

## 基于经济社会视角的气候变化适应性研究现状和展望

沈月琴<sup>1,2</sup>, 汪浙锋<sup>2</sup>, 朱 臻<sup>2</sup>, 吕秋菊<sup>2</sup>

(1. 浙江农林大学 浙江省森林生态系统碳循环与固碳减排重点实验室, 浙江 临安 311300; 2. 浙江农林大学 林业经济研究中心, 浙江 临安 311300)

**摘要:** 以全球变暖为主要特征的气候变化问题已成为全球环境与实现全球可持续发展的主要问题之一, 对人类社会经济活动产生了严重危害, 全世界不得不去适应气候系统的改变。在概述气候变化和国际社会共同行动的背景下, 综述了气候变化适应性的基本概念和分析框架, 并着重从经济社会视角对气候变化适应性研究的主要领域进行了回顾, 包括: ①气候变化的经济社会影响研究; ②气候变化适应能力的决定因素研究; ③气候变化的适应性策略研究等。在此基础上, 从研究内容、研究视角和研究方法等3个方面对现有研究进行了综合述评, 并对未来研究进行了展望。参 45

**关键词:** 林业经济学; 气候变化; 社会脆弱性; 环境适应性; 综述

中图分类号: S7-05 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2011)02-0299-06

## Status quo and prospect of the research on adaptability to climate changes from a socio-economic perspective

SHEN Yue-qin<sup>1,2</sup>, WANG Xi-feng<sup>2</sup>, ZHU Zhen<sup>2</sup>, LÜ Qiu-ju<sup>2</sup>

(1. Zhejiang Provincial Key Laboratory of Carbon Cycling in Forest Ecosystems and Carbon Sequestration, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forestry Economics Research Centre, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China)

**Abstract:** As one of the key problems affecting the environment and sustainable development in the world, climate changes have brought about serious hazards to human socio-economic activities. Therefore, all countries in the world have to adapt to the climate changes. Under the background of climate changes and common actions of the international society, this paper summarized the related concepts and analysis framework, and reviewed the major research areas focusing on the adaptation to climate changes from the socio-economic perspective. These research areas were as follows: (1) The social and economic impacts of climate changes. (2) The determinants of adaptability to climate changes. (3) The adaptability strategy of climate changes. On this basis, it also had a comprehensive review of the existing literature in terms of research contents, perspectives and methodologies. Finally, it tried to give a prospect of the future research on the adaptability to climate changes. [Ch, 45 ref.]

**Key words:** forest economics; climate change; social vulnerability; environmental adaptability; review

气候变暖已引起世界各国的共同关注。气候变化已经对地球生态系统和社会经济系统产生了明显而深远的影响, 如海平面上升, 陆地地面下沉等直接威胁着人类的生存环境和社会经济的可持续发展<sup>[1]</sup>。中国的气候与环境也发生了显著而深刻的变化, 对经济与社会的可持续发展带来了严峻的挑战。作为一个负责任的发展中国家, 中国高度重视应对气候变化, 积极参与国际社会应对气候变化进程, 积极履

收稿日期: 2010-05-08; 修回日期: 2010-10-10

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(71073148); “十一五”浙江省科技计划项目(2010C25069)

