

# 第一篇 环境与健康

## 第一章 人类的环境

人类是地球环境演变到一定阶段的产物，既是环境的适应者，又是环境的改造者。人体与环境不仅在物质上具有统一性，而且它们之间还进行着物质和能量的交换，并且保持着动态平衡。这种平衡是确保人体健康的最基本条件，如果这种平衡被破坏，人体健康则将受到危害。

现代医学认为，人体是由各系统组成的整体，人又是环境大系统的组成成分。人和其他生物一样，都与环境之间彼此相互依存、相互作用、长期适应，形成一个统一的整体。按生命系统的复杂程度，可将其分为分子、细胞、器官、个体、种群、群落、生态系统和复合生态系统（生物圈）八个水平。人与环境不仅具有整体性，而且在物质上具有一致性。英国生物化学家汉密尔顿（Hamilton）测试了 220 名英国人血液和地壳的化学组分及其含量，发现除去两者构成各自的基本元素外，其他化学元素含量呈现明显的相关性。这充分反映了环境与人体的关系及其在物质上的统一性。

人类通过生产和消费活动从自然界获取物质和能量，然后又将经过改造和使用的自然物与各种废弃物还给自然界，从而不断地改变着环境。因此，常常产生环境问题。20 世纪 50 年代以来，科学技术突飞猛进，人类征服和改造自然的能力大大增强，在创造了前所未有的文明的同时，也严重破坏了人类的生存环境。人口剧增、生态破坏、资源匮乏、环境污染已成为各国人民共同关心的全球性问题。当今世界大气、水、土壤等所受到的污染已达到了危险程度。恩格斯早在 100 多年前就告诫我们，不要过分陶醉于对自然界的胜利，要警惕大自然对我们的报复。在受到大自然的报复和惩罚的时候，才引起了人类对环境问题的关注。上世纪 70 年代以来，许多国家大量投资治理环境污染，联合国及其有关机构也召开了一系列会议。如 1972 年联合国在斯德哥尔摩召开了人类环境会议，通过了《人类环境宣言》，呼吁世界各国政府和人民共同努力保护和改善人类环境，为子孙后代造福。1973 年联合国大会决定成立联合国环境规划署，1983 年 11 月成立了世界环境与发展委员会，1992 年 6 月联合国在里约热内卢召开了环境与发展会议，并通过了《二十一世纪议程》等文件。会议的主题是探求环境与人类社会发展的协调办法，实现人类与环境的可持续发展。所谓可持续发展就是指既能满足当代人需要，又不对后代人满足其需要的能力构成危害的发展。然而，只有当人类向大自然的索取被人类对大自然的回馈所补偿时，可持续发展才能真正得到实现。

人类为了获得发展和不断地提高生活水平，今后仍将不断改造自然，改变环境。但是，在发展方式和目标上必须寻求一条既要发展经济，又要保护环境，既要取得良好的经济效益和社会效益，又要取得良好的环境效益，使经济、社会和环境持续协调的发展道路。

## 第一节 环境与人类的关系

### 一、环境的概念

环境 (environment) 是相对于中心事物而言的。与某一中心事物有关的周围事物, 就是这个中心事物的环境。对环境科学而言, 环境的含义应是以人类社会为主体的外部世界的总体。它包括自然环境以及与其有关的社会环境。

自然环境 (natural environment) 是指围绕着人群的空间中可直接或间接影响到人类生活、生产的一切自然形成的物质及其能量的总体。它是人类赖以生存的物质基础, 可分为大气环境、水环境、土壤环境、生物环境、地质环境等。

社会环境 (social environment) 是指人类在自然环境的基础上, 通过长期有意识的社会劳动加工和改造了的自然物质、创造的物质生产体系和积累的物质文化等所形成的环境体系。它是人类物质文明和精神文明发展的标志, 可分为聚落环境、交通环境、文化环境等。人不能脱离社会而生存, 必然受到社会政治、经济、文化、教育、人口、风俗习惯等社会因素的影响。

按环境是否受过人类活动的影响, 可分为原生环境和次生环境。原生环境 (primary environment) 是指天然形成的未受或少受人为影响的环境。次生环境 (secondary environment) 是指在人为活动影响下形成的环境。

