

并不是说只要有污染物排入大气，就会出现空气污染事故，因为大气存在自净作用，包括降雨洗刷作用、重力沉降作用、吸附作用、化学反应作用等等；但在降低污染物的危害方面，最重要的还是空气本身的稀释和分散作用。这就要考虑气象条件。



# 第14章 大气污染气象学

## 14.1 地球大气圈的结构

## 14.2 影响空气污染的气象因素

## 14.3 空气污染对气候的影响

## 思考题与习题



## 1.地球的大气圈

我们把随地球引力而旋转的大气层称为大气圈。在地球场内受引力而旋转的气层。在一般情况下，可以将地球表面到1000~14000km的气层作为大气圈。地球大气圈的总质量估计为 $6 \times 10^{15} \text{t}$ 。

大气圈中的空气分布是不均匀的。海平面上的空气稠密。在近地层的大气层里，气体的密度随高度上升而迅速变稀，但是在400~1400km的大气层里，空气是渐变稀薄的。



# 14.1 地球大气圈的结构

## 一、大气的结构

### (一) 大气圈

☑ 大气圈：随着地球旋转的大气层。（高度可达10000km）

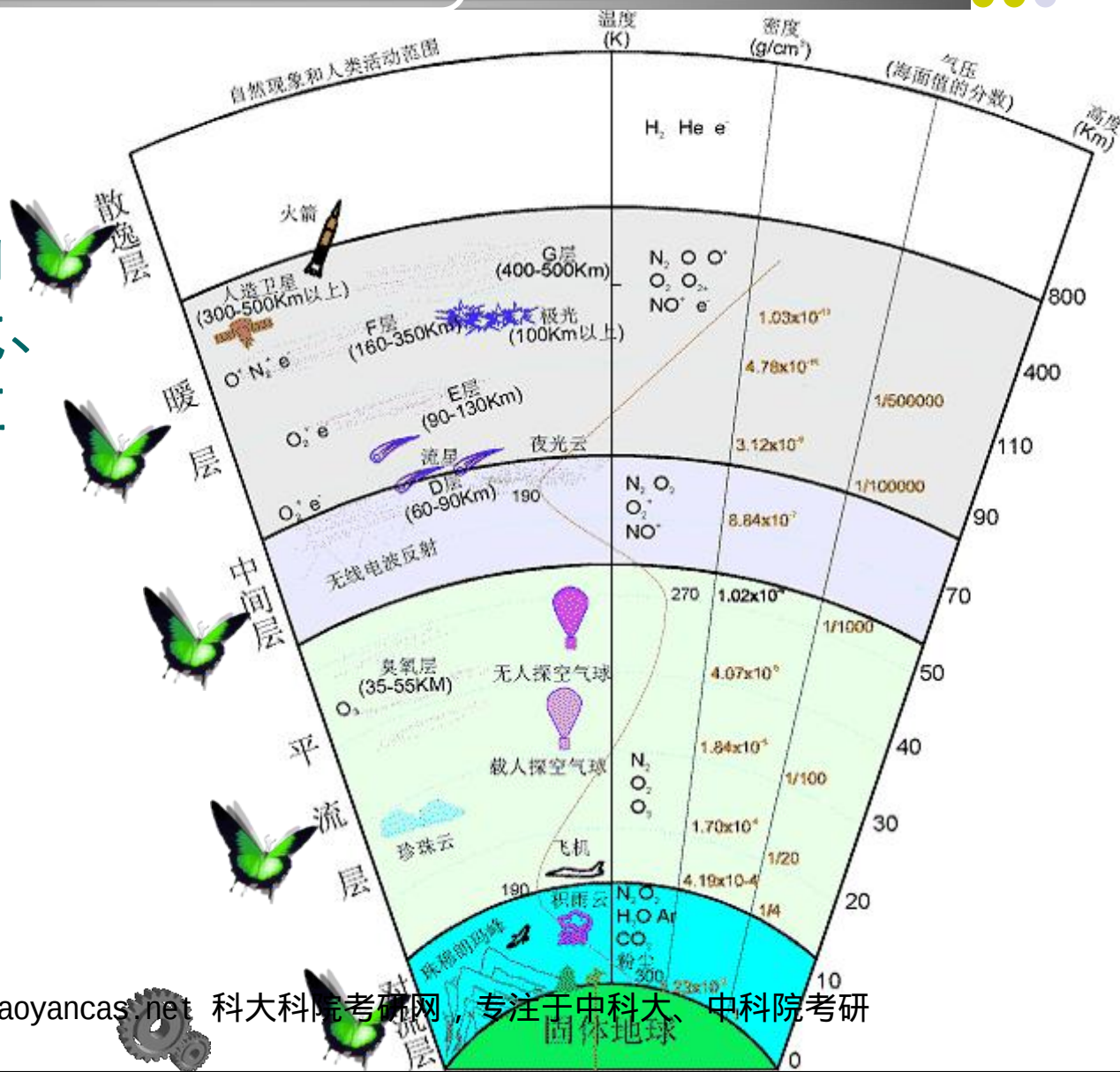
☑ 空气密度分布特点：海平面处空气密度最大，随高度的增加，空气密度逐渐变小。

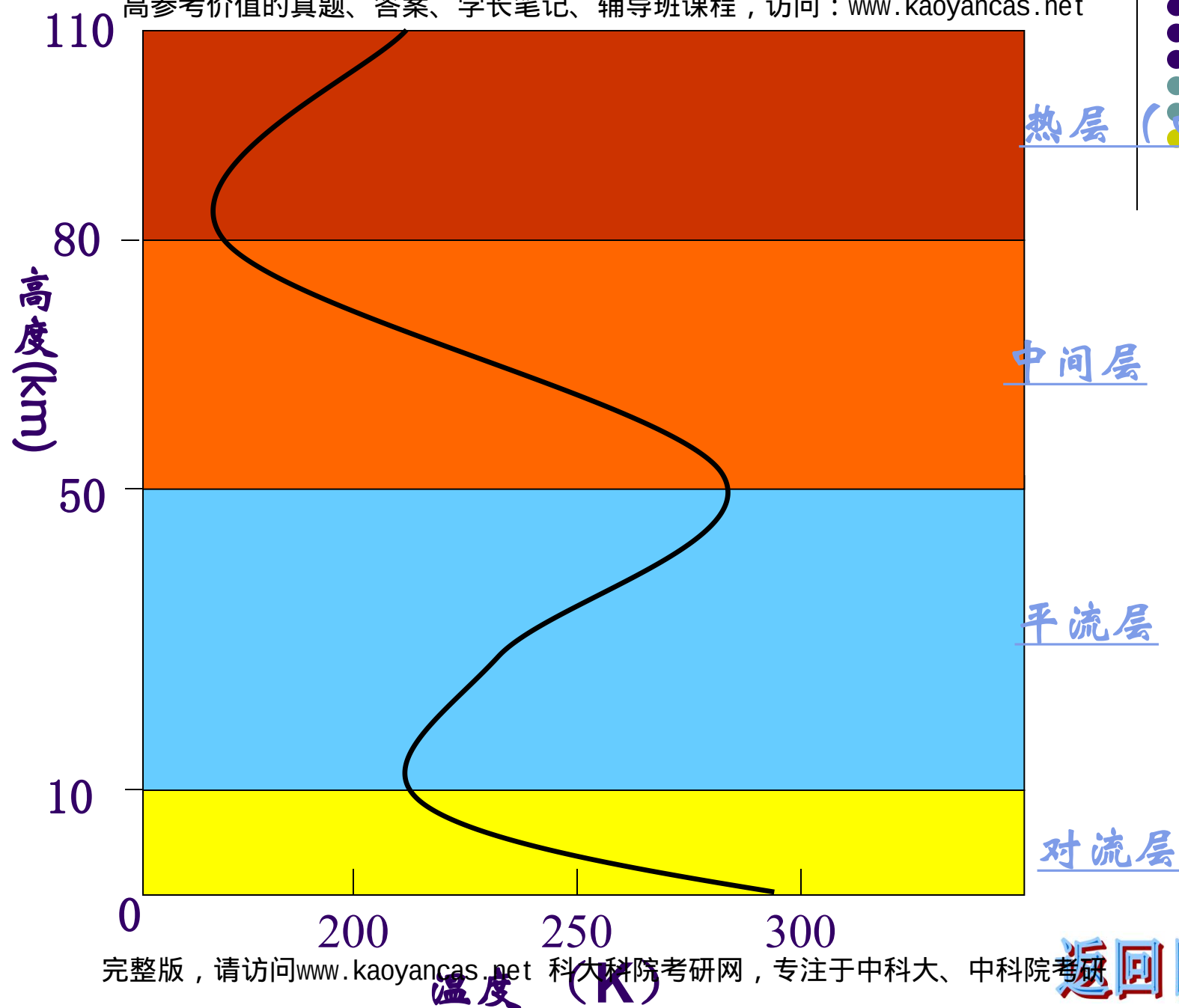




## (二)、大气圈结构

✓ 大气在垂直方向上的温度、组成、物理性质上存在差异，分为5个大气层：







## 对流层（troposphere）：

对流层是对人类生产、生活影响最大的一个层

人类活动排放的污染物主要在对流层中聚集，大气污染现象也主要发生在这一层

