

中国若干主要类型 铜矿床勘查模式

SOME MAIN EXPLORATION
MODELS OF COPPER
DEPOSITS IN CHINA

熊 鹏 飞 等 著



矿产勘查与定量评价丛书
SERIES ON MINERAL
EXPLORATION AND
QUANTITATIVE
ASSESSMENT

中国地质大学出版社

SERIES ON MINERAL
EXPLORATION AND
QUANTITATIVE
ASSESSMENT

SOME MAIN EXPLORATION MODELS
OF COPPER DEPOSITS IN CHINA

Xiong Pengfei *et al.*

PRESS OF CHINA UNIVERSITY
OF GEOSCIENCES



ISBN 7-5625-0966-2



9 787562 509660 >

中国若干主要类型 铜矿床勘查模式

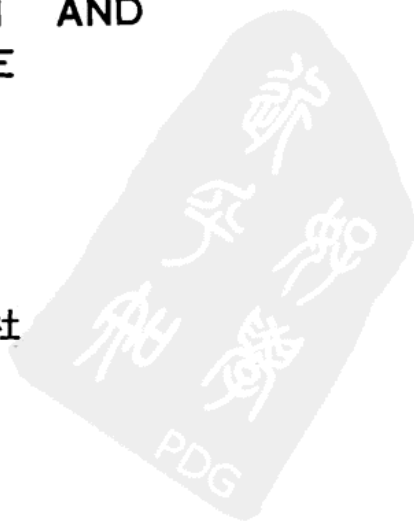
熊 鹏 飞 等 著



矿产勘查与定量评价丛书

SERIES ON MINERAL
EXPLORATION AND
QUANTITATIVE
ASSESSMENT

中国地质大学出版社



· (鄂)新登字 12 号 ·

图书在版编目(CIP)数据

中国若干主要类型铜矿床勘查模式/熊鹏飞等著.
—武汉:中国地质大学出版社, 1994. 12
ISBN 7-5625-0966-2

I. 中…

Ⅰ. 熊…

Ⅲ. 中国: 铜矿床-勘查-模式

Ⅳ. P618.41

出版发行 中国地质大学出版社 (武汉市·喻家山·邮政编码·430074)

责任编辑 吴巧生 责任校对 熊华珍

印 刷 中国地质大学出版社印刷厂

开本 787×1092 1/16 印张 7.125 字数 185 千字 插页 1

1994 年 12 月第 1 版 1994 年 12 月第 1 次印刷 印数 1—300 册

定价: 10.00 元

前 言

本专著为1990—1992年国家教委博士点基金资助项目——“我国主要铜矿类型矿床勘查模式研究”的研究成果。

80年代中期以来,本书的作者分别主持或作为主要研究人员参加了新疆阿勒泰喀拉通克地区、安徽铜陵月山地区、山西中条山地区大比例尺成矿预测项目的研究工作,此外对云南滇中大姚—姚安地区砂岩型铜矿和江西德兴、武山等地区斑岩型铜矿进行了野外地质调查和部分室内研究工作。在上述工作基础上,分别对斑岩型铜矿、矽卡岩型铜矿、岩浆铜镍硫化物型铜矿、中条山胡-篁型铜矿及沉积型砂岩铜矿等五个类型铜矿勘查模式的建立问题进行了研究和探讨,提出了建立各类型铜矿勘查模式的基本思路、建模原则和建模的主要内容,初步建立了上述五个类型铜矿的勘查模式。由于时间和资料收集条件所限,所建勘查模式主要是与我国现行勘查阶段中的普查—详查评价阶段的勘查目标和任务相匹配,勘查对象则仅限于矿田、矿床两个层次等级的成矿单元。参加本项目研究工作的成员有熊鹏飞、池顺都、李紫金、胡旺亮、岑博雄、张可清及几位研究生和大学生。

本书撰写分工如下:熊鹏飞编写前言和第一章,池顺都编写第二章,李紫金编写第三章,胡旺亮编写第四章,岑博雄编写第五章,张可清编写第六章。全书由熊鹏飞修改、统编、定稿。

在以往野外地质调查和有关资料收集过程中曾得到江西德兴铜矿、山西中条有色金属公司篁子沟铜矿、胡家峪铜矿、安徽地质矿产局326地质队、山西地质矿产局214地质队、新疆地质矿产局第四地质队等有关单位领导和同行的大力支持和帮助。崔宁同志清绘了书中全部图件。本书出版得到了中国地质大学出版社的大力支持。范永香教授审阅了书稿,并提出了宝贵的意见。此在向上述单位和个人表示感谢。

由于作者水平和部分有关资料收集困难所限,书中定有不少缺点、不足甚至谬误之处,敬请读者批评指正。

作者

1994.9

目 录

第一章 概论.....	(1)
第一节 我国铜矿资源现状及主要铜矿类型.....	(1)
第二节 矿产勘查模式及其建模意义.....	(2)
第三节 建模原则和要求.....	(2)
第二章 斑岩型铜矿勘查模式.....	(4)
第一节 基本地质特征.....	(4)
第二节 成矿模式.....	(13)
第三节 控矿地质因素分析.....	(15)
第四节 矿化标志.....	(18)
第五节 勘查模式.....	(23)
第三章 砂卡岩型铜矿勘查模式.....	(32)
第一节 区域成矿地质环境.....	(32)
第二节 成矿模式.....	(35)
第三节 控矿地质因素及找矿标志.....	(44)
第四节 主要普查找矿方法及其组合.....	(49)
第四章 岩浆铜镍硫化物型铜矿勘查模式.....	(52)
第一节 基本地质特征.....	(52)
第二节 成矿模式.....	(59)
第三节 找矿地质条件.....	(61)
第四节 找矿标志.....	(62)
第五节 找矿方法及最优方法组合.....	(67)
第六节 勘查模式.....	(69)
第五章 山西中条山胡-麓型铜矿勘查模式.....	(72)
第一节 中条山铜矿基本地质特征概述.....	(72)
第二节 胡家峪-麓子沟矿田、矿床基本地质特征.....	(74)
第三节 胡-麓型铜矿床成矿模式.....	(80)
第四节 胡-麓型铜矿矿田、矿床勘查准则.....	(82)
第五节 胡-麓型铜矿矿田、矿床勘查模式.....	(87)
第六章 滇中砂岩型铜矿勘查模式.....	(90)
第一节 滇中砂岩型铜矿地质特征.....	(90)
第二节 成矿作用和成矿模式.....	(95)
第三节 控矿地质因素.....	(99)
第四节 矿化标志.....	(102)
第五节 勘查方法.....	(104)
第六节 勘查模式.....	(105)
主要参考文献.....	(108)