我国 1982 年颁布的宪法中, 以人类与环境相互作用的性质和特点为依据, 将环境分为生活环境与生态环境。生活环境 (living environment) 是指与人类社会生活相距较近, 关系最密切的各种自然条件和人工条件。生态环境 (ecological environment) 则是指与人类社会生活相距较远, 由不同类型、不同层次的生态系统所构成的大自然环境。有人认为, 广义上讲生态环境实际也包含了生活环境。因为生活环境也是由不同类型、不同层次的生态系统所构成的。两者的差别在于生活环境主要是由人工改造或创造而成的, 而生态环境则完全或主要是自然形成的。

近年来, 还有一种为适应某些方面工作的需要, 而给环境下的定义。例如, 我国的环境保护法中规定: “本法所称环境是指大气、水、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生植物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等。”此为环境的一种工作定义, 对环境一词的法律适用对象或范围做出了规定, 以保证法律的准确实施。

### 二、构成环境的因素

人类的环境是由各种环境因素组成的综合体, 按其属性可分为生物、化学、物理和社会心理因素等。

#### (一) 生物因素 (biological factor)

生物界中的各种生物是相互依存、相互制约的, 它们之间互为环境, 并通过食物链进行能量传递和物质转换, 实现各种化学元素从无机界到有机界, 再从有机界到无机界的生物地球化学循环。生物作为自然环境的组成部分, 与人类关系密切, 是人类赖以生存的物质条件。但是, 某些生物, 如病原微生物、某些动物、昆虫可成为人类的致病因素或疾病的传播媒介。

## （二）化学因素（chemical factor）

在人类的生活和生产环境中，存在着种类繁多、性质各异的化学物质，这些化学物质有天然的，有人工合成的。化学物质过量与不足都可能使机体受到损害。例如，微量氟有益于牙齿的正常发育，摄入过多的氟则会引起慢性氟中毒。据美国《化学文摘》记载，目前登记在册的化学物质已超过 600 万种，全球投入生产和使用的化学物质约 7 万种。每年约有 1000 种新化学物质进入市场。一方面，这些化学物质作为人类巨大的物质财富，在生活、生产中广泛应用，为人类造福。另一方面，如果长期过量接触也会对人类的健康产生不良影响，甚至造成严重危害。

## （三）物理因素（physical factor）

环境中的物理因素可分自然环境中的物理因素和人为的物理因素。自然环境中的声、光、热、电磁辐射等在环境中永远存在，它们本身一般对人体无害，有些还是人体生理活动所必需的外部条件，只是在环境中的强度过高或过低时，才会造成污染或异常。例如，噪声过强会妨碍人的正常活动和危害健康。但是，环境中如果没有任何声音，人就会有恐怖感，甚至会疯狂。随着科学技术的进步和生产的发展，人为物理因素所造成的环境污染将日趋严重。例如，噪声污染、光污染、电子污染、放射性污染等。人们在生活和生产环境中接触有害物理因素的机会愈来愈多。

## （四）社会心理因素（socio-psychological factor）

社会因素包括一系列与社会生产力、生产关系有密切联系的因素。即以生产力发展水平为基础的经济状况、人口、科技等和以生产关系为基础的社会制度、文化教育、婚姻家庭等。社会因素对人类健康的影响，主要是通过人的心理感受起作用。心理因素则是社会因素在人们大脑中的反映，并通过心理素质的折射而构成其具体内容。因此，社会因素与心理因素经常是紧密地结合在一起的，故称之为社会心理因素。

# 三、生态系统与生态平衡

通常把地球环境系统分为大气圈、水圈、土壤岩石圈和生物圈。这些圈层的交界面上，各种物质的相互渗透、相互依赖和相互作用的关系表现得尤其明显。环境系统自地球形成后就存在，生态系统则是生物出现后的环境系统。

## （一）生物圈

地球表面是由大气圈、水圈和土壤岩石圈构成的，这三圈中适合生物生存的范围称生物圈（biosphere）。范围大约从海平面上 10~20km 的高度到海平面以下 12km 的深度。

## （二）生态系统

生态系统（ecosystem）是生物群落与非生物环境的综合体，它具有一定的结构和功能，是组成生物圈的基本单位。生物圈大体上可分三大生态系统，即陆生生态系统、淡水生态系统和海洋生态系统。每个生态系统又可再分为若干个大小不同的生态系统。大的生态系统如浩瀚的海洋、无际的沙漠、广袤的森林，小的如一片湖水、一个池塘、一片花丛、一块草地。总之，个体组成种群，种群组成群落，群落与非生物环境构成生态系统，大大小小的全部生态系统组成生物圈。

