

《环境化学》第一章绪论



环境化学

Environmental Chemistry

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

本学期主要授课教师

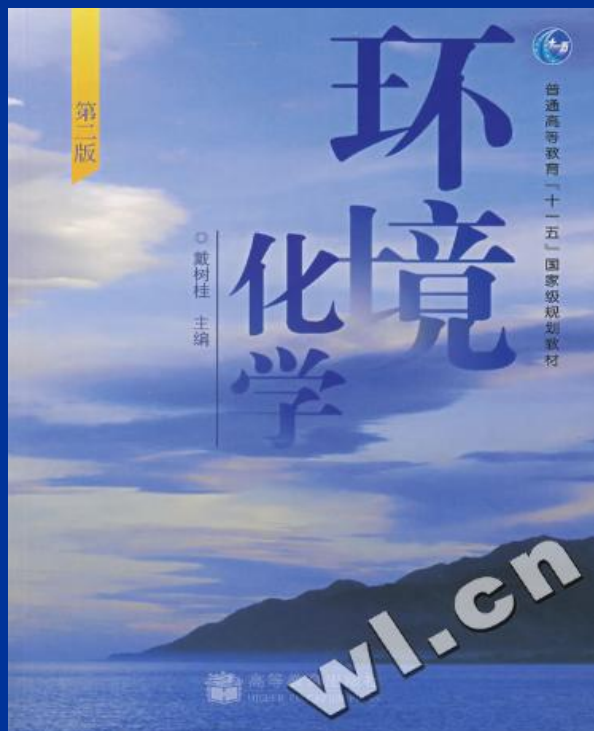
孙红文教授 蒙民伟楼325房间；
23509241, 13512001619,
sunhongwen@nankai.edu.cn

马小东博士 蒙民伟楼418房间； 23504362,
13821026128, maxd@nankai.edu.cn

汪磊博士 蒙民伟楼417房间； 23504821,
13902122257, nkenv@nankai.edu.cn



主要教材



普通高等教育“十一五”
国家级规划教材

《环境化学》

戴树桂主编

高等教育出版社
2006, 10

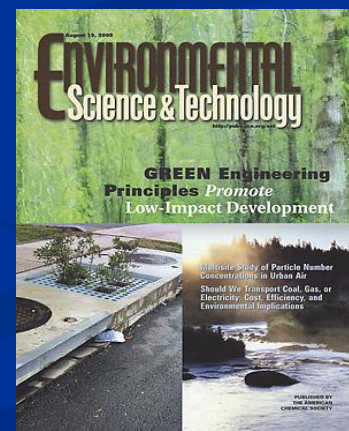
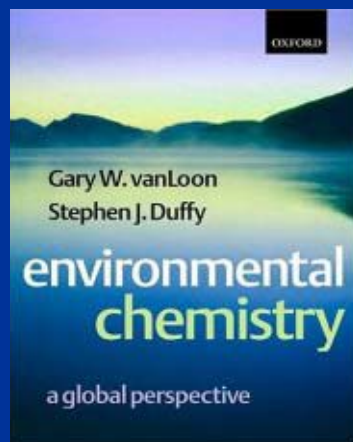
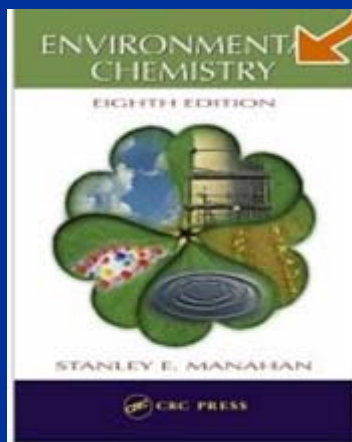
主要参考书及资料

Manahan T E 主编的<Environmental Chemistry> (Eighth Edition), CRC Press, 2005

van Loon G W and Duffy S J 主编的<Environmental Chemistry— a global perspective> (Second Edition), Oxford University Press, 2005

Environmental Science & Technology

Environmental Toxicology and Chemistry





网 上 资 源

<http://env.nankai.edu.cn/sun-jingpinke/ec/index.htm>

南开大学—组织结构—专业学院——环境科学与工程
学院—教育教学—精品课——环境化学

教 学 特 色

依托教材
激发兴趣
结合前沿

启发教学
积极引导
注重实效



课程的地位

教育部新世纪教学改革工程 《环境类专业基础理论建立与课程体系整体优化的研究》
获 2005年国家级教学成果二等奖

2

环境学

生态学

4

环境自然科学 环境技术科学 环境经济科学 环境社会科学

X

环境化学

化学基础 地学基础

环境生物学



悠久课程建设及教材建设历史，载誉全国——

- 从1976年就将《环境化学及其实验》设为环境类本科生培养的专业必修课，已经有30年的建设历史。
- 1987年由戴树桂教授主编的《环境化学》由高等教育出版社出版。
- 1993年由戴树桂教授主译的《环境化学》由南开大学出版社出版。
- 1995年由戴树桂教授主编的面向21世纪课程教材《环境化学》由高等教育出版社出版；该教材获得教育部科技进步奖二等奖。
- 2006年普通高等教育“十一五”国家级规划教材，《环境化学》，戴树桂主编，高等教育出版社，该教材获得精品教材。

《环境化学》第一章绪论

最新考情的真题、答案、大纲、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



课时安排

第一章 绪论（2课时）

第二章 大气环境化学（6课时）

第三章 水环境化学（6课时）

第四章 土壤环境化学（4课时）

第五章 生物体内污染物的运动过程及毒性（4课时）

第六章 典型污染物在环境各圈层中的转归与效应（6课时）

第七章 受污染环境修复（4课时）

第八章 固体废弃物中的环境化学（2课时）

第九章 绿色化学（1课时）

总复习（1课时）

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net

《环境化学》第一章 绪论



第一章 绪 论

Introduction



第一节 环境化学

1. 什么是环境化学
2. 元素地球化学循环
3. 环境化学的发展动向

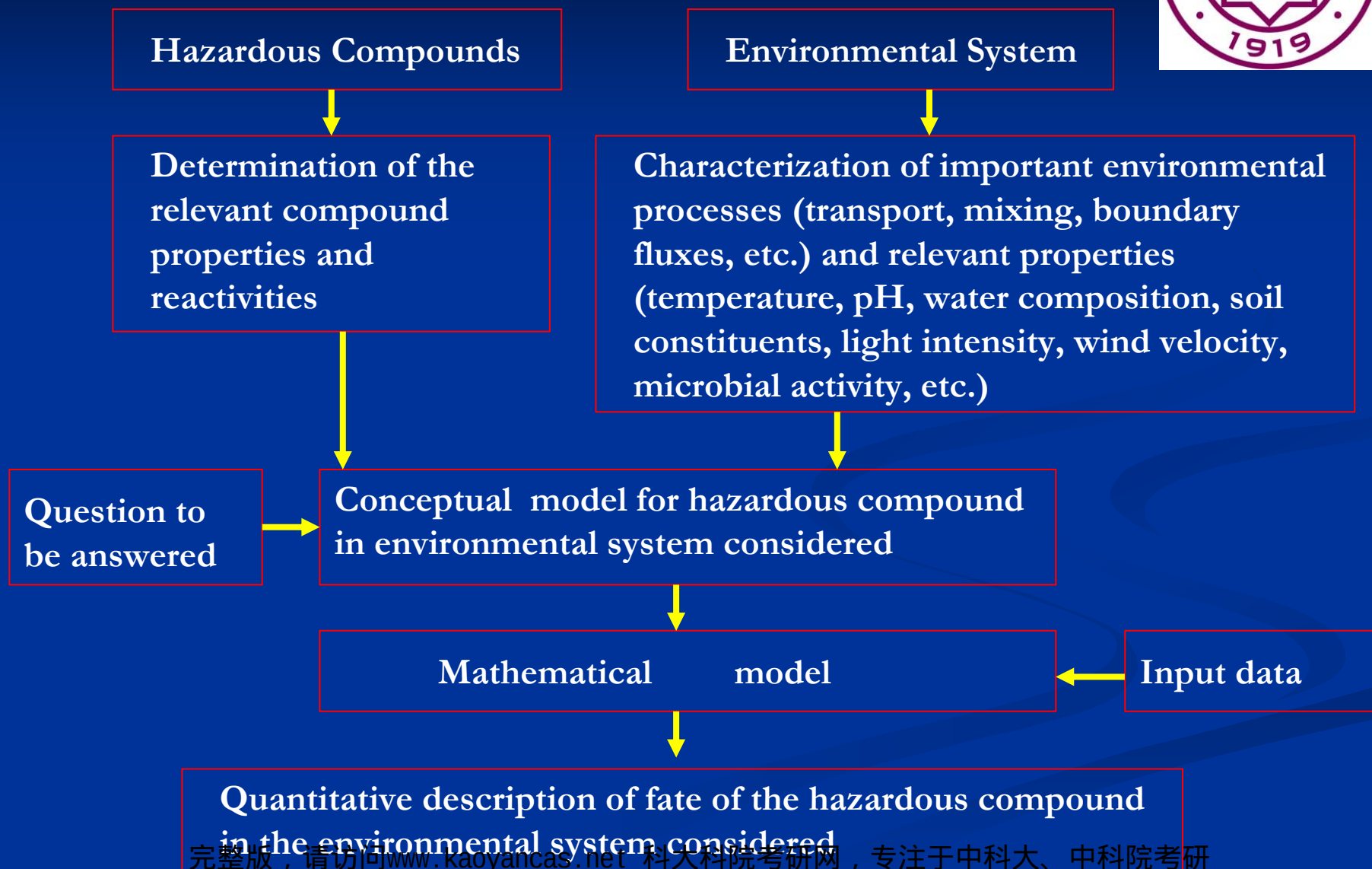


1. 什么是环境化学

- (1) 环境化学是在化学科学的传统理论和方法基础上发展起来的，以化学物质在环境中出现而引起的环境问题为研究对象，以解决环境问题为目标的新型学科。
- (2) **定义**：环境化学是一门研究有害化学物质在环境介质中的**存在、化学特性、行为和效应及其控制的化学原理和方法**的科学。它既是环境科学的核心组成部分，也是化学科学的一个新的重要分支。

