单位代码：**10183**
学　　号：**200161117**

吉 林 大 学

博 士 学 位 论 文

石玉臣

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

分 类 号：P618.5;P612　　密　级：秘　密

山东省焦家成矿带深部金矿成矿预测研究及其应用

Deep Gold Deposit's Predictation Study and Its Application in Jiaojia Gold Belts of Shandong

指导教师姓名：范继璋　　职　称：教授　　单　位：吉林大学

专 业 名 称 ： 矿产综合勘查

论文答辩日期：二 00 五年五月二十九日

授予学位日期：

答辩委员会主席：

论 文 评 阅 人：

二 00 五年五月

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

内 容 提 要

山东省焦家金矿成矿带是国内最著名的金成矿带之一。在系统收集以往地质、物探、化探和遥感等综合信息和本区有关金矿论著的基础上，重点研究了金矿床（体）的控矿地质条件，矿床（体）的空间定位与赋存规律以及地球物理地球化学与金矿床（体）的内在的对应关系。认为胶东岩群、玲珑岩体与郭家岭岩体内部或两两接触带以及 NE 向断裂带“三位一体”控制着带中金矿体的分布。在焦家金矿带中，大中型金矿床多分布在玲珑花岗岩、郭家岭花岗闪长岩与胶东群地层的边缘接触带或玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩的接触带内。这些接触带往往与 NE—NNE 向断裂带复合，接触带即是断裂带。NE—NNE 向断裂带是焦家带中金矿床空间定位的主体构造，矿床体一般赋存于断裂构造的转折及变化部位。矿床（体）具有明显的分枝复合尖灭再现；呈燕行状、多字型分布；向西北倾者向南西侧伏，向南东倾者向北东侧伏；沿断裂带走向成串、近等距分布；在大矿床（体）分布的一定范围内有一小规模矿床（体）与之匹配。根据成矿规律与地球物理地球化学场特征，建立了地质找矿模型和地球物理地球化学找矿模型并按照综合信息预测观点进行了以深部大比例尺金矿床（体）的精确空间定位预测和资源量估算，确定了 11 个找矿靶区，25 个矿体，预测金矿资源量 560 吨。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

目　　录

第一章　绪言
第一节 本项研究的目的意义
第二节 大比例尺成矿预测的研究现状
第三节 本项研究工作简述
一、以往地质工作概况
二、本次预测研究概述
第二章 成矿地质背景
第一节 地层
第二节 侵入岩
第三节 构造
一、韧性变形构造
二、脆性断裂
第四节 区域成矿演化概述
一、前寒武纪矿源形成期
二、中生代矿源富集成矿期
第五节 矿产
第三章 矿床地质
第一节 含矿蚀变带地质特征
一、蚀变岩分带特征与蚀变岩类型
二、蚀变作用与岩石化学特征
第二节 矿石物质成分组构及矿石类型
一、矿石物质组成
二、矿石结构构造
三、成矿阶段划分
四、矿石类型
第三节 典型矿床研究
一、焦家主干断裂带赋存的矿床
二、河西—候家支断裂带赋存的矿床
三、望儿山支断裂带赋存的矿床
第四节 成矿作用
一、围岩与蚀变带的物质成份关系
二、断裂构造的成岩成矿作用
三、矿床形成的时间
第四章 成矿规律研究
第一节 控矿条件的研究
一、地层条件
二、岩浆岩条件
三、构造条件
第二节 成矿规律的研究
一、矿化分带规律
二、矿床空间定位和赋存规律
三、矿体形态特征规律

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

四、矿体的侧伏规律
五、矿床纵向等间距分布规律
六、矿床匹配规律
七、金的富集规律
第五章 地球物理特征
第一节 地球物理参数特征
一、岩矿（石）密度特征
二、岩（矿）石的磁性特征
三、岩（矿）石的电性特征
第二节 地球物理场特征
一、区域重磁场特征
二、重点重磁场区的讨论
第六章 地球化学特征
第一节 地球化学参数特征
一、元素背景含量
二、元素地球化学参数特征
三、 浓集比率K，叠加强度D，变异系数 Cv
第二节 地球化学场特征
一、区域分布特征
二、焦家金成矿带地球化学场特征
第七章 遥感地质特征
第一节 预测研究区地层和主要侵入岩影像特征
一、主要地层的影像特征
二、主要侵入岩的影像特征
第二节 构造影像特征及解译
一、线性构造特征
二、环形构造特征
三、环形、线性构造与成矿的关系
第八章 找矿模型研究与成矿预测
第一节 找矿模型研究
一、地质找矿模型
二、地球物理找矿模型
三、化学找矿模型
第二节 成矿预测
一、概述
二、靶区的确定与概况
第九章 结论
第一节 对本次成矿预测的认识
第二节 焦家金成矿带深部找矿工作规划
一、技术路线
二、技术工作方法
三、经费概算
第三节 大比例尺深部成矿预测方法探讨

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

致谢
参考文献
攻博期间发表的学术论文及其它成果
中文摘要
英文摘要
作者声明
吉林大学博士学位论文原创性声明

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第一章　绪　　论

第一节 本项研究的目的意义

实现深部矿产资源的开发，缩小与国外矿产开发发达国家在该领域的差距，是我国矿产资源开发利用的重要课题。我国以往金矿勘查深度受勘查技术和开发经济技术条件的限制，大多属于中浅部。随着勘查开发的技术进步，已探明金矿资源的大量消耗和资源危机矿山的增多，金矿的深部找矿工作愈显重要。本项研究目的在于：

1、指导焦家带深部金矿找矿工作。通过对著名的焦家金矿成矿带开展大比例尺深部资源预测，较为准确地确定矿体的空间位置，估算资源量，科学的指导地质勘查工作，降低投资风险。

2、探讨大比例尺成矿预测的适宜方法。大比例尺深部矿体级成矿预测可直接指导矿床勘探工作，以较少的经济投入获得最佳的地质找矿效果。该项研究旨在通过以成矿赋矿规律为主导的综合信息找矿模型的建立研究，进一步探讨实用的大比例尺深部矿体级成矿预测方法。

3、推动我国深部矿产资源的开发。大比例尺成矿预测可为资源短缺或危机类矿山预测其深部或外围地区可能存在的盲矿体，为地质找矿和矿山地质勘探工作部署提供直接的依据，延长矿山服务年限，从而推动我国深部矿产资源的开发。

第二节　深部成矿预测的研究现状

传统的成矿预测是根据地质人员掌握的地质理论和找矿经验在成矿规律图上圈出不同的成矿远景区作为预测的成果。目前成矿预测是在传统预测的基础上发展起来的，有一套完整的理论、技术和方法。可归纳为三个方面：①就矿找矿；②按成矿理论和模式找矿；③运用新技术新方法综合找矿。对一般在构造、地层层位或其它方面具有一定规律或具有明显成矿标志的浅部矿床而言，做出成矿预测相对较为容易。而隐伏尤其是深部矿体的预测则是一个相当复杂的系统科学工程．涉及隐伏矿体预测的理论和技术方法研究，是当前地质找矿工作迫切需要且又有可能创造巨大经济价值的热点之一。

在目前的成矿预测工作中，综合信息评价理论、相似类比理论、地质异常理论、矿床成矿系列理论、矿床成因模型理论和成矿系统理论等代表着该领域目前国内外的研究水平和发展趋势。

1、综合信息评价理论。著名的综合信息评价理论由王世称教授等提出，它是从研究区的地质构造环境和所预测矿种的已知矿床(点)入手，分析矿床的成矿规律,成矿控制条件，以此为前提，对各种地物化遥资料进行解释，研究直、间接信息的关联关系，形成综合信息系统，深化已取得的地质规律的认识，建立以找矿为目的的综合信息找矿模型；研究矿化单元边界条件，划分

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

出不同等级的地质统计单元(预测靶区)，研究信息与矿产资源特征间的关系，选择最佳变量组合；应用电子计算机技术将综合信息找矿模型转化成定量评价模型，将其外推到地质构造环境相类似的未知区，实现对资源特征的定量估计。综合信息矿产资源评价实际上是一种将传统的矿产预测、矿床统计预测和矿产资源评价融为一体的矿产预测方法。

2、相似类比理论。 相似类比理论是成矿预测的重要理论之一，由赵鹏大院士提出。在一定的地质条件下产出一定类型的矿床，相似地质条件下赋存有相似的矿床，同类矿床之间可以进行类比，与已知矿床地质背景相似的地区（段）可以认为是成矿远景区或圈定为找矿靶区。也就是说在相似的地质环境下，应该有相似的成矿系列或矿床产出；在相同的（足够大）地壳体积内应有等同或相似的矿产资源量。

3、地质异常理论。相似类比理论只能预测和寻找与已知矿床类型和规模大致相同的矿床，不能预测尚未发现的新类型矿床和规模巨大的矿床。20 世纪 90 年代以来，赵鹏大院士等提出的地质异常致矿理论成功地解决了这一问题。其主要内容是：地质异常反映的是在成分结构、构造或成因序次上与周围环境有明显差异的地质体或地质组合；是与周围总体地质特征极不相同的地区，在大比例尺中系指地质、物探、化探、遥感等各类异常的综合（朱裕生、金丕兴，1997）。按分布范围的大小，地质异常分成 5 级：全球性地质异常、区域性地质异常、局部性地质异常、小型地质异常和显微地质异常等。地质异常矿床（体）定位方法是在地质异常致矿理论指导下，运用多学科信息，以非线性科学和计算机技术为手段，以研究和圈定不同尺度和不同类型的地质异常为基本途径，逐渐逼近工业矿体的一种定量成矿预测方法。

4、矿床成矿系列理论。矿床成矿系列概念由程裕淇院士提出，它主要是研究成矿作用在四维空间中的规律，探索在地球发展过程中成矿的时、空演化以及分布规律，有效地指导成矿预测工作，促进矿产资源的勘查工作。陈毓川院士等对其涵义给予了阐述：在一定的地质历史发展阶段所形成的地质构造单元内，与一定的地质成矿作用有关，在一定的地质构造部位形成各矿种、各类型而且有成因联系的矿床组合，为矿床成矿系列。该系列可分出以下不同级别的序次：矿床成矿系列组合，矿床成矿系列类型，矿床成矿系列，矿床成矿亚系列，矿床式（或矿床类型），矿床。成矿系列该理论是我国矿产预测的重要基础理论之一。

5、成矿系统理论。成矿系统是当前成矿学研究中的一种重要的理论，已应用于成矿预测中，翟裕生院士对其进行了系统的阐述。该理论将成矿的构造体系、流体系统和化学反应及矿床定位机制有机的结合起来，从成矿作用动力学演化的角度来分析成矿作用过程及其要素，以新的思路去探讨认识矿床的形成和分布规律，更有效的指导找矿工作。其基本内涵是“成矿系统是指在一定的时空域中，控制矿床形成、变化和保存的全部地质要素和成矿作用的过程，以及所形成的矿

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

床系列、矿化异常系列构成的整体，是具有成矿功能的一个自然系统”。成矿系统的内部结构包括四个部分：①控制成矿因素，②成矿要素，③成矿作用过程，④成矿产物。

6、矿床成因模型预测理论。 20 世纪 80 年代以来，国际上兴起了以矿床成因模式进行成矿预测和找矿的热潮，其主要内涵是对不同矿种、不同成因类型的矿床进行成因模式研究；利用已知矿床的成因模式开展成矿预测并直接指导地质勘查找矿工作。国外以 DPCox 和 DASinger（1987）为代表，国内以陈毓川、裴荣富、张贻侠等一些矿床地质学家为代表。国际地球科学联合会（IUGS）于 1984 年设立了一个国际的《矿床模式项目》（1985～1994），目的是促进交流矿床模式，用于矿产资源的预测、勘查评价和开发，已取得了较好的效果。

上述成矿预测理论广泛地应用于矿产成矿预测中，尤其在区域上、宏观上的成矿预测中取得了显著的效果，对部署区域性、面积性的地质找矿工作起到了重要的指导作用。但是如何将上述成矿预测理论及其思想应用于深部矿产大比例尺成矿预测，形成一套完善的方法，是急需研究解决的问题。目前，这一领域的研究工作正在从不同的角度进行，但还未取得实质性的突破。

第三节 本项研究工作概况

一、以往地质工作概况

山东省焦家金成矿带地质工作程度较高，自上世纪六十年代以来，由于“焦家式” 金矿新类型的发现，以山东省地矿局第六地质队为主的地勘单位和科研院校在该成矿带开展了许多金矿地质勘查及地学科研工作，积累了丰富的基础地质、矿产勘查和地学科研成果。至目前在该带相继勘查评价了焦家、新城、河西三个特大型金矿床及河东、东季、马塘、望儿山等数个大型、中型金矿床，累计探明金储量 350 多吨。

1、基础地质与物化探工作。至目前已完成的主要工作包括 1：20 万、1：5 万区域地质调查和所有勘查评价矿区（矿床）的 1:1 万－1：2 千地质测量；1：20 万航磁、重力、水系沉积物测量、重砂测量、化探扫面；部分地区完成了 1:1 万地面磁测和高精度磁测、1:1 万和 1:2 万激电测量、1:2.5 万重力测量、1：5 万重砂测量、化探测量以及综合物探（磁法、电法、重力、γ 能谱）；个别矿区或地段进行了土壤地球化学测量和岩石地球化学测量、汞气测量等。

2、矿产勘查工作。已完成的主要金矿床勘查成果为“山东省招远县河东金矿床初步勘探”、“山东省掖县马塘金矿区勘探”、“山东省掖县新城金矿区勘探”、“山东省招远县河西金矿区河西矿段勘探”、“山东省招远市上庄金矿床详查”、“山东省招远－莱州地区河西金矿床红布矿段勘探”、“山东省莱州市望儿山金矿床勘探”、“山东省莱州市东季金矿区勘探”及“山东省莱州市焦家金矿床地质勘探－生产勘探总结”等，上述详查－勘探工作共探求金储量约 328 吨。另外、还对多

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

个矿区，如黄山馆、辛庄、大涝洼、高家庄、付家、徐村院、徐家疃、寺庄等，开展了金矿普查，探明了一定的储量。

3、地学科研工作。完成的主要成果有“鲁东地区金矿远景划分及成矿预测”)、“山东省掖县北部地区焦家式金矿成矿规律与找矿方向研究”、“山东省胶东西北部焦家金矿带1：2.5万成矿预测”、“山东省金矿成矿远景区划及九五找矿工作部署”及“山东省胶东地区大中型金矿成矿规律及找矿方向研究”（1997年）等。

通过比较系统详细的基础地质、物化探、金矿勘查评价及科研工作，查清了区内地质及地球物理、地球化学的基本问题，对矿床成因机理有了比较深入的认识，为开展焦家成矿带深部大比例尺金矿成矿预测奠定了基础。

二、本次预测研究概述

预测研究区北起龙口市黄山馆镇姚家村，沿南西方向至莱州市朱桥镇徐村院一带，长约35km，宽约10km，面积约350 km^2（见图1.1）。

本项预测研究工作大致可分为三个阶段：第一阶段，全面收集预测研究区内地质、重砂、化探、物探、遥感等已有的各类信息资料，开展以矿山调查为主的野外工作。从区域和预测区地层、构造、岩浆岩和矿产研究入手，建立了区域成矿模式。第二阶段，充分利用焦家金成矿带赋存的焦家、新城、河东、河西、东季、望儿山、上庄等大型、特大型金矿和北截、寺庄等一批中、小矿床（点）的勘查成果资料，开展含矿蚀变带地质特征、典型矿床地质特征、矿石矿物成分及矿石类型、成矿规律与矿床成因研究；利用吉林大学最近研制的地球物理、地球化学两个成矿预测模块对该区区域的1：20万～1：2.5万的重力、航磁、激电、重砂、水系沉积物等物化探数据资料进行系统处理，从宏观上加强了预测研究区内地层、岩体、构造和矿床与物化探异常分布规律的研究；对遥感地质资料作了进一步分析，研究了玲珑岩体、郭家岭岩体等有关岩体和岩脉的影象特征，以及线形、环形构造与金成矿的关系。第三阶段，综合运用所取得的新成果、新理论、新认识，在综合信息成矿预测理论和其它预测理论基本思想的指导下，建立找矿模型，对焦家带深部及已知矿床的外围进行了以矿体靶区为目标的大比例尺金矿成矿预测研究。本项预测研究主要取得以下研究成果：

1、通过区域上和预测研究区内成矿地质背景及典型矿床的研究，进一步确定了地层、构造、岩浆岩“三位一体”组合对金矿床的控制关系。即金矿床主要赋存于沿胶东岩群地层、玲珑岩体与郭家岭岩体内部或两两接触带发育的北东向断裂带。大型主干断裂、支断裂赋存规模较大的金矿床，次级断裂控制的矿床规模较小。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

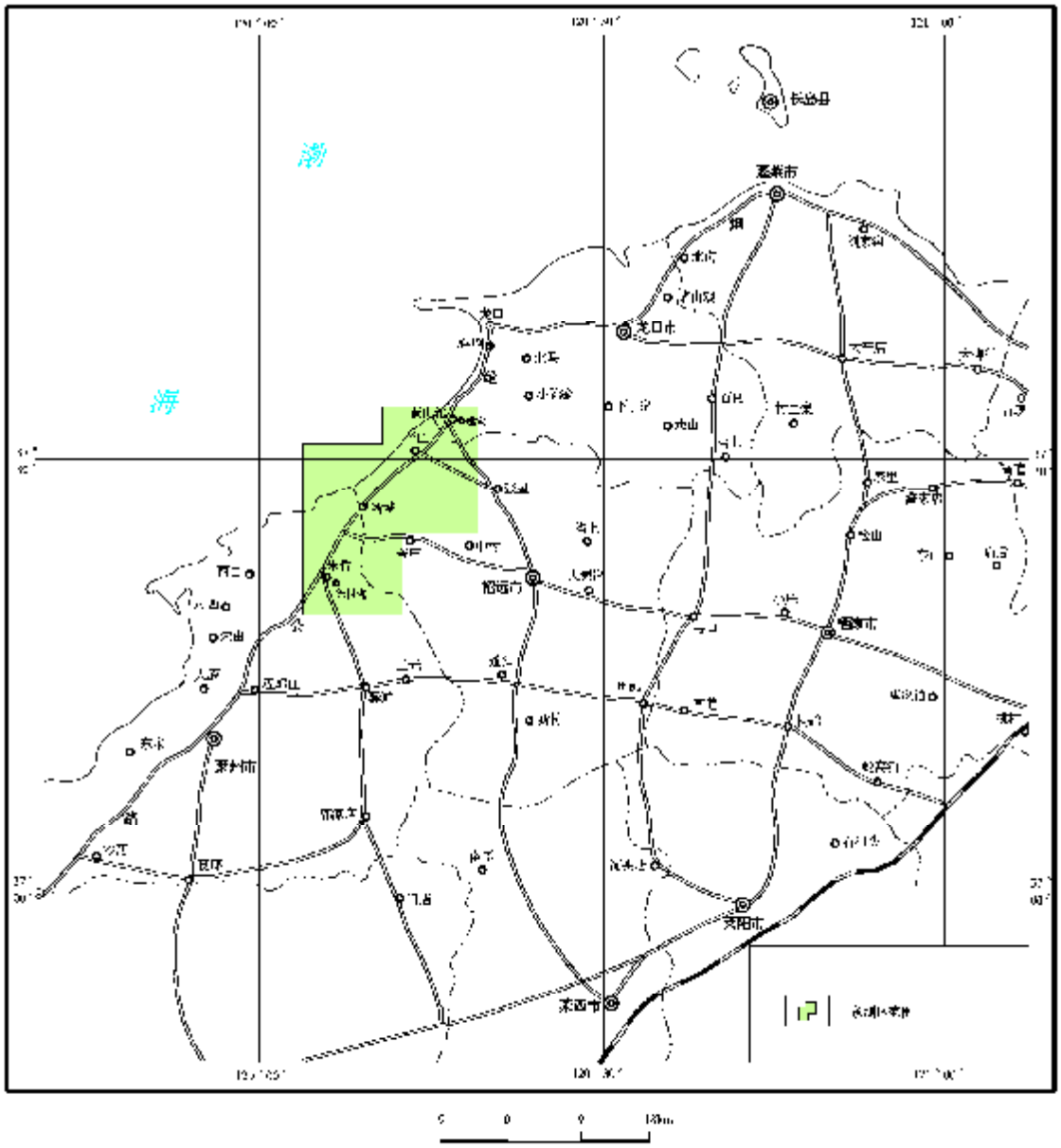


图 **1.1** 预测研究区范围及交通位置图

2、深入总结了金矿床的控制和产出规律，首次全面提出了本区矿床形成的时间规律、矿化分带规律、矿体空间定位和赋存规律、矿体形态特征规律、矿体侧伏规律、矿床（体）纵向等间距分布规律、矿床（体）匹配规律、金的富集规律等。

3、从地层、侵入岩和构造三方面对金矿体赋存产出地质特征控制的研究，重新建立了研究区内金矿的地质找矿模型；根据地球物理的磁场、重力场、电场的变化，以水系沉积物和原生晕为主的化探异常区带分布特点，总结了该预测研究区的地球物理、地球化学找矿模型。

4、首次对山东省焦家金成矿带系统进行了以深部为主的大比例尺成矿预测。根据新建立的找矿模型，首先在矿带垂直纵投影图上圈定矿体级预测靶区，根据相邻矿体或预测矿体的已见矿工

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

程控制的厚度、品位、体重等储量计算参数及其变化规律，在对相关参数略加修正的基础上，对预测的每个矿体靶区进行储量计算；然后将垂直纵投影图上圈定预测矿体边界转换成水平位置；最后以矩形的方式在成矿预测图上予以表达。本次预测研究在区内共圈定矿体级找矿靶区 11 个，计 25 个空间位置与资源量较为准确的预测金矿体，预测金资源总量 560 吨。

5、该项成果不仅系统地总结了“焦家式”金矿的控矿地质条件和成矿赋矿规律，丰富和完善了“焦家式”金矿成矿理论，而且为重要成矿区带的深部资源预测提供了较为有效的工作方法和途径，积累了经验，同时为焦家成矿带的深部金矿找矿工作部署具有重大的使用价值。

6、本次预测 A—10 找矿靶区已应用于该区的金矿找矿实践，已施工的 3 个钻孔控制金矿资源量近 20 吨，其深部仍有良好的找矿前景，可达到或超过预测的金资源量。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第二章　成矿地质背景

预测研究区位于胶东半岛西北部,大地构造位置处于华北地台南缘胶北地体的胶北隆起区，西靠沂沭断裂带，南接胶莱拗陷，北邻龙口断陷盆地和渤海拗陷，东接牟平－即墨构造混杂岩带。古老的基底变形变质岩系，多期多成因的岩浆活动和以北东向断裂为主的构造格架，构成了本区金矿的成矿地质背景。

第一节　地　层

区域上分布的地层主要包括：中太古代唐家庄岩群（Ar_2t）、新太古代胶东岩群(Ar_3j)、早元古代荆山群（Pt_1j）和粉子山群（Pt_1f）、新元古代震旦纪蓬莱群（Zp）、中生代白垩纪的青山群（Kq）和莱阳群(Kl)、新生代第三纪五图群(Ew)和临朐群(Nl)及第四纪沉积（图 2.1）。现将其分布产状、岩性组合、原岩性质及变质作用等特征简述如下：

1、中太古代唐家庄岩群（Ar_2t）。分布于招远东南部，呈较小的包体分布于官地洼、栖霞超单元中。主要岩性为黑云（角闪）变粒岩、斜长角闪岩、磁铁石英岩、磁铁紫苏麻粒岩，属于克拉通高级变质区的基性—中基性火山岩—碎屑岩—硅铁建造，变质作用达麻粒岩相。

2、新太古代胶东岩群(Ar_3j)。主要分布于龙莱断裂带的上盘，呈规模较小的零散包体状、带状广泛分布于栖霞、玲珑超单元内部及边缘。自下而上分为苗家岩组和郭格庄岩组。苗家岩组主要岩性为黑云斜长变粒岩、角闪斜长变粒岩、斜长角闪岩；郭格庄岩组主要为黑云变粒岩、石榴透辉含磁铁石英岩、磁铁石英岩和斜长角闪岩。

胶东岩群属于大洋环境下的基性—中酸性火山碎屑岩建造夹含铁碧玉岩建造，变质作用达高角闪岩相。

3、早元古代荆山群（Pt_1j）。主要分布于招远南部及栖霞南部地区，岩性包括石榴矽线黑云片岩、透辉岩、黑云变粒岩、斜长角闪岩、大理岩、石墨透辉变粒岩等，属于一套正常的陆源碎屑—碳酸盐岩沉积夹少量中基性火山岩建造，高角闪岩相变质作用。

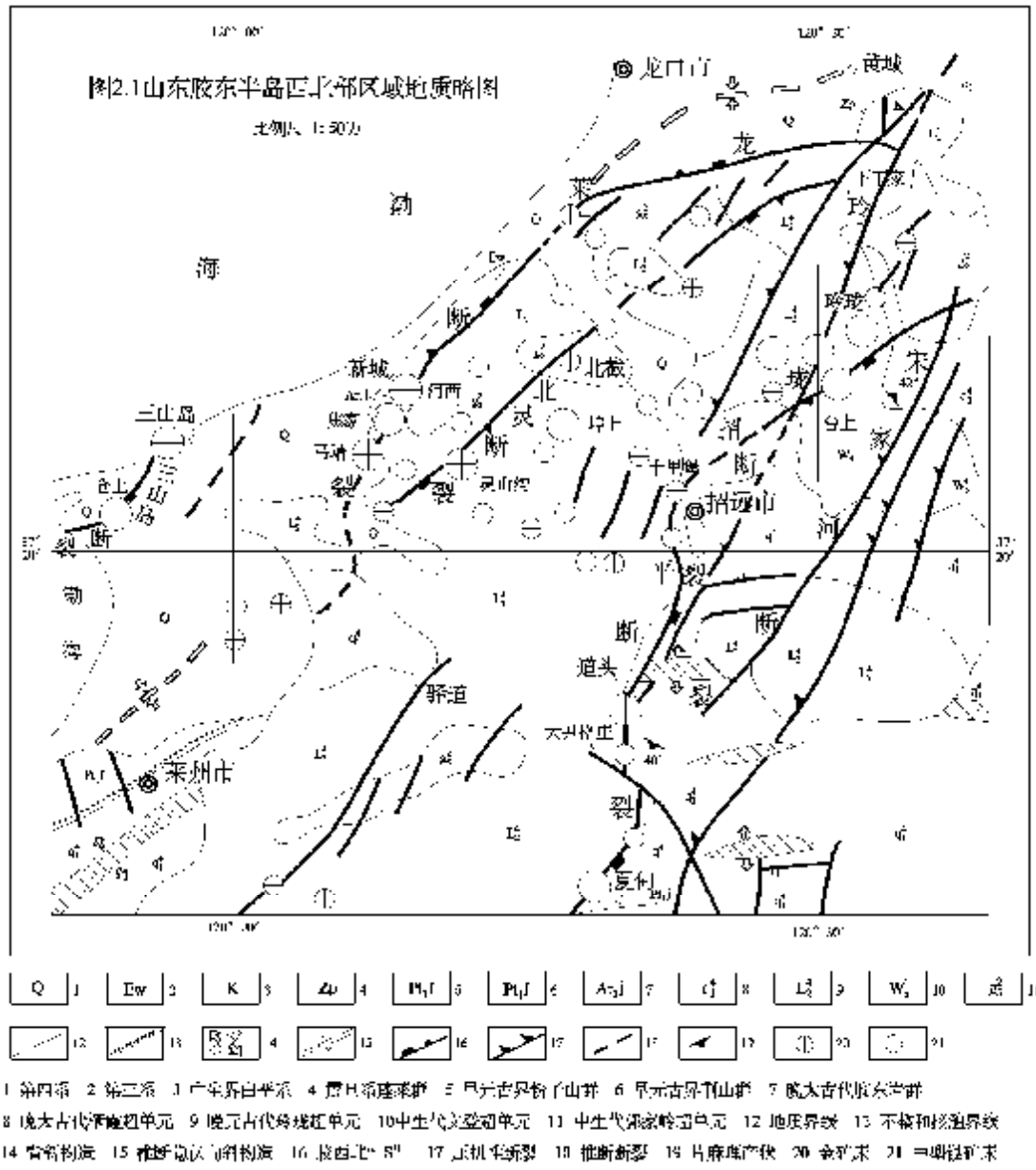
4、早元古代粉子山群（Pt_1f）。主要分布于莱州市粉子山地区，岩性为黑云片岩、浅粒岩、黑云变粒岩、透闪岩、大理岩等，为一套浅海相—滨海相夹碳酸盐建造的高铝变质岩系，发育强烈的韧性变形和高角闪岩相变质作用。

5、新元古代震旦纪蓬莱群（Zp）。主要分布于龙口市凤凰山一带，自下而上分为南庄组和香夼组。南庄组主要岩性为千枚岩、千枚状钙质板岩；香夼组主要岩性为千枚状板岩、紫红色泥晶灰岩、条带状灰岩。蓬莱群属于陆棚浅海或泻湖相碳酸盐建造，具有低绿片岩相变质作用的特点。

6、白垩纪青山群（Kq）和莱阳群(Kl)。分布于龙口市凤凰山一带，岩性包括熔接集块岩、角

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

砾岩、凝灰岩、英安玢岩等，属于酸性英安质火山碎屑岩及次火山岩建造。



7、第三纪五图群(Ew)。分布于招远北部龙莱断裂带上盘及龙口市北皂、洼里一带，自下而上分为朱壁店组和李家崖组，为河流相及湖相沉积建造。朱壁店组为一套粗碎屑岩，以砂砾岩、细砂岩为主，形成时代为始新世，不含煤层；李家崖组包括煤层及以泥岩为主的砂砾岩、砂岩、泥灰岩、粘土岩等，形成于渐新世。

8、临朐群(Nl)。分布于龙口市黄城北部，主要岩性为橄榄钛辉霞石岩，为一套喷溢相超基性火山熔岩建造。

9、第四纪（Q）沉积。广泛分布于区内，包括含粘土的砾石层及混粒砂、土黄色亚粘土等。

预测研究区内地层包括新太古代胶东岩群的苗家岩组和郭格庄岩组，第三纪五图群的朱壁店

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

组和第四纪松散堆积物。

胶东岩群与金成矿作用关系密切，主要分布于焦家主干断裂上盘，其它地段则以包体或残留体形式分布于玲珑超单元及郭家岭超单元中。五图群朱壁店组分布于研究区北部，焦家主干断裂上盘，由以往勘查钻孔控制，与上覆第四纪松散堆积物及下覆胶东岩群苗家岩组地层呈明显不整合接触。

第二节 侵入岩

胶西北隆起区侵入岩十分发育，岩石类型既有基性、超基性侵入岩，也有中性、酸性和碱性侵入岩；形成时代既有太古代，也有早、新元古代及中生代；成因上包括幔源型、壳源型及壳幔混合源型；产状上呈岩基、岩株、岩脉等分布，类型众多，特点各异，构成了区内复杂多样的岩浆演化系列。

根据同源岩浆演化—脉动理论，区内侵入岩划分为 30 多个单元，归并为 8 个超单元，其主要超单元或单元特征简述如下：

1、中太古代迁西期官地洼超单元（g_1^3）。分布于招远毕郭南部，形态呈透镜状、椭圆状及不规则状，以包体形式分布于栖霞超单元中。主要岩性为辉橄岩、变辉长岩、二辉麻粒岩。为幔源型基性—超基性岩；轻稀土富集型，配分曲线右倾；副矿物组合为磁铁矿—磷灰石型。

2、中太古代迁西期西朱崔单元(XzO_1^2)。分布于招远毕郭南部，透镜状、不规则长条状，呈包体散布于栖霞超单元中。主要岩性为片麻状细粒含紫苏英云闪长岩。为钠质钙性岩，轻稀土富集型，配分曲线右倾，δEu=1.44，铕具正异常；副矿物组合类型为磷灰石—锆石型。成因属于幔源型。

3、新太古代五台—阜平期马连庄超单元（mL_1^4）。分布于招远南部齐山—夏甸一带，形态为透镜状、不规则状，呈脉状及包体分布于栖霞超单元中。主要岩性为蛇纹石化辉石橄榄岩、角闪石岩、斜长角闪岩。从早到晚岩石化学成分由高镁、铁向高铝、硅方向演化；轻稀土富集型，配分曲线右倾，δEu=0.67—1.11,铕多具负异常；副矿物组合为磷灰石—磁铁矿型。成因属于幔源型。

4、新太古代五台—阜平期栖霞超单元（q_1^4）。以分布于招远地区的招平断裂上盘为主，呈椭圆形岩基产出，其它地区呈岩株产出，规模较小。典型的太古宙 TTG 岩系，主要岩性为条带状细粒含角闪黑云英云闪长质片麻岩、中细粒黑云角闪英云闪长质片麻岩、细粒奥长花岗质片麻岩等。岩石化学成分表现为从早到晚 SiO_2 升高，AI_2O_3、TiO_2、MgO、Fe_2O_3+FeO、P_2O_5 降低，基性程度降低，酸性程度增高；轻稀土富集型，配分曲线右倾，δEu=0.61—1.18，铕具负异常为主。副矿物组合为锆石—磷灰石型。成因属于幔源型。

5、古元古代吕梁期莱州超单元（L_2^1）。分布于招远大秦家南部，形态多为椭圆形、不规则椭

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

圆形及不规则圆形，在玲珑超单元内呈包体产出，一般为岩株状。岩性为变橄榄岩、斜长角闪岩（变基性岩）、角闪闪长岩。岩石化学特征主要表现为一套基性—超基性岩，原岩为橄榄岩、辉绿岩、辉长岩；轻稀土富集型，δEu=1.14，铕具正异常；富矿物组合类型为磷灰石型、磁铁矿—磷灰石型。成因为幔源型。

6、古元古代吕梁期双顶超单元（S_2^1）。分布于招远东北部及龙口南部，形态多为椭圆形及不规则圆形，在玲珑超单元内呈包体产出，多为岩株状。主要岩性为片麻状细粒花岗闪长岩，片麻状细粒二长花岗岩。该超单元属于幔源型岩浆成因的“I”型花岗岩，铝过饱和岩石类型；轻稀土富集型，δEu=1.53，铕具正异常；副矿物组合类型为磷灰石型、锆石—磷灰石型。

7、新元古代震旦期玲珑超单元（L_2^3）。招平断裂带以西及以北大面积分布，形态有不规则的环状、不规则状、不规则圆形、椭圆形等，侵入中太古代唐家庄岩群和新太古代胶东岩群及栖霞超单元，呈岩基、岩株、脉状产出。岩性为弱片麻状（细粒、细中粒、中细粒）含石榴二长花岗岩、（弱片麻状中粒、含斑粗中粒、中粗粒）二长花岗岩。玲珑超单元为壳源型岩浆成因的“S”型花岗岩，属于钙碱性到碱钙性的酸性岩类；轻稀土富集型，配分曲线右倾，δEu=0.65—1.735；微量元素含量比较稳定，呈同熔花岗岩特征。副矿物组合类型为榍石—磷灰石—锆石型。

8、中生代印支期文登超单元（W_5^1）。分布于招远阜山—大秦家一带，呈近东西向展布，北依招平断裂带，南接栖霞超单元。形态有椭圆形、不规则状、不规则圆状等，呈岩株产出。主要岩性为细粒、含斑中粒、含斑粗中粒、含斑中粗粒二长花岗岩。该超单元为壳源型岩浆成因的“S”型花岗岩。轻稀土富集型，配分曲线右倾，δEu=0.52，铕具明显负异常；微量元素变化规律不明显；副矿物组合类型为磷灰石—锆石—榍石型。

9、中生代燕山早期郭家岭超单元（g_5^2）。分布于莱州北部的三山岛地区，招远北部上庄、北截、丛家、曲家、郭家岭一带，呈近东西向展布。形态有不规则状、不规则椭圆状、半环状等，呈岩株、脉状产出。岩性为斑状中粒角闪石英二长岩—斑状粗中粒含角闪黑云花岗闪长岩—巨斑状中粒花岗闪长岩，暗色矿物由多到少，斑晶由小到大且含量增高；暗色幔源包体种类由多到少。属于壳幔混合型的同熔型花岗岩。轻稀土富集型，配分曲线右倾，δEu=1.09—0.96，铕总体上具轻微负异常；微量元素 Cr，Ni，Ba，Cu，Zn 含量大于 Rb，Nb，具有“I ”型花岗岩特征。副矿物组合类型为榍石—磷灰石—锆石（褐帘石）型。

综合研究区域内主要超单元的氧化物、微量元素和稀土元素的含量变化（表 2.1～表 2.3，图 2.2～图 2.3），初步可以看出侵入岩之间的物质演化继承性。

1、马连庄超单元与莱州超单元的 Fe_2O_3、FeO、MgO、CaO 氧化物含量相近，均高于其它五个超单元，K_2O、Na_2O 含量偏低，反映了基性—超基性岩的特点；栖霞、双顶、玲珑、文登和郭家岭五个超单元的主要氧化物含量接近，相关性较大，反映了中酸性侵入岩的特点及物质演化的

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

继承性。

区域主要超单元氧化物含量　　表 2.1

超单元	岩石化学成分(%)										
	SiO_2	AI_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO2	MnO	P_2O_5
马连庄	51.41	10.97	3.92	7.66	8.09	10.66	1.96	0.7	0.64	0.13	0.22
栖霞	67.59	15.51	1.91	2.27	1.95	2.58	4.03	2.07	0.38	0.05	0.14
双顶	73.25	13.70	1.58	1.16	0.41	1.38	3.47	3.66	0.24	0.058	0.06
莱州	51.13	13.67	5.85	7.74	6.52	8.21	1.95	0.88	1.18	0.13	0.17
玲珑	71.83	14.79	0.83	1.39	0.52	1.30	4.10	3.25	0.16	0.03	0.05
文登	73.38	14.15	0.41	1.74	0.37	1.38	3.64	3.03	0.13	0.04	0.04
郭家岭	68.42	15.37	0.84	2.18	1.34	2.65	4.37	3.86	0.28	0.03	0.21

2、Cu、Zn、Co、Ni、Cr 等微量元素，马连庄超单元和莱州超单元中的含量较高，在其它五个超单元中含量的变化程度较小；七个超单元中 Mo 的含量基本接近；从早期到晚期 Ba 的含量呈依次增加的特点，而晚期的壳幔混合源型郭家岭超单元则下降。

3、所有超单元的稀土元素均为轻稀土富集型，配分曲线右倾；副矿物组合表现为磷灰石—磁铁矿型向榍石—磷灰石—锆石型演化，主要副矿物为磷灰石、锆石、榍石、褐帘石、磁铁矿等。

预测研究区内主要分布有玲珑和郭家岭两个超单元，脉岩主要为中基性的煌斑岩、辉绿岩、闪长玢岩等。

1、玲珑超单元。大面积分布于焦家主干断裂带的上下盘，主要为崔召单元和九曲单元。崔召单元区内出露规模较大，其分布北起招远辛庄镇，南至莱州梁郭镇。主要岩性为弱片麻状中粒二长花岗岩，中粒结构，弱片麻状构造。主要矿物有斜长石（43.60％）、钾长石（20.45％）、石英（32％）、黑云母（3.66％）。副矿物组合类型属于磷灰石—榍石—锆石型。该单元捕获的胶东岩群地层，以包体形式存在。主要岩性为细粒黑云斜长片麻岩、斜长角闪岩、石榴矽线黑云片岩等。包体规模较小，多呈透镜状、长条状，长轴方向与围岩片麻理方向一致。

九曲单元主要分布于招远北部的蔡家一带，主要岩性为弱片麻状细中粒含石榴石二长花岗岩，细中粒二长花岗结构，弱片麻状构造，偶含钾长石斑晶，石英拉长呈蠕虫状，与定向的黑云母构成弱片麻理。主要矿物有斜长石（25—30％）、钾长石（30—35％）、石英（25—30％）、黑云母（<5%），主要矿物粒度 2—4mm。副矿物属榍石—磷灰石—锆石型组合。该单元内夹有胶东岩群和栖霞超单元的细粒黑云变粒岩及斜长角闪岩包体，包体一般呈透镜状、长条状，与围岩片麻理一致。

2、郭家岭超单元。主要分布于焦家主干断裂带的下盘，包括典型的上庄单元和分布于研究区北东部的大草屋单元、赵家单元。

上庄单元主要分布于焦家断裂带的下盘河东—上庄一带，以上庄侵入岩体为特征，侵入玲珑

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

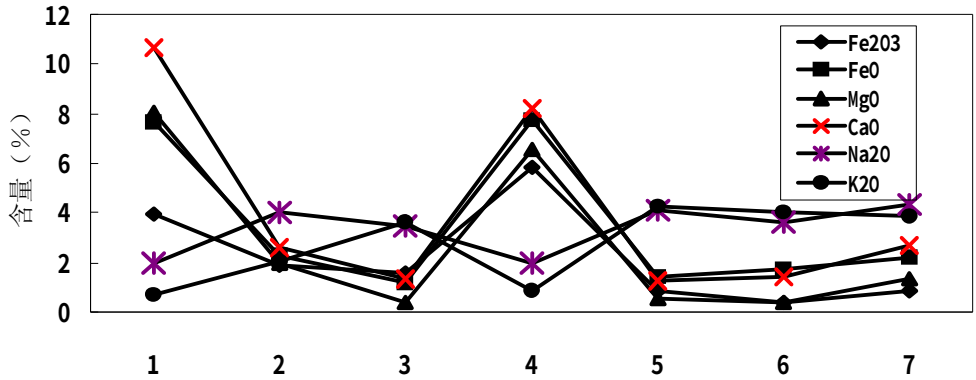


图2.2 区域侵入岩主要氧化物含量变化

1-马连庄 2-栖霞 3-双顶 4-莱州 5-玲珑 6-文登 7-郭家岭

区域超单元主要微量元素含量 表 2.2

超单元	微量元素含量（$\times10^{-6}$，Au、Ag$\times10^{-9}$）									
	Ag	Au	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Ba	Mo	Co
马连庄	8.75	5.7	81.05	14.3	88.3	321.5	237	112.5	10.1	321.5
栖霞	18.4	5.26	38	25.83	59.08	61.87	29.59	247.86	8.98	14.13
双顶	10.42	/	11.43	14.39	55	30.31	12.27	582.12	2.09	6.15
莱州	21.2	/	143.25	62	130.41	193.6	294.25	672.35	6.9	71.65
玲珑	33.70	11.96	14.24	37.30	36.24	8.07	5.84	910.27	4.15	4.34
文登	14.3	7.63	11.43	30.2	34.3	9.9	6.88	1208	9.13	3.05
郭家岭	42.33	16.67	21.05	38.65	61.88	38.13	15.77	685.33	4.8	4.72

区域主要超单元稀土元素含量 表 2.3

超单元	稀土元素含量($\times10^{-6}$)													
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
马连庄	17.74	38.77	5.577	20.43	5.05	1.34	3.3	0.45	2.95	0.46	1.73	0.2	1.66	0.147
栖霞	39.18	58.83	9.75	29.58	4.99	1.92	3.7	0.67	1.92	0.37	0.95	0.14	0.82	0.12
莱州	9.13	23.92	2.59	10.53	3.14	1.07	2.7	0.48	3.06	0.59	1.67	0.13	1.74	0.23
双顶	22.95	39.6	4.73	13.98	2.38	1.08	1.21	0.36	1.11	0.27	0.62	0.1	0.34	0.08
文登	20.27	41.37	4.82	22.13	2.78	0.48	2.5	0.45	1.63	0.70	1.31	0.27	1.07	0.147
玲珑	24.93	45.08	7.47	19.47	2.72	0.77	1.62	0.36	1.17	0.32	0.72	0.19	0.63	0.72
郭家岭	44.8	75.1	9.52	28.07	5.13	1.36	3.34	0.59	1.74	0.34	0.77	0.14	0.63	0.12
球粒陨石	0.378	0.98	0.138	0.716	0.23	0.09	0.31	0.06	0.39	0.09	0.26	0.0399	0.25	0.039

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

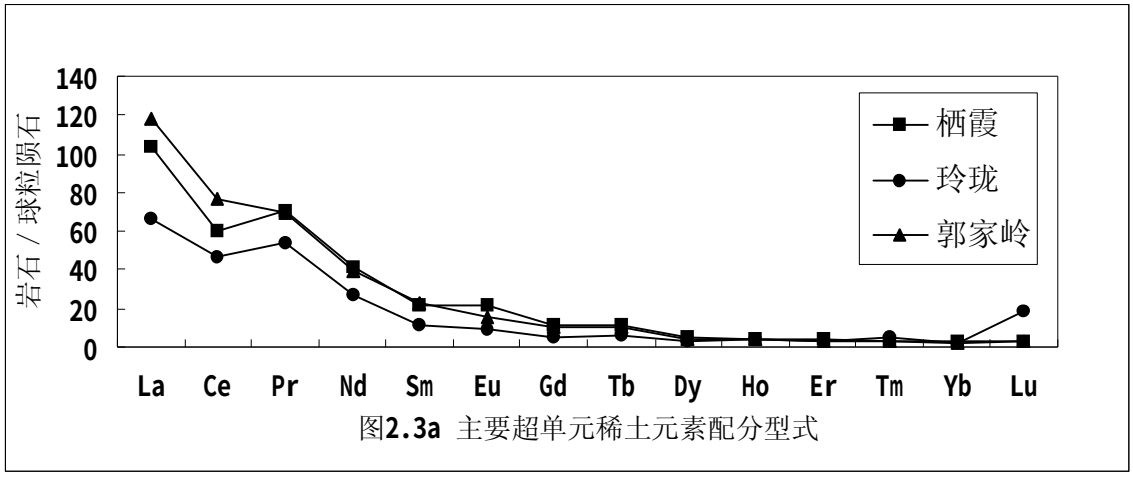


图**2.3a** 主要超单元稀土元素配分型式

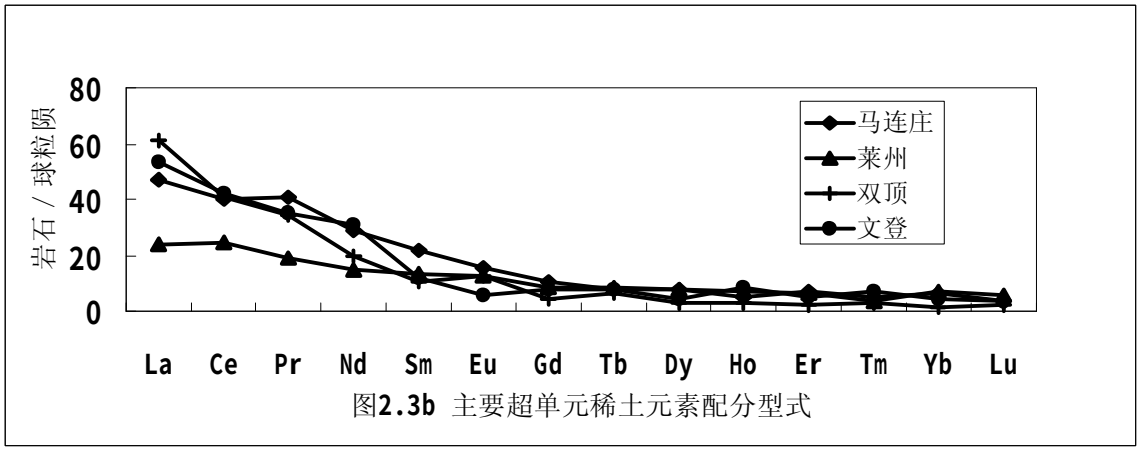


图**2.3b** 主要超单元稀土元素配分型式

超单元和胶东岩群地层。主要岩性为巨斑状中粒花岗闪长岩，似斑状结构，基质为半自形粒状结构，块状构造，主要矿物成分：钾长石 20%、斜长石45%、石英25%、角闪石 3%、黑云母 5%，其它少量。副矿物类型属于榍石—磷灰石—褐帘石型。

大草屋单元分布于研究区东部的北截—杜家集一带，以北截侵入岩体规模最大。主要岩性为斑状粗中粒含角闪黑云花岗闪长岩，似斑状结构，基质为粗中粒花岗结构，弱片麻状构造，斑晶为浅肉红色钾长石。主要组成矿物有斜长石（46.69%）、钾长石（7.46%）、石英（27.18%）、角闪石（3.69%）、黑云母（5.28%）。副矿物类型为榍石—磷灰石型。单元内暗色包体主要包括胶东岩群和栖霞超单元的闪长质包体、角闪闪长质包体及黑云母条带、角闪石条带，包体岩石多为细粒结构，呈透镜状及不规则状，长轴走向与围岩片麻理基本一致。暗色矿物条带多分布于单元边部，平行接触面。

赵家单元出露面积较小，主要分布于研究区北东段岭西—蔡家一带。主要岩性为斑状中粒角闪石英二长岩，似斑状结构，基质为中粒花岗结构，片麻状构造。斑晶为板状钾长石。主要组成矿物有斜长石（41.18%）、钾长石（29.14%）、石英（12.0%）、角闪石（12.60%）、黑云母少量。副矿物类型属于榍石—磷灰石—锆石型。单元内暗色矿物包体较多，主要为胶东岩群的闪长质、

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

角闪（黑云）闪长质、角闪正长质、角闪石析离体等，多呈规模较小的透镜状、不规则状、条带状等。

3、脉岩。研究区内脉岩比较发育，常见闪长玢岩、煌斑岩、辉绿岩、辉绿玢岩等，以闪长玢岩最为发育。

脉岩走向多为近南北向，少数为北北东向和北东东向，倾向北西或南东，倾角比较陡。 由于脉岩与金矿体在空间上常常相伴产出，反映了金矿成矿过程中金矿成矿物质与某些脉岩同源。根据其穿插关系分为成矿前脉岩、成矿期脉岩和成矿后脉岩。成矿前脉岩主要岩性为中基性岩类，如闪长玢岩、辉绿玢岩、煌斑岩等；成矿期脉岩主要为煌斑岩类；成矿后脉岩主要为各种煌斑岩、闪长玢岩等。

第三节　构 造

区域上地质构造格架以脆性断裂为主，韧性变形构造次之，褶皱构造不发育。韧性变形构造主要发育于古老基底变质岩系和早期幔源成因的侵入岩，褶皱构造往往与其伴生。断裂构造中以北东向断裂最为发育，也是该区典型的控（赋）矿构造。

一、韧性变形构造

韧性变形构造具体表现形式为韧性（剪切）变形带，主要分布于中太古代—新元古代的基底变质岩系地层和以幔源成因的侵入岩内。变形带走向以东西向为主，北东向和北西向次之。根据研究成果,该区的韧性变形构造分为五期（表 2.4）。

韧性变形构造特征简表　　表 2.4

变形期次	第一期	第二期	第三期	第四期	第五期
变形时代	中太古代	晚太古代	早元古代	晚元古代	晚元古代
变形带方向	北西走向	东西～北东走向	东西走向	北西走向	东西走向
主要构造岩	糜棱岩	变晶糜棱岩	变晶糜棱岩	变晶糜棱岩	超糜棱岩
受影响的地层和侵入岩	唐家庄岩群地层和官地洼超单元	马连庄和栖霞超单元、胶东岩群地层	栖霞超单元、荆山群和粉子山群地层	栖霞超单元、莱州超单元和双顶超单元	栖霞超单元
变形温度	高温	中温	中温	中温	低温
变形性质	挤压	右行逆冲推覆	右行剪切	左行逆冲推覆	左行滑脱
变形机制	压扁	压扁	压扁	压扁	拉伸

