

金矿床模型

Gold Deposit Model

◀ 卫万顺 张宇辉 著 ▶



中国大地出版社

金 矿 床 模 型

卫万顺 张宇辉 著

中国大地出版社
· 北 京 ·

内容简介

摆在我们面前的《金矿床模型》是作者二十多年的研究与实践的总结，书中介绍了金矿床模型的基本原理，通过大量的金矿成矿过程模型、地学多元信息找矿模型和成矿预测模型研究实例，系统阐述了金矿床模型研究的理论与方法。重点探讨了新理论、新技术和新方法在金矿床模型研究中的应用效果，建立了金矿床模型的科学理论体系，丰富和发展了金矿床模型研究的理论与方法。

本书内容丰富、观点新颖、体系完整，是一部关于金矿床模型理论与找矿预测的综合性专著，对从事金矿勘查、金矿地质研究与教学以及矿山地质工作者有着重要的参考价值。

图书在版编目（CIP）数据

金矿床模型/卫万顺，张宇辉著. —北京：中国大地出版社，2008. 10

ISBN 978 - 7 - 80246 - 140 - 6

I. 金… II. ①卫…②张… III. 金矿床—建立模型—研究 IV. P618. 51

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2008）第 155648 号

责任编辑：卢晓熙 高晓峰

出版发行：中国大地出版社

社址邮编：北京市海淀区学院路 31 号 100083

电 话：010—82329127（发行部） 010—82329008（编辑部）

传 真：010—82329124

网 址：www. chinalandpress. com 或 www. 中国大地出版社. 中国

印 刷：北京市地矿印刷厂

开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：20. 25

字 数：400 千字

版 次：2008 年 10 月第 1 版

印 次：2008 年 10 月第 1 次印刷

印 数：1 - 1000 册

书 号：ISBN 978 - 7 - 80246 - 140 - 6/P · 108

定 价：68. 00 元

版权所有·侵权必究

序

万顺和宇辉的专著《金矿床模型》出版之前，我有幸先睹了手稿，受益良多。作为读者，我从本书的字里行间感受到青年地质学家勇于追求科学真谛的激情。二十多年不倦求索，体现了一种“不到长城非好汉”的倔犟劲头。这种激情，十分可贵。如同文艺家无激情就创造不出感人的作品一样，地质学家若无激情，工作不会有出息，更谈不上科学创新。本书洋洋洒洒，共三篇十五章，是多年研究成果的综合，也是作者科学激情的生动体现。

黄金，对于国家金融安全和工业建设，都是不可或缺的资源。从古至今，东方西方，皆恨此物之少，鲜有嫌其多者。找金之潮，一波接一波，从未间断过。每一位在黄金战线工作的人，都渴望能为国家找到更大、更富、更多的金矿床。作者是其一员，也在为此而奋斗。这本专著表明，作者以模型思路为主导，兼收并蓄，尽量把现代成矿理论、找矿方法和新技术有效地利用起来建模，以期提高找金的有效性。这种努力，思路明确，方向对头，方法得当，值得鼓励。

模型方法在自然科学和社会科学许多学科领域中已被广泛应用。诚如作者所说，“用模型的思想来研究矿床，古已有之”。随着科技进步，矿床模型也与时俱进，不断更新。新模型取代老模型，标志着认识的不断深化，也体现了模型方法的生命力。对矿床成因的解释常有学派之分，找矿方法也各有各的招法。细究起来，他们的心中自觉或不自觉地都有个“模型”存在。矿床太复杂，找矿也非易事，建模的困难也就可想而知了。此种挑战性如此引人入胜，故而吸引了众多有志者为之呕心沥血。

本书的建模研究涵盖了三个方面。与金的成矿作用相关的有：描述、成因、成矿过程、成矿溶液物性和定量化模型等；与找矿有关的有：遥感、地球物理、地球化学（微量元素和稀土元素）、矿物学和找矿方法组合模型等；与预测有关的有：多元信息逆向定位、金易释放率模型等。所涉及的金矿床模型和成矿领域也相当广泛。足见作者用心之切，用功之深，可圈可点。

