

吴建国 徐德应 著

土地利用变化对 土壤有机碳的影响

——理论、方法和实践



中国林业出版社

土地利用变化对土壤有机碳的影响 ——理论、方法和实践

吴建国 徐德应 著

图书在版编目 (CIP) 数据

土地利用变化对土壤有机碳的影响——理论、方法和实践/吴建国, 徐德应 著
—北京: 中国林业出版社, 2004.3

ISBN 7-5038-3719-5

I. 土… II. ①吴…②徐… III. 土地利用—影响—土壤—有机碳—研究 IV. S153.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 013105 号

土地利用变化对土壤有机碳的影响——理论、方法和实践

出版: 中国林业出版社(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

E-mail: cfphz@public.bta.net.cn 电话: 66184477

发行: 新华书店北京发行所

印刷: 北京地质印刷厂

版次: 2004 年 3 月第 1 版

印次: 2004 年 3 月第 1 次

开本: 787mm×1092mm 1/16

印张: 16.5

字数: 401 千字

印数: 1~1200 册

定价: 70.00 元

全球环境基金（GEF）资助

项目名称：与气候变化有关的目标研究

课题名称：中国土地利用转化与林业温室气体源汇估计目标研究

课题编号：CPR/00/G33/A/1G/99

序

大气中温室气体急剧增加而导致气候变化问题是当前最受关注的环境问题之一。与这密切相关的碳循环问题是这个问题研究中的热点和关键。土壤碳库作为陆地生态系统中最大的碳库,直接影响着大气二氧化碳的浓度。土壤碳库的微小变化将可能导致大气碳贮量的巨大变化。因此,在碳循环研究中,土壤碳是至关重要的。

土壤作为人类赖以生存的物质基础,受到人类活动、特别是土地利用变化强烈的影响。土地利用的变化,一方面有可能使土壤成为吸收大气二氧化碳的汇,另一方面也可能成为大气碳的源。土地利用变化对土壤有机碳的影响是土壤碳乃至整个碳循环的一个关键问题。

我国是土地利用变化巨大的国家。例如黄土高原地区,几千年的人类活动已经使这里的土地利用方式发生了巨大变化。遗憾的是过去对土壤的研究主要集中在肥力方面,对土壤碳并没有开展过系统的研究,就土地利用变化对土壤碳库如何影响是个未知数。国内对土壤碳的研究,如同在国外的情况一样,是在温室气体和气候变化的问题成为环境问题的焦点以来才备受关注。

吴建国博士和徐德应研究员,在 UNDP/GEF (联合国发展署全球环境基金) 和国内有关部门的支持帮助下,充分借鉴国际上研究土地利用变化对土壤有机碳影响的经验,选择了我国暖温带西部林区的六盘山森林自然保护区和农牧业活动交错地带,以天然次生林变成农田或草地、农田或草地中造林两类型土地利用方式变化作为研究对象,应用当前国际上研究土壤有机碳的新方法,通过大量的野外调查、实验和实验室模拟与分析,对这一地区的土地利用变化与土壤碳的关系进行了比较详尽的研究。

他们从植被活体碳库、残体碳库及其分解分析了有机碳输入;从土壤呼吸、土壤淋溶、植物的收获和土壤侵蚀等方面分析了有机碳输出;从不同土层土壤有机碳含量、密度分析了有机碳的贮量;根据测定的活性有机碳、颗粒有机碳、轻组有机碳、非保护性有机碳、保护性有机碳分析了有机碳组分;从有机碳矿化、非稳定性有机碳、稳定性有机碳库的库大小和周转期研究了有机碳的动态;应用 $\delta^{13}\text{C}$ 技术研究了农田、草地和人工林中土壤碳的残留。这些研究在国内来说,是比较系统全面的。

