



中國地質大學  
CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES



# 勘查地球化学

## -----第三章

地球科学学院地球化学系

## 第三章 原生环境与元素的 原生分布

- ◆ 一、地壳的物质组成与元素丰度
- ◆ 二、各类岩浆岩中化学元素的丰度
- ◆ 三、沉积岩中化学元素的丰度
- ◆ 四、地壳中元素的赋存形式



## 概述

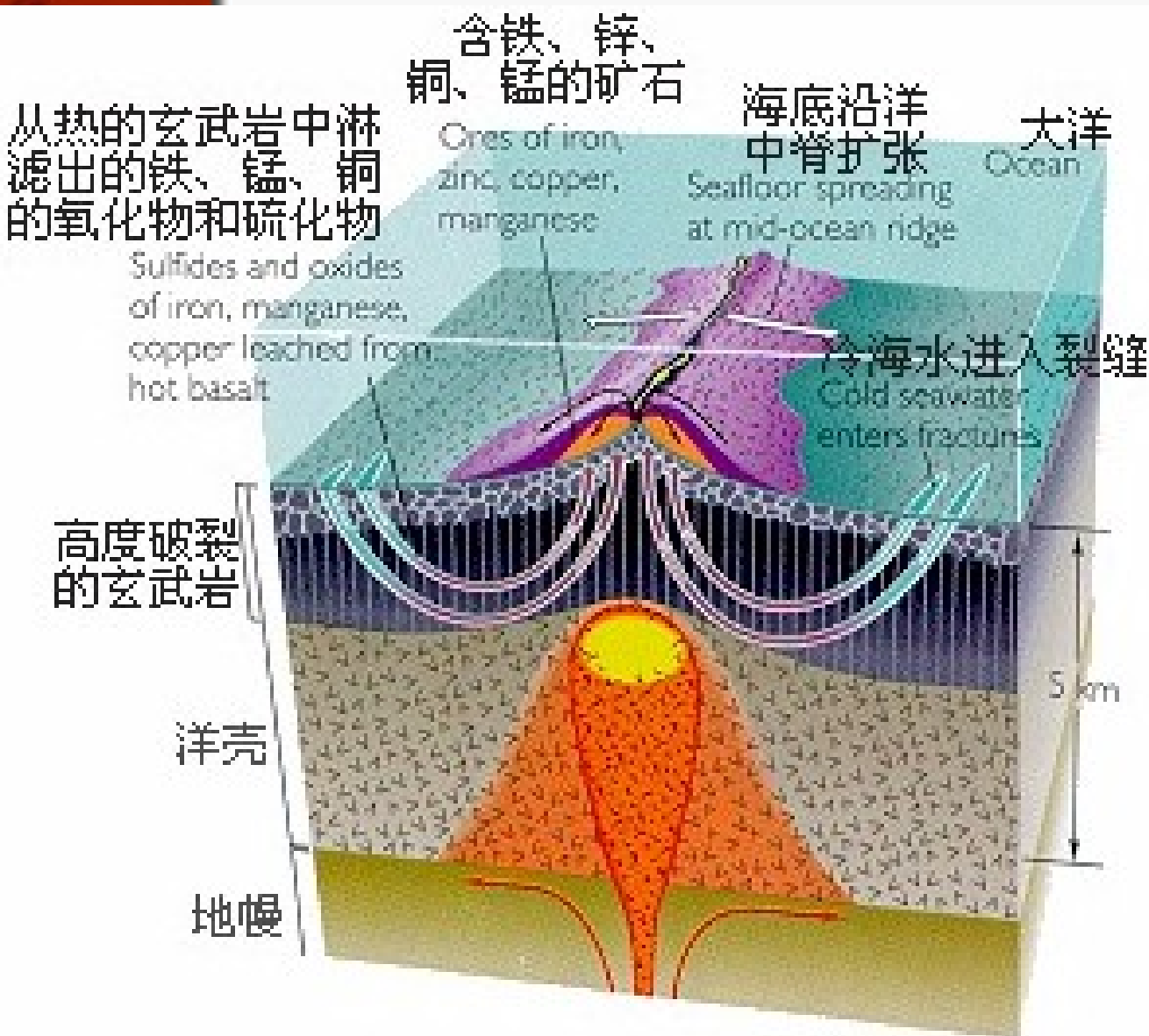
- ◆ **地球化学环境**是使元素所在的地球化学系统得以保持平衡的各种物理化学条件的综合。地球化学环境主要由物理参数（温度、压力）和化学参数（化学元素种类、丰度、 $f_{O_2}$ 、 $f_s$ 、pH、Eh）确定。
- ◆ （1）原生环境，是指天然降水循环面以下直到岩浆分异和变质作用发生的深部空间的物理化学条件的总和；
- ◆ （2）次生环境，是地表天然水、大气影响所及的空间所具有物理化学条件的总和。在地表发生风化、土壤形成和沉积作用以及到大气圈、水圈、生物圈和地球表层疏松物所处的环境都属表生环境。



