

同济大学本科卓越课程（专业核心课）



# 工业废水污染防治

主讲：黄翔峰 教授

刘佳 副教授

同济大学环境科学与工程学院

二〇一七年九月



同济大学  
TONGJI UNIVERSITY

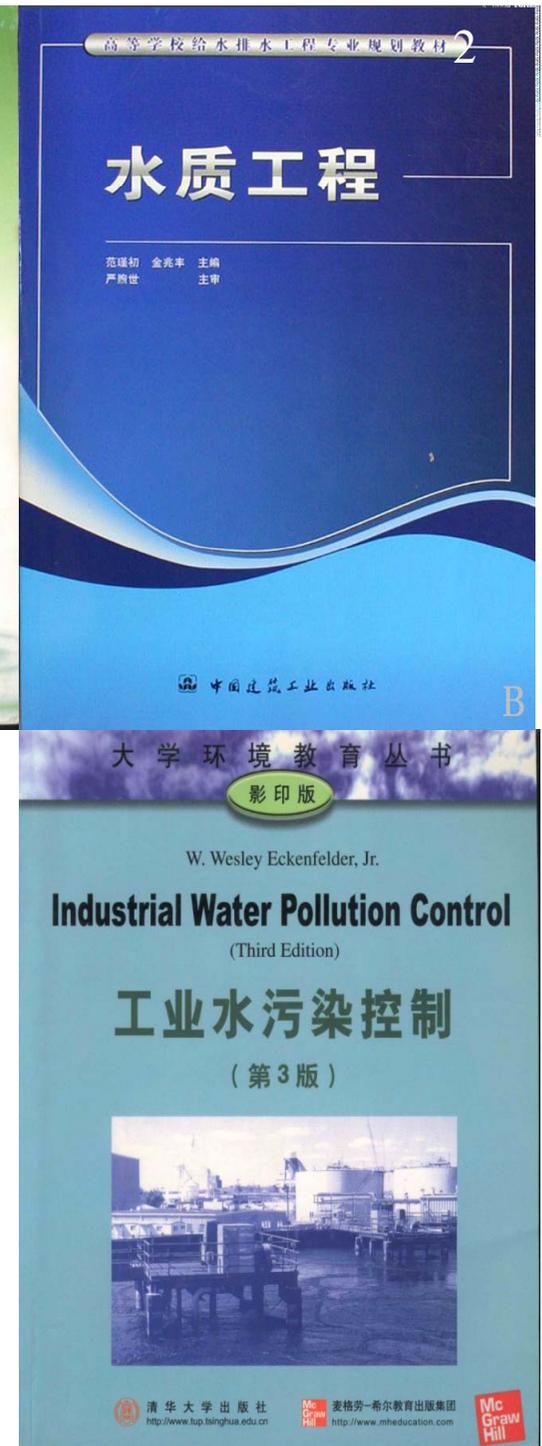
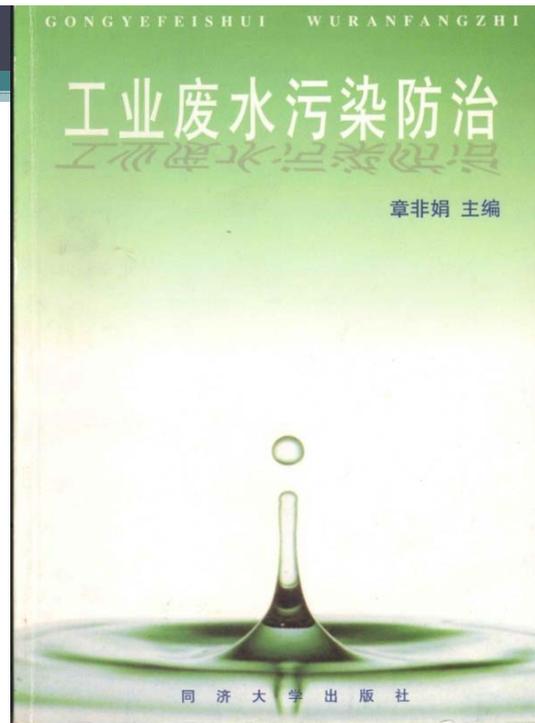
# 联系方式:

主讲教师: 黄翔峰、刘佳

Office: 环境学院101、行政南楼228

E-mail: [hxf@tongji.edu.cn](mailto:hxf@tongji.edu.cn)

Tel: 65986066, 13818078123



- Part 1 环境问题的提出
- Part 2 环境污染
- Part 3 水资源与水污染控制
- Part 4 工业水污染与人体健康
- Part 5 可持续发展战略的由来
- Part 6 可持续发展战略的概念
- Part 7 清洁生产
- Part 8 课程内容

# Part 1 环境问题的提出

- 地球作为宇宙中目前已知的唯一可以维持生命的地方，是人类得以生存和发展的物质基础，它为人类社会的进步提供了丰富的资源和适宜的空间。
- 进入二十一世纪，人们已清醒的认识到由于人口的暴涨、人类对地球有限资源的不断索取，地球环境正面临着严峻的挑战。

# Part 1 环境问题的提出

人口剧增



# Part 1 环境问题的提出

人口剧增

水土流失



# Part 1 环境问题的提出

人口剧增

水土流失

物种消失



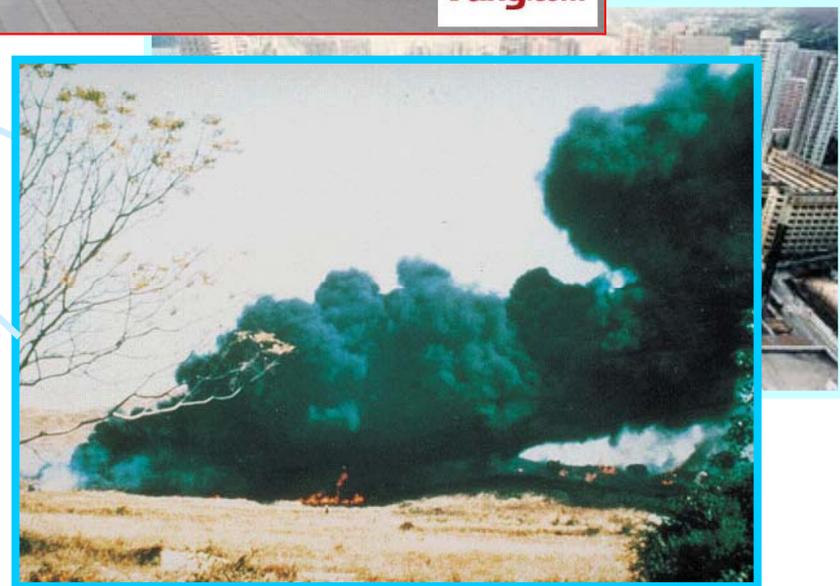
# Part 1 环境问题的提出

人口剧增

水土流失

物种消失

大气污染日益严重



# Part 1 环境问题的提出

人口剧增

水土流失

物种消失

大气污染日益严重

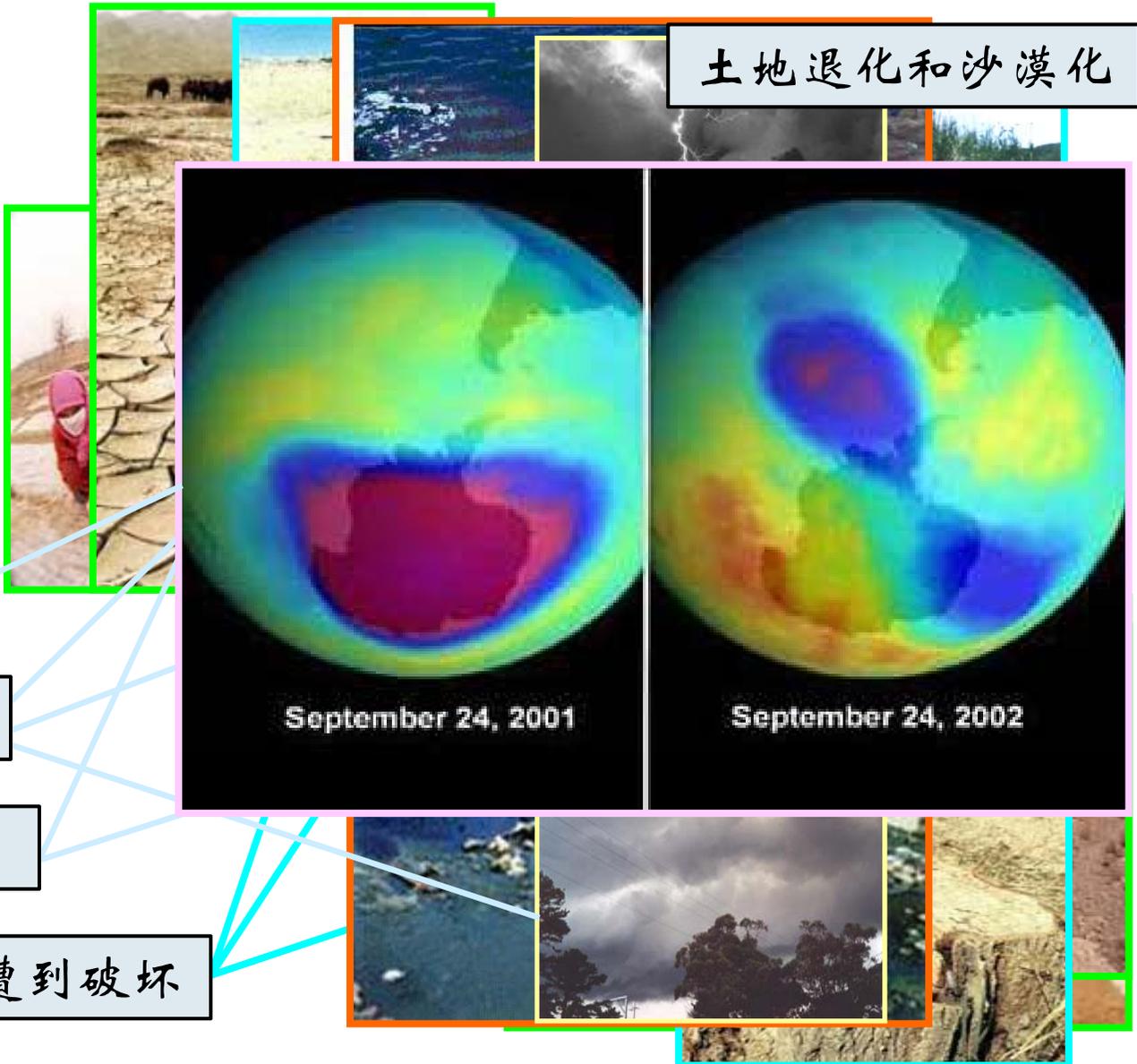
臭氧层不断耗竭

全球气候发生变化

水污染进一步加剧

森林过度砍伐植被遭到破坏

土地退化和沙漠化



# Part 1 环境问题的提出

人口剧增

水土流失

物种消失

大气污染日益严重

臭氧层不断耗竭

全球气候发生变化

水污染进一步加剧

森林过度砍伐植被遭到破坏

土地退化和沙漠化

新的化合物有毒化学品和危险废物



# Part 1 环境问题的提出

土地退化和沙漠化

新的化合物有毒化学品和危险废物

持久性有机污染物(POPs)  
(Persistent Organic Pollutants)

环境激素  
(Environmental Hormone)

