



# 燃烧污染物控制

➤ 教材——《燃烧污染物控制技术》（李建新）

《燃烧理论与污染控制》

➤ 参考资料：《工程燃烧学》《大气污染控制工程》等

➤ 学时—— 32 学时 2学分



## 一、研究对象与主要研究内容

主要研究如何高效清洁的利用化石燃料（煤）资源。

➤ 能源利用与大气污染

➤ 烟气的除尘、脱硫、脱硝技术、CO<sub>2</sub> 控制技术



## 二、设置本课程的主要目的

结合当前我国能源利用的现状，本课程主要介绍燃料燃烧利用过程中**污染物的生成与控制问题**及新型高效低污染的煤利用技术。

## 三、本课程的性质

能源与动力工程的专业课





## 四、课程的基本内容

### （一）能源与环境

各种能源的开发利用（燃料燃烧）对环境的影响，我国能源利用遇到的主要环境问题。

### （二）颗粒污染物的控制与消烟除尘（**P**articulate **M**atter）

影响粉尘产生的因素，粉尘的控制，除尘装置。

### （三）硫氧化物的生成与脱硫（**SO**<sub>2</sub>）

硫氧化物的生成与转换；脱硫的主要途径与方法：煤燃烧脱硫技术，干法烟气脱硫技术、湿法烟气脱硫技术。



## （四）氮氧化物的生成与脱硝（ $\text{NO}_x$ ）

低 $\text{NO}_x$ 燃烧技术；

选择性催化还原脱硝（**S**elective **C**atalytic **R**eduction），

选择性非催化还原脱硝（**S**elective **N**on-**C**atalytic **R**eduction）

## （五）二氧化碳的控制理论与技术（ $\text{CO}_2$ ）

$\text{CO}_2$ 的分离、捕获、封存、利用等

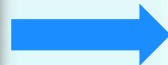


# § 1.1 能源利用现状

## § 1.1 能源利用现状

### 一、能源的重要地位

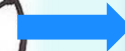
1. 能源是人类经济发展、生活水平提高、文明进步的基础；
2. 人类的每一次进步与能源利用的方式的进步息息相关；
3. 能源也是国民经济发展的动力，衡量一个国家综合国力。



1785年，瓦特改良蒸汽机。



瓦特



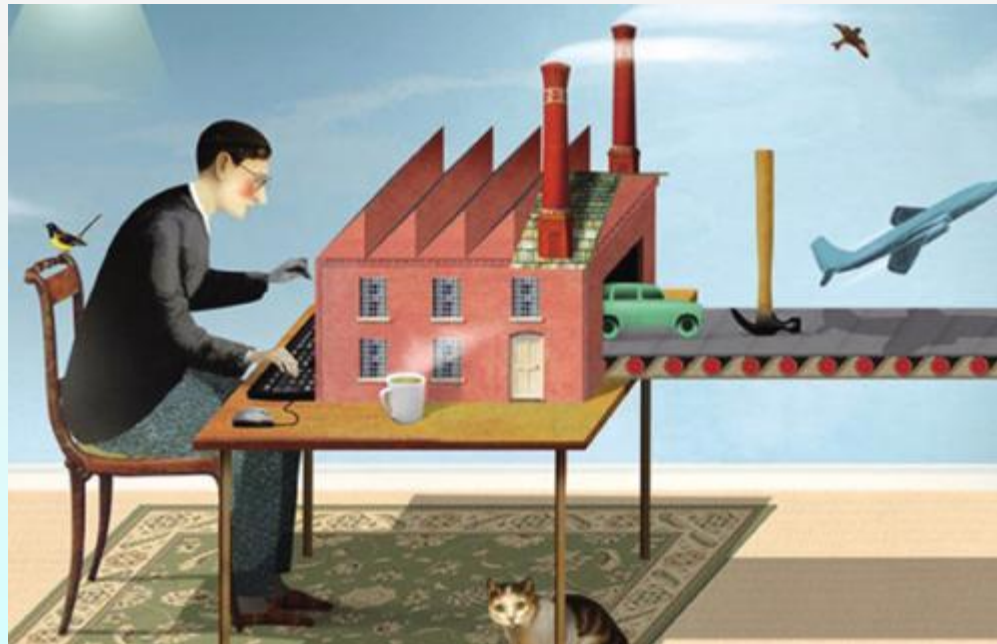
人类社会进入“蒸汽时代”





## § 1.1 能源利用现状

第三次科技革命以原子能、电子计算机、空间技术和生物工程<sup>①</sup>的发明和应用为主要标志，涉及信息技术、新能源技术、新材料技术、生物技术、空间技术和海洋技术等诸多领域的一场信息控制技术革命。







## § 1.1 能源利用现状

**第四次工业革命**，是以**人工智能**、**新材料技术**、**分子工程**、**石墨烯**、**虚拟现实**、**量子信息技术**、**可控核聚变**、**清洁能源**以及**生物技术**为技术突破口的工业革命。

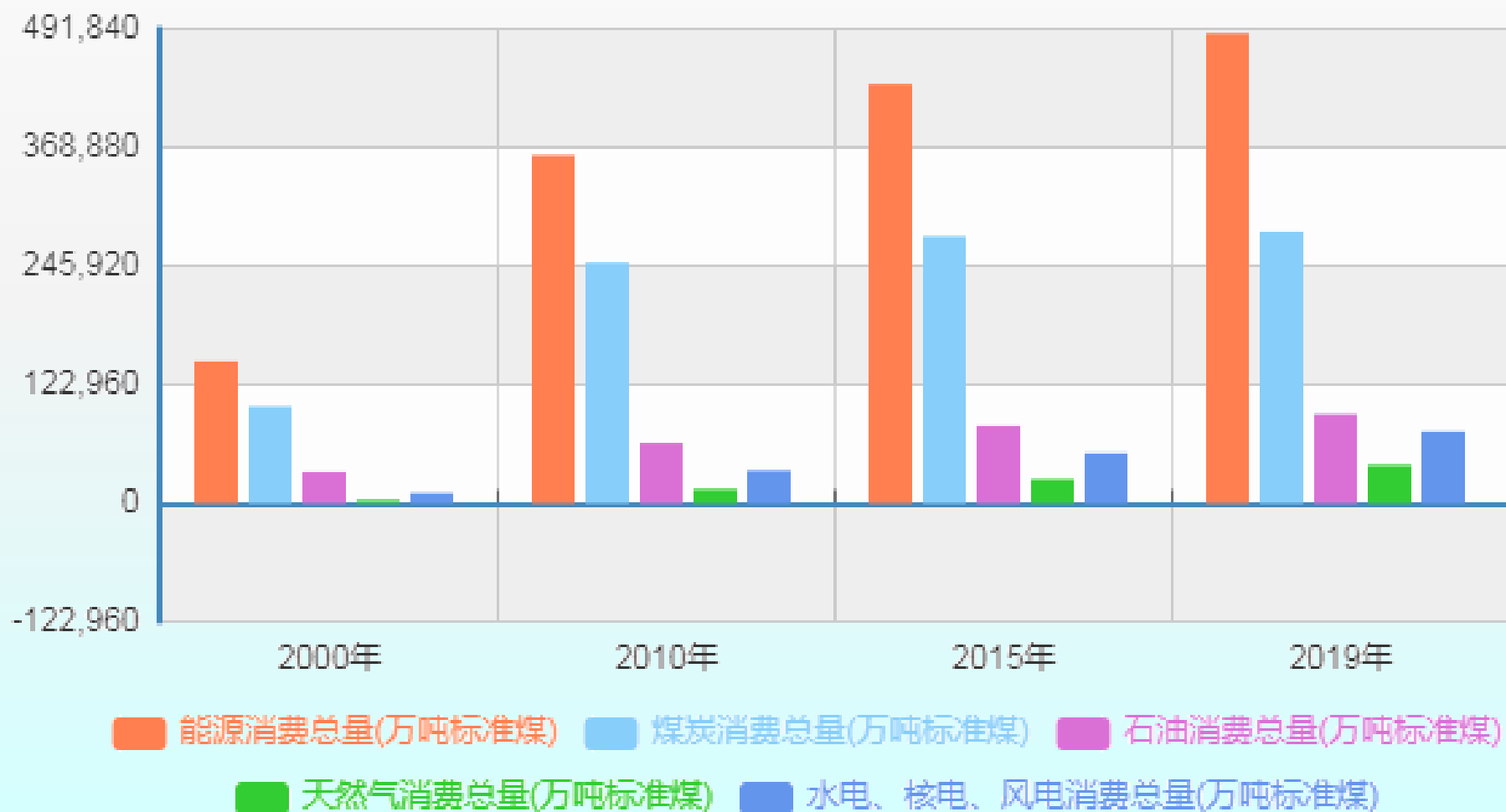




# § 1.1 能源利用现状

## 二、能源利用现状

### 1. 我国能源消费结构发展与现状







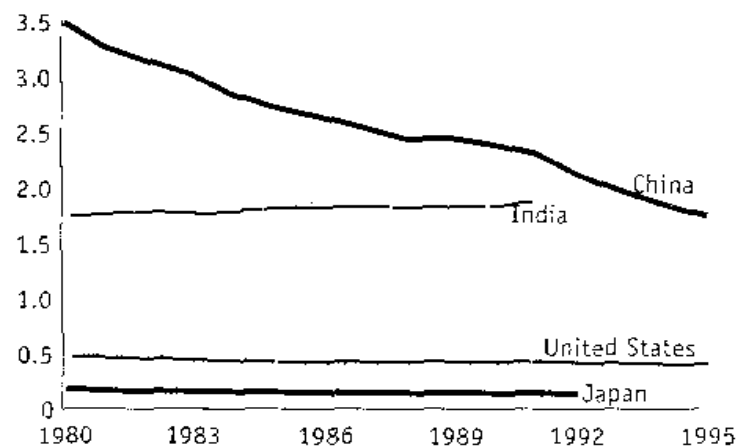
# § 1.1 能源利用现状

## 2 能源利用效率低

我国能源终端利用效率仅为33%，比发达国家低约10~20%

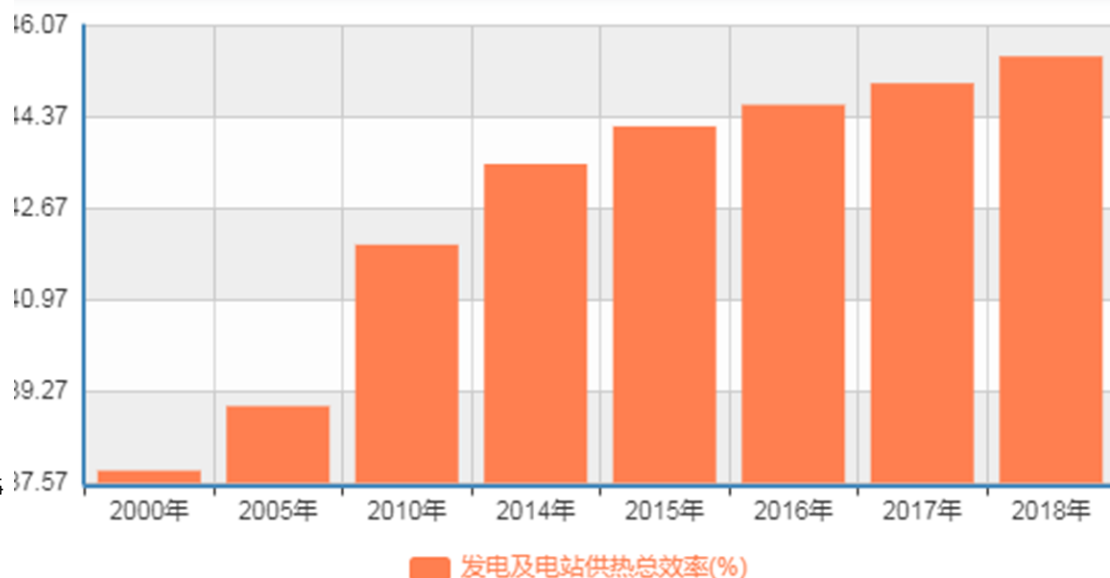
单位国民经济产值的能耗是日本的6倍，美国的3倍……

Tons of coal equivalent consumed per \$1,000



Note: China's GDP is in 1995 prices. All others are in 1990 prices. 1995 exchange rates are used.

