

松潘—摩天岭地区金矿定位预测研究

李绍儒,卿 敏,牛翠祎,李文良,赵玉锁

(武警黄金地质研究所,廊坊 065000)

[摘 要] 松潘—摩天岭地区是目前金矿找矿的重点地区之一。文章在广泛收集已有地质、物探、化探、遥感等资料的基础上,基于 GIS 建立了该区的地质空间数据库。通过成矿条件分析,选取了六大类 78 个标志信息,利用“矿床位置预测系统”中的信息量计算法,圈出了信息总量异常区,再结合地质、矿产及化探等资料的综合分析,进行了金矿定位预测,取得了良好的应用效果。

[关键词] 金矿 找矿预测 信息量计算法 松潘—摩天岭

[中图分类号] P618.51 [文献标识码] A [文章编号] 0495-5331(2007)04-0074-05

1 区域地质概况

松潘—摩天岭地区地理位置在川陕甘交界区,大地构造位置属扬子地台、巴颜喀拉褶皱区、秦岭褶

皱区的交汇部位,位于松潘甘孜陆缘活动带的北东段,夹持在玛沁—略阳及龙门山深大断裂之间的三角地带(图1)。已有资料表明^[1-6],该区金矿化作用发育,金矿找矿不断有新的突破,找矿前景良好。

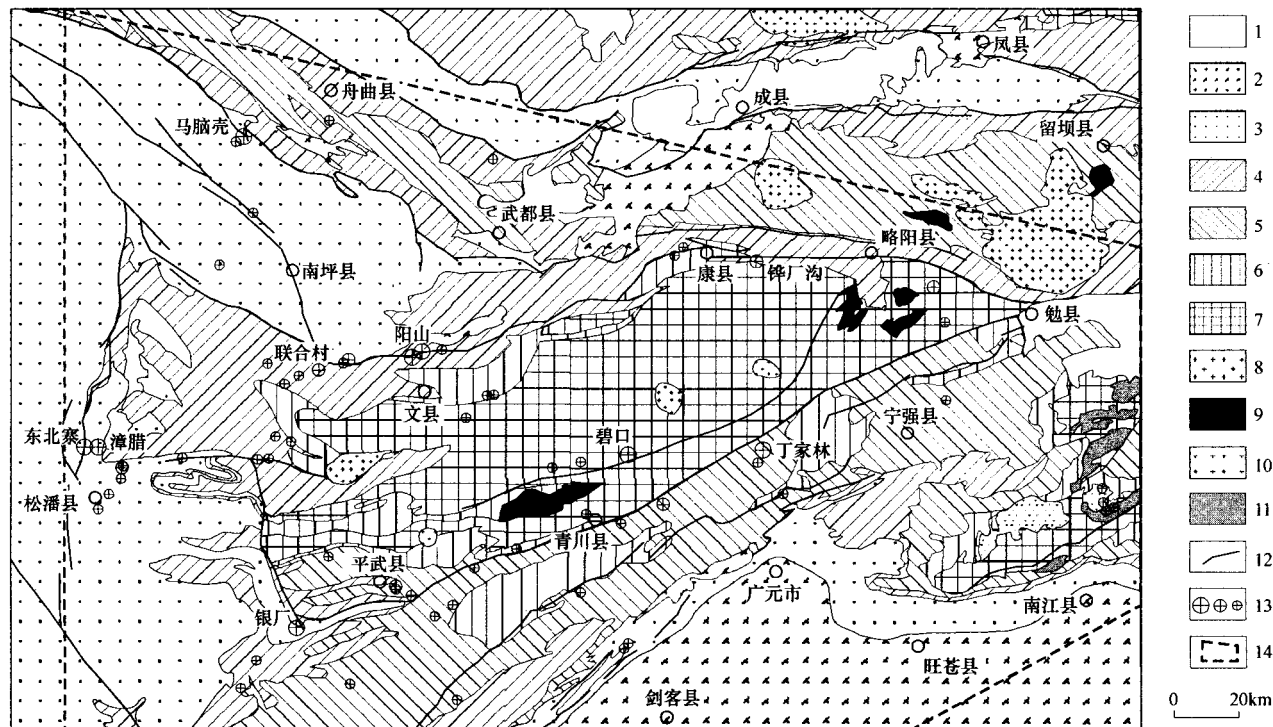


图1 松潘—摩天岭地区地质简图

(据全国 1:50 万数字地质图简化)

