

文章编号:0258-7106(2005)06-0684-08

# GIS 技术在成矿预测中的应用实例\*

## ——以杨家杖子矿田为例

付海涛<sup>1,2</sup>,王恩德<sup>1</sup>

(1 东北大学资源与土木工程学院, 辽宁 沈阳 110014; 2 辽宁省地质矿产勘查局地质科技处, 辽宁 沈阳 110032)

**摘要** 文章系统地总结了利用 GIS 技术在辽宁省杨家杖子多金属矿田外围进行找矿预测研究的工作过程。工作中,采用多因素套合分析法圈定找矿靶区,在一个找矿靶区内找到了 2 个新的矿床。所谓的多因素套合分析法是一种基于 GIS 平台的找矿预测方法,其核心是利用 GIS 平台对与成矿有关的 2 个以上因素的空间关系进行分析,提取有用信息,快速缩小找矿靶区。实践证明,多因素套合分析法是一种基于 GIS 的简便易行、快速缩小靶区的找矿预测方法。

**关键词** 地质学;GIS;成矿预测;空间分析;套合异常;杨家杖子矿田

**中图分类号**: P612

**文献标识码**: A

20 世纪 80 年代以来, GIS(地理信息系统)技术被国内外地学工作者广泛应用到找矿预测工作中。特别是基于 GIS 的地质数据库建成后,利用 GIS 平台进行找矿预测变得更加方便。笔者于 2000 年开始使用 GIS 平台进行找矿预测工作,提出了多因素套合分析法。利用该方法在辽宁省西南部的杨家杖子矿田外围进行找矿预测工作,取得了一个靶区找到 2 个新矿床的成果。杨家杖子矿田由杨家杖子钼矿、杨家杖子铅锌矿、新台门钼矿、鹊雀沟铅锌矿、上边沟铅锌矿、南松树卯铅锌矿,以及东北部的江屯钼矿、元宝山钼矿、兰家沟钼矿等矿床组成(图 1),是辽宁省重要的有色金属矿田。其中,杨家杖子钼矿是辽宁省八大有色金属矿山之一。

所谓的多因素套合分析法是在 GIS 平台上,对 2 个以上因素的空间关系进行分析,提取有用信息的一种成矿预测方法。包括 6 个主要步骤:①数据准备,收集整理研究区所有有关的资料;②找出用于研究的主要因素,主要因素可以是与成矿有关的任何条件,如物化探异常、地层、构造、矿产地等;③运用 GIS 软件的空间分析功能,分析这些因素在空间上的相互关系,求出相互套合的部分;④讨论各种因素

相互套合的区域(称为套合异常)分布规律;⑤确定靶区;⑥靶区验证。由于杨家杖子矿田的各个矿床与岩性之间没有专属性,矿床成因具多样性,所以本文主要研究区域化探异常,并系统地总结了该区找矿预测的工作方法以及靶区验证方法。

## 1 找矿预测过程及靶区验证

### 1.1 数据准备

**确定研究区范围** 通过对以往地质资料进行初步分析,参考已知矿床所处的地质环境以及区域化探异常特征,选择 1 600 km<sup>2</sup>(约 4 个 1:5 万标准图幅)的范围作为研究区。

**提取原始资料** 分别从各类基础地质数据库中提取区域化探、区域重力、航磁、矿产、地质等数据,并进行预处理。化探、航磁、重力资料的比例尺为 1:20 万,重点区域的航磁资料比例尺为 1:5 万,地质资料的比例尺为 1:50 万。数据预处理包括:计算化探数据均值、标准离差及异常下限,网格化处理航磁及重力数据,对网格化的航磁数据进行化极上延并计算方向导数,对网格化的重力数据进行上延及计

\* 本项目得到辽宁省地质矿产勘查局的资助

第一作者简介 付海涛,男,1959 年生,高级工程师,在职博士,主要从事“3S”技术在地质工作中的应用研究及成矿预测工作。E-mail 地址:lnfht@163.com。

