地信网论坛
BBS.3S001.COM

目　录

引　言…… 1
第一章　概述…… 2
　第一节　地质找矿的新形势…… 2
　第二节　成矿预测的基本理论…… 5
　第三节　成矿预测的准则…… 7
　第四节　成矿单元划分…… 9
　第五节　矿床类型 …… 14
第二章　成矿作用的构造背景 …… 20
　第一节　概述 …… 20
　第二节　海底硫化物系列 …… 30
　第三节　伴随造山带岩基的成矿作用 …… 56
　第四节　构造-岩浆域的火山岩区中与火山、次火山（潜火山）岩有关的矿床…… 69
　第五节　与蛇绿岩套有关的矿床 …… 81
第三章　成矿模式 …… 89
　第一节　概述 …… 89
　第二节　区域成矿模式 …… 94
　第三节　典型矿床类型的矿床成矿模式 …… 98

地信网论坛
BBS.3S001.COM

引　言

矿床是在一定的地质环境下形成的，而不同的成矿地质环境中赋存的矿床的特征各异。这种差异常常用矿床类型、矿床规模、地球物理和地球化学特征及其成因等来反映，并用各类矿床的成矿模式来表示。在阐明矿床地质环境差异的基础上进行成矿预测，具备了地质基础。

成矿地质环境分析系指成矿预测人员利用自己掌握的地质理论和成矿学知识及经验对预测研究区内已有的地质事实进行合乎逻辑的分析归纳，将矿床划分出可供对比的不同类型和相应规模，用建立矿床模式的方法予以表达，为矿床的类比预测提出预测准则、确立类比标准和打好地质基础。

地质-找矿难度越来越大，技术含量越来越高是当前的总趋势；随之而来的隐、盲矿床的预测、寻找和评价中所包括的技术方法多而越来越现代化，使预测找矿人员和勘查人员完全进入一个史无前例的技术领域。它更需要加强地质成矿环境的分析研究，以推断隐、盲矿床的空间位置，至少可以阐明其地质位置。

本书重点叙述成矿的地质背景，总结区域的和矿床的成矿规律，归纳控矿因素和找矿标志，建立与各类矿床赋存的地质实际较为吻合的区域成矿模式和矿床成矿模式，为成矿预测建立地质基础，提高潜在矿床赋存地质空间的地质理论依据，使成矿预测基本理论和预测准则建立在成矿地质理论的基础上。这项目标任务的实现只有在全国统一的准则或规定的前提下才有可能，所以编写本书的内容无疑是实现这一目的的关键。

本书涉及到矿产勘查的各类实际资料，为充实其内容和实例，引用了全国各地矿局（厅）在成矿预测工作中实践总结的内部资料、研究单位的有关科研资料及发表的（公开的和内部的）论文，它们组成了编写的实际资料基础。

成矿地质背景分析是矿产勘查的地质理论基础，但目前在这方面的研究工作刚刚开始。它像其它地质学理论一样，有实用和科学性的一面，也有不完善和与实际脱节的一面，需要广大矿产勘查人员在勘查实践中总结、充实和完善；需要在勘查实践的基础上，综合分析，提高到地质理论的认识论高度，发展一套较为完善的成矿学理论体系，有效地指导矿产勘查工作，提高矿产勘查的理论性和科学性，实现地质找矿的重大突破。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

第一章 概 述

矿产勘查，归根到底，是为了发现矿床。在一般情况下，从基础地质工作开始，运用有效的找矿方法（地质理论的、经验的及地物化方法等）都可能发现矿床。但地质-找矿工作，在当前形势下，运用常规的方法已经难以见效。找矿形势的这种变化导致突出普查前期工作——成矿预测和新技术、新方法投入的技术含量的增高。在本章里，我们将全面叙述地质找矿内涵和外延发生的明显变化和需要采取的对策，同时需要阐明与成矿预测有关的原则问题。

第一节 地质找矿的新形势

详细考察，当前地质找矿形势发生了如下的变化：

1. 地质找矿的内容发生根本变化

①全国按中长期国民经济计划发展需要，由国家下达的国家计划内的指令性找矿任务，在当前各工业部门的地质找矿工作中占的比重最大，投入的人、财、物也最多；它是在国家统一计划指导下必须完成的地质找矿任务；

②地方国民经济发展需要提出的找矿任务，在有些地区这项找矿任务较重，但有些地区尚未提到日程上来。在当前，这类找矿任务也较繁重；

③按开发工作需要提出的找矿任务，特别是地质—矿产勘查—矿产开发一体化发展所提出或确定的地质找矿任务是当前矿产勘查新内容；

④各种基金确定的找矿任务，它较具体，而任务较为繁重，它涉及到矿产勘查的绝大部分地质单位，任务很艰巨，是必须完成的找矿任务；

⑤由各单位滚动开发需要提出的找矿任务，它极为具体，目标明确。

上述五方面的地质找矿内容在一个地区或地质队内同时并举，相互交织在一起进行，组成我国地质队找矿任务总体目标，繁重而艰巨。它冲破了以往计划内指令性找矿任务由上而下布置的框框，使基层地质队对自己工作范围内的地质找矿的部署和领域大大拓宽，在总体布局的前提下加大了独立确定找矿任务、目标的主动权，选择矿种和靶区的自由度。

2. 矿床掩埋层次的变化

由地表露头矿转变为隐伏、半隐伏和难识别矿床的预测、寻找和评价；从直接观察的找矿途径转化为间接推断解释和运用地、物、化、航卫技术方法找矿的新途径。这一形势的变化导致地质人员凭肉眼和经验观察判断的方式转化为强烈依赖在地质理论指导下运用综合技术方法进行预测、评价导致矿床发现的新途径，从而提出了普查前期工作的新内容。表 1—1 的实际统计数字说明了找矿形势的这种转变。

从表 1—1 可知，由 50 年代至 80 年代，我国东部发现的铁矿床数量随时代的前进而逐渐减少；但发现的隐、盲矿床百分数由 23.5%锐增到 80 年代的 81.5%。这一数字意味着

地信网论坛
BBS.3S001.COM

地质找矿由直接观察标志的矿床发现途径转为间接标志的推断解释进行预测评价。70年代末和80年代，在全国范围内掀起的找金高潮是建立在测试手段改进的基础上，原来金矿中含金量的测试精度仅在10^{-6}级，而现在达10^{-9}级或更高。测试精度的提高使金矿这类直接观察难识别的矿床得以发现和进行勘查，直至今日仍然要依靠微金化验技术才能导致这类矿床的发现。

表1—1　我国东部地区在50—80年代发现的铁矿中隐、盲矿床的变化

年　代	发现的矿床数（处）	占发现总数的百分数（%）	隐、盲矿床占该年代发现矿床数的百分数（%）
50	153	54	23.5
60	70	24.7	54
70	31	10	60
80	29	11.3	81.5

（据徐家富资料修改，1982）

目前，在地质工作程度相对高的地区，例如长江中下游地区已进入预测和寻找地表以下500—1000m之间的隐、盲矿床，但一般为地表300m以下的隐、盲矿床。在这种情况下，普查找矿难度的增大，必需使用超深的探测技术方法和现代的信息处理技术、科学的推断解释理论。它将导致预测找矿技术方法的根本变化，必须加强普查前期工作——预测评价。无疑地，必须有一套完善的技术方法指南进行预测评价工作。

3. 由单一的预测找矿转向“找矿”、“用矿”并重，逐渐向有偿转让延伸

矿产勘查应与当前国民经济中、长期发展规划同步，与国家的生产力配制、布局、经济区的划分、经济发展趋势相匹配。改革开放的加速发展促进了这一格局的实施。它打破了国家投资、地矿部门找矿、储量报告向国家提交的常规顺序，提出了多方位集资，找矿与用矿相结合，实现储量有偿转让的新的找矿、用矿机制。在宏观布局下的地质找矿和国家计划内导向矿种的找矿原则增添了崭新的内容。

4. 地质勘查顺序结构内容的变化使常规地质工作转入矿产普查的途径发生变化

常规地质工作中矿产勘查的基本顺序是基础地质—矿点检查—矿产普查，而在隐、盲矿床的预测找矿工作中转入矿产普查的途径是：

①正规区调（1∶1000000；1∶200000；1∶50000），逐步缩小地质工作的面积，提高地质工作程度和相应的研究程度，直到发现矿点（化），通过矿点检查评价最后转入普查找矿；

②正规的物化探工作，其比例尺与范围可以与区调对应，并可以同步进行，也可以不同步进行，对其发现的异常，通过Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ级查证，评价后转入普查找矿；

③基础地质和矿产地质工作中提出的重大科学技术问题，设置研究专题（或项目、或课题），发现矿（化）点或圈定找矿靶区，通过物化探工作查证或矿点检查评价后转入普查；

④勘探矿区外的工程施工，或查证工作，发现较好的矿化地段或新矿体而转入普查；

⑤矿产勘查者的经验（或群众报矿，或古采遗址的信息），指导地质找矿而发现有远景的矿化点或矿床后转入普查；

⑥新技术的突破，或开发应用研究在工业上可将原来不属于矿产范围的岩石（层）成

地信网论坛
BBS.3S001.COM

为有用的矿物原料后，转入矿产普查；

⑦通过成矿远景区划，划定成矿远景区带，在较有远景的成矿远景区内开展大比例尺成矿预测，圈定找矿靶区，再经工程验证，对确认具有找矿远景区段内的矿点（化）开展普查。

至今，矿产勘查人员和管理决策人员都在使用这些途径，它们是目前地质找矿工作中不可忽视的途径，但都存在一些不够完善而须补充的内容。例如，正规区调工作中的面积性物化探工作，其基本任务是提高地质工作程度和研究程度，不拘限于找矿，也不指定找某种矿。方法上是单兵种，显示的信息具有较强的矿化标志，例如矿化露头、强异常等，干扰多，缺少优化评价和矿与非矿信息的区分。它们的功能并不限于找矿，还有更广泛的用途和突出的社会效益。科研成果对找矿起到指导作用，可开拓思想，辟择新路，但偏于理性，需要有一个转化为找矿实践的环节。勘探矿区外围是就矿找矿的具体化，由于受到种种客观条件的限制，它不可能无限制地向外延伸，而且工程费用又很昂贵。勘查者的经验是可贵的，但由于成矿理论的多元化，个人的经历是有限的，往往出现因人而异和因地而异的情况，目前尚未达到定量和更科学化的程度。因新技术的突破而将非矿岩石转化为矿床，这是少数的情况，而且仅对非金属矿床取得一定成效。它的成功与我国目前以有色、贵金属等为重点导向矿种是矛盾的，所以它的局限性尤为明显。成矿预测不是另起炉灶，从头作起，而是承袭上述各种途径的优点，发挥其自身的优势。它与各类基础地质工作比较起来，比地质生产工作更富有综合性和理论的应用性；与科研工作比起来，更富有实践性和系统性；比实践者的经验更富有科学性和定量化。它将通过成矿区带的圈定进而标定矿田和圈出找矿靶区，通过优化及靶区验证后转化到矿产普查。它是按地质找矿由“大面”到“小面”再到矿床、矿体的循序渐进的科学顺序进行工作的，是符合地质找矿的基本规律和发展趋势的。成矿预测建立在多种学科理论和多种找矿技术方法的基础上，它比较客观地和自然地实行五统一，可以成为进入普查的较好形式和主要途径。

5. 普查找矿由劳动密集型转向知识密集型

地表矿勘查阶段侧重于钻探、坑探等工程的实物工作量的投入和储量数字的增加；在隐伏矿床的普查评价阶段，需要运用实用的地质理论、有效的各种方法技术手段、信息技术和推断解释理论，合理使用实物工作量达到预测、普查和提高找矿效果的目的。

隐、盲矿床的预测评价、找矿涉及到超深物探仪器的使用、地球化学理论、成矿学理论和信息理论等多学科的基础理论和技术手段，其技术含量之高是在以往的普查找矿工作中前所未有的。隐、盲矿床的预测、普查的知识密集型意味着：

①地质找矿的直接观察转化为间接标志的综合推断和有限的抽样观察，标志着信息的提取，矿与非矿信息的区分、成矿信息的综合是地质找矿工作中重要的技术方法途径；

②地质找矿的成功率建立在综合技术方法有效应用的基础上，钻探手段等实物工作量的投入虽然成为揭露矿床存在的关键手段，但不是地质找矿追求的目的，只是在综合技术方法有效指示或推断隐、盲矿床可能存在的情况下，运用钻探等重型山地工程才有可能达到找矿的目的。在地质找矿的整个过程中，钻探等重型山地工程的实物工作量失去它应有的优势，突出地显示了地质理论的优势、技术方法的优势和成矿信息处理的优势，这是地质找矿步入新阶段的标志；

③隐、盲矿床的预测、普查和评价导致地质科学和技术方法学科的相互渗透、相继造

地信网论坛
BBS.3S001.COM

就了众多的边缘学科，地球物理勘查、地球化学勘查、遥感地质、数学地质等新兴边缘学科向普查找矿的延伸是当前的发展趋势。这种趋势愈烈，地质找矿的成果将愈明显。

找矿工作必须与上述的变化相匹配，因而提出了理论找矿，综合找矿和立体找矿的设想。地质理论的多元化给理论找矿带来了丰富的内容和宽广的思路；找矿勘探地质学是利用简单的工具，通过直接观察而建立起来的，当前的找矿方法为适应隐、盲矿床预测找矿的需要，已从单一方法向综合化方向发展，加速了学科之间的相互渗透，为当代找矿准备了有效的技术方法；立体找矿是综合找矿的又一种方式，作为找矿技术方法来说，立体找矿工作中，更强调综合方法的应用，但立体找矿更侧重于矿床（体）的三度空间的变化，它是隐、盲矿床寻找的特殊找矿内容。目前，科学找矿仅是起步，在隐、盲矿床的找矿实践中尚有较多的问题需要探索。

加强普查前期工作，实现资料的二次开发是适应这一变化的又一种措施，它有助于隐、盲矿床的预测、找矿和评价。

成矿远景区划和成矿预测工作是适应这种变化的最优决策。本篇规定的内容是指导成矿预测工作开展的技术方法参考材料，它与其它内容（成矿预测方法、技术要求和有关实例）配套组成完整的体系，促进这项工作的开展和获取最优的找矿效益，跟上地质找矿形势的变化。

第二节　成矿预测的基本理论

成矿预测是在成矿预测的基本理论指导下，根据一定的成矿地质理论、成矿地质环境、成矿条件、控矿因素和找矿标志对还没有发现而将来可能或应当发现的矿床作出推断解释和评价，指出潜在矿床发现的途径，导致矿床的提早发现和评价。

传统的成矿预测是运用地质人员掌握的地质理论和找矿经验在成矿规律图上圈出不同级别的成矿远景区作为成矿预测的成果。它是定性的，通常可分五个级次：A. 确定有工业矿床的远景区；B. 具有确定的矿化标志的远景区；C. 按物、化探和航卫资料划分的远景区；D. 远景不明的地区；E. 无远景地区。传统预测在过去的地质找矿工作中起了积极的作用。

成矿预测是在传统预测的基础上发展起来的预测工作。它有自己的预测理论、提取成矿信息的方法、找矿靶区优选的方法、定量估算的方法。各类方法的工作顺序和基本要求，组成一个系统工程，与过去的传统预测有根本的差异，在此作必要的叙述。

国内外成矿预测的经验，特别是我国自 1986 年以来开展成矿预测后积累的实际经验表明，应将成矿预测的基本理论概括为预测人员把地、物、化、航卫资料彼此联系起来，从中提取成矿信息，用成矿地质的基本理论和有效的技术方法转化为潜在矿床的概念，建立潜在矿床（体）与地质条件之间关系的预测模型，用于未知地区的预测。据此，用相似类比、地质异常致矿、地质条件组合控矿三点理论予以概括[1]。三项理论在成矿预测中是相互联系、相互补充和相互依存的，对其中的任何一点都不能偏废；否则，将带来失误。三者的关系处理得当，将深化成矿预测工作。

1. 相似类比理论

相似类比理论是矿产预测的理论依据之一，系指：在一定地质条件下产出一定类型的矿床；相似地质条件下赋存有相似的矿床，同类矿床之间可以进行类比；将与已知矿床的

地信网论坛
BBS.3S001.COM

地质背景相似的地区（段）认定为成矿远景区或圈定为找矿靶区。它是“将今论古”和“已知到未知”原则的发展和延伸。近年来提出的“模式找矿”就是这一理论的进一步发展和具体化。相似类比理论的内涵是：

A. 在相似的地质环境下，应该有相似的成矿系列或矿床产出；

B. 在相同的（足够大）地壳体积内应有等同（或相似的）矿产资源量。

在成矿预测的实际工作中应用类比相似理论，需要提出类比的内容[2]，一般来说包括以下几类：

①确定类比的关键内容。矿床的形态可以多种多样，但矿床的成因类型是进行类比的首要内容；否则，会导致类比的失误；

②制定类比标志的层次和数量等级。在同一成因类型矿床间进行类比时，须严格按同一层次的标志进行类比，决不能对不同层次的标志进行类比，被类比标志的数量等级要取得合理。例如，区域性的断裂属成矿区带范围内的控矿因素，它不能与控制矿体变化的直接控矿因素进行类比；化探原生晕不能与化探次生晕直接类比，1∶200000 化探扫面 Cu 的 10^{-6}值不能同 1∶10000 的值（均为次生晕）进行类比。层次相同，数量级近似的指标可以类比。

③分清不同指标在成矿作用过程中的功能。相同功能的指标可以类比，否则不能类比。在成矿作用过程中起到相同作用或趋于相同现象的不同指标，不是可类比指标。在应用相似类比的理论时，充分辨明指标的功能是极为重要的。

④优化可供类比的指标。对指标进行排序，确定它们之间的相对重要性。同一指标对不同类型矿床的重要性是不相同的。例如，围岩蚀变并不是不同成因类型矿床的共同类比指标，其重要性也各异。

⑤探索类比指标的最佳组合关系。有些类比指标在单独进行类比时，可能不起或起很小的作用，但几个相关指标组合后可能成为类比关键指标。常见的有“矿物组合”、“元素组合”、“成矿有利度”、“因子得分”、“变量组合”等，这些常常是成矿预测中进行类比的有效指标。

采用具相关关系的指标组合可获得较好的类比效果，而用不具相关关系的指标组合进行类比，则会造成类比的错误。

相似类比理论可以预测和寻找类似的矿床，但对新类型矿床的预测和寻找将失去应有的作用，其局限性就在这里。在应用相似类比理论时，常常用“矿床模式”作为类比对象，确立类比标准，目前在成矿预测工作中已普遍采用。模式类比无疑将正确地建立类比标准和标定类比指标、指标的相对重要性、它们之间的关联度。

全面掌握大量的实际资料，充分综合分析是应用相似类比理论获得成功的先决条件。在成矿预测的实际工作中应用相似类比理论时，以下几个问题有待探索：

①在相似成矿地质条件下，有时会出现有矿无矿、矿大矿小和矿石质量优劣之分，其原因有待研究；

②在相似地质条件下，矿床产出为什么是必然事件？

③超大型矿床的类比内容是哪些？这一理论对它有多大的适用范围？

上述问题的研究和解决，将更有助于发展相似类比理论。

2. 地质异常致矿理论

地信网论坛
BBS.3S001.COM

地质异常通常是指与周围地质环境极不相同的地区，但在成矿预测范围内它还包括地球物理、地球化学和遥感地质异常在内。地质异常能导致特殊类型矿床、新类型矿床的发现。根据类比相似理论只能预测相似类型、相同规模（或更小）的矿床，不可能预测尚未发现的新类型矿床或迄今未曾发现过的规模巨大的矿床。在成矿预测工作中，不能只注意与已知类型矿床成矿地质环境的相似类比的研究探索，还要注意研究地质异常。在研究成矿地质环境和成矿规律时，有些地段或个别单元不能划归已知类别，在这类地段（或单元）不应轻易放过，要运用地质异常致矿理论进行全面探索研究，标明有无发现新类型矿床或迄今未发现过的规模巨大的矿床。矿床作为地质体的特殊类别来说，本身就是明显的地质异常，只不过与周围的地质环境比较起来，它特征明显，规模也不同而已。但由于矿床自身的掩埋程度不同，异常特征显示的标志有较大差异。隐、盲矿床，除在物、化探异常上有某种程度显示外，地质特征已被遮盖；出露地表时（矿头、或矿躯），地、物、化都有较明显的异常，容易识别。一个矿床的异常特征变化是这样，而一个矿田或成矿区带不仅属地质异常，而且也有多种特征的变化。总之，地质异常是指在成分上、结构上、成因上以及地质演化历史上都有差异的地质体。

地质异常有含矿的、无矿的、矿化的多种类型。但当前在成矿预测中，矿与非矿、大矿与小矿、有矿与矿化的区分是首要的，这些问题均有待研究探索。但在预测工作中，这一理论已在实践中证明是有效的，随着成矿预测工作的实际经验的积累，今后将有较大的发展、充实和完善。

3. 地质条件组合控矿的理论

研究单一控矿因素只阐明了成矿的可能性；地质条件的组合标志着矿床产出的必要前提。一个矿床的形成，有些因素是不可缺少的，有些是有利的，有些是不利的。成矿地质条件组合是保持有利成矿因素、剔除不利成矿因素、深化对作用不明因素的认识。控矿因素组合的必要性：

①成矿地质条件的组合标志着成矿地质条件之间的相互关系，它是对矿与非矿、大矿与小矿、小矿与矿化区分的识别标志，能较为有效地预测推断潜在矿床；

②有效的成矿地质条件的组合将提高成矿预测成果的可靠性。通过对组合的探索，阐明它与矿床的确切关系，实现较确切的预测。

③成矿地质条件的组合是在成矿信息的处理、提取、优化和综合基础上进行的，由定性组合向定量组合发展，深化了对地质条件组合内涵的认识，确定每个因素在预测中所起作用的大小，实现预测的三定目标（定类型、空间及规模）。

运用这一理论建立与实际地质特征吻合程度较高的预测模型，作出可靠的预测。

第三节　成矿预测的准则

在成矿预测理论指导下，成矿预测实施的各个步骤，必须遵循一定的准则，概括起来是[1]：

1. 最小风险最大含矿率准则

[1] 朱裕生编写：成矿预测的理论和方法，成矿远景区划室，1990年。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

它是对提交的预测成果来说的，即圈定的找矿靶区要在最小漏失隐伏矿床的前提下，以最小的面积圈定找矿靶区的空间位置。成矿预测常称是风险评价，提交的预测成果要包含最小的风险，最大的可靠性。实际上，圈定的找矿靶区会出现两类常见的错误：一是漏圈有矿地段；二是将无矿地段误圈为找矿靶区。此准则是避免此二类错误产生的基本原则。凡遵循此准则提交的预测成果都可避免过于冒险和过于保守的两种极端错误的倾向。

在小比例尺成矿预测提交的成果中，用成矿远景区及相应的A、B、C三类表达。它仅表明该区、该类成矿作用的优劣，或在该区、该类属性范围内有可能发现当前尚未发现的矿床的总概念，它所包含的风险不会引起当前人们的注意，而在中比例尺成矿预测中提交的成矿远景区段和对这些远景区段作出相应的A、B、C三类属性的划分，其中的A类远景区段，人们常常又把它称为“找矿靶区”，其实对其能否见矿的风险问题是“众矢之的”，成为能否发现矿床的核心问题。这一预测成果包含的风险已是大家关心的中心问题，所以中比例尺提交的预测成果中含矿率要最高，否则承担的风险太大。在大比例尺预测中圈定的找矿靶区人们常常不是以一个面积来验证找矿靶区中包含的风险，而是用一个点（钻孔位置）或一个工程（地表槽探、坑探或钻探）来检验成果的可靠程度。这一准则在不同比例尺的成矿预测工作中的要求相差悬殊。因此，在实际工作中，应视预测比例尺的不同，将其原则性和使用的灵活性结合起来，提交可靠性较高的预测成果。

2. 优化评价准则

由于地、物、化、遥资料中包含的成矿信息具有一定的随机性和模糊性，其预测成果是在不确定条件下作出的带有某种风险的决策，但地质找矿工作则要求提交确定性的成果。为使两者统一，对圈定的成矿远景区需作可靠性评价，通常称“优化评价”。

优化评价是指预测人员根据成矿规律和成矿控制因素的认识，有意识地干预模型的构成，对模型作有利成矿（或强化成矿信息）的定向转换（但要在不改变模型预定目标的前提下），使模型突出其中一些有重要预测标志（或控矿因素）的信息，抑制某些成矿意义不明显，或干扰较强的信息，迫使模型向成矿有利方向浓缩信息，突出找矿标志，逐步逼近潜在矿床，实现模型的定向转换。最后提出重中之重的普查效益倍增投入区和最优找矿靶区。

优化是一项预测原则，尤其在大比例尺预测中是一项重要的原则。实施时，需要应用一些方法，它可以是地质的，也可以是数学的，选准优化的方法是优化准则实施的关键。有关优化的方法，将在有关问题中专门叙述。

3. 综合预测评价准则

该准则包括两方面内容：从潜在矿床本身来讲，对矿床自身作综合评价；对预测和找矿来讲，要使用综合技术方法。

自身的综合评价包括：

①共生矿床的共生同体和共生异体的预测评价；

②伴生元素的预测评价；

③预测区范围内除导向矿种以外矿产的预测评价。

预测、找矿使用的综合方法内容包括：

①预测工作中使用地、物、化、遥感的综合技术，预测潜在矿床；

②找矿过程中使用地、物、化、航卫的综合方法发现矿床，并要指明使用的方法种类、

地信网论坛
BBS.3S001.COM

方法配制和方法使用时的先后次序。

该准则指明了使用最少的方法、手段、最短的时间、最高的效益进行预测和发现矿床。

4. 水平对等准则

成矿预测成果一般要求采用不同层次比例尺的成果表达，据此准则，其原始资料都应是不同层次的比例尺相对应，若用大于该层次比例尺的原始资料是允许的，相反则不符合此准则。据此，在成矿预测工作中水平对等准则包括以下内容。

①成矿预测成果比例尺与使用的地、物、化、航卫资料的比例尺一致；

②在已知区建立预测模型使用的地、物、化、航卫变量在预测区上均可获取；

③提交统一规定的预测成果，且其比例尺要一致；

④成果的推断解释须严格遵循地质相似类比理论；

⑤数据处理需使用统一规定的程序，在提交的成果中，凡涉及到计算机数据处理、绘图等工作所使用的软件都是正式鉴定通过（或验收）的程序，否则将是无效的。

其它像循序渐进、统一标准等等，在有关的技术要求中都应有明确的规定，此处不再重述。

成矿预测准则和成矿预测基本理论是在当前地质找矿难度越来越大的新形势下发展和形成的，它较有效地指导成矿预测工作的开展，开拓了地质找矿的新途径，为实现找矿的重大突破准备了技术条件。这套理论和准则还需要继续在实践中检验、总结和充实新的内容，尽快形成适合我国地质实际的成矿预测理论体系，不断发展、创新，辟择一条新的预测途径。

第四节　成矿单元划分

成矿单元是一个成矿作用和经济的概念。成矿作用是地质意义下的地质单元，“经济”是指矿床而言，两者在成矿单元划分时，以前者为主，同时考虑后者。

“成矿单元”在成矿预测中包括成矿区带和矿田、矿床（体）两方面的内容。成矿单元的原意是：在一定构造单元和地质发展的历史阶段，由沉积、变质、岩浆作用结果形成的地质体范围内对成矿作用及矿床的富集程度作的不同层次和等级的划分❶。不同层次的成矿单元对成矿作用及其成矿地质条件的描述是不同的。它要根据当前成矿学的理论对成矿规律的认识及成矿预测所需要解决的问题作出合理的划分。但由于成矿预测人员所持的观点不同，也会出现不同的划分结果。但总的来说，会逐步地更趋合理。成矿区带的划分与成矿单元一样，要考虑规模、形状两方面的因素，与成矿作用有关的因素（如矿种、类型及矿组等）在成矿区带的命名中予以考虑。成矿区带，目前按其规模划分为Ⅴ级，即Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ五级。对各级的含义及其成矿作用，分别作如下的概述：

Ⅰ级　--全球成矿带，属全球成矿体系范畴，反映全球范围地幔巨大的不均一性[33]，而与地壳的不均一性无关。它常与全球性的巨型构造相对应，它可能是在几个大地构造-岩浆旋回的期间发育而成，而每一旋回有其特有的矿化类型。我国境内的滨太平洋、特提斯喜马拉雅和古亚洲成矿带均属Ⅰ级成矿带，它们在我国境内只展布了每个带的一部分，每

❶ 隐伏铜矿预测原则和方法，地质矿产部情报研究所，1989.10。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

个带的构造-岩浆旋回和演化历史各不相同，其矿化类型也各不相同。它们在我国境内交汇，构成了我国成矿区带空间展布不同、矿化类型多样、成矿元素组合各异的总体分布格局。

Ⅰ级——与大地构造单元相对应或跨越不同大地构造单元的含矿领域。成矿作用是经几个或一个大地构造-岩浆旋回的地质历史时期形成的，发育有特定的矿化类型。在地质历史演化过程中，成矿物质的富集受地壳物质的不均匀性的控制，受构造的多级或多序次控制，而矿床往往富集在大地构造单元的特定部位。我国南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属Ⅱ级成矿带具有上述的成矿特征。

Ⅲ级——在Ⅱ级成矿带范围内，与大地构造有地质联系的区段内受区域的、或同一地质作用控制的某几种成因类型矿床集中的地区。它展示了区域成矿的专属性。长江中下游铁铜金硫成矿带是Ⅲ级成矿带较典型的实例。

Ⅳ级——受同一成矿作用控制和几个（1—2个）主导控矿因素控制的矿田分布区。例如，宁芜火山岩盆地的玢岩铁矿分布区和鄂东南受中酸性侵入岩浆侵入作用控制的矽卡岩型和斑岩型矿床为主的地区。

Ⅴ级——受有利地质因素中同类成矿因素控制矿床形成和分布的矿田，通常系指地层、构造、岩浆岩、地球物理场和地球化学场等因素控制形成的某矿种某类矿床或几类成因相近矿床组合在一起的矿床集中分布区。如湖北铜录山矿田、吉林的夹皮沟金矿田等，一般来说，一个矿田包括几组成因、成分和构造属同一类型的矿床。

在大比例尺成矿预测工作中还涉及到矿床、矿体两个关键的成矿单元，它是预测的目标❶。

在我国，Ⅰ级成矿带又称“成矿域”。通常划分为三大成矿域，即滨太平洋成矿域、特提斯成矿域和古亚洲成矿域[7]。最近，通过全国基础地质、矿床地质等多方面的综合研究，又增加了两个成矿域，即前寒武纪成矿域、秦岭—祁连—昆仑成矿域❷。Ⅱ级成矿区带典型的实例是华北地台北缘金、铜、铅、锌、多金属、硼成矿带，华南褶皱系稀土、稀有、有色金属及铀成矿区，怒江、澜沧江、金沙江褶皱系有色金属成矿带等。Ⅲ级成矿带的典型实例是长江中下游台褶带铁、铜、硫、金、多金属成矿带，小兴安岭张广才岭褶皱带铅、锌、多金属成矿带，江南地轴有色金属、稀有金属成矿带等。Ⅳ级成矿带的典型实例是宁芜火山岩盆地玢岩铁矿成矿区，小秦岭凸起区金矿成矿区，云开断褶束金、锡、多金属成矿区等。Ⅴ级成矿单元极为普遍，像湖北铜录山矽卡岩型、铜、铁、金矿床矿田，湖南郴州矽卡岩型-岩浆期后热液型钨、锡、铋、钼、萤石矿床矿田，江西德兴斑岩型铜铝矿床矿田等。原苏联的成矿学家Ф·Н·沃尔夫松（Ф. Н. Вольфсон）对成矿单元的地质、地球物理场概念和内涵作了说明，并用图件予以展示。图1-1是Ⅱ级成矿区带展示的地球物理特征和深成构造轮廓，标出了玄武岩化对成矿有利的空间特定位置。图1-2展示了玄武岩层、花岗岩层、玄武岩化及似花岗岩侵入体之间的关系，展示了加里东基底构造层的位置，指出了含矿目标区。据此可知，Ⅱ级成矿区带要判定含矿目标区。图1—3指示了含矿目标区的地球物理场特征及目标区内各种有利赋矿岩类（沉积的、侵入的和变质的）的相互关系，为圈定成矿远景区提出依据。图1—4标出矿床赋存的具体地质层位和地球物理场的定量数

❶ 湖北省地质局科技情报所，成矿规律研究，1983，P. 13—16。

❷ 见中国矿床成矿系列及其理论在成矿预测中的应用，陈毓川、裴荣富等编写，1993年。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

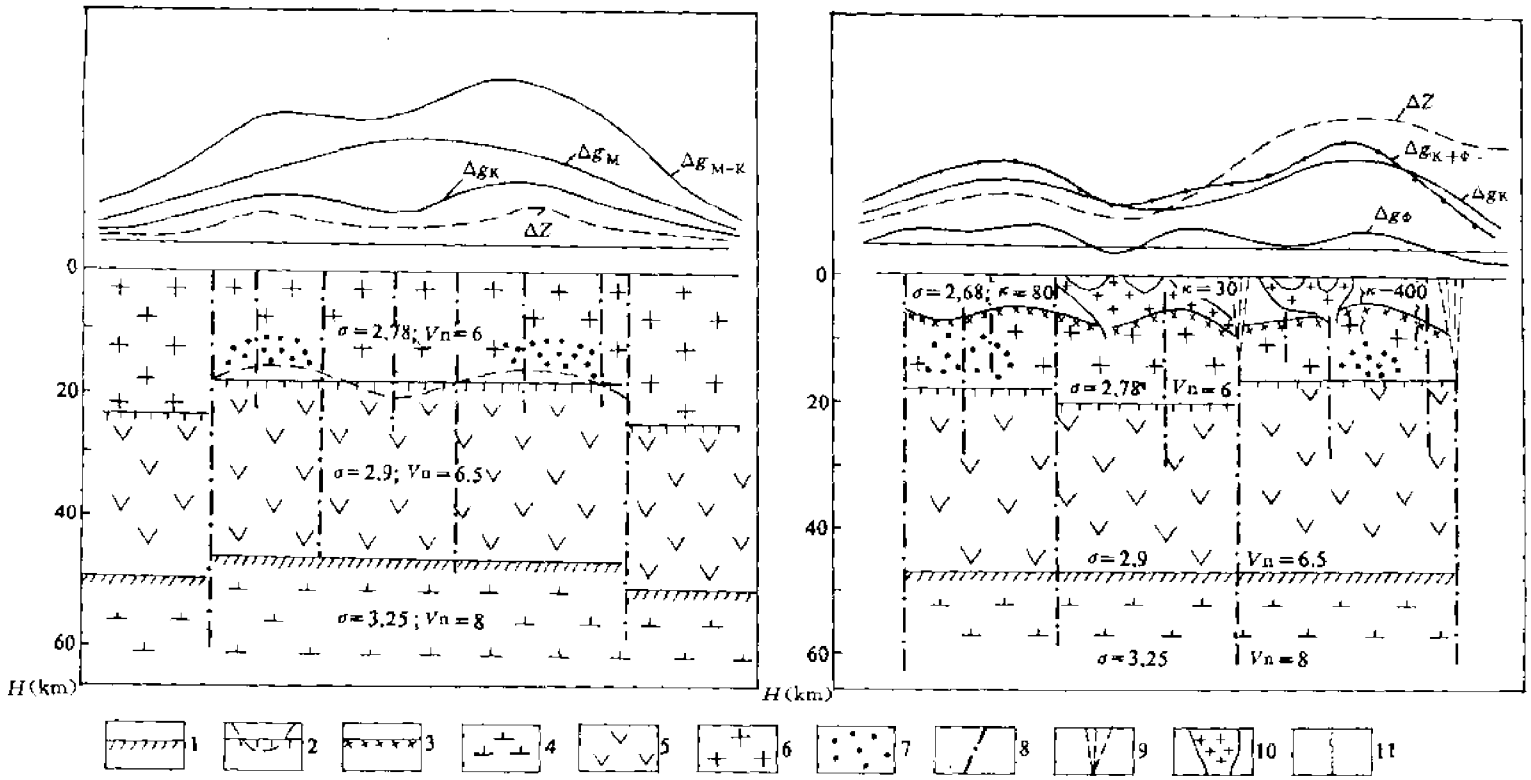


图 1—1　Ⅰ级成矿区带的地质和地球物理模型　　图 1—2　Ⅱ级成矿区带的地质和地球物理模型

（图 1—1～6 据张肇元，1990 年资料，图 1、2、3、4、5、6 来源同）

1—莫霍面（M）；2—康拉德面（K）；3—加里东基底面；4—上地幔；5—玄武岩层；6—花岗岩层；7—玄武岩化显示；8—深部断裂；9—挤压带；10—似花岗岩侵入体；11—含矿目标边界；ΔZ—磁场垂直分量曲线；Δg_K—康拉德面重力影响曲线；Δg_M—莫霍面重力影响曲线；Δg_Φ—下古生代基底面重力影响曲线；σ—密度（g/cm^3），V_n—岩石中波的传播速度 km/s；κ—磁化率，为取得以国际单位表示的 κ 值应将该值乘以 $12.57 \cdot 10^{-6}$

地信网论坛
BBS.3S001.COM

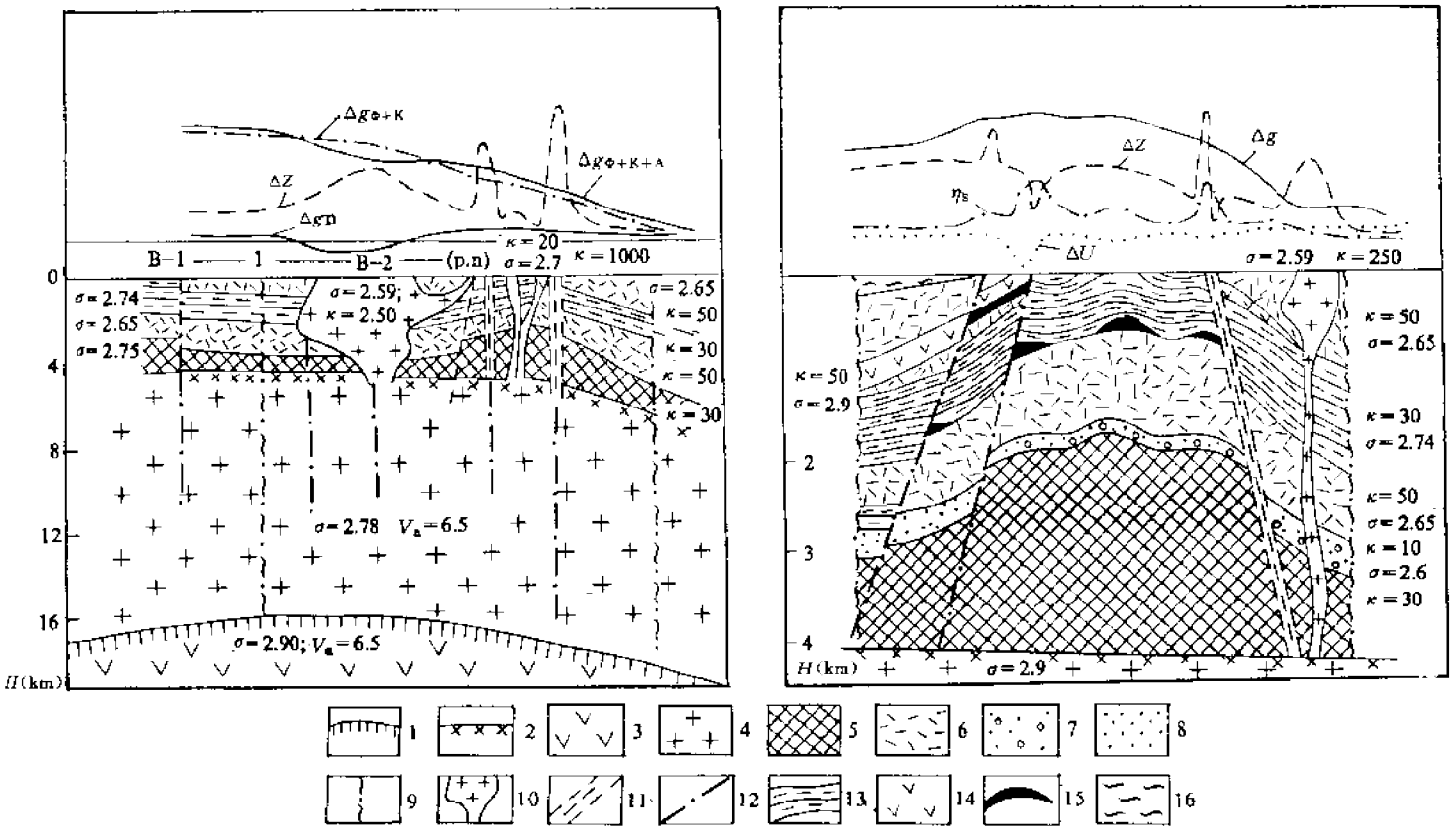


图 1—3　N 级成矿区带的地质和地球物理模型　　图 1—4　V 级（矿田）成矿区的地质和地球物理模型

1　康拉德面；2—加里东基底面；3－（玄武岩）层；4　（花岗岩）层；5　酸性喷出-火山碎屑岩；6　石英-钠长斑岩及其凝灰岩；7—砂岩，砾岩；8—黄铁矿；9—含矿目标边界；10—似花岗岩侵入体；11—挤压带；12—深部断裂；13－页岩、粉砂岩；14　粉岩及其凝灰岩；15—矿体；16—松散沉积；ΔU—自然电场曲线（mV）；η_s—激发极化曲线（%）；$\Delta g_{\Phi+K+A}$—基底，康拉德面和上古生代岩石重力影响曲线

地信网论坛
BBS.3S001.COM

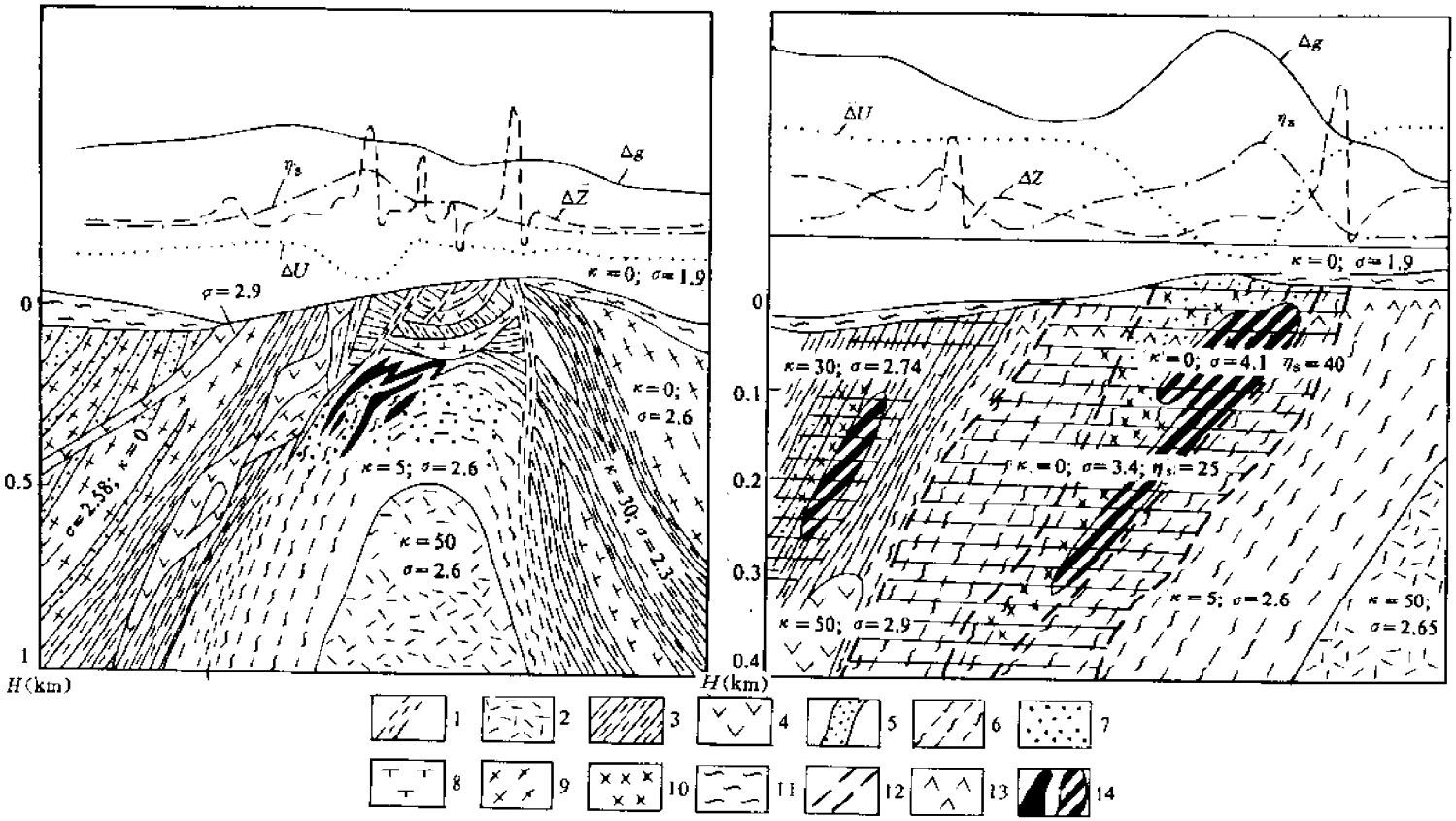


图 1—5　矿床（区）地质和地球物理模型　　图 1—6　矿体的地质和地球物理模型

1—挤压带；2—石英-钠长斑岩及其凝灰岩；3—页岩，粉砂岩；4—玢岩及其凝灰岩；5—砂页岩；6—酸性喷出 火山碎屑岩；7—黄铁矿化；8—斑岩和残斑变岩；9—凝灰岩；10—分散状金属矿化作用；11—松散沉积；12—岩石热液蚀变带；13—氧化带底板；14—矿体。σ—密度（g/cm^3），η_s—激发极化曲线（%），为取得以 SI 单位表示的 κ 值该值应乘以 12.57×10^{-6}

地信网论坛
BBS.3S001.COM

值。它不仅可以圈定找矿远景区（找矿靶区），提交普查验证，还有条件建立找矿模型，扩大矿区外围的找矿远景。图 1--5 是矿床的地质和地球物理模型，不过是理想的模型，展示了矿床的内外部特征，形成成矿模式的雏型，所以它是建立成矿模式和找矿模型的基础，用以指导矿产勘查和矿床学研究。图 1--6 是矿体的地质和地球物理模型，用以指导矿床勘探和矿产的开采。

从 I — V 级成矿区带划分展示的基本特征可知，成矿预测的基本理论的应用和成矿预测准则的操作都是与成矿区带的划分联系在一起的，相互不可分割的。只有联系在一起才可以从整体上提高成矿预测的准确性。

