

中国短期气候预测的 物理基础及其方法研究

Physical Basis of Short-term Climate Prediction in China
and Short-term Climate Prediction Methods

魏凤英 韩 雪

王永光 陈官军 等 著

 气象出版社
China Meteorological Press

中国短期气候预测的 物理基础及其方法研究

Physical Basis of Short-term Climate Prediction in China
and Short-term Climate Prediction Methods

魏凤英 韩 雪 王永光 陈官军 等 著

内 容 简 介

本书介绍了作者及其团队近十几年来有关我国短期气候预测研究的成果,内容主要包括中国大范围及华北、长江中下游、淮河流域及华南等地区夏季降水异常分布特征及其影响因子研究;中国冬季气温的变化特征及其影响因子研究;基于统计学方法的中国夏季降水趋势分布预测研究;统计降尺度因子在中国东部夏季降水预测中的应用;动力与统计相结合的中国东部夏季降水预测方法及中国南方夏季持续性强降水的延伸期预报方法研究等。本书可供从事气候领域科研、业务及教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国短期气候预测的物理基础及其方法研究 / 魏凤英等著.

—北京:气象出版社, 2015. 8

ISBN 978-7-5029-6170-1

I. ①中… II. ①魏… III. ①短期天气预报—研究—中国

IV. ①P456. 1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 177485 号

Zhongguo Duanqi Qihou Yuce de Wuli Jichu Jiqi Fangfa Yanjiu

中国短期气候预测的物理基础及其方法研究

魏凤英 韩 雪 王永光 陈官军 等著

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

总 编 室:010-68407112

网 址: [http:// www.qxcbs.com](http://www.qxcbs.com)

责任编辑:李太宇

封面设计:易普锐创意

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:450 千字

版 次:2015 年 8 月第 1 版

定 价:85.00 元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:章澄昌

责任技编:赵相宁

印 张:17.5

印 次:2015 年 8 月第 1 次印刷

前 言

短期气候预测主要是指月和季尺度的预测，其中季节预测是重点。目前无论是在国内还是全球范围，季节的短期气候预测仍处于较低的水平。短期气候预测的研究主要包括两方面内容：一是短期气候预测的物理基础，即涉及短期气候预测的可预报性和预测的物理依据；二是短期气候预测的方法。理论研究表明，短期气候预测中考虑下垫面的外强迫作用是一个关键因素，主要涉及 ENSO 信号、海冰、积雪、土壤等强迫作用，它们的变化缓慢并具有持续性，这为短期气候预测提供了重要信号。另外，大气内部动力不稳定性及非线性相互作用也为短期气候预测提供了物理基础。近年来，短期气候预测方法的研究有了较大进展，除了利用统计学方法和 CGCM 气候模式预测大尺度环流信号，还开发研制了适合我国范围或区域的降尺度预测方法，动力与统计相结合的预测方法在短期气候预测业务中发挥着越来越重要的作用。本书正是我们围绕上述两方面内容进行研究取得的科学成果。

本书内容主要包括：中国大范围及华北、长江中下游、淮河流域、华南等地区夏季降水异常分布特征及其影响因子研究；中国冬季气温的变化特征及其影响因子研究；基于统计学方法的中国夏季降水趋势分布预测研究；统计降尺度因子在中国东部夏季降水预测中的应用；动力与统计相结合的中国东部夏季降水预测方法及中国南方夏季持续性强降水的延伸期预报方法研究等，全书分为 12 章。

本书主要作者为魏凤英、韩雪、王永光、陈官军。参与本书研究的还有黄嘉佑、张婷、宋巧云、冯蕾、谢宇、胡蕾、李茜、袁杰、刘元涛、许冰洁、范晓瑜等。魏凤英对全书进行了统稿。

感谢国家科技支撑计划项目（项目编号：2009BAC51B04）对本书出版给予的支持和资助。

魏凤英
2015 年 4 月 20 日

目 录

前 言

第 1 章 中国短期气候预测的物理基础概论	(1)
1.1 外强迫信号对大气运动的影响	(1)
1.2 大气内部运动的特性	(3)
参考文献	(6)
第 2 章 中国短期气候预测发展历程概论	(9)
2.1 中国短期气候预测发展历程	(9)
2.2 我国短期气候预测的新思路和新方法	(10)
参考文献	(12)
第 3 章 中国东部夏季降水异常分布特征及其影响因子的研究	(14)
3.1 中国东部夏季雨带类型的变化特征及其影响因子	(14)
3.2 中国东部夏季雨带分布类型的集成估算模型	(28)
3.3 东亚夏季风异常与中国东部旱涝分布	(31)
3.4 近 539 a 东亚关键系统变化及其与中国东部旱涝分布	(38)
参考文献	(45)
第 4 章 华北地区干旱的变化特征及其影响因子	(47)
4.1 华北干旱强度指数的定义	(47)
4.2 华北干旱强度的多时间尺度特征	(52)
4.3 华北地区干旱的气候背景	(55)
4.4 华北地区异常干旱的前兆强信号	(60)
4.5 年代际变化对北京夏季旱涝趋势变化的作用	(64)
4.6 小结	(69)