收稿日期 2005-02-24;改回日期 2005-06-27。张绮玲编辑。

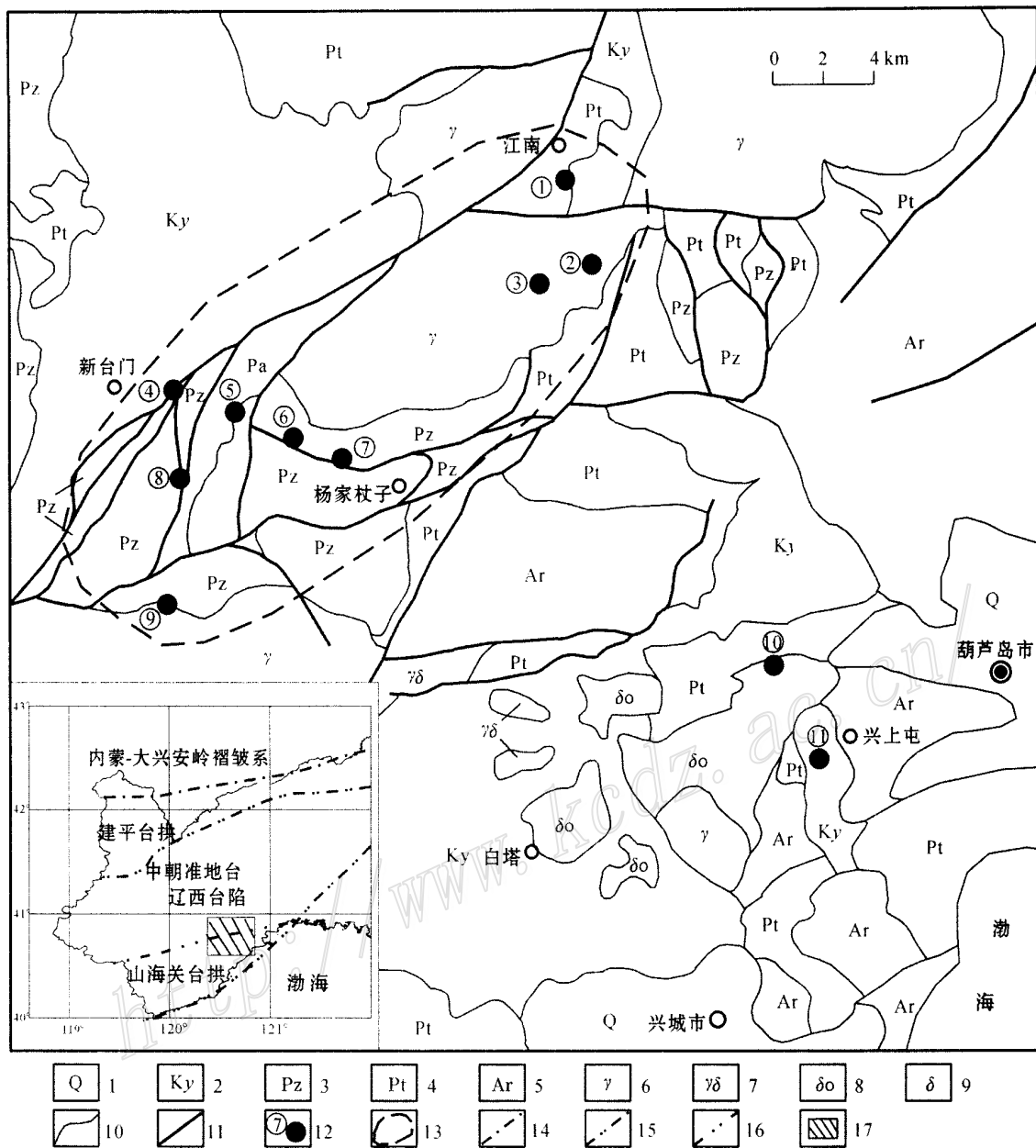


图 1 杨家杖子矿田及其外围地质简图(根据辽宁省 1:50 万地质图空间数据库、辽宁省地质志及辽宁省第十一地质大队《辽宁省兴城市兴上屯多金属矿区普查报告》等资料改编)

1—第四系;2—中生界义县组火山岩;3—古生界地层;4—元古界地层;5—太古界片麻岩;6—二长花岗岩;7—花岗闪长岩;8—石英闪长岩;9—闪长岩;10—地质界线;11—断层;12—矿床及编号(①江屯钼矿,②元宝山钼矿,③兰家沟钼矿,④新台门钼矿,⑤上边沟铅锌矿,⑥杨家杖子铅锌矿,⑦杨家杖子钼矿,⑧鹊雀沟铅锌矿,⑨南松树卯铅锌矿,⑩灰山屯钼矿,○兴上屯锌多金属矿);13—杨家杖子矿田范围;14—一级构造单元分界线;15—二级构造单元分界线;16—四级构造单元分界线;17—工作区范围

Fig.1 Geological sketch map of the Yangjiazhangzi ore field and Its peripheral area(Data source: 1:500 000 geological map database of Liaoning Province, Regional Geological Record of Liaoning Province, and Prospecting Report of Xingshangtun Zinc Poly-metallic Ore Deposit in Xingcheng City by No.11 Geological Party of Liaoning Province)

1—Quaternary; 2—Lava of Mesozoic Yixian Formation; 3—Paleozoic strata; 4—Paleozoic strata; 5—Archean gneiss; 6—Adamellite; 7—Granodiorite; 8—Quartz diorite; 9—Diorite; 10—Geological boundary; 11—Fault; 12—Ore deposits and their serial number (①Gangtun molybdenum deposit, ②Yuanbaoshan molybdenum deposit, ③Lanjiagou molybdenum deposit, ④Xintai men molybdenum deposit, ⑤Shangbiangou lead-zinc deposit, ⑥Yangjiazhangzi lead-zinc deposit, ⑦Yangjiazhangzi molybdenum deposit, ⑧Quequegou lead-zinc deposit, ⑨Nansongshu mao lead-zinc deposit, ⑩Huishantun molybdenum deposit, ○Xingshangtun zinc poly-metallic deposit); 13—Yangjiazhangzi ore field; 14—Boundary of first-order structural unit; 15—Boundary of second-order structural unit; 16—Boundary of fourth-order structural unit; 17—Working area