温度随高度增加而降低， $\downarrow 6^{\circ}\text{C}/1\text{km}$

集中了占大气质量80%的空气和几乎全部的水蒸气量

空气具有剧烈的对流运动 → 云、雾、雨、雪等

# 平流层 (stratosphere) :



污染物一旦进入平流层，滞留时间可长达数十年，易造成大范围以至全球性的影响

## 特点：

1. 高度大约至50-55km处；
2. 温度随高度升高而升高；
3. 15-35km处有一层臭氧层；
4. 平流运动占显著优势

## 平流层作用

- (1) 能大量吸收波长小于300nm的紫外线；
- (2) 对地球起保温作用



# 中间层

---



- ✦ 高度大约至85km处；
- ✦ 气温随高度的增加而迅速降低；
- ✦ 空气稀薄，有强烈的垂直对流运动

# 暖层 (thermosphere) (电离层 ionosphere)

高参考价值的真题、答案、学长笔记、辅导班课程，访问：[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net)



## 特点

气温随高度的增加而增加

## 电离层的作用

- ❖ 电离层能反射地面发射的电磁波

# 散逸层（外逸层）

---



特点：

★大气极为稀薄，气温高，分子运动速度快

## 14.2 影响空气污染的气象因素

实践证明，风向与风速、大气的稳定度、降水情况和雾，是影响空气污染的重要气象因素。

- 1. 风的影响
- 2. 大气的稳定性
- 3. 降水的影响
- 4. 雾的影响
- 5. 空气污染“事故日”与污染指数

[返回目录](#)