普查之后，该是选点详探了。在广泛探索的基础上，具备攻关的条件，不妨选一个突破口，集中力量攻其一点，暂舍其余，必会有所斩获。作者年当青壮，血气方刚，大有可为。我希望在下一部著作中会看到作者更进一步的创新进展，是所至盼。

张贻侠

2008年5月20日

前 言

在北京大学（2003 年 4 月至 2005 年 3 月）从事博士后研究工作期间，作者认真回顾了二十多年来从事的黄金地质研究工作，发现在过去开展的研究工作中，无不渗透着“模型”思想，先后研究并建立了各类金矿床模型近 40 个。虽然每一个模型不一定是完善、最科学的模型，但对热衷于金矿床模型研究和金矿找矿的工作者而言，仍不失其重要的参考价值。因此，感觉有必要对自己在金矿床模型方面的研究成果进行系统总结，采用“案例”思想，编著出版《金矿床模型》。

众所周知，模型作为一种科学方法，已被证明在研究那些不能或很难直接观察到的事物或过程时，是行之有效的方法之一。对于矿床这个复杂的、不能直接看到其形成过程的、又难于解剖的原型来说，模型几乎是惟一可行的研究方法（张贻侠 1993）。对于金矿床而言，更是如此。所以，在金矿找矿过程中，应广泛开展金矿床模型的理论研究和找矿实践工作。

由于矿床模型必须经过近代成矿理论和大量找矿实践的双重检验，需要对已建立的矿床模型逐步修正，使最终建立的模型不断完善、成熟。因此，《金矿床模型》一书突出体现了创新性、试验性、案例性和实践性。所谓创新性，系指在建立模型过程中，尽可能多采用新理论、新技术、新方法；试验性是指建立的金矿成矿定量化过程模型，必须建立在大量的金矿成矿作用试验研究基础上；案例性则是指所有建立的模型多为已发表的论文或在研究成果中已明确提出的；实践性是指所有建立的模型必须在金矿找矿过程中应用过或得到找矿实践检验过的模型。因此，该书中的模型都是实实在在研究过，且绝大部分已发表过的模型，是被找矿实践检验过且行之有效的模型，不求完美，但求实用。真诚地希望能为金矿地质工作者提供一种新思想、新方法、新途径。

全书分为三篇十五章。第一篇为金矿成矿过程模型，包括第一章、第二章、第三章和第四章，分别研究了金矿床模型研究的基本问题、金矿床描述性模型、金矿床成因模型和金矿成矿定量化过程模型；第二篇为金矿地学多元信息找矿模型，包括第五章至第十三章，分别建立了金矿遥感信息找矿模型、金矿地球物理信息找矿模型、金矿微量元素地球化学信息找矿模型、金矿稀土元素地球化学信息找矿模型、金矿综合地球化学信息识别模型、金矿物信息找矿模型、高光谱遥感技术与蚀变矿物含量信息找矿模型、成矿溶液电导率和酸碱度信息找矿模型、金矿找矿方法组合模型；第三篇为金矿成矿预测模型，包括第十四章、第十五章，分别提出了地学多元信息逆向定位预测模型和变质岩区金易释放率资源量预测模型。

本书集作者二十余年的研究成果而成，通过大量的金矿床模型实例，阐述了金矿床模型研究的理论与方法，重点探讨了新理论、新技术和新方法在金矿床模型研究中的应用效果，丰富和发展了金矿床模型研究的理论与方法。

衷心感谢导师张贻侠教授、阎凤增教授、张兴洲教授的悉心指导和潘懋教授的热心帮助。另外，本书也引用了许多单位和个人资料，在此深表谢意！

卫万顺

2005年3月10日于北京大学

目 录

第一篇 金矿成矿过程模型

第一章 绪 论	(3)
第二章 金矿床描述性模型	(8)
第一节 碱性岩型金矿床描述性模型	(8)
第二节 浅成低温热液型金矿床描述性模型	(14)
第三节 超基性岩型金矿床描述性模型	(18)
第四节 多因复成型金矿床描述性模型	(20)
第五节 华北地台北缘东段金矿床描述性模型	(28)
第三章 金矿床成因模型	(36)
第一节 中国北方碱性岩型金矿床成因模型	(36)
第二节 西藏班—怒成矿带中段金矿成岩成矿动力学模型	(45)
第三节 太白—镇平—带卡林型金矿床成因模型	(56)
第四章 金矿成矿定量化过程模型	(66)
第一节 金的价态分析与金成矿活化能模型	(66)
第二节 成岩成矿实验与金矿源层(岩)定量化判定模型	(80)
第三节 K—Ar 法真实年龄计算方法与太古代变质岩热事件模型	(97)

