全国金矿找矿远景统计预测

白万成，董建乐
（武警黄金指挥部，北京 100055）

摘 要： 以“全国区域地球化学勘查数据库”、“中国地质工作程度数据库”和“全国1∶250万数字地质图数据库”为数据基础，以“矿床位置预测系统(DPIS)”为工具，将全国划分为7个金矿成矿省，对各成矿省分别建立统计模型，确定主要找矿标志，进行成矿预测，为全国范围的金矿资源潜力评价奠定基础。

关键词： 中国；金矿；成矿预测
中图分类号： P612；P618.51 **文献标识码：** A **文章编号：** 1001-1412(2010)01-0001-04

0 引言

我国推广应用矿床统计预测方法已有20多年的历史[1]，但长期以来两大因素制约了该项技术的使用范围和应用效果。其一，基础地质数据尤其是区域化探数据难以实现共享，使得大面积、跨省区的统计预测无法开展；其二，统计工作量巨大，没有完全实现计算自动化，致使高精度、大面积的统计预测难以实现，更不可能进行多方案的对比、选择，从而影响了应用效果。近年来，局面已经完全改观。在基础数据方面，国家相继建成并开放使用一批全国性的基础地质数据库，如“全国1∶50万数字地质图数据库”、“全国1∶250万数字地质图数据库”、“中国地质工作程度数据库”、“全国区域地球化学勘查数据库”、“全国重砂数据库”等，从根本上解决了数据共享和数据准备问题。在技术手段方面，国内开发出了多种基于GIS平台和矢量数据的统计预测软件，实现了矿床统计预测工作的全面计算机化和自动化[2,3,4]。

如何在当前技术条件下进一步开发、使用这些数据，深入挖掘数据所隐含的找矿信息，是开展新一轮找矿区划工作必须面对的问题。本文简要介绍我们利用国家大型数据库开展全国金矿资源潜力评价工作的一些做法和结果。

1 数据来源及准备工作

鉴于是对全国范围的数据进行分析、处理，所以本次研究的基本比例尺确定为1∶250万，投影采用正轴等角圆锥投影，中央经线110°，标准纬线为25°，47°。数据综合分析处理平台采用基于ArcView GIS的“矿床位置预测系统(DPIS)”[4]。本次研究使用的主要数据、来源和初步整理结果如下：

1.1 地质数据

地质数据来自“全国1∶250万数字地质图数据库”，提取地质体、断层和基础地理要素图层，转换为SHP格式，对部分省区地质体图层中的颜色号、地质符号等字段进行了整理。在DPIS上将分省的图层文件合并为全国的地质图层、断层图层。使用中对“全国1∶250万数字地质图数据库”存在的部分问题进行了修正。

1.2 矿产数据

来自“中国地质工作程度数据库”和GWM 1.0应用系统，提取贵金属、有色金属矿产地数据，保存为SHP格式。利用其中的DBF表在DPIS上投影生成贵金属图层、有色金属图层。由于是进行全国范围的矿床统计预测，我们使用全国大中型岩金矿床作为建立模型的基础，将岩金矿点、矿化点作为找矿标志使用。预测中未使用小型金矿床资料，而将

收稿日期： 2009-02-05
基金项目： 中国地质调查局“全国(分省)矿产资源调查评价综合编图”项目(编号：1212010535802)资助。
作者简介： 白万成(1955-)，男，河南唐河人，硕士，1982年毕业于北京大学，从事金矿地质和找矿预测研究工作。

万方数据

其用来检验预测结果。由于砂金搬运距离变化较大，对岩金矿形成和位置指示意义不够确定，因此本次研究中未使用砂金资料。故下文中如不特别说明，“金矿床”一词均特指岩金矿床。使用中对“中国地质工作程度数据库”矿产地图层存在部分问题进行了修正。

