

东秦岭

铅锌银成矿系统内部结构



● 燕长海 著

地质出版社

东秦岭铅锌银成矿系统 内部结构

燕长海 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书运用成矿系统的基本概念和分析方法,在对东秦岭地区地质、矿产、物探、化探资料进行综合分析研究的基础上,将区内铅锌银成矿划分为三个成矿系统和七个成矿组合,探讨了成矿系统与构造的耦合关系;通过对不同成矿系统、成矿组合内典型矿床的重点解剖,首次提出赋存于官道口群碳酸盐岩内的铅锌矿床为 MVT 铅锌矿床、赋存于栾川群三川组碎屑岩内的硫锌铅矿床为 SMS 型矿床和与二郎坪群火山-沉积岩有关的铁铜(铅锌)矿床为 VMS 型矿床;剖析了区内铅锌银成矿系统的内部结构,探讨了铅锌银成矿的物质供应和来源、时间演化和矿床(点)的空间分布规律,提出了东秦岭地区铅锌银矿的进一步找矿方向。

本书是一部较全面、系统地反映东秦岭地区在铅锌银矿地质、矿床成因等方面研究成果的专著,资料翔实,内容丰富,可读性强,学术思想新颖,实用价值高,可供从事铅锌银矿地质找矿、科学研究和教学工作的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

东秦岭铅锌银成矿系统内部结构/燕长海著. —北京:
地质出版社, 2004. 12
ISBN 7-116-04283-0

I. 东... II. 燕... III. 秦岭-金属矿床-矿床成因论 IV. P618. 201

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 124212 号

责任编辑: 陈 磊
责任校对: 田建茹
出版发行: 地质出版社
社址邮编: 北京海淀区学院路 31 号, 100083
电 话: (010) 82324508 (邮购部); (010) 82324565 (编辑室)
网 址: <http://www.gph.com.cn>
电子邮箱: zbs@ gph.com.cn
传 真: (010) 82310759
印 刷: 北京长宇印刷厂
开 本: 787 mm × 1092 mm ¹/₁₆
印 张: 9.625 图版: 4 页
字 数: 243 千字
印 数: 1—600 册
版 次: 2004 年 12 月北京第一版·第一次印刷
定 价: 22.00 元

ISBN 7-116-04283-0/P·2532

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社出版处负责调换)



作者简介

燕长海，1955年7月生，河南长葛人，1982年原武汉地质学院勘探系金属非金属矿产地质与勘探专业毕业，获中国地质大学（北京）博士学位。

毕业后一直从事地质找矿、科研和技术管理工作，发表学术论文30余篇。现任河南省地质调查院教授高级工程师、中国矿物岩石地球化学学会应用地球化学专业委员会委员、河南省地质学会副秘书长。

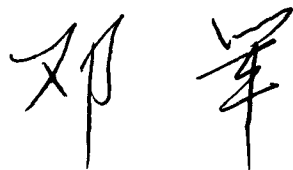
序 言

成矿系统是矿床学中的一个新的研究领域，是系统科学与矿床学相互渗透、相互结合的产物。成矿系统具有相当复杂的内部结构，主要由成矿系统的物质结构、时间结构、空间结构三部分组成。分别对其进行深入研究，有助于对成矿系统整体的理解，同时对于指导区域成矿预测、找矿勘查和矿产资源潜力评价等实际工作有着十分重要的意义。燕长海博士的《东秦岭铅锌银成矿系统内部结构》一书正是在这方面的有益探索。

本书在对东秦岭地区地质、矿产、物探和化探资料进行综合分析研究的基础上，运用成矿系统的基本概念和分析方法，首次将区内铅锌银成矿划分为中—新元古代被动大陆边缘成矿系统、古生代活动大陆边缘成矿系统和中生代陆内碰撞成矿系统以及 MVT、SMS 型、VMS 型、与俯冲作用有关的斑岩型和与碰撞后拉张有关的岩浆热液型等铅锌银成矿组合，通过不同成矿组合内典型矿床的解剖，提出赋存于官道口群碳酸盐岩内的铅锌矿为 MVT 铅锌矿床、赋存于栾川群三川组碎屑岩内的硫锌铅矿床为 SMS 型矿床、而与二郎坪群火山—沉积建造有关的铁铜（铅锌）矿床为 VMS 型矿床的新认识；剖析了区内铅锌银成矿系统的内部结构，探讨了铅锌银成矿的物质供应和来源、时间演化和矿床（点）的空间分布规律，提出了东秦岭地区铅锌银矿的进一步找矿方向。

本书作者燕长海博士长期工作在地质矿产勘查部门，近 20 年来一直在东秦岭地区从事铅锌银矿找矿勘查、科学研究和技术管理工作，在积累了丰富的实践经验和掌握大量地质矿产资料的基础上，勇于和善于从科学上进行综合概括，求实创新，取得了重要的学术成果。同时还及时将这些成果和认识应用于找矿勘查实践中，接受实践的检验，取得了突出的找矿效果，这是十分难能可贵的。

