

东亚季风气候系统变异和我国重大气候灾害发生机理研究进展*

黄荣辉

(中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心 北京 100029)

摘要 文章回顾了近年来关于东亚季风气候系统变异和我国重大气候灾害发生机理的研究进展。通过许多观测事实分析揭示了东亚季风系统的时空变化和异常特征;并且从分析、动力理论和数值模拟研究了热带海洋、干旱/半干旱地区的陆面过程和青藏高原雪盖变化对东亚季风系统的影响及其过程,提出“东亚季风气候系统”新概念和此系统内动力学机理,并从东亚季风气候系统的年际和年代际变异提出长江流域严重洪涝发生的气候学概念模型和华北持续干旱灾害发生的气候背景;此外,本文还提出关于东亚季风气候系统亟需研究的若干科学问题。

关键词 东亚季风,气候系统,变异,气候灾害

DOI: 10.3969/j.issn.1000-3045.2010.02.011



黄荣辉院士

东亚季风系统是全球气候系统中一个重要的环流系统,它的特征是:在夏季东亚地区盛行暖湿的西南气流,而冬季沿我国华北、东北、朝鲜半岛和日本盛行干冷的西北气流,并沿我国东海、南海和东南沿海盛行东北气流^[20]。受东

亚季风系统变异的影响,在我国夏季旱涝等气候灾害频繁发生,而冬季经常遭遇寒潮、冰冻雨雪灾害^[5]。这些灾害引起了巨大经济损失和重大人员伤亡,特别是从20世纪80年代起,严重的大范围旱涝气候灾害已造成工农业生产的巨大损失,每年由于旱涝灾害约造成2000亿元的经济损失(相当于90年代初我国GDP的3%—6%)和200亿公斤的粮食损失^[5]。这些重大气候灾害对我国经济可持续发展产生了严重影响。为此,我们研究组系统地研究了东亚季风气候系统的变异及我国重大气候灾害发生的机理,并取得重要进展,这些进展总结如下:

1 提出东亚季风系统的时空变化及异常特征

研究组首先通过对东亚季风系统的环

* 本研究部分得到国家重点基础研究发展规划项目2009CB421405的资助
收稿日期:2009年12月20日

流、风场结构和年循环以及东亚季风区水汽输送的时空变化特征分析,并与南亚季风系统进行比较,揭示了东亚季风系统环流和水汽输送特征及其与南亚季风系统的差别,发展了陶诗言和陈隆勋(1987)所提出的东亚季风系统是亚澳季风系统中一个既受南亚季风系统的影响又是一个相对独立的季风子系统有关理论^[4,13,21];并且,揭示了西太平洋暖池热力状态对东亚夏季风系统的季节内和年际变化以及东亚气候异常有重要影响^[1,11,12],提出当热带西太平洋偏暖时,东亚夏季风雨带在6月上、中旬向北突跳明显,而当热带西太平洋偏冷时,东亚夏季风雨带在6月上、中旬向北突跳不明显,并停滞在长江流域,使此流域呈现出梅雨偏强的季节内变化特征;研究还表明了东亚夏季风系统年际变化呈现准两年周期振荡特征且在空间具有经向三极子型分布^[10,12,13];从东亚冬季风风场变化特征提出一种能描述东亚冬季风年际变化的冬季风指数,并揭示东亚冬季风的年际变化及其对夏季风的影响过程^[7];此外,还提出在20世纪70年代中后期东亚冬、夏季风明显变弱,使得华北地区发生持续性干旱的年代际变化特征^[3]。

2 开拓性地提出东亚季风系统变异机理和“东亚季风气候系统”新概念

通过海洋、陆面过程和雪盖变化及其对东亚季风系统影响机理的研究,提出了热带西太平洋热力和上空对流活动对东亚夏季风在南海上空爆发和向北推进及其年际变化的影响机理^[1];在国际上率先提出热带太平洋 ENSO 循环的不同阶段对东亚冬、夏季风和气候有不同影响及其机理,特别是提出在厄尔尼诺事件成熟期之后西太平洋副热带高压偏强,加强了季风向长江中、下游输送水汽,引起长江中、下游发生洪涝^[15,16,21];提出青藏高原冬、春积雪变化对东亚季风年

