

## 第2节 地球大气

- 一、大气的基本性质
- 二、大气的组成和结构
- 三、大气对辐射的削弱



# 提要

- 大气圈对流层是地球表层系统的一个子系统；
- 大气圈是一个独特的气体混合物（组成）；
- 大气圈具有有序的结构；
- 大气圈是地球表层的保护膜（功能）；
- 人类活动正在改变着大气圈的特征；
- 协调人类与大气圈的关系是我们的责任。



# 一、大气的基本性质

## (一) 气温

### 1. 温度与热量

- 温度是表示物体冷热程度的物理量，是物体分子运动平均动能大小的度量。
  - 两个物体的温度决定它们之间净热流的方向。
  - 物体温度的变化是由热能的获得与损失所引起的。
- 

## 2. 温标

- 绝对温标( $T$ ): 热力学温度, 量值正比于理想气体分子运动的动能, 符号为K。
- 摄氏温标( $t$ ): 将标准大气压力下纯水的冰点定为 $0^{\circ}\text{C}$ , 沸点定为 $100^{\circ}\text{C}$ 。
- 华氏温标( $t_F$ ):  $32^{\circ}\text{F}$ 为冰点,  $212^{\circ}\text{F}$ 为沸点。
- 换算关系

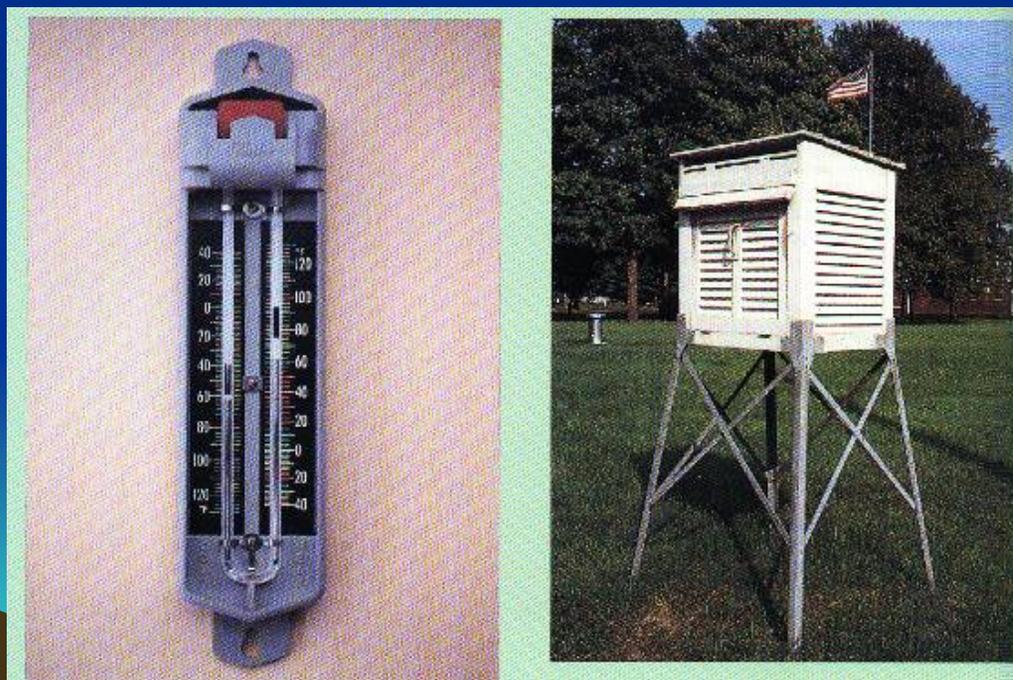
$$t = T - 273.15$$

$$t = \frac{5}{9}[t_F - 32]$$

## 3. 气温

### (1) 气温的测定

- 定时气温：我国采用北京时间02， 08， 14， 20时四次的气温观测。
- 日最高气温
- 日最低气温



## (2) 气温的统计计算

- 日平均气温
- 月平均气温
- 年平均气温
- 气温日较差
- 气温年较差
- 多年平均气温

(30年为标准值)

$$\bar{T}(d) = \frac{(T_{02} + T_{08} + T_{14} + T_{20})}{4}$$

$$\bar{T}(m) = \frac{[\sum_{j=1}^n \bar{T}(d)_j]}{n}, j = 1, 2, 3, \dots, n$$

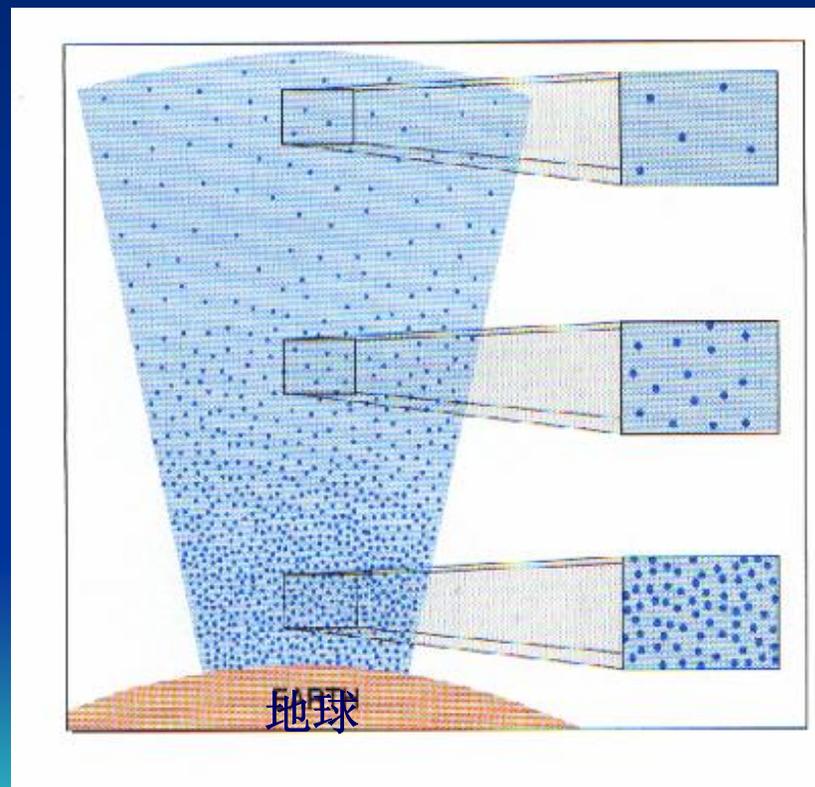
$$\bar{T}(a) = \frac{[\sum_{j=1}^n \bar{T}(m)_j]}{n}, j = 1, \dots, 12$$

