

FORESTRY CARBON SEQUESTRATION
Development and practice of Beijing



林业碳汇

——北京的发展与实践

本书编委会 ■

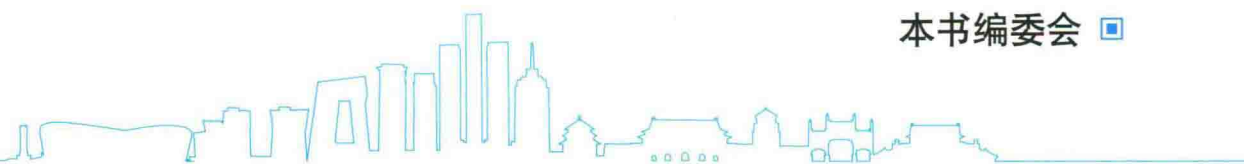
中国林业出版社

FORESTRY CARBON SEQUESTRATION
Development and practice of Beijing

林业碳汇

——北京的发展与实践

本书编委会 ■



中国林业出版社

图书在版编目(CIP)数据

林业碳汇：北京的发展与实践 / 《林业碳汇》编委会编.

— 北京：中国林业出版社, 2016.3

ISBN 978-7-5038-8430-6

I. ①林… II. ①林… III. ①森林—二氧化碳—资源管理—研究—北京市 IV. ①S718.5

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第039619号

责任编辑：贾麦娥

出版发行：中国林业出版社

(100009 北京西城区刘海胡同7号)

<http://lycb.forestry.gov.cn>

电 话：010-83143562

装帧设计：张 丽

印 刷：北京卡乐富印刷有限公司

版 次：2016年4月第1版

印 次：2016年4月第1次

开 本：787mm × 1092mm 1/16

印 张：27.5

字 数：518千字

定 价：168.00元

编委会

编委会主任 邓乃平

编委会副主任 甘敬 朱国城 李怒云

主 编 周彩贤 王小平 马红 张峰 于海群

副 主 编 陈峻崎 何桂梅 智信 朱建刚 姬宏旺

编 委 查天山 张扬建 彭强 孙莹 王欢

南海龙 邹大林 王建明 杨欣宇 荣岩

邵丹 李皓 王永超 陈维强



前言

气候变化问题是当今国际社会的热点和焦点问题，也是事关我国经济社会可持续发展的重大问题。近年来，国际社会为解决这一问题召开了一系列有关温室气体减排的国际会议，并采取了一系列积极而有效的措施。从1992年开始，国际社会相继制定了《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》，通过了《巴厘岛路线图》和《哥本哈根协议》，规定了发达国家必须采取减排措施控制二氧化碳等温室气体的排放，共同承担减缓气候变化的责任。林业经营管理中造林与再造林以及减少毁林和防止森林退化等措施，作为有效控制二氧化碳排放的手段逐渐被各方关注。随着国际社会对林业应对气候变化作用的重视，2015年，联合国气候大会各缔约国达成的《巴黎协议》进一步明文规定了林业在未来全球气候治理中的地位，林业活动扩展到“造林再造林、封山育林、森林防火、加强森林保护区建设、加强可持续经营、保护生物多样性、增加森林碳储量”等多元手段。

2007年6月，我国颁布的《中国应对气候变化国家方案》，将植树造林、保护森林、最大限度发挥森林的碳汇功能等作为应对气候变化的重要措施；2009年，首次中央林业工作会议肯定了林业在应对气候变化中具有特殊地位，同年举办的APEC会议上，中国政府向国际社会做出到2020年我国实现林业“双增”目标的承诺；2015年6月30日，我国向《联合国气候变化框架公约》秘书处提交的《强化应对气候变化行动中国国家自主贡献》文件将发展林业应对气候变化列为我国贡献内容之一，明确了到2030年左右森林蓄积量比2005年增加45亿立方米左右的目标；2012年，国家发改委发布了国家《温室气体自愿减排交易管理暂行办法》，初步构建了全国碳交易体系管理框架。“十三五”发展规划，将建立全国碳排放交易市场作为一项重要工作，而林业碳汇也被纳入到碳交易体系中。2005年以来，国家林业局陆续发布了《清洁发展机制项目运行管理办法》《应对气候变化林业行动计划》《关于推进林业碳汇交易工作的指导意见》《2013年林业应对气候变化政策与行动白皮书》《2014年林业应对气候变化政策与行动白皮书》以及《国家林业局林业碳汇计量与监测管理暂行办法》和《全国林业碳汇计量监测技术指南（试行）》等行业管理文件，建立了林业碳汇发展技术管理体系，为北京市林业碳汇发展奠定了基础、提出了要求。

