

熊耳山—崞山地区 金矿成矿地质条件和找矿 综合评价模型

任富根 李维明 等著

7121

地质出版社

国家重点黄金科技攻关项目

90051-03-01

熊耳山—崮山地区金矿成矿地质 条件和找矿综合评价模型

任富根 李维明
李增慧 赵嘉农 丁士应 高亚东 等著
王官福 王振宇 白万城 雷时斌

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 简 介

本书分析了熊耳山—崤山地区金矿的成矿地质背景,提出了该区在含矿岩系形成期为伸展构造环境下形成的盆-岭构造体系的新见解,强调了火山成矿作用和后期叠加改造作用的重要性;研究了成矿地质条件,总结了矿床成因类型、成矿系列和成矿模式;最后从多方面总结了找矿评价信息,提出了金矿靶区综合评价模型,并对区内金矿进行了预测。

图书在版编目 (CIP) 数据

熊耳山—崤山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型/任富根等著。

—北京:地质出版社,1996.8

ISBN 7-116-02191-4

I. 熊… II. 任… III. ①金矿床-成矿条件-中国-河南②金矿床-找矿-评价模型-中国-河南 IV. P618.51

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (96) 第 11137 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:江晓庆

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:8.625 插页:2 页 铜版图:3 页 字数:207 千字

1996 年 8 月北京第一版·1996 年 8 月北京第一次印刷

印数:1—400 册 定价:13.00 元

ISBN 7-116-02191-4

P·1642

序

《熊耳山—崞山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型》专著是由国家科委协调，由地质矿产部科学技术司主持、组织的“八五”国家重点黄金科技攻关项目的研究成果之一，为一部跟踪国际先进水平的专著。

该专著颇具特色，具创新性，兼有理论性、实践性。它的特点有：

第一，提出熊耳山—崞山研究区为在伸展构造环境下形成的盆-岭构造体系新见解，在宏观上揭示了本区元古宙火山成矿作用的帷幕。把构造环境演化和火山成矿作用联系起来统一考虑，为地质、找矿方面基础问题的解决找到了切入点，也为丰硕成果的取得指明了突破方向。

第二，强调火山成矿作用的重要性。岩浆侵入-火山喷发活动提供矿质，初始富集成矿和后期叠加改造成矿的学术思想贯穿全篇。把初始富集的原生金矿床的形成时间界定在同构造期内这一点，既解决了矿床地质中的基础问题，也澄清了矿床学领域中长期争论的问题。

第三，重视后期叠加改造作用是火山成矿作用新的、再次成矿机制的学术思想，拓宽了成矿远景。在后期发生的热-构造事件中，复杂的流体作用促进岩浆活动提供的成矿物质再活化、再运移、再富集、再定位，形成新的矿床或使原有矿床规模加大、品位提高。

第四，建立了以元古宙盆-岭构造为基础，熊耳期、燕山期两期岩浆活动成矿和其它多期热-构造事件叠加改造的历史演化成矿模式。这是一种新的模式，有时空演化规律。该模式具有立体化、形象化、深入浅出、易于识别的特点，利于指导地质找矿工作，具实际意义。

第五，该论著把火山成矿理论与区域成矿背景结合起来，从实际出发，综合研究全区地球化学、地球物理、TM 遥感影像特征和成矿地质条件，总结出成矿评价信息、矿床类型富集规模评价信息和矿化有利评价信息，提出了金矿靶区综合评价模型，并进行了科学的预测。实践证明，预测效益显著。

《熊耳山—崞山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型》是一份科研与生产紧密结合的优秀成果，其中蕴含有新颖的理论认识和丰富的找矿经验，是地质找矿工作中的宝贵财富。它的面世是诸多完成者的一大贡献，将有助于该地区金矿地质找矿工作。

在此书出版之际，谨以此表示衷心的祝贺，望再接再厉，争取更多的成果问世。

宋叔和

1995.10.16

前言

熊耳山—崤山地区位于河南省西部，毗邻小秦岭，包括洛宁、嵩县两县和栾川、汝阳、宜阳、陕县等的部分地区（地理坐标：东经 $111^{\circ}00'$ — $112^{\circ}30'$ ，北纬 $33^{\circ}45'$ — $34^{\circ}30'$ ）（图 1）。自 70 年代以来，河南省地质矿产厅第一地质调查队首先发现大型上宫金矿后，各部门的地质勘探队进行了大量的地质找矿工作，并不断有新的发现。区内金矿的工业类型多样，有构造蚀变岩型、蚀变岩-石英脉复合型、石英脉型、角砾岩型和硫化物伴生金型，以构造蚀变岩型、蚀变岩-石英脉复合型金矿为主，多为大一中型金矿。该区是河南省主要的黄金产地。

国家科委协调、地质矿产部科技司主持了“八五”国家重点黄金科技攻关项目“中国主要金矿类型及成矿区带远景预测”。“中国火山岩、次火山岩地区金矿的主要类型、控矿条件、矿床模式和找矿方向的研究”是该项目的下属课题，由地质矿产部沈阳地质矿产研

