维普资讯 http://www.cqvip.com

专家证据权重法及其在东昆仑地区的应用

丁清峰,孙丰月
(吉林大学地球科学学院,长春 130061)

[摘 要]证据权重法是基于GIS矿产资源评价的主要方法之一,在东昆仑地区应用该方法后发现其结果和东昆仑地区的总体找(成)矿潜力实际情况不相符,研究后认为其原因是没有考虑东昆仑地区地质研究程度低、研究程度不均一且地质构造背景差异大等客观事实。为此,我们将东昆仑地区的基础地质、区域成矿规律及典型矿床研究等方面取得的认识("知识系统")和"证据权重法"结合起来,提出并建立了一个"专家证据权重法"矿产资源定量预测评价系统,该系统实际上相当于一个专家系统,其根据知识系统对各证据因子赋权重的过程体现了地质专家的思想。我们将该系统应用到东昆仑地区获得了满意的结果,这对其他研究程度低地区进行矿产资源评价工作具有重要的指导和借鉴意义。

[关键词]东昆仑 专家证据权重法 矿产资源评价
[中图分类号]P628 [文献标识码]A [文章编号]0495-5331(2005)04-0088-07

通过近几年在东昆仑地区开展研究工作,我们对东昆仑地区的基础地质、区域成矿规律及典型矿床研究等方面都取得了重要进展,且与之有关的东昆仑空间数据库已经建设完成,它们是在东昆仑地区开展矿产资源评价工作的基础。在矿产资源评价方面,基于GIS的矿产资源评价方法是进行矿产资源评价的快速而有效方法,具有传统矿产资源评价方法无法比拟的优点。其中Agterberg等[1,2]和Bonham Carter等[3~5]提出的证据权重法(Weights of Evidence),是基于GIS的矿产资源评价的主要方法之一,目前在世界各国都得到了广泛的应用[6~11]。相对于其他方法而言,其对证据因子权重的解释通俗易懂,其计算结果后验概率即为成矿概率,直观明了,显示出实用、易用等优势。

但是,传统的证据权重法一般都是依据数据驱动、应用于研究程度较高地区,我们称之为"统计证据权重法"。在东昆仑地区应用该方法后发现其结果和东昆仑地区的总体找(成)矿潜力实际情况不相符,研究后认为其原因是没有考虑东昆仑地区地质研究程度低、研究程度不均一且地质构造背景差异大等客观事实。为此,我们提出并建立了一个"专家证据权重法"矿产资源预测评价系统,该系统实际上是一个专家系统,可将东昆仑地区的基础地质、区域成矿规律和典型矿床研究等方面取得的认识(相当于一个"知识系统")和纯数学统计方法(证据权重法)结合起来进行矿产资源定量预测与评价。本文应用该系统成功地对东昆仑地区金等矿种进行了矿产资源定量预测与评价工作,获得了满意的结果。该系统的原理、实施方法和步骤以及应用效果,对在其他研究程度低地区开展矿产资源评价工作具有重要的指导和借鉴意义。

1 东昆仑地质概况

研究表明,东昆仑造山带隶属于柴达木陆块南缘[12],区内东昆北、东昆中及东昆南三条区域性断裂带呈近东西向平行展布,前人一般据此将东昆仑造山带划分为东昆北、东昆中和东昆南3个构造带[13,14]。孙丰月等[15]研究后认为东昆仑地区3个构造带的地质含义实际上是东昆北加里东弧后裂陷带、东昆中基底隆起和花岗岩带及东昆南复合拼贴带,再往南即为巴颜喀拉构造。该造山带经历了多期次的边缘造山作用,具有复杂地球动力学演化史。而东昆仑东西延伸的构造格局控制形成了四个东西向延伸的Ⅲ级成矿带。在综合考虑矿床的成矿条件

[收稿日期]2004-11-02;[修订日期]2005-03-15;[责任编辑]曲丽莉。
[基金项目]中国地质调查局地质调查项目"新疆-青海东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向综合研究"(编号:200110200021)及"东昆仑成矿带重大找矿疑难问题研究"(编号:200310200012)联合资助。
[第一作者简介]丁清峰(1976年-),男,2004年毕业于吉林大学,获博士学位,讲师,现主要从事热液矿床成矿理论及预测方面的科研和教学工作。

维普资讯 http://www.cqvip.com

和保存条件基础上,结合各类找矿信息的综合分析,孙丰月等[15]把这几个成矿带的总体成(找)矿潜力由大到小排列如下:东昆南成矿带 > > 东昆北成矿带≈阿尼玛卿 - 巴颜喀拉成矿带 > > 东昆中成矿带。相对于东部其他造山带而言,东昆仑造山带总的来说地质研究程度低、研究程度不均一且地质构造背景差异大。

