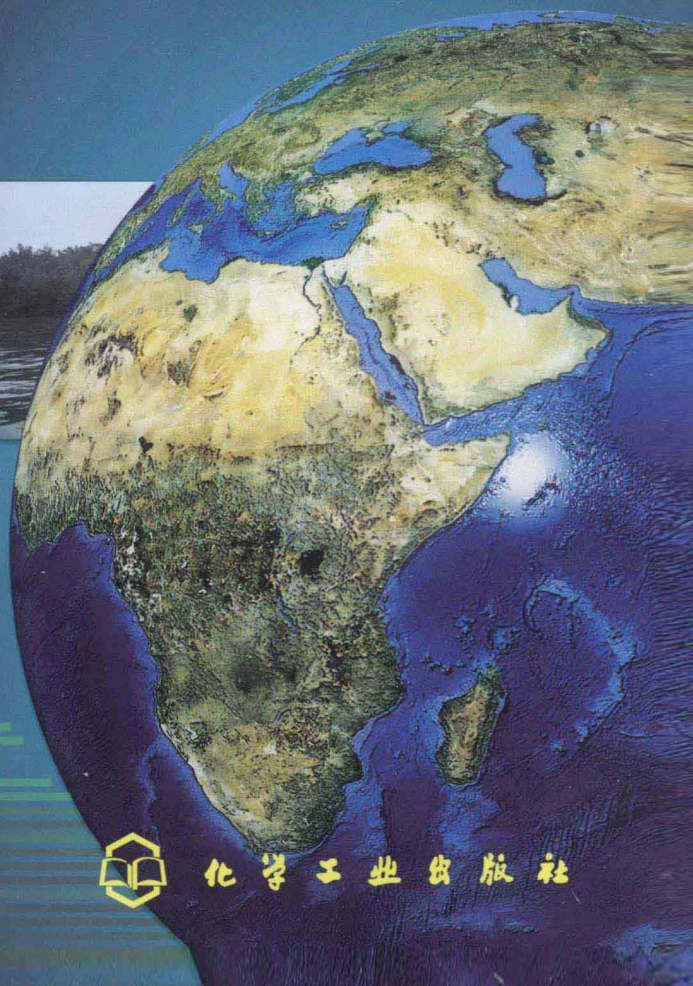
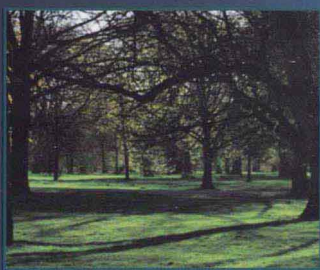


普通高等教育“十二五”规划教材

# 能源与环境概论

李润东 可欣 主编



化学工业出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

# 能源与环境概论

李润东 可欣 主编



化学工业出版社

本教材从化石燃料、可再生能源和新能源三方面论述能源利用与环境效益之间的关系。在化石燃料方面,介绍了我国化石能源构成的特点,以及煤、石油、天然气利用过程中产生的环境问题,减少和控制化石燃料利用产生污染的途径,国内外化石燃料清洁利用技术的最新发展状况和研究方向。在可再生能源方面,介绍了太阳能、风能、水能、生物质能、地热能 and 海洋能利用技术,新能源领域最新的研究成果,使学生了解该领域的前沿知识,认识到可再生能源利用在环境保护方面的巨大优势。在新能源方面,介绍了核能发展现状、现阶段利用技术和发展前景,为学生后期专业课的学习奠定基础。此外,本书涵盖了能源利用过程中各种节能技术,以及实际工程应用中的节能措施,使学生从能源生产环节和能源利用环节清晰地了解能源与环境之间的效应,为交叉学科专业的专业课学习打下良好的基础。同时,将可持续发展的内涵与特征、相关法律法规予以介绍,为从事能源与环境领域科研人员提供参考。本书既可作为能源动力工程、环境工程、新能源等专业的入门教材,又可作为引导一般工科学生了解能源与环境科学的选修教材,还可供对环境与能源感兴趣的社会人士阅读参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

能源与环境概论/李润东,可欣主编. —北京:  
化学工业出版社, 2013. 6

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-122-17306-5

I. ①能… II. ①李…②可… III. ①能源-关系-  
环境-高等学校-教材 IV. ①X24

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 109553 号

---

责任编辑: 满悦芝

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 宋 玮

---

出版发行: 化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装: 三河市延风印装厂

787mm×1092mm 1/16 印张 16½ 字数 406 千字 2013 年 7 月北京第 1 版第 1 次印刷

---

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

---

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

# 前 言

能源与环境是当今世界发展的两大主题，更是关系到可持续发展的重大问题。能源是人类存在与社会发展的物质基础，是经济持续稳定发展和人民生活质量提高的重要保障。环境是人类社会赖以生存的大气、土壤、水、地质和生物等诸多因素的总和，是影响人类安全健康和社会可持续发展的关键要素。能源短缺、环境污染是当今社会面临的主要难题，利用清洁能源、保护地球环境成为 21 世纪科学发展的一大课题。

能源科学与环境科学，既自成体系，又相互交叉。能源科学是研究能源在勘探、开采、运输、转化、存储和利用过程中的基本规律及其应用的科学。环境科学是研究人类社会发展活动与环境演化规律之间相互作用关系，寻求人类社会与环境协同演化、持续发展途径与方法的科学。进入新世纪以来，解决能源、环境与可持续发展等问题无法孤立地开展研究和应用，需要借助多学科的理论和方法，能源与环境学科之间的交叉、渗透和融合愈来愈密切，本书着重体现能源与环境科学的交叉、集成与综合的特色。

全书分为 8 章，第 1 章绪论部分介绍能源与环境各自问题及相互关系，第 2 章主要阐述能源利用导致的温室效应，第 3 章论述化石能源利用导致的环境污染及防护，第 4 章论述了可再生能源对环境保护的贡献，第 5 章阐述核能及其对环境的影响，第 6 章论述了能源利用与水污染的关系，第 7 章阐述节能技术对环境保护的贡献，第 8 章主要论述能源、环境与可持续发展的辩证关系。

参加本书编写的人员及分工包括：李润东（第 1 章和第 5 章的一部分）、可欣（第 1 章和第 6 章的一部分）、张昀（第 2 章）、栾敬德（第 3 章）、沈飞（第 4 章）、张海军（第 5 章的一部分）、王伟云（第 6 章的一部分）、邓春健（第 7 章）、袁海荣（第 8 章）。

