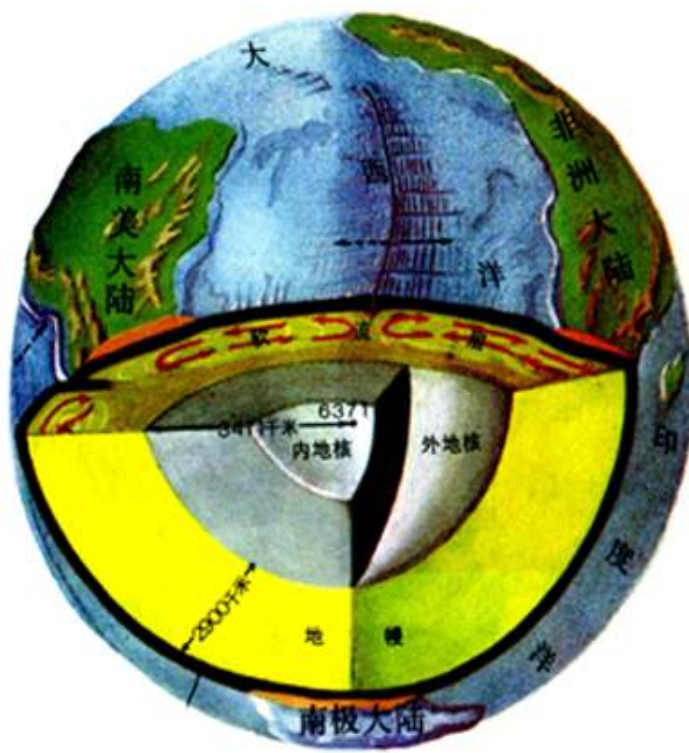


地球化学课程

第一讲



地球化学



PERIODIC TABLE OF THE ELEMENTS

<https://www.kjuf.org/periodic/>

GROUP	1	2	RELATIVE ATOMIC MASS (A)										13	14	15	16	17	18											
PERIOD	1	2	GROUP IONS										3	4	5	6	7	8											
1	H 1.0079 HYDROGEN												B 10.811 BORON	C 12.011 CARBON	N 14.007 NITROGEN	O 15.999 OXYGEN	F 18.998 FLUORINE	Ne 20.180 NEON											
2	Li 6.941 LITHIUM	Be 9.0122 BERYLLIUM												Al 26.982 ALUMINUM	Si 28.086 SILICON	P 30.974 PHOSPHORUS	S 32.06 SULFUR	Cl 35.453 CHLORINE	Ar 39.948 ARGON										
3	Na 22.990 SODIUM	Mg 24.305 MAGNESIUM												Sc 44.956 SCANDIUM	Ti 47.88 TITANIUM	V 50.942 VANADIUM	Cr 51.996 CHROMIUM	Mn 54.938 MANGANESE	Fe 55.845 IRON	Co 58.933 COBALT	Ni 58.693 NICKEL	Cu 63.546 COPPER	Zn 65.38 ZINC	Ga 69.723 GALLIUM	Ge 72.64 GERMANIUM	As 74.922 ARSENIC	Se 78.96 SELENIUM	Br 79.904 BROMINE	Kr 83.80 KRYPTON
4	K 39.098 POTASSIUM	Ca 40.078 CALCIUM	Sc 44.956 SCANDIUM	Ti 47.88 TITANIUM	V 50.942 VANADIUM	Cr 51.996 CHROMIUM	Mn 54.938 MANGANESE	Fe 55.845 IRON	Co 58.933 COBALT	Ni 58.693 NICKEL	Cu 63.546 COPPER	Zn 65.38 ZINC	Ga 69.723 GALLIUM	Ge 72.64 GERMANIUM	As 74.922 ARSENIC	Se 78.96 SELENIUM	Br 79.904 BROMINE	Kr 83.80 KRYPTON											
5	Rb 85.468 RUBIDIUM	Sr 87.62 STRONTIUM	Y 88.906 YTRORIUM	Zr 91.224 ZIRCONIUM	Nb 92.906 NIOBIUM	Mo 95.94 MOLYBDENUM	Tc 98.906 TECHNETIUM	Ru 101.07 RHODIUM	Rh 102.91 RHODIUM	Pd 106.42 PALLADIUM	Ag 107.87 SILVER	Cd 112.41 CADMIUM	In 114.82 INDIUM	Sn 118.71 TIM	Sb 121.76 ANTIMONY	Te 127.60 TELLESIUM	I 126.905 IODINE	Xe 131.29 XENON											
6	Cs 132.91 CESIUM	Ba 137.33 BARIUM	La-Lu 57-71 Lanthanide	Hf 178.49 HAFNIUM	Ta 180.95 TANTALUM	W 183.84 WOLYBIUM	Re 186.21 RHENIUM	Os 190.23 OSMIUM	Ir 192.22 IRIDIUM	Pt 195.08 PLATINUM	Au 196.97 GOLD	Hg 200.59 MERCURY	Tl 204.38 THALLIUM	Pb 207.2 LEAD	Bi 208.98 BISMUTH	Po (209) POLONIUM	At (210) ASTATINE	Rn (222) RADON											
7	Fr (223) FRANCIUM	Ra (226) RADIUM	Ac-Lr 89-103 Actinide	Rf (261) RUTHENIUM	Db (262) DUBNIUM	Sg (266) SEBORGIUM	Bh (264) BOHRHIUM	Hs (277) HASSIUM	Mt (276) MEITNERIUM	Uun (281) UNUNBIUM	Uun (282) UNUNBIUM	Uub (286) UNUNBIUM																	