第一章 概 论

第一节 我国铜矿资源现状及主要铜矿类型

自 70 年代以来,国外对铜矿资源的勘查和研究取得了令人鼓舞的重大突破和进展。新发现(或扩大远景)的特大型(200 万吨以上)规模的铜矿 28 个,其中斑岩型铜矿 19 个、沉积变质型(即含铜砂页岩型)铜矿 4 个、海相火山岩块状硫化物型铜矿 3 个、镁铁质—超镁铁质岩浆铜镍型铜矿 1 个、新类型——奥林匹克坝热液角砾岩型铜矿 1 个。其中,斑岩型铜矿是当前国外勘查和开发的主要铜矿类型,约占国外铜总储量的 60% 左右,其铜产出量约占世界的一半。所以近年来国外有关铜矿的勘查和成矿理论的研究主要集中在上述四大铜矿类型。

长期以来国内铜矿市场一直是供不应求,我国现有的铜矿资源尚不甚丰富,此外还由于铜矿资源在地区分布上的不平衡以及相当一部分铜矿床一时难于开发利用等原因,使得我国铜的自给率不高。据估计,到 2000 年我国铜产量只能满足国内 50% 的需要。为了尽力满足我国四个现代化建设对铜矿资源的需要,提高我国铜矿资源的自给率,必须加速对铜矿床的地质研究和铜矿资源的勘查工作。近年来我国地质矿产部门一直将铜矿资源作为重点勘查对象之一,因而在此期间我国在铜矿床勘查方面也有一些新的进展和新的发现。如江西德兴铜山和山西中条山铜矿峪铜矿深部、黑龙江多宝山铜矿外围以及额尔古纳褶皱系等地区 and 构造单元斑岩铜矿资源的扩大;福建上杭陆相火山岩地区铜矿、新疆阿勒泰河舍勒火山岩型富铜矿、索尔库都克砂卡岩型铜矿、新疆喀拉通克及黄山岩浆型铜镍矿床的新发现;甘肃镜铁山铁矿下部的铜矿、海南石碌铁矿深部铜矿的新发现等。以上说明我国在铜矿资源勘查方面仍有较大的潜力。

我国通过 40 余年铜矿资源勘查工作,已发现具有工业价值的铜矿床类型有:斑岩型铜矿、砂卡岩型铜矿、沉积变质(包括变质热液)型铜矿、沉积(砂页岩)型铜矿、黄铁矿型(火山岩块状硫化物型)铜矿、岩浆铜、镍硫化物型铜矿、热液型脉状铜矿等。而其中主要的铜矿类型为前六种。据 1991 年统计资料*,我国各主要类型铜矿所占铜总量比例分别是:斑岩型铜矿为 41%、砂卡岩型铜矿为 27%、沉积变质(包括变质热液型)铜矿为 10.6%、岩浆铜、镍硫化物型铜矿占 7.2%、黄铁矿型(火山岩型)铜矿占 4.6%、层状铜矿(含铜砂页岩型)占 3.3%、其他类型铜矿(包括伴生铜矿)占 6.3%。从上述统计资料可以看出我们对铜矿勘查的对象应集中于前几个类型铜矿,特别是其中的斑岩型和砂卡岩型铜矿更是我国铜矿勘查的主要对象。因此根据我们已往研究工作的基础,选择了其中五个类型铜矿床作为建立勘查模式的研究对象。

* 地质矿产部科技司,“1991—2000 年重点地质科技发展战略与规划方案研究”。

第二节 矿产勘查模式及其建模意义

在今天矿产地质勘查工作不断深入,矿产勘查难度日益增大的情况下,为了提高矿产勘查的地质效果和经济效益,除了加强我国各类型矿产成矿地质理论、成矿规律研究以指导矿产勘查外,还要重视各类型矿产勘查技术、方法的研究,即研究切合我国实际的针对不同类型矿产的合理勘查工艺流程和有效的勘查技术方法组合等,以实现发现矿床并查明其质与量的预期目的。其中通过研制和建立各类型矿产勘查模式就是实现这一预期目的的重要途径之一。

美国著名地质学家 E. H. T. Whitten (1983) 曾指出,当今地质科学的三个最重要事件是:①板块构造理论的发展,②计算机的应用,③模型概念的引入。矿产勘查特别是预测、普查找矿时既要求建立各类矿床的地质概念模型或地质模型,也需要建立有效指导矿产勘查评价的各类勘查模型(包括各类数学模型)。80年代以来国内外一部分地质学者已开始重视各类勘查模型的研究。如80年代前期,原苏联中央有色金属和贵金属矿山勘查研究所和前全苏矿物原料科学研究所研究和建立了针对某些主要有色和贵金属矿床的预测普查组合(ППК)。近年来欧、美等国地质学者研究了各种矿床勘查数学模型。80年代后期以来我国少数地质学者开始了对某些矿床的“综合信息找矿模型”、“经验找矿模型”、“地质-地球物理找矿模型”、“地质-地球化学找矿模型”等的研究工作。以上说明今天各类矿产勘查模式的研究已引起人们的重视。

