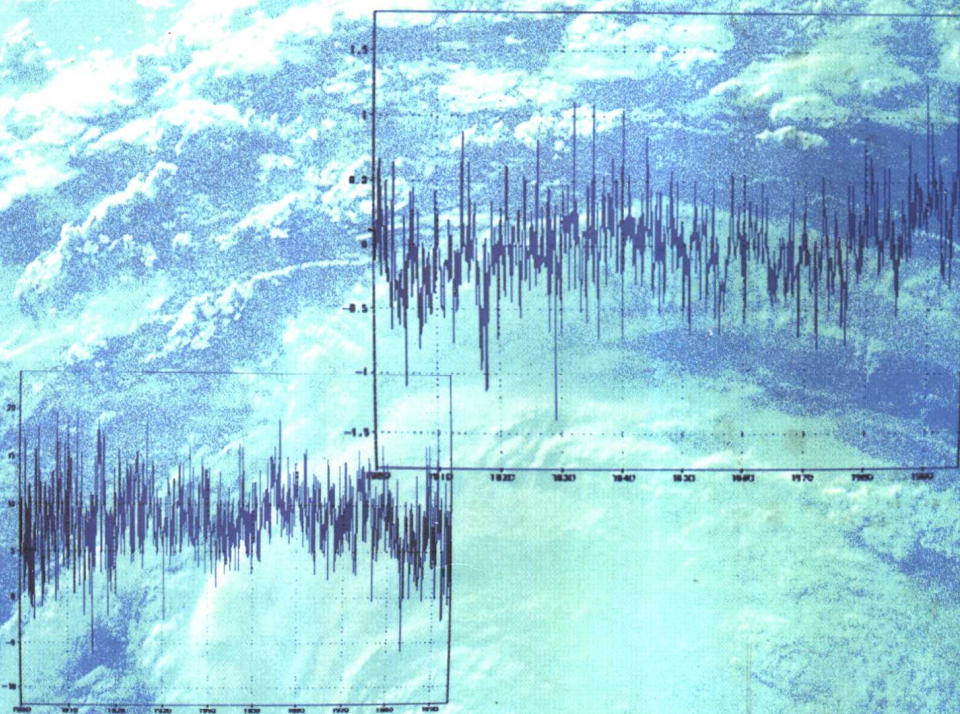


全球生态学

气候变化与生态响应

主 编 方精云

副主编 唐艳鸿 林俊达 蒋高明



CHEP
高等教育出版社



Springer
施普林格出版社

图书在版编目(CIP)数据

全球生态学/方精云主编. - 北京: 高等教育出版社;
海德堡: 施普林格出版社, 2000.12
ISBN 7-04-009123-2

I. 全… II. 方… III. 全球环境 - 环境生态学 IV. X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 47681 号

全球生态学
方精云 主编

出版发行 高等教育出版社 施普林格出版社

社 址 北京市东城区沙滩后街 55 号

邮政编码 100009

电 话 010 - 64054588

传 真 010 - 64014048

网 址 <http://www.hep.edu.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京民族印刷厂

开 本 787 × 1092 1/16

版 次 2000 年 12 月第 1 版

印 张 21.25

印 次 2000 年 12 月第 1 次印刷

字 数 510 000

定 价 29.00 元

插 页 3

©China Higher Education Press Beijing and Springer-Verlag Heidelberg 2000

版权所有 侵权必究

序

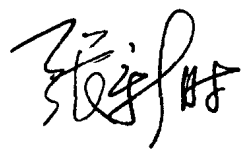
在过去的约半个世纪里,工业文明在给人类社会带来巨大物质财富的同时,也给人类共同的家园——地球带来了巨大的生态灾难。作为地球生命支持系统的生物圈正遭受着巨大的破坏,生物圈的可持续性正受到严重威胁。因此,研究生物圈及其可持续性以及生物圈与大气圈、水圈和岩石圈的相互关系是目前我们所面临的一个最大科学挑战。

