

第一节 大气的组成及其主要污染物

- ❖ 大气的组成及层结结构；
- ❖ 大气中的主要污染物及主要性质；

一、大气的主要成分



干空气的混合物

成分		浓度(10 ⁻⁶ 体积分数)	大气中滞留时间(估计值)	性质		
多量成分	N ₂	780840	10 ⁶ ~2×10 ⁷ a	永久性气体	不可变成分	
	O ₂	209460	5×10 ³ ~10 ⁴ a			
	Ar	9300	(随时间累积)			
	CO ₂	360	5~10a			
少量成分	Ne	18	(随时间累积)			
	He	5	10 ⁷ a			
	Kr	1	(随时间累积)			
	Xe	0.09	(随时间累积)			
	CH ₄	1.7	4~7a	半永久气体		
	CO	0.1	0.2~0.5a			
	H ₂	0.5	4~8a			
	N ₂ O	0.31	2.5~4a			
	O ₃	0.005~0.05	0.3~2a			
微量成分	H ₂ S	0.0002	0.5~4d	可 变 成 分		
	SO ₂	0.0002	2~4d			
	NH ₃	0.006	5~6d			
	NO ₂	0.001	8~11d			

成为大气污染物的条件

- 在大气中含量较低
- 在大气中的停留时间较长
- 有较多的污染源排放，其在大气中的浓度较高
- 容易跟其他物质发生反应

- 停留时间：
某种组分在大气中的平均时间。
停留时间 = 大气中总量 / 输入速率或输出速率
- 甲烷在对流层平均浓度 c 为 1.55×10^{-6} ，不随时间变化，且输入速率等于输出速率为 $1.5 \times 10^{14} \text{mol/a}$ ，求其停留时间。

