

丑洁明, 董文杰, 延晓冬. 2016. 关于气候变化对社会经济系统影响的机理和途径的探讨 [J]. 大气科学, 40 (1): 191–200. Chou Jieming, Dong Wenjie, Yan Xiaodong. 2016. The impact of climate change on the socioeconomic system: A mechanistic analysis [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 40 (1): 191–200, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1507.15131.

关于气候变化对社会经济系统影响的 机理和途径的探讨

丑洁明 董文杰 延晓冬

北京师范大学地表与资源生态国家重点实验室, 北京 100875

摘 要 本文基于考虑气候变化影响与经济系统的特征时空尺度相匹配的观点, 讨论了气候变化对经济系统影响的途径。认为: 气候变化是年代际尺度的气温变化, 直接影响的是冰冻圈、海平面、水资源、陆面状况、生态系统、微生物、人体健康等七个领域; 觉察不到日变化、季节变化、年际变化而呈现出年代际变化的事物才是受全球变暖影响的事物; 由于时间尺度不匹配, 经济系统几乎不会受气候变化的直接影响; 就间接影响而言, 全球变暖导致的极端气候事件加剧和人类为应对与适应气候变化的积极响应, 对经济系统的影响要显著得多。

关键词 气候变化 经济系统 时空尺度 气候变化影响

文章编号 1006-9895(2016)01-0191-10

中图分类号 P467

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1507.15131

The Impact of Climate Change on the Socioeconomic System: A Mechanistic Analysis

CHOU Jieming, DONG Wenjie, and YAN Xiaodong

State Key Laboratory of Earth Surface Processes and Resource Ecology, Beijing Normal University, Beijing 100875

Abstract This research is based on the opinion that the temporal and spatial scales of climate change and those of the impact on the economic system should match. Based on this idea, we discuss how climate change influences the economic system through different temporal and spatial scales. Climate warming has a significant impact on the system in terms of factors operating at inter-decadal scales, such as the cryosphere, sea level rise, water resources, land cover/ecosystems, microbiology and human health, but has almost no effect on the system in terms of factors that have diurnal, seasonal and interannual cycles, such as the economy. The economic system is not directly influenced by climate change because of the mismatch in their temporal scales. However, the indirect impacts of climate change, such as the increasing frequency of extreme events and human adaptation, have a much greater influence on the economic system.

Keywords Climate change, Economic system, Temporal scale, Spatial scale

1 引言

气候变化及其影响是当今世界面临的最大环境问题。探讨气候变化对社会经济系统影响的途径

和机理, 对全面评估气候变化的社会经济影响, 减少影响的负面效应, 以及提高应对与减排的效率、防灾减灾、建立国际合作机制等均具有重要意义。目前国际上关于气候变化对社会经济影响的

收稿日期 2015-02-16; 网络预出版日期 2015-07-07

作者简介 丑洁明, 女, 1965 年出生, 教授, 博士生导师, 主要从事气候变化经济学研究。E-mail: choujm@bnu.edu.cn

资助项目 国家重大科学研究计划 2012CB9557001, 国家自然科学基金项目 41575001

Funded by National Important Project on Science (Grant 2012CB9557001), National Natural Science Foundation of China (Grant 41575001)

研究, 主要包括两部分内容: 一部分是市场损失 (Adams et al., 1988; Mendelsohn, 2003), 另一部分是非市场损失, 如对社会公平、生态服务功能的影响等 (Nordhaus, 2007; Weitzman, 2007; Stern, 2007)。多数研究表明, 气候变化对社会经济的总体影响是负面的, 但气候变化影响范围界定的不同使研究结果存在较大差异 (如对人类生命、生态环境的影响是否纳入考虑), 全球每年 GDP 损失从 0.5% 浮动到 20% (IPCC, 2007; Stern, 2007; 国家复兴开发银行/世界银行, 2010)。在研究方法上可分为两大类: 第一类考虑特定的全球平均气温升高的情景下, 测算气候变化对 GDP 的影响 (Tol, 2002; Mendelsohn, 2003); 第二类方法则基于特定的碳排放情景, 在给定经济发展、技术进步与适应能力的假设下, 测算气候变化的经济影响 (Jorgenson et al., 2004; Stern, 2007)。前者侧重于地球系统模型与经济模型的耦合链接, 后者较多地关注是否将适应措施纳入研究模型。多种经济模型的链接方法研究仍然是热点之一, 但基于“全球—国家—区域”不同尺度的模型链接展开的研究很少。最新的联合国政府间气候变化专门委员会 (IPCC) 第 5 次评估报告使用了 4 类代表性浓度路径 (RCP8.5、RCP6、RCP4.5 和 RCP3-PD) (van Vuuren et al., 2010; IPCC, 2013), 以此为基础构建新的社会经济发展框架继而开展经济影响评估则刚开始起步, 需要进一步的展开。

国内一些学者针对气候变化经济学理论做了归纳, 已有研究成果主要围绕气候变化的外部性、贴现率与代际公平、国际合作与博弈开展 (王军, 2008; 刘昌义和潘家华, 2012), 但多数为对国际文献的总结。一些研究指出气候变化给我国的经济、社会以及可持续发展带来挑战 (叶笃正等, 2007; 秦大河, 2007; 丁仲礼等, 2009; Dong et al., 2014); 我国在应对气候变化、温室气体减排上面临很大的经济成本, 碳减排将对中国经济增长带来较大的负面影响, 低碳经济、绿色发展是中国经济的必由之路, 应着力构建具有中国特色的低碳经济模式 (潘家华等, 2007; 丑洁明等, 2011)。一些研究侧重于具体领域, 如减排政策, 特别是开征碳税政策后的经济影响、中国区域产业结构调整政策措施对区域减排影响 (刘卫东等, 2010)。

