

典型金属矿床的成因 及其构造环境

卢焕章 池国祥 王中刚 编著



地质出版社

典型金属矿床的成因及其构造环境

卢焕章 池国祥 王中刚 编著

中国科学院黄金办公室
香港王宽诚基金 资助项目
国家自然科学基金

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

(京)新登字085号

内 容 简 介

本书论述了几种典型金属矿床的成因模式及其形成的构造环境,全书共分九章。第一章简述矿床成因模式与成矿构造研究的概况,第二至第八章分别论述斑岩型矿床、花岗岩矿床、火山岩中块状硫化物矿床、太古宙与剪切带有关的金矿床、浅成低温热液金-银矿床、岩浆液态分离矿床、沉积改造矿床,每章前面讨论矿床的构造环境及地质-地球化学特征,即总结矿床的经验成矿模式,接着对一个或几个典型矿床实例进行解剖,然后讨论矿床的成因,即矿床的概念成矿模式,最后讨论成矿模式在找矿勘探中的应用。

本书所选择的矿床类型在成矿构造环境、成矿时代及成因等方面有一定代表性,研究程度较高,其成矿模式为大多数地质学家所接受,所选择的典型矿床实例包括一些世界著名的超大型矿床。本书可供从事地质、矿床、地球化学的科研和教学及找矿勘探工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

典型金属矿床的成因及其构造环境/卢焕章等编著. —北京:地质出版社, 1995.10
ISBN 7-116-01831-X

I. 典… II. 卢… III. ①金属矿床-矿床成因论-研究②金属矿床-地质构造-研究 IV.
①P618.201②P618.202

中国版本图书馆CIP数据核字(94)第16548号

地质出版社出版发行

(100013 北京和平里七区十楼)

责任编辑:叶丹 王颖怡

*

北京地质印刷厂印刷 新华书店总店科技发行所经销

开本: 787×1092 1/16 印张: 17.875 字数: 418000

1995年10月北京第一版·1995年10月北京第一次印刷

印数: 1—500册 定价: 15.00元

ISBN 7-116-01831-X

P·1443

序

当前,矿床界对成矿模式的定义莫衷一是,尚未取得共识。本序作者认为成矿模式是成矿全过程,特别是其关键环节的地质背景、控矿因素与物理化学条件的梗概及综合。

成矿模式被作为固体地球科学重要问题而被提出大约已有30余年的历史。在近十年中经过深化提炼,在若干经济意义十分重大而又具开阔前景的金属矿床类型中取得了长足进展。这表现在,对这些特定矿床类型的时空分布规律与成因机制认识水平的显著提高和这些成矿模式已开始对找矿评价发挥了作用。

正是在这种历史背景的推动下,有着丰富实践经验的本书诸作者逐渐勾划出了这本专著的思路、轮廓、框架。他们选择了若干研究程度较深且在我国具良好找矿前景的金属矿床类型,如斑岩矿床、低温浅成热液矿床、太古宙与剪切带有关的金矿床、火山岩中块状硫化物矿床、铜镍硫化物矿床、沉积改造矿床,与花岗岩类有关的矿床等,探讨了它们的成矿模式。为了深化讨论,在每一矿床类型中举出了典型矿床实例,它们都是国际上知名度很高的矿床。无疑,典型矿床的介绍十分重要,可以概括已知,举一反三,又可以探求未知。在这方面作者们作出了很大的努力。

有典型就有非典型。譬如,与镁铁岩-超镁铁岩有关的铜镍硫化物矿床,在成矿模式的建立方面争议不大,共识较多,即它们主要是岩浆熔离矿床,也有岩浆热液活动,成矿物质主要来自岩浆。典型实例是我国金川和加拿大萨得别里矿床。但也有例外,即非典型,如俄罗斯诺里斯克矿床中的重要组分硫并非主要来自岩浆,而是来自地层。澳大利亚的康巴尔达矿床(产于科马提岩中)也有类似情况。上述铜镍硫化物矿床都具超大型规模,在硫的来源上有典型和非典型两种情况。其他矿床类型多少有类似之处。当然,这丝毫不会降低典型矿床的重要作用。但提醒一下读者是必要的。

相信本书的出版将有助于对具体矿床的深入剖析与理解以及对成矿模式的研讨。

涂光炽

1994.11.17

前 言

对于地质学家，特别是矿床学家来说，其面临的问题主要有两个：第一是何时、何地、怎样以及为什么会形成各种类型的矿床；第二是在什么地方可以找到新的矿床。解决这两个问题的思路和方法很多，对控矿构造的研究是一个方面，另一个方面是全面地研究某种矿床的成矿体系和过程，得出其成矿模式，并用其阐明为什么会形成、以及怎样形成这种矿床，从中总结出一些找矿勘探的依据，用以指导寻找新的矿床。因此，阐述一些矿床的成矿模式和与构造环境之关系是十分重要的。

