

1 环境与人类

1.1 我们生存的环境

自然环境是人类生生不息的物质基础，为人类的生存提供了一切条件。而人类为了更加美好地生存，又不懈地适应着环境，改造着环境。由于现代文明对自然环境的破坏，保护和改善环境已经成为人类维护自身生存和发展的重要课题，并且越来越深入人心。在我们这颗星球上，从茫茫天宇到浩瀚的海洋，从亚马逊河岸的原始森林到撒哈拉大沙漠，从尼罗河畔到扬子江边，不分国别，不分种族，不分肤色，不分阶层，无论是国家首脑、政治家，还是科学家、企业家、平民百姓，无论是耄耋老人，还是正在读书的孩子，都在为保护环境、拯救地球而奔走呼号，投入巨大的热情和行动。

什么叫“环境”呢？环境总是相对于某项中心事物而言，与某一中心事物有关的周围事物就叫做该中心事物的环境。对于环境科学来说，中心事物是人，环境主要是指人类的生存环境。一般把围绕人类的空间，以及其中可以直接或间接影响人类生活和发展的各种自然和社会因素的综合称为环境。环境包括自然环境和社会环境两方面，人们一般所指的环境保护，是针对自然环境而言。

自然环境的要素有大气、水、岩石、土壤、生物和阳光。由大气组成的大气层总和称为大气圈；从水组成的水体总和称为水圈；由土壤、岩石组成的农田、草地、山脉等固体壳层的总和称为土壤岩石圈，简称岩石圈；由生物组成的各种生物群落的总和称为生物圈；由太阳光为能量源泉的能量总和称为能量圈。大气圈、水圈、岩石圈和生物圈只有在太阳能的作用下，才能相互演化并进行物质循环和能量流动，使人类得以生存和发展。

地球上的生命和人类是地球环境演变到一定阶段的产物。我们赖以生存的这颗地球是怎样形成的，至今仍是一个谜。中国古代有盘古开天劈地的神话而在西方国家则有上帝‘创世纪’的基督教教义。直至18世纪，人类才开始科学地探索地球的起源，不少科学家提出了各种假说，达数十种之多，其中影响最广泛的是“星云说”。

根据星云说的解释，由于万有引力的作用，宇宙空间的微粒逐渐由小到大，凝聚成许多巨大的星云状的球体，地球就是其中之一。那时的地球主要包含各种气体物质，混杂着大量宇宙尘埃。这些星云体在引力和斥力的作用下不断旋转继续凝聚、收缩经过数十亿年的时间才形成了行星。而现代地理环境的形成，则经过地质史上多次剧烈的变动和演变。至于地球形成的确切年代，科学家测定了月球表面的岩石标本，推测地球大约形成于46亿年之前。

地球经过长期演变，才具备了生命存在的条件。地球逐渐产生的防护与调节作用，使得生命利用太阳能成为可能，而海洋的形成，则给生命提供了最初的摇篮。地球上最早的生命出现在大约 30 亿年前，那时只是生活在海水中的细菌和藻类。而人类的真正出现 大约在 100 万年之前。相对于地球漫长的历史，人类在这个世界上存在的年月，只不过是大海中的一颗水滴而已。

长期以来，生活在地球上的人类与环境之间有着十分密切的关系。根据科学测定，人体体液中的 60 多种化学元素的含量比例，与地壳各种化学元素的含量比例十分相似。地壳中含量高的，在血液中也含量高；地壳中含量少的，在血液中也含量少。这种默契与和谐决不是偶然的，它是人类在长期的进化与发展中依存和适应地球环境的结果。

1.2 生态系统与生态平衡

大自然中约有 200 万种生物。它们之间在一定的自然环境范围内组合成生物群落，通过各种方式彼此联系，共同生活在一起，依靠地球上的空气、水、土壤中的营养物质生存和发展。它们在同一个生存环境中相互依存、相互制约，组成动态平衡系统，就叫做生态系统。生态系统包括动物、植物、微生物及其周围的非生物环境四大部分，这就是四位一体的自然界。

