

中南大学

硕士学位论文

祁雨沟金矿地质特征及外围成矿预测研究

姓名：袁海明

申请学位级别：硕士

专业：地质工程

指导教师：胡祥昭;杨群周

20060401

摘 要

华北地块南缘处于华北地台与秦岭褶皱系的衔接带,是我国太古宙花岗绿岩带出露较为广泛的地区之一,中生代又卷入秦岭造山带的陆内造山和大陆伸展运动。复杂的构造演化和岩浆活动,使本区域具备了多矿种、多类型、多阶段、多矿源成矿作用的特点,是大型、超大型内生金属矿床成生的有利构造单元。

祁雨沟金矿即位于该区域内,为现已正开发的大型金矿,其矿化类型为“爆破角砾岩+构造蚀变岩型”而引人注目,是该区域的一颗璀璨明珠。

该论文为中国有色金属总公司“八五”重点区带科研项目—“秦岭造山带银金成矿条件及预测”下设的二级课题“华北古板块南缘银金成矿条件及预测”的部分成果总结而成。

作者从近十年的野外工作经历及在广泛收集整理前人资料的基础上,系统总结了祁雨沟金矿床的地质特征,成矿条件、成矿规律等方面的研究成果。研究表明:爆破角砾岩型和构造蚀变岩型金矿为同期、同构造、不同时空分布的矿化类型。并试图建立了祁雨沟金矿成矿模型,对该矿床外围进行找矿预测,初步预测了构造蚀变岩型第Ⅰ类预测区:大小公峪—石盘沟金矿区、瓦房院—木柴关(露宝寨)金铜矿集区;第Ⅱ类预测区:(花山复式岩体内)大河面金矿区。并用于实际找矿的指导工作。此项研究不仅在理论上,而且在指导该区域、该类型的矿床地质找矿上都有重要意义。并已取得了较大的找矿突破。

关键词

地质特征

成矿预测

祁雨沟

ABSTRACT

The South of North China plate lies in the syntaxis area of North China platform and Qinling fold. It' s one of the area with beat of archean granti greenstone belt distributing widely. It experienced continental orogenesis and outspread of Qinling orogenic belt. Because of complicated structure variation and magma active, this area became advantageous constructional element of larger or super endogenetic metallic ore deposit with characteristics of multi-oretype, multi-style, multi-phase, multi source.

Qiyugou gold deposit lies in this area. It is a lager gold mine which is being exploited. It is famous for its special type of mineralization — “blasted breccia + structural alteration ”. It became a bright phearl in this area.

This report is a partial conclusion of the project “metallogenic conditions and forecast of the south of North China archaic plate” which is the sub project of “8.5” important zone project of China Nonferrous Metal Head Corp— “metallogenic conditions and forecast of silver and gold mine in Qinling orogenic belt”.

The author drew a conclusion on the systemic research work of geologic characters,metallogenic conditions,metallogeni crules based on the experience of tens of years and the ceollection of former researcher' s data. This research suggests that the gold depodit of blasting breccia and tectonic alteration rock are the mineralization type with same stage, structure and different spatio-temporal distribution. The metallogenic model of Qiyugou gold mine is tried to be build to direct the prospecting for ore in periphery of this area. The Type I target area, the Daxiaogongyu-Shipangou goldfield and the Wafangyuan-Muchaiguan (Lubaozhai) goldcuprid field, and the Type II target area, the Dahemian goldfield in Hushan duplex rock mass, are preliminarily predicted. This research work has important significance in not only theory but also the direction of prospecting for ore in this area and in this metallogenic type.

Key Words: geologicalcharacter, forecast of prospecting for ore ,
Qiyugou .

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说明。

作者签名 袁海明

日期： 2006 年 4 月 25 日

关于学位论文使用授权说明书

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，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、缩印或其他手段保存学位论文；学校可以根据国家或湖南省有关部门规定送交学位论文。

作者签名 袁海明 导师签名 胡志华 日期： 2006 年 4 月 25 日

第1章 绪 论

1.1 研究目的及意义

地质科学二十世纪的最大贡献是保障了人类社会所需矿产资源和能源供给。1900年,世界人口为15亿,进入二十一世纪,世界人口已达60亿;本世纪初人均矿物消费量为20吨,而今天是89吨(董树文2001)。

从全球能源、矿产资源的需求来看,后工业化国家对能源的需求非但没有减少,而且仍有增长,10%的发达国家已占全球能源消耗量的60—70%;矿产资源的形势也大致如此。发展中国家正在陆续实现工业化过程对矿产资源和能源的总需求量会越来越大。因此,尽管区域性供需结构会有所改变,但全球矿产资源的能源的总需求增加是不容置疑的。地质科学的传统的社会分工仍将延续,保障能源和矿产资源仍将是地质科学的首要任务。地球矿产资源能否可持续发展,是21世纪地质学家解决的关键课题。“对矿产的需求将持续到21世纪,矿业将继续满足这一需求。在今后的50年中,我们将不得不开采出5倍于今天生产的所有金属量,而且,由于矿物再利用不能满足预计的需求,必须开采更多的金属,传统金属仍将占主要地位”(陈毓川等1997)。

随着社会主义现代化建设的不断推进及西部大开发战略的实施,我国对矿产能源的需求迅速增长。然而,我国地勘单位目前所拥有的数以百计的“鸡肋型”矿化普查区及勘探基地紧缺,工业部门危机矿山亦日益增多。而我们以前所取得的预测成果因种种原因所限,直接为地勘单位验证,转化为地质找矿效果和社会经济效益的不足20%。因此,为了更好地适应矿产勘查中找矿主体对象的转变,有效提高地质找矿效果,确保我国中、东部众多已有生产矿山的可持续发展,国家自然科学基金委员会在近几年的<自然科学基金项目申请指南>和<“九五”—2010年优先资助领域>,国家科委、计委和地矿、冶金、有色行业的<“九五”—2010年地质科技发展规划>中都明确提出将寻隐伏矿的理论与方法,揭示矿体就位机理和定位规律以及找靶区快速定位预测评价技术作为优先资助的研究领域和鼓励倡导的重点研究方向。

全球日益严峻的矿产资源短缺形势把成矿预测工作向更深度及更新的历史发展阶段。数据处理向综合性和多源性方向发展。一方面,探测技术的革命使人们对地球的观测和了解无论从空间宏观还是微观、超微观尺度都取得了较大进展。遥感与计算机技术在矿业和环境领域得到广泛的应用,使矿产资源勘查及生

态环境监测受益极大；地震、电磁法探测已穿过地壳深入到地球的各个圈层；钻探技术的发展可以在地下 10km、甚至更深部位任意采集标本，直接获得地质资料。同时，电子显微镜和高精度质谱仪揭开了物质微观结构和元素同位素成分的奥秘，导致放射性同位素年代学和稳定同位素地球化学的诞生和广泛应用。另一方面，随着新的成矿理论和成矿预测理论的发展，对于先前积累的较丰富的地质资料，需要进行新的分析和的思维，运用新的理论与方法以及新的成矿模式，才能跳出旧思维及地质认识的束缚。这其中首先应做的是对原有地质资料、各种观察到的地质现象与地质关系等进行有效而合理的加工整理，在新的成矿理论与找矿理论指导下进行“去伪存真、去粗取精”处理，进行新的找矿靶区分析，从而达到解决过去地质问题、发现新的地质问题、提取新的地质信息的目的，使研究对象更全面、更客观、更真实地反映出来。只有在此基础开展的成矿预测工作才有可能产生新思路，从而提出新的找矿靶区和进行新的找矿方法配置。

1.2 自然地理、气候、交通位置

该矿区属秦岭山系东段熊耳山区，区内以北东部的虎狼牙北最高，海拔 908.80m，区内最低侵蚀基准面为高都川河谷，标高 541.6m，它的下游陶村水库以东地段最低标高 470m。地势北西高、南东低，山峦起伏，沟壑纵横，相对高差 400m 左右。地形切割强烈，坡度 30—40°，地貌属中低山区。

高都川河自西北到东南流过，高都川河为黄河一级支流伊河的支流，河上陶村水库长年蓄水，距矿区约 1.5km，可以向矿山供水。有 35kv 输电线路由县城直达矿区，水电资源可满足矿山生产需要。

矿区属暖温带大陆性季风气候，年平均温度 14.1℃，一月平均气温 0.1℃，七月平均气温 26.4℃，年降水量 623mm，多集中在七、八、九 三个月，全年无霜期 209 天。

矿区土壤以棕壤、褐土、潮土为主，较贫瘠。粮食作物以小麦、玉米、红薯为主，经济作物有油菜、芝麻、花生等。普查区内植被发育，森林覆盖率高，盛产苹果、红果、油桐、大枣、核桃、板栗、银杏及香菇、木耳、柴胡、山萸肉等经济作物、土特产。嵩县为国家级贫困县，工农业不发达，经济相对落后，劳动力富裕。矿区附近矿产资源丰富，河南金源黄金矿业有限责任公司祁雨沟金矿始建于 1976 年，已有二十多年历史，目前主要开采 J4 爆破角砾岩筒型金矿体、公峪矿区破碎带蚀变岩型金矿，日处理矿石能力 800 吨/日。

祁雨沟金矿区位于嵩县县城西北 15 公里处，属城关镇管辖。矿区到嵩县县城通简易公路，洛栾公路通过嵩县县城，自洛阳有陇海、焦枝铁路通往全国各地。

交通颇为方便（见图 1-1）。

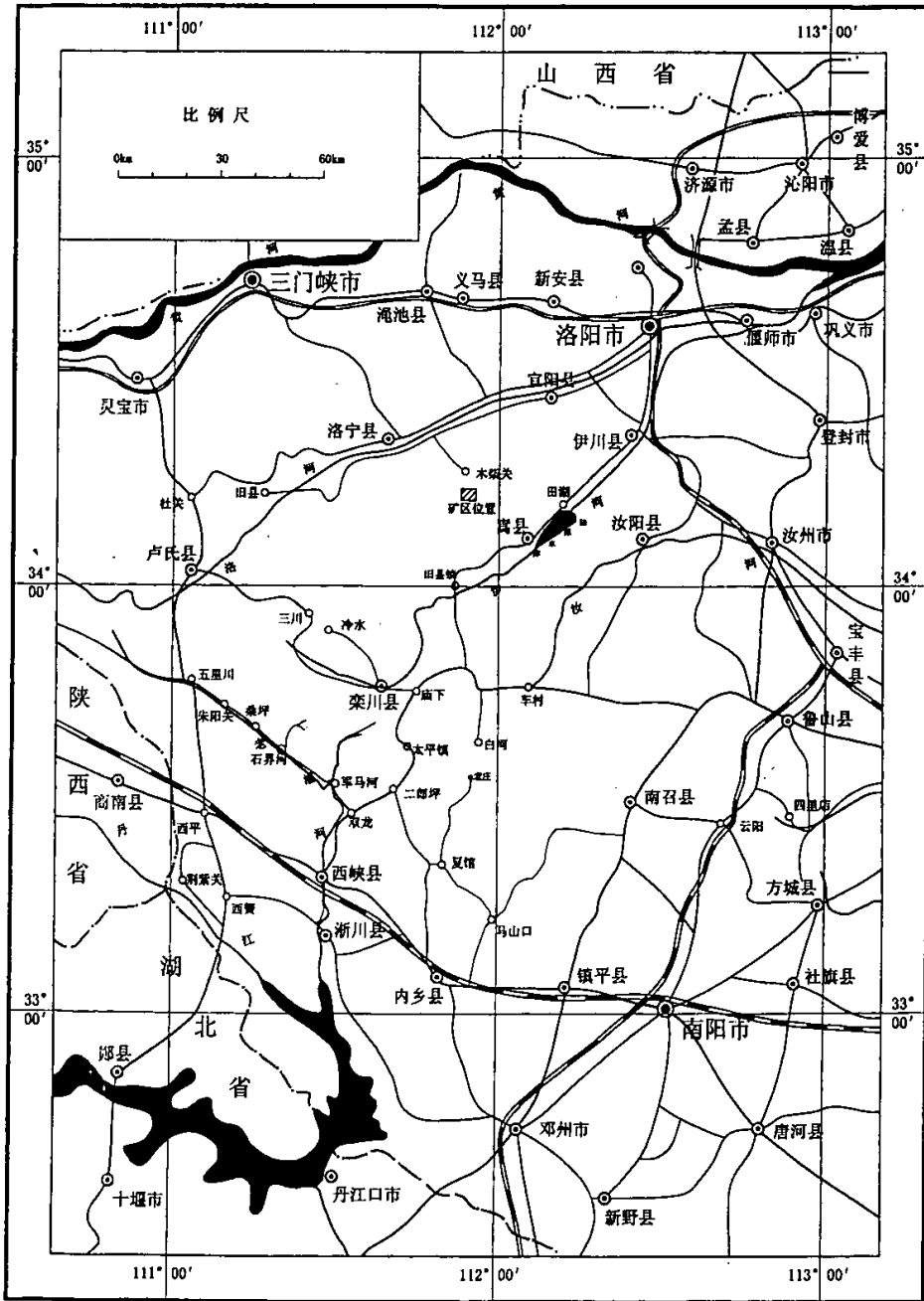


图1-1 交通位置图

1.3 完成的主要工作量

本次论文研究自 2004 年 3 月开始，至 2005 年 3 月结束，历时 1 年，所完成的主任务分列如下。

表 1-1 主要工作量一览表

| 项目名称 | 单位 | 数量 | 单价（元） | 总价（元） | 备注 |
|------|----------------|-----|-------|-------|----|
| 采样分析 | 件 | 10 | 50 | 500 | |
| 组合样品 | 件 | 10 | 68 | 680 | |
| 收集图纸 | 张 | 5 | 100 | 500 | |
| 收集报告 | 本 | 3 | 500 | 1500 | |
| 差旅费 | 次 | 200 | 6 | 1200 | |
| 槽 探 | m ³ | 35 | 30 | 1050 | |
| 合计 | | | | 5430 | |
| | | | | | |

1.4 主要成果与认识

① 系统总结了祁雨沟金矿床的地质特征、成矿地质条件、成矿规律等方面的研究成果。研究表明：爆破角砾岩型和构造蚀变岩型金矿为同期、同源、不同时空分布的矿化类型。

② 论述了华北地块南缘的拆离—变质核杂岩构造及其控矿作用。本区变质核杂岩集中分布在华熊地体内，其核部由晚太古代太华群变质岩系组成，盖层主要由中元古界熊耳群火山岩组成。滑脱拆离带具有多层次、多期次、大幅度拆离的特点，整个滑脱拆离系包括主滑脱拆离带和盖层中一系列次级滑脱断层，其中主滑脱拆离带位于太华群和熊耳群两个主滑层之间，出露宽度由数十米至二百余米，自下而上可分为糜棱岩带、糜棱岩化带、绿泥石片理化带、角砾岩带和碎裂岩带。

本区变质核杂岩的形成时期为燕山期。早期伸展拆离作用发生在侏罗—白垩纪，使太华群结晶基底与熊耳盖层之间产生韧性剪切带，随着基底地壳的上拱和盖层岩石的拆离拉分，开始沿变质核杂岩侵入重熔型花岗岩体；晚期伸展拆离作用发生在第三纪，由拆离断层带形成一系列铲形断裂，出现盆岭区地貌特征。

区内金银矿化与拆离—变质核杂岩构造的成生演化密切相关。成矿时代与变质核杂岩主要形成期一致，成矿过程与拆离断层的发展过程一致，矿化集中分布在拆离带附近。

确定了燕山期花岗岩的成因及形成的构造环境。华北地块南缘燕山期花岗岩

的岩石学和地球化学特征均表明应系 I 型成因兼具 S 型特征, 稀土分布模型及部分特征参数表示花岗岩与太华群具有同源性。

③ 通过构造环境判别, 确定本区燕山期花岗岩属造山期后型 (POG 类), 其形成经历了两个阶段, 即陆内碰撞造山运动时期下部地壳重熔的形成阶段和晚期伸展构造运动使重熔岩浆沿变质核杂岩构造中心被动上侵的就位阶段。燕山期重熔花岗岩活动提供了成矿主要的矿质来源和必要的热动力条件。

④ 探讨了金时空分布规律及成矿系列。燕山晚期为本区金矿产的主成矿期, 喜山期为本区砂金的成矿时代。祁雨沟金矿床在时间上的发展演化具有长期性、多期性、阶段性、序列性和继承性。矿化在空间分布上具有“老多新少”、环绕岩体分布、受控于断裂构造和次生富集等基本特点。

⑤ 建立了以祁雨沟金矿床为代表的华北地块南缘拆离—变质核杂岩构造控岩控矿模式。即燕山期大陆伸展运动造成的拆离—变质核杂岩构造控制了重熔性花岗岩侵位和浆控热液—改造成因金矿床的形成; 新生代随着伸展运动进一步演化, 出现盆岭构造系统, 变质核杂岩隆起区的金经过剥蚀搬运到断陷盆地, 形成以砂金为主的沉积成矿系列。

⑥ 建立了祁雨沟金矿床综合找矿模式, 提出了成矿预测准则。在区域成矿背景、矿床地质特征、控矿条件和成矿规律研究的基础上, 建立了台缘区岩浆控制热液型金矿田的构造蚀变岩型和爆破角砾岩型等 2 种主要类型金矿床和矿体的综合找矿模式, 并据此提出了祁雨沟金矿成矿预测的地质准则、地球物理准则和地球化学准则。该预测模型经近年来的实践运用, 已经取得了较为显著的找矿效果。

第2章 区域成矿地质背景

2.1 区域大地构造位置及背景

华北地块南缘属秦岭造山带的一个二级构造单元^[1],该构造单元以潼关—三门峡—鲁山—舞阳断裂为界与华北地块内的中条、嵩箕稳定地体相邻,南以洛南—栾川—方城—明港断裂为界与秦岭造山带内的另一个二级构造单元—北秦岭构造带相邻^[2],大致西起陕西临潼,经河南灵宝、洛宁、嵩县、汝阳、鲁山、舞阳,东至确山,呈北西—南东向弧形延展。

华北地块南缘构造带的形成与演化同整个秦岭构造带息息相关,具有秦岭大陆造山带的地质构造演化特征,但它又与华北地块地质构造发展密切相关。

华北地块南缘古结晶基底的太华群高级片麻岩地体及华北地块的登封群花岗岩—绿岩地体、涑水群、扬子地块的崆岭群、川中基底岩系以及秦岭大别地区的大别群、秦岭群所包裹的部分晚太古代岩块,都是一套经多期变形变质的复杂结晶岩系,变质程度普遍达角闪岩相,局部达麻粒岩相,岩石组合、构造变形都颇为相似,分布于扬子地块的川中基底磁性特征与其周边的磁性特征明显不同,而具有与华北基底相似的磁性特征。据最新的古地磁资料,华北、扬子两地块在晚太古代前都处于赤道附近的低纬度区,它们都可能属于南方大陆的古老地块,后来分裂并向北漂移、旋转而落入现今位置,据现有资料表明扬子地块和华北地块不仅同属于古老岩石圈板块,而且曾共同经历过一次古大陆的风化剥蚀作用,然后才裂开,显然华北地块南缘在晚太古代前应是华北、扬子统一克拉通的一部分^[2]。分布于华北地块南缘的太华群与华北地块的登封群、涑水群等太古宇地共同组成了华北地块的太古宙统一基底,并一起经历了晚太古代末期的嵩阳运动和古元古代的五台、中岳运动的变形变质、发展成华北地块的结晶基底。

元古宙时期华北、扬子统一古老陆块处于扩张、裂解过程中,当统一陆块在古元古代以初始裂谷形式发生、发展时,华北地块南缘仅在北侧的嵩箕地区发育了以“安沟群”为代表的一套绿片岩相变质火山沉积岩系^[21],形成一条发育在先存陆壳上的线性裂谷型火山槽地。而该区域未涉足于秦岭裂谷系的发生,因此在该区缺失古元古代裂谷型火山—沉积岩系建造。17—18 亿年左右古元古代晚期的中条运动(吕梁运动)以内硅铝造山作用封闭了古秦岭带,古元古代初始裂开秦岭裂谷系时,华北地块南缘才开始裂解,发育了北西西向狭长带状弧形分布的边缘海盆,南以洛南—栾川—方城断裂为界,邻接古秦岭裂谷系的宽坪裂谷带。北界则为广大古陆,成为晋、豫、陕地区的辐射状断堑盆地海槽的南支,发育了

中新元古代的熊耳群、汝阳群、洛峪群等边缘裂陷槽的火山沉积物。这套火山—沉积岩系厚达数千米,从下部的熊耳群火山岩到中上部的汝阳群、洛峪群、栾川群和震旦系碎屑岩—碳酸盐岩建造的岩相建造组合特征表明:它经历了初始裂谷系发生到边缘裂陷构造的发展过程^[18]。