前人对成矿模式已作过许多研究，如果都列出来，这些文献也许可以成为一本书。近十年来，由于矿床的地质和地球化学研究的新进展，使得许多矿床的成矿模式建立在更为牢靠的基础上，从而被大多数地质学家所接受。这些模式包括：太古宙的金矿床，浅成低温热液金-银矿床，斑岩铜钼矿床、与花岗岩有关的矿床、层状和层控矿床、密西西比型铅锌矿床、火山岩中块状硫化物矿床、岩浆液态分异矿床、伟晶岩矿床、矽卡岩矿床和沉积岩中铜矿床等。本书因篇幅所限，不能把上述矿床的所有成矿模式和控矿构造一一阐述，只能选出其中有代表性的典型金属矿床来进行叙述，包括：太古代剪切带金矿床，浅成低温热液金-银矿床，斑岩型矿床，与花岗岩有关的矿床，沉积改造矿床，火山岩中块状硫化物矿床，岩浆液态分异矿床。我们所选的典型金属矿床，一方面，其流行的成矿模式为大多数地质学家所接受；另一方面，所涉及的矿种如Au、Ag、Cu、Ni、Cr等是我国急需的，所以它们与当前我国国民经济的需要密切相关。每类矿床均有典型的矿床实例，包括一些世界著名的超大型矿床，如日本的黑矿、加拿大Abitibi太古代绿岩带的金矿、肖德贝里铜镍矿和美国Bingham斑岩铜矿等，分析这些世界著名的矿床，就好像解剖一只麻雀，从而加深对这类矿床的地质和地球化学特征的认识。此外，我们还考虑到所选矿床类型地质环境的代表性，从成因方面选了岩浆的、热液的、沉积和变质的；从时代上则从最古老的太古代到现代。对每类矿床，最后简述了找矿勘探的依据。我们希望从解剖这些典型的矿床实例着手，使读者在怎样去建立某种矿床的成矿模式方面有一借鉴作用。许多矿床和岩石是由流体经迁移、沉淀而形成的。例如岩浆热液充填到裂隙中而形成脉状矿床，层控矿床是由地下热卤水运行到一定位置形成的，在古老的绿色岩系中的许多金矿床则是由变质流体形成的。总之，大多数矿床均是在流体中形成的。我们在这里把形成矿床的流体叫做成矿流体。那么这些流体是从哪里来的，尤其是其中所含的成矿物质是从哪里来的，流体又在何时变成为成矿流体，这种流体的流动机理是什么，它的通道又在哪里，流体的这种流动体系能持续多久，在矿床沉淀的地方有多少量的流体通过，是什么样的物理化学条件使其形成矿床，即存在成矿流体的来源、迁移和沉淀三个方面的问题。对这些问题的探讨可见本书第九章。

本书是中国科学院黄金办公室、香港王宽诚基金、国家自然科学基金资助项目。本书的前言、第一、四、七、九章由卢焕章编写，第五章由卢焕章和池国祥编写，第二和第六章由池国祥编写，第三和第八章由王中刚编写。本书在编写过程中得到了涂光炽、欧阳自

远、胡寿永和张哲儒教授的指导和帮助，同时也得到了地质出版社沈文彬副编审和叶丹编辑的支持和帮助，在此一并表示感谢。

作 者

目 录

前 言

第一章 引言——矿床成因模式与成矿构造	1
第一节 板块构造与成矿作用	1
一、与聚合板块环境有关的矿床	1
二、与扩张板块构造有关的矿床	3
三、其它类型的控矿构造	5
第二节 成矿模式	6
第二章 斑岩型矿床	9
第一节 引言	9
第二节 矿床形成的构造环境	11
一、斑岩型矿床成矿构造环境的一般特征	11
二、不同类型斑岩型矿床的成矿构造环境	14
第三节 矿床的地质-地球化学特征	16
一、斑岩型矿床的一般特征	16
二、不同类型斑岩型矿床的地质-地球化学特征	18
第四节 典型矿床实例——Bingham 斑岩铜矿	29
第五节 矿床成因模式	34
一、成矿流体与成矿物质的来源	34
二、成矿流体的运动与成矿物质的迁移	36
三、成矿物质的沉淀	39
第六节 成矿模式对找矿勘探的意义	41
第三章 与花岗岩类有关的矿床	44
第一节 引言	44
第二节 花岗伟晶岩型矿床	46
一、概述	49
二、典型矿床	49
(一) 新疆阿尔泰稀有金属花岗伟晶岩(3号脉)型矿床	51
(二) 加拿大坦柯(Tanco)花岗伟晶岩矿床	54
三、找矿方向及找矿标志	55
第三节 钠长石化云英岩化花岗岩及云英岩型矿床	55
一、概述	57
二、典型矿床	57
(一) 江西414含Ta、Nb花岗岩	60
(二) 广东万峰山含Be云英岩	63
第四节 关于成矿模式	63
一、成矿花岗岩是地壳演化到一定阶段的产物	63