自然界的生态系统有大有小。一颗微不足道的水滴可以是一个生态系统；一片汪洋大海也可以是一个生态系统；而地球上最人

的生态系统是生物圈。池塘就是一个典型的生态系统，池塘里有各种水生植物、水生动物和细菌、真菌，以及这些生物赖以生存的水、阳光、空气和水底的泥沙等非生物环境。水生植物利用太阳光进行光合作用，使水和大气中的二氧化碳化合转化为碳水化合物，并吸收底泥中的营养物质贮存在植物体内；小型的浮游动物以浮游植物为食；浮游动物和有根植物又成为鱼类的食物；水生植物和水生动物的残体最终又被水底泥中的细菌、真菌及腐食性动物分解成无机物，释放到环境中，供植物重新利用。这就构成了一个完整的生态系统，成为自然界的基本活动单元。

根据人类干预程度的不同，生态系统又可以分为自然生态系统如海洋、湖泊、森林、草原、荒漠等，以人为主体的人工生态系统如城镇、工矿、学校等，介于两者之间的是农业生态系统，它是驯化了的生态系统。

生态系统给人类的生产和生活提供了所需要的生态资源。如果没有生态资源，现代工业所需要的厂房不能建造，交通运输无法进行，原料难以获得，工业生产只是一句空话。生态资源对于人类自身的再生产也相当重要。人类的生存离不开空气、阳光、大地、水、动植物等，而且人体的生长、发育、繁衍等生理活动所需的能量不能靠人本身从太阳能中直接获得，只能来源于生态系统中动植物体内贮藏的化学能。没有生态资源，人类就无法生存和发展。

生态系统的各个组成部分是相互联系的。如果系统的某一部分由于其内部或外部因素的变化受到影响或干扰，整个系统可以自动调节，以保持原有的状态不受破坏。在原始森林中，生活和生长着各种动物和植物，它们长期共存着。假如因为某种原因导致害虫增加，树木生长就会受到危害；害虫增加必然使食虫的鸟类由于食物丰富而迅速繁殖，结果害虫的蔓延会受到抑制，树木的生长逐渐正常，昔日的生态平衡随之恢复。在池塘中，鱼被捕捞后，水

生植物和浮游动物的天敌减少，它们就会迅速繁殖，这又给鱼类的生长和繁殖提供了更丰富的食物，使整个生态环境调节到原来的平衡状态。生态系统的调节能力有大有小。生态系统的种群越多，结构越复杂，能量流动和物质循环的途径越多，调节能力也就越强，生态平衡就越容易维持。科学家将生态系统的自我调节能力称为“负反馈效能”。

生态系统的自我调节能力不是无限的。超过一定的限度，其自动调节就会变得无济于事，导致生态平衡的破坏，生态系统的混乱。生态系统自我调节能力的数量极限称为“临界值”。在资源方面，人类取得生态资源的最高量，不得超过生态系统通过调节维持自然再生产的能力。例如，畜群的发展不得超过草原牧草生长所能承受的最大负荷；森林的采伐量不得超过林木的生长量；水产品捕捞量不得超过鱼类自然增殖量。在环境方面，人类及其生产活动排入生态系统的废物量，不得超过生态系统的承受力，即生态系统的自净能力。否则就会导致环境污染，反过来影响人类及其生产活动的正常进行。

总之，生态平衡是相当脆弱的。这种脆弱的平衡一旦被打破，就会给人类文明带来严重的后果。在人类文明史上，生态环境被破坏所带来的灾难，其教训是十分深刻的。当今全球性生态平衡的破坏，主要表现为森林面积大幅度减少，草原的退化，土地沙漠化、盐碱化，水土严重流失，动植物资源锐减等。因此，我们应当采取措施，保持生态系统的平衡，或创造条件，建立新的更有益于人类的生态平衡，以便能从生态系统中获得持续稳定的产品，使人与自然和谐地发展。

生态平衡是相对的，是发展变化着的，保持生态平衡并不只是维护生态系统的原始稳定状态。人类可以在遵循生态平衡规律的前提下，建立新的生态平衡，使生态系统朝着更有利于人类的方向