- ◆ 原生环境是一种高温、高压、游离氧缺乏、水和其它流体循环受限制、无生物作用参加的环境，矿物岩石保持了形成时的状态。
- ◆ 因此，原生环境中岩石的物质组成与状态，元素的分布是深部地球化学作用的记录，反映了原始形成时的特征，是研究深部地质作用最直接的证据。



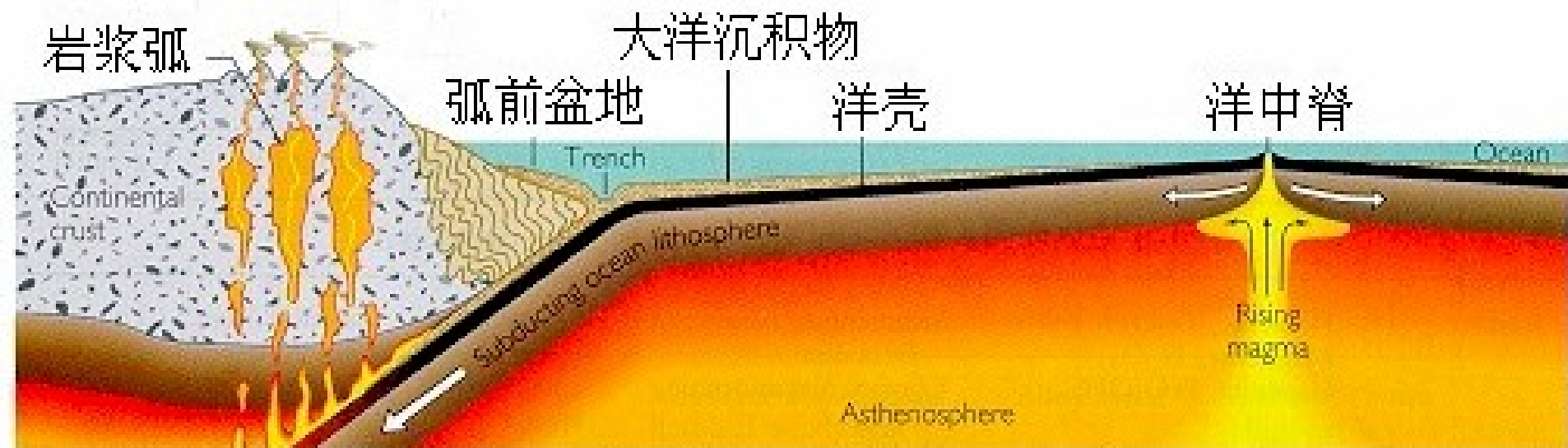




海底锰结核

, 2009年7月15日



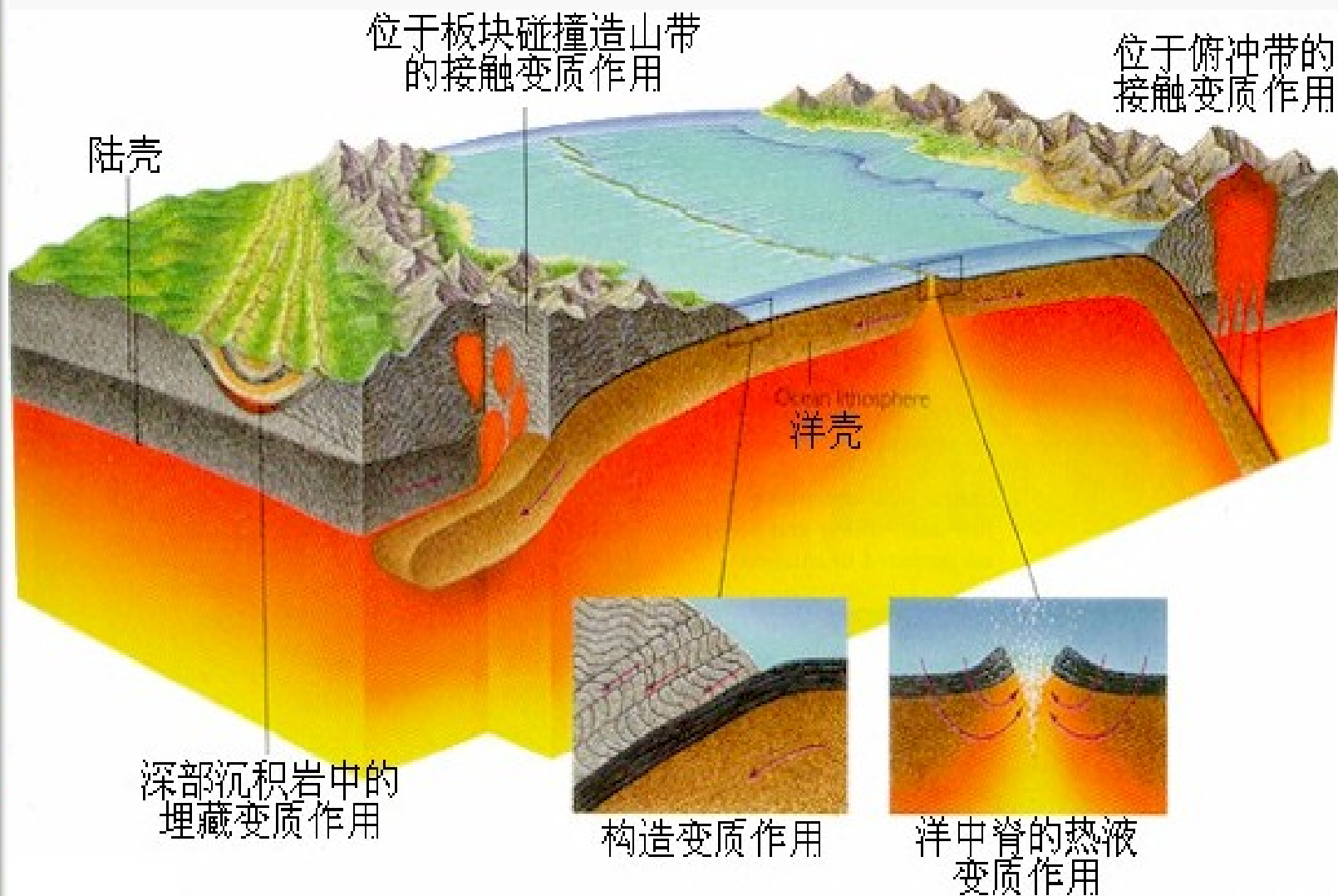


Magmatic arc	Forearc basin	Seafloor	Mid-ocean ridge
Disseminated (porphyry) copper in intrusives	Lead, zinc, copper	Manganese nodules 锰结核	Hydrothermal deposits of iron, copper, and zinc sulfides
Vein deposits of lead, gold, silver, molybdenum, zinc, tin, tungsten	铅 锌 铜		Intrusives with chromium
Ophiolites with chromium, copper, zinc, lead			铁、铜和硫化锌的热液矿床
			铬的侵入

铜的侵入  
铅、金、银、钼、锌、锡、钨的脉矿床  
含铬、铜、锌、铅的蛇绿岩



勘查地球化学



# 第一节 地壳的物质组成与元素丰度

- ◆ 丰度研究概况
- ◆ 地壳是地球莫霍面以上的固态结晶物质，是人类生存的物质基础，是与人类休戚与共的最密切的部分。地壳中各种性质不同、成因不同的地质体，往往以化学元素含量（丰度）不同而表现出来。所以元素丰度是不同地质体的地球化学标志之一。
- ◆ 地壳中的元素丰度，是指地壳中化学元素的平均含量。
- ◆ 著名科学家 F·W·克拉克、戈尔德施密特、B·И·维尔纳茨基、A·E·费尔斯曼、B·梅逊、A·И·维诺格拉多夫、S·R·泰勒以及我国的黎彤等在地壳元素丰度方面的研究作出了重要贡献。(附录1-3)





