

doi:10.3969/j.issn.1674-3636.2010.02.144

基于 GIS 的东准地区金矿找矿有利度分析与远景预测

张伟¹, 陈陵康², 张高强¹, 窦磊¹

(1. 广东省地质调查院, 广东 广州 510080; 2. 西藏地质调查院, 西藏 拉萨 850000)

摘要:以新疆东准地区金矿 GIS 预测为实例, 说明线型异常和面型异常的找矿有利度分析方法, 并给出断裂、有利地层和物化探异常找矿有利度分析的结果。最后, 利用 MapGIS 空间分析工具对东准地区金成矿有利因素进行相交分析, 圈定出 5 个一级金矿远景区, 8 个二级金矿远景区。

关键词:矿产预测; 地理信息系统; 找矿有利度; 空间相关性; 新疆东准

中图分类号: TP391.41; P612 **文献标识码:** A **文章编号:** 1674-3636(2010)02-0144-05

0 引言

新疆东准噶尔地区位于西伯利亚板块与哈萨克斯坦板块之间的相互聚合、拼接部位, 地质构造十分复杂, 有利于金矿的形成, 是我国金矿找矿和采金的重要地区。从 1985 年起, 国家以金和锡为重点矿种重点评价研究了金山沟、南明水、金山、清水等金矿床, 还发现了新的金矿化带、金矿床(点), 如库布苏南矿带、北矿带、三个泉一带的艾盖巴依、三个泉、艾南等金矿床。据不完全统计, 已发现的金矿(化)点达 74 余处, 展现了东准噶尔地区良好的金成矿前景和很大的找矿潜力。

在矿产资源勘查中, GIS 为地质工作者提供了在计算及辅助下的地质、地球化学、地球物理等多源地学信息进行基层管理、综合分析及解释的能力, 成为分析矿产资源潜力并预测成矿有利地段的最佳工具。根据地质异常理论, 池顺都、赵鹏大等人提出了矿产经验预测的方法体系。该体系主要包括: ① 找矿可行地段的划分。② 线型异常、面型异常、组合异常的找矿有利度分析。③ 建立成矿预测空间模型, 并用于确定成矿预测的组合模型。④ 异常有利于预测的数值区间确定及数据合成和不同级别找矿有利度地段的确定。笔者以新疆东准地区金矿产资

源 GIS 预测的实际资料, 深入探讨了断层影响带有效半径的确定和通过各类异常找矿有利度分析选择用于该区矿产预测的有效证据层的论证方法, 最后利用 MapGIS 空间分析进行了金矿远景区预测。

1 成矿信息的找矿有利度分析

找矿有利度分析主要是分析已知矿床(点)的产出与各个成矿信息的相互空间关系。在相关数据搜集齐全之后, 就可以借助于 GIS 应用软件(如 MapGIS)作相应的分析。

在分析各类成矿信息的找矿有利度时, 需引入相应的评价标准: 矿产当量(N)、单位矿产当量(KN)和矿床出现率(F)。

$$KN = N/S \quad (1)$$

式(1)中, S 为某异常的出露面积, 单位为 km^2 ; 单位矿产当量作为表征成矿强度的指标, N 为某异常中的矿产当量, 计算公式如下:

$$N = N_1 \times K_1 + N_2 \times K_2 + N_3 \times K_3 + N_4 \quad (2)$$

式(2)中, N_1, N_2, N_3, N_4 分别为大、中、小型矿床和矿点的个数, K_1, K_2, K_3 为大、中、小型矿床相应的权系数。从公式(2)可知, 所谓矿产当量, 实际上就是将不同规模的矿产地, 折算成相当于矿点规模的矿产地的个数(单位为个)。

收稿日期: 2010-02-21; 修订日期: 2010-04-28; 编辑: 陆李萍

基金项目: 中国地质调查局战略性矿产远景调查项目(矿调[2005]1-7)资助

作者简介: 张伟(1982-), 男, 助理工程师, 硕士, 地球化学专业。

$$\text{矿床出现率 } F = N/N_{\text{sum}} \quad (3)$$

式(3)中, N_{sum} 为一类面状异常中各个异常矿产当量(N)的总和。

1.1 线型异常(断裂)的找矿有利度分析

在研究本区断裂与金矿床(点)关系时,首先要检索出研究区内所有断裂,然后作金矿床(点)与断裂的相交分析。根据相交分析结果,统计金矿床(点)与断层的距离,得到统计直方图(图1)。

