

多因素套合分析法在辽河群地层区铅锌矿成矿预测中的应用

王恩德¹, 傅海涛^{1,2}, 傅建飞¹, 田林浩^{3,4}

(1. 东北大学 辽宁 沈阳 110014; 2. 辽宁省地质矿产勘查局 辽宁 沈阳 110032;

3. 中国地质大学 地球物理与信息技术学院 北京 100083; 4. 内蒙古自治区地质调查院 呼和浩特 010020)

摘 要:多因素套合分析法是一种简便、快捷、有效的基于 GIS 的成矿预测方法。辽宁省地质矿产勘查局应用该方法在辽西杨家杖子多金属矿田外围进行成矿预测, 在一个靶区内找到 2 个矿床。本文介绍了应用该方法在辽宁东部辽河群地层区进行铅锌矿成矿预测的工作过程和取得的成果。通过本次研究, 作者认为辽河群地层区在铅锌矿找矿方面仍有较大的潜力, 推测在 5 个找矿靶区中有可能找到多处小到中型铅锌矿床。

关键词:套合分析 辽河群 铅锌矿 成矿预测 GIS

GIS(地理信息系统)是以采集、存储、管理、分析空间信息为主要功能的一种新兴技术, 经过 20 多年的发展, 已广泛应用到地学的各个领域。随着 GIS 技术在地学领域得到广泛应用, 众多学者着手或已经利用 GIS 平台进行成矿预测, 并取得了可喜的成果^[1-7]。作者利用多因素套合分析法(傅海涛, 2004)对辽宁省东部地区古元古界辽河群地层区的铅锌矿资源潜力进行分析, 提出了一批找矿靶区。多因素套合分析法是在利用 GIS 进行成矿预测过程中形成的一种简便、有效的基于 GIS 平台的成矿预测方法。该方法的核心是对两个以上因素的空间关系进行分析, 提取有用信息, 从而求出找矿靶区。包括数据准备, 找出用于研究的主要因素, 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, 讨论各种因素相互套合的那些区域(称为套合异常)的分布规律, 确定靶区, 靶区验证 6 个主要步骤。本文将系统地介绍工作过程和重点靶区的特征及找矿前景。

1 辽河群地层区铅锌矿资源现状

根据辽宁省区域矿产总结等资料, 截至 1990 年代中期, 该省共发现铅锌矿床 34 处, 其中大型 3 处, 中型 3 处, 小型 28 处。辽河群地层区内的铅锌矿床为 12 处, 包括大型 1 处, 中型 1 处, 小型 10 处。辽河群出露面积 10423 km², 约占全省陆地面积的 7%, 而分布其中的铅锌矿床却占省内铅锌矿床总数的 43%, 说明辽河群是辽宁省重要的铅锌矿赋矿地层。因此研究辽河群

铅锌矿找矿潜力具有十分重要的意义。

2 多因素套合分析法工作过程

2.1 数据准备

研究区范围西起盖州市, 东到桓仁县, 南起东港市, 北到灯塔镇。研究区涵盖了辽河群主要分布范围, 区内辽河群出露面积 10399 km², 占辽宁省内辽河群总面积的 99.7%, 满足研究工作的需要。

本次研究工作所使用的原始资料分别从各类基础地质数据库中提取, 包括地质图空间数据库(1/50 万)、区域化探数据库(1/20 万)、区域重力数据库(1/20 万)、航磁数据库(120 万)以及根据辽宁省区域矿产总结等资料整理的矿产地数据库。从有关数据库提取数据后, 对数据进行预处理, 包括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算垂向二次导数。然后把所有数据编辑成高斯投影方式, 比例尺为 1/100 万的数据集, 使得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。

制作图形文件。利用 MAPGIS 软件空间分析模块中的 DTM 分析功能, 套区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、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、20 km 等值线图以及 0°、45°、90°、135°方向水平导数等值

线图. 然后在图形编辑模块中对所取得的图形文件进行处理. 删除化探异常图的背景区、图例区及其弧段, 保留异常区的面图元. 删除上延 4 个高度的重力垂向二次导数图的负值区, 保留正值区. 提取不同上延高度的磁异常各方向水平导数的极值线, 用于分析断裂构造的展布情况.