生物圈是一个高度复杂的,集生物学、化学和物理学过程于一体的相互作用的动态系统。尽管阐明这个系统的过程和机制是极其困难的,某些问题甚至在目前条件下是不可能的,但它对生物圈的可持续性和人类社会经济的协调发展是至关重要的。因此,80年代中叶,旨在阐明这个动态系统的一项大型国际合作研究计划——国际地圈生物圈计划(IGBP)在国际科学联合会(IC-SU)的推动下正式启动。这是一个地球科学、生物学、环境科学、大气科学、信息科学和数理科学等多学科相互交叉、相互渗透的宏大计划。在人类科学的发展史上,还从来没有哪个计划像 IGBP 计划那样能吸引着如此多学科的科学家的同一个主题展开合作。人类社会对于 IGBP 寄予了巨大的期待。

另一方面,由于现代科学技术的进步,系统研究生物圈及其与其他圈层关系的条件和手段已逐渐成熟。譬如,高精度和野外适用型测试仪器的研制以及大尺度地面数据采集系统的研发使生态系统生理学的研究成为可能;卫星遥感技术的应用可以随时提供覆盖全球的植被状况;现代信息科学技术能处理、存储和运算海量的地面和空间数据;理论模型的研究更为生态系统和生物圈的数据整合和模拟预测提供了有效的手段。

全球生态学就是为满足日益增长的这种社会需求和在科技高速发展的“大科学”时代背景下形成并迅速发展起来的。它的实质就是研究生物圈及其变化。由于这门学科还十分年轻,国际上系统总结和介绍这门学科的专著不多,国内更是缺乏。方精云教授等编著的《全球生态学》一书在结合作者们自

已工作的基础上,论述了器官(生理生态)、物种、生态系统、区域以及全球尺度等不同层次的生命系统与全球变化的关系,提出了全球生态学的一个框架体系,是一部有重要价值的著作,相信对我国的全球变化和相关的宏观生物学研究将产生良好的推动作用。因此,我十分愿意为这部书作序,并将它推荐给我国的生态学家及相关领域的人员。



中国科学院院士

2000年12月

前 言

近半个世纪以来,人类对自然资源的不合理开发和利用,使全球的生态环境发生了急剧变化。这种全球范围内的生态环境变化——大气二氧化碳浓度的升高、全球温暖化的加剧、臭氧层空洞的扩大以及森林和草地的减少等等——已经对包括人类在内的地球生命系统构成了巨大的威胁。全球变化是如何影响地球上这些形形色色的生命系统的?反过来,这些形形色色的生命系统能否以及在多大程度上减缓这种急剧的生态环境变化?全球生态学——一门迅速发展的多学科交叉的新兴学科,将研究和回答这些问题。

全球生态学(Global Ecology)是在人类活动的强度和广度已经发展到对全球环境和生态系统产生深刻影响的背景下形成的,是一门宏观与微观相互交叉、生物学与地学相互渗透的新兴学科。它以研究较大尺度,乃至全球范围的大气圈、地圈、水圈和生物圈组成的复合系统的结构、功能以及变化为目标,重点研究全球变化领域中的基本生态学问题以及它们之间的相互关系,为预测全球生态系统的变化,以及人类采取相应的对策提供理论依据。它既是现代生态学的前沿,又是保护人类生存环境的重要技术支撑之一。