本书是一部较为全面、系统地反映东秦岭地区在铅锌银矿地质、矿床成因等方面研究成果的专著，她的问世对于东秦岭地区铅锌银热水沉积成矿的理论研究以及找矿勘查的科学实践具有重要的指导意义。



2004 年 11 月 10 日

前言

随着矿床学研究的不断深入,按照系统的、演化的观点,从宏观、整体上研究矿床的成矿规律已成为现代矿床学发展的趋势。矿床学发展到今天,单纯地以矿论矿的研究方法已不能适应矿床学发展的需要(翟裕生,1999a)。而成矿系统概念的提出,不仅是系统科学方法在矿床学研究中的一种创新性应用,而且也给矿床学的研究注入了新的活力,进一步体现了现代矿床学向系统化、全球化发展的趋势。

成矿系统一词最早于20世纪70年代见于《俄文地质词典(卷2)》,被解释为“由成矿物质来源、运移通道和矿化堆积场所组成的一个自然系统。”此后,国内外矿床学家(M. Л. 马祖洛夫,1985; B. M. 契克夫,1987; A. L. Jasques, 1994; 於崇文,1994, 1998; 李人澍,1996; 翟裕生,1999b等)相继从不同的角度分别给出了成矿系统的定义。尤其是翟裕生院士(1999b)给出的定义:成矿系统是指在一定的时-空域中,控制矿床形成和保存的全部地质要素和成矿作用动力过程,以及所形成的矿床系列、异常系列构成的整体,是具有成矿功能的一个自然系统。它包括了控矿要素、成矿作用过程、形成的矿床系列和异常系列,以及成矿后变化和保存等4方面基本内容,体现了矿床形成有关的物质、运动、时间、空间、形成、演化的统一性、整体性和历史观。

成矿系统是近年来逐渐被人们所认识并关注的一个新概念,我国学者对成矿系统进行了不少开创性的研究。程裕淇等(1979, 1983)倡导的成矿系列的理论,蕴藏着系统科学的一些原则和合理因素,他们都是把系统科学思想引入地球科学的前驱者(李人澍,1996)。李人澍(1996)在其专著《成矿系统分析的理论与实践》中,建立了成矿系统框架,对成矿系统的研究方法进行了初步总结,并以陕西秦巴地区为例进行了区域含矿性评价和成矿预测,探索了成矿系统研究的新途径。於崇文等(1994, 1998)从成矿作用动力学的角度对成矿系统的形成过程和机理作了深入分析。翟裕生(1999b)对成矿系统的概念、要素、结构、类型以及成矿系统的作用过程及作用产物进行了系统的论述,对促进成矿系统的研究起到了积极的推动作用。与此同时,一些学者也运用成矿系统的概念进行了不同系统层次的研究,如:《古大陆边缘构造演化和成矿系统》(翟裕生,1998)、《试论幔柱构造与成矿系统》(侯增谦等,1998)、《论剪切带构造成矿系统》(邓军等,1998)、《Sedex型矿床成矿系统》(韩发等,1999)、《火成岩构造组合与壳幔成矿系统》(邓晋福等,1999)、《变质岩区金矿成矿系统》(肖荣阁等,1999)、《成矿系统自组织——新金属成矿论》(於崇文等,1999)、《生物成矿系统理论》(殷鸿福,1999)、《构造演化与成矿系统动力学》(邓军等,1999)等。

成矿系统的内部结构是指成矿系统内部诸要素之间,以及成矿客体与周围环境之间的相互作用的方式及其在时间上的演化规律。具体地讲,时间结构反映成矿作用的先后顺序及不同成矿阶段的演化和叠加;空间结构指的是成矿各要素以及所形成的矿床和矿床组合在空间的位置及其相互关系,它既包括矿源场、中介场和储矿场间的结构型式,也包括区

域成矿分带性；物质结构是指成矿物质的来源和供应以及区域矿床系列及蚀变系列。成矿系统具有相当复杂的内部结构，矿床的形成具有演化的漫长性、空间延拓的广阔性、成矿控制因素的多样性，矿床结构的多层次性、成矿信息的多解性等特性，因此，开展成矿系统内部结构的系统分析将有助于全面揭示成矿规律，指导成矿预测。

从成矿系统的研究现状来看，其理论体系和研究方法仍处于探索阶段。成矿系统是矿床学研究中的一个新概念，是系统科学与矿床学相互渗透、相互结合的产物。如何运用成矿系统的基本概念和分析方法来认识成矿规律，指导找矿预测，已成为现代矿床学研究的一个前沿课题。相信在越来越多的矿床学家们的关注下，成矿系统的研究将会取得突破性进展，亦将会给矿床学的发展带来深远的影响。

豫西南地区隶属两个大地构造单元，以黑沟—栾川—维摩寺—羊册断裂为界，北部为华北板块，南部为秦岭造山带，是我国中部重要的多金属成矿远景区。河南省探明储量列全国前 10 位的矿产中全部的钼矿、铝土矿、金矿、银矿以及 70% 以上的煤矿和石油资源集中分布在豫西南地区，区内丰富的矿产资源为矿业发展奠定了良好的基础，矿产开发为振兴河南省经济作出了重要贡献。但是，由于多年来持续强力开发以及地质找矿投入不足，少有新增长备储量等诸多因素的影响，矿产资源形势已相当严峻，对国民经济和社会发展的支撑力呈现明显的下降趋势。因此，加大豫西南地区矿产资源勘查力度，增加资源储备，振兴矿业基地已迫在眉睫。

