

文章编号 :0258-7106 (2005) 02-0185-08

# MORPAS 支持下的甘肃临潭—宕昌地区铅锌矿床多源信息预测\*

矫东风<sup>1</sup>, 郭忠<sup>2</sup>, 吕新彪<sup>1</sup>, 胡光道<sup>1</sup>, 王艳霞<sup>3</sup>

(1 中国地质大学资源学院, 湖北 武汉 430074; 2 华北地质勘查局, 河北 承德 067000;

3 湖北非金属地质公司, 湖北 武汉 430030)

**摘要** 文章在对研究区内的地、物、化、遥及重砂等信息与铅锌成矿的关系进行深入分析的基础上,分别建立了甘肃临潭—宕昌地区铅锌矿床远景区两种主要类型矿床的找矿信息综合模型。在 MORPAS 平台上,利用 GIS 的空间信息技术,从模型中优选出 20 个有利铅锌成矿的地质变量对本区铅锌矿床进行了预测,圈定出了两级找矿远景区。

**关键词** 地质学; MORPAS; 多源信息; 预测; 铅锌矿床; 甘肃临潭—宕昌

**中图分类号** :P618.42; P618.43; P628

**文献标识码** :A

定量化和综合化是矿产资源勘查和评价的重要发展趋势,尤其是基于 GIS(地理信息系统)的多源信息资源综合评价方法和技术的发展,使矿产定量预测水平和效率大大提高。矿产信息是各种成矿相关信息(包括地质构造、地球化学、地球物理、遥感影像、重砂,以及由它们伴生的地表信息)的综合体现(廖崇高等,2002)。由此可见,矿产信息具有多源性的特点。因此,综合运用地质、物探、化探、遥感及重砂等多种技术方法,进行矿产资源的综合评价与分析,无疑已成为现代矿产预测和勘查工作的主要趋势。

但是,在中国基于 GIS 的成矿预测领域仍存在许多问题,例如数据库建设比较薄弱零散,矿产资源综合预测评价的方法、程序、模型等都需要进一步的完善。特别是在一个成矿区域内,如何运用 GIS 的技术来综合分析、提取和识别有利的成矿信息,圈定有利成矿地段,目前研究还比较少(戴刚毅等,2000),但这项工作对于在西部找矿勘查工作程度较低的地区,却有重要的实际意义。

正是基于对上述问题的思考以及中国地质调查局对秦岭地区区域成矿预测评价的要求,本文选择了基于 MORPAS 平台,运用新方法——证据权法对甘肃临潭—宕昌地区铅锌矿床进行成矿预测。通过

本次研究,着重解决两方面的问题,一为如何运用 GIS 技术来综合多源找矿信息进行成矿远景区的评价,另一方面是试图通过研究提出的预测有利地段,为该区下一步找矿提供依据。

## 1 MORPAS 系统简介

MORPAS 是功能完整的金属矿产资源评价分析系统软件。它包含基础地质数据库与地、物、化、遥综合处理分析系统两大部分,是一个从数据管理、数据处理到资源评价预测的完整的系统。地、物、化、遥及综合分析模块几乎覆盖了常用的专业处理功能,特别是地质异常分析模块更是大大提高了地质资料的量化及信息获取自动化的程度。

## 2 数据组织

在用 MORPAS 进行多源信息成矿预测时,预测结果的精确性不仅取决于所选取地质变量的合理性,也取决于研究区地学空间数据库的丰富程度和可靠程度,两方面缺一不可(Jaynes,1957;戴刚毅等,2000)。为此,在本次研究中,对研究区的地学数据库给予了高度的重视。

\* 本文得到中国地质调查局“十五”规划重点研究项目“秦岭地区重大找矿疑难问题研究”(编号:200310200040)的资助  
第一作者简介 矫东风,男,1978 年生,在读博士研究生,现主要跟随导师从事 GIS 在成矿预测中的应用研究。  
收稿日期 2004-06-02; 改回日期 2004-10-08。李岩编辑。

(1) 地学空间数据库建设过程 数据库建设主要经历了以下几个步骤(刘星,2001):图件资料的收集及预处理、图形数字化、图层划分、图形编辑与拓扑、建立属性数据库、图层矢量数据与属性数据的连接、投影变换、图形剪裁与整饰。