Metal

Alkali metal

Alkaline earth metal

Transition metals

Lanthanide

Actinide

Semimetal

Chalcogens element

Halogens element

Noble gas

STANDARD STATE (25 °C, 101 kPa)

Na - gas

Fe - solid

Ca - liquid

Te - synthetic

Copyright © 1999-2003 King's College London

Editor: Aditya Venkatesh (advcv@rediffmail.com)

课 程 内 容



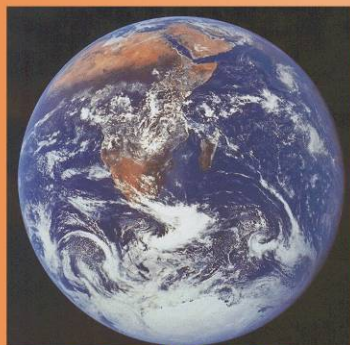
- 第一章 绪 论
- 第二章 太阳系和地球系统的元素丰度
- 第三章 元素的结合规律与赋存形式
- 第四章 水-岩化学作用和水介质中元素的迁移
- 第五章 地球化学热力学与地球化学动力学
- 第六章 微量元素地球化学
- 第七章 同位素地球化学
- 第八章 岩浆化学作用
- 第九章 有机地球化学
- 第十章 地球的化学演化

第一章 绪 论

- 地球化学的学科地位、学科性质
- 地球化学的定义及研究的基本问题
- 地球化学的研究思路和方法
- 地球化学发展简史及发展趋势

1.1 地球化学的学科地位

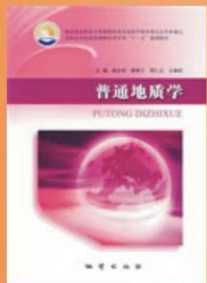
现代地球科学的三大支柱学科



地球科学
(Solid Earth Sciences)



地球化学
(Geochemistry)



地质学
(Geology)



地球物理学
(Geophysics)

因此，1838年瑞士化学家Schönbein（申拜因）首次提出“地球化学”（**Geochemistry**）这个名词，并在1842年预言：“一定要有了地球化学，才能有真正的地质科学。”

1.2 地球化学的学科性质

1) 地球化学研究的主要物质系统是地球、地壳及地质作用体系，因此它是地球科学的一部分。地球化学针对自然作用过程提出问题，应用地球化学的理论和方法进行研究，最后得出对自然作用化学机制的认识

2) 地球化学重于研究地球物质运动中物质的化学运动规律。在地球科学中，地球化学与同是研究地球物质组成的矿物学、岩石学等学科关系密切。矿物学、岩石学等也往往借助地球化学的理论来研究各自学科的问题

1.2 地球化学的学科性质

3) 地球化学研究原子的自然历史，必然联系到元素自身的性质和其所处的热力学条件。因此，地球化学以化学类科学为理论基础，相关的自然科学还有物理学、数学等。这些学科使地球化学在考查元素的行为规律时具备了强有力的基础理论支持，在推动地球化学学科定量化和预测化的进程中起着重要作用。

