

文章编号: 1673-1719 (2007) 03-0158-04

21世纪西北太平洋台风变化预估

赵宗慈, 罗勇, 高学杰, 徐影

(中国气象局 国家气候中心, 北京 100081)

摘要: 对近年多个气候模式考虑不同的人类排放情景作了总结, 并对21世纪西北太平洋台风变化作了预估。研究表明, 集成多个气候模式考虑人类排放情景, 预估到21世纪后期, 西北太平洋年总编号台风数可能减少, 但强台风数及其降水和风速可能增强。需要强调的是, 台风的长期预估是极其困难的, 存在极大的不确定性, 有待作更深入的研究。

关键词: 西北太平洋; 台风变化; 预估; 21世纪

中图分类号: P444/P467 **文献标识码:** A

引言

西北太平洋台风的多寡和强弱对东亚和中国降水量有显著的影响, 特别是它伴随狂风、暴雨导致的洪涝泥石流等重大灾害, 造成人民生命财产和社会经济的巨大损失。

近年来, 对观测资料的研究工作表明, 1951—2000年西北太平洋年总编号台风数有减少趋势; 西北太平洋编号台风数和登陆中国台风数在1961—1980年偏多, 1981—2000年偏少, 存在多年代际气候变率, 但这尚需有更长的观测资料来验证^[1-2]。

由于人类排放的增加导致全球变暖, 西北太平洋台风发生频率和强度也可能发生相应的变化。进入21世纪以来, 有不少学者对此问题已发表了許多有益的文章^[1,3-17]。因此, 本研究试图对21世纪西北太平洋台风变化的预估作一概述。

1 气候模式和人类排放情景设计简介

近些年有关人类排放增加对21世纪台风和热带气旋变化影响的预估研究明显增加, 这些研究来自中国、日本、美国、英国、澳大利亚、意大利等, 其使用的气候模式主要为分辨率较低(500~100 km)的全球大气耦合海洋环流模式, 分辨率较高(最高水平分辨率为20 km)的全球大气环流模式和中国及沿海区域气候模式(30~60 km), 各种气候模式特征见表1。由控制试验或20世纪的模拟与观测对比检测表明, 模式具有一定的模拟台风的能力, 尤其分辨率高的模式模拟效果更好。

气候模式考虑的人类排放情景主要有: 温室气体加倍(或多倍)与控制试验的对比(4个模式预估试验); 温室气体按照每年增加1%与控制试验的对比(5个模式预估试验); 考虑IPCC 2000年给出的

收稿日期: 2007-01-05; 修订日期: 2007-01-31

基金项目: 中国气象局 IPCC 主要作者项目; 中国气象局气候变化研究专项 (CCSF-2006-11-1) 资助

作者简介: 赵宗慈 (1940-), 女, 研究员, 主要从事全球、东亚和中国气候变化研究。E-mail: zhaozc@cma.gov.cn

表 1 各种气候模式考虑人类排放多种情景, 预估 21 世纪西北太平洋热带气旋和台风变化
Table 1 Projections of tropical cyclones and typhoons over the western North Pacific Ocean for the 21st century by the climate models with various scenarios

作者 (时间)	模式和情景	主要结论
Gao <i>et al.</i> (2002) ^[4]	区域气候模式 RegCM2/CN (60km); 温室气体加倍, 积分 5 a	影响和登陆中国的年台风数可能增加, 尤其中国南海台风数增加
Sugi <i>et al.</i> (2002) ^[5]	全球大气环流模式 JMA-AGCM (T106); 温室气体加倍, 积分近 100 a	21 世纪后期, 西北太平洋年台风数明显减少 10%~30%, 强度无明显变化
Zhao <i>et al.</i> (2004) ^[11]	全球大气海洋环流模式 CCSR/NIES (T21); SRES A1, A2, B1, B2 情景, 积分近 200 a (20 和 21 世纪)	21 世纪后 30 a, 西北太平洋年台风数明显减少 15%~30%, 主要在台风活跃季节且台风活跃季延后, 台风生成源地略为东移
Hasegawa <i>et al.</i> (2005) ^[6]	全球大气环流模式 CCSR/NIES/FRCGC-AGCM (T106); 温室气体加倍, 积分近 100 a	西北太平洋年台风数略减少, 台风降水强度增加
Yoshimura <i>et al.</i> (2005) ^[9] Yoshimura <i>et al.</i> (2006) ^[10]	全球大气海洋环流模式 MRI (T106); 温室气体增加, 积分近 100 a	21 世纪中后期, 西北太平洋年台风数明显减少 20%~30%, 台风中心附近降水强度加强
McDonald <i>et al.</i> (2005) ^[7]	全球大气环流模式 HadCM3-AGCM (2.5° × 3.75°; 100 km); 温室气体增加, 积分几十年	西北太平洋年台风数减少, 强台风降水强度加强
Oocuchi <i>et al.</i> (2005) ^[8]	全球大气环流模式 MRI-AGCM (20 km); 温室气体增加, 积分近 100 a	西北太平洋年台风数减少 30%, 强台风风速加强 10%
Wu <i>et al.</i> (2005) ^[11]	全球大气海洋环流模式 GFDL; 温室气体增加, 积分几十年	南海台风数减少, 西北太平洋台风路径偏西
Silvio <i>et al.</i> (2006) ^[12]	全球大气海洋环流模式 INGV/CMCC (T106); SRES A2, A1B, B1, 积分近 200 a (20 和 21 世纪)	西北太平洋年总台风数减少
Stowasser <i>et al.</i> (2007) ^[13]	区域气候模式 IPRC (30 km); CO ₂ 增加 6 倍, 积分 10 a	西北太平洋 7-10 月热带气旋数无明显变化, 强台风强度增强, 中国南海台风数增加
综合预估	所有全球 (高低分辨率大气或大气海洋) 和区域 (高分辨率) 气候模式; 多种人类排放情景	西北太平洋年编号台风数可能减少, 强台风数及其降水和风速可能增强

