

中国大型、超大型铜矿床密集区综合信息预测的方法研究*

Integrated information prognostic methods for large and superlarge copper deposits in ore concentration areas of China

李钟山^{1,2}, 赵鹏大¹, 王世称², 严光生³

(1 中国地质大学, 北京 100083; 2 吉林大学, 吉林 长春 130026; 3 中国地质调查局发展研究中心, 北京 100083)

LI ZhongShan^{1,2}, ZHAO PengDa¹, WANG ShiCheng² and YAN GuangSheng³

(1 China University of Geosciences, Beijing 100083, China; 2 Jilin University, Changchun 130026, Jilin, China;

3 China Geological Survey, Beijing 100083, China)

摘要 大型、超大型矿床的研究,是自 20 世纪 70 年代以来世界地质行业关注的重大课题。本文结合近几年来国家和部委的多项应用研究重大项目的科研成果,选择大型、超大型铜矿床密集区作为研究对象,在综合信息理论与方法体系的指导下,提出了把 GIS 用于矿产资源评价并真正达到决策分析目的关键是建立知识库,建立因变量图层、自变量图层和控制图层以及编制相应的属性表,系统地总结了一套操作性较强的综合信息预测大型、超大型铜矿床密集区的思路和方法。

关键词 大型、超大型矿床; 铜矿床密集区; 综合信息; 属性表

矿产资源是人类社会发展的重要物质基础。中国国民经济持续保持高速发展态势,必然促使矿产资源消费的迅猛增长。中国现有的铜矿资源还不够丰富,为了尽力满足国家经济建设对铜矿资源的需要,加强战略储备,必须加强对铜矿床的地质研究和铜矿资源的勘查工作。在中国如何找寻有巨大经济和社会效应的大型、超大型铜矿床密集区将成为资源勘查的重点。本文以综合信息矿产预测理论与方法体系为指导,对中国的大型、超大型铜矿床密集区开展综合信息预测研究,总结了一套可以实际操作的大型、超大型铜矿床密集区综合信息预测方法。

1 综合信息矿产资源预测的基本思路

进行对大型、超大型铜矿床的全国性宏观预测,必须研究大型、超大型铜矿床与中小型铜矿床的时空关系。大型、超大型铜矿床与中小型铜矿床的关系,从统计观点分析,可视为铜矿床密集区的集合。大型、超大型铜矿床密集区的研究工作上可概括为铜矿床集合和控矿因素集合的有序上升变量的定量化研究问题。

地质、地球物理、地球化学、遥感等多学科信息的综合,成为我们有效开展矿产资源预测的最终途径与方法。即在建立原始数据库基础上,对地质体的地质、地球物理、地球化学等信息,在尊重其原理论和方法的前提下,通过综合解释,建立用于矿产资源预测的综合信息知识数据库,利用其所蕴涵的间接信息,与直接信息一起开展矿产资源预测工作。

在地质理论的先验前提下,以地质体为单元,从地质演化角度研究其地质、地球物理、地球化学和遥感信息,并利用综合信息矿产预测理论与方法进行综合解释,编制综合信息矿产预测图系,进行综合信息成矿预测图系的单元划分、属性表编制,通过变量提取、变量赋值,形成可以运算的矩阵,以矿床密集区为模型单元,异常密集区为预测单元,建立综合信息找矿模型和综合信息预测模型(王世称, 2000)。重点研究信息之间的转换规律,从有序变量角度研究矿床密集区集合变大、变富规律,对各个控矿因素成矿有利度进行评价。达到运用矿床密集区预测异常密集区的目的。

矿床密集区图层是研究目标图层,称为因变量图层;地质体图层是控矿因素图层,称为自变量图层。自变量图层按地质体集合的不同性质可以划分前寒武纪基底图层、各个时代的盖层图层组及构造图层,通过对每个图层的单元划分,从有序变量角度研究它们对不同矿种的成矿有利程度并划分等级。大型、超大型固体矿产的预测对象是矿床密集区,已经具有大型、超大型矿床的密集区为模型单元,只有中、小型矿床的密集区为扩展模型单元,它们同大型、超大型矿床密集区,在同一矿种上,往往是同一母体,它们同样是大型、超大型矿床的预测单元。通过地质、物探、化探信息关联,提出矿异常组成的异

* 本文得到国土资源大调查项目(200010200166)和 1999—2000 年度科技基础性工作项目的资助
第一作者简介 李钟山,男,1970 年生,副教授,长期从事资源环境信息处理和数学地质研究。