本书既可作为能源动力工程、环境工程、新能源等专业的入门教材，又可作为引导一般工科学生了解能源与环境科学的选修教材。

限于编者水平，本书难免有疏漏和错误之处，敬请读者不吝赐教，以求修正、完善与提高。

编者  
2013 年 6 月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1	2.4.5 防止滥砍滥伐,增加绿色植物 .....	26
1.1 能源利用与能源问题 .....	1	2.4.6 CO <sub>2</sub> 的分离回收、储存和利用 .....	26
1.1.1 能源及其分类 .....	1	2.4.7 温室效应控制的其他对策 .....	27
1.1.2 全球能源资源利用现状及存在 问题 .....	3	2.5 我国二氧化碳的排放及其对环境、经济 的影响 .....	27
1.1.3 中国能源资源发展现状及存在的 问题 .....	4	2.5.1 我国的能源构成及二氧化碳 排放 .....	27
1.2 环境与环境问题 .....	6	2.5.2 我国各地区二氧化碳的排放量 .....	29
1.2.1 环境及其组成 .....	6	2.6 我国对减排二氧化碳所做的努力及应 对措施 .....	31
1.2.2 环境要素与环境质量 .....	7	2.6.1 提高能源效率和节约能源 .....	31
1.2.3 环境问题的产生与发展 .....	8	2.6.2 开发替代能源 .....	31
1.2.4 全球性环境问题 .....	9	2.6.3 林业系统 .....	32
1.3 能源利用与环境保护 .....	11	2.6.4 人口控制 .....	32
1.3.1 能源开发引起的环境问题 .....	11	2.6.5 建立法规政策 .....	32
1.3.2 能源利用过程中引起的环境 问题 .....	13	2.7 我国减排二氧化碳的应对措施 .....	32
1.3.3 能源与环境协调发展 .....	14	2.7.1 我国控制 CO <sub>2</sub> 的指导战略 .....	32
思考题 .....	14	2.7.2 减排二氧化碳的洁净煤技术 .....	33
参考文献 .....	14	2.7.3 改变能源消费结构、开发替代 能源 .....	34
<b>第 2 章 温室效应</b> .....	15	2.7.4 提高能源利用率和节能 .....	35
2.1 温室效应的概念 .....	15	2.7.5 林业部门 CO <sub>2</sub> 控制 .....	36
2.2 温室效应气体 .....	16	2.7.6 农业部门 CO <sub>2</sub> 控制 .....	36
2.2.1 二氧化碳 (CO <sub>2</sub> ) .....	17	2.7.7 交通部门减排 CO <sub>2</sub> 的措施 .....	37
2.2.2 甲烷 (CH <sub>4</sub> ) .....	18	思考题 .....	38
2.2.3 一氧化二氮 (N <sub>2</sub> O) .....	18	参考文献 .....	38
2.2.4 对流层臭氧 (O <sub>3</sub> ) .....	19	<b>第 3 章 化石能源与环境保护</b> .....	40
2.2.5 氯氟烃 (CFCs) .....	19	3.1 煤炭 .....	40
2.3 温室效应作用 .....	20	3.1.1 煤的组成与品质 .....	40
2.3.1 气候变暖 .....	20	3.1.2 煤的工业分析和元素组成 .....	40
2.3.2 海平面上升 .....	20	3.1.3 煤的分类 .....	42
2.3.3 水分平衡变化 .....	21	3.1.4 煤炭资源 .....	43
2.3.4 影响热带气旋 .....	21	3.1.5 煤炭利用带来的环境问题 .....	44
2.3.5 农业的变化 .....	22	3.2 石油 .....	46
2.4 温室效应控制 .....	24	3.2.1 石油的形成与分类 .....	46
2.4.1 改变能源结构 .....	24	3.2.2 石油的加工 .....	46
2.4.2 提高能源利用效率 .....	24	3.2.3 石油资源 .....	47
2.4.3 节约能源 .....	25	3.2.4 石油消费 .....	48
2.4.4 清洁能源和可再生能源 .....	25		

3.2.5 石油利用带来的环境问题 .....	50	4.3.2 风力机的主要类型 .....	139
3.3 天然气 .....	51	4.3.3 风力机的应用 .....	139
3.3.1 天然气的特性 .....	51	4.4 水能 .....	142
3.3.2 天然气的用途 .....	51	4.4.1 水力发电基础知识 .....	143
3.3.3 天然气资源 .....	51	4.4.2 水力发电的基本原理 .....	143
3.3.4 天然气消费 .....	53	4.4.3 水电站的分类与小水电站的类型 .....	144
3.3.5 天然气利用带来的环境问题 .....	54	4.4.4 小水电的建站途径 .....	145
3.4 硫氧化物生成机理及控制排放的 技术 .....	54	4.5 地热能 .....	146
3.4.1 硫氧化物 .....	54	4.5.1 地热采暖、供热和供热水 .....	146
3.4.2 燃料燃烧过程硫氧化物的形成 .....	55	4.5.2 地源热泵 .....	146
3.4.3 燃烧脱硫与煤炭转化 .....	57	4.5.3 地热发电 .....	147
3.4.4 燃烧过程脱硫 .....	59	4.5.4 地热能在各行业中的应用 .....	149
3.5 氮氧化物排放及控制机理 .....	61	4.6 海洋能 .....	149
3.5.1 氮氧化物的危害 .....	61	4.6.1 潮汐能及其开发利用 .....	149
3.5.2 燃烧 NO <sub>2</sub> 的生成机理 .....	62	4.6.2 波浪能及其开发利用 .....	150
3.5.3 燃烧氮氧化物的治理 .....	68	4.6.3 海洋温差能及其开发利用 .....	151
3.5.4 排烟脱氮 .....	80	4.7 可再生能源利用与环境保护 .....	151
3.6 颗粒物与重金属 .....	82	4.7.1 可再生能源开发利用与可持续 发展 .....	151
3.6.1 颗粒物的特征及危害 .....	82	4.7.2 可再生能源的适宜性 .....	151
3.6.2 燃烧烟尘的生成机理和生成量 .....	84	4.7.3 理性发展可再生能源技术 .....	151
3.6.3 颗粒物中重金属 .....	86	思考题 .....	152
思考题 .....	87	参考文献 .....	152
参考文献 .....	88	<b>第5章 核能</b> .....	153
<b>第4章 可再生能源与环境保护</b> .....	89	5.1 核能及核电发展史 .....	153
4.1 太阳能热利用技术 .....	89	5.1.1 核能 .....	153
4.1.1 太阳能集热器 .....	90	5.1.2 核能发展史 .....	153
4.1.2 太阳能热水器 .....	94	5.1.3 核电 .....	155
4.1.3 太阳能房屋供热系统 .....	96	5.2 核能发电原理 .....	156
4.1.4 太阳炉灶 .....	97	5.2.1 基本概念 .....	156
4.1.5 太阳能干燥 .....	97	5.2.2 核能发电原理 .....	157
4.1.6 太阳能制冷 .....	98	5.3 核反应堆与核电站 .....	158
4.1.7 太阳能光电转化 .....	99	5.3.1 核反应堆 .....	158
4.2 生物质能利用技术 .....	102	5.3.2 核电站 .....	164
4.2.1 直接燃烧 .....	102	5.4 核电利用的安全性 .....	169
4.2.2 生物质热解技术 .....	104	5.4.1 核电与核弹 .....	170
4.2.3 生物质气化技术 .....	107	5.4.2 核电站放射性影响 .....	170
4.2.4 厌氧消化技术 .....	113	5.4.3 核电安全性原则 .....	171
4.2.5 乙醇转化技术 .....	123	5.4.4 反应堆的安全设计 .....	171
4.2.6 生物柴油技术 .....	127	5.4.5 反应堆的工程安全防护 .....	172
4.2.7 生物制氢技术 .....	129	5.5 核废料处理 .....	172
4.2.8 生物质压缩成型技术 .....	133	5.5.1 核电站废物的来源 .....	173
4.3 风能 .....	137	5.5.2 核电站废物的管理系统 .....	174
4.3.1 风能资源基本概念与表征 .....	137	5.5.3 核电站废物的处理方法 .....	174