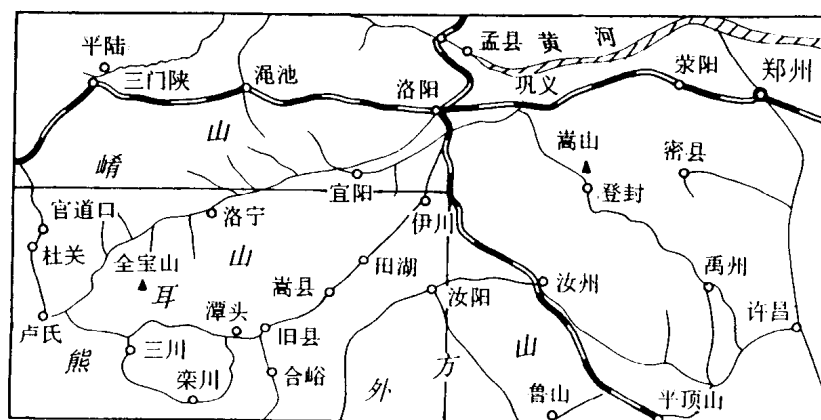


图 1 熊耳山—崤山地理位置图

（小方框为工作区）

究所、地科院、地质研究所负责。熊耳山—崤山地区为该课题的重点工作地区，相应地设立了“熊耳山—崤山地区金矿成矿地质条件和靶区预测的研究”专题（编号 90051-03-01），目的是研究本区金矿成矿地质条件，建立找矿综合评价模型，探讨矿床成因类型、成矿模式，预测找矿靶区，以提高找矿效率、速度，加速新的黄金生产基地建设的步伐，并丰富火山岩区金矿成矿理论。

这一专题研究工作由地质矿产部天津地质矿产研究所、武警部队黄金地质研究所负责，参加单位有河南省地质矿产厅局第一地质调查队、地质科学研究所，有色金属总公司河南矿产地质研究所，地质矿产部西安地质矿产研究所。按各系统工作布署，以地区又划分为 6 个子专题^①：

① 以后所引用有关资料分别以 1、2、3、4、5、6 注明。

1. 熊耳山南坡金矿成矿地质条件和找矿靶区研究(编号 90051-03-1-1),天津地质矿产研究所负责,专题组长任富根;

2. 熊耳山西段及崤山南坡金矿成矿条件及找矿(编号 90051-03-1-2),武警部队黄金地质研究所负责,专题组长李维明;

3. 熊耳山北坡金矿地质特征和远景预测(编号 90051-03-1-3),河南省地质矿产厅第一地质调查队负责,专题组长瞿伦全;

4. 崤山地区金矿成矿作用与控矿因素的研究(编号 90051-03-1-4),西安地质矿产研究所负责,专题组长王懿圣;

5. 河南省熊耳山南坡祁雨沟地区及其外围金矿成矿地质条件及找矿靶区的研究(编号 90051-03-1-5),有色金属工业总公司河南矿产地质研究所负责,专题组长唐荣场;

6. 河南外方山熊耳群火山岩金矿类型及控矿条件的研究(编号 90051-03-1-6),河南省地质矿产局地质科学研究所负责,专题组长乔怀栋。

除 6 个子专题进行分区研究外,同时还设立了综合组对全区基础地质和关键地质问题开展综合研究。在各系统有关人员共同努力下,以任富根、李维明为主的综合组编写了研究报告。1994 年 11 月由地质矿产部科技司组建的成果鉴定委员会,对报告进行了评审。宋叔和院士为委员会主任委员,李庭栋院士、陈毓川院长为副主任委员。委员会认为:“本研究报告在基础地质问题的研究方面有长足的进展,在构造环境背景的基础上,从地质历史演化过程研究本区金的成矿作用。在金矿类型的划分方面及建立金矿综合评价模型方面有创新。通过研究,取得了明显的经济效益。因此本研究报告在总体上已达到国际先进水平。”

本专著共分四章、十八节,分别由任富根、李维明、李增慧、赵嘉农、丁士应、高亚东、王官福、王振宇、白万城、雷时斌等执笔。书中主要反映了专题综合组的研究成果,不同程度地参照了下属各子专题有关资料,因而本书实际上是集体劳动的成果。

鉴于熊耳山—崤山地区现处于华北地台南缘,出露的地层主要为中元古代熊耳群和太古宙基底太华群变质火山-沉积岩系,金矿床就产在其中,二者都是金矿的赋矿岩系,燕山期岩浆活动较强烈。因此,有关本区金矿的成因,无论是太华群中还是熊耳群中的金矿,长期以来多认为金矿的矿质来自太华群和花岗岩,成矿与燕山期侵入岩浆活动有关。我们以矿床是地壳演化过程中的产物的观点,在区域构造环境背景的基础上,从地质历史演化过程来考察金的成矿作用。

本区中元古代初期处于伸展张裂构造环境。岩浆侵入-火山喷发活动形成了巨厚的熊耳群火山岩系(伴随有次火山岩和侵入岩),以后又经历长达 10 余亿年的地质演化历史。本书重点探讨赋矿岩系熊耳群、熊耳期岩浆侵入-火山喷发活动(王屋山构造旋回)与金矿的成因关系以及燕山期岩浆活动和其它多期热-构造事件与成矿的关系,在此基础上划分了本区金矿的工业类型和成因类型,建立了历史演化成矿模式。确认本区存在规模较大、成矿远景好的与熊耳期晚期碱性岩浆活动有关的火山浅成低温热液碲化物型金矿。以成矿地质条件为基础,从实际地质找矿工作出发,以物质运动的现态(包括地球化学、遥感影像、地球物理等特征)作为成矿评价信息的定位标志,以其它因素(围岩蚀变、矿物组分、硫同位素组成、成矿流体等微观特征)作为矿床类型、富集规模评价的信息标志。建立了本区金矿的找矿综合评价模型。80 年代后期任富根、乔怀栋等曾提出豫西熊耳群是另一个金矿矿源层,金的成矿作用与熊耳群有关的观点。该模型是上述观点的进一步发展,进一步明

确本区金矿具有好的成矿远景，将有助于促进本区地质找矿工作，加速黄金生产基地建设的步伐。现在熊耳山已探明大一中型金矿 14 处，小型金矿 20 余处，是“我国又一座金山”。