二、大气层的结构

1. 大气层的结构

在自然地理学上，把由于地心引力而随地球旋转的大气层称为大气圈。

根据大气在垂直方向上物理性质和运动情况的变化可将大气分为对流层、平流层、中间层、热层、逸散层（见图2-1）。

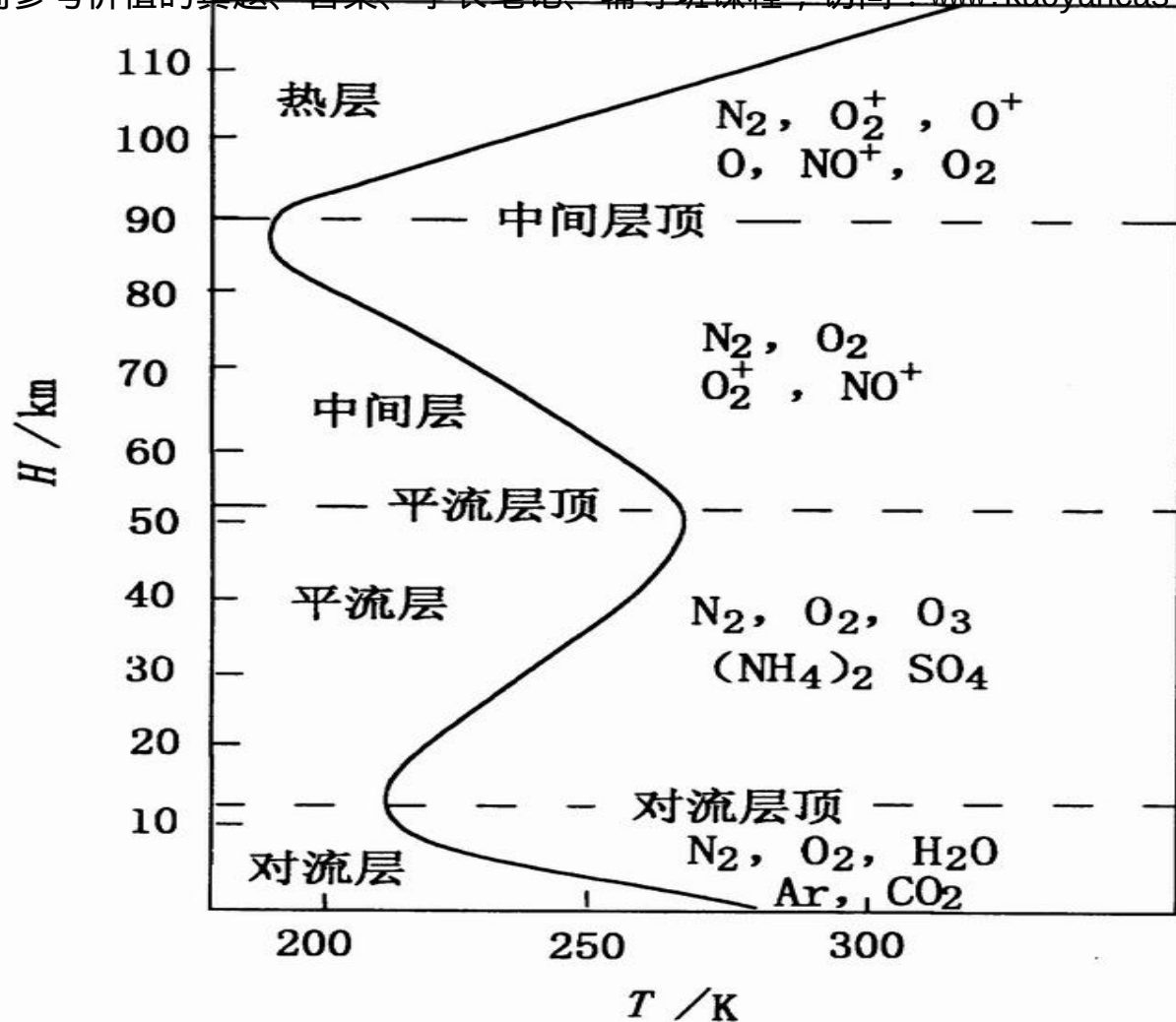


图2-1 大气温度的垂直分布

大气主要层次及其特征

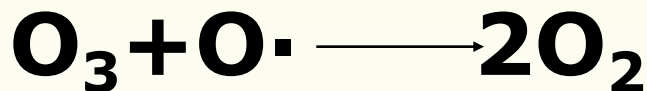
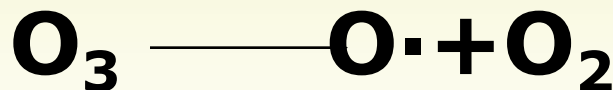
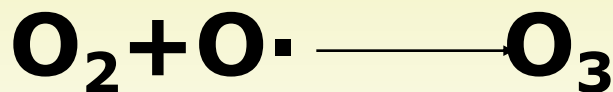
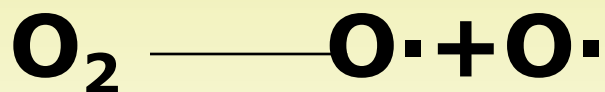
层次	温度范围 ($^{\circ}\text{C}$)	高度范围 (km)	主要化学形态
对流层	15 — -56	0 — 17	N_2 、 O_2 、 CO_2 、 H_2O
平流层	-56 — -2	17 — 55	O_3
中层	-2 — -92	55 — 85	O_2^+ 、 NO^+
热层	-92 — 1200	85 — 500	O_2^+ 、 NO^+ 、 NO^+

(1)、对流层(Troposphere)

- ❖ 高度从地面到离地**10-12km**;
- ❖ 气温随高度上升而降低（约 **$0.6^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$** ）；
- ❖ 密度大，**75%**以上的大气总质量和**90%**的水蒸气在对流层；
- ❖ 污染物的迁移转化过程及天气过程均发生在对流层。
- ❖ 阻挡大气氢的损失。

(2) 平流层 (Stratosphere)

- 平流运动占显著优势；
- 空气比对流层稀薄得多，水汽、尘埃含量甚微；
- **15-35 km** 范围内有厚有约**20 km**的臭氧层。



} 形成

} 消除

(3) 中间层 (Meosphere)

- 气温随高度的增加而降低，顶部可达-92°C左右。
- 垂直温度分布与对流层相似。

(4) 热层 (Therosphere)

在离地85—800km的这一空间称为热层。

(5) 逸散层 (Stratopause)

