



大连理工大学
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

海纳百川 自强不息 厚德笃学 知行合一

面向“金课”标准的
环境化学课程建设
(负责人说课)

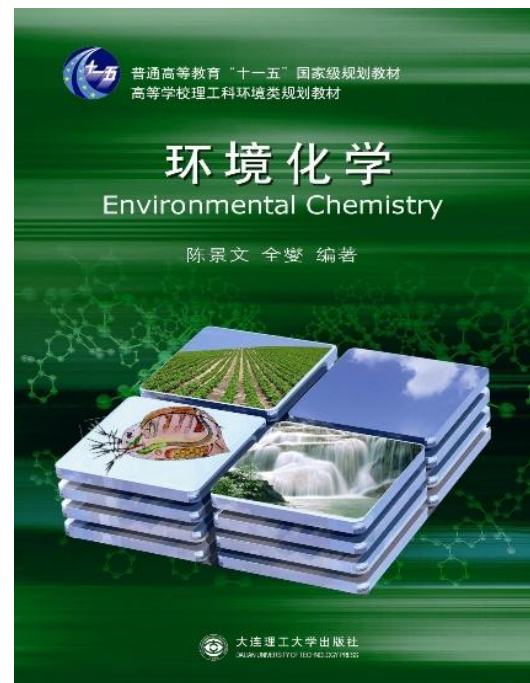
陈景文 (博士、教授)

大连理工大学 环境学院

- 一、课程历程及概述
- 二、课程的资源共享
- 三、教学的建设思路
- 四、课程的教学方法
- 五、建设成效及评价
- 六、课程创新与特色

一、课程历程及概述

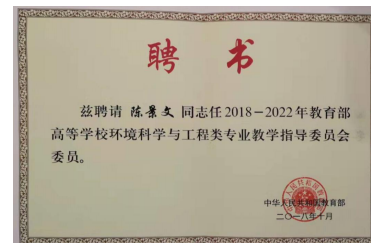
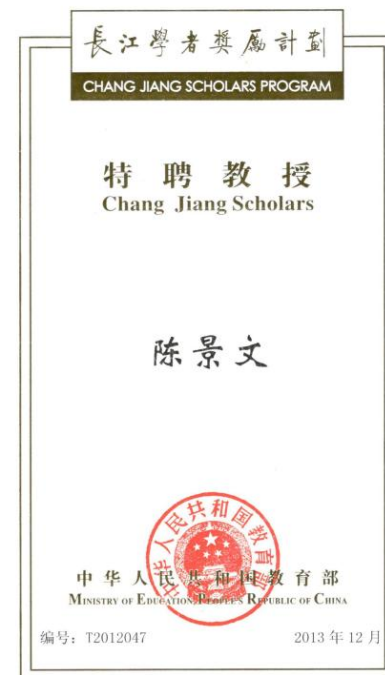
- 1988年：开始设课，杨凤林、全燮负责；1998年至今，陈景文任主讲教师。
- 2004年：环境工程(65人/年)、环境科学(35人/年)，专业基础课；32学时，2学分。
- 2009年：《环境化学》入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材、高等学校理工科环境类规划教材。2010年，获评大连理工大学优秀教材。2018年，获批学校“新工科”系列精品教材的立项支持。
- 2013年12月，“环境化学及实验”入选国家精品资源共享课。



一、课程历程及概述

负责人、主讲：陈景文 博士、教授

- 2013年入选长江学者特聘教授，获国家杰出青年科学基金；2016年入选万人计划科技创新领军人才。
- 主讲“环境化学”，负责“环境科学与工程导论”课、环境与生态实验教学中心建设。
- 2018年，获辽宁省教学成果一等奖(第一完成人)。
- 教育部环境科学与工程类专业教学指导委员会委员(2013-2017, 2018-2022)。



学缘和年龄结构合理的 教学团队

共5人，教授2人、副教授2人，
讲师1人(均为博士)；谢宏彬
入选“兴辽英才”特聘教授。

中国石油和化学工业联合会文件

中石化联人发【2015】410号

关于表彰“全国石油和化工行业教学名师”、“全国石油和化工行业优秀教学团队”

(高等教育)的决定

各石油和化工高等院校：

《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010-2020年）》
实施以来，在国家大力发展职业教育战略方针指引下，我国石油和化工教育事业取得了快速发展。为表彰对我国石油和化工高等教育做出突出贡献的高等院校的一线教师及教学团队，激励和动员广大高校工作者献身教学和科研事业，促进行业科技



谢宏彬(博士、教授)
80年生，美国博士后，
兴辽英才特聘教授



傅志强(博士、讲师)
89年生，加拿大
Alberta大学博士后



李雪花(博士、副教授)
80年生，北九州市立
大学公派留学



乔显亮(博士、副教授)
74年生，南土所博士
美国普渡大学博士后

二、课程的资源共享

“环境化学及实验”

国家精品资源共享课(2013年)



- ▶ 授课PPT、视频等内容，以国家精品资源共享课为载体，在爱课程网开放共享。

(http://www.icourses.cn/sCourse/course_4203.html)

- ▶ 《环境化学》普通高等教育“十一五”国家级规划教材。至2019年，该教材已经重印6次，发行14 000册。被北京师范大学、东北师范大学等近20所高校选为教材。建有对学生开放的题库。