# 1. 风的影响

## 风对空气污染的影响

包括风向和风速大小两个方面。

风向影响着污染物的扩散方向；

风速决定污染物的扩散和稀释状况。

为了表示风向、风速对空气污染物的扩散的影响，可以采用风向频率玫瑰图和污染系数玫瑰图。

风向频率是指某方向的风占全年各风向总和的百分率；

**污染系数表示风向、风速联合作用对空气污染物扩散的影响。**

$$\text{污 染 系 数} = \frac{\text{风 向 频 率}}{\text{该 风 向 的 平 均 风 速}}$$

## 2. 大气的稳定性

### 1). 大气的降温率与大气稳定性的关系

在地球表面的上方，大气温度随高度变化的速率是气象变化的一个重要因素，它直接影响空气的垂直混合状况。

将大气温度沿垂直方向随高度变化的速率称为**垂直降温率**

$$r = \frac{dT}{dh}$$

式中：r——垂直降温率；T——温度；h——离地面高度

**垂直绝热降温率**就是空气在绝热条件下上升时，由于上升气块所受压力降低而膨胀，消耗了内能，使气块温度随之下落的速率。

$$\frac{dp}{dh} = -\rho g$$

由于干空气可近似看作理想气体，可得：

P——大气压力；h——高度； $\rho$ ——空气密度；g——重力加速度

再由热力学公式得：

$$r = -\frac{dT}{dh} = \frac{Mg}{C_{p,m}}$$

$M$ ——空气的相对分子质量； $C_{p,m}$ ——空气的摩尔定压热容

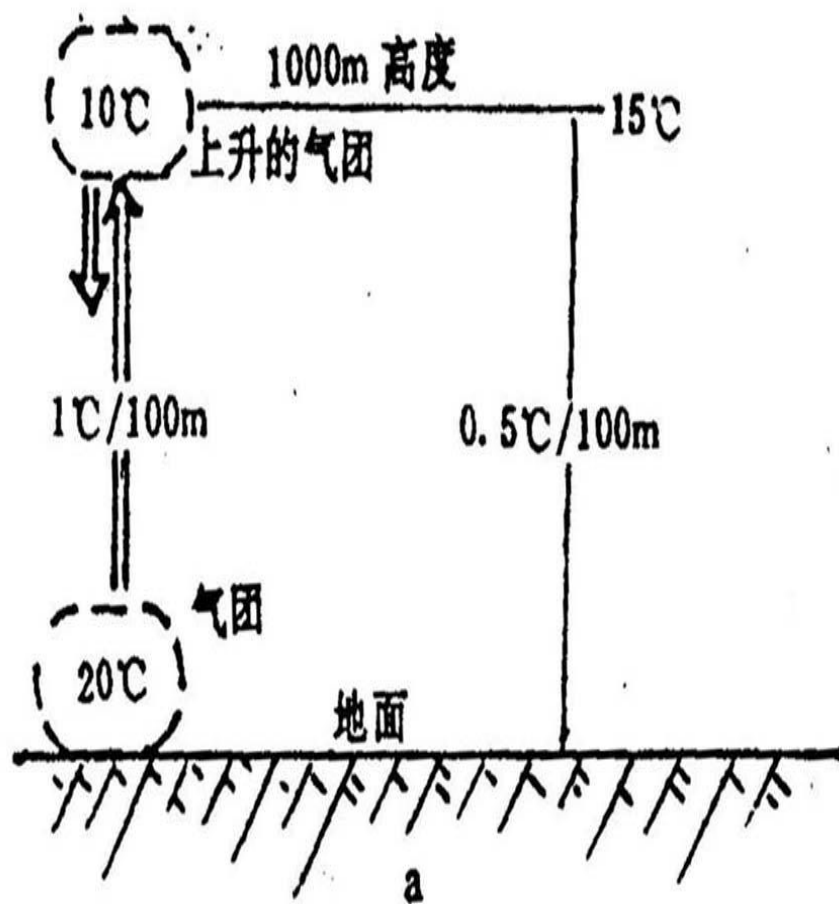
求得  $r_d \approx 0.98^\circ\text{C}/100\text{m} \approx 1^\circ\text{C}/100\text{m}$