- (1) 持久性
- (2) 半挥发性
- (3) 生物富集性
- (4) 高毒性



# Part 1 环境问题的提出

土地退化和沙漠化

新的化合物有毒化学品和危险废物

## 八大公害事件: (1932~1980)

大气污染: 马斯河谷、多诺拉、洛杉矶光化学烟雾、  
伦敦烟雾、四日市哮喘

重金属: 水俣病、富山痛痛病

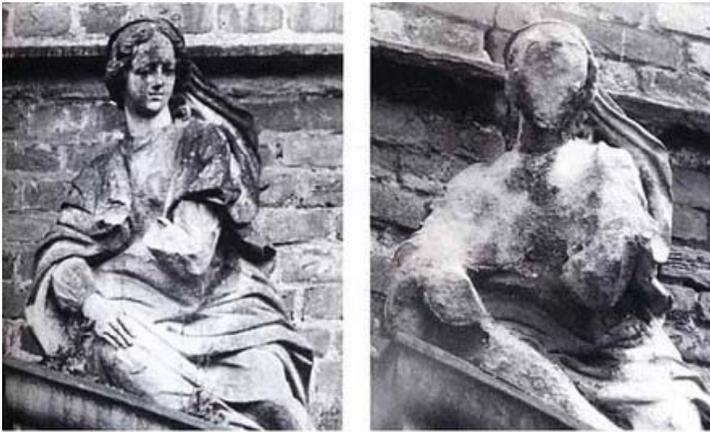
多氯联苯: 米糠油

其中: 工业: 8

日本: 4    比利时: 1    美国: 2    英国: 1

# Part 1 环境问题的提出

## 1. 地方问题（煤烟问题）

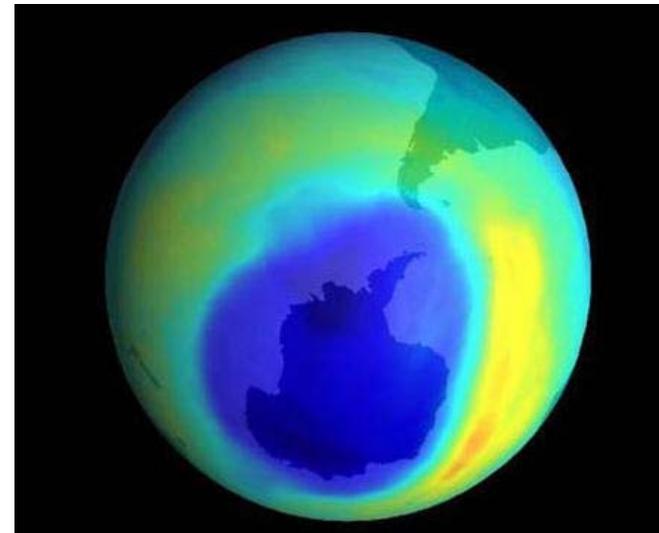


经历了60年，德国的这座石雕像已经彻底被酸雨破坏了。

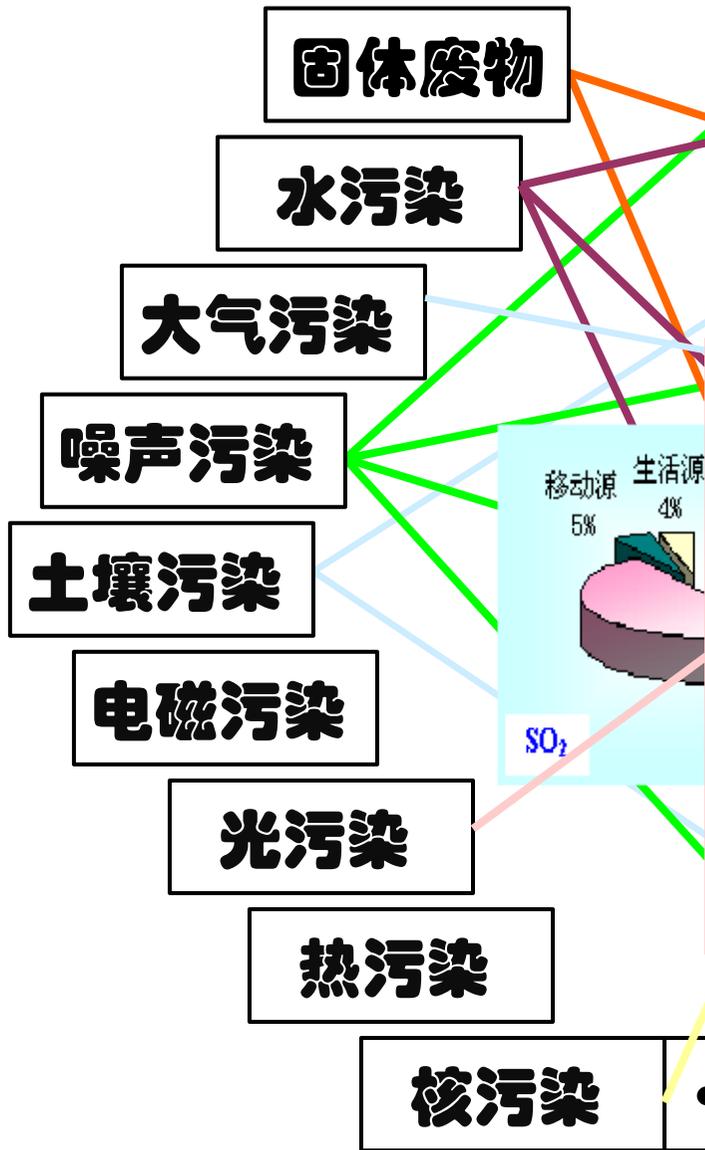


## 2. 区域问题（酸雨问题）

## 3. 全球问题（臭氧问题）



# Part 2 环境污染



## Part 2 环境污染

固体废物

**S**olid

水污染

**W**ater

大气污染

**A**ir

噪声污染

**N**oise

土壤污染

电磁污染

光污染

热污染

核污染

**SWAN**



## Part 3 水资源与水污染控制

陆地水与海洋水  $1,370,000,000\text{km}^3$

淡水占2.7%，

而淡水中是88%是冰，

其余绝大部分是地下水，

地表水只占0.014%，约5000  $\text{km}^3$ 左右，

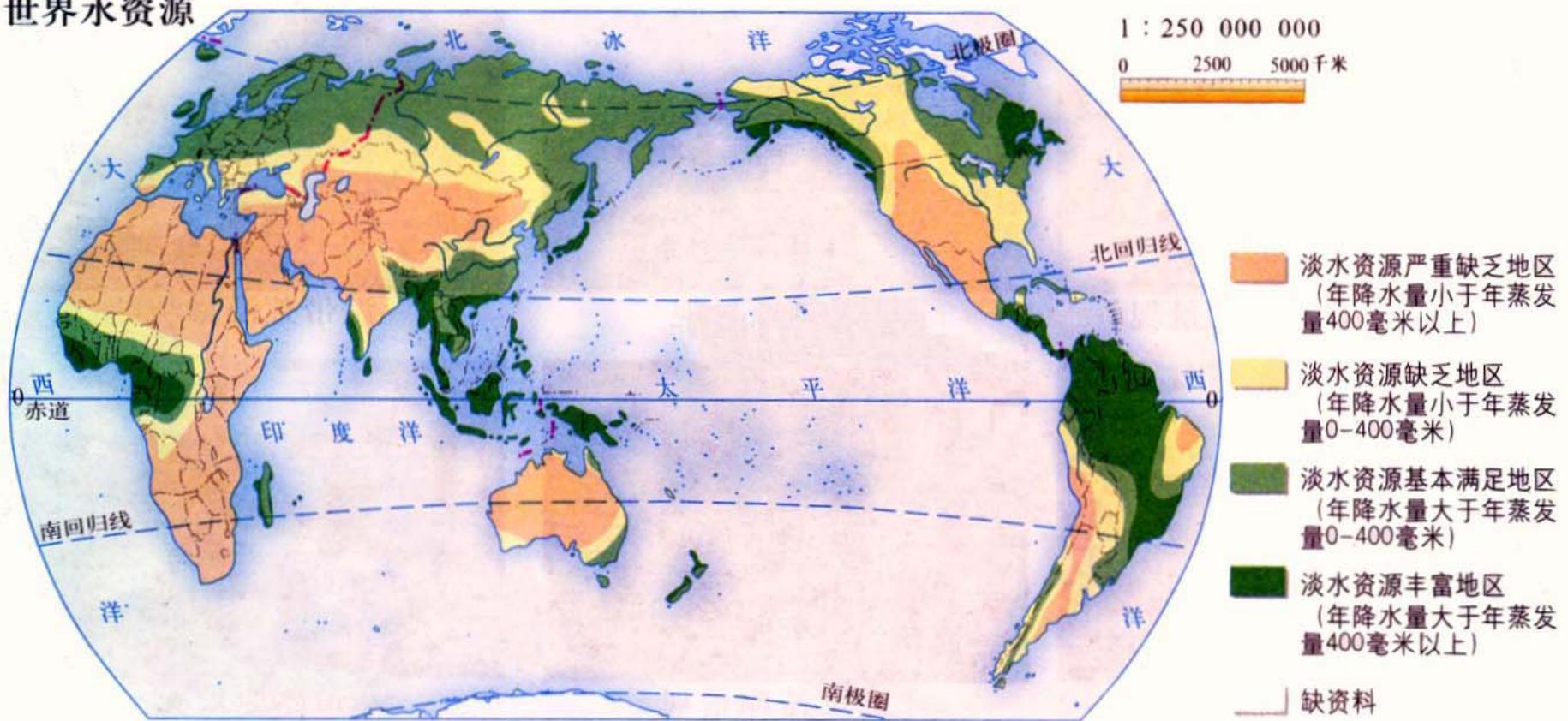
全世界人均约800 $\text{m}^3$ 。

中国人均占有淡水资源的量仅为全世界的1/3。是世界上13个贫水国家之一。

# Part 3 水资源与水污染控制

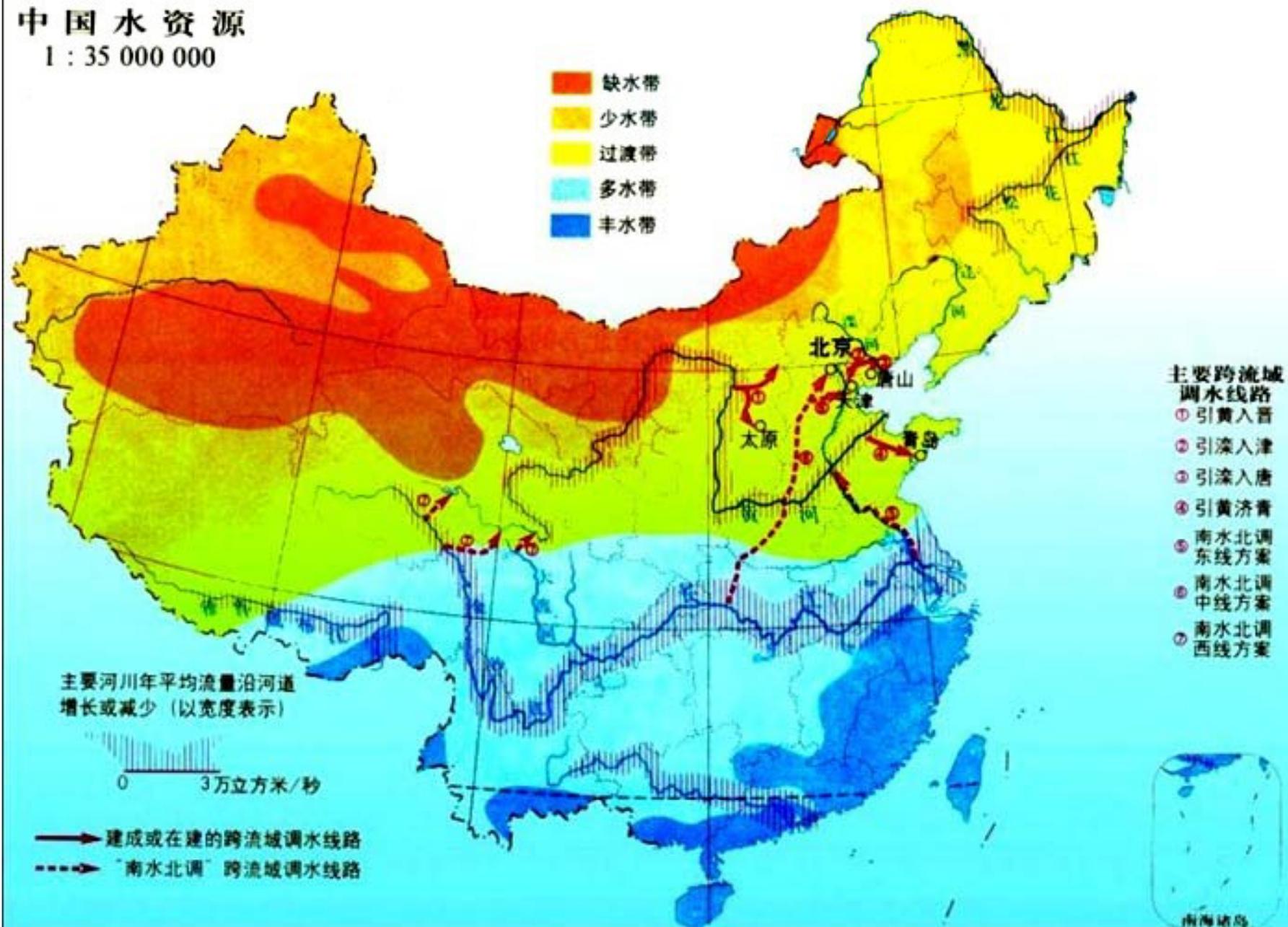
陆地水与海洋水  $1,370,000,000\text{km}^3$

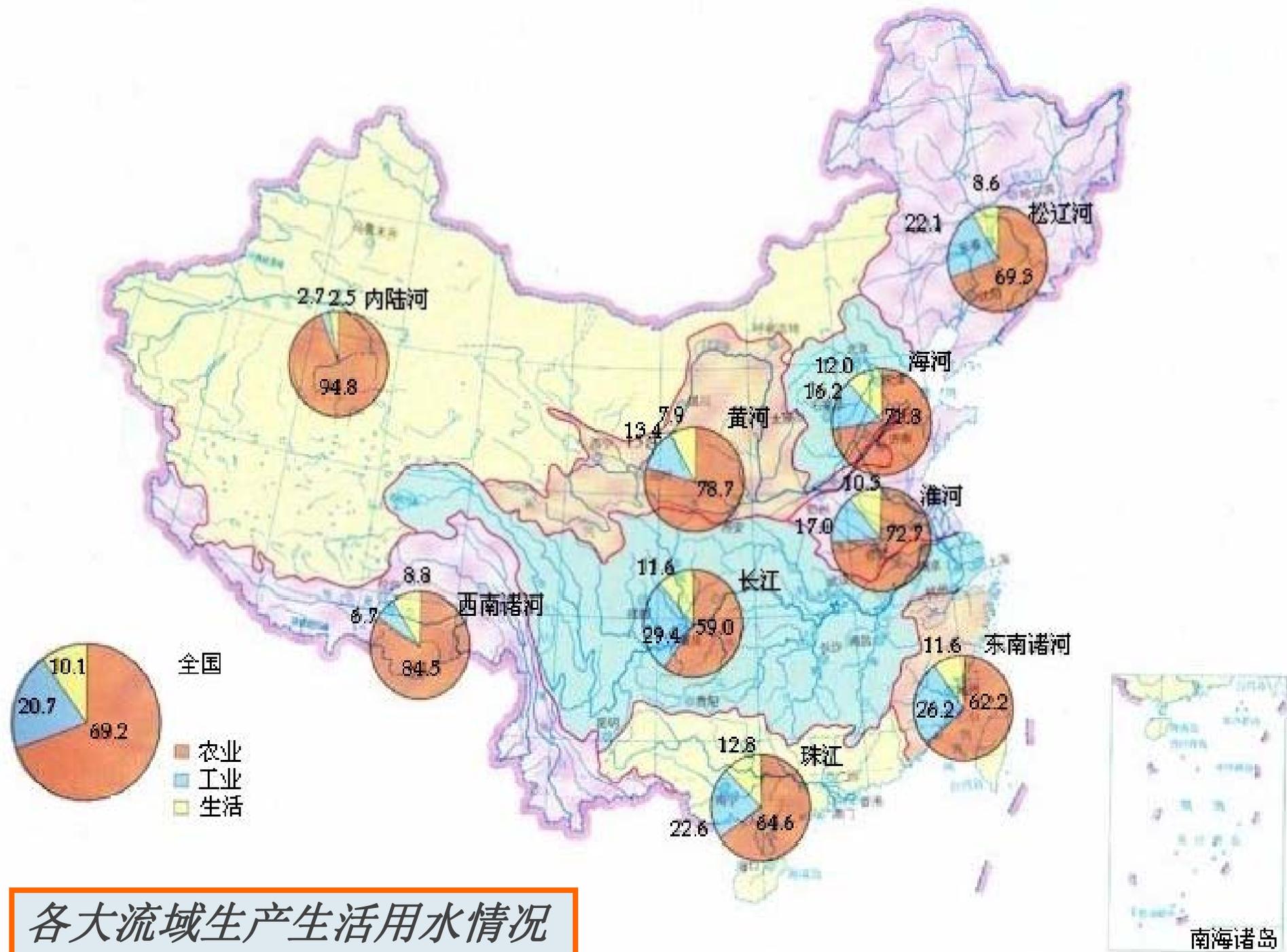
世界水资源



# 中国水资源

1 : 35 000 000





各大流域生产生活用水情况

# Part 3 水资源与水污染控制

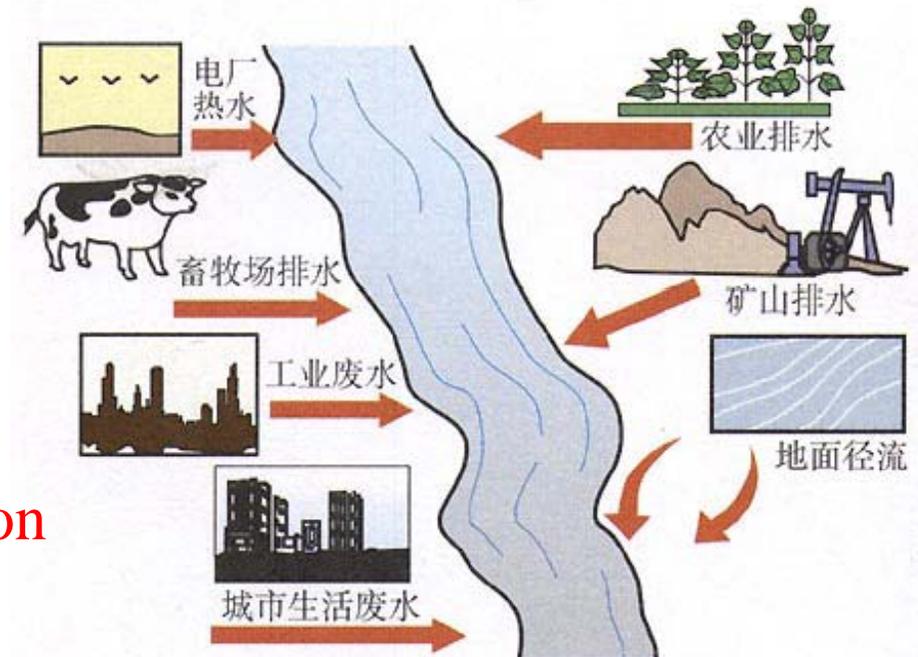