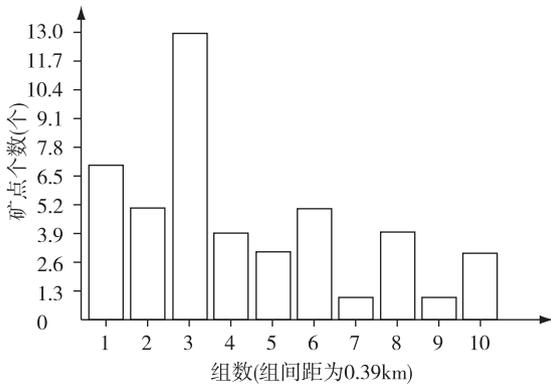


图1 矿床(点)与断层间距统计直方图

由图1可知,金矿床(点)与断层间距在2.34km

范围内集中了大约80.4%的金矿床(点),在3.12km范围内集中了大约91.3%的金矿床(点),为了确定更优的断裂影响带的半径,分别以2.34km和3.12km作缓冲区分析,并对其进行找矿有利度分析(表1)。由表1可以看出,2.34km和3.12km的面积分别为2422km²和2826km²,后者是前者的1.17倍,但在前者范围内产出的金矿点数与后者几乎没有差别。这充分体现在两者之间单位矿产当量(KN)的差异上,前者KN=0.035个/km²,后者KN=0.030个/km²。虽然3.12km包括了较多的金矿床(点),但由于其面积过大,不利于信息的浓缩。综合比较,选择以2.34km为半径的断层影响区作为研究区找矿有利地段圈定的证据层。

1.2 面型异常的找矿有利度分析

在该区中,面型异常是数量最多的异常类型,本区的面型异常有地层异常、化探异常、物探异常等,这些异常通过GIS表述为区文件,利用点与区相交操作、区与点相交操作等空间分析功能,根据其结果来分析本区的矿床和矿床点与各种异常之间的关系。

表1 断层影响带找矿有利度分析

| 缓冲区半径/km | 矿点总数 | 异常面积/km ² | 矿产当量/个 | 单位矿产当量/(个/km ²) | 矿床出现率/F |
|----------|------|----------------------|--------|-----------------------------|---------|
| 2.34 | 42 | 2422 | 84 | 0.035 | 0.568 |
| 3.12 | 43 | 2826 | 86 | 0.030 | 0.581 |

1.2.1 地层找矿有利度分析 在作研究区地层及岩性成矿有利度分析时,首先对研究区各个地层及岩性进行造区,之后应用MapGIS分别检索各个地层及岩性单元,统计各单元的面积,并计算出矿产当量与单位矿产当量(表2)。由于研究区内金矿勘查

研究程度有限,目前已知的矿(床)点总体上规模偏小,以前景不明的矿点为主,现已开采的3处金矿床已探明的地质储量也仅达小型矿床规模。在计算矿产当量N时,根据实际情况,取K1=K2=K3=2,在计算矿床出现率时,取N=148个。

表2 地层找矿有利度分析表

| 地层 | 矿点总数/个 | 异常面积/km ² | 矿产当量/个 | 单位矿产当量/(个/km ²) | 矿床出现率/F |
|-----------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------------|---------|
| 下石炭统(C ₁) | 28 | 1444 | 56 | 0.039 | 0.378 |
| 中泥盆统(D ₂) | 18 | 806 | 36 | 0.045 | 0.243 |
| 超基性岩类 | 0 | 120 | 0 | 0 | 0 |
| 辉长岩类(ν) | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 |
| 花岗岩类(γ) | 1 | 783 | 2 | 0.003 | 0.014 |
| 闪长岩类(δ) | 0 | 45 | 0 | 0 | 0 |