2.2 资料分析及确定套合分析的主要因素

2.2.1 地质与矿床资料分析

辽河群为一套由中-酸性火山岩、陆源碎屑岩、碳酸盐岩变质而成的变质岩, 共分 5 个组, 自下而上为浪

子山组、里尔峪组、高家峪组、大石桥组和盖县组. 浪子山组的岩性为片岩、变粒岩, 局部夹石英岩和大理岩; 里尔峪组主要岩性为富硼变粒岩、浅粒岩, 夹斜长角闪岩和富镁大理岩; 高家峪组下部为片岩及千枚岩, 中部为大理岩, 上部为灰质泥砂质板岩; 大石桥组以大理岩为主, 局部夹变粒岩; 盖县组为一套片岩及千枚岩.

辽河群含有多种矿产, 主要有铁、黄铁矿、含铜黄铁矿、铅锌矿、滑石-菱镁矿、石墨、硼矿及磷矿等, 是辽宁省东部地区重要的容矿层位(图 1).

2.2.2 区域化探数据分析^①

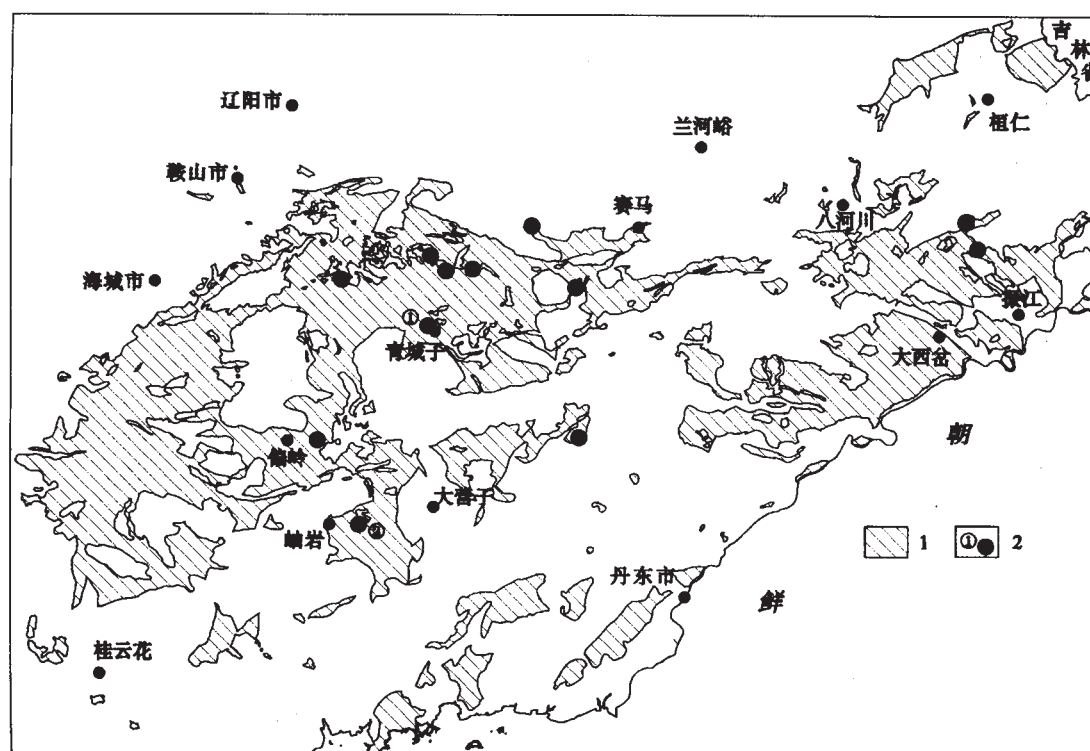


图 1 辽东地区辽河群地层及铅锌矿床分布图

Fig. 1 Distribution of Liaohe group and Pb-Zn deposits in Eastern Liaoning

1—辽河群地层区 (Liaohe group); 2—已知矿床及编号 (deposit and number); ①—青城子铅锌矿 (Qingchengai Pb-Zn deposit); ②—岫岩铅锌矿 (Xiuyan Pb-Zn deposit). 据 1/50 万地质图空间数据库改编, 国界及省界为示意线(modified from the Spatial Database of 1/500 000 Geological Maps of Liaoning Province)

以青城子铅锌矿(大型矿床)和岫岩铅锌矿(中型矿床)两个矿床为主要对象, 分析了 Ag、As、Au、Pb、Zn、Cu、Bi、Cd、Mo、Sn、Sb、W、Co、Cr、Ni、V 等 16 种元素的地球化学图, 只有 Ag、As、Pb、Zn、Bi、Sb 等 6 种元素对已知矿床有一定的指示作用. 以赛马-大营子为界, 西部的铅锌矿床为多元素组合异常, 东部的矿床异常元素较少, 有些矿床或矿点只有 1~2 种元素能形成较