在研究中,除了对普遍研究的对象土壤有机碳的贮量做了系统分析外,还从有机碳组分、动态变化方面,对土地利用变化影响土壤有机碳机理过程的研究进行了尝试。这些研究的开展将进一步加深土地利用变化对土壤有机碳影响机理的认识,将为评价我国暖温带西部林区土地利用变化对土壤有机碳影响及降低温室气体计算中的不确定性有重要的理论和实际意义。同时,它也将为在我国继续深入研究土地利用变化对土壤有机碳影响方面提供参考,并对我国西部退耕还林还草和天然林资源保护工程的环境影响评价具有重要参考价值。

该书还比较全面地对目前国际上土地利用变化对土壤有机碳影响的有关理论和方法进行了介绍,在国内来说这还是第一次系统介绍了土地利用变化对土壤有机碳影响的图书。本书的出版,无疑将对国内这方面的研究有很好的推动作用。

衷心祝贺该书的出版。

中国林业科学研究院

张万儒

2004年1月

前 言

气候变化及其影响是当前人类面临的一个最大的环境问题，其中碳循环又是这些问题的关键部分。土壤碳库是陆地生态系统碳库中贮量最大的部分，以 2m 深土层计，土壤有机碳贮量约为 2 376~2 456Pg，无机碳（大部分是碳酸钙）约为 750Pg。土壤碳库对大气碳库有巨大的反馈作用，正反馈表现为土壤有机碳通过氧化释放出 CO_2 使大气中 CO_2 浓度增加，加速全球变暖；负反馈表现为增加土壤中的有机碳贮量，使大气中的 CO_2 浓度降低而减缓气候变暖。

土壤碳库的变化主要受各种因素的影响，尤其是受土地利用变化的影响。在热带，许多土壤受到土地利用变化影响后 5 年中就有 50% 的土壤有机碳流失 (Lal, 1999)，在温带森林生态系统 50 年时间里也有同样数量的土壤有机碳流失 (Bowman *et al.*, 1999)。这些流失过程又通过土壤侵蚀和土壤的其他退化过程而加速。IPCC (1995) 推算历史上从土地利用变化过程流失的土壤有机碳约 55 Pg。Lal (1999) 总结，根据不同生物区土地利用变化引起的土壤有机碳排放量估计在 47~104 Pg (平均在 75 Pg)，根据土种估计的范围在 66~90 PgC (平均在 78 PgC)，沙漠区可能排放的无机碳数量 10~20 PgC。人类活动也通过加速土壤侵蚀和土壤肥力下降等影响碳循环。估计通过土壤侵蚀每年从土壤中迁移的碳约有 190PgC (Lal, 1993)，其中 19PgC 被转输到大海 (Walling, 1987)。这些流失的碳大部分被排放到大气中。据 Lal (1999) 总结，历史上土地利用变化引起的土壤碳排放到大气中碳的总量约在 80~100 Pg。粗略估计，当前通过土地利用变化从土壤中排放到大气中的碳约为 $0.6\sim 2.6\text{Pg}\cdot\text{a}^{-1}$ ，平均估计大概在 $2.5\text{Pg}\cdot\text{a}^{-1}$ (Lashof & Hare, 1999)。不过，人类活动使土壤成为大气碳源的同时，也可以使通过合理的土地利用方式使土壤成为大气碳的汇。据推算，通过合理土地利用方式一般可使排放的 60%~75% 有机碳在 25~50 年中得以重新被吸收 (IPCC, 1995)。

由于土地利用变化对土壤有机碳的影响对大气碳库的重要调节作用，土地利用变化对土壤有机碳库的影响成为了当前碳循环及气候变化问题研究中的热点和难点。土地利用变化对土壤有机碳的影响涉及了土壤有机碳输入、输出、贮量、组分、动态和残留等众多的复杂过程。在国外，尽管有许多的研究和总结，但结论的差异性还较大，而且研究中对效应的研究较多，对机理的研究相对较少，所以导致了目前对土地利用变化影响土壤有机碳的效应的差异还不能进行比较合理地解释，这也导致了估计在全球或区域尺度上土地利用变化对土壤有机碳的影响效应的误差还较大。

