

成矿规律和成矿预测学

卢作祥 范永香 刘辅臣 编著

中国地质大学出版社

高等学校教材

成矿规律和成矿预测学

卢作祥 范永香 刘辅臣 编著

中国地质大学出版社

成矿规律和成矿预测学

卢作祥 范永香 刘辅臣 编著

责任编辑 蒋良朴 贾晓青

*

中国地质大学出版社出版

(武汉市喻家山)

湖南省地质测绘印刷厂印装

湖北省新华书店经销

*

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 400千字

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

印数 1--2500册

ISBN 7-5625-0392-3/P·112

定价: 3.25元

前 言

《成矿规律和成矿预测学》作为地质科学领域内一门交叉学科，以其崭新的姿态，与读者见面了。

随着现代科学技术的迅猛发展以及人类对矿产资源需求量的不断增长，目前露头矿和近地表矿已越来越少，找寻和开发隐伏矿及难于识别的矿显得日益重要。这些矿产的找寻，不仅需要技术装备，而且更加需要理论指导。因此，加强以成矿规律为基础的成矿预测研究，力求从总体上提高矿产资源的普查效果，是当前地质界所面临的一项重要任务。

当代矿产普查勘探的中心问题，是如何选好、选准找矿远景区和评价点的问题。为了提高普查找矿的成效，采用新技术方法显得十分必要，但归根结底始终起主导作用的仍然是成矿地质控制因素、矿化信息以及成矿规律。为了适应我国普查找矿工作的迫切需要和促进成矿预测理论研究的发展，我校从1978年起开设了成矿规律和成矿预测学课程。本课程的特点是高度的综合性和探索性，学科内容几乎涉及整个地质学领域和全部探矿技术领域，加之成矿地质条件的千差万别以及现有各种成矿理论在某种程度上还具有假说的性质，因而更增加了本学科的复杂性。本教材以辩证唯物主义为指导，着重论述了控矿因素分析、矿化信息、成矿规律研究、成矿模式建立等内容，并在此基础上阐述不同精度要求的成矿预测方法以及找矿远景区的筛选和验证方法，强调充分发挥地质理论在预测找矿中的指导作用，从战略上选好、选准找矿靶区，尽可能减少工作失误，多找出各种矿产资源，以满足经济建设日益增长的需要。

本书根据近几年讲稿进行了整理和充实。第一、二章由范永香编写；第三、四章由卢作祥编写；第五、六章由刘辅臣编写。初稿完成后，由卢作祥统一修改定稿。本书曾于1981年在校内铅印，在地质、冶金等生产部门以及有关院校广泛试用，并于1983年重印。根据反馈的信息，在内容上作了适当增删和调整，以满足读者的需要。

本书编写过程中曾得到中国地质大学领导的热情关怀与鼓励；全书由邓璟教授和王俊发教授详细审阅，提出了修改意见；书中插图由校绘图室崔宁、张洪波等清绘，对上述各方面的热情关怀与支持，编者深致谢意。

限于编写时间和业务水平，书中不足和纰漏在所难免，衷心希望广大读者予以批评指正。

编 者

1988年1月

绪 言

成矿规律和成矿预测学是经济地质学的一个重要分支,是研究成矿规律以及如何筛选成矿远景区的一门新兴学科。它以辩证唯物主义思想为指导,运用适合本地区的地质理论和假说,采用合理有效的途径和方法,研究成矿规律,对不同范围(区域、矿田、矿床等)的成矿远景区做出预测评价,并在实践中不断检验预测效果,不断提高预测水平。

成矿规律和成矿预测学从找矿勘探生产实践中发展起来,又直接服务于生产实践。它是经济建设所需要的一门应用学科,其基本任务是:

(1) 论述控矿地质因素和矿化信息、预测准则和标志、成矿规律和成矿模式,为矿产预测提供科学依据,为普查找矿指出方向;

(2) 阐述成矿预测工作分类,包括大区成矿预测、区域成矿预测和矿区成矿预测的特点、作用以及三者间的关系;

(3) 系统介绍成矿预测方法,其中包括成矿地质分析、成矿远景区的筛选、范围的圈定和级别的划分,预测图的编制以及模式的建立,现场验证、评价等;

(4) 成矿规律和成矿预测学基础理论的进一步研究,其中包括理论体系的不断检验、修改与充实,预测模型的建立、改进与完善,预测信息的不断发掘与扩充,预测方法过程的电子计算机模拟等。

成矿规律和成矿预测学是一门涉及面广、综合性探索性强的交叉学科。它充分发挥地质理论在找矿中的指导作用,将各门基础地质学科更广泛地应用于找矿勘探实践,所以它是沟通地质理论与找矿实践的桥梁,是矿床学、区域地质学与找矿勘探地质学相结合的产物。因此,它与上述三个学科关系最为密切,同构造地质学、地质力学、大地构造学、板块构造学、勘查地球化学、勘查地球物理、遥感地质学、岩石学、地史学、岩相古地理学以及地质勘探中统计分析等学科也有密切的关系。

矿产资源是国家建设的重要物质基础。当前易于寻找的露头矿和近地表矿已愈来愈少,找矿面临难度加大、费用增高、成功率降低的新形势。这就要求我们重视加强以成矿规律研究为基础的成矿预测,使找矿工作由主要找地表矿、浅部矿,向主要找隐伏矿和难于识别的矿转移,并有计划地在研究程度较低的边远地区,积极开展新区的特别是急缺矿产的找矿工作,以满足经济建设对矿产资源日益增长的需要。