北京市高度重视发展林业应对气候变化工作。“十二五”时期陆续颁布的节能降耗与应对气候变化以及北京发展建设规划等文件中均明确要求推

进林业碳汇发展，陆续通过和发布了《北京市碳排放权交易试点实施方案》《北京市人民代表大会常务委员会关于北京市在严格控制碳排放总量前提下开展碳排放权交易试点工作的决定》《北京市碳排放权交易管理办法（试行）》，2014年9月1日，北京市发改委与北京市园林绿化局联合发布《北京市碳排放权抵消管理办法（试行）》，将林业碳汇交易纳入到碳交易补充抵消机制当中。

北京市林业碳汇工作办公室成立于2009年，是全国首家专门负责林业碳汇工作的省市级政府管理机构，经过近十年发展，在北京市林业碳汇政策制定、林业碳汇计量监测技术研究、碳交易市场构建以及地方技术标准制定和碳基金管理、公众宣传以及碳汇营造林示范区建设等方面陆续开展了大量工作，北京市林业碳汇工作积累了大量的成果和实践经验，形成了里程碑式的行业政策、管理办法、技术规程指南和科研成果，北京市林业碳汇工作逐步走上了有序、健康的可持续发展轨道。

为了在我国林业行业应对气候变化新形势下，继续深入贯彻首都应对气候变化工作指导精神，总结北京市林业碳汇的发展和实践，探索北京林业碳汇发展新思路新途径，在北京市园林绿化局领导下，由北京市林业碳汇工作办公室组织编写了《林业碳汇——北京的发展与实践》一书。本书分为基础理论篇、管理实践篇和调研探索篇三个篇章，涵盖了全球气候变化、林业碳汇基础理论、林业碳汇国内外发展概况以及北京市在林业碳汇基础研究、管理政策制定、碳交易市场构建以及公众宣传推动等方面的内容。本书的出版既是对北京市林业碳汇发展的阶段性总结，也是对未来深入推动北京园林绿化应对气候变化工作的研究和探索，希望能对首都生态文明建设工作贡献微薄之力。

在本书前期相关研究和书稿撰写过程中，得到了中国绿色碳汇基金会李怒云秘书长、北京农学院前院长王有年先生、北京林业大学查天山教授、中国科学院地理研究所张扬建研究员以及北京市园林绿化局有关领导和同志们的大力支持，在此一并向他们致以诚挚谢意。

参加本书各章节撰写者为：第一章周彩贤；第二章王小平；第三章马红；第四章王小平；第五章周彩贤、张峰；第六章于海群；第七章张峰。全书由于海群、张峰统稿。

另外，受编者水平所限，加之时间仓促，难免存在疏漏和不足之处，欢迎读者批评指正。

编著者

2015年11月27日

目 录

第一部分 基础理论篇

第一章 全球气候变化的观测事实及其影响	002
1.1 全球气候变化的观测事实	002
1.2 未来全球和区域气候变化预估	004
1.3 气候变化产生的主要原因	005
1.4 全球气候变化的影响	006
1.4.1 对森林生态系统的影响	006
1.4.2 对海洋系统的影响	007
1.4.3 对水资源的影响	007
1.4.4 对生态系统和生物多样性的影响	008
1.4.5 对农牧业生产的影响	008
1.4.6 对其他方面的影响	009
第二章 森林在应对气候变化中的地位与作用	010
2.1 现阶段应对气候变化的主要措施	010
2.2 森林在应对气候变化中具有特殊的作用	011
2.3 林业碳汇的特点及优势	012
第三章 林业碳汇研究的理论基础	014
3.1 生态学基础	014
3.1.1 生态理论的提出与发展	014
3.1.2 概念的界定与研究的核心内容	015
3.1.3 林业碳汇问题的生态学依据	015
3.2 经济学基础	016
3.2.1 几个相关的经济学概念	016
3.2.2 微观市场理论的主要机制	018
3.2.3 生态经济学的思想与碳汇功能的市场化选择	025