三、课程的建设思路

1. 背景及意义

课程和教材是人才培养和专业建设的核心要素，是立德树人成效这一人才培养根本目标的具体化、操作化。课程和教材虽然是教育的微观问题，解决的却是战略大问题。



教育部高等教育司司长吴岩

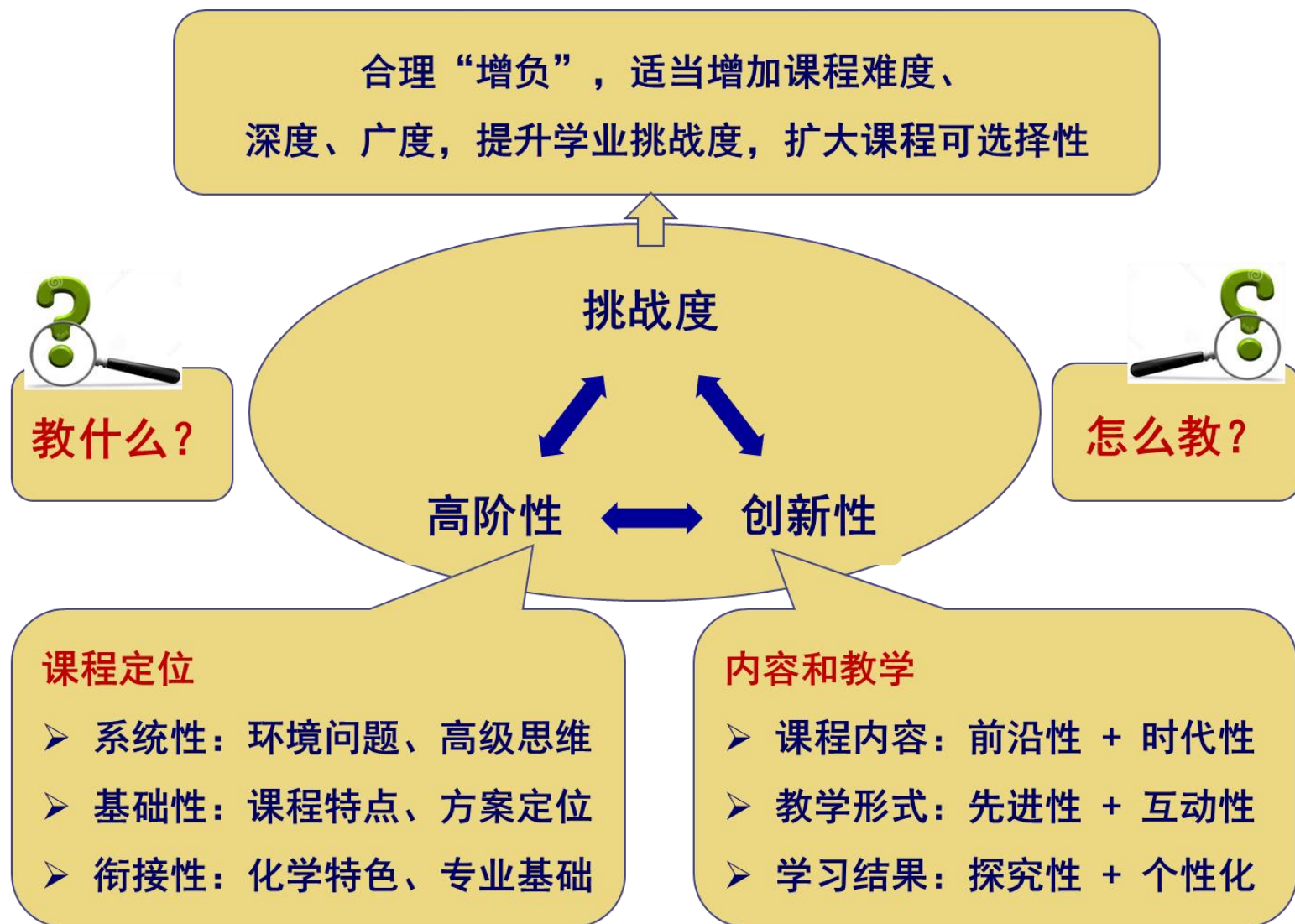
金课的“两性一度”标准



- ◆ **“高阶性”** 知识能力素质有机融合，培养学生解决复杂问题的综合能力和高级思维
- ◆ **“创新性”** 课程内容反映前沿性和时代性，教学形式体现先进性和互动性，学习结果具有探究性和个性化
- ◆ **“挑战度”** 课程有一定难度，需要跳一跳才能够得着，老师备课和学生课下有较高要求

三、课程的建设思路

2. 课程建设目标、核心问题



三、课程的建设思路

3. 建设思路和解决方案

(1) 剖析课程的内涵及外延，明确课程内容和定位

环境化学主要基于化学的理论和方法，结合地学、生物、医学等交叉学科技术，以污染物为研究对象，以解决相关环境问题为目标，是一门研究污染物的甄别与表征、生成与释放、环境赋存与归趋、转化与代谢、毒理效应与健康影响以及污染物削减控制原理与技术的学科。

三、课程的建设思路

(2) 剖析专业人才需求的特点，回答“教什么”问题

环境问题：**复合性**（资源-经济-社会多系统耦合，多种污染物的复合污染，多种解决手段）、**区域性**（不同地理空间、不同区域的生态及污染问题差异）、**多元性**（气、液、固等不同形态不同尺度的污染物）、**行业性**（农业、矿冶、化工、机械、交通等不同行业导致的污染问题迥异）、**潜在性**（影响人体及生态健康的很多污染问题难以直接被观测，涉及暴露、危害性和风险性的评价、预测与防控）、**全球性**（污染物跨界和跨区域迁移、人类命运共同体建设）、**系统性**（需要系统性地预防、控制、修复、评价、管理）

人才需求：学生具有解决复杂环境问题的初步能力，具有提出创造性解决方案的初步能力，培养学生的创新意识、创新思维和创新能力至关重要。

三、课程的建设思路

(3) 将创新能力培养贯穿始终，通过体现系统性、创新性(前沿与时代性)、高阶性、基础性、衔接性的特点，解决“教什么”的问题

➤ 系统性

- 分散的、零星的知识点进行系统化凝练概括和整合，做好基础知识传承、前沿知识的介绍；
- 对地球环境的性质、污染物多介质迁移转化行为和毒理学效应，进行系统性阐释和介绍学.....
- 多介质环境作为一个整体来介绍(第一章 环境介质及性质)，避免内容重复(如光化学行为、水解行为)

第一章 环境介质及性质

Chapter 1. Environmental Media and Their Property

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

第一节 污染物的迁移行为概述

- 一、污染物迁移的概念
- 二、大气中污染物的迁移
- 三、水中污染物的迁移
- 四、土壤中污染物的迁移
- 五、生物相中污染物的迁移

三、课程的建设思路

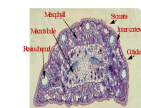
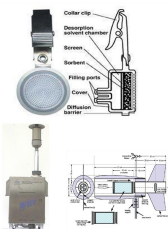
➤ 创新性(前沿性/时代性)

- 科研成果要反哺教学，在内容和知识点方面推陈出新；
- 增加新案例和供学生课外阅读的电子素材，尤其将科研成果转化为案例，讲好生态文明与中国环保故事；
- 介绍环境化学为解决我国复杂环境问题做出贡献的生动案例，调动学生的专业兴趣，使其变“要我学”为“我要学”

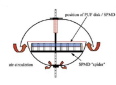
一、挥发

案例2-6

被动采样机理，涉及双膜理论

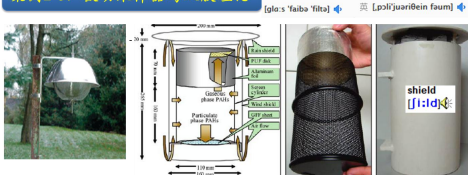


Cross-section of pine needles
Passive air samplers
POINT Sources of PTS
Regional Pollution of PTS



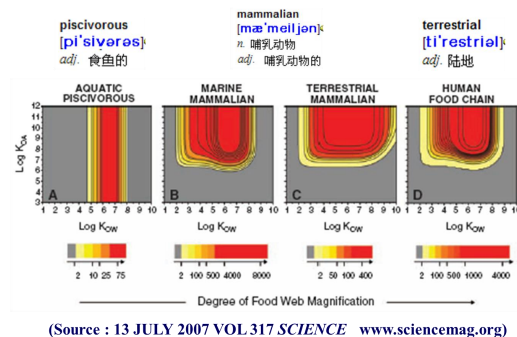
一、挥发

案例2-6: 被动采样器与双膜理论



北京大学, 陶澍院士 Tao Shu, et al. *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 4124-4129, Design of the PAS-GP-II passive sampler with a PUF disk and a GFF as the sampling media for collecting gaseous and particulate phase PAHs, respectively. The two photos are the assembled inside cylinder and the wind-rain shield, respectively.

