土壤地球化学、岩石地球化学测量、放射性测量,以及遥感地质解译等综合性找矿工作,提交了相应的成果报告。据不完全统计,自 1952~1989 年 38 年间区内投入钻探工作量近 62 万米,坑探工作量 2 万米。迄今,累计探明铜矿储量数百万吨,占全省铜矿保有储量的 96.19%。截至目前,中条山区共找到和探明大、中、小型铜矿床 30 余处,发现铜矿(化)点百余处。还值得提出的是,自 50 年代末开始建设矿山以来,相继已建成大中型矿山五座,成为我国产铜的重要基地。

近半个世纪,特别是 70 年代以来,在中条山铜矿地质勘查的同时,许多研究、教学及勘查、采矿部门的专家、学者,以横岭关型、铜矿峪型、落家河型、胡(家峪)-篦(子沟)型等主要铜矿类型为重点,运用新的地质(地球物理、地球化学)理论、观点和先进的技术方法、手段,进行了大量的、系统的内容有别、各有侧重、深度不一、方法各异的铜矿床地质研究,取得了一批重要的研究成果,发表了许多高水平的论文和专著,大大提高了中条山铜矿的地质矿产研究程度,并对地质勘查起到了一定的推动和指导作用。本次研究就是在这些研究成果的基础上进行的。

为缓解我国铜矿资源的紧缺和目前中条山篦子沟、胡家峪、桐木沟等主要富铜矿矿山保有储量不多,濒临危机的严峻形势,为矿山持续生产,积极寻找后备资源,已成当务之急。鉴此,全国铜矿专项补助协调小组于 1990 年 6 月在北京召开的全国铜矿专家座谈会上,经立项论证,确定由山西省地质矿产局负责,冶金工业部第三地质勘查局合作开展《中条山区隐伏铜矿找矿研究》攻关项目研究,其主要任务是:总结中条山区主要铜矿类型的成矿规律和找矿标志;开展对老矿山外围和已知矿床深部隐伏矿体,以及为开辟新区、新类型铜矿的找矿研究;预测成矿远景区,指出找矿方向,为解决铜矿山的接替资源而圈定找矿靶区。研究的主要内容为:

- (1) 从综合、总结区域成矿地质背景和控矿因素入手,进行区域成矿条件的研究;
- (2) 剖析主要类型铜矿床,对成岩与成矿关系、变质作用、火山(岩浆)成矿作用、成

① 闻广,考古地质学——一门有用的新兴边缘学科,地质科技参考资料,1986,(6)。

矿环境、控岩及控矿构造等方面的研究；

(3) 总结成矿规律，研究矿床成因，建立成矿模式；

(4) 综合分析地质、地球物理、地球化学找矿标志，建立找矿模式；

(5) 研究地质、物探、化探、遥感等信息，进行成矿预测，圈定找矿靶区。

该项目由山西省地质矿产局孙继源、山西省地质科学研究所冀树楷，冶金工业部第三地质勘查局真允庆负责。下设3个专题研究组，其专题名称、承担单位及研究人员见下表：

专 题 名 称	承 担 单 位		研 究 人 员	
	负 责 单 位	协作单位	负 责 人	参 加 人 员
中条山北段绛县群 隐伏铜矿找矿研究	山西省地质科学研究所	中国有色金属 工业总公司矿 产地质研究院	李树屏 崔斌华	冀树楷、赵宝善、李泰安 崔拴梅、徐文炘、郭新生
中条山落家河型 隐伏铜矿找矿研究	冶金部第三地质 勘查局地质研究所		杜继盛	王阳湖、刘丽玲、真允庆
中条山胡-麓型 隐伏铜矿找矿研究	山西省地质矿产局 214地质队	北京大学 地质学系	李锡章 艾永富	王化龙、王关玉、阎同翰、牟保磊 孔东军、王 琦、王莫英

此外，由山西省地质矿产局物理探矿队刘仁亮、徐文礼负责，曹嘉澍参加的《中条山铜矿物化探找矿模式研究及有希望异常区大比例尺成矿预测》，作为本项目的专题之一，也进行了相应的研究工作，并提交了阶段性总结报告。

《中条山隐伏铜矿找矿研究》报告，于1994年10月6日在北京，由地质矿产部地质勘查计划管理司组织，李廷栋院士、宋叔和院士主持，裴荣富研究员、石准立教授、姚培慧教授级高级工程师、俞志杰高级工程师、李兆龙教授级高级工程师、陈平教授级高级工程师和马晋平教授级高级工程师等组成的评审鉴定委员会予以评审验收。承蒙专家们的厚爱 and 好评，并遵照各位专家意见，以《中条裂谷铜矿床》为书名出版发行。在此谨向诸位评审员先生表示诚挚的谢意。