参考文献	(69)
第 5 章 长江中下游梅雨的年际及年代际变率及其影响因子	(70)
5.1 长江中下游梅雨特征量的统计特征	(70)
5.2 近百年长江中下游梅雨的年际和年代际振荡	(77)
5.3 全球海表温度年代际尺度的空间分布及其对长江中下游梅雨的影响	(82)
5.4 近百年北半球海平面气压分布结构及其对长江中下游梅雨异常的影响	(87)
5.5 长江中下游夏季降水异常变化与若干强迫因子的关系	(96)
参考文献	(103)
第 6 章 淮河流域夏季降水的振荡特征及其与气候背景的联系	(104)
6.1 淮河流域夏季降水不同时间尺度变化特征	(104)
6.2 淮河流域夏季降水量极值的概率分布特征	(106)
6.3 淮河流域与长江中下游夏季降水年代际差异	(107)
6.4 东亚夏季风异常变化对淮河流域夏季降水的影响	(109)
6.5 太平洋海温的年代际变化对淮河流域夏季降水的影响	(111)
6.6 东亚环流系统配置与淮河流域夏季降水的影响	(113)
6.7 淮河流域与长江中下游夏季降水年代际气候背景的异同	(115)
6.8 小结	(117)
参考文献	(117)
第 7 章 华南地区汛期降水与南半球关键环流系统演变的联系	(119)
7.1 华南汛期降水量的气候特征	(119)
7.2 华南汛期极端降水量的时空分布特征	(121)
7.3 南半球环流年代际变化对华南汛期极端降水的影响	(125)
7.4 华南前汛期降水异常与环流异常特征	(126)
7.5 海表温度变化对南半球大气环流异常的可能影响及其数值试验	(131)
参考文献	(135)
第 8 章 中国冬季气温的变化特征及其影响因子研究	(136)
8.1 中国冬季气温的变化特征及其影响因子	(136)
8.2 中国冬半年最低气温概率分布特征	(142)
参考文献	(146)
第 9 章 基于统计学方法的中国夏季降水趋势分布预测模型	(147)
9.1 基于关键区 SST 异常信号的我国东部夏季降水的统计预测模型	(147)

9.2 基于前春对流层温度和 NAO 的中国夏季降水统计预测模型	(156)
参考文献	(166)
第 10 章 大气环流降尺度因子在中国东部夏季降水预测中的作用	(167)
10.1 资料 and 统计降尺度方法	(167)
10.2 预测效果检验方法	(168)
10.3 中国东部夏季降水量逐月预报模型的确定	(169)
10.4 大气环流因子在月际预报中的表现	(170)
10.5 中国东部夏季降水预测模型中的主要环流因子	(171)
10.6 环流因子在中国东部夏季降水预测中的作用及其物理意义	(174)
参考文献	(176)
第 11 章 中国东部夏季降水的动力与统计相结合预测方法	(177)
11.1 中国东部夏季降水的空间分布型与东亚大气环流	(178)
11.2 CAM3.1 模式对东亚环流的预测效果及订正	(185)
11.3 CAM3.1 模式对东亚夏季降水的预测效果	(193)
11.4 基于动力与统计相结合的中国东部夏季降水预测模型	(196)
参考文献	(210)
第 12 章 中国南方持续性强降水与季节内振荡及延伸期预报试验	(211)
12.1 中国南方区域持续性强降水与降水季节内振荡的关系	(211)
12.2 中低纬度大气季节内振荡与区域持续性强降水的关系	(223)
12.3 南海夏季风季节内振荡背景下中高纬度大气低频振荡的影响	(239)
12.4 基于关键环流系统季节内振荡的江淮夏季降水延伸预报试验	(245)
12.5 基于南海夏季风季节内振荡指数的降水季节内振荡延伸预报试验	(251)
参考文献	(268)

第1章 中国短期气候预测的物理基础概论

短期气候预测主要是指月、季、年时间尺度的气候预测。短期气候预测是依据大气科学的原理,运用气候动力学、统计学等手段,在研究气候异常成因的基础上对未来气候趋势进行预测。1958年我国正式发布短期气候预测业务产品,随着短期气候预测理论和方法研究的不断深入,对于影响我国气候异常的物理因素和物理过程的认识也在不断丰富,预测方法亦有很大的拓展。但是,短期气候预测是一个复杂的科学难题,目前从理论、方法和实践上都还很成熟,特别是由于我国气候变化受到青藏高原、东亚季风、海洋等诸多因素的共同作用,气候异常的成因极其复杂,因此目前我国短期气候预测的水平还不高,还不能满足国家经济发展和防灾减灾的迫切需求。