熊耳群是一套中基性—中酸性熔岩夹海陆相碎屑沉积的火山—沉积岩系,沿洛南—栾川断裂北侧呈狭长带状分布,与伸入山西境内的西洋河群形成三角辐射状,熊耳群火山岩的岩石组合特征和富钾、富铁的地球化学特征既不同于一般的碱性火山岩,又不同于一般的钙碱性火山岩系,而应属于早期裂谷的偏碱性火山岩,它是本区域中元古代辐射状裂谷形成的初期产物。中上部各沉积岩群表现为滨海—浅海相沉积,底部有火山岩夹层。而主体为成熟度较高的稳定型碎屑岩—碳酸盐岩沉积,南部则主要为滨海—浅海相,到洛峪群时期,盆地萎缩,以浅海相为主,但在最南缘活动—栾川一线发育有深水相炭质,反映出断堑海槽受秦岭北坡大断裂控制的特点,沉积海槽主体呈近东西向弧形带状。元古宙晚期的晋宁运动,以A型俯冲方式形成内硅铝造山带,使裂解后的地块又封闭,形成华北地块的盖层。

古生代秦岭构造带进入现代体制板块构造阶段,发生扩张、俯冲、碰撞造山作用。秦岭带在这个时期,存在着遥相对应南、北不同的两种大陆边缘构造。在南、北秦岭带发育了具显著地质差异的两种不同陆缘地质体。这个时期的华北地块南缘处于相对稳定的时期,因而普遍缺失古生代沉积。该带仍为华北地块的一部分^[2]。二叠纪—中三叠世,南、北两地块沿商丹带碰撞造山,以A型俯冲方式形成了秦岭内硅铝碰撞型造山带,从而转入以地壳的大规模收缩为特征的新的陆内造山发展阶段。

在陆壳广泛的流变性驱使下,中生代华北地块南缘,乃至整个秦岭造山带都产生了强烈的陆内变形,发生了大规模的折离滑脱、逆冲推覆以及地断、平移构造运动。华北地块南缘形成中浅层次的大规模反向逆冲推覆系统和伸展构造,并伴有强烈的以酸性岩浆为主的岩浆活动和成矿作用。从此,华北地块南缘从华北地块分离出来,而卷入秦岭造山带,成为秦岭造山带的一个重要构造单位,也造就了它的现今构造格局^[14]。

综上所述,华北地块南缘构造带的形成和发展大致经历了以下三个主要构造演化阶段:

- ① 晚太古代—古元古代初期统一克拉通形成阶段;
- ② 中新元古代熊耳—栾川群裂谷带形成阶段;
- ③ 中生代陆内造山—伸展构造运动阶段。

2.2 区域地球物理特征

从宏观上看,祁雨沟矿区位于华北地块南缘与秦岭造山带的结合部位。在华北地块与秦岭造山带的共同作用下,地球物理场复杂,重力及航磁异常极为发育。

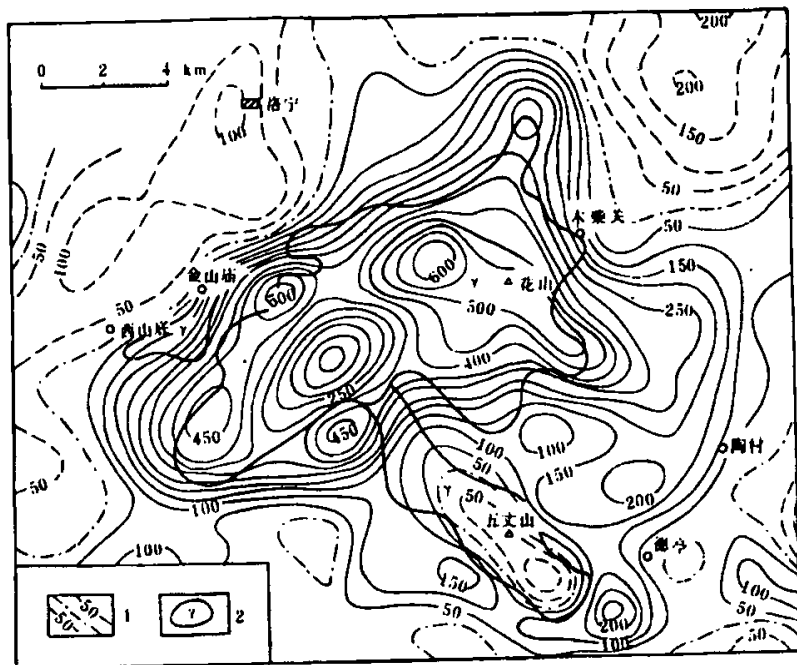
2.2.1 重力场特征

在 1:500000 布伽重力异常图上(见图 2-1),区位于以负值重力低为主的负值杂乱重力异常场区中,重力场强度在 $(-145 \sim -20) \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 之间变化。全区的重力场在宏观上表现出东高西低的特征,指示了地壳厚度由东向西由薄变厚的趋势性变化。区内局部异常发育,且规模、强度不一,展布特征各异。在一定程度上体现了活动大陆边缘与秦岭造山带结合部位附近的复杂地质构造特征。

宏观上看,全区异常等值线及局部异常轴向以北西西向为主,特别是区域的南半部,主体上显示了秦岭造山带的宏观趋势及对华北地块南缘的广泛影响;但在木柴关—府店一线及其西侧,这种特征则转为北西向。在该线以东的地区,区域异常则显示出稳定地块的特征。在区域的北半部,北东向的局部异常及其等值线分带展布,并呈等间距分布趋势。如铁炉子—华阴、朱阳—灵宝(三门峡)、卢氏—洛宁、庙子—嵩县等,其间距均为 50~60km,指示了中生代构造体系对该区的显著影响,从而形成了北西向与北东向配套发育的构造格局。

祁雨沟矿区位于栾川—洛宁—卢氏杂乱异常区。其东界为木柴关—府店陡变梯级带(三鲁断裂),北西界为洛宁—下峪陡变梯级带(山前断裂),南界为黑沟—栾川。区内局部异常极为发育,且形态各异,走向各不相同,幅值 $(-130 \sim -80) \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$,幅差 $(6 \sim 15) \times 10^{-5} \text{ms}^{-2}$ 。区内负异常分别对应于新生代凹陷(洛宁盆地、卢氏盆地、潭头盆地)和燕山期中酸性岩体(花山岩体、五丈山岩体、合峪岩体);重力高则由寒武地层相对所引起。对应于前寒武地层的重力低则推断由隐伏的中酸性岩体所引起^[21]。

2.2.2 航磁异常特征



1—航磁 ΔT 化极区域场等值线图 (nT); 2—花岗岩体

图 2-1 花山、五丈山岩体航磁异常特征图

在 1: 500000 航磁 ΔT 异常剖面图上, 区内除东北尚分布有部分宽阔平静的正负异常外, 其它区域均为跳跃多变、峰值陡峭的杂乱异常或起伏较大的带状异常, 幅值一般在 $-400 \sim 1000 \text{ nT}$ 之间变化。在平面图上, 区域的异常分布具有一定规律性: 其中的带状异常走向受区域性大断裂控制或与地层展布相一致, 常表现为北西西或近东西走向; 杂乱异常的分布则与岩浆岩的分布及相应的构造活动相关。这些规律性显然与秦岭造山带的构造作用及分布广泛的岩浆活动对华北地块南缘的强烈影响所一致。

祁雨沟矿区位于崤山—熊耳山杂乱异常区内。大致位于潘河—马超营断裂带以北的崤山—熊耳山一带，东界为阳—舞阳—鲁山一线（三鲁断裂）。该区背景较低，正、负航磁异常均极为发育。幅值一般在 $-200\sim 200\text{ nT}$ ，部分为 $-400\sim 800\text{ nT}$ 。异常形态以具明显走向的紧闭异常为主，规模小但幅差大，剖面曲线峰值陡峭且跳跃多变。但在洛宁—宜阳一线附近有较连续的负异常带存在；花山附近则有大片的团块状强磁异常分布。全区杂乱异常在宏观上排列有序，呈半环状绕花山强磁异常分布，其南边为潘河—马超营断裂带。该资料还认为：区内的杂

乱异常多与中元古界熊耳群火山岩的磁性不均匀相关;洛宁—宜阳一带的负磁异常则由中新代断陷盆地引起;花山强磁异常由花山岩体引起^[21]。

经对比,化极异常与已知地质体有更好的对应关系,主要体现在以下几个方面:

中新代断陷盆地(或新生代凹陷)表现为规则负异常。特别是向上延拓后,异常与盆地不仅形态相似,而且中心吻合,内等值线圆滑。其它无磁性地层也引起负异常,但不具上述特征。

熊耳群与太华群所对应的磁场背景均比较低。相比之下,前者区域内的局部异常发育,不仅峰值高、梯度大,而且规模较大,形态较封闭;太华群内也有局部异常分布,但相对稀疏,低而平缓。

花山岩体(黑云母花岗岩、斑状黑云母花岗岩等)具有强磁异常特征;但与之相邻的五丈山岩体(粗粒花岗岩)则显示为负磁异常。表明酸性岩体的磁场比较复杂^[13]。

2.3 区域地球化学场特征

张本仁教授报导的秦巴地区大陆地壳丰度值为 0.9×10^{-9} ; 华北地块金丰度为 0.5×10^{-9} , 其中下地壳金丰度为 0.4×10^{-9} , 上地壳为 0.6×10^{-9} 。但这并不能说明金丰度就不能成矿, 实际正好说明, 金丰度低反映了本区金的贫化与富集明显, 金元素经萃取, 分异富集程度高, 从而有利于成矿。这一点不仅可从本区金地球化学富集场及大理金矿床的存在得到证明, 而且从岩石类型、变质程度所反映的金含量差异也得到证明。如太华群黑云角闪斜长片麻岩 (2.11×10^{-9}) 均质混合岩 (2.0×10^{-9}) 的金含量明显高于太华群平均含量, 太华群不同变质相岩石中金含量差别也十分显著。燕山期花岗岩岩株(如嵩坪沟岩体)的金含量为 $(1 \sim 1.2) \times 10^{-9}$, 明显高于岩基(花山 $0.39 \times 10^{-9} \sim 0.57 \times 10^{-9}$)。这些特征正是金元素地球化学背景场与异常场出现明显反差的原因。

区域金元素地球化学场所反映的特征与区域多元素综合地球化学场特征之间有着内在的联系。就其本身而言, 自小秦岭向南东, 经崤山、熊耳山到外方山, 宏观呈由强变弱的趋势, 但微观呈高一低一高一低一高的波状起伏特点; 自小秦岭向南到黑沟—栾川断裂(华北地块与秦岭褶皱带的分界线), 亦呈宏观由强变弱、微观则呈强—弱—强的交替变化趋势。金异常分布特征显示:

① 贫化与富集反映的分异特征明显。本区几个大的金富集区内, 水系沉积物中金异常可达 500×10^{-9} 以上(小秦岭富集区, 熊耳山东段富集区), 但背景场则小于 0.5×10^{-9} 。

② 地球化学富集场的展布与燕山期中酸性岩浆活动息息相关。最明显的有

小秦岭文峪岩体周边、熊耳山花山岩体周边、外方山合峪岩体北侧、崤山张家河隐伏岩体外侧等，常常与高温元素组合异常形成配套分带关系^[20]。

③ 的富集场与近东西向区域性断裂相伴产出。最明显的有小秦岭焕池峪、文峪等四个近东西向韧性剪切带和熊耳山—外方山的马超营断裂。即便是在华北地块与秦岭褶皱带接触处的黑沟—栾川断裂旁侧，金异常亦呈串珠状沿构造带展布。

④ 岩石建造类型对金异常的展布控制明显，表现在太华群对金异常的控制等。

2.3.1 熊耳山地区矿床地球化学异常特征

由于该区域特殊的地球化学环境（包括内生环境与表生环境），为本区各种类型金矿床地球化学异常的形成奠定了基础，区内金矿床均能形成好的内生和表生地球化学异常。

(I) 熊耳山地区矿床原生地球化学异常特征

区内金矿床主要类型有石英脉型、构造蚀变岩型和爆破角砾岩型，大量的矿床原生晕工作表明，不同类型矿床在其三度空间均能形成较好的地球化学异常，并有众多的伴生元素异常出现^[26]。

表 2-1 不同类型金矿原生异常元素组合及分带特征

| 矿化类型 | 代表矿床 | 元素组合及其分带特征 |
|----------|------|---|
| 石英脉型金矿 | 灵湖 | 水平分带(自内而外): Sn. Mo. Bi. W. →Cu. Au. Ag. Pb→Ba. As |
| | | 垂向分带(自下而上): Co. Ni. →Mo. Sn. W. Cu. Bi. Au. Ag. Pb→Ba. Hg. Sb. As |
| 构造蚀变岩型金矿 | 上宫 | 水平分带(自内而外): Co. Mo. Bi →Au. Ag. (W). Pb→(Zn). Sb. As. Hg |
| | | 垂向分带(自下而上): Co. Ni. Mo→Bi . Cu. →Au. Ag. Pb→(Zn). Sb. As. Hg |
| 爆破角砾岩型金矿 | 祁雨沟 | 水平分带(自内而外): Mo. Sn. Bi. Cu→Au(W). Ag. Pb→Zn. Mn |
| | | 垂向分带(自下而上): Sn. Mo. Bi. →Au. Cu. W→Ag. Pb→Mn. Zn |

上表列出了小秦岭灵湖石英脉型（为主）金矿、熊耳山上宫构造蚀变岩型金矿、祁雨沟爆破角砾岩型金矿的矿床原生晕元素组合及水平分带、轴向（垂向）分带特征。结果显示，不同类型金矿床元素组合相似，仅存在强度差异。共同出现的元素有 Au、Ag、Cu、Pb、W、Bi，三种类型金矿床对比，石英脉型金矿床前缘晕 Ba、As 较发育，构造蚀变岩型金矿床前缘元素 Hg、Sb、As 发育，而爆发角砾岩型金矿床则缺失低温元素 As、Sb、Hg、Ba 异常。另外，爆发角砾岩型金矿床中 Cu、Bi 与 Au 紧密共生，且强度明显升高；石英脉型金矿和构造蚀变岩型金矿尾晕 Co、Ni 明显；而爆破角砾岩型尾晕则以 Mo、Sn 发育为特征。从以上差异

可以推测,爆破角砾岩型金矿床成矿温度高于其它两类矿床,反映侵位低的特征。而相比之下,石英脉型金矿与构造蚀变岩型的成矿温度相对较低。从野外看,石英脉型金矿常赋存在构造蚀变带的中上部。因此,可以认为:上述三种类型金矿床成矿热液以酸性岩浆热液为主,并有大气循环水加入(同位素资料也可证明);成矿物质为壳幔混合源;成矿时代以燕山期为主;成矿空间石英脉型相对靠上,构造蚀变岩型相对靠下,爆破角砾岩型成矿最深,可称为“三层楼式成矿”^[21]。如果将区内出现的钼矿化、铜矿化与金矿化综合考虑,则出现清晰的自下而上,自内向外的钼—铜—金—银矿化空间分带。这一规律在熊耳山地区的西段蒿坪沟和东段祁雨沟矿区内均被证实。通过对本区域以金、银为主的矿床原生晕异常研究,不难看出,华北地块南缘成矿的统一性、有序性,这些规律不仅在该区域找矿和异常评价中已得到验证,而且对今后的进一步工作有着重要的意义。

(2) 熊耳山地区矿床表生地球化学异常特征

从矿区已经开展的次生晕测量来看,找矿效果相对较好,包括隐伏矿体。

表 2-2 熊耳山地区金矿床水系沉积物异常的元素组合
及强度序列特征一览表

| 矿化类型 | 代表矿床 | 水系沉积异常元素组合及强度序列(从大到小) |
|----------|------|---|
| 石英脉型金矿 | 灵湖 | Au-Ag-Pb-Mn-Cu-Zn-Bi-Mo-W-Sb-Cd-Ni |
| 构造蚀变岩型金矿 | 申家窑 | As-Ag-Au-Sb-Pb-Zn-W-Cd-Bi-Cu-Mn-Sn-Hg |
| | 上宫 | Au-Ag-Pb-W-Sb-Zn-Cd-Sn-As-Mn-Mo-Ni |
| 爆破角砾岩型金矿 | 祁雨沟 | Au-Ag-Bi-Pb-Zn-W-Cu-Mo-Ni-Sb-Be-Co-Mn-As-Zn |
| | 店房 | Au-Ag-Pb-Zn-Mn-W-Cd-Bi |

上表列出了几个主要的金矿床水系沉积物异常的元素组合及强度序列特征。结果表明,所有矿床水系沉积物异常的元素组合与原生异常相似,显示了矿床原生异常转化为次生异常的连续性和继承性。元素组合错位小,金矿异常以 Au、Ag、Pb 为主,但 Au 的规模大;而银矿异常则以 Ag、Pb 异常规模大为特征。矿化规模一般与异常规模成正比,如小秦岭金矿田的总储量达数百吨,则小秦岭金矿田的异常面积达 328km²,居全区首位。相对之下,申家窑、店房金矿床规模较小,其异常规模亦反映较小。根据对多个矿床的原、次生异常进行研究,普遍表现出成矿元素与伴生元素在表生条件下出现明显富集,特别是在水系沉积物中富集最为明显,这也是该区水系沉积物地球化学普查找矿效果明显的根本原因^[36]。

2.4 区域矿产

区域内已发现矿产近 10 种:金、银、铜、铅、钼、铁、铀、汞、萤石等,

具工业价值者主要为金、钼。

2.4.1 金矿

区域内已发现金矿床(点)近30处,主要为爆破角砾岩型和破碎带蚀变岩型。爆破角砾岩型多分布在王庄—陶村背形上,主要有J₂、J₄、J₅、J₆、J₇、J₁₀、J₁₄等。经普查金矿化具有工业意义的有J₂、J₄、J₅、J₆、J₇,已获金资源储量17.08吨。

近年来矿区破碎带蚀变岩型金矿找矿进展较大,该类金矿分布广泛,南至矿区外的老毛庄、美沟壕,北到大小公峪、三道沟均有产出。目前已发现具有一定规模的含金破碎带32条,含金破碎带产状一般 $300^{\circ}-330^{\circ}\angle 40^{\circ}-80^{\circ}$ 。

另外,区内有少量砂金,分布在高都川一带。

2.4.2 钼矿

钼矿化主要见于东沟、螃蟹沟、龙潭沟—杨河沟等地。与雷门沟花岗(斑)岩及J₁₈、J₁₉角砾岩体有关,经勘探为一大型钼矿,伴生有金。

2.4.3 铅矿化

铅矿化分布较广,东起高都川,西至李铁沟,均有出露,尤其在大公峪、孟沟一带矿化较好,多与含金破碎带相伴生,矿化不均匀。

2.4.4 铜矿化

铜矿化点主要分布在东部,较好的曹花园铜矿点,具有一定的规模。另外,在大小公峪一带,在含金破碎带内也常见有铜矿化,并与金富矿体关系密切。

2.4.5 银矿化

区域银多与金矿伴生,无单独矿体,是金矿体中的伴生组分。

第3章 矿区地质特征

3.1 地层

矿区出露的地层主要为太古界太华群石板沟组和中元古界熊耳群许山组。

太古界太华群石板沟组主要由黑云（角闪）斜长片麻岩、混合岩化片麻岩、均质混合岩等中深变质岩系组成。

中元古界熊耳群许山组主要由杏仁状安山岩，含斜长石大斑晶安山岩等火山岩系组成。

3.1.1 太古宙太华群石板沟组 (Arsh)

(1) 黑云（角闪）斜长片麻岩

灰白—暗绿色，鳞片粒状变晶结构，片麻状构造。主要矿物有：斜长石，呈不规则粒状或板状，粒径 1-3mm，约占 65-70%；石英，不规则粒状，粒径 1-2mm，不均匀分布，约占 10-15%；黑云母，呈细鳞片状集合体定向排列，约占 10-15%；角闪石，约占 5-15%。副矿物为磷灰石、锆石等，片麻理产状一般为 $100-130^{\circ} \angle 20-30^{\circ}$

(2) 混合岩化片麻岩

系由角闪（黑云）斜长片麻岩遭受混合岩化而成。灰白色，脉体为石英、钾长石，呈多条纹状、条带状、脉状分布，形成条纹状或条带状构造。产状和角闪（黑云）斜长片麻岩基本一致。

(3) 均质混合岩

呈灰白—浅肉红色，主要矿物有斜长石、钾长石、石英等，系强烈混合岩化所形成。

以上三种岩石在蚀变破碎带可见到绿帘石化、高岭石化、硅化、黄铁矿化、绢云母化等。

3.1.2 熊耳群许山组 (Pt_2x1^{1-2})