发展。例如，我国南方某些地区创建的桑基鱼塘，就是人工建立起来的高产稳产农业生态系统。人们将部分低洼稻田挖深用作鱼塘，提高并加宽塘基种植桑树。这样可以做到桑叶养蚕，蚕粪养鱼，鱼粪肥塘，塘泥肥田、肥桑，从而获得稻、鱼、蚕茧三丰收。

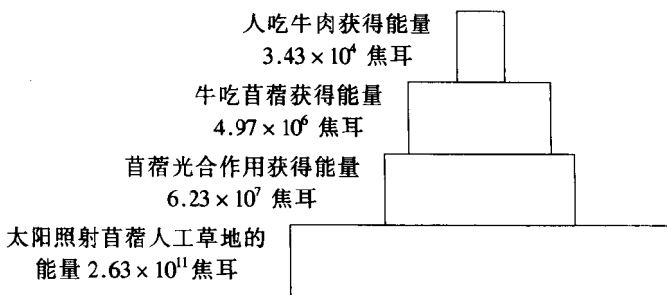
1.3 食物链与食物网

中国有句谚语：“大鱼吃小鱼，小鱼吃虾米，虾米吃泥球。”在生态系统中，各个物种之间这种吃与被吃的食物关系一环扣一环，就像一根链条，因此被形象地称为“食物链”。比如在草场上，蝗虫吃嫩草，青蛙吃蝗虫，蛇捕食青蛙，而鹰又捕食蛇。这样，牧草——蝗虫——青蛙——蛇——鹰就形成一条食物链。食物链与食物链之间又存在着错综复杂的联系。牧草可以被蛇吃，但也可以被兔、羊等动物吃；同一种动物也会吃各种不同的食物。食物链与食物链之间的相互交错、相互联结，形成网络结构，称为“食物网”。

生态系统中的食物链主要有三种形式。一种是生食食物链，也称捕食性食物链，从吃植物开始，再到小动物，大动物。例如草——兔——狼，草原上的野兔以青草为食物，狼群又以兔为食物。另一种是腐食食物链，也称腐生性食物链、分解链，是从细菌、真菌等微生物以动植物残体为食物，将其分解成腐殖质或矿物质开始的。例如动、植物残体——微生物——蚯蚓——禽类动物就属这一类。微生物以动、植物尸体为食物，进行分解消化，使土壤中有有机质增加，而蚯蚓以这些有机质为食物，蚯蚓又可以成为鸡、鸭等

的食物。第三种是寄生食物链，从被寄生的动、植物开始。例如黄鼠——跳蚤——细菌，草原上黄鼠的毛上有寄生生物跳蚤，跳蚤以吸黄鼠的血为生，而跳蚤本身又养活许多细菌。在不同类型的生态系统中，各种食物链各有侧重，相互配合，保证了能量在系统中的畅通。

食物链上的每一个环节叫做“营养级”，任何一种生物都属于一定的营养级。在食物链上，后一种生物吃前一种生物，实际上就是前一种生物将能量传递给后一种生物。应当指出的是，这种传递每一次都要有大部分能量用于生命的活动，转化成热能散发出去，只有少部分被传递到下一个营养级的生物体内。科学家经过研究和计算，发现后一种生物只能获取前一种生物能量的5%~20%，其余都在新陈代谢中消耗了。而整个自然界，包括人类在内，所消耗掉的能量，又由绿色植物通过光合作用从太阳能中获取。能量流动逐级递减的规律，形成“生态金字塔”。其最底层是植物，第二层是食草动物，最后是金字塔上的人类。根据科学计算，在1000公顷土地上种植苜蓿，饲养肉用幼牛，人吃牛肉的食物链与能量关系的转化如下：



食物链上各种生物相互影响，相互制约，环环相扣。如果某一

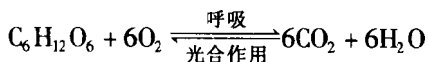
节出现故障，超出生态系统的调节能力，就会发生灾难。第二次世界大战后，南非探险队船上的几只老鼠逃入南极马里思岛。由于在南极老鼠没有天敌，两年后这个小岛成了鼠岛。为了消灭老鼠，探险队运来四只家猫，结果老鼠是少了，而猫迅速繁殖，最终成了灾难。6万只猫每天要吃掉60多万只鸟。为挽救鸟类，当局只好动用直升飞机，向猫开枪扫射，并派遣上百名士兵上岛捕猫。可见食物链的破坏，对环境和生态平衡有多么重要的影响。

