1734796

分类号 密级
UDC 编号

中南大學

CENTRAL SOUTH UNIVERSITY

硕士学位论文

论 文 题 目 熊耳山西段银多金属矿床控矿规律及深边部找矿预测

学科、专业 矿产普查与勘探

研究生姓名 宫江华

导 师 戴塔根 教授

中 南 大 学

二00九 年 十一 月

3754765

Y1718423

分类号 VDC_____ 密级_____

硕士学位论文

熊耳山西段银多金属矿床控矿规律及深边部找矿预测

Ore-controlling discipline and Prediction for deep or adjacent ore prospecting of Ag-polymetallic deposits in Western part of Xiongershan

作 者 姓 名： 宫江华
学 科 专 业： 矿产普查与勘探
学院（系、所）： 地学与环境工程学院
指 导 教 师： 戴塔根教授

论文答辩日期 2009.11.19 答辩委员会主席 [signature]

中 南 大 学
二00九 年 十一 月

原创性声明

本人声明，所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了论文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得中南大学或其他单位的学位或证书而使用过的材料。与我共同工作的同志对本研究所作的贡献均已在论文中作了明确的说明。

作者签名：[signature] 日期：2009年11月30日

学位论文版权使用授权书

本人了解中南大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留学位论文并根据国家或湖南省有关部门规定送交学位论文，允许学位论文被查阅和借阅；学校可以公布学位论文的全部或部分内容，可以采用复印、缩印或其它手段保存学位论文。同时授权中国科学技术信息研究所将本学位论文收录到《中国学位论文全文数据库》，并通过网络向社会公众提供信息服务。

作者签名：[signature] 导师签名：[signature] 日期：2009年11月30日

摘 要

熊耳山西段位于河南省洛宁县境内，与卢氏县接壤，是华北板块南缘熊耳山金银铅锌钼多金属矿集区的重要组成部分。区内复杂的构造演化运动及多期岩浆活动，使本区具备良好的成矿地质条件及找矿前景。区内已知大中型银铅锌矿床众多，如沙沟-月亮沟、蒿坪沟、铁炉坪等。这些矿床在地质背景、控矿特征、矿体特征及成矿机制等方面存在着共同点。随着国内地表及浅部矿体开采接近尾声，加强矿床成矿理论研究，深入揭示矿体的成因、控矿因素和富集规律对已知矿山深边部找矿有极大的现实意义。

研究重点针对熊耳山西段多个典型矿床开展，在详细野外地质工作的前提下，综合运用地球物理、地球化学、遥感等多种方法进行系统分析与解释，同时在吸取前人工作成果的基础上提出新的看法。

本文详细论述了熊耳山西段矿床控矿构造特征及形成机制，并对控矿断裂组合规律进行深入研究，认为区内主要的陡倾控矿构造应力场从早到晚依次分为四期：近南北向挤压、近南北向引张、NEE向挤压、NW向挤压；控矿断裂总体格局为在近南北向挤压的区域应力场背景下，受NE向和NWW向古老构造边界和深断裂的制约，由衍生剪切力偶的作用而形成的不同方向、不同级别的一系列平移断层的组合，最终控制了区内矿床的展布。

研究认为太华群是研究区内成矿物质最终来源；燕山期岩浆活动与成矿密切，不仅是成矿热液的主要来源，更是成矿热液循环对流、萃取围岩中成矿元素的热动力来源；成矿流体经历了多阶段的演化过程，不同演化阶段的流体显示出不同比例的端元组分；区内 Ag、Pb、Zn 多金属矿床，主要成矿作用发生在燕山期，以金为主的一些矿床为燕山期和印支期两期成矿作用叠加。

本文在全面分析控矿特征及矿床成因的基础上提出找矿标志，为后期找矿预测工作指明方向。提出重点找矿靶区两处：上坪地区和四道沟地区。上坪地区的化探采样数据、四道沟地区的 EH4 物探解译均反映二者具备良好的成矿条件和找矿前景。

关键词 控矿规律,矿床成因,深边部找矿,银多金属矿,熊耳山西段

ABSTRACT

Western part of Xiongershan area is located in the Luoning County, Henan province,which closes to the Lushi County.It's the most important part of Xiongershan multi-mental (Au, Ag, Pb, Zn, Mo) metallogenic region which lies to the southern edge of Northern China Block. Complex tectonic evolution and multi-stage magmatic activity provide this region good ore-forming geological conditions and good potential for exploring mineral resources.There are so many medium-large scale Ag-Pb-Zn deposits in the research area, such as: Shagou-Yuelianggou, Haopinggou,Tieluping etc.These deposits have same feature in geology background,ore-control factors,mineralization principle.With the surface and shallow orebody-mining of domestic ore deposits comes the end,it has great realistic meaning to strengthen research of metallogenic theory, and to expose the metallogenesis, ore-controlling factors and enrichment regulation further.It will be helpful to find new orebody at the depth and in the adjacent area.

Research focused on several typical deposits in the Western part of Xiongershan region. Based on detailed field geological work, using comprehensively geophysics,geochemical,remote sensing technology etc to analyze and interpret them, and some new viewpoints based on preceding main results have been provided.

This thesis discusses in details about ore-controlling structure characteristics and forming mechanism about the deposits in Western part of Xiongershan region,and it does further research on the combination rule of ore-controlling fracture.It's believed that there are four stages early and late to the steep- sloping ore-controlling tectonic stress field in the study area:Nearly SN extrusion,Nearly SN stretching,NEE extrusion, NW extrusion. General ore-controlling fracture pattern is: against such a backdrop (Nearly SN extrusion tectonic stress field), governed by NE and NWW ancient tectonic boundary and deep fault, a series of different directions at different levels translation faults were formed, which was controlled by derivatives shearing force couple.This pattern determins the

distribution of deposits finally.

The study shows that Taihua Formation is the final origin of ore-forming material in research area; Yanshanian period magmatic activity is related closely to mineralization,it is not only the main source of metallogenic hydrothermal solution,but also thermodynamic sources to the circulation of metallogenic hydrothermal solution,extraction the ore-forming elements from the rock; ore-forming fluid experiences the multi-stage evolution process,and it showes different proportions of components in different stages. In this area, the main mineralization stage of Ag-Pb-Zn multi-mental deposits is Yanshanian period, and the main mineralization stage of Au deposits is the supraposition of metallogenesis in Yanshanian period and in Indo-Chinese epoch.

Based on analyzing comprehensively the ore-controlling features and metallogenesis, some ore-prospecting criterias are put forward.Two prospecting target areas:Shangping area and Sidaogou area are provided. Geochemical sampling data of the Shangping area and geophysical prospecting about the Sidaogou area reflect that they both have good minerogenetic conditions and ore-prospecting prospect.

KEY WORDS Ore-controlling factors， Metallogenesis， Ore-prospecting in the depth and adjacent area， Silver-polymetallic deposits， Western part of Xiongershan

目 录

摘 要 I
ABSTRACT II
第一章 前言 1
1.1 选题的依据及意义 1
1.2 国内外研究现状 2
1.3 以往工作程度 4
1.4 拟解决的问题 5
1.5 研究思路 5
1.6 完成的工作量及主要创新点 6
1.6.1 完成的主要工作量 6
1.6.2 主要创新点 6
第二章 区域成矿地质背景 8
2.1 区域地质背景 8
2.1.1 大地构造背景 8
2.1.2 构造演化史 9
2.2 地层 10
2.2.1 新太古界太华群（Art） 11
2.2.2 中元古界熊耳群（Pt_2x） 12
2.2.3 古近系（E）和新近系（N） 12
2.2.4 第四系（Q） 13
2.3 构造 13
2.3.1 拆离-变质核杂岩构造 13
2.3.2 褶皱 14
2.3.3 断裂 14
2.4 岩浆岩 15
2.5 区域地球物理特征 16
2.6 区域地球化学特征 17
2.7 区域矿产概述 19
第三章 区内典型矿床解剖 21
3.1 蒿坪沟银金矿床 21
3.2 铁炉坪银矿床 22

3.3 沙沟-月亮沟铅锌银矿床 23
第四章 控矿构造解析 26
4.1 控矿断裂（破碎带）构造特征及其控矿作用 26
4.1.1 陡倾断裂的构造特征及其控矿作用 26
4.1.2 构造破碎带的构造特征及其控矿作用 27
4.1.3 拆离断层的构造特征及其控矿作用 27
4.2 控矿断裂的形成机制 29
4.2.1 控矿断裂的运动学特征及古构造应力场 29
4.2.2 控矿断裂的发育和构造活动史 30
4.3 控矿断裂的组合规律 31
第五章 矿床控矿因素分析及成因 33
5.1 控矿因素 33
5.1.1 围岩控矿 33
5.1.2 构造控矿作用 34
5.1.3 岩浆岩控矿作用 37
5.2 矿床成因及成矿时代分析 38
5.2.1 成矿物质来源 38
5.2.2 成矿流体来源 42
5.2.3 成矿时代研究 45
5.2.4 成矿流体成分特征 48
5.2.5 矿化阶段 48
第六章 深边部找矿预测 51
6.1 成矿预测理论的发展 51
6.2 找矿标志及靶区选取依据 51
6.3 上坪深部找矿前景分析 52
6.4 四道沟深部找矿前景分析 57
第七章 结论 62
参考文献 65
攻读硕士期间科研及发表的学术论文 71
致 谢 72
图版及图版说明 73

第一章 前言

1.1 选题的依据及意义

随着我国经济高速发展，国家对矿产资源的需求呈现明显的上升趋势，有色金属及贵金属矿产资源紧缺已经成为我国面临的严重问题，资源瓶颈也成为制约我国经济和社会发展的主要因素。据国家发改委预测，到2020年，我国重要金属和非金属矿产资源可供储量，除稀土等有限资源保障程度为100%外，其余均大幅度下降。其中铅为33.7%、锌为38.2%、金为8.1%（其余略）。而国内已查明的金银铅锌钼等贵金属资源储量远不能满足国家经济建设及社会发展的需要，是国家急需的矿产资源。

熊耳山地区是继小秦岭之后我国第二大金银铅锌钼矿集区，其丰富的贵金属资源成为近年来地质学家关注的焦点。随着国内地表及浅部找矿接近尾声，加强深边部找矿成为所有地质专家的共识，因此，开展熊耳山地区综合成矿规律研究，进而指导已知矿山深边部找矿具有极大的现实意义。

熊耳山地区位于华北地台南缘，华熊地体中段，是华南和华北古板块拼合带的一部分，整体上为一个NE向隆起带，两侧为中新生代盆地，盆岭地貌特征明显，是豫西盆岭系的重要组成部分[1]，南侧紧邻秦岭造山带。熊耳山地区东西长约80km，南北宽15~40km，面积约2000km^2，南以马超营断裂为界，北以洛宁断裂为界。

本次选题将研究重点放在熊耳山西段，其面积约360km^2，界限西起沙沟断裂，东至宽坪沟。熊耳山西段经历了长期地质演化和多期强烈的构造活动，包括中新元古代的裂解作用，古生代的陆缘发育阶段，印支期的碰撞造山和逆冲推覆及造山后的陆内俯冲和伸展拆离[2]。由于华北板块南缘上地幔富铅锌、上地壳富钼[3]的基本特征，再加上本区复杂的构造演化史，多期构造运动及强烈的中生代岩浆活动，为本区的成矿作用提供了得天独厚的物质条件和构造条件，使之在中生代发生了大规模的成矿作用，形成了丰富的多金属矿产。

熊耳山西段一直以来都是地质学家及地矿部门重点关注的地区，20世纪80年代以来，在该区内发现了大量金银铅锌钼矿床，并建立了多座大型矿山。如：铁炉坪大型银矿、蒿坪沟中型银铅矿、小池沟、青冈坪等多个金矿床，但勘查程度还较小。随着我国浅部矿体越来越少，加强深部找矿将是取得找矿突破的关键。近年来很多地质工作者和单位对熊耳山西段勘查表明：该区深部找矿潜力巨大，例如正在开发的洛宁沙沟、月亮沟银铅矿资源储量已达到大型，洛宁范庄银矿区

深部钻探见矿情况良好，这些成果的取得，更激发了地质工作者的热情。研究区内现有主要的勘查或开发区十余个，均具备相同或相似的成矿背景，由此可见本区深部具有巨大的找矿潜力。

论文依托河南省“熊耳山西段银多金属矿成矿规律研究及深部成矿预测”项目”（豫财办[2007]262号）开展，在导师戴塔根教授指导下，正式确立了《熊耳山西段银多金属矿床控矿规律及深边部找矿预测》为题的硕士论文方向，并得到了河南有色金属地质矿产局第六大队、第一大队及河南发恩德矿业公司的大力协助。通过大量野外地质调查和室内分析测试，对熊耳山西段多个典型银铅锌矿床进行全面解剖，深入分析其控矿机制及矿体成矿特征，利用地球物理、化学及物探等多种手段进行综合分析，揭示区域内矿床共同的赋存状态和富集规律，进而为矿床经济评价、组分综合利用及深边部盲矿体的寻找提供重要依据。

1.2 国内外研究现状

昆仑-秦岭-大别造山带是一条世界著名的造山带，经历了长期的大地构造演化、多期次强烈的构造运动，形成了复杂的构造变形式样，经历了广泛的岩浆活动，尤其是燕山期的岩浆活动，造就了大规模的成矿作用，引起地质界的高度关注，吸引了众多地质学家和地质工作者对其进行广泛的工作和深入的研究。

研究区熊耳山西段就位于秦岭造山带北缘冲褶带北部，同时它也是华北板块南部主动大陆边缘，关于该地区的论文及专著很多。

在基础研究方面，对造山带大地构造单元进行划分、对大地构造背景及演化进行分析（许志琴等1986，1988，1997；贾承造等，1988；游振东等，1991；张国伟等，1995，1996，2001；卢欣祥等，1998，1999，2000，2002）；利用地球物理和地球化学手段对深部岩石圈构造和动力学过程进行探讨（张乃昌等，1986；王晓霞等，1989；张本仁等，1990，1994，1996，1997，2002；袁学诚等，1994；王方正等，1995；张宏飞等，1999，2000；洪大卫等，2003）；对基底时代及地球化学特征进行研究（关保德等，1998；谢天里等，1990；张宗清等，1994，1996，1998；孙勇等，1996）；对构造作用及其与成矿关系进行分析（钟增球等，1990；张广寿，1990；石铨曾，1991，1993；符光宏，1994；胡正国等，1994；张进江等，1998；喻爱南等，1998；王义天等，2002）；对燕山期花岗岩进行了大量的地球化学研究和与成矿关系的探讨（卢欣祥，1985，1989，1993，1994；尚瑞钧等，1988；李宽梓等，1993；葛良胜，1993；李泽九等，1994；张正伟等，2000，2001；李永峰等2005）；对花岗岩的区域动力学背景进行探索（胡志宏等，1990；卢欣祥等，1996，1998，1999；刘振宏等，2004）及对花岗岩的成矿专属性进行论述（卢欣祥，1983，1994，2002）；在矿床研究方面，对成矿条件（邵克忠等，

1992；燕长海等，2002；吕文德等，2002；徐文超等，2003）和控矿因素（盛中烈等，1980；翟东兴等，2002）进行探讨；对矿床成因进行研究（黄典豪等，1987；王享海，1987；栾世伟等，1990；范宏瑞等，2000）；对成矿规律进行分析（陈衍景等，1992；王志光等，1995；朱俊亭等，1992；黎世美等，1996；何文平等，2002）；利用稳定同位素分析对成矿物质和成矿流体来源进行示踪（黄典豪等，1984；刘孝善等，1989；李永峰等，2005）；对矿床年代学进行测定（刘长命等，1992；黄典豪等，1994，1996；卢欣祥等，1999；朱嘉伟等，1999；王义天等，2000，2001；李永峰等，2003；郭保健等，2005）；对成矿系列进行划分和对成矿模式进行构建（罗铭玖等，2000；王平安等，1998；郭保健等，2005）以及对综合成矿模型建立进行探索（张侍威等，2003）。

近十年来，对该地区有较大影响的专著有：张国伟等（2001）《秦岭造山带与大陆动力学》、张本仁等（2002）《秦岭造山带地球化学》、王志光等（1997）《华北地块南缘地质构造演化与成矿》、石铨曾等（2004）《河南省东秦岭山脉北缘的推覆构造及伸展拆离构造》、罗铭玖等（2000）《河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列》和毛景文等（2005）《深部流体成矿系统》等。

近年来，以国家“973”课题“大规模成矿作用与大型矿集区”为主的研究工作，对华北地块南缘小秦岭—熊耳山矿化集中区的中生代花岗岩类、栾川钼矿及小秦岭—熊耳山金矿开展了同位素精确定年及多项地球化学研究（李永峰等，2003，2004，2005；王义天等，2001，2002a，2002b；毛景文等，2003，2005a，2005b）。

在进行基础理论研究的同时，熊耳山西段也广泛开展了矿产普查和矿区勘探工作，包括地质、钻探、化探、物探、综合研究等各项地质工作，积累了大量的地质、化探、物探资料，发现了多个工业矿床。近年来，国内外商业性勘查工作也发现了一批很有前景的矿床，如洛宁沙沟银铅矿。河南省有色金属地质矿产局与加拿大希尔威矿业公司合资组建的发恩德矿业公司在熊耳山西段沙沟、月亮沟等银铅矿区的勘查工作表明，该区深部资源前景良好，印证了国内著名学者（如翟裕生、万天丰、戴塔根等）对中国东部深部找矿潜力巨大的认识。

迄今为止，研究区内已发现大、中、小型各种类型矿床多个，矿床类型丰富多样。区内已知成矿作用大都与岩浆作用有十分密切的关系，依据地球物理资料，熊耳山西段寨凹地区存在有较大的隐伏岩体，花山岩体深部也有未出露的隐伏部分及未出露的隐伏岩体，周边矿床外围已发现众多多金属矿点。由此可见，研究区具有良好的深、边部找矿远景。

1.3 以往工作程度

前人在熊耳山西段的工作程度比较高，主要集中在两个方面。

（1）区域地质、地球物理及地球化学测量

1956年至1958年秦岭区测队在本区进行1：20万区测，于1965年出版了洛宁幅地质图及说明书，是本区第一份较为完整的地质资料。

1979年至1981年，河南省地矿局第一地质调查队在本区开展1：5万区调填图工作，发现了多处金银及多金属矿点和矿化点。

1977年及1987年河南省地矿厅物探队先后提交了《河南省1：50万航磁资料处理结果及其技术说明书》及《河南省区域重力调查报告》。

1978年国家地质总局第二物探大队提交了《豫西秦岭地区水系沉积物测量综合研究报告》。

（2）矿产地质

自上世纪八十年代以来，先后提交了上宫、干树、虎沟、祈雨沟、小池沟、青冈坪、陆院沟、铁炉坪、蒿坪沟等多个大中型金银矿床勘察地质报告，取得很好的找矿效果。区内银矿勘察工作始于上世纪八十年代中期，河南省有色金属地质矿产局第六地质大队率先对铁炉坪矿区进行了普查—勘察工作，并于1995年提交了铁炉坪银矿床勘察报告，探明一处大型银矿床；随后，河南省有色金属地质矿产局第一地质大队在蒿坪沟开展了银矿详查工作，探获一处中型银矿床。

1998-2001年，河南省有色一队在寨凹一带开展地质预查，并对主要矿脉进行地质槽探揭露及控制，对民硐进行编录取样，认为该区是铅锌银矿成矿的有利地段，且发现有斑岩型铜、钼矿的找矿线索。

2002-2003年，河南省有色一队又相继在该区开展了铅、锌、银多金属资源评价和沙沟-月亮沟铅、锌、银矿普查，通过这些工作，对区内的矿化类型、矿化强度及矿脉规模有了一定的了解，初步确定该区具有较大的铅锌银矿找矿潜力，预测铅锌银潜在资源量可达中-大型矿床规模。

2004-2005年，河南有色地质矿产有限公司引进外资，在原普查的基础上，对月亮沟矿区开展地表系统工程加密和中深部勘察，投入勘察资金85万美元，取得了深部找矿的突破性进展，提交了该区的详查报告，取得了良好的经济和社会效益。

2005-2007年，河南省有色地矿局六大队在范庄矿区开展银矿普查工作，在地表和中浅部发现较好的银铅矿体，初步显示该区具有较大的找矿潜力。另外，龙门店、后疙瘩等矿区通过地表中浅部矿产勘察，显示了良好的找矿前景。

1.4 拟解决的问题

从熊耳山地区开展地质研究工作以来，许多专家和学者通过各自的研究方法和思路对该区域内所发现的矿床进行了深入研究，得出一系列结论，争议集中在成矿物质来源、成矿流体来源、成矿模式及规律、矿床成因、成矿年龄及与地质构造变迁史之间的关系等多个方面。

本论文在综合前人成果基础上，主要集中解决以下问题：

（1）控矿构造体系研究：将熊耳山西段矿集区内不同类型矿床作为相互联系的整体，对其进行控矿构造分析。查明各种类型矿床控矿构造的形成和活动历史，以及各期活动的运动和变形特点，重点查明成矿期各种控矿断层的活动特征及其与成矿的作用关系，了解同一个矿集区内各种控矿断裂的时间演化序列和空间组合规律，从而查明各种类型矿床的时空关系。基于研究区特点，在进行控矿构造解剖时，特别注意对控矿拆离断层和控矿NE（NNE,NEE）向断层间切割关系，变形特征、派生构造、运动方向、矿化蚀变特征的观察和研究。此外，对控矿构造的组合特征和反映的各期构造应力场特征进行观察和分析，预测可能存在的隐伏控矿断裂。

（2）岩浆岩与成矿关系研究：通过区内出露及隐伏岩体的分布及地球化学特征，分析其与成矿的关系。

（3）典型矿床研究：重点矿床解剖方面拟选择铁炉坪银铅矿、蒿坪沟银铅矿、沙沟-月亮沟铅锌银矿等矿床，全面查明其成矿条件，成矿物质来源及控矿因素。

（4）矿床成因研究：从成矿物质来源、成矿流体来源及成分特征、成矿时代及矿化阶段等多个方面全面而系统分析区内矿床成因。

（5）找矿标志研究：分析成矿规律，研究成矿叠加和矿床空间组合规律，结合区域上构造背景分析，建立地质找矿标志。

（6）进行区内已知矿床深边部成矿预测，圈定成矿有利地段和新的找矿靶区1~2处。

1.5 研究思路

以前人成果为基础，广泛搜集已有地质、地球物理、地球化学和遥感资料，对资料进行分析和二次开发，发现矿床研究中存在的问题和不足，寻找成矿作用研究的突破口和多元信息综合找矿模型建立所需补充采集的数据。对成矿区进行较详细的地质调查，采集适量样品进行分析以了解矿化强度、矿物组合。

在深入分析现有资料的基础上，选择典型矿床重点解剖，用发展的历史分析方法，进行控矿构造研究，用联系的观点将不同控矿构造置于成矿期统一构造动力学背景下进行分析，在进行成矿规律分析时，从全面的观点出发，实行基底-岩浆岩-构造成矿作用研究多管齐下。

具体过程从熊耳山矿田区域地质、矿区地质和矿床地质特征入手，通过研究矿区地层、构造、岩浆岩、微量元素、稀土元素和稳定同位素特征，结合前人在熊耳山矿田取得的认识，研究该区矿床形成的地质构造背景、成矿物质来源、成矿作用机制及元素富集规律；同时通过室内鉴定、电子探针扫描、ICP-MS、流体包裹体测温、单矿物气液相分析等定量分析测试手段，详细查明熊耳山矿田内主要矿物中Ag、Pb、Zn、Cu的分布特征和赋存状态。从而分析矿床成因，矿化富集规律，建立找矿标志，为熊耳山地区深边部预测打下基础。

1.6 完成的工作量及主要创新点

1.6.1 完成的主要工作量

自2008年4月至2009年6月，为圆满完成本次项目，多次赴实地进行野外地质工作，并进行了大量的样品加工、数据分析处理、室内资料搜集及整理、论文撰写等工作（表1-1），历时一年多。

由于时间、精力以及项目要求、目的、经费所限，一些问题的研究尚未能取得满意的结果，加上作者能力、水平有限，本论文一定存在不少的问题、疏漏和错误，敬请各位老师和同仁批评指正。

表1-1 完成主要实物工作量一览表

项目内容	单位	数量	项目内容	单位	数量
野外地质调查	天	60	薄片制备及鉴定	块	25
主要矿点解剖	点	10	光片制备及鉴定	块	10
岩矿标本	块	65	单矿物样品制备	件	5
化学分析样	件	140	流体包裹体分析	件	5
元素分析	件	89			

1.6.2 主要创新点

论文在对多元化信息综合研究的基础上，对熊耳山西段研究工作中存在的问题进行系统的分析，最终得出一些结论性的意见，进一步加深了对本区地质背景、矿产特征、成矿规律及矿床成因等方面的认识，进而指导本区深边部找矿工作。

本文主要成果及创新点有以下几点：

（1）论述了熊耳山西段矿床控矿构造特征及形成机制，首次对控矿断裂组合规律进行深入研究，对区内主要控矿构造应力场进行从早到晚期次划分，认为本区控矿断裂总体格局为在近南北向挤压的区域应力场背景下，受NE向和NWW向古老构造边界和深大断裂的制约，由衍生剪切力偶的作用而形成的不同方向、不同级别的一系列平移断层的组合，最终控制了区内矿床的展布；同时对区内断裂进行级别划分，不同级别的断裂对成矿的控制不同。

（2）本文通过总结前人对熊耳山的研究成果，结合自己对该区的认识将本区矿床成因、成矿物质来源及流体来源、成矿年代等理论争论点进行了统一，认为太华群是研究区内成矿物质最终来源；燕山期岩浆活动与成矿密切，不仅是成矿热液的主要来源，更是成矿热液循环对流、萃取围岩中成矿元素的热动力来源；区内Ag、Pb、Zn多金属矿床，主要成矿作用发生在燕山期，以金为主的一些矿床为燕山期和印支期两期成矿作用叠加。

（3）本文在全面分析区内矿体控矿特征及矿床成因的基础上提出找矿标志，为后期找矿预测工作指明方向，同时结合高密度的地球化学采样分析法及物探方法成果提出重点找矿靶区两处：上坪地区和四道沟地区。

