

高等学校教材試用本

矿床学原理

北京地质学院矿床教研室編



中国工业出版社

矿床学原理

地质部地质研究所编



地质出版社

本書由北京地质学院矿床教研室編写而成。

全書共分六章，第一章精論；第二章成矿作用总述；第三章內生成矿作用及內生矿床；第四章外生成矿作用及外生矿床；第五章变质成矿作用及变质矿床；第六章成矿規律。

本書适用于高等院校教学用書，也可作为野外地质人員的参考書。

矿床学原理

北京地质学院矿床教研室編

*

地质部地质書刊編輯部編輯（北京西四羊市大街地质部院內）

中国工业出版社出版（北京佟麟閣路丙10号）

（北京市書刊出版事业許可証出字第110号）

中国工业出版社第四印刷厂印刷

新华書店北京发行所发行·各地新华書店經售

*

开本787×1092¹/₁₆·印张11¹/₄·插頁1·字数263,000

1962年1月北京第一版·1962年1月北京第一次印刷

印数0001—3,270·定价（10—6）1.40元

*

統一書号：15165·1192（地质-118）

目 录

第一章 緒論	3
一、矿产在国民經济中的意义	3
二、矿床学的任务及与其他科学的关系	4
三、矿床学研究方法	5
四、矿床学发展簡史	6
第二章 成矿作用总述	10
一、地壳的构造及成分	10
二、化学元素的地球化学分类	14
三、地壳中化学元素的迁移富集和矿床的形成	16
四、矿体和矿石的概念	20
五、矿床的成因分类	27
第三章 內生成矿作用及內生矿床	29
概 論	29
內生成矿作用的阶段及內生矿床分类	30
正岩浆矿床	31
一、各类正岩浆矿床的形成过程	31
二、各类正岩浆矿床的特点	34
三、正岩浆矿床的找矿和评价問題	40
伟晶岩矿床	40
一、伟晶岩矿床的概念及特点	40
二、伟晶岩矿床形成的地质、物理化学条件及成因观点	42
三、伟晶岩中的矿产及中国伟晶岩矿床的分布	55
岩浆期后矿床	56
一、岩浆期后矿床的概念及特点	56
二、岩浆期后矿床的若干成因理論問題	57
三、围岩在成矿中的作用	68
四、构造对成矿的影响	69
五、交代作用	70
六、岩浆期后矿床的围岩蚀变	73
七、岩浆期后矿床的成矿阶段和矿物生成順序	79
八、确定矿床生成温度和深度的准则	81
九、岩浆期后矿床的分带現象及有关带状分布的学說	85
十、岩浆期后矿床的成因分类及各类矿床的地质特征	88
十一、中国岩浆期后矿床的成矿区划及某些成矿規律的初步意見	110
第四章 外生成矿作用及外生矿床	114
概 論	114
外生成矿作用的阶段和外生矿床分类	115
风化矿床	115
一、风化矿床的概念和特点	115
二、风化作用及风化产物	116

- 三、影响风化作用的因素 118
- 四、风化矿床的分类及各类型风化矿床的地质特点 120
- 五、中国风化矿床成矿地质条件的初步总结 125
- 硫化物矿床的表生富集作用 126
 - 一、概 說 126
 - 二、硫化物矿床的表生分带 126
 - 三、影响硫化物矿床表生分带及次生富集的因素 130
- 沉积矿床 131
 - 一、沉积矿床的概念和特点 131
 - 二、沉积矿床成矿控制因素分析 131
 - 三、沉积分异作用和沉积矿床分类 134
- 第五章 变质成矿作用及变质矿床 152
 - 概 論 152
 - 变质成矿作用中若干控制因素分析 154
 - 变质矿床分类 156
 - 接触变质矿床 156
 - 一、接触变质矿床的概念及特点 156
 - 二、影响接触变质矿床形成的因素 157
 - 三、接触变质矿床的主要矿床类型 158
 - 区域变质矿床 158
 - 一、区域变质矿床的概念及特点 158
 - 二、影响区域变质矿床形成的因素 159
 - 三、区域变质矿床分类及各类型矿床地质特点 160
 - 中国变质矿床成矿的基本特点 162
- 第六章 成矿规律 163
 - 矿床形成的地质条件 163
 - 一、构造控制 163
 - 二、岩浆控制 168
 - 三、地层控制 171
 - 四、岩相-岩性控制 172
 - 五、地球化学控制 174
 - 六、地貌控制 175
 - 七、变质作用控制 175
 - 成矿区域和成矿时代 176
 - 一、成矿区域 176
 - 二、成矿时代 180

第一章 緒 論

一 矿产在国民經济中的意义

矿产是地壳中的有用矿物或矿物集合体，它能直接被利用或从中获取有用的金属或矿物。矿产是最重要的生产资料和劳动对象之一。在人类历史中，矿产的利用情况和生产发展是密切联系的。人类开始使用石器，进一步又利用了銅和鉄，其后又日益广泛地应用各种金属、非金属矿产及矿物燃料（煤、石油及天然气）。随着社会生产的发展，矿产种类及其使用量也迅速增加，矿产在国民經济中的重要性日趋明显。

我們現在所利用的矿产可以分为三大类：第一类是金属矿产；包括黑色金属、有色金属、稀有金属和放射性金属等。第二类是非金属矿产；从中可以取得非金属元素，或直接加以利用。第三类是可燃有机矿产；是动力的主要来源，也是化工原料的来源。

社会主义国家为了不断提高人民物质和文化生活水平，并进一步建設共产主义社会，对矿产的需求提出了更多更高的要求。对常用的各种金属、非金属及可燃有机矿产要求大量增加，以满足日益发展的社会主义工业和农业的需要。同时也为了推动科学技术的进一步发展，对稀有、分散和放射性元素等矿产及某些具有特殊性能的非金属矿产不断提出新的要求。过去不很熟悉的矿产，有的已成为国家的重要资源；过去只是少量使用的矿产，現在需要大量开采。社会主义生产发展的高速度，就必然推动着矿产利用在数量和质量上的高速度发展。

社会主义国民經济是有計劃按比例发展的，生产力合理配置，要求矿产供应尽量在地理分布上合理。反过来，矿产的分布是受着地质条件的控制的，在一定情况下，国民經济的配置又必須根据矿产资源的分布情况来安排。因此在社会主义国家里，对矿产资源的探索 and 了解，是生产力发展的重要問題之一。