1.3 地球化学数据

来自“全国区域地球化学勘查数据库”，使用多元地学数据管理与分析系统(GeoExpl)，提取 Au，Ag，Cu，Pb，Zn，W，Mo，As，Sb，Bi，Hg 等 11 种元素原始数据，按照距离平方反比法生成 1∶100 万精度(10 km×10 km)的网格化衍生数据，保存为 MDB 格式。然后利用 MDB 数据库中含有 x，y 坐标信息的数据表，在 DPIS 上投影生成网格状分布的点位图。删除我国陆地范围以外的衍生数据点，形成数据点图层。为了消除不同构造单元、不同景观环境元素背景值差异造成的数据台阶效应，使全国的数据能放在一起进行研究，我们采用归一化方法[5]对数据进行先期处理，数据分区以陈毓川等划分的二级成矿带[7]为基础，并综合考虑地球化学景观分区因素。对于大区域范围内化探异常的确定，我们进行了异常下限优化处理[6]，最终确定了各成矿省不同元素的异常下限。

2 成矿省划分

由于中国地域广大，不同地区具有不同的成矿地质条件和金矿分布规律，不宜作为同一个统计预测区，因此我们在研究中，首先划分了成矿省。在陈毓川等划分成矿域[7]的基础上，结合我国金矿成矿的特点，进一步将全国划分为 7 个金矿成矿省，即西北成矿省、东北成矿省、华北成矿省、秦祁昆成矿省、扬子成矿省、华南成矿省、西南成矿省。采用“分区研究、合并成图”的方式，即对各成矿省分别研究各类找矿指示标志，建立不同的找矿模型，分别进行成矿预测和评价。最后在制做成果图时，再将各成矿省的结果合并成全国性图件。

数据综合分析研究使用信息量模型，地质数据比例尺为 1∶250 万，化探数据比例尺为 1∶100 万，设定的单元格大小为 20 km×20 km。将全国(不含台湾省)划分为 23 941 个单元，其中有效单元(指有化探数据分布的单元)17 701 个。

3 地质标志选择

正确设置与选择地质标志是矿床统计预测成败的关键。这里探索用信息量法分类研究各种找矿指示标志，并从中初选地质标志。分析信息量计算公式 $I_{A_j \to B} = \lg[(N_j/N)/(S_j/S)]$可以发现，一种标志所提供的找矿信息量，只与该标志及目标矿种的分布有关，而与其他标志的分布无关。因此就可以单独研究一类标志的找矿信息量并进行对比，筛选出有利的找矿指示标志。

研究中仅使用大中型金矿床作为建立模型的基础，确定含矿单元，而没有使用小型金矿床作为建立模型的参照单元，也没有用其作为找矿标志，目的在于用小型金矿床的分布进行检验，检查预测结果的可靠性。小型矿床的出现，表明该地区具有良好的成矿条件，而且地质历史上有足以形成工业矿体的成矿作用发生。理论上，以大中型矿床为参照建立的预测模型，预测结果指示发现大中型矿床的概率。如果一个区域目前还没有发现大中型矿床，但统计结果显示其找矿信息量很高，且已经发现了一些小型矿床，那么在这个地区找到大中型矿床的可能性就比较大；如果大部分小型矿床都分布在信息量高值区域内，则表明统计模型的可靠程度较高。

分区对 7 个成矿省的地层、侵入岩、断裂、化探异常、有色金属矿床点等 5 类找矿标志分别进行了统计研究，筛选出各成矿省金矿找矿指示标志(表 1)。限于篇幅，各标志的信息量值从略。

分析表 1 不难发现，在地层标志中，除秦祁昆成矿省外，太古宇、元古宇地层具有普遍的找矿指示意义，这反映了我国金矿与古老基底的亲缘关系。各成矿省侵入岩的重要性都很突出，而东部几个成矿省成矿与侏罗纪、白垩纪侵入岩关系更为密切。大多数地区区域断裂与成矿的关系十分密切，只有华南成矿省例外，各方位组断裂对找矿的指示意义都不明显，而扬子成矿省只有近 EW 向、NEE 向基底断裂对找矿才有显著指示意义。在矿产标志中，金矿(化)点、铜、铅矿床点在任何地区都是重要的金矿找矿标志；除东北和扬子成矿省外，银矿床点在其他成矿省都是重要的金矿找矿标志；而在南方的几个成矿省，汞、锑矿则是金矿的重要找矿标志，这反映了我国金属矿床成矿组合的区域性差异。在找矿指示元素组合中，Au，Cu，As，Sb 在各成矿省为重要指示元素，Ag，Hg，Pb，W 也出现在大多数成矿省的找矿指示元素组合中。

