

关于热污染及其控制

第六章

- 第一节 概述
- 第二节 水体热污染
- 第三节 热岛效应
- 第四节 温室效应
- 第五节 热污染评价与标准
- 第六节 热污染控制技术

第一节 概述

一、热环境

二、热污染

一、热环境

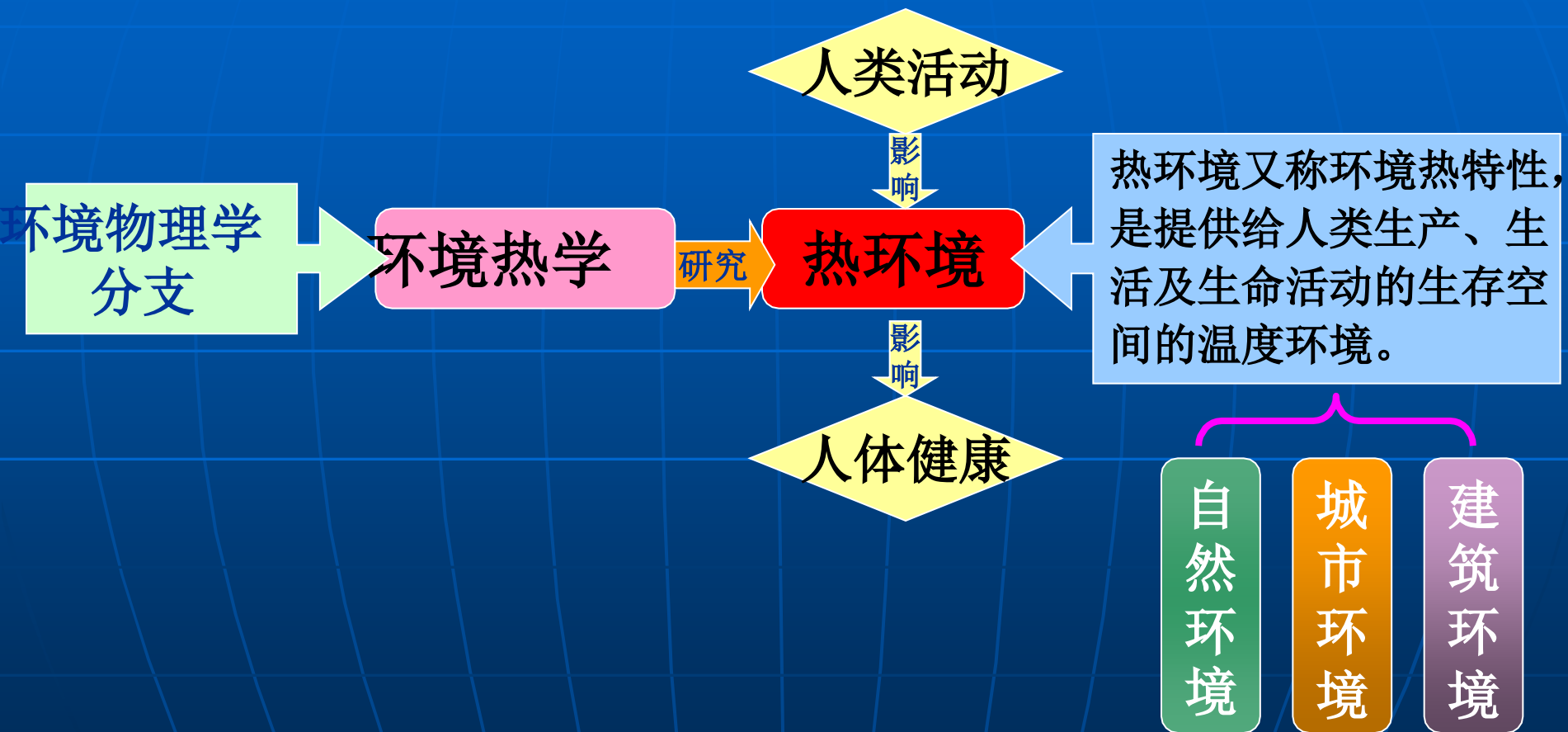


表 6-1 热环境的分类

名称	热源	特征
自然热环境	主要热源是太阳	<ul style="list-style-type: none"> ● 热特性取决于环境接收太阳辐射的情况； ● 与环境中大气同地表间的热交换有关； ● 受气象条件的影响
人工热环境	房屋、火炉、机械、化学等设施	<ul style="list-style-type: none"> ● 人类为防御、缓和外界环境剧烈的热特性变化而创造的更适于生存的热环境； ● 人类的各種生产、生活和生命活动都是在人工热环境中进行的