- ◆ 各学者发表的地壳元素丰度，一般来讲，越新发表的资料越是可靠，克服了以前研究者在计算方法、分析方法以及地壳模型等方面的不足。其中以**泰勒（1964）**的地壳丰度值被广泛应用。
- ◆ 我国地球化学家**黎彤**长期从事地壳丰度的研究，他在计算地壳丰度时采用全球地壳模型，对地壳类型进行了分区。分为台盾区和褶皱区。
- ◆ 大陆地壳包括了地盾、地台、以及海平面以下的大陆架地壳。大洋地壳则是指主体为深洋区的地壳，平均厚度6.4km，表层为平均厚度0.6km的深海沉积物。他根据我国大地构造特征划分为中国台壳、北缘槽壳、青藏槽壳和华南槽壳四部分，计算了中国陆壳元素丰度。



## 丰度研究的意义

1. 判断特殊地球化学过程
2. 衡量研究区化学元素富集或贫化的程度
3. 作为选择分析方法灵敏度的依据
4. 作为矿产资源评价预测的依据



- ◆ 地球化学系统中元素的总量称为**地球化学储量**。
- ◆ 在地球化学储量中，能被人类开采利用的部分叫作**资源**，资源中被探明的部分叫作**矿产储量**。
- ◆ 资源量占地球化学储量的百分比叫作**矿化度**。
- ◆ 根据经济地质学家的研究，某一元素的资源与地壳丰度有密切关系。
- ◆ 美国地调所麦克尔维（V·E·Mckelvey 1960）研究美国当时的矿产储量（R）与地壳丰度存在如下关系：
  - ◆  $R = A(\%) \times 10^9 - 10$
  - ◆ 式中R单位为**短吨**
  - ◆ 后修改为  $R(\text{吨}) = A(10^{-6}) \times 10^6$
  - ◆ **1短吨 = 907.18474 公斤 = 0.91吨**



- ◆ 日本塞基尼（1963）和前苏联奥甫钦尼柯夫（1971）也提出了地壳丰度
- ◆ 与资源量R的关系模型：
- ◆ 塞基尼（1963） $R = A \times 10^{8-9}$
- ◆ 奥甫钦尼柯夫（1971） $R = A \times 10^{10.51}$
- ◆ 综上可概括为：
- ◆  $R = K * A$
- ◆ K为估计系数，与元素的矿化度、地壳总质量、预开采深度及矿床分布密切。





