



普通高等教育地质矿产类规划教材

矿田构造学

翟裕生 林新多 主编

地质出版社

普通高等教育地质矿产类规划教材

矿田构造学

翟裕生 林新多 主编

地质出版社

前 言

矿田构造学具体研究各种构造形迹和构造作用对矿床、矿体的形成和分布的控制作用，包括控制矿体形态、产状、结构、规模及后期改造的各种地质构造因素，因而对普查、勘探、预测、评价和采矿工作都有实际意义。矿田构造学还重点研究成矿诸因素中的构造作用与成矿物质聚积的相互关系，以便更全面深入地认识成矿作用机理，因而又有着理论意义。因此，矿田构造学是一门有理论意义和实践价值的边缘分支学科，是广大矿产地质工作者包括矿山地质工作者应该掌握的一种专门知识。

我国一些高校中的地质矿产类专业自 60 年代以来就陆续开设矿田构造课程，作为大学生的必（选）修课或作为研究生的专修课，通过该课程教学，给学生以矿田构造的基本知识和工作方法，取得了良好的效果。大家一致认为有必要开设该课。但是迄今却没有一本正式出版的矿田构造教材。为了弥补这个不足，矿床学课程教学指导委员会委托我们编写这本教材。

经过近三年的努力，我们根据多年来从事矿田构造教学和研究的体会，吸取兄弟院校在教学中的有益经验，参阅国内外有关文献资料，经过综合整理，编写成该书稿。

本稿共分十二章，三部分。第一部分共六章，包括绪论、矿液的运移、各种构造形迹对成矿的控制，第二部分共五章，分别论述了岩浆—热液矿床、沉积矿床、变质矿床和层控矿床的构造特征和构造控制。在上述基础上，重点讨论了矿田构造的若干时空分布规律；第三部分即第十二章介绍了矿田构造的研究方法，包括一些常用的基本方法和一些较新颖的技术方法。

教材内容是按课程教学大纲安排的，份量是按 40—50 学时掌握的，考虑到目前还缺乏适于自学用的矿田构造资料，所以本书的篇幅稍加扩大，以便于学生自学。

在编写过程中，我们运用构造研究与矿床成因研究相结合的原则，将构造作为成矿作用的一个重要组成部分加以阐述；同时，也采用广义的构造概念，既包括变形构造，也包括各种岩石的原生构造和后生构造，这些构造经常结合在一起，共同控制矿床、矿体的形成。由于矿田构造是介于矿床学、构造地质学以及地球化学之间的边缘学科，因此在书中讨论问题时势必涉及到矿床学和构造地质学等学科的有关内容，但尽量减少重复。

本书由翟裕生、林新多任主编，章节分工是：翟裕生——第一、二章和第十二章第一节；林新多——第三、四、十一章；池三川——第十章和第十二章第二节；姚书振——第五、六、七章；五思源——第八、九章、第十二章第六节；吴淦国——第十二章三、四、五节。池三川对全书文稿进行了修改，翟裕生、林新多负责全书的统编和定稿。

在编写过程中，地矿部教材编辑室、中国地质大学（北京、武汉）教务处和矿产地质系给予大力支持，全部插图由中国地质大学（武汉）绘图室清绘。莫彩芬、黄方方同志清抄和整理了大部分文稿。在编写过程中还引用了各兄弟单位提供的有关资料，在此一并表示衷心的感谢。

书稿完成后承蒙胡受奚、冯本智二位教授认真审阅，提出宝贵意见，使本书质量得以提高，谨致诚挚的谢意。

编 者

一九九一年十二月

目 录

前 言

第一章 绪 论	1
第一节 构造与成矿的关系	1
第二节 控矿构造的分级	2
第三节 矿田构造的研究意义和研究内容	3
第四节 矿田构造的特点及研究方法	4
第五节 矿田构造研究简史	6
第二章 矿液的运移	9
第一节 概述	9
第二节 矿液运移的动力	9
第三节 矿液运移的通道	11
第四节 矿液流向和通道的研究	16
第三章 褶皱构造的控矿作用	23
第一节 概述	23
第二节 褶皱构造类型及其对成矿的控制	27
第三节 叠加褶皱及其对成矿的控制	31
第四章 断裂构造的控矿作用	36
第一节 概述	36
第二节 断裂的形成	36
第三节 断裂构造对成矿的控制	38
第四节 劈理和片理对成矿的控制	47
第五节 韧性剪切带及其对成矿的控制	48
第六节 推覆构造和剥离断层对成矿的控制	52
第五章 侵入体构造的控矿作用	55
第一节 概述	55
第二节 侵入体的形态、产状及其影响因素	55
第三节 侵入体内部构造及其控矿作用	57
第四节 侵入接触构造及其控矿作用	60
第五节 多期次侵入构造对成矿的控制	67
第六节 岩墙与成矿的关系	68
第六章 火山构造的控矿作用	70
第一节 概述	70
第二节 火山穹窿构造及其对成矿的控制	71
第三节 破火山口构造及其对成矿的控制	76
第四节 火山-构造洼地、线性火山构造及其对成矿的控制	80

