

中国主要类型铜矿 勘查地球化学模型

吴承烈 徐外生 刘崇民 著

地质出版社

PDG

中国主要类型 铜矿勘查地球化学模型

吴承烈 徐外生 刘崇民 著

地质出版社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书是铜矿勘查地球化学模型方面的专著。它是在较全面地概括了作者和我国生产、科研及教学领域的地学工作者近三十余年来在铜矿地球化学勘查中取得的大量实际资料 and 主要成果的基础上编写成的。

全书共分十章,大体由三部分组成。第一部分(绪论)概述了模式、模型的概念、区别、内容及应用。第二部分(2~8章)以成矿带、矿田、矿床不同级次的地质、地球化学和地球化学勘查为基础,论述了七种类型与铜矿有关的地质-地球化学特征及其地球化学勘查模式-模型系统。第三部分(9~10章)讨论了各类铜矿异常与元素分带的形成机制,扼要地总结了铜矿勘查与预测的标志。

该书构思新颖,内容丰富,图文并茂,适用性强,可供地勘单位、大专院校及科研机构广大地质、矿山和勘查地球化学工作者参考和借鉴。

图书在版编目(CIP)数据

中国主要类型铜矿勘查地球化学模型/吴承烈等著. -北京:地质出版社,1998. 4
ISBN 7-116-02556-1

I. 中… II. 吴… III. 铜矿床-地质勘探-地球化学-模型-中国 IV. P618. 418

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 05550 号

地质出版社出版发行

(100083 北京海淀区学院路 29 号)

责任编辑:傅学信 王文孝

责任校对:范 义

北京印刷学院实习工厂印刷 新华书店科技发行所经销

开本:787×1092 1/16 印张:16 字数:389000

1998 年 4 月北京第一版·1998 年 4 月北京第一次印刷

印数:1—700 册 定价:38.00 元

ISBN 7-116-02556-1
P·1884

(凡购买地质出版社的图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行处负责调换)

前 言

铜矿一直是我国急缺的矿产资源。70年代以来,随着工业发展的需求,我国开展了大量的地质、地球化学勘查、找矿与研究,积累了丰富的实际成果和经验,为建立我国主要类型铜矿地质-地球化学勘查模型提供了极为有价值的资料。建模研究,对我国铜多金属矿产的找矿和预测水平的提高,有着重要的作用,对推动勘查地球化学学科的发展具有重要意义。

本书是在地质矿产部“八五”科技研究项目“中国主要类型铜矿隐伏矿地球化学预测指标研究”报告基础上,进行修改和补充而成。承担该项目的成员有吴承烈、徐外生、刘崇民、喻劲松、苏文利。在项目完成过程中,曾得到地矿部物探、化探研究所化探方法室有关项目课题组和中心实验室的大力支持。

书中引用了大量前人研究成果和实际资料、图表(包括已公开发表的文献和尚未公开发表的资料)。根据本书需要,有些图、表作了某些缩减和改编。书中的某些讨论和认识,可能与原作者不完全一致,这只能代表本书作者的一种认识,而不意味着对原作者观点的否定。即使本书作者们对少数问题的认识上存在差异,书中也只反映了一种观点。我们认为,这正是地质问题的复杂性所具有的客观性。对一个理论性问题、一种地质现象持有不同的认识应属正常。而存在不同观点,更有利于学科的发展,可以从不同角度深化其认识,最终达到正确地认识客观世界。

应当指出,模式-模型系统的建立,不同于工业产品的加工,而是对一种自然现象及其规律的认识过程。成矿与成晕的形成是一个长期的复杂的地质作用过程。在有限期间内,人们对这种过程的认识只能逐步地接近客观实际,而难以揭示其全部。因此,在系统建立中,描述某个具体异常容易,而概括出典型的异常模式就较难,建立一个完善的有代表性的概念模型就更难。随着矿产勘查工作的需要,人们对成矿作用认识的深化,以及现代科学技术的进步,已经建立的模式-模型系统,将不断被修改、补充,并进一步发展和完善。这是事物发展的客观规律。

目前,地球化学勘查中应用的单位为非标准制,使用也非常随意,在术语“含量”、“浓度”之后使用任意单位。现在国家标准要求明确写出准确的量名称及单位,例如:定义B的质量分数 w_B ——B的质量与混合物质量之比,单位为1(用小数表示),当数值小时,也可采用%、 10^{-6} 等为单位。举例:SiO₂含量25%,应改用SiO₂的质量分数 $w(\text{SiO}_2) = 25\%$,Cu含量为 40×10^{-6} ,应改用 $w(\text{Cu}) = 40 \times 10^{-6}$ 。详见国家标准GB3100~3102-92《量和单位》。

书稿承蒙赵伦山教授、吴传璧研究员审阅,并提出宝贵意见和建议。作者表示衷心感谢。苏文利助理工程师打印全书的初稿,在此一并表示谢意。由于作者水平所限,书中必然存在这样或那样的不足,乃至错误,敬请读者指正。