(2) 数据库内容 本次预测中,用于对研究区进行成矿分析、建立地质模型和预测模型及预测该区铅锌矿远景区的数据,全部组织在下列数据库中:①地质数据库,包括地理、地层、侵入岩和脉岩以及断层的层形数据和属性数据;②矿床(点)数据库,主要包括 Au、As、Sb、Hg、Fe、W、Cu、Pb、Zn 及多金属矿床(点)的矢量图形数据和属性数据;③地球物理数据库,包括布格重力异常和航磁异常等值线矢量图形及其属性数据;④地球化学数据库,包括 Pb、Zn、Au、Sb、Hg、Ag 异常等值线图形及其属性数据;⑤遥感影像数据库,包括遥感线性构造和环形构造图形及其属性数据;⑥重砂数据库,主要是 Cu、Pb、Zn。

### 3 找矿综合模型的建立与变量选择

#### 3.1 成矿地质背景概述

从构造位置上看,研究区由西南至东北依次跨过白龙江复背斜、碌曲—两当向斜、闰井—高桥复背斜和完杂滩—皂郊镇复背斜 4 个 III 级构造单元,区内土房—石关褶断带、安洛—太阳山褶皱带、下拉地—本深沟褶断带是与铅锌成矿关系密切的重要的 IV 级构造单元。

研究区内地层出露较齐全,三叠纪地层出露面积最大,约占研究区地层总面积的 23.3%,但和铅锌矿的关系并不密切;赋矿地层为泥盆系、石炭系、二叠系和侏罗系。

区内总体构造线呈 NW—SE 向展布,断裂和褶皱构造发育,以断裂构造为主,褶皱构造次之。

土房—石关褶断带、安洛—太阳山褶皱带、下拉地—本深沟褶断带中侵入岩最发育,侵入活动具有多期性的特点,以印支期为最盛;从岩性和出露情况来看,区内岩体主要为三叠纪二长花岗岩和花岗岩及侏罗纪花岗闪长岩。

本区共有铅锌矿产地 84 处,已知工业矿床主要出现在 IV 级构造单元下拉地—本深沟褶断带及申都—黄渚褶断带内,成因类型有热液型和层控型两种,且以层控型矿床(点)居多(图 1)。

#### 3.2 模型建立与变量选择

本区铅锌矿床的成因类型主要有两种:火山沉积改造型和热卤水沉积改造型。矿床的成因类型不同,各种控矿因素在找矿综合模型中必然会有差异。因此在对研究区地质背景、地层、构造、岩浆岩(火山岩)、物探异常、化探异常、遥感及重砂异常与两类矿床的关系进行深入分析的基础上,考虑到在 GIS 平台上进行预测的可操作性(徐海,1995;李惠纯等,2003;陈国勇,2002;白大明等,1996;张素兰等,1999),笔者分别建立了上述两种类型矿床的找矿综合模型(表 1、表 2),即在区域成矿模型和典型矿床成因模型理论的指导下,列出所有的地质、物化探、遥感及重砂等找矿标志,如地层、岩性、岩浆岩、构造、变质带、矿物、蚀变、物化探异常等(刘幼平,2002;朱裕生等,2003)。需要指出的是,研究区西北部还存在几个岩浆热液型铅锌矿点,但考虑其规模较小,故不作为本次预测的重点。

在 MORPAS 平台上进行预测评价是以图层为基础的,因此,在建立找矿综合模型的时候,要有强烈的针对性和可操作性,所建立的模型要充分得到,或者努力寻求图层信息的支持,即模型图层化。因为再好的找矿综合模型,如果没有相应图层信息的支持,都不可能在 GIS 意义下进行矿产资源定量预测评价。找矿综合模型图层化过程实质上是把找矿概念模型转化为一个成矿远景定量预测评价的数学模型的过程。

在 MORPAS 平台上预测时,单元划分也是相当重要的一个步骤。单元格大小、展布方向和形状是单元划分的 3 大要素:单元格的展布方向要与预测区的主体构造线方向一致;单元格的大小应以格内存在 3~6 个地质信息为准则;单元格形状要求与地质单元的形状相类似。

本次预测的目标矿种是铅锌矿,针对预测矿种与地质背景的关系,按照单元划分的要求把本区划分为  $3.75 \times 1.50$  km,展布方向为  $152^\circ$  的矩形单元格。在单元格划分的基础上,依据下面 4 个原则购置了 7 类 20 个变量,其中综合变量 3 个(地层组合熵、地质构造复杂度和矿化程度)。变量的地质意义与取值情况见表 3。本次选择变量时依据以下 4 个原则:

(1) 依据所建立的找矿综合模型选择变量;

(2) 尽可能把模型中的变量图形化,变量应全面又有主次关系;

表 1 甘肃省临潭—宕昌地区火山沉积改造型(下拉地式)矿床找矿综合模型

Table 1 The integrated ore prospecting model for Xialadi type deposits in Lintan Dangchang area, Gansu Province

标志分类	标志或信息显示
<b>区域背景</b>	
沉积环境和沉积相	安洛—太阳山晚泥盆世—早石炭世褶皱隆起带南缘的裂陷沉降带
地层	时代:上泥盆统-下石炭统为主,二叠系为次;岩性:夹有火山岩的碎屑岩-泥质岩-碳酸盐组合
构造环境	下拉地—本深沟褶断带
岩浆岩(火山岩)	有火山岩或次火山岩分布的地区
<b>地球物理场</b>	
重力	剩余异常 0 值及邻近地带
航磁	正磁背景上的局部正异常中或其边缘
地球化学场	高铜高铅地层有利成矿
遥感影像标志	两组高密度值的北西西向线形构造所限地带有利成矿
<b>矿田条件</b>	
沉积环境和沉积相	火山喷发中心两侧的局限、半局限盆地
地层	C <sub>1</sub> b:一套在局限-半局限浅海环境中沉积的夹有基性火山岩-粘土岩的不纯碳酸盐岩建造;C <sub>1</sub> :一套浅海相砂页岩夹石灰岩,具灰色复陆屑建造;P <sub>1</sub> :一套台地斜坡相的碎屑岩-泥质岩-灰岩组合
构造	火山通道及同生活动断裂为有利的导矿构造
岩浆岩(火山岩)	火山岩和次火山岩广泛分布
化探异常	Pb、Zn、Ag 异常最有利,Sb、Au 次之
重砂异常	Pb、Cu 异常最有利,Zn 次之
<b>矿床地质特征</b>	
含矿地层	下石炭统包含口组底部层位,岩性为夹基性火山岩-粘土岩的碳酸盐岩建造
容矿构造	III、IV级背斜构造,特别是脊部脆弱虚脱部位以及层间裂隙
火山岩	火山岩的空间分布是有利的标志
蚀变	白云石化
矿化	矿化层本身为一铅的地球化学富集层;矿化层中含自生金属硫化物毒球体
成矿物质来源	下拉地—本深沟褶断带的基底岩系

表 2 甘肃省临潭—宕昌地区热卤水沉积改造型(代家庄式)矿床找矿综合模型

Table 2 The integrated ore prospecting model for Daijiazhuang type deposits in Lintan Dangchang area, Gansu Province

标志分类	标志或信息显示
<b>区域背景</b>	
沉积环境和沉积相	中泥盆世西礼海盆滨浅海沉积、盆地相沉积及台地沉积
地层	时代:中泥盆统;岩性:复理石-碳酸盐岩建造组合
构造环境	深部—黄渚褶断带,总体形态为一复式背斜
岩浆岩(火山岩)	在矿床的变质改造过程中起作用
<b>地球物理场</b>	
重力	剩余异常 0 值及邻近地带
航磁	正磁背景上的局部正异常中或其边缘
地球化学场	高铜高铅高锌地层有利成矿
遥感影像标志	两组高密度值的北西西向线形构造所限地带有利成矿
<b>矿田条件</b>	
沉积环境和沉积相	台地边缘相、台地斜坡相和盆地相中水体较浅有利于碳酸盐岩发育的部位有利
地层	泥盆系中统榆树坪组第三岩性段(D <sub>2</sub> y <sup>3</sup> ):岩性为千枚岩、灰岩和砂岩组合;岩性、岩相变化很大
构造	几组构造线交会叠加有利成矿:北西向的两列背斜和一系列向斜、东西向断裂、北东向断层及南北向小断裂交会叠加
岩浆岩(火山岩)	矿床的变质改造过程中起作用,矿质来源与侵入体基本无关
化探异常	Pb、Zn、Ag 异常最有利,Sb、Au 次之
重砂异常	Pb、Cu 异常最有利,Zn 次之
<b>矿床地质特征</b>	
含矿地层	泥盆系中统榆树坪组第三岩性段(D <sub>2</sub> y <sup>3</sup> ):岩性为千枚岩、灰岩和砂岩组合
岩性和岩石组合控矿	主要矿体均产于灰岩与千枚岩的界面附近,容矿岩石为化学性质活泼易于交代的灰岩
控矿构造	III、IV级背斜脊部张裂脆弱部位及虚脱空间或层间断裂控制
侵入岩	除脉岩外,多数矿床无侵入体分布,侵入体与矿床物质来源方面无联系
矿床地球化学	地层中铅锌含量高于相应岩类克拉克值,围岩中富集程度更高,渗透性好的砂岩和化学活性强的灰岩
成矿物质来源	铅锌富集程度高于渗透性差、化学活性弱的泥岩 泥盆系沉积岩