■ 太阳辐射通量（或称太阳常数）

■ **定义：** 地球大气圈外层空间垂直于太阳光线束的单位面积上单位时间内接受的太阳辐射能量的大小

■ **数值：** 约为8.15J。

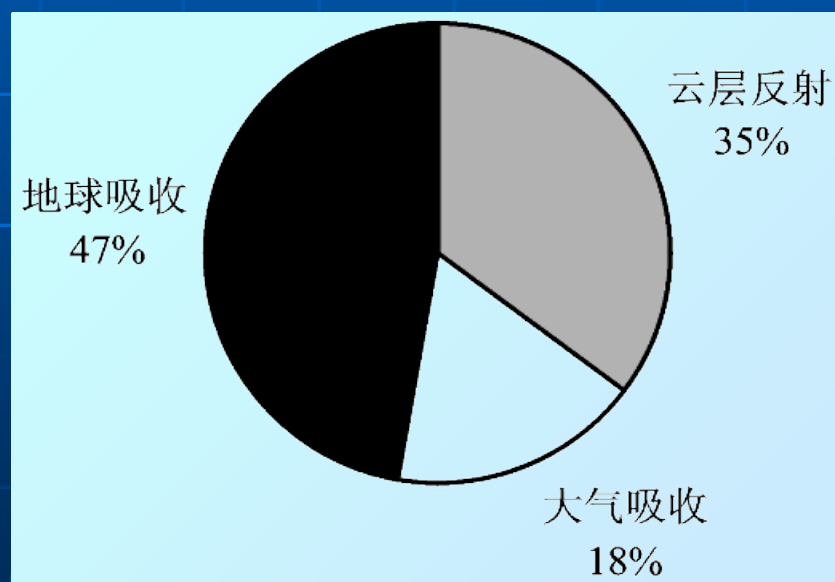


图6-1 太阳辐射通量分配状况图

表6-2 大气中主要物质吸收辐射能量的波长范围

物质种类	吸收能量的波长范围 / μm		
$\text{N}_2, \text{O}_2, \text{NO}$	< 0.1	短波	距地100km, 对紫外线完全吸收
O_2	< 0.24	短波	距地50~100km, 对紫外线部分吸收
O_3	0.2~0.36	短波	在平流层中吸收绝大部分的紫外线
	0.4~0.85	长波	
	8.3~10.6	长波	对来自地表辐射少量吸收
H_2O	0.93~ 2.85	长波	
	4.5~80	长波	6~25km附近, 对来自地表辐射吸收能力较强
CO_2	4.3附近	长波	
	12.9~ 17.1	长波	对来自地表的辐射完全吸收

■ 热环境中的人为热量来源

① 设备散热

■ 电动机、发动机和各种大功率的电器机械装置在运转工程中，以副作用的形式向环境中释放的热能。

② 化学放热

■ 放热的化学反应过程，如化工厂的化学反应炉和核反应堆中的化学反应，太阳辐射能量实际就是化学反应氢核聚变产生的。

③ 人群辐射

■ 密集人群释放的辐射能量，一个成年人对外辐射的能量相当于146W的发热器所散发的能量。

二、热污染

- 工农业生产和人类生活中排放出的废热造成的**环境热化**，**损害环境质量**，**影响人类生产、生活**的一种**增温效应**。

- **（一）热污染的类型**

- **（二）热污染的成因**

（一）热污染的类型

■备注

■污染源

■类型

水体热污染

热电厂、核电站、钢铁厂的循环冷却系统排放热水；石油、化工、铸造、造纸等工业排放含大量废热的废水。

燃煤火电站热能利用率仅40%，轻水堆核电站仅为31%~33%，核电站冷却水耗量较火电站多50%以上。废热随冷却水或工业废水排入地表水体，导致水温急剧升高，对水生生物造成危害。