五期韧性变形反映，从第一期到第五期变形温度逐渐降低，变形层次由深变浅，变形机制由压扁最终变为拉伸，变形性质由逆冲推覆演化为滑脱等。

二、脆性断裂

区内脆性断裂构造十分发育，主要是在早期韧性构造基础上叠加形成的，区域内比较重要的脆性构造详见表 2.5。按走向分为北东向、北北东向、北西向、东西向四组，尤以北东向最为发育。从形成时代上看较为复杂，不同方向的断裂构造形成于不同的时代，部分是同期形成的。同一方向的断裂构造多数是同期形成的且同一条断裂又表现为多期活动的特点。研究认为，区内断裂构

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

胶西北地区主要脆性断裂地质特征一览表　　表 2.5

序号	断裂名称	分布及规模	产状	地质特征	备注
1	三山岛—仓上断裂	莱州市三山岛—仓上—潘家屋子一带，北东端及南西端入海，长大于30km，断裂带宽20—400m。	总体走向40°—50°，倾向南东，倾角30°—40°，局部可达75°，平面展布呈“S”型。	断裂发育于胶东岩群与玲珑超单元、郭家岭超单元接触带部位。矿体赋存于主裂面下盘绢英岩化碎裂岩带和黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩带。	已探明三山岛特大型金矿床1个，仓上和新立2个大型金矿床。
2	龙莱断裂	北起龙口市石良集，南至莱州市朱桥一带，长大于50km，断裂带宽50—500m。	寺庄以北走向35°—40°，倾向北西，倾角30°—50°；寺庄以南走向35°，倾向南西，倾角25°—33°。总体呈弧形弯曲延伸，构成一开阔的“S”型。断裂的分支复合特征明显。	断裂主要发育于胶东岩群地层与玲珑超单元、郭家岭超单元两两接触带或岩体内部。矿体主要赋存于主裂面下盘的黄铁绢英岩和黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩带及黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩带。	已探明新城、焦家、河西三个特大型金矿床及河东、上庄、望儿山等一批大、中型金矿床。
3	招平断裂	北起龙口市颜家沟，南至平度市区北，长约120km，断裂带宽150—200m。	南段走向近东西，中段走向近南北或北东向，北段走向转为北东东向，倾向南或南东，倾角30°—70°，总体呈近“S”型展布。	招远以南沿荆山群、栖霞超单元与玲珑超单元接触带发育，招远以北发育于玲珑超单元与文登超单元接触带。矿体主要赋存于主裂面下盘的黄铁绢英岩化碎裂岩带和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带及黄铁绢英岩化花岗岩带。	已探明台上、大尹格庄两个特大型金矿床及曹家洼、夏甸、姜家窑、旧店 等一批大、中型金矿床。
4	灵北断裂	北始于招远市辛庄镇杜家，南终于蚕庄镇黄埠岭，长近20km，宽5—60m。	总体走向53°，倾向在西崔家以南为南东，以北为北西，倾角60°—85°。不同级别序次的分支断裂发育，往往与主干断裂呈“入”字形。	断裂主要发育与玲珑超单元内，北部发育于郭家岭超单元内或与玲珑超单元的接触带。矿体主要赋存于主裂面上下盘的黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩带。	已探明灵山沟、黄埠岭、蚕庄、原家、魏家沟、北截等一批大、中、小型金矿床。
5	玲珑断裂	分布于招远招城镇北坞党—玲珑镇大蒋家，长约17km，宽10—15m。	总体走向31°，倾向北西，倾角65°—85°。	切割玲珑金矿田及玲珑超单元、文登超单元、栖霞超单元等地质体，属金矿成矿后构造，岩性为碎裂状花岗岩、花岗质碎裂岩。	左旋压扭性质。
6	栾家河断裂	南起招远夏甸镇新村勾山水库，北经阜山镇入龙口市，长37.5km，宽50—270m。	大秦家以北走向29°，以南44°，倾向主要为南东，局部北西向，倾角50°—70°。	切割荆山群地层和文登超单元、玲珑超单元、栖霞超单元，岩性包括碎裂岩、碎裂状岩石及少量断层泥。	左旋压扭性质。
7	丰仪店断裂	北起龙口市丰仪店，南至招远市夏甸镇岚子东，总长24.5km，宽10—15m。	总体走向30°，倾向南东，倾角50°—63°。	切割栖霞超单元、玲珑超单元和文登超单元。构造岩为碎裂状花岗岩、英云闪长岩、斜长角闪岩及碎裂岩。	左旋压扭性质。
8	西赵至下东庄断裂	东起招远市夏甸镇勾山北，西经青龙镇延入莱州市，长度大于6km，宽5—20m，局部可达150m。	总体近东西向，局部北西向，倾向北、北东，倾角50°—75°。	分布于玲珑超单元内，局部断裂上盘次级断裂发育，断裂早期为右旋压扭性质，晚期为左旋张扭性质。岩性包括断层泥、碎裂岩及角砾岩等。	与萤石矿床关系密切，已探明莱州三元、招远青龙两个中型萤石矿床。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

造的生成顺序一般为：北东向（伴生北西向）断裂→北西向断裂→北北东向（伴生北西向断裂、北东向复活断裂）断裂→东西向断裂。北东向、北西向断裂主要形成于中生代燕山早期；北北东向断裂形成于燕山晚期及新生代；东西向断裂主要形成于中生代末期及新生代第三纪早期。

预测区构造主要表现为脆性断裂构造。以焦家主干断裂为主体，同时包括其上下盘伴生和派生的低序次断裂，如寺庄段发育的寺庄支断裂、邱家支断裂；焦家—朱宋段发育的侯家支断裂、河西支断裂、望儿山支断裂、金华山—洼孙家支断裂等，另有分布于这些支断裂之间和预测区东部岩体内的以北东向为主的更低序次的断裂或裂隙群。这些总体呈北东向展布的断裂构造基本框定了区内所有金矿床（点）的分布范围（图 2.4）。

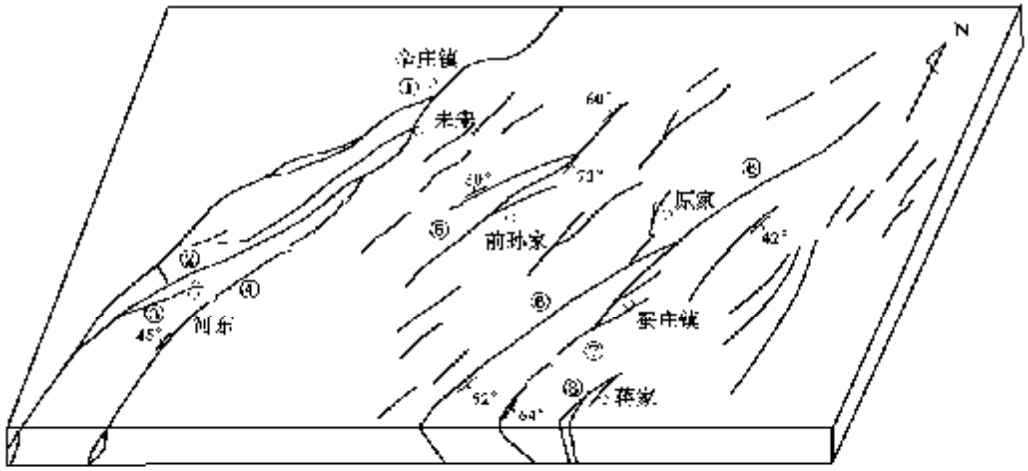


图2.4预测区北部“入”字型构造分布示意图

①焦家主干断裂 ②侯家支断裂 ③河西支断裂 ④望儿山支断裂
⑤前孙家断裂 ⑥灵山沟—北截断裂 ⑦北山支断裂 ⑧蒋家断裂

1、焦家主干断裂。区域上属于龙莱断裂的一部分，预测区内北起龙口市黄山馆，南至莱州市朱桥镇徐村院村南，长约 60km,从寺庄村沿北北东—北东走向延伸至招远高家庄子，然后过辛庄拐向北东东向至水盘，辛庄—水盘段断裂走向 75°左右，从水盘沿 25°方向进入龙口市境内。寺庄以南以 170°走向延至徐村院村南，平面上呈“S”型，形态极不规则，膨胀夹缩和分支复合特征明显。该断裂发育于玲珑超单元、郭家岭超单元内部或两者接触带，胶东岩群与玲珑超单元、郭家岭超单元接触部位，断裂发育部位往往形成较厚的灰黑色断层泥和规模不等的破碎蚀变岩带。该断裂地质工作程度比较高，其详细地质特征分段描述如下：

①寺庄段：该段焦家断裂发育于玲珑超单元内，形成宽 80—500 米的破碎蚀变带，北段走向 15°，南段渐弯曲为走向 325°，倾向北西或南西，倾角 30°—40°，其上盘发育寺庄支断裂，下盘发育邱家支断裂。该段赋存寺庄中型金矿床。

②马塘—新城段：该段在东季以南发育于胶东岩群与玲珑超单元接触部位，新城附近发育于玲珑超单元内部或与郭家岭超单元接触带。蚀变带宽 80—200 米，总体走向 40°，平面上呈曲率

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

较大的“S”型，变化范围 5°—40°，倾向北西，倾角 25°—60°，东季局部地段可达 80°左右。此段赋存有焦家、新城两个特大型金矿床和马塘、东季两个大型金矿床。

③新城—朱宋段：该段发育于玲珑超单元与郭家岭超单元接触部位，上盘发育埠后支断裂，下盘为侯家支断裂、河西支断裂、望儿山支断裂。主干断裂与支断裂在平面上呈斜列分布的“入”字形构造和菱形结环特征，反映了此区在拉张环境下左旋张扭应力作用。

④磁口—大宋家段：该段发育于胶东岩群与玲珑超单元接触带，断裂走向由 45°渐变为 75°左右，倾向北西，倾角 30°左右，破碎蚀变带宽度变窄，尚未发现有金矿床（点）赋存。

⑤大宋家—水盘段：该段上盘为第三系五图群的含砾长石砂岩、含砾硬砂岩沉积岩系及胶东岩群苗家岩组的蚀变斜长角闪岩，下盘为玲珑超单元。走向 60°—80°，倾向北西，倾角 30°—40°，蚀变带宽 100 米左右，尚未发现有金矿床（点）赋存。

⑥水盘—姚家段：该段发育于胶东岩群与玲珑超单元及郭家岭超单元接触带，走向5°—30°，姚家以北地段走向 30°左右，以南 5°—10°，倾向北西，倾角 30°—34°，破碎蚀变带宽 40—120 米，有小型姚家金矿床赋存。

姚家以北地段，断裂发育于郭家岭内部，走向由 30°渐变为 50°左右，倾向北西，倾角变化 38°—50°，破碎蚀变带规模较小。

研究认为，焦家主干断裂复杂的形状变化反映了应力场变化的复杂性，典型的“入”字形构造和菱形结块构造反映为左旋张扭性质。焦家断裂成矿前最大主应力场轴方位为北西向（291°），轴倾角近水平（0°）；最小应力场轴方位为北北东向（21°），轴倾角近直立（86°）；中间主应力场轴方位为南西向（201°），轴倾角近水平（4°），反映为右旋压扭性质。初步认为，焦家断裂在初始形成时为右旋压扭，继而转为左旋张扭成矿，成矿后又发生一次右旋压扭活动，使矿体破碎或被切割。

2、望儿山支断裂。南起招远西曲城村北，经望儿山、上庄于朱宋村北与焦家主干断裂交汇。全长 12km，宽 80—120m，总体走向 35°，倾向北西，倾角 30°—50°。其中北段山后付家—朱宋村走向 40°，付家以南走向近南北，5°—10°，主裂面较发育，由厚 10—30cm 的灰色断层泥组成。断裂发育于玲珑超单元内部或与郭家岭超单元接触带，其主裂面两侧黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩呈对称分布。该断裂在上庄、河东村附近出现分支复合现象。自南向北基本等间距分布有望儿山、付家、河东、上庄、陈家 5 个规模较大的金矿床。

3、河西支断裂。北起河东村，经河西村南与侯家支断裂汇合，再向南于东季金矿床北部交汇焦家主干断裂。其为焦家主断裂旁侧的派生次级断裂，呈束状多条紧密发育。长约 2km，宽 30—60m，以黑色断层泥为标志的主裂面,沿破碎带近底板发育。总体走向约 50°，倾向北西，倾角 25°

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

—50°，平面形态呈舒缓波状。该断裂切割玲珑超单元、郭家岭超单元，在两超单元接触带部位赋存有特大型河西金矿床。

4、侯家支断裂。南端交汇于河西支断裂，向北沿徐家疃东—西良一带展布，于朱宋村北汇合于焦家主干断裂。其为焦家主断裂旁侧的派生次级断裂，呈束状多条紧密发育。长 6km，宽 20—100m，走向 40°，倾向北西，倾角 30°—40°，切割玲珑和郭家岭超单元，断层泥不发育，无明显的构造主裂面，该断裂南段有工业矿体赋存。

5、金华山—洼孙家支断裂。南起金华山，向北东经前孙家、小诸流、洼孙家于界河大宋家一带与焦家主干断裂交汇，长约 12km,宽 0.5—20m,走向 40°—50°，倾向南东或北西，倾角 60°—72°，南北两段浅部发育于玲珑超单元内，中间地段切割郭家岭超单元的上庄岩体。沿该断裂基本等间距分布有金华山、前孙家、山后冯家、后孙家、洼孙家等中小型金矿床。

6、埠后支断裂。发育于焦家主干断裂上盘的玲珑超单元内，走向约 50°，倾向北西，倾角 20°—35°，北从磁口村南由焦家断裂分出，经埠后、马埠庄子南，在新城以北又交汇于焦家主干断裂，长约 7km。平面形态比较复杂，分枝复合，膨胀夹缩特征发育。沿断裂发育绢英岩化花岗质碎裂岩、绢英岩化花岗岩。该断裂未见工业矿体赋存。

7、寺庄支断裂。为焦家主干断裂寺庄段上盘的分支断裂。北从朱郭李家东由焦家主干断裂分出，于寺庄矿区南复合于焦家主干断裂，长 2.4km，宽 70－200m，沿胶东岩群地层与玲珑超单元接触带展布。北段走向 50°，向南延伸偏转为 330°，倾向北西或南西，倾角 20°—30°。发育连续的主裂面及 2—10cm 厚的断层泥，为压扭性质，金矿化程度较差。

8、邱家支断裂。发育于焦家主干断裂下盘，展布于玲珑超单元内。自北向南出现三个分枝，西侧分枝控制长度 700m，宽 20—80m，走向 5°，倾向北西，倾角 40°。由花岗质碎裂岩、碎裂状花岗岩组成，有工业矿体赋存；中间分枝长度为 1700m，宽 30—120m，走向 15°—40°，倾向北西，倾角 40°—50°，由绢英岩化花岗质碎裂岩、绢英岩化碎裂状花岗岩组成；南侧分枝长 1200m，宽 10—100m，走向 55°，倾向北西，倾角 30°—40°，由绢英岩化花岗质碎裂岩组成。

第四节　区域成矿演化概述

胶西北地区金矿的形成经历了漫长的演化史。从太古代到新元古代变质岩系的形成、多方向发育的韧性变形构造、幔源型为主的岩浆活动，在一定的构造部位可逐渐形成含矿热液聚集带；中生代强烈的构造岩浆活动事件，使早期形成的含矿热液向以北东向构造为主的断裂区聚集，以金为主的组分得到补充并进一步演化为成矿热液，并在适宜的空间富集成矿。该区的金矿成矿演化大致经历了以下两个阶段：

一、前寒武纪矿源形成期

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

胶西北地区中太古代接受一套具有绿岩性质的中基性火山岩—碎屑岩—硅铁质岩沉积而形成唐家庄岩群；随着幔源超基性岩浆侵位并分异演化为基性、酸性岩浆侵位形成官地洼超单元及西朱崔单元。在高温环境及挤压作用下发生韧性变形和麻粒岩相变质作用。

新太古代该区接受一套以酸性为主，基性为次的火山岩沉积形成胶东岩群；幔源超基性岩浆侵位形成马连庄超单元，新太古代中期的幔源 TTG 岩浆（即英云闪长质—奥长花岗质—花岗闪长质岩浆）大规模侵位形成栖霞超单元。晚太古代末期，在中温环境及东西向挤压作用下发生右行逆冲推覆性质的韧性变形和高角闪岩相变质。导致早期的地层及岩体发生分解或重熔，使其空间展布形态大规模改造，成矿元素获得初步迁移富集。

古元古代早期,正常的陆源碎屑—碳酸盐岩沉积并夹少量中基性火山岩建造形成荆山群，中酸性火山碎屑岩—正常陆源碎屑沉积夹碳酸盐岩建造形成粉子山群，两者在中温条件下发生高角闪岩相变质作用；早元古代中期幔源超基性、基性岩浆侵位形成莱州超单元，岩浆分异演化形成的酸性岩浆侵位而形成双顶超单元。早元古代末期的吕梁运动使该区地层和侵入岩受南北向挤压发生中温中压环境下的韧性变形。

新元古代，华北板块与扬子板块发生碰撞而引发较大规模的岩浆活动。以胶东岩群和荆山群为主的地层及以栖霞超单元、双顶超单元为主的岩体等地壳物质局部发生熔融形成酸性岩浆，沿北北东向构造强力侵位形成玲珑超单元的雏形。同时与金矿成矿关系密切的组分受此次岩浆活动影响而得以迁移富集。

玲珑超单元从新元古代的成岩到印支—燕山期的再造成型经历了复杂的地质作用，印支期及燕山期强烈的构造和岩浆活动较大程度的改变了晚元古代玲珑超单元的物质组成和空间展布形态。即玲珑超单元的形成经历了初步成岩期（震旦期）→再造期（印支—燕山期）→再成岩期（印支—燕山期）的复杂演化过程。

二、中生代矿源富集成矿期

中生代（250—66Ma）地壳运动的显著特点是西太平洋板块沿北西方向向欧亚板块的俯冲碰撞，胶西北地区表现为上升隆起和强烈的构造岩浆活动。内部原来的几条近东西向主干断裂转换成具有压扭特点的剪切带，由西向东依次作左旋滑移并扭转呈近北东向。

印支期（250—205Ma）两大板块的俯冲碰撞引起上地壳发生部分熔融，陆壳东西向拉张产生近南北向的张裂隙，酸性岩浆沿裂隙脉动入侵充填形成文登超单元。以金为主的成矿元素再次富集并在相应空间以离散方式存在，局部有金矿床（体）形成。

燕山期（205—66Ma）的板块活动产生南北向挤压并进一步引发产生北西—南东向的剪切应力，诱发北东东向的构造活动并右行剪切。剪切活动产生的巨大热能使地壳发生熔融形成壳源岩浆房，同时基性幔源岩浆侵位并与之混合形成壳幔混合岩浆，壳幔混合岩浆在右行剪切机制下沿

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

近北东东向构造侵位形成郭家岭超单元。区内表现为呈 83°带状展布的三山岛、上庄、北截、丛家、曲家和郭家岭岩体。

郭家岭超单元的侵位和形成再次补充了以金为主的成矿元素，并对以玲珑超单元为主的岩体和地层再次改造，增加了成矿物质的活性及浓度，使其从原有状态分离迁移形成含矿的岩浆期后热液。这类含矿热液基本沿燕山期形成的伸展构造体系运移定位，随着温度、压力和组分的不断变化，在合适的物理化学环境下，成矿物质从热液中分离、聚合、富集沉淀成矿。

郭家岭超单元的形成使区内以玲珑超单元为主的岩体抬升隆起形成上穹背斜和上穹拆离构造系统，继而隆升作用使背斜的两翼滑脱作用显著增强，形成了三山岛、焦家、招平三条低角度的韧性拆离断裂系统。随着上隆作用增强，两翼变陡，拆离断层的倾角加大而形成背形构造。当隆升区进入脆性域后，韧性剪切带逐步迭加到脆性系统。当构造进一步抬升，界面上的滑移作用被脆性剪切破裂系统取代，热液进入后发生蚀变交代作用，形成破碎带蚀变岩型金矿床；位于玲珑背形构造轴的花岗岩在隆升作用下形成大型陡倾斜张剪破裂系统，多发育充填式含金石英脉型金矿床；韧性滑脱带之间相对刚性的岩体内沿次级构造破碎带发育含金石英脉型细脉和网脉状矿体，并与主滑脱断裂带产出的蚀变岩型金矿体而构成金矿床系列。

第五节　矿 产

胶西北地区矿产资源丰富，尤其是金矿在全国占举足轻重的地位，目前探明特大型、大型、中型金矿总计几十处，小型金矿、金矿点遍布全区，另有其他各类矿产 20 余种。主要矿产为：贵金属银矿；黑色金属矿产：铁矿、锰矿；有色金属矿产：铜矿、铅矿、铅锌矿；水泥与冶金辅助原料等矿产：萤石矿、菱镁矿、蛇纹石矿；燃料矿产：煤、油页岩；化工原料矿产：磷矿、石棉、石墨；建筑材料矿产：滑石矿、灰岩、大理岩、板岩、石英砂矿等。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第三章 矿床地质

预测研究区内已发现评价的金矿床（点）计 60 余处，其中包括新城、焦家、河西三处特大型金矿床，河东、望儿山、东季、马塘、上庄、灵山沟等六处大型金矿床。这些金矿床均受控于北东向的焦家主干断裂及下盘伴生、派生的次级断裂及裂隙群。矿床类型主要为岩浆热液成因的破碎带蚀变岩型和含金石英脉型。

第一节　含矿蚀变岩带地质特征

该区金矿床均赋存于断裂带所控制的蚀变岩带内，蚀变岩带的发育空间、形态产状与对应的断裂带基本一致。断裂带既可发育于地层与两类不同超单元的接触界面，亦可发育于同一超单元内部，因此，发育于不同断裂带的蚀变岩具有不同的蚀变岩分带特征，矿体的赋存空间部位和矿石类型亦有差异。

一、蚀变岩分带特征与蚀变岩类型

1、蚀变岩分带类型。蚀变岩分带主要包括两种类型：

（1）地层与岩体接触带构成蚀变岩带。焦家主干断裂中段发育于胶东岩群苗家岩组和郭格庄岩组与玲珑超单元接触带，破碎蚀变带偏向玲珑超单元一侧最发育。主裂面以上为黄铁绢英岩化斜长角闪质碎裂岩带→黄铁绢英岩化斜长角闪岩带；主裂面以下依次为黄铁绢英岩带→黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带→黄铁绢英岩化花岗岩带→钾花红化花岗岩带，主要矿体多赋存于主裂面下盘的黄铁绢英岩带和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带内。

（2）岩体内部或其接触带构成蚀变岩带。焦家主干断裂两端及下盘的望儿山、侯家、河西支断裂等发育于玲珑超单元、郭家岭超单元内部或两者的接触部位。该类蚀变带句具有对称分布的特点，即自主裂面向两侧依次为黄铁绢英岩带→黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩带→黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩带→钾化红化花岗（闪长）岩带，其中黄铁绢英岩带规模较小，连续性差。矿体可赋存于主裂面上、下盘的蚀变岩内。

研究认为，从蚀变带主裂面向两侧岩石的破碎程度和蚀变强度逐渐降低，蚀变岩带规模有变大的趋势。这种变化反映了断裂蚀变带的性质由紧靠主裂面的中心压扭区向引张区发展扩散，压力逐渐降低，构造性质变化为压扭性→扭性→扭张→引张。蚀变岩分带则表现为从黄铁绢英岩化、硅化蚀变为主的碎裂岩（糜棱岩）带到以钾长石化、钠长石化为主的花岗岩带，相应地矿床类型亦从破碎带蚀变岩型向含金石英脉型过渡**（表 3.1）**，这是一个完整的能量释放体系。压扭性构造为主的区域，黄铁绢英岩带发育，是蚀变岩型金矿矿体的主要赋存区；扭性占主导地位的区间黄铁绢英岩带不发育，而以黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带和黄铁绢英岩化花岗岩带为主，矿床类型往往表现为含金石英脉—破碎带蚀变岩混合型；扭张、引张应力区张性裂隙发育，主要形成含金

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

石英脉型。蚀变岩的形成及分带在某中程度上受控于热液流体的成分和温度、压力环境、断裂带的性质和热液流体在断裂带范围内的演化；是成岩成矿空间的压力和温度梯度的规律性变化及化学成分在活化迁移过程中浓度分带的反映。

构造—岩相—矿床系列对应表　　表 3.1

矿床类型	破碎带蚀变岩型	石英脉—蚀变岩复合型	黄铁矿石英脉型	
构造分带	压扭性构造岩带	扭性构造带	扭张、引张构造带	
构造岩	断层泥、片状砾石糜棱岩	菱形砾石构造岩	扭裂、碎裂、张裂构造岩	
蚀变岩分带	黄铁绢英岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带	黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗岩带	红化、钾化花岗岩带、钾长石化—钠长石化花岗岩带、石英脉岩带	
矿石类型	浸染状、细脉浸染状黄铁绢英岩化碎裂岩型	细脉浸染状黄铁绢英岩化碎裂岩型；细脉、网脉状黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩型	细脉、网脉状及浸染状黄铁绢英岩化花岗岩型；红化钾化花岗岩型；充填石英脉型	脉状、网脉状黄铁矿石英脉型；充填石英脉型
典型矿床	焦家、新城金矿床主要矿体、马塘金矿床等。	河西、望儿山、灵山沟金矿床。	焦家金矿床Ⅲ号矿体群；新城金矿床Ⅴ号矿体群。	玲珑金矿区 108 号、52 号、51 号脉。

2、蚀变岩类型及矿物组成。区内与金矿有关的蚀变岩包括黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化碎裂岩（角砾岩、糜棱岩）、黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩和钾化红化花岗岩等。当蚀变岩带发育于胶东岩群和玲珑超单元接触部位，则主裂面上盘还会出现黄铁绢英岩化斜长角闪岩和黄铁绢英岩化斜长角闪质碎裂岩等。现将几种主要蚀变岩的岩石特征概述如下：

（1）黄铁绢英岩：灰绿色，变余糜棱结构，块状构造。矿物成分有石英、绢云母、残余长石、碳酸盐、黄铁矿、黄铜矿、银金矿等。岩石在强烈的应力作用下，原岩结构完全破坏，原生矿物被挤压破碎成细小的糜棱物质并沿一定的方向排列，后经热液蚀变及矿化作用，产生蚀变矿物绢云母、硅化石英及金属硫化物细脉，分别沿破碎矿物间隙或裂隙充填交代。

（2）黄铁绢英岩化碎裂岩：灰白或灰黑色，碎裂结构、糜棱结构、变余碎裂结构等，块状、角砾状、斑杂状构造。主要矿物有石英、绢云母、黄铁矿、多金属硫化物及碳酸盐等。由于多次应力作用，蚀变矿物强烈破碎。

（3）黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩：灰白色，变余碎裂结构，斑杂状构造。主要矿物包括原岩经动力变质作用而破碎的斜长石、钾长石、石英；蚀变新生矿物有石英、绢云母、碳酸盐、黄铁矿、多金属硫化物等。斜长石聚片双晶弯曲、错动、局部被绢云母交代；硅化石英呈半自形粒状、柱状、细脉状或浸染状分布；黄铁矿多呈脉状、网脉状或交错脉状分布。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

（4）黄铁绢英岩化花岗岩：灰白—肉红色，变余花岗结构，块状、斑杂状构造。主要矿物有绢云母、石英、钾长石及少量斜长石、黄铁矿等。

（5）钾化红化花岗岩：肉红色，交代结构，变余交代结构，块状构造。成分基本为原花岗岩成分，该带往往与黄铁绢英岩化花岗岩带及黑云母花岗岩呈过渡关系，钾长石交代斜长石比较发育。沿裂隙有黄铁矿及多金属硫化物呈脉状分布。

（6）黄铁绢英岩化斜长角闪岩：浅灰绿色，鳞片粒状变晶结构，条纹状构造，由基体和脉体两部分组成。基体中矿物有斜长石、角闪石、黑云母及次生绢云母、绿泥石、碳酸盐和少量磷灰石、榍石、磁铁矿及黄铁矿等，脉体矿物主要包括微斜长石、石英。

二、蚀变作用与岩石化学特征

1、蚀变作用。热液蚀变的意义在于对其组分的全面改造，提高了各类组份的活性，是新矿物形成和成矿物质富集的必要条件。本区金矿床的围岩蚀变类型主要包括钾长石化、红化、黄铁绢英岩化、硅化、碳酸盐化和绿泥石化，并伴有金属硫化物和金银矿化。其蚀变机理简述如下：

（1）钾化—钠化：钾化是钾长石交代斜长石；钠化是钠长石交代斜长石中的钙，使其牌号降低。具钾化和钠化特征的岩石，其 K_2O+Na_2O 含量普遍高于区域背景值。一般反应式为：

钾化： $6(NaAlSi_3O_8+CaAlSi_2O_8)+5K_2O\rightarrow 10K(AlSi_2O_8)+CaO+3Na_2O+4Al_2O_3$

钠长石　　钙长石　　钾长石

钠化： $(Ca\cdot Na)[AlSi_3O_8]+Na\rightarrow Na[AlSi_3O_8]+Ca^{2+}$

斜长石　　钠长石

（2）红化：指花岗岩中长石矿物的低价铁氧化成三价铁的一种蚀变作用，导致岩石呈桔红色和粉红色调。

（3）黄铁绢英岩化：一种普遍而且重要的蚀变作用，与金矿化关系密切，构成含矿蚀变岩带的主体。其反应式为：

a、$(Ca\cdot Na)[AlSi_3O_8]+K^{+}+H_2O\rightarrow KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2+CaO+Na_2O+SiO_2$

斜长石　　绢云母　　石英

b、$K[AlSi_3O_8]+H_2O\rightarrow KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2+SiO_2+K_2O$

钾长石　　绢云母　　石英

c、$K(Mg\cdot Fe)_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2+H_2O+Si(OH)_4\rightarrow KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2+(Fe\cdot Mg)+H_2O$

黑云母　　绢云母

斜长石蚀变，Ca、Na 及部分 Si、AI 被带出，K 带入；钾长石蚀变，部分 K、Si 带出；上述两者蚀变过程，Mg、Fe 及部分 Ca、AI、Na 被带出，K、Si 带入。从暗色矿物中析出的二价铁与热液中的硫离子或与硫、金的络合物形成黄铁矿，即 $[AuS_3]^{-}+Fe^{2+}\rightarrow Au+FeS_2$。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

（4）硅化：指热液中的二氧化硅形成硅化石英的作用，它交代微斜长石和斜长石，使之呈残留状。这种蚀变作用持续时间长并有阶段性特征，如早期石英呈微粒石英或隐晶质，波状消光强烈，有颗粒化、定向拉长及重结晶现象；晚期石英颗粒细小，结晶程度差。其反应式概括为：

CO_3^{2-}＋（K．Na．Ca）［$AlSi_3O_8$］＋H_2O→KAl_2［$AlSi_3O_{10}$］（OH）$_2$＋$CaCO_3$+SiO_2+Na^+

微斜长石　　绢云母　　硅化石英

（5）碳酸盐化：一种标志性的蚀变作用，往往标志着金银矿化的尾声及各期次热液活动的结束。含水铁、镁、铝硅酸盐矿物蚀变，有 FeO、MgO 析出；钠、钙硅酸盐蚀变，有 CaO 析出。它们与溶液中碳酸化合，则有碳酸盐矿物形成。其反应式为：

CaO+CO2→CaCO3（方解石）　FeO+CO2→FeCO3（菱铁矿）　$CaO+MgO+2CO_2$→$CaMg(CO_3)_2$（白云石）

（6）绿泥石化：是含水的铁、镁、铝硅酸盐矿物经动力作用和水化作用形成绿泥石，常与绿帘石、碳酸盐、钠黝帘石伴生，并有少许黄铁矿形成，其反应式为：

$2K(Mg．Fe)_3(AlSiO_{10})(OH)_2$＋$H_2O$→$Al(Mg．Fe)_5$［$AlSi_3O_{10}$］（OH）$_3SiO_2$ ＋$3SiO_2$＋K_2O+(Mg．Fe)O

黑云母　　绿泥石

2、蚀变岩岩石化学特征。以焦家金矿床为例研究主要蚀变岩的化学成分变化与其围岩的关系。

（1）从氧化物图表变化可以看出**（表 3.2、图 3.1）**，蚀变岩与围岩相比，相对活跃的组分为 K、Na、Fe，Ca、Mg；不活跃组份为 Si、AI、Mn，含量变化比较平稳。从组分总量看，蚀变岩中 Fe_2O_3+FeO 的含量高于黑云母花岗岩而低于胶东岩群地层，这与蚀变岩的黄铁矿化关系密切；蚀变岩及黑云母花岗岩中 K_2O 的含量高于胶东岩群地层，这与蚀变岩普遍发育钾化有关。

主要围岩及蚀变岩氧化物含量　　表 3.2

岩　性	岩石化学成分(%)										
	SiO_2	AI_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	MnO	P_2O_5
黑云变粒岩	70.24	15.45	1.52	1.46	1.22	2.57	4.74	1.75	0.20	0.02	—
斜长角闪岩	55.68	14.46	3.72	5.05	5.21	8.30	3.84	1.95	0.46	0.16	—
黑云母花岗岩	69.18	15.34	1.04	1.89	0.6	2.05	4.15	3.93	0.2	0.02	0.09
钾长石化花岗岩	74.09	14.52	0.41	0.14	0.29	0.3	3.78	5.98	0.09	0.01	0.05
黄铁绢英岩化花岗岩	74.04	12.59	1.07	1.08	0.03	0.38	3.62	5.43	0.17	0.03	0.04
黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩	73.16	12.26	2.21	0.88	0.51	1.73	1	4.62	0.07	0.06	0.05
黄铁绢英岩化碎裂岩	72.61	12.82	2.34	1.71	0.66	0.93	0.13	4.16	0.09	0.02	0.05

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

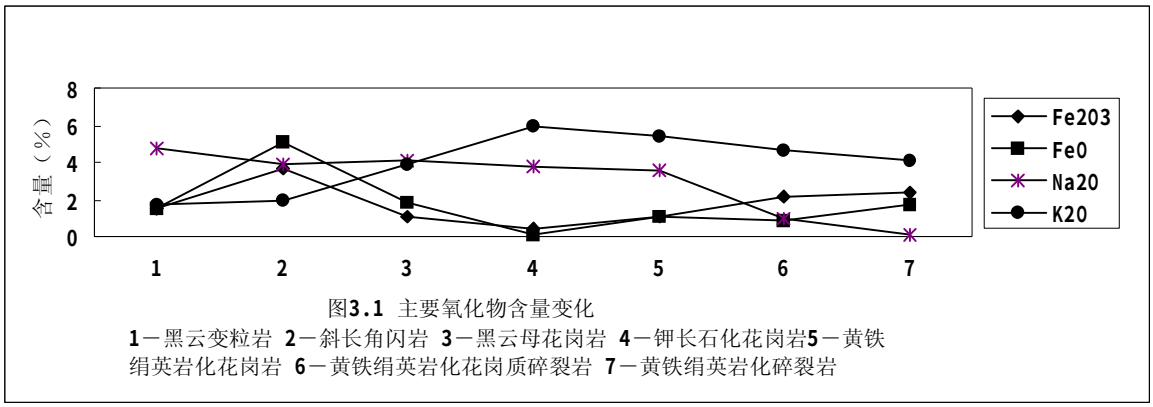


图3.1 主要氧化物含量变化

1－黑云变粒岩 2－斜长角闪岩 3－黑云母花岗岩 4－钾长石化花岗岩5－黄铁绢英岩化花岗岩 6－黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩 7－黄铁绢英岩化碎裂岩

（2）从微量元素变化看出**（表 3.3、图 3.2a 和图 3.2b）**，Au、Ag、Pb、Zn、Cu 为蚀变带内的活跃组份，尤其是 Au、Ag、Pb、Zn 的变化程度高。这与蚀变岩中 Pb、Zn、Cu 等多金属硫化物含量较高且金银矿物多赋存于其中有关。

主要围岩及蚀变岩微量元素含量　　表 3.3

岩　性	微量元素含量（$\times10^{-6}$，Au、Ag$\times10^{-9}$）									
	Ag	Au	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni	Ba	Mo	Co
黑云变粒岩	0.28		28.2	29.5	43.7	13.2	7.9	550	2.8	5.9
斜长角闪岩	0.45	0.012	40.9	10.7	103	300	35.2	110	3	15
黑云母花岗岩	17.17	9.5	15.4	31.31	41.74	4.79	6.82	1284.3	4.21	2.15
花岗闪长岩	6.53	3.5	26.4	25.4	51.2	9.9	4.5	1293	0.5	3.1
黄铁绢英岩化花岗岩	1400	320	36	188	410.4		6.56			3.48
黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩	1800	1070	49.7	17.7	306.3		16.6			13.73
黄铁绢英岩质碎裂岩	3880	2620	75.9	366.8	391.9		7.61			5.37
黄铁绢英岩化碎裂岩	3880	2620	75.9	366.8	391.9	7.61	5.37			

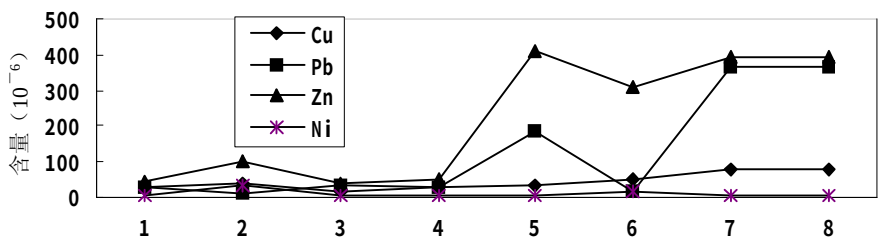


图3.2a 主要微量元素含量变化

1－黑云变粒岩 2－斜长角闪岩 3－黑云母花岗岩 4－花岗闪长岩 5－黄铁绢英岩化花岗岩 6－黄铁绢英岩花岗质碎裂岩 7、8－黄铁绢英岩化碎裂岩

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

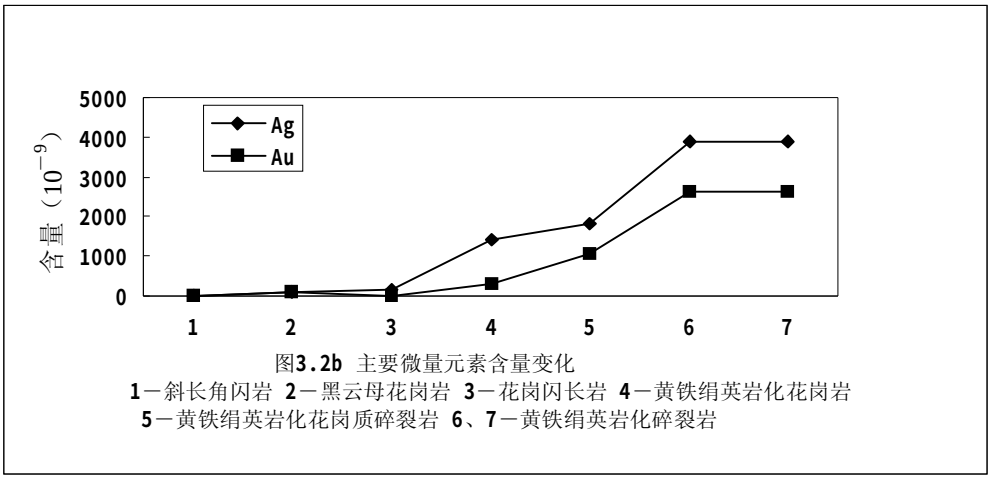


图3.2b 主要微量元素含量变化

1－斜长角闪岩 2－黑云母花岗岩 3－花岗闪长岩 4－黄铁绢英岩化花岗岩
5－黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩 6、7－黄铁绢英岩化碎裂岩

（3）、从岩石的稀土元素变化看出**（表 3.4、图 3.3a 和图 3.3b）**，三种主要蚀变岩的稀土元素配分曲线表现为右倾型式，轻稀土富集型，这与围岩的稀土配分型式是一致的；蚀变岩的稀土总量和轻稀土总量均比围岩低，但重稀土总量、LREE／HREE 值及铕异常的变化规律不明显。

主要围岩及蚀变岩稀土元素含量　　表 3.4

岩　性	稀土元素含量(×10^{-6})									
	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho
黑云变粒岩	35.2	69.1	8.76	59.5	5.95	2.89	7.71	0.48	4.04	0.55
斜长角闪岩	2.11	39.2	6.78	20.8	5.26	1.87	4.83	0.22	3.36	0.64
黑云母花岗岩	25.9	54.2	6.38	17	2.71	0.91	2.07	0.45	1.7	0.43
花岗闪长岩	26.63	51.26	4.96	17.55	2.9	0.76	1.76	0.3	0.89	0.15
黄铁绢英岩化花岗岩	1.6	3.07	0.42	1.3	0.3	0.186	0.26	0.04	0.25	0.047
黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩	10.32	16.15	2.11	7.36	1.2	0.273	0.95	0.1	0.85	0.166
黄铁绢英岩化碎裂岩	13.65	23.47	2.94	9.48	1.83	0.788	1.61	0.27	1.68	0.351
岩　性	稀土元素含量(×10^{-6})									
	Er	Tm	Yb	Lu	Y	∑REE	LREE	HREE	δ Eu	LREE／HREE
黑云变粒岩	1.89	0.30	1.47	0.31	20.8	218.95	181.40	16.78	**1.30**	10.83
斜长角闪岩	1.62	0.27	1.67	0.13	10.6	118.35	95.01	12.74	**1.12**	7.46
黑云母花岗岩	1.06	0.21	0.65	0.14	7.79	121.6	107	6.64	1.27	17.73
花岗闪长岩	0.34	0.1	0.27	0.1	3.02	110.99	104	6.93	0.96	15.02
黄铁绢英岩化花岗岩	0.138	0.018	0.144	0.021	1.49	7.79	6.87	0.91	2.02	7.52
黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩	0.491	0.073	0.54	0.063	5.14	40.618	37.3	3.31	0.77	11.29
黄铁绢英岩化碎裂岩	1.06	0.516	1.268	0.205	10.12	55.778	52.2	6.96	1.39	7.49

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

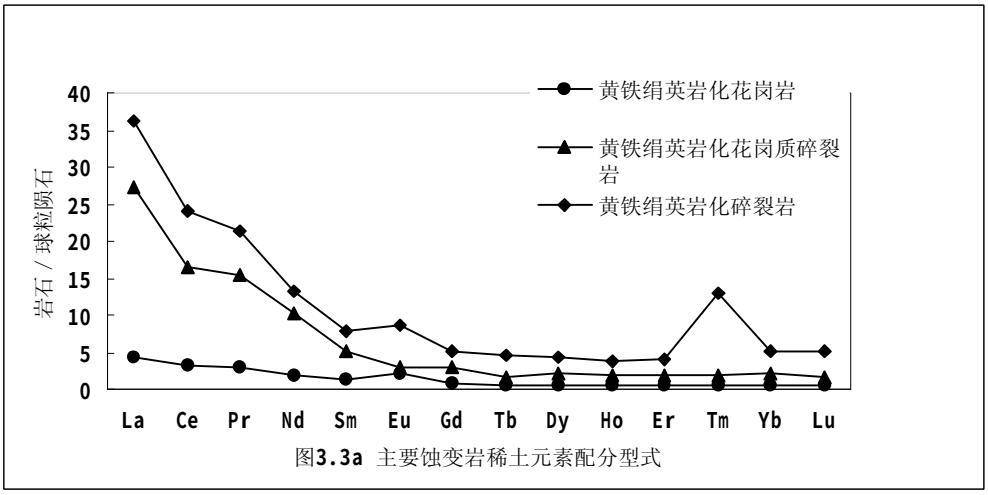


图3.3a 主要蚀变岩稀土元素配分型式

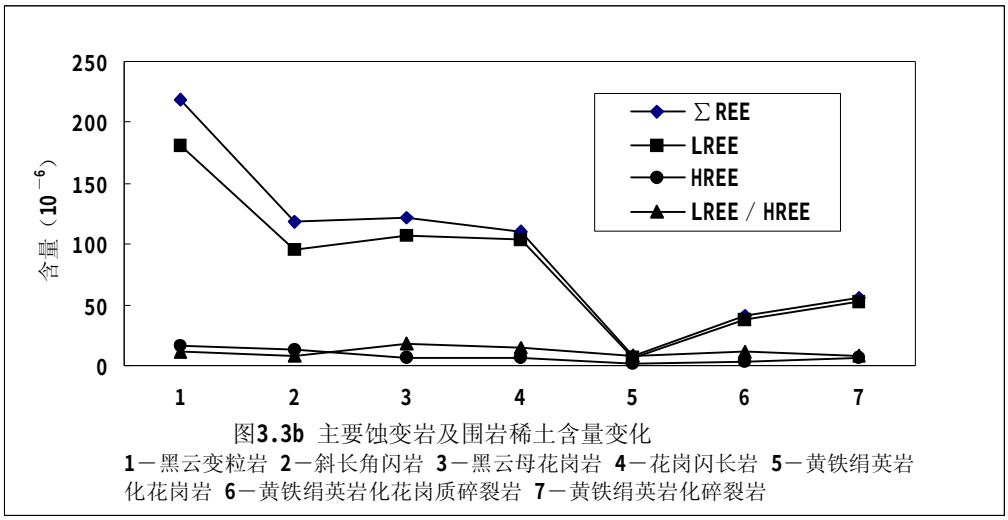


图3.3b 主要蚀变岩及围岩稀土含量变化

1－黑云变粒岩 2－斜长角闪岩 3－黑云母花岗岩 4－花岗闪长岩 5－黄铁绢英岩化花岗岩 6－黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩 7－黄铁绢英岩化碎裂岩

第二节 矿石物质成分组构及矿石类型

一、矿石物质组成

1、矿石矿物成分。预测研究区内金矿矿石中的原生矿物和次生矿物十分丰富，目前发现有50余种（**表3.5**），因矿床类型、矿石类型及赋存围岩不同，其含量有所差异。如细脉浸染状黄铁绢英岩化糜棱岩型矿石的黄铁矿含量较高，可达5—10％，甚至达15—20％，黄铜矿、方铅矿、闪锌矿含量达1—5％；脉状、网脉状黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩及黄铁绢英岩化花岗岩型矿石的黄铁矿含量为3—5％，而黄铜矿、方铅矿、闪锌矿的含量较低。主要载金矿物有黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、褐铁矿、石英、绢云母等。

（1）黄铁矿（FeS_2）：矿石中的主要金属矿物，多呈浅黄色，强金属光泽，半自形晶粒状、自

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

形晶粒状和不规则粒状，稀疏或稠密浸染于脉石中或呈脉状填充于裂隙内。主要载金黄铁矿有两种：一是多呈不规则粒状，结构不紧密，裂纹发育，裂纹越发育含金愈高；二是不规则细粒状或呈五角十二面体、八面体的黄铁矿，常与方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等呈集合体产出。以上两类黄铁矿是焦家金矿的重要成矿—找矿矿物学标志。

（2）黄铜矿（$CuFeS_2$）：铜黄色，多数呈不规则状或他形粒状，在矿石中常呈脉状或团块状集合体分布，与闪锌矿、方铅矿、银金矿等共生，充填于黄铁矿及石英等矿物的晶隙或裂隙内，并交代黄铁矿，少量呈乳滴状分布于闪锌矿中。

矿石矿物成分表　　表 3.5

名称 / 种类 / 含量	原生矿物				表生矿物
	金属矿物			非金属矿物	
	自然金属	金属硫化物	其它		
主要	银金矿	黄铁矿	菱铁矿	石英、绢云母	褐铁矿
次要	金银矿、自然金	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	镜铁矿	长石、方解石、铁白云石	铜蓝、软铁矿、白铁矿、孔雀石、铅钒、锰钾矿
少量	自然银、自然铋、碲银矿、自然铜、六方碲银矿、铋银金矿	磁黄铁矿、黝铜矿、砷黝铜矿、毒砂、斜方辉铅铋矿、银黝铜矿、锌砷黝铜矿、斑铜矿	磁铁矿、赤铁矿、含铬磁铁矿、钛铁矿	重晶石、云母、绿泥石、绿帘石、磷灰石、锆石、榍石、褐帘石、金红石	铜蓝、软锰矿、白铁矿、孔雀石、铅钒、锰钾矿

（3）闪锌矿（ZnS）：黑褐色、黄褐色，不规则粒状，单独或与黄铁矿、方铅矿、黄铜矿连晶浸染于脉石中或沿黄铁矿及石英晶隙、裂隙分布。

（4）方铅矿（PbS）：铅灰色，多呈脉状填充于黄铁矿、石英裂隙、晶隙中，有的包裹黄铁矿、黄铜矿等矿物并沿非金属矿物间隙填充分布，集合体一般呈脉状及斑点状。

（5）石英（SiO2）：矿石中最主要的脉石矿物，其形成表现为多期多世代性。多数金矿床中的石英分为三种：①原岩中的残晶石英，呈粒状或次棱角状角砾，具圆粒化，呈条带状分布；②热液石英，自形晶，颗粒化现象明显，压扁、拉长、定向排列；③硅化石英，颗粒细小，与绢云母密切共生。

（6）绢云母｛KAI_2［$AISi_{13}O_{10}$］［（OH）$_2$］｝：呈鳞片状集合体、不规则细脉状、显微细脉状、团块状，沿矿物间隙、裂隙分布，局部呈长石的板状假象。在绢云母鳞片中有细粒或微粒金赋存。

（7）褐铁矿（$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$）：多是表生期氧化作用的产物，常见沿黄铁矿边缘和裂隙交代形成假象褐铁矿，金粒仍残留于褐铁矿中，有的局部交代形成黄铁矿的褐铁矿薄膜。褐铁矿的多少，一般反映矿石的氧化程度。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

（8）自然金及银金矿：赋存状态分为裂隙金、晶隙金和包体金，以晶隙金、裂隙金为主，包体金少量。金矿物主要沿成矿期的黄铁矿、石英的晶隙、裂隙富集，少数与黄铜矿、方铅矿、闪锌矿共生；包体金主要分布于黄铁矿、黄铜矿及少量石英中。

2、矿石化学成分。据光谱半定量分析及全分析结果，矿石的主要化学成分有：Si、AI、K、Fe、S、Ti、P、Co、Mg、As、Mn、Pb、W、Cr、Cu、Zn、Bi、Ni、Au、Ag、Mo、Sn 等，除金、银、硫、铜、铅可以综合回收外，多数组分的含量达不到综合回收的要求。

S、Fe 是 Au、Ag 的主要伴生元素。矿石中普遍含有黄铁矿，说明成矿溶液中 Fe^{2+}、$[S_2]^{2-}$ 的浓度比较稳定，反映当时的介质处于还原环境，有利于金的沉淀；As、Sb、Bi、Cu、Pb、Zn、Co、Ni、Se、Te、Hg 等微量元素的原子构型相似，常与 S、Fe 形成硫化物、砷化物、硫砷化合物或进入硫盐中，构成金矿床的常见矿物。尤其是 Fe、Co、Ni、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi 很容易失去外层电子形成硫化物。