第五节　矿床类型

为了科学地预测隐、盲矿床，正确地选择成矿预测方法和作出确切的评价，必须了解矿产在地壳构造中形成的条件和空间分布规律。在中大比例尺成矿预测中，正确标定矿床的类型是一项关键性的内容。标定矿床类型要在矿床学理论指导下，了解矿床形成的地质条件和物理化学条件，阐明它们在特定地质构造环境中的成因，提出研究区内已知矿床的成因归类，推断潜在矿床的成因特征和可能的归属[4]。但是，从成矿理论的现状来看，还很难对矿床成因作出正确的结论，因而难以满足成矿预测需要的成因分类系统。实际上，以推测性标志为基础的成因分类，带有较大的假设性，即使经过详细研究的矿床，其成因归属也出现分歧，甚至针锋相对的意见也屡见不鲜，结果难以帮助解决成矿预测工作中的实际问题。虽然成矿理论的现状很难满足成矿预测的要求，但矿床成因归属仍然是十分重要的，它是成矿预测的地质学基础。因为分歧意见，甚至是对立的意见有益于澄清一些有争议的，甚至属对立的观察资料，促进成矿理论的发展，也增强了成矿预测的地质理论基础。在成矿预测工作中，还要充分利用地质人员在地质工作中积累的实际经验建立的地质概念模型，它是矿床类型的感性认识，而且在成矿预测的整个工作过程中都起作用，甚至在预测寻找新类型矿床和新规模矿床（即超过研究区内已知规模的矿床）时也起指导作用。

矿床类型是具体使用成矿预测三大理论（类比相似、地质异常致矿、地质条件组合控矿）的地质理论依据，其基本事实是：

1. 矿床类型（具体化后的表达方式是成矿模式）是相似类比的标准，其它用于预测的实际观察资料可以向此靠拢，获得预测区内潜在矿床的轮廓性认识；

2. 矿床类型是提取成矿信息、区分矿与非矿信息、浓缩成矿信息、优化成矿信息、选择地质变量、正确使用和选择预测方法的依据，没有矿床类型概念的预测是盲目的预测；

3. 矿床类型是编制成矿系列图件，特别是矿产分布图、成矿规律图和成矿预测图的地质基础和出发点，否则不能编制出合格的成矿系列图件[5]；

4. 矿床类型评价是成矿预测成果质量的相对标准，对成矿预测每个步骤的质量监控、成矿信息提取的质量检查、成果的可靠性评价、成矿系列图件的质量验收都要以矿床类型为出发点，并以它为标准进行查验和评估，作出成矿预测质量问题的结论。

矿床类型分成因类型和工业类型两个分支。成因类型，顾名思义，即对矿床成因作出归属。由于矿床成因的分歧较多，看法不一，无法得到统一的认识，但它是矿床学研究的基本任务和核心；矿床工业类型系成矿地质条件、成因特征和工业开采应用、技术经济条

地信网论坛
BBS.3S001.COM

件的总和，通常用“矿床类型”予以概括[6]。矿床类型的划分，不能过多考虑单个矿床的特殊性，致使将矿床类型划分得过细、过杂，难以在预测工作的研究区范围内组成类比或统计群族，对建立预测模型不利；也不能重点抓住矿床的共同特征，使之划分得过少而抹掉矿床特点，建立的预测模型无法对未知区进行预测。据此，在成矿预测工作中，对研究区内的已知矿床要根据矿床类型的划分原则作出合理的归属，使之为预测提供地质理论依据。当然，在成矿预测工作中对矿床类型作这样的考虑还存在着有待考虑的问题，不过其最大的优点，是有利于区域成矿规律的分析研究[7]、找矿标志的总结和成矿预测各个步骤的实施。

在成矿预测工作中，通常用的是矿床的工业类型，但目前进入隐、盲矿床预测阶段，尚需把矿床的成因类型作为重点对象予以考虑，特别在应用相似-类比理论预测时，更需研究矿床的成因特征。实际工作中，除应用常用的矿床成因分类外[8]，常常采用较为实用的分类方案。表1—2、1—3、1—4是常用的矿床分类。该表集中反应了外生、内生、变质三大类矿床成因组合的矿床特点，每大类又按成矿地质环境分成若干亚类，其次再按成岩地质条件划分出次亚类，然后具体到矿床的成因类型。这一分类思路便于识别矿床的基本特征，为成矿信息的提取和地质变量的选择创造了便利条件。

在成矿预测工作中，为便于编制矿产图和成矿规律图，不宜将矿床类型划分得过细，现列出以下图件实例，便于思考。

1. 中国内生金属成矿图[7]

表1 2 外生矿床类型

岩石矿床组合			主要有用矿物	综合利用矿产
与陆相沉积岩和岩浆岩风化壳有关的矿床	干旱气候沉积	1. 现代盐湖矿床（Q）	食盐、芒硝、天然碱	K、Li、B、Br
		2. 红色岩系中盐矿床（K—N）	岩盐、芒硝、石膏	K、Li、B、I
		3. 含铜砂岩矿床（K—N）	孔雀石、蓝铜矿、斑铜矿	Cu、V、U
	潮湿气候沉积	4. 现代砂矿床（Q）	黑钨矿、锡石、自然金、金刚石、铂、宝石、金红石等	W、Sn、Au、Zr、Ti、Nb、Ta、宝玉石
		5. 超基性岩风化壳中镍矿床（N—Q）	硅镍矿、绿高岭石	Ni、Cr、Co、Pt、Fe、Mn
		6. 玄武岩风化壳中铝矿床（N—Q）	三水铝石	Al、Fe、Mn
		7. 酸性侵入岩、火山岩类风化壳中的离子吸附型稀土元素矿床（Q）	氟碳钙钇、砷钇矿、钛钇矿、磷钇矿、独居石、硅铍钇矿、褐钇矿等	高岭土
		8. 碳酸盐岩石中风化型磷块岩矿床（Q）	磷酸盐	P
		9. 淋积型铀矿（各时代均可能产出）	沥青铀矿、水硅铀矿、钒云母、钾钒铀矿、钒钙铀矿、铜铀云母、水铀矾等	V、Cu、高岭石
		10. 炭质页岩中煤矿床（T_3—J_1）	大部分为烟煤	油页岩、粘土岩、砂岩、Fe

地信网论坛
BBS.3S001.COM

续表

岩石矿床组合			主要有用矿物	综合利用矿产
与海相、海陆交互相沉积岩有关的矿床	干、半干、早候积	11. 灰岩、白云岩系中盐类矿床（T_3）	岩盐、钾盐	K、B、Br、Li
		12. 红色砂页岩及白云岩中铜钴铀矿床	黄铜矿、沥青铀矿	Cu、Co、U
		13. 白云岩中铅、锌矿床	方铅矿、闪锌矿	Pb、Zn、白云岩
	潮湿气候沉积	14. 炭质页岩中煤矿床（P_2）	烟煤或无烟煤	煤、铁、粘土、硫
		15. 炭质页岩中铝土矿矿床（C_1）	水硬铝石、高岭石	Al、Ga、粘土、煤、铁
		16. 紫色页岩中鲕状赤铁矿矿床（D_3）	赤铁矿、菱铁矿	Fe、Mn
		17. 黑色页岩中石煤矿床（$\epsilon-S$）	石煤、铜镍硫化物	Cu、Ni、V、U
		18. 石灰岩、页岩中磷灰岩矿床（$Z-\epsilon$）	胶磷矿	P、Mn、V、U、F、TR

（据朱上庆，修改补充）

表 1—3　内生矿床类型

岩石矿床组合			主要有用矿物	综合利用矿产
与基性超基性岩有关的矿床	喷出岩	1. 玄武岩中的自然铜矿床	自然铜、沸石、方解石等	Cu、冰洲石
		2. 细碧-角斑岩中含铜黄铁矿矿床	黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿……	Cu、Pb、Zn、Ag、Au、Se、Te、S
	浅成岩	3. 金伯利岩中金刚石矿床	金刚石、铬铁矿等	Cr、(Pt)
	深成岩	4. 基性岩中铜镍硫化物矿床	黄铜矿、镍黄铁矿、紫硫镍矿、砷铂矿	Cu、Ni、Co、Au、Ag、Se、Te
		5. 基性岩中钒钛磁铁矿矿床	钛铁矿、含钒磁铁矿	V、Ti、Fe、P
		6. 超基性岩中铬铂矿床	铬铁矿、自然铂	Cr、Pt
与中性中酸性酸性岩浆岩有关的矿床	喷出浅成岩	7. 凝灰岩及凝灰质砂岩中铁矿床	镜铁矿、菱铁矿	Fe、Mn
		8. 流纹岩、安山岩中铜金矿床	自然金、碲金矿、黄铜矿	Au、Ag、Cu、Se、Te
		9. 富碱玄武安山质火山-侵入岩中铁矿床	磁铁矿、赤铁矿、假像赤铁矿	Fe、Cu、Au、P、S
		10. 流纹岩、安山岩中萤石、明矾石矿床	萤石、明矾石、叶蜡石等	
		11. 各种围岩中汞、锑、砷矿床	辰砂、辉锑矿、雄黄、雌黄	Hg、Sb、As
	浅成中深成岩	12. 各种围岩中铜、铅、锌矿床	黄铜矿、方铅矿、闪锌矿	Cu、Pb、Zn、Ag、Au
		13. 花岗闪长斑岩中铜、钼矿床	黄铜矿、辉钼矿	Cu、Mo、Co、Au
		14. 花岗岩或变质岩中黑钨矿-锡石石英脉矿床	黑钨矿、锡石、辉钼矿、辉铋矿等	W、Sn、Mo、Bi、Li、Nb、Ta
	深成岩	15. 花岗伟晶岩中长石、云母矿床	微斜长石、白云母等	Nb、Ta、U
		16. 花岗伟晶岩中稀有金属矿床	铌钽铁矿、锂云母、锂辉石、绿柱石等	Nb、Ta、Li、Be
		17. 花岗岩中稀有金属矿床	铌钽铁矿、绿柱石	Nb、Ta、Be、Y、Zr

（据朱上庆，修改补充）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 1-4 变质矿床类型

岩石矿床组合			主要有用矿物	综合利用矿产
接触热变质矿床	主要与深成侵入花岗岩有关	1. 炭质板岩中石墨矿床	石墨	瓦板岩
		2. 炭质板岩中红柱石矿床	红柱石	瓦板岩
		3. 大理岩矿床	方解石、白云石	大理岩、白云岩
气成热变液变质矿床	主要与浅成-中深成中性-中酸性侵入岩有关	4. 矽卡岩中铜、铁、金矿床	黄铜矿、磁铁矿	Fe、Cu、Co
		5. 矽卡岩中钨、钼矿	白钨矿、辉钼矿	W、Mo、Cu、Fe
		6. 矽卡岩及附近围岩中铜、铅、锌、银、金矿床	黄铜矿、闪锌矿、方铅矿、自然金、自然银	Cu、Pb、Zn、Ag、Au
	动力变质及热液交代矿床	7. 白云岩中菱镁矿、滑石矿床	菱镁矿、滑石	
		8. 白云岩中蛇纹石石棉矿床	石棉	
		9. 超基性岩中蛇纹石石棉矿床	石棉	石棉、菱镁矿、滑石
区域变质矿床	浅带区域变质矿床	10. 千枚岩中磁铁矿黄铜矿矿床	磁铁矿、镜铁矿、菱铁矿、黄铜矿	Fe、Cu、S
		11. 变质砾岩中金矿床	自然金、沥青铀矿	Au、U
		12. 云母片岩中蓝晶石矿床	蓝晶石	
	中带及深带区域变质矿床	13. 绿色片岩及片麻岩中铁、金、铜矿床	磁铁矿、黄铜矿、自然金、黄铁矿	Fe、Cu、Au、Cr、Ni、U、温石棉
		14. 钾长石片麻岩中夕线石刚玉矿床	夕线石、刚玉	
		15. 大理岩中磷灰石矿床	磷灰石	

（据朱上庆，修改补充）

该图对矿床类型仅作概略划分，使用的主要矿床类型有：

①岩浆型；②接触交代型；③斑岩型；④热液型；⑤层控热液型；⑥陆相火山型；⑦海相火山型。这一分类的最大优点是有利于矿床基本特征的总结，易于进行纵横向对比，便于进行区域成矿分析。

2. 中国大型、超大型矿产分布图

在编图前对矿床成因类型做了全面考虑，最后决定采用如下类型作为图面的表达方式：

①岩浆型；②陆相火山岩型；③海相火山岩型；④接触交代型；⑤次火山岩型；⑥斑岩型；⑦热液型；⑧变质型；⑨风化壳型；⑩砂矿型；⑪沉积型；⑫复合型。

这一分类对总结区域成矿规律、阐明矿床的时空演化和发现成矿远景区较为有利。

3. 中国主要成矿区带矿床成矿系列图

在总结当前矿产分布图和成矿规律图编图经验的基础上，提出采用如下分类方案表达：

①岩浆型；②斑岩型；③接触交代型；④热液型（包括层控热液型）；⑤火山岩型（海相、陆相）；⑥受变质变成型；⑦石英脉型；⑧伟晶岩型；⑨金伯利岩型；⑩云英岩型；⑪花岗岩-绿岩型。这一类型表达方式的优点是：

①将矿床成因类型的基本特征与成矿地质环境统一起来，突出构造的控矿作用，较为

地信网论坛
BBS.3S001.COM

有利于对区域成矿规律的总结，进行成矿学的研究；

②突出找矿标志，便于预测找矿中应用；

③有利于纵横对比，进行区域成矿分析，标定成矿区带界线和圈定成矿远景区；

④在定量预测工作中可以选定有效的地质变量建立定量预测模型，也就是说，可选用标志矿床不同类型之间差异最大的特征变量构置定量预测模型，确定各类矿床的成矿远景。

在成矿预测工作中选用矿床类型的原则：

1. 按现有的矿床分类选用其中的一种方案或一种观点的分类原则为准，切忌应用两种或两种以上观点的分类方案；

2. 矿床分类在应用时，宜简不宜繁，但也要与工作区的地质成矿特征结合起来。当区内的成矿地质作用简单时，选用的矿床类型宜粗不宜细；当复杂时，选用的类型也不宜过细，以至使这一类型矿床与那一类型矿床无法区分，或处于模棱两可的状态；

3. 根据工作目的不同选用矿床的具体类型，一般来说，为了阐明时空演化规律，选用成因类型；为了预测评价，突出工业类型；若要总结新理论、新观点，探讨新的成矿学理论，则要在已有分类的基础上增添新的类型；

4. 编图工作中尚须考虑图面结构、图例图式的线条描配、层次及可能表达的地质理论结合一体予以表达，采用合理的矿床分类是达到这一目的的关键一着。

矿床分类是成矿预测工作的核心，在实际工作中需全面综合考虑各方面的因素和工作目的选用合理的分类原则，达到理论和实际相结合的目的。

目前，对矿床分类还要不断地探索研究，像查尔斯·哈奇森（Charles S. Hutchison）提出了地质成矿背景的分类法[9]；A·H·G·米契尔等提出成矿作用的构造背景与其对应赋存的矿床类型的分类法[10]，虽然他与哈奇森的分类有相似之处，但他更强调构造对矿床成矿作用的控制作用，甚至起到主导作用。这些研究又进一步深化了对成矿作用的认识，并且对区域成矿作用和成矿规律的研究起到了极大的推动作用，为成矿预测充实了地质理论依据。总之，在确定一个矿床的成因类型时，总是将成矿学放在首要地位、具体来说，就是要充分考虑成矿物质及其来源、成矿地质背景（有利的成矿时间和空间）、成矿作用（导致地壳中一种或几种有用元素或矿物集中形成矿床的各种地质作用及其过程）。这些因素结合起来，可将矿床成因类型和预测找矿标志结合起来，推动矿床学的发展、并为成矿预测和地质找矿建立科学依据。

参 考 文 献

〔1〕朱裕生。矿产资源评价方法学导论。北京：地质出版社，1984. P. 21—24。

〔2〕〔苏〕Ⅱ·А·舍赫特曼。热液矿床详细构造预测图，石准立、任建新、冉宗培译。北京：地质出版社，1982，P. 180—184。

〔3〕〔苏〕朱·伊·伊齐克松，太平洋区成矿分带，刘浩龙、许德焕、于志鸿译，北京：地质出版社，1985，P. 1—6。

〔4〕〔苏〕А·Б·卡日丹，矿产的普查与勘探，袁宝华、王小龙、曲梅兰译，武汉：中国地质大学出版社，1990，P. 24—37。

〔5〕〔法〕P·鲁蒂埃，全球成矿规律研究（未来到何处去找金属），卢垦、史崇周、何庆先译，北京：地质出版社，1990，P. 8—15。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

〔6〕钟汉、姚凤良，金属矿床。北京：地质出版社，1987，P.4—7。
〔7〕郭文魁，中国内生金属成矿图说明书。北京：地图出版社，1987。
〔8〕袁见齐，朱上庆，翟裕生主编，矿床学。北京：地质出版社，1979，P.40—44。
〔9〕〔英〕C·S·赫奇逊，矿床及其构造背景，张炳熹，李文达译，北京：地质出版社，1990。
〔10〕A·H·G·米契尔，M·S·加森，矿床与全球构造，周裕藩，李锦轶译，北京：地质出版社，1986。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

第二章　成矿作用的构造背景

在地壳的构造单元内发育着一套特定的岩石建造；其年龄比该范围的其它物质形成的时间要长；在其内部经受了沉积、侵入和变形变质作用的地区称之为成矿作用构造背景的内涵。探索的目的是确定各类不同成矿作用构造背景中矿床类型的归属、岩石的含矿潜力、确定成矿的有利部位、标定控矿因素、指出保存条件和提出成矿远景区。一个矿床的形成不一定只受一种或两种构造条件的控制。相反，一种构造只控制某一种或几种矿床，决不是全部矿床。矿床的形成（即成矿元素的富集）是由多方面的因素决定的，其成矿作用的过程也比较复杂，有不少关键问题仍在探索之中。但构造控矿是成矿的关键因素，它往往与矿床类型有成因联系，并且与整个造山旋回有关。成矿作用的构造环境在现今地表上有可能加以识别，因而它有可能为成矿预测提供地质理论依据。据此，我们在本章中进行介绍和探索。

第一节　概　　述

构造环境是成矿作用更为根本性的控制因素，在地球表面可以识别，并且结合一定程度的推断解释可以对地球和亿年左右的历史作出判断，它是从以下事实出发的：

1. 无论那种构造环境形成的岩石都受到后期地质作用而发生变形、变质作用，有的被抬升，有的被剥蚀，它的强度又常常取决于不同的构造环境，因此岩石及有关矿产形成时所处的构造环境，在一定程度上决定了形成矿床的类型和保存潜力；

2. 构造环境控制了地热的分布和变化，统称为地热梯度，它对石油、天然气和煤级的定型有决定意义，而且也是控制成矿热卤水循环的主要因素，它对赋存在沉积岩中的金属硫化物后生矿床有决定作用；

3. 不同类型的侵入岩和火山岩代表了不同的地质构造环境（俯冲带有关的岩浆弧中出现钙碱性火山岩和深成侵入岩、大陆裂谷出现碱性岩，大洋扩张中心则分布拉斑玄武岩等等），每个岩浆类型都有自己的热液蚀变类型和矿床类型，所以构造环境与某类或某几类矿床有关；

4. 受构造环境形成的沉积岩系的性质、形态、厚度、成分决定了同生矿床或成岩矿床的形成，像浅海碳酸盐岩层中的铅锌矿床、细碧角斑岩系中的硫化物矿床都属此种性质；

5. 有些断层控制成矿流体的循环，它也控制着矿床的形成，这类构造环境控制着矿床以热液矿床为主，并且直接控制矿体，成为容矿构造。

6. 有些矿床类型可以形成于多种构造环境中，但这是少数。

据此我们可以用构造环境判断矿床类型、指明远景、提出可能发现的矿种，它直接为成矿预测指明方法，提出地质理论依据。

“构造环境”的地质事实只有一个，但大地构造的观点不同，其构造环境俗语不同。从板块观点出发，构造环境可分为 40 种（见图 2—1）。每种构造环境均赋存一种以上成因类

地信网论坛
BBS.3S001.COM

型的矿床，这种构造环境与矿床成因类型之间的匹配关系为成矿预测的相似类比理论提供了地质事实，促进了成矿预测理论和方法的发展。

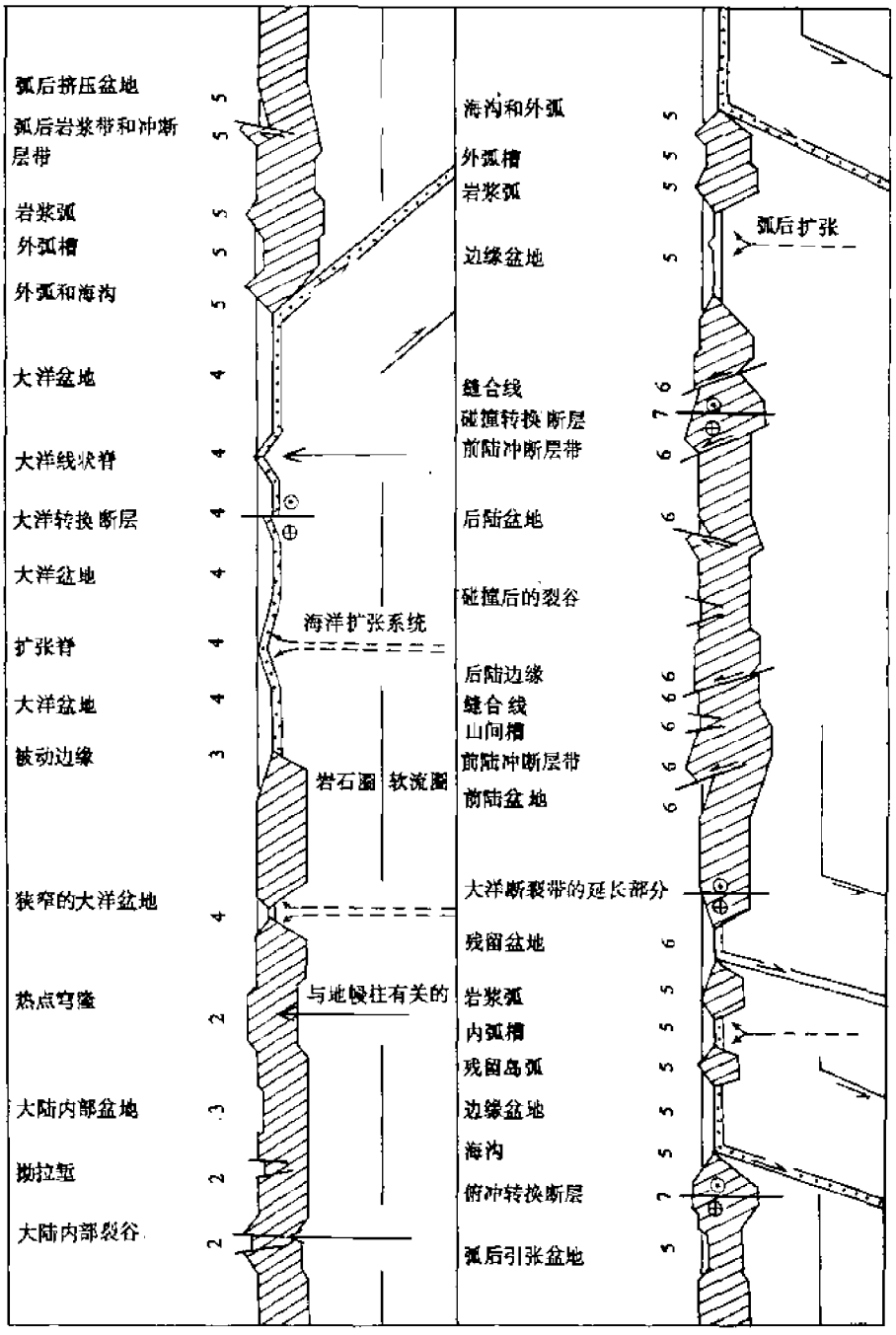


图 2—1　板块学理论的构造环境分类

（据 A·H·G·米契尔和 M·S·加森，1981）

从槽台的多旋回构造观点出发，则大地构造单元的划分又自成一套体系（见表 2—1），其地槽和地台的三维方向结构不同，图 2—2 是地槽结构剖面图。在地槽旋回的不同发展阶

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2—1　槽台构造单元构造名词系统表

一　级	二　级	三　级	四　级	五　级
地　台 （陆　台）	地盾（轴） 台背斜 台向斜 台褶带	隆起区（带） 隆断区（带） 隆褶区（带） 拗陷区（带） 拗断区（带） 拗褶区（带） 山间拗陷	凸　起 凹　陷 穹　褶 穹　断 凹　褶 凹　断 （山前凹陷）	背　斜 向　斜 穹　隆 挠　曲 地　垒 地　堑
地槽系 （褶皱系）	中间地块			
	地　槽 （褶皱带）	地背斜 地向斜 边缘拗陷 槽缘隆起		

（据杨森楠等，1985）

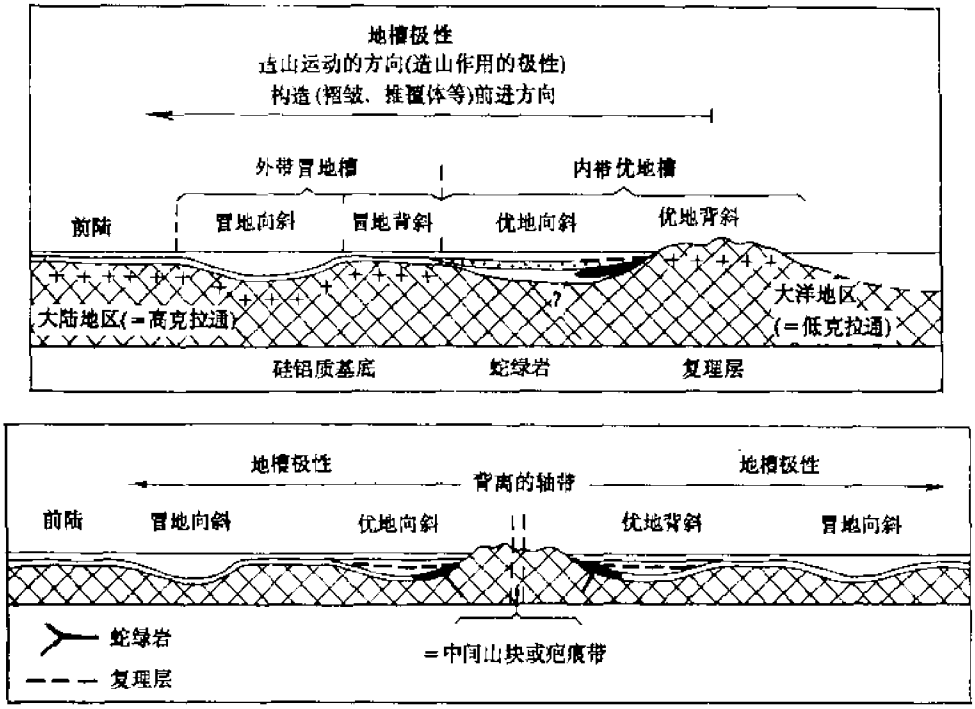


图 2—2　地槽垂向和横向结构剖面图

（据奥布英，1965）

上一表示地槽偶的优地槽和冒地槽的组合；下一表示产生双侧对称山链的背离双偶特征

段，其大地构造单元各异，出现的地质事件、沉积岩类的组合、岩浆侵入活动、岩浆喷发作用、构造和造山作用、变质作用各异，特别是地槽发展的不同阶段出现不同的成矿作用（见表 2—2）。从全球范围出发，大陆边缘就是地槽。据此按大陆边缘性质不同，可划分不

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2—2　地槽旋回发展阶段的地质作用和成矿作用简表

构造阶段		主要事件	沉积组合	岩浆活动	构造变动	变质作用	成矿作用	造山作用	现代实例
地槽初始沉降阶段	大陆裂谷阶段	地幔柱上涌，岩石圈弯起、变薄，陆内裂谷及陆间裂谷发育	类磨拉石沉积，红层-熔岩-蒸发岩（浊积岩）组合	A、A-TH①系列岩浆的喷发与侵入	正断层为主的地堑、地垒等块断构造、伸展构造		Ni、Cr、Fe、V、Ti、Pt、金刚石、W、Sn、Nb等；热液-沉积金属矿床；煤、油、盐类矿床	块断造山	东非裂谷与红海
地槽强烈沉降阶段	海底扩张阶段	大洋裂谷、大洋盆地、大洋边缘裂谷及转换断层的发育	深海沉积，大西洋型浊积岩，陆架沉积等	TH系列岩浆的喷发与侵入，蛇绿岩套的形成	拉张的大洋裂谷，沿转换断层的剪切，大陆边缘的挤压	洋底变质作用	与蛇绿岩套有关的矿床，大陆边缘裂谷的层控多金属矿床，大洋盆地锰结核	沿洋中脊的洋底山脉，大陆边缘隆起的山系	大西洋
地槽上升造山阶段	俯冲阶段	洋壳板块俯冲，陆缘弧、沟-弧-盆系发育，大洋盆地开始消亡	沟-弧-盆的各种沉积作用，各种类型浊积岩的广泛发育	与俯冲有关的岩浆活动，以CA②系列岩浆为主的喷出和侵入	俯冲形成的强烈褶皱和逆断层，混杂堆积的出现，蛇绿岩套定位，弧后拉张	双变质带或单变质带	与俯冲岩浆活动有关的及层控的Fe、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Au、Sb、Hg等金属矿床	岛弧型与科迪勒拉型造山	太平洋
地槽褶皱封闭阶段	大陆碰撞阶段	大陆碰撞，大洋消失，缝合线形成，山脉出现，有时有残留洋盆	边缘海盆地中的浊积岩、磨拉石沉积	地壳重熔产生的花岗岩形成并侵位	强烈逆掩，大型推覆构造，多期变形的叠加褶皱	中压区域变质和混合岩化	与S型花岗岩有关的Sn、W矿床，边缘海盆地中层状Cu、U、V矿床，层控Pb、Zn、Sb、Hg矿床	碰撞造山（大陆-大陆、大陆-岛弧、移置地块-大陆）	阿尔卑斯山—喜马拉雅山及东地中海、黑海、里海

①A—碱性系列，A-TH—碱性拉斑系列，CA—钙碱性系列。　　（据刘肇昌和杨森楠等材料修改）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

同类型的地槽（表 2—3），其中的大西洋型地槽处在大西洋型稳定大陆边缘及其附近；安第斯型地槽处在安第斯型活动大陆边缘及其附近；岛弧型地槽，出现在活动岛弧范围内；日本海型地槽发育于边缘海地区。不同类型的地槽都与一定类型矿产有关，所以槽台的多旋回构造观点也为相似类比理论提出了地质事实，同样可以作为成矿预测的指导理论。

表 2—3　不同地槽类型的沉积岩和岩浆岩特征

（挪威利，1991）

大西洋型		安第斯型		岛　弧　型		日　本　海　型
冒地槽	优地槽	陆缘火山弧	海　沟	火山岛弧	海　沟	局限盆地的边部
大陆地壳	大洋地壳	大陆地壳	大洋地壳	过渡地壳	大洋地壳	大洋和过渡的地壳
A 和 B 多	C 常见	A 和 B 少	C 多	B 局部多	C 多	A 和 E 多
	D 少	F 少至多	E 少至常见	C 少	G 常见	B 局部常见
	E 多	H 多	G 常见至少	F 和 G 多		如盆底为大洋性地壳，C 存在
		I 常见		I 常见		F 的凝灰岩
						G 少

注：岩石类型特征：A—浅海和海岸平原碎屑沉积物；B—碳酸盐岩沉积物；C—深海沉积物、拉斑玄武岩和超基性岩的互层；D—拉斑玄武岩火山质浊积岩；E—成分上成熟的浊积岩；F—钙-碱性火山岩和侵入体；G—钙-碱性火山质浊积岩；H—陆源粗碎屑沉积；I—中性或酸性深成岩。

表 2—3 较清楚地说明了地槽与成矿作用之间的关系。虽然地槽假说能够更合理地解释某些矿床类型与特定的岩石类型之间的关系，从表 2—2 和表 2—3 可知，地槽假说可以轻而易举地与板块构造假说结合起来，能够解决地槽假说难以解决的地质问题。初期，板块构造卓有成效地解决了岩石系列及岩石组合的成因问题，联系到斑岩铜矿赋存的地质位置与俯冲有关的岩浆弧联系起来，获得较为满意的成因解释。其次像块状硫化物矿床，它与富硅质火山岩和玄武质海底熔岩有关，具体的说，前者是日本的黑矿；后者属塞浦路斯型矿床。板块构造与成矿作用的关系尚须追溯到板块的每一个构造单元（环境）中都匹配一套特有的岩石组合，称为岩石组合的构造背景，在不同构造背景上出现的不同岩石组合分别按火山岩组合的构造背景（表 2—4A）、花岗岩类岩石基本组合的构造背景（表 2—4B）和非花岗质侵入岩组合的构造背景（表 2—4C）三种情况列出，在特定的岩石组合条件下，赋存有一定类型的矿床。板块构造、岩石组合与矿床之间的关系，通常用理想模式展示。图 2—3 展示了与板块边界有关的 10 种构造环境赋存的各类矿产。由图 2—3 可知，除陆间裂谷带（C）内赋存的矿床与岩浆岩的关系不甚密切外，其它各类环境均与构造背景范围内的各类侵入岩与火山岩的组合有关。板块内部可例举三个典型的构造环境与矿床的关系：①大洋内部，以 Mn-Fe（Cu、Ni、Co）结核矿床，在刚张开的洋盆或小洋盆中可形成与蒸发岩有关的矿床；②大西洋（拖曳）型的大陆边缘，赋存有与黑色页岩有关的矿床，磷酸盐矿床等；③大陆内部，Au（U）砾岩型（威特沃特斯兰），类萨比和克林顿型的铁质建造；红层铜矿、加丹加高原的含铜钻页岩和 Cu-Co 矿床；块状斜长岩中的 Fe-Ti-（V）矿床；布什维尔德杂岩型的 Cr、Fe-Ti-V、Cu-Ni-Pt 矿床；金伯利岩中的金刚石矿床；密西西比河谷型 Pb-Zn-Ba-Fe-（Cu、Ni、Co）矿床等。上述事实说明，构造背景对成矿是有利的，也

地信网论坛
BBS.3S001.COM

可以认为：矿床一定要与有利的成矿地质环境相匹配。在成矿预测中确定有利的成矿构造环境，为矿产潜力的预测评价提供地质理论支持。

表 2—4A　火山岩组合产出的构造背景简表

序号	火山岩岩石组合类型	构　造　背　景
I	1. 大陆拉斑玄武岩 2. 钠质碱性玄武岩－碱质玄武岩－玄武质响岩±霞石响岩 3. 钾质碱性玄武岩±玄武质响岩（白榴石响岩） 4. 钠质碱性玄武岩＋拉斑玄武岩 5. 钾质碱性玄武岩＋拉斑玄武岩 6. 碱性玄武岩＋粗面岩－碱流岩（钠质）	大陆稳定的拉张环境或裂谷
I	1. 大洋中脊 -大洋拉斑玄武岩 2. 大洋岛屿—①拉斑玄武岩＋冰岛岩（拉斑玄武安山岩、安山岩、英安岩）； ②钠质碱性玄武岩、夏威夷岩（中长、更长玄武岩）＋响岩（基性）； ③钠质、碱性玄武岩－拉即玄武岩； ④钠质、碱性玄武岩＋响岩（中性） 3. 转换断层—可以出现钾质碱性玄武岩	大洋
II	1. 缝合带—蛇绿岩＋大洋拉斑玄武岩 2. 主弧火山岩组合： ①未成熟弧 -拉斑玄武质＋玄武安山质＋安山质火山岩（特定条件下可出现高镁质玄武岩和安山岩） ②成熟弧—拉斑玄武质＋高铝安山质＋（英安质、流纹质）火山岩 3. 活动边缘火山岩组合 ①钾质的钾玄岩（粗面玄武岩）＋玄武粗安质-粗面质＋响岩质火山岩 ②钠质的更长、中长玄武质＋粗安质＋粗面质火山岩（包括橄榄安粗岩） ③某些特殊组合类型：如富镁玄武岩±富镁安山岩	岛弧和活动大陆边缘（海相或海陆交互相俯冲成因）
IV	1. 继承性盆地： ①玄武质＋安山质（粗面质）火山岩±英安质、流纹质火山岩； ②玄武安山质＋安山质、粗安质＋英安质火山岩（钠质）； ③玄武粗安质＋粗安质＋粗面质＋响岩质火山岩（钾质）； 2. 上叠式断陷盆地： ①粗面玄武质＋粗安质＋粗面质±英安质火山岩； ②粗安质＋英安质＋流纹质火山岩（钾质）； ③英安质＋流纹质＋火山灰流凝灰岩钾质； 3. 过渡型断陷盆地：玄武粗安质＋粗安质＋英安质＋流纹质火山岩	大陆活化边缘

（据李兆鼐等，1993）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2—4B　花岗岩类岩石组合产出的构造背景简表

序号	花岗岩类岩的基本共生组合	构　造　背　景
1	辉长岩-英云闪长岩-斜长花岗岩组合（拉斑系列）	大洋板内拉张
2	（辉长岩-）英云闪长岩-花岗闪长岩（-二长花岗岩）组合（低钾钙碱系列）	岛弧和活动大陆边缘
3	石英闪长岩-花岗闪长岩-二长花岗岩（-浅色花岗岩）（稍富碱的钙碱性系列）	碰撞带、碰撞后型和大陆板块内部的边缘-构造-岩浆活化带型
4	（石英闪长岩-）花岗闪长岩-花岗岩（-浅色花岗岩组合）（稍富钾的钙碱性系列）	碰撞带或克拉通的局部构造岩浆活化带
5	花岗闪长岩-花岗岩-浅色花岗岩组合（铝过饱和系列）	碰撞褶皱带（造山带）或克拉通局部活化带的基底
6	里海花岗岩-二云母花岗岩-白云母花岗岩组合（铝过饱和系列）	陆-陆碰撞带
7	英碱正常岩-碱性花岗岩组合（碱性系列）	大陆板内的构造岩浆活化带

（据李兆鼐等，1993）

表 2—4C　非花岗质侵入岩组合产出的构造背景简表

序号	非花岗质侵入岩岩类岩石基本共生组合	构　造　背　景
1	阿尔卑斯型超镁铁质岩组合	活动大陆边缘-岛弧或相应的造山带
2	阿拉斯加型环状超镁铁质岩组合（环状复式岩体）	造山带
3	层状超基性岩和基性侵入岩组合	稳定大陆
4	金伯利岩组合和钾镁煌斑岩组合	大陆板内
5	碱性超基性和碳酸岩组合	大陆内稳定的地台和地盾区
6	碱性基性侵入岩组合	板内拉张
7	碱性正长岩类的岩石组合	大陆板内活化带
8	煌斑岩组合	大陆板内拉张

（据李兆鼐等，1993）

不管是多旋回大地构造的观点，还是板块构造观点（其它像地质力学、地洼、活动论等也包括在内）都承认构造控矿是诸控矿因素中最重要的一个因素，并且自身又成为一个系统，在确定构造环境对成矿的专属性时，需要考虑以下因素：

1. 特定构造背景的聚矿能力，重点强调构造环境含矿性评价，对成矿预测来说，提出含矿性评价标志；

2. 构造背景的演化过程与成矿作用的规律、时空延续性之间的关系，据此提出成矿作用的强弱和聚矿能力最强的部位，确定聚矿的最优环境；

3. 构造背景的相似性，据此可预测和发现类似的构造背景，寻找相似的矿床，对经历近 50 亿年的陆地地壳来说，相似性构造背景的判断和标定意味着地质研究程度的提高，新的找矿远景区的提出；

地信网论坛
BBS.3S001.COM

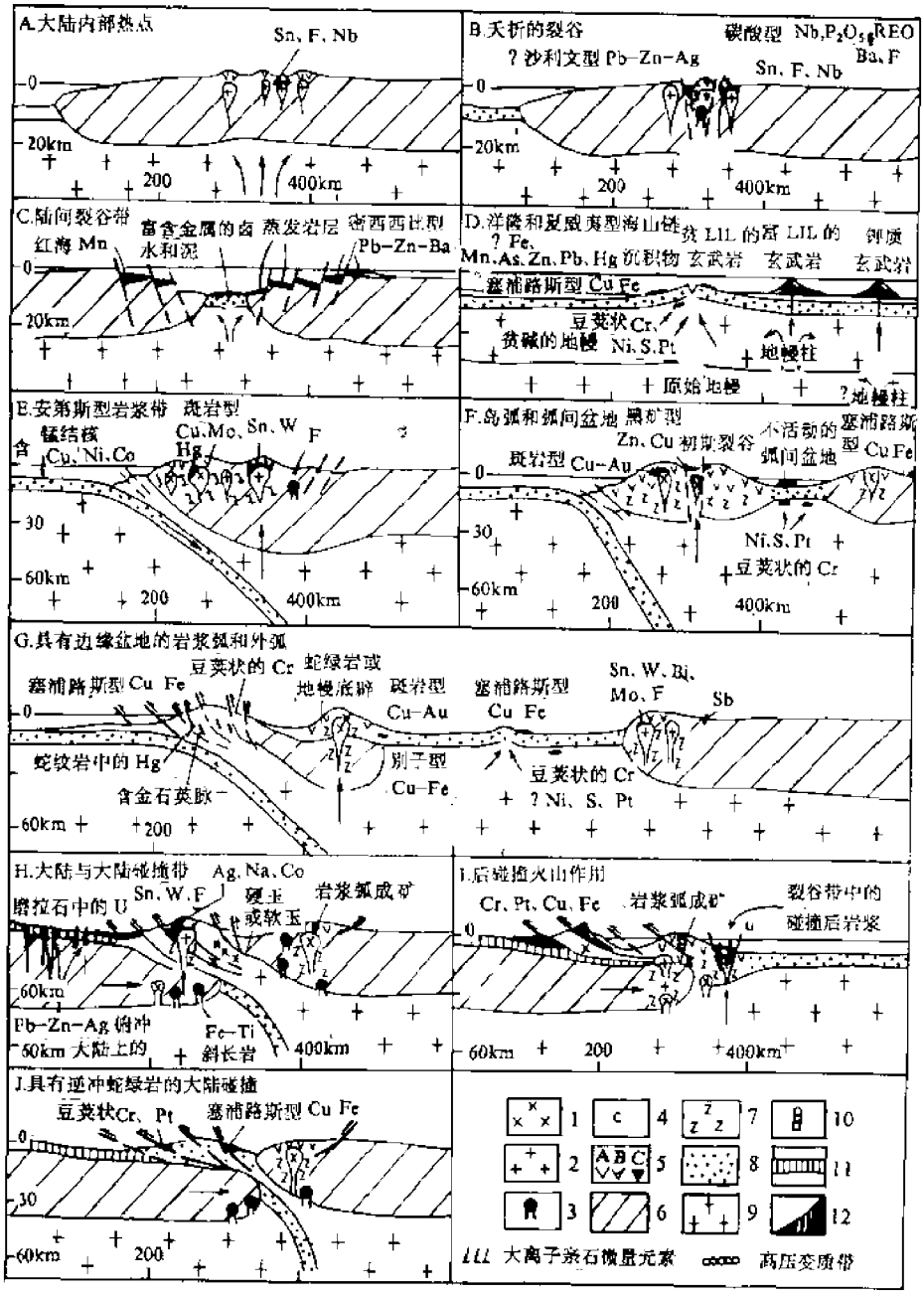


图 2—3　与板块边界有关的构造环境和共生矿产的示意剖面图

(据 Mitchell 和 Garson，1976)

1—英云闪长岩—花岗闪长岩；2—花岗岩—碱性花岗岩；3—不饱和碱性岩；4—碳酸岩；5—火山岩；6—陆壳；7—高压变质带；8—洋壳；9—上地幔；10—斜长岩；11—石灰岩；12—沉积岩

A—钙碱性岩、流纹岩；B—岛弧拉斑玄武岩；C—碱性玄武岩

4. 从系统论的角度出发，构造背景与成矿有关的各项参数要定量化，建立成矿构造背景模式，它要从构造类型、岩石组合、聚矿能力，时空延续，各项参数与成矿之间的关系确定建模内容，建立构造背景成矿系统模式，作为相似类比的对象，用于矿产勘查。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

成矿作用的构造背景的内涵是从全球构造的宏观环境着手，按构造单元级别由大到小的次序划分，在构造单元与成矿单元有机结合的前提下建立构造背景的成矿系统模式，用以指导矿产勘查。其外延属指导成矿预测的地质基础，达到从宏观环境着手逐步缩小矿产勘查面积，达到由面到点，面中求点，点面结合的目的，进而从已知到未知，最终预测和发现新矿床。在成矿预测的实际工作中遵循了以下的工作步骤：

A：地质基础的综合研究→建立成矿预测和评价准则→科学找矿（矿产勘查）；

B：综合研究已知矿床的内外部特征→矿床类型→标定成矿地质构造背景→建立地质构造背景成矿系统模式→阐明成矿规律。

综上所述，成矿作用的构造背景的识别和标定是成矿预测工作中的一项地质基础工作，对矿产勘查起直接的指导作用。为便于在矿产勘查中应用在此列出板块构造与成矿作用关系表（表 2—5A）及有关矿床的含矿地质建造（表 2—5B）。

表 2—5A　板块构造与成矿关系表

阶段	主要事件	沉积组合	岩浆活动	构造变动	变质作用	成矿作用	造山作用	现代实例
大陆裂谷阶段	地幔柱上涌，岩石圈穹起，变薄，陆内裂谷及陆间裂谷发育	类磨拉石沉积，红层-熔岩-蒸发岩（浊积岩）组合	A、A-TH①系列岩浆的喷发与侵入，双峰式火山岩及碱性岩浆岩	正断层为主的地堑、地垒等断块构造，伸展构造	热液蚀变作用	与裂谷岩浆活动有关的 Ni、Cr、V、Ti、Pt、金刚石、W、Sn、Nb 等；层控金属矿床及煤、油、盐类矿床	断块造山	东非裂谷与红海
洋底扩张阶段	大洋裂谷，大洋盆地，大陆边缘，被动及转换断层的发育	深海深积，大西洋型浊积岩，陆架沉积等	TH 系列岩浆喷发与侵入，蛇绿岩套形成	拉张的大洋裂谷，沿转换断层剪切，大陆边缘的挤压和古断裂重新活动	洋底变质作用	与蛇绿岩套有关的矿床，大陆边缘裂谷中的层控多金属矿床，大洋盆地深海铁锰结核等	洋中脊的洋底山脉，大陆边缘隆起的山系	大西洋
俯冲阶段	洋壳板块俯冲，洋内弧（陆缘弧）弧沟系发育，大洋盆地开始消亡	弧沟系的各种沉积作用，各种类型浊积岩广泛发育	与俯冲有关的岩浆活动，以 CA①系列岩浆为主的喷出和侵入	俯冲导致的强烈褶皱和断裂，以逆断层为主。出现混杂堆积，蛇绿岩套定位，及弧后拉张或挤压	双或单变质带	与俯冲岩浆活动有关的及层控的 Fe、Cu、Pb、Zn、W、Sn、Mo、Au、Sb、Hg 等金属矿床	俯冲造山	太平洋
大陆碰撞阶段	大陆碰撞，大洋消失，缝合带形成，山脉形成，有时有残留洋盆	边缘盆地中的浊积岩、磨拉石沉积	地壳重熔产生的花岗岩形成并侵位，蛇绿岩的构造侵位	强烈逆掩，大型推覆构造。多期变形，叠加褶皱	中压区域变质和混合岩化	与 S 型花岗岩有关的 Sn、W 矿床，边缘盆地中层控 Pb、Zn、Hg、Sb、Cu、U、V 矿床，蛇绿岩中的 Cr、ΣPt 矿床	碰撞造山	阿尔卑斯山-喜马拉雅山及东地中海、黑海、里海