短期气候预测不是逐日天气预报的延伸,预测的对象是气候不是天气。因此,虽然逐日天气预报存在时效为两周左右的上限,但并不意味着月、季、年时间尺度的气候是不可预测的。研究证实,影响短期气候变化的主要因素有两方面:一是外强迫的作用,如海温、海冰、积雪、土壤等异常下垫面的强迫作用,它们的变化是缓慢的,并具有持续性特征,这就为预测短期气候提供了物理背景;二是大气内部动力不稳定性及非线性相互作用。值得注意的是,短期气候预测的对象是大气运动的大尺度超长波,表现为各类大尺度的大气涛动、大气遥相关型和多时间尺度振荡等特征,这些均为短期气候预测提供了物理基础。

近年来,我国开展了一系列有关短期气候预测理论的研究和试验,随着对影响我国气候异常观测事实的逐渐积累,气象学家对影响我国气候异常物理机制的认识不断提高,关于我国短期气候预测理论的研究取得了一系列进展。影响短期气候变化主要因素来自外强迫和大气内部两个方面,那么,制作短期气候预测的物理基础支撑也应来自这两方面(魏凤英,2011)。本章将从这两方面对我国短期气候预测的物理基础做一简要概述。

1.1 外强迫信号对大气运动的影响

在制作短期气候预测时主要关注海温、积雪、海冰、土壤等异常下垫面的强迫作用,由于它们的变化缓慢且具有持续性特征,为预测短期气候提供了重要的物理背景。

1.1.1 海洋

海洋具有强大的热惯性,这种热惯性的海洋能量长期稳定地对大气加热,使大气产生时间尺度较长的天气过程。热带海洋是全球接受太阳辐射最多的地区,它是气候变化异常的能量源泉之一。因此,海洋在气候变化过程中扮演重要角色,特别是发生在热带太平洋海域的El Nino/ La Nina现象是目前公认的影响全球大气环流和气候的强信号,其中Bjerkness提出的热带海洋与全球大气环流和气候变化的遥相关概念成为利用海洋异常变化制作短期气候预

测的重要物理依据之一(Bjerkness 1966; Bjerkness 1969)。我国位于亚欧大陆的东南侧,面对太平洋,比邻印度洋,海洋的热量和蒸发异常对我国东部地区的环流及天气气候产生重要影响。同时,El Nino 通过大气环流以遥相关形式影响东亚季风系统的成员,导致中国气候的异常(陈文,2002)。

有研究表明,东亚夏季风准两年振荡可能与热带太平洋海表温度的变化密切相关(Lau and Shen 1988; Nitta 1987),而我国夏季降水的准两年振荡特征是对这种海-气相互作用的响应。此外,北太平洋海表温度具有 25~35 a 的更长时间的周期变化,且在 1976 年出现了一次显著的突变(Trenberth and Hurrell 1994)。我们从年代际的尺度考察全球海表温度与淮河流域夏季降水的关系,可以清晰地显现海温对降水的影响(Wei and Zhang 2010),即当太平洋呈现典型的 La Nina 冷位相分布型时,淮河流域夏季呈现少水气候时段;当太平洋呈现典型的 El Nino 暖位相分布型时,淮河流域夏季呈现多水气候时段。这一工作印证了东亚夏季风降水与太平洋海表温度异常之间的关系存在年代际变化特征的结论。早在 20 世纪 80 年代,科学家们就注意到 El Nino 的发展过程包括两类:一类发生在赤道太平洋东部的秘鲁沿岸,海温异常逐渐向西扩展,称之为东部型;另一类则在赤道中太平洋日界线附近发生大范围海温异常并自西向东传播,称之为中部型。分析表明,不同类型的 El Nino 所对应的我国夏季降水分布存在显著差异(林学椿和于淑秋,1993; 魏凤英和张先恭,1994; 袁媛等,2012)。主要结论是:东部型 El Nino 峰值期过后(或次年),我国夏季雨带主要在黄河流域以北和华南地区;长江流域降水偏少;中部型 El Nino 峰值期过后(或次年),雨带集中在长江流域至黄河流域之间,黄河流域以北和华南地区降水偏少。当然,El Nino 发生的时间不同,对应我国夏季降水分布类型也有所不同。另外,黑潮区海温对我国气候变化的影响也已得到研究和预测实践的证实。就年代际尺度而言(袁杰等,2013),当冬季黑潮区海温处于正位相时,有利于长江中下游地区夏季降水处在偏多的气候阶段。黑潮区海域是冬季气温异常的重要热源,它的异常变化对我国冬季气温有明显的影响。统计分析表明(李维京等,2013),冬季黑潮区海温与我国冬季气温相关关系在气候冷期比暖期更显著。20 世纪 90 年代后期黑潮区海温呈现升高趋势,它与我国冬季气温的相关关系却发生了显著的年代际减弱趋势。