Source: SSB 1996; LBNL 1996; and IMF 1996.

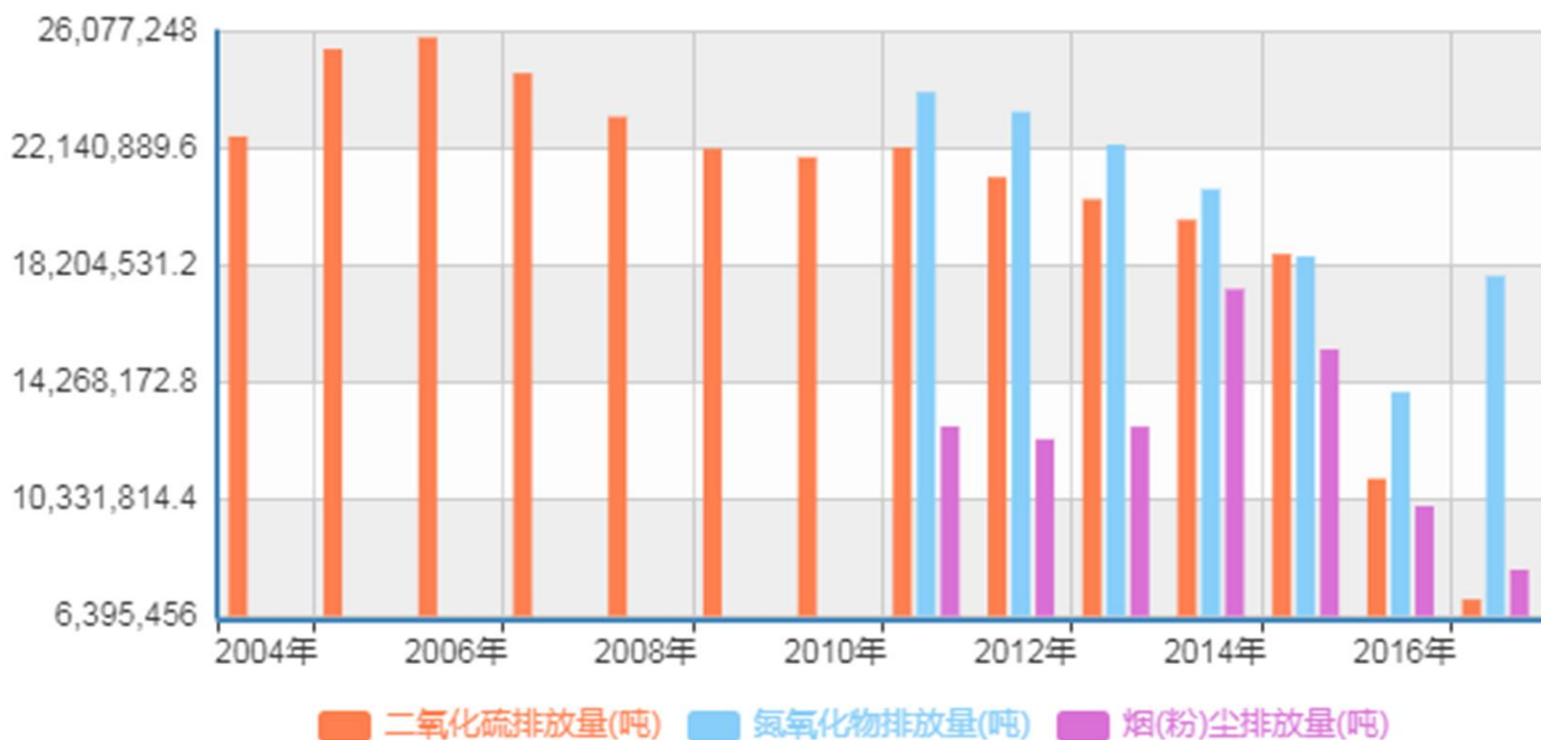




## § 1.1 能源利用现状

### 3 能源品种以煤为主，污染严重

- ◆ 典型的能源消费型污染——煤炭消费型污染???





# § 1.1 能源利用现状

## (4) 能源需求的持续增长与能源供应之间的问题

根据有关部门分析得出的结果，我国能源消耗总量大致是2020年22~29亿吨，2050年33~47亿吨。即中国在未来50年内能源需求总量将会增长到现在的3倍。????

## 2、解决能源问题的途径

(1) 节流 《节约能源法》

(2) 开源

保证常规能源供给， 加大新能源、可再生能源的开发



## § 1.2 大气污染概况

### § 1.2 大气污染概况

#### 一、大气污染的基本知识

在干洁空气中，出现了原来没有的微量物质，其数量和持续时间，都有可能对人、动物、植物及物品、材料产生不利影响和危害。

当大气中污染物质的浓度达到有害程度，以至破坏生态系统和人类正常生存和发展的条件，对人或物造成危害的现象叫做大气污染。



## § 1.2 大气污染概况

气体名称	分子式	组 成		总重 (t)
		体积 (%)	重量 (%)	
氮	N <sub>2</sub>	78.0900	75.5100	$3.8648 \times 10^{15}$
氧	O <sub>2</sub>	20.9500	23.1500	$1.1841 \times 10^{15}$
氩	Ar	0.9300	1.2800	$6.55 \times 10^{13}$
二氧化碳	CO <sub>2</sub>	0.0350	0.04600	$2.33 \times 10^{12}$
氖	Ne	$1.8 \times 10^{-3}$	$1.25 \times 10^{-3}$	$6.36 \times 10^{10}$
氦	He	$5.4 \times 10^{-4}$	$7.2 \times 10^{-5}$	$3.7 \times 10^9$
甲烷	CH <sub>4</sub>	$2.2 \times 10^{-4}$	$1.2 \times 10^{-4}$	$6.2 \times 10^9$
氪	Kr	$1.5 \times 10^{-4}$	$2.9 \times 10^{-4}$	$1.46 \times 10^{10}$
氧化亚氮	N <sub>2</sub> O	$1 \times 10^{-4}$	$1.5 \times 10^{-4}$	$7.7 \times 10^9$
氢	H <sub>2</sub>	$5 \times 10^{-5}$	$3 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^8$
氙	Xe	$8 \times 10^{-6}$	$3.6 \times 10^{-5}$	$1.8 \times 10^9$
臭氧	O <sub>3</sub>	$1 \times 10^{-6}$	$3.6 \times 10^{-5}$	$3.1 \times 10^9$
氡	Rn	$1 \times 10^{-18}$	$1 \times 10^{-17}$	0.082—22



## § 1.2 大气污染概况

2012年2月29日，国家环保部与国家质量监督检验检疫总局联合发布了《环境空气质量标准》(GB3095-2012)

### 空气质量指数 Air Quality Index(AQI):

定量描述空气质量状况的无量纲指数。AQI的数值越大、级别越高，说明空气污染状况越严重，对人体的健康危害也就越大。参与评价的污染物为二氧化硫(SO<sub>2</sub>)、二氧化氮(NO<sub>2</sub>)、一氧化碳(CO)、臭氧(O<sub>3</sub>)、可吸入颗粒物(PM<sub>10</sub>)、细颗粒物(PM<sub>2.5</sub>)六项，每小时发布一次。空气质量指数大于50时，空气质量分指数最大的污染物为首要污染物。若空气质量分指数最大的污染物为两项或两项以上时，并列为首要污染物。





# § 1.2 大气污染概况

序号	污染物项目	平均时间	浓度限值		单位
			一级	二级	
1	二氧化硫(SO <sub>2</sub> )	年平均	20	60	μg/m <sup>3</sup>
		24小时平均	50	150	
		1小时平均	150	500	
2	二氧化氮(NO <sub>2</sub> )	年平均	40	40	
		24小时平均	80	80	
		1小时平均	200	200	
3	一氧化碳(CO)	24小时平均	4	4	mg/m <sup>3</sup>
		1小时平均	10	10	
4	臭氧(O <sub>3</sub> )	日最大8小时平均	100	160	μg/m <sup>3</sup>
		1小时平均	160	200	
5	颗粒物(PM <sub>10</sub> )	年平均	40	70	
		24小时平均	50	150	
6	颗粒物(PM <sub>2.5</sub> )	年平均	15	35	
		24小时平均	35	75	



# § 1.2 大气污染概况

## 空气污染指数分级标准(试行)

AQI	空气质量级别		空气质量状况	对健康的影响
0~50	I		优	可正常活动
51~100	II		良	可正常活动
101~150	III	III <sub>1</sub>	轻微污染	长期接触, 易感人群出现症状
151~200		III <sub>2</sub>	轻度污染	长期接触, 健康人群出现症状
201~250	IV	IV <sub>1</sub>	中度污染	一定时间接触后, 健康人群出现症状
251~300		IV <sub>2</sub>	中度重污染	一定时间接触后, 心脏病和肺病患者症状显著加剧
>300	V		重度污染	健康人群明显强烈症状, 提前出现某些疾病



## § 1.2 大气污染概况

### 三 大气污染的类型

#### 1. 按污染范围

(1) 局部地区大气污染

(2) 区域性大气污染

(3) 广域性大气污染

(4) 全球性大气污染



## § 1.2 大气污染概况

### 2. 按污染物形式

(1) **一次污染物**: 直接从多种排放源进入大气中的各种气体、蒸气和颗粒物。

二氧化硫( $\text{SO}_2$ )、一氧化碳( $\text{CO}$ )、烟尘、二氧化碳( $\text{CO}_2$ )。

(2) **二次污染物**: 进入大气的一次污染物在大气中互相作用。

这类物质的颗粒小, 一般在 $0.01 \sim 0.1$ 微米, 其毒性比一次污染物还强。最常见的二次污染物有硫酸、硫酸盐气溶胶、硝酸及硝酸盐气溶胶、臭氧、过氧乙酸硝酸酯等。



# § 1.2 大气污染概况

## 3. 按污染物的化学性质

- (1) **还原型**：煤烟型，伦敦烟雾
- (2) **氧化型**：汽车尾气型，洛杉矶光化学烟雾

项 目	还 原 型 (煤炭型)	氧 化 型 (汽车尾气型)
主要污染源	工厂、家庭生活、取暖燃烧的煤炭,排放主要有 $\text{SO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{HC}_x$	汽车尾气、石油燃料排放污染物主要有 $\text{NO}_x$ 、 $\text{HC}_x$
污染物质	一次、二次污染物混合气体、 $\text{SO}_2$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{CO}$ 、颗粒物及硫酸雾、硫酸盐类气溶胶	以二次污染物为主,臭氧、过氧乙酰、硝酸酯、 $\text{RCHO}$ (甲醛、乙醛、丙醛、硝酸雾等)
污染事件发生地区	湿度较大的温带、亚热带地区	光照强烈的热带、亚热带地区
主要燃料	以煤为主,辅以石油燃料	石油燃料
反应类型	热反应	光化学反应及热反应
化学作用	催化作用	光化学氧化作用