作者简介: 沈月琴, 教授, 博士, 从事林业经济理论与政策、林业与气候变化等方面研究。E-mail: shenyue-qin-zj@163.com

行《联合国气候变化框架公约》和《京都议定书》下的义务,采取了一系列的行动,2007年6月发布《应对气候变化国家方案》和《中国应对气候变化科技专项行动》<sup>[2]</sup>。在全球气候变暖的背景下,由于气候变化所引起的极端气候事件的强度和发生频率近年来在全球许多地区不断上升,对人类社会经济活动产生了严重危害。为此,全世界不得不去适应气候系统的改变,世界银行等国际组织开始注重将极端气候灾害的风险管理作为社会政策的重点。中国是受极端气候事件影响严重的国家之一,特别是跨入21世纪以来,极端气候事件趋强趋多,一些主要的极端气象灾害如台风、干旱、低温冷害、高温以及沙尘暴等,每年都会造成一定程度的经济损失和人员伤亡,如2006年中国出现了多项破历史纪录的极端气候事件,四川和重庆等地发生了百年一遇的高温干旱,超强台风“桑美”登陆浙江等<sup>[3]</sup>。这些极端气候事件带来的损失巨大,影响涉及所有的部门和社会层面。然而,就长期而言,一个系统面对由气候变化引起的预期灾害的脆弱性程度取决于这个系统合理应对这些预期灾害的适应能力,而脆弱性的降低可以被看作气候变化风险的降低或适应能力的增强。因此,研究气候变化的适应性至关重要。

## 1 气候变化适应性的基本概念和分析框架

### 1.1 基本概念

气候变化的适应性往往与脆弱性紧密联系在一起,脆弱性和适应性研究是随着对气候变化本身认识的不断加深而同时出现的。气候变化的脆弱性与适应性的概念众说纷纭<sup>[4-7]</sup>,但已基本形成共识。

面对气候灾害的“脆弱性”一般是指一种“社会脆弱性”<sup>[8]</sup>,它来源于20世纪70年代和80年代早期对旱灾和饥荒起因的政治经济分析探讨<sup>[9]</sup>。脆弱性是一种动态的状况,存在于气候变化的压力下,伴随着驱动力、资源配置、知识技术的发展之间的复杂关系<sup>[10]</sup>。Smit等<sup>[11-12]</sup>和Kane等<sup>[13]</sup>认为:一个社区、部门如果承受由于气候变化所带来的诸如人员伤亡和财产、基础设施损失以及被迫迁移等一系列不利的影 响,那么意味着这个社区或部门在气候变化面前具有脆弱性。

适应性的概念起源于生物学中对于环境的一种适应能力。适应性不是一种大家共有的能力,而是针对一种或一定范围的特定环境所特有的能力。不同的组织、不同的种族面对不同环境的适应性是不同的。在气候变化领域中,适应性能力被定义为“系统的一种调节气候变化以减缓潜在灾害,利用机遇或应对威胁的能力”<sup>[4]</sup>。Callaway等<sup>[14]</sup>强调气候变化中的适应性不仅局限于一些如建造大坝、防波堤等应对气候变化的具体工程项目建设,还包括家庭、企业应对气候变化的直接影响以及由气候变化引起的诸如生产资料和产品价格变化等间接影响的行为调整。适应性所表现的形式包括资源管理变化、生产产品和服务的方法变化、家庭购买产品和服务的变化、居民休闲行为的选择,也包括影响私人、组织行为动机的政策、法律和项目的变化,关于气候变化和脆弱性的投资增加和信息传播等方面。

### 1.2 分析框架

参与式脆弱性评估方法为较多学者采用,其目标是获得脆弱性的特征、组成要素和决定因子等信息,以确定增加适应能力,减少敏感性的方式<sup>[15]</sup>。学者分别从自然科学和社会科学不同角度采用不同的评价方法。①从自然科学角度看,集中在生态系统的评价方法。尽管政府间气候变化专门委员会和《联合国气候变化框架公约》都针对气候变化评价研究制定了专门的研究方案,基本都是按确定研究区域或对象、选择研究方法、检验灵敏度、选择情景、评估生物物理/社会经济影响、评估适应能力、制定适应对策等几个步骤进行。在生态系统的脆弱性评价还缺乏切实可行的方法,尤其是定量的评价,现有文献将评价方法大体归纳为3类:模型模拟、指标评价和对比研究<sup>[16]</sup>。还有许多其他的方法,如基于系统论的自然生态分类法、线性规划法等<sup>[17]</sup>。②从社会科学角度看,集中在影响因子的确定方法。一般采用多元回归模型分析气候变化脆弱性和适应性的影响因素,并从中找到影响脆弱性和适应性的关键变量<sup>[8,18]</sup>,也有研究者通过构建权重系数<sup>[19]</sup>或脆弱性系数<sup>[20]</sup>来反映不同地区不同产品的脆弱性和适应性。