## (二) 气压

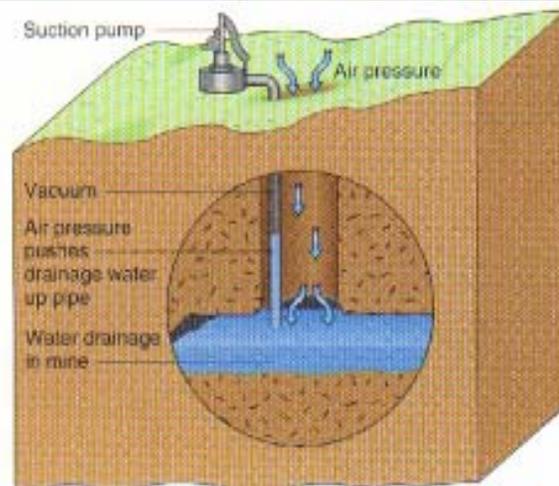
**1. 概念：**单位水平面所承受大气层的压力，相当于单位横截面上垂直空气柱的重量。

### 2. 气压的垂直变化

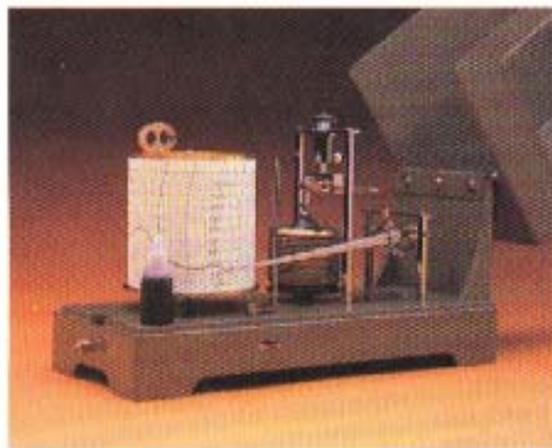
随着高度的上升，空气柱的厚度和重量减少，大气压力在低空减少的速度大于高空，按指数规律递减。



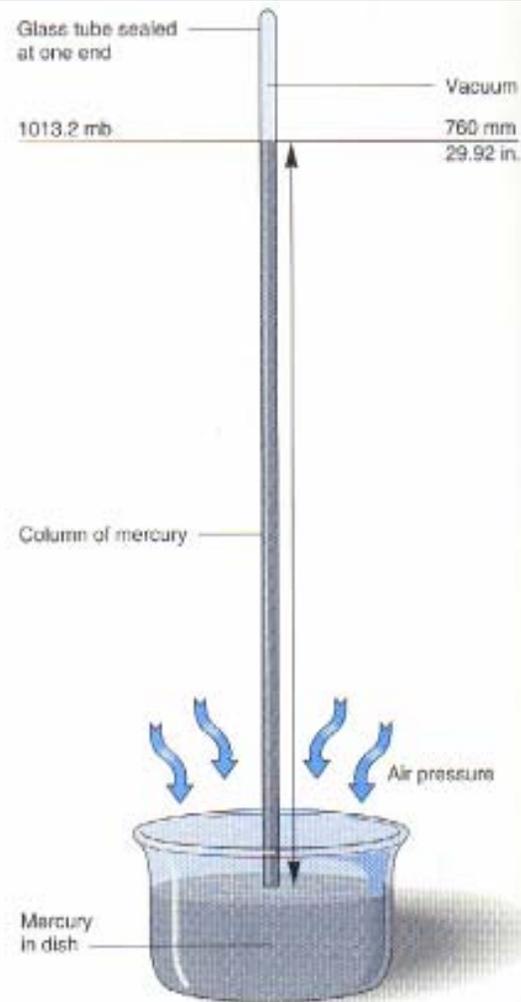
# 3. 气压的测定



(a)



(c)