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 模式、模型的概念	(2)
第二节 模式-模型系统	(2)
一、建立勘查模式的理论依据	(2)
二、模式、模型的构成要素	(3)
三、矿床成矿模式与地球化学模式-模型系统的关系	(3)
第三节 模式与模型的应用	(4)
第二章 斑岩型铜(钼)矿地质-地球化学勘查模型	(5)
第一节 成矿带地质-地球化学特征	(5)
一、西藏玉龙斑岩铜(钼)矿成矿带	(5)
二、江西德兴斑岩铜(钼)矿成矿带	(10)
三、黑龙江多宝山斑岩铜矿成矿带	(14)
第二节 矿田地质-地球化学特征	(15)
一、德兴斑岩铜(钼)矿田	(15)
二、莽总斑岩铜(钼)矿田	(19)
三、多宝山斑岩铜矿田	(21)
四、紫金山铜金矿田	(25)
第三节 矿床地质-地球化学特征	(34)
一、富家坞、朱砂红铜(钼)矿床	(34)
二、多宝山、铜山铜矿床	(41)
三、沙溪铜矿床	(45)
第四节 斑岩型铜(钼)矿地质-地球化学勘查概念模型	(50)
一、成矿带地质-地球化学勘查模型	(50)
二、矿田地质-地球化学勘查模型	(50)
三、矿床地质-地球化学勘查模型	(52)
第三章 夕卡岩型铜矿地质-地球化学勘查模型	
——以长江中下游铜陵-戴家汇成矿带为例	(55)
第一节 成矿带地质-地球化学特征	(55)
第二节 矿田地质-地球化学特征	(63)
一、狮子山矿田	(63)
二、铜绿山-大青山矿田	(65)
三、凤凰山矿田	(65)
第三节 矿床地质-地球化学特征	(70)

一、产于岩体与围岩接触带的接触交代式矿床	(70)
二、产于岩体内部的捕虏体式矿床(体)	(87)
三、层控式夕卡岩型矿床	(87)
四、夕卡岩型铜矿床原生地球化学异常特征	(97)
第四节 夕卡岩型铜矿地质-地球化学勘查概念模型	(100)
一、长江中下游夕卡岩型铜矿成矿带(区)地质-地球化学勘查模型	(100)
二、夕卡岩型铜矿田地质-地球化学勘查概念模型	(101)
三、夕卡岩型铜矿床地质-地球化学勘查概念模型	(103)
第四章 复合型铜矿床地质-地球化学勘查模型	(104)
第一节 江西城门山铜矿床	(104)
一、矿床地质特征	(104)
二、地球化学特征	(105)
三、矿床地球化学异常特征	(106)
第二节 西藏玉龙铜(钼)矿床	(111)
一、矿床地质特征	(111)
二、矿床地球化学异常特征	(113)
第三节 福建紫金山铜金矿床	(116)
一、矿床地质、地球化学特征	(116)
二、矿床地球化学异常特征	(117)
第四节 复合型铜矿床地质-地球化学勘查模型	(119)
一、矿床地质标志	(119)
二、地球化学异常标志	(121)
第五章 岩浆型铜镍矿床地质-地球化学勘查模型	(122)
第一节 新疆喀拉通克铜镍矿床	(122)
一、地质、地球化学特征	(122)
二、地球化学异常特征	(122)
第二节 甘肃金川铜镍矿床	(131)
一、矿床地质特征	(131)
二、矿床地球化学异常特征	(132)
第三节 铜镍矿床指示元素及指标	(136)
第四节 岩浆型铜镍矿床地质-地球化学勘查模型	(137)
一、成矿带地质、地球化学标志	(137)
二、矿田地质、地球化学标志	(137)
三、矿床地质、地球化学异常标志	(137)
第六章 海相火山岩型铜矿地质-地球化学勘查模型	(139)
第一节 甘肃白银厂铜多金属矿田	(139)
一、地质概述	(139)
二、地球化学特征	(139)
三、区域地球化学异常	(142)