## 水污染：

### (1) 点源污染、

point source pollution

### (2) 非点源污染

non-point source pollution



## 缺水种类：

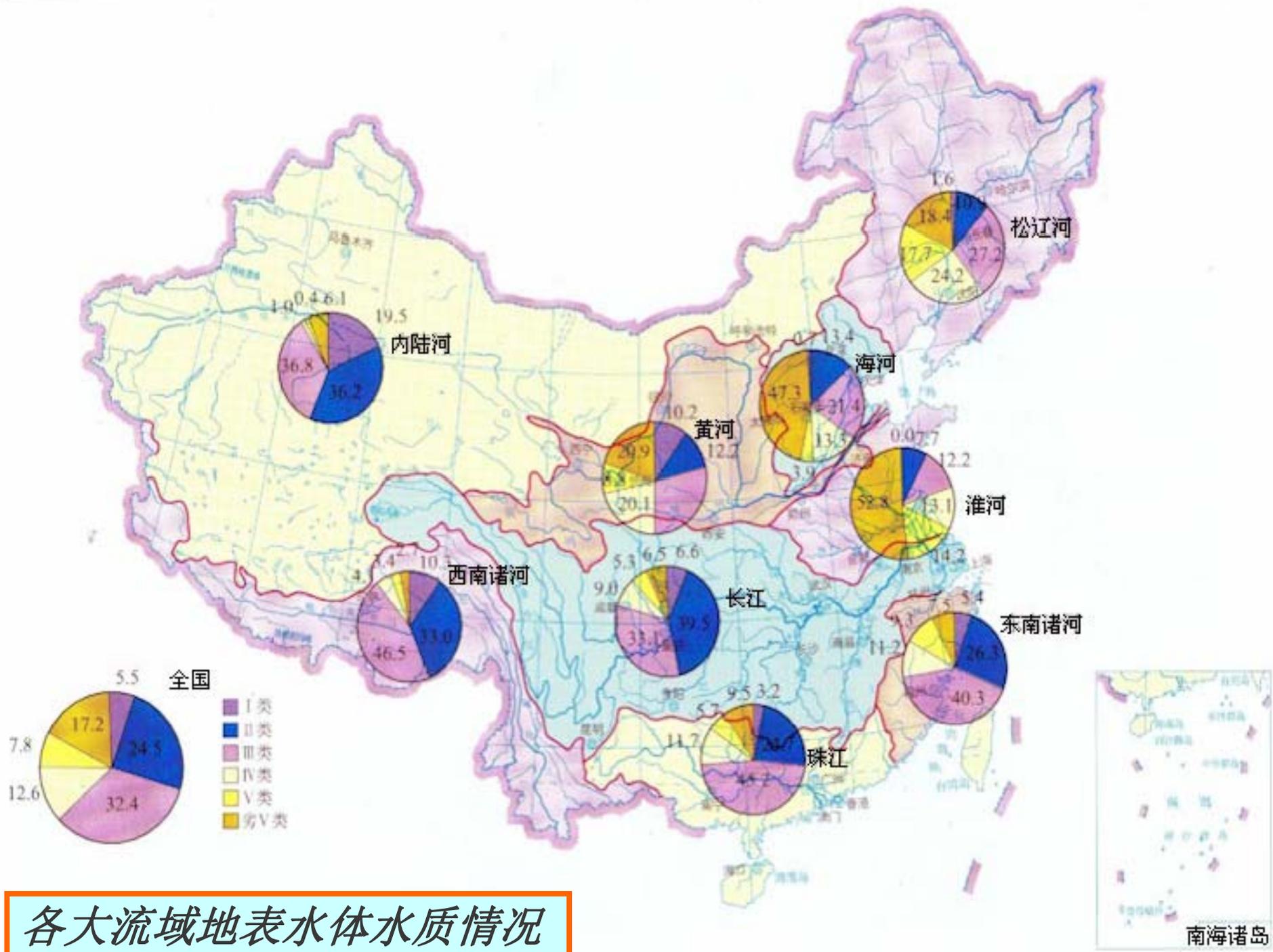
### (1) 水质型缺水

Water Quality

### (2) 水量型缺水

Water Quantity





各大流域地表水体水质情况

# Part 3 水资源与水污染控制

## 城镇水循环

河流 → 取水 → 输水 → 水质净化 → 配水 → 居民、工厂和其他公共设施用水

给水工程：取水工程、给水管网、给水处理、工业给水处理  
建筑给水排水工程

污水  
废水 → 收集 → 输送 → 处理、利用 → 排放 → 河流  
雨水

排水工程：排水管网、污水处理、工业废水处理

# Part 3 水资源与水污染控制

## 水体污染

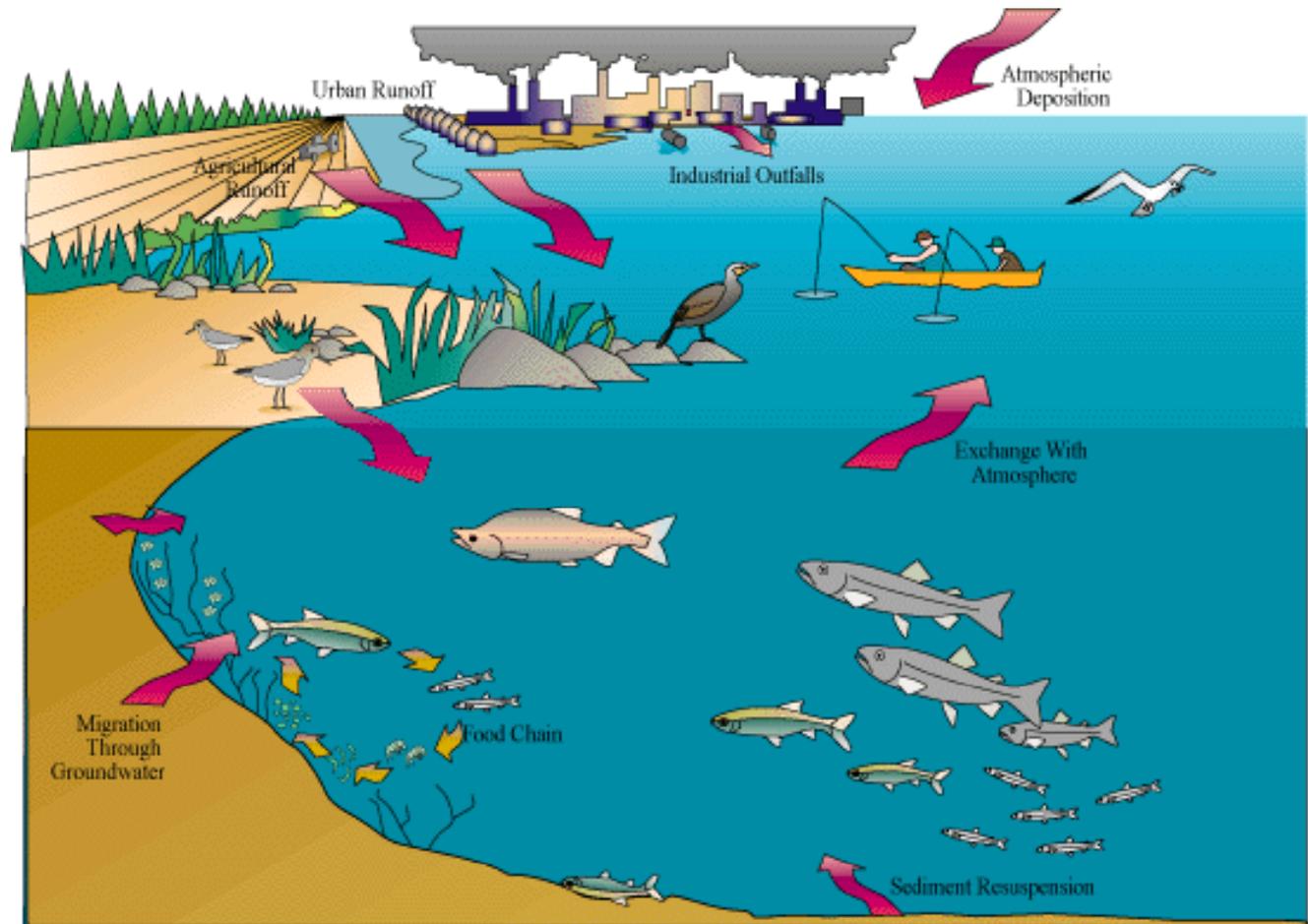
是指人类活动排放的污染物进入水体后，超过了水体的自净能力，造成水质恶化，使水环境中的生物特性、种群及组成等发生改变，破坏生态环境，从而影响水的使用价值，甚至危害人体健康的现象。



# Part 3 水资源与水污染控制

## 水体污染的主要种类

- ❖ 物理性污染
- ❖ 化学性污染
- ❖ 生物性污染



# Part 3 水资源与水污染控制

## 水体中主要污染物

- 1、无机无毒物：酸、碱、一般无机盐、氮、磷等植物营养物质；
- 2、无机有毒物：重金属、砷、氰化物、氟化物等；
- 3、有机无毒物：碳水化合物、脂肪、蛋白质等；
- 4、有机有毒物：苯酚、多环芳烃、PCB、有机氯农药等。

有机物污染的特征是耗氧，有毒物的污染特征表现为生物毒性。

# Part 3 水资源与水污染控制

## 水体中主要污染物

	低持久性 ←	高持久性 →
低毒性 ↑	<u>第一类</u> ● 纤维素 ● 生物高聚物	<u>第二类</u> ● 铁 ● 铝 ● 铜 ● 聚烯烃
高毒性 ↓	<u>第三类</u> ● 醚 ● 乙醇/甲醇 ● 苯酚 ● 芳香烃	<u>第四类</u> ● 卤代脂肪烃 ● 铅 ● 卤代芳香烃 (PCBs; DDT) ● 二恶英

# Part 3 水资源与水污染控制

水体污染的主要来源：举例

水体的富营养化

(Eutrophication or overnourishing of a water body )

