1734985

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 河南嵩县栗子沟金矿成矿规律与成矿预测研究

学科、专业 地质工程

学院(系、所) 地学与环境工程学院

研究生姓名 秦 臻

导师姓名及专业技术职务 胡祥昭 教授

二〇〇九年六月

Y1718612

分类号 VDC_____ 密级_____

硕士学位论文

河南嵩县栗子沟金矿成矿规律与成矿预测研究

The Research on the Metallogenic Rules and Prediction Targets of Lizigou Gold Depost In Song County, Henan Province

作 者 姓 名：	秦 臻
学 科 专 业：	地质工程
学院（系、所）：	地学与环境工程学院
指 导 教 师：	胡祥昭 教授
企 业 导 师：	贺建委 高级工程师

论文答辩日期2009年6月15日 答辩委员会主席

中南大学
2009 年 6 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：秦臻　日期：2009年6月12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：秦臻　导师签名：　日期：2009年6月12日

摘 要

研究区位于豫西嵩县,属熊耳山金银多金属矿化集中区，大地构造位置处于华北陆块南缘与秦岭造山带相接地带。栗子沟金矿区是河南省有色金属地质矿产局二队近几年地质勘查的新成果，目前矿区内已发现含金构造蚀变带 30 余条，初步显示出该区具有较好的找矿前景。因此，急需在新的区域成矿理论基础上，加强综合研究，总结成矿规律，优选出有利的找矿远景区，进一步指导本区的地质找矿工作。

本文在综合分析前人研究成果的基础上，结合生产实际，通过大量的野外地质调查研究，以新发现和新认识为基础，以区域成矿理论为指导，系统研究了区内地层、构造、岩浆岩、地球物理、地球化学、矿床地质等特征。提出金矿体呈薄板状，严格受断裂构造带控制；硅化和黄铁矿化与金矿化关系密切。根据野外观察，依据矿石结构构造、矿物共生组合特征及矿脉穿插关系等研究，将成矿期分为石英－黄铁矿阶段、石英－多金属硫化物阶段和石英－碳酸盐阶段等三个成矿阶段。

对本区岩性、构造及岩浆活动等金矿控矿因素进行了深入研究，指出今后工作中应加强构造控矿规律的研究，尤其是注重对矿区内顺层断裂构造带的含矿性进行研究，同时还要对区域性北东向断裂构造带的含矿性研究。对区内矿化富集规律进行了分析，指出本区金矿体沿走向及倾向都存在膨大缩小的规律，一般在膨大处金矿化较好；且矿化存在上贫下富的趋势。

在系统研究矿床地质特征、控矿因素等基础上，对矿床的成因进行了探讨，建立了本区金矿的找矿标志，指出了找矿方向。在地球化学剖面测量的基础上，筛选出 3 处预测靶区，即 F_{23} 及 F_{34} 含矿断裂破碎蚀变带深部预测区、矿区北东 F_{17} 断层出露处的 I 号预测区、工作区中部及南东部东沟至流长沟之间的 II 号预测区和猫疙瘩的III号预测区。

关键词： 栗子沟金矿，成矿条件，控矿因素，成矿规律，成矿预测

ABSTRACT

In West Henan, there is a poly-metal mineral centralization of Xiongershan, which contains gold and silver. At the aspect of tectonics, it is just at the joint terrain of the south edge of North China Croton and Qingling orogen. The finding of Lizigou gold deposit is the new achievement which is prospected by No. 2 Geological Team of Nonferrous Geology and Mining Bureau. In the deposit, there are more than 30 tectonics alteration zones containing gold, which suggests the super prospecting potential.

Based on the analysis of the results of the other geologists, the effective field geological survey has been done, such as systematically analyzing the characteristics of strata, structure, magma, geophysics, geo-chemistry and so on. And following geological rules have been concluded: 1, the gold ore-body presented lamellose shape, and which is controlled by the tectonic zone; 2, the gold mineralization is closely related to silication and pyritezation. According to the feature of minerals associations and the relationship of ore-veins intruding, the metollogenic processes have been divided into 3 periods: quartz- pyrite period, quartz-poly-metal sulfides periods and quartzes- carbonate period.

Through the analyzing the metallogenic factors, such as lithology, structure and magatite, it is concluded that the following prospection

should emphasize on the rules of tectonics and metallogenics, especially analysis on the tectonic zones of faults and regional NE- trending faults.

Based on analysis of the rules of the metallogenic richment, some geological rules have been concluded, the rich gold mineralization occurred on the places where ore-bodies enlarged, and the mineralization has the trend of "upper poorer but lower richer".

Based on the deeply discussed the geological features, metalloginic factors and genesis, the prospecting clues of gold mineralization have been carried out, and the prospecting direction has been pointed out. And through the geochemical survey, 3 prediction targets have been concluded.

KEY WORDS: Lizigou gold deposit, Metallogenic condition, Metallogenic factors, Metallogenic rules, Prediction targets.

ABSTRACT

In West Henan, there is a poly-metal mineral centralization of Xiongershan, which contains gold and silver. At the aspect of tectonics, it is just at the joint terrain of the south edge of North China Croton and Qingling orogen. The finding of Lizigou gold deposit is the new achievement which is prospected by No. 2 Geological Team of Nonferrous Geology and Mining Bureau. In the deposit, there are more than 30 tectonics alteration zones containing gold, which suggests the super prospecting potential.

Based on the analysis of the results of the other geologists, the effective field geological survey has been done, such as systematically analyzing the characteristics of strata, structure, magma, geophysics, geo-chemistry and so on. And following geological rules have been concluded: 1, the gold ore-body presented lamellose shape, and which is controlled by the tectonic zone; 2, the gold mineralization is closely related to silication and pyritezation. According to the feature of minerals associations and the relationship of ore-veins intruding, the metollogenic processes have been divided into 3 periods: quartz- pyrite period, quartz-poly-metal sulfides periods and quartzes- carbonate period.

Through the analyzing the metallogenic factors, such as lithology, structure and magatite, it is concluded that the following prospection

should emphasize on the rules of tectonics and metallogenics, especially analysis on the tectonic zones of faults and regional NE- trending faults.

Based on analysis of the rules of the metallogenic richment, some geological rules have been concluded, the rich gold mineralization occurred on the places where ore-bodies enlarged, and the mineralization has the trend of "upper poorer but lower richer".

Based on the deeply discussed the geological features, metalloginic factors and genesis, the prospecting clues of gold mineralization have been carried out, and the prospecting direction has been pointed out. And through the geochemical survey, 3 prediction targets have been concluded.

KEY WORDS: Lizigou gold deposit, Metallogenic condition, Metallogenic factors, Metallogenic rules, Prediction targets.

目 录

第一章 前 言 1
1.1 选题依据及研究意义 1
1.2 矿区位置、交通及经济地理概况 1
1.3 国内外研究现状 2
1.4 研究目的、任务和内容 3
1.5 完成的主要工作量 5
1.6 主要成果及结论 6
第二章 区域地质背景 8
2.1 大地构造特征 8
2.2 区域地层 9
2.2.1 太华群 9
2.2.2 熊耳群 11
2.2.3 白垩系 12
2.2.4 第四系 12
2.3 区域构造及其演化 13
2.3.1 嵩阳旋回 13
2.3.2 中岳（中条）旋回 14
2.3.3 熊耳（王屋山）旋回 14
2.3.4 栾川旋回 15
2.3.5 晋宁－少林旋回 15
2.3.6 加里东旋回 16
2.3.7 华力西旋回 16
2.3.8 印支旋回 16
2.3.9 燕山旋回 16
2.3.10 喜马拉雅旋回 17
2.4 区域岩浆岩 18
2.5 地球物理场 18
2.5.1 区域重力场特征 19
2.5.2 航磁异常特征 20
2.6 地球化学场 20
2.6.1 主要地层微量元素特征 20
2.6.2 主要成矿元素地球化学场特征 20
2.7 区域矿产 22
2.7.1 金矿 22
2.7.2 银矿 23
2.7.3 钼矿 23
第三章 矿床地质特征 24

3.1 矿区地层 24
3.2 地层岩石学特征 25
3.3 矿区构造 31
3.3.1 褶皱 31
3.3.2 断裂 32
3.4 岩浆岩 36
3.5 含矿构造带 36
3.6 矿体赋存规律 38
3.6 围岩蚀变 39
3.6.1 蚀变类型 39
3.6.2 蚀变分带 40
3.7 矿石特征 40
3.7.1 矿石物质成分 40
3.7.2 矿石结构、构造 41
3.7.3 成矿期次划分 45
第四章 控矿因素及矿床成因 47
4.1 地层的控矿作用 47
4.2 构造的控矿作用 48
4.2.1 成矿的通道及贮存条件 48
4.2.2 构造对矿产分布的控制 48
4.2.3 容矿构造的方向性 49
4.3 岩浆岩的控矿作用 49
4.3.1 金矿床与花岗岩的时空分布关系 49
4.3.2 燕山期岩浆作用对内生金属成矿的制约 51
4.4 矿床成因分析 53
4.4.1 成矿物质来源 53
4.4.2 金的沉淀与迁移 56
4.4.3 成矿温度 57
4.4.4 矿床成因探讨 57
第五章 矿化富集规律 59
5.1 产状变化处是金矿体的产出有利部位 59
5.2 矿体存在着分枝复合的现象 59
5.3 上盘蚀变岩较下盘蚀变岩矿化好 60
5.4 多期次的成矿作用 61
5.5 北西向含矿构造带是该区找矿的重点 61
5.6 金矿化上贫下富 61
第六章 找矿标志 62
6.1 地层标志 62
6.2 构造岩浆岩标志 62

6.3 围岩蚀变标志 62
6.4 地球化学标志 62
第七章 找矿方向及建议 63
7.1 深部探矿 63
7.2 地表找矿 63
7.3 顺层断裂 64
7.4 陡倾切层断裂 64
第八章 结束语 65
参考文献 66
致 谢 70

第一章 前 言

1.1 选题依据及研究意义

熊耳山地区位于河南省西部，区内矿产资源丰富，矿种类型多样，是我国重要的贵金属、有色金属矿产地之一。目前已发现大小金矿床 20 余个，探明黄金工业储量数百吨，远景资源量达上千吨，显示出巨大的成矿规模和前景，连同其西部的小秦岭矿集区一起成为我国目前仅次于胶东的第二大黄金产地。自上世纪 70 年代，首次发现构造蚀变岩金矿床以来，在熊耳山地区相继发现了上宫、潭头、公峪、铁炉坪等金矿，国内许多地勘单位、科研院所在本区开展了大量的研究和勘探开发工作，同时一些国外的研究者也参与进来，在基础地质、成矿理论和找矿实践等领域取得了许多进展，获得了大量的基础地质资料和研究成果，研究工作水平不断提高，对本区金成矿作用的特征、规律和机制的认识和理解不断深化。

熊耳山变质核杂岩构造是在中、新生代伸展构造运动背景中形成的，其南北两侧以北东向展布的卢氏－洛宁构造盆地和潭头－嵩县构造盆地分别与崤山变质核杂岩和外方山隆断区相隔（图 1-1）。依据控矿构造及成矿地质特征的不同，可将熊耳山地区金矿床划分为三种类型，即：石英脉型、构造蚀变岩型及爆破角砾岩型，其中构造蚀变岩型金矿占该区金矿资源/储量的 80%以上。河南省有色金属地质矿产局第二地质大队在综合研究该区成地质条件、控矿因素和成矿规律的的基础上，确认栗子沟地区具备金矿成矿条件。通过近几年的地质工作，在栗子沟金矿区内发现 30 余条含矿构造蚀变带，大体按北东或北西向展布，矿床类型以构造蚀变岩型为主，初步显示出该区具有较大的找矿潜力。

因此有必要对该区金矿床地质特征、成矿规律进行研究，以指导今后地质找矿工作，有助于全面评价该区金矿资源潜力，为进一步找矿指出方向。

1.2 矿区位置、交通及经济地理概况

矿区位于河南省嵩县境内，属旧县镇及大章乡管辖，距嵩县县城 265°方向

约 27km，旧县每天有班车前往嵩县县城，嵩县每天有汽车通往郑州和洛阳，矿区正在修建水泥路通往旧县镇，公路四通八达，交通十分便利。

区内为中高山陡切割地形，一般海拔 700～1450m±,相对高差 750m±，沟谷纵横，地势陡峻，区内属温带大陆性季风气候，夏季炎热多雨，冬季寒冷干燥，夏季最高气温 39.8℃,冬季最低气温-14.2℃，年平均气温 14.1℃,雨季为 7、8、9 月，降雨量 600～700mm/年，无霜期 200 天左右，区内植被发育，灌木丛生，经济以农业为主，生产小麦、玉米，属国家级贫困山区。

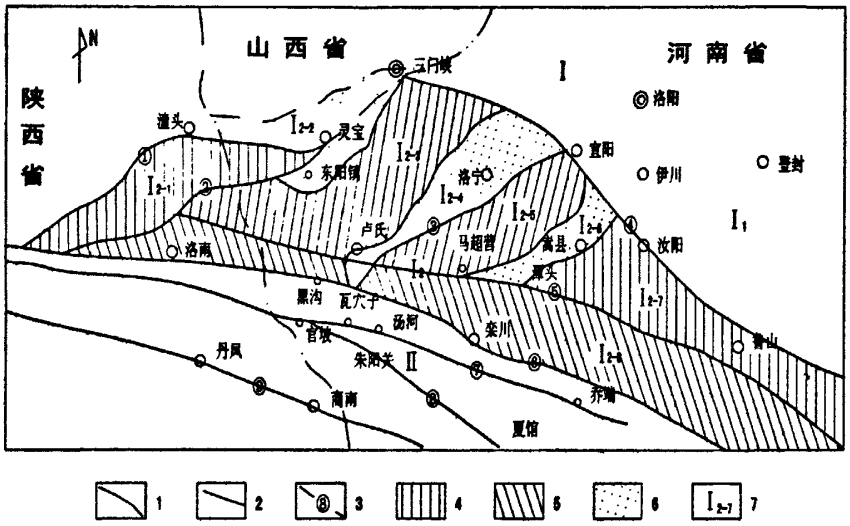


图1-1 熊耳山地区大地构造分区图

1-一级大地构造单元界线；2-二级大地构造单元界线；3-断裂及编号；
4-隆起区；5-台褶区；6-拗陷区；7-构造单元及编号
①.太要断裂；②.汪河断裂；③.洛宁山前断裂；④.三门峡—鲁山断裂；
⑤.卢氏—马超营断裂；⑥.洛南—黑沟—栾川断裂 ；⑦.瓦穴子—乔端断裂；
⑧.朱阳关—夏馆断裂；⑨.丹凤—商南断裂

矿区已具备一定的工业经济基础，投资环境较好，燃料、电力、地下水资源便利充沛，电力经济并入华北电网，但区内经济不发达，工业尚处于起步阶段，劳动力资源充沛。

1.3 国内外研究现状

熊耳山地区金矿床类型主要有三类，即构造蚀变岩型、石英脉型和爆破角砾岩型。构造蚀变岩型金矿床，在不同的研究时期，或同一时期不同的学者，从不同的角度，冠以不同的类型名称。如，一些国内外学者称之为“中温深成热液金

矿床”（Mesothermal gold deposits）（谢家荣，1965；Hodgson et al.,1993；Sillitoe,1993）、破碎带蚀变岩型金矿、石英脉型金矿(周遗军等，1996；Groves et al.,1998)等。随着矿床勘查的深入及成矿理论的发展，人们逐渐认识到这些金矿床有相似的地质－地球化学特征，并且都与造山作用有关(Groves et al.,1998；Kerrich et al.,1994；Goldfarb et al.,1998；Witt et al.,1998；陈衍景等，2000）。在我国，通过广大地质工作者的辛勤劳动，相继发现了大量的造山型金矿，如柴达木盆地北缘－东昆仑地区，自上世纪90年代以来，陆续发现了一批金矿产地，根据张德全等（2001）研究认为，它们大多数与造山作用有密切的成因联系，流体包裹体地球化学研究表明，成矿流体为一套中低温(118-378℃)、低盐度(0.35%-9.54%)的 H_2O-CO_2 -NaCl 一 CH_4±N_2 体系，是典型的造山型金矿床；在河南省熊耳山地区，自上世纪80年代初发现和肯定了具有工业价值的构造蚀变岩型金矿（上宫金矿）以来，相继发现了红庄金矿、前河金矿、潭头金矿、公峪金矿等构造蚀变岩金（银）矿（图1-2）。陈衍景等认为，矿床成因与区域马超营断裂带逆冲推覆作用有着密切的成因联系，是在中生代，碰撞造山作用的背景下形成的，是典型的造山型矿床。我国大部分地区的造山型金矿在空间上严格受三级构造系统的控制，这三级构造系统是深断裂或碰撞带第一级、大型剪切带第二级、褶皱和断裂－裂隙系统第三级，通常低级构造系统是高级构造系统的派生或配套构造。总体上，所有金矿都沿深断裂或碰撞带的近侧分布，即分布于三级构造带或板片的边部，一条大型剪切带通常控制了多个矿床（矿点）的展布，而矿床和矿体则定位于大型剪切带内或旁侧的褶皱及断裂一裂隙系统中。

1.4 研究目的、任务和内容

本次研究工作的目的是在分析成矿地质背景的基础上，通过系统的地质、物探及化探方法，对栗子沟矿区金矿床地质特征加以研究，总结矿化富集规律，提出找矿方向。

主要研究内容如下：

1、成矿地质背景分析

在系统收集前人工作成果的基础上，综合分析成矿背景，研究与金成矿有关的控制因素。

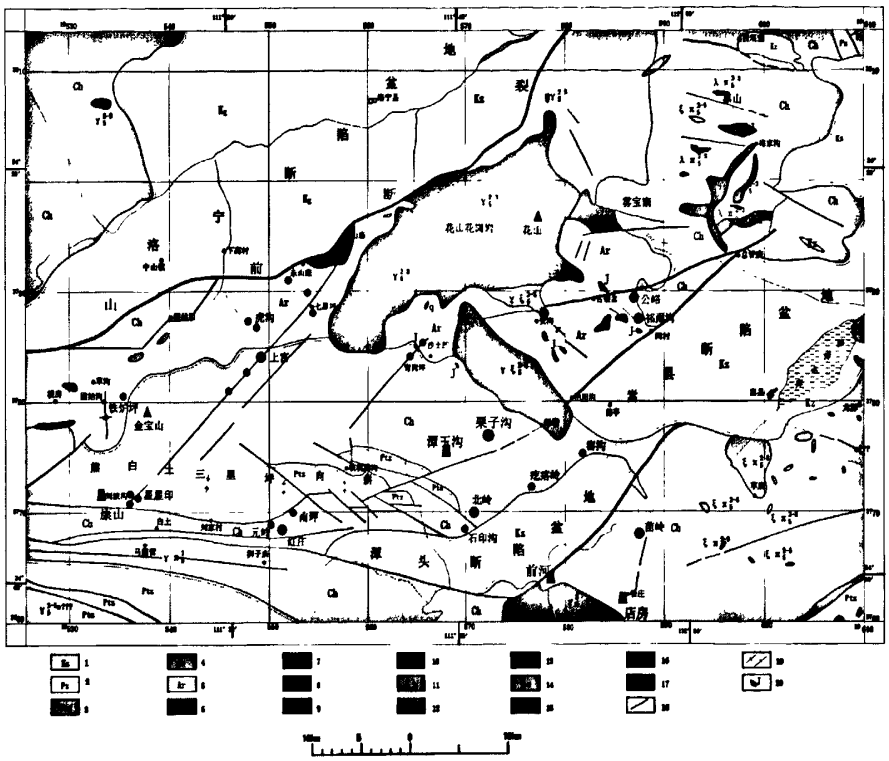


图1-2 河南省熊耳山地区地质及金矿（点）分布图

1. 新生界：砂岩，砾岩；2. 下古生界：灰岩，页岩，砂岩；3. 元古界：碳酸盐岩；
4. 熊耳群火山岩；5. 太古界片麻岩；6. 花岗岩；7. 花岗正长岩；8. 花岗斑岩；
9. 石英斑岩；10. 二长花岗斑岩；11. 正长斑岩；12. 闪长斑岩；13. 辉长岩；
14. 辉绿玢岩；15. 石英脉；16. 花岗正长岩（末分）；17. 花岗闪长岩（末分）；
18. 断层；19. 背、向斜构造；20. 角砾岩体.