第二章 区域成矿地质背景

2.1 区域地质背景

2.1.1 大地构造背景

熊耳山西段地处豫西洛宁县境内与卢氏接壤地带（图2-1），所处大地构造位置，根据传统的槽台理论，属华北地台南缘的华熊台缘凹陷崤山-鲁山拱褶断束[4]；按照板块理论，为华北板块南部主动大陆边缘，有人称之为华熊地块[5]；按照造山带理论，隶属秦岭造山带北缘冲褶带北部，北以潼关-三门峡-鲁山-舞阳断裂为界与华北地块相邻，南以洛南-栾川-方城断裂与北秦岭造山带相隔。

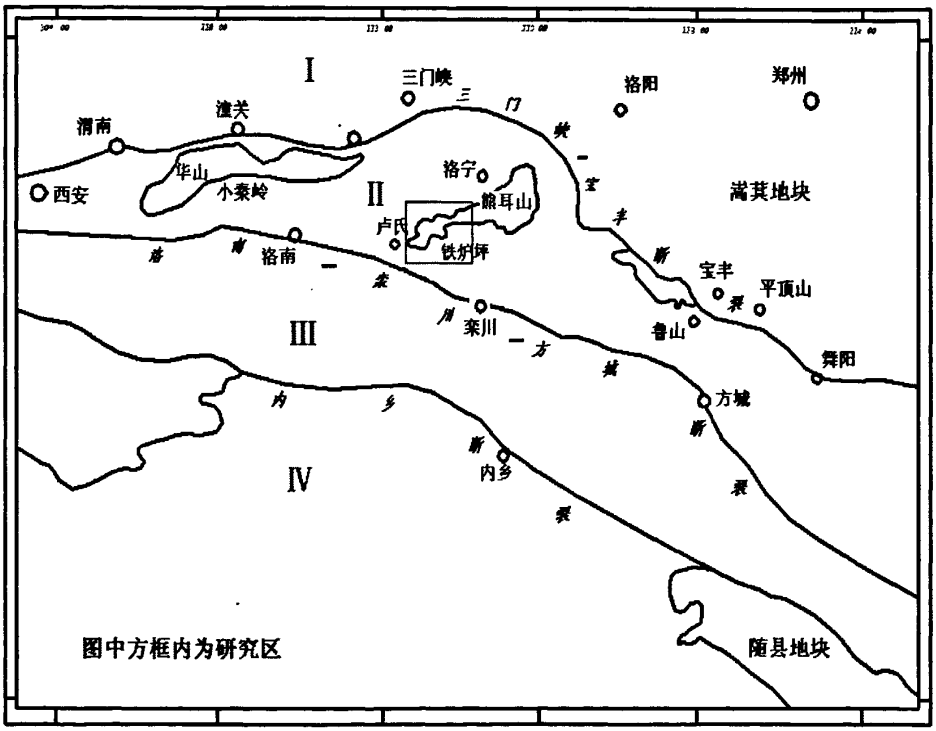


图2-1 研究区大地构造位置图

I-华北板块　II-华熊板块　III-北秦岭造山带　IV-南秦岭造山带

熊耳山成矿区是华北板块南缘继小秦岭之后发现的又一个金银铅锌钼矿集区。从全国成矿区属来看，该区在我国成矿单元中属于I级秦-祈-昆成矿域，在次级成矿区带属于II级秦岭-大别成矿带与华北准地台成矿带的结合部位；III级小秦岭-熊耳山成矿带[6]。可见本次研究的熊耳山西段地区在区域上具有良好的成矿背景。

前人研究表明：地球岩石圈存在物质成分和结构的不均一性，在不同块体的边界上往往存在一些地球化学特征量值梯度变化带，这种地球化学急变带往往控制超大型矿床或矿化集中区的空间展布[7]，大陆边缘和邻接带形成的幔根构造间断面与其他近于垂直的深部构造的交切面界定了主要岩石圈块体，并提供了热、岩浆和成矿流体的通道[8]，是大型和超大型矿床分布最重要的大地构造部位。全球超大型矿床有19.6%产于活动陆缘构造-岩浆带[9]。而中国大陆绝大多数金属矿集区位于古大陆块体的边缘[10]。熊耳山成矿区所属的昆仑-秦岭-大别造山带是一条世界著名的造山带，经历了长期的大地构造演化和多次强烈的构造运动，直接影响和制约着本区的大地构造演化及相应的地层建造、岩浆活动和构造的形成和发育，对区内的成矿作用起着十分重要的控制作用。

2.1.2 构造演化史

熊耳山地区曾是华北地台的组成部分，但在秦岭晚古生代-中生代初期板块碰撞造山之后，于中新生代陆内造山作用过程中加入秦岭活动，现在已经成为秦岭造山带北缘的组成部分[11]。在漫长的地质演化中，熊耳山地区经历了原始陆核发生、古元古代克拉通结晶基底形成、中元古代裂陷、新元古代到古生代地台盖层沉积和中生代的克拉通活化等多个演化阶段，复杂的构造演化和多期岩浆活动，使该地区具备了多矿种、多类型、多阶段、多矿源成矿的特点，是大型、超大型内生金属矿床生成的有利构造单元[12]。

太古宇和古元古代为研究区结晶基底的发育时期，主要形成太古宙-古元古界太华群[13]，建造特征表现为太古宇古陆核边缘洋壳转变为陆壳的增生过程[14]。硫、铅、氢、氧和碳同位素地球化学研究表明，区内石英脉型和蚀变断层岩型金矿床的成矿元素和介质主要来自太古代变质岩系[15]。区内来自太华群地层深部重熔的燕山期花岗岩具较高的铜铅锌银等成矿元素含量[16]，表明该地层深部有较高的铅锌银等成矿元素丰度。可见，熊耳山西段结晶基底太华群为区内成矿作用提供了十分有利的基底条件。

中新元古代，地处华北板块南缘的研究区发生大规模的裂解作用，进入大陆边缘裂解构造发育阶段，发育了一套巨厚的中基性-中酸性火山岩系熊耳群，及其上覆的一套碳酸盐、碎屑岩、粘土岩建造官道口群。

裂谷构造或大陆裂解都是岩石圈动力作用的产物，是多种低次序构造的有机组合，是一套构造体系，而不是单一的构造形迹，它贯通不同的地质体和不同构造单元，并能汇总不同时代、不同性质的构造于自身，具有长期活动历史，在其发展演化过程中，构造运动的性质、强度、方向等常有变化，造成内部结构的复杂性，在其运动过程中，释放出大量能量，为其它的地质作用提供能源和动力，

并能较大程度地改变地壳物质的状态(如重熔岩浆)，驱动物质作长距离的搬运，控制有关岩石建造的形成和分布[17]。由此可见，研究区中新元古代大陆边缘裂解构造演化阶段及其过程中发育的建造和各种尺度的构造，有利于区内的大型和超大型矿床的形成。

印支期是本区的又一个构造发展阶段，印支早期华北板块与扬子板块拼合碰撞，进入陆内俯冲和陆内造山阶段，受秦岭造山带的影响，区内发育形成一系列由南向北的逆冲推覆构造，形成了华-熊冲褶带，奠定了现在的基本构造式样。该阶段形成的一系列断层和褶皱为本区提供了良好的导矿和储矿构造条件。造山期后又经历了陆内俯冲和区域伸展作用，形成了变质核杂岩构造。区域伸展拆离导致地壳减薄、地幔上隆和热隆形成，以及地壳熔融或幔源岩浆、热液上侵，为成矿提供了丰富的物质和能量来源。伸展作用形成的拆离断层为成矿热液和成矿物质运输及富集提供了良好的构造场所，而且拆离断层往往是物化条件和构造变形属性的突变带，有利于下部成矿流体的运移上升和上覆成矿流体循环和沉积，世界上已发现不少与拆离断层有关的大型和超大型矿床。

2.2 地层

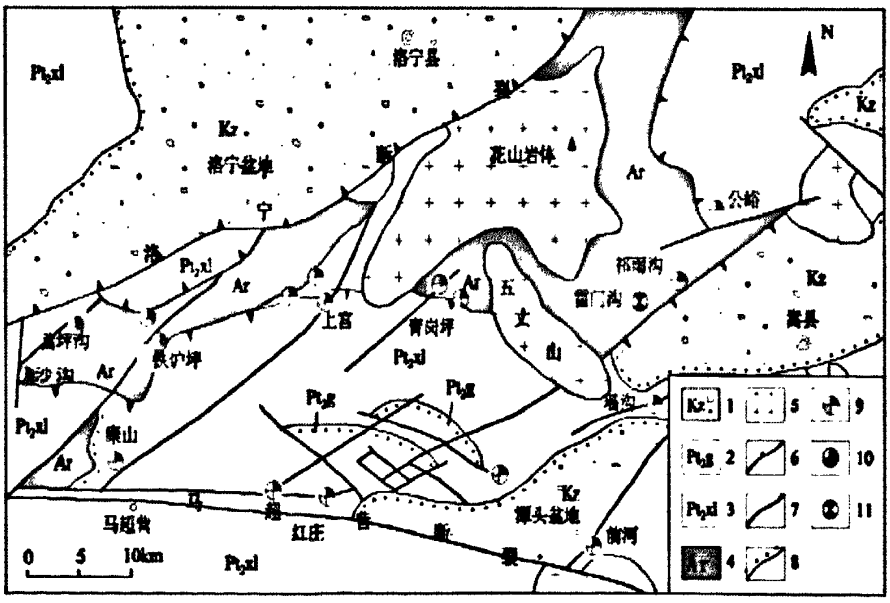


图2-2 熊耳山地区地层及主要热液矿床分布图（据郭保健[27]）

1- 第四纪沉积物及K-N红层; 2- 中元古宙官道口群石英砂岩; 3- 中元古宙熊耳群火山岩; 4- 晚太古宙太华群变质岩; 5- 中生代花岗岩类; 6- 拆离断层; 7- 断层; 8- 不整合地质界线; 9- 金矿床; 10- 银铅矿床; 11- 钼矿床

熊耳山西段成矿区是豫西太古宇花岗岩－绿岩带出露地区之一[18]。该区出露地层可分为上、中、下三个构造层（图2-2）：基底岩系为新太古界太华群中深变质岩系（绿岩建造）；盖层为中元古界熊耳群浅变质火山岩系及官道口群滨－浅海相含硅质碳酸盐岩沉积建造；在中新生代伸展断陷盆地内，发育有红层碎屑沉积岩。其中太华群构成了克拉通的基底，熊耳群火山岩覆于其上并广泛分布于豫西地区，二者是区内金银铅钼矿床的主要含矿层位[19,20,21]。

2.2.1 新太古界太华群（Art）

华北地块南缘的太华群变质岩系经历了地壳早期阶段多次变形变质、混合岩化、岩浆活动及构造叠加，是不同时期构造-热事件多次复合叠加而成。在空间上，太华群经陕西-河南，沿小秦岭-熊耳山-外方山一带呈北西西向岛链状穹窿出露于小秦岭、崤山、熊耳山、鲁山以及舞阳等地。熊耳山地区的太华群主要分布于复背斜的轴部，在其北西、南东两翼也有部分出露，出露总面积约450km^2。其余部分均被中元古界熊耳群火山岩或新生界陆相沉积物不整合覆盖。成岩后经受多期次强烈的区域变质、混合岩化及构造变形作用的改造，为成矿元素的活化迁移提供了必要条件[20,22]。

太华群是一套以片麻岩为主的深变质岩系，其变质程度普遍达角闪岩相，局部达麻粒岩相，组成岩石主要为混合岩、斜长角闪岩、斜长片麻岩、变粒岩等各类片麻岩。除混合岩外，其它各类岩石也常不同程度地遭受混合岩化作用。区域上分为上、下两个亚群，熊耳山西段地区只出露下亚群。河南区域地质志[4]和罗铭玖等[18]根据地层中暗色矿物的种类、结构构造的不同，将太华群划分为五个岩性组，自下而上依次为：

（1）草沟组(Arc)：主要岩性为黑云斜长片麻岩，夹有混合岩化黑云斜长片麻岩、角闪黑云斜长片麻岩、混合岩化角闪黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、混合岩化角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩及超镁铁质岩团块。其中侵入有太古宙（主要为花岗闪长岩）变质形成的角闪（黑云）斜长片麻岩等，厚度大于672m。

（2）石板沟组(Arsh)：主要岩性为角闪斜长片麻岩和黑云斜长片麻岩，夹黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩等，其中超基性小岩体（脉）较发育。底部含大量串珠状排列的角闪岩透镜体，上部夹多层浅粒岩、硅质岩透镜体。

（3）龙潭沟组（Arl）：以黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩，夹浅粒岩为特征，上段局部地区含大理岩层。

（4）段沟组(Ard)：下段以混合岩化角闪斜长片麻岩为主夹斜长角闪岩及混合岩化黑云斜长片麻岩，底部含大量巨型角闪岩团块，上段以混合岩化黑云斜长片麻岩为主，夹斜长浅粒岩，局部夹角闪岩团块和厚度较大的含石榴石混合岩化

黑云斜长片麻岩。其厚度为694.05m。

（5）岔上组（Arch）：与南部熊耳群地层呈断层接触未见顶，主要为混合岩化角闪斜长片麻岩、夹斜长角闪岩及混合岩化黑云斜长片麻岩。

2.2.2 中元古界熊耳群（Pt_2x）

熊耳群是一套广泛分布于豫西、晋南和陕东南的基性、中基性-中酸性火山岩系，总出露面积达6000km^2，最大厚度可达8000m。该火山岩系在熊耳山地区出露最为完整，主要分布于北北东向古老结晶基底太华群的南北两翼，分布面积约2800km^2。

熊耳群火山岩系为本区的第一套盖层沉积，原岩的结构构造保存较好，其特点是喷发型式多样化，且具有一定周期性，火山喷发韵律清楚，整体上构成一个喷发旋回：喷发以中基性、基性喷溢为主开始，经过中性、中酸性为主的喷发阶段，最后以中酸性、酸性间有中性岩浆交替喷发而告终。熊耳群按其岩性和层序自下而上划分为大古石、许山、鸡蛋坪和马家河、眼窑寨等五个岩性组：

（1）大古石组（Pt_2xl^1）：在熊耳山地区出露较少，主要分布于栾川县白土及洛宁县下峪、兴华等地，与下伏结晶基底太华群呈不整合接触，最大厚度为92m。为一套陆相碎屑岩建造，由红色砾岩、河湖相含砾砂岩、变质长石石英砂岩、凝灰质砂岩、粉砂岩组成。

（2）许山组（Pt_2xl^2）：由基性-中性熔岩组成，主要岩性为灰绿-墨绿色、灰紫-紫红色大斑安山岩、安山岩、玄武安山岩，此外还有少量的紫红色安山质凝灰岩、流纹岩、粗安岩等。安山岩中杏仁状构造发育。该组厚度为676～3000m。

（3）鸡蛋坪组（Pt_2xl^3）：是一套以中酸性熔岩为主，夹酸性与中性熔岩、凝灰岩、沉凝灰岩、凝灰质细-粉砂岩的岩石组合。主要岩性为英安岩、流纹岩、安山岩、英安质凝灰岩、沉凝灰岩。厚度为1800～2300m。

（4）马家河组（Pt_2xl^4）：以酸性、中酸性火山岩为主，夹安山岩、多层凝灰岩、沉凝灰岩、细-粉砂岩的岩石组合。岩性为流纹岩、英安岩、安山岩、凝灰岩、细碎屑沉积岩，上部为偏碱性和碱性的粗安岩、粗面岩。该组厚度约2300m。

（5）眼窑寨组（Pt_2xl^5）：主要为灰色流纹岩组合。流纹斑岩、流纹岩夹英安斑岩。

2.2.3 古近系（E）和新近系（N）

主要分布在山前断裂北侧的卢氏-洛宁盆地中，由红色砂质粘土、砂砾岩、粘土质砂岩组成，夹泥灰岩、砂岩透镜体。

2.2.4 第四系（Q）

由砾石、砂、亚砂土、砂质粘土等组成。第四系除在近、现代河湖环境下发育了一系列河流相、湖泊相沉积物外，山前地带还常发育一些洪积-冲积层，此外还有零星分布于各地的坡积、残积物以及风成为主的黄土层；后者在洛宁盆地中可厚达55.6m，主要为棕黄色粘土、亚粘土、亚砂土。部分山区河谷中有砂金存在。

2.3 构造

区域基本构造骨架为近东西向的拆离-变质核杂岩构造，太华群与熊耳群间的不整合面为拆离断层的主滑动面，其上下盘众多的NE-NNE向等压剪性断裂带和次级缓倾破碎带成为金银铅锌等矿脉的储矿构造。

2.3.1 拆离-变质核杂岩构造

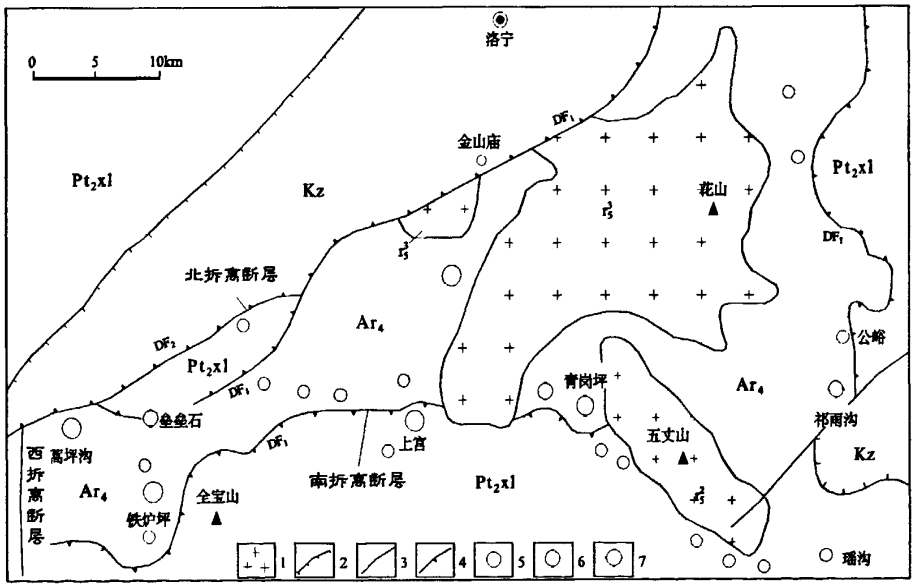


图2-3 熊耳山变质核杂岩构造简图(据郭保健修改[26])

Kz-新生界 Pt_2xl-熊耳群 Ar_4-太华群 r^3_5-燕山晚期花岗岩 r^2_5-燕山早期花岗岩 DF_1-早期拆离断层 DF_2-晚期拆离断层 1-花岗岩 2-地层不整合 3-断裂 4-拆离断层 5-构造蚀变岩型金银矿床 6-层间破碎带型金矿床 7-爆破角砾岩型金矿床

华北古板块南缘在经历印支期强烈的碰撞造山进入燕山期后，由于应力的松弛释放，熊耳山地区已经处在一个新的构造演化阶段，即以拆离-变质核杂岩和断陷盆地为特征的伸展构造演化阶段，形成了区内小秦岭、崤山、熊耳山等拆离

-变质核杂岩构造。

熊耳山变质核杂岩呈北东东向长垣状分布在洛宁县南部熊耳山的北坡，由三大单元组成：变质核由太华群深变质岩系的高级片麻岩及斜长角闪岩组成结晶基底，还发育有太古宙侵入的零星超铁镁质岩及变辉长岩体，局部零星出露元古代侵入的辉绿岩脉及晚元古、早古生代侵入的闪长岩岩株，东部有大片侵入的燕山期花山花岗岩体等；核杂岩体顶部由滑脱拆离断层把基底与盖层分隔开来；盖层为变质程度相对较轻的熊耳群火山岩系。熊耳山变质核杂岩与盖层间的接触关系，均为拆离断层接触，主要为区内南、北、西滑脱拆离带（图2-3）。

熊耳山地区发育变质核杂岩构造及拆离断层，是区域伸展构造的记录，也是燕山中晚期中国东部岩石圈减薄事件的浅部响应[25]。拆离断层沿新太古界太华群结晶基底与上覆中元古界熊耳群盖层的不整合面展布，其中熊耳山北坡的熊耳群沿不整合面发生了显著的拆离，而南坡拆离效应不明显[19,26]。

2.3.2 褶皱

区内基本褶皱构造骨架为龙脖-花山背斜及相伴的山前大断裂，构造线方向为70°～80°，不同大地构造演化阶段的构造层有不同的褶皱构造形式。

①基底褶皱

太华群构造层是古老的结晶基底，经受了多次广泛、强烈的区域变质作用和构造形变。其主要褶皱形式有：东西向平卧一倒转褶皱，主要表现形式为线理构造和揉皱构造；轴向近南北的背向形构造，是基底构造层的显著构造形迹，区域上由西向东的反映是：四道沟向形构造、草沟背形构造、瓦庙河向形构造、庙沟崖-五龙洞同斜倒转背形构造、七里坪弧形构造束。

②盖层褶皱

熊耳群在本区以巨型的龙脖一花山背斜形式反映。盖层熊耳群地层展布于背斜的南北两翼，以单斜形式产出。南翼熊耳群地层出露较完整，北翼受断层破坏和剥蚀作用，出露不全。

③古近系单斜构造：在本区以单斜断块的形式产出。

2.3.3 断裂

近南北向断裂：南北向断裂在本区不太发育，仅出现在熊耳山区东西两端，它们最初发育于太华群地层褶皱的的晚期，平行于南北向背、向形构造走向，表现为呈南北向带状分布的小型辉长岩和超铁镁质岩体（脉）。

近东西向断裂：东西向的巨型断裂是本区最古老、长期活动的断裂，它们与

华北板块和秦岭褶皱系的分界线平行，为洛南-栾川、卢氏-马超营等深大断裂带北侧的次一级断裂构造，控制了区内太古宙基性-超基性岩体的侵入活动。主要发育在龙脖-花山背斜的北翼及太华群与熊耳群地层接触部位，如山前断裂等。

北东－北北东向断裂及拆离断裂带：是区内最发育和控矿的主要构造带。叠加在SN、EW向二组断裂形迹之上。在太华群与熊耳群地层接触及其附近发育着规模较大的拆离断裂带（滑脱构造）。其特点是：密集成带分布、广泛的退化变质作用，岩石蚀变强烈。断裂表现形式为先压性后张性或一系列张性断裂的特点，控制着本区金、银、多金属矿床（点）、异常的分布。NE－NNE向断裂倾角较陡，而拆离断裂倾角平缓。

三组不同时代的构造形迹，太古界地层中的南北向褶皱，中元古界地层中的东西向褶皱－断裂，燕山期NE－NNE向断裂及滑脱构造的叠加发育，对本区金、银、多金属元素的活化、迁移及其矿床的形成起了决定性作用。

2.4 岩浆岩

区域内岩浆活动频繁，具有多期次、多类型的特点，集中形成于太古宙、中元古代和中生代三期。所以按其时代、种类和产出环境划分为三个不同的岩浆构造旋迴[19,21,26]。

(1)太古宙晚期岩浆构造旋迴：主要表现为广泛的基性-中基性-酸性火山岩的喷发作用和超基性岩的侵入活动，岩石遭受后期强烈的区域变质和混合岩化作用后，已变质为各类片麻岩、斜长角闪岩和混合岩类，晚期伴随有一系列的基性-超基性岩脉的侵入。

(2)中元古代岩浆构造旋迴：以熊耳山火山岩的大面积裂隙式喷溢为主，晚期伴随一些中基性-酸性岩浆的侵入，主要形成大量安山岩类喷出岩和辉绿、辉长岩脉、细晶闪长岩脉、石英闪长岩脉等。

(3)中生代燕山期岩浆构造旋迴：是本区一次大规模的岩浆活动，以中酸性岩浆侵入为主，形成金山庙斑状花岗岩、花山似斑状花岗岩体及五丈山岩体，属于深成相重熔型花岗岩岩基；另外还形成了浅成相同熔型花岗斑岩类小岩体及其伴生的引爆角砾岩体（筒）等，该期岩浆岩分布面积广、岩体规模大。是古老结晶基底中金、银等多金属元素活化迁移的重要热动力条件，同时也是成矿物质的重要来源，对矿床的形成和分布有重要的控制作用。

花山花岗岩是区内主要的花岗岩基，为一复式岩体，另有中酸性岩株或岩脉出露。空间上，本区燕山期花岗岩类与矿床的关系十分明显，上宫、瑶沟、祁雨沟、青岗坪、虎沟等矿床分布于花山岩基周围。熊耳山西段银铅矿化集中区成矿热液也主要来自花岗岩浆热液活动，热液活动多期多阶段发育[28]。

2.5 区域地球物理特征

参考众多的地球物理资料分析，区域内已知的内生贵金属、多金属矿床的分布与一定的地球物理场相关。

前人工作表明，寨凹地区的中酸性花岗斑岩隐伏岩体，其磁性比片麻岩的磁性低，基性辉绿岩脉磁性中等。该区大面积片麻岩地层可引起高磁正异常，中酸性花岗斑岩体的磁性相对较低，呈现出高磁负异常，因此，航磁△T异常基本反映了寨凹隐伏花岗斑岩体与太华群片麻岩的接触情况。从图2-4中可以看出，寨凹隐伏花岗斑岩体具有半环状向北缓倾展布的格局，岩体基线展布大体上呈EW。矿点基本分布于岩体周边。

在航磁ΔT异常图上，经数据处理（化极上延10km）后，等轴、似等轴状负磁异常的侧边及伸展部位是矿床（点）最容易集中的区域（图2-4），铁炉坪一带为寨凹负磁异常的延展部位，蒿坪沟、月亮沟则位于其西北侧。

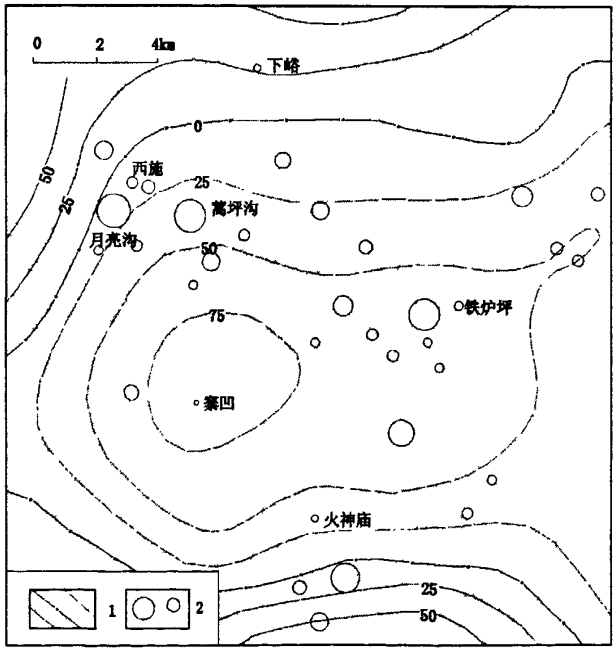


图 2-4 研究区航磁△T（化极上延 10km）异常及主要矿床（点）分布简图
1—航磁异常等值线（nT）；2—矿床（点）

月亮沟-铁炉坪地区，其剩余重力异常具北北西向呈舌状展布，而矿床（点）的分布也沿北北西向分布，几个较大的矿床铁炉坪、蒿坪沟、月亮沟就位于舌尖的突出部位（图2-5）。