我国是一个土地利用变化巨大的国家，尤其地处黄土高原和黄河流域的暖温带西部林区尤为典型，这些区域目前又是实施退耕还林还草和天然林保护的重点地区。显然，这些活动

都对这些区域的土壤有机碳库将产生极大的影响,遗憾的是,到目前,对这些影响还没有做过系统的研究,所以并不能做出科学的评价。本书充分借鉴国际上研究土地利用变化对土壤有机碳影响的长处,选择了属于我国暖温带西部林区的六盘山森林自然保护区和农牧业活动交错地带,以天然次生林变成农田或草地,农田或草地中造林两类典型土地利用方式变化作为研究对象。通过对土壤有机碳的输入、输出、贮量、组分、动态和残留的比较分析,系统研究了这些土地利用变化对土壤有机碳的影响效应和机理。这些研究将为评价我国暖温带西部林区土地利用变化对土壤有机碳影响及降低温室气体计算中的不确定性有重要的理论和实际意义,同时也将促进国内土地利用变化对土壤有机碳的研究,并为在我国继续广泛深入研究土地利用变化对土壤有机碳提供参考,尤其是在评价西部退耕还林还草和天然林保护对环境产生的影响具有重要参考价值。此外,本书还系统介绍了土地利用变化对土壤有机碳的影响研究的相关的理论和研究方法。

本书共分为三篇 23 章。第一篇为理论篇,用 9 章分别介绍了土壤碳的贮量和分布、组分、动态、影响土壤碳的自然因素、土地利用对土壤碳的影响、土地利用变化对土壤碳的影响、土壤碳的残留以及土地利用与土壤碳吸收的有关理论。第二篇为方法篇,用 8 章分别介绍了研究土地利用变化的技术路线的考虑、土地利用变化的研究、土壤碳贮量和分布的研究、土壤碳组分的测定、土壤碳动态的测定、影响土壤碳的自然因素、土壤碳残留的分析和土地利用变化对土壤碳影响的模拟研究。第三篇为实践篇,用 6 章分别介绍了在宁夏固原的土地利用变化对土壤有机碳影响的研究结果。在宁夏的研究结果中应用了当前国际上研究土壤有机碳的最新方法,通过了大量的野外调查、实验和实验室模拟与分析,从植被活体碳库、残体碳库及分解分析了有机碳输入,从土壤呼吸、土壤淋溶、收获和土壤侵蚀方面的分析了有机碳输出,从不同土层土壤有机碳含量和密度分析了有机碳贮量,以活性有机碳、颗粒有机碳、轻组有机碳、非保护性有机碳、保护性有机碳分析了有机碳组分,从矿化有机碳、非稳定性有机碳、稳定性有机碳库的库大小和周转期研究了有机碳动态,应用 $\delta^{13}\text{C}$ 技术研究了农田、草地和人工林中的残留。这些研究在国内来说,是比较系统全面的。在研究中,除了对普遍研究的对象土壤有机碳贮量做了系统分析外,尤其还从组分和动态方面进行了土地利用变化影响土壤有机碳机理过程的研究尝试。这些研究的开展将进一步深入和拓宽对土地利用变化对土壤有机碳影响机理的认识。最后根据碳源、汇的概念,综合讨论了土地利用变化与土壤碳汇与源关系。这将为建立土地利用变化影响土壤有机碳的机理模型和评价土地利用变化与土壤碳源、汇提供一定的参考。书中内容系统完善,具有很好的参考价值。

