分类号：_____ 密级：_____

编号：102009023

桂林理工大学

硕士研究生学位论文

山东夏甸道北庄子金矿成矿地球化学模型与成矿预测

专　　业：地球化学

研究方向：勘查地球化学

研 究 生：李建中

指导教师：陈远荣 教授

论文起止日期：2010年8月至2012年4月

Y2095741

Metallogenetic Geochemical Model and Metallogenic Prediction in Daobeizhuangzi gold deposit, Xiadian gold field, Shandong Province

Major: Geochemical

Direction of Study: Geochemical Exploration

Graduate Student: Li Jianzhong

Supervisor: Prof. Chen Yuanrong

School of Geosciences
Guilin University of Technology
August,2010 to April,2012

研究生学位论文独创性声明和版权使用授权书

独 创 性 声 明

本人声明：所呈交的论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。据我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含为获得其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。对论文的完成提供过帮助的有关人员已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

学位论文作者（签字）：李建中

签字日期：2012. 6. 18

学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解(学校)有关保留、使用学位论文的规定，有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的印刷本和电子版本，允许论文被查阅和借阅。本人授权(学校)可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文。同时授权中国科学技术信息研究所将本学位论文收录到《中国学位论文全文数据库》，并通过网络向社会公众提供信息服务。(保密的学位论文在解密后适用本授权书)

学位论文作者签名：李建中　　导师签字：陈亚苹

签字日期：2012 年 6 月 18 日　　签字日期：2012 年 6 月 18 日

摘要

道北庄子金矿床是一个构造破碎带蚀变岩型金矿床。本文通过对各类微量元素和烃类组分在该矿床不同中段的含量变化以及在纵向上的异常展布和富集规律进行分析和总结，建立了该矿床的地球化学叠加异常分带理想模型，并总结了该矿床的矿床成因、控矿因素以及找矿标志，为其深部以及周边地区的找矿预测提供了科学依据。研究表明，有机物对道北庄子金矿成矿具有重要作用，金的有机络合物是该区金的重要搬运形式之一，同时，有机烃气是该区重要的伴生气体组分之一，烃类组分可作为该区找矿预测的重要指标。烃类指标的高值异常主要围绕金矿体前缘和外侧四周分布，金矿体分布区则属于相对低值区。根据道北庄子-250 中段平面上各指标的异常分布特征及所总结的相关找矿标志，认为在 15-16 线，21-26 线区段深部主裂面周围还存在一定的找矿潜力，尤其是 21-26 线区段，有望找到延伸和延长均超过 100 米，厚度达 2-3 米以上的金矿体。青草沟地区成矿潜力较差，相对来说，存在 2 个成矿和找矿有利靶区。其一位于 4 线东部，该区矿化体埋深较大，至少在 650 米深以上；另一个位于 8-9 线主裂面地表附近，矿体埋深浅，规模小，以小透镜体形式产出。芝山地区虽然存在部分元素异常，但各元素异常不匹配，成矿潜力差，仅在局部地区可能形成一些小规模的石英脉型矿体。

关键词：道北庄子，金矿床，分带模型，找矿预测

Abstract

The DaoBeiZhuangZi gold deposit is a typical altered rock type gold deposit distributed in structural fracture zone.In this paper,based on the analysis and summary to the variety of trace elements and hydrocarbon component content in different levels of the deposit,as well as the anomaly extend and enrichment regularity invertical section,an ideal geochemical superimposed anomaly zoing model has been set up,And sums up the causes of the deposits, deposit-controlling factors, and prospecting marks, the model can be used as scientific basis to forecasting mineral resources in surrouding and its underground deep areas.Research shows that, organic matter to produce Daobeizhuangzi gold deposit plays an important role, gold organic complex is the important form of gold handling,And the same time, organic hydrocarbon gas is the important component of the associated gas, hydrocarbon components can be used as the important indexes of prospecting prediction. Hydrocarbon index of high value anomalies mainly around the bottom edge and lateral gold all round distribution, gold ore body distribution area belong to relatively low value area. According to -250 level of daobeizhuangzi gold deposit on the plane of the index abnormal distribution characteristics and summary relevant prospecting marks, consider as in 15-16 line and 21-26 line segment deep Lord around presplit face still, there are some metallogenic potential, especially 21-26 line segments, is expected to find extensions and extended by more than 100 meters, the thickness of 2-3 meters of above gold ore body. QingCaoGou areas with poor metallogenic potential, relatively speaking, there are two mineralization and favorable ore-prospecting target area. One is located in the east of 4 line, the mineralized bodies buried deep, at least in the 650 meters above; The other in 8 to 9 line near the main surface of fracture, ore body buried shallow, small scale, with small lens body form output. Though ZhiShan region exists some elementary anomalies, but each element is unusually not match, with poor metallogenic potential, only in the local area may form a small scale of quartz vein type ore body.

Key words: DaoBeiZhuangZi,Gold deposit, Zoning model, Prospecting prediction

目录

第一章 前 言 1

1.1 选题依据和意义 1

1.2 研究现状及存在问题 1

1.2.1 原生晕研究现状 1

1.2.2 成矿预测研究现状 3

1.2.3 存在问题 6

1.3 研究的目的任务 6

1.4 研究思路、方法和完成工作量 6

1.4.1 研究思路、方法 6

1.4.2 完成工作量 7

1.5 取得的主要成果及认识 7

第二章 烃气测量法找矿的理论基础及野外、室内的工作方法 9

2.1 烃气测量法的理论基础 9

2.2 工作方法 11

2.2.1 野外采样方法 11

2.2.2 室内处理方法 12

第三章 区域地质背景 14

3.1 区域地层 14

3.1.1 中太古代唐家庄岩群（Ar_3t） 15

3.1.2 新太古代胶东岩群（Ar_4j） 15

3.1.3 古元古代荆山群（Pt_1j） 15

3.1.4 新生代第四系（Q） 15

3.2 区域构造 15

3.2.1 北东-北北东向断裂 15

3.2.1.1 招(远)一平(度)断裂 15

3.2.1.2 丰仪断裂 16

3.2.2 北西向断裂 17

3.2.3 东西向断裂 17

3.3 区域岩浆岩 17

3.3.1 官地洼超单元 17

3.3.2 马连庄超单元 17

3.3.3 栖霞超单元 17

3.3.4 莱州超单元 18

3.3.5 双顶超单元 18

3.3.6 玲珑超单元 18
3.4 脉岩 18
3.5 区域矿产及分布规律 18
第四章 矿区地质概况 20
4.1 矿区位置、交通、自然地理与经济概况 20
4.2 矿区地质特征 21
4.2.1 地层 21
4.2.2 构造 21
4.2.2.1 招平断裂 21
4.2.2.2 北东向断裂 21
4.2.2.3 北西西向断裂 21
4.2.3 岩浆岩 22
4.3 矿床地质特征 22
4.3.1 矿体特征 22
4.3.2 矿石特征 24
4.3.2.1 矿物成分 24
4.3.2.2 化学成分 24
4.3.2.3 组构特征 25
4.3.2.4 矿石类型 25
4.3.3 围岩蚀变 26
4.3.3.1 钾长石化 26
4.3.3.2 黄铁绢英岩化 26
4.3.3.3 碳酸盐化 26
4.3.3.4 绿泥石化 27
第五章 矿床成因、控矿因素和找矿标志 28
5.1 矿床成因 28
5.1.1 硫同位素特征 28
5.1.2 氢、氧同位素特征 28
5.1.3 矿化、矿物组合、结构构造特征 29
5.1.4 稀土配分模式特征 30
5.1.4.1 普通围岩的稀土元素组成及分布类型 31
5.1.4.2 蚀变围岩的稀土元素组成及分布类型 31
5.1.4.3 矿体的稀土元素组成及分布类型 31
5.1.4.4 矿体、普通围岩和蚀变围岩的稀土特征综合分析 31
5.2 控矿因素 34
5.2.1 岩浆岩控矿 34

5.2.2 构造控矿 35
5.2.3 脉岩控矿 35
5.2.4 蚀变分带控矿 35
5.2.5 区域地球化学控矿 36
5.3 找矿标志 36
5.3.1 构造标志 36
5.3.2 脉岩标志 36
5.3.3 蚀变标志 36
5.3.4 断面变化标志 37
第六章 道北庄子金矿床地球化学特征与预测标志 38
6.1 评价指标的选择 38
6.1.1 金矿石中各类元素含量特征 38
6.1.2 各组分之间的相关性特征 38
6.1.3 道北庄子金矿地球化学评价指标的选择 39
6.2 矿床地球化学分带模型与预测标志 41
6.2.1 各组分在不同中段的含量变化特征 41
6.2.1.1 微量元素在不同中段的含量变化特征 41
6.2.1.2 烃类组分在不同中段的含量变化特征 42
6.2.2 矿体周围各类组分异常纵向展布特征 43
6.2.3 原生晕分带特征 44
6.2.4 地球化学异常分带模型与找矿预测的地球化学标志 44
6.2.4.1 地球化学异常分带模型 44
6.2.4.2 深部成矿预测的地球化学标志 45
第七章 道北庄子矿区-250 中段各元素异常特征与找矿预测 47
7.1 微量元素在-250 中段的异常变化特征和规律 47
7.1.1 Au、Ag、Cu 47
7.1.2 As、Sb、Hg 47
7.1.3 Pb、Zn 48
7.1.4 Co、Ni、Mn、Bi、Mo 48
7.2 烃类组分在-250 中段的异常变化特征和规律 49
7.2.1 CH_4、C_2H_6、C_3H_8 49
7.2.2 iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6 49
7.3 道北庄子矿区-250 中段成矿有利靶区与找矿预测 50
7.3.1 Ⅰ号找矿有利靶区和找矿预测 50
7.3.2 Ⅱ号找矿有利靶区和找矿预测 51
第八章 青草沟地区各元素异常特征与找矿预测 52

8.1 土壤次生晕背景样品微量元素特征.....52
8.2 背景样品中烃类组分特征.....53
8.3 各元素在青草沟地区的异常变化特征和规律.....53
8.3.1 微量元素在青草沟地区的异常变化特征和规律.....53
8.3.1.1 Au、Ag、Cu.....53
8.3.1.2 As、Sb、Hg.....54
8.3.1.3 Pb、Zn.....54
8.3.1.4 Co、Ni、Mn、Bi、Mo.....55
8.3.2 烃类组分在青草沟地区的异常变化特征和规律.....55
8.3.2.1 CH_4、C_2H_6、C_3H_8.....55
8.3.2.2 iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6.....55
8.4 青草沟地区成矿有利靶区及找矿预测.....56
8.4.1 Ⅰ号找矿有利靶区和找矿预测.....56
8.4.2 Ⅱ号找矿有利靶区和找矿预测.....57
第九章 芝山地区各元素地球化学异常特征及找矿预测.....58
9.1 微量元素在芝山地区的异常变化特征和规律.....58
9.1.1 Au、Ag、Cu.....58
9.1.2 As、Sb、Hg.....58
9.1.3 Pb、Zn.....59
9.1.4 Co、Ni、Mn、Bi、Mo.....59
9.2 烃类组分在芝山地区的异常变化特征和规律.....60
9.2.1 CH_4、C_2H_6、C_3H_8.....60
9.2.2 iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6.....60
9.3 芝山地区成矿有利靶区及找矿预测.....61
第十章 主要结论和建议.....62
10.1 主要结论.....62
10.2 建议.....62
致谢.....63
参考文献.....64
附图.....66
个人简介、申请学位期间的研究成果及发表的学术论文.....118

第一章 前 言

1.1 选题依据和意义

道北庄子金矿区位于胶东半岛西北部，其大地构造位置处于华北地台胶东台隆之胶北隆起区，沂沭断裂带东侧，栖霞复式背斜南翼，招平断裂带中段的陡崖曹家—姜家窑断裂带内。区内出露的地层较简单，断裂构造十分发育，岩浆活动强烈[1-3]。自1996年以来，山东省地矿局第八地质队、招远市黄金地质队、招金矿业有限公司等单位在道北庄子矿区做了大量工作，从地表至-250米共开拓了9个中段，在区内共探获各个级别的金资源量共约767Kg，显示了该矿段也存在一定的成矿潜力。然而，由于种种原因，以往的勘查工作主要放在-250米以上的浅部区域和留仙庄周围压扭性构造的挤压区域，对该区深部及其外围的青草沟水库以北区域的成矿潜力、控矿规律、找矿方向和找矿有利靶区的研究和勘查还相当薄弱。而自2001年以来，本区邻近的夏甸金矿通过勘查，在Ⅰ、Ⅱ、Ⅶ号矿化带，尤其是Ⅶ号矿化带深部均发现了厚大矿体，显示了本区深部还存在较大的成矿潜力。

随着黄金找矿事业的迅速崛起，盲矿、隐伏矿显然已成为主要寻找对象，找矿对象由浅部矿、地表矿向深部矿、隐伏矿的逐步转变，使现代矿产勘查的难度日趋增大。现有的生产矿区勘探程度普遍缺乏，矿床内主矿脉的边部、深部、平行脉、分支脉多未控制，这些地段都是新增储量的重要来源。因此，本论文的研究成果，对于尽快探明区内的接替资源，确保矿山可持续发展具有重大的现实意义。

1.2 研究现状及存在问题

1.2.1 原生晕研究现状

国际上最早对金属矿床原生晕研究在60年代前后，其中前苏联，加拿大、澳大利亚、美国等在原生晕理论和方法研究方面的影响力较大，以上国家的金属矿床原生晕研究成果基本上可以代表当前国际水平[4]。

前苏联在金属矿床的原生晕找矿方法研究中，取得了相当明显的效果，仅1965-1972年间，用原生晕方法预测深部盲矿体准确率高达84%，其中在鲁德内依腊马扎地区就发现了50多个工业矿体。在这些研究中，他们以矿床的原生晕分带为基础，制定了与此相关的原生晕找矿技术，如根据元素的线金属量求出元素分带指数，进而计算出矿床原生晕元素分带序列的方法；利用特征元素的累加、累乘或矿体前缘元素与尾部元素的累加或累乘比值的级次来计算出矿床侵蚀截面深度、评价盲矿床、剔除分散矿化的定量准

则等[5]。近十几年，为了能把有利成矿部位与分散矿化区分开来，他们已开始集中到原生晕的矿田、矿床和矿体的结构和矢量化模型研究上，并取得了显著成果。

加拿大对金属矿床原生晕研究也比较透彻，他们所做的大量矿床原生晕勘查隐伏矿的工作几乎都是围绕不同类型金属矿床的蚀变作用这一目标，从而建立了一套较为完善的矿床原生晕工作方法。他们指出，对金属矿床的勘查，不能光靠 Pb、Zn、Cu 这些成矿元素，还应注重元素对比值，元素对比值较单元素能更明显反映矿床有关的规律。在斑岩铜矿的深入研究中，A.A.莱文森[6]利用 Zn/Cd 比值划分含矿侵入体的矿化距离。

澳大利亚对矿床原生晕研究在近十多年有较多的报道，并体现出不同的研究思路和方法。在矿床勘查和成因上呈现对原生晕的亏损与富集研究，预测指标注重向矢量化方面提高，这些思想与研究成果在找矿预测方面起到了至关重要的作用。如 I.S.哥德堡[7]研究了成矿元素与共生元素富集的(正异常)和亏损的(负异常)原生晕在地球化学系统中的结构关系，利用消耗晕的面积与矿床金属元素之间的线性相关性寻找矿体。

美国对金属矿床原生晕的研究较早，60 年代初，H.E.霍克斯和韦伯[8]就意识到了原生晕找矿的重要性，强调在矿化区内勘探时，要圈出最有成矿潜力的地段，识别局部同生模式、蚀变模式、同位素模式、矿石的组分分带及较大的分散晕等。70 年代，美国将原生晕用于斑岩铜矿的研究，并取得了巨大成功。80 年代以后，美国对用原生晕的找矿工作多集中在整个地质模型的研究，突出表现在卡林型金矿勘查中。

我国自 1950 年代就相继进行了原生晕的研究工作。为了研究金属矿找矿方法技术，1953-1954 年地质矿产部物探所先后在我国华北、东北、西南、西北等地区对 Pb、Zn、Cu、Ni、Cr、Mo、Sn 等金属矿区开展化探原生晕找矿的试验工作，并取得显著成效[9]。

1960 年在长江中下游夕卡岩铜矿的原生晕研究中获得了显著成果，在此类金属矿床原生晕研究成果的基础上，建立了热液型金属矿床的原生晕模式，制定了金属矿床地球化学岩石勘查工作方法和解释推断方法[10]。

上世纪 70 年代，在安徽沙溪斑岩铜矿的普查评价中盲矿体的发现促成了化探方法找斑岩铜矿现场会的召开，将全国原生晕找矿推向一个新的发展阶段，并在之后的生产实践中取得了巨大的成果。如湖北银铜沟银矿床、湖北大冶鸡冠咀铜金矿床和两江盲矿等的发现都得益于该项技术的应用；在这期间，还先后在黑龙江多宝山、安徽沙溪、江西付家坞、江西城门山、青海纳日贡玛等 6 个斑岩铜矿区进行了系统性的原生晕研究，并通过对矿田、矿床到矿体的全面原生晕研究，研制了斑岩铜矿床地球化学指标和异常评价方法，逐步把异常模式研究扩展到矿田和矿带级次，建立了斑岩铜矿的矿田矿床地球化学模型。

上世纪 80 年代，由于原生晕找矿方法的研究和推广工作持续开展，在矿区化探研究方面已建立一套较为完善的方法和理论体系[11]。1981 年起，我国连续开展了三轮“金属矿床原生晕分带研究”推广项目，包括 50 余个成矿类型为热液型、斑岩型、矽卡岩型、层控型等的矿区，矿种包括金、银、铜、铅、锌、钨、钼等。该阶段主要侧重采样

方法、解释推断、模式模型、隐伏矿预测这几个方面，取得的科研成果与国外水平相近[12]。同时，我国冶金系统在15个多金属矿进行了相应的科学研究，并获得了“典型有色金属矿床地球化学异常模式”的系列成果[13]。以上此类研究工作使得我国的原生晕找矿方法技术上升到一个新的水平。

最近40多年以来，全国有关地质部门相继在200多个不同类型矿床上展开过原生晕研究，并在大量实践的基础上，建立了一批典型矿田、矿床和矿体的原生地球化学异常模式。其中，对金矿床的原生晕研究广泛而且比较系统，廊坊的物化探研究所相继在广东河台、庞西洞、河南上宫、新疆哈图、安徽龙土尖、山东-七里山、浙江治岭头、西藏多拉那萨依等10多个金矿原生晕研究发现，虽然这些金矿床从含矿围岩角度可以划分出不同的建造类型，有较大的矿物成分差异，但在地球化学元素组合上，大多数金矿床的成矿元素及伴生元素的异常变化规律有着明显的共性[12]，如中高温(包括蚀变岩型)金矿床原生晕比中低温或石英脉型金矿床原生晕宽大且浓度梯度发育、金矿床成矿元素及伴生元素一般存在着明显的分带现象等。近年来，冶金部地球物理勘查院又系统研究了20多个金矿的构造原生叠加晕模型，更进一步查明了金矿床原生晕的轴向分带特征，建立了可靠的原生晕找矿标志，更大程度上提高了盲矿预测的准确性和找矿效果[14]。

1.2.2 成矿预测研究现状

在国内外，随着地质科学的发展，新理论、新技术的应用，成矿预测经历了由简单到复杂、由粗略到精细、由抽象到具体的演变过程。表现为：从单纯定性预测到定性与定量预测结合，再到定量预测； 由单一信息预测，逐步转变为多源信息综合预测；由经验式类比预测，发展到模式类比、多元统计方法预测，以及科学化、系统化、动态化和可视化预测等。有过多种不同提法：矿产预测、矿产资源评价、矿产潜力评价、矿产统计预测、矿产资源预测、矿产丰度评价、矿产富源评价、成矿区划与成矿资源总量预测、找矿靶区优选和矿产资源区域评价等，但它们立足之本均是区域地、物、化、遥等所获取的综合地学信息，并不强调勘探工作信息，以及研究区勘查工作程度。在整个矿产地质勘查工作中处于区域地质之后、矿产普查之前。其中靶区优选、资源定量预测是定性预测的延伸，只是针对工作目的、区域工作程度，从而选择不同的预测方法。定量预测要求确定某种矿产资源的数量、质量和空间位置，这为政府制定资源政策提供了帮助；而定性与定量预测结合圈定找矿有利地段，则对生产部门制定工作部署决策比较适合。

从成矿预测发展历史看，大体经历三个阶段：

第一阶段，20世纪50、60年代，主要进行各种形式的区域性成矿规律和成矿预测研究。其实质是在确立典型区域成矿条件下，运用经验地质类比法，把找矿目标由已知区

推向未知区，以前苏联和我国为代表。而西方国家则没有开展这种区域性、有完备的理论系统与技术系统的成矿预测,仅在欲实施勘查地区作一些常规的成矿潜力分析。

第二阶段，20世纪70年代至80年代初，主要进行成矿预测理论和方法的全面总结。此期间，1976年在挪威的洛恩举行的国际地质对比计划98项专题提出了丰度估计、区域价值估计、德尔菲估计法、体积估计、矿床模拟法和综合方法六种资源预测的标准方法。这一阶段，多元统计方法和计算机技术广泛应用于成矿预测中，除常规判别回归、因子等统计方法外，还有两种特别受到我国地质人员喜爱的方法：博特博尔等人提出的特征分析法和P·M·康期坦丁诺夫等人提出的逻辑信息法。此外，这一阶段专家系统被引入到成矿预测的实践中,以美国斯坦福大学国际研究所人工智能中心建立的勘探者(PROSPECTOR)专家系统[15]为代表，它是世界上最早的成矿预测专家系统;而国内起步较晚，以赵大鹏院士领导的研究集体建立的中大比例尺矿床统计预测专家系统(MILASP)[16]、王世称教授领导的研究集体跟踪国家863计划完成的综合信息成矿系列预测专家系统[17]为代表。这一阶段，成矿预测进行地质经验类比的定性预测与数学统计的定量预测开始汇集为统一的系统(成矿规律、矿床模式、多元统计、专家系统、计算机系统已融为一体)，开创了成矿预测的新篇章。

第三阶段，20世纪80年代以后，随着科学技术的进步，世界各国对矿产资源需求与日俱增，日益严峻的矿产资源短缺形势推动了成矿预测的新高潮。此阶段以GIS高新技术进入成矿预测领域，产生了立足于GIS 的成矿预测方法为特点。首推美国、加拿大、澳大利亚等发达国家把GIS 技术与成矿预测结合起来并成功应用，如美国地质调查局启动了应用和评价美国国土资源评价计划(CUSMAP)。通过研究，确定了进行矿产资源评价对栅格、矢量和表格式数据处理能力及相互间的接口，和在GIS内建立、应用模型及表示评价结果的制图功能的需求[18] [19]；加拿大地质调查局G·F·博纳姆-卡特，F·D·Agterberg 和D·F·莱特提出适合于GIS平台上操作完成的资源预测模型－证据加权模型(Weights of Evidence Mode)和基于GIS 的Nova Scotia 地区金矿勘探地质资料综合利用[20]，以及G·P·沃森，A·N·Rencz，G·F·博纳姆-卡特基于GIS 在新布瑞克省北部矿产资源评价中的应用[21]；澳大利亚地质调查局广泛用于建立矿产资源评价的基础－矿产省的GIS数据集[22]，镍红土矿、镍硫矿、脉金矿、红土金矿、含金刚石的金伯利岩及铅锌矿产资源潜力图[23]，以及适用于已知矿床很少或没有已知矿床的未勘探区的概念法，和适用于含有大量已探明矿床地区的经验法两种以GIS为基础的勘查方法应用[22] [24]等。国内GIS 技术应用研究起步较晚。“八五”期间，GIS 技术才被列为地矿勘查关键技术，进入90年代以后，GIS矿产资源预测研究得到了足够的重视。这方面以中国地质大学胡光道教授领导的研究集体在MAPGIS软件平台开发的金属矿产资源评价分析系统(MORPAS)，中国地质大学池顺都教授基于GIS地质异常分析、金属矿产经验预测、找矿有利度分析、找矿有利地段圈定、矿产资源潜力评价和成矿强度广度定量分析等方面[25] [26]，中国地质矿产信息研究院与四川地质矿产勘查开发局合作在ARC/ INFO

和ARCVIEW软件平台开发的GIS 应用于矿产资源区域评价方法(AMS－GIS)；长春科技大学王世称教授领导的研究集体在MAPGIS软件平台开发的综合信息矿产源预测系统(KCYC)；中国地质科学院肖克炎博士为首的在MAPGIS 软件平台开发的矿产资源评价系统(MRAS)等为代表。

成矿预测的发展是由地质工作程度提高，找矿工作不断深入，科学技术进步，以及理论更新所决定。跟踪地质找矿途径的变化需求、成矿预测理论的发展方向，才能对成矿预测的发展趋势作出合理的判断，回答是否有助于提高成矿预测水平和找矿效果。

从地质演化角度来看，矿床是地质演化的一个特殊事件，主要是它所含的有用矿物在质和量上均达到现实经济、技术条件下能被开采利用的要求。任何矿床的形成都是地壳一定发展演化阶段的产物，是地质演化过程中多种地质事件(异常)耦合作用的结果，均具有独自的特点。而这种独自的特点是各种成矿信息差异造成的，这就决定了矿床形成的长期性、复杂性和特殊性。而且，在地质演化过程中，记录成矿过程的各类信息，部分可能在地质演化过程中弱化、淹没，或被其它信息取代。特别是隐伏矿床(体)，埋藏越深，矿化信息越弱,发现越是困难。在地质找矿工作已逐渐由寻找地表出露矿转入隐伏矿、盲矿或难识别矿的预测、普查和评价的今天，找矿工作各方面投入越来越高，找矿难度越来越大，使得传统的地质找矿方法已很难在找矿上有所突破，单一信息预测找矿已难于奏效。这就要求充分应用新理论、新技术，最大限度地利用以往积累起来的各类地学资料，将传统的地质找矿方法与地球物理学、地球化学和遥感地质学等找矿方法有机地结合起来，以系统的、全面的观点进行“二次开发”获得信息，并从这些繁杂的海量地学信息中甄别与成矿关系密切的致矿信息,达到以尽可能多的信息判别矿床存在与否，以尽可能少的投入取得最大的找矿效果。

几十年来积累的地、物、化、遥等找矿信息为多源信息综合预测找矿奠定了基础，但传统的人工方法难于胜任。地理信系统(简称 GIS, Geographic Information System)是在计算机软硬件支持下，以采集、存储、管理、检索、分析和描述空间物体的地理分布数据及与之相关的属性，并回答用户问题等为主要任务的技术支持系统。因此，GIS技术提供了在计算机辅助下对地、物、化、遥等多源地学信息进行集成管理、有效综合与分析的能力，使其成为改变传统矿产资源评价的有力依据。国内外GIS 技术在矿产资源评价方面的应用表明,GIS 强大的空间信息处理和分析功能，是地质学家对多源地学信息综合分析进行成矿预测划时代的理想工具[21] [24] [27]。据此，通过对地、物、化、遥等资料充分研究，确定合适的数据源，建立合理有效的GIS 数据库:单个空间关系的确定和量化以及多个空间关系集成，并以数字形式编辑和综合各种地学数据集，确定数据集中与矿产位置最密切的地质特征，达到以较小的投入快速、高效、灵活、易于实现多方案对比圈定找矿有利地段，减少地勘投入风险。实现综合信息有机结合，多思路、动态地进行成矿预测，缩短预测评价周期，达到快速矿产资源评价之目的。

1.2.3 存在问题

纵观以前的地质勘查和科研工作，主要采用就矿论矿的找矿方法，就道北庄子矿段，大多只进行了赋矿层位、赋存位置、矿物分带、蚀变特征和黄铁绢英岩带宽窄的描述，未能就其主要控矿因素、矿物分带产生的原因等予以分析和总结，对矿区深部是否存在矿化体及矿化体分布深度缺乏认识；在找矿过程中，大多依赖于钻探工程，存在一定的盲目性；对于地球物理勘查中获取的异常与金矿化体之间有何关系缺乏深入认识；未能开展地球化学勘查，更没有充分利用一些反映深度大的地球化学测量新技术（如烃汞综合气体集成测量技术等）。

随着道北庄子矿段找矿工作的不断加深，寻找深部隐伏矿已是必然趋势，建立青草沟矿区统一的成矿地质、地球化学模型，充分利用新理论、新方法技术组合是今后获得新的重大突破的关键。

1.3 研究的目的任务

为了尽快弄清上述存在的主要问题，将资源优势转化为经济优势，壮大招金公司的经济，为金矿的开发利用和下步工作提供依据。因此，该项目研究的具体任务为：

1、在以往工作的基础上，开展综合研究，研究该区控矿构造地质特征、金矿化富集规律及控矿规律等。

2、以地质构造分析为基础，以构造地球化学理论为指导，以最新具有反映深度大的烃汞综合气体测量结合部分传统有效的微量元素测量为手段，开展综合找矿预测研究。

3、建立适合于本区及其近矿外围地区进行找矿预测的地质、地球化学异常模型和找矿标志。

4、预测道北庄子矿区-250 中段深部的成矿潜力和主要矿化富集有利区段，指导找矿勘查工作部署。

5、对青草沟矿段和芝山矿段进行找矿方向和有利靶区预测。

1.4 研究思路、方法和完成工作量

1.4.1 研究思路、方法

以系统论和局域变异理论为指导，以最新的有机烃气综合气体集成技术和传统的原生晕岩石地球化学测量技术为支撑，通过成矿地球化学异常分带关系模型的建立，并通过分析研究地球化学异常场的时空结构、分带序列及其变化规律，总结找矿标志，进而

开展深部盲矿预测。其具体方法如下：

①通过对矿石、强蚀变围岩、弱蚀变围岩和未蚀变围岩的成分分析，说明烃类组分与道北庄子金矿的成因关系。

②通过典型剖面不同中段（标高）各指标异常展布规律对比分析，建立异常分带模型，并总结找矿标志。

③通过对道北庄子矿段-250 中段各指标异常的平面分布特征和组合关系评价，预测其深部成矿潜力和矿化体延伸状况。

④通过对青草沟矿区地质图（1:10000）东北部及外围布设的 1-10 号地球化学剖面线和芝山矿区地质图（1:10000）布设的 11-13 号地球化学剖面线各指标异常的平面展布特征和组合关系分析，圈定其成矿有利靶区。

1.4.2 完成工作量

自 2010 年 8 月以来，通过对三个矿段的野外采样以及室内的样品测试分析和制图，完成的主要工作量见表 1.1。

表 1.1 项目完成的地质、化探实物工作量

工种	工作性质	工 作 目 的	工作量
地质	地质调查	了解区内地质构造规律	7. 18 Km^2
	地质标本	分析矿化蚀变特点	33 件
	制作光、薄片	查清矿物成分、蚀变特点	66 片
化探	道北庄子矿段原生晕测量	分析各类指标异常与已知矿体的空间对应关系，建立地球化学模型	273 件，分析烃类、汞和微量元素等 20 项指标
	青草沟矿段土壤测量	查明异常分布规律，圈定矿化有利地段	累计剖面长度 11 千米，取样 549 件。
	芝山矿段土壤测量	查明异常分布规律，圈定矿化有利地段	累计剖面长度 3.15 千米，取样 153 件。
	稀土分析	查明矿床成因，指导找矿方向	10 件
	基本样分析	分析元素 Au 的含量	13 件
	制图	展示异常分布规律	82 张

1.5 取得的主要成果及认识

（1）道北庄子金矿的主要特征指示元素组合为：Au、As、Sb、Ag、Cu、Mo、Co、Mn、

Bi 和烃类。

(2) 有机物对道北庄子金矿成矿具有重要作用，金的有机络合物是该区金的重要搬运形式之一，同时，有机烃气是该区重要的伴生气体组分之一，烃类组分可作为该区找矿预测的重要指标。

(3) 道北庄子金矿床是多期次成矿作用相互叠加的结果，导致各项微量元素及烃类组分在纵向上产生多个浓集中心，并存在明显的轴向叠加分带。经计算发现，道北庄子金矿床的轴向分带序列为：甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯、Sb、Hg（矿前缘）→As（矿头）→Pb 、Zn 、Cu、Au、Ag（矿中）→Mo、Ni、Bi、Co、Mn（矿尾）。

(4) 矿区围岩蚀变较多，如黄铁绢英岩化、硅化、钾长石化等，但黄铁绢英岩化与金矿化关系最为密切，是本矿区最明显的找矿标志。

(5) 通过对道北庄子矿区-250 中段和青草沟矿段、芝山矿段各指标异常的平面展布特征和组合关系分析，圈定了 4 个成矿有利靶区。

第二章 烃气测量法找矿的理论基础及野外、室内的工作方法

2.1 烃气测量法的理论基础

气体测量作为勘查地球化学的重要分支，从二十世纪六十年代末开始，由于测试、取样等技术的进步以及覆盖区找隐伏矿的需要，得到了较大的发展，这项技术的根本核心是通过检测、辨别、追踪和评价那些与矿床在成因及空间有联系的气态元素或化合物的地球化学异常信息而进行找矿。

烃类根据其分子的不同结构形式可分为四大族，即：链烷烃（C_nH_{2n+2}），如甲烷（CH_4）、乙烷（C_2H_6）、丙烷（C_3H_8）；环烷烃或环链烷烃（C_nH_{2n}），如甲基环戊烷（C_6H_{12}）、乙基环己烷（C_8H_{16}）；芳香烃（C_nH_{2n-6}），如甲苯（C_7H_8）、异丙基苯（C_9H_{12}）；烯烃（C_nH_{2n}），如乙烯（C_2H_4）、丁烯（C_4H_8）。环烷烃和链烷烃归属于饱和烃，因为其所有可利用的碳链被氢所饱和，所以在烃类中其性质最为稳定；芳香烃和烯烃都为不饱和烃，所以这两个烃族相对地不稳定(尤其是烯烃)，显得较活泼。它们和 Hg 气的部分物理化学参数(见表 2.1)。

表 2.1 有关组分的基本物理化学参数

成 分	分子式	沸 点 (℃，1atm)	临界压力 (MPa)	有效直径 (10^{-10}m)
甲 烷	CH_4	-161.5	4.49	3.8
乙 烷	C_2H_6	-88.6	4.73	4.4
丙 烷	C_3H_8	-42.0	4.12	5.1
正丁烷	$n.C_4H_{10}$	-0.5	3.67	5.3
异戊烷	$i.C_5H_{12}$	11.72	3.24	5.8
氢	H_2	-252.7	1.26	2.3
氧	O_2	-183.0	4.87	
氮	N_2	-195.8	3.29	3.4
二氧化碳	CO_2	-78.5	7.16	3.3
硫化氢	H_2S	-60.4	8.73	
水蒸气	H_2O	+100	21.33	3.2
空 气		-193.0	3.65	
氦	He	-268.7	0.22	2.0
汞	Hg	356.6		3.006

注：临界压力是指单一组分纯物质气、液两相同时存在的最高压力。

从表 2.1 可见，甲烷、乙烷等烃类组分与其他气体组分一样，具有低沸点、高临界压力的特点，表明它们挥发性强，极易于形成气体方式运移。从结构上看，链烷烃和烯烃较简单，其次是环烷烃，而芳香烃则较复杂。从含量上看，链烷烃和环烷烃占主体，一般达 85%以上，芳香烃较少，一般不超过 15%，而烯烃虽然是生命体最普遍的烃类，但多为痕量。而不论是何族烃类，均具有随着碳原子增多（或分子量增大）含量降低的变化趋势。在分析方面，链烷烃和烯轻易检测，且成本低，而芳香烃和环烷烃相对较难检测，且成本高。

因此，在使用有机烃气作为寻找有色、贵金属矿床的指标时，我们主要选择性地研究链烷烃同系物，尤其是数量上占绝对优势的甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、正戊烷、异戊烷等低分子量链烷烃类组分。众所周知，烃气与液体固体相比，最大的差距在于烃气分子之间是分离的，只要没有压力限制，它能自发的拉大分子之间的平均距离去均匀的占满空间，构成一个均匀的烃气分子场。设在一个孔隙度为 a 的均匀覆盖层下有一个气源(见图2.1)，它散发出Qg烃气，烃气呈45° 角圆锥球形充满所有孔隙，此时孔隙烃气中的平均浓度为$\overline{C}$为：

$$\overline{C}=\frac{Q}{V}=\frac{3Q}{\pi\left(2-\sqrt{2}\right)R^3a}$$

由此可得：

$$R=\sqrt[3]{\frac{3Q}{\pi\left(2-\sqrt{2}\right)a\overline{C}}}$$

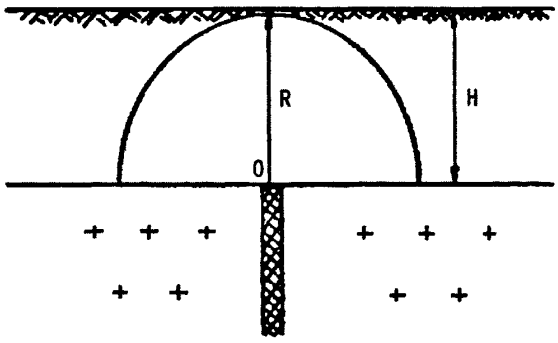


图 2.1 理想气体异常示意图（据阮天健）

设 a =10%，C=100ug/m3，Q=100kg，则可算出：R=2535m。虽然计算简化了，但从中不难看出，烃气运移距离是很远的，它能穿过巨厚的覆盖层到达地表，并在气源周围构成一个广阔的烃气异常场，因而使用烃气测量寻找隐伏矿具有巨大的潜力[28]。

2.2 工作方法

2.2.1 野外采样方法

在烃类气体测量中，由于气体具有极高的活动性，其野外采样方法技术较常规化探方法复杂的多。

1.测网的确定

对于气体测量而言，测网的布设一般没有固定的规格，其疏密与勘察矿种有关系。总体上，布设测网应遵循如下原则:

(1)测网的密度应以能真实反映研究目标体的信息为原则。在区域异常评价中，需反映的对象是确定有利靶区，主要采用剖面法，点距以50～100米为宜。在矿体赋存有利部位定位预测研究中，反映的对象是矿体分布的具体位置和延展特征，多采用小范围面积测量法，以线距100米，点距20～40米为宜。

(2)以重点区加密，背景区放稀为原则。

(3)对脉状矿体点距根据需要适当缩小(5～20米)，对层状或似层状矿体则适当放宽(40～80米)。

(4)在第四系覆盖区取土壤样时，尽量按规格网取样；而在岩石裸露区或地下坑道取岩石样时，则可不受规格点距制约，应尽量根据地质体变化特征确定取样位置。如按矿体中心→矿体边部→矿化围岩→强蚀变围岩→弱蚀变围岩→无蚀变背景区的变化规律在相应地点采样。

2.取样与样品加工

野外取样是能否发现与矿化有关的异常信息及决定第一手资料可靠性的关键步骤。在气体测量中，由于气体在岩石、土壤中的赋存形式多种多样，所采用的取样方法亦不同。对于烃、汞气体而言，在土壤、岩石中的主要存在形式(见表2.2)，其主要取样方法包括现场抽气法、浓集取样法、土壤岩石测量法和水测量法四种。由于本次研究野外所采样品均为岩石样，因此重点介绍岩石测量法。

岩石测量法采样介质是岩石，主要在地下坑道、钻孔剖面、岩石裸露的地表等环境条件下应用。岩石测量法在测量过程中，为了获取最可靠和最强的异常信息，应采用1m范围内的多点采样法，并尽量在裂隙周围采样。由于在岩石中，烃类存在上述的所有赋存形式，而与成矿最为密切且结果最为稳定的是吸留相和包裹相。煎茶岭金矿床原生矿中的金主要呈包裹状态赋存在硫化物中，占86.18%，而裸露金和半裸露金仅占12.56%，为了便于测试分析，样品最好加工至小于160目。

表 2.2 烃气体在土壤岩石中的主要相态

相态名称	存在形式	主要取样方式
游离相	以游离分子形式分部于土壤、岩石孔隙气体中	现场抽气法、浓集取样法
弱吸附相	以物理方式吸附于矿物颗粒表面	现场抽气法、浓集取样法
附着相	呈气态微泡形式附着于土壤水分中	现场抽气法、浓集取样法
吸留相	以化学吸附形式分部于矿物层间裂隙、空穴或有机物中	土壤、岩石测量法
包裹相	以气相形式包裹于次生矿物（尤其是碳酸盐岩矿物）包体中	土壤、岩石测量法
结合相	赋存于矿物晶格中	岩石、土壤测量法
水溶相	溶解于水介质中	水样测量法

2.2.2 室内处理方法

分析测试是获取地球化学微观信息的关键技术手段，测试方法合理与否则涉及到能否将蕴含于样品中的最佳找矿信息提取出来。由于烃类与金属元素的地球化学性质不同，所以其测试方法也不同（见表 2.3）。

表 2.3 各种金属元素与烃气的测试技术

测试技术	测试的微量元素
直读光谱	Pb、Cu、Zn、Mn、Co、Ni、Mo、W、Sn、B
原子荧光光谱	As、Sb、Bi
冷原子荧光光谱	Hg
离子电极	F、Cl
冷原子荧光光谱测汞仪	吸附相态 Hg
气相色谱仪	烃类

1. 烃气室内测试方法

对于烃气而言，从分析结果的稳定性看，结合相最为稳定，其次是次生矿物包裹相，然后分别是吸留相、附着相、弱吸附相，最不稳定的是游离相。从与信息源的关系密切程度看，呈结合相者主要与土壤母岩的残留烃（即岩石原生烃）有关，其它相态的烃类（即次生烃）则主要与下伏气源（矿床、油气藏）有关。显然从地质找矿角度出发，呈包裹相、吸留相、附着相的烃气是捕集和提取的主要对象[29]。

研究表明，包裹烃类的次生矿物主要为碳酸盐类，根据陈远荣教授对西昌盆地进行常量元素全分析和烃类含量对比分析后发现：烃类含量与CaO含量呈明显的共消长关系。

根据上述的烃类赋存特点，使用酸解烃法是最佳的选择（该方法是油气勘察中目前应用最广泛的方法）。该测试方法包括脱气与测试两部分。脱气的手段主要有减压、恒温加热、酸处理和碱液吸收等。减压的目地一是将管路中的空气抽掉，降低背景干忧；二是将样品（土壤或岩石）中呈弱吸附态、附着态和吸留态的烃气解吸出来。恒温加温是为了加快脱气进程，提高解吸率并消除温差对脱气量的影响。加酸则是为了将包裹于次生碳酸盐矿物中的大量烃气释放出来。碱液是为了吸收掉系统中的CO2气体。脱气的常用装置（见图2.2）。

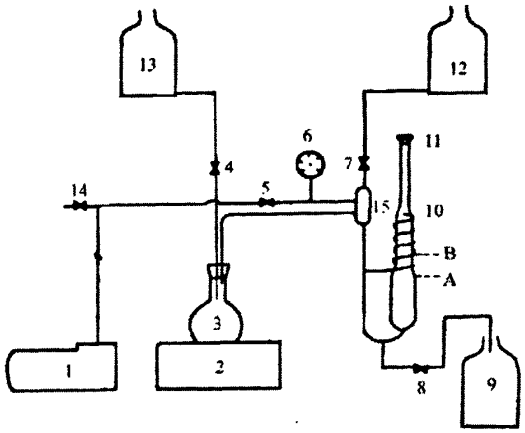


图 2.2 酸解烃脱气系统示意图（据刘崇禧）

1—真空泵；2—水浴锅；3—平底烧瓶；4—螺旋夹；5、7、8、14—止血钳；6—真空表；9—废液瓶；10—脱气管；11—橡胶塞；12 氢氧化钾；13—盐酸液瓶；15—缓冲球

2. 其基本操作步骤如下：

用千分之一天平称取20-50g试样，加入平底烧瓶中，将装样烧瓶装入脱气系统，用真空泵抽气使脱气系统内压至-0.099MPa左右，加碱液（KOH）至脱气管螺旋部位的B处，将装样烧瓶置于40-80°（不同实验所用温度不尽相同，一般为40°、60°、80°三种）的恒温水浴槽内，缓慢加入盐酸，同时摇动烧瓶（至搅拌）至不在产生气泡为止。随后在系统中加入碱液，吸收掉脱气时碳酸盐矿物分解产生的大量CO2气体，记录脱气管上部气体体积，并用玻璃注射器抽取气样以排水集气法将气体转入饱和盐水（NaCl溶液）瓶内，送气相色谱室检测分析。

烃类气体测定采用氢火焰离子化检测器（FID）的气相色谱仪进行分析。国产气相色谱仪主要有上海分析仪器厂生产的1102、1103系列，惠普上海-1890系列，北京分析仪器厂生产的Sp2305系列；进-9谱仪主要有日本产GC-1A、GC-9A型等和美国产Hp8900、Hp8902、Hp-H型等[30]。

第三章　区域地质背景

山东招远道北庄子金矿位于胶东半岛西北部，其大地构造位置处于华北地台胶东台隆之胶北隆起区（图 3.1），沂沭断裂带东侧，栖霞复式背斜南翼，招平断裂带中段的陡崖曹家—姜家窑断裂带内，为太古宙—元古宙绿岩带发育区，中—新生代活动的大陆边缘带，是构造作用、变质作用、岩浆作用和成矿作用频繁继承活动地带[31]。

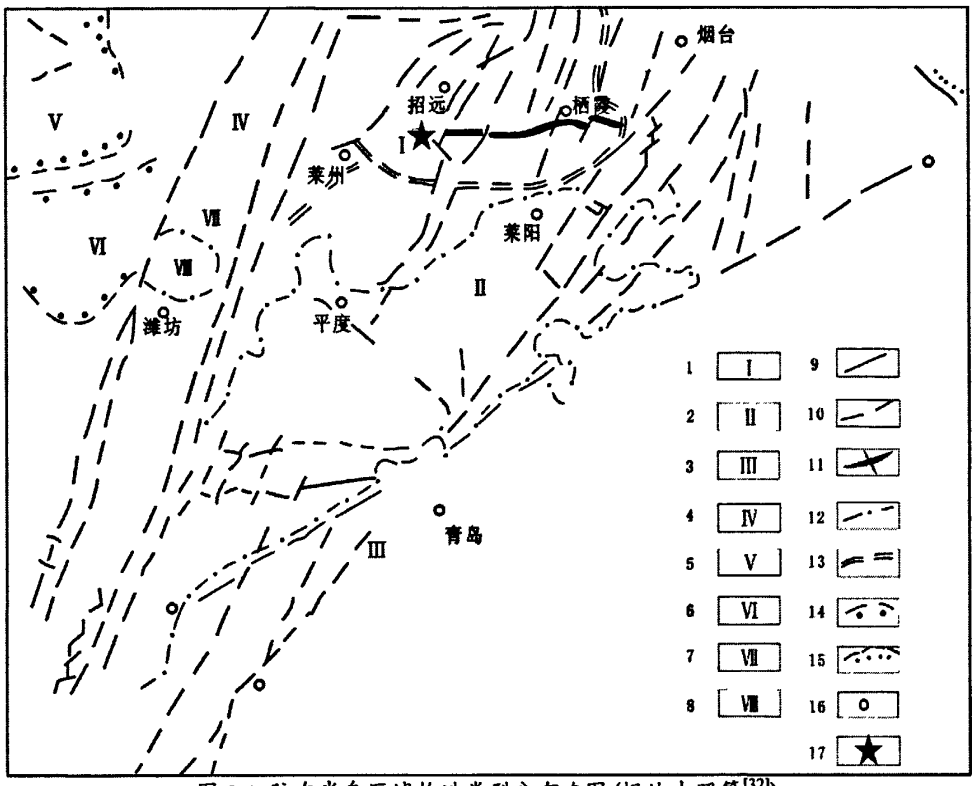


图 3.1 胶东半岛区域构造类型分布略图(据林吉照等[32])