研究工作是在课题(90051-03)办公室和负责人李兆乃、母瑞身直接指导下进行的，原国家黄金领导小组办公室、地质矿产部科技司、地质科学院、天津地质矿产研究所、武警部队黄金地质研究所等有关部门和领导都给了我们大力支持。后期在研究元古宙碲化物型金矿成矿作用问题的工作中还得到国家自然科学基金和地质行业基金的联合资助(编号 49372131)。有关地矿、黄金、武警、有色等系统所属地质队、矿山提供了方便条件，特别是河南省地质矿产厅领导及所属第一地质调查队以及河南省黄金管理局给予了大力支持和具体帮助，使工作得以顺利进行；朱凯、孙培基、李兆乃、沈保丰、陆春榕、母瑞身、张树新、应思淮、易善锋、罗铭玖、庞传安、陈殿凯、黄克义、耶恩普、刘伟邦、张庆祥等也都曾给以大力支持和帮助；宋叔和院士在百忙中还为本书撰写了序言。在此谨向有关单位和个人深表谢意。

目 录

序

前言

第一章 成矿地质背景	(1)
第一节 构造背景	(高亚东 任富根 王官福) (1)
第二节 赋矿岩系	(李增慧) (8)
第三节 热-构造事件	(李维明 李增慧 张宗清) (20)
第二章 成矿地质条件	(29)
第一节 各类型金矿床的基本特征.....	(李增慧 赵嘉农 丁士应) (29)
第二节 控矿构造特征.....	(丁士应) (42)
第三节 围岩蚀变特征.....	(李增慧) (47)
第四节 矿石矿物组合和组构.....	(赵嘉农) (55)
第五节 成矿流体.....	(任富根 马秀娟 苏犁) (65)
第六节 硫、铅同位素特征.....	(丁士应) (73)
第七节 成矿时代.....	(任富根 赵嘉农 王官福) (80)
第三章 成因类型、成矿系列、成矿模式	(任富根 白万城) (91)
第一节 成因类型	(91)
第二节 成矿系列	(94)
第三节 成矿模式	(96)
第四章 找矿综合评价模型	(101)
第一节 地质信息	(任富根 雷时斌) (101)
第二节 地球化学信息	(王振宇) (102)
第三节 地球物理信息	(王官福) (106)
第四节 TM 卫星遥感影像信息	(李维明) (113)
第五节 找矿综合评价模型及其应用原则	(任富根 雷时斌) (116)
结束语	(120)
参考文献	(122)
英文摘要	(125)
图版及说明	(131)

Contents

Preface

Introduction

Chapter 1 Geological background of mineralization	(1)
1.1 Tectonic environment	(1)
1.2 Ore-bearing rock series	(8)
1.3 Thermo-tectonic events	(20)
Chapter 2 Geological condition for mineralization	(29)
2.1 Main characteristics of various gold deposits	(29)
2.2 Ore-controlling structure	(42)
2.3 Characteristics of wall-rock alteration	(47)
2.4 Mineral composition and fabric of ore	(55)
2.5 Ore-forming fluid	(65)
2.6 Sulfur and lead isotopes	(73)
2.7 Age of mineralization	(80)
Chapter 3 Genetic type, mineralization series and mineralization model	(91)
3.1 Genetic type	(91)
3.2 Mineralization series	(94)
3.3 Mineralization model	(96)
Chapter 4 Prospecting model	(101)
4.1 Information from geology	(101)
4.2 Information from geochemistry	(102)
4.3 Information from geophysics	(106)
4.4 Information from TM satellite remote-sensing image	(113)
4.5 Model of comprehensive appraisal and its application	(116)
Conclusions	(120)
References	(122)
Abstract in English	(125)
Photos and explanations	(131)

第一章 成矿地质背景

第一节 构造背景

一、元古宙华北地块的南界

熊耳山—崤山地区位于熊耳裂陷盆地内，熊耳裂陷盆地的东部与嵩箕地块相毗邻，以鲁山-洛阳断裂为界。嵩箕地块缺失元古宙熊耳群火山岩系，出露中新元古代的汝阳群、洛峪群碎屑岩-碳酸盐岩建造。鲁山-洛阳北北西向断裂是基底边界断裂，控制了熊耳裂陷盆地的发展演化。熊耳裂陷盆地的南部是马超营断裂，其两侧的熊耳群火山岩系及上覆官道口群以及南部栾川群的岩石组合、建造特征都存在明显的差异，显示马超营断裂具有基底边界断裂的特征，在一定程度上也控制了熊耳裂陷盆地的演化发展。

元古宙熊耳裂陷盆地的大地构造位置与华北地块南缘边界问题有关。以往由于多从现今大地构造单元的分布出发考虑大地构造位置，因而将黑沟-栾川断裂作为华北陆台的南界，把熊耳裂陷盆地视为陆台南缘或与板块边缘相关的构造。我们认为，应该从演化的观点划分大地构造范围，正确确定元古宙熊耳裂陷盆地构造位置（图 1-1）。

