

文章编号: 1673-1719 (2006) 02-0068-03



全球气候变化预估最新研究进展

Latest Advances in Global Climate Projections

赵宗慈

(中国气象局 国家气候中心, 北京 100081)

摘要: 总结了近5 a来对全球气候变化预估的研究进展, 着重分析和介绍近几年全球气候变化预估研究的特点, 热点和难点。

关键词: 全球; 气候变化; 预估; 进展

中图分类号: P467 **文献标识码:** A

引言

全球气候变化预估是当前气候变化研究的热点和核心问题之一, 在2005年召开的“气候模式模拟分析研讨会”(CMSAW 2005)和“国际气象与大气科学协会年会”(IAMAS 2005)上有许多新的成果。之所以成为热点, 是因为它不仅涉及到科学家和公众关心的未来十年、百年到千年时间尺度的气候变化的可能情景, 特别是与人类生活密切相关的极端气候事件未来的可能变化趋势, 而且它还涉及到各国政府间关于全球气候变化的协商、公约谈判、减排以及军事和安全等诸多方面。

1 全球气候变化预估的主要特点

从近5 a来全球气候变化预估研究进展来看, 主要有以下3个特点。

1.1 众多的全球气候预估模式的参与和更多的排放情景设计之间的对比

近年共有23个复杂的全球气候系统模式参加了全球气候变化预估对比(见网址: <http://www.pcmdi.llnl.gov/>), 其中美国7个(CCSM3、GFDL20、GFDL21、GISSA、GISSH、GISSR、PCM), 日本3个(MIROC3t、MIROC3m、MRI3), 英国

收稿日期: 2006-02-23; 修订日期: 2006-03-07

基金项目: 中国气象局IPCC主要作者项目; 气候变化研究专项资助

作者简介: 赵宗慈(1940-), 女, 研究员, 主要从事全球及区域气候变化研究. E-mail: zhaozc@cma.gov.cn

(HADL3、HADGE1)、法国 (CNRM3、PSL4)、加拿大 (CGCMT47、CGCMT63) 和中国 (BCC-CM1、FGOALS1) 各有 2 个, 德国 (ECHM5)、德国/韩国 (ECHO5)、澳大利亚 (CSIRO3)、挪威 (BCCR)、俄国 (INM3) 各有 1 个, 参加国家之广, 模式之多都远远超过了前几次全球模式对比计划。而且为了对极端天气气候事件进行预估, 有些复杂的全球气候系统模式的全球大气环流模式分辨率已经高达 $20 \text{ km} \times 20 \text{ km}$ 。

复杂模式对比预估包括了 9 种情景, 既有常规的如二氧化碳加倍情景 (12 个模式) 和温室气体每年增加 1% 情景 (12 个模式), 也有 IPCC 2000 年给出的 3 种 SRES 情景, 即 A2 (高排放) (18 个模式)、A1B (中等排放) (21 个模式)、B1 (低排放) (20 个模式) 情景, 还有考虑温室气体每年增加 1% 达到两倍 (大约 150~250 a) (21 个模式) 和达到 4 倍 (大约 350~450 a) (16 个模式) 的情景, 更有直接为公约谈判需要的气候变化“授予” (climate change commitment) 情景, 包括温室气体按照实际排放到 2000 年不再增加, 继续维持 2000 年的排放值, 到 2100 年的未来将近百年的继续增暖量 (16 个模式) 以及按照 SRES A1B 和 B1 情景到 2100 年不再增加, 继续维持 2100 年的排放值, 到 2300 年的未来 200 a 的继续增暖量 (16 个模式) 等。评估研究中不但给出各个模式的预估结果, 还给出多个模式对这 9 种排放情景模拟之间的对比和集合结果, 因此增加了预估的可信度。

近年来, 还有十余个中等复杂程度的地球气候系统模式考虑上述排放情景的预估结果进行对比。除上述排放方案外, 还给出利用这类模式计算的按照 SRES A1B 和 B1 情景到 2100 年不再增加, 继续维持 2100 年的排放值, 到 3000 年的未来将近千年的继续增暖量。

1.2 对气候圈层的更多变量在不同时间尺度的预估

近年来, 全球变化预估除了给出多模式多情景常规的温度、降水、海平面气压场、大气环流场、海面高度和冰雪变化的预估外, 云和日内变化也给出

预估。此外, 还给出一些重要现象, 如北极涛动, 南极涛动, 北大西洋涛动, 经向翻转环流 (meridional overturning circulation)、季风、ENSO 以及一些极端天气和气候事件, 如极端最高、最低温度、酷暑期长度、霜冻期长度、洪涝与干旱强度、热带与温带气旋、飓风与台风频数和强度变化的预估等。

从时间尺度来看, 预估的重点是给出 21 世纪未来近百年的全球平均变化, 以及每 20 a 的全球地理分布变化。同时还给出 2300 年前的较为详细的预估和到 3000 年的粗略的千年预估。限于篇幅, 这里仅给出 3 例。

第一个例子是人们共同关心的高纬度气候变化预估。用大约 13~14 个复杂气候系统模式, 考虑 SRES A2、A1B、B1 3 种排放情景, 计算得到 21 世纪北冰洋 ($60^\circ \sim 90^\circ \text{ N}$) 表面气温和海冰变化预估 (图 1, 见封三彩图 1)。由图 1 可见, 到 2020 年前后, 北冰洋气温可能变暖 $0 \sim 3^\circ \text{ C}$, 到 2100 年可能变暖 $2 \sim 9^\circ \text{ C}$, 其中高排放 A2 情景变暖最明显。海冰面积相应减少, 到 2020 年前后最多可减少 30%, 到 2100 年最多可减少 70%^[1]。注意到, 模式预估之间的差异还是很明显的。