## § 1.2 大气污染概况

**煤烟型烟雾事件：** 由于煤烟和工业废气大量排入大气且得不到充分扩散而引起的。

(1) 马斯河谷烟雾事件

(2) 多诺拉事件

(3) **伦敦烟雾事件**

烟雾使数千受害者患了支气管炎、气喘和其他影响肺部的疾病。到**12月10日**烟雾散去时，**估计已有4000人死亡**，其中多数是年长者。



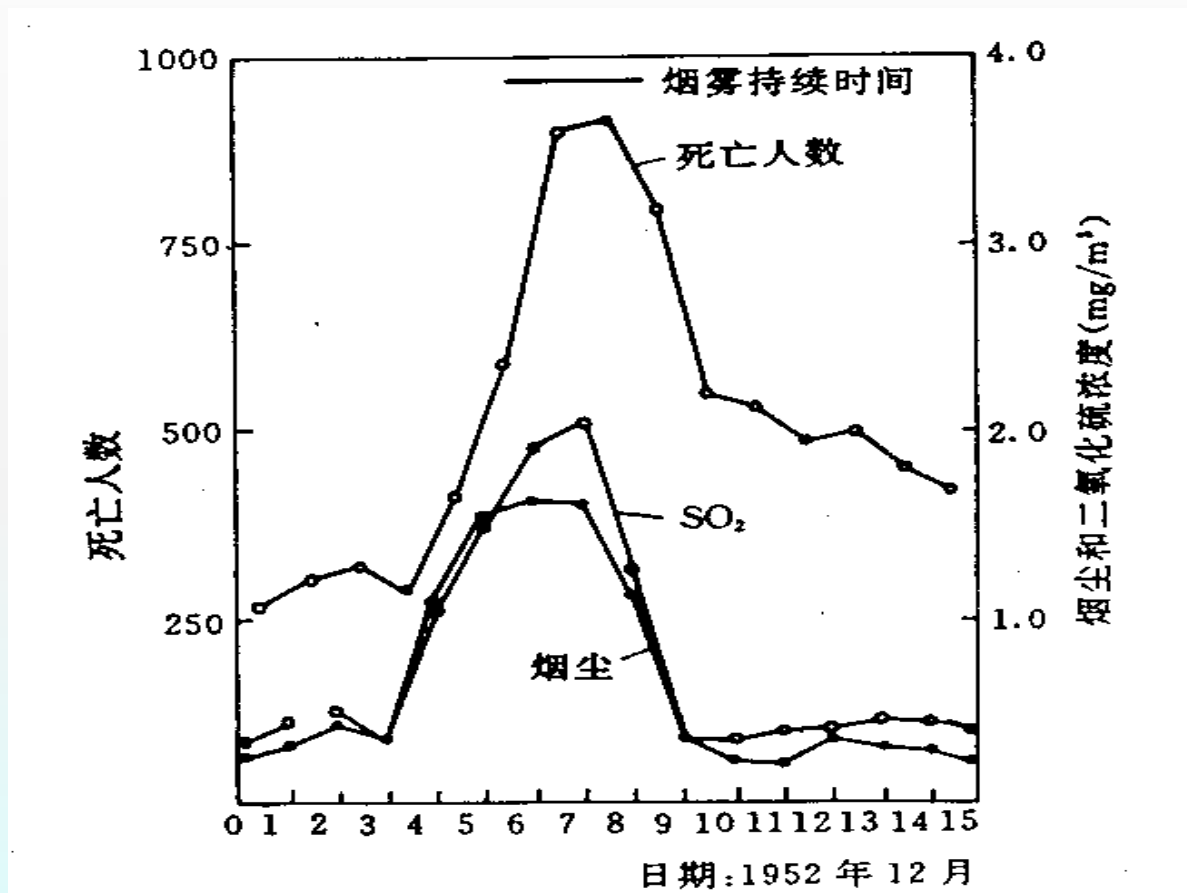
正在伦敦举办一场牛展览会，参展的牛首先对烟雾产生反应，**350头牛有52头严重中毒，14头奄奄一息，1头当场死亡。**





## § 1.2 大气污染概况

### 伦敦烟雾事件



1952年12月伦敦烟雾事件中死亡人数与大气中烟尘和二氧化硫浓度的相关性



## § 1.2 大气污染概况

**洛杉矶烟雾：**从十九世纪四十年代，每年从夏季至早秋，只要是晴朗的日子，城市上空就会出现一种弥漫天空的浅蓝色烟雾，使整座城市上空变得浑浊不清。这种烟雾使人眼睛发红，咽喉疼痛，呼吸憋闷、头昏、头痛。



## § 1.2 大气污染概况

### 四、大气污染物及其来源

#### 大气污染物

#### 主要成分

##### 颗粒物

尘粒、粉尘、烟尘、雾尘、煤尘

##### 硫氧化物

包括二氧化硫，三氧化硫，三氧化二硫，一氧化硫等。

##### 碳的氧化物

主要包括二氧化碳和一氧化碳。

##### 氮氧化物

包括氧化亚氮，一氧化氮，二氧化氮，三氧化二氮等。

##### 碳氢化合物

如甲烷、乙烷等烃类气体。





## § 1.2 大气污染概况

造成大气污染的原因，既有**自然因素**又有人为因素，尤其是**人为因素**。

- 燃料燃烧；
- 工业生产；
- 交通运输。

### (1) 存在形式：

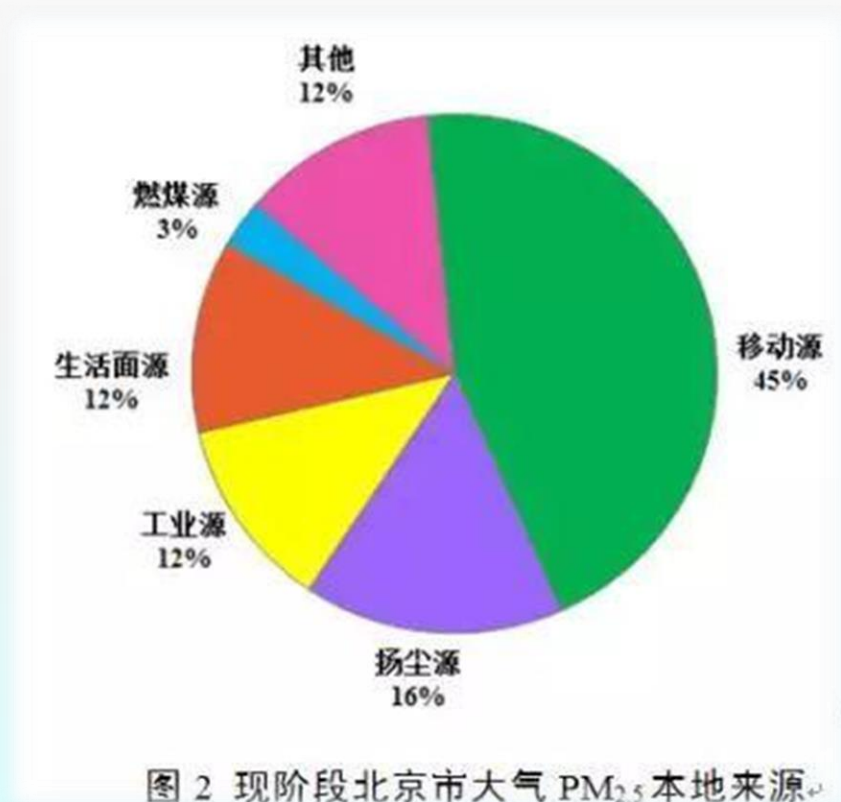
固定源；移动源

### (2) 排放形式：

点源；线源；面源

### (3) 发生类型：

工业；农业；生活污染源





## § 1.2 大气污染概况

### 五 大气污染的危害

#### 1 对人体的危害

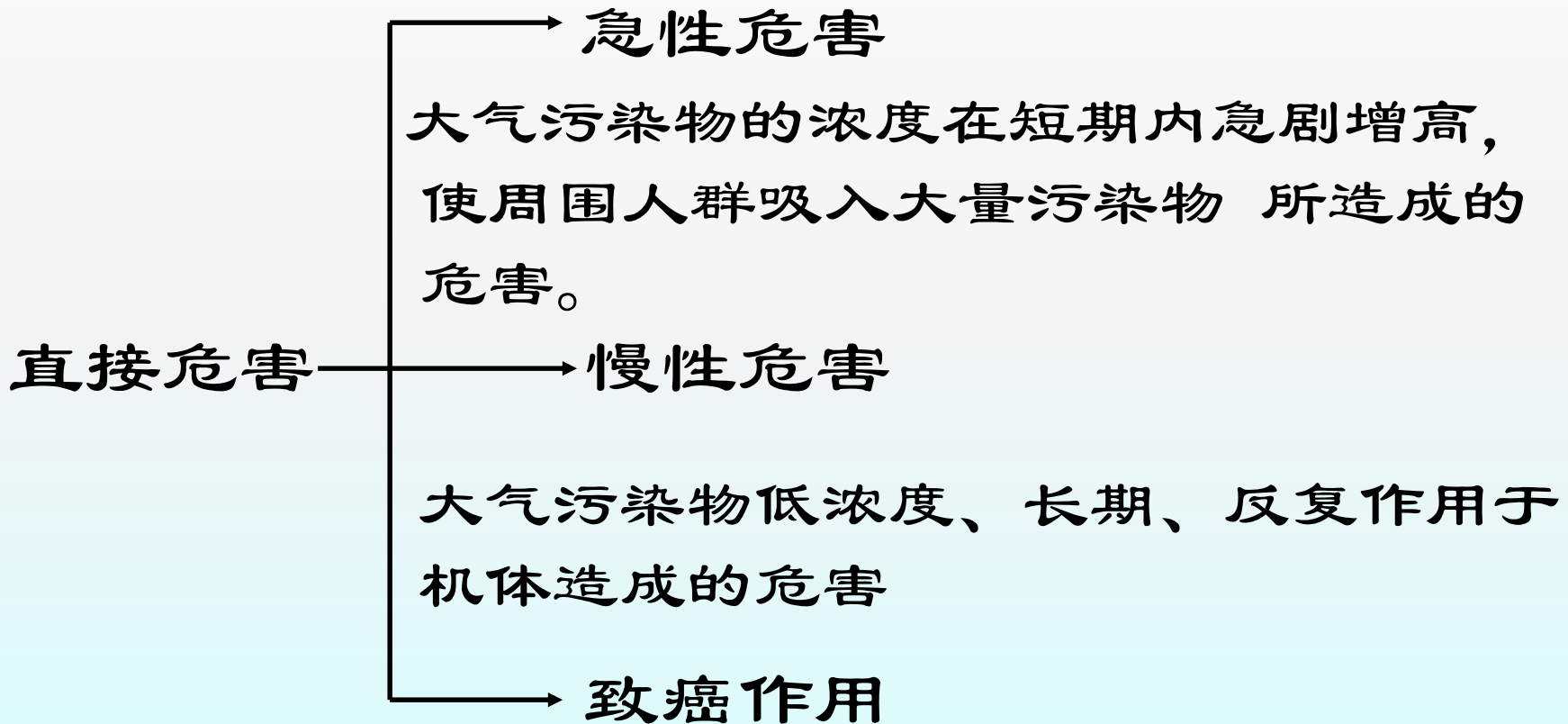
大气污染物通过以下三个过程侵入人体：

- (1) 呼吸而直接进入人体，这是最主要也是危害最大的；
- (2) 附着在食物或溶解于水，随着水、食物而侵入人体；
- (3) 通过接触由皮肤进入到人体。



## § 1.2 大气污染概况

### 大气污染对健康的直接危害







## § 1.2 大气污染概况

污 染 物	引起的症状
烟雾	视程缩短，导致交通事故、慢性支气管炎
飞尘	血液中毒、尘肺、肺感染
二氧化硫	刺激眼角膜和呼吸道粘膜、咳嗽、声哑、胸痛、支气管炎、哮喘，甚至死亡
二氧化氮	刺激鼻腔和咽喉、胸部紧缩、呼吸紧迫、失眠、水肿、昏迷，甚至死亡
一氧化碳	头晕、头痛、恶心、四肢无力，还可引起心肌损伤，伤害中枢神经，严重时导致死亡
氟化氢	刺激粘膜、幼儿发生斑状齿、成人骨骼硬化
硫化氢	刺激粘膜、导致眼炎或呼吸道炎、头晕、头痛、恶心、肺水肿
氯气	刺激呼吸器官、支气管炎，量大时引起中毒性肺水肿
苯并比	致癌
臭氧	刺激眼、咽喉，导致呼吸机能减退



