

# 关于找矿模型的探讨

施俊法, 唐金荣, 周 平, 金庆花, 杨宗喜, 朱丽丽, 金 玺

SHI Jun-fa, TANG Jin-rong, ZHOU Ping, JIN Qing-hua,

YANG Zong-xi, ZHU Li-li, JIN Xi

中国地质调查局发展研究中心, 北京 100037

Development and Research Center, China Geological Survey, Beijing 100037, China

**摘要:**矿床类型是建立各类矿床模型的地质前提, 矿床模型的应用方向是建立模型的关键, 经验模型与理论模型交叉与融合是建立矿床模型的核心。这3条是矿床模型研究中必须坚持的原则, 也是建立找矿模型的重要原则, 它基本明确了找矿模型的定位和建设方向。所谓找矿模型, 不管其成熟度如何, 均以经验模型与理论模型各类信息的兼收并蓄为基础, 以找矿为目的, 以特征、标志等事实资料为基本内容, 以标志、特征、数据组合(不是成因和假设)为依据, 形成准则和判据指导找矿。从广义上来说, 找矿模型包括区域找矿模型、局部找矿模型、矿床找矿模型。从狭义上来说, 找矿模型是指局部找矿模型。

**关键词:**找矿模型; 矿产勘查; 矿床类型; 经验模型; 理论模型

中图分类号: P612

文献标志码: A

文章编号: 1671-2552(2011)07-1119-07

Shi J F, Tang J R, Zhou P, Jin Q H, Yang Z X, Zhu L L, Jin X. A discussion on the exploration model. *Geological Bulletin of China*, 2011, 30(7): 1119-1125

**Abstract:** In the study of the ore deposit model, there are three points that deserve full consideration as the important principles for establishing such a model. They are the classification, the application direction, and the inter-crossing between empirical models and theoretical models. The three points also basically decide the definition and orientation of the ore deposit model. Exploration models in this paper, no matter at what level they are, are all based on collecting and integrating information from both empirical models and theoretical models. In these models, characteristics and indicators of mineral deposits are collected as main contents and, on such a basis, rules and criteria for mineral exploration are extracted and formulated with additional information, such as the dataset. Generally, according to its applications, an exploration model may be classified into three different levels, i.e., regional level for metallogenic mapping, local level for local exploration and mine-site level for deposit prospecting. In this paper, the exploration model refers to the local exploration model.

**Key words:** exploration model; mineral exploration; deposit type; empirical model; theoretical model

## 1 找矿模型研究的背景

经济建设对矿产资源的强劲需求使矿产勘查日益繁荣, 给各种成矿理论和找矿方法的发展带来新的机遇。矿产勘查存在着巨大的风险和不确定性, 要有效地减少这种风险与不确定性, 有赖于新思路、新概念、新技术的发展。其中, 于20世纪70年代蓬勃

发展起来的矿床模型(或矿床模式)研究, 无疑是综合各方面知识指导矿产勘查的重要发展方向<sup>[1-5]</sup>。数十年来, 按不同矿床类型建立起了许多种类的矿床模型, 其应用涉及成因理论研究、区域资源预测评价、局部找矿、科研教学等诸多方面, 促进了许多同类型新矿床的发现, 也导致了新矿床类型的扩展。近20年来, 国内外发现了一批大型超大型矿床, 其中

收稿日期: 2011-02-12; 修订日期: 2011-07-01

资助项目: 中国地质调查局地质调查项目《地质情报编译与科技成果集成》(编号: 1212010561508)

作者简介: 施俊法(1964-), 男, 研究员, 从事地质调查战略研究。E-mail: sjunfa@mail.cgs.gov.cn

一些矿床属于新类型矿床,例如铁氧化物铜金铀矿床<sup>[6-8]</sup>、黑色岩系中贵金属矿床<sup>[9-10]</sup>等。由此可见,矿床模型的发展与应用,代表着当代矿床学研究的一种新趋势。