实践证明,从几十个矿化点中,才能筛选出一、二个有工业价值的矿床。找矿勘探要取得高效益,必须重视开展成矿预测,使找矿勘探工作建立在科学基础上,从一开始就在远景区、评价点的选好、选准上下功夫,这样可以迅速筛选靶区,集中力量,有的放矢。防止在选区、选点这个关键问题上走弯路,避免在无远景的地段或矿点上耗费人力和物力。由此可见,成矿预测是一项战略性的地质工作,是促使找矿勘探事业迅速发展、提高工作成效的有力措施和先行步骤。它的成果可以为地质找矿工作长远规划和安排部署提供重要依据。近几年来我国地矿和冶金等部门已经系统地开展了不同比例尺的成矿预测工作,这对提高找矿成效、实现地质找矿的重点转移具有重大的意义。

解放以来,我国地质队伍和找矿勘探事业在党的领导下,从小到大,迅速发展,在保证社会主义建设所需矿产资源方面做出了很大的贡献。据不完全统计,世界上已知的 150 多种

矿产，我国都已发现，其中已探明储量的有 130 多种。我国已成为世界上矿产种类比较齐全的少数国家之一。过去矿产不配套、分布不平衡的状况已有很大的改变。根据我国地质特点提出的地洼成矿、叠加成矿、陆相生油、陆相成钾、多级构造体系控矿等成矿理论，推动了我国成矿学的发展。世界上稀有的或新的矿床成因类型，在我国不断有所发现。我国的科研和生产人员通过对长江中下游铁铜矿床、南岭地区锡钨矿床、西南地区红层铜矿床的深入研究，提出了很有特色的成矿模式。多年来我国先后编制了不同比例尺的成矿规律图和预测图，在石油、煤、铁、金、铜、锡、钨、金刚石等矿产的预测中，已获得明显的成效。

随着我国社会生产力的迅猛发展，对各种矿产资源的需求将大大增加，这就要求我们加强地质工作，加强对矿产资源的预测普查工作，以期在数量上、质量上、品种上和平衡分布上保证国家建设的需要。目前我国某些矿物原料的探明储量还不能满足现代化建设日益增长的需要。如富铁、铬、钾等矿还没有重大突破，相当一部分重要矿种是富矿少、贫矿多，矿床系统研究较差，区域成矿规律综合研究薄弱，矿产预测水平有待进一步提高。因此，必须认真开展矿床基础理论和成矿地质的研究，深入探讨成矿规律、成矿系列和成矿机制，以丰富成矿理论，提高预测水平，为实现四个现代化，提前准备好足够的矿产资源。

为了完成摆在我们面前艰巨而光荣的任务，发展我国找矿勘探事业，我们必须很好地研究和总结建国以来进行预测找矿工作的成功经验和失误教训，同时也要有分析地学习借鉴外国有关的理论和技术，把我国找矿勘探事业以及成矿规律和成矿预测科学推向新的水平，这是我们长期为之奋斗的伟大目标，也是我们肩负的伟大历史使命。

目 录

绪 言	(I)
第一章 控矿地质因素分析	(1)
第一节 构造因素分析	(1)
一、研究构造控矿因素的重要意义	(1)
二、大地构造因素对成矿的控制	(2)
三、不同构造型式对成矿的控制	(11)
第二节 岩浆活动因素分析	(19)
一、概 述	(19)
二、基性、超基性岩对有关矿化的控制	(22)
三、中酸性岩类及其有关矿化	(26)
四、火山活动对有关矿床的控制	(33)
第三节 地层、岩相、古地理因素分析	(39)
一、地层、岩相、古地理因素分析的重要意义	(39)
二、地层、岩相、古地理因素对沉积矿床的控制	(41)
第四节 区域地球化学因素分析	(47)
第五节 古水文地质等因素分析	(49)
第二章 矿化信息研究	(52)
第一节 遥感地质信息分析研究	(52)
一、卫星影像遥感信息分析研究	(52)
二、航空遥感信息分析研究	(56)
第二节 矿化露头的地质信息研究	(57)
一、原生矿化露头及矿床类型研究	(57)
二、铁帽和氧化露头研究	(58)
三、矿物标型特征和近矿围岩蚀变研究	(65)
第三节 矿床分散晕的研究和评价	(74)
一、重砂异常的研究和评价	(75)
二、化探异常的研究和评价	(79)
第四节 物探异常的研究和评价	(82)
第五节 各种矿化信息的综合评价, 建立综合信息找矿模型	(83)
第三章 成矿规律研究	(85)
第一节 成矿物质来源的规律	(85)
一、概 述	(85)
二、内生成矿物质的三大类来源	(87)
三、矿质来源的判别标志	(89)
四、地壳历史发展过程中内生成矿物质来源的演变	(92)
五、地壳不同构造单元内生成矿物质来源的特点	(93)
六、研究矿质来源的意义、存在的问题和动向	(95)

第二节 矿床时间分布规律	(98)
一、我国主要的成矿期	(98)
二、全球最主要的成矿期	(101)
三、地壳成矿演化的多旋回性和继承性	(103)
四、地壳成矿演化的阶段性、方向性与长期性	(105)
第三节 矿床空间分布规律	(110)
一、我国的主要成矿区域	(110)
二、矿床空间分布的地区性特点	(111)
三、矿床带状分布	(112)
四、矿床空间分布的等距性特点	(118)
第四节 矿床共生规律	(120)
一、概 述	(120)
二、矿床共生分类	(122)
三、成矿系列	(126)
四、成矿模式(模型)	(130)
第四章 大区 and 区域成矿预测	(135)
第一节 成矿预测工作分类及大区成矿预测	(135)
一、成矿预测工作分类	(135)
二、大区成矿预测特点	(135)
第二节 区域成矿预测	(136)
一、区域成矿预测的特点	(136)
二、地壳类型和深部构造在区域成矿预测中的作用	(137)
三、物探异常在区域成矿预测中的作用	(143)
四、化探异常在区域成矿预测中的作用	(145)
第三节 区域成矿预测实例	(151)
一、广西锰矿地质特征及成矿预测	(151)
二、云南铁矿成矿规律和成矿预测	(161)
第五章 矿区成矿预测	(168)
第一节 矿区成矿预测的特点、依据和意义	(168)
一、矿区成矿预测的特点	(168)
二、矿区成矿预测的依据	(168)
三、矿区成矿预测的意义	(171)
第二节 矿区成矿预测中构造研究特点	(173)
一、断裂构造的研究	(174)
二、褶皱构造的研究	(180)
三、岩体构造的研究	(182)
四、火山构造的研究	(186)
第三节 矿床分带——矿区成矿预测的重要依据	(188)
一、金属矿物分带	(188)
二、蚀变分带	(190)