5.6 核辐射与防护 .....	181	7.3.1 能量平衡法 .....	223
5.6.1 核辐射 .....	181	7.3.2 焓分析法 .....	224
5.6.2 核辐射的危害 .....	181	7.4 能量梯级利用 .....	225
5.6.3 核辐射的防护 .....	182	7.4.1 热能梯级利用概述 .....	225
思考题 .....	184	7.4.2 狭义总能系统应用方式 .....	225
参考文献 .....	184	7.5 余热利用技术 .....	229
<b>第6章 能源利用与水污染防治</b> .....	185	7.5.1 余热资源概念、分类及回收 方法 .....	229
6.1 水污染及污染源 .....	185	7.5.2 余热利用的原则 .....	229
6.2 工业废水的成分和性质 .....	185	7.5.3 余热资源回收利用技术 .....	229
6.2.1 工业废水水质指标 .....	185	7.6 建筑节能 .....	234
6.2.2 工业废水的成分和性质 .....	189	7.6.1 建筑节能概述 .....	234
6.3 水污染控制的基本原则及方法 .....	189	7.6.2 建筑设计节能技术 .....	235
6.3.1 水污染控制的基本原则 .....	190	7.6.3 建筑结构节能技术 .....	236
6.3.2 废水处理基本方法概述 .....	190	7.7 交通节能技术 .....	237
6.3.3 物理处理方法和设备 .....	191	7.7.1 内燃机节油技术 .....	237
6.3.4 化学处理法 .....	197	7.7.2 替代燃料油技术 .....	239
6.3.5 物理化学处理法 .....	201	7.7.3 汽车整身节能技术 .....	240
6.3.6 生物处理法 .....	205	7.8 城市与民用节能 .....	240
6.4 循环冷却水的处理与污水回用 .....	212	思考题 .....	243
6.4.1 循环冷却水的处理 .....	212	参考文献 .....	243
6.4.2 污水回用 .....	214	<b>第8章 能源与环境可持续发展</b> .....	245
思考题 .....	218	8.1 能源利用与可持续发展 .....	245
参考文献 .....	218	8.2 环境保护与可持续发展 .....	245
<b>第7章 节能技术与环境保护</b> .....	219	8.2.1 环境管理与规划 .....	245
7.1 节能技术的基础知识 .....	219	8.2.2 环境保护的对象和类型 .....	249
7.1.1 节能定义 .....	219	8.3 可持续发展战略与政策 .....	250
7.1.2 节能的必要性及意义 .....	219	8.3.1 可持续发展 .....	250
7.1.3 节能的内容 .....	219	8.3.2 可持续发展战略的提出 .....	250
7.1.4 节能的层次及准则 .....	220	8.3.3 可持续发展的政策 .....	251
7.1.5 节能的方法及措施 .....	221	8.3.4 与可持续发展有关的立法 .....	253
7.2 能源利用环节 .....	222	思考题 .....	253
7.2.1 能源定义及基本概念 .....	222	参考文献 .....	253
7.2.2 主要的能量转换过程 .....	222		
7.3 能源利用分析 .....	223		

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 能源利用与能源问题

能源是人类活动的物质基础。在某种意义上讲，人类社会的发展离不开优质能源的出现和先进能源技术的使用。在当今世界，能源的发展、能源和环境，是全世界、全人类共同关心的问题，也是我国社会经济发展的重要问题。

“能源”这一术语，过去人们谈论得很少，正是两次石油危机使它成了人们议论的热点。能源是整个世界发展和经济增长的最基本的驱动力，是人类赖以生存的基础。自工业革命以来，能源安全问题就开始出现。在全球经济高速发展的今天，国际能源安全已上升到了国家的高度，各国都制定了以能源供应安全为核心的能源政策。在此后的二十多年里，在稳定能源供应的支持下，世界经济规模取得了较大增长。但是，人类在享受能源带来的经济发展、科技进步等利益的同时，也遇到一系列无法避免的能源安全挑战，能源短缺、资源争夺以及过度使用能源造成的环境污染等问题威胁着人类的生存与发展。

### 1.1.1 能源及其分类

目前约有 20 种关于能源的定义。例如，《科学技术百科全书》：“能源是可从其获得热、光和动力之类能量的资源”；《大英百科全书》：“能源是一个包括着所有燃料、流水、阳光和风的术语，人类用适当的转换手段便可让它为自己提供所需的能量”；《日本大百科全书》：“在各种生产活动中，我们利用热能、机械能、光能、电能等来作功，可利用来作为这些能量源泉的自然界中的各种载体，称为能源”；我国的《能源百科全书》：“能源是可以直接或经转换提供人类所需的光、热、动力等任一形式能量的载能体资源”。可见，能源是一种呈多种形式的，且可以相互转换的能量的源泉。

确切而简单地说，能源是自然界中能为人类提供某种形式能量的物质资源。凡是能被人类加以利用以获得有用能量的各种来源都可以称为能源。

能源亦称能量资源或能源资源，是可产生各种能量（如热量、电能、光能和机械能等）或可作功的物质的统称；指能够直接取得或者通过加工、转换而取得有用能的各种资源，包括煤炭、原油、天然气、煤层气、水能、核能、风能、太阳能、地热能、生物质能等一次能源和电力、热力、成品油等二次能源，以及其他新能源和可再生能源。