该区金矿床的微量元素 As、Sb、Bi 的含量较高,属于亲铜元素而与 Au、Ag 处于同周期或相似周期的位置，同属重元素。多数 Sb、Bi 与 Au、Ag 的含量成正比。Cu、Pb、Zn 是主要的成矿元素，含量较高，这些亲硫元素在矿石中以硫化物的形式存在，当碱性溶液遇到硫化物时可向酸性转化而有利于金的沉淀。

Co、Ni 含量因矿床类型不同存在差异，Ni 含量高于 Co。蚀变岩型金矿床的 Co / Ni 值为 0.0200—0.1038。石英脉型金矿床 Co / Ni 为 0.1516。

二、矿石结构构造

1、矿石结构。矿石结构种类繁多，常见晶粒结构和压碎结构，其次为填隙结构、包含结构、文象结构、乳浊状结构、交代结构等。

（1）晶粒结构：包括自形、半自形、他形及半自形—他形等晶粒结构，由黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等金属矿物呈各种形状的晶粒构成，沿矿物间隙或裂隙分布。

（2）压碎结构：如早期形成的大晶粒黄铁矿因遭受应力作用而破碎成具裂纹、带棱角、大小不一的不规则状颗粒，顺其裂纹、裂隙多有方铅矿、黄铜矿、闪锌矿、银金矿等矿物充填。

（3）填隙结构：矿石中早期生成的黄铁矿、石英由于动力变质作用而破碎，晚期形成的黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、银金矿、斜方辉铅铋矿等呈细脉状沿破碎裂纹或矿物间隙充填构成。

（4）包含结构：在粒状石英、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿等矿物个体内含有较多的此类矿物或金银矿等其它矿物。

（5）文象结构：如在闪锌矿、黄铁矿内有呈文象状分布的黄铜矿、方铅矿等。

（6）乳浊状结构：如他形颗粒的闪锌矿晶体中有细小浊状黄铜矿分布等构成。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

（7）交代残余结构：如黄铁矿的边部及裂隙被褐铁矿交代呈残余状或黄铜矿沿边部被铜蓝、辉铜矿交代呈残余状构成。

2、矿石构造。矿石构造类型较多，主要有浸染状、细脉浸染状、角砾状、脉状、交错脉状、网脉状、斑点状或块状构造等。

（1）浸染状构造：金属硫化物呈星散状态，疏密不均地分布于脉石中，构成浸染状构造。

（2）细脉浸染状构造：金属硫化物与石英构成的金、石英、多金属硫化物脉沿裂隙充填，且多金属硫化物也呈浸染状分布，构成细脉浸染状构造。

（3）角砾状构造：原岩或金属矿物破碎呈次棱角状、次圆状碎块或碎粒，被石英、绢云母、黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等充填胶结，构成角砾状构造。

（4）脉状、网脉状构造：以黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿为主的金属硫化物单独或与石英一起构成含金石英多金属硫化物脉沿矿石裂隙呈脉状、网脉状充填分布，构成脉状、网脉状构造。若含金石英多金属硫化物脉沿两组彼此交切的裂隙充填，则构成交错网脉状构造。

（5）斑点状构造：金属硫化物呈斑点状分布于脉石矿物中，构成斑点状构造。

（6）块状构造：粗粒黄铁矿局部密集，其间隙中含少量黄铜矿、方铅矿等多金属硫化物或自然金等，构成块状构造。

三、成矿阶段划分

矿石矿物是热液活动和表生作用的产物，是不同的成矿阶段逐次或叠加形成的。热液成矿阶段的划分因矿床不同、成因类型不同而存在差异。

焦家金矿床热液成矿期可划分为四个阶段，即黄铁矿石英阶段→金石英黄铁矿阶段→金石英多金属硫化物阶段→石英碳酸盐阶段；马塘金矿床划分为四个阶段，即金石英黄铁矿阶段→石英多金属硫化物阶段→银石英多金属硫化物阶段→石英碳酸盐阶段。

河西金矿床河西矿段划分为四个阶段，即金石英黄铁矿阶段→金石英多金属硫化物阶段→石英黄铁矿阶段→石英碳酸盐阶段；红布矿段则划分为五个阶段，即黄铁矿石英阶段→石英黄铁矿阶段→金石英黄铁矿阶段→金石英多金属硫化物阶段→石英碳酸盐阶段。

河东金矿床划分为三个阶段，即石英黄铁矿阶段→含金石英多金属硫化物阶段→石英碳酸盐阶段。

望儿山金矿床划分为四个阶段，即早期石英阶段→金石英黄铁矿阶段→金多金属硫化物阶段→石英碳酸盐阶段。

可以看出，石英、黄铁矿、金及主要的金属硫化物存在多阶段、多世代性。其它种类繁多的原生金属硫化物主要形成于主成矿期，即金石英黄铁矿阶段和金石英多金属硫化物阶段。成矿早期和晚期晶出的矿物组合比较简单，金的含量也比较低。非金属矿物包括原岩矿物和热液活动期

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

新形成的矿物，亦表现出多阶段多世代成因的特点。据对勘查资料的研究，早期成矿对金组分的贡献率为 10—20%，中期成矿为 60—70%，晚期成矿为 10—15%。

四、矿石类型

矿石自然类型包括氧化矿石、混合矿石、原生矿石等。氧化矿石多分布于矿体顶部近地表氧化带，矿石呈黄褐色或红褐色，块状矿石中的硫化物多被氧化；矿石构造多为蜂窝状、土状，矿石松散易碎；矿物成分有褐铁矿、黄钾铁矾、石英、长石、绢云母、高岭石、铜蓝等，金矿物大部分在褐铁矿中呈包体。混合矿石呈黄褐—浅黄色，部分金属硫化物氧化，其氧化程度与矿石的破碎程度呈正相关，节理裂隙密集处氧化程度较高。原生矿石是主要的矿石类型，依据矿石矿物成分、结构构造、蚀变破碎程度等因素概括划分为以下几种类型，即：

（1）浸染状、细脉浸染状黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化碎裂岩型；

（2）细脉浸染状、细脉网脉状黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩型；

（3）细脉网脉状黄铁绢英岩化花岗岩、黄铁绢英岩化花岗闪长岩型；

（4）含金石英脉型。

破碎蚀变岩型金矿床矿石类型多以前两种为主，含金石英脉型主要包括含金黄铁矿石英脉、含金黄铁矿黄铜矿石英脉、含金石英脉等。有些矿床往往是多种矿石类型的组合。

第三节　典型矿床研究

预测研究区内已发现和评价的金矿床（点）基本沿北东向断裂构造分布。规模较大的焦家主干断裂带及其下盘的分支断裂基本控制了区内主要特大、大型金矿床的分布，次级的洼孙家断裂等控制该区大部分的中型、小型金矿床，规模更小的断裂或裂隙群控制着小型矿床和金矿化点。

一、焦家主干断裂带赋存的矿床

焦家主干断裂发育于胶东岩群苗家岩组和郭格庄岩组地层、玲珑超单元、郭家岭超单元两两接触带或单一超单元内部。赋存于不同超单元接触带的矿床规模较大，矿体主要分布于以厚大断层泥下盘破碎蚀变矿化的花岗岩中，近主裂面的矿体规模大，连续性好，形态产状比较稳定，往往是该矿床的主矿体；远离主裂面产出的矿体规模较小，连续性差，形态产状比较复杂。

1、焦家金矿床。焦家金矿床位于焦家主干断裂，控制长度 1600m，为区内三个特大型矿床之一。上盘为胶东岩群变质岩系，下盘为玲珑超单元和郭家岭超单元，破碎蚀变带偏向黑云母花岗岩一侧发育。主裂面上盘为绢英岩化斜长角闪岩带；主裂面下盘依次为黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗岩带和钾化红化花岗岩带。蚀变带平均走向 30°，倾向北西，倾角 50°左右，一般厚度 70—250m，最大厚度 370m，平均厚度 148m，沿倾向延深厚度有增大趋

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

势。

矿床范围内共圈定两个主矿体和一个矿体群。其中Ⅰ号矿体规模最大，其储量占矿床总储量的 70％，紧靠主裂面展布。Ⅰ号矿体下盘依次为Ⅱ号矿体和Ⅲ号矿体群。矿体呈似层状、脉状和透镜状，矿体厚度 1—8m，金品位一般 2—7 克／吨。Ⅰ、Ⅱ号矿体与主裂面产状基本一致，倾向北西，倾角 50°左右。Ⅲ号矿体群共计 113 个矿体，倾向与主矿体相反（倾向南东），倾角 50°—80°（**图 3.4、3.5**）。主要矿体地质特征见**表 3.6**。从图及表可以看出：

焦家金矿床主要矿体地质特征　　表 3.6

矿体编号		Ⅰ—1	Ⅱ—1	Ⅲ—2	Ⅲ—4	Ⅲ—10
分布范围	平面区间（线）	56—152	56—128	95—111	100—116	91—113
	标高（m）	＋35～－420	－300 以上	－10～－130	＋30～－50	－10～－130
赋矿岩性		SJH	SrJH	rJH	rJH	rJH
矿体形态		似层状	脉状	脉状	脉状	脉状
矿石类型		浸染状 SJH 型	细脉浸染状 SrJH 型	细脉网脉状 rJH 型	细脉网脉状 rJH 型	细脉网脉状 rJH 型
矿体产状	倾向（°）	280—320	300—310	120—140	110—130	120—140
	倾角（°）	50	30	78—88	80—84	79—88
规模	长度（m）	1050	1005	215	250	330
	延深（m）	540—925	400—600	120	65	120
矿体厚度	平均厚度（m）	5.50	3.65	5.68	7.43	4.17
	变化系数（％）	103	96	94	76	81
矿体品位	品位（克／吨）	7.00	6.33	7.25	9.04	9.83
	变化系数（％）	205	206	107	137	168

表中，SJH－黄铁绢英岩化碎裂岩，SrJH－黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩，rJH－黄铁绢英岩化花岗岩。

（1）Ⅰ、Ⅱ号主矿体分布于黄铁绢英岩带、黄铁绢英岩化碎裂岩带内，其形态、产状比较稳定，倾角缓，连续性好，沿走向及倾向呈舒缓波状延伸，有明显的分枝复合、膨缩和尖灭再现，局部地段大致以 40°角向南西侧伏；不论在矿体总体上，还是沿走向及倾向的变化上，矿体厚度与品位具正消长关系，厚度与品位的变化具有趋势性，局部地段两者吻合比较好。

（2）Ⅲ号矿体群分布于距主裂面 60—330m 的黄铁绢英岩化花岗岩内，部分在钾化红化花岗岩带，少数在黑云母花岗岩中，受张性、张扭性节理裂隙带控制，其延长、延深不大，产状陡，规模小，厚度与品位的关联性较差。Ⅲ号矿体群在中段图上与Ⅰ、Ⅱ号矿体大致平行，在剖面图上与Ⅰ、Ⅱ号矿体呈“入”字形有规律排列，其排列方式有接结式和斜列式两种。

初步认为，Ⅲ号矿体群控矿构造裂隙为同一构造期的产物，从其与Ⅰ、Ⅱ号矿体的空间关系分析是压扭区应力向引张区释放的结果，是含矿热液受压扭区应力挤压淋滤后沿张扭性裂隙或节理带充填形成。

2、东季金矿床。东季金矿床位于焦家主干断裂上，控制长度约 1000m，为一大型矿床。上盘为栖霞超单元夹胶东岩群，下盘为玲珑超单元和郭家岭超单元，破碎蚀变带偏向黑云母花岗岩一

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

侧发育。主裂面上盘为绢英岩化斜长角闪岩带；主裂面下盘依次为黄铁绢英岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带、黄铁绢英岩化花岗岩带。蚀变带走向 4°—30°，倾向北西，倾角 40°—80°，一般厚度为 100—150m。

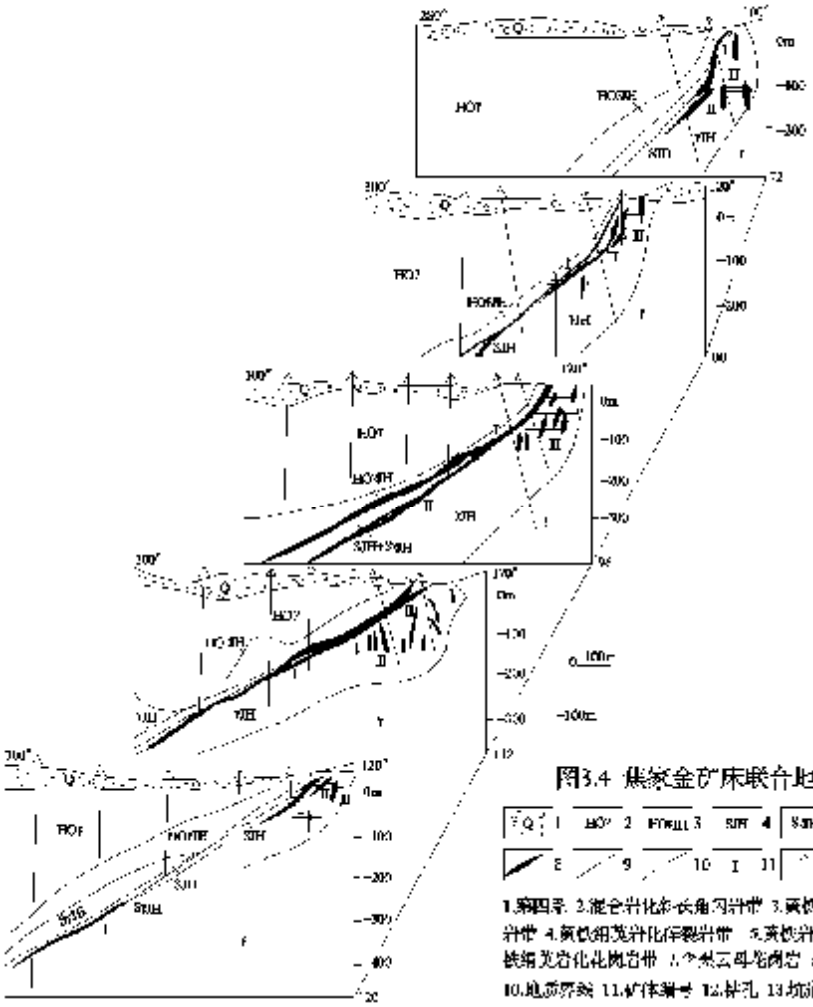


图3.4 焦家金矿床典型地质剖面图

1.第四系 2.混合岩化斜长角闪岩带 3.黄铁矿化绢英岩化斜长角闪岩带 4.黄铁绢英岩化碎裂岩带 5.黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带 6.黄铁绢英岩化花岗岩带 7.含黑云母花岗岩 8.金矿体 9.成矿后期断裂 10.地质界线 11.矿体编号 12.钻孔 13.坑道

矿床范围内共圈出矿体 11 个，其中①、②、③号矿体最大，占总储量 80％。矿体自主裂面下盘依次呈斜列形式出现，主要矿体以脉状为主，小矿体主要为透镜状，具有品位高，厚度大的特点。在走向及倾向上基本与主裂面平行，呈舒缓波状展布，矿体连续性较差，局部有夹缩膨胀、分枝复合现象。沿走向自北向南，沿倾向从浅到深，矿体距主裂面的距离由远到近，矿体局部向南西侧伏（**表 3.7，图 3.6、3.7**）。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

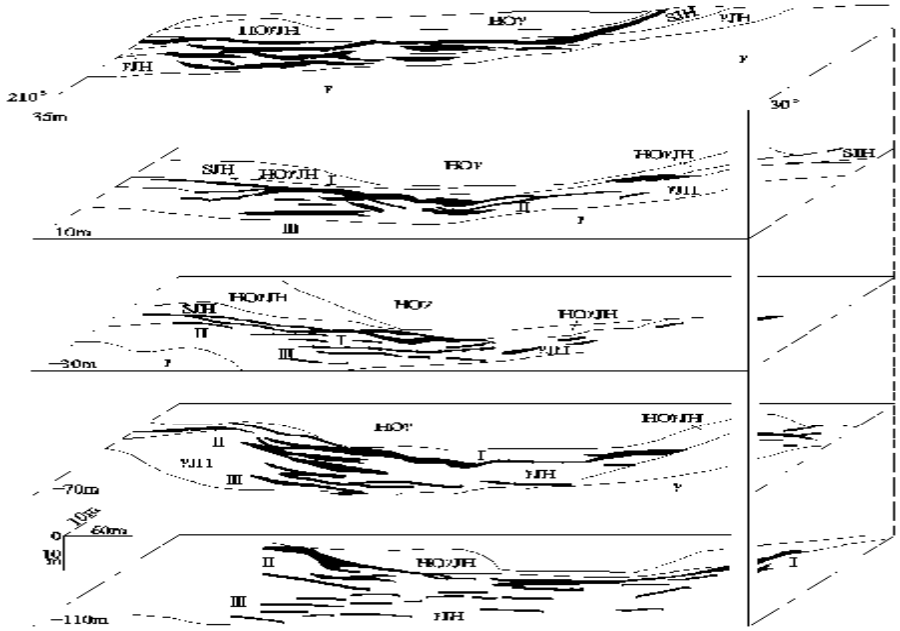
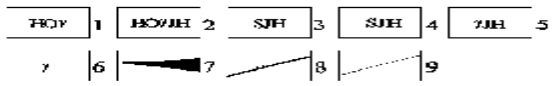


图3.5　焦家金矿床联合水平断面图



1.混合岩化斜长角闪岩 2.黄铁绢英岩化斜长角闪岩带 3.黄铁绢英岩化碎裂岩带 4.黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带 5.黄铁绢英岩化花岗岩带 6.黑云母花岗岩 7.金矿体 8.成矿期后断裂 9.地质界线

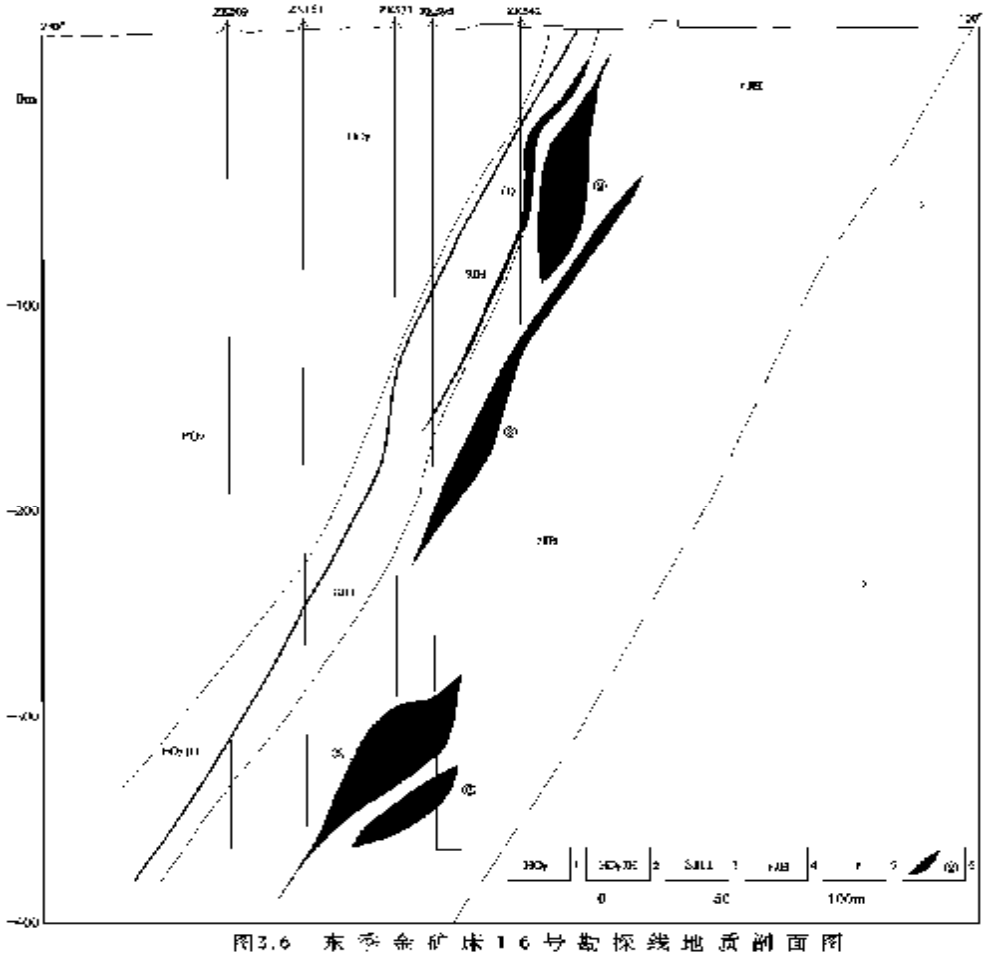


图3.6　东季金矿床16号勘探线地质剖面图

1 斜长角闪岩　2 黄铁绢英岩化混合岩化斜长角闪岩带　3 黄铁绢英岩化碎裂岩带　4 黄铁绢英岩化花岗岩带　5 玲珑花岗岩　6 金矿体及编号

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

①号矿体赋存于主裂面下盘的黄铁绢英岩带，储量占总储量的近 17％，距主裂面 5—20m。矿体以脉状为主，局部肥大呈透镜状，厚度与品位呈正消长关系。

②号矿体赋存于①号矿体下盘的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带，占总储量的 16％，以脉状、透镜状为主，厚度与品位呈正消长关系。

③号矿体规模最大，占总储量的 44％，位于②号矿体下盘的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带和黄铁绢英岩化花岗岩带内，距主裂面 20—80m。矿体自北向南、由浅到深，倾角由缓变陡，呈舒缓波状展布，局部厚薄不均匀，变化较大而出现多个富矿柱。

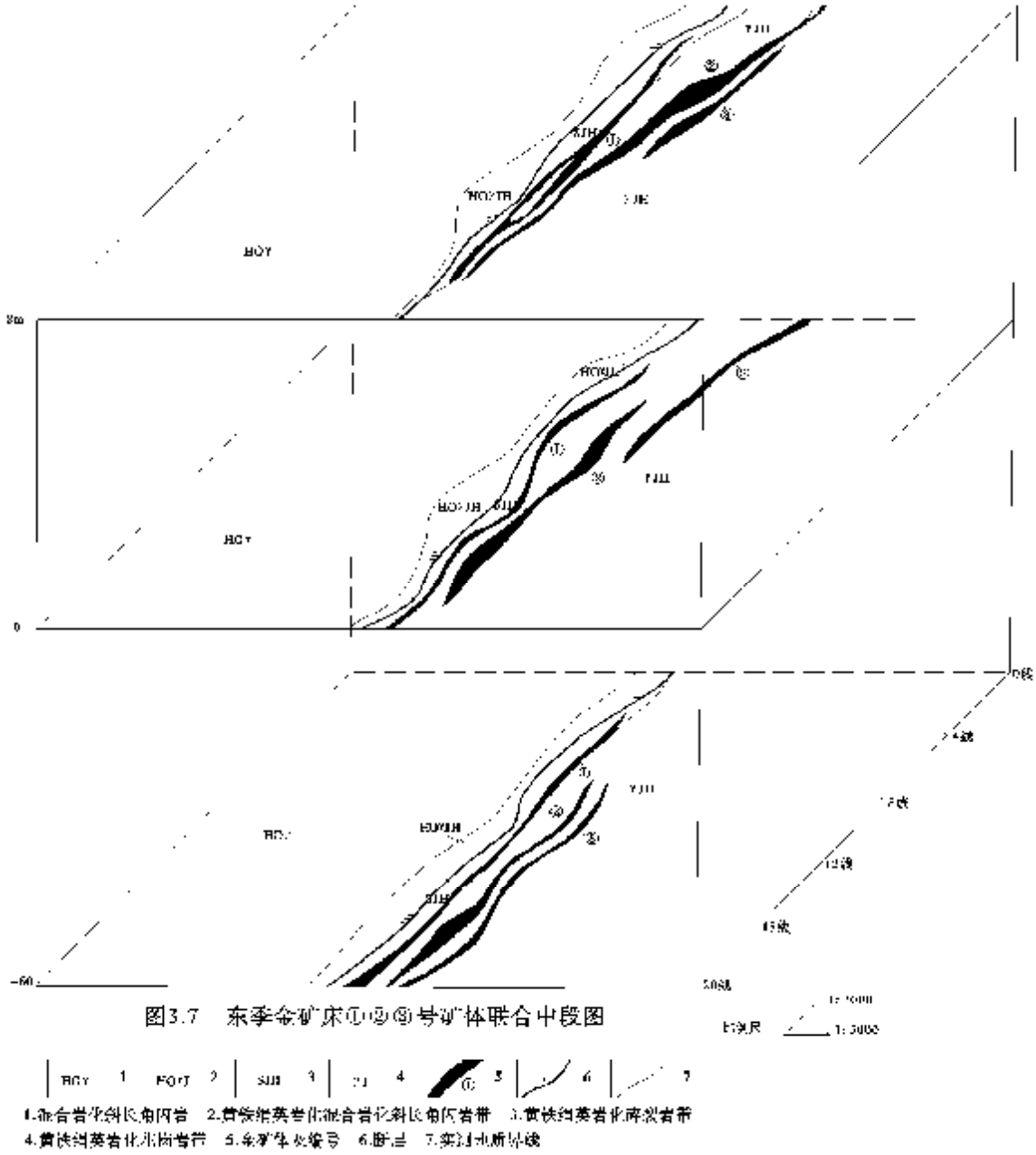


图3.7　东季金矿床①②③号矿体联合中段图

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

东季金矿床主要矿体地质特征　　表 3.7

矿体编号		③	①	②
分布范围	平面区间（线）	24—15	24—3	22—1
	标高（m）	＋36～－360	＋35～－330	＋34～－135
赋矿岩性		SrJH、rJH	SJH	SrJH
矿体形态		脉状	脉状	脉状、透镜状
矿石类型		脉状网脉状 SrJH、rJH 型	浸染状、细脉浸染状 SJH 型	细脉浸染状 SrJH 型
矿体产状	倾向（°）	266—306	274—300	279—310
	倾角（°）	46—80	40—80	42—82
规模	长度（m）	580	330	330
	延深（m）	420	400	160
矿体厚度	平均厚度（m）	3.26	2.80	5.73
	变化系数（%）	98	111	92
矿体品位	品位（克 / 吨）	8.36	6.27	6.49
	变化系数（%）	186	179	120

SJH－黄铁绢英岩化碎裂岩，SrJH－黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩，rJH－黄铁绢英岩化花岗岩。

3、寺庄金矿床。寺庄金矿床位于焦家主干断裂南段，控制长度 2700m，为区内一中型矿床。此段焦家主干断裂发育于玲珑超单元内，北段走向 15°，向南逐渐偏转为 325°，倾向北西或南西，倾角 35°左右，呈舒缓波状延展。沿主裂面连续发育有 2—40cm 厚的灰色断层泥。主裂面上盘依次为黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗岩；下盘依次为黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗岩。金矿体赋存于主裂面上下盘的黄铁绢英岩质碎裂岩带及黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带中。

矿床范围内共圈定矿体 20 个，其中②号矿体规模最大，占总储量的 45％，其它矿体规模较小（**图 3.8**）。

②号主矿体赋存于主裂面下盘黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带，矿体呈脉状，形态简单，长 720m，控制斜深 515m，北段走向 345°，南段走向 30°，倾向南西到北西，倾角 40°，平均厚度 1.50m，厚度变化系数 77％，平均品位 4.69 克 / 吨，品位变化系数 55％，属于厚度较稳定，有用组份分布较均匀的矿体。矿体沿倾向及走向厚度、品位无明显变化，矿石类型主要为细脉浸染状黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩型。

二、河西、侯家支断裂带赋存的矿床

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

该断裂带主要赋存河西特大型金矿床。该矿床位于焦家主干断裂和望儿山支断裂之间，受控于结环状控矿断裂裂隙系统，定位于河西、侯家断裂及次级伴生、派生的裂隙密集带中。全长2050m，分为河西、红布两个矿段，矿床范围内共圈定矿体 35 个，其中河西矿段 19 个，红布矿段 16 个。

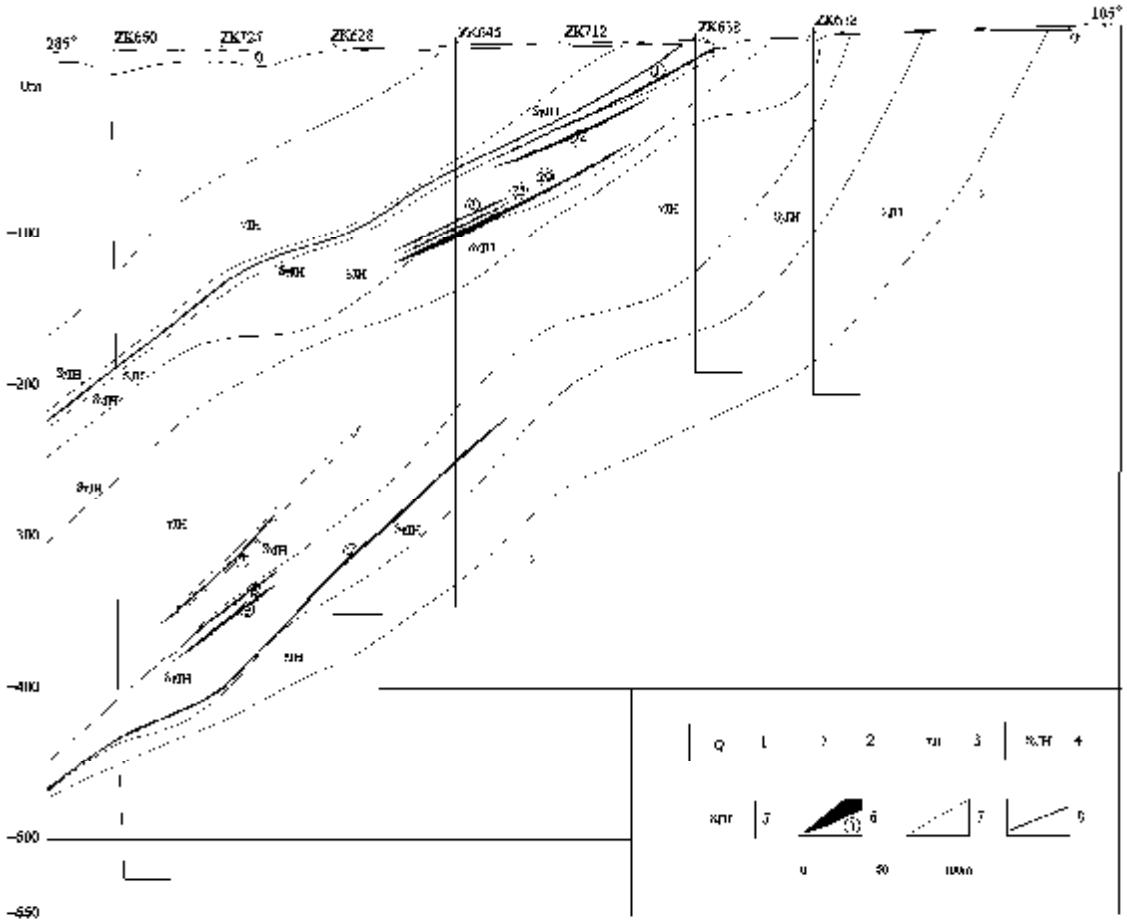


图 3.8 寺庄金矿床 288 号勘探线地质剖面图

1 [illegible] 2 [illegible] 3 [illegible] 4 [illegible] 5 [illegible] 6 [illegible] 7 [illegible] 8 [illegible]

河西断裂蚀变带主要发育于玲珑超单元与郭家岭超单元的接触带，由于两端向北、向南偏转，平面上呈反“S”型展布，东段走向 40°—50°,倾向北西，倾角 30°—40°；中段走向 60°—70°，倾向北西，倾角 25°—50°；西段向南西延伸在东季金矿床北部与焦家主干断裂交汇，走向 40°—50°，倾向北西，倾角 40°—50°。该断裂蚀变带以灰黑色断层泥为标志的主裂面沿破碎带底部发育。断裂蚀变带分带明显，主裂面以上依次为黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩；主裂面以下依次为黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩。其中，黄铁绢英岩靠近主裂面 5—10m 范围内局部发育，呈透镜状断续分布；黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩，主要分布于主裂面以下 10—40m 范围内，是主要的赋矿岩带。河西断裂蚀变带是①、②、③号主矿体的赋存部位。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

侯家断裂蚀变带发育于玲珑超单元内，长 1320m，宽 20—40m，走向 40°，倾向北西，倾角 35°—45°。断层泥不发育，无明显的构造主裂面，由黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗岩组成。该断裂向南西出现分支主要表现为束状裂隙发育，向北东方向与焦家主干断裂在西良附近交汇。该带是⑦、⑧号矿体的赋存部位。

裂隙密集带，位于河西断裂中段上盘，长 480m，宽 80—140m，走向 60°，倾向北西，倾角 35°—45°，主要发育于郭家岭超单元内。裂隙密集带是④、⑤、⑥号矿体的赋存部位。

1、河西矿段。本矿段共圈定 19 个矿体，①、③、④、⑤、⑥、⑦、⑧号矿体较大，其中①、③号矿体最大，储量占矿段总储量的 63％。其主要矿体地质特征**（见表 3.8，图 3.9）**如下：

河西金矿床主要矿体地质特征　　表 3.8

矿体编号		①	②	③	④	⑤
分布范围	平面区间（线）	92—132	52—80	104—132	102—126	100—112
	标高（m）	＋30～－360	＋30～－335	＋20～－150	－20～－285	0～－200
赋矿部位及岩性		河西带主裂面上盘的 SJH、SrJH、SrδJH	河西带主裂面下盘的 SJH、SrJH、SrδJH	河西带①号上盘 SrδJH	裂隙带下部的 rδJH	裂隙带中上部 rδJH
矿体形态		脉状、透镜状		透镜状	柱状、脉状、透镜状	
矿石类型		浸染状、细脉浸染状 SJH 型、网脉状 SrJH、SrδJH 型		网脉状 SrδJH型	细脉状、网脉状 rδJH 型	
矿体产状	倾向（°）	315—340	315—340	330—340	330	330
	倾角（°）	25—45	40	35—45	30—40	30—40
规模	长度（m）	370	480	300	320	190
	延深（m）	290	560	210	310	430
矿体厚度	平均厚度（m）	6.58	6.52	8.61	8.35	3.88
	变化系数（%）	90	96	97	192	107
矿体品位	品位（克/吨）	6.64	6.85	6.98	5.16	7.11
	变化系数（%）	204	216	260	161	227

表中，SJH－黄铁绢英岩化碎裂岩，SrJH－黄铁绢英化花岗质碎裂岩，SrδJH－黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩，rδJH－黄铁绢英岩化花岗闪长岩。

（1）①号主矿体分布于断裂蚀变带内近底板处，一般在主裂面上盘 5—40m 范围内，个别地段（如 108 线）位于主裂面下盘；③号矿体在①号矿体上盘，主裂面以上 30—60m 范围内。矿体形态呈脉状、透镜状，矿体呈脉状产出的地段矿化连续，分枝较少，品位和厚度变化程度较低；呈透镜状产出的地段矿化连续性较差，矿体形态比较复杂，膨胀夹缩、分枝复合特征发育，品位及厚度的变化程度较高。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

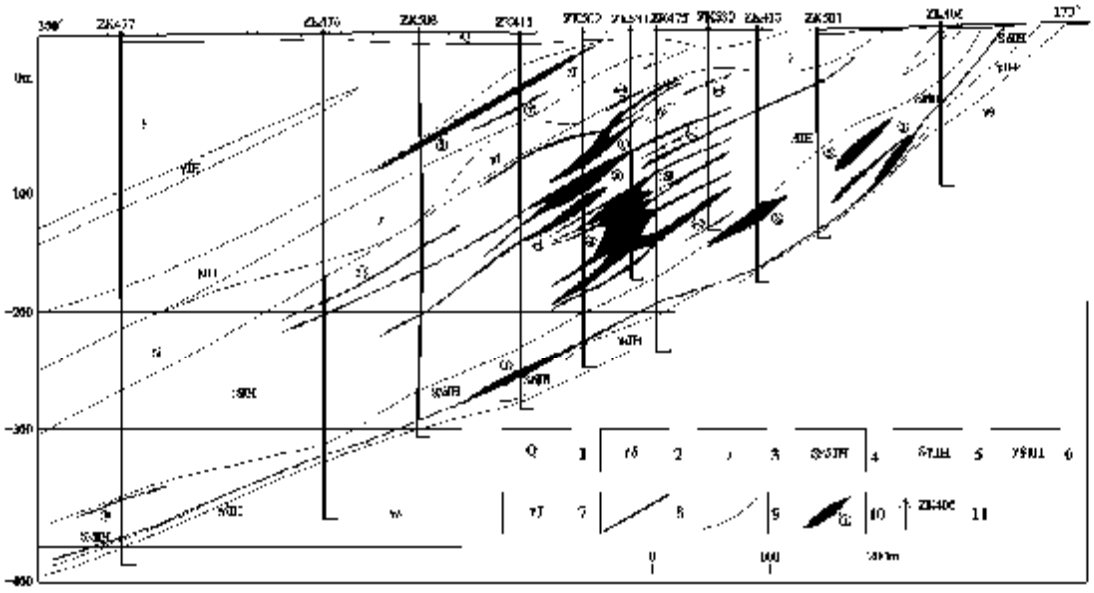


图 3.9　河内金矿床河西矿段 108 号勘探线地质剖面图

1 矽质粘土　2 花岗闪长岩　3 黑云斜花岗岩　4 黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带　5 黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带
6 黄铁绢英岩化花岗闪长岩带　7 黄铁绢英岩化花岗岩带　8 土断裂面　9 地质界线　10 矿体及编号　11 钻孔及编号

（2）①、③号矿体均属于厚度变化不稳定，品位变化很不均匀—极不均匀的矿体。其厚度、品位的变化具有明显的方向性，总体表现出按 40°侧伏角向南西侧伏的总趋势。品位、厚度高值区虽有位移，但总体上基本吻合，品位与厚度呈正消长关系，从而形成多个规模较大的富矿柱。

（3）④、⑤、⑥号主矿体发育于主裂面上盘的黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩内，受多组张性控矿裂隙控制，矿体以不规则的透镜状、网脉状为主，连续的脉状次之。多数矿体短而粗大，延深、延长规模较小，品位、厚度的变化性较大，方向性较差，多属于厚度变化较稳定—极不稳定、品位变化不均匀—极不均匀型矿体。

（4）⑦、⑧号矿体主要发育于侯家断裂蚀变带底板以上的黄铁绢英岩化花岗闪长岩带，形态比较简单，呈规则脉状产出，分枝较少。属于厚度变化稳定—不稳定，品位变化较均匀—极不均匀型矿体。其中⑦号矿体长度 200m，延深 200m，平均品位 4.18 克 / 吨，平均厚度 3.68m，矿体呈脉状，矿石类型为脉状、网脉状黄铁绢英岩化花岗闪长岩型；⑧号矿体长度 150m，延深 210m，平均品位 4.94 克 / 吨，平均厚度 4.38m，矿体呈脉状，矿石类型为脉状、网脉状黄铁绢英岩化花岗闪长岩型。

2、红布矿段。红布矿段 16 个矿体中②号矿体规模最大，占矿段总储量 90％。矿体赋存于河西断裂蚀变带近主裂面下盘（个别地段位于主裂面上盘）的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带内，矿体展布特征见**表 3.8 及图 3.10、3.11。**②号主矿体发育于玲珑超单元和郭家岭超单元接触带的下盘郭家岭超单元一侧，浅部发育于玲珑超单元。矿体形态自西向东，自上向下，均有一定变化规律。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

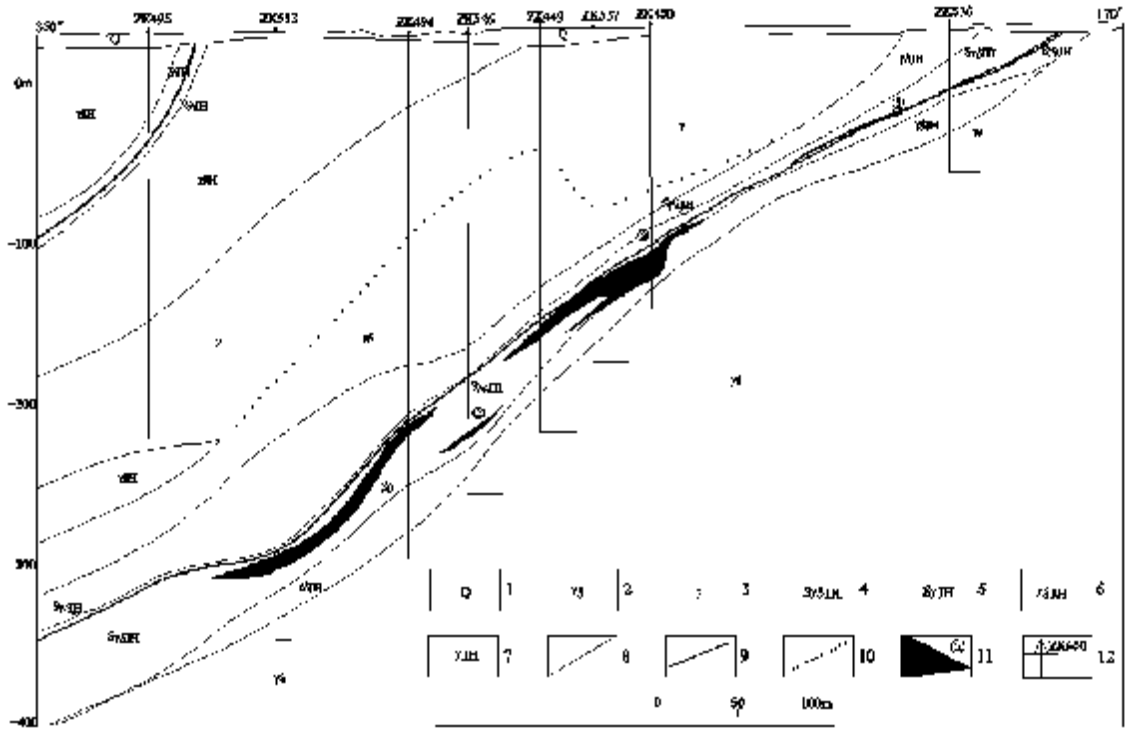


图3.10 河西金矿床红布矿段68号勘探线地质剖面图

1 砂质粘土 2 花岗闪长岩 3 黑云母花岗岩 4 黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带 5 黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带
6 黄铁绢英岩化花岗闪长岩带 7 黄铁绢英岩化花岗岩带 8 地质界线 9 三断裂面 10 推测岩体界线 11 矿体及编号 12 钻孔及编号

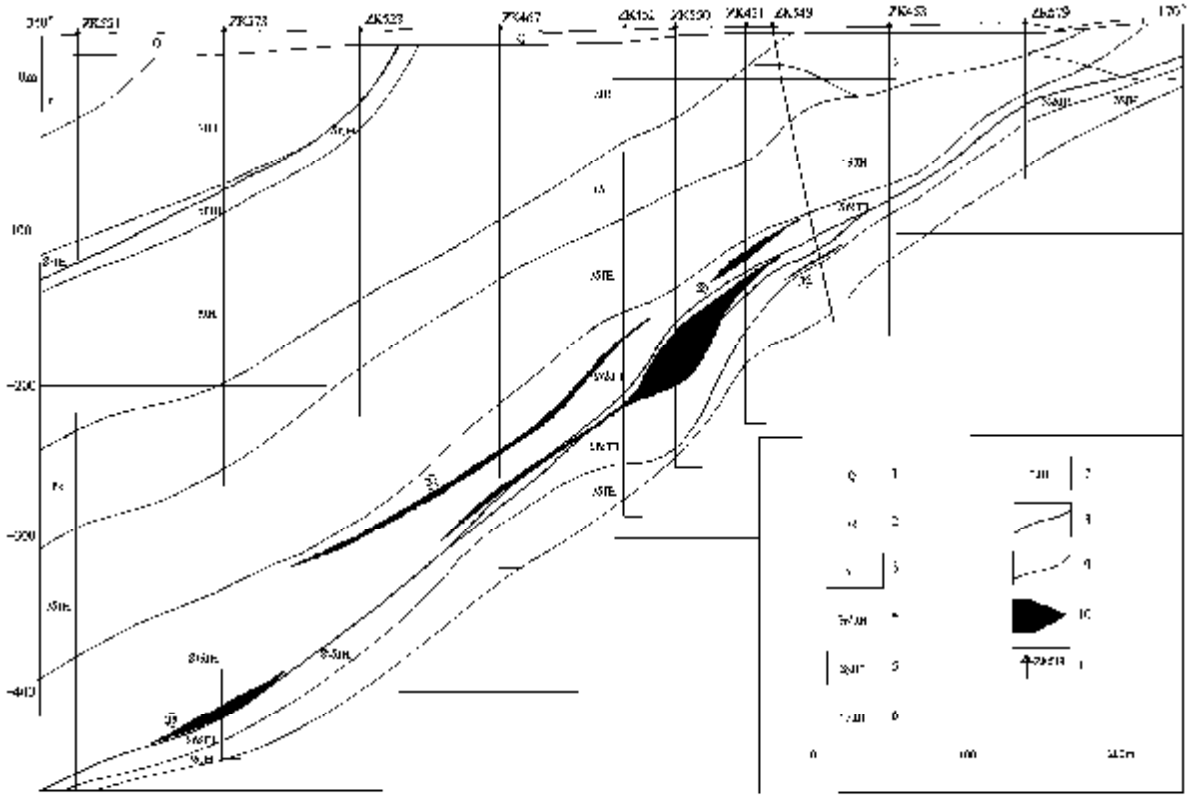


图3.11 河西金矿床红布矿段60号勘探线地质剖面图

1 砂质粘土 2 花岗闪长岩 3 黑云母花岗岩 4 黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带 5 黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带
6 黄铁绢英岩化花岗闪长岩带 7 黄铁绢英岩化花岗岩带 8 地质界线 9 推测岩体界线 10 金矿体及编号 11 钻孔及编号

（1）自南向北埋深逐渐变浅直至出露地

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

表，呈向南西侧伏趋势，侧伏角 55°，地表及浅部矿化连续但厚度较小，-100~-300m 之间矿化连续，透镜状、脉状及不规则状形态，矿体厚度大，膨胀夹缩和分支复合特征明显。

（2）矿体矿石类型比较复杂，－125m 以上以浸染状、细脉浸染状黄铁绢英岩为主，网脉状黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩次之；－125m 以下以网脉状、脉状黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗闪长岩为主。

（3）②号矿体属于厚度变化不稳定，品位变化很不均匀型矿体，厚度、品位的变化方向性比较明显，厚度及品位的高值区基本对应，从而在－200——300m 之间，68 线以西形成数个向南西斜卧侧伏的高值区。

其它矿体主要赋存于河西断裂蚀变带，形态比较简单，主要呈脉状，少数呈透镜状产出，产状基本与主裂面及主矿体一致，走向 40°—65°，倾向北西，倾角 30°—40°，延长及延深都不大，规模较大的矿体有向南西侧伏的特点。矿石类型主要为脉状、网脉状黄铁绢英岩化花岗闪长岩型及黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩型。

三、望儿山支断裂赋存的矿床

望儿山支断裂蚀变带切割玲珑超单元，并沿玲珑超单元与郭家岭超单元接触带部位发育。产状变化较大，望儿山以南走向 0°—15°至 350°—360°，倾向相应为北西或南西，倾角 45°左右；望儿山以北走向 30°—45°，倾向北西，倾角 45°—60°。沿该带自南向北基本等间距分布有 5 处大、中型矿床，即望儿山（大型）、付家（中型）、河东（大型）、上庄（大型）、陈家（中型）,该带所赋主要矿床及矿体地质特征**见表 3.9**。

望儿山断裂蚀变带主要矿床矿体地质特征　　表 3.9

矿床名称	矿体编号	矿体形态	产状		规模		厚度		品位	
			倾向（°）	倾角（°）	长度（m）	延深（m）	平均厚度（m）	变化系数（%）	平均品位（克/吨）	变化系数（%）
望儿山	Ⅰ	脉状	275-285	45	600	500	3.78	95	13.44	148
	Ⅱ		275-285	45-55	240	250	3.23	116	9.23	163
	Ⅲ		275-285	55-63	300	310	1.43	63	10.43	193
	Ⅳ		275-285	55-63	170	145	3.34	90	4.44	49
河东	1	透镜状脉状	321	25-55	360	570	9.23	66	6.66	100
上庄	1	透镜状	310-320	39-40	138	560	3.84	72	7.59	146
	2		305-310	37-40	369	510	4.63	170	6.99	180
	3		310-312	39-42	105	298	6.42	53	7.20	102
	8		310-325	37-47	90	330	9.40	99	8.37	122

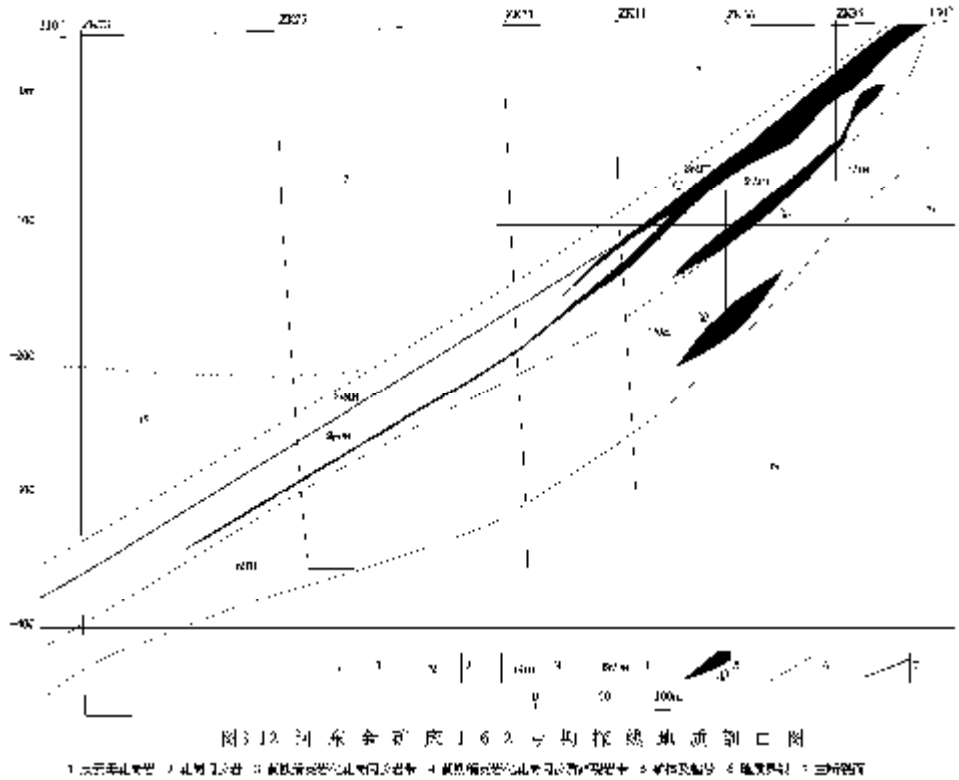
1、望儿山金矿床。该矿床发现和评价的矿体有 20 个，主矿体有 4 个。其中Ⅰ、Ⅱ号矿体规