3.2.4	碳汇市场化过程中存在的问题	027
3.3	政策学基础	028
3.3.1	理论的提出和概念的界定	028
3.3.2	宏观政策与微观市场的相互关系	029
3.3.3	碳汇研究的政策架构	031
3.3.4	克服碳汇市场失灵的政策选择	031
3.4	森林生态系统理论基础	033
3.4.1	森林生态系统生产力研究的主要思想	033
3.4.2	森林生态系统是重要的碳库	035
3.4.3	森林的生长增加对碳的吸收和碳固定	036
3.4.4	毁林引起碳排放的增加	038
3.4.5	促进碳汇自然生产的政策措施	039
3.5	森林经营理论基础	040
3.5.1	森林经营的主要思想	040
3.5.2	保护现有森林的碳储存	041
3.5.3	增强森林对碳的吸收和固定	041
3.5.4	发展碳替代的可能方式	042
3.5.5	促进碳汇经济生产的政策措施	043
3.6	项目管理与评价理论基础	043
3.6.1	项目管理与评价的主要思想	043
3.6.2	项目管理的思想在碳汇活动中的应用	045
3.6.3	碳汇项目的评价	045
3.6.4	碳汇生产评价的政策含义	046

第二部分 管理实践篇

第四章 林业碳汇的国际发展进程..... 048

4.1	林业碳汇国际政策环境	048
4.1.1	政策孕育期（1988—1997年）	048
4.1.2	试点初探期（1997—2005年）	048
4.1.3	快速发展期（2005年至今）	049
4.2	林业碳汇交易市场发展	051
4.2.1	国际碳交易市场的发展	051
4.2.2	国际林业碳汇市场的产生与发展现状	055