1.2 地球化学的学科性质

4) 地球化学与有关学科密切结合和相互渗透, 使得地球化学的研究范畴不断扩大, 并繁衍出众多分支学科。目前涉及到地球化学的分支学科领域有: 宇宙(天体)地球化学、岩石圈地球化学、地幔地球化学、大气地球化学、海洋地球化学、生物地球化学、环境地球化学、区域地球化学、成岩成矿作用地球化学、土壤地球化学等。此外, 以强调研究方法的地球化学研究领域微量元素地球化学、同位素地球化学、地球化学热力学和分析地球化学等

1.2 地球化学的学科性质

5) 地球化学在密切关注人类生活和生产活动中发展，她运用学科自身的知识、理论、研究思路和工作方法研究矿产资源、资源利用及农田、畜牧、环境保护等多方面的问题。因此，地球化学是应用性很强的学科。对当前的诸多环境问题，如酸雨、臭氧空洞成因、全球变暖和温室效应、水和土壤环境的污染等问题的认识也需要借助地球化学的理论和知识。此外，金属矿产和石油等资源的勘探，也需要地球化学方法和手段的支持

1.2 地球化学的学科性质

6) 地球化学只有约100年的历史，是年轻的发展中的科学。随着各类研究资料的不断积累，地球化学的理论和方法也一再更新。地球化学是21世纪的新兴学科，也是21世纪最活跃的地球科学分支

1.2 地球化学的学科性质

地球化学与地质学和化学的联系和区别

- 地球化学是应用化学原理来解决地质问题的，因此只有当化学和地质学发展成科学的学科以后它才发展起来的。
- 地球化学是地质学与化学相结合的一门边缘学科，但本质上是隶属地球科学。