从上述研究看, 关于气候变化对社会经济系统影响的机理和途径, 尚未能形成一致认识。我们认为: 气候变化对社会经济的影响, 是气候变化影响

研究中的重要领域和主要环节, 它不仅取决于气候变化本身, 而且取决于社会经济系统的性质。探讨气候变化对社会经济系统的影响, 应该考虑气候变化的时间尺度的长期性特征, 考虑经济系统受气候变化影响的时间尺度和区域范围的不确定性、匹配性和敏感性, 从而揭示气候变化对社会经济影响的机理和途径, 科学测定和预估气候变化影响量, 为更好地应对气候变化问题提供科学支持和政策建议。

2 概念和方法

2.1 气候的影响与气候变化的影响

人类是自然进化的产物。气候是人类赖以生存和发展的地球系统中的重要因素。人类社会的生产生活离不开气候这个自然条件, 但气候不等于气候变化, 气候的影响也不等于气候变化的影响。

气候对人类社会的影响自古有之, 而气候变化带来的影响却是近代工业革命后才产生的。《联合国气候变化框架公约》指出, 气候变化 (climate change) 是指“除在类似时期内所观测的气候的自然变异之外, 由于直接或间接的人类活动改变了地球大气的组成而造成的变化” (UNFCCC, 1992)

(<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convchin.pdf> [2015-02-16])。联合国政府间气候变化专门委员会 (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) 是世界气象组织 (WMO) 及联合国环境规划署 (UNEP) 于 1988 年联合建立的政府间机构。IPCC 评估报告中的气候变化是指在全球范围内, 气候平均状态在统计学意义上的巨大改变或者持续较长一段时间 (典型的为 10 年或更长) 的气候变动。观测发现, 1880~2012 年全球平均温度上升了 0.85 [0.65 至 1.06] 摄氏度, 而人类活动极有可能是引发 150 年以来全球变暖的主要因素 (IPCC, 2013)。气候变化概念的指向都是由于人类活动排放了过量的温室气体、气溶胶等, 导致大气中温室气体浓度过高, 从而在全球平均气温基础上产生了以增温为主要特征的全球范围的气候变化现象。

气候的影响是全面的、巨大的, 但它作为人类孕育和发展的自然资源, 早已为人类所适应, 也无所谓正负; 而气候变化可能带来的全方位、多尺度和多层次的影响, 既包括正面影响, 也包括负面效应, 其负面作用甚至可能会危及人类未来的生存与

发展。气候变化会程度不同地影响到全球各地区社会经济的方方面面，如主要农作物及畜牧业的生产、主要江河流域的水资源供给、沿海经济开发区的发展、人类居住环境与人类健康以及能源需求等。预测表明，未来 50 年到 100 年，全球平均以及中国区域气候还将持续变暖。气候变暖将会给自然生态系统、社会经济系统、世界格局和国家安全带来严重影响，必须及早做出全球反应以应对气候变化。

2.2 经济系统的特征时空尺度因系统层次不同而不同

人类社会的经济系统，可以形象化地表示为：经济系统=【经济元】，【经济元之间的经济关系】（胥廷全，2003）。这里经济元是指具有一定功能的所有系统水平上的经济实体，当一个经济实体作为经济元去组成一个经济系统时，人们把它当作一个黑箱来看待，不考虑它的内部结构，只考虑它的功能，即它与外界的关系。根据组织水平的不同可以把经济系统划分为家庭经济系统、企业经济系统、区域经济系统、国家经济系统和全球经济系统五个层次，全球经济系统是经济系统的最大一级组合。一般来说高层次的经济系统是以低层次的经济系统为其载体的。高层次经济系统的功能通过低层次的经济系统来体现，低层次经济系统是高层次经济系统的子系统或经济元。

任何事物都有自己的时空形式。史蒂芬霍金（2004）指出：“一个事件是发生于特定时刻和空间中特定一点的某种东西。空间和时间不仅去影响，而且被发生在宇宙中的每一件事所影响”。我们认为，经济系统的特征时空尺度是经济系统本身固有的属性，它是由经济系统的层次和类型所决定的。经济系统发生“本质变化”的最短时间跨度是其特征时间尺度，发生“本质变化”的最短空间距离是其特征空间尺度，二者合称为经济系统的特征时空尺度。

根据经济系统的层次性特征，每一个层次的经济系统都有自己的特征时空尺度。经济系统只有在大于或等于其特征时空尺度的量级上才能发生真正意义上的变化。关于经济系统的特征时空的测度还有待于进一步研究，但一般来讲，高层次经济系统的特征时空尺度大于低层次经济系统的特征时空尺度，宏观经济系统的特征时空尺度大于微观经济系统的特征时空尺度。外部因素对经济系统的影

响，只有在与其特征时空尺度相匹配时，才能发生直接作用。

2.3 由“气候变化影响量”到时空尺度匹配问题

准确地把握气候变化对社会经济的影响，需要找到这种影响的机理、途径，并全方位、多层次、多尺度地计算出各种各样的气候变化影响量。

在研究气候变化对经济系统的影响时，人们所选择的时间区段和空间范围，一般都是根据自己的研究兴趣、研究需要和可能条件等诸多因素共同决定的。每个经济系统的本征时空决定了人们研究它所需要的资料系列的最短长度的研究周期以及所涉及的空间范围，只有符合这种时空尺度，才能真正揭示气候变化对经济系统影响的实际情况和规律，使研究工作具有科学意义。例如，试图用几天、几年的时间区段，或者一个城市、一个地区的资料系列，来研究全球变暖对经济系统的影响，就误用了全球变暖的时空尺度，难以得出有价值的结论。又如，用全球变暖的时间尺度（几十年甚至上百年的气候指标及变化趋势）来揭示某个微观经济系统所受影响的程度和规律，则不符合这个经济系统本身所具有的特征时间尺度和特征空间尺度，也很难得到理想的结果。