2、典型矿床的解剖

重点解剖 F23 含金构造蚀变带，研究金矿体形态、产状、规模特征，分析金矿化富集规律，通过流体包裹体研究，分析成矿流体的物质组份特征及时间演化规律性。

3、总结成矿规律

在深入研究区内成矿地质背景、矿区构造特征、控矿因素的基础上，总结矿区内金矿成矿规律。

4、找矿预测

在研究成矿规律的基础上，并结合化探测量成果，指出新的找矿地段和提供成矿预测靶位。

1.5 完成的主要工作量

本文的完成过程大致可以分为三个阶段：

1、资料收集与调研阶段

对该项目研究的地质任务和技术要求进行了仔细的分析和领会，在此基础上，收集了前人对该区及相关地区的研究成果资料，详细了解了研究区的基本地质情况，为实施野外工作作了充分准备。

2、野外现场工作及样品处理阶段

在研究区实施野外实地考察研究，开展路线定点观察、实测地质剖面、物化探测量等工作，收集了大量的第一手可靠资料，采集了大量的岩石及矿石标本，并进行了薄片与光片观察和样品的地球化学元素测试，为下一步研究奠定了良好的基础。

3、室内资料整理、分析研究与论文撰写阶段

根据所收集的资料，结合自己的观察、测量和测试结果，进行了综合的分析研究，同时编制了一系列必要图件，最后完成本文的撰写工作。完成的主要工作量见表 1-1。

表 1-1 完成的主要个人工作量一览表

项 目	数 量	单 位	备 注
野外工作时间	65	人·天	39+26
野外路线地质观测	10	Km	
野外观察定点	100	个	
实测地层剖面	5.2	Km	
物探测量	5.2	Km	双频激电
化探测量	5.2	Km	金属原生晕
检查矿点	4	个	
采集岩矿标本	185	件	
光薄片鉴定观察	80	个	光片 20，薄片 60
包裹体成分分析	5	件	气、液相成分
包裹体测温	5	件	均一法
氢、氧同位素分析	5	件	δ-SMOW
绘制物化探综合剖面图	14	幅	

1.6 主要成果及结论

通过对栗子沟矿区进行成矿地质条件分析，了解了矿区的地层、构造及岩浆岩特征，查明了区内的岩石类型及其岩石学特征。开展了岩石金属地球化学原生晕测量和双频激电地球物理探测。查明了研究区矿床地质特征，包括矿体特征、矿石类型及矿物组成、矿石结构构造以及围岩蚀变类型和特征，结合矿床直观特征和氢、氧同位素特征、包裹体气液相成分及均一温度分析，探讨了矿床的成因。查明了矿床的控矿因素和成矿规律，在上述工作基础之上进行了成矿预测，指出了有利靶区，并给出了钻探验证工程的施工建议。

通过本次研究工作，取得了一些新认识和新成果，主要有：

1、对栗子沟金矿所处的大地构造位、成矿地质背景和构造演化史有了较全面的认识。

华北地台南缘是一个经历了长期的、复杂的地质构造演化的构造-岩浆活动带。晚太古代由于地壳拉张变薄，在古华北地台南缘发育形成由裂谷型花岗绿岩带组成的太华群结晶基底。中元古代早期，区内再次发生裂陷解体和横向伸展，形成以陆相喷发为主的的熊耳群火山岩系。从古生代末期开始，并在中生代早期达到高潮的华北、华南两大板块对接碰撞，使区内出现 A 型俯冲和推覆构造运动，并成为秦岭造山带的重要组成部分。中生代末期开始的伸展构造运动形成以熊耳山为代表的一系列变质核杂岩构造和发育的重熔花岗浆活动，最后在台缘区出现了隆起区和坳陷区相间排列的盆岭构造系统。

2、对金矿床矿化富集规律及成因机制进行了研究。

栗子沟金矿的矿床类型主要为构造蚀变岩型。由于含矿构造带的局部产状的变化，在局部区域形成一定的扩容空间，有利于厚大矿体的形成。

矿床赋存于中元古界熊耳群火山岩系中，虽然地层的金丰度远低于中国和世界同类岩石的平均金丰度。分析认为由于熊耳群地层普遍发生了绿片岩相变质作用，原岩中的金大量被迁出，在有利部位形成矿体或衍生成新的矿源体，为后期的大规模成矿作用准备了物质条件。

包裹体测温显示，金矿成矿温度为，并与产出环境及矿化类型极相似的邻区前河金矿进行类比，认为栗子沟金矿也应为构造蚀变岩型中低温热液金矿床。

3、指出了进一步找矿方向和找矿标志。

矿区内金矿体严格断裂构造控制，目前在地表已发现含矿构造蚀变带30余条，大体可分北西向和北东向两组，其中北西向含矿构造蚀变带矿化较为稳定，且向深部有较大的延深，北东向含矿构造带目前找矿成果不是十分理想，但由于其规模大，局部已发现有工业矿体存在。因此，在今后找矿工作中，一方面应加强对已知北西向含矿构造带深部的探矿工作，另一方面应加强北东向含矿构造带的控矿规律研究。

断裂构造带是该区寻找蚀变岩型金矿床的直接标志；另外熊耳群地层出露的范围是寻找金矿床的有利区域；与矿化关系密切的硅化、黄铁矿化等围岩蚀变是寻找该类金矿床的主要标志之一。

第二章 区域地质背景

2.1 大地构造特征

本区位于华北地洼区与华中地洼区两个一级大地构造单元之分界线北侧紧靠河淮地洼系和冀晋地穹系的分界线，北部由汾渭裂谷系的卢氏－洛宁地洼盆地组成，熊耳山及其南属河淮地洼系豫西地洼列。测区划属熊耳山地穹，小池沟和青岗坪分别位于熊耳山地穹的中部北侧和中段。熊耳山地穹为一完整的变质核杂岩构造，展布方向为北东东－近东西向，其核部由前地槽构造层太古界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，变质程度达到角闪岩相，其内由物质分异、混合岩化作用形成的长英质条带、角闪石岩团块、片麻理及多期复杂褶皱形成的褶叠层、肠状无根褶曲广泛发育。

盖层主要由地槽构造层中元古界熊耳群中基性－中酸性偏碱性的火山岩系组成，主要分布于青岗坪－骡子场以南近分水岭一带。小池沟北侧盖层以地洼期第四系黄土、亚粘土沉积为主，沿河谷则以现代河流冲积层为主。并见零星第三系红色沉积出露。

本区地壳发展经历了漫长的构造演化作用。太古代，由于本区地处华北地台南缘的活动带，因而在太华群结晶基底岩系中，普遍见有超铁镁质和基性侵入岩（已变成角闪石岩和变辉长岩），且褶皱发育，混合岩化强烈，变质程度高，反映出原始陆壳刚化前地壳的演化特征。嵩阳运动，结束了本区前地槽阶段太古代的演化历史。元古代早期，本期处于古陆壳边缘，中元古代，由于地壳的伸展作用，形成了本区的盖层构造，一套以安山岩为主的钙碱性－中酸性火山岩系－熊耳群优地槽构造层。这次伸展作用，在太华群地层中则表现为成组成群出现的基本未变质的辉绿岩脉，它们多呈锯齿状沿近东西向张性断裂侵入。发生在中晚元古代之间的王屋运动，结束了中元古熊耳群的火山活动，熊耳山南北两侧沉积了巨厚的冒地槽沉积－官道口群和栾川群。晋宁运动，使官道口群和栾川群发生了强烈的线形褶皱作用，随着褶皱回返及造山作用，本区进入了地台阶段。本区地台阶段一直处于陆壳剥蚀阶段，熊耳山一带缺失了从震旦纪到侏罗纪这样长时期的沉积物。加里东运动和印支运动，尽管最终造成华北地台与扬子地台的拼接，

然而在熊耳山马超营断裂以北，则主要表现为近南北向和近东西向闪长岩体、岩脉呈串珠状侵入。燕山期，本区进入了地洼阶段。燕山早期，其构造演化同整个东秦岭北部相一致，发生了陆内造山作用，华北地台南缘不同时代的地层往南逆推覆，形成了近东西向展布的北秦岭构造带。马超营断裂以南，这种逆推覆构造表现尤为明显，而熊耳山、崤山、小秦岭一带则表现为块断隆升作用。燕山晚期的伸展作用，从晚白垩纪开始，到第三纪最为强烈，伴随着伸展作用。熊耳山两侧出现了卢氏－洛宁、嵩县－潭头地洼盆地，山岭一带则形成了典型的变质核杂岩构造，太华群结晶基底呈长垣状展布，盖层熊耳群被拆离断层分割而分布于变质核杂岩两侧，沿变质核杂岩体核部侵入了大片花岗岩岩基，沿拆离断层也有花岗岩株侵入。测区花岗岩岩基和外围五丈山花岗岩岩基沿变质核杂岩核部侵入，金山庙花岗岩岩株和熊耳山西部嵩坪沟花岗斑岩则沿拆离断层带侵入。

由于多次构造运动的复活迭加，本区的金银矿除了受地层的控制外，还严格受多期活动断裂控制，特别是受燕山晚期以来的岩浆活动，伸展构造的控制。

2.2 区域地层

熊耳山地区出露地层可分为上中下三个构造层（图 2-1）。下构造层为新太古界太华群中深变质岩系，它构成了整个华熊地区的早前寒武纪结晶基底；中构造层为中元古界早期喷发沉积的基性到酸性火山岩系熊耳群，它是区域内结晶基底之上的第一套盖层沉积，其上又不整合或假整合地覆盖了一套官道口群滨海相沉积物；上构造层为不整合堆积于太华群、熊耳群之上的新生界洪积-冲积相与河湖相碎屑沉积物。此外，在熊耳山东侧的个别盆地中(如九店盆地)还零星产出有白垩纪火山碎屑沉积岩。

2.2.1 太华群

华北板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。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，其中熊耳地区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，其出露总面积约 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。

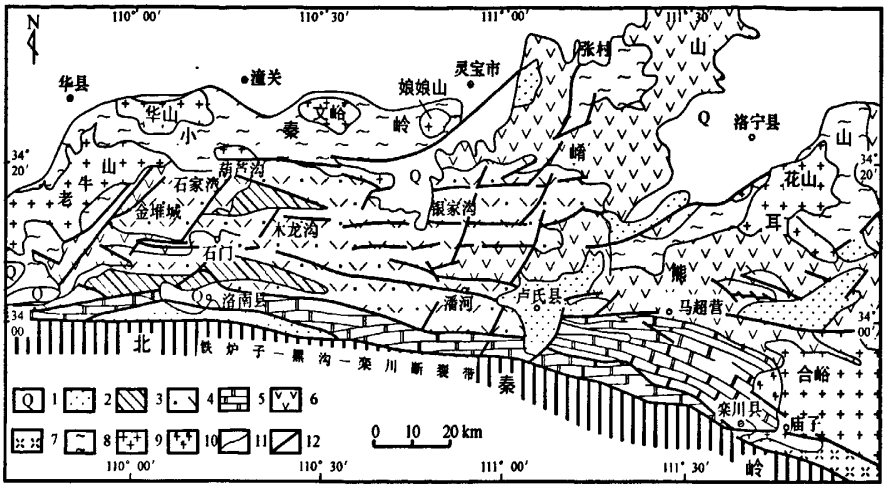


图 2-1 熊耳山地区区域地质简图（据罗铭玖等，1992）

1-第四系；2-第三系；3-寒武系；4-新元古界官道口群；5-新元古界栾川群；
6-中元古界熊耳群；7-中元古界宽坪群；8-太古界太华群；
9-燕山期花岗岩；10-碱性花岗岩；11-地质界线；12-断层

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，局部夹有大理岩、白云质大理岩、石墨片麻岩、磁铁石英岩、磁铁变粒岩小夹层和透镜体。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，熊耳山地区只出露下亚群。由于太华群各类岩石变质变形强烈，原始层理大多已无法辨认，所以通常根据地层的构造形态、岩石组合等特点将太华群划分为三组，自下而上依次为：

草沟组：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，并夹有科马提岩，厚度大于 672m。

石板沟组：主要岩性为角闪斜长片麻岩、黑云角闪斜长片麻岩、斜长角闪片麻岩，以及上述岩类的混合岩。其下部为不连续的火山集块岩、角砾岩，局部地区中上部有少量大理岩和白云质大理岩、石墨片麻岩、磁铁石英岩或磁铁变粒岩夹层，总厚度约 1668m 以上。

段沟组：主要岩性为石榴石黑云斜长片麻岩、黑云斜长片麻岩、黑云斜长变粒岩，其厚度为 694.05m。

太华群的岩石地球化学特征为：角闪岩类及少量斜长角闪岩类的原岩相当于铁镁质火山岩(少量为超铁镁质的科马提岩)。其岩石化学特征近似于拉斑玄武岩，平均含量 SiO_2 为 48.67%、Al_2O_3 为 13.05%、Fe_2O_3+FeO 为 12.73%、MgO+MnO 为 8.14%；斜长角闪片麻岩类岩石的原岩相当于安山岩，稀土元素表现为轻稀土略微富集，无明显的 Eu 异常。混合岩类岩石化学组分为 SiO_2 为 60.32%-70.85%，Al_2O_3 为 11.35-15.00%，TiO_2 为 0.3-0.34%，Fe_2O_3+FeO 为 3.27-6.18%，MnO+MgO 为 1.30-8.23%，K_2O+Na_2O 为 6.29-8.08%；微量元素以 Sr、Ba 较高，但 Rb、Cr、Co、Ni 较贫为特征。

总体来看，区域范围内的太华群下亚群的原岩以基性和中性火山岩为主，副变质岩较少；上亚群的中酸性火山岩与沉积岩夹层较多。表明太华群是在长期广泛基性-酸性的海相火山活动过程中形成的火山-沉积岩系，是兼有科马提岩、TTG 岩系特征的花岗-绿岩岩系。

2.2.2 熊耳群

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。该群火山岩系在熊耳山地区出露最为完整，主要出露于熊耳山南坡，分布面积约 2800km^2。而在小秦岭地区则主要出露于其南侧的陕东南部分。它与其下伏地层太华群或呈角度不整合，或以拆离构造等形式呈断层接触。

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。据河南区域地质志(1989)的划分方案，熊耳群自下而上划分为大古石、许山、鸡蛋坪和马家河等四个岩组：

大古石组：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、长石石英砂岩、凝灰质砂岩、粉砂岩组成。

许山组：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，此外还有少量的玄武岩。安山岩中杏仁状构造发育。该组厚度为676-3000m。

鸡蛋坪组：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。

马家河组：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。

熊耳群自喷发以来，基本上未遭受明显的区域变质作用，仅局部受到动力变质作用的改造，因此其同位素年龄基本上能够反映出其成岩年龄，其年龄值在17.80-13.20亿年之间(表2-1)。

表 2-1 熊耳群火山岩同位素年龄一览表

测试方法	锶初始比	年龄(Ma)	研究单位	采样地点
Rb-Sr		1675	河南区测队	舞阳许山组
K-Ar		1778	河南区测队	大古石组
Rb-Sr		1780±250	河南区测队	舞阳大古石组
Rb-Sr	0.712	1710±73.6	中国科学院地质研究所	舞阳银洞
Rb-Sr	0.707	1454±36	乔秀夫等(1985)	垣曲许山组、马家河组
Rb-Sr	0.707	1459±48	乔秀夫等(1985)	许山组
Rb-Sr	0.7069	1459±35	河南地质研究所张德全	马家河组
U-Pb		1320	河南地质研究所	卢氏杜关鸡蛋坪组

2.2.3 白垩系

包括下白垩统大营组陆相火山-沉积岩系和上白垩统秋扒组陆相红色碎屑沉积，仅在熊耳山东侧及南部有小范围局部发育，但却反映了一次影响本区的构造-岩浆热事件。

2.2.4 第四系

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(如有名的“离石黄土”)；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。

2.3 区域构造及其演化

熊耳山地区的地质演化因长期经受华北板块自身和秦岭褶皱系两大一级构造单元的综合影响，而具有不均衡的多旋回发展经历。自太古代以来，本区构造-热活动可以划分为嵩阳、中条、熊耳、栾川、少林、加里东、华力西、印支、燕山、喜马拉雅等10个构造旋回（图2-2）。

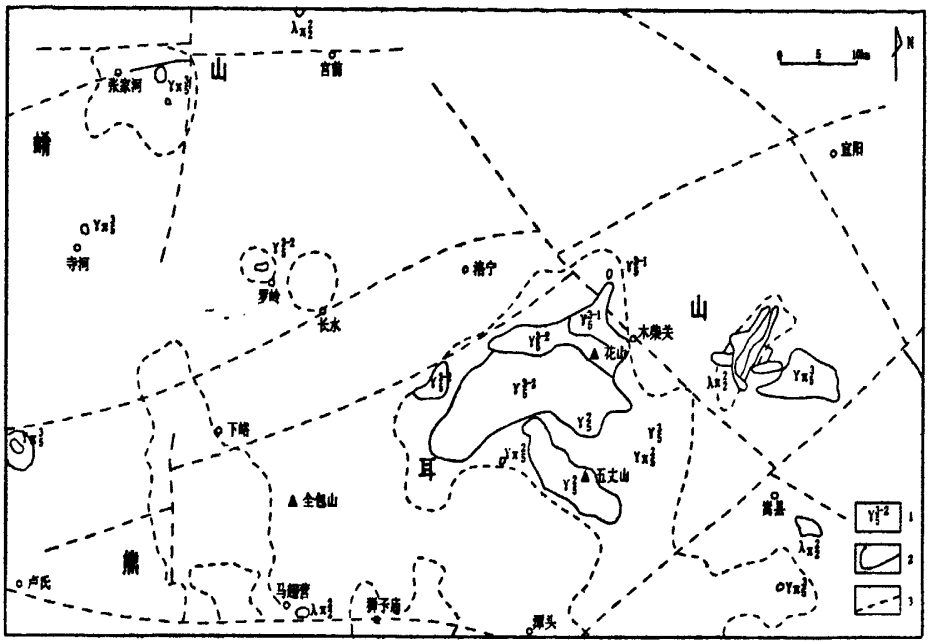


图 2-2 熊耳山地区中酸性岩体及主要构造推断略图（据王志光等，1997）

1-岩体时代及符号（γ花岗岩；γπ花岗斑岩；λπ石英斑岩；γj爆破角砾岩；

2-推断隐伏岩体边界；3-推断构造

2.3.1 嵩阳旋回

是本区最早的构造旋回，时限为新太古代，其主幕为发生于25亿年左右新太古代末的嵩阳运动。

太华群和登封群的同位素研究成果表明：新太古代早期华北板块的古陆核已经形成，已获最古老的同位素年龄为侵入于登封县君召北部登封群下亚群中的变质闪长岩，其Rb-r全岩等时线年龄为3010±310Ma(核工业北京地质研究院，1982)。其它如洛宁太华群Sm-Nd年龄为2900-3000Ma(黎世美，1988)、鲁山太华群片麻岩年龄为2841±6Ma(Kromer，et al.，1988)等，均表明华北板块南缘的古

陆核于30亿年前后已基本形成。嵩阳旋回是地壳全面活动时期，大量基性与酸性火山喷发，伴随半粘土质与细碎屑沉积构成了太华群的主体。经过太古代末期的嵩阳运动，太华群强烈褶皱，形成以东西向为主的线型褶皱和穹窿构造，并伴随有花岗岩类岩浆的侵入。岩石发生首次强烈的区域变质和不同程度的混合岩化作用，局部还出现混合花岗岩。经过这次构造运动，本区最早的陆壳已开始成型，并在邻区出现了洋壳，以及洋壳、陆壳并存与南北分异的构造格局(柴世钦，1989)。