本书是在各专题研究成果报告的基础上，由项目负责人分工编写而成。真允庆负责第一章，孙继源负责第二章，冀树楷负责其余各章，最后由孙继源、冀树楷统编定稿。

该项目是在全国铜矿专项补助协调小组办公室、地质矿产部地质勘查司、直管局及冶金工业部地质勘查总局指导下，在山西省地质矿产局、冶金部第三地质勘查局直接领导下，自1990年7月至1993年12月，历时三年半完成的。在研究工作过程中，曾得到有关部门、单位和专家、学者的指导和帮助，借此一并深表谢意。

由于时间较紧，加之水平所限，谬误和不足之处在所难免，敬请不吝赐教。

目 录

第一章 成矿地质构造环境	1
第一节 大地构造背景	1
第二节 前寒武纪地层-构造特征	4
一、四个地层-构造单元	4
二、地层年代学问题讨论	11
三、变质核杂岩体的基本结构	14
第三节 中条裂谷的控矿构造	17
一、X型构造网络与铜矿床的分布样式	17
二、胡-篦型铜矿田的构造研究	18
三、横岭关型铜矿田的构造研究	19
第四节 变质作用及变质相带的划分	21
一、中条变质岩的重建机制	21
二、变质相带的划分	22
三、变质作用及其与成矿关系	23
第五节 中条裂谷的地质演化和成矿作用	25
一、中条裂谷的地质证据	25
二、中条裂谷的双模式特征	26
三、中条裂谷的基性和酸性火山-岩浆岩	30
四、中条裂谷的演化和成矿作用	45
第二章 典型矿床概述	49
第一节 横岭关型铜矿床	49
一、矿区地质特征	49
二、矿床地质特征	52
三、成矿作用	59
四、矿床成因及成矿时代	60
第二节 铜矿峪(型)铜矿床	61
一、矿区地质特征	61
二、矿床地质特征	63
三、成矿作用	69
四、成矿时代	71
五、矿床成因	71
第三节 落家河(型)铜矿床	71
一、矿区地质特征	71
二、矿床地质特征	73

三、成矿作用	82
四、成矿时代	84
五、矿床成因	84
第四节 胡-篦型铜矿床	84
一、胡家峪-篦子沟矿田地质特征	84
二、矿床地质特征	88
三、胡-篦型铜矿床地球化学特征	94
四、胡-篦型铜矿床的成矿作用	97
五、成矿时代	99
六、矿床成因	100
第五节 其他类型铜矿床	100
一、虎坪(型)铜矿床	100
二、篱笆沟(型)铜矿床	103
三、芦家坪(型)铜矿床	106
四、白峪口(型)铜矿床(点)	108
第三章 成矿规律及成矿系列	111
第一节 成矿地质条件	111
一、沉积环境与成矿	111
二、岩层与成矿	112
三、构造与成矿	114
四、区域岩浆岩与成矿	116
第二节 成矿规律	116
一、区域控矿规律	116
二、矿床成因规律	117
三、矿床空间分布规律	121
第三节 成矿系列	122
一、矿床类型	124
二、成矿系列	124
第四节 成矿模式	126
一、建模思路及方法	126
二、建模原则	127
三、区域成矿模式	127
四、矿床模式	128
第四章 找矿模式	138
第一节 胡-篦型铜矿床	138
一、地质找矿标志	138
二、地球物理找矿标志	140
三、地球化学找矿标志	140
四、遥感地质解译标志	140
第二节 落家河型铜矿床	141
一、地质找矿标志	141

二、地球物理特征标志	141
三、地球化学找矿标志	142
四、遥感地质解译标志	142
第三节 铜矿峪型铜矿床	142
一、地质找矿标志	142
二、地球物理特征标志	142
三、地球化学找矿标志	143
四、遥感地质解译标志	143
五、古人采矿遗迹标志	143
第四节 横岭关型铜矿床	144
一、地质找矿标志	144
二、地球物理特征标志	145
三、地球化学找矿标志	145
四、遥感地质解译标志	147
第五节 找矿系统	147
第五章 成矿远景及找矿靶区	148
第一节 成矿远景区划	148
一、成矿远景区划准则	148
二、成矿远景区划	149
第二节 找矿靶区	157
一、分布在横岭关型铜矿成矿远景区内的靶区	158
二、分布在铜矿峪型铜矿成矿远景区内的靶区	160
三、分布在落家河—同善构造-剥蚀天窗铜矿成矿远景区内的靶区	163
四、分布在胡-篁型铜矿成矿远景区内的靶区	164
第三节 靶区验证	166
第四节 对中条山区铜矿地质勘查的建议	170
一、继续深入开展对成矿远景区的综合地质勘查和科研工作	170
二、继续评价铜峪沟石门口和上古堆矿点	173
三、对圈定出的找矿靶区要做筛选并分批评价	173
结 语	175
参考文献	177
英文摘要	180
图 版	191

