



【美】Z. 威利 B. 查米迪斯 主编
林而达 郭李萍 李迎春 等译

清洁农作和林作 在低碳经济中的作用

——如何确立、测量和核证温室气体抵消量

**Harnessing Farms and
Forests in the Low-Carbon Economy:**

How to Create, Measure, and Verify Greenhouse Gas Offsets



科学出版社
www.sciencep.com

Harnessing Farms and Forests in the Low-Carbon Economy:
How to Create, Measure, and Verify Greenhouse Gas Offsets

清洁农作和林作在低碳 经济中的作用

——如何确立、测量和核证温室气体抵消量

〔美〕Z. 威利 B. 查米迪斯 主编

林而达 郭李萍 李迎春 等 译

科学出版社

北京

内 容 简 介

美国一些地方政府为应对气候变化鼓励实行低碳经济，减少二氧化碳排放的信用额将逐渐成为一个可在市场自由买卖的商品。农民和其他土地所有者都可以参与到这个新型的经济体系之中，他们通过土地管理措施增加固碳或减少温室气体排放，然后将产生的碳信用卖给工厂用于抵消工业过程中排放的温室气体。为了回答上述过程中任何具体的农业或林业项目将会减少多少温室气体排放量的问题，作者应用独特和广泛的经验提供了陆地生态系统温室气体抵消量的计算方案。这基于一个合理的、科学层面之上的清晰的定义和标准。这种标准将会给类似的温室气体买方和卖方建立一个确定抵消量的基础。本书是清洁农作和林作确立、测量和核证温室气体抵消量的一本指南。本指南的翻译出版将帮助我们了解一个能够看得见的国际合作应对气候变化的市场机制的机会。因为本指南已经为在美国和世界其他地方寻求控制温室气体排放的政策机构提供了重要的指导。

本书的第一部分用非技术性的语言阐述了如何评估项目的成本和效益，如何量化不同环境和条件下的抵消量，如何认证和注册抵消量。第二部分提供了与农业和林业活动中产生抵消量有关的具体技术信息，即确定项目抵消量的步骤。

本书可供从事全球变化、农业气象、生态、环境、农业、林业、土壤、畜牧业等领域的研究人员，从事清洁发展机制（CDM）及碳交易的专业技术人员、教学人员和相关专业的研究生、大学生，从事相关计划、宣传、管理的人员参考。同时也可以为土地承包者、农民、林业管理者、温室气体排放交易者、投资者、政策制定者等非专业人士提供技术指导。

Zach Willey & Bill Chameides

Harnessing Farms and Forests in the Low-Carbon Economy: How to Create, Measure, and Verify Greenhouse Gas Offsets

Copyright © 2007 by Duke University Press.

图书在版编目(CIP)数据

清洁农作和林作在低碳经济中的作用：如何确立、测量和核证温室气体抵消量/(美)威利，(美)查米迪斯主编；林而达等译．—北京：科学出版社，2009

ISBN 978-7-03-023850-4

I. 清… II. ①威…②查…③林… III. 有害气体-大气扩散-污染防治 IV. X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 214311 号

责任编辑：李韶文/责任校对：宋玲玲

责任印制：钱玉芬/封面设计：耕者设计工作室

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>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2009 年 1 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2009 年 1 月第一次印刷 印张：15

印数：1—4 000 字数：356 000

定价：75.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换〈环伟〉)

译者简介及参译人员名单

译者简介

这部译著是团体合作的成果，全体译者都是（或曾经是）中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、农业与气候变化研究中心的成员，且大多数在这个团队中有过从事博士后研究或攻读博士学位的经历。他们的合作导师林而达研究员曾经作为主要作者参加了《1996 年修改后的 IPCC 国家温室气体清单方法指南》、2000 年《IPCC 国家温室气体清单优良做法指南和不确定性管理》、2003 年《IPCC 土地利用、土地利用变化和林业优良做法指南》，以及《2006 年 IPCC 国家温室气体清单方法指南》等温室气体估算方法的编写。译者团队丰富的理论和实践经验帮助他们出色地完成了该书的翻译任务。