第二个例子是亚洲的夏季季风降水预估。用 15 个复杂气候系统模式 (CCSM3、CGCMT47、CGCMT63、CNRM3、CSIRO3、ECHM5、FGOALS1、GFDL20、GFDL21、GISSA、GISSR、INM3、MIROC3t、MIROC3m、MRI3) 考虑 SRES A1B 排放情景, 预估亚洲夏季降水变化。多数模式预估结果表明, 到 21 世纪后期, 亚洲夏季季风降水将会明显增加 (见图 2), 夏季风降水结束时间在日本、印度半岛、中印半岛、中国华南和华东沿海地区可能推迟, 而在中国长江流域可能提前。研究还注意到, 模式对夏季季风降水开始时间变化的预估结果差异较大^[2]。

第三个例子是环西北太平洋国家关心的热带气旋与台风变化的预估, 近年利用 RegCM2/CN (60 km)、JMA-AGCM (T106)、CCSR/NIES (T21)、CCSR/NIES/FRCGC-AGCM (T106)、MRI (T106)、HadCM3-AGCM ($2.5^\circ \times 3.75^\circ$)、MRI-AGCM (20 km)、GFDL 等 8 个复杂模式, 考虑温室气体加倍、

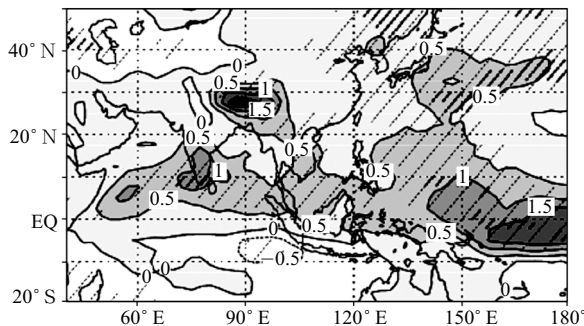


图2 15个GCM模式考虑SRES A1B情景, 预估2081—2100年亚洲夏季降水变化(与1981—2000年比较)(单位: mm/d; 图中阴影区表示降水增加)^[2]

Fig. 2 Projections of summer rainfall change over Asia for 2081—2100 by 15 GCMs with SRES A1B (relative to 1981—2000) (unit: mm/d; shaded area is increasing rainfall, slant lines denote areas where the difference is larger than 0.5 and 1.0 times of intermodel standard deviation)^[2]

SRES A1、A2、B1、B2等情景, 对西北太平洋热带气旋和台风活动的未来百年尺度的变化进行了预估。尽管各模式预估结果差异较大, 但是主要的特点还是明显的。综合预估结果为: 西北太平洋年编号台风数可能减少, 但强台风降水和风速可能增加, 影响中国近海和登陆台风数可能增加。需要强调的是, 对极端事件特别是对热带气旋等强对流天气事件百年尺度的预估, 不确定性是很大的^[3]。

1.3 量化的可靠性和不确定性评估

以往的可靠性与不确定性评估大多是定性给出, 或是给出一个预估可能出现的范围。近年来由于参加的模式多, 情景多, 又加上有些模式还做了多个初始时间集合, 或多种物理扰动的集合, 因此, 通过计算概率密度函数, 可以给出气温(或其他变量)在各个范围的出现概率, 或在哪些范围不出现的概率, 从而试图定量地给出可靠性和不确定性评估。

2 全球气候变化预估的热点和难点

主要的热点问题:

(1) 未来极端天气与气候事件变化的预估, 特别是热带/温带气旋变化的预估、飓风/台风变化的

预估, 如热带气旋数量明显增加或减少, 强度明显增加或减少等;

(2) 未来是否会发生气候突变以及是否会有令人“震惊”的突变等热点问题。如大西洋经向翻转环流的明显减弱甚至关闭终止; 地球上永久冰全部融化; 某些地区出现暴雪, 而另一些地区则是热浪袭人, 炎热酷暑; 海面上升从而淹没大量岛屿和陆地; 某些地区出现严重洪涝, 而某些地区持续干旱等;

(3) 未来的气候预估的可信度到底有多大。

主要的难点问题:

(1) 如何定量给出全球气候变化预估的可靠性和不确定性;

(2) 未来百年尺度的气候事件预估中, 如何同时考虑自然与人类的共同强迫;

(3) 如何减少预估的不确定性。■

致谢: 作者由衷感谢 A. Kitoh 和 X. D. Zhang 等专家为本文提供他们研究的原图。

参考文献

- [1] Zhang X D, Walsh J E. Toward a seasonally ice-covered Arctic Ocean: scenarios from the IPCC AR4 model simulations [J]. *J. Climate*, 2006: in press.
- [2] Kitoh A, Uchiyama T. Changes in onset and withdrawal of the East Asian summer rainy season by multi-model global warming experiments [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2006: in press.
- [3] Zhao Zongci, Gao Xuejie, Xu Ying, *et al.* Projections of extreme weather and climate events in China for the 21st century [C]. *Proceedings of UK-China Workshop on Climate Change*. 2006: in press.