1. 生态系统的结构 在生态系统中，生物与非生物、生物与生物之间的关系十分复杂，概括起来说生态系统是由生产者、消费者、分解者和非生物环境组成的。生产者主要指能制造有机物的绿色植物，生产者能利用二氧化碳和水等无机物质合成有机物，并通过光合作用

将太阳的光能转变为化学能贮存在有机物中。消费者主要是指动物。消费者又分一级、二级、三级等不同级别，草食动物属于一级消费者，肉食动物属于二级消费者，大型肉食动物属于三级消费者，而人则是最后一级（高级）消费者。分解者是指各种具有分解能力的微生物，它们将动物尸体、植物残体分解成简单的化合物，回归环境，再供生产者利用。非生物环境是指除生物以外的一切无生命物质，包括空气、水、土壤、日光等。这些非生命物质为各种生物提供了赖以生存的必须条件。

2. 生态系统的功能 生态系统除具有生产者、消费者、分解者、非生物环境四个基本结构外，还具有能量流动、物质循环和信息联系三种基本功能，它们是生态系统得以存在、发展和演替的基础。

(1) 能量流动：生态系统中能量流动的途径是通过食物关系，即食物链和食物网实现的。食物链 (food chain) 是指共存于一个生态系统中的多种生物，一种以另一种为食，彼此形成的一个以食物连接起来的链锁关系。食物链上的每一个环节或各生物的位置称营养级。营养级一般划分为 4 级 (人类除外)，超过 5 个营养级的少见。生态系统中，食物关系往往错综复杂，多条食物链相互交织、彼此联结成网状结构，称为食物网。能量一般是依次沿着绿色植物、草食动物、肉食动物、大型肉食动物而逐级流动的。能量流动有两个特点：

① 能量利用效率很低：能量在逐级流动的过程中，一部分用于新陈代谢被消耗掉，还有一部分作为不能被利用的废物浪费掉。后一级所获得的能量大体上为前一级所含能量的 1/10，大约有 9/10 的能量损失掉了，有人把这一定量关系称为“十分之一定律”。能量流动的这种递减状态，好像一个金字塔，生态学家将其称为“生态金字塔”。“生态金字塔”(ecological pyramid)是指把食物链中各营养级有机体的生物量、能量及个体数量按营养级的顺序排列起来所绘成的图形。它意味着各营养级生物有稳定的数量关系，如果数量比例失调，就可能破坏生态平衡。

城市生态系统与自然生态系统不同，其消费者集中，人口数量很多，生产者和分解者不足，营养结构呈倒金字塔形。城市生态系统所需要的物质、能量从外部输入，废弃物异地分解，是个开放的、非自律的复杂而又脆弱的人工生态系统。

② 能量流动是单向的：绿色植物将太阳光能转变为化学能，进入生态系统逐级流动，最后以热能的形式逸散到环境中，热能既不能返回太阳，绿色植物也不能利用热能进行光合作用。

(2) 物质循环：物质循环是随能量流动进行的，也是经由生产者、消费者、分解者所组成的营养级依次转移。生物有机体都是由来自环境中的几十种化学元素组成，当动植物死亡后，其尸体或残体经微生物分解后，又回到自然环境，再被生产者重新利用，如此周而复始地进行生物地球化学循环。

(3) 信息联系：信息联系在沟通生物群落与其生存环境之间、生物群落内各生物种群之间的关系上起重要作用。生态系统的信息主要有营养信息、化学信息、物理信息和行为信息。这些信息最终都是经由基因和酶的作用，并以激素和神经系统为中介体现出来的。它们对生态系统的调节具有重要作用。

### (三) 生态平衡

生态系统发展到成熟的阶段，它的结构和功能，包括生物种类的组成、各个种群的数量比例以及能量和物质的输入、输出等都处于相对稳定的状态，这种状态称为生态平衡 (ecological equilibrium)。衡量一个生态系统是否处于生态平衡，基本包括三个方面，即结构平

衡、功能平衡和输入、输出物质数量的平衡。物种多样化、结构复杂化、功能完善化说明生态系统已进入了成熟期，处于稳定阶段。

生态系统是一种控制和反馈系统，能自动调节自己的功能。但是，生态系统的自动调节能力和代偿功能有一定限度，生态学把这种自我调节能力的极限称为生态阈值。当外界干预因素的影响超过其生态阈值时，这种自动调节能力就会随之降低或消失，从而引起结构与功能的失调，即生态失调。当生态平衡严重失调，在深度和广度上不断扩展深化，达到足以威胁人类和生物生存的程度时称为生态危机。