表3 变量的地质意义与取值  
Table 3 Geological meaning and values of variables

变量及地质意义	变量取值			备注
	$W^+$	$W^-$	$ W^+  +  W^- $	
<b>有利地层</b>				表中数据是在 MORPAS 平台上计算出的权值, $W^+$ 表示该变量取正值, $W^-$ 表示该变量取负值, $ W^+  +  W^- $ 表示变量绝对值相加。
泥盆系面积比	0.571	-0.012	0.583	
石炭系面积比	1.856	-0.376	2.232	
二叠系面积比	1.601	-0.359	1.960	
地层组合熵	1.577	-2.302	3.879	
地层种类数	1.637	-2.315	3.952	
<b>有利构造</b>				
IV级构造单元	1.444	-0.113	1.557	
断层条数	1.380	-0.868	2.248	
断层等密度	0.767	-0.342	1.109	
断层交点数	1.453	-0.006	1.459	
地质构造复杂度	1.709	-1.831	3.540	
<b>矿化程度</b>				
矿化程度	1.862	-19.459	21.321	
<b>物探异常</b>				
布格重力异常	1.099	-0.341	1.440	
航磁异常	1.442	-1.452	2.894	
<b>化探异常</b>				
Ag 异常	1.095	-0.489	1.584	
Pb 异常	1.446	-0.880	2.326	
Zn 异常	1.447	-0.695	2.142	
<b>遥感异常</b>				
线性构造	1.066	-3.203	4.269	
<b>重砂异常</b>				
Cu 异常	2.032	-0.185	2.217	
Pb 异常	1.616	-0.325	1.941	
Zn 异常	2.020	-0.127	2.147	

(3) 在构造综合变量时,应避免变量的重复使用,减少人为夸大某一变量取值的可能;

(4) 对变量进行条件独立性检验。

需要说明的是,地质构造复杂度的计算采用下列公式:

地质构造复杂度 = (1 + 断裂条数) × 地层出露面积

该公式从组合熵角度反映了地质构造的复杂程度对矿床的控制作用。

在 MORPAS 平台上进行多源信息成矿预测,其核心问题仍然是地质背景和控矿条件的分析。一个正确的找矿综合模型是保证预测成功的关键。

#### 4 预测结果及评价

根据上面确定的变量及取值,在 MORPAS 平台上作综合证据权异常图(图2),该图为后验概率分布

图,图上的数据为后验概率值。概率值的大小表明了找矿的有利程度,因此可根据概率值分布图圈定找矿远景区。根据综合证据权异常图及后验概率值,把概率0.6和0.9作为2个临界值,分别圈定出该区的一、二级找矿远景区,即把值域为0.9~1.0的地区定为一级找矿远景区,值域为0.6~0.9的地区定为二级找矿远景区,后验概率值小于0.6的为背景区。依此,共圈出9个一级远景区和10个二级远景区(图3,表4)。

关于本次圈定的远景区的可信度,笔者主要从两方面进行考虑:①各种有利找矿标志在远景区内存在情况如何;②研究区中已知矿床(点)在远景区内的分布情况如何。

结合图3和表5可看出,研究区中已知铅锌矿床(点)共34处,其中有28处落在本次所圈定的二级远景区内,占总矿床(点)的82.4%;有半数以上的已知矿床(点)落在一级找矿远景区内,表明本次预

