

普通高等院校“十四五”精品教材

环境科学与 工程概论

主 编 ◎ 张胜利

副主编 ◎ 杨红薇 王 群 陈海堰

刘翠容 贺玉龙 王绍筓

吴文娟

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

前 言

PREFACE

环境是人类赖以生存和发展的基础。第二次产业革命以来，社会、经济和科学技术得到迅猛发展，环境问题也日益突出，成为全球共同面临的重要问题之一，世界各国对其广泛关注并付诸行动。然而时至今日，一些旧的环境问题尚未解决，新的环境问题又不断涌现。“极端气候”“雾霾”“新污染物”“微塑料”“垃圾分类”“生态红线”“碳达峰”和“碳中和”等新环境问题、新环境名词让人应接不暇。对新一代大学生而言，了解这些内容，掌握基本的环境科学知识，树立正确的环境观，是成为新世纪高素质复合型人才的重要一环。

环境科学与工程是伴随经济发展过程中出现的各种环境问题以及社会对解决环境问题的迫切需求而产生和发展的，是一门集自然科学、技术科学、工程科学和社会科学于一体的新兴综合性交叉学科。近年来，环境科学与工程学科迅猛发展，产生了诸多新的理论、方法和技术，相关法律法规也不断完善。我国“水十条”“大气十条”“土十条”已出台，生态文明建设和环境保护正以前所未有的力度加快推进。

本书简洁而系统地介绍了环境科学的基本概念、基本原理以及环境污染防治的主要途径与关键技术，并注意环境科学与环境工程两方面的内容并重，同时引入典型案例和最新环境标准。在内容编排上，以各个环境要素为主线，并包含了生态学基础、环境评价及环境管理等方面的内容。全书共分八章，包括绪论、生态与环境、水污染防治、大气污染控制、固体废物处理与处置、土壤污染与防治、噪声及其他物理性污染控制、环境影响评价等内容。在每一章前列出“学习要求”，章后精心设计了“思考题”，并在书中设置专栏介绍一些阅读材料、重要法律法规和典型的环境问题及案例。

本书可作为高等学校非环境专业学生学习环境科学或环境工程基础课程的教材，也可作为环境类专业学生的入门教材，还可作为环境保护管理和工程技术人员的参考用书。

本书编写分工如下：第一章，张胜利；第二章，杨红薇；第三章，王群；第四章，陈海堰；第五章，刘翠容；第六章，张胜利；第七章，王绍筋、贺玉龙；第八章，吴文娟。全书由张胜利负责统稿与审定。

本书的编写得到西南交通大学地球科学与环境工程学院、土木工程学院领导和老师们的大力支持，特别是李启彬教授、郑爽英副教授提出了许多宝贵的意见，在此深表谢意。本书的出版得到西南交通大学教材基金的立项支持。同时，衷心感谢所有为本书编写、审定、修改和出版付出辛勤劳动的相关人员。

本书引用了一些国内外相关文献和案例，在此对原作者表示诚挚的谢意。

本书编写工作中，在选材的科学性、知识性和新颖性等方面都做了很大的努力。但由于环境科学与工程是一门新兴学科，涉及的学科范围非常广泛，研究成果仍在不断丰富，再加上编者能力所限，书中难免有不完善之处，敬请读者提出宝贵意见。

编 者

2021 年 10 月

目 录

CONTENTS

第一章 绪 论	001
第一节 环境概述	002
第二节 环境问题	004
第三节 环境保护	012
第四节 环境科学与环境工程学	019
思考题	023
参考文献	023
第二章 生态与环境	024
第一节 生态学基础	025
第二节 自然环境的生态管理	032
第三节 典型环境问题的生态视角	042
思考题	052
参考文献	053
第三章 水污染防治	054
第一节 水体污染与水体自净	055
第二节 水质指标与水环境标准	057
第三节 水体污染控制的基本途径	061
第四节 污水处理的基本方法	062
第五节 污水处理系统	088
第六节 相关工程实例	089
思考题	092
参考文献	092
第四章 大气污染控制	094
第一节 大气污染概述	095
第二节 燃烧与大气污染	107
第三节 大气污染控制技术	115
第四节 大气污染综合防治	128

思考题	134
参考文献	134
第五章 固体废物处理与处置	136
第一节 固体废物概述	137
第二节 固体废物的收集与运输	141
第三节 固体废物的预处理	146
第四节 固体废物焚烧技术	149
第五节 固体废物的生物处理技术	159
第六节 固体废物的填埋处置	162
思考题	168
参考文献	168
第六章 土壤污染与防治	170
第一节 土壤概述	171
第二节 土壤污染与自净	178
第三节 土壤污染综合防治	184
第四节 污染土壤的修复技术	186
思考题	198
参考文献	198
第七章 噪声及其他物理性污染控制	199
第一节 噪声污染及其控制	200
第二节 振动公害及其控制	227
第三节 电磁辐射污染及其防护	231
第四节 放射性污染及其防护	234
第五节 光污染及其防护	237
第六节 热污染及其控制	239
思考题	241
参考文献	241
第八章 环境影响评价	243
第一节 环境影响评价简介	244
第二节 建设项目环境影响评价管理	248
第三节 规划环境影响评价管理	255
思考题	260
参考文献	260

第一章

绪论

学习要求

1. 了解环境的概念和分类，环境要素的定义和属性。
2. 了解环境问题的产生与发展，掌握环境问题的概念、分类和特点。
3. 了解全球和我国的环境问题，世界和我国的环保历程。
4. 了解环境科学和环境工程学的概念、形成与发展，掌握其主要研究内容和任务。

引言

人类从诞生之日起就与自然环境产生了千丝万缕的联系，一方面依赖自然环境，另一方面又改变着自然环境。在漫长的相互作用过程中，环境问题逐渐累积并日益突显，成为21世纪全球关注的热点问题之一。为此，体悟和谐之道的先行者们开始关注并投身于医治满目疮痍的地球，环境理论和污染治理技术不断取得进展和突破，一门新的学科——环境科学与工程随之诞生。

第一节

环境概述

一、环境的概念

环境是一个古老而又内容宽泛的概念。它不能孤立存在，总是相对某一中心事物而言，是指某一主体周围的空间及空间中的介质。《世界大百科全书》对环境的定义是“环境是指生物体周围的物理和生物要素，其包括生物性要素（如植物、动物、微生物）和非生物性要素（如温度、土壤、大气和辐射）”。联合国环境规划署则将环境定义为“影响生物个体或群落的外部因素和条件的总和，其包括生物体周围的自然要素和人为要素。”