影响生态平衡的因素有自然因素和人为因素。自然因素包括火山爆发、水旱灾害、地震、台风、泥石流等。人为因素包括植被破坏、物种灭绝、建造大型工程和工农业生产所造成的环境污染等。这些因素都能破坏生态系统的结构和功能，引起生态失调，使人类生态环境的质量下降，甚至造成生态危机和生态灾难。

#### 四、环境有害因素对人体的作用

由于客观环境的多样性和复杂性以及人类特有的改造环境和利用环境的主观能动性，人体可不断地调节自己的适应性，从而与环境保持平衡。环境中很多因素往往对人体呈现有利与有害的双重性，许多环境因素如在一定数量范围内，通常为机体所需要或不会对机体产生有害作用。但是，人体的适应能力是有限的，如环境因素超过一定范围，则可对机体的健康产生有害影响，甚至危及生命。

##### （一）剂量-效应关系和剂量-反应关系

剂量-效应关系（dose-effect relationship）是指暴露剂量与个体表现出来的效应严重程度之间的关系。对群体而言，剂量-效应关系是指发生某种效应的平均暴露剂量与效应严重程度的关系。在相同的环境因素暴露下，并不是所有的个体都有同样的反应，所以个体的剂量-效应关系与群体的平均剂量-效应关系可能不相同。剂量-反应关系（dose-response relationship）表示暴露剂量与群体中出现某种效应并达到一定程度的比率，或者引起某一生物效应的发生率之间的关系。剂量是决定反应强度的主要因素，剂量与反应之间的关系，也与反应类型有关，基本上可分为S形曲线关系、直线关系、对数曲线关系三种类型，通常呈S形曲线关系。

当环境因素变化强度较低时，常可引起生理反应的异常改变，机体呈现代偿状态，当代偿过程相对较强时，机体可保持相对稳定，这时停止接触有害因素，机体还可恢复健康。处于代偿状态暂时尚未表现出临床症状者，实际上是处于疾病的早期阶段即临床前期（pre-clinical phase）。若有害因素继续作用，强度或剂量不断增加或机体的代偿能力减弱，超过了机体的适应范围，代偿功能出现障碍，机体向病理状态发展而出现疾病的症状和体征，则会发生疾病甚至死亡。

##### （二）作用持续时间

在环境有害因素作用条件下，作用时间长短对机体产生有害生物学效应的严重程度有重要影响。人体长时间接触环境有害因素特别是化学污染物，可在体内储存和蓄积，逐渐达到可对靶器官和靶组织产生病理性损害的剂量或浓度，而出现有害的生物学效应。化学污染物在机体内的蓄积称为物质蓄积。物质蓄积的量受化学污染物的摄入量、生物半衰期和摄入时间三个因素的影响。从理论上讲化学污染物进入机体经过6个半衰期后，在体内最大可能的蓄积量趋于稳定。有些环境有害因素进入机体后，能较快地被分解并以多种形态迅速排出体

外，不在体内蓄积，但该物质在靶器官或靶组织上产生的功能改变可逐渐累积，从而导致机体对该物质反应性增强，功能或生化代谢改变加重，最终造成器官或组织损害，称为功能蓄积。功能蓄积而致机体损伤程度同样呈现出明显的时效关系。功能蓄积也与化学污染物的摄入量、每次所致功能改变程度和时间有重要关系。

### （三）人群健康效应谱

当环境变异或环境有害因素作用于人群时，由于人群中各个个体暴露剂量水平、暴露时间存在着差异，个体的年龄、性别、身体状况及其遗传易感性不同，人群对同一异常环境的反应程度是不同的，大多数人仅表现为污染物在体内负荷增加，其中有些人虽有生理变化，但却处于代偿状态，只有一少部分人会因代偿失调而患病，更少的人因病理反应的发展而死亡。由此可见，在环境有害因素作用下，产生的人群健康效应，由人体负荷增加到患病、死亡，呈金字塔形分布，这种分布模式就是人群健康效应谱（spectrum of health effect）。因此，研究环境与健康的关系，不能仅仅着眼于是否出现临床症状，而且应该重视机体从代偿状态向失代偿状态的过渡阶段，所出现的某些亚临床变化尚处于可逆状态，如果及时采取相应措施是可以恢复健康的。在同一环境因素变化条件下，有人患病，有人则反应不明显，这是因为个体感受性不同所造成的，通常将易受环境因素损害的那部分敏感人群称为高危人群（high risk group）。在同样的环境有害因素条件下，高危人群比一般人群健康损害出现得要早，程度也较严重。任何居民人口中都有高危人群。所有健康人在其一生的不同年龄段，在不同的环境条件下，都有可能某一时间处于高危险状态。