二、多阶段部分熔融——花岗岩成矿的一种模式	64
第四章 火山岩中块状硫化物矿床	66
第一节 引言	66
第二节 块状硫化物矿床与构造的关系	68
一、日本黑矿与板块构造的关系	69
二、现代海底块状硫化物矿床与板块构造的关系	70
第三节 矿床的主要地质、地球化学特征	71
一、赋矿岩石	71
二、成矿时代	71
三、有利含矿层位	72
四、控矿构造	72
五、矿床分类和矿物组成	73
六、块状硫化物矿床的结构形式	73
七、矿化分带	73
八、围岩蚀变	74
九、硫同位素研究	74
十、流体包裹体的研究	75
第四节 矿床实例	76
一、日本黑矿	76
二、Noranda型块状硫化物矿床	80
第五节 块状硫化物矿床的成矿模式	82
一、现代大洋海底的块状硫化物矿床	83
二、太古代和现代块状硫化物矿床的比较	86
三、块状硫化物矿床形成的模式	87
四、总结	93
第六节 找矿勘探	94
第五章 太古宙与剪切带有关的金矿床	95
第一节 引言	95
第二节 太古宙剪切带金矿床的基本特征	96
第三节 剪切带和成矿作用	97
一、剪切带的特征及力学机制	97
二、剪切带与成矿作用的关系	100
第四节 成矿流体的地球化学特征	107
一、流体包裹体特征	107
二、围岩蚀变特征	110
三、稳定同位素特征	110
四、微量元素特征	116
第五节 典型矿床实例——Sigma金矿床	118
第六节 矿床成因模式	123
一、成矿流体来源	123
二、成矿流体流动的动力	123

三、矿质沉淀机制	125
第七节 成矿模式对找矿勘探的意义	126
第六章 浅成低温热液金-银矿床	128
第一节 引言	128
第二节 矿床类型划分	129
第三节 矿床形成的构造环境	132
一、大地构造环境	132
二、控矿构造	133
第四节 矿床的地质-地球化学特征	133
一、围岩类型	133
二、与深部侵入体的关系	134
三、围岩蚀变及其分带	135
四、矿石结构构造及矿化方式	137
五、矿石组分及其分带	138
六、成矿时间与阶段	139
七、流体包裹体特征	139
八、稳定同位素特征	140
第五节 现代地热系统	141
第六节 典型矿床实例——Creede浅成低温热液银-金-贱金属矿床	142
第七节 矿床成因模式	147
一、成矿流体的来源	147
二、金属成矿元素的来源及其在热液中的存在方式	148
三、成矿流体的运动方式	150
四、成矿物质的沉淀	151
第八节 成矿模式对找矿勘探的意义	152
第七章 岩浆液态分离矿床	154
第一节 岩浆矿床的分类及其构造环境	154
第二节 岩浆矿床的主要地质-地球化学特征	156
一、岩浆矿床的一般特征	156
二、与岩浆矿床有关的岩浆岩	157
第三节 岩浆矿床实例	158
一、岩浆铬矿床	158
二、岩浆铜镍矿床的主要特征	162
第四节 岩浆矿床的成矿模式	167
一、构造与成矿作用的关系	167
二、岩浆分异与成矿作用	168
三、铜-镍硫化物矿床的形成过程	169
四、铬铁矿床形成的过程	173
第五节 找矿勘探	175
一、铬铁矿床的找矿勘探	175
二、岩浆铜-镍硫化物矿床的找矿勘探	175