主要岩性为杏仁状安山岩，含斜长石大斑晶安山岩。与下部太华群呈不整合接触（拆离断层接触？）。

(1) 杏仁状安山岩

浅灰绿色—暗绿色，隐晶质—细粒结构，块状构造、杏仁状构造，杏仁体一般 1-10mm，多为石英、方解石、斜长石组成。主要矿物为斜长石、角闪石、黑

云母等。

(2) 含斜长石大斑晶安山岩

浅绿—暗绿色，斑状结构，块状构造。斑晶为斜长石，呈长条状。一般长10-30mm。基质为隐晶—细粒结构，主要为斜长石、角闪石、黑云母等。

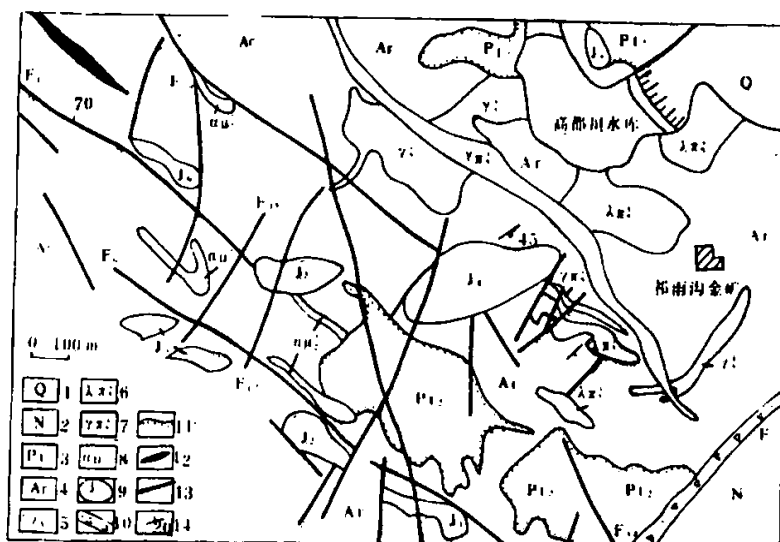
安山岩中可见到碳酸盐化、硅化、绿帘石化、高岭石化等蚀变。

3.1.3 第四系 (Q)

为冲积物、湖积物、粘土、亚粘土、亚砂土、残坡积物等。

3.2 构造

矿区位于熊耳山变质核杂岩中，区内构造以断裂为主，它是成矿物质运移、聚集、贮的通道和空间条件；褶皱构造发育较早。



1—第四系；2—上第三系；3—熊耳群；4—太华群；5—黑云母花岗岩；6—石英斑岩；

7—花岗岩；8—变安山玢岩；9—角砾岩体及编号；10—构造破碎带；

11—角度不整合界线；12—背形轴迹；13—断层；14—片麻理产状

图 2-1 祁雨沟金矿区构造地质图

区域内褶皱构造以片麻理的形成和片麻理褶皱为主要特点。前地槽期的火山—沉积建造，主要经历了两次褶皱作用，最后形成了枢纽向南东倾伏的背、向型构造，如王庄—陶村北形等，沿该背形轴部发育了呈带状分布的王庄—祁雨沟爆破角砾岩带。第二次褶皱后，太华群地层受了褶皱作用、变质作用和混合岩作用，

岩性刚化,并形成了不同时期、不同性质和不同方向的断裂^[24]。区内主要发育北东向、近东西向和近南北向、北西向4组断裂,其中北东向断裂与区内金矿床的形成有密切关系。

3.2.1 褶皱

3.2.1 王庄—陶村背形

轴面走向 $306^{\circ}-126^{\circ}$,延长达6公里,宽3公里,轴脊线北西高,向南东倾伏,沿轴部断裂发育,有大理花岗斑岩侵入和爆破角砾岩体生成并呈带状分布。

3.2.2 拆离—变质核杂岩

华北地块南缘的变质核杂岩主要分布在太古宇太华群和中元古界熊耳群组成的华熊地体内,其核部由太华群片麻岩及混合岩组成,盖层主要由熊耳群火山岩组成,此外还有中新元古界官道口群碎屑岩—碳酸盐岩、第三系红层。

滑脱拆离断层具有多层次、多期次、大幅度拆离等特点。整个滑脱拆离系统包括主滑脱拆离带和盖层中一系列次级滑脱断层,这在熊耳山地区表现的最为清楚^[25]。

主滑脱拆离带位于太华群和熊耳群之间,出露宽度由数十米至200余米,产状平缓稳定,倾角一般为 $15^{\circ}-30^{\circ}$ 。拆离带分带清楚,自下而上可划分出糜棱岩带(包括超糜棱岩)、糜棱岩化带、绿泥石片理化(片岩)带、绿泥石角砾岩带和碎裂岩带。前三个带发育在下拆离盘内,在发育程度不等的面型长英质糜棱岩和糜棱岩化岩带内,可以观察到清楚的韧性变形特征,镜下标志主要有S—C面理及拉伸线理、石英亚晶条带和核幔构造;绿泥石片理化带由退变质作用形成的绿泥石、绿帘石、绢云母化糜棱片麻岩、混合岩组成,有的已成为绿泥石片岩。滑脱拆离带最上面的两个带已属于脆性变形域,由强绿泥石化的安山质角砾岩和硅化碎裂岩、微角砾岩组成,部分地区出现有绢云片岩、变质石英砂岩和碳质千枚岩。沿滑脱拆离带普遍可见后期热液蚀变现象,局部可见强烈的硅钾交代和多金属硫化物矿化。

次级滑脱断层位于盖层拆离滑脱系中。主滑面有两个,其一位于熊耳群与上覆官道口群之间,滑动面产状较缓,厚度不大,主要由碎裂岩、角砾岩等组成,下盘熊耳群可见片理化;另一个主滑面位于熊耳群、官道口群等元古宇盖层与第三系含砾红层之间,产状较陡,出露宽度也不大,主要由铁染的大小不等的张性角砾岩组成。

区内的变质核杂岩的演化大致可以分为三个阶段:

早期伸展阶段:这是变质核杂岩的雏形期。随着巨大挤压应力的释放和区域性伸展运动的开始,熊耳群盖层相对太华群基底向北滑脱,沿不整合面产生韧性剪切带,并在盖层中出现犁式正断层,这就是拆离断层的雏形^[14]。由于上部地壳的拉伸变薄和不均匀上隆作用,诱发深部层次在碰撞造山期形成的重熔岩浆开始沿构造薄弱部位上侵就位,并形成华山、五丈山等燕山早期花岗岩体。

中期伸展阶段:这是变质核杂岩形成期。随着伸展运动的进一步发展,处于地壳局部上隆中心的拆离带进一步上拱,上拆离盘滑脱加快,变质核杂岩和拆离带开始出露地表。岩浆侵入活动加强,并形成大量燕山晚期花岗岩体。

晚期伸展阶段:这是变质核杂岩的发展期。盖层在重力驱使下,沿滑脱拆离带大幅度下滑,并形成多层次滑覆体。变质核内的花岗岩体和深层次糜棱片麻岩大量出露地表,沿变质核杂岩拉伸方向的两侧出现新生代半地堑式和地堑式盆地。

金矿化与拆离—变质核杂岩的生成密切相关,主要表现在:

① 矿化在空间分布上受到变质核杂岩构造的控制。矿化规模与拆离带及其上下盘韧性剪切带或脆性断裂的发育程度密切相关。

② 成矿时代和变质核杂岩主要形成期一致。栾世伟在小秦岭测得含金石英脉长石 K—Ar 年龄为 66.53—67.7Ma,均略晚于本区燕山晚期花岗岩的年龄,相当于变质核杂岩形成后期的产物。

③ 成矿过程和拆离断层的发展过程一致。从早期石英—黄铁矿阶段到晚期多金属硫化物—碳酸盐阶段,成矿温度及压力均逐渐降低。

④ 产于上盘的金矿,其硫同位素组成与下盘有明显差异,表现了构造拆离作用的影响。如产于熊耳群盖层的上宫金矿,其 $\delta^{34}\text{S}$ 主成矿期变化范围为 -19.24‰~6.54‰(据河南地调一队,1988),而产于太华群基底的金矿,一般分布较为集中,接近陨石硫值,表明硫源主要来自下部地壳或岩浆^{[32] [36]}。

3.2.2 断裂

(1) 断裂

本矿区断裂极其发育,据其展布方向可归为 4 组:

① 东西向及近东西向断裂:以 F1 断裂(又叫边庄断裂)为代表,通过总管庙—枯木桩—佛金寺,延长达 5000 米以上,宽 20—80 米以上。在区域西部表现为张性,东部表现为压性,发育程度西强东弱,该断裂地表、深部均有金矿化,

品位 $1.0 \sim 2.0 \times 10^{-9}$ 。此外有近东西向小断裂平行分布,为不同时代的细晶闪长岩脉和花岗斑岩脉充填。

② 北西向断裂:以 F13 为代表,通过栗树沟口—双头山—龙潭沟,延长达 6000 米以上。由于后期张性复活,沿断裂带有花岗岩体侵入。

③ 北东向断裂:主要为 F3 断裂(又称陶村断裂),通过蛇沟—陶村等地。为熊耳山变质核杂岩的南东界,属拆离断层。延长达 12 公里,宽 30—400 米,南西窄,北东宽,产状 $150^\circ \angle 35^\circ - 85^\circ$ 。区域位于该拆离断层的下盘,其对区内金矿床的形成有重要意义。

④ 北北东向和北北西向断裂:多条平行成带分布于区域之东部,如 F14,通过杨河口—山神庙, F16 通过小间沟—杨河大村等。

(2) 断裂与矿化的关系

区内北东向断裂经历了多期活动^[19]。最早期发生在太古代晚期;第二期发生在元古代中期;第三期发生在地槽阶段晚期(熊耳群形成之后);第四期发生在燕山期。

中生代的伸展构造运动导致区内老地层抬升,并伴随有大量规模的酸性岩浆活动,为金矿提供了热源和部分物源。在主成矿期,由于马超营断裂的水平剪切运动,派生出的北东向—北北东向主压应力,使区内的北东向断裂重新活动(非压性活动),规模较大的断裂则切过盖层熊耳群(如大公峪矿段 F4107、F4121 等),而规模较小的断裂则穿入熊耳群之下(如木柴关金矿区)。同化了太华群衍生矿源层的酸性岩浆的岩浆期后热液(天水、变质水参与的混合物)在有利的北东向断裂,爆破角砾岩中充填、交代成矿,所以,该区域的金矿化系多期次作用特点^[27]。

3.3 岩浆岩

区内岩浆岩活动频繁强烈,各种岩浆岩分布广泛,在时间上可分为三期。

元古代阿森特期:为基性—中性喷发岩、岩脉,包括安山玢岩、闪长岩、辉石岩,多呈岩脉状产出。见于陶村—银洞沟、段庄、龙王庙、龙代沟、大公峪等地。辉石岩脉普遍遭受混合岩化,片理化明显,多顺层产于太华群地层中。

加里东期:主要为中基性脉岩。有辉长岩脉、闪长岩脉、闪长玢岩脉和花岗闪长玢岩脉等,在区域内太华群、熊耳群地层中广为分布。

燕山期:岩浆活动最为强烈,主要为大规模酸性侵入岩,如西北部的花山花岗岩岩基(为一复式岩体,白垩纪早、晚两阶段侵入),西南部蛇沟一带的花岗岩和西、中部的花岗斑岩主要是呈岩株产出,还有斑状黑云角闪花岗岩、二长花

岗岩、二长花岗斑岩、正长斑岩、石英斑岩和霏细斑岩等，多呈岩枝状及岩脉状产出。金矿化作用与燕山期岩浆活动关系密切。

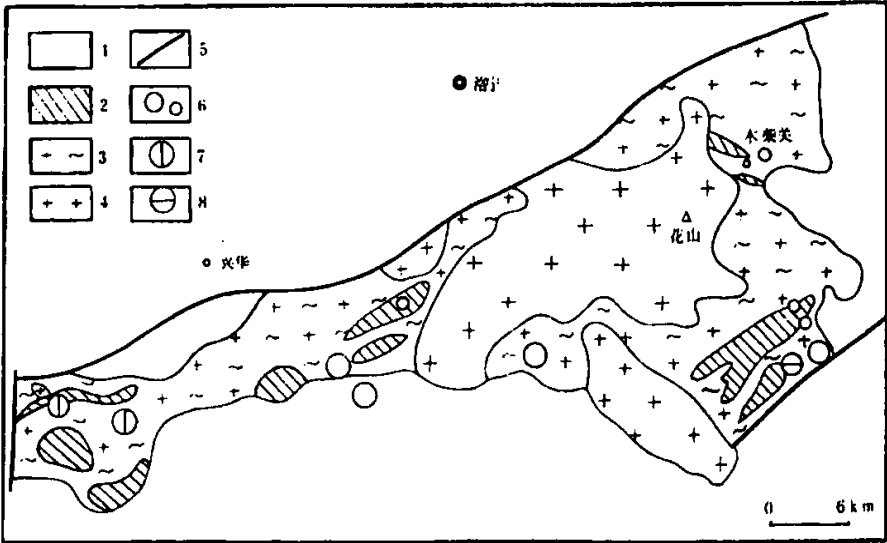
3.3.1 太古宙花岗绿岩带

(1) 基本特征

花岗绿岩带是地壳早期演化的产物，特指由变镁铁质火山岩为主的低—中级变火山—沉积岩系，即绿岩建造及同构造期花岗质岩石组成的一套特殊的岩石组合。太古宙花岗绿岩带是具有全球性的重要的含金岩系，它不仅为我们提供了有关早期地壳演化的大量直接证据，而且还蕴藏着丰富的金矿、铁矿、镍矿和铜锌块状硫化物矿产资源。

① 绿岩带岩石主要由镁铁质火山岩、长英质火山岩和沉积岩三个基本岩石单元组成，超镁铁质少见。岩石单元在剖面上大体是镁铁质火山岩（包括少量超镁铁质熔岩）在下部，长英质火山岩（含少量沉积岩）在中上部，沉积岩（含少量火山岩）在顶部，构成一个较为完整的火山—沉积旋回。

由镁铁质火山岩和长英质火山岩为主组成的太华亚群在熊耳山出露较好，而由长英质火山岩和沉积岩系为主组成的太华上亚群则以小秦岭和崤山出露较为完整，鲁山是华北地块南缘出露最全的地区。



1—后太古宙盖层；2—太古宙绿岩带；3—太古宙花岗质岩石；4—燕山期花岗岩；
5—元古宙花岗岩；6—金矿床；7—银铅矿床；8—铜矿床

图 3-2 小秦岭花岗绿岩带东段地质略图

- ② 同构造期的花岗质岩石可大致分为三类，即钠质 TTG 质片麻岩穹隆、花岗闪长岩株和长条状钾质花岗岩小侵入体。其中 TTG 质片麻岩为花岗绿岩带的主体，花岗闪长岩和钾质花岗岩侵入时代略晚于 TTG 岩系，出露面积较小。
- ③ 花岗绿岩带形成时间为晚太古代。鲁山背孜太华群斜长角闪岩全岩 Rb—Sr 等时线年龄为 2667Ma（南京大学，1986），潼关太华群全岩 Rb—Sr 等时线年龄为 2549 Ma，表明华北地块南缘太华群花岗绿岩带至少形成在 25 亿年以前。
- ④ 太华群中火山岩属镁铁质和长英质火山岩组成的双峰态火山岩系，沉积岩属浅海—滨海相碎屑岩—碳酸盐型沉积岩，其形成的构造环境类似于现代弧后裂谷型火山—沉积盆地。
- ⑤ 花岗绿岩带面积小，地层厚度薄。

(2) 岩石学及化学特征

熊耳山北侧以洛宁山前大断裂与洛宁新生界坳陷盆地相邻，南侧为中元古界熊耳群火山岩系所覆盖。绿岩带中心部位出露有大面积燕山期花山复式花岗岩体。其化学特征见表 3-1。

表 3-1 太古宙花岗绿岩带化学特征一览表

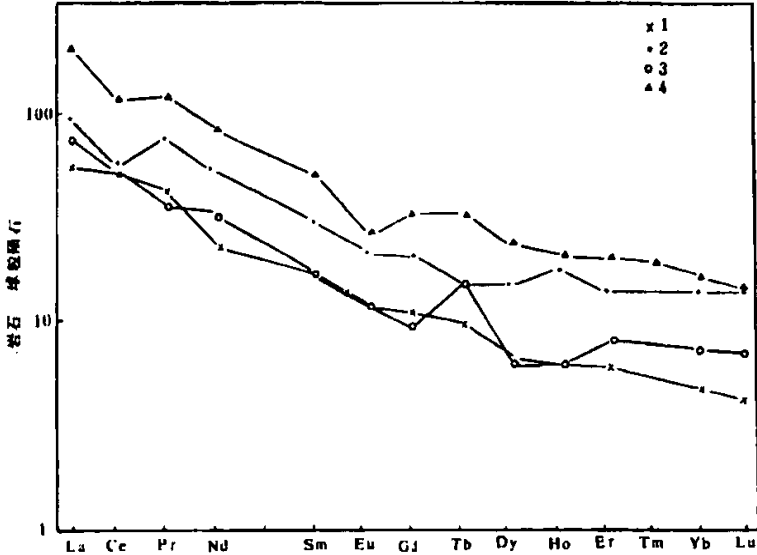
| 化学成分 | 含量 | 备注 |
|-------------------------------------|---------------|----|
| SiO ₂ | 46.58%~50.71% | |
| Al ₂ O ₃ | 9.96%~14.96% | |
| Fe ₂ O ₃ +FeO | 10.13%~14.05% | |
| MgO | 5.91%~13.13% | |
| CaO | 6.76%~10.98% | |
| K ₂ O | 1.11%~1.63% | |
| Na ₂ O | 1.36%~2.73% | |

总的来看，岩石 K₂O 含量较高，均大于 1%，岩石地球化学特征表明其应为拉斑玄武岩。

太古宙片麻状花岗质杂岩体主要由高铝型英云闪长岩、奥长花岗岩及变花岗闪长岩组成，太华群变镁铁质火山岩的稀土元素平衡部分熔融模拟计算结果表明，经过 20~36%的部分熔融，即可形成区内现在所见到的燕山期重熔花岗岩，而片麻状花岗穹隆和底辟花岗闪长岩组成主要出现在活动板块边缘，显示了一种拉张的地质环境^[22]。

(3) 稀土元素含量及其分配模式

太古宙花岗绿岩稀土元素总量一般为 $(56.57-209.1) \times 10^{-6}$, LREE/HREE 2.75-5.03, (Ce/Yb) 值为 1.95-3.59, 分布模式为较平坦型, 轻稀土稍富集, Eu 异常不明显。见图 3-3。



1— 变镁铁质火山岩; 2-4—变长英质火山岩 (资料引自王志光、徐梦罗等, 1996)

图 3-3 太古宙绿岩带火山岩稀土元素分布模式

(4) 与成矿的关系

- ① 矿产种类主要为 Fe 和 Au, 仅在个别绿岩带发现 Cu-Zn 块状硫化物矿床 (红透山), 与超镁铁质火山熔岩有关的 Cu-Ni 矿床至今尚未发现。
- ② 在绿岩建造和花岗质岩石中均产有大型金矿。前者如夹皮沟石英型特大型金矿, 后者如灵宝文峪石英脉型大型金矿。
- ③ 金矿成矿时代较新, 与中生代花岗岩浆活动关系密切^[91]。
- ④ 金矿体延深不太大, 一般为几百米; 而国外绿岩带金矿, 如南非、印度的金矿床, 延深常达两三千米, 最深接近 4000m。

3.3.2 燕山期花岗岩

(1) 基本特征

本区燕山期花岗岩与围岩均呈侵入接触关系, 岩体出露形态呈椭圆形或不规则椭圆形。岩石主要类型为: 中粒似斑状二长花岗岩、花岗闪长岩、二长花岗岩、

似斑状黑云二长花岗岩、黑云角闪花岗岩、巨斑花岗岩。

(2) 岩石学及矿物学特征

本区岩石矿物组合为石英+斜长石+钾长石+黑云母（角闪石），副矿物组合多为榍石+磁铁矿+磷灰石，为典型的 I 型花岗岩副矿物组合^[33]。各种结晶结构十分明显，石英少数具有波状消光，斜长石均较自形，少数岩石中可见被钾长石交代之现象；钾长石以正长石、条纹长石为主，其中条纹长石中条纹细密，无交代成因形成的宽大条纹之现象；另外钾长石中亦很少出现微斜长石。

(3) 岩石化学特征

表 3-2 熊耳山地区主要岩体化学特征一览表

| 岩体名称 | 岩体类型及岩相 | 岩体形态及规模 | 矿物学特征 | 岩石化特征 | 同位素年龄 |
|------|-------------------------|-------------------------------------|--|---|--|
| 花山 | 斑状一中粗粒黑云角闪花岗岩。深成相 | 呈东西向肾状，出露面积 280km ² | Or: 30%~40% Pl: 25% Q: 20%~30% Bi、Hb 少量 | SiO ₂ : 69.02% δ: 2.39 K/(Na+K): 0.37 A/CNK: 0.99 C/ACF: 0.15 | 127~99Ma (K-Ar 法) Y ³ ₅ |
| 雷门沟 | 斑状正长花岗岩深成相 | 呈东西向呈纺垂状，出露面积 0.77km ² | Or: 50%~60% Pl: 10~25% Q: 20%~40% | SiO ₂ : 73.11% δ: 2.64 K/(Na+K): 0.67 A/CNK: 1.167 C/ACF: 0.038 | 104~99Ma (K-Ar 法) Y ³ ₅ |
| 华山 | 中粒似斑状二长花岗岩，闪长、二长花岗岩。深成相 | 岩体呈东西向不规则椭圆形状，面积 130km ² | Or: 25% Pl: 40% Q: 25% | SiO ₂ : 71.7% δ: 2.43 K/(Na+K): 0.67 A/CNK: 1.0 C/ACF: 0.155 | 100~124Ma (K-Ar 法) Y ³ ₅ |
| 祁雨沟 | 花岗斑岩超浅成爆破角砾岩相 | 呈角砾岩筒状，面积 0.058km ² | Or: 40% Pl: 30% Q: 25% Bi: 少量 | SiO ₂ : 68.3% δ: 1.94~3.12 K/(Na+K): 0.51 A/CNK: 1.08 C/ACF: 0.058 | 113~132Ma (K-Ar 法) Y π ³ ₅ |