第五节	次火山岩构造及其对成矿的控制	82
第六节	火山-构造矿化模式	87
第七章	内生矿床的成矿构造	89
第一节	概述	89
第二节	岩浆矿床的成矿构造	89
第三节	伟晶岩矿床的成矿构造	95
第四节	矽卡岩矿床的成矿构造	98
第五节	岩浆热液矿床的成矿构造	103
第八章	沉积矿床的成矿构造	109
第一节	概述	109
第二节	海相沉积矿床的成矿构造	110
第三节	海陆交互相沉积矿床的成矿构造	119
第四节	陆相沉积矿床的成矿构造	123
第九章	变质矿床的成矿构造	127
第一节	概述	127
第二节	区域变质矿床的成矿构造	130
第三节	接触变质矿床的成矿构造	138
第四节	混合岩化矿床的成矿构造	140
第十章	层控矿床的成矿构造	142
第一节	概述	142
第二节	控制层控矿床的区域构造	142
第三节	层控矿床的矿田和矿床构造	145
第十一章	矿田构造的若干时空规律	158
第一节	成矿前构造	158
第二节	成矿期构造	159
第三节	成矿后构造	161
第四节	矿田构造发展史	162
第五节	构造的等距性	164
第六节	构造的分带性	171
第十二章	矿田构造研究方法	178
第一节	大比例尺矿田构造制图	178
第二节	深部构造研究及制图	183
第三节	控矿构造的岩组分析	189
第四节	构造-岩石物理分析	191
第五节	构造地球化学方法	195
第六节	遥感影像在矿田构造研究中的应用	200
主要参考文献		210

第一章 绪 论

第一节 构造与成矿的关系

矿床是一定的地质作用的产物。一个矿床的形成需要多方面的有利地质因素的综合，构造是其中的重要因素。在具有成矿物质和含矿流体的前提下，构造对成矿经常起到基本的甚至是主导的作用。

从成矿的全过程看，构造对成矿的控制作用可归纳为以下十个方面：

1.作为矿床形成的地质构造环境，如各种类型的构造盆地常是形成沉积矿床的有利环境，而断裂构造—岩浆活动带则是多种内生矿床的产出地带。

2.构造活动过程中释放的能量（主要是热能）为成矿作用提供能源，还可以作为含矿岩浆和各种流体运移和汇集的重要动力。地质观测资料和实验模拟资料均表明，热液、石油、天然气等在岩石中的赋存状态是受构造因素控制的。例如，在压应力区的岩石中的热液因受挤压而向毗邻的拉张区运移；在其他有利条件的配合下，热液中的矿质可在拉张区的一定部位聚集成矿。

3.构造作用形成的断层、裂隙带和剥离孔洞等因其具有很高的渗透性，可以作为含矿流体运移的通道。通常将这种构造通道称为导矿构造或运矿构造。岩浆成因热液或变质热液向地壳浅部运移需要导矿构造，而地表水和浅层地下水向深处流动也需要导矿构造作通道。

4.构造作用形成的各种开放空间，如断层、裂隙、空洞以及地表的汇水盆地等均可作为成矿物质堆集的场所，因而在很大程度上决定着矿体的形态、产状和空间位置。

5.成矿物质在各种流体中的状态和数量受控于温度、压力、 E_h 和 pH 值等条件，而这些条件可以因构造状态的改变而产生变化。譬如，当含矿流体从狭窄裂隙通道进入宽大的破碎带时，压力和温度突然减低，溶液流速由快减慢，且与毗连岩石的接触表面积在增大，因而增强了它们之间的化学反应，导致沉淀出矿石或/和脉石矿物。由于气化作用，发生气液分离，酸碱分离和成矿物质浓度变化，也可导致矿质的沉淀。总之，地应力和应变作用影响成矿的物理化学因素（ T 、 p 、 C 、 E_h 、 pH 等），这些参数在应力场的不同部位是有差别的，因而对矿液运移和矿石沉淀起着不同的作用。

6.不同的构造条件引起不同的成矿方式，形成不同的矿床和矿体类型。如矿质在断裂中充填形成矿脉，而顺岩层充填交代则形成层状矿体，如含铜砂岩。又例如，斑岩型矿床是在地壳较浅部位的脆性岩石中通过较为迅速的沉淀机制（沸腾）生成的，而矽卡岩型矿床则是在深度较大、韧性程度较高的围岩中以较缓慢的渗透交代作用方式形成的。某些矿物组合的产出与成矿的构造条件也有一定关系，如氧化物、硫化物、硫酸盐等矿物常出现在同一矿田（床）的不同构造位置。

7.构造活动的多期次，是导致成矿的多期、多阶段的重要原因，这在热液矿床中尤为

明显，常表现为早晚不同阶段矿脉间的重叠和穿插关系。

8.构造是形成各种规模的矿化分带（区域分带、矿床分带、矿体分带等），包括矿床等间距分布的重要控制因素。例如，对预测隐伏矿床（体）有重要意义的矿化垂直分带（如赣南粤北地区钨矿脉的“五层楼”构造）在很大程度上是受构造垂直分带性（如构造断裂性质、构造岩和孔洞发育程度等随深度而变化）的制约。构造分带性常是矿田（床）中有用组分（元素或矿物）呈垂直分带的根本原因。

9.在一定的条件下，显著的构造活动可以直接形成有用的矿物或岩石，如粘土、滑石、石棉、蓝晶石、瓦板岩等及其他一些有用的构造岩和动力变质岩。

10.矿床形成以后的构造改造，大多数矿床（除一些新生代产生的矿床如砂矿外）都不同程度地经历过成矿后的改造，这包括矿床空间位置、矿体产状、矿石组构以及矿物成分的种种变化。构造改造作用既可以破坏矿体的连续性和稳定性，给找矿和采矿工作带来困难；也可使某些类型矿体（如沉积变质铁矿）褶皱加厚（主要在向斜部位），增加了单位体积内的矿石储量，从而有利于开发。矿床构造特征对于原生矿床在地表附近的风化改造也有重要影响，如位于地表矿体中或其旁侧的断裂破碎带有利于地表水和地下水的渗流，因而能促进矿体中氧化带的发育。

由上述可知：（1）构造对于各类矿床（岩浆矿床、热液矿床、沉积矿床、风化矿床和变质矿床等）的形成和分布都有控制作用；（2）在成矿作用的各个环节上构造都起一定作用，都有一定影响；（3）构造对矿床的形成、演化和成矿后的改造都有影响，都起作用。也即是说，构造对成矿的控制是无处不在、无时不在的。构造是成矿的基本控制因素，是成矿作用的有机组成部分。如果说成矿物质是“物源”，含矿流体是“介质”，则构造是提供含矿流体和矿质得以迁移的能源、动力、空间场所和调整矿石沉淀所必需的热力学条件。所以事实上矿床的形成和矿床的分布主要是受构造因素控制的。