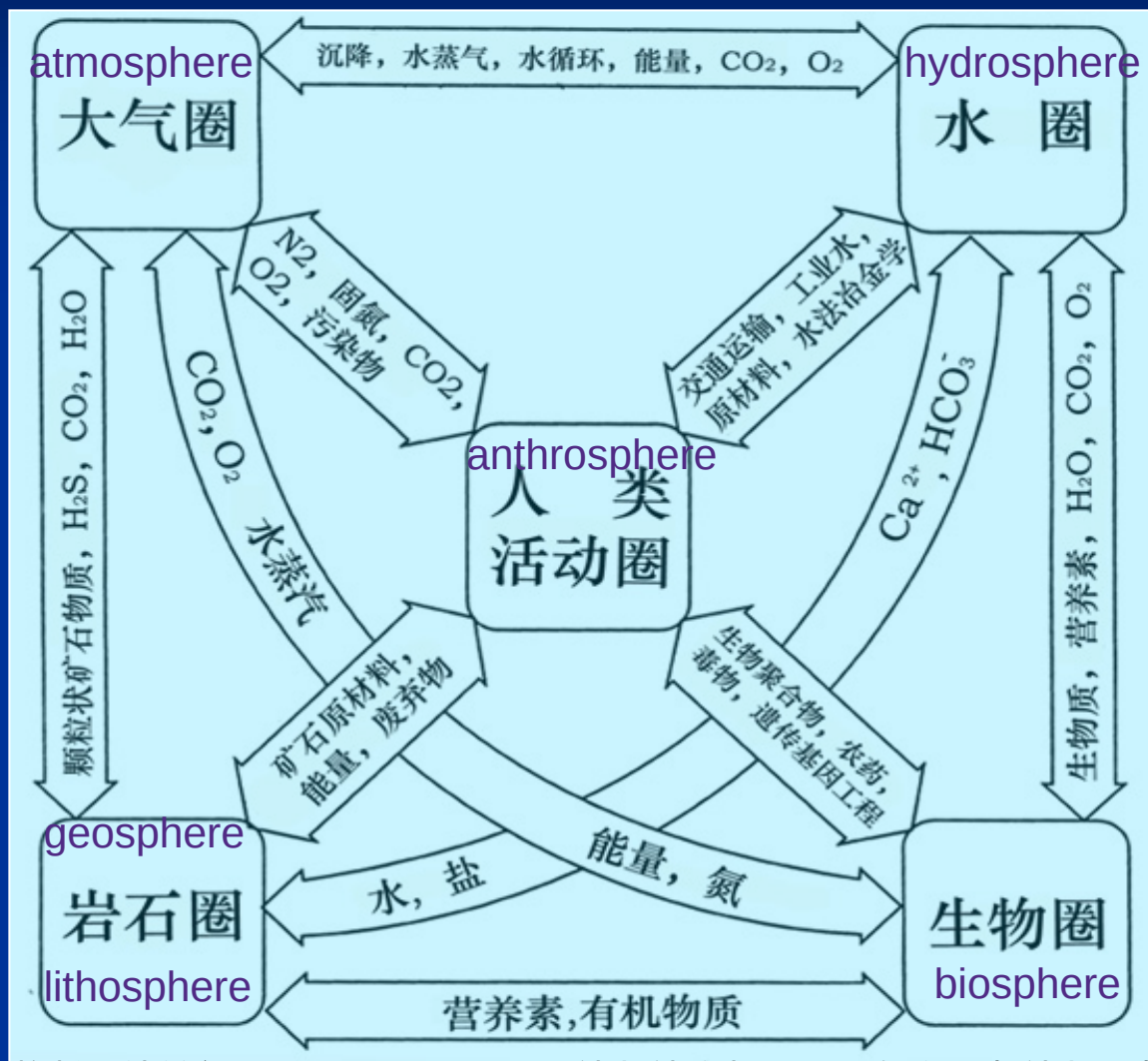


- ★ (3) **研究内容**: 有害物质在环境介质中存在的**来源、浓度水平和形态**; 它们在个别环境介质中和不同介质间的**环境化学行为**; 有害物质对环境和生态系统以及人体健康产生效应的**机制和风险性**; 有害物质已造成影响的**缓解和消除**以及**防止**产生危害的方法和途径。
- (4) **研究特点**: 从微观的**原子、分子水平**上研究宏观的环境现象与变化的**化学机制**。
- (5) **核心**: 研究化学污染物在环境中的
迁移 transfer
转化 transformation



《环境化学》第一章绪论

高价值真题、答案、考友笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研



(6) 分支学科

分支学科	研究领域
环境分析化学	环境有机分析化学 环境无机分析化学 环境中化学物质的形态分析
各圈层的环境化学	大气环境化学 水环境化学 土壤环境化学 复合污染物的多介质环境行为
污染（环境）生态化学	化学污染物的生态毒理学研究 环境污染对陆地生态系统的影响 环境污染对水生生态系统的影响 化学物质的生态风险评价
环境理论化学	环境界面化学 定量结构活性相关研究 环境污染预测模型
污染控制化学	大气污染控制 水污染控制 固体废物污染控制与资源化