勘查地球化学

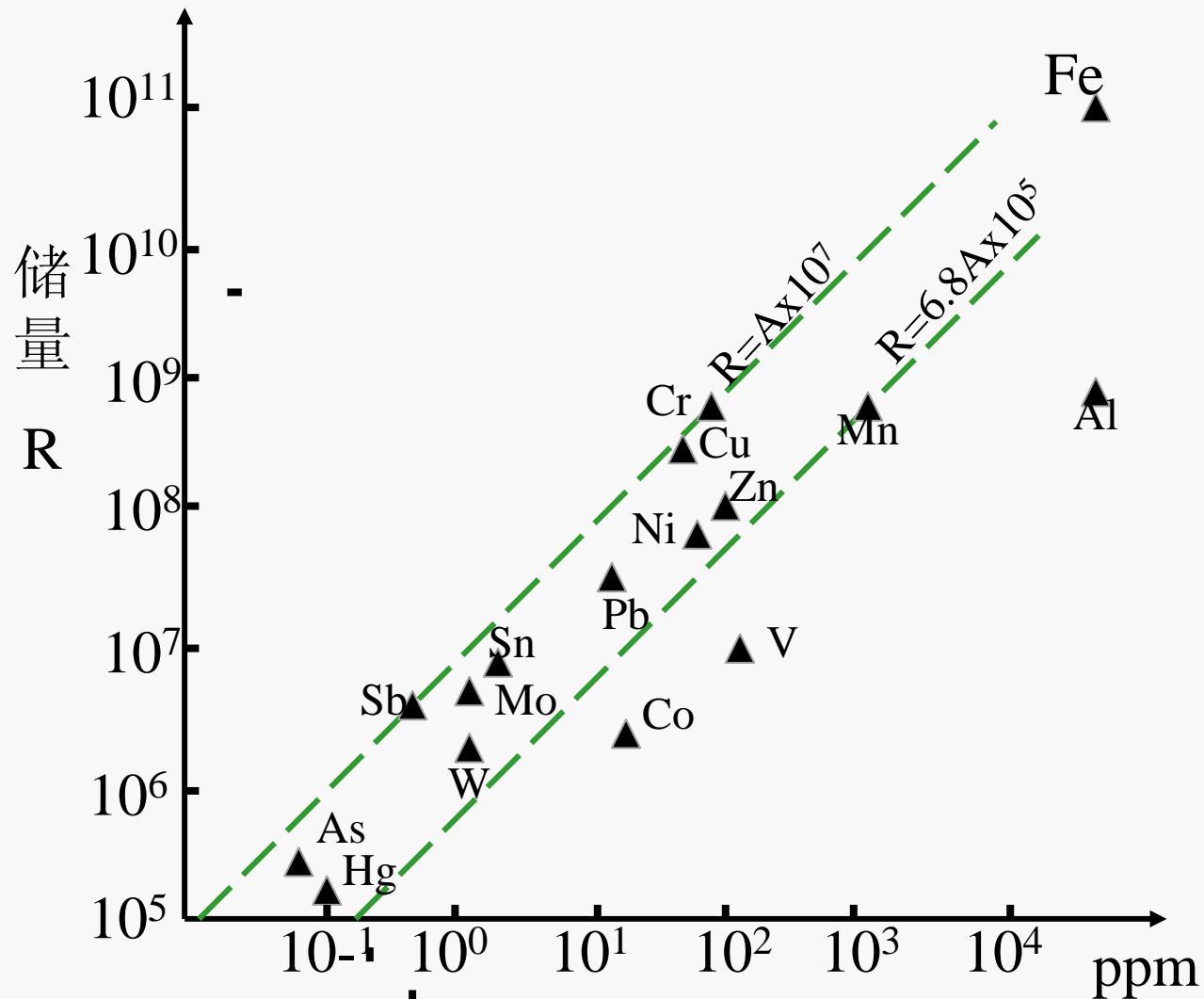


图2—3 地壳丰度与资源关系图

中国地质大学地球科学学院地球化学系制作，2009年7月15日



## 第二节 各类岩浆岩中化学元素的丰度

- ◆ 岩浆岩与变质岩占整个地壳总质量的 95%，其中又以岩浆岩为主，按其化学成分或矿物成分可以分成**五大类**：超基性岩（橄榄岩、纯橄岩）、基性岩（辉长岩、玄武岩）、中性岩（闪长岩、安山岩）、酸性岩（花岗岩、蛇纹岩）及碱性岩。
- ◆ 各类岩浆岩中化学元素的平均含量见附录2。



- ◆ 在划分岩浆岩类型时，岩石化学成分中的酸度和碱度是主要考虑因素之一。岩石的酸度，是指岩石中含有  $\text{SiO}_2$  的重量百分数。通常， $\text{SiO}_2$  含量高时，酸度也高； $\text{SiO}_2$  含量低时，酸度也低。而岩石酸度低时，说明它的基性程度比较高。
- ◆  $\text{SiO}_2$  是岩浆岩中最主要的一种氧化物，因此，它的含量有规律的变化是岩浆岩分类的主要基础。
- ◆ 根据酸度，也就是  $\text{SiO}_2$  含量，可以把岩浆岩分成四个大类：超基性岩 ( $\text{SiO}_2 < 45\%$ )、基性岩 ( $\text{SiO}_2 45-53\%$ )、中性岩 ( $\text{SiO}_2 53-66\%$ ) 和酸性岩 ( $\text{SiO}_2 > 66\%$ )。



- ◆ 岩石的碱度即指岩石中碱的饱和程度，岩石的碱度与碱含量多少有一定关系。
- ◆ 通常把 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 的重量百分比之和，称为全碱含量。 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 含量越高，岩石的碱度越大。
- ◆ A.Rittmann 1957年考虑 $\text{SiO}_2$ 和 $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ 之间的关系，提出了确定岩石碱度比较常用的组合指数( $\sigma$ )。 $\sigma$ 值越大，岩石的碱性程度越强。
- ◆ 每一大类岩石都可以根据碱度大小划分出钙碱性、碱性和过碱性岩三种类型。 $\sigma < 3.3$ 时，为钙碱性岩； $\sigma = 3.3-9.0$ 时，为碱性岩； $\sigma > 9$ 时，为过碱性岩。