1—第三系—第四系;2—侏罗系—白垩系;3—三叠系;4—上古生界;5—下古生界;6—震旦系;7—元古宇;8—三叠纪中酸性岩;9—古生代岩浆岩;10—震旦纪岩浆岩;11—元古宙岩浆岩;12—断裂;13—已知大、中、小型金矿床;14—工作区

[收稿日期] 2006-05-22; [修订日期] 2006-08-29。

[基金项目] 武警黄金指挥部重点项目(编号: HJ98-24)资助。

[第一作者简介] 李绍儒(1966年—),女,1997年毕业于中国地质大学(北京),获硕士学位,高级工程师,现主要从事金矿地质及 GIS 应用研究工作。

区内出露地层由元古宙变质褶皱基底、震旦纪—三叠纪海相沉积盖层及侏罗纪—白垩纪陆相沉积盖层组成。岩浆活动频繁,从元古宙至中生代均有活动,主要集中在古生代和中生代。岩性从超基性到中酸性,以中酸性岩为主;空间分布广泛而零散,多呈小岩株或岩脉产出,受区域性断裂控制明显。区内断裂、褶皱发育,断裂方向主要近SN向、NW向、近EW向和NE向。区内金矿类型^[7-13]主要有卡林—似卡林型(阳山,东北寨)、石英脉—细脉(网脉)浅变质碎屑岩型(丁家林)和火山沉积—热液改造型(筏子坝铜伴生金矿床)。金矿的产出受地层、构造控制明显,主要赋矿层位为中新元古宇(Pt_2-3)、三叠系、泥盆系和志留系;金矿化多赋存在断裂破碎带中,受北西、北东、近南北向断裂控制,不同方向断裂形成的断裂交叉部位是控矿的有利部位。

2 矿床定位预测方法

成矿预测方法总体可分为经验性定性预测和通过建立各种数学模型的定量预测^[14-17]。矿床定位预测就是通过建立数学模型,圈定找矿远景区。常用的数学方法有:信息量算法、特征分析、模糊数学、判别分析等。

信息量算法是一种非参数性的单变量统计分析方法。通过研究各地质因素在研究区所有单元的情况,来查明各地质因素对指导找矿作用的大小。该方法既可以用来挑选与成矿有密切联系的重要变量,也可以用来对成矿远景区进行预测评价。该方法的原始数据可以是定性的,也可以是定量的或是两者的混合,在GIS支持下,可以轻松实现多元信息的统计分析,是目前找矿预测中常用的方法之一。应用信息量算法进行矿床定位预测的步骤为:

1) 单元划分

将整个研究区划分为形状相同大小相等的若干单元,其中含矿单元组成控制区,其他单元组成预测区。

2) 确定地质标志及划分标志状态

在分析研究已知矿床的地质条件、成矿规律、控矿因素、找矿标志的基础上,确定若干地质、物化探、遥感等标志作为统计分析的变量。为了计算,必须将所有标志或标志状态的原始数据转换为二态(0, 1)形式,若某单元中存在某标志,则为1,否则为0。

3) 找矿信息量的计算

某标志A的找矿信息量($I_{A \rightarrow B}$):

$$I_{A \rightarrow B} = \lg \frac{N_j/N}{S_j/S}$$

式中: $I_{A \rightarrow B}$ 为标志A指示有B矿的信息量; N_j 为研究区内具有标志A的含矿单元数; N 为研究区内含矿单元总数; S_j 为研究区内具有标志A的单元数; S 为研究区内单元总数。