2　东昆仑成矿带空间数据库建设

中国地质调查局地质调查项目"新疆 - 青海东昆仑成矿规律与找矿方向综合研究"为本文的依托项目之一,东昆仑成矿带空间数据库的建设是其重点内容之一,它是完全依照中国地质调查局《全国重要成矿带综合研究项目空间数据库建设工作方法指南》(2001)建立的。数据库的内容包括基础地理底图数据库、数字地质图空间数据库、矿产地数据库、化探数据库和重力数据库等几方面内容[15],这些数据是利用国产 GIS 软件 Mapgis6.1 集中管理的,它们是我们进行基于 GIS 的矿产资源评价工作的基础。

3　统计证据权重法在东昆仑的应用及其局限性

由于前人多应用统计证据权重法进行矿产资源评价工作,且在东昆仑地区已经发现了一定数量的矿床(点),前人也做了相当多的地质、矿产等方面的研究工作,因此,我们首先尝试在该地区开展统计证据权重法的矿产资源评价工作。

3.1　区域找矿模型

应用基于 GIS 的矿产资源评价工作的前提之一是建立科学、实用的区域找矿描述性模型。根据孙丰月等[15]研究成果,我们总结出了东昆仑造山带区域找矿模型如下:

(1) 主要矿种集中在 Cu、Co、Au 3 种,其他矿种次要。(2)各成矿带中控矿地层各异,以下赋矿地层与矿关系密切,包括滩间山群、金水口(岩)群、缔敖苏组、布青山群、纳赤台群、万宝沟群和巴颜喀拉山群。(3)控矿岩浆岩(侵入岩)主要以印支期中酸性侵入岩为主,其他时期中酸性侵入岩次要。(4)主要控矿构造为近 EW 或 NW(NWW)向。(5)指示有矿的重力异常为密度异常区为主,即主要为高密度体内的低密度体或低密度体内的高密度体。(6)指示有矿的航磁异常为正异常。(7)与矿化有关的地球化学异常主要有 Cu、Co、Au、As、Sb 、Pb 和 Zn。

3.2　证据权重法的应用

根据区域找矿模型以及数据库数据分布范围,我们选择的预测研究区仅限于青海东昆仑,预测矿种主要包括 Cu、Co、Au。实现证据权重法的软件为互联网上免费的 Arcview3.x 下的空间数据分析扩展模块 Arc - WofE[16]。

通过参数设置、证据因子选择及定量化、证据因子的条件独立性检验及正负权重计算,最后对研究区进行了后验概率计算,计算结果用灰阶图(图 1)表示,理论上反映了青海东昆仑地区的 Cu、Co、Au 等矿产资源成矿概率的分布情况。