①A—碱性系列，A-TH—碱性拉斑系列，CA—钙碱性系列。　　（据朱上庆、池三川，1992）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2—5B　板块构造边界与含矿建造关系表

大地构造环境			含矿地质建造	矿床成因	矿床类型	矿床实例
增生板块边界	克拉通内及其边缘裂谷或拗拉谷	裂谷早期阶段	砂页岩-白云岩建造	沉积-成岩	层状（浸染状）铜（Ag、Co）矿床	北欧曼斯菲尔德（二叠纪） 中非铜带（新元古代） 东川、易门（中元古代） 乌多坎（古元古代）
		裂谷晚期阶段	双峰式火山岩（玄武岩—流纹岩）建造	海底热液喷流沉积	火山岩容矿块状硫化物（Zn、Pb、Cu、Ag）矿床	巴瑟斯特（奥陶纪） 布罗肯希尔（古元古代）
			火山沉积岩建造	海底热液喷流沉积	层控铜铅锌金矿床 层控银铅锌矿床 层控铁铜矿床 层控铜钴矿床 层控铜锌硫矿床	阿尔泰（泥盆纪） 围山城（新元古代） 拉拉厂（中元古代） 中条山（中元古代） 西裘（中元古代）
			复理石-白云岩（夹凝灰岩）建造	海底热液喷流沉积 沉积-改造-热液叠加复成因	沉积物容矿块状硫化物（Pb、Zn、Ag及Cu、Zn和Pb、Zn、S）矿床	沙利文（新元古代） 芒特艾萨（中元古代） 麦克阿瑟河（中元古代） 托姆（奥陶—泥盆纪） 麦根（泥盆纪） 腊梅尔斯伯格（泥盆纪） 厂坝、凤太、柞水（泥盆纪） 霍各乞（中元古代） 东升庙、炭窑口（中元古代） 甲生盘（中元古代） 白云鄂博（中元古代）
			磨拉石建造	沉积-成岩	砾岩型金铀矿床	维特瓦特斯兰德（古元古代）
			玄武岩-蒸发岩建造	热卤水沉积	多金属软泥	红海海湖（全新世）
	大洋中脊及转换断层		拉斑玄武岩建造蛇绿岩建造	海底火山热液喷流沉积	块状硫化物及赭石矿床	东太平洋中脊 N21°（全新世） 特罗多斯（白垩纪） 纽芬兰（奥陶纪）
被动大陆边缘			条带状硅铁建造	喷流沉积-变质	苏必利尔湖型铁矿床	拉布拉多（古元古代） 哈默斯利
			碎屑岩-台地碳酸盐岩建造	海底热液喷流沉积-后生改造	层控铅锌矿床 层控硫铁矿矿床 层控锡多金属矿床	凡口、泗顶（泥盆纪） 大宝山、红岩、马口（泥盆纪） 丹池大厂、芒场（泥盆纪）
			碳酸盐岩建造	盆地热卤水	密西西比河谷型铅锌矿床	密西西比河（寒武—石炭纪） 派因帕特（泥盆纪） 花垣、滇东北（寒武—奥陶纪）
			黑色页岩-硅质岩-磷块岩建造	生物化学沉积	黑色页岩铀钒银矿床磷块岩矿床	鄂西、湘西（早寒武世） 德译（早寒武世）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

续表

大地构造环境			含矿地质建造	矿床成因	矿床类型	矿床实例
消亡板块边界	俯冲带及岛弧	外弧海沟	复理石-玄武岩建造 复理石-镁碳酸盐岩建造	火山热液（泉）沉积 热液充填交代	别技型块状硫化物矿床 石英脉型铜金矿床 热液汞锑矿床	别子（石炭纪） 金瓜石（新生代） 天山、加利福尼亚州（白垩纪）
		岩浆弧	流纹质火山碎屑岩建造	火山热液（泉）沉积	黑矿型块状硫化物（Cu、Pb、Zn、Au）矿床	北鹿、小坂（中新世） 卡普腾斯弗累特（志留纪）
		弧后引张边缘盆地	绿岩带长英质火山岩建造 细碧-角斑岩建造 绿岩带镁铁质-长英质火山岩建造	海底热液喷流沉积 变质热液 沉积-变质	火山岩容矿块状硫化物（Cu、Zn、Au）矿床 石英脉金矿床 层状金矿床 阿尔戈马型铁矿床	诺兰达、红透山（太古宙） 白银厂、锡铁山（奥陶纪） 辽、鲁、冀东（太古宙） 霍姆斯塔克（元古宙） 阿尔戈马，迁安（太古宙）
		弧后挤压克拉通盆地	红色碎屑岩-蒸发岩建造	沉积成岩盆地 热液改造 蒸发沉积	层控砂岩型铀矿床 层控砂岩型铜矿床 钾盐、膏盐矿床	怀俄明州（第三纪） 滇中（白垩纪） 泰国，兰坪—思茅（中、新生代）
		主弧（中等陡倾斜俯冲带之上）	浅成中酸性火山岩建造	天水热液	层控卡林型金银矿床	卡林（第三纪）
			层控矽卡岩建造	同生-后生接触交代叠加、改造	层控矽卡岩型铜、铁、金、硫矿床	铜陵、九瑞（印支—燕山期）
	碰冲带	缝合线	构造侵位蛇绿岩建造 残余海盆碳酸盐岩建造	海底热液喷流沉积 同生（?）-后生	块状硫化物矿床 阿尔卑斯型铅锌矿床	阿曼（白垩纪） 奥地利南斯拉大（三叠纪）
		缝后诱发的裂谷	磨拉石建造	深成热卤水与地下热液混合	层控砂岩型铅锌银矿床	金顶（第三纪）

（据朱上庆、池三川，1992）

第二节　海底硫化物系列

火山岩型层控块状硫化物矿床遍布全球，各个地质时代都有出现，最早的格陵兰的埃索亚（Isua）为绝对年龄为37亿年的上地壳岩石中，西澳大利亚皮尔巴拉地块火山岩中的这类矿床的绝对年龄达34亿年；最年轻的是赋存在太平洋底洋脊裂谷系统中的现代活动着的“黑烟室”。目前全世界已发现有500个左右，它们以铜、锌为主，伴有相当数量的铅、

地信网论坛
BBS.3S001.COM

银、金、硒、锡、铋等。据 J. M. Franklin 等专家[1]的估计铜达 3.6×10^7t、锌达 2.2×10^7t、银达 6.3×10^{10}g、金达 2.2×10^9g。因此这类矿床有较大的经济效益。

火山岩型块状硫化物矿床是一般的“块状硫化物”矿床中的一个重要亚类。这类矿床是指受一定层位控制，硫化物矿物含量在 60%以上，并部分呈层状聚集的矿床。层状部分可以全部由硫化物组成，但许多矿床的成分与岩层底板不整合的脉型硫化物矿化—细脉带的矿物成分实质上是相同的。通常该类矿床的围岩是火山岩、泥质-半泥质岩，矿床中矿物几乎都是以铁的硫化物为主，其中的闪锌矿、黄铜矿、方铅矿中的一种或几种矿物为主要有用矿物。

按成矿地质环境，块状硫化物矿床可分为：①火山型；②沉积型；③火山-沉积混合型。按矿物成分则分为：①铜-锌型矿床，主要赋存在火山岩中，国外时代为太古宙，我国在元古宙或更新时代也有产出；②铅-锌-铜-银型矿床，产在火山岩和火山-沉积混合岩层中，以元古宙以后的岩石为主；③含铜黄铁矿型矿床，主要与镁铁质和超镁铁质火山岩共生，时代主要为显生宙。其中的铜-锌矿床又称海底火山喷发型矿床，已知的我国白银厂、阿舍勒等矿床属于此类；加拿大的米林巴奇（前寒武系）、马塔加米（前寒武系）、诺兰达（前寒武系）均属此类，我国四川的呷村矿床属铅锌铜银类矿床，日本的黑矿是这类矿床的典型；含铜黄铁矿型又称塞浦路斯型（这是狭意的称呼），严格地说，应称伴生在蛇绿岩套中的块状硫化物矿床。为阐明这类矿床的成矿地质背景，分别用矿床实例和典型模式来说明。

块状硫化物矿床是由火山-喷流作用在洋底或接近洋底的构造区内形成，较为有利的地区是洋隆至火山岛弧，尚可进入深海沟或叠瓦状沉积物楔状体中（图 2—4），有的可以在靠近海底火山-地热活动中心（称作喷流中心）的地方形成，划入近侧的一类；另一些经海水搬运沉积到远离中心的位置，称为远侧的或喷流-沉积的（图 2—4A、C），在不同的构造背景上赋存有不同类型的矿床。在火山弧范围内赋存有黑矿和海底火山喷发型矿床；在弧间海槽形成别子型（与塞浦路斯型相似）和豆荚状铬铁矿床；在外弧和大洋赋存有塞浦路斯型黄铁矿型铜矿床（图 2—4B）。在火山弧范围内的火山口深部可能潜埋着斑岩铜钼矿床和接触交代型铁矿床。据上可知，图 2—4 展示了一个不同亚类的块状硫化物矿床的完整的构造背景，构造环境与硫化物矿床分类见表 2—6。并用实例予以说明。

一、海底火山喷发型块状硫化物矿床

我国的白银厂、阿舍勒铜锌矿床属此亚类。白银厂铜多金属矿床赋存在北祁连加里东海-弧-盆体系的火山岩活动带上（岛弧带），统称石青硐-白银厂铜多金属成矿带（见图 2—5）。在中奥陶板块俯冲岛弧背景上发育的早期地质建造属细碧角斑岩建造；中期属碱性玄武岩建造；晚期为安山岩建造（局部）。在矿田范围内按成矿元素划分出：①黄铁矿型铜矿，以折腰山和火焰山两矿床最典型；②黄铁矿型多金属矿床，以小铁山、四个圈和铜厂沟最典型。根据成矿地质条件，建立了白银厂式黄铁矿型矿田地质模式（图 2—6）。加里东早期旋回中的第Ⅰ喷发-沉积旋回的酸性、中酸性喷发同质次火山强侵入活动（$Ⅰ_4$）形成一套石英角斑岩、角斑岩及同质凝灰熔岩，凝灰岩、夹少量细碧岩和千枚岩、板岩夹层的岩石组合，属弧后引张环境的长英质次火山岩建造中的原始型 Zn-Cu-Pb-Ag 矿床，属火山喷流

[1] 见金属矿床成矿理论及找矿方法，美国“经济地质”杂志创刊 75 周年，论文集摘编，P. 85—114，冶金工业部北京冶金地质研究所，1983.11。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

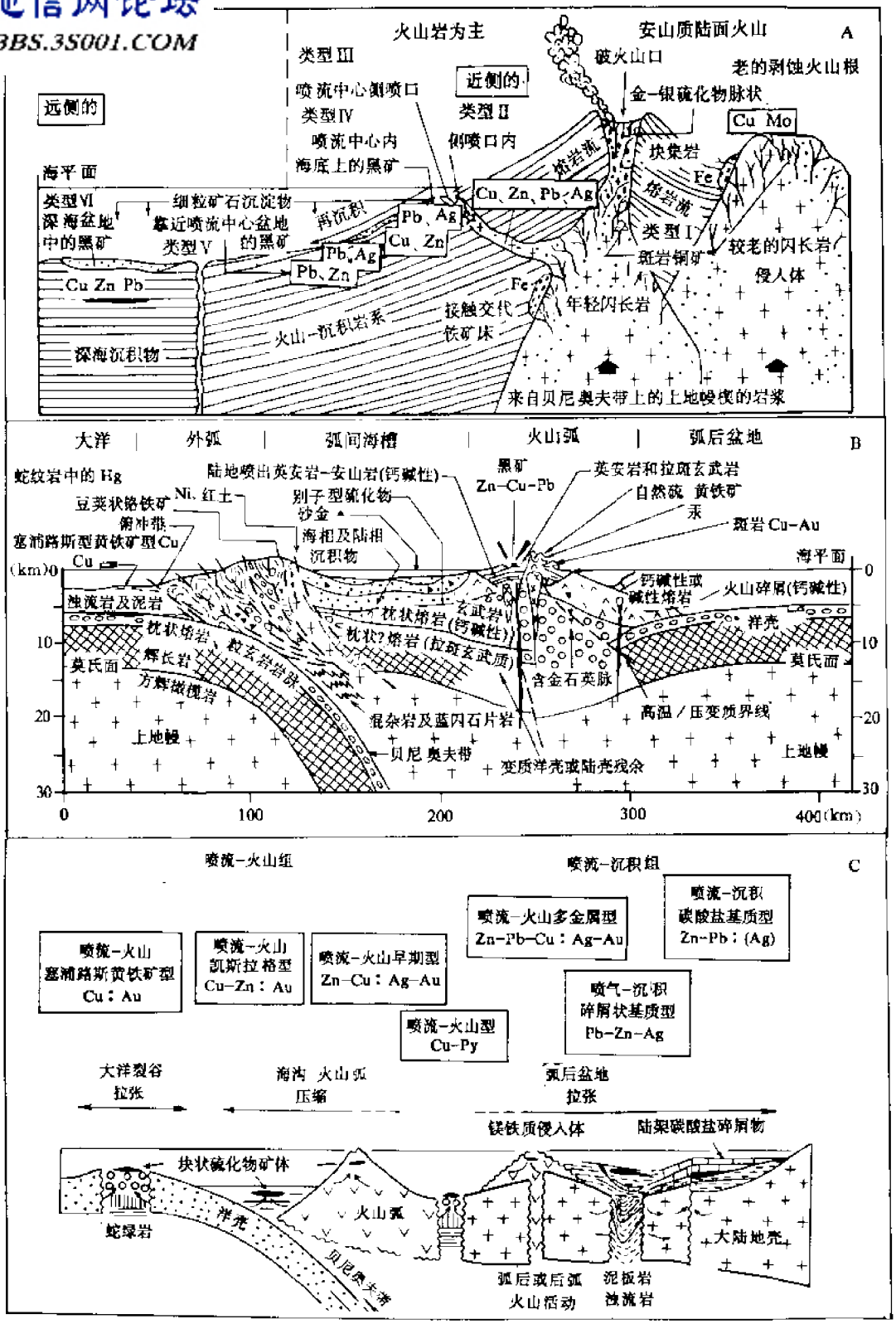


图 2-4 海底硫化物系列成矿地质构造背景图

(据 C. S. Hutchison，1983，1986)

A—火山岛弧横剖面的示意图，表示黑矿矿床系列与斑岩铜矿床系列之间的关系（据 Colley，1976）；

B—岛弧消亡板块边缘的示意横剖面，表示矿床沉积作用的可能位置（据 Garson 和 Mitchell，1977）；

C—不同类型块状硫化物矿床与板块构造关系图（据 C. S. Hutchison，1986，略加修改）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2—6　构造环境与硫化矿床分类表

大地构造背景		类　型		实　例
一般条件	板块构造环境			
大规模沉降，挤压	在消亡板块边缘上的俯冲、岛弧	Ⅰ. 火山-喷流成因类	1. 原始型 Zn-Cu；Ag-Au	诺兰达、基德克里克、杰罗姆、弗林弗隆、克兰多、西沙斯塔
沉降，区域性挤压，局部有张裂	弧后或岛弧期后扩张，消亡板块边缘上的地壳裂谷作用		2. 多金属型 Zn-Pb-Cu Ag-Au	普雷斯科特、肖德贝里、芒特艾萨、新不伦瑞克、东沙斯洛、伊比利亚
小规模沉降，张裂	在增生板块边缘上的大洋裂谷作用		3. 含铜黄铁矿型 Cu；Au	纽芬兰、塞浦路斯、土耳其、阿曼
大规模沉降，挤压	弧前海槽或海沟		4. 铜-锌黄铁矿型 Cu-Zn；Au	西南非洲马切利斯-奥奇哈斯、田纳西州达克汤、日本别枝、不列颠哥伦比亚省“金川”、凯斯拉格
大规模沉降。张裂，裂谷作用	大陆裂谷上的分离，堑沟或海沟	Ⅱ. 喷流-沉积成因类	5. 碎屑岩型 Pb-Zn；（Ag）	沙利文、布罗肯希尔、麦克阿瑟河、安维尔、麦根、腊梅尔斯伯格、霍华兹山口
小规模沉降，张裂	陆架；局部断层控制的盆地		6. 碳酸盐岩型 Zn-Pb；（Ag）	巴尔马特、爱尔兰纳儿、“银矿山”、蒂纳

（据哈钦森 1986 年资料，由朱上庆、池三川修编）

成因。

成矿主元素以 Cu、Zn、Pb 为主，重要的矿石类型有块状含铜黄铁矿、块状黄铁矿、块状含金银铜铅锌矿、网脉状铜矿、浸染状铜矿、浸染状铜铅锌矿等。矿化蚀变有硅化、绢云母化、绿泥石化、黄铁矿化、重晶石化、绿帘石化等，蚀变强烈而分带明显。据此可划分出以下几个成矿阶段：

1. 硅酸盐期（热液蚀变期），石英-绢云母-绿泥石；

2. 黄铁矿期，黄铁矿（白铁矿）-（黄铜矿-闪锌矿）；

3. 多金属期：

3—1：黄铜矿阶段，黄铜矿-（闪锌矿、黄铁矿）-（毒砂、磁铁矿、磁黄铁矿、砷黝铜矿、方铅矿）；

3—2：a：黄铜矿-闪锌矿-方铅矿-（黄铁矿、砷黝铜矿）；

b：毒砂-砷黝铜矿-方铅矿-闪锌矿；

c：石英碳酸盐脉型黄铜矿-闪锌矿-方铅矿。

矿床成因属海底火山喷发有关的块状硫化物矿床。次火山侵入的岩浆期后热液对成矿

地信网论坛
BBS.3S001.COM

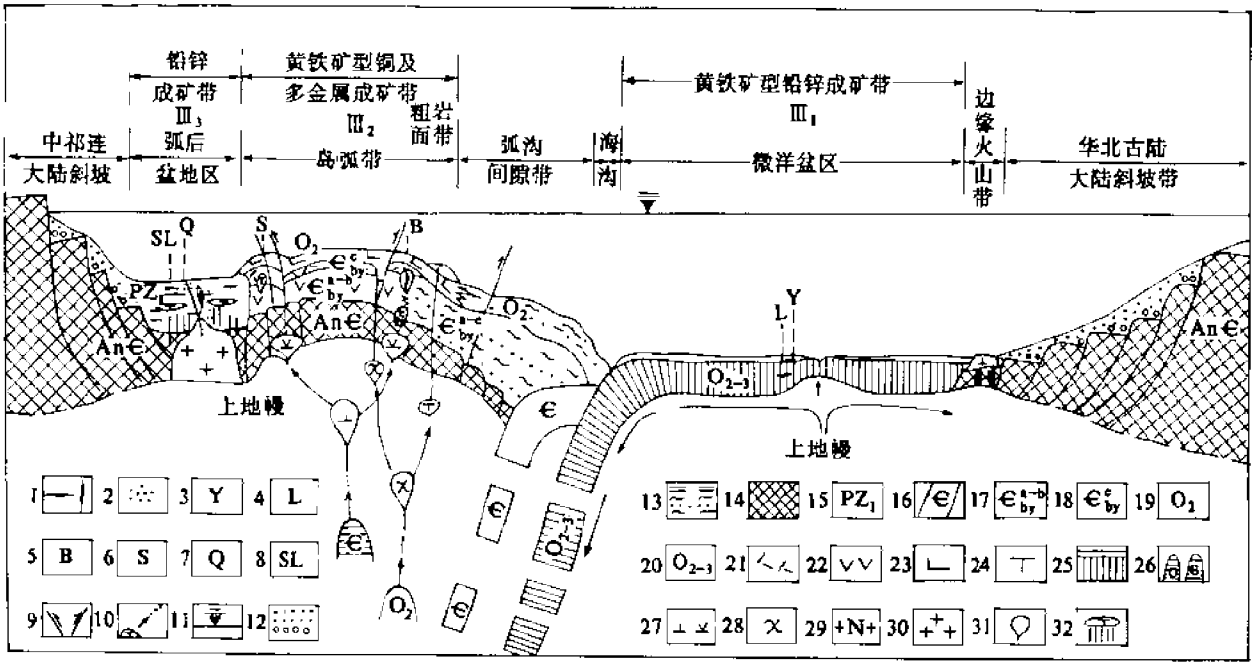


图 2—5　北祁连石青硐—银硐沟地区黄铁矿型矿床、区域成矿模式图（加里东早—中期）

（甘肃省地矿局任丰寿、黄建清等，1990）

1—黄铁矿型矿床及铅锌矿床；2—浸染状脉状矿床；3—银硐沟铜锌矿床；4—老虎山铜锌矿床；5—白银厂铜及多金属矿床；6—石青硐多金属矿床；7—铅硐子铅矿床；8—沙利文型铅锌矿床（推测）；9—盖层中的扭裂带；10—岩浆演化及上升方向；11—海水面；12—陆源碎屑建造；13—硬砂质建造；14—前寒武系陆壳；15—下古生界；16—寒武纪洋壳；17—寒武系白银厂群第一、二岩组；18—寒武系白银厂群第三岩组；19—中奥陶统中堡群；20—中—上奥陶统银硐沟群；21—角斑岩-石英角斑岩层；22—细碧玢岩 角斑岩层，上部为副岩系；23—钾细碧岩 细碧玢岩层；24—粗面岩；25—洋壳（蛇绿岩型建造）；26—∈（左）、O_2（右）深部“源岩浆”；27—安山岩浆（左）、角斑岩浆（右）；28—钾细碧玢岩岩浆；29—钠长花岗岩；30—花岗岩；31—次石英角斑杂岩体；32—玄武岩及脉岩群

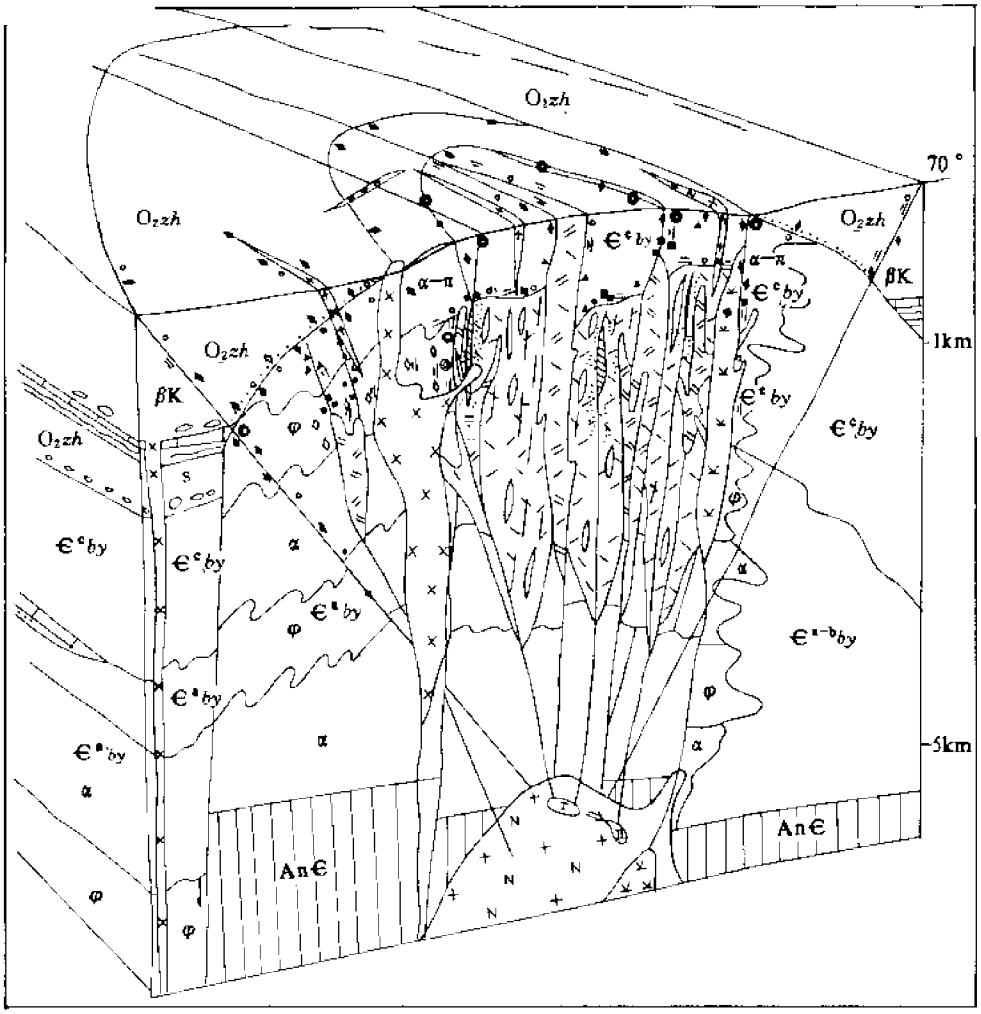
有决定作用。

二、铅锌铜银型矿床

该类又称黑矿，它赋存在岩浆弧范围内，而公认为是标准的以火山岩为主岩的块状硫化物矿床。日本的黑矿是这类矿床产出地质位置的标准模式，其它地区均可以与之对比。在日本的北陆盆地的黑矿赋存在绿凝灰岩带中，在构造上属中新世断陷盆地，由厚达 3000 余米的火山岩和沉积岩组成。火山作用最强烈是早中新世，然后由强变弱，并由安山质变为长英质，到更新世，火山作用变得非常微弱。黑矿床的形成时间极短，在中中新世西九阶的上部，仅约 13Ma 左右。这段时期正是日本的岩浆弧还处在深海之中，当时的喷发作用极为强烈，至晚中新世前开始出露海面。矿床的有用成矿元素为 Cu、Pb、Zn、Au、Cu 的平均品位达 1.3%—7.0%，Pb 为 5.0%—27%，Zn 达 12.3%—40%，Au 为 $(0.7—8.2)\times10^{-5}$。矿体底板向下为品位较低的硅质网脉矿化地段，有用成分的品位降低。

矿床具体形成有不同的看法。但一般都认为：其岩石是俯冲作用生成的岩系，在深海盆地中形成，可能是海底破火山口崩塌的地堑中形成的矿床。在构造上相似于消亡板块边缘上的地壳裂谷有关的地堑。成矿作用是由流纹岩穹隆翼部蒸气爆炸后出现的海底热泉活

地信网论坛
BBS.3S001.COM



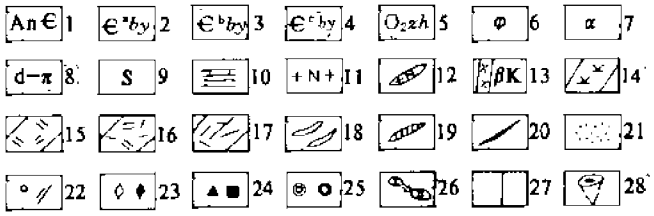


图 2—6　白银厂式黄铁矿型矿田地质模式图

（来源同图 2—5）

1—前寒武系陆壳微断块；2—寒武系白银厂群第一岩组；3—寒武系白银厂群第二岩组；4—寒武系白银厂群第三岩组；5—中奥陶统中堡群；6—细碧玢岩质火山岩（熔岩、凝灰岩，下同），顶部夹千枚岩；7—角斑质火山岩；8—角斑岩-石英角斑岩，顶部夹硅质岩（局部含炭、锰）；9—硬砂岩、千枚岩；10—结晶灰岩、千枚岩；11—钠长花岗岩体；12—钠长花岗岩脉；13—次细碧岩（左）、钾细碧岩（右）；14—次角斑岩；15—晚期次石英角斑岩；16—第二期次石英角斑岩；17—第一期次石英角斑岩（片理化）；18—围岩捕虏体；19—块状黄铁矿型铜矿；20—块状黄铁矿型多金属矿；21—浸染状矿体；22—硅化（左）、绢云母化（右）；23—方解石化（左）、铁白云石化（右）；24—磁性铁锰矿化（左）、浸染状黄铁矿化（右）；25—包壳状绿泥石化（左）、黑硬绿泥石化（右）；26—岩浆热液源Ⅰ；早期热液源（Fe-Cu）Ⅰ；晚期热液源（Zn-Pb-Cu-Fe），箭头示迁移方向；27—多次活动的基底断裂；28—锥形断裂

注：①本图未按比例绘制；②图右深度数字是近似的

地信网论坛
BBS.3S001.COM

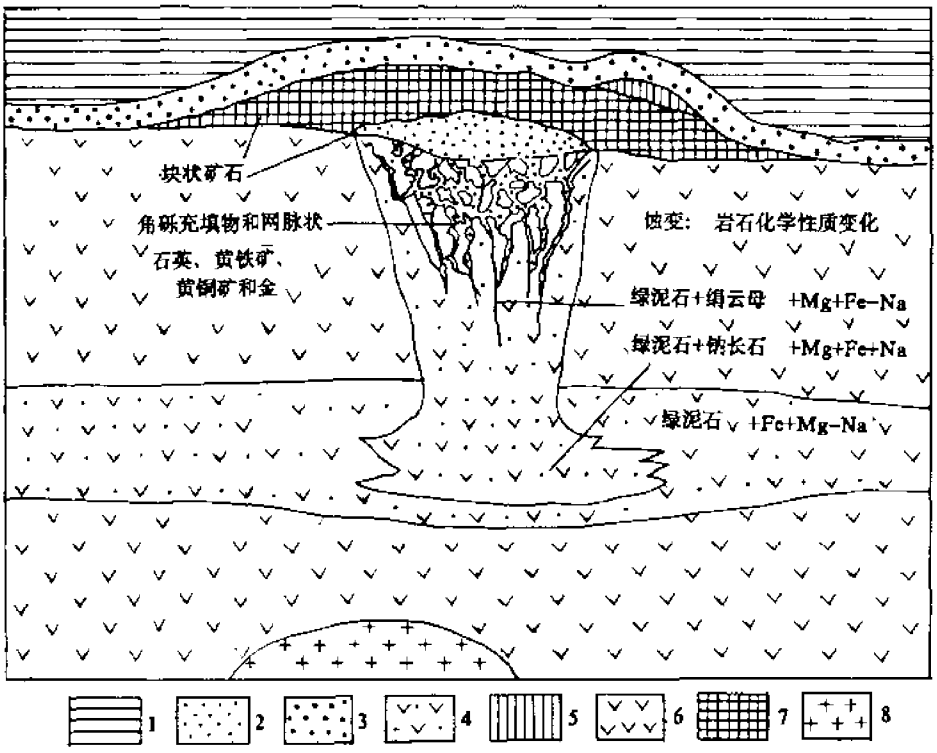


图 2—7　黑矿型块状硫化物矿床的成矿模式

（据 Franklin 等，1961 年修改）

1—泥岩或凝灰岩；2—黄色矿石：黄铁矿＋黄铜矿＋石英±闪锌矿±磁铁矿；3—煤石，长英岩＋黄铁矿＋沸石±粘土±碳酸盐±赤铁矿；4—蚀变火山岩；5—重晶石；6—未蚀变海相长英质-中性火山岩；7—黑色矿石：黄铁矿＋闪锌矿±黄铜矿±方铅矿±重晶石±磁黄铁矿±石英；8—岩浆层

动的成矿阶段，据此建立了黑矿型块状硫化物矿床的成矿模式（图 2—7、8）。

我国在四川呷村发现的 Zn-Pb-Cu 矿床，属黑矿型块状硫化物矿床，位于德格—乡城—中甸晚三叠世古岛弧的主弧带上，属昌台火山-沉积盆地。在中—新生代，区内经历了陆间碰撞改造，形成目前为一般人认可的“岛弧碰撞带”。

在昌台火山-沉积盆地中，上三叠统自下而上分为根隆组、呷村组和勉戈组，相应出现三个火山旋回（图 2—9）。成矿作用发生在每个火山旋回末期。在根隆旋回，由基性向酸性演化过程中，形成措阿郎巴等矿床，组成铜矿带；呷村旋回的流纹质火山岩喷发末期形成

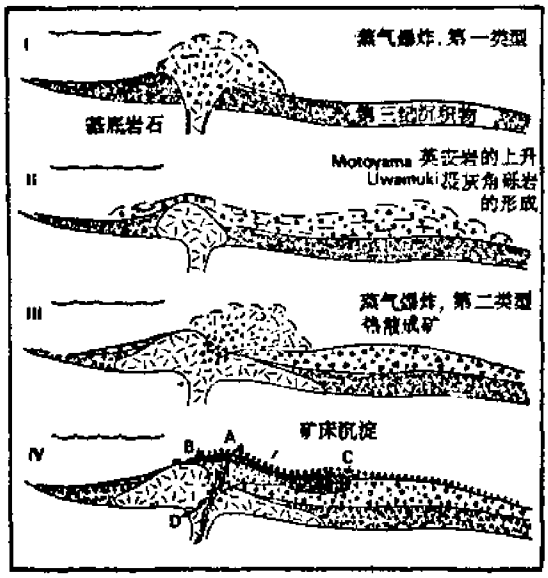


图 2—8　黑矿型块状硫化物矿床成矿作用过程阶段示意图

（据 Horikoshi，1969）

A—中间的赤铁矿、石英和黄铁矿层；B—沉积硫化物矿石；C—石膏矿石；D—网脉和裂隙充填矿脉以及交代火山岩的矿石

地信网论坛
BBS.3S001.COM

统	组	段	代号	柱状图	厚度(m)	岩性特征	火山旋回
上三叠统	勉戈组	第二段	T_3m^2		1174	深灰色绢云母千枚岩、绢云母绿泥千枚状板岩、灰黑色板岩与中细粒岩屑石英砂岩不等厚互层，含 *Pergamidia* sp., *Cassianella* sp., *Trigonodus* sp., *Halobia* sp., *Avicula* sp.	Ⅲ
		第一段	T_3m^1		841	钾质流纹质熔凝灰岩，夹少量钾玄岩，次流纹岩侵入体；底部砾岩、硅板岩及流纹质凝灰岩，夹玄武岩	
	呷村组	第三段	T_3ga^3		100 200	黑色板岩、钙质板岩、千枚岩，夹含生物碎屑结核，含 *Pergamidia* sp., *Halobia* sp., *Unionites* sp., *Modiolus* sp., *Lopha* sp.	Ⅱ
		第二段	T_3ga^2		1000 ~ 2000	上部：斜长流纹岩、凝灰岩 中部：钾化流纹岩、凝灰岩(含矿层)，夹火山角砾岩 下部：角闪石英安山岩-石英安山岩为主(顶部偏酸性)	
		第一段	T_3ga^1		368	黑色板岩、粉砂岩、块状砂岩，含 *Halobia* sp., *Modiolus* sp.	
	波隆组	第三段	T_3g^3		1127	顶部：橄榄粗斑岩 上部：酸性熔结凝灰岩、熔结角砾岩，夹灰岩透镜体 中部：安山岩 下部：斜斑橄榄粗玄岩为主夹少量流纹岩	Ⅰ
		第二段	T_3g^2		3349	中上部：灰色板岩、钙质板岩，夹砂岩；顶部中厚层细晶灰岩，含 *Halobia* sp. 下部：黑灰色条带状板岩、钙质板岩、粉砂岩	
		第一段	T_3g^1		675	中上部：玄武岩、玄武质凝灰岩与流纹岩、流纹质熔结凝灰岩构成双峰式，夹灰岩透镜体 下部：砂板岩夹灰岩	

图 2—9 昌台-火山沉积盆地地层和火山岩岩性与矿化关系图[C1]

(据胡世华等，1989)

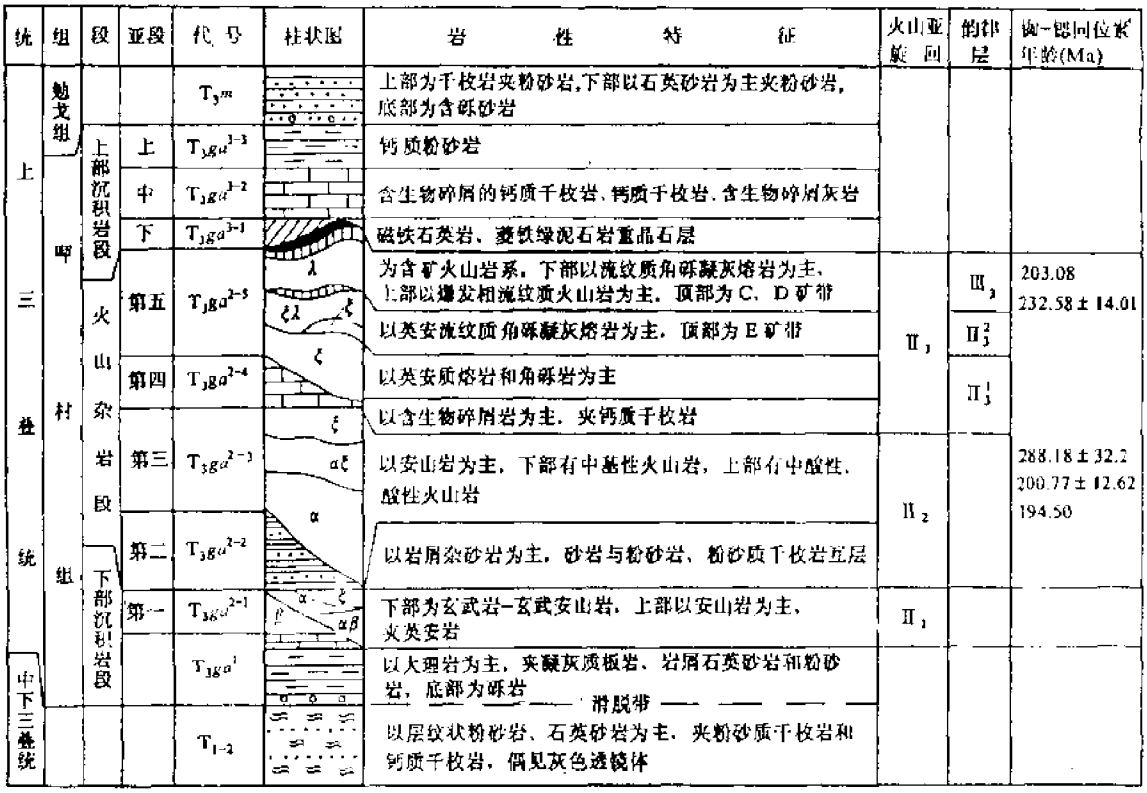
呷村矿床；勉戈旋回的流纹质火山活动末期出现汞矿化。

呷村矿床赋存在昌台火山-沉积盆地的呷村次级火山-沉积盆地中部，呈椭圆形，主要含矿层位的呷村组甚为发育，分为三个岩性段，赋矿的具体层位见图 2—10。

按火山喷发亚旋回及矿体分布特征，可分为 A、B、C、D、E 五个矿带，共 21 层矿(图 2—11、12)，A、B 矿带位于矿东侧的倒转背斜中；C、D、E 矿带位于背斜中部。

A 矿带中，Cu+Pb+Zn 达 18.48%，Ag 为 155.08×10^{-6}；Au 仅 0.41×10^{-6}；B 矿带中，Cu+Pb+Zn 达 9.5%，Ag 达 225.96×10^{-6}，Au 仅 0.49×10^{-6}；C 矿带中，Cu+Pb

地信网论坛
BBS.3S001.COM



统	组	段	亚段	代号	柱状图	岩性特征	火山亚旋回	韵律层	锶-锶同位素年龄(Ma)
上三叠统	勉戈组			T_3m		上部为千枚岩夹粉砂岩，下部以石英砂岩为主夹粉砂岩，底部为含砾砂岩			
	呷村组	上部沉积岩段	上	T_3ga^{3-3}		钙质粉砂岩			
			中	T_3ga^{3-2}		含生物碎屑的钙质千枚岩、钙质千枚岩，含生物碎屑灰岩			
			下	T_3ga^{3-1}		磁铁石英岩、菱铁绿泥石岩重晶石层			
		火山杂岩段	第五	T_3ga^{2-5}	λ ξλ ξ ξ	为含矿火山岩系，下部以流纹质角砾凝灰熔岩为主，上部以爆发相流纹质火山岩为主，顶部为C、D矿带 以英安流纹质角砾凝灰熔岩为主，顶部为E矿带	Ⅱ_3	Ⅲ_3 Ⅱ_3^2	203.08 232.58±14.01
			第四	T_3ga^{2-4}	ξ	以英安质熔岩和角砾岩为主 以含生物碎屑岩为主，夹钙质千枚岩		Ⅱ_3^1	
			第三	T_3ga^{2-3}	ξ αξ	以安山岩为主，下部有中基性火山岩，上部有中酸性、酸性火山岩	Ⅱ_2		288.18±32.2 200.77±12.62 194.50
			第二	T_3ga^{2-2}	α	以岩屑杂砂岩为主，砂岩与粉砂岩、粉砂质千枚岩互层			
		下部沉积岩段	第一	T_3ga^{2-1}	α ξ β αβ	下部为玄武岩-玄武安山岩，上部以安山岩为主，夹英安岩	Ⅱ_1		
				T_3ga^1		以大理岩为主，夹凝灰质板岩、岩屑石英砂岩和粉砂岩，底部为砾岩 滑脱带			
中下三叠统				T_{1-2}		以层纹状粉砂岩、石英砂岩为主，夹粉砂质千枚岩和钙质千枚岩，偶见灰色透镜体			

图 2—10　呷村火山-沉积盆地火山旋回及韵律层划分图[11]

（据徐明基等，1990）

+Zn 达 5.78%，Ag 为 82.7×10^{-6}，

Au 仅 0.19×10^{-6}；D 和 E 矿带的品位均低各矿带在成矿过程中的相对位置见图 2 -13。

对矿床的特征和成矿机理研究后，构置了呷村矿床的成矿模式（图 2—14）。

呷村矿床从成矿地质构造背景与矿床地质特征来看与日本的黑矿甚为相似。该矿床赋存在甘孜—理塘俯冲带的岛弧火山岩带中（见图 2—15），在德格—乡城成矿带中已知的呷村（Cu、Pb、Zn、Ag、Au、$BaSO_4$ 组合）、嘎依穷（Cu、Pb、Zn、Ag）、孔马士（Hg）三个同一成因不同元素组合之间关系图解及其与印支期中—酸性火山、次火山岩的关系见图 2—16。

呷村矿床类似日本黑矿，其成矿地质特征和成矿机理对比见表（2—7、8）。据此可知，呷村矿床与日本黑矿一样，属海底火山-喷流成因的多金属型块状硫化矿床（Zn-Pb-Cu-Ag）。

三、蛇绿岩套中的塞浦路斯型矿床

塞浦路斯型矿床属含铜黄铁矿型矿床，基本不含铅，只含少量锌，含金量比其它类型的块状硫化物高。主要矿物是黄铜矿、闪锌矿、黄铁矿。该类矿床一般是在海底由火山喷气活动形成的，它与海底环境下喷发的钙碱性长英质火山碎屑岩有密切的联系，属板块俯冲带的岛弧喷发岩组合的产物。塞浦路斯型矿床则赋存在绿岩带相伴的钙碱性安山岩和流

地信网论坛
BBS.3S001.COM

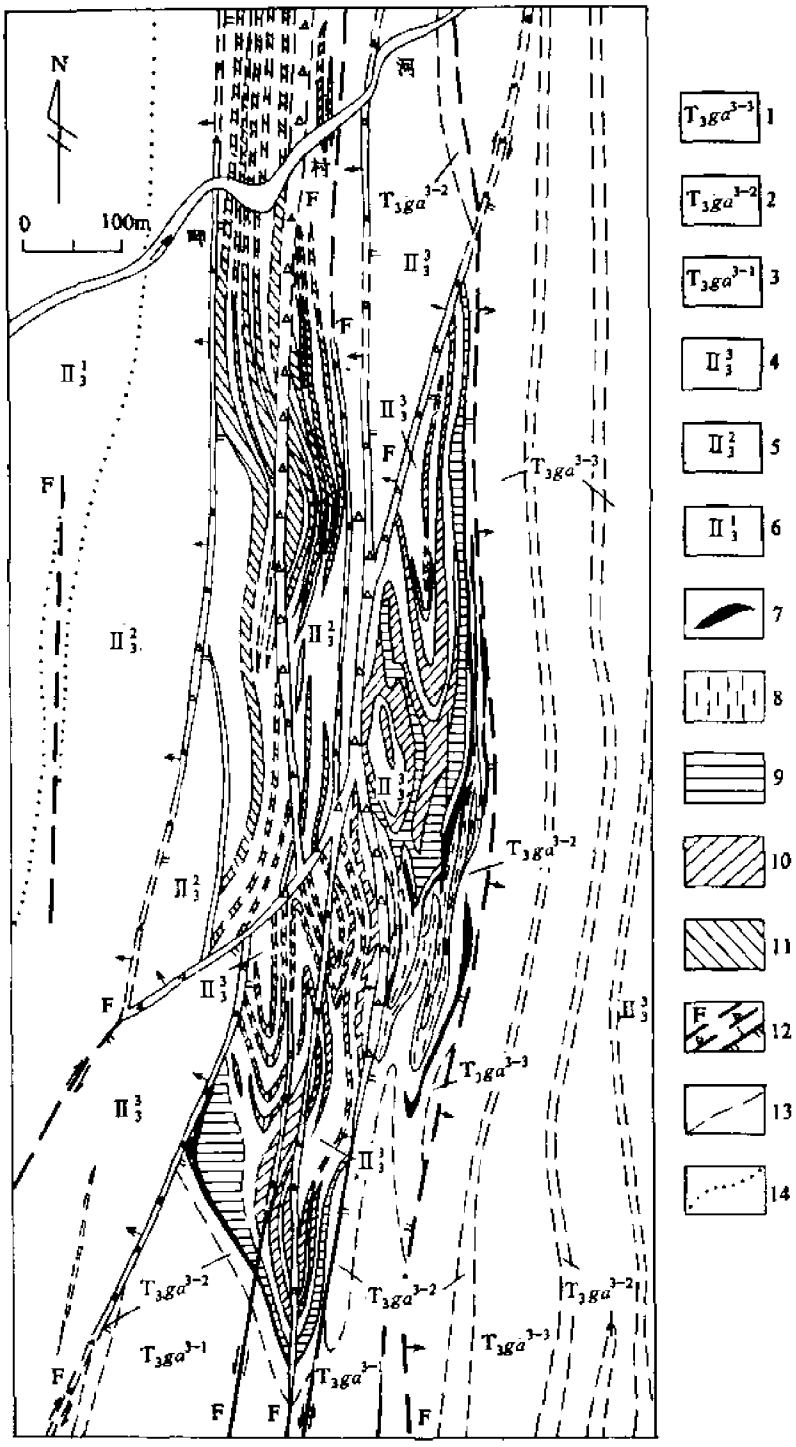


图 2—11　四川呷村矿床地质图[1]

