学校的理想装备
电子图书·学校专集
校园网上的最佳资源
环境教育教师指导书
BOOK
内部资料 非卖品

前　言

随着世界范围内环境的日益恶化，人们越来越敏感地意识到解决这一关系人类生存重大问题的必要性和紧迫性。在许多国家中，环境问题已成为制定政策不可忽视的重要因素。一些国家（包括我国）的政府，已开始把环境保护列为重要目标。与此同时，人们也开始认识到，每个人对周围环境都有不可推卸的责任。而为实现上述目标，良好的环境教育将是必不可少的。

为了促进世界各国环境教育的发展，联合国教科文组织作出了巨大的贡献。1990 年 8 月，联合国教科文组织科学、技术、环境教育司正式委托中国科学技术协会青少年科技中心，会同中国有关的教育机构，编写适用于中国中学教师的《环境教育教师指导书》，以此作为推进中学环境教育的一个重要步骤。

按照联合国教科文组织的要求，在国家教委基础教育司、国家教委中小学教材编审办公室和国家环保局宣教司的支持下，在中央教科所、人民教育出版社、中国环境科学学会、北京师范大学附属中学等单位的配合下，成立了由 8 人组成的编写小组，并邀请项苏云（中国科协青少年科技中心）、马立（国家教委基础教育司）、游铭钧（国家教委中小学教材编审办公室）、杨朝飞（国家环保局宣教司）、张健如（人民教育出版社）担任该书的编写顾问。

需要指出的是，本书编写之前，联合国教科文组织对编写内容提出了有益的建议。依据这些建议，结合中国的国情及中学环境教育的现状，编写小组拟定了详细的编写大纲。这个编写大纲得到了联合国教科文组织的完全赞同。此后，经过几个月的努力，编写小组终于完成了撰写任务。

本书编写小组的成员有姜象鲤（第一部分），朱正威（第二部 分），赵学漱（第三部分中的一、二和第五部分），秘际韩（第三部分中的三、四），王存志（第四部分中的一、二），李文鼎〔第四部分三中的（一）、（二）、（三）、（四）及（六）中的 5，第四部分统稿〕，沈白榆〔第四部分三中的（五）、（六）和（四），翟立原（前言和附录）。全书最后的统稿工作由翟立原完成。

参加本书审稿工作的有陈静生（北京大学城市与环境学系），刘一凡（国家教委教育发展研究中心），武永兴（人民教育出版社）和张人杰（华东师范大学教育系）。教育科学出版社的程仁泉和刘进也为此做了不少工作。

值得提出的是，中国联合国教科文全委会秘书处及其常驻（巴黎）代表团，对本书的编写给予了很大支持。教育科学出版社则为本书的如期出版付出了极大的努力。可以说，如果没有上述各单位及有关人员的通力合作，是不可能仅用半年时间（从编写至出版）就将此书奉献给读者的。

由于时间所限，以及编写小组成员水平有限，本书难免有不当之处，某些论述也还需进一步商榷。但我们还是相信，这本由联合国教科文组织推荐的《环境教育教师指导书》，一定会受到中国的中小学教师、青少年科技辅导员和有识之士的欢迎。同时，我们也希望广大读者在使用本书的过程中，能够提出有益的建议和意见，以便作为今后修订的依据。

中国科协青少年科技中心

环境教育教师指导书

第一部分 环境问题概述

一、环境概念

（一）什么是环境

所谓环境总是相对于某一中心事物而言的，总是作为某一中心事物的对立面而存在的。环境因中心事物的不同而不同，随中心事物的变化而变化。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。

1.地理环境

地理环境是指地球表层，即海陆表面上下具有一定厚度范围的空间，它不包括地球的高空和内核。地理环境是地理学的主要研究对象。

地理环境包括自然地理环境、经济地理环境和人文地理环境。自然地理环境是由地球表层中无机和有机的、动态和静态的各种非人工创建的物质和能量所组成，具有独特的结构和形式，受自然规律控制。经济地理环境是在自然地理环境的基础上由人类社会创建的一种人为环境，它主要是指自然环境和自然资源经人类改造利用后形成的生产力的地域综合体，包括工业、农业、交通运输业、商业服务业、旅游业等各种生产力实体的地域配置条件和结构状态。人文地理环境，包括人口、聚落（居民点）、社会、国家以及民族、民俗、语言、文化等方面的地域分布特征和组成结构关系，而且还涉及社会上各类人群对周围环境的心理感应和相应的社会行为。它也是人类社会本身所创建的一种人为环境。

2.生态环境

地球表层既是生物赖以生存的物质和能量的源泉，又是生物活动的场所。在地球表层中，对生物的生命活动起直接影响和作用的那些物质和能量要素的总体，即生态因子的总和 被一些生物学家称为生态环境。光、热、水、空气、土壤等各种生态因子并不是孤立地、单独地对生物发生作用，而是各种生态因子共同地综合在一起对生物产生影响。生态学是研究生物与其生存环境之间相互关系的科学。

就某个生物个体（种）或其群体（种群、群落）而言，其居住地段的生态因子的总体叫做生态环境，简称生境；而对生物或其群体起间接影响和作用的某些环境要素，如海拔高度、地貌、根层以下成土母质和地下水等，称为处境，即生物或生物群体的立地背景。

3.人类环境

人类环境是围绕人类的一切客观事物的总和，即人类赖以生存和发展的物质和精神条件的总体。人类环境是自然环境和社会环境组成的综合体。自然环境是由阳光、大气、水、海洋、土地、野生生物、矿藏等非人类创造的各种自然物质和能量所构成的空间单元。社会环境是由人类活动所创建的各

类人为环境，如城市、乡村、工矿区等。

自然环境按人类对其影响和改造利用的程度,又可分为原生自然环境(即天然环境）和次生自然环境。

原生自然环境（天然环境）是指基本上未受人类直接影响，具有保存完整的大自然所赐予的原始景观，或只受人类间接影响，自然景观面貌基本上未发生变化,即按照自然规律发展和演替的区域。如极地(南极和北极地带)、高山（中国西藏山区等）、人迹罕至的沙漠和冻土地区、原始森林、大洋中心区、某些自然保护区等都是天然环境。

次生自然环境是指受人类发展活动影响，景观面貌和环境功能发生了某些变化的自然环境，如次生林、天然牧场等区域。它们的发展和演替，虽受人类活动影响，但基本上受自然规律的支配和制约，所以仍属自然环境的范畴。

社会环境是人们在自然环境的基础上，为了不断提高自己日益增长的物质生活和精神生活的需要，通过长期有计划有目的的经济和社会发展活动，逐步创造和建立起来的一种人为环境。社会环境的发展和演替，受自然规律、经济规律以及社会规律的支配和制约，其质量是人类物质文明建设和精神文明建设的标志之一。

地理环境、生态环境和人类环境既是相互不同的环境概念，又是有相互联系的环境概念。虽然它们在地域上和结构上有一定的重叠，但三者都有各自的主体、主成分和层次结构，都有自己的时空变化序列，即具有自己环境的时（间）、空（间）、量（度）、序（列）的特征及其变化规律。

（二）人类环境的组成和结构

人类环境是以人为主体的，由自然环境和社会环境所构成的环境系统，按照系统论观点，人类环境是由若干个规模大小不同、复杂程度有别、等级高低有序、彼此交错重叠、彼此互相转化变换的子系统所组成，是一个具有层序性和层次结构的网络系统。我们可以从不同的角度，按照人类环境的组成和结构关系，将它划分为一系列层次，每一层次就是一个等级的系统。任何一个层次的系统，都是由低一级层次的各个子系统所组成；而它自身又是构成更高级系统的组成部分。系统和子系统是整体和部分的关系。在系统层序上，有些层次间的关系比较密切，有些层次间则可能出现较大的质变。根据其质变关系，可以将人类环境划分成不同的层次等级。当然，在层次结构上，由于主成分的分布不平衡，往往形成该层次的环境系统的中心和边缘的不同，两种不同类型的环境的交错地带称为边际，它通常具有两种环境的特征。例如城市环境和农村环境是两种不同类型的聚落环境，但城市郊 区和农村集镇就是边际。

按照人类活动范围，人类环境可分为车间、厂矿、工业区、院落、村落、农村、居住区、城市、区域、流域、海域、全球和宇宙等环境。

《中华人民共和国环境保护法》明确指出：“ 本法所称环境是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、目然遗迹，人文遗迹、风景名胜区、自然保护区、城市和乡村等。 ”这就更具体地明确了人类环境的组成。

（三）生态平衡和有关环境研究的几个概念

1.生态平衡

由生物群落及其生存环境共同组成的动态平衡系统为生态系统。当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，这种状态称作生态平衡。生态平衡是生态学的重要原理。这一原理目前已被应用于对环境的综合研究中。

生态系统是一个复杂的，有时、空、量、序变化的动态系统和开放系统。系统内外存在着物质和能量的变化和交换。系统外部各种物质和能量，通过外部作用，进入系统内部，这种过程称为输入；系统内部也对外界发生一定的作用，一些物质和能量排放到系统外部，这种过程称为输出。在一定的时空尺度内，若系统的输入等于输出，就出现生态平衡。

生态平衡时，我们说生态系统发展成熟，它的结构形式属耗散结构。系统论告诉我们，一个系统的内部，可以是有序的，也可以是无序的，一个系统的无序性，称为混乱度，也称为熵。熵越大，混乱度越大，越无秩序。反之，则称为负熵，即指系统的有序性。负熵增大，即伴随物质能量进入系统后，有序性增大。可见，一个系统的有序性，是依靠外界能量的输入来维持的；生态平衡就是保持系统的有序性。保持开放系统有序性的能力，称为稳定性；具有稳定性的开放系统，称为耗散结构。

生态系统是靠反馈作用来维持生态平衡的。任何一个系统，除了各组成成分的特征外，各成分之间还有相互作用的机制，当能量和物质在生态系统内部流动或循环时，每发生一种变化，其结果必然反过来又影响这一变化本身。一个简单的例子就是老鼠的增多，引起草场的破坏，而草场的破坏反过来又影响了老鼠的生存，使老鼠数量减少。这种反馈机制能自动调节并维持自己已发展成熟的稳定状态。

系统的组成和结构越复杂，它的稳定性越大，越容易保持平衡；反之，系统越简单，稳定性越小，越不容易保持平衡。对于生态系统说来，其内部小生态类型越多，生物种类越丰富，由各种生物构成的食物链也越复杂多样，因此能量流动和物质循环的渠道也就越多，一个渠道受阻，其他渠道又可起代偿作用，这样的生态系统稳定性就越强。

应该引起注意的是，生态系统的这种自动调节能力和代偿功能是有一定限度的。当干预因素的影响超过其生态系统的阈值时，自动调节能力将随之降低或消失，从而引起生态失调，甚至造成生态系统的崩溃，这也是我们常说的生态危机。生态危机主要由人类活动导致，反过来又影响人类的生存和发展。因此，必须加强人为因素对生态平衡造成影响的研究，以求得人类和环境的协调发展。

2.有关环境研究的几个概念

① 环境质量

环境污染和生态破坏主要是人类活动所引起的环境质量下降而有害于人

类及其他生物正常生存和发展的现象，它区别于自然过程引起的同类现象。环境质量一般是指在一个具体的环境内，环境的总体或环境的某些要素，对人群生存和繁衍以及社会经济发展的适宜程度。我们往往把对环境污染和生态破坏程度的评价叫做环境质量评价，并制定相应的环境质量指数。

环境污染和生态破坏的产生有一个量变到质变的发展过程，轻度污染和破坏最初造成的危害常不易被人觉察，但一旦发展形成严重污染和破坏时，所造成的影响则几年、几十年甚至上百年都难以恢复。

环境质量评价有不同类型。按环境要素可分为大气、水体和土壤评价等。环境质量评价还有其它的分类方法。

② 环境自净

环境受到污染后，在物理、化学和生物作用下，逐步消除污染物达到自然净化的过程为环境自净，按其发生机理可分为物理净化、化学净化和生物净化三类。环境自净的物理作用有稀释、扩散、淋洗、挥发、沉降等，环境自净的化学反应有氧化和还原、化合和分解、吸附、凝聚、交换、络合等，而生物的吸收、降解作用使环境污染物的浓度和毒性降低和消失。

③ 环境容量

在人类生存和自然生态不致受害的前提下，某一环境所能容纳的污染物的最大负荷量为该环境的环境容量。环境容量的大小与环境空间的大小、各环境要素的特性、污染物本身的物理性质和化学性质有关。

二、环境问题的超因、分类和实质

人类是环境的产物，又是环境的改造者，因此环境问题一直是伴随着人类的活动而产生的。当代环境问题，除自然作用和社会发展不平衡外，主要是由于人为作用而产生的，特别是与工业化、城市化和农业集约化有着十分密切、不可分割的关系。所以说，人类与环境存在着既相互对立，又相互依存的对立统一的辩证关系。

（一）不同社会发展阶段的主要环境问题

在原始社会中，人类利用简单的生产工具靠采集和狩猎为生。人类作为自然界的采集者和捕食者，主要是利用环境，而很少有意识地改造环境。当时的主要环境问题是过度乱采滥捕造成食物匮乏，或失去某些食物的来源而造成饥荒；由于用火不慎，造成草地和森林火灾，使生物资源遭到破坏；旧石器时代晚期，由于弓箭的广泛使用，狩猎能力的扩大，也导致某些生物种源的绝灭。

在农业社会，出现了种植业和狩猎业的分工，人类的生产工具不断改进，畜力和水力得到推广使用，生产力水平逐渐提高，随着农业和畜牧业的发展，人类改造环境的作用也越来越明显。但是，与此同时也发生了严重的环境问题。“刀耕火种”式的农业技术，大量砍伐和焚烧森林，开垦草原，反复弃耕，不合理的灌溉，引起许多地区性的严重水土流失和土地沙化，使大片肥沃的土地变为不毛之地。农业社会发生的这类环境问题，直到 20 世纪 90 年代的今天，仍然困扰着人类。

随着社会分工和商品交换的发展，城市成为手工业和商业中心。尤其是产业革命后，蒸汽机的发明和广泛使用使生产力得到了飞跃的发展。为了获得规模经济带来的经济效益，老的城市不断扩大，新型的工业城市不断涌现。在工业化和城市化的过程中，环境问题日益突出。城市里人口密集，房屋毗连，生活垃圾难以处理；居民区和小工厂混在一起，危害人体健康；在工业发达城市和工矿区，工矿企业排出的废弃物污染环境，使污染事件不断发生。英国伦敦 1873、1880 和 1891 年发生 3 次烟雾污染事件，死亡人数共计 1532 人。日本足尾铜矿冶炼过程排出的废气和废水，从 1893 年开始，前后大约 50 年，污染农田和森林，使田园荒芜，几十万人流离失所，无家可归。19 世纪，由于泰晤士河污染，英国伦敦曾多次遭受霍乱之灾。

20 世纪以来，世界人口迅速增长也造成了对环境的巨大压力。1900 年，世界人口约 20 亿，城市人口占世界总人口的 13.6%；1989 年，世界人口已达 53 亿，而且继续以每秒钟 3 人、每天 25 万人、每年 1 亿人的速度急剧增长，据统计目前城市人口已超过世界总人口的 40%。人口剧增，人均耕地面积逐年下降，世界每年毁林 1130 万公顷造田，生态环境遭受破坏。工业化使人均能源和资源消耗量迅猛增加。1980 年全世界的能源消费量是 1900 年的 10 倍，当前发达国家城镇居民人均年排放二氧化碳废气达 3.2 吨。

20 世纪以来，人口的增长速度、人类对自然环境和自然资源开发利用的强度等都是人类历史上从未有过的，随之带来是严重的环境污染。从 30 年代初到 60 年代末，发达国家相继发生八次大的公害事件，造成了人群大量发病和死亡。人和环境不协调发展带来的危害，使人们日益重视对各种污染的防

治，经过二、三十年的努力，象大气黑烟滚滚、污水肆虐江河湖泊那样的污染态势终于得到了改善。但是老的环境污染问题解决了，又出现了一系列新的环境污染问题。从 1979 年至 1989 年 10 年期间国际上接连发生的十大公害事故就说明了这点。

这十大公害事故是：

——1979 年 3 月 28 日，美国三哩岛核电站，因一座反应堆大部分元件烧毁，一部分放射性物质外泄而引起放射性污染事故。

——1984 年 11 月 19 日，墨西哥城近郊一座液化气供应中心站连续爆炸，54 座储气罐几乎全部爆炸起火，造成 1000 多人死亡，4000 多人受伤，烧毁房屋 1400 余幢，3 万人无家可归，周围 50 万人不得不迁居他乡。

——1984 年 12 月 3 日凌晨，在印度博帕尔市郊，美国联合碳化物公司所属的一家农药厂，因管理混乱，操作失误，致使贮罐内剧毒的化学品异氰酸甲脂因压力升高而爆炸外泄。45 吨异氰酸甲脂毒气形成一股浓密的烟雾，袭向博帕尔市区，该毒气在空气中的浓度超过安全标准 1000 倍以上。事故发生一周后，死亡 2000 人，1000 人命在旦夕，3000 人病入膏盲，5 万人可能双目失明，15 万人住院治疗。受害面积达 4000 公顷。这次事故是有史以来最惨重的一次工业污染事故。

——1986 年 4 月 26 日，苏联切尔诺贝利核电站事故。该核电站由于管理不善、操作失误和设备陈旧，引起 4 号反应堆爆炸起火，大量放射性物质外泄，造成 31 人死亡，237 人遭受严重放射性伤害，13 万居民紧急疏散。事故直接经济损失达 120 亿卢布，其中消除污染花费约 40 亿卢布，事故给生产造成的损失约 80 亿卢布，而且潜在的长期危害现在还无法估计。

——1986 年 11 月 1 日，瑞士巴塞尔市桑多兹化工公司的仓库失火，近 30 吨剧毒的硫化物、磷化物与含汞的化学品随灭火剂和水一起流入莱茵河。事故发生后，在巴塞尔下游 100 英里（160.9 千米）内，大约有 60 余万条鱼被毒死；300 英里（482.7 千米）内的地下水不能饮用。据联邦德国环保部门监测，流入莱茵河的有毒化学品达 30 多种。污染事故给莱茵河沿岸居民生活带来不便和困难，如美因兹、威斯巴登等城市关闭了靠近河边的水源井和自来水厂，许多城镇用洒水车给居民运送饮用水，许多啤酒厂也被迫停产。据专家们认为，由于汞等有毒化学品沉积在河流底泥中，这次事故有可能使莱茵河从此再“死亡”20 年。

——1986 年圭亚那的蔗农把进口用来灭鼠的硫酸铊误当成农药施入甘蔗园，人们吃了未洗净的甘蔗以及其他食品而中毒，有 44 人死亡。由于硫酸铊会在人体内富集，估计能造成几千人慢性中毒。

——1987 年 9 月，巴西戈亚尼亚市癌症研究所丢弃的放射性同位素铯-137 的铅储罐，被当作废品卖给本市一家废品收购站。9 月 28 日收购站雇员用锤子砸开铅储罐，导致放射性辐射，造成 3 人死亡，20 多人患放射病，200 多人受到不同程度的伤害。

——1989 年 3 月 24 日，美国 9.5 万吨的“埃克森·瓦尔迪兹”号油船在阿拉斯加州的威廉王子湾触礁，船体撕破，1000 万加仑（4546.1 万升）原油泄漏，厚厚的油膜覆盖 16 万公顷海水，水上浮油蔓延了 46 万公顷，直接使 1 万只海獭、10 万只海鸟和海鸭受害，对其他生态危害尚在调查研究之中。

——1989 年 6 月 3 日，苏联中乌拉尔地区发生油管爆炸事故，炸毁两辆旅客列车，400 多人死亡，600 多人受伤，周围环境遭受严重污染。

——1989 年 12 月 19 日，伊朗超级油船“ 哈克五号 ”在非洲西北部的大西洋海域，即距摩洛哥沿海城市卡萨布兰卡大约 100 英里（160.9 千米）的地方发生爆炸，引起大火，船员被迫弃船而去。两星期后，大约 7 万吨泄漏而出的原油流入摩洛歌附近海域，使大约 2.6 万公顷的海域遭到严重污染。海域污染给摩洛哥的渔业和旅游业造成严重影响。

我国在 80 年代末期，也连续发生几次大的污染事故。1987 年 5 月，大兴安岭的森林火灾，使森林毁坏严重。1989 年 1 月 2 日，长江发生油驳轮爆炸事故，造成长江部分河段河水污染。1989 年 8 月 12 日，青岛黄岛油库遭雷击爆炸起火，大量原油外溢，造成青岛海岸和近海水域污染。

回顾历史，人们可以发现，由于第一和第二次产业革命的兴起，煤、石油等能源的大量应用，工业用水急剧增多，汽车泛滥成灾，化肥和农药使用过多，千百万种新的化学品的出现等等，引起了新的环境污染和生态破坏。人类用新技术毁坏了自身生存和发展的基础——人类环境。而且，一些新技术，如生物工程等还将给人类带来潜在的影响和危险。因此，有人产生了惧怕新技术污染和破坏环境的情绪。我们认为，更多的新技术，如微电子和光电子技术、智能机和机器人等等都有利于人去认识环境、保护环境，协调人类和环境的关系，更多的新技术将促进环境污染和生态破坏的防治，推进环境保护工作。

（二）环境问题的分类

环境问题按其成因分三类。

1.第一环境问题

也叫原生环境问题，主要是由自然力作用引起的各种自然灾害，如地震、海啸、火山喷发、洪涝、干旱、热带风暴、台风、龙卷风、飓风、雷暴、干热风、崩塌、滑坡、泥石流和病虫草鼠害等。此外，由于自然环境的区域分异和自然物质在地域分布上的不均匀性而产生的地方性疾病,如地方性甲 状腺肿、克汀病、克山病、地方性氟中毒等，也属于原生环境问题。

2.第二环境问题

也叫次生环境问题，主要是由于人类经济社会发展活动，由人为作用引起的各种环境污染和生态破坏两种类型的环境问题。

环境污染：一般认为是指人类在生产和生活过程中，向环境排放的有毒、有害物质或能量，超过了环境容量和环境自净能力，使环境的组成或状态发生了改变，环境质量恶化，影响和危害了人们正常的生产和生活条件的现象。例如，生产和生活中所排放的废气、废水、废渣、废热、噪声、振动、放射性射线和电磁辐射等对各种环境要素（大气、水体、土壤、生物）的污染。

生态破坏：是指人类在开发利用自然环境和自然资源的非排污性活动过程中，超越了环境的自我调节能力，使环境质量恶化，生态平衡破坏，自然资源枯竭，影响和危害了生态系统的稳定、演替及可更新自然资源的持续增殖的现象。例如森林衰竭、草原退化、土地沙化、水土流失、土壤次生盐碱

化和潜育化、土壤贫脊化、物种灭绝、自然景观破坏等。生态破坏是世界各国也是我国面临的主要环境问题。

3.第三环境问题

也叫社会环境问题，这里主要是指由于经济和社会发展水平低下或比例失调引起的各种社会生活问题，如住房拥挤、供水不足、通讯不畅、能源紧缺、交通堵塞、风景名胜和文化古迹破坏等。

环境问题的分类可以概述如下：

原生环境问题——各种自然灾害和地方病；

次生环境问题——环境污染和生态破坏；

社会环境问题——这里主要指各种工程设施不全引起的社会生活问题。

（三）环境问题的实质

环境问题，除了原生环境问题以外，都是伴随着经济增长和社会进步而产生的，与人类生产和消费活动，即工业化、城市化和农业集约化有着十分密切的不可分割的关系。就是象洪涝干旱灾害频发等原生环境问题，除了自然因素外，因乱砍滥伐森林乱垦滥牧草原造成植被退化等人为因素也是主要成因。因此，环境问题实质上是个经济和社会发展问题，是发展与环境的对立统一问题。

环境问题是在人类社会发展的进程中发生的。不同的社会发展阶段，存在不同的环境问题，社会发展进程越快，发生的环境问题影响范围就越大，问题就越具有复杂性和长期性。20 世纪 50 年代以来，社会生产力和科学技术水平突飞猛进地发展，人类征服和改造自然的能力大大加强，仅仅是人工制取的各种化合物的种类已经超过 500 万种，有毒化学品的年产量迅速升到 400 万吨，在取得这种进步和发展的同时，也使大量人工制取的化合物包括有毒物质进入环境，在环境中扩散、迁移、积累和转化，不断地恶化环境。这样，环境污染和生态破坏反过来又成为制约发展的主要因素。

由于环境问题具有广泛性和综合性的特点，所以环境问题的解决，必须依靠科学技术的进步，必须以经济的发展及雄厚的经济实力为后盾。如为了控制飞机噪声对环境的污染，就必须淘汰噪声大的飞机，在制造新型喷气式飞机时，必须对喷气发动机的排气管道进行声学处理，改变空气动力流的几何形状等，在发展中产生的问题，在发展中得到了解决。

一般的环境问题，往往都是多种因素综合作用的结果，因此必须综合加以考虑，才有可能得到解决。否则解决了旧的问题，又会带来新的问题。例如，城市垃圾填埋处理是为了避免垃圾污染，但是处理不当又能造成土壤、地下水和生物污染等。

现在，人类在发展中越来越认识到环境问题的严重性以及与自身发展的关系，并在经济发展过程中综合地考虑保护环境的问题，以求得与环境协调一致地发展。

对待发展和环境之间相互关系的态度，人们的看法各不相同，总的说来可归为乐观派和悲观派两种。

以罗马俱乐部为代表的是悲观派观点。70 年代初，美国麻省理工学院

D·梅多斯为首的研究小组，完成了《增长的极限》的报告，它被西方国家报纸称作“70年代爆炸性杰作”，也是罗马俱乐部的代表作。

《增长的极限》认为，世界人口增长、粮食生产、工业生产、资源消耗和环境污染5种因素增长的特点是指数增长。5种因素相互关系是，如果维持现有的人口增长率和资源消耗速度不变，由于世界粮食短缺，自然资源耗竭，环境污染和生态破坏加剧，那么世界人口和工业生产将会发生无法控制的崩溃。如何摆脱这种困境和危机？罗马俱乐部的专家认为，不能期望依靠科学技术进步来摆脱这种恶性循环，只有停止地球上的人口增长和经济增长，才能维护全球的平衡。他们的主要观点就是所谓“增长极限”论和“零增长”论。

当代世界，以美国赫德森研究所所长H·卡恩为代表的是乐观派观点。1972年3月《增长的极限》发表后，引起了西方学术界的热烈争论。H·卡恩等人于1976年发表了《今后200年——美国和世界的一幅远景》的报告，该报告对D·梅多斯的《增长的极限》进行了逐章逐条的批驳，并用一种新的视野，即着眼于长远问题来观察现实问题，证明人类现存的一切重大问题在原则上是可以解决的，然后描绘出今后200年美国和世界的远景。

H·卡恩认为，人类历史的两大分水岭是大约1万年以前在中东肥沃的新月形地带开始的农业革命和大约200年前在英国开始的工业革命。同农业革命扩展到世界各地的情景一样，工业革命也正在扩展，但这次扩展绝不会再持续1万年，而很可能在大约400年内基本完成。距今200年以前，世界各地人口都较少，而且生活贫穷，受着自然力的支配；预测200年后，全球到处人口众多，富裕，并能控制自然力。他提出所谓“20×20社会”必胜思想，即到2176年，世界人口虽增长到150至200亿人，但世界国民生产总值达300万亿美元，人均所得2万美元。H·卡恩在这里提出了一个关于美国和世界未来的设想，它把当代世界上占主导地位的一些重大问题，如人口增长、粮食短缺、能源危机、资源枯竭、自然灾害、环境污染、生态破坏等，看作是基本上能解决的问题，或者近期或中期的未来完全可以解决的问题，是过渡时期中的一些过渡性问题，是处在世界贫穷和世界繁荣之间的问题。1976年以前的200年和今后的200年，这400年是人类社会大过渡时期。这就是H·卡恩的所谓“大过渡”理论。

在如何对待经济增长和环境保护彼此间的关系上，国际上流行三种思潮和模式。一是优先发展论。持这种观点的人，只注意经济增长，不顾环境保护，以牺牲环境作代价，去谋求国民经济的增长，即走“先污染，后治理”的发展道路。二是停止发展论。这种观点认为，既然经济增长和社会进步带来环境污染和生态破坏，那么，解决环境问题的唯一出路就是只有停止经济增长和社会进步，才能摆脱环境问题的困难和危机。三是持续发展论。这种观点认为人类有能力使发展持续下去，环境既能满足当代人的基本需求，为他们提供实现美好生活愿望的机会；同时又不对子孙后代满足其需要的能力构成威胁和危害。经济发展只能以自然环境和自然资源的持久、稳定的支承能力（承载力）为基础，环境保护只有在经济和社会的持续发展中才能逐步开展起来。

我们主张有差异的持续、稳定和协调发展，即坚持经济建设、城乡建设和环境建设同步规划、同步实施、同步发展的方针，使环境保护与国民经济和社会发展相协调。

三、中国环境问题的主要特点和基本防治对策

（一）中国环境问题的主要特点

世界各国自然环境的特点和经济社会发展水平不同，环境问题的性质和特点也不相同。中国环境问题的主要特点，概括起来是：

1.自然灾害频发和局部地区生态环境脆弱

中国是幅员辽阔、自然环境复杂、自然灾害频发、局部地区生态环境脆弱的国家。中国自然环境最突出的特点：一是季风环流影响范围广阔，东部地区，受季风影响，降水量比较丰富，且雨、热同期，有利于农业生产；同时由于在降水分配上，存在着时空上的不均匀性和不稳定性，降水变化率和降水强度大，容易发生洪涝干旱灾害。据不完全统计，从公元前 206 年到 1949 年的 2155 年间，我国曾发生过较大水灾 1029 次，较大旱灾 1056 次；从 1949 年至 1989 年，我国就发生大小洪涝 160 次。二是中国处于环太平洋地震带和地中海-喜马拉雅地震带之间，是地震频发和震灾严重的国家。本世纪以来，全球共发生 7 级以上地震 1200 余次，其中 1/10 发生在中国。三是地质地貌类型复杂多样，地势呈阶梯式，西高东低，形成明显的三个台阶；高原、山地和丘陵占国土面积 2/3 以上。地质外营力作用形成的各种自然灾害严重。四是在土地资源中，沙质荒漠、砾质荒漠（戈壁）、寒漠、永久积雪和冰川、石骨裸露山等不能或基本不能作为农业用地的面积约占国土面积的 1/5；土地后备资源不多，质量不高，又多位于边远地区，局部地区生态环境脆弱，开发容易造成生态环境恶化和生态破坏。五是我国自然环境按其水热条件和地貌变化，可划分为东部季风区、西北干旱区和青藏高原区三个大自然区。东部季风区地质外营力以流水作用为主，水力侵蚀、搬运，堆积和溶蚀作用突出。西北干旱区地质外营力以风化作用为主，风力侵蚀、搬运、堆积作用突出。青藏高原区，以冰川作用、寒冻风化、流水侵蚀为主。西北干旱区水源紧缺，是发展畜牧业的主导制约因素。同时，西部地区生态环境脆弱，干草原和荒漠草原开发利用不当，往往造成土地沙化和沙漠化的扩展。青藏高原区，海拔高，地势崎岖，空气稀薄，气温很低，太阳辐射强，风力大，水分不多。地质外营力以物理风化、冰川和流水侵蚀、搬运、堆积为主。绝大部分地区（约 2 亿公顷，占国土面积 22%）是未开发的区域，且开发利用困难。

2.三种类型环境问题形成“复合效应”

当今世界各国环境问题的性质不尽相同，除自然灾害外，一般地说，发达国家主要是由于工业化、城市化和农业集约化等原因，伴随而产生的各种环境污染问题为主；发展中国家主要是由于发展不足而引起的贫穷和饥饿以及由此而产生的一系列生态破坏问题为主。

与大多数发展中国家一样，我国自然灾害、环境污染和生态破坏、发展不足三类环境问题，兼而有之，而且三者常常是相互影响和相互作用，彼此重叠发生，形成所谓“复合效应”，使我国环境问题变得更加复杂，危害更

加严重。

3.人口膨胀对环境的压力

我国人口数量大和素质差，对生态环境造成了巨大的压力，已成为影响我国国民经济和社会发展的严重障碍。

中国是世界上第一人口大国。据 1990 年 7 月第 4 次全国人口普查统计，总人口达 11.3368 亿人（不含台湾省和港澳地区中国同胞人数），占世界总人口的 21.40%；人口自然增长率达 14.70‰。

中国用占世界 7%的耕地，生产了占世界总产量 17%的谷物，基本解决了占世界 1/5 人口的吃饭问题，是一件了不起的伟大成就。但 11 亿人要不断提高物质和文化生活水平，就必然需要开发自然环境，消耗越来越多的自然资源，对生态环境的压力也会越来越大。为了获得食物，人们毁林毁草，陡坡开垦，以扩大粮食种植面积，从而导致一系列生态破坏问题。为了获得能源、金属和非金属矿产等，人们大规模地掠夺式地开采，从而导致自然资源枯竭。为了改善和提高居住水平和获得更多更丰富的工业品，城市化和工业化必然伴随环境污染的产生。

我国人口在膨胀，而有限的自然资源不可能增多。从 1986 年起，我国连续 5 年平均年净增 1500 万人，而耕地平均年净减为 66.67 万公顷。

我国人口素质低。人口素质是指在一定社会生产方式下，人口的思想道德素质，文化科学技术水平与劳动技能和身体素质。

人口素质受多种因素的影响和制约，但起决定性作用的是先天的遗传因素和后天的教育因素。

从先天因素看，我国新生儿中先天缺陷者大约占出生儿童总数的 12.8‰，即每年约出生有先天缺陷婴儿 30 万；全国有 800 至 1000 万畸形儿；新生儿遗传疾病患者，全国每年约有 80 至 100 万；全国各种遗传疾病患者约有 2000 万；全国 14 岁以下儿童中，弱智儿童 300 万，残疾儿童 817 万（其中智力残疾 534 万，综合残疾 76.8 万）；全国呆傻人约 500 万；全国各类残疾人（包括后天残疾）5164 万。

从后天因素看，中国 2.2 亿学生中，1/3 只能读到小学，1/3 读到初中，全国平均受教育年限不足 5 年。在全国总人口中，文盲和半文盲约占总人口的 15.88%。在全世界 8.9 亿文盲中，中国占 1.8 亿。在全国总人口中，受过高等教育的人比例很低，仅占 1.422%。这种状况对发展环境教育，提高全民族的环境意识无疑是不利的因素。

最近 20 年来，我国由于实行计划生育，共少生 2 亿多人。尽管实行计划生育的成绩是显著的，但今后的任务仍很艰巨。

4.人均自然资源相对贫乏

中国自然资源种类多，总量大，但主要自然资源的人均占有量相当少，成为我国国民经济和社会发展的重要制约因素之一。人口过多和人均资源占有量过少是我国的基本国情，也是导致我国生态破坏的根本原因。

从水、土、森林和草原四种主要农业资源和矿产资源的状况分析，可以看出我国自然资源相对贫乏的基本情况。

我国的年稳定径量，即每年实际可利用的水资源总量为 28000 亿立方米，居世界第 6 位；而年人均占有量只有 2545 立方米，居世界第 88 位，仅相当于世界人均占有量的 1/4，美国的 1/5，苏联的 1/7，巴西的 1/15，加拿大的 1/50。

我国国土面积为 9.6 亿公顷，其中耕地面积约 1 亿公顷，约占世界耕地的 7%,居世界第 4 位,但人均耕地约 0.09 公顷,不到世界人均耕地数的 1/3。我国人地的比例关系，对相对贫乏、潜力有限的耕地资源造成巨大压力，形成了高土地利用率和低劳动生产率的传统农业。

我国林业用地 2.66 亿公顷，现有森林面积 1.25 亿公顷（其中人工林面积 0.31 亿公顷），森林蓄积量 91.41 亿立方米，森林面积居世界第 6 位；人均森林面积不足世界人均量的 1/5；森林覆盖率为 12.98%，列居世界第 121 位。

我国各类草地（草原、草坡、草山）为 4 亿公顷，其中天然草地 3.9 亿公顷，人工草地 0.1 亿公顷。我国现有可利用草地 3.12 亿公顷，已被利用的草地只有 2.2 亿公顷，人均占有量 0.2 公顷，相当于世界人均占有量的 1/4。草场退化是我国草地利用和保护中最突出问题。目前累计沙化和退化草地约 0.86 亿公顷，其中退化的为 0.66 亿公顷，且每年仍以 133 万公顷的速度继续退化。

中国是世界上矿产资源总量丰富、品种齐全的资源大国之一。45 种主要矿产资源的探明储量，仅次于苏联、美国，居世界第 3 位。但矿产资源的人均占有量，却还不到世界人均量的一半，居世界第 80 位。我国 95%的能源来自矿物能源（煤炭、石油、天然气），矿物能源人均占有量仅为世界人均量的 1/3，不到苏联的 1/7，相当于美国的 1/10。我国 80%的工业品原料是矿产资源。据 1990 年 10 月统计，我国人均能源年消费水平是 0.80 吨标准煤（加拿大为 12.87 吨，美国为 10.49 吨，法国为 5.21 吨，日本为 4.37 吨），人均电能年消费量 460 度（加拿大为 18650 度,美国为 10938 度,法国为 6718 度，日本为 5685 度），在如此之低的人均耗能耗电水平下，每年仍缺电 700 亿度，因停电造成工农业生产损失达 2000 亿元。

5.能源问题造成的煤烟型污染及生态破坏

我国城镇能源结构以煤为主，1989 年煤占一次能源总量的 76%。这种能源结构将保持相当长的时期。我国煤的洗选和转换能力低，大部分是直接燃烧原煤。工业和家庭燃煤，排放大量烟尘和二氧化硫，成为我国城镇，特别是大城市大气污染的主要污染源。

我国 75%的人口是农业人口，农村能源匮乏，在农村生活用能中生物能占 90%，由于生物能热效率只有 12%，全国农村每年烧掉的薪柴达 2 亿吨，作物秸杆 4 亿吨以及大量牲畜粪便。全国农村有 8000 万户农民平均每年缺薪柴 3—6 个月。农村大量砍伐林木和利用作物秸杆为柴，除污染大气外，还造成森林衰竭、水土流失、土地沙化、土壤贫瘠化等生态破坏。80%以上秸杆不能还田而是作为燃料烧掉，降低了土壤的保水能力，失去了土壤的有机质养分，造成土壤贫瘠化。另外，全国每年由于水土流失，流走 50 亿吨表土，丧失氮、磷、钾 4000 万吨，促使土壤进一步贫瘠化。

6.城市“四害”污染是防治重点

我国城市的环境污染，以废气、废水、固体废物和噪声污染最为突出，称为城市“四害”，其中以水污染和大气污染为主。

以水污染为例，80年代以来，我国年排放的污水量均在300多亿吨以上，1988年达368亿吨。污水中主要是工业废水，占72.8%；其次是生活污水。水体污染物中量大面广的是耗氧有机物，危害严重的是重金属和生物难降解的有机物，特别是致畸、致癌、致突变的毒物，危害极大。工业废水处理率仅28%，城市生活污水处理率小于4%。工业废水和生活污水80%以上未经处理直接排入江河湖泊。全国82%的江河湖泊受到不同程度的污染，特别是流经城市的大江大河在沿岸形成岸边污染带，流经城市的一般中小河流污染更为严重。长江三角洲、珠江三角洲和京津唐地区等已形成区域性水体污染。水污染不仅威协着城乡人民群众的身体健康，也影响工农业生产的发展，每年水污染造成的经济损失约377亿元，占整个环境污染经济损失的71.89%。

从总体上看，我国大部分海域水质尚好，但局部近海水域有污染。海洋主要污染物是油类、有机物、营养物质、重金属等。但在沿海和近海水域，由于水体富营养化而发生过“赤潮”。1989年7月至9月，我国渤海海域发生特大“赤潮”，波及河北沿海7个县的20万亩虾池，占总养殖面积的71%，造成对虾减产1万吨，直接经济损失2亿元，海洋捕捞业也减产过半。

7.工业污染的防治任务艰巨

我国工业组成以小型企业、传统产业为主，乡镇工业正在迅猛发展，工业污染防治任务十分艰巨。

据1986年工业普查统计，1985年我国有工业企业35.87万个，其中大中型企业只有8285个，占2.3%。1988年大中型企业上升到10676个。1989年乡镇企业1800多万个。在乡镇企业中70%是工业，其中有污染的企业约占乡镇企业总数的20—30%，有污染的企业的产值约占乡镇企业总产值的35—40%。

中小企业和乡镇工业，除个别地区和个别企业外，其基本状况是：布局分散不合理，设备陈旧，工艺落后，技术和管理水平低，能源和原材料利用率低，消耗量大，70%以上的污染物来源于资源开发和生产过程中的物料流失。中小企业和乡镇工业缺乏防治污染的资金和技术，绝大部分没有防治污染的设施，污染物排放由点、线到面，属于开放型排放，其污染物排放量虽比大中型企业少，但污染程度大。因此，我国工业污染防治任务十分艰巨。

8.从国情及国力出发搞好环境保护工作

中国是一个发展中的社会主义大国，也是处于从温饱型向小康型过渡、以二元经济结构为特征的、传统的和现代化的生产和生活方式同时并存的国家。经济落后表现在人均国民生产总值和人均国民收入与发达国家相比还有很大差距，要缩小这种差距还需要自力更生、艰苦奋斗几十年。经济效益差表现在高投入、低产出，水源、能源和原材料消耗大。以能源为例，我国国民生产总值新增1美元的能耗比世界平均水平高3倍，比日本高7倍。我国

每美元工业产值的能耗是日本的 5.8 倍，联邦德国的 4.2 倍，美国和印度的 2.7 倍。1986 年，我国一次能源总消费量是 8.09 亿吨标准煤，日本是 5.67 亿吨标准煤；而我国的国民生产总值仅相当于日本的 1/6。

人口和资源现状决定了中国的经济发展目标不能过高，决定了人民的消费将长期处于“小康”水平，也决定了中国的环境目标只能与中国的经济发展目标相适应。据初步预算，我国废气、废水、工业废渣、城市垃圾和城市环境噪声等方面的治理投资，需要近千亿元。如此巨大的投资，远远超越了国家财力、物力所能承受的程度。因此，我们既要防止因盲目追求过高环境目标和标准而阻碍国民经济和社会发展的倾向；又要防止不顾环境后果盲目发展国民经济的另一种倾向，从国情、国力的实际出发，稳步发展经济，保护我国的环境。

（二）保护环境是中国的一项基本国策

什么是基本国策？所谓基本国策就是立国、治国之策。只有那些对国民经济社会发展和人民物质文化生活提高具有全局性、长期性和决定性影响的重大问题和解决对策，才可以称为基本国策。我国的人口问题、发展问题和环境问题就是具有这种性质的重大问题。因此，计划生育，改革、开放和搞活，保护环境都是我国必须长期坚持的基本国策。坚持这三项基本国策，就可以较好地解决人口、发展和环境之间的相互关系，保证人口、经济社会和环境保护三者持续协调发展。

为什么保护环境是我国必须长期坚持的一项基本国策呢？

1.环境是人类生存和发展的基本条件，是物质文明建设的基础

人类的生存和发展离不开一定质量的工作和生活环境。环境污染和生态破坏，工作和生活环境质量恶化，威胁着人民群众的健康。因此，必须控制环境污染和生态破坏，才能保障人体健康，才能激发人民群众的劳动热情，更加朝气蓬勃地进行社会主义现代化建设。

物质文明建设就是人类通过物质生产活动不断地创造物质财富，以满足广大人民群众日益增长的物质和文化生活的需要。物质生产的规模和效益取决于劳动者、劳动工具和劳动对象三要素的质和量的对比关系，三者缺一不可。正如恩格斯在《劳动在从猿到人转变过程中的作用》一文中，批判“劳动是一切财富的源泉”的观点时所指出的：“其实劳动和自然界一起才是一切财富的源泉。自然界为劳动提供材料，劳动把材料变为财富”（见《马克思恩格斯选集》第 3 卷第 508 页）。这里，恩格斯精辟地阐述了在物质生产活动中人和环境之间的内在联系。环境是物质生产活动的基础，保护环境，实质上就是保护物质生产活动持续稳定协调发展的物质基础。环境污染和生态破坏，人类自毁家园，必然会受到大自然的惩罚，物质生产活动也无法持续稳定协调地进行。

2.环境污染和生态破坏已经成为中国经济社会发展的一个重要制约因素

从 60 年代后期以来，我国的环境污染和生态破坏问题日益突出，并已成为我国城乡经济和社会发展的一个重要制约因素。我国是世界上污染物排放量较多的国家之一,据初步框算,80 年代中每年环境污染的经济损失高达 500 多亿元。环境污染对人民群众的健康也带来严重影响。生态破坏，严重危害农业生产的事实已引起社会的普遍关注，并认识到如果不采取保护措施，今后农村的问题，仍将出在自然环境、生态平衡遭到破坏上。

当前我国面临的环境态势是局部有所改善，总体还在恶化，前景令人担忧。1983 年召开的第二次全国环境保护会议的有关文件指出：“ 如果我们现在不注意，不抓紧环境保护工作，到本世纪末，我国的环境污染和生态破坏也许会象今天的人口问题一样，成为非常难以解决的问题 ”。为此，我们必须把保护环境提高到基本国策的高度来认识，通过人口、发展和环境的全面规划，合理调控，使三者协调发展，这是今后很长一个历史时期，摆在我国人民面前的一项艰巨的任务。

3.保护环境，建设环境，提高全民族的环境意识，是社会主义物质文明建设和精神文明建设的重要内容之一

我国是社会主义国家，社会主义生产的目的是：“ 用在高度技术基础上使社会主义生产不断增长和不断完善的办法，来保证最大限度地满足整个社会经常增长的物质和文化的需要 ”（见《斯大林文集》，第 628 页）。这就说明，我们发展生产，不仅要实现物质需要的目标，还要实现文化需要的目标。广大人民群众不仅要求有富裕的物质生活，而且要求有充实的文化和精神生活，要求有安全、卫生、方便、优美、舒适的工作和生活环境。保护环境，热爱环境，改善环境，建设环境，提高全民族的环境意识，是我国社会主义物质文明和精神文明建设的目标之一。缺乏或者没有环境意识，就不可能揭示和实现人与环境的对立统一关系，就根本实现不了两个文明建设的目标。环境保护事业的发展，扩展和拓宽了人类道德意识的视野。作为人类公德的环境道德，已经成为人类的一种强大的精神纽带。

4.保护环境是一项利在当代，功在千秋的伟大事业

人类在环境中生存和发展，通过保护、利用、改造和建设环境，发展生产，创造财富，以满足人类日益增长的物质和文化的需要。但由于人类认识水平和科学技术水平的限制，生产的发展往往又污染和破坏环境，被污染和破坏了的环境通过反馈作用于人类，影响人们的健康和阻碍生产的进一步发展。生态破坏对人类的反馈作用经常是不可逆的。例如，古代美索不达米亚、希腊和小亚细亚的居民，为了发展种植业，扩大耕地，把大片的森林砍光。但是，他们万万没有想到，由于森林的破坏，他们留给子孙后代的大片土地竟然会变成荒芜的不毛之地。再如，英国的泰晤士河，全长 346 公里，18 世纪时，还是一个盛产鲑鱼、银鱼的河流，由于工业废水和生活污水的污染，1850 年后，河里水生生物基本绝迹。政府经过 100 多年的努力，花了大量投资在沿河两岸兴建大型城市污水处理厂，使工业废水经过处理再排放，终于使泰晤士河水质有所改善，1969 年鱼群才重返泰晤士河。由此可见，环境污

染治理是一项投资大、时间长的艰巨任务，而保护环境，不仅符合当代人民的需要，也符合子孙后代的利益。我们不仅要留给子孙后代一个经济高度发达的社会，而且也要留给他们一个具有清洁卫生和优美舒适环境的社会。搞好环境保护工作，是一项利在当代、功在千秋的伟大而艰巨的事业。

（三）中国环境问题的基本防治对策

90 年代人类环境继续恶化。酸雨、温室效应、臭氧层消融等全球环境问题，更是对人类的严峻挑战。当今，环境保护已成为全世界人民的共同事业。人们逐渐认识到，维护人类环境质量比增加国家财力和个人财富更为重要，从而掀起了世界第二次环境保护浪潮。

为了适应世界环境保护的形势，我国的环境保护工作必须注重环境教育的开展，努力提高全民族的环境意识，实行观念和行动上的转变，真正做到在不破坏环境的前提下发展国民经济，坚持经济建设、城乡建设和环境建设同步规划、同步实施，同步发展的方针，使环境保护与国民经济和社会发展相互协调。

1.稳定人口的对策

人口众多，人口膨胀，是当今世界绝大多数发展中国家，也是我国面临的环境挑战。我国必须长期坚持计划生育的基本国策，实行优生优育，晚生晚育，控制人口数量，提高人口素质。具体目标是：减少死亡率和出生率，控制增长率，提高平均期望寿命，使总的人口数量朝稳定方向转变（欧洲有 11 个国家人口数量已趋稳定）。我国实施计划生育，不但对中华民族有利，同时也为改变亚洲和全世界的人口增长进程作出了贡献。

2.变通发展战略的对策

和平与发展是当代世界的主题，环境与发展是世界各国面临的严峻考验。发展从广义上理解是指社会生产的增长。社会生产包括物质资料的生产和人类自身的生产。前者包括生产资料的生产和生活资料的生产，后者即种的繁衍。发展从狭义上理解是指由非工业化、非现代化社会向工业化、现代化社会的转变和演替过程。但是工业化和现代化并不表现为纯粹的经济增长过程，还应包括政治、文化艺术、科学技术、教育、卫生、体育、社会、意识形态等的发展过程。经济发展也并不仅仅表现为国民生产总值的增长，它还必须有社会、环境、生态等目标，并与这些方面的发展相协调。

第二次世界大战后，世界各国的发展，都是以谋取国民生产总值或工农业总产值高速度增长为目标，片面实施高积累和高投资，从而带来资源和能源消耗大，环境污染和生态破坏严重，经济效益低等一系列弊端。这种发展方式采用的是传统发展战略。为此，有人提出，利用人均国民生产总值来评定一个国家的发展水平是非常不完善的，并提出变通发展战略的主张。变通发展战略，不再以工农业总产值或国民生产总值的高速增长为目标，而是着眼于满足人的基本需求。例如，联合国开发计划署 1990 年 5 月发表的《1990 年人类发展》报告，采用了“ 人类发展指数 ”，即根据人的期望寿命、识字

率和购买基本商品的能力，来评定每个国家人民的基本生活质量。该报告评定了 130 个国家的基本生活质量。按人均国民生产总值来衡量，美国仅次于瑞士，居世界第二位。但按“人类发展指数”来衡量，美国位于世界第 19 位，因为美国的文盲率高达 4%，几乎与古巴、智利、阿根廷等国家相同。

3.加强规划和管理的对策

我国在经济管理上坚持以计划经济为主，市场调节为辅的管理体制。这种体制，从理论上来说，最有利于环境政策的实施。因为实行计划经济，环境保护工作可以纳入国家、地区和部门国民经济及社会发展计划的轨道；因为实行市场调节，国家的环境政策可以促使市场机制朝着有利于环境保护的方向转变。

完全的计划经济是集中调控的典型，完全的市场经济是分散调控的典型。集中调控的优点是便于整体协调，具有统一的总体目标；缺点是信息传递效率低，适应性差，调控过程繁杂，不利于组织革新。分散调控的优点是信息传递效率高，适应性强，调控过程简便，组织容易革新；缺点是难以进行整体协调，缺乏统一的总体目标。我国建立以计划经济为主，市场调节为辅的经济管理体制，无疑能兼取集中调控和分散调控两者之长，避免两者之短，是较理想的分级调控方法，对环境保护工作的规划和管理十分有利。

4.保护资源的对策

在一定的经济技术条件下，自然界中能满足人类生产和生活需要而有用的一切物质和能量都是自然资源，如矿产、土地、水、森林、草原、野生生物等。自然资源是人类生存和发展的最基本的物质基础。精心保护和合理开发自然资源是保证国民经济持续、稳定和协调发展的基本条件。

我们在进行国民经济建设时，开发自然资源，主要是利用环境“收入”，而不是耗尽环境“资本”，因此要确保不可更新自然资源综合利用，可更新自然资源永续利用。为此，森林采伐量不能超过其生长量，草场载畜量不能超过其产草量，捕鱼狩猎和药材采集都不能超过能使其永续利用的产量，保护生物种源必须有足够大的能够维持它生存和繁殖的空间。

提高能源的使用效率，减少能源使用量，就可以减少烟尘、二氧化硫、二氧化碳、氮氧化物等大气污染物的排放量，改善大气环境质量。同时，大力发展可再生能源和新能源，改变能源结构，从目前以化石燃料（煤、石油、天然气）为主，转向以可再生能源（太阳能、水能、风能、海洋能等）和新能源核能为主，既可以满足人们不断增长的能源需求，又可以保护和改善人类环境，防止生态破坏和自然资源枯竭。

5.强化人均意识的对策

我国是一个发展中的社会主义大国，地大物博，人口众多，经济落后是我国的基本国情。以自然资源而言，我国种类繁多，总量丰富，许多自然资源总储量或开采量都名列世界前茅，属资源大国。但我国的人均资源占有量相当低，一些基本自然资源如森林、草原、土地、水、矿产等，不但低于世

界大多数国家，而且只占世界人均占有量的 1/2 至 1/5 不等，属资源“小”国。我们既要看到我国地域辽阔，资源丰富，又要看到我国人均资源占有量少已成为社会主义现代化建设，特别是工农业生产的一个重要制约因素。

我国钢铁、煤炭、石油、粮食、棉布等主要工农业产品总产量虽居世界前列，但人均占有量也较低。例如，粮食总产量 4 亿多吨，居世界首位；但人均占有粮食不到 400 公斤，低于世界人均水平。

在自然资源利用和经济社会发展各个方面，我们都要牢固地树立起人均意识。各种物资要尽量循环利用和重复利用，提高其利用率；废旧物资要充分回收利用，减少自然资源的消耗量。要在全民中养成勤俭节约的良好习惯，把节约为荣、浪费为耻的道德风尚扎根于广大人民群众之中。

6.改变价值观念的对策

环境污染、生态破坏和资源耗竭的原因，除了违背自然—生态规律外，从价值观念上来看，主要是违背经济规律。长期以来，人们的传统观念把空气、水等资源当作是取之不尽、用之不竭、无价值的自然资源，把自然环境当作各种废物的净化场所，因此，不管是向自然索取还是向自然排放，都不必付出任何代价和劳动。这种陈旧的价值观念是造成环境问题的重要原因。

社会再生产过程同自然环境和自然资源有着十分密切的关系。它一方面不断地从自然界中获取资源，同时又不断地把各种废物排向环境。人类活动和人类环境之间的物质交换、能量流动、信息传递过程必须既遵循自然—生态规律，又遵循经济规律才能高效与和谐地进行。

自然环境和资源也是一种商品，是有价值的，消费者应该付出代价和劳动。为此，我们在国民生产总值或国民收入的计算和统计上，应该把环境污染、生态破坏和资源消耗的程度，以环境资本折旧的形式反映出来。这种价值观念的转变，要求实行真正的价值和价格，即把在社会再生产过程的各个环节——生产、流通、分配和消费中，为保护环境和资源而消耗的全部费用真实地反映出来。

环境保护事业既不是单纯的社会福利事业，也不是影响经济增长和社会进步的沉重负担；它不仅有社会效益和环境效益，也有经济效益。据联邦德国的统计分析，用于环境保护的投资与由此而带来的经济效益之比是 1 比 3。当然，环境保护效益的计算是特别困难的。因为它不仅包括保护社会财富的经济价值，还包括保护人群健康的保健价值，保护自然遗产的美学价值，保护人文遗产的历史价值，保护生物种源的科学价值等。然而，美学、历史、科学价值都很难用货币形式来计量。

7.依靠科技进步的对策

依靠科技进步为环境保护事业服务时，应充分注意理论的重要作用。例如，在南半球某地的一只蝴蝶，偶然扇动翅膀所引起的微弱气流，几星期后可能变成席卷北半球某地的一场龙卷风。这就是自然界的“蝴蝶效应”：一个极微小的起因，经过一定的时间和其他因素的参与作用，可以发展成为极巨大和复杂的后果。由此产生一项新的科学理论——紊乱论。一部分科学家认为，它比欧氏几何、牛顿力学和爱因斯坦的相对论，比老“三论”（系统

论、信息论、控制沦）和新“三论”（协同论、突变论、耗散结构理论）更全面地、准确地透视了错综复杂的大千世界，是解开宇宙和自然界无数混沌状态之谜的一把钥匙。

紊乱论的一个基本观点是：看似混乱无序的现象里存在着有序，而公认有序的系统里又存在着混沌；宇宙间和自然界普遍存在的是紊乱状态，规整状态只是紊乱状态中的一种特殊状态。从事紊乱论研究的主要手段是非整数几何的数学方法。紊乱论深化了人类对自然界的观察和分析，势将提高人们对一向被认为不可捉摸的无规则现象的认识，从而实现预测、预报，甚至调控。

环境科学技术必须为国民经济和社会发展服务，为环境保护事业服务；环境保护事业必须依靠环境科学技术的进步。

20 世纪 90 年代科学技术进步的标志之一，是从劳动和资源密集、污染严重的技术，向高技术和新技术密集、低污染或无污染等有利于环境保护的方向转变。能源部门从燃煤、燃油后的尾部治理（消烟除尘、脱硫除氮）技术，开始向燃煤、燃油过程中清除污染的生态工艺技术发展。例如，世界各发达国家和我国正在研制的循环流化床（CFB）锅炉，就是这种“清洁燃烧方式”。它热效率高，节约能源；脱硫效率可达 90%以上，能减少大气污染。再如，燃煤磁流体发电高技术，是当今世界正在研究开发的一种高效、低污染新型发电方式。它改变传统火力发电把热能转化为机械能再转化为电能的习惯，而是在煤中加氧化剂和添加剂燃烧，将其产生的等离子体高速通过磁场，使热能直接转化为电能。这种发电方式，热效率高，节约能源；自动脱硫，污染小。高技术新技术大大改变了传统电力工业低效率、高污染的落后状态。

8.防治结合和预防为主的对策

20 世纪 50 至 60 年代，发达国家由于环境污染日趋严重，各国都采取了多种技术措施治理污染源。由于狠抓了排污口的“三废”治理，环境污染有所控制，环境质量有所改善，并把环境问题看成是一种纯粹的污染净化治理问题。70 年代后期开始，世界各国都认识到要根本解决环境问题，必须狠抓环境设计，即全面规划，预防为主，防治结合，加强管理。环境设计，既要使自然环境和资源最大限度地造福人类，同时又要把对自然界的影响和破坏降低到最小程度。全面规划是指在环境设计时，要通盘考虑自然、经济、社会各方面的因素，协调发展和环境的关系，力求在改造、开发、利用自然环境和资源时，遵循自然-生态规律，兴利除害，造福人类。而不是将人的主观意志强加给自然界。预防为主就是从事任何经济社会发展活动，事先必须进行环境影响评价，及早采取措施防范，防患于未然。例如臭氧层消融的成因，众说纷纭，到目前为止还没有结论，但世界上大多数科学家比较一致的看法是氟利昂等氯氟烃类化学物质造成的。为此，1987 年联合国第 42 届大会通过决议，呼吁各国政府采取措施保护臭氧层。

9.从专家参与到群众参与的对策

环境保护必须有专家的参与并提供科学技术方面的保证，但是仅仅只有

专家参与却无法解决环境问题。因此，环境保护是一项全民的事业，它涉及各行各业和各个部门中的每一个成员，以及每一个成员的对环境保护的参与意识。为此，联合国环境规划署把 1988 年世界环境日的主题定为《保护环境·持续发展·公众参与》。

第二部分　环境问题和教育改革

一、教育改革是社会发展的客观要求

伴同人类社会出现而产生的教育，随着生产的发展和社会的变革，一直处于发展变化中。可以这样说：一部教育史，就是一部不断变革的历史。尽管具有不同观点的学者，可以把教育的变革过程划分成各不相同的阶段，例如有划分为原始公社制度下的教育、奴隶社会的教育、封建社会的教育、资本主义社会的教育、社会主义社会的教育；也有划分为农业前社会的教育、农业社会的教育、工业社会的教育、工业后社会的教育（也称信息社会的教育）。但他们都有根本的共同点，即都认为教育永远处于变革之中，而且变革的主要原因是社会生产方式、生活方式及由此引起的观念的变化反过来要求教育的改革，因此，社会发展的需要是教育改革的强大推动力。

今日世界，从发展中国家到发达国家，都掀起了教育改革的热潮，尽管改革的具体原因和改革的具体目标，存在着种种差异。例如，我国由于实现工业、农业、科学技术和国防现代化的需要，正在进行教育要面向现代化、面向未来、面向世界的改革，改革的重点之一是普及九年制义务教育，提高全体国民的素质。日本战后四十五年以来，发展成为一个经济大国，和这种经济大国（国土面积狭小、资源贫乏）相适应，日本近年来提出了教育要国际化以及强调个性教育、终身教育等，这也是一种改革。美国最近提出“ 2061 工程 ”教育计划，“ 2061 工程 ”的名称来自于哈雷彗星，这项工程是在 1985 年开始的，这一年正好是从地球上看到哈雷彗星的时间，而下次哈雷彗星出现的时间是 2061 年，能够活到那时看到这颗彗星的人是现在刚上学的小学生，故称为“ 2061 工程 ”。该教育计划，由华盛顿的科学家、工程师和国会议员会同全国各地的专家一起拟订，要求增加学生中学习理工科的人数，提高所有美国人的科学技术和数学水平，并得到政府的支持。该计划的第一阶段，已发表了长达 217 页的文件《全体美国人的科学》（The Science of all Amarican），其基本点是要求所有美国人都应该具有科学、技术和数学方面的文化水平。这是一场科学和数学教育的改革，其主要负责人詹姆斯·拉瑟福德曾说：“ 整个教育制度必须彻底变革 ”，“ 这需要化四分之一世纪的时间，需要一代学生的努力，需要全国竭尽全力，这是一场能够而且必须打赢的战争 ”。这里用“ 战争 ”一词并不偶然，它反映了美国在当今世界的竞争中对自身地位变化而产生的危机感，以及要求教育改革的紧迫感。

总之，今日世界许多国家都在致力于教育改革，他们的具体目标、内容是有区别的，但细细看来，也有一些基本点是共同的，或者说存在着一些相近的认识。

（一）教育是公民的基本权利和社会进步的基本条件

受教育是公民的基本权利，教育的普及程度及其质量状况，是衡量社会进步的基本条件之一，并且愈益受到各国政府和人民的普遍重视。当前，评价一个国家的发达程度，已经不能仅仅用国民生产总值或人均产值衡量，同时要看文化教育、健康水平等方面的指标。这种观念进步在我国的体现就是强调社会主义物质文明建设和精神文明建设一起抓。精神文明建设的一个重