丑洁明等在研究气候变化对中国粮食产量影响的经济评价时提出了“气候变化产量”的概念（丑洁明和叶笃正，2006；Chou et al., 2007, 2010），以区别于“气象产量”；并进一步提出“气候变化影响量”（Chou et al., 2011），用于表征年代际时间尺度的影响量，以区别于年际时间尺度的影响，从而构建了定量评估气候变化影响经济产出的方法。在研究中还发现，就粮食生产这个独立的经济系统来说，气候因子的年际变化影响远大于其年代际变化的影响，而研究粮食生产的气候变化影响量需要与以年代际计量的气候变化时间尺度相匹配才有可能得出比较合理的结论。由此引伸出一个认识，这种气候变化经济影响的研究必须考虑气候变化与经济系统的特征时空尺度相匹配问题。

在这种认识的基础上，笔者从直接影响和间接影响两个层次上讨论气候变化对经济系统影响的途径，发现：全球变暖直接表现为地表温度的变化，它对经济系统的影响十分微弱；气候变化导致的间接影响，即极端气候事件加剧和人类为应对与适应气候变化的积极响应，对经济系统的影响则要显著得多。

3 影响途径一：导致地表温度升高对社会经济系统的影响

全球变暖的直接表现是地表温度的升高，它直接作用于地圈生物圈，而对于社会经济系统的影响并不显著。

3.1 气温的变化存在着不同时间尺度变率

气温本身的变化具有很强的时间尺度特征。地表的温度变化是多频的：有地球自转形成的日变化、由地球绕太阳公转形成的年变化（季节变化）和由海洋活动层与大气相互作用形成的年际变化。

通过对选取的中国不同地区五个城市（北京、哈尔滨、南京、广州和昆明）温度资料（数据来源于国家气候中心数据库）统计分析，可以看到：五个城市的年平均温度变化幅度很小，1980~2010 年的 30 年平均温度变化非常小（上图）；多年每日平均（1980~2010 年）温度变化则明显表现出冬冷夏热的变化幅度（中图）；而某日的日温度变化（2014 年 11 月 4 日）则呈现出早晚温度低而午后温度较高的变化幅度（下图）。这表明：日变化、季节变化波动幅度大，年际变化相对平稳，年代际变化以变暖为主，显示出气温变化的多时间尺度特征。

气候变化问题与气温的长时间尺度（十年甚至上百年）密切相关。对气候这种多时间尺度的变化正确提法应该是：在某种时间尺度上讲气候正在变暖（或变冷）（刘太中等，1995）。这里的前提是什么时间尺度。例如，从百年尺度看，1920 年以来，气候确实变暖了；但从十年尺度看，1920 年以后的 1954 年到 1976 年是相对冷的时期。全球变暖指的是全球平均温度年代际时间尺度的上升，CO₂ 的温室效应形成的变率是数十年乃至百年时间尺度的，其变幅远小于日变化和年变化。

3.2 同一时间尺度的气温变率对不同事物影响程度不同

不同事物受温度变化的影响是不同的，对不同时间尺度的变化感受不同。在地壳表层即外热层，由于太阳辐射热的影响，其温度常有昼夜变化、季节变化和多年周期变化。外热层受地表温差变化的影响由地面向下逐渐减弱，在其下界处，温度常年保持不变，等于或略高于年平均气温。在这个常温层以下，由于受地球内部热源的影响，温度开始随深度逐渐增高。图 2 以南京站为例（数据来源于国家气候中心数据库），显示了地壳表层在不同时间

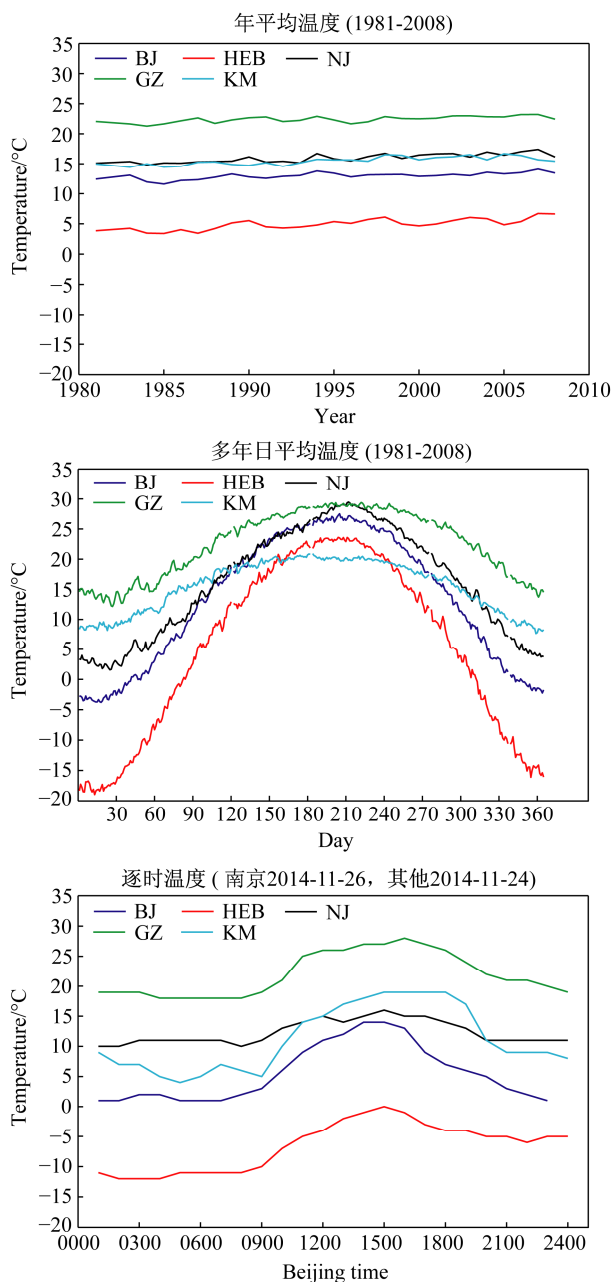


图 1 五城市（北京、哈尔滨、南京、广州、昆明）28 年（1981~2008）的年平均、日平均和逐时平均温度（单位：°C，南京逐时选取 2014 年 11 月 26 日；其他城市选时为 2014 年 11 月 24 日）

