

文章编号: 1000-2022(2006)02-0203-06

东北雨季的划分及其特征

王学忠^{1,2}, 孙照渤¹, 谭言科², 胡邦辉²

(1 南京信息工程大学 江苏省气象灾害重点试验室; 江苏 南京 210044

2 解放军理工大学 气象学院; 江苏 南京 211101)

摘要: 利用 1951—2001 年东北地区 9 站旬平均降水量资料划分了东北雨季, 确定了雨季开始旬序、结束旬序、持续期和降水量, 分析了雨季各特征量之间的关系, 探讨了雨季前后大气流场的差异, 研究了雨季特征量与热带海温指数的关系。结果表明: (1) 东北雨季平均在 7 月中上旬开始, 8 月中上旬结束; 51 a 雨季降水量与 9 站夏季 Z 指数密切相关, 表明了雨季降水基本反映了该地区夏季降水的特征; (2) 一般说来, 雨季开始早, 则持续期长, 降水量大, 反之亦然; (3) 东北雨季主要受东亚夏季风的控制, 季风增强北进, 雨季开始, 季风减弱南撤, 雨季结束; (4) 东北雨季特征量有短期气候预测时间尺度上的热带季节海表温度距平前兆信号。

关键词: 东北雨季; 东亚夏季风; 区域气候

中图分类号: P461 **文献标识码:** A

Demarcation and Features of Northeast China Rainy Season

WANG Xue-zhong^{1,2}, SUN Zhao-bo¹, TAN Yan-ke², HU Bang-hui²

(1. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, NUIST, Nanjing 210044, China

2. Meteorology Institute, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China)

Abstract Based on the 1951—2001 dekadal mean rainfall of 9 stations in northeast China, northeast China rainy season is demarcated. The initiation, termination, duration and rainfall of rainy season are determined and the relationships among these characteristic quantities discussed. The atmospheric circulation variations at the beginning and end of rainy season are compared. And the lag correlation between rainy season characteristic quantity and SST anomaly in tropical ocean key regions is investigated. Results show that (1) the rainy season begins in the first-second dekadal of July, and ends in the first-second dekadal of August, and the rainy season rainfall is closely related to the Z index of the total rainfall of 9 stations in summer, indicating that the rainy season rainfall reasonably reflects the summer precipitation features of the region; (2) generally speaking, when the rainy season begins earlier, it always persists for a longer period and its rainfall is greater, and when the rainy season begins later, the inverse is also true; (3) the northeast China rainy season is principally controlled by the East Asian summer monsoon when the East Asian summer monsoon strengthens and marches northward, the rainy season begins, and when the East Asian summer monsoon weakens and withdraws southward, the rainy season terminates; and (4) the season

收稿日期: 2004-04-13 改回日期: 2004-07-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (40275014, 4033101Q, 40405010)

作者简介: 王学忠 (1971-), 男, 吉林柳河人, 讲师, 博士, 研究方向: 天气气候学. E-mail: wxzplaus@163.com.

al SSTA over the tropical ocean is a precursor on the scale of short-range climate prediction to the rainy season features in northeast China

Key words northeast China rainy season, East Asian summer monsoon, regional climate

0 引言

东北地区是我国主要的粮食基地, 雨季降水对该地区人民的生产和生活有很大影响。因此, 研究东北雨季变异特征有助于了解该地区的气候从而更好地为国民经济建设服务。

孙力等^[1]利用中国东北三省 69 站 35 a 降水资料对东北夏季降水异常进行了气候分析, 结果表明该地区夏季降水异常的空间分布具有整体一致的性质, 也存在着南部、北部、东部、西部相反变化的差异。谭言科^[2]对 1951—1999 年 160 站月平均降水资料标准化后进行 REOF 分析发现, 特征向量中包括了东北型, 即东北降水具有一致变化的特点。东北旱涝与东北亚地区夏季 850 hPa 南风指数的关系密切^[3], 旱涝年 OLR 场的时空分布存在较大差异^[4]。