近年来,国内外对矿床模型的研究虽有很大进展,但就现有文献或专著来看,主要偏重于某些典型矿床的研究,通过系统总结和归纳建立的模型,多为单个矿床的成矿模式。这种研究方法虽在理论认识上较以前有很大的提高,对找矿也有指导意义,但在实践中也遇到了不可回避的问题。例如,笔者对国外100个大型超大型矿床勘查实例的研究表明<sup>[11-12]</sup>,根据理论模型(概念模型、成因模式)精心设计、科学论证、认真勘查,固然可取得重大突破,但有趣的是:有些矿床按事先设定的成矿模式来组织勘查工作,虽然找到了矿床,但实际的矿床类型却并不符合预期的理论模式;不少矿床的发现虽未经过慎密的理论分析,勘查者仅仅依据已知矿床的特点,心领神会地在外围果断布钻,也取得了巨大的成功,体现出经验和运用的优势。众多的实例表明,经验、技术、运气在矿产勘查中也是十分重要的<sup>[11]</sup>。于是,不拘泥于理论研究,侧重于应用实效的找矿模型应运而生,在国内外都表现出了强劲的发展势头。

思路决定出路,意识决定眼界。在矿产勘查实践中,人们早已自觉不自觉地应用着找矿模型。其特点是重视各类找矿标志(信息)的系统组合,实现找矿方法的合理运用,强调经验与实况的理性综合。例如,蚀变带与有利构造部位的组合,一直被看作是重要的找矿标志;无磁性围岩中磁铁矿的磁异常特征,早已成为人们头脑中一个简单而实用的找矿标志;利用元素含量、元素组合和空间分带来评价和判断化探异常的性质和意义,也是理论认识与实践经验的一种综合。所有这些,均可看作是找矿模型的一种要素或雏型。大力开展找矿模型的研究和应用,就是在以往成矿模式研究的基础上,吸收矿床成因模式和各类经验模型的长处,发展和完善建立找矿模型的理论方法体系,不断提高其应用效果。因此,开展找矿模型研究具有重要的理论意义和实际意义。

## 2 关于找矿模型的定位

找矿模型是矿床模型的重要类型之一,其研究应遵循矿床模型研究的基本规律。为理清找矿模型的概念,拟在研究分析文献中重要矿床模型分类

方案的基础上,总结矿床模型研究的思路与原则,进而明确找矿模型的定位和内涵。

### 2.1 从矿床模型分类看找矿模型的定位

研究和建立矿床模型,是解决成矿理论和找矿实践问题的一种重要途径。然而,由于矿种、矿床类型的多样性和地域成矿条件的差异性,作为矿床模型研究的地质前提,必需审慎地划分和鉴别矿床地质类型,保证建模所依据的矿床在成因和地质特征上有内在的一致性。关于这一点,从矿床模型分类方案中可见一斑。因此,分析和研究已有矿床模型分类方案,对找矿模型的定位具有重要意义。文献中涉及的矿床模型种类繁多,数量可观,难能尽举。这里仅以美国、俄罗斯学者的一些代表性方案为据,对矿床模型的分类作一简析。

#### 2.1.1 美国分类方案

美国地质调查局Cox等<sup>[13]</sup>在《Mineral Deposits Models》中阐述的方案,可作为美国矿床模型分类方案的代表。该方案将矿床模型分为描述性模型、成因模型、品位-吨位模型等主要层次,其中描述性模型是建立其它模型的基础。

(1)描述性模型——包括2个部分:第一部分描述矿床所处的地质环境,主要包括岩石类型、结构构造、成矿时代、矿质沉淀环境、构造背景、伴生矿床类型等;第二部分则提供矿床的鉴别特征,即“矿床描述”,需提供矿物学、蚀变、矿化控制因素、地球物理和地球化学异常等矿床本身的鉴别特征。

(2)成因模型——基于准确的矿床描述性模型,对观察到的矿床地质现象作出合理的成因解释,阐述成矿物质来源和成矿元素的迁移、富集、沉淀规律,是揭示矿床最本质特征的模型。成因模型是描述性模型的理性升华,因而更加灵活和有效。有了成因模型,就可以产生其它模型类型。

(3)品位-吨位模型——表征某一类矿床的品位和吨位的变化范围和频率分布。矿床的吨位是指其开采量、保有储量和近期可探明储量之和。矿床的品位则是相应吨位下的矿石平均品位。该模型是基于大量可靠的统计数据而建立的,对一类矿床经济属性进行了定量描述,可以作为在类似地质条件下找寻同类未发现矿床时的评价依据。