1-胶西北隆起　2-莱阳拗陷　3-胶南隆起　4-渤海拗陷　5-东营拗陷　6-潍西拗陷　7-潍坊拗陷　8-潍县隆起　9-岩石圈断裂　10-地壳断裂　11-栖霞背斜　12-地质界线　13-古陆边界　14-拗陷区　15-金异常　16-城市　17-道北庄子矿区

3.1 区域地层

区内基底为太古宙—元古宙绿岩带，太古宙胶东岩群变质岩，元古宙荆山岩群和粉子山岩群变质岩，属角闪-麻粒岩相。太古—元古宙底部镁铁质火山岩与成矿具有物源关系，构成双层结构绿岩地体[32]。区内地层划分属华北地层区鲁东地层分区的蓬莱地层小区，包括中太古代唐家庄岩群、新太古代胶东岩群、古元古代荆山群及新生代第四系。

3.1.1 中太古代唐家庄岩群（Ar_3t）

分布于齐山北部一带。岩性主要为磁铁石英岩、黑云或角闪变粒岩。变质程度达到麻粒岩相。

3.1.2 新太古代胶东岩群（Ar_4j）

分布于齐山—曹孟一带。岩性以黑云变粒岩为主，局部夹薄层磁铁石英岩，呈捕虏包体状存在于栖霞超单元中。

3.1.3 古元古代荆山群（Pt_1j）

分布于夏甸镇芝山以南地区，与围岩呈断裂或韧性剪切构造接触，呈断块状分布。主要有禄格庄组、野头组和陡崖组，自下而上岩性依次为石榴矽线黑云片岩—透辉岩—黑云变粒岩—斜长角闪岩—大理岩—石墨透辉变粒岩。各组段组合特征及分层标志明显，均为整合接触关系。荆山群经历了强烈的区域变质作用，变质程度可达中低压相系的麻粒岩相。

3.1.4 新生代第四系（Q）

由坡积、洪积及冲积物组成。主要分布于区内山前坡地、沟谷、河流及河流两侧阶地广大地区，包括山前组、临沂组及沂河组，由砾石层、含砾各粒级砂、砂质粘土、亚粘土及淤泥组成。

3.2 区域构造

区内构造复杂，以北东—北北东向断裂构造发育为突出特点，招平断裂带、丰仪断裂带组成区域构造格架（图 3.2）。此外，还有近东西向和近北西向断裂，总体上可分为三个构造组。

3.2.1 北东-北北东向断裂

为本区的主干断裂，主要有招平断裂和丰仪断裂。

3.2.1.1 招(远)—平(度)断裂

招远—平度断裂南起平度城北，走向近 EW，至宋格庄逐渐转向，向 NE 延伸，经招远城又转为 NNE 向，经黄城集、蓬莱城以西进入渤海，全长 120 km，宽度一般 50～200 m，断面向南东倾斜，倾角 30～50°，为胶东地区三大金成矿构造之一[33]。断裂自南往

北韧性变形糜棱岩逐渐减少，而属于脆性变形的碎裂岩逐渐地多。

区内为招远城南半壁店—夏甸段，平面上形态不规则，大致沿玲珑超单元与栖霞超单元接触带呈弧形展布，总体走向 14°（走向 5～50°），倾向南东，倾角 21～58°。断裂带大致沿玲珑超单元与栖霞超单元接触带展布，平面上形态极不规则，被北西向后期构造错断分成数段，宽 15—600m，最宽处达 900m（玲珑九曲一带），沿走向及倾向均呈舒缓波状展布，主要显示为压扭性，并具多期次活动的特征，发育连续碎裂岩带，以断层泥为标志的主裂面发育，以主裂面为界，向两侧 破碎、蚀变、矿化程度逐渐减弱。矿体大部分赋存于主裂面下盘的黄铁绢英岩化碎裂岩、黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带内，矿体多位于其走向拐弯、倾角由陡变缓部位。其主断裂控制了台上、破头青、曹家洼、大尹格庄、姜家窑、夏甸等特大及大、中型金矿床的分布，发育于其下盘的大量次级断裂则控制了玲珑金矿田及原疃、金翅岭、埃子王家、谢家沟等一系列金矿床（点）的分布。

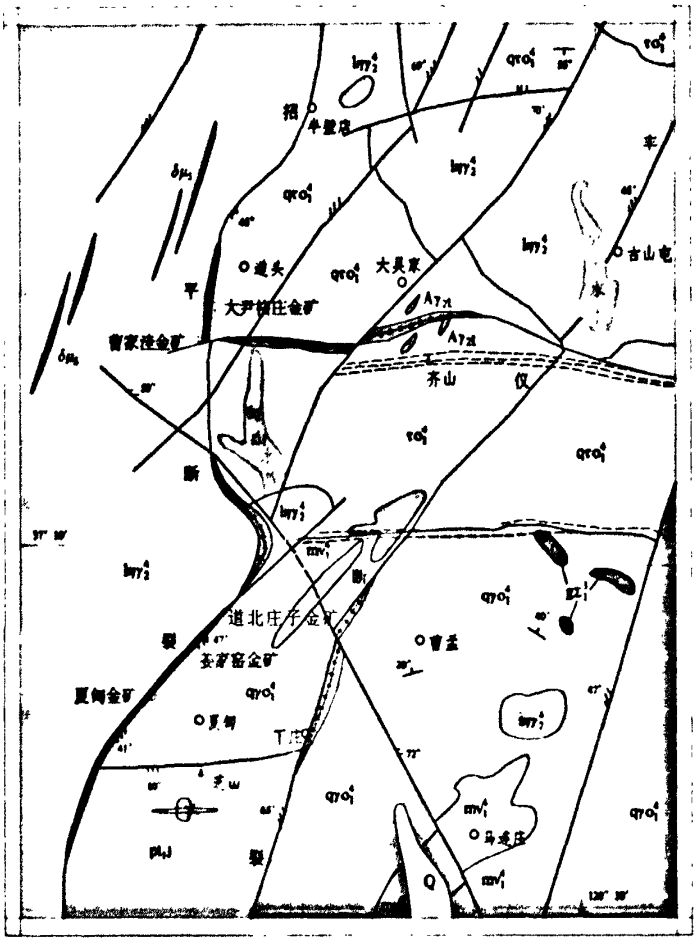
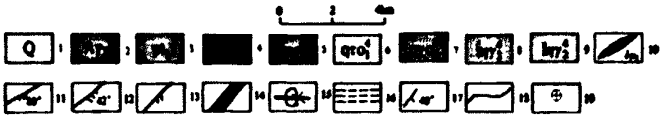


图 3.2 区域地质图



1、第四系 2、磨家庄岩群 3、荆山群 4、官地连超单元超基性岩 5、马连庄超单元变辉长岩 6、栖霞超单元英云闪长岩 7、栖霞超单元奥长花岗岩 8、双顶超单元二长花岗岩 9、玲珑超单元二长花岗岩 10、闪长玢岩 11、压性断裂及产状 12、压扭性断裂及产状 13、张性断裂 14、碎裂岩带 15、倒转向斜构造 16、韧性变形构造 17、岩体产状 18、地质界线 19、金矿位置

3.2.1.2 丰仪断裂

从区内东部通过，地表出露 17.8km，总体走向 46°，倾向南东，倾角 50—63°，断裂切割栖霞、文登超单元，带内岩石主要为碎裂状花岗岩、绢英岩化英云闪长岩、碎裂岩等，岩石破碎较强，具硅化、碳酸盐化蚀变，属左旋压扭性断裂，局部见金矿化体

发育。

3.2.2 北西向断裂

在本区的东南部可见，该向断裂形成较晚，分别切割早期的东西、北东和北北东向剪切带，为成矿期后断裂。

3.2.3 东西向断裂

分布于区内的中部，为本区的基底构造，主要构造形式为褶皱和韧性剪切带，与金成矿关系密切。由太古宙形成的栖霞复式背斜，复背斜轴部由胶东岩群组成，两翼为荆山岩群、粉子山岩群，在南北挤压应力场作用下，呈近东西向分布，横贯栖霞、招远和莱州。

3.3 区域岩浆岩

区域内岩浆岩十分发育，广泛分布，包括中太古代迁西期官地洼超单元($g\Sigma_1^3$)，新太古代五台—阜平期马连庄超单元（mv_1^4）、栖霞超单元($q\tau O_1^4$、$q\gamma O_1^4$)，古元古代吕梁期莱州超单元（$^{\wedge}S\eta l_2^1$）、双顶超单元（$^{\wedge}S\eta\gamma_2^4$），新元古代震旦期玲珑超单元（$l\eta\gamma_2^4$）及各期次派生脉岩（图 3.2)。

3.3.1 官地洼超单元

分布于夏甸镇曹孟村东黎儿埠一带，包括黎儿埠单元及官家单元。岩性为变辉橄榄岩及变辉长岩（二辉麻粒岩)，多呈包体状零星分布于栖霞超单元中。

3.3.2 马连庄超单元

包括南岚单元、大吴家单元和栾家寨单元，分布于峭山后、大吴家西南、山前兰家、姜家窑南、曹孟、黎儿埠、岚子东等地。岩性由变辉橄榄岩、变角闪石岩、变辉长岩组成，由于受后期侵入岩的“蚕食”，多呈小规模、零散的包体赋存于栖霞超单元中。

3.3.3 栖霞超单元

位于招远—平度断裂带以东的大部地区，呈复式岩基展布。主要包括牟家单元（$q\tau O_1^4$）和回龙夼单元（$q\gamma O_1^4$)。前者分布于南半部，岩性为片麻状细粒奥长花岗岩；后者分布于北半部，岩性为条带状细粒含角闪黑云英云闪长岩。该超单元为一套中酸性的变质变形深成侵入岩，脉体发育，为区内金成矿的主要金质源岩。

3.3.4 莱州超单元

分布于东北部,包括苏家庄子、西水夼和郭家埠三个单元。岩性为变辉纯橄榄岩（蛇纹岩）、细粒变辉长岩（斜长角闪岩）、中细粒变角闪闪长岩。多呈小岩株零散分布，脉岩侵入于栖霞超单元。

3.3.5 双顶超单元

区内仅见燕子夼单元，分布于毕郭镇腾家南，呈岩株产出。岩性为片麻状二长花岗岩，其内可见奥长花岗岩、斜长角闪岩及黑云变粒岩包体。

3.3.6 玲珑超单元

主要分布于区内招远—平度断裂带以西及北东一带，包括云山单元、崔召单元、郭家店单元及笔架山单元。岩性为弱片麻状中细粒含石榴二长花岗岩、弱片麻状中粒二长花岗岩、含斑中粗粒二长花岗岩及伟晶不等粒花岗岩。该超单元为晋宁旋迴地壳熔融形成，与区内金矿的形成关系密切。

该超单元空间上总体呈东西向展布，与玲珑超单元以招—平断裂为界，其南与栖霞超单元之回龙夼单元呈侵入接触，边界呈不规则锯齿状，具有中生代印支早期地壳受东西向拉张作用产生近南北向的张性裂隙，岩浆被动侵位特征。

3.4 脉岩

区域内脉岩极为发育，主要有闪长玢岩、石英闪长玢岩、煌斑岩、石英脉、花岗斑岩、石英斑岩、辉绿玢岩脉等，多展布于招远—平度断裂带下盘的玲珑超单元中，多数走向北北东，倾向北西，倾角 50～85°，长几百—几千米，少数分布于齐山、毕郭以北的玲珑、栖霞超单元中，产状杂乱，长几十至千余米不等。其它地区仅见石英脉、煌斑岩等零星出现，产状不一，规模较小（一般长十几至近百米）[34]。

中基性脉岩具密度大、韧性强的特征，其形成时间上相近，成因上同源。大量的研究资料表明其与区域内金矿床（点）的分布与矿床富矿体的展布在空间上具明显的对应关系。

3.5 区域矿产及分布规律

区内矿产丰富，以金矿为主，大中型金矿床数十处，金矿点及砂金矿点遍布全区。此外，尚有滑石、菱镁矿、萤石、银、石棉、煤、石油以及建筑材料和石英砂矿等。

区内探明具有工业意义的金矿有：曹家洼金矿、大尹格庄金矿、姜家窑金矿、夏甸金矿、芝下金矿、张格庄金矿、旧店金矿、石桥金矿、南墅金矿（图3.3）。

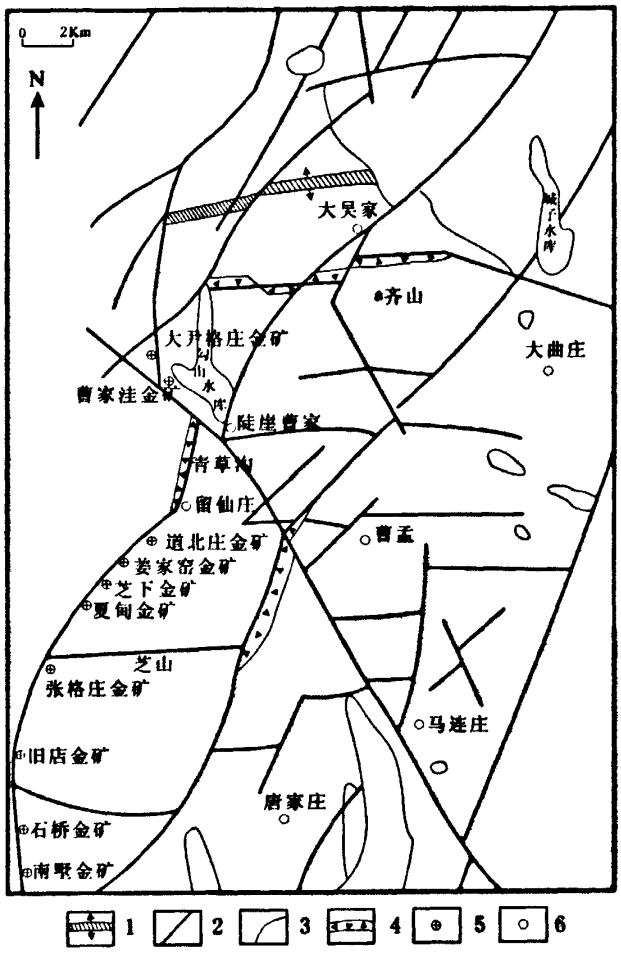


图3.3 区域成矿构造背景和金矿分布示意图（据杨立强等[35]修改）

1-栖霞复式背斜轴 2-断裂 3-地质界线 4-破碎带 5-矿点 6-地名

第四章　矿区地质概况

4.1 矿区位置、交通、自然地理与经济概况

矿区位于招远市夏甸镇境内，有公路与招远市和莱西市相通，交通方便（图 4.1）。

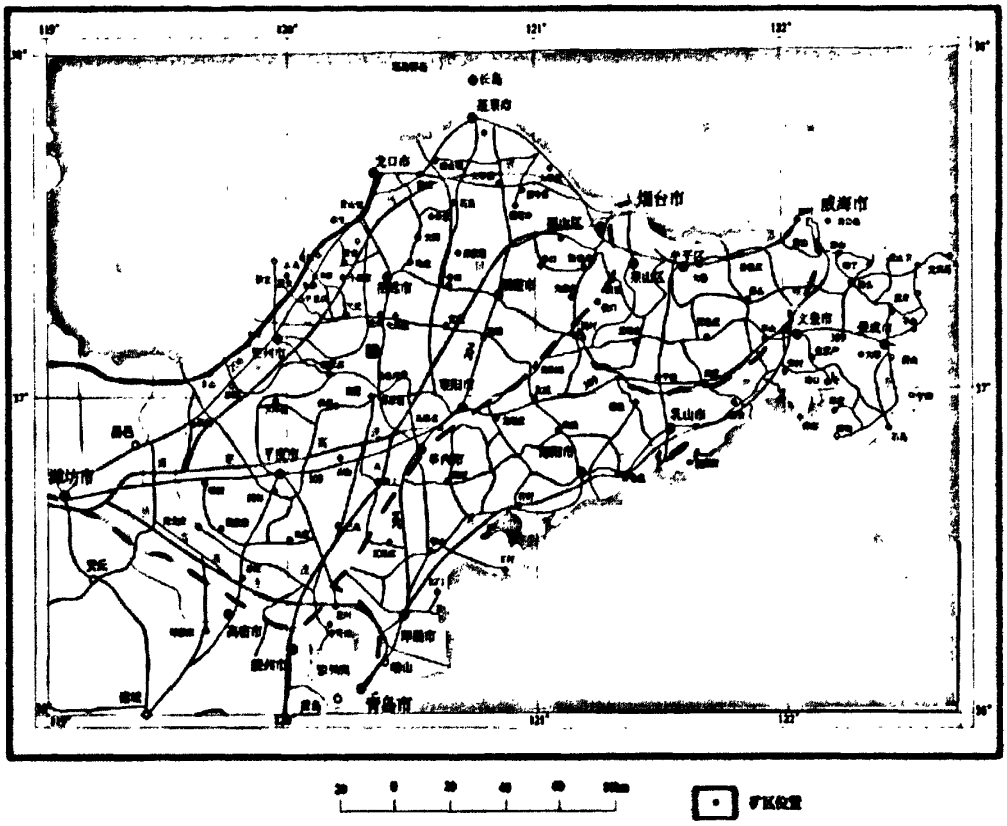


图 4.1 矿区交通位置图

矿区地处胶东西部低缓地带，地势西北高，东南低。最大海拔标高+185.114m，比高 70m 以下，地势起伏不大。断裂蚀变带出露标高为+120m～+152m。该区地表水体主要有青龙河，芝下河及勾山水库，河谷水系均属大沽河流域，属季节性河流，对矿床充水影响不大。

矿区属季风大陆性气候，气候温和。历年平均气温 10.8～11.5℃，一月最冷，最低气温-18.5℃，七月份最热，最高气温达 39.8℃。多年平均蒸发量为 1583.2mm。多年平均降水量 771.9mm，降水在时间上分布不均匀，冬春少，夏秋多，一般从 6 月底 7 月初开始，结束于 9 月中下旬，6～9 月降水量占全年总降水量的 70%以上。

矿区内人口密集，劳动力充足，工农业发达，经济繁荣。工业主要以采金业为主，矿区附近分布着大尹格庄金矿、曹家洼金矿、姜家窑金矿和夏甸金矿区，黄金采选业比

较发达；农业生产以小麦、玉米、花生为主；果业、种植业有苹果、梨、桃、山楂、瓜果、葡萄等。区内电力充足，矿区北部有东庄 35 千伏变电站与全省联网。矿区东部有专门为矿山生产、生活供电的 35 千伏变电站一处。

4.2 矿区地质特征

4.2.1 地层

区内出露的地层为中太古代胶东岩群，主要以残留体形式赋存于玲珑花岗岩体的边缘相内，呈透镜状，长几米至几十米，宽 1～10 米，其长轴呈 NE10°～30°，主要岩石为混合岩化斜长角闪岩、混合岩化黑云变粒岩、黑云片岩等。

第四系分布在山坡、丘陵及河谷冲沟中，厚度一般 2～3 米。

4.2.2 构造

区内构造以断裂构造为主，招平断裂带纵贯全区，其它北西向、北东向断裂亦较发育。

4.2.2.1 招平断裂

工作区位于招平断裂带的中段，在玲珑花岗岩体的边缘相内通过，区内长 3200 米左右，宽 100～300 米，总体走向 15～20° 左右，倾向 SE，倾角 30～45°，由姜家窑往北至陡崖曹家，倾角有由缓变陡的趋势，沿走向或倾向呈波状延展。主断面发育，充填有厚 10～20cm 的灰黑色断层泥。带内角砾岩、糜棱岩发育，属韧—脆性变形过渡带，易于金矿质沉淀，形成蚀变岩型金矿床。

带内岩性从上盘—下盘依次为绢英岩化花岗岩、角砾岩、断层泥、绢英岩或绢英岩化碎裂岩、绢英岩化花岗质碎裂岩及绢英岩化花岗岩。区内断裂蚀变带与南北相邻区段不同之处有三点：①断裂带不是沿老地层与花岗岩体接触带通过，而是在花岗岩体的边缘相内通过。②断裂带三分蚀变带不明显，主断面下黄铁绢英岩带呈断续的透镜体状展布，而绢英岩化花岗质碎裂岩带发育，呈宽大带状。③主断面下绢英岩化花岗质碎裂岩带内 30～40m 范围内，老地层残留体特别发育，与花岗岩呈互层出现，其岩性为斜长角闪岩和黑云变粒岩，残留体均有不同程度绢英岩化、黄铁矿化和金矿化。

4.2.2.2 北东向断裂

主要出现在工作区南部留仙庄一带，断裂带长几公里，宽几十米，倾向 SE，倾角 40～50° 左右，其与主断裂关系不明。

4.2.2.3 北西西向断裂

青草沟断裂：位于青草沟水库北侧，走向 NWW，长约 500 米，宽 20～40 米，倾向北东，倾角 35° 左右，属左行压扭性断裂，带内主要为花岗质碎裂岩，有不同程度的硅化和绢英岩化，切割了招平断裂带，错距 100 米左右。

4.2.3 岩浆岩

主要为燕山早期的玲珑花岗岩体，分布在招平断裂带的上、下盘。脉岩发育，主要有闪长玢岩、石英闪长玢岩及煌斑岩，长度几十至几百米，宽 5～10 米，在断裂带下盘较发育，产状与断裂带基本一致。

4.3 矿床地质特征

矿床赋存于招—平断裂带中部的姜家窑—陡崖曹家断裂下盘的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩带中。矿体共分五个，分别是Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号矿体。Ⅰ、Ⅱ号矿体分布在青草沟矿段，Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ号矿体分布在道北庄子矿段。

道北庄子矿段Ⅲ号矿体分布在 18 线，控矿标高+143～10m，矿体走向长度 23m，最小厚度 0.74m，最大厚度 1.86m，平均厚度 1.46m，延深 133m；Ⅳ号矿体分布于 22～24 勘探线之间，控矿标高+140～-74m，矿体走向长度 120m，最小厚度 0.74m，最大厚度 4.46m，平均厚度 1.92m，延深 219m。Ⅴ号矿体分布于 26～27 勘探线之间，控矿标高+30～0m，矿体走向长度 60m，最小厚度 2.97m，最大厚度 5.20m，平均厚度 4.46m，延深 80m。矿体总体走向 45°，倾向 135°，倾角 48°。矿体与主裂面基本平行产出，在走向和倾向上均呈舒缓波状。

矿床工业类型为构造破碎带蚀变岩型金矿床，成因类型为岩浆热液金矿床。

4.3.1 矿体特征

Ⅰ号矿体是本矿区主要的矿体，其金属资源储量占矿区总资源储量的 65%。矿体呈脉状产出于青草沟矿段主裂面下盘 10 米以内的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩中。矿体分布于 5～10 勘探线之间，控矿标高+150～+54m，矿体走向长度 150 m，延深 95m。矿体最小厚度 0.71m，最大厚度 6.36m，平均厚度 2.62m。矿体厚度变化系数 116%，属厚度较稳定型矿体；矿体单个样品最低品位 1.78×10^{-6}，最高 6.89×10^{-6},平均品位 3.13×10^{-6}，矿体品位变化系数 126%，属有用组分分布较均匀型。该矿体共包括 8 个块段，在 2000-2003 年期间部分采空。其中，122b-Ⅰ-1、122b-Ⅰ-2 为 2003 年 10 月以前查明，在 2000-2003 年期间部分采空；122b-Ⅰ-3 为 2003 年 10 月以前查明的资源储量，一直未动用；122b-Ⅰ-4～122b-Ⅰ-8 共 5 个块段为 2007 年钻探新增资源储量，至今未动用。

Ⅱ号矿体是本矿区次要矿体之一，产出于Ⅰ号矿体下盘 7～14m 处，其金属资源储

量占矿区总资源储量的 16%。矿体呈脉状产出于青草沟矿段主裂面下盘 25m 以内的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩中。矿体分布于 5～6 勘探线及 9 线附近，控矿标高+118～+57m，矿体走向长度 13～30m，平均为 22m，延深 110m。矿体最小厚度 1.41m，最大厚度 5.66m，平均厚度 3.27m。矿体厚度变化系数 109%，属厚度较稳定型矿体；矿体单个样品最低品位 1.89×10^{-6}，最高 4.30×10^{-6},平均品位 2.94×10^{-6},矿体品位变化系数 132%，属有用组分分布较均匀型。该矿体共包括 2 个块段，其中为 122b-Ⅱ-1 为 2003 年 10 月以前查明的资源储量，一直未动用；122b-Ⅱ-2 为 2007 年钻探新增资源储量，至今未动用。

Ⅲ号矿体分布在道北庄子矿段 18 线，控矿标高+143～10m，矿体走向长度 23m，延深 133m。矿体最小厚度 0.74m，最大厚度 1.86m，平均厚度 1.46m。矿体厚度变化系数 113%，属厚度较稳定型矿体；矿体单个样品最低品位 1.00×10^{-6}，最高 3.50×10^{-6},平均品位 2.86×10^{-6}。矿体品位变化系数 133%，属有用组分分布较均匀型。该矿体共包括 122b-Ⅲ-1～122b-Ⅲ-3 共 3 个块段，在 2005-2008 年期间全部采空。

Ⅳ号矿体分布于道北庄子矿段 22～24 勘探线之间，控矿标高+140～-74m，矿体走向长度 120m,，延深 219m。矿体最小厚度 0.74m，最大厚度 4.46m，平均厚度 1.92m。矿体厚度变化系数 114%，属厚度较稳定型矿体；矿体单个样品最低品位 1.74×10^{-6}，最高 4.27×10^{-6}，矿体平均品位 3.25×10^{-6}，矿体品位变化系数 138%，属有用组分分布较均匀型。该矿体在 2002-2003 年期间全部采空。

Ⅴ号矿体是本矿区另一个次要矿体，其金属资源储量占矿区总资源储量的 19%。矿体呈脉状产出于道北庄子矿段主裂面下盘 10m 以内的黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩中。矿体分布于 26～27 勘探线之间，控矿标高+30～0m，矿体走向长度 60m，矿体延深 80m。矿体最小厚度 2.97m，最大厚度 5.20m，平均厚度 4.46m。厚度变化系数 109%，属厚度较稳定型矿体；矿体单个样品最低品位 0.87×10^{-6}，最高 8.08×10^{-6},矿体平均品位 2.67×10^{-6}，品位变化系数 141%，属有用组分分布较均匀型。Ⅴ号矿体为 2007 年矿山地质坑探新增资源储量，至今未动用。矿体特征见表 4.1。

表 4.1 矿体特征统计表

序号	矿体编号	分布标高(m)	规模(m)			产状(°)		金品位 ($\times10^{-6}$)
			走向长	倾斜长	真厚度	倾向	倾角	
1	Ⅰ	+150～+54	150	100	2.62	96°	45°	3.13
2	Ⅱ	+118～+57	22	60	3.27	96°	45°	2.94
3	Ⅲ	+143～-10	23	190	1.46	135°	48°	2.86
4	Ⅳ	+140～-74	120	200	1.92	135°	48°	3.25
5	Ⅴ	+30～0	60	80	4.46	135°	48°	2.67

4.3.2 矿石特征

4.3.2.1 矿物成分

矿石矿物成分由金属矿物、非金属矿物和表生矿物组成。其中金属矿物主要有银金矿、自然金、黄铁矿；非金属矿物主要有石英、钾长石、斜长石、绢云母；表生矿物主要为褐铁矿。具体见表 4.2。

表 4.2 矿石矿物成分表

矿物类别		主要矿物	次要矿物
金属矿物	自然元素	银金矿、自然金	
	金属硫化物	黄铁矿	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、斜方辉铜铋矿
非金属矿物	自然元素		石墨
	硅酸盐	石英、钾长石、斜长石、绢云母	黑云母、角闪石、绿帘石、绿泥石、白云母
	磷酸盐		
	碳酸盐	方解石	白云石

黄铁矿为本矿床的主要的载金矿物，呈淡黄色,中细粒，以浸染状、细脉状或团块状分布于矿石中。据黄铁矿晶形统计，以立方体—五角十二面体聚形为主，占 57.2%，其次为立方体晶形、五角十二面体、立方体—八面体聚形，由此可见，黄铁矿晶形简单，则金品位低，晶形复杂，则金品位高，富矿部位黄铁矿以聚形晶为主。黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、斑铜矿含量较少，常呈半自形—它形的矿物集合体分布于矿石中，其中偶见银金包体。

非金属矿物以石英为主，在金矿成矿作用过程中，占有重要地位。尤其是以灰白色或烟灰色石英与黄铁矿等多金属硫化物构成含金矿石，主要以硅化石英出现。方解石常呈白色—灰白色，半自形菱面体，呈脉状分布，有时与石英共生形成石英方解石脉。

矿石中含金矿物以银金矿为主，其次是少量的自然金。金矿物粒度以细粒嵌布为主。且不均匀嵌布。镜下观察，矿石中金嵌布粒度较细，大多数为细粒金，金矿物最大者粒径为 0.2mm，以枝杈状填充于黄铁矿的晶隙中，小于 0.074mm 粒级含量的占 63.15%，粒径为 0.037—0.01mm 粒级占 54.85%，最小者粒径为 0.001mm，以粒状产于石英晶隙中，少数呈粒状包于黄铁矿晶体中。

4.3.2.2 化学成分

矿石经光谱分析和化学成分分析说明，矿石中主要化学成分有Si、Ca、Mg、Fe、Al、K、Na等氧化物和Au、Ag、S、Cu、Pb、Zn、As、Ni、Mn等多种元素。矿石除金组分外，其它银、硫等，由于含量低，无法作为伴生有益组分加以综合回收利用。矿石化学成分见表4.3，矿石光谱分析统计见表4.4。

4.3.2.3 组构特征

1）矿石结构　以它形粒状结构、自形-半自形粒状结构，压碎及碎斑结构为主，其次有裂隙充填结构、固溶体分离结构等。表现为黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿等载金矿物呈它形、半自形粒状。黄铁矿常呈立方体、五角十二面体及八面体晶形的聚形分布于矿石中。

2）矿石构造　以浸染状构造为主，细脉状次之。

表4.3 原生矿石的化学成分

元素	Au 10^{-6}	Ag 10^{-6}	S 10^{-2}	Fe 10^{-2}	Cu 10^{-2}	Pb 10^{-2}	Zn 10^{-2}	Bi 10^{-2}	As 10^{-2}
含量	2.92	0.80	1.14	3.18	0.034	0.054	0.072	2	0.03
元素	Te 10^{-2}	TiO_2 10^{-2}	K_2O 10^{-2}	Na_2O 10^{-2}	SiO_2 10^{-2}	Al_2O_3 10^{-2}	CaO 10^{-2}	MgO 10^{-2}	
含量	微量	0.22	4	2	66.87	10.42	2.02	1.45	

表4.4 矿石光谱分析统计表

含量(%)	1—0.1	0.1—0.01	0.01—0.001	<0.001
元素	Ba、Ti	Mn、Cr、Ni、Bi、Mo、Zr、Zr、Y、Ce、Cu	Be、As、Pb、Th、Ga、V、Co、Sr、La、Li	Sn、Ag、Zn、Yb、Sc

4.3.2.4 矿石类型

据工程揭露和开采资料将矿石自然类型分为氧化矿石和原生矿石。

（1）氧化矿石：氧化带深度30m，矿石呈黄褐色，黄铁矿氧化后成褐铁矿，黄铜矿、闪锌矿、方铅矿少见。矿石矿物成分有褐铁矿、石英、钾长石、斜长石、绢云母等。

（2）原生矿石：30m以下为原生矿石。原生矿石呈浅灰～浅灰绿色、肉红色等。黄铁矿呈浸染状、细脉状、网脉状、块状分布于岩石中，呈自形、半自形晶粒状。

矿石矿物组成有：金属矿物黄铁矿主为，其次是黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、斜方辉铜铋矿；脉石矿物有石英、钾长石、斜长石、绢云母、方解石等。金矿物以银金矿为主，其次是少量的自然金。根据矿石成分、结构、构造和蚀变碎裂程度等因素，将原生矿石类型定为浸染状黄铁绢英岩质碎裂型矿石。

矿石中的金以银金矿为主，其次是少量的自然金，以独立形式赋存于金属硫化物中，通过矿石组合分析含硫量1.14%，故矿石工业类型属低硫型金矿石。

4.3.3 围岩蚀变

工作区蚀变作用普遍，成矿前的蚀变有钾化、钠长石化和绢云母化；成矿期蚀变为硅化、绿泥石化、微量碳酸盐化、黄铁矿化；成矿后蚀变有晚期碳酸盐化，局部地段见有黄铁矿化，多金属硫化物和金银等矿化作用。蚀变强度与矿化强度成正相关[34]。

蚀变岩矿化的空间分带，具有明显的不对称性，下盘发育最完整。平面上，主断面以下出现黄铁绢英岩带、绢英岩化带，硅化—钾化带，正常花岗岩带。主断面下黄铁绢英岩带不发育，据分析可能与主断面下老地层残留体密集分布有关，但是断裂带的绢英岩化花岗质碎裂岩带仍较宽大。

4.3.3.1 钾长石化

钾长石化是成矿早期的热液蚀变，分布于整个破碎蚀变带内，其实质是斜长石经钾质交代形成钾长石（照片1）。由于后来的黄铁绢英岩化等蚀变的改造，仅残留于破碎蚀变带的边界，特别中下盘的边部。



照片1 钾化花岗碎裂岩

4.3.3.2 黄铁绢英岩化

黄铁绢英岩化是破碎蚀变带内分布最普遍的一种蚀变，破碎蚀变带中部黄铁绢英岩化强烈，边部较弱，黄铁绢英岩化与成矿有着密切的关系。

在适当的物化条件下，含水Fe、Mg铝硅酸盐矿物经水化形成绢云母，析出的铁与热液硫化合生成黄铁矿；K、Na、Ca铝硅酸盐矿物经钾质交代和水解形成绢云母、微粒石英。

这种蚀变作用形成的绢云母往往以不同形式取代长石，随蚀变的增强，由长石、绢云母共存，变为绢云母几乎全部取代长石，但保持其外形，再变为全部取代长石且失去原外形。形成的微粒石英则赋存于鳞片状绢云母集合体内，而形成的细小黄铁矿颗粒便呈弥散状赋存于破碎蚀变岩中。

4.3.3.3 碳酸盐化

碳酸盐化是破碎蚀变带内普遍存在的一种蚀变，特别是上盘的蚀变地层中，是钾长石化、黄铁绢英岩化过程中一种派生的蚀变作用，是两种蚀变析出钙或镁、铁与热液中

的二氧化碳相化合的产物。形成的碳酸盐矿物，以不规则的粒状、脉状形式分布于破碎带中，是成矿后的一种蚀变。

在钾长石化、黄铁绢英岩化、碳酸盐化蚀变过程中，水溶液中仍残存有 K_2O、CaO、SiO_2、Al_2O_3、Fe^{2+}、Mg^{2+}等，在适当的物化条件下，与不同期次的构造活动携带来的各种活动组分相结合，便生成了各种热液脉体，并伴随发生矿化（破碎蚀变带内主要热液脉体有石英细脉、绢云母细脉、石英镜铁矿细脉、石英黄铁矿细脉、石英菱铁矿细脉、金石英黄铁矿细脉、金石英多金属硫化物细脉、石英方解石细脉、银石英多金属硫化物细脉等），其中金石英黄铁矿细脉最为常见。

4.3.3.4 绿泥石化

绿泥石化主要分布在破碎蚀变带上盘的蚀变地层中，是含水的铁镁、铝硅酸盐矿物经水化而成绿泥石。

第五章 矿床成因、控矿因素和找矿标志

5.1 矿床成因

区内金矿的研究历史悠久，对于矿床成因的主要认识有：

(1)太古宙成矿说.认为本区金矿床属太古代绿岩带型金矿床，矿床形成与变质作用有关，成矿时代与变质作用发生的时间一致。

(2)元古宙成矿说.认为金成矿作用与元古宙变质事件和花岗质岩浆侵位有关。

(3)燕山期成矿说.认为金矿与中生代后碰撞弧后伸展构造体制下花岗岩侵位活动有关。

(4)多期成矿说.认为太古宙末和古元古代为变质热液型金矿成矿期，中生代(印支—燕山期)为复成热液型金矿成矿期，成矿作用主要与不同成因热流体与交代一深熔花岗岩的相互作用有关。

(5)燕山早期成岩、晚期成矿说.认为前寒武纪变质岩于燕山早期被交代重熔成岩，之后有大气降水和慢源物质加入到成矿热液体系，玲珑—焦家式金矿属中生代花岗岩岩浆期后热液矿床。

5.1.1 硫同位素特征

根据吉林大学王培福等人的硫同位素测定（表 5.1）结果表明，邻近道北庄子金矿的夏甸金矿少部分 $\delta^{34}S$ 同位素数值介于 0.6‰～2.4‰之间，具有幔源硫的特点。下庄和芝山地区少部分 $\delta^{34}S$ 同位素数值介于 3.34‰～5.2‰之间，极可能是幔源硫穿过招平断裂带后受到变质围岩的影响，$\delta^{34}S$ 同位素数值偏高。特别是二者地区（即招平断裂带下盘与上盘）大多数 $\delta^{34}S$ 同位素数值都介于 6.5‰～12‰之间，变化范围窄，极差小，它们都具有极值不大的正向偏离陨石值、分布相对集中的共同特征，说明它们具有一致的硫源。基于金矿床矿石、围岩花岗岩和胶东岩群硫同位素组成的基本一致性[36][37]，这个硫源应是太古宙结晶基底，后经重熔岩浆作用，因硫均一化程度较高，所以该重熔岩浆又是深源岩浆主要特征之一。

5.1.2 氢、氧同位素特征

根据吉林大学王培福等人的氢、氧同位素测定（表 5.2，图 5.1）结果表明，与道北庄子金矿区处于同一构造区域的金翅岭地区含金流体主要来自岩浆水，尹格庄和下庄地区氢、氧同位素测定数值并没有落入岩浆水区和变质水区，但从总体上都靠近岩浆水区来看，含金流体主要来自岩浆水和天水。

表 5.1 夏甸地区成矿系统硫同位素组成特征

序号	样品号	矿 床	测定矿物	$\delta^{34}S$ (‰)	成矿系统组成
1	A21-5	下 庄	FeS_2	3.45	硅化—石英脉型成矿系列
2	A21-6	下 庄	FeS_2	3.34	
3	A20	下 庄	FeS_2	4.57	
4	A21-5	下 庄	FeS_2	3.68	
5	A21-6	下 庄	FeS_2	5.2	
6	A20	下 庄	FeS_2	4.47	
7	L41	下 庄	FeS_2	6.53	
8	L42	下 庄	FeS_2	6.94	
9	L43	下 庄	FeS_2	6.57	
10	L44	下 庄	FeS_2	5.06	
11	L45	下 庄	FeS_2	7.43	
12	L31	下 庄	FeS_2	7.96	
13	L32	下 庄	FeS_2	7.56	
14	L33	下 庄	FeS_2	7.50	
15	L34	下 庄	FeS_2	6.50	
16	L21	下 庄	FeS_2	7.20	
17	L22	下 庄	FeS_2	7.42	
18	L22-1	下 庄	FeS_2	7.66	
19	L23	下 庄	FeS_2	7.22	
20	L11	下 庄	FeS_2	7.61	
21	Z002-5	芝 山	FeS_2	10.78	
22	Z002-11	芝 山	FeS_2	9.69	
23	Z002-12	芝 山	FeS_2	9.01	
24	Z002-13	芝 山	FeS_2	10.39	
25	JJY-1	姜家窑	FeS_2	4.1	破碎带蚀变岩型成矿系列
26	XD-1	夏 甸	FeS_2	0.6	
27	LSG-1	灵山沟	FeS_2	2.4	
28	ZH03-1	夏甸金矿主斜井	FeS_2	6.90	
29	ZH03	夏甸金矿主斜井	FeS_2	7.18	
30	ZH02	夏甸金矿主斜井	FeS_2	6.39	
31	ZH01	夏甸金矿主斜井	FeS_2	6.42	
32	Q01	夏甸金矿 VII 井	FeS_2	6.69	
33	Q02	夏甸金矿 VII 井	FeS_2	11.42	
34	Q03	夏甸金矿 VII 井	FeS_2	10.15	
35	Q04	夏甸金矿 VII 井	FeS_2	9.67	
36	Q05	夏甸金矿 VII 井	FeS_2	10.90	

注：序号 1～24，28～36 样品由吉林大学测试科学实验中心同位素室测定，序号 25-27 号样品引自马凤俊(1995)等。

5.1.3 矿化、矿物组合、结构构造特征

如前所述，区内矿化不均匀，矿体边界不清，矿石的成分、矿物组合和围岩蚀变等均表现为以低温的石英、黄铁矿、方解石、黄铜矿、方铅矿、斑铜矿和铜兰等做代表的低温矿床矿物组合特点。矿石结构有晶粒状结构、压碎结构、残余结构、固溶体分离结构、填隙结构和包含结构等，矿石构造以脉状、细脉浸染状、网脉状构造为主，次为浸染状、块状，胶状和蜂窝状构造。

表 5.2 夏甸地区复合成矿系统石英氢氧同位素组成特征

成矿系统	序号	样品号	样品位置	岩 性	$\delta(D_{H2O})/10^{-3}$	$\delta(^{18}O_{H2O})/10^{-3}$
硅化—石英脉型成矿系列	1	A5	山榛沟	含金石英脉	-101.10	+13.34
	2	A9	下庄 A9 井	含金石英脉	-100.09	+12.85
	3	A20	下庄 A20 井	含金石英脉	-95.45	+11.89
	4	A21-5	下庄 A21 井	含金石英脉	-99.77	+13.08
	5	A21-6	下庄 A21 井	含金石英脉	-96.86	+14.03
破碎带蚀变岩型成矿系列	6	Y-1	尹格庄 -140m	蚀变岩+石英脉	-81.0	-0.7
	7	Y-2	尹格庄 -140m	蚀变岩+石英脉	-75.0	+1.4
	8	Y-3	尹格庄 -175m	伟晶岩	-77.0	+0.7
	9	J-1	金翅岭	蚀变岩+石英脉	-43.15	+7.76
	10	J-2	金翅岭	蚀变岩+石英脉	-83.59	+5.92

注：序号 1～5 样品由长春科技大学测试中心同位素室测定，序号 6～8 样品引自李兆龙等(1993)；序号 9～10 样品引自袁祖成(1989)。

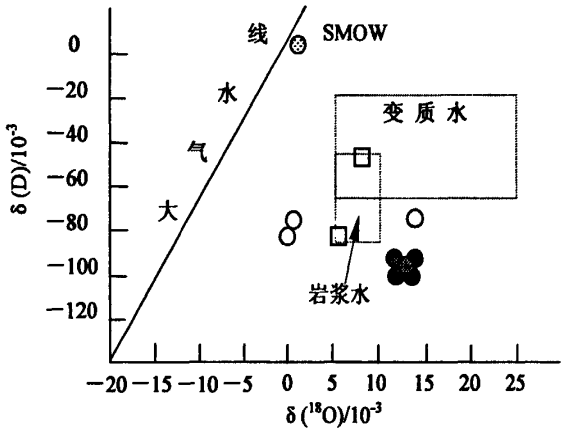


图 5.1 夏甸地区成矿系统含金石英脉 $\delta(^{18}O_{H2O})-\delta(D_{H2O})$图解

● 序号 1—5 样品
○ 序号 6—8 样品
□ 序号 9—10 样品

5.1.4 稀土配分模式特征

为了对该矿区的矿床成因和找矿方向有更进一步的了解，我们通过对不同地质体采样，分析其稀土元素含量与配分曲线类型，进而分析该矿床的成因与该矿区的找矿方向。本项科研工作主要采集道北庄子金矿矿区不同地质体稀土样品 10 件，其中矿体采样 1 件，钾化基性角砾岩采样 1 件，钾化花岗质碎裂岩 1 件，碎裂状花岗岩采样 2 件，花岗质碎裂岩采样 2 件，绢英岩化花岗质碎裂岩采样 3 件。稀土元素的标准化方式有多种，这里主要使用泰勒(Taylor)球粒陨石的 REE 丰度来作为标准化依据。原始数据见表 5.3，标准化后数据见表 5.4，有关统计参数见表 5.5，不同地质体稀土元素配分模式图见图 5.2。现将不同地质体稀土元素特征分述如下：

5.1.4.1 普通围岩的稀土元素组成及分布类型

本项目研究工作中，在道北庄子金矿矿区所采集的普通围岩样品主要有碎裂状花岗岩和花岗质碎裂岩共4件（原始数据见表5.3）。各岩石类型稀土元素地球化学特征分述如下：

碎裂状花岗岩：稀土总量(∑REE)介于 373.52×10^{-6}～471.75×10^{-6}，轻重稀土比值(LREE/HREE)介于 5.11～5.32，δEu 介于 0.97～1.16，铕异常不明显。在稀土元素标准化配分模式图中，属向右倾斜的轻稀土富集型(图5.2)。

花岗质碎裂岩：稀土总量(∑REE)介于 1179.24×10^{-6}～1398.99×10^{-6}之间，轻重稀土比值(LREE/HREE)介于 6.08～6.40 之间，δEu 介于 0.87～0.95，铕异常不明显。在稀土元素标准化配分模式图中，属向右倾斜的轻稀土富集型(图5.2)，镥显示明显负异常。

5.1.4.2 蚀变围岩的稀土元素组成及分布类型

本项目研究工作中在道北庄子金矿矿区所采集的蚀变围岩样品主要有钾化基性角砾岩、钾化花岗质碎裂岩和绢英岩化花岗质碎裂岩共5件（原始数据见表5.3）。各岩石类型稀土元素地球化学特征分述如下：

钾化基性角砾岩：稀土总量(∑REE)为 175.96×10^{-6}，轻重稀土比值(LREE/HREE)为 2.38，δEu 为 0.79，铕呈弱的负异常。在稀土元素标准化配分模式图中，属向右倾斜的轻稀土富集型(图5.2)。

钾化花岗质碎裂岩：稀土总量(∑REE)为 59.64×10^{-6}，轻重稀土比值(LREE/HREE)为 2.24，δEu 为 3.97，铕呈明显的正异常，这可能是成矿后的热液改造所致。在稀土元素标准化配分模式图中，属向右倾斜的轻稀土富集型(图5.2)。