算垂向二次导数。然后将处理后的化探、航磁、重力数据编辑成可进行等值线图绘制的文件格式。

制作图形文件 利用 MAPGIS 软件空间分析模块中的 DTM 分析功能,绘制区域化探单元素异常图、地球化学图;绘制布格重力异常等值线图,上延 5 km、10 km、15 km 和 20 km 垂向二次导数正值区图;绘制航磁原平面等值线图,化极上延 5 km、10 km、15 km 和 20 km 等值线图以及 0°、45°、90° 和 135° 方向水平导数等值线图。根据已知矿床的坐标,制作成矿产地图层。在矿产地图层中,矿床作为点图元,加挂矿床名称、矿床成因类型、有用组分等属性。

图形文件处理 删除化探异常图的背景区、图例区及其弧段,使异常图只剩下异常区的面图元。删除上延 4 个高度的重力垂向二次导数图的负值区,留下正值区。提取不同上延高度的磁异常各方向水平导数极值线,用于分析断裂构造的展布情况。

图形归一化处理 将化探图、重力图、航磁图等图件按地质图的坐标体系、参数集成到同一个工程文件中。为了更直观地获取异常点及靶区的坐标位置,所有图件均制作成高斯投影方式,比例尺为 1:100 万。也就是说,图面坐标的整数部分即是实际坐标的公里数,便于使用地形图到野外进行检查。

## 1.2 资料分析

地质与矿床资料分析 杨家杖子矿田位于辽宁省西部,行政区划属葫芦岛市,距葫芦岛市约 25 km。大地构造位置位于中朝准地台燕山台褶带辽西台陷和山海关台拱的交界处。区内已探明的有色金属矿床众多,在长 26 km、宽 10 km 的范围内分布有 9 个矿床(见图 1),这些矿床分布在一条北东向的带状区域内。矿床类型有矽卡岩型钼矿(杨家杖子钼矿,矿床编号 7)、裂隙充填型钼矿(新台门钼矿,矿床编号 4)、斑岩型钼矿(江屯钼矿,矿床编号 1)、脉型钼矿(兰家沟钼矿,矿床编号 3)、矽卡岩型铅锌矿(上边沟铅锌矿,矿床编号 5)等。其中的杨家杖子矿床,除有钼、铅、锌外,还伴生有硒、铯等有用组分。研究区内的矿床与岩石类型之间没有明显的对应关系。研究区中间为一个北东东向的古生代盆地,两侧为中生代火山盆地。北部分布有部分元古代地层,沟谷为第四纪松散沉积物。东部为太古代片麻岩。区内出露的岩浆岩为一套中酸性岩浆岩。

区域化探数据分析<sup>①</sup> 杨家杖子矿田所在的锦

西幅 1:20 万区域化探是辽宁区调队(现称辽宁省地质勘查院)于 1985 年完成的,样品平均密度为 1.5 个/km<sup>2</sup>,每 4 km<sup>2</sup> 的样品组合成一个样品进行分析。根据 1:20 万区域化探成果,杨家杖子矿田的化探异常具有异常元素多、异常区域大的特点,明显形成异常的元素有 Mo、Cu、W、Bi、Ag、Pb、Zn。矿田异常总体上呈北东向展布,以异常下限( $w_B$ ) Ag  $220 \times 10^{-9}$ , Bi  $0.4 \times 10^{-6}$ , Cu  $30.0 \times 10^{-6}$ , Mo  $2.0 \times 10^{-6}$ , W  $3.0 \times 10^{-6}$ , Pb  $40 \times 10^{-6}$ , Zn  $80.0 \times 10^{-6}$  为标准圈定的异常区面积大于 400 km<sup>2</sup>。

杨家杖子矿田分为 2 个矿床密集区:一个由杨家杖子钼矿、新台门钼矿、鹊雀沟铅锌矿、上边沟铅锌矿等矿床组成,简称杨家杖子矿床密集区;另一个由江屯钼矿、元宝山钼矿、兰家沟钼矿等矿床组成,简称兰家沟矿床密集区。区域化探异常反映了整个矿床密集区的范围,而不是反映单个矿床的位置。2 个矿床密集区的化探异常强度也略有不同。杨家杖子矿床密集区的异常峰值( $w_B$ ,下同)分别为 Ag  $900 \times 10^{-9}$ , Bi  $3.99 \times 10^{-6}$ , Cu  $63.08 \times 10^{-6}$ , Mo  $120.0 \times 10^{-6}$ , W  $72.0 \times 10^{-6}$ , Pb  $823.6 \times 10^{-6}$ , Zn  $667.6 \times 10^{-6}$ 。兰家沟矿床密集区的异常峰值分别为 Ag  $490 \times 10^{-9}$ , Bi  $0.73 \times 10^{-6}$ , Cu  $39.0 \times 10^{-6}$ , Mo  $19.9 \times 10^{-6}$ , W  $8.6 \times 10^{-6}$ , Pb  $73.0 \times 10^{-6}$ , Zn  $134.0 \times 10^{-6}$ 。在矿田东南 20 多千米处有一个组合异常,异常强度略低,组合元素较少。

