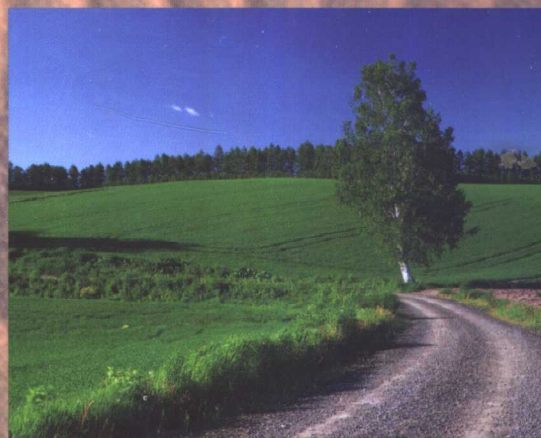
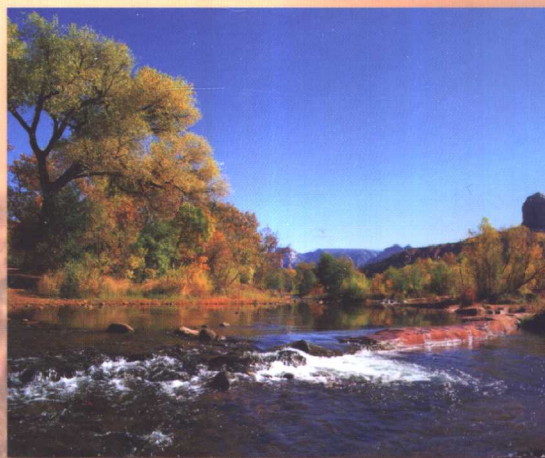


主编：孙力 廉毅 高枳亭

气候与生态环境

科研报告

气象出版社



气候与生态环境

《科研报告》 第 27 卷 第 1~2 期

主编：孙 力 廉 毅 高枏亭

气象出版社

内容简介

吉林省气象科学研究所《气候与生态环境》以文集形式于2000年公开出版以来,得到了国内专家和同行们的关心和支持。本文集是其续集,概括了吉林省气象科学研究所2001~2002年在天气气候变化、东亚夏季风进退、中低纬和中高纬度海气环流系统的相互作用、全球变化东北地区的区域响应、特种观测、应用气象和信息技术等方面研究成果的代表作,供读者参考,以增进气象学科和有关学科的交流。本文集可供同行进行学术交流,也可供有关学科及相关大专院校师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

气候与生态环境/孙力等主编.—北京:气候出版社,2003.9

ISBN 7-5029-3509-6

I. 气… II. 孙… III. ①气候学-文集 ②生态环境-文集 IV. ①P46-53 ②X171.1-53

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第076452号

QIHOU YU SHENGTAI HUANJING

气候与生态环境

《科研报告》第27卷 第1~2期

主编:孙力 廉毅 高枳亭

责任编辑:俞卫平 终审:周诗健

封面设计:王伟 责任技编:吴庭芳 责任校对:王伟达

* * *

气象出版社出版

(北京中关村南大街46号 邮政编码:100081)

网址: <http://www.cmp.cma.gov.cn> E-mail: qxcsbs@263.net

北京金瀑印刷有限责任公司印刷

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:11.75 字数:300千字

2003年9月第1版 2003年9月第1次印刷

印数:1~800 定价:36.00元

ISBN 7-5029-3509-6/P·1240

目次

论 著

- 东北亚夏季风与东北地区夏季旱涝之间的关系.....孙力 安刚 唐晓玲 (1)
- 中国东北地区夏季旱涝特征研究.....孙力 安刚 丁立 (11)
- 东亚夏季风在中国东北区建立的标准、日期及其主要特征分析廉毅 沈柏竹 高枫亭 安刚 唐晓玲 (19)
- 东亚地区春冬季与夏季大气环流异常相互关系的研究孙力 安刚 (31)
- 北太平洋海温异常对中国东北地区旱涝的影响孙力 安刚 (42)
- 东北冷涡持续活动时期的北半球 500 hPa 环流特征分析.....刘宗秀 廉毅 高枫亭 孙力 沈柏竹 (49)
- 吉林省西部近几年气候变化的暖干倾向及其沙尘暴对周边国家影响的初步分析廉毅 高枫亭 沈柏竹 任红玲 安刚 (62)
- 20 世纪 90 年代中国东北区荒漠化的发展与区域气候变化廉毅 高枫亭 任红玲 孙力 安刚 沈柏竹 丁立 张文哲 (72)
- 中国东北西部地区荒漠化发展前沿区域的遥感研究.....任红玲 廉毅 高枫亭 张文哲 钟林生 丁立 (79)
- 松嫩流域洪涝的气候规律及其大气环流异常特征分析.....安刚 孙力 唐晓玲 (84)
- 低层大气折射率结构参数 C_n^2 用于预报未来降水的可能性支克广 涂钢 廉毅 隋朝阳 付光极 王江 (94)
- 东北低压时空分布特征分析唐晓玲 安刚 (98)
- 吉林省粮食产量与气候条件的非线性关系及其预测模型...安刚 廉毅 唐晓玲 (105)
- LAS 对乾安县 2000 年和 2001 年农业干旱的反应支克广 涂钢 廉毅 隋朝阳 付光极 王江 (110)
- 稻田甲烷排放的卫星遥感监测试验研究刘志明 晏明 闫敏华 华润葵 (113)
- 吉林省中、西部气候干湿状况的时间变化趋势分析王琪 马树庆 (119)
- 吉林省烤烟种植气候资源分析及种植气候区划郭春明 晏晓英 洪欣 崔昌范 吴国贺 (125)
- 吉林省近 40 年冰雹及其灾害特点分析.....晏明 刘志明 (135)