四、矿田地球化学原生异常	(144)
五、矿床地球化学原生异常	(145)
第二节 新疆阿舍勒铜锌矿床	(155)
一、地质特征	(155)
二、地球化学特征	(156)
三、地球化学异常特征	(158)
第三节 海相火山岩型铜矿地质-地球化学勘查模型	(164)
第七章 沉积变质-热液改造型铜矿地质-地球化学勘查模型	
——以青海鄂拉山成矿带为例	(166)
第一节 成矿带地质-地球化学异常特征	(166)
一、地质特征	(166)
二、矿带地球化学异常特征	(166)
第二节 矿床地质-地球化学异常特征	(167)
一、赛什塘铜矿床	(167)
二、铜峪沟铜矿床	(169)
三、索拉沟铜多金属矿床	(173)
四、矿床地质-地球化学异常特征	(175)
第三节 沉积变质-热液改造型铜矿地质-地球化学勘查模型	(176)
一、成矿带地质-地球化学勘查模型	(176)
二、矿床地质-地球化学勘查概念模型	(176)
第八章 热液脉型铜矿床地质-地球化学勘查模型	(178)
第一节 江西朱溪铜矿床	(178)
一、地质概况	(178)
二、矿床地球化学异常特征	(178)
第二节 福建管查铜矿床	(181)
一、矿床地质特征	(181)
二、矿床地球化学异常特征	(181)
第三节 广东钟丘洋铜矿床	(184)
一、矿床地质特征	(184)
二、矿床地球化学异常特征	(184)
第四节 热液脉型铜矿床地质-地球化学勘查模型	(188)
一、地质标志	(188)
二、地球化学异常标志	(188)
第九章 异常与元素分带的形成机制	(190)
第一节 成矿带地球化学场的形成	(190)
一、成矿带存在的原始物质基础	(190)
二、控制成矿带的主要因素	(190)
三、元素产生空间分带的原因	(191)
四、形成区域高背景带和局部异常的直接原因	(191)

第二节 矿田异常的形成与元素分带·····	(191)
第三节 矿床异常的形成与元素分带·····	(192)
一、热液充填脉型铜矿床 ·····	(192)
二、斑岩型铜(钼)矿床 ·····	(193)
三、夕卡岩型铜矿床 ·····	(195)
四、海相火山岩型铜矿床 ·····	(196)
五、岩浆型铜镍矿床 ·····	(197)
六、沉积变质-热液改造型铜矿床 ·····	(198)
第四节 元素赋存形式对其在分带序列中位置的影响·····	(198)
第十章 铜矿地球化学勘查与预测标志 ·····	(202)
第一节 铜矿勘查的指示元素及其意义·····	(202)
第二节 铜矿地质-地球化学勘查模型 ·····	(212)
一、成矿带地质-地球化学勘查模型 ·····	(212)
二、矿田地质-地球化学勘查模型 ·····	(213)
三、矿床地质-地球化学勘查模型 ·····	(213)
第三节 与铜矿有关的岩体含矿性评价标志·····	(218)
一、与斑岩铜(钼)矿有关的岩体 ·····	(218)
二、与夕卡岩型铜矿有关的岩体 ·····	(221)
三、与岩浆铜镍矿有关的岩体 ·····	(225)
四、关于岩体含矿性评价方法 ·····	(226)
参考文献 ·····	(231)
英文摘要 ·····	(233)

EXPLORATION GEOCHEMICAL MODELS FOR MAIN TYPES OF COPPER DEPOSITS IN CHINA

Contents

Chapter 1 Introduction	(1)
1.1 The concept of pattern and model	(2)
1.2 The pattern-model system	(2)
1.3 The application of pattern and model	(4)
Chapter 2 Geological-geochemical exploration models for porphyry copper (molybdenum) deposits	(5)
2.1 Geological-geochemical characteristics of metallogenic belts	(5)
2.2 Geological-geochemical characteristics of orefields	(15)
2.3 Geological-geochemical characteristics of ore deposits	(34)
2.4 Conceptual geological-geochemical exploration models for porphyry copper (molybdenum) deposits	(50)
Chapter 3 Geological-geochemical exploration models for skarn copper deposits	(55)
3.1 Geological-geochemical characteristics of metallogenic belts	(55)
3.2 Geological-geochemical characteristics of orefields	(63)
3.3 Geological-geochemical characteristics of ore deposits	(70)
3.4 Conceptual geological-geochemical exploration models for skarn copper deposits	(100)
Chapter 4 Geological-geochemical exploration models for complex type copper deposits	(104)
4.1 The Chengmenshan copper deposit in Jiangxi Province	(104)
4.2 The Yulong copper (molybdenum) deposit in Tibet	(111)
4.3 The Zijinshan copper-gold deposit in Fujian Province	(116)
4.4 Geological-geochemical exploration models for complex type copper deposits	(119)
Chapter 5 Geological-geochemical exploration models for magmatic type copper- nickel deposits	(122)
5.1 The Kalatongk copper-nickel deposit	(122)

