第一章　绪论

今天人类所面对的严酷事实，是地球资源的行将匮乏和自然环境的日益恶化。正如英国著名生态学家爱·戈德史密斯所说：“全球的生态恶化可喻为第三次世界大战。由于这场大战，大自然在崩溃，在衰亡。如果让这种趋势继续发展下去，自然界将很快失去供养人类的能力。”因而，保护环境，防治污染及公害，节约资源和保证人体健康已迫在眉睫。

环境保护是我国的一项基本国策。随着社会主义现代化建设的发展和经济改革的深入，环境保护工作越来越引起人们的关心和重视。1992 年，联合国“环境与发展”大会以后，实行可持续发展战略，促进经济与环境协调发展已成为世界各国的共识。实践证明，以大量消耗资源、粗放经营为特征的传统经济发展模式，经济效率低、排污量大，不但使环境质量不断恶化，损害人民健康，而且也使经济难以持续发展。在建立社会主义市场经济和深化改革的过程中，勇于探索，勇于创新，尽快转变发展战略，开拓具有中国特色的环境保护道路，在经济持续、快速、健康发展的同时，创建一个清洁安静、优美舒适的劳动环境和生活环境，是历史赋予我们的光荣而艰巨的任务。要完成这样艰巨的任务，仅靠善良的愿望是不行的，而要实事求是地按客观规律办事。这就是认真学习，深刻理解人口、资源、发展、环境的辩证关系，彻底、广泛地通晓人类经济活动和社会行为对环境变化过程的影响，掌握其变化规律，提高对环境质量变化的识别能力，培养分析和解决环境问题的技能，增强保护和改善环境的责任感和自觉性。为此，这里要对环境、环境问题、环境科学和环境保护等作概括介绍。

第一节　环境与环境问题

一、环境

环境是人类进行生产和生活活动的场所，是人类生存和发展的物质基础。我们要以辩证的观点来认识“环境”。环境总是相对于某项中心事物而言的，它因中心事物的不同而不同，随中心事物的变化而变化。

对于环境科学而言，中心事物是人。环境主要指人类的生存环境。环境的含义可概括为“：作用在‘人’这一中心客体上的一切外界事物和力量的总和”。此话既包括了自然因素，也包括了社会和经济因素。但是，由法律所规定的环境却只是“自然因素的总体”。《中华人民共和国环境保护法》中明确规定“：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”。其包括以下两层含义：

第一，环保法所指的“自然因素总体”有两个约束条件：一是包括了各种天然的和经过人工改造的；二是并不泛指人类周围的所有自然因素（整个太阳系的、甚至整个银河系的），而是指对人类生存和发展有明显影响的自然因素的总体。

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第二，随着社会发展，环境概念也在发展。有人根据月球引力对海水的潮汐有影响的事实，提出月球能否视为人类的生存环境。回答是：现阶段没有把月球规定为人类的生存环境，因为它对人类的生存和发展影响太小了。但是，随着宇宙航行和空间科学的发展，总有一天人类不但要在月球上建立空间实验站，还要开发月球上的自然资源，使地球上的人类频繁来往于月球和地球之间。到那时，月球当然会成为人类生存环境的重要组成部分。所以，我们要用辩证的、发展的观点来认识环境。

二、环境问题

环境科学与环境保护所研究的环境问题主要不是自然灾害问题（原生或第一环境问题),而是人为因素所引起的环境问题(次生或第二环境问题)。这种人为环境问题一般可分为两类：

(1) 不合理地开发利用自然资源，超出环境承载能力，使生态环境质量恶化或自然资源枯竭的现象；

(2) 人口增加，城市化和工农业生产高速发展引起的环境污染与破坏。

总之，环境问题是指人类经济社会发展与环境的关系不协调所引起的问题。

1. 环境问题的由来与发展

从人类诞生开始就存在着人与自然对立统一关系，就出现了环境问题。从古到今随着人类社会的发展，环境问题也在发展，大体经历了四个阶段。

(1) 环境问题萌芽阶段（工业革命以前）。人类在诞生以后很长岁月里，只是天然食物的采集和捕食者，对环境的影响不大。人类主要是以生活活动、以生理代谢过程与环境进行物质和能量转换,主要是利用环境,而很少有意识地改造环境。那时的‘环境问题’主要是由于人口的自然增长和盲目的乱采乱捕、滥用资源而造成生活资料缺乏，引起饥荒问题。为了解除这种环境威胁，人类被迫学会了吃一切可以吃的东西，以扩大和丰富自己的食谱，或是被迫扩大自己的生活领域，学会适应在新的环境中生活的本领。随后，人类学会了培育植物和驯化动物，开始发展农业和畜牧业，这在生产发展史上是一次革命。但与此同时发生了相应的环境问题,如大量砍伐森林、破坏草原、刀耕火种、盲目开荒,往往引起水土流失严重、水旱灾害频繁和土地沙漠化;又如兴修水利,不合理灌溉,往往引起土壤的盐渍化、沼泽化,以及引起某些传染病的流行。

在工业革命以前虽然已出现了城市化和手工业作坊(或工场),但工业生产并不发达,由此引起的环境问题并不突出。

(2) 环境问题的发展恶化阶段（工业革命至 20 世纪 50 年代前）。随着生产力的发展，在 18 世纪 60 年代中叶至 19 世纪中叶，生产发展史上出现了一次伟大的革命——工业革命。它使建立在个人才能、技术和经验之上的小生产被建立在科学技术成果之上的大生产所代替，大幅度地提高了劳动生产率，增强了人类利用和改造环境的能力，大规模地改变了环境的组成和结构，从而也改变了环境中的物质循环系统，扩大了人类的活动领域，但与此同时也带来了新的环境问题。一些工业发达城市和工矿区的工业企业排出大量的废弃物污染环境，使污染事件不断发生。如:1873 年至 1892 年间英国伦敦多次发生可怕的有毒烟雾事件;19 世纪后期，日本足尾铜矿区排出的废水污染了大片农田;1930 年 12 月,比利时马斯河谷工业区工厂排出的有害气体，在逆温条件下造成了严重的大气污染事件；20 世纪 20 年代,美国西部出现了 3 次‘黑色风暴’。

如果说农业生产主要是生活资料的生产，它在生产和消费中所排放的“三废”是可以纳入物质的生物循环,而能迅速净化、重复利用的;那么工业生产除生产生活资料外,它大规模地进行生产资料的生产，把大量深埋于地下的矿物资源开采出来，加工利用投入环境之中，许多工业产品在生产和消费过程中排放的“三废”，都是生物和人类所不熟悉的、难以降解的、并难以同化和忍受的。