研究报告

- 基于 Web 的呼叫中心技术在气象业务及服务中的应用.....药明 晏晓英 武发新 洪欣 王雅君 (140)
- 能量平衡法估算乾安地区蒸散量.....涂钢 支克广 隋朝阳 付光极 王江 (143)
- 吉林省西部的环境干旱支克广 涂钢 廉毅 隋朝阳 付光极 王江 (147)
- 乾安地区环境要素自动梯度观测站远程数据采集系统...隋朝阳 涂钢 支克广 (151)
- 对生态环境因子动态变化遥感监测的试验——以吉林省中西部为例.....刘志明 晏明 (154)
- 中国东北地区降水资源及其稳定性分析沈柏竹 (159)
- 乾安地区盐碱地显热通量的测量支克广 涂钢 廉毅 隋朝阳 (165)
- 卫星遥感在气象和生态环境中的应用丁立 (172)
- 浅议计算机网络与信息系统安全晏晓英 (176)
- 论知识创新中科技期刊的作用由静 (179)

译 文

- 因日观测取样次数不同千万的月最深积雪与历年平均值之差.....小柴厚 张勤 李锦顺 唐晓玲 (181)

东北亚夏季风与东北地区夏季旱涝之间的关系*

孙 力 安 刚 唐晓玲

(吉林省气象科学研究所, 长春 130062)

摘 要

利用东北地区均匀分布的 80 个测站 40 年 (1961~2000 年) 夏季月降水资料和同一时期北太平洋海温及 NCEP/NCAR 月平均再分析等资料, 首先定义了一个能反映东北地区季风雨季现象的东北亚夏季风指数, 然后讨论了该指数与东北降水异常的关系及其物理意义, 最后给出了东北亚夏季风强弱变化的某些前兆特征。结果表明, 强弱东北亚夏季风不仅与东北旱涝存在着十分密切的关系, 而且对大范围大气环流异常也具有非常敏感的反应, 东北亚强弱夏季风的出现还具有前冬和前春北太平洋海温和 500 hPa 大气环流异常的前兆信号。

关键词: 东北亚夏季风, 强度指数, 东北地区旱涝, 大气环流和海温异常

1 引言

中国东北地区位于东亚季风区的最北端, 属温带大陆性季风气候, 年降水特别是夏季降水的多少, 在很大程度上决定于夏季风活动的强弱。由于受到东亚季风年际变化大的影响, 导致该区域夏季洪涝和干旱等气候灾害异常活跃, 特别是近些年来旱涝发生的频率明显增加, 以 20 世纪 90 年代为例, 10 年中不同等级的雨涝出现过 5 次, 包括 1994 和 1998 年的严重洪涝, 不同等级的干旱出现过 4 次, 包括 1999 和 2000 年的严重干旱, 而正常年份只有 1 年^[1]。频繁出现的旱涝灾害给当地国民经济特别是农业生产造成了很大损失。虽然人们从不同角度曾对东北旱涝问题做过一些研究^[2~4], 但对东亚季风与东北地区夏季降水异常的关系还缺乏应有的认识, 这其中的主要难点之一在于以往人们所定义的各种季风指数由于重点关注的区域不同以及东亚季风系统本身所具有的复杂性和东北地区处于东北亚这一特殊的地理位置等原因, 使得它们与东北夏季降水之间的联系都不是太密切 (文献[5]曾有描述), 即使人们常用的文献[6]和[7]所定义的东亚夏季风指数与东北 80 个测站降水的相关也只有不到 10% 的测站能通过 0.05 的信度检验, 且分布较为分散。Goswami^[8]曾指出, 一个指数如果与当地的降水量关系不太好的话, 那就很难说它对当地季风来说是一个好的指数。所以从气候分析上来讲研究季风对当地降水的影响就不容易讨论的很清楚。针对上述问题, 本文首先定义了一个能反映东北地区季风雨季现象的东北亚夏季风指数, 然后讨论了该指数与东北夏季降水异常的关系及其物理意义, 最后探讨了东北亚夏季风指数强弱变化的某些前兆信号。这对进一步了解东亚季风对东北地区降水异常的影响以及该地区夏季旱涝的短期气候预测都具有一定意义。

* 本研究得到科技部“社会公益研究专项基金”的资助

2 资料

本文所用资料主要包括吉林、辽宁、黑龙江和内蒙古东北部（呼伦贝尔盟、兴安盟、哲里木盟和赤峰市）四省（区）均匀分布的 80 个测站 1961~2000 年夏季各月的降水量资料；以及同一时期的 NCEP/NCAR 全球再分析的 500 hPa 高度场、850 hPa 风场、200 hPa 西风分量（分辨率 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ）和国家气候中心提供的北太平洋（ $10^{\circ} \text{S} \sim 50^{\circ} \text{N}$ ， $120^{\circ} \text{E} \sim 80^{\circ} \text{W}$ ）海表温度（分辨率 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ ）的月平均资料等。

3 东北亚夏季风及其与东北地区降水的关系

考虑到东北地区 6 月份主要受东北冷涡雨季影响^[9]，并且 7、8 两月的降水可以占到整个夏季降水的 80% 左右，以及一般情况下直到 7 月份以后东亚副热带季风才能够推进到华北及其以北地区^[10]，因此，本文重点分析的是夏季 7、8 月份东北旱涝与夏季风的关系。

将 7 月、8 月和夏季（7~8 月）的东北亚夏季风指数定义为东北亚地区 $32.5^{\circ} \sim 42.5^{\circ} \text{N}$ ， $120^{\circ} \sim 130^{\circ} \text{E}$ 范围内各格点（ $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ）850 hPa 南风分量之和的距平标准化变量，即 $I = \sum \frac{V_s}{N}$ ，其中 V_s 是定义范围内 850 hPa 的南风风速， N 为定义范围内的格点数。东北亚夏

季风指数 $I_{\text{NEAM}} = \frac{I - \bar{I}}{\sigma_I}$ ， $\bar{I}$ 和 σ_I 表示 I 的平均值（1961~2000 年平均）和均方差。表 1 给出