CONTENTS

Chapter 1. Tectonic Setting of Mineralization	1
1. 1. Tectonic setting	1
1. 2. The Precambrian stratigraphy and tectonics	4
1. 2. 1. The four stratigraphic-tectonic units	4
1. 2. 2. Discussions on the chronology of the stratigraphy	11
1. 2. 3. Basic structures of the metamorphic core complex	14
1. 3. The tectonic controls over the deposits in the Zhongtiao rift	17
1. 3. 1. The "X" -shaped tectonic frame and distribution of the copper deposits	17
1. 3. 2. The ore-controlling structures in the Hu-Bi-type ore fields	18
1. 3. 3. The ore-controlling structures in the Henglingguan ore fields	19
1. 4. Subdivision of the metamorphism and metamorphic facies	21
1. 4. 1. The reconstruction mechanism of the metamorphic rocks in Zhongtiao Mt.	21
1. 4. 2. Subdivision of the metamorphic belts and facies	22
1. 4. 3. The metamorphism and the mineralizations	23
1. 5. The geological evolution and mineralization of the Zhongtiao rift	25
1. 5. 1. The evidence for the Zhongtiao rift system	25
1. 5. 2. The bi-model characteristics of the Zhongtiao rift	26
1. 5. 3. The basic and acid volcanics-magmatites	30
1. 5. 4. Evolution of the Zhongtiao rift and associated mineralization	45
Chapter 2. Descriptions of the Typical Deposits	49
2. 1. The Henglingguan-type copper deposits	49
2. 1. 1. Geology of the mining districts	49
2. 1. 2. Geology of the ore deposits	52
2. 1. 3. The mineralization	59
2. 1. 4. The ore genesis and age of mineralization	60
2. 2. The Tongkuangyu-type copper deposits	61
2. 2. 1. Geology of the mining districts	61
2. 2. 2. Geology of the ore deposits	63
2. 2. 3. The mineralization	69
2. 2. 4. Age of the mineralization	71
2. 2. 5. The ore genesis	71
2. 3. The Luojahe-type Copper Deposits	71
2. 3. 1. Geology of the mining districts	71
2. 3. 2. Geology of the ore deposits	73
2. 3. 3. The mineralization	82
2. 3. 4. Age of the mineralization	84

2.3.5. The ore genesis	84
2.4. The Hu-Bi-type copper deposits	84
2.4.1. Geology of the Hujiayu-Bizigou ore field	84
2.4.2. Geology of the ore deposits	88
2.4.3. Geochemistry of the Hu-Bi-type copper deposits	94
2.4.4. Mineralization of the Hu-Bi-type copper deposits	97
2.4.5. Age of the mineralization	99
2.4.6. The ore genesis	100
2.5. The other copper deposit types	100
2.5.1. The Huping-type copper deposits	100
2.5.2. The Libagou-type copper deposits	103
2.5.3. The Lujiaping-type copper deposits	106
2.5.4. The Baiyukou-type copper deposits (occurrences)	108
Chapter 3. Mineralization Regularity and Mineralization Series	111
3.1. Geological controls over the mineralization	111
3.1.1. The sedimentary environments and mineralization	111
3.1.2. The stratigraphic controls over the mineralization	112
3.1.3. The tectonic controls over the mineralization	114
3.1.4. The regional magmatism and mineralization	116
3.2. The mineralization rules	116
3.2.1. The regional ore-controls rules	116
3.2.2. The ore genetic rules	117
3.2.3. Spatial distribution of the deposits	121
3.3. The mineralization series	122
3.3.1. The deposit types	124
3.3.2. The mineralization series	124
3.4. The ore deposit models	126
3.4.1. Thoughts and methods of model construction	126
3.4.2. Principles of model construction	127
3.4.3. The regional ore genetic models	127
3.4.4. The ore deposit models	128
Chapter 4. The Ore Exploration Models	138
4.1. The Hu-Bi-type copper deposits	138
4.1.1. The geological exploration indicators	138
4.1.2. The geophysical exploration indicators	140
4.1.3. The geochemical exploration indicators	140
4.1.4. The remote sensing indicators	140
4.2. The Luojahe-type copper deposits	141
4.2.1. The geological exploration indicators	141
4.2.2. The geophysical exploration indicators	141
4.2.3. The geochemical exploration indicators	142
4.2.4. The remote sensing indicators	142