上表中所列为本区中生代主要岩体岩石化学成分及特征参数表。该表表明：SiO₂大多集中于 $69 \times 10^{-2} \sim 70 \times 10^{-2}$ 。

本区岩体的 Na、K 含量较高，K₂O+Na₂O 总量一般大于 8%，且多数 K₂O>Na₂O。与中国花岗岩相比较：SiO₂、MnO、MgO、P₂O₅ 低于其平均值，而 Fe₂O₃、FeO、

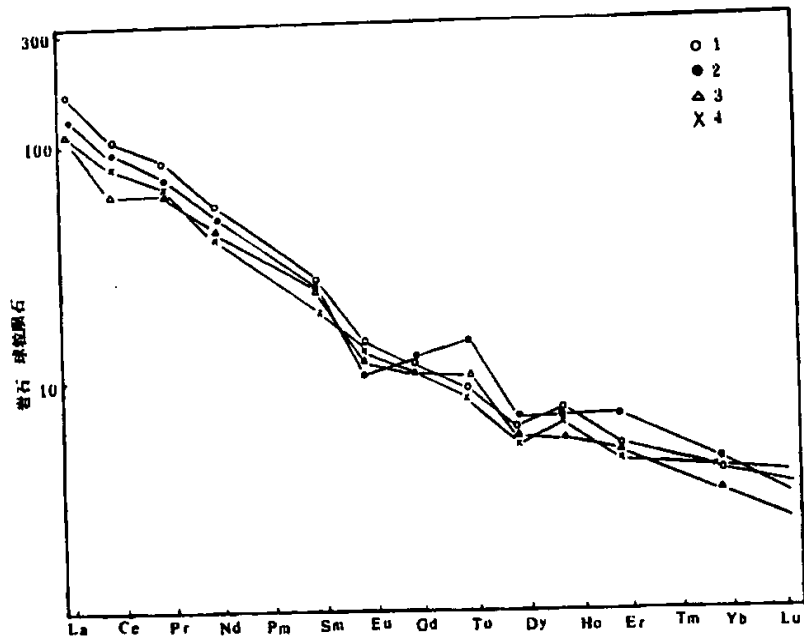
Al_2O_3 、 TiO_2 、 Na_2O 、 K_2O 均高于该平均值。

采用花岗岩的自然矿物岩石化学计算方法,对本区收集到的资料进行电算结果表明的自然矿物主要有:石英、钾长石、钠长石、斜长石、黑云母(白云母)、磷灰石、磁铁矿、榍石;部分岩石中有角闪石出现。上述矿物与实际薄片观察到的矿物十分吻合,在自然矿物计算中未出现较基性的矿物如辉石以及碱性矿物组合:堇青石、霓辉石、硅线石等。矿物组合为磷灰石+磁铁矿+黑云母+白云母+(角闪石)+钠长石+钾长石+钙长石+石英。

利用 CIPW 标准矿物计算的结果表明,矿物组合以石英+钾长石+钠长石+钙长石+紫苏辉石+(刚玉)为主,岩石属 SiO_2 过饱和以及铝过饱和的钙碱性系列。标准矿物中刚玉(C)含量一般小于 1%,少数含量超过 1%,但也小于 2%。

(4) 稀土元素含量及其分配模式

稀土元素作为一种重要的地球化学指示剂,在花岗岩的成因、演化及含矿性等方面具有重要意义。由收集到的稀土元素数据见表 3-2,部分岩体稀土元素模型见图 3-4。



1, 3—合峪岩体; 2—蒿坪沟; 4—花山岩体

图 3-4 熊耳山地区燕山期花岗岩稀土分布模式图

表 3-3 主要岩体稀土元素含量表

| 岩体 名称 | 样 品 数 | 稀 土 元 素 含 量 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-------------|-------------|------|------|------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|----|
| | | La | Ce | Pr | Nd | Sm | Eu | Gd | Td | Dy | Ho | Er | Tm | Yb | Lu | Y |
| 花山 | 63 | 60.5 | 115 | 12.6 | 42.3 | 6.4 | 1.50 | 4.00 | 0.60 | 3.30 | 0.60 | 1.30 | 0.20 | 1.40 | 0.20 | 18 |
| 金山庙 | 4 | 32 | 54 | 8 | 32.0 | 6 | 0.50 | 4.10 | 1.10 | 3.03 | 0.90 | 3.00 | 0.50 | 3.50 | 0.50 | 19 |
| 五丈山 | 3 | 33.5 | 55.2 | 6.2 | 21.7 | 3.1 | 0.90 | 2.90 | 0.50 | 2.90 | 0.90 | 1.80 | 0.30 | 1.50 | 0.30 | 15 |
| 合峪 | 3 | 56.3 | 102 | 11.8 | 38.5 | 6.0 | 1.10 | 3.60 | 0.50 | 2.70 | 0.40 | 1.10 | 0.20 | 1.30 | 0.20 | 17 |
| 维氏值 (1962) | | 60 | 100 | 12 | 46 | 9 | 1.5 | 9 | 2.5 | 6.7 | 2 | 4 | 0.3 | 2.2 | 0.26 | 23 |

其特征如下：

① 稀土元素总量 ΣREE : 104.43×10^{-6} — 287.23×10^{-6} , ΣLREE : 94.05×10^{-6} — 243.3×10^{-6} , ΣHREE : 10.19×10^{-6} — 54.32×10^{-6} , 轻重稀土元素比值为 5.42—9.45, La/Yb 比值为 9.14—43.30。

② 稀土元素标准化图形曲线向右倾, 且左陡右近平, δEu 基本上均大于 0.3, 且大多数大于 0.7。

上述特征与本区太华群岩石的稀土元素分配型式相对比可以看出, 太华群稀土含量变化较大, δEu 异常较明显, 稀土元素分布模式左陡右近平, 表现为轻稀土稍富集的特征。与本区中生代岩体的稀土元素特征有着许多相似之处, 因此太华群成为本区花岗岩重熔源岩的可能性较大^{[33] [39]}。

(5) 与矿化的关系

① 本区的花岗岩比较发育, 特别是燕山期花岗岩, 它的侵入活动对本区的金矿化具有重要的控制作用, 金矿床(点)往往分布于花岗岩体的外侧 1—8km 的范围内, 矿区邻近最大的燕山期岩基就是花山岩体, 其周围分布有上官、虎沟、小池沟、青岗坪、祁雨沟等一系列的矿床(点), 此外还有少数的金矿化产于花岗斑岩或正长斑岩体的内部, 目前都还不能构成工业矿床, 但具有很重要的研究意义和找矿价值。

② 大量的同位素数据表明, 本区金矿床的成矿、成岩在时间上即同属燕山

期产物,又存在时间上的先后差异,这反映了岩浆上侵、结晶分异及其后的金成矿作用在时间上是一个递进演化的过程,从而说明了该区的成矿与岩体的成因关系^[17]。

③ 据大量的硫、氢氧同位素数据测试,本区矿体与燕山期花岗岩具有惊人的相似性,表明了金银成矿作用与燕山期酸性岩浆活动有密切的成因关系。

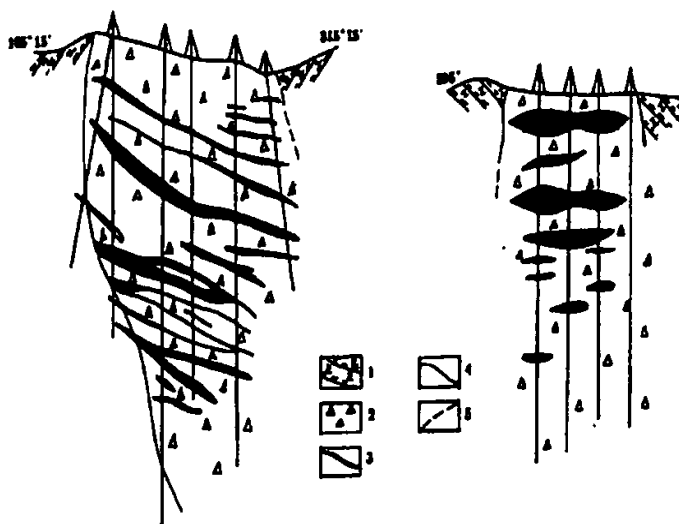
第4章 矿床地质特征

4.1 矿体的形态、产状、规模

4.1.1 爆破角砾岩型

在嵩县西北部地区已发现含金爆破角砾岩筒 35 个, 它们受花山岩体南东突出端的控制, 集中分布在三条北西-南东向角砾岩带之中, 这三条岩带自西向东分别为沙土洼-三人场爆破角砾岩带、安沟-黄水庵爆破角砾岩带、王庄-陶村爆破角砾岩带, 其中五分之一左右具有工业价值, 并且都集中分布在东南部拆离带附近的陶村林场一带, 靠近花山岩体的爆破角砾岩筒如 J_{15} 、 J_{16} 和 J_{17} 等矿化均差。4 号岩筒是目前已知矿化最好的一个含金角砾岩体, 它在平面上呈纺锤状, 长轴走向 71° , 长 430m, 宽 180m, 剖面上呈漏斗状。岩筒顶部以安山角砾为主, 显系顶部围岩塌陷所致, 下部以片麻岩和斑岩角砾为主。已发现金矿体 13 个, 主要出现在岩筒的膨大部位, 并以靠近岩筒的边缘矿化较好。金赋存在角砾间隙的胶结物中, 角砾内的裂隙中也见有金矿化。金矿化类型可分为两类, 其中脉状矿体主要分布在 460m 中段以上, 含矿裂隙密集带, 总体走向北东, 产于其中的含金石英-多金属硫化物脉体, 长数十米至一百余米, 厚数厘米至数十厘米, 产状 $330^\circ-350^\circ \angle 30^\circ-35^\circ$, 延深大于 100m; 脉体普遍含金很高, 一般在 10×10^{-6} 以上。另一类金矿化即不规则状矿体主要分布在角砾岩筒中部膨大部位, 产出标高大致在 370-490m 区间, 矿体走向北东, 长 140-200m, 宽 20-25m, 延深 50-100m, 矿石品位较低, 金含量一般为 3×10^{-6} - 5×10^{-6} 。这些岩筒均赋存在太华群变质岩系内, 受北西向和北东向断裂的复合控制, 而且出现在断裂结点位置上。例如, J_2 就是受产状为 $215^\circ \angle 70^\circ$ 和 $295^\circ \angle 85^\circ$ 的两组断裂控制。见图 3。

矿区内含金爆破角砾岩筒主要有 J_1 - J_6 六个。岩筒平面上呈椭圆形和纺锤形, 长轴以北西向为主, 次为北东向, 出露面积 0.001-0.058km², 岩筒在垂向上主要呈陡倾斜的筒状, 个别呈漏斗状 (图 7), 延深达 660m 以上。



1—片麻岩；2—角砾岩；3—矿体；4—角砾岩体界线；5—推测界线

图 4-1 J₄ (左) J₂ (右) 矿体形态剖面示意图

4.1.2 蚀变破碎带型

蚀变破碎带型金矿脉主要分布在大、小公峪矿区。金矿体形态呈板状、脉状，产状和含金破碎带基本一致。规模大小不一，一般延长 200-500m，最长可达 1645m，延深 50-280m，最深 380m（推断），厚度 0.28-1.64m。金矿体与围岩界限较为清楚，局部同破碎带一致，出现分枝复合现象；富矿体呈透镜状，受破碎带产状变化和构造复合部位控制^[37]。

其主要含金破碎带及其中的金矿体具有如下特征：

① 大、小公峪一带金矿化强烈，矿脉密集，是矿化集中区，尤其是在太华群和熊耳群地层的不整合面附近金矿化强度高；

② 金矿体分布在含金破碎带蚀变岩中，产状和破碎带基本一致；

③ 破碎带蚀变岩型金矿体对围岩没有选择性，其围岩可以是片麻岩、安山岩或角闪二长花岗斑岩甚至爆破角砾岩；

④ 含金破碎带具方向性、等距性，其方向性表现为矿化较好的破碎带主要是北东向，走向 20°-60° 之间，倾向北西，倾角 40°-80°，呈近平行的密集矿脉群产出。在孟沟-大、小公峪地区北东向主要含金破碎带基本上呈等间距出现，间距 100m 左右；

⑤ 金矿化与硅化、多金属硫化物矿化密切相关，同时伴随碳酸盐化、高岭

石化、绢云母化、绿泥石化等；围岩蚀变具明显的垂直分带性；在含金破碎带标高较高部位，以高岭石化、碳酸盐化、褐铁矿化为主，而在标高较低处，则以硅化、绿泥石化为主，并出现多金属硫化物矿化；

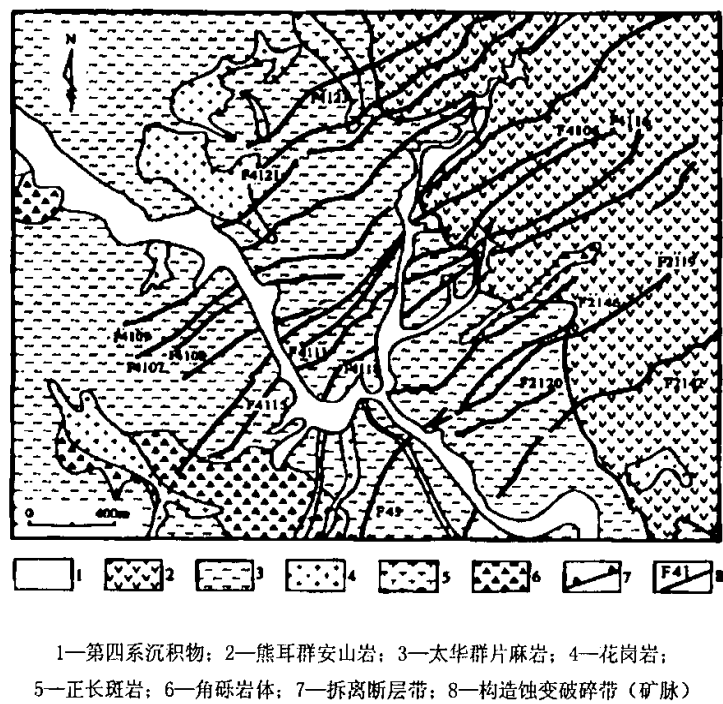


图 4-2 公峪矿区地质简图

⑥ 多数含金破碎带深部金品位高于地表，金品位与标高呈明显负相关。据 F4107 含金破碎带 28 个控制金矿（化）体的工程品位标高的统计，相关系数 $r=-0.53$ （当 $a=0.05$ 时， $r_{26}=0.374$ ）。F4121 含金破碎带自 TC351 向北的 21 个样品控制点金矿品位、标高的统计，相关系数 $r=-0.47$ （当 $a=0.05$ 时， $r_{19}=0.433$ ）；两者呈负相关，即从地表向深部金品位变高，如 F4107，见图 4-3。

⑦ 金矿体赋存标高在 450m 以上（F41 上最低见矿标高为 450m）；

⑧ 经多期成矿作用形成的金矿石，品位一般较高。早期硅化、粗粒黄铁矿化金矿石金品位相对较低，一般小于 3×10^{-6} ，晚期硅化、细粒黄铁矿化、多金属硫化物矿化金品位高，一般在 10×10^{-6} 以上；

⑨ 金矿体形态呈脉状、板状、透镜状，品位变化较大，在矿体膨大部位或两组构造交汇部位金品位变富；

⑩ 多数金矿体延深大于延长。

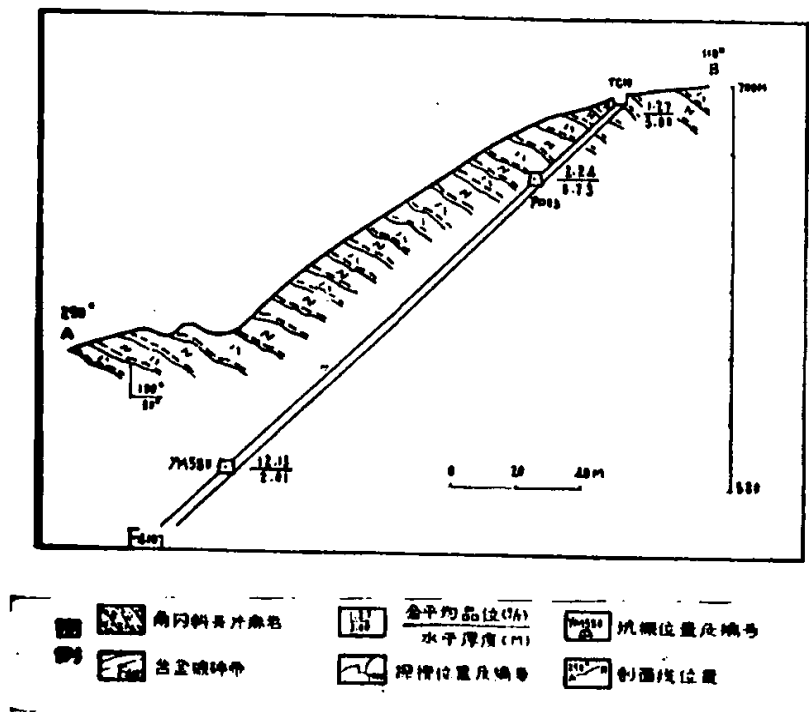


图 4-3 F4107 含金破碎带剖面示意图

4.2 矿石特征

4.2.1 矿石的物质成分特征

(1) 爆破角砾岩型

岩筒与围岩界限清楚。接触界线多呈锯齿状，接触界面一般平直陡峻，并常见垂直擦痕。接触带外侧围岩中形成有数米至数十米宽的震碎角砾岩带。角砾岩体的成分复杂，以围岩即太华群片麻岩、混合岩角砾为主，约占 60%-80%，中酸性斑岩角砾约占 5%-20%，另外还有含量不等的熊耳群火山岩角砾和少量的脉岩角砾。角砾岩的块度差异较大，大者可达十余米，小者仅 0.5cm。胶结物在岩筒上部以岩屑、岩粉胶结为主，下部以蚀变矿物和矿质胶结为主。

(2) 破碎带蚀变岩型

破碎带蚀变岩型见图 7；金的主要矿物为自然金和银金矿，还伴生有一些金属矿物和非金属矿物，见表 4-1。

表 4-1 金矿石伴生金属矿物及非金属矿物表

| 矿物成分 主次 | 金属矿物 | | 非金属矿物 |
|------------|---------|----------|----------------|
| | 硫化物 | 氧化物、氢氧化物 | |
| 主要 | 黄铁矿 | 褐铁矿 | 石英 |
| 次要 | 黄铜矿、方铅矿 | 孔雀石、磁铁矿 | 绢云母、绿泥石、高岭石、长石 |
| 少量 | 辉铜矿、黝铜矿 | 黄钾铁钒、赤铜矿 | 绿帘石、水绿矾、白云母 |

4. 3 矿石结构构造

4. 3. 1 爆破角砾岩型

金属矿物主要有黄铁矿、黄铜矿、方铅矿，脉石矿物主要有石英、绿帘石和绿泥石。含金矿物主要为自然金和银金矿，其嵌布形式主要有包体金、裂隙金和粒间金三种。自然金成色为 811-983，平均 934，反映了较高的成矿温度。矿石类型主要为黄铁矿-石英型和石英-多金属硫化物型。矿石普遍含银，金的探明储量已达中型规模。银品位为 $1.07\times10^{-6}\sim65.69\times10^{-6}$ 。该岩筒其它伴生有益组分有 Cu、Pb、Zn、W、Mo、Sb、S 等，其中 Cu、Pb、S 具综合回收价值。

4. 3. 2 破碎带蚀变岩型

(1) 矿石的矿石矿物、脉石矿物

矿石矿物主要有黄铁矿、银金矿、黄铜矿、方铅矿、辉铜矿等；

脉石矿物主要有石英、绢云母、高岭石等。

① 石英：为金矿石的主要非金属矿物，含量 45-98%。无色-灰白色，透明-半透明，油脂光泽，贝壳状断口，呈粒状、棱角状、不规则粒状集合体，颗粒表面有尘点，消光不均匀或波状消光，系含金破碎带多次破碎、蚀变的产物。

② 绢云母、高岭石：为长石蚀变产物，在各含金破碎带蚀变岩中均有分布。

③ 黄铁矿：金矿石中的黄铁矿多呈他形集合体。近地表多被氧化流失或氧化成立方体形态的褐铁矿。

④ 其他硫化物：黄铜矿、辉铜矿、方铅矿，主要分布在富矿体中，和金、银矿化伴生。

⑤ 黄钾铁钒：金属矿物次生变化的产物，产于次生富集带中。

⑥ 有益伴生组分-银：金矿石中普遍存在，一般 $10\sim60\times10^{-6}$ ，最高达 667×10^{-6} 。

(2) 结构构造

矿石结构以碎裂结构、全晶质粒状结构、蚀变交代结构为主；原生矿以碎裂构造、块状构造、浸染状构造为主，次为角砾状构造、细脉浸染染状构造、梳状构造等；氧化矿石以蜂窝状构造为主。