了 1961~2000 年东北亚夏季风指数 I_{NEAM} 。

表 1 东北亚夏季风强度指数 I_{NEAM} （1961~2000 年）

年	7 月	8 月	夏季(7~8 月)	年	7 月	8 月	夏季(7~8 月)
1961	1.42	0.85	1.38	1981	0.27	-1.10	-0.59
1962	2.46	0.98	2.06	1982	-0.24	0.22	0.02
1963	2.22	-0.15	1.16	1983	-0.52	-0.19	-0.42
1964	1.22	1.85	1.95	1984	-0.78	1.32	0.45
1965	0.61	1.39	1.29	1985	-0.20	2.09	1.30
1966	0.47	1.31	1.15	1986	0.25	-0.12	0.06
1967	0.21	-0.72	-0.37	1987	-0.55	0.80	0.24
1968	-1.59	-1.07	-1.63	1988	-0.62	-0.67	-0.81
1969	1.08	1.16	1.40	1989	0.26	-1.46	-0.84
1970	0.80	0.30	0.66	1990	0.74	-0.28	0.23
1971	-0.38	-0.67	-0.67	1991	0.07	-2.04	-1.35
1972	0.00	0.07	0.05	1992	-1.73	-0.20	-1.12
1973	1.28	0.93	1.34	1993	-0.27	-1.67	-1.29
1974	0.26	0.13	0.24	1994	-0.65	1.39	0.60
1975	0.46	-0.25	0.09	1995	0.19	0.52	0.46
1976	0.24	-0.30	-0.06	1996	0.17	-0.81	-0.46
1977	-0.11	-1.94	-1.38	1997	-2.08	-0.26	-1.35
1978	0.73	-0.02	0.40	1998	-0.41	-0.11	-0.31
1979	-1.23	-1.27	-1.55	1999	-1.12	-0.14	-0.76
1980	-1.82	-0.48	-1.36	2000	-1.15	0.63	-0.23

本文定义的东北亚夏季风指数与东北地区夏季降水之间存在着十分密切的联系,东北亚夏季风强时,东北降水明显偏多,而弱时,东北降水明显偏少。其中7月份 I_{NEAM} 与东北80个测站降水量总和的相关系数可达0.594,8月份可达0.743,夏季(7~8月)可达0.677,均远远超过了0.001的信度标准。

图1表示的是夏季(7~8月) I_{NEAM} 与东北地区降水相关的空间分布,可以看到,相关系数均为正值,这说明尽管东北不同地区的气候存在着明显的差异,但各地降水在受东北亚夏季风的影响上还是具有整体一致的性质,相关系数大值区主要位于东北的中部和西部,一般值可达0.31~0.65,上述地区同时也是东北旱涝异常最敏感的区域^[3],西北部地区相关稍差,东北地区80个测站中,相关系数通过0.05信度检验的有56个,占70%,通过0.01信度检验的有36个,占45%,通过0.001信度检验的有12个,占15%。这说明东北亚夏季风指数 I_{NEAM} 与东北地区夏季降水之间的关系是十分明确的。

4 东北亚夏季风强度变化与大气环流异常的关系

图2给出的是40年来东北亚夏季风强度指数和东北地区夏季(7~8月)降水的年际变化曲线。可以看出,东北亚夏季风强度指数存在着明显的年际和年代际变化,40年来, I_{NEAM} 还具有线性减小的倾向,所对应的东北夏季(7~8月)降水也是如此,为探讨强弱夏季风与大气环流异常之间的联系,根据图2和表1我们选择了前10个高指数年(强季风)和后10个低指数年(弱季风)(见表2),高指数年平均 I_{NEAM} 为1.361,低指数年为-1.260。以NCEP/NCAR 1961~2000年全球月平均再分析资料为基础,分别制作强弱季风年夏季500 hPa高度、850 hPa风场和200 hPa西风分量的距平合成图及高低指数年距平差值图,并进行了 t 检验,用合成对比分析方法探讨了东北亚夏季风强弱变化的大气环流异常特征。

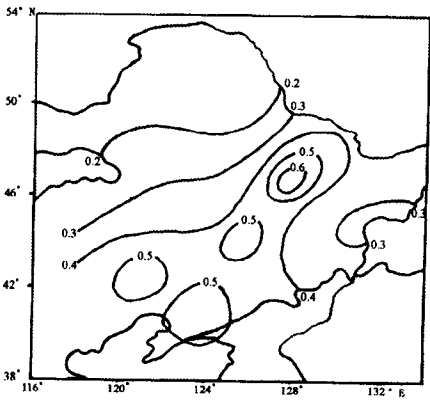


图1 东北亚夏季风强度指数 I_{NEAM} (实线)与东北地区夏季降水的相关系数

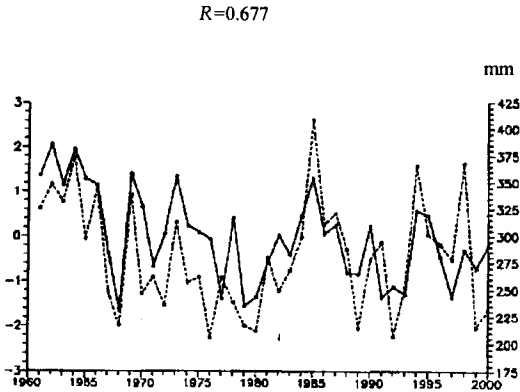


图2 40年来(1961~2000年)东北亚夏季风强度指数 I_{NEAM} (实线)和东北地区夏季(7~8月)降水(虚线)的年际变化

表 2 典型东北亚强弱夏季风年个例

强夏季风年	1962	1964	1969	1961	1973	1985	1965	1963	1966	1994	平均
NEAMI	2.06	1.95	1.40	1.38	1.35	1.30	1.29	1.16	1.15	0.60	1.361
弱夏季风年	1968	1979	1977	1980	1991	1997	1993	1992	1989	1999	平均
NEAMI	-1.63	-1.55	-1.38	-1.36	-1.35	-1.35	-1.29	-1.12	-0.84	-0.76	-1.260