从表2分析的结果看,区内成矿的有利层位下石炭统和中泥盆统成矿强度指数(单位矿产当量 $\times 1000$)分别为39和45,矿床出现率较高,分别为0.378和0.243,为此,将下石炭统和中泥盆统作为重要的地层证据层。

表3 化探组合异常找矿有利度分析表

| 化探组合异常 | 矿点总数/个 | 异常面积/km ² | 矿产当量/个 | 单位矿产当量/(个/km ²) | 矿床出现率/F |
|-------------------------|--------|----------------------|--------|-----------------------------|---------|
| Au、Cu、Fe、Mn 组合 | 9 | 1 152 | 18 | 0.016 | 0.122 |
| W、Sn、Mo、Nb、Ta 组合 | 7 | 532 | 14 | 0.026 | 0.095 |
| Au、Cu、Ni、Pb、Zn、Cr、Co 组合 | 8 | 516 | 16 | 0.031 | 0.108 |

在研究区范围内化探组合异常大体可以分为两大类:一类是与金元素有直接联系的组合异常,其出现是一种耦合;另一类是与金元素无直接联系的组合异常,其出现只是一种套合。前一分析可以称之为金矿点与组合异常的耦合度分析,耦合度越高,异常找矿的专属性越强,也就是说,越容易根据异常找到矿床,分析结果见表4。

表4 化探组合异常耦合度分析表

| 化探组合异常 | 异常面积/km ² | 分析项目 | 矿产当量/个 |
|-------------------------|----------------------|------|--------|
| Au、Cu、Fe、Mn 组合 | 1 152 | ① | 18 |
| | | ② | 48 |
| | | 耦合度 | 0.375 |
| W、Sn、Mo、Nb、Ta 组合 | 532 | ① | 14 |
| | | ② | 48 |
| | | 耦合度 | 0.292 |
| Au、Cu、Ni、Pb、Zn、Cr、Co 组合 | 516 | ① | 16 |
| | | ② | 48 |
| | | 耦合度 | 0.333 |

注:① 元素组合异常范围内的金矿点;② 所有元素组合异常范围内的金矿点;耦合度 = ①/②

表5 物探异常组合找矿有利度分析表

| 物探异常组合 | 矿点总数 | 异常面积/km ² | 矿产当量/个 | 单位矿产当量/(个/km ²) | 矿床出现率/F |
|--------------|------|----------------------|--------|-----------------------------|---------|
| 高重力、高负磁异常组合 | 25 | 148 | 50 | 0.337 | 0.338 |
| 低缓重力、高正磁异常组合 | 1 | 50 | 2 | 0.039 | 0.014 |
| 低缓重力、高负磁异常组合 | 14 | 106 | 28 | 0.263 | 0.189 |
| 低缓重力、低负磁异常组合 | 0 | 20 | 0 | 0 | 0 |

研究区高重力、高负磁异常组合区域主要出露地层为下石炭统陆相中基性火山岩及二叠、三叠、侏

1.2.2 化探组合异常的找矿有利度分析 为了研究方便,将研究区第四系水系沉积物化探组合异常与矿点进行套合,统计各类异常的面积,再分析在异常范围内出现的各类金矿点数,所见矿点情况、矿产当量、单位矿产当量和矿床出现率的分析见表3。

通过表3、表4金矿床(点)出现率和耦合度的分析,将研究区内化探组合异常分为两个大类,亲氧地化区:W、Sn、Mo、Nb、Ta 组合;亲硫地化区:Au、Cu、Fe、Mn 组合和 Au、Cu、Ni、Pb、Zn、Cr、Co 组合。亲硫地化区相对亲氧地化区元素组合异常的矿点出现率与耦合度要高些,在进行找矿有利地段圈定时,亲硫地化区可作为重要的化探异常证据层。

1.2.3 物探异常组合的找矿有利度分析 将布格重力异常与航磁异常进行套合叠加,统计各类异常的面积,再分析在异常范围内出现的各类金矿点数,所见矿点情况、矿产当量、单位矿产当量和矿床出现率的分析见表5。

研究区物探异常大致划分为4个组合:高布格重力、高负磁异常组合;低缓重力、高正磁异常组合;低缓重力、高负磁异常组合;低缓重力、低负磁异常组合。分析结果(表5)表明,高重力、高负磁异常组合的矿床出现率最高,其次为低缓重力、高负磁异常组合的出现率。

