

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产

第 27 号

中条山铜矿成矿模式
及勘查模式

冀树楷 傅昭仁 李树屏 路九如 刘仁亮

地质出版社

P
06
41-1
27

中华人民共和国地质矿产部

地质专报

四 矿床与矿产 第 27 号

中条山铜矿成矿模式
及 勘 查 模 式

冀树楷 傅昭仁 李树屏 路九如 刘仁亮

地质出版社

(京)新登字085号

内 容 简 介

本书基于野外调查、多年来铜矿地质勘查和开采资料,从区域地质构造研究入手,运用不同学科中的多种手段、多种方法剖析了胡-魏型和铜峪堡铜矿床,提出了中条“人”字型裂谷控制金属成矿带,火山-喷流沉积和基性-中性岩浆活动形成初始矿源层(岩)这样一种认识。在地壳伸展作用下形成的中条多期复合变质核杂岩体、剥蚀断层和不同规模的控矿构造是金属矿田和矿床的聚集场所。在查明中条山铜矿为多元、多源、多期热水环流叠加热液层控矿的成因机制和矿床分布规律的基础上,建立了区域成矿模式、矿床成因模式、地球化学模式、找矿勘查模式和地质找矿勘查系统。

本书可供矿床地质研究人员、地质院校师生和地质找矿工作者参考。

中华人民共和国地质矿产部 地质专报

四 矿床与矿产 第27号

中条山铜矿成矿模式及勘查模式

冀树楷 傅昭仁 李树屏 路九如 刘仁亮

责任编辑:江晓庆

地质出版社出版发行

(北京和平里)

河北省衡水市印刷厂印刷

新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092¹/₁₆, 印张:8 字数:179000

1992年7月北京第一版,1992年7月北京第一次印刷

印数:1—800册 定价:5.55元

ISBN 7-116-01150-1/P·371

序 言

山西省中条山区是我国著名铜矿产地之一。这里的铜矿在我国的国民经济建设中占有重要的战略地位。随着国家经济建设的迅速发展,我国对铜矿资源的需求与日俱增。该区早在60年代初建成的铜矿山,经多年开采,矿山保有的浅处富矿储量日趋减少,铜矿资源形势相当严峻。然而中条山区地质勘查和研究程度都比较高,进一步寻找隐伏矿床的难度很大。当今,能否发现一些新的隐伏矿床,尤其是围绕面临闭坑的危急矿山周围有无可能再找到新矿体,以延长老矿山的服役年限,不断发挥其社会效益,是急需解决的问题。为此,山西省地质矿产局在“七五”期间组织了一支勘查-教学-科研三位一体的研究队伍,开展了对中条山区铜矿的找矿远景研究。该专题研究运用了现代地质理论和先进的技术方法,采用多学科、多工种协同攻关形式,经过近四年的地表地质调查和坑下观察,从基础地质构造研究入手,剖析了典型矿床;在大量的实际资料基础上,分析、吸取了前人的地质研究成果,反复进行了综合分析,系统探讨了中条山区的区域构造地质背景、区域地球物理和地球化学特征、变形变质作用、岩浆活动、成矿作用以及成矿时期的物化条件、控矿因素、矿体分布规律,进而发现了中条山区铜矿带受中条“人”字型裂谷系控制的现象;首次提出了多期复合变质核杂岩体的新概念;创建了中条山铜矿区内的多期剥离断层系统和构造地层单元,并运用同位素年代学方法基本理顺了它们的形成年代。上述研究成果把该区的基础地质研究水平提高到一个新的高度。

作者根据上述研究成果编写出《中条山铜矿成矿模式及勘查模式》。作者在本书中明确指出中条山区铜矿形成的有利构造部位是发生在矿源层(岩)附近的剥离断层(I型)、叠加褶皱部位(W型)、断裂与褶皱复合部位(h型),从而为矿床预测和找矿指明了方向,具有重要的实际意义。该专著在系统总结胡家峪-篦子沟型(简称胡-篦型)和铜矿峪型铜矿床的成矿机制的基础上,建立了中条山区铜矿的区域成矿模式和胡-篦型、铜矿峪型两大类型的矿床成矿模式,并采用图解和流程图加以表示,使其概念清楚、简明完整,具有理论和示范价值;又在矿床成矿模式研究基础上,结合作者以往的找矿经验,首次建立起本区勘查系统;还利用了地、物、化、遥感综合信息建立起中条山区铜矿找矿勘查模式,并分别用图、表加以表示,使其具有实用价值和指导意义。

值得提出的是,该专题研究不论在指导思想上,还是在研究方法和取得的科研成果上都充分体现出地质科研工作面向经济建设、面向地质找矿的方针;科研人员在研究过程中敢于并善于大胆花费工作量及时地对所建成矿模式和找矿勘查模式和圈定的找矿靶区进行验证,从而完成了从实践到认识、再实践再认识的思维旋回,并使研究成果更接近实际。

该专著资料丰富,立论有据,论述深入,结论合理,模式新颖,是一份具有较高学术价值和重要实践意义的高水平科研成果,对生产、教学、科研单位都具有参考价值。

宋叔和

1991.4.14.