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

模最大，储量占矿床总储量的 80％。4 个主要矿体在主裂面以下依次呈斜列式分布，规模较小的矿体主要分布于主裂面的上盘。Ⅰ、Ⅱ号主矿体呈脉状,沿走向及倾向膨胀夹缩、分支复合特征发育，中间地段矿体厚度逐渐增大，南北两端矿体较薄；沿倾向，－100m 附近矿体厚度较大，向上或向下逐渐变薄。品位与厚度的变化规律不明显，缺乏方向性及一致性。如Ⅰ号矿体在－60m 附近厚度最大，品位较低（10 克/吨），－120m 处品位较高（25.5 克/吨）； Ⅱ号矿体，沿倾向从 0m 向下至 120m，厚度逐渐增大，品位却逐渐降低。

该矿床矿石类型具有含金石英脉型与破碎带蚀变岩型复合出现的特点。含金石英脉型常见含金黄铁矿石英脉、含金黄铜矿黄铁矿石英脉；破碎带蚀变岩型常见细脉浸染状黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化碎裂岩型，脉状及网脉状黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩型、黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩型。两种矿石类型空间大致分布形式为：30 线以北，－150m 以下主要为含金石英脉型；30 线以南，－150m 以下则以破碎带蚀变岩型为主，其它地段常见复合类型。

2、河东金矿床。河东金矿床位于望儿山断裂蚀变带中，工程控制长度约 1700m，以 122 线为界，南段走向 30°，北段走向 40°，倾向北西，倾角 30°—40°。含矿蚀变带发育于玲珑超单元崔召单元与郭家岭超单元上庄单元接触部位,倾向于上庄单元一侧。上盘岩性为黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗岩；下盘依次为黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗闪长岩。矿床共圈定 5 个矿体，多数位于主裂面下盘（**图 3.12**），其中 1 号矿体规模最大，占矿床总储量的 79％，总体走向 51°，倾向北西，倾角 38°左右。矿体呈连续的脉状、透镜状，品位与厚度的变化基本吻合，即 154—170 线 0m 标高附近及－



PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

190m 附近矿体厚度较大，此段品位的变化与其对应从而形成两个规模较大的富矿柱。

该矿床矿石类型主要为浸染状、细脉浸染状黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩型及细脉状、网脉状黄铁绢英岩化花岗闪长岩型。

3、上庄金矿床。上庄金矿床赋存于望儿山断裂蚀变带北东段，由东、西两条含矿蚀变带及其派生的次级含矿蚀变带控制，长约 3100m。矿体发育于玲珑超单元与郭家岭超单元接触带的郭家岭超单元上庄单元一侧,含矿蚀变带主要在主裂面下盘发育,主裂面上盘蚀变岩为黄铁绢英岩化花岗(闪长)质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩,下盘依次为黄铁绢英岩化碎裂岩（糜棱岩）、黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗闪长岩。矿床范围内已圈定 8 个矿体，从南至北大致呈等间距分布。其中以 1、2、3、8 号矿体规模最大且均位于两条含矿蚀变带复合部位。4 个主要矿体以连续的透镜状为主，沿走向及倾向膨胀夹缩、分支复合特征明显，局部富集成厚度大、品位高的囊状体，并且矿体空间展布上倾向延深大于走向延长，部分矿体呈现向南西侧伏的特征。

矿石类型主要为浸染状细脉浸染状黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩型，浸染状细脉浸染状黄铁绢英岩化碎裂岩（糜棱岩、角砾岩）型次之。

由上可以得出，望儿山断裂蚀变带赋存的矿床有以下特点：

（1）从南到北矿床的主要矿体倾向延深规模逐渐大于走向延长,在上庄矿区某些矿体的延深与延长之比甚至达到 5：1；矿体的形态由脉状过渡为透镜状、扁豆状为主，规模较大的矿体均表现为向南西侧伏的特点。

(2)从望儿山金矿床到上庄金矿床，次要矿体由主要分布于主矿体的上下盘演变为沿走向展布，单一主矿体所占矿床总储量的比重逐渐降低，往往出现几个主要矿体。另外，由于矿体的形态多为透镜状，从而矿体的空间展布比较复杂，其膨胀夹缩、分支复合特征明显。

（3）由于望儿山断裂蚀变带发育于玲珑超单元及其与郭家岭超单元的接触部位，矿体赋存于主裂面上下盘，从而矿石类型比较复杂，以破碎蚀变岩型为主。以玲珑超单元为主的蚀变带（多为与主裂面上盘），其赋矿岩石的矿石类型主要为浸染状、细脉浸染状黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩型和黄铁绢英岩化花岗岩型；若矿体赋存于以郭家岭超单元岩性为主的蚀变带，则矿石类型主要表现为细脉浸染状或脉状网脉状黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩型、黄铁绢英岩化花岗闪长岩型。局部地段发育石英脉型及其与破碎带蚀变岩型的复合类型。

第四节　成矿作用

焦家金成矿带金矿的成矿作用与胶东岩群，侵入岩包括玲珑超单元、郭家岭超单元和发育于

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

上述地层与岩体接触带、玲珑超单元和郭家岭超单元接触带或其内部的以北东向为主的断裂带关系密切；受控于断裂构造和热液活动框定的蚀变带。

一、围岩与蚀变带的物质成分关系

通过对区域内侵入岩、研究区矿床围岩及蚀变岩的地质特征及主要氧化物、微量元素、稀土元素含量变化等的研究，可以看出：

1、栖霞、双顶、玲珑、文登和郭家岭五个超单元的主要氧化物含量接近，变化幅度较小；蚀变岩中相对活跃的组分为 K、Na、Fe，其次为 Ca、Mg；而 Si、AI、Mn 表现为不活跃组份，含量与超单元接近且变化比较平稳。

2、Au、Ag、Pb、Zn、Cu、Co、Ni 等微量元素为侵入岩和蚀变带内的主要活跃组份，尤其是 Au、Ag、Pb、Zn 的变化程度高；而某些组分（如 Mo）在侵入岩和蚀变带内，含量是接近的，变化平稳。

3、从岩石的稀土元素变化看，主要蚀变岩的稀土元素配分曲线表现为右倾型式，轻稀土富集型，这与围岩及区域内主要超单元的稀土配分型式是一致的，仅表现为蚀变岩的稀土总量和轻稀土总量均比围岩低。

4、从同位素测试结果分析**(表 3.12)**，胶东岩群地层的 $\delta^{18}O$ 和 δD 变化较大，石英 $\delta^{18}O$ 为

主要围岩及金矿床的氢氧同位素组成　　表 3.12

围岩及矿床		全岩 $\delta^{18}O$(‰)		石英 $\delta^{18}O$(‰)		石英包体水 δD(‰)		备注
		变化	平均	变化	平均	变化	平均	
胶东岩群		5.4~7.9	6.5	6.1	5.8			斜长角闪岩
		8.6~12.3	10.5	11.6~12.6	12.1	-81~ -127	-104	片麻岩
玲珑超单元			10.3		10.6		-99.4	双顶单元
			7.5		8.4		-71.2	崔召单元
			9.1		9.8	-48.8~-101.8	-75.3	玲珑单元
郭家岭超单元		10.1~10.5	10.3	10.7~12.8	12.1	-78.7~ -80.7	-79.7	三山岛单元
		9.7~10.0	9.9	10.8~11.1	11.0		-82.9	上庄单元
金矿床	焦家			10.14~14.1	12.98	-83.6~ -91.8	-87.7	含矿蚀变岩
	仓上	9.8~13.9	11.6	10.4~14.1	12.6	-76.7~ -82.0	-79.4	
	红布	7.4~12.2	10.2	10.5~12.6	11.7			
	台上	7.25~13.8	10.5	11.4~11.7	11.6	-78.2~ -91.2	-85.4	
	大尹格庄	8.6~11.4	10.5	9.1~12.6	10.6	-75.0~ -81.0	-77.8	

资料来源：王炳成等，胶东金矿的氢氧同位素地球化学特征. 山东地质矿产研究文集，1996 年 6 月.

6.4~12.6‰，全岩的 $\delta^{18}O$ 在 5.4~12.3‰，石英包体水 δD 在－81~－127‰；玲珑超单元的石英 $\delta^{18}O$ 为 8.4~10.7‰，平均为 9.9‰，全岩的 $\delta^{18}O$ 在 8.4‰左右，石英包体水 δD 的平均值－99‰左右，全岩约－109‰；郭家岭超单元的石英 $\delta^{18}O$ 为 10.7~12.8‰，平均为 11.5‰，全岩的 $\delta^{18}O$ 在 10‰左右，石英包体水 δD 平均值－80‰左右，全岩－90‰附近。郭家岭超单元的氢氧同位素值

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

均高于玲珑超单元。

区内主要蚀变岩型金矿床蚀变岩全岩的 $\delta^{18}O$ 变化较大，在5.3~13.9‰之间，极差达 8‰，平均值为 10.6‰；石英的 $\delta^{18}O$ 组成在 6.6—15.9‰之间，极差为 9‰，平均值为 10.2‰；石英包体水的 δD 值在－73.0～－123.0‰之间，平均－81‰左右，同位素变化范围较玲珑、郭家岭超单元大，但均值与其接近。

上述特点反映了各类岩石成岩过程的复杂性，蚀变岩与围岩物质组成的统一性和继承性，同时也反映了构造～热液活动对组分的改造作用。蚀变作用是这种组分改变的集中体现，一方面保持了某些组分的稳定，另一方面形成了新的矿物类型。

二、断裂构造的成岩成矿作用

构造活动是成矿作用的重要条件，构造提供了成矿物质和含矿流体得以迁移的热源动力、空间场所及调整矿物质沉淀所必需的热力学条件。在构造动力作用下，岩石矿物的形变和相变过程将导致元素的定向迁移而产生新的岩石矿物类型，如果原岩中某些有益组分含量高，可在一定部位富集成矿。由于各种元素的活动性能及离子半径不同,他们移聚和晶出所需要的应力环境、应变条件、温度、压力和介质环境也就不同，从而在构造带内出现矿物岩石聚集的分带性。在构造活动阶段长期持续的构造动力作用过程中，构造动力的耗散转化与再积累具有周期性和持续性，构造变形变质及成岩成矿作用亦具有周期性和叠加性，从而在同一成矿期形成不同时代的岩石矿物的穿插和叠加。

区内焦家断裂系统的展布方向和发育规模框定了蚀变带的产出范围和金矿床直接的赋矿岩石和围岩。断裂带的活动性质影响了蚀变岩的物质组成和分带性，相应地控制了矿床（体）的产出空间部位和矿床类型。

研究表明，焦家主干断裂及其派生、伴生构造均具有多期活动性。断裂活动的性质除受围岩的刚性影响外，主要取决于断裂活动期间的应力状态。望儿山、河西、侯家等支断裂均发育于焦家主干断裂下盘的玲珑超单元和郭家岭超单元内部或两者的接触部位，断裂性质以扭性及张扭性为主，焦家主干断裂主要表现为压扭性。平面上，从焦家主干断裂到下盘的分支断裂，断裂性质从压扭性演化为张扭性；剖面上，如焦家主干断裂赋存的焦家、新城金矿床，近主裂面附近断裂性质为压扭性，下部渐变为张扭性、张性；望儿山金矿床，蚀变带上部表现为张扭性、张性，下部则以压扭性为主。由于断裂系统具有层次性、开放性、结构性等特点，作为一个完整的应力作用体系，应力从高应力的压扭区向低应力的张扭区、张性区释放。不同断裂或同一断裂的不同部位表现的应力特征有明显差异，从而产生了不同的蚀变岩分带组合和不同的矿体展布形式及矿床矿石类型。

以压扭性为主的断裂构造区，构造岩多表现为糜棱岩塑性变形的特点，黄铁绢英岩化碎裂岩

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

带连续稳定发育，矿体规模大，形态简单，多呈脉状，产状、厚度、品位比较稳定，矿床类型为破碎带蚀变岩型，矿石类型主要表现为浸染状、细脉浸染状黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化碎裂岩型，如焦家、新城、马塘金矿床的主矿体。

以压扭性～扭性为主的断裂构造区，如河西金矿床、望儿山金矿床，主要的赋矿蚀变岩为黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩和黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩。矿体形态比较复杂，多见透镜状矿体且分支复合、膨胀夹缩特征明显，产状、厚度、品位等参数的变化性较大。矿床类型根据不同的空间部位可出现石英脉型、破碎带蚀变岩型或两者的复合类型，矿石类型主要为脉状、交错脉状、网脉状黄铁绢英岩化花岗（闪长）质碎裂岩型和黄铁绢英岩化花岗（闪长）岩型。

据近几年的金矿勘查成果，在焦家、新城金矿床下盘的黄铁绢英岩化花岗岩带及钾化红化花岗岩带内发育控矿的张性、张扭性裂隙群。所控矿体沿深、延长不大，规模小，厚度品位的关联性差。矿石类型多为含金黄铁矿石英脉及脉状、网脉状黄铁绢英岩化花岗岩的复合类型。如焦家金矿床的Ⅲ号矿体群、新城金矿床的Ⅴ号矿体群。

断裂带活动性质的差异直接导致成岩成矿的物理化学条件和矿化热液组分的迁移变化。元素在断裂蚀变带由内向外的顺序一般是：Si、Fe、Mg、Mn、AI、Ca、Na、K，断裂带浅部压扭区富集相对偏酸性的成矿流体，PH=5.4~6.0，其氧化还原电位偏低,氧逸度偏低而硫逸度偏高,还原参数较引张区大。同时压扭区流体的 K^+、Na^+、CI^-、SO_4^{2-}，气相 CO_2、H_2O 的含量比引张区低，而 Ca^{2+}、Mg^{2+}、***CO***、F^-的含量以压扭区较高。可以认为，流体组分中的碱质 K^+、Na^+、CO_2、H_2O、CI^-更趋向于引张区运动，而 Ca^{2+}、Mg^{2+}、CO、F^-更多地留在压扭区。由于压扭区所呈的偏酸性还原环境，热液流体中的微量元素 Cu、Pb、Zn、As、Sb、Bi 等亲硫元素亦向该区富集[28]。

断裂带中深部引张区，成矿流体偏碱性，PH=6.3~7.8，O_2 逸度偏高，S_2 逸度偏低，更适合 Ca、Mg、Ti、V、Mn、K、Na 等元素的富集。

不同的物理化学环境，金的搬运和沉淀方式有差别。在中碱性溶液中金容易以 Au—S 络离子的形式迁移，在中酸性溶液中金多以 Au—CI 络离子的形式迁移。因此，压扭区易于 Au—S 络离子解体和金的沉淀，而宜于 Au—CI 络合物的稳定；在偏碱性的引张区则有利于 Au—CI 络离子的解体和沉淀，宜于 Au—S 络离子的稳定和运移。

三、矿床形成的时间

就胶东地区整体而言，尽管金矿床的工业类型有差异，但其控矿地质背景基本上是一样的，即受相同或相类似的地层、岩浆岩及区域构造控制，围岩蚀变都具有黄铁绢英岩化，矿物组合基本相同。矿床的形成时间主要由玲珑花岗岩的再造作用及郭家岭花岗闪长岩决定，成矿时间处于狭窄的区间内。玲珑花岗岩的成岩时代是晚元古代，同位素地质年龄 700—155Ma，再造年龄为 150Ma 左右。郭家岭花岗闪长岩的形成年龄大约为 130Ma。而金矿床的形成时间问题，以往不少

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

学者进行了研究，其中云南省地质科学研究所骆万成（1987）对本区从一个黄铁绢英岩金矿石大样品分选出来的一组水云母单矿物样品，用 Rb—Sr 等时线法进行年龄测定，并用 Ar 同位素稀释法进行对比，结果表明玲珑西山石英脉型金矿的 Rb—Sr 等时线年龄值为 112±2Ma，K—Ar 年龄值为 111±2Ma；焦家金矿床有两期重要矿化作用，早期为 105±7Ma（K—Ar 为 106±2Ma），晚期为 88.1±0.1Ma；马家窑金矿床为 135.1±5.2Ma（K—Ar 为 120±2Ma），灵山沟金矿床 Rb—Sr 年龄值为 115±5Ma。以上资料表明，成矿年龄稍晚于花岗岩的成岩年龄，成矿时代属于中生代中晚期。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第四章　成矿规律研究

第一节　控矿条件的分析

金矿的形成是地壳一定发展时期的产物，矿床的空间定位由其所处的大地构造背景所决定。在构造岩浆活动中改造的地层在成矿作用过程中往往提供成矿物质来源，断裂构造为矿液运移和沉淀提供了良好通道和赋矿空间，岩浆活动是矿质供应和运移的主要热液来源。

一、地层条件

纵观胶东地区，金矿资源的分布都与地层有着十分密切的关系。无论是太古界胶东岩群还是元古界荆山岩群，其发育地区往往都产有数量众多的金矿床。金矿床或产在地层与花岗岩的断裂接触带内，或分布于地层内的断裂裂隙带。

在焦家金成矿带，姚家、东季、焦家、马塘、寺庄等金矿床都赋存在胶东岩群地层与玲珑花岗岩或郭家岭花岗闪长岩的断裂接触带内，地层位于矿体上盘，在接触带内发育有不同程度的蚀变与矿化。胶东岩群系一套中基性—中酸性火山碎屑沉积岩，在构造、岩浆活动和区域变质作用下使其中的金元素多次发生活化迁移，并在适宜的构造空间富集，为金的成矿提供了部分物质来源。

二、岩浆岩条件

岩浆岩在胶东金矿成矿作用中起着十分重要的作用。与金矿有成因联系的岩浆岩，其一为玲珑花岗岩，其二为郭家岭花岗闪长岩。“焦家金矿带 1:2.5 万金矿成矿预测”曾统计过在胶东西部地区与这两种花岗岩有关的金矿床约占胶东西部金矿床的 74%，中型至特大型有 23 个。由此可以看出两类花岗岩对金矿的控制作用是十分明显的。金矿田的空间定位，受玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩构成的东西向的构造岩浆岩带与北东向断裂构造的交汇部位控制。从空间关系上看，绝大部分金矿均直接产在玲珑花岗岩或郭家岭花岗闪长岩中，或其边缘及外接触带。

就焦家成矿带而言，金矿床多分布在郭家岭花岗闪长岩的内接触带、边缘及外接触带。这一认识在 1:25000 金矿基岩地质图上表达得十分直观。在工作区北东端的南围山岩体是郭家岭花岗闪长岩，其西部边缘赋存了姚家金矿床，南部边缘赋存有蔡家金矿点。在工作区内由郭家岭花岗闪长岩构成的上庄岩体与金矿床的空间关系更为密切。新城、上庄、河东、东季及龙埠五个中型规模以上的金矿床直接产在上庄岩体的西部边缘，而后孙家、卧龙杨家、大诸流及隋家等金矿床（点）则产在上庄岩体的南缘的内外接触带及边缘。在埠后断裂与焦家主干断裂交汇部位南西区域，有一郭家岭花岗闪长岩小岩瘤，据物探资料推测应属上庄岩体，其东部外接触带赋存了小涝洼金矿床，南部边缘赋存了大涝洼金矿床。同时河西、山后冯家、前孙家等金矿床浅部虽然赋存在玲珑花岗岩体内，但据河西经勘探资料，证实浅部为玲珑花岗岩，郭家岭花岗闪长岩隐伏其下。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

对于山后冯家和前孙家金矿床，据物探资料推测上庄岩体南界向南扩 500—2000 米，说明该两个金矿床深部亦为隐伏的郭家岭花岗闪长岩。焦家—西曲城一带物探推测有隐伏的郭家岭花岗闪长岩，而这一推测岩体的西侧及北部倾伏部位正好赋存了焦家、马塘、鲍李家、焦家村东及望儿山、金华山、李格庄金矿床，而曲城金矿点正好在推测隐伏郭家岭花岗闪长岩体的内接触带。在盛家—姬家一带物探资料推测的隐伏郭家岭花岗闪长岩体的北东边缘赋存了盛家金矿点。该岩体呈北东—南西走向的纺锤状，徐村院金矿点位于其南西段北缘的外接触带。由该推测隐伏岩体与已知的两个矿点可以推测，在其边缘尤其是南西段具有良好的找矿前景。总之，郭家岭花岗闪长岩在金矿找矿工作中具有十分重要的意义，而这种意义的体现与中生代形成的岩浆热液在成矿作用过程中起了热动机的作用不无关系。由此可以看出郭家岭花岗闪长岩其内或边缘及外接触带通过的北东或北北东向断裂构造是金矿床定位的主要因素。

三、构造条件

在胶东金矿成矿过程中，构造起主导控制作用。胶西北地区的构造格架由韧性～脆性断裂和褶皱变形组成，其中断裂构造的控矿特征尤为明显。多方位、多时代、多活动期、性质多变化的断裂构造相互贯通，为含矿（成矿）热液的形成和运移创造了开放的空间，并在以燕山期为主的成矿期间强烈活动发育的北东～北北东向断裂带富集成矿。以仓上－三山岛、龙莱、招平三条北东～北北东向的主干断裂带构造为代表，控制了胶东地区主要的大型和特大型金矿床；三条主干断裂带的伴生和次生断裂控制了一批中型金矿床；分布于上述断裂之间的更低序次的断裂或裂隙群控制了更多的小型金矿床或金矿点。

焦家成矿带，是区域上龙莱弧形断裂带的一部分，由焦家主干断裂及望儿山支断裂和河西支断裂构成。焦家主干断裂控制了新城、焦家两个特大型金矿床及东季、马塘、寺庄 3 个中型以上规模的金矿床。望儿山支断裂控制了上庄、河东、望儿山 3 个中型以上规模的金矿床。河西支断裂控制了河西特大型金矿床。对金矿具有控制作用的断裂构造带，尽管其规模产状有异，发育程度不一样，但其总的特点都是由构造岩构成的宽大破碎带。断裂带内以断层泥为主裂面，上下盘对称发育着黄铁绢英岩花岗质角砾岩、碎裂岩及碎裂状花岗岩带或花岗闪长岩带，且下盘较上盘发育，并在近主裂面的下盘发育有黄铁绢英岩带。储矿地段的构造岩经蚀变矿化叠加形成蚀变热动力变质带。矿化强度、蚀变程度、矿体特征及结构构造等，严格受矿化地段的构造岩的规模、特征制约。

第二节　成矿规律的研究

成矿规律是矿床形成的空间关系、时间关系、物质共生关系及内在成因关系等的总和。成矿规律的研究，其目的在于为成矿预测提供理论和实践上的支持，其研究程度直接关系到预测成果

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

的可靠性。

成矿规律研究的内容，涉及到矿床形成的矿化分带规律、矿床空间定位和赋存规律、矿体形态特征规律、矿体侧伏规律、矿床纵向等间距分布规律、矿床匹配规律、金的富集规律等。

一、矿化分带规律

焦家成矿带，控矿断裂为宽大的碎裂岩、碎裂状花岗岩带，沿断裂发育有 10—30 厘米厚的断层泥为标志的主裂面连续稳定。主裂面两侧的构造岩均遭受不同程度的蚀变与矿化，形成了不同的矿化蚀变岩分带。由主裂面向外依次为黄铁绢英岩带，黄铁绢英岩化碎裂岩带，黄铁绢英岩化花岗质或黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带，黄铁绢英岩化花岗岩或黄铁绢英岩化花岗闪长岩带。一般情况下盘矿化蚀变强于上盘，主要工业矿体分布在黄铁绢英岩带或黄铁绢英岩化碎裂岩带内，黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带或黄铁绢英岩化花岗闪长岩质碎裂岩带偶见主要工业矿体，黄铁绢英岩化花岗岩带或黄铁绢英岩化花岗闪长岩带一般仅分布一些与主矿体走向平行，倾向相反，倾角比较陡的矿脉群（**见图 4.1、4.2**），规模较小。仅有个别矿床如东季的②、③号矿体相对来说规模稍大一点（**见图 4.3**），产状与主要工业矿体基本一致，但规模与主要矿体相比仍很逊色。

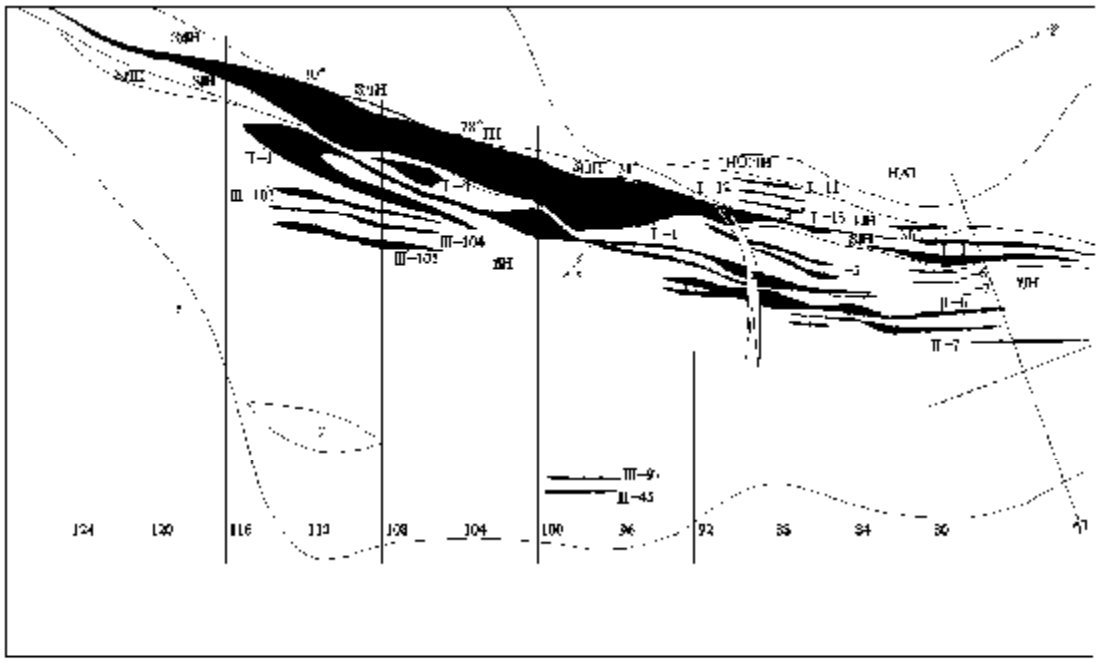
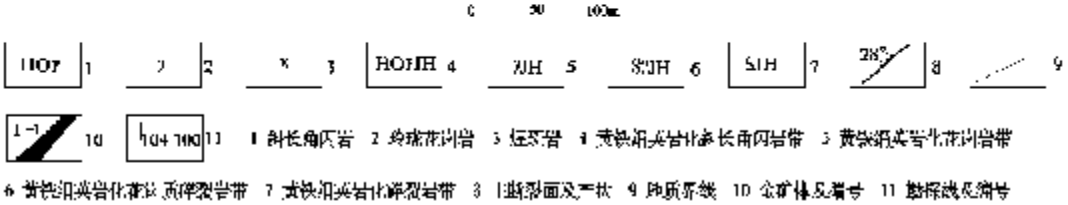


图 4.1 焦家金矿床-189m 中段地质图



二、矿床空间定位和赋存规律

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

大部分矿床在空间上沿着不同类型和级别的大地构造单元或地质体的边缘部位及异相交接过渡带分布，即边缘成矿理论（孙启祯，1999）。焦家成矿带的金矿床一般分布于岩体边缘接触带和断裂形态边缘。

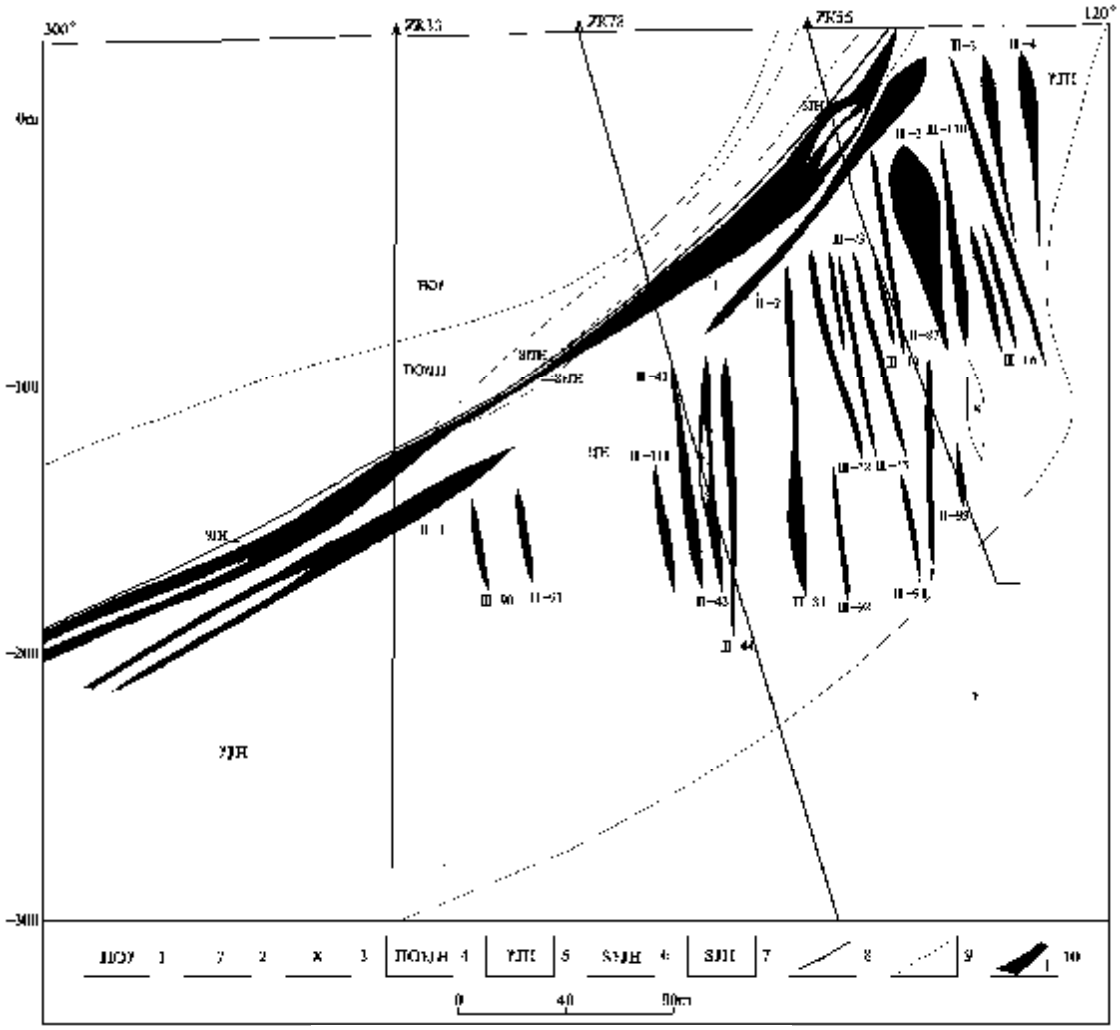


图 4.2 焦家金矿床 104 号勘探线地质剖面图

1.斜长角闪岩　2.玲珑花岗岩　3.黄铁岩脉　4.黄铁绢英岩化斜长角闪岩带　5.黄铁绢英岩化花岗岩
6.黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带 7.黄铁绢英岩化碎裂岩带　8.主断裂面　9.实测及推测地质界线　10.金矿体及编号

1、岩体边缘接触带。在岩体边缘接触带，由于侵入体与围岩不仅岩性差异明显，而且构造作用强烈，物理化学条件剧变，使其成为矿液流通和沉淀的有利场所，在化学性质活泼的岩层一侧有利于金属矿物交代成矿。矿床（矿体）一般分布于岩体的内外接触带、不同侵入期或侵入阶段的岩体接触面、岩体边缘或接触带围岩裂隙、岩体的凹凸部位或产状变化部位等。

焦家金矿成矿带，中大型金矿床多分布在玲珑花岗岩、郭家岭花岗闪长岩与胶东岩群地层的边缘接触带或玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩的接触带内，这些接触带往往与北东～北北东向断裂带复合，接触带即是断裂带。在玲珑花岗岩体内，当发育有北东及北北东向断裂构造时也赋存有金矿床。郭家岭花岗闪长岩体的边缘及内外接触带往往更有利于成矿，尤其是郭家岭花岗闪长

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

岩体与围岩呈港湾状侵入接触时的凹兜部位及前缘的断裂构造带内往往都赋存有金矿床。

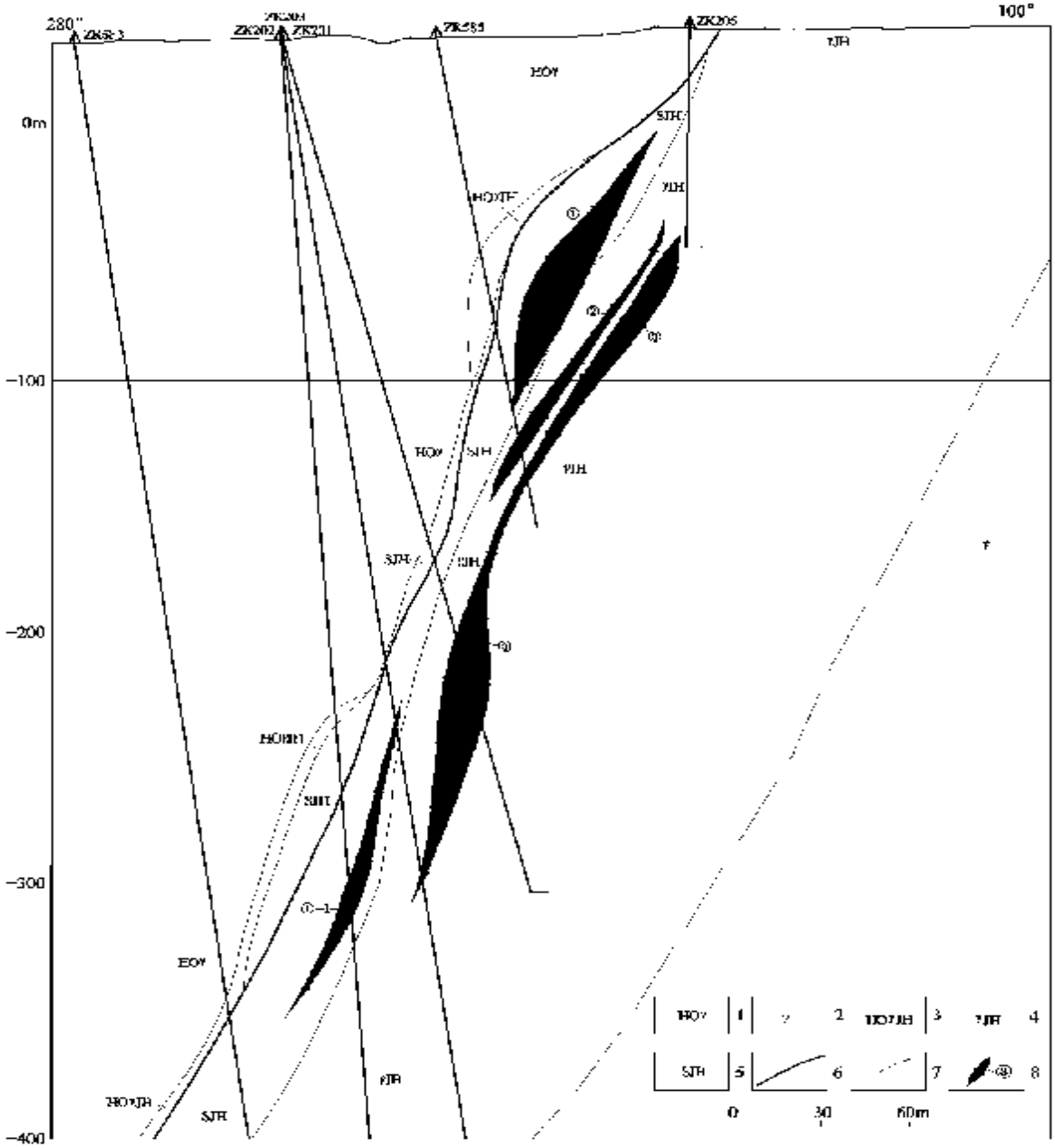


图 4.3 东季金矿床 20 号勘探线地质剖面图

1 斜长角闪岩 2 绿泥花岗岩 3 黄铁绢英岩化斜长角闪岩带 4 黄铁绢英岩化花岗岩带5 黄铁绢英岩化碎裂岩带
6 主断裂面 7 实测及推测地质界线 8 金矿体及编号

2、断裂形态边缘。北东及北北东向断裂构造是焦家成矿带金矿床空间定位的主体构造。矿体一般赋存于断裂构造的转折及变化部位，不同方向断裂或不同类型构造的交汇、叠加部位，如断裂构造拐弯部位、多条断裂密集带、断裂破碎带由窄变宽部位、分枝复合部位、沿走向倾向变化部位、主断裂与分支断裂交汇部位、多组断裂交汇部位等。

①断裂构造的拐弯部位。从已经勘查评价的矿床来看，多数矿体产在断裂构造的拐弯部位。如焦家金矿床（**见图 4.4**），矿体赋存在焦家主干断裂带走向由 35°转为 8°部位，且矿体偏向于走向方位

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

较大的一端。望儿山金矿床＋30 米中段矿体赋存在断裂带走向由 26°转向 9°的部位（**见图 4.5**）。

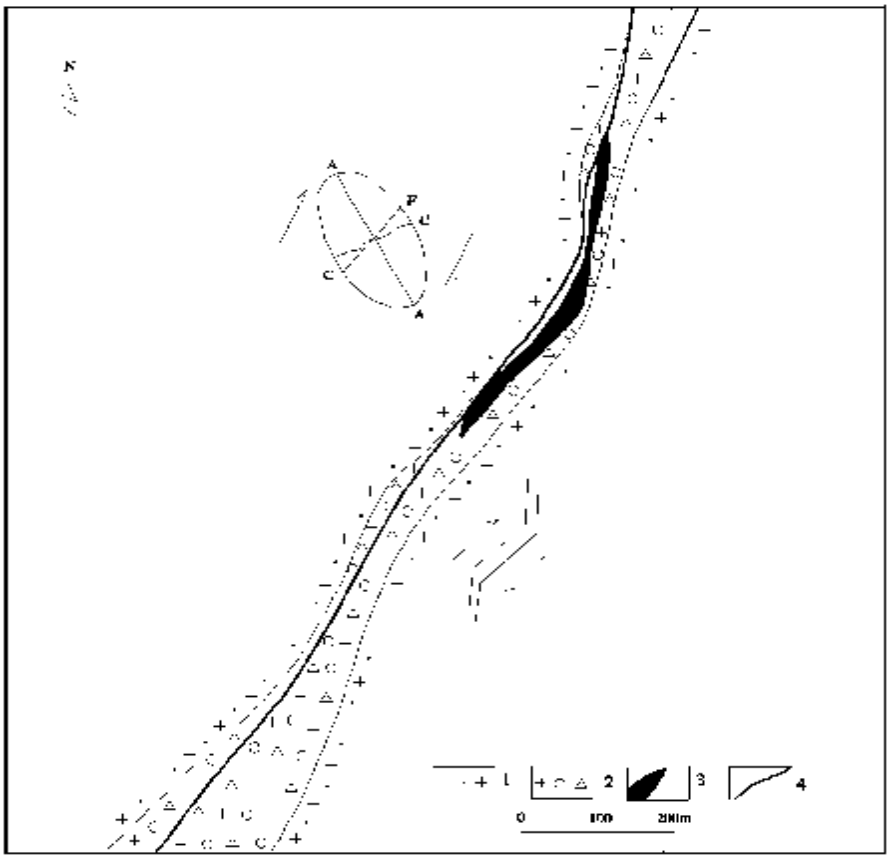


图 4.4 焦家金矿床地质略图

1．玲珑花岗岩　2。黄铁绢英岩化破碎蚀变带　3。金矿体　4。主断裂面

②断裂构造的交汇部位。两条断裂构造的交汇部位往往有利于金矿体的存在，其中主干断裂构造部位更有利于矿体的赋存。在上庄金矿床－8 米中段Ⅰ号断裂构造带与Ⅱ号断裂构造带在 443—447 线交汇，赋存在Ⅰ号断裂构造带内的①号矿体平均厚度 4.28 米，平均金品位 12.54 克／吨，走向长达 230 米（**见图 4.6**）。蒋家金矿床＋65 米中段图（**见图 4.7**）明显反映了两条断裂构造带的交汇部位赋存有厚大的工业矿体；在＋65 米中段Ⅰ—1 号断裂构造带与Ⅰ—3 号断裂构造带在 4—3 线范围内交汇，交汇前①—1 号矿体厚度 0.92—2 米，平均 1.33 米，金品位 2.78—13.43 克／吨，平均品位 7.92 克／吨，交汇部位矿体厚达 13.91 米，平均金品位 10.31 克／吨。上述实例说明在两条断裂交汇部位，主要工业矿体往往赋存在主干断裂构造带内。

两条断裂构造不仅在平面上交汇有利于成矿，在剖面上亦是如此。这一点蒋家金矿床 7 号勘探线地质剖面图反映比较明显（**见图 4.8**）。由**图 4.8** 可以看出Ⅰ—1 号断裂构造带与Ⅰ—2 号断裂构造带在 0——100 米标高交汇，矿体主要赋存在交汇部位。其中Ⅰ—1 号断裂构造带赋存的①—1 号矿体是主要工业矿体，厚度 2.17—2.71 米，金品位 12.51—13.59 克／吨，而分支的Ⅰ—2 号断裂③、④及②—2 为 3 个小规模的矿体，再一次证明了两条断裂构造的交汇部位其主干断裂构造

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

更有利于成矿。

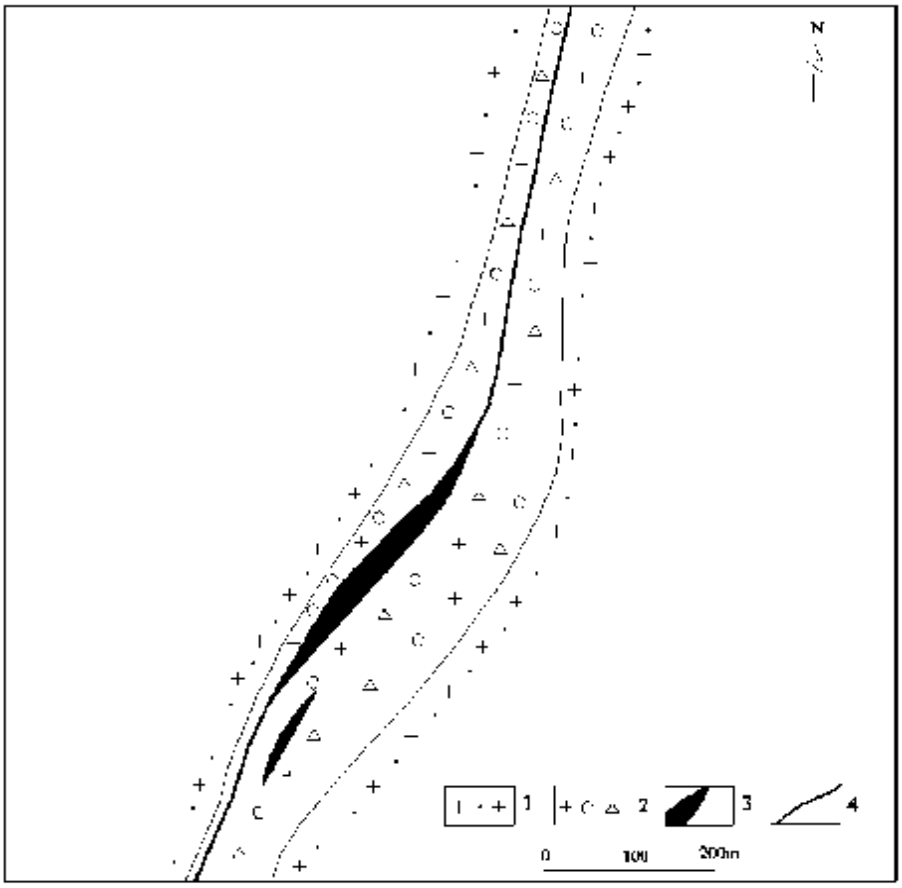


图 4.5 望儿山金矿床+30 米中段地质略面图

1.玲珑花岗岩 2.黄铁绢英岩化破碎蚀变带 3.金矿体 4.主断裂面

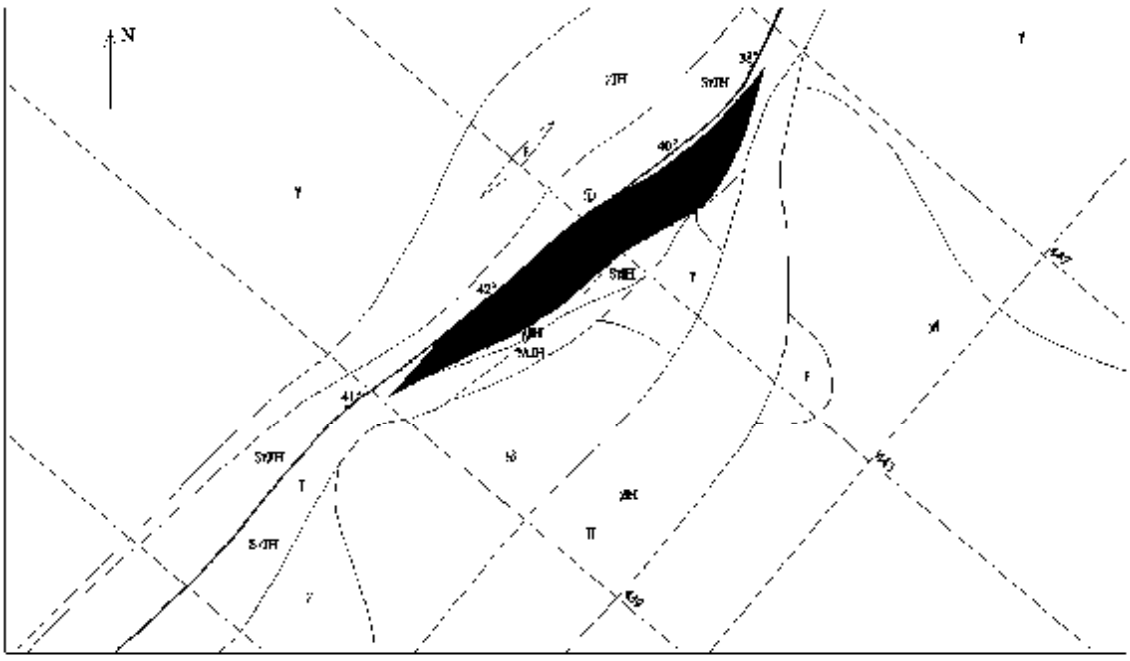
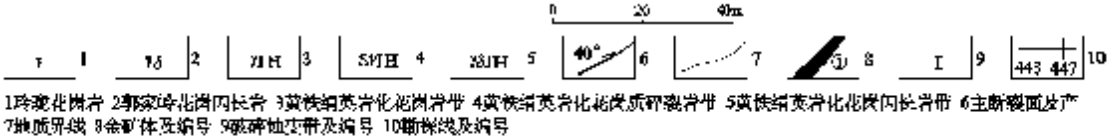


图 4.6 上庄金矿床①号矿体-8m 中段地质图



1玲珑花岗岩 2斜长花岗岩 3黄铁绢英岩化花岗岩带 4黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带 5黄铁绢英岩化花岗闪长岩带 6主断裂面及产
7地质界线 8金矿体及编号 9破碎蚀变带及编号 10断裂线及编号

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

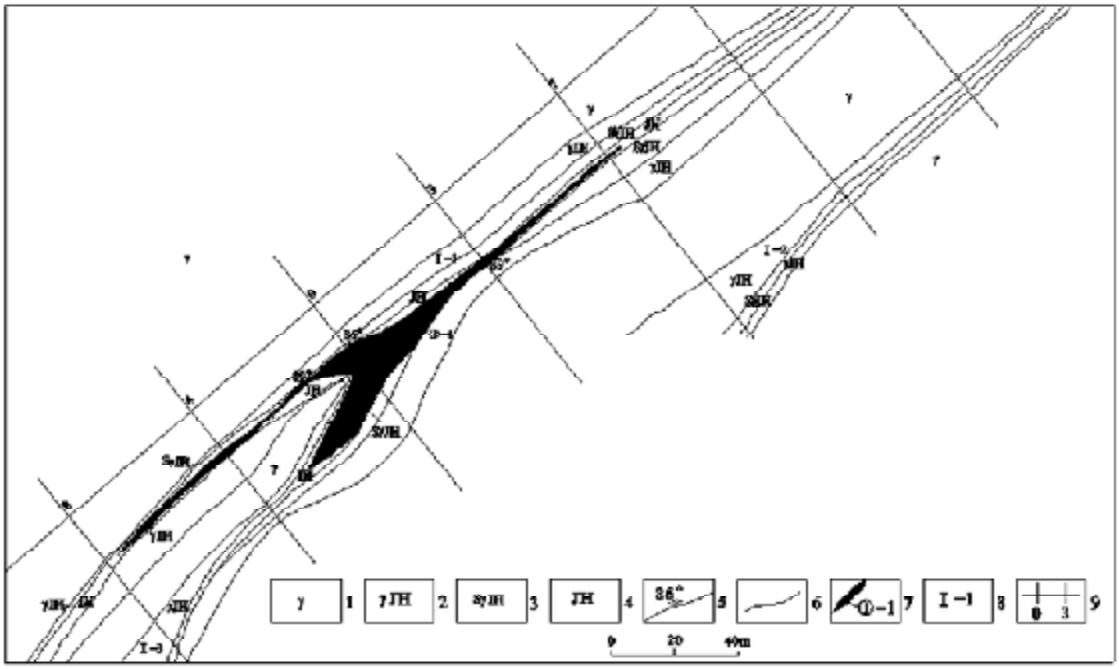


图 4.7 蒋家金矿床+65 米中段地质图

1 斜煌斑岩脉 2 黄铁绢英岩化斜煌岩 3 黄铁绢英岩化斜煌质碎裂岩 4 黄铁绢英岩5 主断裂面及产状 6 地质界线 7 矿体及编号
8 破碎蚀变带及编号 9 勘探线及编号

③矿体的尖灭再现及分枝复合。焦家金成矿带，矿体普遍具有尖灭再现、分枝复合及膨胀夹缩的特点，反映了在成矿过程中成矿物质的不均匀性，成矿物理化学环境的变化性以及成矿作用的复杂性。

在新城金矿床呈现较为典型的尖灭再现规律。由 167 号勘探线的地质剖面图（**见图 4.9**）可以看出，由 ZK101 工程控制的①号矿体，厚度 6.69 米，金品位 4.01 克 / 吨，至－190 米尖灭，－290 米再现，其中由 ZK119 工程控制于－320 米标高厚度 5.94 米，金品位 6.44 克 / 吨，延至－450 米标高由 ZK123 工程控制，厚度 8.87 米，金品位 3.56 克 / 吨。