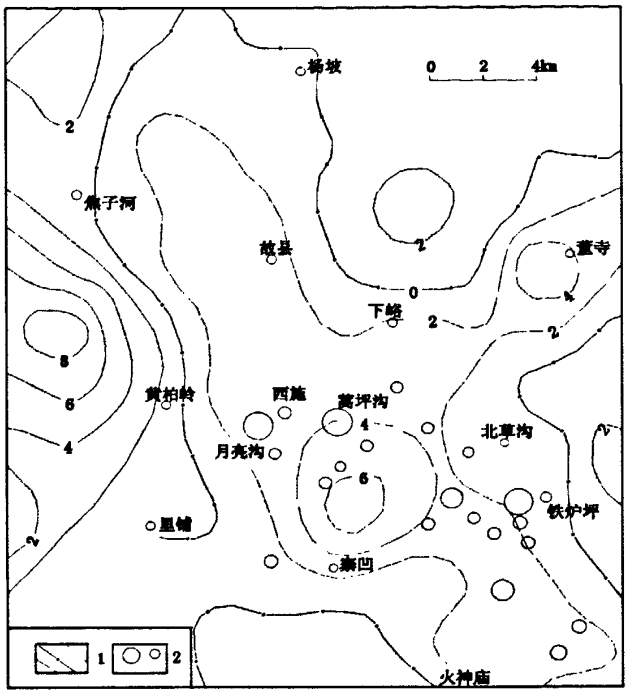


图 2-5 研究区布格剩余重力异常及主要矿床（点）
1—布格剩余重力异常（10-5ms-2）　2—矿床（点）

2.6 区域地球化学特征

熊耳山金银成矿地球化学区，根据1/5万区域化探资料，为一个金银成矿地球化学集中区（图2-6），异常的空间展布、元素分带十分清晰，大体可分为东西两个地球化学富集区，以秋扒-兴华一线为界，自东向西银含量均明显增高，但向东升高主要是与金伴生存在，而向西升高则反映为银的独立富集、与铅共生并形成银矿床的特点。

熊耳山西段按成矿元素集中程度及特征，可以分为两个金银地球化学亚区：

①下峪银地球化学亚区：位于熊耳山西段北坡，出露地层以太华群为主，熊耳群分布在南北两侧。近东西向与北东向断裂发育。以寨凹为中心，出现高温元素W、Sn、Mo、Bi组合异常，并有重、磁物探异常对应，推测深部存在隐伏岩体。在隐伏岩体北侧、北东侧和东侧分布有十余处化探异常，异常组合以Ag、Pb、Au为主。

②康山-狮子庙金银地球化学亚区：位于熊耳山西段南坡，寨凹隐伏岩体南侧，出露地层为太华群和熊耳群，北东向七里坪-星星阴断裂在这里与马超营断裂交汇。已圈出七个以Ag、Au、Pb为主的化探异常，其中西段康山一带Ag、Pb异常规模大、强度高，东段狮子庙一带异常以Au为主，伴生Mo、W、Ag、Pb。



图2-6 熊耳山西部地区金、银元素地球化学图（据支凤岐[74]）

2.7 区域矿产概述

熊耳山地区矿区众多，自东向西依次有祁雨沟、青岗坪、上宫、铁炉坪、蒿坪沟等多个大中型金、银多金属矿床，是河南省重要的金、银多金属矿产地之一。金银多金属矿床常产于岩体附近。

熊耳山东部围绕花山花岗岩体，形成巨型金矿田，主要矿床有祁雨沟、上宫、青岗坪、虎沟、干树等。

熊耳山西段研究区内围绕寨凹隐伏岩体，形成大型银-铅（金）矿田，主要矿床有铁炉坪、蒿坪沟、沙沟-月亮沟等。

自岩体向外，出现不同的矿化类型及蚀变分带，近岩体处为高温或中高温型，出现Mo、W、Cu矿化（如熊耳山洛宁寒石瑶钼矿）；外接触带为中温矿化与蚀变（如花山岩体附近金矿床发育典型的中温热液蚀变和一组中温矿物组合）；远离岩体为中低温的Ag、Pb、Zn矿化（如熊耳山西段寨凹隐伏岩体外围，形成众多银铅矿床）。矿化和蚀变受岩体的热梯度控制，成矿物质的活化、迁移、富集是通过岩浆演化而实现的，所以花岗岩体与矿床的空间分布、成矿时间和物质来源有着密切的成因关系。

目前研究区及临近区域已发现的矿床有：

①爆破角砾岩型矿床：分布于熊耳山东部，以祁雨沟为代表。研究区内月亮沟亦有发现。

②近东西向的层间破碎带型矿床（拆离断层型）：分布于熊耳山中-东部，以陆院沟-青岗坪金矿床为代表，呈脉群状平行与太华群和熊耳群接合面产出，矿脉具有似层缓倾薄而富的特点。研究区内范庄有部分矿体受拆离断层控制。

③NE-NNE向构造蚀变带型和热液型矿床：构成研究区内主要矿床类型。矿体受NE-NNE向断裂控制。铁炉坪、蒿坪沟、沙沟-月亮沟、龙门店以及范庄大多等银铅（金）矿区均为此类型。

除此以外，研究区内已发现众多的矿（化）点（图2-7）。

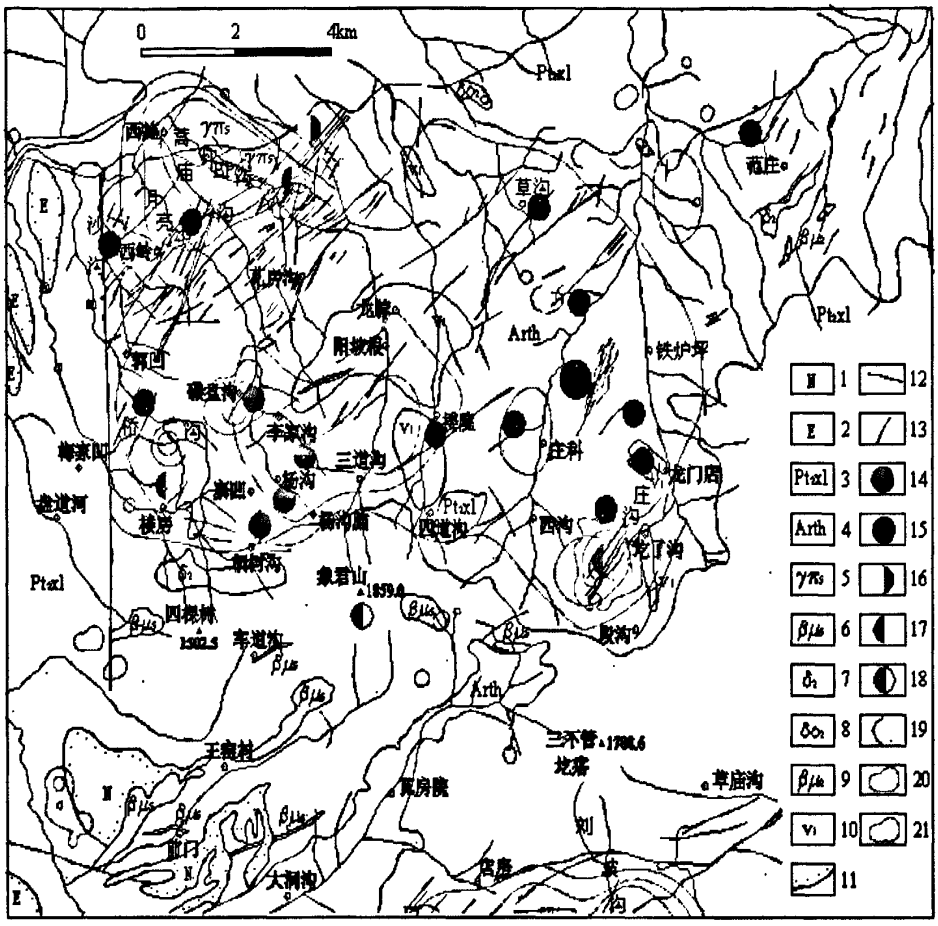


图 2-7 研究区金银多金属矿床（点）分布图（据杨群周[16]）

1-上第三系；2-下第三系；3-熊耳群；4-太华群；5-燕山期花岗斑岩；6-燕山期辉绿岩；7-晋宁期闪长岩；8-晋宁期石英闪长岩；9-晋宁期辉绿岩；10-嵩阳期超基性岩；11-不整合界线；12-断裂；13-银铅矿脉；14-铜银矿点；15-银铅矿点；16-金银矿点；17-银金矿点；18-铜金矿点；19-金矿点；20-1/5 万分散流测量银异常；21-1/5 万分散流测量铅异常；

第三章 区内典型矿床解剖

野外实地工作中，详细考察了区内多个典型矿床，如：沙沟-月亮沟铅锌银矿床、蒿坪沟银金矿床、铁炉坪银矿床、龙门店银矿床、龙门银矿床、康山金矿床、范庄银铅锌矿床等。本章选取在区域上呈三角分布，具有共同成矿背景的沙沟-月亮沟、蒿坪沟及铁炉坪三个矿区，进行全面解剖，通过对比研究和前人的理论指导，在矿床区域构造控矿及矿石矿物特征等方面有了整体性的认识。

3.1 蒿坪沟银金矿床

一、矿区基本地质特征

蒿坪沟银金多金属矿区内地层主要为太古宇太华群草沟组、石板沟组变质岩。草沟组主要为混合岩化的黑云母斜长片麻岩夹角闪片麻岩和透镜状斜长角闪岩，在顶部可见到蛇纹石化粗粒角闪岩透镜体和夹多条混合花岗岩脉。据在该组混合岩化黑云斜长片麻岩采样分析，金的含量为0.037ppm，高于金克拉克值6～11倍[29]；石板沟组岩性主要为以斜长角闪岩、角闪片麻岩为主夹黑云斜长片麻岩，岩石有混合岩化现象。

该区构造以断裂破碎带为主，断裂破碎带纵横交错，但以NE、NNE向为主，这也是该区银金多金属矿产的控矿构造。断裂破碎带规模大小不等，长短不一，长数百米至几千米，宽数米至几十米。断裂面产状较陡，多在60°～90°之间，具舒缓波状。沿断裂破碎带有分枝、分叉、侧裂现象。断层带被蚀变碎裂岩充填，并有不同程度的硅化、方铅矿化、黄铁矿化等。在断裂破碎带的复合，膨大处为矿体赋存部位。

区内岩浆活动强烈、频繁，具多旋回性，但出露的仅为蒿坪沟燕山期花岗斑岩岩株及区内到处可见的辉绿岩脉。在蒿坪沟花岗斑岩岩株的外部边缘不同程度的见有辉铝矿、黄铁矿及方铅矿化。据蚀变花岗斑岩取样得：金0.2×10^{-6}～0.35×10^{-6}；银1.2×10^{-6}～3.3×10^{-6}；铜0.01%～0.07%；铅0.07%～0.25%；锌0.05%～0.33%。

二、围岩蚀变特征

矿区内近矿围岩蚀变与沙沟-月亮沟矿区铅锌银矿床相同，以硅化、绢云母化为主，其次为黄铁矿化、碳酸盐化，以及局部绿泥石化、绿帘石化及弱钾长石化等。地表及浅部还有高岭土化、褐铁矿化、铁锰矿化、泥化等。硅化强弱与矿化强弱和矿石质量具十分明显的关系。

三、矿体形态及产状

蒿坪沟矿区发现矿脉几十条，其中规模较大、具有工业意义的矿脉有H15、H16、H17、H2。矿体产于构造破碎带或断裂内，矿体严格受断裂构造控制。矿体总体走向NNE或NE，矿体形态与类型有关，贡二辰[30]根据蚀变类型、矿物组合，将该区矿床大致分为以下几种类型:①石英脉型金矿；②破碎带蚀变岩型金矿；③与辉绿岩有关的金矿类型；④破碎带蚀变岩型银铅矿；⑤破碎带蚀变岩型金银铅矿。

将本区矿床归纳起来分为脉型和破碎带蚀变岩两种类型。石英脉型金矿较广，矿体呈脉状产出。规模一般较小，长度延伸几十米到几百米，厚度一般0.1～1.0m，平均0.15m，主要特征就是规模小、品位高、品位厚度变化大；破碎带蚀变岩型矿床，矿体常呈囊状、扁豆状、饼状，矿化主要在构造转折部位富集，特别是平面及剖面弯曲的内侧或两条破碎带交叉复合部位富集。

四、矿石矿物和脉石矿物组成

矿石中主要金属矿物有：方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、毒砂、磁铁矿、黄铁矿等；银矿物有自然银、辉银矿、脆银矿、硫锑铜银矿、锑硫铜砷银矿、银黑黝铜矿。

3.2 铁炉坪银矿床

一、矿区基本地质特征

区内出露地层主要为太古界太华群石板沟组[75],为一套具不同混合岩化的片麻岩系，主要有角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩等，其基性程度高，夹有基性超基性团块、透镜体，并具不同程度蚀变，其原岩为一套夹沉积夹层的海相中基性火山喷发—碎屑岩系。

区内构造相当发育，以断裂构造为主，主要是NE、NNE向，近EW及SN向次之。近EW向断裂是矿区最古老的断裂，NE向及NNE向断裂经历多期构造活动，被燕山期成矿热液充填交代而成为本区主要的控矿和储矿构造。褶皱多为由太华群发育的小型的肠状、钩状及无根褶皱等。

区内侵入岩有辉绿岩、安山玢岩、闪长玢岩脉，以及与成矿关系密切的岩株状崇阳沟花岗斑岩体。矿区西侧为楼房隐伏花岗岩体。

二、围岩蚀变特征

围岩蚀变发育，近矿围岩为硅化、绢云母化为主，并具多次硅化蚀变特点。蚀变早期以硅化、绢云母化为主，还有黄铁矿化、绿泥石化等，晚期以碳酸盐化、硅化为主，氧化带发育有褐铁矿化、泥化等。陈正友[34]依蚀变矿物及其组合，从矿脉向围岩分硅化矿化带、绢云岩化带、绿泥石绢云母化带。硅化与矿化的关系

最密切，当硅化强烈且具有多次硅化特征或硅化、绢云母化等同时存在时,矿石质量较好。矿床属构造破碎带蚀变岩型银（铅）矿床。

三、矿体形态及产状

铁炉坪矿床矿体赋存发育于太华群片麻岩的陡倾斜NE-NNE向断裂破碎带内，受蚀变破碎带控制明显。矿化蚀变破碎带成群分布，长短不一，首尾相连，在平面上构成横贯全区的NE向构造蚀变带，已控制的六条矿化蚀变破碎带总体走向呈NE20°方向，平行排列，以Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号为主。矿体南西端扬起，北东端侧伏，中段复合膨大，深部分支尖灭。一般单个矿体规模：长度为200～600m，厚度为2～10米，最厚可达50余米。

四、矿石矿物和脉石矿物组成

矿石中金属矿物有方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿、黝铜矿、辉铜银矿、硫锑铜银矿、斑铜矿、自然银、辉银矿、褐铁矿、软锰矿、白铅矿、铅钒、铜蓝、孔雀石等，脉石矿物为石英、绢云母、白云石、方解石等。银的主要载体矿物是方铅矿，单矿物分析的方铅矿中，w（Ag）为54×10^{-6}～477×10^{-6}，平均为266×10^{-6}；电子探针分析的方铅矿局部，w（Ag）可达1300×10^{-6}。矿石主要为自形～半自形粒状、它形粒状、交代结构、交代残余结构、填隙结构，脉状～网脉、浸染状、角砾状构造。

3.3 沙沟-月亮沟铅锌银矿床

一、矿区基本地质特征

矿区内出露地层主要为太古界太华群草沟组、石板沟组及第四系。

太古界太华群草沟组主要分布于矿区西部、北部和东部，即西拆离带以东，北拆离带以南的大部地段。主要岩性为黑云斜长片麻岩、混合岩化黑云斜长片麻岩、角闪斜长片麻岩、夹有角闪斜长岩及斜长角闪岩以及角闪岩团块。厚度 2000 米以上。

角闪斜长片麻岩是矿区内草沟组的主要岩性组成部分。岩石呈灰色，片麻状构造，鳞片纤维粒状变晶结构，少部分具半自形粒状变晶结构或变余碎屑结构，交代残余结构。斜长石含量 30～70%，呈不规则粒状、半自形粒状或板状，粒径 0.5～2 毫米；普通角闪石含量 15～40%，呈纤维粒状、不规则状或半自形柱状，粒径 0.1～1.5 毫米；石英含量变化较大，一般小于 15%，形态呈不规则粒状，粒径直 0.5～1 毫米；黑云母呈片状含量少于 15%。一般斜长石表面普遍绢云母化，角闪石有次闪石化现象。微量矿物有黄铁矿、磷灰石、锆石、石榴石等。

黑云斜长片麻岩是矿区内主要岩石之一。岩石呈灰色、灰绿色，片麻状构造，鳞片粒状变晶结构。主要矿物斜长石含量 30～70%，不规则粒状，部分为半自形

粒状，粒径 0.1～1 毫米，部分表面已绢云母化，黝帘石化等；黑云母含量 15～40%，具定向鳞片状或条带状分布，粒径 0.1～1.5 毫米，有不同程度的绿泥石化、绿帘石化等；石英含量 10～20%，呈不规则粒状，粒径 0.1～1 毫米。次要矿物有普通角闪石、微斜长石、石榴石等。微量矿物有磷灰石、磁铁矿、锆石、榍石等。

太古界太华群石板沟组（Arsh）主要分布于矿区南部。岩性为角闪斜长片麻岩、混合岩化角闪斜长片麻岩、混合岩化黑云角闪斜长片麻岩，夹有黑云斜长片麻岩和斜长角闪岩透镜体。厚度 760 米。角闪斜长片麻岩普遍具混合岩化现象，可见条带状混合岩和眼球状混合岩。局部夹浅粒岩。浅粒岩呈透境状产出，为浅白色，粒状变晶结构，主要矿物成份是斜长石和石英，粒径 0.5～0.2 毫米。另外在片麻岩中见有石榴石和电气石等矿物。局部尚可见伟晶岩。

第四系（Q）零星出露，多分布于地势较高处。主要由砾石、砂、亚砂土、砂质粘土等组成。

月亮沟矿区地层整体上表现为一单斜构造，总体倾向 110° 左右。发育层间小揉皱构造及勾状构造，其轴向产状与片麻理产状基本一致。区内断裂构造相当发育，成群成带出现，总体上可分为三个断裂组，其中以北北东向为主，其次为近南北向和近东西向。

（1）北北东向断裂组：为矿区内的主要含矿构造破碎带，也是本区最为发育、规模最大的断裂。由三十余条大致平行的断裂组成宽约 2000 米的密集断裂带。其总体走向 20°，倾向北西西，倾角一般 60～85°。有分枝复合、膨大缩小、局部直立或有反倾斜现象。该组断裂具有多期活动特征。

（2）北东东及近东西向断裂组：该方向的断裂也较发育，但不集中构成密集带。该组断裂被后期北北东向含矿断裂带切穿。断裂带内局部有硅化现象，并发育有绿泥石构造片岩，平面上呈舒缓波状。其规模相对较小，矿化较弱，矿区内以 S17 号脉为代表，产状 60～90° ∠50～70°。

（3）近南北向断裂组：该组断裂被近东西向、北北东向断裂组所切穿，且数量不多，一般倾向东，倾角 50～70°，矿区内以 S16 号矿脉为代表，地表出露宽度 3～15m，延长 1600 余米，平面上呈舒缓波状。

本矿区出露于地表的岩浆岩相对较少，与成矿关系密切的燕山期岩浆岩主要是矿区东北部出露的花岗斑岩，岩体出露面积超过 0.1km2。另外推测在矿区东南 2km 处为隐伏岩体中心，对成矿控制作用明显。此外区内花岗斑岩的分异产物花岗细晶岩脉也有零星出露，但规模较小。

二、围岩蚀变特征

矿区内近矿围岩蚀变以硅化、绢云母化为主，并具多次硅化蚀变特征。深部

还有黄铁矿化、碳酸盐化，一些地段尚有绿泥石化、绿帘石化及弱钾长石化等。地表及浅部还有高岭土化、褐铁矿化、铁锰矿化、泥化等。硅化强弱与矿化强弱和矿石质量具十分明显的关系。

围岩蚀变严格受构造破碎带所控制，构造破碎带外侧蚀变较弱，一般以绢云母化为主，且蚀变范围不超过5米。蚀变带内矿化以铅、锌、银为主，另外尚有黄铁矿、黄铜矿等。

三、矿体形态及产状

沙沟-月亮沟铅锌银矿床矿体呈脉状、透镜状、扁豆状、不规则似层状等产于构造破碎带或断裂内，矿体严格受断裂构造控制。矿体延伸方向以北东、北北东向为主，其次为近南北向和近东西向。其中规模较大的矿体有 S2、S6、S14、S16、SE16、S7、S8、S32、Z9、WF3。除S16为近南北向、Z9和S17为近东西向外，其它均为北东、北北东向。

矿体形状以脉状、透镜状为主，次为扁豆状、不规则似层状。矿体沿走向和倾向均具分枝复合、膨大缩小特征。当矿体产状变化大时，矿石品位高，相对富集。在破碎带变宽，膨大或分枝复合部位往往有富矿段出现。若产状稳定，破碎带厚度相对较薄时，产出的矿体形态多呈薄脉状或不规则似层状。

四、矿石矿物和脉石矿物组成

矿石中主要金属矿物有：方铅矿、闪锌矿、辉银矿、银黝铜矿、自然银、黄铁矿，其次为黄铜矿、黝铜矿、白铅矿、针铁矿、黑锌锰矿、菱铁矿、斑铜矿等。脉石矿物主要有石英、绢云母、白云石、方解石，其次有角闪石、绿泥石、黑云母、斜长石、钾长石、萤石等。

第四章 控矿构造解析

综合区内多个矿床的构造特征及控矿机制认为熊耳山西段研究区内银多金属矿床的矿体产出完全受断裂或构造破碎带的控制。断裂或破碎带的结构和变形特征、运动学特征及其所反映的古构造应力场特征，以及断裂的形成机制和组合规律的研究，对分析和查明矿体的空间分布和组合规律具有十分重要的意义。

4.1 控矿断裂（破碎带）构造特征及其控矿作用

根据断裂（破碎带）的结构特征、运动学特征及形成机制，区内控矿断裂可分为三种基本类型：1、陡倾的、断裂发育时表现为平移运动的、构造破碎带和断层角砾岩不太发育的断裂；2、陡倾的、断裂发育时表现为平移运动的、发育有构造强化带和断层角砾岩的构造破碎带，以NE和NNE向为主；3、缓倾的、表现为正断层性质的拆离断层，以近EW向为主，主要见于范庄矿区和蒿坪沟矿区。

4.1.1 陡倾断裂的构造特征及其控矿作用

该类断裂是区内最主要控矿断裂之一，以 NE 和 NNE 向为主，其次为 NW、近 S-N 向和近 E-W 向。断裂结构较简单，构造破碎带和断层角砾岩不发育，以发育断裂面为特征，断裂面产状较稳定，矿体沿断裂呈脉状、似层状贯入，两侧围岩构造变形微弱，围岩较为完整，仅发育蚀变作用，没有明显的构造破碎。该类断裂控制的矿体的矿石多为块状构造，矿体的延伸相对较稳定。矿体两侧为断裂面所限（图版Ⅰ-1）。

受这类断裂控制的矿体经常可见由矿体中心向两侧呈对称分布的脉状条带，指示经历了多阶段的脉冲式成矿作用。图版Ⅰ-2 所示的矿体，中心为富含黄铜矿和方铅矿石英脉带，两侧对称分布块状方铅矿带，再向外侧为含黄铜矿和黄铁矿石英细脉带。这种矿体的对称分带是裂隙多次反复裂开→充填愈合的典型产物。

当第二次的裂开发生于第一次充填矿体的两侧，并且两侧的裂开均再次被充填时，就形成所述的对称脉状条带。如果第二次的裂开发生于第一次充填矿体的一侧，就形成矿体不对称脉状条带或不完全对称脉状条带（图版Ⅰ-3）。

矿体中大量发育的这种脉状条带构造，反映了控矿断裂的构造变形主要是裂开（破裂）作用，破碎带和断层角砾岩不发育，断裂面控制着矿体的分布。

4.1.2 构造破碎带的构造特征及其控矿作用

构造破碎带是区内最主要控矿构造，以NE和NNE向为主，少量NW、近S-N向和近E-W向。控矿断裂以发育有构造强化带或断层角砾岩为特征。构造破碎带宽度一般1～2米，两侧与围岩间一般发育有主断层面，界限截然，顶底断层面间岩石强烈破碎，形成构造破碎带。根据带内岩石的破碎程度及断层角砾岩发育情况，大致可分为三种：

第一种是带内发育构造透镜体或达到初构造角砾岩，和一系列次级小断层，达不到典型的构造角砾岩程度（图版Ⅰ-4），有时临近顶板或底板断层发育宽数十公分的构造角砾岩。

第二种是带内发育典型的构造角砾岩，破碎带就是由顶底断层面围限的断层角砾岩带（图版Ⅰ-5）。

第三种是破碎带内主要发育密集的构造劈理，显示脆-韧性变形的特征（图版Ⅰ-6）。区内这种破碎带相对较少。

受构造破碎带控制的矿体的产出形态多样，有的沿顶板或底板断层呈脉状、似层状产出（图版Ⅰ-7）；有的在破碎带内沿着与构造破碎带总体产状一致的带内次级断层呈条带状产出（图版Ⅰ-8）；有的在破碎带内沿多组次级断层呈细脉和网脉状产出；有的在整个破碎带内呈团块状和鸡窝状产出（图版Ⅱ-1、2）。