全球生态学是20世纪80年代初才逐步形成并发展起来的生态学分支领域。1986年由国际科学联合会(ICSU)发起、组织的国际地圈生物圈研究计划(IGBP)是科学家们在全球范围内开展生态学研究的里程碑。这个国际计划的实施和成功可以说是大规模的全球生态学研究的开始。它的研究成果将有助于提高人类对未来全球变化的预测能力,为全球范围的资源管理和环境决策提供科学依据。1989年由Rambler, Margulis & Fester编著的“Global Ecology”一书是最早论述全球生态学的专著之一。在这部著作里,作者们从盖娅假说、综合生物圈、生物源气体的光化学、植被遥感、生物地球化学循环等角度,阐述了全球生态学所包含的主体内容。1992年,作为“Journal of Biogeography”(生物地理学杂志)的姊妹刊物,“Global Ecology & Biogeography”(全球生态学与生物地理学)在英国创刊,标志着全球生态学领域有了自己的正式刊物。3年后,也在英国,综合反映全球生态学研究成果的杂志“Global Change Biology”(全球变化生物学)问世。该杂志在出版后的短短5年中,影响因子(impact factor)(反映一个杂志学术水平的综合评价指标)急剧上升,一跃成为国际上10大生态学刊物之一,这从一个侧面说明了全球生态学在现代生态科学中的地位。从IGBP执行后的第10年开始,全面反映全球变化研究成果的IGBP系列丛书1~4卷陆续出版发行。这套由英国剑桥大学出版社出版的系列丛书系统总结了科学家们在阐明控制地球系统及其演化中的物理、化学和生物过程以及人类活动所起的作用。最近几年,全球变化的生态学研究可以说发展到了白热化的程度。1999年,另一国际刊物“Global Change Science”(全球变化科学)在美国问世,它集中反映全球温暖化、臭氧层消失、森林破坏、荒漠化、海平面上升、厄尔尼诺(El-Nino)现象以及由上述变化对人类所造成的影响等方面的研究成果。还应该提到的是,由全球变化政府间委员会(IPCC)于1990年、1995年和2000年分别出版发行的“Global Change”反映了不同时期科学家们研究全球变化及其响应的最

新结果,是研究全球生态学问题的权威著作。

中国在全球变化研究中发挥着重要作用和影响。这包括两个方面:首先,中国科学家参与了许多重要项目的国际合作,如 IGBP、人与生物圈计划(MAB)和 IPCC 等;第二,中国的全球生态学研究有着鲜明的地域特色。这就是:① 中国几乎拥有地球上所有的陆地生态系统类型;② 中国有丰富的生物多样性;③ 中国具有独特的季风气候,以及由此产生的生命带连续体;④ 人类活动的历史悠久、影响巨大。这些地域特点决定了中国的全球生态学研究的不可替代性。它的有效实施,将对国际科学界产生特殊的作用和应有的贡献。根据这些特点,中国在有关的领域已经或正在从事一些有影响的工作,尤其是结合国家重大基础研究计划、科技攻关项目、攀登计划、重大基金项目以及中国的 IGBP 计划和 MAB 计划等项目的实施,在青藏高原的环境变迁及其对周围及全球环境的影响、若干重要生命元素在陆地生态系统中的生物地球化学循环、全球变化的生态影响以及生物多样性等方面均取得了一些可喜的成果。通过中国的全球生态学研究的开展,不仅有助于阐明本地区的生态学基本问题,也将大大丰富全球生态学的研究内容。

为交流国内外全球生态学领域的研究成果,增进同行之间的了解和合作,1998年7月,中国科协在北京主办了由北京大学教授方精云、日本国立环境研究所主任研究员唐艳鸿以及中科院水生生物所研究员谢平共同主持的“生物圈与全球气候变化”为主题的“青年科学家论坛”。有感于当时国内在讨论全球气候变化研究中的生态学问题时还缺少比较系统的读物,部分与会者希望尽快有一部这方面的著作。于是,尝试整理和介绍全球生态学的研究成果,就成了我们编著此书的初衷。

此书试图以全球变化与不同层次的生命系统的相互关系为轴心,系统介绍全球生态学的主要研究方法、内容及进展,并探讨一些我们认为是今后研究中的一些重点问题。全书分为12章。第1章概述全球变化的主要内容及特点,第2章至第9章分别介绍生理生态、物种、生态系统、景观和区域,以及全球尺度等不同层次的生命系统与全球变化的关系,第10章介绍古气候变化及其生态响应,第11章阐述全球变化的生态适应对策,最后一章介绍和分析目前正在发生的几种全球变化事件。此外,书中还备有3个附录,分别简介具有重大全球意义的“京都协议”、有关全球变化的国际组织以及术语解释。

