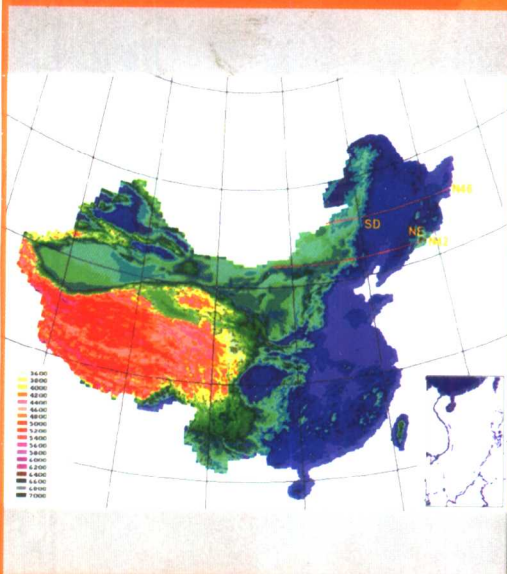


唐海萍 著



陆地生态系统样带 研究的方法与实践

——中国东北样带植被 - 环境关系研究



523

10



科学出版社

www.sciencep.com

陆地生态系统样带研究的方法与实践

——中国东北样带植被-环境关系研究

唐海萍 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以国际地圈-生物圈计划的核心项目“全球变化与陆地生态系统”在全球最先设置的四条陆地生态系统样带之一的中国东北样带作为研究平台,介绍了样带研究的兴起及其在全球变化研究中的意义。

全书立足于国际生态学的研究前沿,运用样带的思想,将全球变化和生物多样性这两个当今生态学领域的热点问题相结合,对于加深理解全球变化与生物多样性之间的关系有重要价值,对于探讨生态系统对全球变化的响应机制具有重要的理论和实践意义。本书可供生态学、地理学、环境科学、遥感应用等学科的院校师生和科研技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

陆地生态系统样带研究的方法与实践:中国东北样带
植被-环境关系/唐海萍著. —北京:科学出版社,2003
ISBN 7-03-011262-8

I. 样... II. 唐... III. 植被-关系-生态环境-
东北地区 IV. Q948.523

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 015645 号

责任编辑:谭宏宇/责任校对:连秉亮
责任印制:刘 学/封面设计:一 明

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

长阳印刷厂印刷

科 学 出 版 社 发 行 各 地 新 华 书 店 经 销

*

2003 年 4 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2003 年 4 月第一次印刷 印张:11 插页 8

印数:1—2 000 字数:265 000

定价:24.00 元

序

沿北纬 $43^{\circ}30'$ 的中国东北森林-草原样带(Northeastern China's Transect, NECT)是研究我国全球变化与陆地生态系统关系的一个平台。样带是一条陆地生态系统的梯度,东北样带主要是一条东西向的以降水递减为驱动力的生态梯度。该样带自1991年提出,1993年定型后被国际地圈-生物圈计划(IGBP)列为国际上最初的四条样带之一(其他三条是:南非卡拉哈里样带、阿根廷潘帕斯草原样带和美国大平原森林-草原样带)。NECT在我国全球变化与陆地生态系统关系(GCTE)中起到了一定的作用,曾被两个国家基础科学研究项目:一个国家自然科学基金重点项目,一个国家重大基础研究规划(973)项目采用为研究平台。若干国外学者也在东北样带作过系统的研究。1999年,美、中、蒙三国学者并将此样带向西延伸至蒙古的戈壁荒漠,形成了森林-草原-荒漠的梯度。

近十年来,据不完全统计,就该样带发表的有关全球变化研究的学术论文与专著中的篇章已近百篇,有关NECT的博士论文也有十余篇,先后召开过两次以NECT为主的国际学术会议,使该样带渐臻为一个全球变化研究的标志,更是一个培养与造就全球变化研究青年学者的基地。

NECT并不是一个了不起的科学成就或创造发明,但它却是永久横亘在东亚大陆上的一条自然历史的见证和科学研究的基带,记录着全球变化在中国北方的轨迹。它将持续不断地展示着东亚北部森林-草原-荒漠与农田之间的进退更替与演化的图景,揭示人与自然关系之中的相互依存、斗争与和谐共处的转化进程。