二、描述吸附分配行为的理化参数



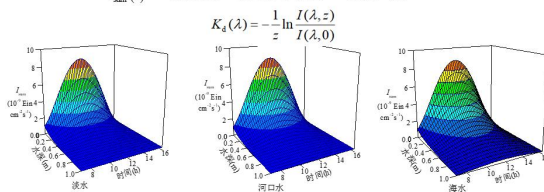
➤ 自然水体中水下光强预测模型

$$K_d(310) = 1.53 \times 10^3 + 1.65 \times 10^3 [\text{Chl-a}] + 1.20 \times 10^{-2} [\text{SMM}] + 6.00 \times 10^{-3} [\text{SOM}] + 6.30 \times 10^{-1} [\text{DOC}]$$

$$K_d(350) = 2.80 \times 10^3 + 1.32 \times 10^3 [\text{Chl-a}] + 1.20 \times 10^{-2} [\text{SMM}] + 1.00 \times 10^{-2} [\text{SOM}] + 6.11 \times 10^{-1} [\text{DOC}]$$

$$K_d(390) = 1.88 \times 10^3 + 9.60 \times 10^{-2} [\text{Chl-a}] + 8.00 \times 10^{-3} [\text{SMM}] + 1.00 \times 10^{-2} [\text{SOM}] + 4.02 \times 10^{-1} [\text{DOC}]$$

$$I_{\text{min}}(t) = 0.00951t^4 - 0.447t^3 + 7.32t^2 - 48.5t + 113$$



注: I 光强; t 时间; $[\text{Chl-a}]$ 叶绿素浓度; $[\text{SOM}]$ 悬浮有机颗粒物浓度; K_d 光学衰减系数。

四、土壤中污染物的迁移

案例2-2

超积累植物 (hyperaccumulator)

对重金属吸收量较大, 并能将其运移贮藏到地上部, 且地上部重金属含量显著高于根部。这类植物地上部的重金属含量是常规植物的10-100倍以上。目前已发现的超积累植物近400种。(摘自方其仙, 李元, 祖艳群. 重金属超积累植物及其在生态修复中的应用)

我国发现的几种超积累植物



三、课程的建设思路

➤ 高阶性

- 将知识、能力、素质教育进行有机融合，培养学生解决复杂环境问题的综合能力和高级思维。
- 创新增列了新习题和思考题(建有开放性的题库)，一些习题设置了比较复杂的环境和现实情境。
- 反映学科发展新成果，增加了环境计算化学与毒理学、多介质环境模型等具有高阶性、系统性特点和需要比较复杂计算的高端性内容。……

二、描述吸附分配行为的理化参数

气相反应速率
 辛醇-水分配系数
 生物降解性
 熔点、沸点、蒸气压
 水溶解度(两种方法)
 亨利常数
 辛醇-空气分配
 有机碳吸附系数
 生物蓄积性
 水解反应速率常数
 短链生物降解半衰期
 皮肤渗透系数
 生态毒性

<https://www.epa.gov/tsc-screening-tools/epi-suite/estimation-program-interface>

一、环境模型

1. 模型

- 模型：为特定目的而对认识对象所做的一种简化的描述，内在本质、规律和联系
- 概念模型、物理模型、数学模型
- All models are wrong, but some are useful ; “仅在需要的时候，才应增加模型的复杂性”

ES&T, 44:8361

三、平衡和稳态计算

Solution for (2) $K_H = 550 \text{ Pa m}^3/\text{mol}$, $T = 298 \text{ K}$, $\log K_{oc} = 1.78 \text{ L/kg}$, $y_{OC} = 0.05$, $\log BCF = 1.00 \text{ L/kg}$

Mass balance equation
 Total amount = sum of amounts in each phase
 $2 \text{ mol} = V_A C_A + V_W C_W + \rho_S V_S C_S + \rho_B V_B C_B = 100C_A + 60C_W + 15C_S + 20C_B$

Phase equilibrium equations
 $K_H = p_A/C_W$ and $p_A = C_A RT$
 $K_{OC} y_{OC} = C_S/C_W$
 $BCF = C_B/C_W$

三、课程的建设思路

➤ 基础性、衔接性、特色性

- **基础性：**基本概念和原理要讲述透彻，使学生打下坚实知识结构基础 [基本概念/原理(如 K_{OW} , K_{OA} , S_w , $P...$ 等分配系数及应用; 平衡、稳态/非稳态; 环境化学动力学、平流层化学、环境光化学、环境模型.....), 为后续课程和研究生阶段的学习奠定基础。
- **衔接性：**解决好环境化学与其它课程(环境地学、环境生态学、生物化学、环境毒理学等)、与高中和研究生阶段内容的衔接。
- **特色性：**侧重化学污染物多介质行为、毒理效应及风险防控。

二、描述吸附分配行为的理化参数

案例 2-8

持久性有机污染物长距离迁移的蚱蜢跳效应

High latitudes deposition > evaporation
Mid-latitudes seasonal cycling of deposition and evaporation
Low latitudes evaporation > deposition

grasshopper
[grɑːʃɒpə(r); (US) ˈgræʃəpər]
n. 蚱蜢, 蝗虫, 小型侦察机

volatile
[ˈvɒlətaɪl]
adj. 飞行的, 挥发性的, 可变的, 不稳定的, 轻快的, 爆炸性的
n. [现罕]有翅的动物, 挥发物

latitude
[ˈlætɪtjuːd]
n. 纬度, 范围, (用复数)地区, 行动或言论的自由(范围)

The "Grasshopper" Effect: Pathways and Processes involved in the long-range transport of semi-volatile Persistent Organic Pollutants (POPs)

二、平衡和稳态

➤ **稳态 (Steady state)**
derivative [dɪˈrɪvətɪv]
Properties are independent of (or constancy with) time, i.e., all time derivatives are zero.
所研究体系中各个相的性质和状态是恒定的, 不随时间变化 (如果某个环境系统随着时间变化相对缓慢, 也可以近似看作稳态)

➤ **平衡 (Equilibrium)**
Phases have concentrations (or temperatures or pressures) such that they experience no tendency for net transfer of mass.
每一相的浓度(或温度、压力)保持稳定, 而且化合物没有在各相间发生质量净迁移的趋势

三、生物积累

$$\frac{dc_i}{dt} = k_{wi}c_w + \alpha_{i,i-1}W_{i,i-1}c_{i-1} - (k_{ei} + k_{gi})c_i$$

当 $t \rightarrow \infty$ 时, $\frac{dc_i}{dt} = 0$

$$c_i = \left(\frac{k_{wi}}{k_{ei} + k_{gi}}\right)c_w + \left(\frac{\alpha_{i,i-1}W_{i,i-1}}{k_{ei} + k_{gi}}\right)c_{i-1}$$

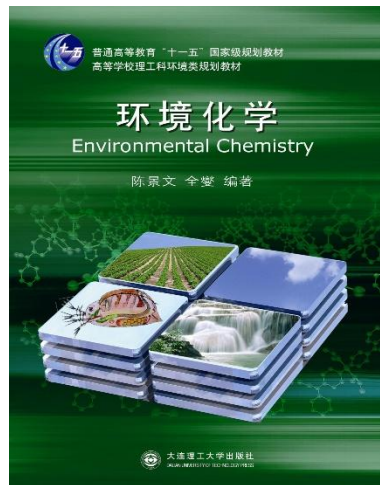
$$c_i = c_{wi} + c_{pi}$$

$$\frac{c_{pi}}{c_{i-1}} = \frac{\alpha_{i,i-1}W_{i,i-1}}{k_{ei} + k_{gi}}$$

通常 $W_{i,i-1} > k_{gi}$, 对于同种生物, k_{ei} 越小, $\alpha_{i,i-1}$ 越大的物质, 生物放大越显著。

c_w -- 生物生存的水环境中某物质浓度
 c_i -- 食物链*i*级生物中某物质的浓度
 c_{i-1} -- 食物链*i-1*级生物中该物质的浓度
 $W_{i,i-1}$ -- *i*级生物对*i-1*级生物的摄食率
 $\alpha_{i,i-1}$ -- *i*级生物对*i-1*级生物中该物质的同化率
 k_{wi} -- *i*级生物对该物质的吸收速率常数
 k_{ei} -- *i*级生物体中该物质的消除速率常数
 k_{gi} -- *i*级生物的生长速率常数