罗系地层,低缓重力、高负磁异常组合区域主要出露地层为泥盆系、石炭系浅变质碎屑岩,并有大面积花

岗岩带出露,这与地层有利度分析结果一致。为此,将低缓重力、高负磁异常组合作为重要的物探异常证据层。

2 应用 GIS 进行找矿有利地段的圈定

根据找矿有利度分析,将得到的证据层按表 6

表 6 金矿资源潜力空间分析模型

| 因素 | 地层 | | 断层缓冲区 | 组合化探异常 | 组合物探异常 |
|--------|----------------|----------------|------------|--------|----------|
| 因素权重 | 40 | | 30 | 20 | 10 |
| 证据层 | C ₁ | D ₂ | 0.372 假定单位 | 亲硫元素组合 | 低缓重力、高负磁 |
| 单位矿产当量 | 0.039 | 0.045 | 0.035 | 0.047 | 0.263 |
| 权重(色标) | 19 | 21 | 30 | 20 | 10 |

对表 6 中 5 个数据层按照表中的权重作为色标,在 MapGIS 上作区与区的相交分析,得到这 5 个数据层的叠合图。潜力区级别划分条件为: I 级潜力区的划分必须是有利的地层因素与断层缓冲区相交区域,再加上化探组合异常和物探异常组合 4 种有利因素的组合; II 级潜力区的划分必须是在有利的地层和断层缓冲区相交区域中,

模型进行空间叠加,产生新的证据层,这些新的证据层包含着各种成矿有利程度的信息,是各种成矿有利信息的一种综合表现。模型中在 4 类控矿因素的权重按其对于金矿资源潜力影响的大小赋值,而同一控矿因素中的不同数据层及同一数据层中的不同对象的权重则根据单位矿产当量的大小,按比例给定。

有化探组合异常的地区,或是在有利地层和断层缓冲区相交区域内有物探异常组合的地区。为了得到不同级别的潜力区,需要对叠合图中的区图元作一些归并,根据叠合图上图元色标区间与潜力区划分条件对比分析,将标准定为:大于 64 为 I 级潜力区;54~64 为 II 级潜力区。预测结果见图 2。