区域重力数据及航磁数据分析 研究区重力场有 2 条明显的梯度带,一条在研究区的东南部,呈 NE 向;另一条在研究区的中部,呈 NEE 向。已知矿床基本上分布在布格重力异常的梯度带附近。布格重力异常上延 5 km 的垂向二次导数正值区为一组北西向的条带,说明浅部地质体的边界以北西向为主。随着上延高度的加大,垂向二次导数所反映的北西向信息逐渐减弱。当上延 15 km、20 km 时,垂向二次导数则主要反映了北东向的信息,说明北西展布的地质体向下延伸不是很大,基底的构造线方向是北东向的。已知矿床均分布在垂向二次导数的负值区或正值区的边缘(见图 2)。

1:20 万航磁资料显示,研究区的地磁场有 NE 向和 NW 向 2 组梯度带,航磁异常图呈网格状。已知矿床均分布在局部磁异常的边部,说明矿床和地质体的边界有关。利用航磁数据化极上延不同高度

① 文中引用的化探数据均来自辽宁省 1:20 万区域化探数据库。

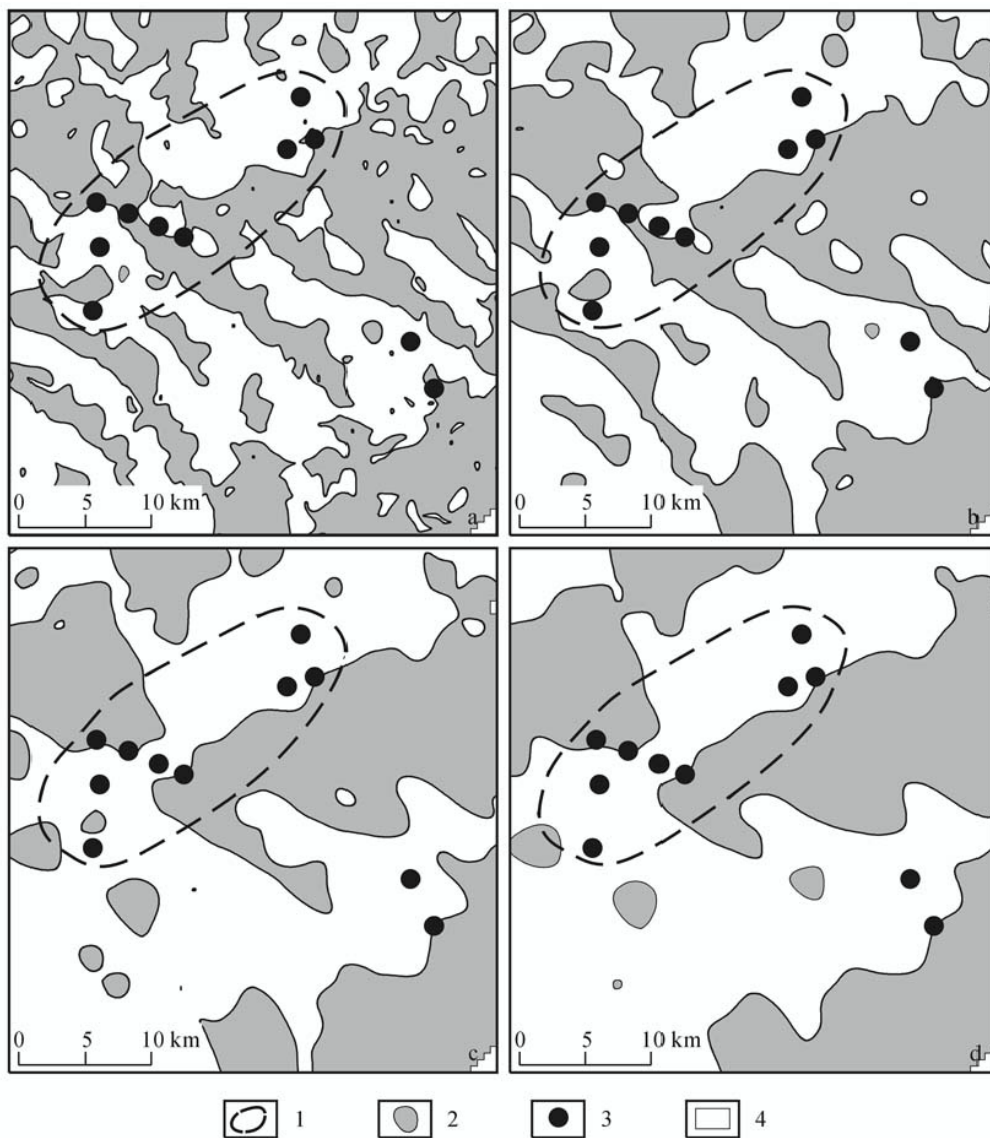


图 2 布格重力异常垂向二次导数正值区图(资料来自:辽宁省 1:20 万重力数据库,数据处理工作由付海涛完成)  
 a、b、c、d 分别表示不同上延高度的布格重力异常垂向二次导数正值区图(a:上延 5 km, b:上延 10 km, c:上延 15 km, d:上延 20 km);  
 1—杨家杖子矿田范围;2—布格重力异常垂向二次导数正值区;3—矿床;杨家杖子矿田外的 2 个矿床为新发现的矿床