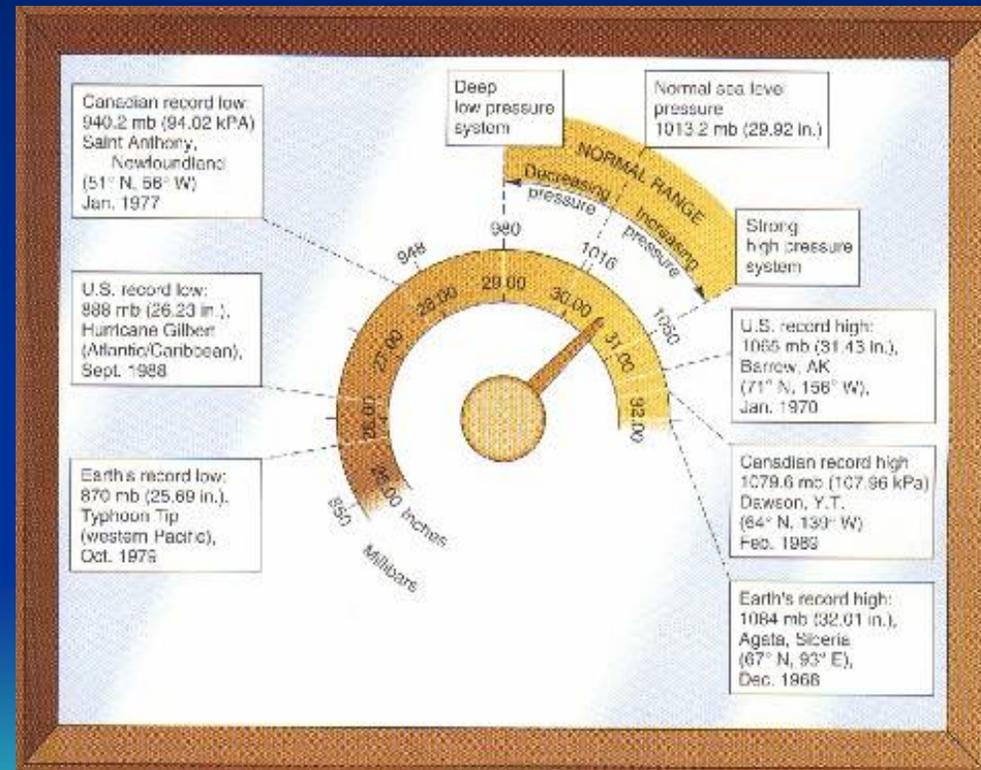
(b)

## 4. 气压的单位

$$1\text{Pa}=1\text{N} \cdot \text{m}^{-2}, \quad 100\text{Pa}=1\text{hPa}=1\text{mbar}$$

## 5. 标准大气压:

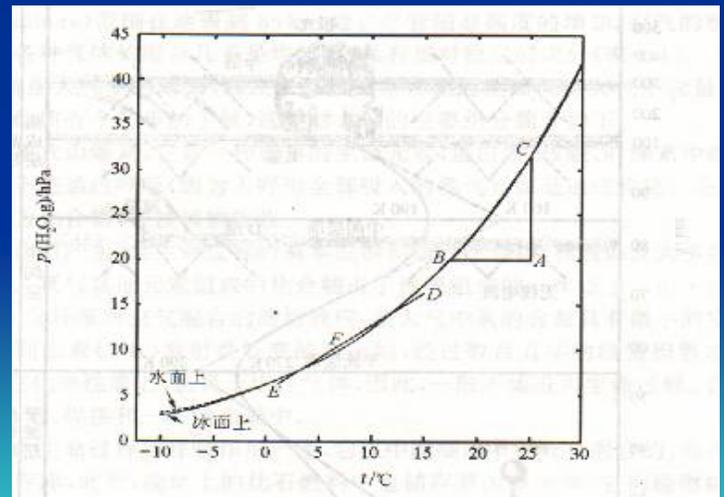
在标准重力加速度、  
气温为 $0^{\circ}\text{C}$ 的条件下，  
单位面积 ( $\text{cm}^2$ ) 上承  
受 $101325\text{Pa}$ 的压力。



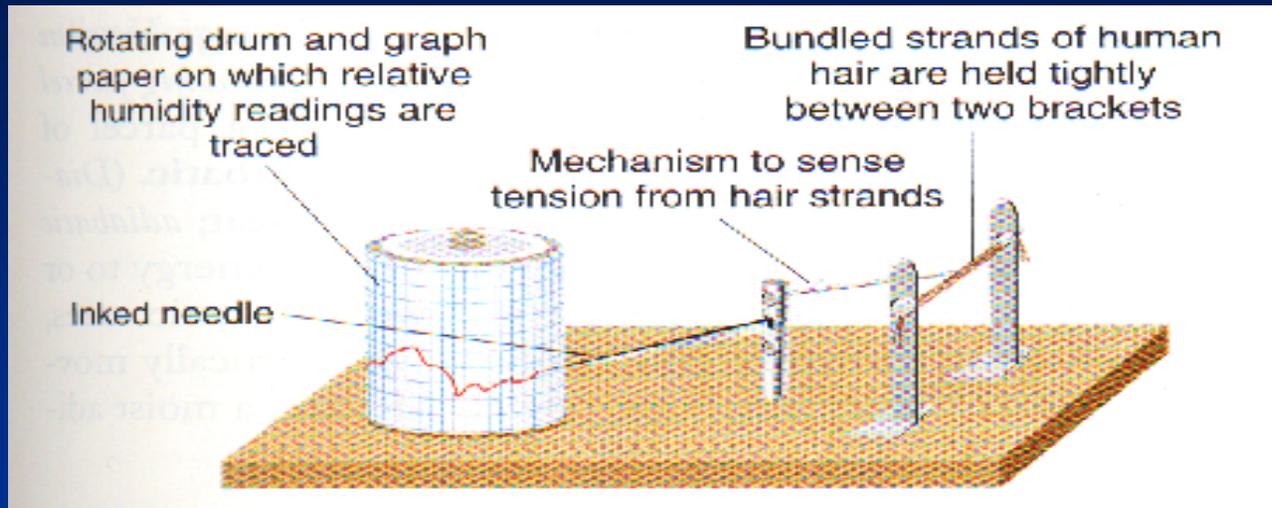
### (三) 湿度

**1.含义:** 表示空气中水汽含量的物理量。

- 水气压: 空气总压力中属于水汽部分的压力
- 饱和水气压: 水汽饱和空气的水气压。对于纯水面来说, 随着温度的升高, 饱和水气压按指数规律迅速增大。
- 在 $0^{\circ}\text{C}$ 以下, 冰表面上的饱和水气压小于过冷水面上的饱和水气压。



