

Senlin Tanpaifangquan Jiaoyi Jizhi Yanjiu

森林碳排放权交易机制 研究

冯亮明 刘伟平 著

 中国农业出版社

国家自然科学基金项目 (70873020)

森林碳排放权交易 机制研究

冯亮明 刘伟平 著

中国农业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

森林碳排放权交易机制研究/冯亮明, 刘伟平著
北京: 中国农业出版社, 2012. 2
ISBN 978 - 7 - 109 - 16540 - 3

I. ①森… II. ①冯… ②刘… III. ①森林—二氧化碳—
废气排放量—总排污量控制—研究 IV. ①X511

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 016979 号

中国农业出版社出版
(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)
(邮政编码 100125)

责任编辑 周 珊

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行
2012 年 7 月第 1 版 2012 年 7 月北京第 1 次印刷

开本: 880mm×1230mm 1/32 印张: 10.25

字数: 270 千字

定价: 30.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

序

“森林碳排放权交易机制研究”课题开始于2008年，是由国家自然科学基金委资助，此书是研究的重要成果之一。

《气候变化框架公约》、政府间气候变化专门委员会、《京都议定书》、哥本哈根及德班气候大气等都是国际社会应对气候变暖的重要事件。由于政治、经济和文化上的差异，不同国家在气候谈判中表现出不同的立场，但是，减缓气候变暖却是一种共识。在“共同但是有区别的责任”原则下，各国都在研究本国、本地区的温室气体排放情景，并积极探索减排二氧化碳（CO₂）的策略，取得了许多的优秀成果。中国政府在减缓气候变暖问题上态度非常积极，不仅代表发展中国家在气候大会上呼吁各国承担减排责任，并且决定到2020年全国单位国内生产总值CO₂排放比2005年下降40%~45%，作为一个经济处于快速发展时期的国家，作出该决定并承诺履行任务是一种大国责任的表现。大力发展可再生能源，减少化石能源等一次能源消费的比重是实现这一任务的主要途径；同时，森林在减缓气候变暖问题上也具有重要作用，“通过植树造林和加强森林管理，森林面积比2005年增加4 000万公顷，森林蓄积量比2005年增加13

亿米³”是抵减 CO₂ 排放的重要手段。

在此背景下，课题组首先对气候变暖及其影响、温室效应与温室气体、国际社会应对气候变暖及减缓行动、中国与气候变化问题进行了文献研究，利用自然科学研究成果为森林碳排放权的生产及交易机制的设计提供了理论基础。

政府减排 CO₂ 的目标作为约束性指标纳入“十二五”及其后的国民经济和社会发展中长期规划，并制定相应的国内统计、监测、考核办法加以落实，这构成了碳排放权需求的来源。研究结果表明，在节能情景下 2020 年我国 CO₂ 排放量约为 23.83 亿吨，在减碳情景下排放量为 19.75 亿吨，由此可以发现，在已经实现年 GDP40 万亿元的中国，实现这一减排目标极为艰巨。除了采取强有力的减排措施外，利用森林碳汇能力，通过抵减机制为减排 CO₂ 提供空间是重要的策略。以 1990 年为基年，2020 年森林可以生产碳排放权约为 0.61 亿吨碳。课题设计出森林碳排放权交易机制，分别是生态公益林的分离交易机制、商品林的整体交易机制和无林地的委托代理机制。

由于研究工作工作复杂、数据量大，错误、不足之处在所难免，希望研究工作能够达到抛砖引玉的功效。感谢国家自然科学基金委的资助。

作者

2012 年 1 月

目 录

序

第一章 气候变暖	1
第一节 古气候的变化	1
第二节 近 100 年全球气候变化	2
第三节 近 100 年中国气候变化	5
第四节 气候系统变化的预测	10
第二章 气候变暖的影响	13
第一节 对全球的总体影响	13
第二节 气候变化的区域影响	17
第三节 对中国自然生态系统的影响	20
第四节 对中国重大工程的影响	27
第三章 温室气体与温室效应	34
第一节 温室效应	34
第二节 温室气体	35
第三节 温室气体对气候变暖的影响	40
第四章 应对气候变暖与温室气体减排行动	44
第一节 国际气候公约的形成与演进过程	44
第二节 《联合国气候变化框架公约》及重要成果	52
第三节 国际气候变化减缓行动的主要框架	61