2.3.2 中岳（中条）旋回

是早元古代的一个构造旋回，时限为2500-1900Ma，中岳运动是其褶皱活动的主幕，发生在早元古代末。太古代以后本区处于隆起状态，长期遭受剥蚀，缺失下元古界沉积物，早元古代末发生的中岳运动使太华群再次发生变形、变质和混合岩化作用。此前，22.5-23亿年在邻区发生的五台运动对本区岩石的改造(变质与混合岩化)亦有一定影响，马杏垣称其为吕梁运动第一幕，而早元古代末的中岳运动为吕梁运动第二幕。中岳运动使东邻嵩箕地区的下元古界嵩山群发生南北走向的剧烈褶皱和变质程度达绿片岩相的区域变质作用，在本区亦使太华群叠加了近南北方向的较开阔褶皱和一系列压性断裂构造，它表明当时华北板块南缘曾一度处于东西向挤压应力状态之下。中岳旋回使本区经历了三次区域性变质和混合岩化作用，板块克拉通的结晶基底已基本固结，从此进入克拉通盖层发育时期。

2.3.3 熊耳（王屋山）旋回

是中元古代早期的一个构造旋回，活动时限为1900-1400Ma，其主幕为发生于1400Ma左右的熊耳运动。中元古代开始，华北板块整体上已基本进入沉积期，但其南缘却经历了一次大规模的裂陷活动，即在18.5亿年左右形成了以熊耳山为中心的三叉型裂陷，发生了大规模的中性一中酸性岩浆活动，伴随少量基性和酸性岩浆喷溢与喷发。此次裂陷活动开始以北支最为发育的河流相大古石组砾岩等红色碎屑沉积出现为标志，以后地幔继续上隆，导致地壳进一步伸展而出现强烈火山活动，造成中心部位厚逾7000m的大面积熊耳群中基性一酸性火山岩堆积。

这套火山岩的$^{87}Sr/^{86}Sr$初始比值为0.7002-0.712(孙枢，1983；乔秀夫，1985；闫中英，1985；任富根，1989)；而当时的正常地幔值小于0.705，表明熊耳群喷发过程中可能遭受到强烈活动的古陆壳混染，致使中基性火山岩偏少，而大量安山岩类岩石发育。裂谷喷发期间，南部近东西向的古马超营断裂也同时有持续活动，表现为其北盘长期下陷，火山岩厚度巨大，而断裂南侧的熊耳群火山岩厚度则大大减薄或消失。

熊耳期的裂陷活动于14亿年前北支夭折，而西、东南支进一步向西、向南扩展，使原属华北板块一部分的宽坪群以至大别群分裂开去。

2.3.4 栾川旋回

栾川旋回是中元古代晚期的一个构造旋回，时限为1400-1000Ma。熊耳运动之后，熊耳山主体长期隆起并遭受风化剥蚀，但由于古秦岭洋板块的拉张扩展活动殃及其南侧的马超营断裂以南、黑沟-栾川断裂以北的板缘区，导致该区大幅度沉降，形成了一个板缘凹陷带，先后接受以滨海一浅海相碎屑岩一碳酸盐岩为主的官道口群和复理石式栾川群的沉积。在古熊耳山断隆北侧受三门峡-鲁山大断裂控制的凹陷带内，也堆积了与其类似的汝阳群和洛峪群沉积层。上述地层均呈角度不整合或假整合覆盖于熊耳群的不同层位之上，或直接超覆于下元古界和太古界之上。

2.3.5 晋宁－少林旋回

是新元古代的构造旋回，时限为1000-570Ma。它包括晋宁和少林两次构造运动。这两次构造运动在本区南部表现较强，使堆积于华北板块南缘的栾川群等地层褶皱造山，产生北西一南东东向的线型褶皱和断裂；岩石还普遍发生区域变质，形成了以绿片岩相为主的变质岩系。此后，沿黑沟-栾川断裂北侧又进一步发生强烈下陷，形成一条狭窄残留海槽，堆积了上元古界陶湾群粗碎屑岩一碳酸盐岩沉积层。晋宁运动后，残留海盆结束沉积，隆起成陆并遭受剥蚀。此后，华北板块南缘气候转冷，进入山岳间冰川广布的冰期，沉积了与南方南沱组冰碛岩时代相当的震旦系罗圈组冰碛层。

晋宁运动与少林运动期间，在本区及其东部与南部邻区都曾出现过一系列超

基性或基性到酸性、碱性岩浆的侵入活动。

2.3.6 加里东旋回

它是早古生代的构造旋回，时限为570-400Ma的早寒武世至志留纪末，其中包括早、中、晚三次构造运动。在本区其表现仍为持续全面上升与遭受剥蚀，仅有少量基性脉体的侵入活动，但因受秦岭褶皱带强烈构造活动的影响，在马超营断裂带附近及其以南地区发生了一定程度的构造变形及热动力变质作用。

2.3.7 华力西旋回

这是晚古生代的一次构造旋回，时限为400-230。海西运动在本区表现较弱，而发生于三叠纪的印支运动成为秦岭旋回的褶皱主幕。晚古生代以来，本区仍处于整体隆起状态，未接受任何沉积。岩浆活动在早期亦不明显。

2.3.8 印支旋回

是三叠纪末的一次构造旋回，时限为230-195Ma。进入印支期，秦岭古大洋逐渐消失，华北板块与扬子板块发生碰撞对接，并形成了统一的中国大陆。这期间由于南侧洋壳对华北板块南缘的脉动式俯冲活动，本区再度经受南北向强烈挤压褶皱运动，同时本区南部及南邻褶皱带出现了单个规模较小但为数众多的岩浆群体侵入活动，以及伴随出现南强北弱遍及全区的区域性钾质交代作用，这次碱交代活动使受改造的太华群、熊耳群有关地层中的金元素出现了一次活化-预富集活动。它们有利于尔后区域性的金矿成矿作用。

2.3.9 燕山旋回

燕山旋回发生于侏罗纪一白垩纪，时限为195-70Ma，是本区极为重要的一个构造阶段。这一阶段中国大陆由于受到西太平洋板块脉动式的强烈推挤和俯冲，使本区处在南东一北西向挤压应力场的作用下，晚期还开始叠加了印度板块向欧亚大陆碰接的交替影响。本旋回主要表现为强烈的断块运动以及以酸性侵入为主的大规模岩浆活动。在大规模岩浆活动的同时，伴随有多种内生金属矿产的形成，是区内金属矿产资源的一个重要成矿阶段。区内燕山运动可分为5个构造

幕，但各构造幕所表现的形式和强度均有明显的差异。

（1）燕山运动第一幕 来自西太平洋板块向北西方向推挤的压应力使本区东部以北西向为主体的构造系统出现扭转，全区继续保持隆升势态。开始出现酸性岩浆小规模的侵入活动。活动时间为早、中侏罗世之间。

（2）燕山运动第二幕 时限为中侏罗世末。北东一北北东向断块活动发育，全区整体仍呈隆升趋势；东部近东西向构造系统强烈向北扭转。熊耳山东侧一系列北西向构造一岩浆亚带开始成型，并伴随有较大规模的酸性岩浆侵入活动，五丈山花岗岩体就位。

（3）燕山运动第三幕 活动高峰期为晚侏罗世末与早白垩世之间。燕山运动一、二幕俯冲挤压运动后的伸展活动造成板缘区多处块断出现不同层次的拆离滑脱--特别是太华群结晶基底与熊耳群盖层以及熊耳群内部层位之间产生了一系列拆离、滑脱断裂带。在东侧的嵩县田湖、汝阳九店一带地壳活动相对更加强烈，沿切割深的断裂出现中性一酸性岩浆间歇性爆发和喷溢，形成下白垩统大营组安山岩与中性为主的火山碎屑岩堆积。

（4）燕山运动第四幕 发生在早白垩世末与晚白垩世初。活动强度明显加大，太华群结晶基底在拆离构造的背景下相对上隆，形成构造穹隆。同时，沿变质核杂岩构造的核部等处，出现大规模的花岗岩类岩浆侵入，如蒿坪岩体等及数量众多的酸性小岩株、岩瘤、岩墙群。这次酸性岩浆侵入活动特别强烈，在岩浆侵入过程中，于地质构造有利部位和部分小岩体内部及其周边，形成一系列重要的金属矿床。因此，燕山运动四幕及其以后的五幕，是本区金属矿产形成的重要时期。

（5）燕山运动第五幕 发生在晚白垩世末。酸性为主的岩浆活动继续沿变质核杂岩构造核部等部位侵入，如花山岩体、合峪岩体、太山庙岩体等。而沿变质核杂岩构造边部，则由于拆离构造作用，出现一系列断陷盆地，如嵩县盆地、潭头盆地、洛宁盆地、卢氏盆地等。

2.3.10 喜马拉雅旋回

该旋回发生于白垩纪以后的整个新生代，包括早、晚喜马拉雅两次构造运动。

（1）早喜马拉雅运动 主活动期出现在古近纪-新近纪之间。它继承了燕山

运动的基本特征，断块差异运动加剧，同时还伴有拗褶运动。在总体抬升的背景下，原来的山间断凹盆地继续发展，快速堆积了厚达数百米至千余米的洪积与河湖相红色粗碎屑岩建造。

（2）晚喜马拉雅运动 发生于新近纪末与第四纪之间。这时断块差异性活动已大大减弱，而拗褶运动则有所增强。在一些山间断凹盆地内于上新统之上不整合或假整合地沉积了数米至数十米厚的第四系；在东邻的伊川白元以及汝阳等地，沿活动性深断裂还出现了基性一超基性岩浆的上侵，形成了一些厚度不大的玄武岩沉积和少量金伯利岩。

2.4 区域岩浆岩

本区岩浆活动频繁而强烈，从晋宁期到燕山期均有岩浆活动，岩性从中酸性-超基性均有出露，但以燕山期岩浆活动最为强烈，以花岗岩最为发育，且燕山期花岗岩与成矿关系最密切。

区内出露的燕山期花岗岩类主要有花山花岗岩体和寨凹隐伏花岗岩体，该两个岩体将熊耳山分为以花山花岗岩体为中心的中部金成矿区和以寨凹隐伏花岗岩体为中心的西部银、铅、金成矿区。

除上述两个主要花岗岩体外，区内普遍见沿北东向及近东西向断裂充填的燕山期中基性岩脉，如二长斑岩，正长斑岩脉和伟晶岩脉等。

矿区北东距五丈山岩体露头边界线约11km，其顶面可能向北西侧伏，从区域地质图上可以看出，五丈山岩体南西外接触带（包括本矿区）为重要的金、银成矿带。

2.5 地球物理场

熊耳山地区是在漫长的构造作用及地质演化过程中，物性（如磁性、密度等）相同或不同的岩层发生拉张、挤压、剪切而形成，因而具有独特的地球物理场特征，根据地球物理场的分析解译，可提供更深层的地层、构造、岩浆岩等地质信息。

2.5.1 区域重力场特征

局部重力高和局部重力低异常均发育，揭示了地质体的不均匀性或其他地质体的存在（图2-3）。矿床（点）常集中分布于重力低异常的外围、由重力低向重力高过渡的梯级带上、或重力低异常舌状伸出部位的宽缓梯级带上、以及与大断裂有关的梯级带上。

据河南省地矿厅物探队(1991)资料，区内的重力低异常主要由酸性岩体的局部发育相对于太华群、熊耳群所产生的密度亏空所引起，或是对应显示中-新生代的断陷盆地。引起重力高的原因比较复杂，主要原因有：

（1）中新生代断陷盆地中的重力高可能同隐伏的侵入岩体有关，或由老地层块断引起。

（2）对应于熊耳群地层中的重力高与玄武-安山岩、安山(玢)岩等中基性火山岩的局部发育有关。

（3）太华群中的重力高一般由基性、中基性岩体引起，但亦不排除蚀变及金属矿化富集的可能性。

（4）酸性岩体分布区重力异常复杂，它可能与其内部分异作用或侵入期次有关，也有可能由捕掳体引起(王志光等，1993)。

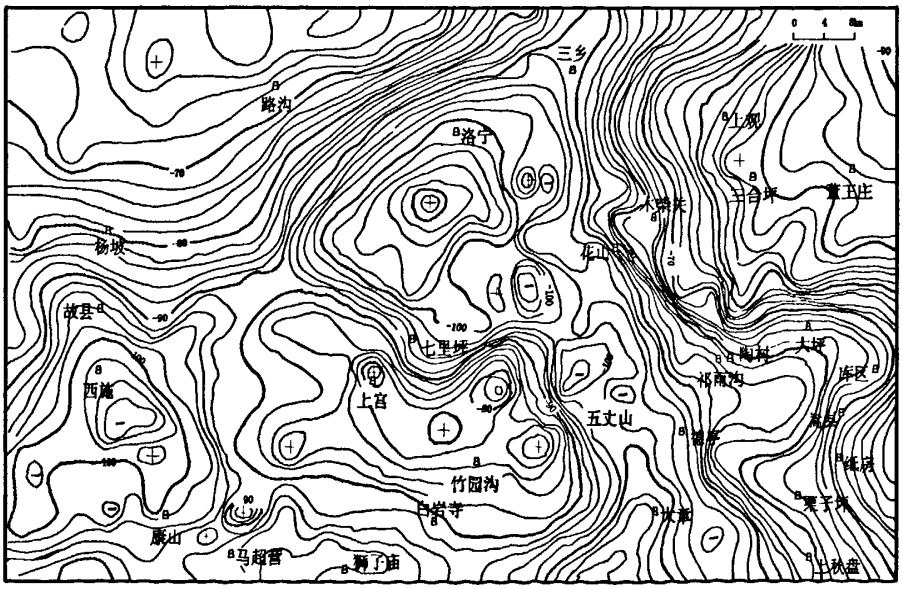


图2-3 河南省熊耳山地区布格重力异常图（单位：$10^{-5}m/s^2$）

（据任富根等，1996）

2.5.2 航磁异常特征

经对航磁的△T的异常数据处理后可知，化极后的航磁异常形态一般无大的变化，但其相对位置则向北偏移，化极异常与已知地质体有更好的对应关系：中新生代盆地表现为规则的负异常，中心明显，异常形态与盆地相一致，盆地中心与异常中心相吻合；太华群、熊耳群地层同为负背景场，但前者的局部异常小且弱，正负均有，多呈等轴状，后者局部异常强度高，梯度大、线性特征明显，异常较紧闭，仅有个别异常呈等轴状；花山岩体呈强磁异常特征，但与之相邻的五丈山岩体则显示为负异常，表明酸性岩体的磁场比较复杂。

2.6 地球化学场

2.6.1 主要地层微量元素特征

不同时代地层富集元素不同，太华群相对富集的元素有 Ag、Cu，熊耳群相对富集的元素有 M、Ba、Ti、Mn，官道口群相对富集的元素有 As、Bi、Sb、Cd，第三系富集的元素有 Be、Cu、Ni、Cr、V，第四系相对富集 B、Ba；地层从老到新元素 B、Zn、As 含量升高，Cu、Ag 含量降低。

2.6.2 主要成矿元素地球化学场特征

金：区域背景值为 0.00062×10^{-6}，与地壳丰度 0.0043×10^{-6} 相比金在本区明显贫化，但金的异常很强，在区域上形成了申家窑、蒿坪沟、上宫、牛头沟、祁雨沟等高浓度带，异常强度高达 $0.05\text{-}0.16\times10^{-6}$，表明了强烈的富集特征（图 2-4）。金异常的分布及强度有明显的规律性，东部以北西向为主，分布在花山岩体外侧的构造薄弱部位，西部以北东向为主，分布在隐伏岩体或高温元素组合的外围，形成了以花山岩体为中心的中空环状构造以及与隐伏岩体分布相似的星点状分布。在熊耳山地区其强度以东高西低、规模东大西小的趋势展布在太华群、熊耳群地层中，在东部表现为高背景强富集场，而在西部则表现为低背景局部富集场的特征。

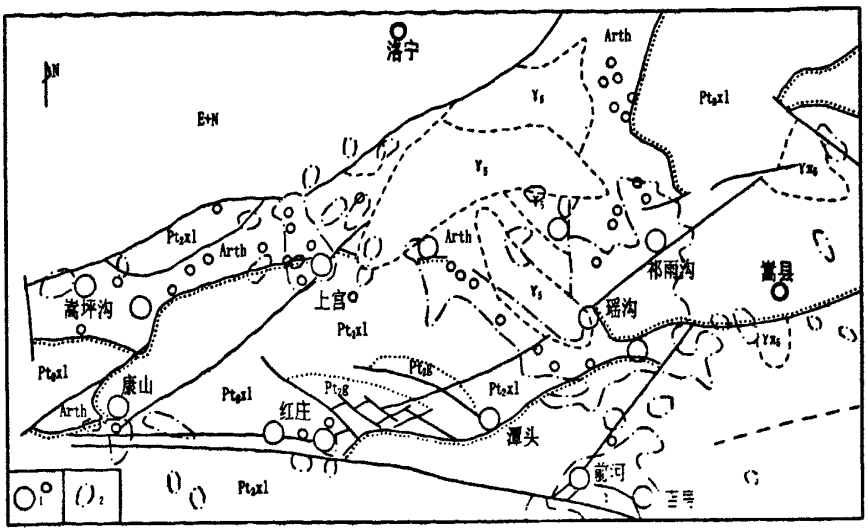


图 2-4 熊耳山地区金矿床（点）与金化探异常分布图（据王富贵，1991）

Arth 太华群；Pt_2xl 熊耳群；Pt_2g 官道口群；γ_5 燕山期花岗

银：区域背景 0.041×10^{-6} 与地壳丰度值 0.07×10^{-6} 相比也表现为贫化，银在该区同样显示了高度的富集作用，在区域上形成了蒿坪沟、铁炉坪、康山、白土、上宫、申家窑等高浓度富集区。在熊耳山地区表现为二条近似东西向的异常带，北部的分布在西施、铁炉坪、上宫一带，异常强度高，与本区的金银矿床点吻合，南部与马超营断裂吻合。

铅：区域背景为 18.35×10^{-6}，与地壳丰度 16×10^{-6} 相比略富，但铅在不同地区其富集程度不一，在区域上形成了蒿坪沟、铁炉坪、康山、白土、祁雨沟、雷门沟、申家窑等高浓度富集区，表现为东西相对富集分别为金、银的伴生元素。从宏观上看，铅在本区为东西向带状分布，在崤山地区与银的地球化学相似，在熊耳山地区与银的分布也吻合一致，仅在东部出现了高强的异常富集区与金钼矿床伴生。微观上东部异常为北西向浓集中心与金矿床（点）吻合，西部异常为北东向浓集中心与银矿床（点）吻合，在本区第三系、第四系地层中，形成大片的低缓浓度带，无浓集中心，可能铅的地球化学性质有关。本区铅的地球化学场除受岩浆活动、构造作用控制外，表生富集对铅的地球化学场也有很大的影响。

锌：区域背影值为 79.23×10^{-6}，接近于地壳（83×10^{-6}），但在不同地质体中差异明显，锌的高背景明显与熊耳群地层有关，以 100×10^{-6} 为界圈等值线与熊耳群地层界线基本一致，在太华群中仅在蒿坪沟、申家窑、祁雨沟等矿床（点）处出现局部富集，第三系、第四系均无锌的浓度带出现，此特征表明了锌除受地层控

制，还与成矿有一定的关系，反映了锌在表生作用过程中锌趋向分散，是极活泼的元素，在地表呈不易沉淀富集的地球化学性质。

铜：背景值为 13.35×10^{-6}，与地壳丰度 47×10^{-6} 相比表现为强度贫化，其地球化学场的浓集梯度变化不大，仅在西施、祁雨沟、雷门沟、康山、白土等地有所富集，太华群中有铜的低浓度带几乎无浓集中心，在熊耳山地区以 30×10^{-6} 为界可圈出太华群的地层界线，崤山地区则有零星的低浓度区，其形态东部为北西向，西部为北东向展布，形成上述场的原因与地层、构造等不同地球化学环境及元素本身的地化特征有关。

钼：区域平均值为 1.32×10^{-6}，略高于地壳丰度 1.1×10^{-6}，以中酸性岩浆（1.7×10^{-6}）和熊耳群地层（1.68×10^{-6}）中最为富集，除崤山局部有钼的低缓浓度带出现外，在熊耳山地区形成了雷门沟—祁雨沟—黄水庵—龙王庙、寨凹二大富集区，东部以雷门沟为中心，异常面积、强度明显大于西部，西部以寨凹为中心，其强度和变化梯度远远不如东部，钼的地球化学场明显受岩浆侵入活动的影响，与钼成矿关系密切，其形态受北西、北东向次级断裂构造控制。