4.1.3 拆离断层的构造特征及其控矿作用

野外地质观察和研究表明，缓倾的拆离断层在区内并非主要的控矿构造，主要见于范庄矿区和蒿坪沟矿区，以近E-W向为主。

在范庄矿区，矿体除了主要受陡倾的北东向断裂控制外，部分地段还受近E-W向的拆离断层控制。野外可明显观测到的为发育一条露头宽度达50米左右的构造角砾岩带，角砾多呈棱角状，分选性很差，具张性断层角砾岩特征。构造角砾岩带内产有多条矿脉，单条矿脉受角砾岩带内次级断裂控制，在角砾岩带内与其产状不同的次级断裂内也发生明显的矿化（图4-1）。角砾岩带内见有方铅矿成脉状切过角砾（图版Ⅱ-3），及含闪锌矿的具梳状构造的石英脉切过角砾（图版Ⅱ-4）。根据本区拆离构造的形成时代和成矿作用的年代学研究，两者可能为同期构造的不同构造阶段，拆离断层稍早于成矿作用。

在蒿坪沟矿区地表也见有一条规模不大的拆离断层，产状160°∠44°，拆离断层上盘发育多条上陡下缓的铲式正断层，拆离断层和上盘发育的铲式正断层的断层面上均发育两期擦痕，早期表现为正断层性质，后期为右形平移（成矿后）。

拆离断层带内充填有含矿石英脉。拆离断层下盘发育多条陡倾的NE向的含矿破碎带，陡倾的含矿破碎带没有穿过拆离断层，显示陡倾的NE向的破碎带形成于拆离断层发育前，但两者均为控矿构造（图4-2）。拆离断层下盘发育多条陡倾的NE向成矿后的断裂，断层面上擦痕指示为右形平移断层，切割含矿破碎带中的矿体。

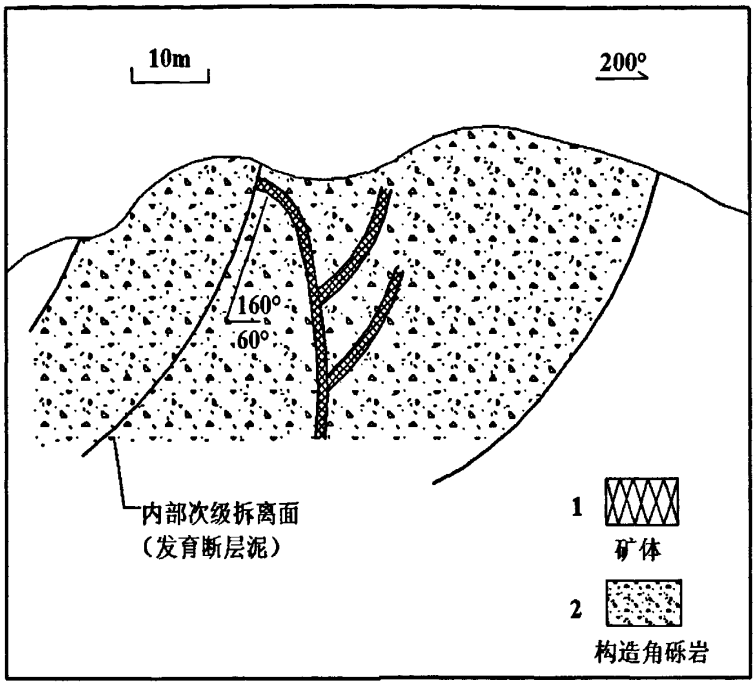


图4-1 范庄矿区拆离断层内矿体的产出特征

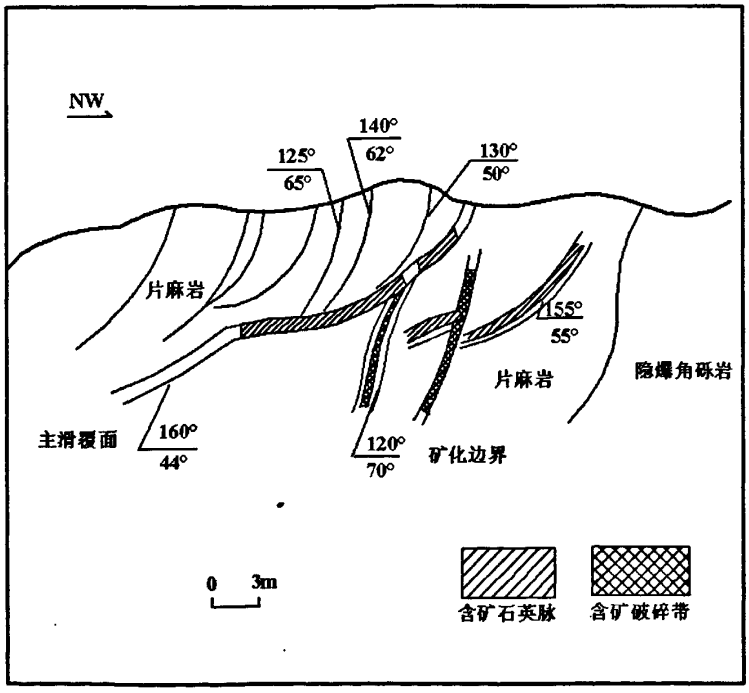


图 4-2 蒿坪沟拆离断层控矿素描图

4.2 控矿断裂的形成机制

根据区内控矿断裂形成的动力学背景及形成机制，可分为陡倾的断裂或破碎带与拆离断层两种类型，本节就陡倾的控矿断裂（破碎带）的形成机制和组合规律进行初步分析。

4.2.1 控矿断裂的运动学特征及古构造应力场

区内控矿断裂以NE和NNE向为主，部分为NW向、近S-N向和近E-W向。但在各种方向的控矿断裂或破碎带内的断层面上均经常发育多组擦痕（表4-1），同组断裂在不同地段经常见具有不同运动方向，即各组控矿断裂均具有多期活动的特征（图版Ⅱ-4、5、6、7）。利用擦痕结果做出各期构造活动的应力场赤平投影图（图4-3）。

表 4-1 野外代表性擦痕测量结果

近南北向挤压（350° 左右）（控矿断裂发育阶段构造应力场）				
断层面倾向	断层面倾角	擦痕侧伏向	擦痕侧伏角	运动性质
68°	70°	158°	10°	D
295°	78°	25°	65°	T&S
270°	72°	0°	0°	S
285°	70°	195°	25°	S
70°	50°	160°	25°	D
近南北向引张（NNW）（成矿期构造应力场）				
断层面倾向	断层面倾角	擦痕侧伏向	擦痕侧伏角	运动性质
160°	44°	70°	75°	N
165°	52°	75°	90°	N
NE向挤压（60° 左右）（成矿后构造应力场）				
断层面倾向	断层面倾角	擦痕侧伏向	擦痕侧伏角	运动性质
160°	44°	250°	20°	S
140°	78°	50°	0°	D
325°	70°	55°	10°	D
310°	80°	40°	10°	D
NW向挤压（成矿后构造应力场）				
断层面倾向	断层面倾角	擦痕侧伏向	擦痕侧伏角	运动性质
360°	81°	270°	0°	D
68°	70°	150°	20°	S
290°	80°	200°	90°	T

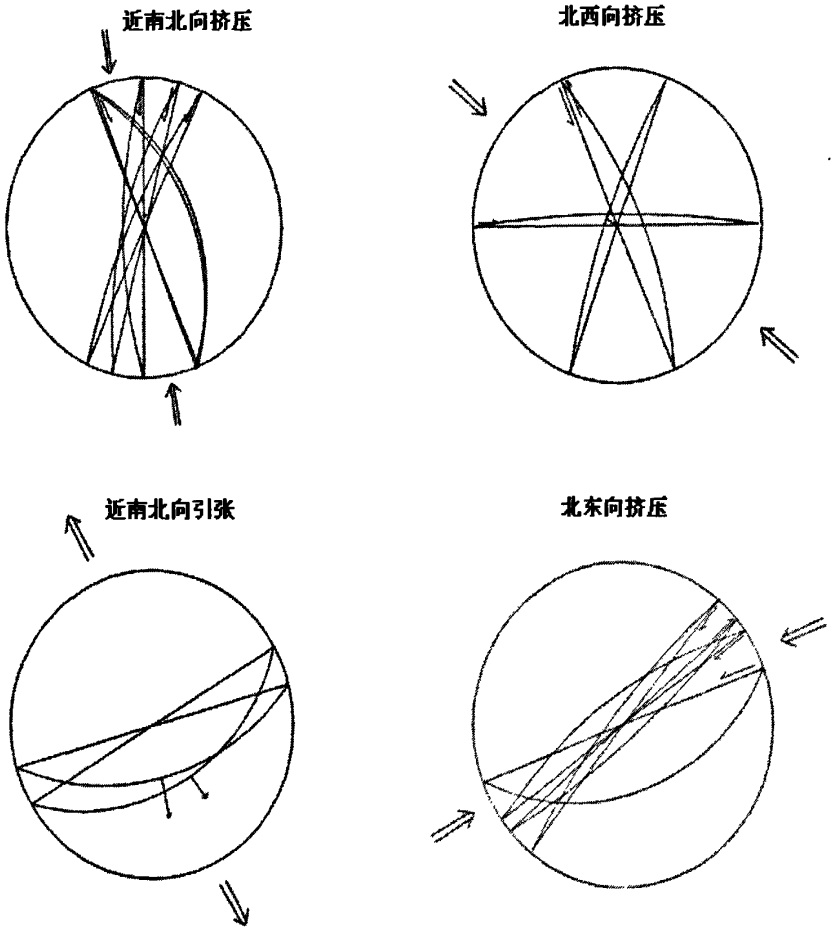


图4-3 各期构造活动的应力场赤平投影图

4.2.2 控矿断裂的发育和构造活动史

由上面分析表明：区内陡倾的控矿断裂（破碎带）经历了四期明显的构造活动，反映的构造应力场，由早到晚依次为:近南北向挤压、近南北向引张、NEE向挤压、NW向挤压。

第一期为成矿前构造：为区内控矿断裂的发育阶段，形成的断裂主要为NE向和NNE向的断裂，其次为近S-N向和NW向。NE向、NNE向及近S-N向断裂以左行平移运动为主，兼有逆冲平移分量，NW向断裂表现为右行平移运动。控矿断裂的这期运动在研究区内十分普遍，在控矿断裂和控矿破碎带的顶、底和内部及旁侧的次级断裂面上发育大量指示运动方向的擦痕和正阶步。该期构造活动奠定了研究区控矿断裂的主体格架。

第二期为同成矿期构造：区内拆离断层可能发育于该期，反映了区域引张的构造背景。区内主要的NE向和NNE向的控矿断裂表现为右形平移-正断层或正-右

形平移断层，表现出张扭性特征，有时发育有晶洞构造或梳状构造（图版Ⅱ-8），近E-W向的断层表现为正断层。

第三期和第四期均为成矿后构造：第三期构造活动过程中，NE向和NNE向的断裂主要表现为右形平移，近E-W向的陡倾断层或拆离断层表现为左形平移。第四期构造活动过程中，NE向和NNE向的断裂以逆冲运动为主。总的来说，这两期构造活动过程中，一般情况下断层的位移均不太大，对矿体没有大的破坏和改造，矿体基本保持连续。

上述四期断层活动的相对先后时代关系野外表现明显，野外同一断层面上经常见到两期具切割关系的擦痕，为确定不同构造期次的相对先后时代关系提供了重要依据。反映不同构造应力场的不同构造期次的断层在同一露头上的明显切割关系（图版Ⅱ-7），也帮助了构造期次的相对时代关系的确定。

4.3 控矿断裂的组合规律

根据前述的控矿断裂的发育和构造活动历史分析可知，研究区内控矿断裂的主体格架形成于近南北向挤压的构造应力场条件下，受边界地质条件的制约，近南北向挤压衍生出NE向的左行剪切力偶和NW向右行剪切力偶，由于区内对岩石力学性质和变形特征起着重要制约作用的基底和先期构造线方向总体为NE向，因此，区内的断裂变形主要表现为发育NE向的左行平移断层。在一些存在局部NW向地质或岩性差异边界的地段，有时发育NW向的右行平移断层。

在NE向的左行剪切力偶作用下，研究区内形成了几条规模较大的NE向平移断层，以及一系列同方向的规模较小的和NNE向的次级断层，这些次级左行平移断层又派生更低一级的NNE向和近S-N向左行平移断层。

研究区南侧马超营断裂，控制着熊耳群的形成和展布及中生代岩浆活动，具区域性深大断裂特征，可视为区内的一级断裂；那么区内在上述NE向的左行剪切力偶作用下形成的规模较大的NE向的李家沟—冬草沟—马店断裂、四道沟—程家沟断裂及研究区西南边界的康山—上官断裂为区内的二级断裂；区内一系列NE向、NNE向断裂为二级断裂派生或伴生规模较小的三级断裂；规模更小的NNE向和近S-N向断裂为四级断裂。

图4-4为控矿断裂主体格架发育应力场特征和断裂组合规律示意图。

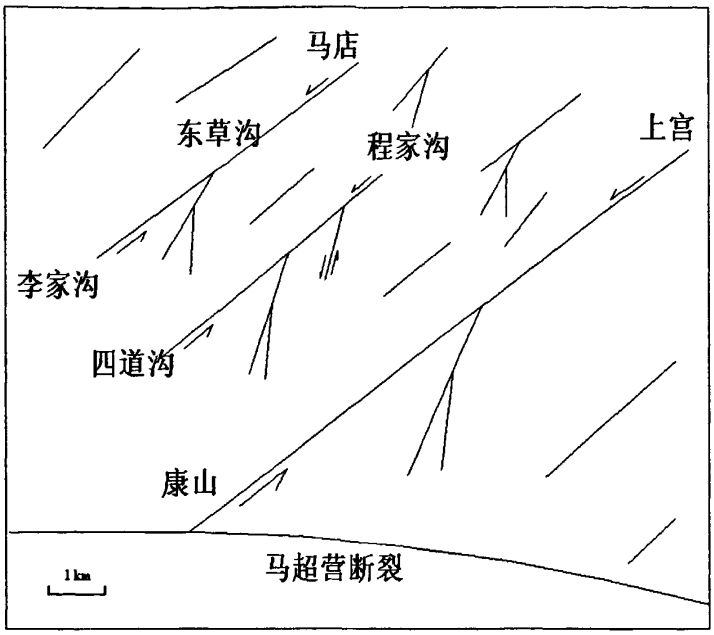


图4-4 控矿断裂组合规律示意图

综述之，研究区控矿断裂总体格局为近S-N向挤压的区域应力场背景下，由衍生剪切力偶的作用而形成的不同方向、不同级别的一系列平移断层的组合，在空间展布和组合式样上具有明显规律，在运动特征和形成机制上具有密切的联系，而这些构造最终控制了区内矿床的展布。

第五章 矿床控矿因素分析及成因

5.1 控矿因素

5.1.1 围岩控矿

熊耳山西段多金属矿床的围岩为太古宇太华群和中元古界熊耳群。关于太华群和熊耳群与成矿作用的关系，前人已有了很多的研究。

太华群为一套中深程度的区域变质岩及少量混合岩，呈北东东向长垣状分布于研究区，原岩属于裂谷型火山-沉积盆地构造环境的镁铁质-长英质火山岩系和同构造期花岗岩类，属晚太古代花岗绿岩建造。对太华群的成矿元素分析表明，太华群中 Au 的含量比地壳的丰度低 5～10 倍，Ag、Pb、Zn、Cu、As、Sb、Bi、Mo 等均明显或略低于地壳的丰度（表 5-1）。太华群为太古代的古老变质基底，经历了地壳演化过程和多期构造热事件，在这种作用下，原有组成经受活化和改造，物质经过了重组，现在太华群的成矿元素分析的结果只能代表活化、改造和重组后的含量。

黎世美等[31]利用金-钯地球化学的相关属性，计算出太华群原岩的平均金丰度为 107.2×10^{-9}，远高于现在测定值，尽管这种计算可能不一定准确，但至少已证明太华群原始建造中的大部分 Au 已活化迁移，而地球化学性质相对于 Au 更加活泼的 Ag、Pb、Zn、Cu、As、Sb、Bi、Mo 等成矿元素，其活化迁移应更加强烈和显著；汪东波[32]对太华群中 Au 与 Pb、Zn、Cu、As、Sb、Bi、Mo 等元素的相关分析发现，两者无明显的相关关系，可能正是因为在后期各种构造热事件过程中，由于地球化学活动性的差异导致不同成矿元素活化迁移的比例不同，从而破坏了原始建造中 Au 与 Pb、Zn、Cu、As、Sb、Bi、Mo 等元素的固有相关关系。太华群现有成矿元素丰度显著偏低正说明经历了活化迁移和成矿过程，只代表了成矿后的残余丰度。

表5-1　太华群和熊耳群部分成矿元素分析结果表

地质体	样数	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	As	Sb	Bi	Mo
太华群①	505	0.938	0.045	15.89	50.63	16.10	1.53	0.20	0.13	0.98
太华群②	241	0.53	0.04	13.9	53.9	17.6	1.08	0.22	0.18	1.01
熊耳群①	500	0.650	0.039	19.46	113.2	12.30	1.44	0.35	0.10	1.68
丰度(维氏)		4.20	0.07	16.0	83.0	47.0	1.70	0.50	0.01	1.10

Au的单位为w(10^{-9})，其他元素单位为w(10^{-6})；①数据引自陈德杰[33]；②数据引自陈正友[34]

中元古界熊耳群为一套中基性-中酸性的安山岩、英安岩和流纹岩等。熊耳群中成矿元素分析结果显示，Au、Pb、Zn、Cu、As、Sb、Bi、Mo等元素的含量略低于或略高于地壳的丰度（表5-1），多数学者认为熊耳群为未变质到轻微变质，元素不可能发生过广泛和大范围的活化迁移，熊耳群中成矿元素的测定值基本代表了原始建造丰度[33,35]，由此认为熊耳群没有为区内的成矿作用提供直接的物质来源。

但在研究区内，熊耳群与矿床区域分布具密切的空间关系，这与熊耳群形成时特定的区域大地构造背景及其对后期大地构造演化和构造运动的影响和制约具有内在的联系。目前对熊耳群火山岩的岩石系列以及所反映形成的大地构造背景仍有不同的认识：一种认为熊耳群属钙碱性火山岩系，形成于中元古代华北古大陆板块边缘；另一种认为熊耳群是具有双峰式特征的偏碱性火山岩，是陆缘裂陷构造环境的产物。

无论哪种构造背景，熊耳群的形成与展布明显受到构造的控制，尤其受到深大断裂的控制，其形成与展布的区域与相邻区具有不同的大地构造属性。这些控制熊耳群的形成与展布的古老深大断裂对造山过程和造山期后的构造演化、断裂发育和运动特征及岩浆活动都具有十分重要的制约作用。因此，尽管熊耳群可能没有为区内的成矿作用提供直接的物质来源，但从熊耳群与矿床的空间联系及其对成矿预测的示踪意义来看，可作为控矿围岩条件。

5.1.2 构造控矿作用

研究区构造的控矿作用极其重要和显著。从时间和区域构造演化看，构造的控矿作用体现为：太古代和早元古代古老陆缘的构造演化对原始矿源层展布和矿床区域分布的控制，即古区域构造演化控制着区域成矿作用和矿集区；中元古代陆缘裂解过程形成的长期活动的深大断裂控制着后期成矿过程中的岩浆活动和控矿断裂的发育及演化，即控制着矿带的分布；印支期造山过程中的区域挤压控制着控矿断裂系统的发育，控制着矿床的空间展布；燕山期的区域引张和构造伸展作用控制着岩浆岩的发育和矿化作用。

从矿床和矿体与构造空间关系看，矿床和矿体分布和产出完全受断裂控制，不同级别的断裂具不同的控矿作用，一级断裂构造控制着原始矿源层展布和区域成矿作用；二级断裂控制着成矿带的分布；三、四级断裂控制着矿体的空间产出。

5.1.2.1 太古代和元古代区域构造演化的控矿作用

古陆缘壳-幔作用强烈而频繁，矿源丰富多样，岩浆和水热流体汇聚，有巨大地热异常。各层圈和各地体间的物质与能量交换频繁，有利于发生大规模成矿

作用，有 Au、Fe、Ni、Cu、Pb、Zn、Mo、Sn 等大型矿床的形成。与非洲、北美、南美、欧洲、西伯利亚、澳大利亚等大型克拉通比较，中国大陆陆块体积较小，个体数量较多，较为分散，陆块边缘构造带占有较大比例，即古大陆边缘构造带在中国很发育，为地质成矿作用提供了多种有利因素[10]。由此可见，古陆缘的发育和演化对区域成矿作用具重要控制作用。

研究区为华北板块上出露太古代古老地层地带之一，在华北板块的南缘分布有四个太古代花岗-绿岩带出露的地体，即小秦岭地体、崤山地体、熊耳山地体和鲁山地体[36]，它们呈 NWW 向串珠状分布，形成了华北板块南缘最古老的陆壳，奠定了元古代陆壳生长和构造发展演化的物质基础。刘红樱[36]等将华山-熊耳山地区划为六个地体，地体间以 NE 向的断裂为界（图 5-1）。太古代的这种大地构造背景特征对区内后期构造格局形成和构造演化--岩浆活动--区域成矿作用--控岩控矿断裂的发育--矿床分布和矿体产出状态，均起着重要的制约和影响。

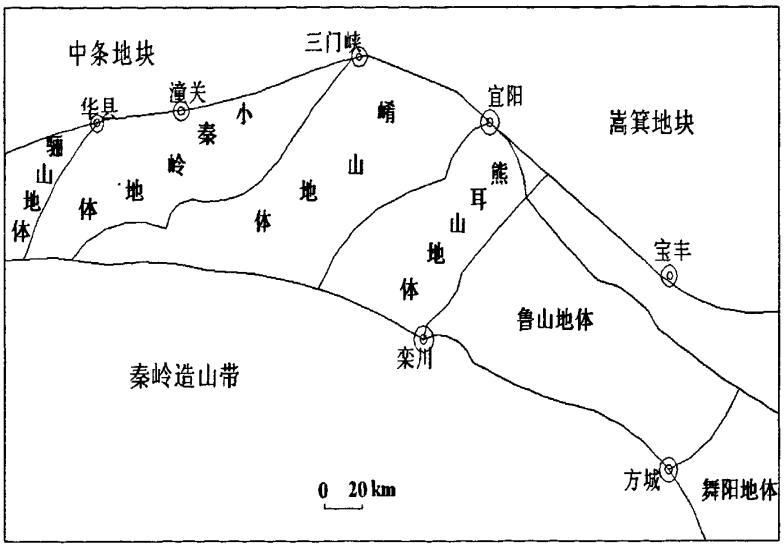


图 5-1 华山-熊耳山地区地体分布与 NE 向大断裂示意图（据刘红樱等[36]修改）

早元古代基本继承了太古代的大地构造格局，表现为太古代形成的古老陆核的进一步生长和拼贴。胡受奚、林潜龙[37]等划分的下元古界太华群，包括荡泽河组、水滴沟组和柳树沟组，代表了该期的建造。刘红樱[7]等通过对太华群详细的研究表明，华山-熊耳山地区的太华群的绿岩建造可分为两期，第一期绿岩建造的岩石及地球化学特征表明其为大洋中脊环境；第二期的地球化学特征显示其为岛弧环境，为陆核的进一步增生和发育过程。

通过太古代和早元古代的构造演化，呈孤立和分散的古老陆核通过生长和相互拼贴，近 EW 向（NWW 向）串珠状分布的古老陆核的生长、拼贴最终形成了近东西向展布的古老结晶基底，一方面，构成近 E-W 向的区域原始矿源层，另一方面，控制着近 EW 向（NWW 向）深断裂的发育，从而影响和制约后期构造格局形

成和构造演化、岩浆活动及区域成矿作用，分隔着各陆核的古老地质边界成为NE 向深断裂的原始雏形，也构成了后期控矿断裂系统主体格架形成的重要边界地质条件。

中元古代，研究区的区域构造背景尚有不同认识，主要是关于熊耳群火山岩系构造背景问题，总体上存在两种观点：

一种观点认为熊耳群火山岩系主体为钙碱性的安山岩、英安岩、流纹岩，并主要沿着黑沟-栾川断裂北部边缘分布，中元古代华北地台南缘具有典型的安第斯型活动大陆边缘构造特征，熊耳群火山岩系秦岭古大洋板块向华北板块俯冲的产物，其构造背景为陆缘火山岛弧。

另一种观点认为熊耳群火山岩系具双峰式火山岩特征，华北地台南缘中元古代处于拉张构造环境，熊耳群为华北地台南缘中元古代裂谷喷发的产物。张子敏[38]等通过对熊耳群火山岩系的分布形态、与基底的接触关系、常量、微量元素特征、稀土元素特征诸方面证实了熊耳群火山岩为典型大陆裂谷喷发的产物。

现在倾向性的看法是认为中元古代研究区处于大陆裂解的动力学背景。这种裂解作用发生于太古代和早元古代形成的构造背景上，中元古代的构造演化受控于太古代和早元古代形成的构造格局。

区域上看，研究区所在成矿带内的矿床具有东西密集成带，北东成列的展布特征，这种分布特征反映了元古代至中生代成矿过程区域控岩控矿断裂发育和活动的构造继承特点，体现了太古代和元古代区域构造演化对后期构造活动的制约和影响。

5.1.2.2 印支期造山运动和造山后陆内构造演化的控矿作用

印支期是研究区一个十分重要的构造演化过程，熊耳山南部的秦岭造山带在经历了多阶段、长期的构造演化后，于中生代初期的早-中三叠世出现在全面的陆-陆碰撞造山，华北和扬子两大板块全面会聚。位于华北板块南缘的本区是秦岭碰撞造山带的边缘组成部分，造山作用对本区的构造产生了极其重要的影响，在近南北向挤压的构造应力场作用下，受NE 向和NWW 向古老构造边界和深断裂的制约，区内在衍生剪切力偶的作用下形成了一系列不同方向、不同级别的断层组合，成为后来成矿期的重要控岩控矿构造。一级断裂为多期活动、具构造继承性特点的深断裂，控制着原始矿源层展布和区域成矿作用；二级断裂控制着成矿带的分布；三、四级断裂成为主要的容矿断裂。

