

文章编号: 0258-7106 (2001) 03-0292-05

# 兰坪盆地成矿预测中的多源信息定量分析\*

廖崇高

(成都理工大学遥感与 GIS 研究所, 成都 610059)

**提 要** 在提倡地球数字化的今天,为了满足地质找矿勘探的需求,成矿预测的技术和方法将面临着更新的挑战。以往那种定性分析的方法将很难满足成矿预测的精度。因此,对原有资料的数字化是很有必要的。矿产信息具有多源性,而任何一种技术和手段都不可能准确无误地预测矿床的存在、规模、形态等。鉴于此,文章把各种有利于矿床形成的变量[遥感地质构造、地质异常、物化探及已查明的矿床(点)等]进行成矿有利度得分和多源信息综合定量分析,在此基础上进行 1:20 万小比例尺综合成矿预测,并圈定出了金顶等 6 个找矿远景区。这些研究成果为进一步认识本区成矿地质环境,指导找矿提供了有利的证据,将大大提高成矿预测的精度,具有广泛推广的实际价值。

**关键词** 成矿预测 定量分析 遥感 找矿远景区 兰坪盆地

**中图分类号**: P612

**文献标识码**: A

多源地学信息的综合研究方法是以成矿地质理论为指导,充分发挥计算机技术、数学方法、遥感技术、物化探技术及地质异常理论的优势(赵鹏大等,1996),对遥感、物化探及地质异常的各种与矿床有关的信息进行量化分析,从而进行成矿远景区预测的,它是找矿勘探的前缘科学。该项研究已在许多地区的不同研究项目中得到应用,例如以数学地质分析为优势的综合研究(赵鹏大等,1991),以图象处理为优势的综合研究(刘君燕等,1994),以物探数据处理为优势的综合研究(王世称等,1995),新疆黄山地区多源地学的成矿预测研究(陈建平等,1996)等。尽管前人利用包括遥感技术在内的多源信息综合处理的方法进行矿床预测已取得了一定的成效,但多源信息综合分析仍处于逐渐完善的阶段,正在由定性分析向定量分析过渡。基于多源信息综合分析的特点和优势,笔者对兰坪盆地的地质、物化探、地质异常及遥感等多源信息数据进行了量化处理,在此基础上,进行了兰坪盆地多源信息综合定量分析和成矿远景区的预测,并取得了较好的成效。

## 1 区域地质概况

兰坪盆地是云南西部较大的构造沉积盆地,它

的东面以维西—乔后断裂为界,与金沙江—哀牢山造山带相接,往东至丽江—大理一线,与扬子陆块西南缘相邻。盆地西侧与澜沧江西断裂为界,与碧罗雪山—临沧造山带相接,往西至察隅—瑞丽一线(即印度板块东北缘)。很明显,兰坪盆地是夹持于金沙江—哀牢山造山带和碧罗雪山—临沧造山带之间的一个中生代陆相盆地(图 1)(陈炳蔚等,1991;陈广浩等,1996;刘登忠等,1999)。

## 2 研究区统计变量的选择

研究区地质构造复杂,山高林密,给地质找矿工作带来很大不便,因而前人对该区地质研究程度不高,给统计变量的选择带来了一定的难度。对多源数据的复合处理,为统计变量的选择提供了依据(韩存强等,1996),但在提取的与找矿有关的信息中,有些信息是定性而不是定量的,因而无法进行统计计算。在统计变量选择的过程中,既要考虑选择的变量便于计算机计算,又要注重选择有利于成矿预测的代表性变量,因此,笔者选择了以下变量作为本次综合成矿预测的统计变量(表 1)。

### 2.1 遥感地质变量

遥感技术所特有的空间特性、时间特性、波谱特

\* 本文得到国土资源部资源与环境科技攻关项目(95-02-001-06)的资助。

作者简介 廖崇高,男,1973年生,博士研究生,现主要从事遥感应用研究工作。E-mail: lcgdavis@263.net

收稿日期 2001-01-17; 改回日期 2001-05-18。李岩编辑。

性和经济特性,使其在地质矿产勘查中的应用成为必然。实践经验表明,遥感技术从宏观的角度研究

与成矿有关的各种区域构造特征是十分有效的。笔者结合前人资料及自己的解译经验,对 1:20 万标准遥感图像进行了详细的目视解译,从而提取出相关的地质变量参数。在遥感解译方面,常用的遥感变量有线性构造和环形构造。