2.7 区域矿产

区域内已发现矿产有金、银、铜、铅、钼、铁、铀、汞、萤石等，最具工业价值者主要是金、银、钼等。

2.7.1 金矿

已发现金矿床(点)30 余处，主要为爆破角砾岩型和构造蚀变岩型。

爆破角砾岩型金矿床：该类型金矿床主要集中分布于熊耳山南东麓的嵩县地区，在成因上与燕山期重熔岩浆活动有关，它是浅成或超浅成酸性小岩体，在上侵活动中造成的隐蔽爆发作用形成的。该类型矿床规模以中、大型为主，典型矿床有祁雨沟金矿、店房金矿。

构造蚀变岩型金矿：该类型矿床分布广泛，尤其是近几年来找矿进展较大，展示了良好的找矿前景，该类型金矿储量远景可观。主要矿床有公峪金矿、前河金矿、上宫金矿等。

2.7.2 银矿

已知银矿床集中出现在熊耳山西段的洛宁县西南部和栾川县西北部地区，矿床类型为构造蚀变岩型、石英脉型和爆破角砾岩型。

构造蚀变岩型银矿：矿床主要赋存在太华群变质岩系中，在熊耳群安山岩中也有出现，如铁炉坪银矿、潭玉沟银矿。

石英脉型银矿：主要石英脉金矿中伴生银矿，矿床规模多为小型，如文峪东闯。

爆破角砾岩型银矿：主要爆破角砾岩型金矿中伴生银矿，矿床规模多为小型。

2.7.3 钼矿

钼矿：主要见于东沟、螃蟹沟、龙潭沟—杨河沟等地，与雷门沟花岗(斑)岩体及其附近的隐爆角砾岩体有关，已探明雷门沟钼矿床为一大型钼矿。

第三章 矿床地质特征

3.1 矿区地层

区内出露地层简单（图 3-1），主要为中元古界熊耳群许山组，鸡蛋坪组和马家河组及第四系。地层产状沿北西－南东向延伸，倾向南西，倾角 30～75°不等。

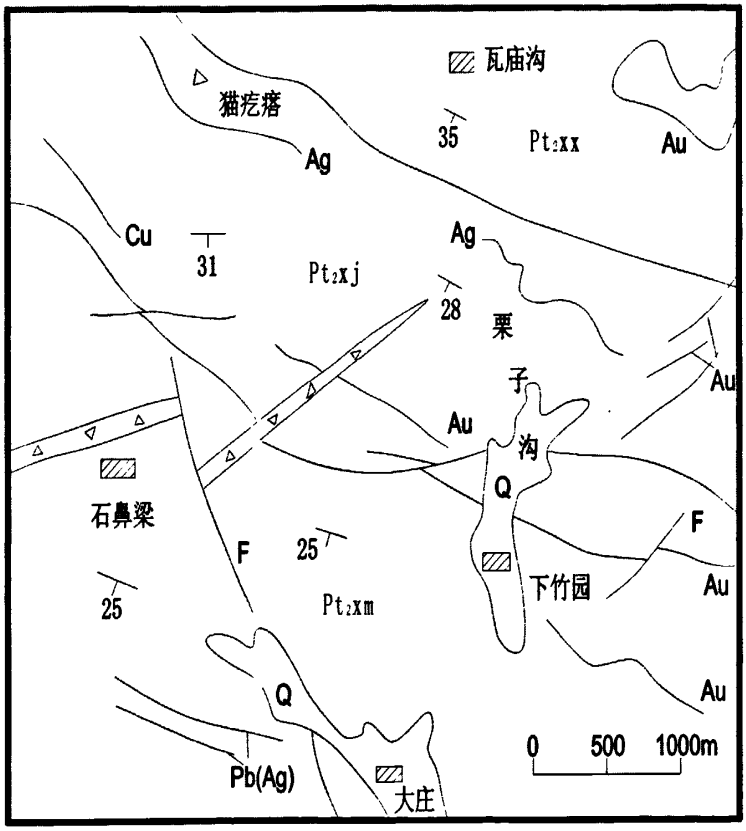


图 3-1 栗子沟金矿区地质简图

Q-第四系；Pt_2xm-熊耳群马家河组；Pt_2xj-熊耳群鸡蛋坪组；Pt_2xx-熊耳群许山组；F-断层；Au-金矿脉；Ag-银矿脉；Pb（Ag）-铅（银）矿脉

1、熊耳群许山组（Pt_2xx）：出露矿区北部，是 F_{17} 含金矿体的主要赋矿围岩，岩性主要为玄武安山岩、玄武岩、安山玢岩等中性岩类，区内出露厚度大于 1000m 与下覆鸡蛋坪组呈整合接触。

2、熊耳群鸡蛋坪组（Pt_2xj）：出露矿区中部，是矿区内主要的赋矿地层，构成了矿区地层岩体，区内出露厚度大于 1000m。按照岩性可将该组地层分为三段，

上段为流纹质英安岩，中段为安山岩，夹玄武安山岩，下段为玄武安山岩夹玄武岩等。

3、熊耳群马家河组（Pt_2xm）：该组地层出露矿区南部，是矿区的重要赋矿地层之一，区内出露厚度在1000m以上，与上覆鸡蛋坪组呈整合接触。

按照岩性不同，可将该组地层分为三段：上段为玄武安山岩，中段为一层厚约10m的紫红色凝灰岩，下段为玄武安山岩。本组中段的紫红色凝灰岩在本区出露好，岩性稳定，厚度变化小，颜色鲜艳野外容易识别,可作为本区的标志层。

4、第四系（Q）

分布于本区的山沟、小溪及低洼地区，主要为坡积物、残积物及洪积物等。各地厚度不一，一般在0～5m左右。

3.2 地层岩石学特征

本区主要出露一套熊耳群的火山熔岩，岩性以中基性岩为主，主要有橄榄玄武岩，玄武岩，安山岩、安山玢岩、英安岩及火山凝灰岩。

1、橄榄玄武岩（照片3-1）

深灰－灰黑色，斑状结构，基质为拉斑玄武结构，气孔杏仁构造。斑晶为橄榄石，普通辉石及斜长石，基质为斜长石，普通辉石和磁铁矿及玻璃质。气孔较多，圆度大小不一，气孔中充填物主要为石英、方解石、绿帘石、绿泥石等。



照片3-1　　橄榄玄武岩（+）

橄榄石仅在斑晶中出现，在裂理发育处常见蛇纹石，含量为5%±。

斜长石在斑晶及基质中均可出现，斑晶斜长石为半自形板状，粒径0.3×0.5mm±，基质斜长石为长条状，粒径约0.05×0.2mm±，含量50%左右。

普通辉石在斑晶及基质中均可出现，斑晶普通辉石为短柱状粒径0.2×0.4mm±,基质为不规则粒状，含量35%左右。

磁铁矿呈粒状，主要出现在由斜长石和普通辉石组成的三角形孔隙中，含量约5%左右。

玻璃质不规则状，主要出现在由斜长石和普通辉石组成的三角形孔隙中，含量5%左右。

2、玄武岩（照片3-2）

深灰色，斑状结构，基质为拉斑玄武结构，气孔杏仁构造，斑晶为斜长石、普通辉石、有时含角闪石。基质主要为斜长石、普通辉石、磁铁矿、玻璃质等，气孔大小圆度不一，常充填石英、绿泥石、绿帘石。

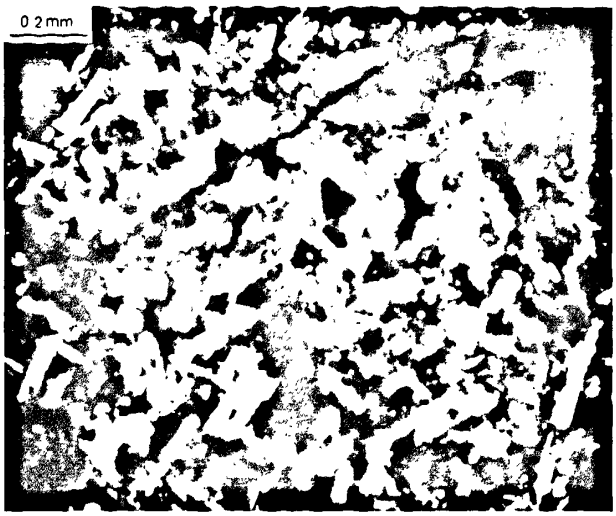
斜长石斑晶和基质均有出现，斑晶斜长石为半自形板状，粒径约0.5×1.2mm±，常为聚片双晶，基质斜长石呈长条状，粒径 0.05×0.2mm±，含量55%±。

普通辉石斑晶及基质中均有出现,斑晶普通辉石呈短柱状,粒径0.3×0.5mm±,基质中的普通辉石常呈粒状在长条状斜长石构成的三角孔隙中，含量35%±。

磁铁矿呈半自形－自形等轴粒状，粒径 0.1×0.2mm±，主要出现在基质中，常在长条状斜长石组成的三角孔隙中，含量10%±。

玻璃质不规则状,主要出现在基质中,常在长条状斜长石组成的三角孔隙中，含量5%±。

此外，区内常见无斑玄武岩及隐晶质玄武岩。



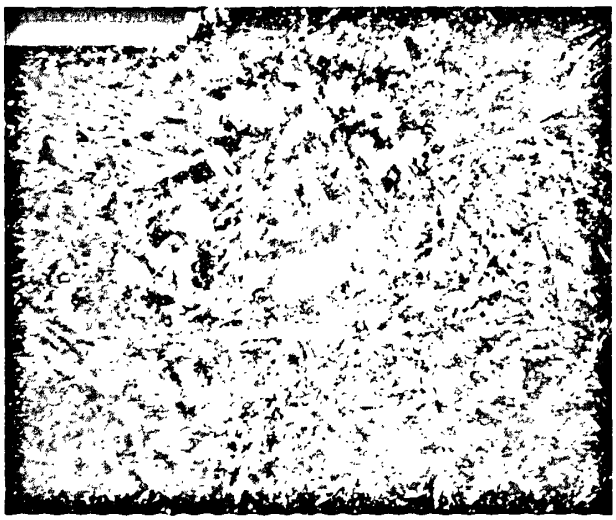
照片 3-2　　玄武岩（+）

3、安山玄武岩（照片 3-3）

浅灰－灰黑色，斑状结构，气孔杏仁构造，主要矿物成分为斜长石、普通辉石、角闪石、磁铁矿及玻璃质等。气孔杏仁大小圆度不等，其中主要充填石英、绿泥石、绿帘石、方解石等。

斜长石在斑晶及基质中均有出现，斑晶中斜长石为半自形板状，粒径约 0.3×0.6mm±，常见聚片双晶，基质斜长石呈长条状微晶，粒径 0.05×0.2mm±，含量 55%±。

普通辉石斑晶及基质中均有出现，斑晶普通辉石呈半自形短柱状，粒径 0.3×0.5mm±,基质中的普通辉石呈粒状，粒径 0.1×0.2mm±,含量 35%±。



照片 3-3　　安山玄武岩（+）

角闪石主要出现在斑晶中，呈半自形粒状粒径约 0.2×0.5mm±, 含量 10%±。

磁铁矿呈半自形粒状，主要出现在基质中，常充填在长条状斜长石组成的三角孔隙中。

玻璃质不规则状，主要出现在基质中，常与磁铁矿一起充填在长条状斜长石组成的三角孔隙中。

4、玄武安山岩（照片 3-4）

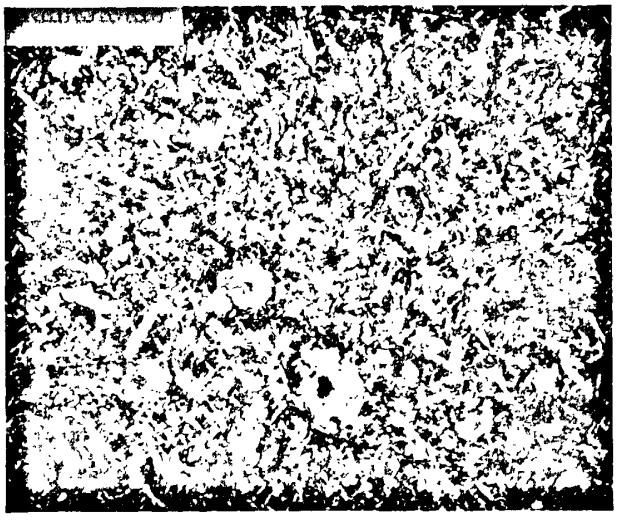
为区内分布较广的火山岩，几乎遍布全区的每一个岩性段中，为区内主要的矿化围岩之一。玄武安山岩为黄褐色－灰褐色，斑状结构，基质为玻晶交织结构，（安山结构），气孔杏仁构造。斑晶为斜长石、角闪石，有时含极少量辉石；基质为微晶斜长石及玻璃质；气孔大小圆度不一，一般为 2×3mm，个别达 1cm，杏仁体成分主要为石英、方解石，其次为绿泥石、绿帘石等。

斜长石在斑晶及基质中均有出现，斑晶中斜长石为半自形板状，粒径约 0.3×0.6mm±，常见聚片双晶，基质斜长石呈长条状微晶，粒径 0.05×0.2mm±，常为不规则状分布于基质中，含量 55%±。

角闪石主要出现在斑晶中，呈半自形长柱状，粒径约 0.2×0.5mm±, 含量 10%±。

普通辉石主要在斑晶出现，普通辉石呈半自形短柱状，粒径 0.2×0.3mm±,含量 10%±。

玻璃质单偏光镜下无色透明，正交镜下全黑，主要出现在基质中，无向散布在微晶斜长石中，含量 20%±。



照片 3-4　玄武安山岩（十）

5、安山岩（照片 3-5）

为区内分布最广的火山岩，遍布全区的每一个岩性段，为区内最主要的矿化围岩。

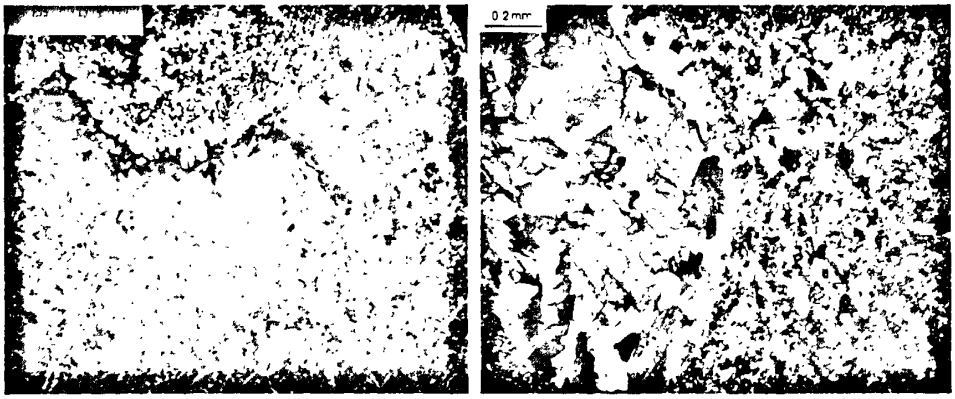
安山岩为灰褐色－紫褐色，斑状结构，气孔杏仁构造，基质为玻晶交织结构（安山结构）。斑晶为斜长石、角闪石，有时含少量黑云母；基质为微晶斜长石及玻璃质及少量石英；气孔大小圆度不一，一般为 3×5mm，大者达 1cm 以上，杏仁体成分主要为石英、方解石，其次为绿泥石、绿帘石等。

斜长石在斑晶及基质中均有出现，斑晶中斜长石为半自形板状，粒径约 0.3×0.5mm±，常见聚片双晶，基质斜长石呈长条状微晶，粒径 0.05×0.2mm±，不规则分布在基质中，含量 55%±。

角闪石呈半自形长柱状，粒径约 0.2×0.5mm±, 主要出现在斑晶中， 含量 25%±。

玻璃质主要出现在基质中，杂乱无章的分布在微晶斜长石中，含量 18%±。

黑云母半自形鳞片状，粒径 0.2×0.4mm±，含量极少，仅 2%±。



照片 3-5 安山岩（十）

6、安山玢岩（照片 3-6）

紫红－灰紫色，斑状结构，基质为玻晶交织结构（安山结构），气孔杏仁构造。斑晶主要为斜长石有时含少量石英，基质为斜长石石英及玻璃质。

斜长石在斑晶及基质中均有出现，斑晶中斜长石为半自形板状，常见聚片双晶、卡纳双晶及环带构造，部分已蚀变为绢云母，根据最大消光角法测定 Au=40，即中长石，斑晶斜长石粒径较大，个别达 3×4mm±，一般在 1×2mm±。基质斜长石呈长条状微晶，不规则状分布在基质中，含量 60%±。

石英为它形粒状，在斑晶及基质中均有分布，斑晶石英粒径 0.2×0.4mm±,基质中石英粒径 0.05×0.08mm±,含量 15%±。

正长石为半自形板状，主要出现在斑晶中，常见卡斯巴双晶，含量 3%±。

玻璃质主要出现在基质中，杂乱无章的分布在长条状微晶斜长石中，部分已重结晶为石英、绢云母，含量 22%±。



照片 3-6 安山玢岩（+）

7、英安斑岩（照片 3-7）

紫红色，斑状结构，块状构造，斑晶主要为斜长石、钾长石，基质为隐晶质，部分已重结晶为石英，长石及绢云母集合体。



照片 3-7 英安斑岩（+）

钾长石半自形板状，主要出现在斑晶中，粒径最大可达 1cm 以上，一般 0.8×1.2mm±，部分已蚀变为高岭土，含量为 2%±。

斜长石在斑晶及基质中均有出现，斑晶中斜长石为半自形板状，粒径约 0.6×1mm±，常见聚片双晶，部分已蚀变为绢云母，基质斜长石为重结晶产物。

石英它形粒状，斑晶中极少见到，主要出现在基质中，系基质重结晶产物。

8、凝灰岩（照片 3-8）

凝灰岩仅出露在本区熊耳群马家河组中段，由于其岩性稳定，出露厚度变化小，野外易识别等特点，可作为本区野外工作的标志层。

岩性为紫红色－浅红色，火山凝灰结构，块状构造，主要成分为火山灰及石英、长石晶屑及极少量岩屑，基特征为下：火山灰部分已重结晶成石英、长石、绢云母的集合体，含量 80%±。

石英晶屑为不规则粒状，粒径 0.05×0.1mm±，含量 15%±。

长石晶屑主要为斜长石晶屑，为不规则板状，岩石部分已蚀变为绢云母，粒径 0.02×0.06mm±，含量 3%±。

岩屑主要为脉石英等，形状不规则，粒径在 1cm±，含量 2%±。



照片 3-8 凝灰岩（十）

3.3 矿区构造

3.3.1 褶皱

矿区内褶皱构造不发育，为一单斜地层，岩层总体走向北西，倾向南西，倾

角较陡，一般 30°～75°。

3.3.2 断裂

矿区内断裂构造较发育，断裂构造控制了区内金银矿化。

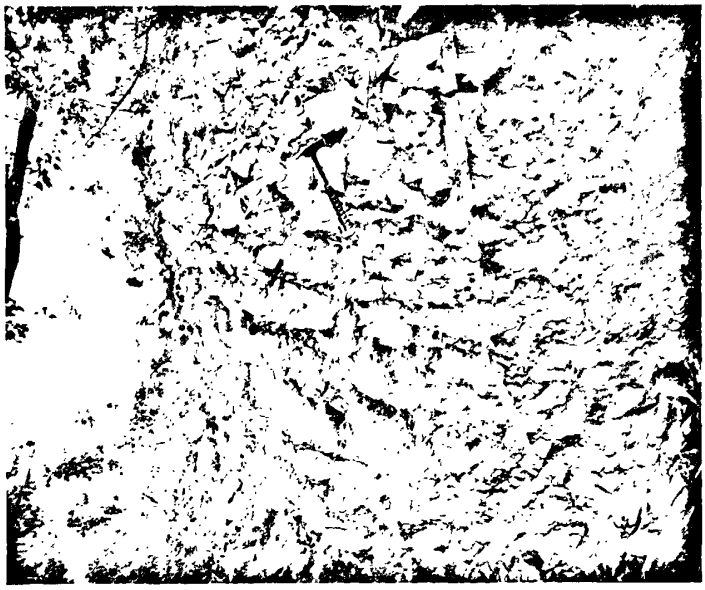
区内断裂构造按其走向主要可分为为北东向、北西向、东西向与南北向，其中北东向和北西向两组断裂是区内最重要的含矿断裂。