第二节 控矿构造的分级

找矿实践和科学研究的资料表明，不同尺度的构造控制不同级别的成矿作用。大地构造从宏观上控制成矿区（带）的形成、演化和时、空分布规律，而矿田和矿床构造则具体控制矿床、矿体的形成、分布和空间位置。

陈国达教授按控矿构造的规模，将各类构造归纳为大、中、小三级。大型构造因素是构造区和构造系，中型构造包括褶皱、断层和火成岩体构造，小型构造有节理和劈理等。其中构造区（即通称的大地构造）包括沉积建造、岩浆建造、变质建造和构造热动力等多方面的成矿作用。大地构造因素既对成矿的物质来源、历史背景、区域环境、产生条件和发育过程起控制作用，又对矿床的产出状态、改造情况和在区域中的时、空分布起控制作用。所以，大地构造是最高级别的综合性的控矿构造因素。中、小型构造包括火成岩体构造，对矿床形成的位置以及在小范围内的分布有直接的控制作用。在习惯上，矿田构造就是指控矿的中、小型构造。

任何一级含矿区中都包含有各种性质的中、小型构造，同时又在大地构造中占有一定的地位，具有一定的大地构造发展史。因此，在大、中、小各级构造之间，具有密切的关系。在研究构造控矿时，要强调大地构造研究与中、小型构造研究相结合。针对任务和对

象的不同，可以各有重点。研究大区域成矿规律（如中国东部金属成矿规律），应以大地构造为重点，但要在中、小构造研究的基础上进行。研究矿田构造，则以中、小型构造为主，但也必须与大地构造联系起来。

矿田构造是大地构造包括成矿区（带）构造的一个组成部分。当研究矿田构造时，如对矿田所在的区域大地构造性质有系统的认识，则对所研究的矿田构造有更深刻的认识和理解。反之，对矿田构造的实地观测和深入分析，常能帮助认识矿田所处的大地构造环境和性质。在某种意义上讲，矿田构造的某些特征常是大地构造性质的“指示剂”和“缩影”。

矿田是地壳上的某一成矿显著地段，包含着在地质构造、物质成分和成因上具有联系的两个以上的矿床和矿点。矿田的面积一般为十几平方公里到百余平方公里，沉积矿田常具有更广阔的面积。

矿田构造是指在矿田范围内，控制各矿床的形成、改造和空间分布的地质构造因素的总和。

矿田中包括若干个矿床。矿床构造是矿田构造的组成部分。矿床构造是指控制矿体在矿床中分布规律及矿体形状、产状、规模的地质构造因素的总和。

矿床中包括若干个矿体。矿体构造是矿床构造的组成部分。矿体构造是指控制单个矿体的形态、产状以及矿体内部结构的构造要素，包括控制富矿段（或称矿柱）的构造要素。

上述各不同级别的概念中，都既包括构造形迹和岩石组构特征，又包括构造控矿机理和发展历史；既包括地表的控矿构造，又包括深部构造。因此，各级控矿构造研究都是立体加时间的“四维”研究内容，涉及构造控矿的时空整体结构。

第三节 矿田构造的研究意义和研究内容

一、矿田构造研究的意义和任务

从前述的构造与成矿的关系中可以看出，构造是成矿的基本控制因素。如果说研究大区域的构造控矿作用和矿床分布规律，对区域矿产预测和普查找矿工作有战略指导意义；那么，研究矿田和矿床构造则可更具体地认识和掌握控制矿床（体）形成、改造和分布的控制因素，对于大比例尺矿床预测、找矿、详查、勘探、采矿均有着实际意义。

通过矿田构造研究，可以查明矿田内成矿构造发展史和矿床的时、空分布规律，以作为找寻未知矿床（体），提供勘查后备基地的地质依据。

通过矿床构造研究，阐明矿床中各矿体的分布规律，认识矿体位置和形态的构造要素，据以预测和探寻新的矿体，扩大已知矿床（山）的远景。

通过矿体构造研究，可以追溯矿体的隐伏地段，预测富矿段的产出部位，为勘探设计和开采方案提供关于矿体形态、产状、大小、展布和构造特点的依据。

矿田构造研究的基本任务是：

- 1.研究构造与成矿关系的基本原理；
- 2.研究各类构造的控矿作用；
- 3.研究各类矿床的构造控矿特点；
- 4.研究矿田构造与区域构造的关系。

总之，矿田构造研究的基本任务是回答下述问题，即：探讨矿田和矿床形成的地质构造条件，查明矿床和矿体为什么产于此处，并且会有这样的形状、产状和体积，如何在类似的地质构造条件下找到同类的矿床；也就是说其基本任务是解决矿产预测问题。

二、矿田构造研究的主要内容

1.研究岩石的物理力学性质，包括岩石的基本力学性质、岩石变质（形）后的力学性质、不同深度下岩石的力学性质、地层剖面中不同岩石类型力学性质的差异对变形特征的影响等，以及上述性质对成矿和矿化分布的控制作用；

2.研究各种控矿构造类型，包括原生层状构造、褶皱、断裂、裂隙、劈理、片理、侵入岩体构造、火山构造、重力构造等在一定地质环境中的发生、演化历史及对成矿的控制；

3.研究控矿构造的演化期次和发展阶段，包括成矿前构造期、成矿间构造期和成矿后构造期以及每期构造的发生、发展阶段及它们对成矿的控制和破坏作用；

4.研究控矿构造体系和构造分带性（包括水平构造分带、垂直构造分带）对矿床和矿床系列的形成和分布的控制作用。

5.研究矿液的运移与构造条件的关系，包括导矿构造、储矿构造对矿液运移和矿质沉淀的控制作用。

6.研究矿石堆积的构造圈闭条件（成矿构造圈闭），包括富矿体（段）形成的构造（—岩石）条件。

7.按矿床的成因类型研究各类矿床的构造特征及成矿的构造条件，如岩浆矿床、热液矿床、沉积矿床和变质矿床等。这种研究方法与前述按构造类型研究控矿意义的方法是相辅相成的。