唐海萍博士是NECT最初的、也是持续的研究者之一,她的博士论文研究、博士后研究都是与NECT紧密相联系的。这本专著既是东北样带科学研究的一个侧面和片断的记录,也是她个人学术生涯开端的一个标记。我衷心祝愿她今后在这条科学的小径上走得更加坚实和深入,取得更大的成就。我也寄希望于青年学者们多着力于第一手的科学资料的观测与搜集,致力于原创性的科学研究。NECT可以是诞生这种原创性研究的一个温床。



中国科学院院士

2002.12.4于西宁

前 言

在刚刚过去的 20 世纪,人口膨胀和技术发展使人类活动对全球环境产生了空前的影响。全球变化不仅成为近来科学研究的热点,而且已成为全人类共同关心的问题。国际科学联合会于 1986 年启动了国际地圈-生物圈计划(IGBP),目的是为了增强对未来几十年乃至上百年全球变化影响的情景预测能力,为国家一级和全球的资源管理和环境战略决策服务。IGBP 共包括 8 个核心计划和 3 个支撑计划,其中全球变化与陆地生态系统(GCTE)计划主要研究大气成分、气候、人类活动和其他环境变化对陆地生态系统结构和功能的影响,预测未来全球变化对农业、林业、土壤和生态系统复杂性可能的影响。全球变化对陆地生态系统的影响及其后者的反馈作用是全球变化的本质问题,而在陆地生态系统中,植被又是非常重要的组成部分。因此,植被与环境相互关系是全球变化研究中的一个主要内容。

陆地样带研究是全球变化与陆地生态系统计划的一个重要内容。在 IGBP 首选的 4 条样带中,著者的博士导师张新时院士提出的中国东北森林-草原陆地样带(NECT)位列其中。自 1995 年至 1998 年,我有幸在张新时先生的指导下从事中国东北样带的研究工作,1998 年至 2000 年在北京师范大学资源科学研究所进行博士后研究期间又在史培军教授的指导下继续这方面的研究工作,本书正是在此项研究基础上编写而成。虽说重恩不言谢,但值此书稿付梓之际,我深深地感到,是张新时院士和史培军教授多年来给我的帮助和关怀,才使我有信心和勇气来完成本书的写作。

野外工作中,植物标本承蒙内蒙古教育学院刘书润教授和东北师范大学李建东教授帮助鉴定,董鸣研究员、李镇清博士、李凌浩博士、陈仲新先生、李宜垠女士、喻梅女士、李晓兵博士、贾灵博士等人参加样方调查工作,蒋高明研究员参加光合测定工作;特此致谢。

在本书的写作过程中,北京师范大学资源科学研究所的李晓兵博士、陈云浩博士和北京师范大学生命科学院生态研究所的寇晓军博士,为书稿提出了不少有益的建议,书中的遥感技术发展和应用部分的内容得益于陈云浩博士的不吝赐教。另外,非常感谢北京师范大学资源科学研究所的赵云龙博士和李新宇硕士为本书的完成所付出的辛勤劳动。

在本书的出版过程中,得到了中国科学院地质与地球物理研究所的宋云华编审,科学出版社的谢洪源编审、冯广平博士和谭宏宇编辑的大力协助和支持,他们在百忙之中多次打电话询问书稿的进度并提出了许多很好的建议。没有他们的督促,这本书稿可能至今还躺在柜中,无法和读者见面。

最后,我还要感谢我的父亲和家人。没有父亲从小到大对我的教诲和时时的鞭策,没有家人对我的理解和支持,这本书稿是不可能完成的。常常在我稍有倦怠之时,年事已高的父亲依旧伏案笔耕的形象就会浮现在我脑海,成为我不断奋进的动力。在书稿完成之际,望着我已快满两岁的可爱的儿子酣睡中的小脸,一切疲劳都烟消云散了,留下的只是对儿子深深的歉疚。

本书稿从开始到完成,研究工作前后经历了好几年,随着研究手段的不断更新和发

展,有些数据的获取在这一两年内已有了突飞猛进的进展,由于统稿时间仓促而未来得及更新。限于作者水平,书中肯定存在许多分析不足和欠缺之处,其中也可能会有一些幼稚和成熟的推断。凡此种种,恳请诸位读者朋友批评指正,共同探讨一些全球变化的热点问题,为这个学科的发展贡献自己的一分力量。

本书的出版得到国家自然科学基金青年项目“区域尺度气候-植被-NDVI-土地利用的关系研究”(批准号:39900021)和设在北京师范大学的“教育部环境演变与自然灾害重点实验室”的资助。

唐海萍

2002年10月10日

于北京师范大学四合院

Application of Terrestrial Transect Approach in the studies of Vegetation-Environment Relationship

——A Case Study on the Northeast China Transect(NECT)

Abstract

The terrestrial transect firstly proposed by IGBP is a valuable tool to study the response of vegetation dynamics of terrestrial ecosystems to global change in climate, land use and atmospheric composition. It facilitates interdisciplinary, integrative global change research, and has already been adopted in many other international programs now.