个体感受性与年龄、性别、健康状况、营养状况和遗传等因素有关。长期以来人们注意到健康状况、年龄、生活条件、营养状况大体相近的普通健康人群中对环境有害因素作用的反应仍有明显差异，即使在相同环境暴露条件下也是如此，这种现象通常称为个体差异。

### （四）环境因素的联合作用

人类生活环境中往往是多种有害因素同时存在，作用于人体产生联合效应，导致人群健康研究的复杂性。联合作用是指两种或两种以上环境因素同时或在短时间内先后作用于机体所产生的生物学效应。环境因素对机体的联合作用，按其量效关系大致可分以下几种类型：

1. 相加作用（additive action） 相加作用指多种环境有害因素联合作用的强度是各自单独作用强度的总和。例如，两种有机磷农药同时进入机体对胆碱酯酶活性的抑制作用，刺激性气体的刺激作用均为相加作用。

2. 协同作用（synergistic action） 协同作用指几种环境因素的联合作用大于各自单独作用之和。例如，四氯化碳和乙醇同时进入机体时，对肝脏的损害明显大于其单独作用；吸烟者接触石棉，对肺的损害比单纯吸烟或单独接触石棉所致损害更为严重。

3. 独立作用（independent action） 独立作用指多种环境有害因素中，各单个有害因素对机体产生不同的影响，由于不同的作用方式、途径和部位，彼此互无影响，表现为各自作用。

4. 拮抗作用（antagonistic action） 拮抗作用指一种环境有害因素可使另一种环境因素的危害作用减弱，其联合作用小于各自单独作用之和。

## 第二节 环境污染及其对健康的影响

### 一、环境污染的概念

环境污染（environmental pollution）主要是指由于人类活动引起的环境质量下降，破坏生态平衡，影响人体健康，造成资源破坏和经济损失的现象。自然因素所引起的同类现象通常称为自然灾害或异常。自然灾害或异常也可造成环境污染，如火山爆发、森林火灾等。环境污染的产生有一个从量变到质变的发展过程，当污染物的浓度或其总量超过环境的自净能力，就会产生危害。污染物（pollutant）是指使环境的正常组成和性质发生直接或间接有害于人类变化的物质。污染源（pollutant source）是造成环境污染的污染物发生源，通常指向环境排放有害物质或对环境产生有害影响的场所、设备和装置。污染物可分一次污染物和二次污染物。一次污染物是指由污染源直接排入环境的，其理化性状未发生变化的污染物。二次污染物是指排入环境中的一次污染物在理化因素或生物作用下发生变化，或与环境中的其他物质发生反应，所形成的理化性状与一次污染物不同的新污染物。二次污染物对环境和人体的危害通常比一次污染物严重。环境污染主要是由人为来源的污染物造成的。人为污染物不仅破坏了自然环境和生态平衡，而且还污染了空气、水、土壤和食物，影响了生物的生存和人类健康。

### 二、环境污染物的主要来源

#### （一）生产性污染

由于化学工业的迅速发展，愈来愈多的人工合成的化学物质进入人类环境。大量开采地下矿藏把地下的物质带到地上，破坏了地球上物质循环的平衡。特别是工业三废（废气、废水、废渣）如未经处理或处理不当，可污染空气、水、土壤。工业噪声、振动等物理因素也会危害周围环境。

农业生产中不合理地施用化肥和农药，会破坏土壤结构和自然生态系统，农药长期广泛应用，造成了农畜产品及野生生物体内的农药残留。

#### （二）生活性污染

生活垃圾、污水、粪尿如未经处理或处理不当也会污染环境。废旧塑料在自然界中不被分解，难于无害化，会造成白色污染。生活污水、粪尿中的有机物、合成洗涤剂、氯化物、细菌、病毒和寄生虫虫卵等，进入水体不仅可使水质恶化，而且还会传播疾病。包括居室装饰材料、化妆品在内的家用化学品，在使用过程中也可能污染室内外环境，成为环境污染源。

