

高等学校教材

环境科学基础

韩宝平 王子波 主编
朱雪强 李 新 葛 滢 副主编

 高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校教材

环境科学基础

Huanjing Kexue Jichu

韩宝平 王子波 主 编

朱雪强 李 新 葛 滢 副主编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书全面阐述了有关环境保护的基本知识。全书共分为九章。第一章概述环境、环境问题、环境保护和环境科学的基本概念；第二章介绍人口与环境；第三章概述生态学的基本知识；第四章简介环境监测；第五章重点讲述环境污染及其防治；第六章简介环境法规；第七章为环境规划与管理；第八章为环境影响评价；第九章重点阐述可持续发展的基本理论及其实践途径。

本书可作为高等院校非环境专业环境素质教育的教材，也可作为环境科学、环境工程、生态学以及相关专业本科生的教学用书或参考书，同时可供从事环境保护的科技人员及行业管理人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

环境科学基础/韩宝平,王子波主编. --北京:高等教育出版社, 2013. 4

ISBN 978-7-04-036881-9

I. ①环… II. ①韩… ②王… III. ①环境科学-高等学校-教材 IV. ①X

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 020056 号

策划编辑 陈海柳

责任编辑 陈海柳

封面设计 于文燕

版式设计 王艳红

插图绘制 尹莉

责任校对 胡晓琪

责任印制 尤静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 三河市华润印刷有限公司
开 本 787mm×960mm 1/16
印 张 25
字 数 460 千字
购书热线 010-58581118

咨询电话 400-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
版 次 2013 年 4 月第 1 版
印 次 2013 年 4 月第 1 次印刷
定 价 33.80 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 36881-00

编著委员会

(按姓氏拼音排序)

白向玉 陈亢利 葛 滢 韩宝平
李 新 王进欣 王子波 朱雪强

前 言

当今世界,环境问题已成为全球共同关注的问题,环境保护和科学发展已经成为时代的主题。当前我国社会 and 经济发展总体上呈现出“跨越式”、“转变式”的特点,给我国环境保护工作带来了严峻的挑战,同时也提供了难得的机遇。环境保护与可持续发展成为基本国策和国家战略,必将促进全体国民环境素质的提升,并加快环境学科的发展。环境教育是实施节约资源和保护环境基本国策的基础工程,“环境科学基础”是高校大学生环境素质与可持续发展理念教育的重要组成部分。近 30 年来,国内已出版发行了若干版本的《环境科学导论》、《环境科学概论》等教材,对环境高等教育产生了积极的推进作用。环境科学作为一门新兴交叉学科,近些年发展很快,新知识不断涌现,学科结构不断完善,教材应及时反映国内外学科进展。由于我国发展阶段和环境问题特征与欧美发达国家不同,所以国外的优秀教材也不宜整体照搬到国内来。本书在参考国内外同类教材的基础上,吸收国内外环境学科发展的最新动态,并融入了编者各自最新科学研究成果,力图使之具有创新性、先进性和一定的普适性,以适应“宽口径、厚基础”的人才培养要求。本书在编写体例上进行了有益的探索,在章首设计了导读,章后设计了思考题、阅读材料。阅读材料主要介绍学科热点或是不同流派的学术观点,以期促进学生进行深层次的思考,培养发散思维。本书着重阐述了环境问题的产生与发展、环境监测、环境法规、环境规划与管理、环境影响评价、环境污染与控制 and 可持续发展战略的基本理论及实践途径,适合作为高等院校非环境专业环境素质教育的教材,也可作为环境科学、环境工程、生态学以及相关专业本科生的教学用书或参考书。

本书由徐州工程学院、扬州大学、中国矿业大学、苏州科技学院、南京农业大学、江苏师范大学等六所高校的多名教师共同编写、合作完成。全书共分九章,编写分工如下:韩宝平(徐州工程学院)负责教材总体编写思路、细纲、前言、第一章、第五章第四节,王子波(扬州大学)编写第四、八章,朱雪强(中国矿业大学)编写第六、九章,李新(苏州科技学院)编写第七章,葛滢(南京农业大学)编写第五章第一、二、三节,王进欣(江苏师范大学)编写第三章,白向玉(中国矿业大学)编写第二章,陈亢利(苏州科技学院)编写第五章第五节,全书由韩宝平统稿。