要部分就是发展教育事业，为此党和国家把发展教育作为国家发展的战略重点之一，在全国普及九年制义务教育，明确指出义务教育的目标就是要提高国民素质，要对地区的生产发展和精神文明建设作出贡献。我国宪法规定的公民受教育的权利，由《普及九年制义务教育法》予以保证。普及九年义务教育后的各级教育，如普通高中、职业技术教育、高等教育、成人教育以及远距离教育等，都受到了比历史上任何时期更多的重视，得到更迅速的发展。可以说，我国正在努力尽快适应经济与社会发展的需要，使教育能更好地为所有公民素质的提高服务，为社会主义经济建设服务。

例如作为发达国家的美国，根据联邦政府提供的数字和情况来看，也愈益认识到教育作为人的基本权利和社会进步的基本条件，仍有许多问题有待解决，应该得到加强。在美国虽然普及了高中，但能读到毕业的只有 76.2%，25—29 岁年龄段的美国青年高中毕业的为 85.9%，大学以上的为 22.7%，因此政府计划提出，要在本世纪末（公元 2000 年）使高中毕业率达到 90%。另外，美国的少数民族（非洲裔、拉美裔、亚裔、印地安人等）受教育的状况尚存在各种问题，残疾、弱智、特殊儿童的教育也有待加强。因此，平等教育成为美国教育改革中一个重要的方面。华盛顿州教育厅长代表理事会就设有平等教育中心，专门研究和协调这方面的工作。

总之，不论发展中国家还是发达国家，都面临着为普及和提高国民教育程度的艰巨任务，因为受教育是人的基本权利和社会进步的基本条件。

（二）经济的发展需要科学技术的进步，
科学技术的进步需要教育的发展和改革

人类历史上曾经有过石器时代、青铜时代、铁器时代；有过蒸汽机的发明、电的发现和使用、核能的使用；更有近代各种新材料的产生，信息的贮存、翻译、传播，生物工艺学的兴起……。科学技术的每一个进步，都促使生产进步和经济发展，以至使生活方式和文化观念发生深刻的变革。在现代社会里，几乎任何重大的科学技术的进步，已经主要不是依赖少数天才、精英的发现和发明，而是需要整个国民受到良好的教育，需要提高劳动大军的整体素质，需要依靠于科学技术研究开发领域里有组织的科研、技术设计、推广应用的群体力量。因此，一切有远见的政府或民间人士，都十分关注教育的发展和改革，特别是科学技术教育的发展与改革，并为此投入了大量的人力、物力。

从另一方面说，当现代科学技术的一项项成果广泛应用于工农业生产的时候，当现代科学技术的诸多产品，大踏步进入人类生活的衣、食、住、行、娱乐、医疗等各个方面的时候，我们若没有接受相应的科学技术教育将会感到手足无措，难以适应现代生产生活发展的需要。为了受教育者的直接利益，教育也必须改革。

当我们看到日本经济的飞速发展时，不能不考虑到它的教育投资、教育政策、教育普及，曾起到了重要的推动作用。当我们看到五十年代，苏联第一个把人造卫星送入空间时，不能不想到它曾经培养了世界上最多的工程技术人员。美国正是由此看到了差距，看到在竞争中的失利，惊呼国家的危机是教育的危机，决心改变教育质量下降的趋势，把教育改革的重点放在教育目标、课程设置和教学方法上，以求扭转竞争中的劣势。

我国教育工作的指导方针非常明确地指出教育要为社会主义经济建设服务，并已制定出德、智、体诸方面的培养要求。目前，课程设置正在改革，科学课程的培养要求、内容、方法正在向有利于理论和实践相结合，和生产、生活、发展相结合，以及知识和能力相结合的方向变革。教育不仅能培养出尖子人才，还能提高所有受教育者的思想政治素质、科学技术素养，教育不仅要为全国经济和社会的发展服务，而且要为地区经济和社会的发展服务。

（三）教育的内容和方法，必须适应教育所处社会的自然、文化和人的环境

在任何国家和民族中，教育的内容和方法都不是一成不变的，其变化的方向之一，是使教育的内容和方法更好地适应自己国家和民族的自然特点和人文特点，尤其是人文特点。而这些特点又受到社会政治、经济和科学技术的发展、以及文化传统等方面的制约。中国近代的废科举、兴学堂，从教育内容到方法都开始了逐渐的变革。中华人民共和国成立后，对教育内容和方法作了一系列的深刻变革，使人才的培养适应社会主义建设和发展的需要，造就了大批合格的社会主义的建设者和各方面的专门人才。

就近代教育而言，许多发展中国家都曾经借鉴于发达国家的教育，甚至从教育内容到教育方法全盘引进。毫无疑问，由于教育的共性，不同的国家和不同的民族在教育上是可以而且应该互相借鉴的。但是由于各个国家民族的历史渊源不同、社会文化背景不同、政治条件不同、生产发展水平不同、自然环境（人和资源的关系）不同等等，教育又应有自己国家和民族的特色。毛泽东同志早就提出过民族化的问题，现在我们又提出要建设具有中国特色的社会主义教育，其中很重要的一个方面就是要使教育的内容和方法符合我国的国情。对于中国这样一个由五十六个民族组成的、幅员辽阔、经济和社会发展极不平衡的大国来说，既要有适合国情的统一教育内容和教育方法的要求，还要有适合地区的自然、文化和人的环境的不同要求。因此我国教育面临的改革任务十分艰巨。世界其他国家，在教育改革中也有类似的问题需要解决。例如美国，作为一个移民众多的国家，如何使移民在语言和文化习俗上适应社会生活、生产以及发展的需要，就是一个在教育改革中需要认真解决的问题。一些国家的教育还面临着外来文化和民族文化之间的不协调，甚至矛盾的问题。可以说使教育的内容和方法更好地适应本国、本民族、本地区的社会发展以及个人发展的需要，是教育面临的艰巨的改革任务。

（四）教育应有一定的超前性，以摆脱教育使人在一个过时的社会中生活的窘境

邓小平同志提出的教育要面向未来，不仅对中国的教育改革具有战略意义，也阐明了教育的本质属性之一。教育是为未来培养人才的，以学校教育而言，青少年时期只占人生的三分之一或四分之一，而为社会服务的时间要比这个长得多，今日所学如果不考虑明日所用，教育就失去了意义。因此教育必须具有适当的超前性。

超前教育，在实践中是相当困难的。这是因为无论从科学知识上或一般的社会观念上，教育的变革常常落在后面。教育只能教给学生在科学进展中

已被肯定了的发现、发明、结论、原则，把它们编入教科书还需要相当长的时间。而作为一般社会文化总落后于存在，也不太可能迅捷地反映到教科书中。这就使教育的效果常常不易摆脱使人在一个过时社会中生活的窘境，或者说，落后的教育往往容易培养出脱离当前社会实际的书呆子。

为摆脱这种状况，需要不断地改革教育。首先要把教育的改革和未来学的研究结合起来；另一方面应该经常地更新课程设置及教学内容，特别要注意新学科、新知识的补充，决不可以搞几十年一贯制；再一方面是在教育的过程中，不能只停留在知识的传授上，要格外注意学生智能及各方面能力的发展，使之具有较好的信息搜集和处理能力，继续学习的能力，解决问题的能力，应变和创造能力，决策的能力。这样即使所学知识陈旧了，他们仍能较好地适应社会生产、生活、发展各方面变革所提出的新要求。

正因为教育正在受到多方面要求的挑战或压力，所以各国都在抓紧教育的改革，以适应国家、民族、社会发展的要求。例如，综观近年来世界中学理科教育的改革，至少表现在四个方面：综合理科的研究和实践；科学为大众的研究和实践；科学、技术、社会相互关系和理科教学的改革；中学理科教学中的高科技教育的研究和实践。这些改革的强大推动力，并不是来自某些著名学者的倡议，而是当代社会发展的需求。中国是一个发展中国家，由于各方面的原因，教育还比较落后，和社会主义现代化建设的需要很不适应。我们理应急起直追，进行教育改革。本书涉及的环境教育问题，是千头万绪的教育改革的一个部分，因此只有融入教育改革的大潮之中，才能在整体上受到重视，并予以妥善解决。

二、加强环境教育是教育改革的重要方面

人类的生存、发展和周围环境存在着千丝万缕的联系。人作为一个自然实体，和其他生物一样，要不断地从周围环境中获取物质和能量，以更新自己的机体，同时也影响着周围的环境。人作为社会的一员，用一定的社会生产方式来改变着周围的环境，这种改变的正效应是使环境更适于人类的生存和发展，它的负效应可能是恶化生存条件。当人们还不能通晓自然规律时，常常是短视地、急功近利地向环境索取，改变自然环境，结果却受到自然规律的报复，两河流域文明的衰落，就是常被人们引用的例证。科学发展到今天，微观世界的研究已经深入到原子内部，宏观世界的研究早就迈出了我们的星球，走向广阔的宇宙空间。许多深奥的规律已被人类所掌握，因而使人类拥有了有史以来最了不起的巨大生产力。恰恰是高度发展的生产力，加上人口数量的激增，反过来对资源和环境构成了巨大的压力。今日大量的环境问题已经不是农业社会或工业社会初期的环境问题，更不只是地震、火山爆发、水旱灾害等自然现象引起的灾难，而往往是人类自己的大脑和双手创造的巨大生产力的不恰当使用带来的。资源的破坏和短缺、大气和水域的污染、土地的沙漠化、酸雨、噪音、核污染、温室效应、动植物种类的减少和濒危、乃至人口密集的大城市的种种恼人的弊端，这样的环境问题为传统教育所始料不及，成为今日教育必须面对的现实。因此，为了人类的今天和未来，需要借助于教育手段使人们认识环境，了解环境问题，获得治理环境和防止新的环境问题产生的知识和技能，并在人与环境的关系上树立正确的态度，这也就是我们所说的环境教育。毫无疑问，加强环境教育，是今日教育改革面临的新课题。对这样一个新课题我们必须有十分清醒的认识。

（一）环境教育必须是一种全民教育，而基础教育首当其冲

这里我们所说的环境是指人类的生存环境，而环境质量的优劣，和每一个人的生产活动、生活活动息息相关，没有全民的关心、参与决策和身体力行，困扰我们的环境问题就难以解决。正因为如此，应该对每一公民进行环境教育，无论是领导者、决策者还是普通公民，都应该以他们可接受的方式，了解环境问题的严重性，遵守有关保护环境的法规、法律，养成爱护环境，优化环境的良好行为习惯，参与影响环境状况的重大措施的讨论和决策。青少年是未来的公民，人类未来的环境质量如何，很大程度上要由他们目前所受教育情况来决定。可以说，他们比他们的祖辈、父辈优越之处，就是还来得及接受系统的、早期的环境教育。美国对环境的关注，在 60 年代末就已在许多方面表现出来了，自 70 年代以来在学校里进行环境教育的教学内容，特别受到欢迎。美国教育部初等和中等教育的负责人在介绍美国《环境教育法》的制定时曾说：“ 人类改造地表的力量，近 30 年来已发展到需要高度警惕的程度。人类不断增长的各种要求，已使自然界不能依靠其自身力量来恢复平衡。为保护环境免遭破坏，要求给青少年开设环境科学课程。美国国会根据民众的呼声，先后制定了若干法律，其中主要的法律之一，就是《环境教育法》（1970） ”。环境教育在美国采用多种形式：有些学校把它列入正规课程；有些学校把它安排在课外活动中进行；还有不少学校把它放在夏令营、学生俱乐部、童子军等校外活动中进行。

在我国，保护环境问题已经受到党和国家的高度重视，从中央到地方建立了各级环境管理的机构，人民代表大会制定和通过了一系列有关环境问题的法律，通过大众传播媒介已经作了广泛的宣传，学校内的环境教育已经受到重视，在教材编写上、课程设置上已经迈出了步子，在青少年的各类科技活动中，环境教育已占据了越来越多的内容。这些都是可喜的现象。中国是个人口大国，人均土地和资源都很贫乏。在经济发展速度很快，教育相对落后的情况下，如不及早加强环境教育，尤其是不把环境教育列为基础教育的基本任务之一，将是一个严重的失误。

（二）环境问题是综合性问题，环境教育必须各学科通力合作

环境教育之所以未能在基础教育的教学内容中受到重视，除了环境问题的严重性、尖锐性等在最近几十年来才为人们所普遍认识的原因外，还由于传统科学教育强调单一的学科体系，例如：物理、化学、生物、地学等，这使跨学科的综合性的环境教育内容难于跻身于其间。我国目前的中学科学教育强调的是分科教学，因此综合科学课程或综合理科教学难于实施。若是增设独立的环境教育课程，一是增加了学科门类，增加了课时；二是环境教育的内容必定要和中学理科中的化学、生物、物理、地理等课程重复。如不增设独立的环境教育课程，则其他学科都会强调自己的独立体系和繁重的教学任务，即使挂上一点环境教学内容，也不会有多大实效。这种两难的局面，必须解决。首先要从思想上明确加强环境教育是各学科责无旁贷的事情，只有各学科通力合作才能完成。其次，要在基础教育的初中阶段设置综合理科（或科学课），让环境教育内容和理、化、生、地一样占有一席之地，使我国初中毕业生（义务教育阶段）都能接受最基础的环境教育。同时，在初中阶段组织必要的环境教育的讲座和课外活动，在高中阶段理、化、生、地分科教学，环境教育设置选修课，使一部分对环境问题有兴趣的高中学生有进一步提高的机会。其三，环境教育不仅涉及自然科学、技术科学，还涉及社会科学和人的品德、行为、习惯。因此，环境教育在理科教学中主要是进行环境科学方面的基础教育；环境教育中的思想教育、品德教育以及社会参与和实践问题，需要学校各方面的重视和关心，通盘考虑，统一计划。

（三）环境教育是终生教育，中小学的环境教育应具有鲜明的基础教育性质

人的一生都在通过生活、生产、参与决策影响环境，环境教育也应伴随人的一生。中小学是基础教育阶段，对学生进行的环境教育属于基础教育范畴。简言之，在专门知识（环境科学知识）上不宜要求过高，但在对待环境问题的态度上以及养成良好的行为习惯上，则应有较高要求。

首先，要了解我们的生存环境，并和国情教育结合，和热爱乡土的教育结合。通过教育使学生真正了解和感受到环境问题的严重性，增强责任心。对环境问题的了解不仅要靠课堂讲授，还要注重实际的调查研究。要有正面和反面两种调查研究，要围绕人对环境的影响，讨论分析环境问题的规律，并写出有关建议。

其二，有关最一般的环境科学知识教育，应从最一般的环境问题开始，

如大气、水、植被和人类生存发展的关系，实际存在的问题的原因分析，防治的办法；应从地区的特殊性开始，如城市的工业污染和生活废弃物污染，农业地区的植被破坏、水土流失、农药化肥等对水域、土壤的污染，沿海村镇的海水污染、渔业资源枯竭等；应从学生最熟悉的生活场所开始，如校园环境、家庭居住环境等。这样，从最一般的环境问题谈起，再进一步拓宽、加深，使学生具有一般环境科学的基本知识。在环境教育中不要求全、求系统、求严密，不要搞成一门纯科学。

其三，最重要的是提高青少年的环境意识，培养他们爱护和尊重自然环境的态度，引导他们参与爱护环境、治理环境的活动，使他们具有这方面的良好行为和习惯。也就是作为提高未来公民的基本素质的措施来实施基础教育中的环境科学教育，而不是仅仅作为一门课程来对待。

在中小学中，愈是突出环境教育的基础教育性质，就愈能对青少年的一生产生重大影响，同时愈能为接受终生环境教育打下良好基础。

三、环境教育的实施，将促进教育改革

加强基础教育中的环境教育，是教育改革的需要，也是教育改革的有机组成部分。如前所述，当代教育改革是社会发展的客观需要，如果加强基础教育中环境教育的实施，能遵循上述教育改革的总趋势，那么必定会反过来促进教育的总体改革。当我们考虑问题过于简单，或者囿于传统的教育模式而难以解脱时，就极容易做一点课程结构或教学内容上的加减法，把环境问题的内容在学校教育中加上一点，随后减去一点别的什么，便会以为加强环境教育的任务大功告成了。如果说传统的教育模式、教育目标是一个瓶子的话，那么这样做的结果，不幸的是把环境教育这一杯新酿，一古脑儿装到了一个旧的酒瓶子里去了。因此，我们要用教育改革的精神来实施环境教育，使环境教育的实施能够更有效地推动教育改革的深入。

（一）环境教育包含对未来公民的品行教育，将丰富和促进对学生的思想品德教育

世界各国对青少年的德育都日益重视，尽管各国的社会文化背景和意识形态不同，所追求的目标也并不一致。我国教育具有鲜明的社会主义和共产主义性质，我们把德育放在德、智、体、美、劳各育之首，我们要求在学校的各项教育活动和各学科的教学活动中，都要贯彻社会主义和共产主义的政治思想、道德品质、行为规范的教育。环境教育的加强，无疑是一个新的契机，因为它提供了一个新的思想品德教育阵地。

环境教育和国情教育、爱国主义教育紧密相连。环境教育从一个特定的角度使学生了解祖国的山河、土地、资源、人民，环境教育能从危机感和责任感相交织的情愫中，激发学生的爱国情感，督促学生的爱国行动。

环境教育和集体主义教育紧密相连。环境教育从个人行为对社会群体影响的角度上了解人是社会的人，人们之间的互相依存的极端重要性，增强群体意识，培养集体主义精神。

环境教育要求人们尊重自然、爱护自然，养成人们对客观规律的尊重。违反客观规律不仅是无知或愚昧的表现，也是唯心主义和形而上学在作祟。因此，在揭示人和环境关系的客观规律的过程中，学生将受到生动的辩证唯物主义的教育。

环境教育不仅使学生掌握了一些环境科学知识，更重要的是使学生养成爱护环境的良好行为和习惯。这给要求于学生的相当一部分行为习惯赋予了新的科学的根据或含义，使文明行为规范的教育达到了一个新的境界。

环境教育将从强调依存追求和谐的角度，来实现一种追求美的教育，而一切对真、善、美的追求，无不具有催人上进、促人完善的道德教育力量。

因此，决不可以把加强环境教育，仅仅看作是增加科学知识的教育，而忽视它的德育价值。只有重视了环境教育深刻而广泛的德育教育内涵，才能使之真正促进教育改革。

（二）环境教育的综合性，将促进 S · T · S 精神在科学教育中的贯彻

S·T·S，指的是 Science、 Technology and Society，即科学、技术和社会。这是近年来世界各国科学教育改革中形成的一种新的科学教育构想，以强调科学、技术与社会的相互关系和科学技术在社会生产、生活和发展中的应用为指导思想而组织实施的科学教育。问题的提出是因为第二次世界大战以后，一些先进工业国家的科学技术得到迅速的发展和应用，如核技术、电子技术、空间技术、新材料、基因工程等等。人类以系统论、控制论、信息论为起点，以自然科学的新成就和思维科学的新进展为内容，形成一次新的科学革命。同时科学转化为技术、技术形成生产力的速度异常加快，新的技术成就和产品正在大踏步进入工农业生产领域和人们的生活领域。不仅如此，新的科学技术和高度发达的生产力，又对社会提出了许多新问题。如核能是否应该不受限制地发展；基因工程的研究是否应谨慎地加以限制；控制世界人口的增长应取何种对策；怎样控制非再生性能源的消耗率；环境污染怎样防止和消除等等，科学技术革命不断引起人和大自然的关系的讨论，而人和大自然的关系本质上是个社会过程。人们要求科学技术的研究和应用，凡其结果对广大群众发生影响的，群众都应参与决策和实施。科学技术对政治和道德的影响是大家的事情，外行也应介入。这就需要在教育中提出科学、技术和社会的相互作用问题，需要培养了解科学技术及其后果，能够参与涉及科学技术决策的公民；需要培养了解社会，致力于社会健康发展的科学家和技术人才。这就有必要从科学、技术、社会相互关系的角度上来重新考察、组织我们的科学教育（可参考《STS 教育的理论和实践》一书，STS 教育研究小组编著，浙江教育出版社 1990 年版）。

环境问题就是上述背景下产生的科学、技术和社会的综合性问题。环境教育纳入基础教育之中，应该有助于中小学科学教育贯彻 STS 的改革精神。目前，世界上（包括我国的部分学校）许多 STS 教育的实例，都把环境教育纳入它的试验之中。从科学教育改革的长远目标出发，环境科学教育中 STS 精神的贯彻，将对科学教育中的物理学、化学、生物学、地学等课程的改革起良好的推动作用。

（三）环境教育的实践性，将促进学校教育和社会实际的结合，培养学生的参与意识

一切进步的教育家差不多都主张学校教育和社会实际的结合。我国社会主义学校教育的传统，一直把理论和实际结合，教育和生产劳动的结合，作为重要的教育指导思想。遗憾的是，近年来，一切为了升学的办学模式，以及一些错误的教育思潮的影响，使之受到了一定程度的削弱。环境科学是实践性很强的学科，它的研究对象都是人类面临的紧迫的实际问题；它的研究方法除了缜密的理论探究外，更重要的是对实际存在的状况进行调查、测量、数据处理，它提出的防止环境污染、治理和优化环境的各种措施，必须是切合实际的、可为群众接受的、可操作的及符合经济学原则的。这些特点都决定了环境科学的教学必须理论结合实际，不能囿于课堂讲授，学生要在教师指导下到自然环境中去、到社会生活中去、到工矿企业中去、到一切存在着这样那样的环境问题的地方去进行调查分析，去参与治理。学生在接触实际的过程中，除了对环境问题的自然科学方面的具体了解外，更重要的是接触了解各种各样的人以及各式各样的实际问题。这些对学生了解社会大有裨

益，使他们对人和环境的关系本质上是一个社会过程有更切实和深刻的了解；这些也对学生形成正确的科学价值观很有好处，即帮助他们树立起学习研究科学技术、应用科学技术的最新成果，都应该是为社会生活、生产和发展服务，为公众利益服务，为提高公众的自觉性服务，和公众一起对科学技术发展中产生的问题，采取合理的对策和行动的观念。

如果环境教育从一开始就不被纳入和实际脱节的、只和升学考试挂钩的模式中去，则基础教育中环境教育的加强，必定能促进理论联系实际的教育改革的前进。

（四）环境教育的地域性，将促进学校教育为地区发展服务

环境问题有明显的地区性。例如大城市的人口密集带来的生活环境污染、卫生状况恶化、工业废弃物的污染和噪音污染；广大农村地区南方日益严重的酸雨和北方的水土流失、沙漠化等等。不同的地区，不同的区域都有自己面临的突出的环境问题。加强环境教育一定要充分考虑地区差别，在进行一般环境教育的基础上突出地区问题，加强环境教育的针对性，提高学生对实际问题的关心程度和参与程度，从而使环境教育的质量得到真正提高。

教育要为社会主义经济建设的发展服务，很大程度上表现在为地区经济建设的发展服务。我国基础教育培养的人才，绝大多数将为本乡本土服务，他们必须从小了解自己的乡土，了解这方土地上人民的历史、民俗、社会发展状况以及面临的诸多问题，包括本地区环境问题的产生、现状和预测。例如，某些地区林木的滥伐，已经对地区水土状况、气候状况带来了恶化；某些地区各种废弃物已经引起了水质的富营养化、水质恶化以及水生资源恶化；某些地区设备简陋的乡镇企业虽然促进了经济增长却带来了环境质量的恶化；某些地区工业废弃物中的有害物质，已经损害了居民的健康，甚至下一代的健康等等。在了解宏观的环境问题的同时，对这些微观的、地域性的环境问题也应引起充分的重视，使中小学生在受教育期间不但树立起保护环境的观念，而且在可能时还能为乡土的环境治理作出贡献。这样的学生毕业后，将会成为地区治理环境的积极分子，为地区经济健康发展服务。

（五）环境问题的全球性，将促进受教育者深切地理解全人类的利害息息相关，因为人类只有一个地球

环境问题是一个全球性互相影响的问题，二氧化碳排放量的增加，不管来自北美、欧洲或亚洲，在地球周围积存构成的温室效应将影响整个地球；氟里昂积聚对臭氧层的破坏，影响的是所有国家的人民；切尔诺贝利核电站爆炸引起的核放射并不仅限于苏联境内；发达国家排放的二氧化硫导致的酸雨却落到了不发达地区；有害物质通过土壤、水域、生物食物链的传递和富集可能进入每一个人的机体；海湾战争的成千上万吨炸药和油井大火造成的地区性大气污染，决不会仅仅停留在阿拉伯世界的上空；资本主义国家对第三世界自然资源的破坏性掠夺，例如对南美、东南亚热带雨林的过度采伐，其灾难性后果也必将是全球性的，等等。地球把自然界结合成一个不可分割的整体，同时也把地球上所有人类及其生产、生活活动联系成一个休戚相关，

共存共荣的整体。我们必须谨慎地开发和利用资源，规划工农业的发展，科学地处理废弃物，控制人口的自然增长，慎重地对待科学技术的利用，拯救地球，也拯救人类自身。

环境教育的实施，将使我们的青少年一代具体地、深切地感受到，要关心地球、关心世界。世界应该建立起新的政治和经济秩序，而首当其冲的是资本主义国家对第三世界的资源掠夺和环境破坏必须制止；过时的、危及环境安全的工业设备、工艺流程的输出是不负责任的；有毒废弃物运往第三世界国家，或向公海、太空不负责任的排放等等，都是犯罪行为。

教育改革要面向未来，面向世界，环境教育紧密地联系着未来、联系着世界。1989 年 11 月 27 日至 12 月 2 日，联合国教科文组织在我国召开了“ 面向 21 世纪教育 ” 国际研讨会。会议根据 21 世纪可预见的需求，就下世纪教育发展方向、教育内容和培养目标等进行学术探讨。会议认为，当前和未来人类所面临的挑战，既有经济方面的，也有生态环境方面的，有的挑战已远远超出了个人、民族甚至国家的范围，成为全球性的问题。一些严重的生态环境问题威胁着人类的生存，所以要提倡“ 全球合作精神 ”，要 “ 学会关心 ”。今日的青少年将是未来的主人和社会经济发展的决策者，环境教育的重要任务是使他们从现在起就接受必需的环境教育，形成必要的环境意识，使他们长大后努力地保护人类环境，并使环境意识一代代传递下去。

第三部分 环境教育的目标、原则和方法

一、环境教育的目标

1972 年 6 月，在斯德哥尔摩举行了有 113 个国家和地区代表参加的联合国人类环境会议。这次会议是发展环境教育事业早期的里程碑。作为该次会议第 96 项建议的结果,建立了联合国教科文组织——联合国环境规划署的国际环境教育规划（IEEP）。根据这一规划，1975 年 10 月在贝尔格莱德召开环境教育国际讨论会，提出和通过了《贝尔格莱德宪章》。该宪章阐述了公认的环境教育的目标，即“促进全世界人类去认识并且关心环境及其有关问题，并促使其个人或集体具有解决当前问题和预防新问题的知识、技能、态度、动机和义务”。

上述环境教育的目标又被概括为如下几点：

①认识：帮助个人和社会群体对整个环境及其相关问题有所认识和感受。

②知识：帮助个人和社会群体对整个环境、有关环境问题以及对人类在环境中生存的重大责任和作用要有个基本的了解。

③态度：帮助个人和群体认识到环境的社会价值，对环境有强烈的关怀之情，以及具有积极保护环境和改善环境的动机。

④技能：帮助个人和社会群体取得解决环境问题的技能。

⑤评价能力：帮助个人和社会群体从生态、政治、经济、社会、美学和教育因素等方面来评价所采取的环境措施和教育规划。

⑥参与：帮助个人和社会群体对环境问题产生一种责任感和迫切感，以便保证采取适当的行动来解决这些问题。

1977 年，在苏联第比利斯由联合国教科文组织与联合国环境规划署联合召开的政府间环境教育会议，又进一步详细确定了上述环境教育目标。

就其范围来看，上述环境教育目标属于非正规教育的范畴。由于传统教育体系的局限，正规教育对环境挑战的反应则姗姗来迟。直至 1989 年，在联合国教科文组织——联合国环境规划署的国际环境教育规划第 29 号文件中，美国的亨格福德等人才提出了较为全面的中学环境教育目标及对中学环境教育的一种课程模式的建议。

亨格福德等人提出的中学环境教育目标，是在第比利斯会议所阐述的环境教育目标基础上的修改。它包括 4 个阶段。第一阶段，要求学生具有生态学基础水平；第二阶段，要求学生具有对环境及环境问题的理性认识水平；第三阶段，要求学生具备调查和评价环境争议问题的能力；第四阶段，要求学生具备解决环境争议问题的技能。

我国中学环境教育处于刚刚起步的阶段，其主要途径为：1.把环境教育渗透在各学科教学中；2.开展环境教育的课外活动；3.开设环境教育选修课。结合上述情况，我们规定普通中学环境教育的目标时，应该从现代科学观点出发，作三方面的考虑：一是服从普通教育的总目标；二是体现该学科的性质和特点；三是适应中学生的特点，遵循教学论的原则。

我国普通中学教育的总目标是对学生进行德、智、体、美、劳诸方面的教育，使他们成为有良好的思想素质、文化素质、身体素质和劳动素质，个性得到健康发展，适应社会主义事业需要的公民。这就要求我们在规定环境

教育目标时，要着眼于使学生树立理想，提高道德品质，掌握基础知识和发展能力，培养基本技能。

我国中学环境教育目标主要是使学生增进对环境问题的认识和理解，增强保护和改善环境的意识；初步学习有关环境科学等方面的基础知识和基本技能；树立正确的环境道德观；逐步形成运用所学知识和技能参与解决环境问题的能力。

①意识 环境意识是指人们能正确地认识和处理人与环境的辩证关系。环境意识的内涵主要有以下几点：

第一，认识自然环境的存在及其演变是不以人的主观意志为转移的，只有尊重客观规律，注意到在生产、生活中保护环境、改善环境，才能够使环境向有利人类的方向发展和演化。

第二，认识到人类的生存是与自然生态环境休戚相关的。在发展经济过程中，应树立正确的资源观点，只有建立在物质和能量的输入与输出平衡的基础上，才能求得人类与环境的协调发展。

第三，了解环境污染对人类生存和发展的危害，同时认识到环境污染可以依靠科学技术的进步和科学管理而得到防治，从而能够自觉地为防治污染而出力。

第四，树立为子孙后代造福的长远观点和强烈的责任感，从“人与环境”的全局来考虑问题，同破坏人类生存环境的现象作斗争。

第五，懂得环境污染与人体健康的紧密关系。环境污染已直接威胁到人类的安全和生存，是一个严重而紧迫的全球性的大问题需要多方面的关注和协作，需要多种因素的参与配合。而环境教育将为解决这个重大问题奠定广泛的基础。

②知识 让学生了解环境概念（主要观念）和基础的认知。环境教育中最主要的概念和知识有：地理环境，生态系统，环境污染的根源、危害及防治，人口，经济和技术，环境决策，环境道德等。让学生对整体环境及其相关的问题、人类在环境中担当的角色及所应承担的责任等有基本的了解；从环境中获得多样化的经验。本书第四部分对环境教育的内容有专门论述。

③技能 在获得关于环境问题的基础知识的同时,还需要帮助学生获得基本的技能，以便促成对环境问题的合理解决。除包括运用环境科学知识所需的实验及监测等技能外，一些用以确认和帮助解决环境问题的重要技能是：

第一，能够辨认出环境问题。

第二，界定环境问题。

第三，听取各方面意见。

第四，搜集整理资料，进行科学分析。

第五，尝试提出改善环境和解决问题的初步方案。

④环境道德观 要培养学生树立正确的环境道德观。价值判断在学习中的重要性，有时候超过环境教育学习活动本身。正是感觉到，认识到问题的重要或严重、才能够强有力地推动学生了解环境教育的原理、概念和知识，产生解决环境问题的愿望。我们固然要重视问题的解决，但是更应提醒人们不要让问题产生。举例说，一个学生主动去捡拾起废弃的物品，只能算是对于环境问题的认识和处理；而关切并改善那些乱丢垃圾的个人行为，才是问题的重点。显然，无论是前者，还是后者，都已涉及到人的生活价值这个根本问题。

随着科学技术发展及满足消费者需求的过程，我们不难发现与其相应产生的有形污染。一般消费者非常容易受诱人的广告影响而不考虑后果，而受过环境教育的学生则应对此取审慎的态度。每一个学生在考虑自己行为的时候必须预想到结果，必须要依循价值判断来选择自己的行为以谋求与环境和谐相处。每个人在行动之前就须考虑替代方案及其结果与感受，这就是一个人的环境道德观。这里的认识过程是：展示一个问题给学生；学生提出替代解决方案；学生考虑每个替代方案的结果；学生表达他们对各个替代方案的感受与看法；学生作一自由抉择。

这个认识过程能帮助学生意识到正确的个人信念、态度、行为，并承诺不论在校内或校外都自觉坚守不渝。这个过程帮助学生考虑替代解决方案以及各替代方案的推行。学校领导和教师要特别注意认真帮助学生去思考和检查他们陈述出的信念、态度以及价值观是否和自己的行为一致。

正确价值观的养成，对于一个人在日常生活里如何做出合理的环境决策有很大的影响。它是环境教育的重要目标。

⑤参与 这里所说的参与，主要是参加有关环境教育的实践活动，进行演练。有关环境的知识，解决问题的技能，以及价值观的认识等，都将被综合运用在环境问题的演练上。

环境问题的演练，不仅是发展学生对于环境的兴趣、理解以及认识，要强调解决问题和评价价值的技能，要让学生亲身参与正面性的活动，活动步骤除上面“ 技能 ”所述五点外，还包括计划的执行及评价执行成效。

一些环境问题的演练并不一定要强调问题的导向。比如，对初中学生可以让他们对校园进行一些调查，引起他们对环境问题的兴趣和重视，让他们接触生态学的基本知识，认识和解决相关的问题。对高中学生则可让他们去解决一些校内外存在的环境问题。

环境问题的演练，最重要的是要有行动。要让学生亲自去尝试去做一些事。例如，让学生养成见到垃圾随时捡起放入垃圾箱的习惯，设计制作海报以提醒人们保护环境，写信和提倡议给决策制订者以表达对环境的关切，配合有关环保业务部门进行水污染测定，等等。

以上目标的实现，对初中和高中学生应有不同的要求。总的来说，环境教育重点放在情意的（情感的）、认知的（知识的）和技能一行为的领域。在初中，重点应该放在情意、认知的领域；而高中则应该强调认知和技能一行为。应该提供和创造机会给学生，让他们以自己的感官即视觉、听觉、嗅觉和味觉去感受他自己周围的环境。给学生创造条件了解和体会不同的自然环境与社会环境，以便养成判断周围环境的经验。比如，住在大城市的学生，可能没有经验过清馨的空气，宽敞的农家庭院，甘甜的泉水，茁壮的树木和肥沃的土地。他可能因为缺乏以上经验而失去衡量周围环境的标准。相反，一个生活在山区的学生，可能只知道他周围原始的自然环境，无法想象随着社会经济发展而需要注意环境问题，自然也不会自觉提出维护环境的任务，其后果只能是使环境日益恶化。

总之，一个中学生很难有了解自身所处环境，并作出评价和对策的能力。在环境问题日趋严重的形势下，必须改变这种现状，而这正是设置环境教育课程的根据。如果学生能够欣赏并尊重环境资源，进而理解环境问题，他便会进一步去学习并保护他所欣赏的环境并愿意为环境保护采取实际行动。

二、环境教育的原则

环境教育的原则首先要遵循普通中学教育的总原则。第一，教育内容及其设计安排必须同我国社会主义社会的需求相适应。每门学科的地位、功能和它的组成首先决定于社会主义社会的需求，即决定于培养学生德、智、体全面发展的要求。第二条重要的原则是教学内容和教学过程的统一。教育内容不可能存在于教学过程之外；在设计学科内容或编写教材时，必须全面考虑教学的规律、原则、方法和条件。也就是说，不仅要以明显的形式规定学科内容（概念、规则、活动方法），而且要规定向学生传授的方法和学生掌握内容的方法，阐明要求达到的掌握水平和与之相联系的行动。第三，环境教育有明显的跨学科性，因此，它和各科教学的配合统一是不容忽视的重要问题。教育内容可以从个别现象或一般原理出发，但是在教学全过程中必须体现环境的整体性及结构的统一。环境教育的教学内容同各科教学的教学内容不应作为彼此孤立的或教学大纲的简单总和处理。所有的学科在各自的起点上都应当以规定的关于环境教育的内容结构的整体概念为方向。

只有这样，才能保证每门学科有关教学内容同环境教育的目标统一起来。

根据上述总原则，环境教育的具体原则有以下几项：

（一）全面性原则

全面性原则是环境教育的第一原则。因为环境问题的发生及其日趋严重正是人类思维片面性所造成的恶果。只有坚持全面性原则，才能理解并正确解决环境问题。

环境是一个整体，即为包含自然的、生态的、人为的、经济的、技术的、社会的、立法的、文化的以及美感的综合整体。环境教育是促使全世界人类意识到并关切整体环境及其伴随而来的问题的一个过程，使学生具备一定的知识，正确的态度、善良的动机、道义的承诺和必需的技能，独立地或是与别人共同合作朝向解决已有的问题而努力，并预防未来问题的发生。

（二）科学性原则

环境问题发生于科学不发达的古代，而环境问题的日趋严重，却是各门学科建立和发展的近代。环境问题被人类重视并得到逐步解决，是从各门学科相对独立的发展到科学综合发展的现代。环境教育是科学和技术高速发展的产物，而科学性就成为环境教育的重要原则之一。

环境教育涉及自然科学、社会科学及其相关的各个领域。因此，在环境教育的全过程中，必须注意培养学生的探索、解释和检验这三个科学活动所必需的基本要素。探索，即对人类生存环境的探索，善于引导学生的好奇心并注意培养探索环境的能力；解释，启发学生开动脑筋对探索过程中观察的客观现象及由此思索到的问题进行解释；检验，是对所作“解释”的检验。要鼓励学生亲自设计和进行实验，以养成批判精神来检验各种“解释”的正确性。总之，科学性原则主要体现在让学生亲自去调查、搜集和找出问题并且提出解决问题的办法。

科学性和全面性是环境教育不可分割的两个方面：没有对环境的全面理解就谈不上科学；没有科学的认识也不能维护环境的全局。环境为人类的生活和生产活动提供了必不可少的条件，而人类在其生活和生产活动中又无时无刻不在作用于环境。环境的改变反过来又影响人类的发展，正确阐明生态、环境各要素之间的相互关系及其发展的规律性，以及人类发展与环境之间的对立统一的关系，不仅是环境教育的根本任务，而且有助于学生树立辩证唯物主义世界观。

（三）实践性原则

环境问题既是理论问题，更是实践问题。因此，环境教育必须坚持实践性原则。

环境教育是以整体环境问题为教学内容，以维护自然生态，提高环境质量为目标，增进学生对环境的认知和理解，并且树立积极的态度和责任感。因而，在教学中应该坚持理论联系实际，要从学生熟悉地区的生活、生产实际问题出发，组织学生进行调查、观察、分析，引导学生把所学知识和技能，应用到实际的环境问题中去。

环境教育陷于空洞说教将使人厌弃；同时具体问题的事务性处理也无助于学生提高认识。在环境教育中，要注意防止脱离实际和忽视理论两种偏向。

（四）具体性原则

具体性原则，即通常说的具体问题具体分析。环境教育有一般性的原理、原则，但在解决实际问题时却不能忽视本地区的具体情况。具体性，即因地制宜。环境总是具体的，山川、地形、气候、土壤、人种、习俗等等，综合因素越多，具体性越明显，越不容忽视。

环境教育的重点要放在学生本区本乡，让学生关心自己周围的环境，从中得到知识，得到经验，因地制宜地解决问题。同时要教育学生关心其他地区，其他国家的环境问题。面向本地，又面向世界，这是环境教育的特点之一。

（五）参与性原则

自然环境本是客观的。自然环境的破坏及其日趋严重，却是人为的。出于一时需要，服从一部分人的利益，也由于认识的片面性（其中包括科学发展的局限性），而产生了环境问题。因此，环境问题的整治和维护，是人类纠正自身所犯错误的更高层次的自觉行为。单独提出保护环境的参与性原则，正是意识到环境的维护必定会触犯某些利益，必定要纠正长期形成的陋习，必定会克制某些暂时的需要。一句话，参与性原则，就是明知有种种困难而还要作坚持不懈的努力，只有这样，才能达到自觉去维护环境的目的。

在预防及进行解决环境问题时，要强调主动的参与，要求帮助个人和社会团体发展一种对于环境问题的高度责任感与紧迫感,形成一种社会力量(包括社会舆论），并采取适当的行动去解决问题。

（六）连续性原则

要开展连续的终身的环境教育。在集中考虑当前和潜在的环境问题的同时，不可忽视从历史的角度进行思考。环境教育要运用各学科的方法和从各学科选择有关的具体内容，从学前教育阶段开始，通过所有正规和非正规教育方法连续地进行。

三、环境教育的方法

在选择我国中学环境教育的方法时，要以马克思主义为指导，从我国的国情出发，吸取国际上有益的教法，结合环境教育跨学科、面向本地又面向全国和世界，以及覆盖正规教育和非正规教育的特点，密切联系中学教育实际和青少年的身心实际。这样选择的方法，才能成为实现环境教育任务的重要保证。

广义的环境教育的方法，包含环境教育的途径、教学方法和教学手段。

（一）环境教育的主要途径

当前，在中学环境教育中，基本上是利用三种途径。一是在相关的学科教学中进行环境科学知识、技能及环境道德的渗透教育；二是利用课外活动开展多种形式、多种层次的环境教育；三是开设环境教育选修课，可分必选和自选两种形式。

1.渗透在各学科教学中

这种教育途径，目前在中国的中学内采用的比较普遍，开展起来也容易贯彻实施。

从中学设置的学科来看，化学、地理、语文、生物、物理等学科，都有利于渗透环境教育。

象化学学科内容中的氯气、氯化氢、氟化氢等污染物质与人体健康；硫的氢化物及氧化物污染，硫酸生产中的污染与人体健康；砷污染与人体健康；氮氧化物的污染与防治；氨、铵盐、硝酸、硝酸盐、磷及其化合物，以及乙醇、醛与人体健康等基本知识，都能渗透环境教育的内容。

在地理学科，通过地质、大气、水、土壤等与人类环境的关系；海洋、陆地水的保护；森林、土地、物种、矿产等资源的保护；农业生态环境保护；工业布局、生产与环境保护；能源的利用与调整和农村能源问题；人口和城市问题；协调人类发展与环境的关系，以及人类面临的严峻的环境挑战问题等内容，都可渗透环境教育。

语文课，主要通过有关文章对景、物的描述，将丰富的环境知识寓于生动形象的文学作品之中，使人们在阅读文学作品领略其艺术美的同时，不知不觉地强化环境意识，激发起热爱环境、保护环境、维护生态平衡、造福子孙后代的强烈责任感。象语文教材中有关日、月、星辰、云雾、风雷、雨雪、气候、节令、江河、泉瀑、湖海、土地、山、沙漠、平原与绿洲、花草、树木、禽、兽、鱼、虫、市镇、名胜古迹、自然风光等景物，都反映了文学与大气环境、水环境、土壤环境、生物环境、人工环境的关系，所以，都可藉此渗透环境教育。

通过生物课教学，可以使学生了解生物与环境的相互作用，特别是环境污染对植物、动物的影响；植物资源、动物资源的保护；环境污染对生态系统的危害；生态学在环保工作中的作用；生物工程在治理环境污染中的作用；控制人口增长速度与维护全球环境的对策；保护环境是我国的一项基本国策和走具有中国特色的环保道路等问题，进而达到环境教育的目的。

物理课可以通过噪声的危害与防治；人为的大气污染，特别是酸雨、酸雾的产生与危害；热污染及其危害；静电污染及其危害；光污染、电磁污染、放射性污染与防治；能源利用与开发等知识，进行渗透性的环境教学。

渗透环境教育于各学科教学之中，在实践时应注意以下一些问题：

①在备课时，要认真挖掘教学内容中进行环境教育的因素，并把它列入单元或课时教学计划（教案）中的教学目的之内，以便在实施中能有计划、有目的地进行。

②授课过程中，要用科学的立场、观点和方法解释环境方面的知识，同时要注意从中国的国情出发，不能单纯地照搬国外处理环境问题的经验和环境教育的做法。

③要注意学科特点，根据学科内容及教学特点采用不同的教学方法、手段。如在物理、化学、生物课中运用实验的方法讲授某些环境知识，效果可能更好。

④要考虑学生的年龄及文化科学基础知识的水平。低年级讲授环境科学知识宜生动形象；高年级宜加强逻辑性、系统性。

⑤要联系实际。学生对周围的自然环境和社会环境都是最熟悉的。因此应联系学生亲自感受到的环境问题、环境保护的成果来进行教育。

2.开展环境教育的课外活动

环境教育的课外活动，是目前中学开展环境教育的重要途径。

环境教育的课外活动不受课时、教学计划及学科教学内容的限制，易于为学校领导、教师和学生所接受，而且其形式生动活泼、内容多种多样，适合各种爱好的学生参加，符合不同水平的学生要求，是渗透式教学不可替代的教育途径。

环境教育的课外活动形式，可以有环境小组活动、环境教育参观活动、环境保护的宣传活动、环境方面的调查或考察活动、环境知识竞赛活动、环境教育的夏令营等等。

①环境小组活动。小组人数不宜过多，以 10 人左右为宜。参加小组的学生，应以同年级学生组合为主，也可以由不同年级学生组合。小组组成后，要有明确的活动计划。活动计划要发扬民主协商精神，经过充分讨论议定。酝酿计划时，教师事先应有所准备，在个别征求意见的基础上，预先拟定活动的初步计划要点，便于学生讨论、补充、丰富，防止毫无准备的空泛议论。活动计划的主要内容为确定任务及每次活动的时间、内容；应做好的组织准备和物质准备；实施中要注意的事项；最后完成的成果（或做总结）。小组既可进行专题性的活动，如对某条河流、工厂、地区的某项环境问题进行专门考察、分析、研究，也可以组织多项内容的综合性活动，例如，对某个钢铁厂污染大气、水，以及产生固体废物的现状进行调查，并提出治理的意见。

②环境教育的参观活动。参观社会上举办的环境展览，或者结合学科渗透教学的内容，有目的地参观一个工厂、一个农村的环保成果。北京市大兴县留民营由于搞了生态建设，使这个过去贫穷的小村，变得水秀地洁、绿树环绕，环境优美。几年来，被称为生态农业村的留民营吸引了国内外参观者 20 多万人次，大家惊叹这里“宛如人间仙境”。组织这种参观，可使学生感到真切可信，增强环境保护意识。

③出版环境保护的黑板报、壁报、铅印油印刊物；到社会上宣传保护环境、爱鸟、爱树、爱护花草活动等等，都属于环境保护的宣传工作。学生在参与这些活动中，既宣传教育了群众，又能提高自身的环境意识和责任感。

④环境的调查或考察活动内容，分为自然环境调查和社会环境调查，也可以同时进行这两方面的调查或考察，由于多在本地区进行，所以属乡土环境调查或考察。考察与调查的人数不限。在活动前，教师应预查、订好计划和拟出调查提纲。这种活动的意义和作用是明显的。它符合理论联系实际的教学原则，既能使大多数学生通过观察、分析，掌握或印证环保知识，又能使一些勇于探索、研究环境科学奥秘的学生，扩展攫取知识的天地，施展他们的才能，起到因材施教的作用。同时，这种活动又可以增强学生的环境意识和环境道德观念，激发学生自觉学习环境知识和培养科学的态度与方法。

⑤环境知识竞赛活动，是一种富有竞争性、进取性的环境教育课外活动形式。它对提高学生学习环境知识的兴趣，发展智力，培养学生自强、进取和坚毅的品德，很有益处。组织竞赛要有明确的目的和周密的准备。其中出好竞赛题是关键。所拟的题目要有知识性、趣味性、启发性和思想性，注意联系实际，既要有一定难度，又能够被学生理解；文字应通俗易懂，最好图文并茂，并注意利用声像设施显示题意。预赛的试题和复、决赛的试题层次、难易程度应不同，但在同一层次的竞赛中，每组试题的难易应基本相同。赛前应订出标准答案和评分标准。要做好有关组织工作，其中选好参赛队员是重要的一环。参赛队员最好在同年级组合，他们除具有较丰富的环境知识外，还应比一般学生思维灵活敏捷、逻辑性强，回答问题准确快捷，口齿清楚流利，并富于激情和文采。应注意对参赛队员的培训。应有明确的竞赛规则及要求，并让每个队员通晓。竞赛中，评分要严格公正。

⑥组织环境教育夏令营。它一般由主管部门，如环保局、教育局或环境科学学会等进行组织，一个学校或几个学校也可联合组织。夏令营可围绕环境问题，确定一个或几个中心，通过组织参观、调查、知识竞赛、环境文艺宣传评比、讲座等多种形式的活动，达到环境教育的目的。在活动中要安排好食宿，注意饮食卫生、人身安全和交通安全。

3.开设选修课

在中国，限于教育主管部门制订的教学计划，环境教育尚未列入必修课。在环境问题越来越引起社会的普遍关注，人们的环境意识日益增强的情况下，环境教育也逐步被提上议事日程。目前，不少地区和学校，有的已经开设了环境教育的选修课，有的正在着手进行教材建设和师资培训工作。例如北京市一所中学已开设《人与环境》选修课，其教学大纲（草案）如下：

教学目的

①使学生初步了解人与自然环境、社会环境的关系；了解大气、水、土壤、生物等环境污染以及噪声与生态系统遭受破坏的情况和原因，从而明确防治各种环境污染及制止生态破坏的途径和措施。由此逐步建立起环境意识和道德行为观念。

②通过环境课的基本知识学习与实际技能的训练，提高学生分析问题和解决问题的能力。进而增强参与环境保护工作的意识和行动。

教学计划

①目前暂时在初中二年级开设，将来在高中一年级或二年级开设。

②每周授课 1—2 课时，开设一学期。

教学内容要点

①序言

环境的概念。环境的结构：自然环境、社会环境。

人类与环境的关系：环境为人类提供生存的物质和活动场所；人类对环境的发生发展进行利用、改造、调控和造成的破坏。

环境问题及产生的原因。

②大气环境的污染及防治

大气组成及成分。

大气环境的污染：污染物及污染现象、污染源。

大气污染的治理与控制。

③水体环境的污染与防治

人类生存与水资源的关系：生活用水、生产用水。

水资源的环境问题：分布不平衡、城市用水的超负荷与浪费、水体污染。

水体环境问题的解决措施与防治 :跨流域调水、节约用水（生产与生活）、减少排污、加强水资源的规划与管理、调整耗水量大、排污多的工业布局等。

④土壤环境问题及治理

全球陆地土壤结构：农田土壤、森林土壤、草地土壤等。

土壤的环境问题：土壤侵蚀（水土流失、沙化、盐渍化）、土壤污染（过量与不合理的使用农药、化肥）。

土壤保护与污染的防治：植树造林、种草、控制和消除污染源（合理使用化肥与农药、生物防治）。

⑤生物环境问题及治理

生物与环境的关系。

生态系统与生态平衡。

生物环境问题及防治：生态平衡的破坏及防治；生物污染及防治；生物病害及防治。

世界与中国的自然保护区。

⑥城市环境问题及治理

城市的特点。城市性质的区分。

城市环境问题及防治：工业过度集中；城市规模过大；城市人口骤增；居住条件恶化；交通紊乱；噪声等。

选修课与讲座不同，它有相对稳定的和比较系统的教学内容，纳入学校教学计划之内，有固定的授课时间、地点和教师。学生可自由选修，但要进行考勤和考查。考勤和考查的结果应记入学生学习档案（学籍簿）和学习成绩通知书内。考查的成绩可作为评“ 三好 ”和保送的条件之一。

（二）环境教育的主要教学方法

教学方法，是指教师和学生为完成教学任务，所采用的教授方法和学习方法。因此，环境教育的教学方法，既包括教师的教，也包括学生的学。那种认为教学方法仅仅是教师的教授方法的认识是片面的。教师不仅要教学生“ 学会 ”，而且要教学生“ 会学 ”。一个好的教师不是向学生奉送真理，而

是教学生去发现真理。

教学有法，教无定法。教学有法是指教学方法的采用，必须符合人类，特别是学生的认识规律，符合环境科学知识的认识规律，符合环境教学任务和环境教学内容的要求。教无定法是指在采用的教学方法上，要从实际出发，根据我国的国情，从本地区，本校、教师、学生、设备等具体条件出发，不能搞“一刀切”、“一个模式”，不能搞生搬硬套，应该提倡不同的教学风格和流派。实践证明，任何一种教学方法都有可取之处，但又不是万能的、唯一的、不变的最优方法。

环境教育的教学方法常用以下几种：

1.启发式讲授的方法

启发式讲授的方法，是教师运用口头语言，或借助教具，启发学生积极思维的方法。它可以使教师用最短的时间，在学生配合下，取得最佳教学效果。

讲授时，还可分为讲述和讲解两种方法。讲述，是教师运用自己的情感和生动形象的语言叙述或描绘所讲授的内容。象讲述重大公害事件及造成的危害、环境保护成功的事例等，这种方法多适用于低年级的学生。讲解，就是教师通过逻辑方法，运用分析、解释、说明或论证讲授有关内容。象环境教育中各种污染物的产生原因及防治措施等，都可通过讲解进行。这种方法多适用于高年级学生。不论讲述或讲解，均可采用谈话的方式，通过师生对话，提出富有思考性的问题，并逐步深入探讨，得出结论和提出解决问题多种方案，从而使学生获得具体生动的环境科学知识。

启发式讲授的方法，能够比较充分地激发学生的智力和能力，特别是思维能力的发展。而怎样提出问题，是启发式讲授方法成败的关键。所提问题必须富有启发性，能激起学生的兴趣和促使学生积极思维。所提问题应有一定的逻辑顺序，注意难易适度，形式多样。问题提出后，要给学生适当的思考和讨论时间，选择能促进问题深入讨论的学生进行对话。对学生的回答要做及时评价，并以表扬鼓励为主。若学生的回答不理想，或形不成师生间的沟通，也应变不利为有利，激发起学生学习兴趣，调动学生学习的自觉性。在分析问题时，要逐层剖析，步步深入，及时小结。

2.观察和实践的方法

环境科学，是一门新兴的科学，也是一门涉及自然科学和社会科学的边缘学科。同时，它又是一门随着环境问题出现和变化，以及适应环境保护事业需要而不断发展的应用科学。因此观察和实践的方法是环境教育的主要方法之一。它包含观察、参观、调查等方法。

①观察的方法

环境教育观察方法，分为直接观察和间接观察。

直接观察，是指导学生亲身参加有关环境污染、自然资源和生态环境破坏的现象的实地观察；保护环境措施采取后环境改善状况的观察；通过环保仪器进行对大气粉尘和二氧化硫，对噪声，对水体富氧化等方面的监测结果的观察等等。

间接观察，是指导学生通过文字（课本、课外读物、报刊）、图表、仪器、模型、电影、录相、幻灯等，进行阅读、观看，了解环境污染现象和造成的危害；追踪污染源；验证环保成就等。

观察环境是对人类环境中各种事物和现象有计划、有目的的知觉过程。观察，是环境教育学习的开始，又是学生发展环境知识记忆、思维、想象的基础。因此，我们在环境教学的教学过程中，无论采取哪种教学方式和方法，组织哪类环境教育的教学活动，都应指导学生进行有计划、有目的观察，启发他们的求知欲望。

②参观的方法和调查方法

参观和调查方法在开展环境教育的课外活动一段中已做过论述。

3.发现的方法

发现法，是指让学生通过独立思考，自行发现问题，寻求答案，得出结论的教学方法。这种教学方法的积极倡导者是美国心理学家布鲁纳。目前，许多国家都很重视此种方法。环境教育中也可采用这种教学方法。

要求学生独立去获取环境知识的实质是使学生具有独立获取知识的本领。当然，在此过程中离不开教师的积极引导，为学生创造问题的情境，提出学习研究的问题，提供学习的资料、实验手段等。

这种方法适用于：

①揭示环境事物之间的联系和因果关系，以形成新的概念和规律时；

②根据已学过的环境知识，运用逻辑方法得出新的概念和理论时；

③当新学的环境知识内容，通过学生独立钻研可以接受或解决时。

总之，学生将要学习的环境方面的新知识，是既具有一定的难度，但又不是高不可攀的，是经过学生的努力完全能够独立解决的知识。过难的问题，学生完全不了解的知识，或与已学过的知识没有联系的知识，是不适合使用发现法来学习的。

运用发现法教学的一般步骤是：

①提出问题。教师提出问题并解说问题的情境，促使学生对问题产生疑问，明确应解决的问题。

②合理假设。学生利用教师提供的材料和已有的知识，针对问题提出合理的假设。

③检验假设。学生对所提出的假设，通过实验、论证、讨论、辩论，进行理论上和实践上的验证。

④做出结论。学生在比较、分析、推理的基础上做出正确的结论。

发现的方法，往往是和观察的方法、参观的方法、调查或考察的方法、演示的方法、实验的方法结合进行。例如，学生在学习大气污染问题时，可从观察有关的图片、录相、电影，以及实地观察，发现大气污染问题中的污染现象、污染源和不同环境、不同治理所产生的不同污染结果。学生在发现问题中，通过学习、求解、分析、对比，提出自己的认识，并经过验证（与教师或其他同学的看法）、论证，丰富和纠正自己的发现，最后获得比较正确的完整的结论。

4.讨论的方法

讨论法，是在教师指导下，在全班或分成若干个小组，围绕环境课教材中的主要问题发表意见进行讨论、研究的一种方法。

这种方法容易激发学生学习的积极性和主动性，学生能普遍的动脑、动口，课堂气氛比较活跃热烈；交流的信息多，能适应各种不同程度和发展水平的学生要求；可以集思广益，互相启发，加深理解，培养学生钻研、探索的精神。但讨论的方法占时较多，掌握不好，教师的主导作用要受到一些影响。

具体做法可采取的方式有：一种是由教师先提出问题，指示思路，让学生事先搜集材料，准备好发言提纲，然后组织学生讨论或辩论。一种是由学生先提出问题，教师归纳概括出几个问题，再让学生进行准备，最后组织学生讨论。这种讨论，可以是小组形式，也可以在全班进行。小组讨论需要事先指定或推出发言人，以便在小组讨论时记录大家的发言论点和材料，进行综合归纳，代表全组汇报本组同学对某些环境问题的看法和所提供的防治意见。学生讨论问题时，要防止空泛议论。讨论的问题较多时，最好解决一个再提出另一个。不管是分组讨论还是全班讨论，教师都应发挥主导作用，及时启发导向，不使讨论偏离中心议题；最后，教师要做总结发言，表明自己对问题的看法。同时，还应明确肯定在讨论中准备充分、发言认真、论点正确、说明清楚、论据可靠的学生，并给予表扬和鼓励；要关心那些不积极参加讨论的学生，进行具体的帮助，给他们创造讨论和发言的机会。

在环境课上选用讨论的方法的关键，是教师要根据教材，抓住那些容易引起争论的问题，或根据观察、调查、实验容易得出不同结果的问题，组织讨论，开展多方面的分析与研讨。不是所有的环境课教材都适宜讨论。一般说来，对环境现象的特征分析、环境问题的因果关系的判断、治理环境污染途径的探索等抽象思维问题，学生的认识往往差别很大，可以通过讨论互相启发、取长补短、集思广益，得出比较满意的结论。

另外，讨论的组织方式，除小组、全班讨论外，如果是不太复杂的环境知识问题，也可以采用就近的一些学生三三两两的议论来解决。这种小范围议论的方式，如与分组、全班讨论以及启发式讲授方法结合进行，将会取得更好的教学效果。

5.演示的方法

演示法，是通过实物、直观教具（如标本、模型、图片、图表、地图等）、实验手段和电化教学手段（幻灯、投影仪、录音、录相、电影等）、监测手段（如水样采集器、大气采样器、声级计等）等的演示，使学生从观察中获得有关环境感性知识和理性知识的方法。

演示的方法，直观性强并且节省教学时间。由于环境科学知识涉及范围大、内容广，具有广阔性和复杂性特点，而环境教育的场所多半是控制在一定区域和场所内，教师和学生都不可能处处身临其境，所以往往只能借助一些手段和工具完成环境教育任务，而演示就是其中一种捷便生动的方法。例如电化教学能通过声像的动态表现环境事物和现象，既生动逼真，又不受时空地区的局限，因而对提高学生学习兴趣，集中注意力，获得正确的环境概念十分有利。

当演示时，学生能感知到环境事物和现象的发展变化过程，以及它们相互间的多种联系，从而能够比较容易地理解新知识。在演示过程中，教师要善于启发学生思考，提出问题让学生边观察演示边思考；把新知识与旧知识及各种现象联系起来，并指示学生沿着科学思维的途径和方法去掌握知识。

6.实验的方法

实验的方法是在教师指导下，学生运用一定的仪器设备，对环境教育的某些内容如水质、土壤酸碱度和湿度、水土流失等等，进行独立的实验作业，从而获得环境知识和技能的教学法。

环境教育实验的方法，可起以下四方面的作用。

①通过环境实验，能激发学生爱环境科学，学环境科学的强烈愿望与浓厚兴趣，从而调动学生学习环境科学的积极性。教师应该善于适时通过有关环境实验去吸引学生，造成良好的学习气氛。

②通过环境实验，展示环境现象及问题，总结规律，验证结论，开发学生智能，获取知识。这是环境实验教学的一项重要任务。通过实验揭示的环境问题现象、规律和建立的环境概念，具有很强的直观性、可接受性。这些经过实验验证的结论知识，学生易于理解和掌握。

③中学生动手能力差，通过环境实验也是培养学生实验技能、技巧，提高动手能力的一条途径。

④通过环境实验培养学生非智力因素，如品质和作风。学生通过一系列由简单到复杂、由现象到本质、由定量到定性的实验，可以领悟到实验是人们认识客观世界，掌握客观规律的一个重要方法。但是，搞好实验必须要有执着的追求真理的精神，一丝不苟的严谨作风和实事求是的态度。

组织和进行环境实验时，应注意以下几点：

①实验前，教师应做好充分的物质准备工作，如准备和检试仪器，配制药剂，检查电源等等。在可能条件下，应该有“备用件”和维修工具。

②做好组织工作，如分组、规定纪律要求、明确实验目的和操作步骤。

③实验时应遵循三个原则，即安全第一的原则，爱护实验器材的原则，操作规范合理的原则。防止出现伤害事故或损坏实验器材现象。

④每次实验，均应要求学生达到预定的实验要求，如观察某种现象，记录下某个实验数据，验证某个规律等。如果达不到，或实验误差超出允许范围，则应帮助学生分析情况，找出原因，排除障碍，重新完成实验。

⑤培养学生重视实验中出现的“反常”现象。这对启迪学生发现问题或发展求异思维与探索精神，是一个良好的契机。教师要善于抓住这个时机，提高学生的科学素养。

⑥实验是培养学生技能、技巧和动手能力的一种途径。要求创造一切条件尽量使每个学生都有动手实验的机会。既便实验设备不够，也可以分批上实验操作课或轮流操作。不应该出现实验课仅是少数人操作，其余人员充当“助手”和“观察员”或“记录员”的现象。