绢英岩化花岗质碎裂岩：稀土总量(∑REE)介于 153.95×10^{-6}～192.89×10^{-6}之间，轻重稀土比值(LREE/HREE)介于 1.55～2.85 之间，δEu 介于 0.89～1.08，铕异常不明显。在稀土元素标准化配分模式图中，属向右倾斜的轻稀土富集型(图5.2)，镥显示较明显的负异常。

5.1.4.3 矿体的稀土元素组成及分布类型

矿体：稀土总量(∑REE)约 222.45×10^{-6}，明显低于区内的普通围岩，轻重稀土比值(LREE/HREE)为 4.34，轻重稀土分馏明显，δEu 为 0.87，铕异常不明显。在稀土元素标准化配分模式图中，属向右倾斜的轻稀土富集型(图5.2)，镥显示较明显的负异常。

5.1.4.4 矿体、普通围岩和蚀变围岩的稀土特征综合分析

无论是稀土总量，配分曲线，还是δEu值特点都表明，区内金矿体与绢英岩化花岗碎裂岩最为相似，其次是钾化基性角砾岩，而与普通的花岗碎裂岩或者碎裂花岗岩之间

虽然配分曲线相似，但量值差异较大，显然，区内金矿体与绢英岩化花岗碎裂岩最为密切，绢英岩化、钾化等围岩蚀变属于成矿溶液与围岩进行物质交换的结果，不过，绢英岩化与钾化之间在时间上存在区别，钾化阶段早，绢英岩化阶段较晚。另一方面，稀土配分模型显示，区内金的成矿物质是由古老基底经混合岩化或重融后提供，这就意味着东西向的古老基底与燕山期花岗岩交汇部位最有利于寻找大型超大型金矿床。

表 5.3 各样品稀土元素含量表

样品	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
XT-1	矿体	21.37	40.32	4.62	16.58	2.91	0.76	2.32	0.38	1.79	0.33	0.91	0.17	1.11	0.13	9.43
XT-2	钾化基性角砾岩	11.75	25.60	3.31	13.45	2.87	0.68	2.19	0.41	2.15	0.49	1.08	0.24	1.46	0.21	12.40
XT-3	绢英岩化花岗质碎裂岩	9.75	19.50	2.43	9.49	2.30	0.79	2.09	0.43	2.48	0.47	1.14	0.26	1.59	0.22	14.02
XT-4	碎裂状花岗岩	43.73	85.98	10.48	40.10	6.33	1.88	5.22	0.79	3.50	0.58	1.51	0.28	1.65	0.18	18.05
XT-5	绢英岩化花岗质碎裂岩	13.50	27.84	3.47	13.40	2.77	0.76	2.31	0.45	2.53	0.50	1.36	0.30	1.66	0.22	15.02
XT-6	绢英岩化花岗质碎裂岩	15.63	30.15	3.65	13.71	2.75	0.78	2.24	0.41	2.10	0.41	1.08	0.23	1.42	0.20	11.92
XT-7	花岗质碎裂岩	139.6	265.2	31.76	119.7	19.57	5.11	15.42	2.19	8.49	1.37	3.38	0.57	3.09	0.38	40.90
XT-8	碎裂状花岗岩	39.14	74.78	7.69	25.63	4.05	1.47	3.51	0.52	2.52	0.46	1.23	0.26	1.47	0.18	14.36
XT-9	钾化花岗碎裂岩	3.65	7.10	0.91	3.52	0.75	0.97	0.73	0.13	0.66	0.12	0.35	0.07	0.43	0.05	4.09
XT-10	花岗质碎裂岩	113.1	218.6	26.87	101.4	17.09	4.89	13.39	1.95	7.52	1.22	3.07	0.48	2.71	0.31	36.87

表 5.4 各样品稀土元素标准化数据表

样品	岩性	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Y
XT-1	矿体	58.24	42.13	33.70	23.32	12.59	8.79	7.59	6.56	4.70	3.88	3.66	4.83	4.47	3.50	4.49
XT-2	钾化基性角砾岩	32.00	26.75	24.17	18.92	12.41	7.77	7.15	7.03	5.64	5.75	4.34	6.64	5.90	5.58	5.91
XT-3	绢英岩化花岗质碎裂岩	26.57	20.38	17.77	13.35	9.97	9.03	6.83	7.34	6.50	5.57	4.58	7.31	6.41	5.66	6.68
XT-4	碎裂状花岗岩	119.17	89.84	76.52	56.39	27.40	21.58	17.06	13.69	9.19	6.81	6.08	7.97	6.67	4.79	8.59
XT-5	绢英岩化花岗质碎裂岩	36.78	29.09	25.32	18.84	11.97	8.69	7.55	7.72	6.65	5.90	5.46	8.44	6.68	5.88	7.15
XT-6	绢英岩化花岗质碎裂岩	42.60	31.51	26.64	19.28	11.92	8.92	7.33	7.07	5.51	4.78	4.36	6.35	5.73	5.21	5.68
XT-7	花岗质碎裂岩	380.44	277.06	231.83	168.32	84.71	58.70	50.38	37.83	22.28	16.09	13.57	16.01	12.45	9.85	19.47
XT-8	碎裂状花岗岩	106.65	78.14	56.15	36.05	17.52	16.86	11.48	8.94	6.62	5.43	4.95	7.17	5.91	4.81	6.84
XT-9	钾化花岗碎裂岩	9.94	7.41	6.64	4.95	3.23	11.18	2.40	2.23	1.74	1.45	1.41	2.07	1.73	1.31	1.95
XT-10	花岗质碎裂岩	308.17	228.42	196.12	142.60	73.99	56.15	43.77	33.55	19.74	14.35	12.32	13.55	10.94	8.01	17.56

表 5.5 稀土元素统计数据表

样品	岩性	ΣREE	LREE	HREE	LREE/HREE	δEu	La/Sm	Sm/Nd
XT-1	矿体	222.45	169.98	39.19	4.34	0.87	4.63	0.54
XT-2	钾化基性角砾岩	175.96	114.25	48.03	2.38	0.79	2.58	0.66
XT-3	绢英岩化花岗质碎裂岩	153.95	88.04	56.88	1.55	1.08	2.66	0.75
XT-4	碎裂状花岗岩	471.75	369.32	72.26	5.11	0.97	4.35	0.49
XT-5	绢英岩化花岗质碎裂岩	192.12	122	61.43	1.99	0.89	3.07	0.64
XT-6	绢英岩化花岗质碎裂岩	192.89	131.95	46.34	2.85	0.93	3.57	0.62
XT-7	花岗质碎裂岩	1398.99	1142.36	178.46	6.40	0.87	4.49	0.50
XT-8	碎裂状花岗岩	373.52	294.51	55.31	5.32	1.16	6.09	0.49
XT-9	钾化花岗碎裂岩	59.64	32.17	14.34	2.24	3.97	3.08	0.65
XT-10	花岗质碎裂岩	1179.24	949.3	156.23	6.08	0.95	4.17	0.52

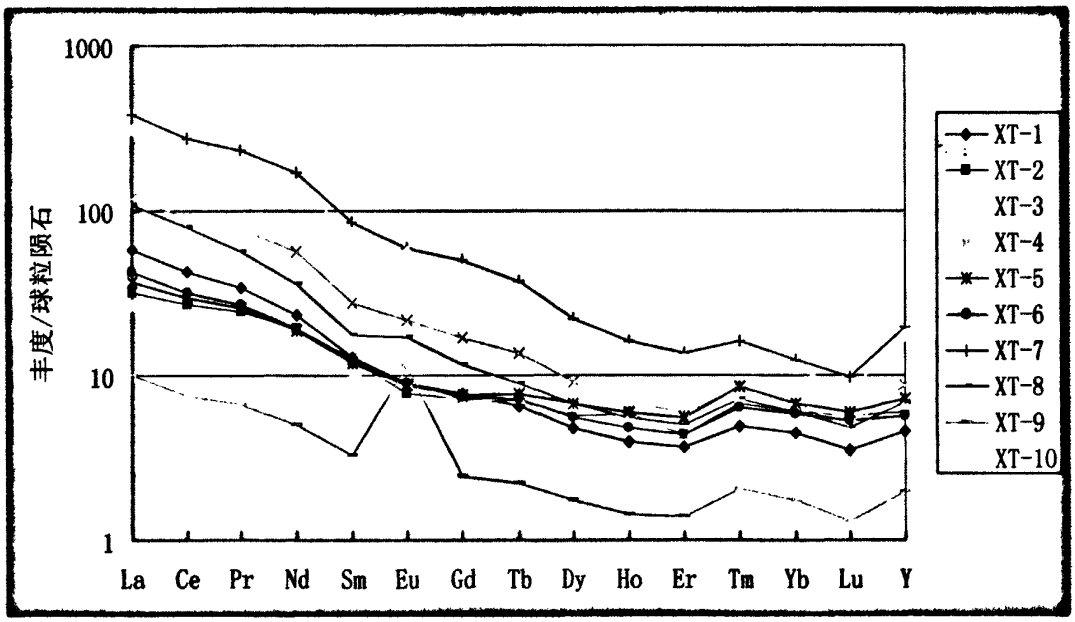


图 5.2 道北庄子不同地质体稀土元素配分模式图

5.2 控矿因素

通过对本区大地构造背景、含矿岩体岩石学、岩石地球化学及金矿地质地球化学等方面的研究，发现道北庄子金矿已知矿化体的主要控矿因素包括以下几个方面：

5.2.1 岩浆岩控矿

本区含矿的玲珑型花岗岩全岩 Rb－Sr 等时线年龄为 156.40±11.99Ma，主体年龄段介于 164.20～150.12Ma 之间，属燕山运动早期形成。主要为中粗、中细粒黑云母花岗岩，呈狭窄带状沿东西向分布，发育于栖霞复背斜中段，与胶东岩群、荆山岩群、粉子

山岩群地层多以顺层渐变或韧性剪切带接触为主，有时表现为犬牙交错接触。岩石主要由更长石、微斜长石、石英、黑云母等矿物组成，为富含碱质、贫铁钙的正常系列和铝过饱和系列，以碱度、酸度较高为特点。结构构造主要为块状构造、斑杂构造、片麻状构造、眼球状构造和条纹长石结构、净边结构、花岗结构和残余结构等。

5.2.2 构造控矿

招平断裂带控制着一系列矿床的产出，是重要的导矿、容矿构造，同时也控制着一系列次级断裂及节理带内矿床的形成。

1. 招平断裂既导矿又容矿

招平断裂是矿液运移的通道，具明显的导矿作用，同时又是容矿构造，含矿热液多在主构造产状变化处及次级断裂等有利部位富集成矿。矿体均赋存于主裂面下盘，靠近主裂面矿体产状与主裂面产状一致，矿体一般呈脉状、透镜状，形态规则，向北东侧伏。

2. 主断裂产状变化部位易成矿

金矿床产于近主断裂面下盘内的黄铁绢英岩中，矿体大致平行主断面，离主断面100m范围内，受主断裂产状控制，在产状由缓变陡处易形成富矿体。

3. 次级构造控矿

在主断裂构造的次级构造中，形成与主裂面有一定夹角的矿体，规模不大，是受次级构造控制。

4. 主裂面的断层泥起明显的屏障作用

在招平断裂带内常见0.5～3米以上的断层泥，沿主裂面发育且稳定，一般呈灰黑色(已固结)-灰白色 (未固结)，分别为不同期次构造活动的产物，与断裂的继承性、脉动性相吻合。断层泥由于渗透性和可塑性，成为使含矿热液很难渗透的屏障，断层泥的厚度与矿体品位有正相关关系，断层泥的颜色、含 Au 量及矿物组合特征可做为间接的找矿标志。

5.2.3 脉岩控矿

主矿体往往产于近主断面的蚀变闪长玢岩下盘的黄铁绢英岩内，早期形成的致密闪长玢岩，对矿液运移有一定阻挡作用，而且脉岩贯入地带是一个薄弱地带，矿液也容易贯入。

5.2.4 蚀变分带控矿

招平断裂带下盘的蚀变岩石，依其蚀变岩类型和强度可分出不同的蚀变分带，上盘

蚀变较弱，下盘由主断裂面向外为黄铁绢英化带-黄铁绢英岩化碎裂岩带-绢英岩化碎裂岩带-硅化钾化裂隙带，蚀变分带越完整，厚度较大，矿体规模也越大。

5.2.5 区域地球化学控矿

区内太古界胶东群变质岩系，原岩为次稳定型富铝蒙脱石-水云母泥岩-富镁碳酸岩，夹基性、中基性、中酸性火山岩和硬砂质建造类型。其原始沉淀的大地构造环境属大洋板块近大陆一侧的浅海孤岛型的优地槽活动特点，整个建造成岩基理，其物质来源于上地幔、下地壳相关的中基性-中酸性火山岩。伴随火山喷发，金及多金属被从上地幔、下地壳带到地壳表层，构成了金的原始矿源层。

从招远地区胶东群地层岩石地球化学结果看，高于地壳丰度值的元素有金、铅、铜、铬；显著低于地壳丰度值的元素有锰、钛、锆、锶、银；其余元素丰度值接近。金的含量从3×10^{-9}至75×10^{-9}，标准差10.61，变化系数为0.556，区内胶东群地层分布广，厚度大，金丰度值高，构成一个分布广泛的金—多金属地球化学区，对金矿的形成提供了雄厚的物质基础。

5.3 找矿标志

5.3.1 构造标志

道北庄子金矿床的构造主体显示出两种特征：一是压扭性断裂，属平行于招平断裂次级构造，可视为导矿构造，由此，基于导矿构造与容矿构造的密切关系，招平断裂深部矿液极可能进入离招平断裂带不远的次级构造带内；二是道北庄子金矿床处于NE向控矿构造与近EW向控矿构造相交汇部位，二者特征构成道北庄子金矿床深部应有深部流体通道和隐伏矿体赋存的构造空间。

5.3.2 脉岩标志

道北庄子金矿脉与闪长玢岩、石英闪长玢岩、煌斑岩、石英脉、花岗斑岩、辉绿玢岩等脉岩密切伴生，从一中段至九中段都有各类脉岩分布。特别是闪长玢岩脉与金矿脉共生关系密切。由此，通过矿区内脉岩存在的数量和分布的规模可类推该矿床深部和两侧应该有脉岩和金矿脉存在。

5.3.3 蚀变标志

蚀变岩是流体作用的产物。基于道北庄子金矿床深部九中段仍有硅化、黄铁矿化、钾化等存在，特别是矿井内有含富矿硅化脉对早期矿化体的叠加，表明道北庄子金矿

床从地表向深部矿化应是连续的。同时，蚀变岩均分布于矿脉两侧，是进行找矿预测、追索矿体的直接标志。

5.3.4 断面变化标志

主裂面不是光滑的平面，而是一个曲面，趋势面中高值区代表主裂面向上凸起，低值区代表主裂面凹向下盘。主裂面的波动造成断裂带靠近主裂面区应力场的局部变化。根据矿区矿体产状特征，平面上与主裂面近平行或走向 NEE－EW 向构造面为有利赋矿构造。推测成矿期断裂呈右行剪切运动，上盘向 SW 逆冲，下盘向 NE 斜冲。运动结束出现了应力反弹，断裂上盘由 SW 向 NE 方向斜落，出现了局部扭张空间，为成矿热液充填，形成金矿体。在剖面上，倾角由缓变陡处矿化较好，而由陡变缓处矿体处于尖灭。

第六章 道北庄子金矿床地球化学特征与预测标志

6.1 评价指标的选择

6.1.1 金矿石中各类元素含量特征

从表6.1可见：

（1）在各标高的金矿石中，Au含量都很高。而除了Ni的含量低于其克拉克值外，其它元素含量都高于各自的克拉克值。

（2）在伴生微量元素中，As、Ag、Pb、Hg明显高于各自的克拉克值。

（3）当矿石中金、银、铜的含量同时较高时，烃类组分含量往往较低；相反，当矿石中金、银、铜的含量同时较低时，烃类组分含量往往较高，显示了烃类组分与金在空间上具有分带性。



照片2 道北庄子金矿床中的碳质层

（4）与背景场相比，无论是哪个中段的矿石，烃类组分含量都很高，高出背景值可达几十～几百倍。另一方面，在各中段调查中发现，矿体的上下盘均发现存在大量碳质（见照片2）。这充分表明本区金矿在成矿过程中，存在大量有机物的参与，在矿体周围至今还存在较高的烃气异常场。

6.1.2 各组分之间的相关性特征

对道北庄子金矿不同矿石进行各组分相关分析结果表明（表6.2）：

（1）与Au呈正相关的元素有Ag、As、Sb、Pb、Mo、Mn、Zn、Ni、Co。其中，呈显著相关的元素只有As（相关系数大于0.5），有较好相关性的元素为Ag、Zn、Co（相关系数变化于0.25～0.5）。而Cu、Bi、Hg与Au呈负相关。说明Hg与Au异常空间上具有分带性。

（2）烃类组分与Au之间，呈负相关。但所有烃类组分之间均呈极显著的正相关，相关系数全部大于0.9。显示出烃类组分来源于同一个母体，但是成矿物质沉淀后，在空间上烃类组分富集中心和金的富集中心存在分异。

6.1.3 道北庄子金矿地球化学评价指标的选择

根据上述各元素的地球化学变化特征综合分析，得出道北庄子金矿可用于找矿评价的主要有效地球化学指标如下：

（1）微量元素指标：As、Ag、Pb、Hg。

（2）烃类组分，包括甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、乙烯、丙烯等

表 6.1 道北庄子金矿床金矿石中各元素含量

样品编号	70-3	70-9	70-15	30-4	30-6	30-13	-10-15	101	109	139
取样位置	70 中段	70 中段	70 中段	30 中段	30 中段	30 中段	-10 中段	-250 中段	-250 中段	-250 中段
Au	1071.5	2058.3	3469.8	3953.7	1391.2	3469.8	2558.6	3953.7	2558.6	2345.3
Cu	109.3	17.6	43.9	74.9	197.3	153.9	28.7	233.3	290.2	489.4
Pb	400.9	246.8	1594.4	1001.1	>2000	>2000	63.3	490.0	85.8	307.6
Ni	10.6	6.4	25.2	29.8	10.0	25.7	4.2	3.5	75.9	51.2
Mo	1.48	0.66	3.52	0.92	0.81	1.48	1.21	0.61	0.86	1.71
Mn	1917	834	450	5451	2000	2117	1480	750	5516	1646
Ag	1.601	0.426	3.200	1.200	2.275	4.701	0.872	3.300	2.825	>5
Zn	86.3	400.0	>1100	189.5	43.1	43.8	64.8	360.0	86.2	122.8
Co	15.0	7.5	15.0	29.5	7.1	26.0	8.4	8.3	17.5	21.3
As	18.7	8.89	35.9	23.9	10.2	41.0	19.0	25.1	15.0	23.6
Sb	0.62	0.45	0.92	0.66	0.46	0.46	0.30	0.48	0.33	1.68
Bi	2.88	0.35	1.83	0.54	2.11	3.19	2.03	2.37	0.75	1.17
Hg	1.34	1.78	2.10	1.68	1.40	1.52	0.32	0.61	0.81	2.02
CH_4	13169	17719	7008	3110	14071	12102	11918	15706	3991	290
C_2H_6	2165	2793	1096	580	2272	1954	1893	2560	683	52.9
C_3H_8	600	883	330	189	635	586	619	695	264	23.8
iC_4H_{10}	29.6	48.0	34.2	11.2	30.7	30.0	34.2	34.3	16.2	1.98
nC_4H_{10}	171	263	185	65.3	182	181	185	195	93.3	9.19
C_2H_4	1285	1794	1400	563	1500	1512	1400	1582	724	75.6
C_3H_6	853	1204	928	414	975	1100	928	986	543	63.8

表 6.2 道北庄子金矿矿石各组分之间的相关系数

	Au	Cu	Pb	Ni	Mo	Mn	Ag	Zn	Co	As	Sb	Bi	Hg	C_1	C_2	C_3	iC_4	nC_4	C_{2-}
Au	1																		
Cu	-0.075	1																	
Pb	0.172	-0.152	1																
Ni	0.098	0.608	-0.166	1															
Mo	0.153	-0.110	0.332	0.114	1														
Mn	0.138	0.153	-0.105	0.648	-0.346	1													
Ag	0.281	0.724	0.336	0.454	0.348	-0.110	1												
Zn	0.368	-0.336	0.191	-0.113	0.721	-0.431	0.027	1											
Co	0.434	0.210	0.227	0.537	0.188	0.589	0.394	-0.143	1										
As	0.658	-0.004	0.474	0.082	0.616	-0.148	0.632	0.353	0.565	1									
Sb	0.005	0.600	-0.029	0.326	0.476	-0.190	0.551	0.213	0.344	0.254	1								
Bi	-0.078	-0.056	0.423	-0.414	0.207	-0.422	0.352	-0.130	-0.087	0.479	-0.157	1							
Hg	-0.027	0.071	0.415	0.163	0.514	-0.122	0.257	0.428	0.406	0.247	0.646	-0.243	1						
C_1	-0.252	-0.514	0.098	-0.806	-0.339	-0.559	-0.399	-0.016	-0.687	-0.249	-0.617	0.404	-0.318	1					
C_2	-0.248	-0.510	0.099	-0.805	-0.357	-0.537	-0.402	-0.034	-0.675	-0.250	-0.628	0.413	-0.331	0.999	1				
C_3	-0.251	-0.561	0.039	-0.769	-0.374	-0.503	-0.466	-0.040	-0.679	-0.289	-0.675	0.329	-0.349	0.990	0.988	1			
iC_4	-0.131	-0.710	0.111	-0.729	-0.035	-0.603	-0.461	0.327	-0.684	-0.134	-0.603	0.259	-0.191	0.902	0.890	0.917	1		
nC_4	-0.137	-0.696	0.163	-0.732	-0.062	-0.583	-0.433	0.283	-0.664	-0.118	-0.630	0.309	-0.199	0.922	0.912	0.933	0.996	1	
C_{2-}	-0.081	-0.667	0.272	-0.745	-0.071	-0.562	-0.354	0.241	-0.627	-0.040	-0.664	0.421	-0.246	0.928	0.922	0.927	0.970	0.985	1
C_{3-}	-0.067	-0.684	0.303	-0.694	-0.066	-0.508	-0.337	0.213	-0.554	0.000	-0.691	0.419	-0.223	0.906	0.899	0.914	0.959	0.977	0.993

6.2 矿床地球化学分带模型与预测标志

6.2.1 各组分在不同中段的含量变化特征

6.2.1.1 微量元素在不同中段的含量变化特征

对道北庄子金矿床典型的III号矿体周围从 70→30→-10→-50→-90→-130→-170→-210 等 8 个中段的矿石、围岩采样分析后发现（表 6.3）：

（1）主成矿元素Au具有从70→30中段逐渐升高，后从30→-10→-50→-90中段逐渐降低，再从-90→-130→-170中段恢复逐渐升高，最后又从-170→-210中段，含量降低的变化特征，形成了两个浓集区段，分别位于30中段周围和-170中段周围，相对而言，前者的富集程度较高。

（2）伴生元素Pb、Ag从70→30→-10→-50→-90→-130→-170→-210中段，含量具有低→高→低→高→低→高→再升高→降低的变化特征，两元素的浓集区与Au相对应，均发育于30中段周围和-170中段周围。

（3）伴生元素Zn、Mo具有从70→30→-10中段逐渐降低，再从-10→-50→-90→-130中段逐渐升高，最后从-130→-170→-210中段，含量逐渐降低的变化特征。

（4）伴生元素Co、As、Ni从70→30→-10→-50→-90→-130中段，含量具有低→高→低→高→低→高的变化特征；而从-130→-170→-210中段，含量具有逐渐降低的变化特征。

（5）伴生元素Sb变化不太明显，具有从70→30→-10中段逐渐降低，而从-10→-50→-90→-130→-170中段，含量逐渐升高的变化特征。

（6）伴生元素Bi具有从70→30→-10→-50→-90中段逐渐降低，而从-90→-130→-170中段，含量逐渐升高的变化特征。

（7）伴生元素Cu在-10中段和-130中段出现高值异常区，具有从70→30→-10→-50→-90中段，含量逐渐降低的变化特征；同样，从-130→-170→-210中段，也具有含量逐渐降低的变化特征。

（8）Mn从70→30→-10→-50→-90→-130→-170→-210中段，含量具有低→高交替变化的特征。

（9）Hg在30中段和-90中段出现高值异常区，具有从30→-10→-50中段以及从-90→-130→-170→-210中段含量逐渐降低的变化特征。

各微量元素在不同标高（中段）的变化规律显示，各元素在空间上富集区段存在差异，在纵向上大多具有两个异常浓集中心，两浓集中心之间的纵向高差约200m 左右，一个位于30中段上下区域，另一个位于-170中段上下区域。推断这是同一期次脉动矿化作用或多次成矿作用叠加的结果。

表6.3 道北庄子金矿床各微量元素在不同中段含量平均值($W_B/10^{-6}$, $W_{Au}/10^{-9}$)

取样位置	Au	Ag	Hg	Sb	As	Cu	Pb	Zn	Ni	Mo	Mn	Co	Bi
70中段	822.4	1.3	1.5	0.50	20.1	55.9	728.6	432.0	16.5	2.5	1259.3	13.0	1.4
30中段	959	1.3	1.8	0.50	30.1	50.6	1003.3	255.3	19.4	1.3	2009.9	15.4	1.2
-10中段	358.7	0.81	1.1	0.40	13.5	47.4	176.0	130.4	14.9	0.87	1375.7	11.1	1.4
-50中段	313.8	1.1	0.77	0.42	20.8	35.7	435.1	295.9	27.1	1.2	1441.7	14.7	1.4
-90中段	64.5	0.44	1.4	0.44	9.2	14.2	199.4	204.3	20.0	1.2	1241	12.0	0.57
-130中段	245.6	0.87	0.55	0.48	22.7	41.9	340.1	312	24.7	2.8	1737	18.1	1.3
-170中段	331.9	1.2	0.63	0.50	20.9	23.3	390.7	193.1	21.9	1.7	1846.3	18.1	1.7
-210中段	272.1	0.46	0.49	0.37	10.8	17.2	167	52.4	15.3	1.0	2166.5	18.1	0.83

注:分析单位为桂林矿产地质研究院分析测试中心，统计样品数为253 件

6.2.1.2 烃类组分在不同中段的含量变化特征

从70到-210中段，各烃类组分的含量变化见表6.4。

（1）区内烃类组分含量都较高，甲烷大多高达11000μl/kg以上，乙烷也大多高于1800μl/kg。

（2）从70→30→-10→-50→-90→-130→-170→-210中段，甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷等烷烃类含量具有由高→低交替变化的特征。

（3）乙烯、丙烯在-90中段出现异常高值区，总体上具有从70至-90中段逐渐升高，而从-90中段往下至-210中段，含量逐渐降低的变化特征。

显然，区内烃类组分含量较高，有机烃气是本区重要的伴生气体组分之一，与其他有关金属矿一样，烃类组分可作为本区重要找矿标志之一。各烃类组分在不同标高（中段）的含量特征与金属微量元素的变化特征类似，在纵向上具有两个浓集中心，一个位于70中段以上区域，推测为30中段周围金矿体引起；第二浓集中心位于-90中段上下区域，推测为-170中段上下区域金矿体的前缘晕[38]。显然，烃类组分的纵向变化特点同样预示着本区可能存在脉动作用或者经历了多期次的成矿作用叠加。

表6.4 道北庄子金矿床各中段烃类含量平均值 （μl/kg）

取样位置	甲烷	乙烷	丙烷	异丁烷	正丁烷	乙烯	丙烯
70 中段	13016.5	2090.6	616.5	32.2	179.8	1303.2	874.4
30 中段	10644.3	1718.7	549.8	30.2	167.8	1320.1	893.2
-10 中段	12449.1	2108.6	730.5	43.4	228	1554.8	1051.1
-50 中段	11216.3	1830.9	623.1	36.3	191.8	1367	904.5
-90 中段	14343.1	2313.9	872.4	54	278.4	1836.5	1215.4
-130 中段	11784.2	1959.8	637.2	36.6	200.4	1519.1	1042.3
-170 中段	12016.2	1969.6	734.6	45	236.7	1598.1	1088.1
-210 中段	7206.5	1221.8	422.9	25.4	135	968.6	666.3

注:分析单位为桂林矿产地质研究院分析测试中心，统计样品数为253 件

6.2.2 矿体周围各类组分异常纵向展布特征

为了更直观地剖析各类组分异常的空间展布特征，分别勾绘了它们的纵向异常剖面图见附图6-1～附图6-20。从中不难看出：

（1）在矿（化）体周围，Au、Ag、Zn、Co、Mn、Mo、Bi、Ni 等微量元素有较好的异常反映，浓度值高，高中低异常分带清晰；Pb、Cu 以中低异常为主。Au、Ag 、Cu、Pb、Zn 的高值异常分布于矿（化）体中上部；Mo、Co、Mn、Bi、Ni 高值异常集中于矿中下部及矿尾部位；Zn、Mo 异常则较宽阔，在矿体内、矿体上下盘和矿体侧向方向都有分布。

（2）各烃类指标的异常均有较好的异常反映，甲烷与乙烷，丙烷、正丁烷与异丁烷，乙烯和丙烯,它们的异常特征包括展布方向、形态、位置、浓集区等非常相似，大致呈笔帽状分布于矿化体的前缘及上部两侧，其异常形态与微量元素的异常不同。

（3）从异常发育程度看，Ag、As、Co、Ni、Mn、Mo 等元素和烃类异常量值高，浓度分带清晰，与矿(化)体对应性较好，这些指标是找矿评价中需要高度重视的有利特征元素组合。

（4）各微量元素由于其离子半径和活动性的差异导致它们在纵向上的空间位置也存在差异，如Zn、Ag离子半径较小，活动性较强，运移距离相对较远，分布于矿头部位而形成矿头晕。而Co、Mn、Bi离子半径较大，活动能力也相对较弱，从而运移距离较近，更趋向分布于矿体尾部而构成矿尾晕。

（5）烃类组分中，烷烃类较烯烃类异常发育，甲烷和乙烷分布范围较最广，主要集中于离矿（化）体中心的前缘及两侧，甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷分布范围依次缩小。

（6）从纵向剖面图可知，区内上部矿体部分已被剥蚀，只剩下矿体的中下部，因此上部矿体中，除了 Au 元素外，其余组分异常不太明显，尤其是反映矿体前缘晕的烃类

组分异常很弱。而以下只在-170 中段可见微弱的金矿化，在矿化体的周围各组分的异常反应较明显，形成较好的分带和浓集中心。

6.2.3 原生晕分带特征

经详细统计和计算各组分在不同中段的轴向分带指数（表6.5），以及依据各组分在不同中段的变化特征和在矿体周围的异常变化规律，得出道北庄金矿床各元素（组分）在目前开拓区间的初始轴向分带序列为：丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯、Sb、Hg（矿前缘至矿头）→甲烷、乙烷（矿中上）→Cu、Au、Ni、Mo、Pb、Ag、Zn、As、 Bi（矿中下）→Mn、Co（矿尾）。

众所周知，烃类组分中，甲烷的有效半径最小，为3.8×10^{-10}m，乙烷、丙烷、正丁烷分别为：4.4、5.1、5.3×10^{-10}m；而根据它们的沸点，甲烷也最低，其饱和蒸汽压则为最大。显然，在烃类组分之间，甲烷应该具有最强的迁移能力和最远的迁移距离，其次是乙烷。然而，在上述初步计算的本区轴向分带序列中，甲烷、乙烷位于丙烷、正丁烷、异丁烷、乙烯、丙烯之后，很不正常，具反分带特征，究其原因，应该是下部金矿体的前缘晕叠加所致，因此，在分带序列中甲烷、乙烷的位置应做出调整。另一方面，通常属于前缘晕元素的As异常高值出现于矿（化）体的下部，显然也是反分带现象[39]的表现，推断为深部存在的盲矿体引起。

为此，将本区各元素地球化学异常分带序列调整为：甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯、Sb、Hg（矿前缘）→As（矿头）→Pb 、Zn 、Cu、Au、Ag（矿中）→Mo、Ni、Bi、Co、Mn（矿尾）。

6.2.4 地球化学异常分带模型与找矿预测的地球化学标志

6.2.4.1 地球化学异常分带模型

对上述轴向分带序列中的各元素异常的空间特征进行仔细分析后发现：

（1）作为同一级别的元素，其空间位置仍然存在一定的差异，如同为矿前缘晕的烃类组分中，轻烃组分（甲烷）分子量较小，活动性较强，运移距离相对远些，而重烃组分从乙烷→丙烷，分子量越来越大，相对地活动能力也越来越弱，因此后者的运移距离较近，高值异常更趋向分布于矿化富集头部地段。

（2）Au、As、Sb、Ag、Cu、Mo、Co、Mn、Bi、烃类是本区特征指示元素组合。其中，烃类指标异常主要分布于矿体前缘和矿体两侧，高值烃类异常间的相对低值区即是金矿体的分布位置。Au、As、Ag 高值异常亦大多分布于矿体中上部和矿头，Ag 高值异常多与 Au 高值异常地段相对应，Cu、Zn 的高值异常主要分布矿中，Co、Mn、Mo、Bi 为矿尾元素。

据此，得出道北庄子金矿床各元素（组分）的地球化学异常理想分带模型如图6.1。

6.2.4.2 深部成矿预测的地球化学标志

（1）甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯、Sb、As为矿前缘晕或矿头晕，Pb、Au、Cu、Ag、Zn矿中晕， Co、Ni、Mn矿中下部晕或矿尾晕。

（2）当Au与烃类出现强异常时，表示已非常接近矿体；

（3）当Au异常较弱，而甲烷、乙烯、乙烷、丙烯、丙烷、异丁烷、正丁烷等出现强异常时，指示深部有盲矿存在。

（4）当Au、Ag、As、Sb出现强异常，而甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯异常较弱时，表示深部没有盲矿体；若当Au、Ag、As、Sb出现强异常，而甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯也出现强异常时，说明深部存在盲矿体；

（5）当Au含量很低（$<100\times10^{-9}$），若有Zn、Sb、Co、Pb、Ni、Mn等元素的强异常出现，则指示深部无矿。

（6）在计算指示元素的轴向分带序列时，若甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯出现在轴向分带序列下部的反分带现象，则说明下部存在盲矿体或第二成矿空间。

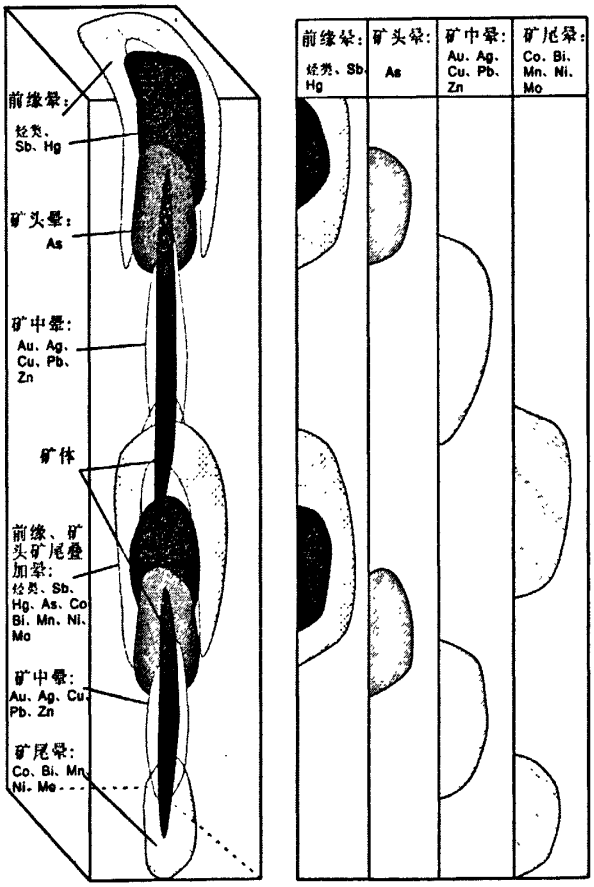


图6.1 道北庄子金矿床各元素地球化学叠加异常分带理想模型

表 6.5 道北庄子金矿床不同中段轴向分带指数

中段	70 中段	30 中段	-10 中段	-50 中段	-90 中段	-130 中段	-170 中段	-210 中段
相对位置置	矿中下		矿尾		矿化体前缘	矿化体中	矿化体中下	
Cu	**0.0619**	0.0322	0.0351	0.0459	0.0296	0.0022	0.0010	0.0262
Pb	0.0250	0.0364	0.0384	0.0422	0.0297	0.0291	0.0476	**0.0583**
Ni	**0.0549**	0.0436	0.0264	0.0356	0.0269	0.0002	0.0003	0.0450
Mo	**0.0565**	0.0401	0.0453	0.0264	0.0369	0.0000	0.0001	0.0331
Mn	0.0669	0.0520	0.0401	**0.0681**	0.0456	0.0169	0.0208	0.0350
Ag	0.0254	0.0409	0.0437	0.0343	0.0148	0.0001	0.0001	**0.0706**
Zn	0.0369	0.0205	0.0419	0.0392	0.0254	0.0291	0.0211	**0.0591**
Co	0.0346	0.0520	0.0366	**0.0532**	0.0406	0.0002	0.0005	0.0252
As	0.0663	0.0291	0.0486	0.0294	0.0388	0.0003	0.0013	**0.0676**
Sb	0.0455	0.0285	0.0329	0.0699	**0.0709**	0.0001	0.0001	0.0519
Bi	0.0350	0.0443	0.0396	0.0268	0.0281	0.0001	0.0002	**0.0677**
Au	**0.0541**	0.0265	0.0375	0.0497	0.0136	0.0016	0.0214	0.0390
Hg	0.0347	0.0373	0.0427	0.0396	**0.0467**	0.0001	0.0001	0.0435
CH_4	0.0554	0.0702	0.0654	0.0604	0.0721	**0.6774**	0.6305	0.0481
C_2H_6	0.0547	0.0736	0.0661	0.0593	0.0750	**0.1024**	0.0958	0.0490
C_3H_8	0.0576	0.0741	0.0734	0.0608	**0.0843**	0.0282	0.0321	0.0586
iC_4H_{10}	0.0626	0.0669	0.0725	0.0628	**0.0729**	0.0015	0.0018	0.0541
nC_4H_{10}	0.0607	0.0716	0.0739	0.0616	**0.0771**	0.0079	0.0099	0.0557
C_2H_4	0.0565	0.0811	0.0696	0.0682	**0.0834**	0.0631	0.0692	0.0538
C_3H_6	0.0547	0.0790	0.0701	0.0667	**0.0876**	0.0398	0.0463	0.0586

第七章 道北庄子矿区-250中段各元素异常特征与找矿预测

7.1 微量元素在-250中段的异常变化特征和规律

7.1.1 Au、Ag、Cu

Au、Cu的异常特征相似，见附图7-12、7-1。从中可见：

(1) Au、Cu异常在中段内较发育，主要包括两个异常区：Ⅰ号异常区位于15穿脉口附近；Ⅱ号异常区位于21穿脉掌子面附近。其中，Ⅰ号异常区的面积较大。两者有明显浓集中心，分带清晰。

(2) Ⅰ号异常区发育于花岗质碎裂岩中；Ⅱ号异常区发育于黄铁绢英岩中和断层带附近。

Ag的异常特征见附图7-6。从中可见：

Ag在中段内的异常较弱，主要包括三个异常区：Ⅰ号异常区位于14穿脉掌子面附近；Ⅱ号异常区位于21穿脉掌子面附近；Ⅲ号异常区位于26穿脉掌子面附近。其中，Ⅰ号异常区面积较大，有明显的浓集中心，分带清晰。 各异常区发育于花岗质碎裂岩中和断层带附近。

7.1.2 As、Sb、Hg

As的异常特征见附图7-9。从中可见：

As异常在中段内发育不明显，仅在15穿脉掌子面附近见一有浓集中心的异常区，编号为Ⅰ号异常区。但异常区范围较大，分带清晰。 异常区发育于花岗质碎裂岩中和断层带附近。

Sb的异常特征见附图7-10。从中可见：

(1) Sb异常在中段内发育也不明显，总体上包括两个异常区：Ⅰ号异常区位于21穿脉掌子面附近；Ⅱ号异常区位于23穿脉往东约20米处。其中，Ⅰ号异常区有明显的浓集中心，异常范围也较大，但两异常区的分带都很清晰。

(2) Ⅰ号异常区发育于黄铁绢英岩中和断层带附近；Ⅱ号异常区仅发育于花岗质碎裂岩中。

Hg的异常特征见附图7-20。从中可见：

Hg异常在中段内发育不明显，仅在21穿脉掌子面附近见一有浓集中心的异常区，编号为Ⅰ号异常区。但异常区范围较大，分带清晰。 异常区发育于黄铁绢英岩中和断层带附近。

7.1.3 Pb、Zn

Pb的异常特征见附图7-2。从中可见：

（1）Pb异常在区内较发育，主要包括三个异常区：Ⅰ号异常区位于14-15穿脉；Ⅱ号异常区位于21-22穿脉中部；Ⅲ号异常区位于26穿脉掌子面附近。其中，Ⅰ号异常区又分为Ⅰ-1号异常区和Ⅰ-2号异常区。除了Ⅱ号异常区有明显的浓集中心之外，其它各异常区都无明显的浓集中心，但分带清晰。

（2）总体上看，Ⅰ、Ⅲ号异常区发育于花岗质碎裂岩中和断层带附近；Ⅱ号异常区仅发育于花岗质碎裂岩中。

Zn的异常特征见附图7-7。从中可见：

（1）Zn异常在区内较发育，主要包括六块异常区：Ⅰ号异常区位于14穿脉口附近；Ⅱ号异常区位于16穿脉口往东约20米处；Ⅲ号异常区位于22穿脉掌子面附近；Ⅳ号异常区位于23穿脉口往东约20米处；Ⅴ号异常区位于24穿脉口往东约30米处；Ⅵ号异常区位于26穿脉掌子面附近。其中，Ⅰ号异常区的范围最大，各异常均有各自的浓集中心，分带清晰。

（2）Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅵ号异常区均发育于断裂带附近；Ⅳ、Ⅴ号异常区发育于花岗质碎裂岩之中。

7.1.4 Co、Ni、Mn、Bi、Mo

Co的异常特征见附图7-8。从中可见：

（1）Co在区内的异常较发育，总体上包括两个异常区：Ⅰ号异常区位于15穿脉口往东约40米处；Ⅱ号异常区位于18穿脉口附近。其中，Ⅰ号异常区面积较大，浓度值较高。两异常区有各自的浓集中心，分带清晰。

（2）Ⅰ号异常区发育于花岗质碎裂岩中；Ⅱ号异常区发育于绢英岩化花岗质碎裂岩中。

Ni的异常特征见附图7-3。从中可见：

（1）Ni在区内的异常较发育，总体上包括三个异常区：Ⅰ号异常区位于16穿脉口往西约20米处；Ⅱ号异常区位于19-20穿脉口附近；Ⅲ号异常区位于24穿脉口附近。其中，Ⅱ号异常区面积最大，但没有浓集中心。各异常区分带清晰。

（2）Ⅰ、Ⅲ号异常区发育于花岗质碎裂岩中；Ⅱ号异常区发育于黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩中和断层带附近。

Mn的异常特征见附图7-5。从中可见：

（1）Mn在区内的异常较发育，出现多个块状异常，总体上可分为三大块异常区：

Ⅰ号异常区位于15穿脉口附近；Ⅱ号异常区位于16穿脉口往西约20米处；Ⅲ号异常区位于19穿脉口附近。其中，Ⅲ号异常区面积最大，Ⅱ号异常区有明显的浓集中心，但各异常区均分带清晰。

（2）Ⅰ、Ⅱ号异常区发育于花岗质碎裂岩中；Ⅱ号异常区发育于黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩中和断层带附近。

Bi的异常特征见附图7-11。从中可见：

Bi在区内的异常较微弱，总体上包括两个小异常区：Ⅰ号异常区位于14穿脉掌子面附近；Ⅱ号异常区位于15穿脉口附近。其中，Ⅰ号异常区有明显的浓集中心，浓度值也较高，但两异常区均分带清晰。两异常区均发育于花岗质碎裂岩中和断层带附近。

Mo的异常特征见附图7-4。从中可见：

（1）Mo在区内的异常较发育，总体上包括两个异常区：Ⅰ号异常区位于15穿脉掌子面附近；Ⅱ号异常区位于18穿脉口处。其中，Ⅱ号异常区的面积很大，浓度值也很高，有明显的浓集中心，但两异常区均分带清晰。

（2）Ⅰ号异常区发育于花岗质碎裂岩中和断层带附近；Ⅱ号异常区发育于绢英岩化花岗质碎裂岩中和断层带附近。

7.2 烃类组分在-250中段的异常变化特征和规律

7.2.1 CH_4、C_2H_6、C_3H_8

CH_4、C_2H_6的异常特征相似，见附图7-13、7-14。从中可见：

CH_4、C_2H_6在区内的异常较发育，总体上包括三个异常区：Ⅰ号异常区位于16穿脉口附近；Ⅱ号异常区位于23穿脉口往东约30米处；Ⅲ号异常区位于24穿脉口往东约30米处。其中，Ⅱ、Ⅲ号异常区构成相连的港湾状。三个异常区均有各自的浓集中心，分带清晰。异常区均发育于花岗质碎裂岩中。

C_3H_8的异常特征见附图7-15。从中可见：

C_3H_8在区内的异常较发育，总体上包括三个异常区：Ⅰ号异常区位于16穿脉口附近；Ⅱ号异常区位于23穿脉口往东约30米处；Ⅲ号异常区位于26穿脉口往西约20米处。其中，Ⅱ、Ⅲ号异常区有明显的浓集中心，分带清晰。异常区均发育于花岗质碎裂岩中。

7.2.2 iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6

iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6的异常特征相似，见附图7-16、7-17、7-18、7-19。从中可见：

（1）iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_3H_6它们在中段内均发育两块异常区，Ⅰ号异常区位于23穿脉

口往东约 30 米处；II号异常区位于 26 穿脉口往西约 20 米处。其中，II号异常面积最大，异常最发育。但各异常区均有各自的浓集中心，分带清晰。

（2）C_2H_4在中段内主要发育三块异常区，I 号异常区位于 16 穿脉口附近；II号异常区位于 23 穿脉口往东约 30 米处；III号异常区位于 26 穿脉口往西约 20 米处。各异常区均有各自的浓集中心，分带清晰。

（3）单个异常呈块状，但异常之间常常构成断续半环带状或港湾状。

（4）各异常区主要分布于东西断裂构造带周围。

7.3 道北庄子矿区-250 中段成矿有利靶区与找矿预测

根据道北庄子矿区-250 中段的地质构造特征、地球化学有关元素的异常变化特征和规律，划出两个找矿有利靶区，见附图 7-21。

7.3.1 I 号找矿有利靶区和找矿预测

I 号找矿有利靶区位于-250 中段 15 线周围，端点坐标为：

1. X: 4111197, Y: 530535
2. X: 4111240, Y: 530576
3. X: 4111228, Y: 530586
4. X: 4111185, Y: 530545

在该靶区内，Au、Ag、Cu、As、Co、Mn、Bi 等矿中和矿尾晕微量元素均在 15 穿一带出现中低缓异常，西部的 14 线一带出现 Sb、Hg 的低缓异常，与此同时分别在 14 穿和 16 穿一带存在较强的烃类（包括甲烷、乙烷、丙烷、乙烯、丙烯）异常和 Zn 异常，它们与上述微量元素异常之间构成了镶嵌异常组构。异常展布区域在地质上正好位于招平断裂带主裂面附近，据野外地质调查和室内光薄片鉴定结果，在该异常地段，发育有与金矿体密切相关的花岗碎裂岩，碎裂带和泥化带较宽，硅化、黄铁绢英岩化、钾化、炭化等围岩蚀变明显。综合区内各类地球化学指标的异常变化特征，结合地质、构造、围岩蚀变的变化特点，评价认为区内之异常属于矿致异常，区内金矿化体刚刚露头，向下有延伸，具有向东侧伏特点，最有利区域位于 15-16 穿之间，向下约 30 米左右即可形成较好的矿体。但总体上看，该区段异常范围偏窄，量值也偏低，矿化规模有限，属于小矿体。

7.3.2 II号找矿有利靶区和找矿预测

II号找矿有利靶区位于-250中段24线周围，端点坐标为：

1. X: 4111455, Y: 530788
2. X: 4111640, Y: 530949
3. X: 4111625, Y: 530966
4. X: 4111431, Y: 530807

在该靶区周围，主成矿元素Au及重要的矿中伴生元素Ag、Cu仅在21穿的主裂面周围出现很弱的低缓异常，尾晕元素Co、Mn等未发育任何异常，前缘晕元素Sb在21穿周围形成分带清晰的强异常，并在23、25穿周围发育低缓异常，Zn整体上呈零星低缓异常，远缘晕的烃类（包括甲烷、乙烷、丙烷、异丁烷、正丁烷、乙烯、丙烯）则在21-26穿区段均发育强异常，并且具有由西南往东北方向异常强度逐渐增大的趋势，同时烃类组分分别于21-22穿、23-25穿周围形成两个港湾状异常。在地质、构造上，异常展布区段内地层岩性全部为花岗质碎裂岩，主裂面发育，范围较宽，见明显的硅化、炭化、黄铁绢英岩化。根据本区的地质、构造、地球化学条件，推测其深部存在盲矿化体，矿体具有往东北方向侧伏特点，其中在21-22穿深部约40-60米处以及23-25穿深部60-80米处矿化较好，尤其是后者，矿体规模相对较大，值得进一步工程验证。

第八章 青草沟地区各元素异常特征与找矿预测

8.1 土壤次生晕背景样品微量元素特征

从表8.1可见:

表8.1 青草沟地区和芝山地区各元素土壤地球化学参数表

元 素	背景 (Mo)	方差 (σ)	浓集系数 (K)	变异系数 (V)	克拉克值 (泰勒，1964)
Au	1.71	0.68	0.43	0.40	4
Ag	0.07	0.02	0.10	0.29	0.7
As	6.60	3.53	3.67	0.53	1.8
Sb	0.60	0.14	3.00	0.23	0.2
Hg	12.4	7.82	155.00	0.63	0.08
Cu	25.4	15.4	0.46	0.61	55
Pb	31.3	12.9	2.50	0.41	12.5
Zn	74.4	24.3	1.06	0.33	70
Co	14.9	6.7	0.60	0.45	25
Ni	31	20	0.41	0.65	75
Mn	679	294	0.71	0.43	950
Mo	0.61	0.16	0.41	0.26	1.5
Bi	0.22	0.07	1.29	0.32	0.17

注:(1)Au的单位为10^{-9}，其余为10^{-6};(2)浓集系数(K)=背景(众数值)/克拉克值;(3)变异系数(V)=方差(σ)/背景值(Mo).