5.2	The Jinchuan copper-nickel deposit	(131)
5.3	Indicator elements and indices of copper-nickel deposits	(136)
5.4	Geological-geochemical exploration models for magmatic type copper-nickel deposits	(137)
Chapter 6	Geological-geochemical exploration models for marine volcanic type copper deposits	(139)
6.1	The Baiyinchang copper-polymetallic orefield in Gansu Province	(139)
6.2	The Ashele copper-zinc deposit in Xijiang	(155)
6.3	Geological-geochemical exploration models for marine volcanic type copper-polymetallic deposits	(164)
Chapter 7	Geological-geochemical exploration models for metasedimentary-hydrothermal reformation type copper deposits	(166)
7.1	Characteristics of geological-geochemical anomalies of metallogenic belts	(166)
7.2	Characteristics of geological-geochemical anomalies of ore deposits	(167)
7.3	Geological-geochemical exploration models for metasedimentary-hydrothermal reformation type copper deposits	(176)
Chapter 8	Geological-geochemical exploration model for hydrothermal vein type copper deposits	(178)
8.1	The Zhuxi copper deposit in Jiangxi Province	(178)
8.2	The Guancha copper deposit in Fujian Province	(181)
8.3	The Zhongquiyang copper deposit in Guangdong Province	(184)
8.4	Geological-geochemical exploration models for hydrothermal vein type copper deposits	(188)
Chapter 9	Mechanism for the formation of anomalies and element zoning	(190)
9.1	The formation of geochemical fields in metallogenic belts	(190)
9.2	The formation of orefield anomalies and element zoning	(191)
9.3	The formation of ore deposit anomalies and element zoning	(192)
9.4	The influence of the mode of occurrence of an element upon its position in senquence of zoning	(198)
Chapter 10	Geochemical exploration and prognostic indicators of copper deposits	(202)
10.1	Indicator elements for exploration of copper deposits and their significance	(202)
10.2	Geological-geochemical exploration models for copper deposits	(212)
10.3	Indicators for evaluating ore potentiality of rock bodies related to copper deposits	(218)
References		(231)
English abstract		(233)

第一章 绪 论

利用模式指导找矿，是近二三十年来矿产勘查领域的一项重要进展。特别是在找矿难度日益增大的形势下，建模研究更受到矿床地质学家、勘查地球物理学家和勘查地球化学家的重视，并成为当今矿产勘查研究的热门课题。

关于矿床成矿的带状分布模式，最早是由 W·H·艾孟斯 (1907) 提出的，而现代成矿模式的代表，当首推 J·D·洛厄尔-J·M·吉伯特的斑岩铜矿模式 (1970)。中国最早系统研究建立的矿床模式是“玢岩铁矿模式” (宁芜项目编写小组, 1978)。1990 年，中国地质科学院成矿远景区划室编写了《矿床成矿模式选编》一书 (内部印刷)，汇集了我国主要矿种的一些重要矿床的地质概念模式。

勘查地球化学方面的异常模式研究始于 50 年代，在原苏联 (А·И·索洛沃夫、С·В·格里戈良、А·В·巴尔苏科夫等)、西方国家 (А·Е·霍克斯、А·В·罗斯、J·S·韦柏、А·А·莱文森等) 和我国 (谢学锦、邵跃等) 同期开展了对矿床和矿体异常模式的研究，至 70 年代已积累了一批单个矿床和矿体的异常模式，并在实际应用中取得了明显的找矿效果。70 年代中期对斑岩铜矿研究中，把异常模式研究扩展到矿田和矿带级次，首次建立了斑岩铜矿成矿带、矿田、矿床和矿体不同级次的元素组分分带模型 (吴承烈等, 1978)。

1985 年，由张本仁主编，地质出版社出版了地质矿产部系统 1979~1982 年研究成果“金属矿床勘查地球化学研究专集”，即《勘查地球物理勘查地球化学文集》第二集，汇集了 16 个矿床和矿田的地球化学异常模式，并对某些矿床的成矿成晕机理进行了较深入的探讨。

1990 年，欧阳宗圻等主编，科学出版社出版了《典型有色金属矿床地球化学异常模式》一书，汇集了有色和冶金系统 80 年代前期主要的研究成果，编制了 15 个矿床和矿田地球化学异常模式。

1993 年，吴承烈提出了“建立矿产地球化学模型-模式系统”的思路，以求得模式研究更加系统化，适应不同勘查阶段、不同勘查目标的需要。其要点就是按矿种以实测资料为基础，建立矿带、矿田、矿床及矿体不同级别的异常模式。在各个异常模式的基础上，归纳、概括出同类型矿床的典型异常模式，总结与成矿有关的其它地球化学标志，并结合矿床成因，对地球化学异常的形成机制进行科学解释，构成地球化学勘查模型。模式来自于实测资料，保留全部个性特征。模型是模式的归纳、提高和扩展，反映共性特征和理性的认识，二者的结合，构成一个矿床类型的模式-模型系统。同一矿种主要类型矿床不同级次的模式-模型系统，构成该矿种的模式-模型系统。这也就是本书建立铜矿模式-模型系统的思路。

第一节 模式、模型的概念

在中文地质文献中常用的模型或模式，均译自英文的“model”。近年来，地质学家为了避免词意的混淆，趋向于统一采用“模式”一词，而地球物理学家则多采用“模型”。在勘查地球化学中，普遍见之于国外文献的还有“Pattern”一词，该词除有与“model”类似含义外，更具有式样、花样、图形等含义，且多与地球化学分散、地球化学异常等连用。因此，在勘查地球化学中，将“模式”与“模型”加以区分很有必要，即“模式”对应于“Pattern”，用于地球化学异常模式（Geochemical anomaly Pattern）简称异常模式。“模型”对应于“model”，用于地球化学勘查概念模型（Conceptual model of Geochemical exploration）或简称为勘查模型。