第一节 环境化学

1. 什么是环境化学

2. 元素地球化学循环

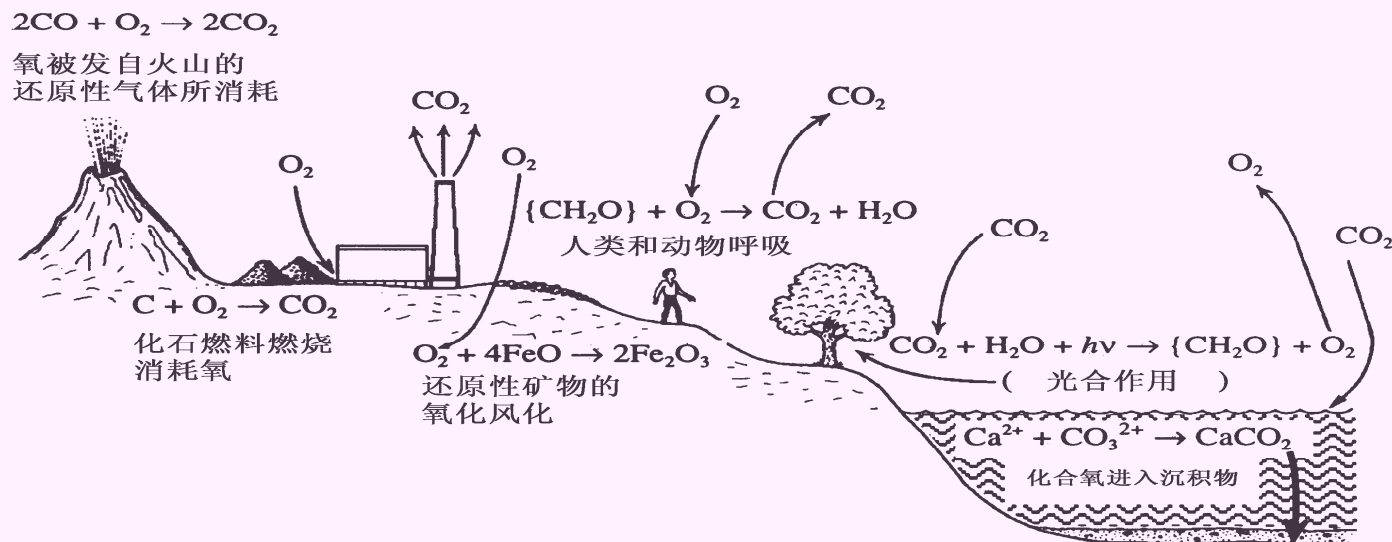
3. 环境化学的发展动向



2 元素的地球化学循环

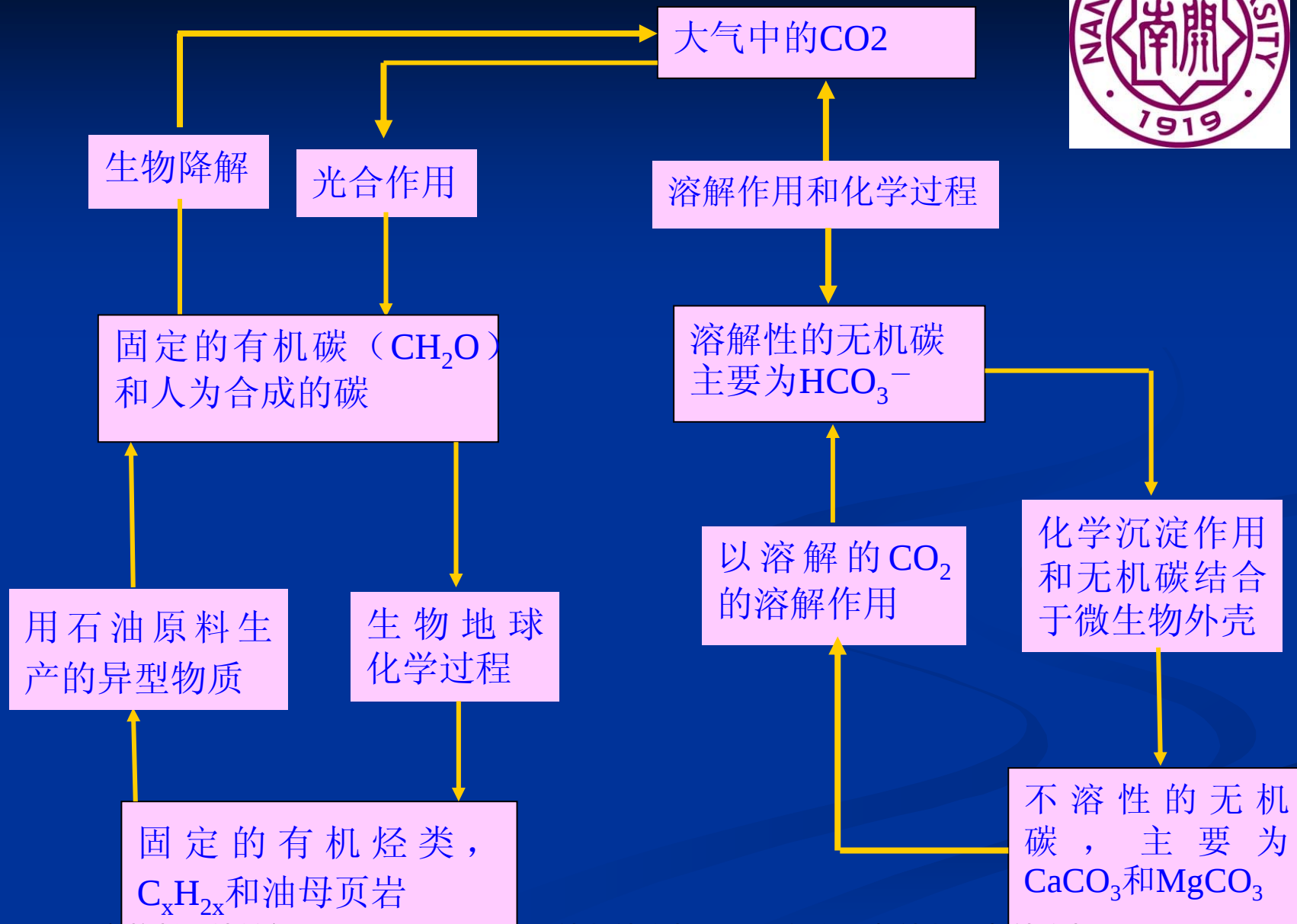
Geochemistry of elements

(1) 氧的循环 *oxygen cycle*





(2) 碳的循环 Carbon cycle





(3) 氮的循环

(4) 磷的循环

(5) 硫的循环

自

学



第一节 环境化学

1. 什么是环境化学

2. 元素地球化学循环

3. 环境化学的发展动向



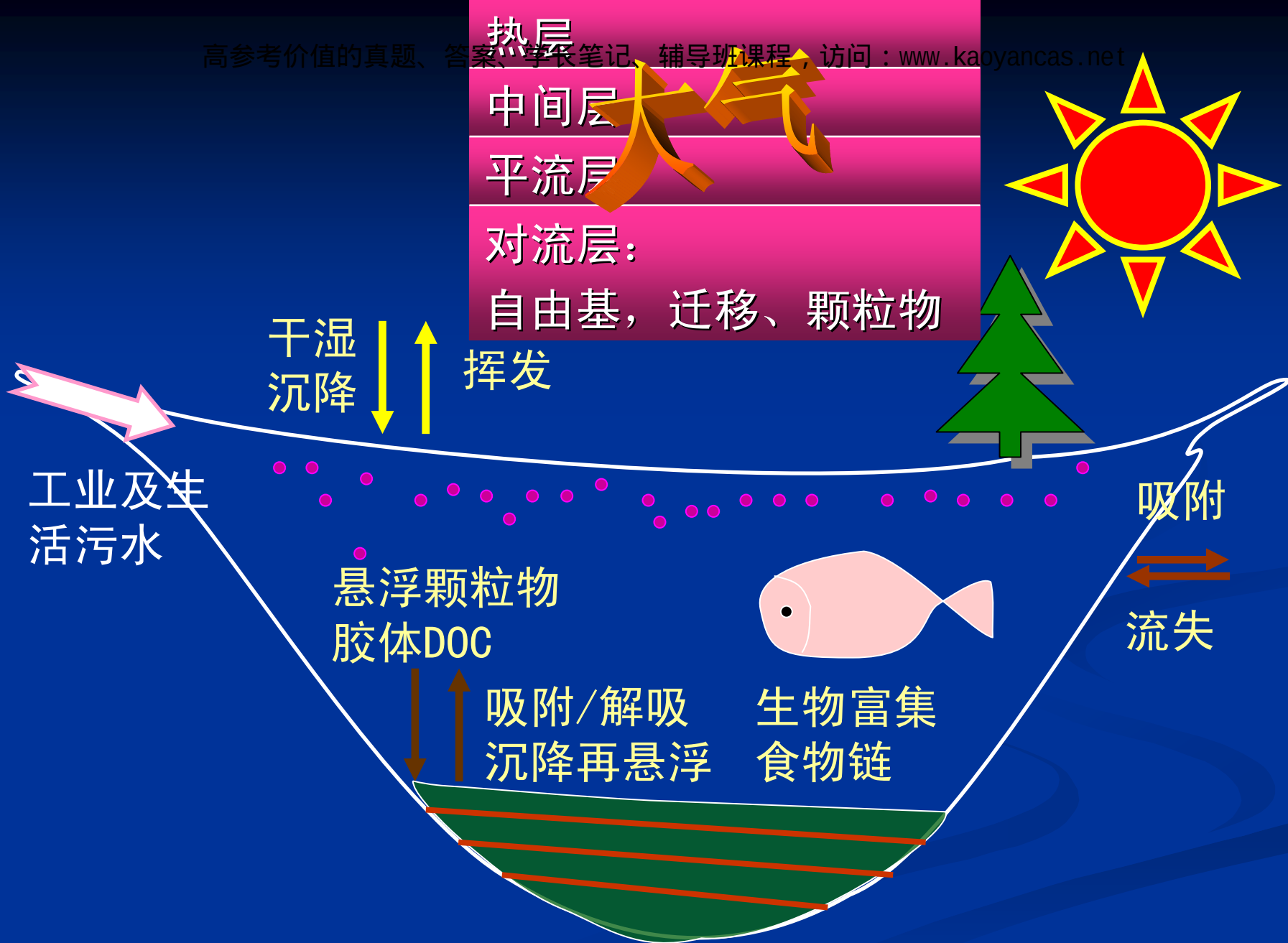
3. 环境化学的发展动向

- 微量化、微观化
- 宏观化
- 复合污染、综合化
- 理论化
- 界面过程、多相性
- 新型化学品
- 学科交叉



第二节 环境各圈层

Environmental Spheres



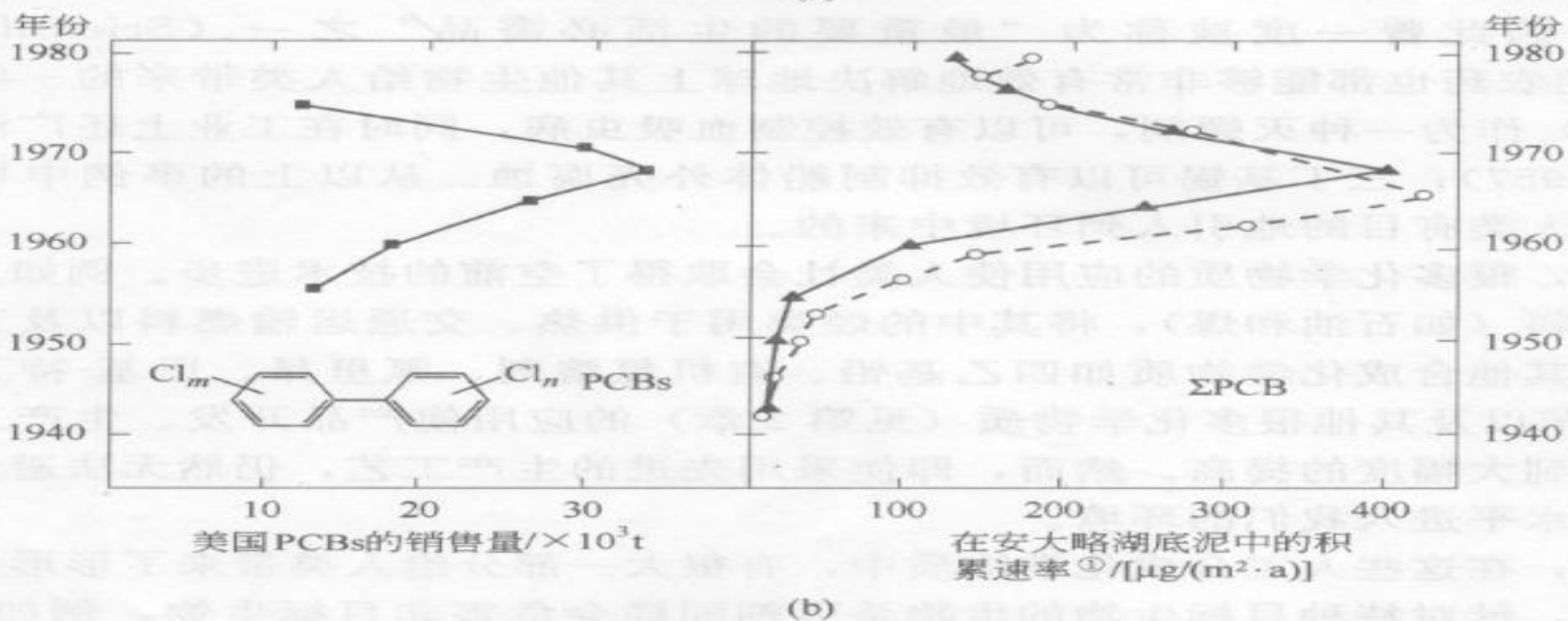
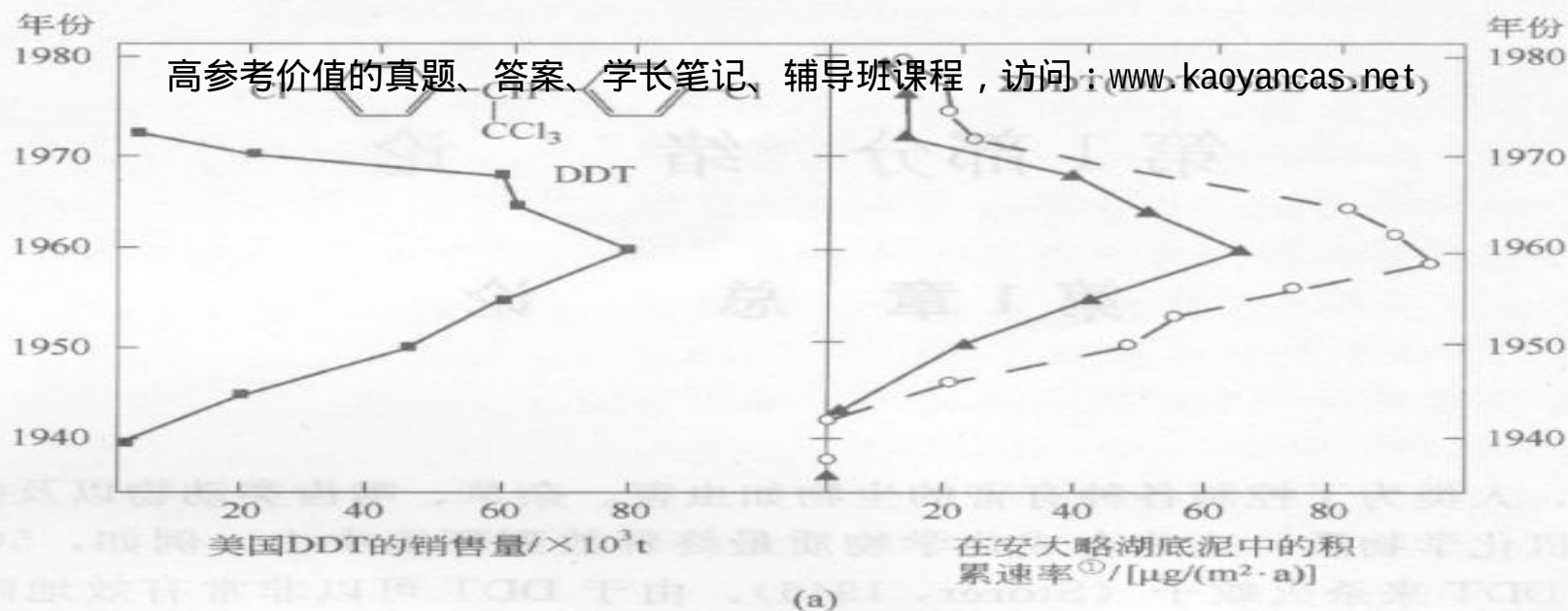
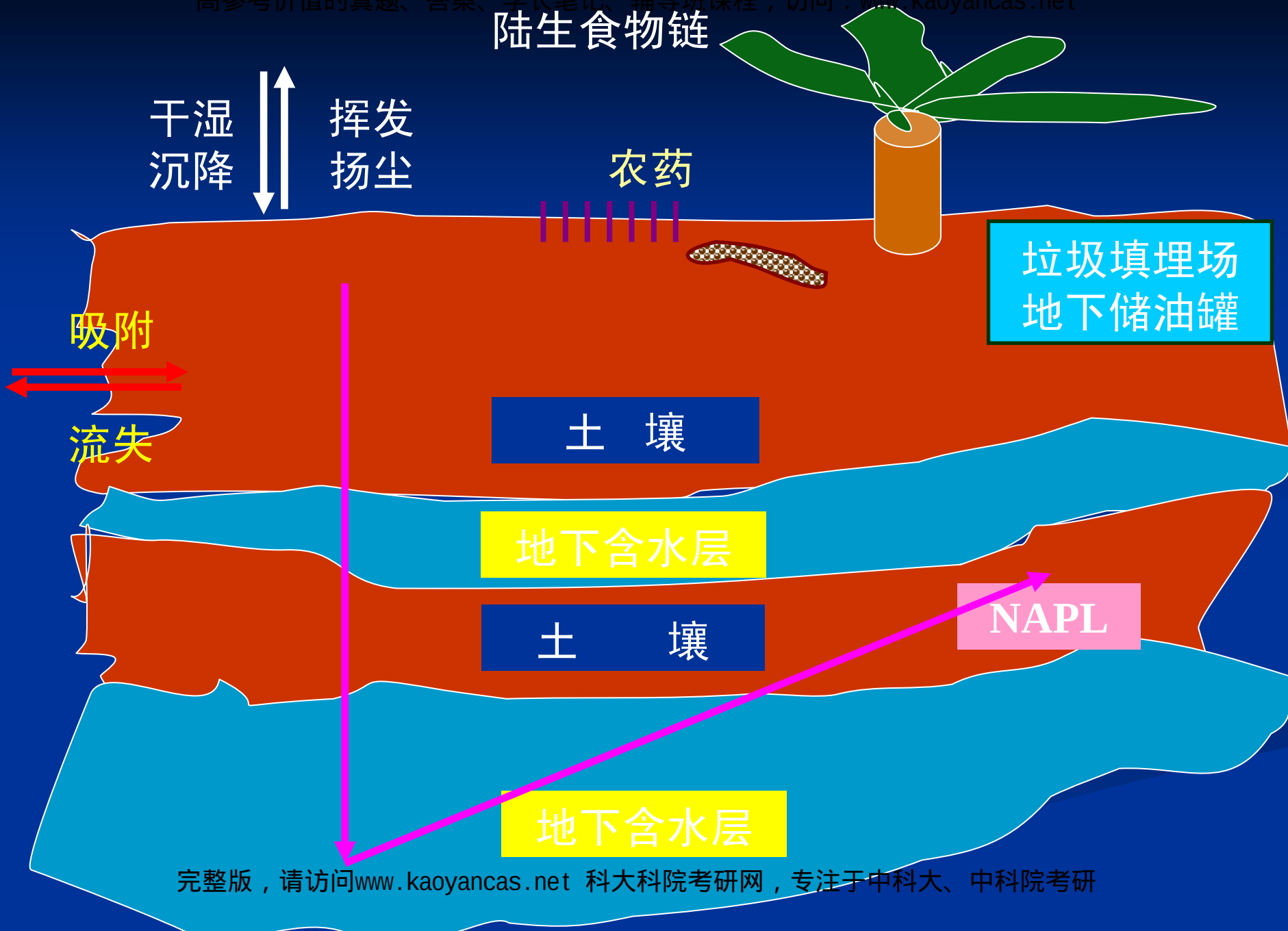