为此，国土资源部中国地质调查局自 1999 年以来在该地区设立了“豫西南地区铅锌银矿调查评价”计划项目（作者为项目负责）实施新一轮地质找矿工作，取得了突破性进展，新发现中—大型规模的矿产地近 20 处，初步控制资源量（333 + 334₁）铅锌 900 余万吨、银近 2 万吨，初步显示出巨大的找矿潜力。同时，还新发现了找矿潜力很大的铅锌矿床类型。中国地质调查局多次组织专家在豫西南地区召开找矿现场会，与会专家一致认为，豫西南地区成矿地质条件优越，成矿潜力巨大，通过进一步工作有望成为特大型有色、贵金属矿产资源基地。

《东秦岭铅锌银成矿系统内部结构》一书即结合“豫西南地区铅锌银矿调查评价”计划项目（199910200227）和其中的工作项目——豫西南地区铅锌银矿成矿规律研究以及“华北地台成矿规律和找矿方向综合研究”项目（200110200038）的子课题——“豫西南地区成矿规律和成矿预测”和“东秦岭（河南段）二郎坪群铜多金属成矿规律研究”等项目选题，企图针对本区以往工作中存在的问题，诸如①铅锌银矿勘查程度低，对铅锌银矿的总结研究极少；②秦岭造山带与华北陆块的相互作用对华北陆块南缘热液矿床形成的控制作用缺乏系统的研究；③主要成矿地质环境、成矿时代、成矿作用过程等有较大争议；④区内有大量有关地质矿产、物化探、遥感信息资料，有待进一步发掘、整理和综合评价等。通过利用 GIS 技术对全区地质、矿产、物探、化探、遥感资料进行处理、综合解译，运用成矿系统的基本概念和分析方法，研究区域控矿地质条件及区域成矿系统的物质结构、空间结构和时间结构，总结区域成矿规律，指导铅锌银矿的进一步勘查工作。

本专著是在作者的博士学位论文——《东秦岭铅锌银成矿系统的内部结构研究》的基础上经补充资料、反复修订后完成的。作者的研究工作自始至终都是在导师邓军教授的悉心指导下进行的，从研究思路、工作方法和本书的出版都得到了导师的具体指导。几年来的研究工作也得到了翟裕生院士、李胜荣教授、张德会教授、蔡克勤教授、周洪瑞教

授、叶天竺教授、王瑞江研究员、陈仁义研究员、聂凤军研究员、彭润民副教授、王建平副教授等专家、学者的热情指导和帮助。

在收集资料、野外调研和资料综合整理研究过程中，得到了河南省地质调查院王建平教授级高工、张良教授级高工、刘成社高工、刘国印高工、彭翼高工、吕文德教授级高工、姚新年教授级高工、王志宏高工、赵荣军工程师、宋要武工程师、邢矿硕士以及参与豫西南地区铅锌银矿调查评价项目的所有同志的大力支持。

本书参考并引用了河南省地质矿产局、河南省地质调查院、河南省地质科学研究所、河南省有色地质勘查局等有关勘查和科研成果。

在此向上述为作者提供帮助、指教的老师及各有关单位和个人表示诚挚的感谢。

书中插图的计算机制作主要由漆兰工程师和赵荣军工程师完成，在此一并致谢。

本书的出版给作者提供了一个向各位读者汇报学习心得和工作成果的机会，对书中不足之处还请不吝指教。

本专著的主要价值，在于揭开了研究区铅锌银热水沉积成矿研究的序幕，这将大大改变单一的岩浆热液成矿理论长期束缚这一地区找矿思路的现状。本书的一系列重要发现对进一步在东秦岭地区开展铅锌银矿产勘查工作具有一定的理论意义和重要的找矿价值。

2004 年 8 月

目 录

序 言

前 言

第一章 成矿地质背景	(1)
第一节 华北陆块南缘构造带	(2)
一、沉积建造	(2)
二、岩浆岩建造	(11)
三、构造	(19)
第二节 北秦岭构造带	(21)
一、沉积建造	(21)
二、岩浆岩建造	(26)
三、构造	(30)
第三节 地质构造演化	(31)
一、前造山阶段	(31)
二、主造山阶段	(32)
三、后造山阶段	(33)
第二章 区域地球物理场	(34)
第一节 区域重力场特征	(34)
第二节 区域磁场特征	(35)
第三节 深部构造特征	(35)
一、地壳结构特征	(35)
二、莫霍面形态特征	(36)
三、莫霍面形态与浅部构造的对应关系	(37)
四、超壳断裂与浅部构造的关系	(38)
第四节 深部成矿作用	(38)
一、隐伏侵入岩体对铅锌银矿的控制作用	(39)
二、深部构造对铅锌银矿的控制作用	(39)
第三章 区域地球化学场	(42)
第一节 不同构造单元元素分布特征	(42)
第二节 不同地层单元中元素分布特征	(42)
第三节 主要元素地球化学异常特征	(44)
一、综合异常特征	(44)
二、衬值异常特征	(45)
三、Pb、Zn、Ag 元素异常特征	(45)