三、课程的建设思路



第一章 环境介质及性质

Chapter 1 Environmental Media and Their Properties

- 第一节 自然环境(Natural Environment)
- 第二节 大气圈(Atmosphere)
- 第三节 水圈 (Hydrosphere)
- 第四节 土壤圈(Pedosphere)
- 第五节 环境问题(Environmental Problems)

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

第二章 化学污染物的迁移行为

Chapter 2. Transport of Chemical Pollutants

- 第一节 污染物的迁移行为概述 (Outline)
- 第二节 挥发和沉降 (Volatilization and Deposition)
- 第三节 界面吸附与分配 (Adsorption and Partition)

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

第三章 化学污染物的转化行为 Chapter 3. Transformation of Chemical Pollutants

- 第一节 光化学转化 (Photochemical Transformation)
- 第二节 典型无机污染物的转化行为 (Transformation of Typical Inorganic Pollutants)
- 第三节 有机污染物的化学转化 (Chemical Transformation of Organic Pollutants)
- 第四节 有机污染物的生物转化 (Biodegradation of Organic Pollutants)
- 第五节 简单计算：多介质迁移归趋 (Multimedia Transfer and Fate)

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

第四章 污染物的生态毒理 Chapter 4. Ecotoxicology of Pollutants

- 第一节 毒理学与生态毒理学
- 第二节 吸收、分布、代谢、排泄
- 第三节 生物富集、放大与积累
- 第四节 污染物生物转化
- 第五节 毒物、毒性
- 第六节 化学品污染的生态风险性

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

第五章 典型化学污染物及来源 (Chapter 5 Representative of Chemical Pollutants)

- 第一节 重金属、非金属及其化合物
- 第二节 有机污染物
- 第三节 化学污染物的源解析技术

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

四、课程的教学方法：怎么教？

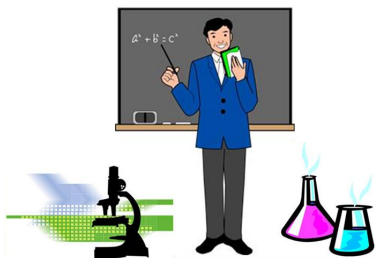
理念及总体方法：综合采用案例式和研讨式教学

如何教和学：教为不教 ↔ 学为会学

学习内容多：被动学习 → 主动学习

知识更新快：显性知识 → 隐性知识

关键在能力：学习知识 → 锻炼能力





四、课程的教学方法：怎么教？

1. 描述性、易理解的内容，精心组织自学 (第一章 + 第五章)，课程报告 + 教师点评保证学习质量

环境化学课程报告的实施办法

(1) 报告内容。在自学第一章和第五章的基础上，做课程报告 2 次。2 次课程报告占用课外 8 学时。

(2) 每次安排 9-10 个题目(环境工程、环境科学专业)，所有同学自由成组，每组人数 9-11 人。每组可包括组长 1 人，报告人 1-2 人，现场报告组织者 1 人。10 个组长报名，组员向各个组长报名。组长在报名时确定报告题目。

(3) 各组的 PPT 经过互评，助教和教师审读修改后，方可允许进行报告。

(4) 课程报告的成绩计入期末总成绩，占期末总成绩的 10%。课程报告成绩由两部分决定：① “同行评议”，10 组同学每组出一个代表给做报告的同学打分，最后去掉最高和最低分的平均分，为做课程报告组同学的得分；② 组内成员互评。评分表见附件 1。

(5) 总结表彰。每学期课程学习结束后，对于学习表现优秀的同学给予表彰，奖励类型有：课程报告卓越奖(课程报告得分高的团队组长或者报告者)、PPT 优胜奖(课程报告 PPT 做到清、雅、达的同学)、课程报告挑战奖(积极参与课程报告、成绩优秀的团队组长或者报告者)。课程学习结束后，邀请所有同学参加“环境化学课程学习总结表彰会”，向上述获奖者颁发证书、奖品，并座谈对环境化学课程建设的建议。此外，还设立环境化学课程学习优异奖(期末成绩最高的同学，或者分数在 95 分以上的同学)。

(6) 本课程对同学的课程报告进行录像存档，优秀的课程报告，在本课程的网站上发布。

环境化学课程报告的评分标准(评分表见附件 1)

(1) 时间掌控合理，原则上每个报告的最长时间为 15 分钟，超出时间将被停止。(10%)

(2) 逻辑清晰，有独到的见解，调动同学的兴趣。经过了归纳、总结、凝练，引导同学对所提出的问题进行讨论，包括同学的提问、报告者向听众的提问和讨论等。提问和讨论的内容可以是问题、评述和建议等。(30%)

(3) 严格依据老师指定的报告题目，介绍基本概念、原理，并准确地使用专业术语，使其他同学能听得懂。尤其是教材中相对应的基本概念、原理要讲透彻。可查阅文献资料，作为课程报告的案例，所选的案例，仅限附件 3 所列部分期刊上发表论文的相关内容。(20%)

(4) 注重版权保护，不抄袭别人现成的内容(本课程的 PPT 课件除外)，引用其他人的内容要标注。(10%)

(5) PPT 清、雅、达，讲解清晰。(20%)

(6) 鼓励用英文做 PPT，解释关键词，让听众懂。(5%)

(7) 体现了整个团队的工作，PPT 中介绍各个成员的分工。(5%)

四、课程的教学方法：怎么教？

1. 描述性、易理解的内容，精心组织自学 (第一章 + 第五章)，课程报告 + 教师点评保证学习质量

2019年环境化学课程报告分组情况(第一次)

2019年4月 综合教学一号楼

组别	题目	组长	组长联系方式	组员
第一组	列举几种典型的无机污染物(重金属3种以上、无机非金属化合物1-2种),说明其主要来源、环境行为(迁移和转化)和危害。	甄文琪	2604982129	穆妮热、朴世元、薛晨阳、闫黎明、林宇星、曾若、高振翔、孟凡东、张懿丹、章子寒
第二组	什么是持久性有机污染物(POPs), POPs的判别标准是什么?最新的POPs清单包括哪些类型的污染物,其来源包括哪些?如何预防和控制POPs污染?	田雅宁	1150767644	艾合麦提、卢治宇、路瑞琪、杨茹影、王浩博、李程颖、刘浏、杨久帅、丁海霞、陶思茹、朱冠声
第三组	论述毒性机理,例如:什么是环境内分泌干扰物?什么是三致效应?其机理是什么? POPs有哪些毒理学效应?	李玥	18098861509	李明翰、李想、代祎、闫永全、孟翰林、王祎纯、张欣怡、闫菲菲
第四组	PAHs、PCBs、PBDEs、PFOS、PFQA、PCDD和PCDF分别指代什么化学污染物?这些污染物的分子结构、环境行为、毒理效应。	田欣	18042659909	吕杭州、王柔冀、杨婧、杨颖、郑茹、李琪、周梦洁、吕建辉、边普、陈振鹏
第五组	举例说明几种典型的有机氯农药的结构、性质、环境行为和毒理效应。	刘畅	924800345	房皓、冉保子、赵博、陈欢、孟嘉宇、刘钰沁、哈玺、金花、陈雨萌、夏婧瑄
第六组	物质通过生物膜的方式主要有哪几种?如何定义?分别有何特点?简述物质进入生物体后的ADME过程。	刘旺	1214263870	孟铭浩、海永生、于灏楠、王智、常宇睿、杨学光、李甫正、丛容非、宋开望
第七组	何为剂量-反应关系和剂量-效应关系?影响毒物毒性的因素有哪些?哪些指标可以量化毒物毒性大小?	白健冬	15542305629	戴吉轩、李明睿、龙诗琴、夏惠奕、石鑫、周端迪、满容赫、王思宇、周浩、杨丽娜
第八组	什么是生物富集、生物放大和生物积累?它们的区别和联系?影响生物富集因子的因素有哪些?生物富集因子和正辛醇/水分配系数(KOW)之间有什么关系?如何推导生物积累的动力学。	焦琛	1193698659	程武杰、王波、源思浩、姜金灿、付鸿泽、彭小珂、张生璞、朱占敖
第九组	论述:有毒有机污染物在生物体内能发生哪些变化(MFO酶系、I相反应II相反应)。	池勾剑	13130022676	刘宇涵、邹煜洋、王喆、崔源源、张竟越、吴思颐、马拉提、别列斯汗