目 录

前言	(1)
第一章 成矿地质构造背景	(3)
第一节 中条多期复合变质核杂岩体的基本结构	(3)
一、涑水花岗岩变质核	(4)
二、中条晚太古一早元古代多期变形变质带	(5)
三、未变质或弱变质沉积盖层	(6)
第二节 中条剥离断层系统的厘定	(7)
第三节 中、浅变质岩层的成层构造解析	(8)
一、褶皱层内变质固态流变构造群落	(8)
二、变基性岩底的构造变形分解	(9)
第四节 变质作用及变质相带的划分	(11)
一、中条变质岩的重建机制	(11)
二、变质相带的划分	(11)
第五节 区域地磁场及金、铜地球化学特征	(13)
一、区域地磁场特征	(13)
二、铜、金元素的区域地球化学特征	(14)
第二章 胡-德型铜矿	(16)
第一节 胡-德型铜矿的矿田地质构造解析	(16)
一、中条群褶皱地层系统	(17)
二、界牌梁剥离断层和余家山剥离断层	(17)
三、同斜面理褶皱-冲断构造	(17)
四、上玉坡叠加褶皱系统的变形分析	(20)
五、北峪花岗岩体的构造解析	(22)
六、浅层次大型伸展构造	(23)
七、成矿期后断裂	(24)
第二节 重点矿床的构造分析	(24)
一、篦子沟矿床	(25)
二、桐木沟矿床	(26)
三、老宝滩矿床	(27)
四、胡家峪南和沟矿床	(29)
第三节 容矿岩石及围岩蚀变特征	(33)
一、容矿岩石特征	(33)
二、容矿岩石的岩石化学和微量元素、稀土元素特征	(33)
三、围岩蚀变特征	(34)
第四节 矿化特征	(37)
第五节 成矿作用分析	(39)

一、热液(水)来源	(39)
二、热液性质	(41)
三、成矿热液的物理—化学条件	(42)
四、矿质来源	(45)
五、金属硫化物的搬运及沉淀	(48)
第三章 铜矿峪铜矿	(49)
第一节 一般地质特征	(49)
第二节 成矿岩体特征	(53)
一、岩石学特征	(53)
二、岩石化学成分特征	(55)
三、地球化学特征及其与成矿作用的联系	(55)
第三节 热液蚀变	(60)
一、蚀变矿物	(60)
二、主要蚀变矿物共生组合及蚀变分带	(62)
第四节 矿化特征	(63)
第五节 成矿溶液性质和成矿物理化学条件	(64)
一、成矿热源及演化	(64)
二、成矿热液的物理、化学性质	(65)
第四章 铜矿床的地球化学特征	(71)
第一节 元素分布特征	(71)
一、岩层(含矿层)中微量元素的性状	(71)
二、元素分带序列	(72)
三、元素相关性及其因子分析	(75)
第二节 矿石矿物地球化学特征	(77)
一、单矿物化学成分及微量元素标型特征分析	(77)
二、不同成因类型矿床中黄铁矿的微量元素标型特征对比	(77)
第三节 微量元素分配系数特征	(79)
一、胡—麓型铜矿床	(79)
二、铜矿峪铜矿床	(79)
三、分配系数的分布特征	(81)
四、分配系数垂直分带规律的地球化学解释	(82)
第五章 成矿规律及成矿模式	(83)
第一节 成矿系列	(83)
一、矿床成因和成矿时代的一致性	(83)
二、矿源与容矿岩石的多样性	(84)
三、控矿构造条件的统一性	(85)
四、矿体形态和矿石矿物组合的一致性	(85)
五、近矿围岩蚀变的相似性	(85)
六、热液性质的变化性及其与成矿温度的相关性	(85)
七、铜矿地球化学、矿物地球化学的相似性	(86)
第二节 成矿机制与矿床分布规律	(86)
一、成矿机制	(86)

二、铜矿分布规律.....	(89)
第三节 成矿模式	(91)
一、建立矿床模式的思路.....	(91)
二、控矿构造模式.....	(91)
三、矿床模式.....	(92)
第四节 地球化学模式.....	(93)
一、矿床原生晕模式.....	(93)
二、矿床地表剖面异常模式.....	(96)
三、判断矿上晕与非矿异常的地球化学指标.....	(98)
第六章 勘查系统与勘查模式	(99)
第一节 地质找矿勘查系统	(99)
一、遵循三条找矿原则建立勘查系统和勘查模式.....	(99)
二、地质找矿勘查系统.....	(99)
第二节 找矿勘查模式.....	(100)
一、航磁勘查模式.....	(100)
二、化探勘查模式.....	(101)
三、找矿勘查模式.....	(102)
结语.....	(104)
参考文献.....	(105)
英文摘要.....	(109)