第四章 区域成矿系统	(46)
第一节 成矿系统划分及与构造耦合关系	(46)
一、中—新元古代被动大陆边缘成矿系统	(46)
二、加里东期活动大陆边缘成矿系统	(48)
三、中生代陆内碰撞成矿系统	(49)
第二节 中—新元古代被动大陆边缘成矿系统与成矿组合	(50)
一、SMS 型锰银铅锌硫成矿组合	(50)
二、MVT 铅锌银成矿组合	(62)
第三节 古生代活动大陆边缘成矿系统与成矿组合	(72)
一、VMS 型铁铜铅锌成矿组合	(72)
二、SMS 型银铅成矿组合	(81)
第四节 中生代陆内碰撞成矿系统与成矿组合	(87)
一、与俯冲作用有关的斑岩型钼钨成矿组合	(88)
二、与俯冲作用有关的斑岩型钼铜铅锌银成矿组合	(91)
三、与碰撞后拉张作用有关的岩浆热液型铅锌银成矿组合	(96)
第五章 成矿系统的内部结构	(113)
第一节 成矿系统的物质结构	(113)
一、成矿元素的地球化学场特征 (矿源场和储矿场)	(113)
二、成矿元素丰度特征 (矿源体)	(118)
第二节 成矿系统的空间结构	(122)
一、成矿 (区) 带划分	(122)
二、成矿区带特征	(123)
第三节 成矿系统的时间结构	(132)
一、中—新元古代被动大陆边缘成矿系统	(132)
二、古生代活动大陆边缘成矿系统	(133)
三、中生代陆内碰撞成矿系统	(134)
结束语	(135)
Abstract	(137)
主要参考文献	(140)
图版及其说明	

CONTENTS

Preface

Prelude

Chapter 1 Metallogenic geologic setting	(1)
1.1 Southern margin structure belt of North China block	(2)
1.1.1 Sedimentary formation	(2)
1.1.2 Magmatic formation	(11)
1.1.3 Structure	(19)
1.2 Northern Qinling structure belt	(21)
1.2.1 Sedimentary formation	(21)
1.2.2 Magmatic formation	(26)
1.2.3 Structure	(30)
1.3 Evolution of geologic structure	(31)
1.3.1 Former orogenic stage	(31)
1.3.2 Main orogenic stage	(32)
1.3.3 Later orogenic stage	(33)
Chapter 2 Regional geophysical field	(34)
2.1 Characteristics of The regional gravimetric field	(34)
2.2 Characteristics of the regional magnetic field	(35)
2.3 Characteristics of the deep structure	(35)
2.3.1 Characteristics of the Earth's crust structure	(35)
2.3.2 Characteristics of the Moho form	(36)
2.3.3 The relationship between Moho configuration and shallow structure	(37)
2.3.4 The relationship between ultra - crust fracture and shallow structure	(38)
2.4 Deep mineralization	(38)
2.4.1 Bound of hidden intrusive rock body on lead - zinc - silver deposit	(39)
2.4.2 Bound of deep structure on lead - zinc - silver deposit	(39)
Chapter 3 Regional geochemical field	(42)
3.1 Elements distribution in different tectonic unit	(42)
3.2 Elements distribution in different stratum unit	(42)
3.3 Geochemical anomaly characteristics of main elements	(44)
3.3.1 Comprehensive anomaly characteristics	(44)
3.3.2 Background anomaly characteristics	(45)
3.3.3 Pb, Zn and Ag anomaly characteristics	(45)
Chapter 4 Regional mineralization system	(46)
4.1 Mineralization system division and it's coupling relationship with structure	(46)

4. 1. 1	Mineralization system in Meso – Neoproterozoic passive continental margin	(46)
4. 1. 2	Mineralization system in Paleozoic active continental margin	(48)
4. 1. 3	Mineralization system in Mesozoic inner – continental collision	(49)
4. 2	Mineralization system and mineralization complex in Meso – Neoproterozoic passive continental margin	(50)
4. 2. 1	SMS magnesium – silver – lead – zinc – sulphus mineralization complex	(50)
4. 2. 2	MVT lead – zinc – silver mineralization complex	(62)
4. 3	Mineralization system and mineralization complex in Jialidongian Period active continental margin	(72)
4. 3. 1	VMS ferric – copper – lead – zinc – silver mineralization complex	(72)
4. 3. 2	SMS silver – lead mineralization complex	(81)
4. 4	Mineralization system and mineralization complex in Mesozoic inner – continental collision	(87)
4. 4. 1	Molybdenum – tungsten mineralization complex that have relationship with subduction formed	(88)
4. 4. 2	Molybdenum – copper – lead – zinc – silver mineralization complex that have relationship with subduction formed	(91)
4. 4. 3	Late magmatic hydro – thermal lead – zinc – silver mineralization complex which have relation with post – collision tension formed	(96)
Chapter 5	Inner texture of mineralization system	(113)
5. 1	Material texture of mineralization system	(113)
5. 1. 1	Geochemical field characteristics of mineralization elements	(113)
5. 1. 2	Abundance characteristics of mineralization elements	(118)
5. 2	Spatial texture of Mineralization system	(122)
5. 2. 1	Division of mineralization zone	(122)
5. 2. 2	Characteristics of mineralization zone	(123)
5. 3	Temporal texture of Mineralization system	(132)
5. 3. 1	Mineralization system in Meso – Neoproterozoic passive continental margin	(132)
5. 3. 2	Mineralization system in Mesozoic active continental margin	(133)
5. 3. 3	Mineralization system in Mesozoic inner – continental collision	(134)
Concluding remarks		(135)
Abstract		(137)
Reference		(140)
Plates and explanations		