近年来,人们越来越多地关注印度洋海-气相互作用对东亚季风系统和我国夏季降水的影响(肖子牛,2006)。对印度洋的研究已不再局限于热带海域,而逐渐扩展到整个印度洋,其中印度洋偶极子(IOD)和南印度洋偶极子(SIOD)的发现,对预测我国夏季降水具有重要意义(贾小龙和李崇银,2005)。有研究表明(Jiang *et al.*, 2011),当西印度洋和阿拉伯海的海温升高时,我国西南季风减弱,东南季风增强,我国华东、长江流域和华南地区夏季降水量增加,西南地区降水量减少。Liu 等(2009)对 ENSO 及印度洋偶极子(IOD)与中国夏季降水关系的结果表明,当 IOD 与 ENSO 不同时发生时,即独立发生时,华南地区夏季降水偏多。若从年代际尺度考察(袁杰等,2013),当冬季 SIOD 年代际异常处于正位相时,中高纬度地区有阻塞形势发展,西太平洋副热带高压加强,位置略偏南、偏西,冷暖气流相交汇于我国南方地区,使得我国夏季多雨带位置偏南,北方地区降水偏少。

1.1.2 积雪

积雪反射率高可以减少到达地面的太阳辐射,冰雪融化吸收大量热量,冰雪异常可以激发各种遥相关型,并进一步影响大气环流。青藏高原积雪作为重要的陆面强迫因子是我国短期

气候预测的一个重要物理基础。科学家很早就关注青藏高原对东亚夏季风及我国气候的影响。研究表明,青藏高原冬季积雪与东亚夏季风的强弱存在负相关关系,进而影响我国夏季雨带的位置(陈乾金等,2000;朱玉祥和丁一汇,2007)。青藏高原冬季积雪影响夏季降水的物理过程可以总结为(张顺利和陶诗言,2001):冬季积雪多,高原春、夏季感热弱,引起上升运动弱,不利于高原感热通量向上输送,高原上空对流层加热弱,对流层温度低,导致东亚夏季风弱,长江流域及其以南降水容易偏多。冬春季欧亚积雪的异常变化与我国夏季降水也有密切关系(张人禾等,2008),特别是中国东部夏季20世纪80年代后期出现南方多雨的年代际转型与欧亚大陆春季积雪的年代际变化有关。80年代末,欧亚大陆春季积雪明显减少,中国南方降水明显增加。欧亚大陆春季积雪通过500 hPa激发出大气遥相关波列,遥相关波列可以从春季持续到夏季,导致北方为高压控制,南方为微弱低压控制,使得南方多水。

1.1.3 北极海冰

北极海冰是气候系统的重要成员,海冰的变化通过复杂的反馈过程导致区域乃至更大范围的天气气候异常。Francis等(2009)的研究指出,9月份的海冰范围与冬季大尺度范围大气环流异常相联系。武炳义等(2011)也证实,9月北极海冰是冬季西伯利亚高压预测的一个前兆因子。近20 a来,由于秋季北极海冰急剧减少,导致冬季西伯利亚高压呈现增强趋势,使得包括我国在内的欧亚大陆冬季持续性低温事件频繁发生。2012年8月北极海冰面积下降至历史最低值,引起人们对影响气候异常变化的这一外强迫因子的高度关注。

1.1.4 土壤湿度

土壤湿度变化在陆面和大气相互作用中起到重要作用,它通过改变地表反照率、热容量和向大气输送的感热、潜热影响气候变化,是制作短期气候预测考虑的一个重要因素。马柱国等(2000)对中国东部土壤湿度与气候变化的关系分析结果表明,土壤湿度与降水呈正相关关系,与气温呈反相关关系。左志燕和张人禾(2007)的研究指出,当春季长江中下游至华北地区的土壤湿度偏湿时,使得中国大陆东部地表温度降低,减少了海陆温差,造成东亚夏季风减弱,西太平洋副热带高压加强西伸,导致长江流域夏季降水偏多,华北和南方降水偏少。虽然土壤湿度是影响气候异常的重要因素,但由于其时空变率较大,获得可靠的观测资料存在较大困难。尽管目前遥感技术已应用于土壤湿度的观测,但还未得到广泛应用。

1.2 大气内部运动的特性

大气环流的运动和结构变化是直接导致气候异常的主要因素。影响我国气候异常的大气环流系统,包括亚洲季风、副热带高压、越赤道气流、南亚高压、中高纬度阻塞高压及北半球极涡等,这些环流系统的活动异常是影响我国气候异常的重要因素。有关上述环流系统对中国气候异常影响方面的研究已有许多成果,环流系统的异常配置导致气候异常的物理机制也在预测业务的实践中得到较深入地了解和认识,这里不再赘述。除了上面提到的环流系统,科学家们还揭示出大气环流的一些大尺度振荡现象,并发现这些振荡现象与某些区域的气候异常密切相关,这些大尺度的变动也为短期气候预测提供了重要的物理基础。