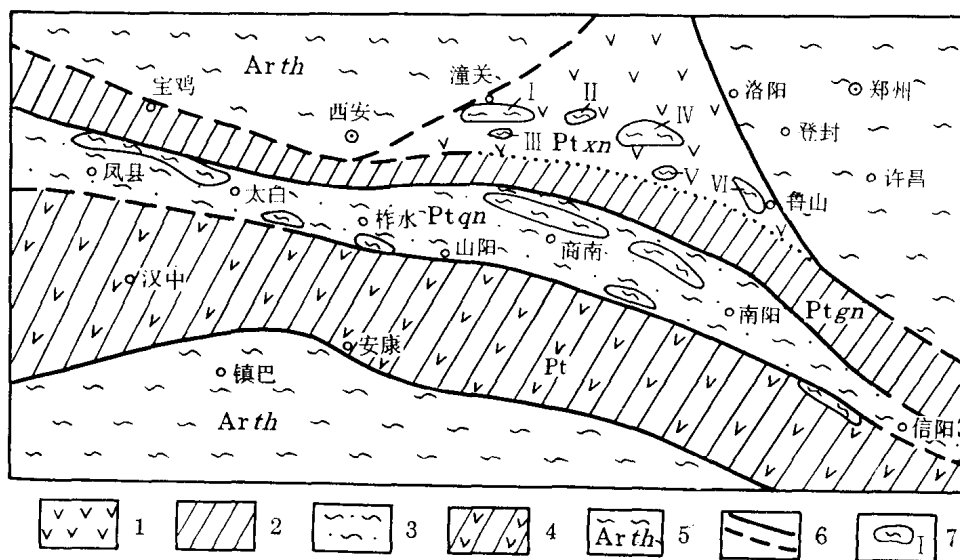


图 1-1 熊耳裂陷盆地地质略图

(据张国伟 1988 年资料修编)

1—熊耳群；2—宽坪群；3—秦岭群；4—元古宙火山岩；5—变质基底；6—断裂；7—古岭及编号。1—小秦岭古岭；II—崤山古岭；III—朱家村古岭；IV—洛宁古岭；V—重渡古岭；VI—鲁山古岭

黑沟-栾川断裂是位于裂陷盆地南侧的秦岭造山带中的一条区域性断裂,在断裂以南的北秦岭区分布有秦岭群、宽坪群。

秦岭造山带是经历了多阶段、多期运动,特别是加里东、海西和印支期运动的复合造山带,是在太古宙变质基底基础上发生、发展起来的构造带。其中的秦岭群经历了显生宙以来多期强烈构造运动的改造,并呈岩块、透镜体状断续出露,属构造岩石组合体,主体属古元古代,但包含有太古宙岩块。秦岭群的 U-Pb 年龄为 2226Ma 左右,Sm-Nd 等时线年龄为 1982Ma (U-Pb 年龄 2165Ma、2172Ma; Sm-Nd 法等时线年龄 1987Ma、1916—2020Ma) 模式年龄^①,指示其生成时代应早于 2000Ma。同时,秦岭群的变质变形和部分建造特征与太华群、登封群有相似之处,并有 2973 ± 159 Ma 的 Sm-Nd 等时线年龄。秦岭群可分出太古宙变质基底岩块。

华北地块南部的基底包括太华群、登封群,太华群 Rb-Sr 等时线年龄在小秦岭地区为 2549 ± 169 Ma,在鲁山地区为 2667Ma、2981Ma、2270Ma。登封群 U-Pb 年龄为 2510Ma、2945Ma,Sm-Nd 年龄为 2501Ma。由太华群、登封群连同秦岭群中太古宙残块共同组成了太古宙末期形成的华北地块克拉通。

元古宙时统一的克拉通开始分裂,华北地块南部初始阶段是在陆壳变质基底之上发育了元古宙东西向裂谷系,由北向南包括“熊耳”、“宽坪”和“秦岭”等张裂构造。

秦岭群变质火山-沉积岩系原岩为基性火山岩-陆源碎屑岩-碳酸盐岩建造。变碎屑岩具有近源碎屑沉积的特征。变基性岩的化学组分以低铝、富钛和 REE 含量较高为特征,类似于大陆裂谷拉斑玄武岩,反映了张裂性陆缘海盆—浅海盆地的古构造环境。

秦岭群北侧的宽坪群为变质火山-沉积岩系。原岩为基性火山岩-泥砂质岩-碳酸盐岩建造。其中变基性岩的化学成分类似于大洋拉斑玄武岩,来源于亏损地幔源区,形成于低压条件下。变碎屑岩原岩为类复理石建造,具近源碎屑沉积和双源区的特征(双源区即北部的太华群和南部的秦岭群分布区),反映华北地块南缘为扩张海盆环境。宽坪群下部火山岩的年龄介于 986 ± 169 (26) Ma 和 1142 ± 18 (26) Ma 之间,其 Sm-Nd 年龄为 986Ma,故其生成时代应在 1000Ma 之前。

宽坪群的变碎屑岩与秦岭群的变碎屑岩都具有近源碎屑沉积的特征。宽坪群碎屑物质来自太华群和秦岭群,秦岭群的碎屑物质来自古老变质基底。秦岭群中有 33Ga 的锆石,由此可以判断华北地块(华北地块初始的范围阶段)的南界应在秦岭群分布区的南侧,以商南-镇平断裂为界,在 2200—1000Ma 的时限内华北地块南部主要处于伸展构造环境。元古宙末期之后开始了现代板块体制和秦岭造山带主演化阶段。

据元古宙东西向裂谷系特征,结合秦岭造山带演化体系特征,可以认为元古宙熊耳裂陷盆地是处于华北地块内部的一个构造单元,不具有与陆台边缘或板块构造边缘相关的任何构造性质。

二、熊耳裂陷盆地的盆-岭构造特征

熊耳裂陷盆地具有大陆裂谷属性,但并不典型。该区具有自己的某些特点。盆地发育期是华北地块盖层正常发展中的一个暂短的阶段,建造发育单调。其分布范围和构造情况表明,它不是始终严格受断裂控制的陕长凹槽,并且其中还有部分地区出露有变质基底的