对环境科学而言，中心事物是人，因此环境的含义是以人为中心的客观存在。它包括自然环境与社会环境两部分。自然环境是指环绕于人类周围的各种自然因素的总和，由空气、水、土壤、阳光和各种矿物资源等环境因素组成，一切生物离开了它就不能生存。社会环境是指人类的社会制度等上层建筑条件，包括社会的经济基础、城乡结构以及同各种社会制度相适应的政治、经济、法律、宗教、艺术、哲学的观念与机构等。

我国环境法规对环境的定义相当广泛，包括前述的自然环境和人工环境。《中华人民共和国环境保护法》第一章第二条规定：“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、湿地、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。”

二、环境要素及其属性

1. 环境要素

环境要素又称环境基质，是指构成人类环境整体的各个独立的、性质不同而又服从整体演化规律的基本物质组分，分为自然环境要素和人工环境要素。自然环境要素通常指水、大气、生物、阳光、岩石、土壤等；人工环境要素包括综合生产力、技术进步、人工产品和能量、政治体制、社会行为、宗教信仰等。

环境要素组成环境结构单元，环境结构单元又组成环境整体或环境系统。例如，河流、湖泊、海洋等地球上各种形态的水体组成水圈；空气、水蒸气等组成大气圈；岩石和土壤构成岩石圈或称岩石-土壤圈；动物、植物、微生物组成生物群落，全部生物群落构成生物圈；阳光提供辐射并为上述要素所吸收。水圈、大气圈、岩石-土壤圈和生物圈

4个圈层则构成了人类的生存环境——地球环境系统。

2. 环境要素的属性

环境要素具有非常重要的属性，这些属性决定了各个环境要素间的联系和作用的性质，是人类认识环境、改造环境、保护环境的基本依据。在这些属性中，最重要的是以下几种：

(1) 环境整体大于诸要素之和。某处环境所表现出的性质，不等于组成该环境的各个要素性质之和，而是在量变（各个环境要素个体效应）基础上的质变。

(2) 环境要素的相互依赖性。环境诸要素在地球演化史上的出现，具有先后之别，但它们又是相互联系、相互依赖的。

(3) 环境质量的最差（小）限制律。环境质量的一个重要特征是最差限制律，即整体环境的质量不是由环境各要素的平均状态决定，而是受环境要素中那个“最差状态”的要素控制的，且不会因其他要素处于良好状态得到补偿。

(4) 环境要素的等值性。是指各个环境要素，无论它们本身在规模上或数量上如何地不相同，但只要是一个独立的要素，那么对于环境质量的限制作用则无质的差别。不过，任何一个环境要素对于环境质量的限制，只有当它们处于最差状态时，才具有等同性。

三、环境的分类

环境作为一个十分复杂的大系统，可按不同的原则进行分类。

(1) 按环境功能分为生活环境和生态环境。

生活环境是指与人类生活密切相关的各种天然的和经人为改造过的自然因素，如房屋周围的空气、河流、水塘、花草、树木、城镇、乡村等。

生态环境是指影响生态系统发展的各种生态因素即环境条件，包括气候条件（如光、热、降水等），土壤条件（如土壤的酸碱度、营养元素、水分等）、生物条件（如地面和土壤中的动植物和微生物等），地理条件（如地势高低、地形起伏等）和人为条件（如开垦、栽培、采伐等）的综合体。因此，生态环境中包括天然的自然因素和经过人工改造过的自然因素。

生活环境和生态环境密切相关，它们共同组成了人类的环境。我国《宪法》第26条规定：国家保护和改善生活环境和生态环境，防治污染和其他公害。

(2) 按环境范围的大小分为：居室环境、街区环境、城市环境、区域环境（如流域环境、行政区域环境等）、全球环境和星际环境等。

(3) 按环境要素的不同可分为：大气环境、水环境（如海洋环境、湖泊环境等）、土壤环境、生物环境（如森林环境、草原环境等）、地质环境等。

(4) 按环境要素的属性可分为：自然环境和人工环境两类。

第二节

环境问题

人类社会发展到今天，创造了前所未有的文明，但同时也带来了一系列的环境问题。

一、环境问题及分类

1. 环境问题的概念

三四十年前，人们对环境问题的认识只局限在环境污染或公害方面，因此那时把环境污染等同于环境问题，而地震、水、旱、风灾等则为自然灾害。可是近年来，自然灾害发生的频率及受灾的人数都在增加。以水灾为例，20世纪60年代，全世界平均每年受水灾人数为244万人，70年代增加到1540万人，即10年之内受水灾人数增加了6倍之多。1998年夏季，长江、松花江、嫩江发生特大洪水。据初步统计，包括受灾最重的江西、湖南、湖北、黑龙江四省，共有29个省（自治区、直辖市）都遭受了这场空前的自然灾害，受灾人数上亿，经济损失达1600多亿元人民币。2008年，中国20个省（自治区、直辖市）受低温、雨雪、冰冻灾害影响，直接经济损失超过1500亿元人民币。2013年“雾霾”成为中国年度关键词。这一年的1月，4次较大范围的雾霾过程笼罩30个省（自治区、直辖市），在北京，仅有5d不是雾霾天。

随着自然灾害日益频繁，人们对环境问题有了新认识。环境问题，可以从广义和狭义两个方面理解。广义的环境问题指在自然因素或人类活动的干扰下，环境质量下降或环境系统结构损毁，出现不利于人类及其他生物生存与发展的问題。狭义的环境问题是指人类的生产和生活活动，使自然生态系统失去平稳，反过来影响人类生存与发展的问題。

2. 环境问题的分类

从引起环境问题的根源考虑，可以将环境问题分为两类（图1-1）：原生环境问题和次生环境问题。原生环境问题是自然力引起的环境问题，又称第一类环境问题，如地震、洪涝、台风、干旱、海啸、泥石流和山体滑坡等。次生环境问题是人类不恰当的生产活动所引起的环境问题，又称第二类环境问题。