明显的异常. 对研究区 9500 多个化探数据进行统计计算, Ag 异常下限为 0.27×10^{-6} ; Pb 异常下限为 63×10^{-6} ; Zn 异常下限为 147×10^{-6} ; As 异常下限为 20×10^{-6} ; Sb 异常下限为 1.11×10^{-6} ; Bi 异常下限为 0.73×10^{-6} . 以此为标准圈出的异常图显示, 全区 12 个铅锌矿床, 有 8 个矿床在 Ag 异常区内; 10 个矿床在 Pb 异常区内, 其中 7 个矿床在异常中心; 7 个矿床在

①文中引用的化探数据来自辽宁省 1/20 万区域化探数据库, 数据处理由本文第二作者完成.

Zn 异常区内,异常中心即是矿床所在位置。另外,As 异常区有 6 个矿床,Bi 异常区有 4 个矿床,Sb 异常有 8 个矿床,与 As、Bi、Sb 这 3 种元素异常有关的矿床均在研究区的西部。

为了不漏掉任何有用信息,参照地球化学图,以统计结果的 2/3 为标准,即:Ag 异常下限为 0.18×10^{-6} ,Pb 异常下限为 40×10^{-6} ,Zn 异常下限为 100×10^{-6} ,编制一套异常图,则全区 12 个已知矿床均在 Pb 和 Zn 异常区内,有 10 个矿床在 Ag 异常区内。

2.2.3 区域重力数据及航磁数据分析^①。

研究区的布格重力异常有以下特点:全区以重力高为主,叠加几处重力低;在西北角有 2 条北东向的梯度带;中东部则有一些呈带状分布的重力低,走向近东西或北东向;12 个已知矿床中的 11 个分布在重力场的正值区;已知矿床一半以上分布在布格异常上延 5~20 km 的垂向二次导数的负值区,在垂向二次导数正值区的矿床也都临近二次导数的零值线。

研究区地磁场主要可分为 3 种磁场区。一是正磁场区,主要在研究区的中东部和南部;二是负磁场区,主要在鞍山北部以及辽阳-桓仁一带,辽阳-桓仁的东西向负磁场带东端与重力低相套合;三是正负磁场交互区。磁场分布特征与辽河群没有直接的关系,已知矿床基本上分布在正负磁场交互区。垂向二次导数和水平方向导数显示,本区存在明显的棋盘格子构造,而且北东向的构造间距约 5~10 km,北西向的构造间距稍大。已知矿床分布在垂向二次导数的负值区或零值线附近。

根据上述分析,确定本区套合分析的主要因素为辽河群地层区和区域化探 Pb、Zn 异常。辅助因素为区域化探 Ag、As、Sb、Bi 异常及重力垂向二次导数、航磁异常垂向二次导数及水平导数。

2.3 分析主要因素的空间关系及分布规律

按统计计算结果圈定的 Pb 异常共 127 处,Zn 异常 89 处。Pb 异常与 Zn 异常进行套合分析,求出 56 处套合异常。这些套合异常形成较明显的 4 个异常带,其中 2 个异常带为北东走向,另 2 个异常带为北西走向。北东走向的桂云花-兰河峪异常带长约 230 km,青城子铅锌矿、岫岩铅锌矿等都在该异常带中。另外 3 个异常带分布在研究区的东北部,异常带长小于 100 km。对 Pb、Zn 套合异常与辽河群进行套合分析,共求得 27 个套合异常,主要分布在桂云花-兰河峪异常带

中部和振江-八河川异常带。

降低异常下限,以 0.18×10^{-6} 为 Ag 的异常下限, 40×10^{-6} 为 Pb 的异常下限, 100×10^{-6} 为 Zn 的异常下限,对 Pb、Zn 异常与辽河群进行套合分析,共求出 132 处套合异常,所有已知矿床均在套合异常区内。与按统计结果的套合分析相比,又增加了两个异常带,一个是丹东-大西岔北东向异常带,另一个是偏岭-海城北西向异常带。

综合上述两种方式求出的套合异常,共圈定 6 个异常带、24 处套合异常区。这些套合异常区与已知矿床有关的 7 处,异常区内有矿点的 5 处,另外 12 处尚无矿产地资料。这些异常区大部分分布在布格重力异常垂向二次导数的负值区或零值线附近,大约有 2/3 的套合异常区分布在航磁解译的北东向和北西向断裂的交汇处。套合异常面积大于 10 km^2 的有 10 处,其中 3 处为已知矿床;面积 5~10 km^2 的有 7 处,其中 2 处为已知矿床。已知小型矿床的套合异常面积 1~14 km^2 不等,中型矿床的套合异常面积 44 km^2 ,大型矿床的套合异常面积 110 km^2 。套合异常面积与矿床规模具有正相关关系。