The terrestrial transect approach was introduced in the first part of this book. Then, the Northeast China Transect(NECT), one of the four initial IGBP transects, was taken as an example to study the relationship between vegetation and environments. The vegetation-environment relationship, a main topic in vegetation ecology, is becoming a vital issue under the global change sped up by human activities. Basic eco-geological database containing basic information of NECT such as soil type and characteristics, vegetation composition, climate data, field investigated data and collective materials from each county or banner were set up by the use of 3S technologies (GPS, GIS and RS). According to these data sets, plant diversity, plant functional types, the quantitative correlation of climate, NDVI and vegetation, and the distribution of biomes and their variations under future different global change scenarios were studied at two levels, community and regional scale. The main results are shown as below:

1. There is an east-to-west descent of α -diversity along 43.5°N of NECT, i. e., forest communities > meadow steppe > typical steppe > / < Sandy communities > desert steppe. And, in forest, natural > artificial, in meadow steppe, *Aneurolepidium chinensis* community > *Filifolium sibiricum* community, in typical steppe, the highest diversity was in mixed *Stipa grandis*, *Stipa krylovii*, *Aneurolepidium chinensis* community. Three α -diversity indices, which were less correlated with temperature and precipitation in growth season, were all significantly correlated with mean annual temperature, but the coefficient was less than 0.5 β indices were all correlated with total annual precipitation, which is identical with the driving factor of NECT.

2. There are totally 17 different life forms in different plant communities along 43.5°N of NECT, with 8 water ecotypes and 17 floristic geographical elements. The changing regular pattern of characteristics was analyzed based on the above community features. The possible historical and geological causes of the distribution of different life

forms were also discussed.

3. There are 125 C_4 plant species, 5.4% of the total plant species in Inner Mongolia pertaining to 12 families and 17 genera. Most of C_4 plant (82.4%) belong to *Poaceae*, *Chenopodiaceae* and *Cyperaceae* families. Most C_4 species are highly concentrated on a few families and genera, which could be related to their own hereditary features. The life forms of most C_4 species were found to be annual for possibly owing to their narrow origin families or genera. The water ecotypes of C_4 plant in this area are shown to be drought ecotypes, indicating that such species prefer to heat and can resist drought habitat well. The distribution of C_4 plant along NECT was studied and a model to quantify their relation with environmental factors was set up. The ratio of the number of C_4 plants to that of C_3 plants along NECT showed the trends of two low and two high from east to west, and their distribution was mainly decided by annual average temperature and precipitation.

4. Based on actual field photosynthetic value set obtained from our research platform, Northeast China Transect (NECT), a new approach, developed from the concept and principle of discriminant analysis, was proposed to distinguish C_3 and C_4 plants. Indices related of plant photosynthetic capacity measured by an LCA4 photosynthesis system were selected to build the discriminant model which is based on four related parameters: net photosynthetic rate, transpiration rate, stomatal conductance, and difference in temperature between leaf surface and atmosphere.

5. Canonical ordination was applied to the studies of plant performance in relation to local environmental variables, based on the field investigation to the plant communities of 40 sites, together with the geographical positions and the ten climatic factors. Mean annual precipitation, rainfall in July, August and September, radiation ratio showed high correlation with the species axis 1, and the species axis 2 exhibited a close correlation with mean annual potential evapotranspiration. Humidity index showed a greater correlation with the axis 1 than with axis 2. Mean annual temperature and warm index showed less correlation with the two axes. These results reflected the spatial climatic patterns. DCCA ordination explained 47.3% of the total variation of the vegetation, 34.7% of which were explained by environmental variables only, 8.0% by spatial variables only, and 4.6% by spatially structured environmental variation. The left 52.7% could not be explained by the measured variables, which may indicate the importance of the underlying factors, such as local topographic and edaphic ones, and human activities to the vegetation.

