

# 第9章 环境物理

- 9.1 环境物理原理
- 9.2 环境大气扩散理论
- 9.3 污染物在水中的扩散理论
- 9.4 以其他物质为介质的扩散规律
- 9.5 环境物理污染对流理论
- 9.6 典型物理污染分析

# 9.1 环境物理原理

## 热力学定律

### 热力学第一定律（能量守恒定律）

自然界的一切物质都具有能量，能量有各种不同形式，可以从一种形式转化为另一种形式，在转变过程中，能量总数量保持不变。

### 热力学第二定律（增熵定律）

不可能用任何方式将热量从低温物体传递到高温物体而不产生其它影响。

## 物质守恒定律

物质既不能创生，也不能消灭，只能从一种形式转化为另一种形式，这就是物质守恒定律。

# 从物质守恒定律我们可知：

- 环境中各组成部分遵循著名的物质守恒定律不断进行着物质循环。
- 环境系统中的各种输入、输出和积累量相平衡。在环境系统或子系统中，质量方程式可以写成：

$$\text{积累} = \text{输入} - \text{输出}$$

- 当一个系统的输入速率和输出速率保持恒定且相等时，累积率等于零。这种状态称为稳定状态（steady state）。

## 9.2 环境大气扩散理论

### 9.2.1 大气扩散的理论基础

**定义：**排放入大气中的污染物，受大气水平运动、湍流扩散运动，以及大气的各种不同尺度的扰动运动而被输送、混合和稀释，称为大气污染物的扩散。

# 影响大气扩散的因素

## 动力因子

主要指风和湍流，它们对污染物的稀释和扩散起着决定的作用。凡有利于增大风速、增强湍流的气象条件，都有利于污染物的稀释扩散，否则，会加重污染。

## 热力因素

主要是指大气的温度层结和大气稳定度。常发现从烟囱排出的烟流扩散的形状与大气的温度层结有密切的关系

## 气象状况

 逆温  
 辐射和云

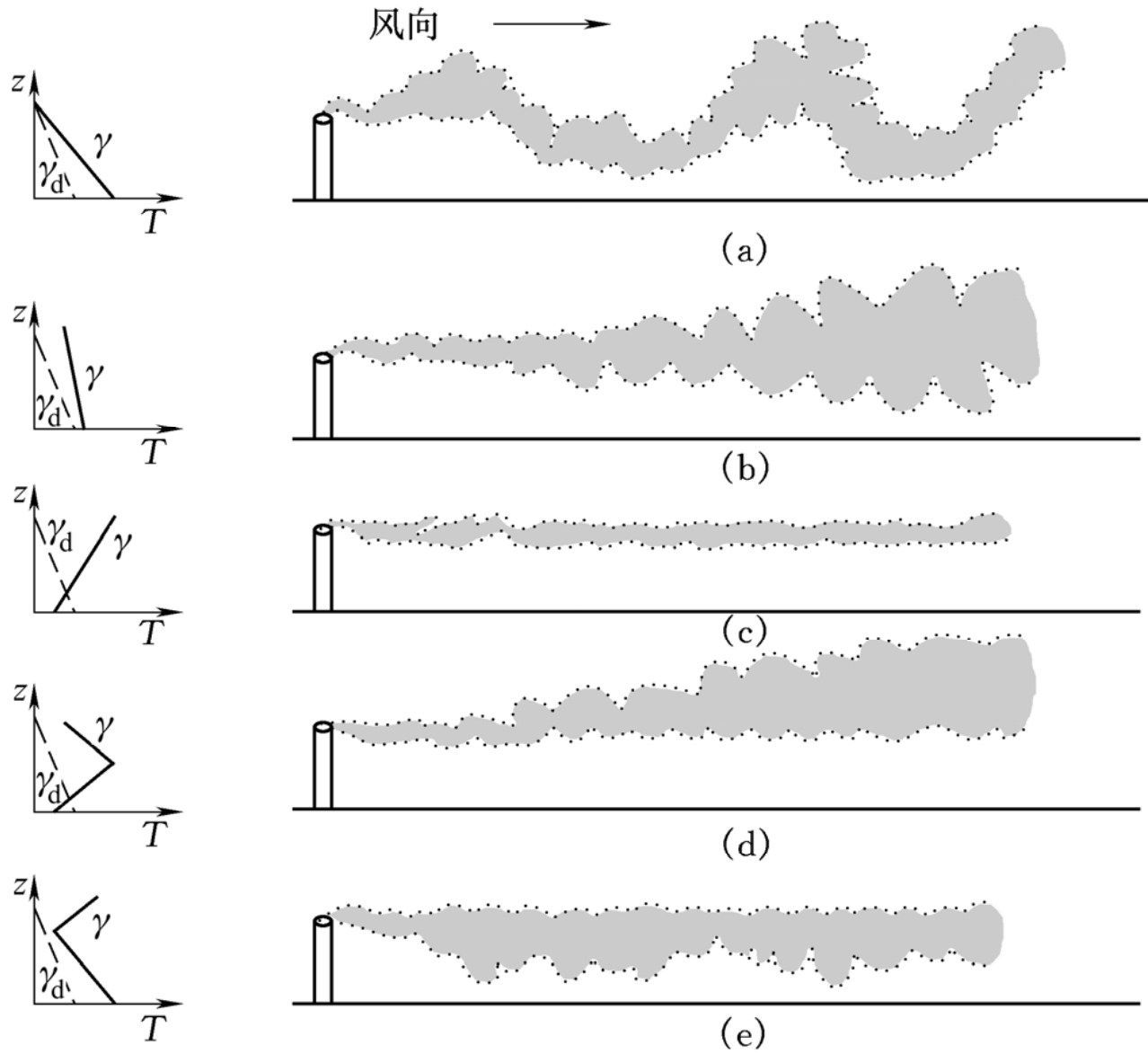
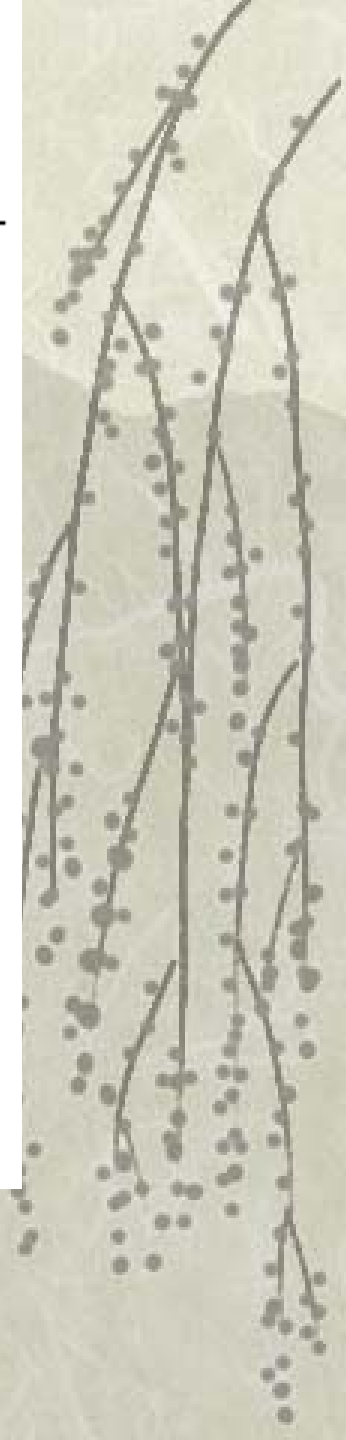


图9-1 不同温度层结下的烟型

(a) 波浪型 (b) 锥型 (c) 平展型 (d) 爬升型 (e) 漫烟型

$Z$ ——高度  $T$ ——温度

——  $\gamma$  (气温直减率) ; - - - - -  $\gamma_d$  (干绝热递减率)