总之,由于蒸汽机的发明和广泛使用,大工业日益发展,生产力有了很大的提高,环境问题也随之发展且逐步恶化。

(3) 环境问题的第一次高潮(20世纪50年代至80年代以前)。环境问题的第一次高潮出现在20世纪50～60年代。20世纪50年代以后，环境问题更加突出，震惊世界的公害事件不断出现,如:1952年12月的伦敦烟雾事件，1953～1956年日本的水俣病事件,1961年的日本四日市哮喘病事件，1955～1972年日本的骨痛病事件。20世纪50年代,苏联盲目开荒,也先后出现过几次“黑色风暴”;使3亿亩农田受害;1968～1974年间，非洲撒哈拉大沙漠每年以50km的速度向南延伸，使撒哈拉地区生态遭到破坏，而且继续不断地向南延伸，生态恶化的趋势还没得到根本遏制。

第一次环境问题的高潮，主要是由以下因素造成的;

1) 首先是人口迅猛增加，都市化的速度加快。刚进入20世纪时,世界人口只有16亿，1950年增至25亿,1968年增至35亿,1980年增至45亿,目前有近60亿人口。1900年70万人口以上的城市,全世界有299座,而1951年增至879座，其中百万人口以上的城市约有69座。许多发达国家中，半数以上人口住在城市。

2) 工业不断集中和扩大,能源消耗增加,“三废”排放增多。1900年世界能源消耗量还不到10亿t煤当量,至1950年就猛增至25亿t煤当量;1956年石油的消耗量也猛增至6亿t,在能源中所占的比例加大,又增加了新的污染。

大工业的迅猛发展逐渐形成大的工业地带，而当时人们的环境意识很薄弱，所以第一次环境问题高潮的出现是必然的。由于环境污染的日趋严重，直接威胁到人们的生命和安全，成为重大的社会问题，激起广大人民的不满，并且影响了经济的顺利发展。

1972年，在瑞典斯德哥尔摩召开了第一次人类环境会议。这次会议对于人类认识环境问题是一个里程碑。工业发展国家把环境问题摆上了国家议事日程，包括制定法律、建立机构、加强管理、采用新技术。20世纪70年代中期环境污染得到了有效控制，城市和工业区的环境质量有了明显改善。

(4) 环境问题的第二次高潮(20世纪80年代后)。环境问题的第二次高潮是伴随环境污染和大范围生态破坏,在20世纪80年代初开始出现的一次高潮。人们共同关心的影响范围大和危害严重的环境问题有3类：

1) 全球性的大气污染,如“温室效应”、臭氧层破坏和酸雨;

2) 大面积生态破坏,如大面积森林被毁、草场退化、土壤侵蚀和荒漠化;

3) 突发性的严重污染事件迭起。如：印度博帕尔农药泄漏事件(1984年11月)前苏联切尔诺贝利核电站泄漏事故(1986年4月)德国莱茵河污染事件(1986年11月)等。

在1979～1988年间，严重的环境污染突发事件就发生了10多起,这些全球性大范围的环境问题严重威胁着人类的生存和发展，不论是广大公众还是政府官员，也不论是发达国家还是发展中国家，都普遍对此表示不安。1992年6月，里约热内卢环境与发展大会正是在

这种背景下召开的，这次会议是人类认识环境问题的又一里程碑。

前后两次环境问题的高潮有很大不同，有明显的阶段性：

其一，影响范围不同。第一次高潮主要出现在工业发达国家，是局部小范围的环境污染问题，如城市、河流、农田等 第二次高潮则是大范围，乃至全球性的环境污染和大面积的生态破坏。

这些环境问题不仅对某个国家、某个地区造成危害，而且对人类赖以生存的整个地球环境造成危害。这不但包括了经济发达国家，也包括了众多发展中国家。发展中国家不仅认识到全球性环境问题与自己休戚相关，而且本国面临的诸多环境问题，特别是植被破坏、水土流失和荒漠化等生态恶性循环，是比发达国家的环境污染危害更大、更难解决的环境问题。

其二，就危害后果而言，第一次高潮人们关心的是环境污染对人体健康的影响，环境污染虽然也对经济造成危害，但问题还不突出；第二次高潮不但明显损害人类健康，每分钟因水污染和环境污染而死亡的人数全世界平均达 28 人，而且全球性的环境污染和生态破坏已威胁到全人类的生存与发展，并严重阻碍经济的持续发展。

其三，就污染源而言，第一次高潮的污染来源尚不太复杂，较易通过污染源调查弄清产生环境问题的来龙去脉。只要一个城市、一个矿区或一个国家下决心，采取措施，污染就可以得到有效控制。第二次高潮出现的环境问题，污染源和破坏源众多，不但分布广，而且来源复杂，既来自人类的经济再生产活动，也来自人类的日常生活活动 既来自发达国家，也来自发展中国家。解决这些问题只靠一个国家的努力很难奏效，要靠众多国家，甚至全球人类的共同努力才行，这就极大地增加了解决问题的难度。

其四，第二次高潮的突发性严重污染事件与第一次高潮的“公害事件”也不同。一是带有突发性，二是事故污染范围大、危害严重、经济损失大。例如 印度的博帕尔农药泄漏事件(1984 年 11 月)，受害面积达 40km^2，据美国一些科学家估计，死亡人数在 0.6～1 万人，受害人数为 10～20 万人之间，其中有许多人双目失明或终生残疾。

2．环境问题的实质

(1) 环境问题的发展历程。从环境问题的发展历程可知：人为的环境问题是随着人类的诞生而产生，并随社会的发展而发展。从表面上看，工农业的高速发展造成了严重的环境问题，局部虽有所改善，但总的趋势仍在恶化。因而在发达的资本主义国家提出了“反增长”的错误观点。诚然，发达的资本主义国家实行高生产、高消费的政策，过多地浪费资源、能源，应该进行控制 但是，发展中国家的环境问题，主要是由于贫穷落后、发展不足和发展中缺少妥善的环境规划和正确的环境政策造成的。所以只能在发展中解决环境问题，既要保证环境，又要促进经济发展。只有处理好发展与环境的关系，才能从根本上解决环境问题。

(2) 环境问题的实质。环境是人类生存发展的物质基础和制约因素。造成环境问题的根本原因是对环境的价值认识不足，缺乏妥善的经济发展规划和环境规划。

环境的承载能力和环境容量是有限的，如果人口的增长、生产的发展不考虑环境条件的制约作用，超出了环境的允许极限，那就会导致环境的污染和破坏，造成资源的枯竭和人类健康的损害。国际、国内的事实充分说明了上述论点。