6. Fluctuations and trends in temperature and precipitation for the eleven meteorological stations in NECT for the period 1951~1997 were calculated to analyze climate variation in the short-term scale. The results showed that annual average temperature all has a significant ascend about 1.35°C, from 0.95~1.82°C, whereas, no significant trends were found from precipitation data. Moreover, two method of simple climate de-

parture index and variation coefficient (CV%) were used to analyse inter-annual variation of precipitation from different vegetation types. CV% of precipitation of different vegetation types show a rising trend from east to west, the lowest value located in eastern mixed meedle-broadleaf forest, then the meadow steppe, typical steppe and desert steppe, which probably indicate a feedback of vegetation to climate variable. Inter-annual variation of precipitation has no increasing trend along with global warming, it is a fluctuated event in small time scale.

7. The intra-annual variability of different characteristics of the NDVI curve and their relationship with climatic variables for five vegetation types of NECT, mixed meedle-broad forest, sandy grassland, meadow steppe, typical steppe, and desert steppe were analyzed. Fifty-two sites located at relatively undisturbed areas were selected to analyze the variability of four traits derived from the annual NDVI curve, the annual integral of NDVI(NDVI-I), maximum of NDVI(NDVI-MAX) and its month, the difference between maximum and minimum NDVI (NDVI-MM). NDVI-I declined from east to west and had a significant variation among different zonal vegetation types. The precipitation of previous year in summer and of current year in winter have a significant correlation with NDVI-I, and the climatic variables having significant correlation with NDVI-MM and NDVI-MAX are the same two, precipitation of current year in autumn and of previous year in summer.

8. According to Ecological Information System (EIS) satellite data, the 8×8 km Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) was applied to the 1 : 1 000 000 digital vegetation map of NECT, which includes 119 vegetation types. By doing so, the concerned NDVI correspondent to the particular vegetation type could be calculated. Out of totally 119 vegetation types in NECT, there were 91 types including 6 types of cultivated vegetation, which could reflect the changes of NDVI. The results showed a trend of NDVI of 10 combined vegetation types: Swamp vegetation > Mixed meedle leaf and broadleaf forest > Needle leaf forest > Broadleaf forest > Cultivated vegetation > Scrub > Meadow > Scrud and grass-forb community > Steppe > Desert. Two types have higher NDVI value, one locates in eastern forest area, another in swamp. Finally, each four-week variability of NDVI of main vegetation types on NECT was calculated and the dynamic curves were done.

9. The main biomes and ecotones along Northeast China Transect (NECT) were identified by means of the Model, Biodiversity Pattern Analysis(BPA) derived from the climate data sets measured since 1950s, and the Holdridge Life Zone System. Such a simulation was tested through the actual field investigation. The results show that locations and areas of the main biomes and the ecotones lying between them could be accurately distinguished through the BPA model. And the simulated distribution of biomes and ecotones was in agreement with that of actual geography location and plant community investigation. The responses of biomes and ecotones to global change can also be

simulated using the Model. Under global climate change scenarios, the areas of some ecotones may increase. It is quite sensitive for the forest biome respond to the change of precipitation. There will be a large change in the location of grass biome, but the change in its relative area will be small. The shrub biome along NECT, nevertheless, will be most violent when global change occurs.

10. Under double CO₂ concentration, mean annual temperature of whole transect might increase 0.76~0.87 °C, total annual precipitation increase 20~30 mm, whereas, NDVI might show a descend trend.

Key Words: Global change, Vegetation-environment relationship, DCCA, PFTs, Plant diversity, Biome, NDVI, Northeast China transect (NECT)

目 录

序

前言

第一章 全球变化与陆地样带研究	1
1.1 全球变化研究	1
1.1.1 全球变化简介	1
1.1.2 国际全球变化研究计划	7
1.1.3 中国全球变化研究	7
1.2 陆地样带概述	8
1.2.1 陆地样带研究的兴起	8
1.2.2 国际地圈-生物圈计划初步建议的样带介绍	10
第二章 中国东北样带自然概况	14
2.1 气候	14
2.1.1 降水状况	15
2.1.2 热量状况	15
2.2 地形地貌	18
2.2.1 东部滨海的中低山区	18
2.2.2 中部的松嫩平原与西辽河谷地	18
2.2.3 西段的大兴安岭南段山地和内蒙古高原	18
2.3 土壤	18
2.3.1 地带性土壤资源	19
2.3.2 隐域性土壤资源	20
2.4 植被	21
2.4.1 针阔叶混交林	22
2.4.2 阔叶林	23
2.4.3 灌丛	25
2.4.4 草原	25
2.4.5 草甸	29
2.4.6 栽培植物	30
第三章 现代信息技术与中国东北样带生态地理数据库的建立	31
3.1 对地观测技术的发展与应用	31
3.1.1 遥感技术的发展	31
3.1.2 植被指数简介	33

