

技术 · 方法

# 借用模型法及其在区域找矿预测中的应用

白万成,董建乐

(武警黄金指挥部,北京 100055)

**[摘 要]**“借用模型法”是在区域矿产资源统计预测中,将矿产地质工作程度较高地区统计预测建立的“信息量法”或“证据权法”模型保存下来,对矿产地质工作程度极低地区,通过地质类比,“借用”地质条件相似地区的模型进行统计预测。以昆仑—柴达木成矿带金矿找矿预测为例,通过对比研究,介绍了“借用模型法”及其在区域找矿预测中的应用效果。

**[关键词]**借用模型 昆仑 矿产资源 统计预测

**[中图分类号]** P628 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 10495-5331(2008)04-0060-04

近年来,我国基础地质数据库建设取得重大进展,“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”、“全国 1:20 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”等大型数据库相继建成并开放使用,“全国矿产地质数据库”也即将完成。上述大型数据库的建立、使用,为在新技术条件下开展大区域范围地质资料综合分析和金属矿产成矿预测提供了可能。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,是开展新一轮找矿工作必须面对的问题。

由于自然地理环境和经济发展水平的差异,我国矿产地质工作程度总体上东高西低。西部广大地区尽管已经积累了大量区域地质、地球化学、地球物理等基础地质数据,但矿产地质工作程度很低,矿床发现很少。同时在东部、中部地区长期找矿实践中,又获得了大量关于成矿规律方面的认识,如何在 GIS 平台上实现现有专家知识、海量数据的有机结合,实现矿产地质工作程度极低地区快速优选靶区的目标,是摆在我们面前的一项现实任务。近年来提出的有“Eigenface 法”<sup>[1]</sup>、“专家证据权重法”<sup>[2]</sup>等方法。白万成等在开发“矿床位置预测系统(DPIS)”<sup>[3]</sup>过程中,提出并研制的“借用模型法”,是针对这一问题提出的另外一种解决途径。该方法已经集成在“矿床位置预测系统(DPIS)”中提供用

户使用。

## 1 方法原理简介

矿床统计预测中常用的“信息量法”和“证据权法”都是数据驱动型预测方法,专家知识的应用主要体现在设置地质标志状态<sup>[4]</sup>或证据层上<sup>[5]</sup>,两种方法均要求区域内已经发现有一定数量的目标矿床,而对于矿产地质工作程度很低、目前尚未发现目标矿床或只有很少矿床的地区无法应用。

“借用模型法”是将矿产地质工作程度较高地区使用“信息量法”或“证据权法”进行统计预测中建立的模型保存、积累下来,对工作程度极低地区,通过地质类比,“借用”地质条件相似地区的模型进行统计预测。采用该方法进行统计预测,国内外尚无先例。事实上没有两个地区的地质环境是完全相同的,找到类似地区模型本身就很困难。因此该方法的初衷是将专家知识、成熟地区模型和数据统计相结合,充分利用现有基础地质数据,实现快速优选找矿靶区的目标。

这里以金矿地质工作程度极低的昆仑—柴达木成矿带为例,采用“自建信息量模型”和“借用秦岭地区模型”两种方法计算,进行预测结果对比,从而对“借用模型法”的有效性作出检验。

## 2 研究区金矿成矿地质条件

秦岭成矿带、昆仑—柴达木成矿带同属“秦祁

[收稿日期] 2006-07-11; [修订日期] 2006-10-22。

[基金项目] 中国地质调查局项目(编号:1212010535802)资助。

[第一作者简介] 白万成(1955年—),男,1982年毕业于北京大学,获硕士学位,高级工程师,现主要从事金矿地质和找矿预测研究工作。

昆成矿域<sup>[6]</sup>,但金矿地质工作程度差别极大,自秦岭、柴达木周边、东昆仑、阿尔金、西昆仑,由东向西工作程度依次降低,目前发现的金矿床主要集中在东部的秦岭地段。