1.4 自然界的物质循环

生物有机体由数十种元素组成，其中最重要的是碳、氢、氧、氮，此外还有钙、镁、钠、钾、磷、硫、氯，以及铜、锌、碘等，这些元素都来源于环境。物质从非生物环境进入生物体内，最后又返回到环境中，这种反复的流动就是自然界的物质循环。在生态系统中物质循环与能量流动同样重要。生态系统的物质循环在环境科学上又称做生物地球化学循环。

碳是有机体中最重要的元素，也是生物体中最重要的元素。碳以二氧化碳的形式存在于大气之中，绿色植物通过光合作用，将其叶茎从空气中吸收的二氧化碳和根部吸收的水分，在阳光作用下合成为碳水化合物贮存在体内。食草和食肉动物再分别通过食物链将碳水化合物作为营养吸收。动植物的新陈代谢和微生物对动植物残体的分解，使一部分有机碳以二氧化碳形式排入大气。未完全分解的有机残体埋在地下，堆积在海底，转化成煤、石油、天

然气，被人类开采成为燃料，燃料在燃烧过程中又生成二氧化碳而返回大气。这样，就形成了碳的循环过程（见图 1.1 及图 1.2）。在这个循环中，同时还包含了氧的循环。植物通过光合作用，将环境中的氧化物转变成氧气释放到大气中，氧气又为动物所摄取和利用。动物通过呼吸、排泄、尸体等方式，以氧化物的形式再返回环境。动物的呼吸过程与植物的光合作用，正好是一个可逆过程，反应方程式如下：



像碳和氧一样，自然界中几乎所有的营养物质都在生物和非生物环境之间循环流动，比较重要的还有氮循环（见图 1.3）、碳循环和水循环（见图 1.1）。其中水循环比较特殊，虽然也通过生物体进行，但数量很少，绝大部分是由太阳能蒸发，再经过降水过程实现的。由于水的可溶性、流动性和比热大等独特的物理、化学性质，它又是地球上一切物质循环和生命活动的介质，推动着其他的物质循环。