第二篇 金矿地学多元信息找矿模型

第五章 金矿遥感信息找矿模型	(111)
第一节 裸露—半裸露区金矿遥感信息找矿模型	(111)
第二节 森林覆盖区金矿遥感信息找矿模型	(119)
第三节 高原湖沼区金矿遥感信息找矿模型研究	(130)
第六章 金矿地球物理信息找矿模型	(141)
第一节 区域航磁信息找矿模型	(141)
第二节 区域重力信息找矿模型	(146)
第三节 区域航空伽玛场信息找矿模型	(153)
第七章 金矿微量元素地球化学信息找矿模型	(156)
第一节 元素地球化学异常评价模型	(156)

第二节	区域微量元素地球化学信息找矿模型	(166)
第三节	金矿床剥蚀深度预测模型	(174)
第四节	金矿脉体地球化学评价模型	(184)
第八章	金矿稀土元素地球化学信息找矿模型	(194)
第一节	金矿床稀土元素地球化学信息找矿模型	(194)
第二节	金矿体稀土元素地球化学信息找矿模型	(199)
第三节	金矿物稀土元素地球化学信息找矿模型	(207)
第九章	金矿综合地球化学信息识别模型	(211)
第一节	成矿岩体地球化学信息识别模型	(211)
第二节	含金碱性岩浆源区及其物质来源判定模型	(215)
第十章	金矿物信息找矿模型	(223)
第一节	(含)金重砂异常信息找矿模型	(223)
第二节	砂金标型特征信息找矿模型	(228)
第三节	砂金成色特征信息找矿模型	(237)
第四节	砂金指纹特征信息找矿模型	(243)
第五节	砂金探采粒度对比模型	(247)
第十一章	高光谱遥感技术与蚀变矿物含量信息找矿模型	(253)
第十二章	成矿溶液电导率和酸碱度信息找矿模型	(269)
第一节	成矿溶液电导率信息找矿模型	(269)
第二节	成矿溶液酸碱度信息找矿模型	(275)
第十三章	金矿找矿方法组合模型	(282)
第一节	区域找矿方法组合模型	(282)
第二节	已知矿床外围及深部找矿方法组合模型	(287)

第三篇 金矿成矿预测模型

第十四章	地学多元信息逆向定位预测模型	(293)
第十五章	变质岩区金易释放率资源量预测模型	(307)
结束语		(313)

第一篇

金矿成矿过程模型

第一章 绪论^①

一、金矿床模型的涵义

1. 模型的概念

模型一词对应于英文的 model (拉丁语 modus), 在这里我们将 model 统译为模型。模型就是通过抽象、简化、类比, 使所研究系统的结构、形态或运动状态变为易于考察的形式。

我们所说的模型, 常有两个方面的含义, 其一, 是指对应于“原型”而建立的模型, 是对原型的抽象和仿真; 其二, 是指研究“原型”所采用的“模型”方法。模型基于原型建立, 相似于原型而不等于原型。据不同目的, 模型可分为具体模型、抽象模型, 也可以分为宏观模型、微观模型, 或定性模型、定量模型。模型的建立必须符合相似性原则、简化原则和客观性原则。

模型作为一种科学, 已被证明在研究那些不能或很难直接观察到的事物或过程时, 是行之有效的, 用模型 (M) 来研究原型 (O), 基于二者之间存在某种相似性 (形态的、结构的、行为的、过程的, 等等), 可以建立 M-O 关系, 模型 (M) 为已知, 利用 M-O 关系, 来研究未知的原型 (O), 这就是模型方法的一种简单表达。