本书在编写过程中参阅并引用了大量国内外有关文献资料和教育部分等学校环境科学与工程教学指导委员会多次会议的成果;上海交通大学贾金平教授

审阅了本书初稿,并提出了建设性的修改意见;高等教育出版社陈海柳女士积极筹划,推动了本书的编写和出版工作。在此一并表示衷心的感谢!由于作者水平及经验所限,教材中的疏漏在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2012年7月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任；构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人进行严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话 (010) 58581897 58582371 58581879

反盗版举报传真 (010) 82086060

反盗版举报邮箱 dd@hep.com.cn

通信地址 北京市西城区德外大街4号 高等教育出版社法务部

邮政编码 100120

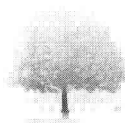
目 录

第一章 绪论	1
第一节 环境的分类及其特性	1
第二节 环境问题	5
第三节 环境保护	12
第四节 环境科学的发展及其学科体系	20
阅读材料	24
思考题	27
第二章 人口与环境	28
第一节 人口发展的历史	28
第二节 人口增长及其特点	34
第三节 人口增长对环境的影响	41
第四节 环境污染与人体健康	52
阅读材料	57
思考题	60
第三章 生态系统及其保护	61
第一节 生态系统概述	61
第二节 生态系统的功能	71
第三节 生态平衡	87
第四节 生物多样性及其保护	91
第五节 生态功能区划	105
阅读材料	123
思考题	127
第四章 环境监测	129
第一节 环境监测概述	129
第二节 环境监测标准与指标	132
第三节 环境监测方案制订	136
阅读材料	141
思考题	144

第五章 环境污染及其防治	145
第一节 大气污染及其防治	145
第二节 水体污染及其防治	165
第三节 土壤污染及其防治	184
第四节 固体废物污染及其防治	201
第五节 物理性污染及其防治	210
阅读材料	225
思考题	229
第六章 环境法规	230
第一节 概述	230
第二节 环境法的实施与法律责任	235
第三节 中国环境法律体系	237
阅读材料	241
思考题	243
第七章 环境规划与环境管理	245
第一节 环境规划	245
第二节 环境管理	261
阅读材料	276
思考题	280
第八章 环境影响评价	281
第一节 环境影响评价概述	282
第二节 建设项目的环境影响评价	290
第三节 规划的环境影响评价	294
阅读材料	298
思考题	302
第九章 可持续发展理论与实践	303
第一节 可持续发展的理论与实施途径	303
第二节 清洁生产	321
第三节 循环经济	333
第四节 生态工业	350
第五节 低碳经济	360
阅读材料	375
思考题	379
主要参考文献	381

第一章

绪 论



导读

人类是环境的改造者,人类要依赖自然环境才能生存和发展。人类在向自然界大肆索取的同时,也受到了应有的惩罚。温室效应、臭氧层破坏、物种灭绝、生物多样性减少和土地沙漠化等全球性环境问题使人类生存环境受到严重威胁,这一系列变化在很大程度上是人类自种的苦果。环境科学学科的形成与发展,标志着人类开始理性地关注与之休戚相关的自然环境。通过本章学习,应当熟练掌握环境的概念、组成、分类、功能及其特征;掌握环境问题的概念、分类、产生和发展,了解主要的全球环境问题;掌握环境保护的概念和主要内容;熟练掌握环境科学的概念、研究对象、任务、内容及特点,了解环境科学的分支学科,深刻理解人类发展与环境保护的辩证关系。

第一节 环境的分类及其特性

一 环境的概念

环境总是相对于某一中心事物而言的,与某一中心事物相关的周围事物的集合就称为这一中心事物的环境。中心事物与环境既相互对立又相互依存、相互制约、相互作用和相互转化,它们之间存在着对立统一的相互关系。环境因中

心事物的不同而不同,随中心事物的变化而变化,中心事物与周围环境之间通过物质、能量和信息进行联系与交换,见图 1-1。

中心事物是环境的主体,与中心事物相关的周围事物就是环境的客体。主体是环境服务的对象,主体的不同是各个学科所研究的环境之间最根本的差别。客体可以是物质的,也可以是非物质的,客体的不同是各子环境之间的差别。