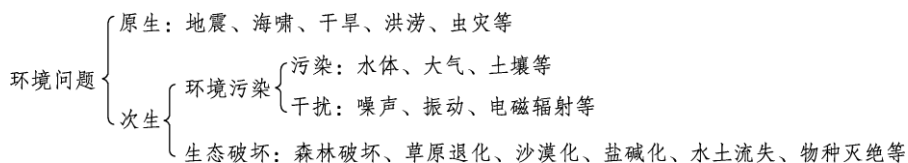


图 1-1 环境问题的分类

次生环境问题又分为环境污染和生态破坏两大类。其中环境污染是指人类在工农业生产和消费过程中向自然环境排放的有毒污染物或污染因素，超过环境容量和环境自净

能力,使环境的化学组成与物理状态发生了改变,环境质量恶化,扰乱和破坏了生态系统,从而影响和破坏人类正常的生产和生活的现象。生态破坏主要指人类的社会活动引起的生态退化及由此而衍生的有关环境效应,它们导致了环境结构与功能的变化,对人类的生存与发展产生了不利影响。如过度砍伐引起森林覆盖率锐减,过度放牧引起草原退化,毁林开荒造成水土流失和沙漠化等。

目前,第一环境问题尚不能有效防治,只能侧重于监测和预报。环境科学领域所研究的环境问题主要指第二类环境问题。

二、环境问题的产生与发展

人们对环境问题的认识,不过是近几十年的事情。但实际上,环境问题并不是今天才发生的事情,而是伴随着人类的出现而产生的,只不过由于近年来人类对环境的掠夺和破坏加剧,遭受大自然的反噬之后,人类对环境问题才有了深刻的认识。环境问题正由小范围、低程度的危害,发展到大范围、对人类生存环境造成不容忽视的危害。一般来说环境问题的产生大致经历了以下4个阶段。

1. 采集和狩猎阶段

在人类诞生后很长的一段时间里,人口数量很少,生产力水平极低,人类生活完全依赖于自然环境,人类只是利用自然环境而很少有意识地去改造环境。那时,人们只能聚集在水草丰盛、气候适宜的地方,过着采集和狩猎的生活,主要以生活活动及生理代谢过程与环境进行物质和能量的交换。当采集和狩猎超过一定限度以后,居住区周围的物种被消灭,人类自身的食物来源遭到破坏,人类的生存受到威胁,早期的环境问题便产生了。为了生存,人类只能从一个地方迁徙到另一个地方,寻找足够的食物以维持自身的生存和发展,这也使被破坏的自然环境得以恢复。

2. 农业文明时期

随着人类的进化和生存能力的增强,人类在土地肥沃、雨水充足的地方稳定居住下来。为满足生活的需要,人类开始驯化和饲养动物、种植植物,原始的农业和畜牧业产生。人类自身的力量开始影响和改变局部地区的自然环境,与此同时引发了相应的环境问题。例如,砍伐森林、破坏草原、刀耕火种、反复弃耕,导致水土流失、土壤沙化;又如,兴修水利、不合理灌溉,往往引起土壤的盐渍化和沼泽化,使肥沃的土壤变成了不毛之地。人口集中产生的垃圾和污水造成了早期的一些环境污染问题。但此时人类对自然的作用还远远达不到造成全球范围环境破坏的程度,加上当时的生产技术有限,人类排入环境中的污染物都是自然界已经存在的物质,土壤中的微生物通常在一定时期内将其分解掉。

3. 工业文明时期

18世纪60年代,瓦特发明了蒸汽机,人类文明史进入了以使用蒸汽机为标志的工业革命阶段。生产力获得了飞跃发展,社会大生产取代了手工劳动,交通和航海的发展使

人类的足迹几乎遍及地球生物圈的各个部分,人类活动影响了整个地球的生物化学循环。随着生产力的迅猛发展,人类对资源的开发利用强度迅速增加。工业化引发了大批农民进入城市,使人口更加集中,城市的规模和数量不断增长。工业化和城市化的发展造成大片植被破坏,生产和消费导致“三废”成灾,环境的严重破坏和污染是前所未有的,环境问题也开始出现新的特点并日益复杂化和全球化。到20世纪中叶,环境污染已发展成为公害,震惊世界的“八大公害事件”就发生在20世纪中后期的40多年中,主要污染表现为SO₂污染、光化学污染、重金属污染和有毒物污染。

阅读材料

世界著名的八大公害事件

(1) 马斯河谷事件:1930年,比利时马斯河谷工业区由于二氧化硫和粉尘污染,一周内有60多人死亡,数千人患呼吸系统疾病。

(2) 多诺拉事件:1948年,美国多诺拉镇炼锌厂、硫酸厂排放的二氧化硫和粉尘造成大气严重污染,使5900多位居民患病,事件发生的第三天有17人死亡。

(3) 洛杉矶光化学烟雾事件:20世纪40年代初期,美国洛杉矶全市50多万辆汽车每天消耗汽油约1600万升,向大气排放大量碳氢化合物、氮氧化物、一氧化碳。该市临海依山,处于50 km长的盆地中,汽车排出的废气在日光作用下,形成以臭氧气为主的光化学烟雾。

(4) 伦敦烟雾事件:1952年,英国伦敦由于冬季燃煤排放的烟尘和二氧化硫在浓雾中积聚不散,5天内非正常死亡4000多人,以后的两个月内又有8000多人死亡。

(5) 四日市哮喘事件:1961年,日本四日市石油化工排放的废气,引起居民的呼吸道疾病,尤其是哮喘病的发病率提高。1972年,全市共确认哮喘病患者达817人,死亡10多人。

(6) 米糠油事件:1968年,日本北九州市、爱知县一带生产米糠油时所用的脱臭热载体多氯联苯由于生产管理不善,混入米糠油中,人食用后中毒,患病者超过1400人。7—8月份,患病者超过5000人,其中16人死亡,实际受害者约13000人。

(7) 水俣病事件:1953—1956年,日本熊本县水俣市含甲基汞的工业废水污染水体,使水俣湾和不知火海的鱼中毒,人食毒鱼后受害。1972年,日本环境厅公布:水俣湾和新县阿贺野川下游汞中毒者有283人,其中60人死亡。

(8) 痛痛病事件:1955—1972年,日本富山县神通川流域锌、铅冶炼工厂等排放的含镉废水污染了神通川水体。两岸居民利用河水灌溉农田,使稻米含镉,居民食用含镉稻米和饮用含镉水而中毒。1963—1979年3月,共有患者130人,其中死亡81人。