(3) 矿石类型

据矿石的氧化程度，金矿石可分为氧化矿石、混合矿石和原生矿石三种自然类型。氧化矿石产于深 40m 以上的氧化带内，金成色较高，褐铁矿化、高岭石化发育；混合矿石一般产于深 40~80m 次生富集带内，金品位较富；原生矿石为石英-黄铁矿型矿石和石英-多金属硫化物型矿石两种。金以裂隙金为主，少量包裹金，晶格金。不同类型的金矿石矿物组合亦不同。见表 4-2。

表 4-2 不同类型矿石的矿物组合一览表

| 矿石类型 | 矿 物 组 合 |
|------|---|
| 氧化矿石 | 自然金、自然银、石英、褐铁矿、孔雀石、方解石、高岭石 |
| 混合矿石 | 自然金、自然银、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、黝铜矿、褐铁矿、孔雀石、磁铁矿、赤铜矿、黄钾铁矾、石英、方解石、高岭石 |
| 原生矿石 | 自然金、自然银、银金矿、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、石英、方解石、绿帘石、绿泥石、高岭石 |

4. 4 矿床围岩蚀变特征

爆破角砾岩型和破碎带蚀变岩型的蚀变类型主要有硅化、正长石化、黑云母化、绿泥石化、绿帘石化和碳酸盐化，此外尚有微弱不均匀的萤石化、黝帘石化、高岭土化和浊沸石化等。蚀变在水平和垂向上都有分带现象，一般由内向外、由下向上依次出现石英正长绿钙（钠）闪石化带-石英正长石化带-石英黑云母化带-青磐岩化带。

第5章 矿床成因

5.1 成矿物质来源

太古宙绿岩带中产有众多的金矿床。而本区的太华群绿岩带分布面积极其有限,它们呈“孤岛”零星出露于小秦岭、熊耳山、崤山、鲁山等地,但却赋存着华北地块南缘绝大部分的金矿资源量(约占81%)^[16]。一般而言,有太华群绿岩带出现的地区,若叠加有中生代的酸性岩浆活动,均可有金矿床产出。我们华北地台周缘的绿岩带分布区,也大体符合这一规律。这表明绿岩带对于金具有一定的地球化学成矿专属性。正因为如此,太华群绿岩建造多被认为是豫陕交界地区金的主要矿源层—太华群的“衍生矿源层”^[34]。

变质期间绿岩带中的部分金受到活化^[36],变质期后开始发生大规模迁移,迁移的总体方面主要是向下,即由地表的浅部向深部转移,逐渐使金在绿岩带深部发生聚集,从而形成了深部的衍生矿源层;而制约其迁移方向的决定性因素及是由构造因素诱导的岩石渗透率而非其它。“下迁”的结果之一是造成太华群上部金的普遍贫化,这是目前其低金丰度无一性分布的根本原因之所在,同时,“下迁”所引起的“预富集作用”—“深部衍生矿源层”的形成则为燕山期金的再次活化成矿提供了充足的物源保证。这一论点被称之为“下迁预富”作用^[34]。

在承认绿岩带是矿源层的前提下,可以判断成矿时的金主要是来自太华群深部的某一富金部位,这一部位应是“变质活化金”发生迁移后的聚集场所^[38]。

5.1.1 成矿物质来源于结晶基底

熊耳山区大部分金矿赋存于太华群内,另一部分存在太华群上覆的熊耳群内,把这种选择性定位现象解释为太华群是成矿物质的原始矿源应是合理的。虽然太华群片麻岩系的金丰度值不高,金 $<1\times 10^{-9}$ 小于地壳中的平均丰度值,但要考虑华北地块南缘是构造活动带,太华群在其形成的20多亿年时间里,经历了多期构造活动,发生了深度区域变质、混合岩化,在中生代还发生了部分重熔形成长英质岩浆,原岩中的金属组分发生了不只一次的活化转移,作为长期地质作用的结果,太华群岩石的金残余丰度值低是合乎规律的。

稳定同位素、稀土元素地球化学研究成果也支持成矿物质来自结晶基底的结论,与地质判断可相互印证。从铅同位素示踪性看,本区矿石铅属放射成因铅低的混合铅, μ 值偏低,而 $^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$ 比值偏大,都反映铅主要来自铀亏损的下部地

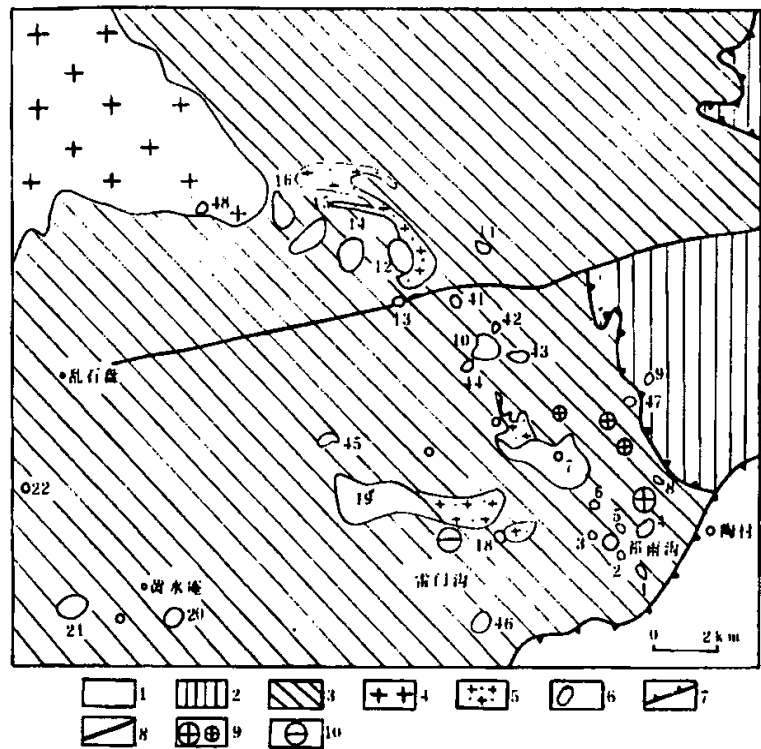
壳,即来自结晶基底。燕山期花岗岩和花岗斑岩类小岩体的长石铅同位素与矿石相似,指示其成岩物质同样来自下地壳,这与该类花岗斑岩为结晶基底重熔而成的认识是一致的^[23]。太华群片麻岩、燕山期花岗岩与矿石的稀土配分模式的相似性,也暗示了三者具有亲缘关系。从宏观地质观察结合微观测试结果,可以得出结论:熊耳山区燕山期花岗(斑)岩和内生银、铅、金矿床成岩、成矿的原始物质都来源于深部的结晶基底即太华群深变质岩系。从太古代晚期超基性、基性岩浆活动产生最初的陆壳到区域变质、混合岩化再发展到地壳重熔形成岩浆,在这一系列递进演化过程中,金银等成矿物质从原岩中逐步活化转移,并最终通过重熔岩浆活动富集在热流体中,进而上侵形成矿床。

5.1.2 成矿流体来自重熔岩浆的演化

从宏观地质观察看,矿床在空间分布上与花岗斑岩体关系密切,矿床产于花岗斑岩体的顶盖和外围。花岗斑岩同位素年龄为 130-110Ma (K~Ar),矿床同位素年代为 87.2 ± 19.0 Ma 和 99Ma (Rb~Sr 等时线)^[15],二者具有同时性。这些证据说明成矿流体来自燕山晚期的重熔岩浆,可以说成矿物质的最后活化转移并形成矿床是通过重熔岩浆演化而实现的。

(1) 爆破角砾岩体是岩基的派生产物

蒿坪岩体是花山复式岩体的一个组成部分,其东端的舌状体呈 NW 走向(见图 5-1),表明蒿坪岩体在该地段受一 NW 向的张性断裂所导引;根据地表出露形态推断,该岩体在没入地下之后仍然向南东方向的陶村一带延伸,地表之下的立体形态类似于一倾伏的“山脊”状。截止目前,祁雨沟一带共有 35 个爆破角砾岩筒被发现,其中的大部分(27 个)位于该“山脊”上部的地层,它们总体上亦呈 NW 向线状分布;同时,该线有明显多于其它地带的花岗斑岩株产出,并与角砾岩体呈相互穿插关系;此外,48 号角砾岩体产于岩基的舌状体之内,说明岩筒的爆发时间略晚于岩基的冷凝固结时间,这从一个侧面证实了再平衡混合岩浆水的存在,正是由于此种岩浆水富含 CO_2 、CO、 H_2O 等挥发性组份,在压力聚集到一定程度时,才造成角砾岩筒的爆破现象^{[17] [18]}。上述事实表明,祁雨沟一样的爆破角砾岩体与蒿坪岩体存在十分密切的时空分布关系,前者应是后者的派生产物。



1—新生界；2—中元古界熊耳群；3—太古宇太华群；4—燕山期花岗岩；5—燕山期花岗斑岩；
6—爆破角砾岩体及编号；7—拆离断层；8—断裂；9—金矿床（点）；10—钼矿床。（据王志光等）

图 5-1 祁雨沟地区爆破角砾岩体的分布

(2) 角砾岩体的含矿性受岩基外围矿化场制约

据李国平（1993）资料，本区与金矿化有关的角砾岩体共有 8 个（Br1-10 除去 Br3、9），与钼（金）矿化有关的 3 个（Br17、18、19），全部集中在距岩基 4-8km 的范围之内，近岩基的角砾岩体则基本无矿化；这些矿化角砾岩体的分布与岩基周边的矿化强度分带规律一致，主要受控于岩基的热力梯度变化，它们是花山岩基外围“矿环”的一个重要组成部分。

(3) 花岗岩体与成矿时间的对应性

据河北地院及河南地调一队等单位测定，祁雨沟斑岩—角砾岩的同位素年龄（K~Ar 法）为 132-112 Ma，而岩筒中含金黄铁矿的 $^{40}\text{Ar}\sim^{39}\text{Ar}$ 等时线年龄为 103 Ma；这同样证明了岩浆活动与祁雨沟金矿床的成矿作用在时间上的递进演化关系。

5.2 矿床成矿规律

爆破角砾岩型金矿是华北地台南缘重要的矿床类型,祁雨沟金矿是既上宫之后的又一个大型金矿。种种迹象表明,爆破角砾岩型金矿处在华北地块南缘,同样受地层、构造及岩浆活动三大控矿因素的制约^[35];同时,成矿后期的改造也对矿产空间分布具有非常重要的影响。

5.2.1 地层—衍生矿源层

整个豫陕台缘区,金矿床的分布面积较广,但局部集中,主要分布于小秦岭、熊耳山、崤山及外方山等地;在本区,地层对矿产的分布的控制作用十分明显。本区已发现独立金矿床(点)128个,其中直接产于太华群的达75.78%;产于熊耳群的占15.63%,主要集中在熊耳山南坡。这表明太华群绿岩带对于贵金属元素具有一定的地球化学成矿专属性。

太华群在变质作用期间所发生的构造变形系透入性的微观均匀变形,相当于一种切碎改造作用,它使太华群的整体渗透率提高,岩石表面积增大,可使天水对岩石进行最充分的浸润,淋出金属组分进行下迁而使金在太华群深部形成衍生富集。

显生宙的构造变形表现为一系列韧性断裂的发育,系宏观上的不均匀变形,它使断裂带岩石遭受普遍的碎裂、磨细改造,渗透率提高,有利于成矿前天水的下渗淋滤及成矿期热液的循环运移及矿质的沉淀充填;天水的下渗淋滤可使金下迁形成衍生富集,如马超营断裂带在熊耳山西段宽达6-8km,破裂理广泛发育,其产状与断裂带协调,该地区熊耳群的金丰度高于熊耳山其它地段熊耳群的3-4倍,可能是熊耳群火山岩释放出的金向构造减压带下迁的结果。因此岩石的强烈破碎变形是金形成衍生富集的重要前提,许多学者认为熊耳群也提供了部分成矿物质,考虑到碎裂变形的局限性(受断裂的不均衡发育所支配),熊耳群所形成的衍生矿源地也是局部的。

5.2.2 岩浆岩—成矿热液提供源

大量的事实证明,本区的金矿床与花岗岩存在密切的成生联系,其空间分布及产出特征相应也受到花岗岩活动的制约。特别是燕山晚期的酸性岩浆活动对本区的控矿作用尤为明显。

小秦岭地区自太古宙以来发生过多期次的酸性岩浆活动,计有嵩阳期、中条

期、熊耳期、印支期及燕山晚期共有五期之多；该区的金矿床分布极为密集且规模颇大；这两种现象之间看来不无关联。可以看出，小秦岭金矿床在空间分布上与古元古代花岗伟晶岩的相关性十分明显，有花岗伟晶岩的地方，一般都有金矿床产出，可作为金的找矿标志之一。多期次频繁的岩浆活动，作为一种巨大的地质改造营力，有利于成矿元素的多次递进式活化迁移和局部的高度富集，这可能是小秦岭地区成矿条件优于熊耳山地区的一个重要原因。祁雨沟金矿北西部的花山复式岩体由白垩纪早晚两阶段侵入所致。寨凹隐伏岩体及瑶沟隐伏岩体的遥感解译则证明，环状断裂甚至切割了第三系的始新世地层，反映本区岩浆的脉动式一直延续到早第三纪中期方告终结。这些事实表明，成矿期间酸性岩浆的脉动式多阶段活动，也是成矿的有利因素，这也正是熊耳山地区成矿条件较为有利的原因之一。

此外，酸性岩浆的活动强度对矿产的形成和分布也有一定的影响。前面已经提到，本区存在多期次的酸性岩浆活动，但金矿却主要集中在燕山晚期形成。原因就在于燕山晚期的岩浆活动是本区地质历史上规模最大也最为剧烈的一次，这表明酸性岩浆的强烈活动有利于金矿的形成。另一方面，熊耳山西段以寨凹隐伏岩体为中心的成矿区域内产有较多的银铅矿床，熊耳山东段以花山岩体为中心的成矿区域内则主要产出金矿床，而寨凹隐伏岩体的规模明显不及花山岩体。

5.2.3 构造—控制矿体的定位

构造活动是内生矿床形成的主导因素，它对成矿的控制具有多样性。一方面它是矿质运移、聚集、贮存的通道条件和空间条件，因而直接控制着矿床和矿体的空间分布及定位；同时，一些级别较高的区域构造常表现为对矿源层的抬升、改造及对岩浆活动的控制诸方面，从而对矿床的空间分布起到间接的控制作用。

(1) “树根状”断裂的萃取迁移模式

成矿期的热液主要在中生代形成的断裂系统中进行。遥感解译及实地调研表明，熊耳山地区太华群与熊耳群中断裂的发育特征有显著差异，上部的熊耳群中断裂稀疏但规模大，下部的太华群中断裂密集但规模小，形成垂向上的“树根状”结构特征，片麻理及微裂隙则相当于树根的“根须”，这种垂向上有利于从太华群深部富金部位充分萃取矿质并使之运移汇集至浅部的主干断裂内富集成矿。

(2) “扩容与封闭”的定位贮存型式

在其它成矿条件有利的情况下，断裂构造中矿化的出现主要受断裂本身的发育特征所制约。首先，它必须具有足够大的扩容空间，才能够形成厚大的体矿。

祁雨沟矿床内早期出现 EW 向的断裂含矿性普遍较差, 因为是压性的, 只有封闭而无扩容空间; 而晚期出现的 NEE 向陡倾切层断裂, 受左行剪切应力场所制约, 当其走向朝偏北方向偏转时, 断裂扩张, 有利于矿液充填, 因而矿厚加大, 品位提高; 反之, 若朝偏北方向偏转, 则于成矿不利。

其次, 断裂贮矿部位必须具有良好的封闭条件, 才不致使矿液大量流失。

(3) 后期断裂的含矿性问题

以往多以为后期断裂是破矿断裂, 因为它常错断矿体使矿体丢失, 但在祁雨沟金矿区后期断裂则有利于矿化。其一, 后期张性断裂切割原生矿脉, 位移不大时, 二者交叉部位多有富矿囊赋存; 其二, 后期断裂常沿袭先成的并被原生矿化蚀变愈合的断裂破碎带并行发育, 后期的次生氧化富集作用多在后期断裂中进行并使矿化加富, 开成氧化矿脉; 其三, 后期断裂本身亦可以含矿, 尤其是深部; 其四, 以往一些被认为是不含矿的后期断裂现在已经找到矿, 如祁雨沟地区 NNE 向断裂曾被认为属于此类, 但现已证实具有较大工业价值 (F39、F41 等)。

5.3 矿床成矿模式

祁雨沟金矿床处于华北地块南缘太古宙绿岩带金银成矿区内, 众多的金银矿床 (点) 的地质特征和控矿因素十分类似, 应是同一构造内相同成矿作用的产物^[26]。

5.3.1 地质构造背景

熊耳山在构造是一个北东向长垣状隆起带, 周边由大型断裂带围限: 北西侧由洛宁山前断裂构成洛宁拗陷, 南东侧由陶村—马元断裂带构成嵩县拗陷, 北东侧有三门峡—鲁山断裂带通过, 西南侧为近东西向的马超营断裂围限。以板块构造观点看, 熊耳山隆起带是华北地块南缘的构造活动区, 在太古宙晚期克拉通形成后经历了中新元古代裂谷发育阶段, 该阶段有大规模的火山喷溢, 造就了熊耳群火山—沉积岩系、成为覆盖在结晶基底 (太华群) 之上的盖层; 古生代至中生代, 该区受华北、华南两大陆块碰撞造山作用的影响, 卷入秦岭造山带, 成为隆起区, 随后在伸展背景下进入盆岭发育阶段^[14]。

5.3.2 成矿环境

矿床主要产于太古宇太华群和中元古界熊耳群分布区, 太华群属中深变质绿

岩建造,其原岩主要为中基性火山岩及部分沉积岩类,为本区金银矿床的矿源层。

熊耳山区出露地层简单,但岩类组合复杂,主要分布着三套岩系。太华群构成结晶基底,为一套达角闪岩相中的中深变质岩系,主要岩性为角闪斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩和斜长角闪岩。熊耳群覆盖在太华群结晶基底之上,时代属中元古早期,岩性主要为安山岩、安山玄武岩、流纹岩、英安班岩并夹有碎屑岩。白垩-第三系主要由河流相、山麓相紫红色砂砾岩、泥质细砂岩、泥质粉砂岩构成,表明该区盆岭演化阶段始于晚白垩世。

5.3.3 成矿时代

祁雨沟矿床形成于造山期后伸展与挤压作用的脉动式交替转换时期,该期岩浆活动空前强烈,断裂构造广泛发育,成矿主要集中于燕山晚期;

熊耳山区岩浆岩活动频繁,具多旋回性。其中燕山期花岗岩体出露面积达 350km^2 ,按岩相可分为两类,深成相岩基和浅成相花岗斑岩类小岩体。前者主要有花山、五丈山和金山庙等,它们多集中在熊耳山东段,构成复式花岗岩基;而斑岩类小岩体则成群成片分布,单个岩体出露面积常不足 0.5km^2 。在空间分布上,无论大岩体还是小岩体都包络于太华群内,看来它们的侵位高度主要是达到太华群与熊耳群的接触面附近,仅有少数小岩体受交叉断裂的控制而定位于接触面以上的熊耳群内。

从岩石化学成分看,熊耳山区燕山期花岗岩与世界花岗岩和中国花岗岩平均值相比,具贫硅、富铝、高碱特征,为碱长花岗岩、花岗二长岩、石英二长岩类,属偏碱性亚系列和钙碱性亚系列。熊耳山区花岗斑岩类小岩体岩性变化较大,按Streckeisen.A分类,岩石类型有花岗闪长岩、二长花岗岩、碱长花岗岩、钾长花岗岩。这些花岗岩类小岩体的重金属组分普遍偏高,其Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi、W、Cd等元素丰度值明显高于克拉克值,暗示其与金银矿床的成因关系^[16]。

5.3.4 成矿作用

综合熊耳山地区的各种地质、地球物理、地球化学、遥感等信息,结合祁雨沟金矿床的个性特征,其成矿作用可总结为以下三点。

① 古元古代的变形变质作用及随后的抬升剥蚀作用对金元素的早期“下迁预富”至关重要。

② 中行代碰撞造山期间形成的众多断裂构造,伸展作用期间老地层的持续抬升作用及大规模的岩浆活动,使含矿热液得以形成、迁移并最终富集成矿。

③ 祁雨沟金矿在新生代遭受风化剥蚀及机械搬运，并在就近的盆地或河谷中沉积，同时，在化学下迁作用下形成第三纪古砂金和现代砂金。

5.3.5 成矿模式

结合上述成果，即可建立祁雨沟类系列的华北地块南缘拆离—变质核杂岩成矿模式，即燕山期大陆伸展运动造成的拆离—变质核杂岩构造控制了重熔花岗岩侵位和岩浆—改造成因金矿床的形成；新生代随着伸展运动进一步演化，出现盆岭构造系统，变质核杂岩隆起区的金经过剥蚀搬运到断陷盆地，形成以砂金为主的沉积成矿系列。