⑦实验完毕后，要求学生整理好实验器材，整洁完好无损的交给实验老师。

⑧每次实验，都应要求学生认真写出实验报告。在需要和可能的条件下，发动学生将实验成果写成小论文、绘成教学挂图、统计图表和制做成标本。

环境教育中的实验内容很多，因此，我们采用实验的方法教学时，也要从实际出发，根据学校的具体实验条件进行。象对小河、池塘水体的溶解氧（D_0）的测定、化学需氧量（COD）的测定、生化需氧量（BOD）的测定、水的硬度测定、大气中飘尘的测定、土壤酸碱度的测定、水土流失实验、土壤湿度的测定、绿化与气温、粉尘、噪声关系的测定等等，都能通过室内实验作业与室外观测，或室内、外结合，取得实验的结果。教师和学生利用这些实验的结果，去分析、探讨环境教学内容。由于这些内容是经过实验证实的，学生不仅感到亲切、真实、可信，同时，也可从中体会到要获得科学知识和真理，必须采用科学的途径和方法。

（三）环境教育手段的革新

由于环境教育认识的对象，即各种环境事物、现象、成因、防治措施与途径等，本身都存在着广阔性和复杂性，在空间和时间的分布、演变规律，以及相互联系的关系等等，学生在课堂上是不能直接观察到的；仅听教师的讲授和展示某些静态的直观教具，有时也是很难于理解和接受的。如果革新环境教育的手段，充分运用各种电化视听设备教学，就会在很大程度上改善或解决这个问题。在教育经费不足，电教设备在许多学校内短缺的情况下，我们也应本着因地制宜、因陋就简和修旧利废的精神，努力创造革新环境教育手段的新局面。

根据中国国情和教学实践，着重介绍以下几种电教设备在环境教育中的应用。

①幻灯及投影仪的应用

目前，现成的环境教育的幻灯片和投影片还极少，只有依靠教师自己绘制和摄制。

幻灯机和投影仪，是我国目前中等学校普遍使用和最简便的电教设备。环境教育过程中，应充分利用这些设备。它的特点和作用如下：

第一，能够提供大量的形象逼真的静止画面，使之富有真实感；能够在屏幕上停留较长的时间，便于学生较仔细地观察，利于教师依片讲解。特别是彩色的环境教育图片，感染力更强。如酸雨的污染现象、近海赤潮、太湖蓝藻等。

第二，可以节省课堂教学时间。只要在课前把所需的图象事先预制好，在课堂上根据需要陆续放映，陆续更换，不需临时在黑板上绘画或书写。

第三，可以使模糊的环境概念得到强化。例如生态系统、环境结构、食物链等有关环境概念，仅靠教师口讲，费时费力，学生又不易很快理解或获得完整的概念；幻灯片或投影片的直观画面，可使学生在很短时间内一目了然。

对投影仪的使用，通常采用以下几种方式：

单片显象 根据需要把投影片一张张地放映。这种方法简单易行，影像突出。缺点是只能孤立的静止的显示环境事物和现象的图像，不能反映它们的演变和相互联系。

多片重叠显象 把两张以上的内容相关但又不同的投影片，按照讲授的顺序依次重叠起来，显示一些环境事物和现象的分布、相互关系、发生发展变化规律、形成的因果关系等。例如，显示酸雨污染，一张片上只绘出挪威、

瑞典等少数国家，另几张片分别绘上中欧、东欧等国，如此陆续重叠显示，说明欧洲酸雨从七十年代开始，逐渐由北欧发展到中欧和东欧，酸雨危害的国家日益增多，面积日益扩大。如果把酸雨的酸度在上述一些国家不断增加的过程显示出来，学生更会加深对酸雨危害的认识。

此外，尚有分解和复合显象方式。即把内容比较复杂的图象，按讲授的顺序，分解成内容单一而又互相衔接的多幅投影片，最后复合成为一个完整的图象。这种做法，由简单到复杂，由分解到综合，符合学生的认识规律。

②教学电影和教学录相的应用

教学电影和教学录相片是声像同步的电教设备，可以把环境教育内容中抽象的概念，不易到实地观察的环境事物和现象，声像同步地显示出来。这些声像能突破时间和空间的限制，能表现出环境事物和现象的变化过程，使学生从电影片和录相片中能看到连续动作或变化过程，比幻灯片和投影片更生动形象的显示动态的影像，加上音响效果，就更逼真。

环境教育的电影片和录相片，不同于一般的景观片和科技片。它是以学生为特定的对象，以环境教育大纲和教学内容为依据，把一些难于用其它手段表现的，学生根本不可能直接观察到的发展过程如臭氧空洞、自然灾害中火山爆发（或火山活动）与地震灾害等环境事物和现象，依靠电影片和录相片表现出来。由于它们能声像同时显示，真实可信，对调动学生学习环境知识的积极性，能起较大的作用。

目前，直接供环境教育使用的影片和录相片很少，所以可选择一些与环境教育内容有关的科技片，重新加以节选和编辑。有条件的也可以自行摄制或录制。

环境教育应用教学电影片和录相片时要注意以下几点：

第一，教师要先熟悉片子的内容，根据教学内容，决定取舍或选择放映的段落，并将它纳入备课计划，写进教案。

第二，在课堂上放映的时间，每次以 30 分钟为宜；课外活动放映，可增至 1 小时左右。放映前应向学生提示重点观看的内容，应注意思考和解决的问题，以及纪律要求等。放映时，应保证场所安静，以免影响观看效果。放映后，通过口头或书面方式，了解学生解决和遗留的问题，以便日后弥补。

四、教师培训的必要性

环境教育目标和原则的实现，需要教师在教学过程中，有选择地和有效地运用上述方法。就这点来看，教师自身的素质是至关重要的。

教育是一项具有高度的组织性和计划性的工作，它传授给学生们的是必要的文化科学知识、技能、理解力、智力、判断力以及价值观等。在教与学的过程中，教师起着主导作用，是课程（或活动）的领导者和组织者。教师不仅能够激发学生的学习热情，而且能够安排学习顺序并左右学习环境，因而又是全部教育计划的执行者。所以，要成为一名好的中学教师，除应具备专业知识外，还必须具备有关青少年成长的心理及生理知识，并学习施教的技巧。当教育中开始引入环境教育的内容时，大力倡导对教师的专门培训是十分必要的。目前，环境教育已被许多国家和地区列入正规教育的范畴，成为一个新的教育重点。同时，一支区别于其他教师的，具备环境专门知识和技巧的教师队伍也在相应地扩大。环境教育事业取得的这些发展，是与对教师进行专门培训分不开的。

在中国中学环境教育起步时，各级教育部门及有关机构和团体应密切配合，尽早将教师的专业培训提上日程。按照联合国教科文组织的规划，出版本书，也正是为促进我国中学环境教育教师培训工作所做的必要准备。

第四部分 环境教育的内容

一、地理环境

地理环境的概念在本书第一部分中已经给出。下面将要介绍的内容大体上应归于地理环境中所包括的自然地理环境的范畴。

（一）地球在宇宙中

地球是宇宙中的一个天体，这个天体是太阳系中的一个行星。

1.太阳系

太阳系是由太阳、行星及其卫星、小行星、彗星、流星体和行星际物质构成的天体系统。太阳是太阳系的中心天体，它的质量占太阳系总质量的99.86%。太阳系中，其他天体都在太阳的引力作用下，绕太阳公转。太阳是银河系的一个恒星。而银河系是宇宙中的一个星系。银河系中象太阳这样的恒星有 2000 多亿颗。银河系的直径达 70000 光年。在银河系以外，人们观测到大约 10 亿个类似银河系的天体系统。宇宙是无限的。

目前已知太阳系有九大行星，按照它们同太阳的距离由近及

远的依次排列顺序是水星、金星、地球、火星、木星、土星、天王星、海王星和冥王星（见图 1）。

表 1　九大行星的比较数据

行　星	与 太 阳 平均距离（百万千米）	赤道半径（千米）	公转周期	自转周期	公转平均速　度（千米每秒）
水　星	57.9	2440	87.9 天	58.6 天	47.89
金　星	108.2	6050	224.7 天	243 天	35.03
地　球	149.6	6378	1 年	23 时 56 分	29.79
火　星	227.9	3395	1.9 年	24 时 37 分	24.13
木　星	778.7	71400	11.8 年	9 时 50 分	13.06
土　星	1427.2	60000	29.5 年	10 时 14 分	9.64
天王星	2870.0	25900	84.0 年	16 时左右	6.81
海王星	4496.0	24750	164.8 年	18 时左右	5.43
冥王星	5946.0	1350	247.9 年	6 天 9 时	4.74

行　星	质　量 (地球为 1)	体　积 (地球为 1)	平均密度 （克每立方厘米）	表面平均 温度（℃）	卫星数	有无光环
水　星	0.05	0.056	5.46	白天 350 夜晚 － 170 （固体表面）	0	－
金　星	0.82	0.856	5.26	－ 33 （云） 480 （固体表面）	0	－
地　球	1.00	1.000	5.52	22 （固体表面）	1	－
火　星	0.11	0.150	3.96	－ 23 （固体表面）	2	－
木　星	317.94	1316	1.33	－ 150 （云）	16	有
土　星	95.18	745	0.70	－ 180 （云）	21 — 23	有
天王星	14.63	65.2	1.24	－ 210 （云）	15	有
海王星	17.22	57.1	1.66	－ 220 （云）	8	有
冥王星	0.0024	0.009	1.50	－ 230 （？）	1	－

表中数据根据《中国大百科全书·天文学》、《简明天文学词典》等。

2.太阳概说

在银河系中，太阳只是一颗普通的恒星。恒星似乎是不动的。这是因为恒星距离我们十分遥远，在地球上看来，所有恒星间的相对位置似乎是固定不变的。

太阳具有极大的质量，太阳的质量是 1.989×10^{27} 吨，这相当于地球质量的 33 万多倍，或太阳系九大行星总质量的 745 倍。正由于质量上的巨大差异。太阳是恒星，而地球是行星。

太阳是由炽热气体构成的，主要成分是氢（H）和氦（He）。其平均密度仅相当于地球的 1/4。由于受到太阳本身强大引力的作用，这些炽热的气体，不致于飞散逃逸。

太阳与地球的平均距离约为 1.5 亿千米。太阳光到达地球只需要 8 分钟。除太阳外，最近的恒星（比邻星）的光，到达地球需要 4.3 年时间。

虽然太阳只是一颗普通的恒星，但是对地球来说，这颗恒星实在是太重要了。太阳表面温度约为 5500℃，中心温度高达 1300—1500 万℃。由于地球距太阳很近，太阳给予地球的能量特别多。据测算，太阳每分钟大约向地球输送 1000 亿亿焦耳的热能。地球得到的热能只相当于太阳所辐射热能总量的二十二亿分之一。对太阳来说，这是微不足道的。但对于地球来说，太阳的光和热是人类乃至万物赖以生存和活动的源泉。没有它，地球上的生命就不会存在。

（二）地球的形状、大小和运动

1.地球的形状和大小

从宇宙飞船和航天飞机上，我们可直接看到地球是一个球体。地球的南北半球不对称，北半球稍尖而凸出，南半球稍粗而凹入，地球的北极半径比南极半径约长 40 米，这些差异对于庞大的地球来说是微小的，但能说明地球是一个不十分规则的球体（见图 2）。

表示地球大小的有关数据如下：地球的极半径 6356.8 千米，地球的赤道半径 6378.2 千米（见图 3）；地球的平均半径 6371 千米；地球的赤道周长 40000 千米；地球的表面积 510 亿公顷；地球的体积 10830 亿立方千米；地球的质量 60 万亿亿吨。

2.地球的运动

地球作为一个行星在宇宙中不停地运动，除了其本身的运动外，它还要参加太阳系、银河系的运动。在地球本身的运动中，最明显的是自转和公转运动。

地球的自转 地球一刻不停地绕地轴旋转，叫地球自转。地球自转的方向是自西向东，周期是 24 小时。

地球的自转运动，对自然界具有深刻的影响。由于自转引起了地球上的昼夜交替，这种交替的进行又比较迅速，因此，对于地球上生物的生活极为重要。白昼的短促，使地球向阳的一面不致过度炎热，而黑夜的短促，又使地球背阳的一面不致过度寒冷。地球的自转决定着一昼夜 24 小时各种气象要素的变化，这对于绝大部分植物生活具有特殊的意义。绿色植物进行光合作用离不开太阳光。而在地球两极地区，由于半年为昼，半年为夜，多数植物不能生活。

地球的公转 地球除自转以外，还沿着椭圆形轨道环绕太阳运转，叫做地球的公转。太阳位于椭圆的两个焦点之一处。地球的自转与公转是同时进行的，而且公转的方向与自转的方向相同，也是自西向东。地球公转一周所需的时间为一年。

地球公转产生的最显著的自然现象是四季。由于地球总是朝着一个方向球体倾斜绕太阳公转，因此，有时候北半球倾向太阳，而有时候，南半球倾向太阳，由此循环往复，使得地球上同一纬度处太阳照射条件具有周期性的变化，造成了地面获得太阳热量的周期性变化。这里所说的太阳条件，主要是指太阳高度和昼夜长短。

太阳高度即太阳光与地平面的夹角。太阳直射地面，即太阳高度为 90°时，太阳辐射能集中在较小的一块地面上，这样单位面积上所获得的辐射能量较多。当太阳斜射地面时，单位面积上所获得的辐射热量减少。在同一地理纬度上，夏季太阳高度大，冬季太阳高度小。

地面接受太阳辐射能量的多少，除取决于太阳高度外，还取决于日照时间，与正午太阳高度一样，昼夜长短既有季节的变化，又有纬度的变化。对同一纬度来说（赤道除外），夏季昼长夜短，冬季昼短夜长。

地球在公转轨道上不停地前进，每年绕太阳公转一周，于是产生四季更替现象。

一年分为春夏秋冬四季，严格地说，这只是南北半球中纬度地带才有的现象。对于整个地球来说，应笼统称为季节变化。

地球上的季节变化是由太阳辐射、大气环流等综合因素形成的。而一个地区的气候则还与该地区的地面状况及人类活动的影响有关。例如城市的年平均气温要比其郊区高出 0.5—3℃，或者更多一些。

地球上的五带 地球上的热带、南北温带和南北寒带，总称五带。

地球上五带的划分，是以纬度为标准，即以正午太阳高度和昼夜长短为标准，因为它是地球表面冷热差异的基本原因。而季节变化的特点又是划分五带的依据。

以回归线和极圈四条纬线划分的五带都是一定的纬度地带，所以又可以说五带是纬度带。南北半球都可以分为三个纬度带，即热带、温带和寒带。热带是南北半球各自唯一的有太阳直射的纬度带，因为互相连接，习惯上被作为一个地带。寒带是南北半球各自唯一的有极昼极夜的纬度带。而温带则是南北半球从各自的热带到各自的寒带的过渡地带，是既没有太阳直射又没有极昼极夜的地带。

世界的气候 地球表面划分为五带，在每个带内，由于所处位置不同，以及海陆分布、地形，洋流等因素的影响，各地气温和降水的状况很不一样。因此地球上出现了各种各样的气候类型，主要有热带雨林气候、热带草原气候、热带沙漠气候、热带季风气候、亚热带季风气候、地中海式气候、温带海洋性气候、温带季风气候、温带大陆性气候、亚寒带针叶林气候、苔原气候、冰原气候、高山气候等。

属于热带的有热带雨林、热带草原、热带沙漠、热带季风四种气候类型。亚热带有亚热带季风和地中海式二种气候类型。温带有三种气候类型，即温带海洋性、温带大陆性和温带季风气候。亚寒带只有亚寒带针叶林气候一种类型。寒带地区有冰原和苔原气候两种类型。而高山气候则不受纬度影响。凡海拔 3500 米以上的高山和高原均属于高山气候。表 2 为世界陆地自然带情况。

人类活动与气候 气候既是人类生存的环境要素之一，又供给人类生产和生活的重要资源。气候与人类活动具有极为密切的关系。

一方面，气候对人类活动有很大影响，尤其是农业生产在很大程度上要受到气候条件的制约。城市建设、交通和工程建设等也都与气候条件有关。另一方面，人类活动对气候也有一定的影响。人工造林、修建水库以及大量使用化石燃料等，都会对气候产生不同程度的影响：为此，人类在从事生产活动时，必须注意合理利用气候资源，保护气候资源，使人类的生产和生活得以顺利进行。

（三）地球的圈层结构

地球是由若干个物质不同和状态不同的圈层所组成的。一般可分为外部圈层和内部圈层，它们都以地心为共同球心。

表 2　世界陆地自然带

	陆地自然带	气候类型	典型植被	典型动物
低纬度	热带雨林带	热带雨林气候	热带雨林	猩猩，河马
	热带季雨林带	热带季风气候	热带季雨林	象，孔雀
	热带草原带	热带草原气候	热带草原	长颈鹿，羚羊
	热带荒漠带*	热带沙漠气候	热带荒漠	袋鼠，沙漠狐
中纬度	亚热带常绿硬叶林带	地中海式气候	亚热带常绿阔叶林	阿乐卑斯山羊，鹞（tiān）鹿
	亚热带常绿阔叶林带	亚热带季风性湿润气候	亚热带常绿阔叶林	猕猴，灵猫
	温带落叶阔叶林带	温带季风气候 温带海洋性气候	温带落叶阔叶林	松鼠，黑熊
	温带草原带	温带大陆性气候	温带草原	黄羊，旱獭
	温带荒漠带	温带大陆性气候	温带荒漠	双峰驼，子午沙鼠
高纬度	亚寒带针叶林带	亚寒带气候	亚寒带针叶林	驼鹿，紫貂
	寒带苔原带	寒带苔原气候	苔原	驯鹿，北极狐
	极地冰原带	寒带冰原气候	冰雪裸地	北极熊，海豹

地球的外部圈层 地球的外部是由大气圈、水圈和生物圈组成的（见图4）。

1.大气圈

大气圈是地球的最外圈层，是自然地理环境的重要组成部分。空气的成分按体积计算，大约是：氮气 78%，氧气 21%，稀有气体 0.94%，二氧化碳 0.03%，其他气体和杂质 0.03%。一般来说，空气的成分是比较固定的，其中的氧气是人类和一切生物生命活动不可缺少的物质。厚厚的大气圈形成了一个天然的防护罩，它保持地球的“体温”，挡住太空中的宇宙射线，对刮风、下雨，降雪等现象都有重大影响。可以说，没有大气就没有目前地球上的自然界，就不会有生命出现。

2.水圈

地球上的水呈气态、液态、固态，分布于陆地、海洋和大气中，形成各种水体，共同组成水圈。地球上有丰富的水，这是不同于其他行星的特征之一。

从质量来看，水圈只占地球质量的万分之四，但是水圈在人类赖以生存的地理环境中起着重要的作用（见表 3）。

水在自然界的分布很广，地球的表面积的 3/4 被水覆盖。从太空观察，地球是一个美丽的，蔚蓝色的球体，因而地球又有“水的行星”之称。水是

地球上人类和一切生物得以生存的物质基础。例如，人体含水约占体重的2/3。鱼体含水达70%—80%，某些水果蔬菜含水达90%以上。此外，水在工农业生产、交通运输上也都具有重要的意义，而水的循环（详见生态系统部分）更是维持生态系统平衡不可缺少的方面。

3.生物圈

生物圈是地球上所有生物及其生存环境的总称。它占有大气圈的底部、水圈的全部和岩石圈的上部（详见生态系统生物圈部分）。

地球的内部圈层 地球内部的结构，无法直接观察。到目前为止，人们主要通过对地震波的研究，可以把地球划分为地壳、地幔和地核三个圈层。

地壳 地壳是指地面以下很薄的一层固体外壳，整个地壳的平均厚度为17千米。大陆部分平均厚度为33千米，我国青藏高原的地壳厚度达65千米，海洋地壳较薄，平均为7.3千米，最薄的地

表3 地球上各种水体的储量

水体种类		储量（万立方千米）	占总储量的百分比	占淡水储量的百分比
海 洋 水		133，800	96.53	
陆地水	地下水	2，340	1.69	
	其中1.地下咸水	1，287	0.93	
	2.地下淡水	1，053	0.76	30.06
	永冻土底冰	30	0.022	0.86
	土壤水	1.65	0.001	0.05
	湖泊水	17.64	0.013	
	其中1.咸水	8.54	0.006	
	2.淡水	9.1	0.007	0.26
	沼泽水	1.147	0.0008	0.03
	河水	0.212	0.0002	0.006
	生物水	0.112	0.0001	0.003
	冰川	2，406.41	1.74	68.69
大 气 水		1.29	0.001	0.04
总 计		138，598.461	100	
其中淡水		3，502.921	2.53	100

据《联合国水会议文件》1977年

方只有5千米左右。

地壳主要是由氧、硅、铝、铁、钙、钠、钾、镁、氢等元素所组成。地壳的体积仅占地球体积的1%，质量仅占地球质量的0.8%。各种元素在地壳里的含量相差很大（见图 5）。其中含量最多的是氧，其次是硅。氧几乎占地壳的一半，它在自然界起着重要的作用。含量较少的元素例如碳、氢、氮在地壳里分别只占0.087%、0.76%和0.03%，众所周知它们对自然界及动植物占有非常重要的作用。

地幔 地幔位于地壳和地核之间，所以又叫中间层。深度从 5—70 千米以下一直到 2900 千米。地幔占地球总体积的 83.4%，质量占地球质量的 67.8%，主要是由铁和镁的硅酸盐所组成。还可以把地幔分为上、下两层。上地幔到约 1000 千米深处。在上地幔上部存在一个软流层，据认为这里是岩浆的发源地。地壳运动、岩浆活动和火山喷发等可能都与此层有关。地壳和上地幔顶部是由岩石组成的，合称为岩石圈，厚度约为 50—250 千米。

地核 从地面下 2900—5000 千米深处，叫做外核；5000 千米以下到地球核心称为内核。据推测，地核部分的温度、压力和密度均很大，其组成以铁、镍为主。

根据布伦 1970 年在《行星地球的内部的物理学》一书，地壳、地幔和地核的密度如表 4。

地壳中的矿物 地壳中的化学元素，在一定的地质条件下，生成具有一定化学组成和物理性质的单质或化合物，这就是矿物。矿物是人类生产和生活资料的主要来源之一。

我国是世界上矿产种类比较齐全、藏量丰富的少数几个国家

表 4 地球圈层密度表

圈　层	上限深度（千米）	上限密度（克每立方厘米）	下限深度（千米）	下限密度（克每立方厘米）
地　壳	0		15	（2.83）
地　幔	15	3.31	2878	5.62
外　核	2878	9.89	5161	12.70
内　核	5161	12.70	6371	13.00

之一。至 1982 年底，在世界上已探明了储量的 150 多种有用矿产中，我国就有 136 种。如内蒙白云鄂博希土[1]矿，仅探明的工业储量为国外储量总和的 5 倍多。我国的钨、钛、希土、硫铁矿、砷、石棉、石墨等 10 种居世界首位。锌、钴、锡、钼、汞等 13 种矿物，居世界第二位或第三位。

岩石 矿物在地壳中很少单独存在，它们常常按一定的规律聚集在一起而形成岩石。岩石的种类很多，按照岩石的成因，可分为岩浆岩、沉积岩和变质岩三大类。

岩浆岩 又叫火成岩，是由岩浆冷凝而成的。花岗岩就是一种质地坚硬的岩浆岩，是很好的建筑材料，世界上很多著名建筑物是用花岗岩建筑的。

沉积岩 由砂砾或泥土在海洋、湖泊、盆地等处沉积而形成。常见的石灰岩就是一种沉积岩。我国广西、云南等地驰名中外的桂林山水、石林等，都是石灰岩被水溶蚀而形成的。

变质岩 由于受地壳运动和岩浆活动的影响，使岩石的成分、结构发生变化而形成的新岩石，叫做变质岩。洁白质密的大理岩俗称汉白玉，是优良的建筑材料，它就是一种变质岩。

地壳中的能源矿产——煤和石油

[1] ①按化学命名原则为希土，有的书上亦称稀土。

煤 煤是地质史上的陆地植物在沼泽中大量沉积而形成的，一般产在地质成煤时期的沉积盆地边缘。全世界煤的探明储量约有 20000 多亿吨。我国的煤炭资源极为丰富，储量位居世界前列。

石油 石油是地质时期的低等生物大量沉积在湖泊或海洋中变成有机质，经过复杂的地质作用富集起来的。石油多半形成在中生代及新生代的湖盆和大陆架上。

地球上有丰富的石油资源。据有关资料统计，到目前为止，全世界已经探明的石油储量超过 3000 亿吨。还有很多石油，特别是埋藏得比较深和埋藏在海底的，至今还没有被发现。

中东波斯湾是目前世界上最大的产油地区。我国现在探明的石油，主要在东北和华东地区。近年来，在邻近的海域及新疆等地，也发现了丰富的油、气资源。

石油在国民经济中占有着非常重要的地位。人们把石油称做“工业的血液”。我国是世界上最早发现和利用石油的国家之一。“石油”这个名称，是我国北宋时期的著名科学家沈括首先使用的。目前，我国的石油年产量已超过 1 亿吨，在全世界产油国中，已位居前列。

地壳的运动

由于受内力作用，地壳产生变位或变形的运动，叫做地壳运动。常见的地壳运动有褶皱和断层两种。

岩浆活动 地球在漫长的演变过程中，内部积累了十分巨大的热能。当热量积累到一定程度，岩石就会熔融成为岩浆。岩浆经常沿着地壳或岩石圈的裂隙或薄弱地带向上运动，在强大内压力的作用下喷出地表。火山爆发是岩浆运动的一种形式，这种活动称为火山活动。

地震 地震一般指地壳的天然震动。按成因可把地震分为构造地震和火山地震两种。构造地震是由于位于地壳或上地幔内的物质不断运动，产生一种相互挤压或推动岩石的巨大力量，当这种力量超过岩层所能承受的限度时，岩层会突然发生断裂或错位，使地面震动。构造地震影响大，破坏性强，世界上 90%的地震是构造地震。

地震的大小通常用震级表示。一般 3 级以下的地震，人无感觉。5 级以上的地震，会造成不同程度的破坏，称为破坏性地震。

我国是一个多地震的国家，历史上多次发生破坏性大地震，造成极大危害。目前人类对地震的认识还处于摸索阶段。搞清地质构造是进行地震预报的基础。地震前出现的各种异常现象，如地下水的异常变化、动物的异常反映、地壳变形等，也为预报地震提供了一定的依据。

外力作用与地表形态的变化

外力作用的主要形式有风化作用、侵蚀作用、搬运作用、沉积作用和固结成岩作用。

风化作用 由于温度变化以及水、大气和生物的作用，地表或接近地表的岩石发生的破坏作用，叫风化作用。如岩石的崩解破碎。

侵蚀作用 由于风力、流水、冰川、波浪等动力对地表岩石及其风化产物的破坏作用，叫侵蚀作用。如沙漠地区的风蚀洼地、风蚀蘑菇等，都是由于风力的侵蚀作用造成的。

搬运作用 风化、侵蚀的产物，被风、流水、冰川、海浪等转移离开原来位置的作用，叫做搬运作用。如流水的搬运作用，使河流中形成圆形的卵石，

搬运距离越远，则卵石磨圆度越好。

沉积作用和固结成岩作用 岩石风化、侵蚀的产物，在外力的搬运途中，由于流速或风速的降低，以及其他因素的影响，而导致物质逐渐沉积，这种作用叫做沉积作用。如位于河流下游的三角洲或冲积平原，都是由于沉积作用而形成的。

沉积物经过物理、化学以及生物化学的作用，变成坚硬的岩石，这种作用叫做固结成岩作用。

地表的风化、侵蚀、搬运和沉积作用是相互联系的统一过程。这几种作用长期地缓慢地进行着，不断地改变着地表的形态。

人类活动与地表形态 相对于地球漫长的历史,人类出现至今虽然仅有短短的二三百万年，但人类活动已大大改变了地表的形态。随着生产力水平的提高和科学技术的发展，人类活动对地球形态的影响逐步增大，如填海造地、开挖河道、开采矿产、修建水库、绿化沙漠等。

人类活动对地表形态的影响，既有积极的一面，又有消极的一面。如果人类活动违背了自然规律，就会对地表形态产生消极的有害作用。如大规模的毁林开荒、过度放牧，造成水土流失和沙漠化，最终导致了持续多年的非洲大灾荒，受灾国家达 36 个，数以百万计的人饿死。我国黄河流域，由于人类活动破坏了植被，导致严重的水土流失。因此，人类必须认识自然规律，并按自然规律办事，使地表形态的变化，朝着有利于人类的生产和生活活动的方向发展。

二、生态系统的一般概念

本文第一部分中已介绍了生态环境的概念，也指出了构成生态环境的各种生态因子共同地综合在一起对生物产生影响。实际上，这种影响是双向的。生物与其生存环境之间存在着相互影响、相互制约、相互依存的密切关系，保持着相对的生态平衡。

（一）生物圈

生物圈是地球上所有生物及其生存环境的总称。它是由生物（包括人类）因素和水、大气、岩石、土、热、光等非生物因素长期相互作用的结果。

生物圈内提供了生物体所需要的营养物质，包括氧气、二氧化碳以及氮、碳、钾、钙、铁、硫等营养元素。它们是生物体的组成成分，并且参加各种生理活动。

生物圈的范围究竟有多大呢？虽然生物分布的上限可达 15—20 千米的高空，在海洋中可到海底 10 千米深处。人们甚至可在 7.5 千米深的钻孔中发现有细菌生活。但绝大部分生物通常生存于地球陆地和海面上下各约 100 米厚的范围内。

做为地球一个外套的生物圈，其所以存在，是因为具备了下列三个条件：这里可以获得来自太阳的充足的光能；这里有可被生物利用的大量液态水；这里有适宜生命活动的温度条件。

生物圈是生物生存的场所。在这里，生物与环境之间进行着极大规模的物质和能量交换。一方面，生物的生命活动促进了能量的流通和物质循环，并引起了生物的生命活动发生种种变化。另一方面，生物既从环境中取得必需的能量和物质，环境也会因生物活动而发生变化，这些变化又反过来推动生物对环境的适应性。生物与环境之间形成了相互制约、相互依存的辩证关系，促进了整个生物界持续不断的发展与进化。

综上所述，在地球上凡有生命存在的地方均属生物圈。构成生物圈的生物（包括人类在内的形形色色的动物、植物和微生物），不断地与环境进行物质与能量交换。随着工农业生产的发展，人类对环境的影响越来越大。反过来，环境对人类的影响也随之扩大。因此，人类与生物圈的相互关系问题的研究，已越来越引起人们的关注。

（二）生态系统

生态系统是由生物群落及其生存环境共同组成的动态平衡系统。最早提出这一概念的是英国植物生态学家坦斯莱（A · G · Tans-ley）。他把有机体与其生存的环境看做是一个不可分割的整体。换言之，生态系统是一个生物群落同其生存环境之间不断进行着物质交换和能量流动，并互相作用、相互影响的动态平衡系统。

生态系统属于生物系统的高级层次，生物分为基因、细胞、器官、有机体（个体）、种群、群落等主要层次，每个生物层次都与非生物成分相互作用而分别构成不同层次的生态系统。各层次生物系统如果断绝与外界进行能量和物质交换就不能生存。例如森林、草原、海洋、河流、沙漠等则是地球

上主要的较大的生态系统。此外，象农田、矿山、工厂等也各自构成自己的生态系统。小的生态系统组成大的生态系统，简单的生态系统组成复杂的生态系统，因此也可以把整个生物圈看成是一个最大的生态系统。

在生物圈这个全球最大的生态系统中，之所以必须将人类这个特殊的生物考虑在其中，这是因为人类及人类社会在自身发展的历史中一直对生态环境产生着影响。如果人类行为改变了生态学的限制条件，就必然会引起生态平衡的变化。从长远来看，人类对生态环境的影响能否在生态系统中取得协调，或是正在破坏这种结构，这些问题已引起了全球广泛的关注，并组织起专门的研究机构和研究队伍。

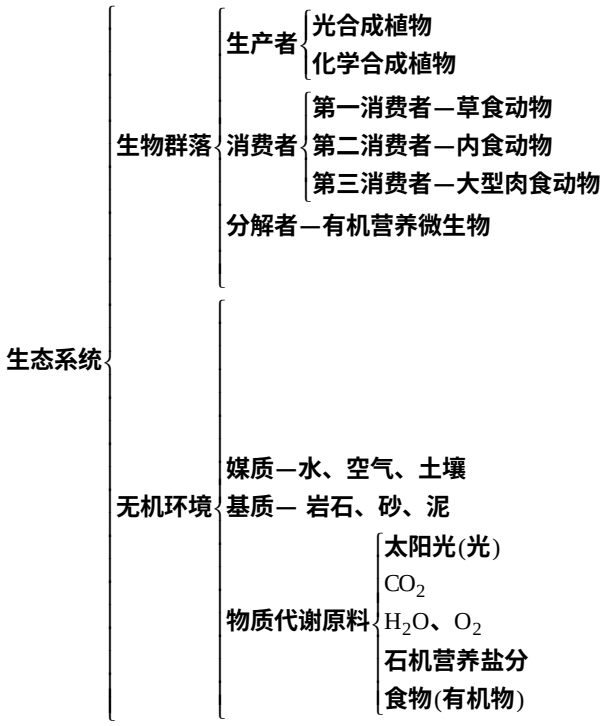
目前，生态系统是生态学中最活跃的一个领域。继 1970 年联合国教科文组织建立的“ 人和生物圈计划 ”（MAB）之后，1975 年又由四个国际组织成立了“ 生态系统保持协作组 ”（E · C · G），旨在进一步加强对生态系统的研究。其中心任务是研究生态平衡和自然环境保护，以及维持和改进生态系统的生物生产力。

（三）生态系统的组成

生态系统是一个处在不断运转中的功能系统。在生态系统中强调的是系统中的物质循环和能量流动。因此生态系统的组成，主要是从营养功能上划分。尽管生物和生物、生物和非生物之间的关系十分复杂，但一般都可以概括为生产者、消费者、分解者和非生物环境（无机环境）四个部分。如图 7 所示。

1.生产者

生产者是指制造有机物的绿色植物。绿色植物通过叶绿素吸收太阳能进行光合作用，把从周围环境中摄取的无机物合成碳水化合物，也就是把太阳能转变为化学能贮存起来，不仅供自身生长发育的需要，也是其他生物种群以及人类的食物和能源的供应者。



2.消费者

消费者是指各种动物，分为一级消费者、二级消费者、三级消费者等等。草食动物直接以植物为食，是一级消费者，以草食动物为食的肉食动物称为二级消费者，以二级消费者为食的动物称为三级消费者，依次类推。但它们之间的划分并没有严格的界限，许多动物是既食植物、又食动物的杂食性动物。最后一级是人，人是最高级的消费者。

3.分解者

分解者是指细菌、真菌等微生物，它们的营养是死的生命体。它们把死的动、植物的复杂有机物分解成简单化合物，释放回生态环境，被绿色植物重新利用。显然，这些肉眼看不见的生物的作用是巨大的。

4.非生物环境

非生物环境包括碳、氮、氧、二氧化碳和无机盐等以及光照、温度、水、土壤等生物赖以生存的环境。亦可称无机环境。

大部分生态系统都具有上述四个组成部分，其中生物群落处于核心地位，它包括许多种动物、植物和微生物。无生命物质的组成也很复杂。就一个小池塘来说，里面有水，有植物，有鱼类和各种微生物等。其中的植物和藻类能进行光合作用制造有机物，是这个生态系统的生产者。而浮游动物和蚤类等以单细胞的藻类为食，是一级消费者。鱼类以一级消费者为食，是二级消费者。池塘中生活的食鱼的鸟类，是三级消费者。分解者则是池水和底泥中的微生物，是它们把池塘中的动植物残体分解成简单的化合物。水、底泥及其中的各种无机物和有机物、大气、水中溶解的氧、阳光、温度等各种

非生物因素，构成这个生态系统的生态环境。这就造成了一个完整的生态系统，成为自然界的一个基本功能单位（见图 8）。

（四）生态系统的类型与特征

1.生态系统的类型

生态系统在自然界中可大可小，多种多样。一滴水、一个池塘、一片森林、一座矿山都可以成为一个生态系统。按生态类型的不同，可分为水生生态系统和陆地生态系统两大类（见表 5）。

表 5　生态系统类型划分表

水生		陆生
淡水	海洋	荒漠：热荒漠、冷荒漠
流水(河、溪)：急流、缓流	海岸线：岩石岸、沙岸	冻原
静水(湖、池)：滨带、表水层、深水层	浅海	极地
	上涌带（up welling）	高山
	珊瑚礁	草原：湿草原、干草原
	远洋：远洋上层（表层）、远洋中层（中层）、远洋深层（中层）、极深海（底层）	稀树干草原
		温带针叶林
		热带森林：雨林、季雨林

（仿 S.L.McNaugbton.1973）

水生生态系统　水生生态系统约占地球表面的 2/3，包括海洋和陆地上的江、河、湖、沼等水域，这些水域中都有生命存在。根据水体的物理、化学性质，又可分为海洋生态系统和淡水生态系统。淡水又可分为流水生态系统（河、溪）和静水生态系统（湖泊、水库）。陆地生态系统根据地球纬度及水、热等环境条件，按植被的优势类型可分为森林、草原、荒漠、冻原、高山等生态系统。如森林生态系统又可再分为热带林、亚热带林、温带林、寒带林等，以下还可再分。需要指出的是，随着人类社会的发展，人们在多方面干预影响自然生态系统的同时，又建立了各种类型的人工生态系统，如城市生态系统，农田生态系统以及宇宙飞船生态系统等。

2.生态系统的特征

生态系统是开放系统生态系统是一个开放系统，它不断地同外界进行物质和能量的交换。生态系统接受的太阳光能，最后以热能形式被消耗。而维持生命所需的碳、氧、氮、磷等元素，则以一定的方式循环。

生态系统处于运动中 生态系统总是处在运动中,在一定条件下可达到稳定状态，即生态平衡。生态平衡是动态平衡，随着时间和条件的变化，生态

系统是在不断地变化着的。

生态系统自身有恢复调节的能力 一个相对稳定的生态系统受到外界干扰时，自身有恢复调节的能力，由平衡到不平衡，再由不平衡达到平衡的状态。但当受到外界干扰超过其自身调节的能力时，就会对生态系统带来影响。

一个自然生态系统的形成是不断发展、进化和演变的结果。生态系统一般有其自身发展的生命周期，并随年份、季节和昼夜在时刻发生着变化。随着时间的推移，一种生态系统将为其他不同群落生态系统所替代，发生连续的演变过程。

（五）生态系统中的能量流动

能量是生态系统的动力，是一切生命活动的基础。生态系统的重要功能之一就是能量流动。生态系统中全部生命活动所需要的能量均来自太阳。来自太阳的能量在生态系统中的流动是按热力学定律进行的。能量守恒定律指出，能量可以从一种形式转变为另一种形式，从一个物体转移到另一个物体，在转变过程中，能量既不会消灭，也不会增加。太阳能向地面传送时，真正被绿色植物利用的只占辐射到地面上的太阳能的 1%左右。其余部分被大气吸收或反射回去。

绿色植物利用这部分太阳能进行光合作用，将太阳辐射能转变为化学能，即绿色植物通过光合作用制造有机物，以满足消费者的需要。

$$6CO_2 + 12H_2O \xrightarrow[\text{叶绿素}]{\text{2820千焦(光能)}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2\uparrow + 6H_2O$$

上式表明，绿色植物每合成 1 摩尔的碳水化合物，同时将 2820 千焦太阳能以化学能的形式固定下来。这正是地球上所有的生态系统所需要的能量的来源。

生物量和生产量

生物量 是指在一定时间内，单位面积上现有生物体的总量，也叫现存量（n）。通常用单位面积上或单位体积内的干物质重量或能量来表示。例如，某池塘平均每立方米水体中有鱼 0.8 千克（干重），那么该池塘的鱼的生物量 N＝0.8kg/㎥。

生产量 是指在一定时间内,某生物种群或整个生态系统所生产出来的生物体的个体数量、重量（干重）或能量，也叫生产力（p）。例如，上述池塘每年每立方米的水体产鱼 10 千克（干重），那么这个池塘的鱼的生产量 p＝每年 10kg/㎥。

生物量和生产量是研究生态系统能量流动时经常用的两个概念。这两个概念既有密切的联系，又有明显的区别。

据统计，绿色植物通过光合作用，每年制造的有机物质可达 1500—2000 亿吨。太阳能由此而进入生态系统，然后从绿色植物转移到草食动物，再转移给肉食动物。动物依靠植物并使化学能转变为机械能和热能的形式。

能量在转换过程中，总会有损失。如太阳能大部分变为热能耗散掉，只有很小一部分被植物吸收。动物从植物取得食物后，只有一小部分能量用于重新构成其自身的化学能，大部分能量又转化为热能。动植物死后的残体被分解者分解，把复杂的有机物逐渐转变为简单的无机物，在此过程中有机物

中贮存的能量释放到环境中。同时，生产者、消费者和分解者的呼吸作用，也都要消耗一部分能量，这部分能量也释放到环境中去。总之，能量从一类有机体转换到另一类有机体，每一阶段都有大量的能量转变成热能。由能量的转换问题，决定生态系统如下所述的食物链、“ 生态金字塔 ”等重要问题。

食物链 生态系统中,能量流的一个很重要的途径是通过食物关系把多种生物联接起来。一种生物以另一种生物为食，另一种生物再以第三种生物为食，彼此形成一个以食物联接起来的链锁关系，称为食物链。

食物链和食物网“ 螳螂捕蝉，黄雀在后 ”，“ 大鱼吃小鱼，小鱼吃小虾，小虾吃泥巴 ”，在这些人们熟悉的谚语中，已包含食物链的意义。

食物链主要有三种类型：捕食链、寄生链和腐生链。

捕食链又称牧食食物链，它是以植物为基础，其构成形式是：植物→小动物→大动物。后者以前者为食。如在湖泊中，藻类→甲壳类→小鱼→大鱼，在草原上，青草→野兔→狐狸→狼，这是自然界中普遍存在的捕食方式。

寄生链是以较大动物为基础，小动物寄生在较大动物身上或体内而形成的食物链。如马→马蛔虫→原生动物，又如哺乳类（鸟类）→跳蚤→原生动物→细菌。

腐生链是以腐烂的动植物残体为基础。这些动植物残体被土壤或水中的微生物分解利用。如在热带雨林中，腐生链占有非常重要的地位，绿色植物体内的能量主要就是沿着腐生链的途径流动的。

此外，在某些湖泊或沿海地区，还有构成形式为碎食物→碎食物消费者→小肉食性动物→大肉食性动物的碎食链，如树叶碎片（藻类）→虾（蟹）→鱼→食鱼鸟类。

可以看出，食物链关系是按照一定顺序排列的。捕食链可以概括为生产者→初级消费者→次级消费者。在一个生态系统中，食物关系往往很复杂，各种食物链相互交错，形成所谓食物网。能量的流动、物质的迁移和转化，就是通过食物链或食物网进行的。图 9 为温带草原生态系统的食物网。例如狐狸既吃鼠类，又吃鸟类、野兔、浆果，有时甚至还吃动物尸体。许多动物如熊、野猪、猴等的食性都是多种多样的，只吃一种食物的动物（树袋熊）是比较少见的。

生态系统内的生物种类越丰富，形成的食物网越复杂，则该生态系统也就越稳定。食物网对于维持生态平衡具有重要意义。

食物链的各个环节叫营养级。在能量传递过程中，每经过一

级都有大部分能量用于该级消费者的一系列生命活动，只有一小部分能构成新原生质的化学能，因此能量的流动逐渐减少。如第一营养级所获得的能量，除自身呼吸、代谢要消耗一部分外，其余的也不能全部被草食动物利用。从数量上，第一营养级必须大大超过第二营养级。由低级的生产者向上逐渐递减，就形成了所谓数量、生物量和生产率三种金字塔。图 10[①]所示为 1959 年 E·P.奥德姆所提出的关于生态系统的理想模式图。这个生态系统可归结为一简单食物链：苜蓿→牛犊→小孩。图中，A 为理想生态系统的数量，B 为生物量，C 为热量。如果一个小孩一年内仅以牛犊为食物，则需 4.5 头牛犊，而喂养这些牛犊则需种植 4 公顷苜蓿。

[①] 图中非法定计量单位应改为法定计量单位。质量单位由公斤直接改为千克；

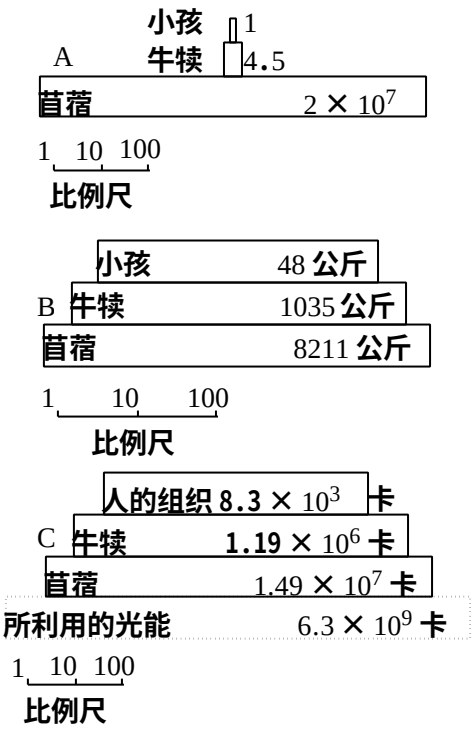


图 10　生态系统的理想模式图

营养级通常为 4—5 级，一般不超过 7 级。人类食物的 88%为热量单位在由卡改为焦耳时，应据 1 卡＝4.184 焦耳进行换算。植物产品，其中小麦和大米各占 20%多，其次为玉米、薯类、杂粮、糖、菜等，这相当于植食动物营养级。以肉、蛋、奶等为主要食物相当于第二营养级。而以鱼类为食品则是第三到第五营养级。自然界中的食物链也有多达六七级的，如棉花→蚜虫→食蚜蝇→瓢虫→麻雀→鹰→食鹰动物。但这样的情况是不多见的。

生态系统中能量的流动情况可用图 11 表示。一个生态系统象一个有机体一样，是一个开放的能量系统。能量通过光合作用不断地输入，因呼吸作用和生物的活动把热能逸散到环境中。

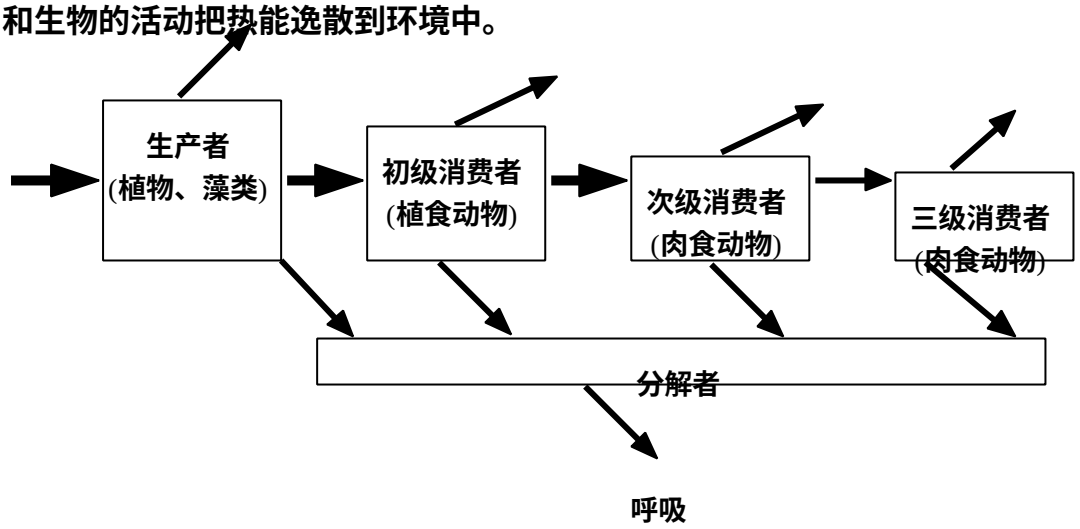


图 11　生态系统的能量流动图

必须注意的是，生物有机体为了进行代谢、生长和繁殖都需要能量，一切生物所需要的能源归根到底都来自太阳能。太阳能通过植物的光合作用进

入生态系统，将简单的无机物（二氧化碳和水）转变成复杂的有机物（如葡萄糖），即转化为贮存于有机物分子中的化学能。这种化学能以食物的形式沿着生态系统的食物链的各个环节，也就是在营养级中依次流动。在流动过程中有一部分能量要被生物的呼吸作用消耗掉，这种消耗是以热量形式散失的。还有一部分能量则作为不能被利用的废物浪费掉。所以处于较高的各个营养级中的生物所能利用的能量是逐级减少的。可见，生态系统中的能量流动是单方向的，是不能一成不变地被反复循环利用的。一般来说，食物的化学能在各个营养级流动时，其有效率仅为 10%左右或称“ 十分之一法则 ”。所以在生态系统中，必须不断地补充能源或从其他生态系统供应有机质，否则这个生态系统就会瓦解。

（六）生态系统的物质循环

生物有机体约由 40 多种化学元素组成，其中最主要的是碳、氮、氢、氧、磷、硫。它们均来自生态环境，构成生态系统中的生物个体和生物群落，并经由生产者、消费者、分解者和生态环境，使这些营养元素从生态环境到生物有机体内，再返回到生态环境中去，依此在生物圈内运转不息。尽管它们的总量是恒定的，但却时刻处于运动和变化之中，构成不同元素的循环途径。由于这种循环带有全球性，通常被称为“ 生物地球化学循环 ”，简称生物地化循环。

碳、氢、氧、氮、磷、硫是构成生命有机体的主要物质，约占原生质成分的 97%，也是自然界中的主要元素。因此，这些物质的循环是生态系统基本的物质循环。目前研究较多的是水、碳、氮、氧、磷以及其他营养元素等最基本的物质循环。

1.水循环

水由氢、氧元素组成，化学式 H_2O，是生命过程中氢的主要来源，一切生命有机体大部分是由水作为组成成分的。水又是生态系统中能量流动与物质循环的介质，对调节气候和净化环境起着重要作用。

地球表面约 3/4 被水覆盖，在冰川、海洋、冰山、湖泊、河流、大气和生物体中约含 14 亿立方千米的水。

水循环可以图 12 表示。海洋、湖泊、河流和地表水不断蒸发，形成水蒸气进入大气。被植物吸收到体内的大部分水，通过叶表面的蒸腾作用进入大气。大气中的水蒸气遇冷，形成雨、雪、冰雹，重新返回地面。这部分水中的一部分流入湖泊、河流，另一部分则渗入地下，形成地下水，有些再被植物吸收。除此而外，动物也从其生存环境取得一定量的水，其中一部分成为身体组成成分，大部分通过身体表面蒸发或排泄到体外，再蒸发释放到其生存环境，由此形成水的循环。

2.碳循环

碳是构成有机分子的基本元素，是一切生物的物质组成的基础，也是构

成地壳岩石及煤和石油的主要成分。据测算，碳约占生活物质总量的 25%。大气中的二氧化碳约为 7000 亿吨，且还有继续增加的趋势。在地球表层碳的贮藏量约为 2×10^6 亿吨。

碳循环主要是通过二氧化碳来进行的。在生物圈中，二氧化碳的循环主要是通过绿色植物（生产者）在光合作用中固定了大气中的二氧化碳。被绿色植物固定的碳以有机物的形式供消费者利用。生产者和消费者通过呼吸而释放回大气中。动物（消费者）或植物（生产者）死亡后，机体组织为微生物（分解者）所分解，其中的碳被氧化为二氧化碳而放回到大气中。

煤和石油是动植物残体长期埋藏在地层中，形成化石燃料，经燃烧其中的碳氧化成二氧化碳释放到大气中。碳循环见图 13。

从碳的循环可以看出，空气中的二氧化碳主要来自以下几方面：生物呼吸时呼出大量的二氧化碳；生物死后残体被微生物分解，产生二氧化碳；化石燃料燃烧放出二氧化碳。从数量上讲，大部分的碳是通过微生物分解有机质放出碳，而返回大气中的。而通过煤、石油、木材等物质燃烧和生物的呼吸而返回到大气中的二氧化碳只占一小部分。

3.氮循环

氮是形成蛋白质的主要元素，所有生物体均含有蛋白质。所以说，氮的循环涉及到生态系统及生物圈的所有领域。

大气中氮气占 78%，但由于它是一种化学性质不活泼的气体，不能为大多数生物利用。大气中的氮进入生物有机体主要有以下几种途径。一是生物固氮，某些特殊的生物，如豆科植物、细菌和藻类，它们能够直接利用大气中的氮。豆科植物根部的根瘤菌，能把空气中的氮转变成硝酸盐。生物固定的氮比其他过程固定的多 20 倍以上。其次是工业固氮，通过工业手段，将大气中

的氮合成氨或铵盐，即合成氮肥，供植物利用。此外，火山喷发时喷出的岩浆，可以固定一部分氮气。雷雨天气时的闪电，可使大气中的氮氧化，生成硝酸盐，经雨水淋洗带入土壤，成为植物的养料被植物吸收，在植物体内再与复杂的含碳分子结合生成各种氨基酸，由氨基酸构成蛋白质。动物直接或间接以植物为食，从植物体中摄取蛋白质，做为自身蛋白质的来源。动植物死后，残体中的蛋白质被微生物分解成氮、二氧化碳和水。土壤中的氮经硝化形成硝酸盐，又被植物吸收。

此外，在环境中还有多种反硝化细菌。在无氧条件下，这些反硝化细菌利用硝酸根（NO_3-）或亚硝酸根离子（NO_2-）来氧化有机物。硝酸盐通过反硝化细菌的作用，使氮返回大气之中，从而完成了氮的循环。

近年来，随着人工固氮（制造化肥）的大量增加，大量化肥施用于土壤中，加速了生产者的活动，从而使氮循环的量加大。

4.磷循环

磷也是蛋白质的组成元素之一，没有磷同样不能形成蛋白质。

磷的主要来源是磷酸盐岩矿，例如磷酸钙 $Ca_3(PO_4)_2$、磷灰石 $Ca_5F(PO_4)_3$，鸟粪层和动物化石。在植物体中主要含于种子的蛋白质中，在动物体中则含于脑、血液及神经组织的蛋白质中，骨骼中也含有磷。

自然界中含磷的矿石或矿床通过天然侵蚀或人工开采，把磷释放出来进入水域或食物链，主要流程是岩石圈→水圈→生物圈。经短期循环后，最终大部分进入海洋。海洋中的磷一般不能再回到陆地上来，这些磷形成深海沉积层。直到经过地质时期的活动才又提升上来。由于磷酸盐不具有挥发性，所以不能进入大气中。

土壤中的磷，一部分被植物吸收，参与蛋白质和核酸的组成而转化为有机态。动植物的残体腐烂后，一部分磷进入细菌体内，另一部分又被分解成磷酸盐恢复为无机态。再被植物利用或被流水冲入湖泊或海洋（见图 15）。

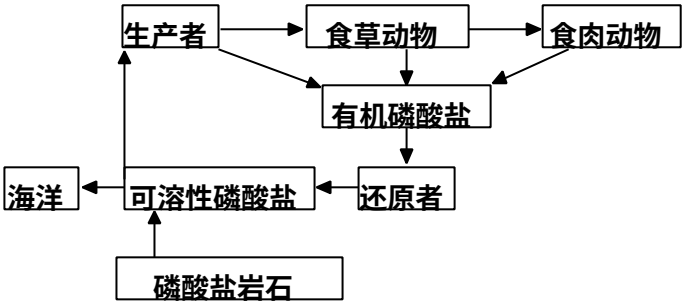


图 15 磷的循环

在海水和淡水生态系统中存在着无机态磷、溶解的有机磷等。前者很容易被浮游植物吸收进入食物链，这样磷的循环大部分是单方向流动过程，成为一种不可更新的资源。其中只有很小一部分，例如被人或动物摄取食物返回到陆地上，但这是很有限的。

此外，人们在研究生态系统中的能量流动和物质循环时，发现在生态系统的各组成部分之间及各组成部分内部，存在着各种形式的信息。生态系统中的信息形式主要有营养信息、化学信息、物理信息和行为信息。食物链（网）即是一个营养信息系统，例如田鼠成为猫头鹰的营养信息。田鼠多，猫头鹰也多。又如蚂蚁可以通过分泌某种物质，使自己的同伴跟随。再如燕子求偶时，雄燕会围绕雌燕在空中做出特殊的飞行姿势等。

人们对信息传递的研究刚刚起步，由于信息传递对种群和生态系统调节具有重要意义。人们需逐步探索，以期解开这些自然界的“对话”之谜。

（七）生态平衡

前面已经讲过，生态系统是开放的动态系统，不断有能量和物质的输入和输出。一方面是绿色植物通过光合作用把太阳能和无机物转化为有机物存留在生态系统中，供给一切生命活动的需要。另一方面是生态系统中的有机物被各级消费者摄取，在转化、呼吸和排泄等生理过程中不断被消耗掉。生态系统中的分解者又把动植物残体分解和转化为无机物，归还给环境，供植物再利用。生态系统中的能量和物质每时每刻都在生产者、消费者和分解者之间不停地流动和变化着。

自然界总是在不断地运动和变化。在一定的时期内，在生产者、消费者

和分解者之间都保持着一种相对的平衡状态，这时系统的能量流动和物质循环较长时期地保持稳定，这种平衡状态就叫做生态平衡，又称自然平衡。

生态系统是动态的平衡。生态系统的内部因素和外界因素的变化，尤其是人为的因素，都可能使系统受到改变、甚至破坏系统的平衡，这就是所说的“生态平衡失调”。

引起生态平衡失调的因素很多，一般可分为自然因素和人为因素两类。自然因素包括火山喷发、地震、海啸、泥石流和雷击火灾等。这些因素都可能在很短时间内使生态系统遭到破坏，甚至毁灭。影响生态平衡的人为因素包括毁坏植被、引进或消灭某一生物种群，建造某些大型工程、以及现代工农业生产中排放某些有毒物质和喷撒大量农药等。这些人为因素都能破坏生态系统的结构和功能，引起生态平衡失调。例如由于破坏植被、砍伐森林造成水土流失、土地沙化、特别是人类对自然环境的污染，使大量有毒有害物质放入自然生态系统。这些污染物质参与生态系统的物质循环，影响整个生态系统，甚至破坏生态平衡。因此研究各种人为因素对生态平衡所造成的影响，是生态学的重要任务之一。

生态系统的内部具有一种自动调节能力，这种能力能在一定的范围内使生态系统保持相对的平衡状态，即保持自身的稳定性——生态平衡。

生态平衡的例子很多。例如，在一块肥沃的未开垦的原始草原，牧草养育着羚羊、斑马以及啮齿类食草动物，狮子、豹、鬣狗等食肉动物则以食草动物为食，它们之间互相依赖而又互相制约，其种类和数量在很长时间内保持相当稳定的状态。这是由于它们长期对草原生活的适应，彼此之间形成巧妙而复杂的联系。

这些动物各自以其特有的生活方式生存着，最大限度地利用草原上一切可以利用的资源，使外来物种很难侵入。但当因某种原因使草原上食草动物数量增加，食肉动物因食物充足也会随之增加。食肉动物数量的增加，必然造成食草动物的减少。而当食草动物减少之后，食肉动物则由于食物不足而自然减少。其结果是，食草动物与食肉动物的比例又重新趋于平衡。

生态系统内部的自动调节能力，依赖于生态系统组成成分的多样性和能量流动，以及物质循环的复杂性。一般在成分多样、能量流动和物质循环途径复杂的生态系统中，较易保持稳定。相反，生物种类单一，内部结构简单的生态系统，其内部自动调节的能力也就小。例如，在马尾松纯林中容易发生暴发性松毛虫危害，而在由两种或两种以上树种组成的混交林中，就不大容易发生这种单一性的虫害。原因是混交林内的物种较多，由此形成结构比较复杂的食物链、食物网，可以有多种天敌来控制某种害虫数量的发展。

然而，生态系统的自动调节能力是有一定限度的。在这个限度以内，生态系统可以自动调节。一旦超出限度，调节就不再起作用，从而使整个生态系统失去平衡，甚至遭到严重破坏。例如，在美国中部草原上，农场主为了发展羊群，大量捕杀郊狼，结果引起鼠类大量繁殖，使得草场遭到严重破坏，导致整个草场的羊群濒于毁灭。由于羊的饲草不足，又开始毒杀鼠类，停止捕杀郊狼。但是郊狼的数目增加后，它们的天然食物鼠类却不多了，因此郊狼就更加凶猛地向羊群进攻。

总之，生态平衡的失调，往往是自然因素和人为因素共同作用的结果，而且通常是人为因素导致自然因素的强化，使生态平衡失调加重。面对当今世界的人口、粮食、能源、自然资源和环境保护这五大问题，要想解决这些

重大问题，必须按照生态规律办事，全面地、综合地研究生态系统的平衡，考虑当前和长远的后果，加强研究，采取必要的措施，就可以保持或建立起新的生态平衡，创造一个美好的人类生存环境。

（八）自然保护

本书第一部分已经指出，所谓环境，总是相对于某项中心事物而言。当中心事物是人，“环境”就是人类生存的环境，即人类环境。人类环境是自然环境和社会环境的综合体。这里阐述的自然保护，指的就是保护自然环境，其中心任务是保护、增殖和合理利用天然资源。

自然保护的对象比较广泛。有人具体提出以下 12 个方面：①确保可更新的自然资源的连续存在；②在自然灾害发生时保护国家资源不受危害；③保护水源的涵养；④保护野外休养和娱乐的场所；⑤维持环境净化能力；⑥确保自然生态系统的平衡；⑦确保物种的多样性和基因库的发展；⑧保存学术研究的对象；⑨保护宗教崇拜的对象；⑩保护乡土景观；(11)保护弱者；(12)保护稀有动物和植物。以下只就其中的几个方面加以介绍。

1.保护森林资源

森林具有调节气候、防风固沙、保持水土、涵养水源、净化空气、杀灭细菌、保护野生动物、消除噪声、提供木材、薪炭和多种林副产品，以及美化环境的功能，所以森林兼备了保护和生产的双重作用。国内外的经验证明，如果一个国家或地区的森林覆盖率达到 30%，而且分布比较均匀时，那么这个国家或地区的生态环境就比较优越，农牧业生产就能稳定发展。

森林是一种极重要的自然资源，它不仅提供木材和经济植物，也是很多食物的来源。森林与人类的关系极为密切，它通过自身的生命活动，积极保护并不断改善着人类生存的环境。在诸种陆地生态系统中，森林是面积最大、结构最复杂、功能最稳定、生物总量最高的生态系统。森林对整个陆地生态系统有着决定性的影响。

我国地域广阔，山多，地形复杂，自然条件多样，适宜各种林木生长，发展林业有着较为优越的自然条件。

我国森林的类型和树木的种类繁多。从森林类型看，分布于我国最北部大兴安岭山地的有针叶林，分布于小兴安岭和长白山一带的有针叶、落叶、阔叶混交林，分布于长江两岸广大地区的有落叶常绿阔叶混交林，分布于云南高原的有常绿阔叶林，分布于海南省和台湾南部的则是热带雨林。目前我国的森林覆盖率只占 12.7%，按照国家计划，力争在本世纪末使全国森林覆盖率达到 20%。