矿体不仅在倾向上尖灭再现，在走向上也表现出尖灭再现的特点，如望儿山金矿床－60 米中段地质图所示的Ⅰ号矿体（**见图 4.10**）及焦家金矿床－189 米中段图所示的Ⅰ—1 号矿体（**见图 4.1**）。望儿山金矿床Ⅰ号矿体在 34 线以北尖灭，34 线以南再现后延至 20 线以南，总长达 350 米。焦家金矿床Ⅰ—1 号矿体在 84 线以北尖灭，84 线以南再现，且厚度增大、品位增高，延长达 600 米。矿体的分枝复合规律在焦家成矿带表现得十分普遍，不仅在平面上同时在剖面上也十分突出。比较典型的有焦家金矿床，其－189 米中段（**见图 4.1**）的Ⅰ—1 号矿体在 84 线以北分为两支，西支厚 1.75 米，金品位 3.23 克 / 吨，长 130 米，东支厚 1.81 米，金品位 7.28 克 / 吨。84 线复合延伸至 124 线，长 590 米。总体特点呈膨胀夹缩及分枝复合状态，96 线厚度最大为 22.88 米，金品位 8.13 克 / 吨，88 线厚度最小为 1.66 米，金品位 15.23 克 / 吨。Ⅱ—1 号矿体也表现出了分枝复合，膨胀夹缩的特点。该矿体走向长 600 米，呈一层矿体产出，86—95 线分支，98 线复合，100 线膨胀，102 线夹缩，紧邻Ⅰ—1 号矿体下盘。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

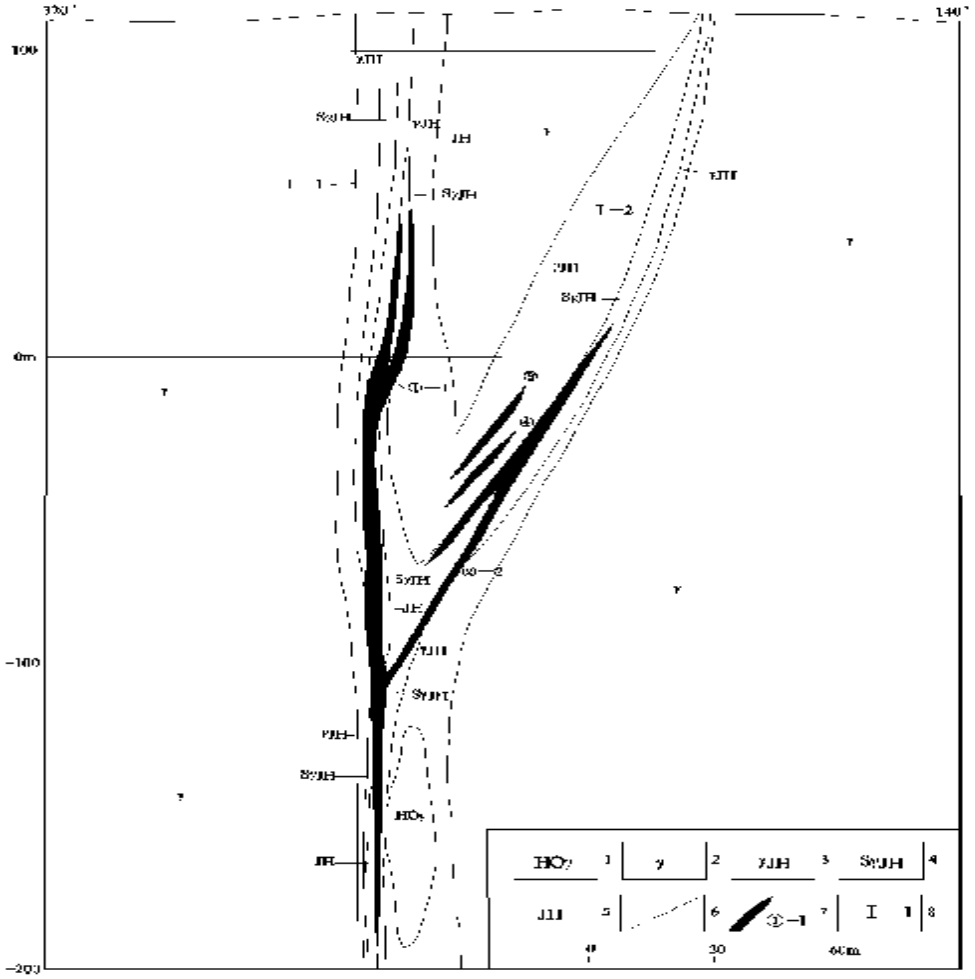


图 4.8 蒋家金矿床 7 号勘探线地质剖面图

1 斜长角闪岩　2 玲珑花岗岩　3 黄铁绢英岩化花岗岩带　4 黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带
5 黄铁绢英岩带　6 实测及推测地质界线　7 金矿体及编号　8 破碎蚀变带编号

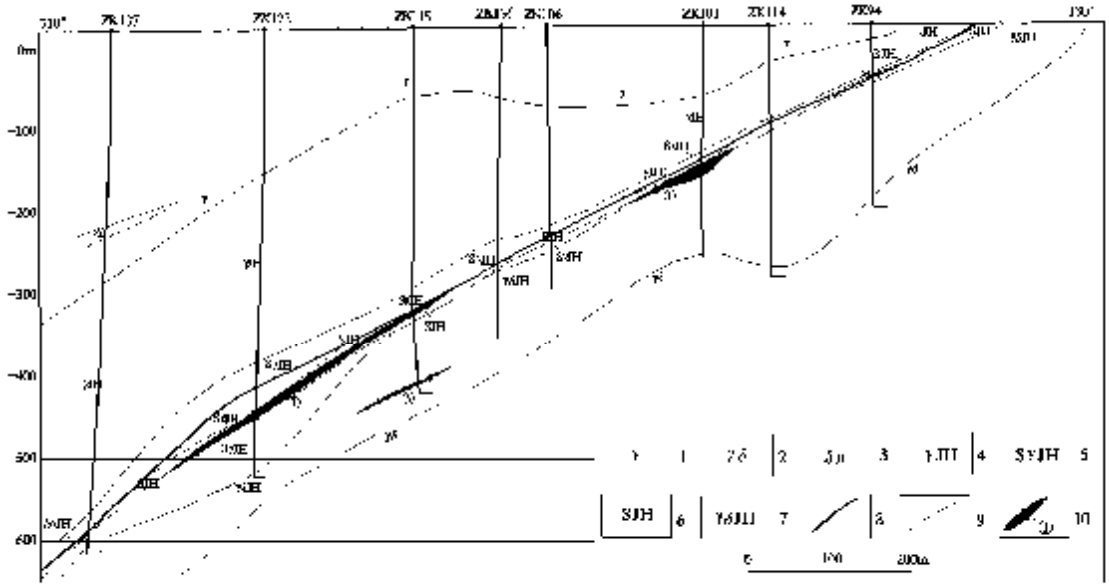


图 4.9 新城金矿床 167 号勘探线地质剖面图

1 玲珑花岗岩　2 郭家岭花岗闪长岩　3 闪长岩脉　4 黄铁绢英岩化花岗岩带　5 黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带
6 绢英岩化碎裂岩带　7 黄铁绢英岩化花岗闪长岩带　8 土壤覆盖　9 实测及推测地质界线　10 金矿体及编号

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

④断裂构造倾角变化部位。研究表明，在走向上及倾向上断裂构造的倾角变化部位往往容易发现成规模的工业矿体。在走向上，焦家金矿床由 56—136 线,主裂面倾角分为 50°、55°、40°,而主要工业矿体赋存在倾角为 55°左右范围。由上庄金矿床－8 米中段图（**见图 4.6**）也可以看出，主裂面产状由北向南由 38°→**40**°→**42**°→**41**°变化，主要工业矿体分布在 **40**°→**42**°的较陡部位。望儿山金矿床－60 米中段（**见图 4.10**）显示：由北向南主裂面倾角由 **47**°→**46**°→**54**°→**50**°→**47**°→**46**°变化，工业矿体主要赋存在 5**4**°、50°及 **47**°三个倾角较陡部位。矿体在倾向上随倾角变化发生变化比较典型的是河东金矿床 170 号勘探线（**见图 4.11**），由 ZK69 控制的①号矿体于

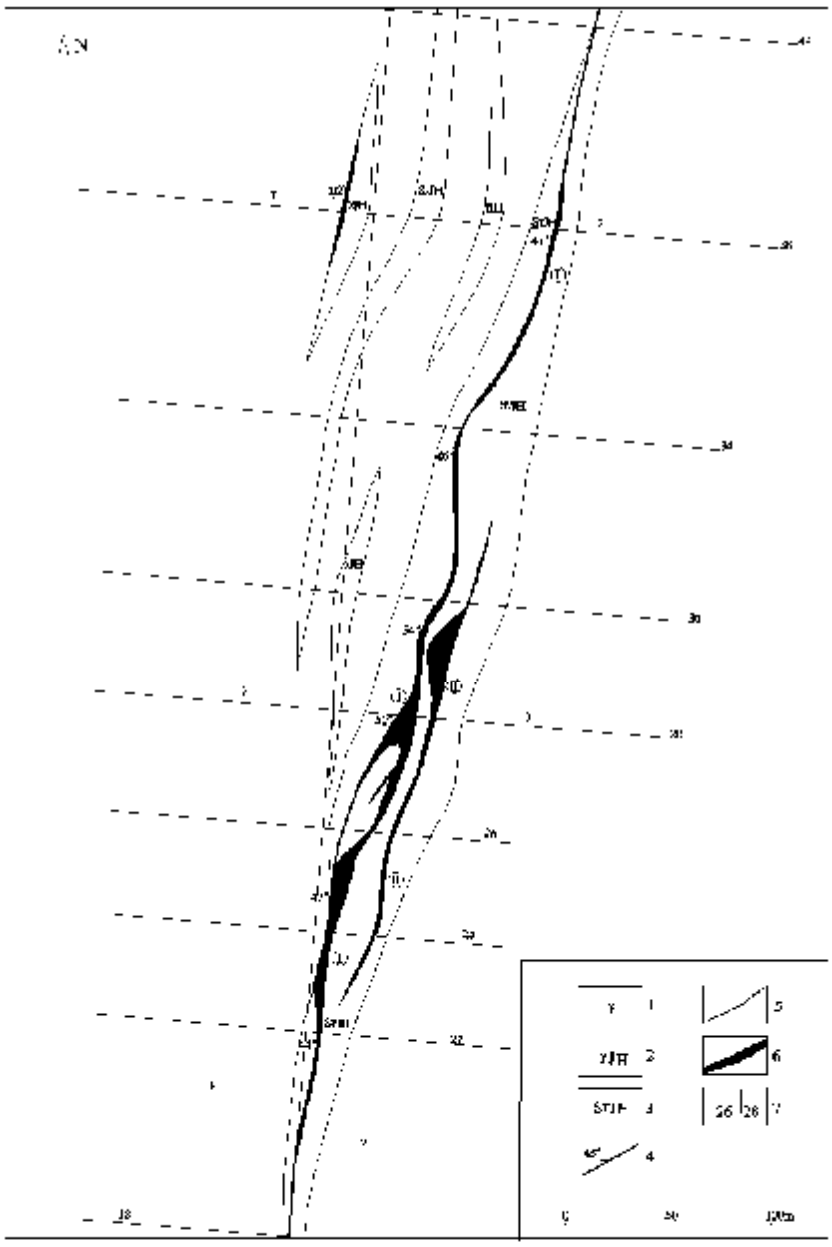


图 4.10 望儿山金矿床-60 米中段地质图

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

－30——50 米标高倾角为 65°，厚度为 16.37 米，而该矿体至－125——160 米标高时由 ZK71 控制，倾角为 30°，厚度为 20.78 米。由此说明在倾向上，当倾角由陡变缓或由缓变陡时，往往易使矿体变厚。

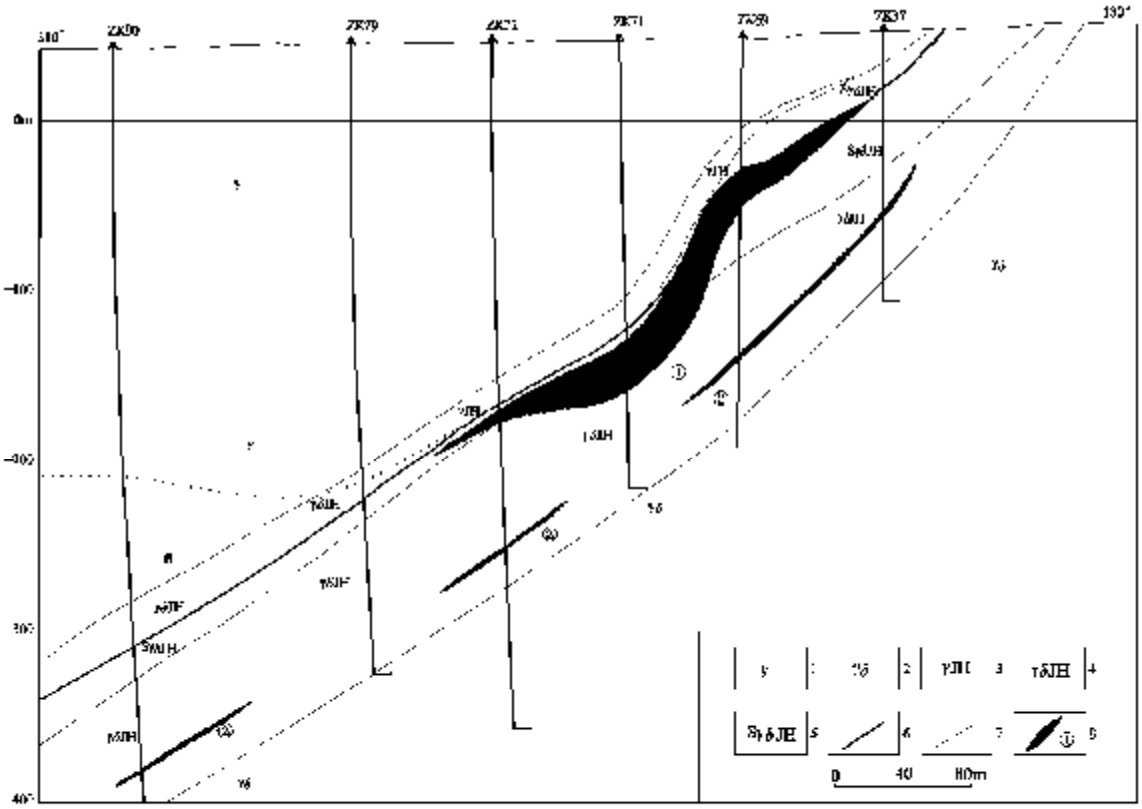


图 4.11 河东金矿床 170 号勘探线地质剖面图

1 碎线花岗岩 2 郭家峪花岗闪长岩 3 黄铁绢英岩化花岗岩带 4 黄铁绢英岩化花岗闪长岩带 5 黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带 6 主断裂面 7 地质界线 8 金矿体及编号

总之，断裂构造的两边缓中间陡部位是一个“凹兜”部位，而这个“凹兜”部位正好为成矿提供了空间。同时在倾向上倾角的陡缓变化部位往往是矿液运移的“滞阀”带，可使大量含矿热液在其部位淤积，因此往往赋存有厚大的工业矿体。

三、矿体形态特征规律

焦家成矿带所赋矿床的主要矿体一般分布于靠近主裂面上下盘的黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化碎裂岩带和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带，以呈脉状、层状产出为主，产状基本与主裂面或者蚀变带的产状一致。如果主裂面和蚀变带的产状变化大，相应地，矿体的形态和产状变化比较复杂，常见短柱状、透镜状和囊状；矿体的展布特征往往受赋矿断裂或裂隙群的分布形式控制，依据裂隙（断裂）群的展布形式而呈雁行状、多字型等。分布于焦家金矿床黄铁绢英岩化花岗岩带中的Ⅲ号矿体群（**见图 4.2**），数十个矿体基本独立分布于呈近似平行分布的裂隙群内，其形状受裂隙的性质控制。分布于东季金矿床 20 号勘探线①、②、③号矿体呈典型的多字型排列（**见图 4.3**），

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

再者比较典型的是寺庄金矿床，384—352 线分布的③、④号矿体及 312—280 线分布的①、②号矿体，它们均呈多字型排列。当然每个矿体的厚度、品位及延伸有变化，反映了在成矿作用过程中含矿热液沿其在倾向上平行裂隙充填沉积成矿。

四、矿体的侧伏规律

焦家金成矿带中的主矿体普遍具有侧伏规律，向北西倾者矿体多向南西方向侧伏，向南东倾者多向北东方向侧伏。向北西倾斜向南西方向侧伏者以焦家主干断裂带控制的新城金矿床、焦家金矿床及马塘②号矿体等为代表。新城金矿床①号矿体向南西侧伏延伸达 1680 米，倾伏角 23°，侧伏角 33°。焦家金矿床Ⅰ号主矿体侧伏程度略低，马塘②号矿体侧伏程度稍高。河西支带的河西金矿床①、②号矿体都具有侧伏特点。向南东倾斜向北东方向侧伏者为灵山沟及蒋家金矿床，其中灵山沟金矿床侧伏长 1150 米。矿体不仅具有侧伏规律，同时沿侧伏方向具有尖灭再现特征，如：姚家金矿床，已圈定的①号主矿体在－50 米标高以上尖灭，沿侧伏方向于－50 米标高以下再现后的①—2 号矿体延至－250 米标高；望儿山金矿床，在－80 米标高以上由山东省地矿局第六地质队探明①—1 号矿体黄金储量 4832 公斤，后山东冶金地勘局第三地质队先后两次探明的①—2 号矿体黄金储量 40 多吨，①—2 号矿体位于①—1 号矿体沿侧伏方向的尖灭再现部位；新城金矿床在 175 号勘探线 ZK121 工程控制的厚度 18.30 米，品位 6.00 克／吨金矿体在提交勘探报告时将其归为①号主矿体（**见图 4.12**），后经勘查工作证实为沿①号主矿体侧翼尖灭再现的一个盲矿体，增加黄金储量 25 吨多；东季金矿床 16 号勘探线的⑤、⑥号矿体（**见图 3.6**）及寺庄金矿床 272ZK697 工程控制的厚度 1.34 米，品位 13.86 克／吨的金矿体（**见图 4.13**）都属于矿体侧翼尖灭再现的实例；矿体的这一规律对深部预测具有重要意义。

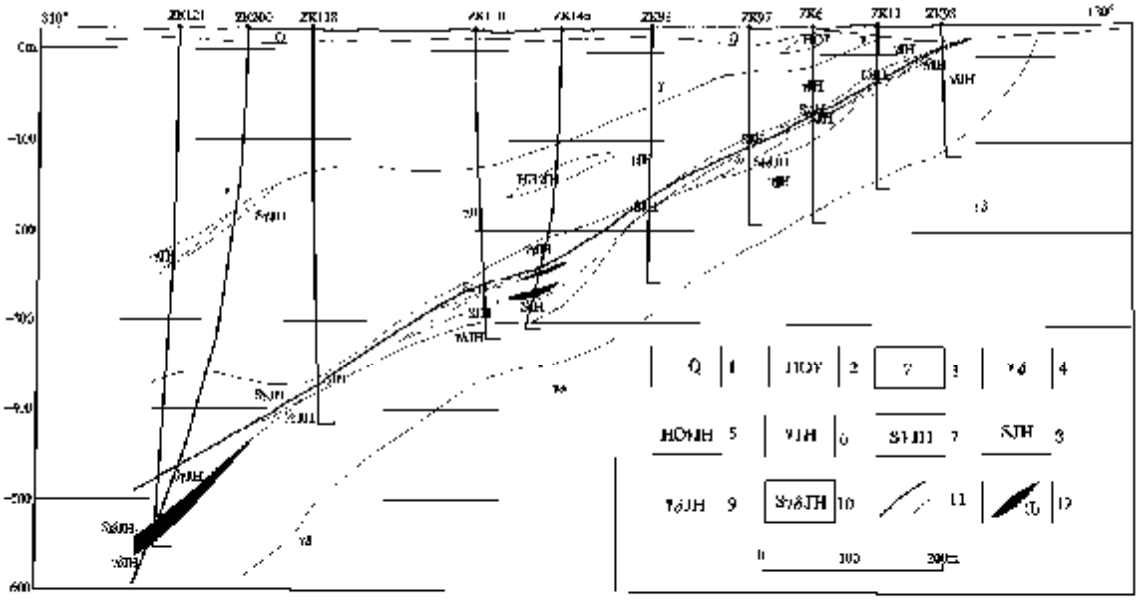


图 4.12 新城金矿床 175 号勘探线地质剖面图

1第四系 2斜长角闪岩 3绿线花岗岩 4张家岭花岗闪长岩 5黄铁绢英岩化斜长角闪岩带 6黄铁绢英岩化花岗岩带 7铁绢英岩化花岗质碎裂岩带 8黄铁绢英岩化碎裂岩带 9黄铁绢英岩化花岗闪长岩带 10黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带 11主断裂面及地质界线 12金矿体及编号

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

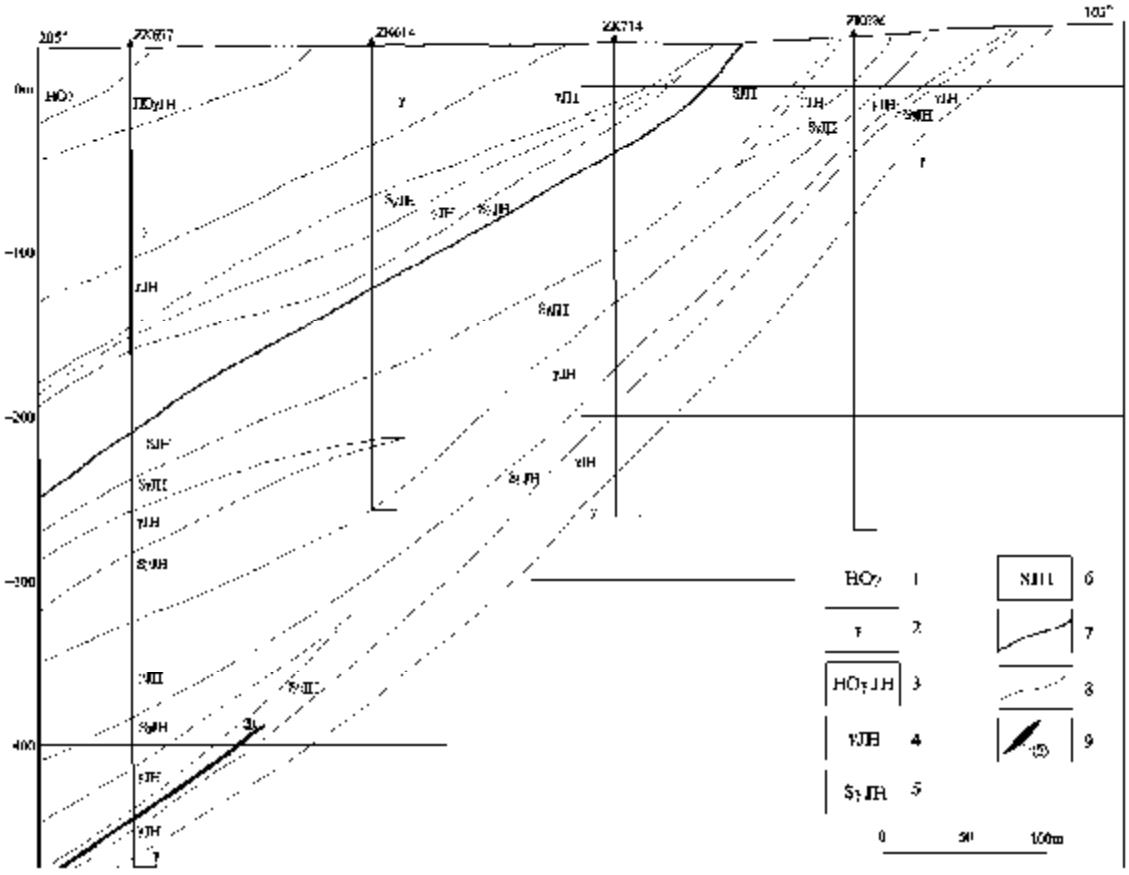


图 4.13 寺庄金矿床 272 号勘探线地质剖面图

1斜长角闪岩 2珍珠花岗 3黄铁绢英岩化斜长角闪岩带 4黄铁矿绢英岩化花岗岩带 5黄铁矿绢英岩化花岗质碎裂岩带
6黄铁矿绢英岩化碎裂岩带 7主断裂面 8地质界线 9金矿体及编号

五、矿床纵向等距分布规律

焦家成矿带，自小涝洼矿点向南已探明金矿床表现出矿床沿断裂带走向成串分布，有近似等距的特点，但各含矿带内矿床等距分布的间距有所不同。焦家主干断裂带东季至焦家为 1250 米，焦家至马塘②号为 1500 米，马塘②号至寺庄为 1500 米，寺庄至后赵家为 1200 米，由此可以看出矿床分布间距介于 1200—1500 米之间。但是新城到东季之间为 3000 米，这一距离与其他矿床间距相比偏大，说明其深部有可能存在一大的盲矿体。在望儿山支带，小涝洼与大涝洼矿床之间为 1250 米，大涝洼至陈家为 2250 米，陈家至上庄为 1250 米，上庄至河东为 2000 米，河东至付家为 1500 米，付家至望儿山为 2000 米，由此看来望儿山支带矿床间距总的趋势是大于焦家主干断裂带，其特点是自北向南间距在不断拉大，但其总的特点是介于 1500—2000 米之间，其中大涝洼—陈家之间的距离稍大，间接说明深部可能有未发现的矿体。

六、矿床匹配规律

焦家成矿带，无论是焦家主干断裂带，甚或分枝构造，其大矿床所处弧形断裂主裂面法线方向上一定距离内都有一小规模的金矿床与其匹配。如新城金矿床下盘 1500 米的河东金矿床与其匹配，河西金矿床下盘 625 米的付家金矿床与其匹配，焦家金矿床下盘 875 米的焦家村东金矿床与

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

其匹配，马塘金矿床②号矿体下盘 500 米的鲍李家金矿床与其匹配。矿床空间分布的这一规律，可以用其在已发现矿床的相应位置预测与其匹配的相应矿床。

七、金的富集规律

从蚀变作用类型和蚀变机理可以看出，与金矿床成矿关系密切的黄铁绢英岩化、硅化、钾化－钠化作用均涉及 K^+、Na^+离子为主的碱交代作用，因此可以认为碱交代作用是该区金矿床形成的必要条件。因为 K^+、Na^+等离子具有较强的破坏岩石矿物和释放矿质的交代能力，Ca^{2+}、Mg^{2+}、Fe^{2+}等比较逊色；只有 K^+、Na^+离子才能把各种酸质挥发分稳固地结合在热液中，稳定了热液的酸碱度，并使热液中的矿质元素呈稳定的络合阴离子状态迁移富集（杜乐天，1999）。从“成矿阶段的划分”可以看出，尽管矿石矿物的形成具有多阶段性的特点，但金以及主要的载金矿物的主要成矿期是在金石英黄铁矿阶段和金石英多金属硫化物阶段，在金的主成矿期往往出现金银矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、石英、毒砂等矿物组合；不同成矿阶段（期次）的叠加对金组分的富集起着重要的作用。另外，在蚀变岩型金矿中，多金属硫化物含量往往是决定金品位高低的主要因素；且硅化强度往往与金品位呈正消长关系，即当蚀变带内出现黄铁矿石英细脉时，往往出现特高品位块段；黄铁矿晶形特点与金品位关系亦十分密切，即粉末状黄铁矿出现时金品位高，当黄铁矿呈半自形或自形晶时金品位降低或无矿。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第五章　地球物理特征

第一节　地球物理参数特征

根据焦家成矿带上历年来的岩、矿石标本物性测量成果和胶东地区区域物性成果经系统整理成**表 5.1**。由表中可以看出焦家断裂带各类岩性的密度、磁性、电性均有不同程度的差异，为使用物探方法研究焦家断裂带特征及其金矿成矿规律提供了物理前提。

焦家地区岩(矿)石物性参数统计表　　表 **5.1**

岩层	岩　　性	密度	磁化率 κ	剩磁 Jr	电阻率 ρ	极化率 η
		(10^3kg/m^3)	[4π×10^{-6}(SI)]	(10^{-3}A/m)	(Ωm)	(%)
胶东岩群	斜长角闪岩	2.78	3024	824	324	3.74
	黑云片麻岩	2.73				
	黑云斜长片麻岩		578	114	435	3.15
	混合岩化黑云斜长片麻岩		173	68	592	4.20
蚀变岩与矿石	花岗质碎裂岩	2.54	7	1	877	4.47
	黄铁绢英岩化碎裂岩	2.64	5	1		
	黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩	2.59	6	1		
	黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩		10	1	1260	13.50
	碎裂状花岗岩	2.56	18	微弱	804	2.29
	蚀变花岗岩	2.66			1805	4.73
	黄铁绢英岩化花岗岩(矿石)		19	1	487	11.94
	黄铁矿化花岗闪长岩(贫矿)	2.60	230	4		
	黄铁矿化花岗闪长岩(富矿)	2.68				
玲珑超单元	花岗岩	2.58			2459	4.48
	二长花岗岩	2.59	161	28		
	黑云花岗岩	2.57	195	46	2975	3.77
	混合花岗岩		352	124		
	片麻状花岗岩		73	14		
郭家岭超单元	花岗闪长岩	2.64	359	67	4225	5.23
	似斑状花岗闪长岩	2.58	180	40		
	黑云花岗闪长岩		338	13		
	二长花岗闪长岩		139	22		
	二长花岗岩		50	75		

一、岩（矿）石密度特征

岩层分布特点揭示了焦家成矿带主要存在两个密度岩层，其一为粉子山、荆山群和胶东群共

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

同组成的高密度岩层，平均密度为 2.72－2.76×10^3kg/m^3。其二为玲珑岩体与郭家岭岩体组成的低密度岩层，平均密度 2.58－2.60×10^3kg/m^3；其中最大者为郭家岭岩体的花岗闪长岩，密度为 2.64×10^3kg/m^3。显然变质岩系与岩体之间存在一个密度突变界面，界面两侧密度差达 0.1－0.15×10^3kg/m^3。蚀变破碎带作为焦家成矿带的重要部分，其密度值随原岩岩性及蚀变程度的变化而有差异，如碎裂岩的密度仅为 2.54×10^3kg/m^3，黄铁绢英岩化碎裂岩的密度为 2.64×10^3kg/m^3，蚀变花岗岩的密度为 2.66×10^3kg/m^3，富矿石（岩性为黄铁矿化花岗闪长岩）的密度为 2.68×10^3kg/m^3。

上述岩矿石密度特征表明：重力资料可有效研究区域构造、岩体形态、变质岩分布情况，在蚀变破碎带规模较大时可以利用重力资料研究蚀变带的特征。在变质岩系分布区的布格重力异常应表现为相对重力高，而在岩浆岩分布区则应呈现相对重力低。

二、岩（矿）石的磁性特征

区内各岩（矿）石磁性较为复杂，无磁性、弱磁性、中等磁性、强磁性均有。无磁性、弱磁性岩层主要为第四系，变质岩系中大理岩层、混合岩化斜长角闪岩层，玲珑超单元的细粒花岗岩、片麻状花岗岩等以及郭家岭超单元的二长花岗岩、斑状花岗闪长岩等；它们的磁化率一般小于 $50\times4\pi10^{-6}$，磁化强度小于 50×10^3A/m。中等磁性岩层主要为郭家岭超单元的花岗闪长岩、中细粒花岗闪长岩、石英二长岩，玲珑超单元的中粒混合花岗岩，变质岩系内的片麻岩类等；其磁化率一般在 $150\times4\pi10^{-6}$～$700\times4\pi10^{-6}$，磁化强度在 80×10^3～200×10^3A/m。强磁性岩层主要为变质岩系的斜长角闪岩、黑云斜长角闪岩等；其磁化率大于 $1000\times4\pi10^{-6}$，磁化强度大于 1000×10^3A/m。值得指出的是磁性越强的岩层，磁性的不均匀性表现的越强烈，如斜长角闪岩的磁化率变化范围为 $0－80000\times4\pi10^{-6}$，从无磁性到强磁性均有。各种岩石经破碎、蚀变、矿化后其磁性显著减小，如碎裂状花岗岩、黄铁绢英岩化花岗岩均由原来的中等磁性变为弱磁性或无磁性。

该地质单元在长期的地质构造活动中发生变质、变形、遭受构造切割、风化剥蚀、岩浆岩改造等地质作用，从而在磁场上应表现较为复杂，正磁场、负磁场、跳跃磁场、条带磁场等都是该地质单元可能出现的磁场形态。玲珑超单元磁场形态一般应表现为平稳的低磁场。郭家岭超单元应表现为团块状磁场形态，在其分布面积较大时，一般应呈现出区域正磁场特征。而对于具一定规模的构造蚀变带，高精度磁测应能较清楚展示低磁特征。而在三山岛成矿带上，高精度磁测组合剖面资料可明显指示矿化带的存在；在矿体上，磁场呈总体低磁基础上的小高磁反映。这主要是由于在金矿化好的地段，磁黄铁矿含量显著增加的缘故。

三、岩（矿）石的电性特征

焦家成矿带岩矿石电阻率可分为高中低三种类型，低电阻率的岩层为第四系、胶东岩群，其电阻率一般低于 350Ω·m，第四系盖层仅为 10 余Ω·m；中等电阻率岩层为玲珑花岗岩、金矿石和各类蚀变岩石，其电阻率一般为 500－200Ω·m；高电阻率岩类为郭家岭超单元的花岗闪长岩，电阻率值

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

一般大于 3000Ω·m。当然各岩性的电阻率随着构造的发育程度、矿化蚀变类型而有差异，一般而言，岩石破碎程度越高，其电阻率下降越多，如焦家附近的碎裂状花岗岩平均电阻率为 800Ω·m 左右，而平里店附近的碎裂岩电阻率仅为 100 余Ω·m。金矿石的电阻率相对碎裂岩又有所增强，这主要是由于硅化、黄铁矿化及绢云母化相对强烈所致。

在焦家金成矿带，岩矿石激电性可分为高低二种类型，低激电性的岩层为第四系、胶东岩群、各类岩体，其极化率一般低于 5%。岩石经蚀变后，其极化率有所增强，这主要是岩石中黄铁矿的含量增高所致。高激电性岩层多为蚀变岩型金矿石，其极化率一般大于 5%，新城、焦家金矿的富矿石甚至达到 25%。由于蚀变岩型金矿的特点，矿石中金的含量与其中硫化物的含量多呈正消长关系，而岩石的激电性又与硫化物含量正相关，故激电资料可在一定程度上指示异常的找矿前景。当然，在含石墨的变质岩层位出现时，由于其激电性较强，导致该区域极化率异常规模较大。如在平里店--婴里一带，有含石墨的斜长角闪片麻岩分布，其极化率背景达 10%，异常幅值最高可达 20%，此类地段激电指示黄铁矿化强度是有困难的。

因此，在一般情况，变质岩系分布区域，其电阻率场及极化率场均表现为低背景特征；而在花岗岩分布区域，电阻率则为高背景场，极化率则以低背景；在构造破碎带上电阻率场应表现为低阻带，有黄铁矿化蚀变时，出现高极化率异常。在构造带宽大部位，而内部又有硅化强烈的蚀变带时，电阻率有可能存在局部的升高情况。

第二节　地球物理场特征

一、区域重磁场特征

在区域地球物理场上，焦家断裂带及其周围，总体表现为相对重力低和磁场低缓区，间或夹有相对重力高和磁力局部正异常（**见图 5.1、图 5.2**）。其重磁场可有具有以下特点：

1、重低相互贯通，磁低连为一片，总体展示为近 EW 向。表明该地区的基底构造方向为近 EW 向，岩体基质以桃科期低密度、低磁性岩体为主，并在深部相互连通。

2、重力梯度带规模大，并以 NE 走向为主。反映了区域构造方向以 NE 向为主，主要控矿断裂均为 NE 向，如焦家断裂带、招平断裂带、西林断裂带等。

3、重高区内磁场相对杂乱。东宋—马戈庄、蓬莱地段即属此种情况。这主要指示了老变质基底的分布区，由于组成该基底的岩性磁性差异大，再加上后期构造作用使其分布更加复杂，故在变质地层分布区多表现为该类重磁场特征。

4、低磁场区的正磁局部异常时有出现。这主要是由于燕山中晚期的一些侵入岩体，如郭家店—大泽山的花岗闪长岩侵入体、艾山花岗闪长岩岩体等后期岩浆岩的侵入所致。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

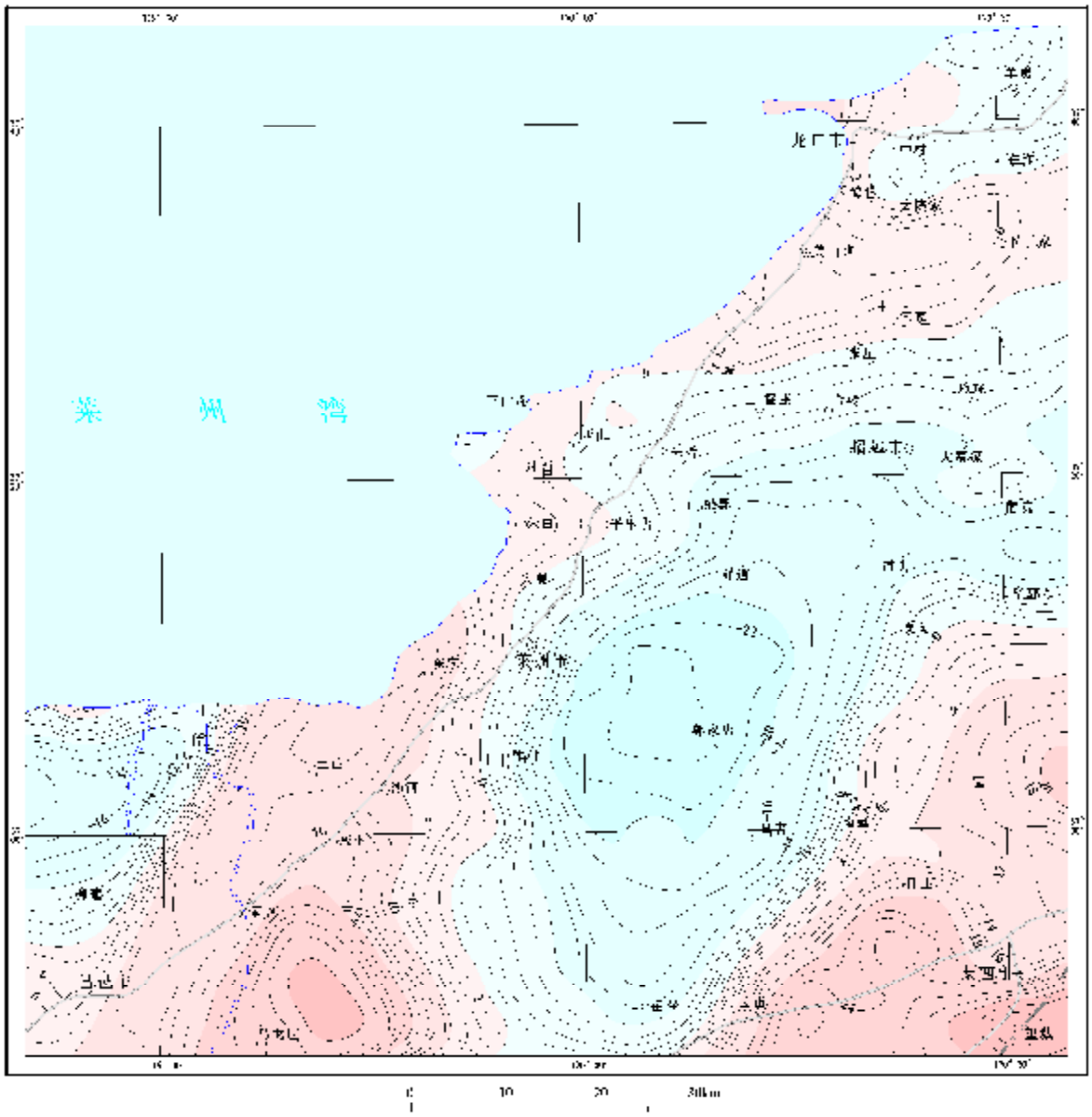


图 5.1 焦家金成矿带及其周围地区布格重力异常图

5、局部地段重力缓变特征明显。主要出现在招莱北部、胶莱盆地东北缘。此种重力场反映了岩体或地层的特殊空间展布形态，金矿床点往往在此类地段集中分布。

二、重点重磁场区的讨论

1. 玲珑岩体重低、磁低区。场值均低于背景，重力值最低仅为-24×10^{-5} m/s^2，位于郭家店一带。由于该岩体的低密度、低磁性特点，导致物理场的重低、磁低特征。在重力场上可明显看出，玲珑岩体中心部位在郭家店一带，据$\triangle G=2PIG_0\triangle H$ 初步估算岩体厚度为 25km 左右，向北、向南厚度均逐渐变小。岩体两侧梯度东大西小，指示了岩体向西缓倾伏。在岩体的西南部，重力场缓变特征明显，表明玲珑岩体在该地段是向西南缓倾伏的。

2. 新城—招远重力场缓变带。缓变带呈近 EW 向，长 60km 余，宽 25km，重力场南高北低，

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

场值差 22×10^{-5} m/s^2，梯度值为 0.88×10^{-5} m/s^2/km。这一特殊的重力场与招—莱金成矿区有着必然的联系。可以设想，早期胶东基底变质岩大面积分布，至桃科岩浆活动期，玲珑花岗岩侵入，其中心位于郭家店一带，对胶东岩群进行了重熔和重结晶作用，使玲珑岩体分布区剩余质量减少。上部为玲珑岩体呈薄层状，底部为燕山期花岗闪长岩托底侵入，中间夹古老变质岩系。这一结构表明，该地段岩浆活动强烈、期次多、构造发育，可使岩浆岩与地层之间有更大的接触交代面积，由于各岩层的金丰度均较高，金组分可有效地活化、迁移并富集。因此，该地段为金等贵金属成矿提供了优越的地质环境。目前胶东地区所发现的大型金矿床有 70%集中在该地段。

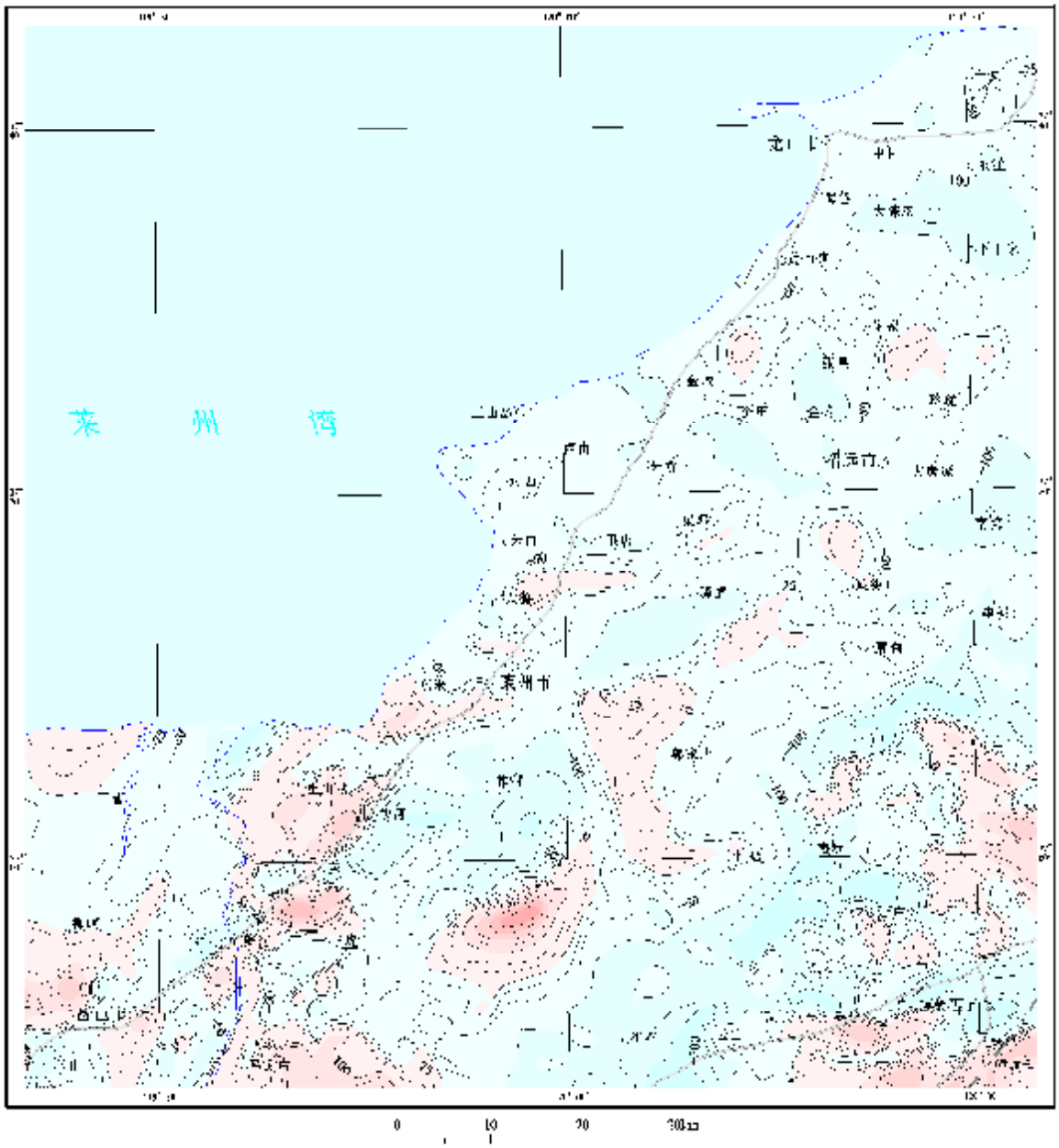


图 5.2 焦家金成矿带及其周围地区航磁 ΔT 异常图

3.三山岛--玲珑一带花岗闪长岩的托底侵入。在玲珑岩体重低、磁低的北部，重力场呈向西凸曲的舌状，使新城—招远重力场缓变带向西延伸，这一舌曲现象是由花岗闪长岩体的近东西

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

向托底侵入所引起。其论据有三，其一为三山岛—玲珑一带重力场是由混合花岗岩、变质岩系及花岗闪长岩共同所致，变质岩系使混合花岗岩异常场值抬高，迭加花岗闪长岩的低重力场，使之形成一宽缓的重力梯度带；其二为地表有出露的花岗闪长岩体，且其总体走向为近 EW 向，它们为上庄岩体、招远岩体、郭家岭岩体等，在三山岛金矿、新城金矿、焦家金矿等深部均见有郭家岭岩体的占据，变质岩系多作为包体或残片残存岩体中；其三为该带上磁场表现为低值且平缓的特征，仅在花岗闪长岩出露的地段有局部正异常的存在，说明花岗闪长岩的埋藏深度较大，据重磁场上延后，其 EW 向场的特征表现突出；其四是地球化学场的高背景及近 EW 向展布，指示了金组分迁移、活化、富集的趋势，按地质学的观点应是多期次成矿作用的结果。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第六章　地球化学特征

第一节　地球化学参数特征

由于金、银两元素相关性较好，它们的变化情况对金矿的深部预测具有较好的指示作用，因此在选择的研究元素上，以 Au、Ag 为主，部分涉及其他一些元素。

一、元素背景含量

Au，Ag 元素在山东省和全国背景含量见表 6.1。从表中可以看出，Ag 背景含量低于全国背景含量，为其 1/2 倍左右；Au 的背景含量与全国背景含量接近。导致这一差距的主要原因是山东省低山丘陵地势条件、降水量较少的气候条件，导致了岩层剥蚀深度较小、盖层以残坡积物为主的沉积特征等。

山东省与全国 Au,Ag,Cu,Mo 元素背景含量（10^{-9}）对比表　　表 6.1

元素	山东省	全国
Au	1.56	1.564
Ag	45.00	92.559

二、元素地球化学参数特征

地球化学参数是指元素平均含量值 X（$=1/n\Sigma Xi$）、离差 S（$=\Sigma (Xi-X)^2/(n-1)$）和变异系数 Cv（=S/X）。平均值反映地质单元元素含量值，离差和变异系数反映背景含量的均匀程度。工作中分剔除奇异值和不剔除奇异值进行统计。剔除奇异值的地球化学参数反映地层单元形成时的元素含量及元素分布的变化情况；未剔除奇异值的地球化学参数则反映后期构造、岩浆作用的叠加影响，成矿作用的程度等。胶东地区各地质单元的 Au，Ag 元素地球化学参数见表 6.2 和表 6.3。下面按元素论述其地球化学参数特征。

（一）金元素

1、剔除奇异值。地层金含量以粉子山群、蓬莱群、侏罗系、最高，含量在 1.79×10^{-9}～2.38×10^{-9}，其次为莱阳群、青山群，含量 1.56×10^{-9}～1.68×10^{-9}。最低的是王氏群、大盛群，含量为 1.41×10^{-9}～1.48×10^{-9}。

岩浆岩金背景含量最高的是宁津所、崂山超单元，金背景含量为 1.82×10^{-9}～2.60×10^{-9}，其次为郭家岭、玲珑、海阳所、峄山、中天门、荣成超单元，金背景含量为 1.55×10^{-9}～1.76×10^{-9}。最低的为伟德山、文登、栖霞、傲徠山、垛崮山超单元，金背景含量一般在 1.38×10^{-9}～1.50×10^{-9}。

地层中以荆山群、粉子山群、胶东岩群、侏罗系离差最大，为 0.91～2.98，变异系数为 0.50～1.15，其次为蓬莱群、莱阳群、青山群的离差为 0.62～0.75，变异系数为 0.39～0.47，最低的为胶

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

南群、大盛群、王氏群，离差为 0.25～0.57，变异系数为 0.16～0.37。

胶东地区各地质单元金元素地球化学参数统计表　　表 6.2

地质时代	地层或单元 岩浆岩单元	金(剔除奇异值)			金（未剔除奇异值）		
		平均值	离差	变异系数	平均值	离差	变异系数
	全　　省	1.56	0.59	0.38	2.99	18.52	6.20
中生代	王氏群	1.46	0.49	0.33	1.50	0.57	0.38
	大盛群	1.48	0.44	0.30	1.58	0.72	0.46
	青山群	1.64	0.63	0.39	2.24	4.66	2.08
	莱阳群	1.68	0.75	0.45	3.81	33.9	8.91
	侏罗系	1.82	0.91	0.50	1.82	0.92	0.51
元古代	蓬莱群	2.03	0.73	0.36	2.88	2.72	0.94
	粉子山群	2.38	1.30	0.55	2.90	2.63	0.91
	荆山群	1.79	2.82	1.15	3.40	10.38	3.05
晚元古代	胶南群	1.63	0.45	0.28	2.98	6.06	2.03
	胶东岩群	1.80	0.95	0.53	4.47	11.88	2.65
燕山晚期	崂山超单元	1.82	0.67	0.37	2.16	3.11	1.44
	伟德山超单元	1.50	0.64	0.43	1.64	0.99	0.60
燕山早期	郭家岭超单元	1.76	0.57	0.32	9.91	36.9	3.72
印支期	宁津所超单元	1.86	0.86	0.46	2.12	1.33	0.62
	文登超单元	1.47	0.52	0.36	5.40	27.8	5.14
晋宁期	玲珑超单元	1.62	0.81	0.50	13.9	53.7	3.88
	荣成超单元	1.55	0.57	0.37	2.55	4.37	1.94
四堡期	海阳所超单元	1.65	0.15	0.09	1.65	0.19	0.11
阜平期	峄山超单元	1.57	0.65	0.41	1.98	2.78	1.41
	栖霞超单元	1.38	0.45	0.33	2.00	3.61	1.81