大气热污染

城市和工业大规模燃烧过程产生废热，高温产品、炉渣和化学反应产生的废热等。

目前关于大气热污染的研究主要集中在城市热岛效应和温室效应。温室气体的排放抑制了废热向地球大气层外扩散，更加剧了大气的升温过程。

■ 各行业冷却水排放量对照

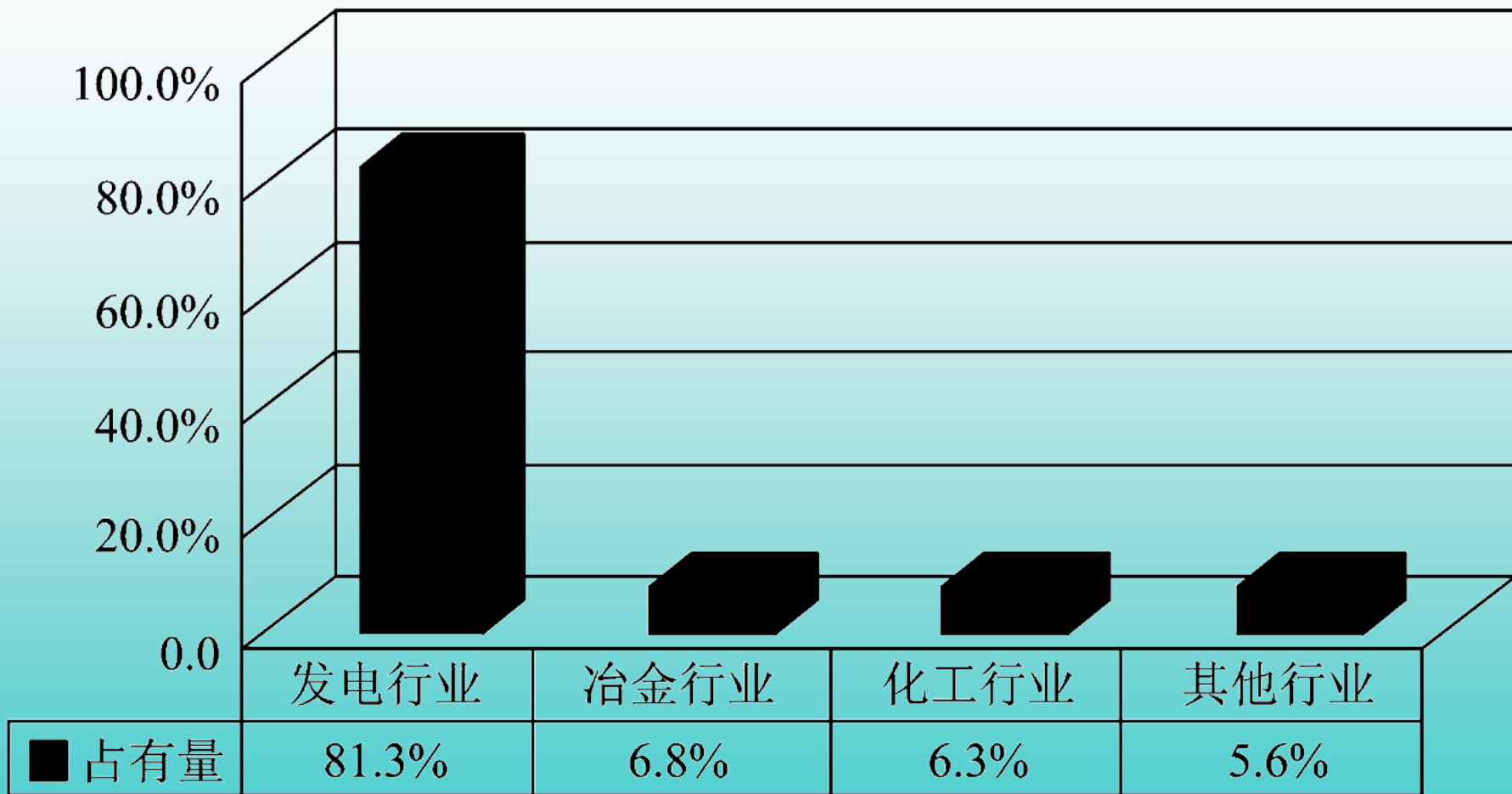


图6-2 各行业冷却水排放量对照

（二）热污染的成因

■ 环境热污染主要由人类活动造成，主要成因

向环境释放热量

改变大气层组成和结构

■ 能源未能有效利用，余热排入环境后直接引起环境温度升高；

改变地表形态

■ 根据热力学原理，转化成有用功的能量最终也会转化成热，而传入大气。

（二）热污染的成因

改变大气层组成和结构

CO₂含量剧增

CO₂是温室效应的主要贡献者。

颗粒物大量增加

- 反射太阳辐射，吸收地表长波辐射
- 对环境温度的影响与颗粒物粒度、成分、停留高度、云层和地表反射率等因素相关

对流层水蒸气增多

- 白天吸收地面辐射，抑制热量向太空扩散；
- 夜晚向外辐射能量，使环境温度升高。

平流层臭氧减少

- 氟氯烃（CFCs）和含溴卤化烃哈龙（Halon）是造成臭氧层破坏的主要原因。

（二）热污染的成因

改变地表形态

植被破坏

- 地表蒸发强度增强，反射率提高
- 降低植物吸收CO₂和太阳辐射的能力
- 减弱了植被对气候的调节作用

下垫面改变

- 城市化地表的反射率和蓄热能力改变
- 地表和大气之间的换热过程破坏

海洋面受热性质改变

- 石油泄漏可显著改变海面的受热性质
- 对太阳辐射的反射率降低，吸收能力增加

(二) 热污染的成因

表6-6 城市下垫面对热环境的影响

项目	与农村比较结果	项目	与农村比较结果
年平均温度	高0.5~1.5℃	夏季相对湿度	低8 %
冬季平均最低气温	高1.0~2.0℃	冬季相对湿度	低2 %
地面总辐射	少15 % ~20 %	云量	多5 % ~10 %
紫外辐射	低5 % ~30 %	降水	多5 % ~10 %
平均风速	低20 % ~30 %		

第二节 水体热污染

一、水体热污染的影响

二、水体热污染的防治

一、水体热污染的影响

（一）威胁水生生物生存

- 水体升温，水中溶解氧降低（表6-7）

表6-7 不同温度下氧在蒸馏水中的溶解度

水温/℃	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
DO / (mg·L ⁻¹)	14.62	14.23	13.84	13.48	11.12	12.80	12.48	12.17	11.87	11.59	11.33
水温/℃	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
DO / (mg·L ⁻¹)	11.08	10.83	10.60	10.37	10.15	9.95	9.74	9.54	9.35	9.10	8.99
水温/℃	22	23	24	25	26	27	28	29	30		
DO / (mg·L ⁻¹)	8.83	8.86	8.53	8.38	8.22	8.07	7.02	7.77	7.63		

- 在0~40℃内温度每升高10℃，水生生物的生化反应速率会增加1倍，微生物分解有机物的能力增强，导致水体缺氧加重。

■ (一) 威胁水生生物生存

- 水体升温还可提高有毒物质的毒性以及水生生物对有害物质的富集能力，改变鱼类的进食习性和繁殖状况等；
- 热效力综合作用容易引起鱼类和其他水生生物的死亡；
- 温带地区废热水扩散稀释较快，水体升温幅度相对较小；在热带和亚热带地区，夏季废热水扩散稀释较为困难，水温升高，对水生生物的影响大。

■ (二) 加剧水体富营养化

- 热污染可使水体严重缺氧，厌氧菌大量繁殖，有机物腐败严重，水体发生黑臭。
- 水温超过30℃，硅藻大量死亡，绿藻、蓝藻迅速繁殖
- 温排水还会促进底泥中营养物质的释放，导致水体离子总量，特别是N、P含量增高，加剧水体富营养化。

(三) 引发流行性疾病

- 水体升温给致病微生物滋生繁衍提供温床，引发流行性疾病。
- 澳大利亚曾流行的一种脑膜炎是由于电厂排放的冷却水使水温增高，变形虫大量滋生繁衍，污染水源，经人类饮水、烹饪或洗涤等途径进入人体，导致发病。

（四）增强温室效应

- 水温升高会加快水体的蒸发速度，使大气中的水蒸气和二氧化碳含量增加，从而增强温室效应，引起地表和大气下层温度上升，影响大气循环，甚至导致气候异常。

二、水体热污染的防治

- 热污染是**不可能彻底消除的**
- **综合防治的目标**：减少热污染，将其控制在环境可承受的范围**内**，及其资源化利用。

■ 防治措施：

■ (一) 减少废热入水

■ (二) 废热综合利用

■ (三) 加强管理

- 冷却水循环利用或改进冷却方式
- 二次能源再利用。
- 养殖鱼、虾或贝类（表6-8）
- 废热水灌溉，温室蔬菜或花卉种植。
- 废热水调节污水处理系统水温
- 排入港口或航道以防止结冰
- 应制定水温排放标准
- 将热污染纳入建设项目的环境影响评价中
- 各地方部门需加强对受纳水体的管理