图 1.1 安大略湖中沉积物对化学物质的积累速率随时间变化的趋势

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

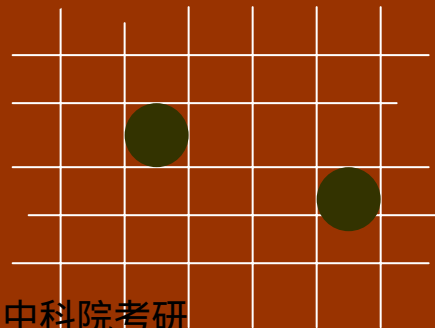
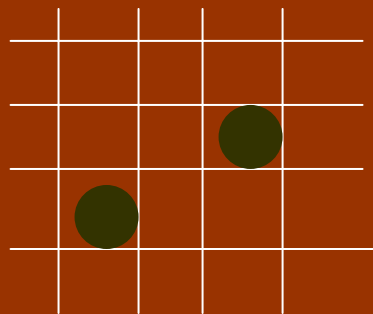
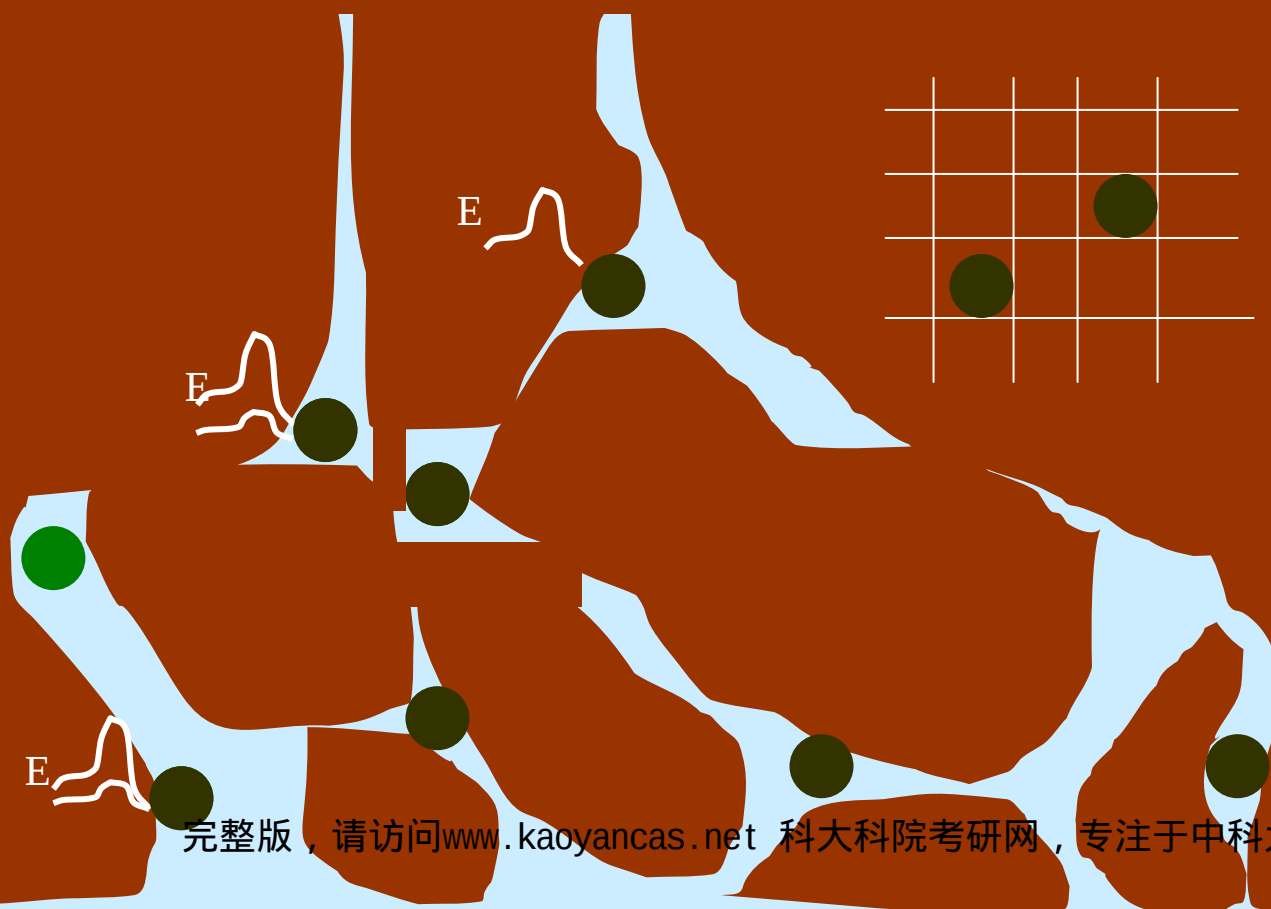
①数据来自于两个不同的沉积物芯。

陆生食物链





土壤不均一系统





第三节 环境污染物

Environmental Pollutants

1. 重金属

2. 营养元素

3. 有机污染物

[illegible]

《环境化学》第一章绪论

辅导班课程, 访问: www.kaoyancas.net



族 周期		元素周期表																0		族	电子数		
1	I A	1 H 氢 $1s^1$ 1.008	II A		原子序数 元素符号, 红色指放射性元素 元素名称注*的是人造元素 外围电子层排布, 括号指可能的电子层排布 相对原子质量										2 He 氦 $1s^2$ 4.003	K	2						
2		3 Li 锂 $2s^1$ 6.941	4 Be 铍 $2s^2$ 9.012	过渡元素										5 B 硼 $2s^2 2p^1$ 10.81	6 C 碳 $2s^2 2p^2$ 12.01	7 N 氮 $2s^2 2p^3$ 14.01	8 O 氧 $2s^2 2p^4$ 16.00	9 F 氟 $2s^2 2p^5$ 19.00	10 Ne 氖 $2s^2 2p^6$ 20.18	L K	8 2		
3		11 Na 钠 $3s^1$ 22.99	12 Mg 镁 $3s^2$ 24.31	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII			IB	II B	13 Al 铝 $3s^2 3p^1$ 26.98	14 Si 硅 $3s^2 3p^2$ 28.09	15 P 磷 $3s^2 3p^3$ 30.97	16 S 硫 $3s^2 3p^4$ 32.07	17 Cl 氯 $3s^2 3p^5$ 35.45	18 Ar 氩 $3s^2 3p^6$ 39.95	M L K	8 8 2		
4		19 K 钾 $4s^1$ 39.10	20 Ca 钙 $4s^2$ 40.08	21 Sc 钪 $3d^1 4s^2$ 44.96	22 Ti 钛 $3d^2 4s^2$ 47.88	23 V 钒 $3d^3 4s^2$ 50.94	24 Cr 铬 $3d^5 4s^1$ 52.00	25 Mn 锰 $3d^5 4s^2$ 54.94	26 Fe 铁 $3d^6 4s^2$ 55.85	27 Co 钴 $3d^7 4s^2$ 58.93	28 Ni 镍 $3d^8 4s^2$ 58.69	29 Cu 铜 $3d^{10} 4s^1$ 63.55	30 Zn 锌 $3d^{10} 4s^2$ 65.38	31 Ga 镓 $4s^2 4p^1$ 69.72	32 Ge 锗 $4s^2 4p^2$ 72.64	33 As 砷 $4s^2 4p^3$ 74.92	34 Se 硒 $4s^2 4p^4$ 78.96	35 Br 溴 $4s^2 4p^5$ 79.90	36 Kr 氪 $4s^2 4p^6$ 83.80	N M L K	8 18 8 2		
5		37 Rb 铷 $5s^1$ 85.47	38 Sr 锶 $5s^2$ 87.62	环境学或毒理学意义的重金属: 汞、镉、铅、锌、铜、钴、镍、钡、锡、锑等, 从毒性角度通常将砷、铍、锂、硒、硼、铝等也包括在内。																53 I 碘 $5s^2 5p^5$ 126.9	54 Xe 氙 $5s^2 5p^6$ 131.3	O N M L K	8 18 18 8 2
6		55 Cs 铯 $6s^1$ 132.9	56 Ba 钡 $6s^2$ 137.3	89-103 Ac-Lr 锕系	104 Rf 𨭌* $[6d^2 7s^2]$ [261]	105 Ha 𨭎* $[6d^3 7s^2]$ [262]	106 * $[6d^4 7s^2]$ [263]	107 * $[6d^5 7s^2]$ [262]	108 * $[6d^6 7s^2]$ [265]	109 * $[6d^7 7s^2]$ [266]	195.1	197.0	200.6	204.4	207.2	209.0	[209]	[210]	[222]	P O N M L K	8 18 32 18 8 2		
7		87 Fr 钫 $7s^1$ [223]	88 Ra 镭 $7s^2$ 226.0																	85 At 砹 $6s^2 6p^5$ [210]	86 Rn 氡 $6s^2 6p^6$ [222]		
镧系		57 La 镧 $5d^1 6s^2$ 138.9	58 Ce 铈 $4f^1 5d^1 6s^2$ 140.1	59 Pr 镨 $4f^3 6s^2$ 140.9	60 Nd 钕 $4f^4 6s^2$ 144.2	61 Pm 钷 $4f^5 6s^2$ [147]	62 Sm 钐 $4f^6 6s^2$ 150.4	63 Eu 铕 $4f^7 6s^2$ 152.0	64 Gd 钆 $4f^7 5d^1 6s^2$ 157.3	65 Tb 铽 $4f^9 6s^2$ 158.9	66 Dy 镝 $4f^{10} 6s^2$ 162.5	67 Ho 钬 $4f^{11} 6s^2$ 164.9	68 Er 铒 $4f^{12} 6s^2$ 167.3	69 Tm 铥 $4f^{13} 6s^2$ 168.9	70 Yb 镱 $4f^{14} 6s^2$ 173.0	71 Lu 镥 $4f^{14} 5d^1 6s^2$ 175.0							
锕系		89 Ac 锕 $6d^1 7s^2$ 227.0	90 Th 钍 $6d^2 7s^2$ 232.0	91 Pa 镤 $5f^2 6d^1 7s^2$ 231.0	92 U 铀 $5f^3 6d^1 7s^2$ 238.0	93 Np 镎 $5f^4 6d^1 7s^2$ 237.0	94 Pu 钚 $5f^6 7s^2$ [244]	95 Am 镅 $5f^7 7s^2$ [243]	96 Cm 锔 $5f^7 6d^1 7s^2$ [247]	97 Bk 锫 $5f^9 7s^2$ [247]	98 Cf 锿 $5f^{10} 7s^2$ [251]	99 Es 镄 $5f^{11} 7s^2$ [252]	100 Fm 镆 $5f^{12} 7s^2$ [257]	101 Md 镅 $(5f^{13} 7s^2)$ [258]	102 No 镎 $(5f^{14} 7s^2)$ [259]	103 Lr 铹 $(5f^{14} 6d^1 7s^2)$ [260]							

注:

1. 相对原子质量录自1995年国际原子量表, 并全部取4位有效数字。
2. 相对原子质量加括号的为放射性元素, 括号内为半衰期最长的同位素的质量数。

注:

1. 相对原子质量
源自1995年国际原子
量表, 并全部取 4 位
有效数字。
2. 相对原子质量
加括号的为放射性元
素的半衰期最长的同
位素的质量数。



(1) Lewis软硬酸碱理论 (HSAB)

Lewis Soft Hard Acid and Base Theory

- 半径小、电荷高或者较高的电负性、可极化度小：硬；离子化
- 半径大、电荷小或者较小的电负性、可极化度大：软；共价键

◆ **路易斯硬酸**： H^+ 、 Na^+ 、 K^+ 、 Be^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Al^{3+} 、 Cr^{3+} 、 Fe^{3+} 、 As^{3+}

◆ **Intermediate**： Co^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Ni^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Pb^{2+}

◆ **路易斯软酸**： Cu^+ 、 Ag^+ 、 Hg_2^{2+} 、 Pd^{2+} 、 Cd^{2+} 、 Hg^{2+} 、 CH_3Hg^+

◆ **路易斯硬碱**： H_2O 、 OH^- 、 F^- 、 Cl^- 、 PO_4^{3-} 、 SO_4^{2-} 、 CO_3^{2-} 、 O^{2-}

◆ **Intermediate**： Br^- 、 NO_2^- 、 SO_3^{2-}

◆ **路易斯软碱**： SH^- 、 S^{2-} 、 RS^- 、 CN^- 、 SCN^- 、 R_2S 、 RSH 、 RS^-



(2) 形态 *speciation*

- **水环境**：吸附—解吸、溶解—沉淀、氧化—还原、配合、胶体结合态
- **土壤环境**：水溶态、可交换态、碳酸盐结合态、金属氧化物结合态、有机物结合态、硫化物结合态、残渣态等
- **金属有机污染物**：有机汞、有机锡、有机砷、有机硒