成矿过程一般很难于被人们直接观察到, 未经勘探和未经开采的矿床, 可被视为未经解剖的原型 (O), 这个原型是个“黑箱”, 至多是个“灰箱”。如果我们把成矿条件、控矿因素作为“黑箱”的输入, 而把矿床的特征和属性作为“黑箱”的输出, 那么我们可以用研究“输入—输出”的对应关系来“解剖”这个“黑箱” (矿床)。这就是把模型方法用于矿床研究的基本思路, 对于矿床这个复杂的、不能直接看到其形成过程的, 又难于解剖的原型来说, 模型几乎是惟一可行的研究方法 (张贻侠, 1993)。而且要经近代成矿理论和找矿实践的双重检验, 逐步修正已建立的矿床模型。应积极引用系统论、控制论、信息论, 以及耗散结构理论、模糊和混沌理论, 或其他自然科学的最新理论来研究矿床模型^[1]。

2. 矿床模型的涵义

不同学者对矿床模型有不同的认识。本文倾向于 D. P. COX 等人 (1986) 的观点。即从论述的角度看, 矿床模型是描述一类矿床本质属性的系统排列的信息^[2]。这个涵义规定了矿床模型的三个基本要点:

(1) 矿床模型所描述的不是单个矿床, 而是“一类”矿床。此类矿床所概括的实例越多, 就越有代表性。至于那些独一无二的超大型矿床, 需要个别对待, 不一定包

① 卫万顺. 区域金矿床模型研究. 长春地质学院硕士学位论文, 1995。

括在某类之内。

(2) “本质属性”意味着这类矿床必须具备的,而且能够确定这类矿床存在的属性。例如某类矿床的大地构造背景和地质特征(围岩种类、蚀变类型、矿物组合等)、经济属性(品位、储量等)等。

(3) 矿床模型是系统排列的有特定结构的信息群体,而不是单一的信息。

因此,矿床模型是系统排列的有特定结构的信息群体组合,我们总可以找到一个与真实矿床相近似的一般形象,作为此类矿床的代表,也就是说,矿床模型是人们用各种手段从一批已知的相似矿床中抽象出来的一个代表性的标准形象。矿床模型是实际矿床的一个抽象对应体,它不可能,也不必要反映实际矿床的所有特征,而只需要反映模型使用者关心的部分就可以了,至少在现阶段,任何矿床模型都不是“全面”的或“最终”的模型。

矿床模型的种类很多,矿床建模的工作也是一个从低级到高级、从简单到复杂的过程。

(1) 按研究内容、研究范围可分为:区域性矿床模型、典型矿床模型、找矿信息模型。

(2) 按研究方法、研究程度可分为:描述性矿床模型、矿床成因模型、定量(化)统计模型和定量化过程模型。

(3) 按矿产种类可分为:金矿床模型、铁矿床模型、铜矿床模型等。

3. 金矿床模型的定义

综上所述,我们认为金矿床模型是描述一类金矿床本质属性的系统排列的信息组合。常有两个方面的含义,其一指相对应于金矿床“原型”而建立的金矿床模型,是对原型的抽象和仿真;其二是指研究“原型”所采用的“模型”方法。本书的金矿床模型既包括区域性矿床模型、典型矿床模型、找矿信息模型,又包括描述性矿床模型、矿床成因模型和定量化过程模型。既包括建立的各类金矿床模型,也包括为研究“原型”而采用的具体模型方法。

二、矿床模型研究的历史回顾

1. 萌芽阶段(20世纪80年代以前)

用模型的思路来研究矿床,古已有之(表1-1)。在两千年前的《山海经》上就提出了某些矿床的矿化垂直分带规律,早期矿床学教科书中的“成矿树”等,都属于简化的矿床模型。20世纪20年代美国人艾孟斯提出了一个比较系统的围绕花岗岩矿床地热分带的规律。当时没有称模型,但已具雏形。同期我国翁文灏先生对南岭地区金属元素的分带规律进行了探讨。20世纪30年代以来矿床的原生分带、矿床的区域分带研究在矿床学界得到广泛的重视,取得了大量的研究成果,张炳熹、郭文魁先生等在这方面做了很多工作。1962年捷克正式明确提出“成矿模型”的科学名词,这是矿床学者长期探索的继续和必然结果,这些新思路发展了矿床学理论。但对矿床模型做系统研究工作的要算克莱克(1962),他提出矿床模型可以用来突出矿床的重要特征,绝对真实的模型是不存在的,从实际资料中概括出来又经过检验的模型,才是独创性的模型。K. H. WOLN(1979)就地质概念模式做过系统论述。期间我国曾提出过脉状钨