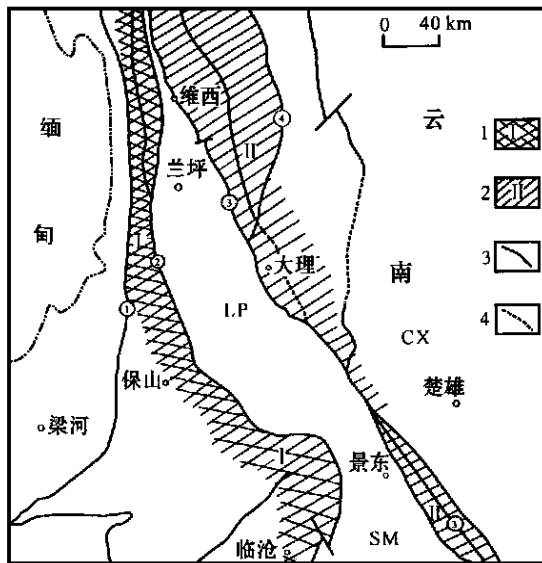


图 1 兰坪盆地构造位置示意图(据刘登忠等,1999)

①—怒江断裂带; ②—澜沧江断裂带; ③—金沙江-哀牢山断裂带; ④—甸-剑川断裂带; LP—兰坪盆地; CX—楚雄盆地; SM—思茅盆地; 1—碧罗雪山-临沧造山带; 2—金沙江-哀牢山造山带; 3—一般性断裂; 4—一般性推测断裂

Fig. 1 Sketch map of structural location in the Lanping basin

### 2.1.1 线性构造变量

应用线性构造统计分析(赵不忆等,1988;王润生等,1992),分别计算了各单元网格内的线性构造频度、密度,其频度和密度高值区与已知矿床(点)及化探异常相吻合,说明线性构造密度和频度与矿床(点)的形成关系密切,因此选择线性构造密度、频度作为统计参量。

### 2.1.2 环形构造变量

在环形构造统计分析中,笔者以“反距离加权法”(杨武年等,1994)来统计环形构造的得分,结合已知矿(床)点、化探异常的分布,笔者发现单元网格内环形构造的得分高值区与已知矿床(点)及化探异常的分布具有很大的相似性,说明环形构造的加权得分值的高低与矿床的形成关系密切。因此将环形构造的加权得分值作为进行综合成矿预测的统计度量之一。

## 2.2 地质异常变量

地质异常是与成矿有关的地层、岩体、构造等因

表 1 兰坪盆地地质变量成矿有利度权值分配表

Table 1 Allocation of quantified values of the geo-variables in the Lanping basin

变量选择类型	变量权值赋值条件	权数得分
线性构造密度图		
线性构造频度图		
环形构造量化图		
地质复杂度异常图		
化探异常量化图		
银元素	单元网格内统计值小于全区平均值	0~5
铜元素	单元网格内统计值大于全区平均值,小于全区平均值与一倍方差之和	5~10
铅元素	单元网格内统计值大于全区平均值与一倍方差之和,小于全区平均值与二倍方差之和	10~15
锌元素	单元网格内统计值大于全区平均值与二倍方差之和	20
锑元素		
铋元素		
钼元素		
钨元素		
金元素		
物探异常量化图		
矿(床)点分布图	单元网格内有两个或两个以上矿床(点)	20
	单元网格内有单个矿床(点)	15
	单元网格内没有矿床(点)分布,但相邻网格内有矿床(点)存在	10
	单元网格内没有矿床(点)分布,但相邻两个网格内有矿床(点)存在	5
	其他网格	0