2.保护草原资源

全世界不同类型的草原，约占陆地总面积的 24%。草原不仅有巨大的生产力和经济价值，更具有重要的生态意义。草本植物覆盖地面，可以防止风雨侵蚀，这对于涵养水源、防止水土流失、净化空气、美化环境等具有重要意义。草是自然生态系统的奠基者，也是保持生态平衡的原动力。

我国草原面积极其辽阔，总面积为现有农田的两倍多。草原是畜牧业的重要基地。我国草原生长有品质优良的饲用植物，为发展畜牧业提供了良好的条件。我国草原的优良畜种有三河马、伊犁马、三河牛、新疆细毛羊、滩羊、白绒山羊等等，目前牲畜总数达两亿多头。每年能提供数亿公斤的商品肉和大量毛皮。

草原是我国主要的自然生态系统之一。目前草原生态环境处于不断恶化之中，这主要是由人为活动造成的，例如由于超载过牧导致草场退化；开垦使草原面积大大减少和沙化；人口增加和经济活动加剧破坏草原生态平衡；对草原资源进行掠夺性开采，使一些草场遭受严重破坏。此外，由于牧业经营方式落后，管理不善，也使草原建设进展缓慢。因此，合理利用和保护草原资源必须引起我们的高度重视。

3.保护野生动植物资源

我国幅员辽阔，地形复杂，气候多样，野生动植物资源非常丰富。据统计，我国高等植物有 30000 多种，隶属于 353 科，3100 多属，居世界第三位；我国现有兽类 414 种，鸟类 1186 种，两栖类 196 种，爬行类 315 种，共计 2000 多种，占世界总数的 10%；我国有淡水鱼近 600 种，海产鱼 1500 多种，也占世界鱼类种数的 10%。其中我国特产和世界稀有的珍贵动物，有大熊猫、朱鹮、金丝猴、扭角羚、白唇鹿、白头叶猴、白鳍豚、褐马鸡、扬子鳄、丹顶鹤、黑颈鹤等，以及植物中的银杏、银杉、金钱松、珙桐、鹅掌楸、水青树等，这些都是自然界留给我们的宝贵财富。

由于森林的破坏、环境的污染、竭泽而渔式的滥用，人类赖以生存和繁荣的生物资源正在加剧消失。据国际自然和自然资源保护同盟的资料统计，世界上仅脊椎动物就有 1000 多个种和亚种濒临灭绝，植物濒于灭绝的达 25000 种，平均每天都有物种从地球上消失。过去我国由于对合理利用动植物资源缺乏认识，乱捕滥猎，破坏了野生动物栖息环境，使宝贵的资源遭到了严重的破坏。据统计，原产我国的野马、高鼻羚羊、麋鹿等 10 余种珍稀野生动物已灭绝或濒临灭绝，大熊猫、黑金丝猴、长臂猿、虎、野象、海南坡鹿、儒艮、白鳍豚、朱鹮、中华鲟等 20 多种正面临灭绝的危险。如朱鹮仅有 30 只左右，华南虎不足 40 只，野象不足 100 头，大熊猫仅千只左右。

为了解决在保护森林、草原、珍贵动植物资源等方面亟待解决的问题，我国于 1979 年制订了《中华人民共和国环境保护法（试行）》，并采取一些切实可行的措施，如建立国家一级的自然保护机构，明确各部门的自然保护工作，参与全球性的行动，建立自然保护区等等。

自然保护区 为了保护自然环境和自然资源,国家对具有代表性的不同自然地带和生态系统、珍贵稀有动物自然栖息地，划出一定的区域加以保护，这样的地区就叫自然保护区。

自然保护区能够完整地保存自然环境的本来面目，为人类观察研究自然界的发展规律，以及为环境监测评价提供客观依据。设立自然保护区是人类保护环境的一项重要措施。

人类建立自然保护区已有百余年的历史。世界上最早的自然保护区是美国于 1864 年在加利福尼亚州西迈山谷建立的红杉树保护区。1872 年又建立了第一个国家公园——黄石公园。美国现有的自然保护区、国家公园已占国

土面积的 10%。目前，国际上常以自然保护区总面积占国土的百分比，衡量一个国家自然和自然资源保护事业的发展水平。现在，我国已有各种类型的自然保护区 300 余处，总面积近 2000 万公顷，占国土面积的 2%。预计到本世纪末，全国自然保护区要发展到 500 处左右。

我国的自然保护区，按照对象可分为五类：

①以保护典型的有代表性的自然生态系统为主的自然保护区。这类自然保护区面积较大，包括所在自然地带的多种多样的自然生态系统。如中国吉林长白山温带森林生态系统自然保护区；四川卧龙和福建武夷山的亚热带森林生态系统自然保护区；海南省、云南西双版纳的热带森林生态系统自然保护区。

②以保护某类特有生态系统为主的自然保护区。这类保护区面积不一定很大，主要保护某类生态系统及其中一些珍贵动植物种类。如广西花坪的银杉自然保护区；四川王朗大熊猫自然保护区；陕西洋县姚家沟朱鹮自然保护区。

③以保护某些珍贵稀有动植物资源为主的自然保护区：如陕西佛坪大熊猫自然保护区；黑龙江扎龙丹顶鹤水禽自然保护区；福建莘口格氏栲、米储林珍贵树种自然保护区。

④以保护特殊的自然风景为主的自然保护区。如四川九寨沟、重庆缙云山、广东鼎湖山自然保护区。

⑤以保护具有特殊意义的自然历史遗迹为主的自然保护区。如黑龙江省五大连池自然保护区，甘肃省玛雅雪山古冰川遗迹和恐龙古化石产地等。

建立自然保护区，是人类在征服自然过程中的觉醒。人类的生存和发展，需要有良好的自然环境和丰富的自然资源，建立自然保护区就成了自然保护事业中的一项重要建设。国际上还常以自然保护事业的发展做为衡量一个国家科学文明的尺度。

我国的自然保护区是解放后才得到发展的，近年来取得了十分可喜的成绩。但是这仍与我国辽阔的土地、复杂的自然条件和丰富的自然历史遗产不相适应，与国际上自然保护区发展事业相比，存在数量、类型、分布、布局和规划性等方面的差距，需要尽快采取有效手段加以解决。

三、环境污染与防治

正如本书第一部分中所讲述过的，当人类活动产生的污染物或某种能造成污染物质，进入环境的浓度或总量超越环境容量或环境自净的能力，从而导致环境质量下降及恶化的现象，就是环境污染。

环境污染有不同的类型。按环境要素可分为大气污染、水体污染和土壤污染等；按污染物的形态可分为废气污染、废水污染和固体废弃物污染，以及噪声污染、辐射污染等等；按污染物的性质可分为生物污染、化学污染和物理污染；按污染产生的原因可分为生产污染和生活污染；按污染物的分布范围又可分为全球性污染、区域性污染、局部污染等。

环境污染有害于人类及其他生物的正常生存和发展，对不同类型环境污染的防治作为一个又一个的严重问题摆在人类面前。

下面（一）、（二）、（三）部分主要是按不同环境要素来介绍环境污染及其防治，（四）、（五）、（六）部分则主要是按污染物的形态分别来讲述环境污染及其防治。

（一）大气

地球上的大气是自然环境的组成要素之一，也是维持一切生命活动的最基本的要素之一。大气也可以称为空气，它是一切有机体所需的氧气的源泉。没有空气就没有生命，也就没有今天生机勃勃的世界。

1.大气圈的结构

大气圈通常指的是地球表面的气体圈层。地球上的大气分布在从地球表面至 2000 千米高度的空间，在 2000 千米以上，大气极为稀薄，没有明显的上限。地球上大气的总质量约为 5×10^{18} 千克，约占地球质量的百万分之一。大气从地面垂直向上有多种分层方法，通常根据大气中温度随高度的变化的特征，划分为对流层、平流层、中间层、热层和外大气层。

①对流层

对流层位于大气圈的下部，贴近地面，高度在 12 千米以下（赤道附近 16—18 千米，极地附近 8—9 千米）。在对流层中，温度随高度的增加而降低，平均每升高 100 米，温度降低 0.65℃。对流层相对于大气圈的总厚度来说是很薄的，但它的质量却占整个大气圈质量的四分之三。空气在对流层中大规模地进行垂直运动，同时也有水平运动。风、云、雾、雨、雪等主要天气现象都发生在这一层里。对流层对人类生产、生活影响最大，而人类活动引起的大气污染现象也主要发生在这一层里,尤其是靠近地面的 1—2 千米范围内。

②平流层

平流层位于对流层顶之上，高度升至 50—55 千米，在 12—35 千米处，温度基本不变，再向上，温度随高度增加而上升。空气在平流层中多作平流运动，空气清洁干燥，没有云、雨等天气现象。平流层中的臭氧（0_3）能吸收来自太阳的紫外线，对地球上的生物起着保护作用。

③中间层

中间层位于平流层顶之上，高度升至 85 千米。温度随高度增加而降低，空气极其稀薄，进行垂直对流运动。

④热层

热层位于中间层顶之上，高度升至 800 千米。温度随高度增加而迅速升高。在太阳和其他星球射来的各种射线的作用下，这一层里的大部分气体分子发生电离，生成许多离子和自由电子，因此这层也称为电离层。

⑤外层

外层也称为逸散层，位于 800 千米以上的空间，高度约为 2000—3000 千米。温度随高度增加而升高。

2.大气的组成

空气是一种混合物，它的成分很复杂。空气中，相对恒定的成分是氮气、氧气以及希有气体。这些成分之所以几乎不变，主要是自然界里各种变化相互补偿的结果。例如，氮气和希有气体的性质比较稳定；自然固氮作用所耗去的氮基本上被反硝化作用形成的氮所补充；燃烧、氧化、岩石风化、呼吸、有机物腐败所消耗的氧，基本上由植物光合作用所释放出的氧所补充。空气中的可变成分是二氧化碳和水蒸气。空气中的不定成分因地区而异。例如，在工厂区的附近的空气里会因生产项目的不同而分别含有氨气、酸蒸气、粉尘等。另外，空气中还含有极微量的氢气、臭氧、氮的氧化物、甲烷等气体以及一些固体和液体杂质。

表 6 列出了海平面处干燥洁净空气中各种组分的体积百分比

表 6　干燥洁净空气的组成

组　分	化 学 式	式　量	体积比（%）	浓　度（ppm）
氮	N_2	28.01	78.09	
氧	O_2	32.00	20.95	
氩	Ar	39.94	0.93	
二氧化碳	CO_2	44.01	0.03	
氖	Ne	28.01	1.8×10^{-3}	18
氦	He	4.003	5.24×10^{-4}	5.2
甲烷	CH_4	16.04	1.5×10^{-4}	1.5
氪	Kr	83.80	1×10^{-4}	1.0
氢	H_2	2.016	5×10^{-5}	0.5
氙	Xe	131.30	8×10^{-6}	0.08
臭氧	O_2	48.00	1×10^{-6}	0.01
氡	Rn	222	6×10^{-18}	6×10^{-14}
……				

值和相对浓度。

3.大气污染

大气圈的结构及大气的组成是相对稳定的，它对人类和其他生物的生存是适宜的。在一般情况下，即使受到一些污染和干扰，由于自然环境具有巨大的自净作用，也能够使空气保持清洁新鲜的状态。但是，当大气中某些组分的含量大大超越正常值或自净能力，例如某些有害、有毒物质进入大气，从而影响人体健康和动植物的生长发育，或对各种物体以及天气和气候产生不良影响时，就发生了大气污染。简单地说，大气污染就是指洁净大气被有害物质所污染。

大气污染物的种类很多，分类方法也有多种。按照污染物存在状态可以分为三大类：气体、颗粒物和气溶胶。根据污染物的组成成分，可以分为 7 类：颗粒物、硫的化合物、氮的化合物、碳的氧化物、碳氢化合物、卤素化合物和放射性物质。从污染物的形成过程来分，又可以分为一次污染物和二次污染物。一次污染物是指直接从各种排放源进入大气中的各种气体、蒸气和颗粒物；二次污染物是指进入大气的一次污染物在大气中互相作用，或与大气中正常组分发生化学反应，以及在太阳辐射下引起光化学反应而产生的与一次污染物的物理、化学性质完全不同的新的大气污染物。二次污染物的颗粒一般比较小，在 0.01—0.1 微米之间，它的毒性比一次污染物还强。表 7 列出了一些主要的大气污染物。

人为因素造成的污染，主要有三种来源：

①生活污染源

人们由于烧饭、取暖等生活上的需要，燃烧化石燃料向大气排放煤烟造成大气污染的污染源，称为生活污染源。家庭日常生活的燃煤炉灶，由于密集，燃煤质量差、数量多，而且燃烧不完全，烟囱较低，因此产生的烟尘、二氧化碳、二氧化硫、一氧化碳等有害气体的数量相当可观。在我国北方许多城市，冬季由于烧煤造成的污染十分严重。

表 7　大气污染物的分类

污染物名称		一次污染物	二次污染物
气体	含硫化合物	SO_2、H_2S	SO_3、H_2SO_4、MSO_4 等硫酸雾及硫酸盐气溶胶；
	含氮化合物	NO、NH3	NO_2、HNO_3、MNO_3 等；
	碳的氧化物	CO、CO_2	醛、酮、醇、过氧乙酰硝酸酯、臭氧等；
	卤素化合物	HCl、HF	光化学烟雾。
	有机化合物	C_1-C_5 化合物	
	放射性物质		
颗粒物	固体	飘尘、降尘	
	液体	雾	
气溶胶		烟、雾	

②工业污染源

火力发电厂、钢铁厂、化工厂及水泥厂等工矿企业在生产过程和燃料燃烧过程中，排放出煤烟、粉尘、无机或有机化合物，造成大气污染，这些属于工业污染源。各种工业生产过程产生的大气污染物，由于工艺、流程、设备、原材料、燃料、操作管理条件和水平的不同，生成污染物的种类、数量、成分、特性等差别很大。

③交通污染源

现代化交通运输工具如汽车、飞机、火车、轮船等，也是造成大气污染的主要来源。污染的原因主要是汽油，柴油等燃料的燃烧。从目前来看，排放污染物最多的是汽车，在一些工业发达国家的城市中，汽车排气已成为一个十分严重的污染问题。在繁忙的交通路口，空气中碳氢化合物、一氧化碳、氮氧化物、铅尘的含量明显地高于其他地区，这些污染物主要来自汽车排气管。

根据我国 1981 年对烟尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳这四种量大面广的大气污染物发生量的统计，燃料燃烧所产生的大气污染物所占比例最大，达 70%以上。在直接燃烧的燃料中，燃煤排放的污染物数量约占燃料燃烧排放总量的 96%。可见，煤的直接燃烧是我国大气污染物的主要来源。

燃烧过程是氧化过程，纯碳燃烧的产物是二氧化碳。但实际使用的燃料煤、石油及石油产品等，都不是纯碳物质，而是复杂的含碳、氢、氧、硫、氮的有机物，并含有金属元素。燃料燃烧后，碳元素生成二氧化碳和一氧化碳，而硫、氮等元素、金属及烟尘等生成有害物质进入大气中。

大气污染物进入大气以后，是怎样扩散的呢？排放到大气中的污染物对大气的污染程度，除决定于污染物的性质、排放量、距污染源的距离、污染途径等之外，还决定于大气对污染物的扩散能力。依靠大气的流动，通过与周围空气混合稀释，大气污染物的浓度逐渐降低。影响大气污染物输送、扩散和稀释的气象因素有：风和湍流、温度层结和大气稳定度、逆温层、云雾、降水等，其中最主要的是风和湍流。

进入大气的污染物，会向下风方向输送、扩散和稀释，风速越大，扩散范围越广，污染物在大气中的浓度就越小，即污染物的浓度跟风速成反比。空气流动时，风速时大时小，有阵性，而且沿主风方向常出现左右和上下的无规则摆动，这叫做湍流。大气的湍流运动使得污染物在随下风向输送的同时逐渐扩散，并和周围的空气混合而得到稀释。

另一种对大气污染影响很大的气象因素是逆温现象。在大气圈的对流层内，通常情况下，温度随高度的上升而降低。但在某些情况下，温度随高度的上升反而增加，也就是气温发生逆转，出现上暖下冷的反常现象，这种情况称作逆温。在逆温条件下，大气处于稳定状态，不利于污染物向上扩散，而且出现逆温时，往往又伴随着无风或小风，这又不利于污染物水平扩散。因此，逆温容易造成严重的大气污染。

此外，大气污染还与污染源的几何形状、排放方式、排放速率、排放高度以及地理因素等都有关。

4.大气污染的危害

大气污染的危害作用是多方面的。它既危害人体健康，又影响动、植物的生长，损坏经济资源，严重时会改变地球的气候，如形成酸雨，破坏臭氧层、增大二氧化碳含量，升高地表温度等。

①大气污染对健康的影响

大气污染物主要通过下列三条渠道侵入人体：第一，通过呼吸被吸入体内；第二，随食物、饮水进入体内；第三，通过接触和刺激体表侵入人体。其中通过呼吸道进入人体是最主要的途径，危害最为严重。成年人每天要呼吸两万多次，吸入约 15 千克的空气。吸入的空气经过鼻腔、咽部、喉头、气

管、支气管后进入肺泡，在肺泡 55—70 平方米的面积上进行气体交换。当血液通过肺泡毛细管时，放出二氧化碳，吸收氧气。含氧的血液被输送到人体的各部位，供人体组织和细胞新陈代谢用。如果生活在烟雾迷漫的环境之中，空气里的有毒物质就会溶于体液或沉积在肺泡上。这样，轻者会使上呼吸道受到刺激而有不适感，重者会引起呼吸器官的疾病，使呼吸道及肺功能发生病变。

大气污染对人的危害大致上可以分为急性中毒、慢性中毒、致癌作用三种。

急性中毒 急性中毒发生在某些特殊的条件下，如工厂在生产过程中发生事故，造成大量有害气体泄漏，外界气象条件突变等，会引起居民人群的急性中毒。例如，震惊世界的伦敦烟雾事件就是一次严重的急性中毒事件。1952 年 12 月 5 日至 8 日，由于受停留在英格兰上空的冷高气压影响，泰晤士河谷及毗连的低洼地，几乎完全处于无风的状态，冷空气沿着伦敦盆地的斜面流入地面，造成低层气温下降，在伦敦上空却出现较暖的空气层。由于逆温层的出现，降临了一场特大浓雾，而且一直持续了四天。从伦敦的工厂和家庭排出的烟气扩散不开，地面空气中污染物的浓度不断增加，烟尘最高浓度达 4.46 毫克每立方米，是平时的 10 倍，二氧化硫的最高浓度达到 1.34ppm，是平时的 6 倍。这就造成发病率和死亡率急剧上升，四天中死亡人数比常年同期多 4000 人。从死亡者的年龄分布上看，45 岁以上者最多，约为平时的 3 倍；1 岁以下死亡者，约为平时的 2 倍。事件发生的一周里，因支气管炎、冠心病、肺结核和心脏衰弱者死亡者，分别为事件前 1 周同类死亡人数的 9.3 倍、2.4 倍、5.5 倍和 2.8 倍。此外，肺炎、肺癌、流感以及其他呼吸道病患者的人数也成倍增加。又如，比利时马斯河谷工业区、在 1930 年 12 月 1 日至 5 日，美国宾夕法尼亚洲多诺拉镇在 1948 年 10 月 26 至 31 日，均由于气候异常，出现逆温，发生过急性大气污染事件，使居民中呼吸道疾病患者增多，死亡率增高。

慢性中毒 大气污染对人体健康的慢性毒害作用，主要表现在人体长期连续地吸入低浓度的污染物质后出现患病率升高。通过大量的流行病的调查研究证明，慢性呼吸道疾病与大气污染有密切关系。大气中的某些污染物质，如二氧化硫、飘尘、氮氧化物、氟化物等，即使浓度较低也能刺激呼吸道，引起支气管收缩，使呼吸道阻力增加，减弱呼吸功能。同时，由于污染物的刺激，呼吸道粘膜表面的粘液分泌增加，纤毛运动受抑制甚至消失，消弱排除异物的能力，导致呼吸道抵抗力减弱，有利于烟尘和细菌的阻留或繁殖，诱发呼吸道的各种炎症。如上呼吸道感染、慢性支气管炎、支气管喘息、肺气肿等。日本“四日市哮喘病”是慢性中毒的典型的例子。1955—1963 年间，四日市相继兴建了三座石油化工联合企业，每年排出大量硫氧化物、碳氢化合物、氮氧化物和飘尘等大气污染物，形成以恶臭、硫酸气、颗粒物为特点的严重污染区。1961 年，四日市哮喘病大发作，患者人数与非污染对照区相比成倍增长，而新患者一旦脱离大气污染环境，就能取得良好的疗效，从而说明局部的大气污染是主要的致病因素。通过观察发现，哮喘病患者的发病与病情的加重都与大气中二氧化硫的浓度有直接关系，进而认为二氧化硫是造成哮喘的元凶。1965 年以后，随着烟囱的加高和脱硫装置的安装，二氧化硫的污染率开始下降，四日市呼吸系统疾病的新发病率也随着降低了。

通过国内外的大量调查研究，一般认为一些慢性呼吸系统疾病的发病原

因和病情加重都和空气污染有密切关系。表 8 和表 9 是我国某市郊区对中小学生的调查结果。

表 8　污染区中小学生上呼吸道慢性炎症患病率

地　区	受检人数	慢性鼻炎（%）	慢性咽炎（%）	两种以上慢性鼻咽疾患（%）
重污染区	1563	55.3	30.7	19.5
轻污染区	1871	38.6	11.2	5.8

表 9　污染区中学生慢性支气管炎患病率

地　区	受　检　人　数	慢性支气管炎（%）
重 污 染 区	1400	4.2
轻 污 染 区	1200	2.2

为什么选择中小学生作为调查对象呢？这是由于成年人的体质、年龄、性别、职业、经济状况、原有疾病、生活习惯、吸烟情况等因素都跟疾病有一定的关系，而中小学生不吸烟、也不在粉尘、有毒气体场所工作，通过对中小学生的观察，较易说明大气污染对呼吸道的影响。表 8 和表 9 说明重污染区中小学生中呼吸系统疾病的患病率高于轻污染区。致癌作用癌症是一种严重危害人类健康和生命的疾玻近几十年来，国外的流行病学调查资料表明，许多传染病的发病率和死亡率在不断下降，有些传染病先后被控制。与此相反，癌症的发病率和死亡率却在不断上升。科学家们对这种现象进行了广泛、深入的研究，认为癌症患者增多与环境污染有关。国际癌症研究中心（IARC）对癌症文献进行了系统的审查和评价，证明由流行病学调查确定对人致癌的化学物质有 26 种，经实验室研究确定致癌的化学物质有 221 种。随着工业、交通运输业的发展，空气中致癌物质的含量和种类日益增多，比较确定的有几十种。从污染的空气中，发现能致癌的物质有多环芳烃及其衍生物、脂肪烃类、金属类（如铅、铍、铬等）、砷，其中致癌性最强的是 3、4-苯并芘。3、4-苯并芘是燃料不完全燃烧的产物。据研究，燃烧 1 千克煤约产生 0.21 毫克 3、4-苯并芘；汽车行驶 1 小时约排出 300 微克 3、4-苯并芘；100 支香烟的烟气中有 4.4 微克 3、4-苯并芘。国内外的资料都表明，城市居民中肺癌发病率和死亡率高于农村，原因究竟是什么，还正在研究，但空气污染是最受重视的一个原因。

下面简单介绍几种大气污染物对人体健康的危害。

二氧化硫易溶于水，当通过鼻腔、气管、支气管时，多被管腔内膜水分吸收，变为亚硫酸、硫酸和硫酸盐，使刺激作用增强。当有飘尘存在时，二氧化硫和飘尘一起进入人体，可达肺的深部，使毒性增加 3—4 倍。二氧化硫能引起上呼吸道感染、肺气肿等，并有促癌作用。

氮氧化物中二氧化氮的毒性比一氧化氮高 4—5 倍。氮氧化物主要是对呼吸器官有刺激作用，它能侵入呼吸道深部细支气管和肺泡，并缓缓地溶于肺泡表面的水中，生成亚硝酸、硝酸，对肺组织产生强烈的刺激和腐蚀作用，引起肺水肿。亚硝酸盐进入血液后，与血红蛋白结合，生成高铁血红蛋白，

引起组织缺氧。氮氧化物除对呼吸器官有危害以外，对心、肝、肾、造血组织以及中枢神经均有影响。

一氧化碳是一种无色、无臭、无刺激性的有毒气体，几乎不溶于水，它被吸入人体后，经肺泡进入血循环，很快与血红蛋白结合成碳氧血红蛋白，从而阻碍氧与血红蛋自结合成氧合血红蛋白，影响血液的输氧能力，阻碍氧从血液向心肌、脑组织转换。当吸入浓度为 0.5%的一氧化碳时，只要 20—30 分钟，中毒者就会出现脉弱、呼吸变慢，最后衰竭致死。冬季取暖时，要防止发生一氧化碳中毒（即煤气中毒）。近年来，许多研究表明，长期接触低浓度一氧化碳对健康有影响，主要表现在对心血管系统和神经系统的影响，造成低氧血症，以及形成对后代的影响等。

氟是人体必需的微量元素之一，但过量摄入则会危害健康。大气受氟化物污染时，高浓度时可刺激皮肤和粘膜，引起皮肤灼伤、皮炎和呼吸道炎症；低浓度时对人畜的危害主要为牙齿和骨骼的氟中毒。牙齿氟中毒表现为牙斑釉、牙质松脆、缺损或脱落。骨骼氟中毒表现为腰腿疼、骨关节固定、畸形、骨密度增加、关节和韧带钙化等。

有毒重金属如铅、镉、铬、锌、钛、锰、钒、钡、汞等，以及砷，都可能引起人体慢性中毒。据调查，城市上空含镉、锌、铅、铬的浓度与心脏病、动脉硬化、高血压、中枢神经疾病、慢性肾炎、呼吸系统的癌症有一定的关系。

光化学烟雾是排入大气的氮氧化物和碳氢化合物在太阳紫外线照射下产生的一种具有刺激性的浅蓝色烟雾。它的成分复杂，其中对人有害的是臭氧、过氧乙酰硝酸酯、丙烯醛、甲醛等二次污染物。这种光化学烟雾最早于 1946 年发生于美国的洛杉矶，因此也称为“洛杉矶型烟雾”。1955 年的一次光化学烟雾中，当地 65 岁以上的老人死亡近 400 人。50 年代以来，光化学烟雾在美国其他城市和世界各地相继出现，如日本、加拿大、德国、澳大利亚、荷兰、意大利、印度等国的一些城市都发生过。1974 年以来，我国兰州的西固石油化工区也出现过光化学烟雾。光化学烟雾对人最突出的危害是刺激眼睛，引起红眼病。此外，对鼻、咽喉、气管和肺部也有刺激作用，能促使哮喘病人哮喘发作，能引起慢性呼吸系统疾病进一步恶化，对肺癌也可能起一定的诱发作用。

在讨论大气污染对人的健康的危害时，有一个不容忽视的问题，即室内空气污染的问题。由于人们在室内活动和休息的时间较长，室内空气质量与微小气候（温度、湿度、风速等）的好与坏，直接影响着人体的健康。

室内空气污染的主要来源，是燃料燃烧所造成的。煤燃烧时释放出大量有害气体，如二氧化碳、一氧化碳、二氧化硫、氮氧化物、烟尘及有机多环芳烃〔如苯并（a）芘〕等。农村烧的玉米杆、麦秸及晒干的动物粪便等，成分也相当复杂，燃烧时也产生大量有害气体，如烟尘、杂酚油、焦油、甲醛、乙醛、有机酸等。燃烧高硫、高氟煤时释放出的气体的污染危害更为严重。其次是厨房里的污染，油炸、炒菜及蒸煮等烹饪过程会释放出氮氧化物、醛类等。室内吸烟也是造成污染的重要来源。我国是烟草大国，目前仅香烟牌号就有 2000 多种，吸烟造成的死亡率逐年增加。尤其是北方城市冬季关门关窗，烟草燃烧释放的一氧化碳、尼古丁、苯并（a）芘等就更不易排出。此外，室内所用的绝缘材料、装饰所用的粘结剂、涂料、填充剂、油漆的新家具、纤维板、塑料贴面等，都含有有机溶剂，如甲醛等，这也是室内污染的来源。

某研究机构曾对室内进行监测，发现有 350 多种挥发性有机物。这些有机物随着浓度不同，对人体危害的程度也不同。来自建筑材料中的放射性物质氡也会放射出来危害人体健康。除此以外，清洁剂、除臭剂、杀虫剂等也是室内空气中有机蒸气的主要来源。室外污染物也会随时进入室内，等等。

解决室内污染的最简便方法就是保持良好的通风状态。厨房更应注意通风换气，有条件的可以安装换气扇或抽油烟机等。

②大气污染对动物的危害

大气受到严重污染时，动物会由于吸入有害物质而中毒或死亡。但是大气污染对动物的主要危害，往往是由于动物食用或饮用了含有污染物的植物或水，这些污染物在动物体内积累而造成的。

③大气污染物对植物的危害

大气污染对植物的危害，随污染物的种类、性质、浓度和接触时间，植物的品种和生长期，气象条件等的不同而不同。

植物为什么容易受到大气污染的危害呢？首先是因为植物一般有巨大的叶面积同空气接触并进行活跃的气体交换。气态污染物通常经叶子下表皮上的气孔进入植物体，然后逐渐扩散到海绵组织、栅栏组织，破坏叶绿素，使组织脱水坏死，干扰酶的作用，阻碍各种代谢机能，抑制植物的生长。颗粒状污染物则能擦伤叶面，阻碍影响光合作用，影响植物的正常生长。其次是由于植物不象高等动物那样具有循环系统，对于外界影响的缓冲能力很小。此外，植物一般是固定不动的，不象动物那样可以避开污染。

大气污染对植物造成的危害通常可以分为急性、慢性和不可见三种。急性危害是在污染物浓度很高时，短期接触就造成植物叶片上出现坏死斑。造成急性危害时，不同的污染物往往表现出各自特有的危害症状。急性危害常常使作物产量显著降低，或造成植株坏死。慢性危害常常发生在植物长期与低浓度的污染物接触的情况下，它也能影响植物的生长发育，有时可以使植物出现失绿、早衰等现象。不可见危害只造成植物生理上的障碍，在某种程度上抑制植物的生长，但在外观上一般看不出明显的症状。

大气污染对植物的另一种潜在危害是酸雨，关于这一问题，下面还要专门论述。

大气污染物中对植物影响较大的是二氧化硫、氟化物、光化学烟雾、乙烯等。氯、氨、氯化氢等虽对植物产生毒害，但一般是由于事故泄漏引起的，影响范围不大。

④大气污染对材料的损害

大气污染对材料的损害相当广泛，也很严重。例如，二氧化硫及其生成的硫酸雾对金属表面的腐蚀性很强，常常促使发生电化腐蚀；二氧化硫也会使纸制品、纺织品、皮革制品等腐蚀变脆；使各种油漆涂料变质变色。光化学烟雾能使橡胶制品龟裂和老化，使电镀层腐蚀。氮氧化物能损坏化学纤维。酸性气体以及酸雾、酸雨等能侵蚀建筑材料、文物古迹等。以上损害是由于污染物与被损害的材料发生了化学反应而引起的。还有一类损害是由于污染物的沉积、附着、玷污引起的。例如颗粒物沉积在高压输电线绝缘器上，在高湿度时可能成为导体而造成短路事故。污染物还能在电子器件接触器上生成绝缘膜层等。大气污染对材料的损害程度受到温度、湿度、阳光、风、物体位置等因素的影响。

⑤酸雨及其危害

顾名思义，酸雨就是显酸性的雨。目前，一般把 PH 值小于 5.6 的雨水称为酸雨，它包括雨、雪、雹、雾等降水过程。

一般地说，天然降水都显偏酸性，pH 值约在 6—7 左右。这是由于大气中的二氧化碳溶解在洁净的雨水里形成碳酸的缘故。降水的微弱酸性可以促进土壤里养分的溶解，有利于植物吸收，因此是有利于人类环境的。但是，当降水的酸度增大，pH 值小于 5.6 时，对生态就会产生不良影响。

酸雨的危害，大致有以下几个方面：首先是对人体健康的直接危害，硫酸雾和硫酸盐雾的毒性比二氧化硫大得多，可以侵入肺的深部组织，引起肺水肿等疾病而使人致死。第二是酸雨可以使河流、湖泊的水体酸化，严重影响水生动植物的生长。在美国和加拿大，已有几千条河流和湖泊“ 死亡 ”（即水生动植物绝迹）。瑞典的 18000 个大中型湖泊已经酸化，其中 4000 个酸化严重，水生生物受到很大伤害。第三是酸雨破坏土壤、植被、森林。在酸雨的作用下，土壤中的钙、镁、钾等养分大量流失，导致土壤日趋酸化、贫瘠化，影响植物生长。酸雨还会影响固氮菌的活动，造成土壤微生物群体发生生态系统的混乱，抑制氮的固定，严重影响植物生长。据西方通讯社报道，由于酸雨的危害，欧洲许多国家的森林正以惊人的速度死亡，尤其是德国西部的森林受害最为严重，全国约有 50%的森林受到酸雨的破坏。第四是酸雨腐蚀金属、油漆、皮革、纺织品和含碳酸钙的建筑材料。例如，完好地保存了几百年的文物古迹、艺术珍品，自从 50 年代酸雨出现以来，几十年间有的已被腐蚀得面目全非。在地中海沿岸的历史名城雅典，保存着许多古希腊时代遗留下来的金属像和石雕像，近十多年来多被慢慢腐蚀。除此而外，酸雨渗入地下，可能引起地下水酸化，酸化的水中所含的铝、铜、锌、镉比中性地下水中高几十倍。

我国的工业虽然还比较落后，但由于大气受到污染，酸雨问题也日趋严重。我国的酸雨问题有以下特点：

一是分布面广，据 23 个省、市、自治区调查情况表明，有 20 个省、市、自治区出现了酸雨。

二是酸雨分布存在着明显的区域性。从地理分布来看，主要集中在西南、中南和华东地区，并且由北到南有逐渐加重的趋势。

三是不少地区降水酸度已经很高。1982 年的一次统计表明，出现了 PH 值小于 4.0 的酸雨的城市有苏州、广州、南昌、贵阳、重庆等。以贵州省为例，参加测报的所有市、地区和自治州都出现过酸雨，全省降雨的 PH 值平均为 5.0，最小 PH 值为 3.1。

四是酸雨的发展速度快。测报数据表明，重庆市 1981 年降雨的 PH 平均值为 4.6，1982 年就降为 4.3。

通过以上分析可以看出，我国的酸雨污染相当严重，已经成为亟待解决的重大环境问题。

酸雨是怎样形成的呢？分析表明，酸雨中的酸度主要是由硫酸和硝酸造成的，它们占总酸度的 90%以上，其余为一些弱酸。从我国的情况来看，酸雨中含硫酸一般比硝酸多，主要是硫酸型酸雨。酸雨的形成是一种复杂的大气化学和大气物理过程，目前世界各国对酸雨的形成机理还不很清楚。一般认为，酸雨主要是由于人为排放的二氧化硫等酸性气体进入大气后，造成局部地区大气中的二氧化硫富集，在水凝结过程中溶解于水形成亚硫酸，然后经某些污染物的催化作用及氧化剂的氧化作用生成硫酸，随雨水降下。形成

酸雨还要有一定的环境气候条件，例如，湿度高、雨量大、无风以及一定的地理因素等。

如何防治酸雨的形成呢？70 年代以来，许多工业国家为了控制局部地区的大气污染，不断增加烟囱的高度，以利用高空的气象条件扩散污染物，减轻地面污染，有的烟囱甚至高达 200 多米。然而这样做不能解决根本问题，只能把污染物扩展到更广泛的地区。要防治酸雨的污染，最根本的途径是减少人为的硫氧化物和氮氧化物的排放。人为排放的二氧化硫主要是由于燃烧高硫煤（煤中一般含硫 0.3—5%）造成的，因此研究煤炭中硫资源的综合开发与利用，是防治酸雨的有效途径。具体做法是大力进行煤炭洗选加工，综合开发煤、硫资源；对于高硫煤和低硫煤实行分产分运，合理使用；在煤炭燃烧使用过程中，采取排烟脱硫技术，回收二氧化硫，生产硫酸；发展脱硫煤、成型煤供民用，有计划地进行城市煤气化建设等。

⑥大气中二氧化碳含量的增加与温室效应

在大气的组成一节中曾经提到二氧化碳是大气中的可变成分。由于火山喷发、森林火灾等自然原因和燃烧燃料、砍伐森林等人为原因，会大大地增加大气中二氧化碳的含量，但这些二氧化碳中，很大部分被植物光合作用消耗和被广阔的海洋吸收了。通过不断进行的交换和循环，基本上保持着一种平衡，这就是原先大气中二氧化碳的含量大体上保持不变的原因。但是近几十年来，情况发生了很大变化，由于人类消耗能源急剧增加，森林遭到破坏，大气中二氧化碳的浓度不断上升，有关资料表明，1896 年为 296ppm，1960 年为 320ppm，估计到 2000 年将增加到 370ppm。大气中二氧化碳含量增高并不影响太阳对地球表面的辐射，但二氧化碳能吸收来自地球的长波辐射，也就是说阻碍了由地球反射回高空的红外辐射，这就象给地球罩上一层保温膜一样，使地球表面气温增高，这就是所谓的温室效应。大气中二氧化碳含量增加，温室效应也随着加强。有人估计，到 2000 年时，地球表面的温度将会上升 0.5℃，并会随着二氧化碳的浓度的增高继续上升，其结果将导致两极的冰川融化，海平面提高，淹没许多沿海城市和陆地。当然，这仅仅是一种推论。也有许多人认为温度升高，二氧化碳的增加会大大促进绿色植物的生长，使农业丰产。大气中的水气量、云量、颗粒物都可能有跟二氧化碳相反的作用，是使温室效应被抵消的因素。另外，森林的多少、水利工程的建设、灌溉面积的大小等都对气温、气候有影响。太阳的变化、行星的间距和相对位置等也会影响到地球的气候条件。因此，目前对未来气候总的趋势是“变暖”还是“变冷”，还不能作出肯定的推断。但是有一点是可以肯定的，即大气污染对气候的影响已明显地表露出来，它至少是引起近年来世界各地气候“异常”的原因之一。在城市，由于人口稠密，工业集中，往往比郊区和农村气温高、湿度小、多雨、多烟雾、能见度低、阳光辐射小、风速低。城市里的气温明显高于周围地区的现象称为城市热岛。这可能是有人感到气候在变暖的一个直接原因，但还不足以说明未来气候总的变化趋势。总而言之，二氧化碳在大气中的含量不断增加，这是一个事实，它对全球气候的影响是正在研究的一个复杂课题。

⑦臭氧层的破坏及可能产生的危害

地球上的臭氧含量很少，在接近地面的空气中，臭氧的浓度不到 0.1ppm。在大气圈的平流层中，有一个臭氧含量较高的臭氧层，它好象一个巨大的过滤网，可以吸收和滤掉太阳光中有害的紫外线，有效地保护地球生

物的生存。据报道，自 1979 年以来，全球除赤道以外，所有地区大气臭氧含量减少 5%；在春季，南极上空臭氧耗损程度达 40%，出现了令人担忧的臭氧空洞。臭氧层中臭氧含量减少，大量的紫外线照射进来，就要严重损害动植物的基本结构，降低生物生产量，使气候和生态环境发生变异，特别对人类健康造成重大损害。大剂量的紫外线照射会导致皮肤癌的发生，造成生物死亡。有人估计，如果臭氧减少 10%，地面不同地区的紫外线辐射量将增加 19—22%，因此皮肤癌将增加 15—25%。

臭氧层的臭氧含量为什么会减少呢？臭氧分子是由三个氧原子结合在一起而成的，化学式为 0_3。臭氧是氧气的同素异形体。气态臭氧呈蓝色，有特殊的臭味。雷电交加时空气特别清新，就是因为在雷击时生成的臭氧散入空气中的结果。臭氧很活泼，能同许多物质发生化学反应，自己被还原成氧分子。工业废气、氮肥的分解物、氟氯甲烷、卤代烃类化合物，都可以与臭氧发生反应。尤其是超音速飞机排放出的含氧化氮的气体，进入臭氧层后，会与臭氧化合，直接消耗掉臭氧，发生的主要反应是：

$$O_3+NO=NO_2+O_2$$

氟利昂是一种广泛应用的冷冻剂和气雾剂。这种物质比较稳定，不容易发生化学反应，也不溶于水，到达平流层后，遇到太阳光照射，分解出氯原子，氯原子与臭氧发生反应：

$$Cl+033=ClO+022$$

$$ClO+O=Cl+022$$

这一反应中新生成的氯原子又可以续继与臭氧作用，破坏臭氧层。

涉及破坏大气臭氧层的因素很多，需要开展进一步的研究工作，但有一点是肯定的，大气臭氧层被破坏会产生严重后果，这已引起世界各国的共同关注。联合国第 42 届大会通过一项决议，呼吁各国政府采取措施保护臭氧层。

5.大气污染的综合防治

随着工业、交通运输业等的发展，城市化程度的提高，大气污染问题已越来越严重地摆在世界各国的面前。为了控制大气的污染，保护和改善人类生活的环境质量，必须采取有效的对策。要从整个区域的大气污染状况出发，把大气环境看成一个整体，统一规划能源结构、工业发展、城市建设布局等；综合运用各种防治污染的技术措施，改革旧的工艺；制订合理的大气质量标准和大气污染物排放标准；发展植物净化，充分利用环境的自净能力；提出有关环境污染的综合防治措施等，对环境进行全面管理，做到既有利于经济的发展，又保护和改善大气质量。

①大气环境标准

大气环境标准是执行环境保护法规，实施大气环境管理的科学依据和手段。根据用途，大气环境标准可以分为大气质量标准、大气污染物排放标准、大气污染控制技术标准和大气污染警报标准等。根据适用范围，又可以分为国家标准、地方标准和行业标准等。

大气质量标准

制订大气质量标准，既要考虑到保障人体健康和保护生态环境，又要合

理地协调与平衡实现标准所需的代价与社会经济效益之间的关系，还应遵循区域差异性原则。

目前世界各国判断大气质量时,一般多依据世界卫生组织在 1963 年提出的大气质量的四级标准（表 10）。

表 10　世界卫生组织提出的大气质量标准分级

级　别	反　　应
第一级	在处于或低于所规定的浓度扣接触时间内，观察不到直接或间接的反应（包括反射性或保护性反应）。
第二级	在达到或高于所规定的浓度和接触时间内，对人的感觉器官有刺激，对植物有损害，或对环境产生其他有害作用。
第三级	在达到或高于所规定的浓度和接触时间内，可以使人的生理功能发生障碍或衰退，引起慢性病和缩短寿命。
第四级	在达到或高于所规定的浓度和接触时间内，对敏感的人发生急性中毒或死亡。

根据环境质量标准以及我国的实际情况，按照分级分区管理的原则，规定我国大气质量标准分为三级（表 11）。根据各地区的

表 11　我国的大气质量标准分级

级 别	空　气　质　量　要　求
一级	为保护自然生态和人群健康，在长期接触情况下，不发生任何危害性影响的空气质量要求。
二级	为保护人群健康和城市、乡村的动、植物，在长期和短期的接触情况下，不发生伤害的空气质量要求。
三级	为保护人群不发生急、慢性中毒和城市一般动、植物（敏感者除外）正常生长的空气质量要求。

具体情况，又把大气质量分为三类区（表 12）。

表 12　大气质量划分三类区

类 区	范　　围
一类区	国家规定的自然保护区，风景游览区、名胜古迹和疗养地等。
二类区	城市规划中确定的居民区，商业交通居民混合区、文化区、名胜古迹和广大农村地区。
三类区	大气污染程度比较重的城镇和工业区以及城市交通枢纽、干线等。

我国在 1982 年制定的《大气环境质量标准》（GB3095-82）中列出了总悬浮微粒、飘尘、二氧化硫、氮氧化物、一氧化碳、光化学氧化剂（O_3）六种污染物的浓度标准（表 13）。

除了制订大气环境质量标准以外，我国还在 1962 年颁发（1979 年修订）了《工业企业设计卫生标准》（TI36－79），规定了“ 居住区大气中有害物质的最高容许浓度 ”标准和“ 车间空气中有害物质的最高容许浓度 ”标准，

分别对一氧化碳、二氧化硫、氧化氮、氨、苯、飘尘等 34 和 120 种有害物质的最高容许浓度作了规定。

大气污染物排放标准

为了实现大气环境质量标准，对人为污染源排入环境的大气污染物的浓度或数量所作出的限量规定，称为大气污染物排放标准。排放标准和环境标准不同。环境标准是国家控制和改善环境质量的一种目标。制定排放标准的目的是要控制污染源的各种污染物的排放量。

我国在 1973 年颁布了《工业“三废”排放试行标准》GBJ4-73，暂订了 13 类有害物质的排放标准。它是以居住区大气中有害物质最高容许浓度为依据，按大气扩散模式推算的不同烟囱高度时，污染物容许排放量或排放浓度的标准。例如，冶金企业二氧化硫的排放标准为，烟囱高 30 米时，排放量 52 千克每小时；烟囱高 100 米时，排放量 450 千克每小时。

表 13　空气污染物三级标准浓度限值　　（摘自 GB3095－82）

污染物名称	浓　度　限　值（mg\m^3）			
	取 值 时 间	一级标准	二级标准	三级标准
总悬浮微粒	日平均①	0.15	0.30	0.50
	任何一次②	0.30	1.00	1.50
飘　　尘	日平均	0.05	0.15	0.25
	任何一次	0.15	0.50	0.70
二 氧 化 硫	年日平均③	0.02	0.06	0.10
	日平均	0.05	0.15	0.25
	任何一次	0.15	0.50	0.70
氮 氧 化 物	日平均	0.05	0.10	0.15
	任何一次	0.10	0.15	0.30
一 氧 化 碳	日平均	4.00	4.00	6.00
	任何一次	10.00	10.00	20.00
光化学氧化剂（O_3）	一小时平均	0.12	0.16	0.20

注：①“日平均”为任何一日的平均浓度不许超过的限值。

②“任何一次”为任何一次采样测定不许超过的浓度值限。不同污染物“任何一次”采样时间见有关规定。

③“年日平均”为任何一年的日平均浓度均值不许超过的限值。

我国还在 1983 年颁布了《制订地方大气污染物排放标准的技术原则和方法》（GB3840-83），和《锅炉烟尘排放标准》（GB3841-83）。除国家排放标准和地方排放标准外，我国还制订了一系列部门和行业排放标准。

②大气污染防治技术

对于矿石燃料燃烧过程排出的烟尘、硫氧化物、氮氧化物、碳氧化物、碳氢化合物等的主要防治技术有以下几种。

改变燃料组成和能源结构。如进行燃料脱硫，把煤气化和液化，开发和利用地热、太阳能、风力、水力、潮汐能、氢能和生物能等无污染能源，以取代矿物燃料。

改进燃烧装置、燃烧技术和运转条件，以减少烟尘和气态污染物的生成。

发展集中供热和区域采暖，以减少烟尘、飘尘的排放量并提高热效率。

消除烟尘，防治污染。烟气中含污染物种类多，应根据污染物的性质，采取不同的治理方法。例如，对于尘粒可以采取机械除尘、洗涤除尘、过滤除尘、静电除尘、声波除尘等方法；对于有害气体可以采取吸收、吸附、膜分离技术和催化转化等方法。

采用高烟囱和集合式烟囱排放。增加烟囱的高度和采用集合式烟囱（相当于增加烟囱的有效高度），有利于发挥大气的扩散作用和自净能力，是防治局部地区污染的有效措施之一，但这种治理措施不能减少进入大气圈的污染物数量，长此以往，可能会引起地区性或全球性的大气污染。

对于化工生产过程和粉碎、运输、筛选等机械加工过程中产生的大气污染物的防治，最根本的途径是改变生产工艺，采用无污染工艺和无污染装置。对于工业生产过程中产生的有害气体，也可以采用吸收、吸附、催化转化法治理，对粉尘可采用集尘、除尘装置治理。

风沙及地面扬尘，也是大气污染，可采取植树造林、扩大绿地等措施加以治理。

③大气监测

大气监测在防止大气污染，保护大气环境的工作中占有重要的地位。大气监测就是利用一定的仪器、药品、采取一定的方法，间断或连续地测定大气中污染物的种类、浓度，观察和分析其变化和对大气环境的影响的过程。

对大气污染物的监测一般可以分为两类。一类是对污染物排放源的监测，主要检测排放源排出的污染物是否符合废气排放标准的有关规定。另一类是环境大气中污染物监测，主要检查大气中污染物是否符合卫生标准或大气质量标准的有关规定。

大气监测一般采用人工或半自动采样，用实验室化学分析方法进行定期、定点测定。随着环境监测工作的发展，我国的许多地方建立起大气污染固定监测站和大气污染流动监测站等。世界卫生组织和世界气象组织在 1976 年开始制订全球大气监测计划，建立了统一测定和采样方法的大气监测程序。我国在 1979 年成为全球大气监测计划的成员国。

监测分析大气污染物的方法有许多种，其中有的涉及到较复杂的仪器，表 14 介绍了几种主要污染物的测定方法。

表 14　几种大气污染物的测定方法

污 染 物	测 定 分 析 方 法（仪器）
二氧化硫	检气管法、吸光度法、电导分析法、库仑滴定法、红外线气体分析器法、气相色谱法、盐酸副玫瑰比色法*
氮氧化物	吸光度法、化学发光法、紫外吸收法、库仑法、检气管法、盐酸萘乙二胺比色法*
一氧化碳	红外分析法*、气相色谱法*、汞置换法*、容量法、电导法、控制电位电化学法、比色法、
总氧化剂	硼酸碘化钾比色法*、硫酸亚铁铵法、酚酞法、化学发光法、紫外吸收法、红外分析法、吸光度法
总　　烃	气相色谱法*、
总悬浮颗粒物	小流量抽气法采样*
降　　尘	长期湿法采样*、长期干法、短期采样

注：带*的测定方法为中国规定采用的标准测定方法。

6.大气环境教育活动

有关大气环境教育除了开设选修课或结合地理、化学、生物课堂教学渗透进行外，还可以组织大气环境讲座、报告会，布置板报、宣传园地，组织大气环境知识竞赛，撰写小论文等。有条件的学校，可以与环保部门、少年科技活动站结合，共同组织一些课外专题活动，培养学生的参与意识，提高他们的动手能力，以达到增强环境意识的目的。

下面，简单介绍几组学生课外活动内容。

①“大气卫士”活动

目的：

使学生从小知道保护大气环境，参与环境管理。

原理：

对照林格曼煤烟浓度表（见表 15），监测烟囱冒黑烟情况。该表

表 15　林格曼煤烟浓度表

0度	黑线宽1.0毫米 白线宽0.0	黑地　0.00% 白地100.00%	浓度 0
1度	黑线宽1.0 白线宽9.0	黑地　19.00% 白地　81.00%	浓度 20
2度	黑线宽2.3 白线宽7.7	黑地　40.71% 白地　59.29%	浓度 40
3度	黑线宽3.7 白线宽6.3	黑地　60.31% 白地　39.69%	浓度 60
4度	黑线宽5.5 白线宽4.5	黑地　79.75% 白地　20.25%	浓度 80
5度	黑线宽10.0 白线宽0.0	黑地100.00% 白地　0.00%	浓度 100

是在长 14 厘米，宽 20 厘米的白纸上分别描出宽度为 1.0、2.3、3.7、5.5、10.0 毫米的方格黑线图，使矩形内黑色部分所占比例大致为 0、20、40、60、80、100%，以此把烟尘浓度分为 6 级，分别为 0、1、2、3、4、5 度。在标准状态下，1 度烟尘浓度相当于 0.25 克每立方米，2 度相当于 0.7 克每立方米，3 度相当于 1.2 克每立方米，4 度相当于 2.3 克每立方米，5 度约为 4—5 克每立方米。在使用时，把林格曼浓度表竖立在与观察者眼睛大致相同的高度上，然后离开纸板 16 米，离烟囱 40 米的地方注视此浓度表的纸板，与离烟囱口 30—45 厘米处的烟尘浓度作比较。观测时应与烟气流向成直角，不可面向阳光，烟囱出口的背景上不要有建筑物、山等障碍物。

如使用袖珍林格曼煤烟浓度表时，由于它缩小了 10 倍，因此观察时应距眼睛 1.5 米，也可握在手中伸直手臂进行观测。

方法：

在制高点设立观察哨，当远处烟囱冒出的烟浓度与表中某种情况相似时，即是该烟囱此时的烟气浓度。应及时记录观测结果（包话烟囱代号、烟气浓度、起止时间及必要的文字描述），同时记录天气情况、气温、风向、风力等。如果烟气浓度超过当地环境保护部门规定的标准，可将结果通知环保部门。也可以根据具体情况向超标准排放的单位发送警告通知书，到该单位宣传大气污染防治法，宣传环境保护的重要性等。

②大气环境调查

了解所在区的污染源情况，包括燃煤供热污染源、生活设施污染源、工业污染源、居民区污染源等。分析产生的污染物种类、数量，提供减少污染的设想等。把调查结果写成小论文。

③温室效应的观测与分析

目的：

从实际活动中了解什么是温室效应。

方法：

在学校的花房（或公园的花房）内外各设 1 个温度观测点，进行平行观测。每天多次定时同时观测温度。

仪器：

2 支型号相同的温度计、温度计支架和百页箱。

结论：

经过一段时间观测并积累了一定的记录资料后，把两处的观察数据分别按时间整理，求出每天某时刻温度的平均值，并绘制“ 花房内外温度时间变化图 ”。可按不同月份、季节绘图。

根据资料和所绘曲线，把开展这项活动的方法，步骤遇到的问题，得出的结果等写成小论文。

④雨水 PH 值的测定

目的：

从实际活动中了解什么是酸雨。

方法：

用空饮料瓶改制成雨水收集器（见图 16），采集雨水样品，测定降水量及雨水的 PH 值。

测定 PH 值时，最好使用酸度计，也可以用精密 PH 试纸代替。为了提高测定的准确性，可以在同一地区多设立几处采集点，取平均值。

结论：

对某次降水或某段时间的降水进行分析。把开展活动的方法、步骤、遇到的问题、得出的结果等写成小论文。

⑤氮氧化物的测定（盐酸萘乙二胺比色法）

此项活动需一定的仪器设备，可与环保部门结合进行。

目的：

通过测定某地区空气中氮氧化物的含量的活动，使学生初步了解监测空气的方法，了解该地区空气污染的情况，增强学生的参予意识和环保意识。

原理：

大气中的氮氧化物主要是一氧化氮和二氧化氮。测定氮氧化物浓度时，先用三氧化铬氧化管将一氧化氮氧化成二氧化氮。

二氧化氮被吸收在溶液中形成亚硝酸，与对氨基苯磺酸起重氮化反应，再与盐酸萘乙二胺偶合，生成玫瑰红色偶氮染料。根据颜色深浅，比色定量，测定结果以 NO_2 表示。

本法检出限为 0.05 微克每 5 毫升，当采样体积为 6 升时，最低检出浓度为 0.01 毫克每立方米。

仪器：

1.多孔玻板吸收管。

2.大气采样器：流量范围 0—1 升每分。

3.双球玻璃管。

4.分光光度计。

试剂：

所有试剂均用不含亚硝酸盐的重蒸蒸馏水配制。检验方法是要求用该蒸馏水配制的吸收液不呈显淡红色。

1.吸收液：称取 5.0 克对氨基苯磺酸，置于 200 毫升烧杯中，将 50 毫升冰醋酸与 900 毫升水的混合液分数次加入烧杯中，搅拌使其溶解，并迅速转入 1000 毫升棕色容量瓶中，待对氨基苯磺酸溶解后，加入 0.05 克盐酸苯乙二胺，溶解后，用水稀释至标线，摇匀，贮于棕色瓶中。此为吸收原液，放在冰箱中可保存一月。

采样时，按四份吸收原液与一份水的比例混合成采样用的吸收液。

2.三氧化铬—砂子氧化管：将河砂洗净、晒干，筛取 20—40 目的部分，用（l＋2）的盐酸浸泡一夜，用水洗至中性后烘干。将三氧化铬及砂子按（1＋20）的重量混合，加少量水调匀，放在红外灯下或烘箱里于 105℃烘干，烘干过程中应搅拌数次。做好的三氧化铬—砂子应是松散的，若粘在一起，说明三氧化铬比例太大，可适当增加一些砂子，重新制备。

将三氧化铬—砂子装入双球玻璃管中，两端用脱脂棉塞好，并用塑料管制的小帽将氧化管的两端盖紧备用。

3.亚硝酸钠标准贮备液：将粒状亚硝酸钠在干燥器内放置 24 小时，称取 0.1500 克溶于水，然后移入 1000 毫升容量瓶中，用水稀释至标线。此溶液每毫升含 100 微克 NO_2^-，贮于棕色瓶中，存放在冰箱里，可稳定三个月。

4.亚硝酸钠标准水溶液：临用前，吸取 5.00 毫升亚硝酸钠标准贮备液于

100 毫升容量瓶中，用水稀释至标线。此溶液每毫升含 5 微克 NO_2^-。

采样：

将 5 毫升采样用的吸收液注入多孔玻板吸收管中，吸收管的进气口接三氧化铬—砂子氧化管，并使氧化管的进气端略向下倾斜，以免潮湿空气将氧化剂弄湿污染后面的吸收管。吸收管的出气口与大气采样器相连接，以 0.3 升每分的流量避光采样至吸收液呈浅玫瑰红色为止。如不变色，应加大采样流量或延长采样时间。在采样同时，应测定采样现场的温度和大气压力，并作好记录。

测定步骤：

1.标准曲线的绘制：取七支 10 毫升比色管，按下表所列数据配制标准色列（表 16）

表 16　测定 NO_2 时所配制的标准色列

	0	1	2	3	4	5	6
NO^-_2 标准使用液（mL）	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
吸收原液（mL）	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
水（mL）	1.00	0.90	0.80	0.70	0.60	0.50	0.40
NO^-_2 含量（μg）	0.0	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0

加完试剂后，摆匀、避免阳光直射，放置 15 分钟，用 1 厘米比色皿，于波长 540 纳米处，以水为参比，测定吸光度。用测得的吸光度对 5 毫升溶液中 NO_2^- 含量（微克）绘制标准曲线，并计算各点比值。

$$\frac{NO_2-(\mu g)}{(\text{标准液吸光度}-\text{空白液吸光度})\times 5}$$

T 取各点计算结果的平均值为计算因子（Bs）。

2.样品的测定：采样后，放置 15 分钟，将吸收液移入比色皿中，与标准曲线绘制时的条件相同测定吸光度。

计算：

$$\text{氮氧化物}(NO_2，\ mg/m^3)=\frac{(A-A_0)\times Bs}{V_2\times 0.76}$$

式中：A——试样溶液的吸光度；

A_0——试剂空白液的吸光度；

B_s——计算因子；

V_2——换算为参比状态下的采样体积（L）；

0.76——为 NO_2（气）转变为 NO_2-（液）的转换系数。

注意事项：

1.配制吸收液时，应避免在空气中长时间暴露，以免吸收空气中的氮氧化物。日光照射能使吸收液显色，因此在采样、运送及存放过程中，都应采取避光措施。

2.在采样过程中，如吸收液体积显著缩小，要有水补充到原来的体积（应预先作好标记）。

3.氧化管适用于相对湿度为 30—70%时使用，当空气相对湿度大于 70%时，应勤换氧化管；小于 30%时，在使用前，用经过水面的潮湿空气通过氧化管，平衡 1 小时，再使用。

结论：

对所测结果进行分析，并根据实际情况向有关部门提出防止空气污染的建议。

（二）水

1.水的重要性

①水与生命

水在人类和生物的整个生命活动中起着巨大的作用。地球上如果没有了水，就会和月球一样，成为一个无生命的死寂星球。水是组成任何生物体的基本成分。动物体平均含水 70%左右，植物体平均含水 40—60%。水对生物的主要作用还在于水是生物新陈代谢的介质。生物体通过水从外界吸取养分，通过水把各种营养物质输送到机体的各个部分，又通过水把代谢产物排出体外。水作为一种主要的介质把生物体的营养和代谢过程联系起来，通过这一过程维持着生命的活力。水对生物体还起着散失热量、调节体温的作用。

水是维持人类生存的最基本的物质之一。人体平均含水 65%，人体血液中含有 80%的水分。如果人体减少水分 10%，就会引起疾病，减少 20—22%，就要死亡。据统计，一个人所消耗的水量大约比所需营养物多一倍以上。一个健康人每天要摄取 2—5 升水，加上卫生方面的需要，约需水数十至数百升。据联合国的有关报道，目前世界上每年有 1500 万五岁以下的儿童死亡，死亡的大多数原因与饮水有关。世界上每天有 2.5 万人由于饮用污染的水引起疾病或由于缺水而死亡。

不难看出，水是生命产生、存在、发育和繁殖的基本前提。可以说，没有水就没有生命。

②水与工业生产

工业生产离不开水，主要用途包括原料用水、产品处理用水、锅炉用水、冷却用水、洗涤用水、温度、湿度调整用水以及其他各项用水。工业用水应尽量满足水量大、水质好、水温低而且稳定等条件。工业用水量随着产品品种的不同有很大差别。即使同一种产品，也会随着设厂位置、管理水平、循环使用以及水源的不同，而有所差异。表 17 所列的是生产一些产品的平均用水量。

表 17　生产各类产品的单位用水量

产　　品	用水量（立方米每吨）	产　　品	用水量(立方米每吨)
钢　　铁	300	甜 菜 糖	100 — 200
钢　　板	70 — 75	纸　　浆	200 — 500
铝	160	棉　　纱	200
煤　　炭	1 — 5	毛 织 品	150 — 350
水　　泥	1 — 4	合成橡胶	150 — 2800
石　　油	4	合成纤维	600 — 2000
汽　　油	12 — 20	烧　　碱	100 — 150
航空汽油	40 — 50	面　　碱	50
化　　肥	50 — 250	乙　　醇	200 — 500
硫　　酸	2 — 20	醋　　酸	400 — 1000

③水与农业生产

水利是农业的命脉。农业生产上，特别是在较干旱的地区，需要用大量的水进行灌溉。例如我国华北地区，每次浇灌 1 公顷小麦地，约需水 600—750 立方米，每次浇灌 1 公顷棉花地要用 500—750 立方米水，菜地和水稻用水更多。

在一些工业发达的国家，虽然工业用水量很大，但农业用水量仍远远超过工业用水量。如日本在 1970 年的总用水量为 806 亿立方米，其中农业用水 534 亿立方米，占 60%以上。

④水与能源、运输业

星罗棋布的水力发电站，为人类提供了廉价的电力资源。火力发电站用水蒸气作工作物质，推动汽轮发电机组运转。海洋温差发电、潮汐发电都在研究发展之中。此外，利用太阳能分解水制氢、水力采煤、石油钻井等都离不开水。海洋和内河运输的发展，极大地促进了经济建设的发展。水还是固体管道运输的载体。