（据四川省地质矿产局 108 地质队，1990 年资料简化）

1—3—上三叠统呷村第三岩性段；1—第三亚段；2—第二亚段；3—第一亚段；4—6—呷村火山旋回第三旋回；4—第三韵律层；5—第二韵律层；6—第一韵律层；7—块状硫化矿层；8—块状重晶石矿层；9—C 矿带矿层；10—D 矿带矿层；11—E 矿带矿层；12—断层和破碎带；13—实测和推测地质界线；14—岩相界线

地信网论坛
BBS.3S001.COM

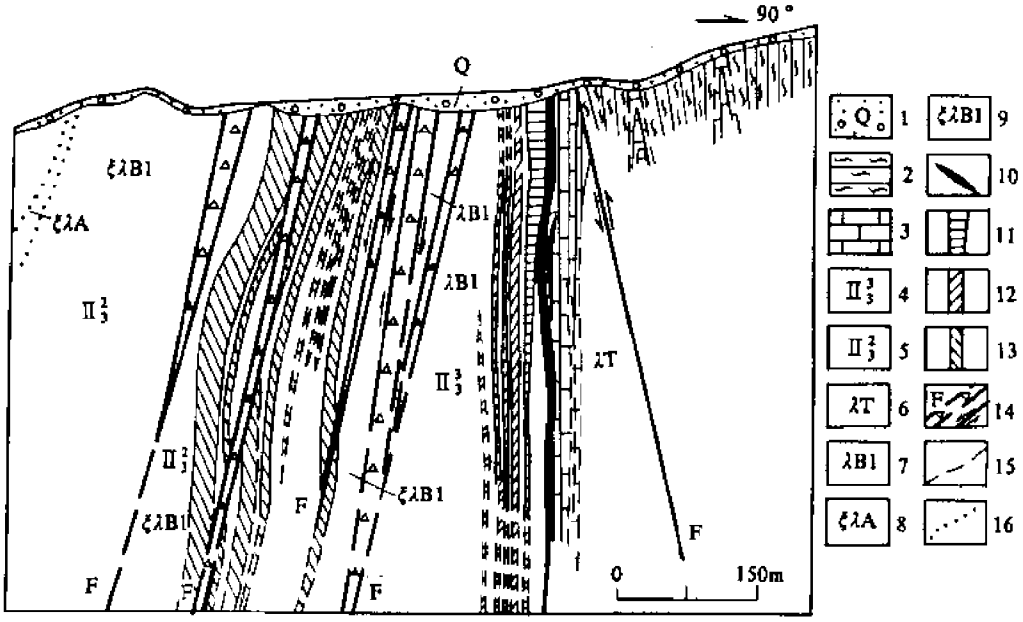


图 2—12　四川呷村矿床 12 线地质剖面图

（引自四川省地质矿产局 108 地质队，1990 年资料）

1—第四系；2—3—上三叠统呷村组第三段：2—第三亚段；3—第二亚段；4—5—呷村火山旋回第三亚旋回：4—第三韵律层；5—第二韵律层；6—流纹质凝灰岩；7—流纹质角砾熔岩；8—英安流纹质集块岩；9—英安流纹质角砾熔岩；10—块状硫化矿层；11—C 矿带矿层；12—D 矿带矿层；13—E 矿带矿层；14—断层和破碎带；15—实测和推测地质界线；16—岩相界线

纹质火山岩中。

在塞浦路斯的特罗多斯火成杂岩体周围的特罗多斯枕状熔岩中已发现有 15 个矿体（图 2—17），呈不规则的狭长状矿体产在上、下部枕状熔岩的接触面上（图 2—18），少数赋存在枕状熔岩建造中，一般分为三个带（图 2—19）：带 1 为富铁的硅质泥岩和硫化物的氧化带；带 2 分为砂质矿石和块状硫化物矿石两部分；带 3 为网脉状和浸染状黄铁矿带，属最早的原始熔岩部分（海底界面）。

矿体规模从 15000—15000000t（矿石）之间，含铜由 0.2%—4%，含锌达 8.5%左右，尚含有 Au 和 Ag。

成矿作用一般认为属火山喷气-热液沉积矿床。成矿地质环境属海底扩张中心及其附近的蛇绿岩套的洋脊构造单元。

我国的塞浦路斯型矿床至今发现甚少，在新疆西准噶尔的达尔布特蛇绿岩带中发现了这类矿床的矿化。青海的托来山-门源-静宁复向斜构造-火山岩带中发现的红沟铜矿认为属蛇绿岩型火山岩[2]，时代为晚奥陶世蛇绿岩套，划归细碧岩-角斑岩-石英角斑岩组合，属钙碱性系列和拉斑玄武岩系列，在构造上为岛弧环境。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

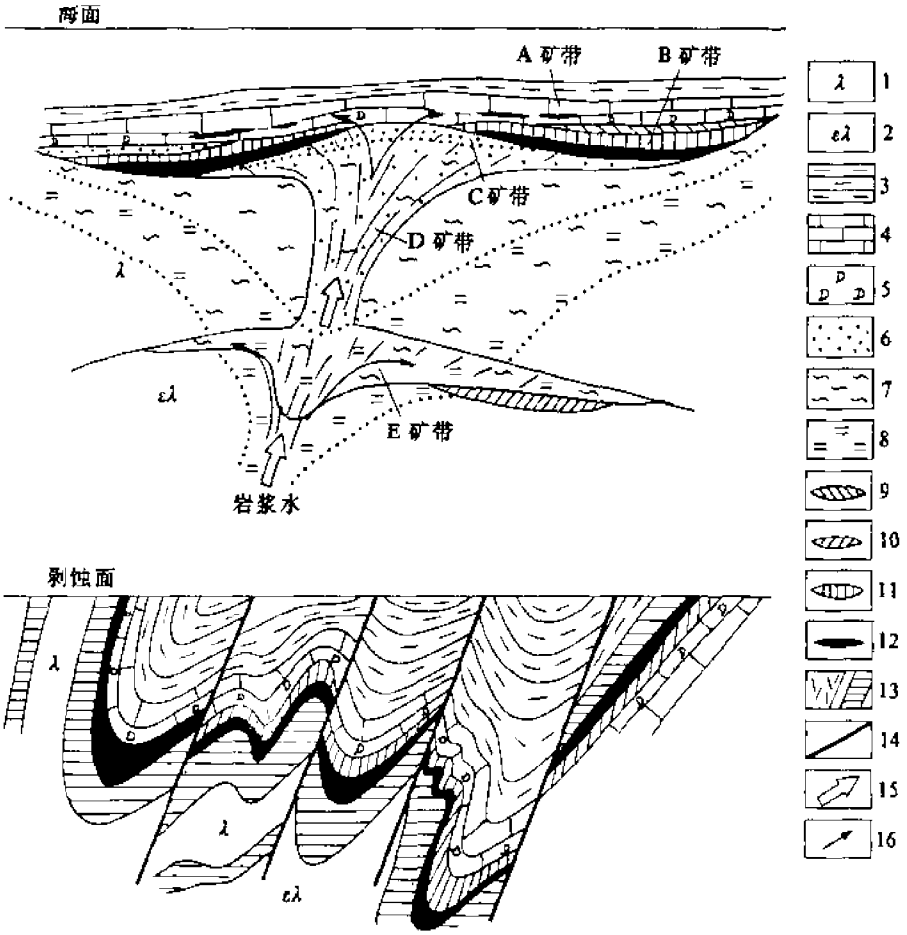


图 2—13　甲村矿床成矿过程及矿带相对位置图

（据叶庆同、胡云中、杨岳清等修改，1992）

1—流纹质火山岩；2—英安流纹质火山岩；3—板岩；4—灰岩；5—白云石化；6—硅化；7—绢云母化；8—绿泥石化；9—磁铁石英岩；10— 黄铁矿体；11—重晶石矿体；12—块状硫化矿体；13—脉状、网脉状矿体；14—断层；15—岩浆水运动方向；16—下渗海水运动方向

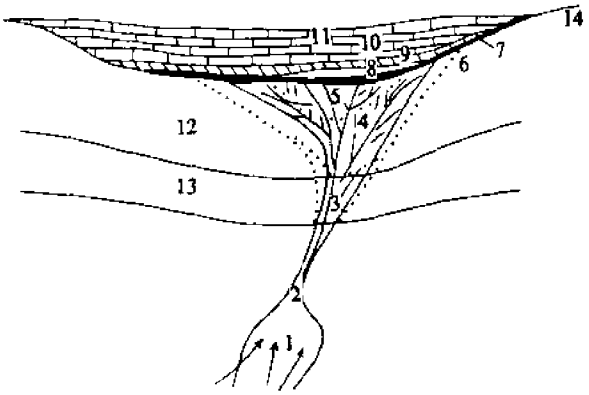


图 2—14　理想成矿模式图

（据段克勤、杨本锡、徐明基）

1—物源（金属、硫、水）；2—喷流通道；3—绿泥石绢英岩化带；4—脉状矿-绢英岩化带；5—网脉矿-石英钡冰长石化带；6—冷凝界面；7—块状硫化矿层；8—重晶石层；9—含硅质岩带；10—白云质岩层；11—生物碎屑灰岩层；12—流纹质岩带；13—英安流纹质岩带；14—火山锥

地信网论坛
BBS.3S001.COM

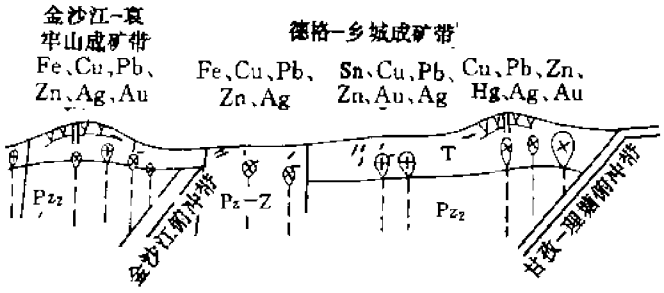


图 2—15　德格—乡城晚三叠世古岛弧与成矿关系略图

（据叶庆同等，1992）

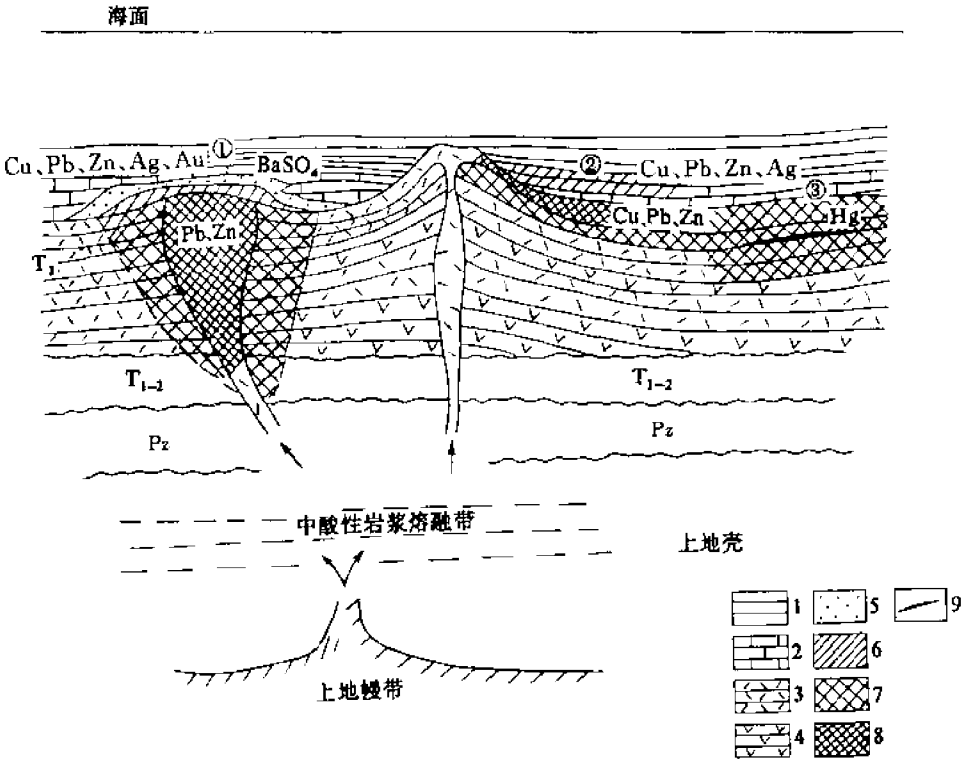


图 2—16　德格—乡城成矿带成矿地质背景理想模式图

（据叶庆同等，1992）

1—板岩和千枚岩；2—碳酸盐岩；3—流纹质火山岩；4—安山质火山岩；5—重晶石矿层；6—块状硫化矿层；7—蚀变范围；8—浸染状、细脉状、网脉状硫化物；9—似层状、透镜状汞矿。①呷村式；②嘎依穷式；③孔马寺式

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2 7 呷村矿床与日本黑矿成矿背景对比表

	日 本 黑 矿	呷 村 矿 床
顶板	火山岩或沉积岩	钙质千枚岩（黑页岩）
含铁石英岩带	由赤铁矿、石英、黄铁矿组成	磁铁石英岩产于硫酸盐岩亚层底部及在其中呈断续透镜体产出，主要成分由石英、磁铁矿组成，部分磁铁矿已赤铁矿化
重晶石矿带	由微小晶体组成，层态好，松散砂状，厚度大	固结和成层性好，重晶石具粒状、似斑状及碎斑状结构，黄铁矿、闪锌矿、黝铜矿、方铅矿呈薄层和层纹出现，重晶石与块状矿石呈相变指状交叉关系
黑矿带	黑色致密块状硫化物矿层，控矿物含量次序：闪锌矿 50%—60%，方铅矿 10%—15%，黝铜矿 5%—15%，黄铜矿 2%—4%，黄铁矿 0—6%，此外还有少量斑铜矿、银金矿和含银矿物，脉石矿物为重晶石	金属硫化物 75%—90%，其中 Sp 25%—50%，Ga 10%—15%，Eh+Cp 8%—10%，Py 10%—20%，少量斑铜矿、车轮矿、汞银金矿、辉银矿等，脉石矿物以重晶石为主，次为石英，少量方解石、白云石、绢云母，矿石呈块状、层状矿，砾状和角砾状构造
黄矿带	致密细粒砂状含铜（黄铜矿）的黄铁矿矿层，脉石矿物既有重晶石又有石英，是黑矿及硅矿的过渡层	金属硫化物以黄铁矿（Py）为主（40%—55%），Sp 29%，Ga 10%，Eh 6%，脉石矿物以重晶石为主，次为石英及钾冰长石，矿石呈块状、层纹状、角砾状构造
硅矿带	系指够工业品位的硅化流纹岩类蚀变岩石，黄铁矿及少量黄铜矿呈脉状、网脉状、假角砾状，出现石膏矿带由雪花状石膏及硬石膏组成，其间仅见少量黄铁矿	金属矿物以黄铁矿、闪锌矿为主，次为方铅矿、黝铜矿、黄铜矿及硫锑铅矿、车轮矿、毒砂等，主要具脉状、网脉状构造、草莓状构造，充填交代结构发育，在顶部有硅质富集带及枕砾，角砾流纹岩，石英脉特别发育
底板	为硅化流纹岩和火山碎屑岩，仍见少量的硫化物浸染及细脉	绿泥石化英安流纹质岩石

（据段克勋、杨本锦、徐明基，1990）

红沟铜矿区[1]范围内为上奥陶统富含钠质的浅变质酸性至中基性火山熔岩和火山碎屑岩系，主要为细碧岩、石英角斑岩、角斑岩、火山角砾岩、层火山砾岩和各种火山凝灰岩，夹有薄层石灰岩。由于喷发的间歇性，其岩性由酸性到基性循环产生，形成一定的喷发沉积韵律。近矿围岩有角斑岩（矿区火山岩系的最底部层）、细碧岩（主要含矿围岩）、石英

[1] 参阅“国内主要铜矿实例”，P. 229—234，中国有色金属工业总公司地质局国内铜矿编辑组，1988 年。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2—8　呷村矿床与日本黑矿成矿机理对比表

	日　本　黑　矿	呷　村　矿　床
成矿温度	（包体）150—300℃，均质 250—50℃，硫同位素测温 234—337℃	上矿带平均 138.36℃，中矿带平均 198.59℃，下矿带平均 213.86℃，矿床平均 191.74℃
矿液盐度	盐度 5%	重晶石平均 w（NaCl）=6.87%，石英平均 w（NaCl）=13.42%，闪锌矿平均 w（NaCl）=9.58%，方解石平均 w（NaCl）=5.1%，矿床流体平均 w（NaCl）=8.74%
$\delta^{34}S_{\Sigma S}$	+2%—+3%，重晶石+5%—+8%	三对黄铁矿-方铅矿对 $\delta^{34}S_{\Sigma S}$=—0.82‰矿床中各矿物总量 $\delta^{34}S_{\Sigma S}$=—0.8781‰，重晶石中 $\delta^{34}S_{\Sigma S}$=+4.16‰
δD	黑矿矿液—26‰—18.3‰	—68.1‰——151.3‰
$\delta^{18}O$	黑矿矿液—1.6‰—0.3‰	火山岩+5.411‰—+9.07‰，闪锌矿、重晶石、石英—5.8‰——23.4‰
6 个矿床 3 相距很远 $^{206}Pb/^{204}Pb$ $^{207}Pb/^{204}Pb$ $^{208}Pb/^{204}Pb$	18.36—18.68（平均 18.5） 15.57—15.78（平均 15.69） 38.50—39.28（平均 38.98）	矿床中 5 个样 18.36—18.45 15.56—15.65 38.46—38.74
$^{87}Sr/^{86}Sr$	重晶石 0.70677—0.70820 矿液 0.7062—0.7087 中新世海水 0.7088 火山岩 0.703—0.705 古生代基底 0.72390±7	重晶石 0.70871—0.71048 火山岩 0.70685—0.708843

（来源同表 1—11）

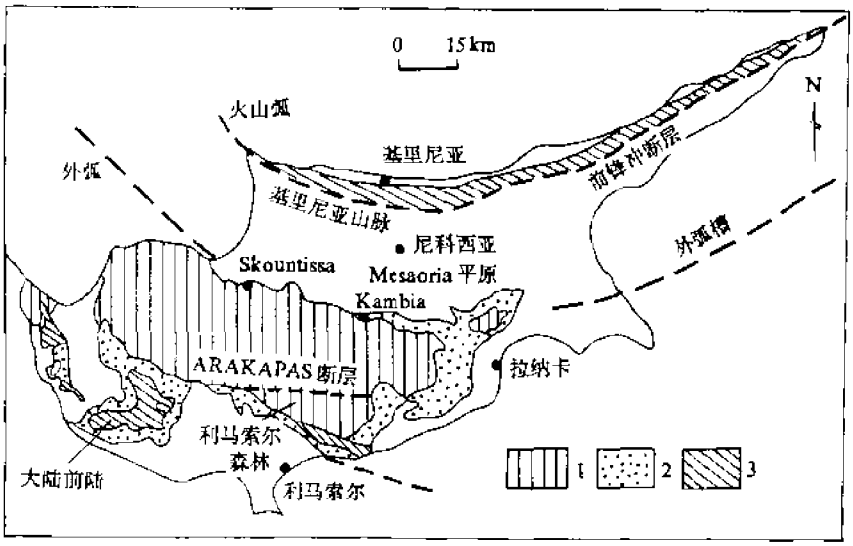


图 2—17　塞浦路斯块状硫化物矿床赋存的构造位置

（据 A·H·G·米契尔，M·S·加森，1980）

1—特罗多斯火成岩；2—上白垩统—中中新统沉积岩；3—异地岩

地信网论坛
BBS.3S001.COM

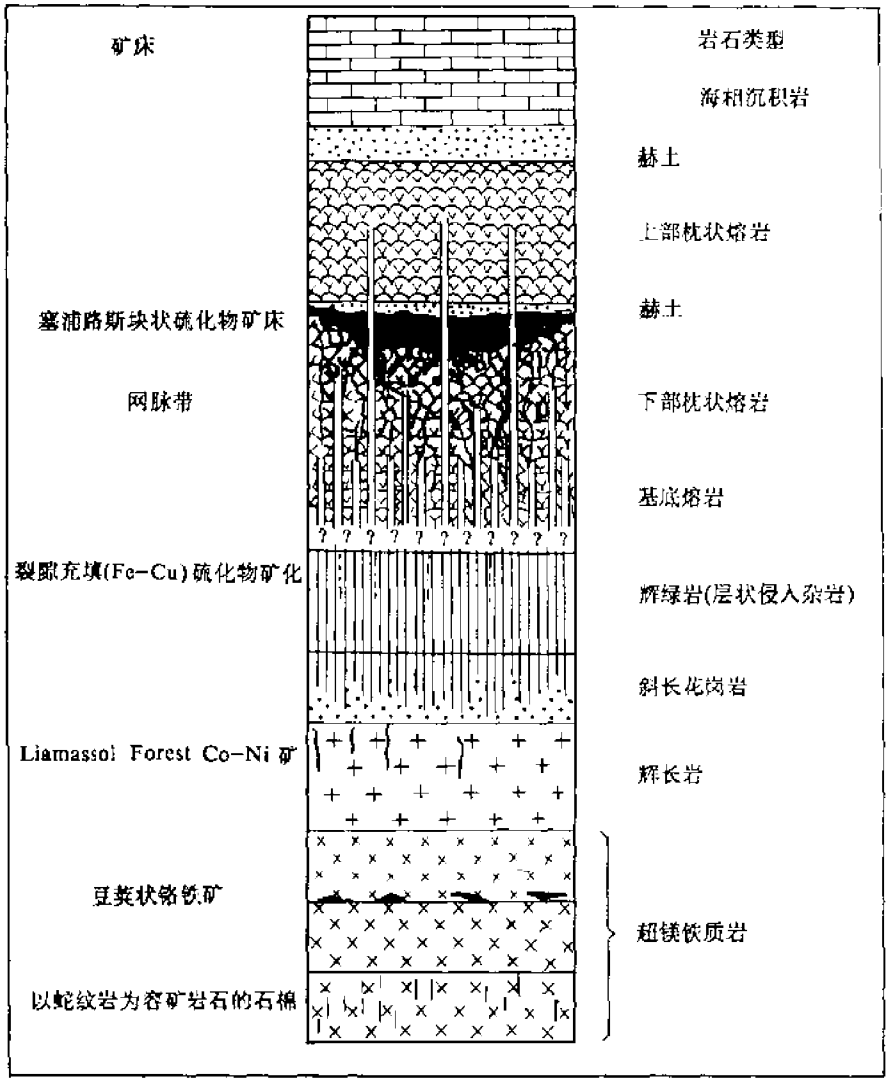


图 2—18　塞浦路斯的特罗多斯蛇绿岩套中块状硫化物及其矿类型与岩性的关系
（据 Constantion，1980）

角斑凝灰岩-石英角斑熔岩（为含矿层顶板）。区内褶皱构造简单、断裂构造较发育，火成活动频繁，导致超基性至酸性、自深成到浅成、超浅成相的次火山岩均有出露。时代以加里东晚期最为强烈，并有大量的花岗闪长岩和闪长岩侵入。侵入体呈岩基、岩株、岩枝、岩脉状产出，侵入顺序大致为闪长岩→石英闪长岩→花岗闪长岩→超基性岩（矿区地质详见图 2—20）。

红沟铜矿属黄铁矿型富铜矿床，赋存在两个不同层位的细碧岩之中，共有七个矿体群组成，矿群长数公里、宽数米至 50m，大体呈北西向。矿化深度达数百米，绝大部分呈盲矿体产出（图 2—21）。矿体群中以Ⅱ号最大，每个矿体群中由多个脉状及扁豆状矿体组成，矿体个数达数十个。单个矿体长 8—455m，厚 0.4—35m，主矿体一般长 80—300m，延伸 60—150m。矿石中 Cu 平均品位 3.66%（富矿 4.5%）；伴生金为 0.375×10^{-6}；Ag 为 5.46

地信网论坛
BBS.3S001.COM

成因	形成方式	形成方式	矿石类型	挂地质	矿带	矿物描述	矿化类型	黄铁矿以外的矿物	平均品位(10⁻²) S	Cu
					成矿后熔岩					
岩浆	氧化作用沉积	射气-沉积	铁质泥岩、硫化物和		带1	富铁的硅质泥岩;硫化物的氧化带;脆性黑矿透镜体;逆变层;含粒状黄铁矿,胶体硫化物的滑塌砾	类型1	沉积物:针铁矿,二氧化硅,蒙脱石 硫化物:铜蓝、闪锌矿、黄铜矿、白铁矿	15—50	0.5—1.5
	火山喷气		块状硫化物		带2	由黑色砂质矿石基质中的棱角状黄色矿石硬块组成的碎矿	类型2	白铁矿、闪锌矿、磁黄铁矿极少,斑铜矿极少,方铅矿极少,黄铜矿	40—45	1.0—4.0
					带2A	硫化物碎矿,黄铁矿块产于硅质基质中,脆性黑色矿石逐渐减少	类型3	白铁矿少,黄铜矿、闪锌矿少,磁黄铁矿极少,石英,碧玉,玉髓	30—10	0.5—1.5
		热液	网脉状、溶洞、裂隙充填物、浸染状		原来熔岩的表面 带3	大量的粗晶黄铁矿与更多的石英和玉髓一起呈洞穴充填物	类型4	黄铜矿、闪锌矿、石英、伊利石、玉髓、绿泥石	15—30	0.4—1.2
						含黄铁矿、石英和玉髓的分散裂隙充填物气泡和裂隙中的浸染状黄铁矿	类型5	黄铜矿少,闪锌矿极少,金红石伊利石、石英、绿泥石、玉髓	5—15	0.2—0.5

图2-19 塞浦路斯型矿床硫化物垂直分带图示

(据 Searle, 1972)

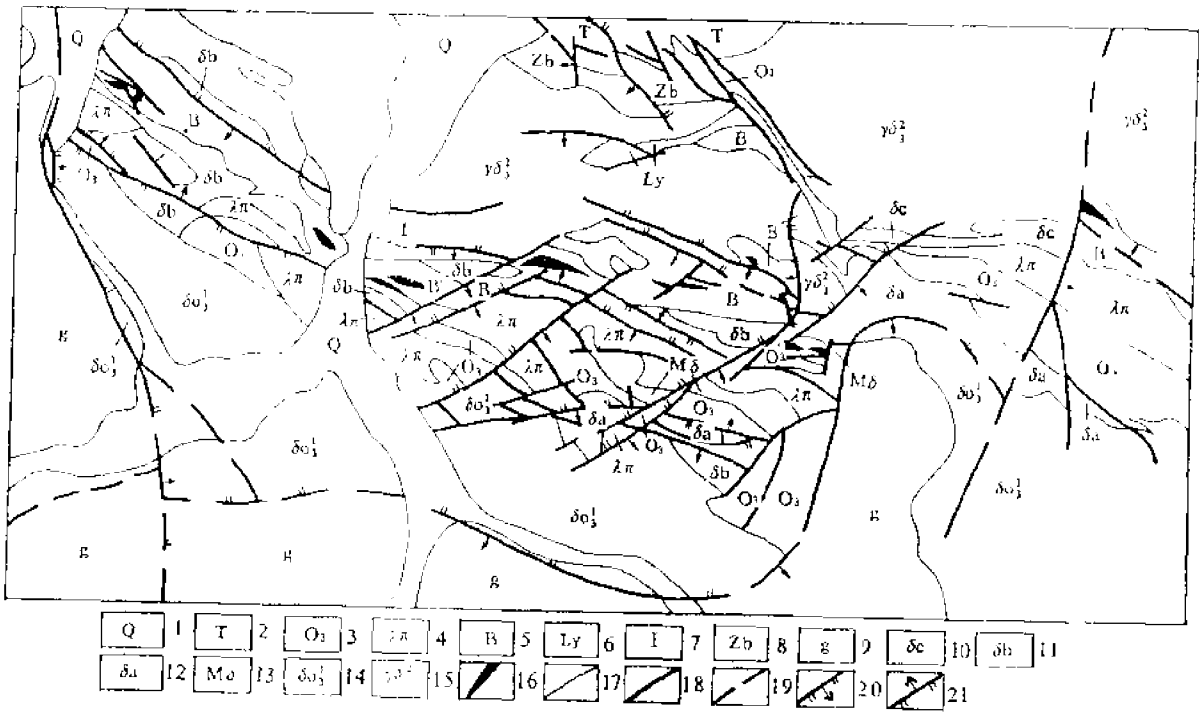


图2-20 青海红沟黄铁矿型铜矿区地质图

(据朱关祥、曲丽莉、姜琼等编写的《国内主要铜矿实例》,P.230修改,1988)

1—第四系;2—三叠系砂岩;3—上奥陶统;4—石英角斑凝灰岩;5—细碧岩;6—凝灰质砾岩;7—火山角砾岩;8—角斑岩;9—角斑凝灰岩;10—细粒闪长岩;11—中粒闪长岩;12—粗粒闪长岩;13—蚀变闪长岩;14—石英闪长岩;15—花岗闪长岩;16—铜矿体;17—地质界线;18—实测断层;19—推测断层;20—正断层及产状;21—逆断层及产状

地信网论坛
BBS.3S001.COM

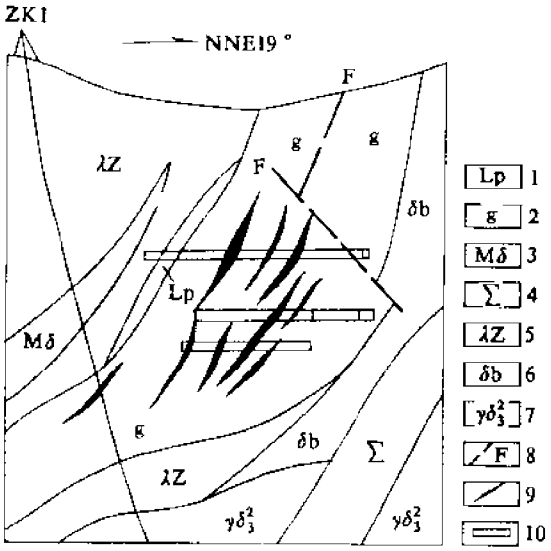


图 2—21　红沟铜矿零号勘探线剖面图

（来源同图 2—20）

1—绿泥片岩；2—细碧岩；3—蚀变闪长岩；4—超基性岩；5—石英角斑凝灰岩；6—中粒闪长岩；7—花岗闪长岩；8—断层；9—铜矿体；10—坑道

×10^{-6}；S 为 11.64%，还含有 Te、Se、Co 等。

原生金属矿物主要有黄铜矿、黄铁矿、磁铁矿，次为少量赤铁矿、毒砂、方铅矿、闪锌矿和黝铜矿，脉石矿物为石英、方解石。金属矿物自上而下的分带性为：磁铁矿（含少量赤铁矿）→黄铜矿、黄铁矿＋磁铁矿→黄铜矿、黄铁矿→块状黄铜矿＋黄铜矿、黄铁矿。黄铁矿和磁铁矿在深部比浅部少；黄铜矿深部较富集，形成致密块状黄铜矿矿石。有用组分除 Cu 外，Au、Ag、Se、Te 及 Fe、S 可综合利用。矿石为块状、致密块状和浸染状，部分为脉状。

根据本区加里东期的板块构造背景、火山作用及矿床本身的特征，红沟铜矿属晚奥陶世蛇绿岩套中的块状硫化物矿床，属外弧范围内的黄铁矿型铜矿床。晚奥陶世时，北祁连是否属板块边缘的大洋断裂带，有待进一步研究。

四、玄武岩和碎屑沉积岩组合中别被型

别枝型矿床赋存在数量几乎相等的玄武岩和沉积岩组合的地层中。呈层状，含黄铁矿和黄铜矿，有时有较少的闪锌矿。成矿的地质构造背景一般属构造边界，像洋底和岛弧之间、洋底与克拉通之间、洋底与陆壳之间都是成矿最有利的部位。

目前发现别枝型矿床最典型的地区是日本的四国和饭森地区的佐白川片岩组和上古生界变质火山岩及沉积岩中，在挪威加里东造山带，阿尔卑斯、亚平宁、摩洛哥和印度等地也有类似矿床的发现，我国目前尚未发现这类矿床。这类矿床与塞浦路斯型相似而与黑矿不同。世界上最大而最典型的矿床是日本四国的别枝，它产在靠近大陆的岛弧拉斑玄武质火山作用和沉积作用相互交替的环境中。矿区的佐白川结晶片岩地层分为五个组（建造），火山物质与沉积物质相间产出（表 2—9）。建造中火山物质集中的层位上，也是硫化物富集的部位。

矿床由拉长成板状的块状硫化物矿带组成，别枝矿床走向延伸 1800m，个别矿层最大厚度达 10—20m，延深在 400m 以上，局部被褶皱增加了厚度（图 2—22）。矿体由块状硫化物和条带状硫化物组成。主要矿物为黄铁矿、黄铜矿、闪锌矿、斑铜矿和磁铁矿；脉石矿物为石英、方解石、钠长石、绿泥石、角闪石、碳酸盐等。块状矿石和条带状矿呈渐变关系。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

表 2—9　日本四国地区佐白川结晶片岩地层建造划分与块状硫化物（别枝型）矿床的关系

建造				岩性	厚度（m）	火山物质	硫化物矿床
吉野川组	上段	小阳院建造		泥质片岩（基性和石英质片岩）	600—1080	6	
	中段	三繩建造	上部	泥质和基性片岩（石英质片岩）	820　1170	14　12	7
			中部	基性片岩（石英质和泥质片岩）	500—2500	82　71	73
			下部	泥质片岩（基性和石英质片岩）	100—1600	7	9
		小步危建造		矿质片岩（泥质和石英质片岩）	370　1180	6	
	下段	川口建造		泥质片岩（基性和石英质片岩）	500—1500		
		大步危建造		矿质片岩（片岩质砾岩）	300		

（据 J. M. Franklin, J. W. Lydon 和 D. F. Sangster, 1981）

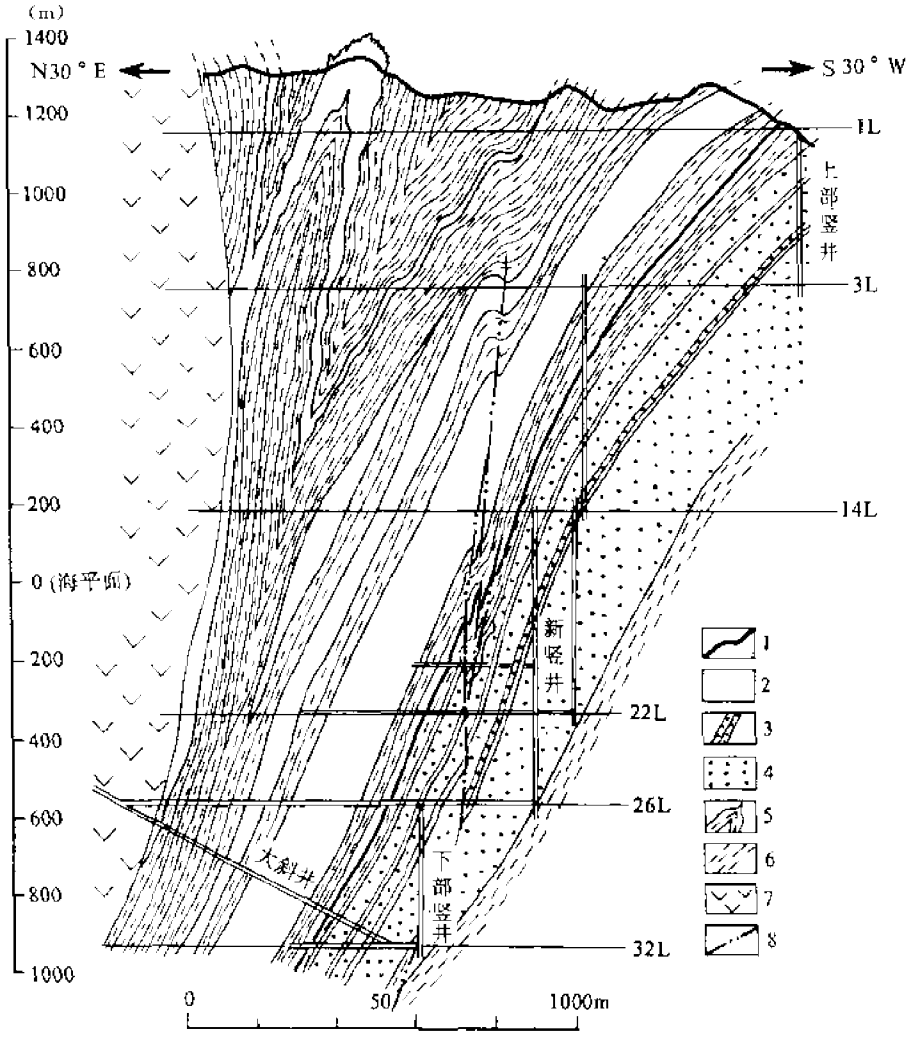


图 2—22　日本四国地区别枝矿床剖面图

（来源同表 2—9）

1—矿床；2—石英片岩；3—斑点状基性片岩；4—无斑点基性片岩；5—泥质片岩；6—流纹岩；7—闪岩；8—断层

地信网论坛
BBS.3S001.COM

矿床中铜的平均品位达 1.4%，而块状矿石的矿体铜品位达 3%。矿床内含锌达 0.3%—0.9%，含钴为 1000×10⁻⁶，属铜-锌黄铁矿型（含金）矿床。

别枝型矿床形成的地质构造环境可能属陆内裂谷、岩浆弧、外弧槽、大洋环境。今后我国应注意研究别枝型矿床的成矿地质环境，在我国寻找别枝型矿床。

五、海底喷发火山岩建造中的铁铜矿床

这类矿床既不像黑矿、别枝型矿床，又不像海底火山喷发型块状硫化物矿床和塞浦路斯型矿床，它是喷溢熔浆（铁）、喷发-沉积（铁）、沉积菱铁矿和沉积铁铜矿床共生一体的矿床系列，是我国独特的一种类型，海南的石碌铁（铜）矿床、甘肃镜铁山的桦树沟铁铜矿床、云南大红山的铁铜矿床、甘肃陈家庙铁铜矿床、甘肃肃北县的柳沟峡铁铜矿等均属此类。这类矿床与阿尔戈马式、西澳大利亚的 Kambalda 矿床、密苏里州 Pea、Ridge 矿床不同，是我国独特的一类矿床。现将大红山及镜铁山桦树沟矿床的实例展示出来，进行探索研究。

（一）云南大红山海底喷发火山岩建造中的铁矿床

矿床产在下元古界富钠质变质火山岩建造中，具体特征[3]分以下几方面叙述。

区域地质背景　矿区位于康滇地轴西南端和哀牢山褶皱带的接合处，基底为大红山群变质富钠质火山岩和含火山岩物质的碳酸盐建造，盖层由上三叠统—侏罗系陆相沉积砂页岩组成。矿床产于大红山群中（图 2--23）。

成矿环境　赋矿地层属大红山群，它为一套浅变质细碧角斑质海相火山岩系，夹有大理岩，自下而上岩性层序为：①变质砾岩、炭质板岩、石榴白云片岩、大理岩；②变钠质凝灰岩，底部有一层含菱铁矿和磁铁矿石的变钠质层凝灰岩；③变钠质层凝灰岩夹绿泥角闪片岩，顶部含磁铁矿；④石榴角闪黑云片岩、炭质板岩、含菱铁矿、黄铜矿、磁铁矿；⑤条纹、条带状黑云白云石大理岩和块状方柱石白云石大理岩，底部夹硅质层；⑥块状含铜方柱石大理岩和薄层黑云角闪大理岩，夹石榴绿泥角闪片岩和变钠质熔岩；⑦条纹条带状黑云白云石大理岩；⑧石英白云石大理岩与炭质岩互层。

④—⑥层岩性组合内见有喷溢—浅成侵入的富钠质中基性杂岩，Ⅱ号矿带产于喷溢-次火山相的“浅色熔岩”中。矿区位于上述岩系和有关岩石所组成的近东西向平缓复式背斜的南翼背斜和向斜过渡区（图 2 -23）。矿区内的红山向斜向西倾伏，倾伏角约 20°。底巴都背斜和红山向斜之间的大红山古断裂近东西被辉长绿岩、“深色熔岩”和“浅色熔岩”所充填，后二者呈岩枝状产出，斜插火山管道，主要铁矿体都产于其中，且呈顺时针方向扭转，随之产生的裂隙成为后期含矿热液的良好通道和交代充填的空间。

矿体（或矿床）组合分布及产状　矿区内共有五个阶段、其中Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ矿带（体）最主要。Ⅰ号主矿体产于浅色变钠长岩中，部分与大理岩接触，呈透镜状，似层状产出，与围岩呈过渡关系。Ⅰ号铁铜带产于④层，由三层含铁矿的铜矿和五层菱铁矿组成，呈似层状，与围岩产状大体相同（图 2--24，2 -25），矿石含铜平均 0.66%。Ⅲ号矿带赋存在 b 层含火山质的碳酸盐建造中，含铜和铁。

矿石结构构造　矿石为致密块状、角砾状构造为主，浸染状次之；主要结构为自形、半自形及其它粒状变晶结构，其次为格状、乳滴状、叶片状。

矿石类型及矿物组合　分磁铁矿赤铁矿矿石和黄铜矿、磁铁矿矿石两类，磁赤铁矿矿石由磁铁矿、赤铁矿、钛铁矿、黄铜矿、斑铜矿、黄铁矿组成，非金属矿物为石英、钠长

地信网论坛
BBS.3S001.COM

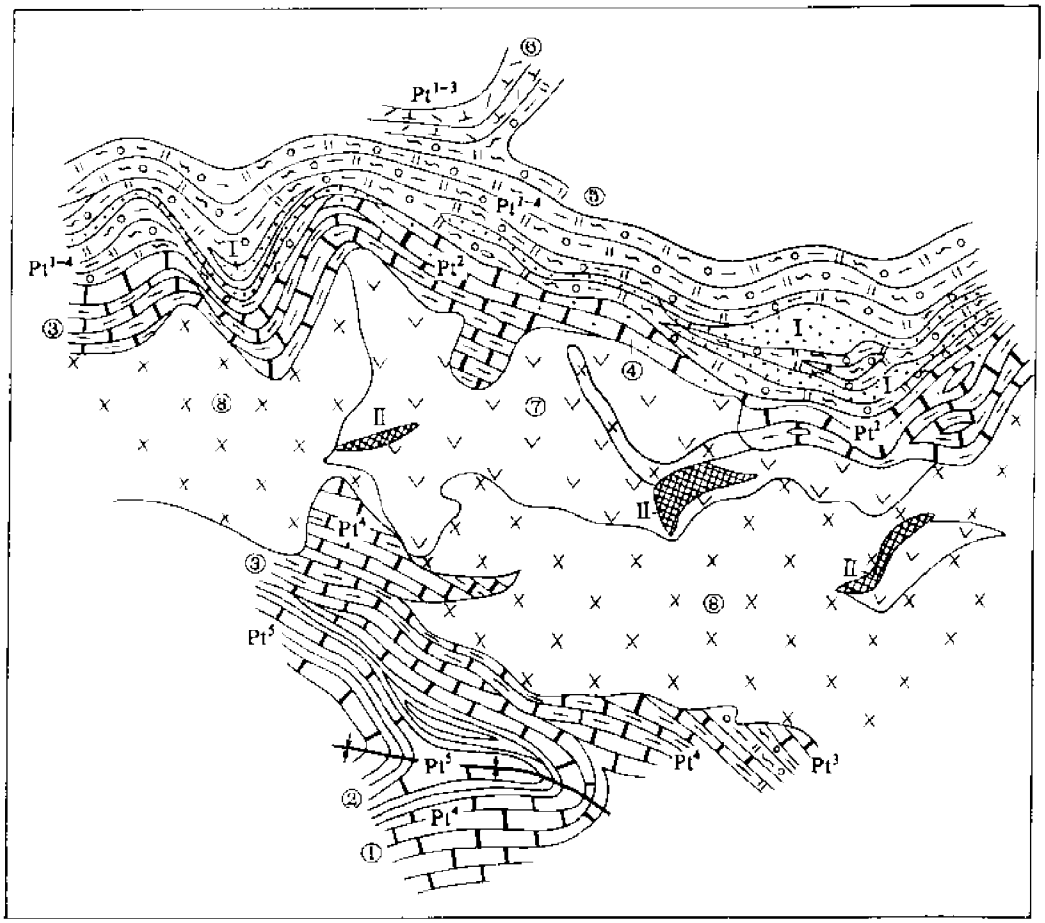


图 2—23　云南大红山铜铁矿 700m 水平地质断面图

（据云南省地质局第九地质队，图 2—24、25、26 来源同）

①—大理岩；②—变质板岩；③—条纹状大理岩；④—方柱石大理岩；⑤—黑云绿泥石榴角闪片岩；⑥—层凝灰岩；⑦—变钠长岩（"浅色熔岩"）；⑧—辉长-辉绿岩（"深色熔岩"）；Ⅰ—贫铁铜矿体；Ⅱ—铁矿体

石、绢云母、黑云母、绿泥石、白云石、磷灰石和电气石等；黄铜矿、磁铁矿矿石由黄铜矿、磁黄铁矿、菱铁矿、钛铁矿、赤铁矿、斑铜矿、磁黄铁矿和黄铁矿组成，非金属矿物有钠长石、白云石、黑云母、绿泥石、石英、石榴子石、角闪石、磷灰石、电气石等。有用元素除 Fe、Cu 外，伴生组分有 Co、Ga、Au、Ag、Mo、Ni 等。

蚀变类型及分带性　主要为钠长石化、方柱石化、绢云母化、绿泥石化、含铁碳酸盐化、硅化和电气石化，以钠长石化最重要。

成矿的物理化学条件　硫同位素测定 $\delta^{34}S$ 为 +8.0‰—11.1‰，$^{32}S/^{34}S$ 在 21.9—22.1 之间，说明与古海底火山作用有关，产于氧化环境与深海环境过渡带上。

矿床成因机理　矿床具早期火山喷溢沉积-火山汽液阶段的原生特征，明显受地层层位和沉积旋回控制，其厚度、品位比较稳定，与火山物质的多寡成正相关关系，原生富矿均赋存在火山凝灰岩夹层或其上下富含火山物质的岩石中。火山喷发原生的赤铁矿等经后期