3.1.3	数据库技术和地理信息系统(GIS)的发展	35
3.2	中国东北样带生态地理数据库的建立	36
3.2.1	野外调查	36
3.2.2	资料收集	38
3.2.3	生态地理数据库建立	38
第四章	中国东北样带的植物多样性	50
4.1	植物群落多样性研究	50
4.1.1	α 、 β 多样性测度方法	50
4.1.2	多样性的梯度分布规律	52
4.1.3	多样性与环境因子的相关性分析	54
4.1.4	讨论	56
4.2	植物群落特征分析	57
4.2.1	数据处理	57
4.2.2	生活型分析	57
4.2.3	水分生态型分析	58
4.2.4	区系地理成分分析	59
4.3	典型植物群落内特征的多样性	61
4.3.1	东北森林区	61
4.3.2	松辽平原沙地、农田区	66
4.3.3	大兴安岭山地草甸草原区	66
4.3.4	内蒙古高原典型草原区	66
4.3.5	乌兰察布高原东北部荒漠草原区	67
第五章	中国东北样带的植物功能型	71
5.1	植物功能型及其生态学意义	71
5.1.1	植物功能型的概念及应用	71
5.1.2	植物功能型的分类	72
5.1.3	物种概念与植物功能型概念及其在全球变化研究中的意义	75
5.2	中国东北样带 C_3 、 C_4 植物功能型及其与环境因子的关系	76
5.2.1	内蒙古地区的 C_4 植物及其生态地理特性	76
5.2.2	样带内的 C_3 、 C_4 植物功能型及其与环境因子的相关性	89
5.3	C_3 、 C_4 判别模型	92
5.3.1	指标选取	93
5.3.2	数据描述	93
5.3.3	向前逐步判别方法	94
5.3.4	结果	95
5.3.5	讨论	98

第六章 中国东北样带气候-NDVI-植被间的关系	102
6.1 植被数量分析方法沿革	102
6.2 植被-气候梯度分析	105
6.2.1 研究方法	105
6.2.2 结果与分析	107
6.2.3 讨论	111
6.3 气候变量的变差分析	113
6.3.1 数据与方法	113
6.3.2 结果	114
6.3.3 讨论	118
6.4 归一化植被指数的季节变化及其与气候因子的关系	119
6.4.1 数据与方法	119
6.4.2 结果	121
6.4.3 讨论	123
6.5 植被与归一化植被指数定量关系研究	124
6.5.1 数据与处理	124
6.5.2 结果与讨论	125
第七章 中国东北样带对全球气候变化的响应	136
7.1 生物群区分类及其对全球气候变化的响应	136
7.1.1 利用 Holdridge 方法分类	136
7.1.2 利用遥感数据分类	138
7.1.3 样带生物群区对全球气候变化的响应	139
7.1.4 结论	141
7.2 全球变化下中国东北样带的 NDVI 空间分布格局研究	141
7.2.1 NDVI 与气候因子关系	141
7.2.2 CO ₂ 浓度倍增情景下 NDVI 空间分布格局变化	142
第八章 陆地生态系统样带研究展望	147
参考文献	150
图版	163