我国地大物博，矿产丰富；解放前在帝国主义、封建主义、官僚資本主义的长期統治和压迫下，經济十分落后，矿产也不能充分发挥其作用。我国富有的矿产资源如錫、錫、鎳等成为帝国主义掠夺的对象和官僚資本家剝削人民的工具，其他丰富的矿产埋藏地下无人过問。中华人民共和国成立以后，情况起了根本变化。社会主义建設事业的飞速发展，对各种矿产资源提出越来越多的要求；在中国共产党和毛主席的正确领导下，地质勘探工作迅速发展，使深埋地下的各种矿产迅速地被发现和利用。現在我国的錫、錫、鋁、鉄、銅、鋁、鉛、鋅、汞、鎳、煤等主要矿产的儲量，都已跃居世界前列，保证了社会主义建設高速度发展的需要，并为今后进一步发展做了相应的准备。

为了尽快地把我国建成为具有现代农业，现代工业和现代科学文化的强大的社会主义国家，我們还要提供更多的矿产资源如磷、鉀、硫、砷，更多的鉻、鎳、鈷、鉑和更多的稀有金属和特种非金属矿产。同时为了满足各地区各生产部門的矿产原料的供应，还需要在一定的時間内，在一定的地区，找出各种企业所需要的矿产。从我国的地质条件来看，我們一定能完成这个任务，十二年来我們已經取得的成績，完全可以証明这一点。

二 矿床学的任务及与其他科学的关系

矿产是从矿床中开采出来的，矿床是地质作用所形成的在地壳中的有用矿物堆积；其质量和数量适合于当前经济技术条件而可以被利用的。因而矿床的概念包括地质方面和经济技术方面的意义。就其地质意义来说，矿床是地质作用的结果，矿床的形成是服从于地质发展的规律的。就其经济技术意义来看，矿床的概念要随着经济技术条件的改变而改变，矿床的具体内容在不同条件是不同的。矿床学所研究的主要是其地质意义方面，但也决不能脱离它的经济意义，离开了经济意义，矿床和岩石就没有什么区别了。

矿床学是地质科学的一个分支，它以矿床为研究对象。它的任务是研究矿床的成因及其分布规律，为找矿勘探工作提供理论基础。具体说来，矿床学要研究矿床的存在形式以及矿床和地质环境的关系，从而追溯成矿物质的来源，它们的迁移方式及富集成矿的条件；然后进一步阐明各种矿床在地壳各部分的分布规律，指导找矿勘探工作有效地进行。因此矿床学的具体内容是：

(1) 研究矿石的物质成份和结构构造，以及其在空间上时间上的变化规律，以便确定矿产的质量并了解矿石的形成条件和加工工艺性质。

(2) 研究矿体的形状、大小和产状以确定矿产的数量，并阐明它的形成环境及开采条件。

(3) 研究矿体与岩浆岩，围岩和构造之间的关系，推断它们在成矿过程中的控制作用及其相互影响。

(4) 研究矿床的成因理论、形成条件，阐明它所在的区域地质特点及矿产的分布规律、预测矿床的分布、指导找矿工作。

矿床学的研究对象只是地质学研究对象中的一小部分，成矿物质只是地壳组成物质的一部分，成矿作用也只是地质作用中的一部份。局部不能离开整体，因此，研究矿床就不能离开其他地质科学。如矿物学和岩石学是研究成矿物质的基础。动力地质学、构造地质学、地史学和古生物学是研究成矿地质条件的依据。没有这些科学为基础就不能进行矿床学的研究。

另一方面矿床学和其他地质科学一样，必须运用基础自然科学的知识和原理，如数学、物理学、化学和生物学等。特别是物理化学、胶体化学、以及作为边缘科学的地球化学和地球物理学对矿床学的深入研究起着重大作用。

因为矿床的概念中包含有经济技术方面的因素，研究矿床时不能离开矿床的利用条件。因此和这方面有关的科学如找矿勘探方法、探矿学、选矿学和冶金学等也和矿床学有密切关系。

矿床的形成过程是地壳中某些有用物质迁移富集的过程，也是成矿物质本身的性质和地质介质所提供的条件的辩证统一的过程。成矿物质本身的物质结构决定了它的迁移富集的性质；地质介质在不同地点，不同时间，在不同的地质活动中提供了一定的条件。当这个条件符合某些地壳物质集中的要求时，就使这种物质富集而成矿。因此矿床学必须从两方面进行研究：一方面要研究各种有用物质的结构及由此而决定的它的地球化学性质；另一方面要研究各种地质介质所能提供的具体条件。地壳物质的地球化学性质，对某一种具体物质来说是固定不变的，只是我们对它了解得还不够；自从地球化学发展成为一门独立

的科学以后，地质学者正在逐步掌握这方面的知識，为矿床学的进一步深入研究創造了条件。地质介质所提供的条件，正是各种地质科学所研究的任务，現在已經具备了一定的基础，使地质学家有可能根据現在所看到地质現象，来追溯当时的具体条件。因此在当前条件下，矿床学基本理論的提高在于进一步把数学、物理学、特别是化学知識进一步应用到地质学中来。而对每一个具体矿床的研究，則在于綜合运用各种地质科学知識来重塑成矿地质环境。这两方面的相互促进，这就是矿床学与其他科学关系的实质，也就是推动矿床学发展的根本途径。

三 矿床学研究方法

与其他自然科学一样，矿床学的研究是以辯証唯物主义为指导思想的。

首先，对具体矿床进行具体观察是矿床学的基本研究方法。矿床是地壳长期发展过程中形成的，但我們的观察不能不受到時間、空間的限制。在目前的科学技术条件下，如我們只能观察現代的某些成矿作用，而不能直接观察地质时代中的成矿作用；只能观察成矿作用的某一个小阶段，不能观察成矿作用的全部过程；只能观察地表和接近地表的成矿作用，不能观察地壳深处的成矿作用；只能观察成矿作用的局部現象，不能观察其整体。由于我們观察的局限性，很容易导致对矿床研究工作的片面性。因此在对矿床进行具体观察时必须強調綜合性，以防止“盲人摸象”的錯誤，同时也必須采用历史的方法，以克服“均变論”的錯誤。

