

文章编号: 1000-2022(2006)01-0088-06

东南亚地区年际降水变化及其与 ENSO 的关系

郭丽娜¹, 施能¹, 朱兴明², 张立波¹

(1 南京信息工程大学 江苏省气象灾害重点实验室, 江苏 南京 210044

2 青岛市 92635 部队气象台, 山东 青岛 266041)

摘要:用 Chen 等最新创建的全球陆地和海洋的月降水资料 (PREC/L 和 PREC/O), 采用加权平均的降水距平指数和旱涝面积指数分别划分 1948—2002 年东南亚地区年、季的旱涝年, 并对划分的旱、涝年进行了旱涝年差异的 Monte Carlo 检验。研究了东南亚地区降水与 ENSO 的关系, 指出东南亚地区年、秋季和冬季的降水与 ENSO 事件的关系比较密切, 春季降水与其关系稍差一些, 夏季与 ENSO 事件没有明显的联系。研究了东南亚地区旱涝年的分布规律和特征, 指出 1948—1959 年期间除了夏季旱年比涝年多以外, 年和春、秋、冬季都是涝年明显多于旱年, 60 年代年、四季的旱涝相差不多, 年和夏季在 70 年代涝多于旱, 春、秋、冬季旱涝相同; 1980—1989 年是旱年的多发期; 1990—2002 年期间旱涝年频繁爆发, 旱年多于涝年。通过计算东南亚地区年、季的降水趋势系数, 得出东南亚地区年、季的降水量大都存在下降趋势, 其中年和秋季的下降趋势很明显, 春夏两季存在弱的下降趋势, 而冬季则有较弱的上升趋势。

关键词:东南亚; 旱涝年; 降水; 年代际变化; ENSO

中图分类号: P468.0 **文献标识码:** A

Variation Features of Annual and Seasonal Rainfalls in Southeast Asia and Their Relations with ENSO during 1948—2002

GUO Lina¹, SHI Neng¹, ZHU Xingming², ZHANG Libo¹

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

2. Observatory in No. 92635 Army of PLA, Qingdao 266041, China)

Abstract The dry and wet years in Southeast Asia have been identified and tested by using the Precipitation Reconstruction data set (PREC viz Precipitation Monthly Anomalies Over Global Land & Oceans from 1948—2003) on annual and seasonal scales from 1948 to 2002. The relation between rainfall and ENSO events has been studied. The results show that in 1948—1959, except summer, wet years, springs, autumns, and winters were evidently more than dry years, springs, autumns, and winters, respectively, in the 1960's, dry/wet years and seasons were about equal, in the 1970's, wet years and summers were more than dry years and summers, and wet/dry springs, autumn and winters were about the same, 1980—1989

收稿日期: 2004-06-28 改回日期: 2004-10-26

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49075028)

作者简介: 郭丽娜 (1980-), 女, 河北河间人, 硕士, 研究方向: 全球气候变化. E-mail: ynlng@163.com.

was a frequent period of droughts, and 1990—2002 was a frequent period of droughts/floods with dry years more than wet years. Through calculating the precipitation trend coefficient in Southeast Asia, it was found that a decline trend occurred in annual and seasonal rainfalls except winter.

Key words Southeast Asia; dry/wet year; rainfall; decadal variation; ENSO

0 引 言

东南亚季风紧密地联系着亚洲季风系统与全球气候系统, 揭示东南亚地区降水发生的频率, 及年际、年代际的变化特征, 具有重要的意义。国内外许多文章从季风角度研究了东南亚地区的气候特征。Angell^[1]用 1860—1979 年的 NOAA 每月海温资料分别与热带对流层纬向平均温度 (1958—1979 年中的两个季节)、印度夏季风平均降雨量 (1868—1977 年春季和夏季) 和南方涛动指数 (1932—1979 年) 求相关系数, 指出在 ENSO 事件发生时, 东南亚地区的降水较正常年份少。Lau 等^[2]根据亚洲夏季风在不同区域有不同特点, 把亚洲季风区分为南亚和东南亚两个区域, 分别定义了季风指数, 结果表明, 东南亚季风的年际变率与中国东海、日本海和中国南海的海温异常有关系。Annamalai 等^[3]用两种资料对比研究了 1979—1995 年亚洲季风的年际和季节内变化, 结果表明亚洲季风存在着年际和季节内变化, 并且年际和季节内变化之间有一定的联系。Lau 等^[4]通过对东南亚夏季风的气候和年际变化的研究, 描述了东南亚季风的基本建立和发展过程, 指出东南亚季风是整个亚洲季风系统中最早的阶段, 东南亚季风建立时间的提前 (延迟) 与太平洋和印度洋的冷 (暖) 事件相联系, 5 月份的东南亚季风的特征可以预示未来几个月亚洲夏季风的发展, 对东南亚地区的天气和气候有巨大的影响。王晓春^[5]利用 FGGE-IIIb 资料及欧洲中期天气预报中心 1980—1988 年 7 层全球分析资料, 分析了 1979—1988 年南亚、东南亚地区大气环流季节突变的状况, 指出东南亚地区进入雨季, 华南进入前汛期, 南亚、东南亚地区由冬至夏大气环流转变过程存在两次突变, 季节突变方式存在着区域、高低层间及年际间的差异。杨广基等^[6]研究了 1951—1980 年 4—9 月东亚、南亚和东南亚降水的年变化和年际变化, 比较详细地研究了我国东西部及长江流域夏季降水, 但是, 对东亚、南亚和东南亚降水, 仅讨论了 4—9 月的多年平均情况, 东南亚地区降水的年际变化特征基本没有研究。东南亚地区天气与大气环流、季风和梅雨都有联系。从以上这些研究看到, 东南亚季风的研究