2.水资源概况

①水圈

广义的水圈指的是地球表面和接近地球表面的各种形态的水的总称。而狭义的水圈则指地球表面的液态水层。

广义水圈：
- 大气圈中的水（雨、雹、雪、云、水蒸气等）
- 生物圈中的水（体液、细胞液、生物聚合水合物等）
- 岩石圈中的水（地下水、岩浆水、水合水）

狭义水圈：
- 陆地水（泉水、沼泽水、湖水、河水、冰川、雪盖等）
- 海洋水（浅海水、大洋水等）

②水的分类

水有不同的分类方法，有一种是按照总盐量的多少，把天然水分成四类（见表 18）：

表 18　天然水的分类

种　　类	总盐量（克每千克）	存　　在
淡　水	＜l.0	大部分河水、部分湖水、地下水
咸　水	l — 25	小部分河水、部分湖水、地下水
海　水	25 — 50	海洋水
盐　水	＞50	盐湖水、地下卤水

③天然水的化学组成

水在自然界的循环过程中，与许多种物质接触，这使得天然水包括了各种不同形态的化合物，形成一个复杂的溶液体系。通过分析，发现天然水中含有的物质几乎包括了所有的化学元素,表 19 列出了天然水中含量较多的或较常见的微量成分。

④水资源分布

地球是一个富水的行星，地球表面积的十分之七以上被水覆盖着。地球上水的总量约有 13.6 亿立方千米，其中 97.2%是海水，2.15%是冰山和冰川，人们可以利用的淡水只有 0.65%左右。可见，地球上虽然总的水量很大，但可供人类直接利用而且容易取得的淡水资源是十分有限的。

表 19　天然水的化学组成

主　要　成　分		H_2O
溶解气体	主要气体	N_2、O_2、CO_2
	微量气体	CH_4、H_2、H_2S
主要离子	阴离子	Cl^-、SO_4^{2-}、HCO_3^-、CO_3^{2-}
	阳离子	K^+、Na^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}
微　量　元　素		Br、F、I、Fe、Cu、Ni、Ti、Pb、Zn、Mn、U、Ba
生 物 生 成 物		NH_4^+、NO_2^-、NO_3^-、HPO_4^{2-}、$H_2PO_4^-$、PO_4^{3-}
胶　体	无机胶体	$SiO_2 \cdot nH_2O$、$Fe(OH)_3 \cdot nH_2O$、$Al_2O_3 \cdot nH_2O$
	有机胶体	腐植质胶体等
悬 浮 物 质		硅铝酸盐颗粒、砂粒、粘土

我国淡水的平均水资源总量为 2.8 万亿立方米，居世界第六位；人均占有地表水资源量约为 2700 立方米，居世界第 88 位，仅为世界人均占有量的 1/4；我国约有 1 亿公顷耕地，平均每公顷占有地表水资源 2.6 万立方米，只相当于世界平均水平的一半。这些数据说明，我国的淡水资源相对贫乏，很多地区处于缺水状态。我国淡水资源的分布，从时间和空间上来分析，也是很不平衡的。例如，东部和南部水资源比较丰富，西部和北部则十分短缺。我国不少地区和流域的降水量年与年之间相差很大，有时连续几年枯水造成严重干旱，又有时连年丰水造成洪涝灾害和水资源流失。即使在同一年内，降水量也不均匀，大部分地区降水量集中在 6 至 9 月。这种时间和空间上降水分布的不均匀更加剧了水资源严重短缺的矛盾。

3.水环境问题

由于人类活动引起的水环境问题，概括起来可以分为三类：

第一，由于对水资源本身的不合理的掠夺式开采所造成的对水环境和水资源的破坏。如过量引用地表水导致河、湖干涸，过量汲取地下水导致地下水资源枯竭、地面沉降等。

第二，由于人类在其他领域的活动所造成的对水环境和水资源的破坏。如盲目滥垦引起湖泊缩小，破坏植被引起水土流失，矿山排水造成对地下水资源的破坏和城市化对水量平衡的影响等。

第三，由于工农业生产活动和生活活动引起的各类水体的水质量下降，也就是水污染问题。

下面，分别对上述三个问题加以简单介绍。

4.缺水危机

①人口对水资源的影响

水在自然界中不断地循环，因此是可以不断更新的资源，从地球上水的总量和可更新的角度看，水资源是丰富的。但可供人类直接利用的淡水量则很少，加上水量的分布极不均匀，这就造成了供需矛盾。随着人口的增多和生产的发展，需水量不断增加。近年来，世界总需水量每年约递增 4%，有些国家平均每 10 年增长 1 倍，水荒问题日益尖锐。据估计，目前世界上有 43 个国家和地区缺水。我国的淡水资源本来就不丰富，人口增加、工农业生产的发展和森林的大面积砍伐，使得缺水现象越来越严重。1949 年建国时，我国人口不到 5 亿，现在已增加到 11.6 亿，但可供利用的淡水资源量没有多少变化，这就使得人均占有量急剧下降。目前全国的 300 多个大中城市中，有 188 个城市供水紧张，40 多个城市严重缺水。北京、天津、辽宁、山东、山西、内蒙古、新疆等地均出现了用水告急的情况。缺水已经成为中国人民生活中的普遍问题，已经成为经济持续发展的一个重要制约因素。

②过量引用地表水导致河流、湖泊干涸。

近几十年来，我国在开发利用水资源方面有很大进展，保证了我国工农业生产的发展和人民生活水平的提高，但在这方面也存在着一些严重的问题。其中最主要的是引用量超过了补给量，导致河湖干枯。例如新疆的塔里木河是我国最大的内陆河。近年来由于上中游大量引水灌溉，输往下游的水量减少。目前上游阿拉尔站年平均径流量为 49.8 亿立方米，至下游卡拉站只剩下 9.5 亿立方米，英苏以下全部断流。罗布泊在 1934 年实测面积为 19 万公顷，至 1962 年尚有 5.3 万公顷，目前由于塔里木河下游断流无水供给，已完全干涸。

有些湖泊由于引水、排水不当，水质变咸。如博斯腾湖由于上游把大量农田排水泄入湖内，每年带入湖内的盐分高达 63.7 万吨，该湖已由淡水湖变成微咸湖。

③过量汲取地下水引起地下水位下降以致地下水资源枯竭

地表水资源，尤其是江河径流，泄水速度很快，水资源不仅无法充分利用，而且可以形成洪涝灾害。地下水资源则不同，它有许多地表水所没有的优点。第一，它的运动速度缓慢，在水循环中对水量的分配起缓冲、调节作用，使水量的变化趋于均匀。第二，地下水分布地域广而均匀，在平原地区、山间盆地都有丰富的地下水。第三，地下水水质一般比地表水好。大气降水的矿化度很低，而且会混入悬浮杂质和沾染细菌，一般不适于饮用。在渗入

地下的过程中，杂质和细菌被滤去而净化，水的矿化度也由于溶入可溶性矿物而增加。地下水是自然界提供给人类的最好的饮用水。

随着工业的发展和人口增加，世界上许多大城市对地下水的开采量越来越大，远远超过补给量，地下水位逐年下降。例如，从 1850 到 1950 的一百年中，英国伦敦中心地区的地下水位下降了 150 米。美国芝加哥市从 1864 年至 1958 年的将近 100 年中，地下水位下降了近 180 米。

建国以来，我国地下水资源开发利用有了很大发展，许多城市采用地下水供使用，促进了国民经济的发展。但是，由于不合理开发和缺乏合理规划，近年来许多地区的地下水开采量远超过补给量，水位连续大幅度下降，有些地区形成大面积的区域性漏斗。这不仅破坏了地下水资源的动态平衡，而且使某些地区发生地面沉降、塌陷，沿海地区还由于大量开采地下水引起海水倒灌，使淡水层由于咸水入侵而遭破坏。

④水资源利用率低，浪费严重

长期以来，人们有个错觉，认为水是取之不尽，用之不竭的，因此，水的利用率低，浪费现象十分严重。

前面曾谈到，农业用水量很大，远远超过工业和生活用水量。目前我国大部分农村的农田灌溉方式落后，农田水利工程跟不上，造成极大浪费。例如，大部分农田采用漫灌，耗水量大，沟渠渗漏严重，造成一半以上的水流失。据统计，漫灌比喷灌多耗水 30%，比滴灌多耗水 70%。据预测，到 2000 年，我国农业用水量将达 5100 亿立方米，如果农业用水量从 80%降到 70%，则可节约 630 亿立方米。由此可见，节约农业用水量具有举足轻重的作用，是使水资源由紧张趋于缓解的重要对策，是根本解决我国水资源不足的战略措施。

工业用水重复率低也是浪费水资源的主要问题。目前国外先进企业的水重复利用率为 70—80%，有的已达 95%。而我国先进企业的水重复利用率一般只有 50—60%，有些落后企业和乡镇工业的洗涤、冷却水用过一次就排掉了，造成极大浪费。提倡循环封闭用水系统，提高重复利用率是节约工业用水的好办法。

城市供水管道密布在地下，一个城市的供水管道少则几百千米，多则几千千米。据有关资源分析，漏失率一般在 5—10%左右，有的高达 15%。假如全国供水管道的漏失率减少 1%，则节约的水量足够一个大城市的居民生活用水，相当于建设一个日供水几十万吨的给水工程。由此可以看出，减少地下供水管道漏水对于缓解缺水矛盾有很重要的意义。

日常生活中浪费水的现象也很严重。有的公用水笼头常年不关，任凭水白白流掉。有的笼头跑、冒、滴、漏不及时修理，也造成很大浪费，如果一个笼头每秒钟滴水 2 滴，一昼夜则浪费水近 10 升。目前，有的地方试验中水系统，即在人员比较集中的地方，回收用过一次的较干净的水（例如洗衣服用水），建立中水系统，用中水冲洗地面、厕所、汽车等。这样做可以节约大量水。

为了解决我国的缺水问题，我们必须控制人口增长的速度；改革农业灌溉方式，节约农业用水；实行污水资源化；提高工业用水的重复利用率和水资源价格，依靠科技进步，降低单位产品用水量，实行以水定产、以供定需；在全民族进行节水教育、增强人们的节水意识。这样，我们就能逐步建立一个节水型社会，缓解缺水问题。

5.人类活动所引起的对水环境和水资源的破坏

①砍伐森林，破坏植被引起水土流失

土壤如果有良好的覆盖物，如森林、野草、作物或植物的枯叶等保护时，水土流失的速度非常缓慢。人类对土地的利用，特别是对水土资源的不合理开发和经营，使土壤的覆盖物遭受破坏，裸露的土壤在受到水力冲蚀时，就会大量流失。水土流失造成土壤肥力降低，水、旱灾害频繁发生，河道淤塞，河流资源难以开发利用，地下水位下降，农田、道路和建筑物被破坏，影响水的正常循环，引起环境质量低劣，生态平衡遭到破坏。如我国黄土高原随着森林覆盖率的不断下降，水土流失极为严重，流经黄土高原的黄河每年把大量泥沙带入海洋。

②盲目围垦，使湖泊面积和容积日益缩小

盲目围垦造成对湖泊环境的破坏。湖泊本身有调节洪水、灌溉、供水、航运、水产养殖及旅游等许多功能。湖泊的减少和缩小，不但加剧了洪水的危害，而且也削弱了湖泊的其他功能。

③矿山排水造成的对地下水资源的破坏

采矿时往往出现地下水涌入矿坑的问题，为了采矿，就常采取把水抽干的方法。矿山排水把一定深度以上的地下水疏干，实际上就是把地下水位强行降低到一定深度以下，这必然造成周围地区地下水短缺。这是一个需要进一步研究，统筹考虑解决的问题。

④不恰当的水利工程对区域水平衡的干扰

这一问题可以以我国华北平原为例说明。华北平原年内雨量分配不均，春旱秋涝。为保证灌溉和排涝，建国初期首先完成了一批水利工程，减轻了南部平原的洪涝灾害。50 年代后期，除修建了地表引水工程外，还修建了不少拦蓄降水的“ 平原水库 ”并有人提出实现华北平原河网化的口号，以期“ 水不出田 ”，保证旱季灌溉用水。但这样做的结果是干扰和破坏了区域正常的水量平衡。由于排水不畅，又恰逢丰水年，地下水位急剧上升，土壤次生盐渍化普遍发展，反而使农业生产受到了损失。取消“ 平原水库 ”，停用引水工程后，地下水位便逐步下降。而到了 1963 年，特大降雨又造成了大面积洪涝灾害，于是又大修排水工程，宣泄洪涝，地下水位得以下降，洪涝减轻，土壤次生盐渍化也基本消除。但以后几年出现少雨年分，干旱缺水的矛盾又突出起来。大量抽取地下水灌溉农田，又造成了华北平原东部地下水位的大面积区域性下降。如何根据华北平原的气候、地形特点，协同考虑地表水与地下水资源情况，统筹考虑蓄水、排水和用水的矛盾，以达到综合防治旱、涝、碱、洪的目的，是一项十分艰巨而复杂的任务。

⑤城市化对河流水文状况的影响

城市建筑和设施、道路等不透水地面比例的增加，会使雨水渗入地下的量减少，地面径流量增加，结果使地下水得不到地表水的足够补给，径流的侵蚀作用加强，破坏了自然界的水循环过程。

城市化带来了耗水量的增加和地下水的过度开采，这导致了地下水水位下降和地面沉降。

城市生活和生产活动所产生的废水、废物会对水质发生影响，使水环境受到严重污染。

6.水的污染及防治

①水生生态系统

水生生态系统就是水生生物同它的生存环境的整体，它包含水、溶解物质、悬浮物、底质和水生生物。

水生生态系统有自净作用。所谓自净作用，就是指受污染的水体由于物理、化学、生物等方面的作用，使污染物浓度逐渐降低，经一段时间后恢复到受污染前的状态。例如河水的自净过程大致如下：污水进入河流后，首先是混合、稀释、扩散，能沉淀的固体沉至水底形成污泥，也可能发生化学反应（络合、氧化-还原、生成沉淀等），使水中污染物浓度下降。水的最终净化主要靠微生物的作用。微生物把污染物质作为营养源，通过生化过程，把复杂化合物转变成简单化合物，最终产物是二氧化碳、水等无机物。此外，各类水生生物摄取较大块的固体食物或其它生物，这在河水自净过程中也起重要作用。藻类和其它绿色植物通过光合作用，吸收二氧化碳，放出氧气，既补充了水中由于污染物的氧化所消耗的氧，又可除去过多的二氧化碳，也有助于水的净化。

但是，生态系统的自净作用是有一定限度的。当过量的污染物进入天然水中，超过水体的自净作用时，就会改变水和水体底泥的物理、化学性质、或使生物群落组成发生变化，使水质变坏，从而降低了水体的使用价值，这种现象称为水体污染。

②水污染分类及危害

水污染最初主要是自然因素造成的。例如地表水渗漏和地下水流动把地层中某些矿物质溶解，使水中的盐分、微量元素或放射性物质浓度偏高而使水质恶化。人类生产生活活动对水的污染，早期主要是人口稠密的大城市的生活污水造成的。产业革命以后，工业排放的废水和废物成为水体污染物的主要来源。在当前情况下，工业、农业和交通运输业高度发展，人口大量集中在城市，尽管人们采取了一些防治水污染的措施，但全球性的水污染状况还在发展。有些水资源因受到污染而降低或丧失了使用价值，这就使得本来就十分紧张的水资源更加短缺。

水污染有不同的分类方法，既可以根据污染源分类，又可以按照污染物分类，还可以按水体类型分类。

按污染源分类方法有以下几种：

- 按污染源划分
  - 从造成水体污染的原因
    - 分天然污染源
    - 人为污染源
  - 从受污染的水体分
    - 地面水污染源
    - 地下水污染源
    - 海洋污染源
  - 从污染源释放有害物种类分
    - 物理性污染源（热、放射性等）
    - 化学性污染源（无机物、有机物）
    - 生物性污染源（细菌、霉素）
  - 从污染源的分布特征分
    - 点污染源（城市污水、工业废水等）
    - 面污染源（农药、肥料、积水和水土流失等）
    - 扩散污染源（酸雨、放射性沉降物等）

按水体污染物的分类方法也不一致，归纳起来，大致有以下几种：

- 按污染
  - 从卫生学角度分
    - 化学性污染物
    - 物理性污染物
    - 生物性污染物
  - 从化学角度分
    - 无机有毒物质
    - 无机有害物质
    - 有机有毒物质
    - 有机有害物质
  - 从环境工程学角度分
    - 病原体污染
    - 需氧物质污染
    - 植物营养物质污染
    - 石油污染
    - 热污染
    - 放射性污染
    - 有毒化学物质污染
    - 盐污染

对于水污染，还可以按水体类型分为河流污染、湖泊（水库）污染、海洋污染、地下水污染等。

这几种分类方法是不同的学科、部门从不同的角度出发，根据本身的需要及使用方便而制定的，相互之间有很大差异，侧重点也不尽相同，而且也有交叉。在这里，我们依据环境工程学的分类方法，对污染物及危害作一简单介绍（见表 20）。

表 20　水污染分类

种类	来　　源	污　染　物	危　　害
病原体污染	生活污水、畜禽饲养厂污水、制革、屠宰业、医院废水	各种病原体、如病毒、病菌、寄生虫	传播疾玻如病菌引起的痢疾、伤寒、霍乱等；病毒引起的小儿麻痹、病毒性肝炎等；其他病原体引起的姜片虫并血吸虫并阿米巴痢疾、钩端螺旋体病等
需污氧物质染	生活污水、食品加工和造纸工业废水	碳水化合物、蛋白质、油脂、木质素等有机物以及一些无机还原性物质	在通过微生物的生化作用分解和氧化时，大量消耗水中氧气，影响鱼类和其它水生生物生长，使水质变黑、发臭
植污物营养物质染	生活污水、化肥、皮革、造纸、印染、食品、洗涤剂工业废水	氮和磷等植物营养物质	使藻类和其他浮游生物迅速繁殖，水体溶解氧下降，水质恶化，使鱼类和其他水生生物大量死亡（使水体富营养化）
石油污染	石油的开采、炼制、贮运、使用过程	烷烃、环烷烃、芳香烃等	烃类的毒性可以引起海洋生物的大量死亡。水面的油膜阻止了氧气的溶解、恶化水质，危害水生动物、尤其是鱼类
热污染	火力发电站、核电站、炼钢、炼油厂	冷却水	使水温升高，加快水中的化学反应，生化反应速度，减少水中的溶解氧，影响鱼类的生存和繁殖，破坏水生生态系统

种类	来　　源	污　　染　　物	危　　害
放染射性污	核爆炸的溅落物、核动力设备的冷却水、废物	放射性物质	影响水质、影响水生生物生长，并且通过食物链影响人类健康
有毒化学物质污染	工矿企业废水、农药	汞、镉、铅、铬、砷、硒及铍、铜、硒、锌、镍、锡、锰、钴、银、钼、钒等。氰化物。酚类。杀虫剂、杀菌剂、除草剂等有机农药。取代苯类化合物、聚氯联苯和稠环芳烃	影响鱼类、水生生物、农作物生长和生存，并可通过食物链危害人体健康、使人慢性中毒，破坏人体的正常生理过程，并有致癌作用
盐污染	矿山排水及工业废水、废渣、酸雨	各种酸、碱、盐等无机化合物	使水的矿化度增高，影响各种用水水质。破坏水体的自然缓冲作用抑制细菌和微生物生长，妨碍水体自净，使水质恶化，危害水生生物和农业

③水体污染物的迁移和转化

污染物在水体中的迁移转化过程，包括物理、化学、生物化学等方面的综合作用。最先发生的是物理过程，包括混合（稀释和扩散等）、沉淀、再悬浮、传热、挥发等。伴随着上述物理过程的进行，污染物进入水体后会发生各种变化，根据污染物的种类、性质不同会产生不同的污染过程。

各种物质在水中的迁移转化过程如下：

有机物 自然界和各种水体中的有机物，最基本的可以分成碳水化合物、蛋白质和脂肪三大类，其它各种各样的有机物大多可以看作是这三类物质降解的产物。这些有机物在生物降解过程中，首先在细胞体外发生水解，分解为较简单的化合物，然后在细胞内部继续水解和氧化，一部分被合成为细胞材料，供细菌生长和繁殖；另一部分则在分解中释放能量，把最简单的生成物排除。整个过程都属于细菌对有机物的代谢作用，而有机物从中得到降解。降解的过程是多种多样的，降解的速度也有很大差别，这些都与有机物的种类、结构、数量、微生物的活性、水的温度和 pH 值、溶解氧、紫外线的照射等有关。降解的后期产物都是生成各种有机酸。在有氧条件下，可以继续分解，最终产物是二氧化碳、水和硝酸根离子等；在缺氧条件下，则进行反硝化、酸性发酵等过程，其最终产物除二氧化碳、水以外、还有氨、有机酸，醇等。在适宜的条件下，有机物经过生物降解，逐步达到无机化，消除了污染，这一过程实际上就是水体自净过程。

需氧物质 如果进入水体的有机物数量太多，细菌和微生物大量繁殖、有机物剧烈分解，水中的溶解氧迅速耗尽，水体环境就成为缺氧或无氧状态，这时有机物的分解就会转化为相应的厌氧分解。水体中的鱼虾、藻类和植物等需氧代谢的生物则无法生存，甚至绝迹。

植物营养物质 水体中植物营养物质的过多积蓄会引起一种特殊的水污染现象——“ 富营养化 ”。富营养化的机理是水体中含有的过量氮、磷等植物营养元素，逐渐氧化分解，成为水中微生物和藻类的营养，使得蓝绿藻和红藻等迅速生长。越来越多的藻类繁殖、死亡、腐败，引起水中氧气大量减少，使水质恶化，导致鱼虾等水生生物死亡，这一过程就叫富营养化。这种现象在湖泊出现叫“ 水华 ”，在海湾出现叫“ 赤潮 ”。据中国环境报报道，1990 年 10 至 11 月对江苏太湖、安徽巢湖的考察表明，这两个全国著名的大湖已出现十分严重的富营养化现象，必须迅速采取措施，以防进一步恶化。进入水体的有机化合物中的氮，伴随着有机物的降解，变成氨或硝酸根离子，可以重新被植物作为营养吸收。无机物中的氮，主要是氨氮、亚硝酸根离子、硝酸根离子，可直接被植物吸收。水中溶解的磷很少，磷主要沉积于水体底泥。

重金属 重金属污染物进入水体后，可以发生水解、沉淀、络合等反应，或氧化-还原反应，参与水中的胶体化学反应，很大一部分进入水体底泥。但是在条件变化时，还可以重新释放出来，因此被重金属污染的水体底泥是危险的二次污染源。重金属污染水体后，经食物链的富集作用，能逐级在较高级的生物体内千百倍地增加含量，最终进入人体。如日本的水俣病是由于含汞废水引起的，痛痛病是由于镉污染引起的。

石油 石油和石油产品在水面形成油膜，它的迁移途径主要有挥发、溶解、氧化和氧化产物的溶解。由于水和石油接触，大量有机物能溶解到水中，对水生生态有不良影响。在河流和湖泊中，多环芳烃能被吸附在藻类上，随死亡的藻类沉降到水底。

④水污染综合防治

水污染综合防治包括人工处理和自然净化相结合，无害化处理和综合利用相结合，推行工业闭路循环用水和区域循环用水系统等。一般采取以下途径和措施。

第一，减少废水和污染物排放量。当前，我国水资源的利用，一方面很短缺，另一方面浪费又很严重，同工业发达国家相比，我国的单位产品耗水量要高很多，不仅造成水资源浪费，而且使废水排放量大幅度增加，加重了对水环境的污染。因此，必须把减少排水量作为防治水污染的重要措施。最有效的办法是建立工业和区域性的循环用水系统，节约用水，规定用水定额，减少新鲜水的用量。同时，努力改善工艺和管理制度，发展不用水或少用水的生产工艺，采用无污染或少污染的新工艺，合理安排生产，制定物料定额，减少污染物排放量。

第二，发展区域性污染防治系统，包括制定区域性水质管理规划，合理利用自然净化能力，实行排放污染物的总量控制。例如，因地制宜，建立城市污水处理系统，在严格控制重金属和难降解有机物的基础上，建立城市污水管网，把含有一般有机物的工业废水和城市生活污水合并集中处理。污水经适当的人工处理后，可用于灌溉农田和重新用于工业，以节约水资源。

第三，调整工业布局，改革产品结构。自然净化能力是一种宝贵而有限的自然资源，合理的工业布局能够充分利用自然净化能力。对于用水量大、污染严重，又无法有效治理的，要采取关、停、并、转的措施。在城镇生活居住区、水源保护区、名胜古迹、风景游览区、疗养区、自然保护区等、不允许建立污染环境的厂矿企业。同时还应注意改善产品结构，放弃有害环境的产品的生产和使用，如 DDT、六六六、多氯联苯等，生产无害或低害的产品。

第四，综合考虑水资源规划、水体用途、经济投资和自然净化能力，运用系统工程的方法，选择恰当的给水和污水处理措施，并采取蓄水、保水、再生、回用等措施，采用效率高、耗能少的新技术。

除此之外，控制水污染还必须有完善的管理措施，包括立法管理、资源管理和规划管理，要设立监督、执法的专门机构，以保证综合防治措施的执行。

⑤污水处理的基本方法和处理程度

各种污水中所含的污染物的种类、性质、数量不同，因此要采取相应的处理方法。污水处理方法基本上可以分为物理法、化学法和生物法三种，由于污水的成分复杂，常常采取多种方法组合的处理系统。污水处理的程度可以分为三级。一级处理用于去除悬浮固体、油以及调节 pH 值、水质不均、水量变化，氧化某些还原性物质、去除部分细小颗粒和胶体物，减少污水的腐化性等；二级处理用于去除胶体性和溶解性有机物；三级处理用于去除磷、氮和二级处理过程中未能去除的有机物。经三级处理的废水一般可以回收再用。表 21 列出了不同类型污染物的主要处理方法。

⑥水质标准

世界各国都十分重视水环境质量标准的制定，普遍认识到它是控制水污染的重要措施之一。但各国对于天然水体应该保持什么样的质量标准，认识并不完全一致，多数认为，应该使受污染

表 21　污水中的污染物和处理方法

污染物	处　　理　　方　　法
悬浮物	筛滤、沉淀、上浮、过滤、吸附、混凝沉淀
可生物降解有机物	各种类型活性污泥法、生物膜法
难降解有机物	物理-化学处理系统、活性炭吸附、臭氧氧化
氮	生物硝化和脱氮、氨解析、离子交换法
磷	投加金属盐、石灰混凝沉淀、生物-化学除磷化学沉淀-化学上涪离子浮癣离子交换、电渗析、反渗透、
重金属	化学沉淀-化学上涪离子浮癣离子交换、电渗析、反渗透、活性炭吸附
溶解性无机固体	离子交换法、反渗透、电渗析、蒸发
油	隔油池、上涪混凝过滤、粗粒化、过滤、电解-絮凝-上浮
酸、碱	中和、渗析分离、结晶、热力法
热	冷却池、冷却塔
放射性物质	化学沉淀、离子交换、蒸发、贮存
病原体	加氯消毒、臭氧消毒、一氧化氯消毒、紫外线消毒、加热消毒、加溴、加碘消毒、

的水体恢复到符合当地人们需要的最有利的用途。各国制定的水质量标准中规定的项目内容也不一样。我国在 1979 年颁布的《工业企业设计卫生标准》关于地面水中有害物质的最高浓度列有 53 个项目。我国还颁布了地面水、海水、饮用水、农田灌溉水和渔业水域的水质标准等。这里只列出地面水（表 22）和饮用水的水质标准（表 23）。

⑦水质监测

为了防止水污染，保护水环境，必须加强监测工作。检测的对象是天然水体、工业废水、生活污水和饮用水等，以及水体底泥、水生生物和其他生物体。检测的目的和作用是查清污染物的来源、种类、分布、迁移、转化及消长规律，收集数据、评价水质量，研究水污染与人体健康的关系，提出控制水生生态系统变

表 22 国家地面水环境质量标准（GB3838-83）

分　　级		第 一 级	第 二 级	第 三 级
项目	PH	6.5 — 8.5		
	水温	在受纳废热后，混合区边缘的水温允许增高 3 ℃，夏季水域水温最高不得超过 35 ℃		
	肉眼可见物	水中无明显泡沫、油膜、杂物等		
	色	≤ 10 度	≤ 15 度	≤ 25 度
	臭	无异臭	臭强度一级	臭强度二级
	溶解氧	饱和率≤ 90 %	≤ 6	≥ 4
	生化需氧量（5d，20 ℃）	≤ 1	≤ 3	≤ 5
	化学需氧量（高锰酸钾法）	≤ 2	≤ 4	≤ 6
	挥发酚类	≤ 0.001	≤ 0.005	≤ 0.01
	氰化物	≤ 0.01	≤ 0.05	≤ 0.1
	砷	≤ 0.01	≤ 0.04	≤ 0.08
	总汞	≤ 0.0001	≤ 0.0005	≤ 0.001
	镉	≤ 0.001	≤ 0.005	≤ 0.01
	六价铬	≤ 0.01	≤ 0.02	≤ 0.05
	铅	≤ 0.01	≤ 0.05	≤ 0.1
	铜	≤ 0.005	≤ 0.01	≤ 0.03
	石油类	≤ 0.05	≤ 0.3	≤ 0.5
	大肠菌群	≤ 500 个\L	≤ 10000 个\L	≤ 50000 个\L
	总磷①	≤ 0.1		
	总氮①	≤ 0.1		

注：标准值的单位除注明外，均为 mg/L 。

第一级——水质良好，相当于未受人类活动污染影响的河流源头水质，宜做各种用途的良好水源。

第二级——水质较好，大体相当于现行《生活饮用水卫生标准》中水源水质和《渔业水质标准》的水质。

第三级——水质尚可，是依据水质基准资料，为防止地面水污染而规定的最低水质要求。

①参考标准，专对湖泊、水库等封闭性水域的水质要求，以防止水质富营养化。

表 23　生活饮用水水质标准（GB5749—85）

项　　目		标　　准	
感官性状和和一般化学指标	色	色度不超过 15 度，并不得呈现其他异色	
	浑浊度	不超过 3 度，特殊情况不超过 5 度	
	臭和味	不得有异臭、异味	
	肉眼可见物	不得含有	
	pH	6.5 — 8.5	
	总硬度（以碳酸钙计）	450mg\L	
	铁	0.3	mg\L
	锰	0.1	mg\L
	铜	1.0	mg\L
	锌	1.0	mg\L
	挥发酚类（以苯酚计）	0.002	mg\L
	阴离子合成洗涤剂	0.3	mg\L
	硫酸盐	250	mg\L
	氯化物	250	mg\L
	溶解性总固体	1000	mg\L
毒理学指标	氟化物	1.0	mg\L
	氰化物	0.05	mg\L
	砷	0.05	mg\L
	硒	0.01	mg\L
	汞	0.001	mg\L
	镉	0.01	mg\L
	铬（六价）	0.05	mg\L
	铅	0.05	mg\L
	银	0.05	mg\L
	硝酸盐（以氮计）	20	mg\L
	氯仿*	60	μg\L
	四氯化碳*	3	μg\L
	苯并（a）芘*	0.01	μg\L
	滴滴涕*	1	μg\L
	六六六*	5	μg\L
细菌学指标	细菌总数	100	个\mL
	总大肠菌群	3	个\L
	游离余氯	在与水接触 30min 后应不低于 0.3mg\L。集中式给水除出厂水应符合上述要求外，管网末梢水不应低于 0.05mg\L	
放射性指标	总α放射性	0.1	Bq\L
	总β放射性	1	Bq\L

*　试行标准。

化和改善水环境的对策等。

水污染常规分析指标有如下几项：

臭　臭味是判断水质优劣的感观指标之一。洁净的水是没有气味的，水

受到污染后会产生各种臭味。臭味的检验是靠人的感觉而定，常用文字描述。

水温　温度是水体的重要物理指标之一。水温测定要在现场进行，可用水银温度计、深水温度计、热敏电阻温度计等。

浑浊度　浑浊是悬浮于水中的胶体颗粒产生的散射现象。水的浑浊程度叫浑浊度。现在通用的计量方法是把 1 升水中含有相当于 1 毫克硅藻土所形成的浑浊状况作为 1 个浑浊度单位，简称 1 度。浑浊度检定一般采用浊度计法，浊度过低时可以用目视比色法把水样跟标准浑浊度液对比。

pH 值　pH 值是水中氢离子摩尔浓度的负对数。pH 值为 7 时，水为中性；pH 值小于 7 时，水显酸性；pH 值大于 7 时，水显碱性。清洁的天然水的 pH 值为 6.5—8.5。当水的 pH 值超出这一范围时，说明水体受到污染。测定水的 pH 值的常用的和较精确的方法是玻璃电极法，简便易行的方法是比色法。

电导率　水中存在离子，会减小水的电阻，产生导电现象，电导率表示水中电离性物质的总量。电导率的大小与溶于水中的物质浓度、活度和温度有关。电导率用电导仪测定。

溶解性固体　水样经滤除悬浮固体后烘干，所得的固体物质称为溶解性固体。主要包括溶于水的盐类、有机物、液体、能穿过过滤器的胶体和微生物。测定用的仪器有过滤器、蒸发皿、马弗炉、烘箱、干燥器、蒸气浴或水浴、天平等。

悬浮性固体　水样过滤时，凡不能通过过滤器的固体颗粒物称为悬浮性固体。它是测定多泥沙的河水和某些工业废水的重要指标。测定所用仪器与测溶解性固体类似。

总氮　指水中各种状态的有机氮和无机氮的总量，主要反映水体受污染的程度。水样经强酸、强氧化剂分解后进行测定。为了解天然水体的自净过程，也可以分别测定氨氮、亚硝酸盐氮和硝酸盐氮的含量。测定氨氮的方法有容量法和比色法。测定硝酸盐氮的方法有二磺酸酚比色法和紫外分光光度法。测定亚硝酸盐氮的方法有 α-萘胺比色法、N-1 萘-乙二胺比色法。

总有机碳（TOC）　指溶解于水里的有机物总量，折合成碳计算。水中有机物种类很多，目前还不能够全部分离鉴定。TOC 是快速检定的综合指标，但不能反映水中有机物的种类和组成，也不能反映总量相同的总有机碳所造成的不同污染后果。TOC 的测定方法是把水样在有催化剂和充分供氧的条件下加热到 950℃，把水中的有机物完全氧化成二氧化碳，测定二氧化碳量并折合成碳。使用的仪器是 TOC 测定仪等。目前，有不少人研究 TOC 和 BOD、COD 之间的相关性，希望用它来取代 BOD 和 COD，以简化加速耗氧有机污染物的测定。

溶解氧（DO）　指的是溶解于水中的氧的量，以每升水中含氧气多少毫克表示。溶解氧是评价水体自净能力的指标。DO 含量较高表示自净能力强，DO 含量低表示水中污染物不易被氧化分解、鱼类等易窒息死亡。DO 同大气压强、氧气的分压和水温有关。在 20℃，1.013×10^5Pa 时，DO 约为 9 毫克每升。测定 DO 主要用容量法和电极法。

生化需氧量（BOD）　指的是地面水中，微生物分解 1 升水中所含的全部可生物降解的有机物所需要的氧量。BOD 是水体受有机物污染的最主要指标之一。为了使测定的 BOD 数值有可比性，采用在 20℃条件下，培养 5 天后测定溶解氧消耗量作为标准方法，称为五日生化需氧量，记作 BOD_5。

化学需氧量（COD）水体中能被氧化的物质在规定条件下进行化学氧化过

程中所消耗氧化剂的量，以每升水样消耗氧的毫克数来表示。COD 主要反映水体受有机物污染的程度。测定方法有重铬酸钾法和高锰酸钾法。

细菌总数　反映水体受到生物性污染的程度。细菌总数增多表明水体污染状况恶化。我国规定在 37℃条件下，把 1 毫升水样用普通营养琼脂培养基培养 24 小时所生长的菌落数作为细菌总数。

大肠菌群　指一群既有需氧的，又有厌氧的，在 37℃、24 小时内能分解乳糖并能产酸、产气的，革兰氏阴性、无芽孢的大肠杆菌。大肠菌群的多少能表示水体受人粪便污染的程度和作为饮用水的安全性。我国规定的检验方法有发酵管法和滤膜法。

除上述常规分析指标外，对于工业废水等还要进行水中金属化合物的测定（如钾、钠、钙、镁、钡、铜、铝、锌、镉、汞、镍、铬等），水中非金属无机化合物的测定（如氰化物、氟化物、氮、磷、硫、砷、硒等）。测定方法除常规的化学分析方法外，还有仪器分析法，例如分光光度法、原子吸收分光光度法、气相色谱法、离子电极法等。

水质监测除包括上面提到的一些项目以外，还应配合进行水的流量、流速、水深、潮汐、风速、风向、日照强度、气温、湿度等水文、气象项目的测定。此外，为了了解污染的长期和综合的效果，还可以利用水污染指示生物对水体污染程度作出综合判断，并利用某些生物的行为变化和生理指标等对水体污染进行定性分析。

7.水环境教育活动

①举办节水宣传专刊

下面是一个关于节水徽记的宣传专刊：

水是人类生存的基本条件，是人民生活和工农业生产不可取代的物质基础。水的开发利用状况，直接关系到国民经济的发展。因而，珍惜每一滴水是每一位公民不可推卸的义务和责任。

右图节水徽记表达了这一思想。

{ewr MVIMAGE,MVIMAGE, !B6000106_0159_1.bmp}

徽记上方的弧线代表着自来水管道和水笼头，笼头中滴下的一滴水，被一只伸出的手掌小心仔细地接住。徽记巧妙地利用接与节的谐音，形象而生动地将“ 节水 ”之意寓于其中。

请每一位公民记住这个徽记，象对待掌上明珠一样珍惜每一滴水。

②水污染监测活动

水质污染的监测活动一般应在老师的指导、带领下进行，如能与当地环境保护部门和青少年科技活动站结合起来，则更能取得较好效果。

对某一地区的水进行一般性的水质调查，主要从三个方面来进行分析：

第一，水的一般理化性质，包括水温、pH 值，电导率、浊度、色度、臭味等。这些项目可以观察出水中含有的物质的种类、状态、数量所表明的总体性质。

第二，水中无机物的检测，包括溶解氧、氯离子、硫酸根离子、氮的化合物（氨氮、硝酸盐氮、亚硝酸盐氮）、总碱（OH^-、CO_3^{2-}、HCO_3^-）、硬度（Mg^{2+}、Ca^{2+}）、Na^+以及金属离子等。

第三，水中有机物的检测，包括生化需氧量（BOD）、化学需氧量（COD）、

总需氧量（TOD）及其它有机物等。

在中学开展监测活动，可以根据实验条件，选择其中若干项进行。

（三）土壤和土地

人类的一切文明和进步，都是在大地的怀抱里成长起来的。前面我们已提到空气、水对人类的重要意义，同样，没有土壤、没有土地，也就没有人类。这是因为人类的生活需要食物，一切食物主要来源于高等绿色植物，而所有高等绿色植物的生长都是以土壤和土地为基础的。离开了土地资源，农业生产就无法进行。有了土地资源，但如果质量不好，农业生产也不能很好地进行。由此可以看出，土地资源是农业生产的重要物质基础，也是人类赖以生存的主要环境因素。

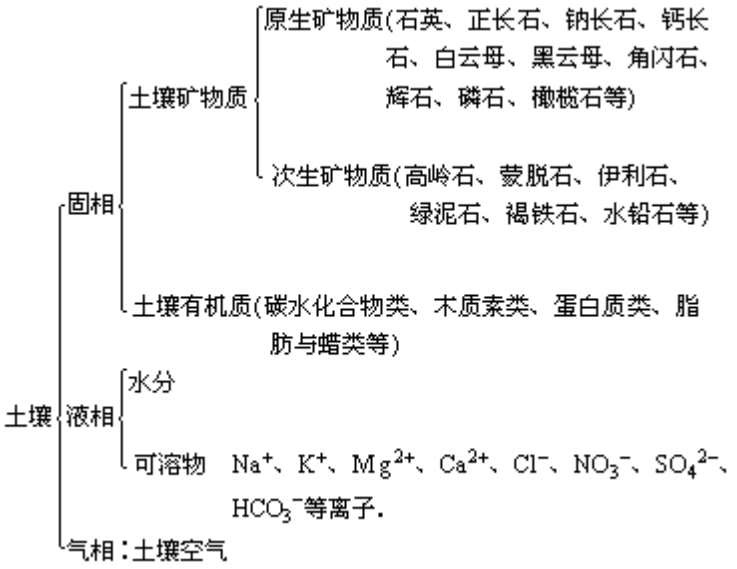
1.土壤的组成和性质

自从地球诞生以来，在漫长的岁月里，形成了大气圈、水圈、岩石圈和生物圈，土壤处于这四个圈之间的过渡地带，是联系有机界和无机界的中心环节。

什么是土壤，它和土地有什么区别呢？土壤指的是地球陆地表面具有肥力并能生长植物的疏松表层。土壤肥力是指土壤具有供给和协调植物生长所需的营养条件（水分和养分）和环境条件（温度和空气）的能力。土壤是自然环境的要素之一。而土地，许多人都把它看成一个综合性的概念，是指由气候、地貌、岩石、土壤、动植物等自然要素所组成的自然综合体。例如荒漠、草原、森林、湖泊、沼泽、耕地等都是以上所述的各种因素共同作用的综合反应。进一步以耕地为例来说明，它绝不仅限于土壤条件，而要涉及许多自然要素，如气候条件、地貌部位、土壤性质、地面湿润程度和排水状况，以及有害的或有利的生物条件等。

土壤是在岩石风化过程和风化产物成土过程两者综合作用下形成的。

土壤是个十分复杂的体系，它既有有机物又有无机物；既有生命体又有无生命体；而且不断地进行着物理的、化学的、生物的、地质的多种多样的变化。因此，不同地区、不同条件下的土壤的成分有很大差别。土壤的组成可以大致表示如下：



土壤有许多重要的物理的、化学的性质。

①土壤是一种固体、液体、气体三相共存的混合物，具有各种类型的多相界面

粘土矿物和腐殖质分散为胶体颗粒，以其巨大的表面吸取和吸附着水和空气。在这些水和空气中混溶着多种成分，使土壤形成一种复杂的胶体状态。

②土壤颗粒的重要的物理化学性质之一是带有电荷

土壤的胶体微粒在吸附水分的同时，吸附了大量离子，带有电荷。由于胶体的成分和特性不同，它们产生电荷的情况也就不同。由于粘土矿物中有大量的硅酸根和铝硅酸根阴离子，在腐殖质中有腐殖酸根阴离子，因此土壤胶体一般主要带负电荷。但在富含氧化铁的酸性土壤中，游离的氧化铁从介质中获得质子，则使本身带有正电荷。

③土壤具有能通过离子交换来储存和供应植物营养成分的性质

土壤胶体带有负电荷，因而能够吸附周围液体中的阳离子。植物生长必需的，处于阳离子状态的营养元素经过交换可以被植物吸收，而多余的营养元素离子则被吸附保留着，以免流失。例如，施入酸性土壤里的石灰，不但可以中和土壤溶液里的酸性，而且可以交换土壤胶体吸附着的氢离子和铝离子。

$$\text{（土壤胶体）}\begin{matrix}H^+\\H^+\end{matrix}+Ca^{2+}+2OH^-\rightleftharpoons\text{（土壤胶体）}\ Ca^{2+}+2H_2O$$

$$\text{（土壤胶体）}\begin{matrix}Al^{3+}\\Al^{3+}\end{matrix}+3Ca^{2+}+6OH^-\rightleftharpoons\text{（土壤胶体）}\begin{matrix}Ca^{2+}\\Ca^{2+}\\Ca^{2+}\end{matrix}+2Al(OH)_3\downarrow$$

Ca^{2+}对于土壤胶体还有凝聚作用，有利于形成凝胶，使土壤结构得到改善。又如，当施入铵态氮肥或钾肥等可溶性肥料时，土壤溶液里铵离子和钾离子浓度增加。土壤胶体中原来吸附的阳离子就被他们所交换。

$$（土壤胶体）Ca^{2+}+2NH_4^+ \rightleftharpoons （土壤胶体）\begin{matrix}NH_4^+\\NH_4^+\end{matrix}+Ca^{2+}$$

$$（土壤胶体）Mg^{2+}+2K^+ \rightleftharpoons （土壤胶体）\begin{matrix}K^+\\K^+\end{matrix}+Mg^{2+}$$

这样，施加肥料里的离子态营养元素就被土壤胶体所吸附，不会由于植物没有及时吸收而流失。

当植物根系吸收离子态的营养元素时，根系周围土壤溶液里营养元素的离子浓度降低，同时根部放出有机酸和二氧化碳，使土壤溶液里氢离子浓度增加，就把土壤胶体吸附着的营养元素的离子交换出来，供植物吸收。

$$（土壤胶体）NH_4^+ + H^+ \rightleftharpoons （土壤胶体）H^+ + NH_4^+$$

$$（土壤胶体）K^+ + H^+ \rightleftharpoons （土壤胶体）H^+ + K^+$$

因此，土壤胶体的离子吸附和交换过程对植物营养成分的储存和供应起着重要的作用。

④土壤的酸碱性

土壤的酸碱性（即 pH 值）是土壤的又一个重要性质，它的影响因素是多方面的。植物根部呼吸时放出二氧化碳，与水反应生成碳酸；有机质的分解，生成多种有机酸，如乙酸、丁酸等；土壤腐殖质含有腐殖酸；土壤胶体吸附的铝离子进入溶液里，发生水解反应，产生氢离子；这些物质都可以使土壤显酸性，pH 值降低。土壤中的碳酸钠、碳酸氢钠等盐水解时产生氢氧根离子，会使土壤显碱性，pH 值增高。

土壤的酸碱性会影响植物营养成分的有效性。在一般情况下，氮的有效性以 pH 值在 6－8 之间最高；钾的有效性以 pH 值为 6 以上最高；磷的有效性以 pH 值在 6.5—7.5 之间最高。土壤的酸碱性对土壤微生物和植物本身也有影响。不同植物对酸碱性有不同的要求。

土壤的酸碱性可以通过施加有机肥料、腐殖酸类肥料或施加石灰来加以调节。

⑤土壤的氧化-还原性

土壤里发生着大量的氧化-还原反应。在这些反应里，氧气、氧化铁、二氧化锰、硫酸盐等属于氧化剂；亚铁盐、锰盐、硫化物、糖类、醛类、羧酸类及一些易于被微生物分解的有机质属于还原剂。土壤里发生的氧化-还原反应受气候条件、水分含量以及土壤的 pH 值等因素影响。例如，在高温潮湿天气，土壤里的有机物会在微生物作用下迅速被氧化成二氧化碳和水。一些元素在土壤中的氧化-还原过程可以简要地归纳如下：

还原←——元素——→氧化		
CH_4	C	CO_2
N_2、NH_2	N	NO_2、 NO_3
H_2S	S	SO_4^{2-}
PH_3	P	PO_4^{3-}
Fe^{2+}	Fe	Fe^{3+}
Mn^{2+}	Mn	Mn^{3+}
Cu^+	Cu	Cu^{2+}

土壤的氧化-还原性对植物营养有很大关系。在适宜的氧化-还原条件下，土壤里的有机质受微生物的作用，不断分解，或成为腐殖质积累在土壤

里，或把有机态的氮、磷转变为无机态的氮、磷供植物直接吸收。如果氧化条件过于强烈，有机质的矿化过程过于迅速，释放出来的养分因植物来不及吸收而流失，使土壤缺乏有效养分。如果还原条件过于强烈，有机物矿化过程过于缓慢，提供有效养分不足，而且可能造成二价铁离子、硫化氢等无机毒物和丁酸等有机毒物的积累而影响植物生长。

土壤的氧化-还原性是可以适当控制的，例如通过松土、排水、晒田等措施来促进氧化或通过灌水、增施有机肥料等措施来促进还原。

⑥土壤具有自净作用和去毒能力

土壤中有氧气作氧化剂，有水作溶剂，有大量的胶体表面作土壤反应的催化剂。还有各种各样的微生物，它们制成的酶对有机质的降解起着重要作用。这些使得土壤具有优越的自身更新能力，或称为自净作用。自净作用有利于生物圈中物质的循环，同时也保证了土壤的肥力。进入土壤的物质的质量和数量如果影响了植物的生长，则可以认为属于土壤毒物。进入土壤的物质，有的能被土壤微生物分解，有的不能被土壤微生物降解，有的对土壤微生物的酶有破坏作用。不同物质的影响不同。除了以上所提的与酶作用有关的去毒作用以外，还有些化合物可以不经酶的作用而直接被土壤降解，如二氧化碳、氮的氧化物等。

土壤是人类生存和农业生产的基本条件，它与人类的生产、生活有着紧密的联系。在长期的生产过程中，人类在利用和改造土壤的同时，也产生了新的环境问题。目前，人们较为关心的土壤环境问题主要有以下两个方面：

第一，由于人类大规模的生产、生活等活动，改变了影响土壤发育的生态环境，使土壤受到破坏。这方面最明显的例子是人类对森林、草原等天然植被的破坏而引起的土壤侵蚀、水土流失、土地沙化和贫瘠化等，造成一系列生态平衡破坏的问题。

第二，农业生产的发展，在为人类提供食物的同时，由于大量使用化肥、农药及固体垃圾，使土壤受到不同程度的污染。工业和城市排出的污染物，经不同途径污染土壤，造成土壤环境的局部恶化。

下面分别对上述两点加以简单介绍。

2.人类活动引起的对土壤和土地资源的破坏

①破坏自然植被引起土壤风蚀，水土流失和沙漠化

人类超量采伐森林，在草原过度放牧，大面积开垦荒地等活动会引起对自然植被的破坏。植被破坏后，自然因素引起的地表土壤破坏和土壤的移动、流失就会扩大和加速，也就是说会发生土壤侵蚀。

地表缺乏植被覆盖时，在土质松软、干燥的情况下，会被大风吹起，吹蚀原有的地形和土壤，使尘沙向远处蔓延。其结果不仅毁坏土壤，出现风蚀洼地，而且吹运的土壤重新堆积而掩埋河道、湖泊和农田，给人类生产生活带来危害。由滥垦草原引起的土壤风蚀，美国在 30 年代，苏联在 60 年代都发生过，这就是著名的“ 黑风暴事件 ”。我国北方春季有时发生的扬沙天气，是由于黄土高原的土被风吹起而造成的。

水土流失是使我国土地资源遭受破坏的最重要的原因之一。据 1980 年估计，我国水土流失面积约 1.5 亿公顷，占全国土地面积的六分之一左右。全国每年流失的土壤达 50 亿吨。黄土高原水土流失最为严重，大量泥沙随水进入黄河，使黄河每立方米水中含沙量达 37 千克以上，居世界第一位。黄土高原土壤侵蚀严重的原因是多方面的，其中有自然原因，也有人为因素。自然

原因包括：黄土本身是松散的沉积物，缺乏有机质，抗侵蚀能力很低；黄土的垂直节理极为发育，容易被侵蚀和崩塌；另外，黄土高原降水集中、降水强度大，更助长了侵蚀。人为因素是无限制地开垦放牧，毁林挖草，植被被破坏，使地面失去保护。我国南方山地的水土流失也相当严重。我国亚热带地区山地丘陵面积占 70%左右，坡陡土粘，植被破坏后，在大雨条件下极易引起侵蚀。恢复南方山地水土流失的关键就是恢复植被，保护森林。要严格控制采伐强度，确定山地以林副业为主，合理规划与利用土地。只有这样，才能有助于环境的改善和地区生态平衡的维持。

土地沙漠化是破坏植被引起的另一个严重的环境问题。据研究，许多沙漠是由于当地的不利气候条件加上人类活动而形成的。目前地球上沙漠和沙漠化土地面积达 40 亿公顷，约占地球上土地面积的三分之一，威胁到全球 15%的人口， 100 多个国家和地区，而且沙漠的面积和沙漠化的趋势还在不断扩大。

②土壤的次生盐渍化问题

在前面介绍水资源问题时，曾介绍过不恰当的水利工程会对区域水平衡造成干扰，危害之一就是引起土壤次生盐渍化。值得注意的是，次生盐渍化问题是全球干旱区存在的重要环境问题之一,使大约 30 个国家受到不同程度的危害。

3.土壤污染

①什么是土壤污染

土壤承受着从各种渠道而来的固态的、液态的和气态的污染物。这些污染物在土壤中经过物理的、化学的和生物的作用，不断地发生稀释或富集，分解或化合，迁移或转化等作用，与其他环境介质进行传递和交换，进入循环。与此同时，也有一部分污染物不能及时转化、降解而残留在土壤里。这种积累和净化是同时进行的，是两种相反作用的对立统一过程，两者处于一定的平衡状态。如果进入土壤的污染物的数量和速度超过了土壤净化作用速度，破坏了积累和净化的自然动态平衡，就使积累过程逐渐占了优势。当污染物质积累达到了一定的数量，就会引起土壤正常功能受到妨碍，使土壤质量下降，影响植物正常生长发育，并通过植物吸收，通过食物最终影响人体健康，这种现象就属于土壤污染。如果污染物进入土壤的数量和速度没有超过土壤的净化能力，虽然土壤中已含有污染物，但不致影响土壤的正常功能和植物的生长发育，而且植物体内污染物的含量维持在食用标准以下，就不会影响人体健康。

②土壤污染物质

土壤污染物主要来自工业和城市废水、固体废弃物、农药和化肥、牲畜排泄物、生物残体以及大气沉降物等。

土壤污染有化学污染、物理污染和生物污染等。其中以化学污染最为普遍、严重和复杂。表 24 介绍了主要的土壤污染物。

③化肥和农药对土壤的污染

随着人口的增加，对粮食的需求量也越来越大。为了从有限的土地上收获更多的粮食，合理地施用化肥和使用农药是必要的。但是，在土地获得肥力，病虫害受到控制的同时，也造成了土壤污染。长期大量施用化肥会导致

土壤物理性质的改变，使土壤板结，破坏团粒结构；使土壤肥力下降；某些化肥成分的积累还会污染作物，使农产品质量下降。

表 24　土壤主要污染物质

污染物种类			主要污染源
无机污染物	重金属	汞（Hg）	制碱、汞化物生产等工业废水和污泥，含汞农药、金属汞蒸气
		镉（Cd)	冶炼、电镀、染料等工业废水，污泥和废气，肥料杂质
		铜（Cu）	冶炼、铜制品生产等废水、废渣和污泥，含铜的农药
		锌（Zn）	冶炼、镀锌、纺织等工业废水、污泥和废渣，含锌农药、磷肥
		铬（Cr）	冶炼、电镀、制革、印染等工业废水和污泥
		铅（Pb）	颜料、冶炼等工业废水，汽油防爆燃烧排气，农药
		镍（Ni）	冶炼、电镀、炼油、染料等工业废水和污泥
		砷（As）	冶炼、硫酸、化肥、农药、医药、玻璃制造等工业废水和废气
		硒（Se）	电子、电器、油漆、墨水等工业的排出物
	放射性元素	铯（Cs^{137}）	原子能、核动力、同位素生产的工业废水和渣，大气层核爆炸
		锶（Sr^{90}）	原子能、核动力、同位素生产的工业废水和废渣，大气层核爆炸
	其他	氟（F）	冶炼、氟硅酸钠、磷酸和磷肥等工业废气，肥料
		盐类、碱类	纸浆、纤维、化学等工业废水
		酸类	硫酸、硝酸、盐酸、石油化工、酸洗、电镀等工业废水，大气降雨
有机污染物	有机农药		有机氯、有机磷、有机汞、农药生产和使用，除草剂
	酚		炼焦、炼油、化肥、农药生产等的工业废水
	3.4-苯并芘		石油、炼焦等工业废水、废气
	石油		石油开采、炼制、运输
	洗涤剂		城市污水、机械加工洗涤废水
	有害微生物		厩肥、城市污水、污泥

农药对土壤的污染问题更应受到应有的重视。人工合成的化学农药，按化学组成可以分为有机氯、有机磷、有机汞、有机砷、氨基甲酸酯等，还有近年来发展十分迅速的除草剂。农药大量、普遍地使用，无疑对保证农业增长起了很大作用，但同时也产生了一些不良后果，主要表现如下：

第一，有机氯农药不仅对害虫有杀伤作用，同时对害虫的“天敌”以及传粉昆虫等益鸟、益虫也有杀伤作用，因而破坏了自然界的生态平衡。

第二，长期使用同类型农药，使害虫产生了抗药性，因而增加了用药量和用药次数，增加了防治费用。

第三，长期大量使用农药，结果使农药在环境中不断积累，产生了农药污染环境的问题。

第四，通过食物链的作用，某些农药最终构成对人体健康的威胁。

关于农药在土壤中的迁移、降解、残留的问题，受到土壤质地状况、有

机质含量、pH 值、雨量、温度、土壤微生物群落、耕作制度以及作物类型等多因素的影响，这里不再详述了。

④污水灌溉对土壤的影响

科学地进行污水灌溉既是使农业增产的有效措施之一，同时也是利用土地处理污水的一种方法。污水在灌溉过程中，受到土壤的过滤、吸附和生物氧化作用，污水中的氮、磷、钾等营养元素能被植物吸收利用，因此可以促进作物增产。但是，不适当的污水灌溉会使农田生态系统受影响，会造成土壤和作物的污染。一个典型的例子是 1955 年的日本“ 镉米 ”事件，也就是本书前面在水污染部分介绍的“ 痛痛病 ”。这是由于使用铅锌冶炼厂废水灌溉农田，致使土壤及稻米中含镉量增加而引起的，残留在土壤中的镉至今仍难以清除。

因此，对发展污水灌溉必须持慎重态度。要根据实际情况进行合理规划，确定科学的灌溉水标准、灌溉方式和管理制度，以防止污染土壤环境。

⑤重金属对土壤的污染

土壤中的重金属污染问题较复杂。因为土壤本身都含有一定量的重金属元素，其中很多是作物生长很需要的微量营养元素，如锰、铜、锌等。因此，只有当进入土壤中的重金属元素积累的浓度，超过了作物的需要和可忍受的程度，而表现出受毒害的症状，或者作物并没有受害，但产品中的某些重金属含量超过了卫生标准，造成对人、畜的危害时，则被认为土壤受了重金属污染。

污染土壤的重金属主要来自工业废水、废气，其中值得注意的是汞、砷、镉、铜、锌、铅等。重金属污染对人、畜有严重危害，如前面谈过的镉污染造成的“ 痛痛病 ”，汞污染造成的水俣病等。

重金属污染的严重性在于它不能被土壤微生物降解而消失。重金属进入土壤以后，一般被土壤胶体或腐殖质吸附或沉淀或络合固定，而积累在土壤中。土壤的酸性强时，重金属离子易被溶出，碱性强时，重金属溶出得就少。重金属在土壤中的污染一旦形成就不容易消除。土壤的重金属污染会向地表水和地下水中迁移，这又会加重水体污染。

⑥病原微生物污染

土壤中的病原微生物主要来源于人、畜的粪便、医院污水等。重点是肠道病原微生物，通过土壤→瓜果、蔬菜→人的渠道而使人受到传染。被污染土壤上聚集的蚊蝇则是进一步扩大污染的带菌传播者。这种土壤经雨水冲涮又会污染水体、污染饮用水，造成恶性循环。

⑦固体废弃物污染

土壤历来被当作生活垃圾、阴沟污泥、工矿业废渣等污染物的堆积、填塞、散布的处理场所。生活和生产的废弃物的量是与人类文明与进步一齐增长的。随着大城市人口的高度集中，废弃物的处理问题日益受到人们的重视。

各种固体废弃物堆积在土地上，随着日晒雨淋，某些物质逸散进入大气中，可溶的或可悬浊于水的则进入土壤，从而造成土壤污染。由于污染物来源不同，因此种类繁多，从无机酸、碱、盐、重金属，有机物，到病毒、病菌，种类繁多，危害范围也极为广泛。

⑧土壤的酸化

在本书的大气污染部分曾介绍过酸雨对土壤、植被、森林的破坏。土壤中的水分主要来源于降水，雨水酸度的增加会造成土壤酸化。土壤酸化后，

钙、镁、钾、磷等易溶解而损失；而且会使土壤中原有的某些有毒元素活化，使土壤微生物失去活力，因而造成土壤肥力降低，使土壤变得贫瘠，这又使得土壤易被风、雨侵蚀。由于土壤酸化，一些原来吸附于土壤颗粒的金属元素会溶解出来。如 pH 值为 4.5 时，铅就大量溶解。溶出的金属元素或被作物吸收，或进入水体造成对水的污染。土壤酸化对农作物和森林都有直接影响。

4.土壤污染的危害与防治

①土壤污染的危害

土壤污染有很大的危害，大致可以从以下几方面说明：

第一，土壤污染物在环境中经挥发、雨水冲刷等扩散过程，进一步污染大气、水环境，造成区域性的环境质量下降。

第二，对植物的影响。土壤中污染物超过植物的承受限度，会引起植物的吸收和代谢失调，一些污染物在植物体内残留，会影响植物的生长发育，引起植物变异。对于农业生产来讲，会使农作物减产，农产品质量下降。

第三，土壤污染对人体健康造成影响。在被污染土壤中生长的作物吸收和积累了大量有毒物质（植物残毒），这些有毒物质通过食物链最终影响人体健康（如汞、镉、铅、六六六、DDT 等）。另外，病原体污染，包括寄生虫、传染性细菌和致病病毒等，可以把疾病直接传染给人，对人体健康的危害更为严重。土壤被放射性物质污染后，通过放射性衰变，能产生α、β、γ射线。这些射线能穿透人体组织，使机体的一些组织细胞死亡，使受害者头昏、乏力、白细胞减少或增多、发生癌变等。

②土壤污染的防治

防治土壤污染，必须贯彻预防为主、防治结合的方针。主要从以下几方面做起。

第一，要控制和消除土壤污染源，这是防止污染的根本措施。主要包括控制和消除工业“三废”的排放；加强对土壤污水灌溉的监测和管理；控制化学农药的使用；合理施用化学肥料等。

第二，增加土壤容量和提高土壤净化能力。增加土壤有机质含量，改善土壤的团粒结构，可增加土壤对污染物的吸附能力和吸附量，从而减少污染物在土壤中的活性。发现、分离和培育新的微生物品种，改善微生物的土壤环境条件，以增强生物降解作用，这是提高土壤净化能力的重要环节。

第三，积极采取防治土壤污染的措施。例如，种植某些能吸收重金属元素的植物来去除重金属；施加抑制剂以减少作物对污染物的吸收（如施用石灰减少作物对重金属的吸收）；控制土壤的氧化-还原条件以减轻重金属污染；改变耕作制度，改变土壤环境条件，以消除某些污染物的毒害；对局部被重金属或难于分解的化学农药严重污染的土壤，可以采取客土、深翻的方法除去污染物，但要注意防止发生次生污染。应该注意的是，在防治污染的措施上，必须考虑到因地制宜、采取可行的办法，既消除土壤环境的污染，也不要引起其他自然环境的污染。

③土壤污染监测

土壤与水、空气不同，水和空气通过食道和呼吸道直接进入人体，为此一旦被污染，会直接影响人体健康。土壤对人体健康的影响是通过农作物间接反映的。目前，尚没有制定土壤中有毒物质的最高允许浓度的标准。判断

土壤是否被污染，污染程度如何，一般是将土壤中有关元素的测定值与本底值相比较。土壤本底值的表示方法有的采用几何乎均值加减一个标准差表示，有的采用土壤组成元素平均值作为本底值，目前国内外还没有统一的规定。