2.1 地球化学的定义

地球是个极其复杂的物质体系。长期以来，人们从不同的侧面来认识地球的过去和现在。地球化学则是着重从地球的**化学成分、化学作用和化学演化**的这个侧面来认识地球

因此，地球化学是“地质学”与“化学”相结合而产生的一门边缘学科。通俗地讲，所谓的地球化学，就是指用化学的手段、分析思路来认识和了解地球

2.1 地球化学的定义

地球化学是关于地球和太阳系的化学成分及化学演化的一门科学，它包括了与它有关的一切科学的化学方面。

地球化学包括组成太阳系的宇宙尘埃化学；地球、月球和行星化学；地壳、地幔和地核化学；岩石循环化学；海洋与大气的化学演化；岩石中有机质的化学。

2.1 地球化学的定义

★ 韦尔纳茨基（1922，苏）；费尔斯（1922，苏）；戈尔德施密特---现代地球化学之父（1933，苏）；美国地球化学委员（1973）。

★ 涂光炽先生**1985**年提出地球化学的定义为：
地球化学是研究地球（包括部分天体）的化学组成、化学作用和化学演化的科学。

2.1 地球化学的定义

现代地球化学的简洁定义：

地球化学是研究地球及子系统(含部分宇宙体)的化学组成、化学机制(作用)和化学演化的科学。

2.1 地球化学的定义

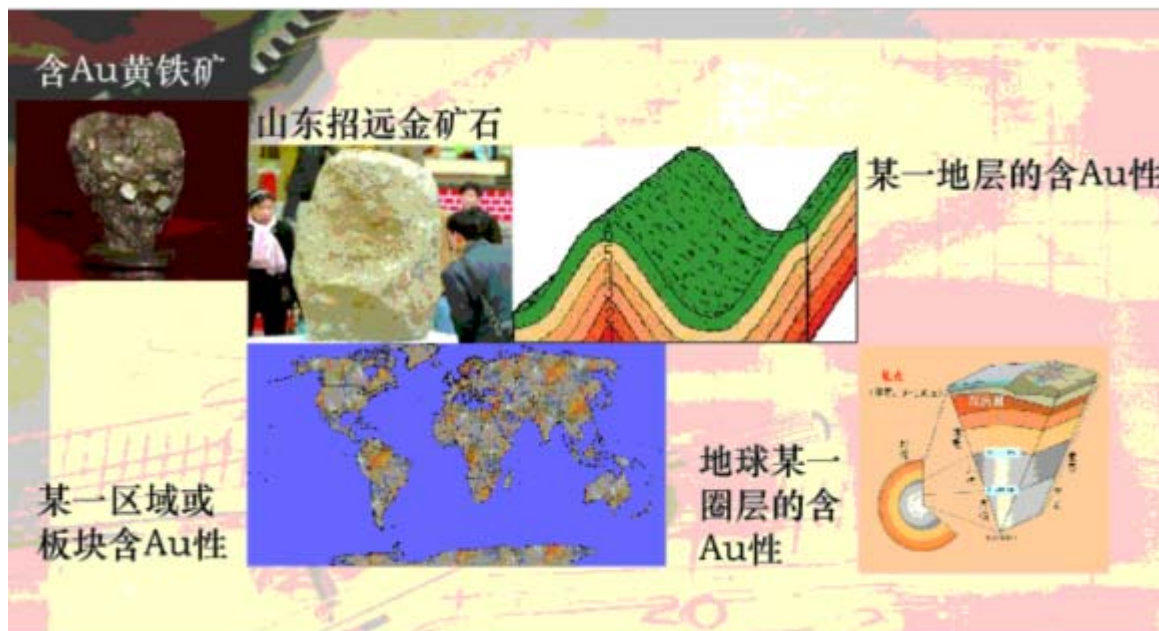
如何深入理解对地球化学的定义？

- 1、**从研究对象来看**：是地球及其子系统（地壳、地幔及其自然作用体系（岩浆作用、沉积作用、变质作用、成矿作用、表生作用、生态环境等等），目前正在向宇宙天体拓展。
- 2、**从研究形式来看**：主要是元素（同位素）在自然界的化学运动形式。
- 3、**从研究时间来看**：包涵了整个地球、地壳演化的全部地质作用时期；对单个元素（同位素）来讲，是研究它们的发生、不断发展的全部历史。

2.2 地球化学研究的基本问题

1) 地球系统中元素及同位素的组成（丰度和分配）的问题

地球化学的第一基本任务是研究元素在地球及各圈层中的丰度，简而言之，就是“量”的研究。即元素含量及其在空间、时间及不同产状地质体中的变化。这一问题是地球化学研究的出发点和基础资料。地球化学的诞生正是从丰度研究开始的



2.2 地球化学研究的基本问题

2) 元素的共生组合及赋存形式问题

具有相同或相似迁移历史和分配规律的各种元素在地质体中有规律的组合，称为元素的共生组合

地球内部各原子的结合和存在形式不是任意的、静态的，而是有条件的、变化的。它们受地质作用过程的物理化学状态的控制，并随地质历史的演化和体系环境的改变而变化。因此，元素的共生组合和赋存形式是地质过程中物理化学条件和变动历史的指示剂

