

生态系统研究与管理简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

2009 年第 5 期（总第 24 期）

11 月 14 日印发

长江流域应对气候变化的适应性对策

长江流域气候变化脆弱性与适应性研究项目组

【编者按】2007 年组建的“长江流域气候变化脆弱性与适应性研究项目组”由中国科学院相关研究所、中国气象局和复旦大学的共同参与，受到世界自然基金会（WWF）的资助。该项目在分析总结已有的研究成果基础上，通过过程模型与经验模型相结合、并配合地面调查和卫星遥感数据，对长江流域气候变化的事实与未来趋势及其对流域内农业、水资源、森林、草地、湿地和河口城市生态系统（上海市）的影响及脆弱性等进行了全面的分析研究，在此基础上提出适应未来气候变化的对策和政策建议。项目报告已由中国水利水电出版社出版。此报告总结了该项目成果概要，供参考。

气候系统本身的非线性特征及其与生态系统和社会经济系统之间复杂的相互作用和反馈机制决定了气候变化研究和应对气候变化管理对策的复杂性和艰巨性。受各种因素的制约，目前人类对气候变化各生态过程产生的影响、认识和对未来气候变化的预测都存在很大的不确定性，可以说不确定性是气候变化研究领域最显著的特征，气候变化的适应性管理就是在各种不确定性因素下的风险决策管理，管理对策的有效性取决于对该系统基础研究知识的积累、监测数据的获取与分析能力。长江流域过去针对气候变化脆弱性和适应性的研究比较少且比较分散，缺乏长时间序列的监测数据，气候变化与各种生态系统和社会经济系统紧密耦合、相互作用、不可分割，因此气候变化的适应性管理措施不能只局限于气候本身，要与社会经济等具体问题相结合，这样的建议措施才更有可行性。

鉴于气候变化的复杂性和不确定性，对气候变化的适应性措施应该首先采取“无悔”的策略，在不增加额外成本的前提下，尽量采取那些考虑了气候变化因素的措施；其次采取“顺便”的策略，在其他社会经济活动中所采取的措施兼顾到了适应气候变化的效果，适应气候变化在这里并不是直接的目的、只是“辅产品”；再次适应性措施应该要重视对过去气候变化以及取得的经验教训，尤其是从生产管理第一线取得的“本土经验”；要与现代科学技术相结合，并加以提炼、总结、完善与推广，降低“误适应”（mal-adaptation）的风险；此外，气候本身是动态的过程，气候变化适应性措施也不是一成不变的，要用变化、发展的眼光看待气候变化的适应性，随着未来科学技术的发

展和对气候变化的进一步认识，目前采取的各项适应性措施在未来要做及时调整与完善以达到动态优化的目的；本报告在集成分析前期研究的基础上针对长江流域气候变化和生态系统的特点，针对流域内不同生态系统和部门提出以下具体适应性管理对策。

一、加强流域内基础设施建设，提高经济发展水平，提升应对气候变化的能力建设

气候变化是环境问题，但从根本上讲是发展问题，只有提高流域内的经济发展水平和管理水平才能从根本上提升应对气候变化的能力。尤其是在贫困地区，发展经济脱贫致富与应对气候变化相结合；具体来讲，首先，加强长江沿岸经济规划与布局，促进产业结构调整，提升社会经济的可持续发展能力；其次是加强流域内的基础设施建设，包括能源电力系统、交通运输系统和水利工程及相关配套设施建设，例如长江大堤及沿海提防工程的加固、农田水利基本建设等；再次，增强公众意识，加强环境教育，通过加强气候变化方面的宣传、教育和培训，在全社会传播气候变化方面的知识，促进个人、家庭、社区和当地政府共同采取应对气候变化的行动。

二、改进长江流域水资源综合管理体系，并对重大工程运行方案进行优化调整

气候变化将会影响长江流域水资源的格局和旱涝灾害，因此，需要加强流域综合管理。在长江流域综合规划修编中应充分考虑气候变化的影响，考虑与水资源有关的产业结构调整，将长江流域应对气候变化纳入到长江流域发展规划中。从技术层面上讲，应采用以市场为导向的水资源优化配置与管理模式，合理调整水价，以提高全社会公众的节水意识；加强水利工程的联合调度，实现多流域水资源的优化配置和利用。在气候变化背景下，重大工程的原有运行调度方案需要进

进一步优化调整，提高应对重大旱涝灾情的能力，充分满足栖息地的生态需求，确保流域环境流，以充分发挥工程对流域水资源的配置作用以及保证工程本身在新的气候条件下能够安全运行。