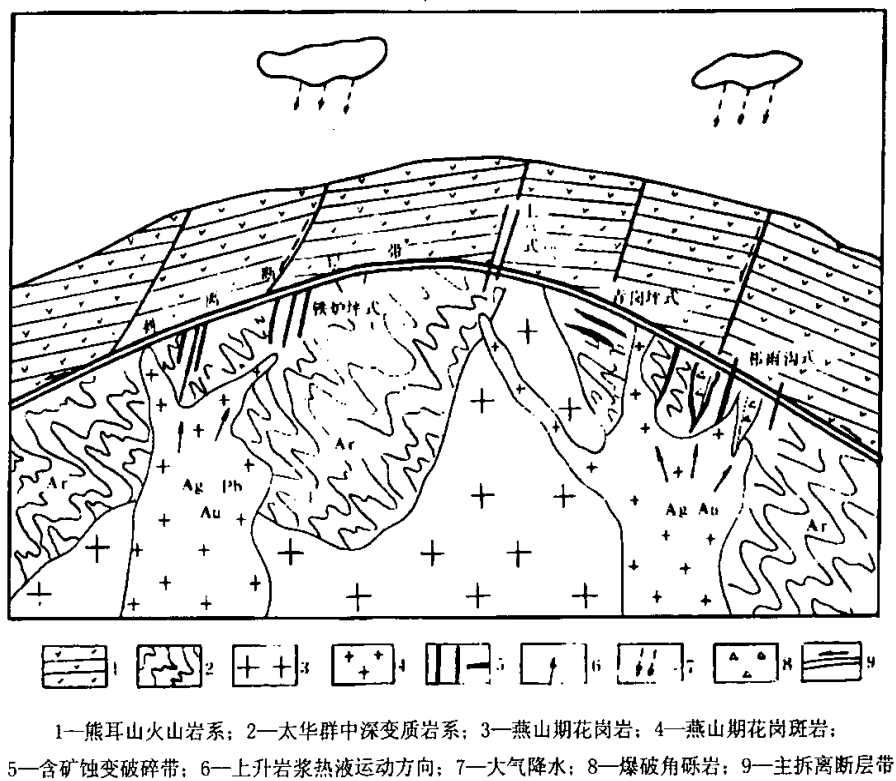


图 5-2 熊耳山地区祁雨沟金矿床成矿模式图

5.4 矿床成因探讨

5.4.1 成矿地球化学条件分析

稳定同位素和稀土元素组成特点是矿源研究的重要手段,包体矿物学是成矿物理化学条件研究的重要手段^[39]。这里重点利用轻同位素探讨热液的水源及矿化剂的来源,利用铅同位素来探讨成矿元素的来源,利用矿物包体研究来探讨成矿的温度压力条件、热液组成特点及其迁移沉淀的方式等,最后综合分析祁雨沟矿床的成因。

(1) 矿石氧同位素组成

祁雨沟金矿区矿石氧同位素组成见图 5-3。

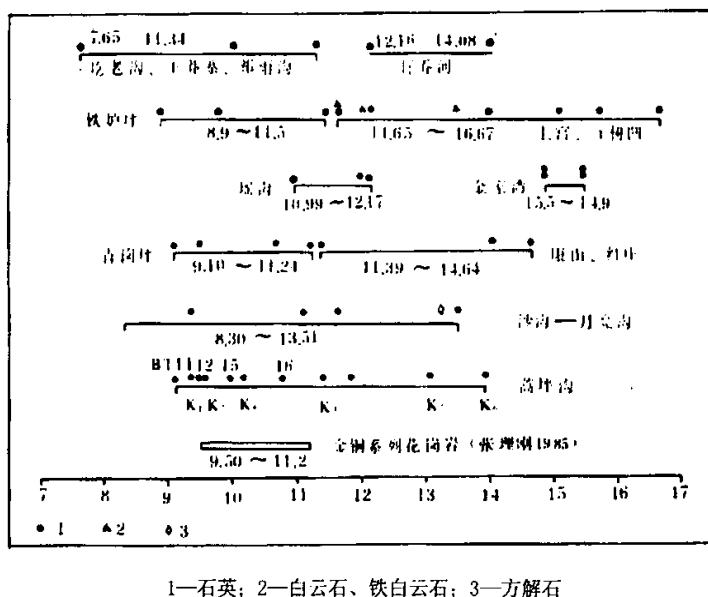


图 5-3 祁雨沟金矿区矿石氧同位素组成

由图 5-3 可以看出:

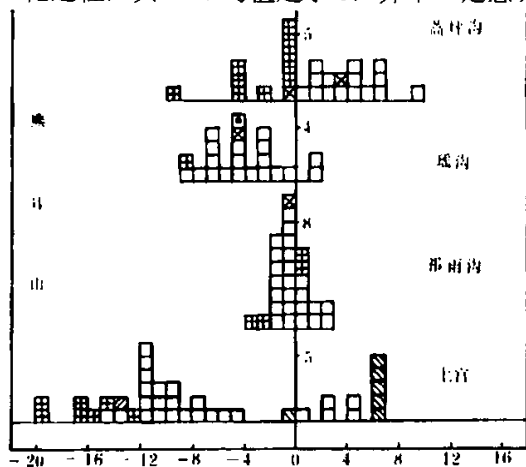
① 热液中的 $\delta^{18}\text{O}$ 值总体变化范围很宽为 $(-0.7 \sim +1\%)$ 多数集中于 $(-0.4 \sim 0.9)\%$ 之间, 显示了大气降水和岩浆水成矿的特点; 并且多数矿床的氢氧同位素组成显示统一的变化规律, 说明是两种或两种以上介质水混合后, 再淋取金属富集成矿, 应属“混合水热液矿床”^[6]。

② 熊耳山地区花山花岗岩基的 δD 值为 $(-8.13 \sim -9.92)\%$ ，太华群角闪岩为 $(-8.83 \sim -9.22)\%$ ，熊耳群安山岩为 $(-8.25 \sim -9.40)\%$ ，三者 δD 值基本一致，均在 $(-8 \sim -10)\%$ 之间的范围内；考虑到花岗岩的深成特性， δD 值的这种同一性可以证明花山岩系由太华群部分熔融而成。

(2) 矿石硫同位素组成

祁雨沟金矿床硫同位素组成见图 5-4。

祁雨沟金矿床在样品数不多的情况下仍具极其突出的塔式分布效应，在熊耳山区可以说是独一无二的，其变化范围为 $(-0.35 \sim -0.27)\%$ ，极差点 0.62%；均值 -0.049% ，众数值 -0.05% ，均具负偏特征。金属矿物以黄铁矿为主，其次为方铅矿、黄铜矿。由大本模式可知，其硫化物 $\delta^{34}S$ 的均值大体可以代表总硫。该矿床的 $\log f_{O_2}$ $-25 \sim -40$ ，PH 值为 $6.37 \sim 7.08$ ；通过矿物的 $\delta^{34}S$ 对比，可以发现方铅矿、黄铜矿的 $\delta^{34}S$ 大于许多黄铁矿的反常现象，表明成矿过程亦未达到完全平衡^[17]。上述特征与熊耳山地区其它矿床极为相似，说明具有相同的成因，而其突出的塔式效应可能与其成矿温度 $(327^\circ C)$ 较高有关，并在同一空间经历了多次的高度均一化过程，其 $\delta^{34}S$ 均值趋于 0，并不一定意味着幔源成因。



1—黄铁矿；2—闪锌矿；3—黄铜矿；4—方铅矿；5—重晶石；6—辉银矿

资料来源：罗铭久等（1991），唐荣扬、李国平等（1994）

图 5-4 祁雨沟金矿床与邻近矿区硫同位素组成对比图

5.4.2 成矿温度

熊耳山东段的爆裂温度为 $120^\circ C \sim 441^\circ C$ ，最大爆频温度集中于 $213^\circ C \sim 351^\circ C$

之间；均一化温度为 177℃-480℃，最大均频温度集中在 266℃-373℃之间；距岩体较近的矿区成矿温度明显偏高，如前河、青岗坪、七里坪等，距岩体距离均小于 1km；爆破角砾岩型金矿的成矿温度亦明显偏高，如祁雨沟金矿。

总体而言，熊耳山东段各矿床的成矿温度高于 300℃的不多，多数集中于 200℃-300℃，略高于小秦岭地区，应属于中温偏高热液成因（见表 5-1）。

5.5 矿床成因

表 5-1 熊耳山东段金矿床成矿温度对比表

| 地区 | 矿床 | 爆裂法 | 平均 | 样数 | 均一法 | 平均 | 样数 | 资料来源 | 资料索引 |
|-------|-----|---------|-----|----|---------|-----|----|------|-------------|
| 熊耳山东段 | 上宫 | 215-365 | 280 | 11 | 210-320 | 266 | 2 | ③ | ①王志光（1996） |
| | 干树凹 | 279 | 279 | 1 | | | | ④ | ③张荫树等（1985） |
| | 虎沟 | 186-310 | 248 | 2 | | | | ④ | ④罗铭玖等（1991） |
| | 金家湾 | | | | 180-330 | 290 | 不详 | ⑧ | ⑤邵克忠等（1988） |
| | 青岗坪 | 254-441 | 348 | 2 | 336-404 | 370 | 2 | ① | ⑥李国平等（1993） |
| | 祁雨沟 | 250-430 | 351 | 15 | 237-480 | 324 | 5 | ⑤⑥ | ⑦张邻素等（1991） |
| | 瑶沟 | | | | 212-308 | 267 | 7 | ⑦ | ⑧范宏瑞等（1992） |
| | 前河 | 248-380 | 314 | 2 | 373 | 373 | 1 | ④① | |
| | 七里坪 | 130-348 | 310 | 10 | 177-415 | 296 | 2 | ④ | |
| | 石印沟 | 223-360 | 292 | 2 | | | | ④ | |
| | 葛老沟 | 120-322 | 213 | 4 | | | | ④ | |

确定矿床的成因，必须突出强调该矿床的各类成矿作用的相互综合影响及演化继承关系。太华群绿岩带早期的变形变质作用所诱发的规模天水循环，导致金长期的“下迁预富”作用发生，其结果是形成了“深部衍生矿源层”，这种预富集作用为后期的金成矿创造了得天独厚的“矿源”条件^[21]。至燕山期，随着岩浆的上侵作用和持续的构造抬升作用，深部矿源层被逐渐拉至地壳浅部，并受到岩浆水和雨水混合热液的强烈改造，由于断裂构造的广泛发育，矿源层中经初步富集呈均一化分布的矿质，在混合热液的循环过程中，被逐渐携带至岩基周边或顶部围岩的断裂中或其它有利的空间位置，聚积形成不同类型的矿床。考虑到主成矿期内所发生的成矿作用，主要是岩浆作用和大气降水成矿作用，可以认为该矿

床属岩浆-改造混合热液成因。包括与斑岩体有关的金、银、硫、铅、锌、钼、铜、铁矿床，它们均属内生矿床的范畴，其主要特征可概括如下：

① 矿床与岩体具相近的时空关系：如在岩体周边一定的范围内，成矿略晚于成岩，具不大的空间差和时间差；爆破角砾岩体与矿床具同空间关系，并与大岩基具特定的空间关系。

② 脉状矿床严格受断裂构造控制，其它类型除受小班岩体或爆破角砾岩控制外，常受断裂构造的叠加改造。

③ 成矿物质或成矿介质的来源具多重性：即矿质既来自太华群，也来自各类火成岩或其它来源；而含矿热液中的水则来自岩浆水、天水，这可从地层、岩体、矿石中的 H、O、S、Pb 等同位素的分析得到证明。

④ 矿床主要形成于中温热液条件，发育一套中温热液蚀变的组合，常见类型为硅化、黄铁绢英岩化、绿泥石化、碳酸盐化等和一组中温的矿物组合，常见的有黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黝铜矿等；矿石中缺乏 W、Sn、Mo 等高温元素的矿物组合，亦无 Hg、Sb、As 等低温元素的矿物组合，标志着含矿热液的中温性质。

第6章 成矿预测

6.1 成矿预测区划分

综合地质、物化探、TM 遥感等信息,可将祁雨沟金矿外围划为 2 类 3 个成矿预测区。

6.1.1 第 I 类预测区

(1) 大小公峪—石盘沟构造蚀变岩型金矿预测区

该预测区主要位于河南省嵩县城关镇,距嵩县县城约 30km。地理坐标: $111^{\circ} 45' 00'' - 112^{\circ} 15' 00''$, 北纬 $34^{\circ} 00' 00'' - 34^{\circ} 15' 00''$ 。面积约 40km^2 。已发现 3 个矿化区:

- ① 大一小公峪金矿区;
- ② 石盘沟金矿区;
- ③ 龙代沟金矿点。

已知矿体特征

构造蚀变岩型金矿主要产于北东向蚀变构造破碎带中,该组构造按走向可细分为北北东、东北及北东东向三组。蚀变破碎带多产于太古界太华群中,个别产于熊耳群安山岩中。倾向以北西为主,倾向为南东的成矿构造很少见。目前,该预测区内经河南省有色金属地质矿产局第二、第四地质大队勘查已发现三十余条,地表出露长度 1000-3600m,宽 1-5m,倾角 $40^{\circ} - 85^{\circ}$,以 $50^{\circ} - 75^{\circ}$ 者居多,该类构造破碎带多具分枝复合现象,俗称“矿桥”,是矿体的主要富集部位。基本上呈等间距出现,间距为 100m 左右。断裂带走向一般 $40^{\circ} - 55^{\circ}$,倾向 NW,常平行排列,但向下多有分支复合、尖灭再现的现象^[32](见图 6-1)。

构造性质以压扭为特征,具多期活动特点。早期表现为糜棱岩化和挤压片理化,成矿期表现为碎裂岩化和角砾岩化。带内常发育石英细脉和细脉浸染状黄铁矿及方解石脉。破碎带断面一般有滑动特征和牵引现象,顶板一般平直规则,呈板状摩擦镜面和擦痕;底板起伏多变,产大辩论变化较大,由些形成矿体的膨大和缩小,垂向上具有上窄下宽的特点,甚至呈倒楔形至近地表尖灭。

成矿阶段

其成矿作用大致可分为III个成段阶段。第 I 阶段为石英—黄铁矿阶段，以硅化为主，形成乳白色致密状石英，与石英一同沉积的黄铁矿呈粗大团块状，含金量较低，由于受后期构造及热液影响，该阶段石英与黄铁矿常出现碎裂特征并被晚期矿物所充填；第 II 阶段为石英—硫化物阶段，是金矿化形成的主要阶段，以发育黄铁绢英岩化为特征，黄铁矿多呈他形，与黄铜矿、方铅矿等硫化物及灰色微晶石英、绢云母等共生，以团块状出现或呈网脉状穿插第 I 阶段形成的石英和黄铁矿；第 III 阶段为石英—碳酸盐阶段，蚀变矿物普遍较弱，方解石大量出现，为成矿作用晚期的产物，金属硫化物少见。

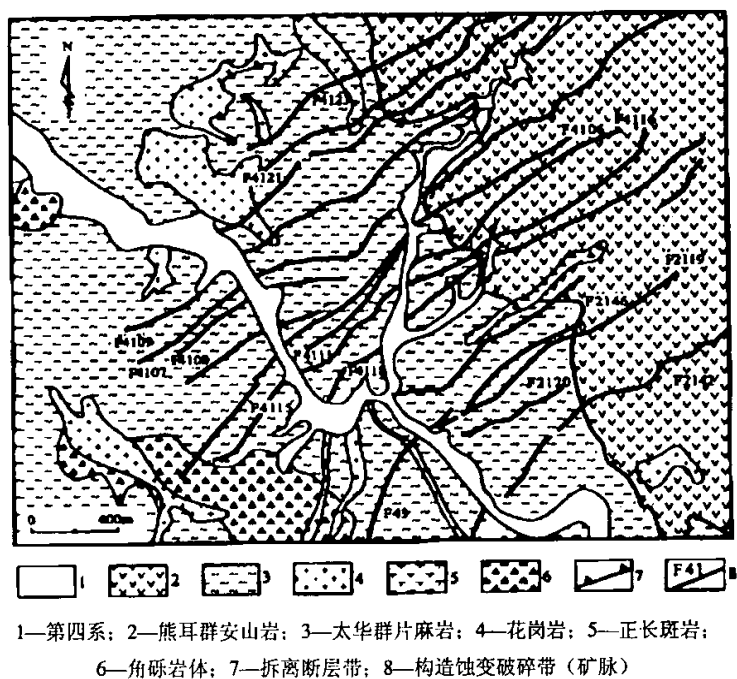


图 6-1 公峪矿区地质简图

(2) 瓦房院—木柴关（露宝寨）矿集（金、铜）预测区

该预测区位于河南省嵩县瓦房院—宜阳县木柴关乡一带，距宜阳县城约 30km，地理坐标：111° 50′ 00″ ~112° 15′ 00″，北纬 34° 20′ 00″ ~34° 30′ 00″。面积约 44km²。已发现两个金（铜）矿化区：

- ① 县瓦房院金矿化区；
- ② 阳县木柴关（露宝寨）金铜矿化区。

已知矿体特征

该预测区已发现含矿蚀变破碎带 26 条, 其中长度 1000m 以上的含矿蚀变破碎带 3 条, 500-1000m 的 8 条。宽度 0.3~5.0m, 走向 36~57°, 北倾, 倾角 65~90°。铜金矿(化)体赋存于这些蚀变破碎带中, 延长与蚀变破碎带基本一致, 矿化体宽 0.2~2.5m, 一般 0.3~1.0m。靠近底板矿化较强。矿石矿物主要为黄铁矿、自然金、少量黄铜矿以及次生的褐铁矿、赤铁矿、镜铁矿、少量孔雀石等。金品位 $0.10\sim36.82\times10^{-6}$, 银品位 $26.6\sim131.8\times10^{-6}$, 铜品位较低, 个别品位高, 仅在靠近安山岩体的样品铜品位为 5.74%。非金属蚀变主要为硅化、绿泥石化、绿帘石化、绢云母化和高岭土化等。

物化探特征

预测区采用中南大学生产的双频激电仪, 测出的幅频率异常, 排除了干扰因素后, 所产生的异常大部分为矿致异常。玉皇庙矿段圈出幅频率异常 7 个, 木柴关矿段 1 个, 瓦房院矿段 2 个。经后期地质工作验证, 均为矿致异常。

预测区内出现 4 个化探分散流异常, 其分别为铜洞沟异常、狂沟异常、大尖沟异常和上洞异常, 异常元素为 Cu、Cr、Ti、Au、Ag, 且以 Cu 异常范围最大, 面积分别为 4.03km^2 、 2.0km^2 。异常区部分与已知 Au、Cu 矿脉对应, 大部分分布在太古代闪长岩体内, 初步认为 Cu 异常及 Cu 矿体与太古代闪长岩体有关。Au 异常为点异常, 是由含金蚀变破碎带引起的。

6.1.2 第 II 类预测区

(花山复式岩体内)蚀变岩型金矿预测区

该预测区位于花山复式岩体内, 属宜阳县木柴关乡管辖, 距宜阳县城 45km, 地理坐标: $111^{\circ}50'00''\sim111^{\circ}53'00''$, 北纬 $34^{\circ}15'00''\sim34^{\circ}20'00''$ 。面积约 8.0km^2 。已发现一个金矿化区: 大河面金矿化区。

花山复式岩体处在华北地台南缘小秦岭—崤山—熊耳山基底隆起的西端, 位于牧护关—栾川古俯冲带的南侧, 岩体的侵位受北东向和近东西向断裂的联合控制, 岩体四周主要与太古代太华群呈不协调接触关系, 仅岩体南部出露少量元古代熊耳群火山岩。成为贯穿太华群和熊耳群的桥梁, 越来越多的研究表明, 花山复式岩体为熊耳山矿集区提供热液来源^{[33][34]}。但还没有资料显示, 在花山复式岩体内有金矿化点。

2002 年, 河南省有色金属地质矿产局第四地质大队在选点踏勘时发现, 花山复式岩体中产出有构造蚀变岩型矿脉, 经过近两年的地质勘查工作, 发现蚀变矿体 2 个, 构造蚀变破碎带 5 条。

已知矿体特征

预测区内形成的北东—北北东向断裂是区内金矿赋矿构造，矿体严格受断裂控制。区内断裂发育较为简单，主要为北东—北北东向，一般倾向 NWW，倾角 55~85°，宽度多为 0.2~1.00m，矿区仅发现一条倾向 SEE、倾角 71~87° 矿脉，其含矿性较差。见表 6-1。

表 6-1 花山复式岩体预测区矿体特征一览表

| 矿脉编号 | 长 (m) | 宽 (m) | 倾向 (°) | 倾角 (°) | 品位 (10 ⁻⁶) |
|------|-------|-----------|------------|----------|------------------------|
| C10 | 750 | 0.35~0.70 | 290° ~300° | 77° ~86° | 0.30~20.0 |
| C20 | 650 | 0.70~1.00 | 290° ~310° | 81° ~87° | 0.69~252 |
| C30 | 1000 | 0.50~0.70 | 290° ~305° | 70° ~75° | 0.2~13.5 |
| C40 | 2250 | 0.35~0.70 | 280° ~300° | 72° ~86° | 0.32~8.12 |
| C50 | 900 | 0.40~0.60 | 290° ~310° | 60° ~76° | 0.22~19.0 |