本书初稿完成后,由北京大学崔海亭教授、方精云教授、刘鸿雁博士以及中科院植物所蒋高明研究员统稿。最后,方精云负责全书的统稿。

本书力图反映全球生态学的主要方面和最新的科研成果,但全球生态学毕竟是一门高度综合、发展极为迅速、尚不十分成熟的学科,要给出一个十分完整和清晰的系统来,恐怕还要假以时日。由于编著者的学识、经验所限,加上时间比较仓促,书中会出现这样或那样的问题和不足。敬请读者批评指正,以便在可能再版时加以订正和改进。

方精云 唐艳鸿

2000年7月于北京大学

Preface

About sixty-five years ago, British plant ecologist A. G. Tansley coined the term "ecosystem" to emphasize the interactions between biotic and abiotic factors. In the use and abuse of vegetational concepts and terms (*Ecology* 16:284 ~ 307, 1935), he wrote:

The more fundamental conception is ... the whole system, including not only the organism complex, but also the whole complex of physical factors forming what we call the environment ... These ecosystems, as we may call them, are of the most various kinds and sizes.

From then on, Ecosystem Ecology as a new ecological science has contributed largely to our understanding of the interaction between organism complex and its environments on our planet—the earth. However, it seems that few scientists had considered the earth as an integrated system until about two decades ago. In 1986, the International Council for Scientific Union (ICSU) established an interdisciplinary scientific program—the International Geo-Biosphere Programme (IGBP) to acquire basic scientific knowledge about the interactive processes of biology, chemistry and geophysics of the earth as they relate to global change. The goal of the programme is as follows:

To describe and understand the interactive physical, chemical and biological processes that regulate the total Earth system, the unique environment that it provides for life, the changes that are occurring in this system, and the manner in which they are influenced by human actions.

It is clear that scientists are now turning their attention to the total Earth system. The concept that the earth is a system, however, is perhaps nothing new to us. Chinese philosophers have considered all nature in the world including human beings and even the God as a whole unity—Tian Ren He Yi (天人合一)—more than two thousand years ago. In the very late 1960's and early 1970's, Dr James Lovelock, a British atmospheric scientist, in collaboration with Dr Lynn Margulis, an American microbiologist put forward their hypothesis—Gaia. Gaia hypothesizes that the earth is a self-regulating environment and the planet itself is the core of a single, unified, cooperating and living system—a superorganism that regulates physical conditions to keep the environment hospitable for lifeforms. This hypothesis seems strongly supported by many "New Age" philosophies, but it is probably not widely accepted by the mainstream contemporary doctrines of the physical sciences. Nevertheless, we would agree that such philosophy concepts might lead modern scientists to integrate all biotic and abiotic factors on the earth as a whole ecosystem in the ecological studies on the global scale.

Ecological studies considering the whole earth as a single ecosystem has brought a new science Global Ecology, as we use the terminology here. In the broad sense, IGBP perhaps shows a good example for Global Ecology studies. During last two decades or so, scientists who have studied the ecological problems at the global scale have provided us continuously with new information and knowledge on global change and biosphere with many new tools, such as flux measurements of gas

exchange, remote sensing from satellites, global networks of atmospheric sampling and ecosystem models. Ecological studies on the global scale are now exciting frontiers in Ecology, Geoscience and related sciences.

The book *Global Ecology* is preliminarily aimed at, but not limited in introducing the fundamental principles, major methodologies and new scientific findings in ecological studies on global climate and environmental changes. We tried not to focus on the details of case studies. Instead, we considered the broad view of ecological studies on large spatial and long temporal scales. You may find that each chapter analyzes key aspects of the framework of global ecology and provides important information on essential problems involved in those aspects.

This book is also part of the output of the forum *Global Climate Change and Biosphere* sponsored by the China Association for Sciences and Technology in July 1998 in Beijing. We then also tried to pay our attention to the studies related China, which may not be widely cited in the world elsewhere.