第一章 成矿地质背景

研究区位于秦岭造山带的东段,即东秦岭地区。秦岭造山带是经历了多阶段、多期运动,特别是加里东、海西、印支期和燕山期运动的复合造山带,现今的基本构造格架主要由华北板块南缘构造带、北秦岭构造带和南秦岭构造带三个次级构造单元组成(张国伟等, 2000)(图 1-1)。本次研究的东秦岭地区系指商-丹缝合带以北,包括华北板块南缘构造带和北秦岭构造带在内的地区。不同构造单元在沉积建造、岩浆活动、变质变形以及断裂构造特征等方面差异较大,其中研究区地层划分情况见表 1-1,地质矿产基本特征见图 1-2。

表 1-1 研究区地层划分表

时 代		分区	卢氏-栾川区		汝阳-鲁山区		北秦岭区										
下古生界			陶湾群	秋木沟组 风脉庙组 三岔口组			上古生界		粉笔沟组								
									歪头山组								
									柿树园组								
									老李山组								
									子母沟组								
									抱树坪组								
					下古生界		二郎坪群		小寨组								
									干江河组								
									二进沟组								
									大庙组								
新元古界	青白口系	栾川群	鱼库组	洛峪群	洛峪口组		中元古界		宽坪岩群	谢湾岩组 四岔口岩组 广东坪岩组							
			大红口组		三教堂组												
			煤窑沟组		崔庄组												
			南泥湖组														
			三川组														
中元古界	蓊县系	官道口群	白术沟组	汝阳群	北大尖组		峡河岩群		界牌岩组 寨根岩组								
			冯家湾组		白草坪组												
			杜关组		云梦山组												
			巡检司组														
			龙家园组														
			高山河组														
			长城系		熊耳群	马家河组					古元古界	秦岭岩群	雁岭沟岩组				
						鸡蛋坪组							郭庄岩组				
	许山组																
	大古石组																

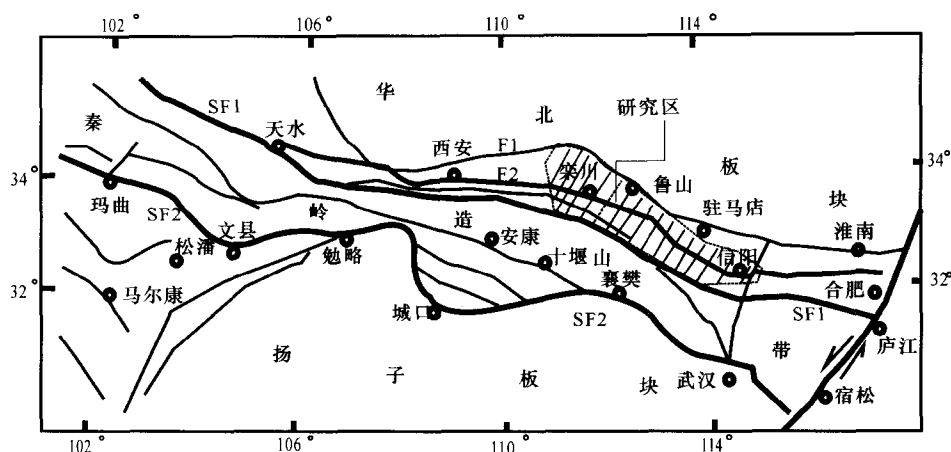


图 1-1 秦岭造山带构造单元划分简图

(据张国伟, 1996, 略有修编)

F1—鲁山-淮南断裂; F2—栾川-明港断裂带; SF1—商-丹复合断裂带; SF2—勉略-襄樊断裂带

第一节 华北陆块南缘构造带

南界为黑沟-栾川-维摩寺-羊册断裂 (简称栾川断裂带), 北部以三门峡-鲁山断裂为界。基底为太古宇太华岩群; 盖层包括中元古界熊耳群火山-沉积建造、官道口群和汝阳群陆源碎屑-碳酸盐岩沉积建造、新元古界栾川群陆源碎屑-碳酸盐岩-碱性火山岩沉积建造、洛峪群碎屑岩-碳酸盐岩沉积建造和下古生界陶湾群浅海相泥质碳酸盐岩及钙泥质岩沉积建造。而在卢氏-栾川、汝阳-鲁山两个地层小区岩性特征差异较大, 见表 1-2。主要区域性断裂构造为马超营-拐河-确山断裂带 (简称马超营断裂带)。区内岩浆活动频繁, 从元古宙到侏罗纪-白垩纪均有岩浆活动。