图 3a 表示的是强弱夏季风年 500 hPa 高度距平场的差值分布及其 t 检验。可以看出, 强弱季风年之间的差异是非常显著的, 图中可见, 在欧亚大陆中高纬地区是负值分布, 特别是从我国东北地区一直到蒙古国中部一带尤为明显, 负值中心位于蒙古国中部, t 统计量值为 -5.69 , 达到了 0.001 以上的信度标准。 25°N 以北的西太平洋地区为正值分布, 正值中心位于日本国中部, t 统计量值为 3.34 , 达到了 0.01 的信度标准。另外, 北半球热带和副热带地区主要是负值分布, 尤其是东南亚和南亚的广大地区 t 统计量值均能达到 0.01 以上的信度标准。在偏向太平洋一侧的高纬和极区, 是明显的负值分布, 负值中心 t 统计量值为 -3.41 , 也达到了 0.01 的信度标准。这说明强夏季风年时, 我国东北地区西部到蒙古国一带常有异常低槽发展, 蒙古低压强盛, 西太平洋副高位置异常偏北和偏西, 北半球热带和副热带地区以高度负距平为主, 极涡偏向太平洋一侧, 强弱季风年夏季太平洋区极涡强度指数差可达 2.45 。而弱季风年 500 hPa 高度距平分布则与此刚好相反。

图 3b 表示的是东北亚夏季风强度指数 I_{NEAM} 与北半球 500 hPa 高度场的相关分布, 可以看到, 最主要的高相关区也主要是分布在东北西部到蒙古国一带 (中心相关系数 -0.67 , 超过了 0.001 的信度标准)、日本及其周围 (中心相关系数 0.53 , 超过了 0.001 的信度标准)、偏向太平洋一侧的高纬和极区 (中心相关系数 -0.38 , 接近 0.01 的信度标准) 以及北半球广大的热带和副热带地区。由此可见, 无论是高纬和极区还是中纬和热带的大气环流异常对东北亚夏季风的强弱变化都具有重要影响, 这也意味着东北亚夏季风指数不但对我国东北地区降水异常有明确的指示意义, 而且对大范围的大气环流异常也有较敏感的反应, 即该指数考虑了地区以至全球的关联性。

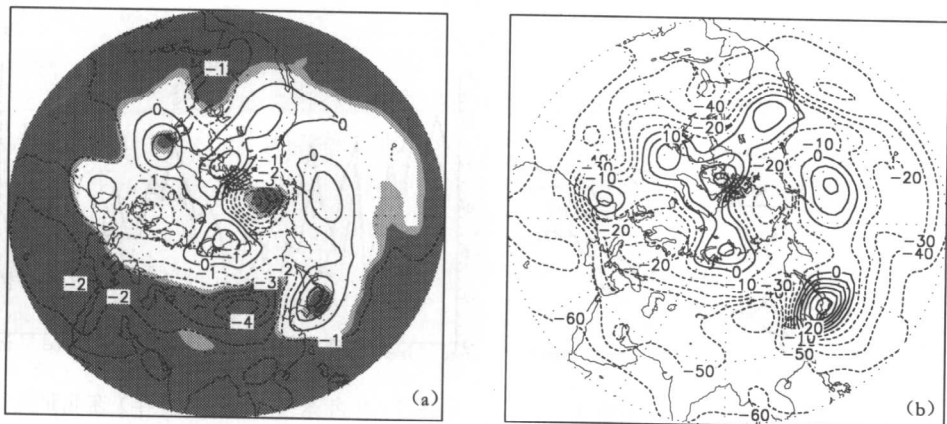


图 3 强、弱东北亚夏季风年 500 hPa 高度距平的差值分布及其 t 检验 (a) 以及 I_{NEAM} 与 500 hPa 高度场的相关系数 (b)

(图 a 中轻、重阴影分别表示达到 90% 和 95% 可信度 (t 检验) 的区域。单位: dagpm, 图 3b 中数值已乘 100)

强弱东北亚夏季风年对流层中低层流场特征及其差别也是十分明显的，可以分析出（图4，强弱东北亚夏季风年850 hPa流场距平图），强夏季风时，最明显的特征是有4支不同源地的偏南风距平气流在我国东部地区汇集并加强后向北伸展，一支源自孟加拉湾，东传后折向北；一支是源自南海直接北上的南风距平气流；一支源自西太平洋副高南侧，西传后北上；还有一支源自青藏高原东侧，途经西南地区后向北推进，这4支北上的南风距平气流与西风带距平气流在东北地区及其以西结合，形成了一个气旋式距平环流系统，导致几乎整个东北亚地区均被偏南风距平气流所控制，且辐合明显加强。这说明东北亚夏季风的强弱明显地受到亚洲季风诸系统的影响，包括南亚季风和南海季风，当然也包括副热带季风，它实际上是副热带季风极端偏北时的集中体现，不仅是中高纬，同时也是中低纬大气环流系统相互作用的结果；弱季风时，其距平流场特征恰好相反，东北亚地区是均匀一致的北风或东北风距平。

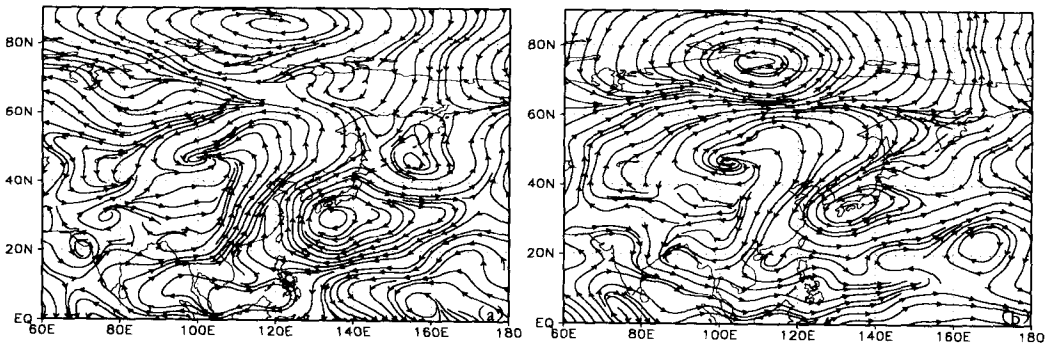


图4 强、弱东北亚夏季风年850 hPa流场距平图
(a. 高指数, b. 低指数)