矿床学的研究必須与找矿、勘探和开采的生产实践密切結合起来，成为实践——理論——实践反复循环、不断提高的过程。首先是通过地质制图的实践提高到矿床分布規律的理論，根据这个理論来指导找矿。进一步通过找矿实践累积有关矿床的資料，提高到矿床形成条件的理論来指导勘探。通过勘探的实践，提高到矿床内部物质分布規律的理論来指导开采和加工。如此反复循环，从地质制图到矿床开采完毕的整个过程，也就是对一个具体矿床的認識不断深化的过程。就矿床学整体来說，对每个矿床的生产实践，都可以提供資料，丰富矿床学理論，进一步指导矿床的生产实践。从一个矿床到另一个矿床，从个别矿床到一般矿床，反复循环，就是全部矿床学理論不断提高的过程。过去曾有人譏笑某些矿床直到开采完毕还没有得到这个矿床正确的成因理論的認識。实际上这正証明了人类对矿床理論認識的无限发展的过程，也就是人类对真理的認識过程辯証发展的正常途径。也恰恰証明了成矿理論是可以認識的，而且我們正在認識它。

对矿床的观察不限于野外，野外的观察不能不受到某些限制，因此就有必要在室内借助于仪器来进行观察。利用显微鏡来观察岩石和矿石的方法已經成为矿床学室内观察的基本方法。近来已經冲破了光学显微鏡放大能力的限制，采用了电子显微鏡。在显微鏡下也是需要綜合观察物质的物理性质和化学性质。另外，變形射綫法和差热法等專門精密研究方法都正在越来越广泛地加以应用。即以野外观察而論，現在已經不限于肉眼的观察，而常常采用地球物理和地球化学的方法来帮助直接观察的不足。沒有疑問，矿床学的观察方法将愈来愈多地借助于仪器，随观察的深入程度不断提高，对矿床的認識将不断深入。

实验的方法在矿床学研究中早已开始运用，由于地球化学在矿床研究中愈来愈重要，实验矿床学在闡明矿床理論中更占有重要位置。同时由于科学技术的发展，对模拟地壳深部条件进行实验的可能性也日益增加。人造矿物及工艺岩石学的发展为实验矿床学开辟了

寬廣的道路，這將是礦床學研究的重要方向之一。

礦床的綜合研究為近代礦床學研究的另一個重要方向。在野外工作中地表地質觀察、地球物理勘探、地球化學勘探及探礦工程的綜合運用，提高了礦床資料獲得的速度和準確性，為礦床學的研究提供了有利條件。地質學、岩石學、礦物學及地球化學的室內綜合研究，也為野外資料的進一步綜合分析提高了精度。綜合研究使礦床學能充分地、及時地利用各有關學科的成就，從而把礦床學提高到新的高度。

在一般條件下，礦床研究工作包括下列三個方面：

1. 野外觀察及研究

- 1) 根據各種比例尺的區域地質圖及礦床地質圖，了解礦床產生範圍內的地質情況：地層、構造、岩漿岩特點及地質發展簡史；
- 2) 儘可能的測制大比例尺礦床地質圖和剖面圖，並且應用探槽、探井、鑽井和坑道以及地球物理方法和地球化學方法以查明礦體在空間上的延展情況；
- 3) 對礦體要進行系統地取樣、分析並做資料編錄，以了解礦體中物質成分的空間變化規律；
- 4) 用肉眼和放大鏡研究礦石和岩石的礦物成分及其相互關係、相對含量；
- 5) 了解礦床與成礦的構造和岩性控制因素的關係，注意圍岩蝕變的種類及其與礦體的關係。

2. 實驗室內的研究

- 1) 顯微鏡下觀察礦石和岩石精確鑑定礦物成分、含量、顆粒大小、形狀、相互關係、結構和構造特點等；
- 2) 對所採樣品進行部分化學分析或全部化學分析，在分析之前一般先經過光譜分析，了解礦石中微量元素的含量；
- 3) 如為砂礦床，則需進行重砂分析，在雙目鏡下研究重砂礦物的組分含量等，並編制重砂分布圖；
- 4) 應用其他方法和儀器：如質譜儀、欒琴射綫、差熱分析、電子顯微鏡等鑑定特殊的礦物。
- 5) 測量礦石的比重、體重、濕度、孔隙度、磁性、導電性、放射性等；
- 6) 研究礦石的技术加工特性。

3. 綜合研究

- 1) 綜合野外和室內的研究成果，精確地編制礦床地質圖、剖面圖，並計算儲量；
- 2) 根據礦石和岩石的野外和室內研究資料，編制礦物共生組合及生成順序圖表；
- 3) 綜合各地質因素研究礦床的成因和礦產分布的規律性；
- 4) 綜合地質、勘探、水文地質及其他經濟技術的特點評述礦床的工業價值。

四 礦床學發展簡史

礦床學的發展是與人類生產勞動實踐和社會生產力的發展緊密相連系着的。人類歷史早期的生產勞動中就已經開始利用礦物與岩石。恩格斯說：“勞動的過程僅在人類製造工具時才開始”。工具的製造，最早是以利用樹木、礦物和岩石為主。在新石器時代早期（公元前5000—8000年）人類已能加工石頭用作工具，這時人類從生產經驗中知道了某些

岩石或矿物的若干性质（硬度、脆性、延展性等）。经历了石器时代、铜器时代和铁器时代，劳动人民通过生产实践对于各种金属、非金属矿产及可燃有机岩矿产的利用已积累了丰富的知识。根据古老坑道的研究，证明古代矿工从实际工作中已经掌握了矿体的分布规律和产状，并掌握了找矿标志的知识。其中还有一部分通过文字记载留传至今。从石器时代直到十六世纪是矿床学知识的萌芽和积累的时期，在这个时期里，虽限于生产规模狭小，矿床学知识还只能是零星片段而极不完整，甚至还掺杂不少没有根据的推测。但这些从实际经验中累积起来的经验知识已为矿床学的发展奠定了基础。

矿床学成为近代科学的萌芽在欧洲起始于十六世纪中叶。当时封建时期的经济已有了相当细致的劳动分工。手工业生产扩展了，道路、运河、灌溉工程建设起来了，在生产中累积起来的矿床学知识日益丰富。某些先进的学者有可能开始初步进行总结，提出矿床成因的某些理论。

这时侨居在捷克矿石山（当时的矿山工业中心）的德国医生阿格里科拉（1546年）细心地研究了矿山开采工作之后，首先提出了关于成矿的概念。他认为矿脉的形成，是由于大气水受地热影响溶解了成矿物质然后在地壳裂隙中沉积而形成的。他并按照矿床的自然形态把矿床分为矿脉、细脉、矿株、矿层等四个类型。

一百年以后，笛卡尔（1644年）提出了与阿格里科拉相反的论点；他认为地球乃是具有炽热核心并逐渐冷却的星球，因此所有的金属矿物都是由地壳深处由溶液或喷气作用上升，贯入到已冷凝的地壳裂隙内而形成的。