(4)产出概率模型——预测某种矿床在某一指定地区产出概率的模型。它衍生于成因模型,但更加重视与岩性或构造地质体的关联。

(5)定量生成过程模型——定量描述有关矿床形成过程的模型,是成因模型的分支。

2.1.2 俄罗斯分类方案

这里以科兹洛夫斯基<sup>[13]</sup>、Кривцов 等<sup>[14]</sup>的划分方案为基础,结合布尔德<sup>[15]</sup>的资料,介绍俄罗斯矿床模型的分类。

(1)地质-工业定量模型——立足于反映矿体规模和矿石质量(如品位)的特征及其相互关系。应用此类模型,可以对新发现矿床的资源量进行专家评估,并预测对某些类型矿床具有专属性的大型地质构造单元的成矿潜力,同时可评价地质历史上不同时期的金属量。此模型相当于美国分类方案中的品位-吨位模型。

(2)预测-普查模型——对一个拟寻的矿床、矿田、矿结或其它成矿单元特征的有序组合。该类模型以不同勘查阶段工作所需的一套要素标志来描述,通常包括地质、地球物理、地球化学、经济等几个部分。分为定性的预测-普查模型和定量的预测-普查模型。

(3)矿体形态模型——是矿体 3 个线性参数,即 3 个互相垂直的轴:纵轴(L)、横轴(H)、厚度轴(M)的差、比例的特征组合。依据该类模型,可以对矿体进行客观的分类,可优化评价和勘探网度。

(4)矿体富集模型——通常旨在反映矿体横截面或剖面上成矿金属等浓度线的形态,从而可以查明成矿元素分带性,确定其主要特征和含量变化的趋势,确定不同级次不均一带的位置及其储量比例,以便确定评价和勘探网度的参数。

(5)矿体形态和浓度的梯度-矢量模型——是在分析矿体厚度和矿体中主要成矿元素含量分布的基础上建立的,在相对矿体轴向的不同方向上反映含量的空间分布和强度。该模型的实用意义在于考虑矿体厚度和含量的主要变化趋势,以及根据对主要参数沿矿体轴变化的要求来确定评价和勘探网度。

(6)矿体综合(多因素)评价-勘探模型——该模型立足于把具有不同定量表达式的不同矿体的形态和浓度特征综合起来,提出一套可在储量计算中使用的统计参数指标。根据这类模型,可以优化勘探工作的部署,以查明不均一带(矿柱),并确定评价和勘探网度,按给定的精度确

定一套计算储量的方法。

(7)成矿系统和成矿作用的定量地质-成因模型——以相应的成矿系统和矿床地质模型为基础,研究“矿源-搬运营力-矿质沉淀”系统中每个成矿要素变化的基本规律。

总地来看, Cox 等<sup>[14]</sup>在对单个矿床描述的基础上所做的第一步工作,就是对参研矿床的分类。Кривцов 等<sup>[13]</sup>提出的矿床模型系统,也是针对一定的矿床类型而言的。 Laznicka<sup>[16]</sup>对超大型矿床进行分类。裴荣富<sup>[17]</sup>建立矿床模型时就成矿环境对矿床类型进行划分。因此,矿床类型是建模的地质前提。找矿模型的建立也要以矿床类型为前提,以典型矿床为依据,系统地总结规律性的找矿标志。

2.2 从矿床模型应用方向看找矿模型的定位

任何一个模型都是因需要而产生、为实用而研制的,矿床模型也不例外,因此矿床模型的应用方向决定着矿床模型研究的取向。一个模型的好坏不仅取决于它是否真实地模仿了原型,而更应该看它是否对拟研问题提供了令人信服的解答,以及是否具有简单性、清晰性、客观性和易操作性。

表 1 和表 2 分别列出了美国、俄罗斯两国矿床模型的应用方向。

表 1 中,从应用领域来看,勘查与开发领域中使用最多的是品位-吨位模型、描述性模型和成因模型,因为这些模型可用于直接找矿,品位-吨位模型可用于靶区选择,描述性模型和成因模型可转化为具体的找矿标志。在供应潜力和土地利用等领域使用最多的却是品位-吨位模型和产出概率模型,因为这 2 种模型从统计学的角度为潜力评价和土地利用提供了一种相对科学的评价方法。对教学和科研