东亚高空西风急流是影响我国天气气候变化的重要系统，其位置的南北移动或强度变化与东北亚夏季风之间也存在着密切的联系，图5为强弱夏季风年200 hPa纬向风距平的差值分布，图中最明显的特征是，东亚地区40°~55°N的纬度带上为明显的正值区，正值中心位于东北地区中部， t 统计量值为3.75，达到了0.001的信度标准。而在25°~40°N的纬度带上为明显的东西向条状分布的负值区，中心位于长江口附近的海面上， t 统计量值为-5.61，也超过了0.001的信度标准。上述结果意味着，当东亚高空西风急流位置偏北（或在东北亚地区加强而在长江流域减弱）时，则有利于强东北亚夏季风的出现，反之，如果东亚高空西风急流位置偏南（或在东北亚地区减弱而在长江流域加强）时，则有利于弱东北亚夏季风的出现。

5 东北亚夏季风强弱变化的某些前兆特征

以上分析表明，东北亚强弱夏季风具有特定的大气环流异常特征，对东北地区夏季降水

WAGP/07

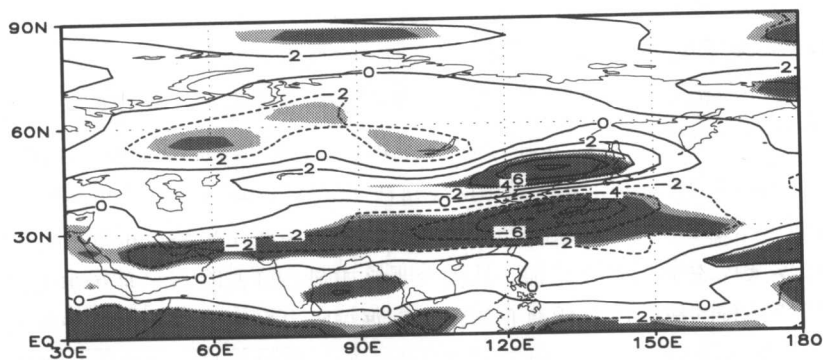


图5 强、弱东北亚夏季风年 200 hPa 纬向风距平的差值分布及其 t 检验轻、重阴影分别表示达到 90%和 95%可信度 (t 检验) 的区域

(单位: m/s)

异常也能提供很好的解释, 是影响旱涝的重要因子之一, 因此探讨其变化的前兆信号具有重要意义。

众所周知, 对于短期气候变化来说, 海洋扮演了十分重要的角色, 特别是 ENSO 现象被认为是迄今为止发现的高于气候噪声水平的最强的海洋和大气年际变化信息。近年来, 国内外一些学者在 ENSO 现象对中国夏季气候变化的影响及其机制^[11]、全球海温与中国中东部夏季季风降水^[12]以及 El Nino 对东亚夏季大气环流和季风的影响^[13~15]等方面都做了大量很有价值的研究工作。本文则对东北亚夏季风与北太平洋海温异常之间的联系进行探讨。

图 6 给出了东北亚强弱夏季风年前冬(1 月份)北太平洋海温距平的差值分布及其 t 检验, 可以看到, 赤道中东太平洋为均匀一致的正值分布, 正值中心位于赤道东太平洋, t 统计量值为 2.08, 达到了 0.05 的信度标准, 而北太平洋西风漂流区是明显的负值分布, 负值中心 t 统计量值为 -2.46, 接近 0.02 的信度标准, 另外, 夏威夷群岛附近海域也是明显的负值分布, t 统计量值达 -2.86, 达到了 0.01 的信度标准。即前期冬季如果北太平洋 SSTA 具有 El Nino 型分布, 则有利于未来东北亚夏季风偏强, 反之, 如果是 La Nina 型分布, 则一般对应于弱夏季风出现。

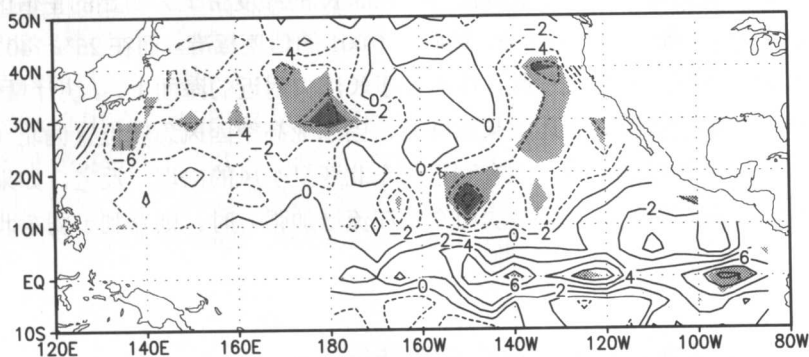


图6 强、弱东北亚夏季风年前冬(1 月份)北太平洋 SSTA 的差值分布及其 t 检验轻、重阴影分别表示达到 90%和 95%可信度 (t 检验) 的区域

(单位: °C, 图中数值已乘 10)

事实上, I_{NEAM} 不仅与前冬北太平洋 SSTA 有关, 而且还与前冬至当年夏季北太平洋 SSTA 的变化趋势相联系, 至春末夏初 (5 月份, 图略), 强 (或弱) 夏季风逐渐转变为与 La Nina 型 (或 El Nino 型) 海温相对应, 到盛夏 (7 月份, 图 7) 我们可以分析出, 赤道中东太平洋为明显的负值分布, 而西风漂流区则是明显的正值分布, 赤道东太平洋负值中心的 t 统计量值达 -3.31, 而西风漂流区正值中心的 t 统计量值为 3.42, 均远远超过了 0.01 的信度标准。这表明从前冬至当年盛夏, 北太平洋 SSTA 如果从 El Nino 型 (或 La Nina 型) 分布向 La Nina 型 (或 El Nino 型) 分布转变和过渡, 则有利于东北亚夏季风增强 (或减弱)。即 I_{NEAM} 对全球范围气候异常的强信号 SSTA 也具有较敏感的反应, 并存在着明显的滞后相关。