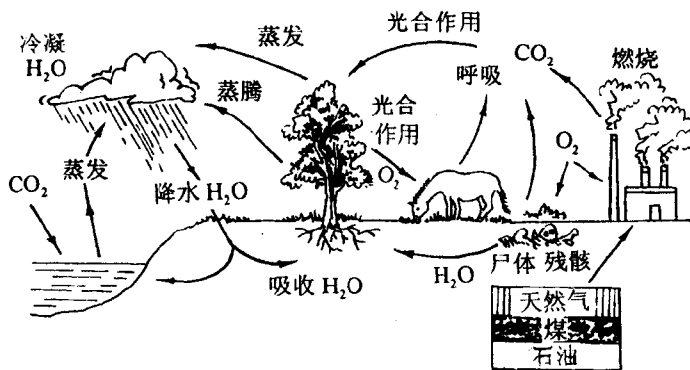


图 1.1 生物圈中水、氧气和二氧化碳的循环

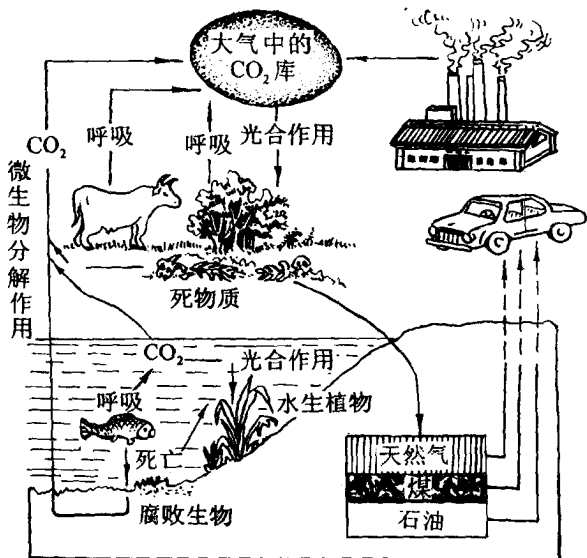


图 1.2 碳的循环

物质循环的顺利进行，是生态系统各部分保持协调一致的前提，对生态系统的调节起着重要作用。如果人类大规模地干扰，破坏了物质循环的畅通，就会使某些物质在局部富集或缺乏，造成环境污染，导致生态失调。例如，近几十年来石油、煤等燃料的大量燃烧，加上滥伐森林，使得二氧化碳的循环受到影响，在大气中滞留的二氧化碳不断增加，导致温室效应，使全球温度升高。预计到2050年，全世界气温将升高 3℃，那将会给人类带来灾难性的后果。

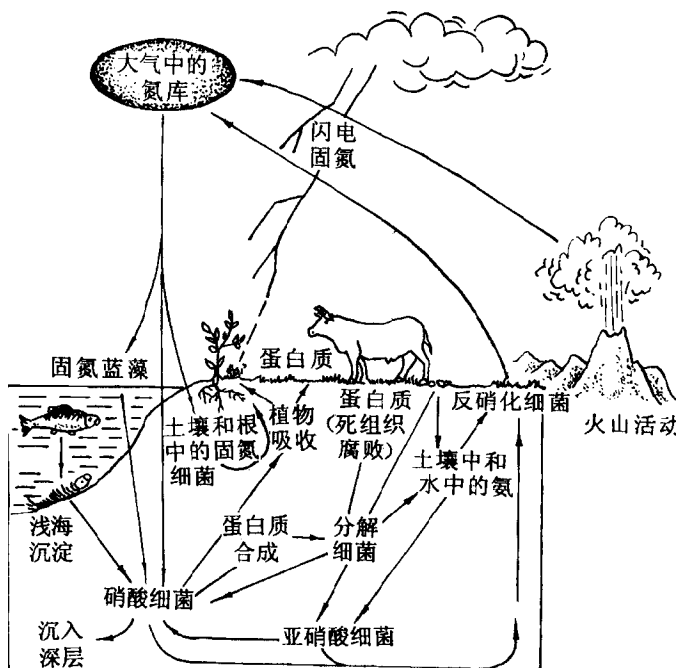


图 1.3 氮循环

1.5 全球性的环境污染

人类生存在自然界中。自从人类社会出现以来，人类就通过生产与消费活动，一方面向大自然索取赖以生存和发展的资料；一方面又将经过改造和使用过的自然物及各种废弃物交还给自然界，从而参与了自然界的物质循环和能量交换。在早期，这种参与的规模还不够大，速度也不够快，不足以干扰自然生态的调节机制，对生态平衡产生不了重大影响。18世纪60年代英国产业革命以来，尤其是20世纪50年代以后，人类社会的生产力迅速发展，为满足人类的各种需要，现在人们每天从地下采出的各种矿石约数千万吨。人类参与物质循环的速度已大大超过自然的承载能力，甚至使某些物质的循环因此而中断。于是在人类和自然环境之间出现了不协调、不平衡的状况，产生了各种环境问题。我们通常所说的环境污染，就是指由于人类生产和生活活动引起环境质量的下降，并且产生对人类健康和生物存在的不良影响这一现象。

环境污染有许多类型。按照环境要素可以分为大气污染、水体污染和土壤污染等；按照污染物的性质可以分为化学污染、生物污染和物理污染等；按照污染物的形态可以分为气体污染物、液体污染物、固体污染物和噪声污染等；按照污染产生的原因可以分为生活污染源、工业污染源、农业污染源和交通污染源等。在各种环境污染中，化学污染约占80%~90%，是危害最大的一种。据估计，现在已知的化学物质约有1000万种，《美国化学文摘》登录的

新化合物,1990年为1 000万种,1998年已达1 800万种)其中35万种对人体健康和环境有潜在的危险。目前全世界新制化学物质的增长速度极快,每星期约600种。这些人工合成的化学物质,最终都进入了环境,在环境中扩散、迁移、积累和转化,并不断与环境相互作用,影响或危害着人类和其他生物的生存与发展。