Taken as a whole, we hope that the book would contribute the greater understanding of essential response of global ecosystem to climate changes. A set of new or rediscovered principles for global ecological studies should be value to natural and social scientists interested in climate change and the earth system. We hope also that the book would be of use to university students who are interested in ecology, geography, agriculture, forestry and biology.

TANG Yanhong and FANG Jingyun

June, 2000

Brief Contents

- Preface
- Chapter 1 Changing global climates
Jingyun Fang, Yanhong Tang & Jie Chang
- Chapter 2 Ecophysiological responses of plants to global changes
Gaoming Jiang, Yanhong Tang, Shirong Liu & Weihong Lin
- Chapter 3 Biological invasion and global climate changes
Wei Fang
- Chapter 4 Interactions between terrestrial ecosystems and global changes
Guanghui Lin & Hongyan Liu
- Chapter 5 Interactions between aquatic ecosystems and global changes
Changjiang Huang, Junda Lin & Guoan Yan
- Chapter 6 Biogeochemical cycles
Yahui Zhuang, Jingyun Fang & Xinshi Zhang
- Chapter 7 Vegetation – climate classification systems
Jian Ni, Jingyun Fang & Xinshi Zhang
- Chapter 8 Remote sensing analyses of terrestrial vegetation
Daolan Zheng, Haiting Cui & Jiquan Chen
- Chapter 9 Net primary production of terrestrial vegetation and its geographical distribution
Changhui Peng & Yude Pan
- Chapter 10 Paleoclimatic changes and ecological responses
Hongyan Liu & Zichen Yu
- Chapter 11 Management strategies for global climate change
Gaoming Jiang, Shirong Liu & Changjiang Huang
- Chapter 12 Several events of global changes
Gaoming Jiang, Zhixian Su & Changjiang Huang
- Appendix 1 Kyoto Protocol: an international endeavor for control of global warming
Fang Gao & Qingfeng Guo
- Appendix 2 Introduction to international programs for global change researches
Hongyan Liu & Jingyun Fang
- Appendix 3 Glossary of terms
Jingyun Fang
- Reference
- Index of terms
- Acknowledgments
- Introduction to contributors

各章节作者名单

- 1 方精云、唐艳鸿、常杰
 - 2 蒋高明、唐艳鸿、刘世荣、林伟宏
 - 3 方 炜
 - 4 林光辉、刘鸿雁
 - 5 5.1: 黄长江、林俊达;5.2: 严国安
 - 6 6.1、6.5: 庄亚辉;6.2、6.3: 方精云;6.4: 庄亚辉、方精云
 - 7 倪 健、方精云、张新时
 - 8 郑道岚、崔海亭、陈吉泉
 - 9 彭长辉、潘愉德
 - 10 于子成、刘鸿雁
 - 11 11.1: 刘世荣;11.2、11.3: 蒋高明;11.4: 黄长江
 - 12 12.1: 蒋高明;12.2: 苏智先;12.3: 黄长江
- 附录1 高 方、郭勤峰
附录2 刘鸿雁、方精云
附录3 方精云
文献整理 方精云

各章内容提要

本书以全球变化与不同层次生命系统的相互关系为轴心,论述全球变化生态学的主要研究方法、内容和进展。全书分为 12 章。第 1 章概述全球变化的主要内容及特点,第 2 章至第 9 章论述生理生态、物种、生态系统、景观和区域,以及全球尺度等不同层次的生命系统与全球变化的相互关系,第 10 章介绍古气候变化及其生态响应,第 11 章阐述全球变化的生态适应对策,最后一章介绍和分析目前正在发生的几个全球变化事件。此外,书中附有 3 个附录,分别介绍具有重大全球意义的“京都协议”、有关全球变化的国际组织以及术语解释。