三、合理调整农业种植制度，优化种植结构，培育和改良适应气候变化的新品种以及改善农田管理措施

研究表明，大气CO₂浓度的升高和相应的气候变暖会显著降低玉米和部分地区小麦的产量，但对水稻的产量影响较小。因此，从宏观上来讲，应该压缩长江流域玉米的种植面积、适当保留小麦的面积、逐步扩大水稻的面积；随着气候变暖，流域内的热量资源逐步增加尽量改一熟制为两熟制或两熟制为三熟制，以充分利用增加的热量资源、提高粮食产量。在熟制无法增加的地区，随着未来气温的升高应以引进和培育生长季长且耐高温、抗病虫害的品种为主要适应措施，以充分利用气候变化所带来的正面效应。在培育出新品种之前可以推迟原品种的播种期，以降低气候变暖带来的不利影响。据模型预测未来气候变化使长江流域发生洪涝和干旱灾害的频率增加，因此改善灌溉排水条件等农田管理措施是适应未来气候变化的关键。这种对农田生态系统的综合适应性管理措施，在过去几十年的气候变化过程中于长江流域已经取得了显著成效，作物生长模型的估算结果表明，在不考虑品种替换等适应性管理措施的情况下，长江流域水稻的单产从1980~2005年之间应呈现显著下降的趋势，但实际产量表明长江流域水稻的单产在这一时期是显著增加的（图1），这足以证明适应性在应对气候变化中重要性。

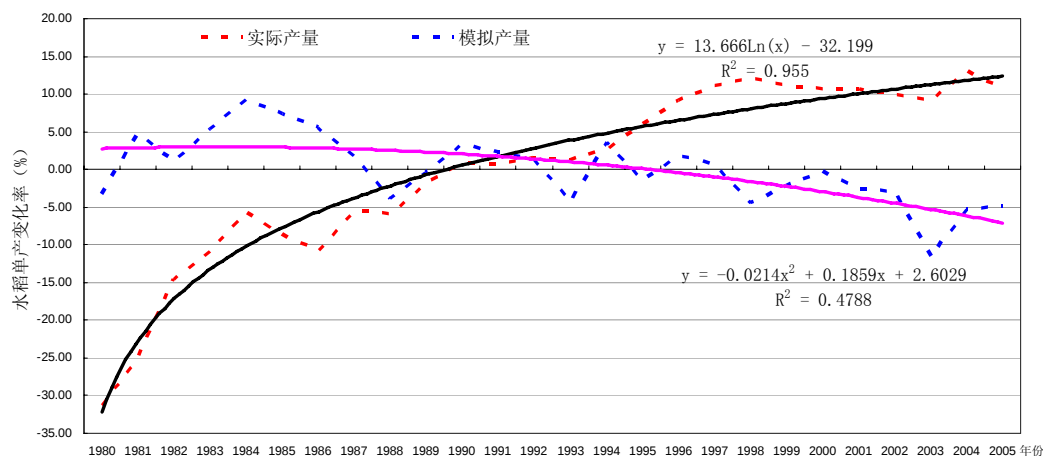


图1 1980~2005年水稻实际单产和模拟单产的变化（相对于26年多年平均值）

四、把气候变化的适应性管理纳入到长江流域森林培育和经营管理的总体规划方案中，建立和完善流域生态补偿机制；在森林恢复重建过程中，以保护天然林为主，加强人工林管理，优化林分结构，并在人工林经营和植被恢复过程中兼顾到气候变暖过程中引起的“南种北移”现象，有针对性地采取逐步推进和驯化的策略

长江流域森林生态系统种类繁多，随着未来气候变化这些生态系统的敏感性和脆弱性都会增加，但不同类型之间差异较大。因此，要提高整个长江流域森林生态系统对气候变化的适应能力，就必须从全流域的角度来规划和管理这些森林资源。在分析现有森林生态系统脆弱性和敏感性的基础上，综合自然和社会经济等因素，对整个流域森林生态系统的主体功能进行区划，并充分考虑其在未来气候变化下的动态。结合林权制度改革，建立和完善流域内生态补偿机制，提高生态补偿标准，切实提高林分尺度的森林经营水平，提高森林生态系统适应能力。从脆弱性和敏感性分析结果来看，长江流域分布面积最大的地带性森林植被常绿阔叶林和落叶阔叶林的敏感性和脆弱性较低，在全球气候变化背景下，这些地带性森林类型适应极端气候事件的能力也较强。因此，应大力度保护天然林，恢复地带性森林植被，并在

生态恢复过程中适度考虑因气候变暖引起的树种分布范围向北或向高海拔迁移。在造林时既要发挥南方树种的速生优势，又要充分考虑极端气候波动可能带来的风险，在南种北移过程中采取逐步推进、逐渐驯化的策略。