第四节	气候变化减缓技术	65
第五章	气候变化与中国	70
第一节	中国面临的主要压力与挑战	70
第二节	中国对气候变化的认识与立场	75
第三节	中国气候变化战略的优先领域	86
第六章	碳排放权需求及碳排放水平	94
第一节	碳排放权需求分类	94
第二节	中国减排 CO ₂ 的挑战	101
第七章	碳排放权宏观需求	107
第一节	排放额度需求影响因素	107
第二节	宏观需求模型及需求量	113
第三节	碳排放权的微观需求	121
第四节	碳排放权需求的基本结论	133
第八章	森林碳排放权供给及交易的假设	140
第一节	森林碳排放权供给的特有假设	140
第二节	森林碳排放权供给及交易的经济学假设	148
第九章	碳排放权供给及森林经营选择	156
第一节	碳排放权供给	156
第二节	森林资源的选择	161
第三节	森林碳汇能力与经济安全	165
第十章	森林碳排放权生产	169
第一节	森林碳排放权生产载体	169
第二节	森林碳汇潜力	179
第三节	森林碳排放权生产方案	181
第十一章	森林生产碳排放权的成本与收益	188
第一节	森林业碳排放权生产成本	188

第二节	林业碳排放权生产收益	200
第十二章	森林外部碳排放权市场	206
第一节	建立碳排放权市场的理论根源	207
第二节	建立碳排放权市场的原则	210
第三节	碳排放权市场的特征	214
第四节	碳排放权市场体系	223
第十三章	森林碳排放权交易机制一：生态公益林	
	交易机制	244
第一节	森林碳排放权交易机制的分类	244
第二节	生态公益林碳排放权交易的理论基础	247
第三节	生态公益林碳排放权交易存在的问题	248
第四节	分离的碳排放权交易机制	251
第十四章	森林碳排放权交易机制二：商品林	
	交易机制	270
第一节	商品林碳排放权交易的理论基础	270
第二节	商品林碳排放权交易出价机制	274
第三节	整体交易机制的设计	277
第四节	商品林整体交易机制的路径	288
第十五章	森林碳排放权交易机制三：无林地	
	交易机制	293
第一节	无林地资源	293
第二节	无林地面积划分依据及结果	299
第三节	委托代理机制的理论依据	304
第四节	委托代理机制的具体内容	308
	参考文献	316

第一章 气候变暖

第一节 古气候的变化

气候系统是地球系统中最为活跃的组成部分之一，从地质历史来看，地球一直经历着冷—暖和干—湿等一系列的变化，但是引起这些变化的原因各不相同，古气候变化是自然因子而非人类活动干预的结果。

在距今 11000~5000 年间，由于地球轨道参数的变化，地球出现增温现象，北半球山地冰川发生了一次显著的退缩事件，但当时冰川退缩的规模比 20 世纪末要小得多。目前全球性的山地冰川退缩似乎并不是由这样的原因引起的，因为过去几千年北半球夏季太阳辐射在减少，这应当有利于冰川增长。距今约 12.5 万年的末次间冰期期间，由于格陵兰冰盖和北极冰原融化等原因，导致全球平均海平面可能比 20 世纪高 4~6 米，其中，格陵兰冰盖和北极冰原融化所造成的海平面上升可能不超过 4 米，南极对海平面上升或许也有所贡献。冰芯资料显示，当时北极平均温度比现在高 3~5℃，这是由地球轨道参数变化造成的。另外，一些研究工作也能证明末次冰期冰盛期（LGM，距今约 2.1 万年）和全新世大暖期（距今约 0.6 万年）与当前的气候变暖不同，前者主要与地球轨道参数的变化有关，后者主要是由全球辐射强迫变

化造成的。

政府间气候变化专门委员会第四次评估报告综合了多项研究结果后指出，20 世纪后半叶，北半球平均温度很可能比过去 500 年中任何一个 50 年时段都高，至少在最近 1300 年中可能是最高的。这些结论得到了包括树轮、冰芯和珊瑚等气候代用记录的支持。