1 变化中的全球气候

简述地球表面系统的特征和基于盖娅(Gaia)假说的新地球观,在此基础上指出主要的全球变化现象,着重论述现代气候变化的证据、成因和特点。在工业革命以来的 300 多年的时间里,人类对地球表面系统的改造能力大大提高,逐渐成为影响地表系统的主导因素,成为全球变化的主要驱动因子。全球变化不仅包括全球气候变化和大气成分变化,也包括土地利用和土地覆盖变化、人口增长、土地荒漠化以及生物多样性丧失等。

2 全球变化与植物生理生态反应

植物对 CO₂ 浓度变化的反应是研究全球变化与生态系统相互关系的核心问题。本章简要介绍全球变化和植物生理生态反应的研究手段和方法,阐述 CO₂ 浓度的升高对植物主要形态结构、生理功能的影响及其有关的生理机制,以及这些影响在不同类型植物之间的差异;较为详细地讨论在复合环境因子中,植物对 CO₂ 浓度上升的生理生态反应。

3 生物入侵与全球变化

生物入侵作为全球变化的现象之一在近 20 年中日益引起生态学家、资源管理人员、环境保护组织以及广大公众的关注。在其他全球变化的影响和促进下,生物入侵急剧地改变了动物、植物、微生物的分布、密度、遗传进化、种群动态及其所在生态系统的特性。生物入侵在局部、区域及全球尺度上改变生物多样性,并与物种绝灭密切相关。一些生物的入侵对人类健康、资源利用及经济活动带来负面影响。在众多的全球变化现象中,生物入侵也许是最可能通过宣传教育和个人努力来预防和改变的。

4 陆地生态系统与全球变化的相互作用

陆地生态系统对全球变化的反应和反馈是当代生态学研究的热点领域之一。本章简要介绍模拟实验、定位观测和台站网络、样带以及模型等常用的研究手段,从系统的角度

论述陆地生态系统与全球变化的相互作用,指出全球变化与陆地生态系统研究目前存在的问题与挑战。全球变化不仅影响到陆地生态系统的功能,也会改变陆地生态系统的组成和结构。陆地生态系统也可以对全球变化作出正负反馈,特别是在大气成分和气候的调节方面。

5 水生生态系统与全球变化的相互作用

水生生态系统包括淡水生态系统和海洋生态系统。本章分别讨论全球变化对海洋生态系统和淡水生态系统的影响,并分析水生生态系统对气候变化的反馈作用,特别是在全球碳平衡中的作用。自然和人为作用所引起的全球变化对海洋生态系统造成巨大的影响。越来越多的迹象表明,气候变化、水体污染、臭氧层破坏以及过度捕捞等都对海洋生态系统的组成、结构和动态产生深刻的影响,进而威胁到海洋渔业。对于淡水生态系统,温度、水位和水量、营养成分和 pH 值、辐射状况以及气体溶解度的改变,都将可能引起生态系统的变化。

6 生物地球化学循环

生物地球化学循环指元素的各种化合物在生物圈、水圈、大气圈和岩石圈(包括土壤圈)各圈层之间的迁移和转化,是全球变化研究的核心内容。生物地球化学循环研究除探讨各圈层的各种物理、化学和生物过程与通道外,还研究它们的源、汇、通量、储库以及模式。本章着重介绍与人类关系最为密切的碳、氮、硫和磷等 4 种生命元素的生物地球化学循环的基本特征(如生物释放源和汇、转化传输机理、实验方法及模式研究等),分析这 4 种元素之间的耦合作用,并以中国陆地生态系统的碳循环、磷化氰排放、生物质燃烧中的含碳痕量气体以及城市生态系统的元素循环等作为研究案例,进一步分析生命元素及其化合物在地表系统各圈层之间的迁移和转化规律。本章还强调良性的元素循环将促进社会经济的可持续发展。