附件1 环境化学课程评分表


1-1 组内自评

- 您是第()组成员,姓名(),学号()
- 在下表找到自己所在组,明确组内人员对应编号,按此编号在“3”中为其打分

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
第一组	吕杭州	田欣	边普	郑茹	李琪	王柔冀	林宇星	吕建辉	周梦洁		
第二组	杨久帅	章子寒	王智	孟凡东	严黎明	张欣怡	夏婧瑄	曾若	张懿丹	高振翔	王祎纯
第三组	房皓	冉保子	赵博	陈欢	刘畅	孟嘉宇	哈玺	陈雨萌	刘钰沁		
第四组	孟铭浩	宋开望	丛容非	李甫正	常宇睿	陈振鹏	海永生	于灏楠	杨学光		
第五组	田雅宁	王浩博	杨茹影	路瑞琪	刘浏	李程颖	艾合	朱冠声	卢治宇		
第六组	李玥	代祎	闫菲菲	于海霞	陶思茹	李想	李明翰	刘旺	孟翰林		
第七组	甄文琪	穆妮热	朴世元	薛晨阳	金花	杨颖	闫勇全				
第八组	白健冬	戴吉轩	李明睿	龙诗琴	石鑫	满容赫	王思宇	夏惠奕	周端迪	周浩	
第九组	池勾剑	马拉提、别列斯汗	王波	程武杰	张生璞	刘宇涵	朱占敖	邹煜洋	甘子龙		
第十组	杨丽娜	崔源源	姜金灿	付鸿泽	源思浩	张竟越	王喆	彭小珂	吴思颐	焦琛	

- 请为组内对应编号成员打分(每个人的打分必须在7-10分内正态分布;必须覆盖最高分和最低分,否则无效;统计组内成员得分时,去掉一个最高分,一个最低分)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

环境化学及实验国家精品课程  大连理工大学

环境化学课程报告


环境化学课程报告题目写在这里

报告人: ****

组长: ***** 助教: *****

组员: *****

时间 地点

环境化学及实验国家精品课程  大连理工大学

环境化学课程报告

致谢!

常怀感恩之心, 写出对你帮助的人(尤其是研究工作及本报告的工作)的感谢的话!

时间 地点

四、课程的教学方法：怎么教？

1. 描述性、易理解的内容，精心组织自学 (第一章 + 第五章)，课程报告 + 教师点评保证学习质量





四、课程的教学方法：怎么教？

2. 研究成果/前沿性成果转化为案例(教材章节)，讲好生态文明与环保故事，培养学生专业认同感、专业兴趣、自学兴趣

四、土壤中污染物的迁移

案例2-2

超积累植物 (hyperaccumulator)

对重金属吸收量较大，并能将其运移贮藏到地上部，且地上部重金属含量显著高于根部。这类植物地上部的重金属含量是常规植物的10-100倍以上。目前已发现的超积累植物近400种。（摘自方其仙, 李元, 祖艳群. 重金属超积累植物及其在生态修复中的应用）

我国发现的几种超积累植物



蜈蚣草(As)



东南景天(Zn)



商陆(Mn)



龙葵(Cd)

四、土壤中污染物的迁移

案例2-3

dx.doi.org/10.1021/es304115c1 Environ. Sci. Technol. 2013, 47, 5813–5820

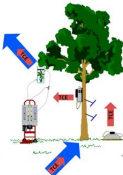


ethylene
乙烯 [ēthēn] n. 乙烯

Volatilization of Trichloroethylene from Trees and Soil: Measurement and Scaling Approaches

William Doucette,^{1*} Heather Klein,¹ Julie Chard,¹ Ryan Dupont,¹ William Plehn,² and Bruce Bugbee²
¹Utah Water Research Laboratory, Utah State University, 8200 Old Main Hill, Logan, Utah 84322-8200, United States
²Parsons, 1700 Broadway, Suite 900, Denver, Colorado 80202, United States

ABSTRACT: Trichloroethylene (TCE) volatilization from leaves, trunk, and soil was measured to assess the significance of these pathways from phytoremediation sites at Travis and Fairchild Air Force Bases. Measurements were scaled temporally and spatially to estimate the annual volatilization of TCE at the Travis (0.82 ± 0.51 kg/yr) and Fairchild sites (0.014 ± 0.008 kg/yr). Volatilization was primarily through the leaf (0.34 ± 0.16 kg/yr at Travis and 0.01 ± 0.06 kg/yr at Fairchild) and soil (0.48 ± 0.36 kg/yr at Travis, 0.003 ± 0.002 kg/yr at Fairchild) pathways.



四、土壤中污染物的迁移

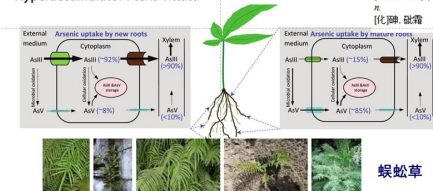
案例2-4



Environ. Sci. Technol. 2011, 45, 9719–9725

arsenite
[ˈɑːsɪnaɪt] n. 亚砷酸盐
arsenic
[ˈɑːsɪnɪk] n. 砷, 砷毒

Mechanisms of Efficient Arsenite Uptake by Arsenic Hyperaccumulator *Pteris vittata*



蜈蚣草

四、土壤中污染物的迁移



Environ. Sci. Technol. 2015, 49, 4773–4780

Feature
pubs.acs.org/est

Agromining: Farming for Metals in the Future?

Antony van der Ent,^{1,2,*} Alan J. M. Baker,^{1,2,3} Roger D. Reeves,⁴ Rufus L. Chaney,⁵ Christopher W. N. Anderson,⁶ John A. Meacham,^{1,4b} Peter D. Erskine,¹ Marie-Odile Simonnot,⁶ James Vaughan,⁷ Jean Louis Morel,⁸ Guillaume Echevarria,⁹ Bruno Fogliani,¹⁰ Qu Rongliang,¹ and David R. Mulligan¹

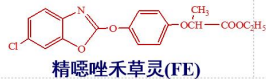


Phytomining technology employs hyperaccumulator plants to take up metal in harvestable plant biomass. Harvesting, drying and incineration of the biomass generates a high-grade bio-ore. We propose that “agromining” (a variant of phytomining) could provide local communities with an alternative type of agriculture on degraded lands; farming not for food crops, but for metals such as nickel (Ni).