Fig.2 Positive value map of vertical quadratic derivatives of Bouguer gravity anomaly( Data source : 1: 200 000 gravity database of Liaoning Province . Data-processing work was completed by Fu Haitao)

Positive value map of vertical quadratic derivatives at different upward continuation heights of Bouguer anomaly ( a : upward continuation 5 km , b : upward continuation 10 km , c : upward continuation 15 km , d : upward continuation 20 km ) ; 1 —Yangjiazhangzi ore field ; 2 —Positive value region of vertical quadratic derivatives of Bouguer anomaly ; 3 —Ore deposits ( The two deposits outside the Yangjiazhangzi ore field are newly-discovered deposits)

的水平方向导数,解译出一些断裂构造,这些构造线与重力异常垂向二次导数零值线有一定的相关性,说明磁场反映的构造带具有一定的深度。利用 MAPGIS 软件的空间分析功能,对矿床与航磁解译断裂的距离进行分析,矿床与解译断裂间的最大距

离小于 2.8 km,其中 70 %的矿床分布在距离解译断裂带 1.8 km 的范围以内。也就是说,矿床的产出位置与断裂构造有一定的关系。

### 1.3 主要因素的空间关系及分布规律

通过分析,本区化探异常对矿田或矿床密集区

有指示作用,航磁及区域重力资料有间接的指示作用,矿床与断裂构造有一定的关系,矿床与岩性之间没有必然的联系。因此,将化探异常作为主要因素进行研究,对各元素的异常区进行相交分析,研究哪些元素的异常是相互套合的,以及相互套合的异常与矿床的关系是必要的。

在 MAPGIS 软件的空间分析模块中对各元素的异常区进行相交分析,也就是求出各元素的套合异常。分析结果显示(见图 3),不同元素组合的套合异常对矿床的反映能力是不同的。杨家杖子矿田的 9 个矿床中有 8 个矿床落在 Mo、Bi、W 套合异常内,

有 6 个落在 Mo、Bi、W、Cu 元素套合异常区内,只有 3 个矿床落在 Mo、Bi、W、Cu、Ag 元素套合异常区内。对矿田主成矿元素 Mo、Pb、Zn 进行分析,矿田内的 9 个矿床有 7 个在 Mo、Pb、Zn 套合异常区内。增加 Bi 元素后的 Mo、Pb、Zn、Bi 组合,与前者相比没有明显差异,套合异常的形态也没有太大变化。再增加 Ag 元素,即 Mo、Pb、Zn、Bi、Ag 组合,有 4 个矿床在套合异常区内。其他元素组合,如 Mo、Bi、Cu 组合、Mo、Bi、W、Pb 组合、Zn、Cu、Bi 组合等,相交分析求出的套合异常对矿田内的矿床也都有一定的反映能力。不论什么样的组合,杨家杖子钼矿、杨家杖子铅锌矿