三、矿石结构构造分带·····	(191)
四、地球化学分带·····	(191)
第四节 成矿物理化学条件研究·····	(194)
一、成矿温度的研究·····	(194)
二、介质的酸碱度 (pH) 和氧化还原电位 (Eh) 的研究·····	(195)
三、古水文地质分析·····	(196)
第五节 物化探在矿区成矿预测中的应用·····	(198)
一、物探在矿区预测中的应用·····	(198)
二、化探在矿区预测中的应用·····	(204)
第六节 矿区预测中的评价与验证·····	(209)
一、矿区成矿预测中的地质评价·····	(209)
二、异常检查与工程验证·····	(214)
第七节 矿区成矿预测实例·····	(215)
一、大厂矿区地质概况·····	(215)
二、矿田构造规律·····	(216)
三、成矿因素、找矿标志的数理统计·····	(219)
四、成矿预测·····	(220)
第六章 成矿预测方法 ·····	(223)
第一节 成矿预测的一般程序和方法·····	(223)
一、成矿预测的一般程序·····	(223)
二、成矿预测的方法·····	(225)
第二节 大区成矿预测方法·····	(228)
第三节 区域成矿预测方法·····	(230)
一、基础地质资料的搜集、整理和研究·····	(230)
二、编制成矿规律图·····	(231)
三、编制成矿预测图·····	(232)
第四节 矿区成矿预测方法·····	(234)
一、矿区成矿预测的原则要求·····	(234)
二、矿区成矿预测的步骤·····	(237)
三、辅助图表的编制·····	(238)
四、成矿规律与成矿预测图的编制·····	(240)
五、验证与设计·····	(242)
第五节 成矿预测方法的若干动向·····	(242)
一、利用宇航照片解决区域成矿预测选区问题·····	(243)
二、古地磁学研究用于沉积矿产预测·····	(243)
三、利用稳定同位素进行预测找矿·····	(243)
四、开展构造地球化学研究指导矿产预测·····	(243)
五、利用气体测量进行预测找矿·····	(244)
六、利用热发光方法, 在矿区内探寻新矿体·····	(244)
七、加强地下物探促进预测找矿·····	(245)

第一章 控矿地质因素分析

成矿预测的基础是对成矿规律的研究。成矿作用是地质作用的一部分，各种矿产形成于一定的地质背景，因此，成矿规律研究首先要从分析控制和影响矿床形成的各种地质因素着手，通过它将各个基础地质学科的理论，广泛应用于矿床预测评价的实践。控制成矿的地质因素，包括构造、岩浆活动、地层、岩相、古地理和地球化学等因素。它们在成矿过程中的作用虽各不相同，但互相联系。一个矿床的形成往往是各种因素综合作用的结果。对内生矿床来说，构造因素很大程度上决定了成矿的空间展布形式，而岩浆活动和区域地球化学因素决定了物质来源和成矿元素迁移富集的特点。对外生矿床来说，地层因素决定了成矿的时间分布，古地理环境的变迁决定了成矿的空间展布。通过控矿因素分析，要查明各因素与矿化的联系。凡与矿化联系紧密的因素，都为主要的控制因素，也是矿床预测评价的重要地质准则。

下面就最重要的控矿因素，逐一做简要论述。

第一节 构造因素分析

构造因素是控制矿床形成和分布的重要因素之一。就构造在成矿过程中的作用而言，可以分为导矿、散矿和容矿构造；从构造运动与矿化的时间关系而言，可以分为成矿前、成矿时和成矿后构造，它们对成矿物质的集散起着不同的作用；就构造发育的规模而言，可以分为全球性构造、区域性构造、矿田矿床范围的构造。不同级别、不同规模的构造，对成矿起着不同的控制作用，它们分别控制了矿带、矿田、矿床以及矿体的产出和展布。

一、研究构造控矿因素的重要意义

构造因素对成矿的控制作用，主要表现在以下几个方面：

(1) 构造对成矿地质背景的控制。构造特征反映了地壳发展历史，不同的构造单元反映了不同的地质背景和环境，而不同的地质背景有不同的矿床形成和展布。

(2) 构造运动是驱使地壳物质运动的主导因素。对内生成矿作用而言，构造运动导致地壳内成矿物质的迁移，同时也给矿液运移提供了通道和聚集场所；对外生成矿作用而言，各类拗陷盆地是成矿物质的停积场所，而隆起剥蚀区则提供物质来源，从而决定了矿化的空间分布。

(3) 构造运动往往是划分不同成矿期和成矿阶段的依据之一。各种成矿作用的发展演化都与地质构造活动的发展演化密切相关。在一些矿区内，人们可依构造活动演化而划分出不同的成矿阶段。

(4) 多期成矿、叠加成矿往往同与矿源层（或先成矿化）相沟通的构造有关。它可造成矿化贫富不均，这对各种层控矿床尤为重要。矿源层只指示远景区所在，而其中的工业矿体的产出部位往往与有利的构造部位有关。如变质岩区的石英脉型金矿床，含金丰度高的层位

只指明远景区范围，而控矿的断裂构造则具体控制了矿床和矿体的形态、产状和空间展布。

(5) 矿床分布与构造分带和构造的多期活动有成因联系。矿化有序分布的规律，在指导盲矿预测中起着重要作用。

(6) 成矿后的构造，对先成矿床起着不同的改造作用。构造可使浅部矿体深埋，或将深部矿体抬升而出露地表。层状矿体可因褶皱作用而加厚或变薄。构造可以影响原生矿石的表生风化过程，从而形成风化壳型或淋滤矿床，有些矿体风化剥蚀很深，终至破坏无存。