矿产勘查模式是指在不同等级成矿单元地质特征、成矿规律和系统分析的基础上,考虑到勘查对象主要勘查准则和产出条件而对某种一定工业类型矿产勘查工作进程和方法组合的概括和总结。勘查模式不同于成矿模式。一般认为,后者是一定层次的成矿单元内成矿要素内在联系的具体反映,是成矿机制和控矿因素的高度概括和抽象,是某种类型矿床成矿规律的总结。其内容一般应包括一定层次成矿单元的基本地质特征、主要控矿地质因素、成矿物质来源、成矿空间、成矿物化条件、成矿作用、成矿方式和成矿机制等方面的内容。而勘查模式所包含的内容更为丰富。它应以成矿模式作为建模的地质基础,突出反映勘查对象的成矿地质环境、成矿规律、主要的勘查准则(包括主要的控矿地质因素和地、物、化、遥感等矿化信息)、经济有效的地、物、化、遥感等勘查方法和技术手段、合理的勘查工艺流程及主要地质、技术、经济评价要求等。由此可以看出,成矿模式虽对预测、找矿具有重要的指导作用,为矿产预测和找矿提供了地质理论依据,但在内容上缺乏如何去发现勘查对象的基本判别要素和获取各种矿化信息的技术手段、方法及其合理组合的运作,因而限制了它在矿产勘查中的应用。两者比较,矿产勘查模式的建立对指导矿产勘查工作,提高矿产勘查的地质效果和经济效益更具有实际意义。

第三节 建模原则和要求

为了保证所建矿产勘查模式能充分发挥其应有功能,能确实起到指导矿产勘查,提高矿产勘查地质效果和经济效益的作用,应该确定如下建模的基本原则和要求:

一、相似类比原则

对于同一类型矿床,其成矿地质背景、成矿地质条件、控矿地质因素、找矿标志等虽不

可能完全相同，但其诸多方面往往具有相似之处，也即具有某些共性。这些共性对同一类型矿床来说是占据主导的。因而对其进行勘查所应用的技术手段和方法及其最佳组合也具有共同（相似）性。因此在建立勘查模式过程中必须紧紧把握上述这些方面的共同点作为建模的重要原则之一，只有本着这一原则所建立的勘查模式才具有一定的典型和普遍意义，便于进行相似类比，起到指导对同一类型矿床勘查工作的作用。

二、勘查层次原则

由于勘查对象客观上具有不同层次结构，即成矿单元具有不同层次等级，如成矿区（带）、矿结、矿田、矿床、矿体群、矿体等。而不同层次的成矿单元，其成矿地质背景、控矿地质因素、找矿标志均会有所差异。其相应的勘查技术手段、方法、工作程度、资料可靠程度、勘查工作要求等也有所不同，因此，必须按不同层次成矿单元分别建立不同层次的勘查模式，并构成一个勘查模式系统，且这一模式系统尽可能与目前我国所确定的各勘查阶段相匹配。这样，所建的勘查模式更具有针对性，对勘查工作也更具实际指导意义。

三、简明适用原则

矿产勘查工作是一项复杂的系统工程。所涉及的范围广泛，且涉及地质、技术、经济等多方面的内容。因此，在建模中必须目标明确、思路清晰、高度概括，既突出模式的主要内容，又能较准确地反映客观实际，具有较好的类比、借鉴功能，以便于实际应用指导矿产勘查工作。

四、优化完善原则

随着成矿理论的发展，作为建立勘查模式地质基础的成矿模式有可能发生变化。由于矿产勘查工作的不断深入和勘查技术手段的发展，又可能为矿产勘查提供更多更新的资料和信息。此外，尽管作为同一矿种同一类型的矿床，其成矿地质环境、控矿因素、矿化标志等存在许多共同和相似之处，但决不可能完全相同，而且由于矿产产出地区自然地理条件不同（如沙漠戈壁干旱地区、潮湿、沼泽、水网发育地区、森林大面积覆盖地区等），矿床剥蚀程度不同（如地表露头矿、浅部埋藏矿、深部隐伏矿等）。由于上述种种原因，在勘查过程中所应用的勘查技术手段、方法和所获得的矿化信息也会有所差异。因此在建立勘查模式过程中，除了强调要紧紧把握住具有共性的主要内容外，还应适当注意根据成矿理论的新进展、新的矿化信息的获得和增加、成矿地段的自然地理条件和剥蚀程度的差异来不断优化建模的基本内容（如勘查准则及其组合的优化、勘查手段和方法及其组合的优化、勘查工艺流程的优化等，在模式中引入地质效果和经济效益均较好的勘查方案等），逐步完善勘查模式，以使所建勘查模式符合客观实际，更有效的指导矿产勘查工作。

在矿产勘查中应用勘查模型技术是当今矿产勘查重要途径之一，也是一种新的趋势。但在我国对勘查模式的研究是 80 年代后期才刚刚开始，对如何建立有效的勘查模式、建模的基本理论和原则、建模的主要内容和方法等还需进一步进行深入研究和探讨，以不断促进勘查模型技术的发展，使之在矿产勘查工作中发挥其应有的作用。

第二章 斑岩型铜矿勘查模式

第一节 基本地质特征

斑岩铜矿，又称作网脉状铜钼矿床或细脉浸染状铜钼矿床，是与中-酸性斑岩体有时、空成因联系，发育 K、Si、H 蚀变矿物晕和 Cu、Mo、Pb-Zn、Ag、S 地球化学晕的岩浆期后高-中温热液细脉浸染状硫化物铜矿床。该类矿床具有规模大、铜矿物分布较均匀及矿石铜品位较低的突出特点。

一、成矿岩体特征

(一) 成矿岩体的地质特征

成矿侵入岩主要是钙碱性的，其次有碱钙性和钙性的 I 型浅成和超浅成的侵入岩。主要岩石类型有花岗闪长斑岩，还有石英闪长斑岩、闪长玢岩以及二长花岗斑岩和石英斑岩等。例如德兴斑岩铜矿田，成矿侵入岩是由燕山早期第二阶段的花岗闪长斑岩、石英二长闪长玢岩、石英闪长玢岩、钾长岩、细晶岩等的岩株、岩脉所组成的杂岩体。而与矿床有关的则是规模不等的花岗闪长斑岩岩株，各岩株出露面积：铜厂 0.69km²，富家坞 0.19km²，硃砂红 0.064km²。相对于岩体侵位深度，在空间岩体有完整的结构。在浅部成矿岩体表现为面积不到 1km² 的岩脉、岩墙、岩瘤、隐爆破角砾岩筒（脉）；中部是筒状岩株，偶有隐爆现象；深部为大岩株（即富水岩浆房），根据大于 1500m 的深钻及磁异常的资料，铜厂、富家坞、硃砂红 3 个岩体深部相连（图 I-1, 2），大岩株的面积大于 20km²。这种浅、中、深完整的岩体结构及深部存在的富水岩浆房是成矿岩体的共同特征，也是形成巨大铜矿的保证。