在环境科学知识体系中,环境是指以人类为主体的外部世界,即人类赖以生存和发展的各种因素的综合体。它是人类生存发展的基础,也是人类开发利用的对象。也就是说,环境科学研究的环境,其主体是人类,客体是人类周边的相关事物,即人类与地球表面发生相互作用的自然要素及其总体,包括自然环境和人工环境。

自然环境和人工环境之间存在着物质、能量和信息流动,构成了环境科学所研究的特有复杂体系,见图 1-2。

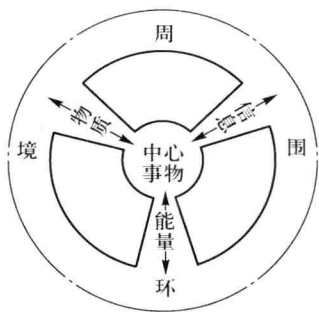


图 1-1 中心事物与环境的关系
(资料来源:魏振枢等,2003)

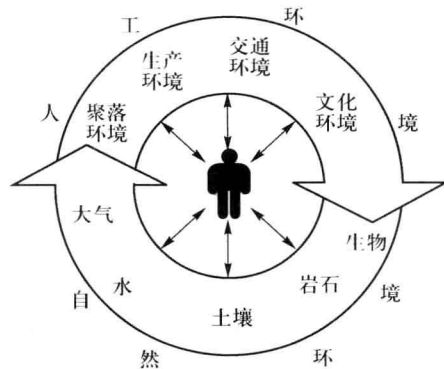


图 1-2 人与环境的关系
(资料来源:杨志峰等,2010)

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,是从环境科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》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、土地、矿藏、森林、草原、野生动物、野生植物、水生生物、名胜古迹、风景游览区、温泉、疗养区、自然保护区、生活居住区等。”

二 环境的类型

环境是一个非常复杂的体系,环境类型的划分涉及范围广而复杂,目前尚未

形成一个统一的分类方法,一般是按照环境的主体、范围进行分类。

按照环境的主体分类,环境可以分为人类环境和生物环境两类。人类环境是以人或人类作为主体,其他的生命或非生命物质都被视为环境要素。在环境科学分类中,大多数采用的是这种分类方法。生物环境是以生物体(界)作为环境的主体,而把生物以外的物质视为环境要素。在生态学中,往往采用的是这种分类方法。因此,环境科学中所研究的是人类环境,不能将其与自然环境完全等同起来,它包括自然环境和人工环境,见图 1-3 和图 1-4。



图 1-3 自然环境的组成

(资料来源:鞠美庭等,2004)



图 1-4 人工环境的组成

(资料来源:鞠美庭等,2004)

自然环境是人类出现之前就存在的,是人类赖以生存、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。人工环境是指由于人类活动而形成的环境要素,它包括由人工形成的物质、能量和精神产品以及人类活动中所形成的人与人之间的关系。

按照环境范围分类,人类环境由近及远、由小到大可分为聚落环境、区域环境、全球环境和星际环境。聚落环境是人类群居生活的场所,是人类利用和改造自然而创造出来的与人类关系最密切、最直接的生存环境。按其性质、功能和规模大小可分为:居室环境、院落环境、村落环境、城市环境等。聚落环境为人类创造了方便、舒适、安全、健康的工作生活环境,是人口密集、生产发达和生活活动频繁的場所,所以一直作为防治环境污染的重点。区域环境包括人工环境在内占有一定地域空间的自然环境,区域范围可大可小,区域内环境结构、特点和功能千差万别。以自然环境为主体的区域环境有森林、草原、沙漠、冰川、海洋、湖

泊、河流、山地、平原等多种类型。全球环境又称地球环境,范围包括大气圈中的对流层和平流层的下部、水圈、土壤岩石圈和生物圈。它是人类生活和生物栖息繁衍的场所,是向人类提供各种资源的场所,也是不断受到人类活动改造和冲击的空间。宇宙环境是指大气层以外的环境,它是人类生存环境的最外圈部分,即大气层以外的宇宙空间。这是人类活动进入大气层以外的空间和地球邻近的天体的过程中提出来的概念,也称空间环境。