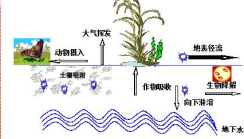
一、基本概念

案例3-2

一些污染物可通过光化学转化生成持久性、毒性更大的物质



- 防除禾本科杂草的高效茎叶选择性除草剂
- 中国用量：>100 t/y

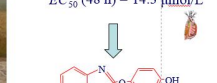
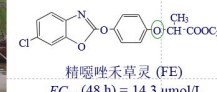


大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

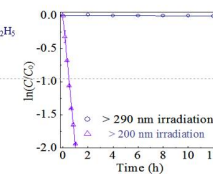
一、基本概念

案例3-2

光化学转化生成环境持久性和毒性更大物质



噁唑酚的光解动力学
λ > 290 nm: 噁唑酚不光解



大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

四、课程的教学方法：怎么教？

2. 研究成果/前沿性成果转化为案例(教材章节), 讲好生态文明与环保故事, 培养学生专业认同感、专业兴趣、自学兴趣

一、基本概念

案例3-2

1. 对苯二酚 EC_{50} (48 h) = $2.4 \mu\text{mol/L}$
2. 噁唑酚 EC_{50} (48 h) = $6.0 \mu\text{mol/L}$
3. 精噁唑禾草灵 EC_{50} (48 h) = $14.3 \mu\text{mol/L}$
4. 6-氯苯并噁唑酮
5. 精噁唑禾草灵酸
6. 2-(4-羟基苯氧基)丙酸乙酯
7. 2-(4-羟基苯氧基)丙酸

精噁唑禾草灵及其降解产物对大型溞急性毒性剂量效应曲线

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

一、基本概念

案例3-3 氯霉素类抗生素在河湖、滨海湿地不同水环境中光转化动力学和途径不同, 导致生态风险

日光模拟日光: 甲氧霉素(a)和氯甲氧霉素(b)只在河水/湖水中发生光降解(纯水、海水), 河口积累

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

七、天然水中的污染物的光化学转化

案例3-8

通过DFT计算激发态分子与溶解性物质的电子/能量转移反应, 构建了水环境光化学反应途径的**虚拟筛选模型**

防晒剂 PBSA

实验验证

S. Y. Zhang, J. W. Chen*, X. L. Qiao, et al. *Environ. Sci. Technol.* 2010, 44:7484

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

四、配合平衡

案例3-10 环丙沙星和重金属离子的配合作用

Cu(II)
 $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 3d^9$

- An important trace element
- [Cu(II) ion]: $1 \sim 10^{-6} \mu\text{mol/L}$
- Strong complexing ability

Ciprofloxacin (CIP)

> Ciprofloxacin has four dissociation sites (pK_a values), five dissociation species depending upon pH values

> Three O and three N atoms, may complex with metal ions

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

一、酸碱解离

案例3-13 环丙沙星的不同解离形态具有截然不同的环境光化学转化途径、产物和反应动力学

环丙沙星 (CIP)

X. X. Wei, J. W. Chen*, Q. Xie, et al. *Environ. Sci. Technol.* 2013, 47, 4284-4290

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

二、水解反应

案例3-18 Prediction of Hydrolysis Pathways and Kinetics for Antibiotics under Environmental pH Conditions: A Quantum Chemical Study on Cephadrine

two hydrolyzable groups

two ionization states

two isomers

two nucleophilic attack directions

H. Q. Zhang, H. B. Xie, J. W. Chen*, et al. *Environ. Sci. Technol.* 2015, 49:1552

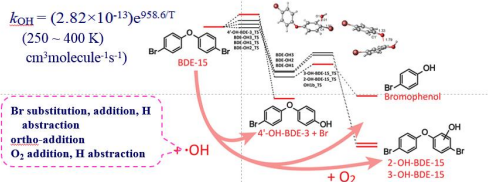
大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

四、课程的教学方法：怎么教？

2. 研究成果/前沿性成果转化为案例(教材章节), 讲好生态文明与环保故事, 培养学生专业认同感、专业兴趣、自学兴趣

三、自由基或者活性氧所引发的氧化降解

案例3-19 基于密度泛函理论(DFT)计算揭示气相污染物·OH光氧化的途径和动力学: BDE-15



Two pathways leading to formation of HO-PBDEs: (a) Br substitution by ·OH, and (b) abstraction of H gem to ·OH in BDE-OH adducts by O₂.

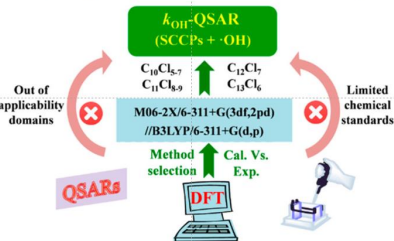
J. Zhou, J. W. Chen*, C. H. Liang, et al. *Environ. Sci. Technol.* 2011, 45: 4893

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

三、自由基或者活性氧所引发的氧化降解

案例3-20 QSAR Modeling. The following optimum QSAR model for $\log k_{OH}$ prediction ($T = 298 \text{ K}$) was obtained:

$$\log k_{OH} = 5.057SPH + 1.167Q_C - 13.991\eta - 12.186$$



C. Li, H. B. Xie, J. W. Chen*, et al. *Environ. Sci. Technol.* 2014, 48:13808

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

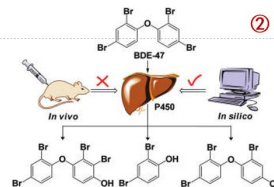
四、有毒有机污染物的生物转化

案例4-1

ENVIRONMENTAL
Science & Technology

Computational Toxicological Investigation on the Mechanism and Pathways of Xenobiotics Metabolized by Cytochrome P450: A Case of BDE-47

Xinghao Wang,^{1,2} Yong Wang,¹ Jingwen Chen,^{1,2} Yujin Ma,¹ Jing Zhou,¹ and Zhiqiang Fu¹



在细胞色素P450酶的活性中心 Compound I的催化下, PBDE能被转化为HO-PBDEs; 该研究采用密度泛函理论(DFT)计算, 揭示了反应的具体路径。

大连理工大学“环境化学及实验”国家精品课

一、污染物迁移的概念

平流(advection): 环境介质携带迁移, 具有特定方向性

沉降(settling, deposition) advection
埋藏(bury) [əd'vekʃən]

再悬浮(resuspension)

挥发(evaporation) suspension

生物种群携带 [sə'spenʃən]

吊, 悬浮, 悬浮液, 暂停, 中止, 悬而未决

扩散(diffusion): 污染物分子运动迁移

环境介质内部分子扩散(molecular diffusion)

湍流/涡流扩散(turbulent/eddy diffusion)

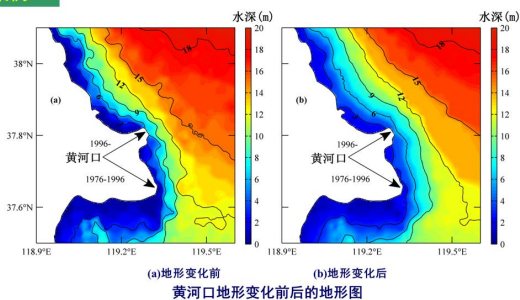
非稳态扩散(unsteady-state diffusion)

环境介质间扩散



三、水中污染物的迁移

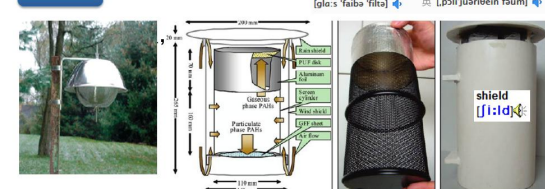
案例2-1



自: 沈永明教授 SLOE Ceo 海岸和近海工程国家重点实验室(大连理工大学)

一、挥发

案例2-6



北京大学, 陶澍院士 Tao Shu, et al. *Environ. Sci. Technol.* 2009, 43, 4124-4129, Design of the PAS-GP-II passive sampler with a PUF disk and a GFF as the sampling media for collecting gaseous and particulate phase PAHs, respectively. The two photos are the assembled inside cylinder and the wind-rain shield, respectively.