## § 1.2 大气污染概况

### 公害事件：四日市哮喘事件

四日市位于日本伊势湾西岸，**1955~1963**年相继兴建了三座石油化工联合企业，而成为日本的石油化工基地。所用燃料为高硫重油，含硫量达**3%~4%**。每年排放出大量二氧化硫和各种粉尘。

**1956**年，由于石油工业含酚废水排入伊势湾，使附近水产发臭不能食用。石油冶炼和工业燃油（高硫重油）产生的废气，使整座城市终年黄烟弥漫。全市工厂粉尘、二氧化硫年排放量达**13**万吨。大气中二氧化硫浓度超出标准**5~6**倍。在四日市上空**500**米厚度的烟雾中飘着多种有毒气体和有毒铝、锰、钴等重金属粉尘。





## § 1.2 大气污染概况

### 公害事件：四日市哮喘事件

**1961年**，四日市哮喘病大发作。**1964年**连续**3天**浓雾不散，严重的哮喘病患者开始死亡。**1967年**，一些哮喘病患者不堪忍受痛苦而自杀。到**1970年**，四日市哮喘病患者达到**500多人**，其中有**10多人**在哮喘病的折磨中死去，实际患者超过**2000人**。**1972年**全市共确认哮喘病患者达**817人**。

后来，由于日本各大城市普遍烧用高硫重油，致使四日市哮喘病蔓延全国。如千叶、川崎、横滨、名古屋、水岛、岩国、大分等几十个城市都有哮喘病在蔓延。据日本环境厅统计，到**1972年**为止，日本全国患四日市哮喘病的患者多达**6376人**。



## § 1.2 大气污染概况

### 2 大气污染对农作物的危害

**急性危害：**在污染物高浓度时，农作物短时间内造成危害，叶面枯萎脱落，直至死亡，造成农作物减产。

**慢性危害：**在污染物低浓度时，因长时间作用所造成的危害，使农作物叶绿素褪色，影响生长发育。

**不可见危害：**指污染物质对农作物造成生理上的障碍，抑制生育发展，造成产量下降。



# § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### 一 粉尘和气溶胶

#### (1) 分类

- 可吸入颗粒物又称为PM10，指直径等于或小于10微米，可以进入人的呼吸系统的颗粒物；
- 总悬浮颗粒物也称为PM100，即直径小于或等于100微米的颗粒物。



## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

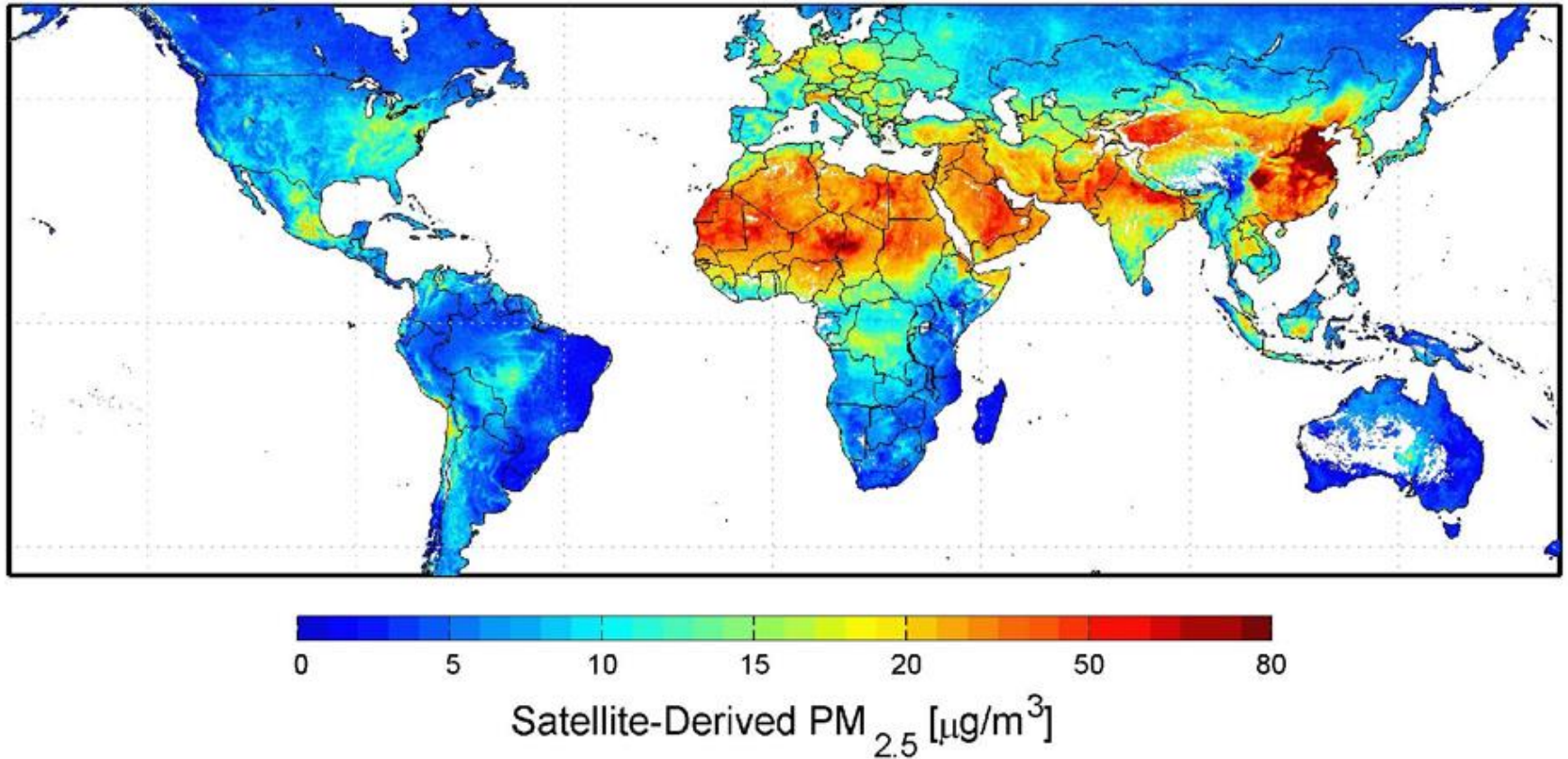
### (2) 来源:

一般而言, 粒径2.5微米至10微米的粗颗粒物主要来自道路扬尘等; 2.5微米以下 (可入肺) 的细颗粒物 (PM<sub>2.5</sub>) 则主要来自化石燃料的燃烧 (如机动车尾气、燃煤)、挥发性有机物等。





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害





# § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

## 二 二氧化硫和酸雨问题

### (1) 何谓酸雨

天然降水的PH值为5.65，一般将PH值小于5.6的降雨称为酸雨。

1	2	3	4~5	5~6.5	7	8.5~9	10~11	12	13	14
酸性電解液	檸檬汁	醋	酸雨	正常雨水	蒸餾水	蘇打水	染髮劑	氨水	氫氧化鈉	鹼性電解液



## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### (2) 酸雨的分类

酸雨正确的名称应为酸性沉降，它可分为湿沉降与干沉降两大类。

➤ **湿沉降** 指气状污染物或粒状污染物随着雨、雪、雾或雹，以降水型态落到地面上；

➤ **干沉降** 则是在晴朗的日子，从空中降下来的落尘所带的酸性物质。

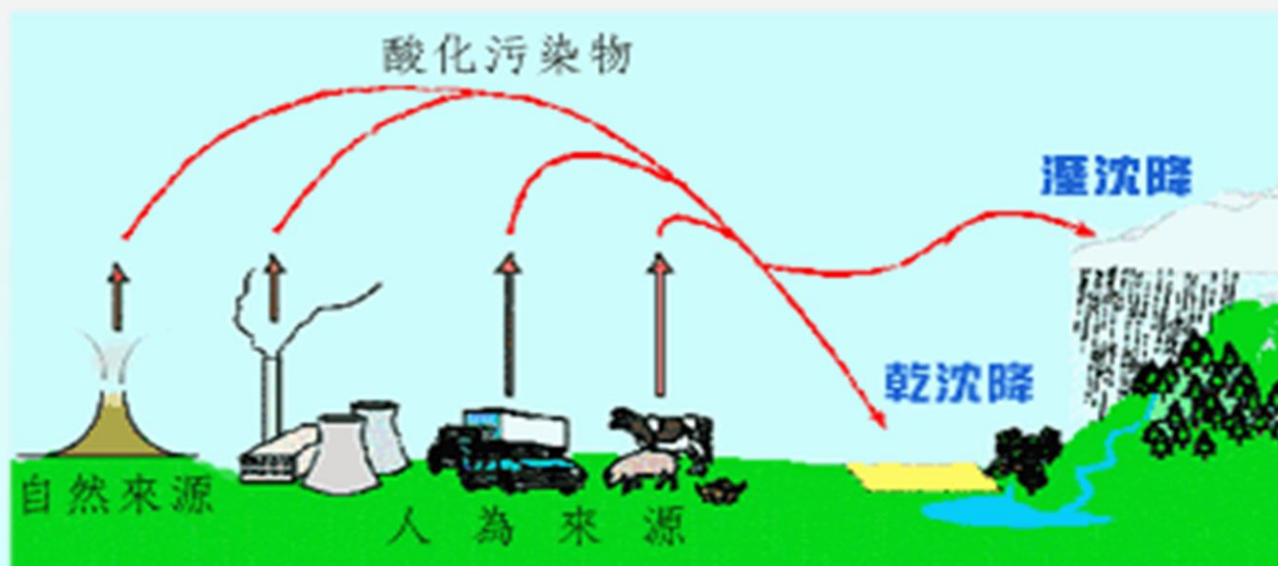


## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### (3) 酸雨的成因

造成雨水酸化的污染物有很多，污染源大致可分为两类：

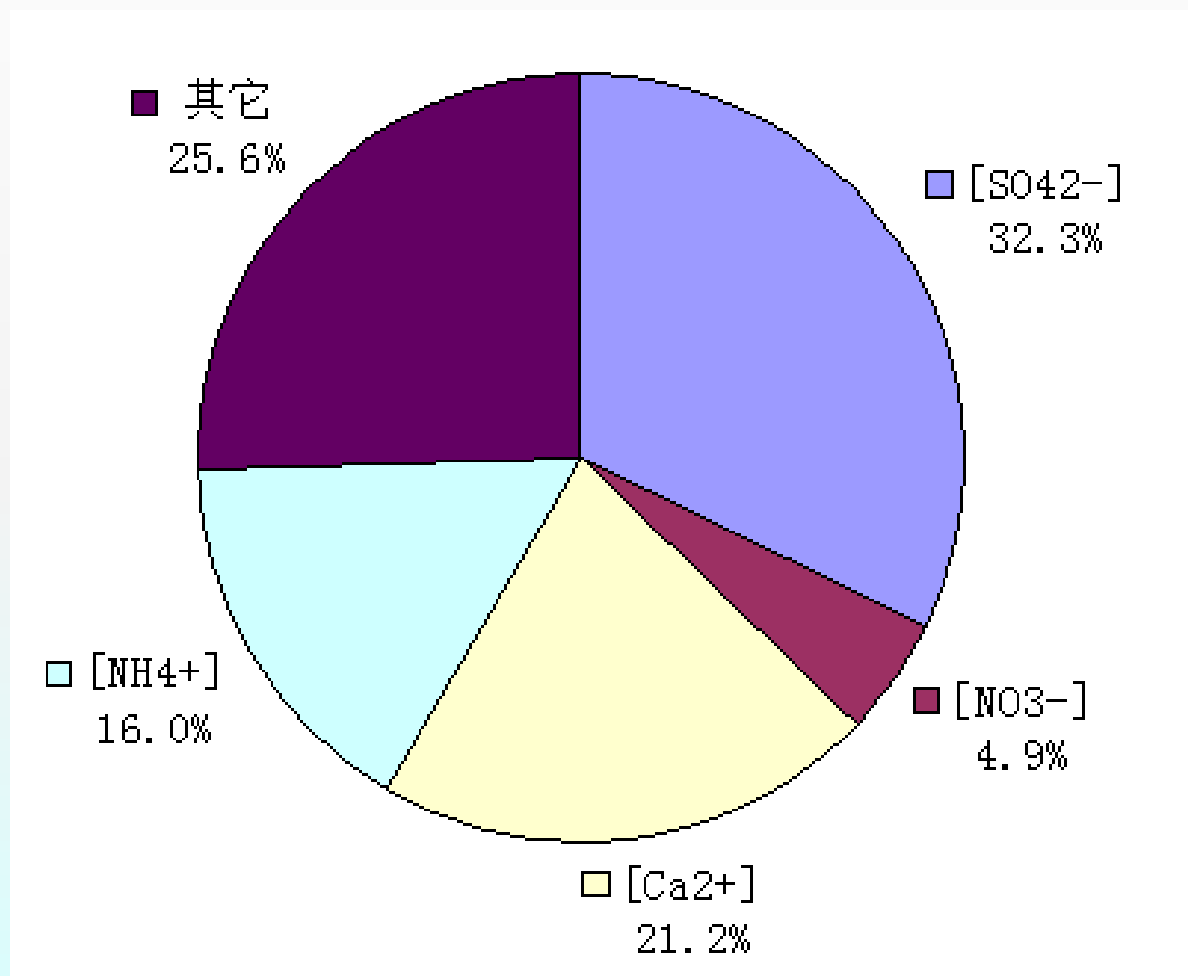
- 自然物质，例如：火山爆发喷出大量的硫化物及悬浮固体物、自然水域表面释放之硫化氢等；
- 人为物质，例如：工厂燃烧大量燃料，燃烧过程中产生一氧化碳、氯化氢、二氧化硫、氮氧化物等。





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### (3) 酸雨的成因





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### (4) 酸雨的危害

- 1) 酸雨的pH值小于5.0以下，造成土壤、岩石中的有毒金属元素溶解，流入河川或湖泊，严重时使得鱼类大量死亡。
- 2) 水生植物和农作物会受到河川酸化水质影响，因而累积有毒金属，将经由食物链进入人体，影响人类的健康。

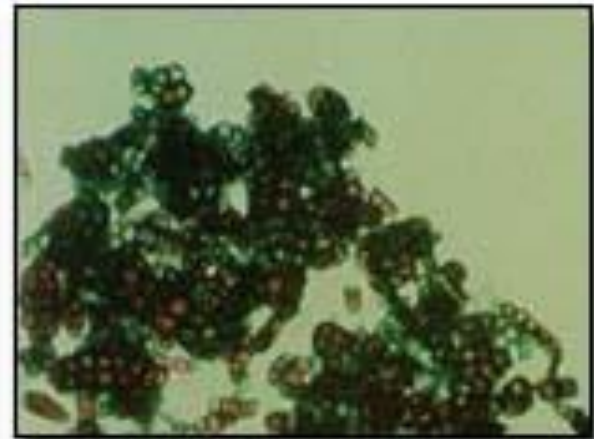






## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

- 3) 酸雨会影响农林作物的叶子，同时土壤中的金属元素被酸雨溶解，造成矿物质大量流失，植物无法获得充足的养分，因而枯萎或死亡。





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

4) 酸雨腐蚀建筑物、古迹和金属物质，造成人类经济、财物及文化遗产的损失。

5) 刺激人类眼睛和皮肤，对人体造成伤害。

### 酸雨的危害



水的低pH值使得鱼的骨骼畸形生长，最终导致死亡



引起树木的大量不正常死亡



严重腐蚀建筑物





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### (5) 世界各地的影响

- 在欧洲和北美洲，酸雨所引起的湖泊酸化情形十分严重：
- 瑞典内湖泊共有85000个，其中约二万个受到酸雨的破坏，1500个已酸化，450个湖泊的鱼类死亡。
- 加拿大有400个“死湖”，以前有鲑鱼的河川，现在都看不到鲑鱼的踪影了。魁北克省的90% 的树木已经枯萎，平均30%以上的森林遭受酸雨的影响。

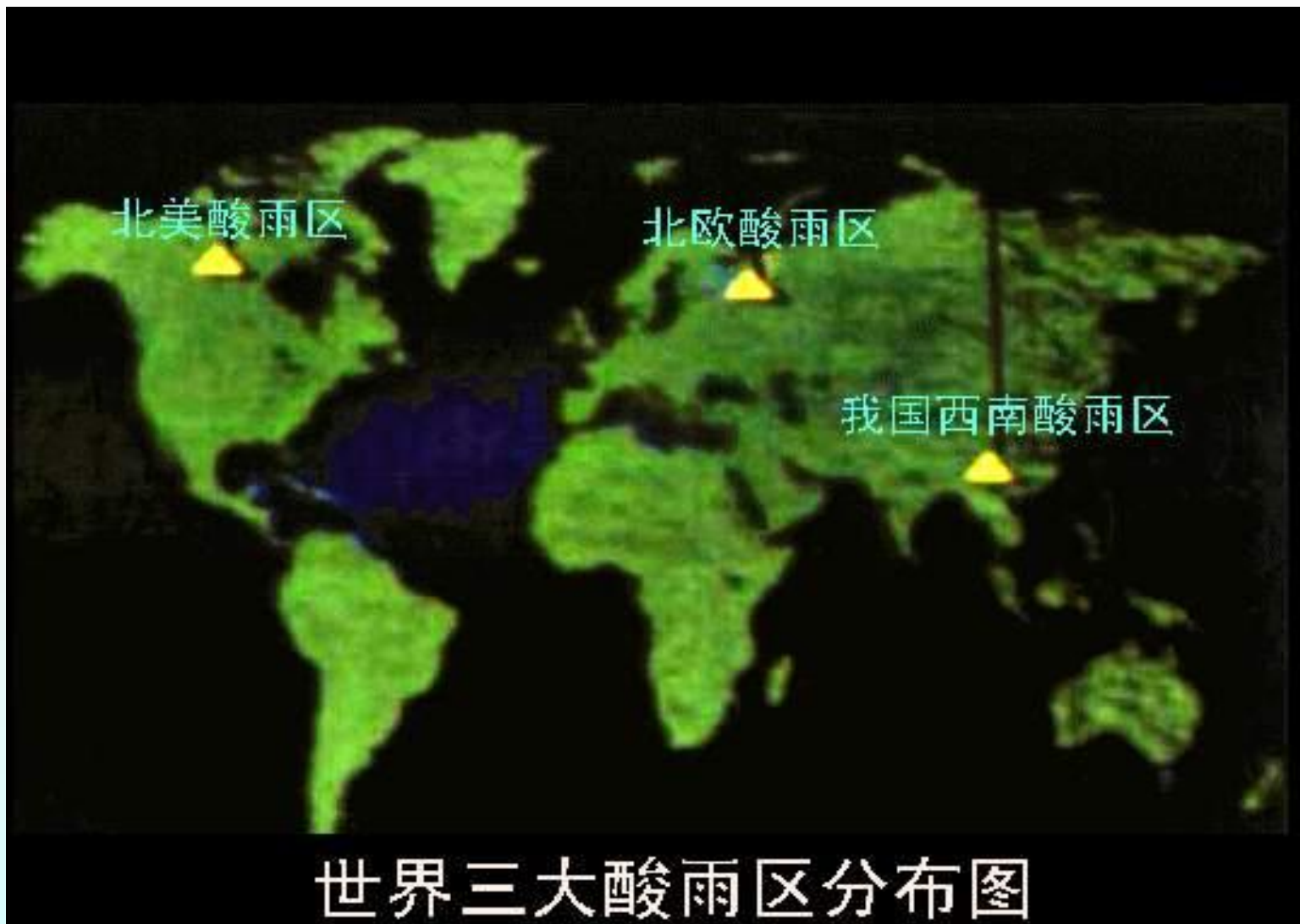


## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

- 美国纽约州阿第伦达克山脉大约有22个湖泊已经酸化，而加州、美国西北部和洛矶山脉地带的10个湖泊中，大约2/3以上有酸化的危机，很多高山地底的针叶林也遭受伤害。
- 瑞士、英国等的森林大约半数以上的树木变黄，枝叶掉落。