7 植被气候分类系统

植被-气候关系及其分类系统的研究既是一个古老命题,也是一个不断进步的热点领域之一,尤其在当今的全球变化研究中成为最基础和最具活力的课题。本章论述 19 世纪末期和 20 世纪早期的植被气候关系研究,以及 20 世纪中后期的植被气候分类系统,特别是 70 年代以来全球植被气候分类系统的最新发展。这包括单一因子的或多因子简单组合的植被气候分类系统(如 Köppen, Troll, Whittaker, Box, Kira 系统等),和以最大可能蒸散量为基础的综合分类系统(如 Penman, Thornthwaite, Holdridge, Budyko 系统等),以及基于这些系统指标的众多植被气候分类方案。它们为现今植被气候关系的研究以及气候变化对陆地生态系统的影响预测奠定良好的基础。

8 陆地植被的遥感分析

与传统方法比较,遥感具有观测面积广、成本低、周期性等优点,适用于分析陆地植被的空间结构和功能,并可利用多时相的资料进行动态监测。本章概述目前用于陆地植被研究和主要遥感系统以及它们的发展历史,讨论遥感在生态系统不同时空尺度

分析上的重要性。卫星遥感越来越多地应用于生态系统生产力的研究、系统功能的定量分析、以及陆地生态系统与气候变化相互关系的研究。遥感在植被科学中的应用促进了全球生态学的发展。遥感技术与地理信息系统和全球定位系统的结合进一步提高了景观分析和生态系统研究的定量水平。遥感技术也极大地提高了人们对各种自然灾害的早期预报和灾情监测的水平,从而增强人类抵御自然灾害及灾后重建的能力。

9 陆地植被第一性生产力及其地理分布

陆地植被的净第一性生产力(NPP)是人类赖以生存的物质基础。本章简述全球生产力研究的发展历史、生产力的基本测定方法以及全球植被生产力的分布和有关的模型方法。通过重建古植被和古气候,并利用统计或生物圈过程模型,可以估计过去地球表面的植被生产力。对于现状的植被生产力,可采用数据估算、回归模型和生态过程模型等方法进行估测。不同方法的估测结果显示,全球现有净第一性生产力(NPP)在 $90 \times 10^9 \sim 120 \times 10^9 \text{tC}$ 之间。生态系统模型预测结果显示,未来气候变化将对陆地植被生产力产生深刻影响,全球陆地植被的 NPP 可能增加 20% 以上。本章还举例说明中国现状植被生产力的分布以及未来气候情景下的可能变化。

10 古气候变化与生态响应

本章重点讨论晚冰期以来的气候变化与生态响应。首先基于古气候和古生态学证据讨论晚冰期以来的主要气候变化事件,包括新仙女木事件、全新世大暖期和小冰期。接着介绍物理要素与生物要素、过渡带与非过渡带、植物与动物、物种对群落对于气候变化响应的差异性。

11 气候变化的适应对策

本章重点从生态学的角度探讨适应全球变化的农林牧渔经营和自然资源利用对策,为制定适应未来气候的可能变化、保证国民经济可持续发展的策略提供参考。

12 全球变化若干重要事件

“生物圈二号”、1998 年我国长江流域的特大洪水,以及 1997 ~ 1998 年发生在我国东南沿海的大规模赤潮都是有重要影响的全球气候变化事件。本章较为详细地论述它们的经过、机制和影响,讨论人类社会应该从这些事件中得到什么样的启迪。

附录 1 控制全球温暖化的国际协作:京都协议

全球温暖化是目前人类面临的重大环境问题。导致全球温暖化的主要原因是人类长期无限制地向大气中排放二氧化碳等温室气体。在全球范围内控制和降低温室气体的排放迫在眉睫。“联合国气候变化公约”的成员国在 1997 年 12 月召开的京都会议上通过了“京都协议”。这一具有法律约束力的国际协议,要求工业国家在近期内(10 ~ 15 年)控制和降低其温室气体排放量。本附录详细介绍京都协议的主要内容,并讨论分析协议达成