第一章 全球变化与陆地样带研究

1.1 全球变化研究

1.1.1 全球变化简介

自上个世纪 80 年代末,直至进入新世纪,人类社会一直被一系列重大全球性环境问题所困扰着。从最初的温室效应和由此引起的全球增温到南极上空臭氧洞的发现;全球主要的热带雨林区,尤其是南美的哥斯达黎加和亚马孙河流域森林面积的锐减;物种灭绝,生物多样性的丧失;土地退化和淡水资源短缺等,我们居住的地球环境变得岌岌可危。全球变化的研究是国际科学界为迎接上述全球性环境问题的挑战而提出的重大科学研究课题,它具有高度综合和交叉学科研究的特点,标志着地球科学、宏观生态学的研究进入了一个新的深度和广度(叶笃正 1992)。广义的全球变化包括气候变化(全球增温、气候模式的时空规律反常等)、生物地球化学环境变化(水、土、大气污染、碳、氮平衡失调、臭氧层破坏等)以及水、土资源利用方式和格局的变化(大范围毁林、开荒、引水、排干、荒漠化等)三大主要方面。这些变化涉及地球上大气、陆地、淡水、海洋等不同的生态环境变迁,以及各类生态系统生产力消长、生物多样性变化、资源再生、演替、进化、适应等不同生态过程的变化(韩纯儒 1994)。人们过去对全球变化的理解往往偏重于全球气候变化,因为气候的变化最易直接为人们所观测并体验到。实际上,全球变化涉及到许多方面。按照国际地圈-生物圈的定义,全球变化的内容应包括大气成分变化、全球气候变化、土地利用和土地覆盖的变化、人口增长、荒漠化和生物多样性变化等几个方面的内容(图 1-1)(Walker et al. 1999,林光辉 1995,Vitousek 1994)。其中,人口增长是全球变化最主要的驱动因子。在工业革命以前,受限于人类自身改造自然的手段和技术,人类和自然还是能够和谐共处的。工业化赋予人类改造自然的巨大能力的同时,也埋下了许多隐患。由于资源短缺和人口的增长,人类为自身生存发展的需要,大规

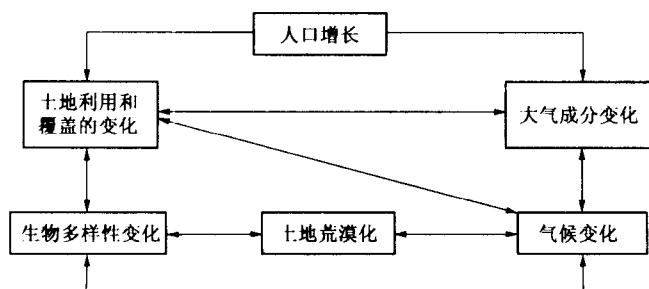


图 1-1 全球变化的主要内容及其关系(根据 Vitousek 1994,林光辉 1995 修改)

模地开垦土地、砍伐森林、修建水利设施等,使得人类活动对区域气候甚至对全球气候产生明显的影响。而在工业化以前,由于受限于人类活动的规模和方式,人类活动对气候的影响不很显著(Soulé 1992)。

1. 大气成分变化

全球变化的重要标志之一就是全球变暖,对全球变暖贡献最大的5种大气成分分别是二氧化碳(CO_2)、甲烷(CH_4)、氧化亚氮(N_2O)、氟利昂类物质(CFCs)和臭氧(O_3),它们也最为人们所关注和熟悉。其中 CO_2 是最主要的温室气体,对全球温暖化的贡献率达60%(Gates 1993)。

利用各种代用资料,包括树木年轮、冰芯、黄土、湖泊沉积、古植被、孢粉、深海沉积、岩芯、珊瑚、古土壤和历史记录等,得到过去1000多年以来大气 CO_2 浓度的变化曲线(见图版Ⅱ)一直比较平稳,变化幅度不大。直到进入工业革命,大气中 CO_2 浓度才是一直增加的,尤其到了20世纪50年代以后,增加的速度更加惊人!根据夏威夷的Mauna Loa 观测站资料(IPCC 1990),大气中 CO_2 浓度由1958年初可以直接测定的 315×10^{-6} 增加到1991年末的 356×10^{-6} ;到1998年上升到 367×10^{-6} ,40年增加了 52×10^{-6} ,年增加率由60年代的 $0.8 \times 10^{-6} \cdot \text{a}^{-1}$ 增加到80年代的 $1.6 \times 10^{-6} \cdot \text{a}^{-1}$ (图1-2)。如果继续按照此速率增加,到本世纪中叶,大气中的 CO_2 浓度将倍增,即由现在的 355×10^{-6} 增加到 710×10^{-6} 左右,这些温室气体释放的剧增造成了全球性的温室效应。有足够的研究证据表明,现代大气 CO_2 浓度的增加主要是由于人类使用化石燃料(煤、石油、天然气)以及生产水泥所导致的(方精云 2000)。大量矿物燃料的燃烧等人类活动导致地球大气中 CO_2 和其他温室气体(如 CH_4 , N_2O , O_3 , CFCs等)含量剧增。另外,热带土地利用的改变(砍伐森林)也向大气中释放了相当多的 CO_2 。这两部分是大气 CO_2 的重要来源(source)。而作为吸收大气 CO_2 的主要因素,除大气圈增加的 CO_2 的量外,海洋吸收、北半球的森林生长以及植被的施肥效益是主要的汇(sink)(见表1-1)。