Contents

Preface	(1)
Chapter 1 Geological and structural settings of mineralization	(3)
Section 1 Basic structures of multistage composite metamorphic core complex	(3)
1-1 Sushui granitic metamorphic core	(4)
1-2 Late Archean-Lower Proterozoic multistage metamorphosed and deformed zones in Zhongtiao Mountains	(5)
1-3 Unmetamorphosed or slightly metamorphosed sedimentary cover	(6)
Section 2 Determination of detachment fault system in Zhongtiao Mountains	(7)
Section 3 Analyses on stratiform structures of medium-weak metamorphosed strata	(8)
3-1 Metamorphosed solid rheological groups within folded strata	(8)
3-2 Analyses on structural deformation of metabasic rock sheets	(9)
Section 4 Metamorphism and division of metamorphic facies and belts	(11)
4-1 Rebuilding mechanism of metamorphic rocks in Zhongtiao Mountains	(11)
4-2 Division of metamorphic facies and belts	(11)
Section 5 Regional geomagnetic field and geochemical features of gold and copper	(13)
5-1 Features of regional geomagnetic field	(13)
5-2 Regional geochemical features of copper and gold elements	(14)
Chapter 2 Hu-Bi type copper deposit	(16)
Section 1 Analyses on geological structures of Hu-Bi type ore field	(16)
1-1 Folded stratum system of Zhongtiao Group	(17)
1-2 Detachment faults in Jiepailiang and Yujiashan	(17)
1-3 Isoclinal foliation fold-thrust structures	(17)
1-4 Superimposed fold system in Shangyupo	(20)
1-5 Structural analysis on Beiyu granite rock bodies	(22)
1-6 Hypabyssal sub-large type extension structures	(23)
1-7 Post-mineralization faults	(24)
Section 2 Geological structural features of important ore deposits	(24)
2-1 Bizigou ore deposit	(25)
2-2 Tongmugou ore deposit	(26)
2-3 Laobaotan ore deposit	(27)
2-4 Hujiayu ore deposit	(29)

Section 3	Features of host rocks and wall rock alteration.....	(33)
3-1	Features of host rocks.....	(33)
3-2	Petrological Chemical, trace elements and REE features of host rocks	(33)
3-3	Alteration features of country rocks.....	(34)
Section 4	Mineralization features	(37)
Section 5	Analysis on ore-forming process	(39)
5-1	Sources of hydrothermal fluid.....	(39)
5-2	Nature of hydrothermal fluid.....	(41)
5-3	Physico-chemical conditions of hydrothermal fluid.....	(42)
5-4	Sources of ore-forming materials.....	(45)
5-5	Transportation and precipitation of metal sulphides.....	(48)
Chapter 3	Tongkuangyu copper deposit	(49)
Section 1	General geological characteristics	(49)
Section 2	Characteristics of ore-forming rock bodies.....	(53)
2-1	Characteristics in petrology.....	(53)
2-2	Characteristics in lithochemical compositions.....	(55)
2-3	Geochemical Characteristics and their relations with ore- forming process	(55)
Section 3	Hydrothermal alteration	(60)
3-1	Altered minerals.....	(60)
3-2	Paragenesis assemblage of main altered minerals and zonation of alteration	(62)
Section 4	Mineralization characteristics.....	(63)
Section 5	Natures of ore-forming hydrothermal fluid and ore- forming physico-chemical conditions	(64)
5-1	Sources and evolution of ore-forming hydrothermal fluid.....	(64)
5-2	Physical and chemical natures of ore-forming hydrothermal fluid	(65)
Chapter 4	Geochemical characteristics of copper deposits	(71)
Section 1	Element distribution characteristics	(71)
1-1	Behaviors of the trace elements in strata(ore-bearing strata).....	(71)
1-2	Sequence of element distribution zonation.....	(72)
1-3	Relativity between elements and factor analysis.....	(75)
Section 2	Geochemical characteristics of ore minerals	(77)
2-1	Chemical compositions and typomorphic characteristics of trace elements of individual mineral	(77)
2-2	Comparisons of trace elements of pyrite in ore deposits of different genesis.....	(77)
Section 3	Features of distribution coefficients of trace elements.....	(79)
3-1	Hu-Bi type copper deposit.....	(79)