素的综合反映(赵鹏大等,1995)。因此,笔者将兰坪盆地地质图(1:20万)划分成 $2\text{ cm} \times 2\text{ cm}$ 的单元网格,分别统计每个网格的地层单元分布、岩体出露及构造组合情况,进而根据它们对成矿的有利程度而对每个单元网格内各地质变量赋值。由于研究区内矿床主要产于中生代三叠系(T)和侏罗系(J),其次产于下第三系(E)及白垩系(K),因此对地层变量赋值为 $T=J=1.00$ , $E=0.75$ , $K=0.5$ ,其他均为0.25。岩体采用两值法(0或1),当网格内有岩体出露时赋值为1,否则赋值为0。对于构造组合的权值分配原则为:网格内有单一线性构造,该网格权值为0.20;网格内有单一深大断裂、多条平行线性构造或单个环形构造,该网格权值为0.40;网格内有单个线与线、环与环或线与环的交切及单个套环的存在,该网格权值为0.60;网格内有多条线性构造交切或线与环交切,多个子母环或多层内切环的存在,该网格权值为0.80;网格内有多条线性构造交切或线性构造与环形构造交切,并有深大断裂的证据,则该网格权值为1.00。在此基础上,把单元网格内的地层、岩体、构造等地质变量的权值进行累加,并作为该单元网格的地质异常复杂程度的得分。得分值越高,地质的复杂程度越高,也是已知矿床(点)的产出集中地段,同时也是化探异常越密集的区域。说明地质异常得分值的高低与矿床的形成有密切联系,因此将地质异常的得分值作为选择的统计变量。

### 2.3 地球化学变量的选择

化探信息对任何矿种来说都是一种直接找矿信息,其异常本身的特征在很大程度上直接反映了矿产资源体的特征,因此化探数据是找矿预测中的一个重要变量。根据兰坪盆地的成矿特点及各种元素与成矿的关系,笔者选取了Cu, Ag, Pb, Zn, Sr, Au, Th, Sb等8种元素作为统计变量。其数据来源于两幅(兰坪幅和维西幅)1:20万水系沉积物区域地球化学表面图。

### 2.4 地球物理变量的选择

在区域成矿预测中,除铁矿外,地球物理信息主要用于研究成矿区域地质背景的地球物理标志及深部地质特征、区域构造格架及其演化规律。兰坪盆地的成矿地质特征,表明该区成矿与深部区域性地质构造关系密切,并受控于深部的地质构造,因此,笔者把地球物理异常作为成矿预测的变量。其数据来源于云南1:100万的布格重力异常图,然后对获取的数据进行插值,进而与其他变量匹配。

### 2.5 已知矿床(点)变量的选择

由于已知矿床(点)是指示矿床存在的最直接标志,如果在单元网格内有矿床(点)存在,则可以预测其邻近网格中存在矿床(点)的可能。因此,矿床(点)的分布是成矿预测的统计变量之一。

在以上成矿预测变量选取的基础上,笔者根据各变量对成矿的贡献大小进行了综合加权并统计出其得分(表1)。

## 3 成矿远景区的圈定

由于加权后的统计分析所选择的统计变量的得分都与成矿有利度成正比,即变量值越高,对成矿越有利,因此,笔者在兰坪盆地成矿地质综合条件预测权值表的基础上,利用加权后的统计方法对单元网格内各变量值进行加权得分,进而做出兰坪盆地综合成矿预测图(图2),值越高的单元,等值线越密集,成矿有利度越高。由预测结果可以看出:研究区等值线密集的地带主要分布于澜沧江深大断裂带、乔后—维西断裂带、比江断裂带及黑惠江断裂带以东的地区。在此基础上,笔者圈出了6个成矿有利远景区。现将各个找矿远景区分述如下:

(1) 金顶找矿远景区:位于研究区中部,分布范

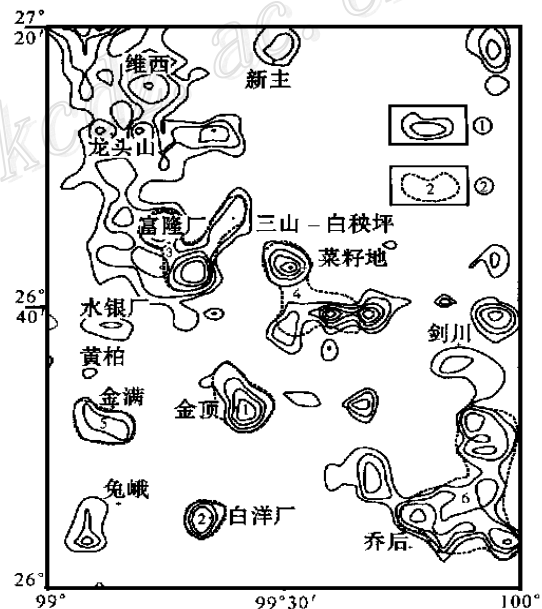


图2 兰坪盆地综合成矿定量预测图

①—多源信息高值异常区,②—找矿远景区及编号  
(注:远景区编号与正文中找矿远景区编号一致)