异常模式，是对一个具体矿体、矿床、矿田乃至成矿带地球化学异常的形态、结构、元素组合、含量变化等各种特征，以图件、文字、表格等形式作出的描绘和表征，是对其全部特征现象的客观反应。

勘查模型，是指在一系列实测地球化学异常模式基础上，按矿种和类型进行综合、归纳，以文字、图、表等形式对某类矿床（体）、矿田或矿带的地球化学基本特征的概括。勘查模型不仅包括异常模式的内容，而且还包括其它与成矿有关的地球化学特征，如成矿环境的地球化学标志，以及它们之间的相互联系和对成矿成晕机制的认识与分析。

上述区分的好处是：

（1）便于把对自然界存在的异常实体的客观描述与对影响实体特征的某些因素、形成机制等主观解释、判断区别开。

（2）既可用异常模式客观地反映单个矿体、矿床、矿田、矿带的全部地球化学异常特征（个性），又可通过勘查模型按类型概括、归纳出共有的典型异常模式和其它地球化学特征（共性）标志，以及对其成因机制的认识。

（3）便于合理地选用模型或模式，提高异常评价与矿产预测的水平。

第二节 模式-模型系统

模型源于模式，又区别于模式，二者密不可分。由异常模式与勘查模型组成的统一体就称其为模式-模型系统。

同一类型矿的矿床（体）、矿田和成矿带等不同的级次，也都有各级次的模式-模型系统，应当包括该类型矿床不同级次的模式-模型子系统。

一、建立勘查模型的理论依据

矿体原生晕的形成，是在大量成矿物质运移和成矿过程中，部分含矿热流体或残余含矿热流体沿运矿通道及其周围围岩裂隙继续渗流运移，并随着温度、压力及其它物理化学条件的改变，元素从热流体中逐步析出沉积的结果。这种渗滤-沉积机制，对热液矿床矿体原生晕的形成，具有普遍意义。但就矿床规模而言，情况则有所不同。矿床地质研究表明，除简单的脉型矿床外，大多数矿床的形成，往往都不是一次简单的地质作用，而是一

个复杂的地质作用过程，成矿物质的多来源，矿质的预富集，成矿作用的多期次、多阶段及成矿后的改造作用等，都会影响目前人们所观测到的最终异常模式。所以，矿床原生异常的形成与元素分带是多种成因机制的综合结果。研究这种异常的多成因机制，对于合理解释和正确运用各种标志，对评价异常和进行矿产预测十分重要。

二、模式、模型的构成要素

(一) 异常结构与规模是构成地球化学异常模式与勘查模型的基本要素

1. 异常结构：主要包括异常形态、元素组合、元素分带等。

异常形态：异常形态与矿床类型关系密切。根据原生异常的形态，可初步判断矿化类型。如近等轴状的面型异常是斑岩型矿床的特征；带状异常往往反映层控型或破碎带矿床；而线状异常则是脉型矿床的标志。

元素组合：主要异常元素组合，是矿种和矿化类型的判断标志。异常中的元素组合一般是反映矿床中的矿石矿物组合。所以，根据异常的特征元素组合，可以区分不同的矿化类型。Cu-Mo 组合的面型异常是斑岩铜（钼）矿的特征；Cu-（Cr）-Co-Ni 组合是岩浆型铜镍矿的特征；以 Cu-Zn 为主的带状异常多与海相火山岩型块状铜矿有关；而以 Cu-Zn-Mn-Fe-B 为主的异常，多与夕卡岩型铜铁矿有关。

元素分带特征：异常分带特征包括元素组分分带与元素的质量浓度分带。

组分分带包括水平分带与垂直（或轴向）分带。元素或元素组的水平分带，可以判断成矿作用的中心部位。轴向或垂直分带则可以判断矿液运移方向和矿床（体）的剥蚀程度，所以组分分带是确定成矿作用空间位置最有效的地球化学标志，对找隐伏、半隐伏矿尤为重要。

浓度分带是表示某个元素在一定空间范围内，质量浓度是否有规律性变化及其变化梯度。这是区分分散矿化与富集成矿的重要标志之一。

2. 异常规模：异常规模一般是指异常强度（质量分数）与异常面积乘积的综合性参数。有人也单独以异常面积来表示。它是异常元素丰富程度的标志，也是反映矿化规模的标志。一般来讲，异常规模与近地表的矿化规模相对应。在分散矿化的情况下，虽然异常元素含量不高，但由于面积大，所以使异常规模也大；当矿床（体）为隐伏或半隐伏状态时，异常元素含量不高，异常面积也不大，异常规模也必然不大。所以异常规模的标志必须与其它标志结合，特别是对弱异常评价时，尤须注意。