若 $N_j/N > S_j/S$,则 $I_{A \rightarrow B}$ 为正值,说明标志A在含矿单元中出现的概率大于研究区内的概率,可提供找矿信息;若 $N_j/N < S_j/S$ 或 $N_j/N = S_j/S$,则标志A不提供任何找矿信息或无意义。

4) 分析信息量计算结果,确定有利找矿标志或标志状态

信息量为正值的标志或标志状态,虽都可提供找矿信息,但并非均为有利找矿标志,一般采用以下方法作进一步选择。

a. 先将所有标志状态按信息量大小排列。

b. 计算有用信息(信息量为正值的)的累加临界值 ΔI^+ ,选取有利找矿标志。

$$\Delta I^+ = K \sum_{j=1}^n I_j$$

式中: K 为给定的有用信息水平,一般取0.75;

$\sum_{j=1}^n I_j$ 为正信息量的总和(n 为正信息量的个数); ΔI^+ 为选取有利找矿标志的界限。

将各标志的信息量由大到小进行累加,当累加值 ΔI_j (j 为统计的信息量个数)接近并大于 ΔI^+ 时,所统计的若干(j)个标志,便是选取的有利找矿标志。

5) 计算各单元的信息量总和

利用有利找矿标志所提供的信息量来计算各单元的信息量总和。

6) 选择临界值,并作预测

求出各单元的信息总量后,须确定临界值作为预测标准。临界值的确定一般以含矿单元信息总量的分析工作为基础,一般方法有:主观选择法、统计法和做图法。

3 金矿定位预测

文章收集整理了工作区的地理^①、地质^①、矿产^②、化探^③、重砂^④、遥感等信息数据,基于GIS建立了地学空间数据库,利用“矿床位置预测系统

① 中国地质调查局. 中华人民共和国1:50万数字地质图数据库,2001.

② 中国地质调查局发展研究中心. 全国地质工作程度数据库,2004.

③ 中国地质调查局发展研究中心. 全国化探数据库,2005.

④ 1:20万区域地质调查中的重砂测量异常.

(DPIS)”^①(白万成等,2005)中的信息量法计算功能,进行了金矿定位预测。

3.1 单元划分及标志信息选择

工作区范围为一多边形区域(图1),根据预测比例尺(1:50万),并结合区域地质情况,设定单元 x,y 方向间距均为4km,生成4km×4km的单元格图层。

信息量计算方法主要是数据驱动,任何被认为对找矿有利的标志信息均可入选。本着不漏掉有利

标志信息的原则,并结合区内成矿地质条件,选取以下六大类78个标志信息进行信息量计算(表1)。其中地层和岩浆岩标志的选取,是通过已知矿床与地质体的空间分析,得到与金矿产出相关的地层或岩浆岩,原则上地层划分到组。已知矿床为规模在小型以上的68个金矿。

3.2 标志信息统计及信息总量计算

采用有用信息水平 $K=0.75$,统计出有用标志信息见表2。

表1 松潘—摩天岭地区选取的标志信息一览表

大类	标志信息
地层	中新元古界碧口群、秧田坝组,上震旦统、下震旦统,寒武系娄山关组、下寒武统油房组、中下寒武统牛蹄塘组及并层,志留系茂县群上岩组、下志留统迭部组、中下志留统松坎组及并层,泥盆系危关组、中下泥盆统当多组及并层、平驿铺组及并层、三河口群、踏坡组,二叠系梁山组及并层,下三叠统茨茨沟组和大冶组、上中三叠统扎尔山组、下三叠统新都桥组、杂谷脑组和侏倭组
岩浆岩	中元古代岩浆岩、新元古代岩浆岩、早古生代岩浆岩、晚古生代岩浆岩、三叠纪中酸性岩、岩脉(中酸性,未分时代)
断裂	按断裂走向,每20°一组,分为9组
化探异常	Au、Ag、Cu、Pb、Zn、As、Sb、Hg、Bi、W、Mo
重砂异常	辰砂、铜矿物组合、铅矿物组合、白钨矿
遥感解译构造	较小规模线性构造 按构造线走向,每20°一组,分为9组 较大规模线性构造 按构造线走向,每20°一组,分为9组 环形构造 环形构造
	构造线密度 1-3,3-5,5-7
	构造线交叉点数 1-2,2-3,3-4,4-5