五、在长江源区的各类生态系统中以保护冻土和生物多样性为主、减少人类活动的干扰；在人类活动主导区，调整畜牧业结构，提高综合经济效益；加强草场管理，引进和培育适合气候变暖的新草种，严格控制载畜量，防止草场严重超载；建立牧草储备系统，加强对极端气候事件的预警和应对能力

长江源区草地生态系统目前退化的主要原因是气候变化和人类活动双重作用的结果，其中气候变化占主导因素的地区大多位于无人区或人类活动稀少的地区，区内地势高亢，平均海拔 4500 m 以上；该区域集中了长江源区绝大多数冰川资源，河流水系均以冰川融水补给为主，湖泊众多，冰缘湿地分布广泛；除河谷线状融区外，多年冻土连续分布；植被以高寒草甸和高寒沼泽草甸为主，在山坡地带分布高寒草原草甸和高寒草原。该区域也是目前气候变化最脆弱的地区之一，应该以生态保护为主，减少捕猎等人类活动的干扰，加强生物多样性保护。

在人类活动占主导因素的地区，首先，应该加强畜牧业结构调整，提高综合经济效益，推进产业的升级转化，延长产业链条，发展适合区域新兴产业、源区的优势产业和区域特色产业，调整牧业内部结构，促使农牧业协调发展；其次，强化草场管理，引进和培育适合气候变暖的新草种，严格控制载畜量，防止草场严重超载。长江源区未来气候变化仍将以变暖为主，而降水量变化不大。大量研究表明，增温将导致这些冻土地区高寒草地生态系统生物多样性迅速下降，从而导致

草场生产力和载畜量的下降，因此，要培育和推广适合暖化气候的新牧草品种，以降低气候变化的不利影响；再次，应该建立牧草储备体系，加强不同区域和不同季节草场的互补性，提高整个系统牧草供应的稳定性。过去的经验表明对长江源区牧业生产和牧民生活影响最大的是雪灾等极端气候事件，导致大量牲畜死亡，造成巨大的经济损失，而这些极端事件可能会随着未来的气候变化而增加，因此牧草储备体系可有效减缓这种灾害天气带来的损失。此外，还应该通过现代通讯技术加强对极端气候灾害事件的预报和预警能力，改进对重大气象灾害预报的准确率和时效性，提高牧民的防范意识和应对能力。

六、 增加河湖连通性，增加环境流，增强湖泊调洪防旱能力，将湿地保护纳入到流域综合规划管理中；优化长江流域水利工程运行管理，保障湿地基本的生态水文功能；加固海岸堤防工程，加强沿海防护林体系建设，以降低气候变化对滨海和河口湿地的影响；加强对湿地生态过程及其与气候变化相互作用的研究，提高对湿地生态系统的长期监测及数据收集能力；加强应对气候变化的适应性对策研究

在长江流域的各种生态系统中湿地生态系统对气候变化比较敏感也比较脆弱，该流域湿地生态系统的大部分问题是在气候变化和人类活动共同作用的结果，故湿地生态系统的适应性管理措施应该考虑与上游各类生态系统和人类活动，尤其是水利工程的运行管理关系；过去几十年长江流域已经修建了大量的水利工程，这些工程把湖泊与长江干流的联系隔断，造成湿地面积减小、自净能力下降/水生生物资源锐减。加强江湖连通性、优化水利工程运行管理方案，增加环境流，才能逐步保证下游的基本生态用水，改善湿地的水文条件；鉴于湿地生态系统和上游各类生态系统与人类活动的密切关系，长江中下游的

湿地保护与管理应该纳入到整个长江流域的综合规划管理中。气候变化导致的海平面上升和风暴潮的加剧，会引起海水倒灌，加重滨海及河口湿地的盐渍化，改变湿地的物种组成，造成外来物种入侵，降低湿地生物多样性和鸟类栖息地的质量。因此，需要加强沿海提防工程建设，加强沿海防护林和海岸红树林的建设，以降低气候变化对湿地带来的危害；与长江流域其他生态系统相比，湿地生态系统的研究较为薄弱，缺乏系统、长时间的监测数据，对湿地生态水文过程及其与气候变化的相互作用机制的认识还不够深入，今后需要加强在这些方面的研究，以提高未来气候变化背景下湿地的管理水平。

七、 将气候变化纳入区域可持续发展战略规划中；加强城市基础设施建设，提升应对气候变化的能力；调整产业结构和经济发展模式，大力发展低碳经济，探索节能减排与适应气候变化相结合的发展道路；建立有效的气候灾害预警预报与应急响应机制；加强气候变化的教育和宣传，提高公众意识，倡导对环境和气候友好的生活方式