即当空气绝热上升时，离开地面每升高100m，气温下降  
 $1^\circ\text{C}$

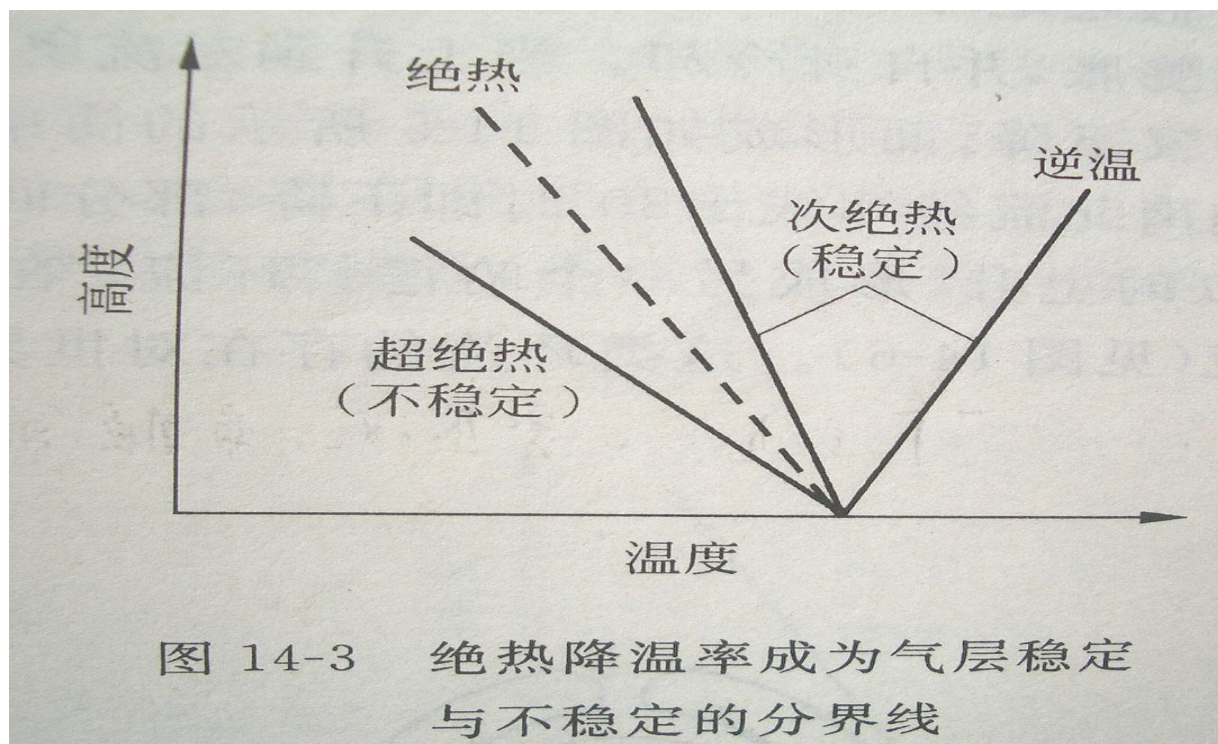
$r_d$  称为空气的绝热降温率。

$r > 1^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，是超绝热降温率；大气不稳定，有利于空气  
污染物扩散开来。