环境问题的实质是由于盲目发展生产、不合理地开发利用资源而造成的环境质量恶化和资源浪费、甚至枯竭和破坏。

(3) 几点有益的结论。环境保护从某种意义上讲，是对人类的总资源进行最佳利用的

管理工作。当资源以已知的最佳方法来利用，以求达到社会为其本身所树立的目标时，考虑到已知的或预计的经济效益、社会效益和环境效益，进行综合分析，优化开发利用资源的规划方案，那么资源的利用是合理的。

资源的不合理利用是由于对资源的价值认识不足，没有谨慎地选择利用的方法和目的，因而造成资源的不合理利用和浪费。不合理利用和消费资源的两种结果是：一是资源枯竭，二是资源的破坏，对不可更新或再生的资源来说更为明显，这里也包括野生动、植物种类的灭绝。因此，我们应做到合理地利用资源，尽力采取对环境产生最小有害影响的技术，并进一步研究如何根据长期的、综合性的计划并根据水、大气、土壤三种资源的经济与社会价值，来设计一个低消耗、高效益的社会经济系统，这才是解决环境问题的根本途径。

通过以上论述，我们可以得出三点有益的结论：

1) 人类要学会预料自己行为的长远后果，正确处理生产与生态环境、眼前利益与长远利益的关系；

2) 要认识生态环境对发展生产的制约作用，协调好两者的关系，既要发展经济满足人类日益增长的基本要求，又要不超出环境的允许极限，使经济能够持续发展，人类的生活质量得以不断的提高；

3) 要广泛地、彻底地通晓环境质量的变化过程。

环境调查、监测、研究、情报交流和评价，这一系列的环境质量评价过程是解决环境问题的重要手段。就当前来说，重点是控制工业污染和防治城市污染，实行以防为主，综合防治；同时又要重视自然保护，保护生物多样性，保护森林、草原，推广生态农业，合理开发利用自然资源，促进生态系统的良性循环。

3. 人类面临的全球性环境问题

人类面临以下 10 项全球性环境问题：

(1) 臭氧层空洞。在南北极都出现了大范围的臭氧层空洞。据预测，人类如不采取措施来保护臭氧层，到 2075 年，全世界将有 1.54 亿人患皮肤癌，1800 万人患白内障，农产品和水产品将大量减产，光化学烟雾的发生率将大大增加，将危及人类的生存和发展。

(2) 温室效应。由于人类活动，全球气候将变暖。据预测，到 2025 年，全球平均温升为 1℃，全球海平面将升高 20cm，将会引发一系列严重的问题。

(3) 酸雨。酸雨也称为“空中死神”，它可直接杀死森林、植被和农作物，使江河湖泊酸化，使鱼类灭绝，腐蚀建筑物和古迹，并危害人类健康。

(4) 物种灭绝。现在全世界有 25000 种植物和 1000 种脊椎动物处于灭绝的边缘，这是自恐龙消失以来最快的物种灭绝时代。物种灭绝速度加快，生态系统趋于简单化，将会使生态系统失衡，而地球上现存的物种一旦灭绝，就没有再生的可能。

(5) 森林锐减。森林是地球生物圈的重要组成部分。历史上地球曾有森林 76 亿 hm^2 19 世纪降到 55 亿 hm^2，而现在不足 3 亿 hm^2。现在，世界热带雨林的面积剧减，目前仍以每分钟 $20hm^2$ 的速度消失，照此发展，2030 年世界将无热带雨林。

(6) 土壤沙化。现在沙漠已占地球土地总面积的 1/4，全世界每年仍有 600 万 km^2 的土地继续出现沙漠化，或有沙漠化危险，现在沙漠化仍影响世界约 1/6 人口的生活。

(7) 水资源短缺和水污染。据统计，全世界有 100 多个国家缺水，发展中国家有 3/4 的农村人口和 1/5 的城市人口得不到安全卫生的饮用水，而水污染又加重了水源危机，80% 的

需要全本请访问 www.ertongbook.com

疾病和 1/3 的死亡率与水污染有关。

(8) 海洋环境污染与水土流失。每年约有 $4\times10^{13}m^3$ 的污水,200 亿 t 污染物,150 万 t 石油进入海洋，水土流失也日益严重。

(9) 固体废弃物污染。固体废弃物包括生活垃圾和工业固体废弃物。近年来，生活垃圾数量猛增，对其处理已成为沉重的负担，而工业固体废弃物中包含有放射性和剧毒的废物，直接或间接威胁着人类健康和地球的生态系统。最近，垃圾出口之风越演越盛，危险废物由发达国家向发展中国家转移，其严重后果不堪设想。

(10) 有毒化学品污染。现在世界上约有 500 万种化学品，对人体健康和生态系统有害的约 3 万多种,具有致癌、致畸、致突变的有 500 余种。同时每年要有几万种新的化学品问世，由此带来的有毒化学品污染事故也日益增多。

因此人类应该合理地保护和利用自然环境和资源，而不是对其进行掠夺性的破坏和榨取。为造福人类，贻惠子孙后代，必须唤起民众觉悟并以法律手段保护人类的生存环境。

我国一直很重视环境保护工作，特别是近些年来相继颁布了有关保护环境和自然资源，防治污染和其他公害的一系列法律法规,如《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国水污染防治法》、《中华人民共和国大气污染防治法》、《中华人民共和国野生动物保护法》、《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国土地法》等,使环境保护工作走上了法制轨道。

第二节　环境科学

一、环境科学研究的内容及分科

环境科学是在现代社会经济和科学发展过程中形成的一门新兴的综合性学科，它在我国的历史很短 ,1973 年以后才开始建立。这门学科的研究对象、研究内容和学科体系都还未完全定型，尚属一门蓬勃发展中的学科。

1. 环境科学研究的主要内容

(1) 环境科学研究的核心问题是环境质量的变化和发展规律。

(2) 环境科学研究的主要内容：①研究在人类活动影响下，环境质量的发展规律及其对人类的反作用；②研究解决如何控制环境质量的变化和改善环境质量。当前的研究重点是控制污染和改善环境质量，包括污染的综合防治、自然保护和促进人类生态系统的良性循环。

人类对环境的被污染破坏和环境质量的认识是逐步扩大和深入的。环境质量不仅要从化学环境质量和对人类健康的适宜程度来判断，而且要考虑到是否有利于经济发展，以及美学上令人愉快的要求。它既包括自然环境质量(物理环境、化学环境及生物环境质量),同时也包括社会环境、经济环境等方面的内容。

2. 环境科学的分科

环境科学是综合性的新兴学科，已逐步形成多种学科相互交叉渗透的庞大的学科体系。但当前对其学科分科体系尚有不同的看法。现将普遍认为的一种分科方法介绍如下，如图 1-1 所示。