4. 3. The Tongkuangyu-type copper deposits	142
4. 3. 1. The geological exploration indicators	142
4. 3. 2. The geophysical exploration indicators	142
4. 3. 3. The geochemical exploration indicators	143
4. 3. 4. The remote sensing indicators	143
4. 3. 5. The ancient mining work tracers	143
4. 4. The Henglingguan-type copper deposits	144
4. 4. 1. The geological exploration indicators	144
4. 4. 2. The geophysical exploration indicators	145
4. 4. 3. The geochemical exploration indicators	145
4. 4. 4. The remote sensing indicators	147
4. 5. The exploration systems	147
Chapter 5. The Planning of Potential Exploration Region and Exploration Targets	
Selection	148
5. 1. The planning of exploration region	148
5. 1. 1. Criteria for planning	148
5. 1. 2. The regional potential planning	149
5. 2. The exploration target selection	157
5. 2. 1. The targets in the Henglingguan-type copper potential planing district	158
5. 2. 2. The targets in the Tongkuangyu copper potential planing district	160
5. 2. 3. The targets in the Luojahe—Tongshan Structural-denudational window copper potential planing district	163
5. 2. 4. The targets in the Hu-Bi-type copper potential planing district	164
5. 3. Test of the targets	166
5. 4. Propositions for the copper exploration in the Zhongtiao Mt. area	170
5. 4. 1. Continuing more detailed integrated geological prospecting and research	170
5. 4. 2. Continuing the evaluations of the ancient mining relicts in the Tongyugou, Shimenkou and Shanggudui	173
5. 4. 3. Target selection and evaluation	173
Conclusion Statements	175
References	177
Abstract	180
Plates	191

第一章 成矿地质构造环境

第一节 大地构造背景

中条山铜矿集中区处于鄂尔多斯地块与河淮地块接合带的南端。该接合带是在中朝克拉通前寒武纪裂谷的基础上形成的，前人（马杏垣，1985；郑超文，1986）认为它起始于新太古代—元古宙（图 1-1）。

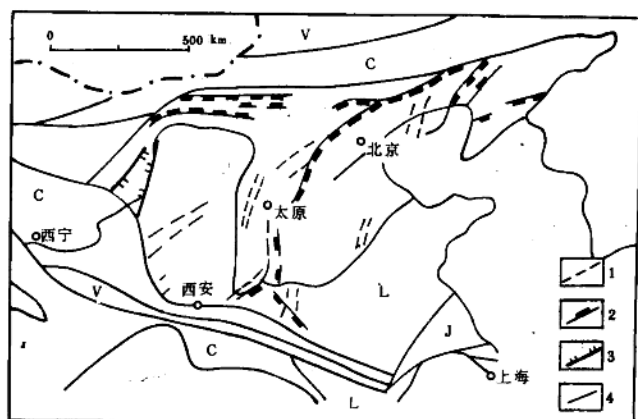


图 1-1 中朝克拉通前寒武纪裂谷

（据马杏垣，1985 资料改编）

Fig. 1-1. Precambrian rift of Sino-Korean craton

（after Ma Xingyuan, 1985）

1. 新太古-元古代裂谷；2. 中新元古代裂谷；3. 古元古代裂谷；4. 晚古生代裂谷；

L. 吕梁-中岳旋回；J. 晋宁旋回；C. 加里东旋回；V. 华力西旋回

邢集善等（1989）将山西结晶基底克拉通古构造，自北向南划分为：保德—右玉构造带，五台—吕梁古裂谷，系舟山古裂谷（？），离石—阳泉古裂谷，中条三叉古裂谷及左权—安阳古裂谷等，对山西后期构造具一定的控制作用（图 1-2）。

从晋南—秦岭地域的莫霍界面梯度特征（图 1-3）可以看出，中条裂谷正处于伊陕莫霍界面隆起的南部，在临汾凸起与富平凸起、沁阳凸起之间的凹陷带内。垣曲附近为莫霍界面等深线的弯曲部位，其凹陷的延长方向近于东西，与秦岭的构造线趋于一致。