目前, 雨季划分主要有 2 种方法: 一是对全国或局部的降水量进行 EOF 或 REOF 分解, 划分主要的雨型^[1, 3, 5], 这种方法受资料时段长度及起止时间的限制, 时段长度或起止时间不同可能会导致雨型的差别, 由于多采用月以上时间尺度的平均, 时间分辨率不足且不能反映我国东部雨带的进退特征; 另一种是指标站法^[6-7], 该方法的研究区域相对较小, 能更为精确地反映区域气候。最近, 采用单站逐日降水量确定雨季的方法^[7]显著提高了时间分辨率, 但相邻测站雨季起止日期可能与之有很大差别。

在较短时间尺度上划分东北雨季是否可行? 它与东亚夏季风的关系如何? 雨季特征量在热带海洋上是否有短期气候预测时间尺度上的关键区? 这是本文所要讨论的问题。

1 资料

中国东北地区 1951—2001 年台站逐日降水资料; 1958—1997 年 NCEP/NCAR 再分析逐日 850 hPa 风场、比湿和 500 hPa 位势高度场; NOAA 重建的 1940—2001 年月平均全球 SST 资料。

2 东北雨季的判别

2.1 指标站的选取

指标站选择主要考虑以下几个方面: 1) 观测记

录足够长, 必须覆盖 1951—2001 年整个时段且无缺失, 沿海测站为海洋性气候予以剔除; 2) 距华北地区的指标站^[6]应较远; 3) 数目不宜过多, 测站分布疏密合理。这样选取了 9 个指标站(图 1), 分别是: 哈尔滨、长春、沈阳、嫩江、齐齐哈尔、白城、通辽、四平 and 阜新。这 9 个测站 1951—2001 年 4—10 月的旬降水量之间的两两相关系数都超过了 0.05 显著性水平, 表明这 9 个站的旬平均降水量具有一致变化的特点。

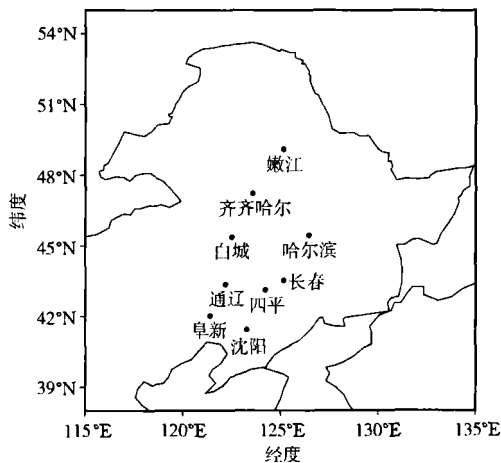


图 1 东北地区指标站的分布

Fig 1 Index stations distribution in the Northeast of China

2.2 雨季的判别方法

首先计算 51 a 的 7—33 旬 9 站多年平均的旬降水量。当某一旬降水总量超过多年平均旬降水总量的 2 倍, 且 9 个测站中有大于等于 6 个测站的旬降水量大于其气候平均旬降水量时, 则认为是一个大雨旬。若两个大雨旬之间有小于等于 1 个非大雨旬则连接为一个雨段。一年之中可能有多个雨段, 雨段持续期都较短时, 由于其降水可能更多受到局地扰动的影响, 取最接近气候平均最大旬(21 旬)的雨段, 否则取累积总降水量最多的雨段, 对于其他雨段不予考虑即一年中不存在两个雨季。51 a 中, 每年至少有一个雨段保证了雨季划分的连续性。雨季的第 1 旬为开始旬, 最后 1 旬为结束旬。开始旬、结束旬都为大雨旬, 开始旬到结束旬序的旬数为持续期, 开始旬到结束旬的单站平均累积总降水量为雨季降水量。

3 东北雨季特征

3.1 雨季特征量之间的关系

按照 2.2 节的方法计算了东北雨季的开始旬序(图 2a)、结束旬序(图 2b)、持续期(图 2c)和降水

量(图 2d)。东北雨季平均在 7 月中上旬(第 19.27 旬)开始,与东北地区夏季风建立的平均日期一致;平均在 8 月中上旬(第 22.51 旬)结束,即东北雨季的降水主要集中在 7—8 月;平均持续期为 4.24 旬;平均雨季降水量为 239 mm。