# 影响大气扩散的因素



## 地理因素

下垫面（地形和地物的影响）

山谷风：由于山坡和谷地受热不均而产生的。

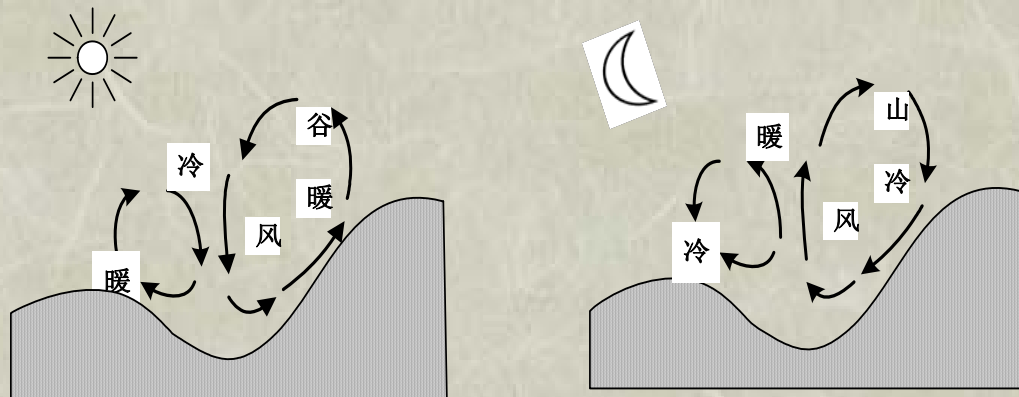
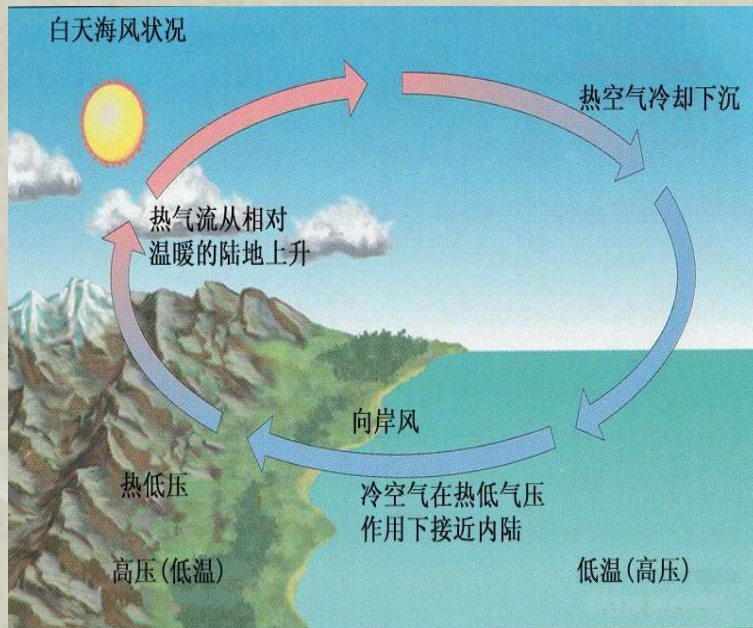


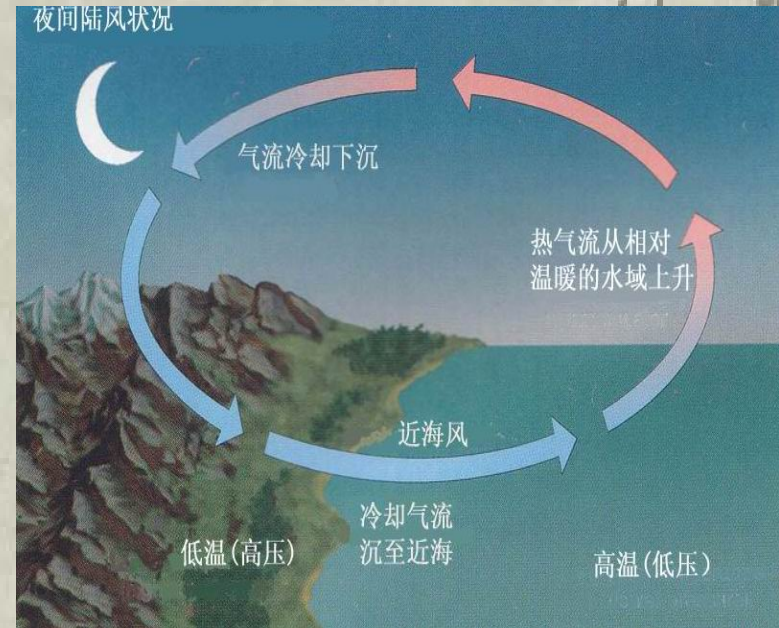
图9-2 山谷风环流

# 影响大气扩散的因素

海陆风：由于陆地和海洋的热力性质的差异而引起的。



白天海风状况



夜间陆风状况



## 9.2.2 湍流扩散理论

梯度输送理论：假定由大气湍流引起的某物质的扩散，类似于分子扩散，并可用同样的分子扩散方程描述。

湍流统计理论：假定流体中的微粒与连续流体一样，呈连续运动，微粒在进行传输和扩散时，不发生化学和生物学反应；微粒的大小和质量不计，并将微粒运动看作是相对于一定空间发生的。