(1)浓集系数大于2的元素有As、Sb、Pb、Hg;浓集系数大于1并小于2的元素有Zn、Bi;浓集系数小于1并大于0.5的元素有Co、Mn;浓集系数小于0.5的元素为Au、Ag、Cu、Mo、Ni、。

(2)变异系数大于1的元素一个也没有，变异系数小于1并大于0.5的元素有As、Hg、Cu、Ni;其它元素的变异系数均小于0.5。

很显然，在本区土壤中， As、Sb、Pb、Hg、Zn、Bi有一定富集，而大部分微量元素都存在不同程度的贫化，但是各微量元素的变异系数都很小，这显示出区内土壤背景区的微量元素变化很均匀，不需要分区统计背景。

8.2 背景样品中烃类组分特征

各烃类组分的背景、方差等地球化学参数变化特征见表 8.2，从中不难看出，总体上：

(1)无论是烷烃还是烯烃，均具有随着分子量的增加，含量逐步降低的变化趋势。

(2)各组分的变异系数在 0.8 至 1.33 之间变化，这表明区内烃类组分背景变化较均匀。

上述特点表明，本区背景场中，有机烃气含量并不高，变化也较均匀，无论是轻烃组分甲烷（CH_4），还是重烃组分乙烷（C_2H_6）、丙烷(C_3H_8)、丁烷(C_4H_{10})，它们对由于成矿而引起的异常都不会形成干扰，这对于利用烃类组分作为本区找矿预测的重要指标相当有利。

表 8.2 青草沟地区和芝山地区各烃类相关地球化学参数

元素	背景值（Mo）	异常下限	方差（σ）	变异系数（V）
甲烷	5.5	14.5	4.50	0.82
乙烷	0.46	1.54	0.54	1.17
丙烷	0.32	1.14	0.41	1.28
异丁烷	0.15	0.55	0.20	1.33
正丁烷	0.046	0.14	0.05	1.02
乙烯	2.02	5.78	1.88	0.93
丙烯	0.67	1.89	0.61	0.91

注：（1）烃类单位为 μl / kg；（2）异常下限=背景值+2×方差；（3）变异系数=方差/背景值；（4）参加统计的样品共 684 件；样品中各类烃组分均由惠普公司 Agilant6820 型气相色谱仪分析（下同）。

8.3 各元素在青草沟地区的异常变化特征和规律

8.3.1 微量元素在青草沟地区的异常变化特征和规律

8.3.1.1 Au、Ag、Cu

Au 的异常特征见附图 8-12。从中可见：

(1) Au 异常在区内较发育，主要位于青草沟地区的北西侧和东侧，发育两大异常块，编号为Ⅰ-1 和Ⅰ-2 号异常，Ⅰ-1 号异常区位于矿区北西侧（5-10 线西侧），Ⅰ-2 号异常区位于矿区东侧（6 线 600 米处）。Ⅰ-1 号异常区呈南北向展布，Ⅰ-2 号异常区呈东西向展布。这两块异常的面积分别为：Ⅰ-1 号异常区 0.4km^2，Ⅰ-2 异常区 0.12 km^2。两者有明显浓集中心，分带清晰。

(2) 总体上看，Au 异常主要发育于北东向大断裂构造带和次级断裂中。

Ag 的异常特征见附图 8-6。从中可见：

(1) Ag 在区内的异常较发育，主要发育三大块异常：Ⅰ号异常区（10 线 300 米处）、Ⅱ号异常区（8 线 280 米处）和Ⅲ号异常区（6 线 200 米处）。Ⅰ和Ⅲ号异常区未出现异常高值，浓度值均不太高。Ⅱ号异常区有明显浓集中心，分带清晰。

(2) 总体上看，Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ号异常均发育于北东向的大断裂构造带和绢英岩化花岗质碎裂岩中。

Cu 的异常特征见附图 8-1。从中可见：

(1) Cu 在区内异常较发育，主要包括三个异常：Ⅰ号异常区（10 线 850 米处）、Ⅱ号异常区（9 线 340 米处）和Ⅲ号异常区（6 线 960 米处）。异常值较低，其高值约为 60×10^{-6}。有浓集中心，分带清晰，其中，Ⅰ号异常发育于黑云母变粒岩、斜长角闪岩中；Ⅲ号异常区发育于斜长角闪岩和北西向的次级断裂中。

(2) 总体上看，Cu 在整个工作区有一定的异常发育，但异常值很低。

8.3.1.2 As、Sb、Hg

As、Sb 的异常特征见附图 8-9 和附图 8-10。从中可见：

（1）As 在区内异常发育位置与 Sb 极为相似，主要包括三大块异常区：Ⅰ号异常区（9 线西侧 40 米处）、Ⅱ号异常区（9 线 440 米处）和Ⅲ号异常区（3 线东侧 960 米处）。其中Ⅱ号异常区分为两小块异常区，分别为：Ⅱ-1 号异常区（9 线 360 米处）和Ⅱ-2 号异常区（9 线 500 米处）。以上三大块异常区浓度值均较低，但有明显浓集中心，分带清晰。

（2）总体上看，Ⅰ号异常区发育于花岗闪长岩中，Ⅱ号异常区呈南北向展布，发育于北东向大断裂和胶东岩群地层之间。

Hg 的异常特征见附图 8-20。从中可见：

（1）Hg 在区内的异常很微弱，仅在 9 线 460 米处可见一出现高值的异常区为Ⅰ号异常区。浓度值较低，异常高值为 60×10^{-6}，有浓集中心，分带清晰。

8.3.1.3 Pb、Zn

Pb 的异常特征见附图 8-2。从中可见：

（1）Pb 异常在区内不发育，仅在 5 线 260 米处可见一呈肾状的异常区，为Ⅰ号异常区，浓度值较低，有明显的浓集中心，分带清晰。

（2）总体上看，Ⅰ号异常发育于北东向断裂构造带和绢英岩化花岗质碎裂岩中。

Zn的异常特征见附图8-7。从中可见：

（1）Zn异常在区内较发育，主要包括两个异常区：Ⅰ号异常区（10线300米处）和Ⅱ号异常区（5线240米处）。Ⅰ号异常区呈南北向展布，Ⅱ号异常区为哑铃状。异常均有浓集中心，分带清晰，但面积较小。两者都发育于绢英岩化花岗质碎裂岩中。

（2）Zn异常在整个工作区的发育程度弱，异常内带异常值约为150×10^{-6}，属于低值异常。

8.3.1.4 Co、Ni、Mn、Bi、Mo

Co、Ni的异常特征见附图8-8和附图8-3。从中可见：

Co和Ni在区内的异常特征相似，异常均较发育，Ⅰ号异常区位于9-10线约900米处，异常面积较大。浓度值较高，异常内带范围较大，有明显浓集中心，分带清晰。异常区均发育于黑云母变粒岩和斜长角闪岩中。

Mn的异常特征见附图8-5。从中可见：

Mn在区内的异常较发育，出现多个块状异常，总体上可分为三大块异常区：Ⅰ号异常区位于10线300米处；Ⅱ号异常区位于8-10线约800米处；Ⅲ号异常区位于6线1200米处。其中，仅Ⅰ号异常区有异常高值，其它异常区都未出现异常高值，但都分带清晰。三个异常区浓度值均不高，内带异常值约为2200×10^{-6}。

Bi的异常特征见附图8-11。从中可见：

Bi在区内的异常较不发育，仅可见Ⅰ号异常区位于8线280米处。异常区呈不规则形状，范围较大，浓度值较低，但有两个明显的浓集中心，分带清晰。

Mo的异常特征见附图8-4。从中可见：

Mo在区内的异常较不发育，仅可见Ⅰ号异常区位于10线200米处。异常区呈不规则形状，范围较大，浓度值较低，但有明显的浓集中心，分带清晰。

由上可见，总体而言，整个青草沟地区各微量元素的异常均较弱。异常区发育于北东向的大断裂附近和黑云变粒岩、斜长角闪岩中。这说明北东向的大断裂在成矿过程中起到了至关重要的作用。

8.3.2 烃类组分在青草沟地区的异常变化特征和规律

8.3.2.1 CH_4、C_2H_6、C_3H_8

CH_4、C_2H_6、C_3H_8的异常特征相似，见附图8-13、8-14、8-15。从图中可见：

CH_4、C_2H_6、C_3H_8在区内只发育一块明显的异常区：Ⅰ号异常区位于4线540米处。呈不规则形状，有明显的浓集中心，分带清晰，异常面积较大。

8.3.2.2 iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6

iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6的异常特征相似，见附图8-16、8-17、8-18、8-19。从中可见：

（1）iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_3H_6它们在区内只发育一块明显的异常区：Ⅰ号异常区位于4线540米处。呈不规则形状，有明显的浓集中心，分带清晰，异常面积较大。

（2）nC_4H_{10}的异常值大于0.35，iC_4H_{10}的异常值大于0.01，C_3H_6的异常值大于1.41。

（3）C_2H_4的异常值大于3.16，在区内主要发育两大块异常区，Ⅰ号异常区位于4-5线中部，Ⅱ号异常区位于2线0米处。其中，Ⅰ号异常区又分为三小块异常区，分别为Ⅰ-1号异常区，位于5线230米处；Ⅰ-2号异常区位于5线740米处；Ⅰ-3号异常区位于4线540米处。

（4）Ⅰ、Ⅱ号异常区均有各自的浓集中心，分带清晰。其中，Ⅰ-3号异常区的面积最大。

（5）单个异常呈块状，但异常之间常常构成断续半环带状或港湾状。

8.4 青草沟地区成矿有利靶区及找矿预测

根据青草沟地区的地质构造特征、地球化学有关元素的异常变化特征和规律，划出两个找矿有利靶区，见附图8-21。

8.4.1 Ⅰ号找矿有利靶区和找矿预测

Ⅰ号找矿有利靶区位于4线东侧，端点坐标为：

1. X: 40531647, Y: 4114808
2. X: 40532231, Y: 4114759
3. X: 40532104, Y: 4114405
4. X: 40531520, Y: 4114491

在该靶区外围的西部，存在烃类（包括甲烷、乙烷、丙烷、正丁烷、异丁烷、乙烯、丙烯）的中低缓异常，呈港湾状，异常中心离构造主裂面水平距离约为320米；而在靶区内As、Sb、Hg及其他微量元素几乎没有异常。根据道北庄子矿区总结的异常模式，该区烃类异常可能属于深部金矿化体引起，但埋深较大，分别以主裂面60°、80°的倾角计算，矿化体头部的垂直埋深分别达到640米、800米。2011年，招金股份有限公司夏甸金矿在该区4线周围施工了4/ZK1号钻孔，孔深598.68米，经化验分析，未发现金矿化，但在孔深302～330、399～424、504～536米区段见绢英岩化、黄铁矿化花岗碎裂岩。这表明，该区确实存在一定的成矿热液活动，但埋深较大，所打之钻孔偏浅，

今后如果需要进一步钻探验证，建议布孔时应该往东水平移动150米。

8.4.2 Ⅱ号找矿有利靶区和找矿预测

Ⅱ号找矿有利靶区位于7-10线西侧，端点坐标为：

1. X: 40531421, Y: 4115722
2. X: 40531672, Y: 4115695
3. X: 40531593, Y: 4115296
4. X: 40531295, Y: 4115304

在该靶区内，存在微量元素Au、Ag、Bi中低缓异常，异常紧靠北东向的大断裂带周围展布，但汞、烃类元素几乎没有异常。在该靶区周围，地表基岩出露，主要岩性为绢英岩化碎裂状花岗闪长岩和花岗闪长岩质碎裂岩。根据本区的地质、构造和地球化学条件，结合区内总结的地球化学异常模型，评价认为：该区异常为金矿化体引起，在8至9线一带主裂面的地表及其往下100米范围内存在金矿体，但是矿化规模小，连续性差，以小透镜形式产出，深部找矿潜力差。

第九章 芝山地区各元素地球化学异常特征及找矿预测

9.1 微量元素在芝山地区的异常变化特征和规律

9.1.1 Au、Ag、Cu

Au、Ag 的异常特征相似，见附图 9-12、9-6。从中可见：

(1) Au、Ag 异常在区内很发育，位于芝山地区的中部，可见一大块异常区，编号为Ⅰ号异常区。异常区为蝴蝶形状，大致呈东西向展布，异常面积巨大，浓度值也很高，有明显的浓集中心，分带也很清晰。

(2) Ⅰ号异常区主要发育于韧性剪切带和东西向的断裂中。

Cu 的异常特征见附图 9-1。从中可见：

(1) Cu 在区内异常发育不明显，主要包括两个异常区：Ⅰ号异常区位于 11 线 560 米处；Ⅱ号异常区位于 12 线 300 米处。两者异常值均较低，其高值约在 150×10^{-6}，有各自的浓集中心，分带清晰。其中，Ⅰ号异常区发育于韧性剪切带中；Ⅱ号异常区发育于斜长角闪岩中。

(2) 总体上看，Cu 在整个工作区有一定的异常发育，但异常值很低。

9.1.2 As、Sb、Hg

As 的异常特征见附图 9-9。从中可见：

(1) As 在区内仅出现一处面积巨大的异常区，位于 12 线 240 米处，编号为Ⅰ号异常区。异常形状不规则，大致呈东西向展布，浓度值较高，有明显浓集中心，分带清晰。

(2) Ⅰ号异常区主要发育于斜长角闪岩中。

Sb 的异常特征见附图 9-10。从中可见：

(1) Sb 异常在区内较发育，主要包括四块异常区：Ⅰ号异常区位于 11 线 550 米处；Ⅱ号异常区位于 12 线 250 米处；Ⅲ号异常区位于 12 线 380 米处；Ⅳ号异常区位于 13 线 570 米处。其中，Ⅲ号异常区的面积最大，均有各自的浓集中心，分带清晰。

(2) Ⅰ号异常区发育于韧性剪切带和荆山群大理岩的交界处；Ⅱ号异常区发育于荆山群大理岩中；Ⅲ、Ⅳ号异常区发育于东西向断裂和斜长角闪岩的交界处。

Hg 的异常特征见附图 9-20，从中可见：

(1) Hg 在区内的异常很微弱，仅在 11 线 160 米处可见一出现高值的异常区，编号

为Ⅰ号异常区。异常区浓度值低，异常高值为65×10^{-6}，有浓集中心，分带清晰。异常区发育于斜长角闪岩中。

9.1.3 Pb、Zn

Pb、Zn的异常特征相似，见附图9-2、9-7。从中可见：

（1）Pb、Zn异常在区内较不发育，主要包括三个小异常区：Ⅰ号异常区位于11线550米处；Ⅱ号异常区位于12线550米处；Ⅲ号异常区位于13线580米处。由此可见，三个异常区位于东西向的一条直线上。浓度值较低，有各自的浓集中心，分带清晰。

（2）总体上看，Ⅰ、Ⅱ号异常区发育于韧性剪切带和斜长角闪岩的交界处；Ⅲ号异常区发育于斜长角闪岩中。

9.1.4 Co、Ni、Mn、Bi、Mo

Co、Ni的异常特征相似，见附图9-8和附图9-3。从中可见：

（1）Co和Ni在区内的异常均较发育，主要包括四个异常区：Ⅰ号异常区位于11线1000米处；Ⅱ号异常区位于12线280米处；Ⅲ号异常区位于12线560米处；Ⅳ号异常区位于13线300米处。

（2）Co除了Ⅳ号异常区有浓集中心之外，其它异常区均无浓集中心；Ni除了Ⅳ号异常区无浓集中心之外，其它异常区均有浓集中心，但各异常区的分带均很清晰。

（3）总体上看，Co异常区内有浓集中心的地方在Ni异常区却没有。

Mn的异常特征见附图9-5。从中可见：

（1）Mn在区内的异常较发育，出现多个块状异常，总体上可分为四个异常区：Ⅰ号异常区位于11线550米处；Ⅱ号异常区位于12线320米处；Ⅲ号异常位于12线580米处；Ⅳ号异常区位于13线300米处。

（2）总体上看，除了Ⅱ号异常区无浓集中心之外，其它异常区都有各自的浓集中心，但每个异常区的分带都很清晰。

（3）Ⅰ、Ⅲ号异常区发育于韧性剪切带附近；Ⅱ、Ⅳ号异常区发育于斜长角闪岩中。

Bi的异常特征见附图9-11。从中可见：

（1）Bi在区内的异常较发育，出现多个块状异常，总体上可分为四个异常区：Ⅰ号异常区位于11线150米处；Ⅱ号异常区位于12线0米处；Ⅲ号异常位于12线200米处；Ⅳ号异常区位于13线340米处。

（2）总体上看，除了Ⅱ号异常区有浓集中心之外，其它异常区均无浓集中心，但每个异常区的分带都很清晰。异常区均发育于斜长角闪岩中。

Mo 的异常特征见附图 9-4。从中可见：

（1）Mo 在区内的异常发育不明显，主要包括两小块异常区：Ⅰ号异常区位于 11 线 550 米处；Ⅱ号异常区位于 12 线 550 米处。异常范围较小，浓度值较低，但有明显的浓集中心，分带清晰。

（2）总体上看，Ⅰ、Ⅱ号异常区均发育于韧性剪切带附近。

9.2 烃类组分在芝山地区的异常变化特征和规律

9.2.1 CH_4、C_2H_6、C_3H_8

CH_4、C_2H_6的异常特征相似，见附图 9-13、9-14。从图中可见：

（1）CH_4、C_2H_6在区内异常较明显，主要包括三个异常区：Ⅰ号异常区位于 12 线 300 米处；Ⅱ号异常区位于 13 线 100 米处；Ⅲ号异常位于 13 线 450 米处。其中，Ⅱ号异常区的面积最大。

（2）CH_4的Ⅱ、Ⅲ号异常区有各自明显的浓集中心，分带清晰；C_2H_6的Ⅱ号异常区有明显的浓集中心，分带清晰。

（3）总体上看，Ⅰ、Ⅱ号异常区发育于斜长角闪岩中；Ⅲ号异常区发育于东西向的断裂附近。

C_3H_8的异常特征见附图 9-15。从中可见：

（1）C_3H_8在区内的异常发育不明显，仅在 13 线 160 米处见一有浓集中心的异常区，编号为Ⅰ号异常区。异常区浓度值低，但分带清晰。

9.2.2 iC_4H_{10}、nC_4H_{10}、C_2H_4、C_3H_6

nC_4H_{10}、C_3H_6的异常特征相似，见附图 9-17、9-19。从中可见：

nC_4H_{10}、C_3H_6在区内的异常发育不明显，仅在 13 线 150 米可见一有浓集中心的异常区，编号为Ⅰ号异常区。异常浓度值低，但分带清晰。

iC_4H_{10}的异常特征见附图 9-16。从中可见：

iC_4H_{10}在区内的异常发育不明显，主要包括两小块异常：Ⅰ号异常区位于 12 线 100 米处；Ⅱ号异常区位于 13 线 150 米处。异常范围较小，均有各自的浓集中心，分带清晰。异常区发育于斜长角闪岩中。

C_2H_4的异常特征见附图 9-18。从中可见：

C_2H_4在区内的异常很微弱，仅在 11 线 600 米可见一有明显浓集中心的异常区，编号

为Ⅰ号异常区。异常浓度值低，异常内带值为6，但分带清晰。 异常区发育于韧性剪切带附近。

9.3 芝山地区成矿有利靶区及找矿预测

根据上述各元素的地球化学异常特征可知，该地区虽然有些元素存在异常，但总体上异常值较低，范围窄，而且异常配套性差。位于测区中部的小块 Au、Ag 异常，未见烃类异常与之配套，从而推断该处可能存在石英脉型小矿体，但仅存在于地表附近，往深部延伸不大。而在测区东南角虽然出现甲烷强异常，但其他烃类组分都呈弱异常，微量元素 Au、As、Sb 未见异常，由此推测该甲烷强异常是由于地表有机质引起，不具有找矿意义。

综上所述，由于各元素的异常不存在明显的对应性，表明芝山地区的找矿潜力很弱，今后在该区开展工作需慎重。

第十章 主要结论和建议

10.1 主要结论

1. 道北庄子金矿床属于构造破碎带蚀变岩型金矿床，金矿化体主要赋存于黄铁绢英岩化花岗质碎裂岩中，与夏甸金矿的成矿特点类似。

2. 研究表明，有机物对道北庄子金矿成矿具有重要作用，金的有机络合物是该区金的重要搬运形式之一，同时，有机烃气是该区重要的伴生气体组分之一，烃类组分可作为该区找矿预测的重要指标。烃类指标的高值异常主要围绕金矿体前缘和外侧四周分布，金矿体分布区则属于相对低值区。

3. 道北庄子金矿床是多期多次成矿作用相互叠加的结果，导致了各项微量元素及烃类组分在纵向上产生多个浓集中心，并存在明显的轴向叠加分带，表明道北庄矿区在纵向上存在多个成矿空间。

4. 总体上，道北庄子矿区地球化学异常偏弱，量值低，范围小，难以形成大规模金矿体。

5. 根据道北庄子-250 中段的评价结果，认为在 15-16 线，21-26 线区段深部主裂面周围还存在一定的找矿潜力，尤其是 21-26 线区段，有望找到延伸和延长均超过 100 米，厚度达 2-3 米以上的金矿体。

6. 青草沟地区成矿潜力较差，相对来说，存在 2 个成矿和找矿有利靶区。其一位于 4 线东部，该区矿化体埋深较大，至少在 650 米深以上；另一个位于 8-9 线主裂面地表附近，矿体埋深浅，规模小，以小透镜体形式产出。

7. 芝山地区虽然存在部分元素异常，但各元素异常不匹配，成矿潜力差，仅在局部地区可能形成一些小规模的石英脉型矿体。

10.2 建议

1. 加强道北庄矿区 21-26 线区段的找矿勘探工作。

2. 在今后的找矿预测和找矿勘查中，继续加强招平断裂带其他有利构造区段和深部找矿工作。

致谢

本论文的顺利完成，与恩师陈远荣教授的悉心教导和严格要求是分不开的。论文从选题、准备、野外调查、数据处理、写作和校对的各个环节都凝聚着老师的心血。导师的严谨治学的态度和崇高的敬业精神使学生终身难忘，终身受益。无论是从学习方面还是为人处世方面，导师都对我进行细心的教诲，在此对导师表示崇高的敬意。

参考文献

[1] 陈远荣, 徐庆鸿, 等. 山东夏甸金矿烃类组分特征与幔源流体成矿作用探讨[J]. 岩石学报, 2007, 23(10): 26～40.

[2] 林吉照, 王效杰. 招远金矿集中区地质与找矿[J]. 黄金, 2002, 22(8): 1～6.

[3] 张群喜, 孙忠实. 山东夏甸金矿幔源流体初探[J]. 地球学报, 2003, 24(2):127～131.

[4] 刘崇民. 金属矿床原生晕研究进展[J]. 地质学报, 2006, 80(10):1528～1537.

[5]A.A.Beus,S.V.Gregorian.Geochemistry exploration methods for mineral deposit(English translation).Applied Publishing House,Wiinette, Ⅱ,1977,277.

[6] A .A .Levinson .Introduction to exploration geochemistry. Alberta,Canada,1974,326.

[7] I.S.Goldberg,G Y A branson. Depletion and enriclunent of primary haloes their inportance in the genesis of and exploration for mineral deposits Geochemistry,2003,3(3):57-73.

[8] H. E Hawkes, J S Webb Geochemistry in mineral exploration Haper and Rowp,1962,67～69.

[9] 谢学锦, 陈洪才. 原生晕方法在普查勘查中的应用[J]. 地质学报, 1961, (4):261～272.

[10] 谢学锦, 邵跃. 地球化学岩石测量方法与推断解释方法. 物化探研究报导, 1965, 5.

[11] 李善芳. 地球化学勘查工作进展[J]. 物探与化探, 1989, 13(5):333～343.

[12] 邵跃. 热液矿床岩石测量(原生晕法)找矿[M]. 北京:地质出版社, 1997:1～142.

[13] 欧阳宗圻, 李惠, 刘汉忠. 典型有色金属矿床地球化学异常模式[M]. 北京:地质出版社, 1990.

[14] 李惠, 张国义, 禹斌. 金矿区深部盲矿预测的构造叠加晕模型及找矿效果[M]. 北京:地质出版社, 2006.

[15] 刘承祚. 地质专家系统与成矿预测[M]. 当代矿产资源勘查评价的理论与方法, 北京地震出版社, 1999.

[16] 李新中, 赵鹏大, 胡光道. 基于规则知识表示的模型单元选择专家系统的实现[J]. 地球科学-中国地质大学学报, 1995, 20(2):173～178.

[17] 王世称, 叶水盛等. 综合信息成矿系列预测专家系统[M]. 长春出版社, 1999.

[18] 美国地质调查局. 美国本土矿产资源评价计划系列报告之一[M]. 地理信息系统及其在地学领域中的应用译文集, 地矿部科技司计算机办公室, 1993.

[19] 美国地质调查局. 美国本土矿产资源评价计划系列报告之二[M]. 地理信息系统及其在地学领域中的应用译文集, 地矿部科技司计算机办公室, 1993.

[20] G. F. Bonham-Carter, F.P.Agterberg, and D.F.Wright.Nova Scotia 地区金矿勘探地质资料的综合利用[M]. 地理信息系统及其在地学领域中的应用译文集, 地矿部科技司计算机办公室, 1993.

[21] G.P.Watson, A.N.Rencz and G.F.Bonham-Carte, Geographic information system are being applied to mineral resourceassessment in Northern New Brunswick[J]. GEOS 1989, 18(1) .

[22] Lesley Wyborn et al, Using GIS for mineral potential evalution in Areas with few know mineral occurences [J]. Thesecond forum on GIS in the geosciences, AGSO, p.199-211, 1995.

[23] Lyle A.Burgess, Recent applications and research into mineral prospective mapping using GIS[J]. Proceeding of third national forum on GIS in the geosciences, AGSO, p.121- 129,1997.

[24] CM.Knox-Robinson,L.A.I.Wyborn,Towards a holistic exploration strategy:Using geographic information systems as a tool to enhance exploration [J].Australian journal of earth sciences,1997,44: 453-463.

[25] 池顺都,周顺平,吴新林.GIS支持下的地质异常分析及金属矿产经验预测[J].地球科学-中国地质大学学报,1997,22(1):99～103.

[26] 池顺都,赵鹏大,刘粤湘.应用GIS研究矿产资源潜力-以云南澜沧江流域为例[J].地球科学-中国地质大学学报,1999,24(5):493～497.

[27] 向运川,任天祥,杨竹溪.开发利用地理信息系统(GIS)综合分析地学信息进行矿产预测[J].物探与化探,1996,20(1):1～13.

[28] 陈远荣，贾国相，徐庆鸿．气体集成快速定位预测隐伏矿的新技术研究[M]，国家公益基金和广西科学基金资助项目桂林矿产地质研究院，2003年.

[29] 张清，邓金灿，陈远荣，徐庆鸿，韦山桃.广西大厂锡矿烃气测量试验研究[J].矿产与地质，2002，4(16):248～230

[30] 卢家烂，傅家漠，刘金钟.腐殖酸与铅锌相互作用的实验地球化学[J].矿床地质,1998，14(4):362～368

[31] 陈远荣,徐庆鸿等.山东夏甸金矿烃类组分特征与幔源流体成矿作用探讨[J].岩石学报,2007,23(10).

[32] 林吉照，王效杰.招远金矿集中区地质与找矿[J].黄金,2002,22(8)：1～6.

[33] 徐述平，杨立强，张蜀冀，郭春影.胶东招平断裂带金矿成矿指示元素特征及找矿应用[J].黄金科学技术,2010,18(5).

[34] 王啟宴,钮涛,温桂军,王和利.山东省招远市陡崖曹家—留仙庄地区金矿普查报告.2009.

[35] 杨立强,邓军,翟裕生,王建平.胶东夏甸金矿地球化学场结构[J].现代地质,2001,15(4)：410～412.

[36] 姚凤良,刘连登,孔庆存等.招掖金矿带的稳定同位素地质及金矿床成因.长春地质学院院报,1983,(4):7～18

[37] 黄德业.胶东金矿成矿系列硫同位素研究.矿床地质，1994，13(1):75～87

[38] 张清，邓金灿，陈远荣等.广西大厂锡矿烃气测量试验研究[J].矿产与地质,2002,16(8)：248～250.