成矿岩体系同源岩浆多次侵位的产物，是具多种岩性，形态产状各异，在一定空间产出的小型杂岩体。其演化过程自早至晚主要为：中性的闪长玢岩、石英闪长玢岩岩脉→中酸性花岗闪长斑岩岩株→酸性石英斑岩、长石石英斑岩岩脉（筒）→中性石英闪长玢岩、安山玢岩、闪斜煌斑岩岩脉（墙）。中期主岩体规模较大，早、晚侵入体规模较小。岩性演化明显，脉动侵位次数多，预示深部岩浆分异好，矿化叠加机会多，矿质富集可能性大。

由于成矿岩体深部存在富水岩浆房，有筒状主岩体沟通浅部与深部热源及水源的联系，容易在浅部发生爆破，产生裂隙。在接触带附近裂隙尤为发育，裂隙率达 10—200 条/m。这些裂隙既是含矿热液的运移通道，也是矿质沉淀的良好场所。平均含矿裂隙率与铜的平均品位成正比。

(二) 成矿岩体岩石学特征

成矿岩体的主要岩性为中酸性-弱酸性，多为花岗闪长斑岩、二长花岗斑岩、斜长花岗斑岩、石英二长斑岩及少量英安斑岩。与非成矿岩体比较，成矿岩体含石英、钾长石较低，含斜长石、黑云母、角闪石较高（见表 I-1）。

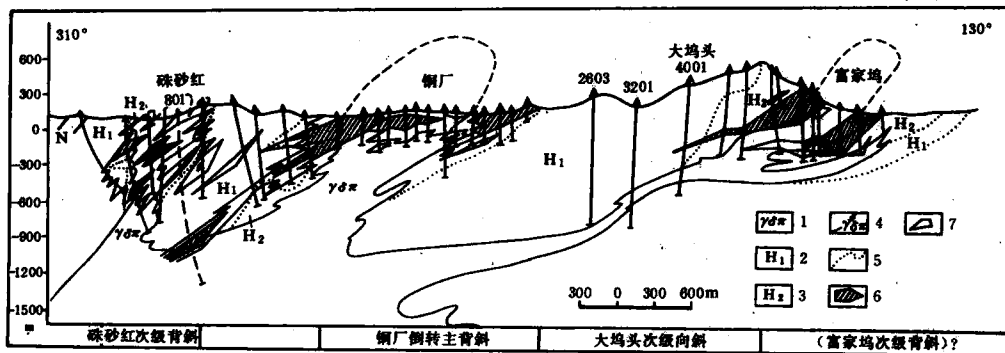


图 I-1 德兴铜矿地质剖面简图

1. 花岗闪长斑岩; 2. 围岩弱蚀变带; 3. 围岩强蚀变带; 4. 斑岩体界线; 5. 蚀变带界线; 6. 表内铜矿体; 7. 表外铜矿体 (朱训等, 1983)

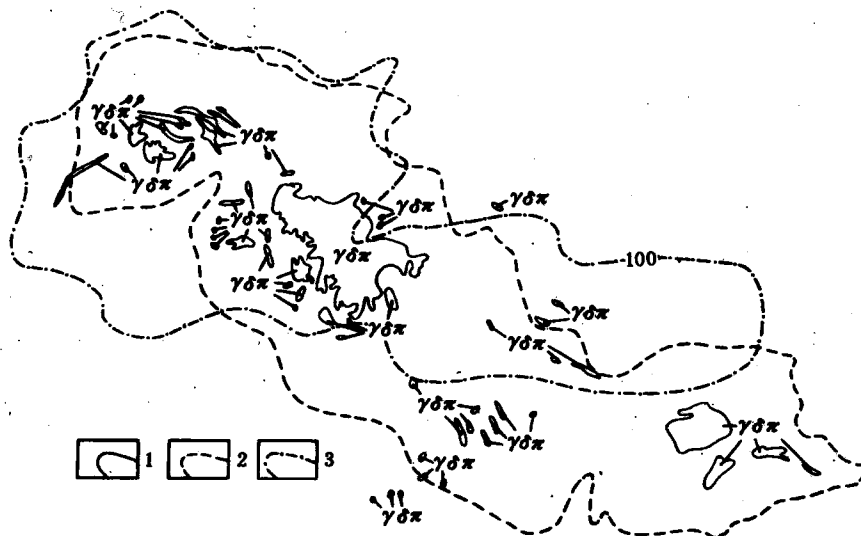


图 I-2 德兴矿田地磁 ΔZ 异常图

1. 岩体界线; 2. 蚀变带界线; 3. $\Delta Z100\gamma$ 的地磁等值线 (据朱训等, 1983)

表 I-1 成矿与非成矿中酸性斑岩主要造岩矿物平均含量 (据游志成, 1988)

类 型	岩体数 (个)	统计参数	岩石化学成分三氏法计算标准矿物含量 (%)				
			石 英	斜长石	钾长石	黑云母	角闪石
成矿岩体	9	$\bar{X}$	24.04	43.06	17.94	10.20	4.83
		σ	4.05	9.45	7.74	2.00	3.81
		$V=\sigma\sqrt{X}$	0.17	0.22	0.43	0.20	0.79
非成矿岩体	19	$\bar{X}$	24.38	37.17	22.21	9.54	1.71
		σ	6.60	15.93	11.37	3.14	3.98
		$V=\sigma\sqrt{X}$	0.27	0.43	0.51	0.33	2.33

成矿斑岩体相变不明显，流动构造和冷却构造不发育，岩石少见玻璃基质，基质熔蚀斑晶现象普遍，斑状结构明显，对不同成分围岩的接触变质作用较强。矿化花岗闪长斑岩中的矿物成分特点为：①斜长石，含量45%—52%，主要为中长石和更长石（An_{26—46}），斑晶全为中长石，有序度30—70，聚片双晶发育，正环带构造极其明显。②钾长石，含量15%—20%，主要是高正长石、高斜正长石和中斜正长石，与石英共同组成基质，少数呈斑晶出现。钾长石三斜度在0.2—0.7，其值小于0.5的岩体，对成矿更有利。③石英，含量15%—25%，斑晶呈浑圆状，熔蚀现象明显。基质中的石英呈微细他形粒状。④暗色矿物，一般含量10%—15%，主要为角闪石和黑云母，以角闪石略多于黑云母的斑岩对成矿更有利。⑤副矿物，有磁铁矿、磷灰石、榍石、锆石、钛铁矿等。富含磷灰石的斑岩一般矿化较好。偶见有类似于沉积岩中的次浑圆状锆石，揭示岩浆曾同化围岩。