(二) 地球化学基本参数

这里所说的基本参数是指在与成矿环境、成矿作用有关的各类地质体、岩石、矿石、矿物中某些元素的质量分数及其分布参数，如平均值、离差、变化系数、分布类型、元素组合、元素间相关关系等参数。在这些参数中，有的可以帮助判断成矿物质来源，如矿源层（矿源岩）；有的可以用来判断元素的赋存形式与共生关系；有的可以反映元素在成矿过程中的分散、富集与迁移特征等。

三、矿床成矿模式与地球化学模式-模型系统的关系

从总体上讲，成矿与成晕（指原生异常的形成与元素分带）是同一地质作用的不同表现形式；但二者又有所不同。成矿主要表现为可利用矿物和矿物集合体的形成与时空定

位，而成晕则是在成矿过程中，与成矿有关热流体中物质的运移、富集、分散结果所产生的元素及其在含量上的时空分布。

矿床成矿模式是对矿床的产出与周围地质环境的关系，矿化作用随时间和空间变化而产生的各种特征和成矿物质来源、迁移及富集机理等矿床要素进行的概括性描述和解释（陈毓川等，1993）。

地球化学异常模式是对元素的量变规律、组合特征、结构特征等各种地球化学指标与矿床（体）空间关系的描述。勘查模型，除概括了典型异常模式外，还包括成矿环境的地球化学标志，以及异常与矿床的成因联系和形成机制等综合标志与解释。因此，实测地球化学资料是建立地球化学勘查模型、模式的基础，同时也是矿床成矿模式的重要依据之一；而正确的矿床成矿模式，则是建立勘查模型的重要地质依据。所以，从矿产勘查的角度来说，矿床成矿模式与地球化学模式-模型系统二者之间，是既互为依据，又相互补充的统一体。

第三节 模式与模型的应用

正确合理地运用模式和模型，有助于对化探异常的解释、评价及矿产预测水平的提高。总的来说，“模式”用于矿田和矿床范围内的异常评价与大比例尺矿产预测，特别是深部盲矿预测；“模型”则主要用于区域化探或新区异常评价与中小比例尺的矿产预测，特别是对主要矿种和成矿类型的预测。

在同一矿田和矿床内，具有相同或相似的成矿地质条件，产出的矿床类型相同或相似，其所形成的异常特征相同或相似程度较高，具有较大的可比性。直接利用已知矿异常模式与新发现的异常进行对比评价，往往可以取得良好的找矿效果。如辽宁青城子铅锌矿区、广西两江铜矿区、安徽沙溪斑岩铜矿区、湖北鄂东某些铁铜矿区、云南个旧多金属矿田、吉林夹皮沟金矿区、河北蔡家营铅锌银矿区等许多矿区内一些新矿体、新矿床的发现，均是根据本矿床（田）所建立的异常模式进行预测成功的实例。但是，由于成矿是一个非常复杂的、长期的地质作用过程，即使在一个矿田或矿床范围内，几乎也找不到完全相同的两个矿床或矿体，而工作初期所建立的异常模式也不可能十分完善。因此，在利用异常模式进行对比评价时，也不能简单机械地套用。

在更大范围或新区进行区域化探工作时，往往缺乏已经勘探清楚的矿床或研究程度较高的异常模式可供利用。或者由于工作范围大、地质条件复杂、地质研究程度低，不同矿种、不同类型矿产都可能存在，加之工作比例尺较小，新发现的异常往往难以与其它地区的某一或几个具体的异常模式进行对比。在此工作阶段，重点是发现新矿田、新矿床。进行中、小比例尺矿产预测，有时虽然在地表发现了某些矿点或矿化点，但由于工作程度低，对其成矿类型难以做出确切的判断，可能对矿种或矿化类型做出错误判断，往往导致重要矿床的遗漏或延期发现。此类实例，在历史上并非罕见。利用“模型”则可以排除局部因素或表面现象的干扰，抓住矿床类型的基本地质和地球化学特征，从战略上做出远景评价。许多根据区域化探异常发现的新矿床，特别是一些难识别的矿床和近几年一大批金矿床的发现，都不是以哪一个具体的异常模式为标准做出评价的。