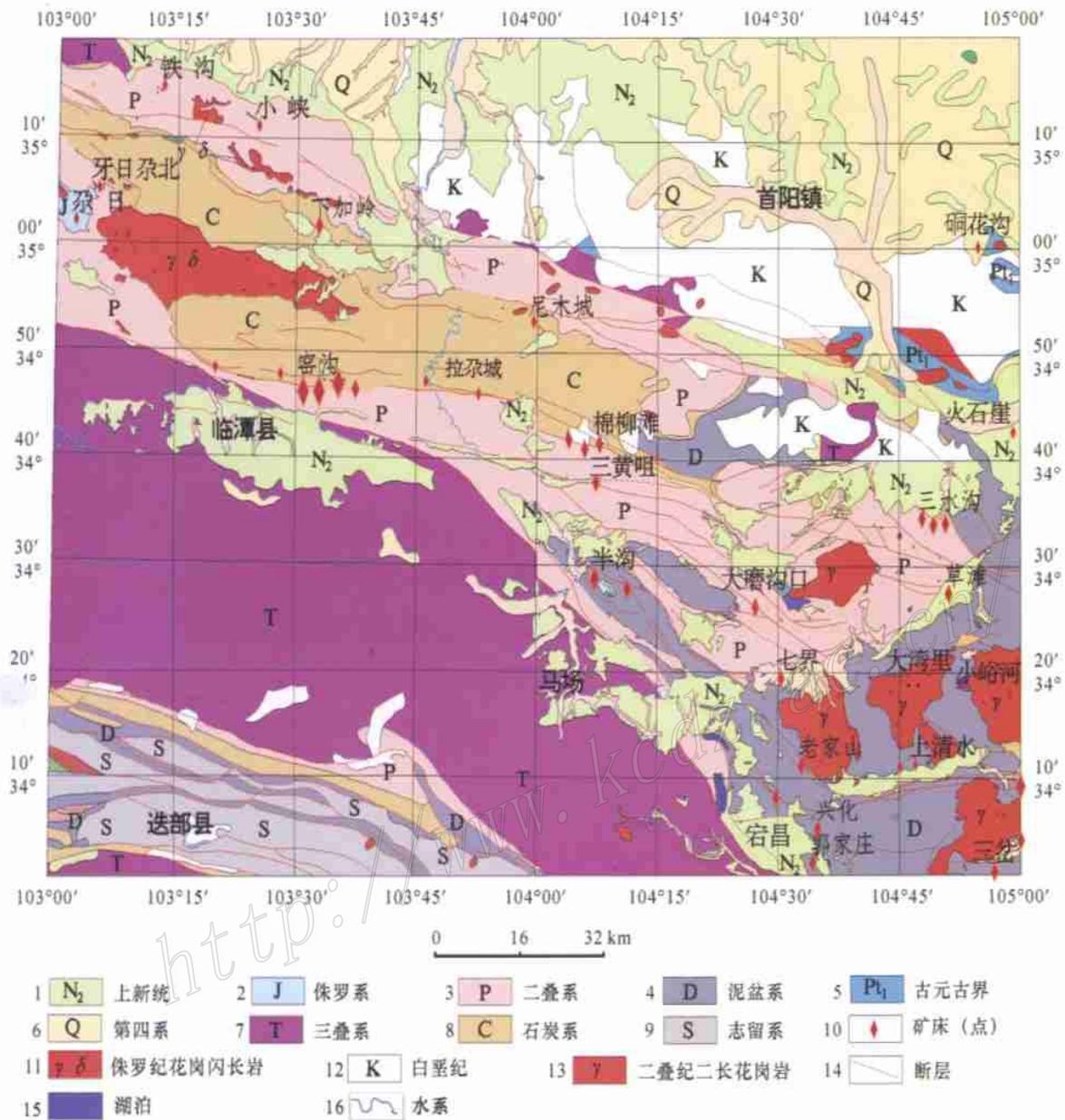


图 1 甘肃省临潭—宕昌地区地质矿产图

Fig.1 Geological map of Lintan-Dangchang area, Gansu Province, showing distribution of ore resources

1—Pliocene; 2—Jurassic; 3—Permian; 4—Devonian; 5—Paleo-Proterozoic; 6—Quaternary; 7—Triassic; 8—Carboniferous;  
 9—Silurian; 10—Deposits(ocurrences); 11—Jurassic granodiorite; 12—Cretaceous; 13—Permian adamellite; 14—Faults;  
 15—Lakes; 16—Drainages