## 2.湿度的测定：毛发湿度表

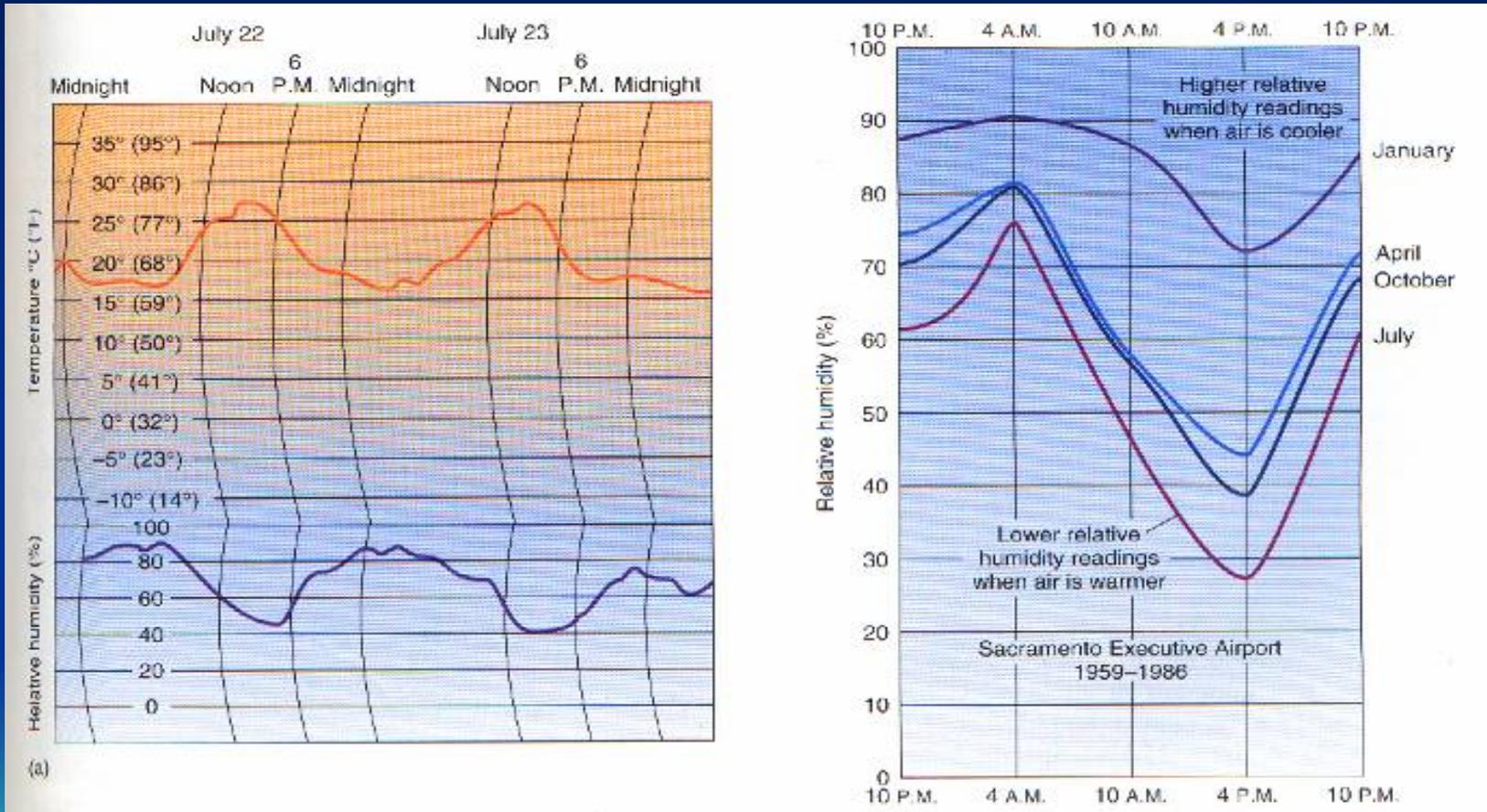


## 3.大气湿度的基本参数

(1) 相对湿度：空气中的水汽压与同温度下的饱和水汽压的比值。

$$f = \frac{p(H_2O)}{p_s(H_2O)} \times 100\%$$

# 相对湿度的日变化和年变化



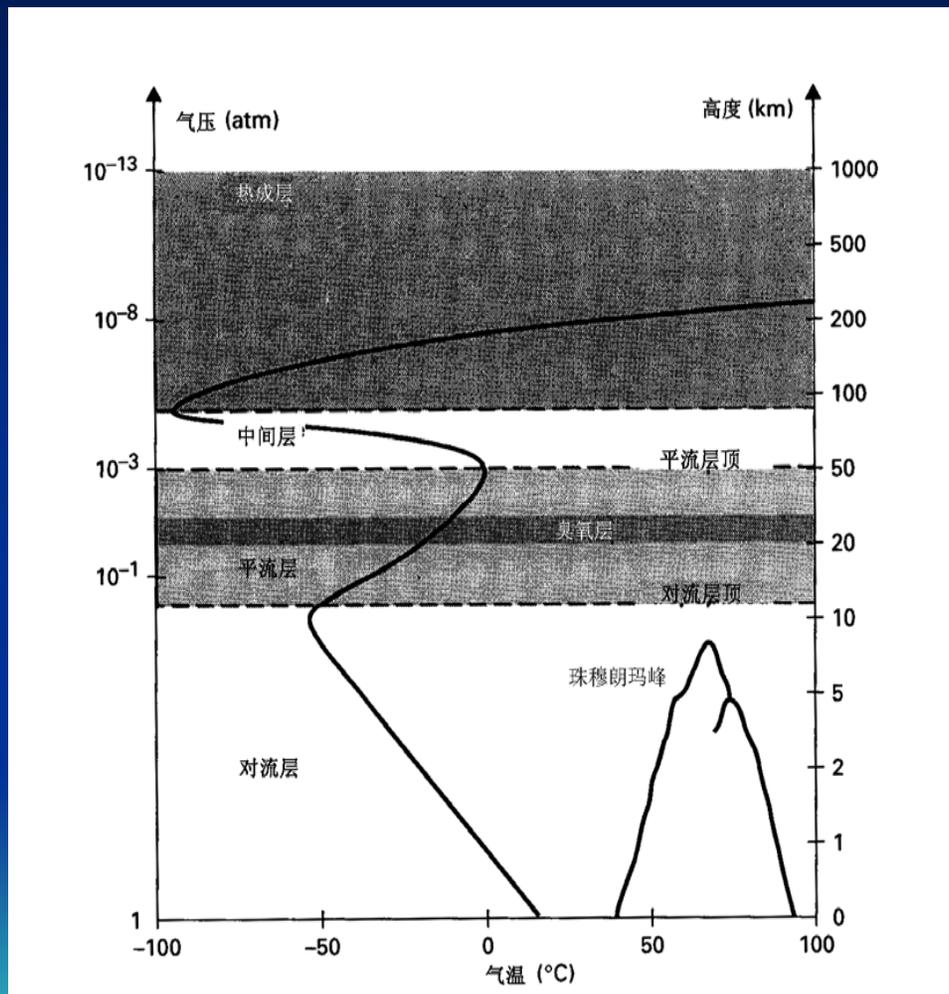
(2) 饱和差：某一温度下的饱和水汽压与实际水汽压的差值。

$$d = p_s - p$$

(3) 露点温度：在空气中水汽含量不变、气压一定的条件下，随着空气的冷却，使空气样品达到饱和时的温度。

(4) 比湿：水汽质量 ( $m_w$ ) 与同一容积中空气的总质量 ( $m_w + m_d$ ) 的比值，单位是  $g \cdot kg^{-1}$ 。

## 二、大气的组成和结构



## (一) 非均质层

1. 范围：距地面85 ~ 480km

2. 化学组成性质：各种气体分子和原子依其重量而成层地分布。

3. 热性质：热成层

- 温度从底部向顶部迅速增高；
- 中、上层气温很高。



## 4.电离功能：电离层（下界可达50km）

- 由带正电的离子组成；
- 过滤掉有害波段的太阳辐射；
- 反射无线电波，使之得以远距离传播；
- 太阳风引起的极光通常发生在此层中。