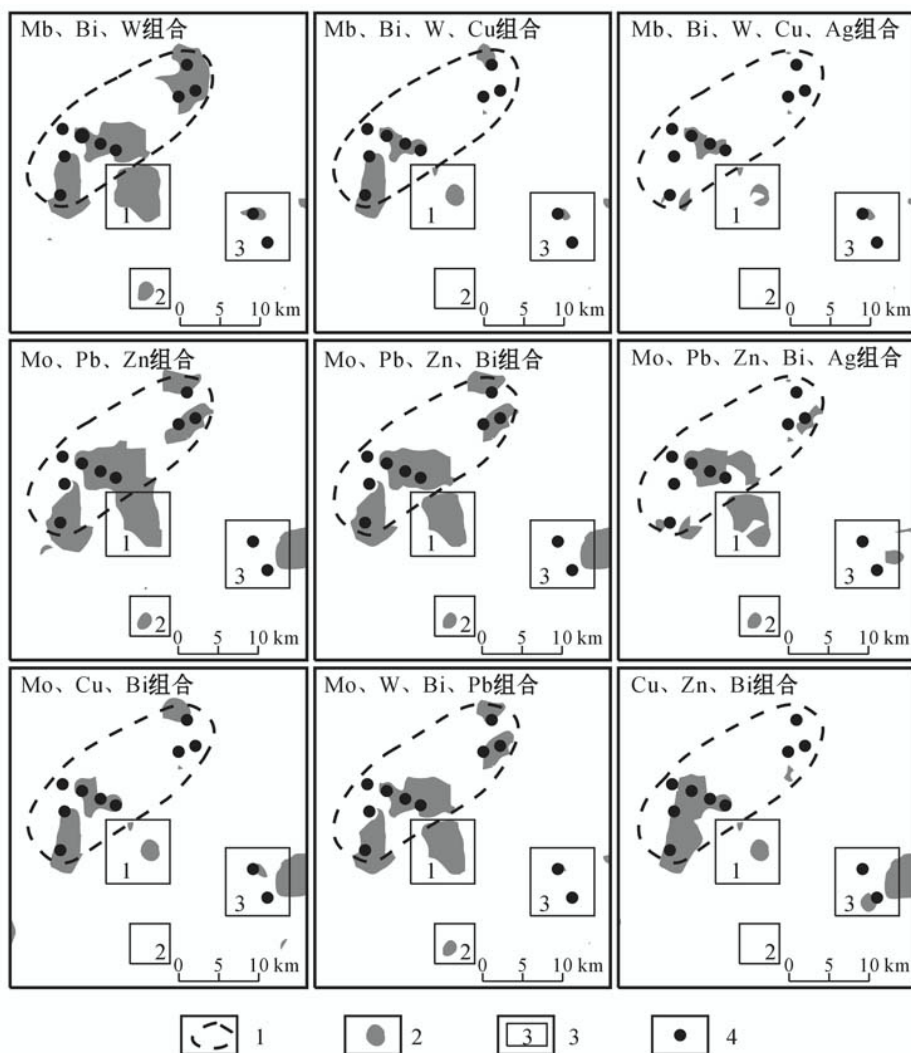


图 3 化探异常套合分析结果图(资料来源:辽宁省 1:20 万区域化探数据库,数据处理工作由付海涛完成)  
1—杨家杖子矿田范围;2—不同元素组合的套合异常区;3—化探异常区及编号;4—矿床(3 号异常区内的矿床为新发现的 2 个矿床)  
Fig. 3 Overlap analysis map of geochemical anomaly( Data source : 1: 200 000 regional geochemical database of Liaoning

Province , Data-processing work was completed by Fu Haitao)

1 — Yangjiazhangzi ore field ; 2 — Overlap anomaly of different elements ; 3 — Geochemical anomaly regions and their serial number ;  
4 — Ore deposits ( The two deposits in No.3 anomaly region are newly-discovered ore deposits)

和上边沟铅锌矿3个矽卡岩型矿床始终落在套合异常区内。也就是说,矽卡岩型矿床形成的异常相互套合得最好。

上述结果表明,Mo、Bi、W元素套合异常对本区的矿床均具有良好的指示作用,这3种元素的套合异常区基本覆盖了矿田内矿床的出露区域;Mo、Bi、W、Cu、Ag或Mo、Pb、Zn、Bi、Ag5元素套合异常对矿床的指示作用更加具体,反映杨家杖子钼矿、杨家杖子铅锌矿及上边沟铅锌矿3个矿床的Mo、Bi、W、Cu、Ag5元素的套合异常面积仅10.4 km<sup>2</sup>。

#### 1.4 确定靶区

根据套合分析结果,将研究区内比较有特点的3处异常分别编号为1、2、3号异常区(见图3)。其中,1号异常区异常元素多,但不同元素组合的套合异常变化较大,说明各元素的浓集中心不一致;2号异常区浓集中心明显,但异常范围较小;3号异常区有3个套合异常,它们是Mo、Cu、Bi、W、Ag5元素套合异常、Mo、Pb、Zn、Bi、Ag5元素套合异常和Cu、Zn、Bi3元素套合异常。参照地球化学图及化探原始数据,分析这些异常的细部特征,3号异常区内的Mo、Cu、Bi、W、Ag5元素套合异常具有明显的浓集趋势,而且各元素的异常浓集中心相互套合。参照重力资料,3号异常区与已知矿床所处的位置相似,也是在重力场梯度带上,以及重力异常上延15 km后垂向二次导数的负值区。3号异常区内有3条根据航磁资料解译的断裂构造带,2条北东向,一条近南北向。另外,3号异常区出露有中生界、元古界地层、太古界片麻岩以及二长花岗岩、石英闪长岩等岩体,地质条件较为复杂。在综合考虑上述因素后,确定3号化探异常区为首选需要验证的靶区。

#### 1.5 野外验证

确定靶区后,进行了野外踏勘,初步了解靶区内是否有矿化蚀变现象,了解化探异常是否是采矿活动形成的污染。结果表明,靶区与已知矿床分属不同水系,也不在已知矿床运送矿产品的道路附近,从而排除了因污染而形成化探异常的可能性;在化探异常区中见有硅化等热液蚀变现象。

靶区验证的第一步是开展1:5万化探工作,采用与1:20万化探相同的方法——水系沉积物测量,工作面积50 km<sup>2</sup>,样品密度为4.74个/km<sup>2</sup>,分析Mo、Cu、Ag、Pb、Zn5项。1:5万化探工作结果分解了1:20万化探异常,共圈出5个局部异常,其中As-1异常以Mo为主,长4 km、宽2 km,长轴方向为