4. 生态文明时期

20世纪60年代开始了以电子工程、遗传工程等新兴工业为基础的第三次工业革命,人类进入信息社会阶段。从1984年英国科学家发现南极上空臭氧层空洞,1985年美国科学家证实开始,人类环境问题发展到生态文明阶段。这一阶段的主要问题集中在酸雨、臭氧层破坏和全球变暖三大全球性大气环境问题上。

随着新技术的发展,突发性的环境污染事件频繁出现,如苏联切尔诺贝利核电站泄漏、日本福岛核泄漏事件等。另外,新技术和新材料的应用产生新的环境效应,如光污染等。人类生产了一系列环境中不能识别的污染物,土壤中的微生物不能将其分解,导致这些污染物在地表堆积如山,并长期污染地表水和地下水。更严重的是,许多发展中国家遵循发达国家“先污染、后治理”的发展老路,世界经济发展的同时造成了更严重的环境污染和生态破坏,引发了一系列全球环境问题。

为了解决全球环境持续恶化的问题,1992年6月3—14日,联合国环境与发展大会在巴西的里约热内卢举行,会议通过了《里约环境与发展宣言》和《21世纪议程》两个纲领性文件及关于森林问题的原则性声明。这是联合国成立以来规模最大、级别最高、影响最为深远的一次国际会议。它标志着人类在环境和发展领域自觉行动的开始,可持续发展已经成为人类的共识。人类开始学习掌握自己的命运,摒弃不考虑资源、不顾及环境的生产技术和发展模式

三、环境问题的特点

纵观全球环境的发展和变化,当前的环境问题具有显著的时代特征,呈现出全球化、综合化、高技术化、政治化和社会化等特征。

1. 全球化

工业革命以前,环境问题的影响及危害主要集中于污染源附近的区域,对全球的环境影响不大。近年来,环境问题已超出国界,甚至越过大洲,其影响范围不但集中于人类居住的地球表面和低层大气空间,而且涉及高空和海洋。一个国家的大气污染,如SO₂污染、大气颗粒物污染,可能导致相邻国家和地区受到酸雨和雾霾的危害。而全球变暖、冰川消融和海平面上升,几乎对所有国家和地区,尤其是沿海国家和地区造成意想不到的灾难。

2. 综合化

工业革命阶段,环境问题主要是工业“三废”的污染和对生态环境的危害。但当代环境问题已远远超过这一范畴而涉及人类环境的各个方面,包括森林锐减、草原退化、沙漠扩展、土壤侵蚀等诸多领域。另外,环境治理和环境保护工作仅靠单一学科根本无法完成,必须采取多学科和多行业合作的方式全方位地开展研究。

3. 高技术化

原子弹、氢弹试验，核工业、信息技术和生物工程的发展，高新技术的应用，使人类制造了一系列前所未有的新物质。当某种条件下这些新物质进入环境中，环境中原有的微生物系统不能识别和分解时，就会导致污染物的累积，造成难以预测的生态灾害。

4. 政治化和社会化

环境问题已渗透到社会经济生活的各个领域，仅靠某个国家和地区越来越难解决不断涌现的环境问题。防治环境污染已经成为各种国际活动和各国政治纲领的重要内容，如《保护臭氧层维也纳公约》《蒙特利尔议定书》《联合国气候变化框架公约》《21世纪议程》《生物多样性公约》《京都议定书》“巴厘岛路线图”“哥本哈根世界气候大会”。

四、全球性环境问题

全球性环境问题包括全球变暖、臭氧层破坏、酸雨蔓延、海洋污染，淡水资源危机、森林锐减、生物多样性减少、持久性有机物污染等。

1. 全球变暖

全球变暖是指全球趋势性的气温升高变化。近 100 多年来，全球平均气温经历了冷、暖交替变化的两次波动，但总的看来呈现上升趋势。进入 20 世纪 80 年代后，全球气温明显上升。全球变暖的后果，会使极地冰川融化、海平面上升，使一些海岸地区被淹没。同时，全球变暖还会引起大气环流和大气降水的时空分布变化，使全球降水量重新分配，造成气候反常，导致旱情灾害的强度增加和频繁发生。这些现象都可能进一步导致生态系统发生变化，破坏自然生态系统的平衡，威胁人类的食物供应和居住安全，恶化人类的生存环境。

导致全球变暖的主要原因，是人类近一个世纪以来大量使用煤、石油等矿物燃料，排放出大量的 CO_2 等多种温室气体。与此同时，人口的增加和人类生产活动的规模越来越大，向大气释放的二氧化碳 (CO_2)、甲烷 (CH_4)、一氧化二氮 (N_2O)、氯氟碳化合物 (CFC)、四氯化碳 (CCl_4)、一氧化碳 (CO) 等温室气体不断增加，导致大气的组成发生变化。这些温室气体对来自太阳的短波辐射具有高的透过性，而对地球反射出来的长波辐射具有高度的吸收性，产生了显著的“温室效应”，导致全球气候变暖。

2. 臭氧层破坏

处于大气平流层中的臭氧层是地球的一个保护层，它能阻止过量的紫外线到达地球表面，以保护地球生命免遭过量紫外线的伤害。然而，自 1958 年以来，发现高空臭氧有减少趋势，20 世纪 70 年代以来，这种趋势更为明显。1985 年在南极上空首次观察到臭氧减少的现象，并称其为“臭氧空洞”。到 1994 年，南极上空的臭氧层破坏面积已达 2400 万平方千米，北半球上空的臭氧层比以往任何时候都薄，欧洲和北美上空平均减少了

10%~15%，西伯利亚上空减少了 35%。造成臭氧层破坏的主要原因是人类向大气中排放的氯氟烷烃化合物（氟利昂）、溴氟烷烃化合物（哈龙）及一氧化二氮（ N_2O ）、四氯化碳（ CCl_4 ）、甲烷（ CH_4 ）等。它们能与臭氧（ O_3 ）起化学反应，以致消耗臭氧层中臭氧的含量。研究表明，平流层臭氧浓度减少 1%，地球表面的紫外线强度将增加 2%，紫外线辐射量的增加会使海洋浮游生物和虾蟹、贝类大量死亡，造成某些生物绝迹；还会使农作物小麦、水稻减产；使人类皮肤癌发病率增加 3%~5%，白内障发病率增加 1.6%，这将对人类和生物造成严重危害。