^① 张宗清等(括号内系陈能松等),壳幔演化与成矿同位素地球化学,1993。

残块。

熊耳断陷盆地的发展具盆-岭构造的特征。初期,在拉张应力作用下,变质基底起伏不平,呈现“盆”、“岭”景观。在低洼盆区沉积了崤山群(图版1-1)或是火山熔岩直接覆盖,与变质基底呈角度不整合接触。还可出现熔岩胶结的集块岩堆积在凹处,经切割后显示层位倒置,太华群覆盖在上的影像(图版1-2、3)。岭区没有接受沉积,到岩浆喷发阶段依然保持隆起状态,如小秦岭古岭、崤山古岭、朱家村古岭、洛宁古岭、重渡古岭、鲁山古岭等变质基底处于岭区(见图1-1)。陕西洛南朱家村隆起是1987年发现的,其中原定为熊耳群的核部地层(官道口群组成翼部)实际上应归属太华群,包括花岗片麻岩、黑云角闪片麻岩、大理岩等,直接被官道口群超覆,它可能是分隔豫西和陕西东部熊耳期断陷盆地的古隆起的一部分。这些古岭大致呈近东西走向,反映南北方向的伸展运动。

由伸展运动形成的裂陷盆地是限于地壳表层在拆离断层上盘发育的构造。纵贯本区的栾川-鸣皋人工地震测深剖面揭露了地下深部的地质结构。由浅到深,区域上存在几个连续、平缓的反射层(R_2 、 R_3 、 R_5 、 R_m)。从产状和深部地质分析,它们不可能代表地层界面,而应代表构造及变质相带界面。从构造层次角度出发,变形机制由浅部至深部从脆性→韧性→流变。10km左右埋藏深度是地壳处于脆性变形与韧性变形的过渡地带。这一带以韧性水平剪切运动占主导,所以最浅部的连续反射层(R_2)这一物性界面实际上是折离断层面及变质相带界面的反映。地表的构造是以熊耳群和太华群的变形褶皱和中陡倾角断层为代表的在地壳表层发生的脆性变形。它们变形的深度都限于 R_2 所代表的区域性折离断层的上盘。在伸展运动背景下,地壳中上部发生多层次的近水平方向的折离,在拆离过程中形成裂陷盆地。

变质核杂岩体是一种与拆离有关的伸展构造。小秦岭区为本区中主要的变质核杂岩体。

小秦岭区变质基底(太华群)长期上隆,属伸展运动形成的变质核杂岩体。它的南、北边缘都是以剪切带与邻区接壤的。

北缘剪切带走向近东西,剪切带北倾,倾角 60° — 70° ,宽度100—200m,断距近万米。它延续到新生代,并活动显著。

南缘剪切带曾称为小秦岭南坡断裂或寻马道-小河-朱阳镇断裂带,处于小秦岭南缘,其南侧被高山河组不整合覆盖。它的走向近东西,宽度可达数公里,属于脆-韧性、韧-脆性和脆性变形相叠加的剪切带。由于长期剪切活动,早期深部的韧性剪切带,当埋藏深度变浅时,被脆性剪切带叠加。经恢复构造要素,发现其原为剪切面南倾的斜滑正向剪切带。剪切带不断发生正向滑动,韧性剪切带运动到浅部后被脆性剪切带叠加。太华群变质基底不断向浅部抬升,形成小秦岭变质核杂岩体。

在伸展运动形成裂陷盆地的过程中,主要发育正断层系。本区除嵩县东部、马超营断裂带及其以南后期构造变动出现的逆断层外,其它都为正断层。这些断层形成于各个时期,当然也包容了熊耳期控制盆地发展和岩浆喷发活动的那些断裂和正断层。

裂陷盆地基底出露情况、熊耳群火山岩系展布情况及拆离断层,变质核杂岩体和正断层系的存在等特征都表明熊耳期的古大地构造属伸展构造,在伸展运动作用下形成了大陆地壳表层的断陷盆地,具盆-岭构造特征。

三、熊耳裂陷盆地磁性地层特征

熊耳裂陷盆地磁性地层的特征研究是一项崭新的工作,用以确定熊-崤地区前寒武纪的视极移曲线,是认识华北地块演化特征的基础性研究工作。该地区前寒武纪视极移曲线的建立为探讨有关金矿的成矿时代问题奠定了基础。

本次工作的古地磁样品主要采自熊耳山地区的焦园剖面,测试样品包括岭区晚太古代太华群,盆区中元古代熊耳群的磨石沟组(相当于崤山群)、张合庙组、焦园组、坡前街组以及官道口群的高山河组和龙家园组。

所测定的数据的可信程度是依据国内目前最新的 8 条古地磁数据可靠性判别准则判定的。这 8 条准则概括起来为地层时代、统计精度、退磁和矢量分析、野外检验、构造控制、通过倒转检验、与后期古地磁极不重合、岩石磁学实验。本次工作所获得的所有数据满足 8 条中最重要的 1、3、5、7、8 条,即地层时代清楚;样品经过系统退磁并采用了主分量分析法分离磁性成分;采样地区大地构造归属明确,局部构造关系清楚;在地理坐标下的磁化方向不同于现代地磁场方向;通过了岩石磁学实验和矿物鉴定。对于不同采样地层单元,不同程度满足其他 4 条中的某一条,如磨石沟组通过倒转检验,张合庙组通过广义褶皱检验和倒转检验等。总之,本次古地磁工作所获得的数据是可靠的(表 1-1)。