常密集区,是研究程度低地区主要的预测单元。对每类图层划分空间实体,编制属性表,通过进行合理赋值,变量提取和样品分类,开展定位和定量预测。

2 大型、超大型铜矿床密集区综合信息预测方法

2.1 矿床密集区的定义及圈定方法

矿集区(metallogenic district)是指在一定的范围内矿床密集区产出的区域,在这个区域内,按一定空间分布着不同矿种或不同类型的大型、超大型矿床,以及中、小型矿床或矿化点,矿床的产出在时空上存在一定相互联系的规律(徐勇等,2002)圈定矿床密集区的基本原则:首先精确编制矿产分布图;其次,应用地球物理和地球化学信息确定矿床密集区的边界条件,从地球物理角度确定控矿构造格架,从地球化学角度研究矿床伴生或共生的关系,从地质演化角度研究金属省的特点。通过对全国1:500万、新疆阿尔泰地区和山东1:50万金、铜、铅(锌)矿床预测研究发现,大型、超大型金、铜、铅(锌)矿床的密集区与其相应元素的剩余异常的空间分布具有较好的一致性,它们一般位于深构造交汇的部位,而且以“面型”为主,通过汇水盆地网系图的编制,以元素剩余异常、异常汇水盆地和深部构造作为划分密集区单元的边界条件(李景朝等,2002),以汇水盆地网系图、铜元素地球化学剩余异常、重力环、线构造、航磁环线构造四张图为底图,通过综合分析,综合构造格架、化探异常、物探异常与矿床的自然集群规律,应用综合信息确定边界条件。进行模型单元,扩展模型单元和预测单元圈定(王世称,2001)。并编制模型单元、扩展模型单元和预测单元的分布图,它们是预测对象图层,在GIS平台下称之为因变量图层。在全国共计圈定矿床密集区(模型单元)47个,预测单元60个(图略)。

2.2 控矿因素图层(自变量图层)编制

控矿因素可以分为基底(前震旦)、岩体(中酸性岩体、基性超基性岩体)、盖层(震旦、下古生代、上古生代、中生代、新生代)、综合信息构造(重力、航磁、遥感),相应的分为基底(前震旦)图层、岩体(中酸性岩体、基性超基性岩体)图层、盖层(扬子旋回、加里东旋回、海西旋回、燕山印支旋回和喜马拉雅旋回地层)图层和综合信息构造(重力、航磁、遥感)图层。

(1) 基底图层 基底是指密度相对较大的变质岩。可以应用重力不同上延高度的垂向二阶导数圈定不同延拓高度密度体集合的界面(推断隐伏基底边界)。

对于等化学系列变质岩,负变质岩一般为负场(沉积岩变质而成);火山岩变质而成的变质岩,一般为正负跳跃场;岩浆岩变质而成的变质岩,一般为正均匀场。因此,应用磁场特征可以间接推断沉积岩、火山岩、岩浆岩和变质岩的岩性组合。从铜地球化学异常与航磁异常图相关联,一般正负跳跃场和正场均有铜的地球化学异常(王世称等,1999)。

应用重力的水平-阶导数,可以将推断的隐伏基底划分为若干个块体,每个块体有自己的地质、地球物理、地球化学场特征,故应用重力线型构造格架将隐伏基底划分为若干个基底构造单元。矿床密集区和异常密集区均位于基底单元的边沿。

(2) 岩体图层 从全国来看,中国的岩浆岩以中酸性为主,基性和超基性岩体只是零星分布,面积狭小。中酸性岩浆岩又以交代型岩体为主,侵入型为辅。

岩浆岩体的集合(岩浆岩带),主要分布于莫霍面的陡度带上,即地壳厚度变化最大的梯度带,也是岩浆活动的导岩构造带的位置,往往是重磁吻合断裂带。

交代型岩体的围岩一般为变质岩系(包括隐伏基底),它们与围岩有明显的密度差异,故应用重力垂向二阶导数圈定相对低的重力场推断隐伏岩体。

应用航磁垂向二阶导数,圈定单一磁场岩体(I型岩体),它们一般范围小,主要是晚期复活的岩体,位于交代岩体的边部或受新的导岩构造控制呈串珠状分布。根据重力构造格架,可以将推断的隐伏岩体划分为若干单元,每个单元都有自己的地质、地球物理、地球化学场的特征。基性、超基性岩体多分布于基底边缘,一般与深大断裂有关,多位于低速层由深变浅的陡度带上、深部重力构造不同方向交汇处,是幔源物质上涌的主要通道。基性、超基性岩体与铜、镍、钴、钛等地球化学元素异常有很好的对应关系。在地球物理场上,一般为航磁的感磁场,在航磁原平面剖面图上北部为负异常,南部为正异常;在化极原平面剖面图上变为正异常,他们有铜、镍剩余异常,是成矿有利岩体。