第五章 我国林业碳汇的管理与实践····· 061

5.1 我国林业建设成就及对减缓全球气候变化的贡献····· 061

5.2 我国林业应对气候变化的政策环境····· 064

5.2.1 中国减排的挑战、承诺及行动····· 064

5.2.2 我国林业应对气候变化的形势与总体要求····· 066

5.2.3 我国林业应对气候变化的政策发展历程····· 067

5.3 我国林业应对气候变化的途径及潜力分析····· 069

5.3.1 植树造林, 扩大森林面积····· 070

5.3.2 提高现有森林质量····· 070

5.3.3 加强森林保护, 减少森林碳排放····· 070

5.3.4 保护湿地, 控制林地水土流失, 减少排放····· 070

5.3.5 发展林木生物质能源, 替代化石能源····· 070

5.3.6 增加木质林产品碳储量····· 071

5.4 我国林业碳汇志愿市场的培育····· 071

5.4.1 中国林业碳汇交易实践····· 071

5.4.2 我国林业碳汇交易政策体系存在的主要问题····· 072

5.4.3 发展我国林业碳汇交易政策的建议····· 078

5.5 全国林业碳汇计量监测网络体系建设····· 089

第六章 北京林业碳汇的管理与实践····· 093

6.1 北京地区发展林业碳汇的重要意义····· 093

6.1.1 发展北京林业碳汇是我国向世界展示应对气候变化形象的窗口 093

6.1.2 发展林业碳汇是平衡区域发展的有效手段····· 094

6.1.3 发展林业碳汇是建设“绿色北京”、“世界城市”和“低碳城市”的迫切需要····· 095

6.1.4 陆续出台的相关政策方案要求大力发展林业碳汇····· 095

6.1.5 发展林业碳汇是拓展生态文明建设内涵的重要载体····· 096

6.2 北京林业碳汇整体发展状况与主要成就····· 097

6.2.1 森林资源总量显著增加····· 097

6.2.2 林业碳汇综合管理体系初步构建····· 097

6.2.3 构建林业碳汇交易市场体系并开展交易试点····· 097

6.2.4 林业碳汇示范项目逐步实施····· 098

6.2.5 林业碳汇基础技术研究陆续开展····· 100

6.2.6 科普宣传工作广泛开展····· 101

6.2.7 北京碳汇基金不断壮大····· 103

6.2.8 林业碳汇能力建设扎实推进	104
6.3 北京林业碳汇政策管理体系的完善	104
6.3.1 成立专门政府管理机构	104
6.3.2 政策管理体系的构建	105
6.4 北京市林业碳汇交易市场的培育	160
6.4.1 北京市开展林业碳汇交易的优势条件	160
6.4.2 林业碳汇纳入北京碳排放抵消管理体系	161
6.4.3 北京市碳排放权交易试点阶段林业碳汇项目开发步骤	163
6.4.4 北京林业碳汇交易项目开发实践（以顺义区碳汇造林一期 项目为例）	165
6.5 林业碳汇理念宣传与社会参与引导	169
6.5.1 推动社会参与林业应对气候变化生态建设方面的政策保障机制	170
6.5.2 科普宣传与社会引导	172
6.5.3 推动社会参与林业应对气候变化生态建设的模式	172
6.5.4 北京碳汇基金的发展壮大	174
6.6 北京地区林业碳汇计量监测体系构建	177
6.7 林业碳汇计量监测及增汇减排技术研究	180
6.7.1 遥感技术研究全市林地绿地碳储量和碳汇分布格局	180
6.7.2 城市公园绿地和山区人工幼龄林碳通量监测研究	195
6.7.3 基于森林资源清查数据的全市森林资源碳储量动态研究	213
6.7.4 杨树速生丰产林固碳增汇管理技术体系研究	221
6.8 技术指南与标准体系的构建	252
6.8.1 北京山区森林资源增汇经营技术	252
6.8.2 林业碳汇计量监测技术规程	262
6.8.3 林业碳汇项目审定与核证技术规范	277
6.8.4 平原地区造林项目碳汇核算技术规程	285
6.8.5 果园复合生态系统提质固碳增汇管理技术规程	305
6.9 试验示范与技术推广	316
6.9.1 八达岭林场森林增汇经营示范区建设	316
6.9.2 北京森林生态系统增汇技术推广示范区建设	320
6.9.3 风景游憩林低碳经营技术推广示范区建设	323
6.9.4 平原碳汇造林方法学综合试点示范区	325
6.9.5 联合国开发计划署-澳门政府合作发起的森林经营碳汇项目 增汇减排技术示范区	327