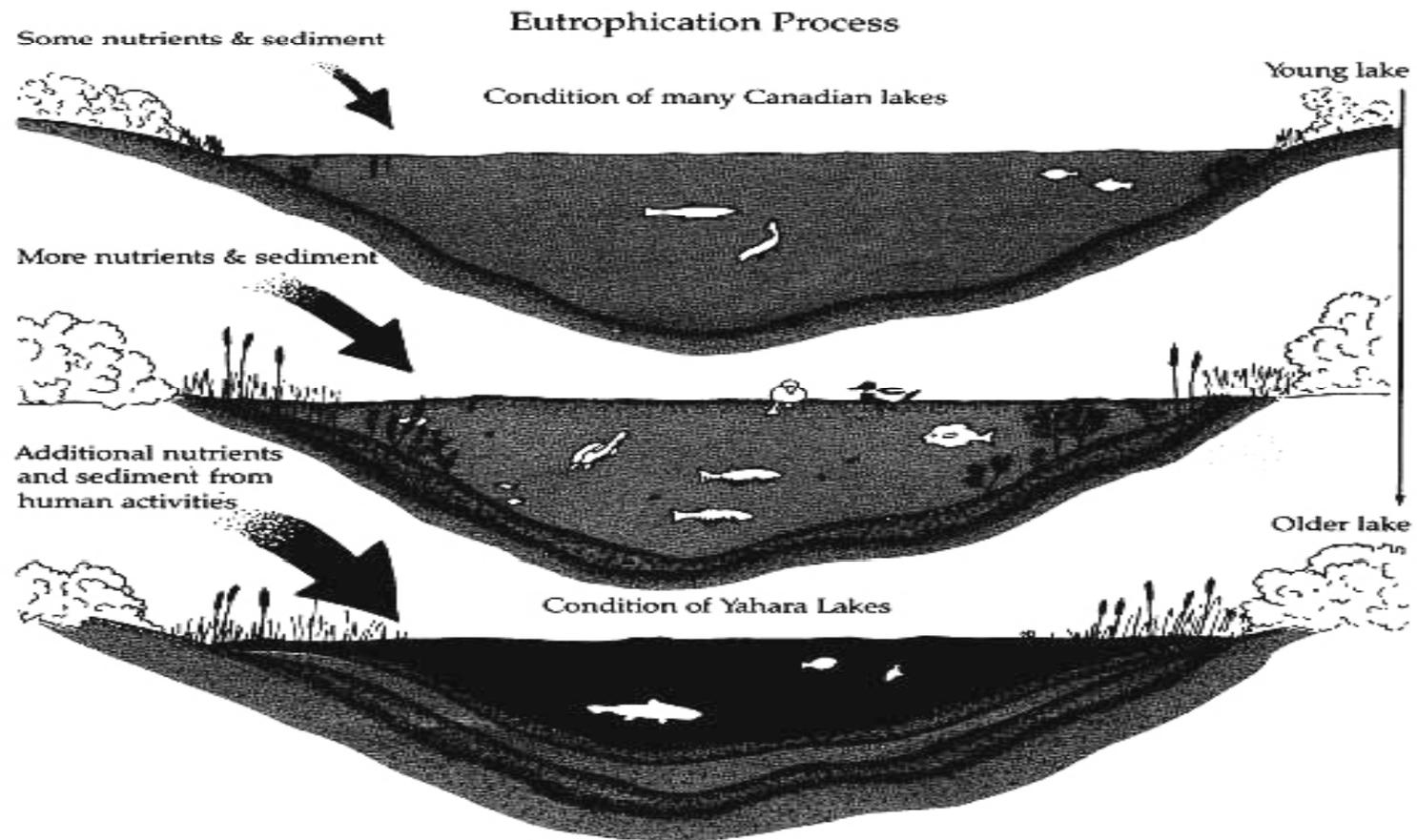
含有氮、磷过多的污水排入地面水以后，为水体中藻类及其他水生植物提供了营养素，使藻类、水生植物大量繁殖、死亡，导致水中溶解氧降低、水质恶化、鱼贝类死亡，这种现象称为**水体的富营养化**。



# Part 3 水资源与水污染控制

## 水体的富营养化

(Eutrophication or overnourishing of a water body )

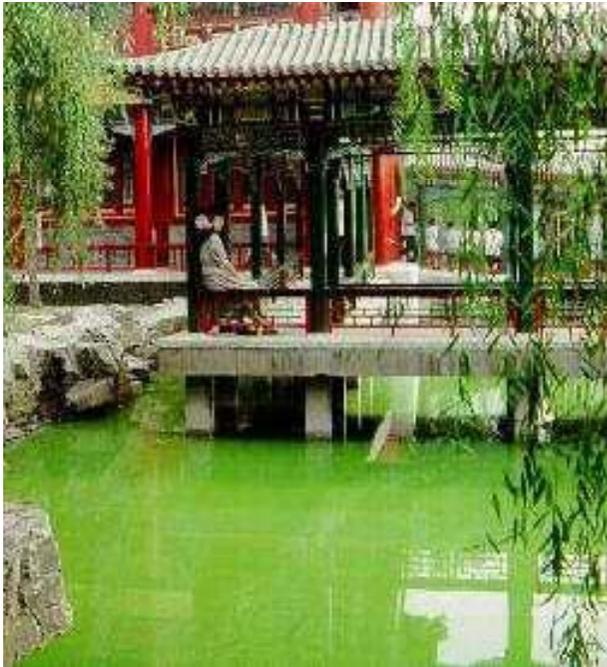


# Part 3 水资源与水污染控制

## 水体的富营养化

(Eutrophication or overnourishing of a water body)

水华 (**algal bloom**)：江河湖泊中，因富营养化优势藻类迅速繁殖呈现彩色，称水华。



# Part 3 水资源与水

水体的富营养化

(Eutrophication or overnourishment)



# Part 3 水资源与水污染控制

## 水体的富营养化

(Eutrophication or overnourishing of a water body )

赤潮 (**red tide**) : 海湾中, 因富营养化优势藻类迅速繁殖呈现彩色。



# Part 4 工业水污染与人体健康

## 水化学性污染对人体健康的危害

水化学性污染危害较大的有机污染物：

酚类化合物、苯类化合物、卤烃类化合物、B(a)P、农药等。

水化学性污染危害较大的无机污染物：

汞、镉、铅、铬及砷等重金属，

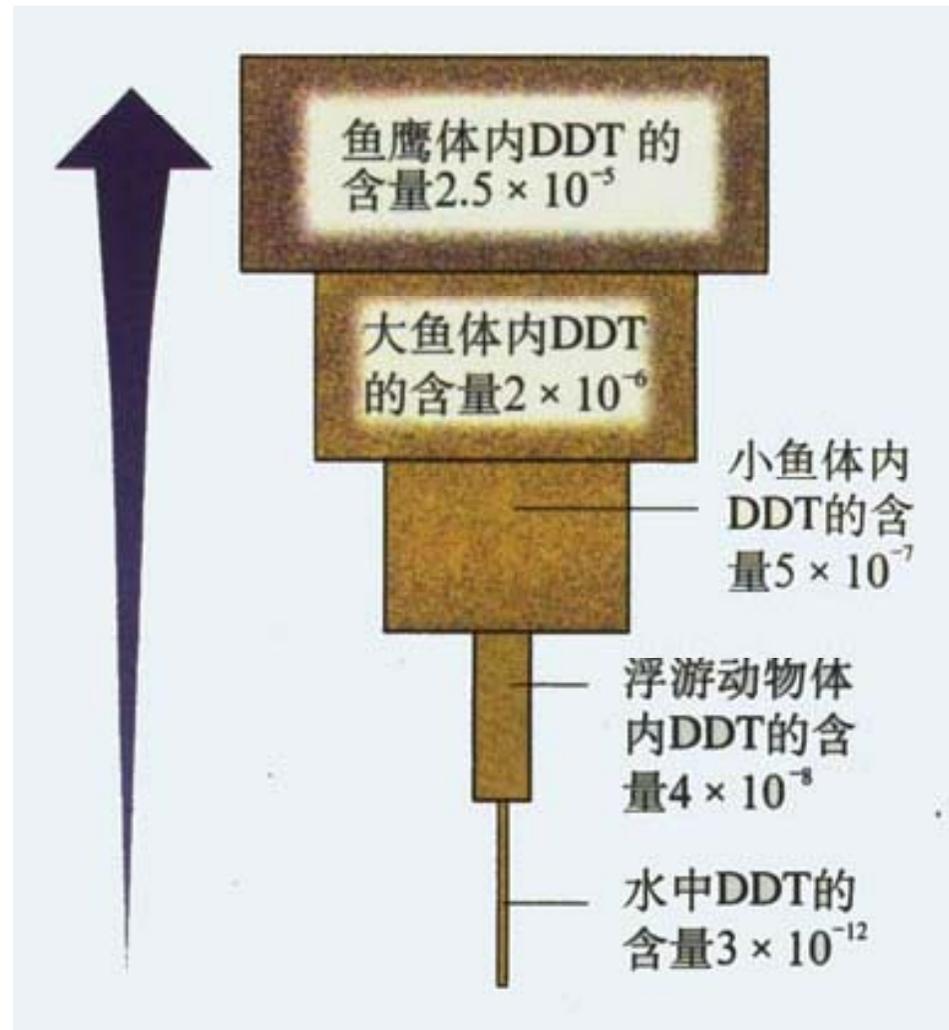
氰化物和氟化物等。



# Part 4 工业水污染与人体健康

## 生物的富集作用

一些污染物（如重金属、化学农药），通过食物链在生物体内大量积聚的过程。这些污染物一般的特点是化学性质稳定而不易分解，在生物体内积累不易排出。因此生物的富集作用会随着食物链的延长而不断加强。



生物富集作用

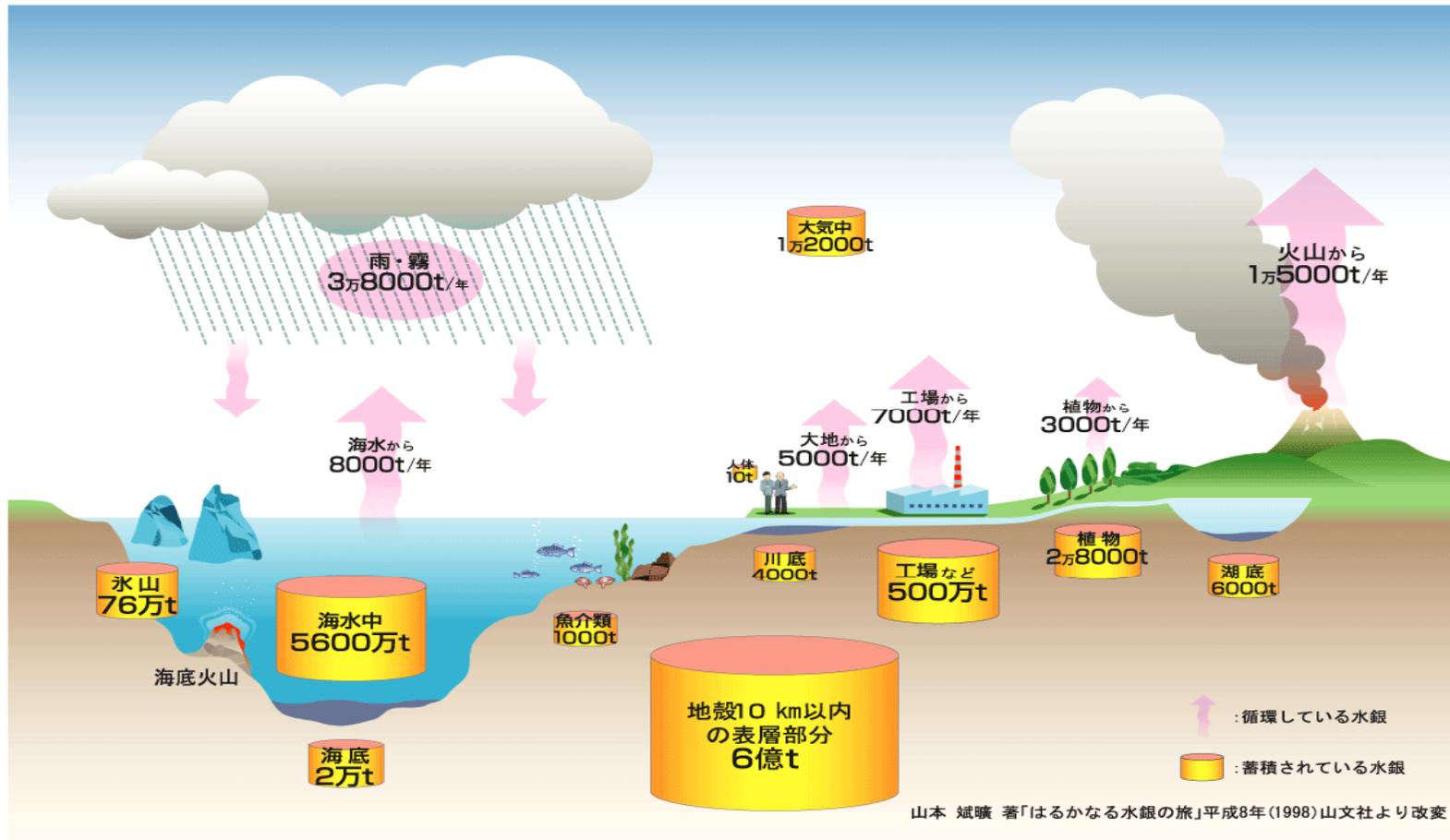


1973年以后莫斯科工业区已出生90名以上的畸形儿

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 1 汞 (Mercury) :

汞的自然分布：自然环境中含有一定量的汞的天然本底



汞在自然界的循环

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 1 汞 (Mercury) :