含量单位为$\times 10^{-9}$

岩浆岩中背景含量变化最大的是玲珑、宁津所超单元，离差 0.71～0.86，变异系数 0.33～0.50，其次为荣成、郭家岭、伟德山、崂山超单元，离差 0.57～0.67，变异系数 0.32～0.43，最低的为栖霞、海阳所、文登超单元，离差 0.15～0.52，变异系数为 0.09～0.36。

2、未剔除奇异值。地层中金含量最高的为胶东岩群、莱阳群，含量为 3.81×10^{-9}～5.34×10^{-9}，其次为胶南群、粉子山群、蓬莱群、寒武系、青山群，含量为 1.99×10^{-9}～2.98×10^{-9}，最低的为大盛群、王氏群，含量为 1.41×10^{-9}～1.82×10^{-9}。

岩浆岩中含量最高的为玲珑、郭家岭、文登、双顶超单元，含量为 3.30×10^{-9}～13.90×10^{-9}，其次为栖霞、荣成、宁津所、崂山超单元，含量为 1.98×10^{-9}～2.78×10^{-9}，最低的为海阳所、伟德山超单元，含量为 1.56×10^{-9}～1.86×10^{-9}。

离差和变异系数最大的地层为胶东岩群、荆山群、莱阳群，离差为 10.38～33.90，变异系数为 2.65～8.91，其次为胶南群、粉子山群、蓬莱群、青山群，离差为 2.63～4.66，变异系数为 0.91～2.08。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

岩浆岩以玲珑、文登、郭家岭超单元最高，离差为 27.80～53.70，变异系数为 3.72～5.14，焦家断裂带两侧多分布玲珑及郭家岭超单元；其次为栖霞、峄山、双顶、荣成、垛崮山、崂山超单元，离差为 2.78～6.04，变异系数为 1.41～2.10；最低的为马连庄、中天门、海阳所、宁津所、伟德山超单元，离差为 0.19～1.33，变异系数为 0.11～0.62。

（二）银元素

1、剔除奇异值。地层含银以粉子山群、蓬莱群最高，含量在 59.13×10^{-9}～63.34×10^{-9}，其次为胶东岩群、胶南群、荆山群、莱阳群、青山群、王氏群，含量为38.38×10^{-9}～46.61×10^{-9}。粉子山群、蓬莱群离差和变异系数最大，离差为 15.96～22.26，变异系数为 0.25～0.38，其次为胶南群、荆山群，离差为 12.78～14.20，变异系数 0.23～0.34，最低的为中生代侏罗系、莱阳群、青山群、大盛群、王氏群，离差为 6.33～12.70，变异系数 0.13～0.29。

岩浆岩银背景含量最高的是栖霞、双顶、伟德山、崂山超单元，银背景含量为 45.29×10^{-9}～50.84×10^{-9}，其次荣成、玲珑、文登超单元，含量为 38.08×10^{-9}～41.78×10^{-9}，最低的为海阳所、宁津所、郭家岭超单元，银背景含量一般在24.46×10^{-9}～35.78×10^{-9}。其离差和变异系数最大的是栖霞、中天门、双顶超单元，离差 14.55～21.48，变异系数 0.33～0.43；其次为荣成、玲珑、文登、郭家岭、伟德山、崂山超单元，离差 10.44～13.87，变异系数 0.25～0.39；最低的为海阳所、宁津所超单元，离差 1.35～8.11，变异系数 0.05～0.33。

2、未剔除奇异值。地层中银含量最高的为粉子山群、蓬莱群，含量为 68.49×10^{-9}～75.60×10^{-9}，其次为荆山群、侏罗系、青山群，含量为 50.01×10^{-9}～56.06×10^{-9}，最低的为胶东岩群、胶南群、莱阳群、大盛群、王氏群，含量为 38.85×10^{-9}～48.20×10^{-9}。其离差和变异系数最大的地层为荆山群、粉子山群、莱阳群、青山群，离差为 38.70～56.32，变异系数为 0.74～0.88；其次为胶东岩群、胶南群、蓬莱群，离差为 18.54～28.90，变异系数为 0.34～0.60；最低的为大盛群、王氏群，离差为 7.76～14.72，变异系数为 0.16～0.32。

岩浆岩中含量最高的为栖霞、玲珑、伟德山，含量为 54.79×10^{-9}～63.01×10^{-9}，其次为双顶、荣成、文登、宁津所、崂山超单元，含量为 38.80×10^{-9}～49.32×10^{-9}，最低的为海阳所超单元，含量为 24.46×10^{-9}～36.64×10^{-9}。其离差和变异系数最大的为玲珑、郭家岭、伟德山超单元，离差为 80.91～381.80，变异系数为 1.28～6.82；其次为栖霞、荣成、宁津所超单元，离差为 19.71～29.14，变异系数为 0.44～0.53；最低的为海阳所、文登、崂山超单元，离差为 1.05～16.96，变异系数为 0.06～0.34。

三、浓集比率 K，叠加强度 D，变异系数 Cv

山东省各地层单元的浓集比率 K，叠加强度 D，变异系数 Cv 的变化曲线见**图 6.1**。

从图中我们可以看出胶北隆起各地层单元的金、银的浓集比率 K、叠加强度 D、变异系数 Cv 的变

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

化情况。

1、金元素。浓集比率K，叠加强度D，变异系数Cv都出现峰值的地质单元为胶东岩群、荆山群、莱阳群、印支期中性岩、燕山晚期中性岩、燕山晚期碱性岩、玲珑、宁津所、郭家岭超单元。

山东省各地质单元银元素地球化学参数统计表　　表 6.3

地质时代	地层或单元 岩浆岩单元	银(剔除奇异值)			银（未剔除奇异值）		
		平均值	离差	变异系数	平均值	离差	变异系数
	全　　省	45.00	14.48	0.32	50.98	95.96	1.88
中生代	王氏群	38.38	10.84	0.28	38.85	12.05	0.31
	大盛群	44.14	11.57	0.26	45.76	14.72	0.32
	青山群	45.69	12.70	0.28	55.52	48.86	0.88
	莱阳群	40.15	11.57	0.29	45.05	38.70	0.86
	侏罗系	48.45	8.43	0.17	54.01	23.35	0.43
元古代	蓬莱群	63.34	15.96	0.25	68.49	26.76	0.39
	粉子山群	59.13	22.26	0.38	75.60	56.32	0.74
	荆山群	42.03	14.20	0.34	53.15	44.84	0.84
晚元古代	胶南群	45.44	13.71	0.30	47.82	19.36	0.40
	胶东岩群	41.35	12.43	0.30	48.20	28.90	0.60
燕山晚期	崂山超单元	46.96	11.59	0.25	49.32	16.96	0.34
	伟德山超单元	47.35	13.47	0.28	63.01	80.91	1.28
燕山早期	郭家岭超单元	35.17	13.87	0.39	52.39	103.6	1.98
印支期	宁津所超单元	31.27	5.63	0.18	38.80	24.64	0.64
	文登超单元	38.31	13.44	0.35	39.25	14.99	0.38
晋宁期	玲珑超单元	38.08	12.31	0.32	60.76	117.2	1.93
	垛崮山超单元	41.00	10.44	0.25	41.00	10.59	0.26
	荣成超单元	41.78	13.03	0.31	44.48	19.71	0.44
四堡期	海阳所超单元	27.72	1.35	0.05	27.72	1.05	0.06
阜平期	中天门超单元	33.98	14.55	0.43	33.98	14.98	0.44
	峄山超单元	35.78	13.42	0.38	36.64	14.87	0.41
	栖霞超单元	50.84	21.48	0.42	54.79	29.14	0.53
	马连庄超单元	24.46	8.11	0.33	24.46	8.88	0.36

含量单位为$\times 10^{-9}$

它们的浓集比率均大于**1**，玲珑、郭家岭超单元大于**6**，胶东岩群、荆山群、莱阳群大于**2**，说明这些地层单元的金含量较区内其它地层单元高，与地质上矿源层和矿源岩意义一致。同时它们的变异系数、叠加强度变化较大，高于平均值的**1—10**倍，表明它们的金含量变化较大，后期金元素叠加和成矿地球化学作用较强，即在这些地层单元分布区金成矿作用最强，利于成矿。

另外蓬莱群浓集比率出现峰值，其值大于1.5；栖霞、荣成、崂山单元出现叠加强度的峰值，说明这些地层单元后期金成矿作用较强，元素有较强的局部富集。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

2、银元素。浓集比率K，叠加强度D，变异系数Cv都出现峰值的地质单元为粉子山群、吕梁期中酸性岩、晋宁期中酸性岩、燕山早期中性岩、燕山晚期中性岩、玲珑、郭家岭、伟德山超单元。说明这些地质单元的银含量较区内其它地质单元高，同时银含量的变化较大，后期的银元素叠加和成矿地球化学作用较强。即在这些地质单元中银成矿作用最强，有利于成矿。

另外荆山群叠加强度和变异系数出现峰值，莱阳群、王氏群叠加强度和变异系数出现弱峰，说明这些地质单元受到过较强或较弱的后期银元素叠加和成矿地球化学作用。蓬莱群浓集比率出现峰值，栖霞超单元出现浓集比率的弱峰，表明了其银背景含量的增高。

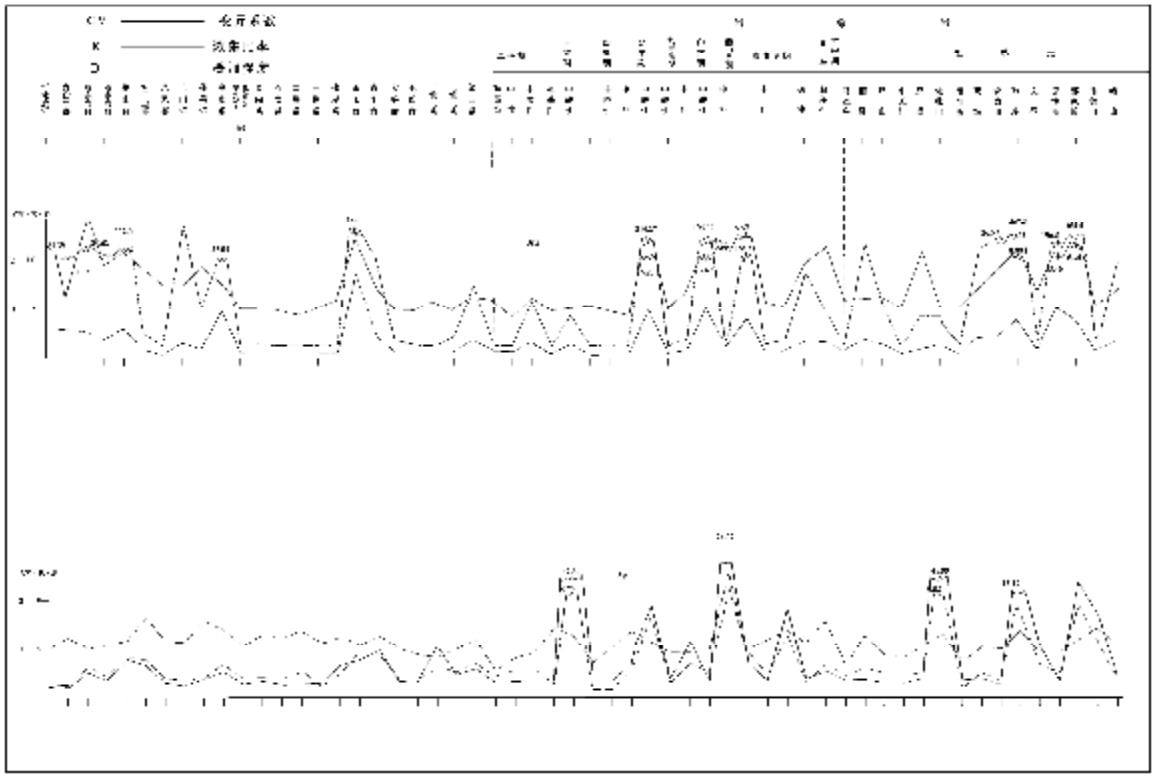


图 6.1 山东省各地质单元金银地球化学参数图

变异系数 CV=S/X　　浓集比率 K=X/全域平均值　　叠加强度 D=（K_1/K_2）（S_1/S_2）（K_1、K_2 为未剔除高值的浓度比率和标准差，K_2、S_2 剔除高值的浓度比率和标准差）

第二节 地球化学场的特征

根据全区统计的元素平均值、标准差，将元素的分布区分为低背景区（<X-2S），背景区（X-S～X+S），高背景区（X+S～X+2S）和异常区（>X+2S）。

一、区域分布特征

1、金元素。高背景区（1.77×10^{-9}～2.15×10^{-9}）主要分布于下述地质单元分布区：元古—太古代的变质岩系及中生代侵入岩等，如胶东岩群、荆山群、粉子山群等，以及玲珑超单元、郭家岭超单元、文登超单元、峄山超单元、伟德山超单元，双顶超单元及崂山超单元等；分布地区主

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

要为胶北地区、胶南地区等地。高背景区总体走向在胶北隆起呈近 EW 向，这一特征与区域构造方向是一致的。

异常区（$>2.15\times10^{-9}$）主要分布于下述地质单元：胶东岩群、玲珑超单元、郭家岭超单元、文登超单元；莱阳群砾岩层；胶南群、中生代岩体分布区。如招-莱地区，蓬莱地区、威海—文登地区、海阳地区、昌平莱地区等。

2、银元素。高背景区（51.90×10^{-9}～62.01×10^{-9}）主要分布在胶北隆起西部及胶南隆起和胶莱盆地东北缘的莱阳群分布区。

异常区（$>62.01\times10^{-9}$）主要分布于郭家岭超单元、荣成超单元、伟德山超单元、青山群、莱阳群等地层单元分布区。分布地区主要为文登-荣成、招远－龙口－蓬莱、栖霞－郭城－烟台、乳山等地。

二、焦家成矿带地球化学场特征

1:20 万及 1:5 万水系沉积物测量资料均表明，焦家成矿带处在金元素的高背景区和异常集中区。1:20 万区域化探成果图上**(图 6.2)**，该高背景区总体呈近 EW 向，西起三山岛东至艾山；北起龙口市，南至招远；长约 90km，宽约 40km。背景平均值为 12×10^{-9}，具三个异常集中区，分别位于东季—徐家疃、招远—下丁家集及栖霞市周围，异常最高值位于招远罗山，可达 400×10^{-9}；焦家成矿带即位于东季—徐家疃金异常集中区内。平滑处理后异常呈明显的三个浓集中心，分别位于莱州新城、招远罗山和栖霞。1:5 万化探将莱州—新城浓集中心分解为多个局部异常，从南向北主要异常有：王家庄子东、腾冯家、焦家、冷家庄子、前孙家、丁家庄、洼孙家、王家及前康家，异常幅值 5—200×10^{-9}，以前孙家为最高，局部异常面积 4—10km^2。这些异常有呈 NW 向分布的趋势，但总体上呈近 EW 向。已知矿床 80%以上分布在上述局部异常区内。

银、铋等元素的地球化学场特征基本与金元素特征相似，元素背景场的分布与金元素吻合，局部异常中的焦家、前孙家、丁家庄、洼孙家及前康家异常与金局部异常吻合，其它局部异常则有一定位移或不存在。

经分析研究认为，焦家成矿带的上述地球化学场特征主要由下述原因所引起：

1、前述的壳层地质结构继承了基底构造形迹，在漫长的地质演化时期，地质体中的金组分可以充分地活化、迁移和局部富集。

2、银、铋是金的有效指示元素，具有前缘作用，其指示效能受壳层剥蚀深度的影响。

3、后期的剥蚀和次生富集加强了金的高背景含量特征。

4、NW 向隐性构造可能构成了金的有利活化迁移通路。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

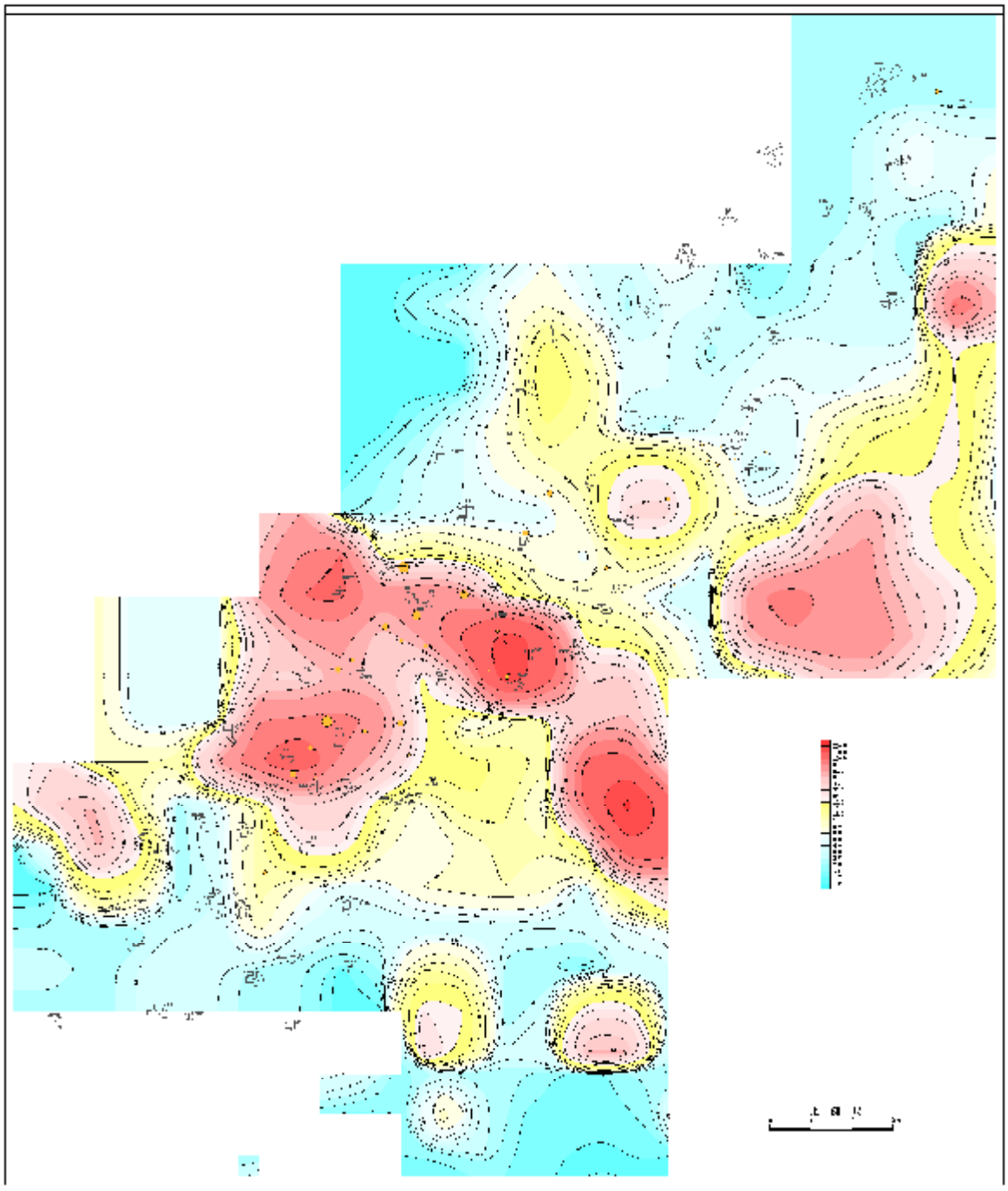


图 6.2 焦家金成矿带金地球化学图

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第七章　遥感地质特征

利用遥感技术可以直观逼真地反映各类地质要素，对卫片及航片进行地质解译能有效地提高地质研究程度，深化对成矿规律的认识。

第一节　研究区地层和主要侵入岩影像特征

一、主要地层影像特征

1、胶东岩群。水系类型为羽毛状、格子状、角状—树枝状，其源头一般呈钳状、钩子状、花瓣状，水平线极少弯曲，呈疏散相间排列，色调为浅灰色、灰色。构成低山—丘陵地形，山脊较狭窄，连续性较好。

2、第四系沉积。主要分布于区内的沿海、水系两侧及环山坡地带，高处、干燥处及植被不发育的地段呈浅灰色调，低洼潮湿及植被发育处呈暗灰—黑色调。

二、主要侵入岩的影像特征

1、玲珑超单元。在卫片上可明显观察到岩体全貌，树枝状水系明显，据浅灰色调异常可明显区别于栖霞超单元的影像特征并能圈绘出岩体边界。航片上反映为疏散相间的树枝状、放射状水系，浅灰色调。在河谷、沟谷处植被发育，山顶多裸露，植被稀少。

2、郭家岭超单元。在卫片上呈灰白色调，散射状水系，地貌属低山丘陵地形，与玲珑超单元的影像特征有明显区别。在航片上长呈丰字状、树枝状水系，灰白色、浅灰色调，在植被发育区色调为灰色，斑点状纹理粗糙。

3、文登超单元。在卫片上，阳坡色调较浅，为绽蓝色、白色，鳞片状影纹；阴坡色调较深，为黄绿色，影纹为斑块状、鳞片状。与玲珑超单元的影像特征难以区分，但与栖霞超单元之间却有一套呈折线状的分界线而难以区分。在航片上呈浅灰色、灰色色调，由于风化剥蚀作用，常见球状斑点、斑块、较粗造的团块状、脑纹状等影纹，近平行的树枝状水系，浑圆状山包、陇岗状地貌，不连续的平滑山脊。这些影像特征与栖霞超单元的明显不同。

4、脉岩带。航片上比较清楚，一般为线性正地形，灰至浅灰色线性色调异常，在丘陵覆盖区的脉岩，也呈线性正地形地貌特征，其色调为深灰色。

第二节　构造影像特征及解译

利用美国陆地卫星 TM 图像，根据不同地质体的影像特征,运用各种解译标志,编制出区域构造解译图**(见图 7.1)**。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

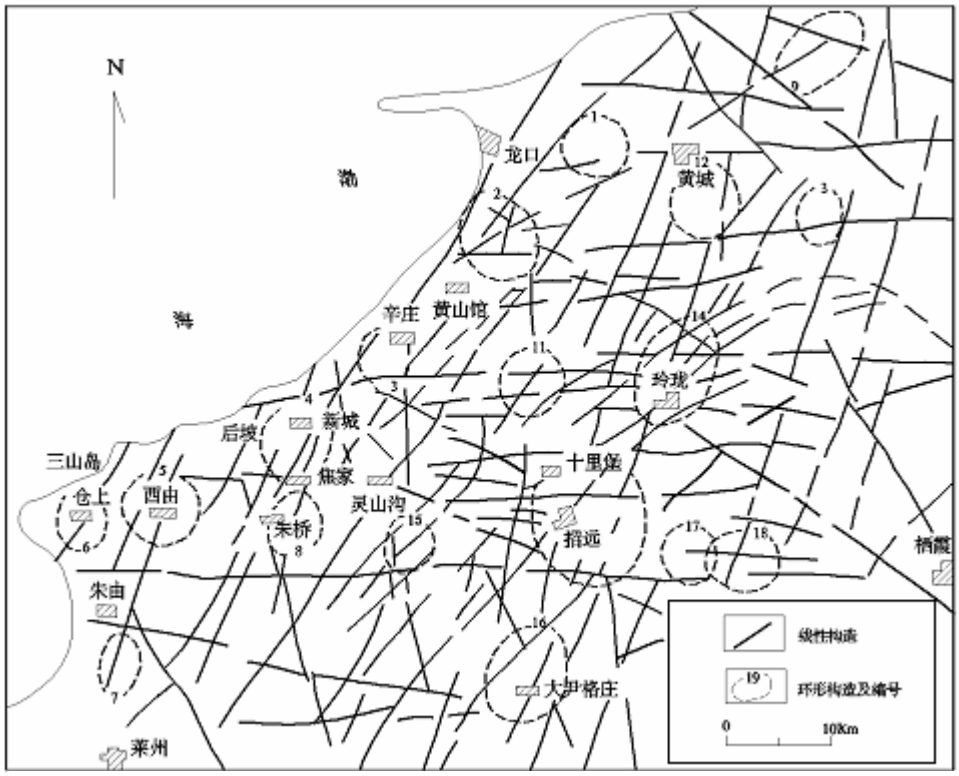


图 7.1 胶西北地区陆地卫星图像构造解译图

一、线形构造特征

1、解译标志。该区线性构造在 TM 影像上有如下特征：（1）线形构造往往表现为线性色异常线，图像背景上出现线状色异常界面或两种不同色调的分界面。基底构造、隐伏构造往往表现为断续出现，时隐时现的色异常特征；（2）岩体、变质岩等地质体被切割、错断；（3）河流呈直线延伸，突然拐弯，水系类型改变；（4）地貌上表现为呈直线展布的深切沟谷，直线延伸、成组出现、相互平行展布的山体；（5）密集隐约可见的线性体组合带；（6）规模较大的构造带多表现为断续出现，断裂两侧色调有较明显的差异特征。

2、线形构造的分布。区内线形构造十分发育，分布规律明显，主要发育有近东西向、北东向、北北东向、近南北向、北西向等五个方向的线性构造。近东西向线性构造分布的总体特征是断续相连，分级发育，反映其受多期构造的影响，破坏了它的完整性和连续性；北东向、北北东向线性构造在图像上反映最为清晰，其分布特征以断裂破碎带的形式出现，由细小密集的线性构造组成，由于受北西向后期构造的影响，多被顺扭错开、分段展布；北西向线性构造影像特征表现为连续性好、常切割其他方向的线性构造，该区的现代河流多呈北西向入海。

由此可见，该区构造有发育的长期性和叠加性，空间展布的多向性和延展的线条性等特征，它构成了胶东地区格网状和菱块状构造格局。

3、焦家断裂带遥感影像特征。焦家断裂带是区内主要的控矿断裂带，TM 图像上显示出它是由多条断裂组成。由于受近东西向和北西向构造的影响，焦家断裂带分为三段，其特征如下。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

北段自丁家庄子至辛庄段，发育两条近于平行的线性构造，呈北东 45°展布，图像上反映为时隐时现的色异常特征。

中段自徐家疃至朱桥段，发育四条线性构造。刘家至前阵家为最西边的一条，影像特征与物探异常较为明显，是规模较大，平行焦家主带的一条构造；焦家主干断裂，北起马埠庄子南到寺庄南，被北西向构造所切割；焦家东断裂，北起徐家疃，过朱桥至大琅琊北，是平行于焦家带规模较大的一条构造，TM 图像上及物探资料均有较清楚的显示；望儿山断裂，在徐家疃附近与焦家东断裂交汇，南到山上杨家北消失，影像特征及物探资料均有不同程度的显示。

南段由于受北西向构造的影响，发育于朱桥西，终止于平里店南部，被北东向构造所限制。从遥感图像特征看，该断裂反应为一条较宽的色异常带。

焦家断裂带不同地段的影像特征及物探特征详见表 7.1。

二、环形构造特征

1、解译标志。该区环形构造在 TM 影像上有以下特征：（1）形态多表现为圆形、椭圆形等；（2）色调表现为色环，与背景不同色调的环形体；（3）水系多表现为环状水系、放射状水系；（4）地貌表现为环状河谷、圆形山脊。

2、环形构造的分布。胶东地区环形构造形态各异，有圆形、椭圆形、半圆形和弧形等，有单环、连环、套环等类型。该区共出现 245 个环形构造，环形规模大小悬殊，可穿越各类地质界线，包括各种地质单元。其地质内涵主要为隐伏弧形断裂、穹隆构造、短轴背斜、构造岩块、旋卷构造、隐伏岩体、岩体重熔中心及热液蚀变形成的晕圈等。环形构造空间分布主要呈东西、北东两个方向延伸，间接反映断裂构造的存在。如 1、2、3、4、7、8 号环与龙莱断裂位置大体一致，14、15、16 号环与招平断裂带大体一致，反映出环形构造与线性构造之间存在着某种依赖关系或共生关系。

三、环形、线性构造与成矿关系

环形构造与线性构造彼此间存在着互为依存的复合关系，有时两者独立并存，或呈交汇或交切特征。环形构造反映的可能是热源点或混合交待体中心，是金矿成矿母岩区；线性构造反映的是断裂构造，为成矿热液上升运移的有利通道或沉淀富集空间。

遥感影象地质特征的研究对深化区域与焦家金成矿带的地质特征与金矿床的分布赋存规律内在关系具有比较重要的作用；同时亦用作成矿预测研究的参考依据。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

焦家断裂带遥感影像及物探特征　　表 7.1

断裂位置	总体走向	长度(Km)	影像特征	物探特征
刘家↓前陈家	NE28°	11.3	TM432 假彩色合成图像上反映为断续出现的线性色异常带。线形构造呈微曲线性，不同地段均以不同的色异常反映。在计算机增强处理资料上反映为较宽的深色调异常带。	局部地段在 F^A、F^B 曲线上为正交点低阻带。磁场为负值区约为－50nT。
朱桥西↓作阳	NE32°	10.8	线形构造呈直线形，TM234 假彩色合成图像上反映为较浅的线性色异常带。	局部地段布格异常等值线为同形弯曲，呈狭小水平导数异常带。
焦家	NE33°	13	为焦家主带，TM234 影像上反映为较隐晦的线性色异常带。在计算机增强处理资料上反映为时隐时现的影像特征。焦家向北至新城之间线性异常较清楚，新城向北及焦家向南至朱桥之间影像上反映模糊，只在焦家露天采坑有露头，其余均被第四系覆盖。	处于两种不同磁场的接触带上，两侧为平稳的负磁场，ΔT 为 －50—80nT，自北向南磁场强度逐渐减弱。断裂带为锯齿状变化的磁场，视电阻率 ρ_s^{AB} 反映为两种不同电场的分界线。在联合剖面上断裂上有低阻正交点或低阻反映。对应焦家断裂，局部有明显的条带状激电异常。重力图上南段反映为明显的重力梯级带，水平方向导数图上为狭长的极值带，水平变化率达 3mgl／Km。北段反映为异常等值线的同向弯曲，显示不及南段清楚。
焦家东	NE32°	14	发育于焦家主带东，在朱桥向南延伸，至大琅琊北消失。反映为较深色调的线性异常带。焦家向北线性体呈曲线形，焦家向南线性体较直。	局部地段布格异常等值线为同向弯曲，水平导数呈狭长异常带，视电阻率 ρ_s^{AB} 为低阻带连线。
望儿山	NNE19°	8	反映为较清晰的浅色调线性色异常。	局部地段在联剖 F^A、F^B 曲线上有正交点低阻带。磁场反映为高、低磁场的分界线。
朱桥西↓平里店东	NE32°	10.6	反映为较清楚的两条近平行展布的线性色异常。两条构造之间地物相对色调浅，西边一条规模较大，东边一条规模较小。	布格异常等值线图上为同形弯曲，呈狭小水平异常带。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第八章　找矿模型与预测

矿产资源的深部预测是与矿产勘查具有因果关系的矿产预测或评价工作。深部预测的关键在于矿床（体）在三维空间位置的估计，在避免出现误勘错误的前提下，尽可能地提交可供进一步找矿工作部署的靶区。为了减少误错的概率，提高勘查效果，以矿床或矿体为目标物的综合信息找矿模型构造是首先要解决的地质找矿理论问题。在此基础上，实现以相应评价目标相应的定量评价工作则是深部预测的最有价值的目的。

成矿预测研究的内容，主要包括分析控矿条件，研究矿化信息，总结成矿赋矿规律，建立找矿模型，圈定找矿靶区及估算预测资源量等。

第一节　找矿模型的建立

找矿模型的建立，是在深入研究控矿条件、找矿信息与成矿规律的基础上，通过对刻划矿体存在的矿床控制因素和找矿标志因素的系统分析，归纳出用于圈定矿体可能存在的空间区域的概念模型，是该级别矿产资源预测评价的理论基础。找矿模型的建立要考虑各种地源信息的整体性、层次性、系统性及其实用性。

一、地质找矿模型

通过以上章节对焦家成矿带的金矿控矿地质条件和成矿赋矿规律和最佳地质标志组合的研究，其地质找矿模型如下：

1、胶东岩群地层、玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩分布区。大部分大中型金矿床下盘均为郭家岭花岗闪长岩，显示与成矿密切相关岩体的碱性程度与成矿的正相关性。

2、地层或岩体内部北东或北北东向断裂发育区。地层或岩体边缘与断裂复合部位的主构造带发育程度与相对封闭程度与金成矿成矿的正相关性十分明显。

3、断裂构造的“扩容空间”是矿体成矿与定位的重要条件。断裂构造拐弯部位、多条断裂密集带、断裂破碎带由窄变宽部位、分枝复合部位、沿走向倾向变化部位、主断裂与分支断裂交汇部位、多组断裂交汇部位均属形成构造“扩容空间”的基本条件，是相对封闭的成矿环境内中的相对“低压区“，是矿液最易集中的空间，是矿体赋存的有利部位。

4、黄铁绢英岩化、硅化、钾化－钠化为主的蚀变与金矿化关系密切，金黄铁矿石英阶段和金多金属硫化物阶段为主要的成矿期（阶段），呈现的主要矿物组合有石英、银金矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿和自然金等；金组分的富集与成矿阶段的发育程度密切相关。主要矿体往往赋存于主裂面附近的黄铁绢英岩带和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带，次要矿体多见于距主裂面

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

较远的黄铁绢英岩化花岗岩带内。

5、焦家成矿带主矿体普遍具有侧伏规律，断裂带向北西倾着矿体多向南西方向侧伏，向南东倾者多向北东方向侧伏，但它们的延长方向完全一致，表明控矿构造受制于同一应力场；沿侧伏方向呈现尖灭再现和分支复合等特点。

6、沿主要成矿断裂带矿床的分布具有纵向等间距分布的特征和横向大小金矿床的匹配出现，这构成矿床（体）系列的空间分布规律。

二、 地球物理模型

本区四种不同地质环境所赋存金矿的地球物理模型，可通过不同的单一地球物理模型（**见表8.1**）组合得到。每种类型金矿床的地球物理找矿模型，既是总体物性模型的预期反映规律，又是实测物理场客观反映特征的概括、归纳、抽象的结果。

1、处于胶东群斜长角闪岩与玲珑花岗岩接触破碎蚀变带的金矿体地球物理找矿模型的物性模型组合为**(1)(3)(5)(6)。**矿体上方重力、磁法为由低到高的梯级带，并伴有低值反映，对应高极化率及次级高阻特征。

2、处于胶东群斜长片麻岩与玲珑花岗岩接触破碎蚀变带金矿体地球物理找矿模型的物性模型组合为**(2)(3)(5)(6)。**矿床上方重力为由高到低、磁法为由低到高过渡带特征伴有低值反映，对应高极化异常和次级高阻特征。

3、处于玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩断裂带金矿体地球物理找矿模型的物性模型组合为**(3)(4)(5)(6)。**矿体上方重力微弱低值反映，磁法小梯级带，对应 n_s 高值异常及 p_s 低阻反映。

4、处于玲珑岩体内断裂蚀变带金矿体地球物理找矿模型的物性模型组合为**(3)(5)(6)(3)。**矿床上方重磁微弱低值反映，对应高激化异常及低阻异常

三、 地球化学找矿模型

根据破碎带蚀变岩型金矿体的次生及原生晕特征，总结出次生异常和原生晕地球化学找矿模型。

1、次生异常的地球化学特征。元素的含量在土壤不同的层位、粒级中有差异。在发育完整的土壤中，Au、Ag、pb 元素在土壤的 A_2 层中富集，Cu、Zn 元素在土壤 B 层相对富集。在土壤不同粒级中，Au、Ag 主要在<1—>0.3mm 的粒级富集。Cu、Pb、Zn、Co、Ni 元素在<0.3—>0.15mm 粒级富集。

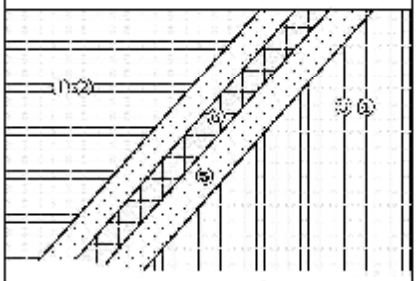
金矿体次生异常特征主要受矿床剥蚀面位置及土壤覆盖厚度的影响。金矿体被剥蚀时，在残坡积物中（覆盖较浅的土壤 C 层）的次生异常元素组合复杂，异常范围大、异常强度高，即众所周知的异常特征高、大、全；在土壤 A_2 层中（覆盖较厚）的次生异常，元素组合简单，以 Au、

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

表 8.1　　焦家式金矿床地球物理单一模型

参数 / 岩性	η (%)		ρ (Ω·m)		σ (g/cm³)		κ×10⁻⁵4π SI		J×10⁻³A/m		单一模型编号
	物理物质组合	变化范围	物理物质组合	变化范围	物理物质组合	变化范围	物理物质组合	变化范围	物理物质组合	变化范围	
斜长角闪岩	低	3.0　4.0	低	1×10　300	高	2.87	高	500　4000	高	5　1000	①
斜长片麻岩	低	3.0　4.0	低	1×10　300	高	2.87	低	50	低	5　10	⑤
玲珑花岗岩	低	4.0　5.0	高	2500　4000	低	2.58	低	5　100	低	1　10	②
郭家岭花岗闪长岩	低	4.0　5.0	高	2500　4000	低	2.58	中高	50　300	中高	5　15	④
辉绿岩脉岩	低—中	6.0—8.0	相低	600—850	低	2.80	低	5—10	低	0—2	⑨
矿体、构造岩(矿体外围)	高	20.0　25.0	中高	1000　2000	低	2.62　2.75	低	5　15	低	0　5	⑥

中模型分布示意图



半一般模型地理化剖面意义

①低极化、高磁。高磁应有限半空间均匀低阻体，相当于胶东群斜长角闪岩类。

②低极化、低磁、高密度有限半空间均匀低阻体，相当于胶东群斜长角闪片麻岩。

③低极化、低磁。低密度有限半空间均匀高阻体，相当于玲珑花岗岩。

④低极化、低密度、二等轴性有限半空间均匀高阻体，相当于郭家岭花岗闪长岩。

⑤中高极化、低磁、低密度无限延伸倾斜板状低阻高电阻体，相当于辉绿岩脉。

⑥高极化、中高密度、低磁无限延伸倾斜高电阻体，相当于矿体。

Ag 为主，异常强度以内、中、外分带。当金矿体隐伏时，在土壤 A_2 层中的次生异常以成矿元素 Au 为主，异常强度以外带浓度分带为特征。

2、原生晕的地球化学特征。破碎带蚀变岩型金矿体原生晕组份是非常复杂的，异常含量高于岩石背景的元素有 Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn、Sb、Bi、Mn、Sr、Ba、K、F 等，异常含量低于岩石背景的元素有 Na、W、Sn、Mo、Se、Te、I。而 Pb、Zn 元素具“两栖”元素的特征，即在主断裂带中与支断裂带中金矿体原生晕特征有差异，Pb、Zn 元素异常在主断裂带金矿体中呈正异常形式，而在支断裂带金矿体中呈负异常形式。该类型金矿体的原生晕主要指示元素有 Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn、Sb、Bi 等 8 种。

构造蚀变岩带控制了原生晕的空间分布，矿体形态决定了晕的形态，在平剖面上，异常形态呈两端尖灭的带状。指示元素晕的异常含量在 2—4 个数量级之间变化波动。蚀变矿化叠加程度，影响元素异常含量高低，指示元素晕的规模远大于金矿体规模，特别是成矿元素 Au。指示元素晕的组分分带不甚明显，浓度分带明显。Au、Na、K 是矿体蚀变围岩的指示元素：Au 外带（25—50×10^{-9}）与构造蚀变岩相吻合，是矿化的异常标志，Au 的内带（>100×10^{-9}）是金矿体的大

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

致范围。Na 元素是蚀变岩内典型的负异常，蚀变岩愈靠近金矿体 Na 异常值愈低。金矿体内 Na 异常值最低。Na 异常值变化范围在 220—50+10^{-4}之间。沿金矿体轴向，金矿体前方至少 500 米内 Au、K、Na 异常仍发育。

金矿体轴向元素序列分带从上到下：Sb—As—Cu—Bi—Au—Ag—Pb—Zn。矿前与矿后不同剥蚀面的元素组合有差异，矿前以 As、Sb、Cu、Bi 为主。矿后以 Ag、Pb、Zn 为主。花岗岩内部接触带内的金矿床和花岗岩与变质岩接触带内的金矿床的原生晕特征无本质差异。它们具有相似的轴向元素序列分带。支断裂带中金矿体轴向元素分带序列从上到下：As—Cu—Ag—Bi—Au—Sb—Pb—Zn，Pb、Zn 元素以负异常为主要特征。

第二节 成矿预测

一、概述

本项成矿预测是在成矿赋矿规律研究的基础上，主要是根据新建立的找矿模型，参考已获取的其它信息资料，对焦家成矿带可能存在的中大型以上规模的金矿体进行预测研究。 因本次深部预测研究的主旨是中大型金矿体，故预测研究主目标体是焦家主干断裂蚀变带、望儿山断裂蚀变带及河西断裂蚀变带的深部。至于其下盘的其它分支构造，因其主要为小型以下规模金矿床，且资料不足，故不对其进行深部预测研究。

本次预测研究所圈定的预测靶区，按原地矿部颁发的技术要求与规定，皆符合或超过 A 级预测靶区的标准，故全部将其定为 A 级。分别为 **A—1**、**A—2**、**A—3**、**A—4**、**A—5**、**A—6**、**A—7**、**A—8**、**A—9**、**A—10** 和 **A—1** 等 **11** 处大中型 **A** 级预测靶区，矿体 **25** 个，总计预测金矿资源量 **560** 吨，为该成矿带已探明储量的 **150%**。

二、靶区的确定与概况

（一）A—1 预测靶区

靶区位于龙口市姚家金矿床附近（**见图 8.1**）。该靶区以往做过普查工作，发现一小型金矿床。后期山东省第六地质矿产勘查院经进一步工作，于九十年代末期提交了普查地质报告，探明黄金储量 2745 公斤，目前已采掘至－30 米标高。

矿体赋存在焦家主干断裂带的北东段，其上盘为胶东岩群地层，下盘为郭家岭花岗闪长岩。赋矿部位为两种岩性的断裂接触带，蚀变带宽度 40—120 米，走向 5°—30°，倾向北西，倾角 30°—40°，沿走向呈舒缓波状。蚀变带的中上部发育有连续稳定的主裂面，具有 0.5—5 米厚的断层泥。以主裂面为界，上盘见有少量的黄铁绢英岩化变粒岩及碎裂岩，下盘为黄铁绢英岩及黄

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

铁绢英岩化花岗碎裂岩岩。

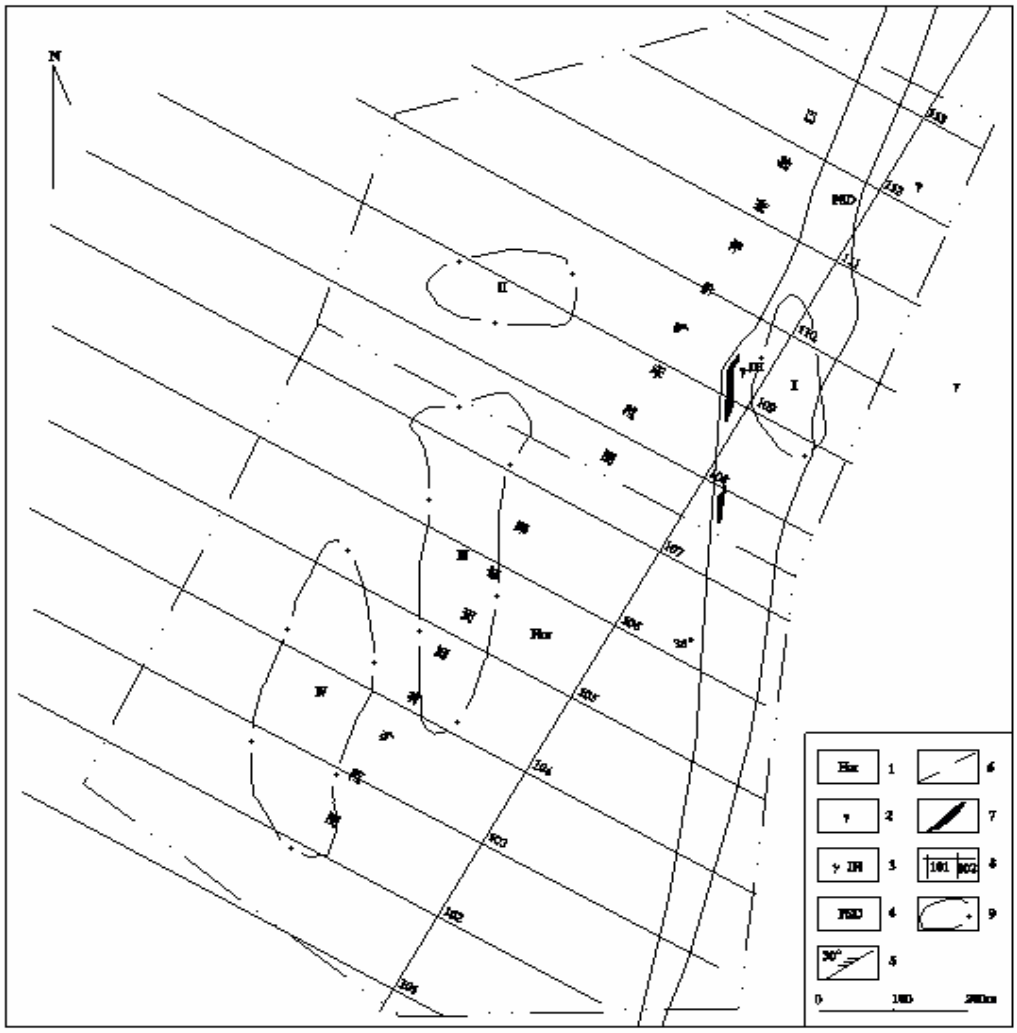


图3.1　A-1预测靶区综合地质图

1 斜长角闪岩 2 海棠花岗岩 3 黄铁绢英岩化花岗岩 4 被碎炫变带 5 主要面及产状 6 实测及推测地质界线 7 金矿体 8 勘探线及编号 9 换化率异常及编号

靶区内以往做过物化探工作，其中 108—110 勘探线上的激电异常 η_S=4~5 与 ZK101、ZK102 控制的矿体吻合。1992 年焦家带大比例尺成矿预测时，实测的综合剖面有金等原生晕异常，峰值为 Au 2.36×10^{-6}，Ag 0.47×10^{-6}，Bi 1.38×10^{-6}、Mo 5.76×10^{-6}。

经对以往圈定的①号矿体的分析，认为①号矿体实际上为沿侧伏方向斜裂尖灭再现的两层矿体。即－50 米标高以上，108—112 勘探线所控制的为第一层矿体，编号为①—1；－50 至－250 米标高 107—110 勘探线间为第二层矿体，编号为①—2。从已有资料分析可知，108 号勘探线主蚀变带的黄铁绢英岩化碎裂岩带于－250 米标高已封闭，同时对联合剖面分析认为地表 108—110 勘探线间的厚大黄铁绢英岩化碎裂岩带呈南西侧伏尖灭再现趋势，且其倾角由 30°变为 35°，其中间必存在一个凹兜部位，为赋矿创造了有利空间。据此预测 103—108 勘探线间－300 至 600 米标高出现第三层矿体，编为②号，资源量 7549 公斤，为中型规模。预测该成赋部位水平投影至地

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

表有两处激电异常与其匹配，同时 1：2.5 万高精度磁测ΔT 平面图上显示预测赋矿部位为扁环状的负磁场区，1：25000 的航空磁测ΔT 平面图其相应位置为 0—40nT 的负磁场区，且范围远大于预测范围。

分析认为，对于控制 1.96 米厚，1.25 克／吨矿体的 ZK3，相当于①—2 矿体赋矿层的 ZK103 已于－280 米封闭，即本工程控制的蚀变带无黄铁绢英岩化碎裂岩带，仅有微弱的黄铁绢英岩化花岗岩带，且厚度很小，而矿化体即赋存在该带内。但赋存在黄铁绢英岩化花岗岩带内的矿化体显示矿体头部特征明显。

该区的预测研究局限于—600 米以上，因资料不足原因，其以下部位未能进行预测研究。但其深部预测研究与找矿工作仍是今后工作的重要课题。

（二）A—2 预测靶区

靶区位于龙口市姚家金矿床附近，靶区内有焦家主干断裂带通过，上盘为胶东岩群地层，下盘为玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩。处于郭家岭花岗闪长岩与玲珑花岗岩侵入接触的港湾状接触带凹兜部位的前缘，为焦家主干断裂带由 75°走向至 20°走向的拐弯部位，破碎蚀变带由黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩及黄铁绢英岩化花岗岩构成。在焦家主干断裂下盘主裂面法线方向 2000 米处有一金矿点。1：25000 高精度磁测 ΔT 平面图上显示为平稳的低磁场区，1：25000 的航空磁测ΔT 平面图为 0~－40nT，联合剖面法剖面平面图显示 ρ_S^A、ρ_S^B 曲线均呈高梯度变化。综合分析靶区的成矿地质背景与信息，预测－200 至－800 米标高赋存有中型以上规模的金矿床，其资源量为 10293 公斤。

（三）A—3 预测靶区

该靶区位于招远市辛庄镇**（见图 8.2）**。靶区内有焦家主干断裂蚀变带及分支断裂蚀变带通过，玲珑花岗岩分布于上下盘，并在焦家主干断裂带上盘有郭家岭花岗闪长岩小岩瘤产出，其深部可能与上庄岩体相连。焦家主干断裂蚀变带北侧的一金矿点是由山东省第六地质矿产勘查院施工深钻于－390 米标高以下发现的盲矿体，金品位 3.52—5.68 克／吨，厚度 2.81—3.39 米，该部位正好处于北侧的断裂构造凹兜部位。靶区南侧施工了 7 个钻孔未见矿，控制标高－300 米以上。但其主裂面法线方向结合节点 2500 米有一中型金矿床。1：25000 高精度磁测ΔT 平面图上显示靶区为负磁场区及低缓场区，1：25000 的航空磁测ΔT 平面图其磁场强度为－20~－40nT，联合剖面法的剖平面图显示 ρ_S^A 及 ρ_S^B 曲线由低缓平稳突变至高值跳跃变化。综合分析其地质背景和物化探信息，预测 348—354 线－250 至－750 米标高赋存第一层盲矿体，编号为①号，资源量为 7006 公斤；沿其斜卧侧伏方向于 308—346 线－450——1100 米标高赋存第二层盲矿体，编号为②号，资源量为 12863 公斤。靶区资源总量为 19869 公斤，矿床规模接近大型。