第二节 近 100 年全球气候变化

科学界对全球变暖问题的关注在很大程度上起因于对地球表面气温等气候要素变化的分析，通过对器测资料进行分析，可以获得气候变暖的基本事实。

一、平均温度的上升

IPCC 第三次评估报告指出，自 1861 年以来，全球表面年平均温度不断上升，20 世纪的上升幅度为 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ （如图 1-1），并认为随着全球平均温度的上升，全球气候系统表现出明显的变化，如雪盖、冰川退缩，海平面升高，海水热容量增长，大气和海洋的环流系统发生变化，气候变率增大，极端天气气候事件增多等。

据 IPCC 第二次评估报告，全球表面年平均温度在 19 世纪末到 1994 年间上升了 $0.3 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ ，20 世纪可能是近千年中地表增温速率最大的一个世纪，在北半球，20 世纪 90 年代很可能是近 100 年中最暖的一个 10 年，1998 年是最暖的一年。

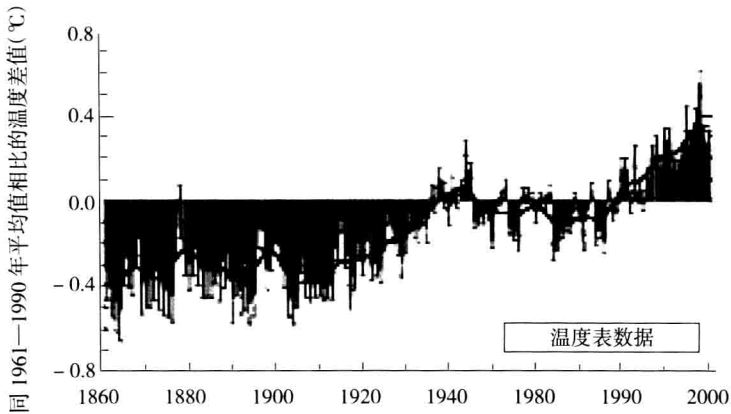


图 1-1 1861—2000 全球平均地球表面温度的年平均

资料来源：IPCC。

二、降水的变化

准确估计全球平均降水量的变化趋势还很困难。有研究表明，20 世纪全球陆地上的降水增加了 2% 左右，但各个地区实际的变化并不一致。北半球中高纬度大陆地区降水的增多更明显，北纬 $30^{\circ}\sim 85^{\circ}$ 陆地地区降水量平均增幅达 7%~12%，且以秋、冬季节最为显著。北美洲大部分地区 20 世纪降水增幅为 5%~10% 左右；欧洲北部地区在 20 世纪后半叶降水明显增多；1891 年以来，俄罗斯东经 90° 以西地区降水量增加了 5% 左右。但是，在北半球的副热带陆地地区，年降水量却明显减少了，这在非洲北部表现得特别明显。20 世纪南半球南纬 $0^{\circ}\sim 55^{\circ}$ 大陆区域的降水量增加了 2% 左右。

在降水的研究方面，尽管在资料的完整性和研究工作上还很有限，但研究成果还是揭示了极端降水变化的一些基本

特点。美国、俄罗斯和中国在过去几十年里强降水占季节和年总降水量的比率有明显增加的趋势；在过去 50 年中，雨季的极端强降水和总降水变化的线性趋势在全球不同地区存在着明显的差异，但共同的特点是极端强降水的线性趋势比总降水在幅度上要大，这表明在对气候变化的响应上，极端强降水事件表现得更加明显。一些研究表明，在过去几十年中北半球中高纬度地区极端强降水事件的频率平均上升了 2%~4%。

三、极端气候事件

目前，极端气候事件的研究主要是根据近 50 年全球比较丰富的逐日地面观测资料进行的。相关研究指出，与温度有关的指标在近 50 年中都显示出了显著的变化，如夏季暖夜日数显著增加，霜冻日数显著减少，年内温度极差显著减少等；与降水有关的指标则反映出了显著的局地性，但连续 5 天最大降水量和大雨降水事件的频率均显著增加。

在温度方面，美国和俄罗斯极端最低温度在过去几十年有明显上升的趋势，而极端最高温度的变化则表现出较强的区域性，从大范围来看无显著的变化趋势；对澳大利亚的研究表明，极端最低温度具有与平均温度类似的上升趋势，而极端最高温度的变化趋势则很弱；对俄罗斯的研究表明极端高温日数在过去几十年里显著增加；其他一些研究也都进一步证实了在全球范围内热日增多而冷日减少的变化事实。