矿“五层楼模式”(1996)、“玢岩铁矿模式”(1978)及“成矿系列”概念(1977, 1979, 1980)^[3-7]。

表 1-1 古代找矿模式思辨

序号	模式名称	作 者	时 代
1	矿床产出的模式思辨	中国古代《易经》、《管子》、《地镜篇》	周朝, 战国, 公元前 700 ~ 220 年
2	生物与矿床产出模式思辨	中国古代颜真卿、段式成	唐代, 公元 618 年
3	地下水及石油生成模式思辨	《易经》	周朝, 公元前 700 年
4	河水中金属分散模式思辨	V. 古林古西奥 (意大利)	1540 年
5	水化学找矿模式萌芽	R. W. 鲍利	1546 年

注: 据刘泉清、欧阳宗圻 1983 年材料改写

2. 发展和成熟阶段

进入 20 世纪 80 年代, 自觉利用模型来研究矿床这一趋势业已明朗。1980 年加拿大《地球科学杂志》举办了“矿床模型”讲座。系统地发表了 14 个矿床模型的材料; 1983 年原苏联 D. B. 龙克维斯特发表了“建立矿石建造地质—成因模式的一般原则”的综合理论文章, 提出了建立模式的五项原则。1984 年加拿大地质调查所出版了《加拿大矿产类型: 地质梗概》一书, 公开发表了各类矿床的描述性模式。1986 年美国 D. P. 考克斯和 D. A. 辛格编著了《矿床模式》一书, 书中总结了 111 个国家的 3900 多个矿床的资料, 列出了 87 个矿床的描述性模式和 60 个不同类型矿床的品位—吨位模型。1988 年原苏联的 E. A. 科兹洛夫斯基发表了“建立矿床模式的方向和任务”一文, 首次提出建立地质—物理模型的构想。1988 年 C. T. 霍德森发表了“矿床模型在矿产勘查中的理解和使用”的文章, 提出建立矿床模型的理论和方法及其在矿产勘查中的实际应用价值。前苏联于 1981、1985、1990 年在新西伯利亚召开过三次“矿床成因模型”的全苏学术讨论会, 在 IUGS/UNESCO 的资助下, 国际上成立了一个 DMP 为期十年 (1984 ~ 1994) 的大项目, 在 1990 年渥太华召开的 8THTAGOD 会议上, DMP 同时召开了专题讨论会。

我国此期矿床模型研究亦日趋高潮, 众多地学杂志上刊载了不少矿床模型方面的文章和实例。如区域成矿条件分析若干问题 (程裕祺, 1980), 再论矿床的成矿系列问题 (程裕祺、陈毓川, 1987), 成矿模式与成矿系列 (张炳熹、陈毓川, 1987), 论矿床模式 (朱裕生, 1993)。1990、1991 年中国地质科学院成矿远景区划室出版了《矿床成矿模式选编》(一) 和 (二), 1993 年张贻侠出版了《矿床模型导论》, 陈毓川、朱裕生等出版了《中国矿床成矿模式》。标志着我国矿床模型研究工作走上一个新的台阶。

同时, 国内外对金矿床模型研究也得到了不断加强, 涉及金矿床模型的各个方面, 完善和发展了金矿床模型研究的理论和方法。如变质岩金易释放率资源量预测模型研究 (卫万顺, 1995)^[8], 金矿遥感找矿信息模型研究 (卫万顺, 1995)^[9], 区域金矿床

模型研究(卫万顺, 1995), 山海关地区金矿成矿岩体地球化学识别模型研究(卫万顺, 1997), 金矿成矿构造(找矿)信息模型研究(卫万顺, 1999), 中国北方碱性岩型金矿床成因模型研究(卫万顺, 2001)^[10], 华北地块碱性岩型金矿床成因模型研究(卫万顺, 2001)。积累了大量的金矿床模型方面的研究资料, 为详细研究金矿床模型奠定了坚实的资料基础。