参译人员名单

林而达	郭李萍	李迎春	韩雪	赵成义	孙芳
谢立勇	刘颖杰	白莉萍	熊伟	居辉	马占云

译者的话

现在全球气候变化已经对人类社会的经济发展、生态与环境等诸多方面产生了不利影响，而首当其冲的是农业。去年以来，全球粮价明显上涨，除了有些国家改变了生物质的政策，用农产品生产燃料外，气候变化造成的农业灾害也是引发的原因，引起国际社会的严重关注。同时，农业也影响全球气候变化。联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）指出，农业温室气体排放在全球温室气体排放总量中所占的比例大于整个运输业所占的比例，约占全球温室气体排放总量的 14%，主要体现在以下 4 个方面：饲养反刍动物，如牛、羊、骆驼等，饲料在其肠内发酵引起甲烷排放；种植水稻，因土壤长时间被水淹没，形成厌氧条件，产生并排放甲烷；农田过量施用氮肥，造成土壤中的氧化亚氮排放；家畜粪肥处理过程也会引起甲烷和氧化亚氮的排放。

为了应对气候变化，农业本身也面临减缓温室气体排放、固碳、节能等压力。首先，农业投入品，例如灌溉用水、农药、化肥等的合理使用是农业节能减排的一个重点。其次，农业生物质，主要包括农作物秸秆、畜禽粪便、农产品加工副产品等的合理利用也是一个挑战，究竟多少可以作为生物质能替代传统能源、多少需要作为含碳有机物能回到土壤中以增加碳汇？不但有政策问题，也有技术问题。第三，要重视减少农业生产中直接能源消耗问题，例如提高大型农业机械和灌溉活动能源效率等。第四，根据变化了的气候调整农业结构、改进农业设施，如水利灌溉工程、大棚、温室等生产设施，既有较大的节能空间，也有紧迫的技术发展需求。对此，中国迫切需要学习借鉴国外的先进技术和经验，也需要引进发达国家的资金帮助。

IPCC 曾经四次编写了温室气体清单指南，为指导各国编制国家温室气体清单起到了重要的参考作用。随着清洁发展机制（CDM）的发展和国际自愿减排市场的兴起，对项目级的温室气体排放及吸收估算方法的需求十分迫切。美国环保协会（Environmental Defense Fund）组织美国诸多农林业与气候变化方面的专家编写了这部估算农林业温室气体抵消量的“法则”，并由杜克大学出版社出版。基于目前美国政府对温室气体控制的态度，以及美国一些企业、机构和地区要求减排温室气体的呼声，本书的出版为农业、林业自愿减排市场提供了可用的方法，还使 AIG 公司注资中国新疆、四川农业温室气体减排和固碳项目成为可能。

感谢美国环保协会出让了原书的知识产权并资助中文版的出版，也感谢农业部农业环境与气候变化重点实验室的支持。通过我们的翻译，广大中文读者能够更容易地了解这些非常专业、非常严格的测量和估算方法。我们希望，在中国实施的 CDM 项目、自愿减排项目，甚至某些生态补偿项目都可以借鉴这些方法，使之为保护全球气候和中国的生态环境做贡献。

本书内容虽然很丰富，但仍然未能包括农林业中可能产生温室气体抵消量的所有来源。因此，本书的翻译出版还可以为广大研究者提供一个深入研究的借鉴。本书是中国农业科学院农业与气候变化研究中心与美国环保协会的第一个合作项目。我们同时预祝

应对气候变化的国际合作能够对未来的可持续发展做出越来越大的贡献。

参加本书翻译工作的主要译者有：林而达（全书统稿）、郭李萍（序、前言、第10章、第11章、附录6、附录20、统稿）、李迎春（第7章、第8章、第9章、附录12、附录18、附录19，图表）、韩雪（第6章、第12章、附录8、附录17、附录21）、赵成义（附录22、附录23、附录24、附录25、附录26、附录27）、孙芳（附录1、附录2、附录3、附录4、附录5）、谢立勇（第3章、附录16）、刘颖杰（第2章、第4章）、白莉萍（附录7、附录9、附录10）、熊伟（第1章、第5章）、居辉（附录11、附录15、说明）、马占云（附录13、附录14）。