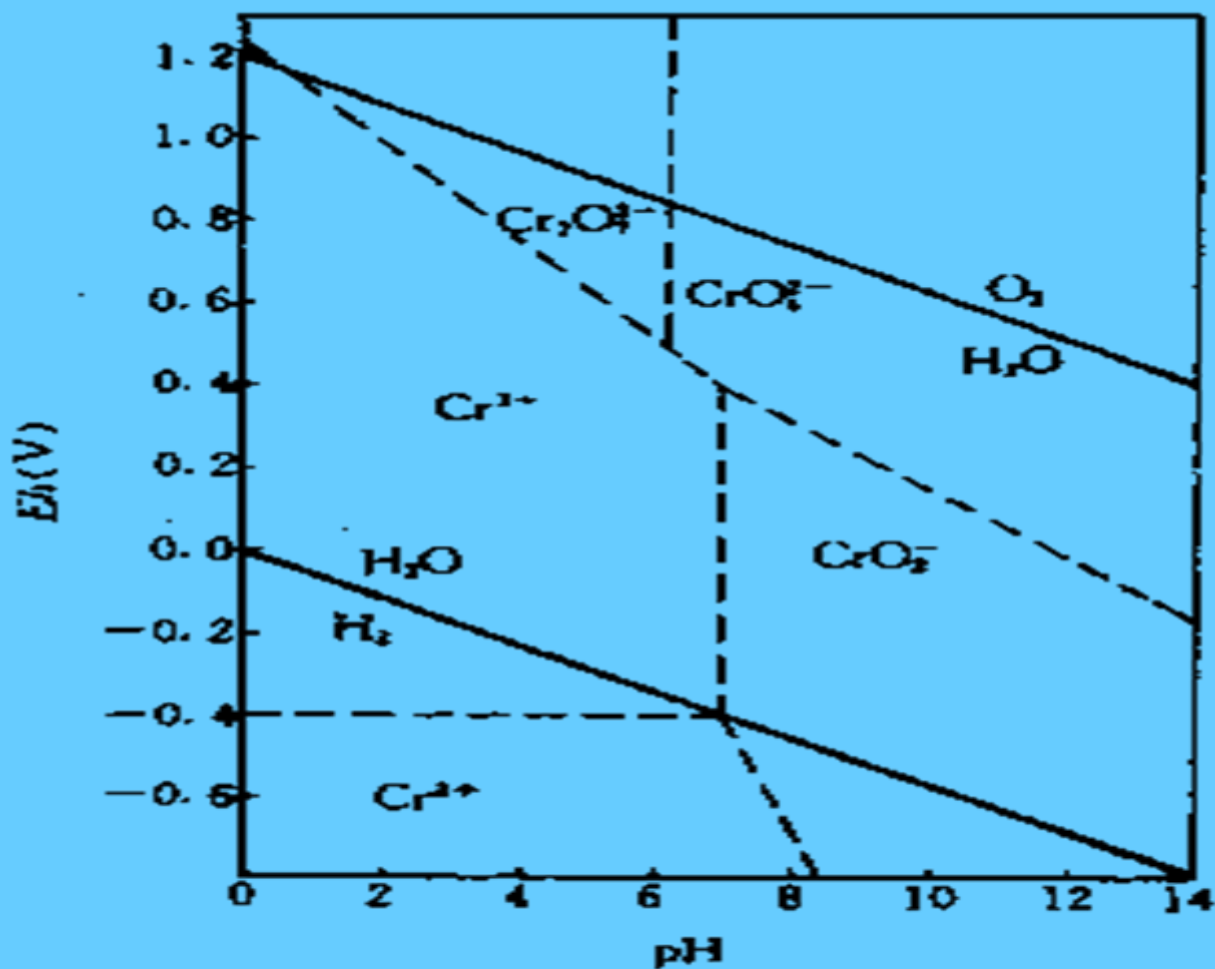


图 3 - 8 铬离子形式的 $E_h - \text{pH}$ 图

(25°C)

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研

Cr



A1

形态研究的意义

- ① 铝是人们家用餐具的材料，而铝离子能穿过血脑屏障进入人的大脑组织，引起痴呆等严重后果；
- ② 铜、铅、锌离子态的毒性都远远大于络合态，而且络合物愈稳定，其毒性愈低；
- ③ 金属有机态的毒性往往大于无机态的毒性。
- ④ 价态不同毒性也不同，铬（VI）的毒性大于铬（III）。而亚砷酸盐的毒性比砷酸盐大60倍。
- ⑤ 价态不同，其络合能力及被土壤中腐殖酸固定程度也不同，对生态系统的威胁也随之转变。如铅（II）的移动性远远小于铅（IV）。

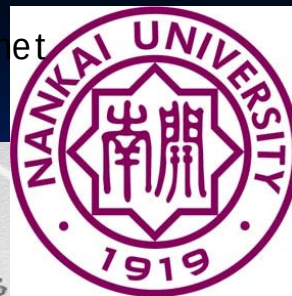
Cu
Zn
Pb

Cr
As



表 8-5 BCR 分级萃取方法(1g 土壤)

步骤	元素分级	试剂	体积 (ml)	温度 (°C)	萃取时间
1	水溶态、可交 换态、碳酸盐 结合态	0.11 mol/L CH ₃ COOH	40	22±5	震荡 16 h (过夜)
2	Fe-Mn 氧化物 结合态	0.5 mol/LNH ₂ OH·HCl 用 2mol/L HNO ₃ 酸化	40	22±5	震荡 16 h (过夜)
3	有机物和硫 化物结合态	8.8 mol/L H ₂ O ₂ ,	10	22±5	消解 1 h(偶尔震 荡)
				85±2	
			10	85±2	消解 1 h
		1 mol/L NH ₄ OAc (pH2)	50	22±5	消解 1 h
					震荡 16 h (过夜)



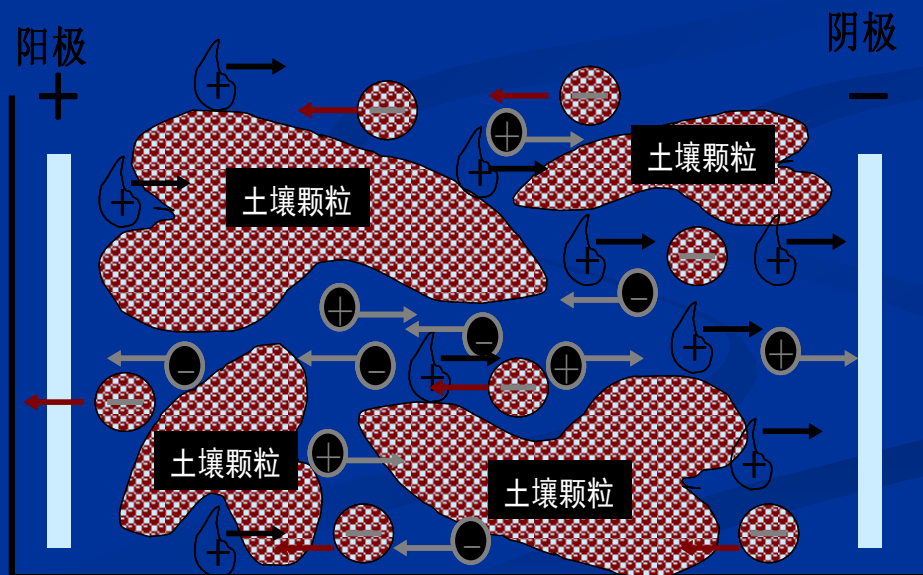
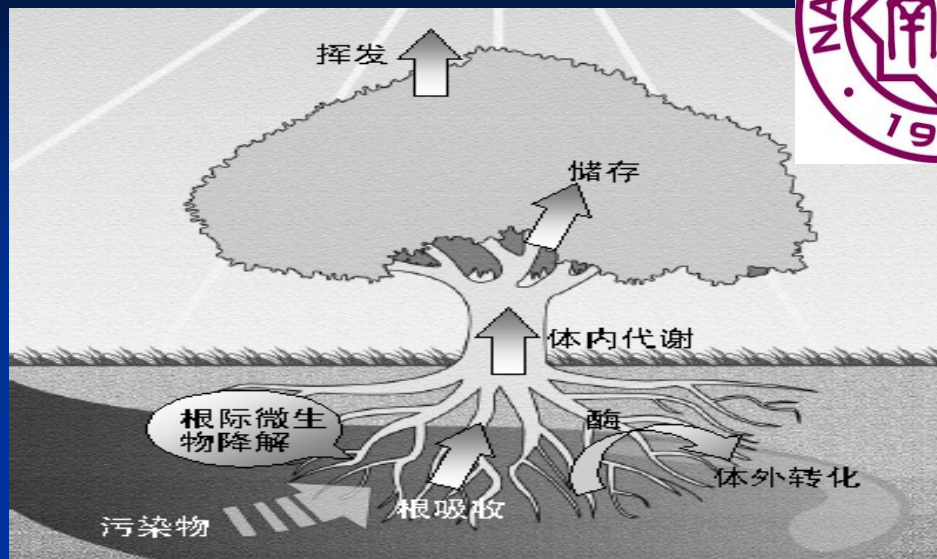
(3) 非降解性

重金属污染修复：

稀释法：

相转移：冲洗、植物修复、电动力学、热解析

形态转化：固定化、价态转化





第三节 环境污染物

1. 重金属

2. 营养元素

3. 有机污染物



2 营养元素 *nutrient elements*

水中的N、P、C、O和微量元素如Fe、Mn、Zn是湖泊等水体中生物的必需元素。营养元素丰富的水体通过光合作用，产生大量的植物生命体。

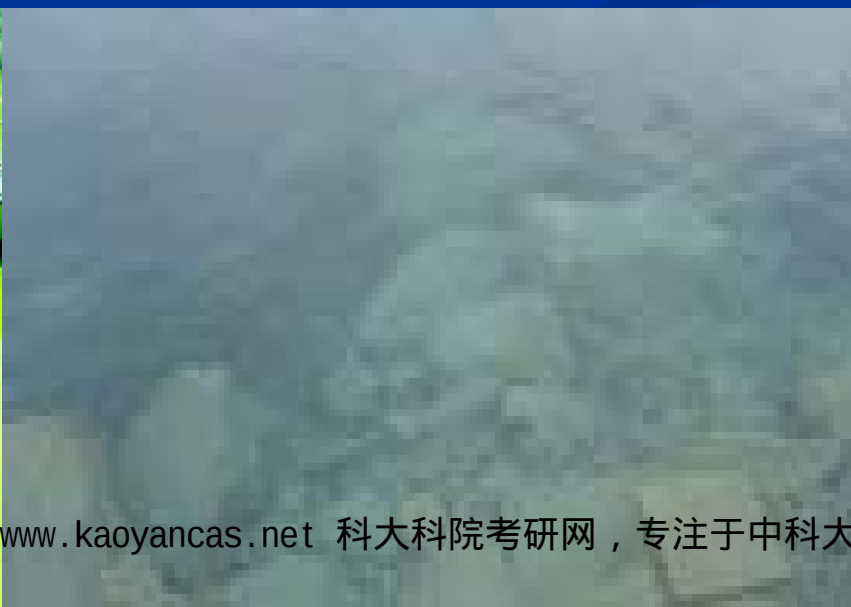




表 1 中国重要水域的水质等级变化 [4, 7, 9~12] D

Table 1 Changes of water quality in major water systems in China

水域 Water system	20世纪 60年代 1960s	20世纪 70年代 1970s	20世纪 80年代 1980s	20世纪 90年代 1990s	现在 Current	主要污染物 Main pollutants
滇池 草海) Dianchi lake (Caohai)	II	III	V	劣 V Poor than V	劣 V Poor than V	总氮、磷 TN, TP
滇池 外海) Dianchi lake (Waihai)	II	III	IV	V	劣 V Poor than V	总氮、磷 TN, TP
太湖 Taihu lake	I~II	II	III	IV~V	劣 V Poor than V	总氮、磷 TN, TP
巢湖 Chaohu lake	水质尚好 Quite good	III	IV	V	劣 V Poor than V	总氮、磷 TN, TP
洪泽湖 Hongzehu lake	水质尚好 Quite good		中~富营养 Middle to high level eutrophication		富营养化 Eutrophication	总氮、磷 TN, TP
洞庭湖 Dongtinghu lake	水质尚好 Quite good		贫~中营养 Poor to middle level eutrophication		富营养化 Eutrophication	总氮、磷 TN, TP
鄱阳湖 Poyanghu lake	水质尚好 Quite good		中营养 Middle level eutrophication		富营养化 Eutrophication	总氮、磷 TN, TP
三峡库区 Yangtse River Dam Area	水质尚好 Quite good				富营养化 Eutrophication	总氮、磷 TN, TP