## (二) 均质层

1. 范围：地表到80km

2. 性质：各种气体的混合几乎是均匀的，具有相对稳定的成分。例外：

- 臭氧在20~30km范围内的聚集；
- 水汽和污染物在近地面大气中的含量较高。

3. 主要组分

- 氮：78.1%（体积分数）；氧：20.9%；  
氩：0.93%；二氧化碳：0.036%等。

## 4. 分层

### (1) 中间层

- 范围：距地面50~80km
- 性质：温度随高度而降低，顶部-90℃；  
气压很低，仅1~0.01hPa；稀薄的空气以巨大的速度运动着。



## (2) 平流层和臭氧层

- 范围：距地面12 ~ 50km; 臭氧集中在20 ~ 30km
- 性质：气流以水平运动为主；温度随高度而上升；气压随高度而下降。



- 臭氧层

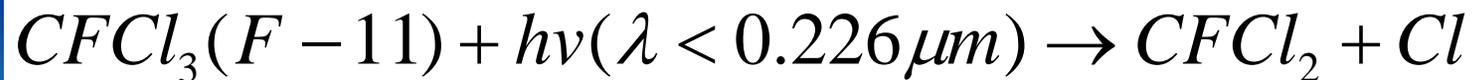
形成：氧气在太阳光解下产生

性质：温室气体

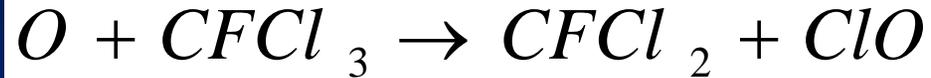
功能：对太阳紫外辐射的过滤作用；  
对平流层的保温作用

- 臭氧层的破坏

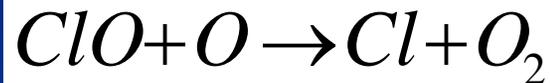
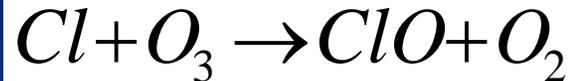
机理：氟氯烃 *CFCs* 被光解产生原子氯。