地信网论坛
BBS.3S001.COM

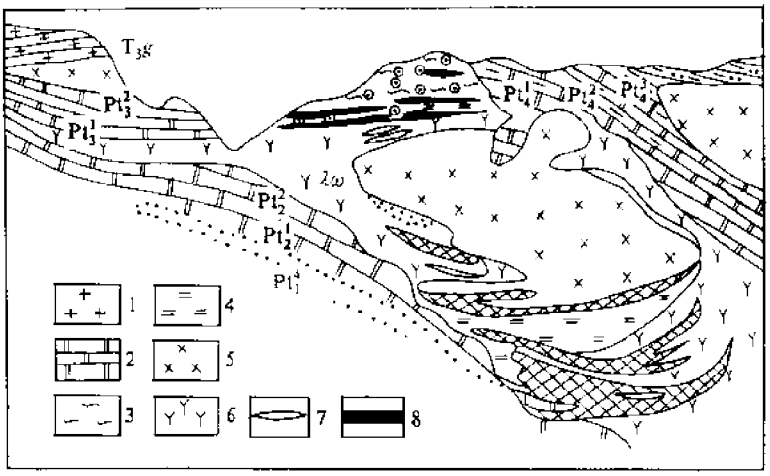


图 2—24　云南大红山铁铜矿床

1　长石砂岩；2—白云石大理岩；3—石榴黑云绿泥片岩；4—绢云母化；5　辉长辉绿岩；6—变钠长岩；7—铜矿体；8—铁矿体

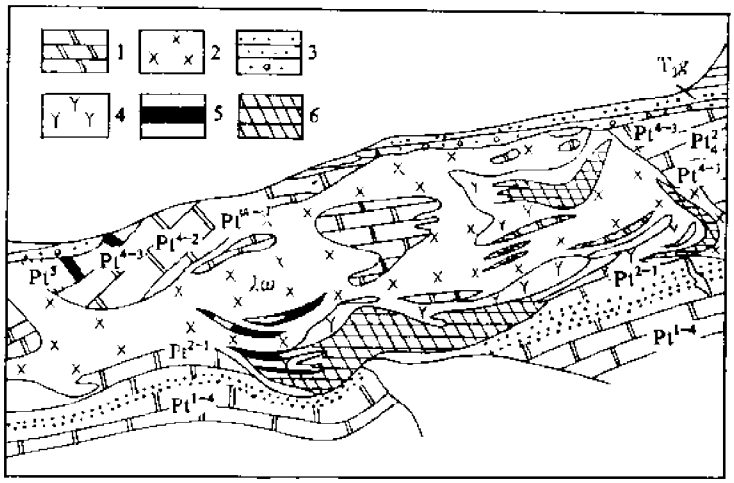


图 2 -25　Ⅱ矿带纵 1 线地质剖面图

1—白云石大理岩；2　变辉长辉绿岩；3—砂岩、砂砾岩；4—变钠长岩（$\lambda\omega^1$）；5—铜矿体；6—铁矿体

变质作用改变为磁铁矿。而铜主要产于旋回中上部火山喷发间歇的过渡相中，与碱质基性喷发岩（细碧岩及其凝灰岩）关系密切，由古海底火山喷发作用提供主要成矿物质。

矿床类型　共有四种：①浅变质火山喷发沉积矿床；②浅变质火山喷发热液-沉积铜铁矿床；③浅变质晚期岩浆（矿浆型）铁矿床；浅变质高温火山汽液充填交代型铁矿床。综上所述，本矿床属海底火山喷发 喷流-热液沉积铁铜矿床。成矿模式图见图 2—26。

控矿因素和找矿标志　控矿因素为：①受大地构造环境的控制，据矿床赋存的地层可

地信网论坛
BBS.3S001.COM

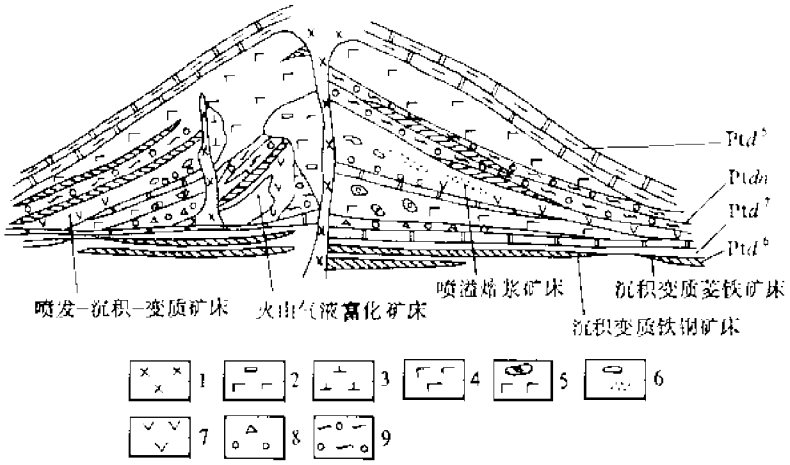


图 2-26 大红山受变质火山型-变质热液铜铁矿矿床成矿模式图

1-辉绿辉长岩；2-变斑状辉绿岩；3-钠长岩；4-基偏碱性熔岩；5-基偏碱性球状熔岩；6-凝灰角砾岩；7-中偏碱性火山岩；8-角砾岩、集块岩；9-云榴绿泥片岩

知，矿床属氧化和深海环境的过渡带上的碳酸盐岩层；②火山沉积旋回控制矿体产出的空间位置，即赋存在细碧角斑岩的海底喷发火山岩建造中；③后期区域变质作用在局部地段矿体变富加厚。找矿标志：①有利构造位置上的过渡带；②有较完整的磁异常；③一定的地层层序。三者结合起来可作为此类隐伏矿床预测和找矿的关键标志。

（二）甘肃肃南桦树沟海底喷发火山沉积建造中的铁铜矿床

桦树沟铁铜矿床赋存在北祁连寒武世—奥陶纪[4]弧后盆地的浊积岩和细碧角斑岩建造中，即元古宙的碎屑岩及碳酸盐岩建造，伴随沉积旋回，有强烈的火山作用。具体地层属镜铁山群下岩组，层序自下而上为：

第一岩性段：石英岩段；

第二岩性段：绢云母石英千枚岩；

第三岩性段：炭质千枚岩夹薄层透镜体菱铁矿；

第四岩性段：钙质千枚岩夹大理岩薄层；

第五岩性段：灰绿色绿泥石绢云母千枚岩夹不纯大理岩，上部部分地段有黄铜矿层和透镜状黄铁矿体；

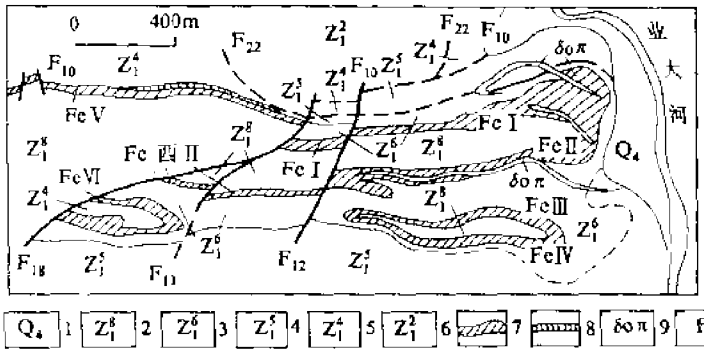
第六岩性段：镜铁矿-菱铁矿层夹碧玉重晶石薄层或条带，底部部分地段为碧玉岩铜矿和铁铜矿层；

第七岩性段：黑灰色千枚岩、含铁白云石结核标志。

矿区为桦树沟复式向斜构造，东西两端向中心倾伏，控制铁铜矿床展布（图 2-27）。与向斜轴平行的一系列走向断层较发育，其中的 F_{10} 为早期走向层间断层，沿钙质千枚岩与灰黑色炭质千枚岩间展布，铜矿体与该断层有密切关系。区内岩浆岩不发育。

矿区内已圈出五个铜矿体（图 2-28），呈隐伏半隐伏向西侧伏，为层状、似层状，也有透镜状和脉状。含铜矿物有黄铜矿、辉铜矿、斑铜矿、黝铜矿，伴生有赤铁矿、菱铁矿、

地信网论坛
BBS.3S001.COM



Q4 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

图 2—27 桦树沟矿床地质图

（冶金部西地勘局 5 队，图 2—28 来源同）

1—第四系河床沉积物；2—灰黑色千枚岩；3—灰绿色千枚岩；4—钙质千枚岩；5—炭质千枚岩；6—石英岩；7—铁矿体；8—铜矿化体；9—石英钠长斑岩；10—断层

镜铁矿、黄铁矿、硬锰矿、磁铁矿及少量褐铁矿、闪锌矿。脉石矿物有碧玉、石英、铁白云石、重晶石、方解石、斜长石、电气石等。

矿床中成矿元素简单，主要有 Fe、Cu、S、Ba、Mn 等。Cu 的最高含量达 19.9%，各矿体的平均品位是：$Cu_1=1.59\%$、$Cu_2=1.92\%$、$Cu_3=1.34\%$、$Cu_4=0.3\%$、$Cu_5=0.32\%$。其中 Cu_1 和 Cu_2 为主矿体。

矿体围岩蚀变不强，主要有硅化、绢云母化、绿泥石化、铁白云石化、菱铁矿化和重晶石化，还有碳酸盐化和绢云母化及退色蚀变。

据初步分析，本矿床属喷流-沉积成因的块状硫化物矿床。成矿时成矿物质自火山喷发后，随海流在远处的更低洼的盆地中沉积，而大红山是在海底火山喷发的附近沉积形成的。

五、小结

上述例举了以黑矿为代表的海底火山喷发多金属型（Pb-Zn-Cu；Ag-Au）块状硫化物矿床；蛇绿岩套中的含铜黄铁矿型（Cu；Au）块状硫化物矿床；俯冲带海底火山喷发的原始型（Zn-Cu；Ag-Au）块状硫化物矿床、玄武岩和碎屑岩组合中的别枝型（Cu Zn；Au）块状硫化物矿床以及喷流-沉积成因（Cu-Fe；Mn）的块状硫化物矿床五类。各类矿床的特征作综合对比（表 2—10）。

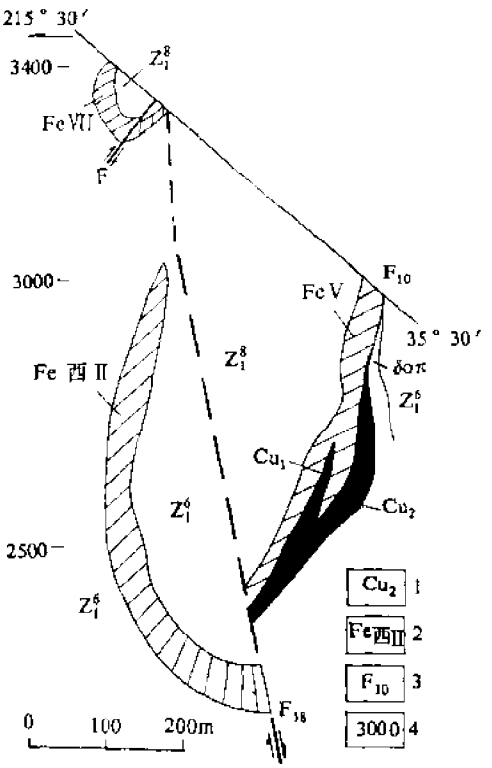


图 2—28 甘肃镜铁山桦树沟矿区 4 线剖面简图

1—铜矿体及编号；2—铁矿体及编号；3—断层及编号；4—海拔标高（其它符号见图 2—27）

地信网论坛
BBS.35001.COM

表 2　10　海底硫化物系列不同类型矿床特征综合对比表

类　目	黑矿（弧沟系发育阶段的海底火山喷发型硫化物矿床）	塞浦路斯型（大洋裂谷和缝合带上的块状硫化物矿床）	别技型矿床（弧前海槽中的块状硫化物矿床）	原始型（俯冲带及岛弧中火山岩容矿的块状硫化物矿床）	铁铜组合型（陆缘弧沟系中海底喷发火山岩建造中的铁铜矿床）
构造背景	块状俯冲阶段岩浆弧或海底火山喷发弧	大洋中脊的海底火山或缝合带	岛弧或弧后的断裂盆地	消亡板块边缘上的俯冲岛弧	陆缘弧沟系的弧前盆地
含矿围岩	中性至长英质火山岩	枕状玄武岩上或铁镁质火山角砾岩、辉绿岩墙	拉斑玄武岩和陆源碎屑沉积岩	细碧角斑岩建造	半深海浊积岩、细斑角斑岩和钠质玄武岩
岩石组合	长英质火山岩及流纹质火山碎屑岩	蛇绿岩套	玄武岩与碎屑岩地层中（两者比例几乎相等）	细碧角斑岩＋碱性玄武岩＋安山岩三种建造	细碧角斑岩和夏理石建造
矿石矿物组合	黄铁矿－闪锌矿±黄铜矿±方铅矿±重晶石±银金矿及金银矿物（黑矿）	黄铁矿±黄铜矿±闪锌矿±白铁矿±磁黄铁矿	黄铁矿±磁黄铁矿±黄铜矿±闪锌矿±磁铁矿±黑铜矿±斑铜矿±黝铜矿	黄铁矿±黄铜矿±闪锌矿±方铅矿±重晶石	磁铁矿＋黄铜矿＋镜铁矿－菱铁矿±赤铁矿±含铜黄铁矿
矿物组合类型	多金属型（Zn-Pb-Cu、Ag Au）	含铜黄铁矿型（Cu（Au），基本不含铅）	铜 锌型（Cu Zn（Au））	原始型（Zn-Cu、Ag Au）	磁铁矿 黄铜矿-菱铁矿型（Fe、Fe-Cu、Fe Mn）
元素组合	Zn、Pb、Cu、Ba、As、Se、Sn、Bi、Fe、（Sb、Hg）	Cu、Zn、Co、Au、Ag	Cu、Zn、Co、Au、Ni、Cr（Ag、Hg）	Cu、Zn、Pb、Au、As、Fe	Fe、Cu、Mn、Co、Ni、Pt、Au（Ag）
伴生矿床	火山成因铁矿阿尔戈马型铁矿	锰矿和区域性富铁缝石	无	？	含锰层位
矿床类型	海底火山弧火山喷流成因	拉张大洋裂谷喷流火山成因	外弧海沟、岛弧火山-喷流成因	消亡板块俯冲、岛弧的火山-喷流成因	弧前盆地火山喷流沉积成因

从表 2—5A 可知，上述五类矿床产生在板块发展的不同阶段。从当前成矿地质背景研究的现状和取得的成果看，自裂谷形成、洋底扩张，俯冲和大陆碰撞，构成一个完整的过程，这个过程又称威尔逊旋回（Wilson，1968）。它把金属矿床的形成、产生、出露和侵蚀与造山旋回联系起来的整个历史演化过程中，不同演化阶段可以形成不同类型的矿产，总体上说有：

1. 大陆裂谷阶段

形成的主要矿床有岩浆型磷灰石、铬、镍、铂、铜和金刚矿床；岩浆（碳酸岩）型铜铀、稀土菱锶矿等；岩浆期后热液矿床（斑岩铜矿）；同生热液型铜、银、锌、铅、铀等矿床；化学沉积矿床（蒸发岩）；沉积矿床（钾盐、石盐等）及后生热液矿床（石英脉型）。

2. 洋底扩张阶段

地信网论坛
BBS.3S001.COM

形成的主要矿床类型有大洋盆地深海沉积的铁锰结合；岩浆型矿床（豆荚状铬铁矿）；火山喷发-射气沉积型矿床及沉积矿床（深海炭质沉积物等）。

3. 俯冲阶段

形成的主要矿床有火山-喷流矿床（塞浦路斯型黑矿）；岩浆型（豆荚状铬铁矿）；斑岩型；岩浆期后热液型（W、Sn、Au、Sb、Hg 等）；次火山岩型（Au、Ag）；化学沉积等矿床。

4. 碰撞造山阶段

主要矿床类型有砂岩型铀、钒、铀矿床；页岩型铀铜矿床；缝合带中的塞浦路斯型矿床；与 S 型花岗岩有关的 W、Sn、Mo、Bi、Ag 矿床；岩浆期后热液矿床（Pb、Zn、Ag

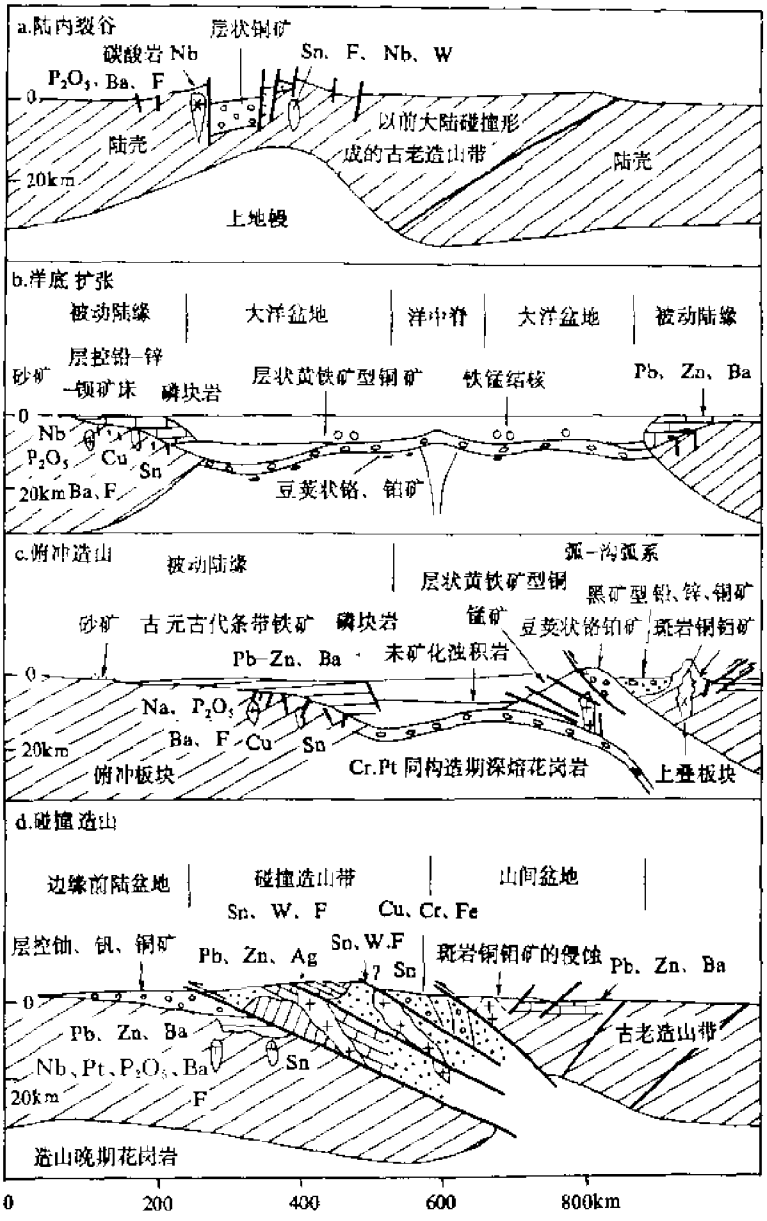


图 2—29　板块构造运动的历史演化和不同阶段成矿作用图示

（据 C. S. Hutchison，1981 年资料修改）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

等），岩浆型 Cr、Pt 矿床。

上述地质演化的各个阶段简要地质特征和成矿作用简况见表 2—5A 和图 2—29。

第三节　伴随造山带岩基的成矿作用

岩基是一个统称，其成因、产出的构造单元及其成矿作用类型多。在通常情况下，岩基赋存在破坏性板块结合带或碰撞带上平行于造山缝合线带的火山-深成岩弧者居多。岩基可分为两种花岗岩系列，即磁铁矿系列（又称 I 型）和钛铁矿系列（又称 S 型）。花岗岩型不同，代表了不同类型的造山带。I 型和 S 型又称造山期花岗岩[5]。但还有非造山一类（A 和 M 型），由于它与成矿作用的关系尚不明朗，本文仅对造山型花岗岩及其成矿作用进行叙述。

一、造山带中岩基的成矿专属性

全球可分出三种不同类型的造山带，每带中赋存的岩基各不相同。从板块观点出发，将全球的造山带分为阿尔卑斯型（陆缘海槽，优地槽盆地）、安第斯型（陆唇、弧间盆地）、海西型（大陆内弧后盆地）一类，每类的沉积作用，侵入岩、喷出岩、岩基演化等特点见图 2—30。

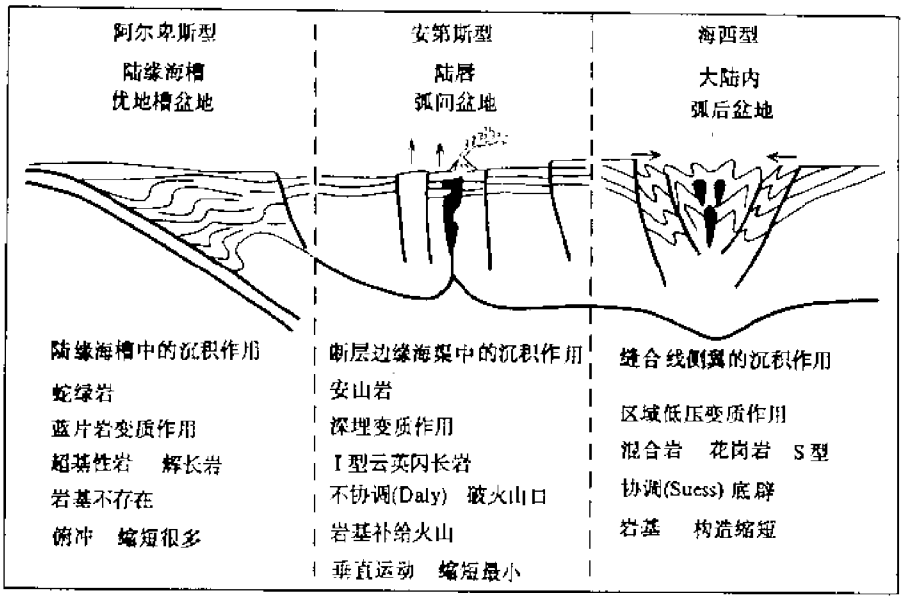


图 2—30　造山类型和岩基类型略图

（据 Pitcher，1979）

阿尔卑斯型造山体以地壳的缩短为主，其岛弧火山碎屑岩和熔岩仅堆积在洋沟内，富有超基性岩，缺少花岗岩类岩基。

安第斯型造山体的特点是岛弧或陆源火山碎屑岩和熔岩堆积在大陆边缘的优地槽式的槽内，相应匹配有陆架相碎屑沉积带，地壳缩短不多，垂直运动明显，出现区域深埋变质带。岩基广泛发育，尚有较多的侵入体和安山质火山岩组，其赋存的 I 型花岗岩类仅在演

地信网论坛
BBS.3S001.COM

化的晚期出现。

海西型造山体属非火山的克拉通内盆地的陆源沉积物，S型花岗岩基为主，少量基性岩，超基性岩罕见。岩基中出现从再循环的地壳岩石继承来的捕虏体。

岩基与成矿作用的关系已有众多的研究成果予以说明，南岭地区的稀有、稀土、有色金属矿床与该区的S型和I型花岗岩是密切相关，并有成因联系，区内花岗岩类的成因类型不同，其成矿作用也明显不同。

我国其它地区，像大兴安岭花岗岩带，西藏、三江、天山、阿尔泰、秦巴及华北地台北缘也都有类似的专属性。以上众多的花岗岩带中，仅南岭地区作过深入地研究，将矿床成矿系列、花岗岩类及其成矿作用联系起来，作了科学地分类（表2-11）。但地质构造环境不同则赋存矿床类型差异较大，成矿阶段不同则矿床类型也有较大差异，花岗岩类自身的成矿专属性和对构造环境的依赖是极为明显的，为此将用若干典型实例予以说明。

二、构造单元边缘花岗岩类的成矿作用

构造单元边缘系指大陆碰撞带，在该带一般产生重熔花岗岩（S型），它总体上属海西型造山带。现以华南的桂东地区为例予以说明，其S型花岗岩与成矿作用的关系。

广西桂东地区位于广西东部的华南板块上（又称华南加里东褶皱系湘粤桂海西—印支拗陷区）。早古生代末期的加里东运动使前泥盆系地层发生褶皱变形，造就了本区的基底构造轮廓；印支运动使晚古生代地层形成开阔的复式褶皱，并伴有断裂，使盖层复杂化；燕山运动十分强烈，以断裂为主，叠加在前期的构造形迹之上。每次构造运动都伴随有花岗岩侵入作用，加里东期花岗岩有海洋山、都庞岭西体、新寨、大宁和永和岩体；印支期花岗岩有都龙岭中体、栗木泡水岭、香坛岭、花山边部的扬梅山及牛庙、姑婆山岩体东侧的桂岭等；燕山期花岗岩有都庞岭东体、栗木金竹源、水溪庙、老虎头、圆石山、花山、乌羊山、姑婆山、盐田岭、金鸡顶等岩体。区内花岗岩有“S”型和“I”型都出现，两者都可以形成岩基。由于多次构造运动和多次岩浆侵入作用，常在同构造部位和同一岩体内经受多次岩浆侵入活动，造就了区内众多的复式岩体。随着时代变新，其岩浆活动由中酸性向酸性过渡，出现明显的演化趋势。

与成矿有关的花岗岩体内赋存有两种矿化组合：①铅锌金银组合，成矿岩体主要是加里东—海西期及后期花岗岩组成的复式岩体；②锡钨多金属组合，与燕山期花岗岩侵入体为主。据将该区统称为“桂东与印支晚期—燕山期花岗岩有关的稀有、钨、锡、多金属成矿区”。

该区由栗木锡钨铌钽矿田、姑婆山稀有稀土、有色金属矿田和珊瑚锡钨矿田组成。

1. 栗木矿田

栗木矿田花岗岩体出露较零星，呈不规则状小岩株，呈隐伏、半隐伏状态，岩体向上凸起部位常为赋存矿体的最佳有利部位及其上部的围岩中。岩体向下延深部分又相互联接一体，实为隐伏的岩基，属“S”型花岗岩。已知矿床类型有花岗岩型锡钨钽铌矿床，以金竹源、水溪庙、老虎头三个岩体属该类矿床的赋矿岩体；石英脉型锡钨矿床，含矿石英脉赋存在“S”型花岗岩体内及岩体外接触带下石炭统岩关阶碳酸盐地层中，主要含矿岩体为香坛岭和牛栏坪两个岩体。矿化一般都具有明显的分带性。根据已有地质资料和研究成果，建立的矿田成矿模式见图2—31。

表 2-11 南岭地区与花岗岩类有关的矿床类型成矿系列、成矿作用关系简表

矿床成矿系列和亚系列	矿床(类型)式	成矿元素		构造单元	花岗岩类	成岩时代(Ma)	成矿时代(Ma)	主要成因类型	代表性矿田、矿床
		主要	次要						
第1矿床成矿系列：与燕山期中浅成酸性花岗岩类有关的稀土、稀有、有色及铀金属矿床成矿系列		REE、Nb、Ta、Be、W、Sn、Bi、Mo、Pb、Zn、Sb、As、V	Cu、Hg、Li、Rb、Ag、Au	南华准地台	黑云母二长花岗岩	燕山期	燕山期	岩浆岩型、伟晶岩型、云英岩型、矽卡岩型、热液型、离子吸附型	
Ⅰ—1 钨、稀土、铌钽、铅、铋、铍、锡矿床成矿亚系列	西华山大青山式	W、REE、Nb、Ta、Be、Mo、Bi	Sn、Cu	赣南粤北后加里东隆起区	黑云母二长花岗岩	190--138	188--133	岩浆岩型、热液型、石英岩型	西华山、大青山、盘古山、岿山、漂塘、归美山、行洛坑、邓阜仙等
	足洞式	REE		赣南粤北后加里东隆起区	黑云母二长花岗岩	184--134	<80	岩浆岩型、离子吸附型	足洞、程龙、河岭
Ⅰ—2 钨、锡、铌、钽、铍、铋、铅、铅、锌矿床成矿亚系列	柿竹园式	W、Sn、Pb、Zn	Bi、Mo、Cu、As、Sb、Ag、Hg	湘、粤、桂、海西-印支坳陷区	黑云母二长花岗岩	172—121		云英岩型、矽卡岩型、热液型、伟晶岩型	柿竹园、黄沙坪、瑶岗仙、新田岭、安源、连南、锡山、小南山等
	香花岭式	Nb、Ta、W、Sn、Be、Pb、Zn	Cu、Mo、Sb	湘、粤、桂、海西—印支坳陷区	黑云母二长花岗岩、黄玉零细斑岩	155、170 113--102		岩浆岩型、矽卡岩型、热液型	香花岭、一六、河路口、新路
	栗木式	Nb、Ta、W、Sn		湘、粤、桂、海西-印支坳陷区	钠长花岗岩	183		岩浆岩型、伟晶岩型、热液型	栗木、珊瑚

地信网论坛 BBS.3S001.COM

续表

Ⅰ—3 锡、铅、锌、锑、砷、汞矿床成矿亚系列	大厂式	Sn、Pb、Zn、Sb、Cu、As、Hg	Ag、Bi、W、Au	丹池海西印支坳陷区	黑云母二长花岗岩	140—80	120 80	矽卡岩型、云英岩型、热液型	大厂、芒场、五圩
Ⅰ—4 铀矿床成矿亚系列	212式	U		赣南—粤北后加里东隆起区	黑云母二长花岗岩	燕山期	86.7 47.6	热液型	212
第Ⅰ矿床成矿系列：与燕山期浅成—超浅成中酸性花岗岩类有关的铜、铅、锌、钨、钼、铌、银、金、铀矿床成矿系列	铜厂式	Cu、Mo、Au	Pb、Zn	赣东北过渡区	花岗闪长斑岩	170 157		斑岩型	铜厂、富家坞、木砂红
	银山式	Pb、Zn、Ag、Cu	Au	赣东北过渡区	英安斑岩、花岗斑岩	138(银山) 135—118 (冷水坑)	129.5(银山)	斑岩型、热液型	银山、冷水坑、众埠街
	葛源式	Nb、Ta	W、Sn	赣东北过渡区	黑云母二长花岗岩、碱长花岗岩	燕山期 199·95 主要： 140—127	132 105	岩浆岩型、伟晶岩型、矽卡岩型、云英岩型、热液型	葛源
	相山式	U	Pb、Zn	赣东北过渡区	英安岩流纹岩、花岗斑岩	127	120 75	热液型	相山、610、681
	大宝山式	Cu、Pb、Zn、W、Mo、Fe	Au、Ag、Bi、Sn	湘、粤、桂海西—印支坳陷区、边部崇仁—四会深断裂带、闽西南海西坳陷区	次英安斑岩、花岗闪长斑岩、黑云母花岗岩	113 101 97		斑岩型、热液型、矽卡岩型	大宝山、水口山、石蕉、天堂、天排山、东乡、马坑、大顶

地信网论坛 BBS.3S001.COM

续表

矿床成矿系列和亚系列		矿床(类型)式	成矿元素 主要	成矿元素 次要	构造单元	花岗岩类	成岩时代(Ma)	成矿时代(Ma)	主要成因类型	代表性矿田、矿床
第Ⅰ矿床成矿系列：与燕山期中酸性火山侵入岩有关的钨、锡、铌、钽、铜、铅、锌(银、金)矿床成矿系列	与酸性火山岩、次火山岩有关的锡、钨、铌、钽(铁、铅、锌)矿床成矿亚系列	银坑-五部式	Pb、Zn	Ag、Mo、(Au)	闽粤火山岩断陷区	霏细斑岩、花岗斑岩、英安岩、流纹岩	105—80(五部)	燕山晚期	火山热液	银坑、东西坑、银场、风迹、五部
		赤路式	Cu、Mo	W(Au)	闽粤火山岩断陷区	石英闪长岩、花岗闪长岩、二长闪长岩、花岗岩	110.2—101.3(钟腾)115(赤路)	燕山晚期80.7(赤路)109(钟腾)	斑岩型	钟腾、赤路
		长埔-西岭式	Sn、Pb、Zn		闽粤火山岩断陷区	石英斑岩、花岗斑岩、黑云母二长花岗岩、英安质流纹质熔岩	142(西岭)124(塘山)<155—140(长埔)	燕山晚期	火山热液型	长埔、铁峰、青水门、塘山、西岭、宝山峰、银瓶山等
	与中酸性火山岩一次火山岩有关的铜、钼、铅、锌、钨(银、金)矿床成矿亚系列	莲花山式	W	Sn、Pb、Zn、Mo、Be、Bi	闽粤火山岩断陷区	石英斑岩、花岗斑岩、花岗闪长斑岩、花岗闪长岩	165—80137.2(莲花口)	燕山晚期	火山热液型、斑岩型	莲花山、仙境、陶河等
		博罗式	Nb、Ta		粤东火山区	钠长花岗岩		燕山晚期	花岗岩型	博罗
第Ⅳ矿床成矿系列：与海西—印支期为主的深变质带混合花岗岩有关的铌、钽、金、锡矿床成矿系列		南平式	Nb、Ta	Li、Sn、Be、Cs、Rb、Zr、Hf	闽西北后加里东隆起区、云开后加里东隆起区	混合花岗岩	112—354(南平)285—253216(横山)	250—220(南平)236—210(横山)	伟晶岩型	西坑、横山
		银岩式	Sn	Pb、Zn	云开后加里东隆起区	花岗斑岩	92—80	燕山晚期	斑岩型、热液型	银岩
		河台式	Au		云开后加里东隆起区	混合岩、混合花岗岩		印支—燕山期	热液型	河台
第Ⅴ矿床成矿系列：与南华武纪花岗岩有关的锡、铜、铅、锌矿床成矿系列		宝坑式	Sn	Cu、Pb、Zn(Au)	桂北、江南台隆	黑云母花岗岩	848—836	717	热液型	一洞、九毛、五地、六秀、沙坪、红岗

(据陈毓川等,1989)

地信网论坛 BBS.3S001.COM

地信网论坛
BBS.3S001.COM

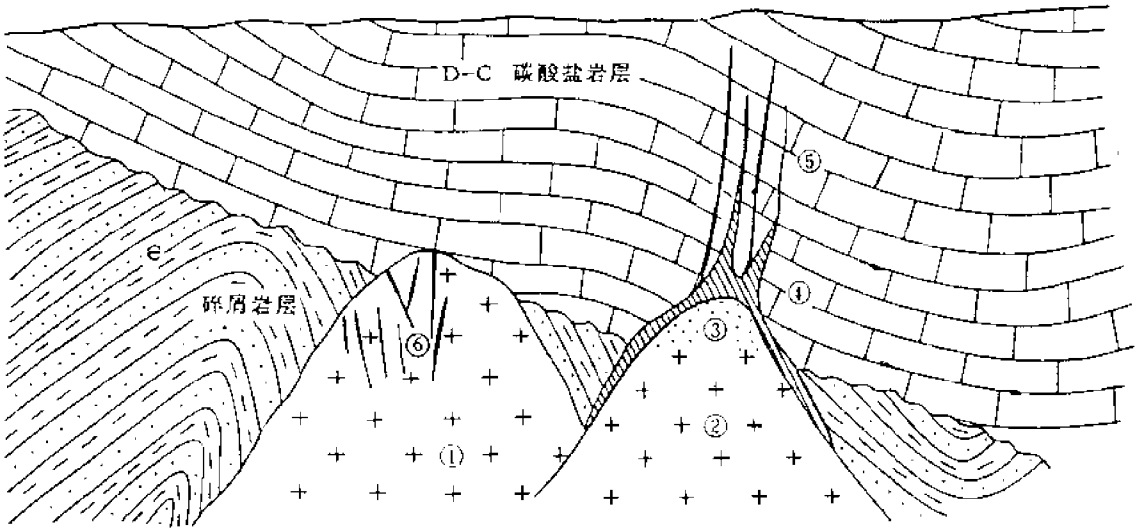


图 2—31 栗木矿田成矿模式

（据陈毓川、毛景文等，1992）

①--成矿前岩体；②—成矿期岩体；③ 稀有金属花岗岩型 Sn、W、Nb、Ta 矿床；④--似伟晶岩壳及伟晶岩脉铌钽锡矿；⑤—围岩中的锡钨长石石英脉矿床；⑥—岩体内接触带钨锡石英脉矿床

2. 姑婆山稀有稀土有色金属矿田

姑婆山复式岩体呈岩基状，由加里东期、印支期及燕山期多期岩体组成，但以燕山期为主体，属“S”型。与该岩体有关的主要矿床有花岗岩风化壳型稀土、稀有矿床；交代斜长岩-矽卡岩型钨锡矿床；石英脉型黑钨矿床；锡石多金属硫化物矿床及与上述矿床有关的砂锡矿等，其矿田成矿模式见图 2—32。

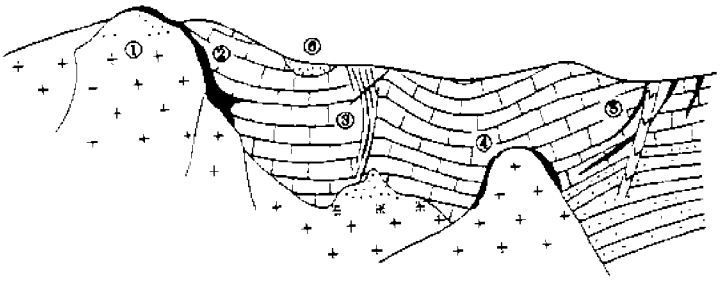


图 2 32 与姑婆山花岗岩有关的矿床成矿模式图

（资料来源同图 2—31）

①—风化壳型褐钇铌矿和稀土矿；②—钨锡矽卡岩；③—黑钨矿石英脉；④—矽卡岩-硫化物型锡矿；⑤--锡石多金属硫化物似层状及脉状矿；⑥—砂锡矿

3. 珊瑚钨锡矿床矿田

珊瑚矿田中岩浆岩仅出露于盐田岭，属云英岩化细粒花岗岩枝。矿田由盐田岭锡多金属矿床和长营岭钨锡石英脉矿床组成。矿床与出露的和隐伏的花岗岩基有关，具体地说：盐田岭含锡多金属硫化物矿床与矿区内的云英岩化细粒花岗岩有关；长营岭与隐伏花岗岩有关。花岗岩属“S”型，其矿田成矿模式见图 2—33。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

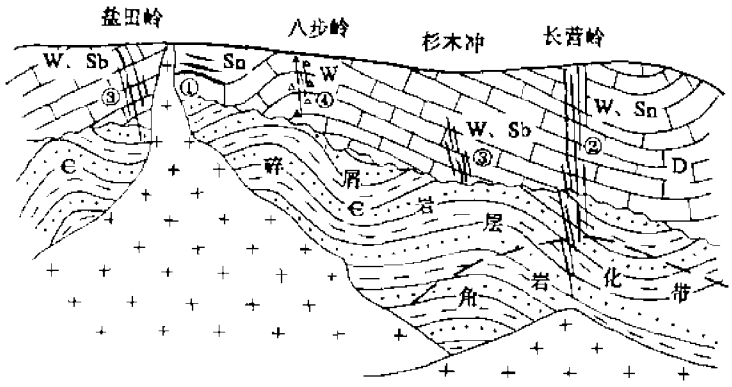


图 2－33　珊瑚矿田成矿模式

（资料来源同图 2－31）

①—顺层交代的含锡多金属硫化物矿床；②—锡石黑钨矿硫化物石英脉矿床；③—黑钨矿辉锑矿石英脉矿床；④—钨铁矿石英角砾脉

本区属海西－印支坳陷区，各类矿床都与印支晚期－燕山晚期的壳源“S”型花岗岩基演化作用和成因上有联系、与印支末期－燕山早期岩浆活动有关的成矿作用可分为三期：

1. 早期成矿期

主要形成栗木矿田内的稀有金属花岗岩、伟晶岩、石英脉钨锡硅酸盐成矿期，与印支末期－燕山早期的硅酸盐碱长花岗岩，尤其是岩浆演化晚阶段的钠长花岗岩有关。成矿作用始于成岩阶段晚期残余熔浆的结晶作用到岩浆期后热液活动的演化过程。该期形成的 Nb、Ta、W、Sn 矿床一般都具有工业价值。从成矿期间成矿介质性质判断，可分为稀有金属花岗岩成矿阶段和石英脉型锡钨矿床成矿阶段，但两个阶段都与“S”型花岗岩基有关。

2. 第二成矿期

与花岗岩浆侵入作用最强烈的燕山中期及其补充期有关，在空间上主要分布在姑婆山岩体的周围，这期矿化主要与黑云母花岗岩有关。

该成矿期可分为稀有稀土矿化花岗岩阶段；交代斜长岩、石英脉-矽卡岩钨锡成矿阶段和锡石多金属硫化物成矿阶段。

3. 第三成矿期

与燕山晚期的岩浆活动相一致，分布于珊瑚矿田的长营隐伏岩体上部围岩中，其主要成矿阶段为钨锡-石英-硫化物成矿阶段、黑钨矿-辉锑矿-石英成矿阶段；钨铁矿-石英成矿阶段。成矿后，受到后期的风化剥蚀，形成砂锡矿床。

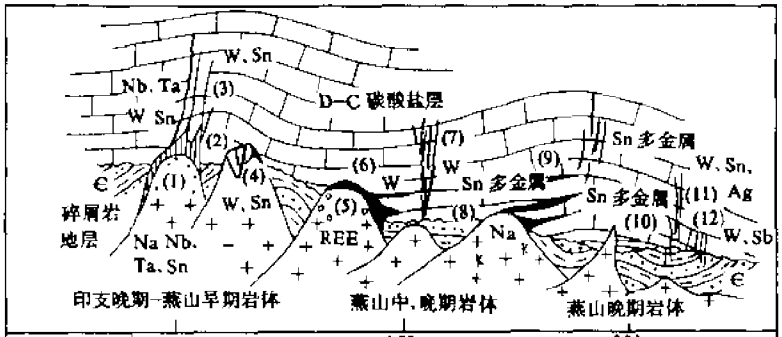
各期成矿过程中成矿元素组合是：Sn-W-Nb-Ta；REE-Nb-Sn-W-Zn 和 Sn-W-Zn-Sb-Ag。从早期到晚期都有 W、Sn 元素富集，但与它共生的元素各异，早期与稀有、稀土元素共生；晚期则与硫化物成矿元素共生。从早到晚的演化过程经历了硅酸盐-氧化物-硫化物-碳酸盐的变化过程。

矿床具明显的分带性，矿床上的垂直分带、矿田内的水平分带和成矿区内的水平带状分布都较明显。

本区岩基、岩体从加里东期延续至燕山期都有中酸性至酸性两类岩体形成，它们可以呈独立岩体，也可以呈复合岩体，每期都是以中酸性岩浆活动开始，尔后向酸性演化，这

地信网论坛
BBS.3S001.COM

说明深部岩浆源的存在，所以本区的成矿作用与岩基有关是无疑的，据此特点可概括成以下的区域成矿模式（图 2—34）。



年代 Ma	200	150	100
矿床式	栗木式	姑婆山式	骑田岭式
成岩成矿时代 Ma	204—183	159—107	111—80
岩浆岩性质	钠长花岗岩	黑云母花岗岩	黑云母花岗岩
主要成矿元素	Nb、Ta、W、Sn	REE W、Sn、多金属 Ag、Sb	W、Sn、多金属 Ag、Sb
成矿温度	800—400(℃) 380—140(℃)	345—300(℃)	310—184(℃)
成矿压力	1800(10^5Pa)	730—400(10^5Pa)	1200—1900(10^5Pa)

图 2—34　桂东地区与印支晚期—燕山期花岗岩有关的稀有、钨锡多金属矿床成矿亚系列成矿模式
（资料来源同图 2—31）

(1)—稀有金属花岗岩型 Nb、Ta、Sn、W 矿床；(2)—似伟晶岩壳及伟晶岩脉 Nb、Ta、Sn 矿；(3)—围岩内 Sn、W 长石石英脉矿床；(4)—岩体内接触带 Sn、W 石英脉矿床；(5)　富稀土花岗岩，风化后成矿；(6)—矽卡岩白钨矿（含锡）矿床；(7)—黑钨矿石英脉；(8)—矽卡岩硫化物型锡矿；(9)　锡石硫化物多金属似层状及脉状矿床；(10)—顺层交代的含锡多金属硫化物矿床；(11)　锡石、黑钨矿硫化物石英脉矿床；(12)—黑钨矿 辉锑矿 石英脉矿床

三、两类花岗质岩石的成矿专属性

南岭地区赋存有硅铝壳重熔型花岗岩（部分属再生地壳型）和上地幔硅镁层混熔过渡型花岗岩。前者统称“S”型；后者为“I”型。正如前所述，“S”型与 W、Nb、Ta、Be、Bi、REE、U 等矿有关，成矿元素以亲氧元素为其特征；“I”型与 Cu、Mo、Pb、Zn、Fe、Au、Ag 等金属矿产有关，成矿元素以亲硫为特征。无论是“S”型，还是“I”型都有自成体系的一套矿床成矿系列（表 2-11）。正由于两类花岗质岩石的这一成矿专属性，形成了南岭地区稀有、稀土、有色金属多样性和特有的时空分布规律。两类花岗质岩石受多次地壳运动的制约，花岗质岩浆活动剧烈而又频繁，形成南岭地区岩浆物质起源和岩石形成机理截然不同，成矿专属各异“S”和“I”花岗岩，当两类花岗岩交叉在一起时，形成复式岩体，因此有可能在一个岩体中两种成矿专属性和两类不同性质的地球化学成矿元素（亲氧和亲硫）同时出现，有人称“成矿交叉性”[6]。现用实例予以说明。

（一）“S”型花岗质岩石的成矿专属性

1. “S”型隐伏岩基的成矿作用

无论在隆起区还是坳陷区都有隐伏岩体存在，其中有部分隐伏岩体与岩基是相联的，岩

地信网论坛
BBS.3S001.COM

体不过是岩基在有利地质构造部位的上突部分。但上突部分往往是含矿岩体，所以隐伏岩体的含矿性可以推测到岩基的含矿性及其成矿作用。赣南钨矿中的石英脉型锡多金属矿床往往与隐伏花岗岩体有成因联系，现将黄沙钨矿为实例予以说明。

黄沙石英脉型锡钨矿床赋存在于山隆起区上坪南北向背斜的东翼，与铁山垅花岗岩体有成因上的联系。铁山垅花岗岩属燕山早期产物，为黑云母花岗岩，在矿区范围内，花岗岩体隐伏于地下。矿区内的矿脉密集平行排列组成脉带，也有隐伏在地下的盲脉。含锡钨石英脉从上而下有线脉→细脉→大脉→单脉的垂直变化，其成矿阶段分为：①无矿石英脉；②黑钨矿石英脉；③硫化物-黑钨矿-石英脉；④条带状硫化物→石英脉；⑤萤石-碳酸盐脉。成矿阶段由早至晚，出现矿化由弱→强→弱，成矿作用出现水平正常分带和垂直逆向分带的特点。