表 1 美国不同用户应用 5 种不同类型模型情况的比较<sup>[4]</sup>

Table 1 Comparison of five types of models used by different users in the USA

应用领域	品位-吨位模型	描述性模型	成因模型	产出概率模型	定量生成过程模型
勘查与开发	●	●	●	△	△
供应潜力	●	△	○	●	○
土地利用	●	△	○	●	○
教 育	○	△	●	△	●
科研指导	△	△	●	△	●

注:应用程度——●大量应用;△少量应用;○很少应用



表 2 俄罗斯矿床模型系统及其应用领域<sup>[13]</sup>  
Table 2 Russian ore deposit model system and its application field

模 型	模 型 的 应 用 领 域			
	成矿理论	成矿分析和预测	预测和普查	评价和勘探
矿床的				
地质-工业定量(统计)模型	×	×××	××	—
预测—普查(定性)模型	×	××	×××	×
预测—普查(定量)模型	×	×××	××	—
成因和地质成因(定性和定量)模型	×××	××	×	—
矿体的				
形态模型	×	×	×××	×××
富集模型	××	—	××	×××
梯度—矢量模型	××	—	×	×××
多因素定量(合成)模型	—	—	××	×××

注:符号×越多表示利用率越高

领域来说,成因模型和定量过程模型使用较多,因为这 2 种模型理论性较强,具有较高的理论研究价值。从模型的使用来看,描述性模型的最大用途在于矿产勘查与开发,在其它方面,特别是在科研方面的用途就大大减小了;反观成因模型,虽然在勘查开发方面有用,但其在科研、教学方面的用途似乎更多;而品位-吨位模型,用途涉及矿产勘查与评价,但更多用于区域评价方面。其余可类推,恕不详述。

表 2 中,俄罗斯学者根据地质找矿不同阶段和不同研究对象,将矿床模型划分为针对矿床的和矿体的 2 类,应用领域划分为成矿理论、成矿分析和预测、预测和普查、评价和勘探 4 个领域。其中,地质-工业定量(统计)模型和预测-普查及普查模型在(区域)成矿分析和预测中应用最多,其次是(局部)预测和普查领域;预测普查(定性)模型在局部预测和普查中应用最多,其次才是区域成矿分析和预测;成因和地质成因模型则在成矿理论和成矿分析、预测中应用最多,但其重要程度随勘查程度的提高而减小。从表 2 纵向来看,成矿理论方面成因模型应用最多,其余模型为辅;区域评价方面以地质-工业定量(统计)模型和普查参数模型为主,其余为辅;而在矿床预测普查方面,以预测普查(定性)模型为主,前述 2 类模型为辅,成因模型已属次要。至于表列各种矿体模型,无疑主要用于矿床勘探阶段,对面上普查的作用各异,不予详解。

综上所述,矿床模型因其应用目的不同而名称各异,且因其应用领域的差异称谓多样。从目前国内外提出的矿床模型来看,在找矿工作中,各种形式和内容的描述性模型发挥着主要作用,理论性较强的成因模型一般起着辅助性的指导作用,但当成因模型研究较为成熟、符合客观实际时,亦将起到主要作用。需要矿区勘探的详细资料才能建立的定量生成过程模型、形态模型等,主要用于矿床(体)勘探。指导资源评价的模型,皆以较大区域为对象,以选择靶区为目的,但要广泛收集矿产勘查、勘探、开采、利用等环节的相关资料,以不同形式的概率统计法为依据,主要使用以品位-吨位模型为代表的模型。总之,建立矿床模型需要首先明确其目的、应用方向和领域,这是建立矿床模型的关键。

## 2.3 从经验模型与理论模型的关系 看找矿模型的定位

在众多文献中,对经验模型和理论(概念)模型在矿产勘查实践中的有效性和重要性尚有争议,理清这 2 个模型的概念、内涵和方法途径是十分必要的。笔者过去曾对比作过详细的探讨<sup>[18]</sup>,这里就相关问题做进一步的介绍和探讨。

### 2.3.1 经验模型强调的重点、内容及其实际效用

经验模型(描述性模型)强调勘查的实用性和有效性,重视对各种成矿标志和特征的观测资料的收集,而不拘泥于成因研究。

经验模型强调观测资料的真实性和客观性。有些矿床的被认识和被发现经过了长期的实践过程,不是有了成因理论才被发现的。如斑岩铜矿床、沉积岩或火山岩中的块状硫化物矿床和砾岩中的金或金铀矿床等。