第三节 热岛效应

一、城市热岛效应

二、城市热岛效应的成因

三、城市热岛效应的影响

四、城市热岛效应的防治

一、城市热岛效应

❖ 城市热岛效应

在人口稠密、工业集中的城市地区，由人类活动排放的大量热量与其他自然条件共同作用致使城区气温普遍高于周围郊区的现象。

■ 强度表示方法

以城区平均气温和郊区平均气温之差表示。

- 城市热岛效应导致城区年平均气温高出郊区农村 $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 左右；
- 一般冬季城区平均最低气温比郊区高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$ ，城市中心区气温比郊区高 $2\sim 3^{\circ}\text{C}$ ，最大可相差 5°C ；
- 夏季城市局部地区的气温有时甚至比郊区高出 6°C 以上。

目前我国热岛效应最大的城市是**北京** (9.0°C) 和**上海** (6.8°C)，世界最大城市热岛为加拿大的**温哥华** (11°C) 和德国的**柏林** (13.3°C)。

二、城市热岛效应的成因

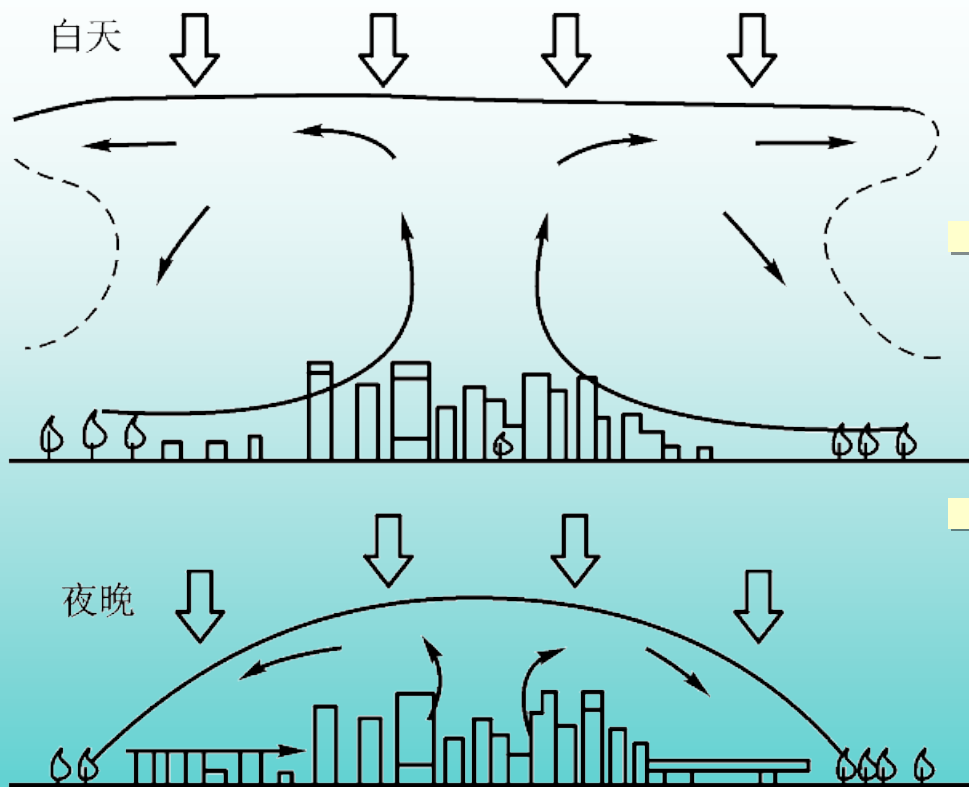


图6-3 城市热岛效应形成模式图

- 白天，在太阳辐射下构筑物表面迅速升温，积蓄大量热能并传递给周围大气。
- 夜晚向空气中辐射热量，使近地继续保持相对较高的温度。
- 由于建筑密集，地面长波辐射在建筑物表面多次反射，使得向宇宙空间散失的热量大大减少，日落后降温也很缓慢。

■ 引起城市热岛效应的原因

（一）城市下垫面的变化

（二）城市大气成分的变化

（三）人为热的释放

（一）城市下垫面的变化

- 随着城市化进程的发展，自然生态地表逐渐被人工地貌取代，使城市下垫面的热力学、动力学特征改变：
 - ❖ 城市对太阳辐射的反射率低（10%~30%），导热率高，热容量大，蓄热能力强。
 - ❖ 在相同的太阳辐射下，城市下垫面升温快，表面温度显著高于自然下垫面。
 - ❖ 植被面积减少，不透水面积增大，储水能力降低，蒸发（蒸腾）强度减小，蒸发消耗的潜热少，地表吸收的热量大都用于下垫面增温。
 - ❖ 构筑物增加，下垫面粗糙度增大，阻碍空气流通，风速减小，不利于热量扩散。

(二) 城市大气成分的变化

- ❖ 城市地区能源消耗集中，燃烧过程排放大量的CO₂、CO、SO₂、NO_x和CH₄等有毒有害气体和颗粒物，致使城市上空大气组成改变（表6-9）
- ❖ 降低了城市空气的透明度，使其吸收太阳辐射和地表长波辐射的能力增强，造成大气逆辐射增强，强化了城市热岛效应。

表6-9 城市大气中主要污染物的相对浓度 /%（容积百分率）

污染物	CO ₂	CO	SO ₂	NO _x	CH ₄	O ₃	氯化物	氨
浓度	300~1000	1~200	0.01~8	0.01~1	0.01~1	0~0.8	0~0.8	0~0.21

(三) 人为热的释放

- ❖ **人为热:** 人类活动（工业生产、家庭炉灶、采暖制冷、机动车辆）以及人群代谢所产生的热量。
- ❖ 人为热量收入改变了城市地区的热量平衡，是热岛效应形成的重要原因之一。
- ❖ 在冬季和高纬度地区的城市人为热的排放量甚至超过太阳的净辐射量（表6-10）。