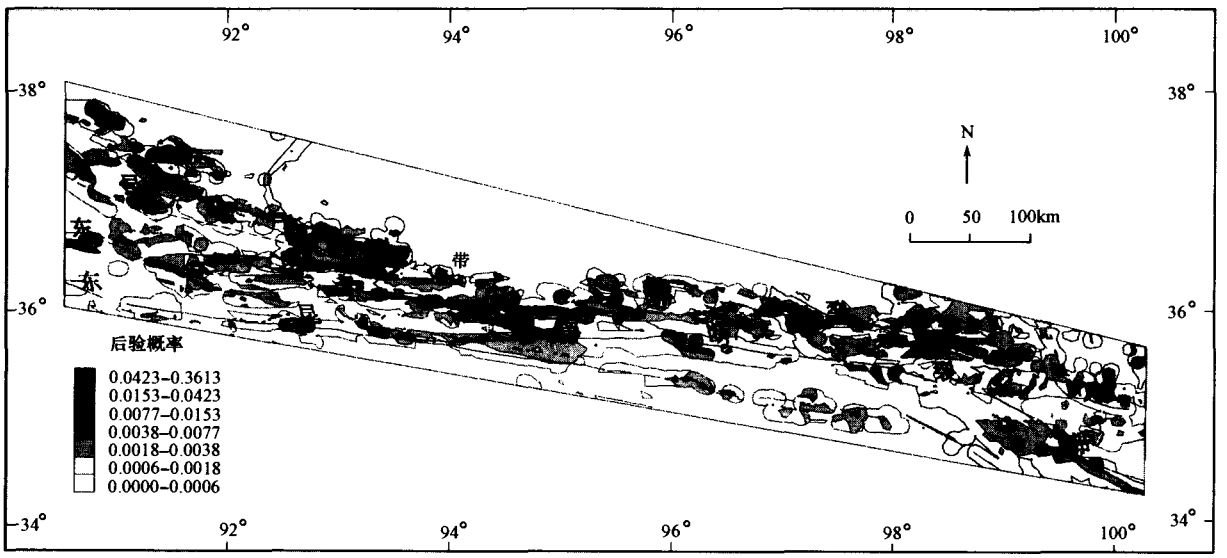


图 1　青海东昆仑统计证据权重法金矿预测后验概率灰阶图

维普资讯 http://www.cqvip.com

3.3 统计证据权重法应用的局限性

从统计证据权重法得到的后验概率灰阶图(图1)可以看出,后验概率大的区域主要集中在东昆北带和东昆中带,东昆南带后验概率大的区域较少,而巴颜喀拉带内后验概率大的区域几乎没有,这和孙丰月等[15]确定的东昆仑地区各成矿带成(找)矿潜力实际情况不符,说明在东昆仑地区应用统计证据权重法进行矿产资源评价效果不好,其原因我们认为主要有如下三方面。

1) 东昆仑地区研究程度低。东昆仑地区总的来说地质和矿产研究程度都很低,目前发现的矿床(点)的数量太少,且对各个矿(床)点的研究程度也不够,缺乏统计证据权重法需要的一定数量的统计样本单元,故最终利用统计证据权重法进行预测会导致结果出现了很大偏差。

2) 东昆仑地区研究程度不均一。东昆仑地区地质工作方法和工作区段还存在明显的不均衡性和不对等性,这些也直接反映在东昆仑空间数据库中,势必造成已知矿床(点)及证据因子(找矿信息)分布上的不均匀,最终影响统计预测结果。

3) 地质构造背景差异大。东昆仑地区存在区域地质背景有明显差异的4个构造带,各个构造带经历了复杂而又不同的地球动力学演化史,导致发生不同的区域成矿作用,势必造成各个构造带(成矿带)内矿种及矿床类型出现巨大差别,这就导致应用统计证据权重法时证据因子的选择标准难统一。

4 专家证据权重法的提出

4.1 专家证据权重法的提出

为弥补基于纯数学统计的统计证据权重法在东昆仑地区应用的局限性,我们必须将东昆仑地区的基础地质、区域成矿规律和典型矿床研究等方面的认识(知识系统)和纯数学统计方法(诸如统计证据权重法)结合起来进行矿产资源定量预测与评价。因为我们在东昆仑地区利用统计证据权重法进行矿产资源预测评价时,使用的软件是 Arc - WofE[16],我们发现该软件不仅提供了实现统计证据权重法的所有功能,还有一个"Expert Weights"选项,可不依据已知矿床(点),而依据地质专家的认识人为地为各证据因子赋权重,其最初目的用于不能获取足够训练点的研究程度低地区。不过前人没人用它开展过实际的矿产资源评价工作。

因此,我们据此提出并建立了一个"知识系统"和"证据权重法"相结合的"专家证据权重法"矿产资源定量预测评价系统,其特点在于对研究区基础地质、区域成矿规律和典型矿床等方面的详尽研究(知识系统),以及如何依据这些研究成果和认识对各证据因子赋权重值,该系统体现了地质专家的思想,实际上相当于一个专家系统。其优点在于避免了统计证据权重法完全依据数学统计不考虑研究区地质矿产方面的特殊性来进行矿产资源评价的缺点,又可充分利用现有的证据权重模型这一优秀数学统计模型,最终实现对研究程度较低地区快速而有效地进行矿产资源定量预测评价工作。

可见,证据权重法实际上可以有两种应用类型,即统计证据权重法和专家证据权重法,它们之间最大的区别在于:前者建立模型的证据因子需满足条件独立性检验,且其权重是根据已知矿床(点)统计出来的;后者建立模型的证据因子权重是由地质专家根据知识系统人为设定的,且无须对证据因子进行条件独立性检验。