#### （三）其他污染

包括交通运输工具所产生的噪声和排出的废气，电视塔和其他通讯设备所产生的微波和电磁波，原子能设备和放射性同位素机构造成的放射性污染等。

### 三、环境污染对健康的影响

污染物进入环境会发生迁移和转化，少量污染物进入环境后，可经过各种自然过程的作用，逐步消除污染物，达到自然净化，使生态系统不致遭受破坏，环境的这种功能称为自净

作用 (self purification)。污染物进入生物体内则变化更为复杂, 在相应酶系统的催化下所发生的化学变化称为生物转化 (biotransformation)。污染物在生物体内的浓度超过环境中该物质浓度的现象称为生物富集或生物浓缩 (bioconcentration)。在生态系统的同一食物链上, 污染物在生物体内的浓度随营养级的提高逐级增大的现象称为生物放大 (biomagnification)。生物富集和生物放大的程度都用浓缩系数来表示。如某物质在环境中的浓度为  $C_e$ , 在生物体内的浓度为  $C_b$ , 浓缩系数则为  $C_b/C_e$ 。

环境污染按污染物的性质分化学污染、物理污染和生物污染。下面以化学污染为重点来讨论环境污染对人群健康的影响。

### (一) 急性中毒

急性中毒是由于环境中大量有毒物质短时间内进入人体所致。一些工业发达国家在发展过程中, 由于环境污染引起的急性中毒和死亡事件层出不穷。例如, 伦敦烟雾事件、洛杉矶光化学烟雾事件、博帕尔异氰酸甲酯事件等都属污染物引起的急性中毒。目前, 虽然环境污染造成的急性中毒事件比 20 世纪 70 年代以前有所减少, 但仍有发生, 特别是急性职业中毒。

### (二) 慢性危害

环境污染低浓度长期反复作用于机体所产生的损害称慢性危害。它是由于污染物在体内的物质蓄积或功能蓄积所致。

1. 慢性中毒 环境污染引起的慢性中毒, 如公害病水俣病、痛痛病和铅、苯、锰、汞等引起的慢性职业中毒。

2. 非特异性慢性损害 低浓度环境污染长期作用除可引起慢性中毒外, 还可使人群中相关的慢性疾病的发病率和死亡率增加。例如, 大气污染严重的城市, 居民中慢性阻塞性肺部疾病 (COPD) 患病率增加, 并在疾病死因中占较大比重。它是由于大气中的硫氧化物、氮氧化物和颗粒物等对呼吸器官长期刺激所致, 也就是说大气污染是该病发生的直接原因或诱因。此外, 环境污染的非特异损害还表现为一般疾病的发病率增高。例如, 二氧化硫污染严重地区的居民, 上呼吸道感染患病率上升; 接触粉尘工人慢性鼻炎发病率增高。

### (三) 远期作用

1. 致癌作用 (carcinogenesis) 是指环境中有些物质或因素具有引发动物或人类发生恶性肿瘤的作用。具有致癌作用的物质称为致癌物。环境致癌因素包括化学、物理和生物因素。据估计, 80%~90% 的人类癌症与环境有关, 其中又以化学因素为主。1998 年国际癌症研究机构 (IARC) 已认定 75 种化学物和生产过程对人有致癌性。例如, 苯、氯乙烯、煤焦油、联苯胺、 $\beta$ -萘胺、石棉等。

物理致癌因素主要有电离辐射和紫外线。在 X 射线发现 7 年后, 就观察到因体外照射而引起的恶性肿瘤病例。电离辐射可诱发白血病、肺癌、甲状腺癌、骨癌、乳腺癌等多种恶性肿瘤。阳光中的紫外线较易诱发白种人患皮肤癌。

生物致癌因素最常见的是病毒感染。目前认为与人类肿瘤关系密切的有乙肝病毒、EB 病毒和单纯疱疹病毒, 它们分别与肝癌、鼻咽癌、宫颈癌的发病有密切关系。

2. 致突变作用 (mutagenesis) 突变实际上是遗传物质的一种可遗传的变异, 可由化学、物理和生物因素引起, 其中化学致突变物占重要地位。不少工业三废、生产性毒物、食品添加剂、农药和药物有致突变作用。据估计, 目前已知的化学诱变原在 2000 种以上, 常见的环境污染物质有亚硝胺类、苯并(a)芘、甲醛、砷、铅、烷基汞化合物、敌敌畏、甲基对



硫磷、百草枯等。

化学致癌物与致突变物之间的关系特别密切，约80%以上的致癌物是致突变物，而许多致突变物也是致癌物。体细胞发生突变可导致体细胞异常增殖而形成肿瘤；生殖细胞发生突变则可导致不孕、死胎、早产、畸形或遗传性疾病。