NEE,西南端叠加Pb、Zn、Ag,北东端叠加Cu、Ag、Zn;As-2为Cu、Mo组合异常,约1 km<sup>2</sup>,强度不高,范围不大;As-3异常为Cu、Pb、Zn、Ag组合,范围较小;As-4为Cu、Pb、Zn、Ag、Mo异常,呈近南北向展布,长约3 km、宽约1.5 km,北端异常套合得非常好;As-5为Cu、Zn组合异常,呈不规则状,面积约1 km<sup>2</sup>。取得1:5万化探成果后,对各元素异常相互套合好的组合异常进行地表检查工作,在As-1异常区发现与异常走向近一致的Mo矿化带,在As-4异常区发现多金属矿化带。通过进行一步的工作,在As-1中发现了灰山屯(斑岩型)钼矿,该矿床Mo矿化带长度大于3 km,目前正在评价,资源量在中型矿床以上。在As-4中发现兴上屯钨多金属矿,该矿床赋存在义县组底部火山岩中,受蚀变凝灰岩层控制,现为小型矿床。

## 2 讨论

多因素套合分析的核心是利用GIS平台对与成矿有关的各种因素进行分析,提取有用信息,快速缩小靶区。本例中选择化探异常作为套合分析的主要因素,对各元素异常区做相交分析,然后根据套合异常寻找找矿靶区,实践证明是正确的。

不同地区、不同预测对象,应选择因素也是不同的。如果研究对象与某一时代的地层有关,则应以该时代的地层为主要因素,然后将其与其他因素,如断裂带、岩体边界、物化探异常等进行套合分析。在求出套合异常后,要参照原始资料研究其意义。套合分析时用的因素越多,对矿床的指示作用越明显,靶区越小。但也不是越多越好,若使用的因素过多,反而会丢失有用信息。笔者用Mo、Bi、W3个元素进行分析,杨家杖子矿田9个矿床中的8个分布在套合异常内;而使用不同的5个元素组合时,则只有3~4个矿床在套合异常内。根据笔者在实际工作中的经验,在分析过程中应尽可能地对多个因素进行分析,但在确定靶区时,以用3~5个因素求出的套合异常为依据是比较合适的。由于化探异常是指示矿床位置的重要信息,在一般情况下,化探异常都是参与分析的因素。

## 3 结论

利用GIS进行成矿预测,是可行的,也是有效

的。首先,可以很方便地利用 GIS 平台集成各类信息,如地质资料、矿产地资料、物化探等资料,使这些资料能在统一的坐标体系下存储和展示,并可以管理大量数据,随时查看、分析、使用不同图层的数据;其次,利用 GIS 软件的空间分析功能,可以方便快捷地分析、研究不同图层中目标图元的相互关系,从而找出与成矿有关的信息。

多因素套合分析法是一种基于 GIS 的简便易行、快速缩小靶区的找矿预测方法。在工作过程中使用区域化探异常作为套合分析的主要因素,求得不同元素组合的套合异常后,通过分析这些套合异常的特征,分析已知矿床与套合异常的关系,以及套合异常与航磁异常、布格重力异常的关系,最后确定需要验证的靶区。使用该方法在辽宁省西部杨家杖子矿田外围确定的找矿靶区内找到了新的矿床。