3-2 Tongkuangyu copper deposit.....	(79)
3-3 Distribution features of distribution coefficients.....	(81)
3-4 Geochemical interpretation on vertical zonation of distribution coefficients	(82)
Chapter 5 Regularities and models of mineralization	(83)
Section 1 Ore-forming series	(83)
1-1 Concordance of genesis of ore deposits and ore-forming age.....	(83)
1-2 Diversity of ore sources and host rocks.....	(84)
1-3 Consistency of ore-controlling structures.....	(85)
1-4 Identity of ore body shapes and ore mineral assemblages.....	(85)
1-5 Similarity of alteration of country rock adjacent to ore deposits.....	(85)
1-6 Interrelation between variety of the nature of hydrothermal fluid and ore-forming temperature	(85)
1-7 Generality of geochemistry between copper deposits and minerals.....	(86)
Section 2 Ore-forming mechanism and distributing patterns of ore deposit	(86)
2-1 Ore-forming mechanism	(86)
2-2 Distributing patterns of copper deposits.....	(89)
Section 3 Ore-forming model	(91)
3-1 Clues on establishing deposit model.....	(91)
3-2 Ore-controlling structural model.....	(91)
3-3 Mineralization model.....	(92)
Section 4 Geochemical model	(93)
4-1 Primary aureole model of ore deposits.....	(93)
4-2 Model of surface anomalies and profile anomalies over ore deposits.....	(96)
4-3 Geochemical evaluation standards used to distinguish the aureoles of ore deposits from the anomalies without ore deposits	(98)
Chapter 6 Exploration system and exploration model	(99)
Section 1 The system of geological exploration.....	(99)
1-1 Establishment of exploration system and exploration model on the base of three exploration principles.....	(99)
1-2 Geological exploration system.....	(99)
Section 2 Exploration model	(100)
2-1 Aeromagnetic exploration model.....	(100)
2-2 Geochemical exploration model.....	(101)
2-3 Ore-searching exploration model.....	(102)
Concluding remarks	(104)
References	(105)
Abstract in English	(109)

前言

中条山铜矿早在五帝时代,即公元前22世纪就被人们发现利用,公元前21世纪开采冶炼。唐乾元元年(758年)大盛。当时中条山产铜量约占全国三分之一,为唐代主要产铜基地^①。新中国成立后,50年代初,地质部门的生产单位、大专院校和科研单位相继对中条山铜矿开展了系统的地质勘查和科学研究。到80年代已经查明了一批大、中、小型铜矿床。60年代初开始矿山建设,随后便建成了一个具有一定规模的采、选、冶能力的铜矿生产基地,使中条山成为我国重要铜矿产地之一。

中条山铜矿位于山西省南部垣曲、绛县、闻喜等县境内。按矿床的不同地质特征可划分出铜矿峪型、胡家峪-篦子沟型(简称胡-篦型)、横岭关型、落家河型、虎坪型、芦家坪型和白峪口型铜矿。前两个类型是当前主要开采对象。随着时间的推移,矿山的保有储量越来越少。这就向地质工作者提出了如何加快在老矿区深部及其外围寻找隐伏矿体,以延续老矿山的服役年限的课题。从全国铜矿资源形势考虑,“中条山区铜矿找矿远景研究”被列为“七五”期间国家重点科技攻关项目——“我国东部隐伏矿床研究”的下属专题。该专题的主要任务是:全面应用当代地质构造理论和成矿理论,从区域地质背景、地球物理化学特征、变形变质作用和岩浆活动等方面的基础研究着手,查明成矿地质环境,探索成矿规律,建立成矿模式,预测成矿有利地段,圈定找矿靶区,为寻找隐伏矿体开辟新的勘查基地,为今后铜矿勘查工作的部署提供科学依据。

近二十年来国内外矿床学的研究成果使我们认识到,一个正确的成矿模式代表了对某一地区、某一类型矿床的综合研究成果,可以反映出成矿规律。从本地区的地质成矿条件出发总结成矿模式,对寻找隐伏矿床具有指导意义。因此,本专题研究始终把建立成矿模式、预测找矿靶区放在主导地位,以成矿模式研究带动其它各方面的研究;不是把找矿靶区的圈定和靶区验证工作放在研究工作的末尾,而是置于研究工作的全过程中。随着研究工作的不断深入,在认识区内成矿作用的基础上,及时总结了矿体分布规律,提出了找矿靶区和验证设计,以争取时间对靶区及时验证,检验我们对成矿规律的认识是否符合客观实际。根据施工验证结果,不断修正认识,完善成矿模式,建立找矿模式,以提高地质找矿效果。

在广泛搜集前人在本区的勘查、科研成果的基础上,系统研究历年矿山地质资料,采用大、中比例尺构造地质调查和典型矿床剖析相结合,地表地质调查和坑下地质观察研究相结合,宏观与微观研究相结合,地质、物探、化探等多学科、多手段相结合的办法,运用当代最新矿床地质理论,把矿床的形成演化史描述为一个动态序列的影象。为了解某一地区矿床的发生和形成过程,有必要探讨在所有不同规模地质体中起作用的互相联系的许多过程及其起因。野外露头上的微弱矿化和成矿迹象直接与大规模的矿床相联系,这使我们能全面认识矿床的成矿机制和矿床分布规律。