表6-10 不同城市人为热排放量

城市名	纬度 / ° N	人口密度 / (人·km ⁻²)	时间	人为热 Q_F / (W·m ⁻²)	净辐射 Q_n / (W·m ⁻²)	Q_F / Q_n
费尔班克斯	64	810	年平均	19	18	1.05
莫斯科	56	7 300	年平均	127	42	3.02
谢菲尔德	53	10 420	年平均	19	56	0.34
柏林	52	9 830	年平均	21	57	0.37
温哥华	49	5 360	年平均	19	57	0.33
			夏季	15	107	0.14
			冬季	23	6	3.83
布达佩斯	47	11 500	年平均	43	46	0.93
			夏季	32	100	0.32
			冬季	51	-8	
蒙特利尔	45	14 120	年平均	99	52	1.90
			夏季	57	92	0.62
			冬季	153	13	11.77
曼哈顿	40	28 810	年平均	117	93	1.26
洛杉矶	34	2 000	年平均	21	108	0.19
大阪	35	14 600	年平均	26		
香港	22	3 730	年平均	4	≈110	0.04
新加坡	1	3 700	年平均	3	≈110	0.03

三、城市热岛效应的影响

(1) 城区冬季缩短，霜雪减少

城区冬季采暖耗能降低，但另一方面，热岛效应导致夏季持续高温又会增加城市耗能。例如美国洛杉矶市城乡温差增加 2.8°C ，全市因空调降温多耗10亿瓦电能，每小时合15万美元，据此推算全美国夏季因热岛效应每小时多耗降温费达数百万美元。

三、城市热岛效应的影响

(2) 加剧城区夏季高温天气

工作效率降低，中暑和死亡人数增加。

医学研究表明，环境温度与人体的生理活动密切相关，当温度高于 28°C 时，人会有不舒适感；温度再高易导致烦躁、中暑和精神紊乱等；气温高于 34°C 并加以热浪侵袭可引发心脏病、脑血管和呼吸系统疾病，使死亡率显著增加。

三、城市热岛效应的影响

(3) 引起异常天气现象

城市热岛效应可能引起暴雨、飓风和云雾等异常天气现象，即所谓的“雨岛效应”、“雾岛效应”和“城市风”。热岛效应阻碍了城市云雾（工业生产和生活中排放的污染物形成的酸雾、油雾、烟雾和光化学雾等的混合物）的扩散。

三、城市热岛效应的影响

城市热岛环流

城区中心空气受热上升，周围郊区冷空气向市区汇流补充，而城区上升的空气在向四周扩散的过程中又在郊区沉降下来，形成城市热岛环流，不利于污染物向外迁移扩散，会加剧城市大气污染。

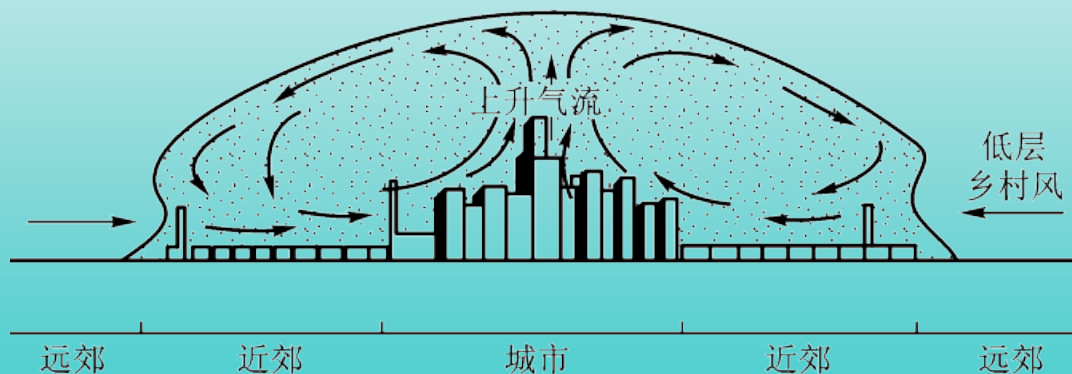


图6-4 城市热岛环流模式和尘盖

三、城市热岛效应的影响

(4) 局部地区水灾

城市热岛效应可能造成局部地区水灾。城市产生的上升热气流与潮湿的海陆气流相遇，会在局部地区上空形成乱积云，而后降下暴雨，每小时降水量可达100mm以上，从而在某些地区引发洪水，造成山体滑坡和道路塌陷等。

三、城市热岛效应的影响

(5) 导致气候、物候失常

城市热岛效应会导致气候、物候失常。

日本大城市近年出现樱花早开、红叶迟红、气候亚热带化等现象都是热岛效应所致。

此外，城市热岛效应还会加重城市供水紧张，导致火灾多发，为细菌病毒等的孳生蔓延提供温床，甚至威胁到一些生物的生存并破坏整个城市的生态平衡。

四、城市热岛效应的防治

- 增加自然下垫面的比例，大力发展城市绿化，营造各种“城市绿岛”是防治城市热岛效应的有效措施。
- 加强工业整治及机动车尾气治理，限制大气污染物的排放，减少对城市大气组成的影响。
- 调整能源结构、提高能源利用率，发展清洁能源、开发利用太阳能等新能源，减少向环境排放人为热。

四、城市热岛效应的防治

- 开发、使用反射率高、吸热率低、隔热性能好的新型环保建筑材料。
- 综合防治：控制人口数量，增加人工湿地，加强屋顶和墙壁绿化，建设城市“通风道”，完善环境监察制度等综合防治热岛效应。