由于环境是一个整体，污染物进入哪一部分都会影响整个环境。因此，土壤监测必须与大气、水体和生物监测紧密结合才能全面、客观地反映实际情况。

我国常规监测项目中，金属化合物有镉、铬、铜、汞、铅、锌；非金属化合物有砷、氰化物、氟化物、硫化物等；有机化合物有苯并芘、三氯乙醛、油类、挥发酚、DDT、六六六等。

土壤污染监测所用的方法与水质、大气监测方法类同，常用的有：

重量法——测土壤水分；

容量法——适用于水浸出物中含量较高的成分的测定，如 Ca^{2+}、Mg^{2+}、Cl^-、SO_4^{2-} 等；

分光光度法——适用于 Cu、 Cd、Cr、Pb、Hg、Zn 等组分的测定；

气相色谱法——适用于有机氯、有机磷农药及有机汞组分的测定。

土壤污染监测一般包括以下几个步骤：

采样——包括污染土壤样品和土壤本底值样品；

样品制备——风干、磨碎、过筛等；

污染物测定——含水量测定、样品溶解、分析测定。

5.土壤环境教育活动

①土壤环境调查

观察所在区的土壤和植被，判断它们属于什么类型，推断所在地属于什么类型的土壤分布区和植被分布区。

了解所在区的污染源情况，污染物的类型，农药、化肥的使用情况等，以及它们给环境，特别是土地带来哪些生态环境问题。

把调查结果写成小论文。

②收集资料

收集近几年来报纸上发表的文章、资料，调查和了解水土流失、沙漠化和土壤盐碱化在世界范围内，特别是我国的发生情况，比较各国各地区发生这些问题的规模和范围，了解这些问题所造成的经济损失的数量。提出对水土流失、沙漠化和土壤盐碱化的预防、治理办法。

③植树种草，绿化环境

积极参加植树种草活动，绿化环境。

④土壤污染的监测与分析

此项活动需与环保部门、科研单位结合进行。

目的：

通过对污染土壤中污染物含量的测定，了解土壤污染的状况和类型，并通过自然地理和社会经济状况的分析，提出改善和保护土壤的对策。

方法：

1.采样

要采取多点采样、均匀混合的方法，以使土壤样品具有代表性。一般可

在一个地块的对角线上设几个采样点，在 1000—1500 平方米以内采 5—10 个样品。采样深度在 20—40 厘米，每个采样点取土 1—2 千克。对每份样品要装入塑料袋并贴好标签，以记载采样地点、深度、时间、采样人等。

2.土壤样品制备

把采集的土壤样品全部倒在塑料薄膜上风干，趁半干状态把土块压碎，除去根、草、石块等杂物，铺成薄层，经常翻动，在阴凉处慢慢风干。风干后的土壤样品，用木棒碾碎过筛，除去 2 毫米以上的砂砾和植物残体。用四分法反复弃取多余样品，最后保留足够用的数量，装入洗净干燥的玻璃瓶。贴上标签备用。

3.土壤中污染物的测定（如 DDT、镉、汞等）

有条件的学校可参照有关测定方法测定；大多数学校无法直接测定，可请环保部门、科研单位协助测定。

4.结论

根据测定结果，分析污染物在各个不同采样点的分布规律，同时，对采样地区的地质、地形、植被、水文、气候等自然条件，土壤类型、层次特征等土壤性状，作物、农药、化肥等农业生产情况和土壤污染历史进行调查。根据这些情况和测定结果，提出改善土壤状况的对策。

（四）固体废弃物

固体废弃物指的是人类在生产和生活中，丢弃的固体和泥状物质，包括从废气、废水中分离出来的固体颗粒、污泥等。固体废弃物也常简称为固体废物。

所谓“废物”是指相对在某一过程或某一方面没有使用价值，而不是说在一切过程和一切方面都没有使用价值。某一过程所产生的废物，往往是另一过程的原料，因此，废物往往又被人称作“放在错误地点的原料”。

固体废弃物的种类繁多，成份复杂。随着生产的发展和人类生活水平的提高，固体废弃物的种类和数量仍在不断增多。固体废弃物虽然不象废气、废水那样到处迁移、扩散，但它能通过不同途径污染大气、水体、土壤和生物环境，危害人体健康，同时又侵占大量土地，造成土地资源浪费，因而已经成为当前突出的环境问题之一。

1.固体废弃物的分类

固体废弃物有不同的分类方法。按化学性质，可以分为有机废物和无机废物。按危害状况，可以分为一般废物和有害废物。按它的形状，又可以分为固体（块状、颗粒状、粉状）废物和泥状（污泥）废物。通常，为了便于管理，按来源分为矿业固体废物、工业固体废物、城市垃圾、农业废弃物和放射性固体废物五类。固体废物的来源和组成物见表 25。

表 25　固体废物的来源和组成物

来　　源	主　要　组　成　物
矿业冶金、金属结构、交通、机械等工业	废石、尾矿、金属、废木、砖瓦和水泥、砂石等金属、渣、砂石、模型、芯、陶瓷、涂料、管道、绝热和绝缘材料、粘结剂、污垢、废木、塑料、橡胶、纸、各种建筑材料、烟尘
建筑材料工业	金属、水泥、粘土、陶瓷、石膏、石棉、砂石、纸、纤维等
食品加工业	肉、谷物、蔬菜、硬壳果、水果、烟草等
橡胶、皮革、塑料等工业	橡胶、塑料、皮革、布、线、纤维、染料、金属等
石油化工工业	化学药剂、金属、塑料、橡胶、陶瓷、沥青、污泥油毡、石棉、涂料等
电器、仪器仪表等工业	金属、玻璃、木、橡胶、塑料、化学药剂、研磨料、陶瓷、绝缘材料等
纺织服装业	布头、纤维、金属、橡胶、塑料等
造纸、木材、印刷等工业	刨花、锯末、碎木、化学药剂、金属填料、塑料等
居民生活	食物垃圾、纸、木、布、庭院植物修剪物、金属、玻璃、塑料、陶瓷、脏土、碎砖瓦、废器具、粪便、杂品等
商业、机关	同上，另有管道、碎砌体、沥青及其他建筑材料，含有易爆易燃、腐蚀性、放射性废物以及废汽车、废电器、废器具等
市政维护、管理部门	脏土、碎砖瓦、树叶、死禽畜、金属、锅炉灰渣、污泥等
农业	秸秆、蔬菜、水果、果树枝条、糠秕、人和禽畜粪便、农药等
核工业和放射性医疗单位等	金属、含放射性废渣、粉尘、污泥、器具和建筑材料等

2.固体废弃物的污染与危害

固体废弃物往往大量堆积和暴露于地面，不像废气、废水那样不易被人觉察。它可能造成的危害主要有五个方面：一是占用土地，损伤地表；二是污染土壤、危害生物；三是淤塞河湖，污染水质；四是飞尘散毒，污染大气；五是传染疾病，损害健康。

①占用土地

目前我国城市垃圾的处理水平比较落后，全国只有堆肥厂 30 多个，无害化垃圾处理厂（场）29 个，大多数城市垃圾仍然采取传统的收集、清运和自然处理方式。在我国城市生活垃圾平均每年以百分之十的速度增长的情况下，大量垃圾无处消纳，只好在郊区露天堆放，形成了垃圾围城的严重局面。以北京为例，据中国科学院遥感所航片反映出的状况看，全市 75000 公顷范围内，固体废弃物堆放面积大于 0.0064 公顷的有 4-5 千座，占地将近 500 公顷，小垃圾堆不计其数，沿三环路外侧，在北京周围形成一个垃圾堆的包围圈。有关部门的统计数字告诉我们，从 1949—1979 年，北京城生活垃圾量从每年 40 万吨增加到 128 万吨，1985 年增加到 200 万吨。

另外，矿业、工业固体废弃物的产生量也十分惊人，1989 年全国产生 5.7

亿吨，比 1988 年增长了百分之二。矿业、工业固体废弃物累计堆存量达 67.5 亿吨，占地达 55400 公顷，比 1988 年扩大了 1600 公顷。

越来越多的城市垃圾、矿业尾矿、煤矸石、工业废渣等侵占了越来越多的土地，直接影响农业生产，妨碍城市环境卫生，而且埋掉了大批绿色植物，大片地破坏了地球表面的植被。这不仅破坏了自然环境的优美景观，更重要的是破坏了大自然的生态平衡。

②污染土壤

固体废弃物对土壤的污染表现在多方面。例如，固体废弃物及其渗出液会改变土壤的成分和土壤结构。有毒废物能杀伤土壤里的微生物和动物，降低土壤微生物的活力，破坏土壤的生态平衡。有毒物质还会在土壤中积累并迁移到农作物中，通过食物影响人体健康。来自医院、屠宰场的垃圾如不经消毒，直接堆放，则会把废物中的病原菌带入土壤，使土壤受到污染，等等。

③污染水体

固体废弃物污染水体的方式有多种。例如，不少国家直接把固体废弃物倾倒入河流、湖泊、海洋，甚至把海洋投弃作为一种处置方法。我国一年仅向长江、黄河水系排放灰渣就达 500 多万吨。由于向水体投弃废物及围湖造田，我国 80 年代江湖面积比 50 年代减少 130 多万公顷。同时，固体废弃物进入水体，造成污染，影响了水生生物的生存和水资源的利用，严重时会在一定水域造成生物的死区。固体废弃物堆积在地面，也会对水体构成污染，其中的有毒物质，在雨水的冲刷、浸淋、渗透作用下，或随地表径流进入地面的河、湖，或渗入地下污染地下水。例如，某铁矿尾矿堆积达 1500 万吨，至使下游水体和地下水中氟的浓度大幅度增高。

④污染大气

固体废弃物中的粉末、细小颗粒会随风飞扬，加重大气的粉尘污染，遇到大风时，这些尘粒会被刮到很远的地方。有些固体废弃物堆存时，或在焚化时，会散发出毒气和臭气，污染大气。有些含硫量较高的煤矸石堆放时会发生自燃观象，散发大量二氧化硫。例如，陕西铜川市由于煤矸石自燃每天生成二氧化硫 22.4 吨，严重污染了大气。

⑤危害健康

固体废弃物中所含的有毒物质和病原体，除了以大气、水体、土壤为媒介进行传播扩散外，还可以通过许多种有害生物为媒介传播疾病。很多种传染病与固体废弃物的处置不当有关，如鼠疫等。城市垃圾堆放地往往也是蚊、蝇孳生地和老鼠猖狂活动的地区。

3.固体废弃物的处理和利用

对于固体废弃物，最早的处理办法是填埋、焚烧和堆肥等。进入 20 世纪后，随着生产的发展和人口向城市集中，消费水平迅速提高，固体废弃物产生量急剧增加，成为严重的环境问题。60 年代中期以后，环境保护受到重视，污染治理技术迅速发展，大体上形成了一系列处置方法。70 年代以来，由于废物堆放场地以及天然资源的日趋紧张，许多国家把固体废弃物作为资源积极开展综合利用，同时设立了专门的管理机关和科研机构，研究固体废弃物的来源、性质、特征和对环境的危害，研究固体废弃物的处置、回收和利用的技术和管理措施等等，并制定了各种有关规章和环境标准。

目前，防治固体废弃物污染和利用固体废弃物资源的主要措施有：改革生产工艺，提高产品质量，减少废物的产生量；发展物质循环利用工艺，使前一产品的废物成为下一产品的原料；把固体废弃物纳入资源管理范围，建立固体废弃物资源化体系；制定固体废弃物管理法规。

固体废弃物的主要利用途径是：利用矿物废料作建筑材料、

表 26　固体废物处理方法现状和发展趋势

类　别	中 国 现 状	国 际 现 状	国际发展趋势
城市垃圾	填坑堆肥，无害化处理和制取沼气，回收废品	填地,卫生填地,焚化，堆肥，海洋投弃，回收利用	压缩和高压压缩成型，填地，堆肥，化学加工，回收利用
工矿废物	堆弃，填坑，综合利用，回收废品	填地，堆弃，焚化，综合利用	化学加工和回收利用，综合利用
拆房垃圾和市政垃圾	堆弃，填坑，露天焚烧	堆弃，填坑，露天焚烧	焚化，回收利用，综合利用
施工垃圾	堆弃，露天焚烧	堆弃，露天焚烧	焚化，化学加工，综合利用
污泥	堆肥，制取沼气	填地，堆肥	堆肥，化学加工，综合利用，焚化
农业废弃物	堆肥，制取沼气，回耕，农村燃料，饲料和建筑材料，露天焚烧	回耕，焚化，堆弃，露天焚烧	堆肥，化学加工，综合利用
有害工业渣和放射性废物	堆弃，隔离堆存，焚烧，化学和物理固化，回收利用	隔离堆存，焚化，土地还原，化学和物理固定，化学、物理、生物处理，综合利用	隔离堆存，焚化，化学固定、化学、物理、生物处理，综合利用

填垫材料、冶金、化工和轻工等工业原料；利用含碳、油或其它有机物的废物，从中回收能源；利用含有土壤、植物所需营养元素或化合物的废物作土壤改良剂和肥料。表 26 列出了固体废弃物的处理方法和发展趋势。

①工矿业废渣的处理和利用

工矿业固体废弃物的特点是数量巨大，品种繁多，利用困难。采矿、冶金、煤炭、电力、化工、建材等部门的生产过程中都产生大量废弃物。如何处理和利用这些废弃物、大有潜力可挖。表 27 简单介绍了几种主要固体废弃物的处理和利用。

表 27　几种主要工业固体废弃物的处理和用途

废 渣	主 要 成 分	处理方法、主要用途
尾 矿	各种金属成分	筑坝堆存（物理法覆盖、栽种植物覆盖、化学法覆盖）、矿山土地复原（填充矿坑）、制砖和加气混凝土砌块
高炉渣	钙、硅、铝、镁、锰、硫等的氧化物	制水泥、砂石、砖瓦、砌块、墙板、渣棉、铸石、肥料、土壤改良剂、膨珠、建筑防火材料、道路材料等
钢 渣	钙、铁、硅、镁、铝锰磷等的氧化物	炼钢炼铁炉料、道路材料、肥料、水泥、建筑防火材料等
赤 泥	钙、硅、铝、铁等的氧化物	水泥、砖瓦、混凝土轻骨料、炼铁、净水剂、橡胶、触媒、塑料填料、保温材料等
有 机金属渣	硅、钙、镁、铝、铁等的氧化物	水泥、砖瓦、砌块、道路材料、铸石、渣棉、回收金属
煤矸石	硅、铝、铁的氧化物	水泥、砖瓦、轻混凝骨料、砌块、陶瓷、耐火材料、铸石、肥料、燃料等
粉煤灰	铝、硅、铁的氧化物	水泥、砖瓦、砌块、墙板、轻混凝土骨料、道路材料、肥料、土壤改良剂、铸石、矿棉等
硫酸渣	铁、硅的氧化物	炼铁、水泥、砖瓦等建筑材料

②城市垃圾的处理和利用

城市垃圾在数量剧增的同时，成份也在不断地变化。城市家庭燃料构成的变化，使炉渣产量大为减少；成品和半成品食品的发展，使瓜皮、果核、菜叶等大为减少，但同时增加了纸张、塑料、金属、玻璃等包装用品的含量；废旧家庭工业消费品的数量也大幅度上升。北京市 1978 年的垃圾成分平均为：有机物占 20%，金属、塑料、玻璃占 10%，碎砖、瓦砾、碴土、煤灰占 70%。

城市垃圾经清扫、收集、运输、预处理等收集和输送过程后，可进行填埋、焚化、堆肥、制取沼气，或回收能源和资源等最后处理。下面简单介绍几种处理方法。

填埋法 填埋垃圾是最古老的处理方法，因为最省投资，所以世界各国从古至今都广泛使用这一方法。填埋法过去是无控制的，现已发展到卫生填埋、滤沥循环填埋、压缩垃圾填埋、破碎垃圾填埋等。填埋地点应尽量选用废粘土坑、废采石场、废矿坑等。把垃圾填埋坑中，有利于恢复地貌，维持生态平衡。填埋法处理垃圾应注意防止对地下水的污染，因此回填地的最低处要高于地下水位 3 米以上，且不应渗漏。填埋场应设排气口，使厌氧微生物分解过程中释放的甲烷等气体及时逸出，避免发生爆炸。回填后的场地可作绿地、农田、牧场等，但在 20 年内不宜在其上修建房屋，避免由于地面下沉而使房屋结构破坏。

堆肥法 堆肥是我国、印度等东方国家处理垃圾、粪便，制取农肥的古老技术。堆肥是使垃圾、粪便中的有机物，在微生物作用下，进行生物化学反应，最后形成一种类似腐殖质土壤的物质，用作肥料和改良土壤。堆肥有厌氧分解和好氧分解两种。好氧分解过程产生高温，可杀灭病虫卵、细菌等，我国主要采取好氧分解法。堆肥主要受废物中的养分、温度、湿度、pH 值等因素的控制。堆肥方法，目前分为露天堆肥和机械化堆肥，一般要经过准备、细菌分解、熟化、储存几个阶段。实践证明，垃圾经过高温堆肥，能够达到

无害化的效果，同时生产了大量农用肥料，是变废为宝的有利途径。

制取沼气 利用有机垃圾、植物秸秆、人畜粪便、污泥等制取沼气，工艺简单易行，而且能提高原料的肥效和杀灭寄生虫卵，可以改善环境卫生，提供能源，有广阔的发展前途。

沼气是有机物中的碳水化合物、蛋白质、脂肪等在一定的温度、湿度、酸碱度的厌氧环境中，经过多种微生物的作用，而生成的一种可燃气体。它的主要成分是甲烷。沼气发酵过程可分为液化、产酸和产甲烷三个阶段，大致可概括如下：

复杂的有机质 $\xrightarrow{\text{细菌分解}}$ 简单的有机酸、醇、CO_2、H_2O等 $\xrightarrow{\text{产甲烷细菌作用}}$ 甲烷

主要反应的化学方程式为：

$(C_6H_{10}O_5)_n+nH_2O\rightarrow 3nCO_2\uparrow+3nCH_4\uparrow+$热量

$CH_3COOH\rightarrow CH_4\uparrow+CO_2\uparrow$

$4CH_3CH_2COOH+2H_2O\rightarrow 4CH_3COOH+3CH_4\uparrow+CO_2\uparrow$

$2CH_3CH_2CH_2COOH+CO_2+2H_2O\rightarrow 4CH_3COOH+CH_4\uparrow$

$2CH_3CH_2OH+CO_2\rightarrow 2CH_3COOH+CH_4$

$CO_2+4H_2\rightarrow CH_4+2H_2O$

制取沼气必须具备以下条件：丰富的沼气菌种；严格的厌氧环境；充足而适宜的发酵原料（碳氮之比约为 25：1）；适宜的干料浓度（7—9%）；适宜的发酵温度（高温 50—55℃，中温 35—38℃，常温 22—28℃）；适宜的 pH 值（7.2—7.6）等。

我国在沼气的开发、利用、推广和研究方面取得了较大的成就。沼气利用已从试验示范进入有计划地成片推广阶段。全国共建成户用沼气池 700 多万个，有 21 个县基本上普及了沼气。我国农户使用的沼气池容积约 6—8 立方米，池与猪圈、厕所连通，一般 5 口人之家和两头猪的粪便，再加上每天 3—4 千克秸秆，所产生的沼气可供烧饭、照明用。发酵后的物料是优质有机肥料（图 18）。

焚化法 垃圾经过燃烧，可以减小体积，便于填埋，还可以 {ewl MVIMAGE,MVIMAGE,!B6000106_0183_1.bmp}消灭各种病原体，把一些有毒、有害物质变为无害物质。垃圾燃烧时放出的热量可作能源。垃圾焚化炉应具备除尘、除烟设备，以防止对大气的污染。我国的深圳经济特区在 1988 年 2 月建成一座城市垃圾处理厂。处理厂按生产自动化、管理现代化、总体布局园林化设计施工。两套焚化炉日焚化垃圾 300 多吨，每日发电 1.2 万度。垃圾处理过程全部采用电脑控制。

高温分解（干馏）法垃圾中的有机物在无氧条件下，经高温分解变成新的气体、液体和固体化合物。热解产品包括氢气、甲烷、一氧化碳、液态焦油、碳化合物等。这些产品均可作为燃料使用。日本日立造船公司建成了一座“废物热解——灰分熔融固化-废热发电”综合工厂。美国两位科学家研制了一套将垃圾合成原油的氢反应堆，这项工艺的基本原理是利用氢在反应堆中对垃圾的动植物残骸、废塑料、纸张等进行化学处理，在处理过程中加入一种液体催化剂，以加快反应速度。据连续六年的试运转表明，这个反应堆能从 10 吨垃圾中合成 3.7 吨原油，而原油的成本仅相当于目前市场价格的一

半。还有一种方法是从垃圾直接生产燃料油。

回收资源城市垃圾中含有相当数量的有用材料，如旧衣物、废金属、废纸、废塑料、旧器具等，这些材料可以通过一定渠道如物资回收部门加以回收，作为资源重新利用。目前，许多国家在研究垃圾分选技术方面已取得不少成果，使许多无法用简单方法回收的垃圾得到及时处理。垃圾分选是利用待分选物的颗粒大小、比重、电磁性、导电性、颜色、回弹性，以及化学成分、不同物理和化学性质等进行分选。方法有人工粗选、筛选、重选、磁选，以及光学选择等。分类选出的材料可重新作为工业原料，堆肥原料、造燃气原料等。

研究和开发城市垃圾处理技术，在使其无害化的同时，回收能源和资源，使城市垃圾资源化，这是摆在我们面前的十分重要而又很有前途的研究课题，也是环境保护工作的重要方向。

4.有害固体废弃物的处置

有害固体废弃物是指对环境、人类、动植物造成现实危害或潜在危害的废弃物，以工业有害废弃物为主。

工业有害固体废弃物种类很多，一般分成有毒性、易燃易爆性、腐蚀性、化学反应性、传染性、放射性等几类。

由工业有害废弃物造成的环境污染事件，世界各国屡见不鲜。以美国为例，在工业发展早期，由于有害废弃物任意放置，陆续发生多起有害事件。例如，40 年代美国胡克公司利用纽约州拉夫运河（Love canal）河谷堆放有毒废弃物。1953 年填满后，在那里修建了学校、运动场，建立起居民住宅区。1978 年春，许多建筑物渗进了各种剧毒化学物质。经有关部门对当地空气、水、土壤的测定，发现有六六六、氯苯、四氯代苯、三氯乙烯、三氯苯酚等 80 多种有毒化学物质。经对居民作的健康调查发现，新生婴儿生理缺陷、早产、癫痫、肝障碍、溃疡、直肠出血、头痛等症状发病率很高。1978 年 8 月，该地区被宣布处于“卫生紧急状态”，学校关闭。200 多户居民迁居。许多国家都发生过类似的公害事件。

由此可见，有害固体废弃物不能任意排放、堆存。为了加强管理，许多国家都制订了管理法规。对有害固体废弃物的管理措施主要有：建立鉴别、标记和登记制度，使有害废弃物从排放时开始，直至最终处理完毕，均有档案和专人管理；确定安全、经济的收集、贮存和运输方法，建立相应制度，保证有害废弃物在最终处置前，不致污染环境；选择安全、经济的处置方法和处置场地，防止污染环境；制订有害废弃物收集、贮存、运输和最终处置的评价标准。

有害固体废弃物的处置方法，目前主要有填埋法、焚化法、化学处理法、固化法、土地处理法、生物处理法，以及海洋倾倒法等。无论用何种处置方法，都应注意防止对大气、水体、土壤等环境的污染。

5.固体废弃物的监测

固体废弃物监测的研究工作开展较晚，测定项目也较少。主要是根据《工业企业设计卫生标准》，对工业固体废物中汞、镉、砷、六价铬、铅、氰化

物和有机磷、水分含量和 pH 值等共九项有害物进行监测。其它一些测定项目应根据实际情况确定。

在对固体废弃物进行调查、监测的同时，还应配合对周围土壤，水质和农作物状况进行调查，以作出综合评价。必要时，要进行环境毒理学方面的研究，用实验动物进行毒性实验，确定污染物的毒性和剂量的关系，找出毒性作用的阈剂量，为制订该物质在环境中的最高允许浓度提供资料，为防止污染提供科学依据。

6.防治固体废弃物污染环境教育活动

固体废弃物污染情况调查

目的：

认识固体废弃物的危害。

方法：

①组织学生到城镇、郊区、农村，对不同性质的固体废弃物，分别进行统计，并估算占地面积，考察对植被的损害。

②调查固体废弃物淤积河道、填塞池塘的情况。

③走访城镇环境卫生管理部门，了解本地区垃圾消纳情况，统计本地区垃圾占地情况，了解垃圾的发展趋势等。

④根据调查情况，写出固体废弃物对本地区污染、危害情况的调查报告，送交有关部门参考。

（五）噪声

1.什么是噪声

噪声从物理学角度来看，是由不同频率和不同强度的声音，无规律的组合在一起的无调嘈杂声。从环境学角度来说，一切对人类生活和工作有妨碍的声音，均可认为是噪声。

噪声对人类正常生活和工作的干扰表现在损害人的身体、使人情绪变坏（造成心理状态不佳）、破坏人的某种行动目的三个方面。同一种噪声，可能同时对人产生上述三种作用，也可能只产生其中的两种或一种作用。例如，公路上各种车辆行驶时发出的交通噪声，既能使人听力受到损坏，也能使人心态失衡，情绪败坏；舞厅里强烈的摇滚乐声，有损于人们听力，但对不同人情绪的影响却不相同；公园里轻轻的读书声，既不会使人听力损坏，也不会影响人的情绪，但对旁边的垂钓者来讲，这种声音却使他的行动目的受到破坏。

有关研究表明，噪声对人体造成的危害，主要表现在使人听力系统受损，以及引起人神经系统、消化系统、心血管系统和视觉系统等方面的疾病。

目前，对噪声的标准及其防护，在世界上大多数国家已有了比较统一的规定和要求。

2.声音的产生和传播

为了防止噪声污染，我们首先应该了解声音产生和传播的物理过程。

沿着我们听到的各种声音，去追寻产生的原因，可以发现它来源于物体的振动。能振动发声的物体为声源。声源可以是振动的固体，也可以是振动的气体或液体。声源都具有一定的振动频率。人能听见声音的振动频率范围为 20 赫到 20 千赫。高于 20 千赫的声音为超声，低于 20 赫的声音为次声。

声音必须通过物质才能传播。传播声音的物质叫声音的媒质。固体液体和气体都可以成为声音的媒质。

声音在空气中传播时，每一层空气并不向四周散开，而是像一个被压缩了一下的弹簧，在一个平衡位置的附近振动。这种振动引起该层空气的疏—密变化和压强强—弱的变化，同时也引起下一层空气做相应的变化。声音的这种运动形式叫波动，这个传播过程叫声波。在液体中声音也按上述方式传播。在固体中声音的传播方式与其在气体或液体中的传播方式略有区别。

声波有周期性变化的特点。其每秒钟变化的次数为声波的频率（f），单位为赫兹（H_Z）;声波每重复一次变化所需的时间叫周期（T），单位为秒（S）。频率和周期互为倒数，即：

$$f = \frac{1}{T}$$

声波也有自己的长度。当声源引起空气的振动时，空气里两个相邻密度最大值（或密度最小值）的地点间的距离，叫声波的波长（λ），单位为米（m）。声波每传播一个波长（λ）的距离，所用时间为一个周期（T）。声音传播的速度（v）为：

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

声波传播时，大气压强将根据声源的振动规律做时强时弱的周期性变化。有声音传播时的大气压强与无声音传播时大气压强值的差，就是声压。人耳对声音的感觉与声压有直接关系。在描述声音的各个物理量中，只有声压能被人直接感知而产生听觉。声强的大小与声压的平方成正比。

声波的传播过程实际上是一种能量的转移过程。声源振幅越大，媒质获得的能量越多，传播的能量越多，其功率也越大。

根据声音的产生和传播过程，可以知道控制噪音的主要途径，一是控制声源的振动；二是在声音传播过程中，采取各种方法消耗、吸收声波传递的能量，使媒质扰动趋于平静，或阻断声波的传播；三是远离声源。

3.声音的量度与人的听觉

在自然环境中对噪音做出评价或量度，最终要依靠人耳，以人的听觉作为基础。

在声音的量度中，一般用对数来比较声压、声强、声功率的变化，其参考值分别取人耳能感觉到的最低值,然后对测量值与最低值之比取以 10 为底的对数，再乘一个常数分别称为声压级，声强级和声功率级。例如声压级为：

$$L_p = 210g = \frac{P}{P_o}(dB)$$

单位为分贝。P_0为参考值，规定为 20 微帕，是人耳在频率为 1000 赫兹的声音时能感觉的最低声压。若被测声音的频率恰为 1000 赫，声压 P 恰为 20 微

帕，则 L，为零分贝。若测量的声压 P 为 2×10^8 微帕（人耳能承受的声压的最大值），则 L_p 为 140 分贝。这样，在人耳能感觉的声压变化范围内，声压级的变化在 0—140 分贝之间。分贝实际上只表示比值，没有量纲。

与此相同声强级为 $L_1 = 10\lg\frac{I}{I_o}(dB)$

声功率级为 $L_{Iv} = 10\lg\frac{W}{W_o}(dB)$

声强级的零分贝相当于 10^{-2} 瓦每平方米，声功率级的零分贝相当于 10^{-12} 瓦。

实际上，声强（级）和声功率（级）都很难直接测定，而声压（级）可以用传声器接受，并将其转换为电压显示出来，供人们分析研究。

根据测量可以知道，微风吹拂树叶的声音大约在 15 分贝，教室里教师讲课的声音约为 60 分贝，一般街道上的噪声为 85 分贝左右，工地上使用风枪时，在附近测量，噪声可达 100 分贝，室内摇滚乐的声音在 110 分贝。对一般人来说，声压级在零分贝以上就可以听到，100 分贝以上就会感到不舒服，在 130 分贝以上耳朵会有痛感。

人们听到声音的强弱（即响度）主要与声压有关，同时与声音的频率也有很大关系。人的可听频率范围在 20 到 20000 赫之间，但对其中各频段的声音反应的灵敏程度却不一样。声音频率在 3000 到 4000 赫之间时，人耳反应最为灵敏；负 4 分贝，声压为 1.26 微帕的声音就可以听到。这个压强，相当于在 1 平方米的表面上，均匀地撒上质量为 0.0001 克的面粉，引起耳膜的位移约为 10^{-12} 米，比一个分子的直径还小 10 倍。目前世界上还没有造出能与人耳相比较的传声器。当频率降为 20 赫时，声压级要达到 70 分贝才能听到。频率超过 12500 赫时，人耳的灵敏度也下降的比较快，频率超过 20000 赫时为超声，人耳收听不到，对人也没有什么影响。

由于人的听觉与声压与声频同时有关，为了使测量噪声的结果与人的主观感觉基本符合，人们在设计测量噪声的仪器时，已同时考虑了声压，声频对听觉的共同影响，并分为 A、B、C 三级，与人耳主观感觉最接近的是 A 级，这样测量的结果叫声级（A），单位仍然是分贝。测量噪声的仪器叫声级计。

4.噪声对人类的危害

噪声污染环境问题很早就引起了人们的关注。产业革命以来，各种机械设备的创造和使用，给人类带来了繁荣和进步，同时也给人类带来了越来越多越来越强的噪声，这样噪声对人类的危害也有了越来越明显的表现。这种表现主要是：损伤人的听力，影响人体健康；影响人的正常休息和工作，降低劳动生产率；影响语言的清晰度和通讯联络等。

噪声最直接造成的危害是使人的听力系统受损。人在强噪声环境中暴露一定时间后，听力会下降，如果长期在强噪声中生活和工作，则会使听力系统中的听觉细胞在很高新陈代谢速率下工作并导致死亡。由于听觉细胞是不能再生的，所以听力丧失后就无法恢复。

这种噪声性耳聋早在 200 年前已有发现。1765 年，有人提出关于铜匠做工声致耳聋的报告，1830 年出现了“铁匠聋”一词。此外，突发性的强烈轰鸣声，爆炸声，也会造成听力系统的机械性损伤，如鼓膜穿孔，柯蒂氏器官被撕裂，听小耳折断等。第一次世界大战中，因枪炮声引起耳聋的人数曾急

剧增加。较低噪声的长期作用也会造成听觉细胞的退化，使听力下降，听力灵敏度降低。据统计，在声级为 90 分贝（A）条件下工作 40 年，噪声性耳聋的发病率为五分之一，在声级为 100 分贝条件下工作 40 年，噪声性耳聋发病率接近二分之一。

噪声对睡眠的干扰主要是影响人的睡眠质量和数量。人的睡眠大体可分为四个阶段：朦胧段，约占五分钟；半睡段，约占 20 分钟；入睡段，约占 45 分钟；熟睡段，约占 20 分钟；共约 90 分钟，然后又回到半睡段，周而复始，一般做梦都是在半睡段，并伴以眼球颤动。噪声的干扰是缩短熟睡的时间，使之加快回到半睡段或朦胧段。在连续噪声的影响下，可以使睡眠达不到熟睡段。突然的噪声可以使人从熟睡段惊醒。噪声级为 40 分贝时可使 10%的人睡眠受到影响，50 分贝时影响已比较严重，突发的噪声在 40 分贝时可使 10%的人惊醒，60 分贝时可使 70%的人惊醒，所以一般将 50 分贝定为保障睡眠的上限。

噪声除了影响听力和睡眠外，而且对人的神经系统、心血管系统都有一定影响。在噪声污染的环境中，人们常表现得烦躁不安，这种生理上的影响造成了对正常工作、学习和生活的干扰，长期影响的结果，甚至能引起神经官能症。研究表明，噪声对心血管系统的影响可使交感神经紧张，从而导致心跳加速，心律不齐，血管痉挛，血压升高等。

由于噪声而引起的人体其它生理作用有：使肌肉紧张，肾上腺素增加，心率改变，微血管收缩，血压变化，内分泌失调，消化不良，视力清晰度与稳定性降低等。

人们在噪声污染的环境中交谈或利用通讯工具联络时，常因听不清楚而感到苦恼，这实际上就是噪声对语言清晰度的一种影响。人的听力因噪声影响而丧失时，其语言的清晰度也会下降，严重时会丧失语言能力。

噪声污染在城市中造成的危害尤为突出。1978 年北京居民向市环保部门反映噪声事件数目占反映环境污染事件的 41% ;伦敦有 76%的居民受到噪声干扰；日本东京有 200 万以上的机动车辆，繁华地区噪声达 64 分贝。

5.噪声产生的根源

造成噪声污染的声源很多，一般可以分为机械噪声和非机械噪声两种，也可以分为工业噪声、交通噪声、社会活动噪声和家庭生活噪声这几类。

①工业噪声

工业噪声包括建筑业噪声、制造业噪声和发电厂噪声等等。

建筑业噪声是由于施工机械工作时，发出较强烈的噪声。表 28 为常用建筑施工设备的噪声级。

表 28　建筑施工设备噪声级（距离声源 10 米）

设　　备	噪 声 级（分贝）
推土机、拖拉机、 压路机、铺路机、起重机	75 — 84
打桩机、锤、钻、 震捣器、风动工具、凿岩机	80 — 110
水泥搅拌机 水泥输送机	70 — 75

在居民密集地区进行建筑施工，如拆旧建新、铺设管道、更新路面等，需注意采取各种方法减小噪声污染，如更换低噪声施工机械、采取消声措施，改变施工方法，调整工作时间等。

制造行业的噪声来源于一些工业母机、动力机械、高压气流或液流、变压器、锅炉、排风设备、电锯等。其中的铆接、冲床、气锤等机械和高压气流的排放所产生的噪声最为强烈，可以达到 100 分贝以上。对产生强烈噪声的机器，应有单独的车间，并安装消声器消声，操作工人应戴防护耳罩。座落在居民区中的工厂，应逐步设法迁出居民区。例如北京市政府这些年来就陆续将一些污染严重的工厂迁出了市区，改善了首都的环境。乡镇在规划乡镇企业时，也要注意噪声影响环境的问题。

②交通噪声

交通噪声是由于各种交通（公路交通、铁路交通、航空、内河航运）工具造成的，因为这些噪声源是流动的，所以对环境的影响范围广泛，城市噪声中的三分之二来自交通噪声。其中最突出的是公路交通噪声。机动车的噪声产生于发动机、冷却风扇、传动系统、吸气和排气系统、轮胎与地面的摩擦、车身振动、鸣笛、行驶时引起的气流扰动等。现代汽车由于设计日趋完善，只要是在使用年限内，正常行驶时，噪声都不大，但如高速行驶会使噪声大大增加。公路交通噪声的大小与车流量（单位时间内通过的车辆）、车速、车流的组成（小汽车、公共汽车、载重车等的比例）和路面等情况有关，在繁华街道，还与人流量、自行车流量有关。近几年来，机动车辆增长较快、城市主要交通干道车辆密度已达饱和状态，交通阻塞现象极为普遍，因此，有效的交通管理，也是防治交通噪声重要的环节。

铁路交通噪声来源于火车、城市地铁、有轨电车，由于受轨道限制，它们对城市总噪声的影响远不如汽车，但对铁路两旁居民的休息和工作影响甚大。车轮通过铁轨接缝发生的撞击，产生较大的振动和噪声，对车厢内的旅客也有很大影响，长途旅行时极易使人疲倦。现在大多采取延长铁轨长度、铁轨和枕木间加弹性垫等方法来降低噪声。

近年来由于航空事业的发展，航空噪声已日益成为不可忽视的噪声。一台喷气发动机的噪声功率可达 100 千瓦，特别在起落时，因为是近地飞行，严重干扰机场附近的居民。欧洲国家联合研制的协和式喷气客机被拒绝在美国降落。

喷气飞机喷口附近的声级高达 140 分贝，在做超音速飞行时，伴随着低频噪声还会产生强烈的冲击波，传到地面后，不仅使人难以忍受，连玻璃门窗和一些建筑物都会受到损坏。螺旋桨飞机、直升飞机的噪声源主要是螺旋桨转动时的噪声和发动机的进气和排气声。

③社会活动噪声和家庭噪声

对一般城市居民来讲，常遇到社会活动噪声和家庭生活噪声，并会引起居民的厌恶情绪。社会活动噪声主要来自于商业街上的高声叫买和流行歌曲的播放，清晨菜市场的喧闹声，城市街道上和公园里由于各种宣传活动而使用的高音喇叭声，大型集会时聚集在一起的大量车辆和人群产生的喇叭声和嘈杂声。家庭噪声表现在居民楼里早起晚归者的上下楼梯声，厕所水箱的冲水声，在拥挤的居住条件下，各种家用电器发出的声响以及家庭里和邻里间的争吵声。目前，解决社会活动的噪声要靠加强城市管理和制定噪声限制标准。对家庭生活噪声的解决方法是互相礼让，注重社会公德，形成谴责不良行为的社会舆论。

6.噪声污染的防治

防治噪声污染，应从声源、传播途径和接受者三个方面采取措施。三者当中，解决噪声源的问题是最根本的。

噪声源的种类很多，对环境影响较大的是工业生产上用的各种机器和交通运输工具。控制噪声源的主要方法有改进生产工艺，如在生产中用焊接代替铆接，用锻压代替锻打等；选用低噪声或无噪声的设备，如用电力车代替内燃机车，用液压传动装置代替机械传动装置，对商业中心、车站、航空港用高声喇叭播放广告或报站改为用电子显示屏来播放，选用侧向衰减大的汽车喇叭，减小对公路两侧的噪声等；注意设备在运转过程中的维修和润滑；将高噪声的设备改造成低噪声的设备，如很多由于撞击形成的噪声，用增加弹簧垫或在被撞物底下垫上弹性材料的方法降低噪声。对由于排气而产生的噪声可在排气管上包扎一些材料、根据气流流动规律改造排气管、增加消声器等。在机器和建筑物间安装隔振装置等，都可以有效地降低声源发出的噪声；对交通噪声可采用行政手段，如制定噪声控制标准、完善交通管理等。

对噪声传播途径的控制可以用三种方法，一是加强规划，增加接受者与噪声源间的距离，这种方法对已有工业噪声源和交通噪声所起的作用有限，另两种方法是吸声和隔声。

吸声是利用吸声材料吸收声能以降低噪声。常用的吸声材料有多孔性材料和薄板材料，或两者结合起来的微穿孔板。多孔性材料以吸收中高频的噪声声能为主，薄板材料对低频段的噪声有吸声峰值。两者相结合的微穿孔板的吸声频率比较宽。多孔性吸声材料有玻璃纤维、矿渣棉、泡沫塑料、膨胀珍珠岩等，薄板可以使用任何材料，包括质地密实的纺织品。吸声材料可以安装在墙壁上，也可以悬挂在空中。悬挂在空中时，吸声材料的吸声效率要高得多，所以在噪声较强烈的工厂车间里，常把制成各种型状的吸声材料悬挂在空中。

隔声就是当声波射到墙壁一类的阻挡体时，多数声波被反射而不能通过，只有少数声波透过的过程，透过的声波越少，隔声效果就越好。泥土堆、混凝土、金属板、塑料板、玻璃等等都能作为阻挡体的材料。阻挡体越厚，在阻挡体面对声源的一面安上吸声材料，隔声效果会更好。工厂车间的墙壁，工作区周围的围墙，城区高速公路两旁设置的屏障，都是起隔声作用的。

对噪声接受者采取降低噪声影响的措施时往往也采用隔声的方法，使接受者感受不到强烈的声压。在噪声强烈区域工作的人员可以使用各种各样的护耳器，或单建一个隔声间，需要隔声的精密仪器通常有单独的工作室，工

作室设计时要求有防振和隔声等措施。

减小城市环境噪声应该从城市统一规划上考虑，工厂区、居民区、商业区、学校和文化单位。政府机关、医院和疗养院、交通干道、航空港在地理位置上要合理安排。建立必要的绿化区，在交通干道两旁种植一定宽度、不同层高的绿化带以吸收噪声。各区域制定不同的噪声限制标准，表 29 是适合不同环境的噪声标准。

表 29　不同环境的噪声标准（分贝）

居　　室	医　　院	办 公 室	工　　厂
20 — 60	20 — 45	30 — 60	60 — 75

我国 1981 年公布的《中国城市环境噪声标准》将环境规划为六个适用区域，各区域规定的具体标准如下表（表 30）：

表 30　不同区域的噪声标准（分贝）

适　用　区　域	白　　天	夜　　间
特殊住宅区	45	35
居民、文教区	50	40
一类混合区	55	45
商业集中区、二类混合区	60	50
工业集中区	65	55
交通干线两侧	70	55

7.防治噪声污染环境教育活动

噪声监测及分析噪声对环境的影响

目的：

了解某地区噪声情况，了解噪声的危害，提出治理噪声污染的建议，从活动中增强环境意识。

方法：

①请环境保护部门同志介绍有关噪声的知识，学习声级计的使用方法。向环保部门借声级计测量环境噪声。

②对学校周围及内部环境开展调查。查清有哪些噪声源，以及噪声发声在时间上的规律等。

③对有噪声的设备，在距 1 米处测量声源噪声值。然后每隔 5 米或 10 米，逐步远离设备测噪声值，一直测到教室或办公室窗前 1 米处。

④分别测出白天、夜间的噪声情况。

⑤如果学校内有树林、草坪等，可分别进行多种测量，以便得出树木、草坪等对噪声的衰减情况。

⑥课间活动时，以操场中心为起点测噪声，然后往外等距离测课间活动噪声，直测到学校周围居民点或机关单位的窗前 1 米为止。

⑦测量时要详细记下时间、地点、天气、当时周围环境状况、噪声值。

测量时应保持安静，在风力大于 3 级及雨雪天不能测量。

⑧各种情况的测量数据都获得后，可按白天、黑夜分别绘出噪声源对学校影响衰减图；课间活动噪声对周围居民、机关影响衰减图；树林、草坪对噪声的衰减图等。

结论：

把测量目的、方法，绘制的图及数据分析结果，写成小论文；对控制和减少噪声污染提出建议。

（六）其它

1.放射性污染

①什么叫放射性

自然界是由各种不同物质组成的，人们了解到的各种物质已达数百万种，但它们都是由 100 多种元素构成的。

自然界的物质均由元素构成，而每种元素都是由同类原子构成，目前已知道有 107 种元素，其中包括十几种人造元素。有一些原子，原子核内的质子数相同而中子数不同，这些原子的化学性质基本相同，在元素周期表内占据同一个位置，人们称其为同位素。例如氢有 3 种同位素，氢（H_1^1）、氘（H_1^2）、氚（H_1^3），铀有 U_{92}^{235}、U_{92}^{238}，碳有 C_6^{12}、C_6^{13} 等。

各种同位素的原子核有些是稳定的，有些不稳定。不稳定的原子核会放射出一些肉眼看不见的射线，然后自己可能会变为另一种原子核。这种能自发地放出射线的性质叫做放射性。这些同位素放出的射线一般有 3 种：α 射线、β 射线和 γ 射线。

通过实验可以知道，α 射线是粒子流，α 粒子实际是由 2 个质子和 2 个中子组成的氦原子核。它的贯穿能力较小，在空气中一般穿过 3—8 厘米就被吸收了，即一张薄纸就可以挡住 α 射线。β 射线是原子核内放出的电子流（或正电子流），其穿透本领比 α 射线强的多，在空气中一般可穿过几米甚至几十米才会被吸收，在吸收能力较强的生物软组织中仍可穿透一厘米左右。γ 射线是一种波长极短（通常在 10^{-8} 厘米以下）的电磁波，γ 射线的穿透本领比 α 射线和 β 射线都大的多，它甚至可以穿透 7 厘米厚的铅板。

由于上述射线是从原子核内以很高的速度发射出来的，所以具有较大的能量（动能），当受照射的物质吸收了射线的能量时，会使本身的状态发生某种变化。对生命体来讲，受放射性射线的过度照射会造成机体的损伤，或引起机体的变异，有时甚至会引起物种变化。

放射线辐射生物体时，既可以治病，又可以伤人。这主要取决于辐射量的大小。一般用“伦琴”（R）为单位表示 X 射线或 γ 射线的辐射量，一伦琴的辐射量表示能在 1 千克的空气中产生 2.58×10^{-4} 库仑的电荷，即：

1 伦琴（R）＝2.58×10^{-4} 库仑（c）/千克（kg）

一般用“格雷”（Gy）表示受照射物质吸收的射线能量（即吸收剂量）。1 格雷等于射线传递给每千克被照射物质 1 焦耳的能量。即：

1 格雷（Gg）＝1 焦耳（J）/千克（kg）

不同的射线照射相同的生物体时，如果吸收剂量一样，产生的生物效应不一样，为了统一衡量照射的效果，用“剂量当量”表示辐射的生物效应。剂量当量与吸收剂量成正比，对不同的射线，比例系数不一样，剂量当量的单位是希沃特（Sv）。

虽然放射性现象是 19 世纪才被发现的，但它并不是一种新的现象。放射性物质是自然环境的一个组成部分，存在于空气、水、土壤和人体内，并时时都在发出射线。来自外空间的高能粒子流、宇宙射线，则是地球外的放射源。可以说，人类和地球环境里的所有生物每天都要受到地球上和地球外的天然辐射源和放射性元素发出射线的照射，我们称这种自然存在的辐射为天然本底辐射。生物在长期的发展进化中，已经适应了这种辐射，值得注意的是近年来人工放射性物质大量排入人类生存空间，增加了环境中的辐射剂量，人们需要防护的主要是这种人为辐射对环境、对人体造成的损害。

②放射性污染的产生

在人们的日常生活中，有时也要接触和使用一些放射性物质。例如有放射性的夜光表，含铀釉的陶制品，在万米高空乘坐喷气客机，收看电视节目等，都会受到一定的辐射，一般这种辐射的辐射剂量都很小，不足天然本底辐射的几十分之一。除去天然放射性造成污染外，人为放射性污染主要来自于核工业生产和放射性技术应用的各个环节。

核工业包括：裂变核燃料与聚变核燃料的生产与加工，各类核反应堆的建造（包括各种核动力站的建造）和使用，各种放射性同位素辐射源的生产，燃烧后的核燃料处理，核电站的制造，核武器的制造，废物处理等一整套完整工业体系（见图 19）。

放射性技术应用的各个环节，在处理不当时，也有造成放射性污染源的可能。如：开采及加工放射性原料对环境造成的污染；核武器爆炸时对环境造成的污染；核电站及各种核反应堆运行时产生的“三废”和意外事故对环境造成的污染；各种放射性同位素应用时对环境造成的污染等。

核武器在爆炸时能释放出巨大的能量，产生强烈的冲击波和热辐射，爆炸的瞬间能产生穿透性很强的辐射线（主要是中子和 γ

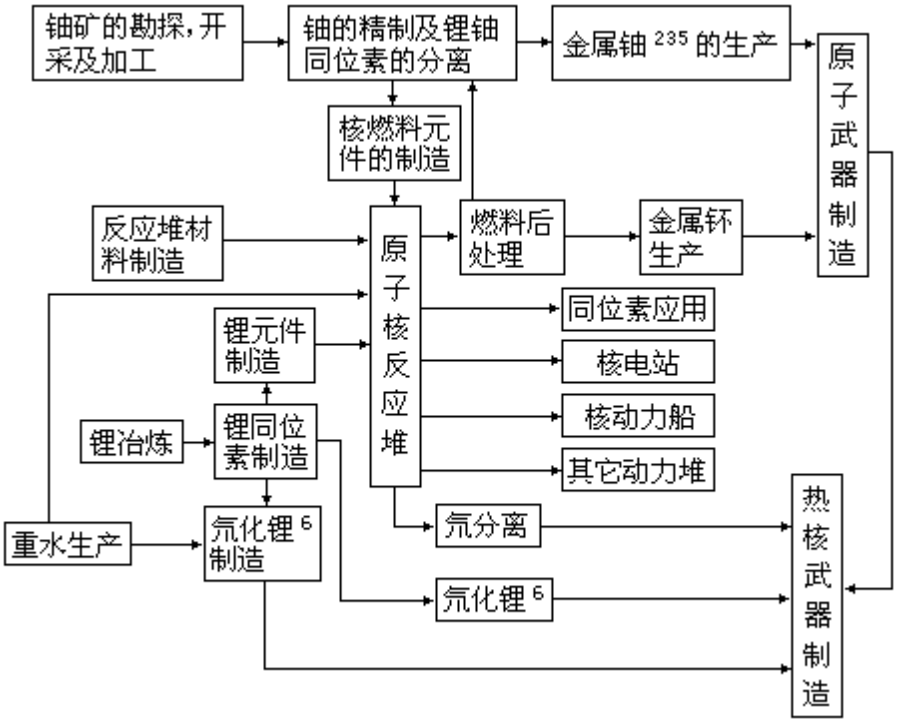


图 19　核工业体系简图

射线），并在爆炸后留下一些不断放出 α、β、γ 射线的放射性物质。前者称为瞬间核辐射，后者称为剩余核辐射。二者都能造成局部和广大地区的环境污染。产生剩余核辐射的放射性物质来自于核裂变材料反应后生成的裂变碎片；没有起反应的残余核材料；感生放射性物质，即核爆炸时释放出来的大量中子流同周围环境中的一些元素发生反应后生成的放射性同位素。如与空气中的氮反应后生成碳 14，与土壤和水中的钠、铁、锰、硅等元素反应后生成放射性元素钠 24、铁 59、锰 56 和硅 31 等。核武器威力越大和所含核裂变材料越多，对环境污染越严重，地面爆炸比空中爆炸污染严重，对环境的污染还与爆炸点的地理环境和气候条件有天。

核爆炸中产生的各种放射性物质，有的在几年、几十年甚至几千年、几万年后仍具有放射性。这些物质散布在自然界中，能长久地对生态环境产生影响。如在爆炸点周围地区所造成的动、植物畸变等。

原子核发生裂变的时候，释放出大量的能量，产生辐射和高速飞行的裂变碎片，使周围温度迅速升高。为了利用释放出的核能，必须使核裂变过程稳定的有控制的进行。核反堆就是控制核裂变，使其放出的热能转化为电能和机械能的有防护设备的装置。核电站、核动力船、核潜艇和一些卫星用的动力装置的主要部分都是核反应堆。

据统计，到 1989 年为止，世界各国用于发电的核反应堆已有 338 座，正在建设中的核电站有 100 多座，计划建设的有 112 座。1989 年全世界的核发电量大约占世界总发电量的 1/6。由于经济发展的需要，石油和煤炭资源的减少，世界各国利用核能发电均呈上升的趋势。“我国要搞现代化，达到发达国家水平，没有更多的核电站不行，将来核能源要变成最主要的能源。”[①]

[①] **引自 1991 年 1 月 13 日万里委员长视察广东大亚湾核电站时的讲话。**

到 1990 年底，我国浙江海盐的秦山核电站一期工程（30 万千瓦机组）已进入全面调试阶段。广东大亚湾核电站两台 90 万千瓦机组已先后进入设备安装阶段，并通过了国际原子能机构的运行前安全评审。我国第二代核电站的主要堆型“快中子增殖反应堆”研究中心已经开始建设。预计在在今后的十年内，我国将建成一批核电站，装机容量将达 600 万千瓦左右。

核反应堆在正常运行过程中产生的放射性废物严格控制在一定标准之内，并不比常规发电站更严重些。即使是长时期不断排放废气、废液所造成的放射性辐射也低于天然本底辐射，一般对人的影响不大。但值得注意和研究的是有些动物、植物对放射性物质有一定的富集作用，可以使体内的放射性物质达到环境中平均值的几十倍甚至几十万倍以上，若被人食用，就会使较多的放射性物质进入人体。如果核反应堆发生意外事故，则会造成严重污染。1986 年苏联切尔诺贝利核电站四号反应堆爆炸起火所造成的污染和对人的伤害就是一个震惊世界的严重核污染事故。

在核工业生产中，矿石的开采和加工也会造成环境的放射性污染。矿石本来是被封埋在地下，矿石中的放射性物质含量又较低，但经过挖掘后，直接暴露在空气中，既使矿石中主要的放射性物质已被取走，留下的矿井废气、矿石废渣、废水数量很大，对周围环境的空气、水、土壤、水陆生物会有一定的影响。

核燃料在精加工过程中，也有放射性水平极低的废气、废液排出，这也是放射性污染的一个主要来源。

另外，放射性物质运输中发生的事故，医疗用同位素放射性源和实验室用的放射性源由于管理不善发生的事故。贮存核废物的容器发生泄漏的事故，苏美两国的核潜艇在海洋中发生的爆炸，起火、沉入海底的事故，一些卫星上使用的核电源，在卫星进入大气层时会被烧毁，这些都会给环境造成放射性污染。

③放射性元素在自然环境中的迁移

放射性元素一旦排放到环境中，不但会造成对大气、水体和土壤的直接污染，而且会由于大气的扩散和水流的输送在自然界得到稀释和迁移。

放射性气体在大气中的迁移，受放射体自身的性质以及当时的气象条件，如风向、风速和温度梯度，以及所在地区地形的影响。其迁移过程如图 20 所示。

放射性元素在水中存在的状态有两种，一种以悬浮的粒子态存在，一种以溶解的离子态存在。当大量的低放射性的液体排出后，一是直接进入地表水中；一是通过钻井或深井进入地下含水层。处于悬浮态的粒子可能会逐渐沉积下来，一些溶解态的离子则逐渐扩散开。

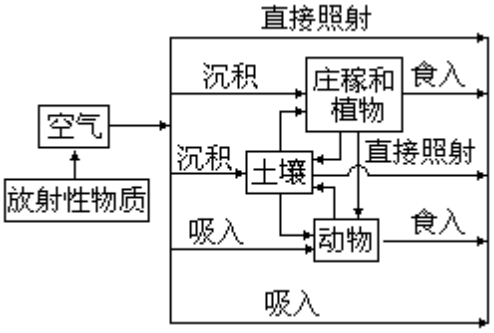


图 20　排入大气的放射性物质照射人体的简单途径

悬浮态和溶解态的放射性物质可以被微生物吸附，然后又做为食物链迁移到更高级的生物中去。若使用含放射性元素的水灌溉、养殖或作居民用水和工业用水时，就可能会造成土壤、水产物或其它的污染。

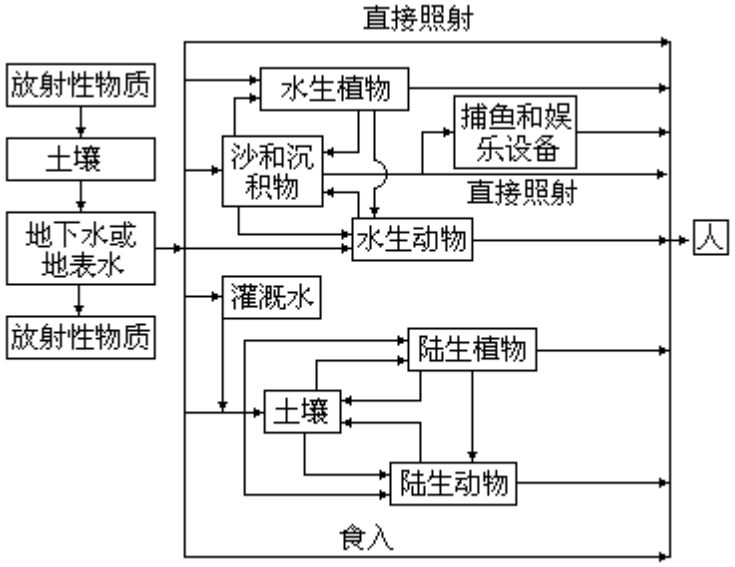
放射性元素在土壤中以三种不同的状态存在，一种是比较牢固地吸附在粘土矿物表面或包藏在晶格内层，既不能被植物根部吸收，也不能在土壤里自由移动。另一种是以离子状态吸附在带有负电荷的土壤胶体表面，在一定的条件下，可以被另一些正离子取代而置换下来。第三种是以游离态溶解在土壤溶液里，这是最活跃的成份，容易被植物吸收，进入食物链，最后进入人体；也容易在水的淋溶作用下渗入土壤下层或向水平方向扩散。

放射物质在水和土壤中的迁移如图 21 所示。

④辐射造成的损伤

辐射可分为两种情况，一种称为粒子辐射，包括带电的α射线、β射线，不带电的中子流和其它的粒子流等。另一种是电磁辐射（也可以看成是光粒子的辐射），包括 X 射线、γ射线、可见光和传输讯息的无线电等电磁波。

当这些携带很高能量的射线（或说粒子流）与物质发生作用时，携带的能量将传递给被照射物质，使物质的分子或原子状态发生变化。



当生物体受到粒子辐射时，射线与机体的细胞、组织、体液等物质相互作用，产生能量交换，引起辐射损伤。

影响辐射损伤的因素很多，射线的种类、照射剂量、照射的部位，放射性元素是在人体外还是进入人体内进行照射，机体的生理状态等都可以影响辐射的效应。辐射损伤的发生和发展同辐射剂量等因素的不同，有的仅仅几秒，有的则为若干年甚至更长的时间，一般来说，过量的辐射会损害人的肝、骨髓和各种细胞，引起白血病、白内障、恶性肿瘤、婴儿先天畸形等疾病。适量的放射性辐射，常用于治疗癌症，这是因为放射性射线能破坏癌细胞的结构，将其杀死。

⑤放射性污染的防治

核武器爆炸是最大的放射性污染源，防止放射性污染，最重要的是防止核战争的爆发，争取早日全面销毁核武器。

应该特别注意对放射性物质的控制，这种控制一般是从时间、空间、屏蔽三方面进行。如延长放射性废物的保存期，增大与放射源的距离，稀释排

放的放射性废物，采用适当的防护材料等。同时要建立辐射防护标准，进行严格的环境监测等。

对核电站运行中和燃烧后的核燃料处理中产生的放射性废物的处理，主要采取吸收、洗涤、过滤等净化措施，将主要的放射性元素收集起来，使排放到环境中的废气、废水中的放射性元素降到最低水平。收集起来的高浓度放射性废物经过固化处理，装进特制的密封桶长期贮存等待其衰变成稳定同位素。根据目前的技术水平，核电站运行时排放到空气中的放射性物质与煤电站相比较，应控制在使居民受到的剂量当量低于煤电站的二分之一。

密切注意和严格防止核事故的发生，并有对万一可能发生核事故的应急措施，以便使其对环境造成的污染减至最小。现在世界各国的原子能机构都在研究新的更有效的措施，防止发生核事故。如研制新的反应堆、更安全的废物贮存器、研究回收方法、制订更严格、科学的操作规程等。

对可能受到污染的地区要进行长期的环境监测，观察放射性元素在自然环境中的迁移情况，了解它们的积累规律，了解气候、地形、水文、地质和各种生物对放射性元素迁移的影响，了解居民的分布、生活和饮食习惯，以保证放射性辐射对居民和环境的损害不超过限制标准。

要加强对医疗用、实验室用和一些工业上应用的放射性同位素源的管理，避免遗失和不加控制地使用。

在辐射较强的工作区，尽量用自动控制、机器人、机械手进行远距离操作。工作人员进入时要采取特殊保护措施。

为了保障工作人员和公众不受放射性污染的危害，20 年来，国际放射防护委员会相继提出了第 7 号、第 9 号、第 26 号、第 29 号报告书，报告书对环境监测原则、剂量限制的制度、放射性元素排入环境中公众所受剂量的评价、各种防护标准和防护工作等方面提出了建议和应考虑的原则，现已成为各国防护工作的依据。我国放射卫生防护标准如表 31 所示。

2.电磁污染

表 31　中国放射卫生防护标准*

分　类	受　照　部　位	年限制剂量当量
职业工作人员	眼晶体	＜150 毫希沃特
	其他单个器官	＜500 毫希沃特
	全身均匀照射	＜50 毫希沃特
居　民	全　身	＜5 毫希沃特
	任何单个器官	＜50 毫希沃特

* 4792 — 84 放射卫生防护基本标准（1984）

自从 18 世纪人们了解到电与磁的相互关系后，关于电磁场的理论和电磁技术应用都得到突飞猛进的发展，创造了巨大的物质文明，与此同时，地球上空各种人为的电磁波也急剧增加，影响地球的生态系统带来了日益严重的电磁污染。

电磁辐射就是电磁辐射源（电磁振荡电路）以波的形式向外辐射出交变的电场和磁场的过程。这种交变的电场和磁场也称为电磁波，是物质的一种

形式，具有能量和质量，在真空中或空气中它的传播速度约为每秒钟 30 万千米，可以用波长和频率描述其运动特征。无线电波、红外线、可见光、紫外线、X 射线、γ射线、宇宙射线等都是电磁波，如果按波长（或频率）把这些电磁波排列起来，就构成电磁波谱，如图 22 所示。

当辐射源向外辐射出电磁波时，根据波粒二象性的理论，可以看成是向外辐射出无数的光量子，光量子的能量与电磁波的频率成正比（E＝hv），能量越大，生物效应越强。按电磁辐射对生物的作用，可分为电离辐射和非电离辐射两种类型。电离辐射的情况在放射性污染中已叙述过，非电离辐射是电磁辐射中能量较小，波长较长的一部分电磁波。我们所讲的电磁污染，主要指的是无线电波、微波的射频段和电力工业的频段的电磁波造成的环境污染。这一频段的电磁波源有天然和人工的两种，天然辐射源包括太阳、宇宙空间、地球上的一些自然现象（如雷电、地震等）。人工的电磁波源有工业上用的高频加热设备、电力设备、无线电广播设备、微波通讯设备、汽车点火装置等，家庭用的各种家用电器如微波炉、电视、电话、电子游戏机等在使用时，也都产生一定频率和波长的电磁波。人为电磁辐射的产生，是因为人们需要它，它能给人们带来方便，但同时也给环境和人类带来了污染。