二、大地构造因素对成矿的控制

大量的资料表明，大地构造与大范围的成矿区（带）之间有某种固定的联系。大地构造控制了大的成矿带（或成矿区域）的形成和展布，人们进行区域成矿分析时，即以不同的大地构造单元和不同的区域地质构造特点为基础。因此大地构造的研究，对指导战略性的区域成矿预测具有重要意义。

由于不同的大地构造学说，对地质构造形成发展历史和运动机制的认识不同，目前区域成矿分析还不能用一个统一的模式进行。下面我们将主要大地构造学派有关成矿分析理论，分别作扼要介绍。

（一）用地槽、地台、构造-岩浆活化区理论分析构造对区域成矿的控制

人们早就注意到世界上一些大型矿带的分布往往与主要的地槽褶皱带相一致，因而首先开展对地槽褶皱带的成矿规律研究。

1. 地槽区的成矿分析

IO.A.毕力宾在编制苏联境内重要成矿带成矿规律图和预测图的基础上，认为地槽的发展一般经历了三个主要阶段，不同类型矿化与地槽发展演化相适应，他建立了地槽发展三阶段的模型。

(1) 早期阶段：地槽开始剧烈下沉，中心部分伴随海底火山的强烈喷发，形成细碧角斑岩系、火山-碳酸盐沉积岩系和火山-硅质沉积岩系，典型矿床是含铜黄铁矿矿床（如乌拉尔和祁连山地槽）。继而在地槽边缘地带发生褶皱断裂，沿断裂有基性、超基性岩的侵入，伴随形成Pt、Cr、Cu、Ni和钽钛磁铁矿矿床。同时有派生的斜长花岗岩、正长岩以及Cu-Fe矽卡岩型矿床的形成；

(2) 中期阶段：为主要褶皱阶段，轴部因花岗岩岩基的侵入而隆起，边缘相对下降。这时形成产于碳酸盐岩系与花岗岩接触带的矽卡岩型白钨矿、热液型Au、Mo、Pb、Zn等矿床。而侵入于硅铝质岩层的花岗岩，则有伟晶岩型、云英岩型W、Sn、Ta、Li、Be矿床的形成。外生矿床则有煤、石油等；

(3) 晚期阶段：大规模的褶皱运动结束，地槽逐步向年轻地台转化。地槽的边部和接合部位断块发育，并伴随中性小侵入体的形成，有热液型Sn、Au、Ag、Hg、Sb、As等矿床的形成。此外有与晚期安山岩-英安岩有关的火山-热液矿床的形成。沉积岩为杂色岩建造（粘土-砂互层），有Fe、Cu、V、U的沉积矿床和膏盐、油、气、煤等沉积矿床出现。最后趋向于稳定而过渡为年青的地台。在向地台过渡时有Pb、Zn和萤石、重晶石等低温热液或层控型矿床形成。

因此进行区域成矿分析时，需从建造分析入手，进而确定研究区所属地槽发展的历史阶段，每个阶段地槽的不同部位形成不同的构造-岩浆带和相应的不同构造-成矿带。在地槽内

进一步可划分为内部带、边缘带、地槽海沟、中间地块、地槽边缘、边缘深断裂等次级构造单元。地槽发展不同阶段的岩石建造和有关的矿床参见表1-1。Ю.А.毕力宾学说的核心是建立了历史-地质(演化)和构造-物质的分析方法。后来许多学者按这一方向又做了大量工作。

表1-1 地槽发育早、中、晚期岩石建造和标型矿床

(据B.И.斯米尔诺夫)

建造组	建 造	矿 床 类 型
早 期		
岩浆组	海底火山细碧-角斑岩 橄榄岩 辉长岩-辉石岩-纯橄榄岩 斜长花岗岩-正长岩	Fe和Mn的黄铁矿型硫化物和氧化物矿床 铬铁矿、Os和Ir的岩浆矿床 钛磁铁矿、Pt和Pd的岩浆矿床 Fe和Cu的矽卡岩矿床
沉积组	碎 屑 碳酸盐 绿泥石 硅 质 沥青质	砾岩、砂岩、粘土 Fe、Mn的氧化物和碳酸盐矿床, 磷块岩、石灰岩 Fe和Mn的硅酸盐矿石 Fe和Mn的贫矿石 分散的有机物质, Fe、Cu、Zn、Mo的分散的硫化物, U、V的氧化物
中 期		
岩浆组	花岗闪长岩 花岗岩	矽卡岩矿床, 主要是钨的矽卡岩矿床, Au、Cu和Mn、Pb和Zn的热液矿床 Sn、W、Ta、Li和Be的伟晶岩矿床, 钠长石-云英岩矿床和石英共生热液矿床
沉积组	复理石 可燃有机岩	沉积建筑材料 可燃页岩
晚 期		
岩浆组	各种成分的小侵入体 地表火山	深成热液矿床, 主要是硫化物共生组合, 复杂的矽卡岩矿床、火山热液矿床
沉积组	磨拉石 杂 色 含 盐 含碳氢化合物	沉积建筑材料 Fe、Cu、V、U的沉积-淋积矿床 盐类、石膏的蒸发岩矿床 石油、天然气和煤

2. 地台区的成矿分析

地台区与地槽区的成矿特征有很大差别。Ю.А.毕力宾没有重点论述, 但认为从地质历史上考察, 地台区往往从地槽发展演化而来。用于地槽区的历史演化和构造-物质分析方法亦可应用于地台区的成矿分析。

地台区具有盖层和基底双层结构特征。前寒武纪的基底成矿特征, 在矿产组合上太古代以亲铁(Fe、Cr、Ni)和亲石(石墨、矾土)元素为主; 元古代则以亲铁亲铜亲石元素(Fe、Cu、Ni、Co、TR、Au组合)并存为特征。矿床类型以各类变质矿床为主。控矿构造极其复杂, 矿床往往经历过多次叠加改造的成矿作用。