2.4 确定靶区及靶区验证

在确定靶区时,考虑的因素有套合异常的面积、异常区的地质条件、异常元素的变化趋势、异常区所处的重磁场特征、是否有已知矿床(点)等情况。对套合异常区进行分析研究,圈定 5 个找矿远景区。1 号远景区由 3 个套合异常组成,套合异常面积 3~7 km^2 ,分别对应 3 个矿点,证明异常是由矿化引起的。2 号远景区由 2 个套合异常组成,其中一个面积达 30 km^2 ,异常区位于花岗岩体与辽河群接触带附近。3 号远景区由 1 大 4 小 5 个套合异常组成,大异常的面积为 22 km^2 ,区内出露花岗岩株和辽河群。4 号远景区由一系列套合异常组成,单个异常长轴方向为北东向,异常带方向为北西向,异常带宽约 15 km,长约 70 km,区内有 2 处已知矿点,有 6 处套合异常的面积大于 10 km^2 ,最大的一处面积为 35 km^2 ,区内断裂构造发育,地质条件复杂,具备良好的找矿前景。5 号远景区由 2 个套合异常组成,面积分别为 15 km^2 和 2 km^2 ,分布在花岗岩体与辽河群的接触带附近。在 5 个远景区中圈定了 17 个找矿靶区。对靶区进行初步了解,发现其中 3 处正在进行铅锌矿的找矿工作,因而确定其余的 14 处找矿靶区需做靶区验证工作。靶区验证工作由辽宁省地质矿产勘查

①文中引用的区域重力和航磁数据分别来自辽宁省 1/20 万区域重力数据库和航磁数据库,数据处理由本文第二作者完成。

局负责,采用中大比例尺化探、地质图草测、物化探剖面测量、地表探矿工程或深部探矿工程的方式进行工作。

3 讨论

多因素套合分析法是一种简便易行的基于 GIS 的成矿预测方法,可以快速地将研究区域缩小,锁定找矿靶区。辽宁省地质矿产勘查局曾用此方法在辽宁西部杨家杖子矿田外围进行成矿预测,在一个靶区找到 2 个矿床。本例中,辽河群出露面积逾 10000 km²,通过 Pb 异常、Zn 异常和辽河群 3 个因素套合分析,将研究区缩小到 6 个带、5 个远景区、17 个找矿靶区,说明此方法具有快速锁定找矿靶区的能力。

通过此次研究工作,证明辽东地区的辽河群地层区在铅锌矿找方面仍有潜力。由于套合异常面积与矿床规模具有正相关关系,所以在那些面积大的异常中找到矿的可能性更大。全区共有 10 处尚没有已知矿床的面积大于 10 km² 的套合异常,有的异常面积接近已知中型矿床的异常面积,这些异常都是很好的找矿靶区。4 号远景区面积很大,应当是一处铅锌矿化密集区。

由于化探异常是指示矿床位置的重要信息,在分析研究有色金属矿时,化探异常是不可或缺的分析因素。但是,在开采矿床的过程中会或多或少地污染周围的环境,从而导致矿床附近的区域化探异常强度升高。为了不漏掉任何有用的异常信息,适当降低异常下限是可行的。本例中以统计计算得到的异常下限的 2/3 为标准圈定异常,更好地反映了异常在区域上的分布规律,以及异常区与矿床的对应关系。在研究过程中也曾试用过剩余异常方法,但不论用哪种方法取得剩余异常,都会对异常有些歪曲。直接用原始数据圈定异常可以最大限度地了解异常的分布规律。

在得到套合异常后,专家的分析是必不可少的。

套合分析的作用是缩小研究区的范围,不是所有的套合异常都可用来确定找矿靶区。套合分析时用的因素越多,对矿床的指示作用越明显,靶区也越小。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。在分析过程中应尽可能地对多个因素进行分析,但是在确定靶区时,以用 3~5 个因素求出的套合异常为依据是比较合适的。

4 结论

通过对辽河群地层区地质、区域化探、重力及航磁等资料的分析,认为辽东地区的辽河群地层区内具有寻找铅锌矿的潜力。根据套合分析结果,在圈定的 17 个找矿靶区中可以找到新的铅锌矿床,矿床规模以小型为主,少数靶区具有找寻中型矿床的潜力。