对比两类岩体中斜长石、钾长石和黑云母的化学成分，对于同一种矿物，成矿岩体有贫Si、K、Li、富Ca、Mg、Na的特点，且黑云母、角闪石中含Cu较高，分别达 90×10^{-6} — 660×10^{-6} ， 50×10^{-6} — 100×10^{-6} 。据游志成等的资料，含矿岩体黑云母中，TiO₂ 3.7%—4.9%，FeO 11.5%—15.5%；MgO 11.1%—16.6%，FeO+Fe₂O₃ 14.3%—17.3%，镁质指数M' 43%—55%。在上述区间之外，大多是非含矿岩体。

含Cu、Fe、Pb、Zn、Au等副矿物多是成矿岩体的共同特征，黄铁矿含量为 140×10^{-6} — 32023×10^{-6} ，黄铜矿 10×10^{-6} — 5214×10^{-6} 。副矿物晶出阶段（期）多，且含Cu量高。如磁铁矿含Cu 250×10^{-6} ，榍石含Cu 30×10^{-6} — 300×10^{-6} ，锆石含Cu 77×10^{-6} ，磷灰石含Cu 50×10^{-6} — 300×10^{-6} ，黄铁矿含Cu 209×10^{-6} — 11000×10^{-6} 。

（三）成矿斑岩体岩石化学特征

1. 成矿斑岩体的常量元素特征

斑岩与铜矿的专属关系能够定量地反映在岩石化学特征上。通过统计分析，江西省的（主要是德兴矿田）斑岩岩石化学成分中，SiO₂、K₂O/SiO₂、K₂O+Na₂O、K₂O/Na₂O、FeO+Fe₂O₃、MgO、TiO₂等参数可以作为判别岩石含矿性的参数（见表I-2）。

与斑岩铜钼矿床有关的含矿斑岩的化学成分特征为：酸性度（SiO₂）62%—66%，碱性度（K₂O+Na₂O）6.5%—7.5%，含铁度（FeO+Fe₂O₃）4%—7%，含镁度（MgO）1.5%—3%，含钛度（TiO₂）0.4%—0.5%，钾硅比（K₂O/SiO₂）0.045—0.055，钾钠比（K₂O/Na₂O）0.8—0.9。

表I-2 德兴含铜斑岩化学成分特征数值对比表（据朱训等，1983）

岩体	岩石	矿种	矿化程度	SiO ₂ (%)	$\frac{K_2O}{SiO_2}$	$\frac{K_2O+Na_2O}{Na_2O}$ (%)	$\frac{K_2O}{Na_2O}$	$\frac{FeO+Fe_2O_3}{Fe_2O_3}$ (%)	MgO (%)	TiO ₂ (%)
枫林	花岗斑岩	W、Cu	中型矿床	71.27	0.059	2.88	31.0	3.63	0.51	0.36
渡头	花岗闪长斑	Mo、Cu	矿化点	71.80	0.051	6.65	1.22	6.15	0.50	0.75
带廖坑	花岗闪长斑	W、Mo、Cu	矿点	69.24	0.071	7.40	1.96	3.95	1.19	0.53
塔前	花岗闪长斑	Cu、Mo	小型矿床	66.94	0.055	7.13	1.07	3.04	1.26	0.33
富家坞	花岗闪长斑	Cu、Mo	特大型矿床	65.05	0.046	7.08	0.83	4.20	1.69	0.41
铜厂	花岗闪长斑	Cu、Mo	特大型矿床	63.00	0.050	6.93	0.86	5.05	2.43	0.43
珠砂红	花岗闪长斑	Cu、Mo	大型矿床	62.82	0.053	7.18	0.87	3.24	2.41	0.40
银山	英安玢岩	Cu、Pb、Zn	中型矿床	62.51	0.061	5.31	2.59	9.31	1.67	0.44
银山	角闪安山玢	Cu、Pb、Zn	中型矿床	57.40	0.055	8.38	0.60	7.01	4.12	0.83
朱溪	闪长玢岩	Cu、Pb、Zn	小型矿床	57.72	0.083	7.07	2.11	7.18	3.12	1.00

2. 成矿斑岩体的微量元素特征

成矿斑岩体富 Cu、Mo、Pb、Zn、Ni、Cr、Co，贫 W、Rb（见表 I-3）。

表 I-3 成矿与非成矿斑岩微量元素平均含量 ($\times 10^{-6}$) 对比 (据游志成, 1988)

类型	样品数 (个)	统计 参数	Cu	Mo	Pb	Zn	Ni	Cr	Co	V	WO ₃	Rb	Sr
成矿岩体	83	$\bar{X}$	464.2	48.6	61.1	141.1	20.03	98.1	10.4	91.2	72.3	137.2	397.5
		σ	647.7	64.3	189.1	191.9	9.9	56.3	5.2	24.6	39.8	113.2	261.2
		V	1.18	1.12	3.09	1.36	0.49	0.67	0.49	0.27	0.55	0.82	0.66
		G_1	6.22	13.61	17.64	8.30	3.23	3.20	8.21	3.26	4.94	21.01	2.39
		μ_1	23.56	51.55	66.82	31.44	12.23	12.12	31.10	13.35	18.71	79.58	9.05
		G_2	3.85	27.64	45.49	8.35	0.94	1.22	10.56	7.19	-0.19	71.73	0.44
		μ_2	7.36	52.85	86.90	15.97	1.80	2.33	20.19	13.75	0.36	137.15	0.84
非成矿岩体	99	$\bar{X}$	134.7	27.0	34.3	74.6	12.9	92.9	8.2	97.4	121.2	172.2	407.1
		σ	195.6	26.1	30.6	44.5	12.5	76.3	9.4	87.3	39.8	93.5	625.1
		V	1.45	0.97	0.89	0.60	0.87	0.81	1.15	0.89	0.33	0.54	1.63
		G_1	12.4	28.02	6.30	5.30	13.94	6.52	10.77	15.34	9.17	9.19	23.14
		μ_1	51.3	115.31	25.93	21.81	57.37	26.83	44.32	63.13	37.74	37.82	95.23
		G_2	20.21	107.5	10.68	2.79	29.87	7.20	14.12	27.22	20.78	11.92	85.49
		μ_2	42.1	223.9	22.2	5.8	62.2	15.0	29.4	56.7	43.3	24.8	178.1
两类岩体比较		t	4.8	3.0	1.4	3.3	4.2	0.52	1.9	-0.63	-8.2	-2.3	-0.1