表2 松潘—摩天岭地区有用标志信息表

标志信息	信息量	标志信息	信息量	标志信息	信息量
寒武系娄山关组	0.672	地质断层80°~100°	0.405	重砂铅矿物组合异常	0.299
泥盆系当多组	0.640	Au化探异常	0.402	Zn化探异常	0.298
中酸性岩脉	0.619	泥盆系危关组	0.379	泥盆系踏坡组	0.288
重砂辰砂矿物组合异常	0.474	遥感断裂60°~80°	0.359	下震旦统	0.285
中元古代岩浆岩	0.450	三叠系新都桥组	0.337	W化探异常	0.248
地质断层160°~180°	0.433	地质断层60°~80°	0.322	Hg化探异常	0.241
志留系茂县群上岩组	0.430	As化探异常	0.321	Cu化探异常	0.236
泥盆系平驿铺组	0.417	重砂白钨矿异常	0.318	构造交点(2-3)	0.224

根据统计结果,已知矿床中,落入信息总量 ≥ 1.0 单元格的占总数的75%;落入信息总量 ≥ 1.2 单元格的占总数的67%。已知的15个中型以上的矿床有14个落入信息总量 ≥ 1.2 单元格。结合信息总量频率分布图(图2),选择信息总量 ≥ 1.2 的单元格为信息总量异常区(图3)。

3.3 找矿预测区圈定与分析

综合信息统计表明,区内与金矿关系密切的地层主要是泥盆系、寒武系、志留系、三叠系、震旦系等;岩浆岩主要是中酸性岩脉;控矿断裂构造有北东、近东西、近南北向,不同方向的构造交叉部位是控矿的有利部位;重砂异常中白钨矿、辰砂矿物组合

及铅矿物组合的指示意义明显;Au、As、Hg、Cu化探异常与金矿关系密切。信息总量异常区主要沿碧口地体周围及玛曲—略阳断裂带分布,目前区内金矿找矿的热点地区(如文县阳山)多在此范围内。

根据信息总量异常区,结合地质、化探异常、重砂测量异常及已知金矿化资料,依以下原则圈出I、II级找矿预测区(表3,图4)。

I级找矿预测区:信息总量异常值高、范围较大,成矿地质条件好,Au、As化探异常发育,一般分布有白钨矿、辰砂矿物组合、铅矿物组合重砂测量异常,已发现小型规模以上的金矿床并且金矿(化)点发育。

① 白万成,邢俊兵,藏忠淑. 基于Arc View GIS的矿床位置预测系统. 2005. 12.