Fig. 2 The quantitative prognosis in the Lanping basin

围与金顶穹隆构造基本吻合,出露地层主要由外来系统(上三叠统、中侏罗统地层)和原地系统(白垩系、上第三系和第四系地层)组成(罗君烈等,1994)。区内基本没有岩浆岩出露,在遥感图象上线、环构造发育,且线与线、线与环的交汇点普遍存在。区内有Pb、Zn、Ag、Cu、Th等元素异常或组合异常的存在,在自由重力异常图中,该区恰处于异常圈闭带内,而金顶超大型铅锌矿床亦产于此区内。综合各种因素分析,笔者认为在金顶超大型铅锌矿床的周围地段有望再次找到铅锌矿床及铜、银多金属矿床。

(2) 白洋厂找矿远景区:本区处于由兰坪—云龙断裂及沘江断裂所夹持的断块内,这两条断裂也正好是导矿的有利通道。区内出露地层主要为白垩系和下第三系,在遥感图象上线、环构造发育,其交汇点普遍存在。Ag、Cu、Th、Sb等化探异常广泛分布于全区。白洋厂预测区与重力异常图中的异常圈闭相符,且在区内发现多个矿床和矿点存在。综合分析表明该区矿床的产生具有层、相、位控制的特点,是寻找银等金属矿床的有利区段。

(3) 三山—白秧坪找矿远景区:该区分布于研究区中北部,北东向的华昌山断裂和东西向的隐伏断裂控制了该区矿液的运移和存储。区内具多种化学元素异常,且已探明了多个矿床和矿点。在遥感图象上,线、环构造发育,地质找矿特征明显,具备成矿有利地层、构造条件,是寻找铜、银等多金属矿床的有利区域。

(4) 菜籽地找矿远景区:位于乔后—维西断裂与研究区中部东西向隐伏断裂交汇的地段,出露地层主要为中、上三叠统和第三系。遥感影象上东西向隐伏断裂明显显示,北西向、北东向线性构造发育,环形构造呈同心圆形的串珠状环群,并与线性构造交汇点耦合。区内有Cu、Pb、Zn、Sb、Au等多种地球化学异常分布,在自由重力异常图中,测区处于东西向的梯度带上,区内有矿床(点)的发现。各种因素均表明,该区是寻找铜、铅、锌等多金属矿床的有利区段。

(5) 金满找矿远景区:本区处于研究区的西部澜沧江推覆构造的前缘部位,金满—连城隆起一带。出露地层主要有中侏罗统花开佐组、下白垩统景星组及石炭系石登群和下二叠统拉竹河组地层,区内线、环构造不发育,但有北西向的深大断裂及单环存在。主要有Cu、Zn、Ag、Th等元素的化探异常。该区已探明金满铜矿,是进一步找铜等多金属矿床的

有利远景区。

(6) 乔后—剑川找矿远景区:该区位于黑惠江断裂以东的地区,寒武系到第四系地层均有出露,遥感影象上,除了黑惠江断裂有明显显示外,预测区内只有少量的线性构造及单一的环形构造,但直接指示找矿的地球化学异常(Cu、Sb、Th等异常)和矿床(点)的分布比较丰富,是寻找铜、银等多金属矿床的有利远景区。

## 4 结 论

基于成矿理论的多源信息综合定量分析方法有效地将现代计算机技术和图像处理技术结合在一起,改变了过去那种取决于研究人员对各种资料进行综合分析能力的找矿方法。该方法试图将控矿的各种有用信息进行综合权值得分,进而进行成矿有利度评价,达到预测成矿远景区的目的。这将大大提高成矿预测的精度,缩短矿产勘探的周期,具有广泛推广的实际价值。

通过兰坪盆地成矿预测中的多源信息综合定量分析,进一步揭示了本区矿产的分布规律及区域地质构造格局。研究表明,经综合定量分析得出的兰坪盆地的总体构造格局与前人的研究成果相一致;矿产的分布受区域性断裂带控制,总体走向呈北西向,这与前人的研究成果相吻合;证实了横穿研究区中部的近东西向的深大隐伏断裂的存在,该断裂对寻找岩体及盲矿体具有重要的指示意义,同时也很好地解释了测区中部的矿床(点)呈近东西向分布的事实。这些研究成果为进一步认识本区的成矿地质环境,指导找矿提供了有利的证据,缩小了寻找未知矿床的靶区。