译 者

于中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所

2008年7月

序

我们正在面对一个至关重要的问题。气候变化对我们的现实生活造成了真正的和现实的威胁，这已经被科学界所接受。人类活动对大气温室气体增加至少有部分责任。要逆转这种威胁需要很多办法。首先，需要在各种不同的经济发展模式下的各排放源部门进行大规模的温室气体减排。从大气中不断地消除二氧化碳，通过陆地生态系统不断地来吸收 CO₂ 也可以对减排有所帮助。解决这一问题有赖于农场和森林的所有者或经营者的参与。农民可以通过改变耕作方法将二氧化碳从大气中移走并将其吸收为土壤碳；也可以通过改进农作管理措施来减少温室气体排放，例如，可以减少畜牧业和水稻生产过程中的甲烷排放以及土壤管理过程中的氧化亚氮排放。在非林地上造林或植树可以将大量的二氧化碳从大气中吸收储存为生物质碳、土壤碳或收获林产品中的碳等。所有这些措施综合起来，会对平衡大气温室气体起到实质性的积极影响。并且，如果农民和森林业主能够因他们的减排或吸收温室气体的措施而有所补偿，他们会从这些努力中得到相应的生态经济效益。

将农民和森林业主考虑进来，这给减缓气候变化带来了巨大的希望，但是，这需要有一套系统来准确测量和计量温室气体的减少量。因为农业和土地利用活动类型众多而且又广泛分布于各种不同的土地景观上，所以需要有一个设计完整的系统将下面的复杂体系很好地组织起来。该书就是试图在建立这样一个框架体系，将农业、土地利用和林业等部门的科学家和经济学家科学见解和开发者在温室气体减排项目方面的实践经验结合起来，系统地建立一个基于科学的、具有环境整体性和实际可操作性的方法。

杜克大学尼古拉斯环境政策研究所将科学应用到了实践中。我们相信科学是好的环境政策和实践的基础。我们在该书的很多章节中也认识到将科学和实践结合起来常常需要艰苦的工作。正因为如此，我们要向对此努力做出贡献的所有技术专家表达我们的感谢，特别是向 Zach Willey 和 Bill Chameides，他们对此项工作进行了清楚、合理的协调、综合和交流。我们相信，多方收集的努力将构成一个包括农业和林业活动在内的温室气体抵消项目的良好标准。

如果没有 Peter Nicholas 教授在财政方面的资助及其热心和远见，这项工作也不可能完成。

尼古拉斯环境政策研究所
所长 Timothy Profeta
经济分析部主任 Brian Murray
副所长 Nicole St. Claire
2007 年 2 月

前 言

2003 年，一种经济噩梦似乎开始在美国显现。虽然整个国家没有在温室气体排放方面建立强制性限制和交易体系，但是自愿性的排放和抵消交易（从大气中移走二氧化碳或阻止温室气体从第一现场排放的努力）已经从那时候开始了。一些商家或私人已经开始寻求限制或取消他们的排放，探究其对全球变暖的影响，他们向其他已经找到减排渠道的商家或私人企业购买抵消量。为了满足这种需要，地方市场和交易所、中介部门、企业注册部门或介绍所，以及贸易会所如雨后春笋般迅速发展起来。然而，用于确定贸易商品的定义却各不相同。相比之下，欧盟国家间的温室气体排放与抵消交易是在一个相对有规则的形式下进行的。这是由于《京都议定书》缔约方的强制性限制和交易体系要求欧盟建立一个一致和可靠的用于抵消温室气体的规则框架。

在美国，并没有一个协调温室气体排放的联邦计划。结果就只是一些零散的碳抵消市场，其中，可售商品的可信度各不相同。从长远来看，这会使买方和卖方都陷入一种类似于无法继续维持的状况。对买方而言，让买方自行当心只是一种口号。对卖方来讲，缺乏一套校验和核查抵消量的系统会使所执行的价格下跌。