①电磁波造成的污染

由于电磁技术的广泛应用，在各个行业，各个领域中都有大量的电子设备，空间传播的电磁波被这些电子设备接受时，会对这些电子设备的正常工作产生干扰。例如楼外的汽车在点火发动时，就会产生高频的电磁波，影响楼内电视机的接受效果。一些精密仪器，受到电磁波干扰时会影响其精度，不能正常工作。一些机械设备、机器人、汽车、飞机等是由无线电遥控操作的，如果受到不正确的讯号，就会产生不正确的动作，造成事故。一些强度大的电磁辐射可能诱发易燃、易爆物质的燃烧和爆炸。现代战争中的电子对抗技术，实际就是利用电磁波来干扰和损坏对方的战争机器。当太阳黑子爆发时，产生的强烈辐射会使全球通讯系统暂时中断。

电磁辐射被生物体所吸收时，会产生一系列的生理影响，叫做电磁波的生物效应，其中包括致热效应和非致热效应两种形式。吸收了辐射的电磁能量，使体内的组织器官温度升高，引起生理或病理变化的叫致热效应。吸收了辐射的电磁能量，体内温度没有升高，但引起生物状态改变的叫做非致热效应。

电磁波能对人体造成多种危害。

影响人的中枢神经系统，使人疲劳或兴奋、失眠、记忆力衰退，频繁辐射时，会使人精神恍惚，动作迟缓、身体协调动作差、视觉反应慢，身体虚弱。

影响人的感觉器官，如影响人的视觉系统、听觉系统和对温度的感受，使人的嗅觉、痛域发生变化，严重的辐射会使感官发生病变。

影响人的心血管和血液系统，如使人的心动过速或迟缓、血压过高或过低，血小板下降等。

影响人的生殖系统，使精子活力不足，卵细胞变形和性机能的下降，造成婴儿的先天性愚型或畸型。

长时期高强度的电磁辐射，对胎儿和儿童的健康成长有极不利的影响，对成人也会诱发各种疾病，如使细胞发生癌变等。

由于人体素质的差异很大，同时受其它多种因素的影响，所以电磁波对

人体的影响没有定量的分析结果。电磁辐射对生物体的影响与辐射强度、辐射时间（或频率）有关系。辐射越强、时间越长，对生物体影响越大；在强度和时间一定时，脉冲波比连续波对生物体的影响大；波长越短（或频率越高），对生物体的影响越大。一般的电力工业频率是在 50—60 赫兹之间，低压情况下，对人体的影响可以忽略不计，如果长时期在高压输电线下生活，仍然可能会出现上述病状。这也是高压输电线下不准人居住的原因之一。

②对电磁污染的控制

为了防止电磁污染危害人体健康，世界上很多国家都制定了职业工作人员和公众的电磁辐射安全标准。表 32 是国际辐射防护

表 32　射频照射防护限值推荐标准

分　类	频　率　范　围	标　　准　　限　　值		
职业工作人员	（Hz）	毫瓦每平方厘米	电场分量	磁场分量
	10^5 — 10^6	10	194 伏每米	0.51 安每米
	10^7 — 4×10^8	1	61 伏每米	0.16 安每米
	2×10^9 — 3×10^{11}	5		
公众	10^5 — 4×10^6	2	87 伏每米	0.23 安每米
	10^7 — 4×10^8	0.2	27.5 伏每米	0.073 安每米
	2×10^9 — 3×10^{11}	1		

协会 1984 年发表的 10^5 赫兹—3×10^{11} 赫兹间射频电磁辐射限值推荐标准，许多国家在制定本国电磁辐射安全卫生标准时都参考了这个推荐标准。

表 33 是我国和世界上几个主要国家采用的射频段电磁辐射安全卫生标准。

表 33　电磁辐射安全卫生标准

国家或组织	频　率　范　围	标　准　限　值	备　　注
美国国家标准协会	10^7 — 10^{11} 赫兹	10 毫瓦每平方厘米 1 毫瓦每平方厘米	任何 0.1 小时以内 任何 0.1 小时以内平均值
英　　国	3×10^7 — 10^{11} 赫兹	10 毫瓦每平方厘米	连续 8 小时作用平均值
德　　国	全频段	10 毫瓦每平方厘米	
苏　　联	10^5 — 3×10^7 赫兹 3×10^7 — 3×10^8 赫兹 ＞3×10^8 赫兹	10 微瓦每平方厘米 100 微瓦每平方厘米 1 毫瓦每平方厘米	全日照射 2 小时每日 15 — 20 分钟每日
中　　国	10^5 — 3×10^7 赫兹 ＞3×10^7 赫兹	20 伏每米 5 安每米 50 微瓦每平方厘米 300 微瓦每平方厘米 ＞5 毫瓦每平方厘米	电场强度 磁场强度 6 小时每日 一日总剂量 不准接触

为了防止电磁辐射对人体的影响，在设置辐射能量大的设备时应远离居

民区，在危险区内要设立醒目的标志，以提醒人们的注意。生产存在电磁辐射产品（如微波炉等）的厂家，对产品的设计和使用都要考虑符合防护标准，避免产生电磁污染问题。

电磁辐射的防护，按照不同的辐射频率，有微波、高频和电力频段的防护措施。

微波在传播时，有波束狭窄、传播集中、能量衰减快的特点，因此对微波辐射的防护大致有以下几种措施：加大辐射源与工作人员和居民区之间的距离；把辐射源屏蔽起来，使辐射能量被屏蔽材料吸收或反射回去；工作人员进入微波辐射环境时，穿上金属网布制做的保护服，将全身屏蔽；利用功率吸收器吸收微波天线泄漏出的辐射能量；对微波加热器主要采取密封和抑制器的方法来防止微波能量的外泄。

对高频电磁辐射的防护，主要是采用电磁屏蔽的方法。屏蔽方式与微波类似，一种是将辐射源屏蔽，使电磁波不被辐射出去；一种是对物体进行屏蔽，使电磁波不能传入，保证物体不受电磁波的干扰，一般在屏蔽材料上还要加上接地的装置，使感生电流迅速导入大地。

电磁屏蔽材料一般都是采用导电性好，透磁性高的材料，如：铜、铝、钢铁等。由于现代建筑技术中大量使用金属材料，所以有时候对电磁辐射的屏蔽是无意间造成的，例如混凝土板里的钢筋网，楼房的层高与厚度，对电磁波的吸收或反射都起作用。

电力频段因为频率较低，通常在 50—60 赫兹之间，辐射出的能量是极有限的。但在高压输电线近旁，场强非常强，因此需要建立高压线卫生防护走廊。电压大于 220 千伏的高压输电线路，走廊宽 10 米，走廊下不许有障碍物，线高在 12 米以上，新建房屋要在走廊的 15 米以外。电压小于 220 千伏的标准输电线路，研究表明对人体健康的影响不大。

3.光污染

光线实际是从红外线到紫外线这一频率段的电磁波。适度的光辐射是人类生存和发展必不可少的条件之一。过量的光辐射对人类生活和生产环境都会造成不良的影响，这种现象就叫做光污染。可见光、红外线、紫外线都能造成光污染。

大多数光污染都是人类活动对光环境造成的危害。如城市的大气污染使空气污浊、云雾凝聚，造成天然光照度减低，能见度下降，使人身体不适；大功率光源造成的强烈眩光、焊接发出的强光对人眼的刺激和损害等等。

人们很早就认识到光和人体的各种关系。例如，人对颜色的感觉，实际上是不同频率的光波对人的作用，而不同颜色的光线又能引起人不同的感觉：红色使人兴奋，黄色使人感到明朗欢快，紫色和蓝色光对人起抑制作用等。人对光线强度的感觉也很灵敏，室内环境如果光线过强，会引起头痛、目眩、失眠、降低食欲等症状。紫外线和红外线可以杀菌，过度照射能对人的皮肤和眼睛造成伤害。红外线是一种热辐射，对皮肤的伤害与烫伤相似，波长为 7500 埃—13000 埃的红外线可以直接造成眼底视网膜烧伤，波长大于 19000 埃的红外线会造成眼角膜烧伤，人眼如果长期暴露于红外线可能引白内障。紫外线对皮肤的伤害会引起红斑与小水疱，严重时会使表皮坏死，波长为 2800 埃—3200 埃和 2500 埃—2600 埃的紫外线对皮肤的效应最强，波长

为 2500 埃—3050 埃的紫外线会对眼角膜造成伤害。强烈的电弧光和和闪光会损伤人的视神经。光照时间的长短和颜色的不同还可以改变生物生命活动的内在节奏性，影响生物的内分泌系统和新陈代谢，如增加对母鸡的光照时间能改变鸡蛋的产量；在某些工作场所过分复杂的信号灯光系统会造成工作人员的视觉锐度下降，使工作频率降低。因此，要防治光污染，必须弄清形成污染的原因和条件，并提出相应的防护措施和方法。

不同颜色的光线可以引起人不同的感觉，对生物界也会产生不同的影响，因此在不同的场合，要根据光线的作用采用不同的颜色。趋利避害。如医院里的墙壁应该涂上靛色，对病人能起镇静作用。俱乐部和体育场，多用黄色和红色调，能使参加活动的群众欢快和兴奋。家庭居室的灯光，要注意柔和与自然，白天室内照明最好用自然光。

对有强光、红外线和紫外线污染的场所应采用必要的安全措施，对个人采取的防护措施主要是戴各种类型的防护眼镜和防护面罩。

光和颜色是自然环境的组成部分，除了特殊要求外，在安排人工光源和颜色时，应遵循与自然界相协调的原则。

4.热污染

①什么叫热污染

热污染是人类活动影响和危害热环境的现象。

如果把人们的各种生产、生活活动分类，其中有些可看做是物理变化过程，有些可看做是化学变化过程。在这些活动开始时，如果需要有新鲜的空气和水，活动完了后，一般有废气和废液产生。排出的废气和废液有些含有较多的化学有害物质，有些仍然是较干净的，例如，纯粹用来起冷却作用的水，锅炉里冒出的水蒸气，都是干净的。但是这些气体或液体在参与了人类生产、生活的各种活动之后，几乎都有一个共同的特点，即其温度一般都要比周围环境里空气和水的温度高。因此，它们将与温度较低的气体或液体发生热交换，使局部环境温度升高。由于近 200 年来世界工业化速度增快，人们开采和燃烧的石油和煤已大大超过工业化前社会所使用的石油和煤的总和。这类碳氢化合物燃烧反应后，产生 CO_2、H_2O 并释放出大量的热量，据统计，从 1880—1975 年，大气的 CO_2 含量增加 10%以上，而且仍呈上升趋势。因为空气中的 CO_2 和 H_2O 能大量吸收长波段红外辐射，所以能使地表和大气下层温度升高，生产温室效应。当环境温度超过一定限度时，就造成了热污染。60 年代撒哈拉牧区发生持续 6 年的严重干旱，就是热污染给人类带来灾害的典型事例。

②空气热污染

空气热污染的来源比较广泛，各种燃料燃烧时释放出的热量，各种发动机排出的高温废气，工业及民用锅炉产生的热蒸汽和各种物体的热辐射，都可以是空气热污染源。因为人类的活动，使地表状态发生变化，如森林变为农田，建筑物、混凝土代替田野和植物，会改变地表对光线的反射率和蓄热能力，影响地表和大气间的换热过程，也可以造成空气热污染。但由于气体的流动性和气候的影响，空气热污染的现象并不明显，通常只发生在人口密集、生产集中的区域，如城市的“热岛”现象。

空气热污染能在一定范围内改变原有的生态环境，它的影响主要表现为：使局部小气候发生变化，如发生高温、干旱，影响大气循环过程等；使空气的净化能力降低，空气在较长时间内显得比较污浊；降低了冷却效率；会使一些害虫、细菌滋生。

③水体热污染

水体热污染的来源有核电站、火力发电厂用的冷却水，大型钢铁厂、炼油厂、大型服务设置所用的冷却水和废水等。

一般火力发电站的热效率为 37%，它产生的废热约有 10- 15%从烟囱排出，其余的多数通过冷却水排出。核电站的热效率约为 32%，它产生的废热几乎全部用冷却水排出，用水量也大，所以核电站造成的水体热污染问题更为明显些。

水体热污染的影响主要表现为：使水中的溶解氧含量降低；降低了冷却效率；促使水体富营养化的发生，加速某些细菌繁殖，使水质恶化；改变水生生态环境，使水产资源受到破坏。

由于水具有流动性，水体热污染主要发生在比较封闭的湖泊和池塘中，排放到海洋里或河流里的热水，未发现有明显的热污染现象。

热污染对人类造成的危害大多数是间接的，环境冷热变化首先冲击的是对温度敏感的生物，从而破坏原有的生态平衡。另外，由于热污染而使局部地区的温度升高 1℃—2℃，可能在短期内对环境造不成太大的影响。但是如果热污染造成全球环境的平均温度升高 1℃—2℃，则会导致南北两极的冰川部分融化，造成海平面上升，地球的生态环境将会发生巨大变化。对于如何有效防治和解决温室效应等热污染问题，目前还处于探索阶段。

5.食品污染

食品在人类生活中的重要作用是显而易见的，它是人体与外界环境密切联系的又一个必要环节。因此，有些人认为食品也属于重要的环境因素之一。但是，在多数关于环境教育的书籍中，没有涉及食品问题，或不把它作为一个专题来加以研究。考虑到食品与人类的密切关系，食品科学的迅速发展；同时又考虑到目前有关食品的资料不是很多，但又极有实用价值，因此本书简单介绍食品与营养、食品污染及危害、防止食品污染等问题。

①食品与营养

食品是人及一切动物生存所必须的物质。食品供给人热能和各种营养素，构成身体组织，促进生长发育，维持人体新陈代谢，调节各种生理功能，发展智力和能力，提高机体免疫力和抵抗各种致病因素的能力，预防和治疗某些疾病。当膳食中缺乏某种营养素或食物被污染时，会发生营养缺乏症、食物中毒、肠道传染病或寄生虫病，也可能引起慢性中毒、致畸或致癌。某些营养素摄入过多时，对健康也有不良影响。合理的膳食、营养应具备下列条件。

首先，膳食中应含有人体所需的一切营养素，即蛋白质、脂肪、碳水化合物、维生素、无机盐和水等，以满足从事劳动和维持生命所需要的热能，提供细胞组织生长发育与修复的材料并维持机体的正常生理功能。第二，食物中不应含有对机体有害的物质，如致病微生物和有毒物质等。第三，人类每天应有时间规律地摄入各种食物，通过合理加工烹调，尽量减少营养素损

失，使食物易于消化吸收，并能促进食欲，能满足饱腹感。只有满足合理营养的要求，才能维持人体健康。

下面，分别简单介绍各种主要营养素。

蛋白质 蛋白质是构成人体细胞、组织不可缺少的物质，是酶、抗体及激素的主要成分。蛋白质可促进机体生长发育，维持体内水分的正常分布，参与体内酸碱平衡的维持和许多重要物质的运转，并供给热能。蛋白质缺乏时，可以导致生长发育迟缓，易疲劳，贫血，易感染，病后恢复缓慢，创伤及骨折不易愈合等。严重缺乏可导致营养不良性水肿。蛋白质摄入过多会增加肾脏负担。由于食物提供的另外两种营养素碳水化合物和脂肪中不含有氮，所以蛋白质是人体中氮的唯一来源。在正常情况下，成年人应保持氮平衡。计算氮平衡的公式为：

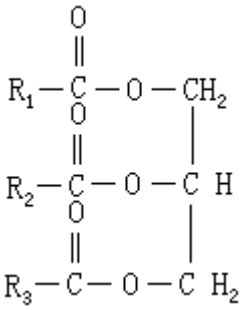
摄入氮=尿氮+粪氮+通过皮肤排出的氮

只有通过膳食提供的蛋白质（即摄入量）不低于排出量时，才能维持人体内蛋白质含量的平衡状态。为了更安全可靠，摄入氮量应比排出氮量多 5%。对于正在生长发育的青少年，为了满足新增组织细胞的需要，有一部分蛋白质将在体内储留，即摄入氮量应大于排出氮量，这种情况称为正氮平衡；反之，在某些疾病状态下，例如烧伤病人，由于大量组织细胞破坏分解，排出氮量超过摄入氮量，这时称为负氮平衡，此时应补充足量优质蛋白质，使达到正氮平衡，以利康复。

各种食物中蛋白质的组成不同，因而其营养价值也不一样。评价食物蛋白质的质量高低，主要看蛋白质的含量、消化率、被吸收后在体内的利用程度等。

日常食物中，粮谷类每千克约含蛋白质 80 克左右，豆类 180—360 克、肉类 100—200 克、蔬菜 10—20 克，蛋类 120 克左右、鱼类 100—120 克、硬壳果类 120—260 克。

脂肪 广义的脂肪指的是脂类，包括中性脂肪和类脂。狭义的脂肪仅指中性脂肪，是甘油和三分子脂肪酸组成的酯，即甘油三酯。高中化学课中曾介绍过甘油酯，它的结构如下：



类脂是一些能溶于脂肪或脂肪溶剂的物质，如磷脂与固醇两类化合物。

脂肪是组成人体组织细胞的一个重要组成成分，对于人体有重要的生理意义。中性脂肪可供给热能，构成组织脂肪和储备脂肪，还可促进脂溶性维生素的吸收，增加食物美味，引起食欲，增加饱腹感。类脂对于婴幼儿的生长发育极为重要，磷脂和固醇存在于细胞膜、脑及神经组织中，固醇是体内合成固醇类激素的重要物质。

除动、植物油脂外，一般食物中也都含有数量不同的脂肪，动物性脂肪中含饱和脂肪酸较多，植物油脂中含不饱和脂肪酸多。膳食中的适量脂肪是

保证合理营养的重要因素，而过量的脂肪，对机体有害。

碳水化合物 碳水化合物是由碳、氢和氧三种元素组成的一类有机化合物，又可以称为糖类，可以分单糖、双糖和多糖等。碳水化合物是构成机体的重要成分，参与许多生命过程。它的代谢与脂肪和蛋白质有关，是热能的主要来源，有节约蛋白质的作用；可形成血糖、肝糖元和肌糖元，以维持大脑活动肝、脏解毒和肌肉活动。某些碳水化合物，例如果胶、纤维素等，不能被人体吸收利用，但可以增加粪便的体积，促进肠道蠕动，减少肠道疾病的发生。碳水化合物摄入不足可导致热能不足、生长发育迟缓、体重减轻等。膳食中碳水化合物的主要来源是粮食和薯类，其次是各种食糖。蔬菜和水果中除含少量单糖外，是纤维素和果胶的主要来源。

维生素维生素是维持人体正常生理功能必需的一类化合物。它们的种类很多，理化性质也不相同。由于大多数维生素不能在人体内合成，只能由食物供给，因此比较容易缺乏，营养上应特别注意的有维生素 A、维生素 D、维生素 B_1、维生素 B_2、维生素 B_3、尼克酸、维生素 C 等。机体内维生素缺乏会引起劳动效率下降、抵抗力降低或维生素缺乏症。因此应注意合理调配膳食，以保证供应足量的各种维生素。

无机盐 人体所含的各种元素中，碳、氢、氧、氮主要以有机化合物形式存在，其余各种元素统称无机盐。含量较多的有钙、镁、钾、钠、磷、硫、氯等 7 种元素。有一些元素在人体内含量极少，占体重的 0.01%以下，称为微量元素。目前认为人体必需的微量元素有铁、碘、铜、锌、锰、钴、钼、硒、铬、镍、锡、硅、氟、钒等 14 种。无机盐对于人体有着重要的生理意义，它是构成机体组织的重要材料；它与蛋白质协同，维持组织细胞的渗透压，在体液移动和储留过程中起重要作用；它维持着机体的酸碱平衡；维持着机体的某些特殊生理功能；无机离子是很多酶的激活剂或组成成分。由于新陈代谢，每天都有一定量的无机盐从各种途径排出体外，因而膳食中必须不断补充无机盐。

热能是人类为了维持生命、从事劳动，必须每天从各种食物中取得的能量，以满足机体的需要。能量的来源是食物中的碳水化合物、脂肪和蛋白质三种营养素。这三种营养素在体内的氧化过程中，产生二氧化碳和水，同时释放出能量，这些能量一部分供机体利用，其余部分变为热能，向外界散失，并维持一定的体温。

②食品污染

食品中混入了对人体健康有害的或有毒的物质或病菌、毒素时，就认为食品受到了污染。食品污染主要来自两个方面：一是作为食品的动物、植物在生长过程中积累了某些环境污染物；二是食品在加工、包装、贮运、销售和烹调过程中，受到污染物或其它有害物（如病原体、食品添加剂等）的沾污。

食品污染按性质的不同，可以分为生物性污染、化学性污染和放射性污染。

生物性污染

生物性污染主要指有害微生物（细菌、细菌毒素、霉菌及霉菌毒素等）、寄生虫及虫卵（蛔虫、绦虫、中华枝睾吸虫、旋毛虫等）和昆虫（甲虫类、蛾类、螨类、蝇蛆等）等对食品的污染。

这里仅简单介绍黄曲霉毒素对食品的污染及对健康的危害。黄曲霉毒素

的分子量为 312—346，基本结构是双呋喃环和一个氧杂萘邻酮，图 23 是黄曲霉毒素 B_1 的结构简式。黄曲霉毒素主要是黄曲霉的代谢产物。容易受到黄曲霉毒素污染的食品主要是粮油及其制品，

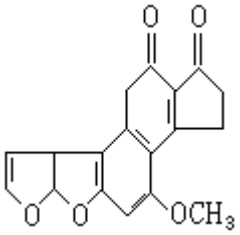


图 23　是黄曲霉毒素 B_1 的结构简式

如花生、花生油、玉米、大米、棉籽等。黄曲霉毒素耐高温，在一般烹调温度下难以去除。食用被黄曲霉毒素污染的食品，会发生急性或慢性中毒症状。长期摄入黄曲霉毒素的动物会出现癌肿，特别是肝癌。统计调查结果表明，食用被黄曲霉毒素污染严重食品的地区，肝癌的发病率也较高。防止食品被黄曲霉毒素污染的最根本措施是防止食品发霉。如控制贮存温度、湿度、防止虫害鼠咬、或使用防霉剂等。对已受黄曲霉污染并产生了毒素的粮食，应设法把毒素破坏或去除。我国在大量调查研究及科学实验的基础上制订出食品卫生标准。根据我国食品中黄曲霉毒素允许量标准（GB.51-77）的规定，各种主要食品中黄曲霉毒素 B_1 的允许含量如表 34。

表 34　食品中黄曲霉毒素允许量

玉米、花生油、花生及其制品	不得超过 20 微克每千克
大米、其它食用油	不得超过 10 微克每千克
其它粮食、豆类、发酵食品	不得超过 5 微克每千克
婴儿代乳食品	不得检出

化学性污染

化学性污染包括各种有害金属、非金属、有机化合物和无机化合物对食品造成的污染，如汞、镉、铅、砷、有机氯化合物、多环芳烃，亚硝酸盐等。化学污染涉及范围相当广泛，情况也非常复杂，主要有以下几种来源：农药、化肥及工业废水中的某些污染物在食品中的残留；容器、包装材料和运输工具接触食品时，其中的有害物质污染食品；为了达到一定的加工目的而有意识地向食品中加入食品添加剂，如果所加的食品添加剂本身不符合卫生要求，或其中含有有害杂质，就会造成食品污染。

这里简单介绍食品添加剂污染问题。在食品的生产、加工、贮存等过程中，有目的地加入食品中的少量化学合成物质或天然物质称为食品添加剂，通常它本身不具有营养价值，但必须对人体无害。加入食品添加剂的目的一般有以下几点：第一，改善食品的感观性状，如色、香、味、外观等，加入香料、色素、人工甜味剂等；第二，延长保存期，防止食品腐败变质，如加入防腐剂、抗氧化剂等；第三，满足食品加工某些工艺过程的需要，如加入漂白剂、增稠剂等。因此，合理使用食品添加剂，有利于提高食品质量和花

色品种，也有利于人体健康。但是，有些食品添加剂是化学合成品，具有一定的毒性，因此，必须对食品添加剂进行卫生管理，发挥其有利作用，防止其不利影响。为了保证安全卫生，食品添加剂应满足下列要求：

食品添加剂应经过充分的毒理学鉴定，确保在使用限量范围内对人体无害；

进入人体后，最好能参加人体正常的物质代谢，应能被正常解毒过程解毒后或因不被消化而全部排出体外；

应有严格的质量标准，有害杂质不得检出或不能超过允许含量；

对食品的营养成分不应有破坏作用；

应在较低使用量的条件下达到较显著的效果；

添加在食品中后，应能用现有分析手段加以检测，以便随时加以监督；

使用时必须符合《食品卫生标准》和《食品添加剂管理办法》，应严格控制使用范围和最大使用量，不得使用规定以外的其它添加剂，并禁止利用食品添加剂掩盖食品腐败变质或伪造食品等。

随着食品工业和化学工业的发展，食品添加剂的种类和数量越来越多，因而它们对人体健康的影响就应特别加以注意。尤其是随着食品毒理学研究方法的不断改进和发展，原来认为无害的食品添加剂，近年来又发现可能存在慢性毒性、致癌作用、致畸作用等各种危害，因而更加不能忽视。

目前，我国允许使用并订有国家标准的食品添加剂有防腐剂、抗氧化剂、发色剂、漂白剂、酸味剂、凝固剂、疏松剂、增稠剂、甜味剂、着色剂、品质改良剂、抗结块剂、香精单体及其它等 14 类。

放射性污染

食品的放射性污染主要来自放射性物质的开采、冶炼、以及国防、生产和生活中的应用和排放。人体摄入被放射性物质污染的食品，放射性元素进入人体内部形成内照射源，长期作用于人体，造成对健康的危害。关于放射性污染及其对人体健康的危害参见其它污染中的放射性污染部分。

四、人口增长对环境的压力

（一）人口增长的历史与现状

自有人类以来，人口的发展经历了约 300 万年的历史。在原始社会时期，人口的总数很少，而且增长缓慢。据估计，公元前 100 万年时世界人口只有 1—2 万，平均每万平方公里的陆地面积为 1.3 个人。那时，人类十分重视人口的增长，对生殖带有崇拜的感情。虽然如此，在恶劣环境的冲击下，人的平均寿命仍然很短，而且在长达百万年的时间内，人口才增长到几百万。在人类与大自然的搏斗中，生产水平逐渐提高，剩余产品开始出现，人类社会由原始社会相继进入到奴隶社会。这一时期，人口数量增长加快，总人口发展到几千万，平均每万平方公里已有上千人。到了奴隶社会的晚期和封建社会的初期，即公元前 3000 年到公元 500 年间，世界总人口数由 2500 万发展到 2 亿左右。在封建社会里，农业生产是社会的主要生产方式，只要土地资源能充分保证，劳动力就成为增加收入的必要条件，因此增加人口成为发展经济的需要。但是，不管是在奴隶社会还是在封建社会，生产力水平仍很低下，加上奴隶主和封建领主的残酷剥削、压榨，以及自然灾害、战争、瘟疫的影响，人口的死亡率仍然很高。从公元 500 年到 1650 年，世界总人口从约 1.9 亿左右增加到 5 亿 4 千万，在 1150 年的时间内增加了约 3.5 亿人口，翻了一番。

从 17 世纪中叶开始，人类社会从封建社会开始进入到资本主义，社会生产力得到空前的发展，人口死亡率迅速下降，从 1650 年到 1850 年，世界人口由 5 亿 4 千万增加到 12.27 亿，人口倍增时间缩短到 200 年。从 1850 年到 1945 年，世界人口增加到 22 亿，人口倍增时间约为 95 年。从 1945 年到 1980 年，世界人口增加到 44 亿，人口倍增时间为 35 年。从 1980 年到 1990 年，世界总人口达 50 余亿。进入 20 世纪以来，人口增长的特点出现了一些变化，在发达国家，由于社会化大生产和商品经济的发展，人们受教育水平的提高，家庭观念和生育观念已有了很大的改变，所有主要资本主义国家的人口出生率几乎都在逐年下降（个别年份和国家除外）。二次世界大战后，绝大多数的发展中国家取得了独立，进入了和平发展的时期。随着生产和生活水平不断提高，科学文化知识普及，医疗卫生事业的发展，发展中国家出现了人口的死亡率迅速下降，人口的出生率迅速增长的局面。从 50 年代到 80 年代，发达国家的人口从 8 亿多增加到 12 亿；而发展中国家的人口从 17 亿增加到 38.4 亿。人口的迅速膨胀，不但给发展中国家，而且给全世界都带来了一系列的社会问题和对环境的压力。很多国家开始重视人口的再生产问题，制定了控制人口增长的一系列法规或政策，并收到了初步的效果。表 35 是 1650 年到 1987 年的世界人口增长状况。

中国的人口发展是世界人口发展的一部分，在不同的社会阶段中，其发展一直受到生产力发展水平和生产关系的制约。

表 35　1650 年—1987 年世界人口增长状况

各　洲　人　口　数（亿）

年 洲	1650	1750	1850	1950	1987
亚　洲	3.3	4.8	8.1	13.89	29.3
非　洲	1	0.95	0.95	2.2	6.01
南美洲	0.12	0.11	0.33	1.64	4.21
北美洲	0.01	0.01	0.26	1.66	2.70
大洋洲	0.02	0.02	0.02	0.13	0.25
欧　洲	1.0	1.4	2.66	5.72	7.79
全世界	5.45	7.29	12.32	25.25	50.26

资料来源：联合国《人口年鉴》、美国人口咨询社《世界人口资料表》，卡尔-桑德斯估算。

据史书记载，在公元前 2205 年的夏禹时代，我国人口为 1355 万，到西周初期，人口为 1371 万。进入封建社会后，由于生产力的发展，人口开始逐渐增多，但每次封建王朝的更迭，都伴随着社会的动荡，使人口锐减。一旦新王朝稳定，人口又开始增加。直到封建社会末期，由清朝“康乾盛世”到嘉庆道光年间（1661—1850 年），在 190 年的时间内，全国人口由 1 亿增长到 4.2 亿人，奠定了我国现代人口的基础。1840 年，中国进入半殖民地、半封建的社会，60 年里人口就由 4.2 亿下降到 3.5 亿。从 1912 年开始人口又以年平均增长 12‰的速度逐渐回升，到 1949 年我国人口达到 5.4 亿。解放以后，我国的生产力有了极大的提高，人民的生活水平得到了根本的改善，医疗卫生保健事业也有了很大的发展，人口死亡率大为降低，平均寿命由解放前的 35 岁提高到约 70[①]岁。在 40 年的时间里，除了 1959—1961 年自然灾害时期，我国人口的自然增长率一直处于较高的水平。60 年代，人们已经感到人口的压力，到 70 年代以后，我国开始加强计划生育工作。经过十几年的努力，我国在控制人口增长上已初见成效，人口出生率由 1971 年的 30.65‰下降到 1990 年的 20.98‰；人口的自然增长率由 1971 年的 23.33‰下降到 1990 年的 14.70‰；1984 年的人口自然增长率曾经达到过 10.81‰的低值。

从 1949 年到 1991 年，我国的总人口净增 5.9 亿，平均每年增加在 1400 万以上，相当于每年增加一个中等国家，我国人口密度也相应地由每百公顷 56 人上升到每百公顷 118 人。

我国的人口特点是：人口基数大；人口增长速度快；人口年龄构成轻。这些特点预示着在未来的几十年内，如何合理有效地控制我国人口的净增长仍是一个十分严峻的问题。

（二）人口增长对环境的压力

1.人类生存空间的有限性

近几十年以来世界人口成倍地急剧增长给自然环境增加了不少压力，人

[①] 联合国儿童基金会《1991 世界儿童状况报告》，1990.12。

均耕地面积减少，人口密度大幅度上升，人类生存的空间越来越狭小，有人甚至提出了向其它星球移民的想法，但是目前我们必须从现实出发，充分认识人类生存的空间是有限的，并在地球的有限空间内考虑自身的生存和发展问题。

地球环境的承载量多大？即地球能养活多少人？虽然，人们对承载量的大小没有取得一致的看法，但地球生态系统的负载能力肯定是有限度的。因此，人类应自觉控制自身的繁殖，使人口增长不要超过这个限度，以保持人口与环境协调一致地向前发展。

2.人类生存资源的有限性

这里所说的人类生存资源，是指水、能源、森林、土地和矿产等人类进行物质资料生产所需的自然资源。水资源和能源的有限性在本书中已有论述，下面主要就后三者进行说明。

①土地资源的有限性

地球的表面积为 510 亿公顷，其中陆地面积为 149 亿公顷。现在世界耕地面积约 15 亿公顷，占全球陆地面积的 10%，人均耕地面积不足 0.3 公顷。我国目前耕地面积为 0.96 亿公顷，约占全国土地总面积的 10%，约占世界耕地面积的 7%，在世界各国中列居第 4 位，但人均耕地不足 0.09 公顷，不到世界人均耕地面积的 1/3，居世界第 67 位，加上适宜开发的 0.13 亿公顷荒地，人均耕地也不足 0.1 公顷。

我国解放以来，开垦了大量荒地，但垦荒速度远不能和人口的增长速度相比，加上对现有耕地的占用，使人均耕地面积反而由解放初的 0.2 公顷，下降为现在的 0.09 公顷，而且仍然存在继续消减的趋势。这也是个全球性的问题。据统计，由于人口的增长，城市的扩大，工厂的兴建，交通路线的开辟，全世界每年有 800 万公顷的耕地被占用。

由于过度垦植，灌溉失当和气候等因素的影响，全世界每年平均有 500 万公顷的土地不再适宜耕作。据统计，目前全球已沙漠化和正在沙漠化的土地达 20 亿公顷，约等于整个苏联的国土面积。全球的沙漠正在以每年 600 万公顷的速度扩展。我国土地沙漠化的现象也十分严重，北方沙漠化土地和潜在沙漠化土地约 3340 万公顷，每年还以 10 万公顷的速度在扩展，已影响了北方 13 个省区人民的生产和生活，南方有些省区也有沙漠化的现象存在。

粮食是与土地紧密相关的问题。我国 1990 年粮食取得丰收，产量达 4.2 亿吨，但人均口粮仅为 370 多千克。我国每年平均增加人口 1400 万，若按人均口粮 300 千克计，每年需增产 420 万吨粮食才能满足需要，另外，工业和畜牧业的发展，也需要粮食作后盾。

所以“ 十分珍惜和合理利用每寸土地，切实保护耕地 ”，是我国的一项基本国策。我们要在控制人口增长速度的同时，减少对耕地的侵占和破坏，合理利用和开发土地资源，运用人类的智慧，改善人工的生态系统，大力发展各种类型的生态农业，利用有限的空间（如水面、水上、水下、地面、地上、地下）、有限的时间（如生长期）、有限的光照，根据生态循环中的相互依存关系，高效合理利用各种自然资源，提高土地的综合利用效益。

② 森林资源的有限性

森林是自然界的重要资源之一，它具有其他资源不可替代的功能。森林

是陆地生态的基础，在生态循环中，在物质和能量的交换中起着决定性的作用，具有净化空气、调节气候、涵养水源、保持水土、繁育物种、防风固沙、美化环境、减弱空气污染水质污染噪声污染等多种功能。森林可以为人们提供大量的木材，多种原材料、食品等，其直接的经济效益是显而易见的。但是，森林巨大的生态效益，远远高于直接的经济效益。如果森林受到破坏，会使环境恶化，导致多种自然灾害的发生，从而引起整个生态平衡的破坏。因此，森林产生的生态效益是难以估价和计算的。

历史上，森林曾覆盖了地球陆地面积的三分之二，面积达 76 亿公顷。自有人类历史到 19 世纪为止，森林面积共减少 20 亿公顷，从 19 世纪到 20 世纪 50 年代，森林面积又减少到 38 亿公顷，据联合国粮农组织调查，到 70 年代时，森林面积进一步减少到 27 亿公顷，森林覆盖率已不足 20%，而且森林面积仍然在减少中。据估计，全球森林面积每年约减少 0.2 亿公顷，若照此速度减少下去，100 年后森林将从地球上消失。我国森林资源相对贫乏，全国森林面积约为 1.2 亿公顷，居世界第六位；森林覆盖率为 12.98%，远低于世界平均水平；人均森林面积约相当于世界人均面积的 1/6，居于世界后位。

造成森林面积锐减的主要原因是，采伐过度，采育脱节，不合理消耕，森林火灾、病虫害，以及侵占林地和毁坏森林等。以我国为例，近七八年来，全国被侵占的林地面积达 1790 万公顷，占全国林地面积的 6.7%，其中被破坏的森林面积达 380 公顷，占全国森林面积的 3%。

森林的大面积破坏，必然导致水土流失，土地沙化，环境恶化，自然灾害加重。我国长江流域的上游地区四川省，由于近几十年来森林面积骤减，植被遭到破坏，水土流失严重，进入 80 年代后，连续几次发生特大洪水，波及 100 余个县（市），1000 多万人口，造成重大经济损失。已经有人惊呼，长江有变成第二个“ 黄河 ”的危险。

森林的破坏同人口增长的速度关系非常密切。人口迅速增长造成的粮食，能源，居住条件等多方面短缺和紧张，与此同时出现砍伐森林用做燃料或建造房屋，毁林开荒，把森林变为农田和牧场等大量的人为毁林现象。

当前，世界范围内的森林破坏程度及造成的后果相当严重，已引起世界各国的普遍关注。解决这一问题，一方面要保护和发展森林资源，积极营造，合理采伐，采育结合，综合利用，节约木料，另一方面要严格控制人口增长，避免造成对有限森林资源的进一步破坏。

③矿产资源的有限性

矿产是指富集于地壳中或出露于地表的达到工业利用要求的有用矿物。矿产是一种重要的自然资源，是社会生产发展的重要物质基础。

矿产资源属于不可再生资源，具有数量有限和分布不均衡等特性。

矿产资源通常可分为金属和非金属两大类，其具体的工业用途各不相同。金属矿产中目前被人们利用的有黑色金属、有色金属、希土金属、稀有金属和分散金属等。非金属矿产中有燃料、化工原料、建筑材料以及一些特殊工业用的材料。表 36 是世界主要矿产的探明储量与估计可供使用的年限。

矿产储量可以随着地质勘探进一步增加（但不会无限增加），使用年限是随着工业用量的增加而减少的，所以表中的数字将根据生产的发展程度而发生变化。

表 36　世界主要矿产的探明储量与估计可供使用年限表

矿　　种	已探明储量（亿吨）	估计可使用年限（年）（从 80 年代起）
铁（Fe）	3500	310
铜（Cu）	4.08	62
铝（Al）	206.9	261
锌（Zn）	1.35	39
铅（Pb）	1.5	42
锡（Sn）	1014（万吨）	40
钛（Ti）	9435（万吨）	＞300
锰（Mn）	18.27	200
铝（Mo）	826（万吨）	90
镍（Ni）	1.1	80
钽（Ta）	6.8（万吨）	49
钨（W）	557（万吨）	59
钒（V）	970（万吨）	＞300
铋（Bi）	11.34（万吨）	31
汞（Hg）	16.99（万吨）	21
银（Ag）	18.66（万吨）	23
铂（Pt）	0.9（万吨）	110
金（Au）	约 8（万吨）	65
铬（Cr）	31	362
石棉	1.45	35
石油	918	35
煤炭	20000	＞500
天然气	858488（亿立方米）	54

资料主要来源：《地质与勘探》，1980.4；《世界科学》1985.6.

随着人口的增长，生产的发展，科学技术的进步，人类对各种矿物资源的需求量不断增长。目前全世界每年开采出的各种矿物约一千亿吨，估计到本世纪末，每年从地下采出的矿物数量可达六千亿吨。经过长期的开采，有些矿物资源已开始枯竭，这个问题已引起了人们的关注。

我国是世界上矿种比较齐全的国家之一，现已发现的矿种有 162 种，已探明储量可供开发的有 148 种。其中，钨、锡、煤、钛、铋、钼、锑、锌、铅、汞、铁、希土、石棉、石墨、莹石、重晶石、磷等总量均居于世界前列，但由于人口过多，人均占有量，还不及世界人均量的一半。

由于矿产资源的有限性，因此，对人口的增长和对资源的开采，都应有计划地加以控制。

（三）实行计划生育，使人口增长与环境相协调

在人口数量较少社会生产水平不太发达的时期，大自然的资源似乎是一个取之不尽的宝库，那时生态系统似乎也容忍了人类的破坏行为。但是在人

口膨胀的今天，地球好像小了。人口增长对环境的压力越来越大，人类的活动已经影响了全球的土地、森林、海洋、大气、资源，自然资源受到大规模破坏，自然环境正在退化，人类再也不能对自己采取放纵的态度。人类是地球环境演变到一定阶段的产物，人类的发展也不可能脱离地球这个生态系统，所以决不能以破坏这个生态系统做为短期发展的代价。因此，人类要自觉地控制人口的增长，做到计划生育，以减轻对环境的压力。

目前，我国人口为 11.6 亿（1990 年统计），约占世界人口五分之一，为世界第一人口大国。人口问题是我国经济和社会发展中最大的问题，也是我国最基本的国情。

由于我国人口众多，所以人口问题对自然环境和社会环境都产生了巨大的影响。人口基数大，增长速度快，带来了自然资源破坏、环境污染等问题，影响了经济和社会的发展。人口年龄构成轻（30 岁以下人口占全国人口的 65%），不但造成了劳力过剩，增加了社会压力，而且大大增加了控制人口增长的难度。

在严重的人口问题面前，我们必须以计划生育为基本国策。我国宪法规定：“ 国家推行计划生育，使人口的增长同经济和社会发展计划相适应。 ”实行计划生育政策，有效地控制人口增长率，也是提高环境质量，求得与环境协调发展的必要措施。

我国现行的计划生育政策是，一对夫妇只生育一个孩子；确有困难要求生二胎的，要经过批准，间隔几年。无论哪一种情况都不能生第三胎；少数民族也要提倡计划生育；严格控制超计划的二胎生育、多胎生育和早婚早育。

具体要求是：晚婚、晚育、少生、优生、优育。

晚婚是指在我国婚姻法规定的最低结婚年龄上，提倡男女青年再推迟两三年结婚，其作用是能够延长人口生育周期，使男女青年在身理和心理上更加成熟，有利于提高人口质量。

晚育指在最低结婚年龄上，推迟婚后的初育年龄；允许生二胎的应保持一定的间隔时间。一般地说，实行了晚婚，再生育就是晚育了。

少生是根据我国人口的实际情况，在今后相当长的一段时间内，提倡一对夫妻只生育一个孩子，控制生二胎，杜绝生三胎。由于我国幅员辽阔，城乡差别大，民族众多，这项要求在具体实施上，因城市和农村、多数民族和少数民族有别而略有区别。

优生是生育没有严重遗传病和先天疾病的婴儿，它是提高人口质量的重要条件。开展优生的科学研究、注意生态环境中的生物因素、物理因素、化学因素、营养因素并对胚胎和胎儿发育的影响，认真进行婚前、孕前和怀孕期间的各项检查，是保证优生的有效措施。

优育是保护和促进婴幼儿的健康成长。优育既与家庭有关，也与社会有关，人的思想品德，经济条件，社会环境和生态环境都会影响婴幼儿的健康成长。对家庭，优生提供了优育的先天物质基础，少生提供了优育的后天物质基础；对人类社会，良好的生态环境，又是保障优生、优育的首要条件。

我国的人口目标是在 2000 年争取把全国人口总数控制在 12 亿左右。“ 七五 ”计划规定，到 1990 年末，大陆人口总数控制在 11.13 亿以内。根据 1990 年人口普查结果，我国大陆人口已达 11.3 亿，突破了“ 七五 ”规划。为了保证本世纪末人口目标的实现，今后十年必须把年平均人口自然增长率控制在 12.5‰。为了人类的生存和发展，为了中华民族的生存和发展，我们要切实

控制人口的增长，减轻对环境的压力。

第五部分　家庭、学校、文化和道德环境

人类的生存环境是庞大而复杂的大系统，它是由自然环境和社会环境组成的，我们前面所提供的环境教育内容，基本上是属于自然环境的范畴。至于由经济、政治和文化等要素构成的社会环境方面的影响，虽说未列入环境教育的内容，但其对青少年成长的重要性已愈来愈引起人们的关注。这里就对学生接触最多的家庭、学校、文化和道德环境，提出了一些探讨，希望能引起广大教师和社会各界人士对这类“环境问题”的重视。

一、家庭环境

家庭是人生第一个和不可超越的环境单元。家庭教育是人生所受教育的起点，也是教育儿童的主要力量和社会因素。但是，家庭环境的涵义远远超出家庭教育的范围。家庭，以及家庭周围事物的总合，就是家庭环境。这里简略地谈一下家庭住宅环境、家庭气氛和家庭中的电视。

（一）住宅环境

随着社会进步和经济的发展，我国城乡居民住房条件有了很大的改善。1980 年到 1990 年，城镇人均住房面积由 3.9 平方米增加到 7.1 平方米，农村人均住房面积由 9.4 平方米增加到 17.8 平方米。但是随着人口的骤增和人民对精神、物质生活要求的提高，因住房紧张而带来的矛盾仍很突出，住宅环境问题也引起社会各界的关注。

为了提高土地的利用率，城市住宅正在向公寓化和高层建筑的方向发展，而对一般普通住宅的设计，在提供空间及环境上很少考虑或很难考虑其对居住者心理和生理上的影响。在法国，如果每户的人均面积在 8—10 平方米以下，就会使社会和心理性的病症增加两倍。在过密居住的条件下，人们的喊叫声与住房面积成反比地增加，即居住空间越小，噪声就越大。在我国城市过密的居住空间里，往往以噪声为媒介，造成家庭中和邻里间的紧张关系，给人带来不安和烦恼。另外，由于城市住宅的公寓化和高层化，相应地减少了人们接触自然环境和社会环境的机会，给人心理、生理以及发展上带来不同程度的影响。有关住宅环境和人的关系的研究尚在进行之中。

值得注意的是城乡居民住宅毗邻，结合成错综复杂的人际关系和社会关系，对于居住其中的中小学生的性格、思想、行为已产生了很大的影响。在不同的住宅环境以及相应的人际关系中成长的学生，其性格、思想、行为往往迥然不同，因此住宅环境的考察也可做为环境教育的内容。教师可以通过全面细致地了解学生住宅情况、居住环境及有关各种因素，分析对学生产生的影响，并提出相应可行的改善措施。

（二）家庭气氛

家庭气氛是家庭成员的职业、经济、性格、文化教养以及彼此间感情关系的综合产物。家庭气氛是无形的，但对人的影响却是有形的和深刻的。

家庭是人类爱情的产物。家庭成员间相亲相爱，家庭气氛会温暖和睦；

相反，家庭成员间感情隔阂，甚至勾心斗角，家庭气氛则必定冷漠无情。温暖和睦的家庭，容易造就乐观、和善、开朗、合群的孩子，冷漠不和的家庭，容易造成悲观、忧郁、孤僻的孩子。由家庭气氛给孩子带来的这些性格特点，对他们将来待人处世以及组成新的家庭，形成自己的家庭气氛都将产生极大的影响。

在和睦的家庭中父母对子女的溺爱，格外的顺从或过份的照顾，使孩子的个性变得消极、依赖、任性，不能适应集体生活。父母对孩子过份严厉，孩子会变得胆怯、敏感、说谎，滋长潜在的反抗意识，容易同人群格格不入。如果父母对孩子忽冷忽热，反复无常，孩子会变得情绪不稳，多忧多虑，缺乏判断能力。若对孩子不良习惯和品性娇惯放纵，则往往会把孩子推向堕落和犯罪的泥坑。因此，父母对于子女的教育方法应该是爱而不娇，严格而民主，使孩子在良好的家庭气氛中形成讲礼貌、爱劳动、守纪律、爱集体、热情、活泼、勇敢、正直、社会适应力强的健康个性。

良好的家庭气氛并不意味着家庭教育的方式方法可以一成不变。父母若以静止的、片面的观念对待子女随着知识和经验积累而增强的独立意识，不仅容易造成子女事事顺从毫无主见的倾向，而且往往容易造成和子女间的对立甚至对抗，使家庭气氛严重地恶化。

家庭气氛，因家庭而异。形成和维持良好和谐的家庭气氛，主要责任在于父母。因此父母应该有意识地促使家庭成员间做到相互了解、互相尊重，并求得较为一致的价值取向。

相互了解。古语说：知子莫若父。在单纯的环境里，父母比较容易了解子女。在复杂的环境里，父母并不一定了解子女，子女也不一定了解父母。因此，相互了解是家庭和睦相处的前提条件。增进相互了解方法在于沟通，而沟通必须通过语言和行动两种方式进行。例如父母说明要求的理由以取得子女的自觉合作；让子女分担家务以取得相互的了解、信任和尊重。父母尝试和孩子们一起讨论家庭问题也是增进相互了解和相互信任的办法。不论子女的年龄如何，父母和子女间知无不言，言无不尽，共同讨论共同行动，都可使家庭气氛变得更为愉快活泼。家庭中的谈话往往触及各种社会问题，观点的分歧是常有的事情。因观点分歧引起争论是正常的，正常的争论气氛应以不堵塞言路为界限。争论中父母要耐心听取子女把话说完，子女对父母的观点也不能一概排斥。面红耳赤的争论对问题的分析思考往往不利，应注意培养心平气和的谈话、设身处地的想问题、宽容和真诚待人的家庭气氛。

互相尊重。在家庭里，父母的自尊是形成家庭成员间互相尊重的基础。父母应在子女的心目中享有威信。父母的威信产生于自身的言行，产生于父母间的互敬互爱及父母对长辈的尊敬，产生于父母待人处事的各种模范的行为。父母对工作一丝不苟、热爱学习、热爱公益劳动等模范行动，最能博得子女的尊重，并能够潜移默化地影响子女，成为子女效仿的榜样。父母也要尊重孩子。父母的严格要求不等于强求孩子按照自己的想法去做什么，更不是大声斥责，甚至体罚。父母应尊重子女的合理要求，在对子女提要求时也应建立在共同商量和互相尊重的基础上。当孩子做错事时，要耐心细致地讲明道理，指出错误所在，同时应耐心听取孩子合理的辨解，以达到较好的教育效果。

价值观的一致。父母同子女的分歧往往来源于不同的认知体验和不同的价值观。由于时代的进步，经济和文化的发展，特别是由于人生遭遇和经验

的不同，父母同子女在对待生活的态度上往往很不相同。这也是人类自身发展引起的矛盾冲突在家庭上的客观反映。这种父母和子女在价值观念上的不一致，就是通常所说的“代沟”。凡涉及价值观问题时，父母都要慎重对待，要理解问题的深刻性和解决问题的困难性，切忌简单地扣大帽子。在通常情况下，不妨彼此承认价值观的不同，不强求一致；而在一般具体问题上，展开平心静气的分析讨论，按照社会发展的要求取得认同。

（三）电视在家庭中

当前，我们处于电视文化大普及的时代。据 1987 年 7 月统计，全国就已有 1.2 亿台电视机，6 亿观众，城镇居民电视机普及率达到 93%。电视机进入家庭，占去了中小学生大量的户外活动和学习时间。对广州市 1000 名中学生进行的问卷调查表明，学生在家里每天看电视时间的人数比率为：半小时的占 10.24%，1 小时的占 25.1%，1.5 小时的占 29.6%，2 小时以上的占 22.01%，基本不看的占 12.98%（多数是家长不让看）。电视对学生生理和认知发展究竟有什么影响，成为长期以来社会学家和教育学家一直在关注和研究的问题。

电视对学生生理和心理的影响。

青少年若长时间坐在电视机前，受萤光屏强光刺激（尤其是彩色电视机），容易造成眼睛疲劳；收视距离不当和光线不足，往往会影响视力；根据调查由于观看电视引起青年学生的各式各样不利因素已经得到证实，如引起恶梦、背疼、头疼、恐慌或忧虑症等，个别情况下使精神受到强烈刺激，成为某些暴力活动的诱因。当然，电视对学生生理和心理上的影响，不是一次完成的，它是长期长时间看电视积累的结果。最常见的情况是青少年每天晚上在电视机前的时间过长（超过两个小时），造成因睡眠不足而引起的乏力和精神不振，尤其是在观看有刺激性的节目以后，大脑更不可能得到很好的休息。

电视对学生认知发展的影响。

电视对学生的影响有正反两方面的作用，它既可以促进学生智力开发，也可以造成青少年暴力、斗殴等反社会行为。

电视对智力开发有明显益处。皮亚杰智力发展阶段论指出，在儿童智力发展的两个阶段，都可以采用适合智力发展的视听资料。幼儿期是幼儿感觉器官运动原发阶段，这时采用电视手段，将声音和图象统一起来，帮助开发儿童的语言能力，能使儿童接受电视机声音与对话的刺激，提供语言的学习机会，还能使儿童透过观察学习过程，重复模仿，进而增进语言能力的发展。在幼儿和儿童的眼里，万物有灵，周围的一切事物，无论是有生命的，还是无生命的，都和自己一样具有人的特性。以人的思想与感情所描述动物的电视节目，特别是木偶片、动画片等，正好与儿童的思维方式相吻合。儿童智力发展的另一阶段是亲身体验阶段。这时，他们已接近入学年龄，开始掌握鉴别事物的能力，他们对故事有着浓厚的兴趣，对故事的发展尤为好奇。各种有故事情节的演出为儿童提供了实践是发展他们鉴别能力的极好机会。小学生毕业时，儿童已进入从事规范活动阶段，并始获得成人才具有的那种抽象思维能力。他们应用自己新获得的知识去领悟社会、政治及宗教思想，他们的情感渐渐变得丰富起来。世界各国都以种类繁多的电视节目，来满足不

同年龄阶段的儿童智力兴趣与情感需要。电视为智力发展各阶段的儿童，提供了实践他们智力的机会。

电视是人们娱乐的极好形式，又是一种讲授概念、总结归纳所学知识的有效教育手段。有关研究表明，系统地收看美国《芝麻街》系列片的学龄儿童的认识能力，比没有机会收看的同龄儿童的认识能力强。教学电视成果评估表明，由于电视的声像与有趣的内容能吸引观众并对其产生强烈的直觉作用，所以能产生独特的良好教育效果。教学电视的应用与推广，不仅提高了教学质量，而且也扩大了儿童受教育范围。

电视在起开发儿童智力作用的同时，其中一些不健康的节目也起了侵害儿童心灵的不良影响。据一些西方国家统计，在美国的电视节目中平均一小时可以看到 9 次肉体侵犯行为的镜头和 8 次语言伤害他人的镜头，这些暴力片又是在儿童收看最佳时间——下午 4 点到晚上 9 点播映的。累积计算起来在整个中、小学生年龄阶段内，每人可以看到约 1.8 万次杀人的镜头。这种使人为之瞠目的数据理所当然地会引起人们的关注。调查结果表明，多数人认为暴力电视确给社会带来了有害的影响。一个喜欢收看暴力电视的 8 岁儿童，到 18 岁时所干的违法行为比不喜欢暴力电视的同龄人的违法行为多。在苏联和中国，暴力电视节目是严格控制的，但是一些不健康的电视节目，也给中小学生的成长带来不良影响。

电视作为学习的媒体之一，对青少年认知产生了不容忽视的的影响。目前对这种影响有两种看法：一是认为电视帮助儿童和青少年理解自然和社会环境，对其思维发展有良好的影响作用。另一种认为电视节目所提供的知识属消极接受的表面层次，对其发展创造性思维具有潜在的阻碍。持第二种看法的依据是电视减少了学生大量户外活动，代替了集体游戏和阅读，使学生失去了对实际生活直接体验的机会。

为了发挥电视对学生教育的积极作用，首先应改进电视节目的质量，制作具有教育意义高水准的节目。同时，教师和家长应该经常了解学生的文化心态，帮助学生选择较适合收看的节目。一般来说，求新、求异、求知是学生们普遍的心理特点，而对文化的多类型多层次的广泛需求是他们的文化心理特征。因此，在电视节目的选择上不应过分拘泥于纯知识性、纯教育性的内容，只要是健康的，即使是纯娱乐性的节目也可以让学生欣赏，以满足他们的娱乐心态和丰富生活。

二、学校环境

学校是具有一定规范性的社会组织，并具有一定的空间，供师生活动。学校肩负着教育的使命，其本身就是一个教育环境。学校环境又是环境教育的第一个具体模型和实际起点。

学校的主要功能是教育，目的是使学生健康地成长和发展，从而使文化得到延续，社会得到进步。学校是对学生进行教育人为组织起来的特殊环境。学校环境要服从教育的目的和功能的需要，其特点有三个：学校是学习知识、追求真理、培养人才的场所；学校的任务侧重于继承，又放眼于创新，是人类继往开来的重要环节；学校教育不完全迁就于社会现实，应在注重现实的同时着眼于明日，为将来的发展做好准备。

十年来，由于改革开放，经济搞活，社会风气有了很大的变化，构成一股冲击学校的浪潮，学校不再是“象牙之塔”，而成为一个开放性的集体。面对社会的挑战，学校必须做出适当的反应，在进行教育改革的同时，也要对学校环境进行全面考虑。

学校环境包括两个方面：第一，物质（包括自然的）方面，如建筑物、运动场地等。第二，社会（包括精神的）方面，我们主要关心的是师生关系、同学关系以及学生在实际生活中如何学会待人接物，学会正确处理人际关系的规范并取得亲身经验。

（一）学校环境的社会方面

学校环境的社会方面。首先是社会风气和各种思想意识对学校办学方向和学校校风的直接影响，其次表现在学校人际关系上。这里，我们仅对第二点作一简述。

1.建立现代学校的伦理

学校伦理有独特的内涵，负有积极的社会功能。学校伦理是三种人群关系的社会规范：师生关系，学生间的同学关系，教师与家长的关系。因此，建立现代学校伦理要依赖师生及相关的社会各界人士的共同努力。

建立新型的人际关系。师生关系、同学关系是共同进行精神劳动的关系，是追求知识、追求真理的同志、朋友关系。这种新型的人际关系，既是教育对象合理的精神需求，也是深化改革的需要。科学知识都是以客观事实为根据的，共同探索客观世界的奥秘，需要实事求是，需要理智。毫无疑义，教师传授知识和传播真理，应该得到尊重。教师被尊重的前提，是拥有真理，拥有真理，就无所畏惧。教师不要怕学生提问和怀疑，应该鼓励学生提问，提出不同看法。“我爱我师，我更爱真理”，这是学生的权利；教师应该尊重学生拥有这种权利。教育是艺术，艺术的魅力在于感情。师生之间，同学之间，应该相互尊重，相互合作，形成和谐的人际环境。

当然，学校里和谐的人际关系并不是说没有分歧，没有对立。分歧和对立在任何人际关系中都是存在的。在学校新型伦理中，应该形成正确解决分歧和对立的立场、态度和方法。学生要正确批评和对待批评，而教师更应该成为正确开展批评和自我批评的模范。

改革价值观念。只有改革传统的价值观念才能建立现代学校伦理。首先，家长式的师道尊严必须废除，代之以新型的人际关系。其次，灌输式的教学观点也必须废除，使学生真正成为学习的主人。教师应以科学精神与方法去指导学生，而不是片面地灌输。学校应协助家长建立正确的教育观念，给子女良好的言教身教。所有教育工作者都不仅仅是知识的传授者，而应重视并指导学生在非智力因素方面的发展方向。

健全学校制度。学校应该建立健全各种必要的制度。教学制度应该以绝大多数学生成为学习的主体，培养优秀人才为目的。加强德育以及有效的政治思想工作制度是学生好好学习、天天向上的保证。各项行政制度保证学校教学活动正常进行，使各种教育措施得到很好的配合。校徽、校旗、校训、校歌都要有明文规定，并能反映本校的特点。校服、校刊、校报和校庆要有自己学校的特色。提倡校园歌曲，并鼓励各种有益活动。学校生活生动活泼而井然有序，有利于学生养成良好习惯和身心的健康成长。

2.提高学校领导干部的思想水平和行政能力

领导是关健。领导干部的素质决定学校的工作及发展。领导者应该具备的素质主要为三点：首先是较高的思想水平，能够掌握学校的全局及其发展方向；其次是较丰富的科学知识，既熟悉教育科学，又能理解各门科学，能做到集思广益；第三是优秀的道德品质，如公正、无私、责任心、善于理解别人、尊重别人等。学校领导对教师和学生的意见，应具备开阔的心胸，不仅能让别人把话说完，而且能够真正理解和虚心采纳正确意见，既使对错误的或一时办不到的意见，也能通过交谈而取得共识。只有这样，才能减少误会，利于沟通和形成正确决策，从而把全体师生组成有凝聚力的不断进取的集体。这样，学校就必定会出现相互尊重，心情舒畅，以校为家的和谐气氛。

3.有效的意见沟通

为了促进学校内行动的合理化与和谐性，必须讲究有效的意见沟通。就学校来说，沟通存在于学校中的每一个层面、贯穿于学校行政活动的全过程。

从沟通过程来说，学校里存在正式的与非正式的两种沟通。形式欲使正式沟通有效，应尽可能注意以下几点：沟通渠道应为学校中每一成员所熟悉并让每一成员都能利用；沟通的路线要尽可能直接、短捷，而且完整；每一次的沟通应经认证。在学校中，各项法定会议，各种教研活动和教学业务评价、人事考核，以至于建筑形式、沟通技巧及业务处理的训练等均可增进正式的沟通效果。非正式的沟通，随时随地发生于学校任何场合的各个成员之间。事实、意见、态度、怀疑、闲谈，甚至是命令等各种不同信息，都能藉非正式的沟通渠道四处流传，影响他人思想与行为。要建立理性与和谐的校风，必须讲究沟通的运用。

（二）学校环境的物质方面

1.学校建筑

学校建筑包括校舍、运动场地、附属设备，以及整个校园。这些设施为师生共同活动提供条件。学校建筑对学生形成良好的道德品质，陶冶情操有着重要作用。

求知欲望的激励。学校建筑及室内外的布置都应与教育目的相配合，体现教育意识，激励学生的求知欲望。学校的教室、教研室、办公室、礼堂等是日常教育活动正常进行的保证，在这些场所悬挂科学家、学者名人、政治家以及英雄模范的画像，悬挂他们的生平简介及名言，将有启迪学生的智慧，激发学生的求知欲望和引导学生去正确理解人生的重要作用。

优良品质的陶冶。学校、家乡、祖国，由小及大，连结成一体。学校建筑，无论是古老的、普通的，还是现代的，都是现实的反映。陈旧的建筑意味着祖国发展的出发点，可鼓励学生奋斗、进取；新型的建筑有助于学生开拓眼界，想象未来。因此，爱学校、爱故乡是爱国精神的自然起源。