1、北东向断裂

该组断裂在矿区内非常发育，是区内控矿断裂之一，包括石鼻梁断层（F_{40}）、F_{17}、F_{54}、F_6、F_8、F_{11}、F_{12}、F_{14}、F_{26}及F_1和F_{48}，其中F_1与F_{48}为本区主要含矿断层。

1)石鼻梁断层（F_{40}）（照片 3-9）

该断层出露于矿区南西石鼻梁村一带，是区内主要断层之一。断层走向 40°～60°，倾向北西，倾角 55°～70°，断层沿走向延长约 10km 以上，区内出露长度 5.4km，向南西延伸出图幅外，向北东至东沟村西约 200m 尖灭。



照片 3-9 石鼻梁断裂

断层内角砾发育，角砾成分复杂，主要有安山岩、凝灰岩、玄武安山岩角砾，角砾棱角明显，且略呈定向排列，胶结紧密，胶结物为硅质。

断层最宽处达 80m 左右，该断层在石鼻梁村附近被F_{42}断层错开，水平断距

约 150m，使南西盘向北西相对位移，北东盘相对向南东位移。

该断层基本未见矿化，属成矿前断层，该断层具多期活动特征，早期性质为正断层，晚期挤压应力明显。

2)F_1 断层

该断层出露矿区中东部，其北东延出图幅外，图幅内出露长度约 700 米，断层倾向为 305°－320°，倾角 55°－60°。

断层内角砾发育，角砾成分复杂，主要有安山岩角砾，玄武岩角砾及石英团块，角砾棱角明显，大小悬殊，大的角砾在 2cm 以上，小的仅几毫米，角砾略呈定向排列，胶结紧密，胶结物为硅质。

该断层为区内重要的控矿断层之一，金属矿化主要有金矿化、黄铁矿化及褐铁矿化。

断层带内硅化发育，主要表现为石英呈团块或细脉网脉穿插，交代断层中的角砾岩。

3)F_{48} 断层

该断层位于矿区南东部，下竹园沟东 800m 左右的乱木沟地区，出露控制长度 500m 左右，断层走向 NE45°，倾向 NE，倾角陡，一般在 70°以上。

断层内角砾发育，岩石破碎，角砾成分复杂，主要成分为安山岩角砾，玄武岩角砾及石英团块，角砾棱角明显，大小悬殊，大者在 10cm 以上，一般在 2～3cm 左右，小的仅为几毫米，胶结紧密，胶结物为硅质。

该断层为本区主要的控矿断层之一，金属矿化主要有金矿化、银矿化。

断层带内硅化发育，主要表现为石英呈团块或细脉、网脉穿插、交代断层内的破碎蚀变岩。

F_{48} 断层与区内最主要的含矿断层 F_{23} 相交，据野外特征，其形成应晚于 F_{23} 断层。

2、北西向断裂

该组断裂在本区非常发育，是矿区内最主要控矿构造之一，本矿区内最主要的含矿断层 F_{23}、F_{34} 则为北西断层，该组断裂包括司家庄断层（F_{42}）及 F_{23}、F_{34}、F_{25}、F_{29}、F_{54}、F_{60}、F_{61} 等断层。

1）司家庄断层（F_{42}）

断层走向 320°～340°，倾向北东，倾角 45～50 度，断层沿走向出露长度 5km 以上，区内出露长 2300m 左右，向南东延出图幅外，断层北西消失在鸡蛋坪组与马家河组的接触带上。

断层带内挤压透镜体，断层泥均较发育，具明显的挤压破碎特征。该断层前人认为属于正断层，经过我们的野外工作，认为该断层为多期活动的断层，早期为正断层，晚期转化为逆断层。

司家庄断层与石鼻梁断层应属本区的一组共轭断裂。

2）F_{23}、F_{34} 断层（照片 3-10）

该断层前人根据中部被错开，分为两条不同的断层，根据该断层的产状、断层特征、控矿特征、断层性质，该两条断层实属于一条断层，只可能被错成两段而已，为了保持与前人工作的一致，暂按前人的认识分为两条断层。



照片 3-10 F_{23} 断层

该断层出露矿区的中南部，断层走向北西 300°～325°，倾向南西，倾角变化较大，大部分地段为 50°～60°±，在矿区出露长度约 4500m，其北西端消失在蚰蜒沟，南东端延出图幅外。

断层带内岩石破碎，角砾成分复杂，角砾成分依其围岩不同而有变化，主要为玄武岩、安山岩角砾，其次为石英团块及脉石英，角砾棱角明显，位移不大，局部尚可拼接在一起，膨胀收缩，尖灭再现现象普遍，断层最宽处 10 多米，最

窄处不到1米。

该断层为本区最主要的控矿构造，绝大多数工业矿体均赋存在该断层内，金属矿化主要有金矿化、黄铁矿化、褐铁矿化及方铅矿化和黄铜矿化。

该断层为一长期活动断裂，早期为正断层，伴随发生金矿化，晚期断层以挤压性质为主。

3）F_{17}断层

该断层出露于矿区北东部，断层走向NNW290°～320°，倾向北北东，倾角较缓，一般均在30°±，区内出露长度500m±，其南东端延出图幅外。

断层带内岩石均是碎裂状，顶底板清楚，挤压特征明显，断层无论是在走向上还是在倾向上均见其膨胀收缩、尖灭再现的特征。

断层内石英网脉、细脉发育，硅化普遍，矿化主要为黄铁矿化、褐铁矿化、金矿化及银矿化。

该断层性质属逆断层。

4）F_{61}断层

该断层出露于矿区中东部，位于东沟北东约2km山坡上，断层走向NW310°±，倾向南西，倾角较缓一般为10°±，断层沿走向出露400m±，沿倾向出露500m以上。按照目前的认识，其倾向延深远大于走向长度。

断层带内岩石破碎，岩石受挤压的特征明显，无论在走向上还是在倾向均是尖灭再现，膨胀收缩，加上地表地形切割较强烈，因此，断层平面形态显得非常复杂，断层性质应为逆断层。

本断层是区内重要的控矿断裂，为本区重要的银矿化断层。

由于地形复杂，地势险峻，断层沿走向尚未完全控制，推测该断层沿走向将延伸更长。

5）F_{54}～F_{59}断层

该断层位于区内北西部猫疙瘩山峰南400m±，断层走向290°～300°，倾向南西，倾角较缓，一般在30°～35°之间，断层沿走向出露长度500m以上，沿倾向出露200m±。

断层带内，岩石呈碎裂状，无论在走向上还是倾向上均呈舒缓波状，膨胀收缩，尖灭再现现象明显。

本断层与F_{61}断层为区内重要的控制银矿化的断层，依照目前的认识，本区的银、铅、锌矿化均受这两条断层的控制。

由于地形复杂，地势险峻，该断层沿走向尚未完全控制，其延伸更长。

该断层性质属于逆断层。

3、近南北向断裂

区内南北向组断裂远不及北东向组及北西向组发育，目前仅发现F_{27}、F_{43}等断层，其规模小，控矿特征不明显。

4、近东西向断裂

区内近东西向组断裂与近南北向组断裂相同，规模小，控矿特征不明显，目前仅发现F_{36}、F_{67}、F_{45}、F_{46}等。

3.4 岩浆岩

矿区内未见花岗岩出露，也未见其它较大的岩体，仅出露有两条华力西期的正长岩脉。

区域内最主要的矿化母岩即花山花岗岩体距工作区仅 2km 左右，另据前人物探资料，花山岩体深部可能南延至矿区深部，说明矿区内深部可能存在隐伏岩体。

岩浆活动为本区矿床的形成提供了主要的热液和部分成矿物质。

3.5 含矿构造带

矿区内金矿化严格受控于构造破碎带，这些破碎带主要由蚀变构造角砾岩组成，水平宽度从不足 0.5 m 至 2 m，最宽可达 15m。角砾岩呈深灰色、灰绿色，氧化程度高者呈褐红色。角砾轮廓清晰，呈尖棱状、次棱角状，少量呈圆状。岩石碎屑成分与断裂通过的围岩岩类有关，一般为安山岩。角砾粒径多在 1-5 cm，个别达 10－30 cm，偶见有 80 cm 者。胶结物几乎遭受不同程度的热液蚀变，致使角砾胶结坚固，有细脉浸染状黄铁矿化，局部出现石英团块、石英脉、黄铁矿脉和方解石脉。矿区内含矿构造带大致以北西(顺层产出)、北东向（切层产出）展布。

北西向构造带产状 205－250°∠40－60°，宽 0.2－1.2m，长 200－2200m，沿

走向和倾向均呈舒缓波状。破碎带内构造岩类型有蚀变碎裂岩、石英脉等，矿化蚀变主要有硅化、绿泥石化、绢云母化、碳酸盐化、黄铁矿化、褐铁矿化、方铅矿化、黄铜矿化等，金矿化主要与黄铁矿化、硅化有关。该矿床类型与矿区邻区（西区）青岗坪矿床的不同之处有二：一是青岗坪金矿床产于拆离断层下盘或拆离断层内，栗子沟金矿床则产于熊耳群盖层中；二是产状陡缓存在差别，青岗坪金矿产状平缓，倾角 10－35°，栗子沟金矿中等－陡倾，倾角 40－60°(图 3-2)。

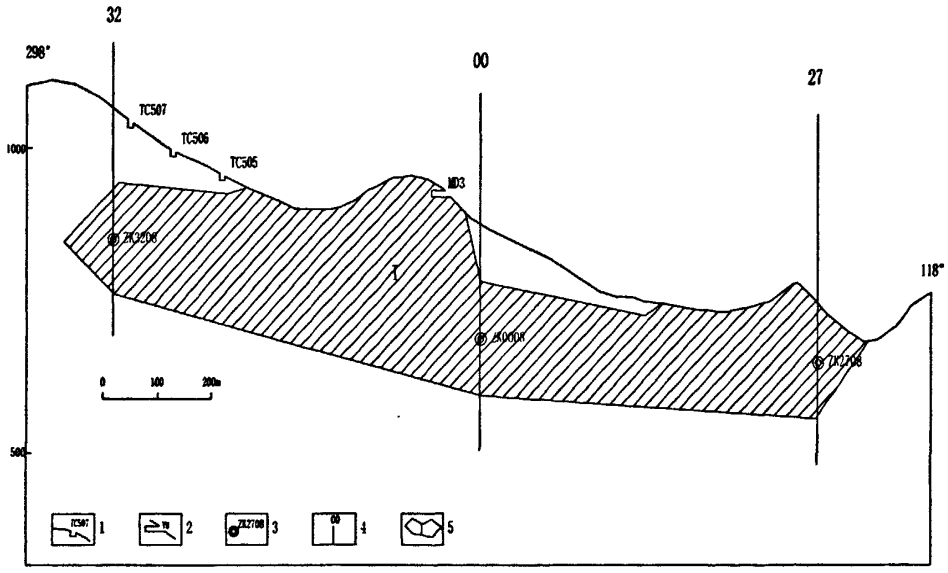


图 3-2 栗子沟金矿区 F23 含金构造蚀变带垂直纵投影图

1-探槽及编号；2-坑道及编号； 3-钻孔及编号；

4-横勘探位置及编号；5-金矿体及编号

北东向构造带产状 130－165°∠40－70°。区内含矿构造带规模大小不一，控制长度在数百米以上，宽 0.4－15 米，断裂带内蚀变碎裂岩发育，金属矿化以黄铁矿化、褐铁矿化为主，其次方铅矿化、黄铜矿化，蚀变为硅化、绿泥石化、钾化、绢云母化。该矿床类型与公峪矿区相比有三点不同：一是产出环境不同，公峪金矿产于拆离断层的下盘，围岩为太古宇太华群，栗子沟金矿则产于熊耳群盖层中；二是产状存在着差异，公峪金矿区矿脉产状较陡，倾角 55—87°，栗子沟金矿区矿脉产状中等—陡倾，倾角 40－70°；三是矿脉规模存在很大的差别，公峪矿区宽一般大于 1m，最宽处达 5m，厚度变化较小，变化系数多在 27%－39%

之间，个别达 50%，栗子沟矿区矿脉宽 0.4－15m，厚度变化较大，变化系数 56－296%（图 3-3）。

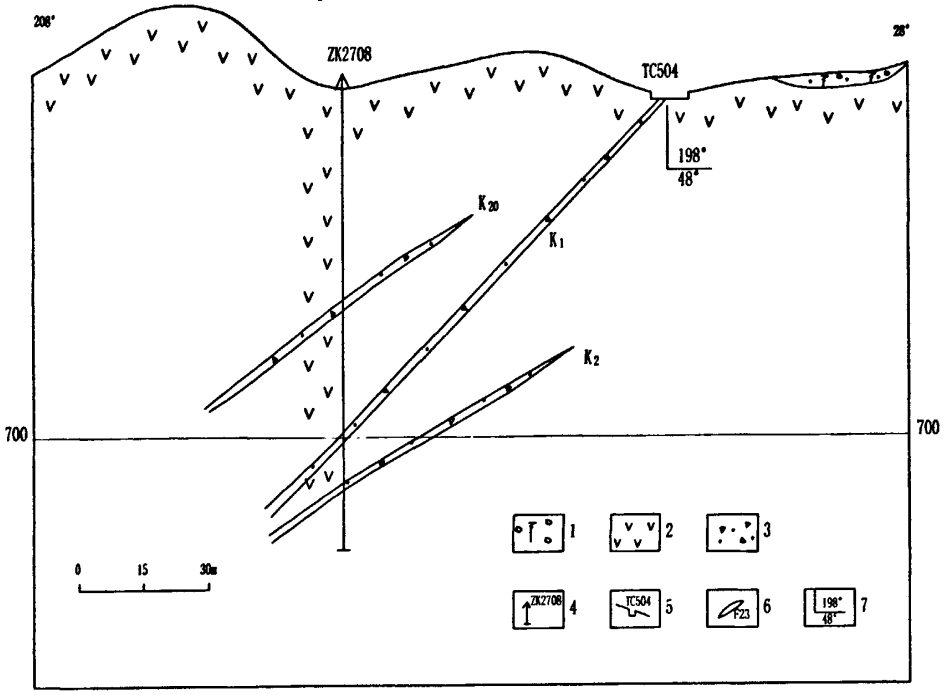


图 3-3 栗子沟金矿区第 27 横勘探线剖面图

1-第四系；2-安山岩；3-构造角砾岩；4-钻孔及编号；

5-探槽及编号；6-含金构造蚀变带及编号；7-产状

3.6 矿体赋存规律

矿体受蚀变破碎带控制，赋存于蚀变构造岩之中。工业矿体常定位于破碎带产状有明显变化处。

矿体边界清楚，可按硅化、黄铁矿化、黄铁绢英岩化等蚀变强弱以肉眼初步界定，但因金品位变化较大，工业矿体的严格边界需用化学样品分析结果划定。

矿体形态大都呈薄板状，在平面上有膨胀狭缩。矿体厚度变化较小，变化系数多在 56 %－296 %之间，属不稳定和较稳定程度。单个矿体金品位变化系数在 68%-150%之间，属较均匀和不均匀程度，个别(F34-Ⅰ)达 215%，属很不均匀程度。按现有勘查工程控制情况，富矿体多出现在地表以下 60－90 m 或更深的位置。

最大矿体(F23－I)长度 1460 m，垂深 350 m，平均水平厚度 1.03 m，金金

属量达 2401 kg。矿体赋存绝对标高最大 998 m，最小为 590 m，高差近 400 m。但矿体深部没有更多的工程控制，实际下延深度有待进一步勘查。

3.6 围岩蚀变

围岩蚀变主要有硅化、黄铁矿化、钾长石化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、高岭石化、绿帘石化等，前四种蚀变与金矿化关系最为密切；常有多种蚀变叠加且形成金矿围岩的特征蚀变，如黄铁绢英岩化。围岩蚀变强烈地段，蚀变水平分带明显，由矿脉中心向两侧近于对称分布，各蚀变带之间无明显界线，呈渐变过渡关系；蚀变带中心主要是硅化、黄铁矿化，向两侧过渡为钾化、绢云母化、绿泥石化等。围岩蚀变在垂向上无明显分带现象。

3.6.1 蚀变类型

本矿床围岩蚀变主要有黄铁矿化、褐铁矿化、硅化、钾长石化、萤石化、碳酸盐化。

1、黄铁矿化

黄铁矿化是区内与含矿最密切的蚀变类型，黄铁矿化强烈发育地段即为金矿化最好地段。黄铁矿常呈它形粒状、浸染状发育在破碎蚀变带中，少量呈细脉浸染状发育在构造蚀变岩中，矿区蚀变带中的黄铁矿一般晶形不好，呈它形细粒状，远离矿体，则逐渐变为立方体或五角十二面晶体，区内极少见立方体或五角十二面体晶形的黄铁矿。

2、褐铁矿化

褐铁矿化也是本区与金矿最密切的蚀变类型，是黄铁矿在地表氧化条件下形成的一种矿化蚀变类型。褐铁矿化常与石英共生在一起，蜂窝状褐铁矿往往与金矿关系最密切。

3、硅化

硅化是本区最常见与矿化关系密切的一种蚀变类型。硅化在本矿区是两种形式产出，一种是呈细脉，网脉状发育在构造蚀变岩中，细脉、网脉状石英越发育，矿化越好；另一种是石英是团块状交代构造蚀变岩中的矿物。构造蚀变岩中由硅化产生的石英往往颜色变杂，油脂光泽不明显，常含黄铁矿或褐铁矿，此种形式

的石英出现则预示矿化的发生。

4、钾化

钾化也是本区常见的与矿化关系密切的蚀变类型。钾化主要表现为钾长石呈细脉状穿插于构造蚀变岩中，钾长石脉一般宽～10^{-1}mm～1mm，呈红色，肉眼非常容易辨认。钾长石的出现往往是矿化变富的蚀变之一。

5、萤石化

萤石化也是本区较常见的与矿化关系密切的蚀变类型。萤石化主要表现为两种形式，一种为萤石石英细脉穿插在构造蚀变岩中，另一种为萤石交代构造蚀变岩中的其它矿物。本区内萤石常呈紫色，立方体晶形产出，肉眼非常容易辨认。

6、碳酸盐化

碳酸盐化常发生在构造蚀变岩的外侧，也是本矿区内与矿化有关的蚀变类型之一。矿区碳酸盐化主要表现为方解石呈细脉状穿插在构造蚀变岩及围岩中，碳酸盐化范围往往大于矿化范围，因此是本区很好的找矿标志之一。

3.6.2 蚀变分带

按照蚀变矿物组合及其与硫化关系，本矿床围岩蚀变可以分为三个带，即内带、中带、外带。

内带紧密靠近矿体，为矿体的部分。内带主要有黄铁矿化，褐铁矿化及硅化组成，矿化越好，内带越发育。中带靠近矿体，分布在矿体两侧。中带由硅化、萤石化组成，矿化越好，本带越发育。外带为矿体的最外侧，是寻找本区金矿化的标志之。外带主要由钾长化或碳酸盐化组成，外带有时跨过构造蚀变带。

除上述蚀变类型之外，本区内常见绿泥石化、绢云母化，这几种蚀变主要是火山岩自变质作用的结果，与区内金矿化关系不密切。

3.7 矿石特征

3.7.1 矿石物质成分

综合各矿体矿石的矿物成分，共发现矿物 20 余种，其中金属矿物 12 种，非金属矿物 13 种。金属矿物有铁、铜、铅、锌、铋、锑的硫化物、硫盐及氧化物、

氢氧化物、碳酸盐、碲化物等，以黄铁矿为主，次有“褐铁矿”、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等。非金属矿物有氧化物、含氧盐及碳酸盐等，以石英、长石、方解石、黑云母、绢云母、角闪石、高岭石为常见。矿石中矿物成分详见表 3-1 。黄铁矿为金的主要载体矿物。