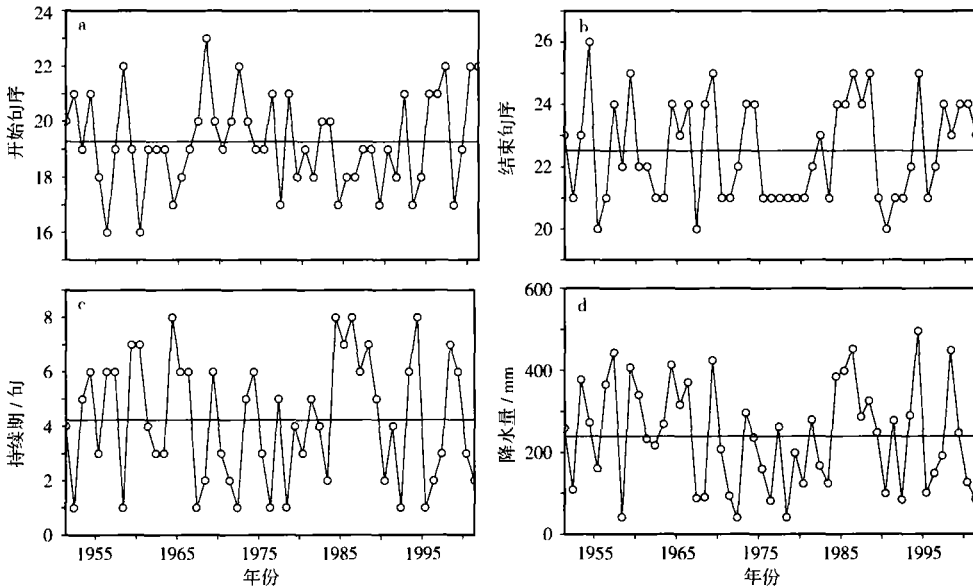


图 2 东北雨季的特征量

a 开始旬序; b 结束旬序; c 持续期; d 降水量

Fig. 2 Characteristic quantities for northeast China rainy season

a beginning dekad; b ending dekad; c duration; d total rainfall of rainy season

雨季平均旬降水量和单站气候平均旬降水量的比较可以评价雨季划分的科学性。由图 3 可见,气候平均降水量的分布呈现为峰值在第 21 旬的单峰结构,雨季平均的开始和结束旬序之间气候平均降

水量较大,且平均开始与结束旬序对应的气候平均降水量相差较小,表明对东北雨季的划分是合理的。

为研究东北地区雨季降水和夏季旱涝的关系,计算了夏季东北 9 站降水总量的 Z 指数,该指数反映了东北夏季旱涝情况(图略)。东北地区雨季降水量与夏季(6—8 月)降水总量的 Z 指数的相关系数达到了 0.89,与 7—8 月总降水量的 Z 指数的相关系数为 0.90 远超过了 0.01 的显著性水平,表明雨季降水量能够反映东北夏季旱涝的程度,东北地区的夏季降水主要是雨季降水。

表 1 为雨季各特征量之间的关系,概括为:雨季开始越早,持续期越长,降水量越大;反之亦然。

表 1 东北雨季各特征量之间的相关系数

Table 1 Correlation coefficients among the characteristic quantities of NE China rainy season

| | 结束旬序 | 持续期 | 降水量 |
|------|-------|-------|--------|
| 开始旬序 | 0.065 | 0.700 | -0.671 |
| 结束旬序 | | 0.667 | 0.598 |
| 持续期 | | | 0.927 |

注:样本数为 51 显著性水平为 0.05 的临界相关系数为 0.287 5

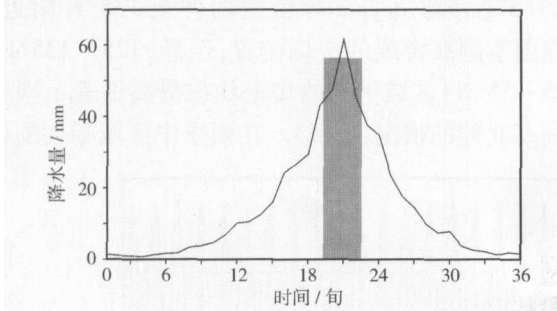


图 3 雨季平均旬降水量与平均单站气候平均旬降水量的对比(曲线表示气候平均,直方图表示雨季平均旬降水量,直方图左(右)边对应雨季平均开始(结束)旬序)