第二章 斑岩型铜(钼)矿地质-地球化学勘查模型

第一节 成矿带地质-地球化学特征

一、西藏玉龙斑岩铜(钼)矿成矿带

(一) 区域地质概况

据马鸿文(1990)和唐仁鲤等(1995)的资料,玉龙矿带位于金沙江缝合带由东西走向转为南北走向的转折地段,即古特提斯洋板块向西俯冲带上盘的陆缘岛弧区。玉龙斑岩铜(钼)矿带与该成矿带三大岩浆岩带的西带,玉龙—海通一线的喜马拉雅早期浅成至超浅成花岗岩带相对应。带内地层以古生界和中生界为主。含矿斑岩体均为黑云母二长花岗斑岩,多以 $0.3\sim 0.8\text{km}^2$ 的小岩株形式产出,侵入到片麻岩,花岗闪长岩及二叠至三叠系灰岩、砂泥岩以及酸性火山岩中,不受时代和岩性限制。下三叠统的酸性火山岩与成矿斑岩有密切成因联系,同属古特提斯海消亡而形成的岛弧造山带产物。矿带南北延长达400km,东西宽30~70km。带内已知的玉龙、马拉松多、多霞松多、莽总、扎那杂等五个大中型铜(钼)矿床均分布在马拉松多以北的北亚带。由这些矿床(矿点)再向北,还发现有2~3处斑岩型铜、铅、锌矿点。各贡弄以南为南亚带,带内有各贡弄、色札、色错、马牧普以及29道班、特里等铜、铅、锌矿点多处,目前尚未发现工业矿床。

(二) 区域地层和岩浆岩中成矿元素及主要伴生元素的分布

地层中的元素——对玉龙矿带从奥陶系到第三系不同时代地层分布区域水系沉积物的研究(唐仁鲤,1995)表明,亲铜元素Cu、Au、Ag、Pb、Zn、W、Mo等在上三叠统中富集,但绝对含量均不高,它们的质量分数为 $(100\sim 110)\times 10^{-6}$,而 $w(\text{Cu})=16.47\times 10^{-6}$ 。在中上三叠统碎屑岩中Cu含量略高, $w(\text{Cu})=21.63\times 10^{-6}$ 。因而在区域地层中没有明显的富铜层位。

岩浆岩中的元素——玉龙矿带主要岩浆岩类岩石中的成矿及伴生元素含量(表1),具有以下特点:

1. Mo、Ag、Pb、Zn、Bi、As、W在喜马拉雅期花岗岩类岩石中的含量最高,Cu、Au分别在燕山期花岗闪长岩和二长花岗岩中含量最高;
2. Cu、Mo、Ag、Pb、Zn、W在喜马拉雅期花岗岩类岩石中的含量变化区间(极差)最大;
3. 全矿带岩浆岩中,Cu、Au、Bi、As、W的平均含量明显高于中国花岗闪长岩(鄯明才等,1997)和世界花岗闪长岩(维诺格拉多夫,1962)中的含量。

上述资料表明,玉龙矿带的区域岩浆岩类都是富Cu、Au等金属元素的,且随时代越

表 1 玉龙矿带各岩浆期中酸性岩类岩石中主要成矿及伴生元素质量分数[●]

(据唐仁鲤等, 1995 资料改编)

岩浆期 (样品数)	喜马拉雅期花 岗斑岩类 (32)	燕山期二长 花岗岩 (60)	燕山期花岗 闪长岩 (48)	印支期二长 花岗岩 (17)	华力西期花 岗闪长岩 (60)	矿带平均 值 (217)	中国花岗 闪长岩 ^①	世界花岗 闪长岩
Cu	变化范围	9.12~63.67	12.4~22.9	17.6~52.8	15.3~22.2	23.0~35.0		
	平均值	29.67	11.8	46.9	15.8	29.0	27.3	18.5
Mo	变化范围	0.41~5.83	0.24~0.94	0.20~0.39	0.10~0.76	0.30~0.40		
	平均值	2.21	0.38	0.23	0.63	0.35	0.63	0.66
Au/ 10 ⁻⁹	变化范围	0.40~2.21	1.28~12.87	0.42~0.6	0.05~0.55	0.80~1.0		
	平均值	0.91	6.21	0.57	0.53	0.9	2.27	0.7
Ag	变化范围	0.09~0.29	0.05~0.13	0.04~0.08	0.04~0.3	0.04~0.05		
	平均值	0.15	0.06	0.05	0.08	0.05	0.06	0.06
Pb	变化范围	26.0~126.4	13.0~82.8	20.5~26.5	15.3~22.7	18~18.9		
	平均值	64.4	28.9	21.5	21.5	18.5	29.0	18
Zn	变化范围	57.0~148.4	13.0~60.1	18.0~64.2	44.3~66.1	57.0~65.0		
	平均值	97.6	27.2	28.7	48.5	61.0	59	60
Bi	变化范围	0.18~2.52	0.04~0.86	0.05~0.17	0.08~0.56	0.19~0.26		
	平均值	0.91	0.40	0.07	0.47	0.23	0.36	0.15
As	变化范围	5.2~47.9	1.05~53.31	1.0~2.44	1.0~7.47	5.7~18.0		
	平均值	35.2	11.3	1.24	6.90	11.9	12.4	2.0
W	变化范围	1.6~11.96	1.0~3.92	0.4~1.66	0.8~1.89	0.7~1.1		
	平均值	5.33	1.92	0.61	1.67	0.91	1.83	0.5