孙继源等（1992）运用地震层析（CT）资料，分析了数百公里深度内的上地幔三维地震波速差异后，发现中条地区及豫北三门峡地区，低速体为软流圈呈上涌柱状出现（图 1-4）。该“柱”宽约 90~100 km，深度自 60~150 km（尚未见底）。在其顶部 60 km 深处出现一个水平低速层，厚 15~20 km，向南延伸至秦岭，向北延伸似乎与塔儿山—二峰山的下

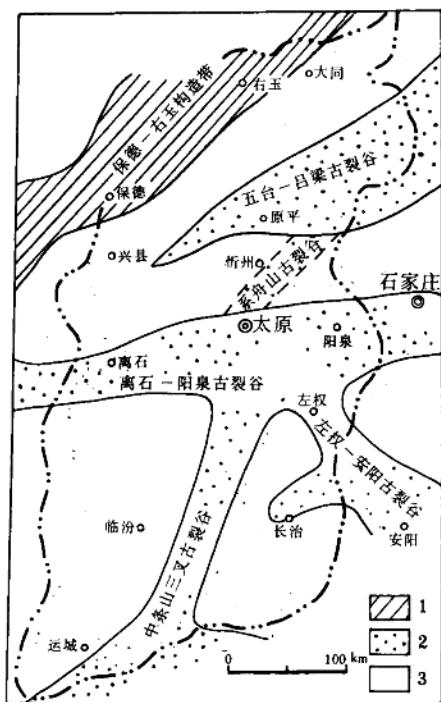


图 1-2 山西古裂谷分布示意图
(据邢集善等, 1980 年资料改编)
Fig. 1-2 Distribution sketch of
palaeorift in Shanxi
(after Xing Jishan et al., 1980)
1. 构造带; 2. 古裂谷; 3. 新隆起

地壳联通。本区软流圈上涌柱 P 波速度约为 7.6~7.9 km/s, 相对高于一般软流圈。可能是熔融程度较低之故, 推测是构造运动的动力来源。

区域内的地球物理场, 表现为负布格重力异常和负磁异常 (图 1-18), 明显的重、磁梯度带与 TM 遥感影像线性构造 (图 1-14) 和区域深大断裂相吻合, 主要为 NE 向 (解州—磨里) 与 NW 向 (桑林—古朵地) 两条断裂构造相交呈近似直角, 构成三叉型裂谷的边界断裂。

很显然, 中条山区的基本构造格局和地质特征是与华北地台整个前寒武纪构造活动及演化具有密切的内在联系。

区内出露最老的地层为太古宙涑水杂岩, 可与五台山—太行山区的阜平群或吕梁山区的界河口群、秦岭一带的太华群相对比, 形成了变质核克拉通结晶基底。

华北地台发展到新太古代或古元古代进入到一个全新时期。基于太古宙克拉通基底为刚性, 由于地壳拉张断陷和下伏软流层的底辟上侵 (K. Crare, 1976) 形成了某些张性裂谷, 中条山区就是典型的裂谷之一。

新太古代绛县群为一套广泛发育的双峰态超钾质火山岩系和细碎屑岩优地槽沉积建造, 成为该裂谷存在的有力佐证。晚期阶段裂谷内

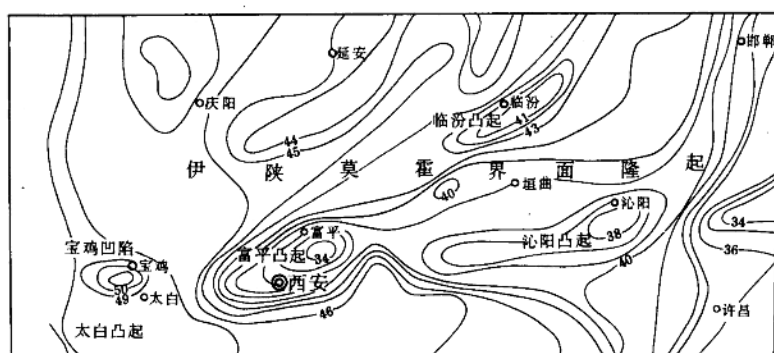


图 1-3 晋南—秦岭一带莫霍面等深线图
(据李继宇, 1983)

Fig. 1-3 Moho depth distribution of South Shanxi-Qinling region
(after Li jiyu, 1983)

火山活动减弱，其性质转化为坳拉槽型深裂陷槽，沉积有陆源碎屑岩、泥质岩及碳酸盐岩等正常沉积，其中有小规模的细碧岩及基性岩墙、岩床侵入，所以中条群显示了冒地槽沉积建造的特点。