能源种类繁多，而且经过人类不断的开发与研究，更多新型能源已经开始能够满足人类需求。根据不同的划分方式，能源也可分为不同的类型。

#### 1.1.1.1 按来源分类

地球本身蕴藏的能量通常指与地球内部的热能有关的能源和与原子核反应有关的能源。

① 来自地球外部天体的能源（主要是太阳能）。除直接辐射外，并为风能、水能、生物能和矿物能源等的产生提供基础。人类所需能量的绝大部分都直接或间接地来自太阳。正是各种植物通过光合作用把太阳能转变成化学能在植物体内储存下来。煤炭、石油、天然气等化石燃料也是由古代理在地下的动植物经过漫长的地质年代形成的。它们实质上是由古代生



物固定下来的太阳能。此外，水能、风能、波浪能、海流能等也都是由太阳能转换来的。

② 地球本身蕴藏的能量。如原子核能、地热能等。温泉和火山爆发喷出的岩浆就是地热的表现。地球可分为地壳、地幔和地核三层，它是一个大热库。地壳就是地球表面的一层，一般厚度为几公里至 70 公里不等。地壳下面是地幔，它大部分是熔融状的岩浆，厚度为 2900 公里。火山爆发一般是这部分岩浆喷出。地球内部为地核，地核中心温度为 2000 度。可见，地球上的地热资源储量也很大。

③ 地球和其他天体相互作用而产生的能量。如潮汐能。

#### 1.1.1.2 按能源的基本形态分类

有一次能源和二次能源。前者即天然能源，指在自然界现成存在的能源，如煤炭、石油、天然气、水能等。后者指由一次能源加工转换而成的能源产品，如电力、煤气、蒸汽及各种石油制品等。一次能源又分为可再生能源（水能、风能及生物质能）和非再生能源（煤炭、石油、天然气、油页岩等）。根据产生的方式可分为一次能源（天然能源）和二次能源（人工能源）。一次能源是指自然界中以天然形式存在并没有经过加工或转换的能量资源，一次能源包括可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气资源，其中包括水、石油和天然气在内的三种能源是一次能源的核心，它们成为全球能源的基础；除此以外，太阳能、风能、地热能、海洋能、生物质能以及核能等可再生能源也被包括在一次能源的范围内；二次能源则是指由一次能源直接或间接转换成其他种类和形式的能量资源，如电力、煤气、汽油、柴油、焦炭、洁净煤、激光和沼气等能源都属于二次能源。

#### 1.1.1.3 按能源性质分类

有燃料型能源（煤炭、石油、天然气、泥炭、木材）和非燃料型能源（水能、风能、地热能、海洋能）。人类利用自己体力以外的能源是从用火开始的，最早的燃料是木材，以后用各种化石燃料，如煤炭、石油、天然气、泥炭等。现正研究利用太阳能、地热能、风能、潮汐能等新能源。当前化石燃料消耗量很大，但地球上这些燃料的储量有限。未来铀和钍将提供世界所需的大部分能量。一旦控制核聚变的技术问题得到解决，人类实际上将获得无尽的能源。

#### 1.1.1.4 根据能源消耗后是否造成环境污染分类

可分为污染型能源和清洁型能源。污染型能源包括煤炭、石油等；清洁型能源包括水力、电力、太阳能、风能以及核能等。

#### 1.1.1.5 根据能源使用的类型分类

可分为常规能源和新型能源。常规能源包括一次能源中的可再生的水力资源和不可再生的煤炭、石油、天然气等资源。新型能源是相对于常规能源而言的，包括太阳能、风能、地热能、海洋能、生物能以及用于核能发电的核燃料等能源。由于新能源的能量密度较小，或品位较低，或有间歇性，按已有的技术条件转换利用的经济性尚差，还处于研究、发展阶段，只能因地制宜地开发和利用；但新能源大多数是再生能源，资源丰富，分布广阔，是未来的主要能源之一。

#### 1.1.1.6 按能源的形态特征或转换与应用的层次进行分类

世界能源委员会推荐的能源类型分为：固体燃料、液体燃料、气体燃料、水能、电能、太阳能、生物质能、风能、核能、海洋能和地热能。其中，前三个类型统称化石燃料或化石能源。已被人类认识的上述能源，在一定条件下可以转换为人们所需的某种形式的能量。比如薪柴和煤炭，把它们加热到一定温度，能和空气中的氧气化合并放出大量的热能。我们可

以用热来取暖、做饭或制冷，也可以用热来产生蒸汽，用蒸汽推动汽轮机，使热能变成机械能；也可以用汽轮机带动发电机，使机械能变成电能；如果把电送到工厂、企业、机关、农牧林区和住户，它又可以转换成机械能、光能或热能。

#### 1.1.1.7 商品能源和非商品能源

凡进入能源市场作为商品销售的如煤、石油、天然气和电等均为商品能源。国际上的统计数字均限于商品能源。非商品能源主要指薪柴和农作物残余（秸秆等）。1975年，世界上的非商品能源约为0.6太瓦年（1太瓦年=31.5×10<sup>15</sup>千焦），相当于6亿吨标准煤。据估计，中国1979年的非商品能源约合2.9亿吨标准煤。

#### 1.1.1.8 再生能源和非再生能源

人们对一次能源又进一步加以分类。凡是可以不断得到补充或能在较短周期内再产生的能源称为再生能源，反之称为非再生能源。风能、水能、海洋能、潮汐能、太阳能和生物质能等是可再生能源；煤、石油和天然气等是非再生能源。地热能基本上是非再生能源，但从地球内部巨大的蕴藏量来看，又具有再生的性质。核能的新发展将使核燃料循环而具有增殖的性质。核聚变的能比核裂变的能可高出5~10倍，核聚变最合适的燃料重氢（氘）又大量地存在于海水中，可谓“取之不尽，用之不竭”。核能是未来能源系统的支柱之一。

随着全球各国经济发展对能源需求的日益增加，现在许多发达国家都更加重视对可再生能源、环保能源以及新型能源的开发与研究；同时，我们也相信随着人类科学技术的不断进步，专家们会不断开发研究出更多新能源来替代现有能源，以满足全球经济发展与人类生存对能源的高度需求，而且我们能够预计地球上还有很多尚未被人类发现的新能源正等待我们去探寻与研究。