$r < 1^\circ\text{C}/100\text{m}$ ，是次绝热降温率；空气基本稳定，使空气中  
污染物积累起来。



完整版，请访问[www.kaoyancas.net](http://www.kaoyancas.net) 科大科院考研网，专注于中科大、中科院考研



## 逆温层 (inversion layer)

假如高度增大时，气温反而上升，即 $dT > 0$ ，或垂直降温率 $r < 0$ ，则该空气层便成为逆温层 (inversion layer)。

此时上层空气密度低，下层空气密度高，空气在垂直方向上不存在任何运动，气层异常稳定，

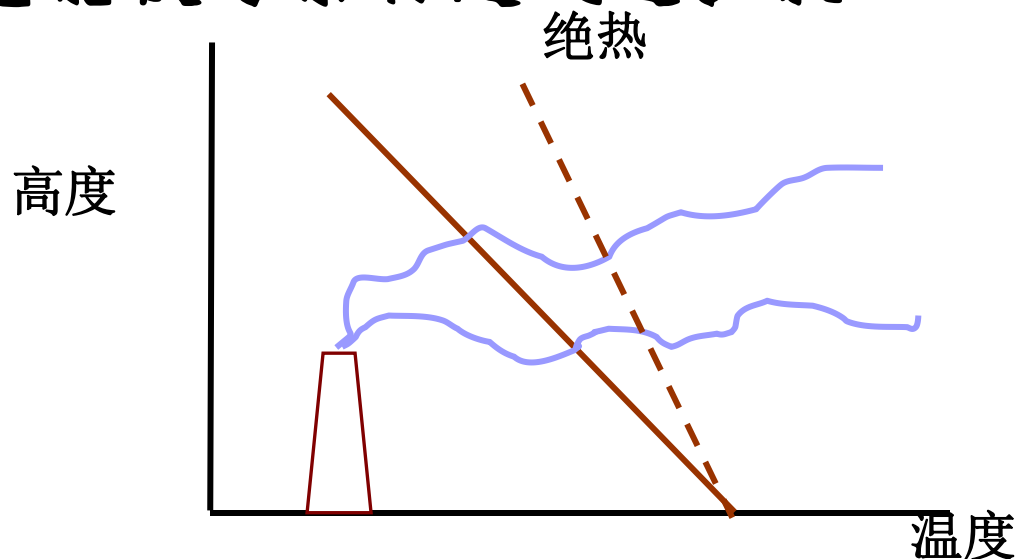
**逆温高度：**逆温层所在的高度

**逆温强度：**逆温层内的最大温度差

**逆温层厚度：**开始出现逆温至逆温消失的高度范围

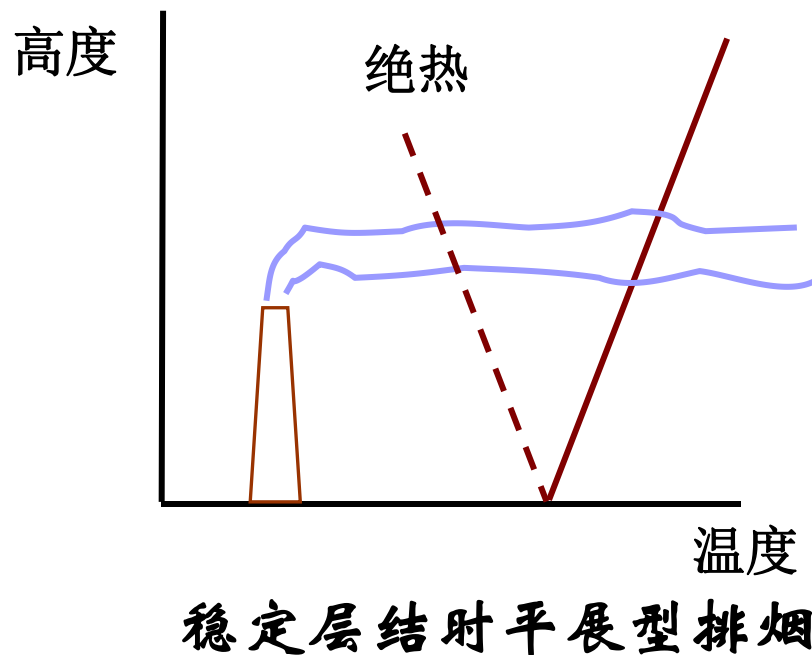
# 不同降温率对烟囱的排烟型式影响很大

超绝热降温时，大气不稳定，出现波浪型排烟，它能使污染物随风速扩散。

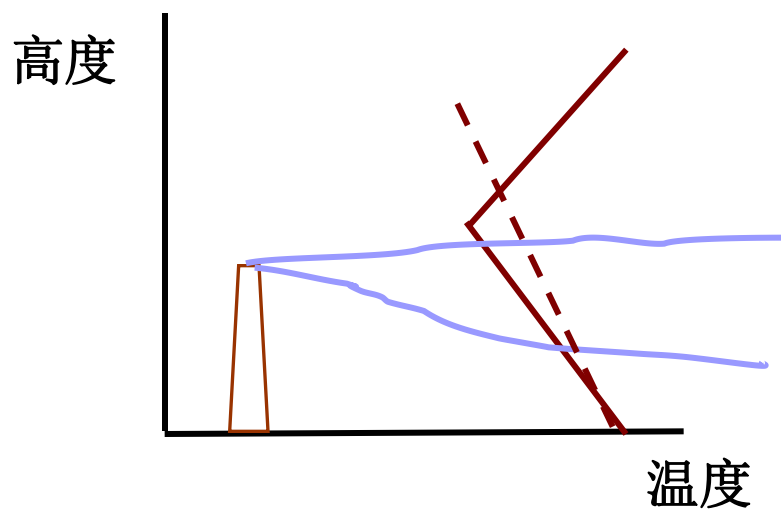


不稳定层结时波浪型烟流

逆温时，由于大气稳定，形成平展型排烟，  
它严重地妨碍空中污染物的垂直运动，只能朝水平方向  
扩散。



当大气的上层为逆温，下层为超绝热降温时，即上层稳定，下层不稳定时，形成熏烟型（fumigation）排烟，空气中污染物被熏烟带回地面，使污染更为严重。



上下部的熏烟型排烟

## 2). 产生逆温的原因

### B. 引起逆温的原因

下降逆温 (subsidence inversion)

辐射逆温 (radiation inversion)

海岸逆温 (coastal inversion)

地形逆温 (geographical inversion)