表 3-1 栗子沟金矿区矿石矿物成分表

主 次	金 属 矿 物	非金属矿物
主 要	黄铁矿	石英、斜长石、 微斜长石、方解石
次 要	黄铜矿、 方铅矿、闪锌矿 、褐铁矿	黑云母、 绢云母、角闪石 、高岭石
少量及微量	针铁矿、 赤铁矿、辉铜矿、铜兰、黝铜矿、、孔雀石、铅矾、菱锌矿、自然金、磁铁矿、赤铜矿、黄钾铁矾	黝帘石、绿帘石、白云石、白云母、水绿矾

矿石化学组分主要有MgO、CaO、SiO_2、K_2O、Na_2O等；金属组分有Cu、Pb、Zn、Sb、Bi、Fe、Au，微量组分还有Te。金主要以自然金形式赋存于黄铁矿中，少量在石英中。

金矿石中伴生有益组分为银，据F23－I、F34－I等矿体统计，矿石中一般含银为$10-50\times10^{-6}$，最高单样可达104.53×10^{-6}。蚀变岩中的黄铁矿分两期，早期以自形、半自形、它形粒状及团块状分布于绢英岩中，并为后期蚀变矿物交代；晚期黄铁矿呈细脉状与石英、碳酸盐共生充填于绢英岩中。

石英脉内的黄铁矿也分两期，早期黄铁矿与黄铜矿、闪锌矿、黝铜矿、自然金、石英、微斜长石共生，黄铁矿粒径0.08－0.5 mm，呈自形、半自形粒状镶嵌于团块状矿石中，普遍具压碎结构，为自然金的主要载体矿物；晚期黄铁矿与晚期方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黝铜矿共生，粒径0.034－0.5mm。

3.7.2 矿石结构、构造

3.7.2.1 矿石结构

主要类型有自形、半自形、它形粒状包裹结构、填隙结构、交代残余结构、交代溶蚀结构及压碎结构。

自形、半自形、它形粒状结构：主要指黄铁矿在不同成矿阶段的结晶习性。

早期黄铁矿以大颗粒立方体自形晶为主，中期以它形粒状、五角十二面体为主，晚期以自形它形粒状为主。

包裹结构：自然金以包体金形式包裹于黄铁矿中。

填隙结构：晚期自然金、金属硫化物等充填于早期石英、长石晶隙及裂隙中。

交代残余结构：指黄铜矿、闪锌矿的交代特征（照片3-11）。

交代溶蚀结构：早期形成的矿物受交代而成溶蚀结构。

压碎结构：早期黄铁矿被压碎，为后期石英、碳酸盐，金属硫化物胶结。



照片 3-11 交代结构

黄铜矿（Cp）交代早期黄铁矿（Py）成不规则状

3.7.2.2矿石构造

主要有细脉状、浸染状、团块状和块状构造，其次尚有角砾岩状构造、梳状构造等。

细脉状构造：金属硫化物及脉石矿物呈细脉状，集合体分布于矿石中。

浸染状构造：黄铁矿或多金属硫化物在矿石中呈浸染状分布，多见于脉壁。

团块状构造：黄铁矿及多金属硫化物呈团块状集合体分布于矿石中。

块状构造：黄铁矿及其它矿物在矿石中均匀分布。

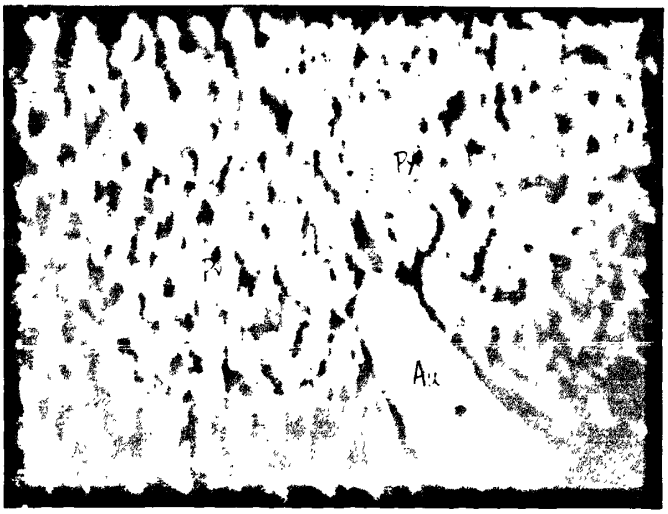
3.7.2.3 金的赋存状态

根据对F23号脉矿石做矿相鉴定，矿石中的金主要以自然金状态存在。在7

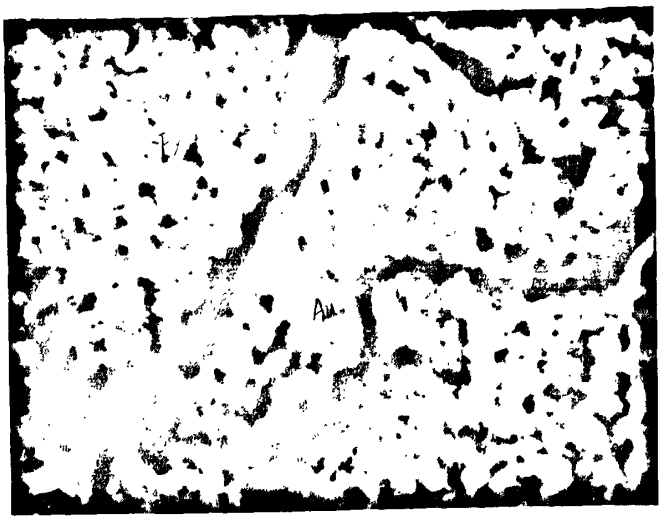
块有自然金的光片中，共发现82粒自然金。这些自然金以包体金、晶隙金、裂隙金三种形式赋存于黄铁矿及少量石英中，而以包体金形式为主。自然金绝大多数与黄铁矿连生，少数与黄铜矿、硫酸盐矿物和碲化物连生。金粒度主要分布于0.02-0.16mm之间。多属中粒及粗粒金，包体金的粒度明显小于裂隙金和晶隙金（照片3-12、照片3-13、照片3-14）。



图3-12 黄铁矿（Py）破碎出现许多裂隙，其中可出现自然金（Au），放大倍数25×10



照片3-13 黄铁矿（Py）中的裂隙金（Au）,放大倍数25×10



照片 3-14 黄铁矿（Py）中的裂隙金（Au）,放大倍数 25×10

自然金的形态多呈乳滴状、短柱状、椭园状，少数呈不规则状、条带状和细脉状，最大自然金呈条带状，平均粒径 0.36 mm，长轴 1 mm，短轴 0.1 mm。

3.7.2.4 矿石类型

据氧化程度,可将矿石分为氧化矿石、混合矿石和原生矿石三种自然类型(照片3-15、照片3-16)：

氧化矿石：产于近地表 40 m以上的氧化带内，金成色较高，褐铁矿化、高岭石化发育，矿物组合主要以自然金、石英、褐铁矿、孔雀石、方解石、高岭石为主。

混合矿石：一般产于深40—80 m次生富集带内，金品位较高，矿石组合以自然金、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、黝铜矿、褐铁矿、孔雀石、磁铁矿、赤铜矿、石英、方解石、高岭石为主。

原生矿石：一般产于深80m以下，矿物组合以自然金、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、石英、方解石、绿帘石、绿泥石、高岭石为主。

据矿石矿物成分、结构构造特点可将矿石分为三种工业类型：

石英一黄铁矿型矿石：矿石成分主要为石英、黄铁矿，金品位一般较低；

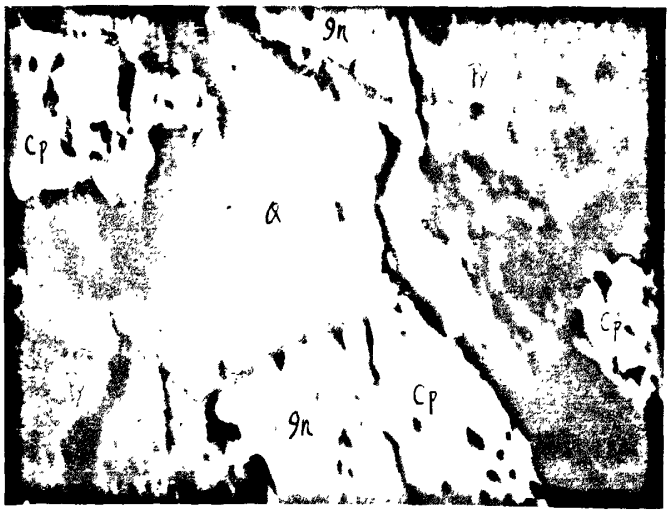
石英一多金属硫化物型矿石：矿石成分主要为石英及金属硫化物，为主要矿石类型；

石英一褐铁矿型矿石：矿石成分为石英、褐铁矿，为次要矿石类型，金品

位一般较高。



照片 3-15 半自形粒状结构
Cp-黄铜矿；Mt-磁铁矿；Py-黄铁矿



照片 3-16 多金属硫化物矿石
Cp-黄铜矿；gn-方铅矿；Py-黄铁矿；Q-石英

3.7.3 成矿期次划分

据野外观察，依矿石结构构造、矿物共生组合特征和矿脉穿插关系，成矿活动大致可分为三期：

石英－黄铁矿阶段：大量白色、乳白色粗晶块状石英呈脉状产出，粗大团块状、立方体黄铁矿充填于石英脉裂隙中，因受后期构造活动影响，常被挤压成大

小不一的角砾，又被后期的石英、黄铁矿等胶结，构成角砾状构造，是金矿化的先导。

石英－多金属硫化物阶段：为金主要矿化阶段，含有细粒浸染状的黄铁矿、黄铜矿、方铅矿等硫化物的灰色微晶石英沿早期白色石英脉的裂隙充填，呈脉状、条带状出现。

石英－碳酸盐化阶段：石英、方解石等碳酸盐矿物呈脉状产出，该阶段基本无金的矿化。

矿区内金矿化都直接赋存在构造蚀变带内，严格受构造蚀变带控制，金矿体主要赋存在北西向与北东向含矿构造带内。目前已发现 30 条含金、银构造带，每条含金构造带又可分成若干个矿体。矿体形态为透镜状、脉状。

第四章 控矿因素及矿床成因

4.1 地层的控矿作用

矿区内出露地层主要为中元古界熊耳群鸡蛋坪组、马家河组和许山组。 据河南省地矿局（1983）资料，熊耳山南麓熊耳群火山岩的金丰度仅为0.4×10^{-9}-0.5×10^{-9}(n=129 为样品数)，远低于中国和世界同类岩石的平均金丰度，若要富集成矿，浓集系数要达到上千倍。卢欣祥等认为这么低的丰度值，不能构成金矿形成的矿源岩。熊耳群火山岩中金的含量之所以这样低，其原因是熊耳群地层普遍发生了绿片岩相变质作用，原岩中的金大量被迁出，在有利部位形成矿体或衍生成新的矿源体。王志光等研究认为，金在活化后，其迁移的总方向主要是向下的，即由地表的浅部向深部转移，并形成深部的衍生矿源层；而制约其迁移方向的决定因素乃是由构造因素诱导的岩石渗透率而非其它，这应是造成目前地层中低金丰度的根本原因之所在。其理由如下：金在自然状态下即可向下迁移，如金矿床近地表的次生富集作用；大量的金矿床构造地球化学的研究成果表明，后期成矿的矿质来源于深部，那么成矿前金预富集迁移的方向必然是向下；许多金矿的矿体延深远大于延长，如南非、印度的一些金矿的采矿深度已近 4000m 和 3500m，说明金矿的来源很深。张荫树等（1985）通过对小秦岭、熊耳山、崤山的研究发现，太华群中各岩组自上而下含金量有规律地逐渐增高，至底部层位达最高值，而且三个地区均是如此，说明不是偶然现象。以上事实充分说明由于受到强烈的变形变质作用，地层中的金发生了活化下迁作用，并形成衍生的矿源层，为后期的大规模成矿作用准备了物质条件。另从熊耳山地区已发现的金矿床统计结果看，16 个蚀变岩型金矿床中，赋矿围岩为熊耳群火山岩的有 9 个，为太华群片麻岩的有 7 个，且所有大型金矿全产于熊耳群中的构造蚀变带中，其储量占区内同类矿床的约 80%。以上充分说明熊耳群地层对构造蚀变岩型金矿的控制作用。

4.2 构造的控矿作用

对构造蚀变岩金矿床而言，构造是控矿因素中最重要的，同时对成矿的控制是多方面的。

4.2.1 成矿的通道及贮存条件

变形变质阶段所活化的金，可能首先进入地层中的裂隙构造断裂带中，这为金在后期的大规模下迁预备了物质条件，同量也创造了畅通的通道条件。熊耳山地区太华群和熊耳群中断裂的发育特征有显著差异，上部的熊耳群地层中断裂稀疏但规模较大，下部的太华群地层中断裂则较为密集但规模较小，形成垂向上的“树根状”结构特征，这种结构有利于从太华群深部富金部位最充分地萃取矿质，并使其向浅部运移汇集而形成大矿。因此通常情况下在熊耳群地层中更有利形成大型的构造蚀变岩型金矿。

断裂构造是矿质沉淀贮存成矿的主要空间条件。在熊耳山地区形成了为数较多的构造蚀变岩型金矿床，例如栗子沟金矿床、上宫金矿床等。矿体严格受断裂构造的控制，这是众所周知的事实。但作为贮矿部位的断裂构造必须有足够大的扩容空间和良好的封闭条件。有足够大的扩容空间，才能形成厚大的矿体，这些扩容空间主要表明在断裂构造沿走向及倾向变化处；成矿热液进入断裂构造带后，必须有能够使矿液保存在其内部而不流失的条件即良好的封闭条件，只有具备了良好的封闭条件，成矿物质才不致于流失。例如成矿早期的强烈硅化和糜棱岩化均是断裂构造的良好封闭条件，在硅化及糜棱岩化较弱的地段，因渗透率较高成矿物质大量流失，往往成矿不佳。

4.2.2 构造对矿产分布的控制

区域性断裂构造控制着矿源层的分布。熊耳山矿集区的北界为洛宁山前断裂，南界为马超营断裂。马超营断裂两侧矿化特征存在巨大差异，在马超营断裂北侧的熊耳山矿集区矿产以金、银为主，而其南侧的卢氏—栾川矿集区则以钼矿为主。

4.2.3 容矿构造的方向性

矿区内含矿构造带按走向大体可分为北西及北东向两组。含矿性对这两组构造带来讲没有选择性。白万成(1993)等对熊耳山南麓进行含金目标体的研究(指可能形成金矿体的地质体),在274条不同方向的断裂破碎带取样测金,最后统计结果显示,北东向组和近东西向组占据显著优势(图4-1)。白万成等研究成果对整个熊耳山地区来说是否具有代表性,值得进一步研究。但与栗子沟金矿区的构造控矿特征基本相一致。

从大地构造发展演化来看,在印支期,中朝板块与扬子板块发生碰撞对接,形成南北向挤压,并由此产生左旋剪切作用。据彭恩生等(1994)认为,剪切带内的各次级断裂是依次连续发展的。因此形成区内金矿空间上的规律性分布。在熊耳山地区表现为在西部的康山-星星印、红庄、虎沟、上宫等大中型金矿中,赋矿构造均呈北东向展布;东部的北岭金矿、青岗坪金矿成矿期断裂为北西向、北东向及北北西向,并以北西向断裂为主要赋矿构造;再往东至栗子沟金矿、前河金矿,成矿期断裂为北东向、近东西向,以近东西向断裂为主要赋矿构造,而东部的庙岭、杨寺沟一带,赋矿断裂主要呈近南北向展布。

4.3 岩浆岩的控矿作用

4.3.1 金矿床与花岗岩的时空分布关系

燕山期岩浆活动是区内时代新、规模大的一次构造-热事件,成因上与中生代中国东部地球动力学大调整及岩石圈拆沉有关。按其产状及地质地球化学特征,可分为两种不同的类型(卢欣祥等,2002):①浅源深成型(重熔型)花岗岩 ,即由上部陆壳(8-12km)交代-重熔而成,主要呈大岩基出露于熊耳山东部,包括花山、五丈山、金山庙等岩体,另据有关资料,本区西部寨凹附近有 200-300 km^2 的隐伏岩体存在,对该区成矿有一定控制作用;②深源浅成型(同熔型)花岗岩,即由下地壳(>30km)部分熔融而成,表现为中酸性小斑岩体及其附近的 (隐蔽)爆破角砾岩体。上述两类花岗岩相应地形成了本区不同的矿化类型:与大岩体有关的构造蚀变岩型、石英脉型金银矿床和与小斑岩体有关的爆破角砾岩型金矿床。

由中生代早期陆内挤压为主的A型俯冲活动所引发的本区地壳压缩增厚和地温梯度的上升，导致了深部地壳以太华群地层为主的部分前寒武系岩石中，富硅、铝、钾、钠物质大量熔融和花岗岩浆的形成，后者亦不排除俯冲楔所带进来的少量幔汁参与。中侏罗世早期以后伸展作用期间，花岗岩浆以不同规模往近地表的减压区就位，并为3-4km以上地壳浅部金多金属的成矿活动提供了必要的热源与热流载体。因此，区内已知金矿化无论在空间上或时间上均与花岗岩类岩体存在密切的联系：在空间上，金矿化均出现在花岗岩体周围1－6km的范围内；在时间上，成矿时代均紧随有关花岗岩体的侵位之后（图4-1）。

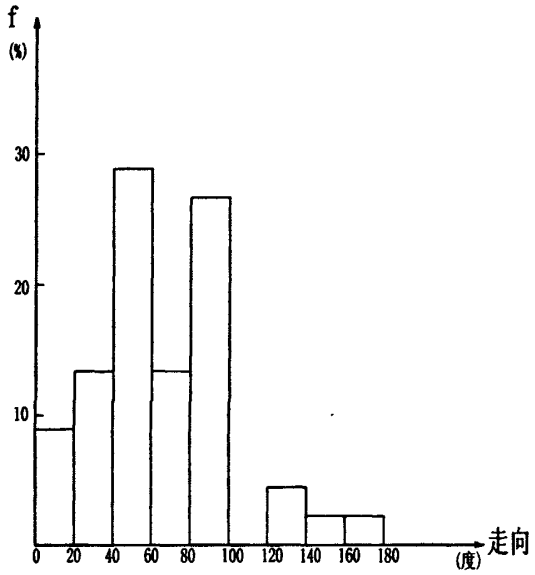


图 4-1 显著矿化日标体走向分布图（Au>100×10^{-9}）

（据白万成等，1993）

1、从成岩成矿的时间关系看，区内所有已知金矿床，成矿时代无例外地紧随燕山期大规模花岗岩浆侵位活动之后、以及新生代构造沉积活动之前。这些燕山期的酸性岩体的锆石SHRIMP U-Pb年龄均集中出现于160-130Ma之间（李永峰，2005），而金矿床的同位素成矿时代则主要集中在140-120Ma等时限之间，其时控特征明显。

2、从金矿床的区域分布规律来看，只有中生代酸性岩浆岩发育的地区才有金矿床产出，且两者在发育强度上也有一定的正相关关系。

3、矿化受岩体热力梯度的控制，多金属矿化组合在空间上具有分带规律性。

例如在雷门沟-祁雨沟钼金矿田，斑岩体内外接触带形成雷门沟钼矿床，向外出现隐爆角砾岩型金矿化，形成祁雨沟金矿床，更远的地带则逐渐过渡构造蚀变岩型金矿化，形成公峪金矿（李永峰等，2004；2006）。这些均说明岩浆热源在内生金属成矿活动时所起的特殊作用。由于热梯度的变化，成矿温度和矿物组合表现出有规律的变化，即由岩体近→远，温度由高→低，矿物组合由钼-黄铁矿→金-黄铁矿→金-多金属硫化物。