本矿床成矿的Ⅰ、Ⅱ两阶段的矿脉中皆含银，其中Ⅱ阶段富硫化物矿脉中含银较高。银主要赋存在金属硫化物、自然铋及硫盐矿物中。经多方面研究认为：黑钨矿石英脉是矿液沿演化较早、定位较高的花岗岩岩钟顶部（隐伏于矿区中部）逸出而形成的，它展示了一个较完整的原生分带成因模式（多阶段）中心对称型正常分带和垂直逆向分带成因模式（图 2--35）。

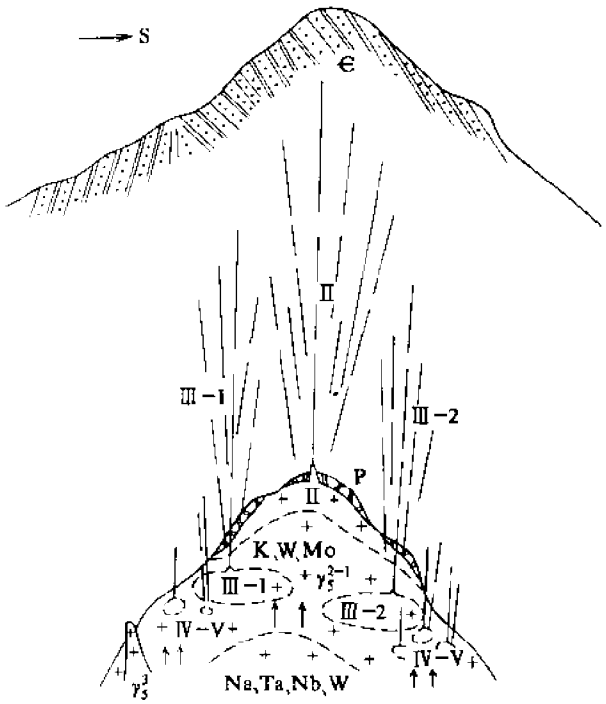


图 2--35　黄沙钨矿床的理想成矿模式

（据陈毓川等，1989）

C—寒武系浅变质砂岩、板岩；γ_5^{2-1} 燕山早期花岗岩；γ_5^3 燕山晚期花岗岩；P—似伟晶岩；Ⅰ 富氧化物、挥发分的熔浆析出形成的黑钨矿石英脉；Ⅱ—1、Ⅱ—2—富金属硫化物、氧化物、挥发分的熔浆析出形成的硫化物黑钨矿石英脉；Ⅳ—富金属硫化物的熔浆析出形成的条带状硫化物石英脉；Ⅴ—最晚阶段的无矿残浆析出形成的萤石碳酸盐脉

地信网论坛
BBS.3S001.COM

2. “S”型花岗岩基的岩浆-热液矿床

这类矿床又称矽卡岩型白钨矿床，显然与“S”型花岗岩有关，但与“S”型花岗岩有成因联系的还有矽卡岩型 Pb、Zn、Ag、Fe 矿床等。矽卡岩型白钨矿床的基本特点是：

1. 矽卡岩型白钨矿床属后生的岩浆-热液矿床；

2. 与它有成因联系的岩浆岩，一般属“S”型。其它的亲硫元素的矽卡岩型矿床一般与中—酸性岩浆岩有关；

3. 矽卡岩型钨矿床与其它矽卡岩型矿床一样，赋存在岩体与碳酸盐岩接触面附近，矿体形态复杂，受控于接触面，多形态的不整合矿床受构造裂隙所控制。

4. 具有特定的蚀变作用，通常见有钾长石、钠长石化、云英岩化、电气石化、硅化和绿泥石化，其中的钠化和钾化与白钨矿化关系密切；

5. 矽卡岩型白钨矿床的形成有明显的分散分阶段性，一般是硅酸盐→氧化物→硫化物→碳酸盐，具体分为两个矿化期 5 个矿化阶段。

A. 矽卡岩化期，分为早期矽卡岩化阶段和晚期矽卡岩化阶段；

B. 钨矿化期，又分为氧化物-碱质交代白钨矿化阶段，硫化物-白钨矿化阶段，硫化物阶段。

铅厂矽卡岩型白钨矿是典型实例。

铅厂矽卡岩型白钨矿床矿区内由寒武系浅变质岩基底和泥盆系的砂页岩、下石炭统梓山组及中上统黄龙组、船山组组成盖层。矿体赋存在似斑状细粒花岗岩与灰岩的接触带上，其形态受接触面的控制。在平面上呈团块状（图 2—36），围绕接触面展布；在延伸方向上矿体赋存在较平缓和内凹部位（图 2—37）。

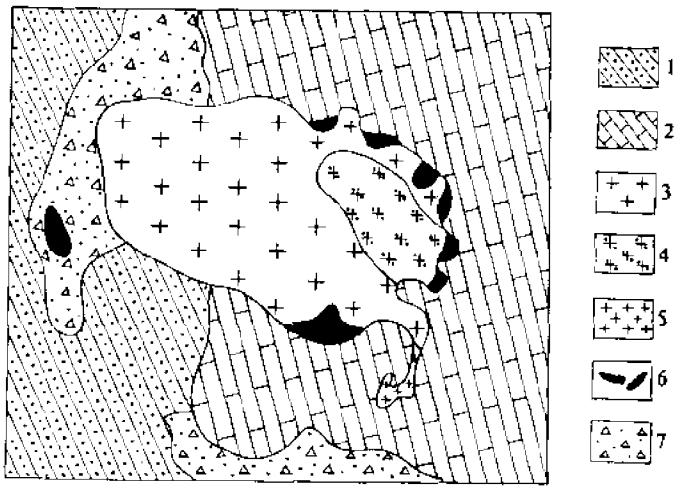


图 2—36　铅厂矿区地质平面图

（据朱焱龄等，1981）

1—砂岩；2—大理岩；3—粗粒花岗岩；4—似斑状细粒花岗岩；5—细粒花岗岩；6—矽卡岩白钨矿体；7—炉渣及坡积层

矿石矿物有白钨矿、方铅矿、闪锌矿、磁黄铁矿、黄铁矿、黄铜矿、辉钼矿和黑钨矿等。其矿石组合类型是：①白钨矿-黄铁矿-辉钼矿；②磁黄铁矿-白钨矿；③方铅矿-闪锌

地信网论坛
BBS.3S001.COM

矿-白钨矿。钨的品位较富，伴有 Pb、Zn、Mo、Cu 等有益组分。

3. “S”型和“I”型花岗岩的复合成矿作用

两种不同性质的花岗质岩石交叉在一起形成不同类型的矿床，就钨锡矿而论，形成的矿床组合有：①细脉浸染型；②接触交代型（矽卡岩型）；③裂隙充填型（石英脉型）；④伟晶岩型；⑤酸性火山岩型；⑥层间交代型（似层状）；⑦多位一体复合型。不同矿化类型的矿床常环绕同一复合岩体出现于同一矿区，它是南岭地区花岗质岩基成矿的特征之一。各类矿床复合岩体的相对关系见图 2-38。

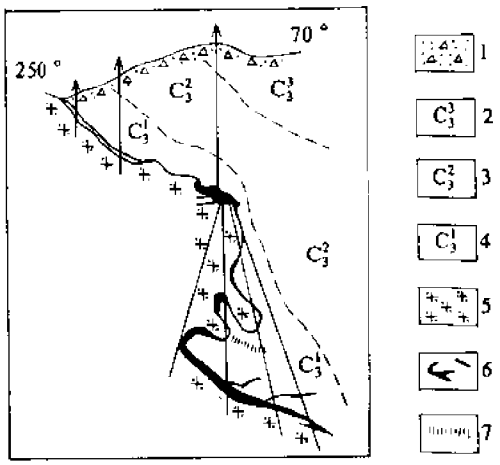


图 2-37 铅厂矿区地质剖面图

（资料来源同图 2-36）

1—坡积层；2—灰岩；3 大理岩；4—结晶灰岩；5 似斑状细粒花岗岩；6 矽卡岩白钨矿体；7—简单矽卡岩

四、南岭地区与花岗质岩类有关矿床的成矿综合模式

据上简述，南岭地区与花岗质岩石（也可称岩基）的成矿作用是复杂的，但总括起来可分成

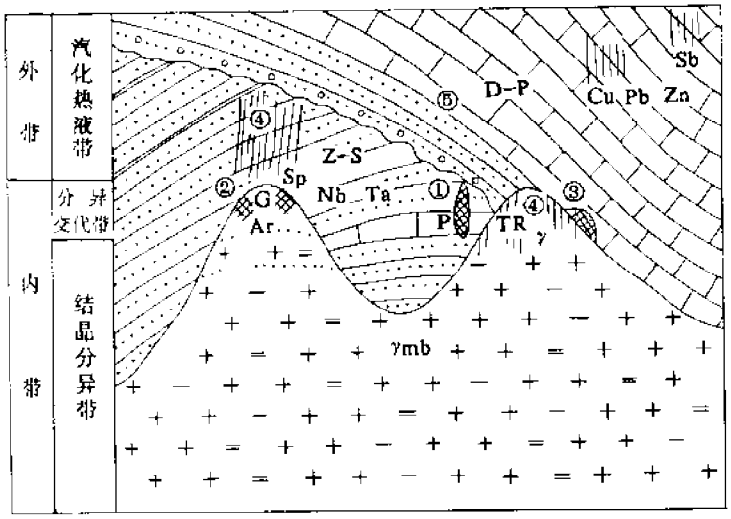


图 2-38 与花岗岩浆侵入作用有关的钨矿床成矿模式图

（据刘家远等修编，1984）

D-P—泥盆—二叠系砂、页岩、碳酸盐岩；Z—S—震旦—志留系砂板岩夹碳酸盐；γmb—二云母花岗岩；γ—花岗岩；Ar—钠长石花岗岩；G 云英岩；SP—似伟晶岩；P—伟晶岩；①伟晶岩型钨矿；②网脉浸染型钨矿；③矽卡岩型钨矿；④石英脉型钨矿；⑤似层状钨矿；TR—稀土矿床；Nb、Ta—铌钽矿床；Cu、Pb、Zn 多金属矿床；Sb—锑矿床

4 种类型：

1. 与燕山期中浅成酸性花岗岩类有关的稀土、稀有、有色及铀金属矿床，其成矿综合模式见图 2—39，属于该类的矿床成因类型有：岩浆型、伟晶岩型、云英岩型、矽卡岩型、

地信网论坛
BBS.3S001.COM

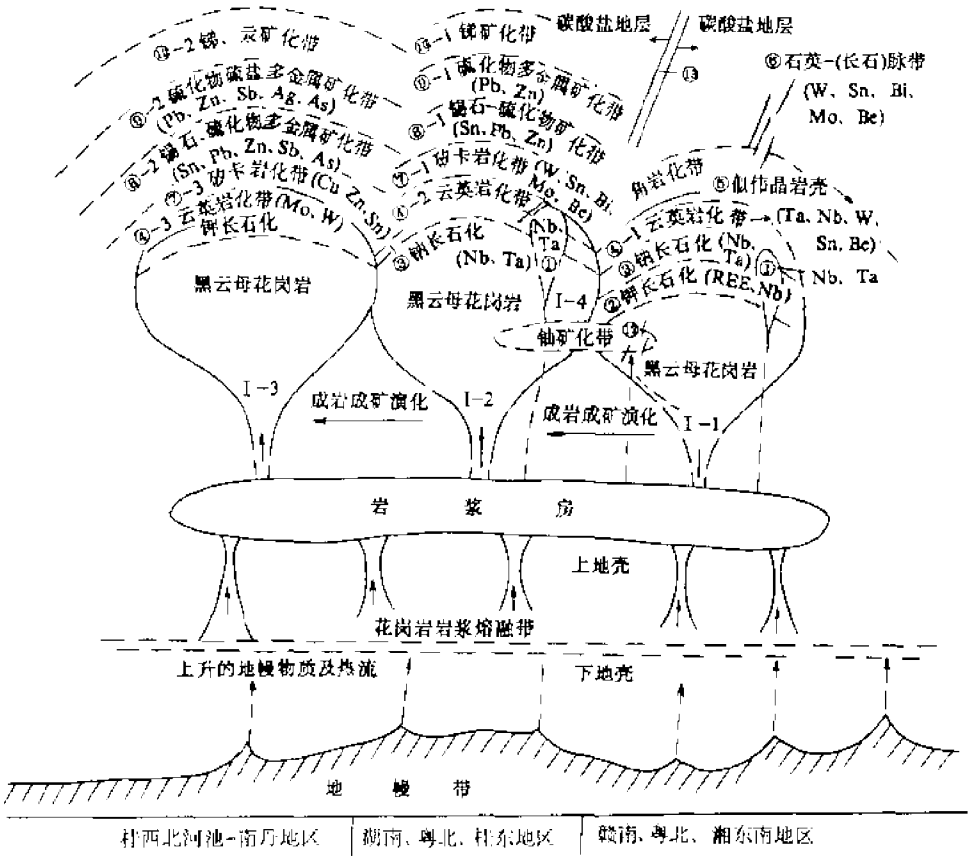


图 2—39 南岭地区与燕山期中浅成酸性花岗岩类有关的稀土、稀有、有色及铀金属矿床关系综合模式

（据陈毓川等，1989）

I—1、I—2、I—3、I—4 为四个成岩成矿亚系列阶段

①—钠长花岗岩铌钽矿床；②—花岗岩型稀土矿化和稀土、铌矿床；③—蚀变花岗岩型铌钽矿床；④—云英岩带矿化，分三类：④—①—铌、钽、铍、钨、锡矿床；④—②—石英-云母网脉带钨、锡、铋、钼、铍；④—③—钼、钨矿床；⑤—似伟晶岩中的钽、铌、铍、钨、锡矿化（床）；⑥—岩浆-高温气液石英-（长石）脉型钨、锡、铋、钼、铍矿床；⑦—矽卡岩带中矿床，分三类：⑦—①—钨、锡、铋、钼、铍矿床；⑦—②—磁铁矿矿床；⑦—③—铜、锌（锡）矿床；⑧—（钾长石）-电气石大理岩化带中的矿床，分两类：⑧—①—高中温热液锡石-电气石-硫化物（锡、铅、锌）网脉带脉状矿床；⑧—②—高中温热液锡石-硫化物（锡、铅、锌、锑、砷）层间交代矿层及网脉、裂隙脉带矿床；⑨—大理岩化灰岩或再结晶灰岩带中多金属锑、砷矿床，分两类：⑨—①—中温热液方铅矿、闪锌矿矿脉带矿床；⑨—②—中低温铅、锌、锑、砷、银硫化物、硫盐矿脉带矿床；⑩—灰岩地层中锑、汞矿床，分两类：⑩—①—锑矿化；⑩—②—辉锑矿、汞砂矿床；⑪—中、低温热液型钨、锡矿床；⑫—花岗岩内硅化或钠长石化断裂带中铀矿床；⑬—不同岩性围岩的分界线

热液型、离子吸附型。

2. 与燕山期浅成—超浅成中酸性花岗岩有关的铜、铅、锌、钨、钼、铌、银、金、铀金属矿床，主要矿床类型有斑岩型（Cu-Mo、W-Cu、S）、热液型、伟晶岩型、云英岩型、矽卡岩型。其成矿综合模式见图 2—40。

3. 与燕山期中酸性火山-侵入岩有关的钨锡铌钽钼铜铅锌（银金）矿床。此类岩浆岩系

地信网论坛
BBS.3S001.COM

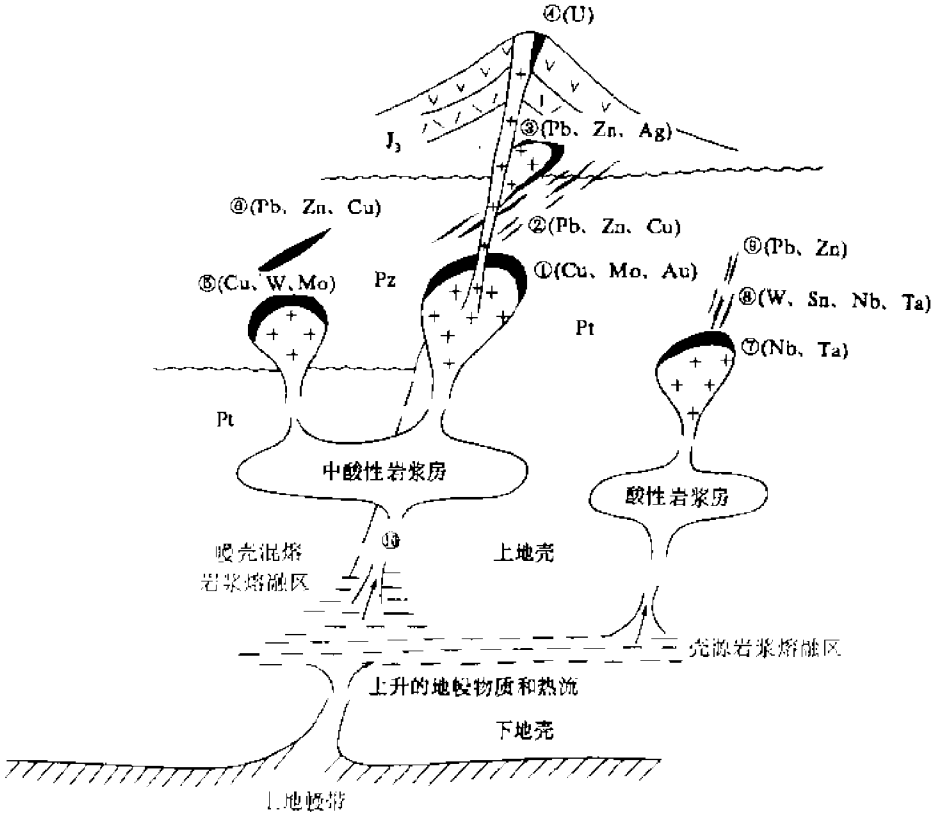


图 2—40　南岭地区与燕山期浅成-超浅成中酸性花岗岩有关的
铜铅锌钨铌银金铀金属矿床综合模式

（资料来源同图 2—39）

1—斑岩型铜矿床；2—与火山—次火山岩有关的脉状铜、铅、锌矿床；3—与次火山岩花岗斑岩有关的斑岩型铅、锌、银矿床；4—火山口附近铀矿床；5—斑岩型钨、钼、铜矿床；6—交代灰岩产出的脉状铅、锌、铜矿床；7—花岗岩体内的铌、钽矿床；8—岩体顶部云英岩型钨、锡、铌、钽矿化及岩体上部围岩中石英脉型钨锡矿或钨、锡、钼矿；9—铅锌矿脉；10—深断裂

列又可分为：①与酸性火山—次火山岩有关的锡钨铌钽（铍、铅、锌）矿床；②与中酸性火山—次火山岩有关的铜钼铅锌钨（金银）矿床，其主要的成因类型有火山热液型、斑岩型和花岗岩型。该岩浆系列的综合成矿模式见图 2—41。

4. 与海西—印支期为主要的深变质混合花岗岩有关的铌钽金锡矿床。这类矿床主要产于闽西北后加里东隆起区、云开后加里东隆起区。以混合岩、混合花岗岩和花岗斑岩为含矿母岩，或矿床直接有关。主要矿床类型有伟晶岩型、斑岩型、热液型，其区域成矿模式见图 2—42。

5. 与前寒武纪花岗岩有关的锡铜铅锌矿床。该岩浆系列分布于南岭元古宙基底出露地区，雪峰运动伴随有花岗岩的侵入。与成矿有关的岩石属雪峰期花岗岩，已知矿床为宝坛式，属热液型，宝坛锡矿床的成矿模式见图 2—43a。

据上可知，南岭地区矿床成因上与燕山期及海西期、印支期（部分前寒武纪）花岗岩密切相关，成矿作用十分强烈，具有区域性的大面积特点。其花岗岩类有酸性至超酸性，也

地信网论坛
BBS.3S001.COM

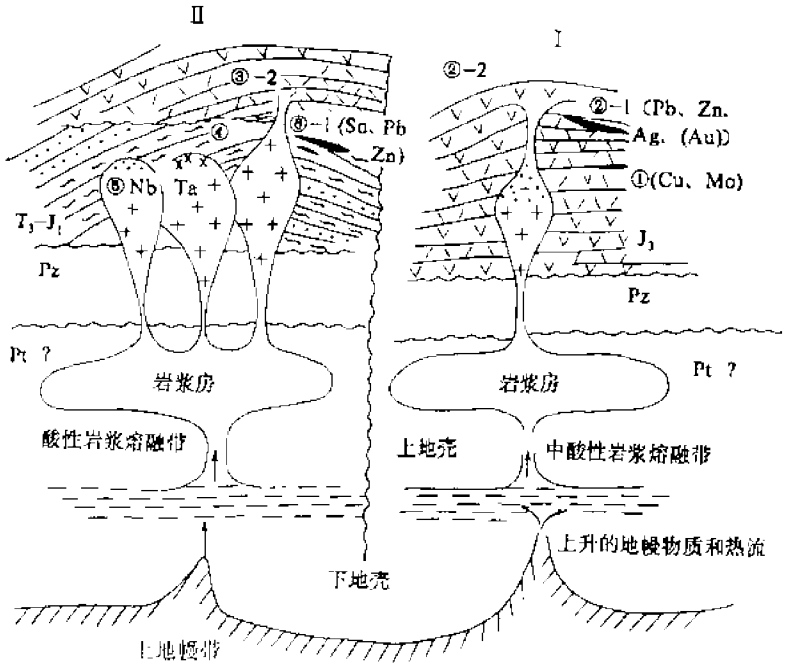


图 2—41 南岭地区与燕山期中酸性火山—侵入岩有关的钨锡钽铌铜铅锌（银金）矿床综合模式

（资料来源同图 2—39）

Ⅰ—与中酸性火山—次火山岩有关的铜、钼、铅、锌（钨、银金）矿床成矿亚系列；Ⅱ—与酸性火山—次火山岩有关的锡、钨、铌、钽（铍、铅、锌）矿床成矿亚系列；①—在花岗斑岩、花岗闪长斑岩中的斑岩型铜、钼矿（赤路式）；②—中酸性火山岩中的铅锌（银、金）矿床（银坑、五部式），可分两类：②—1—沿层间构造带充填交代的矿床；②—2—充填断裂、裂隙中的脉状矿；③—与石英斑岩、流纹质熔岩有关的锡（铅、锌）矿床，分两类：③—1—沿层间充填交代矿床；③—2—火山口内及附近的锡矿床；④—在花岗斑岩及其围岩中的斑岩型黑钨矿矿床；⑤—钠长花岗岩中铌钽矿床（博罗式）；J_3—上侏罗中酸性火山岩；T_3—J_1—上三叠—下侏罗金鸡群砂岩、粉砂岩，受不同程度动力和热变质；Pz—古生代构造层；Pt—元古宙构造层

有中酸性岩类；有侵入岩，也有火山岩和次火山岩。从花岗岩的成因来说，有壳源型的、壳幔混合型的、混合花岗岩的（原地和半原地）。从本质来说属岩基，与滨太平洋板块构造密切有关的岩基成矿作用。

第四节 构造-岩浆域的火山岩区中与火山、次火山（潜火山）岩有关的矿床

全国不同时代和不同岩性的火山岩极为发育，海相、海陆交互相和陆相都有，在地质历史上我国是多火山的国家，不同时代的火山岩都有出现。火山岩的种类甚多，基性、中性、酸性和碱性火山岩均有出露，各种岩类的组合齐全（见表 2—4A、B、C）。它们与矿产的关系密切，各类矿床都有。按大地构造分区和火成岩的空间分布将全国划分出六大构造-岩浆域和 19 个火山岩区[7]。

Ⅰ 准噶尔-兴蒙构造-岩浆域：Ⅰ$_1$ 阿尔泰-外准噶尔火山岩区；Ⅰ$_2$ 兴安-张广才岭火山岩区；Ⅰ$_3$ 那丹哈达岭火山岩区。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

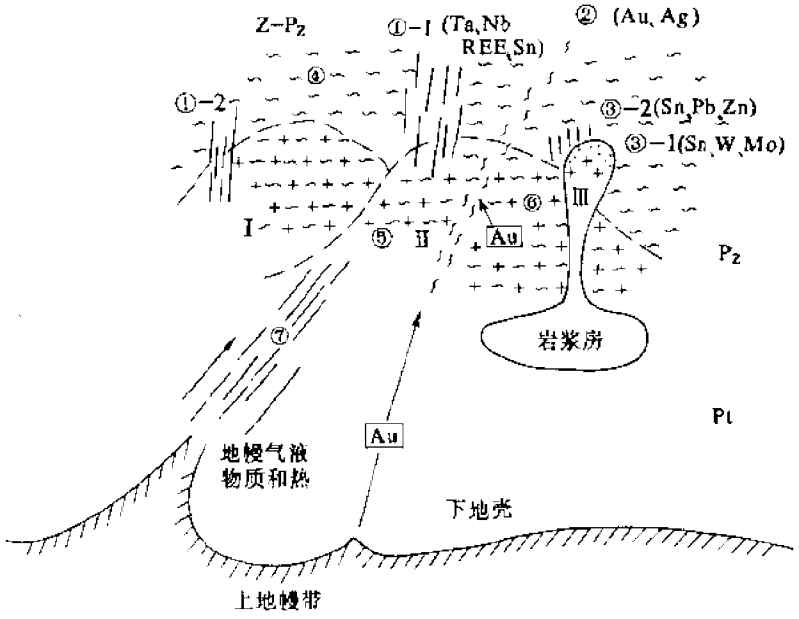


图 2—42 南岭地区与海西—印支期为主的深变质混合花岗岩有关的铌钽金锡矿床综合模式

（资料来源同图 2—39）

Ⅰ 加里东期混合花岗岩；Ⅱ—海西—印支期混合花岗岩；Ⅲ—燕山晚期再熔花岗岩。①—伟晶岩脉带，分两类：①—1—海西印支期铌钽、稀有金属伟晶岩矿脉带；①—2—加里东期伟晶岩脉；②—变质岩、混合花岗岩中挤压错动带内蚀变破碎带型金（银）矿床；③—燕山晚期与花岗斑岩有关的锡矿床，分两类：③—1—岩体顶部斑岩型锡（钼、钨）矿床；③—2—外围锡石-硫化物多金属矿脉带，④—绿片岩相、角闪岩相变质岩和混合岩；⑤—混合花岗岩；⑥ 金部分可能来自变质岩；⑦—长期活动构造带，沟通和导致地幔气液、热量的上升

Ⅱ 塔里木-华北构造-岩浆域：Ⅱ$_1$ 塔里木-天山火山岩区；Ⅱ$_2$ 昆仑-祁连-秦岭火山岩区；Ⅱ$_3$ 华北火山岩区。

Ⅲ 羌塘-扬子构造-岩浆域：Ⅲ$_1$ 羌塘-三江火山岩区；Ⅲ$_2$ 扬子火山岩区。

Ⅳ 藏南构造-岩浆域：Ⅳ$_1$ 冈底斯火山岩区；Ⅳ$_2$ 喜马拉雅火山岩区。

Ⅴ 华南构造-岩浆域：Ⅴ$_1$ 浙闽火山岩区；Ⅴ$_2$ 闽东-台湾火山岩区；Ⅴ$_3$ 云开-海南火山岩区。

Ⅵ 环太平洋中、新生代构造-岩浆域，包括大兴安岭、燕山、辽鲁、长江中下游，浙闽和粤东等六个中生代火山岩区。

我国虽然不同时代的火山岩广泛发育，但海相和海陆交互相多出现于三叠纪以前，主要分布于我国西部；而陆相火山岩多出现于三叠纪以后，主要分布于我国东部。前者以发育块状硫化物铜-多金属矿床和铬镍钴铂矿床为其特点，它在本章的第二节中已详细叙述过；后者以发育浅成热液的贵金属矿床，与铜铅锌多金属矿床、钨锡锑矿床和非金属等矿床关系密切。矿床一般都赋存在熔岩或次火山岩，常呈浸染状或脉状矿体，形态不甚规则。据多方面研究证实成矿物质来自火山岩本身，所以称火山-次火山岩（潜火山）型矿床。

主要的矿床类型有：

Ⅰ 火山喷发原始型（玄武岩中的自然铜或宝玉石等）；

Ⅱ 火山喷溢-矿浆型；

地信网论坛
BBS.3S001.COM

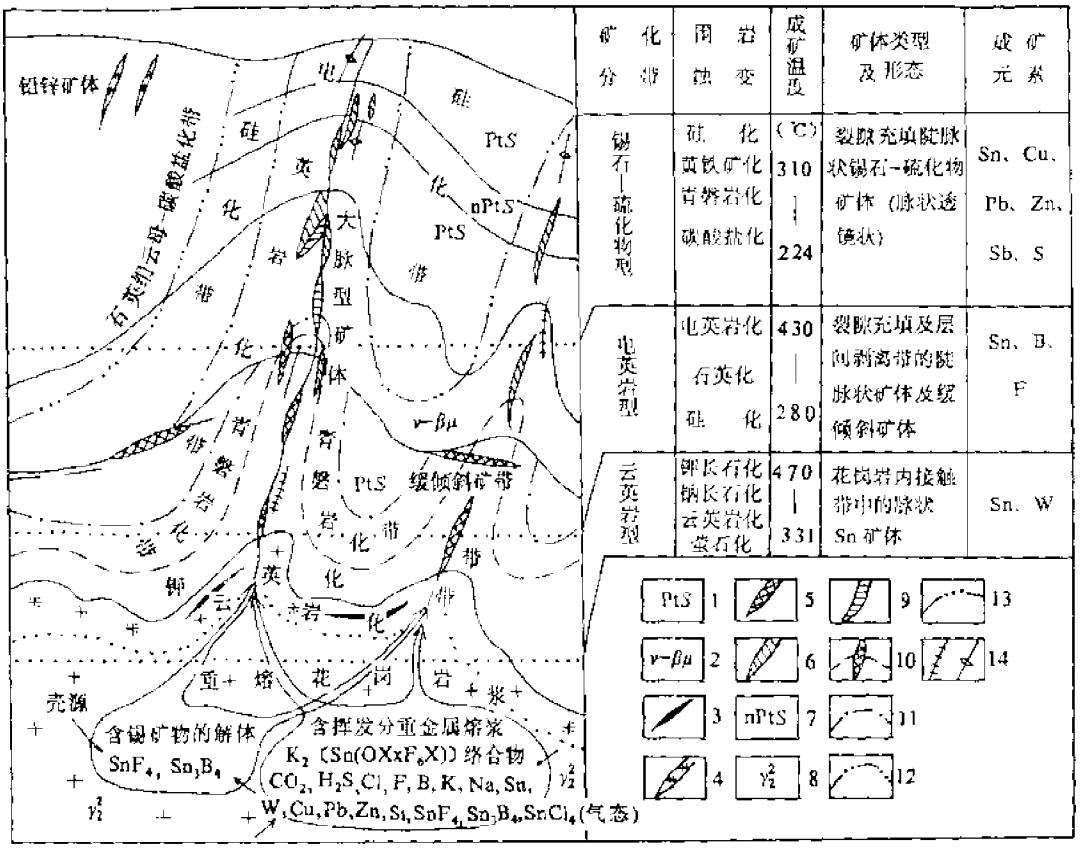


图 2 43a 某矿锡矿床成矿模式图

(据毛景文、宋叔和、陈毓川, 1988)

1—四堡群砂岩; 2—基性岩; 3—云英岩型锡矿体; 4—铅锌矿体; 5—电英岩型锡矿体; 6—锡石-硫化物型矿体; 7—四堡群凝灰岩; 8—雪峰期花岗岩; 9—锡石-硫化物型矿体; 10—钾化与青磐岩化界线; 11—青磐岩化与电英岩化界线; 12—电英岩化与硅化界线; 13—硅化与碳酸盐化界线; 14—电气石脉碳酸盐脉

Ⅲ 火山喷气-热液型，此类尚有若干亚类：

Ⅲ—1，玢岩型，以玢岩铁矿最为典型；

Ⅲ—2，次火山岩型，江西相山铀矿床、冷水坑银铅锌矿床、河北蔡家营铅锌（银金）矿床、内蒙古甲乌拉银铅锌矿床、黑龙江团结沟金矿床、福建上杭紫金山铜矿床；

Ⅲ—3，隐爆破角砾岩型矿床，江西银山铅金银矿床、吉林小西南岔北山金铜钼矿床、北京大庄科钼矿床、江西洋鸡山金矿床；

Ⅲ 4，火山喷气-热液型，主要浙江治岭头金银矿床、五部银锌矿床、武义萤石矿床、青田滑石矿床、大岭口银铅锌矿床；河北相广锰银矿、牛圈锰银金矿床；内蒙古额仁陶勒盖银矿；安徽矾山明矾石矿床等。

以下举例说明它们的成矿地质特征。

一、玢岩铁矿

“玢岩铁矿”是我国地质科学工作者根据地质理论和我国宁芜地区实际地质特征获得的成果。“玢岩铁矿”一词，类似“黑矿”（Кипоко）或“斑岩铜矿”的概念，它代表在特定地

地信网论坛
BBS.3S001.COM

质条件下具有相似成因和相同物质来源的一组矿床。实际上它是指在陆相安山质火山岩地区，与辉石闪长玢岩一类的次火山岩或火山-侵入岩体有空间、时间、以及成因联系的一组铁矿床。

宁芜地区是我国陆相火山喷发比较强烈的典型地区。在构造上是长江中下游的一个中生代的断陷盆地。晚侏罗-上白垩纪火山活动剧烈，有大规模的火山喷发及侵入活动，堆积了总厚约2500余米的火山岩系，覆盖面积达1500余平方公里。火山活动由老到新可分出四个旋回，即：龙王山旋回以猛烈爆发为特点，爆破角砾岩、火山碎屑岩占绝大多数，属碱钙系列，较偏基性，含钾较高。大王山旋回则出现全区性的熔岩喷溢，也属碱钙系列，但含钠高，火山产物占全区90%以上；姑山旋回具爆发和喷溢的特点，岩石的碱度降低酸度增大，目前发现盆地的南北两端；娘娘山旋回则只保留了中段的一个破火山口，属碱性粗面岩-响岩系列，每一旋回大致均以强烈或较强烈的爆发开始，而以较宁静的喷溢活动结束。有意义的是，在每一旋回末期，均有相应成分的次火山岩产出，是岩浆分异铁质富集的有利条件。

玢岩铁矿均与“大王山”旋回喷发结束阶段的富钠辉长岩、闪长玢岩、辉石安山岩、粗面岩次火山岩体有关。铁矿床往往围绕着一个火山-侵入活动中心发育，其中的次火山岩(辉石闪长玢岩—辉长闪长岩)从内部到接触带以至邻近围岩，一般出现以下几种矿化类型：

(1) 岩体中心浸染状和细脉状矿化：为晚期岩浆到高温气液交代矿床，矿物组合属钠柱石（钠长石）-透辉石-磷灰石-磁铁矿型（陶村式）。

(2) 岩体顶部及边部的脉状、网脉状、角砾状矿化：为伟晶高温气液交代-充填矿床，矿物组合属阳起石（透辉石）-磷灰石-磁铁矿型（凹山式）。

(3) 当围岩为安山岩、凝灰岩时，岩体与围岩接触带上下块状及脉状矿化：为接触交代-充填矿床及矿浆充填(?)矿床，矿物组合属透辉石-石榴子石-磷灰石-磁铁矿型(梅山式)。

(4)当围岩为前火山岩系沉积岩时，接触带及沉积岩中块状、角砾状、脉状、网脉状矿化：为接触交代充填，矿物组合属(透辉石-阳起石 碱长石)-金云母-磷灰石-磁铁矿型(凤凰山式)，另外，尚有矿浆充填矿床(姑山式)和伟晶高温气液交代-充填矿床(凹山式)。

(5) 岩体附近火山岩中的脉状矿化，中低温热液充填状石英-镜铁矿（龙虎山式）及层状、似层状矿化，属火山-沉积矿床（龙旗山式）。

上述不同类型的矿化均是同一成矿作用从高温到低温的连续演化阶段的产物，这一阶段与另一阶段之间并无明显界线，只因此处的地质条件不同而形成不同的成因类型。各类矿化的形成时间及温度范围，除了火山-喷发成因（龙旗山式）铁矿外，一般有如下顺序：

陶村式（450—370℃，晚期岩浆到高温气液交代）→凹山式（500—410℃，伟晶高温气液交代-充填）→梅山式，姑山式（>450℃矿浆充填（?））→凤凰山式（370—300℃中高温热液接触交代-充填）→龙虎山式（300—200℃中低温热液充填）。

上述各类矿化有着密切的成因关系，发现其中一种，有可能找寻到其他几种类型矿床。“玢岩铁矿”各类型铁矿化的空间分布及相互关系如图（图2-43b）所示。

与铁矿有成因联系的辉长闪长岩-辉长闪长玢岩是一套中基性富钠质次火山岩，SiO_2平均含量53.88%，K_2O+Na_2O平均6.97%，$Na_2O:K_2O$平均为2:1，钙碱指数为52.5属碱钙性岩石。

与铁矿化有关的围岩蚀变分为早期蚀变，形成不含水的铁镁硅酸盐矿物，如方柱石化、

地信网论坛
BBS.3S001.COM

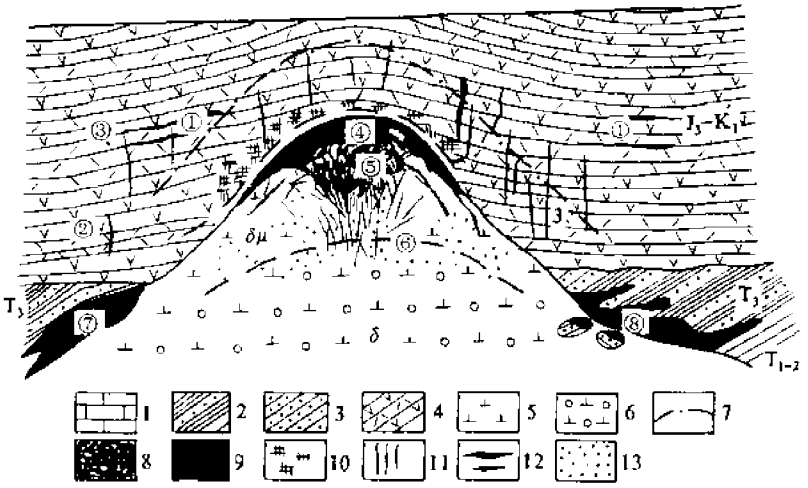


图 2　43b　玢岩铁矿理想模式图

（据陈毓川等，1976）

1—青龙群石灰岩（T_{1-2}）；2—黄马青组砂页岩（T_3）；3—象山群砂岩（J_{1-2}）；4—龙王山、大王山两旋回火山岩（J_3/K_1）；5—辉长闪长玢岩；6—辉长闪长玢岩-辉长闪长岩；7—蚀变分带界线；8—角砾岩化带及角砾岩状矿石；9—块状矿石；10—镜铁矿或磁铁矿脉；11—层状铁矿；12—黄铁矿化；13—浸染状磁铁矿化。①龙旗山式；②竹园山式；③龙虎山式；④梅山式；⑤凹山式；⑥陶村式；⑦向山式（黄铁矿）；⑧姑山式、凤凰山式。Ⅰ—下部浅色蚀变带；Ⅱ—中部深色蚀变带；Ⅲ—上部浅色蚀变带

辉石化、石榴子石化，统称为“类矽卡岩化”，钠长石化晚于并交代方柱石而呈方柱石假像，后期伴随磁铁矿化，在岩体中形成陶村式浸染状矿石，随着气成作用的加强，铁矿化也加强，凹山式和梅山式铁矿是这一蚀变阶段的后期产物；中期蚀变为“青磐岩化”，形成一些含水硅酸盐，如阳起石化、金云母化、绿帘石化、绿泥石化、碳酸盐化等，并伴随着广泛的磁铁矿化；后期黄铁矿化加强，主要以泥化、碳酸盐化为主，广泛发育黄铁矿化，而磁铁矿部分假像赤铁矿化，并在铁矿外围形成黄铁矿化外壳称为“泥英岩化”。

蚀变带自下而上分为三个带：下部浅色蚀变带，为碱性长石岩相带；中部深色蚀变带为方柱石、辉石、石榴子石岩相带，属早期“类矽卡岩”蚀变，而中期“青磐岩化”蚀变叠加在早期蚀变带（中、下蚀变带）上；上部浅色蚀变带即为晚期蚀变的“泥英岩化”。

铁矿石中以透辉石（阳起石）-磷灰石-磁铁矿三矿物为基本组合，矾、钛元素高是这类矿床的特征性标志。

关于矿床的矿质来源的形成过程有以下认识。

玢岩铁矿早期矿化往往伴随强烈的钠生石化、钠长石化，并以透辉石-磷灰石-磁铁矿三矿物组合出现，显示了铁的富集与钠氯及磷等矿化剂有关，铁可能以 Na^3〔$FeCl_4$〕、Na_3〔Fe_3（PO_4）$_3$〕形式迁移富集在岩体的顶部及边部，钠长石化对围岩中的铁可以起活化、转移、富集作用，在岩体冷却过程中，结晶分异及气体缓慢渗滤交代形成陶村式矿体。由于钠长石化的结果，促使后期铁矿的大量析出，随着气成作用的迅速加强、气液温度骤然升高，隐蔽爆破等作用使岩体及附近围岩产生角砾化带及裂隙带，高温气液迅速冲入岩体上部甚至围岩裂隙中，充填角砾岩带及裂隙带内，形成凹山式铁矿体。随着成矿温度的下降，

地信网论坛
BBS.3S001.COM

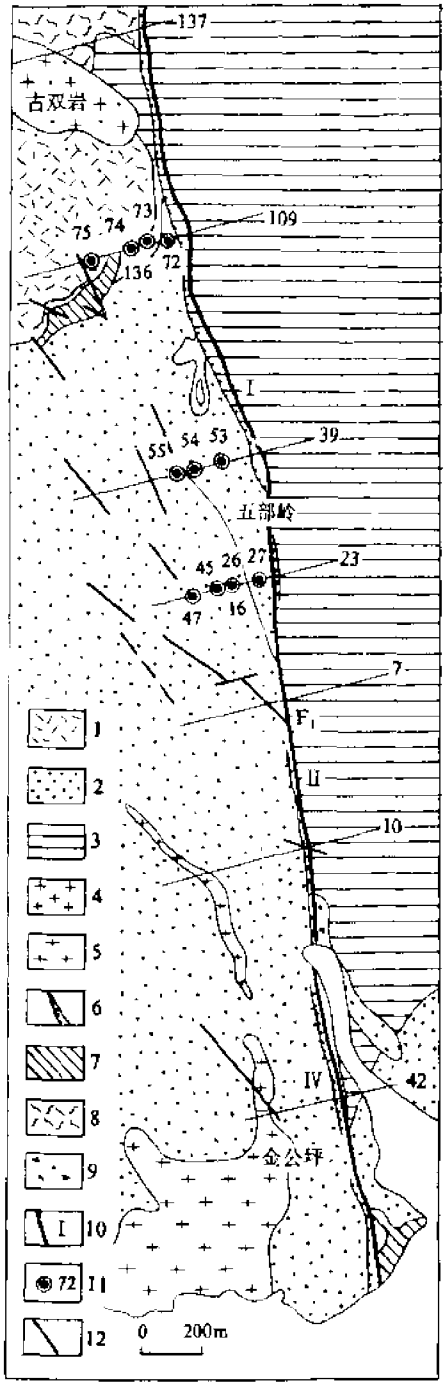


图 2—44　五部铅锌矿北矿段地质略图

（据浙江地矿局地质科研所郑人来等，1983）

1—下白垩统，b：岩性段；2—下白垩统：a：岩性段；3—上侏罗统；4—6—酸性次火山岩；4—石英霏细斑岩；5—霏细斑岩；6—控矿断裂带中石英霏细斑岩；7—基性熔岩；8—酸性熔岩；9—隐爆角砾岩；10—铅锌矿体及编号；11—原生晕取样钻孔及编号；12—断裂

水热溶液作用加强，类青磐岩化蚀变加强了。广泛的磁铁矿化随着气液成分的改变，转变为黄铁矿化，这一阶段蚀变叠加在早期蚀变带上。火山作用晚期，水液作用的加强也使磁铁矿为赤铁矿化。由于 SO_2、SO_3、CO_2 的作用加强，使硬石膏、明矾石、碳酸盐，泥化等中低温热液蚀变发育，相应形成黄铁矿的富集。

另一方面，在岩浆侵入的某些较深部位（相对而言）、在富碱和富磷的条件下，岩浆分异为两个极端，钠长岩质熔浆和矿浆（富含矿质的熔浆）。在冷凝过程中，前者首先固结，后者在适合的构造条件下，能充填到较上部位置而形成充填型富矿体，如凹山、东山等地的富矿脉体。

除宁芜地区赋存有玢岩铁矿之外，云南的铁矿与它类似。国外也有类似的矿床，像原苏联的土尔盖、瑞典的基鲁纳是实例之一。可以说在安山质的火山岩地区赋存有玢岩铁矿具有一定的普遍性。

二、陆相火山岩系中的五部火山热液型铅锌矿床

浙江五部铅锌矿床属火山热液型矿床，其产出的地质特征及矿床的基本特征分别叙述如下。

1. 区域地质背景

五部铅锌矿床位于东南沿海褶皱系北部的中生代断陷活动带内。其燕山构造层以下，存在海西—印支基底。区内北北东向延伸的镇海—永嘉等数条深大断裂切穿基底，为岩浆的上升提供了通道。

2. 赋矿地层

矿区出露地层简单，为一套中生代陆相酸性—中酸性火山岩建造，上侏罗统（底盘建造）以熔结凝灰岩为主，岩性较单一。下白垩统（断陷建造）岩性较复杂，为主要含矿层。可分为三个岩性段：下段主要由湖盆相泥岩、火山碎屑沉积岩和中基性岩组成；中段为玻璃屑熔结凝灰岩夹霏细岩、角砾岩；上段为流纹质晶屑熔结凝灰岩（图 2- 44）。

3. 成矿岩体

地信网论坛
BBS.3S001.COM

五部矿区出露的火成岩主要是燕山晚期形成的超浅成次火山岩相酸性小岩体，均赋存于火山机构中，与成矿关系密切具代表性的有位于贯穿矿区北北西向主断裂带的石英霏细斑岩体和矿区北部古双岩的石英霏细斑岩体，前者呈岩墙状产出，与主断裂产状基本一致，并共同限制了隐爆角砾岩的分布；后者在剖面上呈不对称漏斗状，可能是中心式喷发的火山颈。矿体大部分产出于主断裂带石英霏细斑岩体内部或与围岩接触带附近，也有产出于古双岩岩体向外延伸的断裂带中。

4. 控矿构造

矿区褶皱构造不明显，但断裂构造发育，以北东—北北东向和北西—北北西向断裂为主。前者规模大，属区域性逆冲断层，其中有基性岩脉贯入；后者（称作五部断裂带）在矿区最发育，规模大小不一，一般为正冲断层，可见铅锌黄铁矿化，是矿区主要控岩控矿构造，如 F_1 断层，走向北西 340°—350°，倾向南西，倾角 60°—86°，走向长十余公里，矿区主要铅锌矿石和石英霏细斑岩即沿此断裂分布。