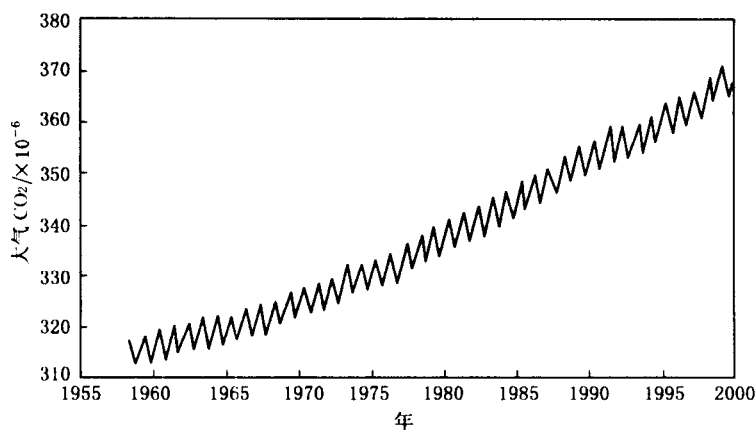


图1-2 根据夏威夷气象观测站得到的 CO_2 变化曲线

表 1-1 1980~1989 年全球 CO₂ 年收支(单位:10⁹t C/a)(Walker & Steffen 1999)

CO ₂ 源		
化石燃料及水泥生产		5.5 ± 0.5
热带土地利用的变化所产生的净释放		1.6 ± 1.0
人工源释放合计		7.1 ± 1.1
CO ₂ 汇		
大气 CO ₂ 浓度的增加		3.2 ± 0.2
海洋吸收		2.0 ± 0.8
北半球森林生长吸收		0.5 ± 0.5
植被 CO ₂ 施肥		1.0 ± 0.5
氮沉降(deposition)		0.6 ± 0.3
失汇		0.2 ± 2.0

2. 全球气候变化

全球气候变化的主要表现就是气温升高,其次是降水格局的改变。为了提供国际公认的和权威性的有关全球气候变化及其对环境的可能影响,气候与社会之间的相互作用的科学信息,国际上于 1988 年成立了政府间气候变化专门委员会(IPCC)。IPCC 综合国际上对全球气候变化研究的最新成果,分别在 1992 年、1995 年和 2001 年完成了 3 次综合评估报告(高峰等 2001a)。最近一次的研究报告得到了对于全球气候变化的一些新认识,主要包括以下几个方面的内容:日益增多的大量观测结果表明地球正在变暖并伴随着气候系统的其他变化;人类活动产生的温室气体和气溶胶持续改变大气状况并影响着气候;模式预测未来气候能力的可信度增强;新的证据表明,过去 50 年观测到的变暖事实主要由人类活动引起;21 世纪人类影响将继续改变大气组分;在所有 SREC(温室气体排放方案特别报告)的方案下,全球平均温度和海平面预计会升高;人类影响造成的气候变化将持续上千年;为解决信息不足和过程理解不够的问题应采取的进一步行动。

主要结论有:20 世纪全球平均地表温度增加了 0.6 °C 左右,增幅最大的两个时期为 1910~1945 年和 1976~2000 年;90 年代是最暖的 10 年而 1998 年是最暖的年份;卫星数据显示,雪盖面积自 20 世纪 60 年代末以来很可能已减少了 10%左右,20 世纪非极区的高山冰川普遍退缩;测潮数据表明,20 世纪全球平均海平面升高了 0.1~0.2 m;20 世纪后半叶,北半球中高纬度地区的大暴雨事件发生频率增加了 2%~4%;中高纬度陆区上空的云量在整个 20 世纪可能增加了 2%左右;在过去的 20 年中大约有 3/4 左右的人认为:CO₂ 排放量是由于化石燃料的燃烧引起的,其他的是因为土地利用变化造成的;正如现代气候模式预测的那样,过去 100 年的变暖很可能是气候自身的变化,过去 1 000 年气候数据的重建表明,这种变化可能完全由自然因素引起;新的探测技术应用和气候变化影响因子研究同时发现了过去 35~50 年气候变化的人为因素影响。