## 2 气候变化适应性研究的主要领域:经济社会视角

“气候变化的适应性”的研究始于20世纪80年代末,国际学术研究较为活跃,已有一定的积累并形成了多学科、多领域合作研究的发展态势,但国内文献仍显不足,研究主要包括自然科学和社会科学2个领域。笔者重点对基于经济社会视角的相关研究进行综述。

## 2.1 气候变化的经济社会影响研究

气候变化既是环境问题，也是发展问题，因此，气候变化的经济研究已成为研究的热点。陈迎<sup>[21]</sup>总结了气候变化经济研究的主要内容，包括：①气候变化损失的经济评估；②减排温室气体的经济成本评估；③气候变化的综合评价；④政策工具的分析和选择；⑤国际气候公约与国际合作；⑥适应气候变化的成本分析。

在气候变化的经济社会影响方面，往往基于假设研究和非假设研究 2 种视角。一些学者认为，适应性可被看作是评估减弱负面影响或实现正面效应的程度，他们通常在大尺度上，运用均衡或统计模型来估测“有适应性措施”和“没有适应性措施”2 种情景状态下的影响，以确定气候变化的特殊情景状态下的威胁性和严重性<sup>[22]</sup>。而另一些学者认为，气候变化的影响包括直接经济影响、非直接经济影响和后续影响。Marco 等<sup>[23]</sup>认为，就农户微观层面分析，直接影响主要包括财产的损害和收入的损失，如资本的损失，树木的损失，紧急救济和修理的成本以及生产的损失。当然，在灾害经济学中评估灾害影响时，还要区别非直接经济影响和后续影响 2 种。非直接经济影响是由直接损失引起的，来源于生产和供给品的减少；而直接影响和非直接影响都会导致后续影响。后续影响包括诸如个体和家庭收入增长的不一致、生态性变化或在支付平衡方面的负面变化等<sup>[24]</sup>。非直接影响和后续影响都是在宏观或中观层面(区域或国家)进行衡量的。

同时，学者还关注气候变化特别是极端气象灾害对农业和林业的影响<sup>[20,25]</sup>。

## 2.2 气候变化脆弱性和适应性的决定因素研究

学者关注气候变化敏感并且脆弱性较高领域的适应性影响因素分析。Elisabeth 等<sup>[20]</sup>以 1961 - 2001 年中国 3 种主要农作物水稻 *Oryza sativa*，小麦 *Triticum aestivum*，玉米 *Zea mays* 对旱灾的脆弱性和适应性表现为案例，分析了农作物面对旱灾脆弱性和适应性的影响因素。部分学者关注岛屿面对气候变化导致的海平面持续上升影响所表现出来的脆弱性和适应能力<sup>[26]</sup>。李克让等就全球气候变化下中国森林的脆弱性指标进行了研究，并且根据能够获得指标，计算和分析了中国森林的脆弱性分布。

经济、技术、基础设施、社会家庭以及外部政策等是影响气候变化脆弱性的主要因素<sup>[8,18]</sup>。在社区水平，阶级、阶层、性别、种族、年龄、教育程度和资源的可进入性等决定了脆弱性<sup>[10,27]</sup>。一些研究者已经尝试着选择不同因素以解释农户或社区的适应能力<sup>[28]</sup>，但这些研究选择的指标基本相似，Marlin 等<sup>[6]</sup>对此作了综述，主要包括经济能力、技术能力、知识与技能、基础设施能力、社会能力、人力资源能力和土地利用计划能力，每种能力有诸多指标可以进行衡量。