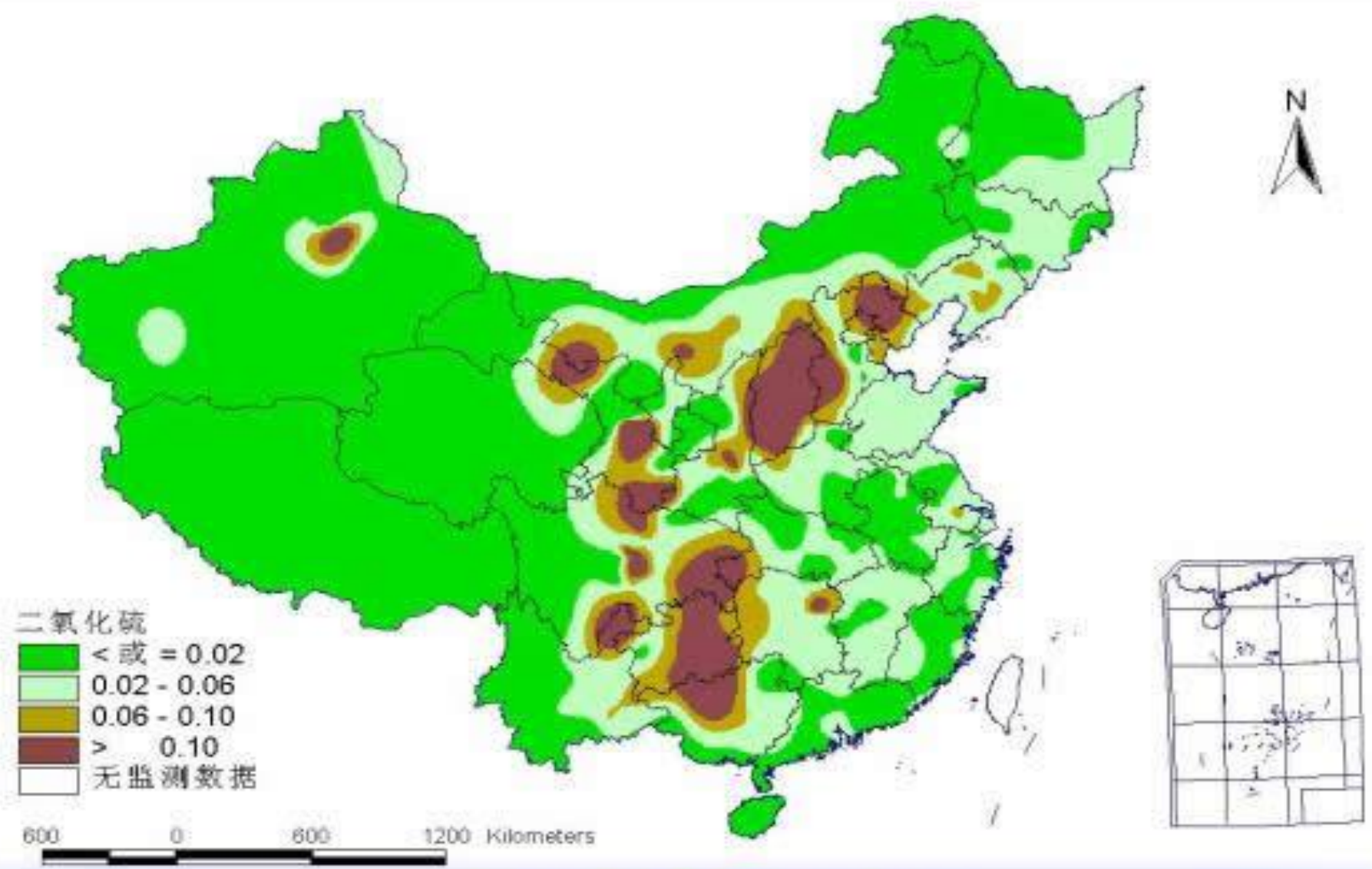


## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害





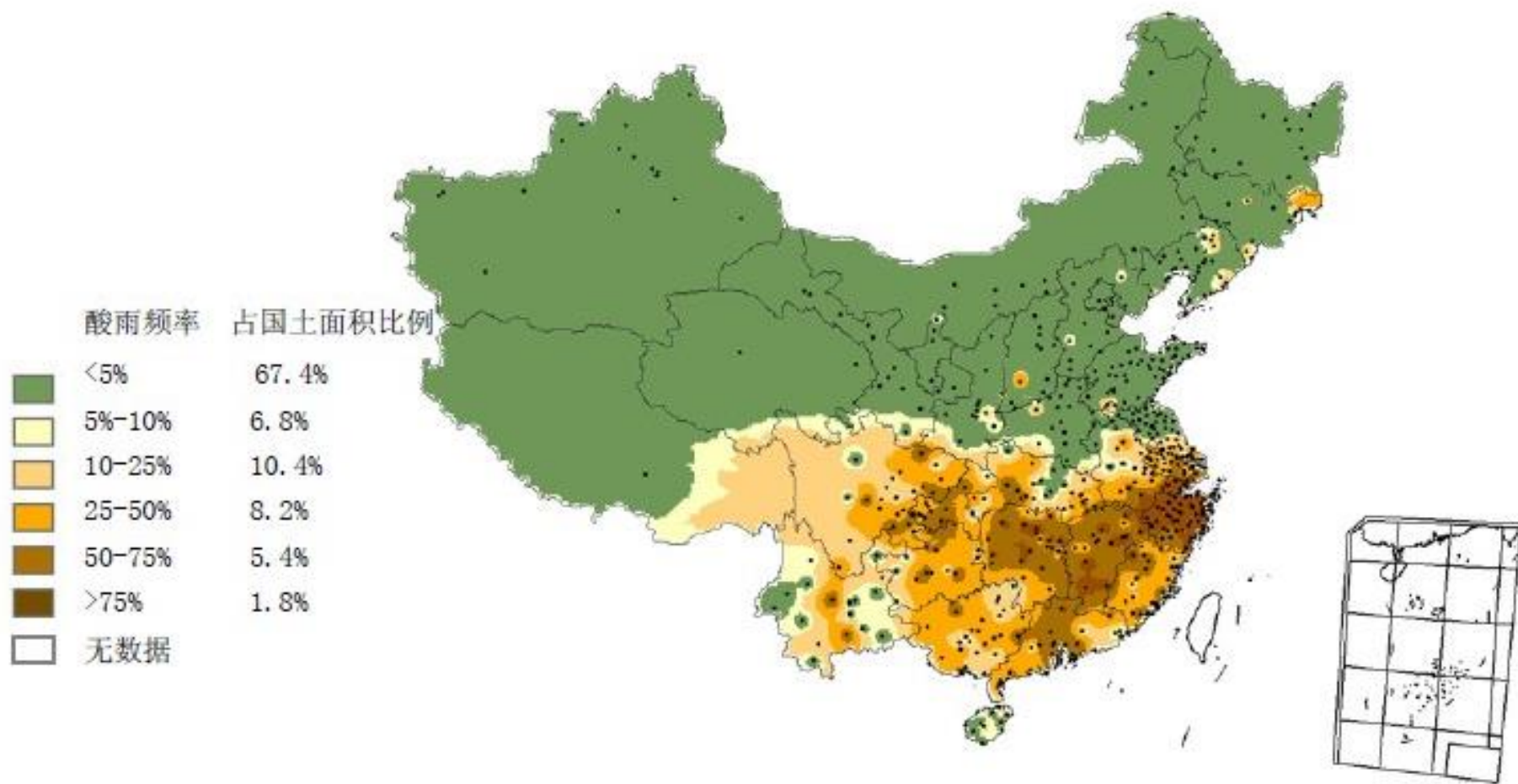
# § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害



二氧化硫浓度区域分布



## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害



2006 年全国酸雨发生频率区域分布图



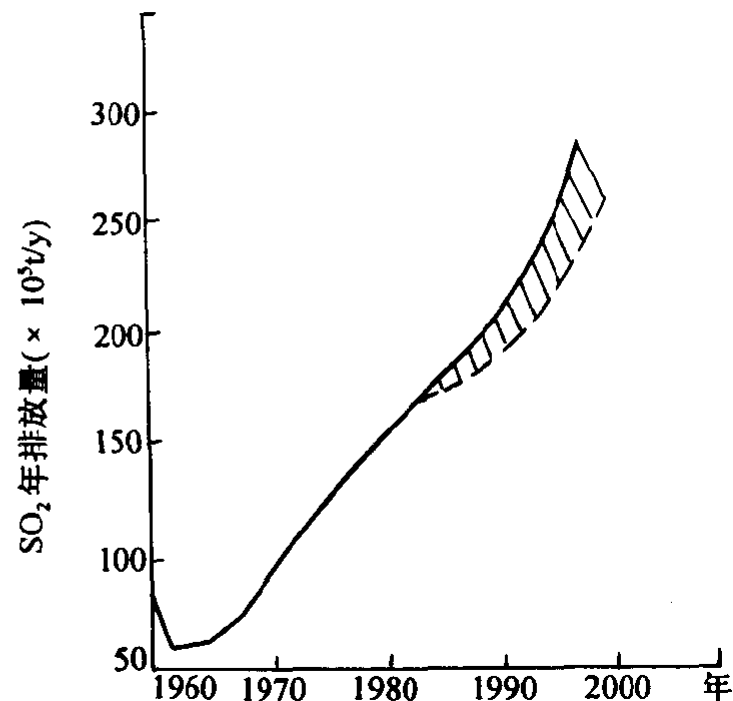
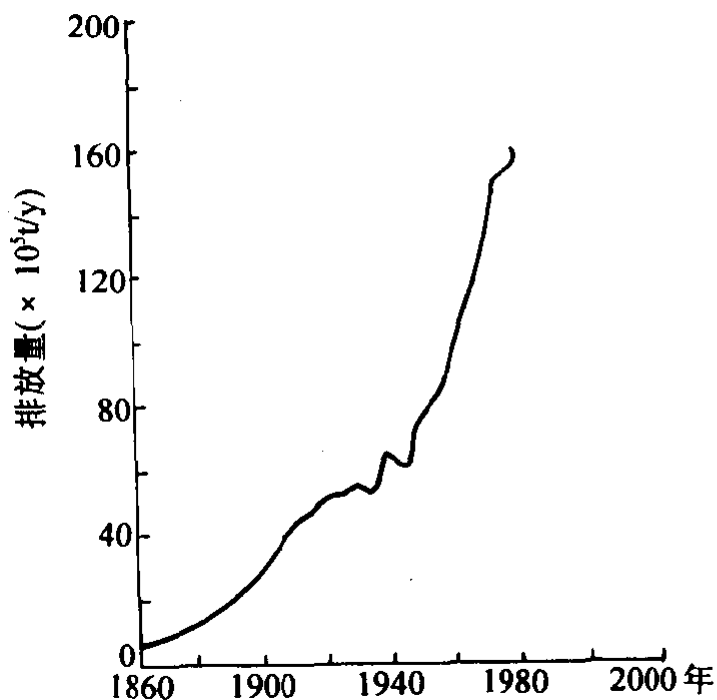


## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

- ◆ 世界各国都在采取切实有效的措施控制 $\text{SO}_2$ 的排放，其中最重要的是推进洁净煤技术。
- ◆ 例如1973年美国的 $\text{SO}_2$ 排放量高达2895万吨，1983年由于在燃煤电厂大力推广脱硫， $\text{SO}_2$ 排放量降至2070万吨，即10年中尽管燃煤量增加， $\text{SO}_2$ 排放量却减少28.5%。



## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害



(1860—1980) 年全球 $\text{SO}_2$ 的排放

(1960—2000) 年中国排放 $\text{SO}_2$ 的趋势

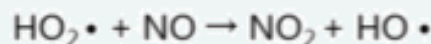
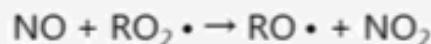
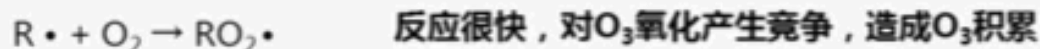
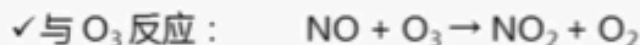


## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

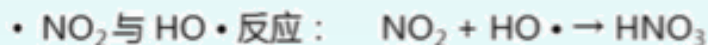
### 三 氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 与光化学烟雾

主要是NO 和 NO<sub>2</sub>。

◆NO 的氧化：NO是燃烧过程的主要产物



◆NO<sub>2</sub> 的转化：可生成HNO<sub>3</sub>



该反应是大气中气态 HNO<sub>3</sub> 主要来源。

对酸雾和酸雨形成起  
重要作用



这是大气中 NO<sub>3</sub> 的主要来源。



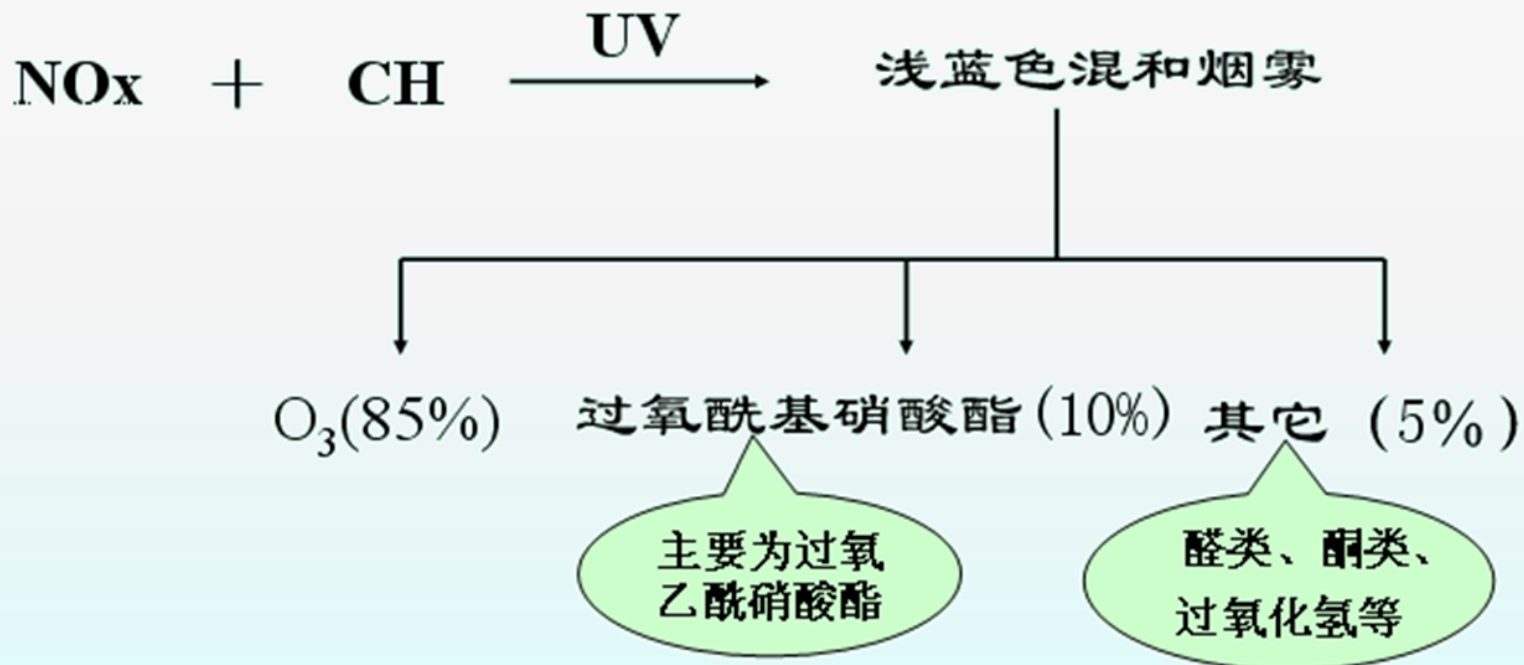




## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### 3 氮氧化物 (NO<sub>x</sub>) 与光化学烟雾