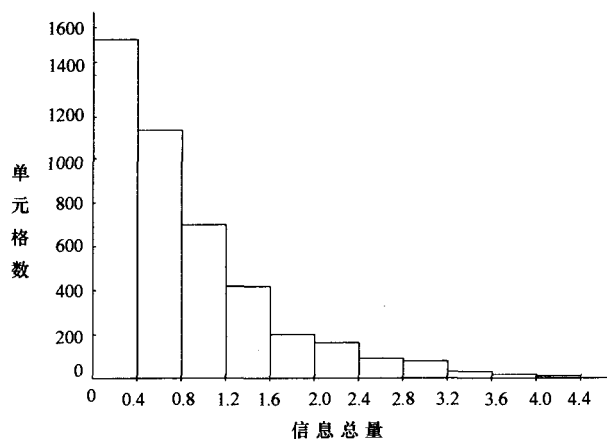


图2 松潘—摩天岭地区信息总量频数分布直方图

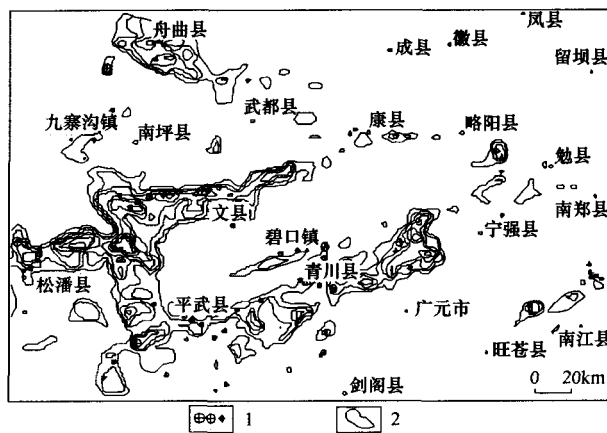
图3 松潘—摩天岭地区信息总量异常等值线图
1—已知金矿床;2—信息总量(≥ 1.2)等值线(等值线间隔0.4)

表3 松潘—摩天岭地区金矿找矿预测区

预测区 编号	成矿地质条件	信息总 量异常	Au、As 化 探异常	重砂异常	已知金矿(化)
I-1	地层以志留系、泥盆系为主,其次有石炭系、二叠系和三叠系;中东部出露志留纪、三叠纪中酸性岩浆岩;复式褶皱构造发育,断裂构造主要有NW向、NE向和近SN向,东部处于武都弧形构造的顶端	异常值高,范围大	发育	辰砂矿物组合	舟曲坪定、白马石等中、小型金矿床和一系列金矿(化)点
I-2	地层主要为三叠系,少量石炭系和二叠系;中酸性岩脉发育;构造以NW向洋布梁子及其次级断裂为主	异常值高,范围较小	As发育,Au较弱	辰砂矿物组合	马脑壳大型金矿和一系列小型金矿和金矿(化)信息点
I-3	地层主要为泥盆系,南部有碧口群;早古生代基性-超基性岩和晚古生代闪长岩发育,主要呈小岩体、岩株等出露;构造以近EW、NNW向断裂和褶皱为主	异常值高,范围较大	Au发育,As较弱	辰砂矿物组合、白钨矿和铅矿物组合	铔厂沟中型金矿床和一系列金矿(化)点
I-4	地层主要为碧口群和下震旦统,少量志留系、泥盆系和石炭系;古生代基性-中酸性岩发育;断裂构造以NW、NNW和NE向为主	异常值高,范围较大	Au发育,As中等	无	何家店杨家坝小型金铜多金属矿床和一系列金矿(化)点
I-5	地层主要为泥盆系,少量碧口群和石炭系;分布有少量三叠纪中酸性岩;构造以NW向(西部)、NE向(东北部)断裂和复式褶皱为主	异常值高,范围大	发育	辰砂矿物组合	阳山、联合村等大、中型金矿及一系列小型金矿和金矿(化)点
I-6	地层主要为三叠系,少量石炭系;构造以近SN向断裂为主,其次为NE和NW向,是不同方向构造交汇部位	异常值高,范围大	发育	辰砂矿物组合、白钨矿和铅矿物组合	东北寨、桥桥上等大、中型金矿和一系列小型金矿、金矿(化)点
I-7	地层主要为志留系、泥盆系、石炭系和三叠系;出露有三叠纪中酸性岩;构造以近EW向断裂为主,其次为近SN、NW向断裂	异常值高,范围大	发育	辰砂矿物组合、白钨矿和铅矿物组合	一系列小型金矿和金矿(化)点
I-8	地层主要为志留系、泥盆系、石炭系,北部出露有碧口群;分布有少量三叠纪中酸性岩;构造以NW、NNW向断裂为主,次为NE向	异常值高,范围大	发育	辰砂矿物组合、白钨矿	银厂大型金矿和一系列小型金矿及金矿(化)信息点
I-9	地层主要为震旦系、寒武系、志留系;出露有中元古代中酸性岩体和中性岩脉;构造以NE向断裂、韧性剪切带和褶皱为主	异常值高,范围大	发育	辰砂矿物组合和铅矿物组合	一系列小型金矿床和金矿(化)点
I-10	地层主要为震旦系、下古生界和泥盆系,西北部有碧口群;出露有志留纪中酸性岩体;构造以NE向韧性剪切带和叠加其上的脆性断裂为主	异常值高,范围大	发育	无	丁家林、天隆大、中型金矿及一系列小型金矿和金矿(化)点
II-1	地层主要为三叠系,少量二叠系;构造以NW向及其次级断裂为主	异常值较低	As发育,Au较弱	辰砂矿物组合和铅矿物组合	二道桥小型金矿和一系列金矿(化)信息点
II-2	地层主要为三叠系和泥盆系;构造以NW向、近SN向和近EW断裂为主	异常值中等	As异常发育	辰砂矿物组合	一系列金矿(化)信息点
II-3	地层主要为碧口群,少量震旦系;分布有元古宙中基性岩、志留纪和三叠纪中酸性岩;构造以NE向韧性剪切带和脆性断裂为主	异常值较高	Au异常发育	无	碧口大型金矿及一系列小型金矿和金矿(化)点。
II-4	地层主要为元古宇浅变质岩系、震旦系和下古生界;出露有元古宙基性-酸性岩和震旦纪中基性岩;构造以NE、NEE、近EW向断裂为主	异常值较高,范围较大	比较发育	白钨矿	一系列小型金矿和金矿(化)点
II-5	地层主要为泥盆系、石炭系和三叠系;构造以近EW向断裂为主	异常值较高	发育	无	一系列金矿(化)信息点
II-6	地层主要为志留系、泥盆系、石炭系,少量三叠系;构造以NW、NE向断裂为主	异常值较高	发育	无	一系列金矿(化)信息点