4.3.2 燕山期岩浆作用对内生金属成矿的制约

1、岩浆提供了部分成矿物质

深部地壳岩浆源区岩石富含 Mo、Au、Ag、Pb 等成矿元素和闪石类、云母类等富 H_2O 矿物。深源岩浆上升过程中，在吸收低熔组分的同时也萃取地层中的部分成矿金属元素和流体，导致了下述有利于成矿的结果：

（1）使岩浆化学成分更富 Al、K 而贫 Ti、Na，有助于 Au、Ag、Pb 等成矿金属元素在岩浆结晶过程中不被晶体化学分散，而趋于在岩浆期后残余流体相中浓集成矿。

（2）地层中某些成矿金属元素转入岩浆，提高了岩浆中成矿金属元素的丰度。

（3）地层中富含的 H_2O 和某些挥发组分转入岩浆，提高了岩浆的 H_2O 饱和度，有利于在岩浆期后产生更多的成矿热流体。

作为岩浆物质来源的上述因素的共同约束，使侵位于地壳浅部的岩浆更加富含成矿金属元素、H_2O 和挥发组分而成为成矿岩体。

这类岩浆活动的空间主要沿深断裂带及其衍生的断裂体系。断裂构造长期和脉动式的活动诱导深部岩浆房的岩浆脉动上升侵位或使浅部岩浆房产生化学成分和物理状态的梯度分带。这样的构造-岩浆活动环境有利于岩浆的分异演化，促使岩浆后期-岩浆期后分馏出大量富含成矿物质的热流体。当岩浆上侵结晶，并在地壳浅部适宜的构造部位和围岩地段就位，岩浆期后富含成矿物质的热流体在热力驱动下，于岩体内外接触带扩散、运移、对流、循环，并从围岩中萃取成矿物质，造成广泛的蚀变和矿化，于断裂扩容带中有利部位富集，最终形成岩浆期后热液矿床。

2、岩浆活动的巨大热能是成矿作用的主要热驱动力

（1）直接形成岩浆期后高温成矿热流体并驱动其环流。

（2）加热岩体的围岩，激活围岩中的成矿物质随地下水升温流动，形成岩浆热液与地下热水掺和的混合热流体。随着热流体在围岩中的对流循环并萃取围岩中的成矿物质，围岩矿源层逐渐为成矿热流体补给了相当大量的成矿金属元素，K、Na、Ca 等碱金属以及 H_2O 和挥发组分，使成矿热流体数量增多和成矿物质富集，提高了成矿作用的强度并扩大了成矿作用的空间。

3、岩体侵位营造成矿空间

由于岩浆上侵推挤上覆地层，在花岗岩的顶部或外围地层中形成许多断裂、裂隙，或利用、改造已成断裂构造，从而为岩浆侵位、岩浆热液活动和矿体的形成提供了通道和场所。

4、区域性深源岩浆活动是大规模成矿的基本条件

地球物理技术获得的位场图象是岩石圈中不同物性界面所产生的综合效应（刘光鼎等，1995），对探索岩石圈结构及其深部地质特征，发现深部隐伏矿床（体）具有重要意义。本区的地球物理探测和深部钻探、重力低值曲线、航磁低缓异常、航卫片环行影像等特征均揭示，西部寨凹一定深度下有隐伏岩体。深部隐伏岩体的存在表明，区域性大规模的岩浆活动为长期多阶段的成矿作用源源不断地输送大量的成矿物质（金属元素和热流体），保持高强度的热能量场，驱动成矿热流体在长时间大范围内环流，成为大规模成矿的基本条件。

中生代开始的碰撞造山，引起板块俯冲挤压、地幔上隆，导致幔隆与幔坳交替产出，莫霍面坳陷区与挤压构造体制紧密相关，幔坳后的局部变形则与拉张环境相互关联。深切上地幔的深大断裂带，将岩石圈中的地幔薄弱带连接成树枝状网络，为新生软流体上升提供了良好的通道，打破了岩石圈原有的“平衡”，出现强烈的热、化学、流体及应力不平衡，其内有大规模流体渗入，并通过壳-幔相互作用，发生物质和能量的交换，并将含矿流体系统输运到更高的层位，蚀变、矿化作用发生，在扩容部位成矿元素聚集、沉淀而成矿。

因为伸展作用导致岩石圈大规模减薄和上地幔顶部上隆形成变质核杂岩区的高热流环境，促使下地壳岩石的混合岩化和重熔，且使以壳源为主体的中酸性岩浆活动在变质核杂岩的中心部位发育，故为成矿元素的运移提供了热能(滕吉

文，2003)。基于下部地壳深处以韧性变形为主，形成网络状韧性剪切带，使基底岩系或侵入其中的基性岩糜棱岩化，并提供一部分变质热液。它与岩浆来源的热流，共同形成还原环境下的热液循环系统。上部高角度正断层系和脆性破裂系为地下水的深循环提供了通道，异常的地热梯度为流体循环提供热能(翟裕生等，2001)。当携带大量成矿物质的地幔临界-超临界流体向上运移时，也必然与围岩发生强烈的物质与能量的交换，并促使矿源岩中的成矿物质大量活化析出，形成壳源热流体，并在进一步的富集过程中沿导矿构造上升，当进入到浅部的构造薄弱带侵位时，由于温度压力等其它物理化学条件的改变，成矿流体发生沸腾，并与浅部流体混合，导致大量的成矿元素沉淀，从而形成了本区大型 Au、Ag、Mo 等内生金属矿床。

4.4 矿床成因分析

4.4.1 成矿物质来源

4.4.1.1 直观特征

1、本矿床工业矿体均赋存在含矿构造破碎带中，远离破碎带基本无工业矿体产生。

2、赋存工业矿体的含矿断裂破碎带产在一定层位中（熊耳群)。

3、矿区围岩蚀变呈线性分布，以硅化、钾化、萤石化的中低温蚀变为主。

4、含矿破碎带周围无岩浆岩分布。

5、含矿破碎带和矿石中，常见石英一硫化物角砾和围岩角砾，反映了含矿构造破碎带的多次活动性和成矿过程的多阶段性。

6、区域分布有含矿的花岗岩，据区域资料分析，可能提供部分成矿物质，更重要的是提供了成矿所不可缺少的流体和热动力。

上述矿床特点说明：本矿床的形成，其过程是复杂的，成矿物质主要由含矿层位（熊耳群火山岩）提供。

4.4.1.2 氢、氧同位素特征

本次工作中，在 F23 含矿构造破碎带及 F34 含矿破碎带采集了 35 个矿化石英样品，送国土资源部中南矿产资源监督检测中心同位素地球化学研究室（原宜

昌矿产地质研究所同位素室）分析，分析结果见表 4-1。

表 4-1 稳定同位素分析结果

序号	实验室编号	样品名称	δ^{18}OSMOW（‰）	δDSMOW（‰）
1	807455	石英	-6.74	-76.1
2	807455/2	石英	-6.73	-76.3
3	807456	石英	-6.65	-80.9
4	807457	石英	-8.24	-87.6
5	807458	石英	-7.74	-90.7

分析单位：宜昌地质所同位素室

分析人：邹标平

将上述结果投影到本区石英包裹体区 $\delta D_{SMOW}-\delta^{18}O_{SMOW}$ 关系图解中（图 4-2），可以看出，本区样品投影于两区域附近，说明本区成矿物质主要来源于地层。

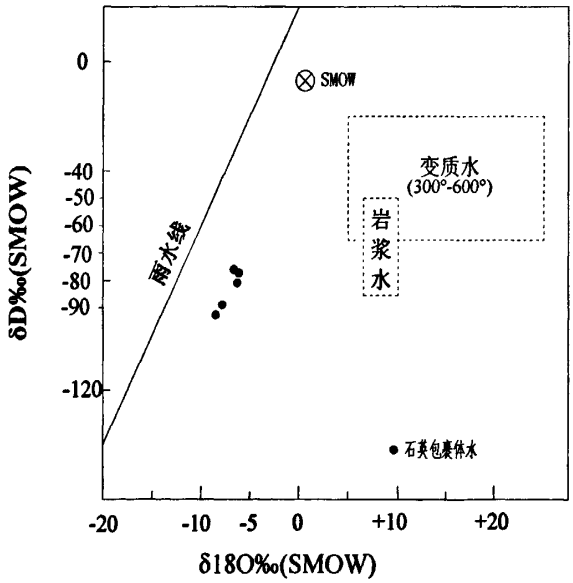


图 4-2 流体包裹体水氢氧同位素 $\delta D_{SMOW}-\delta^{18}O_{SMOW}$ 关系图

4.4.1.3 矿物包裹体气液相成分特征

本矿床石英包裹体主要为气相＋液相包裹体，其中气相包裹体主要为 CO_2，平均占包裹体的 35%左右，包裹体普遍较小，为 5～15mm 不等，平均 8mm。为

了研究包裹体的气液相成分，本次工作中在F23含矿石英脉中采取了3个含矿石英样品，在F34含金构造带中采集了2个含金石英脉中的石英，测试样品加工至40～60目，每个样品选取单矿物重量10g，由中南大学地学院包体分析室分析，分析结果（表4-2、表4-3）。

表4-2　包裹体气相成分分析结果

序号	样品名称	气相成分（10^{-6}）								
		H_2	O_2	N_2	CH_4	CO	C_2H_2	CO_2	C_2H_6	H_2O
1	石英	1.150	无	痕	14.453	无	无	315.801	5.293	468.2
2	石英	3.208	无	痕	12.323	无	痕	306.768	7.321	469.8
3	石英	1.456	无	痕	12.864	无	痕	380.236	8.328	417.8
4	石英	1.446	无	0.05	11.134	无	无	290.324	10.890	336.2
5	石英	1.935	无	痕	12.809	无	无	331.423	9.027	372.0

分析单位：中南大学地学与环境工程学院包裹体分析室

分析员：万芳　刘伟

表4-3　包裹体液相成分分析结果

序号	样品名称	液相成分（10^{-6}）							
		F^-	Cl^-	NO^{3-}	SO^{4-}	Na^+	K^+	Mg^{2+}	CO_3^{2-}
1	石英	2.64	18.533	31.971	123.34	51.102	36.573	2.542	10.270
2	石英	3.72	13.062	24.835	121.40	32.927	26.803	1.093	15.730
3	石英	2.78	14.782	27.986	107.67	40.335	30.152	3.205	20.642
4	石英	3.08	16.688	20.914	184. 36	45.105	30.620	5.127	25.592
5	石英	3.13	15.376	30.645	131.22	36.687	28.740	2.716	32.154

分析单位：中南大学地学与环境工程学院包裹体分析室

分析员：万芳　刘伟

从表4-2、表4-3可知，包裹体气相成分中，H_2O含量高，反映当时成矿流体中富含水，成矿以热液充填为主，而不是以气液充填交代为主。包裹体气相成分中，富含CO_2和CH_4，无O_2表明本区成矿环境为还原环境。包裹体液相成分

中阴离子以 SO_2^{2-}、Cl^-、NO^-为主，F^-离子极少，阳离子以 Na^+、K^+、Ca^+为主，少量 Mg^{2+}。成矿流体的 Na^+/K^+=1.2～1.5，平均 1.35，具地层流体（或天然水）的特点。而 Cl^-/F^-大于 1，常反映地层流体（或天然水）的特点。因此可以说，本区成矿流体为地层流体（或天然水）。

CO_2 和 H_2O 的比值是反映成矿构造环境的重要参数，CO_2 在水中的溶解度随着压力的增加而增加，统计计算本区 CO_2/H_2O 的地质变化不大，CO_2/H_2O=0.7～0.9，均值 0.8 左右。表明本区成矿的构造环境差异较小，这与本区矿体均受含矿构造带（破碎蚀变带）控制相一致。

4.4.2 金的沉淀与迁移

本矿床金的迁移、沉淀与金的地球化学性质和断裂蚀变带的构造演化特征密切相关，金成矿期，区内成矿流体中金主要以〔$AuCl_4$〕$^-$的形式存在，并随流体迁移，黄铁矿－石英阶段与成矿前的比浓度降低，以〔$AuCl_4$〕$^-$形式迁移的金氯络合物稳定性降低，而 Au〔Hs〕$^{2-}$及 AuH_3SO_4 稳定性增加，使溶液中出现〔$AuCl_4$〕$^-$和 Au〔Hs〕$^{2-}$共存的现象，由于成矿浓度的进一步降低和 PH 值的升高，〔$AuCl_2$〕$^-$络合物稳定性进一步降低，AuS 络合物稳定性增加，使得热液中〔$AuCl_2$〕$^-$迁移具有重要意义。

断裂蚀变带中硫化物石英脉的破碎变形还会导致单位体积内石英等矿物的总表面积的增加，使得含金流体与岩石之间的热交换加强，因此强变形部位有利于浓度的降低，浓度降低有利于金的沉淀。由于含矿流体浓度下降，流速降低，也必然导致流体压力的降低，而压力降低，氯分子减少可促使金的沉淀，其化学反应式如下：

$$〔AuCl_4〕^- \rightarrow Cl+AuCl_4$$

$$2AuCl_2 \rightarrow AuCl_2+Cl_2$$

$$AuCl_2 \rightarrow Au+Cl_2$$

此外，断裂蚀变带中硫化物石英脉的强烈破碎带会使含金流体中杂质元素增多，从而有利于金的沉淀析出，特别是 Fe^{2+}、Ca^{2+}、Pb^{2+}、Zn^{2+}等离子的加入，这些离子与含金流体反应，在形成硫化物的同时引起金的析出（反应式如下），因此，也可以解释 Au 矿物的常赋存在黄铁矿、方铅矿等硫化物颗粒中的原因。

$$2\left(AuS_3\right)^{3-}+3Fe^{2+}\rightarrow 2Au\downarrow+3Fes_2$$

上述分述表明，断裂蚀变带的多次活动以及硫化物石英脉的强烈破碎，使含矿流体的流速、浓度、压力下降，吸附作用增强，杂质元素增加，化学反应几率增加，在这些因素的综合影响下，含矿流体从而在断裂蚀变带破碎强烈地段富集成矿。

4.4.3 成矿温度

成矿温度可通过矿物包裹体直接测出，本次研究采用均一法测温，对矿石中的石英进行了包裹体测温。

将矿石中石英破碎至60～40目，在双目镜下挑纯，样品的纯度在99%以上，送桂林矿产地质院测试中心测试，结果见表4-4。

表4-4 包裹体均一法测温结果

样品号	测定矿物	均一法温度
MD6-1	石英	168℃
MD4	石英	134℃
MD6-10	石英	215℃
9-410-1	石英	194℃
MD6-2	石英	214℃

从表4-4中可以看出，本矿床的成矿温度范围在130℃～215℃，平均187℃，属于低温范围。

本矿床的矿物组合为石英－自然金、石英－方铅矿－自然金、石英－黄铁矿－自然金、石英－黄铁矿－辉银矿，这些矿物对应形成温度均为中低温度。

矿床围岩蚀变主要为硅化、萤石化、碳酸盐化、褐铁矿化等蚀变类型均为中－低温蚀变。

综上所述，本矿床形成温度较低，属于中低温矿床。

4.4.4 矿床成因探讨

综上所述，可以认为，本区的成矿物质，主要来源于熊耳群火山岩，区内地洼活动期，

强烈的构造一岩浆活动使矿物质被溶离出来，形成金的络合物，随着构造作用加强，浓度压力的升高，在大气降水的参与下，构成活动性较强的成矿热液，当成矿热运移到成矿有利部位时，由于浓度压力降低及介质 PH 值的改变，金的络合物发生分解，在构造强烈变形区段与石英、黄铁矿及其它硫化物一起沉淀，故本区成矿作用与区域构造作用同时进行，在大气降水的参与下经过断裂构造运动，进一步迭加、改造和富集，矿床成因属中低温热液破碎蚀变带型金矿。

第五章 矿化富集规律

矿区金矿床类型以构造蚀变岩型为主，次为石英脉型，矿床的形成严格受断裂控制，矿化主要以金矿化为主，其次有银、铅、锌等。在破碎带产状变化处矿化往往较好。总的来说，该区构造蚀变带是找矿的直接标志。在近地表处存在着次生富集带，次生富集带内金品位明显增高，且矿区内次生富集带存在着明显的规律性变化。

5.1 产状变化处是金矿体的产出有利部位

含矿构造带产状变化复杂，在构造带产状变化处，金矿化较好。

含矿构造带在倾向上，其产状由陡变缓或由缓变陡，从面使其在局部形成扩容空间，由于扩容空间的存在，含矿流体进入扩容空间后，由于压力降低等原因，矿质在此沉淀成矿，局部形成厚大矿体。

含矿构造带沿走向上的宽窄变化，同样导致含矿构造带沿其走向方向上局部形成扩容空间，在走向方向上形成的厚大矿体,一般情况下，含矿构造带的中间地段有利于厚大矿体的形成，而在含矿构造带两端仅形成规模较小的透镜状矿体，因为在含矿构造带两端相对于中间地段，构造的封闭条件相对较差，由于其渗透率较高，从而造成成矿热液的流失，不利于厚大矿体的形成。

5.2 矿体存在着分枝复合的现象

分枝前或复合后，往往形成厚大矿体。如 K1 含矿构造带的第 39 横勘探线，K1 含矿构造带在分枝前形成一个厚约 2.5m，金品位为 10.53×10^{-6} 的金矿体（图 5-1）。如果勘查工作进一步深入，向 K1 含矿构造带的深部进一步控制，两条分枝在深部如果能再一次复合，那么在深部还有可能形成一厚大矿体。这一点有待进一步勘查验证。

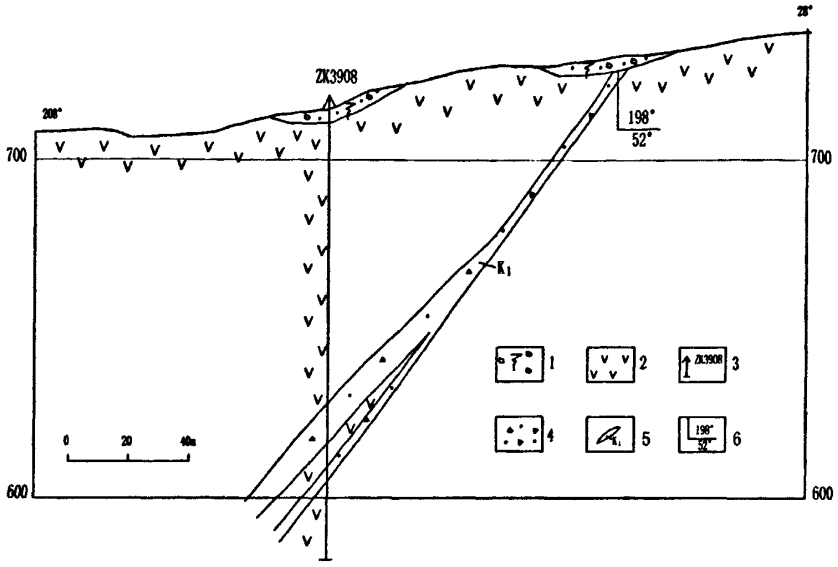


图 5-1 栗子沟金矿区第 39 横勘探线剖面图

1-第四系；2-安山岩；3-钻孔位置及编号；4-构造角砾岩；

5-含矿构造带及编号；6-产状

5.3 上盘蚀变岩较下盘蚀变岩矿化好

如在 F23 含矿构造带中，经探槽 TC508 揭露（图 5-2），该处矿床类型为石英蚀变岩型，在石英脉上盘的蚀变岩金品位为 2.15×10^{-6},而石英脉下盘的蚀变岩金品位仅为 0.34×10^{-6}。