在本书内容的研究过程中,得到了导师徐德应研究员、王彦辉研究员和张小全研究员的悉心指导。在实验设计中,曾得到了中国林业科学研究院张万儒研究员、刘寿坡研究员、中国农业大学李保国教授、中国农业科学院原子能研究所温贤芳研究员的指导。在实验过程中,中国林业科学研究院杨保君、张永安研究员及同学房建军和胡建军借用了部分仪器,重点实验室提供了气候箱。中国林业科学研究院分析中心王文芝研究员等在实验过程中提供了一些帮助,分析了植物体碳、氮和木质素,林业研究所土壤室分析了土壤质地;中国科学院地质研究所分析 ^{13}C 同位素值。在外业工作中得到宁夏固原县林业局、六盘山林管局及东北、华北、西北防护林建设局有关领导及职工的协助,尤其是得到固原农校有关领导及林学

教研组师生的大力协助。该书的出版得到了全球环境基金（GEF）资助，是项目“与气候变化有关的目标研究”中的课题“中国土地利用转化与林业温室气体源汇估计目标研究”（CPR/00/G33/A/1G/99）一部分内容。在此表示衷心感谢！

在国际上，对土壤碳及土地利用变化对土壤影响的研究可以说是日新月异，本书力求内容新异全面，但也难免挂一漏万，加之时间仓促，作者水平有限，错误之处敬希指正。

作者

2004年2月于北京

目 录

序 前言

理论篇

第一章 绪论	(3)
第一节 基本概念.....	(3)
第二节 土地利用变化对土壤有机碳影响类型和特点.....	(7)
第三节 土地利用变化对土壤有机碳影响研究历史和现状	(10)
第四节 土地利用变化对土壤有机碳影响研究的问题和展望	(13)
第二章 土壤有机碳的贮量和分布	(15)
第一节 全球的土壤有机碳贮量和分布	(15)
第二节 区域、国家及地区土壤有机碳的贮量和分布	(18)
第三节 陆地生态系统的贮量和分布	(22)
第四节 土壤有机碳分布空间格局	(24)
第三章 土壤有机碳的组分和质量	(27)
第一节 土壤有机碳的化学组分	(27)
第二节 土壤有机碳的物理组分	(28)
第三节 土壤有机碳的生物组分	(31)
第四节 土壤有机碳的溶性组分	(32)
第五节 土壤有机碳质量	(33)
第四章 土壤有机碳的动态	(34)
第一节 植物残体的形成和分解	(34)
第二节 土壤有机碳矿化和腐质化	(36)
第三节 土壤有机碳库和周转	(39)
第四节 土壤有机碳的稳定机制	(41)
第五节 土壤呼吸	(42)
第六节 土壤有机碳的淋溶和侵蚀	(43)
第五章 自然因素对土壤有机碳的影响	(45)
第一节 气候	(45)
第二节 土壤母质和质地	(46)
第三节 地形和地貌	(46)
第四节 植被	(47)
第五节 土壤化学性质	(47)

第六节 自然干扰因素	(48)
第六章 土地经营活动对土壤有机碳的影响	(50)
第一节 农田经营	(50)
第二节 草地经营	(52)
第三节 森林经营管理	(52)
第四节 其他土地利用活动	(53)
第七章 土地利用变化对土壤有机碳的影响	(56)
第一节 森林与农田的互变	(56)
第二节 森林与草地的互变	(57)
第三节 农田与草地的互变	(58)
第四节 原始林与次生林的互变	(59)
第五节 其他土地利用变化	(59)
第八章 土地利用变化后土壤有机碳的残留	(61)
第一节 土壤有机碳残留的概念	(61)
第二节 森林变成农田或草地后的残留	(61)
第三节 农田或草地变成森林后的残留	(62)
第四节 土地利用变化对土壤有机碳影响的机制	(62)
第九章 土壤碳吸收与土地利用	(64)
第一节 土壤碳吸收的概念和特征	(64)
第二节 土壤碳吸收的潜力	(65)
第三节 增加土壤碳吸收的措施	(67)