- ◆ 据上述原则，首先把岩浆岩按酸度分成四大类，然后再按碱度把每大类岩石分出几个岩类，它们就是构成岩浆岩大家族的主要成员。
- ◆ **超基性岩** 大类：钙碱性系列的岩石是橄榄岩-苦橄岩类；偏碱性的岩石是含金刚石的金伯利岩；过碱性岩石为霓霞岩-霞石岩类和碳酸岩类。
- ◆ **基性岩** 大类：钙碱性系列的岩石是辉长岩-玄武岩类；相应的碱性岩类是碱性辉长岩和碱性玄武岩。
- ◆ **中性岩** 大类：钙碱性系列为闪长岩-安山岩类；碱性系列为正长岩-粗面岩类；过碱性岩石为霞石正长岩-响岩类。
- ◆ **酸性岩** 类：主要为钙碱性系列的花岗岩-流纹岩类



- ◆ 由附表2可以发现，各岩类的标型元素组合为：
  - ◆ 1、超基性岩元素，典型代表是Cr、Ni、Co、Mg及Pt族。
  - ◆ 2、基性岩元素，Cu、Fe、V、Ti、P、Mn、Ca、Sc、Sb等。
  - ◆ 3、亲中性岩元素，Al、Ga、Zr、Sr等。
  - ◆ 4、亲酸性岩元素，种类最多，以Li、Be、Ta、U、Th、K、Rb、Cs、F、B为代表。
  - ◆ 5、碱性岩以富含Nb、Ta、Be及REE(稀土元素)为特征。



- ◆ 岩浆岩中元素丰度的变化规律具有重大的找矿意义，某种元素的内生矿床总与该元素丰度最高的岩浆岩有成因关系。如Cr、Ni矿床产在超基性岩中，V、Ti矿床与基性岩有关，U、Th矿床与花岗岩有关等。
- ◆ 喷出岩中微量元素的分异程度应当比侵入岩中低。因此，酸性喷出岩与酸性侵入岩的区别，就在于前者的亲基性岩元素含量较高而亲酸性岩元素含量较低。对于超基性岩来说，情况正好相反。
- ◆ 对于地球化学找矿来说，了解这些规律，就可以加深对背景值的认识。