8.研究矿田构造与区域构造的关系。一个矿田的构造特征在很大程度上决定于其所在的区域构造背景，因此要注意研究区域构造对矿田构造的控制和影响。

除上述八点外，探索和采用矿田构造的新的研究方法和手段，引用新技术和新方法到矿田构造研究工作中，也是值得重视的研究内容。

第四节 矿田构造的特点及研究方法

一、矿田构造的特点

与不含矿的中、小型构造相比较，矿田构造具有以下几个特点：

1.矿田构造是区域构造的一部分，是含有矿床、矿体的这一部分。

2.矿田构造活动的多期次性。具有一定规模的构造活动一般都具有长期发展过程，而这一点对矿田构造更为突出。这是由于一个矿床的形成需要对能量、矿质浓度、温度、压力等的多次调整（通过构造作用和地球化学作用），以造成成矿物质的高度富集。这种多次调整表现为构造的多阶段性和成矿作用的多期多阶段性。

3.构造与含矿流体的相互作用也是矿田构造的一个特点。矿田中的变形构造和岩石中的原生构造作为含矿流体的运移通道和矿石堆积地，是“物化”了的构造；同时，富含挥发组分、内能较大的气化流体可以沸腾、隐蔽、爆发等形式产生新的构造岩，如角砾岩筒等。它们是重要的储矿构造类型，并以其特殊的形成机制和与蚀变、矿化的密切联系而有

别于一般的构造变形。尤其在内生和变质矿床中，构造因素是在与矿液的相互作用，与成矿物理化学作用的紧密联系过程中起到控矿作用的。

由上述矿田构造与一般构造的差异可知，矿田构造学与一般构造地质学有其相同的一面，也有独特的一面。矿田构造学利用构造地质学的原理和方法来研究矿田构造的类型和形成机理，这是二者共同性的一面；矿田构造学还研究构造与成矿的关系，这是矿田构造研究不同于一般构造研究的方面，是其特殊性。

矿田构造研究既以一般构造研究为基础，又能充实和丰富一般构造研究。因为，通过矿田构造的深入研究，特别是坑道中和钻孔岩心中揭露的构造现象，可以提供更多的构造信息，发现更多的构造类型、构造作用机理和小尺度的构造细节，因而能丰富构造地质学的研究内容，推动构造地质学的深入和发展。

二、矿田构造的研究方法

矿田构造的研究内容基本上是属于地质构造范畴的。因此，矿田和矿床的详细地质构造制图（大比例尺地质制图）及有关控矿构造条件的研究一直是矿田构造研究的基本方法，并在不断改善和提高。由于矿田和矿床是有一定深度的三维的地质体，因此，开展大比例尺立体地质制图是研究矿田构造的重要手段，并扩展到深部制图和各种专门的制图方法。

岩石和矿石组构分析（即显微构造分析）对解决某些宏观难以解决的问题有其独特的作用。运用岩组分析不仅可以确定含矿褶皱、断层和裂隙的成因，鉴别岩石、矿石所经历的变形历史，并能确定矿体位移的性质和方向。通过微观和超微观的手段研究矿石组构，能了解矿体矿石在构造应力场中的位置及矿石生成后的变形情况。

物探和化探方法已卓有成效地运用于矿田构造研究。利用物探方法（电法、磁法、重力、地震以及放射性物探等方法）能发现隐伏构造、隐伏岩体和矿体，探查它们的延深情况。由于化探测试技术的改善，已能广泛运用原生晕、次生晕以及气体测量等方法查明隐伏的导矿构造和储矿构造，了解矿化地段的范围和矿石富集部位。

70年代以来，利用遥感影像（卫片和航片等）来判别控矿的线性构造和环形构造等大、中型构造已获得良好效果。随着电子计算机的普及，已广泛利用数学分析和电算技术来定量地研究构造控矿作用并进行统计预测。

矿田构造地球化学方法近年来受到重视。它研究矿田、矿床范围内构造要素的地球化学特征、构造活动对元素迁移富集的制约以及地球化学场与构造应力场的关系等。也应用矿物包体研究提供的温度、压力、浓度等信息来探讨矿液的来源和构造通道。

构造控矿的模拟实验研究，包括采用高温高压技术，可以模拟构造变形对成矿元素（如铜、金、汞等）迁移和富集的控制作用，元素的构造动力分带、成矿元素在裂隙中沉淀的机理等。这对建立构造控矿理论基础，探索构造成矿机制有重要意义。

古水文地质条件研究对探讨矿液的流向、流速和通道，认识隐伏控矿构造也有一定作用。

以上简要地介绍了矿田构造的研究方法，对其中几种主要的研究方法，还将在第十二章作详细论述。

第五节 矿田构造研究简史

一、矿田构造研究的历史阶段

古代矿工们已经认识到构造对矿体形态和产状的控制作用，并学会利用一些明显的构造迹象（断层、裂隙、破裂带等）作为找矿的标志。但是，专门的构造与成矿关系的研究，只是随着矿业生产的扩大从本世纪初期才开始的。自那时以来，矿田构造研究大体上经历了由浅入深、相互交叉的三个发展阶段：

第一阶段，在本世纪的前叶，矿田构造的研究着重在单个构造要素对成矿的控制，如褶皱控矿、断裂控矿、裂隙控矿、侵入接触带控矿等。研究矿体形态、产状、空间分布与构造的关系，提出了成矿前、成矿期和成矿后构造等概念，并分别探讨其控矿作用。这些研究基本上是描述性的。当时，苏联较重视矿田构造的研究，开展了较为系统的研究工作，并在 30 年代确定了这个方向。最早开出矿田构造课程的是苏联的 А.В.Королев (1936)。他和 В.М.Креўтер 等都曾划分了矿床构造的成因类型。这一阶段中，积累了大量实际资料，为矿田构造研究奠定了基础。