## A. 哈德黎环流与下降逆温 (subsidence inversion)

**下降逆温：**当上层空气下沉时，落入高压气团中，因受压而变热，使气温高于下层空气。高压区的气候良好，温暖干燥，可惜有时会产生下降逆温，造成地区性空气污染。

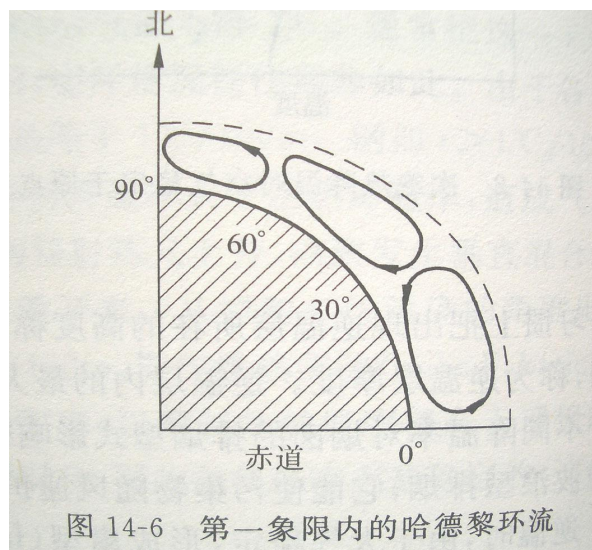


图 14-6 第一象限内的哈德黎环流

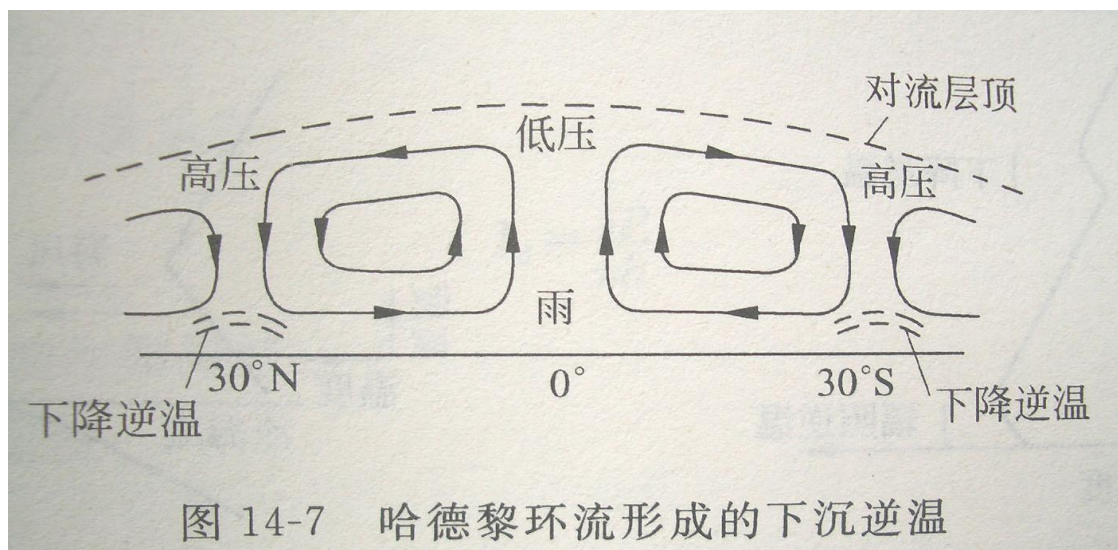
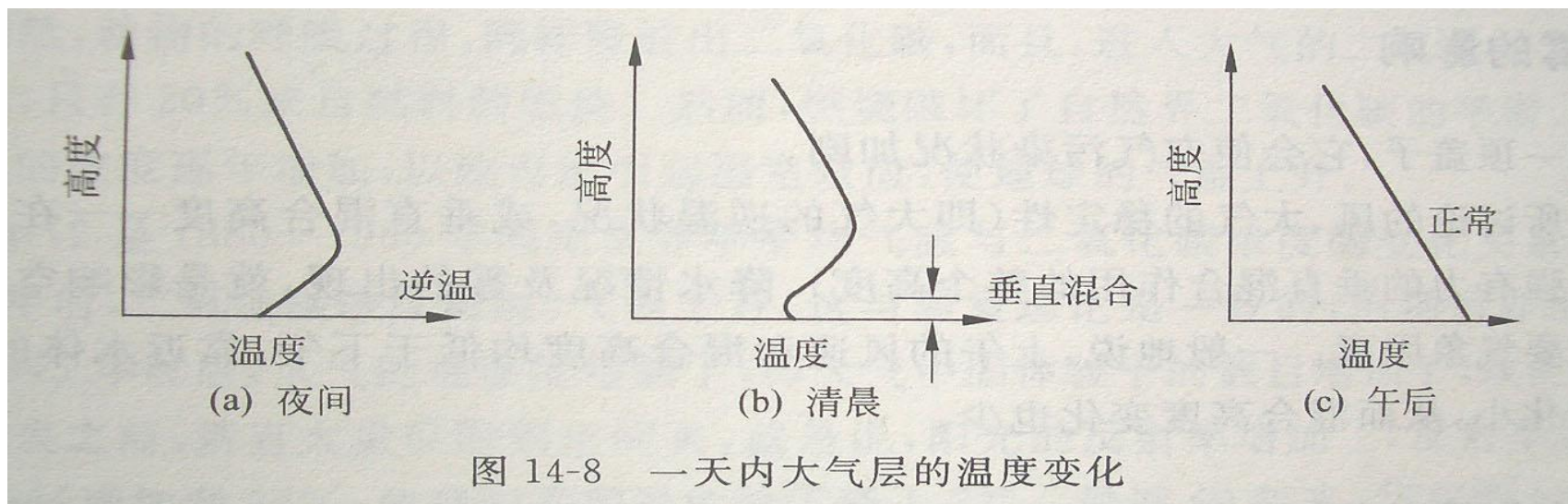
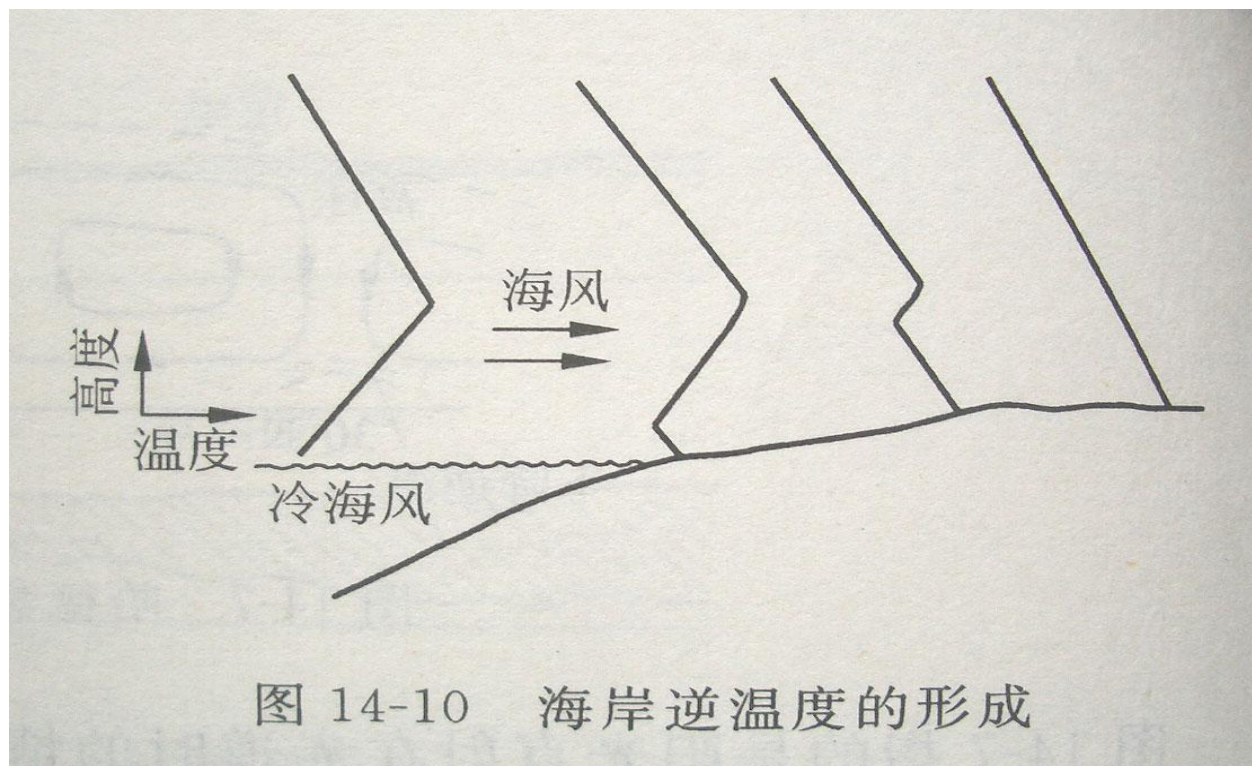