第四节 温室效应

一、温室效应与温室气体

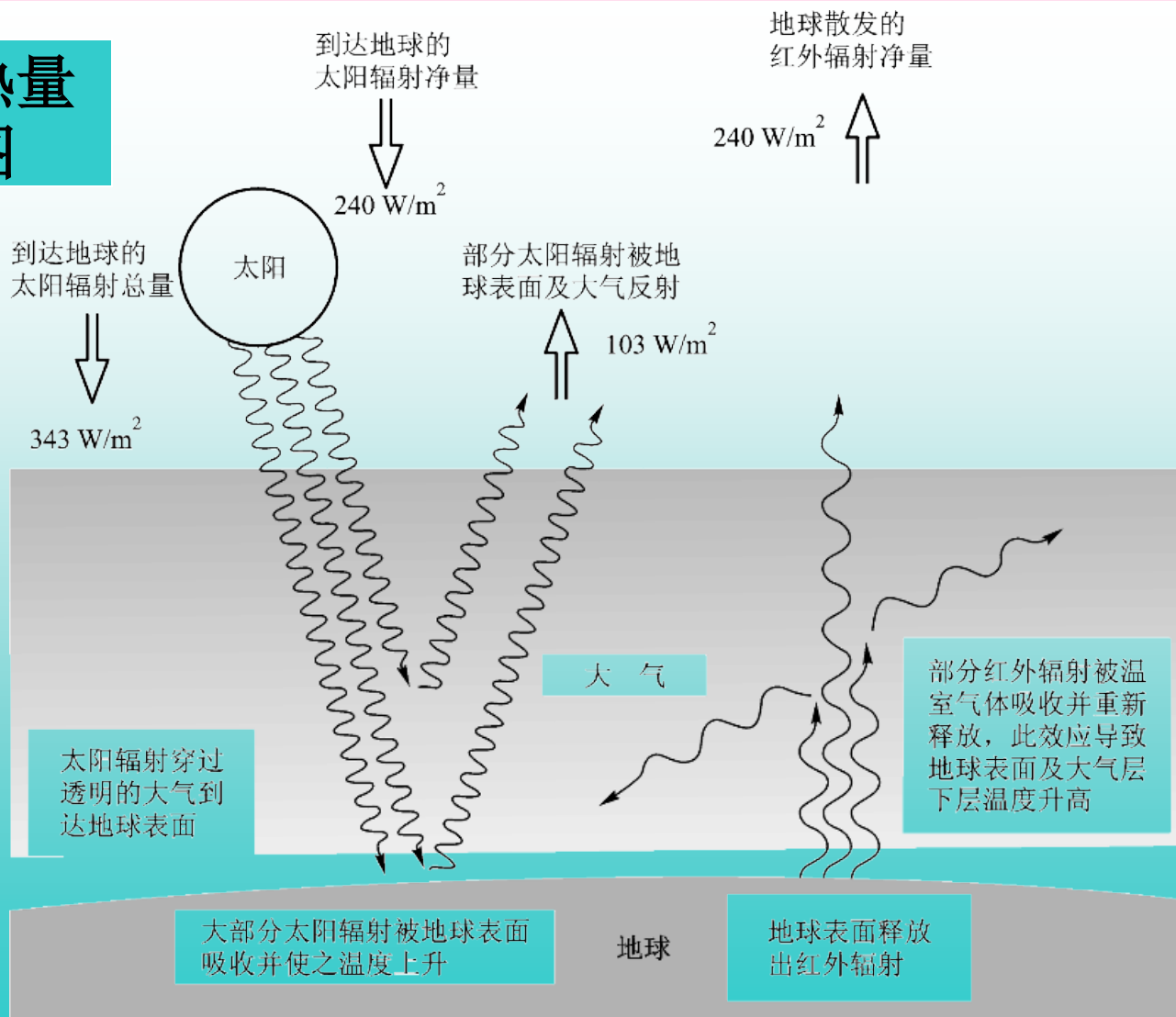
二、温室效应加剧的原因

三、温室效应的影响——全球变暖

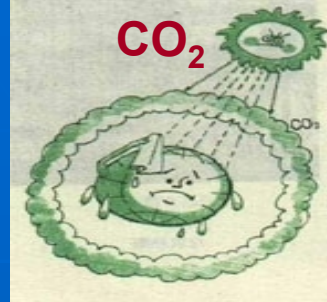
四、温室效应的综合防治

一、温室效应与温室气体

地球大气层热量辐射平衡图



一、温室效应与温室气体



温室气体： CO_2 、 CH_4 、 CO 、 CFCs 、 O_3

- CO_2 的全球变暖潜能最小，但其含量远远超过其他气体，是温室效应最大贡献者。
- 大气中的水蒸气是自然温室效应的主要原因之一，其含量比 CO_2 和其他温室气体的总和还高许多。在中纬度地区晴朗天气水蒸气对温室效应的影响占60%~70%， CO_2 仅占25%。
- 水蒸汽在大气中的含量相对稳定，因此普遍认为大气中的水蒸汽不直接受人类活动的影响；相反，大气中 CO_2 的浓度在持续上升，成为人们最关注的温室气体。