四、课程的教学方法：怎么教？

3. 严格要求/训练，保持适度作业量；反映实际的问题，培养学生的系统思维和解决复杂环境问题的能力，题库建设

大连理工大学 环境学院

环境化学 学生作业

学生姓名：_____ 学号：_____ 班级：_____ 专业：_____

作业要求：

(1) 写在 A4 纸上，上下左右周边各空 2.5 厘米，用钉书钉左上角装订。作业必须手写，不能打印，要求字迹工整。具体见作业模板。

(2) 完成某些作业需要阅读一定量的文献资料，这些文献资料或由教师指定，或者学生自行检索查找，作业上要注明参考的资料来源(参考我校本科毕业论文的文献标注要求)。

(3) 每个人的作业，都要写上作业题目。如发现抄袭雷同者，需要面谈测试，然后抄袭和被抄袭者均零分，需要重新写作业。

(4) 作业由任课教师评阅给分。作业批阅后，返给学生；学生对成绩不满意，可以找任课教师讨论，亦可申请重新完成作业 1 次，然后以新批阅的得分计入总成绩。

2018年5月31日上午10点，生态环境部召开5月份例行新闻发布会，在回答记者提问环节中，人民日报记者提出“2017年74城市臭氧作为首要污染物天数占到了43.1%，针对臭氧污染，生态环境部会有一些措施吗？”生态环境部环境监测司刘志全司长表示，当前O₃污染问题凸显的主要原因：一是前体物NO_x和VOCs排放量大，尤其是VOCs排放来源多、分散，尚未得到有效控制；二是高温、强光照天气；三是O₃性质活跃、生成机理复杂，NO_x和VOCs减排过程中也可能因比例问题导致O₃浓度上升；四是长期以来全球和区域O₃浓度背景值持续上升。刘志全司长表示，下一步将不断加强对O₃污染的治理和管控。现在正在加快步伐，加大治理的力度，不仅仅是工业、还有生活的，包括装修涂料、餐饮，都是VOCs排放，所以它是量大面广，治理起来是有一个过程。你认为刘志全司长给出的O₃污染问题凸显的主要原因是否合理并论述理由。



四、课程的教学方法：怎么教？

3. 严格要求/训练，保持适度作业量；反映实际的问题，培养学生的系统思维和解决复杂环境问题的能力，题库建设

3. 转化是化学品风险评价中必须考虑的环境过程，一方面，化学品在环境中转化的动力学决定了化学品在环境中的持久性；另一方面，在转化过程中，化学品还可能会生成比母体化合物毒性更大的产物，因此，转化产物的毒性评估也是化学品风险评价需要考虑的方面。假定你要对磷酸三苯基酯(结构如图 2 所示)进行环境风险评价，已知磷酸三苯基酯是目前禁用的多溴联苯醚的一种替代品，已经在水体和大气中检出，论述你需要考虑哪些转化行为来评价它的持久性和产物。(10 分)

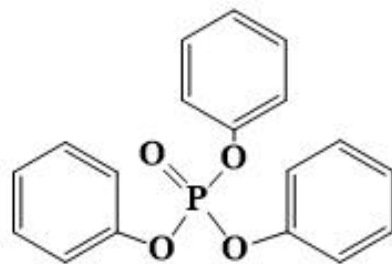


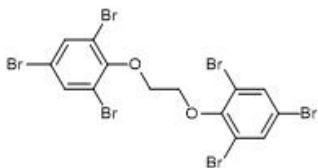
图 2



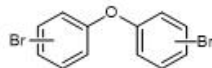
四、课程的教学方法：怎么教？

3. 严格要求/训练，保持适度作业量；反映实际的问题，培养学生的系统思维和解决复杂环境问题的能力，题库建设

合成化学品被认为是人体和生态健康的重大风险源。一些化学品已经被列入《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》而被限制使用，例如一些多溴联苯醚(PBDEs)类阻燃剂。为了满足市场需求，一些替代化学品被生产和使用。然而，对替代化学品，也需要进行危害性评价。1,2-双(2,4,6-三溴苯氧基)乙烷(BTBPE),就是 PBDEs 的一种替代品,图 2 所示为 BTBPE 与 PBDEs 的分子结构。



BTBPE



PBDEs

图 2. BTBPE 和 PBDEs 的分子结构示意图

- (1) 仅从技术角度考虑,你需要从哪些方面来判断 BTBPE 替代 PBDEs 是否为一次“遗憾”的替代? (也就是判别 BTBPE 是不是持久性有机污染物)
- (2) 在分析前述问题的时候,需要收集 BTBPE 哪些方面的物理化学参数、环境行为参数和毒理学效应参数,来支持你的评价工作?

有研究发现多氯联苯-153 (简称: PCB-153; 图 3) 在中国东海的浓度冬天高于夏天,深入分析发现 PCB-153 亨利定律常数随水温的变化是 PCB-153 浓度季节变化的主要原因。PCB-153 在典型夏季温度($T = 25^{\circ}\text{C}$)和冬季温度($T = 4^{\circ}\text{C}$)的亨利定律常数分别是 $52.8 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ 和 $6.5 \text{ Pa} \cdot \text{m}^3/\text{mol}$ 。假定测得的海水中东海上空大气 PCB-153 的浓度分别是 $153.4 \text{ pg}/\text{m}^3$, $2.08 \text{ pg}/\text{m}^3$, 并且水温和大气温度相同。计算分析在夏天和冬天 PCB-153 的迁移方向?