最新的排放情景 SRES A1 (相当于中等排放)、A2 (相当于高排放)、A1B (相当于中等排放)、B1 (相当于低排放) 和 B2 (相当于中等排放)。模式对 20 世纪进行模拟, 并对 21 世纪 (2 个模式多种排放情景预估试验) 西北太平洋台风和热带气旋的变化作预估, 将其结果与 20 世纪的模拟结果作对比。

2 21 世纪西北太平洋台风变化预估

表 1 总结了近年来利用气候模式考虑各种人类

排放情景对西北太平洋的热带气旋和台风变化预估的主要研究成果, 表中最后还综合给出 9 个全球高、低分辨率和 2 个区域高分辨率气候模式考虑多种人类排放情景 (如 CO₂ 浓度加倍和每年增加 1%, 以及 IPCC SRES A1, A2, A1B, B1, B2 等) 预估的 21 世纪西北太平洋编号台风和影响中国的台风的变化。

由表 1 可见, 由于人类排放增加, 21 世纪西北太平洋年编号台风总数的变化由不同气候模式给出不同的预估结果。综合上述预估研究可见, 多数模式预估, 由于人类排放增加, 西北太平洋年编号台

风总数将减少,例如,21世纪后期与1971—2000年(或1961—1990年)对比,将可能减少10%~30%,但是强台风数及其强度(降水和风速)可能增强。

还注意到,2个区域气候模式预估21世纪中国南海台风数明显增加^[4, 13],1个区域气候模式预估影响和登陆中国的台风数可能增加^[4],另1个区域气候模式预估西北太平洋7—10月热带气旋数没有明显变化趋势^[13]。

此外,个别全球模式预估表明,与20世纪后30a相比,21世纪年台风总数的减少主要出现在台风盛行的6—8月;西北太平洋总编号台风的开始和结束时间可能推迟,且台风活跃的季节有延后(到9、10月)趋势;台风强度并没有减弱,台风生成的源地可能略为东移。

3 结论和讨论

综合近几年利用多个气候模式考虑各种人类排放情景所做的研究可见,多数气候模式预估西北太平洋年编号台风总数在21世纪将可能减少,21世纪后30a相对于1971—2000年可能减少10%~30%,但是强台风数及其降水和风速则可能增强。还注意到,2个区域气候模式预估中国南海的台风数可能增加。需要强调的是,不同气候模式对西北太平洋台风的定义以及台风数的估算方法多有不同,所采用的人类排放情景也不尽相同,因此,对未来台风数和强度变化的预估有明显的差别^[16]。

研究未来西北太平洋热带气旋、台风与热带太平洋海温变化的关系,除考虑由于人类排放增加导致全球变暖外,也考虑了海面温度的变化,但是这种变暖在整个热带太平洋上不是均一的。近10个全球气候模式模拟结果表明,热带东太平洋的变暖幅度明显大于热带西太平洋,而西太平洋海温高于东太平洋,因此热带太平洋海温东西向梯度减小,从而导致热带太平洋雨带东移和热带环流变弱,西北太平洋副热带高压向西南移,使水汽从低纬向东亚的输送减少,因此可能造成西北太平洋年总编号台风数减少^[15-19]。统计结果表明,热带东太平洋海温与西北太平洋年编号台风个数有明显负相关,即

ENSO年,年编号台风总数少,反之亦然。由于全球变暖,El Niño发生频率可能增加,因此年总编号台风数可能减少^[16-20]。

另一方面,由于人类排放增加,全球变暖,海温也升高,因此强台风数及其强度可能增强^[18]。

需要强调的是,对台风的模拟尤其是未来几十年的预估,存在极大的不确定性,预估的可靠性很低,而且目前多数气候模式的分辨率还较低,对于研究台风预估是远远不够的。因此,有待作更深入的研究来逐步提高它的可靠性。■