地台盖层中有Fe、P、Al、煤、油气、盐等重要矿产，成矿作用与沉积和后生淋滤作用有关，可以针对不同的区域构造特征，划分出若干个不同的构造层，分别总结出其成矿规律。

3. 构造-岩浆活化区的成矿分析

这是近30年深入区域成矿分析后所提出的重要第三成矿单元，类似于我国学者陈国达提出的地洼区，陈国达对地洼区成矿分析做了大量调查研究，并得到了国内外学者的广泛支持。在地洼区，叠加成矿特征广泛存在，有重要的内生及外生矿床形成。在苏联A.И.谢格洛夫等近年来做了大量工作，证明地壳内构造-岩浆活化作用及其成矿作用有周期性出现的规律，这与地槽多旋回发展规律有联系。构造-岩浆活化区以发育深断裂体系和凹槽体系为特征，相应形成重要的成矿带。

4. 地槽地台成矿分析学派近年来的主要进展

该学派从40年代提出了系统的成矿分析理论和方法，特别是地槽发展演化三阶段模型的建立，把成矿作用和地质作用紧密联系在一起进行分析，形成了历史-地质(演化)和构造-物质的成矿分析方法，经过后来许多人的努力，在指导区域预测中发挥了重要作用。

作为一个很有影响的成矿分析学派，下述几个方面的进展是值得重视的：

(1) 地槽发展多旋回成矿多旋回理论与地洼区成矿理论研究。我国著名学者黄汲清在广泛研究世界各个主要地槽褶皱带发展历史的基础上，提出了地槽多旋回发展的理论，将地槽发展划分为地槽阶段和后地槽阶段，共六个旋回，成矿作用也呈现明显的多旋回发展的规律，成矿组合和矿化类型，在前后构造旋回中周期性的形成，发展了Ю.А.毕力宾有关地槽三阶段发展演化的模型。这在指导区域成矿规律总结中具有重要的理论和实际意义。我国学者陈国达的地洼区成矿理论，在指导矿产勘查实践中也发挥了重要作用。

(2) 加强了地槽区成矿区域性特征的研究。每个地槽区所处区域地质背景、发展历史和演化规律各异，成矿特征差异也很大，从而在大量成矿分析研究基础上，可以划分出不同的地槽类型。B.И.斯米尔诺夫根据岩浆活动、构造发育特征，将地槽分为A、B、B、Γ四类，各类地槽成矿特点列于表1-2。后来将其综合为亲玄武岩型和亲花岗岩型两大类地槽，分别以乌拉尔和魏尔霍扬地槽为代表。前者早期岩浆活动强烈，晚期岩浆活动微弱，有关矿化以亲玄武岩的Fe、Ti、Cr、Cu、Au等金属元素为主。后者岩浆活动早期弱晚期强，有关内生矿化以与亲花岗岩类有关的Sn、W、Au、Ag、Pb、Zn、Sb等金属元素为主。

表1-2 各种类型地槽成矿的某些特点

(据B.И.斯米尔诺夫)

大地向斜类型	A	B	B	Г
发 育 的 阶 段				
早期阶段	很明显	相当明显	很明显	不分成典型的阶段
中期阶段	明 显	明 显	很明显	
晚期阶段	不明显	明 显	很明显	
地 槽 变 为 褶 皱 带 的 条 件				
中期阶段的转化	晚期复理石拗陷的 部分转化	晚期复理石拗陷的 部分转化	完全转化	没有转化

续表1-2

大地向斜类型	A	B	B	Г
岩 浆 过 程				
早期阶段				
火山成因岩石	很发育	发 育	发育差	发育差
橄榄岩和辉长岩	很发育	发育差	发育差	发育差
斜长花岗岩和斜长正长岩	很发育	发 育	没 有	没 有
中期阶段				
基性和碱性升高的酸性的	发 育	很发育	很发育	发 育
(花岗岩)	发育差	发 育	发 育	发 育
晚期阶段				
各种成分的小侵入体	发育差	发 育	很发育	很发育
岩 浆 可 能 供 给 的 区 域				
形成岩 浆的部位	过渡到硅铝层的玄武岩层	过渡到硅铝层的过渡层	硅铝层	过渡到玄武岩层的硅铝层
地 壳 构 造 的 特 点				
矽铝层的厚度	小	中 等	很 厚	厚
成 矿 的 强 度				
早期阶段	很发育	发 育	没 有	没 有
中期阶段	发 育	发 育	发 育	发 育
晚期阶段	很 弱	有显示	发 育	很发育
矿 床 的 成 因 类 型				
早期阶段				
黄铁矿型	很发育	发 育	没 有	没 有
岩 浆 型	很发育	不发育	没 有	没 有
矽卡岩型	很发育	发 育	没 有	没 有
中期阶段				
矽卡岩型	很发育	很发育	很发育	不发育
伟晶岩型和云英岩型	不发育	发育差	发 育	不发育
晚期阶段热液的	不发育	发育差	发 育	很发育
矿 床 分 布 的 规 律 性				
区域带状分布	明 显 由三个类型的带所交互形成：(1)火山岩；(2)超基性岩和基性岩；(3)花岗岩类	相当明显 由两个类型的带所交互形成：(1)火山岩带；(2)花岗岩类	相当明显 由三个类型的带交互形成：(1)内部花岗岩带；(2)边部带；(3)大地向斜棚	不明显 同中期晚期发育阶段岩浆杂岩体有关的各种成分矿石的成矿带，各种程度的互相交替