对龙卷风、冰雹等小尺度极端天气现象的研究表明，冰雹和闪电与平均最低温度和湿球温度之间存在显著的相关关系，1920 年以来，美国的龙卷风在强度上表现出增强的趋势。

第三节 近 100 年中国气候变化

一、气温变化

中国近 100 年来的气候变化研究相对较多，其中，地表气温变化的研究更是受到了密切关注。

中国每 10 年平均的气温距平和降水量距平及 1905—2001 年的线性趋势如表 1-1 所示。可以看到，中国年平均气温呈现明显的上升趋势，97 年中上升了 0.79°C ，平均增温速率约为每 10 年 0.08°C ，这一变化略高于全球平均的增温幅度。在近 100 年中，20 世纪 40 年代和 80 年代中期以后是两段气温明显偏高的时期，90 年代和 40 年代分别比平均值偏高 0.37°C 和 0.36°C ，其他时期则以偏凉为主。两个明显的偏凉时期是 20 世纪 10—20 年代和 50—60 年代，早期的偏凉程度尤其突出。

各季节的气温变化存在较大差异，冬、春、秋三季气温上升，而夏季气温下降，其变化幅度分别为 1.64°C 、 1.32°C 、 0.43°C 和 -0.16°C 。增温最明显的季节是冬季和春季。从温度变化的季节特征看，20 世纪 90 年代和 40 年代虽同为温度偏高期，但前者的最大距平值出现在冬季，而后者则出现于夏季。

包括中国西部平均温度观测资料和代用资料的综合分析表明，1880—2002 年中国气温增加速率为每百年 0.58°C 。综合不同资料和方法得出的结果，目前大体可以认为，中国近 100 年增温幅度为 $0.5 \sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ，增温速率为每 10 年 $0.05 \sim 0.08^{\circ}\text{C}$ 。

表 1-1 中国每 10 年平均气温距平和降水量距平

单位:℃, 毫米

项目	时间	20 世纪 10 年代	20 世纪 20 年代	20 世纪 30 年代	20 世纪 40 年代	20 世纪 50 年代	20 世纪 60 年代	20 世纪 70 年代	20 世纪 80 年代	20 世纪 90 年代	1905—2001 年 线性趋势
气温	冬	-1.50	-1.11	-0.62	0.04	-0.74	-0.91	-0.47	-0.11	0.57	0.169
	春	-1.18	-0.59	-0.33	0.41	-0.57	-0.28	-0.25	-0.12	0.38	0.136
	夏	-0.07	0.07	0.44	0.68	-0.06	-0.21	-0.22	-0.06	0.28	-0.016
	秋	-0.53	-0.31	0.29	0.35	-0.23	-0.39	-0.21	-0.07	0.28	0.044
	全年	-0.79	-0.47	-0.02	0.36	-0.41	-0.45	-0.29	-0.08	0.37	0.081
降水	冬	-4.42	-0.16	1.73	3.01	4.05	-6.09	-1.66	-1.24	2.88	-0.836
	春	-13.38	-20.20	-5.56	11.54	5.38	-9.37	-0.58	2.88	-2.29	2.127
	夏	9.71	-2.13	14.39	55.13	10.03	-2.70	-7.54	-8.58	16.06	0.504
	秋	25.42	-16.96	2.61	8.70	3.49	-1.07	2.01	7.47	-9.49	-2.809
	全年	21.02	-38.61	13.33	81.13	23.63	-17.54	-8.88	1.13	7.72	-0.893

二、降水变化

近 100 年来,中国的年降水量呈现出明显的年际和年代际振荡,但趋势变化不明显,仅有微弱的减少(在 97 年间减少了 8.6 毫米)。从降水的年代际变化看,20 世纪 10 年代、30—40 年代和 80—90 年代降水偏多,其他时段降水偏少。从各季节的降水量变化来看,秋季和春季变化较明显,分别减少 27.3 毫米和增加 20.6 毫米,而夏季和冬季的变化趋势则不甚明显。

从全国平均来看,1956—2002 年期间全国平均的逐年降水量标准化距平序列显示年降水量呈现小幅增加趋势。但是,降水量变化对计算所取的时间区段比较敏感,如果取 1951—2000 年区段,则全国平均的降水量几乎没有趋势性变化。