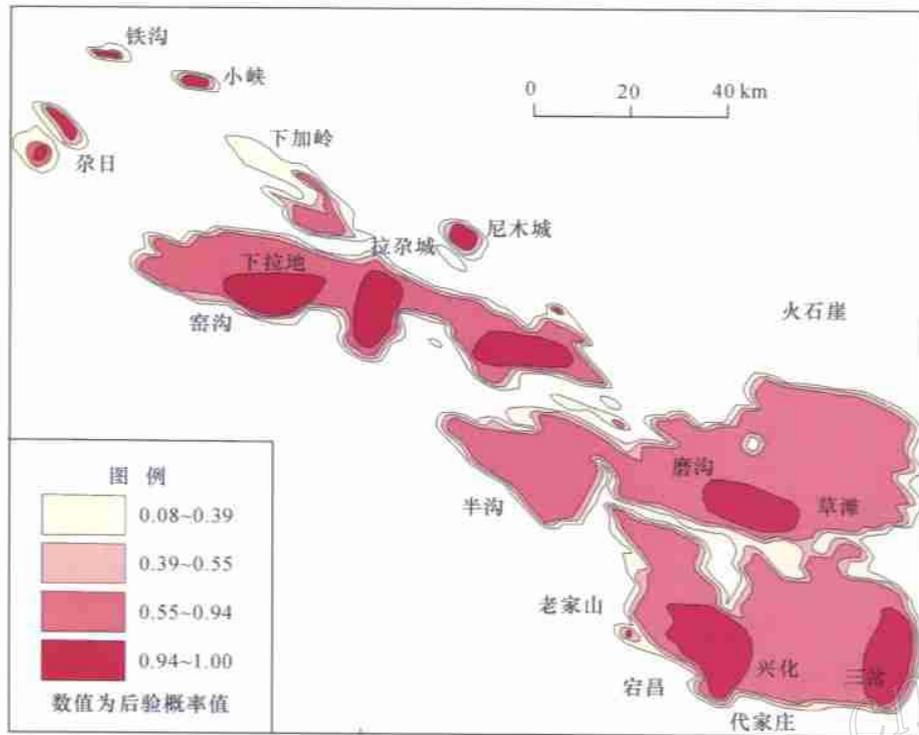


图 2 甘肃省临潭-宕昌地区综合证据权异常图

Fig. 2 The integrated evidence weight anomaly map of Lintan-Dangchang area, Gansu Province

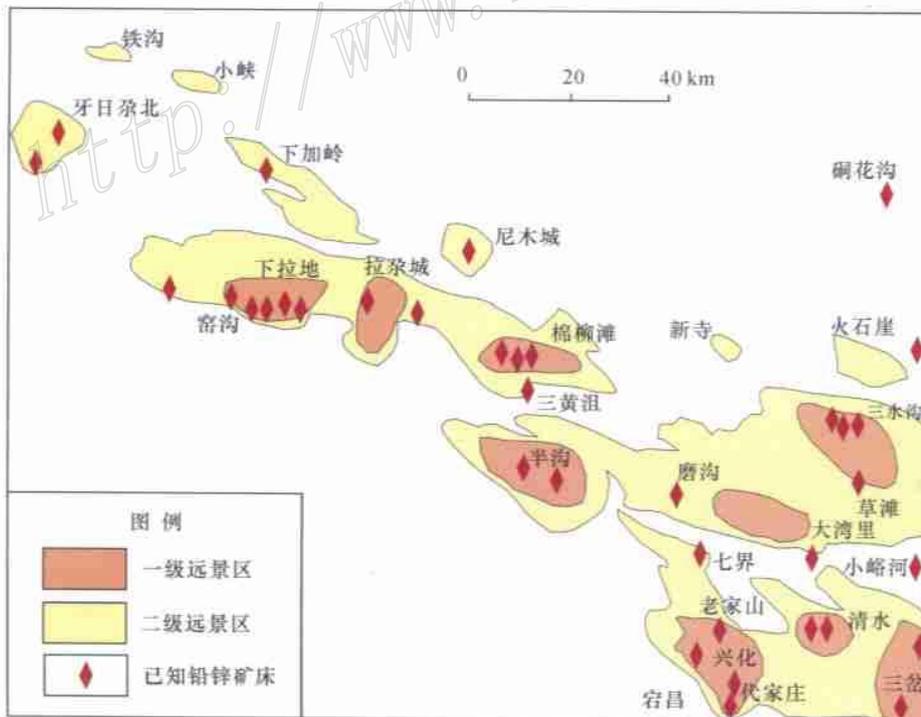


图 3 甘肃省临潭-宕昌地区铅锌远景区分布图

Fig.3 Prospect districts in Lintan-Dangchang area, Gansu Province

表 4 甘肃省临潭—宕昌地区铅锌远景区划分

Table 4 The prospect lead-zinc districts in Lintan-Dangchang area, Gansu Province