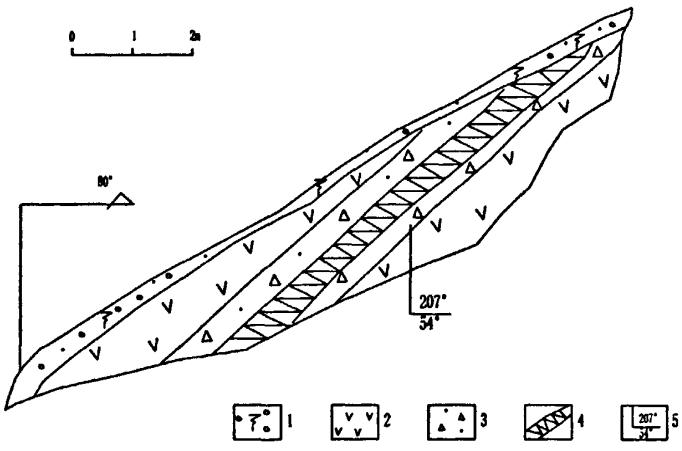


图 5-2 栗子沟金矿区 TC508 探槽素描图

1-第四系；2-安山岩；3-构造蚀变岩；4-石英脉；5-产状

5.4 多期次的成矿作用

矿体的形成经历了多期次的成矿作用。从野外观察可以发现，矿区内的石英形成至少有三期，即成前、成矿期及成矿后。成矿前期石英呈乳白色块状，充填于断裂中，常被后期构造作用挤压成大小不一的碎块；成矿期硅化呈灰、灰黑色石英－多金属硫化物脉，充填于成矿前期乳白色石英脉裂隙中，与金矿化关系最为密切；成矿后期硅化呈脉状充填于前两期石英的裂隙中，常与碳酸盐共同产出，无金属矿物共生，与金矿化无关。

5.5 北西向含矿构造带是该区找矿的重点

目前矿区内共发现含矿构造带 37 条，其中北西向含矿构造带 26 条，占矿区总矿脉数的 70%，数量上占绝对优势。北西向含矿构造带走向长度一般大于 500m，最大长度达 2000m（F23）。金品位相对较稳定，厚度变化属稳定型。而北东向含矿构造带无论是矿化还是厚度方面均不如北西向含矿构造带稳定。

5.6 金矿化上贫下富

由于地表长期的风化淋滤作用，金品位普遍较低，但近地表及深部金矿化多数较地表强。从目前控制程度相对较高的 F23、F34 及 F17 化学分析结果统计来看，在 73 个地表工程化学样品中，仅有 9 个化学样品的金品位大于或等于 1×10-6，其余样品的金品位大多数在 0.5-0.7×10-6 间，而在民采硐及深部钻探工程采样，样品金品位均大于 1×10-6，最高可达 30.35×10-6 (F17 含矿构造带中的民硐 MD5)。上贫下富的主要原因为：含矿构造带的地表处由长期于处在氧化环境中，由硫化物（如黄铁矿）氧化形成酸性溶液，溶解了其中大量的金，促进金的迁移和再分配；处于深处（原生带）的含矿构造带不受氧化作用的影响，保存了原有的金矿化强度；在混合带内，由地表氧化作用溶解的金，进入溶液后，部分被地表水带走，剩余部分沿含金构造蚀变带的氧化带下渗，直到原生带顶界以上的次生富集带（混合带）。所以本区的含金构造蚀变带地表金品位普遍较低，而在深部及近地表处金矿化较好。

第六章 找矿标志

6.1 地层标志

熊耳群地层为本区金矿的初始矿源层，地区域上对金矿床有明显的控制作用。因此，熊耳群地层出露地区是寻找同类矿床的有利地段。

6.2 构造岩浆岩标志

地球化学异常多围绕花岗岩体分布，矿床赋存于岩体边缘围岩断裂构造带中。矿体产出于断裂带的局部引张部位，因此 ，花岗岩体周围断裂带的局部引张部位是寻找该类矿床的有利部位。

6.3 围岩蚀变标志

矿带中与成矿有关的蚀变主要有硅化、黄铁矿化等，这些类型的蚀变是寻找该类矿床的主要标志。

6.4 地球化学标志

Au、Ag、Pb 综合异常分布区。依据岩石地球化学测量成果，圈定了 3 个找矿靶区，即 I 号预测区（F_{17}）、II 号预测区（F_{54}）、III号预测区（F_{61}）。

第七章 找矿方向及建议

目前矿区范围内虽然发现了37条含矿构造带，其中以北西向为主，次为北东向。地质勘查工作深度有待进一步加强。根据目前的地质研究成果及地质勘查成果，建议今后地质勘查工作应加强以下几方面的工作：

7.1 深部探矿

目前矿区内控制矿体最大垂深为350m，矿体没有尖灭，仍有进一步向深部找矿的空间。从邻区的已建矿山，如祁雨沟金矿区的J4角砾岩体，目前开采深度已达到485m，从开采情况看，向深部仍有金矿矿体存在，且上层分散的小矿体在深部有复合成完整的大矿体的可能；前河金矿目前开采深度已达到350m。另外从前面的论述可知，成矿物质主要来源于深部，从某种意义上讲，深部的成矿物质较浅部更为丰富，更有利于成矿。从国外一些金矿的开采深度也印证了深部找矿的结论，如南非、印度的一些金矿的采矿深度已近4000m和3500m。

对栗子沟矿区而言，深部找矿应主要集中于北西向含矿构造带中，因为：一方面，北西向含矿断裂带规模大，且矿化稳定；另一方面，近几年的地质勘查工作已证实深部有金矿体存在的可能，如K1含矿构造带，目前已控制垂深达350m，且向深部矿体没有尖灭的迹象。

在加强已知含矿断裂带找矿的同时，应注意隐伏矿体的勘查工作。目前已在K1矿脉的上、下方均发现有隐伏的含矿断裂带，因此应加强已知矿脉附近的隐伏矿体的寻找工作。

7.2 地表找矿

近几年来，由于多方面的原因，地质找矿工作仅集中在矿区的东南部约$8Km^2$的范围内，仅如此小的矿区范围内发现了30余条含矿断裂带，在矿区西北部仍有约$20Km^2$的范围工作程度较低，地质投入较少，且通过简单的地质调查工作，在矿区西北部已发现了一定数量的含矿断裂带，如K11、K12等。从目前成果看，K11、K12等的产出特征及矿化特征均与矿区东南部的K1等含矿构造带相一似。

因此有理由相信，在矿区西北部进一步开展地质找矿工作，有望发现更多的含矿断裂带。

7.3 顺层断裂

从现有地质成果看，该组含矿构造带无论是在数量或矿化上在矿区内占有主导地位，所以有必要对其加强研究，总结出其控矿的规律性，以便指导今后的地质找矿。

7.4 陡倾切层断裂

该组断裂在矿区内虽然数量少，地表矿化差，但其规模大，个别含矿断裂带宽达 15 米（K5），且局部地段金品位达到工业要求，因此在今后工作中应注意该组含矿构造带的矿化富集规律研究，寻找金矿化富集的有利地段。现有地质成果表明北西向含矿构造带无论是在数量或矿化上均占有主导地位，但随着工作的深入、地质成果的丰富，地质认识也将不断转变，因此，对该区地质找矿的研究必须从整体出发，研究区域成矿地质背景及矿区控矿条件，这样才能做到有的放矢。

NE 向区域性断裂构造带在区域金银矿床成矿上起着骨架作用。该组断裂不仅是导矿断裂，而且还是重要的储矿断裂。例如在七里坪—星星印断裂中发现了上宫金矿、康山金矿等。所以应加强矿区内区域性 NE 向断裂构造的控矿特征研究。矿区内的石鼻亮断裂带，长数公里，宽 30—150m，局部地段发现硅化较强，且有零星的黄铁矿化、方铅矿化和黄铜矿化，因此，在今后的地质找矿工作中应加强石鼻亮断裂带的控矿作用研究。

第八章 结束语

通过近三年的工作和学习，对栗子沟金矿的成矿特征有了初步的认识，使本人在理论上取得了一些新的认识；在进一步找矿方向上提出了以北西向为主，同时兼顾北东向含矿断裂带的控矿作用研究的工作思路。初步认识及结论如下：

1、栗子沟金矿区矿床类型为构造蚀变岩型，其成矿流体主要为地层流体（大气降水），石英包裹体的测温表明矿床成因类型为中低温热液型金矿床。

2、含矿构造破碎带按其走向大体可分为北西向和北东向两组，根据目前的地质找矿和研究成果认为，矿区内控矿断裂带以北西向组为主。区域性的北东向断裂带的控矿作用应在今后的地质找矿工作中引起重视。

3、研究结果显示金矿体向深部有较大的延深，进一步地质找矿勘查应加强深部探矿工作。

4、地球岩石学剖面测量成果表明，Au、Ag、Pb 综合异常对金矿找矿具有较好的指示作用，并依据地质成果圈定了 3 个 A 类找矿靶区。

由于时间较紧，理论水平的局限，对一些重要的成矿问题的认识和研究还有待进一步加强，在找矿方向上提出的工作思路有待进一步总结和提高，希望在后续的学习和工作中，能够深化认识、加强综合研究，取得更好的理论和勘查成果。

参考文献

[1]许令兵,高金民,李建领,等.河南嵩县栗子沟金矿区地质特征及找矿方向[J].矿产与地质,2003,(S1):414-416.

[2]张侍威,李国平,刘中杰.豫西熊耳山地区金银矿床构造控矿规律分析.//:河南地质学会编.昆仑-秦岭-大别山系地质构造与资源环境学术研讨论文集[M].西安:西安地图出版社,2002.

[3]王志光,崔毫,徐孟罗,等.华北地质南缘地质构造演化与成矿[J].北京:冶金工业出版社,1997.

[4]李红兵.河南嵩县九仗沟金矿床成因探讨[J].资源环境与工程, 2005,19(01):16-23.

[5]祝新友,樊江,王书来,等.河南嵩县小南沟金矿床矿体剥蚀深度评价[J].地球化学,1999,28(04):318-326.

[6]杨群周,彭省临,张林,等.河南熊耳山地区铜矿找矿前景分析[J].地质与勘探,2004,40(01):12-16.

[7]罗明强,王世军.河南省祁雨沟北西部金矿成矿地质特征[J].矿产与地质, 2004,(01):26-30.

[8]刘传权,刘振宏,张毅星.河南嵩县祁雨沟金矿Ⅳ号爆破角砾岩体金矿化富集规律[J].矿产与地质,2005,(04):383-387.

[9]方国松,侯海燕.河南桐柏老湾金矿床地球化学特征[J].湖北地矿, 2004,18(02):23-29.

[10]席书锋,王成学,李群亮.河南狮子庙金矿田矿床地质特征[J].黄金地质, 2004,10(01):29-32.

[11]柴世刚.河南灵宝金渠金矿区矿床成因及成矿机制探讨[J].黄金科学技术,2004,12(02):22-26.

[12]徐文超,庞振山,周奇明,等.河南省栾川县南泥湖钼(钨)矿田外围银铅锌多金属成矿地质条件分析及找矿前景[J].矿产与地质,2003,(03): 198-202.

[13]杨群周,张录星,彭省临,等.豫西寨凹地区地球化学特征及找矿方向[J].矿产与地质,2003,(S1): 458-460.

[14]胡受奚等.华北地台金成矿地质[M].北京:科学出版社,1997.

[15]赵利青,白院平,于凤金.微细浸染型金矿成矿与找矿的几个问题[J].黄金地质,2001,7(4):60-65.

[16]司马献章.华熊地块金矿集区成矿机理探讨[J].河南地质,1997,15(3): 167-174.

[17]张贻侠等.中国金矿床:进展与思考[M].北京:地质出版社,1996.

[18]刘显凡,倪师军,朱赖民，等.微细浸染型金矿矿后热液和表生溶液的物理化学条件研究[J].长春科技大学学报,2002,28(4):393-398.

[19]胡受奚,王鹤年等.中国东部金矿地质及地球化学[M].北京:科学出版社, 1998.

[20]向才富,庄新国,张文淮.成矿流体运移的输导体系研究[J].地质科技情报, 2000,19(4):65-69

[21]R.W.Boyle,GOLD:History and Genesis of Deposits,1983.

[22]陈衍景等.豫西金矿成矿规律[M].北京:地震出版社,1992.

[23]张琦.微细粒浸染型金矿金的赋存状态研究[J].黄金,2000,3(21):5-8.

[24]田振华,张冬亮,韦晓光，等.河南省嵩县小南沟金矿床地质特征及成因探讨[J].黄金,2003,25(3):15-1.

[25]祝新友,王书来,樊江,等.河南嵩县小南沟金矿床地球化学特征[J]地质找矿论丛,1998,(02):1320-27.

[26]李惠.金矿床地球化学异常模式研究的新进展[J].地质与勘探, 1997,33(02):43-47.

[27]祝新友,樊江,王书来,等.河南省嵩县小南沟金矿床控矿构造分析.贵金属地质,1998,7(3):214-220.

[28]邵克忠,王宝德.嵩县西北地区金矿成矿作用及成矿规律[J].河南地质,1992,(3):161-167.

[29]王官福,陈志宏,丁士应,等.河南熊耳山地区金矿成矿时代的古地磁研究[J].地质学报,1995,(3):255-266.

[30]杨群周,彭省临.河南省地洼型造山运动与金矿成矿[J].大地构造与成矿学,1998,(4):301-308.

[31]黄世全.银山矿床的矿床类型及成因[J].地质与勘探,1992,28(4):11-17

[32]李怀乾,王伟中,罗明强,等.豫西花山花岗岩北东侧金矿成矿特征[J].矿产与地质,2002,16(2):91-94.

[33]吴新国,杨竹紫.嵩县祁雨沟隐爆角砾岩型金矿构造成矿模式的探讨[J].河南地质,1991,9(1):15-20.

[34]任富根,李维明.熊耳山-崤山地区金矿成矿地质条件和找矿综合评价模型[M].1996.北京:地质出版社,106-112.

[35]白万成,王春宏,雷时斌.河南省熊耳山地区金矿的构造控矿特征[J].河南地质,1993,11(1):17-22.

[36]彭成夫.秦岭-大别山区燕山期中酸性小岩体岩石化学成分及含矿性[J].河南地质,1986,4(3):1-14.

[37]黄守民,崔燮祥.熊耳山地区金矿地球化学异常特征[J].河南地质,1999,17(1):1-10.

[38]范宏瑞,谢奕汉,郑学正,等.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,2000,16(4):559-563.

[39]谢奕汉,范宏瑞,李若梅,等.河南祁雨沟爆破角砾岩型金矿床包裹体研究[J].矿物学报,1991,11(4):370-376.

[40]卢欣祥,董有,尉向东,等.小秦岭-熊耳山地区金矿的临界-超临界流体[J].黄金地质,2002,8(3):1-1.

[41]卿敏,韩先菊.隐爆角砾岩型金矿研究评述[J].黄金地质,2002,8,(2):1-7.

[42]谢巧勤,徐晓春,岳书仓,潘成荣.河南桐柏龟山组地质地球化学特征及成岩环境[J]合肥工业大学学报(自然科学版),1999,22(05):26-30.

[43]许静.金的矿源层讨论[J].地质论评,1992,38(4):311-315.

[44]张宗恒,方国松,侯海燕,等.河南桐柏老湾金矿床地质特征及成因探讨[J]黄金地质,2002,8(03):20-26.

[45]张文淮,陈紫英.流体包裹体地质学[M].武汉:中国地质大学出版社,1993.

[46]潘成荣.河南桐柏老湾金矿床成矿地球化学及岩浆热液成矿动力学[D].北京:中国地质大学,1999.

[47]中国科学院地球化学研究所.高等地球化学[M].北京:科学出版社,2000.

[48]Taylor S R,Mclennan SM.The continent crust:its composi-tion and evolution,an examination of the geochemical recordpreserved in sedimentary rocks[M]. Oxford: Blackwell Sci-entific,1985.

[49]谢巧勤,徐晓春,岳书仓.河南桐柏老湾金矿床氢氧氦同位素地球化学及成矿流体来源[J]地质科学,2001,36(01):36-42.

[50]陈振胜.热液体系水-岩作用过程中的氢氧同位素行为[J].大地构造与成矿学,1997,21(1):51-61.

[51]范宏瑞,谢奕汉,王英兰.豫西花山花岗岩岩浆热液的性质及与金矿的关系[J].岩石学报,1993,9(2):136-145.

[52]尉向东,卢欣祥,董有.小秦岭-熊耳山地区金矿床的稳定同位素地球化学特征[J].矿床地质,1998,17(增刊):817-820.

[53]翟建平,胡凯,陆建军.应用氢氧同位素研究矿床成因的一些问题探讨[J].地质科学,1996,31(3):229-237.

[54]Stuart F M,Burnard P G,Taylor R P,et al.Resolving mantle and crustal contributions to ancient

hydrother-mal fluids:He-Ar isotopes in fluid inclusions from Dae Hwa W-Mo minerlization,South Korea[J]. Geochim.Cos-mochim.Acta,1995,59 (22):4663-4673.

[55]栾世伟.金矿床地质及找矿方法[M].成都:四川科学技术出版社.1987.

[56]王学贞,李玉芹,王振生,李红超,沈柳生,刘振山,杨彦峰.豫西寨凹地区地质物化探综合找矿效果[J]地质找矿论丛,2005,20(02)：146-150.

[57]张连昌,赵伦山.成矿流体研究的若干进展与动态[J].地质与勘探,2001,(1): 7-10.

[58]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,(04)：371-374.

[59]刘灵恩,胡国民,支凤岐.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.

[60]余友,刘伟,闫文强. 双频激电在白岭多金属矿区新一轮找矿中的应用[J]. 矿产与地质,2007,21(5)：563-566.

[61]何继善,等.双频道激电法研究[M].湖南科学技术出版社,1989.

[62]浦慧如,何继善.双频道双通道微机激电仪[J].物探与化探,1996,20(5):331-334.

[63]中南矿冶学院物探教研室.金属矿电法勘探[M].北京:冶金工业出版社,1980.

[64]白宜诚,左恒,罗维斌.双频激电在普查找矿工作中应注意的几个技术问题[J].矿产与地质,2003,(S1):451-454.

[65]王步清,彭恩生,汪劲草,唐诗佳.古丹矿区双频激电异常的地质解释[J].矿产与地质,2002,(1):50-52.

[66]柳建新,何继善,张宗岭,等.双频激电法及其在示范区的应用[J].中国地质,2001,28(3):32-40.

[67]柳建新,刘春明,佟铁钢,刘海飞.双频激电法在西藏某铜多金属矿带的应用[J]. 地质与勘探,2004,40(2):59-91.

[68]何继善.双频激电法[M].北京:高等教育出版社,2005.

[69]陈蜀雁,刘永明.双频激电法在阿勒泰山区快速找矿评价中的应用[J].中南大学学报(自然科学版),2006,37(3):588-592.

[70]刘春明,柳建新,何继善,等.双频激电相位法初探[J].地质与勘探,2007,43(4)：65-68.

[71]赵斌,瓮晶波,黄松.双频激电法在贵州大厂锑矿区的应用[J].西部探矿工程,2007,(2).84-87.

致 谢

在论文完成之际，我要特别感谢我的指导老师胡祥昭教授的热情关怀和悉心指导。在我撰写论文的过程中，胡老师倾注了大量的心血和汗水，无论是在论文的选题、构思和资料的收集方面，还是在论文的研究方法以及成文定稿方面，我都得到了胡老师悉心细致的教诲和无私的帮助，特别是他渊博的学识、严谨的工作作风、敏锐的洞察力、对工作的高度热忱使我终生受益，在此表示真诚地感谢和深深的谢意。

副导师河南省有色金属地质矿产局贺建委副局长在本人工程硕士学习、工作及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，在此表示真诚地感谢。

感谢地学院所有关心与帮助我的老师。感谢我的师兄弟、师妹们在我论文写作中的帮助，特别感谢师妹李响硕士、师弟欧阳海松硕士在资料收集方面给予的帮助和支持。

在论文的写作过程中，也得到了许多同学的宝贵建议，同时在工作过程中还得到许多同事的支持和帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

最后，向在百忙中抽出时间对本文进行评审并提出宝贵意见的各位专家表示衷心感谢。

攻读学位期间主要研究成果

1.硕士期间发表的论文

[1] 秦臻 等 兰坪科登涧铜矿床地质特征及找矿方向[J] 湖南矿物岩石地球化学论丛，2007，09 月

2.硕士期间参与项目与科研课题

[1] 2006.6-2006.12 河南嵩县栗子沟金矿成矿规律与成矿预测研究