## 9.2.3 大气污染物扩散模式

### ❁ 污染物的性质和成分

排入大气的污染物通常是由各种气体和固体颗粒物组成，它们的性质是由它们的化学成分决定的。

### ❁ 污染源的几何形状和排放方式

污  
染  
源  
排  
放  
方  
式



按污染源的几何形状：点源、线源、面源

按施放污染物的持续时间：瞬时源、连续源

按排放源的高度：地面源、高架源等

# ❁ 大气污染物扩散模式

高斯在大量实测资料分析基础上，应用湍流统计理论得到了正态分布假设下的扩散模式，即通常所称的高斯模式。高斯模式是目前应用较广的模式。

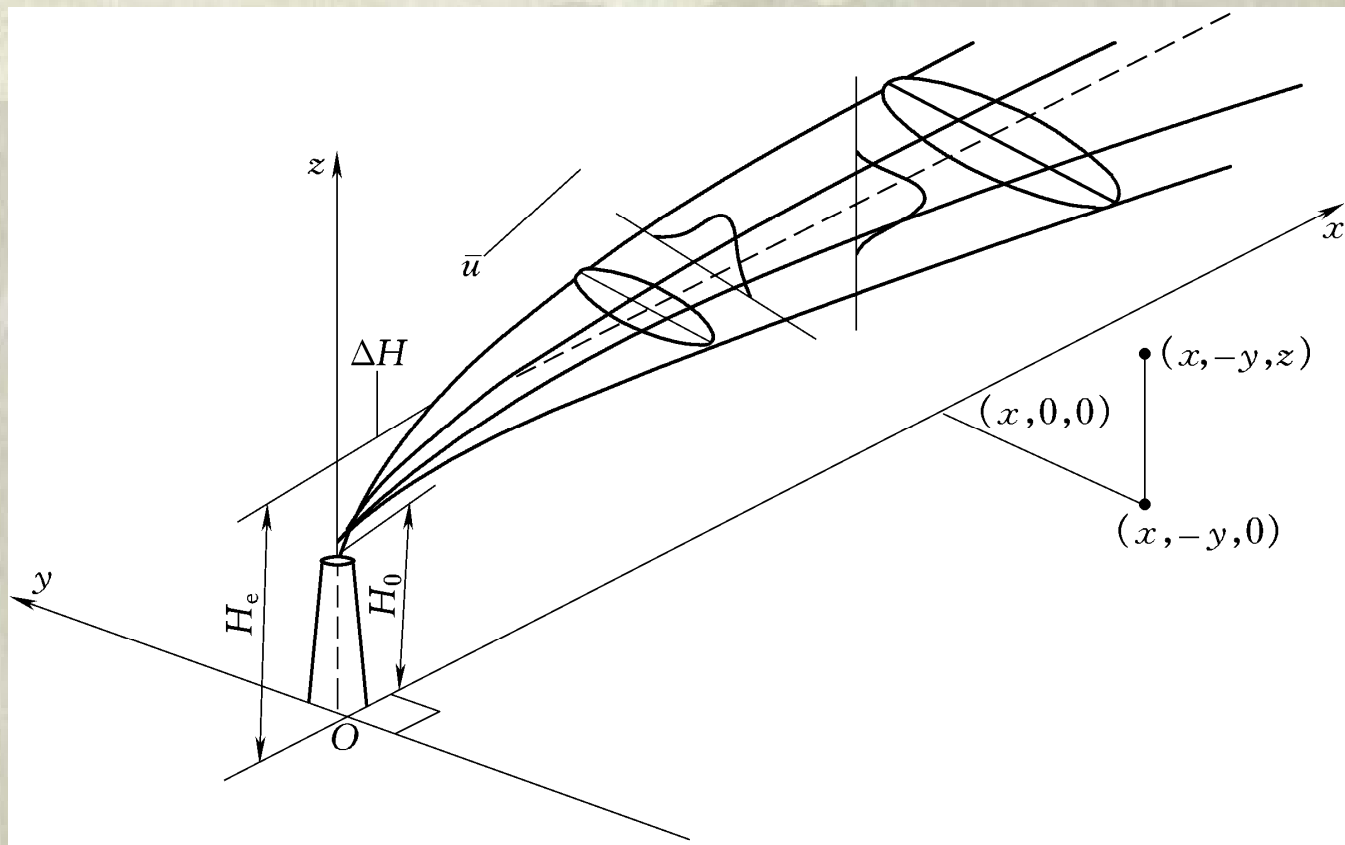


图9-3 高斯模式的坐标系

# ★扩散模式

## 👉 点源扩散模式

- 无限空间中点源扩散高斯模式
- 高架连续点源的扩散模式
- 地面连续点源扩散模式

## 👉 线源扩散模式

## 9.3 环境大气扩散理论


### 9.3.1 推流迁移

指污染物在水流作用下产生的迁移作用。推流作用只改变水流中污染物的位置，并不能降低污染物的浓度。

在推流的作用下污染物的迁移通量可按下式计算：

$$f_x = u_x \rho \quad f_y = u_y \rho \quad f_z = u_z \rho$$

## 9.3.2 分散作用

 **分子扩散**：由分子的随机运动引起的质点分散现象。分子扩散过程服从费克（Fick）第一定律，即分子扩散的质量通量与扩散物质的浓度梯度成正比，即：

$$I_x^1 = -E_M \frac{\partial \rho}{\partial y} \quad I_y^1 = -E_M \frac{\partial \rho}{\partial x} \quad I_z^1 = -E_M \frac{\partial \rho}{\partial z}$$

## 湍流扩散:

湍流扩散是在河流水体的湍流场中质点的各种状态（流速、压力、浓度等）的瞬时值相对于其平均值的随机脉动而导致的分散现象。当水流体的质点的紊流瞬时脉动速度为稳定的随机变量时，湍流扩散规律可以用费克第一定律表达，即

$$I_x^2 = -E_x \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x} \quad I_y^2 = -E_y \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial y} \quad I_z^2 = -E_z \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial z}$$

## 弥散作用:

弥散作用可以定义为由空间各点湍流流速（或其他状态）的时平均值与流速时平均值的空间平均值的系统差别所产生的分散现象。弥散作用所导致的质量通量也可以按费克第一定律来描述：即

$$I_x^3 = -D_x \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial x} \quad I_y^3 = -D_y \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial y} \quad I_z^3 = -D_z \frac{\partial \bar{\rho}}{\partial z}$$