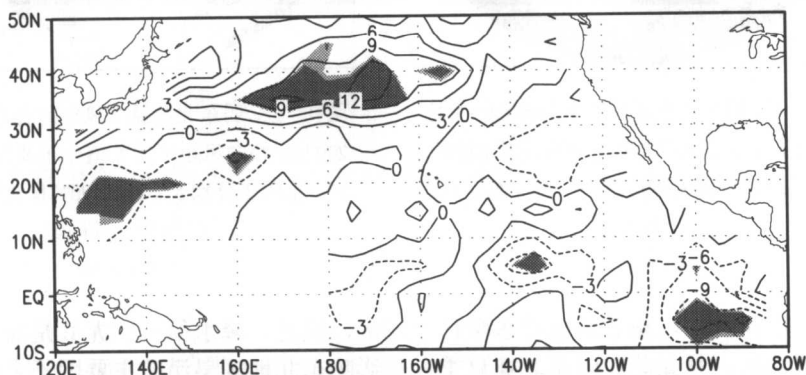


图 7 强、弱东北亚夏季风年盛夏 (7 月份) 北太平洋 SSTA 的差值分布及其 t 检验
轻、重阴影分别表示达到 90% 和 95% 可信度 (t 检验) 的区域

(单位: $^{\circ}\text{C}$, 图中数值已乘 10)

图 8 表示的是强弱东北亚夏季风年前春 (4~5 月) 500 hPa 高度场距平的差值分布及其 t 检验, 可以看到, 贝加尔湖至新西伯利亚地区为较强的负值分布, 负值中心 t 统计量值达 -4.48, 远远超过了 0.001 的信度标准, 而西北太平洋则为明显的正值分布, 正值中心 t 统计量值达 2.84, 也达到了 0.01 的信度标准, 对比图 8 和图 3a 可以发现, 它们之间在一定程度上比较类似, 这意味着春季 500 hPa 大气环流异常的某些特征存在着一定的持续性, 这一点也可以作为推测未来夏季风强弱变化的有效指标。实际上, 不仅春季 500 hPa 高度场如此, 强弱夏季风年前春高空西风急流分布也有其明显的征兆 (图 9), 图 9 最明显的特点是, 从贝加尔湖一直到我国东北地区是较强的正值分布, 位于贝湖东南附近的正值中心 t 统计量值为 4.56, 远远超过了 0.001 的信度标准, 而从东亚沿岸一直到中北太平洋的带状分布区是明显的负值分布, 负值中心 t 统计量值达 -3.64, 也接近 0.001 的信度标准。图 9 与图 5 同样也存在着某些类似之处, 这表明, 强夏季风时的高空西风急流偏北或弱夏季风时高空西风急流偏南的特点, 事实上在前春就有某种程度的体现。

6 结论和讨论

通过以上分析, 我们得到如下一些结论:

- (1) 本文定义的东北亚夏季风指数 (I_{NEAM}) 与东北地区夏季降水之间存在着十分密

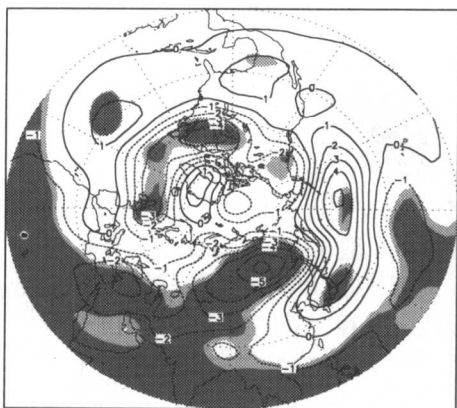


图8 强、弱东北亚夏季风年前春(4~5月)
500 hPa 高度场距平的差值分布及其 t 检验,
轻、重阴影分别表示达到 90%和 95%可信度
(t 检验)的区域
(单位: dagpm)

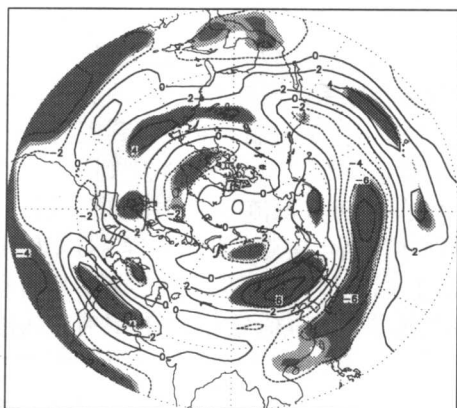


图9 强、弱东北亚夏季风年前春(4~5月)
200 hPa 纬向风距平的差值分布及其 t 检验,
轻、重阴影分别表示达到 90%和 95%可信度
(t 检验)的区域
(单位: m/s)

的相关,夏季风强时,东北地区降水整体上偏多,反之,降水偏少,尤其是对旱涝极为敏感的广大中部地区更是如此。即东北亚夏季风是影响东北地区旱涝的主要因子之一。

(2) 东北亚强弱夏季风对 500 hPa 大范围大气环流异常具有比较敏感的反映,即它们与地区以至全球存在着比较密切的关联,当东北西部到蒙古国中部有异常低压发展,西太平洋副高位置异常偏北偏西,而东亚高空西风急流较为偏北,并且极涡偏向太平洋一侧以及北半球热带和副热带地区主要以高度负距平分布为主时,则对应东北亚强夏季风,反之,对应东北亚弱夏季风。这种环流异常特征对东北地区旱涝的出现可以提供很好的解释。