Fig. 3 Dekadal mean rainfall (solid bar) of index station over the rainy season and the climatic mean dekadal rainfall (solid curve) of single station in northeast China (The left (right) edge line of the solid bar indicates the mean beginning (ending) dekad of rainy season)

3 2 雨季前后流场的差异

对 NCEP/NCAR 再分析 850 hPa 逐日风场资料求旬平均, 雨季开始旬减去其前一句的环流场再进行 40 a 平均, 得到了雨季开始时环流的差异 (图 4a); 雨季结束后一句减去结束旬的环流场再进行 40 a 平均, 得到雨季结束时的环流场差异 (图 4b)。雨季建立时的差异场 (图 4a) 在我国东北地区、日本群岛南部及日本东部太平洋地区存在一个 3 涡结构 (C-A-C): 东北地区为气旋性的、日本南部为反气旋性的及日本东部太平洋上气旋性的偏差环流; 在我国东北和日本南部之间为较强的从华东地区吹向朝鲜半岛再到日本海的西南向偏差气流, 表明雨季开

始时副热带西南急流显著加强。雨季结束时刚好相反 (A-C-A): 东北地区为反气旋性的偏差环流, 其中中心位置和建立时的气旋性偏差环流的位置变化不大; 而日本南部的反气旋性偏差环流变成气旋性的, 其中心位于日本中部; 在我国东北和日本南部之间的偏差风转为东北风, 表明副热带西南急流显著减弱。另外, 雨季开始时海南附近偏差气旋表明南海季风增强, 西南季风也正是由于该偏差气旋的存在而参与了向北的水汽输送; 雨季结束时季风减弱。由此看来, 夏季风增强北进, 雨季开始; 季风减弱南撤, 雨季结束。

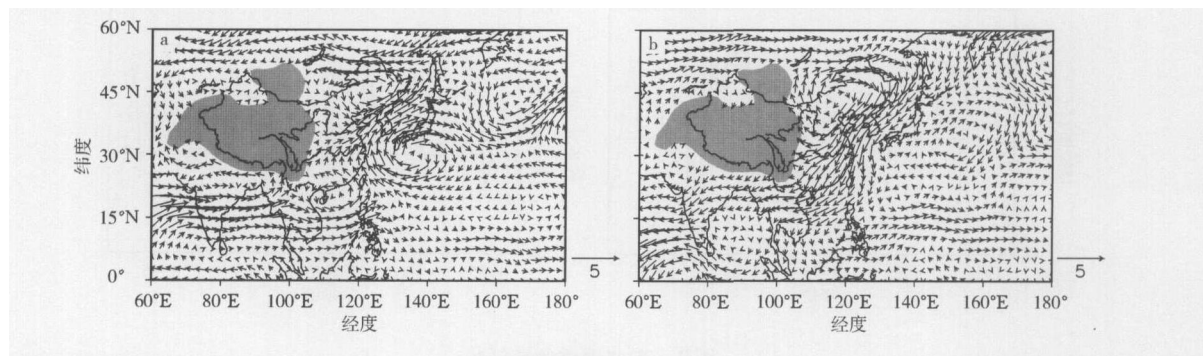


图 4 雨季开始和结束时 850 hPa 旬平均环流场差异 (单位: $m \cdot s^{-1}$; 阴影区的地形高度大于 1 500 m)
a 雨季开始时; b 雨季结束时

Fig 4 Changes in the decadal mean 850 hPa atmospheric circulation at the beginning (a) and end (b) of rainy season (units $m \cdot s^{-1}$; the shaded area with a topographic altitude greater than 1 500 m)

实际上, 季风不仅表现为风向的季节性反转, 还表现为干湿期的季节性交替, 因此水汽输送可以更全面地反映季风特征。选取 1958—1997 年区域 (120~140°E, 35~40°N) 平均的 850 hPa 旬水汽输送代表副热带西南低空急流的强度 (图略)。在雨季, 水汽输送的经向分量和纬向分量都处于全年最高值附近, 表明雨季中副热带西南季风处于当年最