专题研究采用勘查——教学——科研三结合的组织形式,下设以下四个二级专题:

- ① 闻广,1986,考古地质学——一门有用的新兴边缘科学。地质科技参考资料,第6期。
- ② 山西省地矿局214地质队队史资料,1984。

1.中条山区胡-篁型铜矿找矿远景研究,由山西省地质科学研究所李树屏负责;

2.中条山胡-篁型铜矿田控构造研究,由中国地质大学(武汉)傅昭仁、王定域和山西省地质矿产局214地质队王莫英负责;

3.中条山铜矿地球化学评价准则、航磁异常分析及隐状矿体预测研究,由山西省地质矿产局地球物理探矿队刘仁亮负责;

4.中条山铜矿峪型铜矿成矿地质环境和找矿远景研究,由山西省地质科学研究所路九如负责。

本书是在上述四个二级专题研究报告的基础上,由冀树楷、傅昭仁、李树屏、路九如、刘仁亮编写而成的。冀树楷编写了前言、结语和第五、六章;傅昭仁编写了第一章及第二章一、二节;李树屏编写了第二章二、三、四、五节;路九如编写了第三章;刘仁亮编写了第四章。最后由冀树楷、傅昭仁及路九如统编全稿。在编写过程中还参考了孙海田的博士论文,李先福、谭少华、杨勇、王春增、王显达、郭新生的硕士论文以及岑博雄的专题报告。

本专题的研究工作是在地矿部科技司课题领导小组统一指导下,在山西省地质矿产局和山西省地质科学研究所直接领导下,在前人大量工作的基础上开展起来的。专题研究由山西省地质科学研究所主持,由该所和中国地质大学(武汉)、山西省地矿局214地质队以及物理探矿队共同完成,中国地质科学院矿床地质研究所、中国有色金属工业总公司地质研究所也派研究生参加了部分工作。参加专题研究的人员有(以姓氏笔画为序):孔东军、王锋、王灵芝、王显达、王定域、王莫英、王春增、刘仁亮、刘国璋、李树屏、李泰安、李嵩、李先福、那秀田、孙海田、陈雨、宋鸿林、岑博雄、杨勇、荆毅、罗森桓、张文陆、张晓平、唐仁滨、徐文斯、崔斌华、崔栓梅、黄美英、郭新生、曹嘉澍、路九如、傅昭仁、谭少华、熊鹏飞、冀树楷。在四年的工作中,全体专题研究人员努力拼搏,克服困难,提前完成了各二级专题的任务。专题负责人之一,中国地质大学(武汉)教授王定域同志积劳成疾,为祖国的地质教育事业和地质找矿工作献出了自己的生命。此外,工作中还得到了中条山有色金属公司及其下属矿山,山西省地质矿产局岩矿测试中心、情报室、电子计算站,中国地质矿产信息研究院、矿床地质研究所等单位的大力协助,还得到了宋叔和、马杏垣、裴荣富等专家的指导。于文革、封素珍、李桂荣及214地质队和物探队绘图室清绘了全部图件。李卓武审查了图件。在此一并致谢。

第一章 成矿地质构造背景

中条山铜矿区位于华北大陆亚板块南部鄂尔多斯地块与河淮地块接合带的南端。该接合带在中朝克拉通前寒武纪三叉型裂谷的基础上形成，为一多期变形变质带。中条山铜矿带沿该裂谷的SW和SE向分支分布。巨大的铜矿峪矿床位于三叉型裂谷的结点上，胡-篦型铜矿床则位于裂谷的SW支（图1-1、1-2）。裂谷的WN侧，是晋南前寒武纪变质岩穹状隆起，本书称之为中条多期复合变质核杂岩体。中条山胡-篦型等类型铜矿床的形成，从矿田的场地准备，矿源物质的就位、转移和再聚集都与这一杂岩体的形成和演化有关。

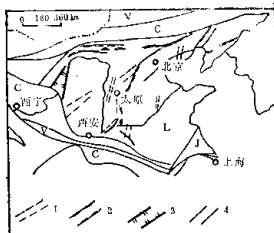


图 1-1 中朝克拉通前寒武纪裂谷（据马杏垣 1985年资料改编）

Fig.1-1 Precambrian rift valley in Sino-korea Craton (after Ma Xingyuan, 1985)

1—晚太古—早元古代裂谷；2—中晚元古代裂谷；3—早古生代裂谷；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

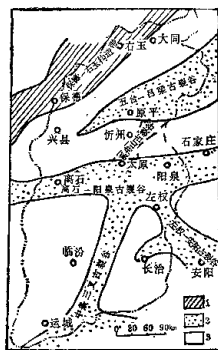


图 1-2 山西古裂谷分布示意图（据邢集善等 1989年资料改编）

Fig.1-2 Sketch showing the distribution of ancient rift valleys in Shanxi (after Xing Jishan et al., 1989)