经验模型突出矿化信息、明确探测的目标及其形成或引起的各类标志。因此在找矿实践中能够取得良好的效果,尤其是在工作程度较低的地区或对矿床成因认识有限的地区,往往以经验模型为指导,系统开展物化探工作,来实现找矿突破。

经验模型具有很强的地区局限性,其应用效果取决于选定的模型要素是否典型,是否具有可类比性,同时还取决于所类比地区的地质成矿环境与成矿条件的类似程度。

建立经验模型,要把矿床要素、特征、标志等第一性资料加以系统化、规范化整理,它是建立任何实用性模型的基础。这项工作要求有鲜明的客观真实性,又给概念思维和理论认识创造足够的条件与空间,是承上启下的关键环节,所以备受重视。

### 2.3.2 理论模型强调的重点、内容及其实际效用

理论模型主要从控制成矿的各种因素及其最佳组合、配置入手,注重对成矿理论和矿床成因的探讨。

理论模型主要研究矿床成矿物质的来源、搬运过程、沉淀条件与方式,进而阐述矿床的成因。因此,理论模型关注成矿条件与成矿机制,建立起各类成矿条件之间内在的有机联系,深化对矿床形成过程的理论认识。

理论模型的研究与应用开阔了勘查者的思路,尤其是在已知矿区的外围和深部,理论模型更具有指导性和实用性。

### 2.3.3 两种模型的各自优势和实际应用的互补性

成因模型和经验模型是从理论研究和勘查实践中按实用的目的而命名的。概念模型或理论模型从基本事实的归纳开始都离不开人们的思维活动,经验模型也免不了有不同程度的理论因素,只是超越直接能看到的第一性资料的程度不同而已。在矿产勘查过程中,纯经验或纯概念的工作是不存在的,因为所有的观察都是以经验和信念为基础的,其中难免掺杂假定、解释与推断。也就是说,根本没有纯经验的勘查,也没有纯理论的勘查,经验与理论没有明确的界限。经验勘查者总是想找到一种理论来证明

某些观测资料的重大意义,而概念勘查者则总是想找一些经验的证据来证实某种理论,两者力求使其勘查战略更加完善。

经验模型是从典型矿床的事实规律中系统总结出来的认识。成熟的、正确的成因模型是经验模型的更高层次的认识,具有直接找矿的功能。而尚不成熟的成因模型只停留在经验认识水平上,不具有直接找矿的功能。

### 2.3.4 模型是矿产勘查工作运行的过程

而不是运行的终结

在矿产勘查中,建立矿床模型(既包括经验的也包括理论的)是有益的。无论是经验勘查模型还是理论勘查模型,都有助于观测资料的观察与收集,有助于扩大找矿人员的视野。

但模型是一把双刃剑,既可作为组织资料的有效方法,提高理解力和预测能力,也可对不符合模型的那些资料的感知力起“催眠作用”,从而使人们不假思索地使用模型<sup>[9]</sup>。建立模型是这2种勘查战略固有的工作,它是指导资料收集和解释(认识、理解)的手段,而不是目的,或者说,建模是勘查工作中深化资料收集和认识的运行过程,而不是终结。

经验模型与理论模型是相互依存、相互转化的。这是2个高位的、基本的概念,贯穿于所有模型的研究与建立之中。经验模型的具体表达形式,即描述性模型;理论模型的实际形成过程,是就观测到的现象、特征、指标进行概念思维,找出规律,得出判据,指导具体的应用,故亦称概念模型。任何一种矿床模型的建立过程,都是从经验(描述性)模型起步的,都包含着概念思维,只不过因具体研究的目的和研究者的取向不同,对这2个建模环节的追求与重视程度不同罢了。可见,经验模型和理论模型之间的相互交叉与融合的关系是建立矿床模型的核心。

从以上分析可知,矿床类型是建立各类矿床模型的地质前提,矿床模型的应用方向是建立模型的关键,经验模型与理论模型交叉与融合是建立矿床模型的核心。这3条是矿床模型研究中必须坚持的原则,也是建立找矿模型的重要原则,它基本明确了找矿模型的定位和建设方向。