4.2 专家证据权重法的实施步骤与方法

通过和统计证据权重法对比,我们总结出专家证据权重法的实施步骤如下(图2):从图2中可以看出,除了证据因子权重获得方式不一样外,专家证据权重法和统计证据权重法的其他步骤和方法几乎完全一样,专家证据权重法的证据因子的权重必须由地质专家根据知识系统来确定。不过,应用专家证据权重法虽然不需要根据已知矿床(点)数作为训练点来统计各证据因子的权重,但同样需要定义虚拟矿床(点)作为训练点来控制各证据因子的权重值,因为各证据因子的权重值不能直接设定,需靠人为控制各证据因子存在区的虚拟矿床(点)数的百分比来定义,其中虚拟矿床(点)或称虚拟训练点并不是实际存在的矿床(点),也没有具体的地理位置,仅供设定证据因子权重用,设定办法具体的来说就是通过调节各证据因子存在区内虚拟训练点所占百分比来控制该证据因子的正权重,这样,该证据因子不存在区内虚拟训练点所占百分比也就是确定的,即其负权重也随即确定。这是因为单元格面积足够小时,证据因子的正权重 W^+ 实际上就是 Elliot 等(1992)定义的点"标准化密度"即 ND 的自然对数[16],其中:"ND = 证据因子中矿床(点)数占总矿床(点)数的百分比/证据因子存在区面积占研究区总面积的百分比"。

4.3 证据因子权重设定原则

我们知道,证据权重法中证据因子正权重与负

维普资讯 http://www.cqvip.com

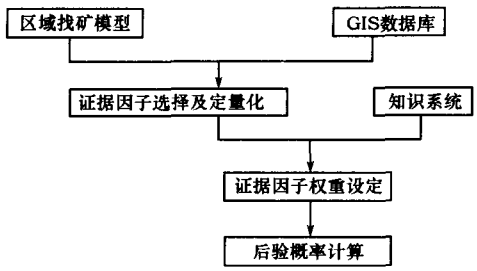


图2　专家证据权重法实施流程图

权重之差C值的大小表示该证据因子(找矿标志)的找矿指示性好坏,它是一个总体检验证据因子与矿床(点)之间空间相关性好坏的数值。并且通常来说,证据因子正负权重的绝对值在0~0.5之间,具有一般指示性;0.5~1之间,具有中等指示性;1~2之间,具有强指示性;>2时,具有极强指示性[16]。根据这个原则,我们在应用专家证据权重法时,为证据因子赋正权重值时做如下约定:找矿指示性最好的证据因子设定其正权重为2.5左右;指示性较好的设定其正权重为1.5左右;指示性一般的设定其正权重为0.75左右;指示性较差的设定其正权重为0.25左右。不过,由于正权重只是近似为ND的自然对数,故实际上最终计算出的各证据因子正权重只是接近上述约定的值。

5　专家证据权重法在东昆仑的应用

由于专家证据权重法可以按单矿种进行,限于篇幅所限,我们以东昆仑地区的金矿定量预测与评价为例,介绍专家证据权重法在该区的应用步骤和应用效果,最重要的是突出各证据因子权重的设定办法。

5.1　金矿区域找矿模型

结合前人资料和野外及室内研究成果[15],我们总结出如下金矿区域找矿模型(表1)。

5.2　参数设置

在进行专家证据权重法计算之前,也要先进行参数设置,其中研究区还是青海东昆仑;为了使单元格面积足够小,我们将其设置为1km^2;虚拟训练点数一般设置为100个[16],故可计算出先验概率为0.0007。

5.3　证据因子的选择、定量化及权重设定

根据区域金矿找矿模型(表1),结合上述证据因子权重设定原则,我们在东昆仑地区应用专家证据权重法时,力争使各类型证据因子的选择及其权重的大小综合地反映出区域金矿找矿模型、区域成矿规律及矿床的成矿条件与保存条件等多因素(知识系统)的制约,避免权重选择和设定的主观性;并且,一些需要做缓冲分析的证据因子我们均借鉴在青海东昆仑地区应用统计证据权重法时采用的参数,具体情况如下:

1)已知矿床(点)的存在显然是指示有矿的最直接标志,我们将矿产地(点文件)做缓冲分析得到矿产地的面文件,其缓冲半径我们设定为5km,相信可以覆盖和代表一个矿区范围。其正权重设定为2.5左右。

2)重力和航磁:布格重力异常(异常下限-430×10^{-5}m/s^2)和重力线环构造(二阶导数正值区)由于比例尺太小,且和矿的关系不是特别明确,其指示性较差,故设定二者的正权重均为0.25左右;航磁异常(零值线为异常下限)虽然都显示正异常与矿关系密切,但由于数据覆盖面积小,故要将其信息弱化,也设定其正权重为0.25左右。

3)化探异常:根据我们的研究,金地球化学块体分布特征有较好的找矿指示性,故将它们的正权重应设定为1.5左右;其他化探元素组合笔者用统计证据权重法时因子分析得到的Factor1(Cu、Au、As和Sb组合)因子得分异常图(1为下限)来代替,它们也有一定的找矿指示性,设定其正权重为0.75左右。