表 1-1 熊耳山地区地层的古地磁测量结果

采样点 代号	采样位置		样品数 n (N)①	最佳温 度区间 (°C)	地层坐标下 磁化方向				极点坐标				古纬度 (°N)	地理坐标 下磁化方向	
	经度 (°E)	纬度 (°N)			D_s	I_s	K	α_{95}	经度 (°E)	纬度 (°N)	D_P	D_M		D_G	I_G
T	111.8	34.2	10 (10)	400—650	31.58	23.89	13.32	13.74	231.25	54.05	7.83	14.67	12.49	21.72	41.32
M	111.4	34.0	15 (25)	300—500	50.70	20.15	13.79	10.68	216.43	38.13	5.86	11.19	10.40	28.83	20.80
ZH	111.5	34.1	22 (25)	575—650	234.3	45.00	13.83	9.10	63.77	-10.53	7.28	11.52	26.56	240.91	12.49
J	111.7	34.1	10 (13)	525—625	254.50	34.10	12.94	13.96	45.75	-1.71	9.13	15.97	18.70	280.49	41.63
P	111.8	34.1	8 (8)	400—625	260.35	0.80	70.54	6.64	27.58	-7.75	3.32	6.64	0.4	262.18	5.04
G ₁	111.8	34.1	26 (26)	400—675	14.32	48.95	99.17	2.86	217.12	77.15	2.49	3.78	29.86	15.18	14.97
G ₂	110.9	34.4	4 个采 点平均 74 (92)	400—675	16.9	13.96	137.84	7.85	257.33	58.56	4.11	8.03	7.09		
G ₃	111.8	34.1	8 (8)	500—650	16.01	58.77	81.43	6.17	174.23	76.11	6.84	9.19	39.51	16.86	24.87
L	111.8	34.1	10 (18)	500—625	127.25	-90.02	48.66	6.99	87.88	44.75	12.62	13.29	-68.79	184.27	-50.69

①N—样品总数; n—采用样品数。

从图 1-2 所示的华北地块前寒武纪视极移曲线可看出,熊耳裂陷盆地所获得的极移曲线相对蓟县剖面上的极移曲线而言,形状基本一致,但有一很小距离的相对移动。根据以往对华北地块区域地球物理场的研究,结合地质资料,将华北地块划分为六个太古宙地体,它们是辽东地体、赤峰地体、渤海地体、济宁地体、临汾地体和东胜地体。新太古代绿岩带出现在各个地体周边,可作为各个地体的焊接带。蓟县剖面位于渤海地体内,而熊耳山

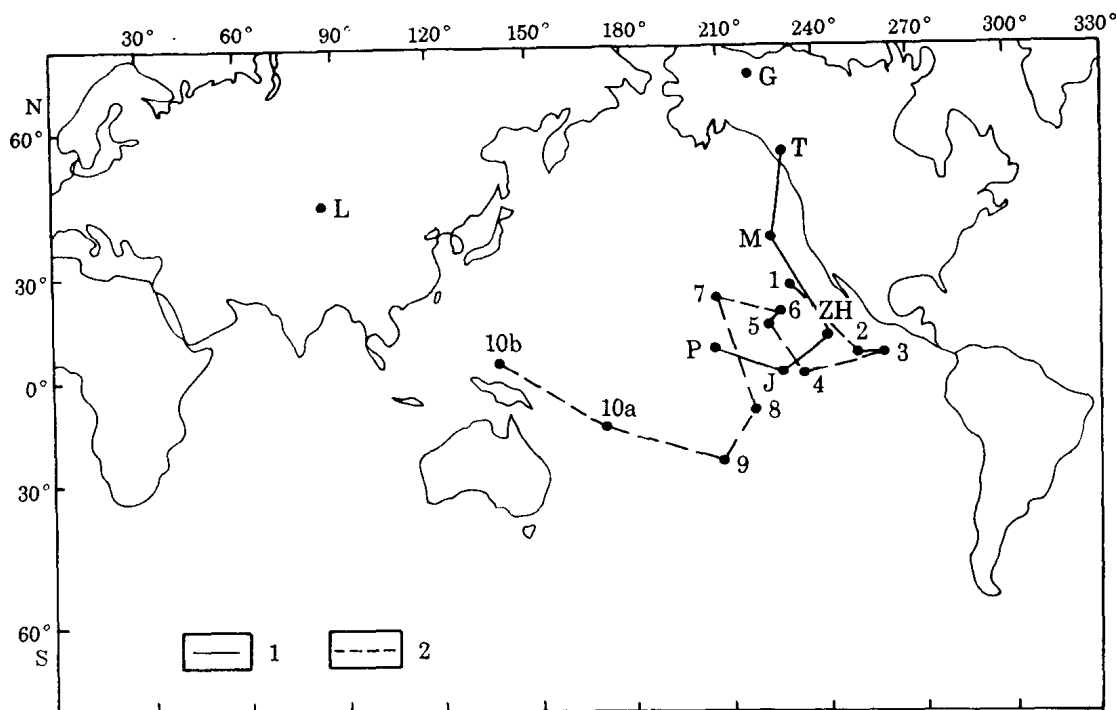


图 1-2 华北地块前寒武纪视极移曲线

1—熊耳山地区视极移曲线；2—蓟县剖面视极移曲线

地区位于临汾地体内，通过两个地体中新元古代视极移曲线的对比可见，临汾地体相对于渤海地体左旋约 10° 。

对华北地块而言，新太古代末期（25 亿年左右），各地体基本焊接在一起，形成统一的太古宙克拉通。古元古代早期，构造体制发生了明显的变化，不同性质的活动带同刚性地体并存，在地块北缘内侧的东段和中段及南缘内侧出现活动带，以碰撞形式将破裂克拉通焊接起来。中元古代（18 亿年前）开始时，大陆内部地壳再次破裂，产生近东西向断裂控制的裂陷槽，统一克拉通开始解体，主要发生在燕山—太行山和豫—晋—陕地区。豫—晋—陕地区在伸展运动作用下发生裂陷，裂陷中心在熊耳山一带，以强烈的熊耳期岩浆侵入、火山喷发活动为代表。中—新元古代裂陷盆地继续扩展，“盆”、“岭”差异愈益明显，出现浅海—滨海环境，发育碎屑岩—火山岩建造、碎屑岩—碳酸盐岩建造和冰碛岩建造。须要指出的是，由碎屑岩—火山岩建造组成的高山河组在这期间遭受的重磁化作用是最严重的一次，虽然在不同地区采集了大量古地磁样品，仍无法分辨出其原生剩磁方向。现在所测得的剩磁极点位置分散，并明显偏移熊耳群—官道口群龙家园组的极移曲线。根据高山河组火山岩的 Rb-Sr 法等时线年龄 ($482 \pm 59\text{Ma}$)，极点分散很有可能是因其受到了加里东晚期的热—构造事件的影响而造成的。