万方数据

表 1 各成矿省金矿找矿指示标志一览表

Table 1 Criteria for gold ore prospecting of the seven metallogetic provinces

成矿省	西北	东北	华北	秦祁昆	扬子	华南	西南
地层标志	太古宇、元古宇、奥陶系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系	太古宇、元古宇、奥陶系、志留系、白垩系	太古宇、元古宇、志留系、侏罗系	震旦系、寒武系、志留系、泥盆系、石炭系、二叠系、三叠系、侏罗系、白垩系	元古宇、泥盆系、石炭系、二叠系、白垩系	元古宇、白垩系	太古宇、元古宇、震旦系、寒武系、奥陶系、志留系、泥盆系、二叠系、三叠系
侵入岩标志	元古宙、奥陶纪、泥盆纪、石炭纪、二叠纪、三叠纪	太古宙、元古宙、寒武纪、奥陶纪、二叠纪、三叠纪	太古宙、元古宙、寒武纪、奥陶纪、二叠纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪	太古宙、元古宙、寒武纪、奥陶纪、泥盆纪、三叠纪、侏罗纪	志留纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪	元古宙、奥陶纪、三叠纪、侏罗纪、白垩纪	元古宙、奥陶纪、志留纪、三叠纪、侏罗纪、第三纪
断裂标志 方位(°)	0～20, 80～100, 100～120, 140～160, 160～180	0～20, 80～100, 100～120, 140～160, 160～180	0～20, 20～40, 40～60, 60～80, 80～100, 100～120, 120～140, 140～160, 160～180	20～40, 40～60, 60～80, 80～100, 100～120, 120～140, 160～180	60～80, 80～100		0～20, 20～40, 40～60, 60～80, 80～100, 140～160, 160～180
断裂标志 累计长度(km)	40～60, 60～80, 80～100	40～60	40～60, 60～80, 80～100, ＞100	40～60, 60～80, 80～100, ＞100	40～60, 60～80		60～80, 80～100, ＞100
金属矿产标志	金矿化点,铜,铅,银,钴,镍,钨,锌	金矿化点,铜,铅,镍,铅,钨	金矿化点,铜,铅,银,钴,钼,镍,钨,锌	金矿化点,铜,铅,银,汞,锑,钼,镍	金矿化点,铜,铅,汞,锑,钴,钼,钨	金矿化点,铜,铅,银,汞,锑,钴,钼,锌	金矿化点,铜,铅,银,汞,镍,锡
化探异常标志(下限)	Au(4.5), Cu(40) Pb(43), Zn(104) As(23), Sb(2.5) Bi(0.8)	Au(4), Ag(130), Cu(42), As(30), Sb(3), Bi(0.8), Hg(120), W(4)	Au(4), Ag(150), Cu(39), Pb(44), Zn(105), Sb(2.2), Bi(0.8), Hg(120), W(4.8), Mo(1.7)	Au(4), Ag(180), Cu(41), Pb(40), Zn(110), As(26), Sb(2.7), Hg(140), W(4), Mo(2)	Au(4), Ag(160), Cu(45), Pb(61), As(25), Sb(2.7), Bi(0.9), Hg(130), W(4), Mo(3)	Au(4), Ag(160), Cu(45), Pb(61) As(30), Sb(2.7), Hg(190)	Au(4), Ag(160), Cu(40), As(25), Sb(3), Hg(140), W(4), Mo(2.3)
大中型金矿床数	23	26	174	42	51	62	41

注:①表中"金矿化点"包含金矿点和金矿化点,其他矿种包含矿床、矿点、矿化点;

②金属矿产标志在最后统计预测时,"金"作为独立的标志,其他矿种合并为"有色金属"标志。

4 全国金矿找矿信息量分布

在上述找矿标志选择的基础上,对全国 7 个成矿省分别进行了信息量统计计算,获得了每个统计单元的信息总量数值。为了编制全国金矿找矿远景区划图,必须对以上 7 个成矿省的信息量计算结果合并在一幅图上表达。但由于各成矿省使用的地质标志不同,因此其信息量总量的变化幅度差异很大,不能将其简单合并。为了使各成矿省的异常信息在合并后均能得以显示,我们使用归一化方法[5],对 7 个分区的信息量数据进行处理。经归一化处理后,制作了信息量等值线图(略),并圈定了信息量异常区。图 1 是以 2.2 作为信息量异常下限确定的全国大中型金矿找矿信息量异常分布情况。