研究区于燕山期进入陆内演化或陆内造山阶段，由区域构造挤压转化为区域伸展，这种构造动力学机制的转换对本区的成矿具有十分重要的意义。正如翟裕生[39]所指出的，在控制成矿过程的多种参数中，构造动力转换可能起着根本的作用，在构造动力体制转换带动下，多种成矿参数的联动转换是形成大型矿床的一

种机制。

5.1.3 岩浆岩控矿作用

研究区所在成矿带内，燕山期花岗岩类与成矿作用具有密切的关系，这已基本成为共识。空间上两者常常密不可分，上宫、瑶沟、祁雨沟、青岗坪、虎沟等矿床分布于花山岩基周围[1,28]。但花岗岩在成矿过程起着什么样的作用目前尚有分歧。一些学者十分强调燕山期岩浆活动在成矿中的作用[12]，认为岩浆活动不仅提供了部分成矿物质和成矿热液，而且是成矿作用的主要热驱动力，同时还营造了成矿空间，区域性深源岩浆活动是大规模成矿的基本条件。但化学分析显示，除蒿坪沟岩体外，区内其他岩体中主要成矿元素含量大多低于地壳克拉克值和世界花岗岩平均含量（表5-2）。

表5-2 研究区花岗岩部分成矿元素分析结果表（引自陈正友[34]）

地质体	样品	Au	Ag	Pb	Zn	Cu	Mo	Sn
花山岩体	129	0.52	0.044	14.6	36.2	8.3	1.6	1.32
金山庙岩体	17	0.57	0.022	11.6	35.3	3.2	0.24	1.03
万村岩体	57	1.0	0.060	36.7	40.2	10.4	2.84	1.15
蒿坪沟岩体	6	5.8	0.32	215	110	134	0.9	4.3
维氏（1962）	-	4.3	0.07	16	83	47	1.1	2.5
世界花岗岩	-	4.5	0.05	20	60	20	1.0	3.0

（Au的单位为10^{-9}，其他元素为10^{-6}）

这表明区内矿床的成矿物质可能并非直接来自花岗岩体。岩体中主要成矿元素含量大多低于地壳克拉克值可能与岩体的成因有关。同位素示踪、稀土元素和微量元素地球化学特征证明：区内花岗岩先是由下地壳物质在部分熔融作用下形成岩浆，后又经历了岩浆结晶分异作用而形成，并遵循了由基性向酸性正向演化的规律[35,40]，岩体继承了其源岩太华群的部分地球化学特征。

从成矿时间与相关岩体的形成时间看，岩体与矿化的成因联系以间接为主[27]。熊耳山及邻区钼矿的成矿年龄集中于145～131Ma，而相关斑岩体年龄则为158～136Ma，两者相差 5～27Ma，反映了成矿及流体活动不同程度地滞后于 I 型小斑岩体的侵位。而金矿等成矿时间集中于 128～114Ma，相关岩体年龄为141～127Ma，两者相差约30～15Ma，更反映了它们并不具有直接的生成联系；五丈山花岗岩早于金矿达30Ma，与金矿并非同一动力学背景的产物，二者只具空间关系，不具成因联系；花山岩体早于隐爆角砾岩型的祁雨沟金矿 8～15Ma，

因此二者也不具直接的成因关系；而熊耳山构造蚀变岩型的公峪金矿成矿年龄与花山花岗岩相差约 8Ma，且可见到其北面有构造蚀变岩型矿脉切穿花山花岗岩基，可能反映了二者虽然同属同一构造-岩浆-成矿事件的产物，但其成因联系应是间接的。因此，就熊耳山西段及相邻地区来说，成矿作用更直接地受构造作用的制约。

区内部分矿床矿物包裹体的分析结果表明，成矿热液以低盐度(0.5wt% NaCl～9.52wt% NaCl)、富 CO_2 为特征，$K^+/Na^+<1$，$F^-/Cl^-<1$，$CO_2/H_2O<1$，属于 Na^+-Ca^{2+}-H_2O 体系，与太华群变质高峰期后热液含水低、高盐度(16wt% NaCl～34wt% NaCl)有明显区别，而与燕山期花岗岩期后热液富 CO_2、H_2O，低盐度(6.8wt% NaCl～10.3wt% NaCl)的性质极为相近。这反映了从岩浆热液到成矿热液的演化是连续的，属于同一演化序列。

在矿石包裹体水的 δD-$\delta^{18}O$ 关系图上，部分矿床或早期成矿阶段的投影点位于岩浆水范围内，晚期成矿阶段的投影点偏向大气水线，说明成矿早期以岩浆热液为主，晚期有大量天水参与成矿[5]。

岩石和金矿床的铅、硫、氧和氢等同位素系统研究表明，尽管本区金矿床的类型不同，赋矿围岩性质也不尽一致，但成矿物质主要来自基底太古界太华群变质岩，成矿热液来源于燕山期花岗岩浆热液活动，金沉淀成矿阶段有大气水的混入。

综上所述，燕山期岩浆岩（花岗岩类）的控矿作用十分明显，表现为两者空间上的形影相随，内在上反映了其成因上的联系，燕山期岩浆活动不仅是成矿热液的主要来源，更是成矿热液循环对流、萃取围岩中成矿元素的热动力来源。

5.2 矿床成因及成矿时代分析

5.2.1 成矿物质来源

成矿物质和成矿流体来源研究是成矿规律分析、成矿模式建立及进行成矿预测的重要前提和基础，区内矿床在这方面已有不少研究和探讨。由于区内燕山期花岗岩与古老的结晶基底太华群具有密切的成因联系，是太华群深部熔融的产物，两者在稀土元素、稳定同位素及放射性成因同位素等方面显示出相似的地球化学特征，例如，在铅同位素图解上，矿石、花岗岩、太华群投影区域基本重叠（图 5-2）。

利用硫同位素研究对成矿物质来源进行示踪比较困难，矿体中硫化物或硫酸盐矿物的硫同位素组成不仅与成矿流体中总硫的同位素组成有关外，还要受氧逸度（fo_2）、PH 值、离子强度和温度的制约，即矿物的 $\delta^{34}S=f$（$\delta^{34}S_{\Sigma S}$，fo_2，pH，

I，T）。因此，所测矿床中硫化物的 $\delta^{34}S$ 并不能代表成矿流体总硫的同位素组成。而要判别成矿流体是否来自岩浆岩，即使在已知成矿流体总硫的同位素组成情况下，仍需作进一步分析，因为在流体/熔体间也存在着硫同位素的分馏问题。Ohmoto 和 Rye（1979）指出，在温度＞400℃时，热液中含硫物种主要是 H_2S 和 SO_2，其他物种可以或略不计，此时有：

$\delta^{34}S_{热液}=\delta^{34}S_{熔体}-\Delta^{34}S_{H2S}^{SH-}+\Delta^{34}S_{H2S}^{SO2}\times[R/(1+R)]$（R 为 SO_2/H_2S 比值），

由于即使在岩浆温度下，SO_2 与还原硫物种间仍存在着同位素分馏，因此，一般情况下岩浆热液与硅酸盐岩浆间 $\delta^{34}S$ 值是明显不同的，只有在处于 SO_2/H_2S 线以上的 fo_2 和 T 条件下，$\delta^{34}S_{热液}\approx\delta^{34}S_{熔体}$。

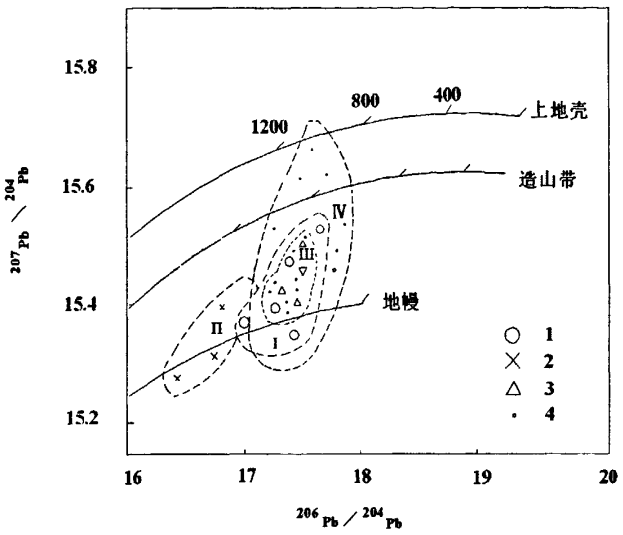


图 5-2 熊耳山地区岩石和金矿石铅同位素图解（引自范宏瑞[35]）

1 太华群变质岩（主要分布范围Ⅰ）　2 熊耳群火山岩（主要分布范围Ⅱ）

3 花山花岗岩全岩和钾长石（分布范围Ⅲ）4 金矿床矿石（分布范围Ⅳ）

目前倾向性的观点是成矿物质最终来源于太华群，但燕山期岩浆活动过程，成矿物质富集机制，即燕山期花岗岩是否直接提供了主要或部分成矿物质，仍然存在不同认识。

有些学者认为熊耳山地区燕山期花岗岩及矿床铅同位素具壳幔混合源特征，其单阶段铅模式年龄高于真实年龄，且组成和太华群相近，是继承太华群古老铅的结果，花岗岩是成矿物质的直接来源[1]；

有些学者认为太华群和燕山期岩浆岩都提供了矿源[41]；还有一些学者强调陆内挤压-俯冲过程深部基底太华群的脱水作用；范宏瑞[35]认为，印支-燕山旋回的全球性造山运动期间，由于自南而北的强烈挤压作用，在华北地台南缘产生了大规模、强烈的 A 型俯冲，由于陆内挤压-俯冲作用所造成的较高温度梯度及所引起的强烈脱水、脱气和去碱、去硅作用，一方面使得下部地壳岩石得以重熔上升，形成花山花岗岩，并使得被熔融地层中的金进一步发生转移；另一方面，脱水、

脱气、去碱和去硅作用形成的热流体又对本区基底岩石太华群发生淋滤作用，使得地层中的金得以活化转移，形成含金的成矿热液，花岗岩浆活动演化到晚期形成的气化热液和成矿物质，也可加入到成矿热液中；还有的学者认为区内的上宫金矿成矿流体和成矿物质的主要来源于熊耳地体南侧的官道口群和栾川群，成矿物质和流体以侧向源为主[42]。

由此可见，区内矿床成矿物质来源尚有认识分歧，这主要可能是不同矿床的成矿物质来源具有部分差异，区内不同的燕山期花岗岩对成矿物质的贡献也存在一定的差别。

由表 5-2 可以看出，不同燕山期花岗岩体的成矿元素的含量明显不同，以蒿坪沟花岗斑岩最为突出。蒿坪沟花岗斑岩和花山花岗岩在铅同位素组成上也明显不一样（图 5-3）。熊耳山地区花岗岩具多期次活动特征，γ_5^{3a}、γ_5^{3b}、γ_5^{3c} 均有发育，其形成年代约为 81.17 ± 1.92～182.6Ma[43]。看来尽管区内燕山期花岗岩都具明显的控矿作用，但同岩体在控矿机制上具一定的差别。是否直接提供成矿物质来源可能是其最主要区别。

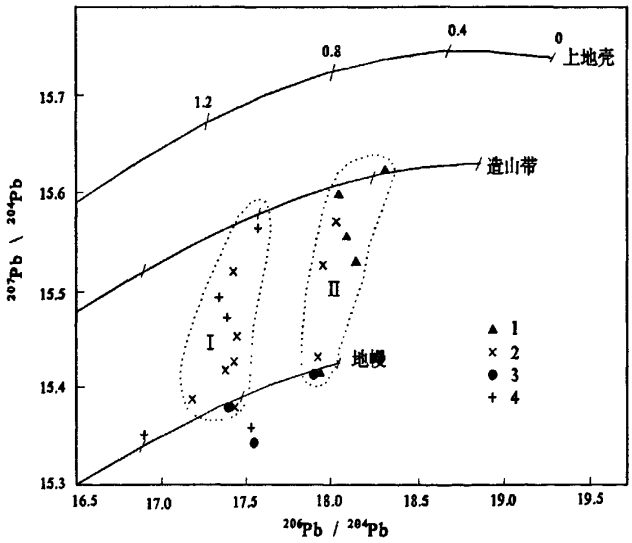


图5-3 熊耳山地区花岗岩和太华群铅同位素图解（引自陈旺[43]）

1 蒿坪沟花岗斑岩 2 花山花岗岩 3 祁雨沟花岗斑岩 4 太华群

尽管如前所述的利用硫同位素研究示踪成矿物质来源比较困难，但对区内矿床、岩浆岩及太华群的硫同位素结果的详细分析和推理，可能会提供一些重要信息。表 5-2 为区内一些代表性矿床的部分硫化物的硫同位素分析结果，分析结果显示，花山花岗岩与太华群的 $\delta^{34}S$ 十分接近，在由深部结晶基底太华群部分熔融产生原始岩浆时，由于熔融的温度很高，可以推测熔融过程中没有明显的硫同位素分馏，原始岩浆与太华群具有接近的 $\delta^{34}S$ 值。花山花岗岩与太华群十分接近的 $\delta^{34}S$ 值表明，在由原始岩浆结晶形成花山花岗岩的演化过程中，硫同位素

没有发生明显的分馏，指示该过程可能在深部很高的温度下发生脱气作用，或者该过程没有发生显著的脱气作用。蒿坪沟花岗斑岩与太华群的 $\delta^{34}S$ 具一定的差异，虽然相对太华群的 $\delta^{34}S$ 值飘逸的方向性不明显，但与蒿坪沟花岗斑岩有关的蒿坪沟银金多金属矿床中的黄铁矿具较高的 $\delta^{34}S$ 值，可能由于蒿坪沟花岗斑岩所测的硫同位素样品有限，没有反映出岩体中更高的黄铁矿的 $\delta^{34}S$ 值，推测蒿坪沟花岗斑岩发生过中低温度条件下的脱气脱水过程。

本次研究对蒿坪沟花岗斑岩部分成矿元素进行了分析（岩芯样品 17 件），与地壳丰度相比，蒿坪沟花岗斑岩明显富集 Pb、Zn、Ag 和 Sb（表 5-3），由表可以明显看出：Zn、Pb、Ag 为强分异，Cu、Sb、Mo 为弱分异，Zn、Pb、Ag 和 Sb 相对强烈富集。在 R 型聚类分析图解上（图 5-4），成矿元素分为两大群，第一大群为 Zn、Pb、Ag、Cu 和 Sb，第二大群为 Mo、Sn。

表5-2　研究区表性矿床的部分硫化物的硫同位素分析结果

矿区	矿物	$\delta^{34}S$（‰）	资料来源
蒿坪沟	黄铁矿	4.7～6.5	
	方铅矿	−4.4～2.2	王志光等，1995
铁炉坪	方铅矿	−1.4～−8.8	
沙沟	黄铁矿	4.4～6.3	高建京，2007
	方铅矿	2.0～2.9	
康山金矿	黄铁矿	0.3～3.6	王海华等，2001
	方铅矿	−0.2～2.9	
花山花岗岩	黄铁矿	1.3～5.7	范宏瑞等，1994
蒿坪沟花岗斑岩	黄铁矿	3.4～4.4	
太华群	黄铁矿	1.6～5.5	王志光等，1997

表5-3 蒿坪沟花岗斑岩部分成矿元素变异系数与浓集系数计算结果

元素	Cu	Pb	Zn	Sb	Sn	Ag	Mo
平均值	24.4	432.4	3773.3	9.9	2.7	0.9	1.1
维氏（1962）	47	16	83	0.5	2.5	0.07	1.1
世界花岗岩	20	20	60	0.26	3.0	0.05	1.0
标准差	20.1	491.4	12701.7	6.2	0.6	0.9	0.5
方差 Var	403.4	241517.3	161333465.3	38.8	0.4	0.8	0.3
变异系数	0.8	1.1	3.4	0.6	0.2	1.0	0.5
地壳克拉克值	47	16	83	0.5	2.5	0.07	1.1
浓集系数	0.5	27.0	45.5	19.8	1.1	12.7	1.0

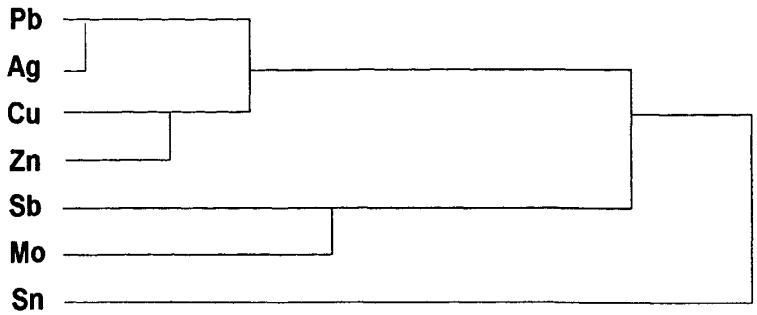


图5-4 蒿坪沟花岗斑岩部分成矿元素R型聚类分析图解

根据上述成矿元素含量分析结果、成矿元素变异系数与浓集系数计算结果和R型聚类分析结果可以看出，就蒿坪沟花岗斑岩而言，岩体对Ag-Pb-Zn矿床和对Sn-Mo矿床的成矿物质贡献可能明显不同。对于Ag-Pb-Zn矿床，岩体中主要成矿元素含量高、变异系数大、浓集系数高，可能是重要的成矿物质来源；而对于Sn-Mo矿床，主要成矿元素含量不高、变异系数小、没有明显富集，岩体在成矿中的作用可能主要表现为提供成矿热液及热动力来源，而并非成矿物质的直接来源。

综上所述，结晶基底太华群是研究区内成矿物质最终来源。太华群中成矿元素的活化和迁移的机制和过程比较复杂，成矿元素既有深部熔融过程中从太华群中迁移到熔体中，通过岩浆的结晶分离作用而富集于晚期的岩浆热液中，在构造作用下运移至有利的构造部位成矿。这种过程成矿元素的主要萃取发生于深部，富集作用发生于中浅部，与岩浆晚期演化直接相关，可以认为太华群是成矿物质最终来源，岩浆岩是成矿物质的直接来源。也有可能深部形成的原始含矿流体，在构造作用下，原始深部含矿流体在向浅部的运移过程中，进一步从太华群中萃取成矿元素，形成最终的成矿热液，原始深部含矿流体可能是原始岩浆中深部分离出的流体，也可能含有构造作用下太华群脱气脱水形成的流体，这种过程成矿元素的萃取富集与岩浆活动有关，但与岩浆晚期演化没有明显的直接关系，成矿物质直接来源于太华群。

5.2.2 成矿流体来源

熊耳山研究区矿床成矿流体来源已有不少研究和报道，也取得了一些进展。在已获得的研究结果中，既有一些共同的结论，也存在某些认识分歧。

研究认为区内矿床成矿流体经历了多阶段的演化过程，不同阶段成矿流体氢、氧同位素的组成具有明显差异，反映了它们来源或演化过程的部分差异。高建京[44]对沙沟、铁炉坪、蒿坪沟矿床不同阶段流体的氢氧同位素研究表明（图5-5）:早期阶段到晚期阶段，流体的氢氧同位素组成显示出十分明显的变化规律。

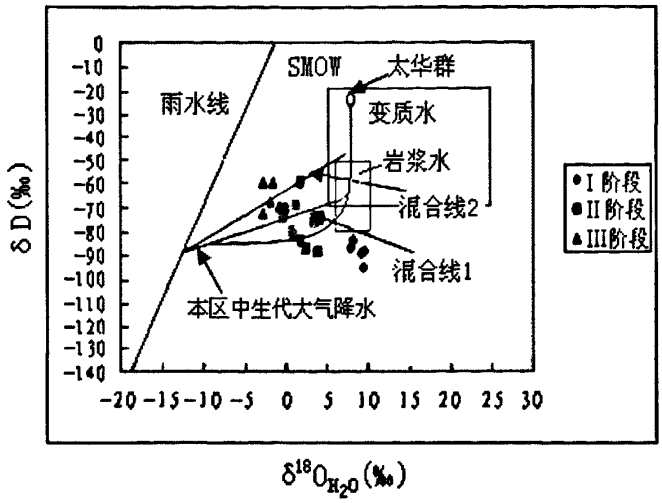


图5-5 沙沟、铁炉坪、蒿坪沟矿床成矿流体$\delta^{18}O_{H2O}$-δD图解（据高建京修改[44]）

阶段 I 在 $\delta^{18}O_{H2O}$-δD 图解上落入岩浆水下侧稍许，解释为成矿热液来源与花岗岩岩浆热液活动有关；II 阶段向这大气降水线漂移，解释为大气水与岩浆热液发生混合；III 阶段流体更加靠近雨水线，解释为 III 阶段较 II 阶段有更多的大气水加入。

本区中生代大气降水 δD 大约为－85‰[45]，由图 5-5 可以看出，成矿热液投影点显然构不成岩浆水-中生代大气降水二元混合直线。阶段 I 的成矿流体接近岩浆水，阶段 II 基本位于太华群与中生代大气降水的水-岩反应曲线上，阶段 III 多分布于变质水-中生代大气降水二元混合直线附近。

王海华等[46]对康山金矿的研究也表明，不同阶段成矿流体具明显不同的氢氧同位素组成（图 5-6），反应了成矿流体来源的多样性。成矿热液投影点基本位于岩浆水或变质水与中生代大气降水二元混合直线附近，解释为深源改造-变质热液-浅源大气降水混合。但本区变质水的 δD 很高，为－24.5～－27.6‰，成矿热液投影点并不位于变质水与中生代大气降水二元混合直线上。

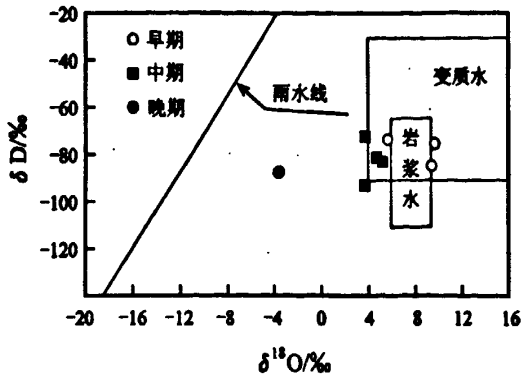


图5-6 康山金矿成矿流体$\delta^{18}O_{H2O}$-δD图解（引自王海华[46]）

表 5-4 为研究区表性矿床及其他流体的氢氧同位素分析结果。花山花岗岩释放的岩浆水和结晶基底太华群的变质水的氢氧同位素的显著区别在于两者的 δD 值差别很大，而 $\delta^{18}O$ 较接近，花山花岗岩释放的岩浆水稍高。成矿流体的 $\delta^{18}O$ 略低于岩浆水和变质水，δD 与岩浆水接近或略低，大大低于变质水。研究区中生代大气降水的 δD 与岩浆水和成矿流体接近，$\delta^{18}O$ 低得多。

由区内三种端元水的氢氧同位素组成可以推理出：如果成矿流体中有大气降水参与时，表现最明显的是具低的 $\delta^{18}O$ 值；如果成矿流体中混有变质水时，就会显示出高的 δD 值。由表 5-4 和图 5-6 可以看出，区内矿床的成矿流体有的 $\delta^{18}O$ 值有些明显低于变质水和岩浆水，表明确有大气降水混入，对于 δD 值高于－71‰的成矿流体，反映了变质流体的参与。

表5-4 研究区表性矿床及其他流体的氢氧同位素分析结果

矿区	δD_{H2O}（‰）	$\delta^{18}O_{H2O}$（‰）	资料来源
蒿坪沟	－80.2～－88.8	0.7～3.9	陈旺等，1996
铁炉坪	－60～－96	－2.7～9.5	隋颖慧等，2000
沙沟	－82～－88	1.0～7.8	高建京，2007
康山金矿	－80.2～－88.8	－3.6～9.7	王海华等，2001
花山花岗岩	－71.4～－92.9	6.6～8.5	范宏瑞等，1994
太华群	－24.5～－27.6	5.8～6.8	
研究区中生代大气降水	－81～－87	0.2～0.7	张理刚，1989

然而，在 $\delta^{18}O_{H2O}$-δD 图解上（图 5-7），投影点很难拟合一条岩浆水或变质水与中生代大气降水二元混合直线，如果成矿流体沿着图解上的曲线（水/岩反应线）演化，那就意味着成矿流体经历了水/岩反应过程，图中少数投影点 δD 值高于花岗岩的 δD 值较多，因此水/岩反应曲线为大气降水与太华群的反应曲线，由图 5-7 可以看出，早期成矿热液明显偏离反应曲线。

因此，合理的解释是：成矿流体为大气降水与原始混合流体（变质水与岩浆水以不同比例混合）的二元混合。

区内成矿流体具明显多来源特点，不同演化阶段的流体显示出不同比例的端元组分，矿床的早期高温成矿流体或高温矿床，例如夕卡岩型矿床，成矿流体主要来自岩浆热液；中期成矿阶段的成矿流体为以岩浆热液为主的岩浆热液-变质热液混合流体与大气降水的二元混合，如图 5-5 的混合线 1 和图 5-7 的混合线①、②、③；晚期成矿阶段的成矿流体为含变质流体比例较高的岩浆热液-变质热液混合流体与大气降水的二元混合，如图 5-5 的混合线 2 和图 5-7 的混合线④和⑤。

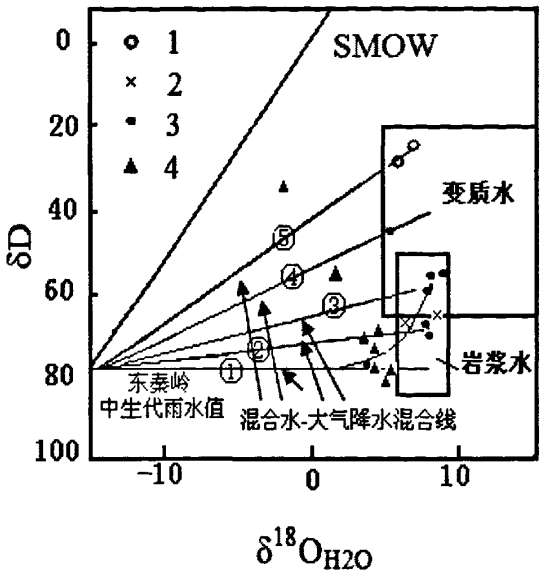


图5-7　熊耳山地区各类热液$\delta^{18}O_{H2O}$-δD图解（据范宏瑞[35]修改）

1. 区域变质热液 2. 燕山期花岗岩热液 3. 金运移期（早期）成矿热液 4. 金沉淀期成矿热液

5.2.3 成矿时代研究

前人对区内矿床的成矿时代已进行了大量的测年研究，表 5-5 列出区内一些表性矿床成矿年龄的部分测试结果，可以看出：获得的年龄主要集中于两个时代区段，一个集中在燕山期，时代范围大致为 100Ma～150Ma；另一个为印支期，时代范围大致为 180Ma～290Ma。这也大体反映了对研究区金、银、铅多金属矿床成矿时代归属的代表性观点。