第二阶段，大体是从 50 年代起，由于第二次世界大战后经济和科技的发展，对矿产的需求与日俱增，人们进一步认识到矿田构造研究的重要性，开始全面研究构造对成矿的控制。这个阶段的主要特点是，在研究单个构造要素控矿的基础上，注意研究矿床生成的地质构造背景，研究矿田构造与区域构造的相互关系，以探讨矿床的空间分布规律。在这方面，李四光倡导的地质力学的构造体系控矿研究起到了突出的作用。李四光等认为，地壳中矿产的分布是受着双重控制的：其一，是成矿的物质条件，其二，是成矿的构造条件。由于成矿物质的迁移、聚集和分布受着后者的制约，所以事实上矿产的分布规律主要是受构造体系控制的。我国学者广泛研究了不同时期构造体系的发生、发展、复合、转变以及它们与成矿作用的关系，这对煤、石油和金属矿产的预测，取得了好的成果。在 50—60 年代，前苏联曾就矿田构造与区域构造的关系，矿床的时空分布与不同构造类型的关系、矿田和矿床地质制图专门方法等进行了较为全面的研究工作。欧美一些国家相继开展了对矿田矿床构造的综合分析，他们利用力学原理分析构造成因，进行模拟实验，以查明构造和矿石的形成机理。在这个阶段中，对构造控矿作用的理解也更为广泛，除了构造应变产生的构造要素外，还注意到研究岩浆成因构造、火山构造、沉积构造和变质构造等对成矿的控制。

总的看，这个阶段已将单个构造与构造体系的研究结合起来，总结了构造的等距性、分带性、对称性等对成矿的控制。注意探讨表层构造与深部构造的关系，构造应力场研究也取得成效。

第三个阶段，70 年代以来，地质科学技术的发展日新月异，矿田构造研究已成为加快找矿勘探速度、提高找矿勘探效益的重要手段。人们在实践工作中认识到，为了解决难度甚大的隐伏矿床的勘查问题，仅仅研究构造要素和构造体系已经不够了，因为单就构造本身来说，很多条件都是有利成矿的，但真正含矿构造只占构造形迹中很少一部分，因此，要把成矿的构造因素与其它因素的研究结合起来，将构造研究和矿床成因研究结合起来，把成矿的地质构造条件和物理—化学条件结合起来研究，把构造应力场研究与地球化

学场研究结合起来,把成岩成矿过程中物质的迁移、富集和构造应力场的形变演化历史结合起来进行研究,以便深入探索构造活动与成矿作用的内在联系,深入认识矿床的形成机理和形成环境。这是当前矿田构造研究的一个突出特点和发展趋势。

在当前,矿田构造研究工作已经达到三个基本方面(单个构造控矿、构造体系控矿、构造研究和矿石成因研究结合)互相渗透平行前进的阶段。矿田构造的理论基础和工作方法正在整理和系统化。矿田构造学正在成为矿床学和构造地质学之间的一门边缘学科。

二、我国矿田构造研究概述

我国地质学家比较重视构造地质学的研究,主要是注意大地构造、区域构造与成矿规律的研究,对矿田、矿床构造的研究开展较晚。50年代,引进了苏联等国学者研究矿田构造的一些方法和经验,对单个矿床和矿田构造的研究较多。60年代以来,广泛开展了以地质力学为理论基础的构造体系控矿研究,比较深入地研究了一些矿田和煤田、油田的构造控矿条件,并在成矿预测中取得成效。

70年代以来,随着矿产勘查工作的发展,包括找寻隐伏矿床的任务的加重,广大地质工作者越来越认识到研究矿田构造的重要性,普遍加强了对矿田构造的研究。地质、冶金、有色、煤炭、石油、化工、建材、核工业部以及黄金部队等部门的地质工作者深入研究了大量矿田、矿床的地质构造,积累了丰富资料,提出构造控矿的规律性认识。

在矿田构造的理论基础和工作方法方面,陈国达(1978)的《成矿构造研究法》是一部重要的代表作。他在这本专著中系统深入地论述了各级构造包括矿田、矿床构造的控矿作用以及成矿构造的研究方法。他还倡导加强对构造地球化学的研究。

杨开庆(1982)在地质力学构造体系控矿理论的基础上提出“动力成岩成矿”理论,认为构造不但是控岩控矿的条件,而且还能成岩成矿,它以构造动力引发与地壳物质调整的关系为研究的总方向;以构造运动中的成岩成矿过程为主攻对象;以形变与形成、建造与改造、构造与岩相等彼此的成生演化规律的地质历史分析为基本方法。

翟裕生(1965)提出把不整合面作为一种控矿构造类型,强调了不整合面不仅对外生矿床而且对内生成矿作用的意义。他(1981)系统总结了侵入岩体的接触带构造及其控矿作用,并提出侵入接触构造体系控矿的论点。他和他的同事林新多、池三川等主张将成矿构造研究和矿床成因研究相结合的研究思想。他们在大量实际研究工作的基础上,总结了构造对成矿的种种控制作用,认为构造是成矿的基本控制因素,是成矿作用的有机组成部分。他们在《矿田构造学概论》(1984)中系统提出矿田构造的研究内容和研究方法,并于1961年起率先在地质院校中开设矿田和矿床构造课程。

曾庆丰(1966)对南岭钨锡矿田构造进行过系统的研究,他对成矿裂隙的生成机理和脉状矿床的构造分析有创造性的认识,并在此基础上系统总结了热液矿床的矿田构造特征和成矿条件,划分了矿田构造形成、发展和破坏的三个阶段。在研究方法上,他强调要从宏观研究、显微构造和岩组分析三个方面来研究矿田构造。这些都集中反映在他的专著《论热液成矿条件》(1986)中。