方法篇

第十章 研究土地利用变化对土壤有机碳影响的技术路线	(71)
第一节 研究概述	(71)
第二节 区域及景观尺度	(72)
第三节 生态系统尺度	(73)
第十一章 土地利用及土地利用变化的分析	(76)
第一节 土地利用类型特征分析	(76)
第二节 区域或景观尺度的分析	(77)
第三节 生态系统尺度分析方法	(78)
第十二章 土壤有机碳贮量和分布的测定	(80)
第一节 调查取样	(80)
第二节 土壤样品的处理和保存	(81)
第三节 土壤有机碳含量和容重测定	(81)
第四节 区域、国家或全球土壤有机碳的贮量	(82)
第五节 数据处理	(83)
第十三章 土壤有机碳组分的测定	(84)
第一节 化学组分的测定	(84)

第二节	物理组分的测定	(85)
第三节	生物组分的测定	(88)
第四节	水溶性组分的测定	(89)
第五节	其他组分的测定	(90)
第六节	土壤有机碳质量的测定	(90)
第七节	数据分析	(90)
第十四章	土壤有机碳动态的测定	(93)
第一节	植物残体分解和有机碳输入测定	(93)
第二节	土壤有机碳矿化的分析	(94)
第三节	土壤有机碳腐殖化的测定	(95)
第四节	土壤有机碳库的分析	(95)
第五节	土壤有机碳周转和稳定性的分析	(96)
第六节	土壤呼吸的测定	(96)
第七节	土壤有机碳淋溶的测定	(96)
第八节	土壤有机碳侵蚀的测定	(97)
第十五章	自然因素对土壤有机碳的影响	(99)
第一节	气候要素影响的分析	(99)
第二节	地形因素影响的分析	(99)
第三节	土壤质地和母质因素的影响	(100)
第四节	土壤化学成分的影响	(100)
第五节	植被影响的测定	(100)
第六节	自然干扰因素的测定	(101)
第十六章	土壤有机碳的同位素和残留分析	(102)
第一节	土壤有机碳的同位素分析	(102)
第二节	测定土壤有机碳残留的原理	(105)
第三节	数据处理	(106)
第十七章	土壤有机碳的动态模型和模拟	(107)
第一节	土地利用变化和土壤碳模型类型和特点	(107)
第二节	模型建立的基本理论	(109)
第三节	模拟方法	(111)

实践篇

第十八章	研究区概况	(115)
第一节	研究区基本情况	(115)
第二节	研究地点概况	(116)
第十九章	土地利用变化对土壤有机碳输入的影响	(117)
第一节	植被活体生物量碳贮量及分配	(117)
第二节	植物残体碳库贮量、组成与形成	(122)
第三节	植物残体碳库分解	(129)

第四节	小结·····	(132)
第二十章	土地利用变化对土壤有机碳输出的影响·····	(135)
第一节	土壤呼吸·····	(135)
第二节	土壤可溶性有机碳随土壤水运动·····	(149)
第三节	生物量收获对生物量碳的迁移·····	(158)
第四节	土壤侵蚀对土壤有机碳的迁移·····	(159)
第五节	小结·····	(161)
第二十一章	土地利用变化对土壤有机碳贮量和组分的影响·····	(163)
第一节	土地利用变化对土壤有机碳贮量的影响·····	(163)
第二节	土壤活性有机碳·····	(168)
第三节	土壤轻组有机碳和颗粒有机碳·····	(173)
第四节	土壤保护性有机碳组分·····	(178)
第五节	小结·····	(182)
第二十二章	土地利用变化对土壤有机碳动态和残留的影响·····	(184)
第一节	土壤有机碳矿化·····	(184)
第二节	土壤有机碳库·····	(189)
第三节	土壤有机碳库周转期·····	(193)
第四节	土地利用变化中土壤有机碳的残留·····	(196)
第五节	小结·····	(201)
第二十三章	土地利用变化对土壤有机碳影响的综合评价·····	(204)
第一节	陆地生态系统碳源和汇的概念·····	(204)
第二节	不同土地利用方式的碳汇/源·····	(205)
第三节	增加生态系统碳汇的措施·····	(210)
参考文献		