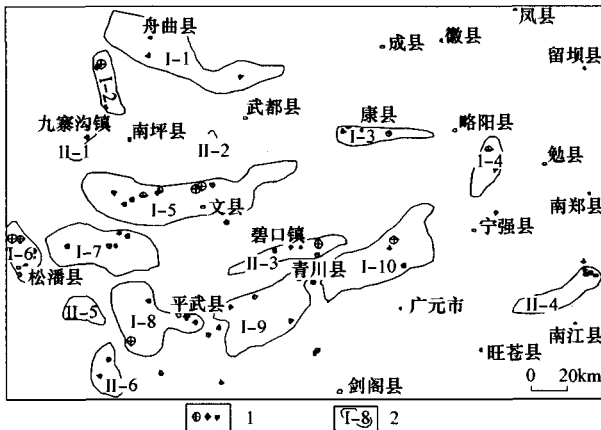


图4 松潘—摩天岭地区金矿找矿预测区

1—已知金矿床;2—找矿预测区及编号

Ⅱ级找矿预测区:信息总量异常值较高、范围较小,成矿地质条件较好,Au、As 化探异常较发育或单一元素异常发育,有或无白钨矿、辰砂矿物组合、铅矿物组合重砂测量异常,已成型金矿床少,金矿(化)点较发育。

4 结果与认识

成矿预测是为了提高找矿的成效和预见性而进行的一项综合研究工作。至今,矿产预测工作已步入信息化建设阶段,基于基础地质、矿产、物探、化探等空间数据库的建设,在 GIS 平台上开发各种数学模型,从而实现综合信息矿产资源快速定量预测评价。而众多的资料信息中,鱼龙混杂,如何选取有用信息并选用合适的数学模型是工作的关键步骤。应用信息量计算法在松潘—摩天岭地区进行金矿定位预测的结果表明,信息量计算法是选取有用标志信息的有效方法之一,并且信息总量异常区总体上反映了成矿的有利地区,如 I-3、I-7、I-8 预测区已被野外实际工作所验证。但是,可否依据信息