3. 酸雨蔓延

酸雨是指 $\text{pH}<5.6$ 的雨、雪或其他形式的大气降水。最早出现于 20 世纪 50~60 年代的北欧及中欧，由欧洲中部地区的工业酸性废气所致。20 世纪 70 年代以来，许多工业化国家采取各种措施防治城市和工业大气污染，其中一个重要的措施是增加烟囱的高度。这一措施虽然有效地改变了排放地区的大气环境质量，但大气污染物远距离迁移的问题却更加严重，污染物越过国界进入邻国，甚至飘浮很远的距离，形成了更广泛的跨国酸雨。

酸雨的形成主要是由人类排入大气中的 NO_x 和 SO_x 的影响所致，它的发生是大气污染的一种表现形式。酸雨可引起江、河、湖、水库等水体酸化，影响水生动植物的生长。当湖水 pH 降到 5.0 以下时，湖泊将成为无生命的死湖。酸雨可使土壤酸化，有害金属（ Al 、 Cd ）溶出，使植物体内有害物质含量增高，尤其是植物叶面首当其冲，受害最为严重，直接危害农业和森林草原生态系统。瑞典每年因酸雨损失的木材达 450 万立方米。酸雨可使铁路、桥梁等建筑物的金属表面受到腐蚀，降低使用寿命；酸雨会加速建筑物的石料及金属材料的风化、腐蚀，使主要为 CaCO_3 成分的纪念碑、石刻壁雕、塑像等文化古迹受到腐蚀和破坏。据估计，美国每年花费在修复因酸雨破坏的文物古迹上的费用就达 50 亿美元。

4. 海洋污染

海洋污染主要有原油泄漏污染、漂浮污染、有机化学物质污染及赤潮、黑潮等。

海洋石油污染不仅影响海洋生物的生长、降低海滨环境的使用价值、破坏海岸设施，还可能影响局部地区的水文气象条件和降低海洋的自净能力。海洋中的微塑料被称为海洋中的“ $\text{PM}_{2.5}$ ”。目前，海洋及海岸环境中的微塑料污染已成为全球性生态环境问题。2015 年召开的第二届联合国环境大会上，微塑料污染被列入环境与生态科学研究领域的第二大科学问题，成为与全球气候变化、臭氧耗竭等并列的重大全球环境问题。海洋微塑料污染不仅是威胁海洋生物生态系统进而危及食物链安全及人类健康的问题，还涉及跨界跨境污染、产业结构调整和国际治理等问题。

人类活动使近海区的氮和磷增加了 50%~200%。过量的营养物质导致沿海藻类大量生长，致使赤潮频繁发生，破坏了红树林、珊瑚礁、海草，使近海鱼虾锐减，渔业损失惨重。污染最严重的海域有波罗的海、地中海、东京湾、纽约湾、墨西哥湾等。我国的渤海湾、黄海、东海和南海的污染状况也不容乐观。

据估计,输入海洋的污染物,有40%是通过河流输入的,30%是由空气输入的,10%左右来自海运和海上倾倒。海水中的重金属、石油、有毒有机物不仅危害海洋生物,而且能通过食物链危害人体健康,破坏海洋旅游资源。

五、我国的主要环境问题

目前,我国突出的环境问题主要表现为:

1. 大气污染

自2013年“大气十条”实施以来,全国整体空气质量有了明显改善(图1-2)。不过,以2020年为例,若不扣除沙尘影响,337个城市环境空气达标城市比例为56.7%,超标城市比例仍占43.3%,平均超标天数比例为13%。以PM_{2.5}、O₃、PM₁₀、NO₂和SO₂为首要污染物的超标天数分别占总超标天数的51.0%、37.1%、11.7%、0.5%和0.1%。因此,虽然我国的大气污染状况逐年好转,但大气污染形势依然十分严峻,大气污染治理仍是目前环保工作的重中之重。

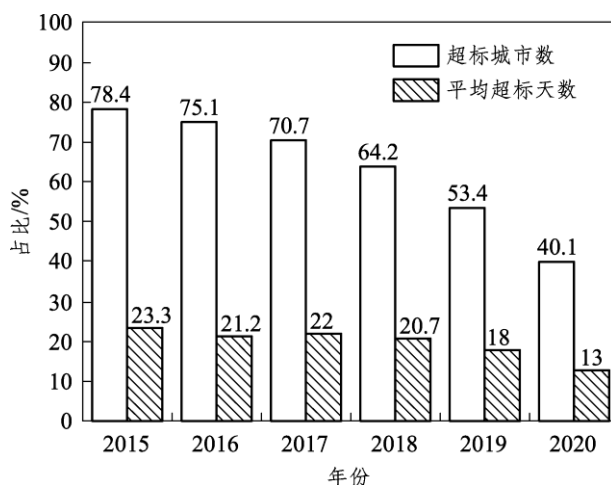


图 1-2 2015—2020 年我国部分地级以上城市环境空气质量状况

注:数据来源于《中国生态环境状况公报》。

2. 水环境污染

从近五年(2016—2020年)全国地表水监测断面水质情况可以发现(表1-1),劣V类水质占比逐年下降,但I类水质占比呈现较大波动。主要淡水湖泊和水库普遍受到氮、磷污染,富营养化加剧。城市黑臭水体分布范围较广。截至2016年2月16日,全国共排查出黑臭水体1861个,其中河流1595条,占85.7%;湖、塘266个,占14.3%。“水十条”规定,到2020年地级城市黑臭水体控制在10%。实际上,我们国家还有300多个县级城市、1000多个城关镇、10000多个建制镇,也存在黑臭水体,因此整治任务非常艰巨。

表 1-1 2016—2020 全国地表水总体水质状况 (数据来源于《中国生态环境状况公报》)

年份	I 类	II 类	III 类	IV 类	类	劣类
2016	2.4%	37.5%	27.9%	16.8%	6.9%	8.6%
2017	2.2%	36.7%	32.9%	14.6%	5.2%	8.4%
2018	5.0%	43.0%	26.3%	14.4%	4.5%	6.9%
2019	3.9%	46.1%	24.9%	17.5%	4.2%	3.4%
2020	7.8%	51.8%	27.8%	10.8%	1.5%	0.2%

3. 固体废物处理问题

我国工业固体废物排放量巨大,但综合利用颇显不足,大量的填埋堆存给资源和环境带来巨大压力。根据生态环境部发布的《2019 年全国大中城市固体废物污染环境防治年报》,2018 年,200 个大中城市一般工业固体废物产生量达 15.5 亿吨,同比增长 18.32%。与我国煤炭、电力、化工等行业迅猛发展相随而生的,是一年超过 33 亿吨的工业固废产生量,累计堆存量超过 600 亿吨,这一数字还在加速攀升。因此,如何将“放错位置”的工业固废蜕变成“城市矿产”,成为大固废领域下一个亟待破题的困局。