三、矿床模型研究的发展趋势

矿床模型是代表成矿学理论的高度综合和矿床学理论的发展趋势, 通过建模实践将全面发展成矿学和矿床学的理论^[1]。其研究发展趋势为:

(1) 按系统论和控制论来严格定义模型, 并将这两论的方法引入到矿床模型研究中来, 现有的统计方法不断被补充和完善, 根据需要建立数据处理系统和计算机应用程序。

(2) 矿床模型的建立, 应先从某些急需矿种、重要矿产类型和重要成矿区带开始, 而不急于建立一个包罗万象的矿床模型体系。

(3) 充分利用已发表的文献和正式提交的报告, 重事实, 避免介入成因争论。

(4) 研究组成员应有一个合理的专业结构, 除地质人员外, 应有地球物理、计算机管理和经济等专业人员参加。

(5) 研究模型当然会带有地区性特色, 而任何一个成熟的矿床模型又必须具有全球意义。因此应加强国内和国际间的广泛合作。

四、金矿床模型研究的总体思路

金矿成矿过程大体上可概括为: 矿源层中的金被活化(I) → 以金的络合物或其他形成迁移(II) → 金在有利的空间部位沉淀成矿(III)。本书试图按照下列思路来解决或解释成矿过程的主要问题:

1. 金矿成矿是一个系统过程, 其成矿过程严格受其内因和外因控制, 可以用系统论和控制论的基本原理, 来研究和建立金矿床模型

(1) 地壳中分布的金矿床均具有一定的地质特征或地质属性, 这些可见的地质属性是我们研究“黑箱”的基础, 可作为“黑箱”的输出。我们将此模型称为地质描述性模型或叫经验性模型, 建立金矿床描述性模型是开展金矿床成因模型研究的基础。

(2) 在建立金矿床地质描述性模型的基础上, 从宏观上来研究金矿成矿与地球动力学之间的成因关系, 建立金矿床成因模型。

(3) 矿源层的金被活化是金矿成矿的前提。众所周知, 并不是矿源层中的金都被活化, 这样就牵涉到一个量的问题。量系指地壳运动后矿源层中的金被迁移活化的量是多少。因此, 通过 Pd、Au 浸出率试验研究, 利用 Pd - Au 的特殊关系, 探求金的迁出量大小, 建立了金矿层(岩)的定量化判定模型, 来解决量的问题。

(4) 以金的络合物形式或其他形式迁移。这是一个无法重演的过程, 究竟金的络合物搬运了多长时间, 重复搬运了多少次, 都是一个很难求解的问题, 单就络合物的稳定性而言, 稳定时间很短, 仅为 10^{-13} 秒。因此, 我们通常称其成矿时间是多少亿年是不科学的。本书运用化学动力学理论和过渡状态理论, 引入成矿速率的概念。目的是架起成矿活化能与成矿信息之间的桥梁, 解决成矿活化能与成矿温度(T)、溶液中

金的浓度 (C)、活化—成矿时间 (t) 的关系。为此, 我们通过金的价态分析, 建立了金成矿活化能量化过程模型。目的是从微观上来解决地壳运动达到什么样的程度金才能被活化的问题, 当然金之所以能被活化与地球动力学成岩成矿过程密切相关。

2. 在金矿床描述性模型、成因模型、成矿定量化过程模型研究的基础上, 利用信息论的基本原理建立地学多元信息找矿模型

虽然说金矿成矿过程未能被直接观察到, 但成矿后在矿床及其周围往往形成特定的地、物、化、遥等地学多元信息特征。我们通过研究这些地学多元信息特征, 建立其信息找矿模型, 研究其“输入—输出”的对应关系来“解剖”这个“黑箱”(矿床)。这就是把模型方法用于矿床研究的基本思路。本书研究和建立了金矿遥感信息找矿模型、金矿地球物理信息找矿模型、金矿微量元素地球化学信息找矿模型、金矿稀土元素地球化学信息模型、综合地球化学信息识别模型、金矿物特征信息找矿模型、高光谱遥感技术与蚀变矿物含量信息模型、成矿溶液电导率信息模型、成矿溶液酸碱度信息模型和金矿找矿方法组合模型。