环境科学按其性质和作用可划分为三部分：基础环境学、应用环境学及环境学。

基础环境学与应用环境学分别是基础科学(物理、生物、化学等)和应用科学(如工程技

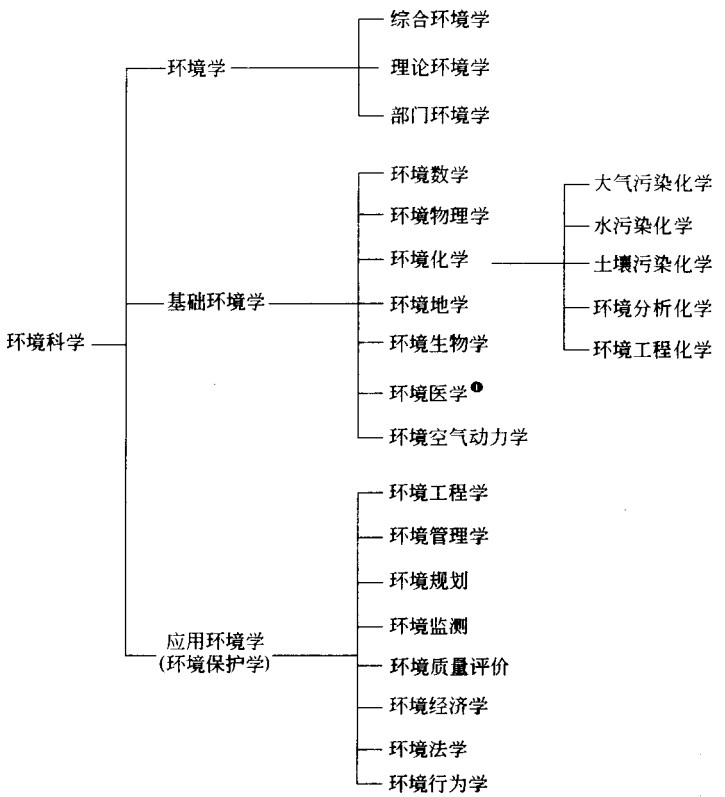

图 1-1　环境科学分析体系示意图

术、管理科学等）等多种学科，从各自的角度应用本学科的理论和方法研究解决环境问题而产生的学科分支，有些分支在环境科学形成以前就已形成。这些学科分支是从一个或几个老的学科交叉渗透而产生出的新分支。这些新分支已不同于原来的老学科，因为它们有新的特定研究对象——“人类-环境”系统，但又是从老学科派生出来的，其理论体系与老学科仍有从属关系。下面以环境化学和环境工程学为例加以说明。

（1）环境化学的形成及主要内容。运用化学的理论和方法研究环境问题，在20世纪60年代初即形成了环境化学。

现实中的环境问题，如1952年伦敦的烟雾事件，4天中死亡人数较常年同期约多4000人；但是1962年12月的伦敦烟雾事件死亡率大大降低，这引起了人们的注意。两次事件中SO_2的浓度无显著变化，只是飘尘的浓度1962年比1952年显著降低。经过化学家研究，尘粒上所附着的Fe_2O_3可促使大气中的SO_2氧化成SO_3，因而形成硫酸雾，其危害比SO_2大得多。

由于运用了化学的理论分析方法，对大气、水、土壤环境中的化学污染物特性、发生机理、迁移转化规律进行研究，因而产生了大气污染化学、水污染化学、土壤污染化学。为了进行环境污染化学的研究，就必须对化学污染物进行分析监测，因而导致了环境分析化学的产生。

在上述的基础上，运用化学原理研究污染物的回收、利用或无害处理（分解为简单的化合物）等化学治理技术，产生了环境工程化学，以上这些都是环境化学的内容。

❶ 环境医学是介于基础环境学与应用环境学之间的分支学科。这类学科很难严格划分。

从科学理论体系上看，环境化学是化学的一个学科分支，但它又以化学环境与人类的关系为研究对象，所以它也是环境科学的一个学科分支。

(2) 环境工程学的形成。环境工程学是在人类同环境污染作斗争，保护和改善人类生存环境的过程中形成的。随着给排水工程、卫生工程等逐步发展，形成了这门技术学科。

20世纪以来，根据化学、物理学、生物学、医学等的基础理论，运用卫生工程、给排水工程、化学工程、机械工程等技术原理和手段，研究解决大气环境、水环境、固体废弃物、声环境等的污染问题，使治理技术有了较大发展，逐渐形成了治理技术的单元操作、单元过程，以及某些水体和大气污染治理工艺参数。 1962 年美国出版了第一期《环境工程》杂志，环境工程学逐渐形成。环境工程学是由多个老学科交叉渗透而产生出的新分支学科。

(3) 环境学的形成。环境学与以上两类学科不同，它形成的时期较晚。 20 世纪 70 年代中期发展起来的‘ 人类生态学 ’综合运用环境生物学、环境地学、经济学、社会学等各种基础理论，统一研究人类与环境系统相互作用的规律及机理，使环境科学逐渐形成独立的、统一的环境学的理论核心和基础。它不再属于老学科的理论体系，而是开始建立环境科学独立的学科体系。70 年代末开始出现了理论环境学。

理论环境学的主要任务：1)研究人类生态系统的结构功能，生态流的运行规律；2)研究环境质量变化对人类生态系统的影响； 3)确定导致人类生态系统受到损害或破坏的极限；4)寻求控制人类环境系统的最佳方案。

理论环境学的主要内容：1)环境科学的方法论；2)环境质量综合评价的理论和方法；3)环境综合承载能力的分析；4)经济与环境协调度的分析；5)环境区划理论及合理布局的原理和方法；6)生产地域综合体优化组合的理论和方法等。

理论环境学研究的最终目的：建立一套调节和控制“ 人类 -环境 ’系统的理论和方法，促进人类生态系统的良性循环，为解决环境问题提供方向性、战略性的科学依据；以理论环境学作为核心和基础，逐渐形成一个新的、独立的、不从属于老学科理论体系的环境学分科体系(见图 1-2)。

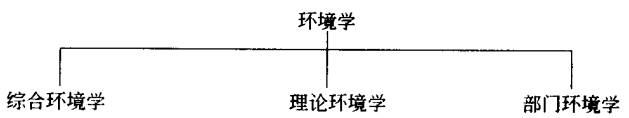

图 1-2 环境学分科体系

二、环境保护科学

概括地说，环境保护就是运用现代环境科学的理论和方法，在合理开发自然资源的同时，深入认识并掌握污染和破坏环境的根源和危害，有计划地保护环境，预防环境质量的恶化 控制环境污染和破坏，保护人体健康，促进经济与环境协调发展，造福人民，贻惠子孙后代。