在开展此项工作过程中,得到了辽宁省地调院李朝阳的大力支持,在此深表谢意。

参考文献:

- [1] 赵鹏大,池顺都,陈永清. 查明地质异常:成矿预测的基础[J]. 高校地质学报,1996,2(4):361—373.
- [2] 矫东风,吕新彪. 基于 GIS 空间分析的成矿预测[J]. 地质找矿论丛,2003,18(4):269—274.
- [3] 黄海峰. GIS 在成矿预测中的应用[J]. 甘肃地质学报,2002,11(1):90—96.
- [4] 鲍光淑,姚锐,戴塔根,等. 地学信息系统在矿产预测中的应用[J]. 中南工业大学学报,2002,33(5):446—448.
- [5] 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关[J]. 中国地质大学学报,1997,22(1):99—103.
- [6] 李颖,李抒,范继璋. 综合信息成矿预测网络系统研究[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2003,33(1):111—114.
- [7] 王世称,陈永良,夏立显. 综合信息矿产预测理论与方法[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [8] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志[M]. 北京:地质出版社,1989. 33—55.

(下转第 296 页)

- 冶金工业出版社,1993.
- [7]侯景儒. 中国地质统计学(空间信息统计学)发展的回顾与前景[J]. 地质与勘探,1997,33(1):53—58.
- [8]向永生,孙爱云,等. 地质统计学在金矿中应用及其发展方向[M]. 北京:冶金工业出版社,1998.

GEOSTATISTICS AND ITS APPLICATION IN JINGBAOSHAN Pt-Pd DEPOSIT, YUNNAN

LIU Fang-cheng¹, QIN De-xian¹, YAN Yong-feng¹, LI Bao-zhu¹, QIN Lai-yong², HONG Tuo¹

(1. Faculty of Land and Resources Engineering, Kunming University of Science and Technology, Kunming 650093, China;

2. Guilin Research Institute of Geology for Mineral Resources, Guilin 541004, China)

Abstract: Geostatistics is a new cross-discipline subject developed in the last 40 years. It was introduced into China in 1977 and attracted much attention. However it has not been widely applied because of the problems in programs of special software, on the basis of the theory of geostatistics, the researchers at Kunming University of Science and Technology programmed the software of Deposit Mathematics-Economy Modeling, which has been widely used in mines for its advantage and practicality. In this paper, the functions of each model of the software are discussed and its application is introduced by taking Jinbaoshan Pt-Pd deposit for example. With the models, ore reserves and mean grades are calculated.

Key words: deposit model; calculation of reserves; geostatistics; variant function

作者简介:刘方成(1975—),男,昆明理工大学矿产普查与勘探专业博士研究生,主要从事数字矿山及地理信息系统的教学与科研工作,通讯地址:昆明理工大学国土资源工程学院,邮政编码:650093, E-mail://liufangcheng-km@hotmail.com

(上接第 282 页)

APPLICATION OF MULTIFACTOR OVERLAP ANALYSIS IN THE METALLOGENIC PROGNOSIS FOR LEAD-ZINC ORE IN LIAOHE GROUP

WANG En-de¹, FU Hai-tao^{1,2}, FU Jian-fei¹, TIAN Lin-hao^{3,4}

(1. Northeastern University, Shenyang 116014, China; 2. Liaoning Bureau of Geology and Mineral Exploration, Shenyang 110032, China;

3. Institute of Geophysics and Information Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

4. Inner Mongolian Geological Survey, Hohhot 010020, China)

Abstract: The multifactor overlap analysis, based on GIS (Geographic Information System), is a new method of metallogenetic prognosis, by which two nonferrous metallic deposits have been found within one target in Western Liaoning Province. In this paper, the authors introduce the result of the method applying in lead-zinc ore metallogenetic prognosis in Liaohe group in Eastern Liaoning. The Liaohe group covers 7% land of the province, but about 43% of lead-zinc deposits occur in the stratum. Therefore Liaohe group has a great potential for lead-zinc ore prospecting. With the multifactor overlap analysis, 5 prospect areas and 11 targets are determined in Liaohe group. And more small or medium sized deposits are expected.

Key words: overlap analysis; Liaohe group; lead-zinc ore; metallogenetic prognosis; GIS

作者简介:王恩德(1957—),男,辽宁省盖县人,教授,博士生导师,1982年毕业于中南工业大学地质系,现主要从事资源环境 3S 技术研究,通讯地址:辽宁省沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号 东北大学资源与土木工程学院,邮政编码:110004.