三

环境的特性

环境是人类生活和栖息的场所,具有资源功能、调节功能、服务功能和文化功能。这四个基本功能正是环境特性的反映,其基本特性主要包括环境的整体性与区域性、环境的变动性和稳定性及环境的资源性与价值性。

(一) 环境的整体性和区域性

环境的整体性,是指人与地球环境是一个整体,地球的任一部分或任一个系统都是人类环境的组成部分。各部分之间存在着紧密的相互联系、相互制约关系。环境中的各种变化不是孤立的,而是多种因素的综合反映,局部地区的环境污染或破坏总会对其他地区造成影响和危害。环境的区域性是指环境特性的区域差异,从具体空间位置来说,就是由于经度和纬度的差异,导致了地球热量和水分分布差异,从而形成了水域生态系统和陆地生态系统的垂直地带性分布与水平地带性分布的特点。

(二) 环境变动性和稳定性

环境变动性是指在自然或人类社会行为的作用下,环境的内部结构和外在状态始终处于不断的变化中。环境的稳定性是相对于变动性而言的。所谓相对稳定,是指环境通过物流、能流和信息流而处于不断变化中,但环境系统具有一定抗干扰的自我调节能力,只要干扰强度不超过环境所能承受的界限,环境系统的结构和功能就能得以逐渐恢复,表现出一定的稳定性。通常,环境的变动性和稳定性是相辅相成的,变动是绝对的,稳定是相对的。

(三) 环境的资源性和价值性

环境的资源性,是指环境就是一种资源。因为人类的生存与发展,社会的进步,都离不开环境。环境既然是一种资源,其价值性也就显而易见了。最初人们对环境价值的认识是有误区的。事实证明,这种错误的认识,导致了人类大肆索取自然资源,并由此引发了严重的环境污染和生态破坏。

第二节 环境问题

一

环境问题的概念

环境与人类具有十分密切的关系,从人类诞生开始就存在着与环境的对立统一关系,两者相互影响、相互作用、相互依存和相互制约。因此,当人类活动作用于人们周围的环境,引起环境质量的变化时,就产生了环境问题。

环境问题主要是由于人类生活和生产活动的迅速发展而引起的。但对环境问题的理解,可以有广义与狭义两种。广义的环境问题是指任何不利于人类生存和发展的环境结构和状态的变化,其产生原因包括自然和人为两方面。狭义的环境问题是指在人类社会经济活动作用下,人们周围环境结构与状态发生不利于人类生存和发展的变化,其产生的主要原因是人为方面的。

环境问题的产生主要与人类不明智的社会经济活动有关,并且随着人类社会经济活动的规模、深度、广度的发展而发展。产业革命后,特别是第二次产业革命以来,环境问题一直在加速发展。现代环境问题已成为人类面临的严峻挑战之一,是全人类所面临的共同问题,已从局部扩展到区域甚至全球,从地表延伸到高空及地下,表现形式更加多样化,具有明显的地域性,许多地方由于环境问题的严重性已经损害了人类的健康与福利,威胁人类的生存和发展。

二

环境问题的分类

环境问题的分类方法很多,按照影响范围来划分,环境问题可分为全球性、区域性和局部性等不同等级。按照发生机制来划分,环境问题又可以分为原生环境问题和次生环境问题两大类型,见表 1-1。

表 1-1 环境问题分类

环境问题			内 容
原生环境问题			火山、地震、台风等
次生环境问题	环境破坏		水土流失、沙漠化、物种灭绝等
	环境污染与干扰	环境污染	水体污染、大气污染、土壤污染等
		环境干扰	噪声干扰、振动干扰、电磁波干扰等

(资料来源:刘培桐,1995)

（一）原生环境问题

原生环境问题又称第一环境问题,它是由自然环境自身变化引起,没有人为因素或很少有人为因素参与。这一类环境问题是经过较长时间自然蕴蓄过程之后才发生,主要包括地震、火山活动、滑坡、泥石流、台风、洪水、干旱、自然地球化学异常等,它不完全属于环境科学所解决的范围。对于这一类环境问题,目前人类的抵御能力还很脆弱。例如,2008年5月12日中国汶川发生了8.0级地震,这是新中国成立以来破坏性最强、波及范围最大的一次地震,重创约50万 km²的中国大地,共有69 142人丧生,17 551人失踪。