附图

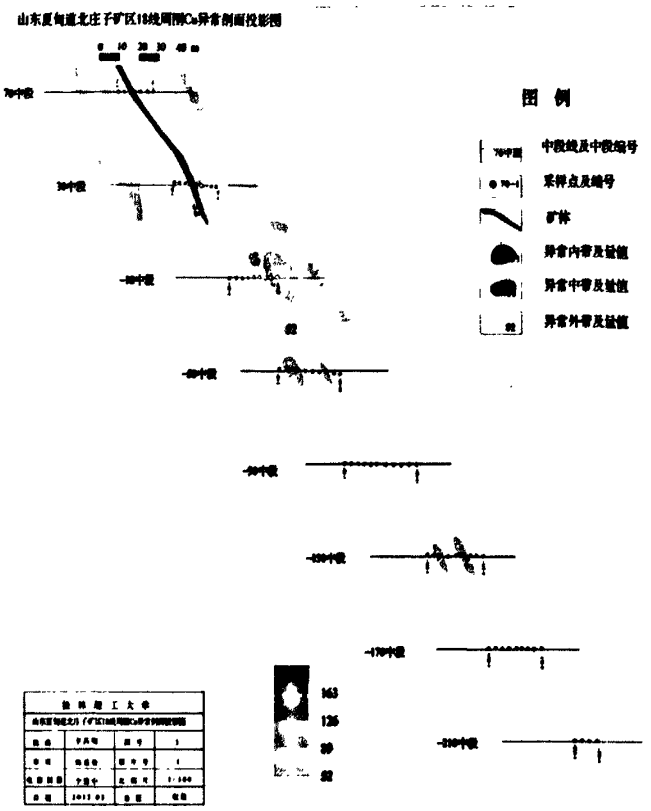


图 6-1 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Cu 异常剖面投影图

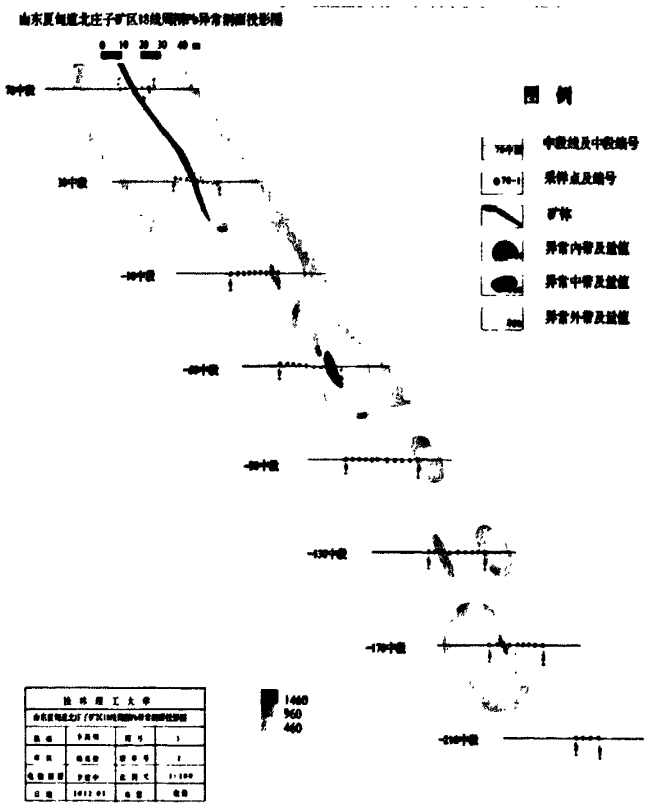


图 6-2 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Pb 异常剖面投影图

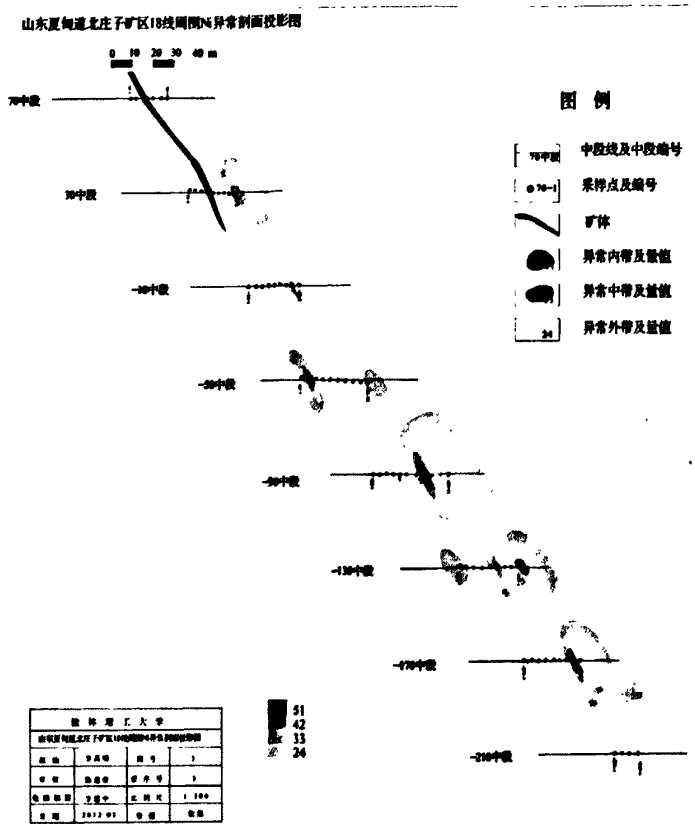


图 6-3 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Ni 异常剖面投影图

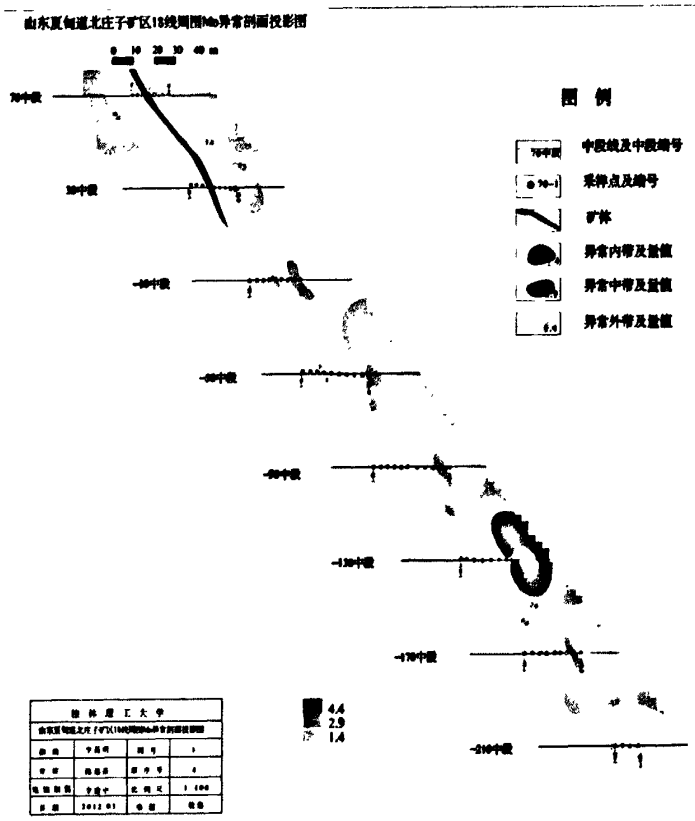


图 6-4 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Mo 异常剖面投影图

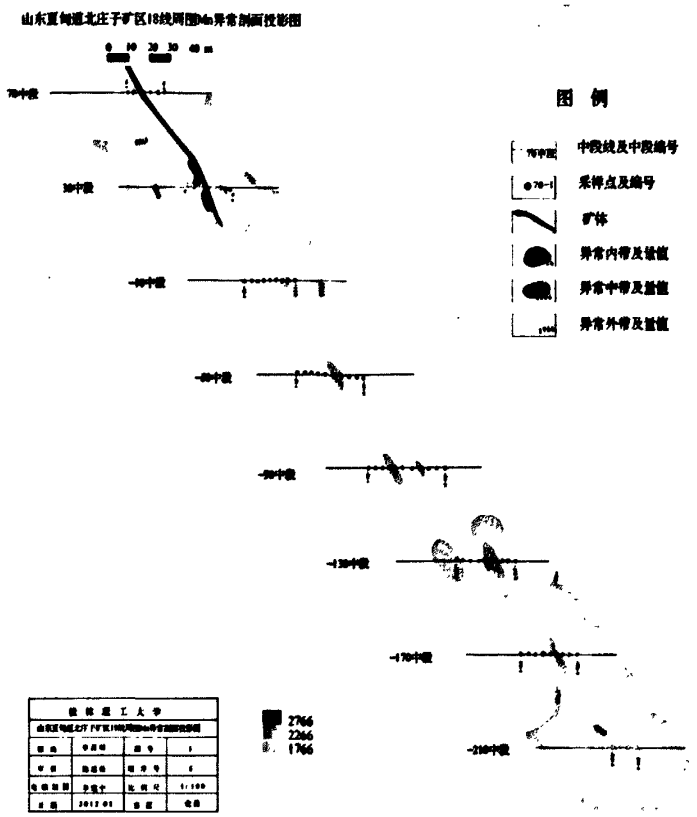


图 6-5 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Mn 异常剖面投影图

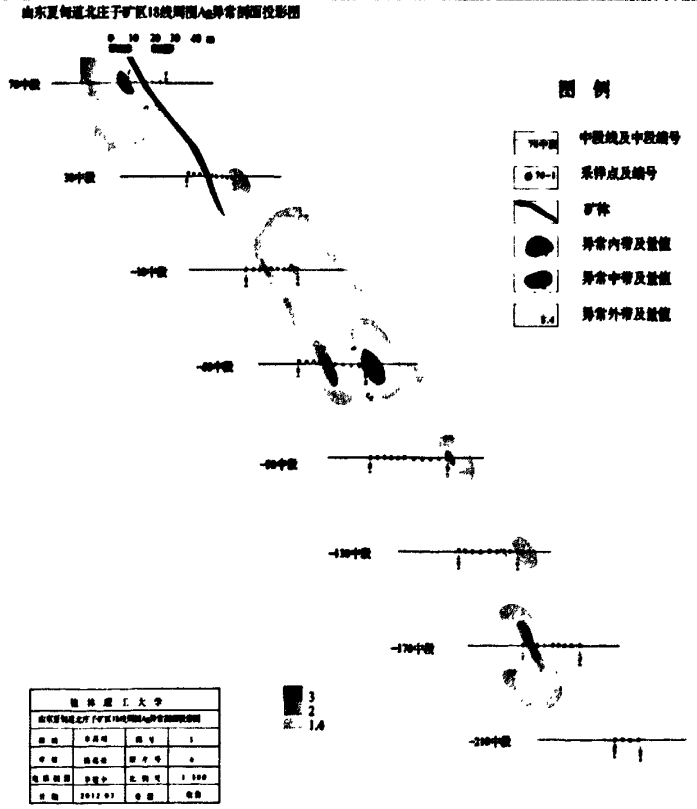


图 6-6 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Ag 异常剖面投影图

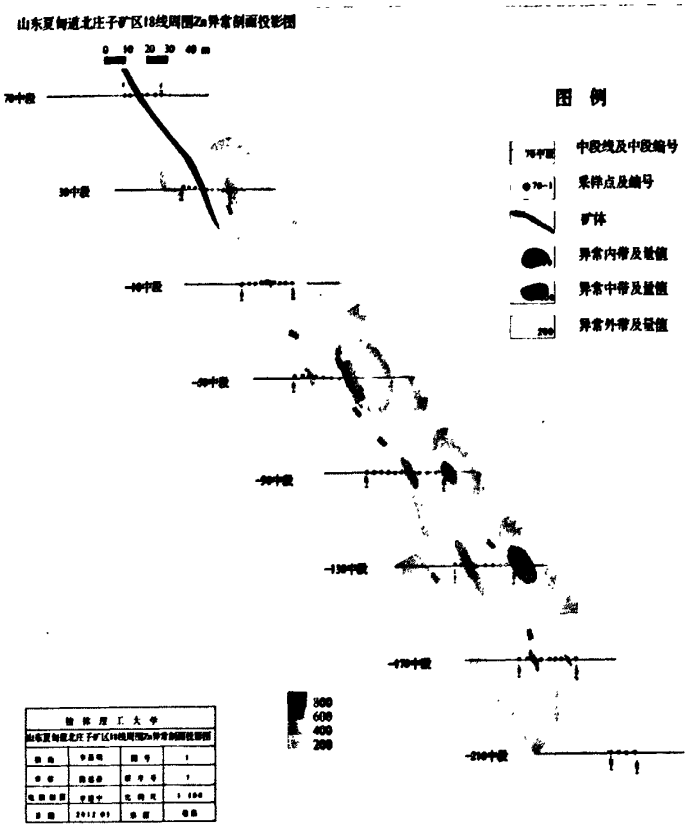


图 6-7 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Zn 异常剖面投影图

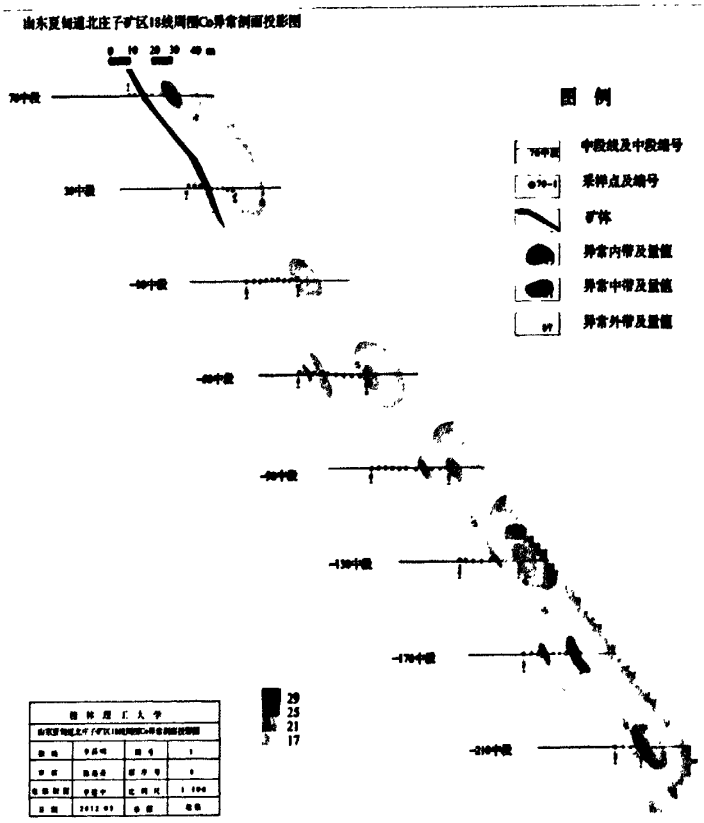


图 6-8 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Co 异常剖面投影图

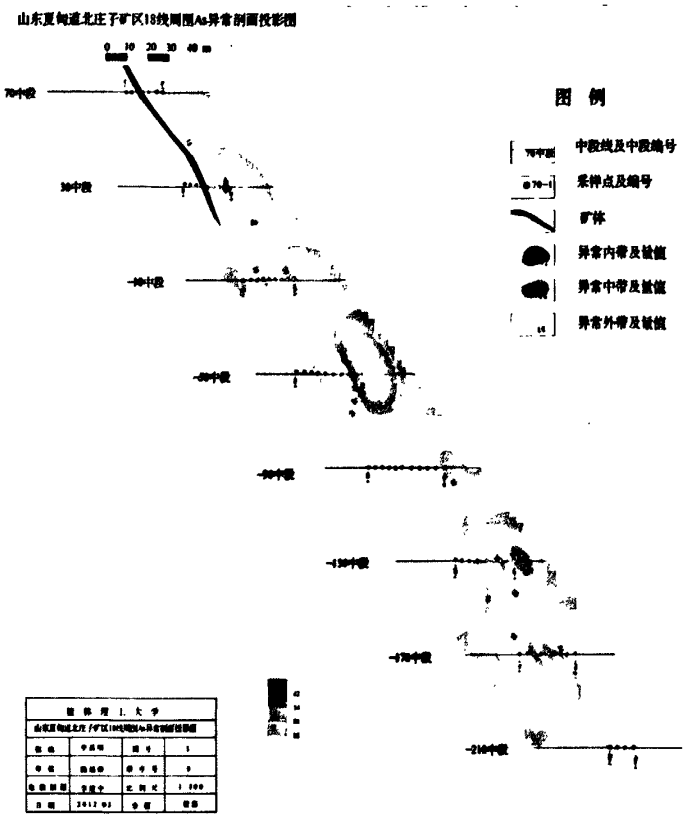


图 6-9 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 As 异常剖面投影图

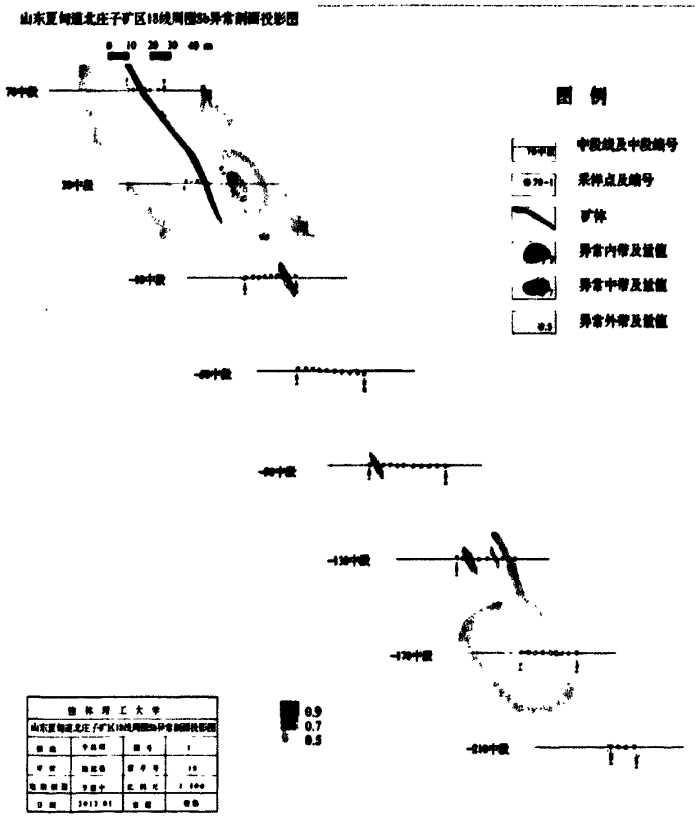


图 6-10 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Sb 异常剖面投影图

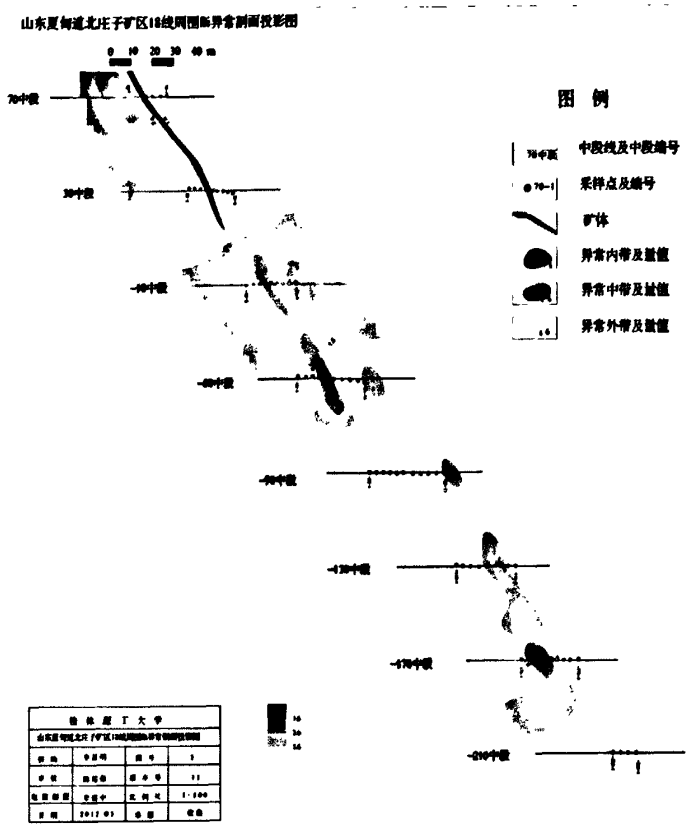


图 6-11 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Bi 异常剖面投影图

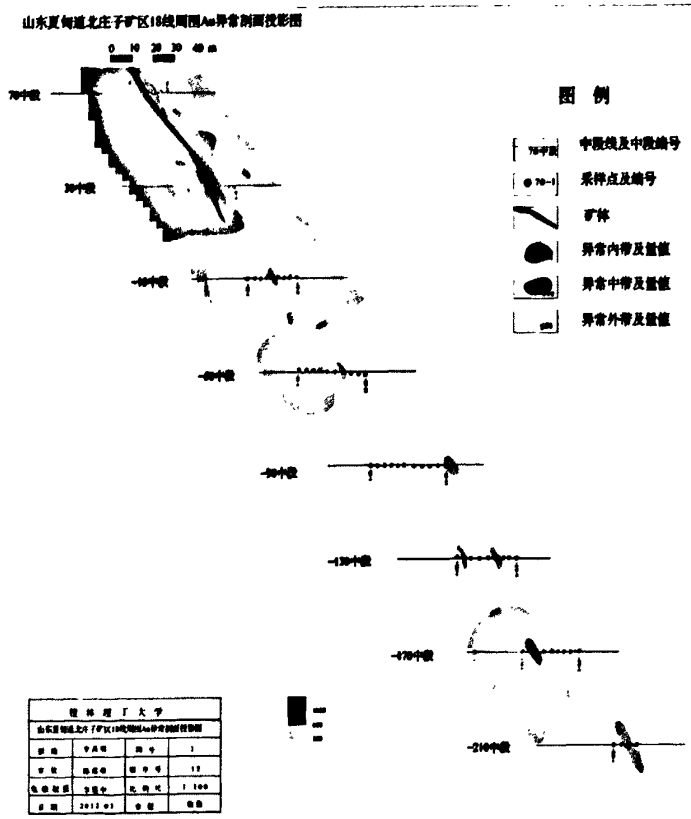


图 6-12 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围 Au 异常剖面投影图

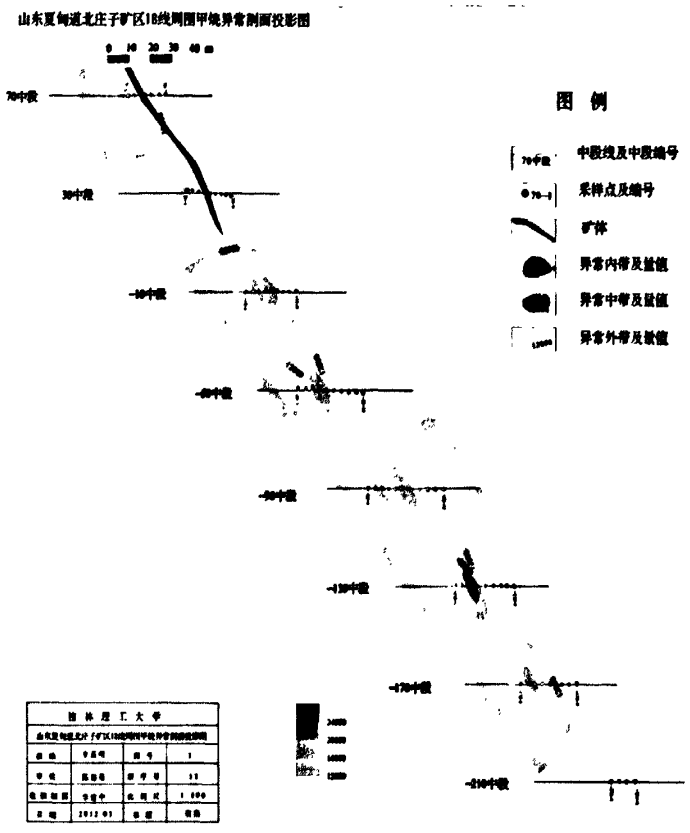


图 6-13 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围甲烷异常剖面投影图

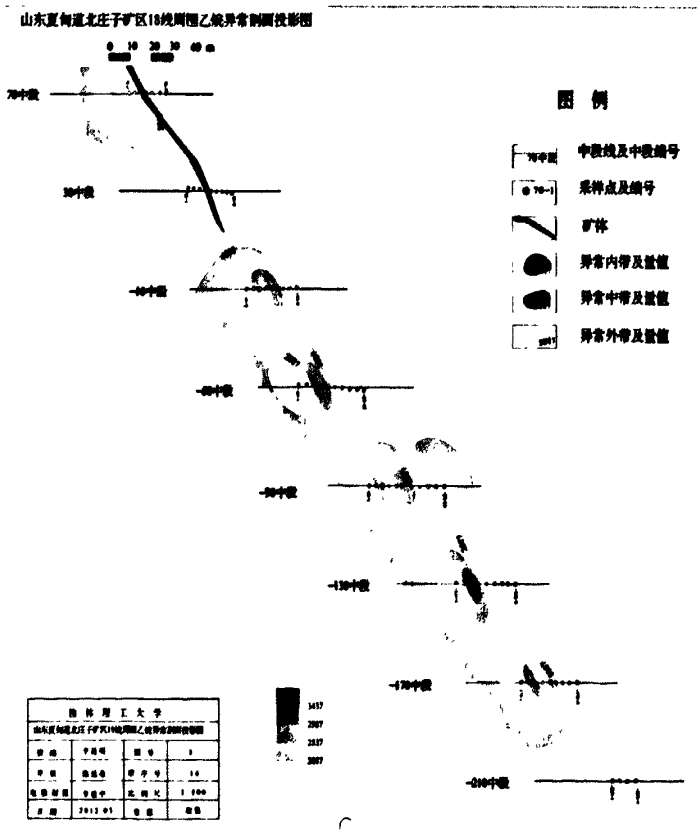


图 6-14 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围乙烷异常剖面投影图

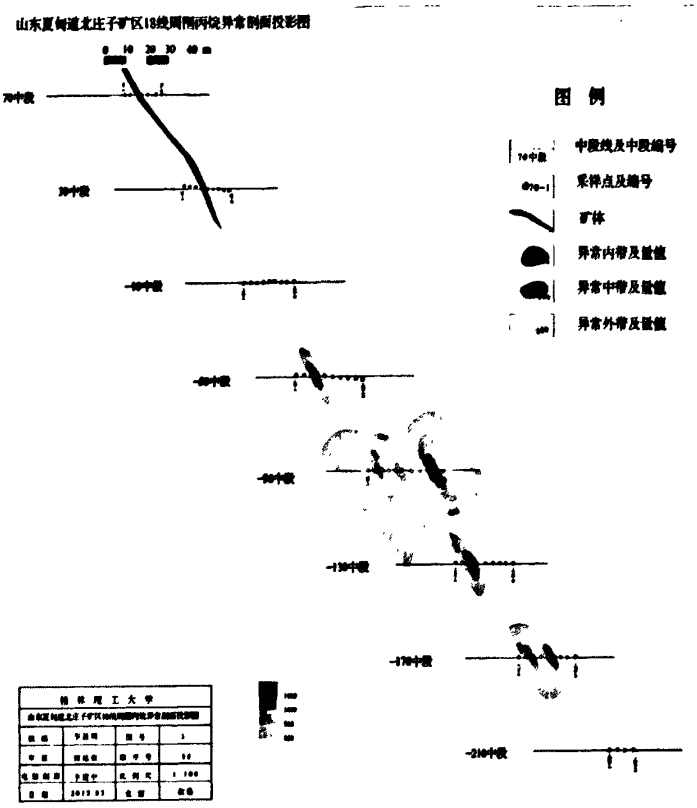


图 6-15 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围丙烷异常剖面投影图

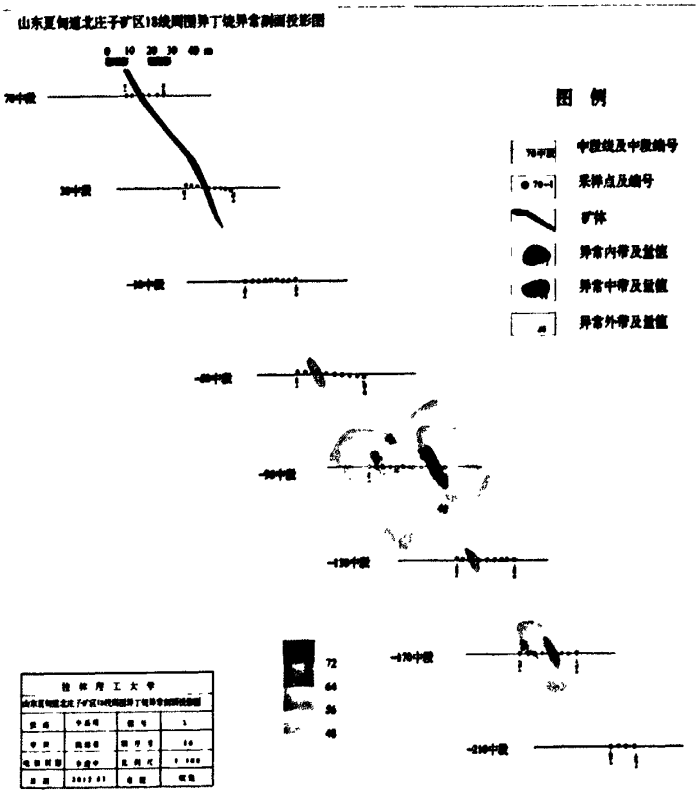


图 6-16 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围异丁烷异常剖面投影图

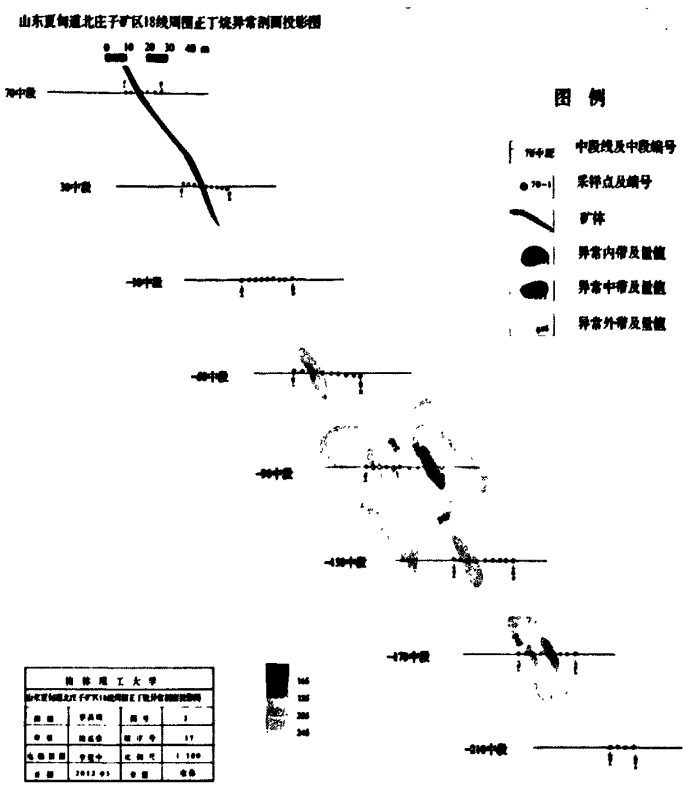