(3) 东北亚强弱夏季风的出现具有其明显的前兆特征,从前冬到当年盛夏,当北太平洋海温如果从明显的 El Nino 型(或 La Nina 型)分布向 La Nina 型(或 El Nino 型)分布转变和过渡时,则对应于东北亚夏季风增强(或减弱)。另外,东北亚强弱夏季风 500 hPa 大气环流异常和高空西风急流异常的某些主要特征在其前春就有较明显的体现,这一特点也可以作为推测未来东北亚夏季风强弱变化的有效指标。

本文得到的结果只是初步的,东北亚夏季风强弱变化的动力学机制及其与亚洲季风诸系统的相互关系,还有更短时间尺度(如旬和候)的东北亚夏季风的性质和特征及其对东北亚地区天气气候的影响等问题都是值得进一步探讨的。

参考文献

- 1 孙力, 安刚, 丁立. 中国东北地区夏季旱涝的分析研究. 地理科学, 待发表
- 2 郑秀雅, 张廷治, 白人海. 东北暴雨. 北京: 气象出版社, 1992, 1~12
- 3 孙力, 安刚, 丁立, 沈柏竹. 中国东北地区夏季降水异常的气候分析. 气象学报, 2000, 58 (1): 70~82
- 4 孙力, 安刚, 唐晓玲. 东北地区旱涝的 OLR 特征分析. 应用气象学报, 2000, 11 (2): 228~235
- 5 王亚非, 张雁, 陈菊英. 一个能反映梅雨现象的东亚夏季风指数. 气候与环境研究, 2001, 6 (2): 146~152

- 6 施能, 朱乾根, 吴彬贵. 近 40 年东亚夏季风及我国夏季大尺度天气气候异常. *大气科学*, 1996, 20 (5): 575~583
- 7 郭其蕴. 东亚夏季风强度变化与行星环流联系的可能机制. *气象科技集刊* (10). 北京: 气象出版社, 1~7
- 8 Goswami, B.N., V. Krishnamurthy and H. Annamalai. A broad-scale circulation index for the interannual variability of the Indian summer monsoon. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 1999, 125: 611~633
- 9 孙力, 安刚, 廉毅, 沈柏竹, 唐晓玲. 夏季东北冷涡持续性活动及其大气环流异常特征分析. *气象学报*, 2000, 58 (6): 704~714
- 10 Tao Shiyan and Chen Longxun. A Review of Recent Research on the east Asian Summer Monsoon in China. *Monsoon Meteorology*, Oxford University Press, 1988, 60~92
- 11 Huang R, Wu Y. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanisms. *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, 6: 21~32
- 12 Yu R, Zhang M, Yu Y, et al. Summer monsoon rainfalls over mid-eastern China lagged correlated with global SSTs. *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, 18: 179~196
- 13 Wang Y, Wang B, Oh J-H. Impact of the preceding El Nino on the East Asian summer atmospheric circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2001, 79: 575~588
- 14 Wang B, Wu R, Fu X. Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? *J. Climate*, 2000, 13: 1517~1536
- 15 Ailikun B, Yasunari T. ENSO and Asian summer monsoon: Persistence and transitivity in the seasonal march. *J. Meteor. Soc. Japan*, 2001, 79: 145~159

Relationship between the Northeast Asian Summer Monsoon and the Precipitation Anomaly in Northeast China

SUN Li AN Gang TANG Xiaoling

(Institute of Meteorological Science of Jilin Province, Changchun 130062)

Abstract

In this paper, the Northeast Asian summer monsoon intensity index (I_{NEAM}) is defined. The summer circulation features for the years of the strong and weak I_{NEAM} and their earlier stage characteristics, and the relationship between I_{NEAM} and precipitation anomaly of northeast area in China are studied by using the NCEP/NCAR reanalysis data for the 40 years from 1961-2000. The results show that the I_{NEAM} can not only describe the rainfall anomaly of Northeast China, but also have the sensitive reactions to the Northern Hemisphere general circulation anomalies and the variations of Asian summer monsoon systems, including South Asian summer monsoon, South China Sea summer monsoon and the subtropical summer monsoon. The strong or weak I_{NEAM} has its precursor signals of North Pacific sea surface temperature and Northern Hemisphere 500 hPa general circulation in previous winter and spring.

Key words: Northeast Asian summer monsoon, intensity index, northeast area in China, drought-flood in summer, general circulation and SST anomalies

中国东北地区夏季旱涝特征研究

孙 力 安 刚 丁 立

(吉林省气象科学研究所, 长春 130062)

摘 要

本文利用东北三省及内蒙古东北部均匀分布的 80 个测站 40 年 (1961~2000 年) 夏季 (6~8 月) 月平均降水资料, 以及正态化 Z 指数变换、小波分析和正交旋转主成份分析等方法, 对东北地区夏季降水进行了旱涝等级划分, 并探讨了旱涝发生的时间演变规律和空间分布特征。结果表明, 东北地区夏季不同级别旱涝出现的几率存在着一定的差异, 并且旱涝异常还具有明显的年际、年代际和周期性变化以及阶段性和群发性特征, 地理分布上, 可将东北地区夏季降水分 7 个旱涝型 (或敏感区), 各敏感区内旱涝异常具有相对一致的性质。

关键词: 东北地区, 夏季旱涝, 气候分析

东北地区是我国最大的商品粮基地和重要的工业和能源基地, 它幅员辽阔, 面积约占全国的 10%, 几十年的资料表明该地区持续性干旱和暴雨洪涝等气候灾害发生频繁, 给当地国民经济特别是农业生产以及生态环境等带来很多不利影响。以近几年为例, 1997 年、1999 年和 2000 年较重干旱气候的出现仅在吉林省就造成了平均每年超过 50 亿 kg 粮食的减产, 1998 年松嫩流域发生的特大洪涝灾害更是造成了达千亿元人民币的经济损失。虽然过去人们对东北地区一般的气候状况进行过一些研究^[1~2], 但相比下, 从全区域角度出发用更加完备的资料深入探讨东北地区旱涝气候规律的研究工作却不多见。本文利用东北三省和内蒙古东北部均匀分布的 80 个测站 40 年 (1961~2000 年) 夏季月平均降水资料着重分析了干旱和雨涝出现的空间结构特征和时间演变规律, 这对人们进一步了解该地区旱涝变化规律, 进而探讨其成因和研制有效的预测方法具有一定意义。