第三部分 调研探索篇

第七章 调研与政策研究..... 332

7.1 关于林业碳汇在北京低碳城市建设中的作用的战略思考 332

7.1.1 低碳城市建设 332

7.1.2 北京建设低碳城市的意义 333

7.1.3 林业碳汇在建设低碳城市中的作用 334

7.1.4 加强林业碳汇发展,促进低碳城市建设的建议 335

7.2 社会参与林业碳汇相关支持政策调研报告 338

7.2.1 我市社会参与林业碳汇现状 338

7.2.2 我市社会参与林业碳汇存在的问题 341

7.2.3 影响社会参与林业碳汇积极性的原因分析 342

7.2.4 社会参与林业碳汇促进机制的构建 344

7.3 北京市构建林业碳汇交易市场的思路 345

7.3.1 国内外林业碳汇交易市场体系建设发展现状 346

7.3.2 北京市建设林业碳汇交易市场体系的必要性 347

7.3.3 北京市建设林业碳汇交易市场体系的现有条件 348

7.3.4 北京市林业碳汇交易市场体系建设尚需解决的问题 348

7.3.5 北京市林业碳汇交易市场体系建设的构想 349

7.4 关于加强低碳园林化社区建设的研究 355

7.4.1 北京居住小区建设发展历史及特点 355

7.4.2 调研概况 356

7.4.3 调研结果 357

7.4.4 结论与建议 358

7.5 北京市林业碳汇交易行业参与推进途径研究 360

7.5.1 调研背景 360

7.5.2 调研主要内容 361

7.5.3 调研方法与内容 361

7.5.4 北京市碳排放权交易和碳汇交易市场运行管理现状 361

7.5.5 北京市园林绿化行业参与碳汇交易工作现状及问题分析 365

7.5.6 推进首都园林绿化行业参与的途径构想和发展建议 367

7.6 北京市基于森林碳权的生态补偿机制研究 371

7.6.1 森林生态效益补偿基础理论 371

7.6.2 国际森林生态补偿实践与经验 373

7.6.3 国内森林生态补偿制度建设与实践 382

7.6.4	北京市林业生态补偿机制现状与主要问题	388
7.6.5	北京市基于森林碳权的生态补偿机制设计草案	393
7.6.6	加强北京市森林生态补偿制度建设的对策建议	402
7.7	国际交流与学习经验启示	405
7.7.1	美国林业应对气候变化管理与技术培训报告	405
7.7.2	新西兰、澳大利亚林业碳汇考察报告	419
	参考文献	427

PART 1

基础理论篇

JICHU LILUN PIAN



第一章

全球气候变化的观测事实及其影响

1.1 全球气候变化的观测事实

1979年在瑞士日内瓦召开的第一次世界气候大会上，科学家提出了大气二氧化碳浓度增加将导致地球升温的警告，气候变化首次作为一个受到国际社会关注的问题提上议事日程，成为全球关注的热点。

自1860年，即最早拥有仪器观测资料以来，全球地表气温增加了 $0.6 \pm 0.2^{\circ}\text{C}$ 。20世纪大部分的增温发生在两个时段，即：1910—1945年及1976年以后。20世纪90年代是过去100多年中最暖的10年，而1998年是最暖年。不少研究还表明，北半球在过去的1000年中，20世纪可能是增温最明显的一个世纪。自1950年以来，全球夜间的日平均最低温度的增加率是白天日平均最高温度增加率的2倍，中高纬地区的生长期呈增长趋势，雪盖则减少，非极地区的山地冰川广泛消退。在最近几十年，北极夏末至初秋的海冰厚度减少了约40%。近100多年来全球海平面平均上升了0.1~0.2m。

工业革命以来，大气二氧化碳浓度增加了1/3，到2003年达到370mg/L以上。在过去的42万年间，大气中二氧化碳的浓度从未有过这么高。大气二氧化碳浓度增长的2/3是由矿物燃料造成，其他则由土地利用变化特别是森林砍伐以及水泥生产等造成。过去20年间，大气中二氧化碳浓度也明显增加，而且目前仍保持增长趋势。大气中甲烷与氧化亚氮的浓度分别增加了151%和17%。自1750年以来，由于温室气体含量的增加，使近200年的辐射强迫增加了 $2.43\text{W}/\text{m}^2$ 。并且，当前大气中的温室气体浓度上升在很大程度上是由人为原因造成的。政府间气候变化专门委员会（IPCC）第四次评估报告也进一步证明，由于人类大量燃烧化石燃料以及毁林等因素，近100年来全球地表温度平均升高了 0.74°C 。气候模型预测，如不采取有效措施控制温室气体排放，100年后全球气温将升高 $1.1\sim 6.4^{\circ}\text{C}$ ，如此巨大的气温变化将对全球生物及其生存环境带来严重威胁。

目前，从观测得到的全球大气和海洋的温度升高、大范围的雪和冰融化、全球平均海平面上升以及大气中二氧化碳浓度的增加证据均支持了全球变暖的论断。IPCC第五次评估报告中关于全球变暖的主要证据有：

(1) 全球地表持续升温, 结合陆地与海洋的地表温度数据, 通过线性趋势计算1880—2012年全球平均温度已升温 0.85°C 。基于最长的数据库资料, 1885—1900年平均和2003—2013年平均相差 0.78°C 。在全球范围内, 已观察到昼夜较寒冷的天数正在减少, 而昼夜较温暖的天数则在增加, 并且在北美及欧洲出现更频繁或是更剧烈的降水事件。已经观察到大部分陆地上的冷昼和冷夜呈偏暖或偏少, 而热昼和热夜呈偏暖或更加频繁; 同时, 暖期或热浪在大部分陆地上发生的频率或持续期也在增加。在欧洲、亚洲及大洋洲等地区热浪发生的频率正在增加; 陆地上越来越多的地区出现强降水的频率、强度或降水量在增加。