而气候变化对自然和人类社会系统的影响,包括气候变化的影响、系统的脆弱性以及适应能力等也有一些最新的研究成果(高峰等 2001b)。古生态记录也表明 CO₂ 浓度的加倍引起的全球气候变化足以引起植被组成和分布发生巨大的变化(COHMA members 1988;Webb T III et al. 1987)。

3. 土地利用/覆盖的变化

土地利用/覆盖变化不仅客观地记录了人类改变地球表面特征的空间格局,而且还再现了地球表面景观的时空动态变化过程(史培军等 2002)。土地利用是从人类需要的角度出发所考虑的对于土地的使用方式,如农耕地、放牧地、用材林地、养鱼塘、城镇用地、道路、旅游休闲地、军事用地等;而土地覆被纯粹是类型的概念,指的是地表覆盖物,如水体、树林、草地、农田、村舍等,二者相互联系又各有区别。人类土地利用方式和强度的增加已经改变了地球上 1/3 到 1/2 的陆地表面(Vitousek et al. 1997),人类活动逐渐上升为影响土地覆被变化的主导因子。近 300 年来,全球森林面积减少了 $11.62 \times 10^8 \text{ hm}^2$,减少最多的是亚洲、非洲、中东和拉丁美洲;全球草原面积减少了 $7\,200 \times 10^4 \text{ hm}^2$,减少最多的是北美、亚洲和欧洲;相形之下,全球的耕地面积增加了 $12.36 \times 10^8 \text{ hm}^2$,亚洲增加的最多(安芷生等 2001),除了由森林和草原而来之外,部分是开垦湿地得来的,如荷兰的围海造田等。有关土地利用与覆盖变化的研究,包括各土地覆被类型的变化,土地利用的驱动力分析以及变化后带来的环境影响等,已经成为当前全球变化研究的热点之一,IGBP 和 IHDP 联合专门建立了一个土地利用/覆被变化(LUCC)的核心计划。相关文献资料相当多(唐海萍等 2002,于兴修等 2002,史培军等 2002,史培军等 2000,李晓兵 1999,李秀彬 1996,Turner II et al. 1995),本书不再赘述。

4. 人口增长

包括人类在内的一切生命都是自然的产物,都是同周围的空气、水、阳光、土壤及食物等条件密切相关的,这就是自然环境。而人类现有的生存环境是经过改造的自然,它是由人类自身去创造的。在以往人类改造自然为自己创造生存条件的活动中,既有适宜于人类生存的有利方面,也有蕴含着某些危害人类生存的不利因素,并伴随着科学技术和生产力的发展,而严重威胁着所有生命体生存的地球家园,成为全球性的生态危机。其主要表现首先就是人口爆炸(见图 1-3)。自从地球出现人类以来到 19 世纪中叶的二三百万年间,起初人口增长的速度是十分缓慢的,直到公元前 5 000 年,全球总人口大约是 500 万左右;全世界第一个 1 亿人口的出现大约是在公元前后;此后经过约 1 600 年,到 1575 年前后,人口达到 5 亿;1930 年全球人口突破 10 亿大关。尔后经过 50 多年,到 1987 年 7 月 11 日突破了 50 亿,在此 50 年间,年均人口增长近 1 亿人。1999 年 7 月,全球人口达到 60

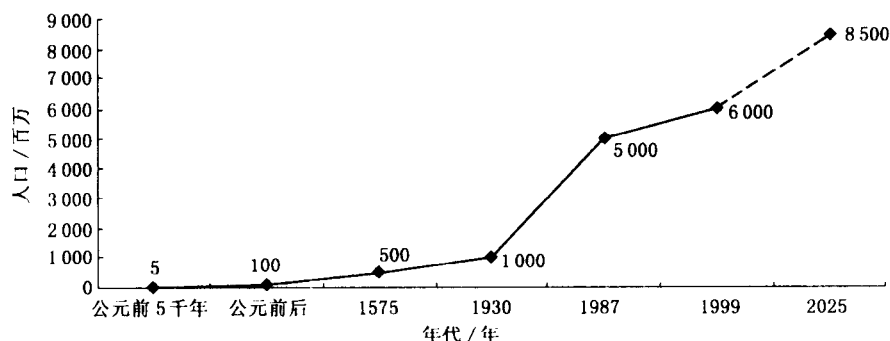


图 1-3 全球人口增长曲线图