与此同时,随着工业化进程的加快、人们消费水平的提高以及消费结构的多元化,城市垃圾产生量迅速增长,已成为一大环境公害。根据中国统计年鉴,2019 年我国生活垃圾清运量已达到 2.42 亿吨,比 2018 年(2.28 亿吨)和 2009 年(1.57 亿吨)分别增长了 6%和 54%,已成为城市发展中棘手的环境问题之一。

4. 土壤污染

中国同许多发达国家一样,在经济发展过程中经历了严重的土壤污染。2014 年 4 月 17 日,环保部联合国土部公布的《全国土壤污染状况调查公告》显示,全国土壤环境状况总体不容乐观,部分地区土壤污染较重,耕地土壤环境质量堪忧,工矿业废弃地土壤环境问题突出。全国土壤总的点位超标率为 16.1%,其中轻微、轻度、中度和重度污染点位比例分别为 11.2%、2.3%、1.5%和 1.1%。从土地利用类型看,耕地、林地、草地土壤点位超标率分别为 19.4%、10.0%、10.4%。从污染类型看,以无机型为主,有机型次之,复合型污染所占比例较小,无机污染物超标点位占全部超标点位的 82.8%。从污染物超标情况看,镉、汞、砷、铜、铅、铬、锌、镍 8 种无机污染物点位超标率分别为 7.0%、1.6%、2.7%、2.1%、1.5%、1.1%、0.9%、4.8%;六六六、滴滴涕、多环芳烃 3 类有机污染物点位超标率分别为 0.5%、1.9%、1.4%。从污染分布情况看,南方土壤污染重于北方;长江三角洲、珠江三角洲、东北老工业基地等部分区域土壤污染问题较为突出,西南、中南地区土壤重金属超标范围较大;镉、汞、砷、铅 4 种无机污染物含量分布呈现从西北到东南、从东北到西南方向逐渐升高的态势。

5. 农村面源污染

我国幅员辽阔,村镇数量以及类型众多,农村污染物量大面广,而农村的环保基础

设施严重不足，治理难度较大。目前，虽然已开展了大量农业农村污染治理工作，并取得了一定的成效，但农业农村生态环境保护形势依然严峻。具体表现为：农村生活污水收集、处理率不高，效果不理想。农村垃圾随地倾倒、污水随地排放现象比较普遍，导致农村黑臭水体问题突出。大部分农村传统的垃圾处理方式仍是简单转移填埋、临时堆放焚烧和随意倾倒，存在垃圾山、垃圾围村、垃圾围坝、工业污染“上山下乡”等现象，容易造成二次污染。此外，我国种植业和养殖业生产普遍规模较小、布局分散，生产经营方式粗放，呈现以面源为主的污染特征，全国一些粮食主产区的水体控制单元水质超标主要由农业面源污染造成。

6. 城市噪声污染

随着我国经济社会发展，城市化进程加快，噪声污染问题频发，严重影响了居民的生活和健康，治理噪声污染刻不容缓。环保部公布的《2017年中国环境噪声污染防治报告》显示，2016年共收到环境问题投诉119万件，其中有关噪声的投诉52.2万件，占环境投诉总量的43.9%。根据2018年全国“12369环保举报联网管理平台”统计数据，涉及噪声的举报占比为35.3%，仅次于大气污染，排第2位。2020年，据不完全统计，全国省辖县级市和地级及以上城市的生态环境、公安、住房和城乡建设等部门合计受理环境噪声投诉举报约201.8万件，其中社会生活噪声投诉举报最多，占53.7%；建筑施工噪声次之，占34.2%；工业噪声占8.4%；交通运输噪声占3.7%。2021年，生态环境部门“全国生态环境信访投诉举报管理平台”共接到公众举报44.1万余件，其中噪声扰民问题占全部举报的41.2%，位居各环境污染要素的第2位。

第三节

环境保护

环境保护是保护、改善和创造环境的一切人类活动的总称，是运用环境科学的理论和方法，在合理开发利用自然资源的同时，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，促进经济与环境协调发展，保护人体健康，造福人民并惠及子孙后代。人类环保历程也是环境科学形成与完善的过程，以下简称世界（主要发达国家）和我国的环保历程。

一、世界环保

工业革命以来，发达国家对环境保护工作的认识是随着经济增长、污染加剧而逐步发展的。其在解决环境污染问题上，经历了先污染后治理、先破坏后恢复的过程，其间付出了惨痛代价。世界主要发达国家环保历程大致可分为以下3个阶段。

1. 经济发展优先（末端治理）阶段

环境污染早在 19 世纪就已发生，如英国泰晤士河的污染、日本足尾铜矿的污染事件等。但在 20 世纪 60 年代以前，发达国家的主要目标是发展（经济发展优先），对环境保护工作并不重视，导致环境污染问题日益突出。20 世纪 50 年代前后，相继发生了“八大公害事件”，使发达国家付出了惨痛代价。1962 年美国海洋生物学家蕾切尔·卡逊出版的《寂静的春天》，用大量事实描述了有机氯农药 DDT 对人类和生物界所造成的影响，推动了世人环保意识的觉醒。各发达国家相继成立了环境保护专门机构，但因当时的环境问题还只是被看作工业污染问题，所以环境保护工作主要就是治理污染源、减少排污量。在法律措施上，颁布了一系列环境保护的法规和标准，加强了法治。在经济方面，采取给工厂企业补助资金、帮助工厂企业建设净化设施的措施，并通过征收排污费或实行“谁污染、谁治理”策略，解决环境污染的治理费用问题。在这个阶段，尽管环境污染有所控制，环境质量有所改善，但所采取的“末端治理”措施，从根本上来说是被动的，因而收效甚微。这一时期是环境科学开始孕育并出现的阶段。

阅读材料

寂静的春天（*Silent Spring*）

从前，在美国中部有一个城镇，这里的一切生物看来与其周围环境生活得很和谐。这个城镇坐落在像棋盘般排列整齐的繁荣的农场中央，其周围是庄稼地，小山下果园成林。春天，繁花像白色的云朵点缀在绿色的原野上；秋天，透过松树的屏风，橡树、枫树和白桦树闪烁出火焰般的彩色光辉，狐狸在小山上叫着，小鹿静悄悄地穿过了笼罩着秋色晨雾的原野。