一、沉积建造

(一) 新太古界太华岩群

在空间上, 太华岩群经陕西到河南沿小秦岭—崤山—熊耳山—外方山一带呈北西西向岛链状分布。尽管在不同地区划分为不同的岩组, 但总体特征是一样的, 主要有两部分组成, 下部以 TTG 岩套长英质混合片麻杂岩为主体, 以深成杂岩和深熔混合杂岩为基本特征, 中夹铁镁质和超铁镁质岩块或包体, 成层性极差。上部主要为表壳岩系, 由长英质片麻岩、矽线石石榴子石片麻岩、石墨片麻岩、石墨大理岩、石英岩、磁铁石英岩 (BIF) 和斜长角闪岩夹有镁铁质超镁铁质岩块组成, 这些岩块分散漂浮于 TTG 岩系中。其变质程度普遍达角闪岩相, 局部达麻粒岩相。表壳岩内以具有孔兹岩建造为特征, 原岩主要为富铝的泥质碎屑岩、碳酸盐岩与含铁建造和基性、酸性火山岩。

关于太华岩群的形成时代, 已有资料较多。其中具代表性的同位素年龄值为 2.9 ~ 2.6Ga, Sm-Nd, U-Pb, (孙枢等 1985; 胡受奚等, 1988), 结合其不整合上覆下元古界

铁洞沟群和中元古界熊耳群，将其定为新太古代是合适的。Pb 同位素填图表明，太华岩群具有低放射成因铅，其比值类似于华北低放射成因铅特征，其中的变基性火山岩和片麻岩类的 Pb 同位素比值变化范围 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 16.126 ~ 17.547, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 15.265 ~ 15.490, $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 为 36.047 ~ 37.652, 结合 Sr、Nd 同位素特征，表明它们类似低 μ 值的华北地块 (张国伟等, 2000)。据凌文黎等 (1998) 的研究，变基性火山岩的 $\varepsilon_{\text{Nd}}(t)$ 为 3.01, 表示来自新太古代地幔亏损源区。张国伟等 (2000) 根据太华岩群的地质、地球化学特征，认为太华岩群应归属新太古代华北陆块，是在统一太古宙基底杂岩上形成的以孔兹岩系为代表的大致连通的新太古代晚期的表壳盖层沉积，并又遭受晚期裂谷作用，