①根据鄯明才等, 1996。括号内数字为样品数。除 Au 元素外, 其余元素单位为 10⁻⁶。

新, 富集的元素越多, 含量也越高。这反映了区域岩浆岩中微量元素的演化趋势。

(三) 成矿带地球化学异常特征

图 1 为玉龙斑岩铜(钼)成矿带区域地球化学异常分带示意图。图中示出五个异常带,

● 本专著图、表中元素的含量, 如无特殊指明, 即表示为质量分数。

其中，第Ⅲ异常带即相当于玉龙斑岩铜(钼)矿带，其东侧以温泉断裂(F₃)为界，西侧以妥坝-芒康断裂(F₂)为界。该带北是以Cu、Mo、Au、Ag为主的局部异常，并伴以Pb、Zn、As、Sb、Bi、W等多元素的局部异常构成的异常带，相当于矿带的北亚带。向南为南亚带，Cu、Mo异常减弱，Pb、Zn相对增强，与该亚带的矿化特征相对应，结合夏日多以北见铜、铅、锌矿点，显示了以玉龙、马拉松多为中心的南北对称的元素组合分带。Ⅲ带西侧Ⅰ、Ⅱ异常带分别为Hg、As、Sb、Au (Cu、Pb、Ag)和Hg、Zn、Ag、Au (Mo、Cu、Cd)异常带；东侧分别由Hg、Sb、Pb、Zn (Cd、Au、Mo)异常组成的第Ⅳ异常带及由Cu、Au、Ag (Mo、Cd、Mn)异常组成的第Ⅴ异常带。Ⅰ、Ⅱ、Ⅳ、Ⅴ异常带中的异常均以中低温元素异常为主，显示了以第Ⅲ异常带为中心，东西对称的元素异常组合的分带。

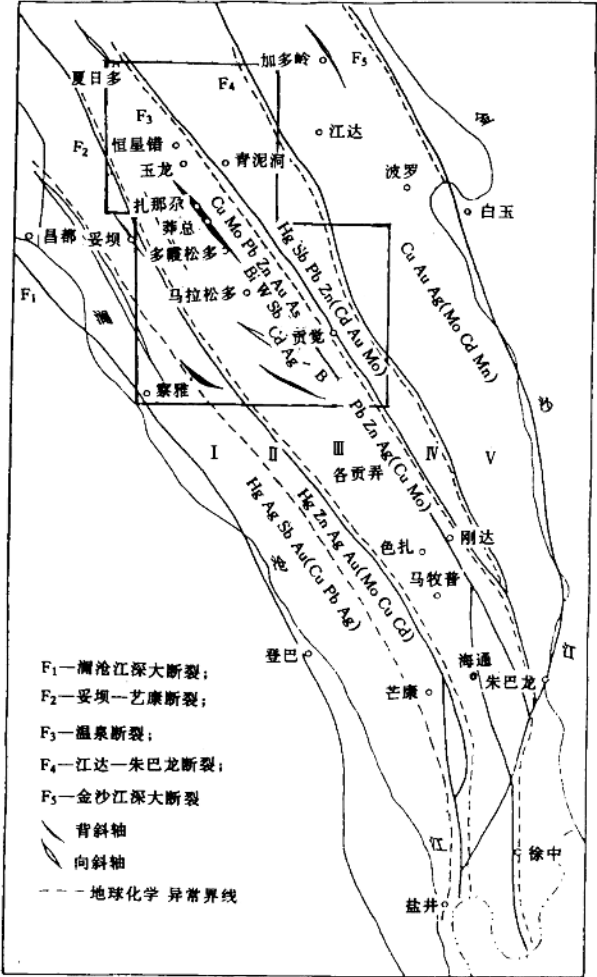


图1 玉龙矿带地球化学异常分带示意图
(据唐仁鲤, 1995年资料综合补充)

图2为第Ⅲ异常带北段的单元素异常图。虽然该图跨入到两侧异常带的范围有限(见图1框线)，但仍清晰地显示了横向(东西向)的分带特征和局部异常的分布特征。可以看出，妥坝-芒康断裂(F₂)与温泉断裂(F₃)控制了主要的异常带分布。以Cu、Mo、Au、Ag、Bi、W、Pb、Zn、Cd、As、Sb、Mn等十几种元素组合的异常呈串珠状，呈北北西向分布，每个局部异常对应于一个已知的矿田(床)或矿点。

沿温泉断裂带则形成串珠状分布的较强Hg的局部异常和由Hg、Cu、Ag、Sb、Cd、Pb、Zn、Bi等中低温元素组合构成的高背景带。该带中，除Hg有规模较大、浓集中心明显的局部异常外，还有少数规模不大的Ag、Au、Pb、Zn、Cd局部异常。与此相对应，在沿第Ⅲ异常带西侧的妥坝-芒康断裂带的外侧，也存在一个以串珠状局部Hg异常为主的异常与高背景带，只是构成高背景带的元素不多。另在图幅东南侧及西南侧，分别有两个