图 14-7 哈德黎环流形成的下沉逆温

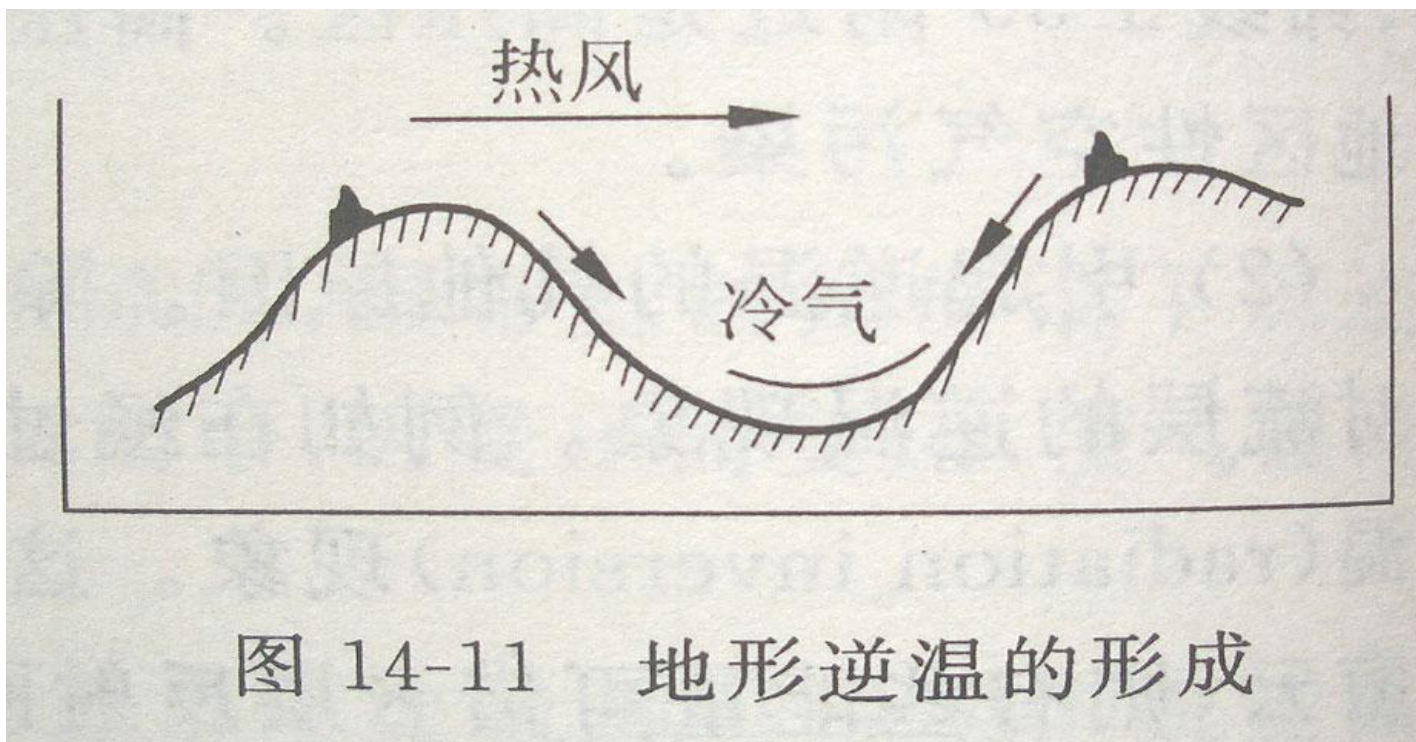
# 辐射逆温 (radiation inversion)