（四）A—4 预测靶区

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

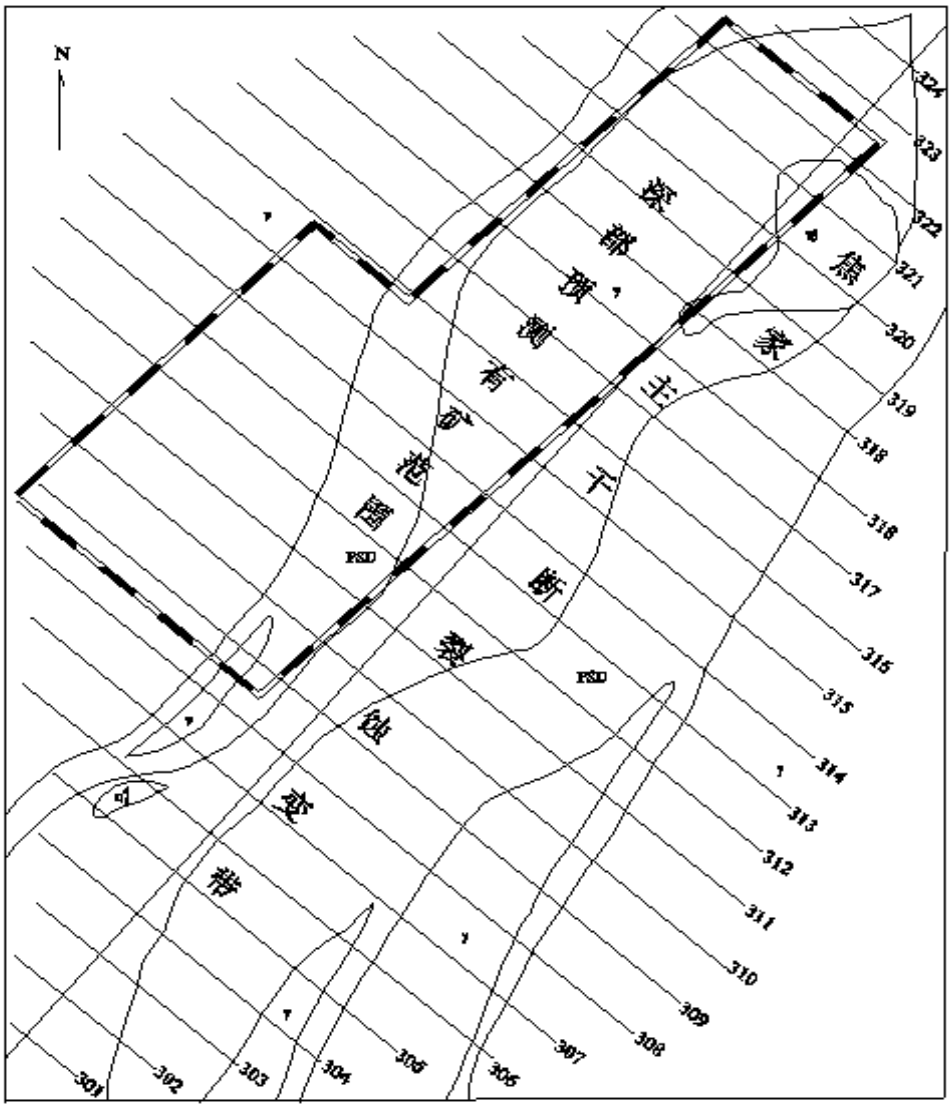


图8.2　A－3预测靶区综合地质图

0　200　400m

1 栖霞超单元　2 玲珑花岗岩　3 郭家岭花岗闪长岩　4 破碎蚀变带　5 地质界线　6 勘探线及编号

该靶区位于招远市辛庄镇（**见图 8.3**）。靶区内有焦家主干断裂带及其支断裂通过。一支断裂上盘为玲珑花岗岩，下盘为郭家岭花岗闪长岩，与另一支断裂在靶区内呈复合分支产状；焦家主干断裂处于拐弯部位。破碎蚀变岩带由黄铁绢英岩化花岗岩及黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩构成。某金矿床的②号矿体赋存在一支断裂复合分支的东含矿蚀变带内，为隐伏矿体，隐伏深 60 米，工程控制矿体长 369 米，斜深 510 米，标高－275 米。矿体呈斜卧状侧伏延伸，走向 35°—40°，倾向北西，倾角 37°—40°，平均厚度 4.63 米，平均金品位 6.99 克／吨。

同时赋存在东支断裂蚀变带内的⑧号矿体为半隐伏矿体，为后期发现，隐伏深度＋10 米，控制矿体长度 90 米，倾斜长度 330 米，至－200 米标高尖灭，平均厚度 9.4 米，平均金品位 8.37 克

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

／吨。赋存在一支断裂复合部位的③号矿体也为隐伏矿体，隐伏深度＋20 米，长 105 米，斜深 298

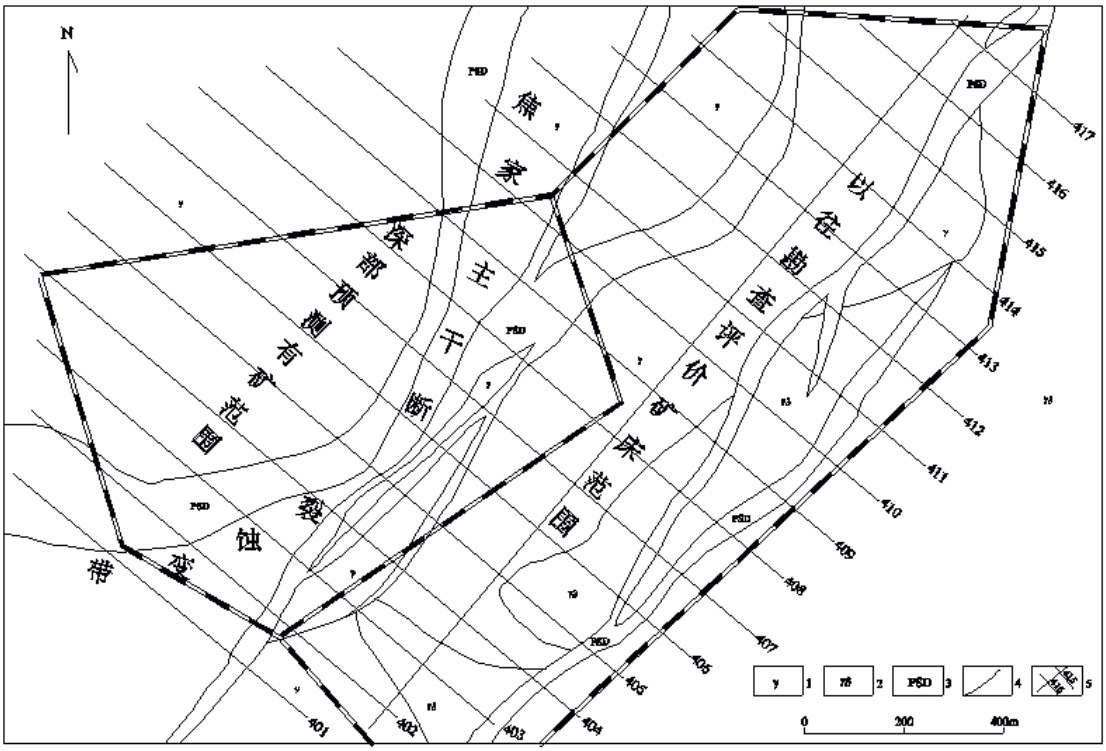


图 8.3　A—4 预测靶区综合地质图

1 玲珑花岗岩　2 郭家岭花岗闪长岩　3 破碎蚀变带　4 地质界线　5 勘探线及编号

米，垂深至－140 米标高。

经综合研究认为，该靶区处于玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩呈港湾状断裂与侵入接触的凹兜部位，1：25000 高精度磁测ΔT 平面图上显示为＋10 至－30nT 的低磁场区，1：25000 的航空磁测ΔT 平面图为 0 至－40nT 的负场区。该靶区正处于某金矿床②号矿体侧伏延伸部位，同时与某断裂分成的两支断裂交汇部位的深部正好吻合于靶区。因此预测沿某金矿床②号矿体深部侧伏延伸部位出现与②号矿体对应的尖灭再现矿体，该矿体分布在 402—410 线的－250 至－1000 米标高之间，正好与③、⑧号矿体沿倾斜方向尖灭再现部位对应，预测矿体编号为②—1，预测资源量 31737 公斤，其规模为大型。

（五）A—5 预测靶区

该靶区位于招远市西北部（**见图 8.4**）。山东省地矿局第六地质队于八十年代初期在该区做过金矿勘查工作。其中在一金矿床中，圈出大小矿体 5 个，累计探明黄金储量 20626 公斤，矿床平均金品位 6.67 克／吨，平均厚度 4.56 米，目前开采至－300 米标高。

矿床受焦家主干断裂带下盘的望儿山支断裂控制，含矿蚀变带产状与断裂破碎带产状基本一致，其中由 162 线向南西产生分支至 106 线复合，形成一菱形结环。该金矿床主矿体为①号矿体，位于 122 线以北，走向 40°，倾向北西，倾角 30°—35°。破碎蚀变带上盘为玲珑花岗岩和郭家岭

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

花岗闪长岩，下盘为郭家岭花岗闪长岩。矿体赋存在受断裂控制的破碎蚀变带内，以主裂面为界，

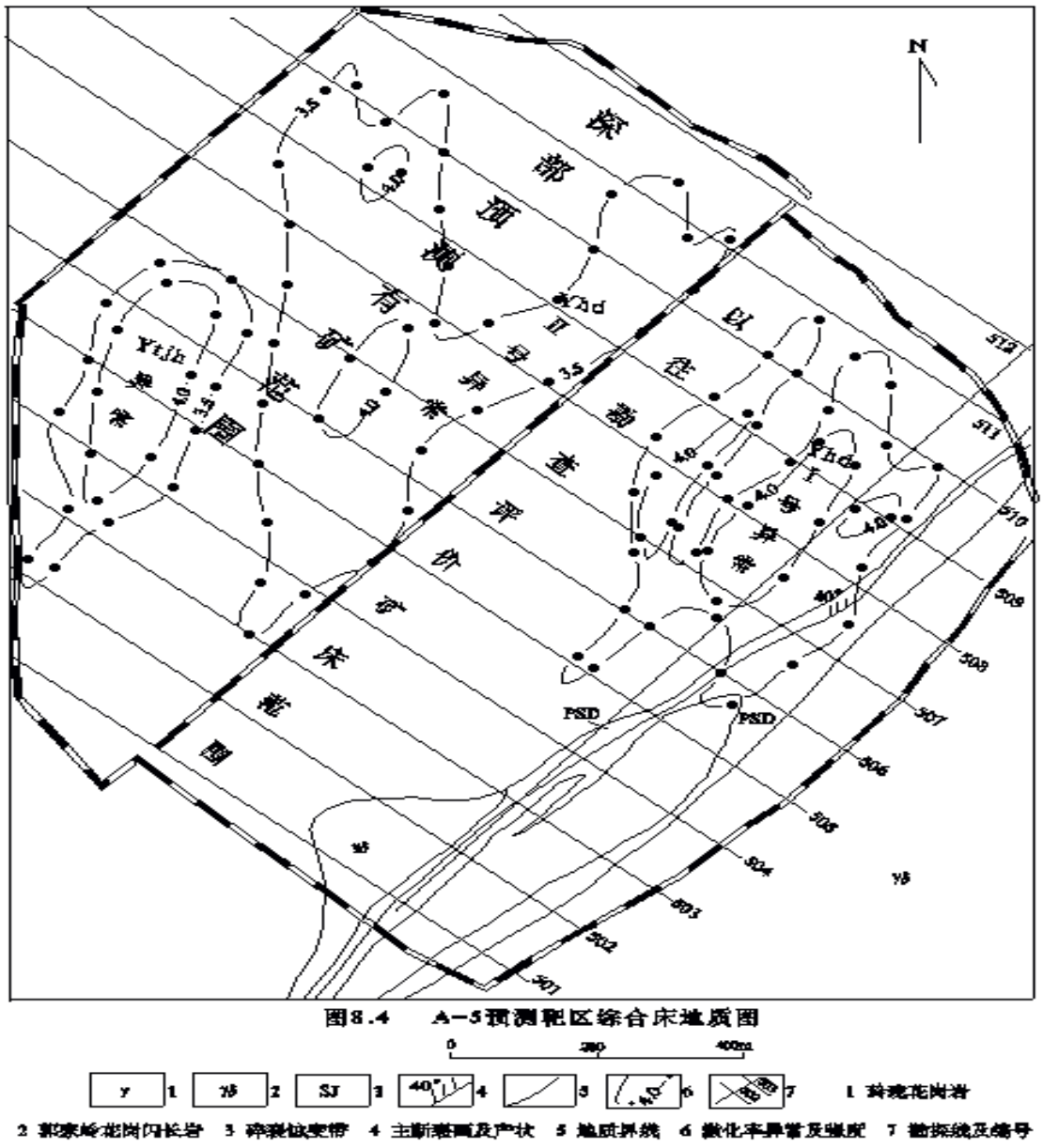


图8.4　A-5预测靶区综合床地质图

上盘依次为黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带或黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带；下盘依次为黄铁绢英岩带，黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带及黄铁绢英岩化花岗闪长岩带。

该矿床以往物探工作表明，于－350 米标高以上有 η_S=3.5—4.0 的激化率异常与其对应。有原生晕地球化学异常分布，其峰值为 Au97×10^{-9}，Ag421×10^{-9}，Pb160×10^{-6}，Zn68.4×10^{-6}，Bi0.76×10^{-6}，Mo44×10^{-6}。土壤地球化学异常峰值为 Au0.78×10^{-6}，Ag0.76×10^{-6}，Cu、Pb、Zn、As、Co、Ni 均有高值点。重砂异常为金＋黄铁矿型，其峰值为金 0.1181×10^{-6}，黄铁矿 0.0075×10^{-6}。

分析认为，已探明的①号主矿体为第一层矿体，依据成矿规律推测矿体向深部有尖灭再现趋

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

势，即－350 米标高以上 504-2—509-2 线间为第一层矿体，－350 至－450 米标高之间为无矿间隔，预测－450 至－1000 米标高为第二层矿体， ZK502 于－470 米标高出现厚度 0.74 米，金品位 2.13 克／吨的金矿化，初步证实为第二层矿体的矿头。该矿床已探明①号矿体水平投影至地表与 η_S=3.5—4.0 的激化率异常分布范围基本吻合；同时预测第二层矿体其水平投影至地表亦有 η_S=3.5—4.0 的激化率异常与其匹配。由于第一层矿体对应的激化率异常矿体下部宽于上部且与矿体特征相似，因此，根据深部矿体对应的激化率异常特征，预测深部矿体分布于 503—509 线之间，并且下部宽于上部，略向南西方向侧伏。预测矿体编为①—1 号，预测资源量 55905 公斤，为特大型。

对于已探明的第一层矿体及预测的第二层矿体，从 1：25000 高精度磁测 ΔT 平面图上可以看出都处于 0—30nT 的低缓场区，但两层矿体之间又有明显的界限，即有自己的区域范围。1：25000 的航空磁测 ΔT 平面图上，显示预测部位与已探明赋矿部位处于 10－20nT 的同一场区域内。由此对该处地质背景的认识将深化为浅层有异，但深部具有相似的特点，这一点为浅部外推深部提供了理论上的依据。

（六）A—6 预测靶区

靶区位于招远市西北部（**见图 8.5**）。山东省第六地质队于八十年代后期在该区做过金矿床勘查工作，其中在一矿床中，共圈定大小矿体 35 个，探明黄金储量 56824 公斤，伴生银 35863 公斤，

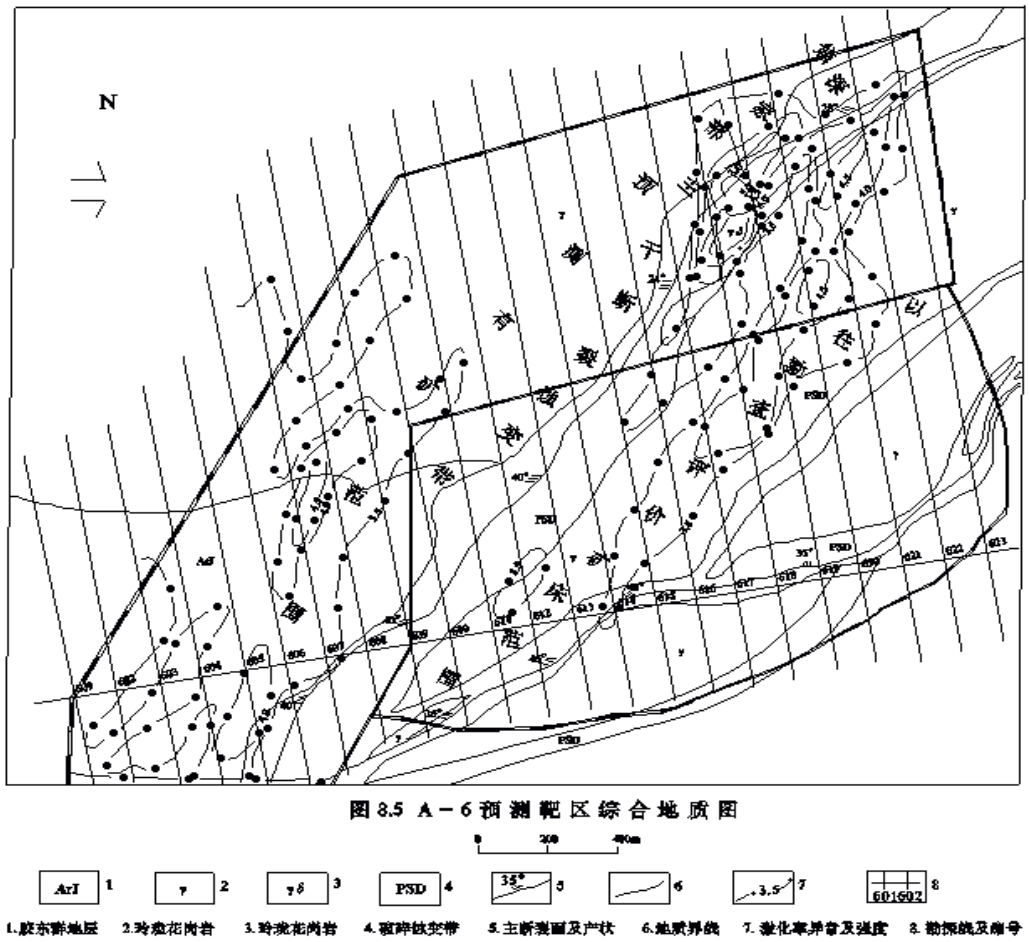


图 8.5 A－6 预测靶区综合地质图

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

平均品位>6 克／吨，平均厚度>6 米，现已开采至－300 米标高。

该金矿床受焦家主干断裂蚀变带下盘分支断裂蚀变带控制，其中在 616-2 线上盘为另一分支断裂蚀变带。控矿分支断裂蚀变带总长 2600 米，在其南端与焦家主干断裂交汇，宽 30—120 米，608—621 线走向 40°—50°，倾向北西，倾角 35°— 45°。621 线以北走向为 15°，并出现分支尖灭。同时以往划定的第三条支带，近几年工作证实其于 620 线与控矿支带复合。断裂蚀变带上盘为玲珑片麻状花岗岩，下盘浅部为玲珑片麻状花岗岩，深部为郭家岭花岗闪长岩。蚀变带以主裂面为界，向上依次为黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带和黄铁绢英岩化花岗岩带；向下依次为黄铁绢英岩，黄铁绢英岩化花岗闪长质碎裂岩带和黄铁绢英岩化花岗闪长岩带。

该金矿床以往工作表明，有金的重砂异常分布，其峰值为 0.079×10^{-6}。在已探明的②号矿体上部有 η_S=3.5 的激化率异常，对应见矿工程为 ZK601，控矿标高为－140 米。①号矿体上部有 η_S=3.5—4.0 的激化率异常，对应矿体标高为－180——350 米。分析认为，激化率 η_S=3.5—4.5 的 **Yhj** 异常为深部矿体的反映，激化率 η_S=3.5—6.0 的 **Yxc 异常**应为该矿床深部矿体与另一矿床浅部矿体的迭加异常。同时①号矿体表现出自浅部到深部，无矿间隔与矿体呈波浪式交替出现，因此预测 616—623 线之间－300 至－1300 米标高之间再度出现两层矿体亦处在该控矿支带由 60°走向变为 15°走向的凹兜部位，其编号为①—2 及①—3，其中①—2 号位于 615-2—621 线－300——950 米标高之间，资源量 40350 公斤；①—3 号位于 617-2—622-2 线－800——1300 米标高之间，资源量 30307 公斤。同时分析认为①号矿体中间的无矿间隔至 615-2 线尖灭，①号矿体原已分的两支复合向南西侧伏延深至 612 线－700 米标高以上，编号为①—1，资源量为 23703 公斤，地表 616 线 η_S=3.5 激化率异常的尖部是其最好的说明。对于激化率 η_S=3.5—4.5 的 **Yhb 异常**及激化率 η_S=3.5—4.0 的 **Ybl 异常**，认为是该支带深部矿体的反映。该部位以往在焦家主干断裂按 120—240 米的勘探线距控制至－250 米标高未能解释异常，同时该部位焦家主干断裂带倾角为 40°，而该支带由 45°变缓至 35°，因此其复合部位无论变缓或变陡都为矿液聚集沉淀提供了一个良好的空间。通过对找矿地质背景与物探资料的综合分析，认为 η_S=3.5—4.5 的 **Yhb** 激化率异常控制的矿体结合 ZK602 工程控制的 2.54 米厚，金品位 4.18 克／吨矿体，预测②号矿体沿侧伏方向尖灭再现②—1 号矿体，分布于 606—612-2 线－400 至－1100 米标高之间，资源量 38728 公斤（见附图 12）。η_S=3.5—4.0 的 Ybl 激化率异常正好位于（21）号矿体及 ZK603 控制的 1.00 米厚，金品位 1.61 克／吨及 ZK604 控制的 1.20 米厚，金品位 1.77 克／吨矿化体沿侧伏方向尖灭再现部位，因此预测与其对应的（21）—1 号矿体位于 603—609 线－250——800 米标高，资源量 33807 公斤。A—6 找矿靶区预测金矿资源总量为 166894 公斤。

该靶区在 1：25000 高精度磁测 ΔT 平面图，处于－50nT 至－70nT 的域值范围，在 1：25000 航空磁测河西矿段处于－40——60nT 的域值范围，1：25000 联合剖面法剖面平面图 ρ_S^A 及 ρ_S^B

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

曲线均为高值区，这些物探资料所反映的信息与深部矿体的预测十分吻合。

（七）A—7 预测靶区

靶区位于莱州市东北部（**见图 8.6**）。区内于九十年代探明金矿床有 3 个，分别称为Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ，共圈定大小矿体 16 个，探明黄金储量约 10000 公斤，伴生银、铜，目前－350 米标高以上大多已采空。

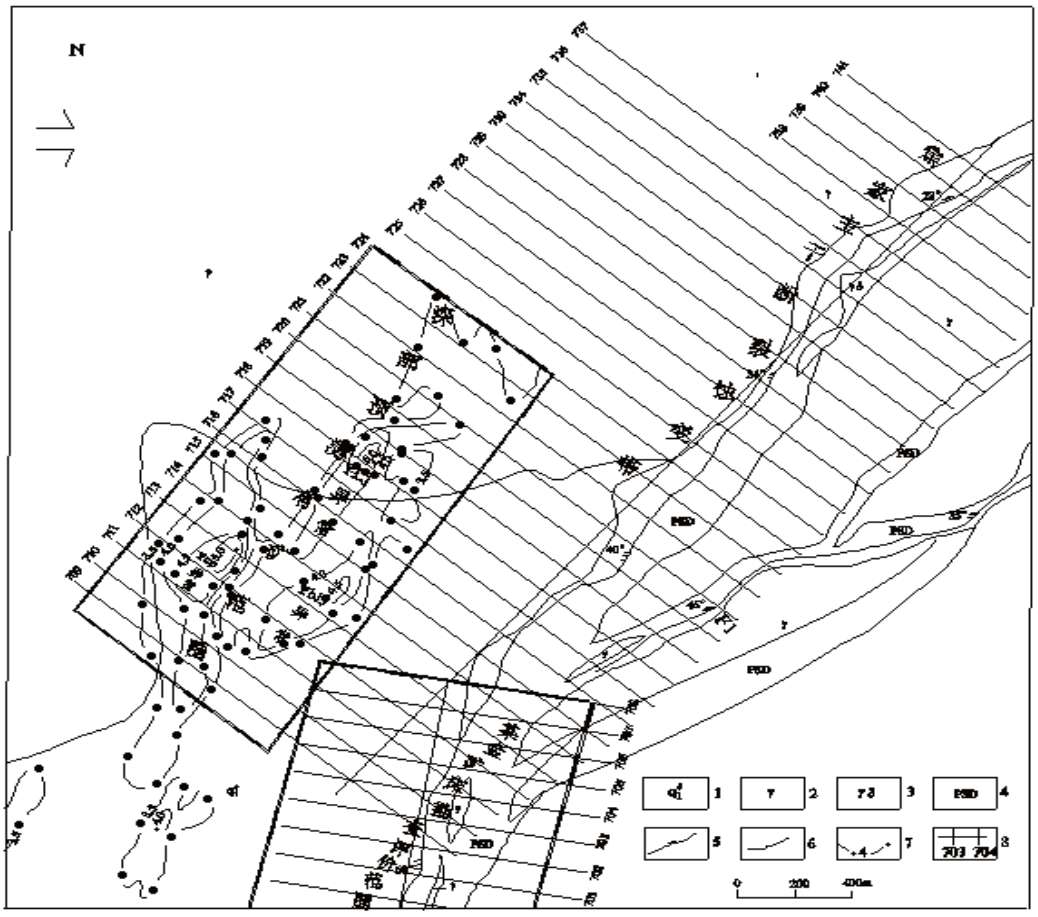


图 8.6　A－7 预测靶区综合地质图

1.胶东群地层 2.海阳花岗岩 3.郭家岭花岗闪长岩 4.破碎蚀变带 5.主断裂构造(箭头表示倾向及倾角) 6.地质界线 7.激化率异常及编号 8.勘探线及编号

Ⅰ金矿床，原勘探报告划为①号矿体的 ZK701 控制的厚度 17.30 米，金品位 6.00 克 / 吨，后期工作认为属于①号主矿体侧翼斜列的另一盲矿体，后经勘查证实，探明黄金储量 2600 公斤，伴生银。该矿体位于－500 米标高以下，工程控制至－800 米标高。

根据焦家成矿带矿床的空间分布沿北东方向等间距的特点，认为处于Ⅰ与Ⅱ之间的 707—713 线地段正好符合这一规律，但以往在浅部已按 120—240 米的线距施工钻孔控制至－300 米标高无矿。从成矿地质条件分析，该部位主裂面处于拐弯部位，并且曲率较大，同时又是一支带与主干断裂带的交汇部位，且郭家岭花岗闪长岩隐伏其下，因此预测－300 米标高以下有盲矿体。与－300 米标高以下匹配的激化率异常有 **YLj 异常与 Ycp 异常**，两处异常强度 η_S=3.5—5，控制标高

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

至－1100 米。以往对该两处异常均进行了钻探揭露验证，共施工钻孔 5 个，控制深度为－300 米标高以上，未见矿。本次预测认为，－300 米标高以上系由胶东岩群地层及玲珑花岗岩组成，不见矿属正常，其激化率异常系由硫化物富集体引起无疑，是寻找深部盲矿体的直接标志。据此预测④号矿体位于 706—713 线－300 至－1100 米标高之间，资源量为 83465 公斤。

从 1：25000 高精度磁测ΔT 平面图上可以看出与 **YLj 异常与 Ycp** 激化率异常对应部位为低缓的负磁场区，同时 1：25000 航空磁测ΔT 平面图上与其对应部位为－20 至－40nT 的负磁场区，从 1：25000 联合剖面法剖面平面图上可以看出 ρ_S^A 及 ρ_S^B 曲线呈低缓的平稳状态。经综合分析认为 706—713 线之间－300 至－1100 米标高之间赋存有大型规模金矿床。

对于 **Ydj** 激化率异常(η_S=3.5—4.0)，本此研究认为亦应属深部盲矿体引起，而这个盲矿体为Ⅱ金矿床的尖灭再现部分，控制标高在 701 线为－850 米，700 线为－2330 米，700-1 线为－4000 米，700-2 线为－1100 米，700-3 线为－2500 米。由于其倾角变化较大，平均标高为－2156 米，已超出本次预测范围。

（八）A—8 预测靶区

靶区位于莱州市东北部（**见图 8.7**）。山东省第六地质队于九十年代在区内提交了一特大型金矿勘探地质报告，探明黄金储量 110000 公斤，伴生银，目前采至－350 米标高以上。该金矿床受

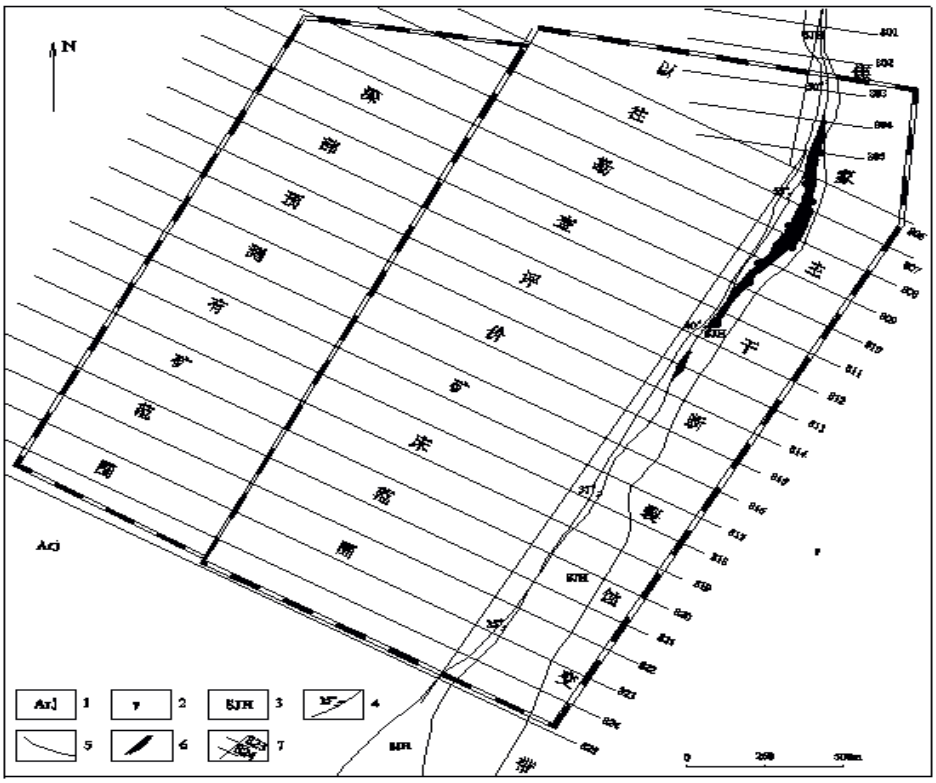


图8.7　A—8预测靶区综合地质图

1.胶东群地层　2.玲珑花岗岩　3.黄铁绢英岩化破碎蚀变带　4.主断裂面及产状　5.地质界线　6.金矿体　7.勘探线及编号

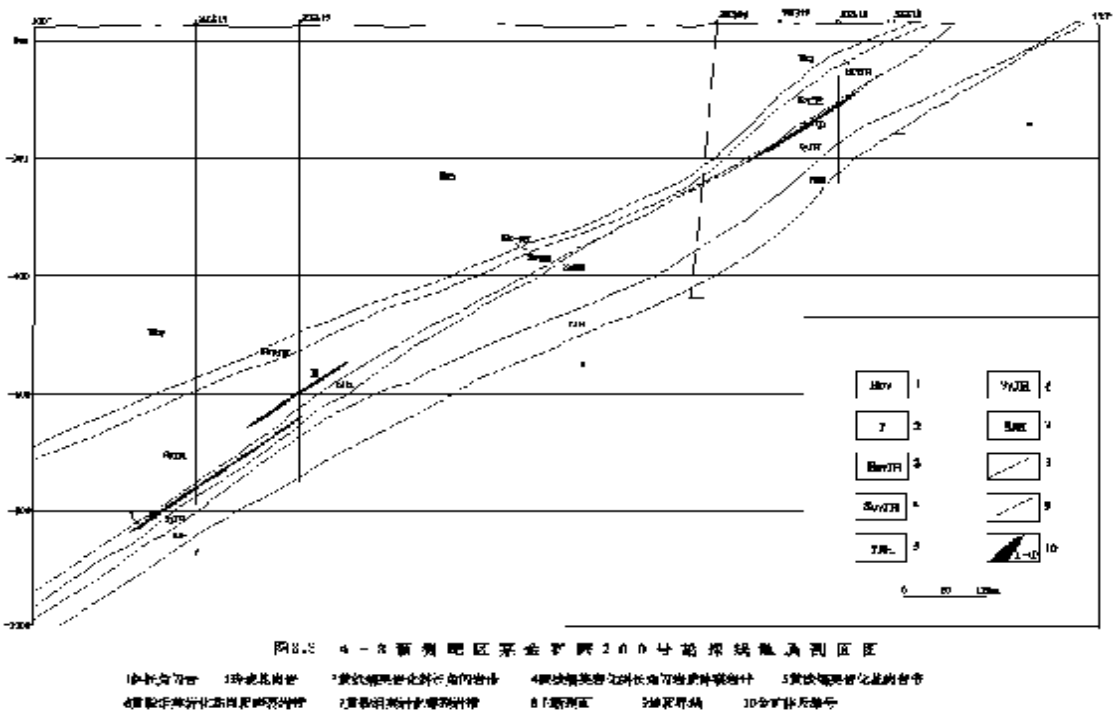
焦家主干断裂蚀变带控制，蚀变带上盘为胶东岩群地层，下盘为玲珑片麻状花岗岩。破碎蚀变带

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

内以主裂面为界，向上依次为黄铁绢英岩化斜长角闪质碎裂岩，黄铁绢英岩化混合岩化斜长角闪岩；向下依次为黄铁绢英岩，黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩，黄铁绢英岩化花岗岩及钾长石化花岗岩。分布金的原生晕异常，重砂异常为金＋黄铁矿型，峰值为金 0.394×10^{-6}，黄铁矿 0.1497×10^{-6}。1：万高精度磁测显示磁场特征为北东向转近南北向梯度带，负场区 ΔT 值 0—－100nT 占 70％，低缓场区 ΔT 值 0—80nT 占 30％。其异常曲线特征为平稳，局部跳跃。804—821 线下盘有激化率异常显示，η_S=4.5—5.0，812—821 线上盘有 η_S=4.5—5.0 的激化率异常。

该矿床厚度品位变化比较稳定的，即高品位的厚大矿体处于中心部位，向两侧边缘则有变薄变贫的趋势，同时略具有向南西方向侧伏。由该两个矿体构成的联合矿体中，在 811-1—136-1 线－100 米标高以上及 811-1—816-1 线－300—－100 米标高之间的无矿间隔也具略微向南西侧伏之势。分析认为由 ZK801、ZK802、ZK803、ZK804、ZK805、ZK806、ZK807、ZK808、ZK809、ZK810、ZK811、ZK812 无矿工程控制的①号矿体下部边界为一大的无矿间隔，其下部有再度出现第二层矿体的可能。这一认识除了从矿体沿倾向具有尖灭再现特点以外，近期施工的少量深孔已经佐证。

在 812 线、814 线施工的两个钻孔，于－620 米标高见到了工业矿体，ZK812 未见矿，在 820 线、821 线施工的 3 个钻孔于－550 至—670 米标高见到了工业矿体，821 线施工的 ZK813 钻孔于－875 米标高见到 3.04 米厚金品位 4.35 克 / 吨的工业矿体。在 806 线、808 线和 810 线施工 3 个钻孔都见到了工业矿体或矿化，控矿标高为－540 至－900 米。其含矿岩性为黄铁绢英岩化碎裂岩或黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩，与主矿体处于同一蚀变带内。以前未对 **Ymt** 激化率异常 η_S=4.5—5.0 施工钻孔，而于九十年代施工的 3 个深孔见矿，其孔位均圈定在异常范围内（**见图 8.8**）。这为利用激发极化资料进行深部金矿找矿提供了先例。综合以上分析，预测 805—825 线长 2400



米范围内－600 至－1400 米标高出现第二层矿体，编为①—1 号，资源量 56304 公斤。

1：25000 高精度磁测 ΔT 平面图上显示已探明的矿床和预测有矿部位都处于同一低缓场区的

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

单元域内，但探明矿体和预测有矿部位之间有明显的稍高场值间隔带。1：25000 航空磁测ΔT 平面图上显示整个焦家探明矿床和预测赋矿部位都处于 0 至－60nT 的值域内，说明深部成矿条件与浅部类似。1：25000 联合剖面法剖面平面图上显示，焦家金矿床处于 ρ_S^A、ρ_S^B 曲线梯度带左侧的低缓域值范围内，这一特点与航空磁测ΔT 平面图反映的结果一样，即其成矿地质条件具有一致性。

（九）A—9 预测靶区

靶区位于莱州市东北部（**见图 8.9**）。山东省第六地质队等先后在该区进行过金矿找矿工作，

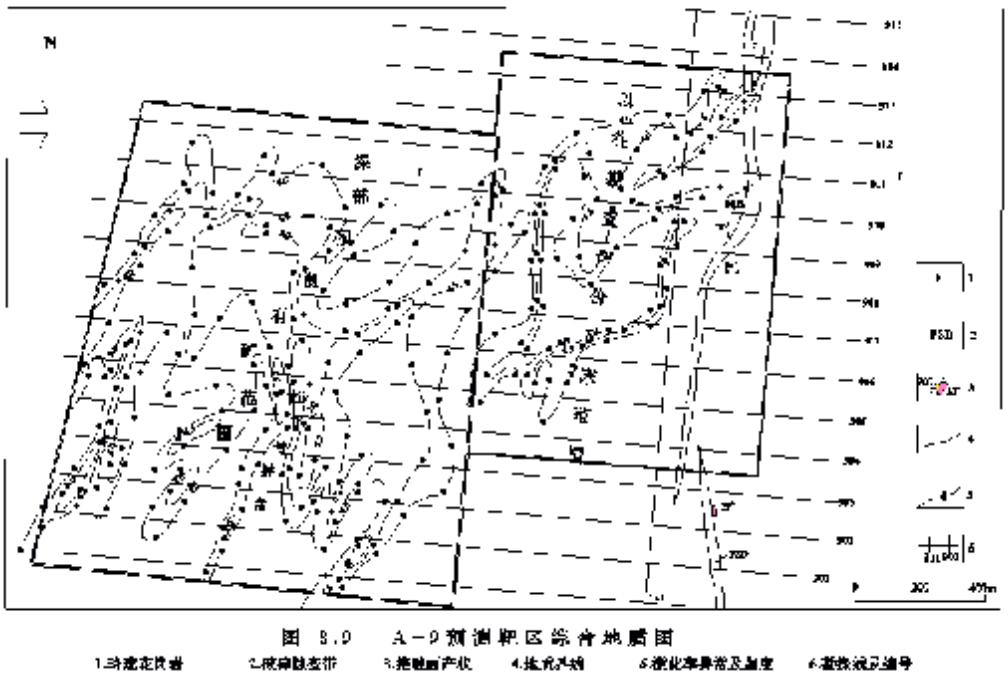


图 8.9　A－9 预测靶区综合地质图

1.斜longzhuang岩　2.破碎蚀变带　3.推测断层　4.探矿工程　5.激化率异常及编号　6.磁性体及编号

于八十年代提交了一金矿床勘探地质报告，黄金储量约 16000 公斤，伴生银、铜；后期，对－630 米标高以上进行了勘探，增加黄金储量 3000 吨，矿石量 400 万吨，现采矿掘进至－370 米标高。

该矿床受焦家主干断裂蚀变带下盘的一支断裂控制（**见图 8.9**）。断裂带上下盘均为玲珑片麻状花岗岩。由该支断裂控制的破碎蚀变带由中心向外，大致可分为内带、中间带和外带，一般呈对称出现。内带由含黄铁矿石英脉、黄铁绢英岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩、黄铁绢英岩化碎裂岩构成，其特点是强硅化、黄铁矿化发育，是主要含矿层位。中间带由黄铁绢英岩化花岗岩构成，仅见少量黄铁矿呈星散状及细脉状分布，局部构成工业矿体。外带为绢云母化红化花岗岩，黄铁矿化很弱，无工业矿体。各蚀变带之间无明显界限，为渐变过渡关系，有的地段对称分带性不十分明显。

该金矿床分布区，有金等原生晕异常分布，其峰值为 Au3.872×10^{-6}，Ag3.51×10^{-6}，Cu71.18×10^{-6}、Pb89.53×10^{-6}、Zn62.9×10^{-6}、As3×10^{-6}、Bi0.82×10^{-6}、Hg7×10^{-6}。土壤异常值为

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Au3×10^{-6}，Bi20×10^{-6}、Cu1000×10^{-6}、Pb800×10^{-6}、Zn800×10^{-6}。重砂异常为金矿物型，其峰值为 0.039×10^{-6}。1：1 万高精度磁测显示，具北北东向负异常带，化极ΔT 为－40——80nT，北北东向梯度带ΔT 值为－4 至＋40nT。

对于以往圈定的激化率异常，将其分成两层研究，第一层η_S=4—5，分布于 905—915 线－600 米标高以上；第二层η_S=4—5.5，分布于 905—915 线－800 至－1900 米标高之间。

该金矿床，显示出的最大特点是矿体倾向北西，呈尖灭再现状态向南西方向侧伏。由其金矿预测垂直纵投影图可以看出，①—1 号矿体与①—2 号矿体明显具有侧伏尖灭再现特点，当然中间出现了②号小矿体，但总体特点十分明显。①—1 号矿体与①—2 号矿体的水平投影范围与第一层激化率异常范围十分吻合。在 1：25000 高精度磁测ΔT 平面图上，①—1 号矿体与①—2 号矿体的水平投影位置正好与负磁场区向南西侧伏方向分布范围相当。1：25000 航空磁测ΔT 平面图也反映了这一特点。在这一结果的基础上，进一步分析第二层激化率异常，有理由认为在 905—915 线－800——1900 米标高之间赋存有两层与①—1 及①—2 呈侧伏斜列尖灭再现的盲矿体，其中第三层矿体位于－800——1300 米标高之间，编号为①—3，资源量 27274 公斤。第四层矿体位于－1300——1900 米标高之间，编号为①—4，资源量 32067 公斤。其所对应的激化率异常以η_S=4—5 为主，至于局部出现的 **Yjer** η_S=5.5 的高激化率异常，已进行了钻探验证，所施工的钻孔 3 个，见到了金的矿化体。本次经过对以往资料的系统分析后认为，**Yjer** 激化率异常系深部盲矿体与浅部小规模的矿化体共同叠加引起。从 1:25000 高精度磁测ΔT 平面图上可以看出与其匹配的负磁场区呈斜列的串珠状分布，其中 **Yjer** 激化率异常区负磁异常强度较其它部位低，但总体特征明显高于－600 米标高以上范围。分析认为其主要原因为含矿破碎带较深所致。1：25000 航空磁测ΔT 平面图上，整个矿床及预测深部有矿范围处于同一负磁场区范围内，且侧伏斜列明显，这一特点与航空磁测忽略浅部地质体特征主要反映深部特征的理论认识是吻合的。

对于 ZK901 控制的厚 0.68 米，金品位 5.07 克／吨的矿体，经研究分析认为是位于①—1 号主矿体无矿间隔下部侧翼矿体的头部。预测该矿体呈与①—1 号矿体平行的略向南西侧伏且分布于 901—905 线－50 至－500 米标高之间的盲矿体，编号为①—5，资源量 28211 公斤。从 1：25000 高精度磁测ΔT 平面图上看其磁场强度为－20nT 值域，从 1：25000 航空磁测ΔT 平面图上看处于 0—20nT 的值域内。对于这两种结果，分析认为都属正常现象。首先高精度磁测－20nT 的强度反映了破碎蚀变带的存在，航空磁测 0—20nT 的强度又表明这个带延伸不会太深，因此预测有矿范围在－500 米标高是合乎情理的。该靶区预测金矿资源总量为 87552 公斤。

（十）A—10 预测靶区

靶区位于莱州市东北部（**见图 8.10**）。山东地矿局第六地质队于九十年代提交了一金矿勘查地质报告，共圈定大小矿体 10 余个，探明黄金储量及资源量计约 10000 公斤，伴生银等。其主要

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

矿体基本采空。

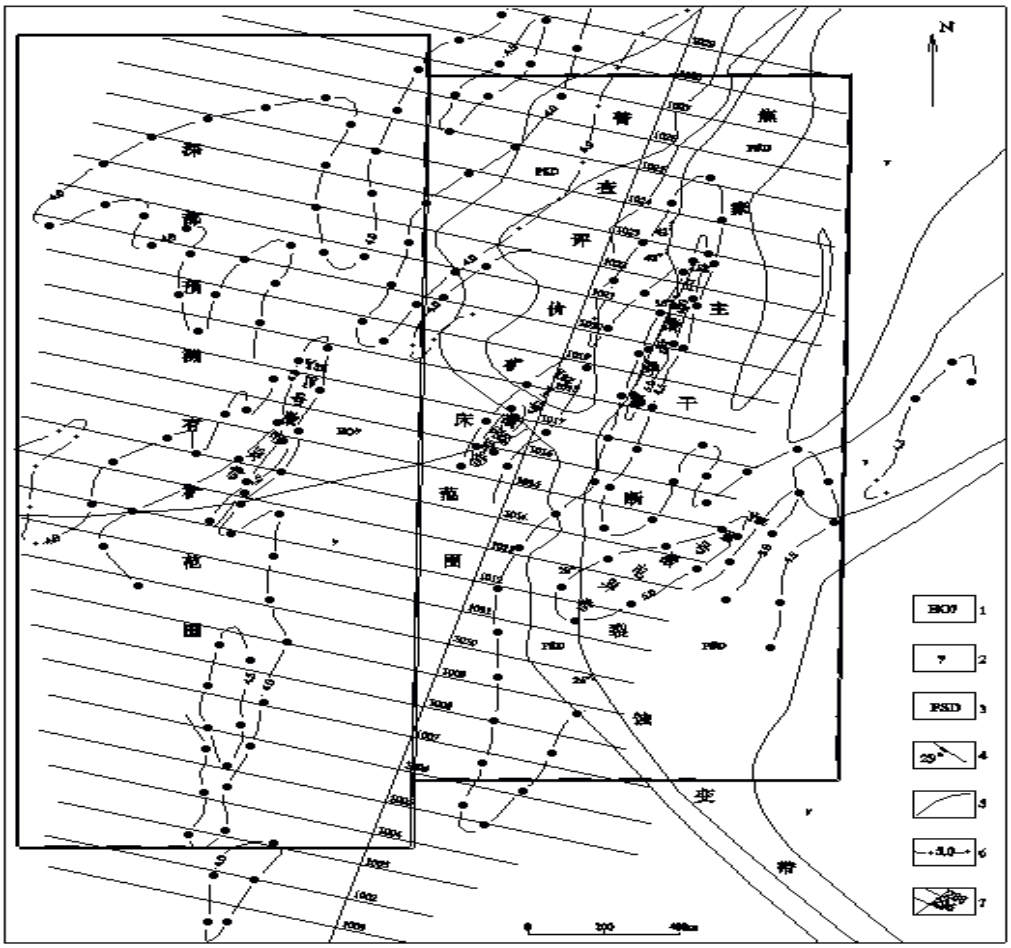


图 8.10　A－10 测靶区综合地质图

1.斜长角闪岩　2.玲珑花岗岩　3.破碎蚀变带　4.主断裂面及产状　5.地质界线　6.激化率异常及强度　7.剖面线及编号

该金矿床受焦家主干断裂蚀变带控制， 其上盘 1013 线以北为胶东岩群地层，1013 线以南为玲珑花岗岩；下盘为玲珑花岗岩。以主裂面为界，向上依次为黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩，黄铁绢英岩化花岗岩；向下依次为黄铁绢英岩，黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩，黄铁绢英岩化花岗岩。矿区内有金等原生晕异常分布，峰值为 Au135×10^{-9}，Ag528×10^{-9}，Cu35×10^{-6}，Pb250×10^{-6}，As4.02×10^{-6}、Hg1.78×10^{-6}。土壤异常峰值为 Au0.1×10^{-6}，Ag2×10^{-6}，Cu1000×10^{-6}，Pb800×10^{-6}，Zn600×10^{-6}。重砂异常为黄铁矿型，其峰值为 0.015×10^{-6}。有激化率异常显示, η_S=4.5—5.0。1：1 万高精度磁测显示磁场强度具近南北向梯度带，ΔT 值为 20—180nT，其低缓场区 ΔT 值为 60—120nT 占 40％，高磁场区 ΔT 值为 120—280nT 占 60％。

通过对以往取得的各类资料分析，认为该金矿床呈多字型排列的斜列状态分布。因此，ZK1001（**见图 8.11**）于孔深－360 米标高 0.65 米厚，金品位 2.71 克 / 吨，编为（**12**）号的表外矿应视为深部盲矿体之头部。该矿体赋存在主裂面下盘的黄铁绢英岩化碎裂岩带内，距主裂面 18 米。同时由图 8.11 可以看出由浅部至深部蚀变带厚度由 150 米增至 220 米，并有 η_S=4 的激化率

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

异常与其匹配。1016-2—1018-2 线，蚀变带倾角由 33°变为 42°；至 1008 线又变为 37°，其中

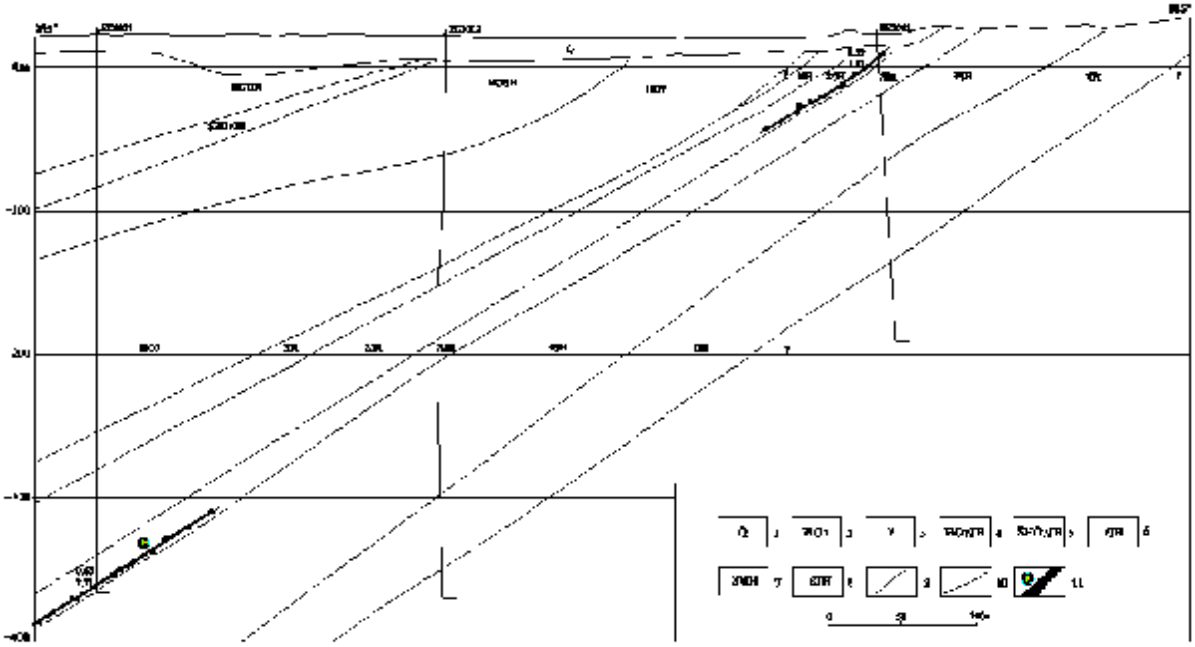


图5.11 A-40预测靶区金矿床256[illegible]