4)EW和NW向断裂构造和成矿关系密切,其对热液金矿床的控制作用显著,但是从数据库中提取出来的为区域性构造,故其找矿指示性一般,设定其正权重为0.75左右,其缓冲半径我们用统计证据权重法时计算出来的最佳半径6km。

5)因为金矿的主要类型为热液脉型(造山型),故控矿岩浆岩的控矿作用占主导作用;其中又以印支期中酸性侵入岩为主,其次为燕山期、海西期和加里东期的,分别设定它们的正权重为1.5,0.75,0.25和0.25。我们认为中酸性侵入岩受剥蚀深度影响较大,故想通过缓冲分析进行如下处理。以印支期中酸性侵入岩为例,其缓冲半径在我们应用统计证据权重法时计算出来最佳半径是5km;在进行专家证据权重法时,我们考虑到各成矿带的剥蚀深度的不同,故将其在不同成矿带内选择不同的缓冲半径做缓冲分析;孙丰月等[15]研究表明巴颜喀拉成矿带剥蚀深度小,其内的侵入岩露头数量少且面积小,以岩枝、岩脉或岩株为主,其下可能存在未剥蚀出来的大岩基,故我们设定其缓冲半径为10km;剥蚀深度稍大的东昆南成矿带内的侵入岩,我们设定其缓冲半径为5km;东昆中带和东昆北带

维普资讯 http://www.cqvip.com

侵入岩出露数量多且面积大，多为岩基，不做缓冲分析。海西期、燕山期和加里东期等其他时期中酸性侵入岩也做同样处理。

表 1 青海东昆仑金矿区域找矿模型

矿床成因类型	典型矿床	成矿带	地层标志	岩浆岩标志	构造方向	重力异常	航磁异常	化探异常
叠生改造型	肯德可克钴、铋、金矿	东昆北	滩间山群	印支－燕山期花岗岩	EW	高密度体内的低密度区	正异常	Au As Sb Cu
造山型	五龙沟金矿	东昆中	金水口(岩)群	印支期小侵入体	NW NWW	高密度体内	正异常	Au Sb As
热水沉积型	驼路沟钴(金)矿	东昆南	布青山群		EW	高密度体南侧重力梯级带内	正异常	Au Sb As
造山型(热液脉型)	万宝沟金矿纳赤台金矿	东昆南	万宝沟群、纳赤台群	印支期二长花岗岩	EW	高密度体南侧	正异常	Au Sb As
	开荒北金矿		闹仓坚沟组	印支期花岗岩	NW	重力梯极带内		
	果洛龙洼金矿		哈拉郭勒组	海西－印支期花岗岩类	EW			
层控造山型	大场金、锑矿	巴颜喀拉	巴颜喀拉山群	印支期花岗岩	NWW	低密度背景中高密度体	正异常	Au Sb As

6）区域上主要的矿源层万宝沟群、纳赤台群和巴颜喀拉山群是金的最重要控矿地层，设定其正权重 1.5 左右；水口(岩)群、布青山群、滩间山群、闹仓坚沟组和哈拉郭勒组对金矿也有一定的控矿作用，因此，将它们的正权重设定为 0.75 左右。

最终获得的各证据因子权重计算结果见表 2。

表 2 青海东昆仑各证据因子权重列表

证据因子	正权重 W^+	负权重 W^-	相关程度 C	可信度
万宝沟群	1.5794	-0.1582	1.7376	6.6634
纳赤台群	1.4054	-0.0700	1.4754	4.2137
巴颜喀拉山群	1.5032	-0.7331	2.2363	11.0175
金水口(岩)群	0.7625	-0.1015	0.8640	3.2403
布青山群	0.7798	-0.0741	0.8539	2.8416
滩间山群	0.5452	-0.0074	0.5526	0.7954
哈拉郭勒组	0.7458	-0.0028	0.7486	0.5429
闹仓坚沟组	0.5298	-0.0180	0.5478	1.1029
印支期中酸性侵入岩	1.5021	-0.6424	2.1445	10.6958
燕山期中酸性侵入岩	0.8335	-0.0510	0.8845	2.4627
海西期中酸性侵入岩	0.7640	-0.3823	1.1463	5.7172
加里东期中酸性侵入岩	0.1828	-0.0044	0.1872	0.2961
EW 和 NW 向断裂	0.7402	-0.3755	1.1157	5.5646
布格重力异常	0.3313	-0.2460	0.5773	2.7679
重力线环构造	0.2648	-0.0108	0.2756	0.6084
航磁异常	0.2122	-1.0112	1.2234	2.9038
金地球化学块体	1.5361	-0.4238	1.9599	9.6092
Factorl 因子	0.7637	-0.1184	0.8821	3.4625
金矿(床)点	2.3340	-0.1180	2.4520	8.0146