(3) 重视地槽发展历史演化规律的研究。矿床分布规律受地槽发展演化规律的控制，地槽发展有一定的方向性、多旋回性和继承性并伴有相应的成矿作用(表1-2)。如苏联高加索地槽褶皱带在地质演化岩浆活动和成矿作用的演化过程中，经历了加里东、海西、基米里和阿尔卑斯四个旋回，各旋回有不同的成矿组合，地槽范围在不断缩小，不同旋回的拗陷带由北向南退缩，相应地各旋回的早中期的岩浆活动和成矿作用也朝这个方向偏移。晚期小侵入

入关侵矿和体有化分带变得不够明显(图1-1)。

(4) 地槽、地台学说与板块构造、建造分析等学派的结合, 这对地槽地台形成机制和发展规律进一步加深了认识和理解。综合分析地槽发育的位置与板块构造活动, 用全球构造观点来解释地槽的形成和发展演化, 更丰富了成矿分析的内容和理论。

5. 地槽、地台、构造-岩浆活化区理论进行成矿分析存在的缺点

(1) 地槽褶皱带三个阶段模型的建立, 没有充分考虑到地槽发展的区域性特点, 不能概括地槽区所有成矿特征, 即对不同地槽活动带和地槽内不同部位的成矿特征, 有待深入研究。对地槽不同发展阶段之间的成矿继承性联系重视不够。另外, 对地槽发展的多旋回性和多旋回成矿还应深入研究;

(2) 对地台区的成矿分析理论和方法有待深入。对重要的外生成因矿床没有像内生矿床那样重视和深入分析;

(3) 目前的资料和分析方法限于大区域较多, 对于矿区的局部预测方法有待深入探讨。

(二) 用板块构造理论, 分析构造对成矿的控制

该学派以H.H.赫斯(Hess)、A.H.米契尔(Mitchell)、R.H.西利托等为代表, 又称“全球构造学派”或“俯冲消亡学派”。这是近30年以来发展很快的一个新学派, 从A.L.魏格纳(Wegener)的大陆漂移到瓦因(Vine)和马修斯(Matthews)的海底扩张, 逐步形成了系统的板块构造学说。它冲破了传统的地学理论, 提出了一个全新的板块构造理论体系, 是60年代以来地学领域最重大的成就之一。

板块构造学说将壳幔分为性质不同的三层, 即刚性的岩石圈、上地幔和软流圈, 软流圈带动岩石圈运动。分全球为若干个板块, 板块内可以进一步划分为若干个次级板块。板块之间不同性质的接触边界互相作用, 决定了区域构造、岩浆活动和构造特征。板块边界基本上可划分三种基本类型:

(1) 离散边界 两个板块背向移动, 沿洋脊(中央海岭)或裂谷分开, 新岩石圈在离散板块边缘形成。应力状态以拉张为主, 正断层发育。

(2) 敛合边界 两个板块相向运移, 碰撞俯冲消亡的地方, 包括岛弧带、毕乌夫

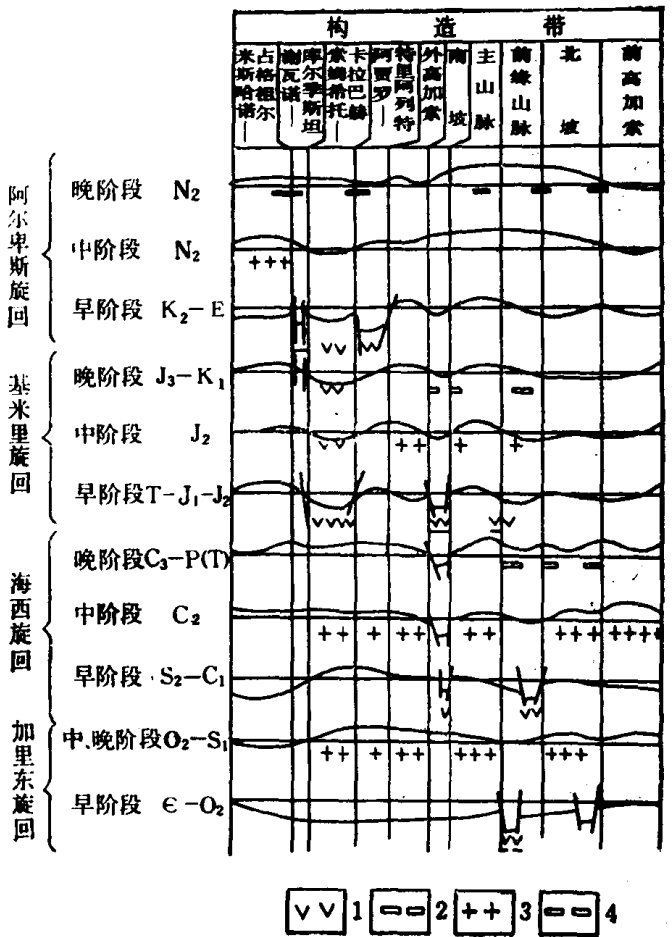


图1-1 高加索地槽地质演化、岩浆活动和成矿作用略图 (据B.И.斯米尔诺夫, 1976)

- 1—细碧角斑岩和辉绿岩及与其有成因关系的黄铁矿型矿床带;
- 2—早期阶段橄辉岩和辉长岩及与其有成因关系的岩浆型铬铁矿矿床和钛铁矿矿床带;
- 3—中阶段花岗岩类侵入体及与其有成因关系的岩浆期后成矿带;
- 4—晚阶段小侵入体及与其有成因关系的热液矿床带