注：江西省地质矿产实验测试中心原子吸收光谱定量分析。

岩石及矿物中含 Cu 量高。在岩石中含 Cu 量大于 100×10^{-6} 。含 Mo 量多数介于 1.5×10^{-6} — 14×10^{-6} ，含 Ag 量多数介于 0.4×10^{-6} — 1×10^{-6} 。Pb、Zn 含量多数为维氏平均值的 2—3 倍。

V、Ti、Cr、Co、Ni 等铁族元素和铂族元素普遍存在，含量比较稳定，一般为维氏平均值的 3—4 倍。

某些常量元素或微量元素的比值是良好的岩体含矿性判别标志。据游志成的资料，Cu/W 和 Rb/Sr 的质量比及 $(Fe+Mg+Ca) / (Si+K+Na)$ 的原子比，有较好的判别功能（见图 I-3）。

二、热液蚀变特征

处于浅成或超浅成环境的斑岩岩浆大约在 900—1000℃ 时，分馏出挥发相并在其顶部形成一个独立的流体相，该相的温度约为 400—650℃。当流体的内压力超过地静压力数倍时，就发生斑岩柱顶部爆破，于是流体体系压力释放，发生地下水的对流循环，流体温度急剧降低。斑岩铜钼矿的热液蚀变就是这种上升岩浆水和对流循环水与斑岩和围岩反应的结果。

(一) 蚀变作用的时间演化

斑岩铜矿的蚀变可分为早、中、晚三期。早期蚀变是由于从深部岩浆房分馏出来的挥发相在岩浆柱顶部与斑岩和围岩发生反应的结果。此时体系处于相对封闭条件，流体呈临界或超临界状态，温度高，含 HCl、HF、CO₂、P₂O₅ 等挥发份和一定的碱质。斑岩的早期蚀变主要表现为钾交代，如黑云母化和钾长石化，此外还有一定量的磁铁矿和磷灰石析出。斑岩的钾交代有两个重要标志，其一是大量新生黑云母的生成，其二是大量有序度相对较高的钾长石析出。

铝硅酸盐围岩，如泥岩、泥质砂岩、泥质粉砂岩、千枚岩、中酸性-中性火山岩和凝灰岩

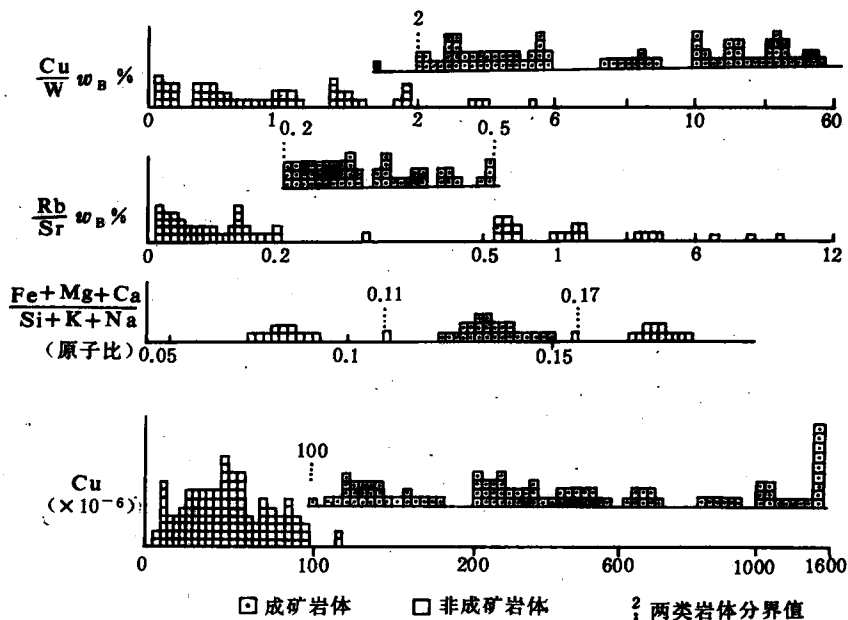


图 1-3 成矿与非成矿斑岩中某些元素含量及比值对比图

(据游志成, 1988)

等的早期蚀变主要为黑云母-钾长石角岩化、黑云母角岩化和斑岩角岩化等。这些角岩既是热变质产物, 同时又是钾交代蚀变岩。

碳酸盐围岩的早期蚀变主要是矽卡岩化。

中期蚀变是在斑岩顶部爆破后, 由于有地下水参与对流循环的热液流体与斑岩和围岩发生反应的结果。此时体系处于开放条件, 温度变化于 280—420℃, 流体与邻近围岩间存在着很大的温度、盐度和金属浓度梯度。中期蚀变主要表现为广泛的水解作用 (氢交代), 并有金属硫化物沉积。

斑岩的中期蚀变主要表现为钾交代的继续和广泛的水解作用。前者有石英-钾长石化, 后者有石英-水云母化、石英-绿泥石化、电气石化、硬石膏化等。

铝硅酸盐围岩的中期蚀变主要表现为两种作用: 一种是近接触带的强烈水解, 形成石英-水白云母化和石英-水云母化, 当石英化强烈时形成次生石英岩; 另一种是在斑岩中的 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等离子被淋滤出来, 带到离开接触带一定距离, 交代铝硅酸盐围岩, 形成青磐岩。