1.2.1 全球三大涛动

早在 20 世纪二三十年代 Walker 就系统地提出了全球三大涛动概念,即北大西洋涛动(North Atlantic Oscillation,NAO)、北太平洋涛动(North Pacific Oscillation,NPO)和南方涛动(Southern Oscillation,SO)。每个涛动系统均由高、低两个大气活动中心构成。大量诊断分析和数值模拟成果显示,NAO,NPO 和 SO 均对我国气候异常产生重要影响。赵振国(1999)的分析表明,夏季 NPO 强、SO 弱时,对应赤道东太平洋海温高、西风漂流区海温低,东亚地区从高纬到低纬的 500 hPa 高度场容易出现“+—+”的距平波列,西太平洋副热带高压偏南,江淮流域的降水偏多。20 世纪 60 年代 Bjerkness(1966;1969)首先发现了南方涛动 SO 与 El Nino 之间的联系,在发生 El Nino 期间,东南太平洋气压明显减弱,印度尼西亚和澳大利亚气压增强。人们将这种海洋与大气的相互作用和关联称为 ENSO。ENSO 作为年际气候变化中的最强信号,不仅是影响全球气候的重要因素,也会导致亚洲季风及我国气候异常的发生。

1.2.2 AO 与 AAO

在 20 世纪末 Thompson 和 Wallace(1998)发现了北半球海平面气压的突出模态,提出了北极涛动(Arctic Oscillation,AO)的概念。研究发现,AO 具有显著的纬向对称特征,其相当正压结构可以从对流层延伸至平流层。AO 的强弱变化直接导致中纬度与极地气压和大气质量的反向涛动。AO 主要通过对中纬度阻塞形势的控制来影响北半球的极端天气气候事件。AO 在冬季表现得尤为活跃,是我国冬季气温预测的重要因子,尤其与我国寒潮天气过程关系密切。魏凤英(2008)的分析表明,当冬季 AO 处在异常负位相时,极易诱发我国中东部地区寒潮灾害的发生。在影响长江中下游夏季降水异常的众多前期因子中,冬春季 AO 年际变化的贡献较大(魏凤英,2006)。关于冬春季 AO 影响长江中下游夏季降水的物理过程目前还没有统一的认识。有研究表明(李崇银等 2008),2、3 月份的 AO 对长江中下游夏季梅雨的作用更明显,梅雨异常可能受到平流层大气环流异常的影响,而这种影响是通过 AO 的变化实现的。2 月份的平流层大气环流影响 3 月对流层 AO,3 月 AO 形势异常可能通过影响东亚夏季对流层大气冷暖和环流,在长江中下游导致异常垂直运动和辐散辐合形势,从而影响夏季梅雨降水。但是,这种关系也不是固定不变的,而是存在年代际尺度的变化特征。在全球气候变暖的背景下,2009—2012 年的冬季,我国东北、华北地区的气温出现了多年来少见的持续偏低,这与冬季 AO 持续维持异常强的负位相紧密相关。

与北极涛动相对应的南半球大尺度模态:南极涛动(Antarctic Oscillation,AAO)反映的是南半球副热带高压带与高纬低压带之间气压场的反位相变化。它同样与我国气候异常有密切关系。高辉等(2003)从诊断分析和个例分析揭示了 AAO 与我国东部夏季降水异常关系密切。当春季特别是 5 月 AAO 异常偏强时,夏季江淮流域降水偏多。研究发现(王会军等 2012),南北半球之间的经向遥相关型是冬季 AAO 影响北半球中高纬度气候异常的重要途径,而当冬季 AAO 偏强时,我国北方大部分地区冬季气温偏暖。

1.2.3 东亚遥相关型

东亚遥相关型在我国夏季雨带分布预测中起到重要作用,特别是东亚地区 500 hPa 高度距平场上,高、中、低纬环流系统显现出的“+—+”和“—+—”两种典型遥相关距平分布,对我

国夏季降水分布有着明显的影响。事实上,这种典型遥相关型是与阻塞高压、西太平洋副热带高压及西风带等系统紧密联系的。诊断分析表明,当夏季东亚地区 500 hPa 高度距平场上以显著“十一十”分布为主时,多雨带位置容易偏南,长江流域及其以南地区降水易偏多,北方地区降水易偏少;当夏季东亚地区 500 hPa 高度距平场上以“一十一”分布为主,多雨带位置容易偏北,北方大部地区降水偏多(魏凤英和张京江,2003)。比较淮河流域和长江中下游夏季降水偏多的环流形势发现(魏凤英和张婷,2009),东亚地区从高纬至低纬“十一十”遥相关结构是它们共同的环流背景,而近些年两流域夏季降水变化不完全同步,可能与西太平洋副热带高压的强度和位置发生年代际变化有关。

亚洲—太平洋涛动(Asian-Pacific Oscillation, APO)表征的是夏季对流层扰动温度亚洲与太平洋中纬度之间的一种遥相关特征。Zhao 等(2007)将亚洲和太平洋地区 500~200 hPa 平均对流层扰动温度之差定义为 APO,它反映了亚洲大陆与太平洋对流层之间的纬向热力差异,它的异常变化可以导致亚洲和太平洋区域上空大尺度大气环流发生异常,并与东亚夏季风及我国东部降水有密切关系(赵平等,2008;Zhou *et al.*, 2009)。刘舸等(2013)的研究表明,1月 APO 也可以很好地反映出同期中国南方地区降水异常。