Fig. 1 Annual, daily, and hourly average temperatures (units: °C) in five cities (Beijing, Harbin, Nanjing, Guangzhou, and Kunming). The date for hourly averages in Nanjing is 26 November 2014, and for the other cities, it is 24 November 2014

（四季中各取一天）和不同深度的温度。可以看出，地壳表层不同的深度，对全年不同时期的大气温度感应变化是不同的，地表温度敏感性最高，到一定深度，不管冬天还是夏天，地下温度都不太随气温变动而变动。

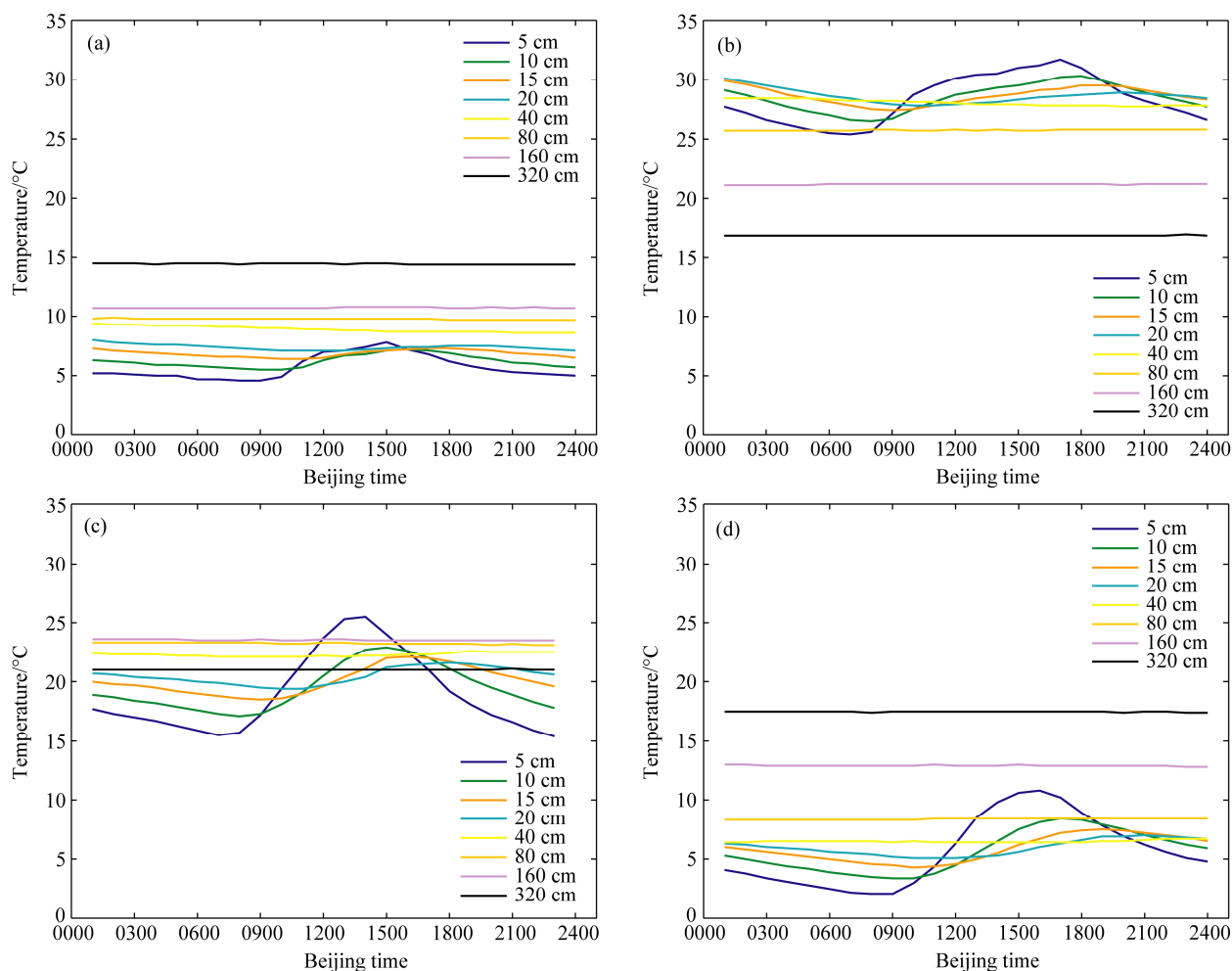


图2 南京站点地壳表层温度 (单位: $^{\circ}\text{C}$): (a) 春 (2010 年 3 月 2 日); (b) 夏 (2010 年 7 月 8 日); (c) 秋 (2010 年 10 月 3 日); (d) 冬 (2010 年 1 月 3 日)

Fig. 2 Earth Crust temperature (units: $^{\circ}\text{C}$) at Nanjing station: (a) Spring (2 Mar 2010); (b) summer (8 Jul 2010); (c) autumn (3 Oct 2010); (d) winter (3 Jan 2010)

气候变化与它所影响的事物的性质密切相关,不是所有的事物都受到气候变暖的直接影响。从现有全球变化研究成果看,受到全球变暖引起地表升温的直接影响的事物主要在地圈和生物圈,如:冰冻圈、海平面、水资源、陆面状况、生态系统、微生物(病菌)和人体健康。在国家气候委员会、中国气象局编辑出版的《气候变化动态》(截至 2015 年 1 月已经出刊 360 期)的“影响评估”专栏里,归纳出现的所有气候变化影响的事物均属于这七项以内。

3.3 受气候变化影响的事物对应的是年代际的事物

为了测量不同事物对不同时间尺度的气温变化的敏感性,从而确定划分出什么时间尺度的气温变化对其有影响,我们提出一个概念“温敏度”,

表示对气温变率的时间尺度的敏感时间尺度。进一步引申,某一事物如果对日气温变化敏感,我们称该事物的温敏度为“日敏度”;以此类推,对季节(年)气温变化敏感的事物有“年敏度”,对年际变化敏感的事物有“年际敏度”,对年代际气温变化敏感的事物有“年代际敏度”。