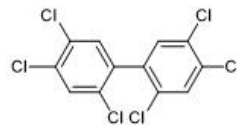


图 3. PCB-153 的结构示意图

有一个完全混合的面积为 10^5 m^2 , 深为 10 m 且不含有任何污染物质的湖泊,排入含有浓度为 $0.02 \text{ mol}/\text{m}^3$ 某化学品的废水,废水的流速为 $10^4 \text{ m}^3/\text{d}$, 还有 $200 \text{ mol}/\text{d}$ 该化学品的直接输入。该化学品在湖泊内以一级反应速率常数为 $10^{-2} /\text{h}$ 的速度反应,以速率为 $(10^{-4}c) \text{ mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 的挥发速率挥发(c 代表水中该化学品的浓度),在水中的生物降解半减期为 100 h 。该降解过程符合一级反应动力学。同时它也被流速为 $5000 \text{ m}^3/\text{d}$ 的出水带出湖泊。假定体系处于稳态,计算出水中该化学品的浓度。

四、课程的教学方法：怎么教？

3. 增加反映环保实际的计算题，培养学生的系统思维和解决复杂环境问题的能力，题库建设

2017年4月24日至5月5日，在瑞士日内瓦召开的《斯德哥尔摩公约》第八次缔约方大会通过决议，将十溴二苯醚(DecaBDE)、短链氯代石蜡(SCCPs)两类物质增列入持久性有机污染物(POPs)清单附件A。监测资料显示，SCCPs可在安大略湖、辽东湾鱼类等水生生物体内高浓度积累(Bioaccumulation)；在北极地区的北极熊、环斑海豹和海鸟中也检测到SCCPs的代谢生物标志物(Biomarker)。大量实验证据表明，SCCPs对哺乳动物的肝脏、甲状腺和肾脏存在毒性作用，长期暴露可导致上述器官癌变；环境相关浓度的SCCPs可导致人肝癌细胞株的活力、三磷酸腺苷(ATP)合成、蛋白质合成、脂肪酸代谢显著下降。(10分)

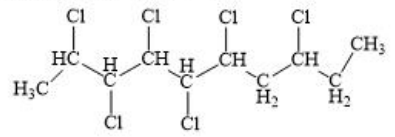


图1 一种短链氯代石蜡(SCCPs)的分子结构图

- (1) 根据SCCPs的介绍及图示分子结构，结合所学知识，分析SCCPs在生物体内可能发生的I相反应的类型并分别示例一种主要产物。
- (2) 从SCCPs在水生生物体内积累动力学的角度，你认为其积累速率是哪几方面的速率的综体现？

- 1. 由于医疗和养殖等方面的使用与排放，抗生素类药物被持续排放到水环境中。由于抗生素类污染物可导致环境菌群耐药性和超级细菌等问题，评价抗生素的环境行为和归趋对于这类污染物的生态风险控制具有重要意义。很多研究表明，环境光化学降解是抗生素在水环境中的重要转化途径。图1所示为抗生素环丙沙星(Ciprofloxacin, CIP)的分子结构，采用紫外可见分光光度计，测定环丙沙星的紫外-可见吸收光谱如图2所示。
 - (1) 基于图1，你判断在pH为6-9的水环境中，CIP主要以哪些形态存在，如果仅考虑其中一个pKa值所对应的官能团，如何计算不同形态的存在比例？请画出不同存在比例的示意图？
 - (2) 基于图2，可以判定表层水体的CIP分子能吸收太阳光，请说明理由；CIP分子吸收太阳光后，有可能发生哪些光物理和光化学过程？采用哪个参数来表征不同光物理/光化学过程中对光子的利用效率？
 - (3) 有研究发现，当水中同时存在CIP和铜离子[Cu(II)]时，CIP的光降解动力学发生了显著改变，如图3所示。图3中，CIP的准一级光降解速率常数(k)的单位为h⁻¹。请解释：为什么其准一级光降解速率常数的单位的量纲为时间的倒数？已知Cu(II)和EDTA配位的条件稳定常数K_f [Cu(EDTA)] = 1.0 × 10¹⁶ L/mol，Cu(II)和CIP的K_f [Cu(CIP)] = 1.2 × 10⁶ L/mol，说明EDTA对Cu(II)的配位作用远强于CIP。请结合图3分析，为什么随Cu(II)浓度的增加，k出现了降低的趋势，可能原因有哪些。

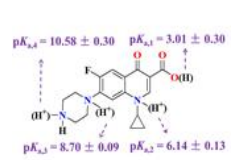


图1. 环丙沙星的分子结构

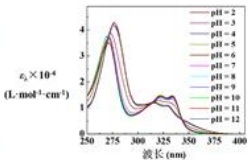


图2. 环丙沙星的紫外-可见吸收光谱

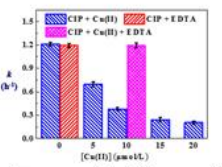
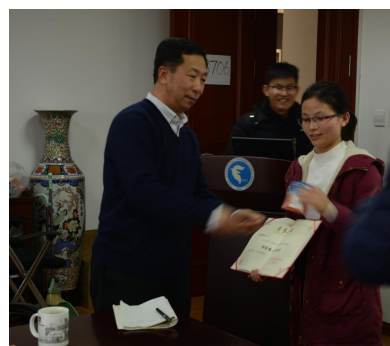


图3. 不同实验条件下，环丙沙星(CIP)的准一级光降解速率常数(k, h⁻¹)受共存的二价铜离子[Cu(II)]浓度变化的影响

四、课程的教学方法：怎么教？

4. 每年召开“环境化学课程建设与学习”座谈会(已经连续7次), 总结表彰优秀学生, 征求学生对课程和教材建设的意见



五、课程成效与评价

1. 改革成效

- 通过本课程的引导，近5年学生共完成创新训练项目60项，其中省级以上项目13项，累计140余人，占全部学生的47%。共有69名学生发表学术论文，其中被SCI收录论文37篇，包括ES&T, Water Res.等环境类权威期刊。每年超过60%的学生在本校或国内外的名校进一步深造。
- 通过本课程的建设及多方面努力，环境工程专业于2011和2017年两次通过了全国工程教育专业认证；2018年，环境科学、环境工程入选辽宁省一流本科建设示范专业。相关团队2013和2018年两次获辽宁省普通高等学校本科教学成果奖。

2. 课程评价

- 97%的学生评价本课“讲授有启发性，能激发我的求知欲”。
- 学生评语有“讲解内容全面，有启发性”、“...能用很多例子激发学生兴趣”、“老师的课堂上能听到很多课本上不曾读到的知识，特别好！”、“老师讲课很有高度，拓展很多知识”、“老师上课不局限于书本，激发了我们对专业的兴趣”、“深入浅出，提高同学对专业兴趣”、“中英结合授课，引导学生了解国际前沿，激发学生对本专业的热爱”等。
- 近年来，课程负责人3次被邀请在“高校环境类课程教学系列报告会”或“新时代高校环境教学改革与创新研讨会”上介绍环境化学课程建设的成效和经验，2019年的报告题目：面向“金课”标准的环境化学课程与教材建设思考。

六、课程创新与特色

1. 课程建设基础扎实，持续提高，资源共享，成效明显

- 经1998年以来持续建设，《环境化学》入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。
- 2013年12月，“环境化学及实验”入选国家精品资源共享课。

2. 破解“教什么、怎么教”问题，建设具有高阶性、创新性、挑战度特点的“金课”

- 面向专业人才需求，课程和教材内容体现了系统性、创新性(前沿与时代性)、高阶性、基础性、衔接性的特点，解决了“教什么”的问题。
- 综合采用研讨和案例教学，以“教为不教，学为会学”为目标，变学生“要我学”为“我要学”，既学习显性知识又领悟隐性知识，既学习知识又锻炼能力。对学生严格要求/训练，增加反映环保实际的习题尤其计算题(具有挑战度)并建设开放性题库，培养学生系统思维和解决复杂环境问题的初步能力，解决“怎么教”的问题。

3. 强化课程思政，培养学生对生态文明建设的责任担当意识

- 将科研成果转化为案例和教材章节，讲好生态文明与中国环保故事，尤其讲好环境化学为解决我国复杂环境问题做出贡献的生动案例，培养增强学生对生态文明建设的责任意识和专业认同感，激发学生的专业兴趣和自学兴趣。



大连理工大学
DALIAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

海纳百川 自强不息 厚德笃学 知行合一

谢谢大家!

期待批评、指正!

陈景文: jwchen@dlut.edu.cn