### 1.1.2 全球能源资源利用现状及存在问题

#### 1.1.2.1 世界化石能源资源分布

世界上已发现的能源资源分布极其不平衡，其中煤炭资源主要分布在美国、俄罗斯、中国、印度、澳大利亚等国家；石油资源各大洲都有分布，但主要集中在中东地区及其他少数国家。石油输出国组织（OPEC）内已探明的国家石油剩余采储量占世界总量的75.7%，其中中东地区国家占60%以上。按国别看，可采储量前10位的国家占世界总量的82.6%。天然气资源主要集中在中东、俄罗斯和中亚地区，其俄罗斯、伊朗、卡塔尔天然气储量占世界总量的55.7%。

#### 1.1.2.2 多元化能源结构

统计表明，2006年世界一次商品能源消费总量为108.8×10<sup>8</sup>toe（1toe=1.4286tce），其中石油占35.8%，居第一位；煤炭占28.4%，居第二位；天然气占23.7%，居第三位；其次为水能和核能，分别占6.3%和5.8%。在世界经济合作组织国家中，煤体消费的比例不断下降，天然气消费的比例已经超过煤炭。随着国际社会越来越关注环境问题以及能源技术不断进步，替代煤炭和石油的清洁能源增长迅速，煤炭和石油在一次能源总需求中的份额进一步下降，天然气、核能和可再生能源的份额将不断提高。但是，核能、风能、太阳能和生物质能的发展，除受技术因素影响外，其经济性也是一个制约因素，非化石能源大规模替代化石能源的路还很长。

#### 1.1.2.3 气候变化对能源发展的影响

随着人们对温室气体排放和全球气候变化相互关系认识的不断加深，要求国际社会采取

对策限制或减少温室气体排放的呼声越来越高。气候变化问题已经成为世界能源发展的新制约因素，也是世界石油危机后推动节能和替代能源发展的主要驱动因素。目前世界上已经有 50 多个国家制定了相关的法律、法规和行动计划，提出了推动可再生能源发展的目标和途径。可以相信，未来世界能源技术势必向低碳、无碳化方向发展。

#### 1.1.2.4 国际能源问题的政治化

目前全球石油贸易量占能源贸易量的 70% 以上。20 世纪 70 年代以来，世界石油市场经历了几次大的波动，一些石油输出国与消费国以及多种国际势力相互博弈，非供应因素对国际油价波动的影响越来越明显。中东等油气资源富集的地区受国际重大政治、军事、经济事件的影响，正常的油气贸易和投资活动受到较大的限制和干扰。此外，全球资本市场和虚拟经济的发展、金融衍生产品大量增加，各种投机资金逐利流动，也作用于石油市场。这些非供求因素的影响，给发展中国家维护本国利益设置了不小的障碍，同时给国际油气资源开发、管网修建和市场供应以及正常的企业增加了变数。

### 1.1.3 中国能源资源发展现状及存在的问题

#### 1.1.3.1 中国能源资源发展现状

中国依赖其他地区的能源供应，地区动荡直接影响中国能源安全。中国并未放弃核能发展，但明显放缓步伐。

(1) 地区局势动荡可能会增加中国能源安全所面临的风险 随着经济快速发展，中国能源需求不断增加。根据国际能源署预测，到 2035 年，中国将巩固自身作为世界最大能源消费国的地位，能源消费总量将比第二大能源消费国美国高出 70%，即使届时中国的人均能源消费依然不足美国的一半。

中国的能源依存度也在不断增加。1993 年，中国首度成为石油净进口国，当时的原油对外依存度仅为 6%。2000 年依存度上升到 26.7%，2009 年超过 50%，2010 年达到 53.8%。2011 年 8 月 15 日，国家发展和改革委员会（简称发改委）公布，上半年中国原油资源对外依存度为 54.8%。中国社科院 2010 年发布的《能源蓝皮书》预测，10 年后，中国原油对外依存度将达到 64.5%。国际能源署预测的形势更为严峻，认为中国的进口依存度或将升至 80%。因此，相关地区动荡将严重威胁中国的能源供应安全。

(2) 中国放缓核能发展步伐 由于日本大地震，中国加强了核电站建设的安全评估工作和核安全监控，为快速发展的核电产业设置了一道“安全阀”。中国是核能发展大国，截至目前，国内正在运营的核电站 6 座，在建核电站 12 座，另有 25 座核电站在筹建。在中国 20 多年的核电发展史中，未出现过重大事故。福岛核电事故发生后，2011 年 3 月 16 日，时任国务院总理温家宝主持召开国务院常务会议，听取应对日本福岛核电站核泄漏有关情况的汇报。会议强调，要充分认识到核安全的重要性和紧迫性，核电发展要把安全放在第一位。会议明确指出：调整完善《核电中长期发展规划》，《核安全规划》批准前，暂停审批核电项目包括开展前期工作的项目。

截至 2011 年 12 月，中国完成了对已经运行的 1314 个反应堆和 27 个在建机组的检查报告。国家核安全局组织了院士、专家对中国在建、已建核电机组进行了检查，结论是安全情况是可控的。《核安全规划》已由环保部审查通过，正进入下一个程序，工作已经接近尾声。国家能源局正在制定《核电中长期发展规划》。

尽管如此，中国核电发展预期已被调低。根据 2007 年公布的《核电中长期发展规划》，至 2020 年，核电装机总量将达到 4000 万千瓦；2010 年，这一目标又被调高至 8600 万千瓦。

瓦。但是,2011年,中国核电发电装机容量仅突破1000万千瓦,政策调整后,很难实现2010年设定的目标。中电联专职副理事长表示,中国的核电发展思路由“大力”发展改为“安全高效”发展。2020年规划装机目标有可能调低至少1000万千瓦。核电在中国第一次能源比例中也将下调。目前核电在中国能源结构中所占的比例为1.12%,尽管长期来看仍会有一定幅度增长,但不会超过3%。

### 1.1.3.2 中国能源资源利用存在的问题

能源工业是国民经济的基础,对社会发展、经济发展和人民生活水平提高具有举足轻重的作用。在经济飞速发展的当今时代,中国能源工业面临着环境保护、资源节约、资源的科学开发与利用等多方面压力,如能源消耗量大、环境污染严重、供需矛盾突出和消费结构不合理等问题。

① 能源消耗量大。低下的技术水平和粗放的经济增长方式导致了资源消耗多。据统计,我国的能源利用率只有32%(其中煤炭只有6%),比发达国家低10多个百分点。中国火力发电每千瓦时耗煤417t,比美国、日本高20%~30%。我国单位国民生产总值的能耗为日本的6倍、美国的3倍、韩国的4.5倍。我国单位GNP的能源消费量是西方发达国家的4~14倍;主要耗能产品的单位能耗远远高于工业发达国家;平均煤炭利用效率只有30%左右,比国际平均水平低10%。