3. 致畸作用 (teratogenesis) X射线和风疹病毒已肯定能造成胎儿畸形；工业生产中的某些毒物、药物、农药经动物实验，也发现有致畸作用。目前，在啮齿类动物提示为阳性致畸物的约有1400种化学物，其中，肯定为人类致畸物的约30种，如乙醇、雄性激素、环磷酰胺、己烯雌酚、反应停、视黄酸、甲氨蝶呤、可卡因、有机汞、香豆素抗凝血剂、四环素、氨基蝶呤等。

#### (四) 影响免疫功能

1. 致敏作用 (sensitization) 一些环境污染物可作为致敏原引起变态反应性疾病。日本四日市的哮喘病是由大气污染引起的。据报道，大气中吸附二氧化硫的颗粒物是哮喘病的变应原。亚麻尘、大麻尘和生产聚氨酯塑料时接触的2-异氰酸甲苯酯 (TDI) 可引起支气管哮喘，接触镍盐、砷盐粉尘可引起过敏性皮炎、过敏性鼻炎。

2. 免疫抑制作用 (immunosuppression) 烷化剂、电离辐射、抗代谢药物和某些农药等有免疫抑制作用，它们可使免疫应答过程的某一个或多个环节发生障碍。

### 第三节 环境污染对人类健康影响的危险度评价

近年来，为了定量研究暴露在环境和工业毒物下引起机体的健康效应及其危害程度，形成了一门跨学科的方法学，即危险度评价。健康危险度评价 (health risk assessment) 是对暴露于某一特定环境条件下，该环境有毒、有害物质或因素，可能引起个人和群体产生某些有害健康效应，如伤残、疾病、出生缺陷和死亡等的概率进行定性和定量评价。评估的结果可为制定环境卫生标准、进行卫生监督、采取防治对策和措施、保护环境及人群健康等提供科学依据。健康危险度评价由以下几个步骤组成：

#### 一、危害鉴定

危害鉴定 (hazard identification) 是健康危险度评价的首要步骤，属定性评价阶段。危害鉴定主要利用毒理学和流行病学资料。首先，确定化学物是否具有对健康的有害效应，并判定所产生的特定的健康效应是否与该物质有因果关系，即为该物质所引起和所固有的。然后，再进一步判定健康效应的特征和类型，判定其有无致癌或致畸的可能，区分是有阈值毒物还是无阈值毒物最为重要。有阈值毒物是已知或被认为是在低于某一剂量时就没有有害作用，而无阈值毒物是在大于零的所有剂量下都会引起某种程度有害反应发生。一般将健康有害效应分为致癌性 (包括体细胞致突变)、致生殖细胞突变、发育毒性 (致畸性) 和器官/细胞病理学损伤等四类，前两类属无阈值毒性效应，后两类属有阈值毒性效应。

#### 二、暴露评价

暴露评价 (exposure assessment) 是健康危险度评价的重要环节，没有确切的暴露资料就无法评价对人群可能产生的危害，危险度的估计值是根据危险人群暴露于某化学物的量求得。暴露评价可以根据对多种暴露环境介质的实测值进行估算。外暴露剂量可通过对环境

的化学物质进行设点监测和个体监测得到；内暴露剂量则可通过生物检测，即测定化学物质进入机体后，在机体组织中生物材料的原形物和代谢产物的含量得到。内暴露剂量具有更高的精确性，能更真实地反映人体的暴露情况。通过暴露评价可以估计出人群对某化学物质暴露的强度、频率、途径和持续时间等暴露特征。暴露特征与评价该化学物的毒性效应的诱发时间和潜伏期有很大关系。

### 三、剂量-反应关系的评定

剂量-反应关系评定（dose-response relationship assessment）是健康危险度评价的核心部分，是定量评价的第一步，目的是利用人或动物定量研究资料，在有限数量的人群或动物群体中能测出反应值的范围内，确定适用于人的剂量-反应曲线，并由此求得为评价危险人群在给定剂量下的危险度的基准值。

### 四、危险度特征分析

危险度特征（risk characterization）分析是定量危险度评价的最后步骤，它是根据上述三个阶段所得到的定性和定量评价结果，对该化学物质在环境中存在时所致的健康危险度进行综合评价。通过计算求得暴露人群中有害效应的发生率，即该人群的健康危险度。它主要是根据暴露组和对照组求得的剂量-反应关系与暴露组的暴露特征两方面的资料计算而得出的。包括计算出化学物的剂量率即相当于某一定水平危险度的剂量、个体超额危险度、超额病例数和灵敏度分析。一项完整的高质量的健康危险度评价应以人类和动物实验两方面的资料为基础，并有能深入了解该化学物质剂量-效应谱的多种毒性终点的资料为依据，由此得出的最终结果才具有较高的可信度，暴露评价结果的质量对总评价结果可信度也有重要影响。