1.2.4 准两年振荡

准两年振荡(Quasi Biennial Oscillation, QBO)是大气中最稳定的年际尺度准周期振荡,它最早是在分析热带平流层低层纬向风特征时发现的。之后,科学家们又陆续揭示出对流层环流、印度季风、东亚季风同样具有明显的准两年振荡,并将其称作对流层准两年振荡(Tropospheric Biennial Oscillation, TBO)。与东亚夏季风准两年振荡相对应,我国夏季降水亦具有显著的准两年振荡特征(黄嘉佑,1988)。魏凤英和张婷(2009)的分析表明,淮河流域夏季降水存在显著的准两年振荡特征,且准两年振荡的强弱变化与降水的年代际振荡强弱变化一致。20世纪90年代末以来,淮河流域夏季降水处在年代际偏多期,准两年振荡特征突出,出现极端强降水事件的概率亦显著增加。可见,QBO 和 TBO 可以为我国的短期气候预测提供物理基础。

1.2.5 年代际背景

年代际变化是年际变化的重要背景,对年际尺度的气候变化现象(如 ENSO)等产生重要的调制和影响,是一个非常重要的时间尺度。同样,年际变化扰动也会影响到气候年代际的变化。近年来,大量工作运用诊断、模拟及成因分析等手段研究了气候系统各成员的年代际变化特征及其之间的相互作用。例如,全球海表温度 SST 和大气活动中心 NAO、NPO、AO 等均具有显著的年代际变化特征(Harrell, 1995; Wang, 1995)。事实上,我国气候的年代际变化特征也很显著。20世纪50年代前半期,除江淮流域处于降水偏多时期外,东部其他地区均处于偏少时期;1950年代中期至1960年代中期,北方地区降水偏多,江淮流域及其以南地区的降水偏少;1960年代中期至1970年代末,长江中下游及其以南地区处于降水偏多时期,淮河及北方地区处于降水偏少时期;1980年代,东北及淮河流域夏季降水偏多,其余地区处于降水偏少时期;进入1990年代后,东北地区、长江中下游及其以南地区的夏季降水偏多;21世纪以来,淮河流域夏季降水进入显著偏多阶段,其余地区夏季降水偏少。由此可见,夏季降水的短期气候预测需要考虑年代际变化的作用。北京2008年奥运会期间的降水趋势预测的实例证

明,重视年代际气候背景的影响,对于把握降水的趋势是十分有帮助的(Wei *et al.*, 2008)。

1.2.6 季节内振荡

观测和理论研究表明,主要由外部热源和大气内部非线性相互作用共同激发的大气低频变化,即大气季节内振荡(Intraseasonal Oscillation, ISO)是持续性异常环流出现的强信号之一。另外,东亚副热带季风的重要系统—西太平洋副热带高压具有 10~20 d 准两周振荡特征。对于我国南方夏季强降水过程的研究表明,出现持续性强降水过程不仅与大气环流异常稳定有关,还与大气季节内振荡相联系(陈官军和魏凤英,2012),其中江淮地区夏季降水具有明显的 10~20 d 和 20~50 d 低频振荡特征,在气候平均态下,10~20 d 低频分量占实际降水的近 7%,20~50 d 低频分量占近 20%,东亚大气环流的低频信号与江淮地区夏季降水的低频变化过程有密切的关系。基于大气环流低频信号是制作 10~30 d 的延伸期预报的重要途径,而 10~30 d 的延伸期预报可以为短期气候预测提供滚动订正预测信息。

1.2.7 统计特性

大气环流及气象要素在时间和空间域上都具备一定的统计特性,例如,大量个体综合行为的规律性、稳定的概率分布及相关特性等等(魏凤英,2007)。其实在气候变化和预测研究中,统计学概念随处可见。在约翰·T·霍顿(1986)主编的《全球气候》专著中就指出,要承认气候理论在本质上是概率的,天气振动可作为多元随机过程处理,而在足够长的时间域上,天气振动所表现出来的各种统计特征的综合就是气候。可见,气候的概念是与统计学密切相联的。因此,不仅气候诊断分析主要依赖统计学方法,可预报性问题也需要统计学方法,连气候数值模拟的集合预报及效果检验也离不开统计学方法。特别是极端异常气候的研究涉及小概率事件,从而归结到概率分布问题,需要通过气候分布函数来实现研究和预测极端气候变化。正是由于气候具有这些统计特性,使得统计学方法成为迄今为止仍是短期气候预测的主要方法。