二、温室效应加剧的原因

(一) 温室气体排放量增加

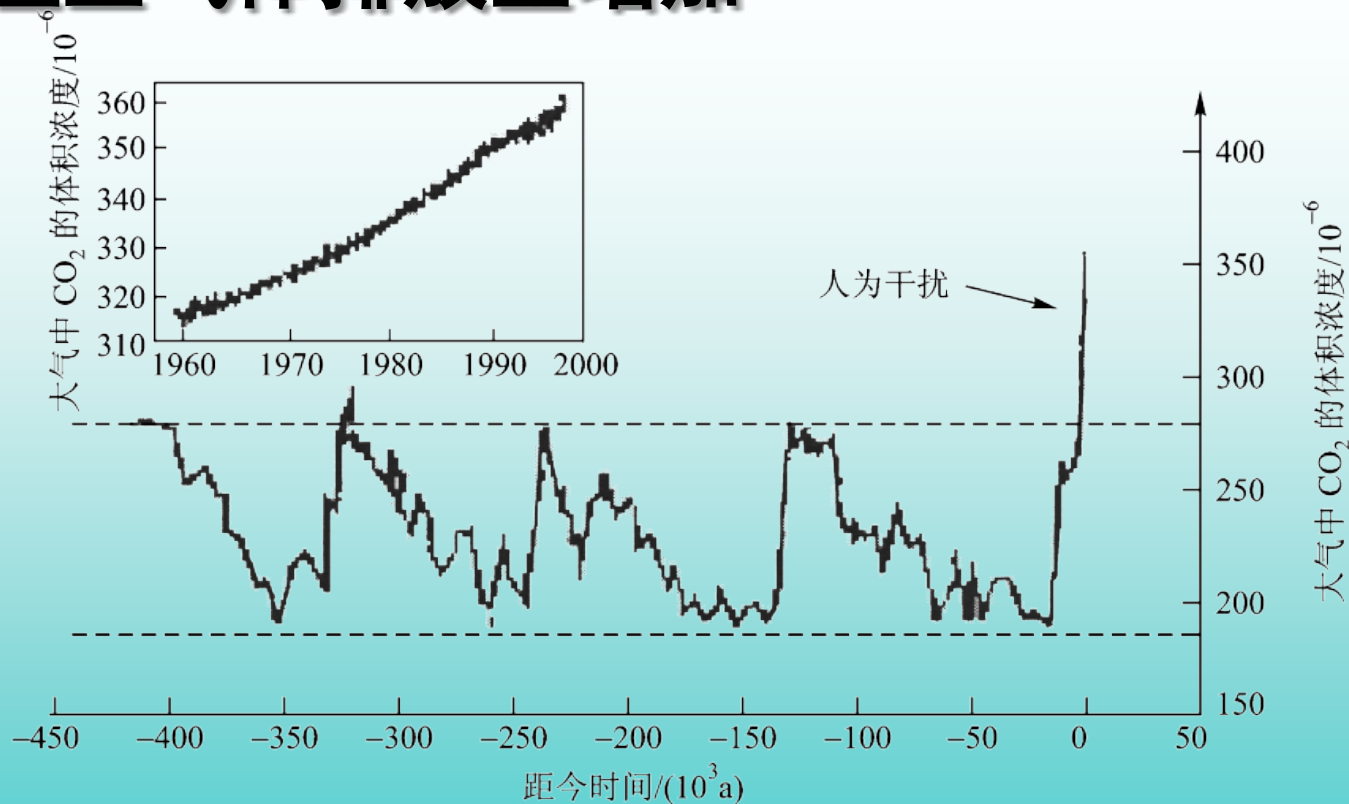


图6-6 近代人类活动对大气中CO₂浓度的影响

随着城市化、工业化、交通现代化、人口剧增，化石燃料大量消耗，排入大气的CO₂迅速增加，破坏了自然界的碳循环。

(一) 温室气体排放量增加

表6-11 人为活动对主要温室气体变化的影响

项目	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CFC-11	HCFC-22
工业革命前体积分数	280×10 ⁻⁶	0.7×10 ⁻⁶	0.275×10 ⁻⁶	0	0
1994年体积分数	358×10 ⁻⁶	1.72×10 ⁻⁶	0.312×10 ⁻⁶	268×10 ⁻¹²	72×10 ⁻⁶
浓度增长速率 / (%·a ⁻¹)	0.4	0.6	0.25	0	5

注：CO₂、CH₄、N₂O的增长率以1984年为基础计算，CFC-11和HCFC-22的增长率以1990年为基础计算。

- 温室气体在大气中的含量都呈现出加速增长的趋势。
- 目前N₂O的年增长量约为 3.9×10^6 t，估计CH₄的浓度在2050年将增至 2.5×10^{-6} （是1950年的2倍），而且可能成为温室效应的主因。
- 气溶胶对温室效应的影响十分复杂，据估计1970年前北半球人为颗粒物的年排放量为 4.8×10^8 t，而2000年则达 7.6×10^8 t