（二）次生环境问题

次生环境问题又称第二环境问题,是由于人类活动作用于周围环境引起的环境问题。这一环境问题主要包括环境破坏、环境污染与干扰两种类型,如水土流失、物种灭绝、水体污染、大气污染、噪声干扰和电磁波干扰等,是环境科学研究的主要对象。

环境破坏又称生态破坏,主要指人类社会活动引起的生态退化及由此而衍生的有关环境效应,它们导致了环境系统结构与功能变化,对人类生存与发展产生不利影响。其表现形式多种多样,按对象性质可分为两类:一类是生物环境破坏,如因过度砍伐引起森林覆盖率锐减、过度放牧引起草原退化、滥肆捕杀引起许多动物物种濒临灭绝等;另一类属非生物环境破坏,如盲目占地造成耕地面积减少、毁林开荒造成水土流失和沙漠化、地下水过度开采造成地下水漏斗或地面下沉以及其他不合理开发利用造成地质结构破坏或地貌景观破坏等。目前,我国大部分地区不同程度地存在着环境破坏问题。环境污染与干扰,主要是指由于人类活动排出的废物和余能进入环境,带来了环境污染和干扰。例如,2007年5月29日中国无锡太湖蓝藻大爆发,造成近百万无锡市民生活饮水困难,再次敲响了因污染而导致太湖生态环境恶化的警钟。

三

环境问题的产生和发展

人类自身是地球环境演化到一定阶段的产物,环境是人类赖以生存和发展的基础。人类的生产和消费活动所引发的环境问题并非今天才发生的事情,实际上它是伴随着人类的出现而产生,并随着人们生活和生产的发展而逐渐加剧。换句话说,人类对大自然的破坏史同人类的文明史一样古老。但是,人们对于环境问题的真正认识不过是近50年的事,而且这一认识过程是建立在资源危机和环境危机基础上的漫长历史过程。

审视人类社会发展历程,可将环境问题的产生和发展概括为以下3个阶段:第一个阶段是从人类诞生到工业革命之间这个漫长的历史时期,这一阶段

人类社会先后经历了采猎文明和农业文明时期。在采猎文明时期,人口数量很少,生产力水平极其低下,人类生活完全依赖于自然环境,很少对自然环境进行改造。因此,人类造成的环境问题不是十分明显,并且也很容易被环境的自我调节所抵消。在农业文明时期,生产力水平进一步提高,出现了耕作农业和养殖畜牧业,此时人类可以利用自身力量去影响和改变局部地区的自然环境。这种影响必然引起自然环境的响应,就会形成环境问题,如砍伐森林、破坏草原、引起水土流失、造成土壤沙化,以及由于人口集中产生的垃圾和污水造成的一些环境问题。但此时人类对自然的作用还远远未达到造成全球范围环境破坏的程度。

第二阶段是从工业革命时期到第一次发现“臭氧层空洞”,这个阶段是城市环境问题突出、环境“公害”事件频发的时期。1765年,瓦特发明了蒸汽机,迎来了产业革命,标志着工业革命时期的到来,使生产力水平得到了极大提高。由于工业化的到来,大批农民涌入城市,使得人口更加集中,老城市不断扩大和新城市不断出现。城市化的发展加剧了环境的恶化——交通拥挤、城市供水不足、城市环境卫生状况恶劣、环境污染日趋严重等。此时,人们只沉浸在胜利的喜悦与征服地球的梦想之中,所以根本没有意识到人类与环境之间还存在着协同发展的规律,更未意识到人类对环境的每一次作用,都会受到环境不同程度的反作用。直至威胁人类生存和发展的环境问题——“公害”出现时,才真正引起了人们的思考。20世纪中叶,由于人类社会迅猛发展,人类对环境的开发利用也达到了前所未有的强度,此时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。据有关资料统计,在1953—1973年20年间全世界共发生“公害”事件52起,因“公害”而死亡的人数达到14万人。在此阶段,环境污染的特点是:工业污染转向城市污染和农业污染;点源污染转向面源污染;局部污染转向区域污染甚至全球性污染。由于环境污染的扩大化,构成了世界第一次环境问题爆发的高潮。