**致 谢** 本文的完成得到了导师杨武年教授的耐心指导,在此表示衷心感谢!

## 参 考 文 献

- 陈炳蔚,李永森,曲景川,等.1991.三江地区主要大地构造问题及其与成矿的关系[M].北京:地质出版社.1~5.
- 陈广浩,尹汉辉,楚颖,等.1996.兰坪思茅盆地第三纪矿床有机质特征及其地质意义[J].矿床地质,15(4):374~380.
- 陈建平,苗放.1996.成矿预测中的遥感定量分析[M].成都:成都科技大学出版社.1~4.
- 韩存强,张宁恒.1996.河南省桐柏县银洞坡金矿综合找矿标志及找矿模型[J].物探与化探,20(2):81~86.

- 刘燕君. 1991. 遥感找矿的原理和方法[ M]. 北京: 冶金工业出版社. 15~17.
- 刘燕君, 金丽芳. 1994. 东坪式金矿盲矿体的多元信息预测研究[ J]. 国土资源遥感, (1): 15~22.
- 刘登忠, 陶晓风, 朱利东, 等. 1999. 滇西兰坪盆地盆山耦合[ M]. 成都: 西南交通大学出版社. 1~2.
- 罗君烈, 杨友华, 赵 准, 等. 1994. 滇西特提斯的演化及主要金属矿床成矿作用[ M]. 北京: 地质出版社. 1~5.
- 王世称, 陈永清. 1995. 金矿综合信息成矿系列预测理论体系[ J]. 黄金地质, 1(1): 1~7.
- 王润生, 杨文立. 1992. 遥感线性体场的定量分析[ J]. 国土资源遥感, (3): 49~53.
- 杨武年, 李永颐, 易显志, 等. 1994. 遥感信息量化处理在西昌地区构造解析及油气远景预测中的应用[ J]. 国土资源遥感, (3): 63~70.
- 赵鹏大, 陈建平. 1996. 地质异常理论与遥感地质研究[ J]. 大自然探索, 15(2): 29~34.
- 赵鹏大, 池顺都. 1991. 初论地质异常[ J]. 地球科学——中国地质大学学报, 16(3): 241~248.
- 赵鹏大, 王京贵, 饶明辉. 1995. 中国地质异常[ J]. 地球科学——中国地质大学学报, 20(2): 117~127.
- 赵不忆, 秦小光. 1988. 遥感构造定量分析方法[ J]. 地质科技情报, 7(1): 127~136.

## A Comprehensive Quantitative Analysis of Multi-source Information in Ore Prognosis of the Lanping Basin

Liao Chonggao

(Institute of Remote Sensing and GIS, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059)

**Key words:** ore prognosis, quantitative analysis, remote sensing, prospect area, the Lanping basin

### Abstract

In order to meet the sustainable development of geological prospecting in the 21st century, the ore-prognosis is facing the reformation of prospecting techniques and the innovation of prospecting methods. However, it is difficult to solve this problem merely by a qualitative analysis of different sorts of data. With the coming of the digital earth epoch, the digitization of various source materials is necessary for surveying geological resources more accurately. Besides, the formation of a mineral deposit, which is synthetically embodied by all sorts of ore-forming information, includes not only correlative geological information but also geochemical and geophysical information as well as various sorts of geomorphic information and image features with regard to ore-forming process. It can thus be seen that mineral information is characterized by multiple sources. Therefore, no single technique or method can accurately forecast the mode of occurrence, extension and configuration of a mineral deposit.

The author has employed varieties of favorable ore-forming factors, which include linear structure and circular structure on RS (remote sensing), geological anomaly, geophysical exploration, geochemical exploration and explored mineral deposits (points), as statistic variables for comprehensive quantitative analysis of multi-source information serving ore prognosis in the Lanping basin. Combined with available research achievements and completely exerting the quantitative advantage of RS, geo-anomaly, geophysics and geochemistry, this paper has detailedly analyzed their ore-forming favorability, calculated their scores contributed to ore formation, and completed comprehensive and quantitative analysis of multi-source information. At the same time, the author has accomplished 1:200000 small-scale synthetic ore prediction, and delineated six favorable ore-prospecting areas, such as Jinding.

These research achievements provide the convincing evidence for understanding the ore-forming environments and guiding the ore-prospecting work, thus greatly improving the ore-prospecting precision. The popularization of this technique is undoubtedly of great significance.