强的阶段。西太平洋副热带高压是东亚夏季风的另一个重要成员。在雨季旬平均 500 hPa 位势高度场 (图略) 上, 东北地区位于一个浅槽前, 副高脊线位于 27.5°N, 588 dagpm 等值线西伸至 135°E 附近。根据雨季副高脊线的平均位置, 选择 (125~135°E, 27.5~35°N) 区域平均的旬平均位势高度表示雨季时副高北伸的情况 (图 5)。在雨季中区域平均的位

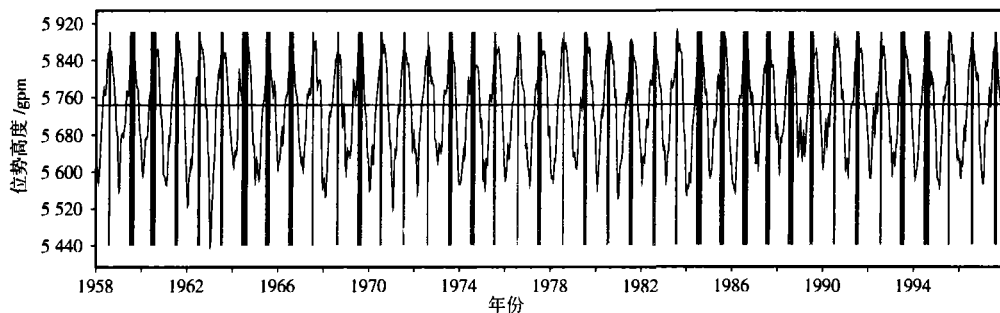


图 5 区域 (125~135°E, 27.5~35°N) 平均的 500 hPa 位势高度
(柱体近似表示了东北雨季出现的时段, 水平线表示平均值)

Fig 5 Temporal evolution of regional (125~135°E, 27.5~35°N) mean 500 hPa geopotential heights (the bar indicates the rainy season duration in northeast China and the horizontal line denotes the mean value)

势高度较大,表明副高北伸显著。副热带水汽输送和副高北伸的强度表明雨季夏季风处于最强的阶段,东北雨季主要由夏季风控制。

3.3 雨季特征量和海表温度的关系

目前,短期气候预测是天气气候研究的重要领域,那么东北地区雨季特征量在热带海洋地区是否存在短期气候预测意义上的关键区呢?为此计算了东北雨季特征量与热带几个关键海区季节平均 SS-

TA 滞后相关(图 6),其中 Nino1+2, Nino3, Nino4 区和尼诺西区指数用相应区域^[11]的平均 SSTA 定义。目前对印度洋海表温度的研究考虑了海水温度距平的分^[12-15],故选取 Saji 等^[12]定义的热带印度洋偶极子指数(DMI)。由于研究的重点是短期气候预测时间尺度上的相关,所以只讨论 10 个季节以内的情况。雨季开始旬序(图 6a)滞后 DMI 5 个季节正相关(0.366),滞后尼诺西区指数 5、6 个季节正相关