20世纪 50 年代以后提出了环境保护概念，它有两方面的含义：一是环境保护科学；二是环境保护工作。二者相互联系、相互促进，缺一不可。环境保护的内容世界各国不尽相同，同一个国家在不同时期内容也不同。但一般包括两个方面：一是保护和改善环境质量，保护居民的身心健康，防止机体在环境污染影响下产生遗传变异和退化；二是合理开发利用自然资源，减少或消除有害物质进人环境，保护自然资源，加强生物多样性保护，维护生物资

源的生产能力，使之得以恢复和扩大再生产。

1．环境保护科学

环境保护科学是环境科学的一个组成部分，它主要包括环境保护技术工程与环境保护管理工程。具体分为 4个学科：环境工程学、环境管理学、环境经济学和环境法学。它主要研究“人类-环境”系统的调节控制、利用与改造。当前着重研究环境污染的综合防治、环境预测及环境规划，运用工程技术手段和各种管理手段控制污染，促进生态系统的良性循环，保护环境和改善环境质量。

2．环境保护工作

环境保护工作的内容各国不尽相同，但大致都包括两方面内容：

1) 保护和改善环境质量，保证居民的身心健康，防止机体在环境的影响下产生变异和退化；

2) 合理利用自然资源,减少或消除有害物质进入环境,保护自然资源(包括生物资源),恢复和扩大再生产，以利于人类生命的活动和延续。

概括起来,环境保护工作就是运用环境科学的理论和方法,并采取行政的、法律的、经济的手段，在合理利用自然资源的同时，深入认识和掌握污染与破坏的根源和危害，有计划地保护环境、预防环境质量恶化、控制环境污染,促进生态环境的良性循环,不断提高人类的环境质量、造福人类,贻惠子孙后代。

3．环境工程学

环境工程学是环境保护科学的一个分支，它属自然科学范畴。环境工程学是运用工程技术的原理和方法，防治环境污染，合理地利用自然资源，保护和改善环境质量。主要研究内容有大气污染防治工程、水污染防治工程、固体废弃物的处理和利用、噪声控制等,并研究污染的综合防治，以及运用系统分析和系统工程方法，从区域环境的整体上寻求解决环境问题的最佳方案。此外，环境工程学还研究控制污染的技术经济问题，开展工程技术发展的环境影响评价工作，以便为合理规划提供依据。

4．环境管理学

环境管理学也是环境保护科学的一个分支，它属于社会科学范畴。环境管理学主要研究采用行政的、法律的、经济的、教育的和科学技术的各种手段调整社会经济发展同环境保护之间的关系，处理国民经济各部门、各社会团体和个人有关环境问题的相互关系，通过全面规划和合理利用自然资源，达到保护环境和促进经济发展的目的。

5．环境经济学

环境经济学也是环境保护科学的一个分支，它属于社会科学范畴。环境经济学主要研究经济发展和环境保护之间的相互关系，探索合理调节人类经济活动和环境之间的物质交换的基本规律，其目的是使经济活动能取得最佳的经济效益和环境效益。

6．环境法学

环境法学也是环境保护科学的一个分支，它也属于社会科学范畴。它主要研究关于保护自然资源和防治环境污染的立法体系、法律制度和法律措施，目的在于调整因环境而产生的社会关系。

环境是一个有机的整体，环境污染又是极其复杂的、涉及面相当广的问题。因此在环境保护科学的发展过程中,环境科学的各分支学科虽然各有特点,但又相互渗透、相互依存,它们是环境保护科学乃至环境科学这个整体不可分割的组成部分。

三、保护环境的可持续发展战略

1．可持续发展的提出

可持续发展的提出并不是根据某些人的主观意志，而是历史发展的必然。1972 年 6 月 5 日(第一个世界环境日)联合国在瑞典首都斯德哥尔摩召开了“联合国人类环境会议”,会议通过了《人类环境宣言》并制定了行动计划。宣言分为两部分：第一部分扼要叙述了人与环境的关系，规定了在保护和改善人类生存环境方面所采用的七个共同原则；第二部分阐述了在保护和改善人类生存环境方面所采用的共同原则所申明的信念。就有关自然保护、生态平衡、污染防治、城市化、人口、资源、经济、环境责任及赔偿、核试验、发展中国家的需求等一系列范围广泛的人类环境问题,从环境道德、环境战略、环境法则的不同角度,表明了与会者的“共同信念”。由于这些观点和原则并没有真正被世界各国的决策层所接受,到 1982 年 5 月 1 日至 18 日在内罗毕召开的人类环境特别会议检查发现，斯德哥尔摩行动计划并未收到实效。这主要是由于对于环境保护的长远利益缺乏足够的预见和理解，在方法和努力方面没有进行充分的协调，以及由于资源匮乏和分配不均。……人类的一些无法控制的或无计划的活动使环境日趋恶化。

从 1972 年斯德哥尔摩会议到 1982 年的内罗毕会议,经历了 10 年,虽然 20 世纪 70 年代中期发达国家的城市环境污染状况有明显好转，但这只是局部有所改善，而整体环境仍在恶化,20 世纪 80 年代出现了第二次环境问题的高潮。20 世纪 80 年代末 90 年代初全球性的严重的环境问题已威胁到人类的生存和发展。

全球性环境的恶化，引起了人们的深刻反思。1987 年联合国世界环境与发展委员会(WECD)把经过 4 年研究和充分论证的报告《我们共同的未来》提交给联合国大会,正式提出了可持续发展的模式。这种模式既包含了对传统发展模式的反思和批判，也包含了对规范的可持续发展模式的理性设计。就理性设计而言，可持续发展表现在：1)工业应当是低消耗高效益；2）能源应当被清洁利用；3)资源永续利用；4)粮食保障长期供给；5)人口与资源保持相对平衡；6)经济与环境协调发展等许多方面。这表明了世界各国都已意识到要从根本上解决环境与发展问题，必须转变发展战略，从传统的发展模式转变为可持续发展模式。

为了促进可持续发展战略的实施,1992 年 6 月在巴西里约热内卢召开了联合国环境与发展大会。与相隔 20 年的斯德哥尔摩的人类环境会议相比，审视人类走过的足迹，可以发现经过 20 年的实践和反思，人们对环境与发展的辩证关系和全球环境问题的严峻形势，取得了深刻而一致的共识，并明确了责任。主要责任直接或间接地来自工业发达国家，这是公认的历史事实。当然明确发达国家对环境问题应负主要责任，也不能掩饰发展中国家的责任。除了历史上的原因之外，发展中国家的环境问题主要是对环境与发展的关系处置不当或管理不善造成的，而且呈发展趋势。还有这次会议非常重要的一点是：这次大会找到了环境问题的根源，找到了解决环境问题的正确道路，世界各国普遍接受了“可持续发展战略”。回顾 1972～1992 年的发展历程，可以清楚地看出，走可持续发展的道路是人类经过深刻反思后所做出的惟一正确的选择，是历史发展的必然。