1—构造带；2—古裂谷；3—古隆起

第一节 中条多期复合变质核杂岩体的基本结构

中条多期复合变质核杂岩体是晋南的主要大型构造，在中条山区，平面上自西而东表现为三个不同岩类组成的构造带；西部中央变质核是经强烈改造的中朝克拉通的古古代基底岩石——涑水杂岩；中间是由绛县群和中条群组成的多期变形变质带；东部被中—晚元古代及古生代弱变形或未变形岩石覆盖。各构造带（层）之间均被不同期次的剥离断层所分割（图1-3）。

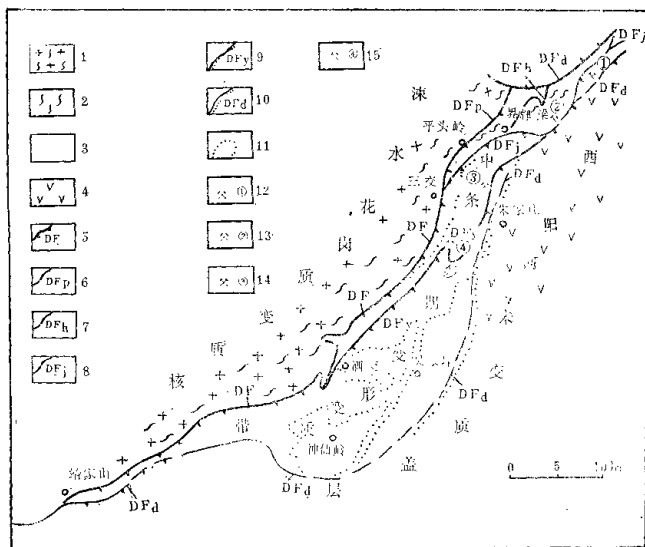


图 1-3 中条山变质核杂岩体东部构造示意图

Fig.1-3 Sketch showing the distribution of structures of eastern metamorphic core complex in Zhongtiao Mountain

1—太古宙太水群；2—晚太古代；3—早太古代；4—中太古代；5—基底剥离断层；6—平头岭剥离断层；7—山村剥离断层；8—界牌梁剥离断层；9—焦家山剥离断层；10—单石剥离断层；11—层间剥离断层；12—徐茂公矿床；13—铜矿矿床；14—龙子沟矿床；15—胡家矿床

一、太水花岗岩质变质核

太水杂岩作为中条多期复合变质核杂岩体的内核，其组成十分复杂，包括太古宙高角闪岩相—麻粒岩相深变质岩石、晚太古代和早元古代同构造花岗岩体以及更晚的花岗岩体和各类基性、超基性岩墙群。庞家庄一带甚至还包括加里东期（K-Ar模式年龄为440.6Ma、729.97Ma）的酸性火山岩和隐爆角砾岩体。区域地质资料表明，变质核的中心大体在 礞山一带，被认为是太古宙麻粒岩相的岩石。在中条山区，太水杂岩大体可分为两个既相互过渡又有区别的构造-岩性带。

1. 块状重熔花岗岩质杂岩

在中条山区西部边缘广泛发育的横岭关式花岗岩以高钾为特征，被认为是太古宙沉积岩经上地壳不同程度的熔融作用形成的。其中见有片麻岩、变粒岩、斜长角闪岩及磁铁矿石英岩等残余上地壳变质岩石包体。横岭关式S型花岗岩占据了变质核的绝大部分。从构造角度看，

它可能是晚太古代—早元古代伸展构造作用引起的变质核杂岩内同构造岩浆活动的产物。更晚期次的烟庄式高硅花岗岩体侵入其中。该岩体岩石呈肉红色，具细粒结构及块状构造。其K-Ar法同位素年龄为1668Ma，可能代表变质核杂岩体形成之后的岩浆活动时代。

2. 顶板韧性剪切带

横岭关式花岗质核的上部及边缘发育有一套厚薄不均的构造片麻岩和构造片岩带，在冷口、店一带厚达2—3km，在平头岭—上阴一带则较薄。在横越店上的东西向剖面上可以从西向东自下而上分出如下几个岩带：（1）眼球状片麻岩带；（2）条带状—条带状片麻岩带；（3）片状花岗质构造片岩带。

露头构造解析和显微构造分析表明，这三个带的岩石均有强烈剪切变形的特征，由下而上变形强度逐渐增大，流状构造愈加明显。拉伸线理和其它运动标志指明韧性剪切带的正向剪切角度为130°。

二、中条晚太古—早元古代多期变形变质带

中条中浅变质的多期变形带分布于横岭关—庞家庄—泗交一线以东，从老到新分别由横岭关、铜矿峪、篦子沟和余家山等几个构造增生楔组成。这些楔状体由西北向东南依次呈斜列叠覆关系（图1-4），其间为剥离断层。