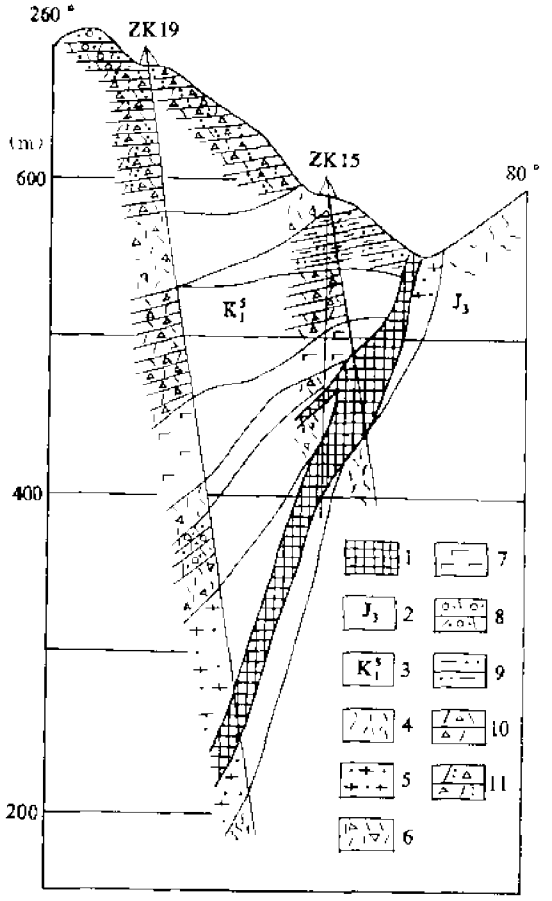


图 2—45　27 线剖面矿体形态图

（资料来源同图 2—44）

1—矿体；2—侏罗系上统；3—白垩系下统 s 段；4—晶屑玻屑熔结凝灰岩；5—石英霏细斑岩；6—角砾凝灰岩；7—玄武岩；8—凝灰质砂砾岩；9—粉砂质泥岩；10—沉火山角砾岩；11—沉角砾凝灰岩

5. 矿体产状

矿区中共有大小矿体 6 个，呈线型或串珠排列，主要赋存于 F_1 断层中石英霏细斑岩外接触带之流纹岩、凝灰岩中。矿体产状严格受 F_1 断层控制、走向北西、倾向南西，形态简单，呈脉状，局部见分枝复合现象（图 4—45）。

6. 主要矿物组合

矿区内矿石组分较简单，金属矿物主要为闪锌矿、方铅矿，其次为黄铁矿、赤铁矿、黄铜矿，偶见辉银矿及辉铋矿。脉石矿物主要为石英、绢云母，其次为方解石、水云母、长石、蔷薇辉石、重晶石、萤石等。

可划分为五个矿石共生组合类型：①黄铁矿-石英组合；②黄铁矿-赤（镜）铁矿-绿泥石组合；③闪锌矿-方铅矿-黄铁矿-赤（镜）铁矿组合；④方铅矿-黄铜矿组合；⑤闪锌矿-碳酸盐组合。

7. 矿石结构构造

矿石结构较为简单，以粒状结构、交代结构为主，其次为压碎结构、乳浊状结构。

矿石构造主要为浸染状、细脉状，其次为角砾状、团块状及块状构造。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

8. 蚀变类型及分带

由于矿区长期构造变动和频繁的火山活动，使“五部断裂带”及其两侧围岩，多次错动、破碎，为热液长期活动、运移和交代蚀变提供了有利条件，也使蚀变具有多阶段性和复杂性，不能构成完整的蚀变分带现象。

①横剖面上，面型绢云母化大面积分布于远离矿体地段，蚀变强度变化不明显。靠近矿体即“五部断裂带”及附近数米至十多米范围内，硅化和线性绢云母化明显增强，硅化一般局限于断裂带范围。

②垂向上，浅部主要为绢云母化及硅化，部分地段的石英增多，甚至形成“石英岩”。中深部，钾长石化、钠长石化有增强趋势且有褪色现象。深部绿泥石化（少量绿帘石）明显增强，伴随明显的黄铁矿化、赤（镜）铁矿化，偶见磁铁矿，而铅锌矿化都已变弱，略具垂直分带现象。

9. 成矿的物理化学条件

根据矿区硫化物对中硫同位素计算的平衡温度和包体测温资料，矿区铅锌成矿温度上界小于 300℃，主要在 200℃左右，说明矿区成矿温度主要为中温。

10. 矿床类型及成因机理

矿区硫同位素组成，$\delta^{34}S$ 变化范围为－4.04‰—＋4.53‰，平均为 1.36‰，接近陨石硫，属深源硫。说明硫主要来自下地壳或上地幔。

铅同位素：矿区共有三个铅同位素资料，铅同位素组成不稳定，属异常铅。据计算 μ 值有两组。一组接近陨石值，另一组高于陨石值。说明铅来源于岩浆和围岩。五部铅锌矿成因类型属于陆相火岩型中温热液充填交代矿床。其成矿时代属燕山晚期。

综合成矿物质来源和成矿作用两方面因素，可以总结出五部铅锌矿床的成矿模式如图 2－46。

成矿模式表明，上地幔分熔产生的岩浆在侵入地壳的过程中发生广泛的同熔作用，汲取了海西、印支基底地层（乃至更古老的基底）的物质组分，包括大量的铅、锌等成矿元素。同熔岩浆通过喷发形成火山碎屑岩和熔岩，通过侵入形成中深成侵入岩、超浅成次火山和各种脉岩，造成部分成矿元素在岩石中分散。与此同时，岩浆体系逐渐向气体热液演化，使大量成矿物质转入热液的循环对流。由于地下水的混入与成矿热液体系的作用，围岩蚀变开始发生，使分散在岩石中的铅、锌等成矿元素活化转移，逐渐在成矿热液中富集。如果富含矿质的热液遇到合适的地质环境与物理化学条件，就会通过交代、充填等成矿作用形成铅、锌硫化物的工业矿体。如此经过长期演化、不断发展，终于形成规模宏大的五部铅锌矿床。

11. 找矿标志

①构造标志：在矿区区域基底断裂定位的基础上，叠加后期火山作用的垂直应力所产生的“火山断陷盆地”边缘断裂——“五部断裂带”是五部铅锌矿的控矿构造标志。②地层、岩石标志：本区白垩系“断陷建造”铅锌丰度较高，据区域资料在浙东某些地区的相当层位分布有层状 Pb、Zn 矿体，是找矿的远景地段；③围岩蚀变标志：强烈的围岩蚀变，特别是叠加在绢云母化上面的硅化，与五部矿床形成关系密切，是重要的找矿标志。

三、河北蔡家营次火山岩型铅锌银矿床

1. 区域地质背景

地信网论坛
BBS.3S001.COM

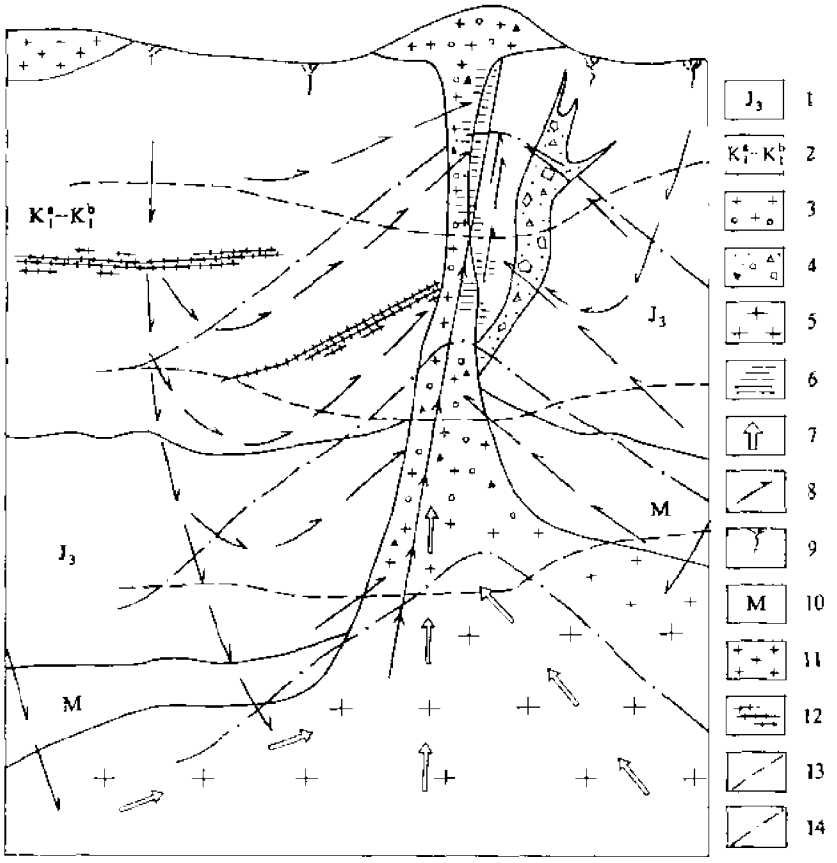


图 2—46　五部铅锌矿床理想成矿模式图

（资料来源同图 2－44）

1－断陷盆地底盘建造；2—断陷盆地建造；3—石英霏细斑岩；4—隐爆角砾岩；5—深部岩浆房；6－五部式铅锌矿；7—深部热液运移方向；8－控矿断裂；9—地下水下渗方向；10—火山基底构造层；11　花岗岩；12—层状矿体；13－等温线（自上而下升高）；14　等压线（自上而下升高）

矿床位于中朝准地台北缘中段，内蒙古地轴的中部，沽源坳陷和蔡家营隆起交界部位的隆起一侧，即蔡家营隆起的东部边缘，红旗营子群大型倒转向斜北翼。

2. 成矿环境

矿区出露地层主要有太古宇红旗营子群大同营组、庙子沟组以及侏罗系上统白旗组、张家口组火山岩、火山碎屑岩，其中大同营组角闪斜长变粒岩层为赋矿地层。

矿区断裂构造颇为发育，有北西、北东、南北向三组，其中以北东向断裂规模最大，如F_{45}号断层全长约百余公里，各矿带均分布于断裂以北，与F_{45}伴生的北西西向与北北东向两组羽状断裂群，构成了该矿区的构造控矿格架。

矿区内无侵入岩体，只有脉状次火山岩，以石英斑岩为主，其分布与矿化关系密切，可分早期、成矿期及晚期三种。

3. 矿体分布及产状

矿床规模很大，各矿带均由密集的大致平行排列的矿脉组成，矿区共划分五个矿带，重点为Ⅰ、Ⅲ、Ⅴ矿带（图 2—47）。体以脉状为主，形态复杂，分枝复合、尖灭再现、膨胀收缩现象普遍（图 2—48）。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

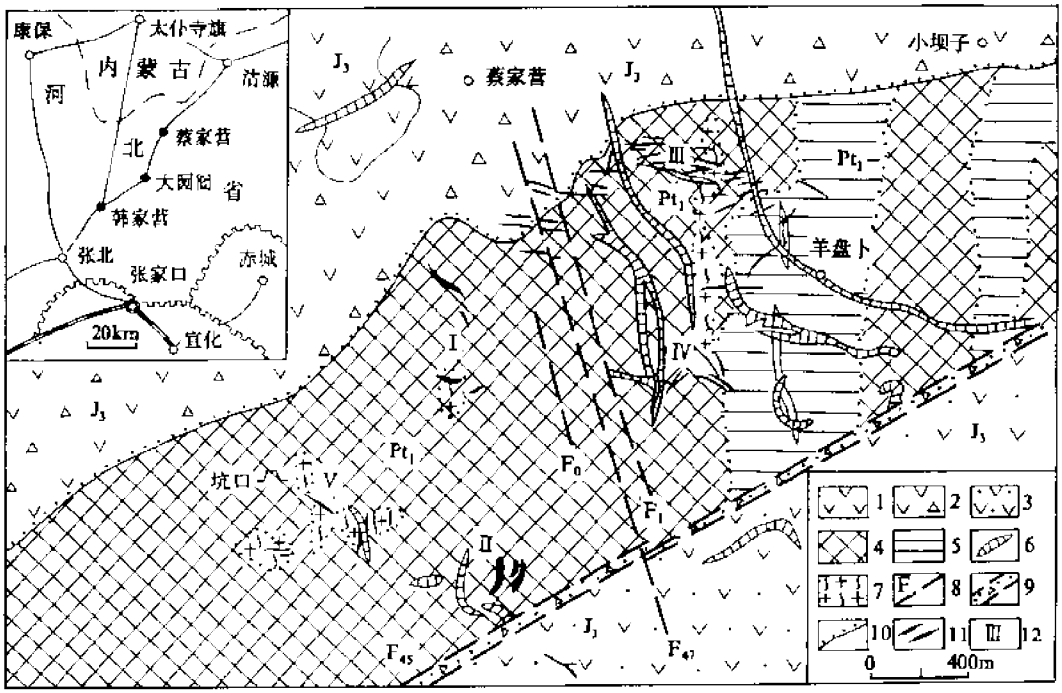


图 2-47　蔡家营铅-锌-银矿床地质略图

（据黄典豪等，1992，据地表露头和钻孔资料去掉第四纪覆盖物后的图示）

1—安山玄武岩；2—凝灰质角砾岩；3　流纹质晶屑凝灰岩；4—角闪黑云斜长变粒岩；5—夕线石榴斜长变粒岩；6—燕山期石英斑岩（花岗斑岩）脉；7—加里东期花岗质混合岩；8　断层；9—断裂带；10　地层不整合界线；11—矿脉；12—矿段编号

4. 矿石类型及矿物组合

矿石类型包括矿区东部绿泥石-闪锌矿型和矿区西部的绢云母-多金属型矿石两种，前者是早期矿化蚀变的产物，矿物组合为：闪锌矿-铁闪锌矿-黄铁矿-（毒砂-白铁矿）-绿泥石-（绢云母）；后者是早期矿化基础上进一步叠加矿化和蚀变而成，蚀变较强，矿石矿物组合为：方铅矿-闪锌矿-黄铁矿-石英-绢云母。

5. 矿石组构

绿泥石-闪锌矿型矿石以团块状、团斑状、粗粒密集浸染状为主，其次为网脉状、细脉状和细脉浸染状；绢云母-方铅矿型矿石组构复杂，主要为团块状、团斑状、网脉状及细脉浸染状，矿物颗粒大小不等。

6. 围岩蚀变及分带

蚀变类型主要有绿泥石化（面型、线型）、绢云母化（面型、线型）、硅化，其次有叶蜡石化、石墨化、重晶石化及碳酸盐化。蚀变的水平分带现象较为明显，自矿体中心向外分带为：线型绢云母化带（蚀变岩）—绢云母化面型蚀变带—绿泥石化带—原岩。上述分带现象沿断裂两侧分布，常不对称出现。

7. 成矿的物理化学条件

根据爆裂法、均一法、同位素和微量元素测温结果表明成矿温度主要在 200—350 C 范

地信网论坛
BBS.3S001.COM

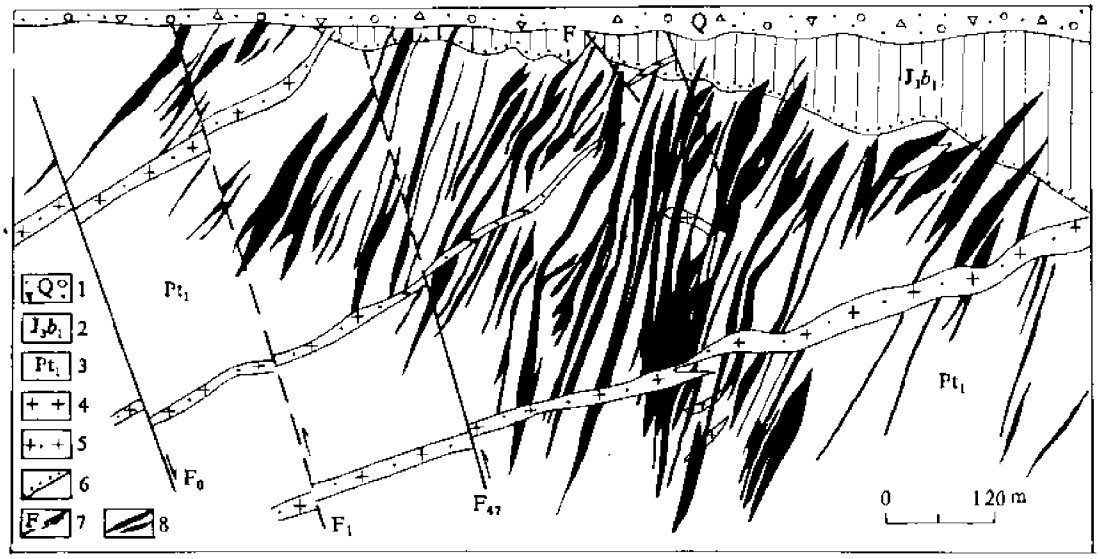


图 2—48　蔡家营矿床 315 勘探线剖面上的矿体形态

（据黄典豪等，1992）

1—第四系；2—白旗组火山碎屑岩；3—角闪黑云斜长变粒岩；4—成矿前石英斑岩脉；5—成矿后石英斑岩脉；6　地层不整合界线；7—断层；8—矿脉

围内，属中温热液范畴。成矿阶段不只一期，一为中高温期，一为中低温期。

根据区内与成矿作用有关的花岗斑岩、石英斑岩形成的压力条件推断矿体形成压力为 0.35 千巴左右。用闪锌矿地质压力计计算成矿压力范围是（1　5）$\times 10^8$Pa。

矿物包裹体成分分析表明成矿溶液 pH 值均属中性　弱碱性。Eh 值范围 −0.2387——0.4511，fo_2 为 10^{-38}—10^{-40}。

8. 矿床成因机理

从 Pb 同位素组成上看，Pb 既不同岩浆铅又不同地层铅，而是二者混合；从角闪斜长变粒岩和花岗斑岩、石英斑岩的背景值来看，前者高于克拉克值数倍，后者比稀疏区的同类岩石高若干倍，因而铅锌除在很大程度上源于角闪斜长变粒岩外，还在一定程度上源于岩浆。

银是与铅同源的产物，也是来自地层和岩浆的双源产物。

硫同位素基本上是岩浆硫的特点（$\delta^{34}S$ 变化范围小，离差仅为 10‰左右，极对值 −0.5‰——+10.95‰，算术平均值 +5.09‰），应主要来自岩浆热液。

成矿溶液主要来自火山岩浆热液，它本身携带着大量造矿元素，并从围岩攫取了部分造矿元素，沿断裂上升，并交代围岩。最早形成的是叶蜡石化，反映其介质是酸性阶段，伴生有毒砂、白铁矿、黄铁矿，属于中高温阶段，随着绢云母化的产生及地表水的加入，热液向弱碱性转化，同时 S^{2-} 的增加产生了团块状方铅矿与闪锌矿，这时基本上属中温阶段。随着温度继续降低，热液主要沿围岩的细小裂隙和岩石孔隙交代形成细脉浸染型矿石，属晚期低温阶段。该矿区理想成矿模式见图 2-49。

9. 矿床类型

地信网论坛
BBS.3S001.COM

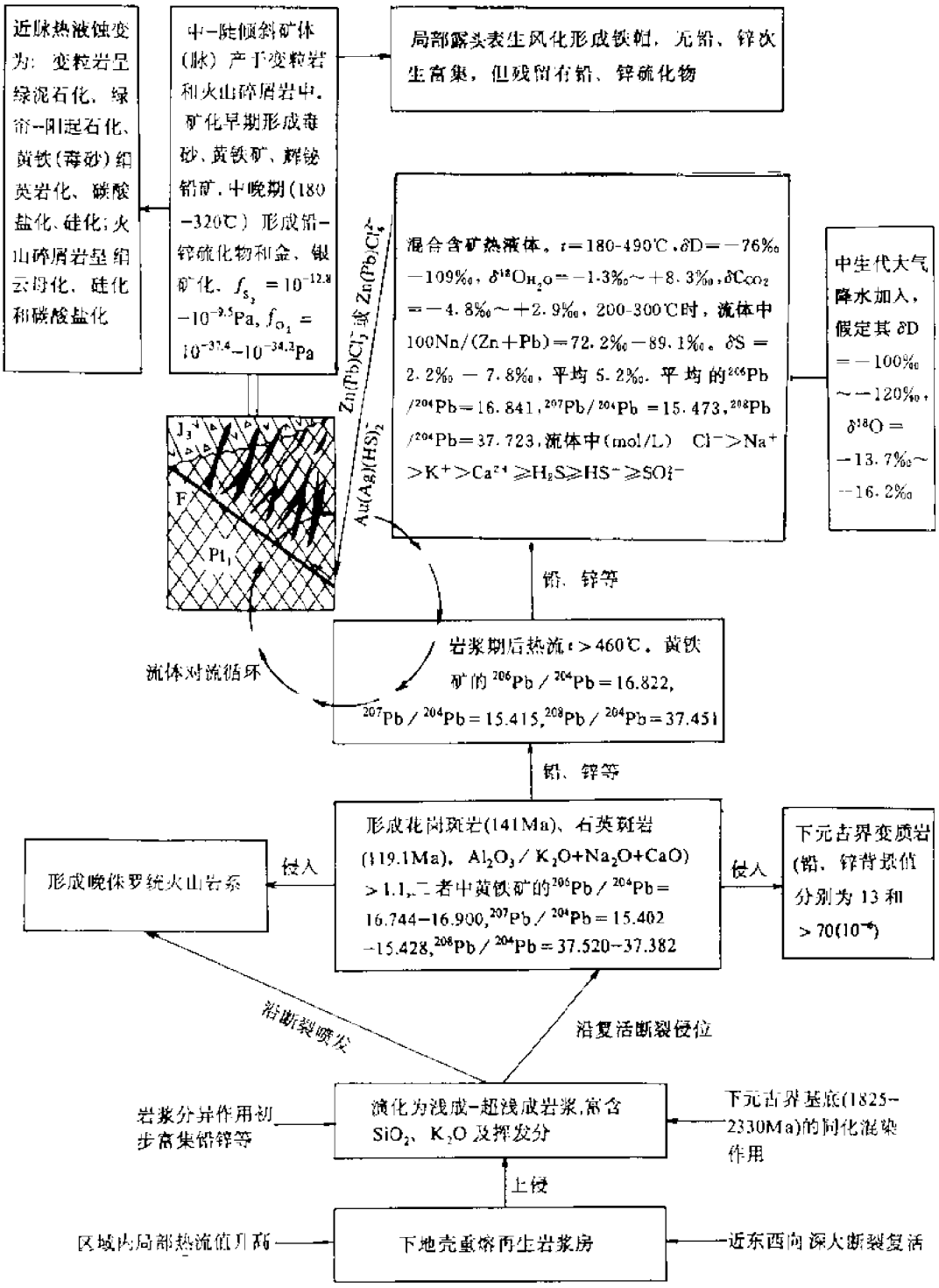


图 2--49　蔡家营铅-锌-银矿床的成矿模式

(资料来源同图 2- 48)

地信网论坛
BBS.3S001.COM

与碱性花岗斑岩有关的次火山中温热液充填-交代脉状铅-锌-银矿床。

10. 找矿标志

(1) 铁帽（锰帽）及氧化带是矿床直接找矿标志。

(2) 构造标志最主要的是火山口及断裂带，特别是断裂交汇部位，其次是密集的节理带。

(3) 含钾高的变质岩、混合岩等对成矿有利，粗粒、孔隙度大的碎裂岩、碎斑岩等构造岩对成矿最有利。

(4) 酸性偏碱性的浅成—超浅成花岗斑岩体或岩脉均对成矿有利。

(5) 绢云母化与矿体关系最为密切，它在地表风化成为土状，可作为找矿标志。

(6) 太古宇红旗营子群第二岩组顶部（大同营组）角闪斜长变粒岩可作为潜在的矿源层，亦为找矿标志。

(7) 地物标志　出现近于或大于 $0.5\times10^{-5}m/s^2$ 局部剩余重力异常；有极化率或充电率异常存在（$\eta_s>3\%$）；近于、大于（或小于）100nT 的正（负）磁异常。

地化标志　As、Sb、B、I、Hg 等前缘元素含量高异常范围大；Cu、Bi、Co 等尾部元素含量低异常范围小。

第五节　与蛇绿岩套有关的矿床

蛇绿岩是镁铁质至超镁铁质岩石的特殊组合，含有少量的富钠的酸性火山岩，并与深海沉积岩具有“天然”的伴生关系。它不是岩石的具体名称，而是一个“组合”。在构造上，就位于板块接合处，或大地构造单元的连接处。蛇绿岩套（又称蛇绿岩杂岩）一般已被褶曲、断块并受变质，使得蛇绿岩体具有不同程度的完整性和破碎性。有些蛇绿岩套较完整，有些因褶皱、断缺和自身发育不全而使目前见到的蛇绿岩套不很完整。理想而完整的蛇绿岩套序列是对特罗多斯杂岩体（塞浦路斯）、巴布亚·新几内亚、东加里曼丹和新喀里多尼亚等地研究后得出的，其岩石组合、上下关系见图 2—50。其岩石由下而上为：超镁铁质杂岩（由不同比例的方辉橄榄岩、二辉橄榄岩组成，一般已变质，并具蛇纹石化）、辉长质杂岩体（成层状、具堆积结构，含有堆积的橄榄岩和辉石岩）；镁铁质片状斜长花岗岩及上覆喷出的枕状熔岩分开；最上是镁铁质火山岩杂岩（一般由枕状细碧岩组成）。在斜长花岗岩之上有时有片状岩墙杂岩。整个“组合”之上是覆盖层（一般为深海相的燧石、页岩和泥屑石灰岩）。

与蛇绿岩套有关的矿床有豆荚状铬铁矿床、塞浦路斯型矿床、含镍红土（蛇绿岩体的超镁铁质部分受到深度的热带风化作用形成的）、层状铁锰矿床（与枕状玄武岩和深海沉积有密切联系的伴生关系）、兰-迪尔式铁矿床（火山活动中心的火山弧内的细碧凝灰岩集中的火山隆起的顶部）、蛇纹石石棉矿床、滑石矿床、菱镁矿床、蛇绿岩型金（银）矿床。

我国的蛇绿岩套较为发育，但典型而完整的蛇绿岩套不多。据中国地质图说明书（1：5000000，1990 年）已知的蛇绿岩套有喀拉麦里（Pz）、二连　贺根山（Pz、Mz）、西拉木伦（Pz）、黑河（Pt、Pz、Mz、Kz）、台东大纵谷（Mz、Kz）、金沙江　江河（Pt、Pz、Mz、Kz）、澜沧江（Pz、Mz、Kz）、班公错—怒江（Pz、Mz、Kz）、雅鲁藏布江（Mz、Kz）、华北地台北缘（Pt、Pz）和大和镇等主要断裂带，它与我国矿产的空间分布格局起到控制作用。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

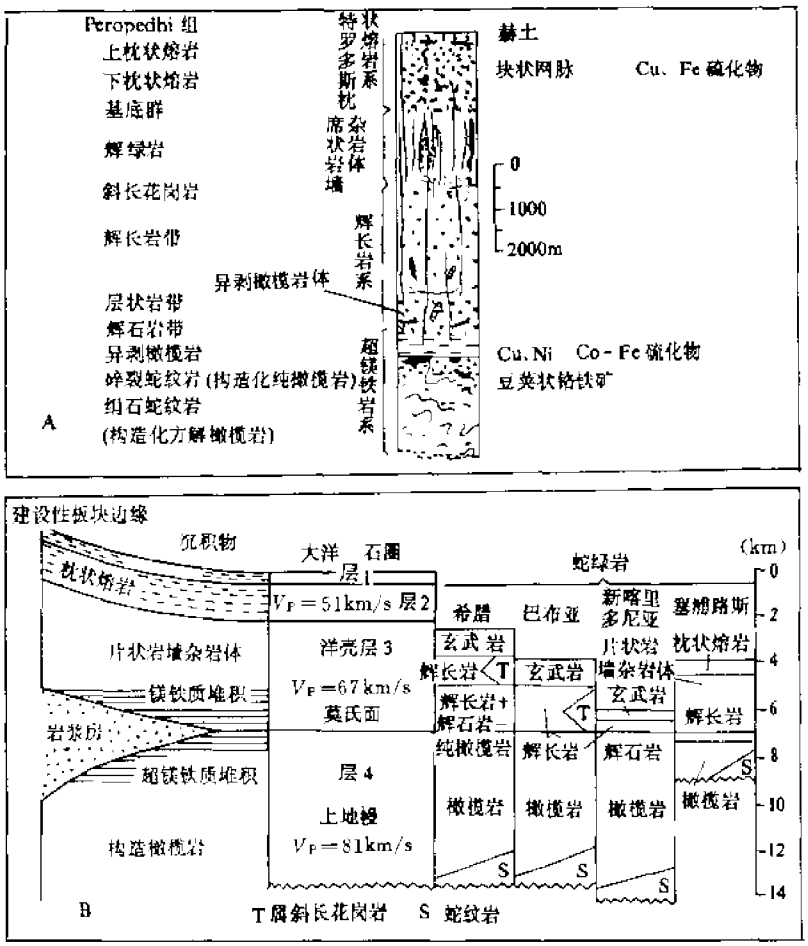


图 2—50 蛇绿岩套理想序列和各类岩石组合的相互关系

A -利马索尔森林蛇绿岩岩系地层柱状图（据 Panayiotoa，1978）

B -有关地区的蛇绿岩系与标准大洋岩石圈的对比（据 Gass，1977）

现应用新疆西准噶尔达拉布特断裂带赋存的蛇绿岩套有关的铬铁矿床为例❶，说明其含矿性特征。

萨尔托海铬铁矿床赋存在萨尔托海超基性岩体中，该岩体位于达拉布特超基性岩带的东段，处于西准噶尔界山华力西褶皱带内的扎依尔复向斜南翼近轴部，岩体受达拉布特断裂体系中的萨尔托海断裂控制（图 2—51）。

岩体赋存在下石炭统包古图组与太勒古拉组之间，前者为浅海相陆源碎屑建造，组成岩体下盘；后者为海相基性火山岩，火山碎屑岩建造，组成岩体上盘。岩体长 22.5km，宽 0.1—0.6km，面积 19.4km^2，呈带状分布为一复合分支单斜岩体。平面出露形态宛如一只飞翔的“凤凰”（图 2—52）。

岩体类型属斜辉辉橄岩型，伴有纯橄岩、斜辉橄榄岩和二辉橄榄岩等的岩石组合。岩

❶ 引自新疆地矿局第七地质大队编写的“萨尔托海铬铁矿床特征”，1991 年。

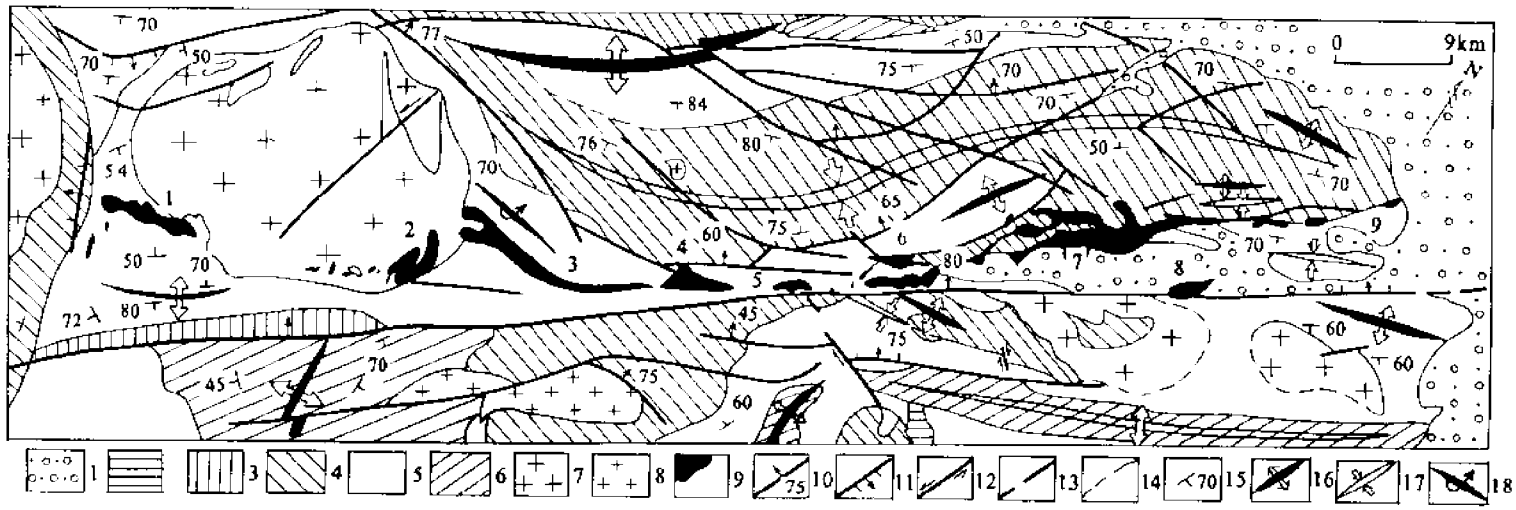


图 2-51 达拉布特超基性岩带地质构造略图

（据新疆第七地质大队，1992）

1—第四系；2—第三系；3 上叠系下统；4 下石炭统太勒古拉组；5 下石炭统包古图组；6—下石炭统希贝库拉斯组；7—华力西中期第四次侵入钾质花岗岩；8 华力西中期第二次侵入花岗岩；9 华力西中期第一次侵入超基性岩体及编号；10 达拉布特大断裂；11 正断层；12 平推断层；13 性质不明断层；14 实测及推测地质界线；15 地层产状；16 背斜；17 向斜；18 倒转背斜

地信网论坛
BBS.3S001.COM

地信网论坛
BBS.3S001.COM

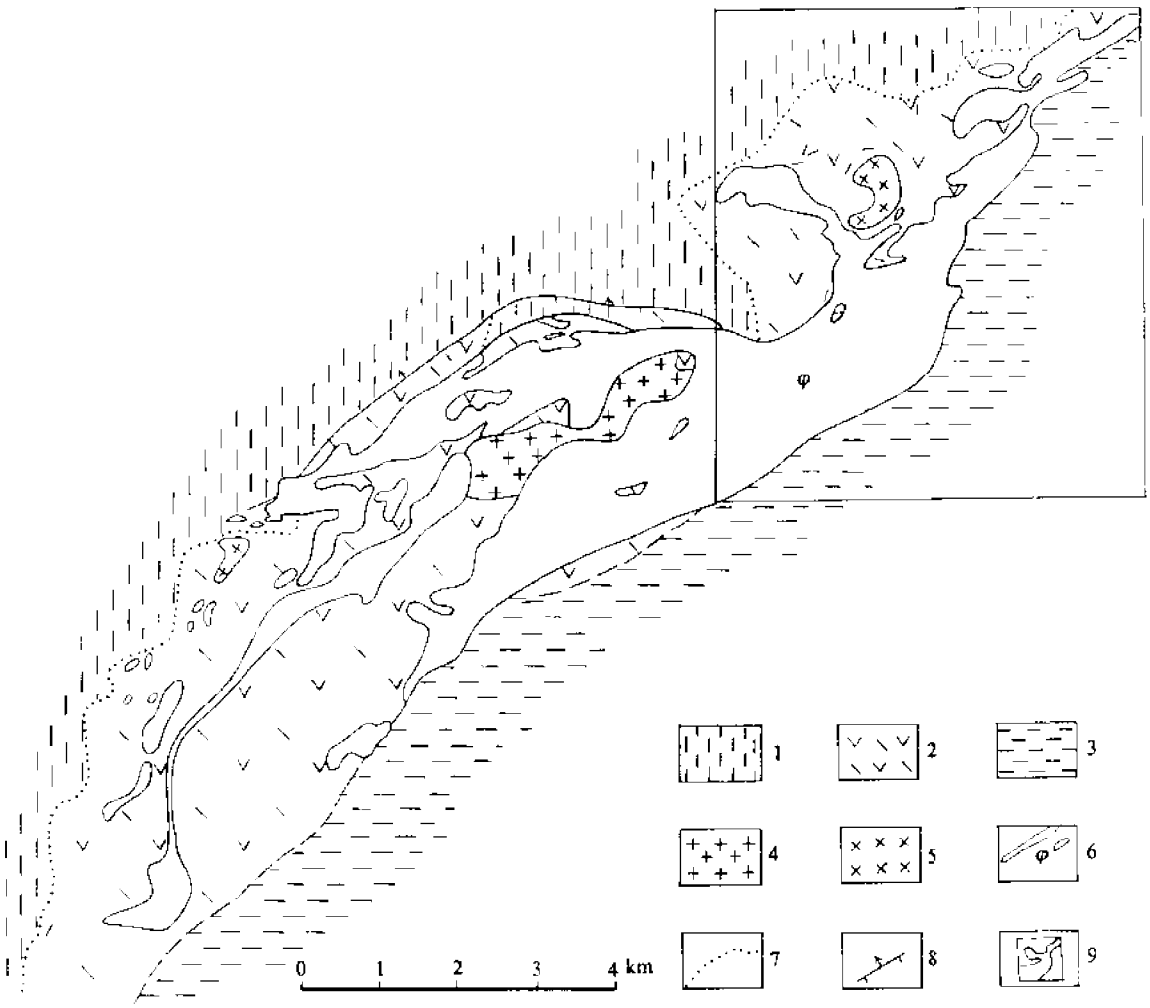


图 2 -52 萨尔托海超基性岩体地质图

（资料来源同图 2--51）

1 凝灰质碎屑沉积岩；2—中—基性喷发岩；3—碎屑沉积岩夹生物灰岩；4—花岗岩；5—辉长岩；6—超基性岩；7—岩相界线；8—逆断层；9—萨尔托海铬铁矿区范围

石类型为辉长镁质超基性岩。

区内火成岩种类较多，其侵位时间为华力西中期。侵入顺序为：辉绿岩 辉长岩 超基性岩—花岗岩。

矿区位于岩体东段，长约 6km，呈东窄西宽（0.06 —1.6km）的“羊腿”状，面积 4.8km²（图 2 52）。在横剖面上，岩体基底呈台阶状延深，总体为一向北西倾斜的岩镰状单斜岩体（图 2—53）。在纵向上岩体基底向南西逐渐加深，局部出现凸梁和凹兜。

岩体总体向 230°方向侧伏，倾伏角约 15°。总体走向 50°，倾向北西，平均倾角 60°以上。

矿区的控岩、控矿构造主要是三组断裂：以北东向张扭性断裂规模较大，倾向北西，倾角大于 60°，控制了岩体的空间形态、产状和其中矿带的展布方向；近东西向压扭性断裂规模中等，多发育在岩体上、下盘附近，在成矿以后的活动中控制和改造了岩体基底的形态、产状和矿体群的展布形式；北西向压扭性断裂规模小，多发育在岩体北西侧，控制了主干

地信网论坛
BBS.3S001.COM

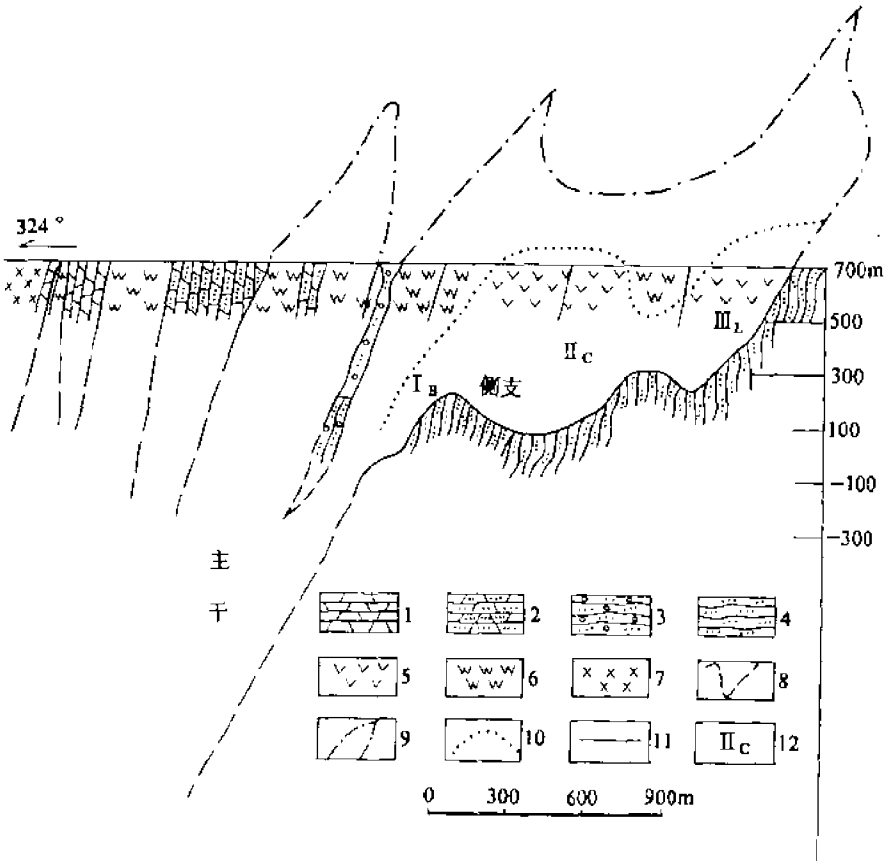


图 2—53　萨尔托海超基性岩体第 11 排横剖面图

（资料来源同图 2—51）

1—凝灰岩；2—凝灰质砂岩；3—变质砂砾岩；4—变质砂岩；5—纯橄岩、斜辉辉橄岩带；6—橄榄岩、斜辉辉橄岩带；7—辉长辉绿岩；8—岩体界线；9—推测已剥蚀的岩体界线；10—岩相界线；11—断裂线；12-含矿带编号

岩体北部的小岩枝的展布并形成了主干岩体西段北界的弧形构造。

岩体所属各类超基性岩均已强烈的蛇纹石化。在断裂附近者，则出现滑石碳酸盐化或绿泥石化。蚀变强烈者，则形成次生类型岩石：计有滑石碳酸盐化、叶蛇纹石化、菱镁矿化超基性岩，滑石菱镁岩，石英菱镁岩等。

岩体分异不太明显，未出现由单一的岩石组成独立岩相；但就各类岩石的共生组合及分布情况，岩体由北侧向南侧岩相由酸变基，总体显示出一不对称的侧向分带的岩镰状单斜岩体（图 2—53）。在平面上大致可分为：橄榄岩、斜辉辉橄岩带、纯橄岩、斜辉辉橄岩带。

在基性相带中下部的蚀变超基性岩带之上存在一与矿体有着较密切关系的含矿岩相构造带，矿带底部围岩有强烈的蚀变，上部围岩退色，片理化强烈，常有辉长岩或橄长岩脉出现。含矿带的规模比矿群规模大得多，当其中的矿体群尖灭时，含矿带仍断续延伸。在空间上、矿带产状与基性相带、脉岩或包体带、蚀变带以及岩体基底构造的产状基本一致（图 2—54）。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

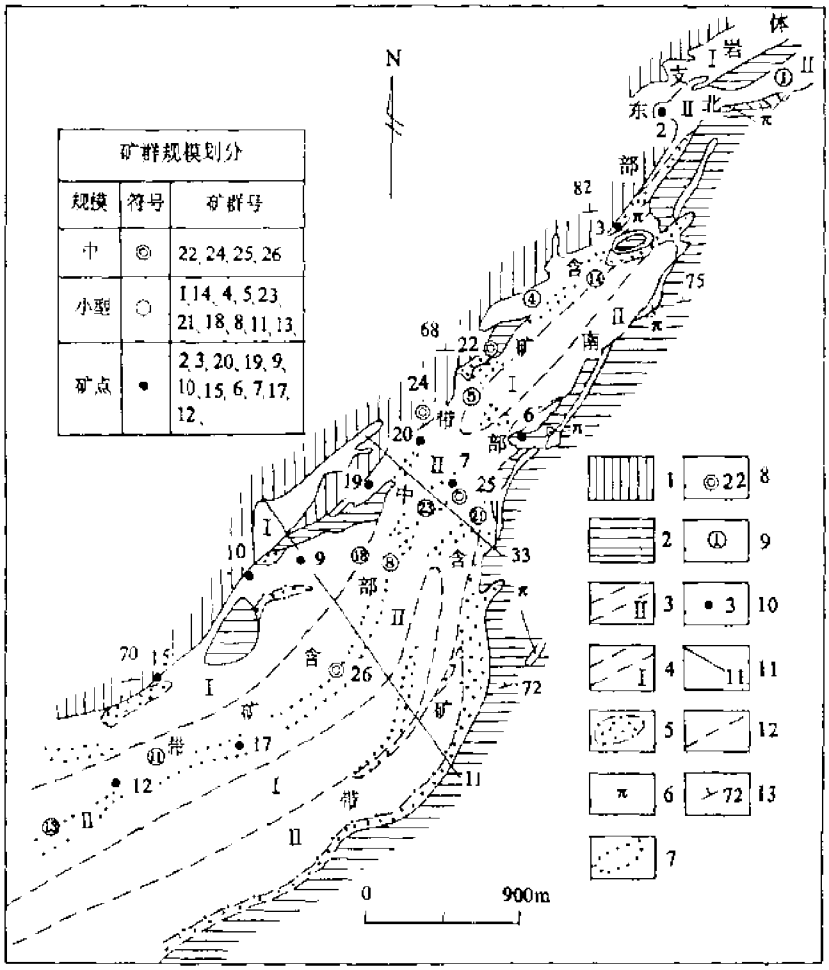


图 2—54 萨尔托海铬铁矿区岩相和矿带分布图

（资料来源同图 2—51）

1—太勒古拉组；2—包古图组；3—纯橄岩斜辉辉橄岩带；4—橄榄岩、斜辉辉橄岩带；5—滑石碳酸盐化超基性岩；6—钠长斑岩；7—片理化、退色带；8—中型铬铁矿床及矿群编号；9—小型铬铁矿床及矿群编号；10—铬铁矿点及矿群编号；11—剖面及编号；12—实测及推测地质界线；13—地层产状

矿区内共有北、中、南三个含矿带：北部含矿带位于岩体上部，即岩体北部基底纵梁带北侧的基底产状由陡变缓的台阶部位，如 1、2、3、14、4、5、22、22 西、24、20、19、9、10、15 矿群。中部含矿带位于岩体中部，基底纵向槽沟中轴部位的岩体由窄变宽或其轴向转变部位，如 7、23、8、18、26、17、11、12、13 矿群。南部含矿带位于岩体下部，即岩体南缘基底的横向凹兜内，已发现的矿群有 6、12、25。

到目前为止矿区共发现铬铁矿群 26 个，其中 15 个矿群规模较大。

矿体在矿带中成群出现、成段集中；在平面上呈各种形式的雁行状（一字形、二字形、入字形）排列；在剖面上成叠瓦状斜列，并具尖灭再现或尖灭侧现现象。

从岩体纵深上看，各矿带中的矿体分三个标高段分布：680--550m（埋深 0- 130m），525—375m（155--305m），350--250m（330--430m）；其中的矿量分别为 52、110、68 万吨。总趋势是浅部矿体个数多、矿量少，而向深部矿体个数显著减少，但单个矿体的矿量