水体汞污染的主要来源：氯碱工业、化工工业、冶炼工业和电子工业等排放的废水及含汞农药的使用。

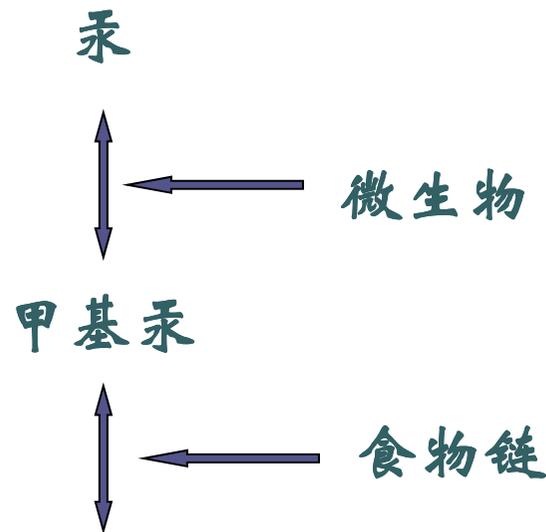


世界的汞污染问题

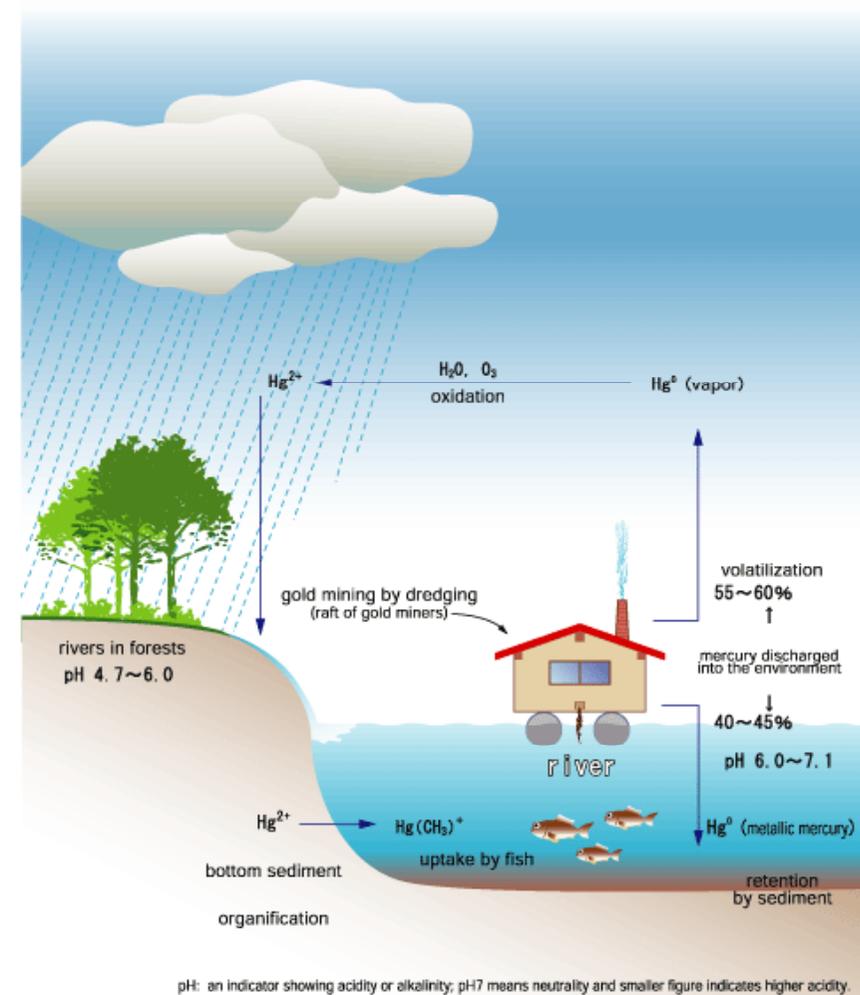
# Part 4 工业水污染与人体健康

## 1 汞 (Mercury)

汞的危害---甲基汞的形成:



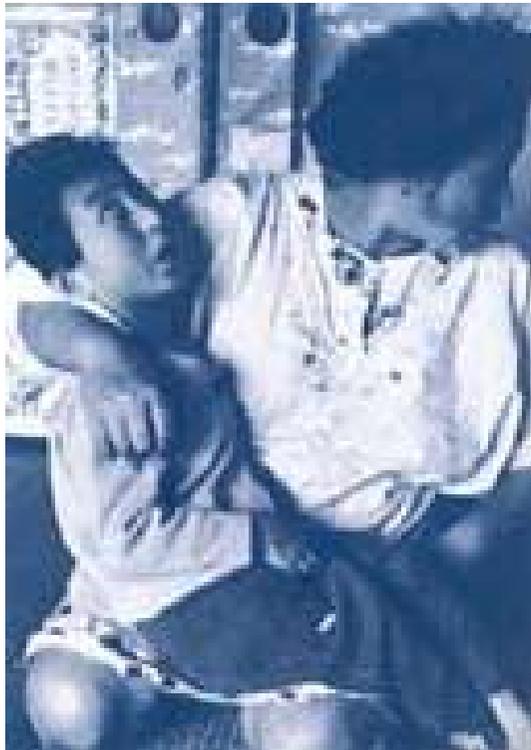
蓄积于富含脂类的组织



# Part 4 工业水污染与人体健康

1 汞 (Mercury) :

Minamata disease (水俣病)



【胎児性水俣病患者】

1953~1956年日本熊本县水俣湾地区

氯生产企业 (Hg催化剂)

工业废水  
排放 (Hg)

水俣湾 (Hg)

鱼虾 (甲基汞)

猫

(甲基汞)

人类

(甲基汞)

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 1 汞 (Mercury) 的危害

### 发病机理:

生产废水进入水体 (含甲基汞以及从无机汞转化来的甲基汞), 通过水生食物链进入人体, 在胃酸作用下, 产生氯化甲基汞, 经肠道全部吸收入血, 与红细胞内血红蛋白巯基结合, 随血液分布到各器官。

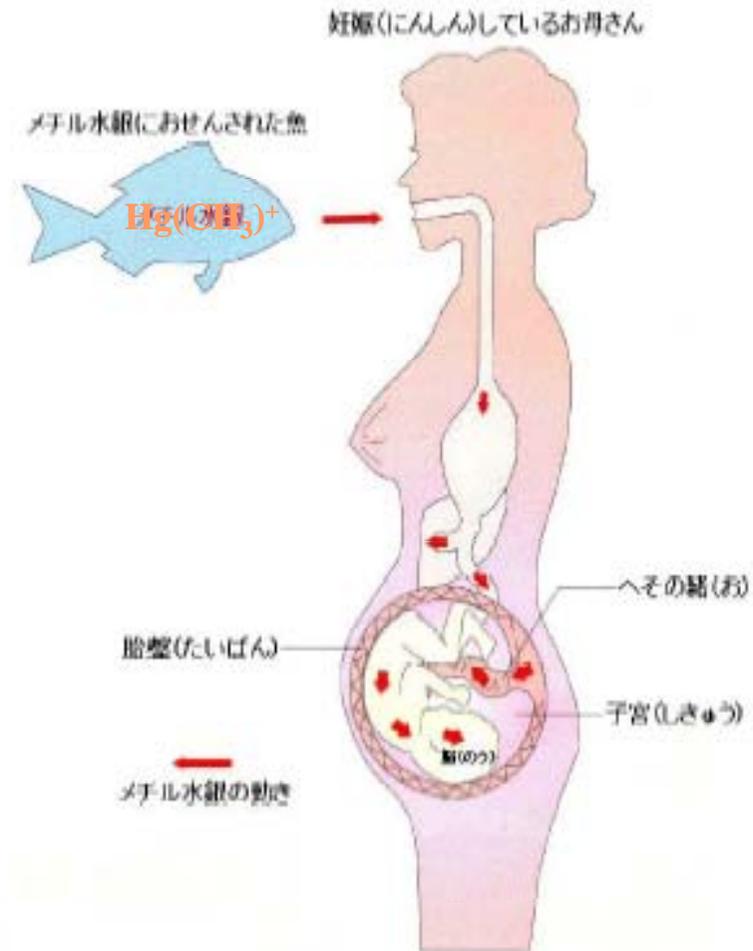
脑细胞富含脂类, 因此甲基汞与脑细胞有很强的亲和力, 所以脑是甲基汞和汞的靶器官, 其侵犯部位是主管运动和感觉的运动区和感觉区。

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 1 汞 (Mercury) 的危害

甲基汞可以通过**胎盘屏障**，因此当孕妇摄取富含甲基汞的鱼、贝类，可使胎儿在胎内接收过量的甲基汞，出生后则成为胎儿性水俣病患者

《おなかの赤ちゃんに水銀が入るまで》



# Part 4 工业水污染与人体健康

## 1 汞 (Mercury) 的危害

慢性甲基汞中毒的临床表现:

感觉障碍、共济运动失调、视野缩小、听力障碍、语言障碍、眼球运动异常、智力减退以及震颤无力等。

感觉障碍 → 共济运动失调 → 语言障碍  
→ 视野缩小 → 听力障碍

共济失调是指肌力正常的情况下运动的协调障碍。肢体随意运动的幅度及协调发生紊乱，以及不能维持躯体姿势和平衡。

**Hunter-Russel**症候群：末梢感觉减退、视野向心性缩小，听力障碍及共济运动失调。

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 2 铬 (Chromium) :

### 铬的自然分布:

构成地球元素之一, 广泛存在于自然环境中。

### 来源:

含铬的工业废水和废渣是污染水体的主要来源 (电镀、制革、铬铁冶炼以及耐火材料、颜料和化工等生产)

### 危害:

- ❖ 铬化学物的毒性以六价铬最大
- ❖ 六价铬可与细胞内大分子如蛋白或核酸结合, 导致突变或癌变。
- ❖ 饮用含铬量高的水时, 对消化道可有刺激和腐蚀作用

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 3 氰化物 (cyanide)

来源:

炼焦、电镀、选矿、染料、化工、医药和塑料等工业的废水

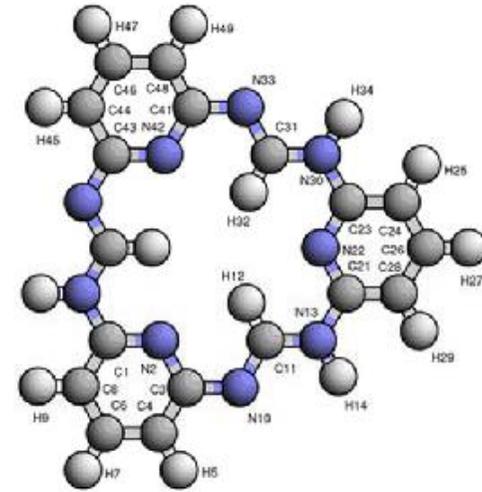
危害:

- ❖ 急性中毒
- ❖ 长期饮用可出现头痛、头昏、心悸等症状
- ❖ 与硫代硫酸盐在酶促作用下生成硫氰化物，在体内过量蓄积可抑制甲状腺素功能，导致甲状腺增生、肿大。

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 3 氰化物 (cyanide)

1991年上海嘉定县境内76条河道遭到氰化物污染，死鱼1780担，自来水厂关闭，沿河居民改饮远离河道的井水，累计直接损失200多万元。这起建国以来罕见的水域大面积化学污染事故，便是缘自上海钢铁厂含氰废料的水体倾倒。



# Part 4 工业水污染与人体健康

## 4 酚类化合物 (Phenol)

来源:

- 未经处理的工业废水 (焦化厂、煤气厂、化工厂、制药厂、炼油厂、合成纤维厂、染料厂)
- 粪便和含氮的有机物在分解过程中, 也可能产生少量酚类化合物

危害:

- ❖ 酚是一种原浆毒, 可使蛋白质凝固, 可由消化道及皮肤吸收中毒, 急性中毒少见, 多为生产事故
- ❖ 水中含酚 $>0.001\text{mg/L}$ 时, 氯化消毒中可形成氯酚, 后者可引起记忆力减退、头昏、贫血和皮疹等症状

# Part 4 工业水污染与人体健康

## 4 酚类化合物 (Phenol)

2009年2月20日早晨，江苏省盐城市城西水源遭酚类化合物污染，两家自来水厂关闭，20万市民饮水受到影响。据环保部门查明，盐城水污染事件是取水口上游一家化工厂偷排污水所致。



# Part 4 工业水污染与人体健康

## 5 多氯联苯 ( Polychlorobiphenyl, PCB )

PCB: 按照氯取代的个数 ( 不论位置 )  
可分为: 三氯联苯 - 六氯联苯

### 米糠油事件:

- ❖ 1968年日本, 九州和四国地区, 几十万鸡突然死亡
- ❖ 至1978年: 死亡30余人, 确诊1684人
- ❖ 经过对患者共同食用的米糠油追踪调查, 发现九州一个食用油厂在生产米糠油时, 因管理不善, 操作失误, 致使米糠油中混入了在脱臭工艺中使用的热载体多氯联苯, 造成食物油污染。