20世纪20年代以来,世界性的环境污染对人类安全的威胁越来越受到人们的普遍关注。人类在解决环境污染的问题上,已经经历了工业污染治理、城市环境污染综合防治、生态环境综合防治、区域污染防治等四个阶段。在相当长的时期内,人们的着眼点局限在一个工厂、一座城市、一个行业、一条河流的治理上。进入20世纪80年代,人们逐渐认识到,威胁人类生存的不只是局部地区,而是更大范围,甚至是全球环境污染。目前,人们已经把注意力集中在对全球环境产生严重影响的温室效应、臭氧层破坏、酸雨和光化学烟雾等污染上。

环境污染与每个人息息相关,在我们周围,空气、水、食物、土壤,包括我们生活的居室,到处都存在着令人不安的环境问题。根据世界卫生组织和联合国环境规划署的有关报告,全世界城市居民有4/5生活在受污染的大气环境中,全世界有18亿人口饮用受污染的水,每年有30%的人因环境污染而患病,在所有致病因素中,环境恶化居首位。根据美国康奈尔大学的科学家1988年提供的研究报告,现今全球大约40%的死亡病例可归咎于环境恶化,如污染、气候变化、人口剧增等,而其中有机污染物和化学污染物的影响最为严重。

环境污染对人类健康与生活,对社会生产,都带来巨大的影响和灾难。20世纪40年代以来,世界上重大的环境污染事件不断出现,其中最为引人注目的事故在15起以上,表1.1列举了最具代表性的9起。

表1.1 世界重大污染事件

名称	日期	地点	发生原因	主要后果
洛杉矶光化学烟雾	1940年	美国洛杉矶市	全市250多万辆汽车排出的尾气在强烈日光照射下产生二次污染物	人眼睛和鼻、喉等受刺激,大量烟叶和果树受害,橡胶制品产生龟裂
伦敦烟雾事件	1952年12月5日至8日	英国伦敦	燃煤引起大气污染;粉尘浓度在 $4.46\text{mg}/\text{m}^3$, SO_2 浓度 $3.8\text{mg}/\text{m}^3$, SO_2 被 Fe_2O_3 等催化生成 H_2SO_4 雾	4天中该城市死亡人数比平时多4000人
水俣病事件	1953至1956年	日本熊本县水俣市	含汞废水污染水域后转变为甲基汞,使鱼中毒,人食鱼受害	中毒者当时有283人,其中60多人死亡,到1987年,患者达2842人,总死亡达946人
骨痛病事件	1955至1972年	日本富山县神通川流域	铅锌冶炼厂排出的含镉废水引起稻米镉污染	1963至1979年患者130人,其中81人死亡,90%以上为60岁以上老人
乌拉尔事件	1957年9月29日	苏联乌拉尔克什特姆镇	一个装有生产铀剩下的废料储存罐爆炸	造成该地区上空形成一块直径为10公里并带有11000居里的 ^{90}Sr 的云层,受污染的面积比美国康涅狄克州还要大,有1万多居民撤离,1%居里的 ^{90}Sr 就可能使人得骨癌死亡
米糠油事件	1968年3月	日本北九州市爱知县	生产米糠油时用多氯联苯做脱臭的热载体,多氯联苯混入米糠油中,食油中毒	患者超过1400人,到8月超过5000人,16人死亡,受害者达13000人,还有10万只鸡死亡

续表

名称	日期	地点	发生原因	主要后果
博帕尔事件	1984年12月3日凌晨	印度博帕尔市	美国联合碳化物公司印度子公司泄漏出46吨剧毒异氰酸甲酯气体	造成20万人中毒,10万人残废,4万人重伤,2850人死亡
切尔诺贝利事件	1986年4月26日	苏联乌克兰切尔诺贝利核电站	四号核反应堆发生爆炸,放射性物质泄漏出来造成放射性污染	当时31人死亡,千余人受伤,受辐射影响者难计其数,13万居民疏散,直接损失20亿卢布,到1989年底已有237人死亡,还使大片土地变成焦土
莱茵河污染事件	1986年11月1日	瑞士巴塞爾市	桑多兹化工厂一仓库爆炸,30多吨有毒化学品随灭火液体流入莱茵河	大量鱼类、水鸭等死亡,联邦德国、芬兰、卢森堡、法国等国家深受其害,井水、自来水禁止使用,有人估计莱茵河将因此死亡20年之久