- 主要污染源：汽车尾气



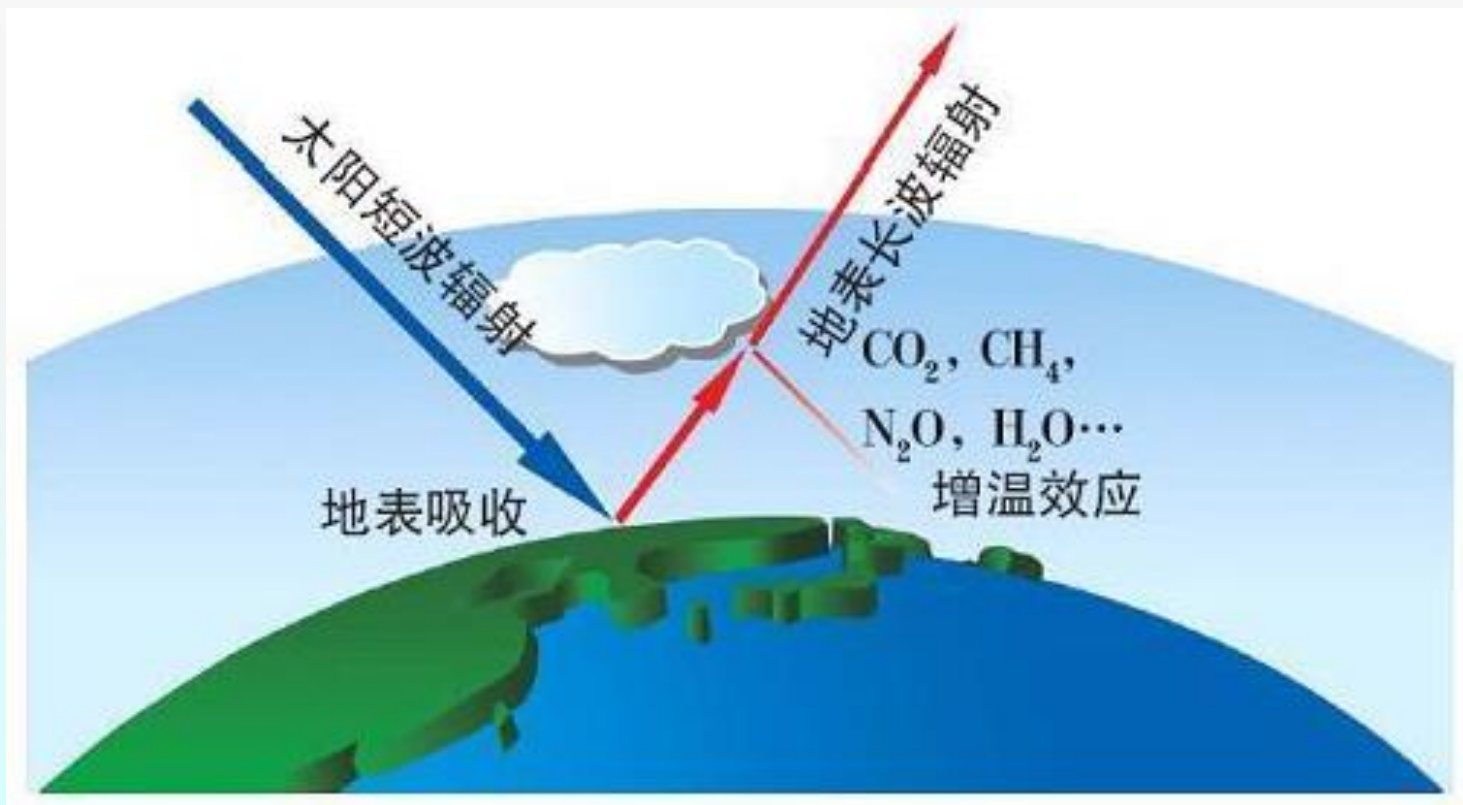


## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### 四 CO<sub>2</sub>与温室效应

温室效应：

若无温室效应，地球温度是**-18℃**，而非现在的**16℃**。





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

大气层本身具有的属性。它是确保地球气温总能维持在相对稳定范围的保障，而不会出现其它星球的剧烈冷热变化。

1896年瑞典科学家**斯文蒂·阿伦纽斯**提出警告说，燃烧的煤将释放出大量二氧化碳从而使地球变暖，并预言如果大气中的二氧化碳含量增加一倍，地球表面温度将增高 $4\sim 6^{\circ}\text{C}$ 。阿伦纽斯创造了**温室效应**这个词。



# § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

## 各种气体对温室效应的贡献

气体	影响	来源	削减目标
CO <sub>2</sub>	49%	化石燃料燃烧、生物焚烧	(80~95)%
CH <sub>4</sub>	18%	农业	45%
CFC11~12	14%	化学工业	(75~100)%
N <sub>2</sub> O	6%	肥料、生物焚烧、化石燃料燃烧	(80~85)%
其它(eg. O <sub>3</sub> )	13%	臭氧	—



## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

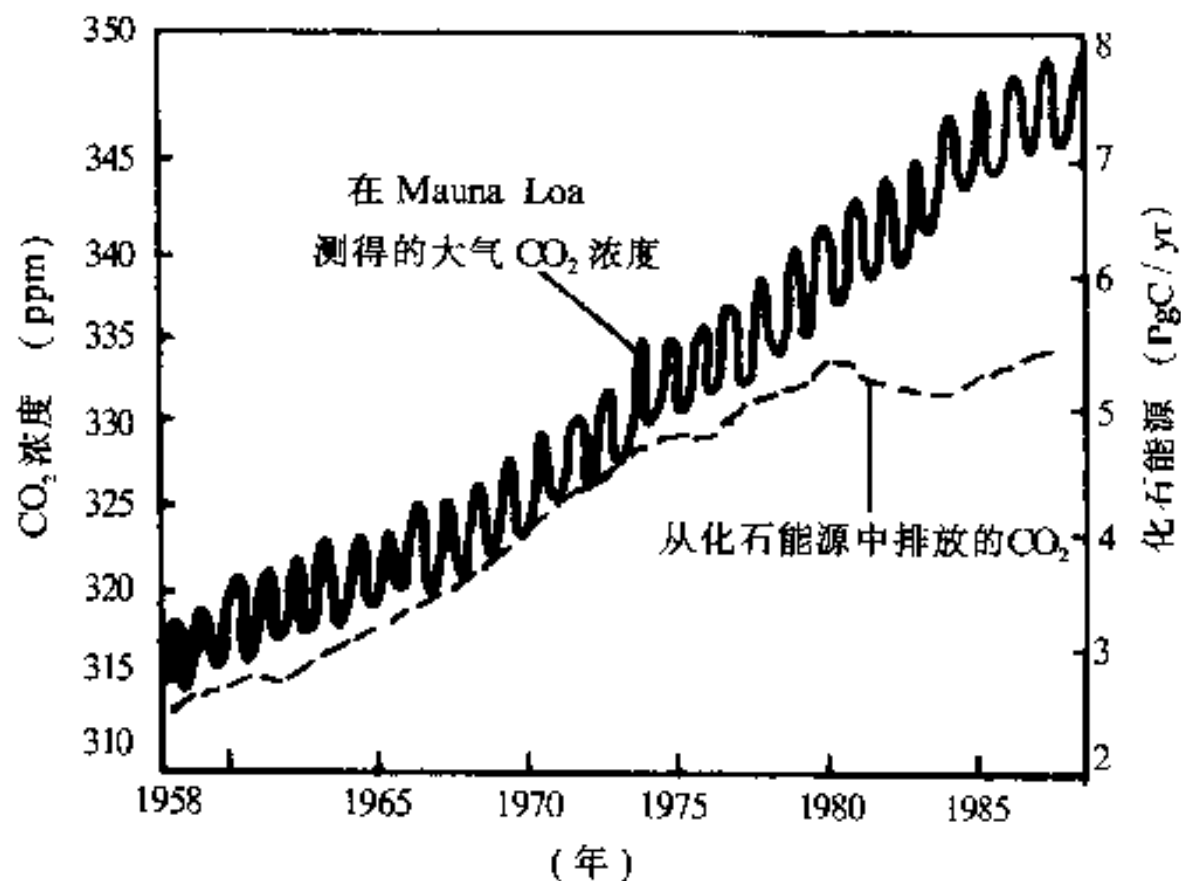
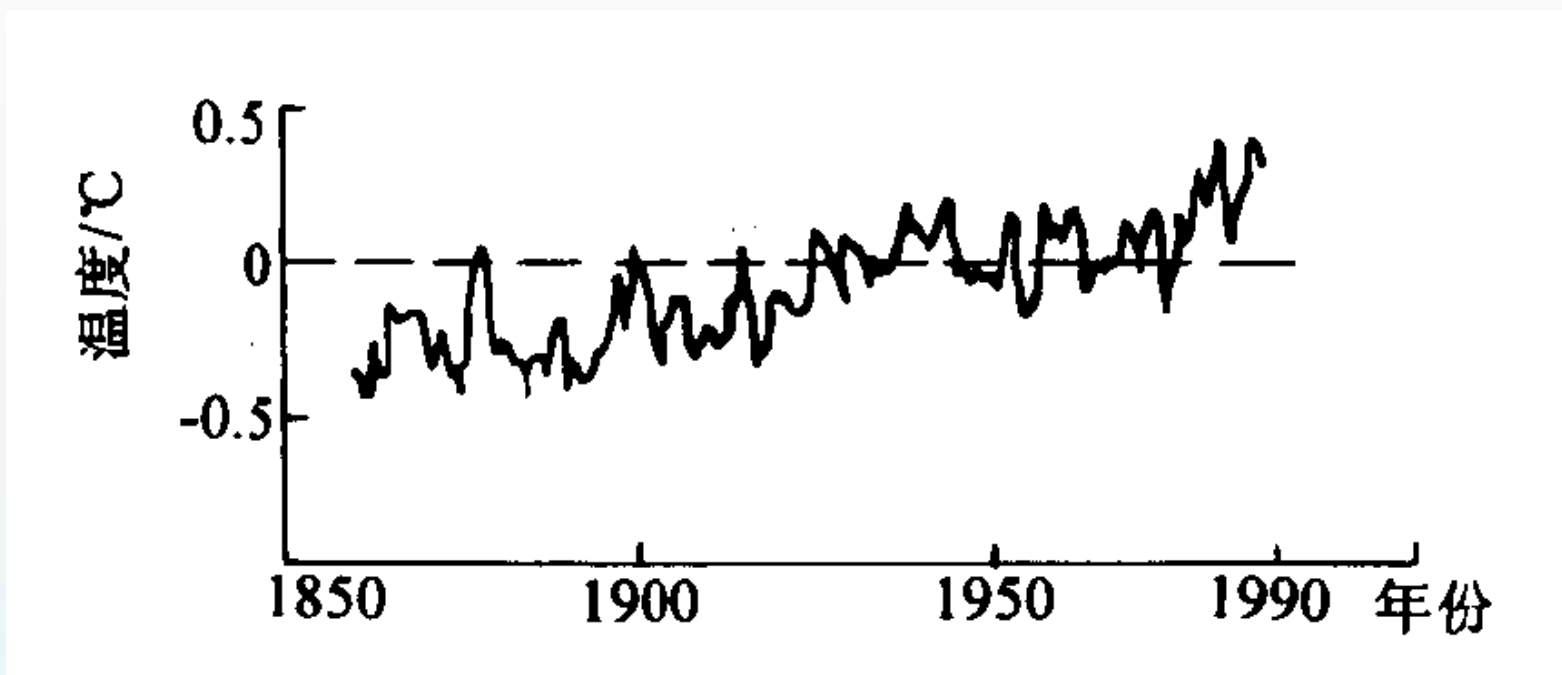