图 6-17 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围正丁烷异常剖面投影图

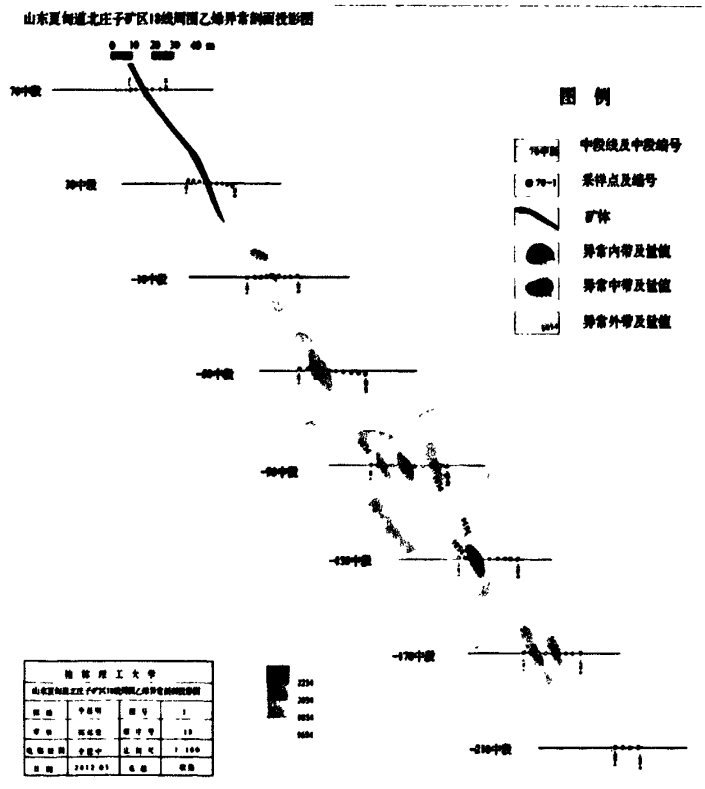


图 6-18 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围乙烯异常剖面投影图

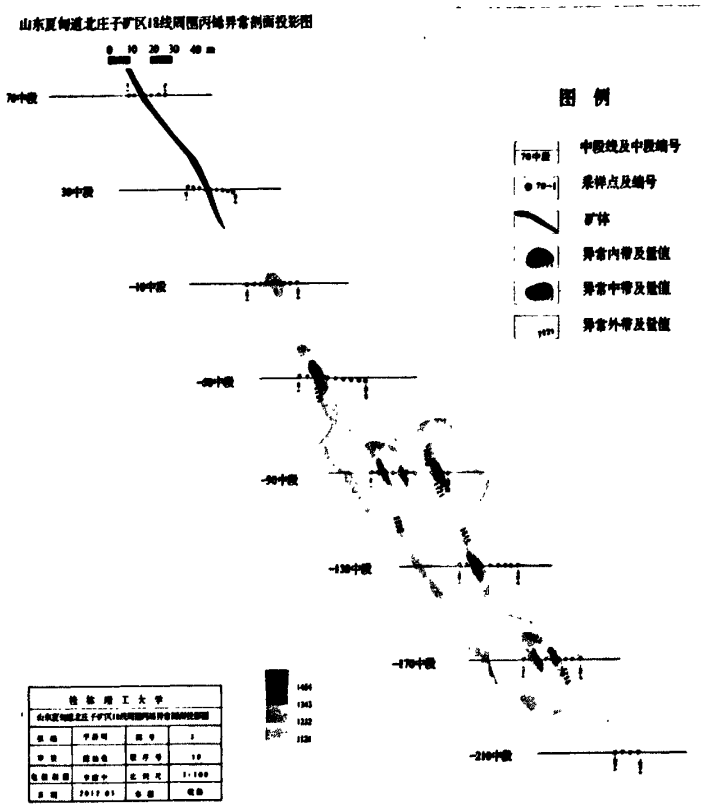


图 6-19 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围丙烯异常剖面投影图

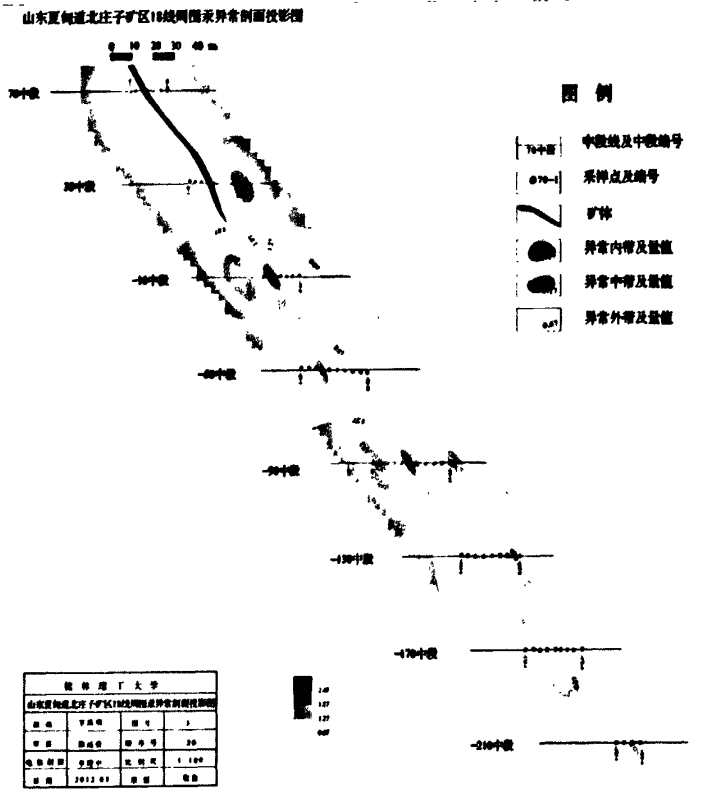


图 6-20 山东夏甸道北庄子矿区 18 线周围汞异常剖面投影图

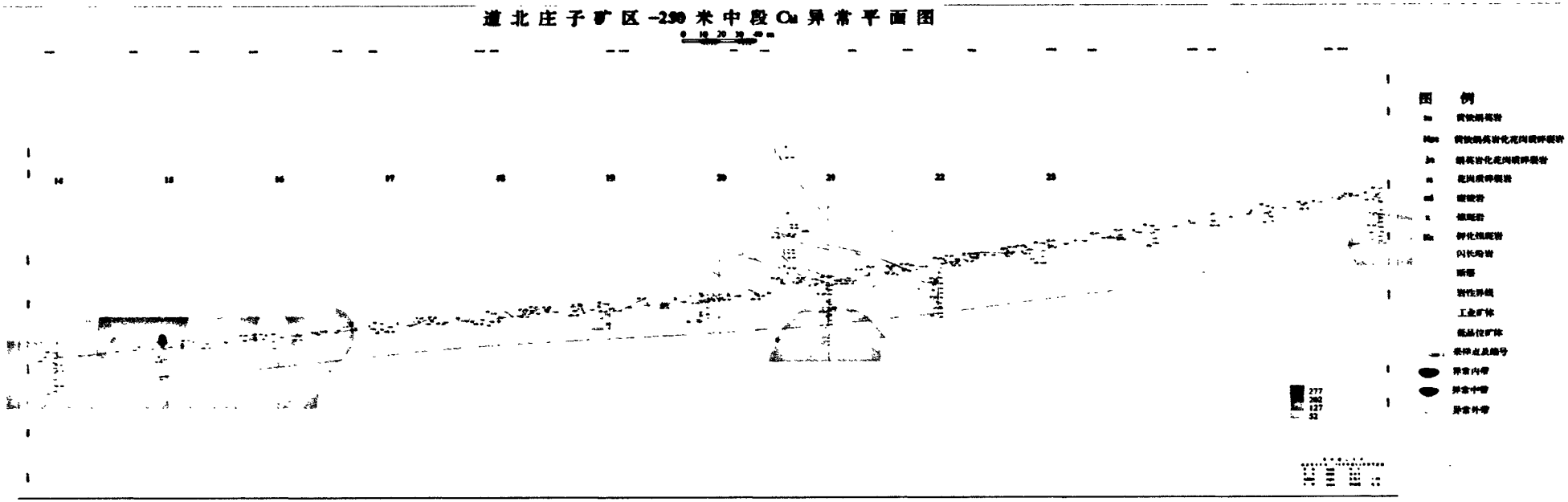


图 7-1 道北庄子矿区-250 中段 Cu 异常平面图

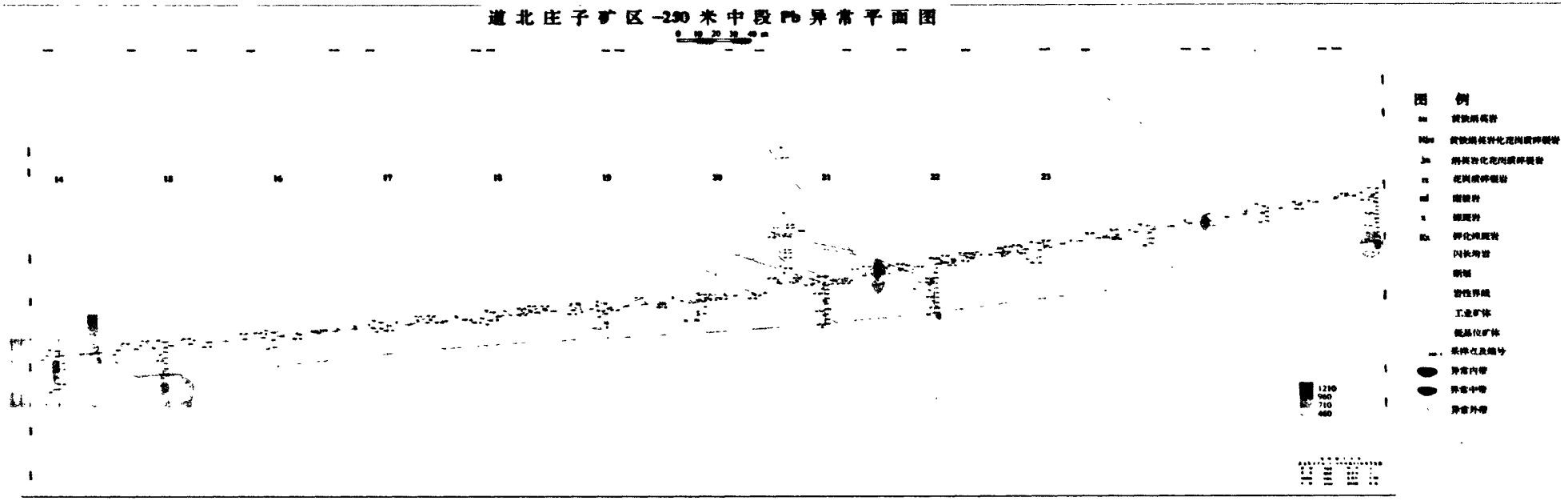


图 7-2 道北庄子矿区-250 中段 Pb 异常平面图

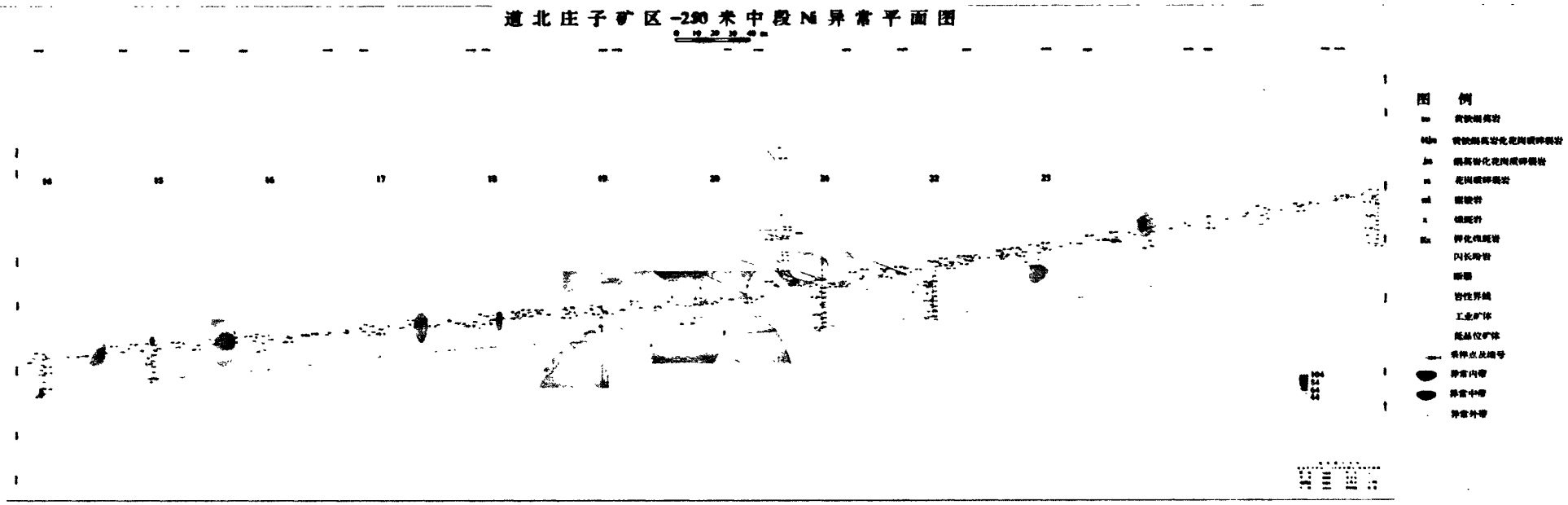


图 7-3 道北庄子矿区-250 中段 Ni 异常平面图

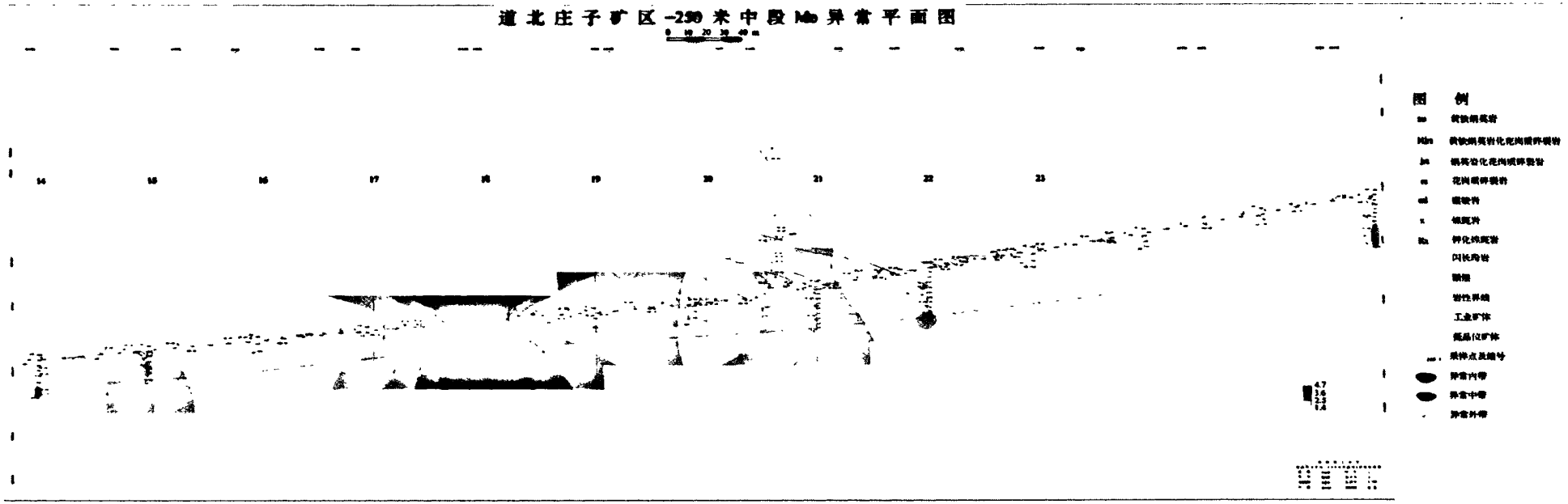


图 7-4 道北庄子矿区-250 中段 Mo 异常平面图

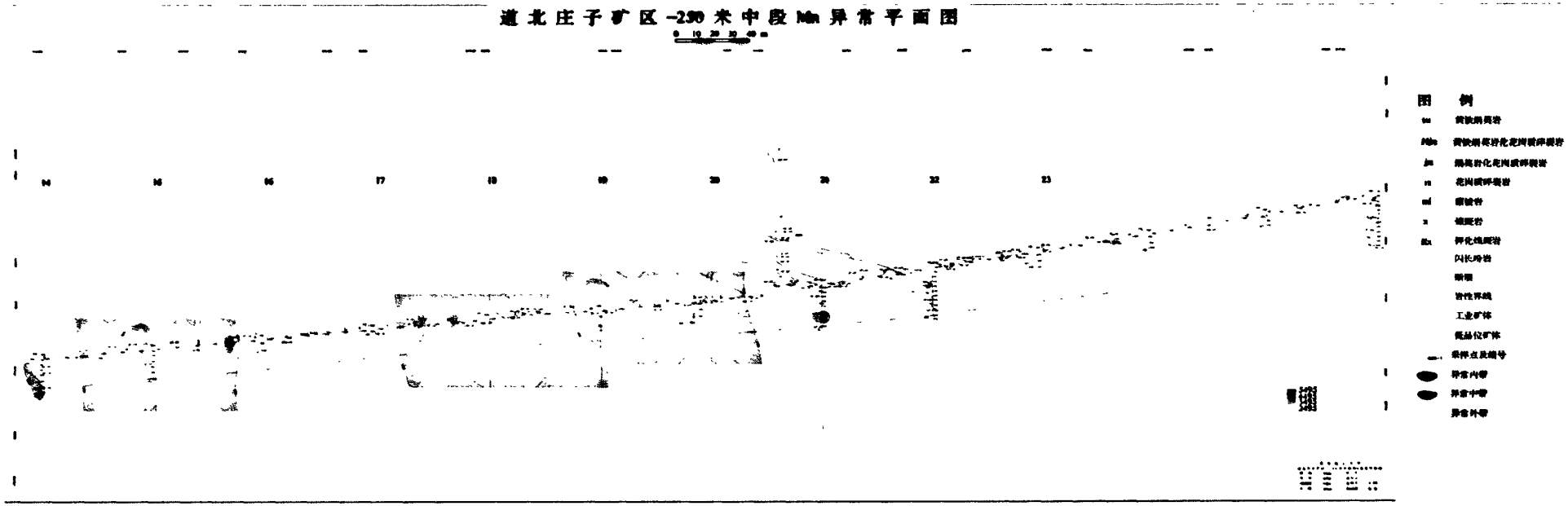


图 7-5 道北庄子矿区-250 中段 Mn 异常平面图

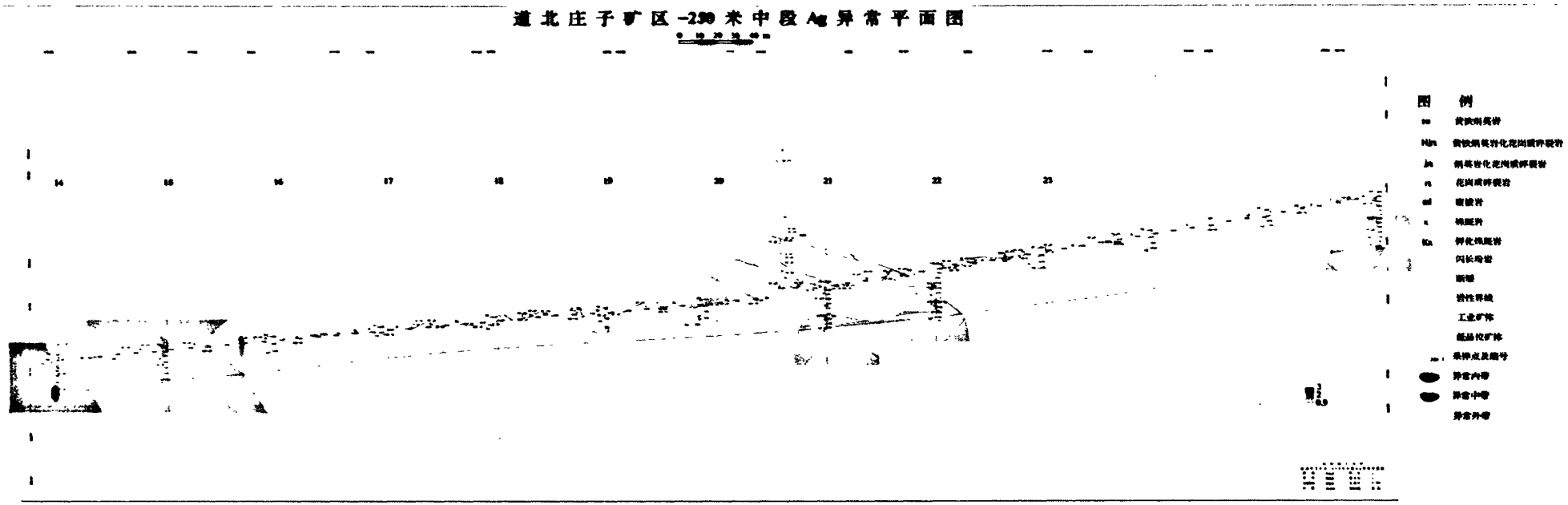


图 7-6 道北庄子矿区-250 中段 Ag 异常平面图

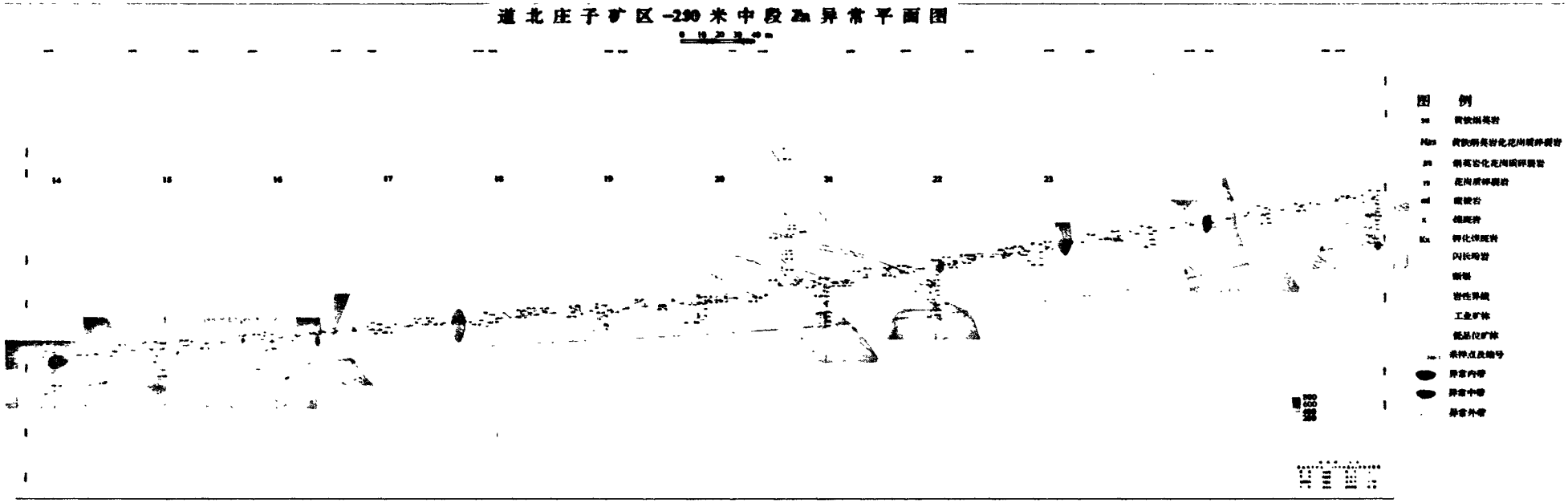


图 7-7 道北庄子矿区-250 中段 Zn 异常平面图

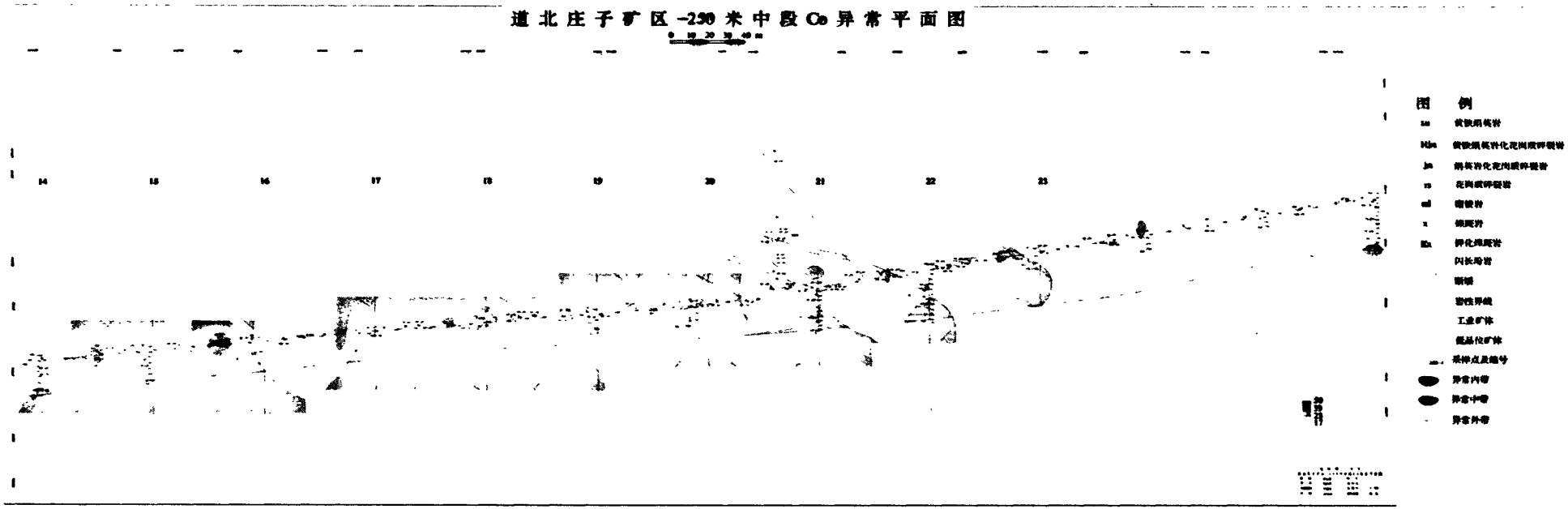


图 7-8 道北庄子矿区-250 中段 Co 异常平面图

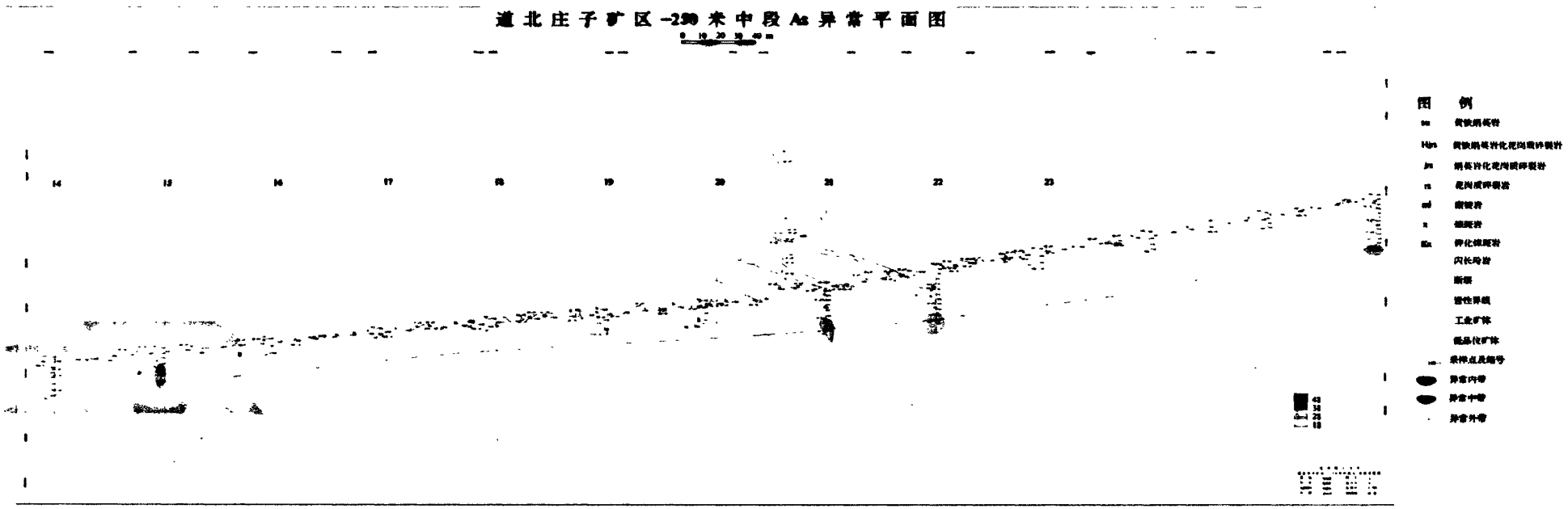


图 7-9 道北庄子矿区-250 中段 As 异常平面图

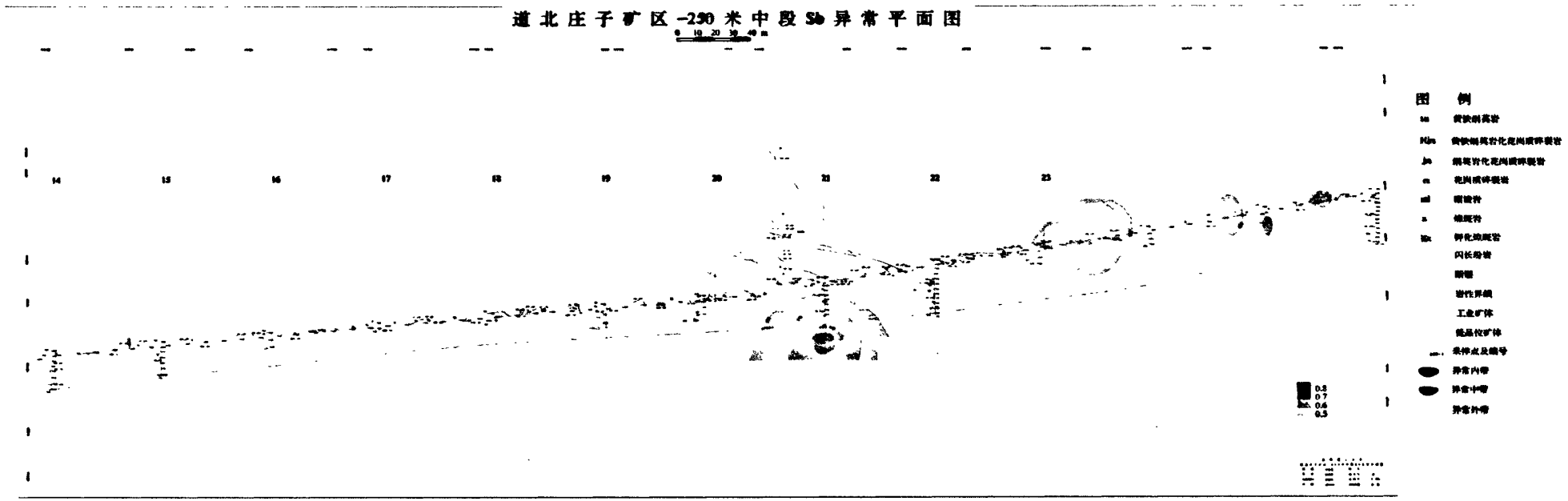


图 7-10 道北庄子矿区-250 中段 Sb 异常平面图

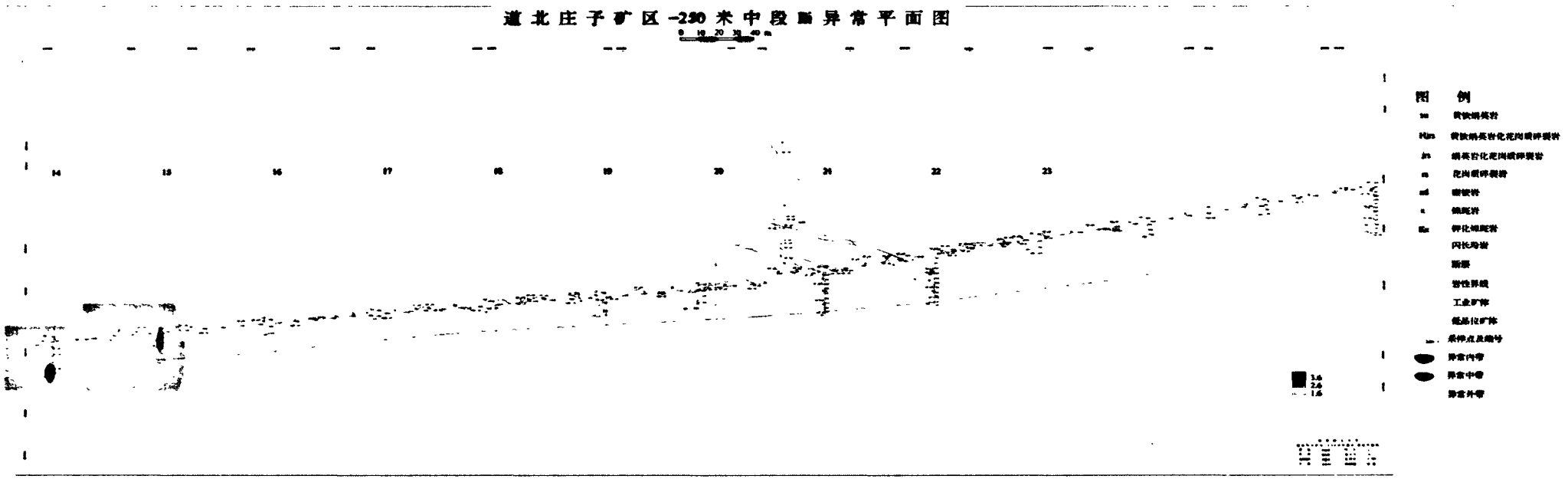


图 7-11 道北庄子矿区-250 中段 Bi 异常平面图

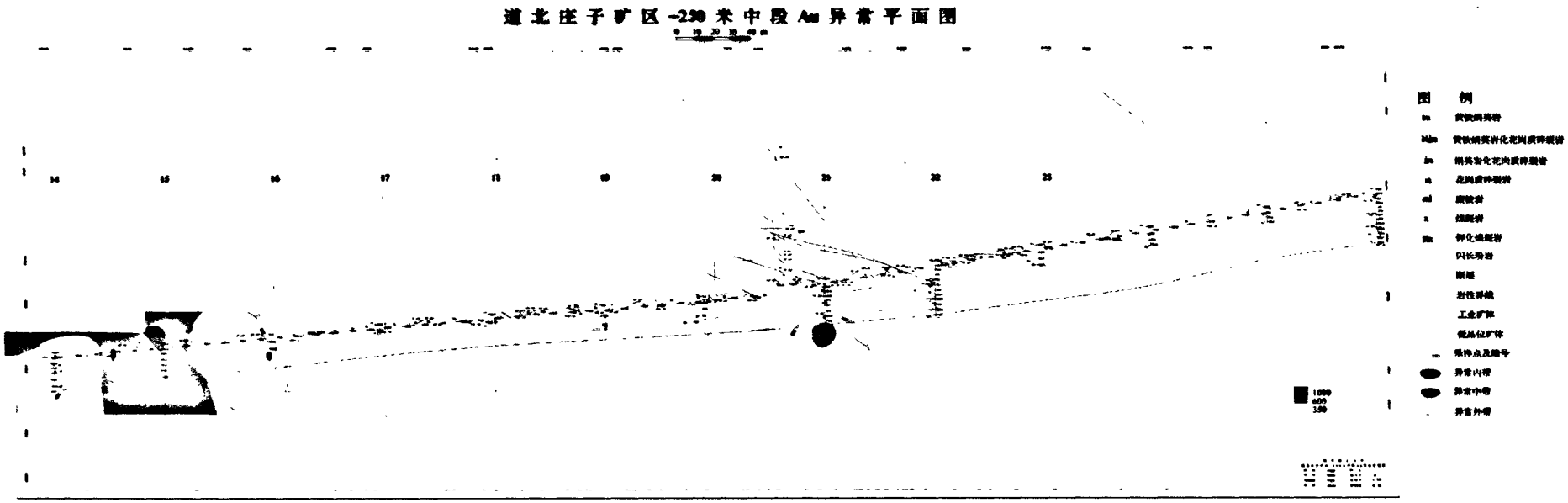


图 7-12 道北庄子矿区-250 中段 Au 异常平面图

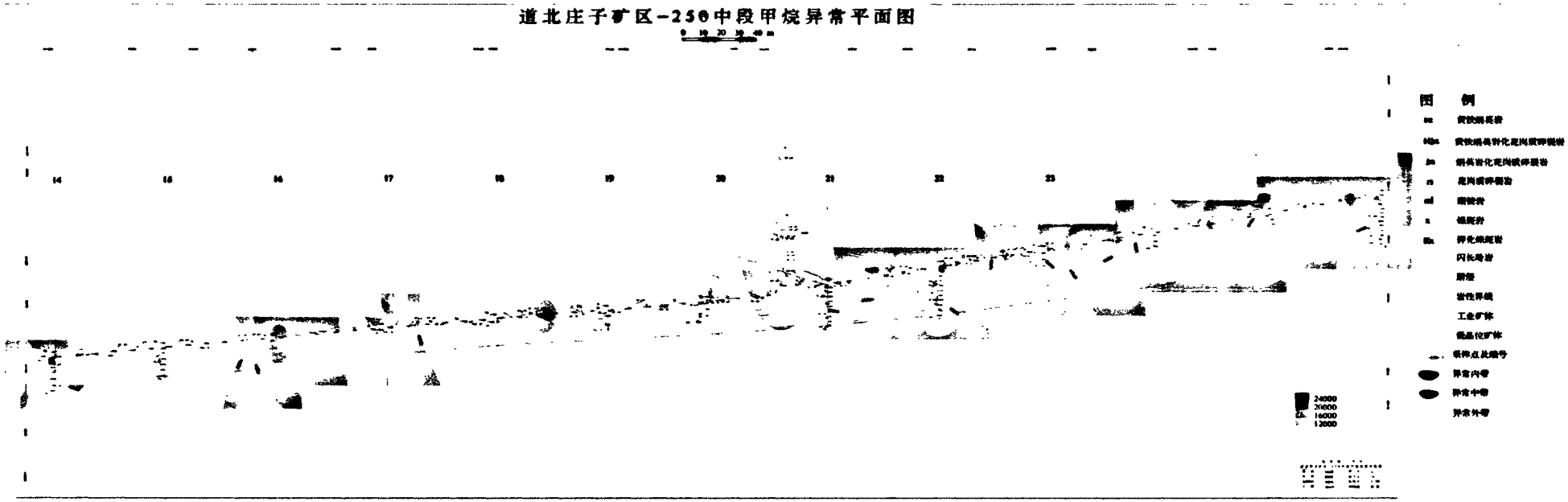


图 7-13 道北庄子矿区-250 中段甲烷异常平面图

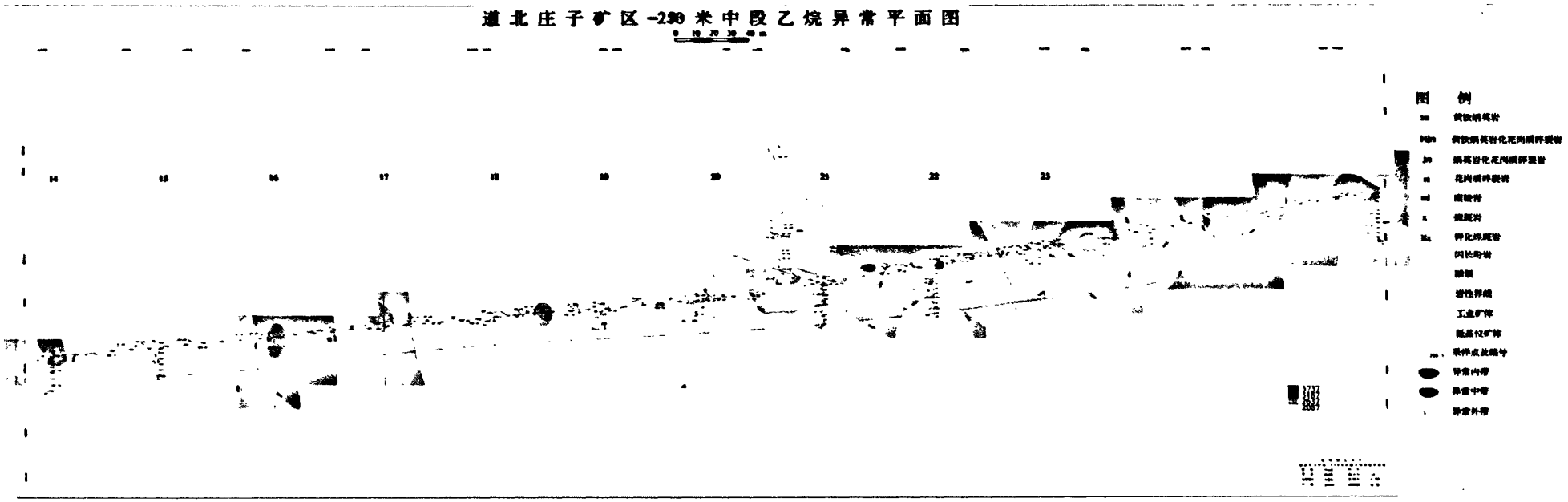


图 7-14 道北庄子矿区-250 中段乙烷异常平面图

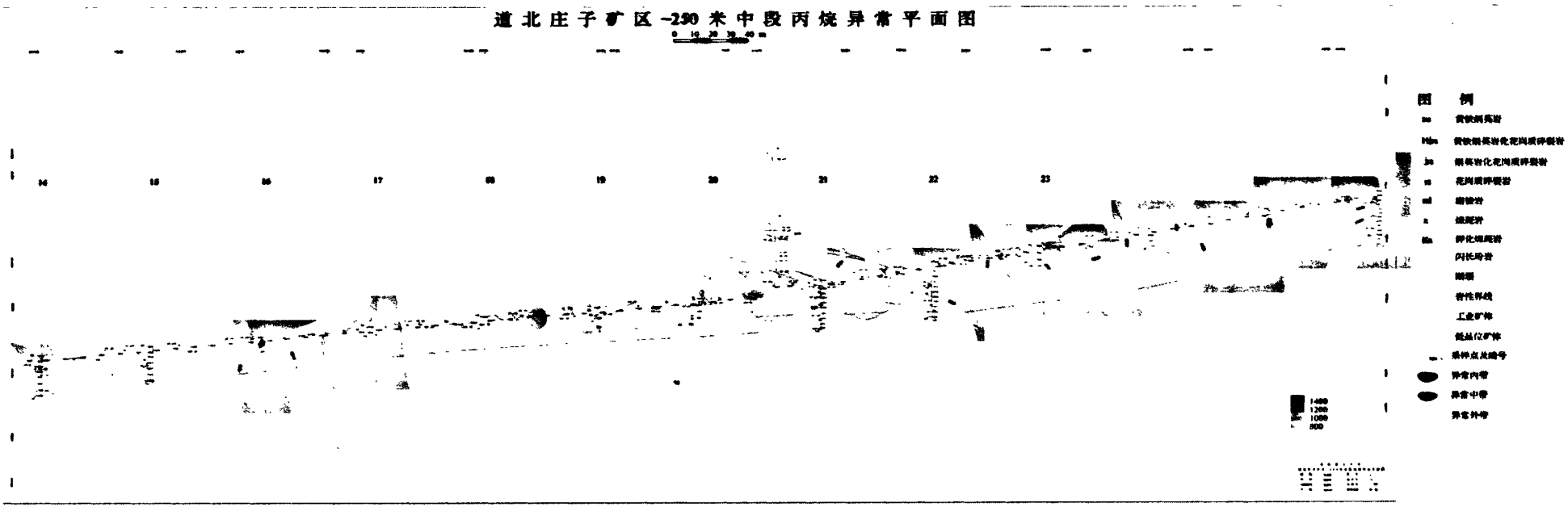


图 7-15 道北庄子矿区-250 中段丙烷异常平面图

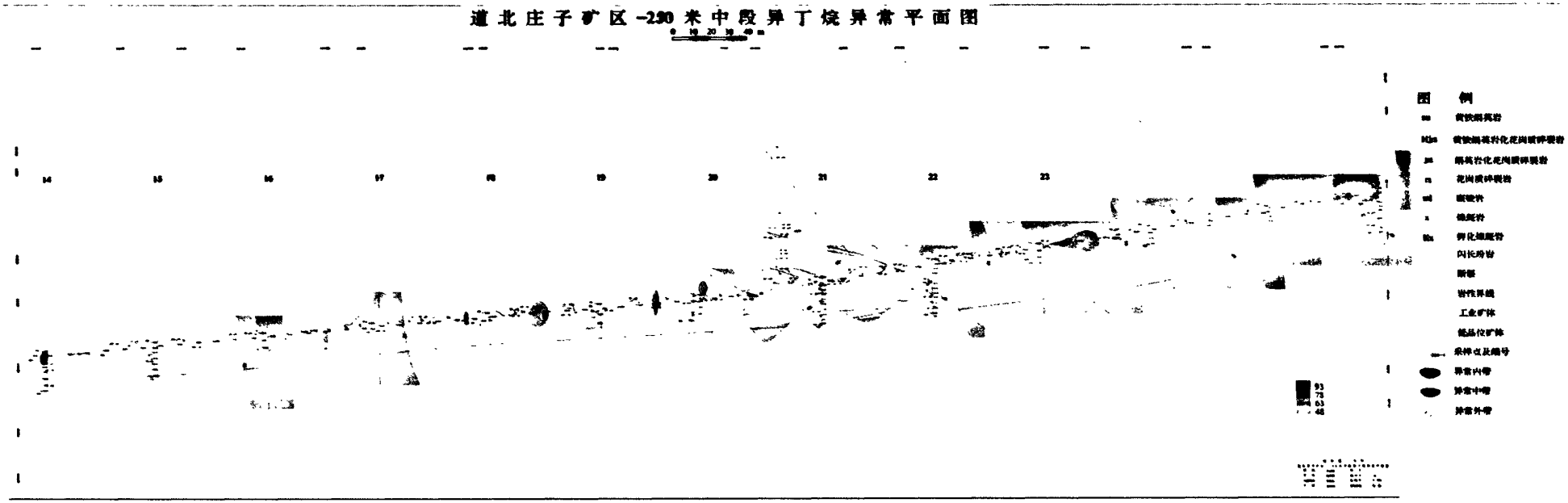


图 7-16 道北庄子矿区-250 中段异丁烷异常平面图

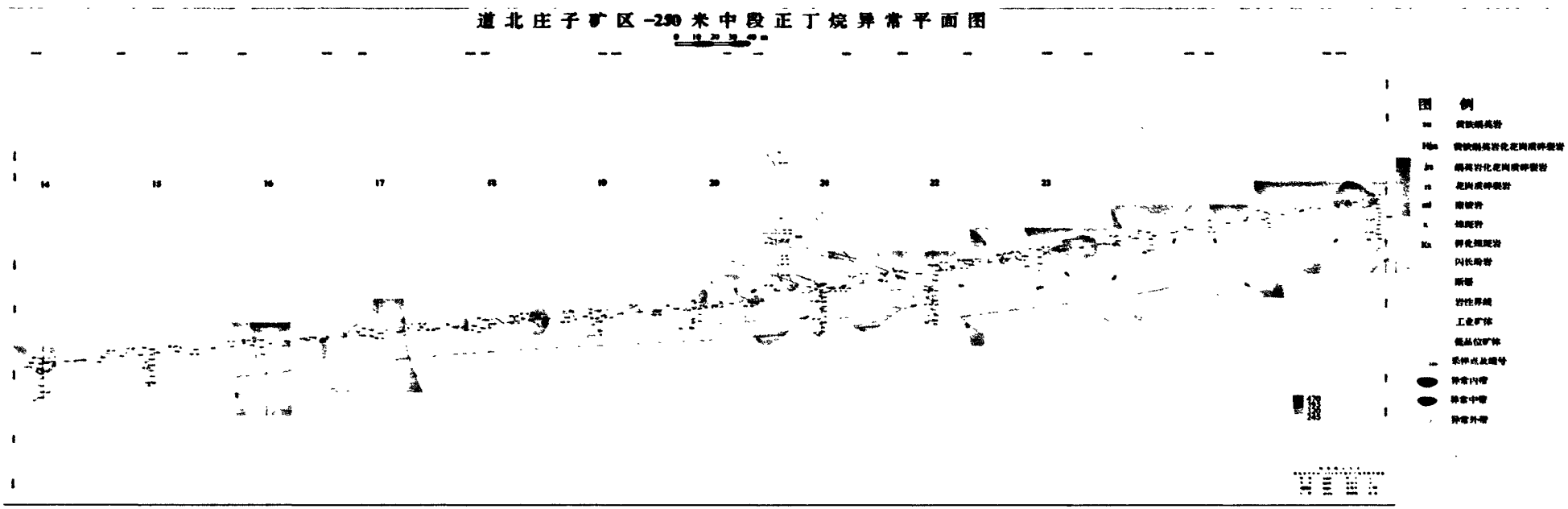


图 7-17 道北庄子矿区-250 中段正丁烷异常平面图

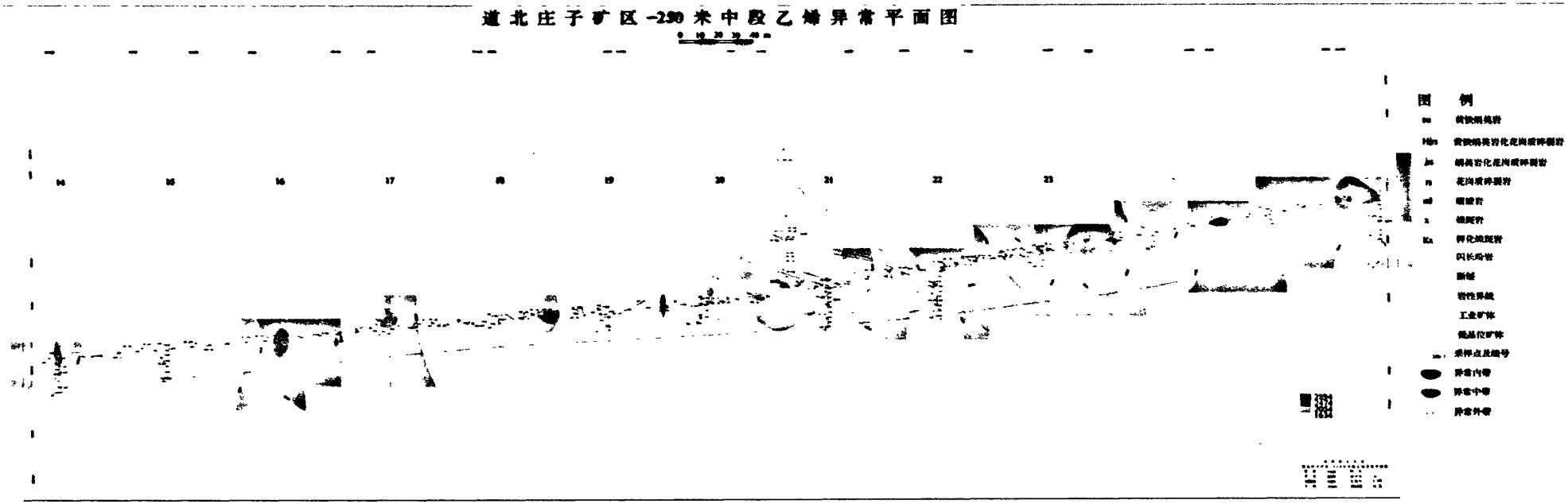


图 7-18 道北庄子矿区-250 中段乙烯异常平面图

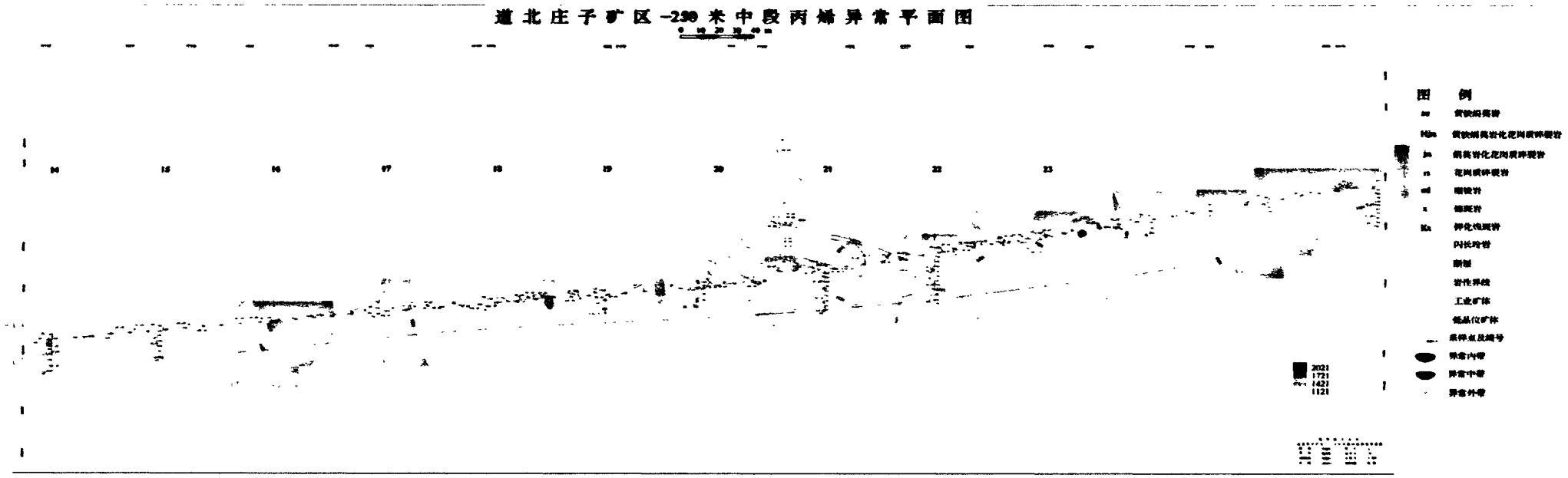


图 7-19 道北庄子矿区-250 中段丙烯异常平面图

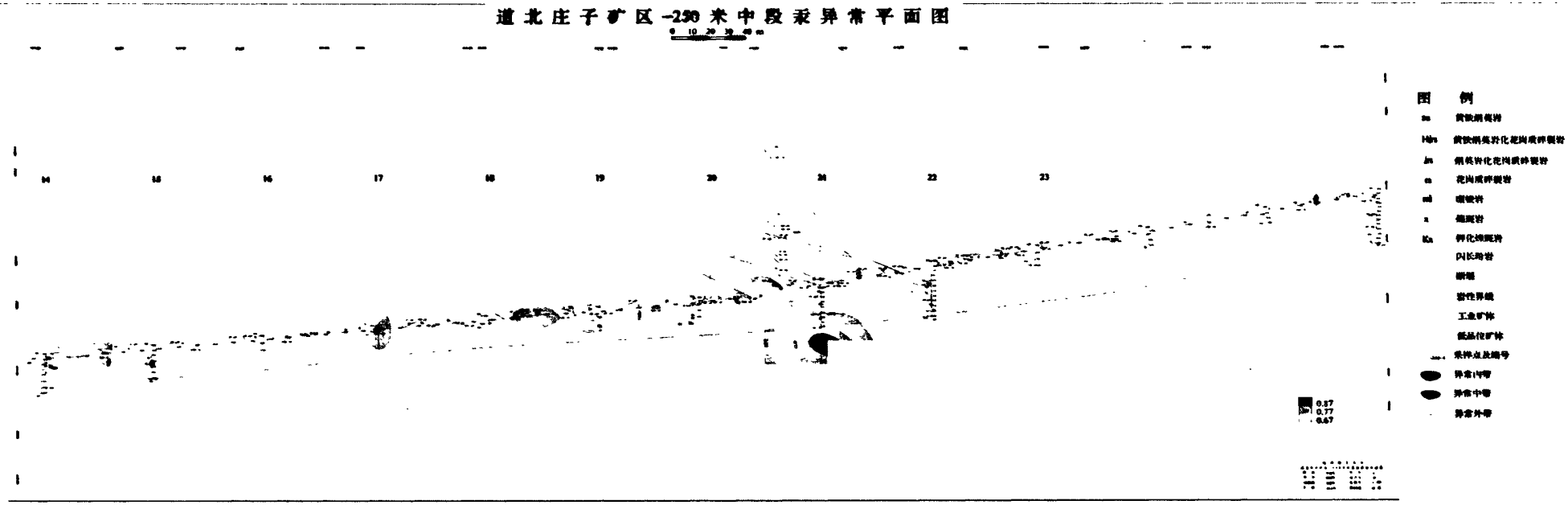


图 7-20 道北庄子矿区-250 中段汞异常平面图

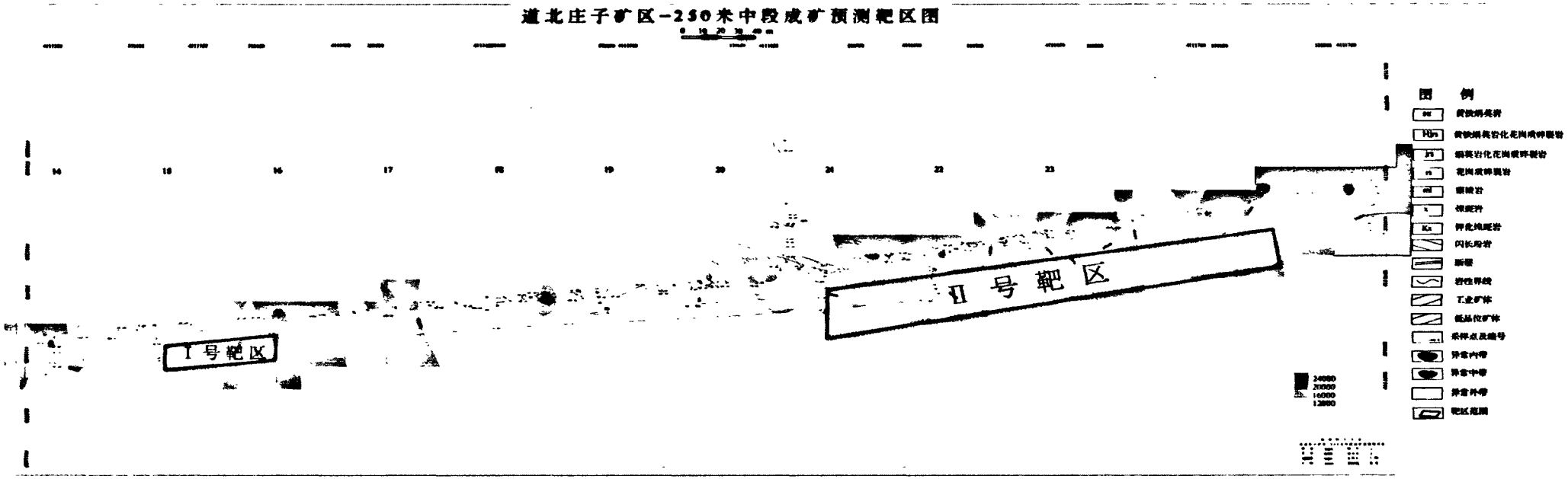


图 7-21 道北庄子矿区-250 米中段成矿预测靶区图

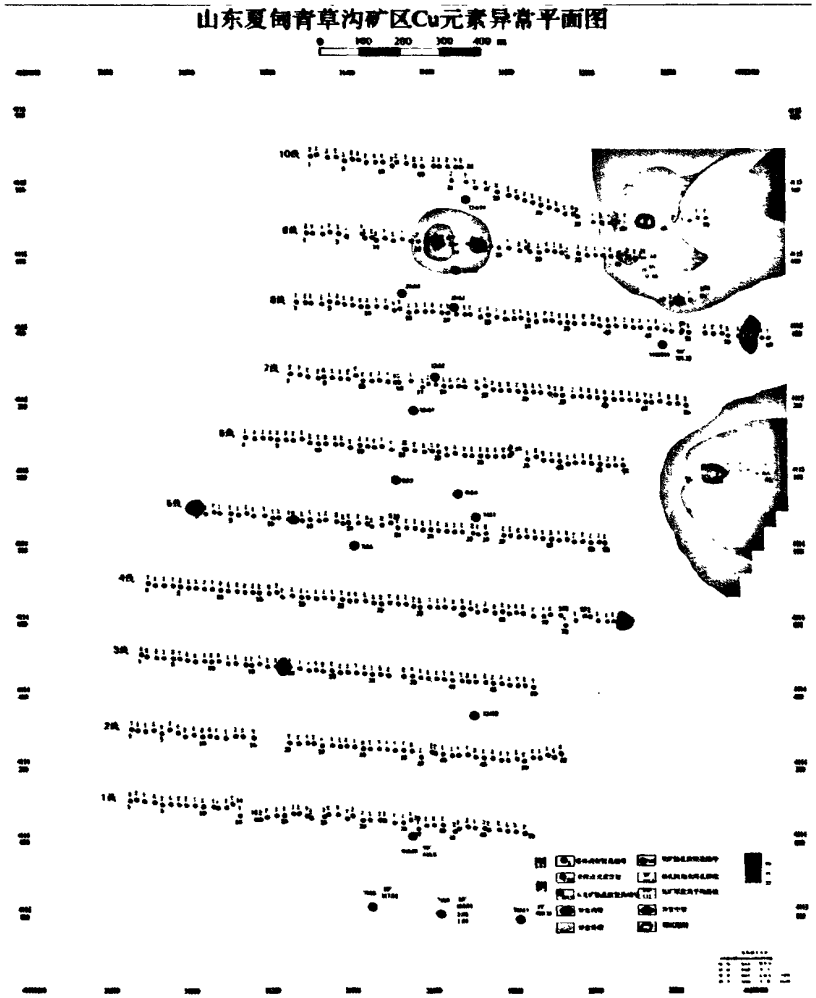