1.6 环境保护与可持续发展

资源和环境是人类赖以生存、繁衍和发展的基本条件。人类社会发展到今天,资源短缺、环境污染和生态恶化,已经成为摆在

世界各国面前的一个重大问题。世界各国的政治家、社会活动家、科学家、企业家以及普通的工人、农民、学生都已经普遍认识到在社会经济发展的同时，必须保护资源和环境，保护人类的家园。

1962年，美国海洋生物学家莱切尔·卡逊在经历4年收集有关环境污染资料的基础上，写成了一本环境科普读物《寂静的春天》。作者满怀对人类和大自然的无比热爱与强烈的社会责任感，生动地描述了人类生存环境受到严重污染的景象，阐述了天空、海洋、河流、土壤、动植物和人类之间的密切关系，揭示了环境污染对生态环境和人类生存的影响。在莱切尔笔下，本来应当是鸟语花香、万物生长、欣欣向荣的春天，却因为人类环境的污染和破坏而成为荒凉冷寂的世界。《寂静的春天》在世界范围内引起了广泛的回响，在许多国家已经家喻户晓。这是全世界第一本引起人们震撼和思考，唤醒人类环境保护意识的不可朽著作。

1972年6月，在瑞典首都斯德哥尔摩召开了联合国人类环境会议。这是第一次关于环境主题的国际盛会，对于人类的环境保护有着划时代的意义。113个国家的代表出席了大会，这次会议提出了响彻世界的口号：“只有一个地球”公布了《联合国环境会议宣言》简称《人类环境宣言》。宣言郑重宣布了联合国人类环境会议提出和总结的7个共同观点和26项共同原则。会议还建议将每年的6月5日，即人类环境会议开幕这一天，定为“世界环境日”同年12月，这一建议在第27届联合国大会上通过。这次会议的最大功绩是唤起全人类的环境意识（历年来世界环境日的主题参见附录）。

1992年6月，在巴西首都里约热内卢召开了联合国环境与发展大会，178个联合国成员国派出高级代表团参加会议，100个国家的领导人出席大会首脑会议，当时的国务院总理李鹏作为我国首脑在会议上发言，并代表中国签署了联合国《气候变化框架公

约》和《保护生物多样性公约》。里约大会是人类环境保护史上第二座里程碑。会议将环境与经济、社会的发展结合起来研究，在“协调、发展”上取得了共识，找到了在发展中解决环境问题的正确道路，即“可持续发展战略”。会议通过了《里约环境与发展宣言》、《21世纪议程》两个纲领性文件，标志着世界环境保护进入了一个新的历史时期。

以里约热内卢环境与发展大会为标志，可持续发展已经成为人类的共识和时代的强音，越来越多的人普遍接受了这一思想，更加深刻地体验和理解到《里约环境与发展宣言》中所指出的，当今“人类正处于普遍关注的可持续发展问题的中心”。

“可持续发展”的提出源于20世纪80年代初。当时联合国针对人类面临的三大挑战——南北问题、裁军与安全、环境与发展，成立了三个专家委员会，通过调查研究，分别发表了《共同的危机》、《共同的安全》、《共同的未来》3个著名文件。这3个文件不约而同地得出同样的结论，即“世界必须组织实施新的可持续发展战略”，一再强调这是20世纪末，更是21世纪，无论发达国家还是发展中国家的共同发展战略，是整个人类求得生存和发展的唯一可供选择的道路。

可持续发展最广泛的定义是：“人类应当享有以与自然相和谐的方式过健康而富有生产成果的生活的权利”，并且“公平地满足今世后代在发展与环境方面的要求，求取发展的权利必须实现”。可持续发展的含义深刻，它有两个最基本的要点：一是强调人类享有追求健康而富有生产成果的生活权利，但这应当是和坚持与自然相和谐方式的统一，而不是凭借人们手中的技术和投资，采取耗竭资源、破坏生态和污染环境的方式来追求与实现；二是强调当代人在追求今世发展与消费时，应当承认并努力做到使自己的机会与后代人的机会相平等，不能允许当代人一味地、片面地、自私地