沿着小路生长的月桂树和赤杨树以及巨大的羊齿植物和野花在一年的大部分时间里都使旅行者感到目悦神怡。即使冬天，道路两旁也是美丽的地方，那儿有无数小鸟飞来，在初露雪层之上的浆果和干草的穗头上啄食。郊外事实上正以其鸟类的丰富多彩而驰名，当迁徙的候鸟在整个春天和秋天蜂拥而至的时候，人们都长途跋涉地来这里观看它们。另有些人来小溪边捕鱼，这些洁净又清凉的小溪从山中流出，形成了绿荫掩映的生活着鳟鱼的池塘。野外一直是这个样子，直到许多年前的有一天，第一批居民来到这儿建房舍，挖井筑仓，情况才发生了变化。

——摘自[美]蕾切尔·卡逊著《寂静的春天》

美国海洋生物学家蕾切尔·卡逊（*Rachel Carson*）（图 1-3）所著的《寂静的春天》于 1962 年在美国问世，通过列举大量事实，科学论述了 DDT 等农药污染物的富集、迁移、转化及其对生态系统的影响，阐述了人类与水、大气、土壤以及其他生物之间的关系，告诫人们要全面认识使用农药的利弊，认识到人类生产可能导致严重的后果。



图 1-3 蕾切尔·卡逊

美国前副总统阿尔·戈尔评价说：“《寂静的春天》犹如旷野中的一声呐喊，以它深切的感受、全面的研究和雄辩的论点改变了历史的进程。如果没有这本书，环境运动也许会被延误很长时间，或者现在还没有开始。”

2. 综合防治阶段

进入 20 世纪 70 年代后，随着环境科学研究的不断深入，人们的观念从公害防止转变到环境保护，进入了环境保护时代。许多国家把环境保护写进宪法并定为基本国策。同时，污染治理技术也日趋成熟。环境污染治理从“末端治理”向“全过程控制”和“综合治理”的方向发展，从而走向了环境与经济并重阶段。例如，日本在第二次世界大战后，随着工业的发展环境污染日趋严重，仅寄希望于“在不妨碍经济发展的情况下保护环境”并没有摆脱公害事件频发的厄运，世界八大公害事件中日本就占四件。从 1970 年开始，日本确立了环境优先原则，实行了世界上最严格的环境法律和标准，经过几十年努力，基本解决了工业污染问题。

1972 年 6 月 5—16 日，联合国在瑞典斯德哥尔摩召开了首次研讨保护人类环境的会议：联合国人类环境会议，共有包括中国在内的 113 个国家和一些国际机构的 1300 多名代表参加了会议，成为人类环境保护工作的一个历史转折点，是世界环保史上的第一个里程碑。这次会议加深了人们对环境问题的认识，扩大了环境问题的范围，同时把环境与人口、资源及发展联系在一起，实现从整体上解决环境问题。这次会议对推动世界各国保护和改善人类环境发挥了重要作用、并产生了深远影响。1972 年 12 月 15 日，第 27 届联合国大会通过决议成立联合国环境规划署（UNEP），负责协调全球的生态环境保护（该署于 1973 年 1 月正式成立），同时为纪念大会的召开，决定将每年的 6 月 5 日定为“世界环境日”。

联合国人类环境会议通过了《联合国人类环境宣言》，呼吁世界各国政府和人民共同努力来维护和改善人类环境，为子孙后代造福。英国经济学家芭芭拉·沃德和美国微生物学家勒内·杜博斯受会议秘书长的委托，撰写了《只有一个地球》。该书不仅从整个地球的前途出发，而且也从社会、经济和政治等多个角度探讨了环境问题，论述了人类明智管理地球的紧迫性。

3. 可持续发展阶段

进入 20 世纪 80 年代后,人们开始重新审视传统思维和价值观念,认识到人类不能以大自然主宰者自居而为所欲为,必须与大自然和谐相处,成为大自然的朋友。特别是第二次环境问题高潮对人类赖以生存的整个地球环境造成危害,人类生存与发展面临前所未有的挑战。在这样的背景下,世界环境与发展委员会于 1987 年发表了《我们共同的未来》的报告,报告首次提出了“可持续发展”的理念。

1992 年 6 月 3—14 日,第二次联合国环境与发展大会在巴西里约热内卢召开。183 个国家的代表团和联合国及其下属机构等 70 个国际组织的代表出席了会议,102 位国家元首或政府首脑亲自与会,我国也派出了由总理率团的代表团出席。这次会议是 1972 年联合国人类环境会议之后举行的讨论世界环境与发展问题的最高级别的一次国际会议,不仅筹备时间最长,而且规模也最大,堪称是人类环境与发展史上影响深远的一次盛会,是世界环保史上的第二个里程碑。

第二次环境大会通过了《里约环境与发展宣言》和《21 世纪议程》两个纲领文件以及《关于森林问题的原则声明》,签署了《联合国气候变化框架公约》和《生物多样性公约》。《里约环境与发展宣言》就加强国际合作,实行可持续发展(sustainable development),解决全球性环境与发展问题,提出了有关国际合作、公众参与、环境管理的实施等 27 项原则,是环境与发展领域开展国际合作的指导原则。《21 世纪议程》是在全球区域和各范围内实现可持续发展的行动纲领,涉及国民经济和社会发展的各个领域。《关于森林问题的原则声明》提出了保护和合理利用森林资源的指导原则,维护了发展中国家的主权。《联合国气候变化框架公约》的核心是控制人为温室气体的排放,主要是指燃烧矿物燃料产生的二氧化碳。《生物多样性公约》旨在保护和合理利用生物资源。此外,由我国等发展中国家倡导的“共同但有区别的责任”原则,成为国际环境发展合作的基本原则。这些会议文件和公约对保护全球生态环境和生物资源,起到了重要作用,充分体现了当今人类社会可持续发展的新思想,反映了关于环境与发展领域合作的全球共识和最高级别的政治承诺。