三、极端天气气候事件

(一) 气温事件

1951—1990 年中国季极端最低气温的变率在春、秋两季表现最大,并主要以北方大部地区最为突出,标准差大于 3°C ;在冬季,变率大的地区主要有江淮流域和北方的部分地区,而云南的变率最小;夏季是极端最低气温变率最小的季节。

极端最低气温在冬、秋和春三个季节增加趋势较明显,以冬季增加最大,40 年里全国平均上升了 2.5°C ;秋、春两季分别升高 1.8°C 和 1.1°C 。极端最高气温的显著变化趋势出现在秋季,40 年里全国平均下降了 0.6°C ;其余三季的变化趋势不明显。各月极端最低气温的变化趋势均大于极端最高气温的变

化趋势，表明近 40 年中国各月气温变化范围正在逐步减小，极端气温变幅趋于缓和。

图 1-2 为中国月极端气温的变化趋势逐月变化情况。可以看出，中国月极端最低气温的变化除在 7 月份表现出微弱的降温趋势外，其他月份均为增温趋势；而且冬半年月份的增温趋势明显高于夏半年月份，并以 1 月份的增温趋势为最大，达到每 10 年 0.69°C ；中国月极端最高气温的变化在 2、3、4、6、7、9 月里表现出明显的降温趋势，在 1 月和 12 月有明显的增温趋势，而在其他月份则无明显的变化趋势。一个显著的特点是，各月极端最低气温的变化趋势均大于极端最高气温的变化趋势。

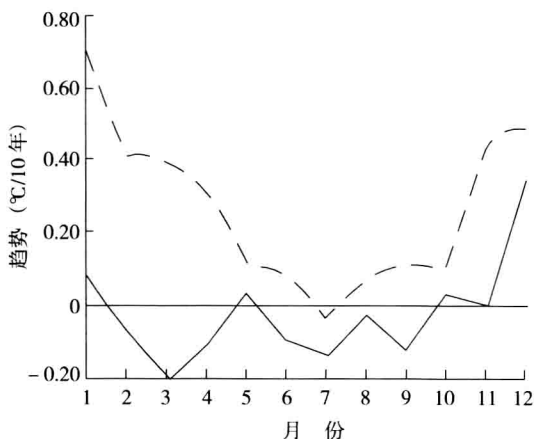


图 1-2 1951—1990 年中国月极端气温的线性变化趋势

注：虚线代表最低气温，实线代表最高气温。

(二) 降水事件

降水大范围呈明显增长趋势的主要发生在中国西部地区，

其中以西北地区尤为显著。中国东部季风区降水变化趋势的区域性差异较大，长江流域降水趋于增多，华北地区降水趋于减少。从全国平均来看，中国总的降水量变化趋势不明显，但雨日显著减少。

降水总量不变或增加但频率减少意味着降水过程可能存在强化的趋势，干旱与洪涝可能会趋于增多。最近的研究指出，中国的极端降水平均强度和极端降水值都有增强的趋势，极端降水事件趋多，尤其在 20 世纪 90 年代，极端降水量比例趋于增大。华北地区年降水量趋于减少，极端降水值和极端降水平均强度趋于减弱，极端降水事件频数显著减少。西北西部总降水量趋于增多，极端降水值和极端降水强度未发生显著变化，但极端降水事件趋于频繁。长江及长江以南地区年降水量和极端降水量都趋于增加，极端降水值和降水事件强度都有所加强，极端降水事件增多。

（三）干旱事件

从近 100 年仪器实测降水资料分析发现，长江、黄河两流域旱涝变化具有明显的阶段性和跃变。20 世纪中国气候有变干趋势，并且在 20 年代和 60 年代中期发生了两次气候由湿变干的气候跃变，这种气候跃变的发生是全球性的。分析还表明，长江、淮河流域从 70 年代起降水明显增多，洪涝加剧；而黄河流域从 1965 年起连续干旱，而且不断加剧。

根据 1950—2000 年逐月降水资料计算了干旱发生的范围。干旱范围最广的年份是 1999 年，受旱范围超过 60%，其次是 1965 年和 1997 年，其他较为严重的年份还有 1972 年、1982 年、1986 年和 2000 年。趋势分析表明，51 年来中国北方地区干旱面积呈扩大趋势，同时还反映出其变化存在着较为明显的