② 能源利用率低。中国能源利用效率呈上升趋势,但仍较低。中国单位GDP能耗处于下降态势,由2001年的11.47吨标准煤/万美元降低到2007年的8.06吨标准煤/万美元,年均下降率为5.7%。尤其是2004年以来下降更快,2004~2007年4年间单位GDP能耗下降了3.89吨标准煤/万美元,年均下降率为12.3%。这表明近年来国家十分重视节能减排的工作,并取得了很大的成效。但与世界其他国家相比,中国的能源利用效率还比较低,2006年中国单位GDP能耗是世界平均水平的2.9倍,分别是美国和日本的3.7倍和5.4倍,是印度和巴西的1.4倍和3.3倍(图1.1)。

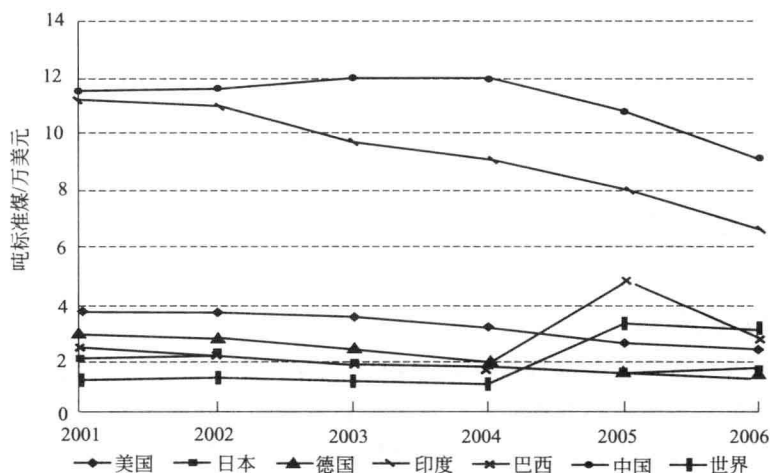


图 1.1 世界主要国家 GDP 能耗

③ 环境污染严重。我国由于能源消耗而引起的环境污染问题相当严重。以燃煤型为主的大气污染导致的酸雨覆盖区已扩大到占国土总面积的约30%。以燃煤型为主的区域性环境污染,尤其是SO<sub>2</sub>和酸雨,已成为影响某些地区经济快速发展的重要因素。此外,煤炭资

源的开采与利用还带来严重的地面污染。据统计,煤炭井工开采引起地表塌陷已达  $30 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 造成农业减产, 居民住房损坏; 煤矸石积存量已达 3000Mt, 占地面积达  $1.2 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 且以 130Mt/年的速度外排, 侵占了大量土地资源, 对土壤、水源及周围环境造成严重污染; 我国每年约有  $22 \times 10^8 \text{ t}$  矿井水外排, 向大气排放  $\text{CH}_4$   $(80 \sim 100) \times 10^8 \text{ m}^3$ 。

④ 供需矛盾突出。随着中国经济的快速发展, 能源紧缺的矛盾日益突出, 尤其是石油和天然气供需矛盾更加突出。我国能源具有“多煤、贫油、少气”的特点。数据显示, 2000~2009年, 中国原油消费量由 2.41 亿吨上升到 3.88 亿吨, 年均增长 6.78%, 原油净进口量由 5969 万吨上升至 1.99 亿吨, 对外依存度也由 24.8% 飙升到 51.29%。同时, 中国石油进口源和石油运输线相对单一, 进一步加剧了国家能源安全的风险。我国石化工业协会的数据显示, 2009 年我国生产天然气 830 亿立方米, 与上年相比增长 7.7%。2009 年我国天然气表观消费量为 874.5 亿立方米, 同比增长 11.5%。与国内产量相比, 国内天然气供需缺口达 40 多亿立方米, 呈现供需不均衡状态。

⑤ 消耗结构不合理。中国能源主要为煤炭, 中国是世界上最大的煤炭生产国、消费国及出口国; 石油为中国第二大能源, 并且其比例在不断增长; 诸如天然气、水力、风力和核电等能源仅占很小的比例(见表 1.1)。我国的能源结构长期存在着过度依赖煤炭的问题, 一直没有得到根本性的解决。能源结构的优化对能源需求总量影响很大, 能源消费结构中煤炭的比例每下降 1%, 相应的能源需求总量可降低 2000 万吨标准煤。在中国的一次能源消费结构中, 煤炭所占的比例超过 70%, 煤炭的采收和利用总效率只达到世界先进水平的一半左右。碳排放强度大, 这既表明中国节能减排的空间很大, 也显示目前清洁煤技术应用水平落后, 需要通过加快技术研发, 加大国际技术合作力度来实现化石能源的清洁化。

表 1.1 中国能源消耗总量及构成(数据源于中国统计年鉴)

年份	能源消费总量 /万吨标准煤	占能源消费总量的比例/%			
		煤炭	石油	天然气	新能源
2005	224682	69.1	21.0	2.8	7.1
2006	246270	69.4	20.4	3.0	7.2
2007	265583	69.5	19.7	3.5	7.3
2008	285000	68.7	18.7	3.7	8.9
2009	306647	70.4	17.9	3.9	7.8

## 1.2 环境与环境问题

### 1.2.1 环境及其组成

所谓环境是指与体系有关的周围客观事物的总和, 体系是指被研究的对象, 即中心事物。环境总是相对于某项中心事物而言, 它因中心事物的不同而不同, 随中心事物的变化而变化。中心事物与环境是既相互对立, 又相互依存、相互制约、相互作用和相互转化的, 在它们之间存在着对立统一的相互关系。中国以及世界上其他国家颁布的环境保护法规中, 对环境一词所作的明确具体界定, 是从环境学含义出发所规定的法律适用对象或适用范围, 目的是保证法律的准确实施, 它不需要也不可能包括环境的全部含义。《中华人民共和国环境保护法》把环境定义为: “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、自然保护区、风景名

胜、城市和乡村等。”

对于环境学来说，中心事物是人类，环境是以人类为主体、与人类密切相关的外部世界，即是人类生存、繁衍所必需的、相适应的环境。人类生存环境是庞大而复杂的多级大系统，它包括自然环境和社会环境两大部分。

### 1.2.1.1 自然环境

自然环境是人类目前赖以生存、生活和生产所必需的自然条件和自然资源的总称，即阳光、温度、气候、地磁、空气、水、岩石、土壤、动植物、微生物以及地壳的稳定性等自然因素的总和，用一句话概括就是“直接或间接影响到人类的一切自然形成的物质、能量和自然现象的总体”，有时简称为环境。