物化探特征

预测区内采用中南大学生产的的双频激电仪，以 $F_s=1.5\%$ 为异常下限，共圈出激电异常 6 处。经地质工作验证后，均为矿致异常。

表 6-2 花山复式岩体预测区物探异常一览表

| 异常编号 | 异常下限 (%) | 异常强度 (%) | | 异常形态 | 面积 (m ²) |
|------|----------|----------|-----|------|----------------------|
| | | 最大值 | 平均值 | | |
| HJD1 | 2 | 3.0 | 2.8 | 椭圆状 | 275×200 |
| HJD2 | 2 | 2.5 | 2.3 | 椭圆状 | 75×100 |
| HJD3 | 2 | 2.5 | 2.2 | 哑铃状 | 75×250 |
| HJD4 | 2 | 3.0 | 2.3 | 未闭合 | |
| HJD5 | 2 | 3.0 | 2.3 | 未闭合 | |
| HJD6 | 2 | 2.0 | 2.0 | 未闭合 | |

6.2 成矿预测的依据

6.2.1 地质信息

(1) 爆破角砾岩型金矿地质特征

- ① 生成时间集中在燕山晚期，如祁雨沟为 132-113Ma，略晚于区内花岗岩基（如花山、五丈山等）的侵位时间。
- ② 在空间分布上，隆起区（熊耳山等）的爆破角砾岩集中出现在花岗岩基舌状体的延伸方向，并成带分布，如祁雨沟爆破角砾岩带即受花山岩体东南舌状体的控制，该部位由于处于岩浆流动前缘，而具有较充裕的热力条件。垂向上，

爆破角砾岩体的侵位高度一般不超过拆离带,即主要定位在太华群顶部的下拆离盘中,侵位于上拆离盘熊耳群的爆破角砾岩体少见。

③ 爆破角砾岩体的空间形态一般多呈筒状,但也有呈脉状的。呈脉状出现的明显受与花岗斑岩相通的张性断裂控制有关。

④ 金矿化受角砾岩筒及成岩后叠加的构造裂隙控制而不均匀地分布在角砾岩筒中部膨大部位或角砾岩筒顶部及边部的裂隙发育带。前者如祁雨沟2号角砾岩筒,含金黄铁矿呈浸染状分布于角砾岩的胶结物中,矿体形态呈不规则囊状、透镜状;后者如祁雨沟4号角砾岩筒上部,金矿化受北东向裂隙密集带及北东东向断裂构造带控制而呈脉状矿体产出。

根据含金爆破角砾岩体产出的地质条件,预测熊耳山及崤山变质核杂岩是进一步找寻爆破角砾岩型金矿的有利地区;小秦岭变质核杂岩由于剥蚀较深,保存含金爆破角砾岩体的可能性不大,但在西段南麓葫芦沟—高山河地区,因剥蚀程度相对较浅,故应注意该类型金矿的找矿评价;卢氏—栾川地区爆破角砾岩体由于岩浆侵位较高,热动力条件及含矿性较差,故一般含金较低,但铅锌铜银仍具一定找矿价值;外方山地区应围绕合峪、太山庙岩基外围,注意爆破角砾岩型金矿的进一步查找工作。

(2) 构造蚀变岩型

目前已知的构造蚀变岩型金矿主要出现在熊耳山地区,但在崤山、小秦岭和汝阳地区都有发现。该类型金矿床的形成条件可总结为以下几点:

① 对围岩没有选择性,其成矿围岩不仅限于高硅质岩,在碳酸盐岩建造中同样可以出现构造蚀变岩型金矿,如产于栾川地区栾川群南泥湖组大理岩中的核桃岔的三合金矿床。

② 构造条件,控矿构造类型也更多样化,大型断裂破碎带、拆离断裂带和层间滑动带均有该类型金矿化产出。

③ 在空间分布上与岩体的间隔范围更大一些,表现在石英的均一温度范围也更大一些,据统计,熊耳山地区上宫、铁炉坪、蒿坪沟、青岗坪等4个典型构造蚀变岩型金、银矿床成矿期石英包体的均一温度集中在404℃-140℃区间范围内。

④ 热液蚀变种类更多,低温热液矿物如碳酸盐类矿物和碲化物明显增多。

构造蚀变岩型金矿和银矿在形成条件上没有本质的差异^[27],且二者可以共生在同一个矿区之内,矿化的差异可能与成矿的垂直分带(上银下金)或多阶段矿化有关;也可能与控矿岩体本身成矿地球化学特征有关。

构造蚀变岩型金矿在分布上的普遍性应高于石英脉型金矿,构造蚀变岩型矿

床除在熊耳山、崮山、外方山和卢氏-栾川地区找寻外，对小秦岭要特别注意矿区深部的构造蚀变岩型金矿化^[15]。

6.2.2 化探信息

华北地块南缘的普查找矿中，地球化学测量及综合研究工作发挥了特殊的作用，在成矿预测、找矿靶区优选及深部找矿验证各个阶段都提供了十分重要的找矿信息，并取得了令人瞩目的找矿成果。例如，上宫大型金矿就是通过化探扫面发现的。因此，总结研究矿区的成矿地球化学特征，由此而开展找矿工作，具有重要的现实意义。

(1) 祁雨沟爆破角砾岩型金矿地球化学特征

① 矿床地球化学元素组合

表 6-3 祁雨沟爆破角砾岩型金矿部分矿体矿石微量元素含量表

| 矿体号 | n | Au | Ag | Cu | Pb | Zn | Bi | As | Sb | Hg | Mn | Mo | W | Sn |
|----------------|----|------|------|------|-----|----|--------|-------|------|-------|------|------|------|------|
| J ₂ | 4 | 7.50 | 5.15 | 1044 | 347 | 67 | 59.09 | 2.48 | 0.48 | 0.009 | 4.1 | 4.1 | 9.0 | 4.4 |
| J ₄ | 32 | 6.08 | 4.18 | 1459 | 425 | 80 | 158.68 | 2.77 | 0.62 | 0.011 | 7.6 | 7.6 | 15.0 | 9.2 |
| J ₅ | 2 | 3.50 | 0.86 | 175 | 72 | 69 | 12.30 | 12.20 | 1.06 | | 22.6 | 22.6 | | |
| J ₆ | 6 | 3.30 | 2.12 | 1437 | 101 | 97 | 89.75 | 9.50 | 0.38 | 0.016 | 8.7 | 8.7 | 9.3 | 10.3 |
| J ₇ | 6 | 3.72 | 1.48 | 760 | 53 | 90 | 19.17 | 1.98 | 0.24 | 0.014 | 32.2 | 32.2 | 5.1 | 13.8 |

表中列出的是祁雨沟矿区几个主要含金爆破角砾岩体中金矿石微量元素分布特征，矿石中富集的主要元素为 Au、Cu、Bi、Ag、Pb，伴生次要元素有 Mn、Zn、Mo、W、Sn (As)。

图 6-2 是部分矿化样品点群分析谱系图结果，亦反映出上述相似特征。依此可确定该矿床地球化学元素组合以 Au、Cu、Bi、Ag、Pb 为主，伴生 Mn、Zn、Mo、W、Sn (As)。该矿床与构造蚀变岩型金矿的元素组对比虽基本雷同，但有几个特点：

- A 低温探途元素 (As、Sb、Hg) 含量明显降低；
 - B Cu、Bi 含量，特别是 Bi 含量明显升高；
 - C Au 含量大于 Ag；4、Pb、Zn、W 含量也有降低趋势。
- 上述特点对开展区域金矿地球化学异常评价具有重要意义。

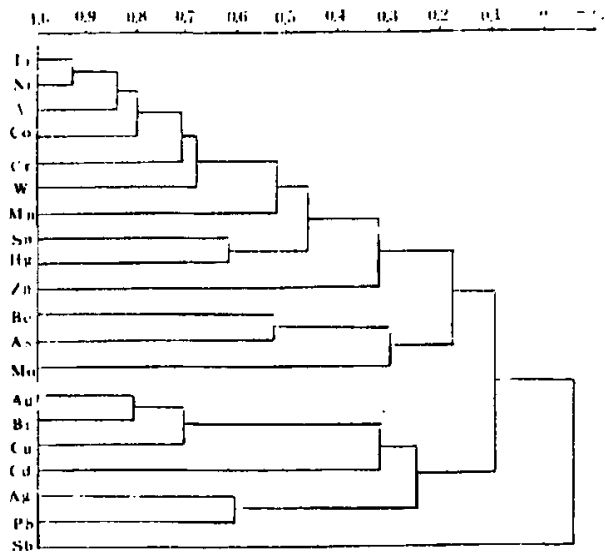
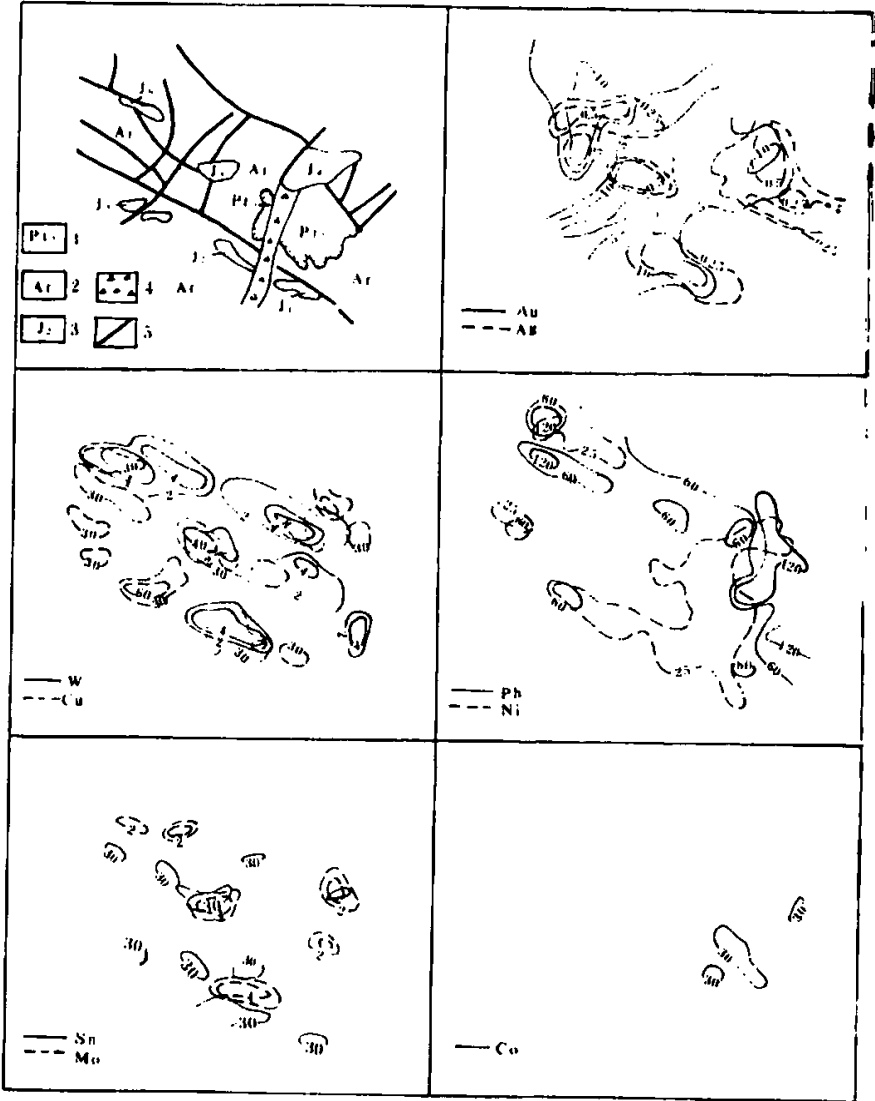


图 6-2 祁雨沟金矿区矿化样品点群分析谱系图

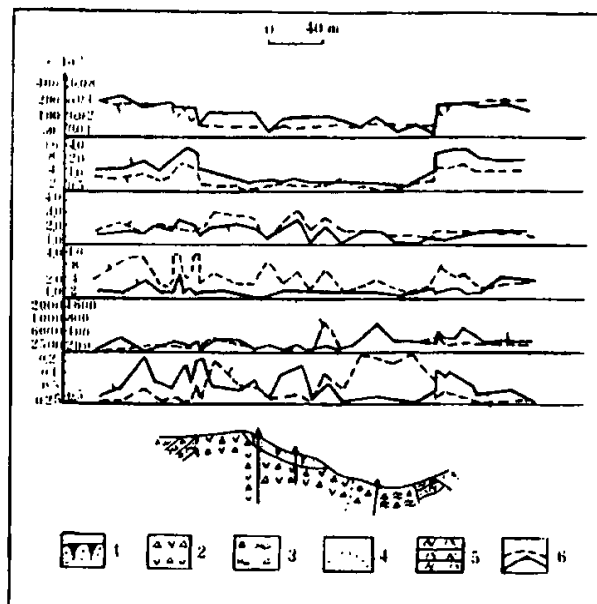
②矿床原生晕分带特征

图 6-3 是河北地质学院在祁雨沟金矿区包括 J₁-J₆含金角砾岩体范围内开展的 1: 2000 原生晕扫面成果，异常清晰，元素组合 Au、Ag、Pb、Cu、W、Mo、Sn（仅分析了 9 个元素），尤其是 Au、Ag、Cu、W 异常与含金岩体吻合最好，其不完全分带（自内向外）为：Mo、Sn→Cu、Au、W→Ag、Pb。图 6-3 是在含矿最佳的 J₄ 角砾岩体上方投入的两条原生晕剖面，虽然异常强度相对较弱，但以 Au、Ag、Cu、Pb、Mn、Bi 等元素为主的异常仍清晰可见。图 6-4 是 J₄ 角砾岩体系统钻孔原生晕成果，Au、Ag、Cu、Bi、W、Mo、Co 等元素均有明显富集，且有清晰的分带性。矿体部位出现 Au、Cu 组合，下部出现 Bi、W、Mo、Co、Sn 组合，近地表出现 Mn、Zn 组合。通过计算指示元素在不同标高的含量变化，建立该矿床原生晕垂直分带序列（自下而上）依次为：Co→Mo→Bi→Au→Cu→W→Ag→Pb→Zn→Mn。该分带序列符合热液矿床元素分带规律^{[3] [39]}，但与构造蚀变岩型金矿对比，缺失 As、Sb、Hg 组合，是因为成矿温度和矿床侵位程度不同所致。



1—熊耳群安山岩；2—太华群片麻岩系；3—爆破角砾岩体及编号；4—构造破碎带；5—断裂

图 6-3 祁雨沟矿区岩石地球化学异常图 (Au 10^{-9} , 其它 10^{-6})



1—冲积、残坡积物；2—安山岩角砾岩；3—片麻岩角砾岩；
4—不同成分角砾岩的分界线；5—片麻岩；6—元素含量曲线

图 6-4 祁雨沟 J₄ 岩筒 09 线地表原生晕剖面图

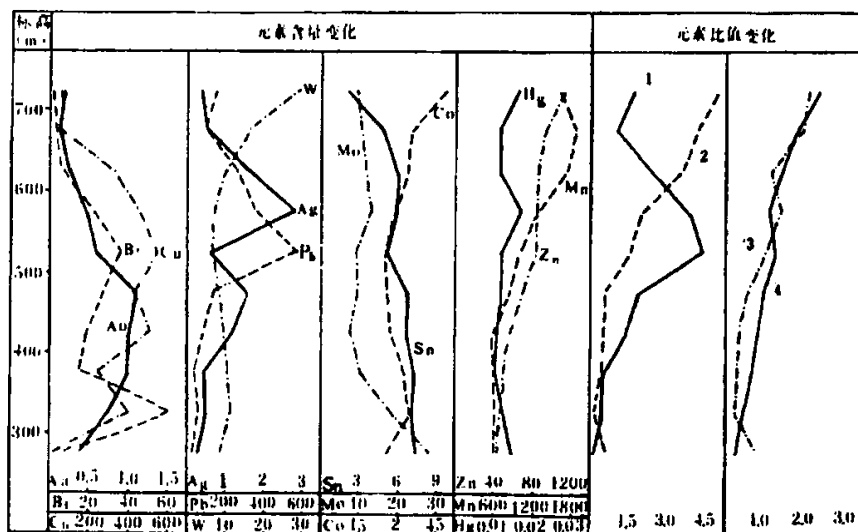


图 6-5 祁雨沟金矿区 J₄ 微量元素及其比值垂直变化图 (单位: 10^{-6})

6.2.3 物探信息

众所周知，控制金、银内生矿床产出的基本地质因素有三个，即地层、构造和岩浆岩^[7]。其中地层与岩浆岩控制了矿床的分布区域，而构造则主要控制着岩体和矿床的定位空间。这种基本规律在熊耳山矿集区表现的十分明显，。在区域地球物理场上，上述三个控矿地质要素往往可形成具有一定特征的地球物理异常。所以，深入研究地球物理异常的场源性质及其与矿床分布的关系，对熊耳山矿集区已知矿床的成因解释和进一步找矿无疑有着重要的指导意义。

通过熊耳山、崤山地区有同地层、岩性物性参数研究得到如下物性特征：

- ① 各地层从老至新其密度统计值明显由大变小，并可形成四个等效密度层：前古生界密度层 $2.66\times10^3\text{kg/m}^3$ ，前中生界密度层 $2.51\times10^3\text{kg/m}^3$ ，中新界密度层 $2.38\times10^3\text{kg/m}^3$ ，第四系地层密度 $1.91\times10^3\text{kg/m}^3$ 。中酸性岩体的密度统计值一般在 $2.49\times10^3\sim2.59\times10^3\text{kg/m}^3$ 之间变化，明显低于前古生界的密度。
- ② 不同岩性类别的磁性特征统计整理结果见表 6-4 可以看出，火山岩（熊耳群）的中位值最高，说明其相对具最强磁性；其次为变质岩系（太华群）及中酸性岩体的磁性，二者相近；区内沉积岩基本无磁性。但上述各岩系标本中均有相当数量的标本无磁性，显示了区内物性的复杂程度。

从以上物性特征参数可知，本区不同地层、不同岩性的密度及磁性存在一定差异，但参数分布范围相互重合，重、磁参数之间的关系也比较复杂，这种复杂性则可与区内复杂的重、磁异常相互对应。所以区内不同形态、不同规模、不同性质的重、磁异常均有其不同的场源性质。

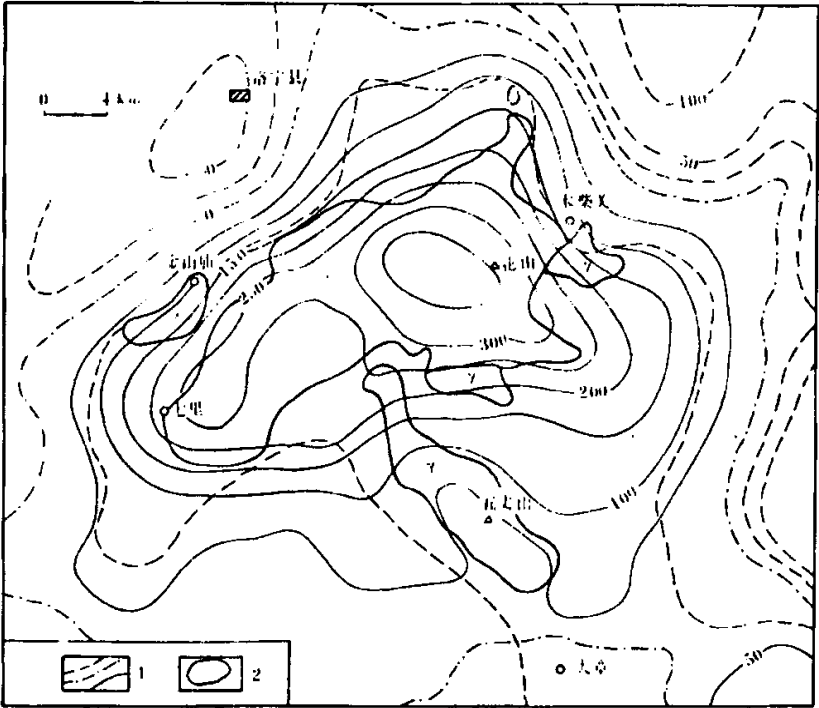
表 6-4 河南省熊崤地区主要岩类磁性特征统计表

| 岩类名称 | 主要岩性 | 标本总数 | κ (4 π SI) | | | 无磁性标本 | |
|------|----------------------------------|------|-----------------------|---------|------|-------|------|
| | | | n | 变化范围 | 中位值 | n | % |
| 变质岩 | 斜长角闪片麻岩、混合岩、角闪岩、黑云角闪片麻岩、变粒岩、大理岩等 | 689 | 19 | 0~6630 | 798 | 167 | 24.2 |
| 火山岩 | 安山（玢）岩、流纹岩、石英斑岩、安山玄武岩等 | 3733 | 38 | 0~14142 | 2160 | 472 | 12.6 |
| 中酸性岩 | 花岗岩、黑云角闪花岗岩、斑状黑云母花岗岩、花岗斑岩等 | 1310 | 24 | 0~3830 | 675 | 305 | 23.3 |
| 沉积岩 | 砂岩、砂砾岩、砾岩、粘土岩、白云岩等 | 1465 | 5 | 0~微磁 | | | |