## 2.3 气候变化的适应性策略研究

学者关注极端气候事件的适应性策略研究，他们对因极端气候事件而产生灾害(干旱、水涝和热带气旋)的直接经济损失进行评估，并提供了一些适应性策略的建议<sup>[29]</sup>。朱建华等<sup>[30]</sup>总结了气候变化对我国林业的影响，并结合我国林业发展实际和相关政策规划，提出了未来我国林业应对气候变化的基本对策。郭泉水等<sup>[31]</sup>就中国林业应对气候变化进行了探讨，在良种选育、人工造林、天然次生林和原始林的经营、间伐和轮伐期、森林生物多样性保护、森林病虫害防治和森林防火等方面提出了相关对策建议。李克让等<sup>[32]</sup>提出要注重发挥林业碳汇在减缓气候变化方面的作用。

同时，许多学者认为损失的评估必须基于成本有效响应的假设，即应通过适当的适应性措施将损失控制在最低水平。有些学者着重比较分析不同具体适应性措施的有效性，以确定最佳选择<sup>[33-35]</sup>。他们通过假设、观测、建模、关键信息人访谈等方法选择一系列的“可能适应性措施”，并通过成本收益、成本效率和多重标准等方法进行排序比较。有些学者则根据研究发现并提出具体应对策略。Del 等<sup>[36]</sup>认为，农户被诸如台风等灾害影响时，他们不是消极被动的，而是采取一些应对策略，这些策略是农户对灾难的一种反映，目的在于使他们自身获得安全的生计系统。应对策略有：借款或贷款，生活方式的改变，资产的处理，寻找可替代的收入来源<sup>[23]</sup>，农业实践的改变，收入来源的多样化，建立牲畜和庄稼的储备和保险等。

## 3 综合评述和研究展望

### 3.1 综合评述

综上所述，学者已从多方面对气候变化的适应性问题进行研究探索，取得了一些研究成果。但从研

究内容、视角和方法来看,存在着有待进一步完善之处。

3.1.1 研究内容 从研究内容来看,国外已开始对气候变化的脆弱性及其适应性进行研究,但对适应潜力、影响适应性的因素以及如何增强适应能力的政策等方面研究仍显不足;在国内,针对气候变化的脆弱性与适应性研究更多地侧重于自然科学领域。可是,由自然灾害引起的重要危害不仅仅是由这个事件的直接物质影响所决定的,而是取决于形成一个人或一个群体日常生活的社会经济和政治状况<sup>[37]</sup>,最为重要的问题是如何吸取经验教训和如何去适应。气候变化的社会经济视角适应性研究在国内仍较少,而极端气候事件的适应性更是罕见,即使在零星的适应性研究方面仍缺乏实证研究。

3.1.2 研究视角 从研究视角来看,对于适应性研究,较多地停留在有限的理想适应战略和措施方面,而基于农村社区和农户层面的对于气候变化(特别是极端气候灾害)的适应性实证研究尚不多见,从当地社区、农户和政府部门等3个层面进行综合研究未见报道。

3.1.3 研究方法 从研究方法来看,适应性研究以定性描述或个案研究为主,缺乏系统的典型部门/区域的气候变化适应性案例研究,基于农户、社区和政府部门3个层面的“自下而上”的参与性调查研究也少见,基于较大样本的农户抽样调查数据的定量分析更是罕见。

## 3.2 研究展望

随着气候变化谈判的日趋深入,气候变化的适应性研究作为一个极其重要的科学命题,必将呈现出日益活跃的研究态势,基于经济社会视角的研究也应在广度和深度方面不断拓展,尤其在以下2个领域的研究日趋重要和关注。