四、熊耳群的时限

熊耳裂陷盆地内主要发育熊耳群火山岩系，其同位素地质年龄是一个比较复杂的问题。以往有关熊耳群及相当的地层西阳河群的 Rb-Sr 等时线年龄和个别锆石的 U-Pb 年龄、K-

Ar 年龄的测定结果 (表 1-2) 存有一定差异。

应用 U-Pb 法测定火山岩中锆石的年龄是确定成岩年龄的有效方法, 其关键在于锆石的生成时代。锆石通常分为两类, 一类是在岩浆结晶过程中生成的, 另一类是混熔重熔岩浆捕虏的早先生成的锆石或经部分熔融再次结晶的锆石; 前者代表成岩年龄, 后者则标志

表 1-2 熊耳群火山岩同位素年龄表

采 样 位 置	测试方法及 岩石种类	同位素年龄 (Ma)	测试单位 (人)
舞阳铁矿区西部 边缘银洞附近	Rb Sr 等时线 玄武岩	1710±0.736	中科院地质所
熊耳群 火山岩底部	Rb Sr 等时线 晶屑凝灰岩	1780±0.25	
大古石组	K Ar 法 岩石中白云母	1778	河南区调队
鸡蛋坪组	锆 石	1320	河南地调四队
许山组	Rb Sr 等时线 全岩	1459±0.48	河南区调队 阎仲英 (1985)
鸡蛋坪组		9.51±0.56	
马家河组		1439±0.35	
舞阳 许山组	Rb-Sr 等时线	1675	河南区调队
垣曲 许山组	Rb Sr 等时线 锆石 U-Pb 法	1635±6 1840±14 (离子探针) 1826±32 (蒸发) 1829±34 (常规)	孙大中 胡维兴 (1993)
垣曲 许山组 马家河组	Rb Sr 等时线 全岩	1454±0.36	乔秀夫等

熔融原岩的成岩年龄或混合年龄。

眼窑寨正长岩, 呈岩穹产出, 从中选取的锆石较为复杂, 晶形不同 (图版 1-4), 颜色多样, 测试结果谐和线上交点年龄为 1750±65Ma, 其中年龄为 2204±68Ma 的锆石为混熔岩浆中残留的古老锆石 (表 1-3、图 1-3)。

表 1-3 眼窑寨正长岩锆石测试结果

样品情况		样品中 普通铅 含量 (ng)	同位素原子比率*					表面年龄值 (Ma)		
点 号	矿物名称及特征		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	深紫红色透明他形晶体	0.11	351.6	0.4568	0.2343 (8)	3.453 (57)	0.1069 (16)	1357	1517	1747
2	浅紫红色透明短柱状晶体	0.17	213.9	0.3194	0.2523 (10)	3.760 (70)	0.1081 (18)	1450	1584	1768
3	无色透明短柱状自形晶	0.075	48.25	0.2775	0.1023 (23)	1.637 (360)	0.1160 (240)	628	984	1896
4	浅紫红色透明不规则晶体	0.029	145.6	0.2173	0.2892 (51)	4.220 (663)	0.1058 (156)	1638	1678	1728
5	紫红色透明 柱状晶体	0.36	86.20	0.1632	0.3262 (21)	6.215 (262)	0.1382 (54)	1820	2006	2204

备 注 * 各原子比率均为放射性同位素原子比率, $\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$ 已对实验空白 (Pb=0.05ng, U=0.002ng) 及稀释剂作了校正。括号内的数字为 2σ 绝对误差。

和谐线年龄值: 1、2、3、4 号点的上交点年龄值为 1750±65Ma, 下交点年龄值为 -43±395Ma。

分析者: 李惠民

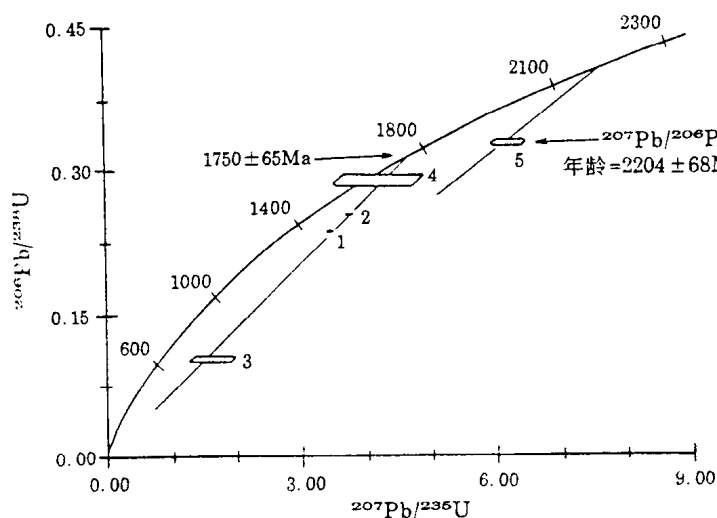


图 1-3 眼窑寨正长岩锆石 U-Pb 同位素年龄谐和图

表 1-4 官道口石英二长岩锆石测试结果

样品情况		样品中 普通铅 含量 (ng)	同位素原子比率					表面年龄值 (Ma)		
点 号	矿物名称及特征		$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{204}\text{Pb}}$	$\frac{^{208}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$	$\frac{^{206}\text{Pb}}{^{238}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{235}\text{U}}$	$\frac{^{207}\text{Pb}}{^{206}\text{Pb}}$
1	无色透明短柱形自形晶	0.24	121	0.2422	0.2980 (12)	4.367 (81)	0.1063 (18)	1681	1706	1736
2	无色透明长柱状自形晶	0.14	98.1	0.2621	0.2910 (43)	4.169 (638)	0.1039 (151)	1647	1668	1695
3	紫红色透明短柱状自形晶	0.56	52.7	0.2751	0.3056 (16)	4.388 (190)	0.1041 (42)	1719	1710	1699