注：1、变质岩中各岩性主要为太华群标本；火山岩标本均为熊耳群。
2、 κ 为不同岩性、同一岩性不同地点、或前二者相同但不同采样群体的磁化率同何平均值。
3、数据引自王志光等。

(1) 花山岩体的重、磁场分析

花山岩体在重、磁场中主要表现为与重力低对应的强磁异常，确切的说，与重力低对应的强磁异常分布于花山岩体出露区及外围。在平面上，航磁异常呈巨大高强度面状异常与重力低异常相对应，二者规模相当。区内有多个局部异常，其幅值各不相同；但均位于统一高背景上，整体性强，与外围磁场差异极大。特别是经数据处理后，该特征尤为清晰，整体与花山岩体扣合更好。因此，可以确认该区与重力低相套合的强磁异常是由花山岩体所引起。另外，从图 6-6 上可看出，金山庙岩体在宏观上应为花山岩体的一部分。



1—航磁 ΔT 化极上延 10km 等值线 (nT); 2—岩体; 3—推断隐伏边界
(资料引自王志光、徐梦罗等)

图 6-6 花山岩体及推断隐伏边界示意图

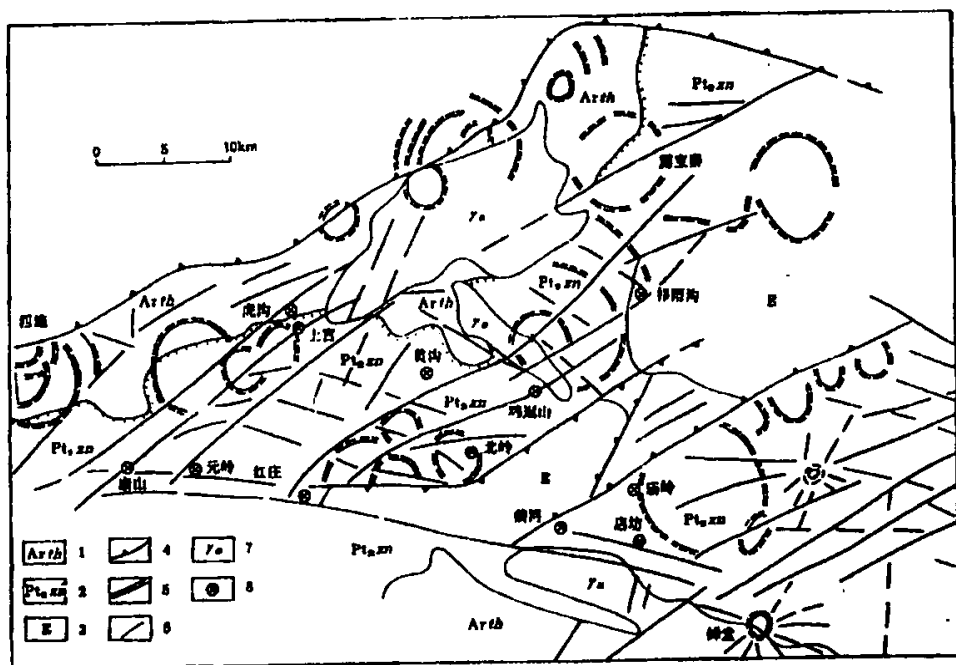
(2) 花山岩体与成矿预测意义

如前所述，位于花山岩体附近的重、磁综合异常由花山岩体所引起，其出露部分与强磁异常吻合极好。特别是的北侧及东侧，部分边界与航磁 ΔT 化极向上延拓异常的梯给带外侧对应很好，故可作为岩体边界识别标志。但是，该岩体的其它部位则明显小于其特征异常，说明其最大边界尚未出露。据综合资料推断：

花山岩体的北界受洛阳山前断裂控制,产状陡,仅在东段才有小范围的舌状伸出;岩体的西端七里坪附近向西延伸 2-5km;在岩体南界,上宫东侧也有舌状伸出,但侵位较低,西段的其它部位侧伏延伸范围较小,一般为 0.5-3km,东段向南侧伏的面积最大,其边界可延伸于陶村-德亭一线附近,产状平缓,面积约 200km²另据资料分析,花山岩体与五丈山岩体在下部连为一体后继续向南隐伏延伸,并与北延的合峪岩体相连,但还没有确切的证据。

6.2.4TM 卫星遥感影像信息

遥感影像信息是地壳物质组成、分布形态的反映,主要影像特征有线形构造、环形构造和与蚀变区带相对应的浅色异常色调。它是识别地质构造、认识区域成矿地质条件和进行找矿预测的有效方法^[30]。



1—太华群; 2—熊耳群; 3—第三系; 4—坳陷区边缘断裂;
5—环形构造; 6—一般断裂; 7—燕山期花岗岩; 8—已知金矿区

图 6-7 熊耳山—外方山地区 TM 卫星遥感影像解释图

(1) 线形构造

① 边缘断裂系

熊耳山西北侧与洛宁盆地间、东南侧与嵩县—潭头盆地间都有十分宏观的边

缘断裂发育, 这些断裂随山脉和盆地走势变化而弯曲转折, 北西段走向近东西, 中段走向近北东, 东段走向为北北东。熊耳山南东侧的边缘断裂——马超营断裂带与祁雨沟等已知金矿成矿关系最密切, 均产出在该边缘断裂带内或其旁侧的低序次断裂中。

外方山隆起区的四周亦被边缘性断裂所围限。其北西侧与嵩县—潭头盆地间的马超营—前河—上坪断裂相连接, 其西段走向近东西, 东段走向近北东, 在其走向转折部位亦已发现前河金矿和庙岭金矿。外方山东侧发育有田湖—前坪—炉沟断裂, 该断裂为外方山前寒武系变质岩区和其北东侧古生界分布区的分界线。外方山南侧则可见十分宏观的东西向车村断裂。

这些边缘性断裂系严格控制了祁雨沟矿床的外边界。

② 北东向断裂系

除上述边缘断裂的北东向断裂外, 在熊耳山和外方山区还发育有一系列并行的北东向断裂。这些断裂大体以 5km 或 10km 的间距重复出现, 走向稳定, 规模宏大, 在地形、地貌上反映明显。这些北东向断裂系为祁雨沟等已知矿床成矿控制构造。

③ 近东西向及北西西向断裂系

在祁雨沟金矿表现明显的主要有木柴关—东江沟断裂、崤山区的官道口—寻峪断裂。

④ 北北东及近南北向断裂系

这组断裂系对祁雨沟金矿外围所发现的构造蚀变岩型金矿脉中有着至关重要的控矿关系。为该类型矿脉的重要控矿构造, 含矿性最好, 且工业富矿体具有良好的侧列性、等距性。

(2) 环形构造

① 祁雨沟环形块体影像

由于受花山花岗岩体及万村花岗岩体的影响, 环弧出现大面积残缺, 影像平面形态为不完整的同心环。分布面积约 40km², 核环位于嵩县黄水庵附近, 直径约 5km。同心环仍以 5km 的等间距向北东方向扩展, 对应重力场为负值带。传统上认为其下部存在低密度的酸性侵入体, 且环状影像形成可能与浅成侵入体有关。祁雨沟、瑶沟、牛头沟一带的金矿化就产出在该环形构造的周边, 是区内重要的金矿分布区。

② 露宝寨环形构造

航磁图上位于高正磁异常区内, 环形影像中心位于宜阳县木柴关乡露宝寨附近, 直径为 8km, 面积约 60km², 有北东向区域断裂穿越环形下部。圆内发育有北

东、北西西向次级断裂构造。

(3) 浅色异常色调

浅色异常色调是热液蚀变的标志，常呈条带状或斑点状形态出现，在地形上也有相应特征，是成矿的定位标志信息^[30]。

祁雨沟金矿床中的构造蚀变岩型和爆破角砾岩型金矿化，都伴随有比矿化范围更大的地面蜕化变质和热液蚀变现象，往往形成明显的浅色带或局部浅色区；在地形地貌方面，由于破碎和泥岩化岩石相对更易风化剥蚀，往往形成线状和局部不规则状的负地形。当这种退色区带比较宽大时，在 TM 卫片上还是有比较清楚的解译标志的。如祁雨沟金矿的角砾岩体和蚀变带，在熊耳山安山岩和太华群片麻岩中就清晰的显示出相应的相对淡色斑和不规则负地形凹坑。

6.3 成矿预测准则

6.3.1 地质准则

- ① 燕山晚期花岗岩分布区及其周边 10km 以内的太古一元古宇分布区；
- ② 区域性大断裂或拆离断层带两侧次级断裂构造发育区；
- ③ 控矿构造（断裂破碎带、石英脉、斑岩体和爆破角砾岩筒等）蚀变明显，硅化、黄铁矿化和多金属硫化物较为发育；
- ④ 已出现一定规模的金银多金属矿化。

6.3.2 地球物理准则

- ① 重磁场梯度带的复合部位；
- ② 较为明显的激电或自电异常；
- ③ 线性影像或环形影像发育区，尤其是二者叠加部位。

6.3.3 地球化学准则

- ① 金银元素地球化学场的强富集、强分异区；
- ② 较为明显的 Au、Ag、Cu、Pb、Zn 等多元素组合异常；原生异常强度大于次生异常（分散流、次生晕）强度。

6.3.4TM 遥感准则

- ① 环形构造附近不同部位的线形构造；
- ② 背景色调上的长条状、斑点状的异常色调地区。

第 7 章 结束语

7.1 概括性总结

① 系统总结了祁雨沟金矿床的地质特征、成矿地质条件、成矿规律等方面的研究成果。研究表明：爆破角砾岩型和构造蚀变岩型金矿为同期、同源、不同时空分布的矿化类型。

② 论述了华北地块南缘的拆离—变质核杂岩构造及其控矿作用。本区变质核杂岩集中分布在华熊地体内，其核部由晚太古代太华群变质岩系组成，盖层主要由中元古界熊耳群火山岩组成。滑脱拆离带具有多层次、多期次、大幅度拆离的特点，整个滑脱拆离系包括主滑脱拆离带和盖层中一系列次级滑脱断层，其中主滑脱拆离带位于太华群和熊耳群两个主滑层之间，出露宽度由数十米至二百余米，自下而上可分为糜棱岩带、糜棱岩化带、绿泥石片理化带、角砾岩带和碎裂岩带。

本区变质核杂岩的形成时期为燕山期。早期伸展拆离作用发生在侏罗—白垩纪，使太华群结晶基底与熊耳盖层之间产生韧性剪切带，随着基底地壳的上拱和盖层岩石的拆离拉分，开始沿变质核杂岩侵入重熔型花岗岩体；晚期伸展拆离作用发生在第三纪，由拆离断层带形成一系列铲形断裂，出现盆岭区地貌特征。

区内金银矿化与拆离—变质核杂岩构造的成生演化密切相关。成矿时代与变质核杂岩主要形成期一致，成矿过程与拆离断层的发展过程一致，矿化集中分布在拆离带附近。

确定了燕山期花岗岩的成因及形成的构造环境。华北地块南缘燕山期花岗岩的岩石学和地球化学特征均表明应系 I 型成因兼具 S 型特征，稀土分布模型及部分特征参数表示花岗岩与太华群具有同源性。

③ 通过构造环境判别，确定本区燕山期花岗岩属造山期后型（POG 类），其形成经历了两个阶段，即陆内碰撞造山运动时期下部地壳重熔的形成阶段和晚期伸展构造运动使重熔岩浆沿变质核杂岩构造中心被动上侵的就位阶段。燕山期重熔花岗岩活动提供了成矿主要的矿质来源和必要的热动力条件。

④ 探讨了金时空分布规律及成矿系列。燕山晚期为本区金矿产的主成矿期，喜山期为本区砂金的成矿时代。祁雨沟金矿床在时间上的发展演化具有长期性、多期性、阶段性、序列性和继承性。矿化在空间分布上具有“老多新少”、环绕岩体分布、受控于断裂构造和次生富集等基本特点。

⑤ 建立了以祁雨沟金矿床为代表的华北地块南缘拆离—变质核杂岩构造控

岩控矿模式。即燕山期大陆伸展运动造成的拆离—变质核杂岩构造控制了重熔性花岗岩侵位和浆控热液—改造成因金矿床的形成;新生代随着伸展运动进一步演化,出现盆岭构造系统,变质核杂岩隆起区的金经过剥蚀搬运到断陷盆地,形成以砂金为主的沉积成矿系列。

⑥ 建立了祁雨沟金矿床综合找矿模式,提出了成矿预测准则。在区域成矿背景、矿床地质特征、控矿条件和成矿规律研究的基础上,建立了台缘区岩浆控制热液型金矿田的构造蚀变岩型和爆破角砾岩型等 2 种主要类型金矿床和矿体的综合找矿模式,并据此提出了祁雨沟金矿成矿预测的地质准则、地球物理准则和地球化学准则。该预测模型经近年来的实践运用,已经取得了较为显著的找矿效果。

7.2 存在问题

① 对祁雨沟金矿外围的矿区没有从感性认识升华到理性认识,综合研究程度不够;未能达到实践—理论—实践的循环和统一结合;尤其是对国内同类的大型矿床的数据收集和对比力度不够;

② 本次研究对祁雨沟金矿床矿体的三维空间的地质特征研究不够,因此所建立的预测模型不具备完整的三维空间预测功能,今后应加强三维空间上的地质研究,将各种控矿因素在三维空间上的分布特征研究清楚,以便实现三维空间上的大比例尺成矿预测。

致 谢

本文是在导师胡祥昭教授的精心指导下完成的，在论文选题、研究思路、工作方法及室内工作等方面均给予了细心的指导。导师几次对论文的撰写提纲、初稿乃以于成稿，均进行了细致入微审阅，并提出了许建设性和指导性意见，使该论文得以最终定稿。

校外导师杨群周博士后无论在专业，还是生活上都给了我莫大的帮助。热情关注并细心指导论文的撰写。

导师渊博的学识令我拓宽了视野，引我走近学术领域的前沿；治学严谨、平易近人的专业和生活态度都给予我深刻的印象。

在此，对导师在学业上的辛勤培育、谆谆教导以及生活中无微不至的关怀致以最衷心的感谢。

在论文撰写期间，得到了中科院地理所邱冬生博士、中南大学 GIS 中心邓吉秋博士、河南省有色金属矿产局、嵩县黄金地矿局有关同志的大力帮助，在此，一并表示感谢。

最后，衷心感谢中南大学研究生院、中南大学地学与环境工程学院以及地质研究所的各级领导和所有教师们对我的培养、帮助和关怀。

参考文献

- [1] 金性春, 板块构造学基础, 上海科技出版社, 1984。
- [2] 刘肇昌, 板块构造学, 四川科技出版社, 1985。
- [3] 赵伦山、张本仁, 地球化学, 地质出版社, 1988。
- [4] 邱家骧、林景仟, 岩石化学, 地质出版社, 1991。
- [5] 王中刚等, 稀土元素地球化学, 科学出版社, 1989。
- [6] 张理刚, 稳定同位素在地质科学中的应用, 陕西科技出版社, 1985。
- [7] 卢作祥、范永香、刘辅臣, 成矿规律和成矿预测学, 中国地质大学出版社, 1989。
- [8] 赵鹏大、胡旺亮、李紫金, 矿床统计预测, 地质出版社, 1983。
- [9] 周宏坤、丁宗强等, 金属矿床大比例尺定量预测, 地质出版社, 1993。
- [10] 王世称、侯惠群等, 内生矿产成矿系列中比例尺预测方法研究, 地质出版社, 1993。
- [11] 张贻侠主编, 矿床模型导论, 地震出版社, 1993。
- [12] 陈毓川、朱裕生等, 中国矿床成矿模式, 地质出版社, 1993。
- [13] 栾世伟等, 金矿床地质及找矿方法, 四川科学技术出版社, 1987。
- [14] 张国伟等, 秦岭造山带的形成及其演化, 西北大学出版社, 1989。
- [15] 陈衍景、富士谷, 豫西金矿成矿规律, 地震出版社, 1992。
- [16] 栾世伟、陈尚迪等, 小秦岭地区深部金矿化特征及评价, 成都科技大学出版社, 1992。
- [17] 邵克忠等, 祁雨沟地区爆发角砾岩型金矿成矿地质条件及找矿方向研究, 河北地质学院学报, 1992 (2)。
- [18] 张本仁等, 豫西卢氏-灵宝地区区域地球化学研究, 地质出版社, 1987。
- [19] 徐莉等, 河南小秦岭金矿控矿条件分析及找矿前景, 河南地质, 1994 (1)。
- [20] 王富贵, 熊耳山地区金矿成矿的地球化学特征及其找矿方向, 地质与勘探, 1991 (8)。
- [21] 王志光、崔毫等, 华北地块南缘地质构造演化与成矿, 冶金工业出版社, 1996。
- [22] 沈保丰等, 中国太古宙绿岩带, 地质学报, 1993 (3)。
- [23] 李俊建等, 豫西小秦岭太古宙花岗岩-绿岩带, 天津地矿所所刊, 1992,

- (26-27)。
- [24] 张家声, 造山带后伸展构造研究的最新进展, 地学前缘, 1995 (2)。
- [25] 宋鸿林, 变质核杂岩研究进展、基本特征及成因探讨, 地学前缘, 1995 (2)。
- [26] 陈衍景, 论豫西金矿的成矿时代, 有色金属矿产与勘查, 1992 (3)。
- [27] 王春宏, 熊耳山西段金矿成矿规律及找矿预测, 黄金地质科技, 1993 (3)。
- [28] 翟裕生、熊永良, 关于成矿系列的结构, 地球科学, 1987 (4)
- [29] 翟裕生, 成矿系列研究问题, 现代地质, 1992 (3)。
- [30] 王世称等, 综合信息成矿系列预测的基本思路与方法, 中国地质, 1992 (10)。
- [31] 陈旺, 豫西熊耳山金矿床和银(铅)矿床同位素研究, 贵金属地质, 1995 (3)。
- [32] 李永峰、毛景文等, 豫西公峪金矿床地质地球化学特征及成因探讨, 矿床地质, 2004。
- [33] 毕献武、骆庭川, 洛宁花山岩体地球化学特征及成因的探讨, 矿物学报, 1995。
- [34] 徐梦罗、王志光等, 太古宙绿岩带金的“下迁预富”作用, 有色金属矿产与勘查, 1995 (4)
- [35] 付彩云、闫建明等, 祁雨沟金矿区蚀变岩型金矿床找矿初探, 世界采矿快报, 1999 (10)
- [36] 范宏瑞、谢奕汉等, 河南祁雨沟热液角砾岩体型金矿床成矿流体研究, 岩石学报, 2000。
- [37] 韦龙明、吴烈善等, 秦岭若干重要类型金矿床(体)快速定位预测, 地质地球化学, 2001 (29)。
- [38] A. B. Rao、V. D. Rao (阎月华译), 金在绿岩带中的分布、迁移和富集, 国外地质, 1989 (4)
- [39] R. W. Boyle, 1979 (马万钧译), 金的地球化学及金矿床, 地质出版社, 1984。
- [40] Agterberg F P. 1972. Geomathematical Evalurion. Science, Vol. 245.
- [41] Evans A M. 1995. An Introducton to Ore Geology, Blackwell Scientific Publications, Oxford, 3rd edition
- [42] Gulson B L. 1986. Lead Isotopes in mineral Elsevier, Amsterdam.
- [43] Peters W C. 1987. Exploration And Mining Geology, John Wiley & Sons, Inc, Second Edition

攻读硕士期间从事的工作及发表论文获奖

攻读硕士期间从来的工作

- 1、2002—2003 年，主持“河南省祁雨沟金矿外围—石盘沟金矿普查”项目。目前，该矿区已成功实施转让，合同额为 1300 万元。转让资金已全部到帐。
- 2、2003—2004 年，主持“河南省宜阳县木柴关—大河面金矿区普查”。该项目已成功实施开发转让，合同额为 600 万元。已建立矿山。
- 3、2004—2004 年 10 月，主管河南省有色金属地质矿产局第四地质大队市场服务部，主持编写洛阳、平顶山等市的煤炭核查报告。
- 4、2004 年 10—至今，调河南省有色金属地质矿产局地质处工作，负责局属 8 个地勘单位的地质勘查项目管理工作。

发表论文及获奖

论文

[1] 胡祥昭，袁海明，舒国文．广西龙胜铅锌矿床控矿因素及矿化富集规律．见：戴塔根，编．2005 年湖南矿物岩石地球化学论丛．长沙：中南大学出版社，2005 年．175～177

[2] 胡祥昭，舒国文，袁海明．广西龙胜铅锌矿床成矿构造特征及找矿标志研究．见：戴塔根，编．2005 年湖南矿物岩石地球化学论丛．长沙：中南大学出版社，2005 年．190～192

获奖

- [1] 2003 年，获“河南省有色金属地质矿产局找矿成果二等奖”；
获奖项目：河南省宜阳县大河面金矿区预查。
- [2] 2006 年，获“河南省有色金属地质矿产局科学技术进步二等奖”；
获奖项目：河南省卢氏县寨凹矿区隐伏多金属矿靶区评价定位技术研究。