## CFCs与激发态原子氧反应产生ClO



原子氯和ClO反应，破坏O<sub>3</sub>

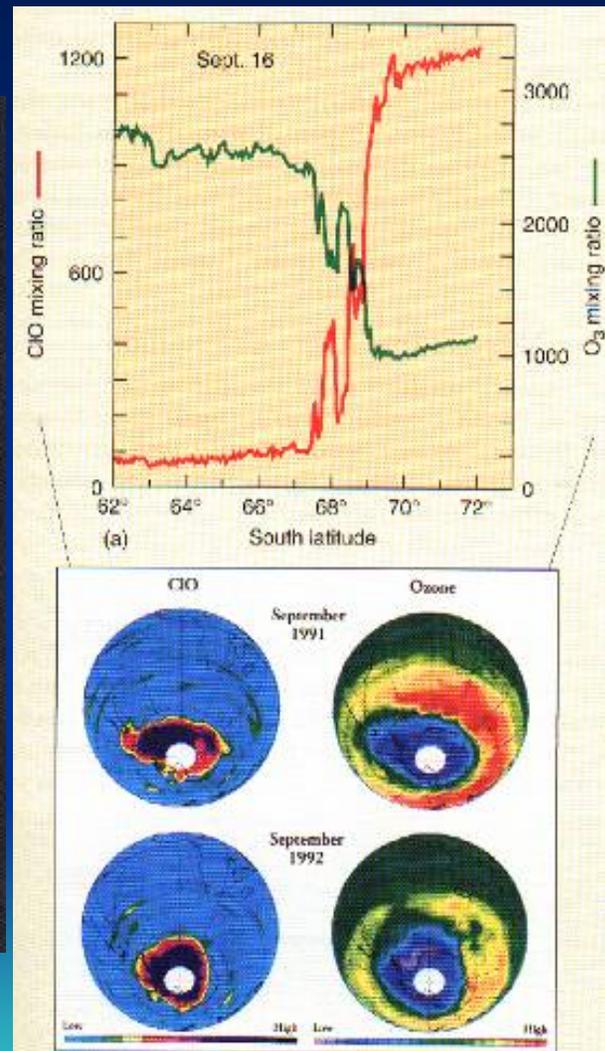
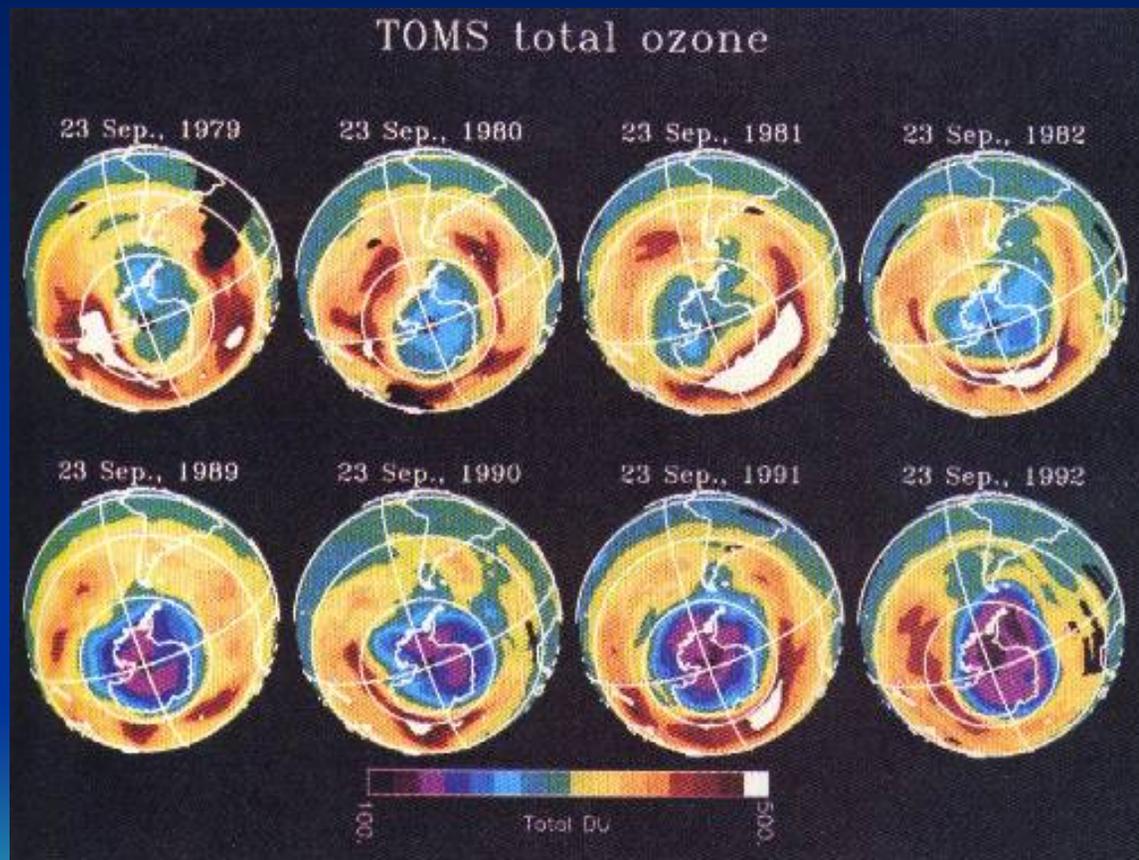


其净效果是： $O + O_3 \rightarrow 2O_2$

后果：臭氧含量减少，形成南极“臭氧洞”；

平流层降温；较多紫外辐射进入地球表层....