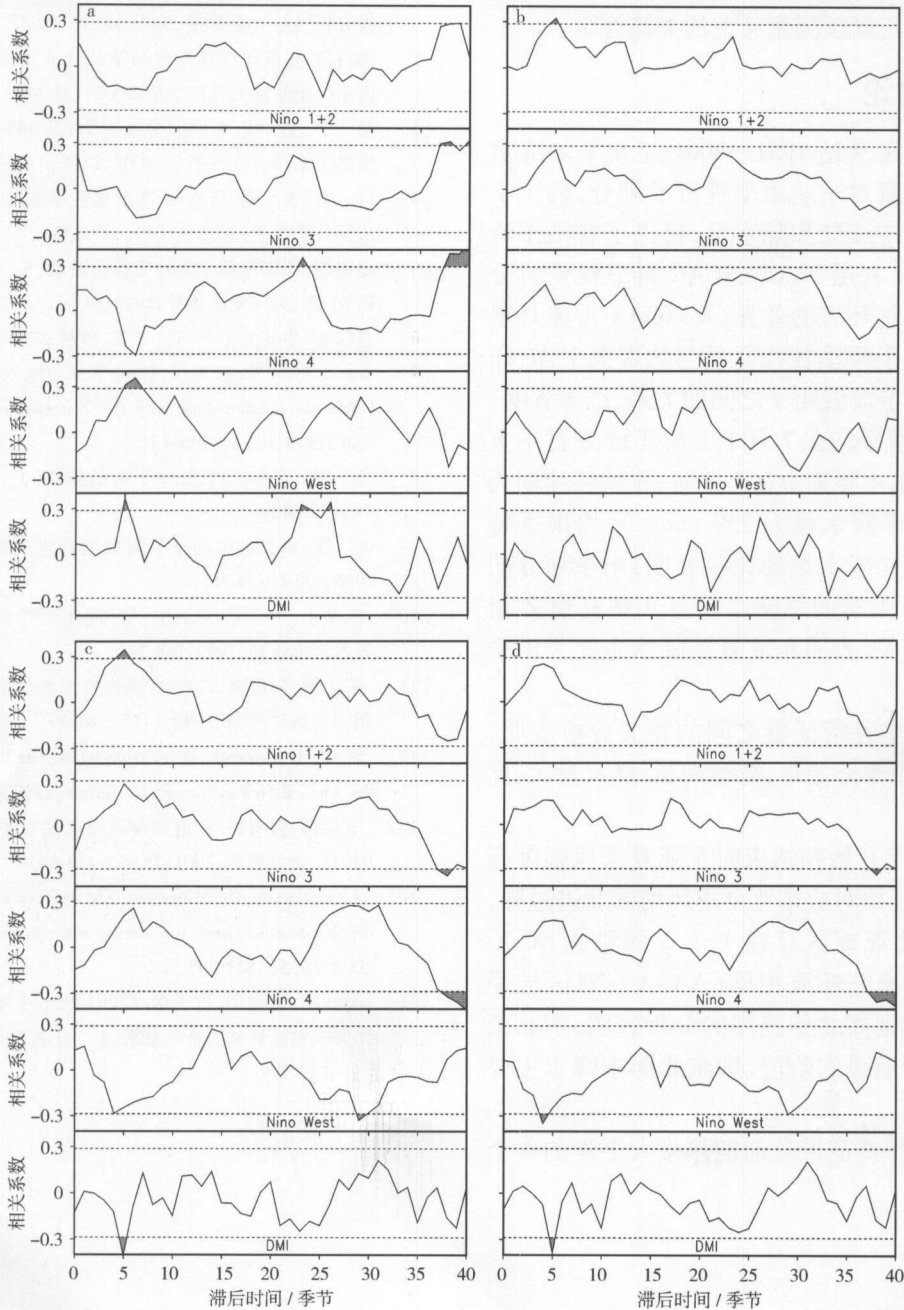


图 6 东北雨季的各特征量与热带 SSTA 指数的滞后相关(图中虚直线表示达到 0.05 显著性水平检验)

a 开始旬序; b 结束旬序; c 持续期; d 降水量

Fig 6 Lag correlation between the characteristic quantity of NE China rainy season and the tropical SSTA index (dashed lines indicate the confidence level $\geq 95\%$) a beginning dekad; b ending dekad; c duration; d total rainfall of rainy season

(0.313 0.356); 结束旬序(图 6b)滞后尼诺 1+2 区指数 5 个季节正相关(0.325); 持续期(图 6c)滞后尼诺 1+2 区指数 5 个季节正相关(0.345), 滞后尼诺西区指数 4 个季节负相关(0.284), 滞后印度洋偶极子指数 5 个季节负相关(-0.406); 降水量(图 6d)滞后尼诺西区指数 4 个季节负相关(-0.348), 滞后印度洋偶极子指数 5 个季节负相关(-0.385)。上述结果表明, 东北雨季的特征量在热带海洋上有短期气候预测意义上的关键海区。