2．可持续发展的概念和实质

(1) 可持续发展的概念。世界环境和发展委员会在 1978 年发表的《我们共同的未来》报告中,对可持续发展定义为“:既满足当代人的需求,又不危及后代人满足其需要的发展”。英国经济学家皮尔斯和沃福德在 1993 年所著的《世界无末日》一书中提出了如下的定义：

“当发展能得到当代人的福利增加时,也不应使后代人的福利减少”。

对可持续发展的定义当然不只以上两种，但概括起来不外乎以下两个要点：1)发展必须受到制约。人类应坚持与自然和谐的方式，追求健康而富有生产成果的生活，这是人类的基本权利；但却不应凭借手中的技术与投资，以耗竭资源、污染环境、破坏生态的方式求得发展。2)代际应保持公平。当代人在创造和追求今世的发展与消费时，应同时承认和努力做到使自己的机会和后代人的机会相平等，所以，绝不能剥夺或破坏后代人应当合理享有的发展与消费权利。

(2) 可持续发展的实质：

1) 从生理理论的角度来分析。可持续发展是人类生态系统协调稳定的运行状态，包括：生态流的运行保持在一种稳定状态，即不随时间推移而衰减；人类生态系统的协调稳定运行状态，是一种可持续保持的无限永恒存在的状态；可持续运行的生态系统的生产功能、生活功能、还原功能、调节功能可以始终保持着提供资源和服务的潜力。

2) 从环境与发展的角度分析。从现实的环境与发展综合决策来考虑，可持续发展的思想实质是：尽快发展经济，满足人类日益增长的基本要求，但经济的发展不应超出环境的允许极限,经济与环境必须协调发展,保证经济、社会持续发展。其可持续发展的实质包括:对可更新资源的开发利用速度不超过其更新速度；对不可更新资源的开发利用速度不超出其可更新替代物的开发速度;污染物的排放总量(包括累积量)不超过环境容量。

3. 可持续发展与生态建设

可持续发展是经济可持续性、社会可持续性、生态可持续性的综合统一体。《中国 21 世纪议程》在第二章“中国可持续发展的战略与对策”中指出:“建立可持续发展的经济体系、社会体系和保持与之相适应的可持续利用的资源和环境基础”。在 1999 年 3月中央人口资源环境工作座谈会上,江泽民同志指出:“促进我国经济和社会的可持续发展,必须保持在经济增长的同时,控制人口增长,保护自然资源,保持良好的生态环境”;这是根据我国国情和长远发展的战略目标而确定的基本国策。

综上所述,可持续发展以经济发展为中心,如果经济搞不上去,社会发展、环境保护和资源持续利用也不可能；但可持续发展的关键是可持续，因而经济的持续发展必须以可持续利用的资源和良好的生态环境作为基础，没有这个基础的支持，经济的持续发展是不可能的。生态建设的作用就在于提供足够的措施保证资源可持续利用并保持良好的生态环境，所以，生态建设是为可持续发展建立坚实的基础。

4. 中国有关实施可持续发展战略的对策、方案及行动计划

中国有关实施可持续发展战略的对策、方案及行动计划见表 1-1。

表 1-1 中国有关实施可持续发展战略的对策、方案及行动计划（1992 年 8 月～1996 年 4 月）

项目 / 序号	名称	批准机关和日期	主要内容
1	中国环境与发展十大对策	中共中央、国务院,1992 年 8 月	指导中国环境与发展的纲领性文件
2	中国环境保护战略	国家环保局、国家计委,1992 年	关于环境保护战略的政策性文件

需要全本请访问 www.ertongbook.com

续表 1-1

项目 / 序号	名　称	批准机关和日期	主要内容
3	中国逐步淘汰破坏臭氧层物质的国家方案	国务院,1993 年 1 月	履行《蒙特利尔议定书》的具体方案
4	中国环境保护行动计划(1991～2000)	国务院,1993 年 9 月	全国分领域的 10 年环境保护行动计划
5	中国 21 世纪议程	国务院,1994 年 4 月	中国人口、环境与发展白皮书,国家级的《21 世纪议程》
6	中国生物多样性保护行动计划	国务院,1994 年	履行《生物多样性公约》的具体行动计划
7	中国温室气体排放控制问题与对策	国家环保局、国家计委,1994 年	对中国温室气体排放量清单及削减费用分析、研究,提出控制对策
8	中国环境保护 21 世纪议程	国家环保局,1994 年	部门级的《21 世纪议程》
9	中国林业 21 世纪议程	林业部,1995 年	部门级的《21 世纪议程》
10	中国海洋 21 世纪议程	国家海洋局,1996 年 4 月	部门级的《21 世纪议程》

第三节　我国的环境保护战略及基本途径

确定环境保护战略的目的是协调环境保护和经济发展的关系，保障人类生存条件，促进国民经济和社会持久健康地发展。环境保护战略的指导思想是：以强化环境管理为中心，以合理开发利用资源为核心，用环境管理经济与环境协调发展的理论保护环境，防止环境污染,造福人类,贻惠子孙。

联合国环境与发展会议（UNCED）之后,中国政府重视自己承担的义务。中共中央、国务院于 1992 年 8 月批准转发的《环境与发展十大对策》是中国所制定的第一份环境与发展方面的纲领性文件。

中国 21 世纪人口、环境与发展白皮书——《中国 21 世纪议程》,已于 1994 年 4 月经国务院批准。它将成为中国制定国民经济和社会发展中长期计划的一个指导文件，并在“九五”计划和 2010 年规划的制定中，作为重要目标和内容得到体现。

一、防治污染的战略方针

1. 正确处理发展工业生产与保护环境的关系，在发展过程中防治污染

工业生产过程是联系自然环境与人类消费过程的中间环节，它由环境取得资源、能源，经过系统内部的物质交换过程,最终将社会产品供给人类消费 同时,将废物排入环境,造成环境污染与破坏。由于资源开发超出了环境的承载能力，开发方式不当破坏了生态环境；或工业生产过程排污量大,超出了环境容量(自净能力);工业产品本身对环境的污染 经过人类消费变为废物排入环境，引起污染。