在农业和林业系统的土地利用和管理措施方面有针对性的变化，能够提供一个主要的抵消温室气体的来源。这些益处来自于用森林和土壤移走和储存已经存在于大气中的碳和减少来自第一现场的温室气体排放量。在美国，农业和林业部门在帮助平衡温室气体排放方面有很显著的潜力，特别是在近几十年内。然而，这种发生了的陆地生态系统的温室气体抵消量必须要基于一个科学层面上的清晰合理的定义和标准。这种标准将会给类似的买方和卖方建立一个确定抵消量的基础，并且能为由此而发生的州水平（最终目标）和联邦水平上的规则提供一个模式。

在 2004 年初，美国环保协会分别与两组不同的科学家联系以建立本指南。目的是为了提供一个有质量保证和整体化的良好标准，以便可以在数量化地确认和核实农业和林业部门的土地利用和变化所产生的温室气体抵消量方面进行逐步的指导。五位科学家一致同意作为咨询和评审委员会的专家。其中，杜克大学尼古拉斯环境和地球科学研究所所长 William H. Schlesinger 博士是该委员会的主席。William H. Schlesinger 和他的同事们通过解决技术上的难题，为这种艰巨的、多学科的项目把握方向提供了明智的有指导意义的建议。

第二组科学家随后应用独特和广泛的经验提供了建立陆地生态系统温室气体抵消量方面的解决方案。这些科学家为回答主要问题提供了论文，这一问题就是任何具体的农业或林业项目将会减少多少数量的温室气体？在顾问和评审委员会以及其他科学家的支持下，Gordon R. Smith 博士率先将这些论文提炼为本指南。Nennis O'Shea 博士，以及随后加入的 Sandra Hackman 先生和 Bill Chameides 博士又进行了两次艰难的编辑工作。所有这些科学家的共同努力促成了本书。

我们对 Peter Nicholas 在资金方面的无偿资助和耐心非常感激。本书中广博的知识

和指南将为众多的群体提供指导，他们包括农民、森林业主，以及土地经营者，还有那些有兴趣将一致的而又有可信度的温室气体抵消量作为美国的一个新的贸易商品的人士。本指南将帮助美国农村建立一个能够看得见的经济机会。另外，本指南将为在美国和世界其他地方寻求控制温室气体排放的政策机构提供重要的指导。

编写机构及主编信息

编写机构信息

美国环保协会和杜克大学尼古拉斯环境学院、得克萨斯州农机大学、科罗拉多州立大学、莱斯大学、普林斯顿大学、堪萨斯州立大学、布朗大学的众多专家，以及其他科研机构的专家共同编写了此书。

主编信息

扎克·威利（Zach Willey）：美国环保协会的高级经济学家。美国环保协会是非政府非营利机构，该机构通过结合科学、经济和法律知识创造新颖、公正且成本效益高的方法，来解决社会环境中最急迫的问题。威利专门开发研究解决陆地生态系统中温室气体排放和自然资源退化问题的方法。