参考文献

- 陈官军,魏凤英. 2012. 基于低频振荡特征的夏季江淮持续性降水延伸期预报方法. 大气科学, **36**(3): 633-644.
- 陈乾金,高波,李维京,等. 2000. 青藏高原冬季积雪异常和长江中下游主汛期旱涝及其与环流关系的研究. 气象学报, **38**(5): 582-595.
- 陈文. 2002. El Nino 和 La Nina 事件对东亚冬、夏季风循环的影响. 大气科学, **26**: 595-610.
- 高辉,薛峰,王会军. 2003. 南极涛动年际变化对江淮梅雨的影响及预报意义. 科学通报, **48**(增): 87-92.
- 李崇银,顾微,潘静. 2008. 梅雨与北极涛动及平流层环流异常的关联. 地球物理学报, **51**(6): 1632-1641.
- 李维京,李怡,陈丽娟,等. 2013. 我国冬季气温与影响因子关系的年代际变化. 应用气象学报, **24**(4): 385-396.
- 林学椿,于淑秋. 1993. 厄尔尼诺与我国汛期降水. 气象学报, **51**: 434-441.
- 刘阿,赵平,董才佳. 2013. 亚洲—太平洋涛动与中国南方地区 1 月降水异常的关系. 气象学报, **71**(3): 462-475.
- 贾小龙,李崇银. 2005. 南印度洋海温偶极子型振荡及其气候影响. 地球物理学报, **48**(6): 1238-1249.
- 马柱国,魏和林,符淙斌. 2000. 中国东部区域土壤湿度的变化及其与气候变率的关系. 气象学报, **58**(3): 278-287.
- 黄嘉佑. 1988. 准两年周期振荡在我国降水中的表现. 大气科学, **12**(3): 267-273.

- 王会军,范可,郎咸梅,等. 2012. 我国短期气候预测的新理论、新方法和新技术. 北京:气象出版社,11-14.
- 魏凤英. 2011. 我国短期气候预测的物理基础及其预测思路. 应用气象学报, **22**(1):1-11.
- 魏凤英,张先恭. 1994. 厄尔尼诺与中国东部夏季降水异常分布. 海洋学报, **16**(6):1994.
- 魏凤英. 2008. 气候变暖背景下我国寒潮灾害的变化特征. 自然科学进展, **18**(3):289-295.
- 魏凤英. 2006. 长江中下游夏季降水异常变化与若干强迫因子的关系. 大气科学, **30**(2):202-211.
- 魏凤英,张京江. 2003. 华北地区干旱的气候背景及其前兆强信号. 气象学报, **61**(3):354-363.
- 魏凤英,张婷. 2009. 淮河流域夏季降水的振荡特征及其与气候背景的联系. 中国科学, **39**(10):1360-1374.
- 魏凤英. 2007. 现代气候统计诊断与预测技术(第2版). 北京:气象出版社,6-12.
- 武炳义,苏京志,张人禾. 2011. 秋—冬季节北极海冰对冬季西伯利亚高压的影响. 科学通报, **56**(27):2335-2345.
- 肖子牛. 2006. 印度洋偶极子型异常海温的气候影响. 北京:气象出版社,24-26.
- 约翰. T. 霍顿. 1986. 全球气候. 北京:气象出版社,26-28.
- 袁媛,杨辉,李崇银. 2012. 不同分布型 El Nino 事件及对中国次年夏季降水的可能影响. 气象学报, **70**:467-478.
- 袁杰,魏凤英,巩远发,陈官军. 2013. 关键区海温年代际异常对我国东部夏季降水影响. 应用气象学报, **24**(3):268-277.
- 左志燕,张人禾. 2007. 中国东部夏季降水与春季土壤湿度的联系. 科学通报, **52**(14):1722-1724.
- 朱玉祥,丁一汇. 2007. 青藏高原积雪对气候影响的研究进展和问题. 气象科技, **35**(1):1-8.
- 张顺利,陶诗言. 2001. 青藏高原积雪对亚洲季风影响的诊断及数值模拟研究. 大气科学, **25**(3):372-390.
- 张人禾,武炳义,赵平,等. 2008. 中国东部夏季气候 20 世纪 80 年代后期的年代际转型及其可能成因. 气象学报, **66**(5):697-706.
- 赵平,陈军明,肖栋,等. 2008. 夏季亚洲—太平洋涛动与大气环流和季风降水. 气象学报, **66**(4):716-729.
- 赵振国. 1999. 中国夏季旱涝及环境场. 北京:气象出版社,95-97.
- Bjerkness J. 1966. A possible response of the atmospheric Hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. *Tellus*, **18**(4):820-829.
- Bjerkness J. 1969. Atmospheric teleconnections from the equatorial pacific. *Pacific Mon. Wea. Rev.*, **97**(3):163-172.
- Francis J A, Chan W, Leathers D J *et al.* 2009. Winter North Hemisphere weather patterns remember summer Arctic Sea-ice extent. *Geophys Res Lett.*, **36**:L07503.
- Jiang Z H, Yang J H Zhang Q. 2011. An study on the effect of spring Indian ocean SSTa on summer extreme precipitation events over the Eastern NW China. *J. Trop. Meteor.*, **17**:27-35.
- Lau K M, Shen P J. 1988. Annual cycle, quasi-biennial oscillation and Southern Oscillation in global precipitation. *J. Geophys. Res.*, **93**:10975-10988.
- Liu X F, Yuan H Z, Guan Z Y. 2009. Effects of ENSO on the relationship between IOD and summer rainfall in China. *J. Trop. Meteor.*, **15**:59-62.
- Nitta Ts. 1987. Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, **64**:373-390.
- Harrell J W. 1995. Decadal trends in the North Atlantic oscillation; regional temperatures and precipitation. *Science*, **269**:676-679.
- Thompson D W J, Wallace J M. 1998. The Arctic Oscillation signature in the winter time geopotential height and temperature fields. *Geophys. Res. Lett.*, **25**:1297-1300.
- Trenberth F E, Hurrell J W. 1994. Decadal atmosphere-ocean variations in the Pacific. *Clim. Dyn.*, **9**:303-319.
- Wang B. 1995. Interdecadal changes in El Nino onset in the last four decades. *J. Climate*, **8**:267-285.