第八章 沉积改造矿床	177
第一节 引言	177
第二节 密西西比河谷型铅锌矿	177
一、概述	177
二、维伯纳姆矿床	181
第三节 白云鄂博式铁铌稀土矿床	183
一、概述	183
二、矿床形成的构造环境及地质-地球化学特征	183
三、简拟的成矿模式	188
第九章 成矿流体	189
第一节 引言	189
第二节 地壳中的流体	191
一、流体的定义	191
二、地球中的流体	192
三、地壳的去流体作用——流体的形成	194
四、地壳中流体的分类	198
第三节 流体和岩石的相互作用	201
一、太古代绿岩带成矿流体与岩石的相互作用简述	201
二、海水-玄武岩的相互作用	201
三、花岗岩与地下水的相互作用	206
第四节 流体的物理化学性质表征	208
一、体系的状态方程和相律	209
二、体系及相图	211
第五节 成矿流体举例	229
一、岩浆热液及其成矿作用	229
二、变质流体及其成矿作用	238
三、热卤水和成矿作用	248
第六节 结论	257
参考文献	259

第一章 引言——矿床成因模式与成矿构造

矿床是地质学中的经济命脉，有关矿床成因与成矿构造的研究对于了解矿床的形成过程以及找矿勘探是十分重要的。

有关成矿模式的研究已有很长的历史，它常常与矿床的分类联系在一起。Lindgren (1913) 曾提出过一个矿床分类方案，后被广泛采用。1981年为纪念《经济地质创刊 75 周年》出版的“Seventy-Fifth Anniversary Volume (1905—1980)”，总结了斑岩型矿床、矽卡岩矿床、火山岩中块状硫化物矿床、各种铀矿床，层状和层控铜、铅和锌矿床、与花岗岩有关的矿床、地热和热液矿床、岩浆铜、镍和铬矿床以及金矿床等的成矿模式，而且阐述了成矿过程。1986 年出版的“矿床的地质”(Guilbert and Park) 和 1986 年出版的“矿床地质”(Edwards and Atkinson) 也述及到一些矿床的成矿模式和成因。最近在加拿大出版了两本成矿模式的书 (Ore deposit Models Vol. 1 and 11 1988, 1993)。Sawkins (1990) 再版了他的专著“金属矿床与板块构造的关系”，论述了在扩张和聚合两类板块条件下各类矿床的成因与分布。涂光炽先生等著的“中国层控矿床地球化学”第一到三卷，系统地论述了中国层控矿床的成矿模式，作者曾对华南钨矿的成因作过一些研究 (1986)。1990 年涂光炽先生提出了超大型矿床的概念，并提出对一些超大型的矿床进行研究和总结，得出其成矿规律，为寻找出更多的超大型矿床提供依据。怎样把成矿模式、成矿构造与找矿勘探结合起来是本书的主题，我们认为最好的办法是把一些典型矿床的成矿模式和构造环境加以总结，并以它们为实例，推广到其它矿床的成矿模式和找矿勘探中。

第一节 板块构造与成矿作用

Sawkins (1990) 认为一定类型的矿床在时间和空间上常与一定类型的板块构造相关连，特别是与板块的边界有关。他把板块分成两种：扩张板块和聚合板块。在这两种板块的构造环境中形成许多矿床，我们在这里简单地总结于表 1-1 中。从表 1-1 中可知有 25 类的矿床是与板块构造密切相关的，下面我们分别加以简述。

一、与聚合板块环境有关的矿床

1. 与主岛弧有关的矿床

斑岩型矿床

角砾岩筒型矿床

矽卡岩矿床

浅成热液矿床

表 1-1 与板块构造有关的矿床

板块	次一级构造	矿床类型	实例
聚合板	主岛弧	斑岩 角砾岩筒 矽卡岩 浅成热液	智利萨尔瓦多铜矿, 巴布新几内亚的潘古纳铜矿 墨西哥的Camobabi角砾岩筒, 智利的Los Bronces-Rio Blanco岩筒 美国西部和墨西哥西北部的矽卡岩铜矿 智利的El Indio金矿, 菲律宾的Baguio金银矿
	主岛弧内侧	接触交代 多金属石英类脉 浅成热液石英类脉 斑岩型钨锡矿床	墨西哥的Providencia 银-铅-锌-铜矿床 墨西哥的Fresnillo 银-铅-锌-铜矿床 秘鲁的 Julcani 银矿 玻利维亚 Llallagua 斑岩锡矿
	与岛弧有关的裂谷	Climax 型钼矿 日本黑矿 古生代火山岩中块状硫化物矿床 多金属和贵金属矿床	美国 Climax, 科罗拉多成矿带 日本大和盆地中的黑矿 纽芬兰Buchans的多金属硫化物矿床, 西班牙的 Rio Tinto 块状硫化物矿床 科罗拉多的San Juan矿, 加州的Mother金矿
	洋壳	蛇绿岩套中块状硫化物矿床 蛇绿岩套中铬铁矿床	塞浦路斯的Troodos矿床, 安曼的Semail矿床 巴基斯坦的Zhob Valley铬铁矿床, 希腊的Vourinos矿床
扩张板	大陆(热点)	斜长岩中铁-钛矿床 层状超基性岩中铜-镍-铂-铬矿床 磷酸盐岩	北美格林维尔造山带中的铁-钛矿床 南非布什维尔德格-铂矿, 加拿大肖德贝里铜-镍矿床 原苏联科拉半岛, 南非的Palabora矿床
	大陆裂谷的早期阶段	与裂谷有关的铜-钼矿床 与裂谷有关的岩浆铜-镍矿床 Ag-Ni-Co-As-Bi五元素脉	南非Messina 铜矿 挪威的奥斯陆裂谷中的铜矿, 赞比亚、扎伊尔的铜矿 加拿大Thunder Bay
	大陆裂谷的晚期阶段	红海金属沉积物 沉积岩中块状硫化物矿床 高变质岩区的块状硫化物矿床	红海Atlantisil Deep 加拿大Sullivan块状硫化物矿床, 阿拉斯加 Red Dog 矿 新南威尔士的Broken Hill 铅-锌矿床
	碰撞作用	与花岗岩(S型)有关的钨、锡、铀矿	我国南岭的钨锡铀矿, 东南亚的锡矿床 法国中央高原的铀矿