第二次环境大会结束 10 年后,2002 年 8 月 26 日至 9 月 4 日在南非约翰内斯堡召开了可持续发展世界首脑会议。会议提出经济增长、社会进步和环境保护是可持续发展的三大支柱,经济增长和社会进步必须同环境保护、生态平衡相协调。又经过 10 年,2012 年 6 月 20—22 日在巴西里约热内卢召开了联合国可持续发展大会(又称“里约+20”峰会)。会议发起可持续发展目标讨论进程,提出绿色经济是实现可持续发展的重要手段,正式通过了《我们憧憬的未来》这一成果文件,在重申“共同但有区别责任”原则的同时,敦促发达国家履行针对发展中国家的援助承诺。

2015 年 9 月 25—27 日,193 个联合国成员国在可持续发展峰会上正式通过了成果性文件——《改变我们的世界:2030 年可持续发展议程》(简称 2030 年可持续发展议程)。这一涵盖 17 项可持续发展目标和 169 项具体目标的纲领性文件旨在推动未来 15 年内实

现三项宏伟的全球目标：消除极端贫困，战胜不平等和不公正，保护环境、遏制气候变化。2030 年可持续发展议程的实施将动员世界各国将可持续发展目标切实贯穿于各自发展的全球与国家战略之中。值得注意的是，2030 年可持续发展议程中的环境目标已经成为与社会及经济目标同等重要的可持续发展支柱，环境因素在全球发展议程中的重要性与之俱增。

上述世界性有关环境与发展的会议是人类对环境问题的认识发生历史性转变的标志，世界环保史就是一部正确处理环境与经济的关系史。目前虽然国际社会为解决环境问题付出了很大努力，但全球环境问题少数有所缓解、总体仍在恶化。生物多样性锐减、气候变化、水资源危机、化学品污染、土地退化等问题并未得到有效解决。尽管发达国家和地区已经基本解决了传统工业化带来的环境污染问题，但大多数发展中国家由于人口增长、工业化和城镇化、承接发达国家的污染转移等原因，环境质量恶化趋势加剧，治理难度进一步加大。

二、中国环保

我国推进环境保护的鲜明做法，就是统筹国际、国内两个大局，既参与国际环保领域的合作与治理，又根据国内新形势、新任务及时出台加强环境保护的战略举措。1972 年联合国首次人类环境会议、1992 年联合国环境与发展大会、2002 年可持续发展世界首脑会议和 2012 年联合国可持续发展大会，为我国加强环境保护提供了重要借鉴和外部条件。我国环境保护历程大致可以分为 5 个阶段。

1. 第一阶段（起步阶段）

从 20 世纪 70 年代初到党的十一届三中全会。我国在 20 世纪 60 年代前并无环境保护概念。1957 年后，随着工业污染和城市环境质量日趋恶化以及一些发达国家出现的反污染运动，人们开始对环保概念有了一些初步理解，但停留在消除公害、保证人体健康免受损害的水平。早在 1972 年我国就派出代表团参加了人类环境会议。会议后不久，1973 年 8 月国务院召开第一次全国环境保护会议，提出了“全面规划、合理布局，综合利用、化害为利，依靠群众、大家动手，保护环境、造福人民”的 32 字环保工作方针。

2. 第二阶段（发展阶段）

从党的十一届三中全会到 1992 年。这一时期，我国环境保护逐渐步入正轨。1983 年第二次全国环境保护会议，把保护环境确立为基本国策。1984 年 5 月 8 日，国务院发布《国务院关于环境保护工作的决定》，环境保护开始纳入国民经济和社会发展规划。1988 年设立国家环境保护局，成为国务院直属机构。地方政府也陆续成立环境保护机构。1989 年国务院召开第三次全国环境保护会议，提出要积极推行环境保护目标责任制、城市环境综合整治定量考核制、排放污染物许可证制、污染集中控制、限期治理、环境影响评价制度、“三同时”制度、排污收费制度等 8 项环境管理制度。同时，以 1979 年颁布试

行、1989年正式实施的《环境保护法》为代表的环境法规体系初步建立，为开展环境治理奠定了法治基础。

3. 第三阶段（深化阶段）

1992—2002年。里约环境与发展大会召开2个月之后，党中央、国务院发布《中国关于环境与发展问题的十大对策》，把实施可持续发展确立为国家战略。1994年3月，我国政府率先制定实施《中国21世纪议程》。1996年，国务院召开第四次全国环境保护会议，发布《关于环境保护若干问题的决定》，大力推进“一控双达标”（控制主要污染物排放总量、工业污染源达标和重点城市的环境质量按功能区达标）工作，全面开展“三河”（淮河、海河、辽河）、“三湖”（太湖、滇池、巢湖）水污染防治，“两控区”（酸雨污染控制区和二氧化硫污染控制区）大气污染防治、一市（北京市）、“一海”（渤海）的污染防治（简称“33211”工程）。启动了退耕还林、退耕还草、保护天然林等一系列生态保护重大工程。

4. 第四阶段（升华阶段）

2002—2012年。党的十六大以来，党中央、国务院提出树立和落实科学发展观、构建社会主义和谐社会、建设资源节约型环境友好型社会、让江河湖泊休养生息、推进环境保护历史性转变、环境保护是重大民生问题等新思想新举措。2002年、2006年和2011年，国务院先后召开第五次全国环境保护会议、第六次全国环保大会、第七次全国环保大会，做出一系列新的重大决策部署。把主要污染物减排作为经济社会发展的约束性指标，完善环境法制和经济政策，强化重点流域区域污染防治，提高环境执法监管能力，积极开展国际环境交流与合作。2008年，国家环境保护局升格为环境保护部（正部级，国务院组成部门），负责对全国环保实施统一监管。

2007年10月，党的十七大报告首次提出“生态文明”建设的执政理念。2012年11月召开的党的十八大，把生态文明建设纳入中国特色社会主义事业“五位一体”总体布局，首次把“美丽中国”作为生态文明建设的宏伟目标。这标志着我们党对中国特色社会主义规律认识的进一步深化，昭示着要从建设生态文明的战略高度来认识和解决我国环境问题。与此同时，我国生态文明理念也引起国际社会关注，在2013年2月召开的联合国环境规划署第27次理事会上，被正式写入决定案文。

5. 第五阶段：党的十八大以来

从2012年党的十八大到2017年党的十九大，我国生态文明建设取得显著成效。2017年，党的十九大报告首次提出建设富强、民主、文明、和谐、美丽的社会主义现代化强国的目标，将增强“绿水青山就是金山银山”的意识写入党章。报告指出，人与自然是生命共同体，建设生态文明是中华民族永续发展的千年大计。报告提出要坚持人与自然