4 结果和讨论

根据东北地区 9 站 1951—2001 年旬平均降水总量及各站降水量对东北雨季进行了划分, 确定了雨季开始、结束、持续期和降水量, 讨论了各雨季特征量之间的关系, 利用 NCEP/NCAR 再分析资料分析了雨季前后大气环流的差异; 及 NOAA 重建月平均 SST 资料讨论了雨季各特征量与热带太平洋、印度洋关键海区季节海温距平之间的关系, 结果表明:

(1) 东北雨季平均在 7 月中上旬开始, 8 月中上旬结束, 东北降水主要集中在 7、8 月; 平均持续期为 4.24 旬; 平均雨季降水量为 239 mm。平均雨季特征量和气候平均旬降水量的比较表明, 雨季划分的方法是合理的。雨季的总降水量与 9 站夏季 Z 指数有很高的正相关, 表明东北夏季降水主要为雨季降水。

(2) 东北雨季各特征量之间的相关分析表明, 一般说来, 东北雨季开始早, 持续期长, 降水量大; 反之亦然。

(3) 东北雨季开始和结束时东亚夏季风强度有很大变化, 雨季开始对应东亚夏季风增强北进过程, 偏差环流在东北亚地区存在 1 个 3 涡结构(C-A-C); 雨季结束时偏差环流相反(A-C-A); 对区域平均的水汽输送和副高北伸强度的分析表明, 东北雨季时夏季风处于最强的阶段, 即东北雨季降水主要受夏季风的控制。

(4) 东北雨季特征量与前期热带太平洋的 4 个

Nino 指数及印度洋偶极子指数有短期气候预测时间尺度的相关, 即东北雨季特征量在热带海洋地区存在先兆信号。

东北雨季在热带海洋地区存在先兆信号, 这些信号对东北雨季的作用机制值得进一步研究。

参考文献:

- [1] 孙力, 安刚, 丁立, 等. 中国东北地区夏季降水异常的气候分析[J]. 气象学报, 2000, 58(1): 70-82
- [2] 谭言科. 热带印度洋海气系统的特征及变异机理[D]. 南京: 南京气象学院大气科学系, 2002 123-145
- [3] 孙力, 安刚. 东北亚地区夏季 850 hPa 南风异常与东北旱涝的关系[J]. 大气科学, 2003, 27(5): 425-434
- [4] 孙力, 安刚, 唐晓玲. 东北地区旱涝的 OLR 特征分析[J]. 应用气象学报, 2000, 11(2): 228-235
- [5] 赵振国. 我国汛期旱涝趋势预测进展[C]//王绍武. 气候预测研究. 北京: 气象出版社, 1996 84-93
- [6] 赵汉光. 华北的雨季[J]. 气象, 1994, 20(6): 3-8
- [7] SaneI A N, Wang W C, Liang X Z. The monsoon rainband over China and relationships with the Eurasian circulation[J]. J Climate, 1999, 12(1): 115-131
- [8] 徐群. 近 80 年长江中下游的梅雨[J]. 气象学报, 1965, 35(4): 422-428
- [9] 张强. 华北地区的干旱指数的确定及其应用[J]. 灾害学, 1998, 13(4): 34-38
- [10] 伍荣生, 王元, 王兴宝, 等. 现代天气学原理[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999 188-244
- [11] 解思梅, 包澄澜, 郝春江. 两极冷源和热带海洋热源的相互作用[J]. 海洋学报, 1996, 18(2): 41-49
- [12] Saji N H, Goswami B N, Vinayachandran P N, et al. A dipole in the tropical Indian Ocean[J]. Nature, 1999, 401: 360-363
- [13] 李崇银, 穆明权. 赤道印度洋海温偶极子型振荡及其气候影响[J]. 大气科学, 2001, 25(4): 433-443
- [14] Li Chongyi, Mu Mingquan. The Influence of the Indian Ocean dipole on atmospheric circulation and climate[J]. Adv Atmos Sci, 2001, 18(5): 831-843.
- [15] 晏红明, 璐建华, 肖子牛. ENSO 循环的两个不同位相期印度洋海表温度异常的特征分析[J]. 南京气象学院学报, 2001, 24(2): 242-249