据Sawkins 1990资料作表。

2. 与主岛弧内侧有关的矿床

接触交代型矿床

多金属石英脉矿床

浅成热液石英脉矿床

斑岩型钨锡矿床

3. 与岛弧有关的裂谷中的矿床

Climax 型钼矿

黑矿

古生代火山岩中块状硫化物矿床

浅成多金属和贵金属矿床

在这当中最典型的例子是斑岩型矿床与聚合板块构造环境的关系(图1-1), 它常位于聚合板块的边界处, 尤其在北美和南美板块最明显, 矿床均离俯冲带不远。关于斑岩矿床我们将在第二章中详细叙述。

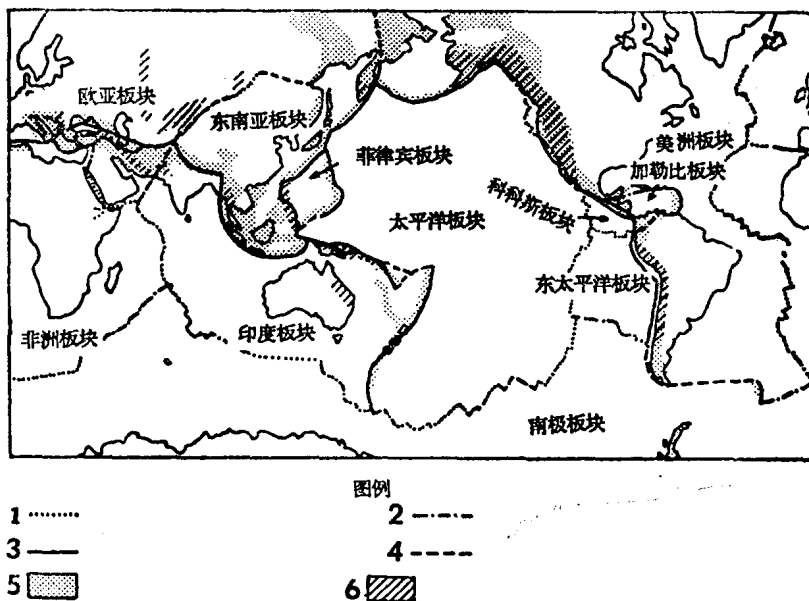


图 1-1 斑岩型矿床与板块构造的关系示意图

(据 Sillitoe, 1972)

1—增长的板块边缘; 2—活动的转换断层; 3—消亡的板块边缘; 4—板块性质未确定的边缘; 5—中生代—新生代造山带; 6—斑岩型铜钼矿床分布区

二、与扩张板块构造有关的矿床

1. 与洋壳有关的矿床

蛇绿岩套中块状硫化物矿床

蛇绿岩套中铬铁矿床

现代海底块状硫化物矿床

2. 与大陆热点有关的矿床

斜长岩中铁-钛矿床

层状超基性岩中铜-镍，铂和铬矿床

碳酸盐岩中的矿床

3. 与大陆裂谷有关的矿床

与裂谷有关的铜、钼矿床

与裂谷有关的铜、镍矿床

沉积岩和高变质岩中的块状硫化物矿床

红海中的金属沉积物

4. 与板块碰撞作用有关的矿床

S型花岗岩中的锡、钨和铀矿床

在这种板块构造环境中，海底蛇绿岩套中的矿床（包括铬铁矿和块状硫化物矿床）是很好的例子。图1-2 示塞浦路斯型的 Agrokipia 块状硫化物矿床的剖面示意图，沿着扩张板块轴的同火山断层中形成了一串块状硫化物矿床。