# 南极“臭氧洞”的变化



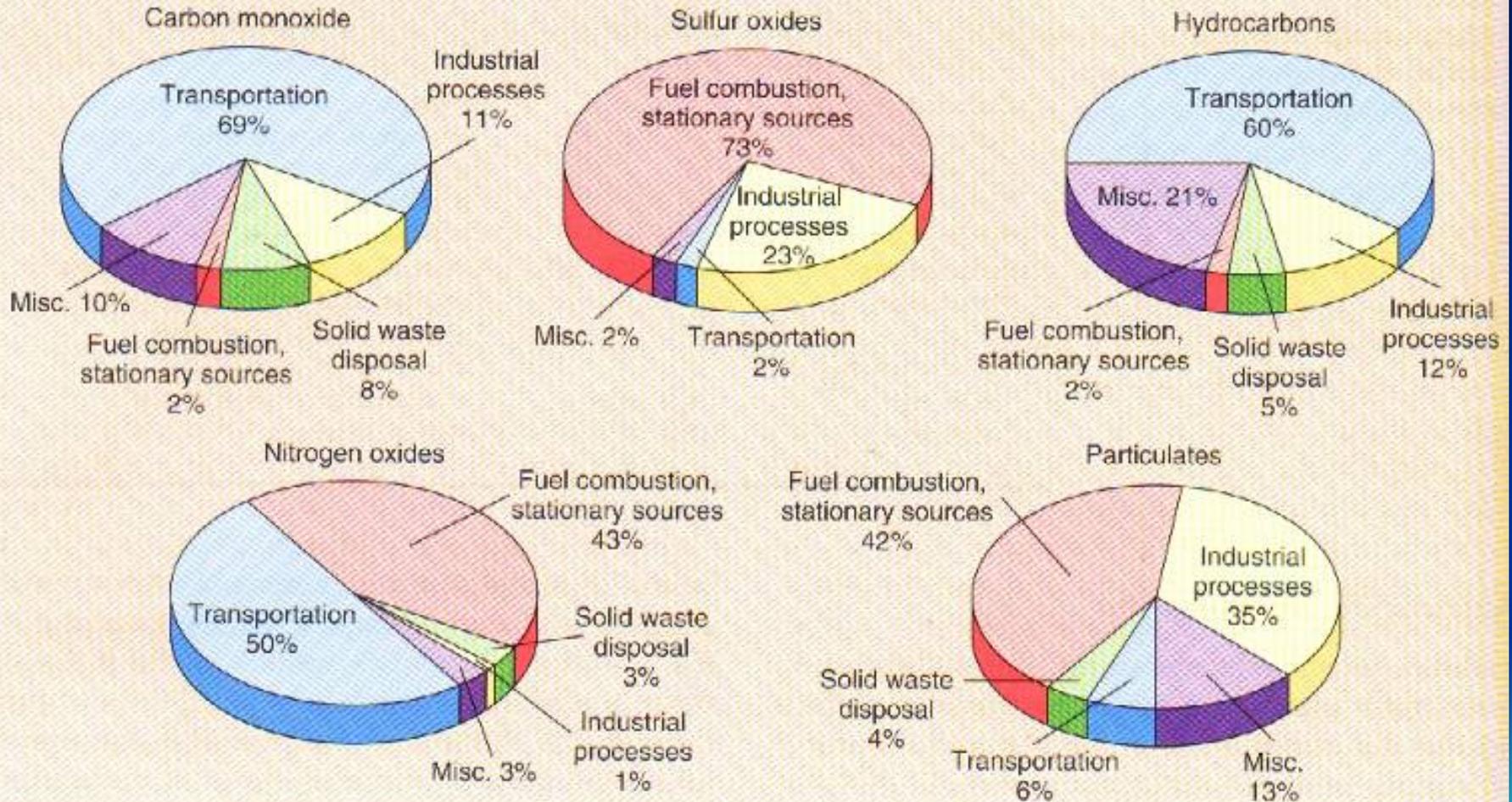
### (3) 对流层

- 范围：地表至12km
  - 性质：大气圈质量的90%集中于此层；  
气流以垂直运动为主；  
温度随高度升高而降低(-6.4°C/km)；  
气压随高度的降低。
  - 功能：形成云和天气现象；  
冷对流层顶阻碍空气进入平流层。
  - 大气的污染
- 