图2-4 各类岩浆岩中元素含量变化曲线

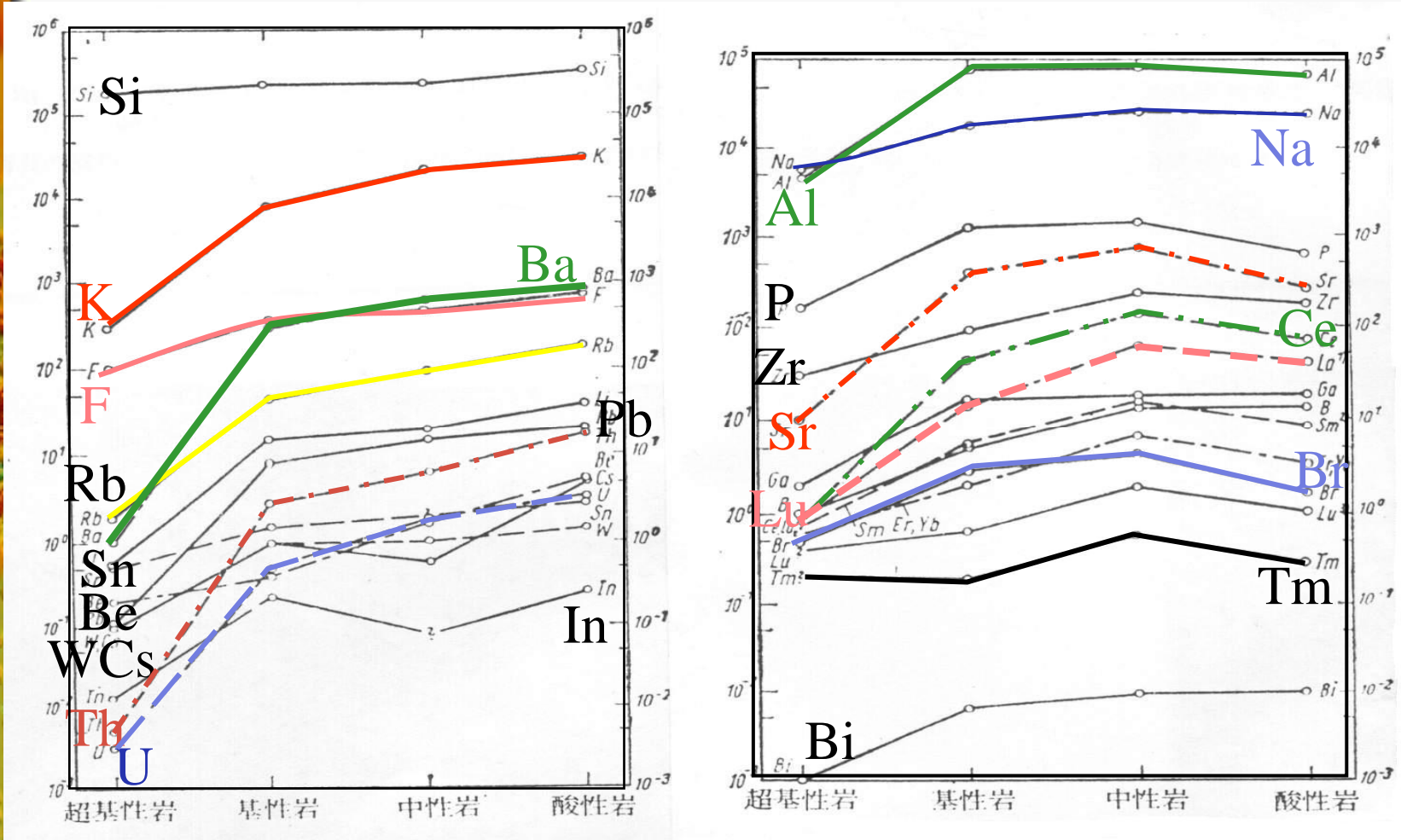