(3) 盖层图层 盖层主要是双层结构,盖层深部有隐伏基底或隐伏岩体。位于隐伏岩体上的盖层,一般为夕卡岩、热液矿床分布范围,在地球化学场上,具有高、中、低温组合异常。隐伏基底范围主要分布有沉积矿床,它们的边缘往往是导矿构造,控制内生矿床的分布。

(4) 构造图层 综合信息构造包括基底构造、重力、重磁吻合断裂,重磁和莫霍面吻合断裂,他们是控制基底的主要构造。构造以环、线形式显示,环型构造控制隐伏基底和隐伏岩体,重力线型构造控制导岩构造,重、磁、莫霍面吻合断裂最为重要,控制岩浆岩带或矿带的分布,同时也控制盖层的分布。从统计角度来看,矿床密集区和异常密集区均位于环线或线线交汇处。构造图层以重力线型构造为单元,与航磁、遥感以及莫霍面相关联。结合矿床和化探异常的分布规律进行单元划分,并编制属性表,应用特征分析对不同构造的成矿有利度进行评价,提取铜矿床密集区评价的含铜构造。

3 综合信息矿床密集区预测属性表的编制

综合信息超大型、大型综合信息矿床密集区预测的图形、图像,数值计算等计算机数据处理工作是通过属性表的编制这一环节实现的。属性表可分为自变量属性表和因变量属性表(肖克炎等,2000)。

3.1 矿床密集区属性表

矿床密集区属性表是以矿床密集区为单元,研究每个单元矿床密集区自身地质、地球物理、地球化学、遥感特征,并研究信息之间的转换规律,为编制异常密集区属性表提供依据。矿床密集区属性表是模型单元构建地质变量的依据,属性表的内容必须体现矿床变大、变富的规律。

矿床密集区单元是由若干个矿床组成。属性表的内容包括矿床个数,超大型、大型矿床个数,超大型、大型矿床个数占总矿床个数的百分比,矿床密集区的总储量、超大型、大型矿床的储量以及超大型、大型矿床占总储量百分比。大型矿床个数占总矿床个数的百分比、大型矿床占总储量百分比,是反映矿床密集区矿产资源集中程度的两个直接标志。

矿床密集区矿床类型个数、超大型、大型矿床的类型(不同矿床形成超大型、大型矿床的概率不同),是反映矿床密集区储量变大、品位变富的间接标志。

矿床密集区成矿时代的个数、超大型、大型矿床的成矿时代,也是反映矿床储量变大品位变富的间接信息。

矿床密集区的地质、地球物理、地球化学及遥感信息的综合特征,是矿床密集区和异常密集区之间信息转换的基础。

3.2 异常密集区属性表

异常密集区属性表内容包括:矿床密集单元的面积同异常密集区单元面积的关系,主要预测矿种的异常密集区,异常密集区同主要矿种矿床伴生、共生的关系,主要矿种异常密集区内伴生、共生元素异常的关系。异常密集区属性表必须同矿床密集区属性表相统一,使矿床密集区的地质、地球物理、地球化学和遥感等属性信息转换成异常密集区的间接信息。

3.3 基底图层属性表

基底图层是编制基底属性表的基础。在出露基底和隐伏基底推断的基础上,根据重力构造格架,基底的地质、地球物理、地球化学、遥感以及矿产分布规律的差异性进行基底单元的划分。按成矿特征分别编制属性表。按上述有关变量成矿有利度评价的要求,对属性表进行赋值。

基底的磁场特征(正场、负场、复杂场),是间接反映基底岩性的标志,一般是负变质岩系为负场,正变质岩系为正磁场,变质火山岩系为正负跳跃场。磁场正剩余、磁场负剩余、感应磁场、剩余磁场、重力正剩余、重力负剩余、各种元素的地球化学异常、主要矿种元素异常、遥感影像特点以及矿床特征等,是基底图层属性表的重要内容。应用特征分析进行不同矿种成矿有利度等级划分。