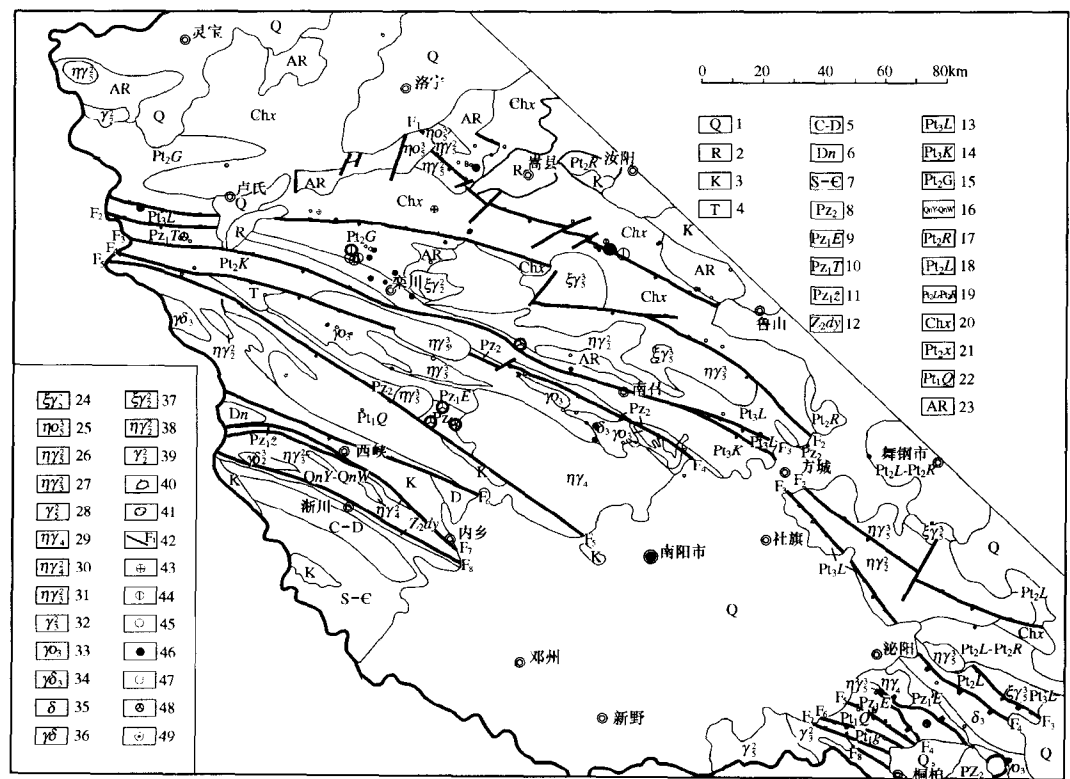


图 1-2 研究区地质图

1—第四系；2—第三系；3—白垩系；4—三叠系；5—石炭-泥盆系；6—泥盆系南湾组；7—志留系-寒武系；8—上古生界柿树园组、小寨组、歪头山组等；9—下古生界二郎坪群；10—下古生界陶湾群；11—下古生界周进沟组；12—震旦系灯影组；13—新元古界栾川群；14—中元古界宽坪岩群；15—中元古界官道口群；16—新元古界耀岭河组、武当岩群；17—中元古界汝阳群；18—中元古界洛峪群；19—中元古界洛峪群-汝阳群；20—长城系熊耳群；21—中元古界峡河岩群；22—下元古界秦岭岩群；23—太古宇太华岩群；24—燕山晚期钾长花岗岩；25—燕山晚期石英二长岩；26—燕山晚期二长花岗岩；27—燕山早期二长花岗岩；28—燕山早期花岗岩；29—华力西二期二长花岗岩；30—华力西中期二长花岗岩；31—加里东中期二长花岗岩；32—加里东中期花岗岩；33—加里东期斜长花岗岩；34—加里东期花岗岩闪长岩；35—加里东中期闪长岩；36—新元古代花岗闪长岩；37—中元古代钾长花岗岩；38—中元古代二长花岗岩；39—中元古代花岗岩；40—构造窗；41—飞来峰；42—主要断裂及编号；43—银矿床 (点)；44—铅锌矿床 (点)；45—铜矿床 (点)；46—钼矿床；47—铜钼矿点；48—铅锌银矿床 (点)；49—铁矿床 (点)

叠加出现登封群裂谷型小绿岩带。

(二) 中元古界长城系熊耳群火山-沉积建造

熊耳群主体呈近东西向延伸,向西延入陕西东部的坝源地区,北越黄河与中条山西洋河群相比,故有人将其初始构造环境视为三叉裂谷系(河南省地质矿产厅,1997)。东部以鲁山-洛阳 NNW 向断裂为界,南部受东西向马超营断裂控制(图 1-2)。可见,以熊耳群为主体的裂陷盆地是受 NNW 向的鲁山-洛阳断裂及 EW 向的马超营基底断裂控制的楔形凹槽。火山中心在豫西熊耳山区,岩系最大厚度 7000~8000m。与下伏结晶基底太华岩群呈角度不整合接触。自下而上划分为大古石组、许山组、鸡蛋坪组和马家河组(表 1-2),大古石组分布局限,仅在栾川北部零星出露。

大古石组为一套河、湖相碎屑沉积;许山组为一套中基性(偏中性)火山熔岩建造,以发育大斑安山岩为特征,为喷发溢流相,岩石氧化度数值偏大(0.75),同时沉积夹层不太发育,推测为形成于滨海-陆相喷发环境;鸡蛋坪组为一套中酸性熔岩建造,沉积夹层的逐渐增多,说明在大面积火山喷发的同时,也伴随着火山沉积盆地中的河湖相沉积作用,根据熔岩的氧化度($\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{FeO} = 0.7$)判断,推测该组为形成于海陆交互喷发环境。马家河组为一套中基性火山熔岩建造,该组凝灰质岩石逐渐增多,且出现砂岩、灰岩、硅质岩等沉积,说明火山喷发间歇时间较长,推测其形成于海相沉积-喷发环境。

熊耳群各组均有沉积岩夹层存在,岩石类型有砂岩、泥(页)岩、硅质岩、沉凝灰岩、灰岩等,有的灰岩含凝灰质,并发育有叠层石,分为陆源碎屑沉积岩、沉火山碎屑岩和沉积碳酸盐岩。依 Rosert 和 Korsch 的 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ 图解,判别马家河组和大古石组砂岩形成的构造环境,大多落入被动大陆边缘,少数落入靠近被动大陆边缘一侧的活动大陆边缘(图 1-4)。Bhatia (1983) 提出了一套利用杂砂岩常量元素含量及有关参数判别其构造环境的地球化学指标(表 1-3),将熊耳群杂砂岩的常量元素分析结果及有关参数列表,岩石化学参数显示的成分特点与被动陆缘杂砂岩的成分特征非常相似;同时,稀土元素含量特征及相关参数与在被动大陆边缘构造环境形成的沉积岩相似,说明熊耳群杂砂岩物源区属被动大陆边缘构造环境。