5.5 后验概率计算

根据表 2 中各证据因子正负权重，对青海东昆仑地区进行金矿后验(成矿)概率计算，结果见图 3。

5.6 专家证据权重法应用结果评价

显然，和统计证据权重法应用结果比较，专家证据权重法所得到的后验概率分布情况更符合东昆仑地区的总体找(成)矿潜力，金矿成矿概率高的区域主要集中在东昆南带和巴颜喀拉带内。实际上，东昆仑的几个重要金矿床大部分都落入了后验概率高值区域，例如巴颜喀拉带内的大场、东大滩等造山型金矿以及东昆南带内的果洛龙洼等造山型金矿床。这表明，我们应用专家证据权重法在像东昆仑这样研究程度低地区开展矿产资源定量预测与评价工作是可行的，效果也是很好的。这对在其他研究程度低地区开展矿产资源定量预测与研究工作具有重要的指导和借鉴意义。

6 结论

通过以上研究，结论如下：

1）通过在东昆仑地区应用统计证据权重法进行矿产资源评价，发现其结果和确定的东昆仑地区各成矿带成(找)矿潜力实际情况不符，说明在东昆仑地区应用统计证据权重法效果不好，其原因是没有考虑东昆仑地区地质研究程度低、研究程度不均一且地质构造背景差异大的客观事实。

2）提出并建立的“知识系统”和“证据权重法”相结合的“专家证据权重法”矿产资源定量预测评价系统，其通过知识系统为各证据因子赋权重值体现了地质专家的思想，实际上相当于一个专家系统，避免了统计证据权重法的不足。

3）研究后认为，证据权重法实际上可以有两种

维普资讯 http://www.cqvip.com

应用类型,即统计证据权重法和专家证据权重法,它们之间最大的区别在于:前者建立模型的证据因子需满足条件独立性检验,且其权重是根据已知矿床(点)统计出来的,一般多用于研究程度较高地区,前人应用的证据权重法即为此类;后者建立模型的证据因子权重是地质专家依据知识系统人为设定的,且无须对证据因子进行条件独立性检验,可用于研究程度较低地区。

4)通过在东昆仑地区应用专家证据权重法进行金矿矿产资源定量预测与评价,发现其结果和我们确定的东昆仑总体找(成)矿潜力比较相符,表明专家证据权重法的确能应用于像东昆仑地区那样研究程度低的地区。同时专家证据权重法的提出和应用对我们在其他研究程度低地区进行基于GIS的矿产资源定量预测评价工作具有重要的指导和借鉴意义。且我们认为,应用专家证据权重法的关键是地质专家如何为各证据因子赋权重,也即对研究区基础地质、区域成矿规律和典型矿床等的详尽研究是该专家系统应用的前提和根本。