万方数据



图 1 全国陆地范围的金矿找矿信息量异常单元分布示意图

Fig. 1 Sketch showing the distribution of gold ore prospecting information anomaly of China's land area

(图中未统计台湾省的金矿找矿信息量异常资料)

经统计,异常区总面积 1 790 900 km^2,占全国(不含台湾省)陆地国土面积的 18.7%,占已完成区域化探地区面积的 25.3%。经检验,有 307 个大中型金矿床位于异常区内,占已知大中型金矿床的 83.9%。另外,有 71.4%的小型金矿床也位于异常区内。因此可以认为,信息量异常区从整体上反映了我国现有资料条件下金矿成矿有利地区的分布,可以作为现阶段开展全国金矿找矿区划的重要参考依据。以上述信息量分布图为基础,结合大地构造背景等因素,在全国共圈定金矿找矿远景区 64 个,编制了"中国金矿找矿远景区划图",并预测了全国金矿资源总量(另文)。

致谢:感谢中国地质调查局王全明研究员、中国地质调查局发展研究中心向运川研究员在本文有关的研究工作中给予的大力支持和协助。

参考文献:

[1] 赵鹏大,胡望亮,李紫金. 矿床统计预测[M]. 北京:地质出版社, 1983.

[2] 肖克炎,张晓华,王四龙,等. 矿产资源 GIS 评价系统[M]. 北京:地质出版社,2000.

[3] 陈永清,汪新庆,陈建国,等. 基于 GIS 的矿产资源综合定量评价[J]. 地质通报,2007,26(2):141-149.

[4] 白万成,臧忠淑. 基于 ArcView GIS 的矿床定位预测系统简介[J]. 地质与勘探,2004,40(3):52-54.

[5] 刘大文. 区域地球化学数据的归一化处理及应用[J]. 物探与化探,2004,28(3):274-279.

[6] 白万成. 区域成矿预测中化探元素异常下限优化探讨[C]. 主攻深部、挺进西部、放眼世界——第九届全国矿床会议论文集. 北京:地质出版社,2008:582-583.

[7] 陈毓川. 中国主要成矿区带矿产资源远景评价[M]. 北京:地质出版社,1999.

(下转第 11 页)

万方数据

(1. *College of resources and civil engineering of The Northeast University, Shenyang* 110004 *China*;
2. *Gold Geological Institute of the Chinese Armed Police Force, Langfang* 065000, *Hebei, China*)

Abstract: The northwest Sichuan province is one of the key regions where the primary gold deposits dominated by the micro-disseminated type of gold deposit are concentrated, such as the large and medium sized micro-disseminated gold deposits at Lianhecun, Gala, Jinmuda etc. and the metallogenic conditions for primary gold deposits is prospective. The study area is situated at the passive continental margin of the east Palaeo-Tethys margin. Here is the stable contiment-margional bay or close bay tubulent basin sedimentary environment. Gold is primarily enriched in the turbidite which was exposed to low temperature dynamic metamorphism during Indo-China period and becomes the source bed of the micro-disseminated gold deposits and magmatism occurs at the margional cataclastic zones as tectonic-magmatic zones and is associated with gold and poly-metal ore. The tectonic movement supply heat source for formation of the gold deposits. The gold deposits were formed under the bi-directional shrinked orogenic backgroumd and controlled by the britle-ductile shear zones. Remote sensing techniques are combined with geochemical survey for location of the gold ore prospecting targets.

Key Words: the northwest Sichuan province; gold deposit; shear zone; micro-dissemination; ore-prospecting direction

(上接第 4 页)

STATISTIC PREDICTION FOR GOLD ORE PROSPECTING IN CHINA

BAI Wan-cheng, DONG Jian-le

(*Gold Headquarters of the Chinese Armed police Force, Beijing*, 100055, *China*)

Abstract: Based on data base of the regional geochemical and geological survey dgree, digital geological map at scale 1 ∶ 2 500 000, the deposit predicting information system (DPIS) is used to classify gold metallogical provinces in China and seven provinces are divided with the statistial modals, main gold ore prospecting criteria established and a sound foundation is laid for the potential gold resources assessment of the whole China.

Key Words: China; gold ore; the gold ore predition

万方数据