一般来说，农村的学生较为朴实、单纯，吃苦耐劳，这是因为农村生活比较艰苦，人际关系比较简单，学生能直接接触大自然。城市学生比较聪明、灵活，往往不够刻苦，显然这同城市经济发达，生活相对富裕，人际关系比较复杂有关。农村学校在可能的情况下，应改善校舍条件，创造更好的教育环境。城市学校应注意使校园环境更接近自然。不论是农村学校还是城市学校，都应鼓励和安排学生思考、设计美化校园的活动，从中培养学生的远大理想、乐观的生活态度和实干精神。

2.学校绿化

搞好学校绿化，是美化学校环境的重要内容，也是进行环境教育的基本条件。

陶冶性情。校园里绿树成荫，鲜花满园，在这里求得知识，锻练身体，渡过人生的黄金时期，能陶冶学生的性情，留给他们终生的美好记忆。

增进知识。校园里生长的各种树木，盛开的各种花卉，以及植物实验园地上种植的各种植物，不仅使学生得到美的享受，而且是学生观察自然界，获得自然环境变化和生物生长知识的场所。

净化空气。城乡绿化是人类维护环境的重要工程，学校绿化是城乡绿化的组成部分。绿色植物能通过光合作用吸收二氧化碳，放出氧气，因此校园绿地、庭院、草坪对净化空气有重要作用。

减弱风力。树林是防御风沙的屏障，一亩防风林可以保护一百多亩农田免受风灾。大片树林可以防止沙漠侵袭。在农村或沙漠戈壁地区的学校，校园四周栽种高大乔木和茂密丛生的灌木，组成林带，能在一定程度上减弱风力，保持校园中宁静的学习环境。

阻拦灰尘。在城市或人口集中的地方或工厂附近的学校，校园里的绿化区能起一个空气过滤器的作用，阻留尘雾和杀伤细菌。据调查，在人口稠密的城市里，1 立方米空气中含有 3—4 万个细菌，在森林地区，1 立方米空气中只有 300—500 个细菌。

减轻噪声。由于树木能吸收或消散声波，所以在城市里绿化的街道要比不绿化的街道减少噪声 8—10 分贝。在城市噪声日益增加的情况下，学校更应搞好绿化，充分发挥林木消声的作用，保证学习环境的安静。

（三）学校噪声

近年来，由于环境保护意识的增强，学校噪声问题受到了重视与注意。

学校噪声是指影响学校正常教学活动进行的声音。校内噪声与学校的规模、校园的大小、校舍的构造形式和配置以及课程的安排有关。校内噪声主要来自音乐教室、工艺教室、实验室和实习工厂，各种教学活动中操作和练习的声响，操场体育活动。校内广播以及课间室内外学生打球、追逐、嬉耍和喧闹声。校外噪声与学校的座落位置和周围环境有关。其来源是各种机动车辆的引擎声或喇叭声，列车运行和飞机所产生的噪声，工厂及建筑工地的噪声，商业市场的叫卖声，以及婚丧喜事的鞭炮、锣鼓声等等。

学校噪声对师生及教学效果产生了不良影响影响听取能力。一般来说，不影响上课的噪声响度应在 50—55 分贝，其听取率约在 80—85%，如教室内的噪声超过 55 分贝，则听取率即降至 80%以下。影响思考及作业能力。根据对学生智力测验的实验发现，噪声对思考有妨碍，推理性思考比具体性思考受噪声的影响大，图形的思考比文字的思考受噪声的影响大。噪声对思考力的影响可能因性格而有差异。噪声对思考力的影响可能随着智力的高低而有差异，一般对智力高者影响较大，连续音比断续音对思考力的影响大。造成听力障碍。根据亚太地区国际耳鼻喉科医学会的报告：由于噪声的缘故，学生听力障碍罹患率逐年增加，其中被认为与噪声伤害有关的高度听力障碍的比例明显上升，据推测社会环境中噪声响度急剧增加是主要原因之一。造成职业性嘶哑症。根据医学所进行的声音障碍调查研究显示，声带节结的发生与环境噪声有关，噪音愈大，愈容易患声带节结。尤其是中小学教师授课节数过多，学校周围噪声过大，导致噪声病患者的高危险群。据专家提出在理想的教室噪声容许值（50—55 分贝）的情况下才能使教师以“ 一般声音 ”（57 分贝）从容上课，否则教师不得不“ 大声 ”

（65 分贝）授课，造成职业性嘶哑症。

如何防治学校噪声，给师生提供良好的教学环境，维护师生身心的健康，是当前急待解决的问题。从原则上讲，首先应直接控制噪声声源，其次利用加大距离使噪声衰减，在声源与受音体间设置阻碍物，增加声音传播路径上的吸音特性，使声源与受音体在空间上各自独立，不互相干扰。

学校噪声的具体防治措施一般可以从下几面点考虑。

①在校址选择上，新设学校应远离铁道、公路、机场、商业市场。据有关专家认为：教室和其他教学空间与学校地界相邻的主要道路间，至少相距 31—60 公尺；自机场滑行路道算起飞行方向 10 公里、直角方向 5 公里以内的地区不适合做为学校基地。

②在学校建筑设计上，在音源与受音体间设置阻音物或装置吸音材料。

③在校舍建筑上，尽量采用形如 I、L、T、H 的开放形式，避免使校舍呈封闭式，以疏散噪声。

④在学校配置上，尽量使易产生噪声的场所如音乐教室，工艺室、校办工厂单独设立。在教室走廊设立防音门窗。为了不使外面的噪声传入，采用防音墙。教室窗户最好不要直接面对运动场或校外的大马路。校内绿化成荫也能减缓或阻隔校内和校外噪声的延伸与扩散。

⑤控制噪声的音源。如避免在学校门前设立公共车站，减少交通噪声干扰。严格执行噪声管制，在校外 20 米处设立“ 禁鸣喇叭 ”的标志。加强环境

教育，尽量减少校内外由于人为因素而产生的噪声。

三、文化和道德环境

人类社会是从自然生态体系中分化出来，经过自身分化，并由人的自身所创造出来的一种只属于人类自己的生态体系——社会环境。在社会内部，人们组成了很多相互关联或相互区别的社 会集团,并在其中进行着政治的或经济的活动，而人们个体为行为则受到社会环境的调节和制约。因此只有自然环境，没有社会环境的环境将是片面的。这里，我们主要谈谈对学生知识积累和道德行为养成影响较大的文化环境和道德环境。

（一）文化环境

文化环境涵盖的面非常广。文化是一个民族在利用、改造、适应环境与改善物质生活和精神生活过程中的历史累积。一个民族的文化保留在日常生活中，而且从生活环境与生活方式中表现出来。教堂是西方基督教文化的标志。寺庙是南亚、东南亚佛教文化的圣殿。北京的故宫、四合院，中国书画、陶瓷等文物，则属于中国文化。虽然一个国家、一个社会有阶级、集团的区分，但是，文化环境却是人类共同的精神财富。各种文化环境都是人们精神生活的一部分，孕育着不同的人生观、不同的文化目标。社会的大变动，例如工业革命、政治革命、朝代更迭、民族侵略，往往造成（出现）新的文化因素，但是原有文化中有生命力的部分还会被延续下去，同新的文化因素互相融合、互相吸收。从历史的长河看，文化环境也是演变发展的。教育的发达、提高和普及，必然会逐步大面积地提高人们的认识水平。首先认识客观世界，并且把认识客观世界作为人的生活目标，也就是确立人生观。再由这种认识引起态度上的转变，然后因社会态度的转变，导致社会面貌的改革。所以，教育改革也是促进社会文化环境变化的动力。

文化环境与社会生活的各个方面都有关联，它不只是文化资产的保护与艺术活动的推广，还存在于衣食住行整个生活环境之中。不同的民族和不同的国家，衣食住行各不相同，具有明显的民族的、国家的特色，成为本民族、本国文化的特征。但是随着经济的发展、交通的发达和国际交往的频繁，不同国家的衣食住行又有趋于同一的倾向。现在人们对衣服的要求不只是穿暖，而且在衣服的式样、风格色彩方面的审美要求越来越高，文化色彩越来越浓。饮食文化是涉及到深层的文化课题，饮食趋向科学化，讲究营养，讲究卫生，是人们对饮食的起码要求。大吃大喝，不仅无益于个人健康，而且有害于社会风气，是缺乏文化素养的表现。随着经济的发展，我国人民的居住条件正在逐步改善。在城市居民居住比较拥挤，公共设施还不够完善时，提高社会公德水准，保持公共卫生，注意市貌市容，都是创造良好居住环境的必要方面。近年来由于经济开放搞活，城市人口骤增，交通问题日益突出。为此，国家采取了一系列措施求得交通通畅。新修铁路、公路，开阔原有道路，增添停车场，修建立交桥、高速公路，这些都标志着国家交通发展的现代化。在日常生活中，人人遵守交通规则，注意交通安全，是有文化的表现，也是保持良好文化环境的积极行为。

由于教育是文化中的一部分，所以一些对青少年有教育意义的事物也属文化环境的内容。我们指的这部分事物是与学校教育相联系的校外创造的教育环境。这部分事物创造的教育内容，使学生们感到更实际、更具体，更综

合、更全面，因而能引起他们对学习的更大兴趣，在公园、广场、人行道旁建立的科学画廊，就是最普通的有教育的事物之一。

北京天文馆入口大厅里的“傅科摆”，使学生亲眼看见物理课本上学到的单摆运动能运用于观察地球的自转；座落在北京安贞桥畔的中国科技馆，不仅设有中国古代的候风地动仪、简仪、仿古指南车等大型展具，还有可以让学生自己开动操作的各种现代化的器械；北京动物园里集中了我国和世界的各种动物等等，这些场所无疑都是学生们学习科学的乐园。这些能够启迪青少年科学兴趣的教育内容表明，科学已不再仅限于课堂内和实验室中，它已深入和普及于社会日常生活之中。

在美国，教育工作者设想在空旷的田野上排放一些机形古怪的大功率的观测机器，让中小学生们一来就会被这些闪亮的设备所吸引。当学生们操作这些机器时，他们发现这种机器能够深深插入地下进行“观察”。通过调节观察器的控置装置,学生们能够 在屏幕上看到电脑显示的地球各层结构的模拟图象。电脑同时用地层结构知识或者其它地球科学知识配合说明。这种有趣的实践方法将使学生们提出各种问题，并去查阅书籍，进行探索，同时电脑还向学生们提供如何获取答案的建议。这些设想似乎都是天方夜谭，但是不难想见，随着物质文明的高度发达，社会文化环境一定是个前途无量的宽广领域。

（二）道德环境

道德环境是文化环境中重要的一个方面。我国是社会主义国家，一贯重视精神文明的建设，而优良的道德环境是精神文明的基础。

道德是行为的规范。道德环境所要达到的目的，在于使青少年一代的行为规范化。中小学生的道德面貌，不仅关系着他们个人的一生，更重要的是关系到社会文化环境的未来。道德教育的特点之一就是实践性。在我们社会里，模范人物的光辉形象，必定在广大人民群众中产生影响。象张思德、白求恩、雷锋、赖宁这些英雄形象一直是人们，尤其是中小学生学习的楷模。对于学生来说，英雄形象似乎离得太远了，其实，具有英雄人物精神的普通人俯拾皆是。“雷锋”就在孩子们的身边。这些千千万万具有规范行为的人民群众，象雷锋一样，是孩子们学习的榜样。这千千万万人民群众及他们言语行动，形成了良好的道德环境，对孩子的成长起着深刻的影响。

法律是强制的，是他律的；而道德是自觉的，是自律的。人们遵守道德，见于行动，必须有发自内心的真正认识。因此，规范行为总是理智的，总是有道德可讲的。在阶级社会里，剥削者强制群众遵守行为规范，自己却干丧天害理的勾当。为了统治的需要，剥削者及他们的仆从把道德歪曲成说教。我们利用良好的道德环境，对学生进行道德教育时，要善于运用格言、寓言（如伊索寓言，从一个生动事例中引出一条道德规则）的简洁语言，善于运用人物形象，包括学生中的好思想、好品德，千万不要空话连篇地说教。

在我国，“五爱”是指爱祖国、爱人民、爱劳动、爱科学、爱护公共财物，这一直是大家遵守的道德规范。在良好的道德环境中进行道德教育的时候，要花力气解决的问题是把这些重要道德规范同学校的生活实际结合起来，让学生从自己生活实际出发，逐步体验和深入理解这些道德规范。

爱祖国就是爱祖国的山河和历史，爱自己的家乡及家乡的未来。流传在

家乡的故事（包括民族起源的故事），就是爱祖国教育的起点，至于家乡风光、家乡知名人物也是爱祖国的重要内容。这样就把道德环境同道德教育完全统一起来了。不过，爱家乡固然是爱祖国的内容，但爱祖国毕竟不限于爱家乡，要善于从家乡出发，扩大到祖国的地理和历史。爱祖国的道德规范应该贯串在道德教育的始终。

爱人民、爱集体是我们道德规范的基础。这同尊敬老人、敬爱父母、与朋友友好相处等日常生活的社会环境紧密联系在一起。人人为我，我为人人，只有在生产资料公有制的社会主义社会，才能实现。当然，人民和集体并不是抽象的，集体离不开个人，个人存在于集体中，个人和集体是统一的。把个人凌驾于集体之上，损害公共利益谋取非法的私利，是违反规范的不道德行为。

各行各业都有本行业的道德规范，称为职业道德。职业道德教育要同本行业的好人好事宣传结合进行。

道德规范涉及生活的每一个领域。除上面列举的重大道德方面外，还有许多属于个人的内容，如礼貌、诚实等等，这些都是不应该忽略的道德教育内容。

道德讲规范行为，讲善，讲好的和应该做的事情，这是因为社会生活中存在着不合规范的行为，甚至存在恶的行为。因此，道德教育内容不仅包括树立正面形象，同时包含着同恶的、丑陋的行为作斗争的内容。道德教育除了树立正面规范行为之外，还要注意培养和提高学生对于违反道德规范行为的识别、抵制以及作斗争的能力。

道德领域是社会生活中一个重要的领域，很多书籍作过专门论述，这里对道德环境的简述是为了使学生对社会环境有一个较为完整的认识。

附　录　一

联合国教科文组织推荐的中学环境教育课程大纲

为了促进世界各国环境教育的发展，联合国教科文组织与联合国环境规划署共同制定了国际环境教育规划，并由联合国教科文组织定期出版一系列与之相应的环境教育文件。在于 1989 年出版的第 29 号环境教育文件中，联合国教科文组织将美国的亨格福德等人所编订的一份中学环境教育课程大纲，推荐给世界各国的中学环境教育课程设计者和广大教师，作为发展各自国家中学环境教育课程的重要参考。

下述的这份中学环境教育课程大纲，是安排在三年的时间里完成的。按照亨格福德等人的设想，它可以作为独立的课程开设，也可以渗透入现存的中学各科课程中。为了使课程设计者和教师了解所建议的课程大纲的时间分配，对于每一个主要标题，都用百分数表示出其所占时间的比例。此外，对于重要的内容，则在主要标题后带有“＃＃”号，以便于教学时视情况而取舍。

第　一　年

生态学基础及作为生态因素的人

一、什么是生态学？生态学家做什么？（0.5%）

（一）定义“生态学”（＃＃）

1.论述植物、动物及其生存环境之间相互关系的科学

2.术语“生态学”源出意味着“动物栖息地研究”的 2 个希腊文词

1）从历史的、自然的角度观察植物、动物及其生存环境（自然界的历史）

2）从现代的、科学的角度观察植物、动物及其生存环境（生态学）

（二）生态学家的任务

1.作为一个科学家的生态学家

1）有关自然界中相互关系信息的积累

2）有关人与自然界相互联系信息的积累

2.作为一个科学家的生态学家，可以利用数据作出有关人类活动对生态的（关于环境的）影响的论断

1）人类城市开发的影响

2）人类农业活动的影响

3）人类商业的及娱乐性的捞捕活动的影响

4）人类采矿和工业活动的影响

5）人类能源生产活动的影响

6）人类运输活动的影响

7）人类娱乐活动的影响

8）人类其他与环境有关的活动对生态的影响

二、在生态学中个体、种群和系统的标准

（一）作为一确定的植物或动物种的生物体，即“个体”

（二）在特定的时间，生活在特定的生存（或生长）地（区域）的一群同种生物体，即“种群”

（三）在特定的时间，生活在确定的生存（或生长）地（区域）的相互作用的植物和动物种群，即“群落”

1.大群落：大群落存在于比较大的生存（或生长）地。例如，一片栎树——山核桃树混交林，一片亚热带沼泽，一片矮草遍地的原野

2.小群落：小群落存在于大群落内。例如，在森林中一个暂时积满雨水的水坑，一棵倒地的腐朽的树干

（四）如同群落概念，但包括附加的生态环境来考虑的“生态系统”

1.与生命有关的变化性称为“生物的”变化性

2.无生命的变化性称为“非生物的”变化性

3.生物的和非生物的变化性如何相互影响

（五）具有相似生长类型的生态系统的一个聚合体，即“生物群落区”

（六）实际上，生物群落区即是一个非常庞大的生态系统

（七）环绕世界的主要生物群落区

1.沙漠

2.草原

3.落叶林

4.针叶林

5.热带雨林

6.淡水河湖

7.海洋

8.苔原

（八）在提出的生物群落区中，作为关键变化要素的气候

（九）包括所有地球生态系统在内的“生物圈”

三、发展了的“生态系统概念”（＃＃）（20%）

（一）在生态学中生态系统概念的重要性

（二）当地的/区域的生态系统

（三）生态系统的组成

1.生物的变化要素

1）食物生产者

2）食物消费者

①食草动物

②食肉动物

③杂食者

④分解菌

2.非生物的变化要素

1）物理因素，例如向阳、背荫、风、雨量、土壤、湿度、地形

2）生物地球化学因素，例如，

①碳循环

②氧循环
③氮循环
④水循环

3.生物地球化学循环显示出的特性

1）改变化学产物至生物体可利用的形式

2）在合乎自然规律的生命体系中，绝对必要的消耗的还原

（四）在生态系统中的生态龛位

1.“龛位”概念

2.不同形式的龛位

1）食物的龛位

2）实际的或潜在的母体的龛位

3）物理过程和化学过程的龛位

4）栖息地（或产地）的龛位

3.了解一个生物体确切的/完全的龛位的困难

4.适应性变异的龛位——定义/例子，例如，

1）熊猫

2）克氏树莺

3）秧鹤

4）食虱鸟

5.有多方面才能的人（或动物）的龛位——定义/例子，例如，

1）人

2）狐

3）蟑螂

4）鼠

6.与食物有关的龛位的特例

1）食物生产者

2）食草动物

3）食肉动物

4）寄生虫

5）食腐动物

6）分解菌

（五）生态系统中的竞争

1.种内的竞争：同种成员在种内为资源的竞争

2.种间的竞争：在种间——不同种的成员间为资源的竞争

3.“竞争的排斥原则”（在一个无限期的生态系统中，没有两个种能处于完全相同的龛位）

1）该原则对幸存的一个种的重要性

2）密切联系但分居的龛位的例子，例如，隼和和猫头鹰

（六）生态系统中的忍耐范围和限制因素

1.“忍耐律”

1）一个有机体的忍耐力，就一个因素的数量而言，是在该种该因素最适合范围的上限之上或下限之下

①最适合的范围（就某一因素而言）

②极限范围（就某一因素而言）

③无法忍耐的范围（就某一因素而言）

2）会影响“耐受律”的因素之举例

①水的温度

②空气的温度

③日射率

④土壤含水量

2.“限制因素原理”

1）在一生态系统中最需要的一个因素，该生态系统决定着一种特定的植物或动物的出现或缺席

2）能够与“限制因素原则”相联系的例子

①雨量——高杆草种

②滴滴涕——鸟类的毁灭

③土壤含水量——山毛榉

④酸性——沼泽植物

（七）生态系统概念的总结

1.生态系统的组成

2.生态系统中的生态龛位

3.生态系统中的竞争

4.生态系统中忍耐力范围和限制因素

5.在生态学中，生态系统概念的重要性

四、能量和生态系统（＃＃）（20%）

（一）需要能量“驱动”生态系统

（二）为“驱动”生态系统，以太阳为能量来源

（三）作为能量生产基础的绿色植物

1.光合作用的过程

2.在绿色植物中的光合作用，怎样供养着以复杂有机物作为食物的生物体

1）食物链

①在食物链中能量的流动

②重要的生态系统的例子：陆栖动物（陆生植物），水生动植物

③当地生态系统的例子

2）食物网

①在食物网中能量的流动

②在食物网内部的食物链

③重要生态系统的例子

④当地生态系统的例子

3）光合作用与人的食物链/网的联系

（四）在食物链中能量的损耗

1.在一食物链中每一步骤能量的损耗：比率 10：1

2.在一食物链中，与步骤数目相对的能量损耗

3.“能量金字塔现象”的概念

4.人的食物链的能量联系

（五）在生态系统中初级的净生产率：绿色植物生产能量的比率减去

其使用能量的比率

1.利用初级的净生产率，评价为人和其他动物提供基本的食物原料的生态系统的潜能

2.主要生态系统的初级净生产率

3.具有很高的初级净生产率的生态系统的价值

4.总生产率和初级净生产率之间的差异，例如，海洋具有一个很低的初级净生产率，但有一很高的仅应归于海洋生态系统广度的总生产率

五、生态学演替：生态系统存在期间的变化（＃＃）（0.75%）

（一）如同一自然现象的演替

（二）作为具有明确特征的有规律的自然现象的演替

1.存在期间演替的进行

2.演替阶段是可预示的

3.生态系统（群落）从一种到另一种的变化

4.生态系统（群落）演化，从不太复杂到比较复杂的变化

5.早期的演替阶段创造的对其自身消失起作用的条件

6.在演替中，最终的群落称为演替顶极群落

（三）演替的主要种类

1.初级的演替

1）在无草木的岩石或无土的表面上群落的顺序演化

2）常常需要数百或数千年完成

3）举例

①在涌流的火山熔岩上

②在土壤已被排除（由于侵蚀）的岩石表面上

③在土壤已被排除的采矿地表面上

4）中西部（美国）的初级演替

①在……之前的光秃岩

②在……之前的地衣

③在……之前的沼泽

④在……之前的草地

⑤在……之前的灌木

⑥在……之前的先锋树种

⑦演替顶极的树之种群（演替顶极群落）

5）为加强经初级演替已发展了的演替顶极群落的人类活动影响

2.中级的演替

1）在土壤层存在处的群落的顺序演化

2）通常比初级演替更短的持续时间——很少超过数十年或数百年

3）举例

①在放弃的农田上

②一新近开发的农场池塘或湖

③在已被皆除或被火烧毁、仅余留一土壤层的林地上

④在为表层开采剥光植被的地面上（土壤保留）

4）中西部（美国）在放弃的农田上的中级演替阶段

①在……之前的年生的杂草

②在……之前的牧草和年生的杂草

③在……之前的与牧草和年生的杂草混生的灌木

④在……之前的先锋树

⑤演替顶极的树之种群（演替顶极群落）

5）为加强经中级演替已发展了的演替顶极群落的人类活动影响

（四）尚未完成的（初期）和完成的（后期）演替阶段的对照

1.几个龛位——很多龛位

2.小的植物——大的植物

3.几个种群——很多种群

4.不太复杂——比较复杂

5.很小的变化能力——很大的变化能力

六、群体及其适应环境的表现（＃＃）（20%）

（一）组成群落的物种种群

（二）物种种群的特征

1.在确定时间确定区域内同种成员的相互影响

2.确定物种的一潜在母体的单位

3.在……期限内可辨认的

1）出生率

2）死亡率

3）迁入

4）迁出

5）种群密度

6）空间出现率

7）年龄结构

（三）群（种群）而不是在群内的诸多个体的重要性

（四）种群间的相互影响

1.“共栖”

1）一物种与另一种对其有益且自身不受改变的物种之相互作用

2）举例

①在栎树上生长的网树花

②在鲸上生长的藤壶

③在森林树干上生长的毒漆藤

2.“互助共栖”

1）两个物种的相互作用对其双方都是有益的

2）举例

①地衣：一起生长的一种藻和一种菌

②白蚁与鞭毛虫

③丝兰花与丝兰花蛾

④在人的肠中有益的细菌

3.“寄生”

1）两个物种的相互作用，一种是受益的，另一种则受到损害

2）举例

①扁虱与哺乳动物

②绦虫和人

③桑寄生科植物与桉属植物/栎属植物

④鸟虱与鸟

4.“捕食行为”

1）一个生物体杀死并吃光另一个生物体

2）举例

①狮子和羚羊

②瓢虫和植物虱

③草鸮和老鼠

④狼和麋

（五）种群内部的相互作用

1.合作

1）一个确定种群的成员的相互合作

2）举例

①聚集保卫领地，例如场拨鼠与特殊的召唤声音

②关于两性的接触，即雌与雄的配对

③聚集，例如加拿大鹅的群集

2.社会性行为

1）同种个体参与一种分工（例如，行军蚁，密蜂，白蚁）

2）同种个体显现出一种“社会等级”或“禽啄等级”（例如，狼，鸡，海狮）

3.竞争

1）同种个体为生存等件的竞争（例如，区域，食物，水，筑巢穴的地点）

2）作为可导致消灭途径的竞争

（六）种群的稳定性与不稳定性

1.一个种群的“生物潜能”，即该种群增长的比率——如果所有雌性繁殖是经常可能的，所有超过生殖年龄的个体继续生存着

2.“环境耐性”，即趋向于控制种群增长的所有环境因素的总和

3.“容纳量”

1）“最大容纳量”，即在某一环境中能够被承受的个体的最大数量

2）“最大可能容纳量”，即在一无危害环境或种群自身的生存环境中，可能承受的个体最大数量

4.周期性变化的种群

1）物种种群每年或每 10 年在大小上明显地改变

2）在生态系统中，作为非正常情况的种群细小的和非遗传的变异

3）周期性变化的种群举例

①北极旅鼠：变化周期 2～3 年

②加拿大林■：变化周期 10 年
③常见的昆虫：变化周期 1 年
5.突发的种群
1）J 曲线现象
2）生物体，发现和利用一个未被占有的龛位，突然超越长期的承载能力涌现出来
3）能高度适应的生物体，改变其环境，突然超越长期的承载能力涌现出来
4）突发的种群举例
①未被占有的龛位
a.在培养基中的细菌
b.在一良好栖息地的鹿（在那儿捕食其他动物的食肉动物已被迁移）
c.在一养分丰富环境中的藻类
②高度适应的生物体，例如，人，郊狼
5）一个突发的种群对环境耐性可能产生的反应
6）突发后及在容纳量内改变后一个处于减退的种群
6.“维持相对稳定状态倾向”，即周期性变化的种群处于周期内时的长期稳定性的概念
七、作为生态因素的人（＃＃）（20%）
（一）作为有巨大潜力的生态因素的人
1.惊人的适应性——一个很一般化的龛位
2.为经济收益，人有意使环境遭到损害的状态
3.有利于环境保护/环境问题解决的人的潜力
（二）作为突发的种群的人类
1.人类种群的历史
2.人与 J 曲线现象
3.现时的种群数量
4.在人口增长中的倍增时间
5.一个承载能力的问题
（三）突发人口的遍及一切的生态后果——人口爆炸与有限的资源
1.作为“群居状态”（乡镇和城市）开发者的人
1）人类社会与自然存在群落的对照
2）人类社会所居天然环境的破坏/改变
3）人类社会食物能量的流动
4）人类社会中废物的排除
5）城市的衰老/危害/缺陷
6）人口数量与城市已变坏的状况/贫民窟之间的关联
7）城市问题可能的解决办法
8）城市问题可能持续存在/增加的缘由
2.作为食物生产者的人
1）人类的农业体系
2）单一作物农业
3）为商业大量生产的肥料、除草剂和杀虫剂的需要

4）人的食物生产的后果
①点及非点污染
②地下水污染
③土壤侵蚀
④土壤板结和盐化
⑤含水层的竭尽
⑥沙（漠）化
⑦在食物链中有毒化学品的扩散
⑧退化——反向演替

（四）人与世界的土壤

1.牧草消耗过度的影响

1）在游牧社会中增加的人口及伴随而来的对更多动物的需要——努力“供给这些人口粮的原则”

2）家畜及牧草地的退化
①减退的植物种类
②幸存植物减退的数量
③侵入的野草
④完整的生态系统的丧失

3）可能的解决办法

4）为什么解决是困难的

2.连续的作物生产的影响

1）需要更多的农田

2）所居天然环境的改变/破坏和世界范围内现存的生态系统

3）土壤耕作层的丧失——由于比替换比率更快的侵蚀
①在美国，超过 1/3 的农田丧失生产能力应归于土壤侵蚀
②在发展中国家，至少 25%的农田由于土壤耕作层遭破坏而导致生产能力丧失

4）由于使用商业性的肥料，土壤营养物及替换物的丧失

（五）人与世界的森林

1.人类以令人吃惊的速率砍伐和烧毁森林

1）增加农田

2）作为燃料使用

3）作为建筑材料使用

2.砍伐森林的后果

1）过高的土壤侵蚀率

2）减低土壤对水的吸收能力

3）当地气候的改变

4）大部分地球植物和动物的产地或栖息地的丧失

5）沙（漠）化

3.人口膨胀与林地减少之间的关系

4.可能的解决办法

5.为什么解决是困难的

（六）人与世界的湿地

1.湿地的类型

1）短草沼泽地

2）林木湿地

3）潮沼地/港湾

4）洪泛平原/河底的低洼处

5）池塘

2.湿地的重要性

1）地下水储备的补给区

2）防洪

3）海岸沼泽地的捕渔生产

4）作为迁徙水禽的生命维持体系

5）除水禽外，尚作为许多种类的植物和动物的产地或栖息地

3.美国湿地的状况

1）所有湿地的一半已经丧失

2）几乎每年丧失 20 万公顷湿地

3）多数排干水的湿地用于农业目的

4.湿地减少的国际后果

（七）人与世界的野生生物

1.在自然存在的生态系统中，任何未经人工栽培的植物和未驯化的动物，定义为野生生物

2.野生生物生态学的重要性

1）保持地球生态系统的兴旺与活力

2）对世界生态系统的许多益处

①食物生产

②氧气的提供

③有毒物质的过滤

④气候适度

⑤废物的分解

⑥营养物再循环

3.世界野生生物的状况

1）灭绝的速率

①在有人类以前：每 10，000 年 1 种

②1975 年；每年 100 种

③1985 年：每年 1，000 种

④2000 年：每年 20，000 种（估计数）

2）由于人类的许多活动引起的灭绝

4.涉及人的生存的有影响的力量

1）人口爆炸的潜在食物援助

2）潜在的医疗援助

3）现存生态系统的健康

5.野生生物数量减少的原因

1）栖息地（或产地）减少——主要原因

2）栖息地（或产地）的污染

3）为食物、狩猎或得益而死亡

4）供玩赏动物的贸易
5）捕食其他动物为生的动物和瘟疫的杀戳
6）不相容物种的引进
6.保护野生生物
1）国际法及协议
2）野生生物保护区
3）基因库：动物园，植物园，水族馆等
4）维护生态系统
7.减少野生生物丧失的可能性
8.在获得解决中的困难
（八）把人作为生态因素的重要考虑
1.人类繁衍本身的相对能力
2.在不同社会阶层中，达到人口控制的文化上的局限性
1）社会价值
2）宗教价值
3）政治价值
4）经济价值
3.个人关于权力和责任的信念及价值观
4.人的独特能力/适应性变化
1）人类简化生态系统的能力，例如，单一作物农业生态系统
2）为改善自然生态系统或维护人造生态系统，人类发明机械和生产方法的能力
3）在开发和维持人造生态系统中，人类提供和利用能量的能力，例如，来自火力发电厂的能量

第 二 年

环境科学与环境卫生

一、人：人类消耗资源的历史（0.8%）
（一）最初的人：狩猎者和采集者
1.狩猎者和采集者的年龄
2.狩猎者和采集者的生存需要
1）在生存中作为能手的狩猎者和采集者
2）食物的利用：可开发的食物资源
3）流动性：处于低水平环境冲击的关键
3.围绕狩猎者和采集者的其他因素
1）几块必要的领地
2）低水平的供不应求
3）人口的低水平
4）人口低水平状态的原因：很高的婴儿死亡率，这应归于哺乳的艰难处境。另外，人的寿命估计仅为 30 年
（二）农业社会
1.植物的驯化与动物的驯养

2.小规模的耕种
1）刀耕火种
2）自然农业
①早期的实践
②流行的实践
3.以往社会确切的农业
1）犁的发明
2）畜力
3）灌溉
4）经其他途径实现的生活资料增长
4.建立在城市社会基础上的农业
1）专业化的农业
2）为商业/得益增长的食物
3）利用大型工具改变地球表面
5.建立在城市社会基础上的农业对环境的影响
1）森林的丧失
2）牧场的丧失
3）动植物物种栖息地（或产地）的改变
4）土壤侵蚀
5）废弃物处置问题
6）“违反自然的人”的观念的发展
（三）工业革命
1.工业社会
1）蒸气机及其引起的变革
2）内燃机及其引起的变革
3）能源消耗的增加
2.工业社会的环境影响（＃＃）
1）多种有害废弃物
2）空气与水的污染
3）加剧了环境质量下降
4）物种灭绝及其影响
（四）人口与资源利用、污染及环境质量下降的关系
1.人口数量的增长
1）发达国家的人口增长
2）发展中国家的人口增长
2.污染与资源利用/滥用
1）涉及资源消耗的文化上的信念/价值观
2）再生资源的利用
3）非再生资源的利用
3.环境质量下降与资源消耗
1）“开放的广场”的构想
2）“开放广场的灾难”的构想
3）污染增长及其与“开放的广场”构想的联系
4）与“开放的广场”构想有关的危险

4.污染与资源消耗
1）能生物降解的污染物质
2）不能生物降解的污染物质
3）污染物质的暴露
①污染物质在环境中的迁移
②影响人和其他生物体的有关污染物质
4）污染控制
①在发达国家
②在发展中国家
5.人口，资源利用，技术，文化上的信念及价值观之间的相互关系

二、土壤及有关各种问题（0.5%）

（一）“土壤”的定义
1.土壤的无机构成
2.土壤的有机构成

（二）人对土壤的依赖

（三）土壤的形成
1.风化和雨蚀
1）物理剥蚀
2）化学分解
2.土壤的种类/特征
1）土壤
2）沙质土壤
3）粘土土壤

（四）土壤侵蚀
1.自然侵蚀
1）风侵蚀
2）水侵蚀
2.由于人使侵蚀加剧
3.围绕世界的侵蚀
1）严重侵蚀问题的测定
2）与严重侵蚀问题相关的因素
①边缘土地的耕作
②不良的耕作技术

（五）人口爆炸与土壤侵蚀之间的联系
1.对农产品需求的增长
2.边缘农田利用的增加
3.自然生态系统（例如，森林，湿地）转变成农田

（六）土壤转变战略（＃＃）
1.最小限度的耕种和铲隙栽植法耕种
2.循等高线开沟的耕种
3.修成梯田
4.带状耕种
5.防护林带

6.保持土壤的肥力
1）人、畜粪肥
2）绿肥
3）堆肥
4）轮作制

三、水及有关问题（10%）

（一）世界的水源

（二）持续的水源

1.水循环
2.地表水的利用
3.地下水/含水层的利用

（三）水资源问题（＃＃）

1.在干旱和半干旱国家中的旱灾
1）人口因素
2）利用贫瘠土地的因素
3）人口与土地利用因素协同的结果——严重的环境退化
2.过多的水及有关问题
1）世界范围的洪水
2）人对洪水潜能所起的作用
①砍伐森林的后果
②牧草消耗过度的后果
③耕种边缘土地的后果
④城市化的后果
3）灌溉问题
①土壤的盐化
②土壤的水侵

（四）管理的策略（＃＃）

1.水坝和水库
1）益处
2）问题
2.水的改向工程
3.利用地下水
1）益处
2）问题
①地下水/含水层的耗尽
②沉降
③咸水的入侵
④地下水的污染
4.脱盐
1）益处
2）问题
5.其他策略/可能的益处和问题
1）拖引冰山
2）云的催化

（五）水的保护（＃＃）

1.保护策略的重要性

2.水资源保护的可能性

3.水的保护的主要策略

1）减少家庭中水的浪费

2）减少工业中水的浪费

3）减少灌溉的浪费

四、食物生产与饥饿（＃＃）（10%）

（一）供给世界的食物

1.处于食物生产支配地位的植物

2.为那些负担得起的人提供更多肉类的动物

（二）当提供给人类所消耗的肉食时，食物链能量的损耗

（三）世界主要农业体系的特征

1.自然农业——劳动的加强

2.通过开垦土地（砍伐和烧毁森林）而建立的农业——土地的加强

3.聚集成群的游牧——土地的加强

4.工业化的农业——土地、资本和矿物燃料能量的加强

（四）世界的食物问题

1.人口增长与食物生产

2.营养问题

1）营养不良（摄取不足）

2）营养不良（摄取或吸收不当）

3）过度肥胖

3.食物贮藏/分配问题

4.贫困

1）无力购买食物

2）无力购置生长食物的土地

5.生产更多食物的环境后果

1）过度捕捞

2）牧草消耗过度

3）土壤侵蚀

4）土壤的盐化/水浸

5）因水质引起的病害

6）砍伐森林

7）灭绝和危害物种

8）污染

9）遗传差异的丧失

10）气候改变

11）食物添加剂引起的对健康的危险

（五）“绿色革命”

1.开发新的杂交品种

2.“绿色革命”的潜能

3.“绿色革命”的局限

1）需要增加肥料和水的使用
2）轮作制减少而需增加土壤肥力
3）增加产量的限度（递减的收益率）
4）食物生产的植物变异——遗传差异的丧失

（六）非传统的食用植物的利用/耕种

1.具有可能性的植物
1）翅豆
2）芋头
3）昆诺阿藜的种子
4）其他

2.反对新食物的习俗上的偏见

（七）鱼类利用的增长

1.世界渔业的特征
2.过度捕捞
3.饲养鱼类和水产养殖
4.增加渔业生产的期望
1）控制过度捕捞
2）转向新的/非传统的物种
3）增加产量的制约

（八）持久农业

1.在食物生产中学会自给自足
2.在能持久的农业中，中国作为一个世界的先导者
3.在发达国家中持久农业的潜在优势
4.减少在发达国家中巨大的食物浪费

（九）个人对减少世界饥饿的责任

五、森林资源（0.5%）

（一）森林资源的重要性（＃＃）

1.商业上的重要性
2.生态上的重要性
3.调控气候
4.控制污染

（二）森林短期与长期的益处，例如，经济价值与生态价值（＃＃）

（三）世界的森林

1.世界上 2/3 的森林分布在下述 7 个国家
1）苏联
2）巴西
3）加拿大
4）美国
5）扎伊尔
6）中国
7）印度尼西亚

2.自农业革命以来森林的丧失——大约占世界森林的 1/3
3.现时森林的丧失——大约每年 1%的比率（＃＃）
1）在木柴危机国家中的丧失

2）热带森林的开伐
①开拓增长食物的土地
②砍伐和收集木柴
③商业性采伐
④牧场工人开垦森林，以增加供出口的牛肉
4.与森林管理有关的严重问题（＃＃）
六、动植物资源（＃＃）（10%）
（一）保护植物和动物物种的理由
1.经济的和人类的需要
1）野生生物与经济的益处
①垂钓活动
②狩猎活动
2）直接的经济好处
①食物/调味品/烹调用油
②医药用品
③肥皂/香水
④油/蜡
⑤杀虫药剂
⑥燃料
⑦纤维和纸
⑧其他
3）作为一个必要的自然活动的传粉
4）医药用品
①目前使用的大量医药用品
②未来拯救潜在生命的医药用品
5）艺术上的/再创造的重要性
6）生态上的重要性
①维护世界生态系统的健康
②营养物的再循环
③瘟疫及病害的控制
④遗传物质贮藏库
7）伦理学上的重要性
①幸存生物体固有的权利
②熟悉其与自然界关系的人的无能为力
（二）灭绝/危及的物种
1.自然的灭绝及比率
2.人引起的灭绝及比率
1）1975 年：每年 100 种
2）1985 年：每年 1，000 种
3.热带雨林的破坏在灭绝中所起的作用
4.危及的物种
1）栖息地（或产地）的丧失
2）以获利为目的的狩猎
3）捕食其它动物为生的动物及有害动植物的控制

4）污染
5）供玩赏的动物的贸易
6）被选择的动物园的滥用
7）不相容物种的引入
（三）保护物种不灭绝
1.国际法和协议
2.野生动物保护区
3.动物园及有关机构的作用
4.基因库
5.生态系统的保护
（四）个人对保护动植物的责任
七、空气污染（0.8%）
（一）空气污染的根源
1.汽车运输
2.以煤和石油为燃料的火力发电厂
3.冶炼厂、精炼厂、纸浆和造纸厂
（二）主要的污染物质
1.颗粒物质
2.二氧化硫
3.一氧化碳
4.二氧化氮
5.臭氧
6.铅
7.碳氢化合物
8.氡
（三）空气污染对人类健康的影响
1.死亡率增长
2.慢性呼吸系统疾病
3.急性呼吸系统疾病
4.癌症
5.心脏病
（四）酸雨（“酸性雨”）
1.酸雨的定义
2.酸雨的来源及其污染物质的传送
3.该问题在世界上涉及的范围
4.对湖泊/森林的影响
5.作物收成的减少
6.建筑物和雕塑的损坏
7.关于酸雨的国际争端
8.酸雨的防治
（五）室内的空气污染
1.氡气
2.燃烧的产物
1）一氧化碳

2）氧化氮
3）颗粒（烟）

（六）由于使用含氯氟烃造成的臭氧层破坏——一种罕见的和危险的大气污染形式

八、水污染（＃＃）（10%）

（一）淡水表面污染的根源

1.点污染源

2.非点污染源

1）土壤侵蚀/沉积
2）营建活动
3）流经牲畜肥育地的雨水
4）流入江河的含有杀虫剂/化学肥料的雨水
5）流经街道/停车地的雨水
6）矿山酸性沉积物
7）酸雨的沉积物

3.由发电厂造成的河湖的热污染

（二）追溯至水污染的人类的疾病

1.与有机体相关的疾病

1）来自细菌，例如，伤寒，霍乱，肠炎
2）来自病毒，例如，肝炎，脊髓灰质炎
3）来自原生动物，例如，原生动物引起的痢疾
4）来自寄生虫，例如，血吸虫病

2.无机物质

1）来自砷，例如，肾、肝脏和神经系统的损害
2）来自镉，例如，肾损害，高血压
3）来自铅，例如，精神迟钝，贫血症，先天性异常
4）来自汞，例如，神经系统和肾损害

3.合成的有机物质

1）苯，例如，染色体损害，白血病
2）四氯化碳，例如，癌症，肝脏和肾的损害
3）二■英，例如，癌症，遗传的改变
4）多氯联苯，例如，肝脏、肾和肺的损害
5）氯乙烯，例如，肝脏、肾和肺的损害，癌症

（三）海洋污染

1.海洋生态系统恶化的前兆

2.海洋倾弃

3.海洋石油污染

（四）地下水污染

1.地下水——作为维持生命所必需的饮用水来源

2.地下水污染的根源

1）点污染源
2）非点污染源

3.地下水污染的检测及使其水质符合标准的困难

4.必需防止地下水的污染

（五）废水处理；应急所必要的措施

1.专门的污水处理

1）化粪池

2）污水塘

3）农村家庭可供选择的污水处理

4）城市污水处理

①第一级处理

②第二级处理

③第三级处理

5）流出的污水和污泥的处理

6）大规模处理的选择

2.个人的作用

1）有毒化学品的家庭无害处理

2）废油的再循环

3）低磷洗涤剂的使用

4）制限杀虫剂、漂白剂和无机肥料的使用

5）使用更少的水九、噪声污染（0.5%）

（一）环境噪声来源和声级

（二）噪声对人的影响

1.听力损失

2.紧张及伴随的健康后果

3.作用于胎儿的后果

4.对学习和工作状态的影响

5.睡眠的破坏

6.噪声与安全

（三）噪声控制

1.城市噪声控制

2.各国在噪声控制上的努力

3.个人控制噪声的机会

1）收音机/立体声系统保持较低音量

2）使用伴有噪声的器具时，戴上护耳装置

3）在住宅里使用声吸收材料

4）支持地方计划控制噪声的法令和条例

十、固体废弃物处置（＃＃）（10%）

（一）固体废弃物定义

（二）美国固体废弃物的来源

1.农业——大约 50%

2.采矿业——大约 38%

3.工业——大约 9%

4.城市（家庭）——大约 3～5%

（三）城市废弃物的种类

1.纸张

2.食物

3.家庭废物（树叶等）

4.玻璃
5.金属制品
6.木头
7.塑料
8.橡胶/皮革
9.纺织品
（四）通过对照，展示富裕国家与非富裕国家的固体废弃物
（五）城市固体废弃物处置的方法
1.水上倾倒
2.露天倾倒——乱丢
3.垃圾填坑
4.焚烧
5.堆肥处理
6.资源回收
1）资源回收工厂
2）资源分类
①家庭
②商业
（六）减少资源的浪费
1.销售可重复使用的消费品
2.减少过多的包装用物
3.设计耐久性更长的用具/汽
4.饮料容器的押金制
（七）围绕固体废弃物管理的争议问题
（八）个人帮助解决固体废弃物问题的机会/义务
十一、有害废物
（一）有害废物定义
（二）有害废物的来源
1.化学工业
2.机械和运输设备工业
3.汽车货物运输
4.石油精炼
5.金属冶炼和加工工业
6.电机工业
7.供电、煤气和环境卫生服务业
8.家庭有害废物
（三）过去有害废物的处理
（四）目前有害废物的处置——选择
1.安全的化学法掩埋
2.物理、化学和生物方法的处理
3.深井灌注
4.焚化
5.再循环
6.“午夜倾倒”

（五）围绕有害废物处置的争议问题
（六）个人帮助解决有害废物问题的机会
1.有足够的知识作出给有害废物以处置上的便利的决定
2.坚决要求实施现有的法律
3.在家庭使用更少的有害化学品
4.谨慎处置家庭的有害废物
十二、人口增长与控制（＃＃）（12%）
（一）没有能够无限增长的种群
（二）与人口动态相关的一系列复杂因素
1.出生率和死亡率
2.总人口出生率
3.估计寿命
4.婴儿死亡率
5.年人口改变率
6.倍增时间
7.迁移路线分布
（三）年龄结构
1.年龄结构与人口增长势头
2.从年龄结构曲线作出人口预测
（四）与世界人口总数及增长相关的争议问题
1.反对世界人口增长的论点
2.赞同世界人口增长的论点
（五）经济发展与人口变化
1.发达国家的人口与经济数据
2.发展中国家的人口与经济数据
3.发展中国家经济发展的可能性
4.发展中国家经济发展的潜在威胁
（六）结合经济发展的计划生育的有利条件
1.教育服务
2.临床的服务
3.在全国实行计划生育的结果，例如，印度，中国
4.计划生育服务的费用
（七）移民与人口动态
1.合法的移民
2.非法的移民
3.移民带来的后果
4.对移民的限制
（八）出生控制与人口动态
1.防止怀孕
2.终止怀孕
3.未来控制出生的可能性
（九）与世界的/国家的人口增长和控制相关的主要争议问题

问题调查与公民行动培训

一、环境问题的解决（＃＃）（15%）
（一）人类与环境的相互作用
（二）生活质量与环境质量
（三）环境问题与环境争议问题
1.环境问题的特征
2.环境争议问题的特征
1）在环境争议问题中人类信念的作用
2）在环境争议问题中人类价值观的作用
3）信念与价值观之间的关系
（四）环境争议问题的分析——了解剖析环境争议问题的一种方式
1.识别环境争议问题
2.识别“角色”及其态度
3.识别角色与该争议问题相关的信念
4.分析构成价值观基础的信念的陈述
（五）介绍已被分析过的争议问题的例子（典型）
（六）应用分析争议问题的技能处理各个争议问题
二、识别争议问题及制订调查题目
（一）识别环境争议问题
1.当地的争议问题
2.地区的争议问题
3.国家的争议问题
4.世界的争议问题
（二）识别与环境争议问题相关的因素
1.与人类环境行为相关的因素
2.与人类信念和价值观相关的因素
3.与社会文化影响相关的因素
4.与生态影响相关的因素
（三）提出（写出）争议问题调查的研究性题目
1.确定（推断）诸因素间的因果关系
2.写出调查题目的通例
1）从环境争议问题中导出题目
2）通过询问找出环境与社会意识中的重要题目
3）避免要求回答“是”和“不是”的题目
4）详细说明要测量的因素
5）详细说明诸因素间的关系（当可能时）
6）指出要调查的一个群体或区域
3.在写出调查题目后的练习
4.评价利用作为标准的通例（见上述 2）写出的调查题目
三、利用间接来源获得争议问题的信息（＃＃）（15%）
（一）有关争议问题信息的间接来源
1.利用图书馆资料

1）技能 1：利用目录卡
2）技能 2：利用“读者指南”
3）技能 3：利用交叉索引
2.以环境问题为中心的期刊和新闻通讯
3.环境组织
4.政府环境机构
5.利用当地足智多谋的人获得信息
6.写信获取信息
1）选择一合适的来源
2）详细说明需要的（期望的）信息
3）使用现实的文体
（二）处理间接来源的信息
1.获得该争议问题所有侧面的信息
2.识别间接来源信息中的倾向性
3.概述间接来源的信息
（三）关于间接信息源的报告
1.形式及文体的报告
2.参考资料的引证
3.文献目录
四、利用直接来源获得争议问题的信息（＃＃）（15%）
（一）观察、询问和意见调查表（调查手段）
1.调查手段的界定
2.制定调查手段的准则
3.调查手段的类型
（二）作为重要调查技能的采访谈话
（三）选择适当的典型调查的群体
（四）在典型群体调查中运用的基本步骤
（五）数据收集策略
（六）开发和利用调查手段/典型调查
五、解释来自环境争议问题调查的数据
（一）在数据表中编排数据
（二）通过图表传达数据
1.条线图（直方图）
2.坐标（线）图
3.混合图
（三）说明数据——技能开发的顺序
1.得到结论
2.产生推断
3.提出建议
（四）应用数据阐明有关争议问题数据汇集的技能
六、学生选择的一个环境争议问题的独立调查
（一）选择一个要调查的争议问题
（二）系统阐述指导调查的研究性题目
（三）收集间接的信息

1.图书馆查询
2.与适当的机构/组织联系
3.写信获得信息

（四）收集直接信息

1.开发适当的调查手段
2.识别适当的典型调查群体
3.开发适当的典型调查步骤
4.实施调查手段

（五）争议问题的分析/数据

1.把收集到的数据编排入表/图/文
2.分析涉及“角色”、信念和价值的信息
3.解释调查结果（基于数据的结论、推论和建议）

（六）调查及结果的传达

1.展示写好的争议问题调查报告
2.介绍同班同学和其他适当小组的争议问题调查

七、争议问题的解决：技能和应用（＃＃）（15%）

（一）公民对争议问题及其影响的反应

1.对环境的消极反应
2.对坏境的积极反应

（二）公民（环境）行动的原则

1.应有了解足够的争议问题知识的义务
2.要有具备解决争议问题的技能的义务
3.要有了解该行动的作用的义务
4.在实施——行动前，要有考虑可能的积极和消极的结果的义务

（三）公民行动的方式（方法）

1.说服（劝导行动）
2.保护消费者权益（促进消费行动）
3.政治行动
4.法律行动
5.生态管理（一些按自然法则的行动的形式）

（四）个体与群体行动的效力

（五）作出决定的指导方针：（所考虑的准则）

1.授权对争议问题行动的充分根据
2.可供选择的有效行动
3.行动的相对效力
4.行动的法律后果
5.行动的社会后果
6.行动的经济后果
7.关于行动的个人价值的考虑
8.对争议问题包含的其他人的信念和价值的考虑
9.对采取行动的必要步骤的了解
10.完成该行动的能力
11.采取行动的勇气

12.完成该行动所需的时间
13.实行有效行动的其他必要的对策
14.该行动的生态后果

（六）解决争议问题的技能的运用

1.制定一个行动计划
2.行动计划的评价[利用上述（五）中的准则]
3.贯彻行动计划（非强制的）
4.评价采取行动的效力

附 录 二　中华人民共和国环境保护法

1989 年 12 月 26 日第七届全国人民代表大会
常务委员会第十一次会议通过

第一章　总　则

第一条　为保护和改善生活环境与生态环境，防治污染和其他公害，保障人体健康，促进社会主义现代化建设的发展，制定本法。

第二条　本法所称环境，是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。

第三条　本法适用于中华人民共和国领域和中华人民共和国管辖的其他海域。

第四条　国家制定的环境保护规划必须纳入国民经济和社会发展计划，国家采取有利于环境保护的经济、技术政策和措施，使环境保护工作同经济建设和社会发展相协调。

第五条　国家鼓励环境保护科学教育事业的发展，加强环境保护科学技术的研究和开发，提高环境保护科学技术水平，普及环境保护的科学知识。

第六条　一切单位和个人都有保护环境的义务，并有权对污染和破坏环境的单位和个人进行检举和控告。

第七条　国务院环境保护行政主管部门，对全国环境保护工作实施统一监督管理。

县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门，对本辖区的环境保护工作实施统一监督管理。

国家海洋行政主管部门、港务监督、渔政渔港监督、军队环境保护部门和各级公安、交通、铁道、民航管理部门，依照有关法律的规定对环境污染防治实施监督管理。

县级以上人民政府的土地、矿产、林业、农业、水利行政主管部门，依照有关法律的规定对资源的保护实施监督管理。

第八条　对保护和改善环境有显著成绩的单位和个人，由人民政府给予奖励。

第二章　环境监督管理

第九条　国务院环境保护行政主管部门制定国家环境质量标准。

省、自治区、直辖市人民政府对国家环境质量标准中未作规定的项目，可以制定地方环境质量标准，并报国务院环境保护行政主管部门备案。

第十条　国务院环境保护行政主管部门根据国家环境质量标准和国家经济、技术条件，制定国家污染物排放标准。

省、自治区、直辖市人民政府对国家污染物排放标准中未作规定的项目，

可以制定地方污染物排放标准；对国家污染物排放标准中已作规定的项目，可以制定严于国家污染物排放标准的地方污染物排放标准。地方污染物排放标准须报国务院环境保护行政主管部门备案。

凡是向已有地方污染物排放标准的区域排放污染物的，应当执行地方污染物排放标准。

第十一条 国务院环境保护行政主管部门建立监测制度，制定监测规范，会同有关部门，组织监测网络，加强对环境监测的管理。

国务院和省、自治区、直辖市人民政府的环境保护行政主管部门，应当定期发布环境状况公报。

第十二条 县级以上人民政府环境保护行政主管部门，应当会同有关部门对管辖范围内的环境状况进行调查和评价，拟订环境保护规划，经计划部门综合平衡后，报同级人民政府批准实施。

第十三条 建设污染环境的项目，必须遵守国家有关建设项目环境保护管理的规定。

建设项目的环境影响报告书，必须对建设项目产生的污染和对环境的影响作出评价，规定防治措施，经项目主管部门预审并依照规定的程序报环境保护行政主管部门批准。环境影响报告书经批准后，计划部门方可批准建设项目设计任务书。

第十四条 县级以上人民政府环境保护行政主管部门或者其他依照法律规定行使环境监督管理权的部门，有权对管辖范围内的排污单位进行现场检查。被检查的单位应当如实反映情况，提供必要的资料。检查机关应当为被检查的单位保守技术秘密和业务秘密。

第十五条 跨行政区的环境污染和环境破坏的防治工作；由有关地方人民政府协商解决，或者由上级人民政府协调解决，作出决定。

第三章 保护和改善环境

第十六条 地方各级人民政府，应当对本辖区的环境质量负责，采取措施改善环境质量。

第十七条 各级人民政府对具有代表性的各种类型的自然生态系统区域，珍稀、濒危的野生动植物自然分布区域，重要的水源涵养区域，具有重大科学文化价值的地质构造、著名溶洞和化石分布区、冰川、火山、温泉等自然遗迹，以及人文遗迹、古树名木，应当采取措施加以保护，严禁破坏。

第十八条 在国务院、国务院有关主管部门和省、自治区、直辖市人民政府划定的风景名胜区、自然保护区和其他需要特别保护的区域内，不得建设污染环境的工业生产设施；建设其他设施，其污染物排放不得超过规定的排放标准。已经建成的设施，其污染物排放超过规定的排放标准的，限期治理。

第十九条 开发利用自然资源，必须采取措施保护生态环境。

第二十条 各级人民政府应当加强对农业环境的保护，防治土壤污染、土地沙化、盐渍化、贫瘠化、沼泽化、地面沉降和防治植被破坏、水土流失、水源枯竭、种源灭绝以及其他生态失调现象的发生和发展，推广植物病虫害的综合防治，合理使用化肥、农药及植物生长激素。

第二十一条 国务院和沿海地方各级人民政府应当加强对海洋环境保

护。向海洋排放污染物、倾倒废弃物，进行海岸工程建设和海洋石油勘探的开发，必须依照法律的规定，防止对海洋环境的污染损害。

第二十二条 制定城市规划，应当确定保护和改善环境的目标和任务。

第二十三条 城乡建设应当结合当地自然环境的特点，保护植被、水域和自然景观，加强城市园林、绿地和风景名胜区的建设。

第四章 防治环境污染和其他公害

第二十四条 产生环境污染和其他公害的单位，必须把环境保护工作纳入计划，建立环境保护责任制度；采取有效措施，防治在生产建设或者其他活动中产生的废气、废水、废渣、粉尘、恶臭气体、放射性物质以及噪声、振动、电磁波辐射等对环境的污染和危害。

第二十五条 新建工业企业和现有工业企业的技术改造，应当采用资源利用率高、污染物排放量少的设备和工艺，采用经济合理的废弃物综合利用技术和污染物处理技术。

第二十六条 建设项目中防治污染的设施，必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用。防治污染的设施必须经原审批环境影响报告书的环境保护行政主管部门验收合格后，该建设项目方可投入生产或者使用。

防治污染的设施不得擅自拆除或者闲置，确有必要拆除或者闲置的，必须征得所在地的环境保护行政主管部门同意。

第二十七条 排放污染物的企业事业单位，必须依照国务院环境保护行政主管部门的规定申报登记。

第二十八条 排放污染物超过国家或者地方规定的污染物排放标准的企业事业单位，依照国家规定缴纳超标准排污费，并负责治理。水污染防治法另有规定的，依照水污染防治法的规定执行。

征收的超标准排污费必须用于污染的防治，不得挪作他用，具体使用办法由国务院规定。

第二十九条 对造成环境严重污染的企业事业单位，限期治理。

中央或者省、自治区、直辖市人民政府直接管辖的企业事业单位的限期治理，由省、自治区、直辖市人民政府决定。市、县或者市、县以下人民政府管辖的企业事业单位的限期治理，由市、县人民政府决定。被限期治理的企业事业单位必须如期完成治理任务。

第三十条 禁止引进不符合我国环境保护规定要求的技术和设备。

第三十一条 因发生事故或者其他突然性事件，造成或者可能造成污染事故的单位，必须立即采取措施处理，及时通报可能受到污染危害的单位和居民，并向当地环境保护行政主管部门和有关部门报告，接受调查处理。

可能发生重大污染事故的企业事业单位，应当采取措施，加强防范。

第三十二条 县级以上地方人民政府环境保护行政主管部门，在环境受到严重污染威胁居民生命财产安全时，必须立即向当地人民政府报告，由人民政府采取有效措施，解除或者减轻危害。

第三十三条 生产、储存、运输、销售、使用有毒化学物品和含有放射性物质的物品，必须遵守国家有关规定，防止污染环境。

第三十四条 任何单位不得将产生严重污染的生产设备转移给没有污染防治能力的单位使用。

第五章　法律责任

第三十五条　违反本法规定，有下列行为之一的，环境保护行政主管部门或者其他依照法律规定行使环境监督管理权的部门可以根据不同情节，给予警告或者处以罚款：

（一）拒绝环境保护行政主管部门或者其他依照法律规定行使环境监督管理权的部门现场检查或者在被检查时弄虚作假的。

（二）拒报或者谎报国务院环境保护行政主管部门规定的有关污染物排放申报事项的。

（三）不按国家规定缴纳超标准排污费的。

（四）引进不符合我国环境保护规定要求的技术和设备的。

（五）将产生严重污染的生产设备转移给没有污染防治能力的单位使用的。

第三十六条　建设项目的防治污染设施没有建成或者没有达到国家规定的要求，投入生产或者使用的，由批准该建设项目的环境影响报告书的环境保护行政主管部门责令停止生产或者使用，可以并处罚款。

第三十七条　未经环境保护行政主管部门同意，擅自拆除或者闲置防治污染的设施，污染物排放超过规定的排放标准的，由环境保护行政主管部门责令重新安装使用，并处罚款。

第三十八条　对违反本法规定，造成环境污染事故的企业事业单位，由环境保护行政主管部门或者其他依照法律规定行使环境监督管理权的部门根据所造成的危害后果处以罚款；情节较重的，对有关责任人员由其所在单位或者政府主管机关给予行政处分。

第三十九条　对经限期治理逾期未完成治理任务的企业事业单位，除依照国家规定加收超标准排污费外，可以根据所造成的危害后果处以罚款，或者责令停业、关闭。

前款规定的罚款由环境保护行政主管部门决定；责令停业、关闭，由作出限期治理决定的人民政府决定；责令中央直接管辖的企业事业单位停业、关闭，须报国务院批准。

第四十条　当事人对行政处罚决定不服的，可以在接到处罚通知之日起十五日内，向作出处罚决定的机关的上一级机关申请复议；对复议决定不服的，可以在接到复议决定之日起十五日内，向人民法院起诉。当事人也可以在接到处罚通知之日起十五日内，直接向人民法院起诉。当事人逾期不申请复议、也不向人民法院起诉、又不履行处罚决定的，由作出处罚决定的机关申请人民法院强制执行。

第四十一条　造成环境污染危害的，有责任排除危害，并对直接受到损害的单位或者个人赔偿损失。

赔偿责任和赔偿金额的纠纷，可以根据当事人的请求，由环境保护行政主管部门或者其他依照法律规定行使环境监督管理权的部门处理；当事人对处理决定不服的，可以向人民法院起诉。当事人也可以直接向人民法院起诉。

完全由于不可抗拒的自然灾害，并经及时采取合理措施，仍然不能避免造成环境污染损害的，免予承担责任。

第四十二条　因环境污染损害赔偿提起诉讼的时效期间为三年，从当事

人知道或者应当知道受到污染损害时起计算。

第四十三条 违反本法规定，造成重大环境污染事故，导致公私财产重大损失或者人身伤亡的严重后果的，对直接责任人员依法追究刑事责任。

第四十四条 违反本法规定，造成土地、森林、草原、水、矿产、渔业、野生动植物等资源的破坏的，依照有关法律的规定承担法律责任。

第四十五条 环境保护监督管理人员滥用职权、玩忽职守、徇私舞弊的，由其所在单位或者上级主管机关给予行政处分；构成犯罪的，依法追究刑事责任。

第六章 附则

第四十六条 中华人民共和国缔结或者参加的与环境保护有关的国际条约，同中华人民共和国的法律有不同规定的，适用国际条约的规定，但中华人民共和国声明保留的条款除外。

第四十七条 本法自公布之日起施行。《中华人民共和国环境保护法（试行）》同时废止。