## 9.3.3 污染物在水体中的扩散稀释模式



污染物在河流中的扩散稀释



污染物排入湖泊的扩散模式



大气复氧



污染物由河口入海的扩散模式

## 9.4 以其他物质为介质的扩散规律

9.4.1 声波传播的衰减规律

9.4.2 污染物在土壤中迁移扩散理论

9.4.3 电磁波传播和衰减规律

# 9.5 环境物理污染对流理论

## 城市热岛环流

由于城市热岛效应，市区中心空气受热不断上升，周围郊区的冷空气向市区汇流补充，城乡间空气的这种对流运动，被称为“城市风”，在夜间尤为明显。

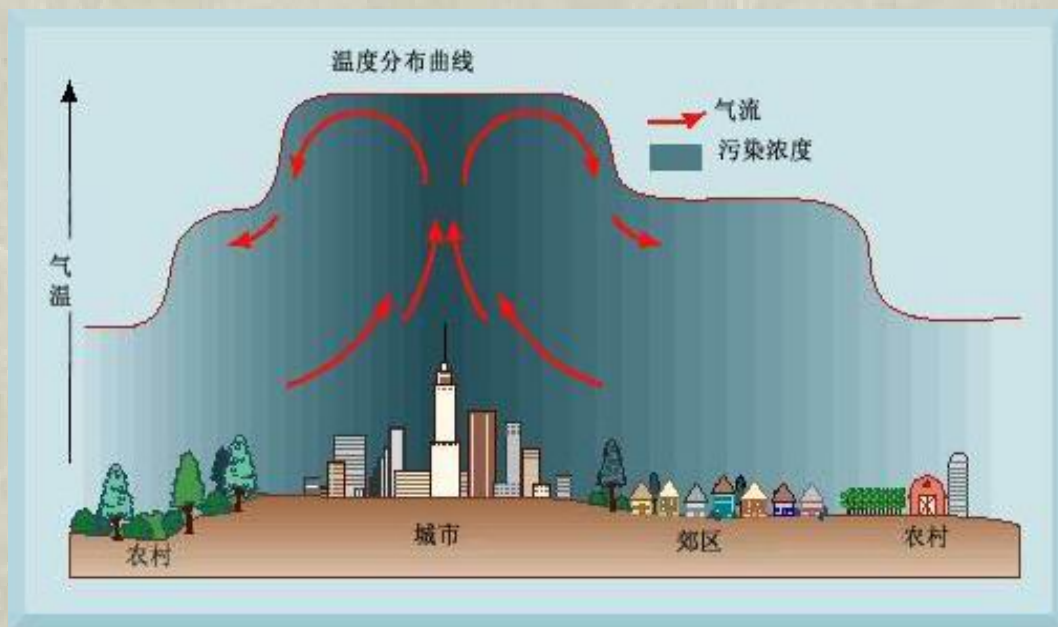


图9-4 城市热岛示意图



## 辐射对流平衡理论

由于动力、热力的种种原因，大气一直处在不停的运动中。一方面以 $\text{CO}_2$ 为代表的温室气体有一定的增温作用，另一方面，大气湍流又有利于热量的传导，从而这两种作用的叠加结果才是对环境的影响。

## 9.6 典型物理污染分析

### 9.6.1 噪声污染

凡噪声的定义：通常把干扰人们休息、学习和工作的声音，也即人们不需要听到或对人体健康有害的声音称为噪声。

凡噪声的危害：



影响交谈、通讯

使听力结构损伤

对睡眠产生干扰

对人体生理、心理产生影响

## 9.6.2 电磁辐射

电磁波辐射已被世界卫生组织列为第四大污染源。它广泛存在于日常生活中，如电视机、计算机、无线电话、微波炉、移动电话等都是电磁波污染源。

电磁辐射污染分为天然电磁辐射和人为电磁辐射污染：



# 人为电磁辐射污染源

污染源类别		产生污染源设备名称	污染来源
放电所致的污染源	电晕放电	电力线（送配电线）	由于高电压、大电流而引起静电感应、电磁感应、大地漏泄电流所造成
	辉光放电	放电管	白灯、高压汞灯及其放电管
	弧光放电	开关、电气铁道、放电管	
	火花放电	电气设备、发动机、冷藏车、汽车等	整流器、发电机、放电管、点火系统
工频辐射场源		大功率输电线、电气设备、电气铁路	污染来自高电压、大电流的电力线、电气设备
射频辐射场源		高频加热设备、热和机、微波干燥机、理疗机、治疗仪等	工业、医学射频利用设备的电路与振荡系统
		无线电发射机、家用电器等	广播、电视机、计算机、无线电话、微波炉等
建筑物反射		高层楼群以及大的金属构件	墙壁、钢筋、吊车等