图 2-8 1958~1989 年夏威夷的冒纳罗亚站大气中 CO<sub>2</sub> 月平均浓度和化石燃料排放情况



## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害



全球表温度年平均值的变化

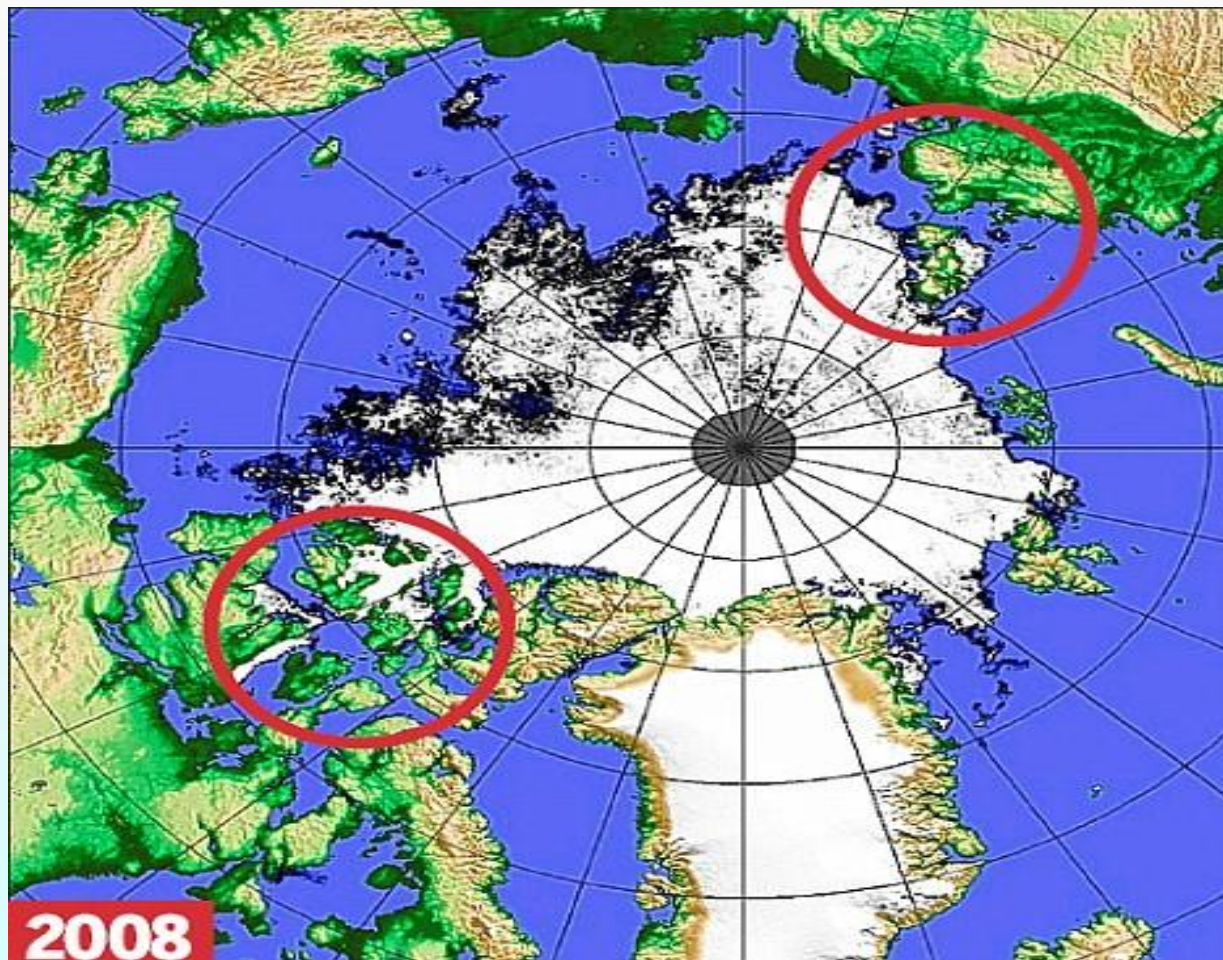




## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### 温室效应的危害

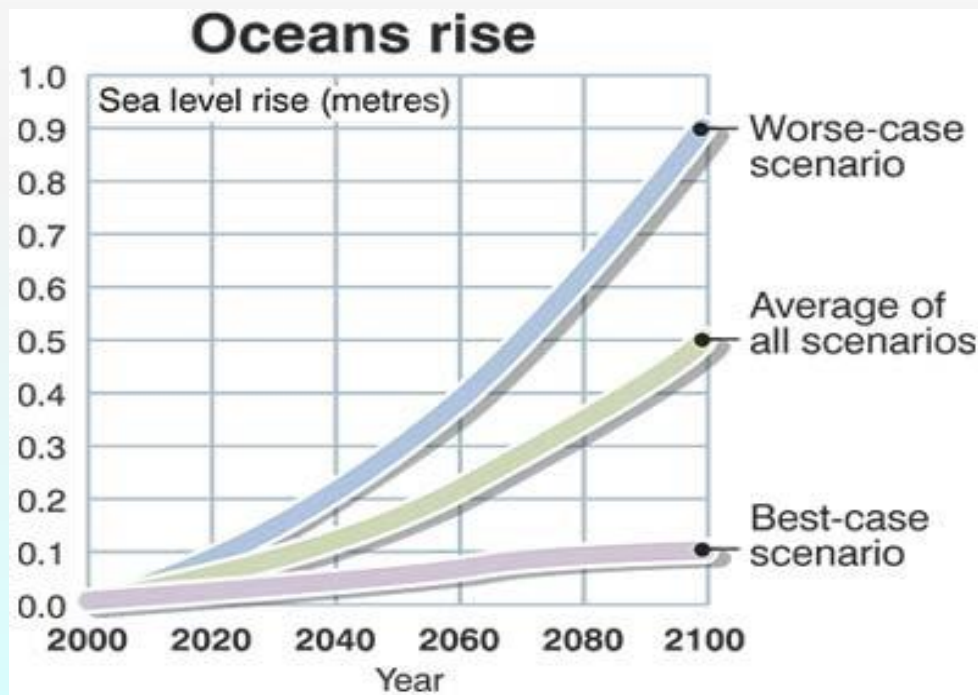
#### ➤ 海平面上升的影响





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

过去的百年海平面上升了**14.4cm**,我国上升了**11.5cm**。 由于温室效应导致的海平面上升,南太平洋岛国图卢瓦的**1.1万**国民将被迫移民新西兰,图卢瓦成为全球第一个因海平面上升而进行全民迁移的国家。







## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### ➤ 土地干旱、沙漠化严重





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

- 在高纬度地区，农业条件会更好些。
- 由于海水的边界向北移动，因此海洋冰量减少。
- 飓风更频繁、更强大，并向高纬度地区扩展。
- 森林火灾更频繁、更严重。
- 大量物种迅速灭绝。
- 由于气候的原因，人口死亡率增加。



## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### 解决温室效应的对策

- 提高能源利用率，减少化石燃料消耗量，大力推广节能新技术；
- 开发不产生 $\text{CO}_2$ 的新能源，如核能、太阳能、地热能、海洋能；
- 推广植树绿化，限制森林砍伐，制止对热带森林的破坏；
- 减慢世界人口增长速度；
- 农村发展“能源农场”，一方面利用种植薪柴树木通过光合作用固定 $\text{CO}_2$ ，另一方面燃烧薪柴比燃用化石燃料产生的 $\text{CO}_2$ 要少。



# § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

## 国际行动

### 《京都议定书》规定的温室气体排放限值

国家	2008—2012 年的排放限值 <sup>a</sup>
保加利亚，捷克，爱沙尼亚，欧盟（15 个国家），拉脱维亚，列支敦士登，摩纳哥，罗马尼亚，斯洛伐克，斯洛文尼亚，瑞士	削减 8%
美国	削减 7%
加拿大，匈牙利，日本，波兰	削减 6%
克罗地亚	削减 5%
新西兰，俄罗斯，乌克兰	不变
挪威	增加 1%
澳大利亚	增加 8%
冰岛	增加 10%

<sup>a</sup> 相对于 CO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 的 1990 年的排放量，和相对于 PFCs、HFCs 和 SF<sub>6</sub> 的 1995 年的排放量。

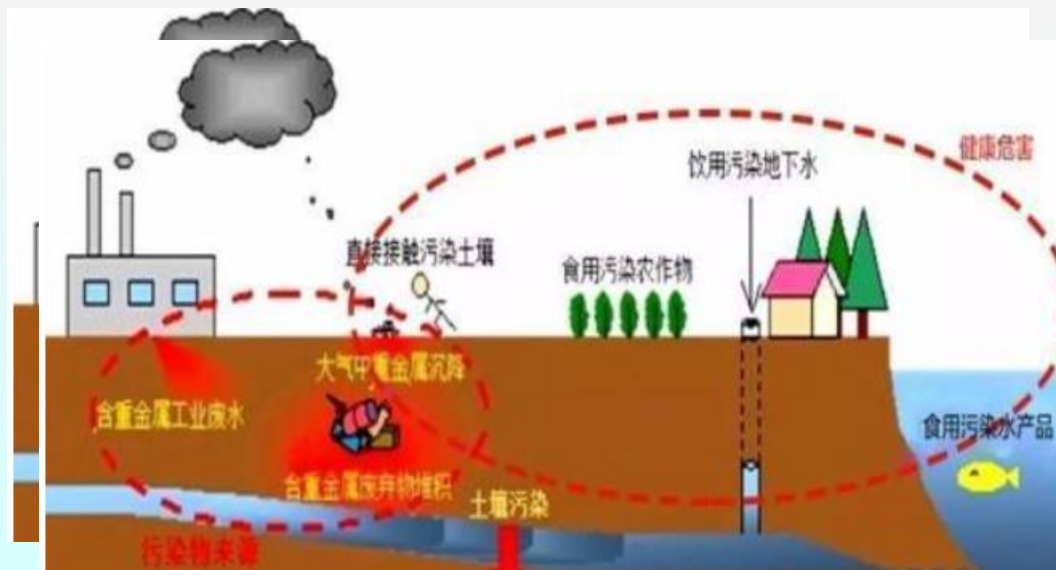


## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### 五 重金属污染

重金属或其化合物造成的污染。

汞、砷、铅。。。, 主要来源—化石燃料燃烧, 危害—与动物体蛋白质和各种酶发生反应作用, 失活、毒害器官。日本的水俣病（汞污染）, 骨痛病（镉污染）。





## § 1.3 化石燃料燃烧过程污染物排放和危害

### 6 氟、氯等无机污染物

氟、氯元素主要存在煤中，燃烧过程会作为污染物转化的烟气中。危害人类健康。氯还会引起锅炉设备的腐蚀。

### 7 有机污染物

化石燃料燃烧产生的有机污染物主要包括多环芳烃（PAHs）、苯系物、脂环烃及直链烃和二噁英等物质（固废燃烧）。