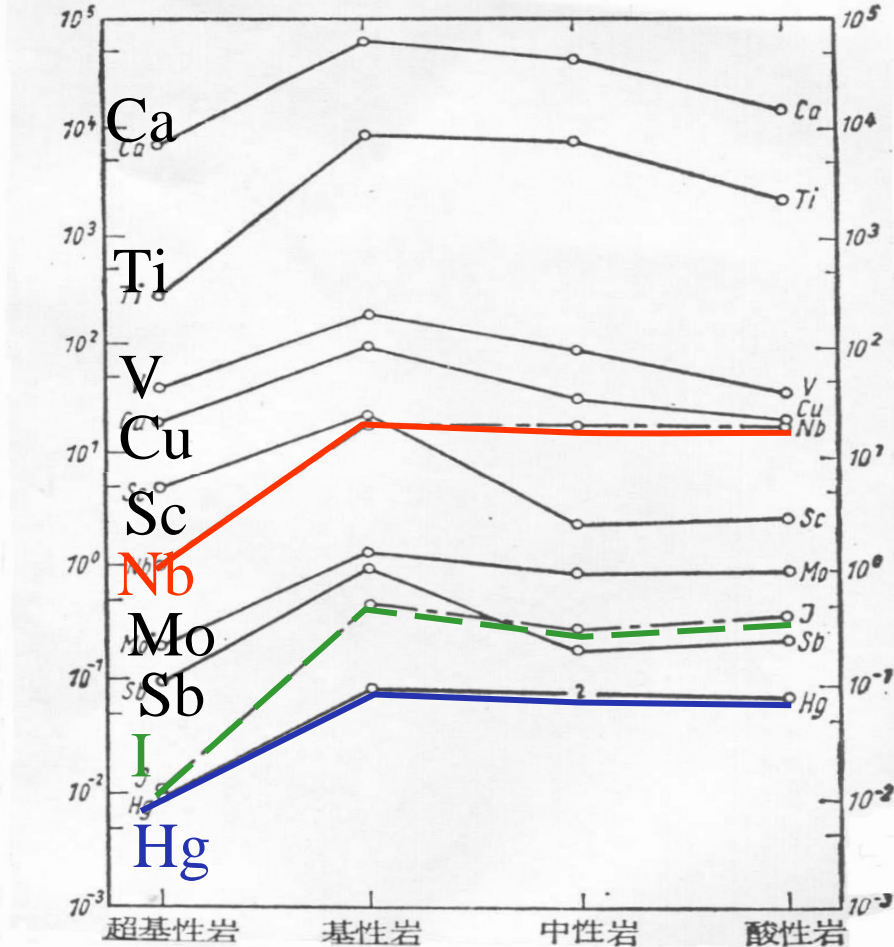
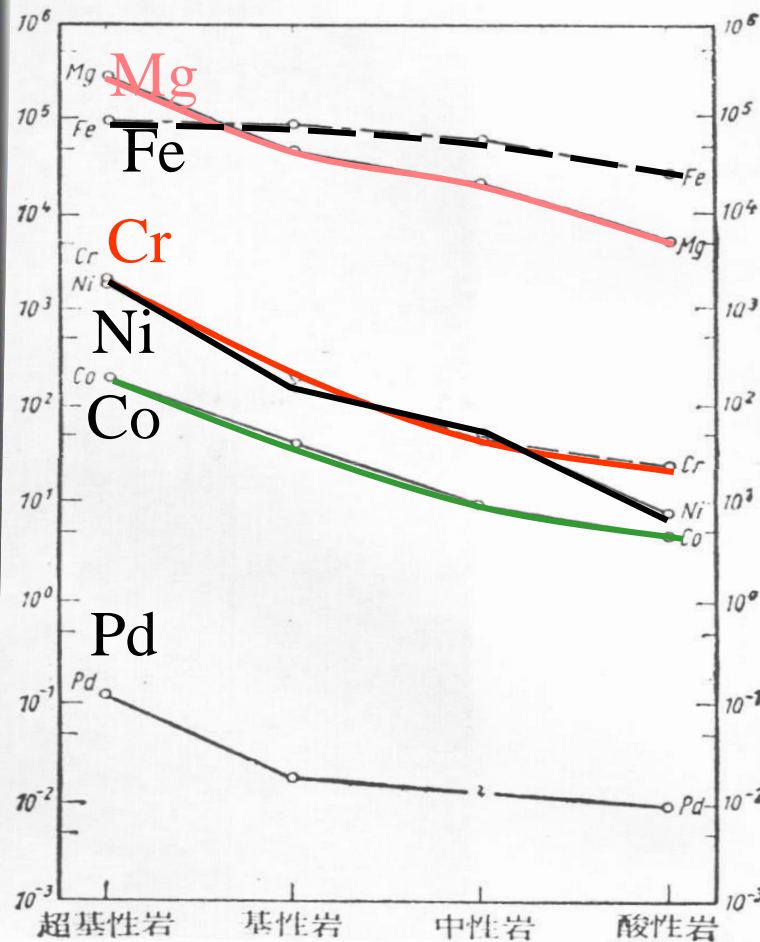