(2) 海洋变暖导致气候系统中储存的能量增加, 占1971—2010年储存能量的90%以上。海洋上层(0~700m)在1971—2010年几乎肯定变暖, 而在19世纪70年代至1970年则有可能变暖。从全球尺度来讲, 海洋升温最大的是在近表层, 1971—2010年期间, 海面至水深75m之间的表层海水以每10年升温 0.11°C 的速度在升温。在1957—2009年期间, 700~2000m海深的海水可能已经变暖; 但1992—2005年期间, 在2000~3000m海深间没有观测到明显的升温趋势, 而在水深3000m以下直到海床的海温这段期间却在升温, 深层海水温度上升最多的地区是在南极海。

(3) 过去20年, 格陵兰岛和南极冰盖已大量消失, 世界范围内的冰川继续萎缩, 而北极海冰和北半球春季积雪已呈持续减少的程度。全球除冰盖周边冰川之外的冰川冰量损失, 在1971—2009年间平均速率很可能为每年损失 $226 \times 10^9 \text{t}$, 但在1993—2009年期间平均速率很可能为每年达到 $275 \times 10^9 \text{t}$, 这些结果表明全球冰川退缩速度在增加。格陵兰冰盖的冰量损失平均速率已经从1992—2001年每年 $34 \times 10^9 \text{t}$, 持续增加到2002—2011年的每年 $215 \times 10^9 \text{t}$, 反映出格陵兰冰盖冰量损失速率在极速增加。而在南极, 冰盖冰量损失平均速率从1992—2001年的每年 $30 \times 10^9 \text{t}$, 增加到2002—2011年的每年 $147 \times 10^9 \text{t}$ 。这些融冰主要发生于南极半岛北部和南极西边的阿蒙森海南北半球的山地冰川和积雪。

(4) 自19世纪中叶以来, 海平面上升的速度一直高于过去两千年的平均速率。在1901—2010年间, 全球海平面平均上升了0.19m。19世纪末到20世纪初是海平面变化的过渡期, 从前两千年的相对低平均上升率转变到相对高上升率。自20世纪初以来, 全球平均海面上升速率在持续增加。在1901—2010年期间, 全球平均海平面上升的平均速率是每年1.7mm, 1971—2010年达到每年2.0mm。自1970年以来, 观测到的海平面上升原因有75%可归因于海洋受热膨胀与冰川物质损失。在1993—2010年, 上述原因促使海平面平均每年上升2.8mm。其中, 海洋受热膨胀每年贡献了1.1mm, 冰川变化每年贡献了0.76mm, 格陵兰冰盖每年贡献了0.33mm, 南极冰盖每年贡献了0.27mm, 陆

地水储存每年贡献了0.38mm。在末次间冰期，全球海平面持续几千年比现在高至少5m，但不会超过10m，当时温度至少比现在均温高2℃。在末次间冰期时，格陵兰冰盖冰层的融化曾造成海平面上升1.4~4.3m。

(5) 大气中二氧化碳、甲烷、氧化亚氮浓度已经上升到过去800万年来的最高水平。二氧化碳浓度已经比工业革命前上升了40%，主要是由于化石燃料燃烧排放，其次是由于土地利用变化的净排放。海洋吸收了30%的人为二氧化碳排放量，从而导致海洋酸化。

1.2 未来全球和区域气候变化预估

IPCC第五次评估报告，通过一系列情景，对气温、水循环、海平面以及冰冻圈的未来趋势做了一定预估，结果如下：

(1) 除了RCP2.6情景之外的所有RCP情景下（第五次IPCC报告采用了新一代情景，称为“典型浓度目标”，即 Representative Concentration Pathways情景。其中，Representative表示只是许多种可能性中的一种可能性，用Concentration而不用辐射强迫是要强调以浓度为目标，Pathways则不仅仅指某一个量，而且包括达到这个量的过程。共包括4种情景，分别称为RCP8.5情景、RCP6情景、RCP4.5情景及RCP2.6情景。RCP情景具体情况如表1-1所示）。全球地表温度变化到21世纪末相对于1850—1900年可能超过1.5℃；RCP6和RCP8.5情景下，相对于1850—1900年可能超过2℃；而在RCP4.5情景下，则更有可能不超过2℃。在除了RCP2.6情景之外的所有RCP情景下，变暖都将持续，但持续表现出年代际变率，并且区域变化是不均衡的。全球平均气温到2016—2035年期间相较于1986—2005年，可能增温在0.3~0.7℃。