理论篇

第一章 绪 论

碳是生物体中最主要的元素之一，大气中的碳是影响气候的主要因素。土壤碳库（包括有机碳和无机碳两部分）是陆地生态系统中碳贮量最大的部分，并受自然因素和人类活动影响较大的部分，目前一般说土壤碳，就指土壤有机碳（本书中土壤碳如不特别指出，也都指土壤有机碳）。土地利用变化对土壤碳库的影响是导致气候变化的最主要原因之一。

第一节 基本概念

一、全球碳循环

碳是组成生物体的最主要元素，也是一切有机物的最基本成分之一。在自然界中，碳以两种稳定同位素（ ^{12}C 和 ^{13}C ）和一种放射性同位素（ ^{14}C ）的形态存在。放射性同位素碳由大气上层中的 N 和宇宙中的中子射线反应形成，这部分碳在碳质量中所占的比例较小。在两种稳定同位素（ ^{12}C 和 ^{13}C ）中， ^{12}C 所占的比例较高（Konyushkov, 1998）。这些碳主要通过光合作用进入生物圈，以生物地球化学运动方式进入岩石圈和水圈。在地球中，碳的总贮量约为 10^{23}g ，占地壳质量的 0.4%，占氧质量的 1/49。这些碳大部分以碳酸盐形式被固定在岩石圈（总质量约为 $2.7 \times 10^{25}\text{t}$ ）或煤和石油等化石燃料中，约占 99.9%。在对生物体产生积极影响的是水圈和大气圈，大气圈中的碳主要以 CO_2 、CO 和 CH_4 形式存在，占 0.0026%；在水圈中的碳以多种形式存在，约占 0.1%，生物所需的碳主要来自大气或溶解于水中的 CO_2 。通过生物的活动，碳结合为不同形式的有机物存在于生物圈并成为基本的组成元素（Schlinger, 1995）。在整个地球，最主要的碳库是海洋、大气、陆地生态系统和矿物燃料（包括化石燃料）部分。陆地生态系统中的碳贮量约为 $2\ 100 \times 10^9\text{t}$ （其中土壤中的碳贮量约 $1\ 550 \times 10^9\text{t}$ ，生物体中约 $550 \times 10^9\text{t}$ ），在海洋中约为 $38\ 000 \times 10^9\text{t}$ ，其他部分约 $150 \times 10^9\text{t}$ （Eswaran *et al.*, 1993）。

在生命出现以前，碳以地球化学循环的形式运动，这些运动包括地壳中复杂的岩石矿物物理化学运动、随地球表面和内部水气运动而发生的迁移。随着生命形成和进化，碳的运动过程也发生了根本性变化。一方面它还参与地质化学运动，另一方面它又通过生物过程进行生物地球化学和生物体中的运动。随着人类的出现和人类社会的发展，碳循环过程又强烈受到了人类活动的影响而发生改变（Schlinger, 1995）。现代全球碳循环，包括陆地生态系统和大气、陆地生态系统和海洋、海洋和地壳等不同碳库之间的流动，同时也包括人类土地利用变化和化石燃料及水泥生产过程改变大气及陆地生态系统碳库的过程。碳在不同库之间流动通量及不同库贮量的不同，流动过程也不同。

二、温室效应

在地球上，陆地生物圈通过光合作用和呼吸作用与大气不断交换着 CO_2 气体。这些过

程经历了漫长的年代, 已经使大气中的 CO_2 浓度达到了相对稳定的时期。在最后极冰期结束时, 大气中的 CO_2 浓度约为 $200\text{cm}^3/\text{m}^3$, 到 8000 年前, 增加到 $250\text{cm}^3/\text{m}^3$, 在以后的 7000 年, CO_2 浓度又下降了 $25\text{cm}^3/\text{m}^3$ 。在过去的 1000 年直到工业革命前, 大气中的 CO_2 浓度范围在 $275\sim 285\text{cm}^3/\text{m}^3$ 。在公元 1300 年左右, 大气中的 CO_2 浓度大约增加了 $10\text{cm}^3/\text{m}^3$, 在公元 1600 年又下降了 $10\text{cm}^3/\text{m}^3$ (即小冰期, little ice age) (Indermühle *et al.*, 1999), 在这些时期, 大气中的 CO_2 浓度变化相对缓慢 (Ciais, 1999)。