简而言之，即“**质**”的研究

2.2 地球化学研究的基本问题

3) 元素的迁移和循环问题

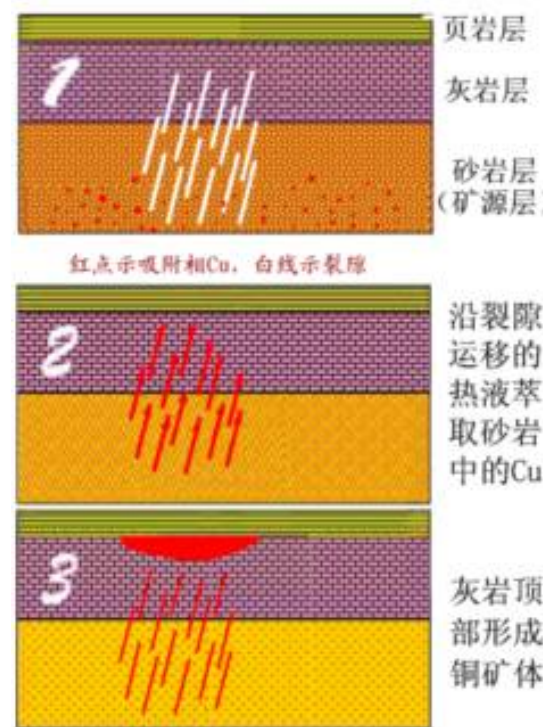
“动”的研究，也就是元素在自然作用体系中的含量和赋存形式在时间、空间上的变化

例如：元素从矿源层中活化迁移到沉淀成矿

①某金属元素(Cu)呈分散状态赋存于矿物颗粒表面。该元素含量较高，形成矿源层

②某个时期，其深部发生了某地质作用，沿裂隙发生了热液活动，矿源层裂隙两侧物理化学状态发生了改变，矿源层中的元素被萃取至流体中迁移

③热液迁移至上部由于物理化学条件的变化（岩石渗透率、pH……），流体中元素又以新的结合方式沉淀下来



2.2 地球化学研究的基本问题

4) 元素的行为问题

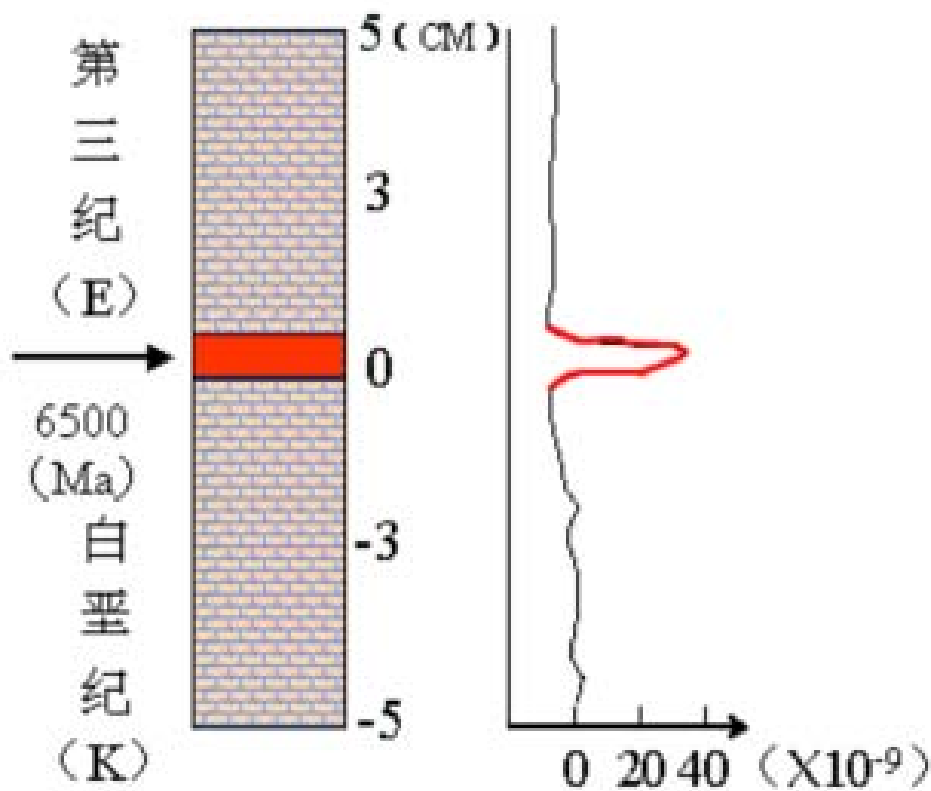
元素的行为指元素在自然界所发生的各种地质作用中的行为。通过行为的研究，可以揭示地质体的成因机制。

5) 元素的地球化学演化

人类在认识地球的复杂演化历史时，主要是依据能保留事件踪迹的证据。元素和同位素的迁移活动寓于地质作用之中，因此，地质事件对微量元素及核数的影响有可能跨越后期作用而被保留，使得某些微量元素和同位素能记录早期地球演化的重要事件。