目前，多数学者认为成矿作用为燕山期，发生于南北向的构造体制转换为濒太平洋构造体制的区域地球动力学背景转换机制下，这期构造体制的转折可能大约发生在 160Ma 左右[47]。区内的燕山期的花岗岩获得的年龄大致为 125～160Ma，例如，雷门沟花岗斑岩获 136.2±1.5 锆石 SHRIMP 年龄，花山花岗岩、五丈山花岗岩、合峪花岗岩所获得锆石 SHRIMP 年龄分别为：130.7±1.4Ma、156.8±1.2Ma 和 127.2±1.4Ma，因此，如果将区内的成矿作用与燕山期的花岗岩密切联系起来，那么，获得燕山期的成矿年龄似乎是十分可信的。

有些学者对此提出了异议，卢欣祥等[48]对研究区及邻近的小秦岭地区金的成矿时代进行了较详尽的评述，对小秦岭—熊耳山地区金矿的成矿时代为燕山晚期提出质疑，认为印支期是秦岭造山带构造演化阶段中至关重要的时期，正是这个时期，华北与扬子两大板块才正式完成对接，秦岭主造山阶段结束，强大的俯冲碰撞挤压作用已经完成，从而使中国南北两大块体成为一个统一的克拉通陆块，开始了新的陆内的构造演化阶段。

印支期的这次大的构造运动，在秦岭表现是巨大和明显的。西秦岭产生了大量的印支期碰撞与岛弧型花岗岩，东秦岭虽然没有出现大量岩浆作用，但在远离俯冲带—商丹带的小秦岭与熊耳山地区却发生前沿挤压后沿滞后拉张的构造格局，出现了许多碱性钾长花岗岩(207Ma)、碱性岩、碳酸岩(216～224Ma)，同时也驱动了自熊耳期已存在的地幔热柱的复活，并使地幔流体向地壳运移扩散，从而形成了小秦岭—熊耳山地区的众多金矿床。

他认为一些燕山期(白垩纪)的同位素年龄，可能是秦岭造山后发生隆升、垮塌作用，并伴有变质核杂岩的生成，所代表的是构造抬升作用。燕山期成矿作用应该是印支期时已开始的成矿作用在板内条件下的继承和叠加。

表 5-5 研究区表性矿床成矿年代的测年结果

矿床名称	测试对象	测试方法	年龄	资料来源
沙沟银铅矿	绢云母和铬云母	$^{40}Ar/^{39}Ar$	145.2±2.5 Ma和147.6±2.3 Ma	毛景文等，2006
南泥湖钼矿	辉钼矿	Re-Os	141.8±2.1Ma	李永峰等，2004
上房沟钼矿	辉钼矿	Re-Os	143.8±2.1Ma和145.8±2.1Ma	李永峰等，2004
冷水北沟铅锌矿	石英	$^{40}Ar/^{39}Ar$	(137.12±2.15)Ma	燕长海等, 2004
蒿坪沟银铅矿	石英包裹体	Rb-Sr	99.0±9.0	胡正国等，1994
庙岭金矿	石英	$^{40}Ar/^{39}Ar$	245～179Ma	任富根等，1996
上宫金矿	石英	$^{40}Ar/^{39}Ar$	222Ma	任富根等，1996
北岭金矿	石英	$^{40}Ar/^{39}Ar$	292.6±1.71	任富根等，1996

根据已有的年龄测试结果，结合前述的成矿物质和成矿流体来源分析，本次研究认为，区内的成矿时代不能仅仅概括为燕山期或印支期，一些矿床成矿作用主要为燕山期，有些矿床成矿作用主要发生于印支期。还有一些矿床则可能为两期叠加的结果。

李华芹对同一成矿带的小秦岭金矿研究获得早期石英-黄铁矿成矿阶段(Ⅰ)中的石英流体包裹体的 Rb-Sr 等时线年龄为(278±19)Ma，第Ⅱ—Ⅲ成矿阶段即黄铁矿-石英和多金属-石英成矿阶段为(161.5±17.9)Ma，由此可见，即使同一矿床也可能经历了燕山期和印支期两期成矿作用。

表 5-5 列出的研究区内矿床部分测年结果显示出一个特点是：银铅矿床所获得的时代主要为燕山期，金矿床获得的年龄多为印支期（燕山期的未列出）。

对蒿坪沟花岗斑岩研究也表明：岩体中不同成矿元素含量、变异系数及浓集系数明显不同，可能为我们提供了研究区内不同矿种和不同矿床成矿作用的差异。高光明等（未发表）在 1：10000 范庄银铅矿区地质填图时，对区内进行了系统的化探取样，并做了 Au、Ag、Pb、Zn 品位等值线图（图 5-8）。

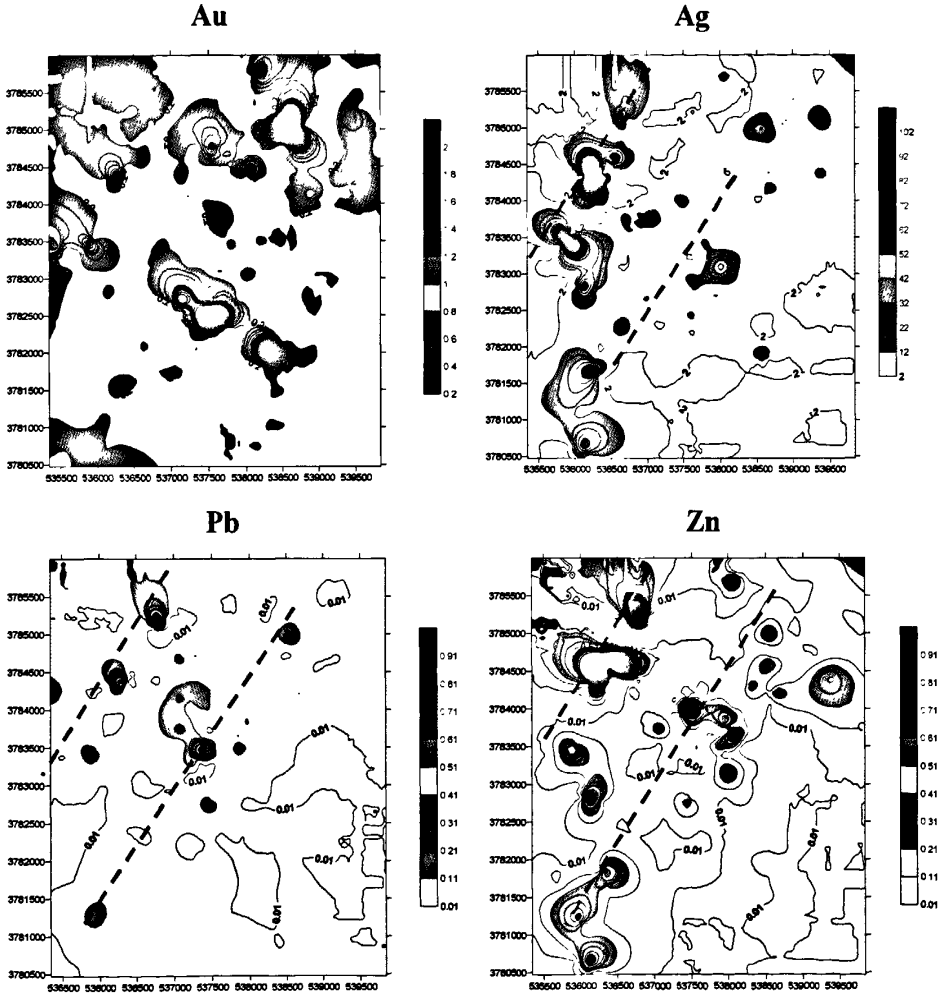


图5-8 洛宁县范庄银铅矿区Au、Ag、Pb、Zn品位等值线图（据高光明，2007）

由 Au、Ag、Pb、Zn 品位等值线图可以看出，Ag、Pb、Zn 的异常分布十分吻合，而 Au 的异常分布稍有不同。Ag、Pb、Zn 的异常明显受 NE 向断裂控制，而 Au 的异常除了可能也受 NE 向断裂控制外，还受北部主拆离断层的控制，显示了 Au 与 Ag、Pb、Zn 在活化、迁移和成矿作用上既具有一些共同特点，又具有部分差别。

综上所述，认为研究区内 Ag、Pb、Zn 多金属矿床，主要成矿作用发生在燕山期，以金为主的一些矿床可能为燕山期和印支期两期成矿作用叠加。

5.2.4 成矿流体成分特征

区内矿床成矿流体的成分已有不少研究和报道，所获得的结果具一些差别（表 5-6）。

陈德杰[33]对蒿坪沟和铁炉坪矿床矿物包体进行了分析，获得成矿热液具低盐度(0.5%～9.52wt%，NaCl)、富 CO_2 的特征，$K^+/Na^+<1$，$F^-/Cl^-<1$，$CO_2/H_2O<<1$，属于 Na^+-Ca^{2+}-H_2O 体系。他认为与太华群变质高峰期后热液(含水低、高盐度 16%～34wt%，NaCl)有明显区别，与燕山期花岗岩期后热液的性质相近。

高建京[44]对沙沟矿床流体包裹体成分分析表明成矿流体气相成分以 H_2O（94.972～95.56 mol%）和 CO_2（3.631～4.536 mol%）为主，液相成分中阳离子主要为 Na^+、K^+，而 Ca^{2+}、Mg^{2+}含量很低。阴离子以 Cl^-、SO_4^{2-}为主，矿化阶段流体为中-低温低盐度含 CO_2 的 H_2O-NaCl-KCl 体系。

卢欣祥[49]对研究区及邻近的小秦岭地区的金矿特征进行了总结，将本区成矿流体划分为两种类型：石英脉型金矿为 H_2O-CO_2-Na^+-Cl^--HS^-型，蚀变岩型金矿与爆破角砾岩型金矿属 H_2O-CO_2-Na^+ (K^+)-Ca^{2+}-Cl^--HS^-型。

本次研究对沙沟银铅多金属矿床内石英中的流体包裹体进行了成分分析，流体气相成分主要为 H_2O，其次为 CO_2，液相成分中阳离子主要为 Ca^{2+}、Na^+、K^+，$Na^+/K^+>1$，$F^-/Cl^-<1$，流体为 H_2O-CO_2-Na^+(K^+)-Ca^{2+}-Cl^-体系，与蒿坪沟和铁炉坪矿床流体包体成分相近，与卢欣祥划分的蚀变岩型金矿及爆破角砾岩型金矿的成矿流体也很相似，与高建京分析的结果具一定的差别，可能反映了区内矿床的成矿流体在不同阶段气液相成分的演化结果。

5.2.5 矿化阶段

研究区内矿床均具多阶段和多期的特征。对于矿体呈脉状产出的矿床，野外宏观上的多阶段成矿作用就十分明显，野外常见的最特征和最直观的证据包括两个方面：一是矿体的带状产出，反映了裂隙多次反复裂开→充填愈合的成矿过程（图版Ⅰ-2、Ⅰ-3）；另一个是不同成矿阶段形成的含矿微脉和细脉相互穿插和切割现象十分普遍（图版Ⅱ-3、Ⅱ-4）。

在显微镜下，多阶段成矿特征同样十分突出，晚期形成的矿石矿物交代早期的矿石矿物或沿着早期的矿石矿物内裂隙充填的现象十分常见（图 5-9）。

表5-6 流体包裹体成分分析结果（w/ × 10^{-6}）

产地	CO_2	CO	H_2O	CO_2 /H_2O	K^+	Na^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	F^-	Cl^-	SO_4^{2-}	Na^+ /K^+	F^-/C l^-	资料来源
蒿坪沟	200.49	4.25	1174	0.177	5.95	6.25	13.35	1.08	2.75	9.85	41.35	0.951	0.278	陈德杰，1996
铁炉坪	216.90	3.25	2255	0.096	16.14	13.41	1. 77	1.40	8.64	9.46	7. 11	1.203	0.913	
	291.56	-	1415	0.206	3.356	4.945	15.3	3.15	0.054	3.464	8.961	1.05	0.016	
	312.15	-	1532	0.204	4.347	5.236	18.3	4.26	0.106	4.265	10.534	1.47	0.025	
沙沟	432.92	-	1527	0.284	5.625	6.897	20.2	3.94	0.098	5.123	9.343	1.23	0.019	本次研究*
	119.32	-	975	0.122	1.126	2.256	8.4	2.36	痕	1.514	6.569	2.00	痕	
	219.64	-	1012	0.217	2.459	3.473	9.5	3.16	痕	2.156	7.324	1.41	痕	

注：*由中南大学地质研究所测试中心提供数据

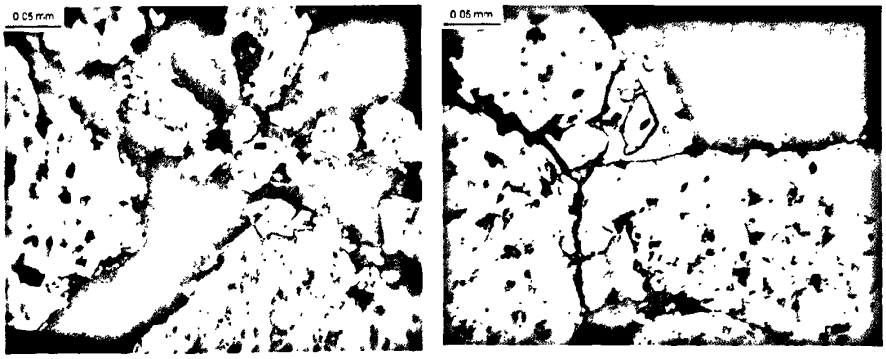
隋颖慧等[50]对铁炉坪银铅矿床早、中、晚三个成矿阶段石英中原生流体包裹体的均一温度进行测试获得：早阶段温度为373℃；中阶段温度范围为210～249℃，平均223℃；晚阶段温度范围为135～203℃，平均165℃。

郑榕芬[51]将沙沟银铅矿床成矿阶段分为：石英-黄铁矿阶段、石英-多金属硫化物阶段、石英-碳酸盐阶段，其中第二阶段是银铅锌矿化的主要阶段，主要矿物组合：石英+黄铁矿+方铅矿+贫铁闪锌矿+含银黝铜矿；石英+方铅矿+浓红银矿+硫锑铜银矿；石英+方铅矿+黄铜矿+含银黝铜矿+黝铜矿+自然银等。

高建京[44]将沙沟银铅矿床矿阶段分为早期的的石英-黄铁矿阶段（Ⅰ）、闪锌矿-粗粒方铅矿-石英-少量银矿物主矿化阶段（Ⅱ1）方铅矿-石英-闪锌矿-银矿物主矿化阶段（Ⅱ2）和晚期的方解石-石英阶段（Ⅲ），两者基本大同小异。阶段Ⅰ的均一温度为285～360℃，平均为325℃；阶段Ⅱ1的均一温度为185～357℃，平均为240℃；阶段Ⅱ2的均一温度为145～288℃，平均为194℃；阶段Ⅲ的均一温度为129～208℃。

高光明将范庄银铅矿床成矿阶段分为：早期石英－黄铁矿化阶段，成矿温度250－300℃；中期石英－硫化物阶段，成矿温度150－250℃；晚期石英－白云石－硫化物阶段。

总的来讲，尽管区内各矿床在成矿温度及矿物组合上有时略有差异，但基本都可以大致分为三个成矿阶段：早期为石英－黄铁矿化阶段，矿物组合为黄铁矿、磁铁矿、石英等；中期多硫化物阶段，形成方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿、石英等矿物组合，为主要成矿阶段；晚期为石英－碳酸盐阶段，矿物组合为方铅矿、白铁矿、铁白云石、方解石等。



A. 黄铜矿沿黄铁矿裂隙充填　　B. 黄铜矿交代黄铁矿粒

图5-9 不同阶段矿石矿物的充填和交代关系

第六章 深边部找矿预测

6.1 成矿预测理论的发展

成矿预测是以将今论古和相似类比为理论基础的，传统的预测方法是运用地质工作者掌握的地质理论和找矿经验，编制地、物、化、遥综合地质图，在图上圈出不同级别的成矿预测区。随着现代信息技术的发展，成矿预测已进入以信息预测为主导，集理论、方法、技术于一体的定量预测时代。

现代定量预测方法始于20世纪50年代，经过地质工作者多年的研究与发现，先后产生一些代表论文和专著，代表性成果如：加拿大著名数学地质学家F·P·阿格特伯格（1970）发表的《地质学的多变量预测方程》；1984年美国资源评价学家D·P·哈里斯在《矿产资源评价》专著中将地质、物探及化探资料相联系，综合考虑各种变量之间的相关性，依据每一个变量与矿化的密切程度，加权圈定“信息带”；俄罗斯学者A·Г·哈尔钦科夫(1987)在《矿产资源预测原则及方法》中概括了矿产预测的主要特点；美国地质调查所D.A.Singer(1993)提倡“三部式”矿产资源定量预测评价模式等。这些论文及专著都对矿产定量预测及评价进行了综合性的论述，极大地推动了矿产资源定量预测与评价的发展。

我国成矿预测研究始于上世纪50年代，赵鹏大等首先在我国开设了《矿床统计预测》这门学科，开创了我国成矿预测先河。在此之后又出现了其他许多相关理论，经过几十年的发展，逐渐形成了具有中国特色的矿产资源定量预测方法体系，代表性理论体系如：矿床成矿系列理论(程裕淇，1979)、综合信息成矿预测理论(王世称，1987)、地质异常致矿理论(赵鹏大，1991)、成矿系统论(翟裕生，1999)，“三联式”成矿预测新理论(赵鹏大，2002)等。这些理论从不同的侧面对成矿预测的理论和方法体系进行了总结。

6.2 找矿标志及靶区选取依据

在现代多元信息成矿预测理论的研究思路指导下，综合区内成矿特征、控矿机制及矿床成因、富集规律等方面，同时结合野外地质工作，总结出熊耳山西段研究区内找矿标志：

（1）地层标志：太华群地层作为原始矿源层，在熊耳山广泛分布，为寻找区内矿床的首要标志，与熊耳群的不整合接触部位周边为重点。

（2）物化探标志：物化探异常区对找矿意义很大，低磁、高极化、低电阻异常均能够指示蚀变破碎带大致分布范围和走向，一定规模和强度的银-铅-金次

生晕异常区是指示找矿的重要标志。

（3）构造标志：NE-NNE向构造断裂带及拆离断裂带的分布区，熊耳山西段广泛发育这组断裂构造带，此类构造严格控制本区及周边矿区大小不一的矿体产出。

（4）围岩蚀变和矿化标志：硅化、绢云母化强烈发育区为直接找矿标志，地表褐铁矿化（俗称火烧皮）、碳酸盐化及黄铁矿化、绿泥石化等围岩蚀变为重要的找矿标志。在蚀变破碎带内发育的硫化物多金属矿物组合地段，是银矿富集的主要地段。

（6）岩浆岩标志：区内岩浆岩与矿体产出有明显的关系，并呈现岩体向外有高中低温矿床分带现象，可见寻找岩浆岩及隐伏岩体很有意义。

（7）采矿遗迹标志：特别是古采硐的规模，形状和密集程度可以指示矿脉在地表附近的规模和品位，一般矿体厚，品位富的矿化地段，老硐多，规模大，形态复杂，而且老硐分布区或采空区的总体形态可反映矿体或富矿体的大致形状。

在深入研究熊耳山西段前人成果的基础上，通过野外地质工作总结成矿规律，进而建立找矿标志，对已知矿体深部和边部盲区进行针对性的预测，圈定多个可能发现矿体的地段。

由于各个区段成矿地质条件不尽相同，故本次工作通过优势比较选取最可能有找矿突破的两个地区：上坪地区和四道沟地区。选取靶区的主要依据为：

地层条件满足具有太华群矿源层；构造条件满足NE-NNE向构造断裂带及拆离断裂带成群成带出现；岩浆岩条件满足附近均出露燕山期花岗岩体或隐伏岩体；物化探异常条件较好，呈现一定规模和强度的原生晕异常带；地表围岩蚀变强烈，褐铁矿化显著，且具强烈的硅化、绢云母化等；民采现象揭露确实有矿体产出。

上坪地区位于铁炉坪大型银矿附近，而四道沟地区位于蒿坪沟中型银金矿床东侧，在地质背景上具有良好成矿条件。

6.3 上坪深部找矿前景分析

一、矿区基本地质特征

上坪位于铁炉坪南西约3公里处，区内出露的地层为太古界太华群石板沟组一套具不同混合岩化的片麻岩系，主要有角闪斜长片麻岩、斜长角闪岩、黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩等，与铁炉坪矿区出露的地层十分接近。

区内发育有多条NE向和近S-N向的断层和破碎带。前人所做的次生晕化探结果显示有多个Pb、Zn异常带（图6-1），异常带展布十分有规律，一种为NE向的Pb、Zn异常带，另一种为近SN向的Pb、Zn异常带，两种异常带具相交趋势，另外近邻这两种异常带的西侧出现有多个等轴状或近等轴状的、呈NW向带状排列的Pb、Zn

异常带。这些异常带的展布方向与区内的主要控矿断裂的方向完全一致。

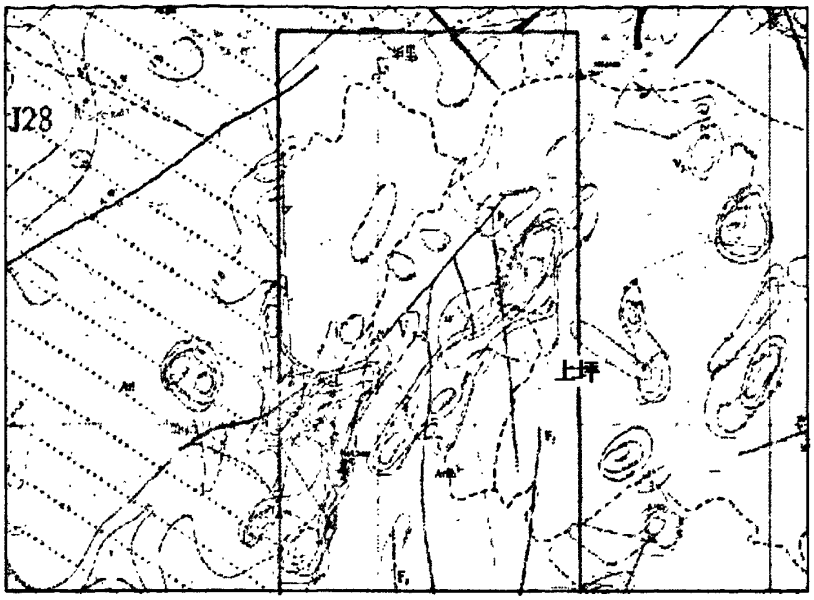


图6-1 上坪地区次生晕化探异常图

二、化探结果及分析

地层、构造及次生晕化探异常均指示具有良好的成矿前景，但到目前为止，该区在找矿方面尚无大的突破。为此，本次研究在该区采集了三条原生晕化探剖面样，对主要成矿元素进行了测试分析。

分析结果（表6-1）表明，地层中Cu的含量与地壳丰度相比并无富集，除个别样品高于地壳丰度外，多数样品Cu的含量低于地壳丰度；Mo也没有明显的富集；Zn、Pb的含量高于地壳丰度数倍到数十倍；Ag和Sb也大大高于地壳丰度，Sn具微弱的富集。

表6-1为原生晕化探样变异系数与浓集系数计算结果，由表可以看出，Ag、Pb、Zn、Sb的浓集系数分别为：5.5～8.0，15.9～32.4，4.7～7.8和7.3～10.9，明显富集；而Sn、Mo、Cu的浓集系数分别为：1.2～2.9，1.0～1.4和0.4～0.9，微弱或基本不富集。

表6-1 上坪地区原生晕化探样变异系数与浓集系数计算结果（单位：ppm）

剖面 I

	Cu	Pb	Zn	Sb	Sn	Ag	Mo
均值	41.4	426.6	427.1	5.5	7.3	0.4	1.1
方差	603.3	1122580.1	193834.0	39.9	45.7	0.4	0.1
标准差	24.6	1059.6	440.3	6.3	6.8	0.7	0.3
变异系数	0.6	2.5	1.0	1.2	0.9	1.7	0.2
克拉克值	47.00	16.00	83.00	0.50	2.50	0.07	1.10
浓集系数	0.9	26.7	5.1	10.9	2.9	5.5	1.0

剖面II

	Cu	Pb	Zn	Sb	Sn	Ag	Mo
平均值	19.65	517.74	387.94	3.64	3.06	0.56	1.06
标准差	9.51	1340.67	572.33	3.11	1.62	0.94	0.65
方差	90.41	1797407.61	327565.29	9.68	2.61	0.88	0.42
变异系数	0.48	2.59	1.48	0.85	0.53	1.68	0.61
克拉克值	47.00	16.00	83.00	0.50	2.50	0.07	1.10
浓集系数	0.4	32.4	4.7	7.3	1.2	8.0	1.0

剖面III

	Cu	Pb	Zn	Sb	Sn	Ag	Mo
平均值	24.6	254.1	646.5	4.8	5.0	0.5	1.5
方差	1434.7	466728.5	487977.1	26.7	14.6	0.56	4.5
标准差	37.9	683.2	698.6	5.2	3.8	0.78	2.18
变异系数	1.5	2.7	1.1	1.1	0.8	1.5	1.4
克拉克值	47	16	83	0.5	2.5	0.07	1.1
浓集系数	0.5	15.9	7.8	9.6	2.0	6.9	1.4

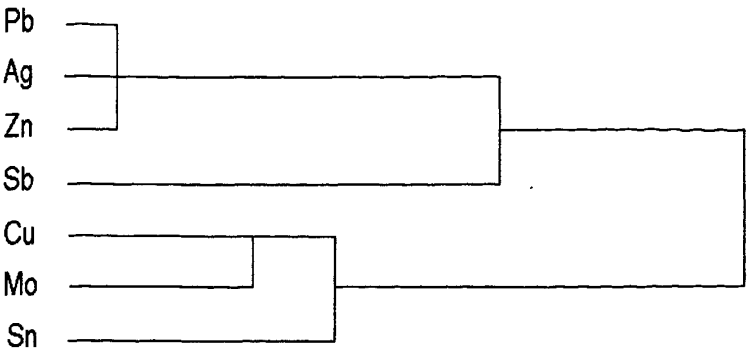
利用SPSS 13.0软件，对三条剖面所有化探样品测试结果（共计61个）做R型聚类分析（图6-2），可以看出成矿元素分为两大群，第一大群为Zn、Pb、Ag和Sb，第二大群为Cu、Mo、Sn。