表1-1 典型浓度目标^①

情景	描述
RCP8.5	辐射强迫上升至8.5W/m ² ，2100年二氧化碳当量浓度达到约1370ml/m ³
RCP6	辐射强迫稳定在6.0W/m ² ，2100年二氧化碳当量浓度稳定在约850ml/m ³
RCP4.5	辐射强迫上升至4.5W/m ² ，2100年二氧化碳当量浓度稳定在约650ml/m ³
RCP2.6	辐射强迫在2100年之前达到峰值，到2100年下降到2.6W/m ² ，二氧化碳当量浓度峰值约490ml/m ³

^①沈永平，王国亚.IPCC第一工作组第五次评估报告对全球气候变化认知的最新科学要点，冰川冻土，2013（05）：第1068-1076页。

(2) 在21世纪，全球水循环响应气候变暖的变化将不是均匀的。尽管有可能出现区域异常情况，但潮湿和干旱地区之间、雨季与旱季之间的降水对比度会更强烈。到21世纪末，在RCP8.5情景下，高纬度地区和热带太平洋区

域的年降水量将会增加；许多中纬度的潮湿地区，平均降水也将增加。但在中纬度干燥地区与副热带的干燥地区，平均降水将减少。在全球持续变暖的趋势下，到21世纪末，中纬度大部分陆地区域与热带区域的湿区，极端降水事件将很可能更剧烈并更频繁。

(3) 全球海洋将在21世纪持续变暖。热量将从海洋表层渗透到深海并影响海洋环流。表面海水温度增暖最明显的地区位于热带和北半球副热带地区的海洋，但较深海水温度增暖最明显的区域是在南半球的海域。到21世纪末，上层100m深的海洋增温大约为 0.6°C （RCP2.6情景下）到 2.0°C （RCP8.5情景下）；在1000m左右深的海水温度，增幅约为 0.3°C （RCP2.6情景下）至 0.6°C （RCP8.5情景下）。

(4) 由于全球平均地表温度上升，北极海冰覆盖面将非常有可能继续萎缩和变薄，北半球春季积雪将很有可能减少。全球冰川体积将进一步减少。通过多模式平均，预估到21世纪末北极海冰范围全年都会缩减，其中，在9月份 RCP2.6情景下北极海冰面积会减少43%，而在RCP8.5情景下减少可达94%；在2月份RCP2.6情景下北极海冰面积会减少8%，而在RCP2.6情景下减少可达34%。依据部分对目前北极海冰覆盖面积模拟最接近的模式来评估，在RCP8.5情景下，9月无冰的北极将可能在2050年前出现。随着全球气温不断上升，到21世纪末，南极海冰面积和体积可能会减少。

(5) 在所有的RCP情景下，海平面上升的速度很可能会超过1971—2010年的观测值。1971—2010年观测到的海平面上升是由于进一步的海洋变暖和冰川与冰盖的物质损失引起的。关于未来海平面在所有情景下的预估，与1986—2005年相比，2081—2100年海平面最高将上升0.82m。

1.3 气候变化产生的主要原因

科学研究认为，太阳辐射的变化、地球轨道的变化、火山活动、大气与海洋环流的变化等是造成全球气候变化的自然因素。而人类活动，特别是工业革命以来人类活动是造成目前以全球变暖为主要特征的气候变化的主要原因，其中包括人类生产、生活所造成的二氧化碳等温室气体的排放、对土地的利用、城市化等。

IPCC第四次评估报告中也明确指出，人类活动与近五十年的气候变化的关联性达到90%。地球吸收太阳辐射后，会发出长波辐射将热量传递到地球之外，但大气层中的二氧化碳、甲烷、氧化亚氮等气体可以吸收地面发出的长波辐射并部分返还到地面，使得地球表面的温度不断升高，形成温室效应，这些气体也被称为温室气体。其中，二氧化碳引起的增温效应占所有温室气体增温效应的63%，是最主要的温室气体。1750年以来，由于人类活动