远景区名称	级别及编号	有利找矿标志及解释	综合证据权异常区间
窑沟—下拉地	I <sub>1</sub>	有利地层、火山岩、地球物理场、有利化探异常、重砂异常等各种标志均存在且遍布全区。其中拉尕城远景区存在的已知矿床(点)较少,可作为火山沉积改造型铅锌矿床的重要勘查区	后验概率值大于 0.9
拉尕城	I <sub>2</sub>		
棉柳滩	I <sub>3</sub>		
三水沟	I <sub>6</sub>		
磨沟	I <sub>5</sub>		
半沟	I <sub>4</sub>		
代家庄	I <sub>7</sub>		
清水	I <sub>8</sub>		
三岔	I <sub>9</sub>		
铁沟	II <sub>1</sub>	受构造控制明显,与岩浆岩关系密切,且与成矿有关的断裂构造及岩浆岩在区内存在,存在良好的物探异常和遥感影像标志,但化探及重砂异常不存在或与之无明显关系,且区内存在的已知铅锌矿都是规模较小的矿点或矿化点,故把它们作为寻找岩浆热液型铅锌矿的 II 级远景区	后验概率值 0.6~0.9
小峡	II <sub>2</sub>		
牙日尕北	II <sub>3</sub>		
下加岭	II <sub>4</sub>		
尼木城	II <sub>5</sub>		
下拉地—拉尕城	II <sub>6</sub>		
新寺	II <sub>7</sub>		
火石崖	II <sub>8</sub>		
半沟—草滩	II <sub>9</sub>		
代家庄—清水	II <sub>10</sub>		

表 5 甘肃省临潭—宕昌地区远景区与已知矿床的关系

Table 5 The relations between the prospect districts and known ore deposits in Lintan-Dangchang area, Gansu Province

后验概率值	远景区级别	矿床(点)个数	占已知矿床总数/%
<0.6	背景区	6	15.4
0.6~0.9	二级远景区	28	82.4
0.9~1.0	一级远景区	22	56.4

测所选择的变量是合理的,结果是可信的,可作为该区进一步找矿的依据。

## 5 认识和讨论

(1) 建立的找矿综合模型覆盖了地、物、化、遥及重砂各种找矿有利标志,结合本区的实际地质特征和控矿条件来考察,比较客观地反映了多源信息与矿床的关系。

(2) 圈定的远景区涵盖了大多数的已知矿床(点),但也有少数远景区内还未发现矿床(点),或者仅有少量已知矿床(点)存在,这些远景区可作为进一步勘查的重点。

(3) 在 MORPAS 上进行多源信息远景预测的过程,实质上是把找矿概念模型转化为一个成矿远景定量预测评价的数学模型的过程。预测成功与否,不仅取决于找矿概念模型是否合理,而且还取决

于从找矿概念模型到预测评价数学模型的转化是否合理,是否尊重所建立的概念模型。

(4) 利用新技术、新方法进行多源信息成矿预测,关键的问题仍然是对研究区地质背景及各种控矿条件的认识。

(5) 在 MORPAS(或 GIS)系统上预测也有一定的局限性,至今国内这方面的研究还没有获得明显的突破。笔者认为如果在以下两方面取得进展将会起到极大的促进作用:①基础数据库建立的合理化、标准化;②新的有效预测模型的引入。这两方面问题的解决需要计算机专家和地质专家的通力合作和联合攻关。

## References

Bai D M and Liu G H. 1996. The geological, geophysical and geochemical integral model of deposit-seeking for lead, zinc, copper and tin in Hao Bugao region[J]. Nonferrous Metal and Exploration, 5(6): 361~367(in Chinese with English abstract).

Chen G Y. 2002. The deposit-seeking model and mineral condition for lead-zinc deposit of carbonate in south platform of Guizhou [J], Guizhou Geol., 19(1): 20~26(in Chinese with English abstract).

Dai G Y, Bao Z Y and Zhang J Z. 2000. The establishment of spatial database based on GIS[J]. Jiangxi Geol., 14(4): 292~294 (in Chinese with English abstract).