3.4 中酸性岩体图层属性表

中酸性岩体图层是中酸性岩体属性表编制的基础。以出露中酸性岩体的空间分布为基础,应用重磁构造格架推断隐伏岩体。继承性岩体主要是应用不同上延高度的重力垂面二阶导数零值线推断,I型岩体主要是应用不同上延高度航磁垂向二阶导数零值线推断。根据重磁构造格架,中酸性岩体的地质、地球物理、地球化学和遥感信息的异常性,进行中酸性岩体的单元划分。

属性表的内容包括地质特征、岩性、成矿特征,S型、I型岩体、岩体的地球物理场特征、单一磁场(I型)、组合磁异常(S型)、正场、负场、复杂场(S型)、岩体的化探异常等等。按矿种分别进行中酸性岩体成矿有利度等级划分。

3.5 超基性、基性岩体属性的编制

在出露超基性、基性岩体分布图的基础上,根据Ni、Cr、Co、V、Ti元素剩余异常和重力、航磁场特征进行基性、超基性岩体单元的划分,编制相应超基性、基性岩属性表。重点研究重力正剩余异常、航磁正剩余异常和Ni、Cr、Co、V、Ti剩余异常的关系。

3.6 盖层图层属性表

盖层属于双层结构,盖层深部有隐伏基底或隐伏岩体。隐伏基底和隐伏岩体的成矿专属性,在一定程度上,影响盖层的成矿专属性或成矿有利度。

按时代划分为扬子、加里东、华力西、印支-燕山、喜马拉雅期图层,应用综合信息构造格架进行盖层的单元划分。

盖层属性表具体内容,包括盖层的岩性,盖层的磁场特征(正场、负场、火山跳跃场、正剩余、负剩余),重力特征(正剩余、负剩余),地球化学异常,矿床分布与单元关系等。按矿种进行成矿专属性研究及成矿有利度评价。

3.7 综合信息构造属性表

在综合信息构造解译的基础上,编制构造属性表。构造属性表的内容有:构造类型(重磁、遥),重力构造同航磁构造、遥感构造的关系,重力环型构造和线性构造的交汇点个数,重力线型构造和线性构造交汇点个数,构造同地层的切割关系,构造同岩体的切割和控制关系,构造对矿床的控制关系,构造同异常的控制关系。按矿种进行成矿有利度等级划分。

4 预测的具体工作流程

系统合理的工作方法和工作流程是大型、超大型矿床密集区综合信息预测方法体系的重要组成部分,是预测与评价工作得以保证的重要思想。在系统收集和分析研究区地质、矿产、地球物理、地球化学、遥感等与成矿有关的各种信息基础上,开展预测工作。预测流程见图 2。

5 讨论

大型、超大型矿床密集区综合信息预测方法研究是一项基础性、探索性、综合性强的工作,需要一个较长的认识过程。近几年来,在国内外新的成矿理论和矿产勘查新技术发展推动下,对超大型矿床形成环境和分布规律研究取得了巨大的进展。大型、超大型矿床在时间和空间上的趋群性,其形成需要巨量物质的堆积和多种大规模成矿作用的叠加,良好的大地构造背景,适宜的围岩条件等理论问题得到了共识。目前,国内外学者从成矿地球动力学出发,探讨层圈之间,尤其是壳幔之间相互作用的形式!过程和结果以及制约其发生的动力学机制,即什么样的动力学机制和过程会诱发金属的巨量富集(邓晋福等, 1996; Kumazawa et al., 1994; 裴荣富等, 1998)。可以预计,在矿床变大、变富成因机制研究基础上发展找矿工程学理论与方法,预测与寻找大型、超大型矿床将成为 21 世纪初成矿理论与找矿方法研究的主流,地质、地球物理和地球化学方法技术的不断发展和综合信息成矿预测理论与方法的深入,将为大型、超大型矿床密集区的预测提供更有价值的信息,本文总结的大型、超大型矿床密集区综合信息矿床密集区预测方法希望对大型、超大型矿床的找寻有现实的理论指导意义。