## 3 关于找矿模型的内涵

### 3.1 找矿模型的概念

关于找矿模型,国内虽有众多文献论述,但大多

数是针对具体矿床找矿标志和勘查方法陈述的。陈毓川等<sup>[1]</sup>在其《中国矿床成矿模式》专著中对找矿模型概念作了详尽的论述,并指出了建立找矿模型必要的图件和内容。他们主张“找矿模型突出的是某类矿床的基本要素和找矿过程中特殊意义的地质、物化探和遥感影像等特征及其在空间的变化情况,总结发展该类矿床的基本标志和找矿使用的方法手段”。在成矿模式与找矿模型的关系上,他们也作了精辟的论述,认为“矿床成矿模式是建立找矿模型的地质基础”,“区域成矿模式、矿床成矿模式是矿产勘查的地质理论基础;找矿模型是矿产勘查工作的实际指导,它是缩小勘查区(或靶区)甚至发现矿床的择优技术,区域成矿模式和矿床成矿模式的内容只有与找矿模型结合起来,才有可能最大限度地发挥它们的作用”。

本文根据陈毓川等<sup>[1]</sup>对找矿模型的描述与定位,结合美国、俄罗斯对矿床模型的分类,对找矿模型再作进一步剖析。本文所述的“找矿模型”,旨在突出模型的实用性和实践性,突出模型的找矿功能;体现主要针对具体找矿实践来研究矿床模型的思路,其中包括区域成矿预测(或曰区域找矿)和局部找矿(或曰矿床普查与勘探)。

找矿模型是矿床模型的一种重要类型,因此,它的建立和应用亦必须遵循矿床模型研究的上述3条基本原则。

首先,找矿模型的陈述必须以成因分类为基础。任何类型矿床模型的建立都要以成因类型为基础,矿床模型的编排上,也尽可能以矿床地质类型为依据。

其次,找矿模型的建立应以实现找矿突破为目的,针对不同勘查阶段不同矿床类型,分阶段、分类型建立。在矿产勘查过程中,大体可以分为区域评价、局部普查和详细勘探3个阶段。与之相应,找矿模型可以分为区域找矿模型(区域成矿预测评价模型)、局部找矿模型(普查找矿模型)和矿床找矿模型(矿床勘探模型)。其中,局部找矿模型是选择拟寻矿床最有效的方法组合和标志组合,在局部找矿靶区内圈定或找到矿床勘探基地。因此,局部找矿模型是实现找矿突破的关键,也是研究之重点。

第三,经验模型与理论模型的交叉与融合是建立找矿模型的核心。找矿模型这一术语虽然体现了模型的实用性,但也不排除理论(成因)的探讨。因

此,无论是理论模型,还是经验模型,都应纳入找矿模型的范畴,统一到提高找矿实践效果的最终目的上来。

基于以上认识,找矿模型以信息找矿战略<sup>[20~21]</sup>为指导,以经验模型与理论模型各类信息的兼收并蓄为基础,以找矿为目的,以特征、标志等事实资料为基本内容,以标志、特征、数据组合(不是成因和假设)为依据,形成准则和判据指导找矿。此类模型包括普查模型、预测普查模型,甚至俄罗斯针对矿体建立的模型,都可以归入找矿模型之列。

一个重要且不可回避的问题是,在实际工作中必然要面临建立不同级次找矿模型的课题。总体说来,不同级次的找矿模型,不仅是研究对象规模大小(涉及面积)的区别,更有基本地质依据和相关特征、标志、研究重点的差别。据现有资料综合分析,一般说来,区域找矿模型以地质建造和区域大地构造分析为基本依据。区域概略普查主要寻找成矿带、大型矿集区等;局部找矿模型以赋矿岩系和控矿构造的成矿标志和成矿特征为主要依据;矿床找矿模型则以矿化、成矿作用的各种标志、特征及其空间分布规模为主要依据。在此过程中,都要进行地质、地球物理、地球化学等相应特征与标志的研究,形成相应的专业找矿模型,分别发挥其不同的优势和效用。因此,从广义上来说,找矿模型应包括区域找矿模型、局部找矿模型、矿床找矿模型。从狭义上来说,找矿模型是指局部找矿模型<sup>[22]</sup>。

### 3.2 找矿模型的主要内容

根据上述思路,结合国内外矿床模型研究的现状,这里提出了构建找矿模型的基本大纲,指导找矿模型研究。找矿模型研究的内容主要包括概述、地质特征、矿床成因和找矿标志,这3部分内容构成了找矿模型的一个有机整体。