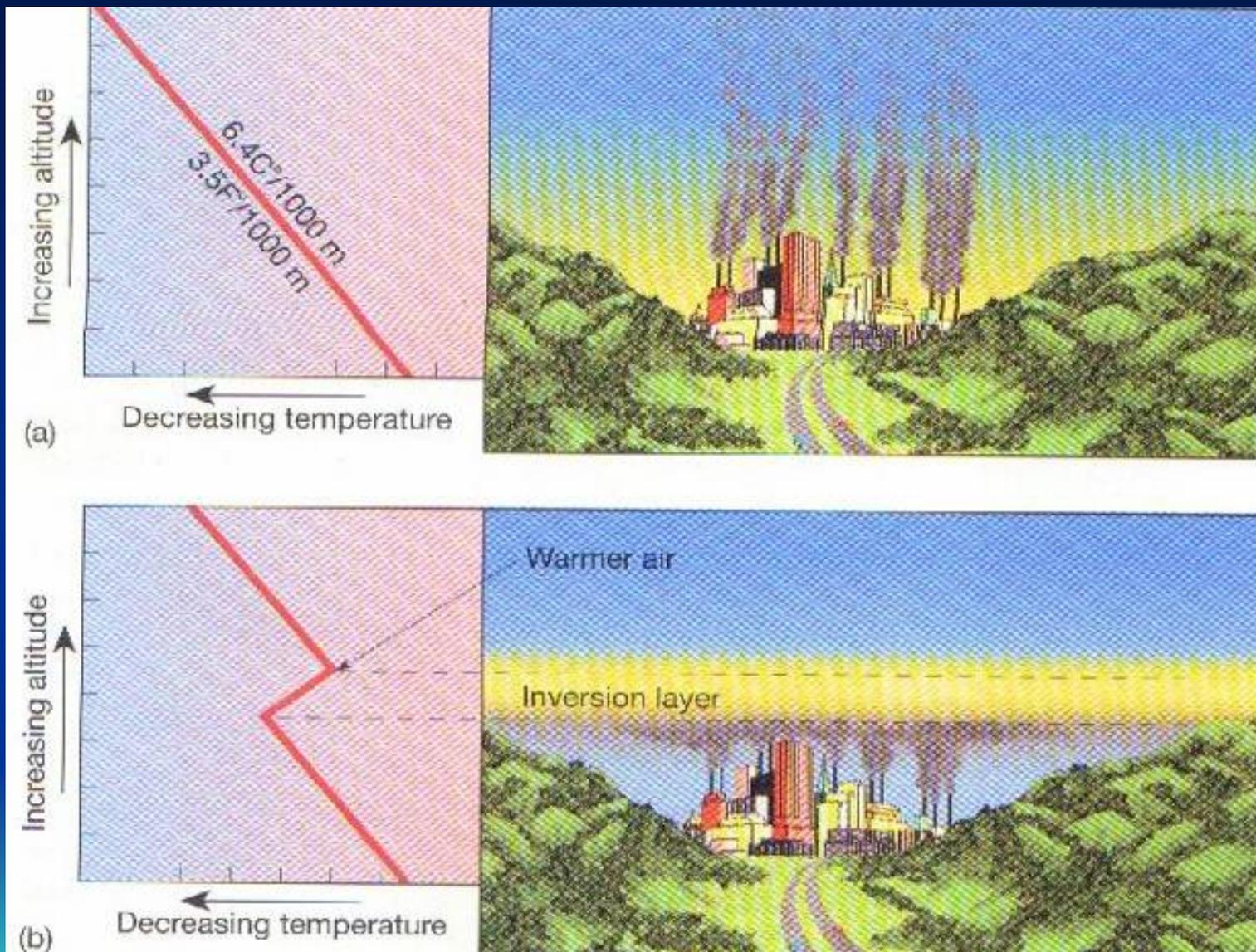
# 污染物的自然来源



# 污染物的人为来源



# 逆温层与大气污染

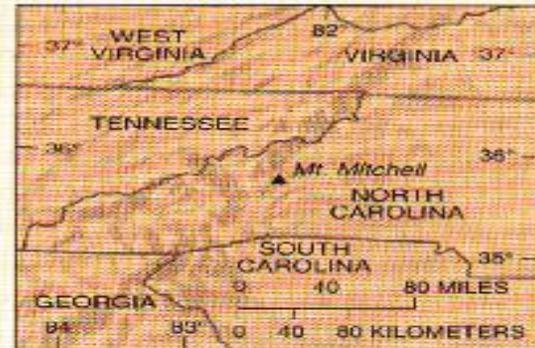




# 酸沉降的后果



(a)



## 三、大气对辐射的削弱

### (一) 散射

太阳辐射的电磁波进入大气后，受到气体分子和悬浮质点的影响，使之向各个方向弥散。

**1. 分子散射：**大气质点远小于入射电磁波波长。入射辐射的波长越短，被分子散射的辐射越多。

- 散射电磁波范围：可见光的蓝、紫色光

**2. 粗粒散射：**大气质点与入射电磁波波长相当。

- 云滴
- 大气气溶胶：大气中的一切固体和液体粒子
- 散射电磁波范围：各波段的可见光



## (二) 反射

大气质点远大于入射电磁波波长时产生反射。

1. **特点**: 具有方向性, 与入射角有关。
2. **反射电磁波范围**: 可见光、紫外线、红外线
3. **大气反射率**: 反射与入射辐射量的比值。
4. **影响因子**
  - 火山灰: 增加反射率
  - 云: 厚度越大、反射率越大; 高度越高, 反射率越大。

### (三) 吸收

气体物质将投射在它上面的一部分辐射能同化吸收，并转化成自己的内能的作用。

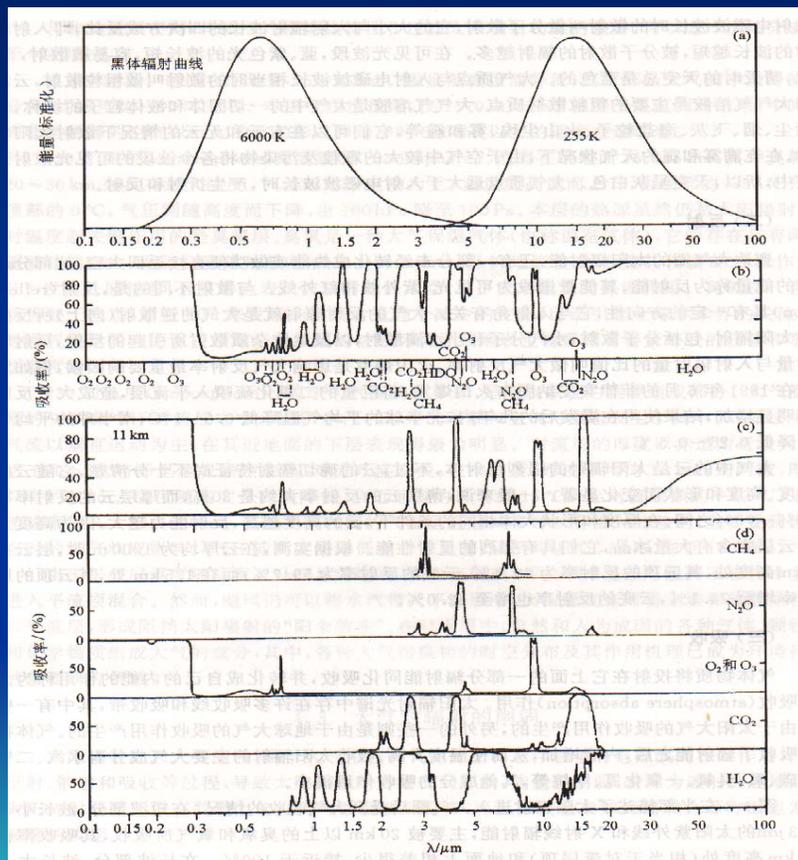
#### 1. 吸收太阳辐射的主要大气成分:

水汽、二氧化碳、氧和臭氧、一氧化氮、甲烷等。



## 2. 太阳辐射的大气吸收谱

- 高层氧气和臭氧：  
吸收紫外线和X射线。
- 低层水汽和二氧化碳：  
吸收红外线。
- 可见光波段吸收很弱。



### 3. 火山喷发产生的气溶胶

- 吸收和反射太阳辐射
- 提高平流层温度
- 降低对流层温度——阳伞效应