地信网论坛
BBS.3S001.COM

变大。如近期探明的 26 矿群，埋深 310—440m。

从岩性上看，矿体严格受基生相带中的纯橄岩异离体控制，60%以上规模较大的矿体产于纯橄岩中。规模大的纯橄岩中，主矿体位于中、底部；次要矿体则位于上部的斜辉辉橄岩中。也有规模小的纯橄岩中赋存较大的矿体。

区内地表共发现矿体 106 个。其规模一般较小：长度多在 1—15m，个别达 50m；宽 0.5—3m，最宽 5.2m；延深 1—15m，个别达 35m。已探明的矿群规模：长度多在 150—500m，个别 740m；延深多在 55—160m，个别 350m；水平投影宽度多在 40m 或 80m 左右。已探明的 410 盲矿体中，一般规模较小，但每个矿群中总有 1—2 个规模较大的主矿体，最大矿体位于中矿带中段的 26 矿群中。矿区大于万吨级的矿体共有 31 个，其矿石量之和占矿区总储量的 83%；其中大于 10 万吨级的矿体有 4 个，矿量占总储量的 50%。

本区矿体形态以透镜状为主，次为囊状、似脉状、扁豆状等。矿体产状变化较大，但它却严格受纯橄岩异离体形态、产状的控制；其产状和矿体（群）上、下盘附近的脉岩、包体带和超基性岩蚀变带以及岩体基底构造产状基本一致。区内多数矿体为陡倾斜，倾角 50°—80°间，少数为缓倾斜，倾角 30°—45°，个别 15°；所有矿体均向北西倾，南东倾者个别。矿群中的主矿体均向南西侧伏，倾伏角 10°—15°，个别 45°。

11、13、18、21、22、23、24、25、26 矿群中的矿体围岩以纯橄岩为主（合计约占 63%）。1、4、5、8、14 和其它地表小矿群中的矿体围岩，则以斜辉辉橄岩为主（合计约占 90%）。另有少数矿体围岩为蚀变超基性岩及滑石菱镁岩（合计占 6%）；或辉长岩（占 1%）。矿体与围岩的接触关系主要为迅速过渡，次为构造接触；截然清楚的接触关系多见于斜辉辉橄岩中的致密块状矿体；逐渐过渡者仅见于中等浸染状的矿体。

区内矿石以致密块状矿石为主（占 65%），次为稠密浸染状矿石（占 32%），中等-星散浸染状矿石少见（共占 3%）。属高铝型铬铁矿：富矿和精矿中 Cr_2O_3 含量为 32%—37%，Al_2O_3 为 21%—23%，SiO_2 为 3.6%—5.4%，MgO 平均为 21%，TFeO 平均为 14%，CaO 平均为 0.7%。是耐火材料工业的优质原料。

该区即有岩浆晚期分异（25 矿群）及熔离（26 矿群）式矿床，又有晚期含矿残浆熔离（22 矿群）或运移（5 矿群）式矿床。均具有工业价值。

萨尔托海矿区岩体是新疆西准地区已知铬矿床成矿条件最好的岩体，其找矿有利条件是：

（1）控制岩体的达拉布特深大断裂，是一个规模大、切割深、长期活动的断裂。它为岩体的形成提供了空间条件；由于该断裂长期地继承性活动，对深部分异的岩浆多期活动、成岩及成矿具备了不可缺少的条件。

（2）矿区岩体为一不对称的侧向分异的岩镰状岩体，特别是岩体主干南侧及其侧支中分布有厚大（400—1000m）的基性相带；其中各亚类岩石中 Cr_2O_3 含量普遍较高，且不均一（平均含量在 0.41%—0.77%间）。另外在三个含矿带中赋存有不同成因类型的工业铬铁矿床；它们在规模、分布形态、矿石质量等方面均有所差异。这都表明该区成矿的分异、熔离和聚集作用较好。

（3）南矿带中的低品位矿体（群），其造矿铬尖晶石多属高铬（Cr_2O_3 45%—54%）、低铝（Al_2O_3 2%—18%）型。是岩浆晚期纯橄岩残浆就地分异的矿床，其中 25 矿群的矿量达 46.3 万吨。但该矿带西段多被第四系覆盖，且地质工作程度低，故岩体南部今后仍需进一

地信网论坛
BBS.3S001.COM

步开展中深部的找矿工作。

（4）近期探明的26矿群是目前已知埋深最大矿群，它可能代表另一高度的成矿段。另据南、中、北矿带的岩体已知延深分别在600、900、1000m以上，说明该区是“生根”的岩体。其中矿体埋深的总趋势是浅部矿体个数多、矿量少；而向深部矿体个数显著减少，但单个矿体的矿量变大。这些都说明中深部仍有找矿前景。

上述详细叙述了海底硫化物系列，伴随造山带岩基的成矿作用、构造岩浆域的火山岩区中与火山次火山（潜火山）岩有关的矿床和与蛇绿岩套有关的矿床的成矿地质背景。但这些仅是成矿地质背景分析的一小部分，其它像沉积盆地、克拉通内盆地、稳定克拉通地域就位的侵入体、碰撞造山带、深大断裂等构造背景条件下的成矿作用此处不再举例详述，将在成矿模式和找矿模型的章节中再作介绍。

参 考 文 献

[1] 叶庆同、胡云中、杨岳清等。三江地区区域地球化学背景和金银铅锌成矿作用。北京：地质出版社，1992，P.141-173。

[2] 夏林圻、夏祖春等。祁连、秦岭山系海相火山岩。武汉：中国地质大学出版社，1991，P.238。

[3] 陈毓川、朱裕生等编著。中国矿床成矿模式。北京：地质出版社，1993，P.236-239。

[4] 同[2]，P.17。

[5] 地矿部南岭项目花岗岩专题组。南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用。北京：地质出版社，1989，P.317-323。

[6] 刘家远、沈纪利。江西钨的成矿岩浆体系。见钨矿地质讨论会论文集（中文版）。北京：地质出版社，1984，P.81-92。

[7] 王碧香。中国火山岩地质图（1∶1800万）及其说明书。见火山岩、火山作用及有关矿产，第二届全国火山岩会议论文集。北京：地质出版社，1993，P.17-22。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

第三章　成矿模式

“成矿模式”是泛指矿床特征自身的描述内容和成矿地质背景的描述两个侧面，若以矿床自身的特征描述为主，则称“矿床成矿模式”；若以成矿地质背景为主的描述，则称“区域成矿模式”[1]。随着当前对矿产勘查技术的发展、技术手段的改进和测试技术的增加，描述矿床的内容、技术参数和数据越来越多，无论是定性数据，还是定量的“数字型”表达内容对成矿模式描述的广度和深度日趋增加，形成了“找矿模型”。除此之外，成矿模式“派生”的别名也不少，如“矿床地球化学模式”、“地球物理模式”、“成矿地质背景模式”、“蚀变分带模式”、“交代作用模式”、“成矿作用演化模式”、“沉积相成矿模式”、“矿床分布模式”等等。不管其名称怎么叫，它们总归属“成矿模式的范畴”。所以本通则在叙述成矿模式时，无论是正统的矿床成矿模式，还是“派生”的模式都将予以用实例来说明。

第一节　概　　述

我国自建立“玢岩铁矿”模式至今已有近20年的历史，时间虽短，但在矿床成矿模式的研究方面取得惊人进展，不仅出版了第一本专著[1]，而且在建立地球物理-地质，地球化学-地质和找矿模式作了很多工作，在地质研究的理论和找矿两方面均已取得实效，所以建立成矿模式已成为矿产勘查和矿床学研究的热门课题[2]。众所周知，矿床学的研究和矿产勘查工作中，需要应用不同学派和找矿人员公认而又反映成矿理论及其规律的某种形式，将已有的矿床资料及对成矿规律性认识的综合概括，用适当的形式展示出来，该领域国内外统称为“成矿模式”。目前大家建立的成矿模式，既是成矿理论及成矿规律的总概括；又是指导矿产勘查的地质理论依据。成矿模式是将矿床的成矿作用从四维空间概括其赋存的地质环境、演化过程和成因机理，并以不同的形式及深度不同的内容给予表达。从矿产勘查和成矿学研究获得的大量实际资料及基本认识是：①矿床赋存在特定的地质环境中；②同类或类似矿床的地质环境相类似；③矿床内、外部特征的一致性反映其成矿环境、成矿作用、演化过程及成因机理的一致性；④矿床按其成矿地质特征可以划分不同层次的类别，即类、类型组合、亚类，……等等；⑤对每个或每类矿床的内外部特征进行有机综合，可建立成矿模式；⑥按成矿模式的“代表性”、“相似性”和“外推性”的总体特征，在成矿预测和勘查工作中可以作为类比对象进行预测评价和指导勘查。据此可知，“成矿模式”是表达人们对矿床认识的最佳方式和描述矿床的最高形式，所以当前的矿产勘查工作者和矿床学家共同认为：成矿模式总结了已知矿床的成矿规律，发展了矿床学的成矿理论及矿床地质学，促进了地质科学的发展，并为勘查人员提供了认识矿床的较完整的概念，指导潜在矿床的预测和勘查工作，成为矿床学理论研究和勘查工作紧密结合的纽带。据此梗概我们可以将矿床成矿模式理解为对相似矿床基本特征的综合和概括，它既含有矿床分类的属性，也含有矿床形成过程的剖析。使当前矿床学的研究从烦琐的描述的具体工作中解脱出来，总

地信网论坛
BBS.3S001.COM

结归纳成地质理论和成矿理论的规律性认识，使当前成矿学的研究步入系统化和模式化的新途径，进而认识到：矿床成矿模式是描述成矿作用的过程和矿床形成的有关地质条件，展示同类控矿条件下不同矿种、不同类型矿床的共生和制约关系，用合理的形式及层次不同的内容予以表达矿床形成的理论和成矿地质现象，还要给予科学的解释；一个与地质实际情况吻合程度较高的成矿模式将提出同类矿床的一组找矿标志，用它识别矿与非矿地质环境，作为同类潜在矿床的类比对象，作出预测评价，采用最经济、最佳的技术方法组合发现矿床。成矿模式的这一基本特征与它的描述内容是密切联系的，据此我们按区域的和矿床的二类模式分别叙述建模的方法和内容，指导成矿学的研究和矿产勘查工作，使矿产勘查工作从50年代开始的“饱和勘查”转化成理论找矿，解决地质找矿难度增大的实际问题，为此分别予以叙述。

一、区域成矿模式

是指一定的地质单元〔或成矿单元（区或带）〕内各种固体矿产的分布特征，阐明其成矿作用的时、空演化，成因联系和成矿机制，对区域成矿规律作出高度而有依据的概括，提高区域成矿学的理论水平和为区域矿产的勘查作出预测评价和提供地质依据。

区域成矿模式需按一定的成矿单元或矿床类型建立，而成矿单元通常与不同级别的地质构造单元基本一致。所以，建立区域成矿模式首先要对成矿区带作出合理划分和标定不同层次的级别，然后再限定模式的描述内容。在实际工作中，按共同的地质构造环境、用地层和构造边界圈定成矿单元的边界，再考虑共同的地质作用和成矿作用阐明成矿单元内区域成矿特征。这里所指的成矿单元就是通常使用的成矿区、带。我国现在用Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ、Ⅴ的划分标准来标定成矿区、带的级别，而矿床和矿体也属于成矿单元的级别范畴，但它是Ⅴ级成矿区（或矿田）范围内的次级单元，不属于区、带的范畴。对上述的每个成矿单元都可以建立区域成矿模式，但最有意义的是Ⅲ级以下的成矿区、带内的模式。成矿单元内具有多变的成矿地质条件、多种成因类型的矿种和一个矿床具有多种成因类型的组合，需要用有效的成矿地质理论作为建模的指导原则。目前经多年的探索和矿产勘查实践证明应用矿床成矿系列理论指导建模将较有成效，并在南岭地区与中生代花岗岩类有关的有色及稀有金属矿床的研究工作和找矿实践中取得理论上的突破和勘查工作中的实效。

综上所述，建立区域成矿模式要遵循的基本原则是：

1. 正确选用建模的地质指导理论，当前我国一般选用成矿系列的理论，结合建模范围内具体地质条件，指导建模；

2. 成矿区、带与成矿系列分类体系呈大致对应关系，按此建立相应的区域成矿模式；

一般来说，成矿区、带内的成矿单元的序次为区域成矿区带（Ⅲ级）→成矿区（Ⅳ级）→矿田（Ⅴ级）→矿床→矿体，其相应成矿系列的序次为成矿系列组合和类型→成矿系列→成矿亚系列和矿床式（或矿床类型）→矿床→矿体。其中的Ⅴ级和Ⅴ级以上及矿床式（亚系列）以上（含矿床式）属区域成矿模式的范畴；

3. 在掌握充分的资料基础上，提取成矿信息，区分矿与非矿信息，概括并总结成矿信息，为成矿规律的总结奠定基础；

4. 对区域矿床的成因特征作出适当的描述。

区域成矿模式带有成因意义，对主要成因要素和参数作适度描述。一个区域内各类矿床在成因上的差异既决定于成矿的地质作用的多样性，也取决于成矿的三个来源（成矿物

地信网论坛
BBS.3S001.COM

质、成矿溶液、矿质活化和搬运的能量)。

建立区域成矿模式虽然在不同成矿单元内有所差别,对使用原则各人理解有所不同,但作为建立区域成矿模式的内容可统一考虑以下内容:

Ⅰ. 必要图件

1. 区域地质矿产图;

2. 各类矿床综合剖面图,尚需附各类矿床特征表(相当于矿床成矿模式中的一些要素);

3. 区域成矿模式图。

Ⅱ. 区域成矿模式的描述内容

1. 区域地质环境(大地构造单元、成矿区带,区域地质概况,用区域地质矿产图表示);

2. 成矿期次(时代)和成矿作用及其相应出现的矿产、矿种和矿床类型(概括成成矿模式或用代表性的矿床展示,用矿区地质图和典型剖面图和矿床特征表说明);

3. 构造对成矿作用的控制(包括不同构造层、构造分区和构造类型对区域及局部矿化类型的控制);

4. 沉积岩相对矿化类型的控制(层位、岩性、古地理);

5. 岩浆岩对矿化类型的控制(时代、产状〔喷出、侵入〕、岩性及地球化学);

6. 变质作用对矿床形成的控制(原岩、温度、压力);

7. 各类矿床随时间的演变关系(矿种、类型);

8. 各类矿床的区域特征及各自的矿化分带性;

9. 各类矿床识别标志及后期变化特征(地、物、化、遥等);

10. 成矿系列的组合、类型、系列、亚系列,直到矿床式及典型矿床等及其相互关系(划分依据、矿床类型组合及成因联系,用模式图展示);

11. 区域的和局部的控矿因素及找矿标志;

12. 参考文献。

某矿种的某类型矿床,甚至某个典型矿床的成矿作用都带有区域性特征。区域成矿模式是用区域成矿作用的整体观念和成矿系列理论考虑各类矿床的形成过程,它将促进和深化区域成矿规律的研究,提高我国区域成矿学的理论水平,为矿产的区域勘查提供地质理论依据。

二、矿床成矿模式

即矿床形成过程的模式,它是对矿床赋存的地质环境、矿化作用及其随时间和空间变化显示的各类特征(地质、地球物理、地球化学和遥感地质等)、成因机制等矿床要素进行概括总结和解释,是现阶段对矿床形成规律的认识。

矿床成矿模式能充分反映成矿作用的全过程和矿床形成的复杂地质条件,全面解释同一成矿单元内不同矿种、不同类型矿床的共生和制约关系,将成矿理论用直观的方式表达出来。

无论是矿床学研究的需要,还是从矿产勘查的实用角度出发,建立一个完整的、实用的、展示成矿学理论的"矿床成矿模式",应给出的是矿床原型的同构像或同态像。矿床成矿模式的同构像具有严格的等价性,很准确,与矿床的实体相同或相似。但从当前已具备

地信网论坛
BBS.3S001.COM

的成矿理论和已知矿床上获取的实际资料出发，其同构像难以实现。在建立成矿模式时，并非是现实要求。矿床模式的同态像，仅描述矿床形成的地质作用、成矿作用与周围地质环境的关系。随时间和空间变化所留下的种种特征（主要是地、物、化、遥）以及成矿物质的可能来源、迁移、富集机理等矿床基本要素，有关地质现象的科学推断、解释。从建立同态像矿床成矿模式的要求出发，建立成矿模式的准则是：

1. 成矿模式描述内容是实际资料的概括和实验数据的抽象综合，前者是展示“模式”与矿床“原型”之间的相似关系，通常称成矿模式的相似性，后者是对地质现象的综合推断解释，上升为矿床学的理论，称成矿模式的科学性。在满足这样要求的前提下，进行矿床学的研究和勘查工作中，可以进行类比或作为模拟对象，特别在当前电子计算机的成矿实验模拟和专家系统的建立、使用时，成矿模式的这一特征是近代矿床学实验研究和普查找矿的地质理论基础，以上统称为建模的类比相似准则。

2. 对矿床成因理论研究来说，它能代表矿床的原型，尤其对成矿物质的来源、成矿溶液的来源、成矿作用能量的来源以及成矿的物理化学条件（温度、压力、E_h、pH、fo_2、fs_2，……）的解释以成矿模式为描述对象，对同类矿床作科学地、有依据地论述，这是建模的代表性准则的内涵。

3. 在矿产勘查的实际应用中，能获取矿床原型的信息，对潜在矿床上矿与非矿信息区分的标准，确定找矿标志的导向对象，据此矿床模式可以在预测评价和地质-找矿的生产第一线应用，提高成矿预测的准确性和地质找矿效益，这就是建模的外推性准则。

成矿模式是当代成矿学研究成果的表达方式，是科学找矿的地质基础理论和方法，它的理论高度和实用价值在其它地质科学之冠。所以将建模工作作为地质科研和矿产地质的重点工作来对待是我国地质工作中的长远之计。作为建立矿床成矿模式来说，不同矿床类型的模式的描述侧重点是不同的，加之成矿学的派系较多，对具体建模矿床描述的要求有所差异。但是，作为建立成矿模式的总体描述内容是共同的，主要有以下方面的内容：

Ⅰ. 必要图件

1. 矿区或矿床地质平面图；

2. 矿床典型剖面图；

3. 矿床成矿模式图。

Ⅱ. 矿床成矿模式描述内容

1. 区域地质背景（大地构造单元或成矿单元，所在区域成矿特征）；

2. 成矿环境〔赋存地层（时代和岩性特征）、成矿岩体（岩石组合、岩性特征及年代）、控矿构造（用地质图展示）〕；

3. 矿体（或矿床）组合分布及产状；

4. 矿石类型及矿物组合；

5. 矿石结构构造；

6. 矿化阶段及分带性（用典型剖面图展示并作文字描述）；

7. 蚀变类型及分带性（用典型综合剖面图描述）；

8. 成矿的物理化学条件（温度、压力、E_h、pH、fo_2、fs_2，……）；

9. 矿床成因机理（成矿物质、溶液及成矿能量的来源，成矿物质的时空变化特征，用矿床成矿模式图 3 说明）；

地信网论坛
BBS.3S001.COM

10. 矿床类型；

11. 控矿因素和找矿标志（即综合技术方法找矿）；

12. 参考文献。

从以上描述内容可知，成矿模式是对矿床赋存的地质环境、内外部特征、控矿因素、矿化的时空演化规律、矿化标志、成因机理（成矿物质、溶液和能量来源及成矿物质的时空变化特征）、找矿标志的高度综合、描述和解释，将复杂多变的成矿作用和地质现象上升为成矿学的地质理论，并用图表、文字表达出来，使人们对同类或一组相似矿床的成矿作用有一个完整概念的认识。

当前的地质-找矿工作已进入“隐、盲矿床”的寻找阶段，相应的找矿难度增大。成矿模式的外推性有可能为找矿人员提供识别隐、盲矿床的先兆，提供部分找矿信息，为矿产普查提出地质理论依据和提出勘查隐、盲矿床有效的技术方法。所有这一切，成矿模式为矿产勘查人员提供了接近客观实际的模拟对象，在勘查工作的每一步骤和从获得的实际资料中逐步认识新发现矿床的实体，这就是科学找矿的具体途径。

矿床成矿模式在深化成矿规律研究、发展成矿地质理论、拓宽勘查思路方面起到特殊的作用，将促进地质科学的发展。

综上所述，矿床成矿模式是成矿学理论研究与实践相结合的综合表达方式，为矿床学研究提供矿床自身的形成过程及阐明有关的基础地质问题，在查明主要控矿因素的基础上，

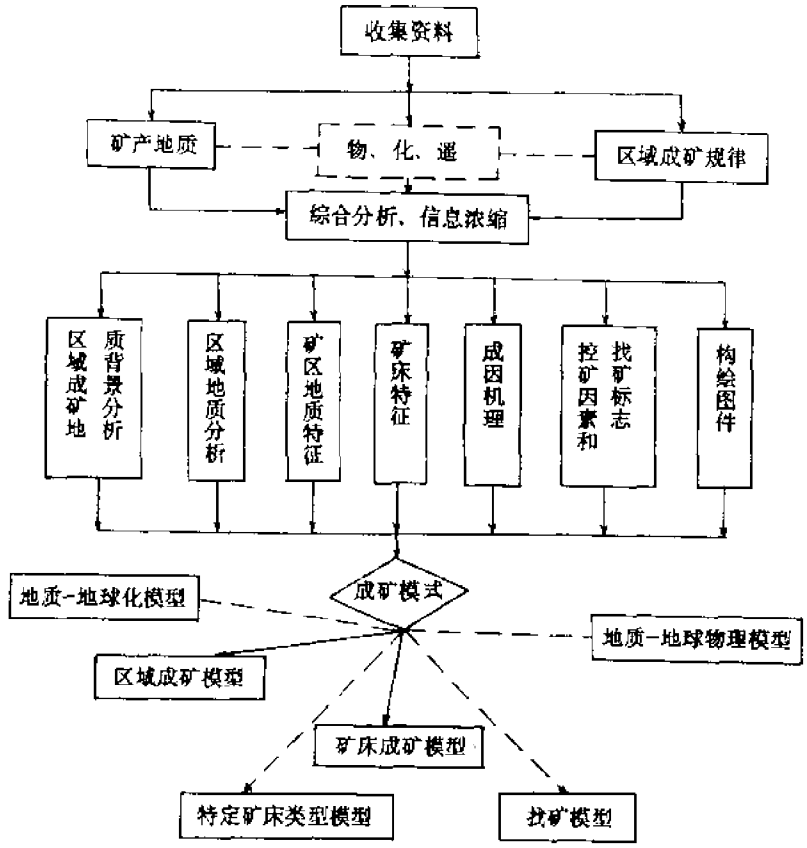


图 3—1　建立成矿模式的一般流程

（实线为主要关系；虚线为次重要的关系）

地信网论坛
BBS.3S001.COM

提出对矿产的勘查假说，为矿产预测和地质找矿的经验类比确立标准对象，在矿产勘查工作中建立可比性的标准和在预测评价工作中发挥已知矿床再现性的作用，提高预测和找矿的效果。

目前建模工作已从描述性模式发展到建立成因模式，地质-地球物理、地球化学模式、综合方法找矿模型及立体模型等。从成矿预测和勘查工作的实际需要出发需要建立以下几类矿床模式：

1. 成矿地质背景的区域成矿模式；

2. 以矿床成矿系列为理论指导的矿床成矿系列、亚系列、矿床式和典型矿床的模式；

3. 以地、物、化、遥综合技术方法为前提的区域矿产勘查模式；

4. 综合方法找矿模型；

5. 建立成矿模式数据库及相应的专家系统；

6. 建立特定矿床的模型，例如超大型矿床的成矿模式、海洋成矿体系模式、成矿模式的计算机模拟等等。

建立一个完整的成矿模式的主要内容和流程见图 3—1。

第二节　区域成矿模式

按成矿单元建立区域成矿模式是成矿预测工作中关键的工作内容之一。随着找矿难度的加大和发现一个矿床的概率降低和费用的大量增加，由过去提倡的饱和勘探转向高效迅速选定找矿靶区的科学找矿的实施，矿产勘查工作的基本策略是在成矿学理论指导下充分利用已知矿床的成矿信息，深化成矿规律的认识，实施由点到面、由面到点、点面结合的找矿战略。区域成矿模式是实施这一战略的基本途径，它也是模式找矿的实际作法。在矿产勘查工作中使用区域成矿模式至少或可以起到以下作用：

1. 用矿产勘查的整体性概念按层次部署地质找矿工作，即用不同级别的成矿单元选择最有利的成矿远景区对地质找矿作出计划；

2. 用系统科学的优化原理优化勘查设计方案，应用类比预测的基本理论选择成矿地质条件最好，与已知模式的相似性最高、发现矿床的可能性最大的地区（“矿田”或“矿区”）投入普查工作量，实现地质找矿新的突破；

3. 对周围地区的区域地质背景可以作深入的了解，区域成矿模式有助识别勘查区的地质构造、区域控矿条件、成矿有利条件的综合对比，从地质理论、实际地质依据出发正确选定勘查靶区；

4. 为实现“由表及里”、“由浅入深”、“点面结合”的原则提供了地质依据；

5. 为探索新领域，深化已知规律，探寻新的远景区、新类型矿床、新含矿层、新含矿构造、大型特大型矿床提出了地质理论和事实依据，将矿产勘查从经验判断、概念思维提高到科学决策的新台阶。

为深化对区域成矿模式的理解，矿产勘查工作中的应用和区域成矿学的研究等重大地质课题的解决，现举实例子以说明。

一、武夷山—怀玉山有色、黑色、贵金属、稀有、稀土、非金属成矿带铜矿区域成矿模式

地信网论坛
BBS.3S001.COM

1. 区域成矿地质背景

武夷山—怀玉山地区是一个经历了前古生代陆壳发展、古生代地体演化和中生代板内断裂-岩浆-成矿三个构造发展历程❶。前古生代由华夏古陆和扬子古陆组成的双地台；古生代古陆边缘处于坳拉槽环境转为海洋环境，继而进入三个大地构造单元相互拼贴格局，出现了火山-沉积和水下火山喷气-热液作用，提供了有利的成矿基预；中生代板内断裂-岩浆-成矿时期，出现S型和I型花岗质岩类的成矿作用和火山-次火山岩类有关的成矿作用。

区内成矿有利的地层有（按地层赋矿频率为序）：石炭系（25%）、双桥山群（18.3%）、震旦系、上侏罗统（14%）等四个时代的地层为主。这些地层起到供矿和容矿两大作用。

区内岩浆作用经历了晋宁、加里东、海西—印支、燕山及喜马拉雅五大岩浆活动旋回，各岩浆旋回（或亚旋回）有大致相似的演化特点，其总体规律是：早期以喷发为主，中晚期主要为侵入、伴有喷发，晚期喷发作用又渐居优势；火山喷发环境由海相逐步被陆相所代替；岩性由（超）基性→中性→酸（碱）性递进演化；活动强度自弱→强→弱；各旋回一般都形成有不同定位深度的岩体，现代地表出露的花岗岩类大体上有自加里东期→海西期→印支期→燕山期，由半（准）原地→低位→中深位→高位递变的趋势。岩浆成矿的功能将深部的成矿物质运载到地壳浅部或地表附近凝集成矿作用的过程，具体是通过原始岩浆形成→上涌→分异演化→侵位或喷发→成岩→成矿的全过程来完成的；岩浆成矿作用方式大体包括岩浆晚期分异交代、伟晶岩期交代、岩浆期后气化热液充填交代三大类型。与岩浆作用有关的矿床类型有：岩浆热液类中与S型有关的蚀变花岗岩型（行洛坑、姜坑里）、斑岩型（冷水坑、岩背）、隐爆角砾岩型（海罗岭、大窝里）、伟晶岩型（西坑等）、矽卡岩型（月形、朱溪等）、石英脉型；与I型有关的有斑岩型（铜厂式）、次火山—浅成热液型（银山、紫金山式）；多因复成类中有层控型（玉水式）、复控型（水平式）。矿床在水平与垂直方向上都具有一定的分带性。

研究区原属Ⅱ级成矿带，通过区内成矿规律的研究，进一步划分为两个Ⅳ级成矿区、五个Ⅴ级成矿区。它们分别是：

1. 怀玉山成矿区（$Ⅱ_1$）

①$Ⅱ_{1-1}$—德兴铜金银铅锌（钨铌钽）成矿区；

2. 武夷山成矿区（$Ⅱ_2$）

②$Ⅱ_{2-1}$—永平—浦城铜银铅锌（镍金）成矿区；

③$Ⅱ_{2-2}$—石城—宁化钨铌钽（锡铜）成矿区；

④$Ⅱ_{2-3}$—会昌—上杭铜锡成矿区；

⑤$Ⅱ_{2-4}$—永安—梅州铜铅锌铁成矿区。

据上述特点，建立了武夷山—怀玉山铜矿床成矿的区域成矿模式（图3-2）。据图可知，与铜有关的$Ⅱ_{1-1}$、$Ⅱ_{2-1}$、$Ⅱ_{2-3}$和$Ⅱ_{2-4}$四个与铜有关的Ⅴ级成矿区带中，主要与“S”和“I”花岗岩质岩类有关的斑岩型、次火山—浅成热液型和多因复成层控型三类矿床。

二、湖南宝山—香花岭多金属成矿带区域成矿模式❷

本实例以介绍区域成矿模式的表达内容为主，对建模内容简略。本成矿带地处南岭中段，属滨西太平洋成矿带的华南褶皱带中的赣湘桂粤加里东—印支坳陷区内。南部和东侧

❶ 见苗树屏，袁君孚等编写的“怀玉山—武夷山地区找铜论证”，1993年。
❷ 参阅了“宝山－香花岭铅锌为主的多金属矿成矿规律及隐伏矿床预测研究报告”，湖南省地质研究所，1990年。

地信网论坛
BBS.3S001.COM

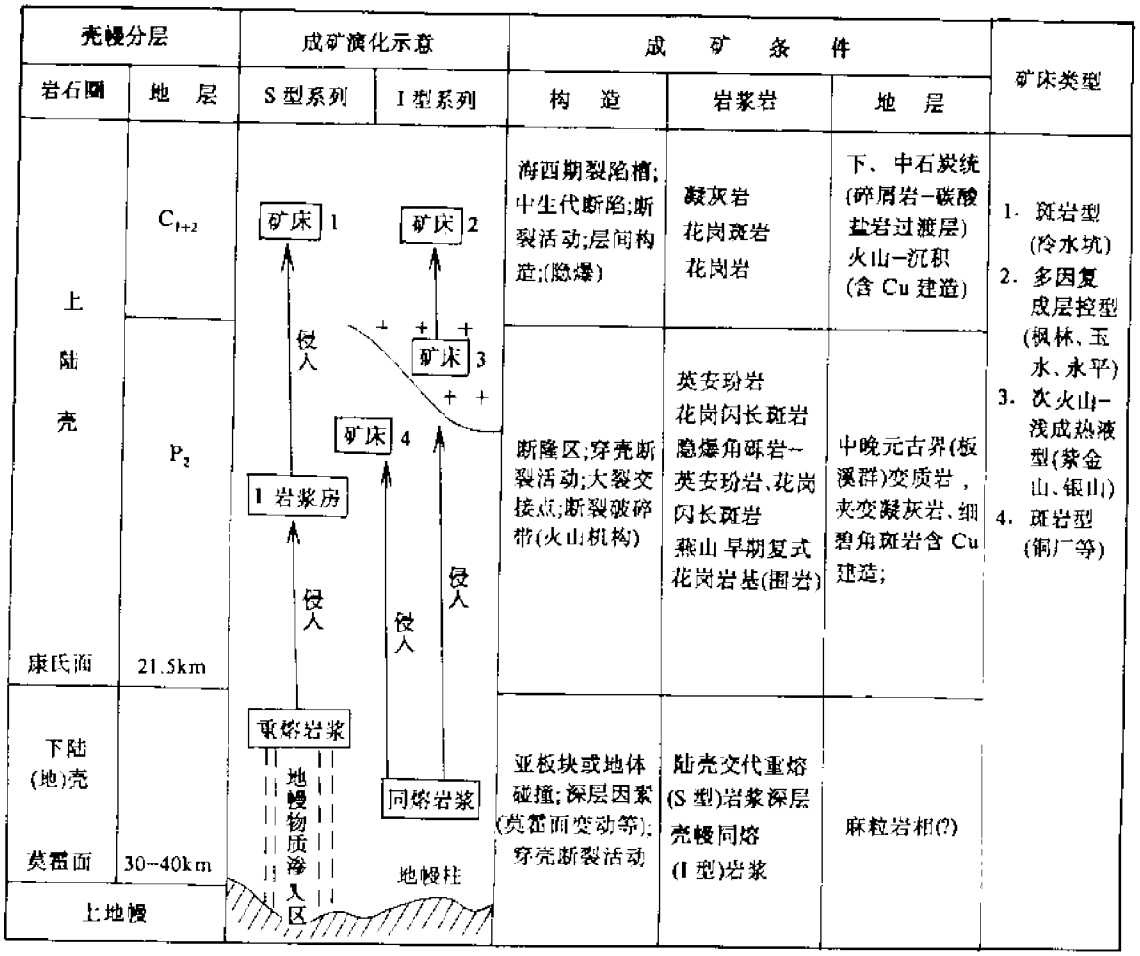


图 3-2 武夷山—怀玉山铜矿床区域成矿模式

(据苗树屏、袁君孚、李崇佑等, 1993)

以郴州-临武深大断裂为界，西止于醴陵-嘉禾深大断裂，南起香花、北抵许家洞—对面山一线。出露地层以泥盆系中统—二叠系为主，其次为寒武系和三叠系下统，中新生界地层出露在北侧。由泥盆系—下三叠系组成的褶皱总体呈南北向，且有向南收敛的趋势。研究区内断裂发育，除与褶皱同方的断裂外，NW向断裂较为醒目北东向断裂在西部较明显。从总体上看，由SN--NNE与NW--NWW向两组断裂组成基本的构造格局，均具有长期活动的历史，以致控制了研究区内的构造发展史及特定的圈闭式成岩、成矿环境。它们起到控岩和控矿作用，区内出露的小岩体受NW—NWW向断裂控制为主；矿床（体）几乎都受倒转褶皱及其翼部、褶皱轴向的控制，有的受层间断裂破碎带的控制。

区内岩浆岩为燕山期产物，以酸性、中酸性为主，次为碱性。其岩性复杂、岩石种类甚多。规模小，呈岩株、岩墙、岩脉产出。岩体的蚀变作用强烈，主要蚀变类型有钾化、钠化、云英岩化、硅化、沸石化、绢云母化、方解石化、萤石化、高岭土化、绿泥石化、绿帘石化、黝帘石化等。岩体自北至南分为宝山中酸性岩带、中部黄沙坪酸性稍偏中酸性岩带和南部香花岭酸性岩带三条明显的岩带。从岩浆岩成因来说，南带的香花岭岩群属壳源重熔型（S型），与W、Sn、Be、Pb、Zn、多金属矿床关系密切；宝山岩带以幔源为主的壳-

地信网论坛
BBS.3S001.COM

幔混熔型特征（I 型），与 Cu、Mo、Au、Pb、Zn、多金属矿床的关系密切；董沙坪岩带属两者之间（过渡型），与 Sn、Pb、Zn、多金属矿床的关系密切。

矿床主要类型有矽卡岩型、花岗岩型、云英岩型、热液型及层控改造型五类矿床，次要的矿床类型有破碎带角砾岩型和风化壳型两类。

按照区内矿床的成矿特点，矿化元素的自然组合、成矿蚀变类型、赋矿层位，成矿深度及三种成因类型的岩浆岩与成矿的关系建立了图 3—3 的区域成矿模式的表达方式。

图 3—3 可知，每个矿床元素的组合随岩浆类型的不同，形成深度的差异及其演化过程

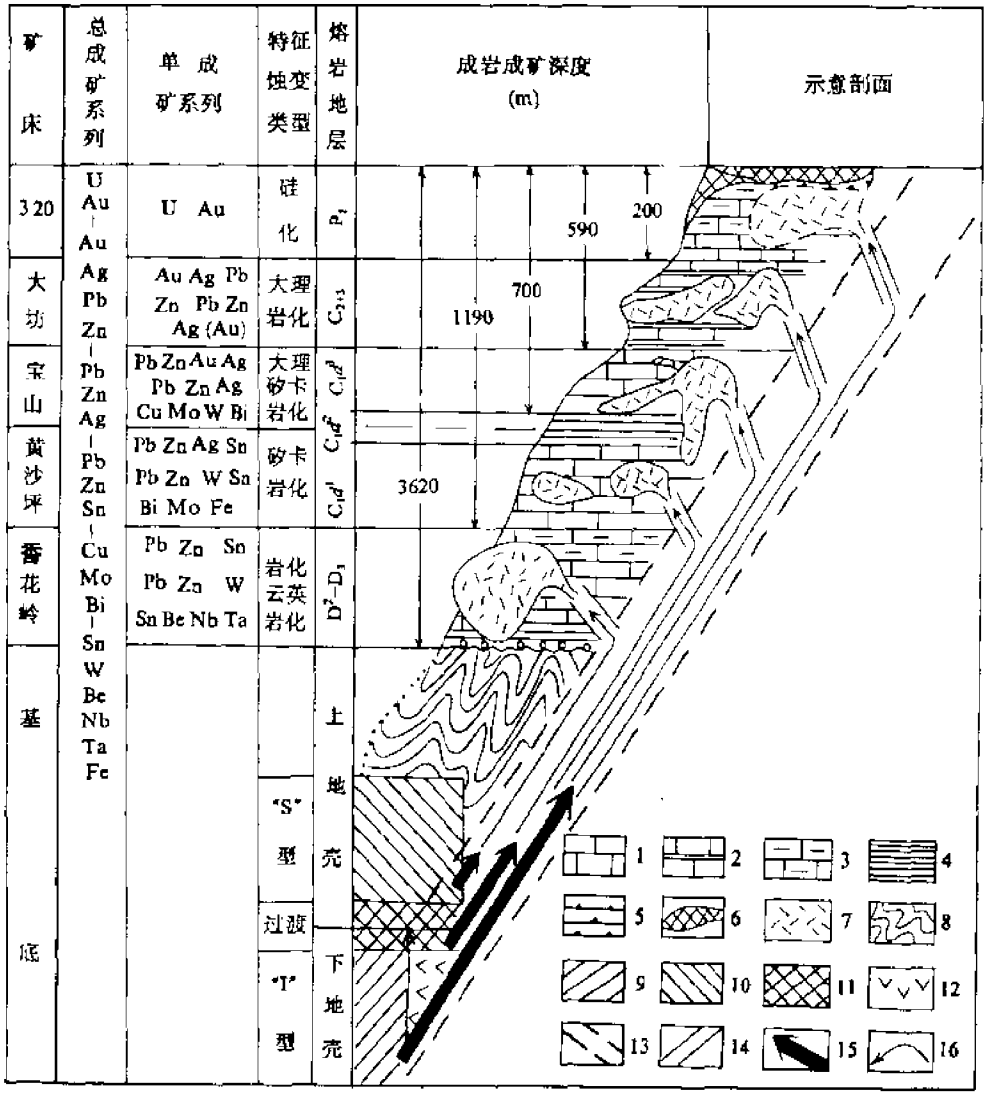


图 3—3　湘南宝山—香花地区区域成矿模式

（据童潜明等，1990）

1—灰岩；2—白云岩；3—白云质灰岩；4—砂质岩；5—硅质岩；6—硅化岩；7—岩体；8—浅变质岩；9—陆壳改造型岩浆；10、12—壳幔混熔型岩浆；11—过渡型岩浆；13—深大断裂带；14—深断裂；15—16—岩浆及岩浆成矿热液侵入方向

地信网论坛
BBS.3S001.COM

在一定的地层中就位，形成一定类型的矿床，这一规律反映得极为明显。然而成矿元素的自然组合比矿床元素组合复杂得多，它主要反映了矿床自身的地球化学场特征。本模式既反映了矿床自身的成矿规律性，又反映了矿田的成矿特征。

第三节　典型矿床类型的矿床成矿模式

在第一章的第五节中我们专门叙述了矿床类型的问题，其内容是极为简略的，它对总结区域成矿规律是一种较好的捷径。但实际上，每一矿床类型的自身又有许多亚类构成，我们称之谓“矿床类型式”，可以用它充实矿床类型的基本内容，丰富同类矿床的成矿信息，使之与同类（或同一矿床类型式）矿床的类比，区分矿与非矿信息、识别成矿远景区，将自然界中变化多端、产出状态不一的矿床纳入一个完整的体系之中，强化矿床成矿规律的认识。本节将用国内典型类型的矿床模式实例说明矿床分类的规律性认识。

一、斑岩型矿床的成矿模式

随着地质工作和研究工作程度的增加，斑岩型矿床的概念已由最初的Cu-Mo矿床逐步扩大到Mo、W、Sn、Pb、Zn、Au、Ag、U等矿床，对其成矿地质背景的认识也有很大的拓宽。这些矿床的矿种虽然不同，但各自的岩浆岩特征、矿化特点、成因类型、成矿物质来源有许多相似或相同之处，所以可称为“斑岩类矿床”。

从已知矿床的总体轮廓来说，我国斑岩类矿床可分为三个成因类别：

1. 火山成因类斑岩型矿床；

2. 浅成侵入体类斑岩型矿床；

3. 中深成侵入体类斑岩型矿床。

一般来说，2类是普遍的，1类亦较常见，3类则比较少见，目前仅发现多宝山一处。

按目前我国已知的斑岩型矿床的实际资料，对斑岩型矿床作出如下的粗略分类（表3-1），它们主要赋存在浅成、超浅成侵入体中，矿化以全岩矿化为主，有些在与围岩的接触带上矿化，组成斑岩、矽卡岩型复合矿床。

我国斑岩型矿床可以向矽卡岩型、石英脉型、角砾岩筒型矿床过渡，而对同一种类型的矿床来说，它可以是同一类型（化学成分相似）的斑岩体，但它们所含的矿种可以是不同的，因而出现了斑岩型Cu-Mo矿床，斑岩型W矿、Sn矿床，或钼矿、铅锌矿床。又如石英脉型W、Sn、Mo、Cu、Pb、Zn矿床与斑岩型矿床又有一定的成因联系，但两者之间又出现过渡型矿床；角砾岩筒型矿床与此类同，所以斑岩型矿床可形成一个矿床成矿系列类型，但往往出现不少两种类型之间的过渡型矿床（详见图3-4）。现将有关典型矿床类型的综合模式和矿床模式选择列出展示。

（一）斑岩铜矿床成矿体系模式

中国斑岩铜矿床是与一定的地质构造相匹配的岩浆岩系列和某些沉积建造相联系一体、构成统一的成矿地质背景相互作用的结果。我们可以从全球出发，阐明全球成矿地质构造环境下的斑岩型矿床的成矿作用模式，也可以从成矿区带的成矿地质构造背景出发叙述在某一地质构造单元内区域成矿要素；还可以描述某种（类）特定矿床的成矿要素，建立矿床的成矿模式（图3-5）。在此以后者为实例作出描述。

从斑岩铜（钼）矿床的成矿作用出发，它是区域构造、岩浆活动、沉积建造、成矿斑

地信网论坛
BBS.3S001.COM

岩体自身的特征（含矿性及其自身的能量系统）、成矿地质作用组成的一个成矿作用体系，它与时间、空间和成因联系一体。根据中国斑岩 Cu-Mo 矿床成矿特点将中国斑岩型 Cu-Mo 矿床的成矿作用分为三种成矿作用体系模式[33]。第一类为造山前—造山期的斑岩铜矿床成矿作用体系，该体系形成的矿床赋存在地壳克拉构造的海相火山岩系及顺序侵入的次火山岩中，成群成带出现，产状与围岩一致。它既有斑岩铜矿的基本特征，又具有黄铁矿型铜矿的某些特点，又称之为“类斑岩铜矿”，由于本类矿床普遍遭受后期的变质作用，故又称为“变斑岩铜矿”。在其矿床的上下盘附近围岩中，尚有其它类型矿床存在（见图 3-6A）。

造山期斑岩型铜矿床主要赋存在大陆边缘洋壳-陆壳碰撞的陆相火山和侵入为主斑岩体内，组成复式岩体矿化。通常分岩基和斑岩体两类，斑岩体侵入在复式岩体内，在其斑岩体侵入体顶部接触界线附近都出现矿化，尚见有脉状矿体，它可延伸到围岩中（详见图 3-6B）。

造山期后斑岩铜矿床不止叠加了一次的造山期后的成矿作用，由多种类型的矿体组成。

表 3-1　全国斑岩型矿床分类简表

矿床亚类	矿床式	成矿地质背景	典型矿床
斑岩型铜矿床	铜矿峪式	海相火山-斑岩铜矿床	铜矿峪、白乃庙、公婆泉、白山堂
	大平山式	陆相火山-斑岩铜矿床	大平山、沙渠、钟鹏、乌奴克多山八大关、八八一
	德兴式	沿板内深断裂侵入体成矿	铜厂、富家坞、朱砂红
	玉龙式	洋陆壳碰撞的安第斯型岩浆带	玉龙、马拉松多、小寺沟、城门山、丰山洞
	多宝山式	洋陆壳碰撞的岛弧型岩浆岩带	多宝山、小西南岔
	梅岭式	陆相火山、次火山-角砾岩筒式	梅岭（海南）、七宝山（山东）、金木山（甘肃）
斑岩型钼矿床	金堆城式	与浅成花岗岩类斑岩体有关的全岩矿化式斑岩钼矿床	金堆城、石家湾（陕西）、雷门沟（河南）
	马厂箐式	与浅成花岗岩类斑状侵入体有关的斑岩-矽卡岩复合式	马厂箐（云南）、贾家营（河北）
	兰家沟式	与浅成花岗岩类侵入体有关的斑岩-石英脉复合式	辽宁兰家沟
	大黑山式	与浅成-中深成花岗岩类复式岩体有关的斑岩体	大黑山（吉林）、母山（河南）、肖家畈（河南）、汤家坪（河南）
	大庄科式	与浅成、超浅成石英闪长岩-石英二长岩侵入体有关的角砾岩筒式	大科庄（北京）、董家沟（北京）
斑岩型铅锌矿床	银山式	与陆相酸性-中酸性火山-次火山有关的斑岩-火山岩型复合式	银山（江西）
	香加式	与浅成花岗闪长岩类有关的斑岩-矽卡岩型复合式	香加（山东）
	姚安式	与碱性斑岩有关的斑岩型	姚安（云南）
斑岩型钨矿床	阳储岭式	与浅成-超浅成花岗岩类复式侵入体有关的斑岩-隐爆角砾岩型-大脉型-矽卡岩复合式	阳储岭（江西）
	莲花山式	与浅成-超浅成次火山石英斑岩和石英闪长岩有关细脉浸染状矿床	莲花山（广东）
斑岩型锡矿床	银岩式	与花岗岩类复式侵入体有关的花岗斑岩中浸染状、脉状矿床	银岩（广东）

（据梅燕雄，1992）