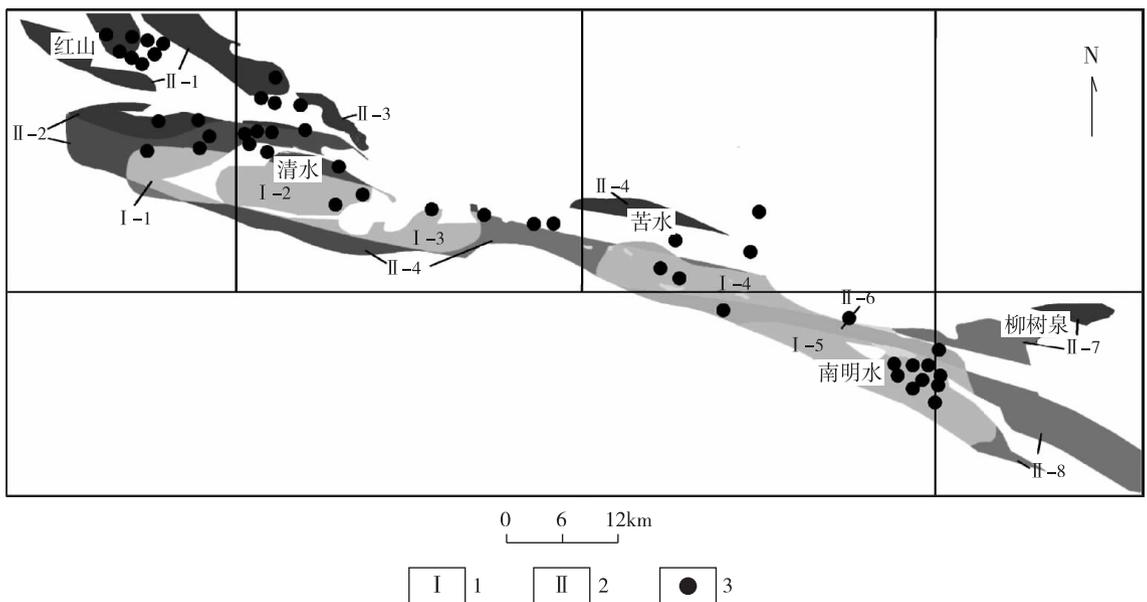


图 2 东准地区金矿预测示意图

1- I 级潜力区;2- II 级潜力区;3-金矿点

3 结 语

图2给出了I级、II级潜力区的空间分布位置以及与已知金矿点的空间位置关系。东准地区金矿潜力区有如下3个特点:① I级潜力区在空间上呈北西向条带状展布,与区域性断裂构造方向一致,分布位置大体上与已知金矿点群位置相近,反映了该区金矿床主要受构造控制的特点。② II级潜力区的空间分布较为零星,呈条带状围绕I级潜力区分布,分布位置大体沿中泥盆统与下石炭统地层展布,反映了该区金矿床受地层影响的特点。③ 所预测的结果,为已有金矿点以及矿点周边进行下一步查证工作提供了依据。其中,I级潜力区是下一步安排找矿工作优先考虑的地区,II级潜力区可优先考虑与金矿点群位置相近的地段,如红山、苦水一带,对距金矿点群较远地段可有选择的进行。

参考文献:

- [1] 张旺生,黄加贵.新疆东准噶尔内生金矿的遥感找矿信息[J].地质科技情报,2003,22(2):77-81.
- [2] 杨富全,吴海.新疆东准噶尔金矿成因类型及地质特征[J].地质找矿论丛,2000,15(1):39-44.
- [3] 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[J].地球科学:中国地质大学学报,1997,22(1):99-103.

- [4] 赵鹏大,池顺都.初论地质异常[J].地球科学:中国地质大学学报,1991,16(3):241-248.
- [5] 赵鹏大,王京贵.中国地质异常[J].地球科学:中国地质大学学报,1995,20(2):117-153.
- [6] 池顺都. GIS经验找矿与求异找矿结合的工具——化探异常找矿效果经验分析[J].地质与勘探,2000,36(1):71-74.
- [7] 池顺都,吴新林.云南元江地区铜矿GIS预测时的找矿有利度和空间相关性分析[J].地球科学:中国地质大学学报,1998,23(1):75-78.
- [8] 赵鹏大,池顺都,陈永清.查明地质异常:成矿预测基础[J].高校地质学报,1996,2(4):361-373.
- [9] 池顺都.应用GIS进行成矿强度和广度的定量分析:以云南澜沧江流域地层成矿分析为例[J].现代地质,1999,13(3):323-328.
- [10] 池顺都,赵鹏大,刘粤湘.应用GIS研究矿产资源潜力——以云南澜沧江流域为例[J].地球科学:中国地质大学学报,1999,24(5):493-497.
- [11] 朱建东,池顺都.新疆阿舍勒铜矿GIS预测时的找矿有利度和空间相关性分析[J].地质与勘探,2006,42(2):60-64.
- [12] 韩春明,李海明.新疆东准噶尔地区金矿找矿远景评价[J].矿物岩石,2001(1):19-22.

Ore-search beneficial degree and prospect prediction of gold deposit in east Junggar region

ZHANG Wei¹, CHEN Ling-kang², ZHANG Gao-qiang¹, DOU Lei¹

(1. Guangdong Geological Survey, Guangzhou 510080, China; 2. Tibet Geological Survey, Lhasa 850000, China)

Abstract: Based on the example of GIS prediction of gold deposit in east Junggar region of Xinjiang, The authors explained the ore-search beneficial degree analysis method on linear anomaly and plane anomaly, presented the results of beneficial degree analysis on fractures, favorable strata and anomalies of geophysics and geochemistry. With MapGIS spatial analysis, the authors made intersecting analysis on east Junggar of Xinjiang to the gold mineralization, and outlined 5 first-grade, 8 second-grade perspective districts of gold deposit in the study area.

Keywords: Mineral prediction; GIS; Ore-finding beneficial degree; Spatial correlation; East Junggar region, Xinjiang