这两种有关矿床成因的极端观点，在十七、十八世纪的学术界中逐渐形成了以魏尔纳为首的“水成论”者与以郝屯为首的“火成论”者，展开了关于岩脉和金属矿床成因问题的激烈论战。1775年魏尔纳在弗来堡矿业学院讲授地质学和矿物学，他认为所有岩石和矿床都是由地表水形成的：大洋水溶有形成地壳所需的各种物质，他沿着沉积岩的收缩裂隙浸透时，即在其中沉积而成矿石。几乎同时，苏格兰人郝屯（1788），则坚持了和魏尔纳完全相反的意见：认为矿床都是熔融物质充填在已冷凝的地壳裂隙中而形成的。水成论者和火成论者之间的论战，推动了对矿床成因的观察，累积了大量的实际资料，对矿床理论的发展起了很大的作用。这个长期学术上的争论，正是资产阶级工业革命、生产力蓬勃发展的时期，矿产的需要日益增长推动了矿床学理论的研究，而矿床学理论的发展也对矿产的利用起了促进作用。

从十六世纪中期矿床成因理论思想的萌芽，通过火成论与水成论长期争论而日益充实发展，一直延长到十九世纪初期。其间俄国的 M. B. 罗蒙诺索夫提出了接近于现代矿床成因理论的观点：认为矿床主要是由于地震及地球内部的熔化作用而形成，也有部分是受岩浆水和地表水的影响而形成。但在两派激烈争论的过程中，它的见解没有受到应有的注意。

系统的矿床学理论基础是在十九世纪中叶奠定的。这时候资本主义大规模生产为地质学累积了大量的实际资料，也要求矿床学解决矿产资源的寻找和利用问题。生产的发展有力地推动了矿床学的发展。同时物理学、化学、生物学的发展，也为矿床学研究提供了基础。这时候水成论和火成论之间的争论虽没有完全停止，大多数矿床学者已经能够比较全面地、系统地提出了矿床成因理论的体系，使矿床学开始成为一门独立的科学。

十九世纪中叶到二十世纪初期，现代工业开始发展。冶金工业的变革迅速地扩大了对

鉄、銅、鉛、鋅、錳、鈾、鉻、鎳、鋁、鎢等矿石，炼焦用煤熔剂和耐火材料等的需要。新兴的电气工业也对有色金属提出了巨大的需求。采矿事业得到了猛烈的发展。与此同时，物理学和化学等自然科学都获得了新成就并更多地应用到矿床学领域内来。这都促进了矿床学内容的进一步充实和发展。W.林格崙、W.H.艾孟斯、P.尼格里和H.史奈德洪等著名矿床学家的著作代表着当时矿床学的发展水平。虽然他們的观点和研究方法以至最后的結論，有許多地方因受到当时历史条件和認識方法上的限制，未摆脱形而上学的范畴，受到后来学者們的批判；但是他們对于成矿作用的物理、化学条件及地质条件的观察研究，以解决矿床学上的若干基本問題，是有貢獻的。

当資本主义进入到帝国主义时期，資本主义社会的矛盾日趋尖銳，生产关系，更明显地阻碍生产力的发展，矿床学的进展也受到了阻碍。虽然在某些矿种（如放射、稀有分散元素等）及某些矿床如石油矿床等的工作中也取得了一些成果；但总的說来資本主义各国近四十年来矿床学的发展是比較慢的。

矿床学系統地蓬勃发展，是在伟大的十月社会主义革命以后，苏联及其他社会主义国家在建設社会主义的过程中，对矿产資源的大規模普查勘探和开采取得了巨大的成就，积累了大量的地质資料。同时社会主义国家的地质工作者們也自觉地运用了辯証唯物主义为指导思想，逐步总结岀严密的矿床学上的最新理論体系，使矿床学成为最先进的理論联系实际的科学。在这方面，苏联学者B.A.奥布魯切夫、A.H.查瓦里茨基、C.C.斯米尔諾夫、A.Г.別捷赫琴、Д.С.柯尔任斯基、H.M.斯特拉霍夫、A.Д.阿尔汗格里斯基、B.П.克罗托夫、И.И.金茲堡等曾付出了辛勤的劳动，有过卓越的貢獻。

根据历史文献的研究，矿产的利用和矿床学的萌芽思想在中国古代早已产生。在我国境内发现过旧石器时代早期的遗址和大量原始石器。在新石器时代早期，出现了較完善的石器（矛头、箭头、石斧、石鎚等）和打制工具。考古材料表明：新石器时代末，我国劳动人民不但会制造磨光的石器，而且还会制造完美的彩色陶器。商周时代已普遍使用銅器。在殷墟发掘出来的銅器很多，还有陶器、金、玉的工艺品，制作技巧已达到很高的水平。这表明此时已經利用的矿物和岩石达到四十种之多，对矿石和矿床也具备了相当的知識。公元前两千左右在我国已开始用鉄，于春秋战国时即已开采了山东金岭鎮鉄矿床。因此，我国可能是世界上最早用鉄国家。对劳动人民生产实践經驗总结出来的矿床学知識，在我国很早就見諸文字。例如《山海經》的“五藏經”（或名“山經”）部分就是世界上最古老、最丰富的有关矿产的文献。它的原始素材可能是这样的：公元前20—6世紀中的各地人的实际接触和口头傳說；各时各地的人們用图画、象形文字、篆字在石板、骨片和竹簡上所作的記錄，被汇集成为“定本”是在公元前5—4世紀間。尽管說《山海經》的全部內容中还有公元前3—1世紀中的增附，但那多在“五藏經”以外的部分里。

在“五藏經”部分里，記載着产在600多个地处，80多个矿物，岩石和矿石的名字。同时还对矿床的产状进行了初步分类：如有的矿产生于山（原生矿床）；有的矿产生于水（砂矿床）；有的則产于谷（沉积矿床）。在生产实践过程中，当时已知道根据矿物和岩石的物理性质（如硬度、顏色、光泽、透明度、磁性、触感、展性等）来鑑定矿物和岩石。《山海經》把有用矿产分为金、玉、石、土四类，尤其可貴的是当时已注意到矿物的共生关系。如赤銅-礪石、鉄-文石（金属矿物和脉石矿物共生），黄金-銀、金-銀-鉄（多金属矿物共生）等共生組合。《山海經》記載金类有用矿产14种、玉类24种（其中提到的

“玉膏”可能是瀝青和石油)、石类42种、土类9种(主要描述了各种土壤和粘土的所謂“堊”和“赭”)。有些地方还指出了“赭”(紅土和鉄帽)与金属、非金属矿物的共生关系,如提出“踰阳之山,其上多金石,多赭”。表明当时就具有了找矿标志的概念。