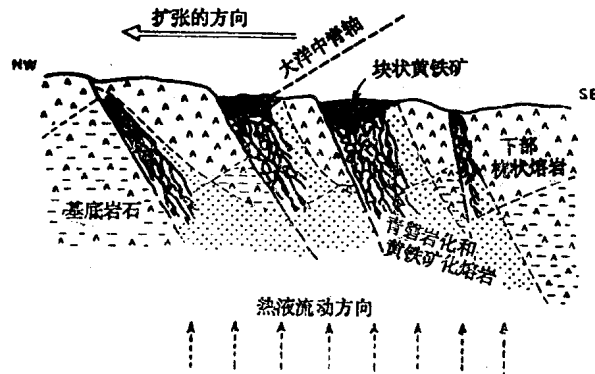


图 1-2 Agrokipia块状硫化物矿床的剖面示意图

(据 Adamides, 1980)

另外一个例子是转换断层与金的矿化。转换断层是板块边界的一种主要类型，板块之间的作用产生出走向断层和转换断层。然而真正的转换断层对于成矿作用来说其重要性较小，原因是没有任何岩浆作用与其相关，因此主要的大断层，如缅甸的Sagaing-Namyin断层、台湾的中心流域断层，是没有什么矿化的。但是扩张轴与转换断层相交处对于储存含矿卤水来说是十分重要，例如位于加州旧金山北部沿海的 Mclaughlin 热泉型金矿，有两千万吨的储量，其金的品位为 4.6×10^{-6} 。这个矿以及热泉体系形成晚于 2.2 Ma，并且位于一个冲断层上，这个冲断层又被圣安德烈斯断层所活化。在这个区域的新生代地质史中，这个地区是以转换断层和火山作用为特征的。在这个矿区的 Clear 湖的火山岩地区，地球物理资料证明在其下有一个岩浆房，这个岩浆房给间歇泉提供了热和能量，从而使成矿流体沿转换断层上升形成矿床。

萨尔顿海的地热区是受到圣安德烈斯转换断层体系控制的另一个例子。在萨尔顿海的卤水中含有很高含量的金属 (Mckibben等, 1988)，并且在其下部沉积物中已沉淀出多金属硫化物。萨尔顿海的热液体系不仅给成矿作用提供了天然的实验室，而且其含金属硫化物的沉积物已达到工业意义。

三、其它类型的控矿构造

(一) 太古代有没有块板构造，仍然是一个谜，但是在加拿大太古代绿岩带的两条深大断裂，即Destor-Porcupine和Kirkland Lake-Cadillac断裂却是一致公认的控制加拿大Abitibi 绿岩带金矿床的主要因素。图1-3示加拿大Abitibi 带一共有73个金矿床，其中

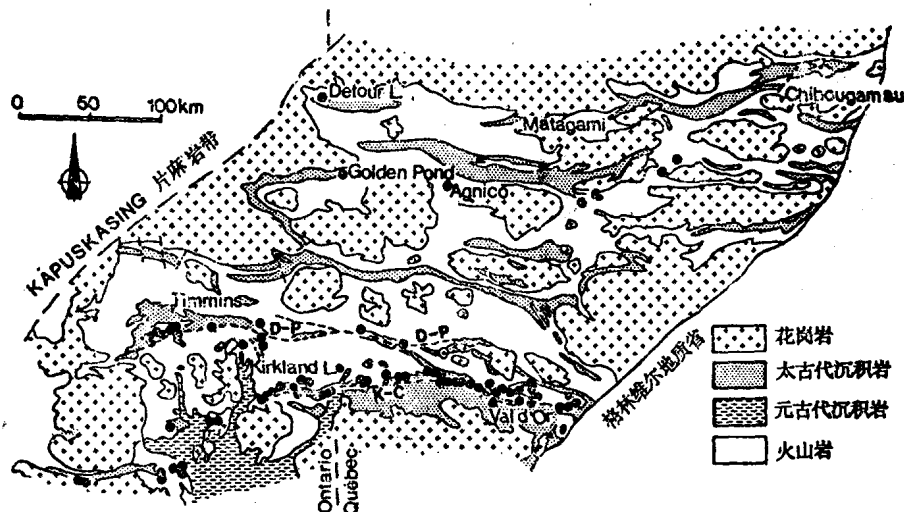


图 1-3 加拿大Abitibi 绿岩带的深大断裂与金矿床的关系
(据 Roberts, 1987)