3.2.1 农村社区和农户应对气候变化的脆弱性和适应性研究日趋重要 从全球来看,包括极端气候事件等在内的气候变化已经引起了巨大的损失,这种影响可能涉及所有的部门和社会层面,但是对不同部门和社会层面的影响程度(脆弱性)是不同的,极端气候造成的影响(经济损失和人员伤亡)主要集中在脆弱性较强的农业领域和农村社区<sup>[29]</sup>。从现有研究看,气候变化敏感并且脆弱性较高的农业领域研究较丰富,而气候变化给林业和农村社区的影响方面的研究相对薄弱。气候变化给农户和社区生计所带来的脆弱性已经纳入到可持续发展讨论的中心<sup>[38-39]</sup>。就长期而言,一个系统面对由气候变化引起的预期灾害的脆弱性程度取决于这个系统合理应对这些预期灾害的适应能力,而脆弱性的降低可以被看作为气候变化风险的降低或适应能力的增强。但在农村社区和农户层面,减小气候变化的风险是非常困难的,因此,只有通过提高农户和社区的适应能力才能减少其脆弱性。应充分认识到适应性的提高是一个复杂的过程,农村社区和农户的适应性不仅受其内部驱动因素的影响,而且还受到外部环境因素的影响。在气候变化领域,适应性被看作为当地或社区在宏观的经济、社会、政治安排的约束条件下应对变化条件的调整<sup>[40]</sup>。因此,研究其适应性不但可以帮助政府决策者、社区和农户制定应对极端气候事件的计划<sup>[12,41]</sup>,而且对于量化气候变化所带来的影响也是非常重要的<sup>[42]</sup>。

3.2.2 林业应对气候变化的脆弱性和适应性研究渐趋关注 森林生态系统是全球碳循环重要组成部分。通过森林固碳方式来减缓碳释放不仅潜力巨大,而且具有明显的成本优势<sup>[43-45]</sup>。因此,林业(森林)在应对气候变化中具有特殊地位。目前,林业应对气候变化的脆弱性和适应性研究仍大多局限于自然科学领域,社会科学领域较为缺乏。随着林业在应对气候变化中特殊地位的确立,可以预期这必将成为未来的重要研究领域。

## 参考文献:

- [1] 朱建华,侯振宏,张治军,等.气候变化与森林生态系统:影响、脆弱性与适应性[J].林业科学,2007,43(11):138-145.  
ZHU Jianhua, HOU Zhenhong, ZHANG Zhijun. *et al.* Climate change and forest ecosystem: impacts, vulnerability and adaptation [J]. *Sci Silv Sin*, 2007, 43(11): 138-145.
- [2] 中华人民共和国国务院办公厅.中国应对气候变化的政策与行动[EB/OL].(2008-10-29)[2010-05-01].[http://www.gov.cn/zwzk/2008-10/29/content\\_1134378.htm](http://www.gov.cn/zwzk/2008-10/29/content_1134378.htm).
- [3] 秦大河.全球气候变化对中国可持续发展的挑战[R/OL].(2009-01-24)[2010-05-01].[http://www.ccchina.gov.cn/cn/Public\\_Right](http://www.ccchina.gov.cn/cn/Public_Right).