总之,《山海經》的“五藏經”部分是我国在公元前四、五世紀中的矿产志(应该更正确地說它是地理志兼博物志)。其中关于有用矿物产地、产状以及矿物共生关系的描述,都远远超出了同时期其他国家的水平。

“尔雅”一書是中国古代的字典或百科全书。其中的“释天”、“释地”、“释丘”、“释山”、“释水”等章都論述一些地质矿产情况,对玉石、盐、銀、金、錫等都作了記載,并指出它們在顏色、透明度、光泽、发光性和硬度上的差别。在公元前几百年里,我国劳动人民从采矿和找矿的实践中又对于矿物共生(矿床学)的認識向前迈进了一大步。例如《管子》“地数篇”里有“上有丹砂者,下有黄金;上有慈石者,下有銅金;上有赭者,下有鉄;上有鉛者,下有銀……”。由此可见,我国劳动人民当时对矿床的研究已經相当深入。明代李时珍的《本草綱目》是当时有关矿物、岩石、化石以及人工药品的总结,其中罗列将近140个与岩矿有关名字,描述了某些矿物的鑑定特征和产地、产状。明末宋应星在他的《天工开物》“陶土延”、“燔石”、“五金”等章里对矿床及矿床风化后的跡象都作了些描述。

由上列事实可見我国劳动人民在长期对自然界进行斗争的生产实践过程中,曾积累了丰富的矿床地质学知識。而在国外,这些知識都比我国晚几世紀才出現的。但由于我国长期处于封建統治之下,生产力发展緩慢,几千年以前就已萌芽的矿床地质学知識虽然不断地提高,但是絕大部分仅片段的在劳动人民中間传播,缺乏系統的调整。

十九世紀后期中国社会沦为半封建半殖民地的社会,通过帝国主义的經濟侵略和文化侵略活动,欧美的一些矿床学知識被传播到中国来。也有一些中国留学生在欧美学到他們的矿床学理論。但是在半封建半殖民地的中国旧社会中,矿业不能有大发展,矿床学也难有大进步。直到解放以前,比較直接为生产服务的矿床学在地质学各部門中沒有获得应有的地位。少数矿床学者在十分困难的条件下,对某些矿床进行了描述和探討也限于条件,难于深入。在近百年的時間内,矿床学在中国的发展,主要是介紹欧美資本主义国家的矿床学理論和工作方法。

1949年中华人民共和国成立后,由于我国社会主义事业对矿产資源的大量需要,我国地质工作在中国共产党的正确领导下获得史无前例的大发展、大轉变。規模巨大的找矿、勘探及开采工作累积的大量資料,为中国矿床学的发展創造了空前未有的无比优越的有利条件。

我国矿床学工作者学习了苏联的丰富經驗和先进理論,开始自觉地运用辯証唯物主义的观点和方法来进行科学的綜合分析,提高了工作水平,同时在地质生产大发展、大跃进的形势下迅速发展了地质教育事业,培养了矿床研究工作的广大队伍。这就使得我們有可能把十二年来累积的丰富資料进行比較系統和全面的研究。已对若干种重要矿种进行了适合于中国情况的分类,还結合中国地质特点討論并闡明主要矿床类型的形成条件及分布規律,指出了它們的找矿方向和勘探方法,为生产实践提供了理論指导,并且已获得了初步的成果。

十二年来中国矿床学的发展速度是史无前例的,但是从社会主义建設发展的要求来

看，还远不能满足生产实践的需要，在矿床学领域内，实验方法以及基础科学的最新成果和新技术还很少使用。因此，无论在指导生产的实践意义上，或在发展矿床理论的科学意义上，我国矿床学还没有充分发挥其应有的作用。我们无比优越的社会主义制度为矿床学的发展开拓了无限宽广的前途，我国广大土地上无限丰富的矿藏为矿床学的发展提供了极为有利的前提。我国矿床学必须也必定能发扬光大攀登世界科学的最高峰。这是我们的责任，我们必须坚持长期地、刻苦不懈的努力才能达到这个要求。

第二章 成矿作用总述

矿床是地壳物质发展过程中在一定条件下的产物，因而在了解矿床的形成和分布规律之前，必先了解地壳的构造及其基本的物理和化学性质。

一 地壳的构造及成分

矿床是地壳组成物质的一部分，因而进一步深入了解地壳的构造及其组成成分对于掌握矿床的形成和分布规律具有重要意义。

(一) 地壳的构造

“地壳”的厚度是以地震资料确定的。一般是以“莫哈洛维契面”——地壳与地壳下层物质之间的界面——为分界线。地球上各地区的地壳厚度，即莫洛维契面的深度不同。中亚、缅甸到印度一带地壳厚度最大达69公里。欧亚大陆地壳平均厚度为38公里，欧洲西部为30公里，北部为17公里。太平洋区为18—20公里，而北太平洋地区地壳厚度仅为6公里。

关于地壳内部的构造，根据地震资料，基本上可划分为上下两层。上层为花岗岩层，主要成分为硅和铝，比重较轻，或称为硅铝层。下层为玄武岩层，主要成分为硅、镁，比重较大，或称为硅镁层。根据 E.A. 罗佐娃详细研究中亚一带地震记录所得出的中亚一带地壳构造如（图 1）所示。该区上层花岗岩层厚35公里，下层玄武岩层厚18公里。

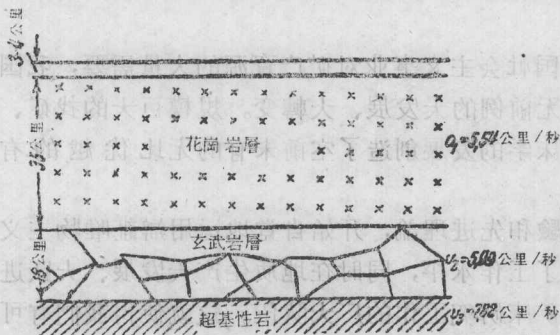


图 1 中亚一带的地壳构造（根据 E. A. 罗佐娃）

根据对目前已有资料的研究，花岗岩层底部至玄武岩层之间为主要的原始岩浆起源地。地壳中某些深大断裂也可以一直切穿这个界面而达于硅镁层中。因而研究每个地区的地壳构造以及莫哈洛维契面的变化对于探索矿床成因，特别是内生矿床的成矿物质来源、矿床分布规律以及成矿控制因素等问题具有重大意义。