1 资料和方法

本文所用资料为东北三省及内蒙古东北部均匀分布的 80 个测站 40 年 (1961~2000 年) 夏季 (6~8 月) 月平均降水资料。

由于夏季降水通常不满足正态分布, 用降水距平百分率来进行旱涝等级划分并不十分恰当, 因此本文采用服从 Person III 型分布的降水 Z 指数来评估东北夏季旱涝等级, 具体做法是, 首先分别计算各测站夏季降水量标准化序列, 然后进行 Z 值变换^[3]:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} Y_i + 1 \right)^{\frac{1}{3}} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6}$$

基金项目: 科技部社会公益研究专项基金; 国家自然科学基金资助项目 (49875022)

式中 $C_s = (\sum_{j=1961}^{2000} (x_j - \bar{x})^3) / n\sigma^3$ 为偏态系数, $\bar{x}$ 为平均值, σ 为均方差, $Y_i = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma}$ 为标准化

序列, x_i 为夏季降水量。

利用上式对原降水量进行 Z 值变换后, 获得服从正态分布的标准化序列, 并依据表 1 进行旱涝等级划分。

表 1 旱涝等级划分

Z 值	等级	累积频率 P	类型
$1.645 < Z$	1	$95\% < P$	大涝
$1.037 < Z \leq 1.645$	2	$85\% < P \leq 95\%$	涝
$0.524 < Z \leq 1.037$	3	$70\% < P \leq 85\%$	偏涝
$-0.524 \leq Z \leq 0.524$	4	$30\% \leq P \leq 70\%$	正常
$-1.037 \leq Z \leq -0.524$	5	$15\% \leq P < 30\%$	偏旱
$-1.645 \leq Z \leq -1.037$	5	$5\% \leq P < 15\%$	旱
$Z < -1.645$	7	$P < 5\%$	大旱

由于小波分析在时域和频域上同时具有良好的局部性质, 可以分析出时间序列周期变化的局部特征, 从而能更清楚地看到各周期随时间的变化情况, 因此在分析东北旱涝的时间变化规律时, 我们采用了小波分析, 本文采用的小波变换为:

$$W(\tau, a) = |a|^{-\frac{1}{2}} \int f(t) g\left(\frac{t - \tau}{a}\right) dt$$

其中 τ 是时间参数, 是相对于时间 t 作了 τ 长度的平移, a 为波数, $1/a$ 为频率, $g(t)$ 为小波母函数, 本文采用的是墨西哥帽状小波, 它的解析式为

$$g(t) = (1 - t^2) \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-t^2/2}$$

在探讨东北旱涝的地域分布特征时, 我们还对各测站夏季旱涝等级做了方差极大正交旋转主成分分析 (REOF 分析) [4]。

2 结果分析

2.1 东北地区旱涝的时间演变规律

表 2 和表 3 分别给出了 40 年来东北地区夏季旱涝的评定等级和旱涝出现的几率, 其中较重雨涝包括涝和大涝, 较重干旱包括旱和大旱。雨涝包括所有类别的涝, 干旱包括所有类别的旱。

从上述两表我们可以看出, 就夏季整个东北地区而言, 正常、干旱和雨涝出现的几率大致相同, 各占 1/3 左右, 但出现较重干旱的几率要明显高于较重雨涝, 特别是出现旱 (6 级) 的年份比出现涝 (2 级) 的年份多 1 倍以上, 即旱灾一旦出现就很有可能是较重干旱 (6 级以上)。40 年来大涝有 2 年 (1985 和 1998 年), 大早有 1 年 (2000 年)。从夏季各月的情况看,

表 2 东北地区夏季(6~8 月)旱涝等级评定年表(1961~2000 年)

时间	大涝	涝	偏涝	偏旱	旱	大旱
6 月	1984	1971	1966	1961	1970	1982
	1993	1979	1977	1962	1988	2000
		1986	1980	1963	1991	
		1990	1983	1965		
		1991	1989	1968		
			1996	1969		
				1972		
				1987		
				1999		
7 月	1963	1962	1961	1978	1968	1997
	1991	1985	1964	1980	1972	
		1994	1975	1984	1974	
			1977	1992	1976	
			1986		1982	
			1995		1999	
					2000	
8 月	1985	1964	1965	1963	1970	1989
	1998	1966	1973	1967	1975	1991
		1969	1982	1976	1977	
		1984	1994	1980	1979	
		1987		1983	1992	
		1997		1999		
6~7 月	1991	1963	1962	1969	1965	1982
		1977	1964	1974	1968	1997
		1986	1975	1976	1972	2000
			1983	1978	1999	
			1985	1987		
			1989	1992		
			1990			
			1994			
			1995			
			1996			
7~8 月	1964	1962	1961	1967	1968	
	1985	1966	1963	1970	1976	
		1969	1973	1972	1979	
		1994	1986	1978	1980	
		1998	1987	1982	1989	
				2000	1992	
					1999	
6~8 月	1985	1964	1984	1980	1968	2000
	1998	1966	1986	1989	1970	
		1994	1962	1978	1972	
			1963	1979	1976	
			1969	1997	1982	
			1991		1992	
			1995		1999	
			1996			

表 3 东北地区 6~8 月旱涝出现的几率表(1961~2000 年) %

时间	雨涝	较重雨涝	干旱	较重干旱
6 月	33	18	35	13
7 月	28	13	30	20
8 月	30	20	33	18
6~7 月	38	10	33	18
7~8 月	30	18	33	18
6~8 月	33	13	33	20