结合已有研究,我们认为:由于气温的年际变率大于年代际变率,具有年敏度的事物实际上对年代际的温度变率不敏感,亦即全球变暖对其直接影响不大。或者说,对于年际变化大的事物,全球变暖的影响居于次要地位。进一步推论,恰巧是几乎察觉不到日变化、季节变化、年际变化而呈现出年代际变化的东西才是全球变暖影响的事物。也就是说,温敏度为“日敏度”和“年敏度”的事物,不

会受全球变暖的直接影响,受气候变化影响的事物其温敏度对应的是年代际的事物,温敏度为年代际时间尺度的事物才会受全球变暖的直接影响。

地球上的大多事物是对气温的日变化和季变化以及年变化敏感的事物,而对于年代际的气温变化并不敏感。前述七项事物,即冰冻圈、海平面、水资源、陆面状况、生态系统、微生物和人体健康,它们的共同特征是难以觉察到日变化、季节变化、年际变化,而是呈现出年代际变化。具有年代际敏度,是受到全球变暖的直接影响的事物。

3.4 社会经济系统的特征时间尺度远小于气候变化的年代际尺度

气候变化对社会经济的影响,是全球变暖直接影响冰冻圈、海平面、水资源、陆面状况、生态系统、微生物、人体健康七项事物,然后通过对这七项事物的影响间接地影响到各经济系统的。从对生物圈的影响来说,诸如全球气候变暖、大气成份变化、土地覆盖变化等,10年到100年的时间尺度尤为重要。但气候变化的漫长的时间尺度,对于日新月异的现代人类社会经济系统的直接影响和影响的敏感度几乎是没有任何意义的。

各层次经济系统受气候变化影响的时间尺度大于等于其特征尺度时间范围才有意义。现实的各个层次经济系统的特征时间尺度基本都小于或等于年际温敏度变率,因此不太会受到全球变暖的直接影响。如企业经营、行业运行、区域经济发展等,从气温变化影响的角度来看,它们主要受气温日变化、季节变化或年际变化的影响,一般不受全球变暖时间尺度上的温度变化的影响。我国借鉴原苏联模式,每五年制定一个五年计划,同时还制定十年发展规划。不难看出这两种时间尺度的应用范围,五年适用于特征尺度小于5年的经济系统活动,十年规划适用于特征尺度小于10年的经济系统活动,从当今全球范围看这已经属于比较长时间尺度的经济规划,但仍与年代际的全球变暖时间尺度不匹配。全球经济系统的时间尺度应该更长一些,可它需要世界各国步调一致,按照全球经济一体化和多样化的要求,实现无冲突和可持续发展,目前看形成全球经济发展规划的时间还遥遥无期。

因此,可以断言,由于经济系统周期变化的时间尺度和全球变暖表现的时间尺度不匹配,全球变化对社会经济系统的直接影响非常小,温敏度几乎不敏感,社会经济系统几乎不受全球变化的直接影

响。

4 影响途径二:导致极端天气气候事件加剧对社会经济系统的影响

全球变暖导致极端天气气候事件增多增强,相对于温度升高的平均态,极端事件经常会对经济、社会和自然生态系统等造成更大影响(高学杰,2007),其对社会经济系统的负面效应可能更为明显。

4.1 由极端事件引起的气象灾害对社会经济造成的负面效应增加

在全球变暖的大背景下,极端天气气候事件的变化引起了国内外学者的广泛关注。现有的研究指出,与全球变暖关系密切的一些极端事件,如厄尔尼诺、干旱、洪水、热浪、雪崩和风暴、沙尘暴、森林火灾等,其发生频率和强度已经增加(Easterling et al., 2000),极端事件灾害破坏了发展所需的资源,给个人、企业、政府带来沉重负担。IPCC发布的《管理极端事件和灾害风险推进气候变化适应特别报告》指出,由极端气候事件导致的经济损失总体将呈逐渐增加趋势,未来极端事件将对与气候有密切相关的行业如水利、农业、林业、健康和旅游业等有更大影响(IPCC, 2012)。

20世纪中叶以来,我国各类极端事件均呈现出不同的时空演变特征(翟盘茂和刘静,2012)。虽然不是所有极端事件都增加了,但在我国长江流域强降水频率趋于增加,而华北和东北地区干旱范围趋于扩大,近10年来,西南干旱又频繁发生。据统计,从1949年以来极端事件引起的气象灾害的损失趋于增加,20世纪90年代中期开始每年的损失接近或超过了2000万亿元,其中1998年受到长江和嫩江流域持续强降水等极端事件的影响,全国气象灾害损失有3000万亿元,2008年我国南方地区持续的低温雨雪冰冻事件造成的损失也超过了3000万亿元,2010年受到舟曲突发强降水影响引起的泥石流滑坡事件等造成的损失达到5000万亿元(翟盘茂和刘静,2012)。预计未来100年中国境内的极端天气与气候事件发生的频率可能性增大,将对经济社会发展和人们的生活产生很大影响(IPCC, 2013)。

4.2 对极端事件加强防范和应对措施有利于改善经济系统减少损失

《管理极端事件和灾害风险推进气候变化适

应特别报告》认为，极端事件影响的严重性不仅取决于极端事件本身，还取决于承载体的暴露度和脆弱性，两者是灾害风险的主要决定因素。因此，管理灾害风险和适应气候变化主要是减少暴露度和脆弱性，并提高对各种潜在极端气候不利影响的应变能力（IPCC, 2012）。

人类社会系统对气候变化的敏感性和脆弱性，随其地理位置、时间、社会经济发展水平和环境条件而变化（史培军等, 2009）。经济越发展，同样的极端天气气候事件造成的经济损失越大。经济越发展，科技也就越发展，防灾抗灾能力增强，灾害损失占国民经济的比重也就会变小，特别是人员伤亡会大大减少。我们研究得到长江三角洲地区近 60 年旱涝变化趋势及以 1980 年为分界点，并对 60 年旱涝经济损失进行评估，发现：改革开放后，旱涝灾害对长三角地区造成的经济损失持续攀升；贴现后的直接经济损失值先升后降，曲线在 1990 年代达到极大值然后迅速回落。说明：改革开放后，长三角地区经济的飞速发展增加了承灾体脆弱性，使得灾害造成的直接经济损失增强，而防灾减灾举措的积极成效由 1990 年代起得以体现（张轶鸥, 2014）。