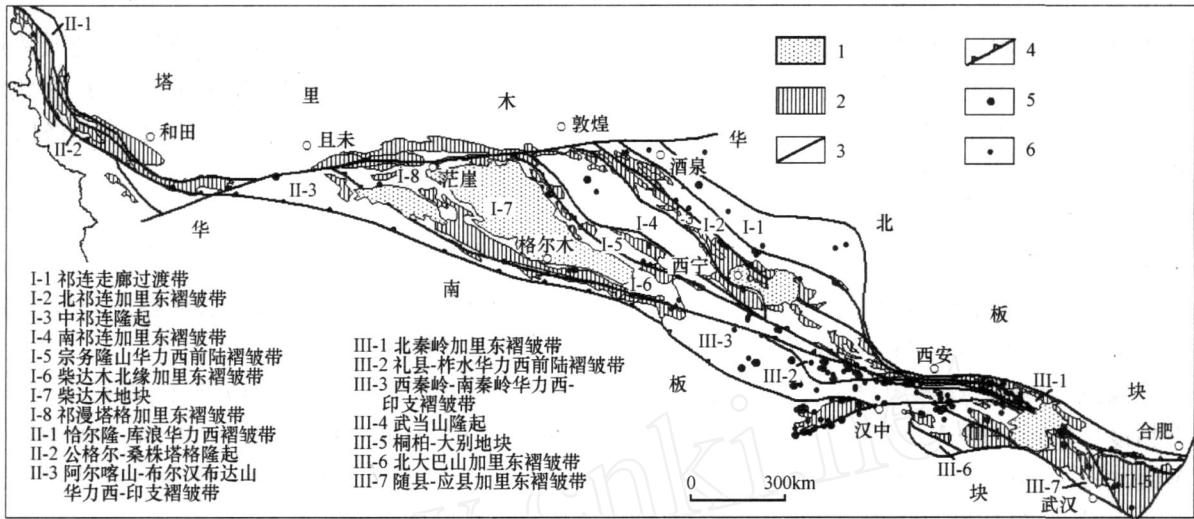


图 1 秦祁昆构造带划分及金矿床分布图 (据程裕淇 1994,改编)  
1—新生界;2—前长城系;3—断裂带;4—俯冲带;5—大中型金矿;6—小型金矿

该区大地构造上属于昆仑—秦岭地区<sup>[7]</sup>(图 1),自西而东可分为 3 个构造单元,其地质构造演化不同,金矿成矿特点各异: 西昆仑华力西造山带:发育元古代结晶基底、中元古代裂谷—岛弧火山沉积建造、华力西期中酸性侵入岩,中生代受其南侧造山作用影响,表现出活化特征,发育燕山期侵入岩,金矿地质工作程度很低,已知岩金矿较少,其北缘有砂金产出,推测具有一定的找矿潜力,重点寻找产于中酸性侵入体接触带及其附近的岩浆—热液型金矿和韧性剪切带型金矿。 东昆仑造山带,包括柴达木加里东造山亚带、阿尔金加里东造山亚带、东昆仑华力西—印支造山亚带。柴达木亚带和阿尔金亚带相似,元古宇变质岩原岩为一套引张环境下形成的富含热水沉积含金炭质岩系,是重要的矿源岩。受南侧中生代造山作用影响,活化特征明显,发育加里东—华力西—印支—燕山期花岗岩类侵入体,为金成矿提供了热动力和部分矿源,典型金矿有青海海西洲滩间山、都兰县五龙沟等。东昆仑带奥陶—志留系、早中三叠系分别富含中基性、中酸性火山物质,是重要的金矿物质来源,主要金矿类型为产于花岗岩类岩体接触带及其附近的岩浆—热液型金矿,如开荒北金矿床。 秦岭—大别造山带:包括北部的加里东造山亚带和南部的华力西—印支造山亚带。北部加里东亚带成矿环境与祁连造山带相似,主要金矿类型有产于晚元古代含炭浅变质岩中的沉

积—变质热液型金矿,如陕西葫芦沟,河南桐柏县银洞坡、老湾,侏罗纪中酸性火山岩型金矿,如安徽霍山县东溪。南部华力西—印支亚带元古界碧口群、秦岭群、宽坪群、武当群、耀岭河群变质岩原岩富含中—基性火山物质,泥盆系为一套富含金、铅锌多金属的热液盆地沉积变质含炭碎屑岩、碳酸盐岩和泥质岩,中上三叠统新都桥组为黑色含炭泥质岩系,是区内主要含矿层位。主要岩金矿类型为: 产于印支期、燕山期花岗岩类岩体接触带及其附近的岩浆热液型金矿,如陕西礼县礼坝、四川玛曲县大水; 产于中浅变质岩中的岩浆—构造热液型金矿,如甘肃岷县寨上、文县阳山,陕西勉县李家沟、略阳县煎茶岭、太白县双王、周至县马鞍桥、镇安县金龙山; 次火山岩型,如河南淅川县毛堂、镇平县祁子堂; 变质热液型金矿,陕西汉阴县黄龙,湖北竹山县银洞沟,四川平武县金洞沟。