比尔·查米迪斯（Bill Chameides）：美国环保协会的首席科学家，专门研究全球生物化学循环、全球变化、城市和区域空气污染。同时，他也是美国科学院的一员。

编著人员名单

主编

Zach Willey & Bill Chameides

The Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions

参编人员

Gordon R. Smith, Ecofor

Bruce A. McCarl, Texas A & M University

Changsheng Li, University of New Hampshire

Joel H. Reynolds, Statistical Solutions Consulting

Role Hammerchlag, Institute for Lifecycle Environment Assessment

Ron L. Sass, Rice University

William J. Parton, Colorado State University

Steven M. Ogle, Colorado State University

Keith Paustian, Colorado State University

James Holtkamp, Holland & Hart LLP

Wiley Barbour, Environmental Resources Trust

咨询和评审委员会

William H. Schlesinger(chair), Duke University

Michael Oppenheimer, Princeton University

Charles W. Rice, Kansas State University

Christopher B. Field, Stanford University

Steven Hamburg, Brown University

目 录

译者的话

序

前言

编写机构及主编信息

编著人员名单

第一部分 概述	1
第 1 章 土地所有者和农民在低碳经济中的作用	3
第 2 章 确定抵消量的过程	10
第 3 章 产生碳抵消量的土地管理活动	24
第二部分 确定项目抵消量的步骤	39
第 4 章 第一步：论证提出项目的成本和效益	41
第 5 章 第二步：判断额外性和建立基线	48
第 6 章 第三步：计量森林中的碳固定	54
第 7 章 第四步：计量土壤中的碳固定	66
第 8 章 第五步：计量粪肥中的温室气体排放	76
第 9 章 第六步：计量土壤中的甲烷和氧化亚氮排放并使排放最小化	86
第 10 章 第七步：估算项目引起的泄漏或异地排放	93
第 11 章 第八步：查证和注册抵消量	103
第 12 章 结论：如何将指南变成实践	111
附录	113
附录 1 开发取样规则中需要考虑的关键因子	115
附录 2 计量项目活动中的无意排放量	119
附录 3 使用统计方法定量计算抵消量	122
附录 4 计算标准成本和收益	129
附录 5 分类的额外性和障碍检验	132
附录 6 用阶段转化率计算基线	135
附录 7 森林汇中典型的碳储量	140
附录 8 在子区上测量碳	143
附录 9 利用储存量调查监测森林项目	147
附录 10 确定木材密度	150
附录 11 土地坡度的矫正	159
附录 12 碳储量的计算及其变化	162
附录 13 把一个物种的生物量方程用到另一个物种上	168
附录 14 开发新的生物质方程	169

附录 15	标准水平方程的应用	178
附录 16	当土壤容重改变时计算碳储量的变化	179
附录 17	计算干物质率	182
附录 18	计算甲烷和氧化亚氮的排放量	184
附录 19	土壤中甲烷和氧化亚氮排放的动力学特征	187
附录 20	市场泄漏和活动替代	189
附录 21	土地管理项目和需求的变化	190
附录 22	造林项目中的泄漏	191
附录 23	用回归分析计算弹性	193
附录 24	审核温室气体的指南	194
附录 25	《京都议定书》框架下抵消量的查证与注册	196
附录 26	选择注册	199
附录 27	样地协议：建立样地及测量林业项目的生物量	204
说明		211
参考文献		218

第一部分 概 述

第 1 章 土地所有者和农民在低碳经济中的作用

一个崭新的经济时代正悄悄降临——在这个经济时代里，温室气体排放量将会作为商品在市场上交易。土地所有者、农民等这些依赖土地生存的人群，将在这个经济时代拥有更多的竞争优势，如果他们善于经营自己的土地，就可以将大气中的 CO_2 更多地固定到其土壤中，增加土壤的碳储量，即拥有更多的潜在碳汇。而那些 CO_2 排放较多的工业部门，则须从这些土地所有者或农民手中购买他们所拥有的碳汇，以抵消自身的高 CO_2 排放量。

为什么会出现这样一个低碳经济时代呢？

低碳经济将会促进一些新技术的发展，这些新技术不但可以用于制造低排放量的能源，而且也可以降低大气中 CO_2 的浓度。为什么呢？答案很简单：全球变暖！尽管关于气候变化还存在很大的不确定性，但全球变暖已成为不可争辩的事实：

- 全球正在增温，这种增温主要是由于人类活动导致的 CO_2 和其他温室气体的排放量剧增引起的¹。
- 除非我们现在开始减缓温室气体的排放量，否则未来将面临着巨大的危机，后果是不可逆转的，代价是巨大的。

2005 年 6 月，来自全世界 11 个国家的科学院（包括美国国家科学院）发表了公报，公报指出：“气候变化已经得到了科学证实，各个国家必须立即采取行动，我们号召所有国家立即采取行动以减少温室气体的排放量”。

控制气候变暖的唯一有效途径是减少 CO_2 和其他温室气体的排放，为此需要我们采取一种低碳的经济发展模式，在这种模式中，低碳排放技术将得到更好的发展，而以往那些排放量较高的技术将遭到市场的淘汰。