总的看来,矿田构造研究在我国开展较晚,矿田构造学的基础理论和研究方法还不完备,还缺乏较为完整的理论体系,目前正处在系统积累资料和深入探索阶段。

三、矿田构造研究的趋势

当前,矿田构造研究的趋向是:

1.深入研究典型矿田，矿床（包括超大型矿床）的成矿构造因素，并把这种研究与成矿区（带）构造乃至地壳深部构造的研究结合起来，以利于在区域中找寻新的隐伏矿床；

2.开展对控矿构造因素和其它控矿因素的结合研究，如矿田构造地球化学及其它新的研究领域，在研究中，将物质、运动、空间、时间有机结合起来，将构造作用与成岩、成矿结合起来，全面、历史地研究构造与成岩、成矿的关系；

3.以地质构造研究为基础，同时运用数学、物理、力学、化学等学科的原理和方法来综合研究控矿构造，提高研究的精度和定量化程度；

4.研究地壳中各种构造环境下的构造条件、水动力条件和岩石物理化学性质间的联系，深入地探讨矿液流动与停积的各种因素；

5.加强基础地质工作，深入细致地观测各种控矿因素和矿田（床）地质特点，这是做好矿田构造研究的前提和基础。

第二章 矿液的运移

第一节 概 述

含矿流体或简称矿液是成矿物质的载体，是汲取、溶解、携带、搬运成矿物质的介质，是形成矿床的必要物质基础。通过含矿流体的汲取、运移和沉积聚集，成矿物质得以从分散状态转变为富集状态。所以，含矿流体的运动，是成矿必不可少的基本条件。而各种成因的岩石孔隙和裂隙则是影响和控制矿液运移的通道和矿石堆积场所。因此，研究矿液运移与构造活动的关系，就成为矿田构造乃至矿床学研究的一个重要方面。

研究矿液运移在理论上和实际上都有重要意义。它能提供有关成矿物质来源、运移和富集等问题的科学依据，有助于深入认识成矿机理、成矿分带、构造控矿和矿化富集规律及分布趋势，为认识和判断矿体的位置、产状、形态、厚度和组分变化情况提供根据，这对于找矿勘探，特别是深部矿体预测具有现实意义。

含矿流体的类型较多，包括岩浆、矿浆（富矿熔浆）、岩浆气化热液、地下水热液、变质热液、混合岩化热液和复合热液等。它们产于不同的地质构造环境，有着不同的发生发展过程，并在适宜条件下形成不同的矿床类型。但是，它们在地壳中的运动又有一定的基本共同规律。本章着重讨论矿液（主要是热液）运动的一般规律及其与构造的密切关系，包括矿液运移的动力、通道、流向等，以及研究和判断矿液流向和通道的一些常用方法，以及便于初学者掌握运用，并为本书以后各章节论述构造控矿作用，打下一个基础。

第二节 矿液运移的动力

含矿溶液由于其本身具有的内压力，或是构造应力的驱动下，由原在地向压力减小的方向运移，在地壳中主要是由深部向浅部上升运移。推动矿液运移的动力是什么呢？有各种解释，归纳起来，主要有以下几种：

1. 矿液的内力：矿液本身具有活动能力（内能、内压）。大量矿物包裹体的测温测压资料表明，热液矿床形成温度多在 100—500℃ 之间，具有较大的热能。压力在几十到几百个 10^5Pa 之间，高温热液矿床常在 1000 个 10^5Pa 上下。矿物中气相包裹体的出现和多相包裹体的存在说明矿液曾经多次沸腾，说明矿液具有较高的内压力。这种热能和压力能推进矿液向地壳中压力较低的地段运移，岩浆中的高温高压气液可从岩浆中析出，向围岩的孔隙中扩散，或以火山喷发形式迅猛地到达地表。

2. 上覆岩层的静压力：热液的运动直接与上覆岩层的巨大压力有关。在沉积岩系堆积后的下沉和压实过程中，由于沉积盆地中各地段拗陷幅度有差异，岩性（包括岩石密度）和厚度不同、岩层被压缩的程度不同，因而造成不同部位的静压力差。在这种静压力差的作用下，引起层间水（包括热卤水）向压力小的方向转移。靠近盆地中心为拗陷最深地