- asp?class=2.
- [4] IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change). *Climate Change 2001: the Scientific Basis* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001.
- [5] GALLOPIN G C. Lindage between vulnerability, resilience, and adaptive capacity [J]. *Global Environ Change*, 2006, **16**: 293 – 303.
- [6] MARLIN A, OLSEN L, BRUCE D, *et al.* *Examining Community Adaptive Capacity to Address Climate Change, Sea Level Rise, and Salt Marsh Restoration in Maritime Canada* [R]. Sackville: Mount Allison Coastal Wetlands Institute, 2007.
- [7] UNDP (United Nations Development Programme). *Adaptation Policy Frameworks for Climate Changes: Developing Strategies, Policies and Measure* [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- [8] ADGER N W. Social vulnerability to climate change and extremes in coastal Vietnam [J]. *World Dev*, 1999, **27** (2): 249 – 269.
- [9] WATTS M. Hazards and crises: a political economy of drought and famine in northern Nigeria [J]. *Antipode*, 1983: **15** (1): 24 – 34.
- [10] BLAIKIE P, CANNON T, DAVIS I, WISNER B. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* [M]. New York: Routledge, 1994.
- [11] SMIT B, BURTON I, KLEIN R J T, *et al.* The science of adaptation: a framework for assessment [J]. *Mit Adapt Strat Global Change*, 1999, **4**: 199 – 213.
- [12] SMIT B, BURTON I, KLEIN R J T, *et al.* An anatomy of adaptation to climate change and climate variability [J]. *Clim Change*, 2000, **45**: 225 – 251.
- [13] KANE S, YOHE G. Societal adaptation to climate variability and change: an introduction [J]. *Clim Change*, 2000, **45**: 1 – 4.
- [14] CALLAWAY J M, RINGIUS L, NESS L. *Adaptation Costs: A Framework and Methods* [R]. Roskilde: UNEP Collaborating Centre on Energy and Environment, Riso National Laboratory, 1999.
- [15] SMIT B, WANDEL J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability [J]. *Global Environ Change*, 2006, **16**: 282 – 292.
- [16] 於利, 曹明奎, 李克让. 全球气候变化背景下生态系统的脆弱性评价[J]. 地理科学进展, 2005, **24** (1): 61 – 69.  
YU Li, CAO Mingkui, LI Kerang. An overview of assessment of ecosystem vulnerability to climate change [J]. *Prog Geogr Sci*, 2008, **24** (1): 61 – 69.
- [17] 殷永元, 王桂新. 全球气候变化评估方法及其应用[M]. 北京: 高等教育出版社, 2004.
- [18] YOHE G, TOL R S J. Indicators for social and economic coping capacity-moving toward a working definition of adaptive capacity [J]. *Global Environ Change*, 2002, **12**: 25 – 40.
- [19] BROOKS N, ADGER W N, KELLY P M. The determinants of vulnerability and adaptive capacity at the national level and the implications for adaptation [J]. *Global Environ Change*, 2005, **15**: 151 – 163.
- [20] ELISABETH S, EVAN D G F, METTE T, *et al.* Typologies of crop-drought vulnerability: an empirical analysis of the socio-economic factors that influence the sensitivity and resilience to drought of three major food crops in China (1961 – 2001)[J]. *Environ Sci Policy*, 2009, **12**: 438 – 452.
- [21] 陈迎. 气候变化的经济分析[J]. 世界经济, 2000 (1): 7 – 16.  
CHEN Ying. Economic analysis of the climatic change [J]. *World Econ*, 2000 (1): 7 – 16.
- [22] PARRY M. Scenarios for climate impact and adaptation assessment [J]. *Global Environ Change*, 2002, **12**: 149 – 153.
- [23] MARCO G A H, ISABELLA C J. Socio-economic impact of super typhoon harurot in san mariano, isabela, the Philippines [J]. *World Dev*, 2006, **34** (12): 2116 – 2136
- [24] United Nations Disaster Relief Organization (UNDRO). *Disaster prevention and mitigation: Vol. 7* [M]. New York: Economic Aspects, United Nations, 1979.
- [25] 曹坤芳, 常杰. 突发气象灾害的生态效应: 2008 年中国南方特大冰雪灾害对森林生态系统的破坏[J]. 植物生态学报, 2010, **34** (2): 123 – 124.  
CAO Kunfang, CHANG Jie. The ecological effects of an unusual climatic disaster: the destruction to forest ecosys-