从 1850 年到 1998 年, 大气中的 CO_2 浓度大约增加了 $80\text{cm}^3/\text{m}^3$ 。在 1998 年, 大气中的 CO_2 浓度达到了 $366\text{cm}^3/\text{m}^3$ (Keeling & Whorf, 1999)。在过去 100 年左右的时间里, 大气中 CO_2 浓度增加的速度比过去任何时期都快, 这些改变被归结为两类人类活动过程, 即土地利用变化和化石燃料燃烧 (IPCC, 2000)。从历史上看, 自 1850 年到 1998 年, 大约有 $270 (\pm 30)\text{Gt}$ 的碳已经以 CO_2 形式从化石燃料和水泥生产过程中排放到大气, 大约有 $136 (\pm 50)\text{Gt}$ 的碳从土地利用变化 (主要是从森林生态系统) 过程中排放到大气, 这些过程导致大气中的 CO_2 质量增加按碳计约 $176 (\pm 10)\text{Gt}$ (IPCC, 2000)。

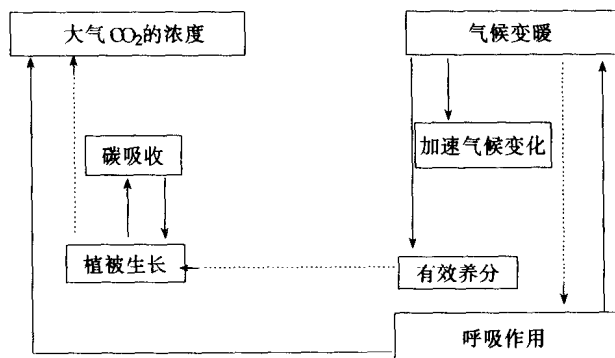


图 1.1 气候变化和碳循环间的反馈关系

大气中的 CO_2 主要通过温室效应对全球气候起到控制作用 (图 1.1)。早在 1896 年, 瑞典化学家 Arrhenius 就预言大气中 CO_2 等气体的增加将导致全球气候发生巨大的变化, 自 Keeling (1960) 首次观测到大气中 CO_2 的浓度变化的事实后, 这个预言才引起了一些科学家的关注 (Hansen, 1988)。而自里约会议 (1992) 和京都协议 (1997) 后, 气候变化问题成为科学界、政治界和民众等最为关注的全球环境问题之一 (Konyushkov, 1998)。温室效应最直接的表现是增加大气的温度和降水。根据最近的研究, 因大气中 CO_2 浓度增加而产生温室效应将可能使 1990~2100 年全球地面的温度平均增加 $1.4\sim 5.8^\circ\text{C}$ (Houghton *et al.*, 2001)。这些变化将可能对人类生存的地球环境系统带来巨大的影响, 如海平面上升, 继而导致沿海地区遭受灾难性破坏等。气候变化还可能对各个气候带产生影响, 并且可能对气象和气候灾害产生一定的影响, 如中纬度地区温度将上升、半干旱区降雨量将进一步减少、热带潮湿地区将可能酷热干燥、热带风暴将频繁加剧及洪水灾害将更加频繁等。

面临大气中 CO_2 浓度急剧增加而引发的未来气候变化可能带来的灾难性影响等问题的严重挑战, 国际上提出了许多对策, 基本上包括了控制和吸收温室气体 (主要是 CO_2) 方面。控制方面主要包括对化石燃料能源的禁止使用, 采用替代能源方式或提高能源使用效率来降低温室气体的排放。吸收方面包括以不同方式吸收大气中的 CO_2 , 其中包括通过合理的