段，沉积厚度大，所承受的压力最大，因而热液沿层而上向压力较小的盆地边缘运动（图2—1），或沿断裂带垂直向上运动。

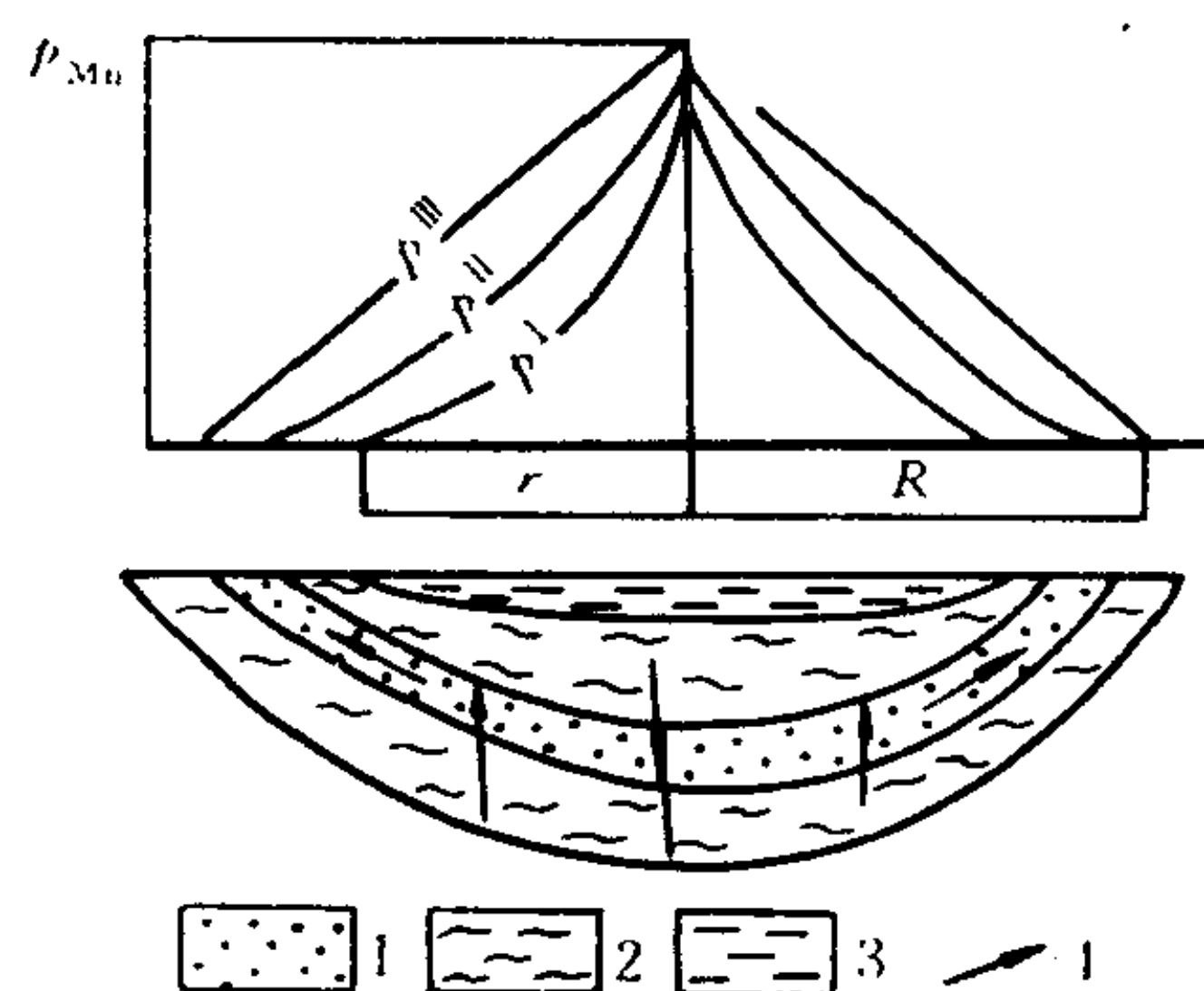


图2—1 初始型水文地质动力系统中压力的分布

(据 A.A.Карцев,1971)

1—含水砂，砂岩；2—粘土岩；3—沉积盆地中的地表水；4—地下水运动方向。 $p_{M,a}$ —最大坳陷带的地层压力； p^I, p^II, p^III —某地段上的地层压力； r —某地段与最大坳陷带间的距离(m)； R_k —最大坳陷带与地层在地表出露处的距离(m)

随着深度的增大，地壳岩石的静压力也在增大，根据地球物理资料，地壳不同深度的静岩压力即围压值见表2—1。

从对比分析中可以看出，由于有岩石围压的存在，单有矿液的内压力还不足以开辟自己前进的道路，还需要借助于其它力量。

3.构造应力：在构造应力作用下，岩石发生形变破裂，为矿液的流动和沉淀提供了有利的空间。由于构造应力的驱动，使矿液由挤压区向压力较小的张开区流动。这种由于压力差引起的矿液流动在内生矿床中是一种普遍现象。

由于构造活动的脉动性，上升矿液的流动常具有断续的脉动性质。当一次矿液充填沉淀之后，经过又一次构造活动，则又生成新构造通道或重新打开了旧通道，又使矿液重新流动，由于岩浆成矿热液成分的演化，因而在不同成矿阶段的成矿组分，有较明显差别，造成不同的矿物组合和

矿化分带。

4.封闭裂隙的真空虹吸作用：A.Г.别捷赫金（1954）指出，热液运动的原因主要是压力差。在成矿裂隙生成阶段，即在封闭裂隙生成的瞬间产生真空状态，如果这种裂隙的一端插入热液聚集地段，则热液因压力差而被吸入到裂隙中。同时，由于热液在深部所受上覆岩层的静压力，使溶液挤入裂隙而上升。

5.局部热源引起的热液环流：当上升岩浆或地热流向地壳浅处运动时引起局部增温，其附近岩层中的地下水被加热，比重减轻，内压增加，因而能向上部的开放裂隙运动。而原来温度较低的水则因重力而下降，当靠近局部热源后被加温，又向上部运动，如此往复循环，则围绕局部热源形成不同温度的地下水热液对流系统（图2—2）。

近年来，对不同地质环境中的热液对流系统（大陆上、海底下）的成矿作用有

了更多的了解。热液对流系统或环境对大洋中块状硫化物矿床，对斑岩型铜、钼矿床以及卡林型等金属矿床的形成，都起到重要的作用。这是因为热液对流系统可以充分淋滤花岗岩中或其它围岩中的金属元素，再在裂隙系统中沉淀富集成矿。

除上述热液对流成矿方式外，W.R.Henley（1973）还提出了另一种热液成矿方式。

表2—1 地壳不同深度围压值

深度(km)	围压(10^5 Pa)	
	陆壳	洋壳
1	270	100
2	540	200
3	810	300
4	1080	400
5	1350	500
10	2700	