(Benioff)带,地缝合线等。在俯冲带以挤压构造为主,冲断层发育。

(3) 转换边界 以转换断层构成板块边界,两侧板块平行于板块边界作走滑运动,其应力状态是剪切的。

各类板块边界是构造最活动地带,而板块内部是相对稳定的环境。板块不同边界与内生矿床的关系综见图1-2。

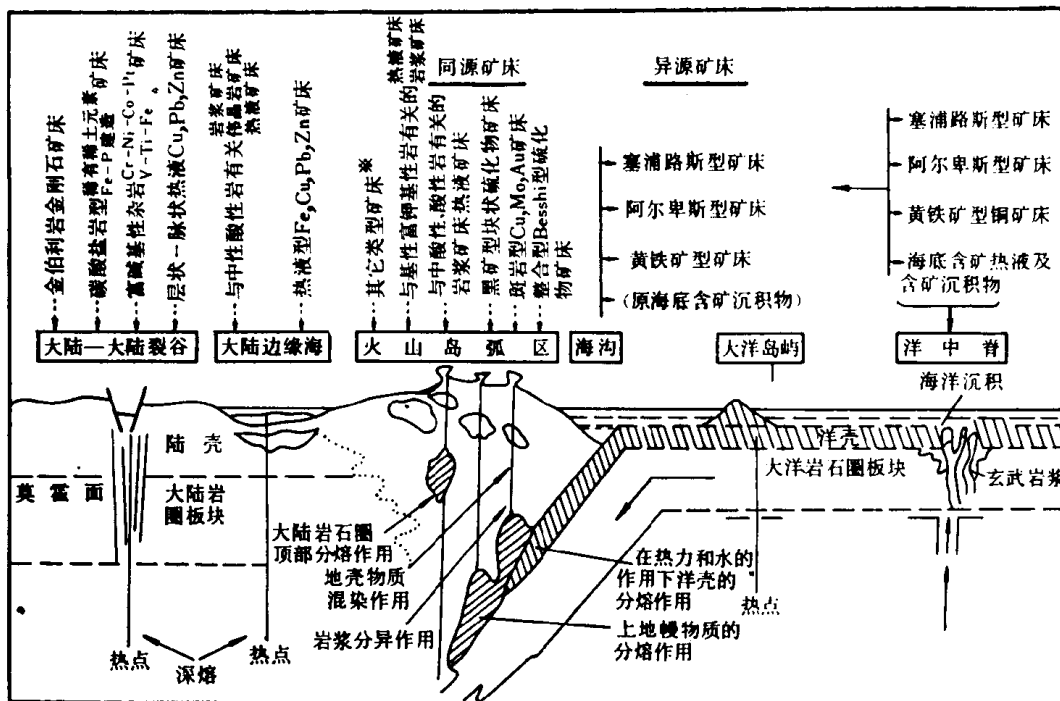


图1-2 板块构造-内生矿床组合示意图
(王润民据R.H.西利托修改, 1980)

到一个工作区,首先要分析工作区处于板块的哪个部位,从而确定要重点预测评价的主要矿床类型。对于一些时代较老地层出露区,则首先要恢复古板块,对指导大陆内部的成矿规律的研究具有重要意义。洲际性的古板块对接和恢复,可用于指导洲际性的矿产资源战略预测。如对美、非两洲大区域的锡矿带预测(图1-3)可作借鉴。

(三) 用断裂构造理论,分析构造对成矿的控制

该学派强调线性构造带和深断裂对成矿的重要控制作用,故又称“线性构造学派”或“深断裂构造学派”,以苏联的M.A.法沃尔斯卡娅、И.Н.托姆松(Томсон)、美国J.库廷纳等为代表。国内张文佑某些观点与其相近。

1. 主要论点

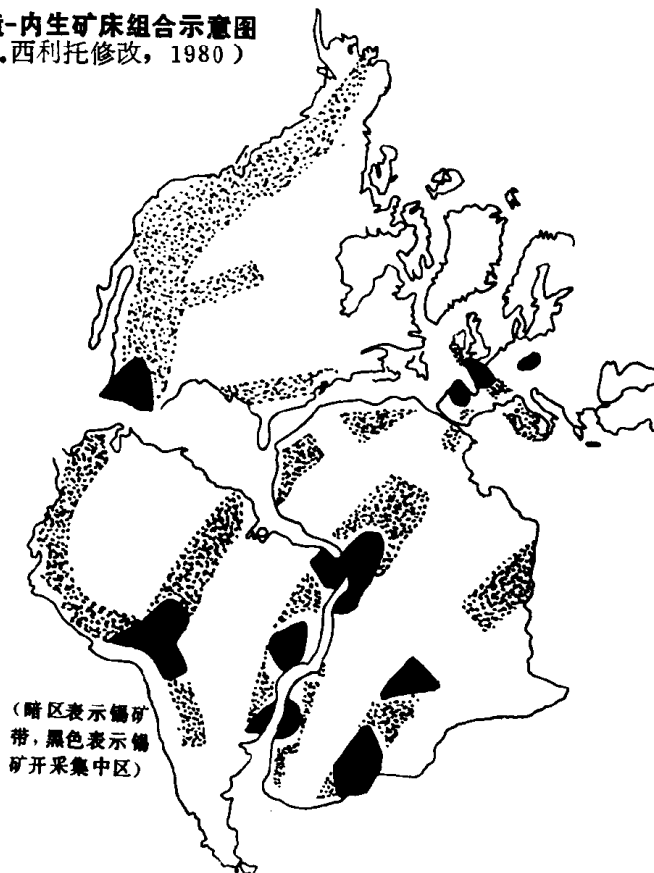


图1-3 重建美非大陆上的锡矿带位置
(据R.D. Schuiling, 1967)

(1) 构造线性体对各类矿化起重要控制作用。构造线性体是泛指所有线性构造要素的组合, 包括一些深断裂或一些深部构造在地表的反映, 它们组成区域性的聚矿构造带;

(2) 区域性的聚矿构造带, 具有全球性和深成性特点, 是地壳上一个高渗透带, 在全球范围内大致都呈经向或纬向分布, 在南半球和印度半岛多以经向性分布为主, 而北半球则以纬向延伸为主。全球性和深成性的特点, 还反映在它不受大地构造单元的限制, 可以穿切不同的大地构造单元, 往往在海上和陆上联成统一的构造体系。它与地表构造往往不完全一致, 但与老的基底构造线却经常一致;