为了进一步分析成矿元素富集原因，对三条剖面中的样品进行Q型聚类分析（见图6-3）。

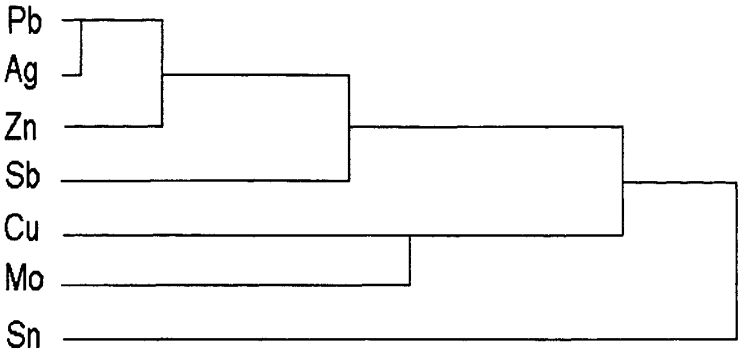
从图中可以看出:根据岩石类型划分的样品所在群在Q型聚类分析图解中并无相关关系，即并不在同一群，指示样品中成矿元素含量的变化和浓集并非反映岩石中的原始含量特征，同时由于野外条件所限而所采集的残坡积样的成矿元素含量并不显示高含量特征，表明成矿元素的富集也不是风化淋滤造成的。

三、结论

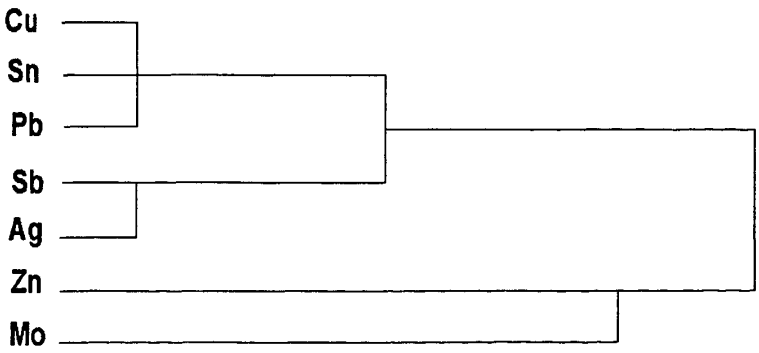
综上认为，上坪地区原生晕化探样中成矿元素的富集可能是成矿热液活动的结果。此外上坪地区原生晕化探样分析结果及群分析显示，地层中元素的富集特征、元素组合特征与蒿坪沟花岗斑岩的分析结果十分相似，实地地质踏勘也发现了多条NE向的含矿蚀变破碎带的地表露头，具有良好的深部找矿前景，尤其是蚀变破碎带型和脉状热液型Ag-Pb-Zn多金属矿床。



（剖面Ⅰ）

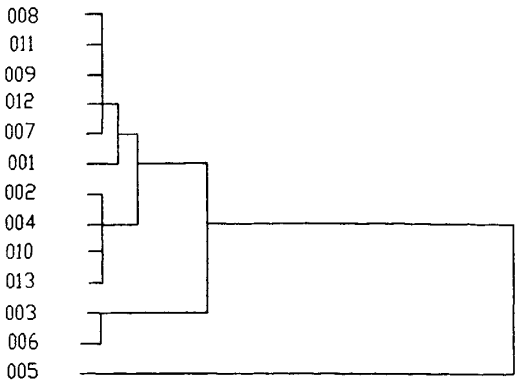


（剖面Ⅱ）

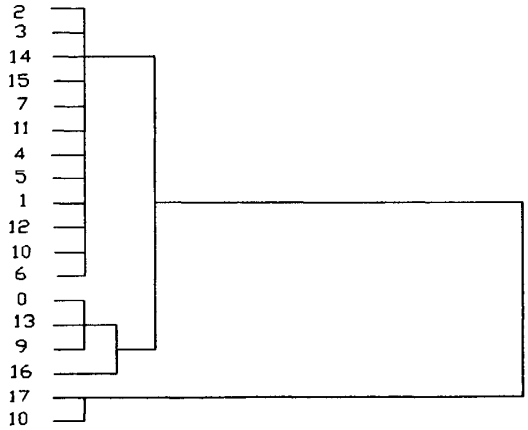


（剖面Ⅲ）

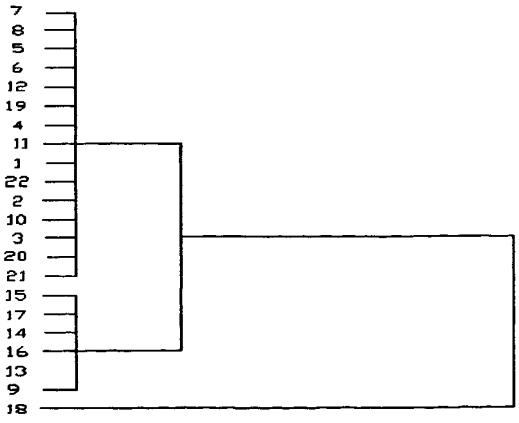
图6-2 上坪地区原生晕化探分析结果R型聚类分析图解



（剖面Ⅰ）



（剖面Ⅱ）



（剖面Ⅲ）

图6-3 上坪地区原生晕化探样53个样品Q型聚类分析图解

6.4 四道沟深部找矿前景分析

一、矿区基本地质特征

四道沟位于蒿坪沟东侧，区内出露的地层为太古界太华群草沟组（Arc）、石板沟组(Arsh)变质岩；中元古界熊耳群许山组(Pt_2xl)玄武安山岩、安山玢岩、安山岩以及零星的第四系(Q)等（图6-4）。草沟组主要为混合岩化的黑云母斜长片麻岩夹角闪片麻岩和透镜状斜长角闪岩，在顶部可见到蛇纹石化粗粒角闪岩透镜体和夹多条混合花岗岩脉；石板沟组岩性主要为以斜长角闪岩、角闪片麻岩为主夹黑云斜长片麻岩，岩石有混合岩化现象。

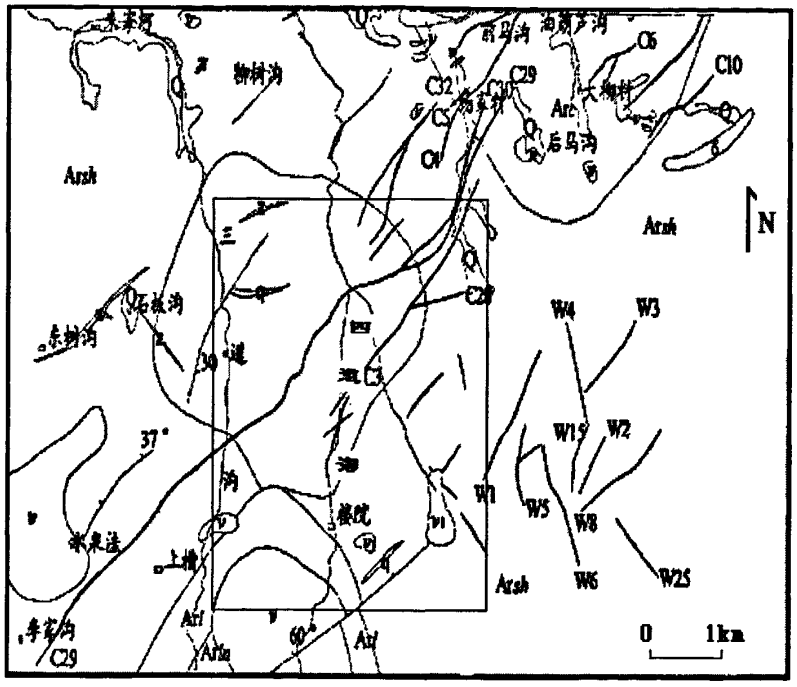


图6-4 四道沟银铅矿区地质简图（引自袁跃清[52]）

Q- 第四系；E- 第三系；Pt_2xl- 熊耳群许山组；Ar*ln*- 龙门店组；Ar*l*- 龙潭沟组；Ars*h*- 石板沟组；Arc- 草沟组；v- 辉长岩；v1- 变辉长岩；z- 细晶岩；q- 石英脉；δ- 闪长岩；

矿区内主要构造为断裂构造，次为基底小褶皱。断裂构造以NNE向为主，其次为近NNW向。断裂是区内的主要控矿和含矿构造，共有大小二十余条，走向为NNE断裂的倾向为NWW，倾角一般为60°～80°。矿化以银铅为主，其延长超过1000m，分别有F29、F3、F32等；走向为近NNW向断裂的倾向为SSW，倾角一般为50°～85°，矿化以银铅为主，以F8为代表，宽度为3～15m，延长800余m。

控制着29号矿体的断裂具有大断裂的特征，所控制的29号矿体走向上延伸超过5km，控矿破碎带的宽度一般达0.5～6m。区内已开展了一些地质勘探工作，但与沙沟和蒿坪沟相比，勘探程度还相对较低。29号矿脉经地表槽坑探矿石品

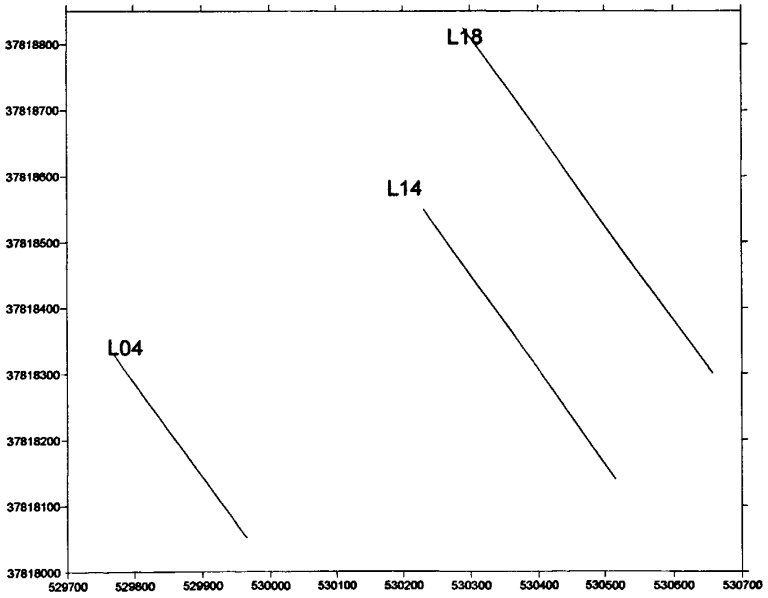
位：w(Ag)为$21.9\times10^{-6}\sim1964\times10^{-6}$，$w$(Pb)为$0.21\times10^{-2}\sim22.03\times10^{-2}$。

区内岩浆岩主要有早期的辉长辉绿岩及变辉长岩体，规模不大，分布于矿区的中部。在矿区中部零星可见石英脉及脉状角闪岩，在矿区西北部见有细晶岩脉。矿区西南侧2km处推断为寨凹花岗斑岩隐伏岩体中心，熊耳山西段的银-铅矿床均围绕寨凹隐伏岩体分布，形成西部大型银-铅矿田，四道沟矿区即位于该矿田之中东部，成矿条件优越。

二、工程布置依据

在四道沟一带，前人所做的化探成果表明有多个走向北东－南西向化探异常发育，并且有一延伸方向与之相同的断层存在，由此推测深部有矿体赋存在该断裂中，为了验证这一认识，本次研究过程中应用EH-4仪器进行了探测。由于时间和经费的原因共布置了3条剖面，位置分别在4号、14号和18号勘探线（见测线布置图）。共计完成了76个探测点。三条剖面上均可见到断层存在，产状较陡。

测线布置图



三、成果分析与结论

从4号勘探线物探剖面图（图6-5）上可以看出，在距地面200米深处，有一低阻体存在，向南东方向倾斜；这一低阻体在14号勘探线（图6-6）上也得到反映，其产状相似，只是在L14剖面上，该低阻体被一产状近于直立的高阻体切过，使低阻体不连续；在18号勘探线（图6-7）上，低阻体的产状变缓，倾向相似，但在该低阻体之下（距地面400米处），有另一低阻体存在。

低阻体一般为导电性较好的地质体，它既可以是含水的破碎带也可以是含硫化物较多的矿化体，结合地面化探异常考虑，该低阻体为矿化体的可能性较大。

此外，在L04剖面图中显示有一条近直立的断裂，在L14剖面图中除了在L04剖面图中显示的近直立断裂外，尚有两条走向NE向SE陡倾的断裂，在近直立的断裂与其SE侧一条向SE陡倾的断裂间可能存在一小岩脉或小岩枝，推测这两条断裂或其中的一条具有控岩控矿特征。L14剖面图中NW侧的向SE陡倾的断裂在L18剖面中显示也十分明显，表明断裂具有一定的延伸规模。

因此，在四道沟地段，深部有较好的找矿远景。值得说明的是，由于在野外开展物探工作时，周边矿山存在变压器，测线附近有河流，对仪器探测产生了很强的干扰，对所得结果可能有影响。

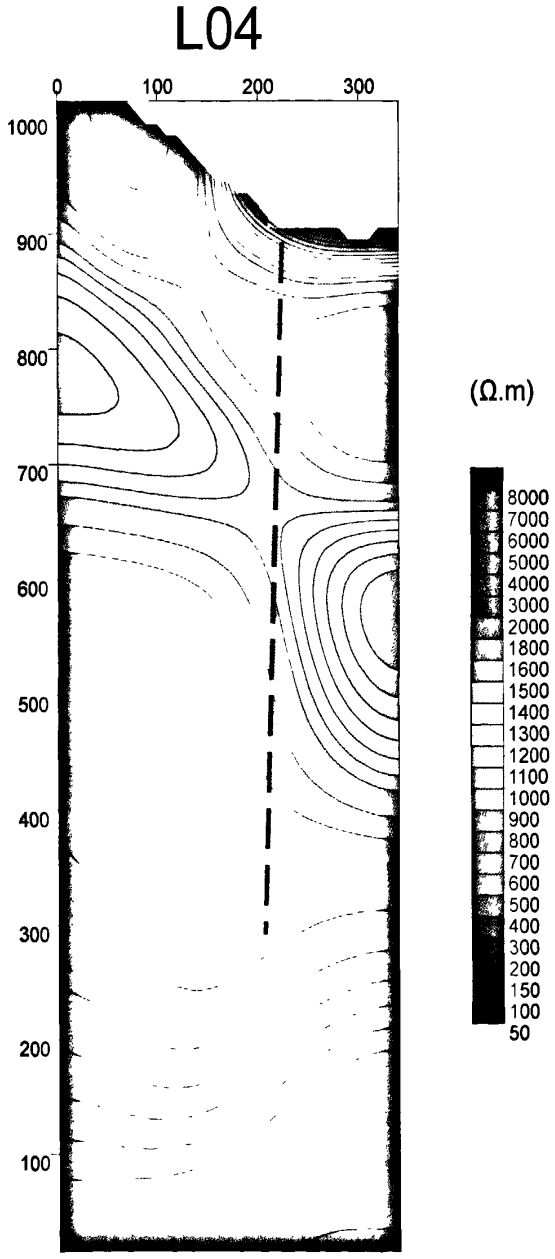


图 6-5 L04 物探剖面图

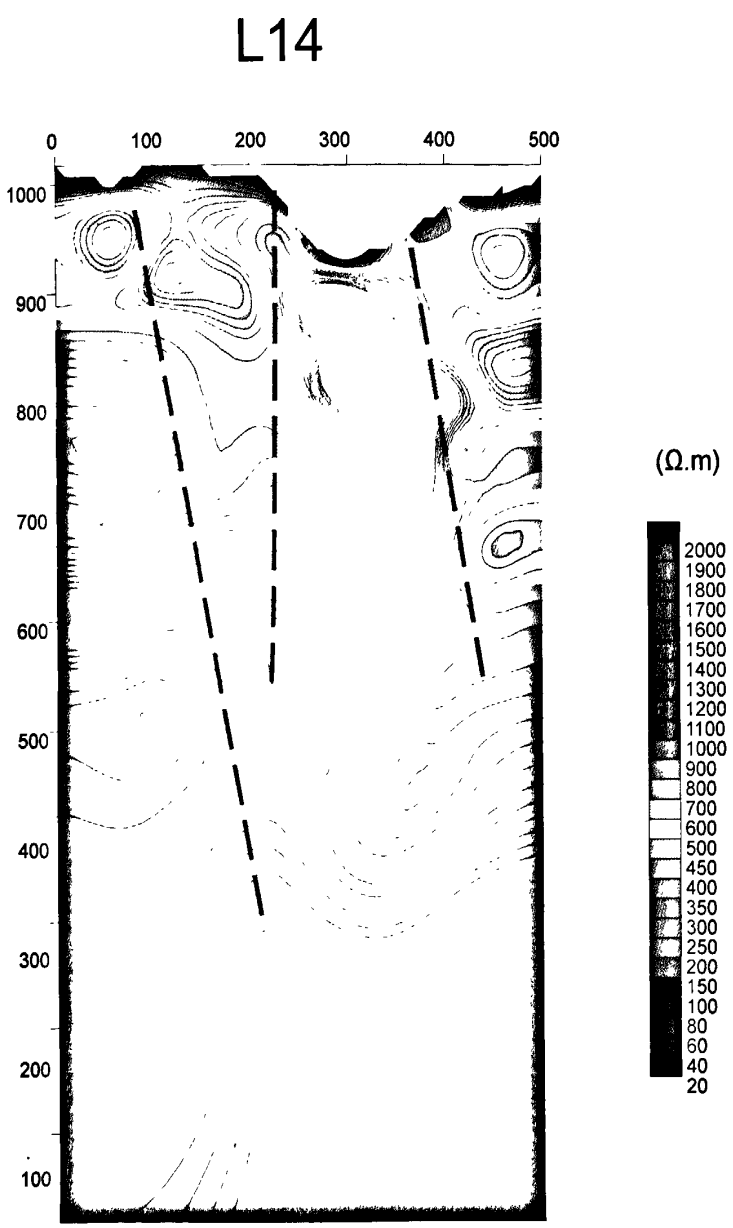


图 6-6 L14 物探剖面图

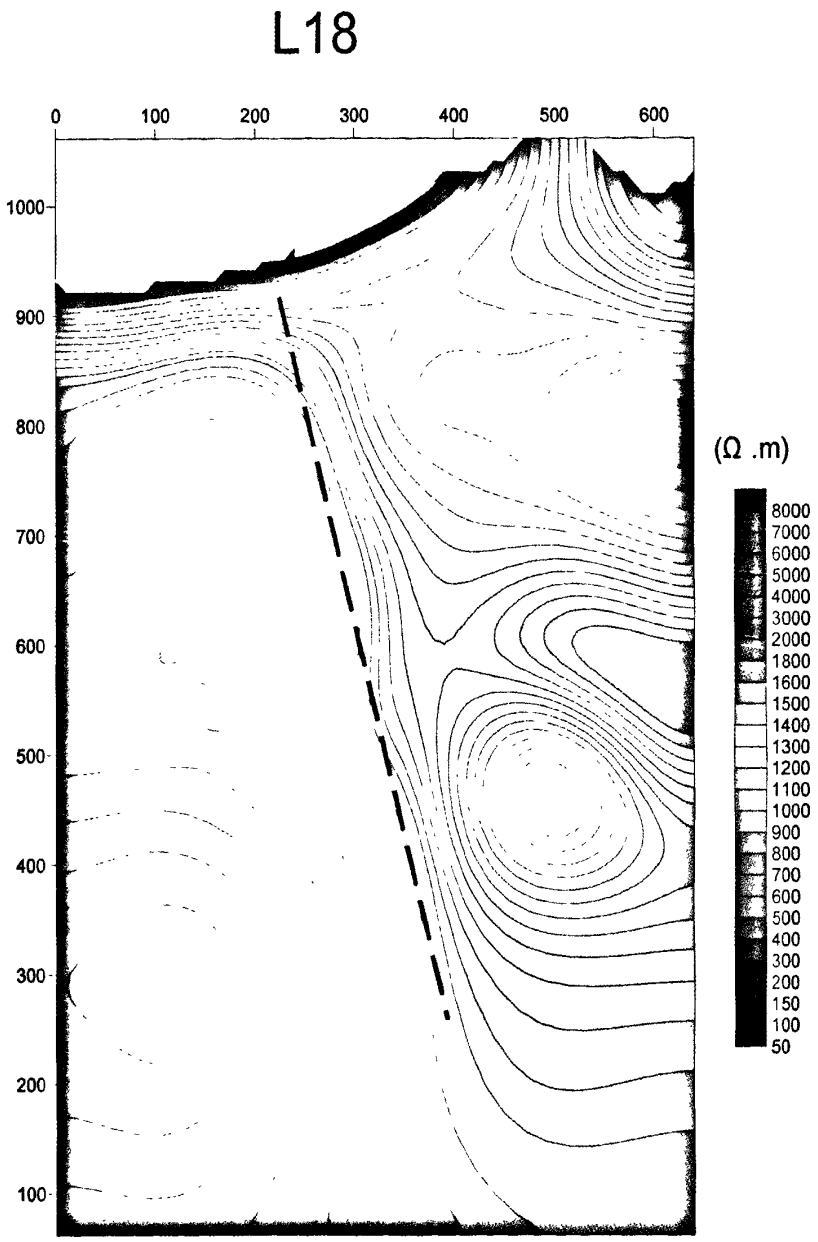


图 6-7 L18 物探剖面图

第七章 结论

通过本次研究，对熊耳山西段获得的主要认识和结论如下：

（1） 区域构造控矿作用

熊耳山西段构造的控矿作用极其重要和显著。从时间和区域构造演化看，构造的控矿作用体现为：太古代和早元古代古老陆缘的构造演化对原始矿源层展布和矿床区域分布的控制，即古区域构造演化控制着区域成矿作用和矿集区；中元古代陆缘裂解过程形成的长期活动的深断裂控制着后期成矿过程中的岩浆活动和控矿断裂的发育及演化，即控制着矿带的分布；印支期造山过程中的区域挤压控制着控矿断裂系统的发育，即控制着矿床的空间展布；燕山期的区域引张和构造伸展作用控制着岩浆岩的发育和矿化作用。从矿床和矿体与构造空间关系看，矿床和矿体分布和产出完全受断裂控制，不同级别的断裂具不同的控矿作用，一级断裂构造控制着原始矿源层展布和区域成矿作用；二级断裂控制着成矿带的分布；三、四级断裂控制着矿体的空间产出。

（2） 控矿断裂基本类型

重点对铁炉坪银铅矿、蒿坪沟银铅矿、沙沟铅锌银矿等区内典型矿床的控矿构造解剖，根据断裂（破碎带）的结构特征、运动学特征及形成机制，区内控矿断裂可分为三种基本类型：

①陡倾的、断裂发育时表现为平移运动的、构造破碎带和断层角砾岩不太发育的断裂；控矿断裂具多次反复裂开→充填愈合的特征；

②陡倾的、断裂发育时表现为平移运动的、发育有构造强化带和断层角砾岩的构造破碎带，以NE和NNE向为主；

③缓倾的、表现为正断层性质的拆离断层，以近E-W向为主，主要见于范庄矿区和蒿坪沟矿区。

（3） 控矿断裂运动学特征及古构造应力场

控矿断裂均具有多期活动的特征，区内陡倾的控矿断裂（破碎带）经历了四期明显的构造活动,反映的构造应力场，由早到晚依次为:近南北向挤压、近南北向引张、NEE向挤压、NW向挤压；第一期为成矿前构造，第二期为同成矿期构造，第三期和第四期均为成矿后构造。

（4） 控矿断裂形成机制和组合规律

研究区控矿断裂总体格局为近S-N向挤压的区域应力场背景下，由衍生剪切

力偶的作用而形成的不同方向、不同级别的一系列平移断层的组合，在空间展布和组合式样具有明显规律，在运动特征和形成机制具有密切的联系。

在近南北向挤压衍生出NE向的左行剪切力偶和NW向右行剪切力偶，由于区内对岩石力学性质和变形特征起着重要制约作用的基底和先期构造线方向总体为NE向，因此区内的断裂变形主要表现为发育NE向的左行平移断层。在一些存在局部NW向地质或岩性差异边界的地段，有时发育NW向的右行平移断层。在NE向的左行剪切力偶作用下，研究区内形成了几条规模较大的NE向平移断层，以及一系列同方向的规模较小的和NNE向的次级断层，这些次级左行平移断层又派生更低一级的NNE向和近S-N向左行平移断层。

（5） 成矿物质及成矿流体来源

结晶基底太华群是研究区内成矿物质最终来源。太华群中成矿元素的活化和迁移的机制和过程比较复杂，成矿元素既有深部熔融过程中从太华群中迁移到熔体中，通过岩浆的结晶分离作用而富集于晚期的岩浆热液中，在构造作用下运移至有利的构造部位成矿。这种过程成矿元素的主要萃取发生于深部，富集作用发生于中浅部，与岩浆晚期演化直接相关，可以认为太华群是成矿物质最终来源，岩浆岩是成矿物质的直接来源。也有可能深部形成的原始含矿流体，在构造作用下向浅部的运移过程中，进一步从太华群中萃取成矿元素，形成最终的成矿热液。

原始深部含矿流体可能是原始岩浆中深部分离出的流体，也可能含有构造作用下太华群脱气脱水形成的流体，这种过程成矿元素的萃取富集与岩浆活动有关，但与岩浆晚期演化没有明显的直接关系，成矿物质直接来源于太华群。

区内成矿流体具明显的多来源特点，不同演化阶段的流体显示出不同比例的端元组分，矿床的早期高温成矿流体或高温矿床，例如夕卡岩型矿床，成矿流体主要来自岩浆热液；中期成矿阶段的成矿流体为以岩浆热液为主的岩浆热液—变质热液混合流体与大气降水的二元混合；晚期成矿阶段的成矿流体为含变质流体比例较高的岩浆热液—变质热液混合流体与大气降水的二元混合。