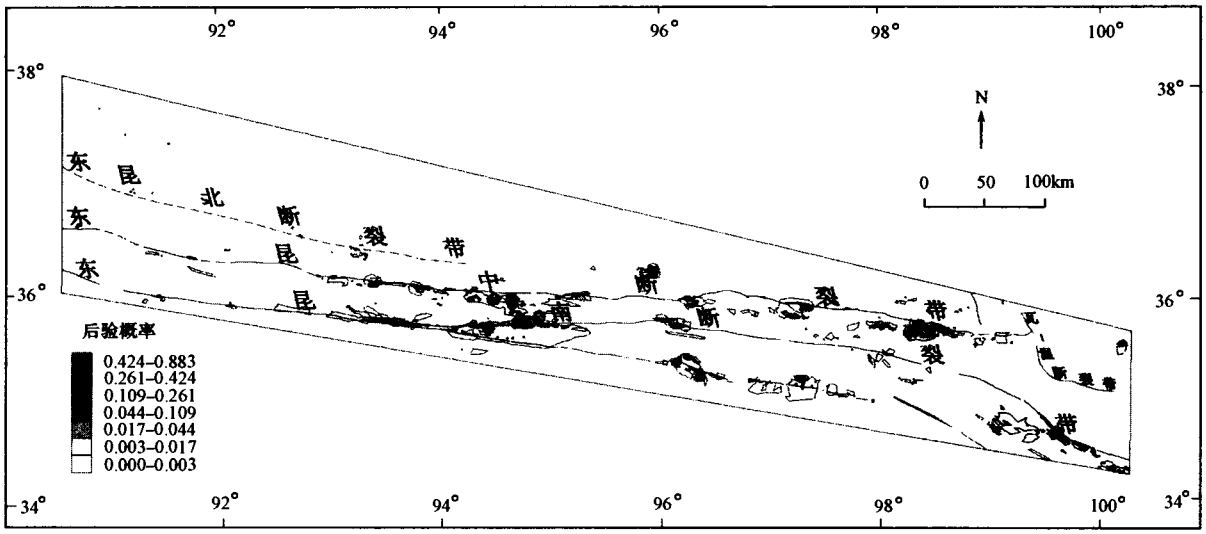


图3　青海东昆仑专家证据权重法金矿预测后验概率灰阶图

[参考文献]

[1] Agterberg F P. Computer programs for mineral exploration[J]. Science, 1989, 245: 76-81.

[2] Agterberg F P, Bonham-Carter G F, Wright D F. Statistical pattern integration for mineral exploration[M]. In: Gaal G, Merriam D F (eds.). Computer Applications in Resource Exploration and Assessment for Minerals and Petroleum. Pergamon, Oxford, 1990.

[3] Bonham-Carter G F, Agterberg F P, Wright D F. Integration of geological datasets for gold exploration in Nova Scotia[J]. Photogrammetry and Remote Sensing, 1988, 54, 1585-1592.

[4] Bonham-Carter G F, Agterberg F P, Wright D F. Weights of evidence modelling: a new approach to mapping mineral potential [M]. In: Bonham-Carter G F, Agterberg F P. Statistical Applications in the Earth Sciences. Geological Survey of Canada, Paper 80-9, 1989, 171-183.

[5] Bonham-Carter G F. Geographic Information Systems for Geoscientists: Modelling with GIS[M]. Pergamon. Oxford, 1994.

[6] Raines G L. Evaluation of Weights of Evidence to Predict Epithermal-Gold Deposits in the Great Basin of the Western United States[J]. Natural Resources Research, 1999, 8(4): 257-276.

[7] Harris J R, Wilkinson L, Heather K et al. Application of GIS Processing Techniques for Producing Mineral Prospectivity Maps——A Case Study: Mesothermal Au in the Swayze Greenstone Belt, Ontario, Canada[J]. Natural Resources Research, 2001, 10(2): 91-124.

[8] Boleneus D E, Raines G L, Causey J D et al. Assessment method for epithermal gold deposits in northeast Washington State using weights-of-evidence GIS modeling[J]. Open-File Report 01-501, USGS, 2001.

[9] Carranza E G M, Hale M. Where are Porphyry Copper Deposits Spatially Localized? A Case Study in Benguet Province, Philippines[J]. Natural Resources Research, 2002, 11(1): 45-59.

[10] 张晓军,张　均,秦举礼,等.川西北金矿的证据权模型及其预测应用[J].高校地质学报,2000,6(4):554-560.

[11] 韩绍阳,侯惠群,黄树桃.基于ArcView3.2的证据权重法在层间氧化带型砂岩铀矿定量评价中的应用[J].物探与化探,2002,26(6):443-449.

[12] 王鸿祯,杨森南,刘本培,等.中国及邻区构造古地理和生物古地理[M].武汉:中国地质大学出版社,1990,1-17.

[13] 姜春发,杨经绥,冯秉贵,等.昆仑开合构造[M].北京:地质出版社,1992.

[14] 姜春发,王宗起,李锦轶,等.中央造山带开合构造[M].北

维普资讯 http://www.cqvip.com

京:地质出版社,2000.

[15] 孙丰月,陈国华,迟效国,等. 新疆－青海东昆仑成矿带成矿规律和找矿方向综合研究[R]. 中国地质调查局地质调查项目科研报告,2003.

[16] Kemp L D, Bonham－Carter G F, Raines G L. Arc－WofE: Arc View extension for weights of evidence mapping. http://gis.nrcan.gc.ca/ software/arcview/wofe, 1999.