上述 3 个构造单元主体形成于加里东—印支期,受燕山期—喜马拉雅构造运动影响,表现出明显活化特征。燕山期活化强度总体自西向东逐步增强。

3 基础数据来源及整理

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体图层、断层图层。

矿产数据:来自“中国地质工作程度数据库”GWM 1.0应用系统,提取贵金属、有色金属数据,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,并检索生成岩金矿床图层。预测中使用大中型岩金矿床作为建立模型的基础,将岩金矿点、矿化点一起作为找矿标志使用,将小型金矿床用来检验预测结果。

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(Geo-Exp1),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100万精度(10km×10km)的网格化衍生数据,保存为MDB格式。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,形成数据点图层。然后,按照陈毓川划分的二级成矿带<sup>[6]</sup>划分数据单元,对数据进行了归一化处理<sup>[8]</sup>。

单元格划分:由于此次研究使用的地质数据精度为1:250万,化探数据精度为1:100万,因此设定的单元格大小为20km×20km,每个单元格内正好有4个化探数据点分布。

4 借用模型与自建模型对比研究

统计预测采用信息量法,找矿标志分析、统计预测全部在DPIS上完成。

秦岭地区单元总数(S)963个,有效单元(有化探数据分布的单元)数932个,共34个大中型金矿床分布于27个含矿单元中。经筛选的找矿标志及信息量排序情况列于表1。

表 1 秦岭地区找矿标志信息量模型

标志类别	标志状态	Nj	Sj	信息量	排序	标志类别	标志状态	Nj	Sj	信息量	排序
地层	泥盆系	21	271	0.442	9	矿产	汞镍铅锑银矿床点	10	160	0.348	18
	二叠系	16	238	0.380	14		金矿点矿化点	8	131	0.338	20
	石炭系	14	225	0.346	19		Cu异常	9	77	0.620	4
	志留系	10	174	0.312	24		Au异常	16	146	0.592	5
岩浆岩	寒武纪岩体	1	1	1.552	1	地球化学	Hg异常	9	118	0.435	10
	泥盆纪岩体	2	12	0.774	2		W异常	2	28	0.406	11
	太古宙岩体	1	11	0.511	7		Pb异常	2	29	0.391	12
	奥陶纪岩体	4	47	0.482	8		Bi异常	4	59	0.383	13
	三叠纪岩体	11	196	0.301	25		Sb异常	8	124	0.362	15
断层	交点数 7 - 18	7	51	0.690	3		Zn异常	6	99	0.335	21
	累计长度 >80km	12	127	0.528	6		Ag异常	5	86	0.317	22
	走向 60 - 80度	12	188	0.357	16		As异常	13	224	0.316	23
	走向 160 - 180度	7	110	0.356	17						
	走向 80 - 100度	19	352	0.284	26						

昆仑—柴达木地区有效单元947个,大中型金矿床3个,分布于3个含矿单元中。利用这3个矿

床作为模型参照单元,单独建立的信息量模型列于表2。

表 2 昆仑—柴达木地区找矿标志信息量模型

标志类别	标志状态	Nj	Sj	信息量	排序	标志类别	标志状态	Nj	Sj	信息量	排序
地层	泥盆系	2	143	0.754	7	断层	走向 120 - 140度	2	330	0.390	19
	侏罗系	2	150	0.733	9		走向 80 - 100度	1	202	0.302	22
	三叠系	1	167	0.385	20		走向 140 - 160度	1	224	0.258	25
	石炭系	2	352	0.362	21	矿产	金矿点矿化点	1	18	1.353	1
	二叠系	1	207	0.292	23		银钼锑汞铅镍铜矿床点	1	96	0.626	12
岩浆岩	寒武纪岩体	1	20	1.307	2	地球化学	Au异常	2	97	0.922	4
	奥陶纪岩体	2	74	1.040	3		As异常	2	126	0.808	5
	泥盆纪岩体	1	73	0.744	8		Mo异常	1	84	0.684	10
	元古宙岩体	1	214	0.277	24		Hg异常	1	85	0.678	11
断层	走向 160—180度	1	67	0.782	6		Sb异常	1	124	0.514	15
	交点数 2 - 18	1	98	0.617	13		Pb异常	1	127	0.504	16
	走向 100 - 120度	3	307	0.598	14		Cu异常	1	155	0.417	18
	累计长度 >40km	2	268	0.481	17						