防治工业污染，重点在防；不能只着眼于已引起的污染与破坏，单纯强调治理措施。要

在发展生产的过程中防治污染,即在制订发展规划、执行计划(建厂、投产)维持工业生产的正常运转及改扩建过程中都应考虑环境保护要求，使生态要求与经济要求统一起来，经济效益与环境效益统一起来。

2．大力开展综合利用，提高工业生产过程中的资源转化率与利用率

综合利用包括 进入生产系统资源的综合利用、重复利用、循环利用,提高资源转化率和“三废”资源化等。综合利用的另一方面是减少污染流失，保护和改善环境。

所以，要全面分析环境效益与经济效益，鼓励采用经济效益好而环境效益也好的技术措施；或经济效益稍差而环境效益显著的技术措施。

3．以防为主,防治结合,综合治理

实践证明,防治污染必须以防为主,在“防”字上狠下功夫 而且要从规划、建厂、投产、正常运转等环节,层层把关,杜绝漏洞。

防治污染要做到全面规划，合理布局。各地区、各部门在制定国民经济发展计划时，既要从生产出发，又要充分重视保护和改善环境；要统筹兼顾，全面安排。在制定经济发展规划的同时，要制定保护和改善环境的规划，并认真组织实施。开展环境影响评价，采用无污染工艺,坚持“三同时”,即防治污染的措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用等以预防为主的措施，从根本上解决环境问题。

城市和工业区的建设要以生态理论为指导，工业布局要考虑生态要求，执行大分散、小集中，多搞小城镇企业的方针。大城市一般不再建大型企业，必建项目置于远郊区；污染严重的企业不得在城镇的上风向和水源上游；城市居民稠密区，不准建有害环境的工厂，已建的要改造或搬迁 风景区、自然保护区、重要水源地等对工业生产生态敏感度大的地区,不准建厂。为合理设计“地域生产综合体”,要研究各工业部门之间的物质流和能量流,使一个地区的工业布局真正符合生态规律与经济规律。

综合治理就是从工业污染防治系统的整体出发，而不是单纯着眼于排放口，要进行综合分析。在此基础上运用各种防治措施，而不只是单项治理技术，必须组成能满足环境目标要求的各种方案，进行经济效益分析，选取最优方案。在综合治理中要处理好以下几种关系：1)人为防治措施与合理利用环境自净能力的关系； 2)规划管理措施与技术防治措施的关系；3)分散的厂内治理与区域综合防治的关系；4)综合利用与无害化处理的关系；5)环境目标与生产目标的关系及环境效益与经济效益的关系。

4．以生态理论为指导，制定工业部门的技术政策

20 世纪 70年代以来，生态学的研究重点，逐步从以生物界为主体的自然生态系统的研究，过渡到以人类为主体的社会生态系统的研究。如研究人类经济活动与自然环境相互作用的规律与机理；城市生态系统的结构与功能的研究；工业结构、布局与环境质量的关系分析等。

现代生态学在经济、社会发展中正发挥着越来越重要的作用，它为促进生态系统的良性循环和保护自然资源出谋划策，为环境污染综合防治提供科学依据。以生态理论为指导，组织人类的经济、社会活动的必要性，已为越来越多的人所认识。所以，工业部门制定技术政策必须以生态理论为指导。在实际工作中需要考虑下列原则：1)工业部门的技术改革必须有利于促进生态系统的良性循环；有利于使生产的排污量最少。如使用清洁生产设备和工艺，禁止或限制使用有毒、有害原料及采用排污量大的工艺设备；不允许采用不符合环境保

护要求的技术改造方案；鼓励能促进生态良性循环的技术开发活动，禁止或限制采用会引起生态破坏的技术路线。2)工业部门的技术政策要有利于建立低消耗、高效率的工业结构。如鼓励耐用消费品的生产 鼓励设计、生产便于回收利用的产品 鼓励研究、推广节能、低污染的燃烧设备；鼓励节水工艺；鼓励提高资源的转化率和利用率。3)工业部门的环保技术政策,要提倡适合我国国情的控制污染的新技术,要讲实效、具有特色 要鼓励对控制污染的技术进行环境技术经济评价,选取最佳适用技术 鼓励‘三废’回收,禁止‘三废’转移、污染搬家的技术措施。4)工业部门的技术政策应明确，建厂设计、工业区的设计，实质上就是人工生态系统的设计，必须坚持以生态理论为指导。

二、防治污染的基本途径

从国情出发，防治工业污染的途径有以下 4 个方面。

1．调整工业布局结构

从生态观点来看，工业结构影响着人工生态系统的结构和功能，调整工业结构是防治污染、改善人工生态系统的重要措施。工业结构的主要内容是反映一定体系中产业部门的比例关系。一个地区的工业结构应符合社会劳动地区分工和社会再生产顺利进行的要求，应该与资源和环境特征相适应。工业布局是否合理表现为：1)厂址是否选在了生态敏感区,形成厂区后的生态适应度如何；是否已在不适宜或只是大体适宜的地区建厂；2)污染源密度是否合理，是否合理地利用了环境容量；3)从生态和经济观点综合分析,是否构成‘工业生产—资源—环境’的最优组合,是否形成物质流、能量流合理的生产地域综合体。

2．结合技术改造,控制工业污染

发展生产和改善环境质量都应建立在技术高度发展的基础上，要结合国情对工业生产规模、生产工艺、生产设备及环境污染防治技术措施等进行环境技术经济评价，选择适合我国国情的防治工业污染的技术改造方案与最佳可行技术。

我国环保法中明确规定：“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”。这是控制污染的关键问题之一。

3．加强工业企业的环境管理

在企业的环境保护工作中，要把企业的环境管理放在首位。我国环保法中规定：“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，国家采用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”。在发展生产的同时，必须预测生产所带来的环境影响，作出恰当的环境决策，确定出可行的环境目标，制定企业的环境保护规划和计划，指导工业污染的防治工作。所以，企业的环境规划和环境决策，是企业环境管理的核心，对企业的环保工作起指导作用。

为了加强企业的环境管理，正确认识和妥善处理发展生产与保护环境的关系，必须注意抓好以下三个环节：1)建立环境责任制和环境保护经济责任制；2)建立企业环境保护指标体系，环保指标要纳入生产计划和考核企业经营成果的轨道；3)要有控制污染物流失的科学方法和途径。

4．回收利用与净化处理排泄物

对于工业排泄物，首先要考虑作为一种资源进行综合利用和回收利用。但要注意两点：1)尽量提高资源转化率和压缩排放量以后再考虑回收利用；2)不只考虑本厂内综合利用,也

要考虑区域内各工厂之间的综合利用，设计合理的地域性生产综合体。暂时没有回收利用价值的污染物，其排放量超出环境容量时，必须净化处理。

上述防治工业污染的四条基本途径是相互关联、相互制约的，应该从工业污染控制系统工程的观点出发，将这四个方面结合起来进行系统分析，选取整体优化方案。只有这样，才能使环境保护工作有方向、有目标、有措施，才能在发展生产的同时，保护好我们赖以生存的环境，促进人类社会文明建设。