区内绛县群及中条群的地层、岩石均遭受了低-中级变质、变形作用，形成绿片岩-低角闪岩相的变质岩系。

中条运动可分两幕，其时代分别为 2100 Ma 和 1850 Ma，有裂谷型花岗岩性质的奥长花岗岩及花岗岩侵入。中条运动 I 幕

(2100 Ma) 有北峪奥长花岗岩体，II 幕有落家河花岗岩 (Rb-Sr 法为 1795 ± 135 Ma) 侵入。继中条运动之后，于中-新元古代再度发生拗陷，并沿断裂产生强烈的中性火山岩喷

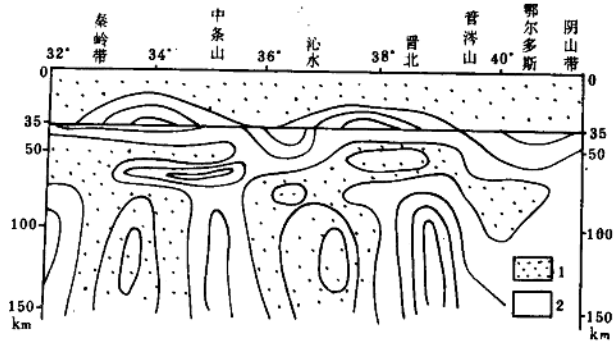


图 1-4. 华北地台沿东经 112° CT 断面图
(据孙继源等, 1992)

Fig. 1-4 Section of seismic tomography of North China Platform along 112° E
(after Sun Jiyuan et al., 1992)
1. 高速体; 2. 低速体

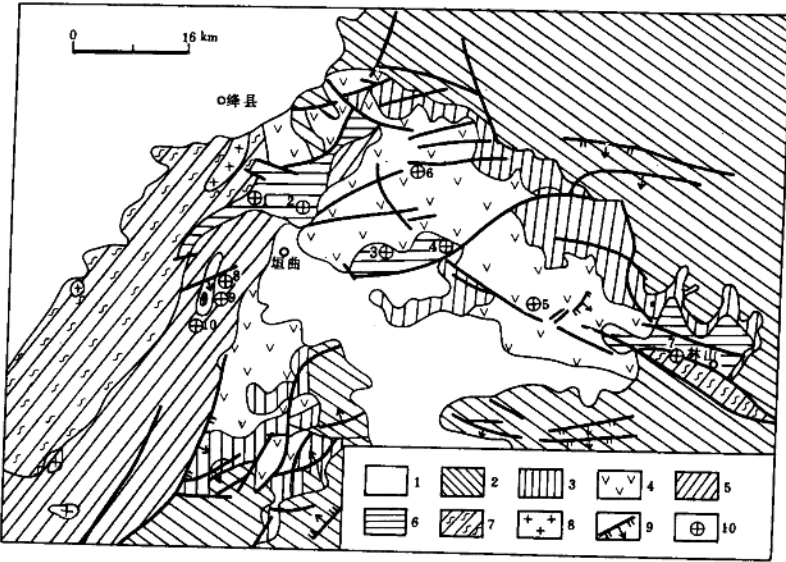


图 1-5 中条山地质略图

(据山西、河南区调资料编绘)

Fig. 1-5 Schematic geological map of Zhongtiao Mountains

(compiled from the data of Regional geological survey of Shanxi and Henan)

1. 新生界; 2. 中生界、古生界; 3. 元古宇长城系; 4. 中、上元古界西阳河群; 5. 下元古界中条群;
 6. 上太古界绛县群; 7. 太古宇涑水杂岩; 8. 花岗岩; 9. 断层; 10. 铜矿床
- 铜矿区名称: 1. 横岭关; 2. 铜矿峪; 3. 篱笆沟; 4. 虎坪; 5. 落家河; 6. 芦家坪; 7. 小沟;
8. 篦子沟; 9. 桐木沟; 10. 胡家峪

溢,形成西阳河群(相当于河南的熊耳群)。主要由安山集块岩及安山岩夹泥、砂质页岩组成,具有大陆边缘安第斯型构造活动的特征,是华南古板块俯冲到华北古板块下,即所谓A型俯冲的产物(胡受奚等,1989)。这套火山岩系基本没有变形和变质特征,代表了中条裂谷前寒武纪最后一次重要的岩浆作用和地质构造事件(孙海田等,1991)。