- tems by the extremely heavy glaze and snow storms occurred in early 2008 in southern China [J]. *Chin J Plant Ecol*, 2010, **34** (2): 123 – 124.
- [26] JON N. Adapting to climate change in Pacific island countries: the problem of uncertainty [J]. *World Dev*, 2001, **29** (6): 977 – 993.
- [27] MCGUIGAN C, REYNOLDS R, WIEDMER R. *Poverty and Climate Change: Assessing Impacts in Developing countries and the Initiatives of the International Community* [R]. London: London School of Economics Consultancy Project for the Overseas Development Institute, 2002.
- [28] YOHE G, TOL R S J. Indicators for social and economic coping capacity-moving toward a working definition of adaptive capacity [J]. *Global Environ Change*, 2002, **12**: 25 – 40.
- [29] 冯相昭, 邹骥, 马珊. 极端气候事件对中国农村经济影响的评价[J]. 农业技术经济, 2007 (2): 19 – 25.  
FENG Xiangzhao, ZOU Ji, MA Shan. An assessment of the extreme climatic change on Chinese rural economy [J]. *J Agro Tech Econ*, 2007 (2): 19 – 25.
- [30] 朱建华, 侯振宏, 张小全. 气候变化对中国林业的影响与应对策略[J]. 林业经济, 2009 (11): 78 – 83.  
ZHU Jianhua, HOU Zhenhong, ZHANG Xiaoquan. The impact of climate change on chinese forestry and its adaptation proposals [J]. *For Econ*, 2009 (11): 78 – 83.
- [31] 郭泉水, 刘世荣, 陈力, 等. 适应全球气候变化的中国林业适应对策探讨[J]. 生态学杂志, 1996, **15** (5): 47 – 54.  
GUO Quanshui, LIU Shirong, CHEN Li, et al. Adaptation strategy of forestry to climate change in China [J]. *Chin J Ecol*, 1996, **15** (5): 47 – 54.
- [32] 李克让, 陈育峰. 全球气候变化影响下中国森林的脆弱性分析[J]. 地理学报, 1996, **51** (增刊): 40 – 49.  
LI Kerang, CHEN Yufeng. Analysis of vulnerability of forest in China responded to global climate change [J]. *J Geogr Sci*, 1996, **51**(supp): 40 – 49.
- [33] KLEIN R J T, NICHOLLS R J, MIMURA N. Coastal adaptation to climate change: can the IPCC Technical Guidelines be applied? [J]. *Mit Adapt Strat Global Change*, 1999, **4**: 239 – 252.
- [34] FANKHAUSER S, SMITH J B, TOL R S J. Weathering climate change: some simple rules to guide adaptation decisions [J]. *Ecol Econ*, 1999, **30**: 67 – 78.
- [35] NIANG-DIOP I, BOSCH H. Formulating an adaptation strategy [G]//LIM B, SPANGER-SIEGFRIED E. *Adaptation Policy Frameworks for Climate Change: Developing Strategies, Policies and Measures*. Cambridge: Cambridge University Press, 2004.
- [36] DEL N C, DOROSH P, SMITH L. Public policy, markets and household coping strategies in Bangladesh: avoiding a food security crisis following the 1998 floods [J]. *World Dev*, 2003, **31** (7): 1221 – 1238.
- [37] KLEINEN J. Historical perspectives on typhoons and tropical storms in the natural and socio-economic system of Nam Dinh (Vietnam)[J]. *J Asian Earth Sci*, 2007, **29** (4): 23 – 531.
- [38] KATES R. Cautionary tales: adaptation and the global poor [J]. *Clim Change*, 2000, **45** (1): 5 – 17.
- [39] KATES R W, CLARK W C, CORELL R W, et al. Sustainability science [J]. *Science*, 2001, **292** (27): 641 – 642.
- [40] SMIT B, WANDEL J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability [J]. *Global Environ Change*, 2006, **16**: 282 – 292.
- [41] SMITH J B, RAGLAND S E, PITTS G J. A process for evaluating anticipatory adaptation measures for climate change [J]. *Water, Air Soil Poll*, 1998, **92**: 229 – 238.
- [42] MENDELSON R, NORDHAUS W, SHAW D. The impact of global warming on agriculture: a Ricardian analysis [J]. *Am Econ Rev*, 1994, **84**: 753 – 771.
- [43] VAN KOOTEN C G, BINKLEY C S, DELCOURT G. Effect of carbon taxes and subsidies on optimal forest rotation age and supply of carbon services [J]. *Am J Agric Econ*, 1995, **77**: 365 – 374.
- [44] MURRAY B C. Carbon values, reforestation, and ‘perverse’ incentives under the Kyoto protocol: an empirical analysis [J]. *Mit Adapt Strat Global Change*, 2000, **5**: 271 – 295.
- [45] PABLO B, MCCALLUM I, MICHAEL O, et al. *Global Supply for Carbon Sequestration: Identifying Least-cost Afforestation Sites under Country Risk Considerations* [R]. Laxenburg: International Institute for Applied Systems Analysis, 2004.