图2-4 各类岩浆岩中元素含量变化曲线

勘查地球化学



### 第三节 沉积岩中化学元素的丰度

- ◆ 沉积岩的重量在整个地壳中所占比例不高，约4%左右。但是，在地表分布极广，约占50%左右。
- ◆ 沉积岩可以分为碎屑岩、泥质岩和化学沉积岩三个类型。
- ◆ 1、碎屑岩，主要是由抗氧化的矿物组成，Si、Zr、Hf及稀土元素Ce、Pr、Nd、Sm、Gd、Lu等元素含量较高，其它微量元素含量较低。



- ◆ 2、页岩、泥质岩：这类岩石主要由粘土及细碎屑质点组成。粘土有吸附水体中简单离子和络合物的特点，页岩、泥质岩中富集了碱金属元素，几乎包括了所有亲铁、亲硫元素，亲氧元素中的高价、变价及离子半径特大或特小的元素。泥质岩中富有大多数微量元素。特别值得提出的是黑色页岩，富集了Mo、V、Ag、U、Ni、Ba、Pb、Zn、Cu、Cr、As等元素，已在湖北、江西的寒武系页岩中找到了银、钒、铀、金等矿床。
- ◆ 3、碳酸盐岩：是一种化学沉积岩，具有对其他元素“净化”的作用。除Ca、Mg、Ba、Sr、Mn等元素富集外，其它元素含量都很低。



## 一、元素的赋存形式

- ◆ 按形成矿物的观点分为矿物形式和非矿物形式。
- ◆ 1、矿物形式：独立矿物、副矿物、主矿物中的机械包裹体、固熔体分解物、液相包裹体中的子矿物；
- ◆ 2、非矿物形式：类质同象混入物，元素呈离子、分子、胶体被矿物表面吸附，超显微非结构混入物，有机结合物。





## 二、不同赋存形式的研究方法

- ◆ 1、矿物学研究方法
- ◆ 2、电子探针微区分析
- ◆ 3、化学提取法

勘查地球化学