地壳内部密度随深度而递增，各部分的压力更有显著不同。在地壳下部界面(33公里)压力约为8100大气压,和地表相差悬殊。因此在不同深度处进行的地质作用（包括成矿作用）和地表有显著不同。而且在一般实验室条件下，也很难模拟地壳下部的高压条件，这样就增加了我们对深部地质作用具体情

况的了解的困难。

地壳内部温度按地热增温率而递增。地热增温率一般为 $1^{\circ}\text{C}/33\text{米}$ ，但各处也不相同，如日本越后地区的地热增温率为 $2^{\circ}\text{C}/22.9\text{米}$ ，而美国加利福尼亚地方则为 $1^{\circ}\text{C}/104.1\text{米}$ 。地热增温率的不同决定于地热来源，关于地热来源，目前尚有争论，一般认为主要来自放射性物质的蜕变和地球内部强大压力作用下的收缩，次要的来自化学反应和摩擦生热。但无论如何地壳中温度增高常和岩浆活动及构造变动有密切关系，这又是和成矿作用密切联系着的。

表 1 地球内部的压力

深度 (公里)	压力 (大气压)	
	大陆上	海底下
1	270	100
2	540	200
3	810	300
4	1080	400
5	1350	500
10	2700	—
20	5400	—
50	13500	—
800	296,100	—
1600	592,200	—
2400	1,085,700	—
3200	1,677,900	—
4000	2,260,100	—
4800	2,763,600	—
5600	2,961,100	—
6370	3,059,700	—

地热增温率在地壳以下又大大降低，据估计接近地心处的温度大约为 2000°C — 3000°C 。

由上面可知地壳内部在不同深度处的物质成份及它们所处的物理、化学条件是有显著差别的，因此在研究成矿作用时，就不能

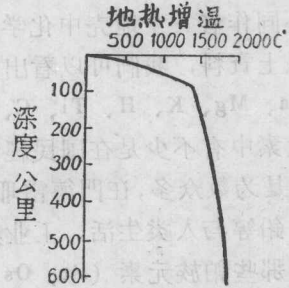


图 2 地热增温示意图

不考虑到在不同深度下的不同条件。1936年 A. Ю. 卡普廷斯基根据现代化学、量子力学、热力学观点提出地球内部构造假说：

- (1) 外圈：从地表至60—120公里深处物质的变化完全符合于一般的正常化学规律，因而称为“正常化学作用带”。
- (2) 内圈：从深度60—120公里处到2900公里化学反应的特征为由于电子的存在以及对内部未满足的能量水平的巨大的向内压力而引起的化学作用的异常，因而称为“退化化学作用带”。

(3) 中心圈：从深度2900公里至地球中心压力巨大，温度少变化，引起了绝对零度的化学变化。在这里没有化学反应，元素间不表现差异。由于电子圈的完全破坏，而形成统一的“金属液”。这一带称为“绝对零度化

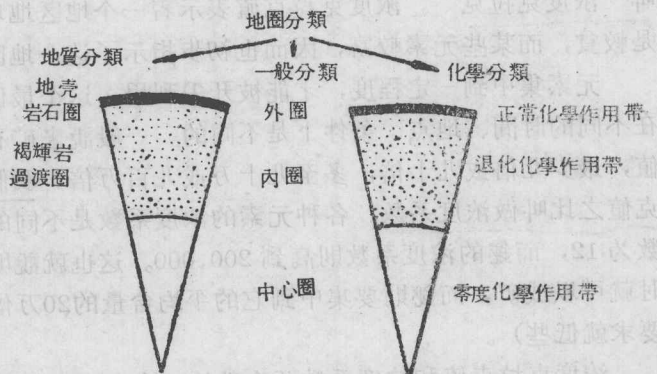


图 3 地球内部构造 (根据 A. Ф. 卡普廷斯基)

学作用带”。

成矿作用主要是在岩石圈内进行的，虽然也不可避免地受到莫哈洛維契界面以下的物质运动的影响，但作用的进行总是在它所在深度所提供的物理、化学条件下进行的，因此一切成矿作用都服从于正常化学反应的一般规律。

(二) 地壳的化学成分

关于地壳的化学成分及其分布规律是地球化学最基本问题之一，同时也是矿床学最重要的问题之一。

关于地壳中化学元素的平均含量，最早是(1889年)美国化学家克拉克，以及(1924年)他与华盛顿发表的数值比较完整而精确。为了纪念克拉克在这方面的贡献，苏联学者A.E. 费尔斯曼建议把元素在地壳中的平均含量称为克拉克值。其后，还有许多学者也在这方面进行了工作，其中如V.M. 哥德斯密特，B. И. 维尔纳德斯基(1925—1930年)，A.E. 费尔斯曼(1923, 1928, 1932和1933年)，A. П. 维诺格拉多夫(1949年)陆续发表了他们所计算的关于地壳中化学元素的平均含量的数值。他们补充了一部分原来克拉克等没有计算的元素的平均含量，同时也根据新的资料修正了大部分克拉克所计算的结果。

兹将不同作者关于地壳中化学元素的平均含量列表如下：

根据以上资料，我们可以看出，地壳中重要元素(平均含量 $>0.1\%$)有O、Si、Al、Fe、Ca、Na、Mg、K、H、Ti、C、Cl、P、S、Mn等十五种元素，含量合计为99.84%。这十五种元素中有不少是在国民经济中占有重要地位的金属及非金属元素，如Al、Fe、K、P等。但是为数众多，在门德雷耶夫周期系中的其余的77种元素其含量总计仅占0.16%。如铜、锌、铅等与人类生活，工业建设有密切关系的有色金属元素在地壳中的平均含量甚低；特别是那些铂族元素(Pt、Os、Ir等)在地壳中的平均含量非常微少，而反倒是那些在习惯上认为稀少和稀有的稀土元素、分散性元素和放射性元素等在地壳中的平均含量还相当程度地超过了铂族元素。

从以上资料中还可以看出，在地壳中占优势地位的元素是原子序数比较小，原子量比较轻的属于门德雷耶夫周期系靠近前方的元素。并且还可以看出来，在地壳中分布比较广的元素，也就是在地壳条件下比较稳定的元素，是属于原子序数为偶数的元素。

地壳各部份的各种化学元素的实际含量是不一致的，有些高于平均克拉克值，有些则低于克拉克值。一个地区某一化学元素的实际含量百分数和这个元素的平均克拉克值之比叫“浓度克拉克”。浓度克拉克值表示着一个地区地球化学特点，说明这个地区某些元素是较贫，而某些元素较富，因而也初步指示了这个地区中某些元素富集的倾向。