米糠油: 心脏油; 青春油. 不饱和脂肪酸达到80%

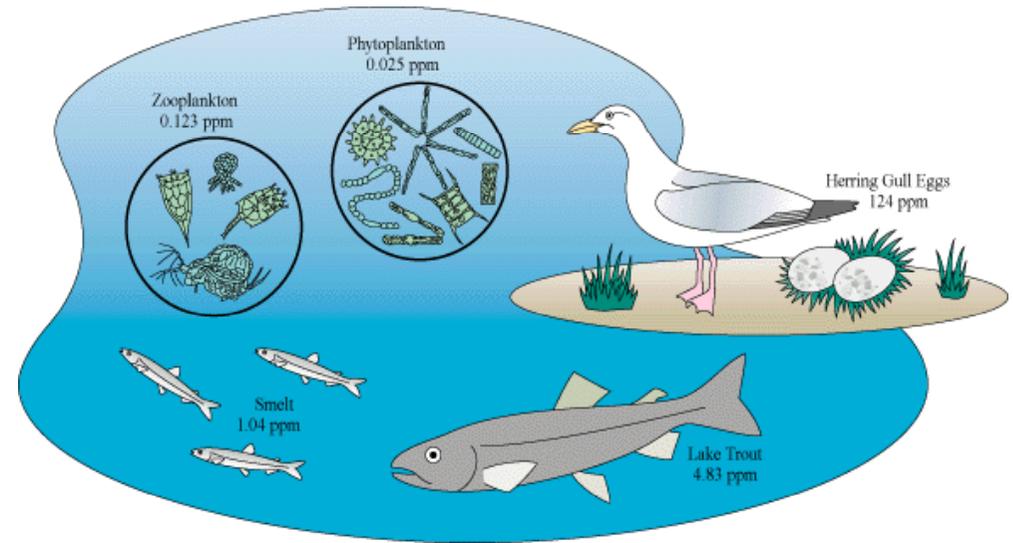
# Part 4 工业水污染与人体健康

## 5 多氯联苯 ( Polychlorobiphenyl, PCB )

污染来源：工业废水  
和城市污水



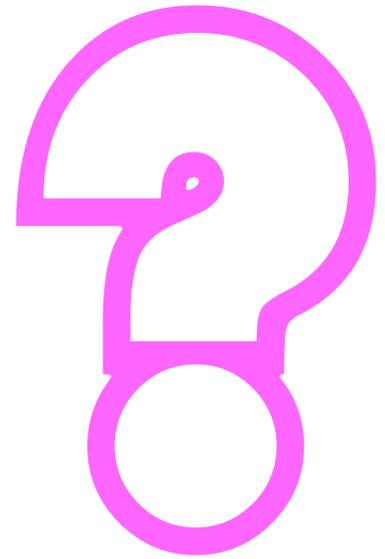
危害：



- ❖ 可通过食物链发生生物富集作用，蓄积在脂肪组织中。中毒者表现为痤疮样皮疹、眼睑浮肿与眼分泌物增多，四肢麻木无力及胃肠道功能紊乱、呕吐，严重者可导致肝损害、出现黄疸、肝昏迷甚至死亡。
- ❖ 可通过胎盘屏障进入胎儿体内