（6） 深部成矿预测

①上坪地区深部成矿前景

上坪地区在地层、构造和前人所做的次生晕化探异常方面均显示有良好的成矿前景。

本次研究的原生晕化探分析表明，Ag、Pb、Zn具有很高的浓集系数，三条剖面中的53块样品的Q型聚类分析显示，根据岩石类型划分的样品所在群在Q型聚类分析图解中并无相关关系，即并不在同一群，指示样品中成矿元素含量的变化和浓集并非反映岩石中的原始含量特征，同时由于野外条件所限而所采集的残坡积

样的成矿元素含量并不显示高含量特征，表明成矿元素的富集也不是风化淋滤造成的，原生晕化探样中成矿元素的富集可能是成矿热液活动的结果。

此外，上坪地区原生晕化探样分析结果及群分析显示，地层中元素的富集特征、元素组合特征与蒿坪沟花岗斑岩的分析结果十分相似，实地地质踏勘也发现了多条NE向的含矿蚀变破碎带的地表露头，具有良好的深部找矿前景，尤其是蚀变破碎带型和脉状热液型Ag-Pb-Zn多金属矿床。

②四道沟深部成矿前景

本次研究过程中，应用EH-4仪器在四道沟地段测了3条剖面，从4号勘探线物探剖面图显示，在距地面200米深处，有一低阻体存在，向南东方向倾斜，这一低阻体在14号勘探线物探剖面图上也有反映，其产状相似，只是在L14剖面上，该低阻体被一产状近于直立的高阻体切过，使低阻体不连续，在18号勘探线低阻体仍然存在，只是产状变缓，倾向相似。但在该低阻体之下（距地面400米处），有另一低阻体存在。

低阻体一般为导电性较好的地质体，它即可以是含水的破碎带也可以是含硫化物较多的矿化体，结合地面化探异常考虑，该低阻体为矿化体的可能性较大。

此外，在L04剖面图中显示有一条近直立的断裂，在L14剖面图中除了在L04剖面图中显示的近直立断裂外，尚有两条走向NE向SE陡倾的断裂，在近直立的断裂与其SE侧一条向SE陡倾的断裂间可能存在一小岩脉或小岩枝，推测这两条断裂或其中的一条具有控岩控矿特征。L14剖面图中NW侧的向SE陡倾的断裂在L18剖面中显示也十分明显，表明断裂具有一定的延伸规模。因此，在四道沟地段，深部有较好的找矿远景。

参考文献

[1] 陈旺, 郭时然, 崔毫. 豫西熊耳山铁炉坪、蒿坪沟矿床银铅矿石稳定同位素研究[J]. 有色金属矿产与勘察, 1996, 5(4):213-218

[2] 张国伟, 张本仁, 袁学诚, 等. 秦岭造山带与大陆动力学[M]. 北京:科学出版社, 2001

[3] 张本仁, 骆庭川, 高山等. 秦巴岩石圈构造及成矿规律地球化学研究[M]. 武汉:中国地质大学出版社, 1994

[4] 河南区域地质志. 北京: 地质出版社, 1989, 12～68

[5] 陈衍景, 富士谷. 豫西金矿成矿规律[M]. 北京: 地震出版社, 1992, 1～185

[6] 朱裕生, 王全明, 张晓华等. 中国成矿区带划分及有关问题[J]. 地质与勘探, 1999, 35 (4): 1-4

[7] 刘红樱, 胡受奚, 周顺之. 华山-熊耳山地块早前寒武纪绿岩及其形成构造背景[J]. 地质论评, 1998, 44(3):233-242

[8] Lin J.,Fuller M.,Zhang W.Y.Preliminary Phanerozoic polar wander paths for the North and South China blocks,Nature,1985,313,444-449

[9] 翟裕生. 区域构造、地球化学与成矿[J]. 地质调查与研究, 2003, 26 (1): 1-7

[10] 翟裕生. 中国区域成矿特征及若干值得重视的成矿环境[J]. 中国地质, 2003, 30 (4): 337-342

[11] 张国伟, 孟庆任, 刘少峰, 等. 华北地块南部巨型陆内俯冲带与秦岭造山带岩石圈现今三维结构[J]. 高校地质学报, 1997, 3(2):129-142

[12] 胡海珠, 李毅. 豫西熊耳山地区燕山期岩浆作用对金银成矿的制约因素[J]. 矿产与地质, 2006, 20 (4-5): 427-430

[13] 丁莲芳. 对豫西小秦岭太华群的重新认识[J]. 西安地质学院学报, 1996, 18 (4): 1-8

[14] 张正伟, 翟裕生, 邓军, 朱炳泉, 林潜龙. 华北古大陆南缘的金属成矿作用[J]. 地球学报, 2001, 02 期:34-39

[15] 邵世才, 胡宁. 华北地台南缘金矿床同位素地球化学及其成因[J]. 中国有色金属学报, 1998, 8 (1): 149-153

[16] 杨群周, 彭省临等. 豫西寨凹斑岩型铜矿地质特征及其成矿远景[J]. 地质找矿论丛, 2003, 18 (1): 43-46

[17] 翟裕生. 大型构造与超大型矿床[J]. 矿床地质, 1994, 13 (增刊): 115-117

[18] 罗铭玖,黎世美,卢欣祥,等.河南省主要矿产的成矿作用及矿床成矿系列[M].北京:地质出版社,2000,15～56

[19] 王志光,崔毫,徐孟罗.华北地块南缘地质构造演化与成矿[M].北京:冶金工业出版社,1997,88～254

[20] 李永峰.豫西熊耳山地区中生代花岗岩类时空演化与钼(金)成矿作用[D].北京:中国地质大学,2005

[21] 郭保健.东秦岭中生代金属矿床组合与成矿规律研究[D].北京:中国地质大学,2006

[22] 河南省有色金属地质勘查总院.河南省洛宁县沙沟西银铅矿区地质普查2003年度成果简报.河南:2003,1～60

[23] 河南省有色金属地质勘查总院.河南省洛宁县沙沟-月亮沟银铅矿区详查报告.河南:2005.

[24] 胡受奚.交代蚀变岩岩相学[M].北京:地质出版社,1980,36～46

[25] 毛景文,谢桂清,张作衡,等.中国北方中生代大规模成矿作用的期次及其动力学背景[J].岩石学报,2005,21(1):169～188

[26] 郭保健,戴塔根,徐孟罗,等.熊耳山北坡拆离断层带地球化学特征及其与金银矿化的关系[J].矿产与地质,1997,11(1):20～25

[27] 郭保健,李永峰,王志光,等.熊耳山Au-Ag-Pb- Mo矿集区成矿模式与找矿方向[J].地质与勘探,2005,41(5):43-47

[28] 陈旺,胡海珠等.豫西熊耳山西段银铅矿床成矿地球化学特征[J].矿产与地质,2003,17(97增刊):378-382

[29] 贡二辰.熊耳山金银多金属成矿带西带地质特征与成矿浅析[J].矿产与地质,2007,21(6):649-652

[30] 贡二辰.河南省洛宁县蒿坪沟银金多金属矿区地质特征及找矿方向分析[J].地质与勘探,2008,44(1):21-25

[31] 胡受奚,陈衍景,徐金方,黎世美.华北地台花岗岩和地层中金含量与金成矿的关系[J].高校地质学报,1998,4(2):121-126

[32] 邵世才,汪东坡.河南熊耳山蚀变断层岩型金矿床成因的地质及地球化学特征[J].地质论评,1994,40(8):520-525

[33] 陈德杰.豫西熊耳山地区金银成矿带区域成矿模式研究[J].河南地质,1996,14(3):167-173

[34] 陈正友.河南省铁炉坪银矿床地球化学特征[J].矿产与地质,2005,19(6):716-722

[35] 范宏瑞,谢奕汉,赵瑞,王英兰.豫西熊耳山地区岩石和金矿床稳定同位

素地球化学研究[J]. 地质找矿论丛, 1994, (1) :54-64

[36] 刘红樱, 胡受奚, 周顺之. 豫西马超营断裂带的控岩控矿作用研究[J]. 矿床地质, 1998, 17 (1) :70-81

[37] 胡受奚, 林潜龙等. 1988. 华北与华南古板块地质和成矿[M]. 南京:南京大学出版社, 1～558

[38] 张子敏, 范光, 张邻素. 熊耳群火山岩形成的构造环境探讨[J]. 铀矿地质, 1996, 12(6) :347-352

[39] 翟裕生. 成矿构造研究的回顾和展望[J]. 地质论评, 2002, 48 (2) : 140-146

[40] 卢欣祥, 尉向东, 于在平, 叶安旺. 小秦岭—熊耳山地区金矿的成矿流体特征[J]. 矿床地质, 2003, 22(4) :377-385

[41] 张巧梅, 解庆林, 翟东兴, 陈德杰, 刘国明. 河南铁炉坪银矿床地球化学特征研究[J]. 地质找矿论丛, 2002, 17 (2): 121-126

[42] 陈衍景, 隋颖慧, Franco Pirajno, 等. CMF模式的排他性依据和造山型银矿实例:东秦岭铁炉坪银矿同位素地球化学[J]. 岩石学报, 2003:551-566

[43] 陈旺. 豫西熊耳山金矿床和银铅矿床铅同位素研究[J]. 贵金属地质, 1995, 4(3): 168-176

[44] 高建京. 豫西沙沟脉状Ag-Pb-Zn矿床地质特征和成矿流体研究[D]. 2007, 中国地质大学. 硕士论文

[45] 张理刚. 稳定同位索在地质科学中的应用[M]. 西安:陕西科学技术出版社, 1985

[46] 王海华, 陈衍景, 高秀丽. 河南康山金矿同位素地球化学及其对成岩成矿及流体模式的印证[J]. 矿床地质, 2001, 20 (2): 190-198

[47] 毛景文, 张作衡, 牛宝贵等. 华北及邻区中生代大规模成矿的地球动力学背景从金属矿床年龄精测得到启示[J]. 中国科学D辑, 2003, 333(4): 289-299.

[48] 卢欣祥, 尉向东, 董有. 小秦岭—熊耳山地区金矿时代[J]. 黄金地质, 1999, 5 (1) :11-16

[49] 卢欣祥, 尉向东, 于在平, 叶安旺. 小秦岭—熊耳山地区金矿的成矿流体特征[J]. 矿床地质, 2003, 22(4) :377-385

[50] 隋颖慧, 王海华, 高秀丽, 等. 河南铁炉坪银矿成矿流体研究及其对碰撞造山成岩成矿与流体作用模式例证[J]. 中国科学(D)辑, 2000, 30增刊: 82～90.

[51] 郑榕芬. 河南省熊耳山沙沟银铅锌矿床地质特征、矿物组合及银的富集规律研究[D]. 2006, 硕士论文

[52] 袁跃清, 王秀全, 冯昂. 河南省西部四道沟银铅矿区地质特征及找矿远

景分析[J].矿产与地质,2005,19（4）:371-374

[53] 涂光炽.我国矿床同位素地球化学若干问题讨论[C]//于津生、李耀松.《中国同位素地球化学研究》.北京：科学出版社,1997,12(1):350-355

[54] 涂光炽等著.《低温地球化学》.1998,北京:科学出版社

[55] 曹高社,赵太平,等.豫西熊耳群分布区燕山期构造演化初探[J].河南地质,1998,16（2）:94-105

[56] 曹高社,赵太平,等.豫西造山阶段存在变质核杂岩吗?[J].地质论评,1997,43（4）:365-372

[57] 郭保健,戴塔根.河南铁炉坪-蒿坪沟金银矿田变质核杂岩构造的控矿作用分析[J].中南工业大学学报,1995 (4)

[58] 张国伟,孟任庆,赖绍聪.秦岭造山带的结构构造[J].中国科学(B),1995, 25(9):994-1003

[59] 张国伟,孟庆任,于在平等.秦岭造山带的选山过程及其动力学特征[J],中国科学(D).1996,26(3):193—200

[60] 张宗清,张国伟,付国民等.秦岭变质地层年龄及其构造意义[J].中国科学D辑,1996,03期:26-32

[61] 张宗清,刘敦一,付国民.北秦岭变质地层同位素年代研究[M].北京:地质出版社,1994,1－191

[62] 王志光,张录星.熊耳山变质核杂岩构造研究及找矿进展[J].有色金属矿产与勘查,1999,8(6):388-392

[63] 陈衍景,FrancoPIRAJNO,隋颖慧.河南铁炉坪银矿床的地质和D-O-C同位素体系及成因[J].地质学报,2005,144

[64] 陈衍景,郭光军,李欣.华北克拉通花岗绿岩地体中中生代金矿床的成矿地球动力学背景[J].中国科学D辑,1998,28(1):35-40

[65] 郭时然.洛宁铁炉坪银铅矿床围岩蚀变分带特征.河南地质, 1995, 13(1):9-14

[66] 毛景文,郑榕芬,叶会寿等.豫西熊耳山地区沙沟银铅锌矿床成矿的$^{40}Ar-^{39}Ar$年龄及其地质意义[J].矿床地质,2006,25(4):359-367

[67] 郑榕芬,毛景文,高建京.河南熊耳山沙沟银铅锌矿床中硫化物和银矿物的矿物学特征及其意义[J].矿床地质, 2006,25(6):715-726

[68] 李泽九,骆庭川,张本仁.华北地台南缘燕山期板内花岗斑岩类地球化学特征及成分空间变化规律[J].地球科学-中国地质大学学报,1994,03期

[69] 李永峰.豫西熊耳山地区中生代花岗岩类时空演化与钼（金）成矿作用[D].北京:中国地质大学,2005

[70] 王集磊,何伯埠,李建中等.中国秦岭型铅锌矿床[M].北京:地质出版社,1996

[71] 任富根,丁士应,李增慧等.豫西元古宙构造及其形成机制[J].REGIDNAL GEOLOGY OF CHINA,1996,3:239-243

[72] 任富根,李惠民,殷艳杰,等.豫西地区熊耳群的地质年代学研究[J].前寒武纪研究进展.25(1):41-47

[73] 刘灵恩,胡国民,支凤歧.豫西寨凹隐伏岩体对周边银多金属矿的控矿作用[J].矿产与地质,2004,18)(1):31-34

[74] 支凤岐,刘灵恩,索勇.河南省熊耳山西段沙沟西银铅矿区地质特征及找矿前景分析[J],矿产与地质,2004,18(1):35～38

[75] 彭恩生.蒿坪沟-铁炉坪地区银多金属矿床成矿地质特征[J].中南矿冶学院学报,1994,25(4):427-430

[76] 徐孟罗,李红超,王志光,等.豫西金银多金属矿床成矿系列及其共生组合规律[J].矿产与地质,1997,58(11):73～78

[77] 范宏瑞,谢奕汉,郑学正,王英兰.河南祁雨沟热液角砾岩体型金矿床成矿流体研究[J].岩石学报,2000,016(04):559～563

[78] 范宏瑞,谢奕汉,王英兰,赵瑞.康山金矿地质地球化学特征及其成因[J].黄金,1994,15(3):1-6

[79] ChenGuoda.Historic dynamic integrative classification of basinogenesis and metallogenic basins.Geosciences-Journal of China University of Geology, 1993, 4(l):1-6

[80] Ni P,Fan JG,Tian JH.Mesozoic tectonic-hydrothermal activity driven gold metallogenesis inDandong area,south Liaoning;evidence from FIP.Acta Petrologica Sinica,2000,16:506～512(in Chinese with English abstract)

[81] Fournier,R.O.,1999.Hydrothermal processes related to movement of fluid from plastic to brittle rock in the magmatic-epithermal environment. Econ.Geol. 94, 1193-1212

[82] Ren J.S.,Niu B.G.,Liu Z.G.Microcontinents,soft collision and polycyclicsuturing, Continental Dynamics,1996,1(1),1-9

[83] Mattauer M.,Xu Zhiqin et al.Tectonics of Qinling belt:build-up and evolution of Eastern Asia,Nature,1985,317,6037,496-500

[84] Roedder,E.,1984.Fluid inclusions.Rev.Mineral.12,12-26

[85] Pirajno F,Bagas L.Cold and silver metallogeny of the South China Fold Belt;aconsequence of multiple mineralizing events?Ore Geol.Rev.,2002,20:109～126

[86] Zhang JJ,Zheng YD,Liu SW.Mesozoic tectonic evolution and ore-deposits formation in the gold mine field of Xiaoqinling.Chin.J.Geol,2003,38:74～84(in Chinese with English abstract)

[87] Stephen E.Kesler,Stephen L.Chryssoulis,Grigore Simon.Gold in porphyry copperdeposits:its abundance and fate.Ore Geology Reviews,2002,21:103～124

[88] Li C,Chen YJ,He SD.East Qinling-Dabieshan lithosphere delaminating age,mechanismand direction(petrological evidences and stipulation).Chinese J.Geochem.,2001,20:59～72

[89] Ohmotto H,Rye R0.Isotopes of sulphur and carbon.In;Barnes HL(ed.).Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits.John Wiley,New York:1979,509～567

[90] Zhang Chengli,Gao Shan,Zhang Guowei,etc.l.Geochemistry of early Paleozoic alkali dyke swarms in south Qinling and its geological significance.Science in China(Series D),2003,46(12):1292～1306

[91] Zhang FX,Zhang J.Geological-geochemical characteristics of Carlin-and Carlin-like-type gold deposits in South Qinling Mountains.Chinese J.Geochem.,2003,22:11~22

[92] Andy Davis,Steven O.Helgen. Discriminating between Copper and Silver MillTailingsinSilverBowCreekOverbankDeposits,Butte,Montana,U.S.A..Environment al Forensics 2001,2:249～259

[93] Clayton,R.N.,O'Neil,J.R.,Mayeda,T.K.,1972.Oxygen isotope exchange between quartz and water.J.Geophys.Res.77,3057-3067

[94] Li C,Chen YJ,He SD.East Qinling-Dabieshan lithosphere delaminating age,mechanism and direction(petrological evidences and stipulation.Chinese J.Geochem.,2001,20:59～72

[95] Rye,R.O.,Sawkins,F.J.,1974.Fluid inclusion and stable isotope studies on the Casapalca Ag-Pb-Zn-Cu deposit,central Andes,Peru.Econ.Geol.69,181-205

[96] Wang HH,Chen YJ,Gao XL.The isotope geochemistry of the Kangshan gold deposit,Henan and itsillustration of the CPMF model. MineralDeposit, 2001, 20: 190～198(in Chinese)

[97] Phillipson S.E.,Romberger S.B..Volcanic stratigraphy,structural controls, and mineralization inthe San Cristobal Ag-Zn-Pb deposit,southern Bolivia.Journal of South American Earth Sciences,2004,16:667-683

攻读硕士期间科研及发表的学术论文

（一）参加的主要科研项目

1 主要参与者，河南省熊耳山西段银多金属矿成矿规律及深边部成矿预测项目，参与报告编写，2008-2009 年；

2 主要参与者，河北省邯邢冶金矿山管理局末期矿山深边部找矿预测研究项目，参与报告编写，2009 年；

3 参与者，广西大厂铝土矿物质组分查定及矿石可溶性试验研究项目，参与样品制备及测试，2007 年。

（二）发表的学术论文

刚果金科卢维齐市 LONG 铜钴矿床地质特征及成因.湖南矿物岩石地球化学论丛，2008，29-32

致 谢

本论文在导师戴塔根教授的悉心指导下顺利完成，导师从论文的选题、研究思路、工作方法及撰写论文过程中遇到的问题建议等方面都给予我精心指导和有效帮助。研究生两年多来，戴塔根老师始终站在学术前沿，以严谨的治学态度、开阔的研究视野及务实创新的专业精神感染着我，鞭策我在专业的道路上不断进步，教育我做一个踏实勤奋、有扎实专业基础，并且有独立创新能力的世纪人才。同时，戴老师更像父亲一样关心着我的生活，以他独特的魅力和正直幽默的性格促使我在生活里不断审视自己，促使我思想不断成熟。在此，向我的导师戴塔根教授致以崇高的敬意和真挚的感谢！

论文在野外调研和室内整理过程中，同时要感谢黄德志教授的大力帮助，从我本科以来，他一直是我最尊敬的老师之一，不管是在课堂还是在野外地质工作中，他都谆谆教导，授我以知识，极大地提高了我的专业水平，帮助我搭建起系统的知识体系，并且给我的论文提出了很多建设性意见和解决问题的思路。

我的师兄张惠军博士、罗卫博士和我在野外进行了本次野外工作，他们不辞辛苦，帮助我进行野外采样工作、物探工作、搜集相关资料等，在生活上和专业知识上指导我不断进步；师兄息朝庄博士、刘尧博士、张德贤博士在论文写作过程中给我很多建议，比如：文章结构、排版制图、查找文献等方面；师兄杨涛博士、薛云博士在我读研究生期间以身作则在人生路上为我指引方向，“不找借口，只找方法”成为我在专业道路和做人道路上不断进步的航灯。师妹闫芳硕士、金妮硕士对我也帮助很大，在此向所有师兄师妹们表示最真诚的感谢！

感谢河南有色金属地质矿产局局第六大队在本次项目中帮助过我的人，特别要感谢队长同时也是我的师兄郭保健博士给我的支持和帮助；感谢河南有色金属地质矿产局局第一大队及河南发恩德矿业公司的大力协助，在项目过程中的不遗余力让我深为感动。

感谢龙永珍老师、万方老师、刘伟老师在室内处理样品中付出的辛劳，他们获得的数据对本次研究意义重大！

回首两年研究生生活，感触很多，从本科阶段的一知半解到研究生阶段的初窥堂奥看似容易，实则艰难，而这一进步要感谢所有指引我、帮助我、教育我的所有老师和同学们，正是有你们的鞭策才有我今天的成果！

最后感谢爸爸妈妈多年的养育教导之恩，他们的支持是我人生路上最大的力量源泉！

图版及图版说明

图版 I

照片 1：矿体沿断裂呈脉状贯入式充填

照片 2：矿体对称分带

照片 3：不完全对称脉状条带

照片 4：发育构造透镜体和初构造角砾岩的构造破碎带

照片 5：发育断层角砾岩的构造破碎带

照片 6：发育密集的构造劈理的破碎带

照片 7：沿顶板断层产出的似层状矿体

照片 8：条带状矿体

图版 II

照片 1：沿破碎带团块状产出的矿体

照片 2：沿破碎带鸡窝状产出的矿体

照片 3：方铅矿成脉状切过角砾

照片 4：含闪锌矿的具梳状构造的石英脉切过角砾

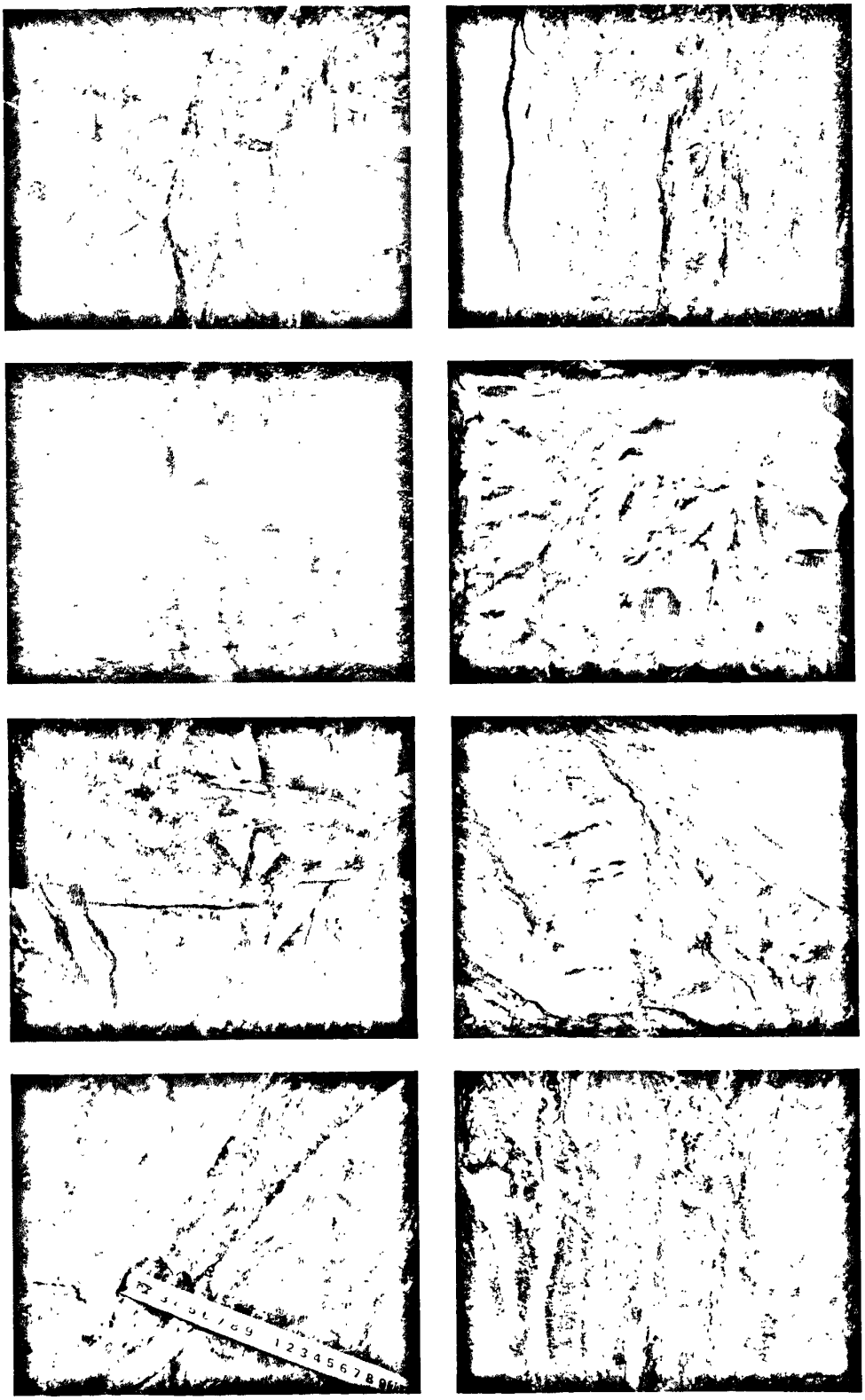
照片 5：NE 向左行平移断层

照片 6：NE 向逆断层

照片 7：NNE 向右行平移断层(NE 向挤压)被 S-N 向左行平移断层(NW 向挤压)所切

照片 8：NE 向断层引张形成的梳状构造

图版 I



图版 II