(3) 聚矿构造带往往形成很早, 一般在前寒武纪以前就形成, 后来多次复合, 沿聚矿构造带伴随多期次的岩浆体岩浆的活动, 构成一些岩浆杂岩活动中心和矿化中心, 由于构造带每次活动下切深度不同, 因而成岩成矿特点也有不同;

(4) 聚矿构造带的主要标志是发育深断裂带、岩浆杂岩带; 沿构造带富B、F、K的交代岩发育; 物探上表现为线性磁异常、重力梯度带及深源地震带, 在地貌新构造运动上都有显示;

(5) 区域主要内生矿化, 特别是组分复杂的大型、特大型矿床, 都集中在聚矿构造带与其它线性构造的交汇处, 特别是不同级别、期次断裂构造的交叉点上, 更是矿带中矿结、矿田有利分布区; 强调成矿物质深源的重要性, 聚矿构造带是深部成矿物质上升的通道和停积场所。

用这一观点编制出了世界重要矿床分布略图(图1-4)。

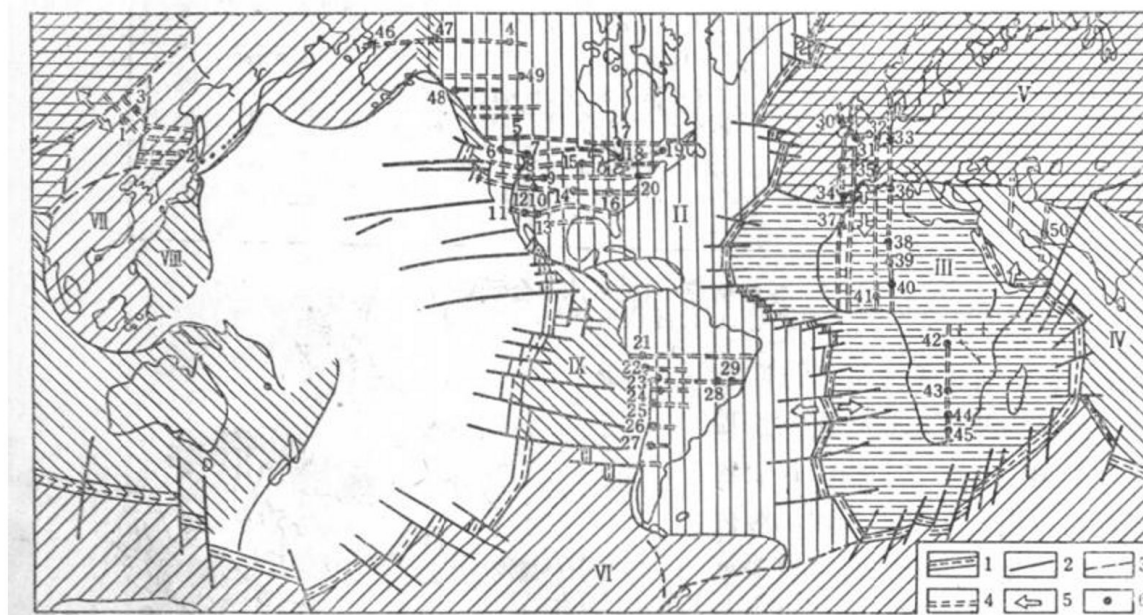


图1-4 与大陆区贯穿性聚矿构造伴生的矿化分布略图

(И.Н.托姆松、М.А.法沃尔斯卡娅, 1979) 据Э.布拉尔德、П.Н.克罗波特金等人补充

板块: I—太平洋板块; II—美洲板块; III—非洲板块; IV—印度板块; V—欧亚板块; VI—南极板块; VII—中国板块; VIII—菲律宾板块; IX—纳斯卡板块

1—海岭; 2—转换断层; 3—大陆区板块的界线; 4—聚矿构造; 5—张力的方向; 6—最重要的矿产(图上的数字): 1—Кличка (Pb-Zn), 2—Дальнее (Pb-Zn), 3—Нерчинский Завод (Pb-Zn), 4—大熊湖区 (U), 5—沙利文 (Pb-Zn), 6—克尔达伦 (Pb-Zn-Ag), 7—比尤特 (Cu), 8—Тинтик (Pb-Zn), 9—亨德逊 (Mo), 10—Теллурид-Сильвертон (Au), 11—Крамер (V), 12—Маунтин-Пас (TR), 13—Моренси (Cu), 14—三州地区 (Pb), 15—密西西比河上游 (Pb), 16—肯塔基中部 (Pb), 17—阿比提比 (Au), 18—萨德伯里 (Cu, Ni), 19—巴瑟斯特 (Pb-Zn), 20—富兰克林 (Zn), 21—塞罗-德-帕斯科 (Cu-Pb-Ag), 22—Токепала和Куахоне (Cu), 23—Льяльягуа (Sn, Ag), 24—Потоси (Sn, Ag), 25—楚基卡马塔 (Cu), 26—萨尔瓦多 (Cu), 27—捷涅特 (Cu), 28—Таппира, Араша (碳酸岩), 29—米纳斯-日赖斯伟晶岩, 30—诺凡 (Pb-Zn), 31—康沃尔 (Sn), 32—Морген (Pb-Zn-Ag), 33—拉麦尔斯堡 (Pb-Zn-Ba), 34—阿耳马登 (Hg), 35—莫尔凡 (F), 36—撒丁岛萤石矿, 37—布阿泽尔 (Co, Ni), 卡腊库勒哈曼 (F), 38—阿哈加尔 (Sn), 39—艾尔 (Sn), 40—乔斯 (Sn), 41—加纳金矿床, 42—Лугулу北部 (TR), 43—赞比亚铜矿, 44—布什维尔 (Pt, Ni, Sn), 45—维特沃特斯兰 (Au), 46—Лост Ривер (Au), 47—Фербенкс (Au), 48—Тредвелл (Au), 49—Поинт (Pb-Zn), 50—Эстиан (Ba)