第三个阶段始于1984年英国科学家发现南极臭氧空洞。这个阶段环境问题主要是全球性环境问题,包括酸雨、全球变暖和臭氧层破坏等问题。由于这阶段环境问题比起上一阶段更为严重,影响范围更广,更具有代表性,因而构成了第二次全球环境问题爆发的高潮,也成了世界各国政府和全人类关注的焦点。

综上所述,环境问题自古有之,随着社会发展而发展,人类越进步,环境问题也就越突出。1992年,可持续发展思想在全球各个国家达成共识后,人们虽然已经认识到人类发展对环境破坏会受到大自然的惩罚,并且开始重视解决环境问题。但是,新技术发展又带来了新的环境问题。此外,许多发展中国家的崛起又在走发达国家的老路。他们在发展经济的同时又造成更多的环境污染,使环境问题出现频率增加,强度更大、波及面更广。因此,环境问题产生是一个有关社会和经济的综合问题,要解决环境问题,就要从人类、环境、社会和经济等综合

的角度出发,找到一种既能实现发展又能保护好生态环境的途径,协调发展与环境保护之间的辩证关系,实现人类社会可持续发展。

四 全球与区域环境问题

总体而言,无论是环境污染还是生态破坏,当前已经演变成区域性以至全球性环境问题,威胁到人类生存和社会发展,受到世界各国普遍关注。全球(或区域)环境问题是指对全球(或区域)产生直接影响,或具有普遍性随后又发展成对全球(或区域)造成危害的环境问题。目前,国际社会最关心的全球环境问题主要包括全球气候变暖、臭氧层破坏、酸雨、生物多样性减少和土地沙漠化等。

(一) 全球气候变暖问题

全球变暖,是指全球气温升高。近 100 多年来,全球平均气温经历了冷—暖—冷—暖两次波动,总体为上升趋势。进入 20 世纪 80 年代后,全球气温明显上升。据联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)第四次评估报告,最近 100 年(1905—2006 年)全球地表气温上升了 0.74°C ($0.56\sim 0.92^{\circ}\text{C}$);自 1961 年以来,全球海平面平均每年上升 1.8 mm ($1.3\sim 2.3\text{ mm}$),而从 1993 年以来平均每年上升 3.1 mm ($2.4\sim 3.8\text{ mm}$),如图 1-5 所示。而我国近百年年平均气温升高了 $0.5\sim 0.8^{\circ}\text{C}$,略高于同期全球增温平均值,近 50 年变暖尤为明显。《2011 年中国海平面公报》显示,近 20 年来中国沿海海平面上升明显,近 3 年中国海平面处于历史高位。1980—2011 年,中国沿海海平面总体上升了约 85 mm ,平均上升速度为 2.7 mm/a ,高于全球平均水平。如今全球变暖趋势仍在继续,2011 年全球地表平均温度比 1961—1990 年的平均值(14.0°C)高 0.40°C ,是 1880 年以来的第 11 最暖年。2011 年亚洲地表平均气温比常年偏高 0.49°C ,为 1910 年以来的第 12 高值年。

气候变暖的原因是错综复杂的,既有太阳辐射、大气环流和地表状况等自然因素作用,也有人认为因素如温室效应作用。关于气候变暖,究竟是温室作用结果还是属于气候本身的自然波动,或两者兼而有之,仍然存在着科学上的不确定性。尽管如此,人类活动已大幅增加大气中温室气体浓度,增强自然温室效应,引起地球表面和大气进一步升温,并对自然生态系统和人类产生不利影响,已是客观存在的事实,令人类感到忧虑。温室气体包括 CO_2 、 CH_4 、 O_3 、 N_2O 、氯氟烃(CFCs)等,但主要来自化石燃料及生物质的燃烧,包括煤、石油、天然气及薪材和作物秸秆等。工业化以前,大气中的 CO_2 体积分数稳定在 208×10^{-6} ,1990 年上升到 345×10^{-6} ,2000 年上升到 368×10^{-6} ,2010 年上升到 387×10^{-6} ,估计到 21 世纪中叶,大气中 CO_2 体积分数将达到 560×10^{-6} ,即工业化之前的 2 倍。其他温室气体在大气中含量大体也呈加速增长的趋势。