3. 在地学多元信息找矿模型研究的基础上, 建立金矿空间定位预测模型和资源量预测模型, 开展金矿成矿预测工作

建立各类模型的目的是用于成矿预测和指导找矿, 为此, 建立了地学多元信息逆向定位成矿预测模型和金易释放率资源量预测模型。

主要参考文献

- [1] 张贻侠. 矿床模型导论. 北京: 地震出版社, 1987.
- [2] D. P. COX 等. 矿床模式. 宋伯庆, 朱裕生, 李文祥等译. 北京: 地质出版社, 1990.
- [3] 程裕淇, 陈毓川等. 初论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 第 1 号.
- [4] 宁芜研究项目编写小组. 宁芜玢岩铁矿床. 北京: 地质出版社, 1978.
- [5] 程裕淇, 陈毓川等. 再论矿床的成矿系列问题. 中国地质科学院院报, 第 6 号.
- [6] 张炳熹, 陈毓川. 成矿模型与成矿系列. 当代地层科学动向. 北京: 地质出版社, 1987.
- [7] 朱裕生. 论矿床成矿模式. 地质论评, 1993, 39 (3).
- [8] 卫万顺. 变质岩区金易释放率资源量预测模型研究. 黄金地质, 1995, 1 (4).
- [9] 卫万顺. 金矿遥感找矿信息模型研究. 黄金地质, 1995, 1 (2).
- [10] 卫万顺, 张宇辉, 卿敏等. 中国北方碱性岩型金矿成因模型研究. 黄金地质, 2001, 7 (1).
- [11] 卫万顺, 王振忠. 山海关地区金矿成矿岩体地球化学识别模型研究. 黄金, 1997, 18 (5).

第二章 金矿床描述性模型

金矿床描述性模型又称金矿床经验模型,是对一类金矿床基本特征的精确描述。可分为典型金矿床描述性模型和区域金矿床描述性模型。

建立描述性金矿床模型必须满足其前提条件及应遵循的原则:描述的必须是同一类矿床;产出于相同的大地构造位置;相同的围岩及相同的矿石矿物成分和组构。建立描述性矿床模型必须遵循本质性、实用性和普遍性原则。这类模型应包括以下内容:矿床类型名称;矿床产出的大地构造背景;成矿环境;矿体的形态、产状、规模及其与构造的关系;矿石矿物组合及品位;蚀变类型及分带;控矿条件;伴生矿床类型或主要副产品;成矿物理化学条件;地学多元信息找矿标志;典型矿床实例;典型的图示;资料来源。

任何描述性金矿床模型都不是最终模型,它理应经受找矿实践的检验,并不断地完善自己。本章以华北地台碱性岩型金矿床、浅成低温热液型金矿床、我国超基性岩型金矿和多成因复成型金矿床为例,来探讨典型金矿床描述性模型建立的理论和方法;以华北地台北缘东段金矿床为例,来探讨区域金矿床描述性模型建立的理论和方法。

第一节 碱性岩型金矿床描述性模型^①

一、碱性岩型金矿床的概念

碱性岩型金矿床的概念,是随着碱性岩型金矿床的发现和发展而被不断完善的。其概念形成大致可以分为三个阶段:

1. 第一阶段:强调了矿床的浅成、富碲特点

20世纪80年代初期, Bonham (1983, 1984, 1986)^[1-3] 和 Giles (1982)^[4] 以及 Mutscheler (1984)^{[5][6]} 在研究北美科迪勒拉造山带中金矿床时,首先注意到富金—碲浅成热液矿床与碱性火成岩的成因联系。Mutscheler (1984, 1985)^{[5][6]} 把该类金矿床命名为与碱性岩有关的浅成热液金矿床,与 Bonham (1984) 提出的石英—萤石—冰长石为特征的浅成热液金矿床的含义基本一致。之后, Bonham (1986) 又把该类金矿床名为碱质类浅成热液金矿床^[2], 而 Cox 和 Bagby (1986)^[7] 命名为与碱性浅成岩—喷出岩有关的金—银—碲脉状矿床, Giles (1991) 则把该类金矿床称之为含碲浅成热液金—银矿床。所以,早期与碱性岩有关的金矿床概念强调了浅成、富碲的特点^{[8][9]}。