由于昆仑—柴达木地区含矿单元数量很少,建立的模型有一定的局限性,但仍然可以作为分析对比的基础。对比分析表 1 和表 2,在地层标志中,泥盆系、石炭系、二叠系均为找矿标志,特别是泥盆系,信息量综合排序均在前 10 位以内,反映出晚古生代地层与金矿成矿的密切关系。在岩浆岩标志中,寒武纪、奥陶纪、泥盆纪岩体均为找矿标志,但其数量有限,找矿指示意义不很重要。而表 1 中三叠纪岩体和表 2 中元古宙岩体,则反映了两地区成矿环境的差异。在断层标志中,断裂交点数(代表复杂程度)、累计长度(代表发育程度)、近南北向断层和近东西向断层均为指示标志,昆仑—柴达木地区多个方向的断层也有找矿指示意义。金矿点、有色金属矿床点均为指示标志,但在工作程度很低的昆仑—柴达木地区显得更为重要。在化探标志中,Au、As、Hg、Sb、Cu、Pb(中低温元素)均为重要的指示元素,W、Mo、Bi 等(高温元素)虽在不同地区有一定找矿指示意义,但分布范围有限,意义不大。

从上述分析可以看出,尽管秦岭地区和昆仑—柴达木地区在找矿指示标志上有一些差异,但大量的指示标志是相同的,尤其是地层、化探异常、断裂,这些分布广、影响大的标志的一致性,决定了在这两个地区之间“借用模型”进行找矿预测是可行的。

图 2 显示了昆仑—柴达木地区自建模型和借用模型时信息量的分布情况。借用模型进行计算,就是假定该区尚没有矿床被发现,仅仅使用该区的地质数据、化探数据、有色矿床点分布数据,借用秦岭地区建立的模型计算信息量。对比图 2 - A 和图 2 - B 相应部分不难发现,信息量异常的位置和相对高低几乎没有实质性的变化,均集中出现在柴达木周边、西昆仑的东段、西昆仑西段的西北端及西南缘。如果从确定找矿远景区的意义上来看,二者几乎没有差别。

5 结论

上述对比研究表明,在区域成矿条件对比研究

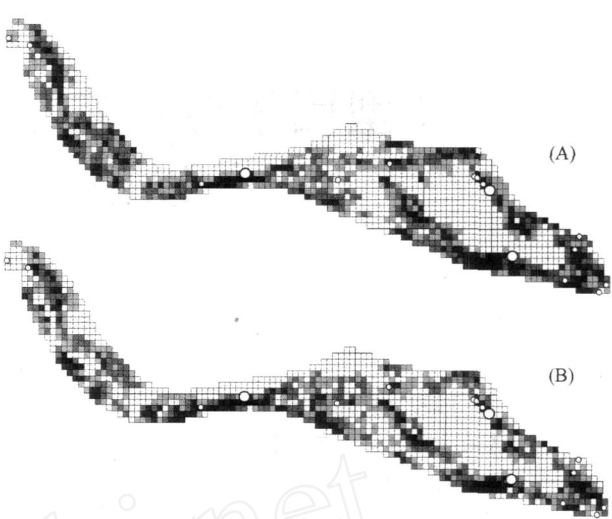


图 1

的基础上,在区域地质数据、区域化探资料具备的情况下,在矿产地质工作程度较高地区建立的模型,可以用于成矿条件相似、但矿产地质工作程度极低地区的找矿预测。在大区域、中小比例尺找矿预测中,“借用模型法”可以作为矿产地质工作程度极低地区矿产勘查战略选区的有效方法使用。

[参考文献]

[1] 张振飞,高凤亮,马智民,等. GIS支持的 Eigenface法——适于只有一个模型单元时的矿产定量预测方法[J]. 地质与勘探, 2001, 37 (6) : 51 ~ 54.

[2] 丁清峰,孙丰月. 专家证据权重法及其在东昆仑地区的应用[J]. 地质与勘探, 2005, 41 (4) : 88 ~ 94.

[3] 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.

[4] 赵鹏大,胡望亮,李紫金. 矿床统计预测[M]. 北京:地质出版社, 1994.

[5] 苏红旗,肖克炎,王四龙. 基于 GIS的证据权重法矿产预测系统[J]. 地质与勘探, 1999, 35 (1) : 44 ~ 46.

[6] 陈毓川主编. 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.

[7] 程裕淇主编. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社, 1994.

[8] 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.

BORROWED MODEL METHOD AND APPLICATION IN METALLOGENIC PROGNOSIS

BAI Wan - cheng, DONG Jian - le

(Gold Headquarters, Chinese Armed Police Forces, Beijing 100055)

**Abstract:** Borrowed model method is a techniques of metallogenic prognosis based on statistic in an area with rare geo - exploration activity, which uses the former models of “weights of evidence modeling” or “amount of information modeling” setting up from higher prospecting region with the similar metallogenic geologic background. The method and it’s usage are introduced through gold metallogenic prognosis in the Kunlun - Chaidamu region.

**Key words:** borrowed model, Kunlun area, mineral resources, statistic prognosis