后各国采取的相应对策。

附录 2 国际全球变化的主要研究计划简介

全球变化研究是一个多学科的领域,不同的国际机构单独或联合提出并组织了众多的研究计划。本附录简要介绍这些研究计划,并摘录了它们的联系地址。

目 录

序	(I)
前言	(III)
Preface	(V)
Brief Contents	(VII)
各章节作者名单	(VIII)
各章内容提要	(IX)
1 变化中的全球气候	(1)
1.1 地球表层系统与全球变化	(1)
1.2 当代气候变化的证据	(16)
1.3 气候变化的诱因	(18)
1.4 当代气候变化的特点	(24)
2 全球变化与植物生理生态反应	(26)
2.1 研究全球变化与植物生理生态反应的方法和手段	(26)
2.2 大气 CO ₂ 浓度升高与植物的生理反应	(29)
2.3 水热和营养环境改变下植物对 CO ₂ 浓度的响应	(36)
2.4 辐射环境变化及植物的生理生态反应	(38)
2.5 结 语	(41)
3 生物入侵与全球变化	(43)
3.1 生物入侵:全球变化现象之一	(44)
3.2 入侵生物学的研究动态	(58)
3.3 生物入侵的后果	(61)
3.4 生物入侵与全球变化的相互作用	(65)
4 陆地生态系统与全球变化的相互作用	(71)
4.1 陆地生态系统与全球变化关系的研究手段	(71)
4.2 全球变化对陆地生态系统的影响	(75)
4.3 陆地生态系统对全球变化的反馈作用	(81)
4.4 未来展望	(82)

5 水生生态系统与全球变化的相互作用	(84)
5.1 全球变化对水生生态系统的影响	(84)
5.2 水生生态系统对全球变化的反馈	(101)
6 生物地球化学循环	(104)
6.1 生物地球化学循环及其当前研究的特点	(104)
6.2 地球表层系统各圈层的结构和组成	(105)
6.3 碳、氮、硫和磷的生物地球化学循环	(113)
6.4 碳、氮、硫和磷循环的案例研究	(135)
6.5 元素循环与可持续发展	(155)
7 植被气候分类系统	(158)
7.1 定性的植被气候分类系统	(158)
7.2 定量的植被气候分类系统	(159)
7.3 植被气候分类模型和方案	(173)
7.4 讨论与展望	(175)
8 陆地植被的遥感分析	(177)
8.1 遥感发展简史	(177)
8.2 卫星遥感在陆地植被监测及资源管理中的应用	(179)
8.3 遥感与全球气候变化	(188)
8.4 卫星遥感资料在生态学研究中的若干问题	(189)
9 陆地植被第一性生产力及其地理分布	(191)
9.1 植被生产力的近期研究与发展	(192)
9.2 植被生产力的测定方法	(193)
9.3 估算陆地古植被生产力及其时空分布格局	(194)
9.4 现在和未来陆地植被生产力的预测	(198)
9.5 中国实例研究	(206)
9.6 结 语	(211)
10 古气候变化与生态响应	(212)
10.1 重要的气候变化事件及其生态响应	(213)
10.2 古气候变化的生态响应中的有关问题	(217)
10.3 古生态记录对于未来全球变化的意义	(221)
11 气候变化的适应对策	(222)
11.1 全球变化条件下的林业对策	(222)
11.2 气候条件下的农业对策	(226)

11.3 荒漠化防治对策	(227)
11.4 海洋渔业对策	(229)
12 全球变化若干重要事件	(230)
12.1 “生物圈二号”	(230)
12.2 1998 长江特大洪灾	(235)
12.3 我国东南沿海的大规模赤潮	(239)
附录 1 控制全球变暖化的国际协作:京都协议	(246)
1.1 引 言	(246)
1.2 京都协议的形成及其主要内容	(247)
1.3 京都协议的实施和各国的对策	(252)
1.4 总结和建议	(256)
附录 2 国际全球变化的主要研究计划简介	(258)
2.1 世界气候研究计划(WCRP)	(258)
2.2 国际地圈生物圈计划(IGBP)	(259)
2.3 全球环境变化的人文因素计划(IHDP)	(263)
2.4 生物多样性计划(DIVERSITAS)	(264)
附录 3 术语解释	(265)
参考文献	(273)
索 引	(311)
致 谢	(316)
作者简介	(317)