分析者：李惠民

官道口石英二长岩呈小岩株产出，具霏细结构，被高山河组石英岩不整合覆盖。所选取锆石晶形完好，主要为白色透明长柱状和淡紫红色短柱状两类（图版 I-5）。其谐和线年龄为 $1731 \pm 39\text{Ma}$ （表 1-4，图 1-4）。

测定取得的 $1750 \pm 65\text{Ma}$ 和 $1731 \pm 29\text{Ma}$ 两组锆石谐和线年龄是相当接近的，这无疑表明该类锆石是在岩浆活动过程中结晶生成的。同时测得的 2204Ma 年龄是捕虏残留的古老锆石的年龄，这点也可以进一步反证上述结论。因为古老的锆石可以被后期岩浆活动所捕获，与成岩结晶的锆石混杂在一起，而不可能出现相反的情况。

眼窑寨正长岩和官道口石英二长岩均系熊耳期晚期岩浆活动向碱性演化的次火山岩，并且都赋存在熊耳群上部坡前街组碱性、偏碱性的火山岩中。由于官道口石英二长岩被高山河组不整合覆盖，因此 $1750 \pm 65\text{Ma}$ 、 $1731 \pm 29\text{Ma}$ 单个锆石组合的谐和线年龄代表熊耳群的上限年龄。孙大中等报道的西洋河群底部许山组英安斑岩、流纹岩的锆石年龄（ $1826 \pm 32\text{Ma}$ 、 $1840 \pm 4\text{Ma}$ 、 $1829 \pm 14\text{Ma}$ ）是比较谐和的，若将其作为熊耳群的下限，则熊耳群的时限为 $1700\text{—}1850\text{Ma}$ ，相当于长城纪。这是代表熊耳裂陷盆地形成强盛时期的年龄，表

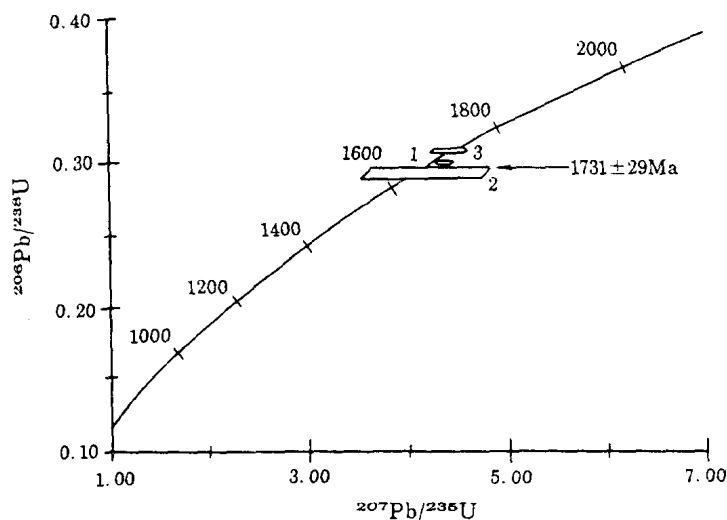


图 1-4 官道口石英二长岩锆石 U-Pb 同位素年龄谱和图

明华北地块南部发生的南北向伸展运动是在 1850Ma 之前开始的。

上述构造背景表明华北地块在太古宙花岗-绿岩地体的基础上,于 1850Ma 前开始进入伸展张裂构造环境演化过程,为本区创造了良好金矿成矿作用的区域构造背景条件。主要表现在以下几方面。

(1) 地幔物质的不均匀运动,局部地幔柱上升导致地壳拉伸变薄,进入张裂构造环境演化阶段。地壳张裂,发生伸展运动,逐渐形成裂陷盆地。地幔柱上涌形成局部地热异常。由来自地幔的物质及由地壳(太华群)重熔形成的拉斑玄武岩浆和碱性玄武岩浆发生强烈的岩浆侵入-火山喷发活动所形成的熊耳群火山岩系和变质基底太华群,为豫西熊耳群火山岩区金矿成矿作用奠定了物质基础。

(2) 在地壳拉伸变薄(南北向伸展运动)过程中,裂陷盆地内部由于局部均衡补偿作用使变质基底持续上隆,形成初始的“盆”、“岭”景观,为火山浅成热液活动创造了环境条件。

(3) 裂陷盆地内的高热流及大规模火山活动形成的火山地热流为金矿成矿作用提供了能量条件。

(4) 伴随伸展运动,在裂陷盆地内部形成的一系列正断层系为金矿提供了成矿空间。

(5) 元古宙形成的裂陷盆地经历了长期的地质演化历史,经历了后期多次发生的热-构造事件,因而相应出现了金的成矿作用或叠加改造作用。

第二节 赋矿岩系

华北地块南部中段构成基底的变质岩系有嵩箕地区的登封群、中条山区的绛县群、豫西地区的太华群。元古宙处于伸展张裂构造环境演化阶段,伴随熊耳裂陷盆-岭构造环境的形成,发生强烈的岩浆侵入、火山喷发活动,形成熊耳群火山岩系以及高山河组中的火山