碳酸盐围岩的中期蚀变主要是叠加改造矽卡岩形成类青磐岩。

晚期蚀变在低于 280℃ 的对流循环热水中发生。酸性介质条件发生粘土化; 中性介质条件发生沸石化和石英-水云母化; 碱性介质条件发生碳酸盐化。

斑岩的晚期蚀变主要包括二种作用: 一种是水解作用继续, 形成中度粘土化和深度粘土化; 另一种作用为碳酸盐化和石膏化。

铝硅酸盐围岩的晚期蚀变主要表现为硅化-水云母化、沸石化、碳酸盐化。

碳酸盐围岩的晚期蚀变表现为矽卡岩和类青磐岩进一步水解和改造, 形成中度粘土化和深度粘土化。

(二) 热液蚀变的空间分带

1. 斑岩铜矿热液蚀变空间分带机制

如前所述,斑岩铜矿的热液蚀变的时间演化过程中,先后存在三种作用:由斑岩体内部向外展开的钾交代;由接触带或构造破碎带作为成矿热流体活动中心向两侧展开的水解(氢交代);在斑岩体外部围岩中发生的 Na^+ 、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 等渗滤交代反应。这三种作用在空间上的组合,就形成了热液蚀变的空间分带。影响斑岩铜矿蚀变分带的地质因素主要有:

(1) 贫矿熔浆的性质。花岗闪长斑岩型矿床,热流体往往集中在成矿岩体的端部或上方。闪长岩型矿床,热流体活动往往局限在成矿岩体内部的构造裂隙系统中。在岩体侵位深度大体相当的情况下,前者热流体的扩散渗滤范围一般情况下要比后者大。由于闪长岩岩浆侵位过程中带来的热流中的硫可能不足以消耗掉原始母岩硅酸盐中的铁,因而使得铁在整个热液系统中能以绿泥石、黑云母和磁铁矿的形式存在,在钾蚀变核心中存在钾长石-绿泥石化。同时,可能使似千枚岩带和泥岩蚀变带不发育,青磐岩蚀变带有时可与钾蚀变带相邻接。

(2) 成矿热流体的初始组分和有效浓度。斑岩铜矿,气液期带入的钾质较丰富,在超临界状态下,热流体中酸性组分大量向外扩散。在黑云母钾长石化带内,黑云母与钾长石的比例,除受热流体铁镁组分影响外,还决定于被交代岩石中含水矿物的多少。偏酸的岩石被交代,钾长石化较发育,而偏基性岩石则黑云母化较发育。热液期,花岗闪长岩型斑岩铜矿床,流体继续供给大量钾,热流体中酸性组分丰富,一般石英绢云母化相当显著,并出现水白云母伊利石(高岭石)化带。当酸性组分不足时,则此期不能发生广泛水解,矿床蚀变分带较差。当热流体中硅的浓度较高时,气液期的蚀变矿物组合中伴生一定数量的石英,在热液期则更富硅,往往形成石英网脉带,以致形成次生石英岩。

硫在热流体中的总量、浓度及其梯度的变化,决定矿床金属硫化物组合类别和分布状况。硫与氢的浓度一般正相关。热流体酸性组分含量高,硫和氢的有效浓度高,则矿床周边发育黄铁矿大脉和浸染型黄铁矿细脉,矿体内黄铁矿丰富。铜的硫化物以黄铜矿为主。热流体酸性组分含量低,硫和氢的有效浓度低,则矿体内黄铁矿相对较少,铜的硫化物总量中斑铜矿占较大比例,并可能出现辉铜矿。

(3) 蚀变围岩的物理、化学性质。主要体现在两个方面:其一是蚀变围岩的矿物成分和化学成分。一般蚀变围岩为中酸性岩石者,其蚀变分带最为明显、完整。围岩为碳酸盐岩层时则发育矽卡岩。围岩是泥质、砂泥质岩石往往发育角岩化。其二是蚀变围岩的岩石结构和层理、片理发育程度的差别在一定程度上决定热流体向上、向外扩散渗滤的幅度。若成矿岩体的接触围岩为致密块状岩石,构造裂隙又不发育,则外接触带的蚀变-矿化带的宽度是有限的。

(4) 控矿构造的类型。斑岩铜矿床的控矿构造分为环形和线形两类。环形构造包括接触带构造和角砾岩筒构造。受环形构造控制则形成中心式的蚀变分带。线形构造包括成矿岩体内外的片理化带构造、挤压破碎带构造和断裂裂隙带构造等。受线形构造控制则形成脉带式蚀变分带。但在实际的矿床中,不仅不同的蚀变阶段控制因素不同,就是在同一阶段,也往往同时受环形和线形构造的控制。

(5) 热流体的多期活动。正如上述,从含矿熔浆中分馏出来的热流体的扩散和渗滤作用并非一次完成,而是在其演化过程中经历了钾交代、水解及渗滤反应等阶段。同时,岩浆的演化也多期次、多阶段地进行。如果再考虑到热流体在成矿岩体顶部爆破后有再次被封闭的可能性,则情况就更为复杂。具有不同活动中心的不同期次热流体的蚀变作用的叠加,是影响蚀变分带的重要因素。

2. 德兴斑岩铜矿热液蚀变空间分带

德兴矿田内铜厂、富家坞、硃砂红三个矿床具有相同的蚀变类型和分带型式。在蚀变类型上，除了缺乏泥化外，几乎具有典型斑岩铜矿所有蚀变类型。

德兴铜矿热液蚀变发生在花岗闪长斑岩、浅变质千枚岩及中酸性凝灰岩中，其特点为：①钾硅酸盐蚀变极不发育，无论是黑云母化还是钾长石化都不构成一个独立的蚀变带；②氢交代广泛发育，以接触带为热液活动中心，形成近于对称的氢交代蚀变分带；③斑岩体下盘保存有早期的蚀变——黑云母角岩化，远离接触带有广泛的斑点角岩化。

这种以接触带为中心的近于对称的氢交代蚀变分带，在蚀变类型上，具体表现为：①在岩体正接触带附近硅化最强，向接触带的内外两侧逐渐减弱；②绢云母-水白云母-伊利石化，由接触带向内外两侧，三种矿物的蚀变强度作有规律的依次递变，互为消长；③绿泥石化和绿帘石化主要发育在斑岩体的内部和矿床外缘；④碳酸盐化出现在矿床的浅部；⑤硫酸盐化出现在矿床的深部。图 I-4、5 反映出了上述特点。