大气压力的变化：

- $p_h = p_0 e^{-Mgh/RT}$
- 两边取对数：

$$\lg p_h = \lg p_0 - Mgh/2.303RT$$

若 p_0 为1，则

$$\lg p_h = -Mgh/2.303RT$$

大气的压力随海拔高度的增加而减小。

二、大气中的主要污染物

- 大气污染物

由人类活动和自然过程排放到大气中某种物质的含量超过正常水平而对人类和生态环境产生不良影响时，就构成了大气污染物。

大气污染物的分类：

按物理状态分：气态污染物、颗粒物。

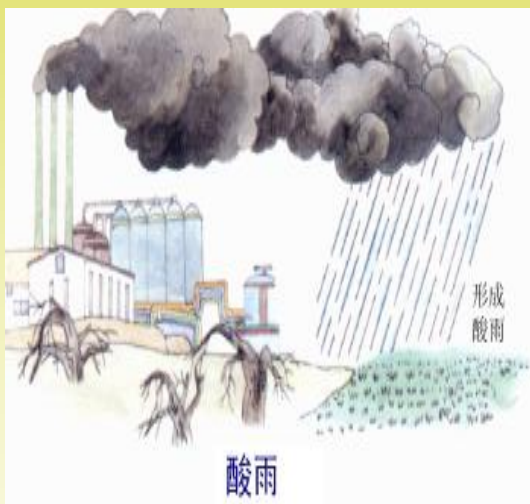
按形成过程分：一次污染物、二次污染物

按化学组成分：含硫化合物、含氮化合物、含碳化合物、含卤素化合物、颗粒物。

1. 含硫化合物

(1) SO_2

• ① SO_2 的危害



形成酸雨



刺激呼吸道



损害植物
叶片

- ② SO_2 的来源和消除

来源：

天然源（火山喷发）

人为源（矿物燃料燃烧、含硫矿石的冶炼、硫酸生产过程等）

消除：

形成硫酸或硫酸根；以干湿沉降去除。

- ③ SO_2 的浓度特征

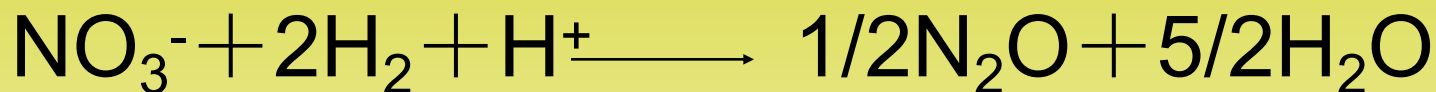
其本底值存在地区变化和高度变化，其浓度变化与污染源和当地的气象条件（风向、风速、大气稳定度、低层逆温等）有关。

(2) H_2S

- 天然来源：火山喷射、海浪作用、生物活动。
- 人为源。
- 由 COS 、 CS_2 、 $\text{HO}\cdot$ 的反应而产生。
- 去除反应主要与 $\text{HO}\cdot$ 反应。

2. 含氮化合物

- N_2O

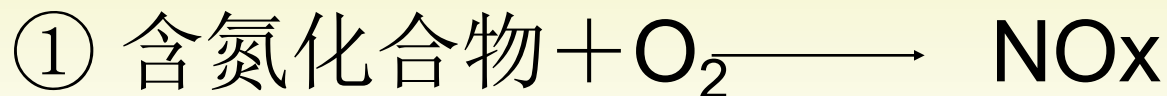


(1) NO_x 的来源与消除

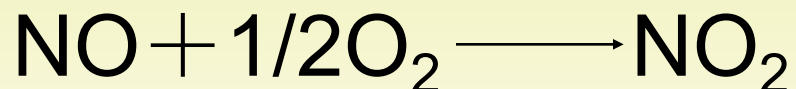
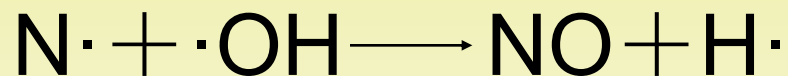
来源：燃料的燃烧（固定源、流动源）

消除：干、湿沉降。

(2) 燃烧过程中 NO_x 的形成机理



②



快

慢

(3) 燃料燃烧过程中 NO_x 影响形成的因素

① 燃烧温度

燃烧温度越高， NO 气体数量越大。

② 空燃比

空燃比等于计量空燃比时，氮氧化物量最大。

(4) NO_x 的环境浓度

存在季节变化或区域变化。

(5) NO_x的危害

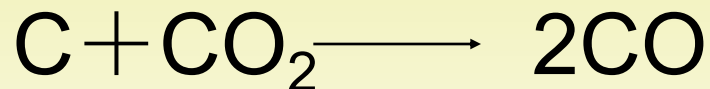
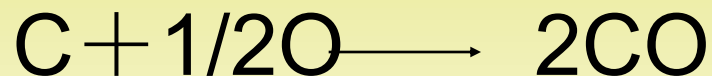
- 毒性：NO < NO₂
- NO能与血红蛋白结合，减弱血液输氧能力。
- NO₂不仅是光化学污染的重要物质，而且严重危害植物和人体健康。