(一) 温室气体排放量增加

不同温室气体单位质量或浓度的增温贡献率不同，在大气中含量增加的速率也不同，因此它们在不同时期内对全球气温升高的贡献率也不同

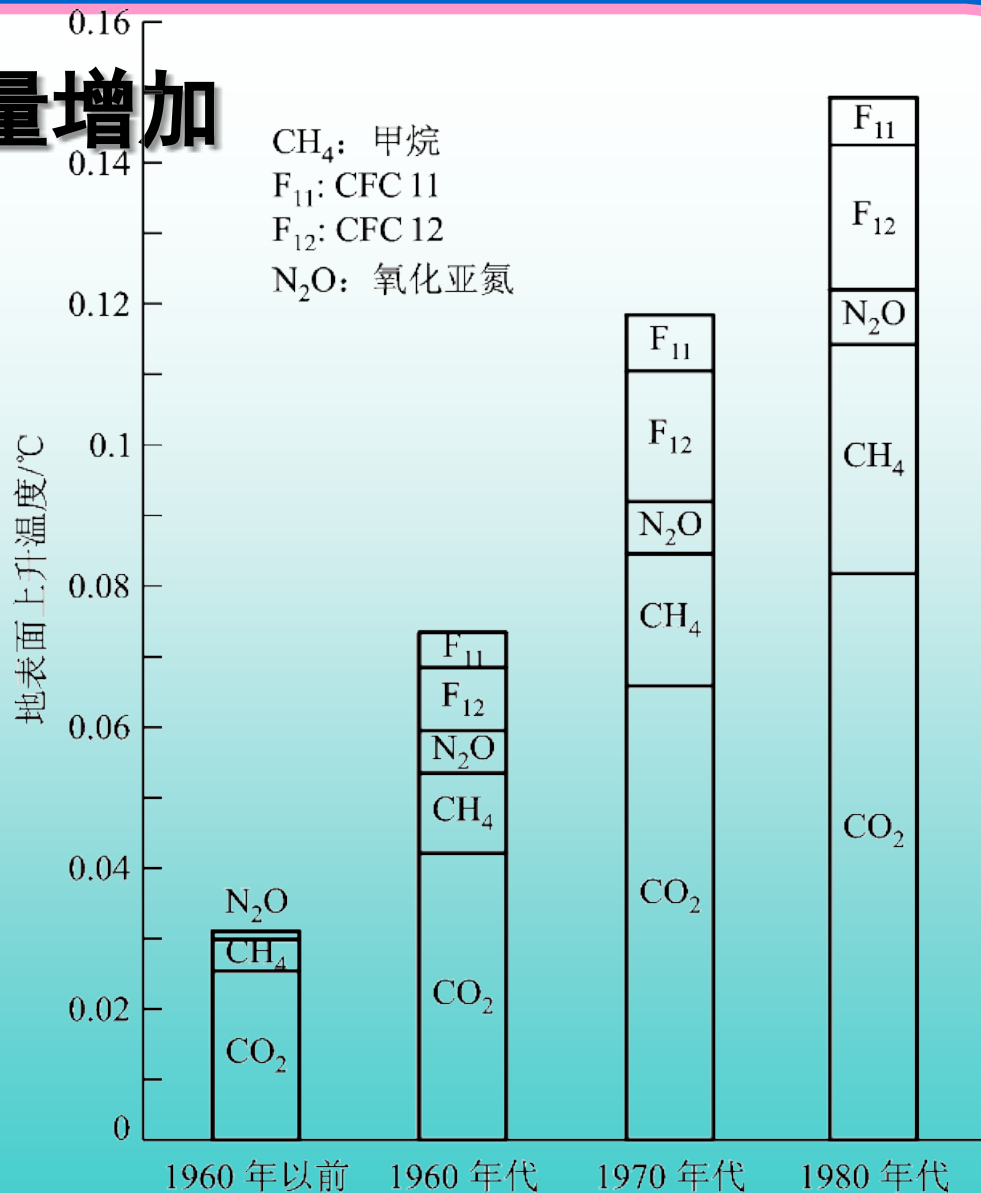


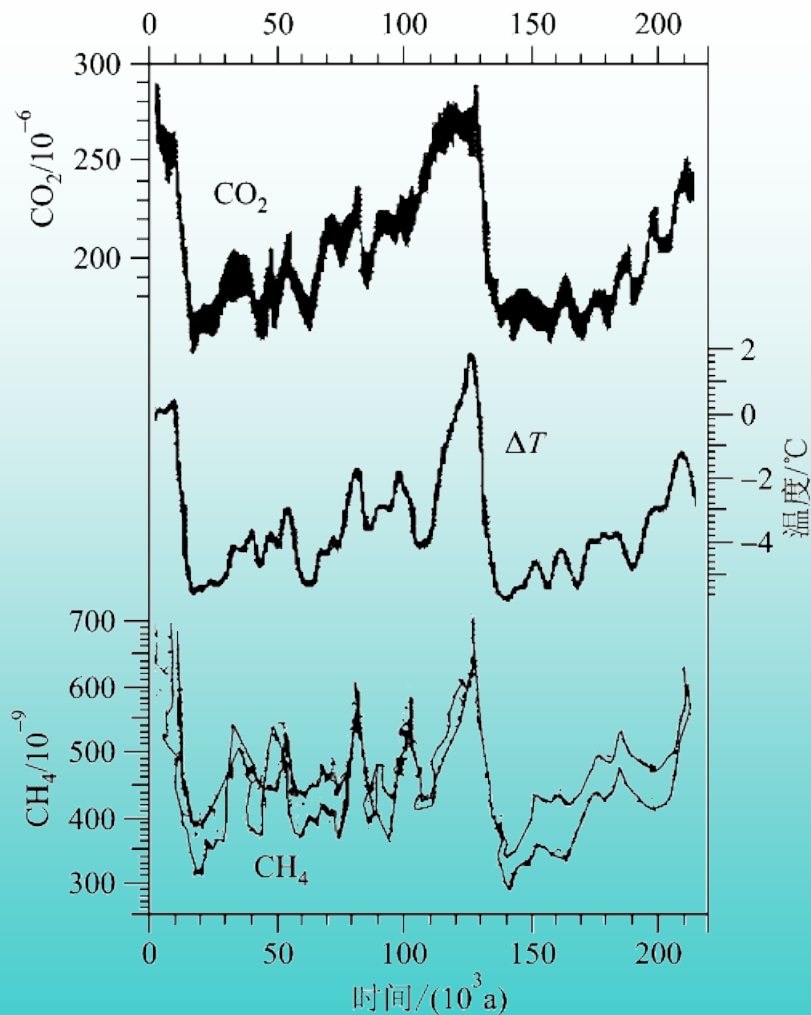
图6-7 温室气体对气温上升的贡献变化

二、温室效应加剧的原因

■ (二) 植被破坏, 温室气体吸纳量降低

- 占地球表面6% ~ 7%的森林吸收CO₂的量比地球表面70%的海洋还多1/4。
- 进入大气中的CO₂约有2/3可被植物吸收。由于大量砍伐, 地球上的森林, 特别是热带雨林的面积急剧减少, 对CO₂的吸收能力大大降低, 导致大气中CO₂浓度日趋升高。
- 据估计, 目前因全球森林植被破坏引起的CO₂浓度上升约占CO₂增加总量的24%。

三、温室效应的影响-全球变暖



- 近代全球气温气候的变化与温室气体CO₂和CH₄含量呈现正相关关系（图6-9）；
- 温室效应的加剧必然导致全球变暖；
- 气候变化确实已成为限制人类生存和发展的重要因素。

图6-9 近代全球气温变化与CO₂和CH₄含量的关系

三、温室效应的影响-全球变暖

（一）冰川消退，海平面上升

- 极地及高山冰川融化，海平面上升。
- 气温升高，海水受热膨胀，海平面上升。
- 海平面上升导致低地被淹、海岸侵蚀加重、排洪不畅、土地盐渍化和海水倒灌等问题。

三、温室效应的影响-全球变暖

(二) 气候带北移，引发生态问题

- 气温升高，北半球气候带将北移；
- 若物种迁移适应速度落后于环境的变化，则该物种可能濒于灭绝。
- 病虫分布区扩大、生长季加长、繁殖代数增加，年中危害期延长，加重农林灾害。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/908075126121007005>