5 影响途径三：气候变化引起人类响应对社会经济系统的影响

全球变暖引起国际社会的积极响应，应对与适应气候变化、减缓 CO₂ 排放的各种措施直接作用于社会经济系统，影响十分显著。

5.1 气候变化给经济发展带来巨大的压力

气候变暖需要很大的适应代价，将使发展面临越来越严峻的挑战。能源，特别是化石能源的生产、消耗及由此引发的污染物排放，涉及经济系统中的各个环节。大气中日益增多的 CO₂ 主要源自人类在工业、交通和建筑三个领域的能源消费。2013 年发布的“全球碳计划”数据显示，2003~2012 年由人类活动导致的年均碳排放中，90%源自化石燃料的消耗和水泥的生产，10%源自土地利用的变化。在《斯特恩回顾：气候变化经济学》中曾给出过可怕结论，即若现在不采取行动，气候变化将使全球经济 GDP 大量蒸发，新的研究深化了这种科学认知（Stern, 2007）。

能源需求与宏观经济的最终使用（即消费、投资和出口）密切相关，同时也与耗能的相关技术、

管理水平和生活习惯存在一定程度的关联。对未来减排潜力的估算大都从产业结构、工业技术、能源结构、建筑、交通、生活方式及生态系统 7 个方面进行阐述。在这些领域的投资增加，成本加大，节能减排，防灾减灾，乃至于能源革命，将对社会经济系统的运转和改善产生巨大的影响。

5.2 气候变化给经济发展带来新的发展机遇

气候变化将引领全球经济向低碳经济转变，而向低碳经济转变的过程将带来新的财源，并将开辟新的市场。由于全球气候变化主要是由人为大量排放温室气体引起的，解决气候变化问题的根本措施自然就是减少人为的温室气体排放，或增加碳吸收、碳埋存。在过去的近 20 多年里，国际社会持续开展了积极行动，包括由联合国组织谈判制定气候变化框架公约、区域间政府组织制定温室气体减排的国际政策、民间组织合作研究等，如《京都议定书》的生效、欧洲温室气体排放贸易体系的建立、中美气候变化联合声明，都为开展碳交易、减排技术合作不断开辟着道路。

气候变化政策有助于克服外部性，根除低效率。从企业的角度看，实施气候变化政策会使得人们开始注意节约资金机会；而从国民经济角度看，气候变化政策是一种宏观调控工具，可以改革低效的能源体制，取消产生扭曲作用的能源补贴。气候变化政策还有助于减少由空气污染导致的疾病和死亡，保护森林，从而保护生物多样性，从而也有利于减少温室气体排放的总经济成本。我国将利用财政、金融、税收等手段进行调控，并对碳交易进行试点。这既反映了我国积极应对气候变化愿意承担责任的决心和勇气，也说明推进二氧化碳减排工作的脚踏实地和积极作为。

6 结论和讨论

综上所述，初步结论是：准确地把握气候变化对社会经济系统的影响，必须考虑气候变化与经济系统的特征时空尺度相匹配的问题。经济系统更多地受到气候因子年际变化的影响，而对于其“气候变化影响量”的研究需要与年代际的气候变化时间尺度相匹配才有可能得出比较合理的结论。在此基础上，从直接影响和间接影响两个层次上讨论气候变化对经济系统影响的途径，发现：全球变暖的直接表现是地表温度的变化，地表温度变化一般表现为日变化、季节变化、年际变化；气候变化是年

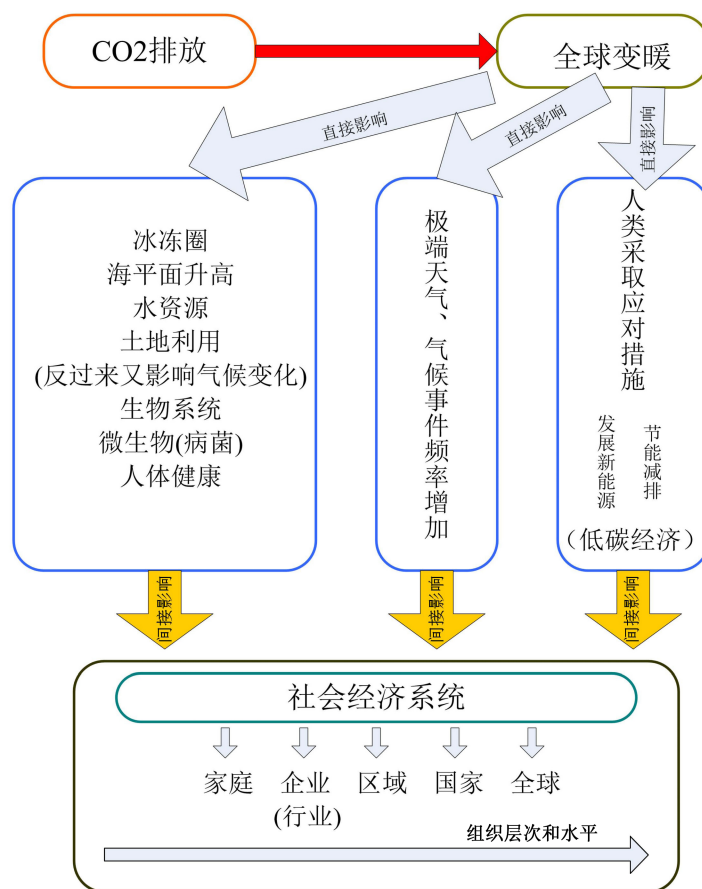
人类活动(CO₂排放)影响社会经济系统的途径

图3 气候变化影响经济系统途径示意图

Fig. 3 Flow chart showing the effects of climate change on the economy

代际尺度的气温变化，直接影响的是冰冻圈、海平面、水资源、陆面状况、生态系统、微生物、人体健康等七个领域；几乎觉察不到日变化、季节变化、年际变化而呈现出年代际变化的事物才是受全球变暖影响的事物；由于时间尺度不匹配，气候变化对经济系统的直接影响微乎其微；就间接影响而言，气候变化导致的极端天气气候事件加剧和人类为应对与适应气候变化的积极响应，对经济系统的影响则要显著得多（图3）。