D 依据国家环保局制订的水质标准 (I: 一级; II: 二级; III: 三级; IV: 四级; V: 五级)

Grade of water quality made by EAP of China (I: high; II: good; III: fair; IV: poor; V: bad)

《环境化》第一章 绪论

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



表 8 中国与

Table 8 Ar

cc

项目
Items

人均耕地

Per capita ar
land area (ha

耕地氮化肥用量

Per hectare arable

land N-fertilizer
application rate

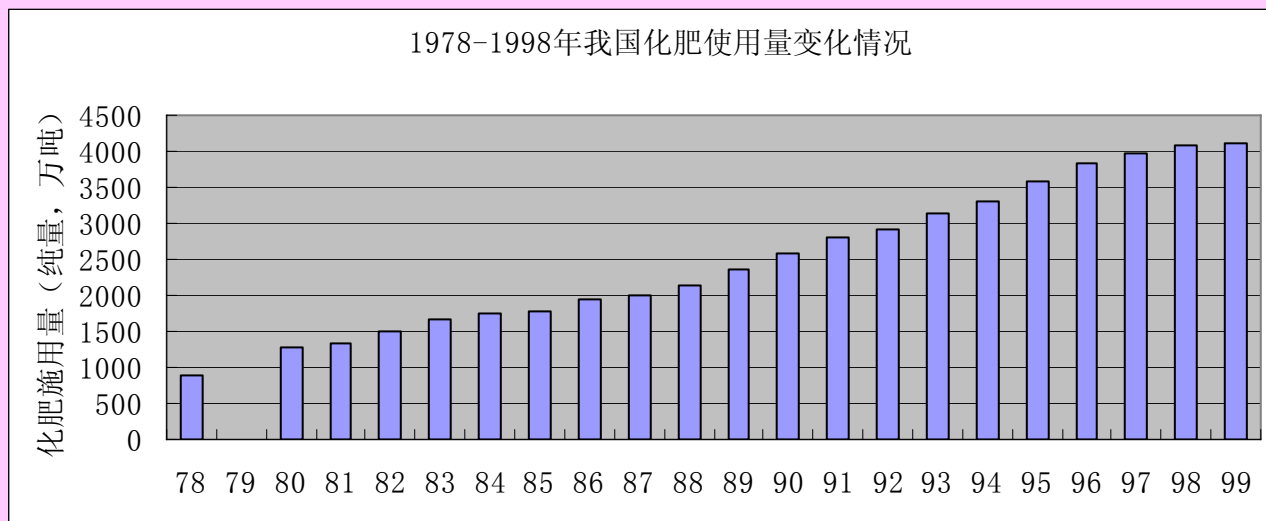
(kg N ha⁻¹)

耕地磷化肥用量

Per hectare arable

land P-fertilizer
application rate

(kg P₂O₅ ha⁻¹)



land N-fertilizer

application rate

耕地磷化肥用量

Per hectare arable

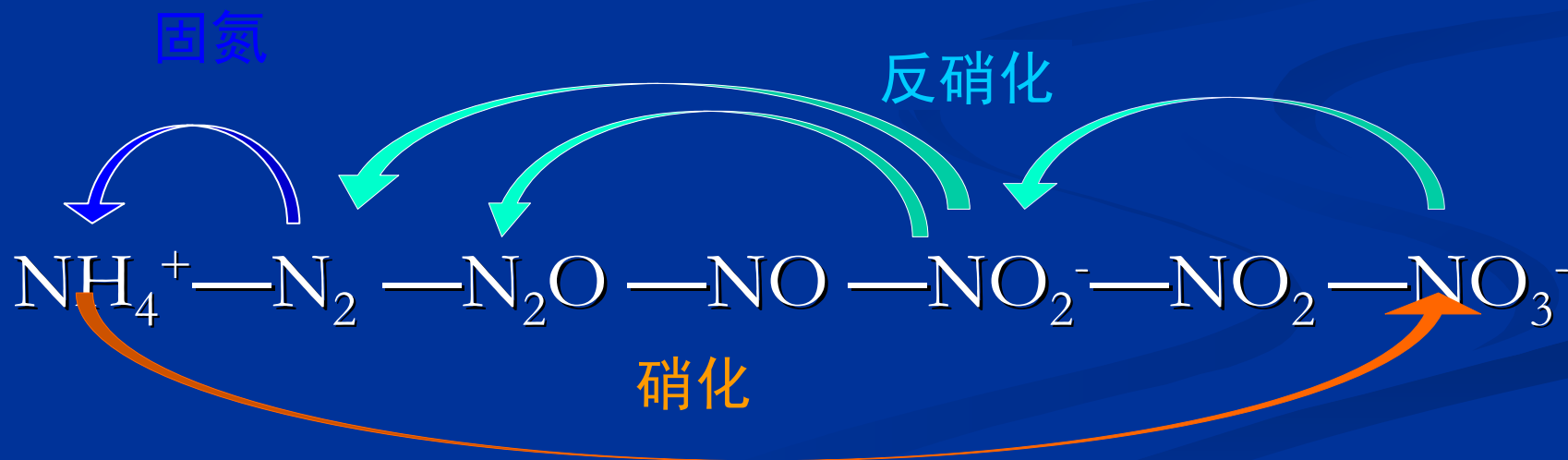
land P-fertilizer

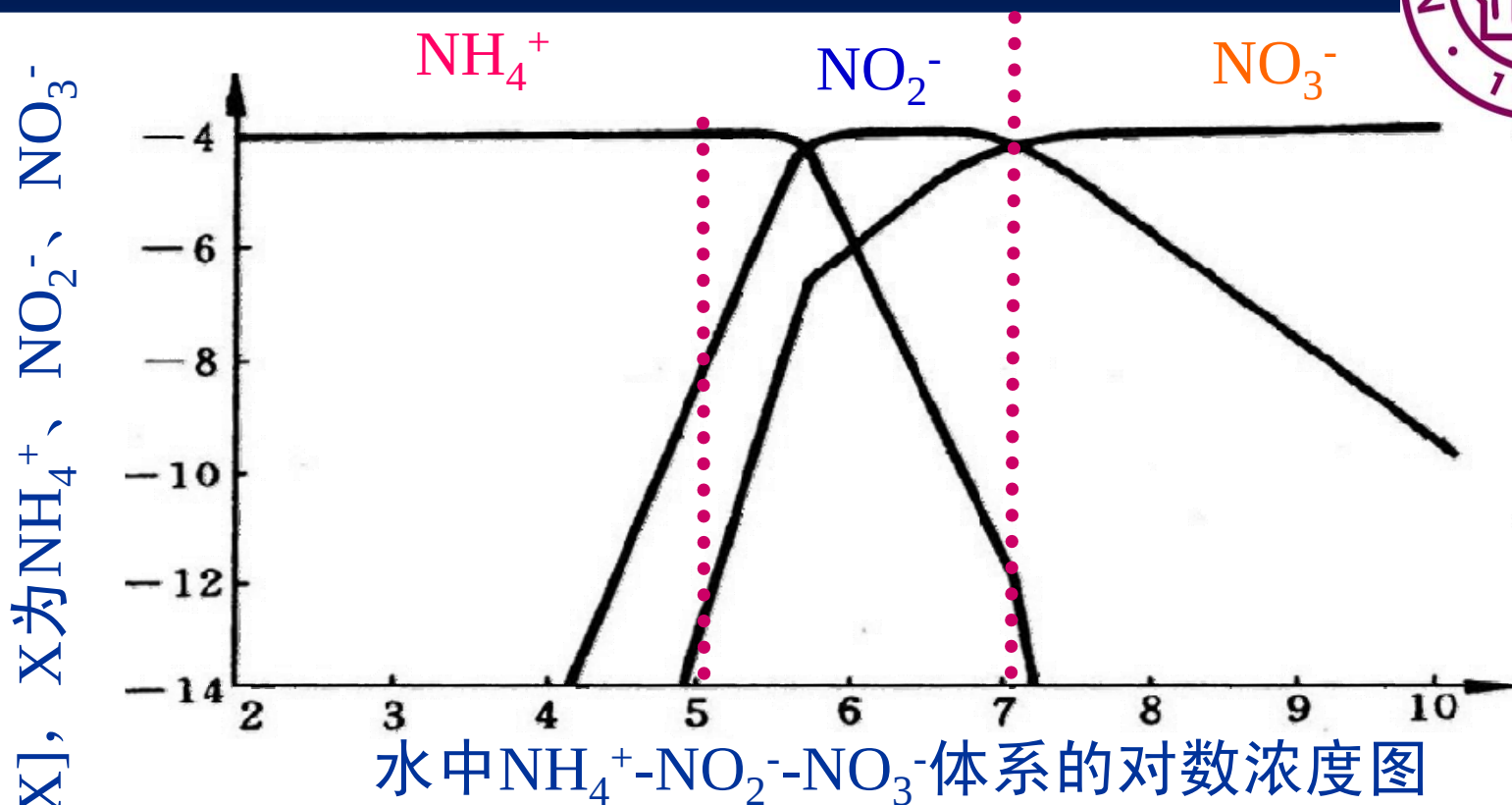
application rate

80年代初期	110	55	113	184	600	37
Early 1980s						
2000年以来	190	58	48	120	391	86
From 2000						
60年代初期	2	16	36	76	111	6
Early 1960s						
80年代初期	21	26	71	108	105	13
Early 1980s						
2000年以来	71	23	16	34	67	28
From 2000						



- **固氮**：是将气态氮转化为离子形式
- **硝化反应**：由氨根离子转化为硝酸盐
- **反硝化**：由硝酸盐经亚硝酸盐转化为氮气的过程





($\text{pH}=7.0$, 总氮浓度 $=1.00 \times 10^{-4} \text{mol/L}$)

- 在 $\text{pE} < 5$ 的范围， NH_4^+ 是主要的氮形态；
- pE 在 $5 \sim 7$ 的范围， NO_2^- 是主要形态；
- 在 $\text{pE} > 7$ 范围， NO_3^- 是主要形态。



第三节 环境污染物

1. 重金属

2. 营养元素

3. 有机污染物

Organic Pollutants



碳、氢、氧、氮、硫、
磷和卤素原子如氟、氯、
溴、碘等组成

一、基本特性

1 电负性 *electronic negativity*

内层电荷	+1	+4	+5	+6	+7	内层体积增大
	H					
	2.2					
		C	N	O	F	
		2.5	3.0	3.5	4.0	
			P	S	Cl	
			2.2	2.5	3.0	
					Br	
				2.8		
				I		
			2.5			

完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研



2 成键 *bond*

- 单键：饱和键
- 双键、三键：不饱和键
- 离域键：芳香结构
- 氢键

3 立体异构与构象 *stereo isomers and conformation*

- 手性异构体
- 非手性异构
- 构象：椅式异构、船式异构



二、环境有机化合物的分类

1 碳氢化合物 hydrocarbons

- ① BTEX (代表苯benzene、甲苯toluene、乙基苯ethylbenzene和三个二甲苯的异构体xylene)

ortho 邻 meso 间 para 对

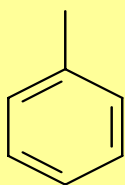
- ✓ BTEX化合物是汽油中的重要组分, 并广泛用作溶剂。这些化合物是土壤和地下水中最常见的污染物, 尤其是苯具有很高的毒性, 因此这些化合物引发了很多有关土壤和地下水修复领域的研究。
- ② 多环芳烃 (polycyclic aromatic hydrocarbons, PAHs)
- ✓ 多环芳烃类污染物在环境中的主要来源包括化石燃烧 (汽油、石油、煤) 的燃烧, 森林大火, 矿物油、事故性的直接输入, 木材防腐剂杂酚类化合物的应用等。