际和年代际变化的影响及过程^[6,12]。综合这些研究,开拓性提出了“东亚季风气候系统”(简称东亚气候系统)新概念及其理论^[12,13]。这些研究表明了东亚季风系统不仅仅是陶诗言和陈隆勋(1987)所提出的环流系统,它是受海洋、陆面、冰雪和高原影响的一个区域气候系统。该系统包括:(1)在大气圈中有亚洲季风环流系统(包括冬、夏季风)、西太平洋副热带高压和中纬度扰动等;(2)在海洋圈中有热带西太平洋暖池和印度洋对季风的热力作用、热带太平洋 ENSO 循环等;(3)在岩石圈中有青藏高原对季风的动力、热力作用、欧亚积雪(特别是青藏高原积雪)、干旱和半干旱区的地-气温差以及极冰等海-陆-气耦合系统。

因此,东亚季风系统变化是直接与上述海-陆-气耦合气候系统的变化密切相关,它们是互相作用的,是一个整体。我们把这个影响东亚季风系统变化的海-陆-气耦合气候系统又称为东亚季风气候系统。

3 在国际上率先提出有关东亚季风气候系统变化的内动力学机理

东亚季风气候系统的变异不仅仅与海洋、陆面过程、冰雪的变异有关,而且与此系统内动力过程有关。为此,我们研究组深入开展了东亚季风系统内动力学理论研究,特别是进一步发展了文献[2,14,19]所提出的北半球夏季大气环流异常的东亚/太平洋型遥相关理论,在国际上首先从东亚/太平洋型(即 EAP 型)遥相关理论解释了热带西太平洋对东亚夏季风系统变化的热力作用,特别是提出西太平洋副热带高压年际变化和异常的机理^[11,13,17];并且,在国际上率先提出北半球冬季大气准定常行星波三维传播的两支波导在年际和年代际时间尺度变化时存在反相振荡特征及其对北极涛动(AO)和东亚冬季风的影响机理^[8,9,13]。



中国科学院

此外,分析了欧亚大陆上空对流层上层经向风异常,结果表明了从非洲到东亚上空对流层上层经向风异常存在一个明显的遥相关波列分布,这个遥相关波列分布对东亚夏季风的变化有重要影响^[18]。

4 提出了我国旱涝重大气候灾害的发生机理

鉴于从 20 世纪 80 年代至今长江、淮河流域洪涝灾害和华北持续干旱灾害的严重性,研究组结合我国重大气候灾害发生的实际,特别是分析了 1998 年长江流域特大洪涝灾害发生过程,系统地分析了东亚季风气候系统各成员的变异和相互作用及其对我国旱涝重大气候灾害发生的影响机理,从而提出了影响长江流域洪涝和华北持续干旱发生的气候背景^[5,12,13,16]。并且,把上述理论应用于我国汛期旱涝灾害的实际预测中,为我国汛期旱涝预测水平的提高发挥了重要作用。

上述 4 个方面的研究成果不仅促进了国际上关于东亚季风系统变异机理的研究,而且推动了我国旱涝气候灾害机理的研究,并对提高我国旱涝预测水平具有重要的应用价值。

5 关于东亚季风气候系统亟需研究的科学问题

如上所述,关于东亚季风系统的时空变异及其对我国气候灾害影响的研究取得很大进展。但是关于东亚季风气候系统还有许多问题亟需研究:

(1)全球变暖对东亚季风气候系统可能已产生影响,如从 20 世纪 70 年代后期至今东亚夏季风和东亚冬季风显著变弱,并已引起东亚地区旱涝、酷暑、低温雨雪等严重气候灾害。这是否由于全球变暖引起的现象或是气候系统的一种自然振荡,至今还不清楚,并对此问题研究也不充分。因此,这个问