2.2 地球化学研究的基本问题

5) 元素的地球化学演化



E/K界面上铱元素变化曲线

1、E/K界面上1cm厚粘土中测出Ir元素突然增加了20倍

2、当时保存下来化石的氧同位素成分测定其海水温度突然上升，最高可达10℃

2.2 地球化学研究的基本问题

6) 认识和回答地球的历史及其演化

宇宙和天体是如何形成、演化的？

地球是如何形成和发展的？地球形成和演化的时空尺度？

生命是如何起源的？

由C、O、H等元素构成的人类是如何产生的？

自然体系的元素又是如何合成的？

基础理论：地球各个圈层的演化和相互作用事件，地球内部的物理和化学运动等等

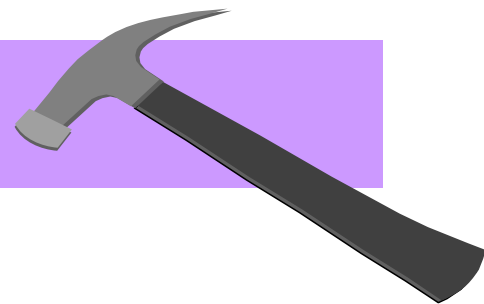
3.1 地球化学的研究思路

“见微而知著”-----

在地质作用过程中形成宏观地质体的同时，还形成大量肉眼难以辨别的常量元素、微量元素及同位素成分的组合的微观踪迹，它们包含着重要的定性和定量的地质作用信息，只要应用现代分析测试手段观察这些微观踪迹以及宏观的地球化学现象，便可深入地揭示地质作用的奥秘

通过观察原子之微，以求认识地球和地质作用之著

3.2 地球化学的研究方法



任何一项地质工作都离不开野外第一手资料的获取和提取。因此，地球化学同样，它的一般工作流程必定是先野外，再室内

野外工作必须要把握的是：

- a. 宏观地质调研：观地质调研是地球化学工作的基础，是地球化学研究工作必不可少的重要环节。例如查明地质体的时空结构，将为地球化学作用的空间展布和时间顺序提供依据
- b. 运用地球化学思维观察、认识地质现象
- c. 在地质地球化学观察的基础上，根据目标任务采集各种有代表性的地球化学样品

3.2 地球化学的研究方法

野外是基础，室内是核心！

首先：依据不同的工作目的，分选、制备样品；

随后：开展相关“量”的测定，即应用现代测试技术，获得元素或同位素在样品中的含量或组成；

现代测试技术在地球科学领域的运用已经使得基础地球科学理论得到前所未有的发展！

对数据的分析处理和运用，并用来解释和解决实际地质问题，是最终目的。

4.1 地球化学的发展简史

地球化学是上个世纪20年代发展起来的一门年轻学科，它的发展归纳起来有三个阶段：

第一个时期：地球化学资料积累时期（20世纪初到20年代）。在这个时期内地球化学研究主要局限于地壳岩石矿物中的化学成分进行分析统计整理，称之为：**经验统计学派**

其代表人物是美国的克拉克（F. W. Clarke）

4.1 地球化学的发展简史

第二个时期：地球化学学科适应时期（20世纪30年代到50年代）。在欧美着重应用晶体化学理论和方法，矿物岩石中元素的分配规律，其创导和奠基人是戈尔德施密特，他为地球化学研究创造了晶体化学方向。称之为：**晶体化学学派**。

同时，在前苏联以韦尔纳茨基和费尔斯曼为核心的一个重要的地球化学学派发展起来了，他们特别强调研究元素的原子在地壳各种物理化学条件下迁移运动的历史。谓之：**原子历史学派**。

以上述为基础，地球化学开始成为一门独立的现代理论科学。

4.1 地球化学的发展简史

第三个时期：地球化学学科的发展时期（20世纪60年代以来），这一时期的特点是

- 1、地球化学由地质学的分支学科发展成为地球科学的三大支柱学科之一；
- 2、地球化学的应用领域不断扩大和深入；
- 3、建立了较完整的地球化学理论体系，完善和实践了自己的研究思路和工作方法；
- 4、其分支学科不断形成和发展完善

4.2 地球化学的发展趋势

- 1、由经验性研究向理论方向发展 地球化学已可能将对地壳和地幔中化学作用的研究与模拟实验相结合，将正向研究与逆向研究相结合
- 2、不断扩大与其它学科的结合，不断引用相邻学科的最新理论和技术，地球化学与其它学科的融合、渗透，使地球化学的基础理论和研究方法不断地得到提高和发展

4.2 地球化学的发展趋势

3、有地球化学理论、方法的支持，地球化学参与重大科学问题的能力不断增强

地球化学为解决自然科学的重大理论问题起着越来越大的作用

如关于地球和生命的起源、地幔柱的活动、造山带的形成、大气圈的演化、全球温室效应等重大基础课题的研究

本章小结

通过本章的讲解，需要同学们重点掌握如下的几个知识点和问题：

- 1、现代地球化学的定义；
- 2、地球化学研究哪些基本问题；
- 3、地球化学的研究方法