以上海市为例，气候变化将对上海市的自然、经济和社会等系统带来各种不利影响，因此，在上海市的产业结构调整、能源发展战略、生态建设与保护等涉及可持续发展战略的规划中，应充分考虑气候变化因素，将气候变化的影响与适应纳入相关规划中，从而在可持续发展框架下应对气候变化问题。

首先，将调整经济发展模式、能源结构和发展低碳经济作为气候变化背景下可持续发展战略的重要内容，城市是温室气体的主要排放源，发展清洁能源和低碳技术既是适应气候变化的措施，又能起到减排作用；其次，加强城市基础设施的建设，缓解气候变化主要是海平面上升及极端气候（如暴雪、暴风潮等）对上海带来的不利影响。例

如提高防洪墙、海岸防护工程和海堤的设计标准。加强城市生态环境建设，提高市区植被覆盖率，缓解城市热岛效应和气候变化带来的极端高温热浪的影响；加强水资源的管理，保护和开发新的水源地，降低气候变化对上海饮水安全的威胁；再次，随着上海超大城市的快速扩张以及人口和经济总量的迅猛增长，相同强度的气候灾害（如台风、暴雨、暴风潮、雪灾等）造成的损失将被显著放大。因此加强对极端气候事件的预报预警能力，制定应急预案及其实施办法，完善灾害应急和响应机制，提高公众的防范意识和应对能力。借助现代传媒等宣传手段，普及气候变化知识，加强公众的环境保护意识，倡导节约型社会、培养气候友好的生活方式。

本项目由世界自然基金会（WWF）资助，本简报印刷发行由国合会生态系统服务与管理战略课题组资助

报告执笔：徐 明

报告审阅：马超德

责任编辑：于秀波

长江流域气候变化脆弱性与适应性研究项目组

首席科学家

徐 明 中国科学院地理科学与资源研究所研究员

主要成员 （按姓氏拼音排序）

马超德 世界自然基金会（WWF）中国淡水项目主任

姜 彤 中国气象局国家气候中心研究员

任国玉 中国气象局国家气候中心研究员

汪思龙 中国科学院沈阳应用生态研究所研究员

王根绪 中国科学院成都山地灾害与环境研究所研究员

王祥荣 复旦大学环境科学与工程系教授

于 强 中国科学院地理科学与资源研究所研究员

于秀波 中国科学院地理科学与资源研究所副研究员

项目协调员

沈兴兴 世界自然基金会（WWF）中国淡水项目官员

生态系统研究与管理简报

立足科学 服务决策 促进人与自然和谐发展

(2008 年目录)

- 2 月 20 日 第 2 期 在 NEON 内发展同位素网络的计划
中国生态系统研究网络水分分中心 编译
- 5 月 15 日 第 3 期 加强生态站长期观测与研究 提升区域综合研究能力
韩兴国 (中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站)
- 9 月 5 日 第 4 期 气候变化与生态系统适应性——聚焦长江流域
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 11 月 15 日 第 5 期 台湾人工林的适应性管理
金恒镛 (国际长期生态学研究网络原主席)

(2009 年目录)

- 3 月 10 日 第 1 期 **BigFoot** 计划综述——基于野外观测结合遥感技术与过程模型验证 MODIS 陆地碳循环相关产品
中国生态系统研究网络综合研究中心 编译
- 5 月 28 日 第 2 期 基于观测与试验的生态系统优化管理
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 7 月 25 日 第 3 期 中国生态系统研究网络 20 年——发展历程、建设成就与贡献
中国生态系统研究网络综合研究中心
- 11 月 14 日 第 4 期 长江流域气候变化与生态系统脆弱性评估
长江流域气候变化脆弱性与适应性研究项目组
- 11 月 14 日 第 5 期 长江流域应对气候变化的适应性对策
长江流域气候变化脆弱性与适应性研究项目组

关注中国生态系统监测、研究、评估、管理与政策进展

主办单位:

国家生态系统观测研究网络综合研究中心
中国生态系统研究网络综合研究中心
中国生态系统研究网络科学委员会秘书处
中科院生态网络观测与模拟重点实验室

编辑部:

于贵瑞、欧阳竹、于秀波 (常务)

通信地址: 北京市朝阳区大屯路甲 11 号

中科院地理科学与资源研究所
CERN 综合研究中心

邮政编码: 100101

传 真: 010 - 6486 8962

电子邮件: cef@cern.ac.cn

网 页: <http://www.cern.ac.cn>