总量异常的强弱来划分不同级别的预测区,目前的资料和统计计算还不支持这一点,因此,对预测区的圈定应以信息总量异常区为基础,结合地质、化探异常、重砂异常和已知金矿化等因素综合确定。

[参考文献]

- [1] 张均,吕新彪,杨逢清,等.川西北金矿地质和成矿预测[M].武汉:中国地质大学出版社,2002.
- [2] 董振生,张哲儒,战新志.川西北微细浸染型金矿成矿特点及分布规律[J].地质地球化学,1996,(2):61-64.
- [3] 周绍东,吕古贤,李晓波,等.松潘地区北东向构造及金矿成矿[J].四川地质学报,1997,17(4):256-261.
- [4] 印仁高.松潘地区金矿遥感地质特征研究[J].四川地质学报,1996,16(2):177-179.
- [5] 彭大明.摩天岭隆起区金属矿产查勘浅析[J].黄金科学技术,2003,11(6):1-10.
- [6] 樊春,曾佐勋,周继彬,等.陕甘川邻接区地质构造解译与成矿远景区预测[J].地质与勘探,2001,37(6):14-17.
- [7] 郭俊华,齐金忠,孙彬,等.甘肃阳山特大型金矿床地质特征及成因[J].黄金地质,2002,8(2):15-19.
- [8] 魏刚峰,姜修道,刘永华,等.铀厂沟金矿床地质特征及控矿因素分析[J].矿床地质,2000,19(2):138-146.
- [9] 王可勇,姚书振,张均,等.川西北马脑壳金矿床流体包裹体研究与热液成矿机理探讨[J].岩石学报,2000,16(4):564-568.
- [10] 刘新会,张复新,吕喜旺,等.陕川丁家林—太阳坪金矿地质特征与成矿条件[J].黄金地质,2002,8(4):24-28.
- [11] 李亚东.西秦岭—松潘金三角地区金矿带划分及特征[J].甘肃地质学报,2003,12(1):43-49.
- [12] 付小方,侯立玮.四川南坪马脑壳金矿区的构造与成矿[J].四川地质学报,1997,17(2):115-126.
- [13] 周济元.四川松潘东北寨微细浸染型金矿床的构造动力成因特征[J].火山地质与矿产,1994,15(4):11-20.
- [14] 赵鹏大,胡旺亮,李紫金.矿床统计预测[M].北京:地质出版社,1994.
- [15] 朱裕生,肖克炎,丁鹏飞,等.成矿预测方法[M].北京:地质出版社,1997.
- [16] 周宏坤,丁宗强,雷祖志,等.金属矿床大比例尺定量预测[M].北京:地质出版社,1993.
- [17] 叶天竺.固体矿产预测评价方法技术[M].北京:中国大地出版社,2004.

LOCATING PROGNOSSES OF GOLD DEPOSITS IN THE SONGPAN - MOTIANLING AREA

LI Shao - ru, QING Min, NIU Cui - yi, LI Wen - liang, ZHAO Yu - suo

(Gold Geological Institute, Langfang 065000)

Abstract: Songpan - Motianling area is one of the most important region for gold prospecting. Based on geology, geophysics, geochemistry and remote sensing data, geo - spatial database is established by geographic information system. Through analyses of metallogenic conditions, 78 pieces of indicative information among 6 classes are chosen. Utilizing the information computation of "Deposit Position Indicating System", total information abnormality is contoured. Combined with geological, ore, and geochemical data, locating prognoses for gold deposit are carried out, and practical effects are satisfied.

Key words: gold deposit, locating prognoses, information computation, Songpan - Motianling