由于熊耳群火山岩形成于前寒武纪地质历史的重要转折时期,其形成构造背景对揭示

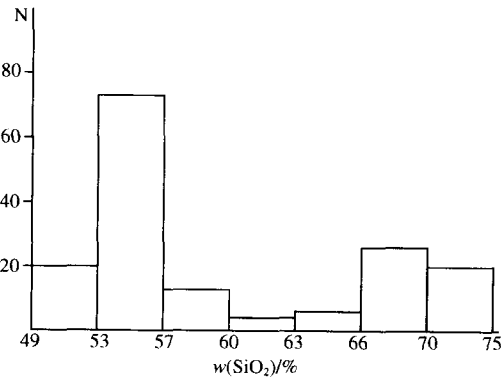


图 1-3 熊耳群火山岩 SiO_2 含量分布直方图
(据夏林圻, 1991)

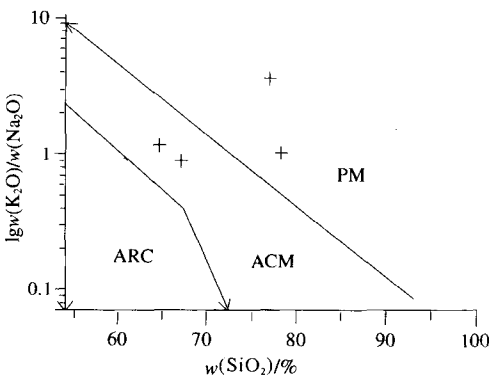


图 1-4 熊耳群杂砂岩的 $w(\text{SiO}_2) - w(\text{K}_2\text{O}/\text{Na}_2\text{O})$ 图解

PM—被动大陆边缘;ACM—活动大陆边缘;ARC—大陆岛弧

表 1-2 华北陆块南缘主要地层岩性表

卢氏—栾川区				汝阳—鲁山区		
时代	群	组	主要岩性特征	群	组	主要岩性特征
早古生代	陶湾群	秋木沟组	条带状白云母石英大理岩, 条带状透闪石大理岩及石英大理岩; 厚 480 m			
		风脉庙组	含赤铁矿炭质千枚岩, 变斑二云片岩夹厚层石英大理岩。厚 26.4 ~ 509.5 m			
		三岔口组	黑色变质含炭钙质砾岩, 夹有似层状、透镜状沉积变质铁矿。厚 163 ~ 502 m			
新元古代	栾川群	鱼库组	以硅质大理岩为主, 局部见到由风暴作用形成的角砾状大理岩。厚 43 ~ 605.5 m	洛峪群	洛峪口组	下部为灰绿色页岩夹黑色炭质页岩, 中上部为一套碳酸盐岩夹碎屑岩组合, 岩性较稳定, 白云岩中含丰富的叠层石
		大红口组	以变粗面岩为主, 夹少量变火山碎屑岩, 火山沉积岩及白云石大理岩。厚 620 ~ 958 m		三教堂组	为一套单调的灰白、淡红色石英砂岩, 坚硬、耐风化, 岩性稳定具铁质斑点, 含微古植物化石
		煤窑沟组	变质细砂岩、片岩、大理岩互层。上部以含叠层石白云质大理岩为主, 夹片岩和石煤。中部以白云石大理岩为主, 下部含丰富的叠层石。厚 441 ~ 1100 m		崔庄组	底部为石英砂岩, 其上为紫红色、灰绿色页岩, 中部常夹有极少量的铁质石英砂岩、海绿石石英砂岩及泥灰岩
		南泥湖组	下段为薄层状石英砂岩, 中段以变斑二云片岩为主, 夹炭质千枚岩。上段主要为不纯的大理岩。厚 240 ~ 500 m			
		三川组	下部以含石英砂砾的变质砂岩为主, 夹黑色含炭千枚岩。上部以大理岩为主夹绢云钙质片岩。厚 321 ~ 471.6 m			
中元古代	官道口群	白术沟组	下部以炭质千枚岩, 绢云石英片岩与长石石英岩互层; 中部为厚层状细粒钾长石英岩, 钾长变粒岩; 上部为黑色板状炭质千枚岩, 夹薄层石英岩和大理岩。厚 104 ~ 1011 m	汝阳群	北大尖组	灰白色石英砂岩、长石石英砂岩为主, 夹少量灰绿、紫红色页岩、灰黑色炭质页岩、灰绿色海绿石砂岩、含铁石英砂岩 (贫赤铁矿层), 上部夹 1~3 层砾屑、砂屑白云岩-砂质白云岩-白云质石英砂岩
		冯家湾组	浅灰色厚层状白云石大理岩, 灰色厚层状硅质条纹白云石大理岩, 夹硅质条纹 (带) 白云岩; 顶部为绢云石英白云岩与炭质绢云千枚岩互层。厚 161 ~ 3780 m		白草坪组	紫红、灰绿色页岩、粉砂质页岩夹石英砂岩, 局部地段有砾岩及少量白云岩夹层。产微古植物、遗迹化石
		杜关组	上部杂色泥钙质白云石板岩夹绢云母千枚岩。下部灰白色硅质条纹结晶白云岩及钙质千枚岩。底部为含硅质角砾千枚岩与硅质角砾岩。厚 91.9 ~ 241 m			
		巡检司组	灰-灰白色硅质条带结晶白云岩, 底部为灰色钙质白云石板岩、含磁铁白云石英板岩、含砾绢云千枚岩。厚 143 ~ 748.8 m			