2. 第二阶段:强调了矿床与碱性岩的空间关系,即深源特点

① 卫万顺. 华北地块碱性岩型金矿床成因模型研究. 吉林大学博士学位论文, 2001。

C. J. Hodgson、S. Marmont, M. E. Cherry, A. C. Colvine 等人注意到了在太古宙绿岩带中长英质碱性侵入杂岩、碱性火山岩和煌斑岩与金矿的密切空间关系, 尽管目前对这些碱性岩是否为金矿的矿质来源存在争议, 但二者的密切关系, 无疑反映着某种内在联系^{[10][11]}。而 N. M. Rock, D. I. Groves, D. Wyman 和 R. Kerrich 等深入研究了煌斑岩与金矿床的关系。在他们看来, 煌斑岩作为一种特殊的碱性岩, 总是和金矿床存在密切的空间关系, 并且两者的形成具有同时性。据此, Rock 和 Groves 认为, 煌斑岩可作为金源, 并提出了地幔柱、交代地幔、煌斑岩三位一体的金矿化模式。

3. 第三阶段: 强调了矿床与碱性岩形成的时间关系, 即部分矿床成矿与成岩时差较大的特点

我国学者在研究哈达门沟和东坪金矿床时, 发现成岩与成矿时差较大, 且矿床为中深成脉状, 矿床与碱性岩之间的关系再度成为研究的热点^{[12][13]}。

随着研究工作的不断深入, 不同学者从不同角度给碱性岩型金矿床赋予不同的涵义。本文定义的“碱性岩型(或碱质类)金矿床”具有以下几个特点:

- (1) 与高碱质($\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$)和富挥发性组分的碱性岩(或碱性流体)有关。
- (2) 含 Au - Ag 碲化物。
- (3) 高成色自然金, 矿石 Au/Ag 比值高。
- (4) 具典型的石英 + 钾长石 + 碳酸盐 ± 萤石 ± 冰长石 ± 钒云母蚀变矿物组合。
- (5) 矿床硫和贱金属元素(Cu - Pb - Zn)含量相对较低, 常含硫酸盐(天青石、重晶石等)及氧化物矿物(赤铁矿、磁铁矿及镜铁矿等)。

国外学者强调了该类型金矿床的浅成特征, 认为碱质类浅成热液金矿床在其深部为斑岩型铜—贵金属矿床(Mutschler 等, 1984; Werle 等, 1984; Bonham 和 Giles, 1983)^{[3][5][14]}。而在中国, 除与国外完全类比的浅成热液碱性岩型金矿(如山东平邑归来庄、冀南永年黑山门、豫西上官、前河、祁雨沟金矿床等)外, 而东坪、哈达门沟等超大型碱性岩型金矿床则为中深成脉状型。该类型金矿除具上述界定的碱性岩型金矿床一般特征外, 与浅成热液型不同的是下部并不发育斑岩型矿化, 而以其强烈的钾长石质蚀变、钾石英脉(伟晶岩脉)和蚀变岩、不含或少含浅成指示矿物为特征, 应属碱性岩型金矿床的一个大类。综合前述资料, 本文认为, 碱性岩型金矿包括中深成脉状型与浅成热液型两大类(表 2-1)。

表 2-1 华北地块碱性岩型金矿分类表

类 型	亚 类	代 表 矿 床
中深成脉状型 (I)	I ₁ ——与碱性伟晶岩有关的金矿	哈达门沟、乌兰不浪沟
	I ₂ ——与碱性杂岩有关的金矿	东坪、后沟、黄土梁、中山沟
浅成热液型 (II)	II ₁ ——与碱性次火山岩有关的蚀变岩、石英脉复合型金矿	东伙房、康山、星星阴
	II ₂ ——与碱性次火山岩有关的隐爆角砾岩型金矿	祁雨沟、归来庄、店房、黑山