# 绿色卡片：电磁辐射对人体健康的不良影响与危害





## 9.6.3 其他物理污染

**光污染：**是指各种光源（日光、灯光、各种反射光及红外线和紫外线等）过量的辐射对

周围环境、人类活动和生态环境造成影响的现象

现象

**热污染：**热污染是指日益现代化的工农业生产和人类生产活动中排出来的各种废热所导致的环境污染。热污染的产生主要是由于社会生产

力迅

**放射性污染：**放射性污染是指由人类活动排放的放射性污染物使环境的放射性水平高于天然本底值或超过国家规定标准的现象。



光污染

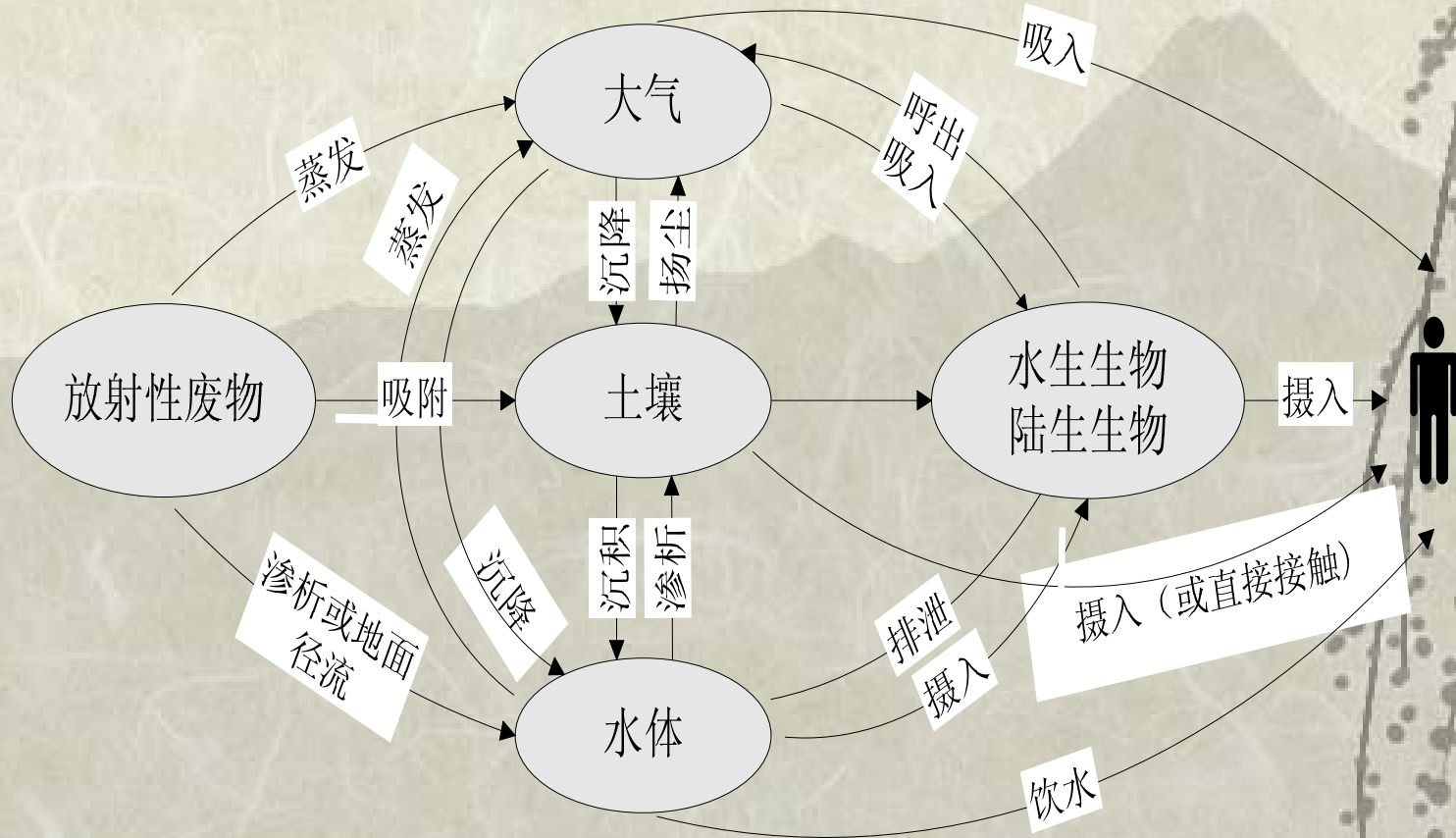


图9-5 放射性核素进入人体示意图



# 案例研究：居室物理污染



## 装潢材料放射性污染

☞ **危害：** 假若室内通风不良，人体长期受到高浓度氡的辐射，可导致肺癌、白血病及呼吸道等方面的疾病。我国预测室内氡及其子体所致肺癌占公众肺癌的3%~20%。

☞ **预防：**

在新住房装修前进行放射性本底值的检测

购买时，索要产品放射性检测报告

装修时，要合理搭配和使用装饰材料

装修完，可请专家到现场检测



# 家用电器产生的污染（以微波炉为例）

微波对脑神经产生影响

微波对机体抵抗力产生影响

微波食品并非安全