自然环境亦可以看作由地球环境和外围空间环境两部分组成。地球环境对于人类具有特殊的重要意义，它是人类赖以生存的物质基础，是人类活动的主要场所。外围空间环境是指地球以外的宇宙空间，理论上它的范围无穷大。不过在现阶段，由于人类活动的范围还主要限于地球，对广袤的宇宙还知之甚少，因而还没有明确地把其列入人类环境的范畴。

### 1.2.1.2 社会环境

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。它是人类在长期生存发展的社会劳动中所形成的，是在自然环境的基础上，人类通过长期有意识的社会劳动，加工和改造了的自然物质，所创造的物质生产体系，以及所积累的物质文化等构成的总和。社会环境是人类活动的必然产物，它一方面可以对人类社会进一步发展起促进作用，另一方面又可能成为束缚因素。社会环境是人类精神文明和物质文明的一种标志，并随着人类社会不断发展地发展和演变，社会环境的发展与变化直接影响到自然环境的发展与变化。人类的社会意识形态、社会政治制度，如对环境的认识程度、保护环境的措施，都会对自然环境质量的变化产生重大影响。近代环境污染的加剧正是由于工业迅猛发展所造成的，因而在研究中不可把自然环境和社会环境截然分开。

## 1.2.2 环境要素与环境质量

### 1.2.2.1 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、性质不同的而又服从整体演化规律的基本物质组分，包括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，由水组成水体，全部水体总称为水圈；由大气组成大气层，整个大气层总称为大气圈；由生物体组成生物群落，全部生物群落构成生物圈。

### 1.2.2.2 环境质量

所谓环境质量，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，对人群的生存和繁衍以及经济发展的适宜程度，是反映人群的具体要求而形成的对环境评定的一种概念。最早是在20世纪60年代，由于环境问题的日趋严重，人们常用环境质量的好坏来表示环境遭受污染的程度。

显然，环境质量是对环境状况的一种描述，这种状况的形成，有自然的原因，也有人为的原因，而且从某种意义上说，后者更为重要。人为原因是指：污染可以改变环境质量；资

源利用的合理与否,同样可以改变环境质量;此外,人群的文化状态也影响着环境质量。因此,环境质量除了所谓的大气环境质量、水环境质量、土壤环境质量、城市环境质量之外,还有生产环境质量、文化环境质量。

### 1.2.3 环境问题的产生与发展

人类在改造自然环境和创建社会环境的过程中,自然环境仍以其固有的自然规律变化着。社会环境一方面受自然环境的制约,也以其固有的规律运动着。人类与环境不断地相互影响和作用,产生环境问题。所谓环境问题是指由于自然原因或人类活动作用于周围环境所引起的环境结构和状态的变化,以及这种变化对人类的生产、生活和健康造成的影响现象。

#### 1.2.3.1 环境问题的分类

按照形成的原因,环境问题可以分为以下两类。

① 原生环境问题。又称为第一环境问题,是指自然因素自身的失衡和污染引起的环境问题,如火山爆发、洪涝、干旱、地震和台风等自然界的异常变化,因环境中元素自然分布不均引起的地方病以及自然界中放射性物质产生的放射病等。

② 次生环境问题。又称第二环境问题,是指由人为因素造成的环境污染和自然资源与生态环境的破坏。人类开发自然资源时,超越了环境自身的承载能力,使生态环境质量恶化或自然资源枯竭的现象,这些都属于人为造成的环境问题,而通常所说的环境问题主要是指次生环境问题。

次生环境问题又可分为环境污染和生态环境破坏两大类。由于人为因素,使环境的化学组分或物理状态发生变化,与原来的情况相比,环境质量发生恶化,扰乱或破坏了原有的生态系统或人们正常的生产和生活条件,这种现象称为“环境污染”,又称为“公害”,如工业三废对水体、大气、土壤和生物体的污染。生态环境破坏主要指人类盲目地开发自然资源引起的生态退化及由此而衍生的环境效应,是人类活动直接作用于自然界引起的,如过度放牧引起的草原退化、因毁林开荒造成的水土流失和沙漠化等。

#### 1.2.3.2 环境问题的的发展

随着人类社会的发展,环境问题也在发展变化,环境问题的的发展大体经历以下四个阶段。

(1) 环境问题的萌芽阶段(工业革命前) 人类社会早期因乱采、乱捕破坏人类聚居的局部地区的生物资源而引起生活资料缺乏甚至饥荒,或者因为用火不慎而烧毁大片森林和草地,迫使人们迁移以谋生存;以及奴隶社会和封建社会时期,在人口集中的城市,各种手工业作坊和居民抛弃生活垃圾都曾引起环境污染。但此时工业生产并不发达,由此引发的环境污染问题并不突出。

(2) 环境问题的的发展恶化阶段(工业革命至20世纪50年代) 第一次产业技术革命大幅度提高了劳动生产效率,增强了人类利用和改造自然环境的能力,大规模改变了环境自身的组成和结构,从而改变了生态系统中的物质循环系统,扩大了人类活动的范围,但同时也带来了新的环境问题。这一阶段的初期,煤炭是主要的能源,由于重工业的出现,大气中主要的污染物是颗粒物和二氧化硫;水体污染则主要是由矿山冶炼、制碱工业引起的。后期随着石油的出现,带动了有机化学工业和汽车工业的发展使环境污染更具有社会普遍性。如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由于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。但此时的环境污染尚属于局部、暂时的,其造成的危害也有限。

(3) 环境问题的第一次高潮 环境问题的第一次高潮出现在 20 世纪 50、60 年代, 这一时期环境问题更加突出, 震惊世界的公害事件接连不断, 形成了第一次环境问题的高潮, 臭名昭著的八大公害事件多发生在这一时期。

- ① 1930 年马斯河谷烟雾事件;
- ② 1943 年洛杉矶光化学烟雾事件;
- ③ 1948 年多诺拉烟雾事件;
- ④ 1952 年伦敦烟雾事件;
- ⑤ 1953~1956 年日本水俣病事件;
- ⑥ 1955 年日本四日事件;
- ⑦ 1955~1972 年日本富山骨痛病事件;
- ⑧ 1968 年日本米糠油事件。