《环境化学》第一章 绪论

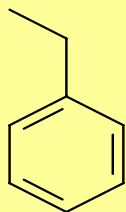
环境化学的真题答案——第1章 绪论 辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



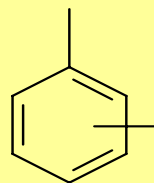
苯



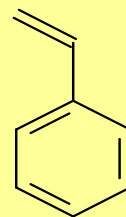
甲苯



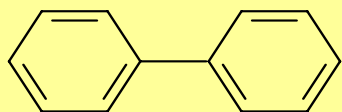
乙苯



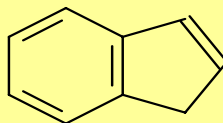
邻、间、对二甲苯



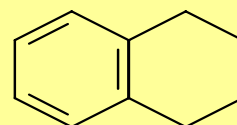
苯乙烯



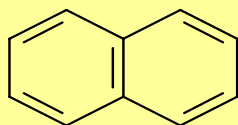
联苯



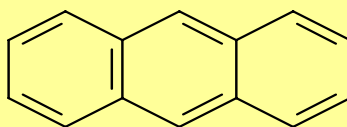
茚



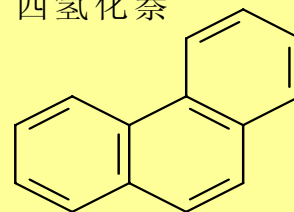
四氢化萘



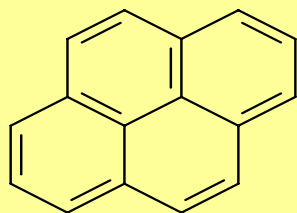
萘



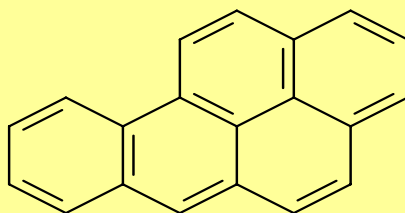
菲



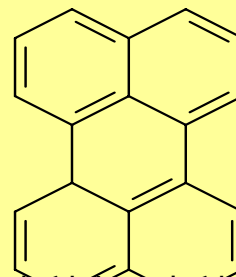
蒽



比



苯并[a]芘



完整版，请访问www.kaoyancas.net 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研



2 有机卤化合物 (organohalogens)

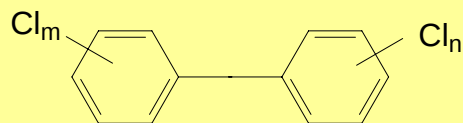
➤ F (fluorine) 氟 Cl (chlorine) 氯
Br (bromine) 溴 I (iodine) 碘

(1) 氟氯烃

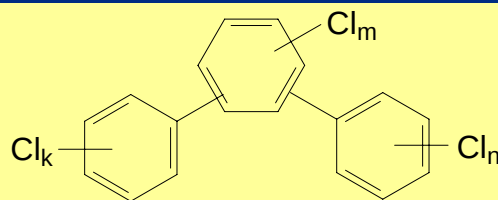
(2) 有机溶剂

(3) 有机氯农药

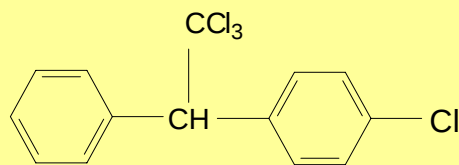
(4) PCB (poly chlorinated biphenyl) 多氯联苯，有209个同系物 (congeners) 和 PCT (poly chlorinated terphenyl) 多氯三联苯，有8149个同类物



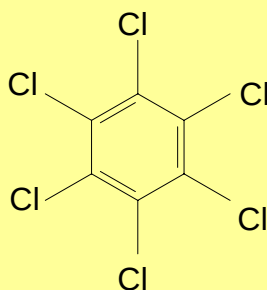
多氯联苯
(PCBs, 209个同类物)



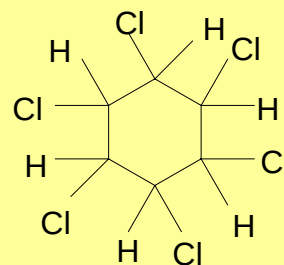
多氯三联苯
(PCTs, 8149个同类物)



p,p-DDT



六氯苯 (HCB)



1, 2, 3, 4, 5, 6-六氯环己烷
(HCH, 8种异构体, 其中
之一为一对对应异构体)



- 迄今为止，**PCBs**和**PCTs**的产量超过100万吨，这些物质广泛用作蜡、打印用墨、油漆和颜料，以及电容器绝缘液、变压器散热剂、液压机液体、传热液体、润滑油、增塑剂、阻燃剂等。这些物质在生产、储存时，尤其在处置地都能进入环境。虽然PCBs和PCTs在很多国家已经禁止或严格限制生产和使用，但是它们在环境中仍然无处不在。PCBs和PCTs以及其他多氯有机物（如传统的农药DDT，HCB，HCH等）在世界各地、大洋的底部乃至北极的冰雪中都可以检出，说明这类物质具有很强的远距离迁移能力。
- (5) 废水和饮用水中用氯进行消毒，以及造纸厂的漂白工艺等都会产生很多已知的和未知的氯代化合物，并进入环境。例如，三卤甲烷化合物（**THMs**）就是这些氯代污染物中比较重要的一类，其中包括 **CHCl_3** 、 **CHBrCl_2** 、 **CHBr_2Cl** 及 **CHBr_3** 等。



3、 含氧官能团

Oxygen containing functional groups

- 在天然和人工合成化学物质中存在的杂原子中，氧具有非常独特的地位，因为氧原子是很多重要官能团的组成部分。氧具有很高的电负性（3.5），可以与氢原子、碳原子、氮原子、磷原子和硫原子形成极性共价键。这些官能团对化合物的理化性质和反应性具有重要影响。



(1) 醇和醚官能团 *Alcohol and Ester Function*

最简单的含氧官能团是氧原子分别与碳原子和氢原子形成单键或氧原子与两个碳原子分别形成单键。前者形成羟基或醇官能团 ($R-OH$)，后者为醚官能团 (R_1-O-R_2)。

性质:

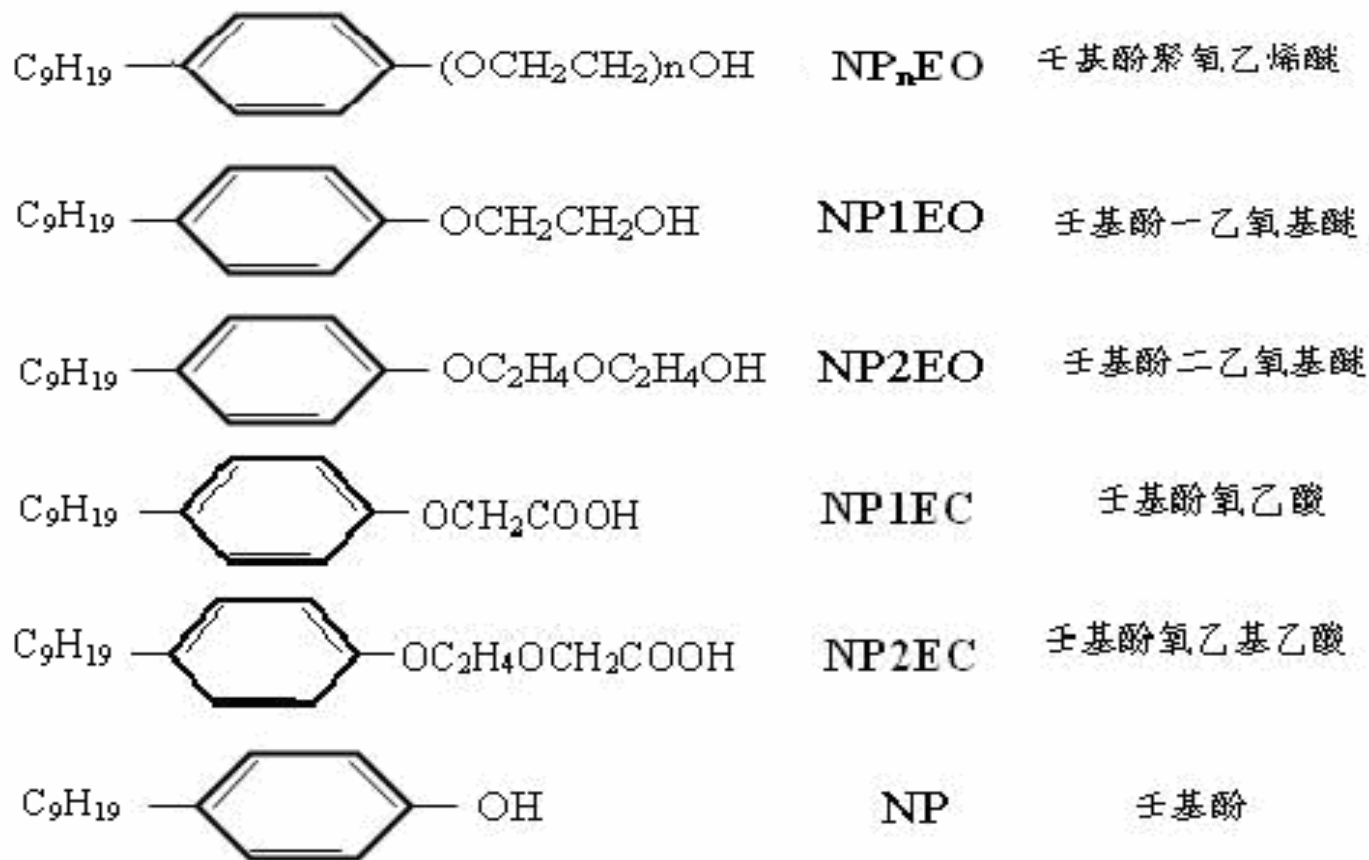
- ① 形成氢键。
- ② $R-OH$ 基团在水溶液中可能会发生解离，即相当于弱酸。
- ③ 一些酚类化合物容易氧化，形成稳定的自由基。

《环境化学》第一章 绪论

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



典型化合物 壬基酚 *nonylphenol*



广泛应用的
非离子表面
活性剂

降

解

毒性增大、
持久性增大、
内分泌干扰
性



(2) 醛酮基团 *Aldehyde and Keto Functions*

- 醛和酮很适合用做各种溶剂（例如甲醛、丙酮等）。
- 这些基团的反应性很强。

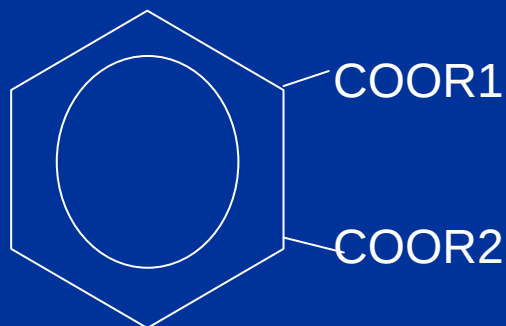
(3) 羧基 *Carboxyl Group*

羧酸基团既是很强的H—受体，也是很强的H—供体
羧酸基团的存在将显著提高化合物的水溶解度。



(4) 羧酸酯基团 *Carboxylic acid ester functions*

- 如果将羧酸基团中的羟基用OR基团代替，则可以得到羧酸酯基团。由于缺少羟基，酯基只能作为H—受体，因此酯基对化合物水溶解度的影响要比相应的羧酸基团小。
- 邻苯二甲酸酯类物质主要用作增塑剂，其在全球的年产量超过100万吨。





4 含氮官能团 *Nitrogen containing Functional Groups*

(1) 胺基 *Amino group*

- 胺基会参与氢键的形成（大多数情况下为H-受体，只有伯胺和仲胺可以作为H-供体）。
- 胺基是弱碱，在水溶液中可以获得一个质子，形成铵阳离子。
- 胺基可以作为 π 电子供体。
- 用作抗氧化剂。