EXPERT EVIDENCE METHOD OF WEIGHTING AND ITS APPLICATION IN THE EASTERN KUNLUN MOUNTAIN

DING Qing－feng, SUN Fun－feng

(*College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun* 130061)

Abstract: Weighting of evidence (WofE) is an important method among those of GIS－based mineral resources assessments. After using this method in the Eastern Kunlun Mountain, it was found that the result did not match with the fact of metallogenic potentials in the area. It was considered that the WofE did not think of the facts that the degree of research was low and unbalanced, and geotectonic settings were so different in the Eastern Kunlun Mountain. Combined knowledge system with WofE, a mineral resource quantitative prospecting and assessing system called "Expert WofE" are proposed and built. The knowledge system means knowledge from geology, regional metallogenetic laws and typical deposits in the studying area. Such system is a typical expert system because the process that geologist specified weights for evidential themes shows their expert thought. Expert WofE is used in the Eastern Kunlun Mountain for gold mineral resource assessment and got satisfied results. Such works will be helpful to do mineral resources assessment in some area where was not explored well.

Key words: eastern Kunlun, expert evidence method of weighting, mineral resources assessment

温州天久建筑机械有限公司

(原温州建筑机械厂)

温州天久建筑机械有限公司（原温州建筑机械厂）是专业生产砂浆泵和筑路机械厂家，UBJ系列挤压式灰（砂）浆泵产品通过国家有关部门鉴定；UB系列柱塞泵是我们与中国建筑科学研究院共同开发研制的产品。二系列产品广泛应用于砂浆输送，喷涂及深层搅拌桩灌浆，坡度两侧锚杆支护灌浆，隧道壁后充填灌浆，深层坑支护灌浆、喷涂防火材料等。筑路机械主要产品有：切纹机、切割机、混凝土摊铺整平机、吸水机、抹光机、插入式振动器、附着式振动器等，产品畅销全国。

UBJ系列挤压泵主要技术参数

参数 \ 型号	UBJ1.8 型挤压泵	UBJ1.8C 型挤浆泵	UBJ3 型挤压泵
出灰量 (m^3/h)	1.8/1.2/0.6/0.4	1.8/1.2	3/1.5/1
最大工作压力 (Mpa)	1.5	3	2
水平输送距离 (m)	100	200	120
垂直输送高度 (m)	30	40	30

UB系列柱塞泵主要技术参数

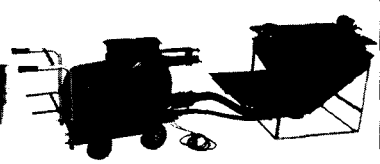
参数 \ 型号	UB4-1 型柱塞泵	UB4-2 型柱塞泵	UB8 型柱塞泵
出灰量 (m^3/h)	4/2/1.3	4	8
最大工作压力 (Mpa)	3	4	6
水平输送距离 (m)	300	400	500
垂直输送高度 (m)	40	50	60

二次搅拌机主要技术参数

一次搅拌筒容量	一次搅拌转速	二次搅拌筒容量	二次搅拌转速
150L	32r/min	160L	32r/min



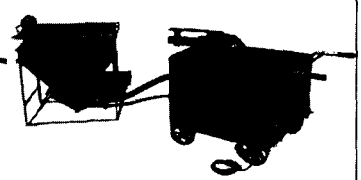
UBJ1.8型挤压泵配二次搅拌机



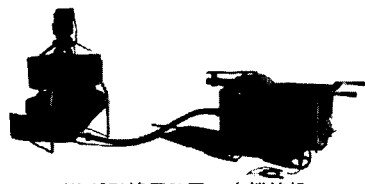
UBJC型挤压泵配料斗振动筛



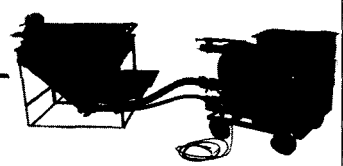
UB8型柱塞泵配料斗振动筛



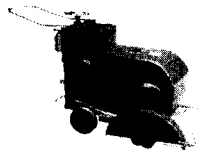
UBJ3型挤压泵配料斗振动筛



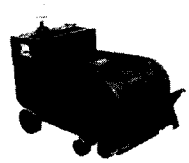
UBJ3型挤压泵配二次搅拌机



UBJ1.8型挤压泵配料振动筛



HQL型混凝土切割机



HQU型混凝土路面切纹机

质量第一、用户至上、发货及时、代办托运

法人代表：周国梁（13957700625） 公司新址：浙江省温州经济技术开发区钱江路1号 开户银行：建行温州开发区支行

副总经理：叶建中（13587662776） 公司老址：浙江省温州市吴桥工业区吴丰路9号 账 号：606012212000000095

邮 编：325000 传 真：0577—88612067 88631481 销售专线：0577—88612067 0577—88612132

网 址：http://www.wztianjiu.com 电子信箱：wztianjiu@tom.com