图 8-1 山东夏甸青草沟矿区 Cu 元素平面异常图

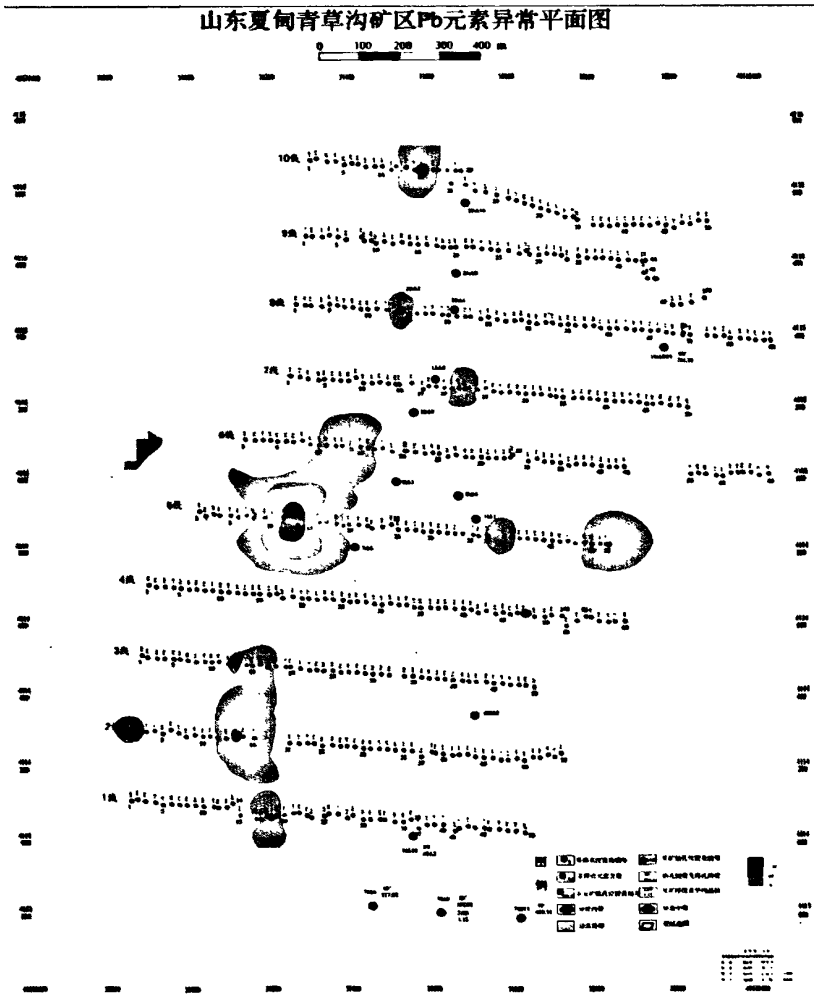


图 8-2 山东夏甸青草沟矿区 Pb 元素平面异常图

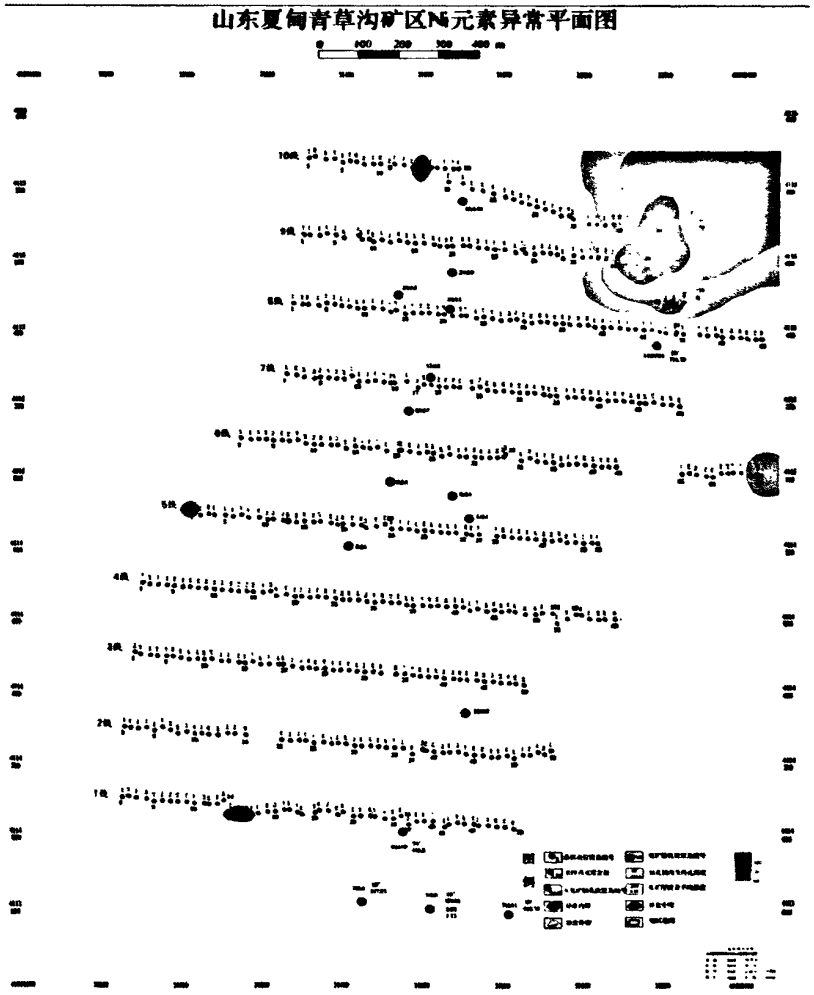


图 8-3 山东夏甸青草沟矿区 Ni 元素平面异常图

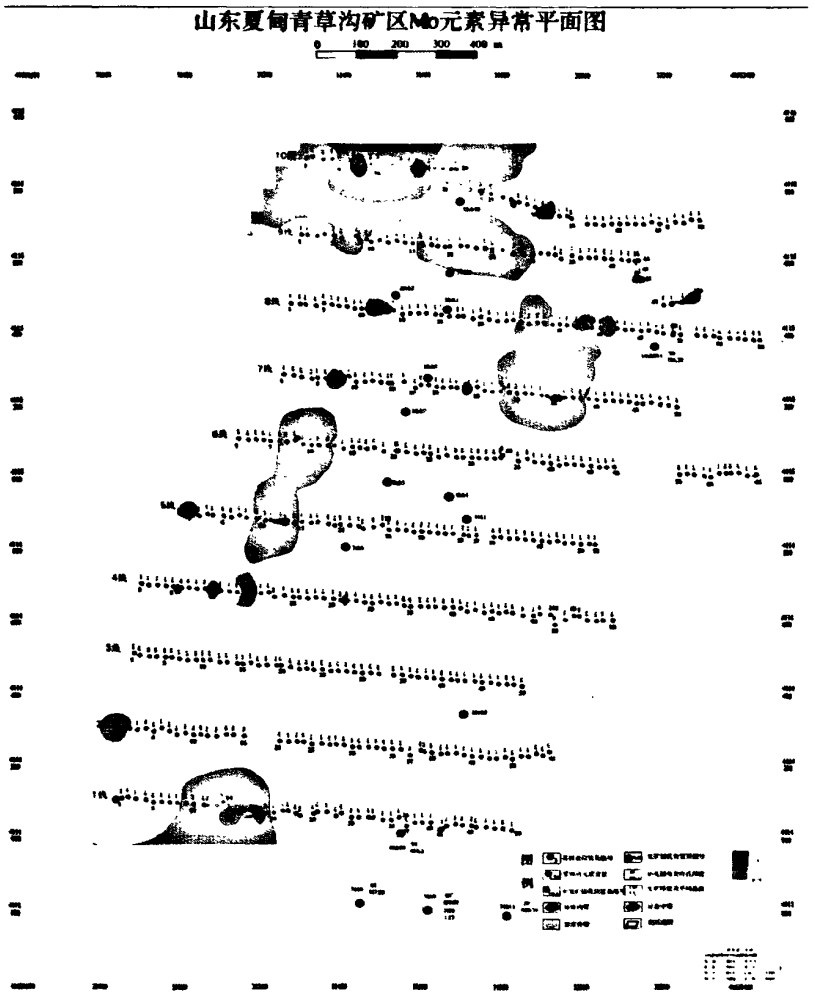


图 8-4 山东夏甸青草沟矿区 Mo 元素平面异常图

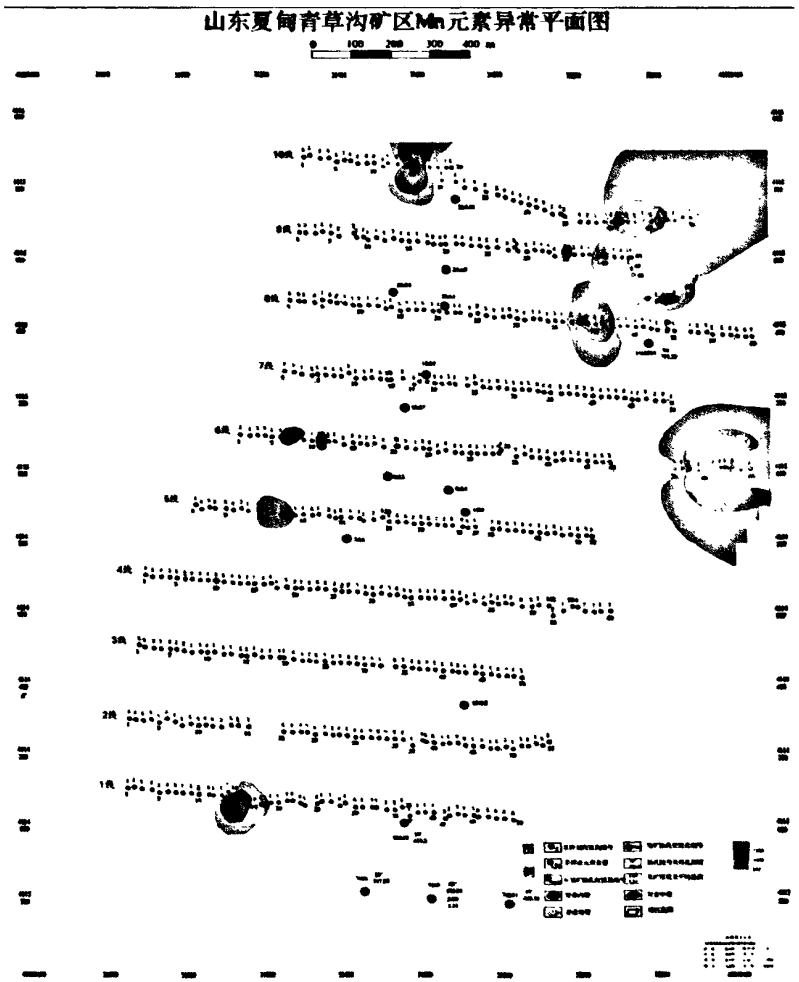


图 8-5 山东夏甸青草沟矿区 Mn 元素平面异常图

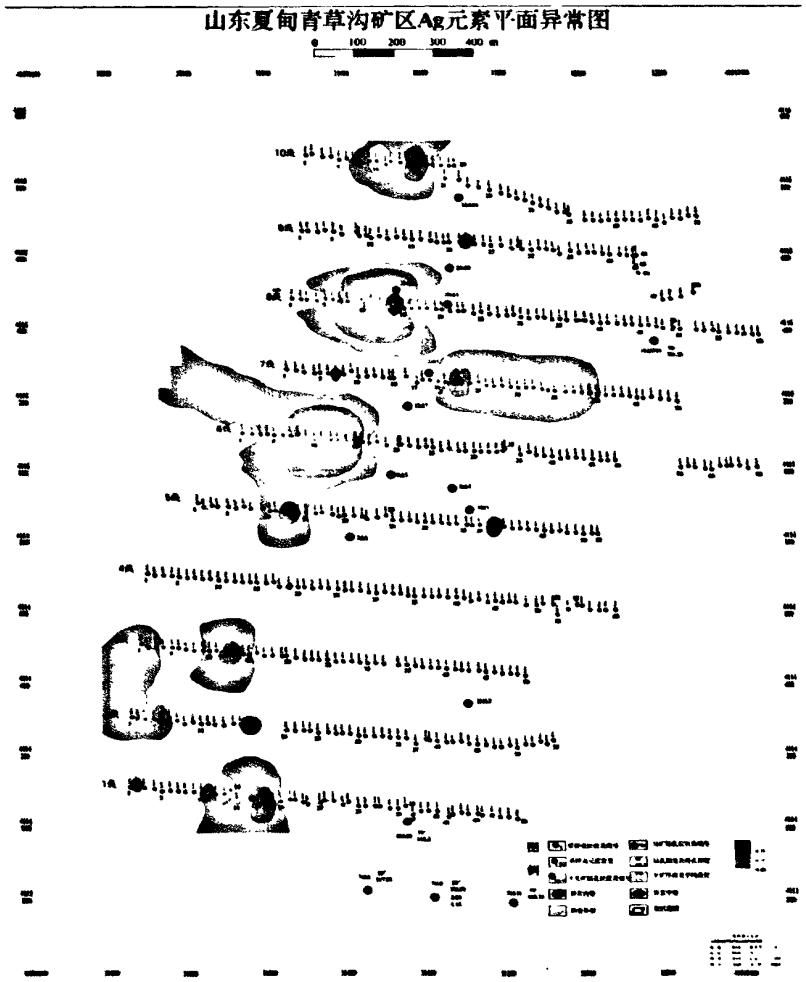


图 8-6 山东夏甸青草沟矿区 Ag 元素平面异常图

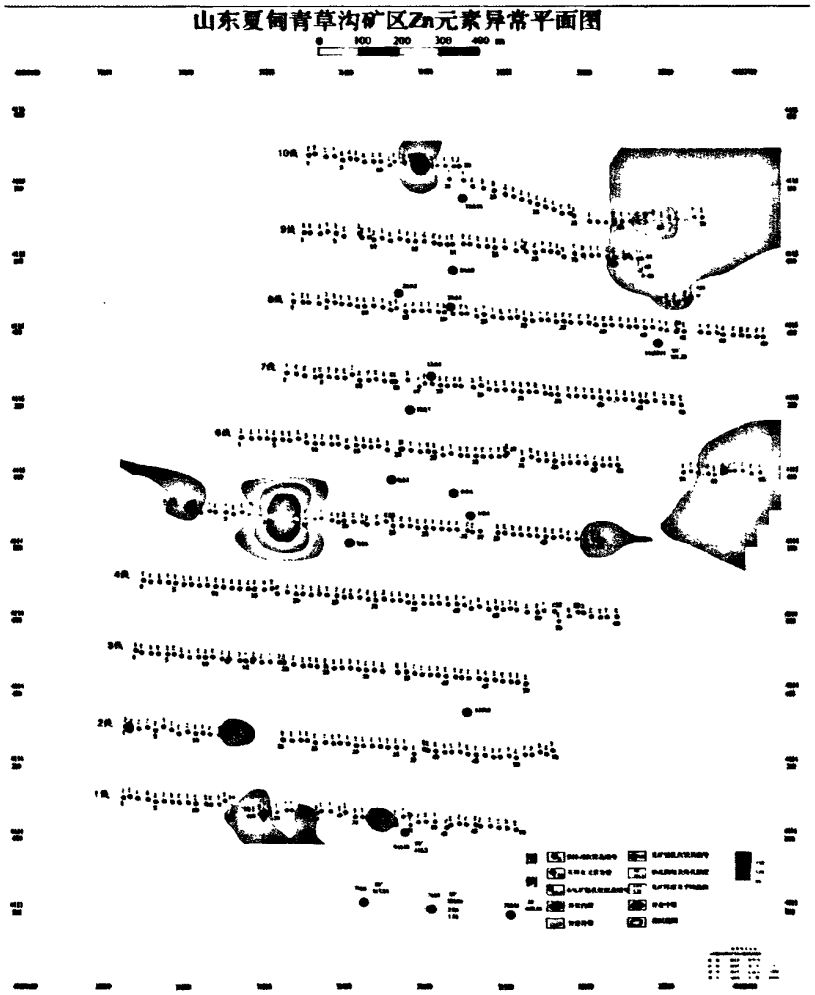


图 8-7 山东夏旬青草沟矿区 Zn 元素平面异常图

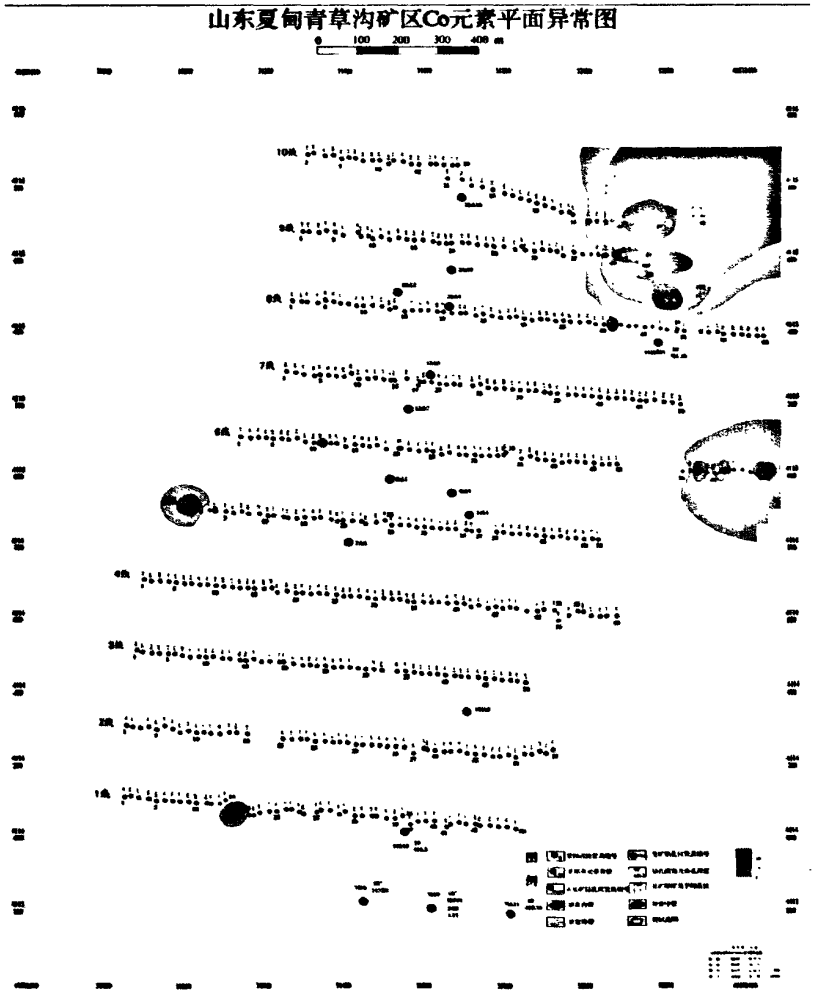


图 8-8 山东夏旬青草沟矿区 Co 元素平面异常图

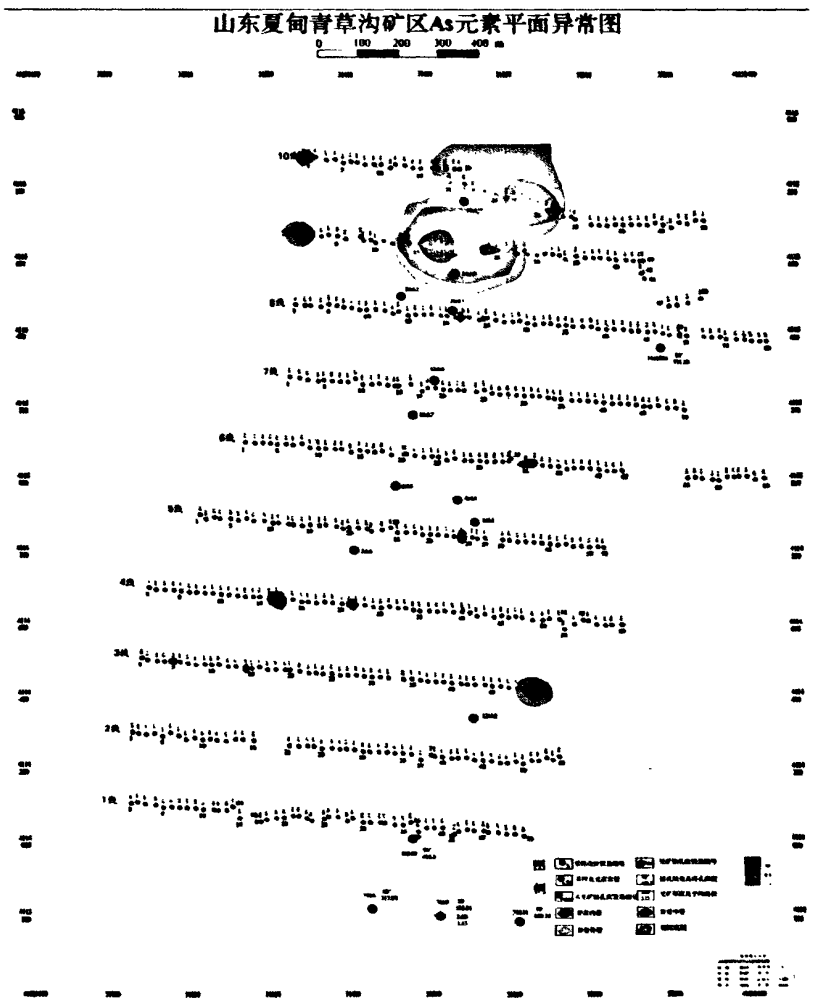


图 8-9 山东夏甸青草沟矿区 As 元素平面异常图

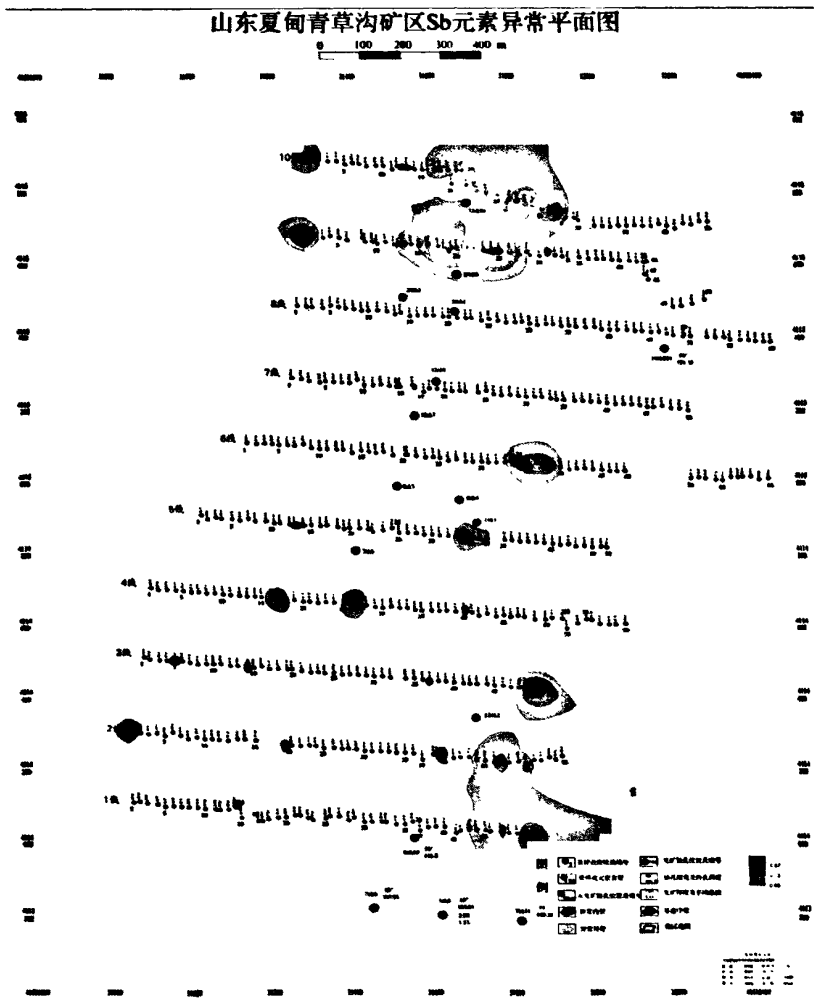


图 8-10 山东夏甸青草沟矿区 Sb 元素平面异常图

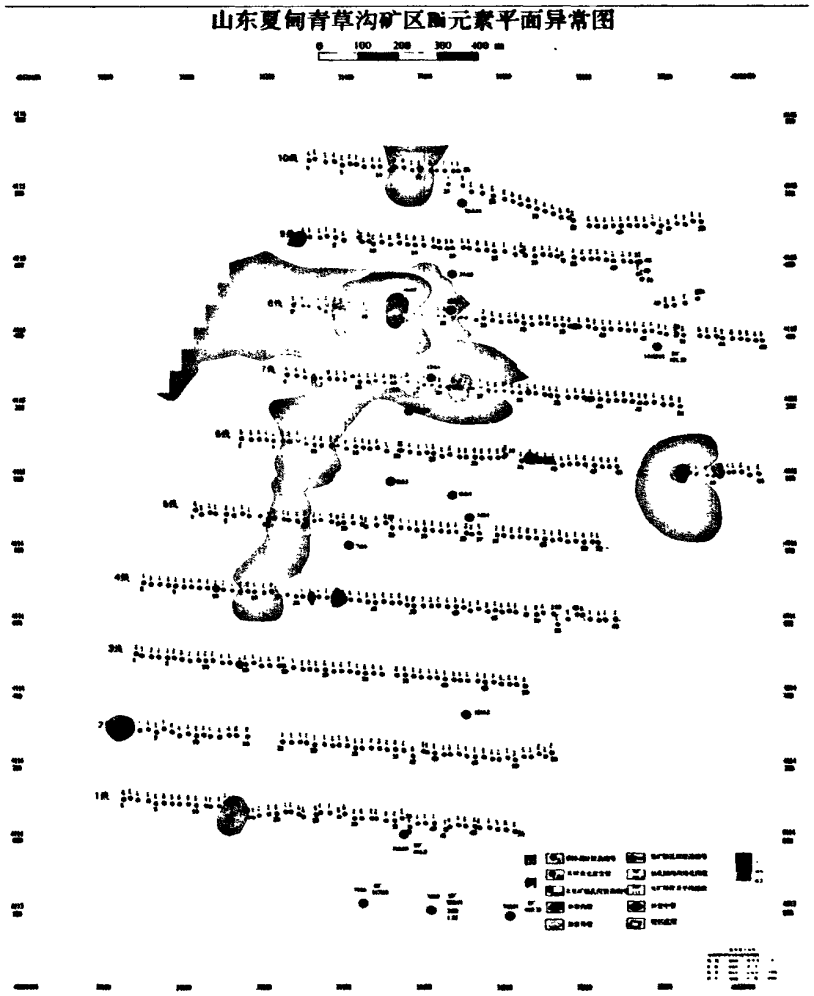


图 8-11 山东夏甸青草沟矿区 Bi 元素平面异常图

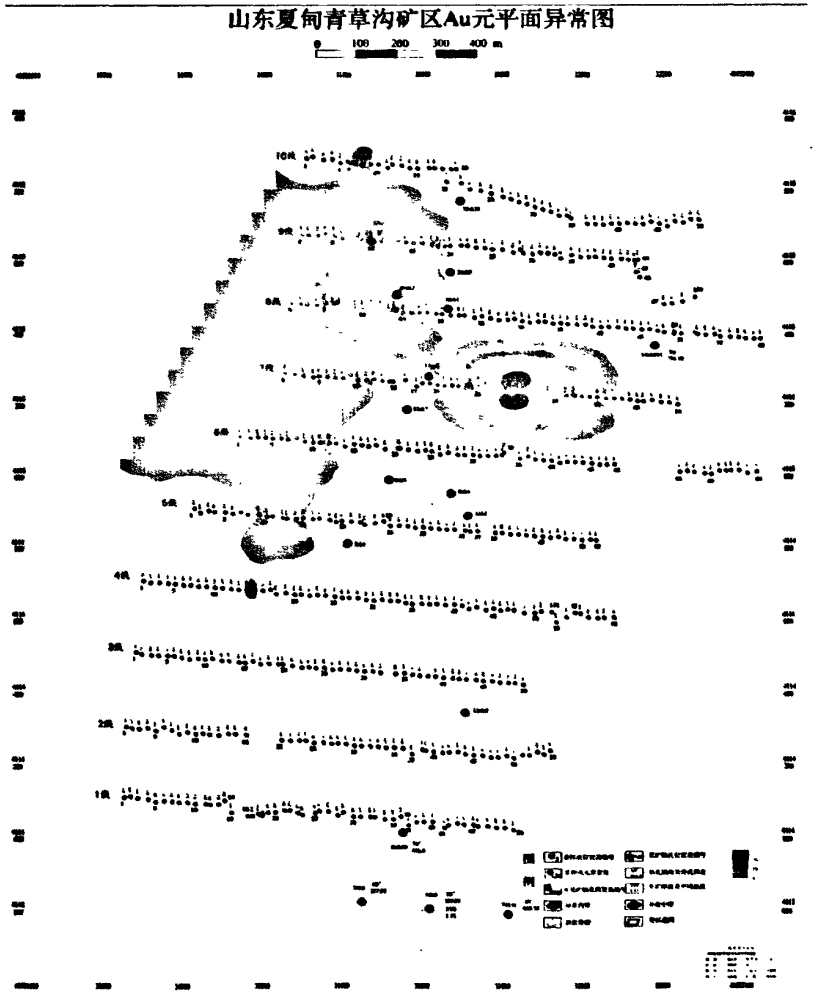


图 8-12 山东夏甸青草沟矿区 Au 元素平面异常图

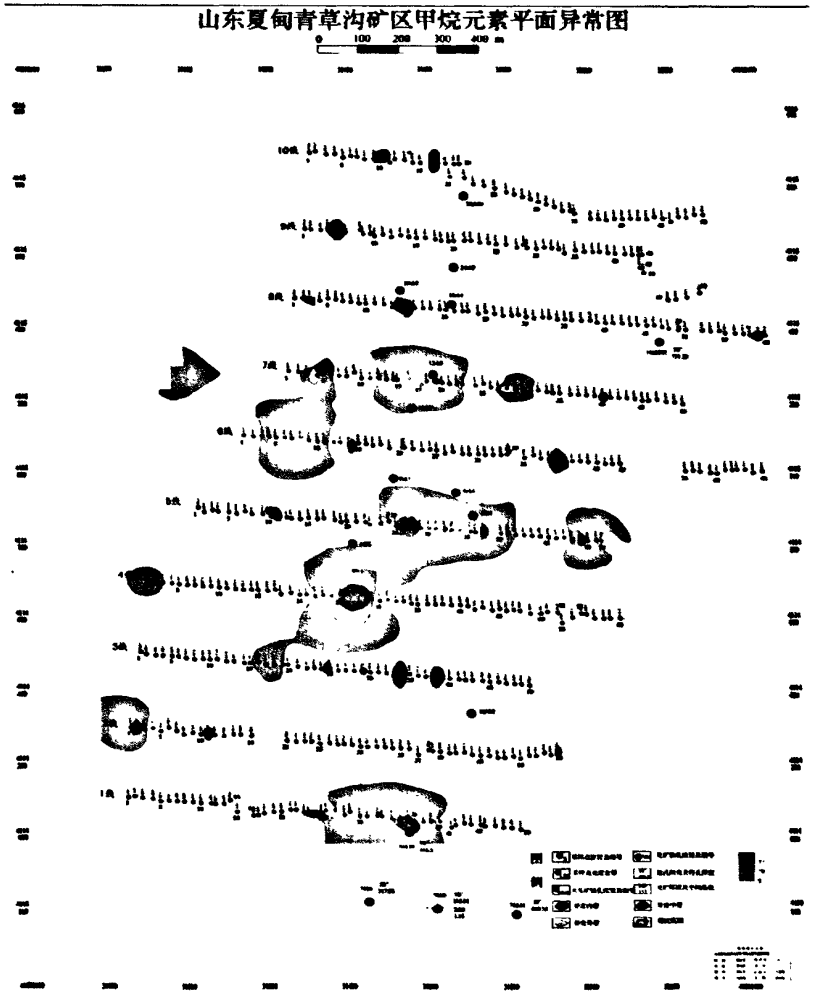


图 8-13 山东夏甸青草沟矿区甲烷元素平面异常图

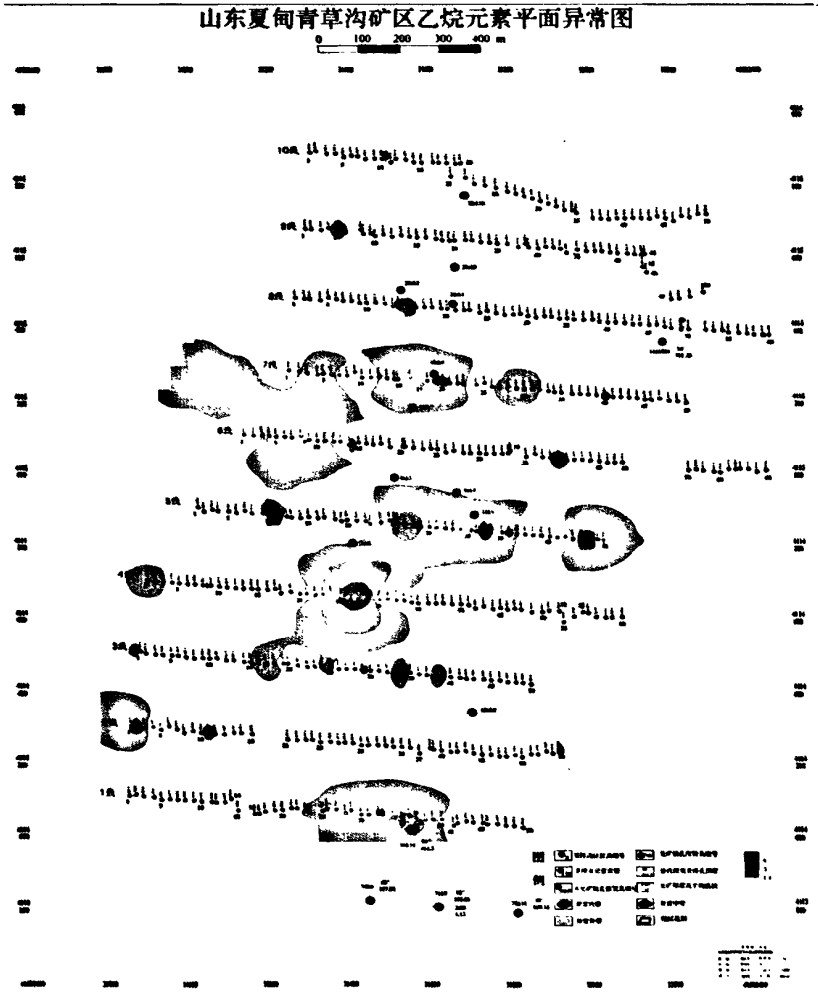


图 8-14 山东夏甸青草沟矿区乙烷元素平面异常图

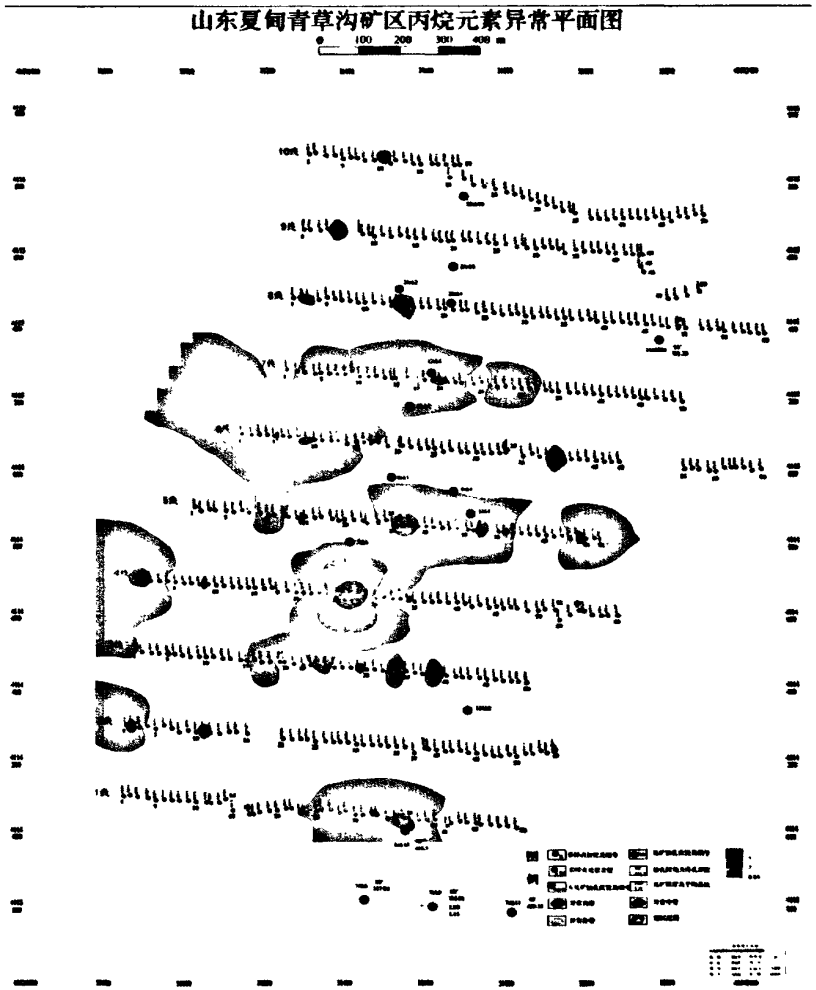


图 8-15 山东夏甸青草沟矿区丙烷元素平面异常图

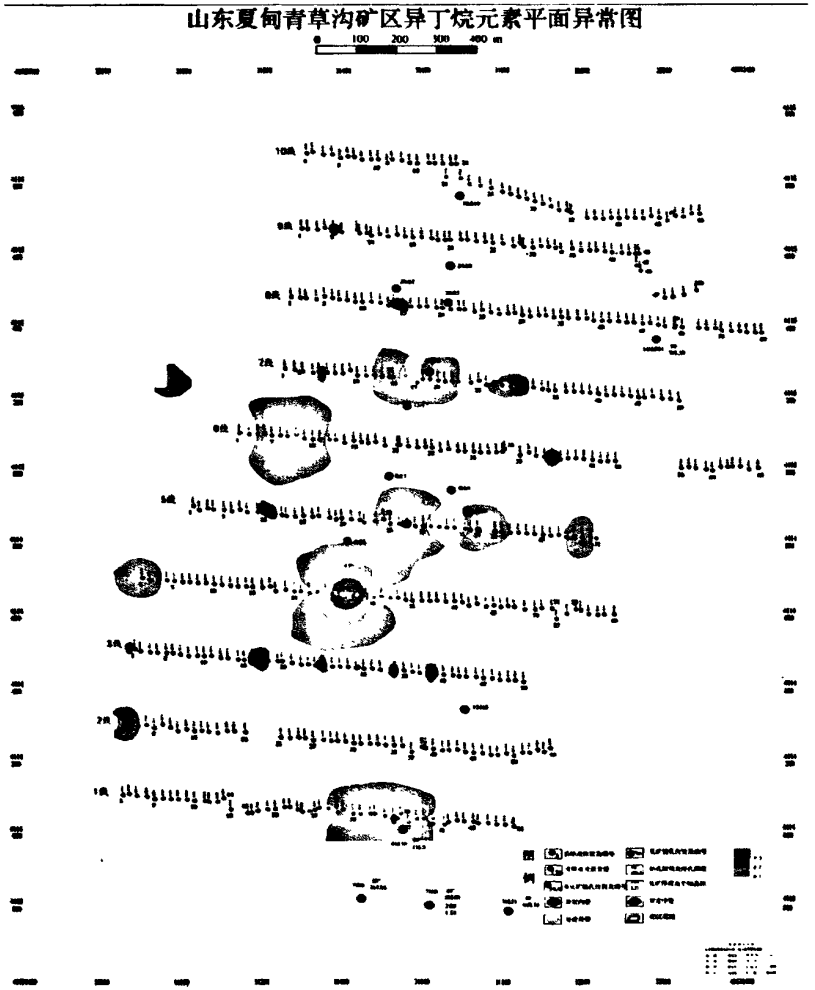


图 8-16 山东夏甸青草沟矿区异丁烷元素平面异常图

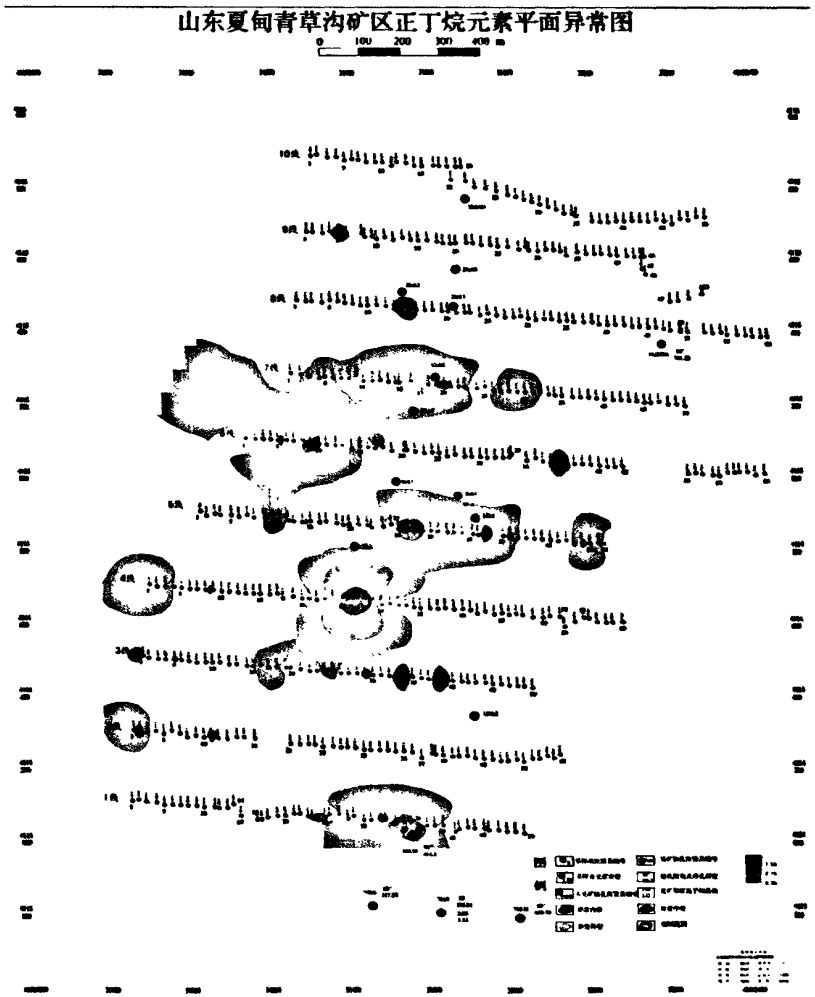


图 8-17 山东夏甸青草沟矿区正丁烷元素平面异常图

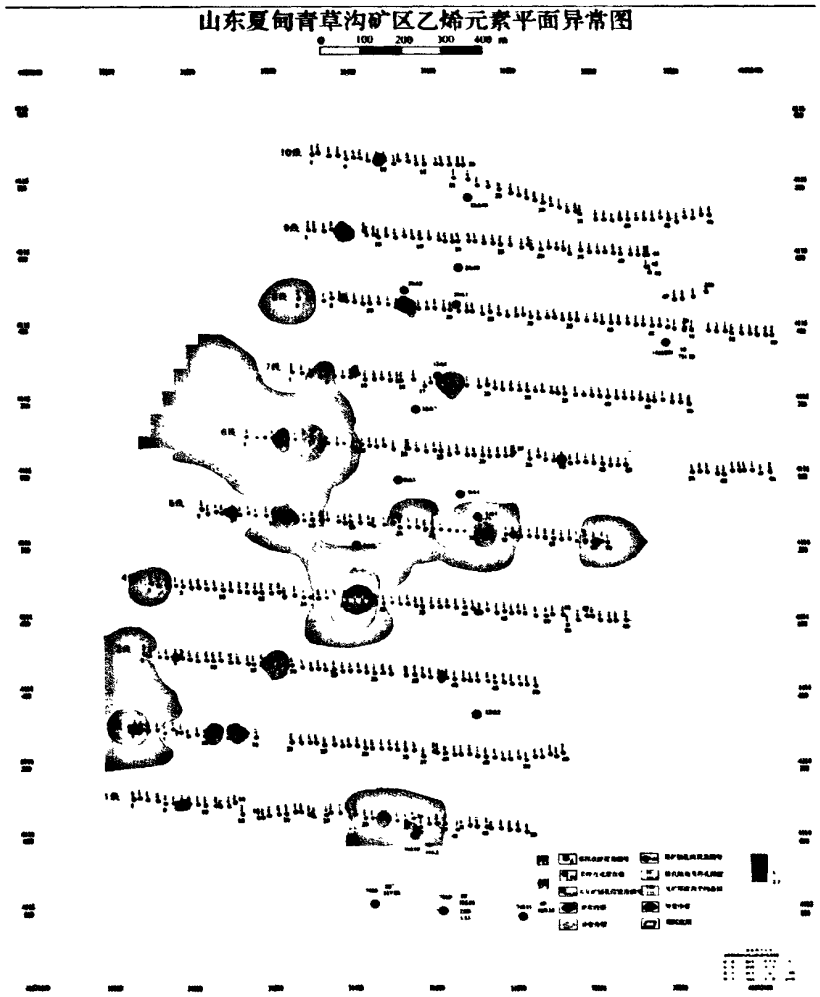


图 8-18 山东夏甸青草沟矿区乙烯元素平面异常图

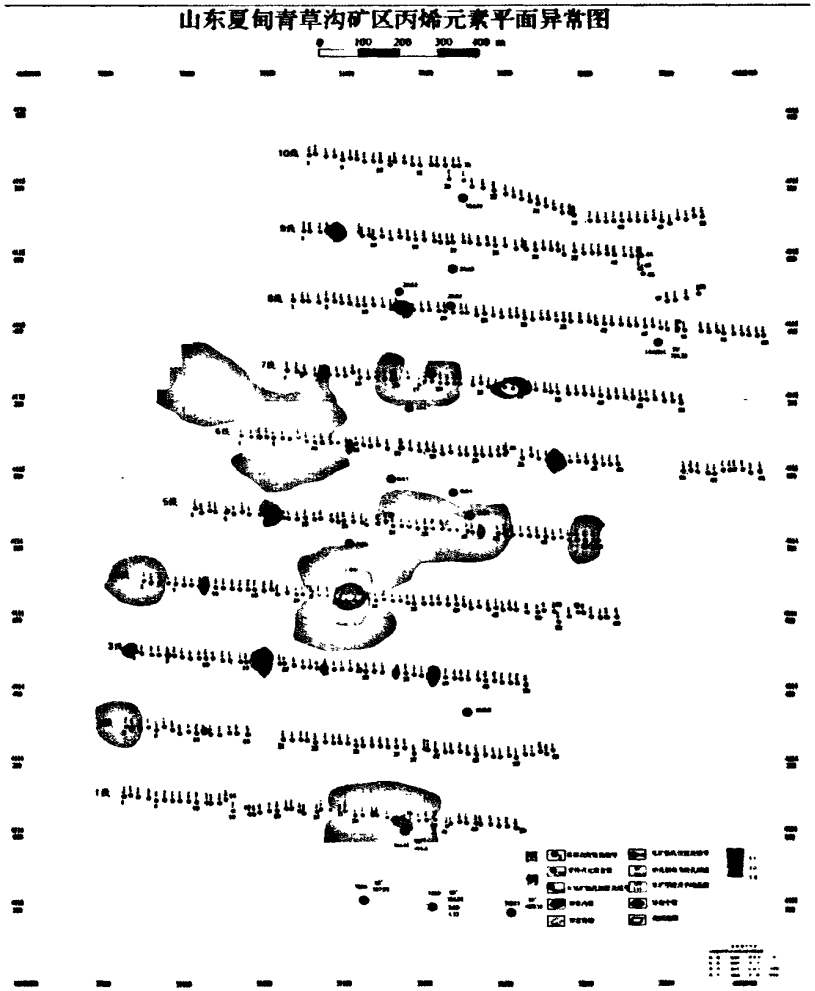


图 8-19 山东夏甸青草沟矿区丙烯元素平面异常图

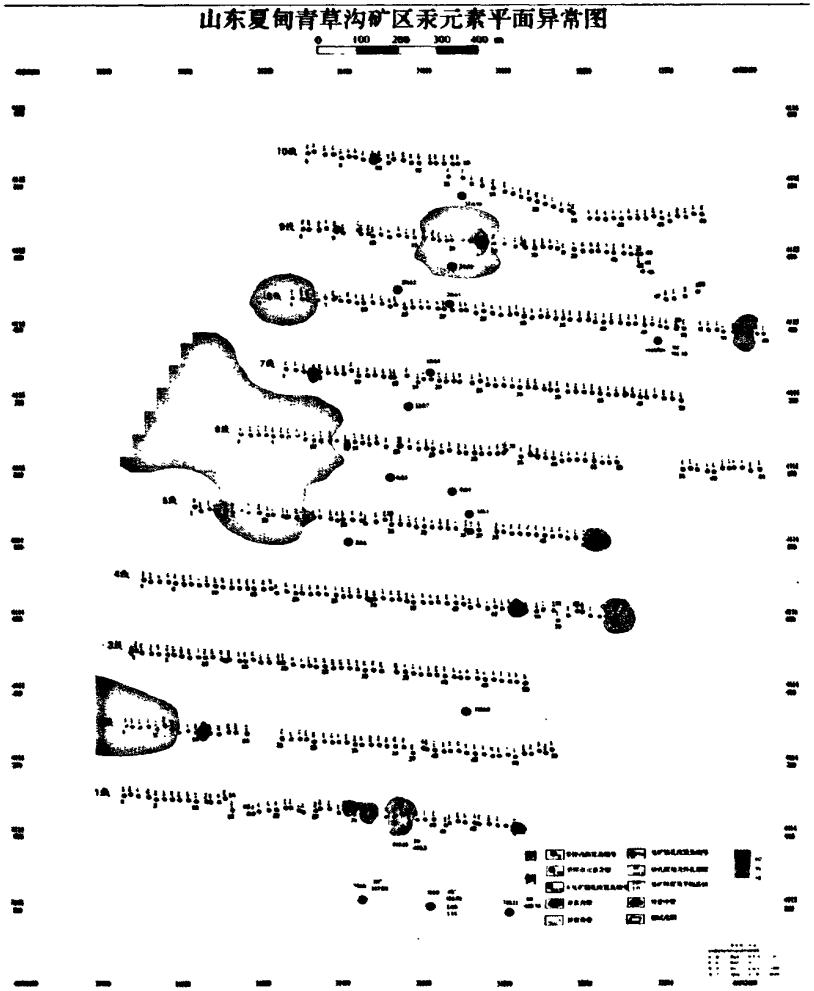


图 8-20 山东夏甸青草沟矿区汞元素平面异常图

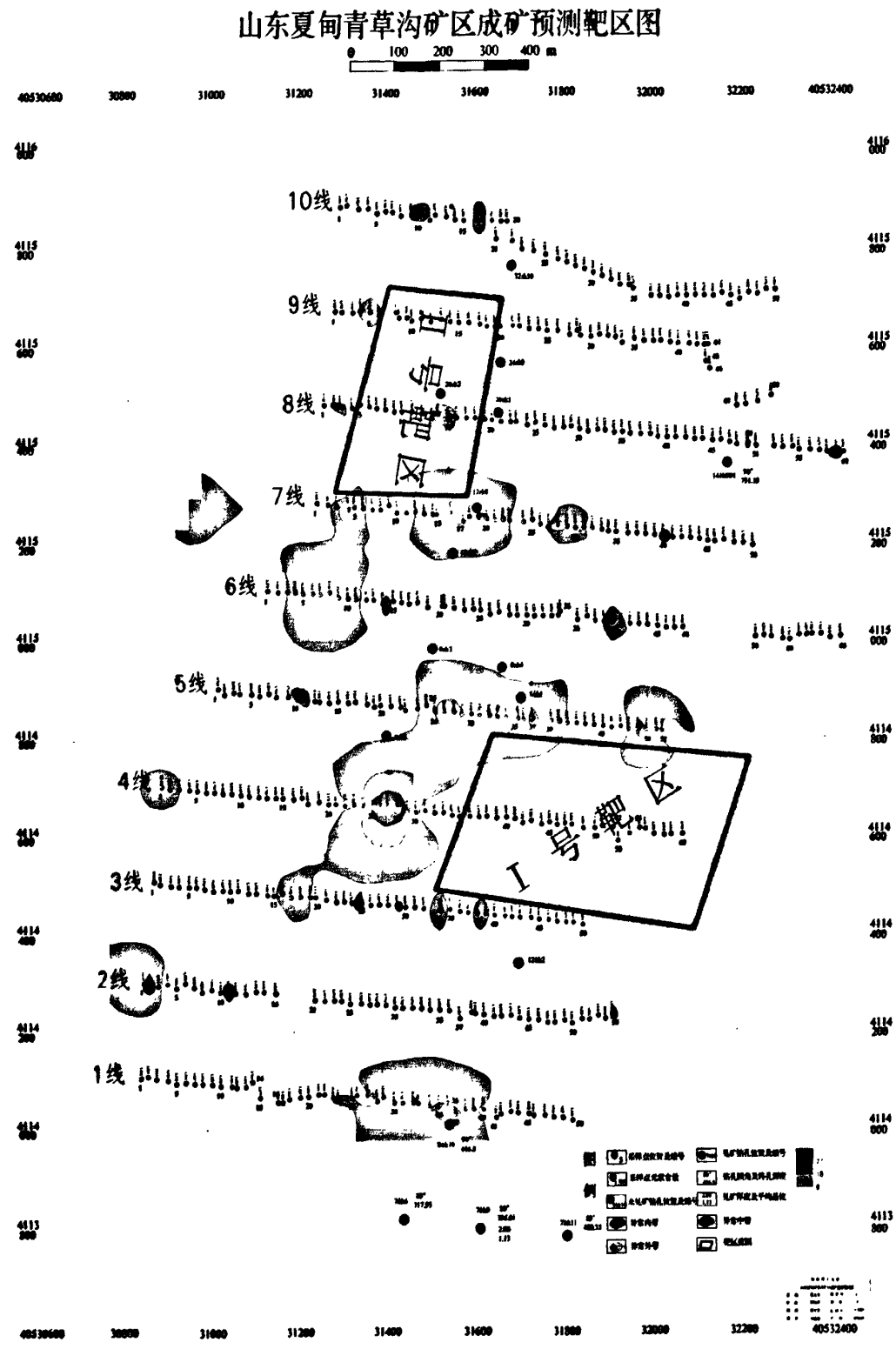


图 8-21 山东夏甸青草沟矿区成矿预测靶区图

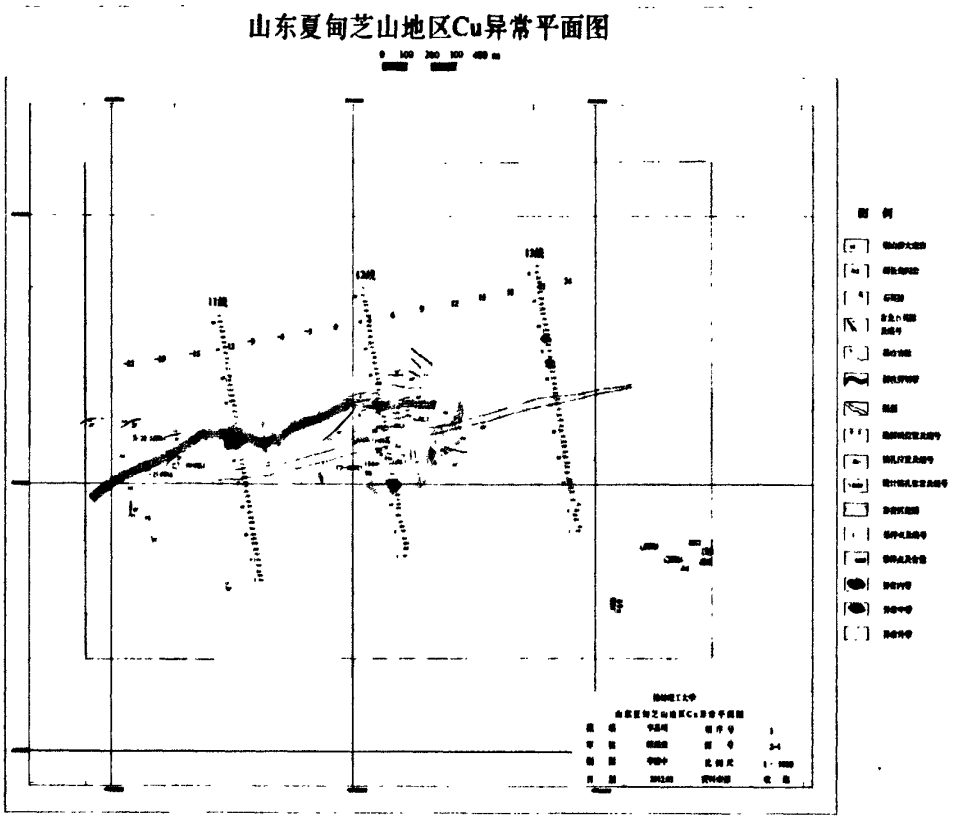


图 9-1 山东夏甸芝山地区 Cu 异常平面图

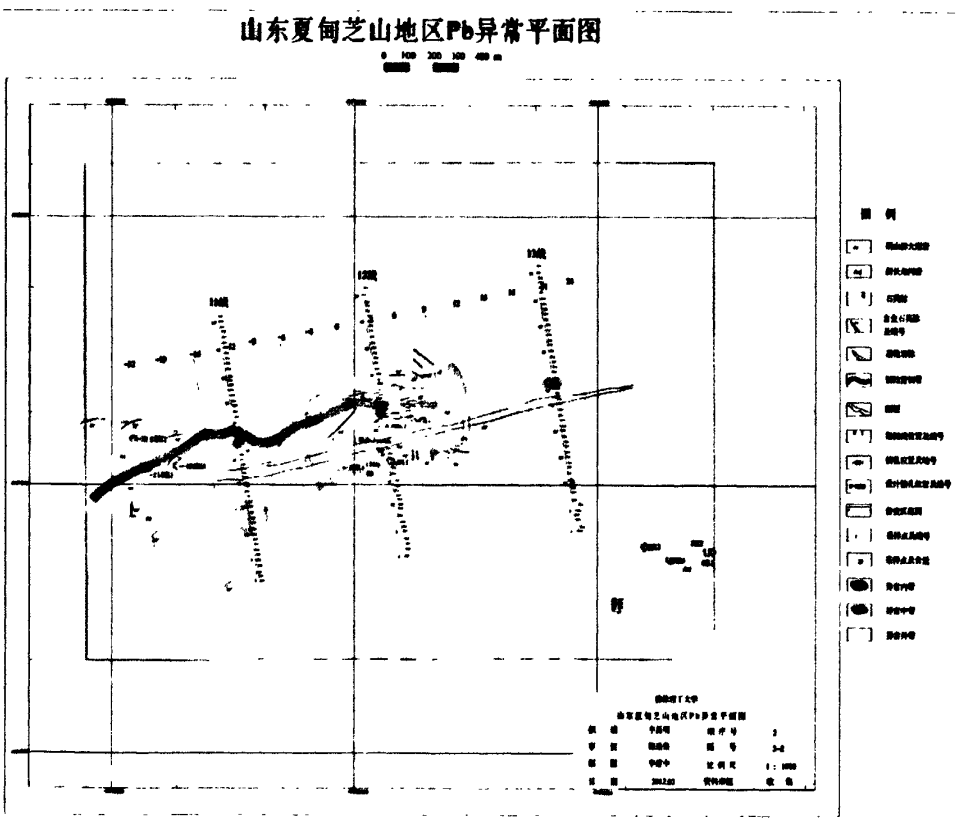


图 9-2 山东夏甸芝山地区 Pb 异常平面图

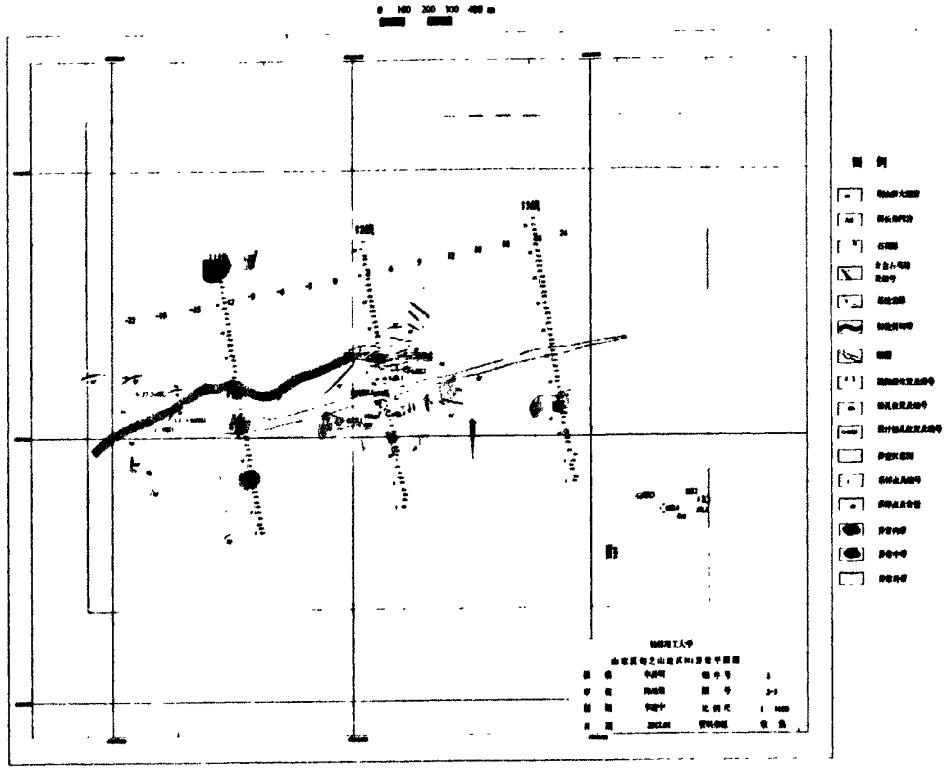


图 9-3 山东夏甸芝山地区 Ni 异常平面图

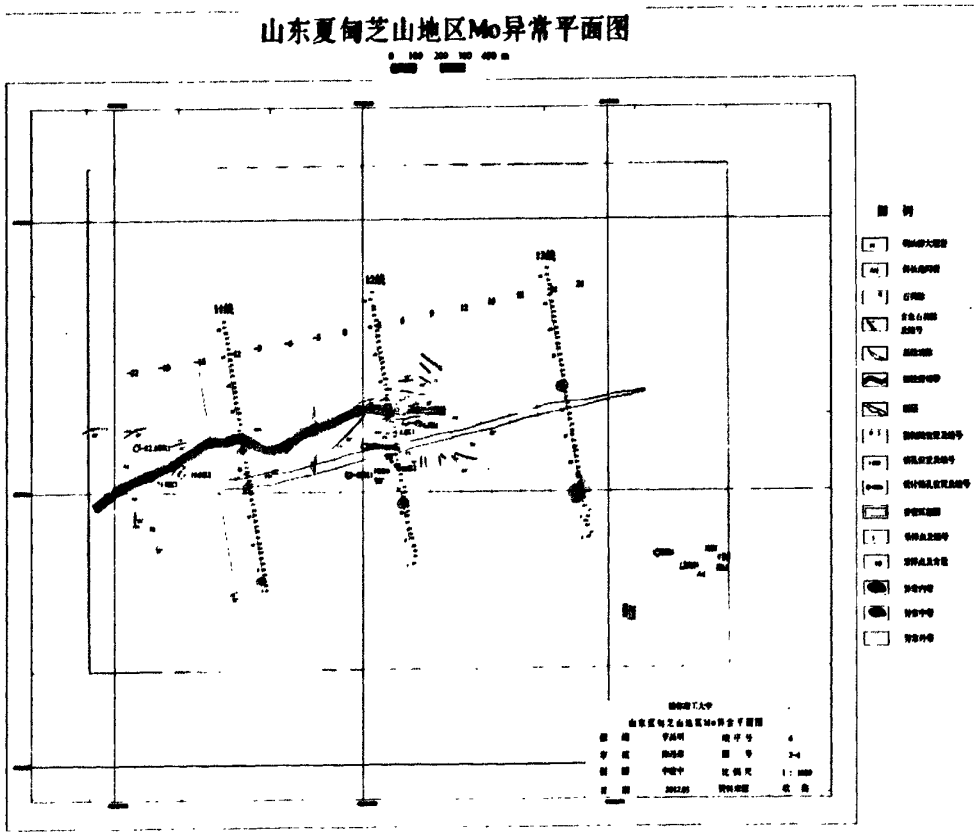


图 9-4 山东夏甸芝山地区 Mo 异常平面图

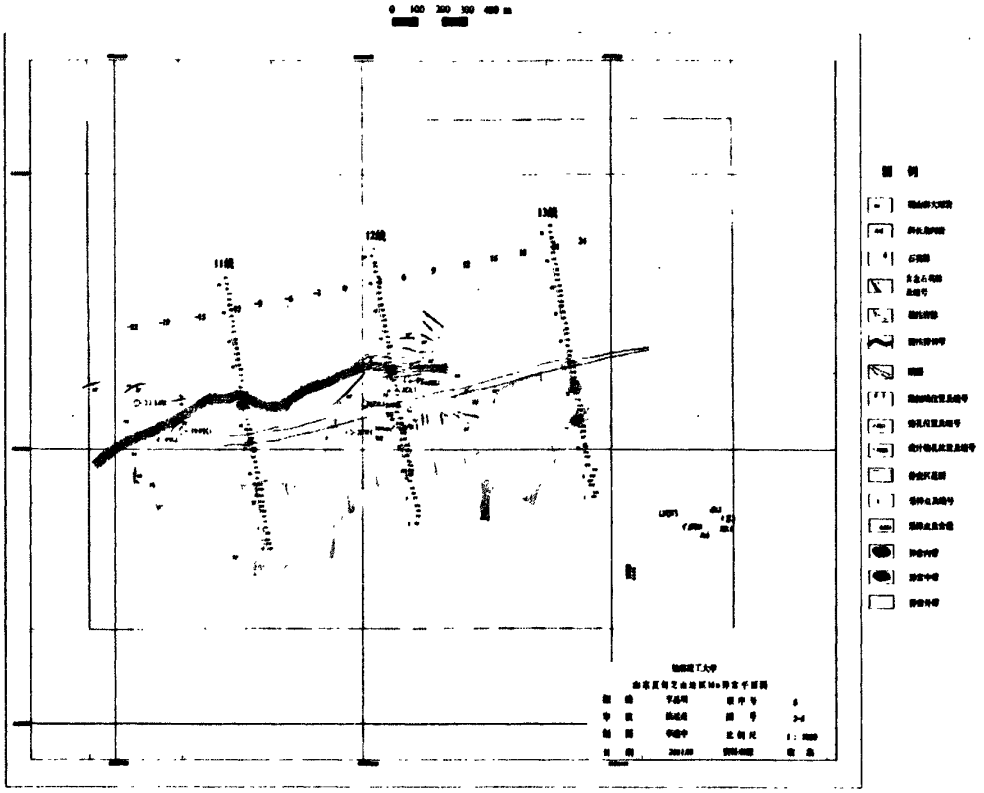


图 9-5 山东夏甸芝山地区 Mn 异常平面图

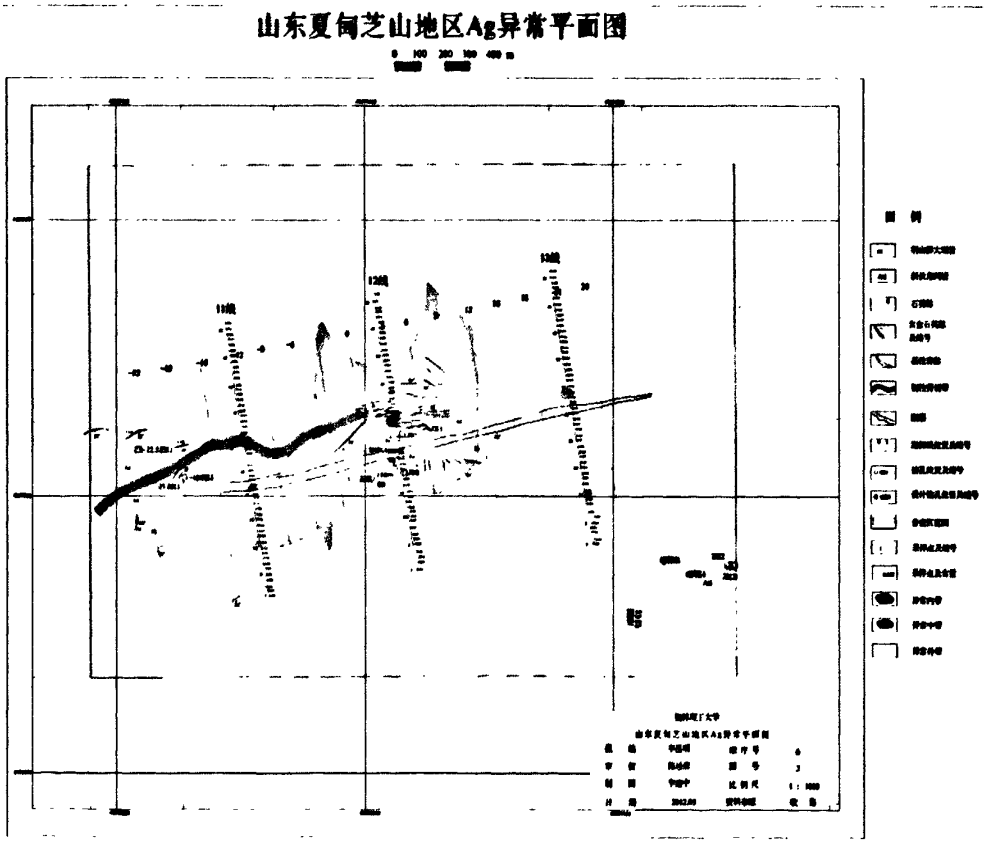


图 9-6 山东夏甸芝山地区 Ag 异常平面图

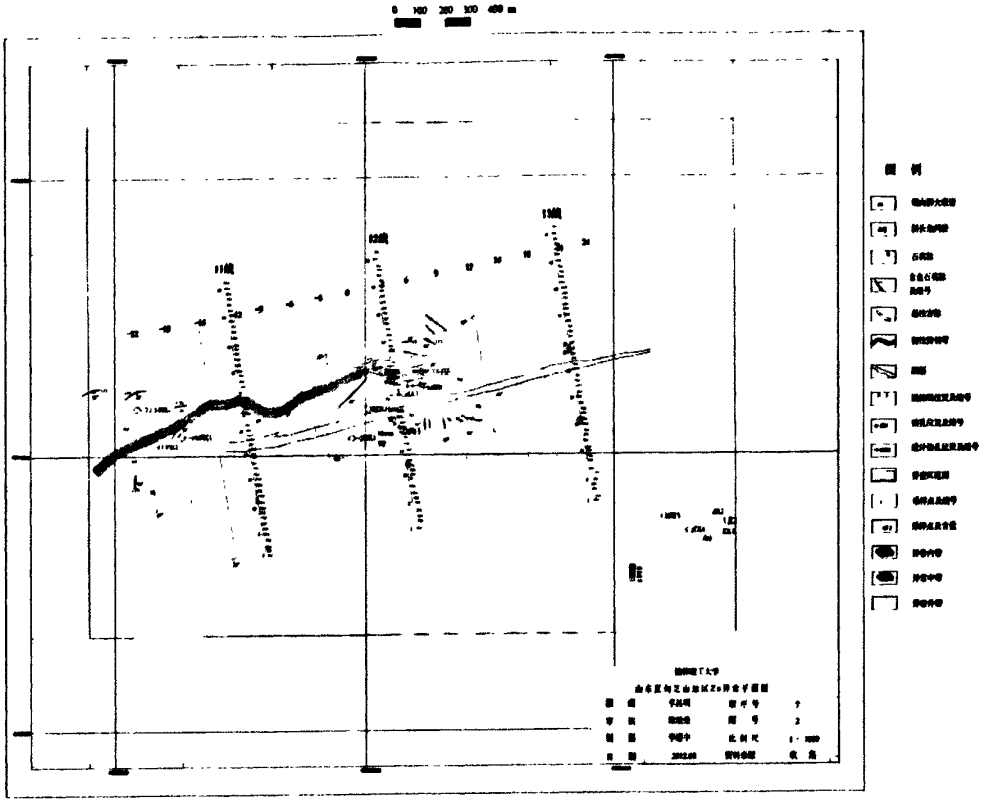