中条山地区的地层、构造及铜矿床分布如图1-5所示。

应该指出,中条山区是处于华北与华南古板块拼合带的北侧,主要是以NE向和NW向两组基底断裂为边界,组成了具有区域性太古宙—元古宙的地质实体。从这个意义上来说,亦可称之为中条地体。在地体内除以EW向为主的基底构造之外,尚有与边界平行或近似平行的NNE向及NW向两组断裂,相互交叉形成构造网络。

第二节 前寒武纪地层-构造特征

中条山是一个铜矿集中区,也是一个典型的前寒武纪变质核杂岩出露区。其地层的地质时代隶属问题,至今和我国其他前寒武纪变质岩区一样,存在着认识上的分歧。

一、四个地层-构造单元

目前虽然对前寒武纪地层时代划分不一,但将中条裂谷划分为四个地层-构造单元的认识却是一致的。

(一) 古—中太古代地层-构造单元

主要指涑水杂岩,分布于中条山区的西坡和北西坡,出露面积约1100 km²。《山西省区域地质志》(1989)一书,曾启用“涑水群”一词,但由于构造问题没有搞清,有部分原岩可能为变质的岩浆岩,而且与上覆地层的关系也不太清楚,故以沿用“涑水杂岩”一词较为合宜。

所称的涑水杂岩,为一套变质程度较深的变质杂岩。它是中条裂谷的刚性基底,由各种片麻岩和混合岩以及斜长角闪岩、方柱黑云片岩、浅粒岩、变粒岩、大理岩和薄层的磁铁石英岩组成。与上覆地层的关系有两种意见:一种意见认为,在闻喜县岔沟,见到平头岭组与涑水杂岩呈不整合接触;另一种看法是涑水杂岩与绛县群、中条群等上覆地层并不是不整合关系,不同的是前者混合岩化强烈。笔者根据野外调研,同意前一种意见,即涑水杂岩与上覆中条群或绛县群呈不整合接触关系,后沿此界面产生剥离断层。剥离断层下盘发生糜棱岩化、混合岩化。

在白峪口至平陆县一带,涑水杂岩中有断续分布的石英-方解石脉型铜矿床,系为混合变质热液成因的小型脉状铜矿床。

孙勇等(1988)曾将涑水杂岩划分为长英质片麻岩和上表壳岩系两大单元,在形成和发生变质的时间上,较西格陵兰、加拿大拉布拉多、苏格兰斯科和南非(阿扎尼亚)林波波带等太古宙高级变质地体更年轻,这或许正是太古宙中国地块的显著特征之一(Condie, 1981)。各类岩石的化学成分列于表1-1。

长英质片麻岩 岩石呈灰色,主要由石英(25%~30%)和斜长石($An=20\pm; 40\%\sim 60\%$)组成,含少量普通角闪石(1%~5%)或黑云母(5%~10%)。常见副矿物为磁铁矿、磷灰石和锆石等。根据岩石化学成分,分别投入CaO-K₂O-Na₂O和An-Ab-Or图解,为英云闪长岩、奥长花岗岩、花岗闪长岩(图1-6),还有少量中性成分的条纹状角闪斜长片麻岩,可称为TTG片麻岩。