- Wei F Y, Zhang T. 2010. Oscillation characteristics of summer precipitation in the Huaihe River valley and relevant climate background. *Science China (Earth Sciences)*, **53**(2):301-316.
- Wei F Y, Xie Y, M E Mann. 2008. Probabilistic trend of anomalous summer rainfall in Beijing: Role of interdecadal variability. *Journal of Geophysical Research*, **113**, D20106, doi:10.1029/2008JD010111.
- Zhao P, Zhu Y N, Zhang R H. 2007. An Asian-Pacific teleconnection in summer tropospheric temperature and associated Asian climate variability. *Cli. Dyn*, **29**:293-303.
- Zhou X J, Zhao P, Liu G. 2009. Asian-Pacific oscillation index and variation of East Asian summer over the past millennium. *Chinese Sci. Bull.*, **54**:3768-3771.

第2章 中国短期气候预测发展历程概论

在过去的很长时期内,月、季预报被称作长期天气预报。随着可预报性研究的深入,人们将天气预报与气候预测的概念区分开来,天气预报预报的是天气状况,而气候预测预报的是气候异常特征。在这一章中,将简要介绍我国短期气候预测的发展进程和作者及其团队近些年来发展的预测新方法和新技术。

2.1 中国短期气候预测发展历程

我国的短期气候预测方法的研究和应用大致经历了以下几个时期(王绍武,2001;魏凤英,2006;魏凤英,2011;王会军等,2012)。

第一个时期,即在20世纪50年代以前,主要以环流形势分析和简单统计分析为主,制作单站气温或降水的预测。20世纪50年代以后,发展了以韵律和位相为主的预测方法,并将大气长波的概念引进到月、季尺度的预测中来。20世纪50年代初,杨鉴初提出了历史演变法(杨鉴初,1953),在当时气象资料十分匮乏的情况下,这一方法对于我国长期预报起到非常积极的作用。历史演变法揭示了气候变化的5种特性,即持续性、相似性、周期性、最大最小可能性和转折性。持续性是指气候变量在历史上升降趋势的持久程度;相似性是指气候变量的变化在某一时期与另一时期变化形势上相似;周期性指气候变化趋势经一段间隔后重复出现;最大最小可能性则给出了历史变化的概率特性;转折性是指某一时期的气候变化特性,在另一时期发生改变,即出现了突变。以上述5个特性及其相互配合作用为依据,对未来的气候变化状态做出预测。由于历史演变法具有很好的实用性和概括性,其思路被沿用至今。

第二个时期,即20世纪60年代至70年代,随着计算机技术的发展,在气候预测中引入了统计学方法。到70年代中后期,多元回归、逐步回归等统计预报方法得到广泛应用和普及。我国气候统计预报学者,在对影响我国气候异常的因素进行统计诊断分析后,结合我国气候的具体特点,以多元回归方法为基础,提出分类逐步筛选因子、组合因子等一系列统计预报思路。时至今日,虽然发展了气候数值模式预测,但统计学方法仍是我国短期气候预测业务的主要手段。当然,随着时间的推移,随着对气候系统及其对我国气候异常影响认识的不断拓展和提高,统计学预测方法的研究一直在发展。

第三个时期,即20世纪70年代中期至80年代,动力学气候数值模式开始发展,利用全球环流模式(Global Circulation Model,GCM)制作月环流预测。由于初始场的微小差别在一定时间积分后,导致系统状态的显著差别,限制了动力学的可预报性。80年代中期以后,针对模式存在的问题,提出了基于多个初始场的集合预报和基于蒙特卡罗方法的滞后平均预报方案,以减缓初始场误差引起的气候漂移。在此期间,基于动力与统计相结合思想的模式解释应用预报工作也陆续开展起来,主要有模式输出统计量(Model Output Statics,MOS)和完全预报