## 第四节 环境污染的防治对策

20世纪70年代，我国认识到存在环境问题及其严重性，着手制定环境保护政策，治理环境污染，并取得了很大成绩。80年代初，我国曾明确提出：防治环境污染一靠政策、二靠管理、三靠技术。

### 一、制定并完善环境保护法律和法规

我国在1973年全国第一次环境保护工作会议上提出了“全面规划、合理布局、综合利用、化害为利、依靠群众、大家动手、造福人民”的环境保护方针。1983年全国第二次环境保护工作会议明确了环境保护是我国的一项基本国策，同时制定出我国环境保护事业的战略方针，即“经济建设、城乡建设、环境建设同步规划、同步实施、同步发展，实现经济效益、社会效益和环境效益统一。”20世纪70年代末到80年代末，我国相继颁布了《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国大气污染防治法》等5部环境保护法律和9部同环境密切相关的资源法律。这样我国就形成了由环境保护专门法律和相关法律、国家法规和地方法规相结合的比较完整的环境保护法律法规体系。我国的环境保护工作已走上了法制的轨道，遏制住了环境污染日趋严重的势头，有效地保护了环境。

## 二、强化环境管理，依法进行监督

环境管理是依据法规、标准、条例、制度等，运用行政的、法律的、经济的、技术的和教育的手段，对危害和破坏环境的人为活动进行监督和控制。1989年全国第三次环境保护工作会议在继续推行原来“三同时”、“环境影响评价”、“排污收费”制度的同时，又推出《环境保护目标责任制》、《城市环境综合整治定量考核》、《排放污染物许可证制度》、《污染集中控制》和《污染限期治理》等5项制度，总共八项管理制度。“三同时”制度指凡从事对环境有不良影响的建设项目都必须执行防治污染及其他公害的设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产的制度。“环境影响评价”则是指按照一定的评价标准和评价方法对一定区域范围内的环境质量加以调查研究，并在此基础上做出科学、客观和定量的评定和预测。这八项制度基本上把主要的环境问题置于这个管理体系的覆盖之下，形成了一个有效的环境管理机制。

此外，制定环境保护发展规划和进行卫生监督也是环境管理的主要职责。环境保护规划的主要任务是提出环境保护战略目标，制定技术先进、经济合理的污染防治政策等。卫生监督工作可分为预防性卫生监督和经常性卫生监督，前者是监督尚处在规划设计阶段的卫生问题，后者则是指进行环境和人群监测，其目的是为了了解环境污染情况和人群健康状况，以便及时采取防治措施。

## 三、加强环境科学技术研究，采用先进的污染防治技术

近年来，由工业“三废”治理技术的研究扩展到综合治理技术的研究，由污染源治理技术的研究扩展到区域性综合防治技术的研究，由污染防治技术的研究扩展到自然和农业生态工程技术的研究，而且还开展了环境背景值、环境容量和环境质量评价等多方面的基础研究。

工业“三废”是环境污染的主要来源，治理工业“三废”的技术措施包括工业企业合理布局、改革工艺、综合利用、净化处理等，以减少污染物的排放量和处理量，并使之达标排放，总体上不超过环境容量。预防农业性污染的措施有合理使用农药，减少农药残留，研制开发新型农药，综合防治病虫害，如将化学农药、生物防治与物理防治结合起来，联合或交替使用。此外，还应采用生活性废弃物的处理和资源化技术、汽车尾气的净化技术和噪声的控制技术，预防生活性和交通性污染。

## 四、开展环境教育，提高全民环境意识

环境教育工作关系到环境保护事业的全局，我国将环境教育作为环境与发展的十大对策之一，环境教育是保护环境、维护生态平衡、实现可持续发展的根本措施之一。通过环境教育，提高了全民的环境意识，人们才能正确认识环境和环境问题以及发展经济与保护环境的关系，增强保护环境的社会责任感和环境道德水准，使自己的行为与环境相协调，积极地参与保护环境的行动，自觉地执行环保法规、政策、方针、条例，共同创造和维护舒适、安静、优美的生活和工作环境，并身体力行，付诸于行动。

(王子元)