(2) 硝基 *Nitro group*

- 硝基具有很强的吸电子性质。
- 硝基具有强氧化性。

(3) 偶氮染料 *azo dye*

(4) 三嗪类除草剂 阿特拉津 *triazine herbicide, atrazine*

(5) 季铵盐 阳离子表面活性剂

Quaternary ammonium salts, cationic surfactants

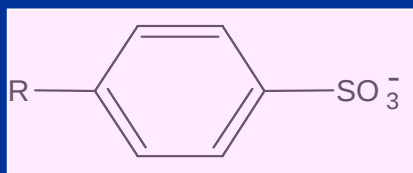


Group	Name (oxidation state of N)	Group	Name (oxidation state of N)
$\begin{array}{c} R_2 \\ \\ R_1 - N^+ - R_3 \\ \\ R_4 \end{array}$	ammonium(-III) 铵	$R_1 - NH - NH - R_2$	hydrazo(-II) 肼
$\begin{array}{c} R_2 \\ \\ R_1 - C - R_3 \end{array}$	ammo ^a (-III)(amine)胺	$\begin{array}{c} R_2 \\ \\ R_1 - N = N \end{array}$	azo(-I) 偶氮
$\begin{array}{c} O \\ \\ R_1 - C - N - R_2 \\ \\ R_3 \end{array}$	carboxylic acid amide ^a (-III) 羧酸酰胺	$\begin{array}{c} OH \\ \\ R - N \\ \\ H \end{array}$	hydroxyl-amine(-I)肟
$R - C \equiv N$	cyano,nitrilo(-III)腈	$\begin{array}{c} O \\ \\ R - N \end{array}$	nitroso(+I) 亚硝基
$\begin{array}{c} O \\ \\ R_1 - C - C - R_2 \\ \quad \\ R_3 \quad R_4 \end{array}$	urea(-III)脲	$\begin{array}{c} O^- \\ \\ R - N^+ \\ \\ O \end{array}$	nitroso(+III)硝基
$\begin{array}{c} O \\ \\ R_1 - C - C - O - R_2 \\ \\ R_3 \end{array}$	carbamate(-III) 氨基甲酸盐	$\begin{array}{c} O^- \\ \\ H - O - N^+ \\ \\ O \end{array}$	nitrato(+V)(nitrate) 硝酸盐



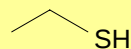
5 含硫官能团 *Sulfur containing functional groups*

- 在有机分子中硫具有很多不同的氧化态（从-2到+6）。硫原子周围可以环绕10个电子（如亚砷）甚至12个电子（如砷、磺酸及衍生物），这种能力使其能够发生同族元素氧所不能发生的氧化还原反应。硫与氧之间另外一个重要的区别是硫的电负性（2.5）比氧要小得多，因此参与形成氢键的能力也弱得多。
- 在含有氧化硫原子的官能团中，最重要的是芳香族磺酸基团。例如线性烷基苯磺酸盐（LAS）。LAS生产和应用量大，每年大于二百万吨。

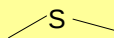


$R = C_{10} \sim C_{13}$
线性烷基苯磺酸盐(LAS)
阴离子表面活性剂

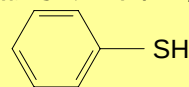
高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



**ethylmercaptan
(ethanethiol)
(odorant, chemical
intermediate)**



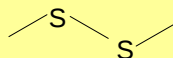
**dimethylsulfide
(solvent, important
biogenic sources)**



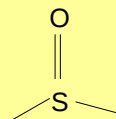
**thiophenol
(chemical
intermediate)**



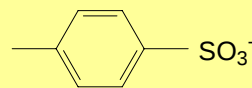
**chlorthiamide
(herbicide)**



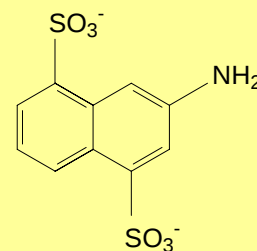
**dimethyldisulfide
(important biogenic
source)**



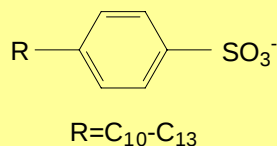
**dimethylsulfoxide
(solvent)**



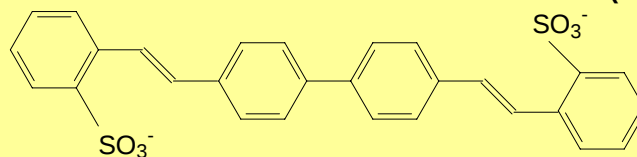
**p-toluenesulfonate
(hardener, stabilizer)**



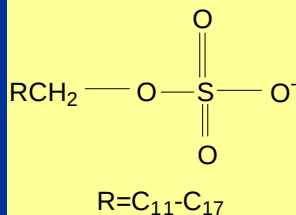
**2-amino-naphthalene-4,8-disulfonate
(azo dye component)**



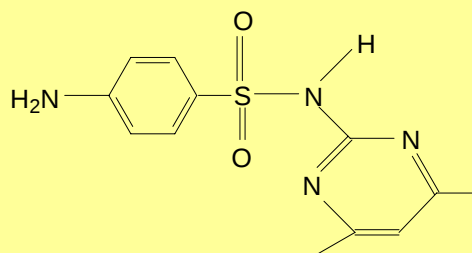
**linear alkylbenzene
sulfonates (LAS)
(surfactants)**



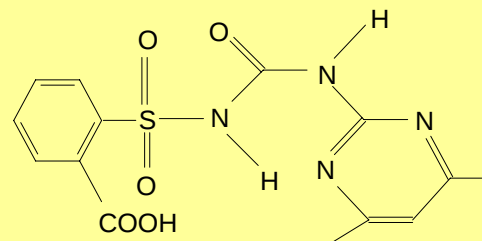
**4,4'-bis(2-sulfoethyl)biphenyl
(DSBP, fluorescent whitening agent)**



**fatty alcohol sulfates (FAS)
(surfactants)**



**sulfadiazine
(a therapeutic drug)**



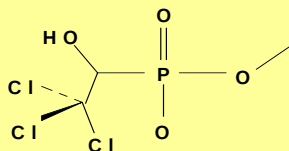
**sulfomethuron
(a "sulfonylurea" herbicide)**



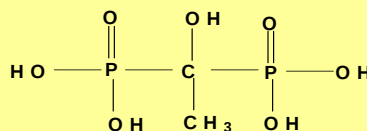
6 含磷官能团 *Phosphorus containing functional groups*

- 理论上虽然磷也像氮一样具有很多氧化态（从-3到+5），但在与环境相关的化学物质中，磷原子主要以氧化的形态出现，即+3和+5。
- 例如：农药、增塑剂、阻燃剂、化学武器，沙林。

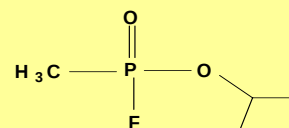
phosphonates



trichloroton
(insecticide)
三氯磷酸酯

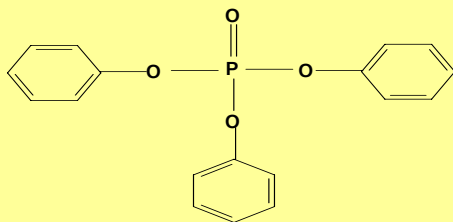


1-hydroxyethyl-
1,1-diphosphonic acid
(HECP, complexing agent)

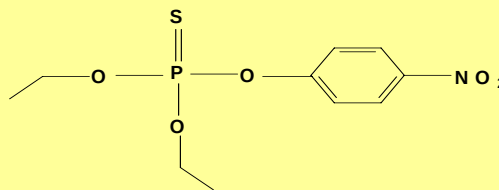


sarin
(nerve poison)
沙林

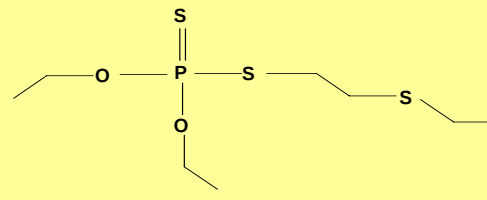
phosphates and thiophosphates



triphenyl phosphate
(plasticizer, fire retardant)



parathion (insecticide, acaricide)



disulfoton
(insecticide, acaricide)



7 新型污染物 *Emerging chemicals*

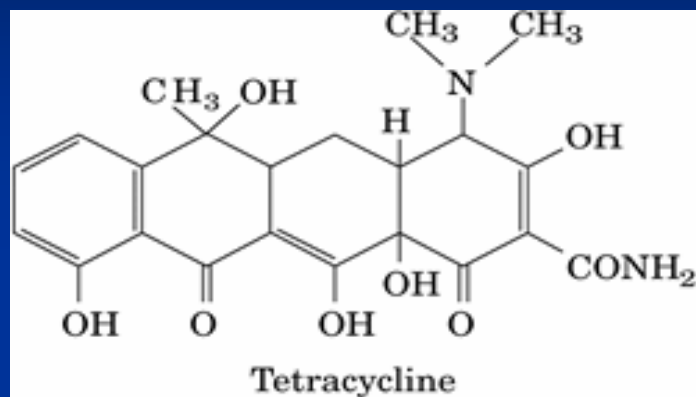
溴取代、氟取代、个人护理品、个人保健品、药物等新型污染物。

《环境化学》第一章绪论

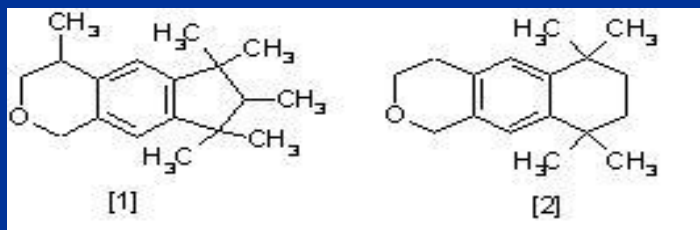
最新考研真题、答案、解析、辅导班课程，访问：www.kaoyancas.net



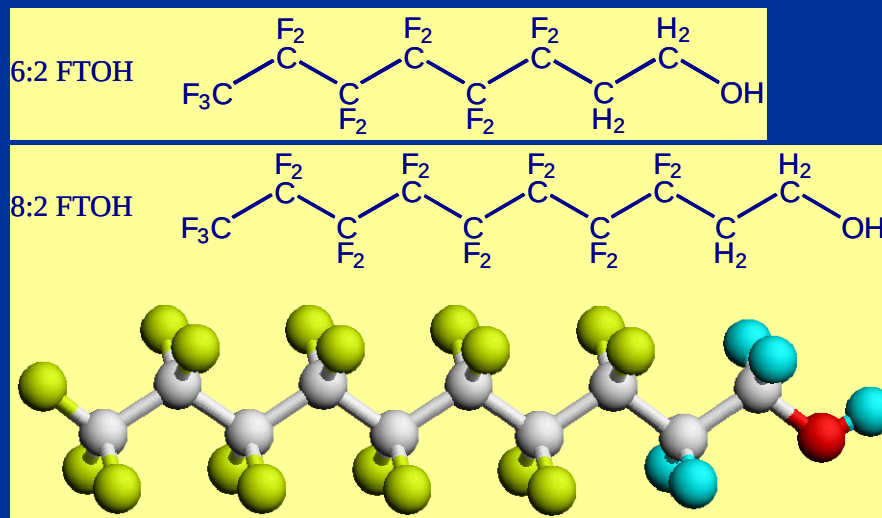
四环素



麝香



FTOHs



全氟取代化合物



POPs : *Persistent Organic Pollutants*

判定标准

- 持久性
- 生物蓄积性
- 毒性
- 挥发性
- 在远距离区域对化学品的测定
- 生物可获得性
- 社会- 经济和其他因素



首批POPs名单

- | | | |
|----|------|----------------------------------|
| ① | 滴滴涕 | DDT |
| ② | 狄氏剂 | dieldrin |
| ③ | 异狄氏剂 | endrin |
| ④ | 艾氏剂 | aldrin |
| ⑤ | 氯丹 | chlordan |
| ⑥ | 七氯 | heptachlor |
| ⑦ | 六氯苯 | hexachlorobenzene (HCB) |
| ⑧ | 灭蚁灵 | mirex |
| ⑨ | 毒杀芬 | camphechlor |
| ⑩ | 多氯联苯 | polychlorinated biphenyls (PCBs) |
| 11 | 二恶英 | dioxins |
| 12 | 呋喃 | furans |

2001年斯德哥尔摩公约
2005年在我国生效