(4) 环境问题的第二次高潮 (20 世纪 80 年代以后) 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。这一时期, 人类经济与社会发展是以扩大开采自然资源和无偿利用环境为代价的, 一方面创造了空前巨大的物质财富和前所未有的社会文明, 另一方面也造成全球性的生态破坏、资源短缺、环境污染加剧等重大问题。总体而言, 全球环境仍在进一步恶化, 这就从根本上削弱和动摇了现代经济社会赖以存在和持续发展的基础。

#### 1.2.4 全球性环境问题

所谓全球性环境问题是指超越国家的国界和管辖范围的、区域性和全球性的环境污染和生态破坏问题。目前国际社会最为关心的全球性环境问题主要包括: 全球性气候变暖、臭氧层破坏、酸雨、森林锐减、生物多样性减少、土地荒漠化、淡水危机、海洋污染、持久性有机污染物 (POPs) 污染、危险废物越境转移等需要全球共同合作的环境问题。

##### 1.2.4.1 全球气候变暖

近 100 多年来, 全球平均气温经历了冷-暖-冷-暖两次波动, 总的看为上升趋势。进入 20 世纪 80 年代后, 全球气温明显上升。1981~1990 年全球平均气温比 100 年前上升了  $0.48^{\circ}\text{C}$ 。导致全球变暖的主要原因是人类在近一个世纪以来大量使用矿物燃料 (如煤、石油等), 排放出大量的  $\text{CO}_2$  等多种温室气体。这些温室气体对来自太阳辐射的短波具有高度的透过性, 而对地球反射出来的长波辐射具有高度的吸收性, 就是常说的温室效应。全球气候变暖的后果, 会使全球降水量重新分配, 冰川和冻土消融, 海平面上升等, 既危害自然生态系统的平衡, 更威胁人类的食物供应和居住环境。

##### 1.2.4.2 臭氧层破坏

在地球大气层近地面约 20~30 公里的平流层里存在着一个臭氧层, 其中臭氧含量占这一高度气体总量的十万分之一。臭氧含量虽然极微, 却具有强烈的吸收紫外线的功能, 因此, 它能挡住太阳紫外辐射对地球生物的伤害, 保护地球上的一切生命。然而人类生产和生活所排放出的一些污染物, 如冰箱空调等设备制冷剂的氟氯烃类化合物以及其他用途的氟溴烃类等化合物, 它们受到紫外光的照射下与臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 分子发生链式光化学反应, 形成氧分子 ( $\text{O}_2$ ), 使得臭氧迅速耗减, 进而引起臭氧层的破坏。南极的臭氧层空洞, 就是臭氧层破坏的一个最显著的标志。到 1994 年, 南极上空的臭氧层破坏面积已达 2400 万平方公里。南极上空的臭氧层是在 20 亿年里形成的, 可是在一个世纪里就被破坏了 60%。北半球上空的臭氧层也比以往任何时候都薄, 欧洲和北美上空的臭氧层平均减少了 10%~15%, 西伯



利亚上空甚至减少了 35%。因此科学家警告说，地球上空臭氧层破坏的程度远比一般人想象的要严重得多。

#### 1.2.4.3 酸雨

酸雨是由于大气中硫氧化物 ( $\text{SO}_x$ ) 和氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 等酸性污染物引起的 pH 值小于 5.6 的酸性降水。受酸雨危害的地区，出现了土壤和湖泊酸化，植被和生态系统遭受破坏，建筑材料、金属结构和文物被腐蚀等一系列严重的环境问题。酸雨在 20 世纪 50、60 年代最早出现于北欧及中欧，当时北欧的酸雨是欧洲中部工业酸性废气迁移所致。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的大气污染，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。此外，全世界使用矿物燃料的量有增无减，也使得受酸雨危害的地区进一步扩大。全球受酸雨危害严重的有欧洲、北美及东亚地区。我国在 20 世纪 80 年代，酸雨主要发生在西南地区，到 90 年代中期，已发展到长江以南、青藏高原以东及四川盆地的广大地区。

#### 1.2.4.4 森林锐减

森林是人类赖以生存的生态系统中的一个重要的组成部分。地球上曾经有 76 亿公顷的森林，到 20 世纪时下降为 55 亿公顷，到 1976 年已经减少到 28 亿公顷。由于世界人口的增长，对耕地、牧场、木材的需求量日益增加，导致对森林的过度采伐和开垦，使森林受到前所未有的破坏。据统计，全世界每年约有 1200 万公顷的森林消失，其中绝大多数是对全球生态平衡至关重要的热带雨林。对热带雨林的破坏主要发生在热带地区的发展中国家，尤以巴西的亚马逊情况最为严重。亚马逊森林居世界热带雨林之首，但是，到 20 世纪 90 年代初期，这一地区的森林覆盖率比原来减少了 11%，相当于 70 万平方公里，平均每 5 秒钟就有差不多有一个足球场大小的森林消失。此外，在亚太地区、非洲的热带雨林也在遭到破坏。

#### 1.2.4.5 生物多样性减少

现今地球上生存着 500 万~1000 万种生物。一般来说物种灭绝速度与物种生成的速度应是平衡的。但是，由于人类活动破坏了这种平衡，使物种灭绝速度加快。物种灭绝对整个地球的食物供给带来威胁，对人类社会带来的损失和影响是难以预料和挽回的。

#### 1.2.4.6 土地荒漠化

1992 年联合国环境与发展大会对荒漠化的概念作了这样的定义：“荒漠化是由于气候变化和人类不合理的经济活动等因素，使干旱、半干旱和具有干旱灾害的半湿润地区的土地发生了退化”。1996 年 6 月 17 日第二个世界防治荒漠化和干旱日，联合国防治荒漠化公约秘书处发表公报指出：当前世界荒漠化现象仍在加剧。全球现有 12 亿多人受到荒漠化的直接威胁，其中有 1.35 亿人在短期内有失去土地的危险。荒漠化已经不再是一个单纯的生态环境问题，而且演变为经济问题和社会问题，它给人类带来贫困和社会不稳定。到 1996 年为止，全球荒漠化的土地已达到 3600 万平方公里，占到整个地球陆地面积的 1/4，相当于俄罗斯、加拿大、中国和美国国土面积的总和。全世界受荒漠化影响的国家有 100 多个，尽管各国人民都在进行着同荒漠化的抗争，但荒漠化却以每年 5 万~7 万平方公里的速度扩大，相当于爱尔兰的面积。在人类当今诸多的环境问题中，荒漠化是最为严重的灾难之一。

#### 1.2.4.7 淡水资源危机

地球表面虽然 2/3 被水覆盖，但是 97% 为无法饮用的海水，只有不到 3% 是淡水，其中又有 2% 封存于极地冰川之中。在仅有的 1% 淡水中，25% 为工业用水，70% 为农业用水，