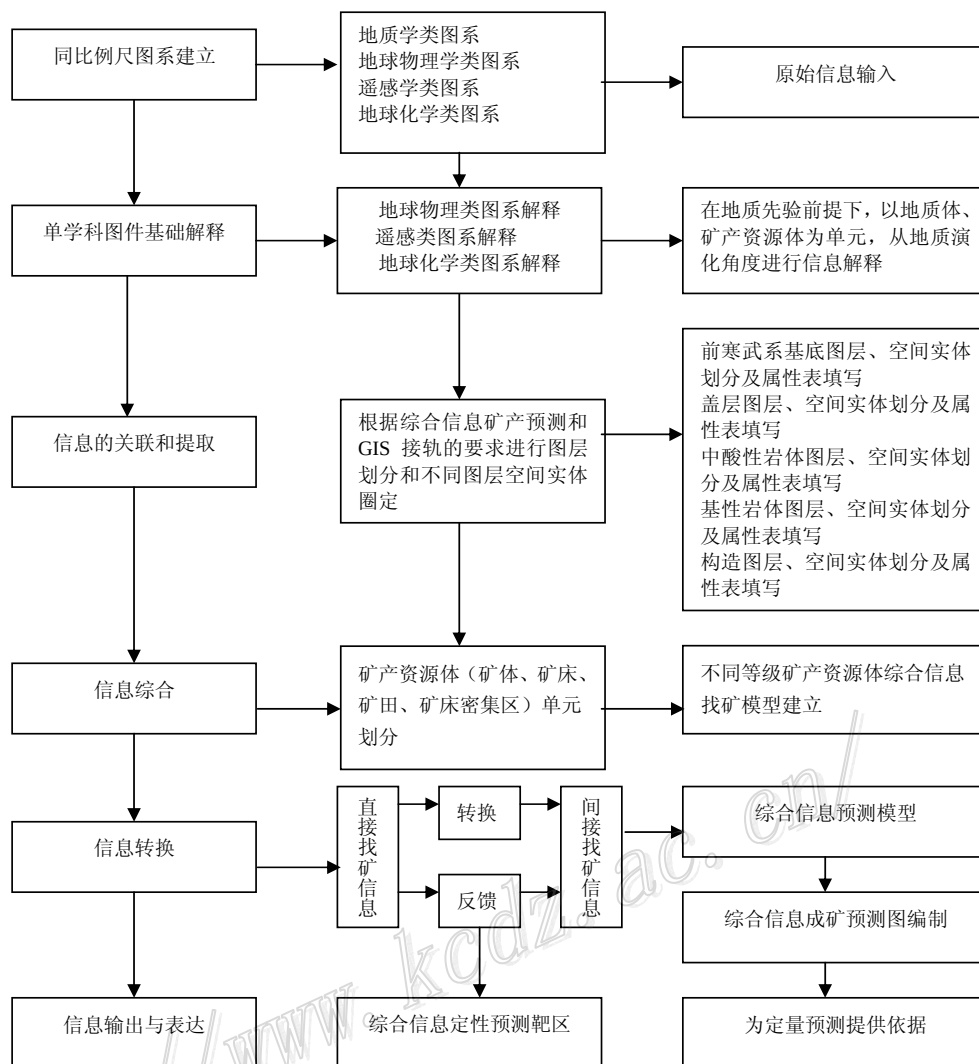


图 2 综合信息矿产资源预测流程图

参考文献

- 邓晋福, 赵海玲, 莫宣学, 等. 1996. 中国大陆根-柱构造-大陆动力学的钥匙. 北京: 地质出版社.
- 李景朝, 刘少华, 严光生. 2002. 大型、超大型金属矿床综合信息成矿预测方法研究. 地球物理进展, 17(4): 736~744.
- 裴荣富, 吴良士, 熊群尧. 1998. 中国特大型矿床成矿偏在性与异常成矿构造聚敛场. 北京: 地质出版社.
- 王世称, 陈永良. 1999. 大型、超大型金矿床综合信息找矿标志. 黄金地质, (1).
- 王世称. 2000. 综合信息矿产预测理论与方法. 北京: 科学出版社.
- 王世称. 2001. 大型、超大型金矿床密集区综合信息预测. 北京: 地质出版社.
- 肖克炎, 张晓华, 王四龙, 等. 矿产资源 GIS 评价系统. 北京: 地质出版社.
- 徐 勇. 2002. 浅论矿集区的资源潜力与勘查评价. 中国地质, 29(3): 263~270.
- Kumazawa M and Maruyama S. 1994. Whole earth tectonic. J. Geol. Soc. Japan, 100(1): 82~102.