## Part 4 工业水污染与人体健康

1. 举出3种重要的工业特征污染物。
2. 工业污染中除了水污染还有哪些形式？



Part 1 环境问题的提出

Part 2 环境污染

Part 3 水资源与水污染控制

Part 4 工业水污染与人体健康

Part 5 可持续发展战略的由来

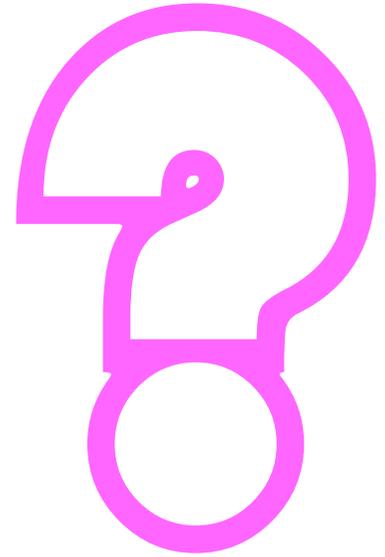
Part 6 可持续发展战略的概念

Part 7 清洁生产

Part 8 课程内容

## Part 4 工业水污染与人体健康

1. 举出3种重要的工业特征污染物。
2. 工业污染中除了水污染还有哪些形式？



# Part 5 可持续发展战略的由来

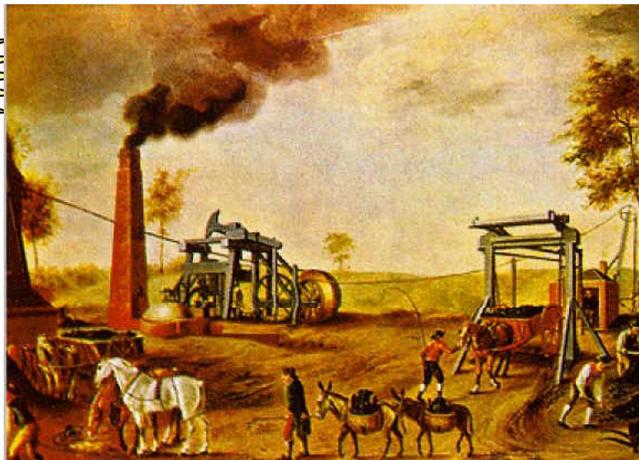
发展是人类社会不断进步的永恒主题

人与自然

工业革命前：

顶礼膜拜、  
唯唯诺诺

被主宰



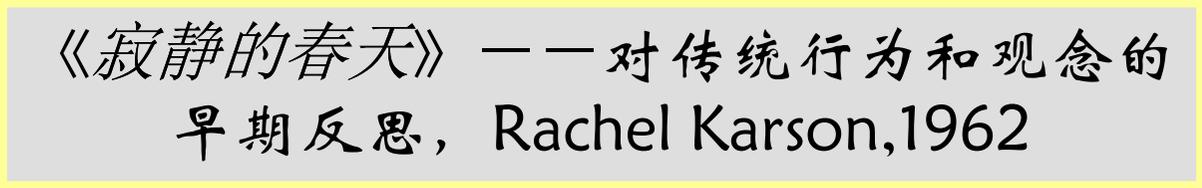
工业革命之后：

驾驭和征服

主宰

## Part 5 可持续发展战略的由来

《寂静的春天》——对传统行为和观念的早期反思, Rachel Karson, 1962



《增长的极限》——引起世界反响的“严肃忧虑”, The Club of Rome, 1972



联合国人类环境会议——人类对环境问题的正式挑战, 1972



《我们共同的未来》——环境与发展思想的重要飞跃, G. H. Brundland, 1987



联合国环境与发展大会——环境与发展的里程碑, 1992.6



## Part 5 可持续发展战略的由来

### 第一阶段

发展仅被认为是物质财富的积累或简单经济增长过程

### 第二阶段

发展被理解为在经济增长的同时，还应有效地控制工业过程对环境的污染

### 第三阶段

1972年的斯德哥尔摩人类环境大会后，发展被看作是人类与自然环境的协调过程

### 第四阶段

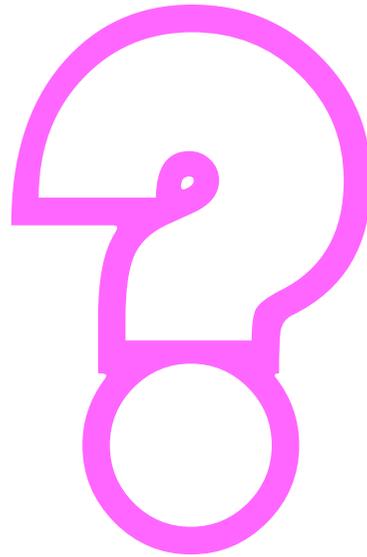
1992年在巴西里约热内卢召开的联合国环境与发展大会，奠定了可持续发展的战略

2002年联合国可持续发展世界首脑会议在南非约翰内斯堡举行

2012年联合国可持续发展大会--里约峰会

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展定义：



## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展定义：

即满足当代人的需求，又不对  
后代人满足其自身需求的能力构成  
危害的发展。

《我们共同的未来》 G. H. Brundland, 1987

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展的三重底线（执行标准）：

(1) 经济

核心：

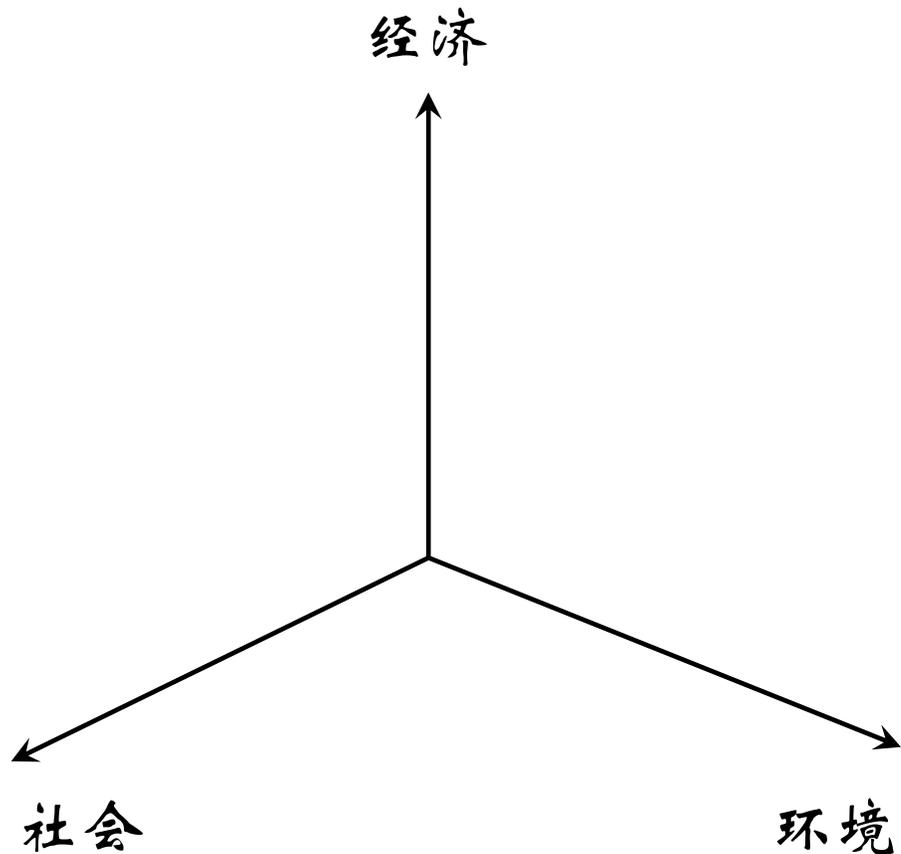
(2) 环境

能否确保最终结果是可  
持续的

(3) 社会

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展的三重底线（执行标准）：



方案A: 大尺度的灌溉工程

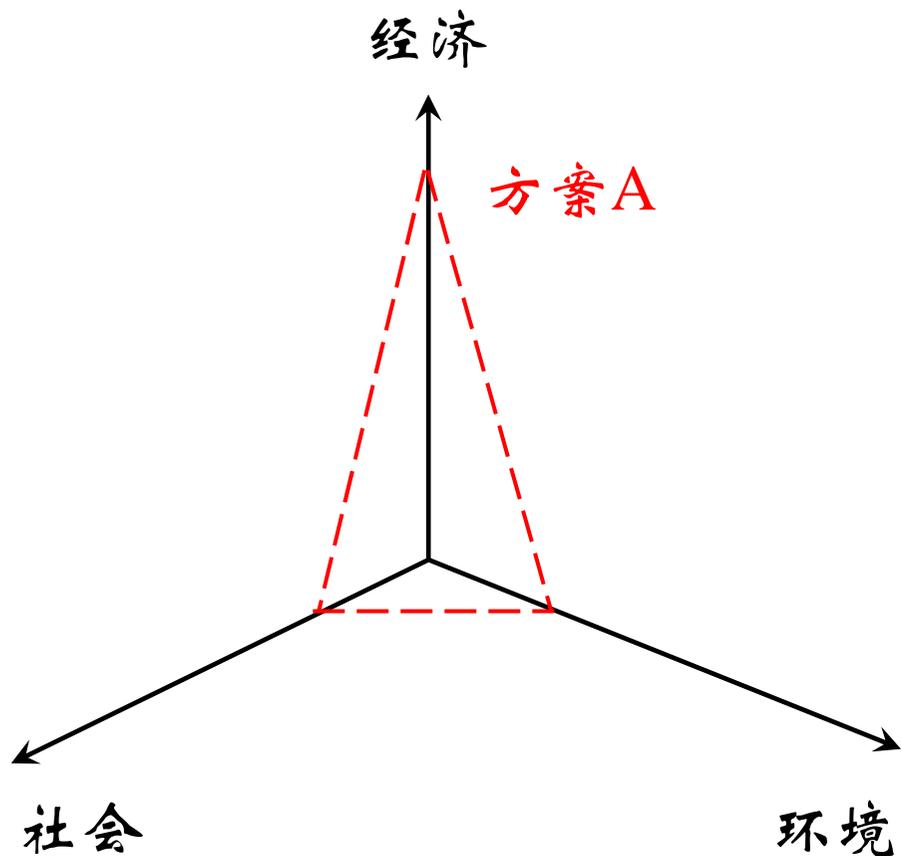
方案B: 拯救梅花鹿和犀牛

方案C: 在人口稀少的城市地区  
建设资助性的医疗项目

方案D: 低成本改进型饮用水补  
给数量和质量的乡村供  
水项目

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展的三重底线（执行标准）：



方案A: 大尺度的灌溉工程

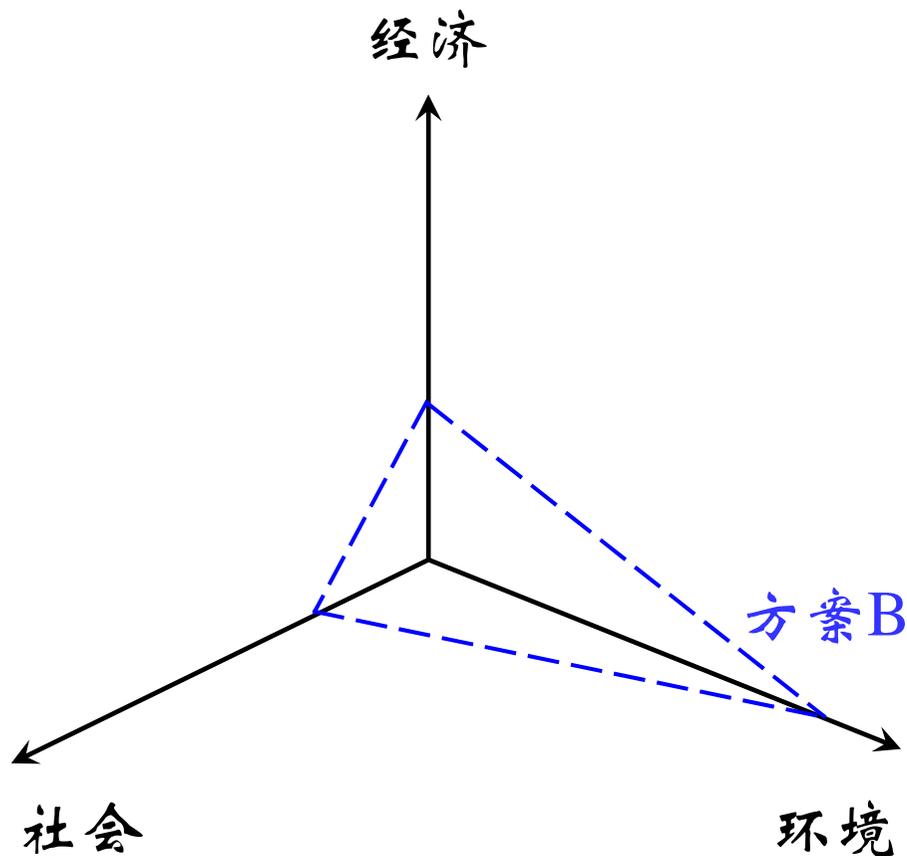
方案B: 拯救梅花鹿和犀牛

方案C: 在人口稀少的城市地区  
建设资助性的医疗项目

方案D: 低成本改进型饮用水补  
给数量和质量的乡村供  
水项目

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展的三重底线（执行标准）：



方案A: 大尺度的灌溉工程

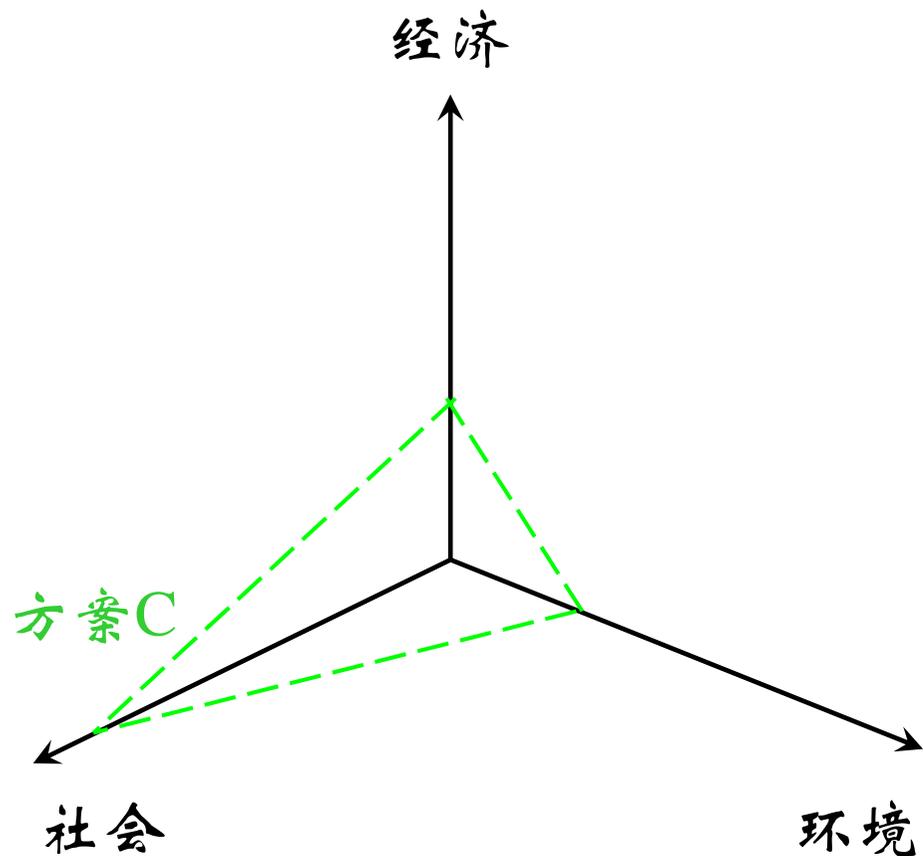
方案B: 拯救梅花鹿和犀牛

方案C: 在人口稀少的城市地区  
建设资助性的医疗项目

方案D: 低成本改进型饮用水补  
给数量和质量乡村供  
水项目

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展的三重底线（执行标准）：



方案A: 大尺度的灌溉工程

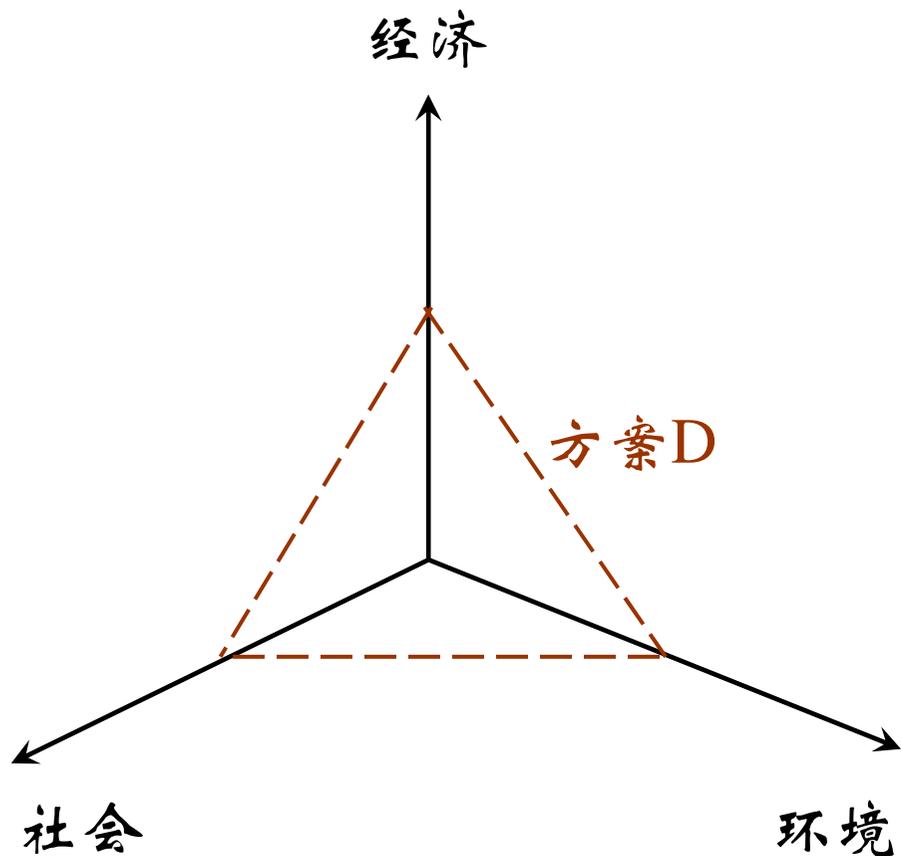
方案B: 拯救梅花鹿和犀牛

方案C: 在人口稀少的城市地区  
建设资助性的医疗项目

方案D: 低成本改进型饮用水补  
给数量和质量乡村供  
水项目

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展的三重底线（执行标准）：



方案A: 大尺度的灌溉工程

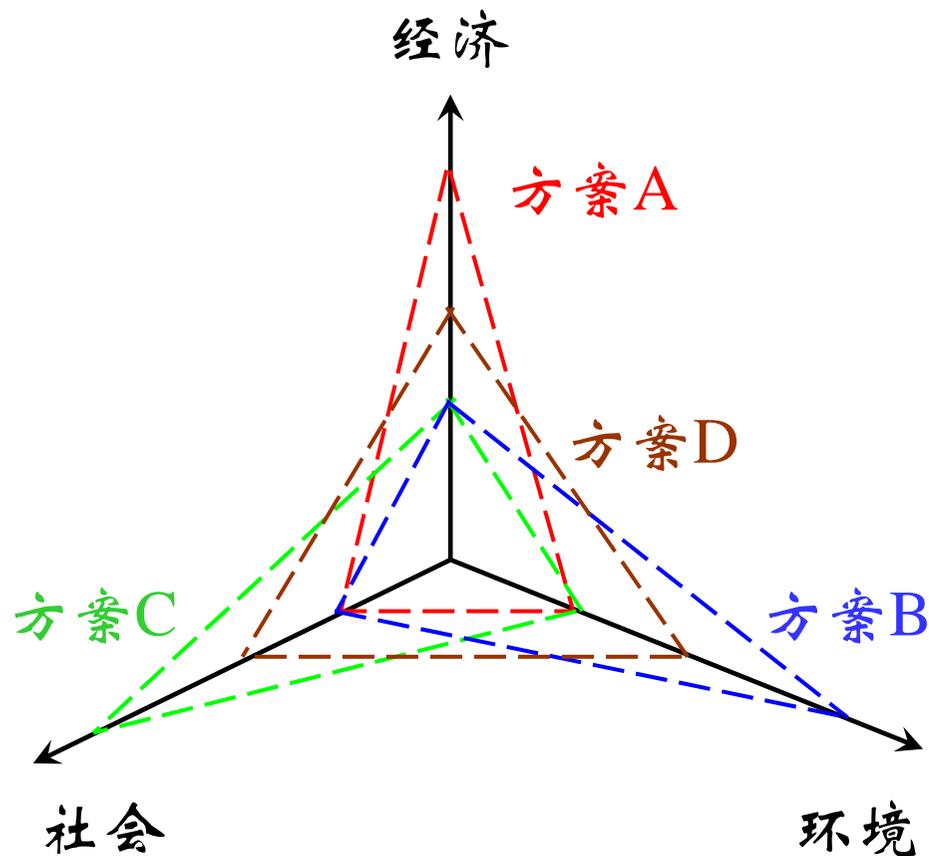
方案B: 拯救梅花鹿和犀牛

方案C: 在人口稀少的城市地区  
建设资助性的医疗项目

方案D: 低成本改进型饮用水补  
给数量和质量乡村供  
水项目

## Part 6 可持续发展战略的定义

可持续发展的三重底线（执行标准）：



方案A:大尺度的灌溉工程

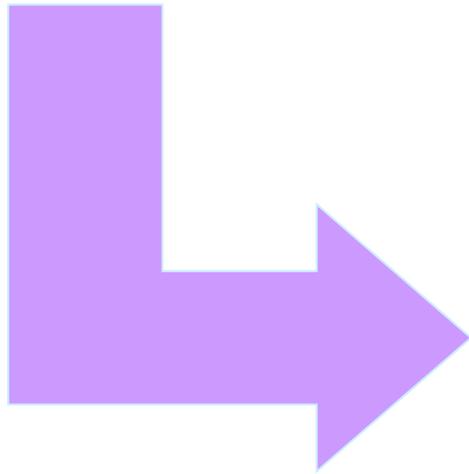
方案B:拯救梅花鹿和犀牛

方案C:在人口稀少的城市地区  
建设资助性的医疗项目

方案D:低成本改进型饮用水补  
给数量和质量乡村供  
水项目

# Part 7 工业水污染与清洁生产

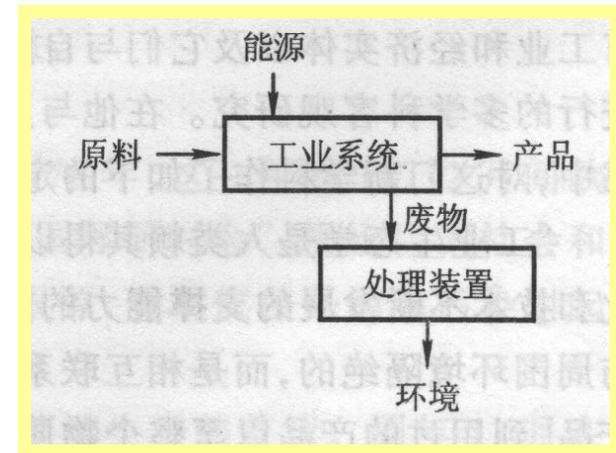
## 工业发展的三种模式



工业生产的传统  
模式

“环境工程或末  
端治理”模式

清洁生产  
模式



## Part 7 工业水污染与清洁生产

### 清洁生产定义：

无废工艺乃是这样一种工艺生产产品的方法，他能使所有的原料和能量在原料—生产—消费—二次原料的循环中得到最合理和综合的利用，同时对环境的任何作用都不至于破坏他的正常功能。

联合国欧洲经济委员会，1984

# 拯救自然，就是拯救人类自己



行动起来吧.....