需要进一步讨论的是：

（1）全球变暖对现存的人类社会经济系统基本没有直接影响，或者说直接影响不敏感，远远不能与经济运行规律和经济政策作用相比较，但这个问题在气候变化谈判中却十分突出。如何全面而准确地揭示这种影响，比如考虑到对地区、行业、产业的巨大差别甚至相反的影响，找到全球平均或者全

球总体的结果，为政治博弈和全球治理提供科学支撑就显得无奈而急迫。

（2）气候变暖导致的极端天气气候事件加剧影响到经济系统，但要甄别出哪些极端事件是气候变暖导致的，气候变暖如何改变了极端事件的频度和强度，这种改变又如何影响到不同层次的经济系统，还需要深入的研究工作。

（3）积极应对气候变化的行动和政策对经济系统的影响直接而显著，但经济活动首先受到经济规律的支配，无论是人类的共同行动，还是各国政府的经济社会政策，首先考虑的都是经济活动本身。如何充分利用应对气候变化与经济发展的一致性，如华北雾霾治理与我国能源结构调整的一致，就成为一个重要的方向。

（4）研究经济系统受气候变化的影响，投入和产出都应定量析出。关键前提是确定这种影响的机

理和途径，即气候变化时间尺度与经济系统特征时空尺度的匹配问题。

叶笃正先生早就提出研究气候变化问题应将社会科学和自然科学结合起来，提出了“有序人类活动”的思想（叶笃正等，2001；叶笃正和董文杰，2010），由此开创了一系列研究工作，孕育了许多有价值的政策建议。笔者都曾在中国科学院全球变化东亚区域研究中心工作学习，得到叶笃正先生教诲。先生博大精深，学笃风正，永远激励着我们奋然前行。谨以此文表达对先生的崇高敬意和深切怀念！

参考文献 (References)

- Adams R M, McCarl B A, Dudek D J, et al. 1988. Implications of global climate change for western agriculture [J]. *Western Journal of Agricultural Economics*, 13 (2): 348–356.
- 丑洁明, 叶笃正. 2006. 构建一个经济——气候新模型评价气候变化对粮食产量的影响 [J]. *气候与环境研究*, 11 (3): 347–353. Chou Jieming, Ye Duzheng. 2006. Assessing the effect of climate changes on grains yields with a new economy-climate model [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 11 (3): 347–352.
- 丑洁明, 封国林, 董文杰. 2011. 构建中国应对气候变化的低碳经济发展模式 [J]. *气候变化研究进展*, 7 (1): 48–53. Chou Jieming, Feng Guolin, Dong Wenjie. 2011. Construction of China's low-carbon economic development model in response to climate changes [J]. *Advances in Climate Change Research (in Chinese)*, 7 (1): 48–53.
- Chou J M, Dong W J, Feng G L. 2010. Application of an economy-climate model to assess the impact of climate change [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 27 (4): 957–965.
- Chou J M, Dong W J, Feng G L. 2011. The methodology of quantitative assess economic output of climate change [J]. *Chinese Science Bulletin*, 56 (13): 1333–1335.
- Chou J M, Dong W J, Ye D Z. 2007. Construction of a novel economy-climate model [J]. *Chinese Science Bulletin*, 52 (7): 1006–1008.
- 丁仲礼, 傅伯杰, 韩兴国, 等. 2009. 中国科学院“应对气候变化国际谈判的关键科学问题”项目群简介 [J]. *中国科学院院刊*, 24 (1): 8–17. Ding Zhongli, Fu Bojie, Han Xingguo, et al. 2009. Brief introduction to a cluster of projects of “research in key issues of international negotiation with regard to coping with climate change” by CAS [J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Sciences (in Chinese)*, 24 (1): 8–17.
- Dong W J, Yuan W P, Liu S G, et al. 2014. China–Russia gas deal for a cleaner China [J]. *Nature Climate Change*, 4 (11): 940–942.
- Easterling D R, Meehl G A, Parmesan C, et al. 2000. Climate extremes: Observations, modeling, and impacts [J]. *Science*, 289 (5487): 2068–2074.
- 高学杰. 2007. 中国地区极端事件预估研究 [J]. *气候变化研究进展*, 3 (3): 162–166. Gao Xuejie. 2007. Researches in projection of extreme events in China [J]. *Advances in Climate Change Research (in Chinese)*, 3 (3): 162–166.
- 国家复兴开发银行/世界银行. 2010. 2010 年世界发展报告: 发展与气候变化 [R]. 北京: 清华大学出版社, 387pp. WDK/WB. 2010. *World Development Report 2010: Development and Climate Change* [M]. Beijing: Tsinghua University Press, 387pp.
- IPCC. 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M]. Core Writing Team, Pachauri R K, Reisinger A, et al., Eds. Geneva, Switzerland: IPCC, 104pp.
- IPCC. 2012. *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M]. Field C B, Barros V, Stocker T F, et al., Eds. Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 582pp.
- IPCC. 2013. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M]. Stocker T F, Qin D, Plattner G-K, et al., Eds. Cambridge, United Kingdom and New York, USA: Cambridge University Press, 1535 pp.
- Jorgenson D W, Goettle R J, Hurd B H, et al. 2004. US market consequences of global climate change [R]. *Pew Center on Global Climate Change*, 1–14.
- 刘昌义, 潘家华. 2012. 气候变化的不确定性及其经济影响与政策含义 [J]. *中国人口·资源与环境*, 22 (11): 13–18. Liu Changyi, Pan Jiahua. 2012. Climate change uncertainties, the economic impact and policy implications [J]. *China Population Resources and Environment (in Chinese)*, 22 (11): 13–18.
- 刘太中, 荣平平, 刘式达, 等. 1995. 气候突变的子波分析 [J]. *地球物理学报*, 38 (2): 158–162. Liu Taizhong, Rong Pingping, Liu Shida, et al. 1995. Wavelet analysis of climate jump [J]. *Acta Geophysica Sinica (in Chinese)*, 38 (2): 158–162.
- 刘卫东, 张雷, 王礼茂, 等. 2010. 我国低碳经济发展框架初步研究 [J]. *地理研究*, 29 (5): 778–788. Liu Weidong, Zhang Lei, Wang Limao, et al. 2010. A sketch map of low-carbon economic development in China [J]. *Geographical Research (in Chinese)*, 29 (5): 778–788.
- Mendelsohn R. 2003. Assessing the market damages from climate change [M]// Griffin J, Ed. *Global Climate Change: The Science, Economics and Politics*. UK: Edward Elgar Publishing, 92–113.
- Nordhaus W D. 2007. A review of the stern review on the economics of climate change [J]. *Journal of Economic Literature*, 45 (3): 686–702.
- 潘家华, 孙翠华, 邹骥, 等. 2007. 减缓气候变化的最新科学认知 [J]. *气候变化研究进展*, 3 (4): 187–194. Pan Jiahua, Sun Cuihua, Zou Ji, et al. 2007. Updated scientific understanding of climate change mitigation [J]. *Advances in Climate Change Research (in Chinese)*, 3 (4): 187–193.
- 秦大河. 2007. 气候变化对我国经济、社会 and 可持续发展的挑战 [J]. *外交评论*, (4): 6–14. Qin Dahe. 2007. The changes of climate bring challenges to economy, society and sustainable development of our country [J]. *Foreign Affairs Review (in Chinese)*, (4): 6–14.
- 史蒂芬·霍金. 2004. 时间简史 [M]. 许明贤, 吴忠超, 译. 长沙: 湖南科学技术出版社, 34–44. Hawking S. 2004. *A Brief History of Time: The Big Bang to Black Holes (in Chinese)* [M]. Xu Mingxian, Wu Zhongchao, Eds. Changsha: Hunan Science and Technology Press, 34–44.