元素集中到一定程度，才能被开采利用，这个最低要求(矿石的品位)对各种矿床，在不同的时间、地点、条件下是不同的。一般说来矿石的品位要求总是远远高于克拉克值，最少几倍或几十倍，多至几十万或几百万倍。我们把矿石最低品位和这个元素的克拉克值之比叫做浓度系数。各种元素的浓度系数是不同的，铝的浓度系数为3，铁的浓度系数为12，而铀的浓度系数则高到200,000。这也就说明铝只要集中到它的平均含量的三倍时就可以成矿，而铀则要集中到它的平均含量的20万倍才能利用(当然综合利用的情况下要求就低些)。

浓度克拉克值和浓度系数两个数值，在一个地区对某一种元素来说一般是相差很大的。当这两个数值相等时，这里就是一个矿床。因此研究这两个数字的关系，对找矿勘探

表 2 地壳中化学元素的平均含量(按原子序数排列)

原子序数	元 素	克拉克和 华盛顿 (1924年)	费尔曼 (1933— 1939)	維諾格拉多夫 (1949)		原子序数	元 素	克拉克和 华盛顿 (1924年)	费尔曼 (1933— 1939)	維諾格拉多夫 (1949)	
		重量百分比		重量百分比	原子百分比			重量百分比		重量百分比	原子百分比
1	氢	0.88	1.00	0.15	3.0	47	银	$n \times 10^{-6}$	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1.6×10^{-7}
2	氦	—	1×10^{-6}	—	—	48	镉	$n \times 10^{-5}$	5×10^{-5}	5×10^{-5}	7.6×10^{-6}
3	锂	0.004	5×10^{-3}	6.5×10^{-3}	0.019	49	铟	$n \times 10^{-9}$	1×10^{-5}	1×10^{-5}	1.5×10^{-6}
4	铍	0.001	4×10^{-4}	6×10^{-4}	1.2×10^{-3}	50	锡	$n \times 10^{-4}$	8×10^{-3}	4×10^{-3}	7×10^{-4}
5	硼	0.001	5×10^{-3}	3×10^{-4}	6×10^{-4}	51	铊	$n \times 10^{-5}$	5×10^{-5}	4×10^{-5}	5×10^{-6}
6	碳	0.087	0.35	0.1	0.15	52	铋	$n \times 10^{-7}$	1×10^{-6}	1×10^{-6}	4.3×10^{-7}
7	氮	0.03	0.04	0.01	0.025	53	碘	$n \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	3×10^{-5}	4×10^{-6}
8	氧	49.52	49.13	47.2	58.0	54	氙	—	3×10^{-9}	—	—
9	氟	0.027	0.08	0.007	0.028	55	铯	$n \times 10^{-7}$	1×10^{-3}	7×10^{-4}	9×10^{-5}
10	氖	—	5×10^{-7}	—	—	56	钡	0.047	0.05	0.05	0.0057
11	钠	2.64	2.40	2.64	2.4	57	镧	—	6.5×10^{-4}	1.8×10^{-3}	2.5×10^{-4}
12	镁	1.94	2.35	2.10	2.0	58	铈	—	2.9×10^{-3}	4.5×10^{-3}	6×10^{-4}
13	铝	7.51	7.45	8.80	6.6	59	镨	—	4.5×10^{-4}	7×10^{-4}	9×10^{-5}
14	硅	25.75	26.00	27.6	20.0	60	钕	—	1.7×10^{-3}	2.5×10^{-3}	3.5×10^{-4}
15	磷	0.12	0.12	0.08	0.05	61	铈	—	??	—	—
16	硫	0.048	0.10	0.05	0.03	62	钐	—	7×10^{-4}	7×10^{-4}	9×10^{-5}
17	氯	0.19	0.20	0.045	0.026	63	铈	—	2×10^{-5}	1.2×10^{-4}	1.8×10^{-5}
18	氩	—	4×10^{-4}	—	—	64	铈	—	7.5×10^{-4}	1×10^{-3}	1×10^{-4}
19	钾	2.40	2.35	2.60	1.4	65	铈	—	1×10^{-4}	1.5×10^{-4}	1×10^{-5}
20	钙	3.39	3.25	3.6	2.0	66	铈	—	7.5×10^{-4}	4.5×10^{-4}	5×10^{-5}
21	钪	$n \times 10^{-5}$	6×10^{-4}	6×10^{-4}	3×10^{-4}	67	铈	—	1×10^{-4}	1.3×10^{-4}	1.5×10^{-5}
22	钛	0.58	0.61	0.6	0.25	68	铈	—	6.5×10^{-4}	4×10^{-4}	5×10^{-5}
23	钒	0.016	0.02	0.015	0.006	69	铈	—	1×10^{-4}	8×10^{-5}	8×10^{-6}
24	铬	0.033	0.03	0.02	0.008	70	铈	—	8×10^{-4}	3×10^{-4}	3×10^{-5}
25	锰	0.08	0.10	0.09	0.032	71	铈	—	1.7×10^{-4}	1×10^{-4}	1×10^{-5}
26	铁	1.70	4.20	5.10	2.0	72	铈	3×10^{-2}	4×10^{-4}	3.2×10^{-4}	5×10^{-5}
27	钴	0.01	2×10^{-2}	0.003	0.0015	73	铈	—	2.4×10^{-5}	2×10^{-4}	1.8×10^{-5}
28	镍	0.018	0.02	0.008	0.0032	74	铈	5×10^{-3}	7×10^{-3}	1×10^{-4}	1×10^{-5}
29	铜	0.01	0.01	0.01	0.0036	75	铈	—	1×10^{-7}	1×10^{-7}	8.5×10^{-9}
30	锌	0.004	0.02	0.005	0.0015	76	铈	$n \times 10^{-8}$	5×10^{-6}	5×10^{-6}	5×10^{-7}
31	镓	$n \times 10^{-9}$	1×10^{-4}	1.5×10^{-3}	4×10^{-4}	77	铈	$n \times 10^{-8}$	1×10^{-6}	1×10^{-7}	8.5×10^{-9}
32	锗	$n \times 10^{-9}$	4×10^{-4}	7×10^{-4}	2×10^{-4}	78	铈	$n \times 10^{-7}$	2×10^{-5}	5×10^{-7}	5×10^{-8}
33	砷	$n \times 10^{-4}$	5×10^{-4}	5×10^{-4}	1.5×10^{-4}	79	铈	$n \times 10^{-7}$	5×10^{-7}	5×10^{-7}	5×10^{-8}
34	硒	$n \times 10^{-6}$	7×10^{-5}	6×10^{-5}	1.5×10^{-5}	80	铈	$n \times 10^{-5}$	5×10^{-6}	7×10^{-6}	7×10^{-7}
35	溴	$n \times 10^{-4}$	1×10^{-3}	1.6×10^{-4}	4×10^{-5}	81	铈	$n \times 10^{-3}$	1×10^{-5}	3×10^{-4}	3×10^{-5}
36	氪	—	2×10^{-8}	—	—	82	铈	2×10^{-3}	1.6×10^{-3}	1.6×10^{-3}	1.6×10^{-4}
37	铷	$n \times 10^{-8}$	8×10^{-3}	0.03	0.007	83	铈	$n \times 10^{-6}$	1×10^{-5}	2×10^{-5}	1.7×10^{-6}
38	锶	0.017	0.035	0.04	0.01	84	铈	—	5×10^{-6}	2×10^{-14}	2×10^{-15}
39	钇	—	5×10^{-3}	0.0028	6×10^{-4}	85	铈	—	?	—	—
40	锆	0.023	0.025	0.02	0.004	86	铈	—	?	7×10^{-16}	5×10^{-17}
41	铌	—	32×10^{-5}	0.001	2×10^{-4}	87	铈	—	?	—	—
42	钼	$n \times 10^{-4}$	1×10^{-3}	3×10^{-4}	6×10^{-5}	88	铈	$n \times 10^{-10}$	2×10^{-10}	1×10^{-10}	9×10^{-12}
43	镉	—	1×10^{-7}	—	—	89	铈	—	—	6×10^{-14}	5×10^{-15}
44	铟	$n \times 10^{-9}$	5×10^{-6}	5×10^{-7}	1×10^{-7}	90	铈	2×10^{-3}	1×10^{-3}	8×10^{-4}	7×10^{-5}
45	铊	$n \times 10^{-9}$	1×10^{-6}	1×10^{-7}	1.7×10^{-8}	91	铈	—	7×10^{-11}	1×10^{-10}	8×10^{-12}
46	铅	$n \times 10^{-9}$	5×10^{-6}	1×10^{-6}	1.6×10^{-7}	92	铈	8×10^{-3}	4×10^{-4}	3×10^{-4}	2×10^{-5}