Jaynes E T. 1957. Information theory and statistical mechanics[J]. The

- Physical Review, 171 ~ 190.
- Li H C, Liu H S, Chen Y L, et al. 2003. Deposit-seeking thought and analysis of mineral condition for lead-zinc in Jiuyishan-Guposhan region[J]. The Geological Comment on Deposit-Seeking, 18(1): 13 ~ 20 (in Chinese with English abstract).
- Liao C G, Yang W N, Deng Z, et al. 2002. Multi-information mineral prediction based on the spatial analysis of GIS[J]. The Calculating Technology of Geophysical and Geochemical Exploration, 24(2): 146 ~ 150 (in Chinese with English abstract).
- Liu X. 2001. The establishment of geophysical and geochemical database based on GIS[J]. Guangdong Geol., (1): 75 ~ 80 (in Chinese with English abstract).
- Liu Y P. 2002. The mineral regular and deposit-seeking model for lead-zinc in the west-north region of Guizhou[J]. Guizhou Geol., 19(3): 169 ~ 174 (in Chinese with English abstract).
- Xu H. 1995. The study of model for formation and seeking in Fozhichong region, Guangxi[J]. Nonferrous Metal and Exploration, 4(6): 341 ~ 345 (in Chinese with English abstract).
- Zhang S B, Yao J J and Cao L H. 1999. The geophysical and geochemical deposit-seeking model for lead, zinc and silver in Caijiaying region, Hebei[J]. Geophysical and Geochemical Exploration, 23(3): 161 ~ 174 (in Chinese with English abstract).
- Zhu Y S, Wang F T, Long B L, et al. 2003. The multi-information model for deposit-seeking of porphyry copper and molybdenum in Tuwu and Yandong region[J]. Mineral Deposits, 22(3): 284 ~ 294

(in Chinese with English abstract).

#### 附中文参考文献

- 白大明, 刘光海. 1996. 浩布高铅锌铜锡矿床地物化综合找矿模式探讨[J]. 有色金属矿产与勘查, 5(6): 361 ~ 367.
- 陈国勇. 2002. 黔南台陷碳酸盐型铅锌矿床成矿条件及找矿模型[J]. 贵州地质, 19(1): 20 ~ 26.
- 戴刚毅, 鲍征宇, 张锦章. 2000. 基于 GIS 的矿山空间数据库的建立[J]. 江西地质, 14(4): 292 ~ 294.
- 李惠纯, 刘和生, 陈洋罗, 等. 2003. 九嶷山-姑婆山地区铅锌矿成矿环境分析及找矿思路[J]. 地质找矿论丛, 18(1): 13 ~ 20.
- 廖崇高, 杨武年, 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.
- 刘星. 2001. 基于 GIS 的物化探数据库的建立[J]. 广东地质, (1): 75 ~ 80.
- 刘幼平. 2002. 黔西北地区铅锌矿成矿规律及找矿模式初探[J]. 贵州地质, 19(3): 169 ~ 174.
- 徐海. 1995. 广西佛子冲地区成矿模式与找矿模式研究[J]. 有色金属矿产与勘探, 4(6): 341 ~ 345.
- 张素兰, 姚敬金, 曹洛华. 1999. 河北蔡家营铅锌银矿床地球物理-地球化学找矿模型[J]. 物探与化探, 23(3): 161 ~ 174.
- 朱裕生, 王福同, 龙宝林, 等. 2003. 土屋-延东斑岩型铜(钼)矿床多源信息找矿模型[J]. 矿床地质, 22(3): 284 ~ 294.

## MORPAS-based multi-information prognosis of lead-zinc deposits in Lintan-Dangchang area, Gansu Province

JIAO Dong-feng<sup>1</sup>, GUO Zhong<sup>2</sup>, LU Xin-biao<sup>1</sup>, HU Guang-dao<sup>1</sup> and WANG Yan-xia<sup>3</sup>

(1 Faculty of Resources, China University of Geosciences, Wuhan 430074, Hubei, China; 2 Exploration Office of North China, Chengde 067000, Sichuan, China; 3 Hubei Company of Nonmetallic Geology, Wuhan 430030, Hubei, China)

#### Abstract

This paper deals mainly with the application of GIS technique to the integrated analysis of multi-information ore prognosis and the evaluation of the lead-zinc prospect district in Lintan-Dangchang area. The authors probed into the relationship of geological, geophysical, geochemical, remote sensing and heavy mineral information to lead-zinc mineralization and established integrated models for the prospecting of two major types of ore deposits. On such a basis, 20 favorable variables were chosen according to the models, and lead-zinc prospect districts in Lintan-Dangchang area were delineated through spatial analysis of the MORPAS system. The results obtained provide powerful evidence for ore prospecting and greatly raise the precision of ore prognosis.

**Key words:** geology, MORPAS, multi-information, prognosis, lead-zinc deposit, Lintan-Dangchang