间出现的凹兜正好为矿液沉淀提供了良好空间。因此预测 1001—1006 线－350 至－700 米标高与激化率异常分布范围相对应部位赋存有向南西方向侧伏的斜列盲矿体，预测（**12**）号矿体资源量 3789 公斤。

ZK1002 工程控制的厚 1.34 米，金品位 13.86 克／吨的矿体，原普查报告将其归为②号矿体，本次认为应是与②号矿体呈多字型排列的另一侧伏斜列矿体，地面 η_S=4 的激化率异常与其匹配。预测矿体分布于 1005—1012 线－400 至－1350 米标高之间，编为②—2 号，资源量 9851 公斤。同时该矿体也可以看成为②号矿体侧翼再现矿体。原来圈定的②号矿体仅控制至－400 米标高，于 1009—1010 线均未封闭，因此认为该矿体可扩至 1012 线－650 米标高，预测增加资源量 2163 公斤。

对于该区 **YszⅣ号激化率异常** η_S=4—4.5，研究认为属矿致异常。从已有资料分析可知，焦家成矿带矿体沿侧伏方向斜列尖灭再现十分普遍，②号矿体可沿侧伏方向于 1012 线尖灭，1012 线以后于－650 米标高开始再现，至 1019 线尖灭。从已知的②号矿体可知 1010—1016 线，倾角由 **42°→45°→36°** 变化，其凹兜部位赋存了②号矿体，那么到 1011 线－650 米标高尖灭至 1013 线－650 米标高再现是有充分依据的。因此预测 1012-2—1019 线－650 至－1350 米标高之间出现②号矿体的侧伏尖灭再现部分，其范围与 **YszⅣ**号激化率异常分布范围相当。预测该矿体编为②—1 号，资源量 8792 公斤。

对于③号矿体，本次工作认为是一呈多字型排列的斜裂尖灭再现的两个矿体，其编号为③—1

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

及③—2，其中③—2 由 ZK1003 控制。该工程控制的 1.62 米厚金品位 2.32 克 / 吨的矿体，其南西侧伏斜裂方向无工程控制，因此预测该矿体可扩至 400 线－400 米标高以上，资源量 1365 公斤。

对于 1016—1018 线控制的④号矿体，研究认为 ZK1004、ZK1005 及 ZK1006 不见矿工程为无矿间隔。可以认为④号矿体在 1016—1018 线沿倾斜方向继续延深。山东省物探队曾对 **Yzhj** 激化率异常 η_S=4—4.5 布孔验证，未见矿。经研究认为该激化率异常系④号矿体深部所致。原来验证的钻孔不过 300 米，不见矿是正常的。由于焦家主干断裂蚀变带在 1019—**1021** 线转向南东走向，ZK1007 无矿工程控制的向南西撒开地段应为一紧闭的外凸区域，由该区域往北与其匹配的恰好为内凹区域，为矿液储集沉淀提供了良好空间。因此预测在 **Yzhj** 激化率异常分布范围内赋存④号矿体的向南西侧伏延深部分。总之，深部预测④号矿体扩至 1015—1026 线－250 至－900 米标高，资源量 6774 公斤。

该靶区预测金矿资源总量为 32871 公斤。

从 1：25000 高精度磁测 ΔT 平面图上可以看出，已探明矿体及深部预测赋矿部位均处于 20—70nT 的低缓场区，与焦家成矿带其它部位相比偏高，但就目前已经掌握的资料来看，该金矿区破碎蚀变带宽度较大，但矿化蚀变较弱，破碎程度低。因此，其磁荷强度损失就小，表现出磁场强度稍高的特点；但就矿体及预测部位来看仍处于一个低值域的范围内，其强度基本相同，佐证了预测结果的可靠性。1 / 25000 航空磁测 ΔT 平面图上显示整个矿床及预测赋矿部位处于－40 至－60nT 的磁场强度范围内，且磁场特征与焦家等金矿床相似，说明预测深部有矿范围是比较可靠的。在矿区南部于－60nT 的区域内出现了－40nT 的隔离带，这一结果与矿体尖灭再现部位的无矿间隔是对应的。综合两种 ΔT 平面图资料，认为该区深部矿化强度及破碎程度较浅部要强。这一结果告诉我们其深部成矿条件是十分优越的。1：25000 联合剖面法剖面平面图上显示，该矿床及预测赋矿部位 ρ_S^A、ρ_S^B 曲线与焦家金矿床属于同一种类型，即低值平稳，反映其深部构造特点的一致性。

（十一）A—11 预测靶区

该靶区位于莱州市朱桥镇（**见图 8.12**）。山东省第六地质队于 1994 年对焦家带 1：2.5 万金矿成矿预测靶区验证时，确定了焦家主干断裂蚀变带自寺庄矿区向南延伸的方向并见到了金矿体与矿化，遂于 1995 年开展验证及普查工作，共施工了 6 个钻孔，其中 ZK1101 于－10 米标高见厚度 0.84 米，金品位 3.20 克 / 吨的金矿体。Z1102 于－75 米标高厚度 0.83 米，金品位 1.19 克 / 吨金矿体。该两个工程控制的矿体赋存在主裂面下盘的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带内，编为Ⅰ号。矿体走向 350°，倾向南西，倾角 30°—33°，推测控制长 170 米，倾斜延深 110 米。ZK1103 于－30 米标高厚度 0.84 米，金品位 4.21 克 / 吨金矿体，由其控制的矿体赋存在主裂面上盘的黄铁绢英岩化花岗岩带内，编为Ⅱ号。矿体走向 285°，倾向南西，倾角 33°。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

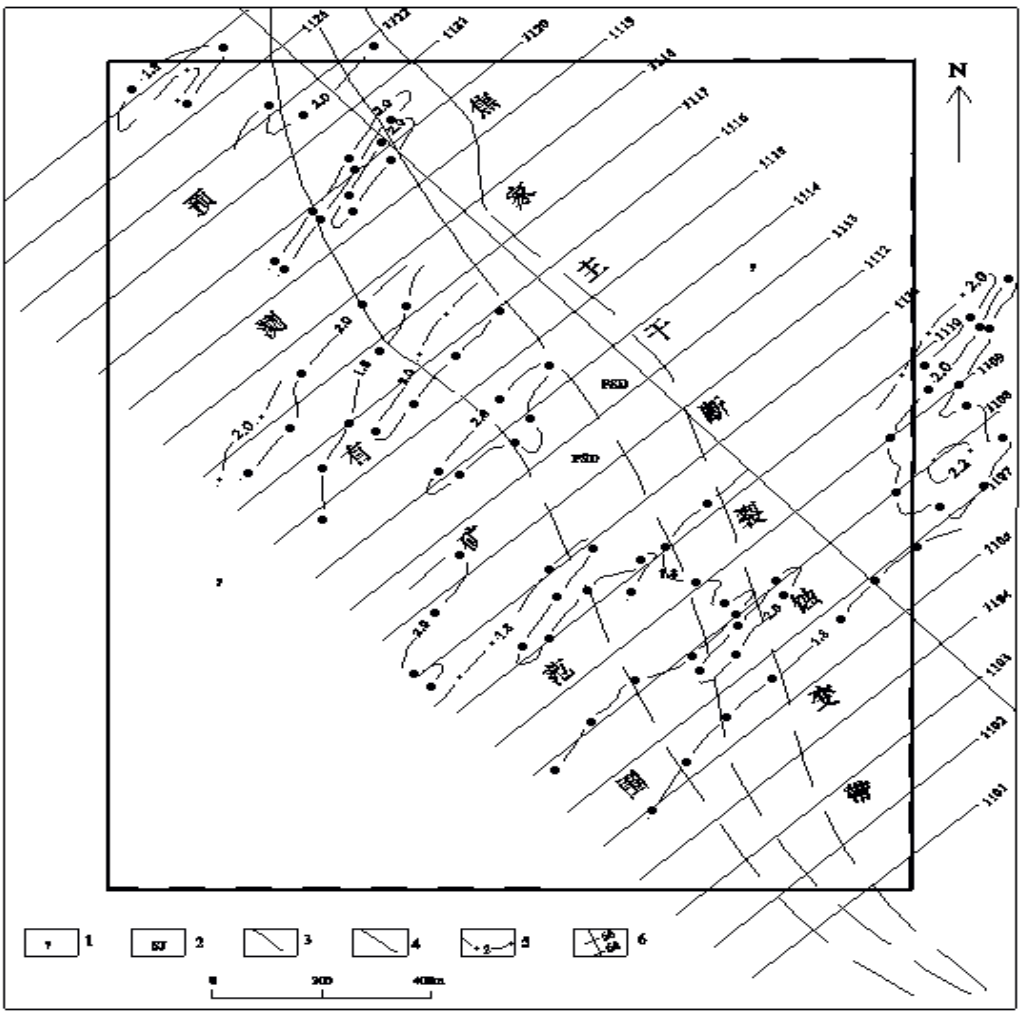


图 8.12 A－11 预测靶区综合地质图

1玲珑花岗岩 2破碎蚀变带 3实测及推测主断裂面 4实测及推测地质界线 5激化率异常及强度 6物探线及编号

该矿区中的金矿体或矿化体受焦家主干断裂蚀变带控制。蚀变带由黄铁绢英岩化花岗岩带、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带及黄铁绢英岩化碎裂岩带构成。蚀变岩带沿主裂面向两侧蚀变程度渐弱。蚀变带顶板为玲珑中粗粒花岗岩，底板为玲珑中细粒片麻状花岗岩。

靶区范围内有金等原生晕异常分布，峰值为 Au0.13×10^{-6}，Ag4.5×10^{-6}，Cu32×10^{-6}，Pb101×10^{-6}，Zn120×10^{-6}，As2.4×10^{-6}，Bi0.77×10^{-6}，Mo2.4×10^{-6}，Hg1.8×10^{-6}。1：1 万高精度磁测显示磁场特征为近南北向转北东向梯度带，化极 ΔT 值为 160—220nT。高磁场区 ΔT 值为 120—320nT。激化率异常 η_S=1.8—2。

通过对以往取得资料的系统分析认为，靶区内具有良好的找矿前景。其一，从成矿地质背景看，焦家主干断裂蚀变带通过，且蚀变岩分带完整，上盘为玲珑中粗粒花岗岩，下盘为玲珑中细粒片麻状花岗岩，且两者呈断层接触，其间的构造接触带为赋矿提供了良好空间。其二，激化率异常比较明显，为找矿提供了间接依据。其三，3 个见矿工程有两个工程在黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带见矿，有两个工程在黄铁绢英岩化花岗岩带见矿，为找寻金矿提供了直接标志。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

从区域成矿条件看，郭家岭花岗闪长岩的存在对金矿的形成十分有利。根据山东省物化探勘查院 1：1 万高精度磁测资料，推测盛家—姬家一带有隐伏的郭家岭花岗闪长岩体。可以认为其东侧的盛家金矿、大韩家以及灵山冯家等金矿均受其控制，徐村院金矿靶区位于其南西北缘，这就为找矿提供了基本前提。

从 1：25000 高精度磁测ΔT 平面图上可以看出徐村院靶区处于高磁场区中的马鞍部位，即两高一低谷地，视为断裂带内磁场强度降低所致，推测焦家主干断裂蚀变带经此通过。从 1：25000 航空磁测ΔT 平面图上可以看出，靶区处在－20—＋40nT 的磁场强度范围内，其中浅部磁场强度较高。分析研究认为，其一整个高磁场区视为隐伏郭家岭花岗闪长岩的反映，而靶区正处于其边缘部位；其二深部破碎蚀变强度强于浅部，从 1：25000 联合剖面法剖面平面图上可以看出，该靶区处于两端偏高中间偏低且平稳的区域，这一现象推测为岩性变化复杂构造作用不均匀所致。总之上述三种成果资料反映了靶区的特殊性，而这种特殊性往往是区别于普遍性的重要标志，为找寻工业矿体提供了依据。

基于以上分析，预测 1104—1108 线－500 米标高以上赋存有①号矿体，资源量 1564 公斤；1106—1109 线－200 米标高以上赋存有②号矿体，资源量 641 公斤；1109—1120 线－700 米标高以上赋存③号矿体，资源量 10246 公斤。该靶区预测金矿资源总量为 12451 公斤。

通过对 11 处预测研究靶区进行大比例尺深部金矿体预测，共圈定大小矿体 25 个，累计预测金矿资源总量 565 吨，其概况**见表 8.2**。

从表 **8.2** 看出，11 个预测靶区的金矿预测资源主要赋存于－400m 标高以下，－400m 以上的浅部区段资源量仅占总资源量的 9.5%。

焦家成矿带金矿预测靶区资源量汇总表　　表 8.2

靶区名称	预测资源量(kg)				合计
	－200m 以上	－200～－400m	－400～－600m	－600m 以下	
姚家		2090	5459		7549
王家			10293		10293
后沟子		2099	5968	11802	19869
上庄		3629	12079	16028	31736
河东			14441	41464	55905
河西－红布		10193	47655	109046	166894
东季－新城		9240	24196	50029	83465
焦家－马塘				56304	56304
望儿山	5074	10316	10514	61648	87552
寺庄	1365	573	7993	22940	32871
徐村院	5069	3965	2880	537	12451
合计	11508	42105	141478	369798	564889

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

第九章　结　论

第一节 对本次金矿成矿预测研究的认识

本次成矿预测研究是在成矿地质背景、典型矿床研究的基础上，结合地球物理、地球化学等多种资料，研究探讨了控矿条件与矿化信息，总结了焦家成矿带金矿的成矿赋矿规律，据此建立了综合找矿测模型，并将其应用于该成矿带的深部成矿预测。

本次成矿预测与一般的成矿预测有所不同，其预测对象是深部的金矿体；预测的方法无成熟者可遵循；预测的结果可（已经）直接用于指导深部的金矿勘查工作，具有重要的使用价值；根据本次成矿预测的实践所总结的大比例尺深部成矿预测方法，可供同类成矿预测时参考使用，经进一步完善有望形成一套实用的成矿预测方法，尽而可丰富成矿预测理论方法的内涵。

本次成矿预测研究存在的主要问题是未能将本次预测所采用的方法进行有效的关联，形成的大比例尺成矿预测专家系统，而处于人机关联阶段，该项工作有待于进一步研究探索。

第二节 焦家成矿带深部找矿工作规划

一、技术路线

“山东省焦家成矿带深部金矿成矿预测研究及其应用”是一项具有重要实用价值的地质研究工作，其预测的矿体可以作为该区下一轮深部普查找矿的部署依据。因此，该区下一轮的金矿地质工作要以 11 个预测靶区、25 个矿体为主攻目标，以地质、物化探、探矿工程等综合手段方法，开展以深部找矿为主，兼顾已知矿床外围找矿的普查工作。

深部地质找矿工作是一个复杂的工程系统，应该按照系统工程的原则建立一个具有高效性和实用性的勘查方法系统。针对不同预测靶区的地质勘查控制程度，确定合理的工程控制网度对矿床深部进行揭露。根据工程控制情况，由浅入深，逐渐向深部和外围发展。

二、技术工作方法

采用的技术方法包括地质测量、地球物理、地球化学、水工环地质、探矿工程、实验测试、GIS 地理信息系统等多种手段方法。

1、地质测量。主要开展大比例尺（1：10000～1：2000）地质修测和填图。1：10000 地质修测应在原有地质图的基础上借助地表工程揭露进行，一般查清矿带（矿区）范围内地层、构造、岩浆活动、蚀变带以及它们与矿床规模、产状、构造特征等之间的关系、分布规律等。1：2000

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

地质填图主要圈定含矿蚀变带（矿体）在地表的界线，并对矿床地质构造、矿体分布、围岩蚀变、矿化作用等进行详细研究以指导钻探工程工作。

2、物化探。主要包括高精度重力剖面测量、1：10000 高精度磁测、1：10000 大功率激电、瞬变电磁法、可控源音频磁大地电流法、井中综合物探、井中化探及深穿透地球化学等方法。

高精度重力剖面测量方法主要根据地质体密度的差异研究重力异常的分布特征及地质意义；高精度磁测方法主要根据地质体的磁性差异研究磁异常的分布特征，有效地确定构造蚀变破碎带等地质体的空间展布形态；大功率激电、激电测深主要寻找区内埋深较大的激发激化体（硫化物富集体），确定矿化体的深部产出形态及矿化强度；瞬变电磁法对于 500～800m 或更大深度的具有一定规模的矿（化）体反应效果比较明显；可控源音频磁大地电流法可以结合矿床成矿规律和矿床类型研究的基础上圈定含矿空间；深部综合电磁方法可以了解和寻找深部及钻孔周围的盲矿体，并确定矿体的空间位置、形态及产状。

地球物理方法着重解决隐伏岩体、构造带和金属硫化物富集体的空间展布特征等问题。由于各种物探方法受客观边界条件限制较多，对干扰源的分辨能力差。因此，开展物探工作时应先通过试验研究各种方法的可行性，以达到最佳的地质效果。

地球化学方法主要研究含矿蚀变带（矿体）及其围岩的地球化学异常特征，重点是金矿成矿指示元素异常特征，注重采用井中化探方法。通过对钻孔岩矿芯或坑探系统取样分析，研究成矿指示元素的变化规律及其与矿化体的空间对应关系，完善已建立的找矿模式。主要分析元素有 Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Te.、Bi、Hg 等。

3、水文地质、工程地质及环境地质。根据不同断裂成矿带或矿区的特点，主要通过相关地质调查和钻孔简易水文地质观测研究区内的水文地质特点，工程地质条件和环境地质条件，为矿床开采技术条件研究提供资料依据。

4、探矿工程。地表探矿工程主要是探槽和浅井等，主要应用于覆盖区主要地质体的揭露；机械岩心钻探用于对矿化带或矿体的深部追索控制。

5、实验测试。实验测试包括基本分析、光谱分析、组合分析、矿石化学全分析、岩矿鉴定、体重湿度测试等，同时考虑某些有针对性研究的样品的采集加工和分析，如同位素、包裹体、副矿物、选矿样品等。

6、GIS 地理信息系统。基于 GIS 平台建立多元信息勘查评价系统，充分利用其强大的数据处理和空间分析功能，建立各类数据图像的可视化专家研究系统，加强矿带矿区综合信息的整体性认识，提高基础地质和矿床地质的研究程度，指导和评价地质勘查工作。

三、经费概算

经费概算是按照中国地质调查局 2000 年 2 月颁布的《中国地质调查局地质调查项目设计预算

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

暂行标准》进行编制的。编制时根据目前地质市场的勘查成本、各种技术手段的掌握程度，结合当地工资标准、现行物价水平，对部分手段价格进行了适当调整，其目的是利用有限的资金完成最大的工作量，创造最好的经济效益。

初步经费概算总资金约为 2500 万元，其中机械岩心钻探费用占近 85％。

第三节 大比例尺深部成矿预测的方法研究探讨

一、成矿预测的基本思路

将预测区以往各类地质、地面物探、航空物探、化探资料进行收集整理，研究成矿规律信息；利用已有的、有效的处理方法，对地质、物探、化探资料进行必要的数据处理；结合新的深部找矿工作成果，运用符合实际的成矿理论建立区内已知矿体的地质、地球物理、地球化学找矿模型；采用综合信息成矿预测理论与方法的思想体系，对已知金矿体深部及其外围矿体级的成矿有利地段进行定位预测并估算资源量。

二、成矿预测的方法步骤

1、资料收集。充分收集预测区历年来所有的区域地质调查、矿产勘查、物探、化探等各类地质资料**,**尤其注重收集深部地质资料。

2、野外调查研究。进行野外现场调查研究工作，尤其对现正在开采的、较为典型的、规模与开采深度大的矿床（体）进行深入细致的地质调查和编录工作。以验证以往地质勘查与物化探资料成果和成矿规律认识的可靠性、正确性，并为成矿规律研究提供最新的、可靠的地质资料。

3、矿床地质研究。开展区域成矿模式与控矿地质条件研究，弄清地层、构造、岩浆岩对成矿作用的影响。对预测区内典型矿床进行剖析，深入细致地研究矿床（体）的赋存规律，包括矿床（体）纵（横）向等距性分布规律，矿床（体）匹配规律，矿体与断裂构造产状变化对应规律，矿体形态特征变化规律，矿体的侧伏规律，矿体的尖灭再现规律，矿化的分带与富集规律等。

4、地质物化探资料的处理。按有关标准，采用 **MAPGIS** 平台，扫描分层矢量化，建立属性地质图形数据库。应用先进适宜自动化程度较高的矿产预测系统，对地质物化探资料进行多种处理。通过重磁向上向下延拓、垂向二次导数等处理，可为覆盖区的岩性划分提供依据；推断断裂构造的位置、性质以及延伸情况。通过激电资料的处理，圈定适宜的异常并确定异常与激化体的空间对应关系，推断深部激化体可能存在的部位。通过对地球化学资料的处理，进一步研究地球化学场特征与矿化的关系，主要指示元素的变化性与矿体的内在联系等。

依据勘查成果资料，对预测区内所有的矿床（体）进行研究，并编制联合剖面图、多中段图

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

和矿带纵（水平）投影图。

5、建立找矿模型与预测。根据矿床地质与物化探成果资料的研究，建立地质找矿模型、地球物理找矿模型、地球化学找矿模型。按照以地质找矿模型为主导的原则，关联三者之间的对应关系，开展成矿预测工作。

6、靶区的圈定与资源量的估算。一般先在垂直纵投影图上完成的矿体预测，即依据找矿模型，根据物探异常与矿体的对应关系，圈定矿体边界，然后将预测矿体在垂直纵投影图上的边界转换成水平位置，最后在成矿预测图上予以表达。靶区的圈定，是在矿体圈定的基础上，依据预测矿体的分布范围，并考虑到今后开展找矿工作的需要，将靶区圈定为矩形域。

矿体资源量计算的面积由微机量取；其它各项参数利用已探明矿床和相邻矿体的数据确定，厚度由真厚度换算成水平厚度，体重以原勘查报告测试结果为依据，平均品位参考临近矿体勘查报告的成果，具体估算时可根据所参考矿体的变化规律等具体情况进行必要的处理。

若预测靶区内地质勘查程度高，地质找矿模型与地球物理找矿模型、地球化学找矿模型对应程度高，所预测的靶区可定为 A 级；其它情形可视具体情况定为 B、C 级。根据《固体矿产地质勘查规范总则》（GB/T13908—2001）的规定，A 级靶区所估算的资源量可确定为 334，即预测的内蕴经济的潜在矿产资源。其结果可以作为布置找矿工作的依据。

三、可能遇到问题的处理

1、物化探资料的调平、衔接与成图使用。不同工作区、不同年代、不同精度、不同比例尺的物探化探资料以及不同时代的区域地质调查成果往往存在着一些差异，有时这些差异是比较明显的，以至于在成图时无法连接。因此，在实际工作中，要选择工作质量较高、精度较大、与矿化信息对应较好的工作区资料为基准，利用它与其它工作区的交连关系，对其它工作区进行调平衔接，以达到统一成图使用的目的。

2、矿体的精确定位预测。大比例尺、小区域和深部成矿预测中的矿体精确定位是该类预测的关键所在。一般的物化探信息和成矿规律研究难以实现该目的，只有进行详尽地研究矿床（体）的成矿赋存规律，深部地质勘查资料和物化探信息，按照以地质找矿模型为主导，关联地质找矿模型、地球物理找矿模型、地球化学找矿模型三者之间的对应关系，开展成矿预测工作，是能够实现矿体的精确定位的。具体的方法因不同的矿区（带）地质工作程度高低而异，但上述一般方法是可以借鉴的。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

致　　谢

本项研究工作是在范继璋教授的精心指导下完成的，并对物化探成果资料的解译作了审定；吉林大学叶水盛教授指导了地球物理和地球化学两个成矿预测模块的具体应用；山东省地质矿产勘查开发局伊丕厚研究员、徐金芳教授级高工、郝万祥教授级高工、黄太岭教授级高工、刘长春高级工程师等，山东省第六地质矿产勘查院常乃焕高级工程师、李爱民高级工程师、于海新教授级高工、赵林清高级工程师、崔书学高级工程师，山东省物探化探勘查院季顺乐高级工程师、杨茂森教授级高工、肖霏岳教授级高工等给予了多方面的技术指导和帮助；山东省第六地质矿产勘查院矿业公司信息中心沈少莹高级工程师及其同事，山东华地矿业咨询有限公司的颜世强高级工程师制作了部分图件，在此致以衷心的感谢。

参考文献

[期刊文献]

[1] 蔡新平．试论郯庐断裂带对胶东金矿集中区形成的巨大作用．山东地质，1993，（2）：93~101．

[2] 王海芹，曲晓明等．郭家岭岩体矿物包裹体研究．山东地质，1998，（2），52~57．

[3] 罗镇宽，关康等．招远—莱州地区花岗岩类继承锆石年龄及其意义．山东地质，1999，（3）：24~30．

[4] 郑若惠．山东招莱地区金矿床矿石物质组成及金的伴生矿物标型特征．山东地质，1993（2）：73~83．

[5] Antropova LV et al.New methods of regional exploration for blind mineralization: application in the USSR. J. Geochem. Explor.， 43：157-166. 1992

[6] Praekelt，H.E.，and Schech，A.E. A Progressive Ductile Shear Model for the Proterzoic Terrain， Namaqu Mobile， South Africa Colliston W.P.，Precambrian Research，No.49

[图书文献]

[1]王世称、成秋明、范继璋等，金矿资源综合信息评价方法　　吉林科学技术出版社　1990

[2]王世称、范继璋、杨永华等，矿产资源评价　　吉林科学技术出版社　1990

[3] 王世称、王於天等，综合信息解译原理与矿产预测编图方法 吉林大学出版社　　1990

[4] 陈毓川　矿床成矿系列与成矿预测　　地震出版社 1999 （19-22）

[5] 朱裕生　　论大比例尺成矿预测　　地震出版社 1999（317-323）

[6] 赵鹏大等 矿床勘查与评价　　地质出版社　**1988** 年

[7] 胡受奚等 华北地台金成矿地质　　科学出版社　**1997**

[8] 赵鹏大等地质异常成矿预测理论与实践　　中国地质大学出版社 **1999** 年

[9] Cameron，Archean Gold Mineralization annd Oxidizd Hydrothermal Fluids Econ. Geol.， Vol. 82. 1987

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

[10]Donald A. Singer, Basic concepts in three quantitative assessments of undiscovered mineral resources, nonrenewable resources 2 (2), 1993

[11] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省胶东西北部焦家金矿带 1：25万金矿成矿预测报告．1993．

[12] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省莱州市焦家金矿床地质勘探—生产勘探总结报．1996．

[13] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省莱州市马塘 1 号矿体金矿区详查地质报告．1986．

[14] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省莱州市马塘 2 号矿体金矿区详查地质报告．1984．

[15] 山东省第六地质矿产勘查院．山东省胶东地区大—中型金矿成矿规律及找矿方向研究．1997．

[16] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省招远县河西金矿床河西矿段勘探地质报告．1987．

[17] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省莱州市河西金矿床红布矿段勘探地质报告．1989．

[18] 山东省地质矿产局第四地质队．山东省莱州市东季金矿床勘探地质报告．1993．

[19] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省招远县河东金矿床初步勘探地质报告．1982．

[20] 山东地质局 807 队．山东省掖县望儿山金矿床详细普查地质报告．1969．

[21] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省莱州市寺庄金矿床普查地质报告．1992．

[22] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省掖县新城金矿床勘探地质报告．1979．

[23] 山东省第六地质矿产勘查院．山东省莱州市徐村院矿区金矿普查地质报告．1998．

[24] 山东省冶金勘探公司三队．山东省莱州市望儿山金矿床勘探地质报告．1993．

[25] 山东省第六地质矿产勘查院．山东省龙口市姚家矿区金矿普查地质报告．1997．

[26] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省莱州市新城金矿床补充勘探地质报告．1987．

[27] 冶金部第一地质勘查局二队．山东省招远县灵山沟Ⅴ号矿脉深部勘探地质报告．1992．

[28] 山东省招远县黄金地质队．山东省招远县蚕庄山后冯家金矿区勘探地质报告．1990．

[29] 核工业部东北地勘局 248 大队．山东省招远县上庄金矿区Ⅷ号矿体详查地质报告．1988．

[30] 山东省冶金勘探公司三队．招远市前孙家矿区金矿普查报告．1981．

[31] 山东省地质矿产局第六地质队．山东省招远市蒋家金矿床勘探地质报告．1992．

[32] 山东省招远县黄金地质队．山东省招远县辛庄洼孙家金矿床勘探地质报告．1992．

[33] 地质矿产部直属单位管理局．矿田构造与成矿预测．1993，33~101．

[34] 常乃焕．焦家式金矿地质特征．山东地质矿产研究文集，1996，117～128．

[35] 中国地质大学．遥感技术在胶东半岛西北部金矿资源调查中的应用研究．1990．

[36] 山东省物化探勘查院． 胶东破碎带蚀变岩型金矿床地质—地球物理—地球化学找矿模型评价指标研究及预测 1992

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

攻博期间发表的学术论文及其它成果

1、石玉臣 范继璋等 胶东地区金矿成矿“树支状”系统 《吉林大学学报》[地球科学版] 2004 年 2 期 总 36 卷

2、石玉臣 方长青等 山东省近海砂矿分类及其基本特征 《海洋地质与第四纪地质》 2004 年 2 期 总 24 卷

3、石玉臣 伊丕厚等 鲁西绿岩带型金矿床地质特征与找矿方向 《矿床地质》2002 年 第 21 卷 增刊

4、石玉臣 常乃焕等 山东省焦家金成矿带深部大比例尺成矿预测研究报告 2002 年

5、石玉臣 地勘单位在矿业权经营中存在的主要问题与对策 《中矿联地勘协会第二届年会学术论坛文集》 2002 年

6、石玉臣 王 芳等 山东省萤石矿的成矿规律探讨 《华东六省一市地学科技论坛文集》 2003 年

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

山东省焦家成矿带深部金矿成矿预测研究及其应用

摘　　要

山东省焦家金矿成矿带是国内最著名的金成矿带之一。自上世纪六十年代以来，由于“焦家式”金矿新类型的发现，不仅丰富了金矿成矿的新理论，而且在金矿找矿实践方面取得了重大突破。随着焦家金矿成矿带金矿开采深度的不断增加，对地质勘探工作提出了深部找矿的新要求。焦家金成矿带深部大比例尺成矿预测研究的目的不仅是预测深部金矿资源，确定找矿靶区，指导该带深部勘查工作；而且更重要的是形成一套行之有效的深部大比例尺金矿预测方法，以推动我国金矿的深部地质找矿工作进入一个新阶段。

一、找矿模型的建立

找矿模型是在控矿条件、找矿信息与成矿规律研究的基础上，通过对刻划矿体存在的矿床控制因素和找矿标志因素的系统分析，归纳出用于圈定矿体可能存在的空间区域的概念模型，是矿产资源预测评价的理论基础。找矿模型的建立要考虑各种地源信息的整体性、层次性、系统性及其实用性。

（一）地质找矿模型

通过对焦家成矿带的金矿控矿地质条件和成矿规律的研究，确定其地质找矿模型如下：

1、胶东岩群地层、玲珑花岗岩和郭家岭花岗闪长岩分布区。

2、地层或岩体内部北东或北北东向断裂发育区。尤其是地层或岩体边缘与断裂的复合部位。

3、断裂形态边缘，如断裂构造拐弯部位、多条断裂密集带、断裂破碎带由窄变宽部位、分枝复合部位、沿走向倾向变化部位、主断裂与分支断裂交汇部位、多组断裂交汇部位等。

4、黄铁绢英岩化、硅化、钾化－钠化为主的蚀变与金矿化关系密切，金黄铁矿石英阶段和金多金属硫化物阶段为主要的成矿期（阶段），呈现的主要矿物组合有石英、银金矿、黄铁矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿和自然金等。主要矿体往往赋存于主裂面附近的黄铁绢英岩化碎裂岩（糜棱岩）带和黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带，次要矿体多见于距主裂面较远的黄铁绢英岩化花岗岩带内，主要矿体和次要矿体的规模、形态产状以及空间连续性有差异。

5、焦家成矿带主矿体普遍具有侧伏规律，断裂带向北西倾着矿体多向南西方向侧伏，向南东倾者多向北东方向侧伏，沿侧伏方向已呈现尖灭再现和分支复合等特点。

6、沿主要成矿断裂带矿床的分布具有纵向等间距分布的特征和大小金矿床的匹配出现规律。

（二）地球物理模型

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

本区四种不同围岩环境所赋存金矿的地球物理模型，可通过不同的单一地球物理模型组合得到，可概括归纳如下：

1、处于胶东群斜长角闪岩与玲珑花岗岩接触破碎蚀变带金矿床（体）的上方，重力、磁法为由低到高的梯级带，并伴有低值反映，对应高极化率及次级高阻特征。

2、处于胶东群斜长片麻岩与玲珑花岗岩接触破碎蚀变带金矿床（体）的上方，重力为由高到低、磁法为由低到高过渡带特征伴有低值反映，对应高级化异常和次级高阻特征。

3、处于玲珑花岗岩与郭家岭花岗闪长岩断裂带金矿床（体）的上方，重力微弱低值反映，磁法小梯级带，对应 n_s 高值异常及 p_s 低阻反映。

4、处于玲珑岩体内断裂蚀变带金矿床（体）的上方，重磁微弱低值反映，对应高激化异常及低阻异常

（三）地球化学找矿模型

根据破碎带蚀变岩型金矿床的次生及原生晕特征，总结出次生异常和原生晕的地球化学找矿模型如下：

1、次生异常的找矿模型。金矿床被剥蚀时，在残坡积物中（覆盖较浅的土壤 C 层）的次生异常元素组合复杂，异常范围大、异常强度高，即众所周知的异常特征高、大、全。当被剥蚀金矿床，在土壤 A_2 层中（覆盖较厚）的次生异常，元素组合简单，以 Au、Ag 为主，异常强度以内、中、外分带。当金矿床隐伏时，在土壤 A_2 层中的次生异常以成矿元素 Au 为主，异常强度以外带浓度分带为特征。

2、原生晕找矿模型。破碎带蚀变岩型金矿原生晕组份是非常复杂的，主要指示元素有 Au、Ag、As、Cu、Pb、Zn、Sb、Bi 等 8 种。主断裂带中与支断裂带中金矿床原生晕特征有差异，Pb、Zn 元素异常在主断裂带金矿床中呈正异常形式，在支断裂带金矿床中呈负异常形式。

主断裂带金矿体轴向元素序列分带从上到下：Sb—As—Cu—Bi—Au—Ag—Pb—Zn。矿前与矿后不同剥蚀面的元素组合有差异，矿前以 As、Sb、Cu、Bi 为主。矿后以 Ag、Pb、Zn 为主。花岗岩内部接触带内的金矿床和花岗岩与变质岩接触带内的金矿床的原生晕特征无本质差异。它们具有相似的轴向元素序列分带。支断裂带中金矿体轴向元素分带序列从上到下：As—Cu—Ag—Bi—Au—Sb—Pb—Zn，其中 Pb、Zn 元素以负异常为主要特征。

由元素序列分带确定的矿上元素与矿下元素的比值对判断金矿体的剥蚀面具有重要意义，当评价指标值大于 2 时是矿前剥蚀面位置（矿体隐伏），评价指标值 0—2 之间是金矿体位置，评价指标值小于 0 时是矿后剥蚀面位置。沿金矿体轴向，金矿体前方至少 500 米内 Au、K、Na 异常仍发育。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

二、 成矿预测概述

本次成矿预测是根据找矿模型，对焦家成矿带可能存在的中大型规模的金矿床（体）进行预测评价。因此，预测研究目标体是焦家主干断裂蚀变带、望儿山断裂蚀变带及河西断裂蚀变带的深部。至于下盘的其他分支构造，认为以小型规模金矿体为主，且资料不足，未对其进行深部预测。

本次预测共圈定龙口市黄山镇姚家、龙口市王家、招远市后沟子、招远市上庄、招远市河东、招远市河西--红布、莱州市东季--新城、莱州市焦家--马塘、莱州市望儿山、莱州市寺庄和莱州市徐村院等 11 处大中型 A 级找矿靶区，矿体 25 个，总计预测金矿资源量 560 吨，为该成矿带已探明储量的 150%。

由成矿规律研究和成矿预测结果可知：在大比例尺深部矿体级成矿预测工作中 ，详细的成矿规律研究起着关键的作用，地球物理、地球化学场以及遥感影象的研究起着辅助的作用。这种预测方法既不需要投入大量的人力财力，节省资金和时间，又能够较为简单、准确地圈定预测矿体的空间位置，估算资源量，实现预测的目的，起到事半功倍的效果。对目前地勘单位开展类似的成矿预测工作而言是一最为有效的方法手段之一。

三、大比例尺深部成矿预测的方法探讨

1、资料收集。充分收集预测区历年来所有的区域地质调查、矿产勘查、物探、化探等各类地质资料,尤其注重收集深部地质资料。

2、野外调查研究。进行以矿山地质工作为主的野外现场调查研究工作，尤其对现正在开采的、较为典型的、规模与开采深度大的矿床（体）进行深入细致的地质调查和编录工作，必要时可进行坑道地球物理和地球化学工作。以验证以往地质勘查与物化探资料成果和成矿规律认识的可靠性、正确性，并为成矿规律研究提供最新的、可靠的地质资料。

3、矿床地质研究。开展区域成矿模式与控矿地质条件研究，弄清地层、构造、岩浆岩对成矿作用的影响。对预测区内典型矿床进行剖析，深入细致地研究矿床（体）的赋存规律，包括矿床（体）纵（横）向等距性分布规律，矿床（体）匹配规律，矿体与断裂构造产状变化对应规律，矿体形态特征变化规律，矿体的侧伏规律，矿体的尖灭再现规律，矿化的分带与富集规律以及地球物理地球化学场规律等。

4、地质物化探遥感资料的处理。按有关标准，采用 MAPGIS 平台，扫描分层矢量化，建立属性地质图形数据库。应用先进适宜自动化程度较高的矿产预测系统（如东师海信矿产预测系统），对地质物化探资料进行多种处理。通过重磁向上向下延拓、垂向二次导数等处理，可为覆盖区的岩性划分提供依据；推断断裂构造的位置、性质以及延伸情况。通过激电资料的处理，圈定适宜

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

的异常并确定异常与激化体的空间对应关系，推断深部激化体可能存在的部位。通过对地球化学资料的处理，进一步研究地球化学场特征与矿化的关系，主要指示元素的变化性与矿体的内在联系。通过对遥感资料的解译处理，勾画线性与环状构造并与重磁处理资料相关联，进一步确定预测研究区内的地质构造格架。

依据勘查成果资料，对预测区内所有的矿床（体）进行研究，并编制联合剖面图、多中段图和矿带纵（水平）投影图。

5、建立找矿模型与预测。根据矿床地质与地物化探成果资料的研究，建立地质找矿模型、地球物理找矿模型、地球化学找矿模型。按照以地质找矿模型为主导的原则，关联三者之间的对应关系，开展成矿预测工作。

6、靶区的圈定与资源量的估算。一般先在垂直纵投影图上完成的矿体预测，即依据找矿模型，物化探找矿模型（异常与矿体的对应关系），圈定矿体边界；然后将预测矿体在垂直纵投影图上的边界转换成水平位置；最后在成矿预测图圈定预测靶区。考虑到后期地质找矿工作的需要，一般将靶区圈定为矩形域。

靶区资源量的计算，是其内矿体资源量之和。矿体资源量计算的面积由微机量取；其它各项参数利用已探明矿床和相邻矿体的数据确定，厚度由真厚度换算成水平厚度，体重以原勘查报告测试结果为依据，平均品位参考勘查报告提交成果，具体估算时可根据具体情况进行必要的处理。

若预测靶区内地质勘查程度高，地质找矿模型与地球物理找矿模型、地球化学找矿模型对应程度高，所预测的靶区可定为 A 级；其它情形可视具体情况定为 B、C 级。根据《固体矿产地质勘查规范总则》（GB/T13908—2001）的规定，A 级靶区所估算的资源量可确定为 334，即预测的内蕴经济的潜在矿产资源。其结果可以作为布置找矿工作的依据。

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

Deep Gold Bodie's Predictation Study and Its Application in Jiaojia Gold Belts of Shandong

(Abatract)

Jiaojia gold belts in Shandong is one of the most famous gold mineralization belts in China. From 60s of 20th centry up to now, The new type of gold deposit ,namely Jiaojia type was discovered,which made gold mineralization theory abundant,and gold deposits exploration made breakthrough achievement in the belts. As mining depth becoming deep and deep in the belts , the new requirement of deep-exploration was put forwards to geological work. The popurse of Large-scale and deep-depth gold deposits (bodies) prediction is not only to predict deep gold resource, determine exploration targets and direct deep gold deposits (bodies) exploration; but also to form a set of applicated predictation method in order to promote deep minerals exploration entering a new stage in China.

1.Prospecting Model Construction

Prospecting models were constructed on the basis of study of mineralization-controll condition , prospecting informationand mineralizatin regulation, and by sysmaticly analysis of deposits (bodies) controll-factors and prospecting signs. During the construction entirety, gradation,sysmatics and practics of all geological iformation should be consider.

1.1Geological prospecting Model

By study of mienralization-controll condition and mineralization regulation of gold deposits in Jiaojia gold mineralization belts,the prospecting model was determined as following:

1.1.1 Distribution areas of Jiaodong group, Linglong granites and Guojialing granites;

1.1.2 NE-direction or NNE-direction faults development areas in the interion of stratigraphic units and intrusives, especially in the composite between faults and stratigraphic unit or intrusives margin.

1.1.3 Faults variation parts,such as fault direction changes, from narrow to wide, one fault changing to several or several composite, dip-angle change and so on.

1.1.4 Gold mineralization had closely relationship with pyrite-sericite-quartz(PSQ), silicification,and potassium-sodium,therefor major orebodies usually occurred in PSQ-cataclasite(mylonite) and PSQ-granitic cataclasite near main plane of faults;subordinate orebodies in PSQ-granites far from the main plane;the scale, shape, occurrence and continuity were different between major and subordinate orebodies.

1.1.5 The major orebodies had **side-dip regulation** in Jiaojia belts. If the belts dipped in NW-direction the orebies in it would side-dipped in SW-direction; If the belts dipped in SE-direction the orebies in it would side-dipped in NE-direction. In side-dip direction the orebodies possessed the characteristics of tip-dispear to apear and separate to composite.

1.1.6 The major deposits (bodies) occurred in main faults of the belts distributed in equal-distance regulation along the faults and matched subordinate deposits (bodies) in vertical direction to the faults.

1.2 Geophysical Prospecting Model

The geophysical models of gold deposits (bodies) occurred in four type wall-rocks can be

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

determined by combination of four-single geophysical models and Each type of geophysical models can be generized as following:

1.2.1 The deposits (bodies) occurred in fractured contact zones between plagioclase-amphibolites and Linglong granites,the model was as following: gradient belts from low to high for gravity and magnetism, which companing low value; and high induced polarization value and sub-high resistivity.

1.2.2 The deposits (bodies) occurred in fractured contact zones between plagioclase-gneiss and Linglong granites,the model was as following: gradient belts from high to low for gravity , from low to high for magnetism and which companing low value; and high induced polarization value and sub-high resistivity.

1.2.3 The deposits (bodies) occurred in fractured zones between Linglong granites and Guojialing granites, the model was as following:lower value for gravity, small gradient belts for magnetism; and high induced polarization value and low resistivity.

1.2.4 The deposits (bodies) occurred in fractured zones of Linglong granites,the model was as following: low for gravity and magnetism; and high induced polarization value and low resistivity.

1.3 Geochemical Prospecting Model

According to the characteristicsof secondary and original halo, the geochemical prospecting models can be determined as following:

1.3.1 The secondary hole prospecting model. The secondary anomaly characteristics of gold deposits (bodies) were mainly effected by location of their denudation plane and soil thinkness.when the deposits (bodies) were denuded, in residual deposits (C-player soil) the elements combination of secondary anomaly were complicated, anomaly large, intensity high. when the deposits (bodies) were denuded, in residual deposits (A_2-player soil) the elements combination of secondary anomaly were simple (mainly as Au and Ag), intensity belts can be classified in-ner, intermediate and outer belt. when the deposits (bodies) were concealed, in residual deposits (A_2-player soil) the elements of secondary anomaly were mainly Au, intensity belts commonly as outer belt.

1.3.2 The original hole prospecting model. The original hole elements of alterated rocks were very complicated and their major indicating elements were Au,Ag, As, Cu, Pb, Zn, Sb and Bi. The original hole characteristic was different between main faults and subordinate faults. Pb and Zn anomalies of the deposits (bodies) occurred in main faults were positive anomaly and negative anomaly in subordinate faults.

The elements along orebodies possessed the squence from up to down as Sb-As-Cu-Bi-Au-Ag-Pb-Zn. The elements combinations were different between before-orebodies and after-orebodies. The combination of before-orebodies mainly were As,Sb,Cu and Bi and after-orebodies Ag,Pb and Zn. The elements combinations of the bodies in the contacts of granites and contacts between granites and Jiaodong group possessed unquite difference. The anomalies of Au,K and Na still developed in the area of 500m far fromorebodies in advance.

1.4 Remote Sense Image Prospecting Model

Ring tectonic image reflected hydrothermal area (mother-rocks centre of gold mineralization); line tectonic image as passway of hydrothermal flow and deposit’s space.

2. Outline of Mineral Prediction

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

According to the prospecting models, intermidate-large scale gold deposits (bodies) prediction had been carried out in Jiaojia belts which mainly included the deep parts of Jiaojia faults,Wangershan faults and Hexi faults.

The results were as following: 11 intermidate-large scale targets (25 orebodies) had been determined, which included Huangshanguan, Wangjia in Longkou city; Hougouzi, Shangzhuang, Hedong, Hexi-Hongbu in Zhaoyuan city; Dongji-Xincheng, Jioajia-Matang, Wangershan, Sizhuang and Xucunyuan in Laizhou city. The total predicted gold resource was 560 tons which was 168% of the ascertained resource in the belts.

From the mineral prediction and study we concluded that detail metallogenic regularities study played key role and geophysical,geochemical and remote sense image studies supplementary role. This Prediction method needn't take a lot personel , time,and financial capacity; and could simplely and accurately determined orebodies space, roughly calculated mineral resources,realized prediction popurse. It could get half twice the result with half the effort and be one of the most effective methods in large-scale deep-space metallogenic prediction for exploration units.

3.Discusion to Method of Large-Scale Deep-Space Minerals Prediction

3.1 Geological Materials Collection

Collecting every kind of geological materials over the years, which include regional geological survey, mineral resources exploration, geophysical survey and geochemical survey materials; especialy paying attention to deep-space geological material.

3.2 Field Survey and Study

Field survey and study should be conducted and detailed geological survey and recording to being mined in large scale, typical, deep minig depth mines payed special attention; which could identificate their reliability and correctness of the collected geological materials and recongnization of mineralization regulation,and provide newly and reliable geological material for metallogenic regularities study.

3.3 Deposit's Geology Study

Conducting the study on regional metallogenic model and ore-controlling geological condition; determing the affect of strata, tectonic and magama to mineralization. Analysing typical deposits in prediction area, thoroughly detailed studying on deposits (orebodies) occurrence regularities which include deposit's (orebodie's) distribution in equal-distance regularities, matching regularities between the major deposits (bodies) and subordinate deposits (bodies), matching relationship betwen fault's occurrence variation and deposits (bodies), deposit's (bodie's) shape's variation regularities, deposit's (bodie's) **side-dip regularities,** deposit's (bodie's) shape's tip-dispear to apear regularities, and mineralization zoning and neriching regularities.

3.4 Geophysical and Geochemical Materials Processing

According to criterion and adopting MAPGIS technical terrace , the geophysical and geochemical materials are **shilianghua** by scanning and layering and the geological graph data base constructed. Using advancedly automatic minerals prediction system,such as Dongshi Hisense Minerals Prediction System, the geophysical and geochemical materials are multiply processed. It could provide basis for lithological characters; deduce fault's location ,property and deeply streching; circle anomalies and determine their space relation between anomalies and induced polarized bodies; and clear relation between variation of

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

indictive elements and orebodies.

3.5.According to exploration documents and study on the gold deposits or orebodies in the prediction area, joined profile, multi levels and vertical/ horizontal oreforming belt's projection maps compiled.

3.6.According to the study achivements on deposit's geological, geophysical and geochemical informations, prospecting models of geology , geophysics and geochemistry were constructed. On basis of geological prospecting models, the three prospecting models would be interrelated and ore-forming prediction conducted.

3.7.According to the prospecting models, firstly circling predicted orebodie's bourdary lines in vertical projection map; then transfering the bourdary lines from vertical projection map to horizontal one; lastly drawing the predicted them on ore-forming prediction maps. On the basis of circledly predicted orebodies , prospecting targets could be determined and the targets should be in rectangle in order to meet the requirments of later prospecting works.

3.8. Square of predicted orebodie's Calculation taken by computer; other parameters from neighbourly proved deposits(orebodies), which should be modified if necessary.

3.9. If the predicted prospecting targets in the area where geological exploration degree is higher, prospecting models of geology , geophysics and geochemistry are closely interrelated, the calculated resources in them can be determined as A-grade. In other conditions as B-grade or C-grade accordingly. The calculated resources in A-grade targets are equally to "334 grade", which could be as the basis of prospecting deposition.

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com

作　者　声　明

未经本论文作者的书面授权，依法收存和保管本论文书面版本、电子版本的任何单位和个人，均不得对本论文的全部和部分内容进行任何形式的复制、修改、发行、出租、改编等有碍作者著作权的商业性使用（但纯学术性使用不在此限）。否则，应承担侵权的法律责任。

吉林大学博士学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交学位论文，是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不包含任何其他个人和集体已经发表或撰写过的作品成果。对本论文的研究做出贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人完全意识到本声明的法律结果由本人承担。

学位论文作者签名：

日 期：二 OO 五年五月八日

PDF created with pdfFactory trial version www.pdffactory.com