题今后应该进一步加强研究。

(2)在空间分布上,东亚季风气候系统具有与南亚和北澳季风系统不同而相对独立的水平和垂直风场结构。然而,这些季风气候系统是相互作用的,并在空间上是相互关联的。因此,这些季风系统的关联应需进一步深入研究。

(3)在时间变化上,东亚季风气候系统的年代际变化对它的年际变化有重要的影响,并且它的年际变化同样影响季节内变化。然而,这个系统不同时间尺度相互作用的物理过程至今仍不清楚。因此,东亚季风气候系统中不同时间尺度相互作用的物理过程仍然是今后重要研究课题。

(4)影响东亚季风气候系统年际和年代际变化的系统内动力、热力过程以及外部热力和动力过程是相当复杂的,近来的一些研究只是强调热带加热对东亚季风气候系统的热力作用以及青藏高原的热力作用。因此,东亚季风气候系统内动力过程和外部热力、动力过程对东亚季风气候系统变化的影响在今后的研究中应该深入研究。

(5)东亚夏季风雨带是积云和层云的混合,降水过程是相当复杂的,当前还难于提出一种很适合于东亚夏季风雨带的积云对流参数化方案,这造成了对东亚夏季风雨带分布的数值模拟与实况相比还有很大差距,并造成对东亚夏季风雨带预测水平不高。因此,关于东亚季风气候系统的数值模式及其对夏季风雨带季节内和年际变化的数值模拟和预测也是今后应重视和加强的研究课题。

从上述问题可以看到,在全球变暖背景下,东亚季风气候系统的季节内、年际和年代际变化及其机理仍然是今后重要的研究课题。因此,我们完全有必要从观测资料、动力理论和数值模拟等方面进一步分析和研究影响东亚季风气候系统变化的海-陆-气耦

合系统的外强迫和内动力过程,特别是它内部不同时间尺度和不同空间尺度变化的相互作用过程和机理,进一步揭示东亚季风气候系统的时空变异及其对我国旱涝气候灾害的影响机理,从而提高对东亚季风系统变异和我国旱涝等气候灾害的预测水平。我们可以相信,通过一系列关于气候系统变化和全球气候变暖研究项目的实施,是能够进一步了解东亚季风气候系统的季节内、年际和年代际变化及其机理以及全球变暖对东亚季风气候系统的影响。

主要参考文献

- 1 黄荣辉,顾雷,徐予红等. 东亚夏季风爆发和北进的年际变化特征及其与热带西太平洋热力状态的关系. *大气科学*, 2005, 29: 20-36.
- 2 黄荣辉,李维京. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制. *大气科学*, 1988, 12(特刊): 107-116.
- 3 黄荣辉,徐予红,周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势. *高原气象*, 1999, 18: 465-476.
- 4 黄荣辉,张振洲,黄刚等. 夏季东亚季风区水汽输送特征及其与南亚季风区水汽输送的差别. *大气科学*, 1998, 22: 460-469.
- 5 黄荣辉,周连童. 我国重大气候灾害特征、形成机理和预测研究. *自然灾害学报*, 2002, 11: 1-19.
- 6 韦志刚,黄荣辉,陈文等. 青藏高原地面站积雪的空间分布和年代际变化特征. *大气科学*, 2002, 26: 196-508.
- 7 Chen W, Hans-F. Graf, Huang R. H. Interannual variability of the East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon. *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, 17: 48-60.
- 8 Chen W, Takahashi M, Hans-F. Graf, Interannual variations of stationary planetary wave activity in the Northern winter troposphere and stratosphere and their relations to NAM and SST. *J. Geophys. Res.*, 2003, 108 (D24): 4797, doi:10.1029/2003 HD 003834.
- 9 Chen W, Yang S, Huang R H. Relationship between stationary planetary wave activity and the East Asian winter monsoon. *J. Geophys. Res.*, 2005, 110: D 14110, doi:10.1029/2004JD5669.
- 10 Huang G. An index measuring the interannual variation of the East Asian summer monsoon-The EAP index. *Adv. Atmos. Sci.*, 2004, 21: 41-52.
- 11 Huang R H, Sun F Y. Impact of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1992, 70 (1B): 243-256.
- 12 Huang R H, Huang G. Wei Z. Climate variations of the summer monsoon over China. *East Asian Monsoon*, C P Chang Ed., World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2004, 213-270.
- 13 Huang R H, Chen J L, Huang G., Characteristics and variations of the East Asian monsoon system and its impact on climate disasters in China. *Adv. Atmos. Sci.*, 2007, 24: 993-1 023.
- 14 Huang R H, Li W. Influence of the heat source anomaly over the tropical western Pacific on the subtropical high over East Asia. *Proceedings of the International Conference on the General Circulation of East Asia*, Chengdu, 1987, April 10-15, 1987, 40-51.
- 15 Huang R H, Wu Y F. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanisms. *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, 6: 21-32.
- 16 Huang R H, Zhou L, Chen W. The progress of recent studies on the variabilities of the East Asian monsoon and their causes. *Adv. Atmos. Sci.*, 2003, 20: 55-69.
- 17 Lu R Y. Interannual variability of the summertime North Pacific subtropical high and its relation to atmospheric convection over the warm pool. *J.*