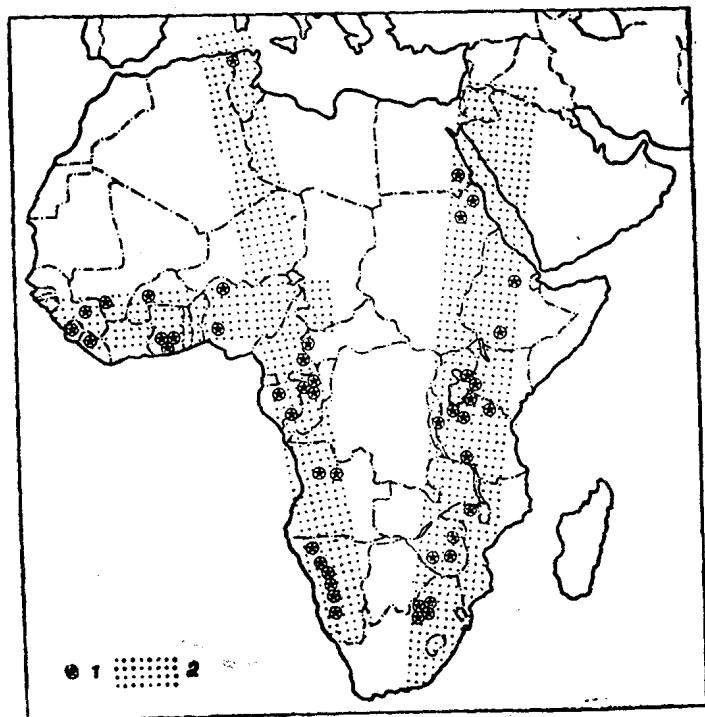


图 1-4 非洲两个主要线性构造带与金矿床的关系
(据Lombard, 1966)
1—金矿床；2—线性构造带

66个受到这两个深大断裂带的控制。

(二) 线性构造带。在非洲有两个主要的线性构造带，这两个线性带控制了非洲的金矿和锡矿，正如图1-4所示的那样。许多作者 (Sawkins 1990, Kutina 1980, O' Driscoll 1986) 早已指出大陆上存在的线性构造代表了大陆壳的主要断裂构造，它是成矿作用的主要控制因素。美国科罗拉多成矿带是产在科罗拉多线性构造带中，与矿化有关的岩浆作用是受到线性构造的控制的 (Warner, 1978)。Heyl (1972) 认为一些碱性岩和密西西比型矿床是平行的沿着第38号线性带分布的，实际上密西西比型矿床是否与这条线性带有成因上的关系尚有争议，其中的一些萤石矿可能与这条线性构造带中的碱性岩有关。这条线性带以东西方向横贯美国好几个州。原苏联的斯米尔诺夫 (1977) 也认为在原苏联有几条深大断裂是与矿床密切相关的。有一点需要指出，这种在大陆内部的深大的线性带常常在很长时间内进行活动，并且不断地控制岩浆活动、流体流动以及剪切带等地质过程，成矿作用也许直接与这种线性构造有关，也许是产在受它控制的次一级地质构造中。

除了线性构造外，其它的构造如褶皱，古老克拉通地块与周围地层的接触带均对成矿作用有一定的控制作用。

第二节 成矿模式

关于成矿模式的研究已有很久的历史。在1967年 Routhier 曾提出一个矿床成因的模式，他先根据矿床与围岩生成的关系分成同生的和后生的两种，然后再根据成矿物质的来源又分出同源和异源二种 (同源和异源，见图1-5)。