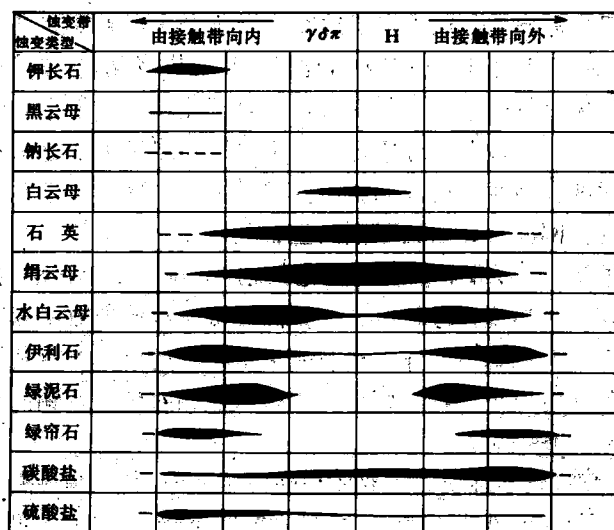


图 I-4 蚀变矿物空间分布概况

$\gamma\delta\pi$ 花岗闪长斑岩；H 浅变质围岩（据朱训等，1983）

在蚀变强度上，也表现出由岩体接触带向岩体内外两侧逐渐减弱。体现在蚀变矿物数量自接触带向两侧逐渐减少，绢云母结晶鳞片由大变小及原岩的结构构造从模糊不清至基本上清晰保存。

綜上述，矿床的围岩蚀变可以划分为如下的 6 个带：

花岗闪长 斑岩 ($\gamma\delta\pi$)	绿泥石 (绿帘石) - 伊利石 - 钾长石化带	($\gamma\delta\pi^1$) 弱
	绿泥石 (绿帘石) - 水云母化带	($\gamma\delta\pi^2$)
	石英-绢云母化带	($\gamma\delta\pi^3$)
接 触 带		
千枚岩夹变 质凝灰岩 (H)	石英-绢云母化带	(H_3)
	绿泥石 (绿帘石) - 水云母化带	(H_2)
	绿泥石 (绿帘石) - 伊利石化带	(H_1) 弱

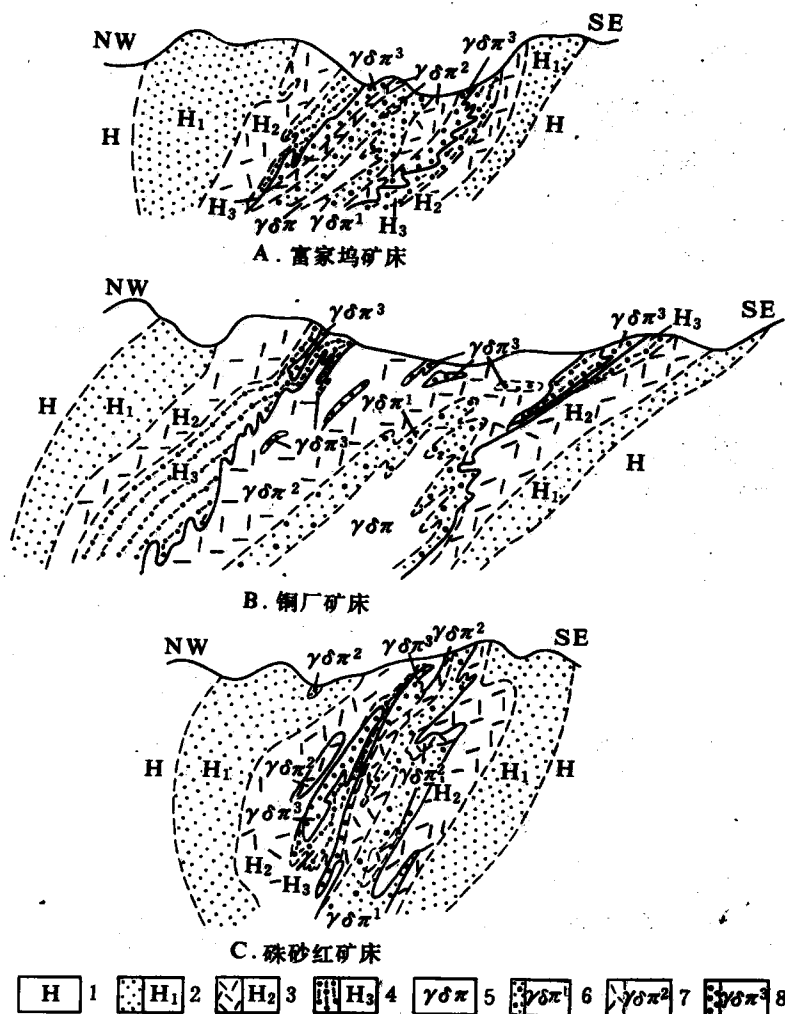


图 1-5 德兴矿田各矿床蚀变分带剖面图

1. 浅变质岩; 2. 浅变质岩的绿泥石-伊利石化带; 3. 浅变质岩的绿泥石-水白云母化带; 4. 浅变质岩的石英-绢云母化带;
 5. 花岗闪长斑岩; 6. 花岗闪长斑岩的绿泥石-伊利石-钾长石化带; 7. 花岗闪长斑岩的绿泥石-水白云母化带; 8. 花岗闪长斑岩的石英-绢云母化带

(据朱训等, 1983)

三、德兴铜矿矿床矿化特征

(一) 矿体形态特征

各矿床的铜矿体都赋存于浅成含矿斑岩小岩株的浅侧部, 沿着正接触带内外分布。岩体顶部矿体大部分已被剥蚀, 保存较好的是岩株周围接触带矿体, 其空间形态呈倾向北西的空心筒状体 (见图 1-6)。

铜钼矿化富集中心与偏外接触带分布的构造断裂、裂隙密集带大致相吻合。从中心向内外两侧矿化减弱。一般斑岩体上盘接触带的矿化比下盘强; 外接触带的矿化比内接触带强; 浅部比深部矿化强。钼矿体产于强硅化带中; 铜矿体主要产于硅化、绢云母化、水白云母化、绿