- 史培军, 李宁, 叶谦, 等. 2009. 全球环境变化与综合灾害风险防范研究 [J]. 地球科学进展, 24 (4): 428–435. Shi Peijun, Li Ning, Ye Qian, et al. 2009. Research on global environmental change and integrated disaster risk governance [J]. Advances in Earth Science (in Chinese), 24 (4): 428–435.
- Stern N. 2007. The Economics of Climate Change: The Stern Review [M]. Norwich: Cambridge University Press, 692pp.
- Tol R S J. 2002. Estimates of the damage costs of climate change, Part II. Dynamic estimates [J]. Environmental & Resource Economics, 21 (2): 135–160.
- 联合国气候变化框架公约秘书处. 1992 [2015-02-16]. 联合国气候变化框架公约[EB/OL]. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convchin.pdf>.
- UNFCCC. 1992 [2015-02-16]. The United Nations framework convention on climate change [EB/OL]. <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/convchin.pdf>.
- van Vuuren D P, Smith S J, Riahi K. 2010. Downscaling socioeconomic and emissions scenarios for global environmental change research: A review [J]. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change, 1 (3): 393–404.
- 王军. 2008. 气候变化经济学的文献综述 [J]. 世界经济, 31 (8): 85–96. Wang Jun. 2008. The economics of climate change: A literature review [J]. The Journal of World Economy (in Chinese), 31 (8): 85–96.
- Weitzman M L. 2007. A review of the stern review on the economics of climate change [J]. Journal of Economic Literature, 45 (3): 703–724.
- 叶笃正, 董文杰. 2010. 联合国应如何组织人类开展有序应对气候变化问题的科学研究?——我们的思考和建议 [J]. 气候变化研究进展, 6 (5): 381–382. Ye Duzheng, Dong Wenjie. 2010. Coordinated research on orderly human activity to cope with global climate change—Our thoughts and recommendations [J]. Advances in Climate Change Research (in Chinese), 6 (5): 381–382.
- 叶笃正, 严中伟, 黄刚. 2007. 我们应该如何应对气候变化 [J]. 中国科学院院刊, 22 (4): 327–329. Ye Duzheng, Yan Zhongwei, Huang Gang. 2007. How should we cope with global change [J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences (in Chinese), 22 (4): 327–329.
- 叶笃正, 符淙斌, 季劲钧, 等. 2001. 有序人类活动与生存环境 [J]. 地球科学进展, 16 (4): 453–460. Ye Duzheng, Fu Congbin, Ji Jinyun, et al. 2001. Orderly human activities and subsistence environment [J]. Advance in Earth Sciences (in Chinese), 16 (4): 453–460.
- 咎廷全. 2003. 系统经济学进展(第一卷) [M]. 郑州: 郑州大学出版社, 228pp. Zan Tingquan. 2003. Systems Economics Letter (Vol.1) (in Chinese) [M]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 228pp.
- 翟盘茂, 刘静. 2012. 气候变暖背景下的极端天气气候事件与防灾减灾 [J]. 中国工程科学, 14 (9): 55–63, 84. Zhai Panmao, Liu Jing. 2012. Extreme weather/climate events and disaster prevention and mitigation under global warming background [J]. Engineering Science (in Chinese), 14 (9): 55–63, 84.
- 张轶鸥. 2014. 近 60 年长三角地区旱涝变化趋势及其损失评估 [D]. 北京师范大学硕士学位论文, 82pp. Zhang Yiou. 2014. Varying trends of drought–flood and evaluation on cause loss [D]. M. S. thesis (in Chinese), Beijing Normal University, 82pp.