图 9-7 山东夏甸芝山地区 Zn 异常平面图

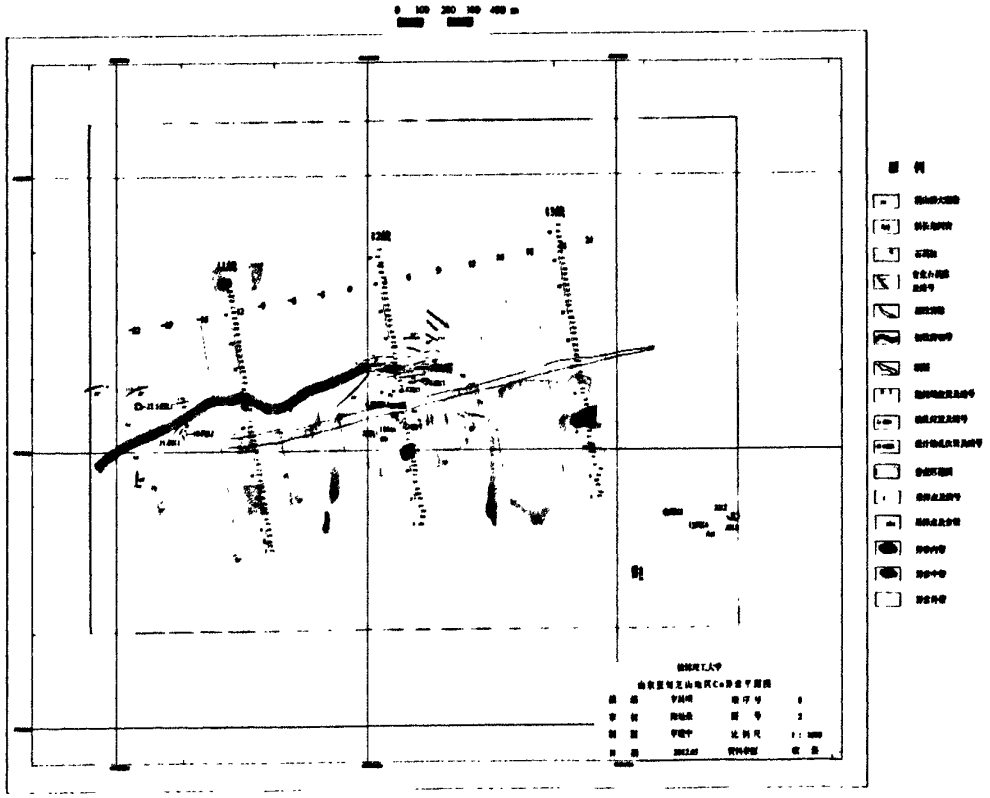


图 9-8 山东夏甸芝山地区 Co 异常平面图

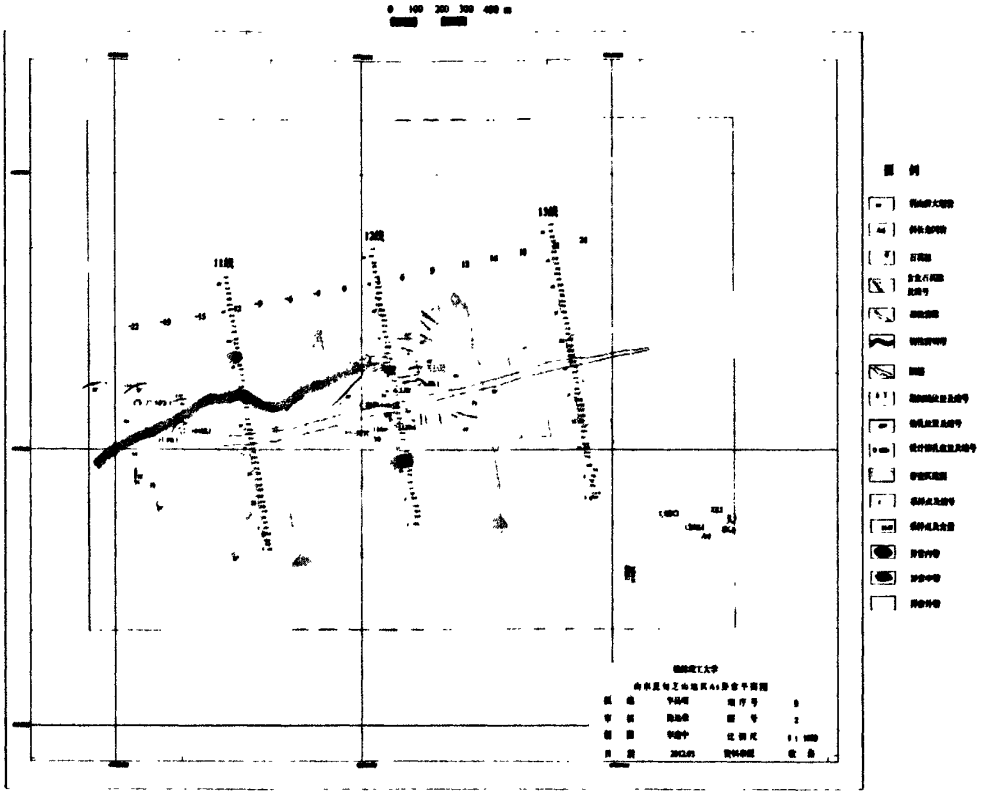


图 9-9 山东夏甸芝山地区 As 异常平面图

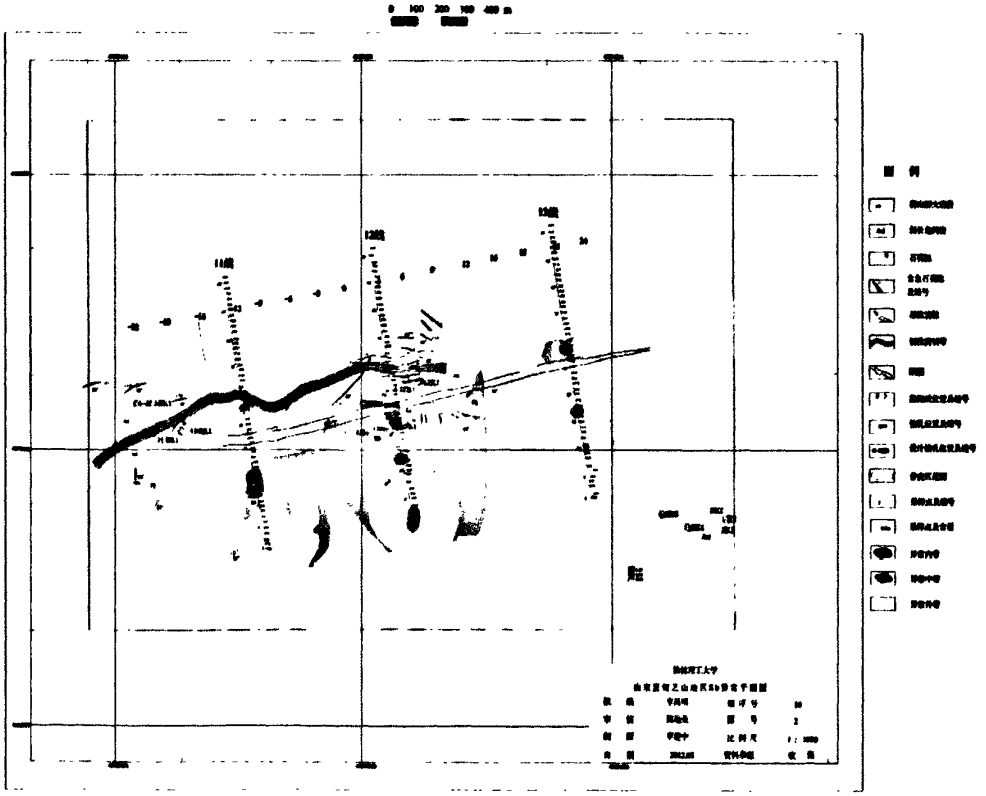


图 9-10 山东夏甸芝山地区 Sb 异常平面图

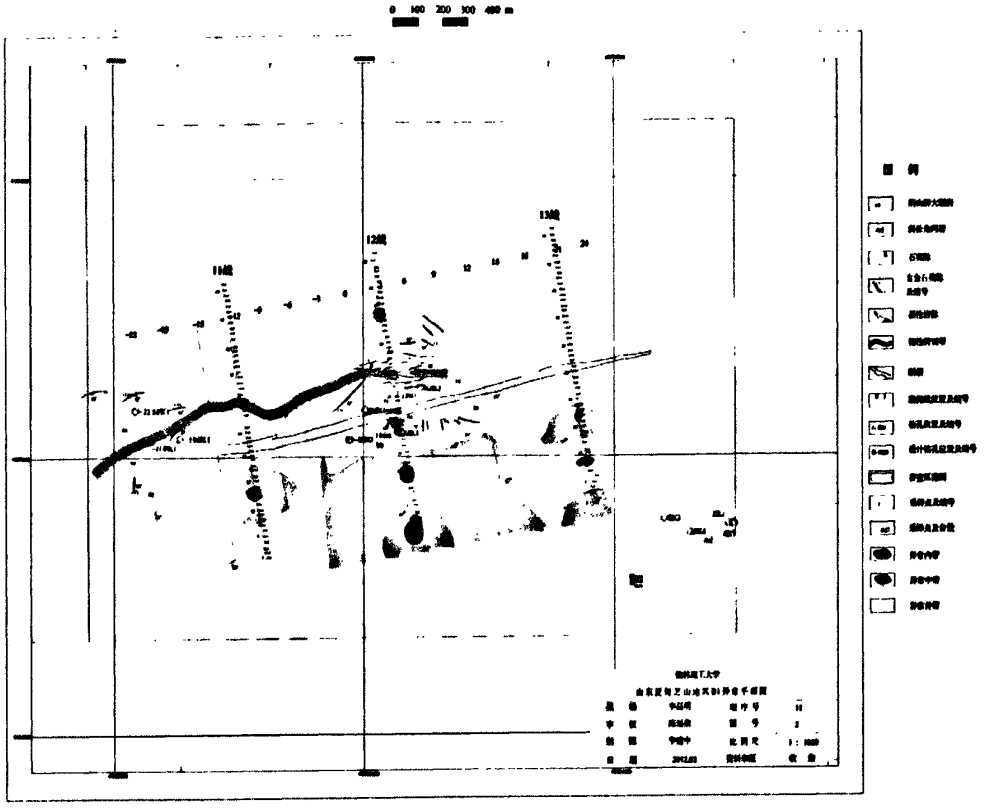


图 9-11 山东夏甸芝山地区 Bi 异常平面图

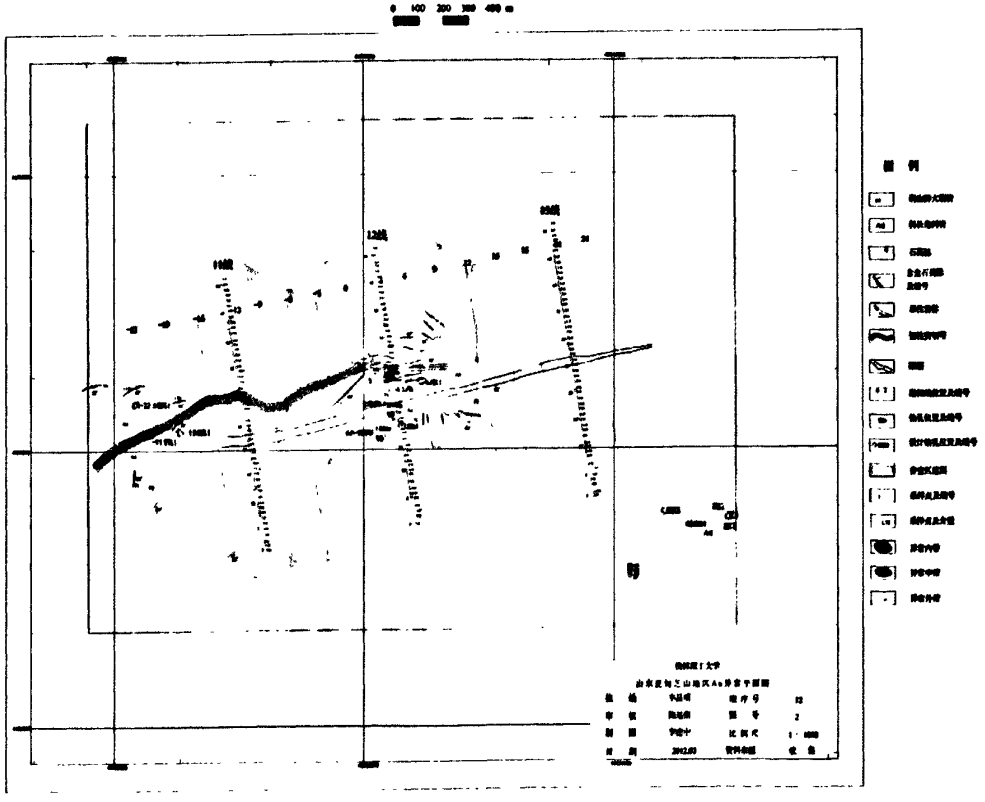


图 9-12 山东夏甸芝山地区 Au 异常平面图

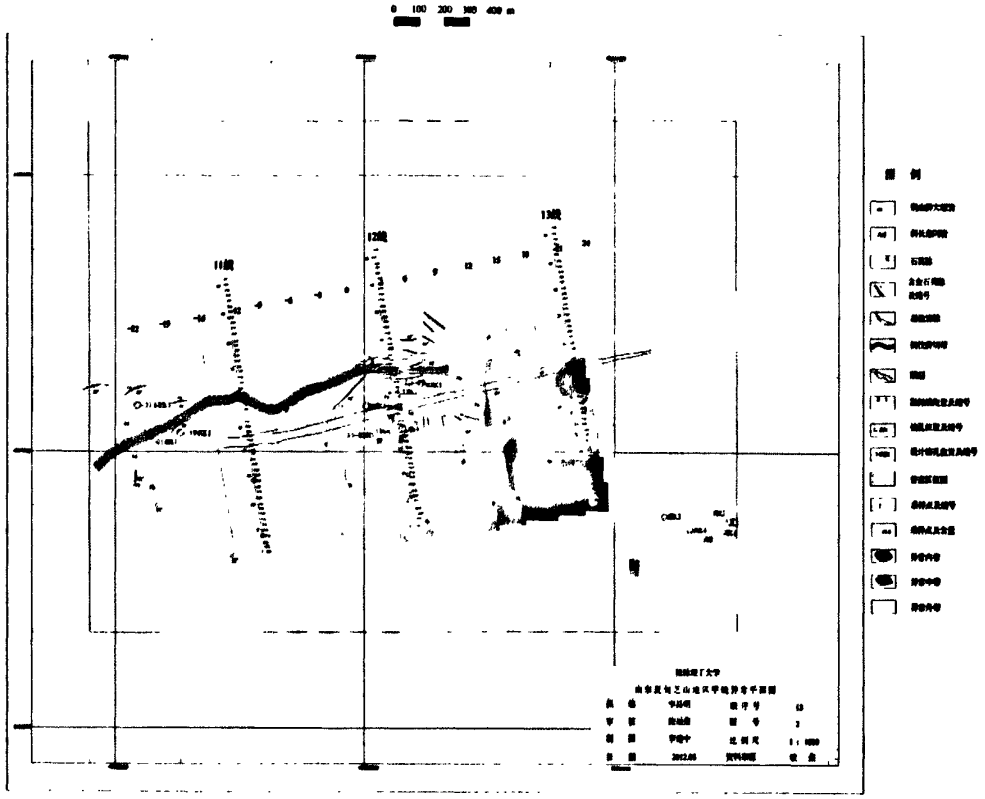


图 9-13 山东夏甸芝山地区甲烷异常平面图

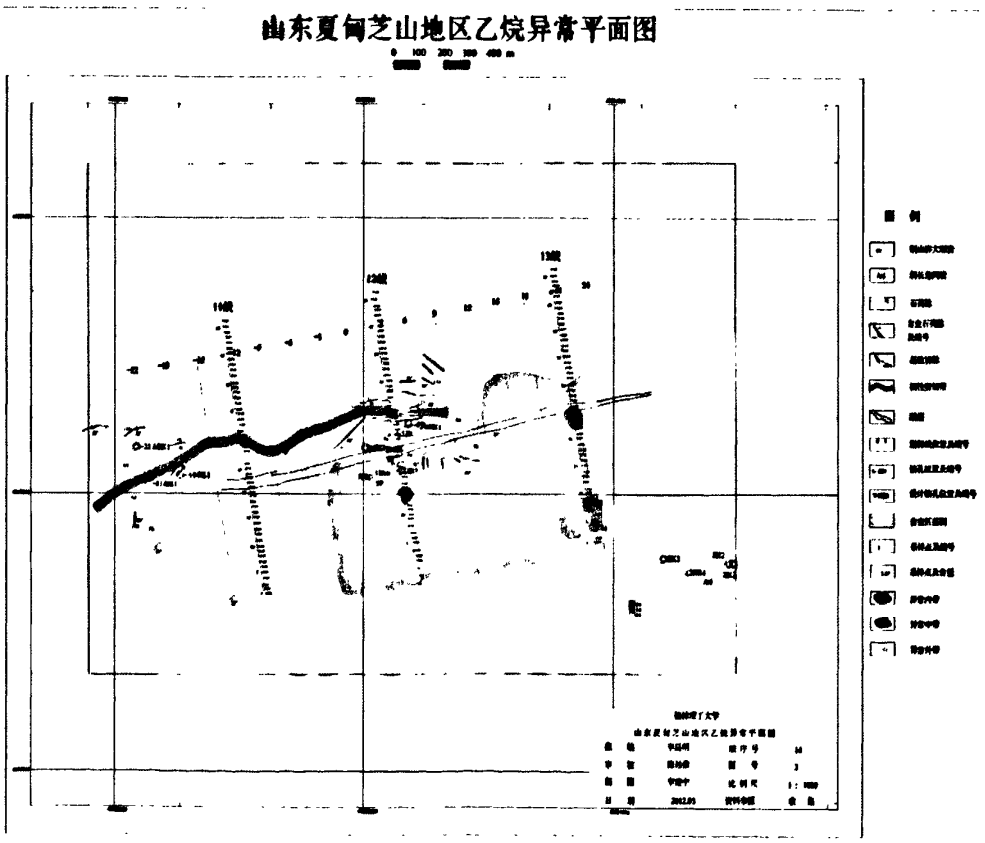


图 9-14 山东夏甸芝山地区乙烷异常平面图

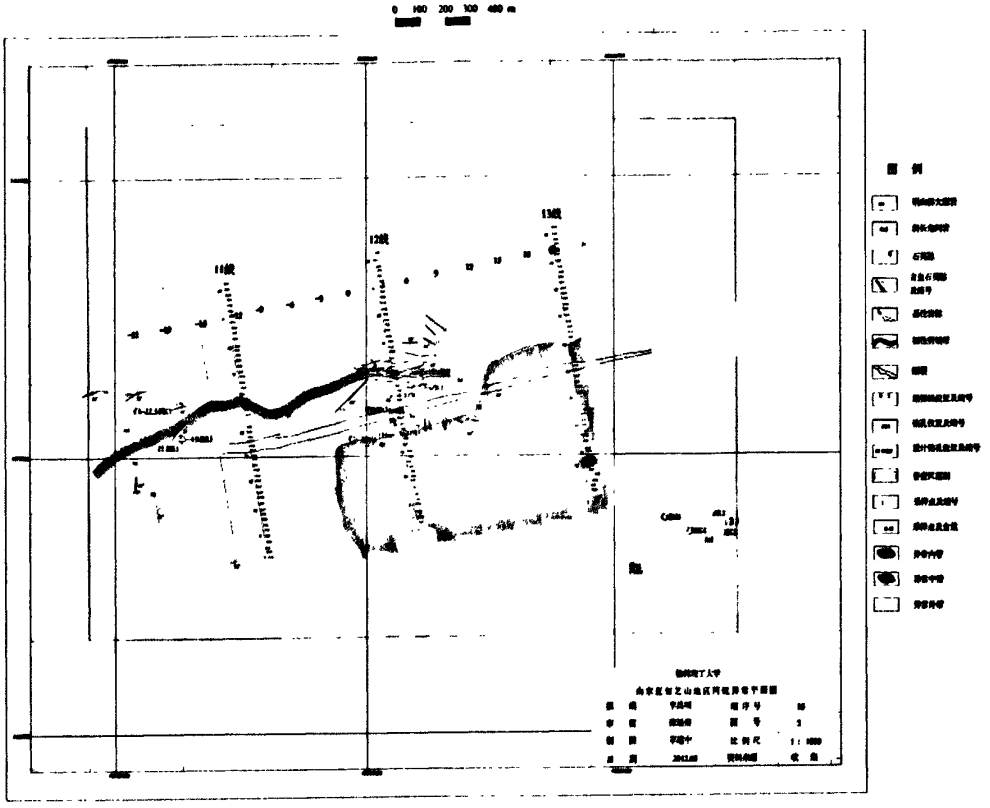


图 9-15 山东夏甸芝山地区丙烷异常平面图

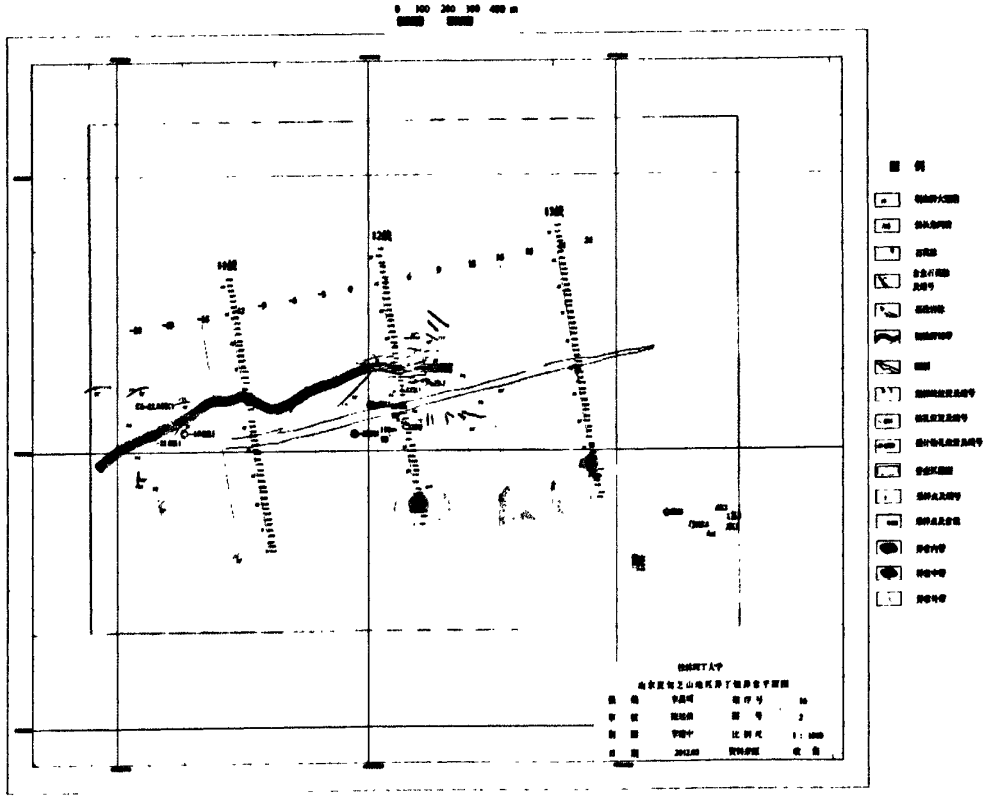


图 9-16 山东夏甸芝山地区异丁烷异常平面图

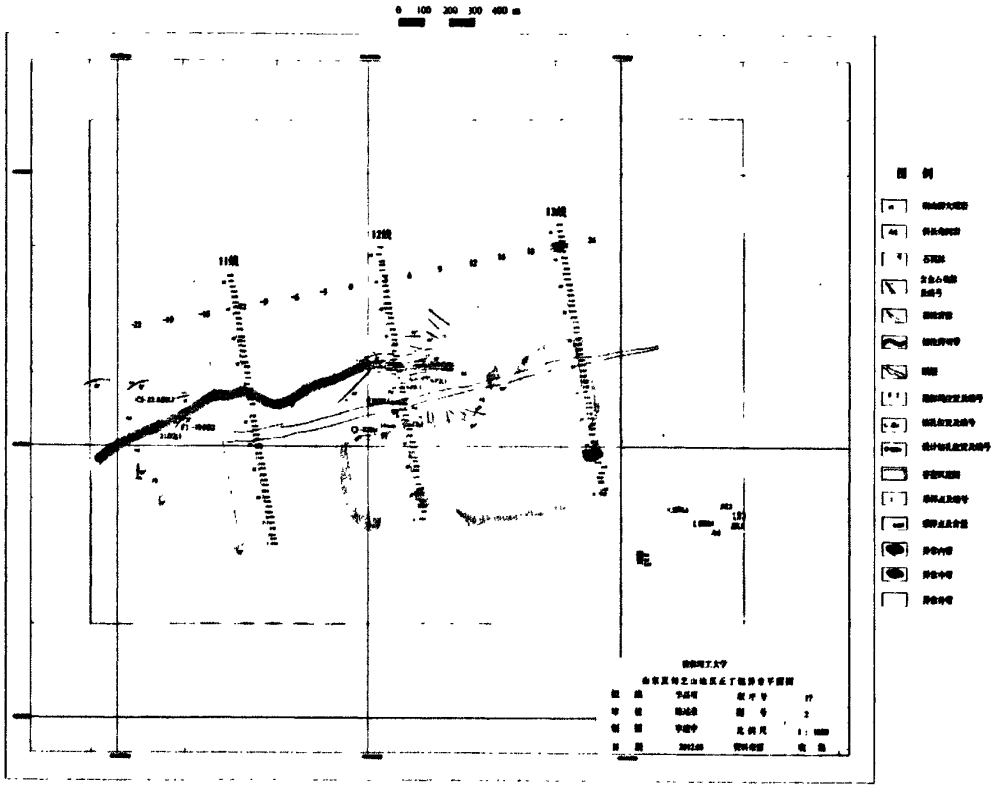


图 9-17 山东夏甸芝山地区正丁烷异常平面图

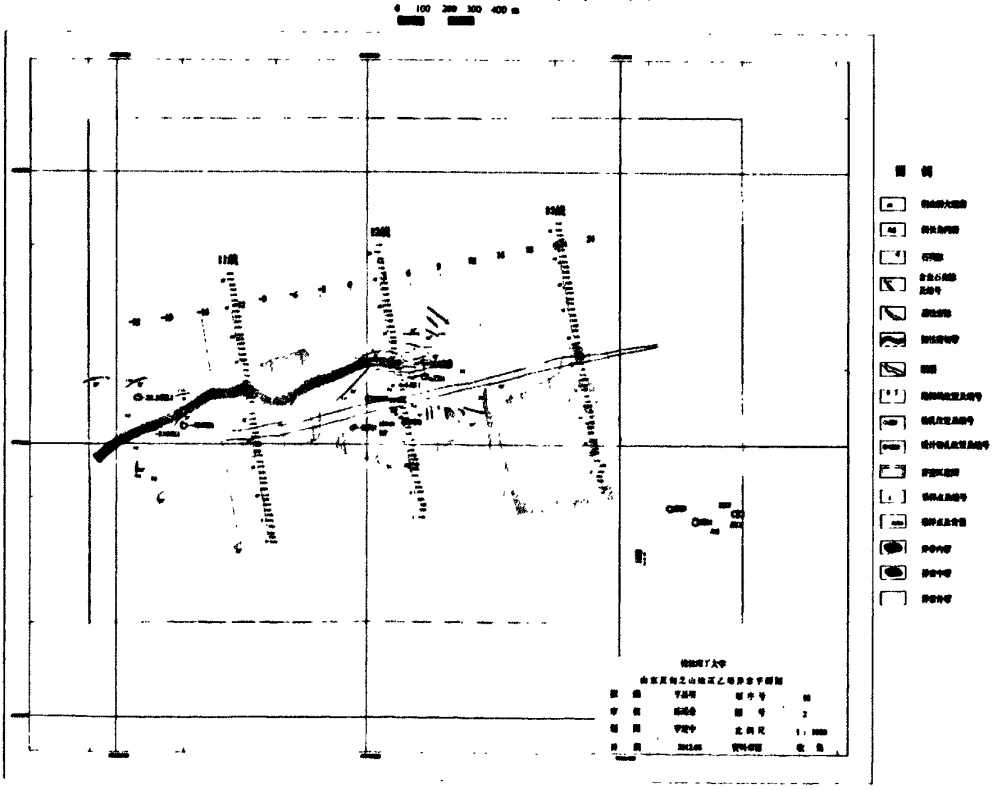


图 9-18 山东夏甸芝山地区乙烯异常平面图

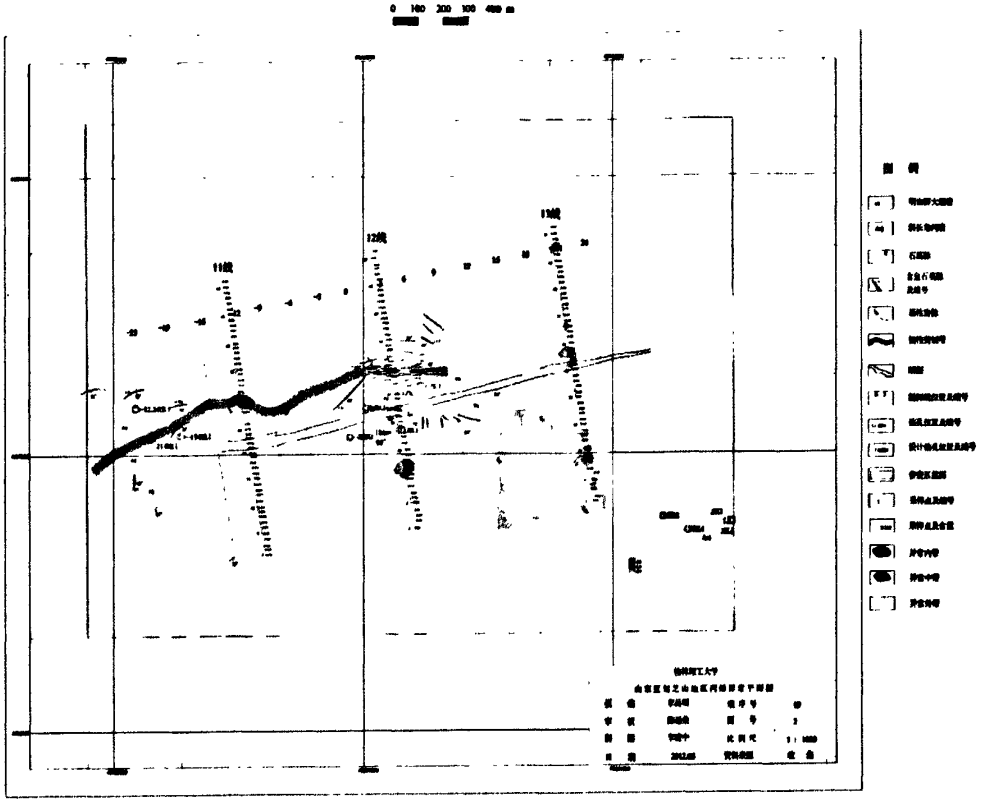


图 9-19 山东夏甸芝山地区丙烯异常平面图

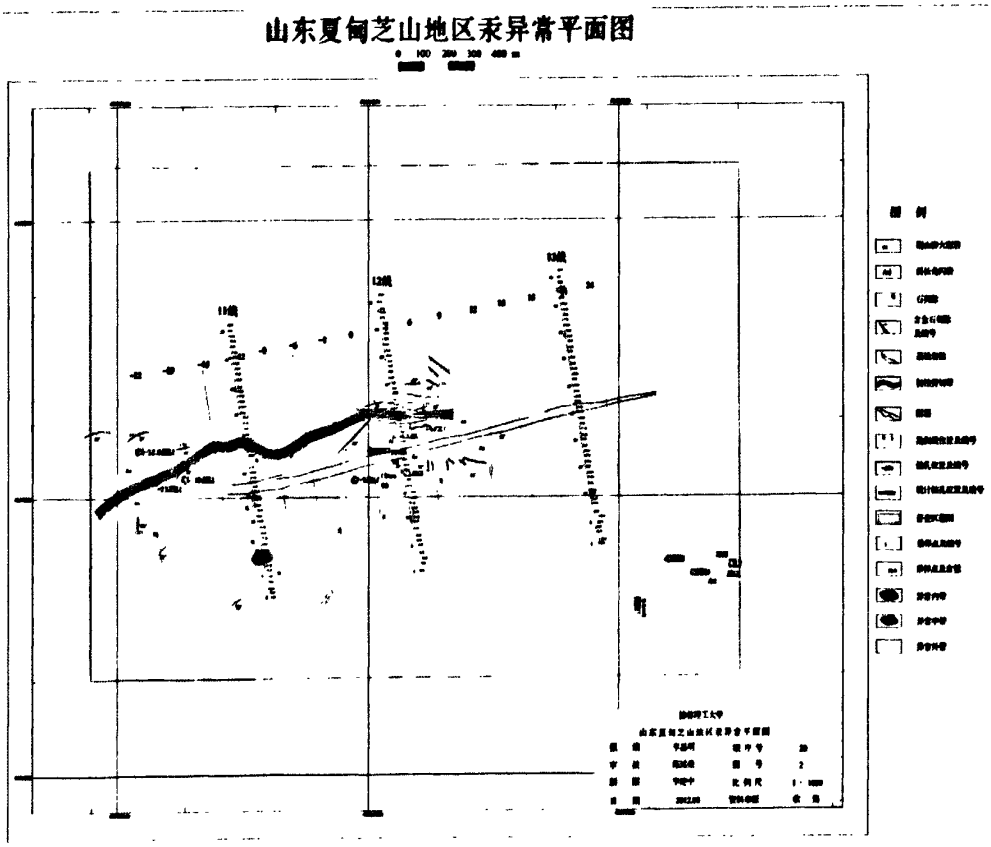


图 9-20 山东夏甸芝山地区汞异常平面图

个人简介、申请学位期间的研究成果及发表的学术论文

个人简历：

李建中，男，1986年11月出生于广西。2009年7月毕业于桂林理工大学资源勘查工程专业，获工学学士学位。2009年9月考入桂林理工大学地球化学专业硕士学位。

参加的科研工作情况：

2009年7月-2010年5月，参加了导师陈远荣教授与陕西广虹矿业投资有限公司合作的项目《陕西省洛南寺耳金矿区深部及近外围地区成矿预测》，主要负责野外采样、室内数据处理及图件编制，掌握了化探数据处理方法及相关软件应用技能。

2010年7月-2011年10月，参加了导师陈远荣教授与招金矿业股份有限公司合作的项目《山东招远青草沟矿区深部及外围地球化学综合找矿预测》，主要负责地表及坑道采样，掌握了化探采样的基本流程以及地球化学模型的建立。

2011年1月-2011年12月，参加了导师陈远荣教授与贵港市金地矿业有限责任公司合作的项目《广西贵港市龙头山金矿成矿规律和深部找矿预测》，主要负责野外坑道采样，掌握了对坑道地质现象的基本分析。

2011年5月-2011年12月，参加了导师陈远荣教授与海南东方招金矿业有限公司合作的项目《海南东方招金矿业有限公司不磨矿区深部综合找矿预测》，对地质项目野外工作流程有了更进一步的认识。2011年7月-至今，参加了导师陈远荣教授与山东省招金矿业股份有限公司合作的项目《胶东招平断裂带招远-夏甸段金矿矿床定位机制与深部探测研究》，主要负责野外的人员调度、任务安排以及野外各流程的把关工作。

2011年7月-2012年5月，参加了导师陈远荣教授与山东省招金矿业股份有限公司合作的项目《胶东招平断裂带招远-夏甸段金矿矿床定位机制与深部探测研究》，主要负责野外的人员调度、任务安排以及野外各流程的把关工作。

攻读硕士学位期间发表论文情况：

[1]李建中，陈远荣，翟文芳，等.山东夏甸金矿区道北庄子金矿床地球化学异常分带模型研究.矿产与地质，2011，25（6）：504～508。

[2]方贵聪，陈远荣，蒋宗林，李建中，曾少尉，严新泺.陕西洛南寺耳金矿成矿规律与成矿预测.地质与勘探，2011，47（6）:1091～1098。

山东夏甸道北庄子金矿成矿地球化学模型与成矿预测

作者：李建中
学位授予单位：桂林理工大学

本文链接：http://d.g.wanfangdata.com.cn/Thesis_Y2095741.aspx