# 把完整的地球交给下一代



## Part 8 课程内容

工业废水处理



工业废水污染防治

核心思想：

“防” “治” 结合 “防” “治” 并重

## Part 8 课程内容

### 工业企业：

冶金工业、电力工业、煤炭工业、石油与天然气工业、化学工业、机械工业、建材行业、木材与木制品加工工业、食品工业、纺织工业、轻工业等部门。

# Part 8 课程内容

## 开采

林产品

金属矿  
开采

无机矿  
开采

农业

石油开采

天然气  
开采

采煤

## 材料加工

金属熔炼  
与精炼

无机化学制  
品 (玻璃)

炼油、石化  
产品

发电

## 中间产品 生产

金属制品

有机化工  
产品

电子器件

食品加工

塑料制品

纺织品

## 最终产品 生产

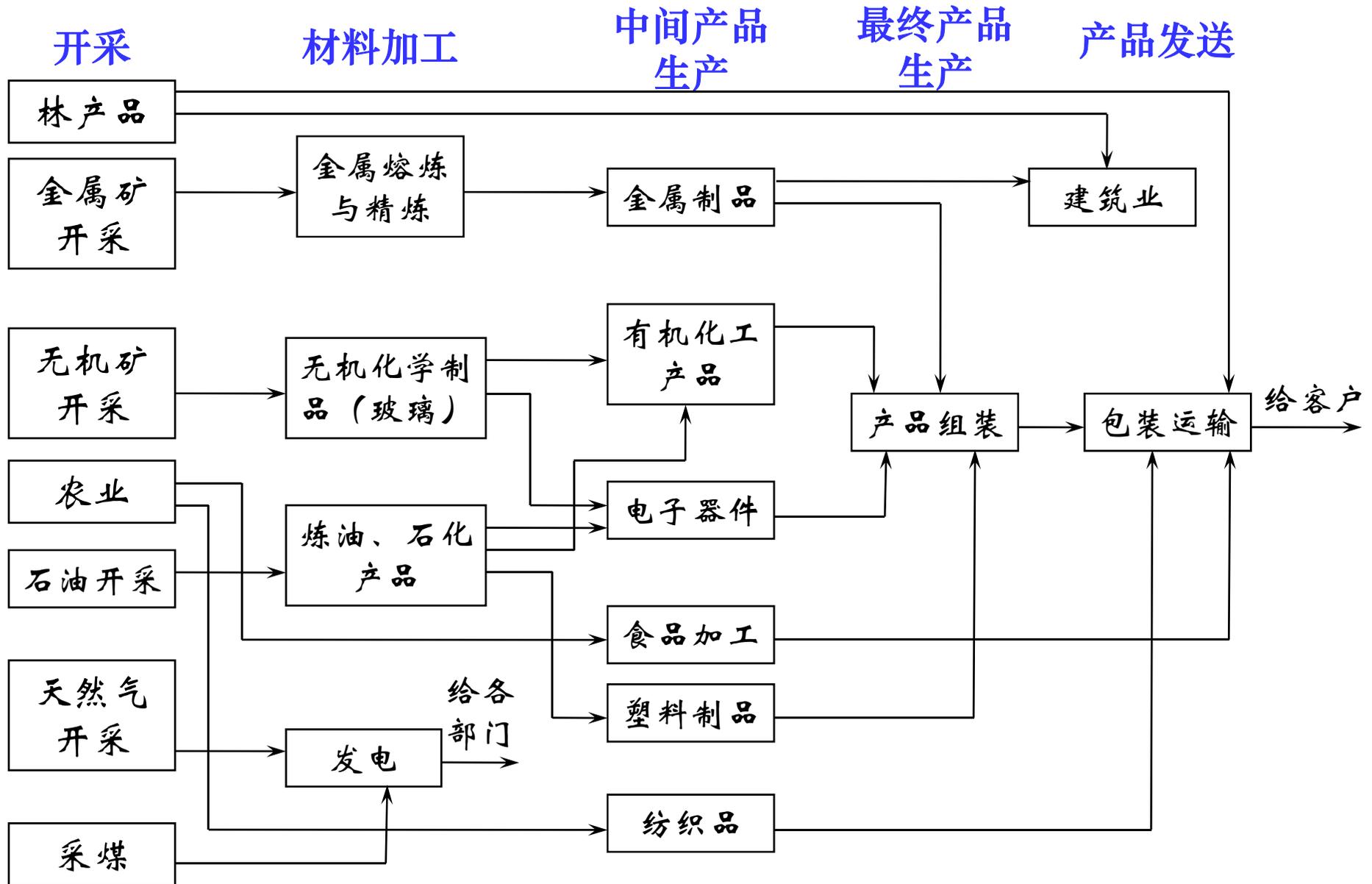
产品组装

## 产品发送

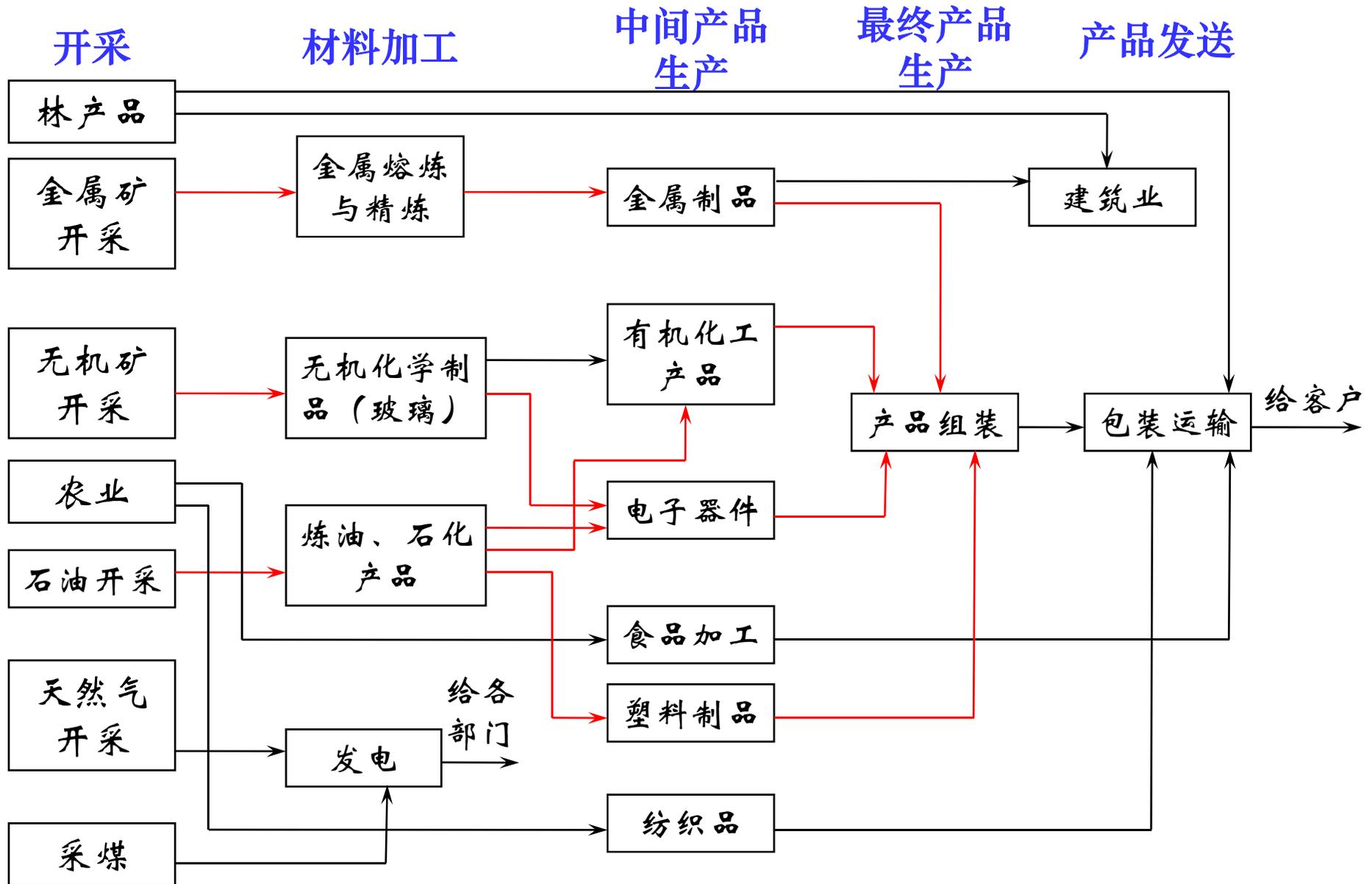
建筑业

包装运输

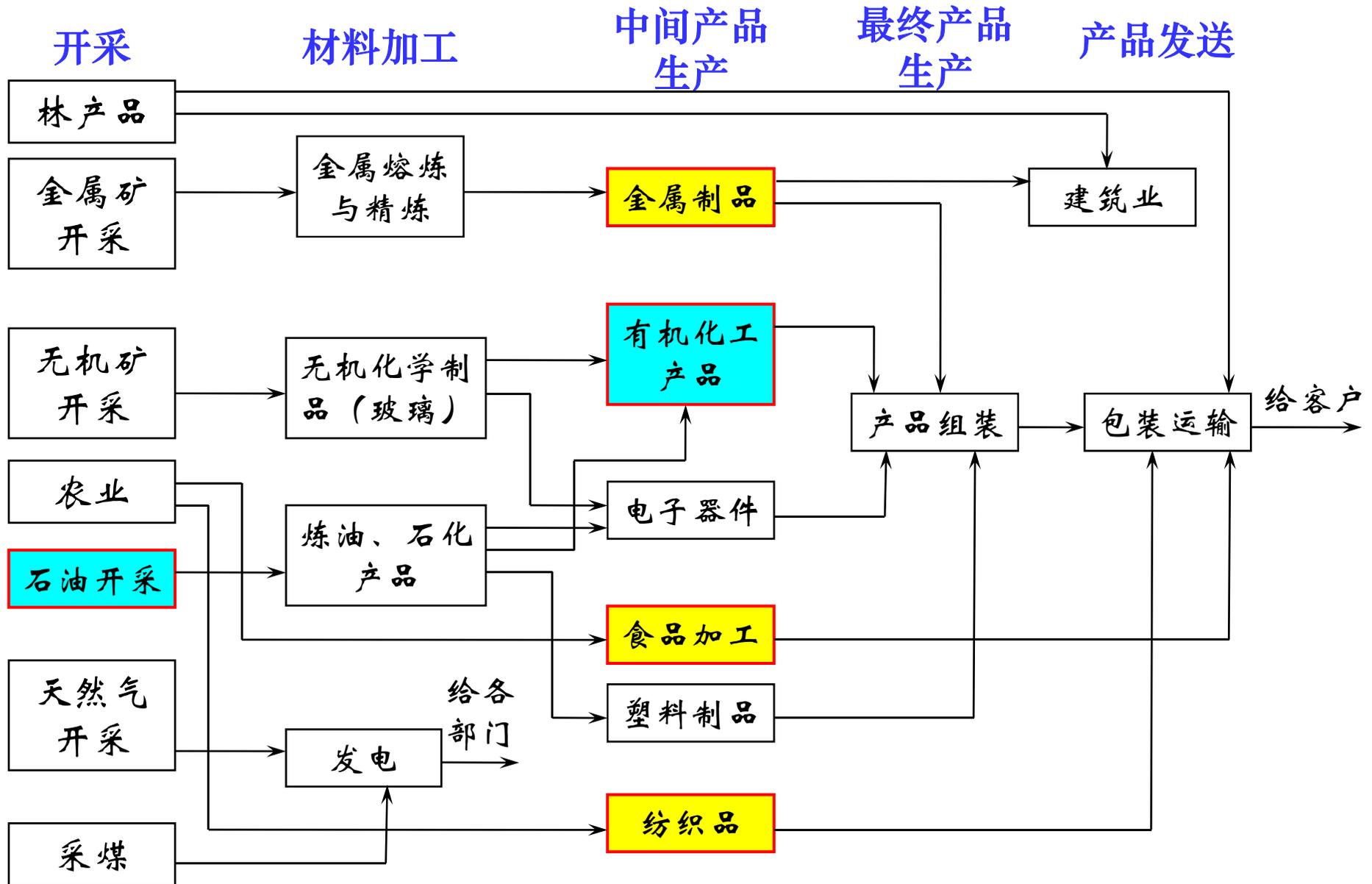
# Part 8 课程内容



# Part 8 课程内容



# Part 8 课程内容



## Part 8 课程内容

### 工业废水特点:

不同工业部门、生产工艺、设备条件、管理水平不同:

水量变化大

水质（污染物种类）变化大

排放规律不同

企业的具体情况差别大

## Part 8 课程内容

### 如何进行工业废水的治理：

#### 对环境工程技术人员的要求

废水处理技术的要求  
产生废水行业技术的要求

#### 如何开展工作

查阅资料（同类废水处理工艺）  
咨询类似经验人员  
实验室试验

# Part 8 课程内容

## 课程的主要内容：

清洁生产

末端处理技术

典型工业废水的防治技术介绍

工业废水治理的工程设计

目

标

学会采用可持续发展和清洁生产观点进行工业废水污染预防

掌握工业废水末端技术原理及其应用

学会根据不同废水的性质选择清洁生产技术和废水处理工艺

了解工业废水处理设计步骤

# Part 8 课程内容

## 课程的考核：

- 一、期末考试（必选）：60%
- 二、日常考核（二选一）：40%
  - ◆ 撰写读书报告
  - ◆ 参加讨论课
- 三、课堂出勤（必选）：10%

# Part 8 课程内容

## 关于讨论课介绍：

**一、教学目的：通过文献查阅、汇报陈述与讨论辩论，加深对专业基本概念与基本原理的理解，提高文献查阅、分析与综合能力、口头表达能力和工程应用能力**

## **二、组织形式**

- ◆ **分组：每班8人（共16人）；4人1组，合计4组**
- ◆ **随堂出题（3~4次）；查阅资料，制作PPT（10min）；陈述与讨论；选择一组作课堂汇报（5min）**

## **三、考核方式**

- ◆ **教师评价与学生/组间评价相结合**
- ◆ **原则上，参与讨论课教改实践学生的日常考核优良率100%**

## Part 8 课程内容

### 答 疑：

答疑时间：周一下午4:00~5:00

答疑地点：行政南楼228办公室

E-mail: hxf@tongji.edu.cn

Tel: 65986066, 13818078123

## Part 8 课程内容

可持续性的概念指出人类现在的活动应该保证未来子孙拥有满足他们自身需求的能力。

然而，根据过去的经验，有人认为人类具有适应性，可以找到适应不断变化的世界的途径。例如，已知的石油储备很快将会耗竭(在未来的几十年内)，有人认为这并不能作为削减现阶段石油消费的理由，因为到那时其他目前未发现的石油储备将被开发出来，或者发明出其他的替代燃料，在未来石油燃料将毫无价值。

请讨论这一观点的优缺点，并给出你的观点。