中国科学院

- Meteor. Soc. Japan, 2001, 79: 771-783.
- 18 Lu R Y, Oh J H, Kim B. J. A teleconnection pattern in upper-level meridional wind over the North African and Eurasian continent in summer. *Tellus*. 2002, 54A: 44-55.
- 19 Nitta Ts. Convective activities in the tropical western Pacific and Their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1987, 64: 373-390.
- 20 Tao S Y, Chen L X. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. *Monsoon Meteorology*, C. P. Cheng and T. N. Krishnamurti, Eds., Oxford University Press, 1987, 60-92.
- 21 Zhang R H. Relations of water vapor transport from Indian monsoon with those over East Asian and the summer rainfall in China. *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, 18: 1 005-1 017.

Recent Progresses in Research on the Variabilities of the East Asian Monsoon System and Occurring Mechanism of Severe Climate Disasters in China

Huang Ronghui

(Center for Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics, CAS 100029 Beijing)

Recent progresses in our group's research on the variabilities of East Asian monsoon climate system (EAMCS) and the occurring mechanism of severe climate disasters in China are reviewed in this paper. Firstly, the temporal-spatial variations and anomalies of the East Asian monsoon system have been revealed from the analyses of observed data. Moreover, the impacts and their processes of the tropical oceans, the land process in arid and semi-arid region and snow cover over the Tibetan Plateau on the East Asian monsoon system are studied from analyses, dynamical theories and numerical simulations, respectively, thus, a new concept of the EASMS and the internal dynamical mechanism of this system are proposed. And a climatological conceptive model of the occurrence of severe floods in the Yangtze River and the climate background of prolonged droughts in North China are put forward from the interannual and interdecadal variations of the EAMCS. Besides, some scientific issues related to the EAMCS, which should be studied urgently, are also suggested in this paper.

Keywords East Asian monsoon, climate system, variability, climatic disaster

黄荣辉 中国科学院院士、中国科学院地学部常委、中国气象学会副理事长、中国科学院研究生院学位委员会副主任。国家“973 计划”首批启动项目“我国重大气候灾害形成机理和预测理论研究”首席科学家。1942 年 8 月出生于福建惠安县。主要从事季风和东亚气候变化及其动力学研究,系统地研究了球面三维大气准定常行星波形成、传播和异常的机理,提出准定常行星波在三维大气中传播的两支波导理论;并且,应用准定常行星波传播规律研究了西太平洋暖池热力异常对东亚夏季风和气候异常的影响及其机理,并从动力和数值模拟上提出了东亚/太平洋型 (EAP 型) 遥相关理论;此外,还提出了厄尔尼诺/南方涛动 (ENSO) 循环不同阶段对东亚气候的不同影响。E-mail:hrh@mai.iap.ac.cn