- 同生
- 同源——矿体与围岩同时形成，且成矿物质来自围岩

异源——矿体与围岩同时形成，但成矿物质并不来自围岩

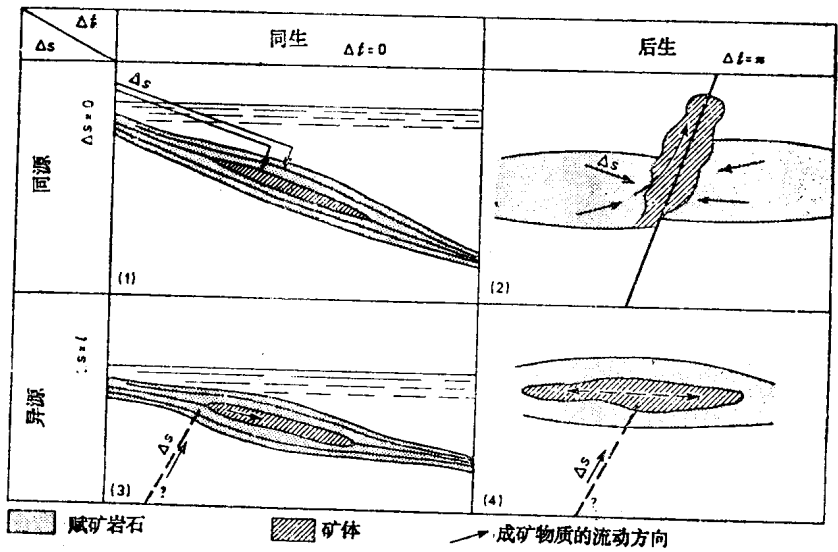


图 1-5 矿床的成因模式

(据Routhier, 1967)

Δs —成矿物质搬运的距离； Δt —形成赋矿岩石和矿床之间的时间间隔

后生 { 同源——矿体晚于围岩生成，但成矿物质来自围岩
 异源——矿体晚于围岩生成，且成矿物质也不来自围岩

这基本上概括了矿床的成因模式的类型，但对于描述矿床的成矿过程来说这还不够的，尤其对于指导具体的找矿勘探是不够的。Hodgson(1990)指出矿床的模式是一个概念的和经验的标准，它体现出矿床的最基本的特征。换句话说，成矿模式是把控制成矿的各个因素在成矿过程中的作用及其相互关系描述和体现出来，从而使人们得出一个轮廓清晰的图像。

下面我们来看看怎样来构成一个成矿模式。

第一步，首先要对同类矿床的地质特征进行总结和归纳，然后挑出几个典型的矿床进行研究，从而深化对此类型矿床的认识。例如块状硫化物矿床，世界上有数以百计的火山岩中块状硫化物矿床，在总结它的模式时，我们既要归纳它们全部的特征，又要研究典型的例子，如日本的黑矿、加拿大太古代的Noranda型的块状硫化物矿床以及现代大洋海底的块状硫化物矿床（详见第四章），这样就可把其地质特征，特别是控矿因素及其关系搞清楚。

第二步，是研究较大范围内的地质构造环境。因为一个矿床在地质体系中相对来说是很小一部分（否则遍地是矿体了），因而在研究清楚了矿床这一部分后，要把大环境搞清楚。

第三步，是搞清楚控制成矿的因素，如图 1-6 所示。一个矿床的形成过程包括三个部

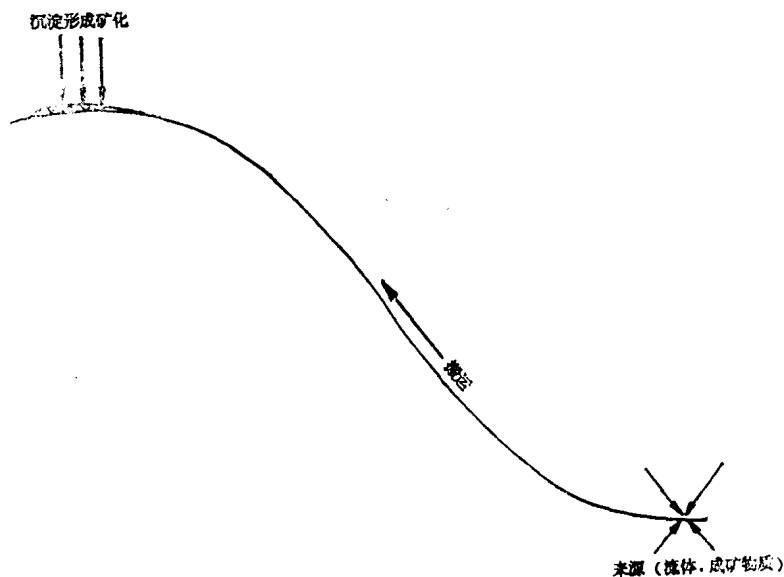


图 1-6 成矿机制图

分，第一部分是来源，这包括成矿物质（金属，硫等）和成矿流体的来源。地壳中流体很多，包括岩浆、天水、海水、地层水、岩浆热液、变质水、地热卤水等，每种流体均可单独成矿，但绝大多数情况下是两种或两种以上流体的混合成矿，光有流体还不够，我们要考虑怎么使流体成为成矿流体，换句话说就是考虑怎么把金属和硫等溶于流体中，这就要考虑哪种金属络合物在其中的溶解度最大，而且在当时的物理化学条件下趋于最稳定。第