## 海岸逆温 (coastal inversion)



# 地形逆温 (geographical inversion)



### 3. 降水的影响

各种形式的降水，特别是降雨，能有效地吸收、淋洗空气中的各种污染物。所以大雨之后空气格外新鲜，就是这个道理。

## 4. 雾的影响



它会使空气污染状况加剧。



## 5. 空气污染“事故日”与污染指数

“事故日”地多少可以表示大气污染的可能性。

经验证明，发生事故日的条件大致是：持续2天混合高度小于1500m，风速小于4m/s和无大雨。

由事故日等值线图，可看出事故日最多的地区，只应作农业区，而事故日少的地区可作工业区。

污染指数：概括风、大气稳定性、降水及混合层高度等气象因素影响污染物扩散的共同作用。

$I_d$ 表示d方向上的污染指数，值越大说明污染越重。

一般认为， $I_d \leq 0.8$ 时，为清洁型大气。



附： $I_d$ 的计算

## 污染指数计算：

$$I_d = \frac{sp}{vh}$$

$I_d$ ——d方向上的污染指数

s——大气的稳定性

p——降水

v——风速

h——混合高度

s、p、v、h在计算时均按实际气象资料的数值转换成无量纲



的相对值， $I_d$ 也是一个无量纲的数。

## 14.3 空气污染对气候的影响

### 1. 地球气候的变化

最严重的空气污染是由燃烧产生的，如硫氧化物、氮氧化物、碳氢化合物和一氧化碳。即便最洁净的燃料也会产生二氧化碳，大量的二氧化碳破坏了自然界二氧化碳的平衡，使大气中二氧化碳的浓度逐年增加，以致可能引起温室效应，使地球的气温上升。

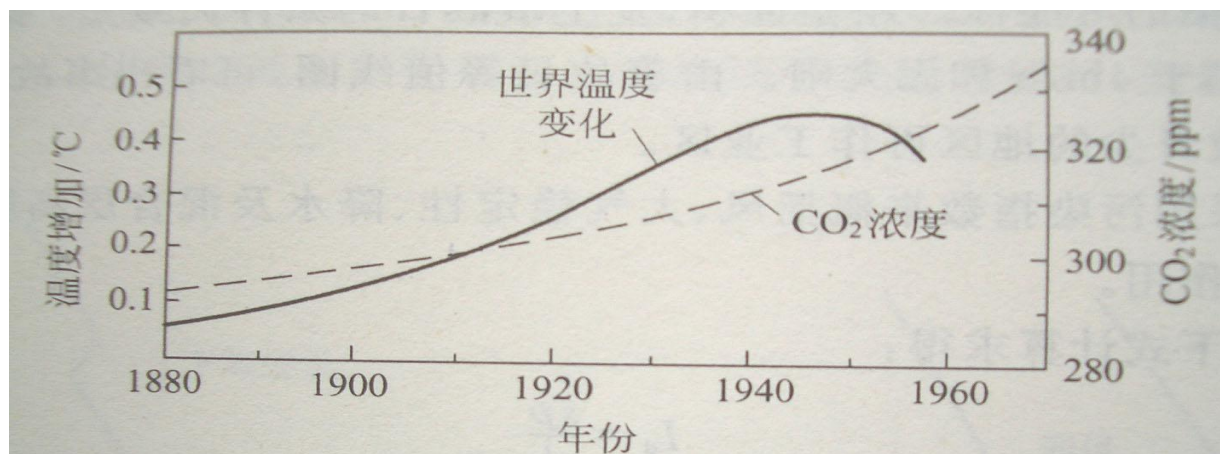


图 14-12 世界年平均气温的增加与二氧化碳浓度的关系

## 2. 城市对气候的影响

城市影响气候是多方面的：建筑物高低不一，会使风速降低；空气污染物多，增多水汽凝聚的核心，会使雾和雨增多；人为的燃烧会使气温上升等等。

城市还有所谓的热岛效应（heat island effect），即把城市区域看成是一个温热的岛屿，其温度比周围高 $0.5\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，湿度低 $2\%\sim 8\%$ ，地表辐射少 $15\%\sim 20\%$ ，风速小 $20\%\sim 30\%$ 。



### 3. 超音速运输机与环境

超音速运输机的危害：

- (1) 在15~20km高度飞行，即在平流层中；而平流层是**逆温层**，空气稳定，飞机排出的污染物终年不散
- (2) 臭氧层受破坏，致使皮癌增多
- (3) 微粒与水增多，增加了气层的反射率，危机全球气候
- (4) 飞行速度大，使机场和整个航程噪声污染严重
- (5) 燃料耗费太多



# 本章总结

讨论空气污染问题时，考虑气象条件的变化十分重要。

本章除介绍地球大气圈的构造以及风、雨和雾对空气污染的影响外，着重讨论了污染物在空气中垂直混合所需要的大气条件，探讨了引起逆温层的各种机理；最后还讨论了大气污染如何影响到全球气候以及较小的范围内如何影响城市的气候。

# 思考题与习题

- 试指出大气是由哪些成分组成的。
- 试述大气圈的结构特点
- 有哪些因素影响空气污染？
- 人们是如何描述大气的稳定性及其排烟类型的关系的？
- 什么叫逆温现象？引起逆温的原因有哪些？
- 空气污染对气候会产生哪些影响？
- 为什么说超音速运输机会对环境造成影响？