本次研究工作虽然在应用多因素套合分析法圈定的靶区内找到了新的矿床,但选用的因素过于简单,各种因素对确定靶区的贡献大小还没考虑,有待于完善。

**致谢** 在工作过程中,得到了辽宁省第十一地质大队李有生、夏本静、刘禄山、张福和等的大力支持,在此表示衷心的感谢。

## References

- Jiao D F and Lu X B. 2003. GIS based spatial analysis of ore formation [ J ]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 18 ( 4 ): 269 ~ 274 (in Chinese with English abstract) .
- Liao C G. 2001. A comprehensive quantitative analysis of multi-source information in ore prognosis of the Lanping Basin [ J ]. Mineral Deposits, 20(3) : 292 ~ 296 (in Chinese with English abstract) .
- Liao C G, Yang W N, Liu D Z, et al. 2002. Ore Forming Prediction Using Multiple-Information Based GIS Spatial Analysis [ J ]. Computing Techniques for Geophysical and Geochemical Exploration, 24 ( 2 ): 146 ~ 150 (in Chinese with English abstract) .
- Liu Z G, Chi S D and Zhou S P. 2002. The main steps of applying of GIS to ore predicting [ J ]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 17(2) : 140 ~ 144 (in Chinese with English abstract) .
- Tan Z B. 2002. GIS evaluating system for mineral resources and BP model of metallogenetic prognosis ( Doctoral Paper ) [ D ]. Teacher: Tian M Z, Hu F X. Beijing: China University of geosciences ( in Chinese ) .
- Wang S C, Chen Y L and Xia L X. 2000. Theory and method of metallogenetic prognosis based on integrative information [ M ]. Beijing: Science Press ( in Chinese ) .
- Xue S R, Hu G D and Ding J. 2001. The current situation and development trend of metallogenetic prognosis [ J ]. Yunnan Geology, 20 ( 4 ): 411 ~ 416 (in Chinese with English abstract) .
- Yang Z B, Peng S L, Li C Y, et al. 2004. Design of ore predictive system based on integrated technology of GIS and Ann [ J ]. Contributions to Geology and Mineral Resources Research, 19(4) : 275 ~ 279 ( in Chinese with English abstract ) .
- Yang Z X. 2000. Development and current state of metallogenetic regularities and predictions in western countries [ J ]. Journal of Chengdu University of Technology, 27( Supp. ): 259 ~ 263 (in Chinese with English abstract) .
- Zhai Y S, Deng J and Li X B. 1999. Essentials of metallogeny [ M ]. Beijing: Geological Publishing House ( in Chinese ) .
- Cox D P and Singer D A. 1990. Mineral deposit models [ M ]. Song B Q, Li W X and Zhu Y S, et al. Translated. Beijing: Geol. Pub. House ( in Chinese ) .
- 附中文参考文献**
- 矫东风,吕新彪. 2003. 基于 GIS 空间分析的成矿预测 [ J ]. 地质找矿论丛, 18(4) : 269 ~ 274 .
- 廖崇高. 2001. 兰坪盆地成矿预测中的多源信息定量分析 [ J ]. 矿床地质, 20(3) : 292 ~ 296 .
- 廖崇高,杨武年,刘登忠,等. 2002. 基于 GIS 空间分析进行多源信息成矿预测 [ J ]. 物探化探计算技术, 24(2) : 146 ~ 150 .
- 刘治国,池顺都,周顺平. 2002. 成矿预测中应用 GIS 的主要步骤 [ J ]. 地质找矿论丛, 17(2) : 140 ~ 144 .
- 谭征兵. 2002. 矿产资源 GIS 评价系统及成矿预测 BP 模型 ( 博士论文 ) [ D ]. 导师: 田明中, 胡凤翔. 北京: 中国地质大学 .
- 王世称,陈永良,夏立显. 2000. 综合信息矿产预测理论与方法 [ M ]. 北京: 科学出版社 .
- 薛顺荣,胡光道,丁俊. 2001. 成矿预测研究现状及发展趋势 [ J ]. 云南地质, 20(4) : 411 ~ 416 .
- 杨中宝,彭省临,李朝艳,等. 2004. 基于 GIS 的人工神经网络矿产预测系统设计 [ J ]. 地质找矿论丛, 19(4) : 275 ~ 279 .
- 阳正熙. 2000. 西方国家的“成矿规律和成矿预测”的发展和现状 [ J ]. 成都理工学院学报, 27( 增刊 ): 259 ~ 263 .
- 翟裕生,邓军,李晓波. 1999. 区域成矿学 [ M ]. 北京: 地质出版社 .
- 考克斯 D P, 辛格 D A. 1990. 矿床模式 [ M ]. 宋伯庆,李文祥,朱裕生,等,译. 北京: 地质出版社 .

## Application of GIS to metallogenic prognosis : Case study of Yangjiazhangzi ore field

FU Hai-tao<sup>1,2</sup> and WANG En-de<sup>1</sup>

(1 Northeast University, Shenyang 110014, Liaoning, China; 2 Bureau of Geology and Mineral Exploration of Liaoning Province, Shenyang 110032, Liaoning, China)

### Abstract

This paper gives an example of metallogenic prognosis by means of GIS (Geography Information System). The authors found two nonferrous metal deposits in an exploration target. In the ore-prospecting process, a method called multifactor overlap analysis was used for metallogenic prognosis. The essence of this method lies in an analysis of the connections of two or more factors related to mineralization. There are six steps in the multifactor overlap analysis, i.e., the preparation of data, the determination of the major factor, the analysis of the connection between the major factor and the other factors, the discussion of the results of overlap analysis, the delineation of the exploration target, and the investigation and verification of the target. In this case study, data were obtained from Geological Databases of Liaoning Province.

Work was conducted in the Yangjiazhangzi ore field and its peripheral areas, which covered 1600 km<sup>2</sup>. The Yangjiazhangzi ore field with an area of 260 km<sup>2</sup> is a very important nonferrous metal ore field in Liaoning Province, in which there are nine molybdenum or lead and zinc deposits. Geochemical anomalies were regarded as the major factors. The connections of the factors with MAPGIS (GIS software) were analyzed. The overlap part of different factors was called overlap anomaly. The results of overlap analysis show that the overlap anomaly of Mo, Bi and W can indicate the position of a deposit. At the same time, Bouguer anomaly, aeromagnetic anomaly and other geological data were also analyzed in the GIS table. Finally, an exploration target was delineated. The distance from the exploration target to the ore field is 25 km. The first step in investigating and verifying the target was stream sediment survey that covered an area of 50 km<sup>2</sup>. Five geochemical anomalies were found. These anomalies were called As-1 to As-5. Then, a molybdenum deposit and a zinc deposit were found in As-1 and As-4, respectively.

It is considered that, with multifactor overlap analysis, we can rapidly reduce the area of exploration target. It is also reasonable that the overlap anomaly of three to five factors might be used to determine an exploration target.

A new method for metallogenic prognosis based on GIS is described in this paper.

**Key words:** geology, GIS, metallogenic prognosis, spatial analysis, overlap anomaly, Yangjiazhangzi ore field