第一部分是概述,主要介绍该矿床类型的定义、特点、经济意义、重要矿床或矿区的分布,主要的或代表性的矿床、矿田、矿区或矿带的储量和矿石品位,等等。

第二部分是地质特征,首先介绍该类型矿床产出的区域地质背景,包括矿床或矿区的大地构造环境、地质发展历史、地层分布、区域构造特征、岩浆作用和成矿时代。同时还包括矿床地质特征,包括容矿岩石、矿体产出部位及形态、矿物组合、围岩蚀变、矿石结构和构造、流体包裹体和同位素特征,等等。



第三部分是矿床成因和找矿标志。其中, 矿床成因主要包括关于该类矿床各种成因的主要观点或主流观点。找矿标志以区域和局部地质找矿标志、地球物理找矿标志、地球化学找矿标志、遥感找矿标志和相关的勘查方法组合, 等等。

## 参考文献

- [1]陈毓川, 朱裕生. 中国矿床成矿模式[M]. 北京: 地质出版社, 1993.
- [2]宁芜项目编写组. 宁芜玢岩铁矿[M]. 北京: 地质出版社, 1978.
- [3]汤中立, 李文渊. 金川硫化铜镍(含铂)矿床成矿模式及地质对比[M]. 北京: 地质出版社, 1995: 1-209.
- [4]Cox D P, Singer D A. Mineral deposit models[M]. U.S. Geological Survey Bulletin 1693, 1986.
- [5]翟裕生. 矿床学的百年回顾与发展趋势[J]. 地球科学进展, 2001, 16(5): 719-725.
- [6]王绍伟. 重视近 20 年认识的一类重要热液矿床——铁氧化物—铜—金(—铀)—稀土矿床[J]. 国土资源情报, 2004, (2): 45-52.
- [7]毛景文, 余金杰, 袁顺达, 等. 铁氧化物—铜—金(IOCg)型矿床: 基本特征、研究现状与找矿勘查[J]. 矿床地质, 2008, 27(3): 267-278.
- [8]李友枝, 周平, 唐金荣, 等. 铁氧化物—铜—金型矿床的地质特征、成矿模式和找矿标志[J]. 中国地质, 2007, 34(增刊): 53-58.
- [9]王登红. 与黑色岩系有关矿床研究进展[J]. 地质地球化学, 1997, (2): 85-88.
- [10]杨富全, 王义天, 李蒙文, 等. 新疆天山黑色岩系型矿床的地质特征及找矿方向[J]. 地质通报, 2005, 24(5): 462-469.
- [11]施俊法, 姚华军, 李友枝, 等. 信息找矿战略与勘查百例[M]. 北京: 地质出版社, 2005.
- [12]施俊法, 唐金荣, 周平. 隐伏矿勘查经验与启示——从《信息找矿战略与勘查百例》谈起[J]. 地质通报, 2008, 27(4): 433-450.
- [13]科兹洛夫斯基 E A 著. 何庆先译. 建立矿床模式的方向和任务[J]. 国外地质科技, 1989, (1): 8-13.
- [14]Кривцов А И, Константинов М М, Кузнецов В В, др. Система моделей месторождений благородных и цветных металлов [J]. Отечественная Геология, 1995, (3): 11-31.
- [15]布尔德 А И. 建立预测普查模式的方法论基础[J]. 国外地质科技, 1991, (8): 1-4.
- [16]Laznicka P. Giant Metallic Deposits—Future Sources of Industrial Metals[M]. Berlin, Springer, 2006.
- [17]裴荣富. 中国矿床模式[M]. 北京: 地质出版社, 1995.
- [18]施俊法, 肖庆辉. 经验勘查与理论勘查的发展趋势[J]. 地质通报, 2004, 23(8): 809-815.
- [19]Hodgson C J. Uses (and abuses) of ore deposit models in mineral exploration[J]. Geoscience Canada, 1990, 17: 79-89.
- [20]谢学锦. 论矿产勘查史——经验找矿、科学勘查与信息勘查[J]. 地学研究, 1997, 第 29-30 号: 254-266.
- [21]施俊法, 吴传璧. 巨型矿床勘查新战略: 信息找矿[J]. 矿床地质, 2000, 19(1): 88-95.
- [22]施俊法, 唐金荣, 周平, 等. 世界找矿模型与矿产勘查[M]. 北京: 地质出版社, 2010.