工作是具有实际意义的。

二 化学元素的地球化学分类

化学元素是形成矿物的基本单位，因而也是组成矿床的最基础的单位，一个矿床往往由性质相似的几种元素共同组成。因而把化学元素根据成矿地质条件和在一个矿床中可能共生的情况进行分类，对于了解元素之间的共同性质和在不同成矿地质条件中迁移、富集的可能性具有重大意义，因而对于帮助和指导找矿具有积极的意义。

华盛顿首先把化学元素划分为以下两类：

1. 造岩元素：如Si、Al、Na、K、Ca、Mg等，主要是矽酸盐、碳酸盐等造岩矿物的组成成分，它们一般在内生条件下成为造岩矿物分散分布，而在外生条件下则有可能相当富集而形成重要的外生矿床。

2. 造矿元素：如Cu、Zn、Pb、Ag、Bi等，主要是硫化物或硫盐类矿物的组成成分，它们在内生条件下比较富集，而在外生条件下一般成为分散状态。

其次是哥德斯密特的分类，哥德斯密特的分类基础是以原子的电子层结构和在原子容积分曲线上的位置为根据的。

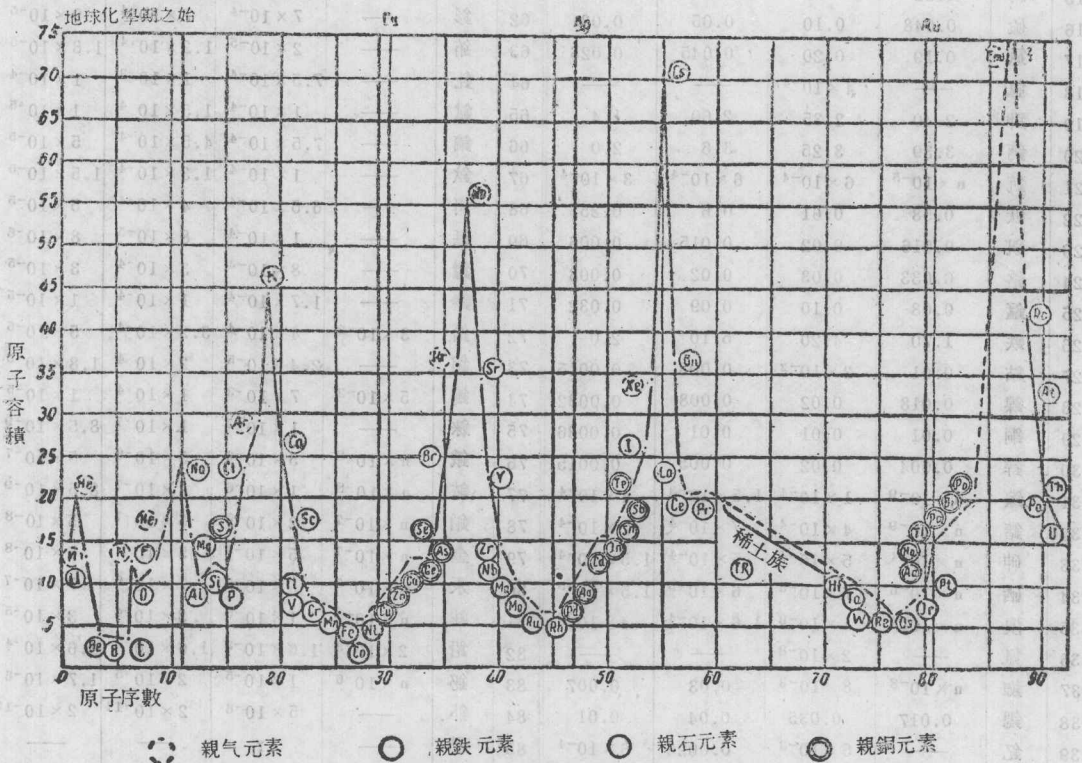


图 4 元素原子容积分曲线图

1. 亲气元素：（惰性气体及N等），最外层为8个电子的原子，因此化学性质最不活泼，往往呈原子或分子状态存在于大气圈及某些天然气矿床中。

2. 亲石元素：（Na、Mg、Al、Si、K、Ca等），最外层为一个到四个电子的原子，因而很容易丢掉最外层的电子而成为最外层为8个电子的离子。它们一般与氧有较大的亲和