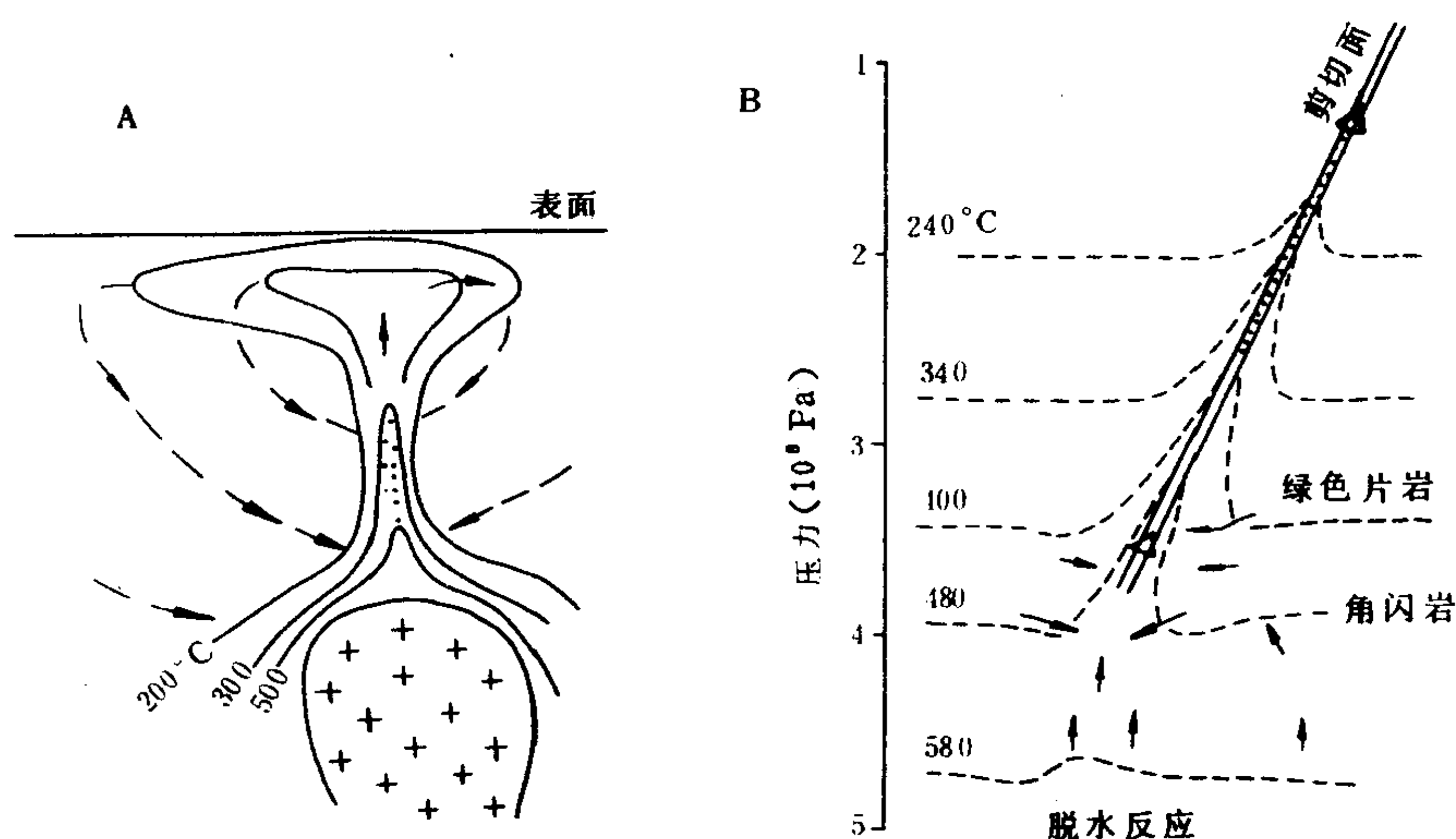


图 2—2 地下水热液对流体系图 (A) 和巴西 Morro Velho 矿床矿液运移示意图 (B)
(据 Henley, 1973)

黑点为矿石富集部位；曲线为等温线；箭头示液体流向

他以巴西的 Morro Velho 金矿为例 (图 2—2)。该矿床有金矿石 $20 \times 10^6 \text{t}$ ，含金量 $3 \times 10^8 \text{g}$ 。金可能由围岩淋滤而来。围岩经历了由绿色片岩到角闪石相的转变之后，释放出重量为 2% 的水。这些高温热水淋滤出围岩中的金沿剪切带上升到约 2km 的浅部沉淀成矿。

总的看来，矿液在地壳中的流动，既有内因，又受外因影响。尤其是规模较大，持续时间较长的热液活动，更与构造活动有密切关系。热液活动的过程也常是构造发生发展的过程。因此，在矿田构造研究中，应该把二者有机结合起来，即热液本身活动能力与构造环境、构造作用结合起来。

第三节 矿液运移的通道

矿液在地壳中的流动是在岩石的空隙中进行的。岩石空隙包括岩石孔隙和断裂裂隙两类。

1. 岩石孔隙中的矿液运移

岩石孔隙包括原生孔隙和次生孔隙。原生孔隙指成岩过程中形成的孔洞和裂隙，例如沉积岩中的粒间孔隙和层间裂隙，火山岩中的气孔等。次生裂隙是岩石形成后由后生作用形成的，如火成岩冷却和石灰岩发生白云岩化时的体积收缩等。成矿裂隙沿着这些孔隙渗流和沉淀，形成细脉状、浸染状或网脉状矿石或矿化。各类岩石中的孔隙度是不同的，沉积岩中的石灰岩，其孔隙度为 5—20%，砂岩为 5—25%，页岩为 10—30%；安山岩为 10—15%，而花岗岩则较小 (0.2—1.5%)。对矿液流动的效应，具有决定意义的是有效孔隙度，即互相连通的孔隙的体积与岩石总体积之比，用百分数表示。页岩虽然具有高达 30% 的孔隙度，但连通性甚差，因而，矿液在其中的流通情况反而不如只有 10% ± 孔隙度，但孔隙互相连通较好的石灰岩。加之石灰岩易于溶解，因而可以扩大孔隙的体积，并