向低碳经济发展的势头已经越来越迅猛。35 个发达国家已经就此达成了共识，在《京都议定书》的框架下，他们将本国温室气体的排放水平降低了 5%~8%（以 1990 年排放量为基准）²。令人遗憾的是，美国政府还没有签署《京都议定书》，但是尽管如此，美国很多州政府和地方政府已经同意减排并开始着手行动了。加利福尼亚州已经承诺，为自己的温室气体的排放量设立上限，从而在未来几十年中为降低温室气体的排放量而努力。西南部的其他 4 个州（亚利桑那州、新墨西哥州、俄勒冈州和华盛顿州）和加利福尼亚州一起也加入了旨在减少温室气体排放量的西部地区气候率先活动。东北部的 9 个州（康涅狄格州、特拉华州、缅因州、马萨诸塞州、新罕布什尔州、新泽西州、纽约州、罗德岛州和佛蒙特州）也加入了地区温室气体率先行动（RGGI）中，同意为其发电厂确定温室气体的排放配额。

其他的一些州也宣布加入气候率先行动，并正在考虑为本州温室气体排放设置配额。

在工业部门，美国几个主要的大企业（包括 Alcoa、BP、DuPont、Caterpillar 和 General Electric）也联合起来组成了美国气候行动同盟，号召为国家的温室气体排放强制性设置配额³。

尽管目前美国政府还没有为减排采取强制性行动，但多数人认为这只是一个时间问题。2005 年通过的决议就是一个最有力的例子，在决议中，众议院提出国会应该颁布一个全面而有效的行动计划，用那些基于市场机制的强制减排、排放额度和减排激励等办法，促进温室气体的减排（S. AMDT. 866）。

向低碳经济的转变

历史证明控制污染排放的有效手段是市场机制，而非强制性的措施。在法制社会，市场通常发挥贸易和制约两种机制⁴。这种机制首先为每个部门确定排放配额，它可以作用于一个特定的行业（如专为电力行业而设的 RGGI），也可以作用于整个经济（如《京都议定书》），然后法规将为每个部门分配排放配额。每个排放实体将在一定时间范围内去完成其拟定的配额。

排放者可以有三种方式来减排，第一种是通过技术革新来提高效率或者降低生产，第二种是从那些远低于排放配额的低排放者手中购买他们剩余的排放量，第三种是从个人或组织那里购买他们从大气中固定的碳，以抵消其超出的排放量⁵。市场将允许排放者在减排过程中采用最低成本的策略，如果自身减排成本太高则可以从那些减排成本低的排放者手中购买排放额度或限额。

按照这种方式，CO₂ 和其他温室气体的排放就变成了可以买卖的商品，市场机制（或市场规律）则决定了碳排放的交易量和价格，排放额度和交易价格可高可低，完全取决于市场对其的供需关系。同样这也有助于形成对企业 and 个人的激励机制，促使他们采用更有效的方式去减少温室气体排放或增加碳储量。由于允许市场机制来控制交易中的价格，所以在整个过程中就保证了排放者在减排或排放转移中的高效性和低成本性。

但如果是处于一个没有该项法规的社会中，企业和个人就只会按照自己的原则去减排，这和目前一些公司的情况类似，一些城市和地方政府已从自身的角度开始自觉地减排了。虽然自觉减排过程中通常不会有贸易发生，但当排放者减排的努力无法达到预期的效果时，仍然可以在市场上购买多余的排放权。同样，市场也会在这个过程中发挥作用，当有更多的公司和个人自发地设置排放配额时，对排放额度的需求也会增加，购买的价格也会提高。

尽管美国目前还没有对温室气体排放确定配额，但是排放交易市场已初具雏形，很多公司已经开始买卖排放定额，更有甚者则正在注册或公证他们的排放定额。我们可以在互联网上找到很多这样的公司，然而，由于目前这方面的法制还不健全，潜在的买者都很谨慎，而潜在的卖者也没有增加碳汇或额度能力的有效办法⁶。

低碳经济中农民的参与：碳抵消量

土地的经营和管理得当可以显著地降低温室气体的增加速度，森林和农田是天然的