3. 含碳化合物

(1) CO

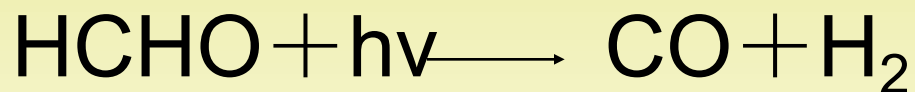
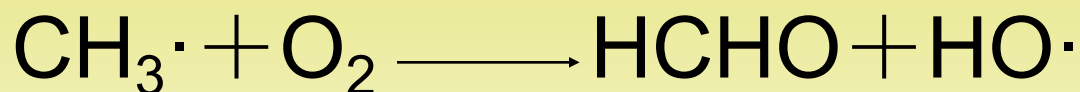
① CO 的人为来源

燃料的不完全燃烧。



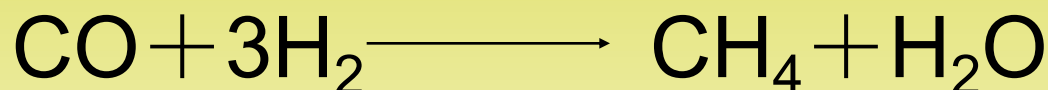
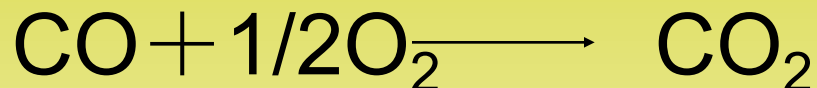
② CO 的天然来源

- 甲烷的转化、海水中CO的挥发、植物的排放、森林火灾等。

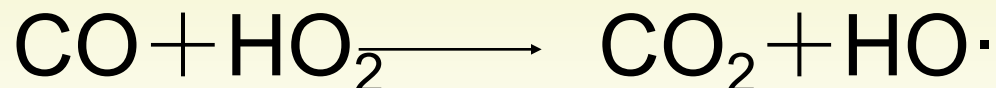
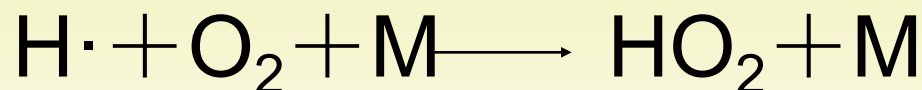
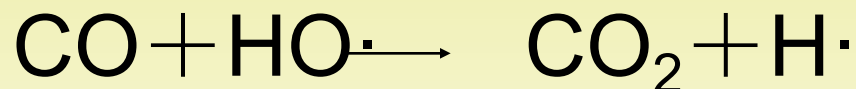


③ CO的去除

- 土壤吸收



- 与HO·的反应



④ CO的停留时间及浓度分布

- 停留时间为0.4年。
- 其环境本底值随纬度和高度有较明显的变化。

⑤ CO的危害

- ◆ 阻碍氧气输送，引起窒息；
- ◆ 参与光化学烟雾形成；
- ◆ 是一种温室气体。

(2) CO_2

① CO_2 的来源

- 人为源：矿物燃料的燃烧。
- 天然源：海洋脱气、甲烷转化、动植物呼吸、生物降解作用。

② CO_2 的环境浓度

大气中 CO_2 的浓度存在季节变化和区域变化，并且呈现逐年递增的趋势。

- 原因：燃料的大量燃烧；
地表植被的缩减；
大气-海洋之间 CO_2 的交换量。

③CO₂的危害

人类活动产生的CO₂的出路：

进入海洋、进入生物圈、停留在大气圈。

大气圈中CO₂浓度的升高导致全球气候变暖。

(3) 碳氢化合物

包括烷烃、烯烃和芳香烃。

① 甲烷

- 重要的温室气体，比 CO_2 大20倍。
- 来源：

天然源、人为源。