参考文献

- [1] Zhao Zongci, Akimasa Sumi, Chikako Harada *et al.* Detection and projections of floods/droughts over east Asia for the 20th and 21st centuries due to human emission [J]. *World Resource Review (USA)*, 2004, 16(3): 312-329
- [2] Ren Fumin, Wu Guoxiong, Dong Wenjie, *et al.* Changes in tropical cyclone precipitation over China [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 2006, 33, L20702, doi: 10.1029/2006GL027951
- [3] IPCC. *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [M]. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2001
- [4] Gao Xuejie, Zhao Zongci, Giorgi F. Changes of extreme events in regional climate simulations over East Asia [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 2002, 19(5): 927-942
- [5] Sugi M, Noda A, Sato N. Influence of the global warming on tropical cyclone climatology: an experiment with the JMA global model [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2002, 80: 249-272
- [6] Hasegawa A, Emori S. Tropical cyclones and associated precipitation over the western North Pacific in present and doubled CO₂ climates simulated by a T106 atmospheric GCM [J]. *SOLA*, 2005, 1: 145-148
- [7] McDonald R E, Bleaken D G, Cresswell D R, *et al.* Tropical storms: representation and diagnosis in climate models and the impacts of climate change [J]. *Climate Dyn.*, 2005, 25: 19-36
- [8] Oocuchi K, Yoshimura J, Yoshimura H, *et al.* Tropical cyclone climatology in a global-warming climate as simulated in a 20 km-mesh global atmospheric model [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2005, 84: 259-

- 276
- [9] Yoshimura J, Sugi M. Tropical cyclone climatology in a high-resolution AGCM: impacts of SST warming and CO₂ increase [J]. SOLA, 2005, 1: 133–136
- [10] Yoshimura J, Sugi M, Noda A. Influence of greenhouse warming on tropical cyclone frequency [J]. J. Meteor. Soc. Japan, 2006, 84: 405–428
- [11] Wu L, Wang B. Projection of tropical cyclones over Northwestern Pacific Ocean [J]. J. Climate, 2005, 17: 1686–1698
- [12] Silvio G. INGV (CMCC) IPCC scenarios: changes in the tropical climate [C]// Workshop on the Sino-Italian Cooperation on Climate Research. Bologna, Italy, 2006
- [13] Stowasser M, Wang Y Q, Hamilton K. Tropical cyclones changes in the western North Pacific in a global warming scenario [J]. J. Climate, 2007 (in press)
- [14] Chan J C L. Global warming does not lead to more intense tropical cyclones [C]// Proceedings of the International Symposium on Climate Change (ISCC), WMO/TD-No.1172, 2003: 72–75
- [15] 赵宗慈, Akimasa Sumi, Chikako Harada, *et al.* 预估 21 世纪全球海温变化 [J]. 气候变化通讯, 2004, 3(3): 6–7
- [16] Knutson T, Enmanuel K, Emori S, *et al.* Possible relationships between climate change and tropical cyclone activity [C]//Proceedings of IWTC-VI. San Jose, Costa Rica, 2006
- [17] Zhao Zongci, Li Qingquan, Zhang Zuqiang, *et al.* Relationships between ENSO and climate change in China and predictions of ENSO [J]. World Resource Review (USA), 2000, 12(2): 269–279
- [18] Yamaguchi K, Noda A. Global warming patterns over the North Pacific ENSO versus AO [J]. J. Meteor. Soc. Japan, 2006, 84: 221–241
- [19] 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, 84: 247–258
- [20] Wang B, Wu R G, Lau K M. Interannual variability of the Asian summer monsoon: contracts between the Indian and the western North Pacific-East Asian monsoon [J]. J. Climate, 2001, 14: 4073–4090

Projections of Typhoon Changes over the Western North Pacific Ocean for the 21st Century

Zhao Zongci, Luo Yong, Gao Xuejie, Xu Ying

(National Climate Center, China Meteorological Administration, Beijing 100081, China)

Abstract: It is summarized the projections of typhoon changes over the western North Pacific Ocean for the 21st century in the recent years. Multi-model ensembles with the various human emission scenarios indicate that the total numbers of the annual typhoons simulated over the western North Pacific Ocean might decrease by the end of the 21st century. But the numbers of the strong typhoons simulated and the intensities of their wind speed and precipitation might increase at the same time. It must be emphasized that the long-term projection of the typhoons is a very difficult issue, the further studies will be conducted in future to narrow the gaps and uncertainties. The mechanisms and feedbacks between the human activities and typhoon changes should be investigated in detail.

Key words: western North Pacific Ocean; typhoon changes; projections; 21st century