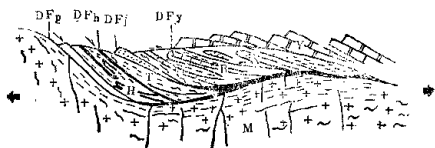


图 1-4 中条多期变形变质带内各构造增生楔间的构造关系示意图

Fig.1-4 The structural relationship between structural accretion wedges in the multi-stage metamorphosed belt

M—花岗质变质核及顶板正向韧性剪切带；H—横岭关构造增生楔；T—铜矿峪构造增生楔；B—篦子沟构造增生楔；Y—余家山构造增生楔；DF_g—平头岭剥离断层；DF_h—后山村剥离断层；DF_j—界牌梁剥离断层；DF_y—余家山剥离断层。黑色部分为基性岩席

1. 横岭关构造增生楔

横岭关构造增生楔状体由晚太古代绛县群下亚群（横岭关亚群）的构造地层组合而成。这套地层的原岩是中朝克拉通初始裂陷期（即拗拉槽期）的产物，主要为一套富铝和富钾的泥质—半泥质陆相沉积岩系，具有红层建造特征。一般将其划分为两个组，下部平头岭组，为一套厚层石英岩；上部横岭关组，为一套片岩系，由十字绢云片岩、石榴白云片岩、绢云石英片岩组成。这套岩石经历了绿片岩相至低角闪岩相的变质作用，自下而上显示出巴罗变质分带的特征。这套地层中发育有强烈透入性面理，其横向构造置换的程度为其它上覆地层所不及，以致原生层理难以辨认。在露头上所见的那种成分层斜交的劈理均系面理在紧闭、同斜褶皱作用下的派生产物。

2. 铜矿峪构造增生楔

铜矿峪构造增生楔由晚太古代绛县群上亚群（铜矿峪亚群）的构造地层组合而成。

这套地层的下部原岩是一套反映地壳缓慢下降的石英砂岩建造，上部是超钾质碱性火山岩和超钾质酸性火山岩。在这一双峰式火山喷发岩系之间，还有一层下部以绢云片岩、石英岩为角砾的，以凝灰岩、流纹岩为胶结物的砾岩层。上部超钾质酸性火山岩由下往上的顺序大致是沉凝灰岩→晶屑凝灰岩→细岩→玻基到半玻基熔岩。多次火山喷发标志地壳已进入强烈频繁伸展活动时期。这套地层已被横向置换，经构造复原由下而上大体可以划分为以下四个构造地层组：

后山村组 石英岩、石英砾岩及含铁石英岩；

团头山组 绢云石英片岩；

西井沟组 绿泥片岩、黑云片岩；

竖井沟组 变凝灰岩、变凝灰质角砾岩、火山角砾岩及交流纹岩。

这套岩石的构造变质质层次相对横岭关组为高，构造置换程度及变质程度也相对较弱，大体只经历绿片岩相区域动力变质作用，以致一些地段还保存较明显的残余层理，只是在主要矿化地带才有线状分布的热变质带叠加。此外，构造收缩期的面理褶皱也显得比横岭关构造增生楔的构造开阔，一般多显弯滑褶皱形态。

3. 篦子沟构造增生楔

篦子沟构造增生楔由中条群下亚群组成，该亚群由界牌梁组石英岩、龙峪组绢云钙质片岩、余元组大理岩、篦子沟组二云片岩及碳质黑色片岩四个构造地层组所组成。其原岩基本是一套碎屑岩、碳酸盐岩和泥质岩石。其中的变质成分和残余构造表明，从下至上其原岩分别为大陆相区（冲积扇、湖泊）沉积、近古陆陆源碎屑—碳酸盐混合相区（湖坪、泻湖、砂泥丘、海湾）沉积、近古陆碳酸盐相区（湖坪、浅滩、海湾）沉积、近古陆封闭型泻湖相陆源砂泥质沉积间夹火山喷流沉积和含泥碳酸盐沉积。这些沉积，由于伸展作用而产生变质固态分层剪切流动，形成构造置换程度不等的新生褶皱层构造，并相继发生指向北西的冲断—面理褶皱。

4. 余家山构造增生楔

余家山构造增生楔主要由一套巨厚的白云岩系所组成，其间夹黑色板岩2—3层。这套岩石由近古陆的碳酸盐相区（湖坪、海湾、浅滩）沉积岩变质而成，并为一系列划性顺层初性剪切带所分割。其内部重褶皱不发育。

从上述四个构造增生楔的相互叠覆关系来看，横岭关亚群的褶皱层很可能是中条变质核杂岩体的早期变质壳，随着板内地块的“手风琴式”的“开”、“合”，各构造增生楔也相应依次自南东东向北西西不断增生，并顺序地并入中条变质核杂岩体的东缘，成为较晚期地表沉积的新生基底。这一增生过程大体经历了自晚太古代到早元古代的几亿年的漫长时期，直到中条运动才基本结束。这期间形成的建造和构造都为中条铜矿带的形成作了充分的准备。