表 1-1 凉水杂岩常量 ($w\%$) 和微量元素 (10^{-4}) 数据

Table 1-1 Composition of main elements and microelements of Sushui complex

化学成分	基性片麻岩		中性片麻岩		英云闪长-奥长 花岗岩片麻岩			晚期花岗岩			斜长角闪岩脉		
	S008	S100	S003	S012	S004	S007	S011	S002	S005	S006	S010-6	S015	S023
SiO ₂	49.54	50.65	55.70	56.20	63.65	65.20	67.25	65.60	72.50	74.56	50.55	52.21	51.60
TiO ₂	0.89	1.07	0.62	0.56	0.61	0.39	0.59	0.35	0.27	0.11	0.90	0.84	1.08
Al ₂ O ₃	14.59	14.07	17.24	14.08	15.96	16.22	13.67	15.81	13.67	13.64	16.38	15.73	15.21
Fe ₂ O ₃	2.44	2.86	2.12	2.39	1.46	1.49	1.05	2.14	1.17	0.62	2.60	2.75	2.96
FeO	8.84	9.16	5.07	4.92	2.74	2.20	3.65	1.39	1.06	0.43	8.15	7.67	9.23
MnO	0.22	0.25	0.15	0.13	0.10	0.11	0.10	0.10	0.07	0.06	0.22	0.21	0.26
MgO	6.13	6.55	3.67	6.61	1.35	1.86	3.69	2.06	0.90	0.32	6.73	6.90	6.49
CaO	10.14	9.50	6.72	6.83	4.17	4.12	3.14	0.75	1.10	0.36	10.42	9.23	9.56
Na ₂ O	2.22	2.45	4.00	3.66	5.00	5.22	3.12	4.70	3.64	3.64	2.85	2.97	2.58
K ₂ O	1.04	0.80	1.58	2.96	2.12	1.94	2.02	6.28	6.42	6.20	1.02	1.31	0.97
P ₂ O ₅	0.20	0.21	0.17	0.39	0.25	0.15	0.38	0.17	0.14	0.12	0.18	0.16	0.21
Ni	99.00	43.00	29.00	109.00	17.00	9.00	53.00	8.00	2.00	4.00			
Co	58.00	52.00	31.00	29.00	12.00	11.00	24.00	9.00	5.00	2.00			
Cr	248.00	41.00	53.00	450.00	7.00	15.00	66.00	43.00	7.00	7.00			
V	298.00	355.00	230.00	188.00	49.00	51.00	80.00	56.00	28.00	16.00			
Rb	33.30	8.30	45.20	80.40	69.00	55.90	69.00	195.00	281.30	253.00			
Sr	230.00	278.00	423.00	1130.00	383.00	579.00	272.00	346.00	150.00	82.00			
Ba	162.00	189.00	324.00	1441.00	915.00	677.00	493.00	809.00	650.00	450.00			
Zr	68.00	82.00	67.00	54.00	270.00	82.00	210.00	190.00	180.00	100.00			
La	9.24	6.81	10.66	32.06	29.66	13.14	32.98	32.44	38.30	47.14	7.56	7.66	6.87
Ce	20.09	18.01	24.34	66.62	65.07	24.41	67.60	73.11	107.00	96.22	16.40	16.43	18.07
Nd	11.47	8.93	14.98	29.87	32.61	9.98	27.61	23.43	25.17	31.15	9.65	8.93	8.79
Sm	2.98	2.53	3.57	5.57	6.58	1.77	4.72	3.86	3.77	5.26	2.58	2.12	2.48
Eu	1.05	0.92	1.51	1.54	2.15	0.60	1.25	0.68	0.34	0.26	0.85	0.73	0.91
Gd	3.96	3.49	4.02	4.70	6.91	1.61	4.43	3.17	3.02	4.17	3.52	2.86	3.48
Tb	0.55	0.48	0.51	0.57	0.59	0.18	0.31	0.10	0.25	0.55	0.62	0.47	0.50
Tm	0.29	0.26	0.23	0.17	0.52	<0.10	0.23	0.22	0.22	0.24	0.27	0.23	0.23
Yb	2.04	1.93	1.66	1.23	5.12	0.36	1.22	1.41	1.45	1.59	1.94	1.62	1.95
Lu	0.33	0.30	0.25	0.27	0.61	<0.10	0.29	0.27	0.33	0.27	0.32	0.33	0.31
Y	18.68	17.57	15.84	13.04	28.14	4.09	13.18	9.54	11.43	15.24	17.24	14.63	17.57
CeN/YbN	2.35	2.22	3.49	12.90	5.00	16.14	13.20	12.30	17.60	14.40	2.01	2.41	2.22
Eu/Eu*	1.04	1.05	1.34	0.99	1.07	1.18	0.91	0.63	0.33	0.18	0.96	1.00	1.02
Rb/Sr	0.14	0.03	0.11	0.07	0.18	0.10	0.25	0.56	1.80	3.09			
Ba/Sr	0.70	0.68	0.77	1.28	2.39	1.17	1.81	2.34	4.33	5.49			
La/Yb	4.53	3.53	6.42	26.07	9.51	36.50	27.03	23.01	26.41	29.65	3.90	4.73	3.52
DI	28.57	29.95	52.40	51.60	74.01	73.57	67.27	87.84	92.08	96.26	31.80	34.55	30.53
SI	29.66	30.02	22.32	32.18	10.66	14.63	27.27	12.43	6.82	2.85	31.52	31.94	29.19

注: (1) 常量元素由西北冶金地质研究所分析, H₂O⁺、CO₂ 含量未列入;

(据孙勇, 1988)

(2) 微量元素由地质矿产部岩矿测试技术研究所分析 (稀土元素采用光谱分析)。

从 TTG 片麻岩的球粒陨石标准化模式图 (图 1-7 b, c) 可知, 均属于轻稀土富集型 (Ce_N/Yb_N 分别为 5.0, 16.4 和 13.2), 重稀土亏损, Eu 异常不明显, 高 Ce_N/Yb_N 等地球