第四节　公民应享有的环境权

为保护和改善居民的生活质量，保障人体健康，促进社会主义建设事业的可持续发展，我国公民应享有一定的环境权。

（1）公民在良好、适宜、健康环境中生活的权利。这是保障公民身体健康的首要条件，也是公民环境权内容的基本组成部分。具体内容包括：

1）宁静权，指公民有不受噪声、振动污染的权利；

2）日照权，指公民有享受阳光照射不被阻挡的权利；

3）通风权，指公民有享受周围环境良好通风条件的权利；

4）眺望权，指公民享有视线不被阻挡的权利；

5）清洁水权，指公民享有饮用清洁、卫生水的权利；

6）清洁空气权，指公民有呼吸新鲜、清洁空气的权利；

7）优美环境享受权，指公民享有对风景名胜区等具有特殊文化价值的环境观赏游玩的权利。

（2）公民享有参与国家环境管理的权利。

（3）公民有对污染破坏行为进行监督、检举和控告的权利。根据我国《环保法》的规定，一切单位和个人都有权对污染和破坏环境的单位和个人进行检举和控告。

第二章　环境污染物的来源及其危害

第一节　环境污染物的分类

环境污染按其生成原因可分为自然污染和人为污染两大类。两者相比，人们对人为环境污染更为关注，采取各种措施，甚至使用法律手段来防治污染。

根据环境要素不同，环境污染又可分为大气污染、水体污染、土壤污染和食物污染等。按污染物性质不同，可分为化学性污染、物理性污染和生物性污染三种。其中化学性污染是大量的、广泛的。人为环境污染按其来源可分为工业污染、交通运输污染、农业污染和生活污染等。

大气污染物可分为一次污染物和二次污染物。直接从各排放源进入大气中的各种气体、蒸汽及尘粒称为一次污染物。一次污染物在大气中相互作用或与大气中原有成分发生反应生成的一系列新的大气污染物称为二次污染物。如二氧化硫、硫化氢被氧化而生成的三氧化硫、硫酸、硫酸盐；一氧化氮被氧化而生成的二氧化氮、硝酸、硝酸盐 氮氧化物、碳氢化合物和烟尘在阳光下生成的光化学烟雾等都是二次污染物。常见的空气污染物主要有硫化物、氮化物、卤化物、碳氧化物、碳氢化合物、氧化剂等。

一、环境污染物的分类

根据污染物的性质不同，环境污染物可分为以下几种。

1．化学性污染物

(1) 无机有害污染物 酸、碱、无机盐类，如硫酸盐、硝酸盐、氯化物等。

(2) 无机有毒污染物 汞、镉、铅、镍及氟化物、氰化物等。

(3) 有机有毒污染物 多环芳烃、多氯联苯、酚及有机氯、有机磷农药等。

2．物理性污染物

(1) 噪声污染 工业噪声、交通噪声、生活噪声及气象噪声(打雷下雨、山崩海啸、地震等发出的噪声)。

(2) 放射性污染：核电站、核爆炸实验、医药和科研等利用放射性物质时（或事故泄漏时)排放的污染物，如镭、钍、钴、锶、铀、钚等。

(3) 电磁波污染 工业高频加热设备，介质干燥设备，无线电广播通讯设备，高压输电线及变配电设备等发出的电磁波。

3．生物性污染物

(1) 病菌 由于水污染传播的病菌有痢疾、伤寒、副霍乱等。

(2) 病毒 肠道病毒、麻疹病毒、流感病毒、腺病毒、乙肝病毒等。

(3) 寄生虫 蛔虫、血吸虫、钩虫等。

二、常见气体污染物分类

(1) 硫化物 二氧化硫、三氧化硫、硫酸雾、硫酸盐等。

(2)氮化物 一氧化氮、二氧化氮、氨、硝酸盐等。

(3)卤化物 氯、氯化氢、氟化氢等。

(4) 碳氧化物：一氧化碳、二氧化碳等。

(5) 碳氢化合物 醛、酮、苯、多环芳烃等

(6) 氧化剂：臭氧、过氧乙酰硝酸脂等。

三、水体污染物分类

(1) 无机有害物 水溶性氯化物、硫酸盐、酸、碱等。

(2)无机有毒物 铅、汞、砷、镉、铬、氟化物、氯化物等。

(3) 耗氧有机物 碳水化合物、蛋白质、油脂、氨基酸等。

(4)植物营养物 铵盐、磷酸盐、氮、磷、钾等。

(5)有机有毒物 酚类、有机磷农药、有机氯农药、多环芳烃、苯等。

(6) 病原微生物 病菌、病毒、寄生虫。

(7) 放射性污染物 铀、钚、钍、锶、铯、镭、钴等。

(8)热污染物 含热废水。

四、土壤污染分类

(1) 水污染型土壤：如用被污染的水灌溉农田或渗井、渗坑排水形成的污染，可造成土壤深部污染。

(2) 大气污染型土壤：大气污染物降到地面造成的污染，污染物多在土壤表层积累。

(3) 混合污染型土壤：靠近工厂附近的土地同时受废水和废气的污染，有时还受到周围固体垃圾的污染。

五、环境污染物浓度

1. 环境污染物浓度的表示方法

环境污染物浓度的表示方法如表 2-1 所示。

表 2-1 环境污染物浓度表示方法

环　境	表示方法	换算关系
空　气	毫克/米^3(mg/m^3)，微克/米^3(μg/m^3) ppm、ppb、ppt 降尘：公斤/小时(kg/h) 吨/(公里^2·月) (t/km^2·月)；苯并(a)芘： 微克/100 米^3(μg/100m^3)	0℃，一个大气压时 $1ppm=\frac{分子量}{22.4}mg/m^3$ 20℃，一个大气压时 $1ppm=\frac{分子量}{24.05}mg/m^3$ 25℃，一个大气压时 $1ppm=\frac{分子量}{24.47}mg/m^3$
水　体	毫克/升(mg/L)、微克/升(μg/L) ppm(百万分之一)、ppb(十亿分之一)、 ppt(万亿分之一)	1ppm=1mg/L 1ppb=1μg/L
土壤、食品、生物	毫克/公斤(mg/kg) 微克/公斤(μg/kg) ppm、ppb、ppt	1ppm=1mg/kg 1ppb=1μg/kg

需要全本请访问 www.ertongbook.com