三、未变质或弱变质沉积盖层

在余家山大理岩以东，与剥离断层接触的地层有担山石群和西洋河群的沉积盖层。担山石群是一套由砾岩及砂、页岩组成的山前磨拉石建造，是中条运动增生变质基底定型后大陆再次裂陷初期的产物。其上是一套巨厚的玄武安山岩系，反映了中元古代西洋河期地壳的强烈裂陷运动。西洋河裂陷的形成使中条变质核杂岩体也相应成为高热流异常区，因而在玄武安山岩浆活动早期阶段，富铜热卤水的活动形成了杏仁状铜矿化，同时在其近邻的多期变形变质带热卤水有可能沿着早期成矿的剥离断层系统运移而发生热水环流成矿作用，并使先存铜

矿物质在其中得以聚集,形成工业矿体。

第二节 中条剥离断层系统的厘定

在中条多期复合变质核杂岩体内部各构造增生楔的顶、底部和内部,发育有一系列以构造剥蚀作用和构造拆离作用为特征的低角度正断层系。这些断层虽然形成于不同的变形世代和不同的构造层次,但其基本特征是,平面上不同层位的新岩层以低角度与下盘较老岩层相切交,剖面上则表现为断层面上盘地层柱的缺失,使较浅层次年轻岩层直接盖于较深层次老岩层之上,而且高应变带均位于断层的下盘。

中条山剥离断层系统是中条变质核杂岩体的基本构造要素,它由下述五个既有区别又有联系的剥离断层系所组成。这五条剥离断层系均汇合于涑水变质核的顶面,从下而上构成了一套由韧性到脆性的既有区别又有联系的中条剥离断层系(图1-3)。它们分别命名为平头岭剥离断层系(DF_a)、后山村剥离断层系(DF_b)、界牌梁剥离断层系(DF_c)、余家山剥离断层系(DF_d)、垣山石剥离断层系(DF_e)。

中条基底剥离断层系统分布于横岭关—上阴—泗交—靖家山一线。其下盘是涑水花岗岩杂岩核,上盘是中条多期变形变质带各构造增生楔。靠近断层滑脱面的下盘花岗岩岩石因强烈的韧性剪切作用而形成了一套变晶粗糜棱岩。上盘则从北到南依次是横岭关组、篦子沟组、余元下组乃至未变质的中元古代沉积盖层。位于最深层次和平头岭剥离断层面上盘断面附近的平头岭石英岩的最大厚度近百米,但在上交村以北又因构造剥蚀作用而变薄,石英岩也相应变成高温变晶石英糜棱岩,最终消失。该剥离断层系统使上覆横岭关片岩系直接盖在杂岩之上。往南至上阴村以南,绛县群被构造剥蚀殆尽的同时,上覆界牌梁剥离断层与平头岭剥离断层汇合,使界牌梁石英岩直接与涑水杂岩呈断层接触,并呈透镜状延伸。再向南,甚至出现龙峪组直接覆于涑水杂岩上的区段。总之,愈向南上盘层位越高,至泗交以南,余家山组大理岩直接覆于涑水杂岩之上。由于构造剥离层次的逐渐提高,从而基底剥离断层带的断层岩也最终相应变为韧脆性的绿泥石断层角砾岩。

通过对中条剥离断层系统的构造解析,大体可以看出它具有如下发展规律。

(1) 断层一般都具有多次拆离的特征;在中条变质核杂岩体的增生过程中,每一次伸展作用都会导致较高层次剥离断层的形成并对较低层次剥离断层进行改造。

(2) 断层的拆离,总体上继承自NW而SE的方向作正向分层剪切,其延伸大致与三义型裂谷西侧边界延伸方向一致。

(3) 中条多期复合变质核杂岩体的这种构造剥离作用,大体是按由深层次到浅层次、由韧性剥离到脆性剥离的过程分阶段塑性递降地演变的,因而其断层岩也相应出现从高温变晶糜棱岩到低温碎裂岩的演变。随着变质核在北西方向的抬升所造成的层次转化,先存糜棱岩系列岩石被后期碎裂作用破坏。

(4) 沿剥离断层侵位的基性岩体的规模和产状与剥离断层发生的层次和时代有着密切的关系;在较深层次的剥离断层系里,侵入体一般顺剥离断裂缝界面侵位,且多呈岩席状;在较浅层次的剥离断层界而上,则多呈岩墙状侵入。

(5) 中条剥离断层系统较低层位的剥离断层一般都卷入构造增生期的褶皱变形,作为褶皱层面理褶皱的主界面形成纵弯褶皱,有的甚至卷入逆冲-推覆构造带中。