还很有限, 并且只使用了 20 世纪 80 年代以前的资料, 大尺度东南亚季风长期变化和各季变化工作的研究基本没有开展。最近 20 多年, 全球气候系统发生了很大变化, 全球气候变暖, ENSO 频繁发生。因此, 利用最新的降水资料详细讨论东南亚地区降水的特征是十分必要的。本文利用 Chen 等^[7]创建的 1948—2002 年全球陆地和海洋月降水资料, 研究近 55 a 来东南亚地区在年、季降水量和长期变化和旱涝分布规律和特征及其与 ENSO 的关系。

1 资料和方法

1.1 资 料

参考文献 [7] 最新创建了全球月降水资料 (PREC), 包括陆地 (PREC/L) 和海洋 (PREC/O) 两部分。PREC 资料长度 1948—2003 年 (共 56 a), 空间分辨率 2.5° 纬度 \times 2.5° 经度, 范围 $1.25^\circ\text{E} \sim 1.25^\circ\text{W}$, $88.75^\circ\text{S} \sim 88.75^\circ\text{N}$, 全球共有 10 368 个格点, 其中陆地格点数为 4 390。Chen 等^[7]已经阐明了该资料的优良特性。该资料目前还没有仔细分析研究, 国内也没有使用此最新资料的研究成果。本文研究的东南亚地区范围与文献 [2] 相同, 为 $100^\circ \sim 130^\circ\text{E}$, $5^\circ \sim 25^\circ\text{N}$, 用到包括陆地 60 个格点和海洋 36 个格点共 96 个格点。分别取 1—12 月、3—5 月、6—8 月、9—11 月和 12 月到次年 2 月的月降水量之和得到年、春、夏、秋、冬季的降水量。

为了解 PREC 资料的可靠程度, 将 PREC 读取的资料与印度季风降水 1813—1998 年 6—9 月的实际观测资料 (出版的资料) 进行了比较。从 PREC 中读取印度地区 ($70^\circ \sim 87^\circ\text{E}$, $10^\circ \sim 30^\circ\text{N}$) (其中陆地 47 个格点, 海洋 9 个格点) 的 1948—1998 年 6—9 月的降水量, 相加并求距平, 得到印度地区 51 a 6—9 月降水量距平的时间序列 (图 1 中实线), 与印度季风降水 1948—1998 年 6—9 月降水量距平的时间序列求相关, 相关系数为 0.92 (图 1)。可以看出, 两种资料有很好的一致性, 说明 (PREC/L + PREC/O) 资料是可靠的, 可以用来进行年、季、月尺度降水分析。

1.2 方 法

旱涝年划分方法采用文献 [9] 提出的两种加权

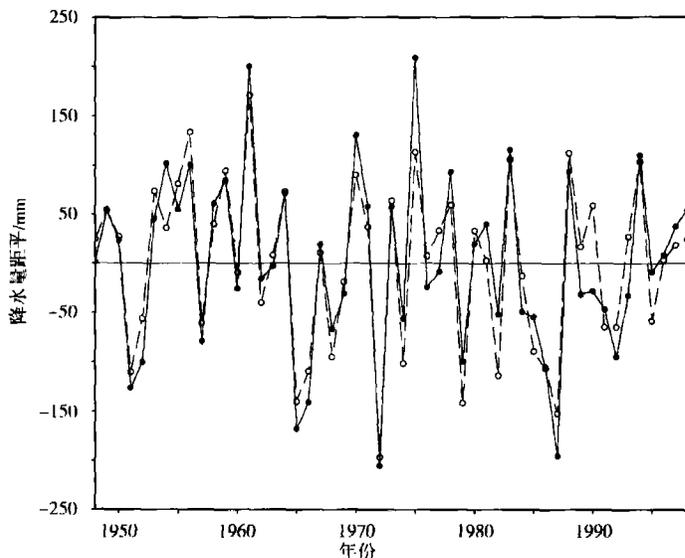


图 1 1948—1998年印度季风降水距平序列(单位: mm)

(虚线、实线分别是印度地区实际夏季(6—9月)距平值和全球降水资料求出的同期距平值)

Fig 1 Time series of India summer monsoon rainfall anomaly from 1948—1998 (units mm)

(the broken line denotes the actual summer (JJAS) monsoon rainfall anomaly in India

and the solid line the rainfall anomaly calculated from PREC in the same period)

平均的指数方法,并用于东南亚地区。这种划分旱涝年的方法已经成功地用于全球6—8月旱涝年特征的分析^[9-10]。为检验这种旱涝年的划分是否合理,对旱涝年合成进行了Monte Carlo检验。

计算了年、季降水量的趋势系数和回归系数,并进行统计检验,具体方法见文献[9-11]。

2 年、季旱涝年划分及统计检验

两种东南亚地区旱涝指数之间存在着较强的正相关(相关系数0.942,显著性水平超过0.0001)。分别对两种指数值从大到小排列,在这两种排列里都排在前18位的年份,定义为涝年,都排在后18位的年份,定义为旱年。依据旱、涝年划分方法,得出在年际尺度和季节尺度的旱、涝年表(表1)。

对季节的和年的旱涝年进行了Monte Carlo检验。结果表明,划分的东南亚地区年、季旱涝年已经达到了Monte Carlo检验0.001的显著性水平标准,表示东南亚地区划分的年、季旱涝年差异显著。

3 旱涝年的年代际分布规律和特征

由东南亚地区年、季的旱涝年的年代际分布(表2)可以看出,旱涝年的分布是不均匀的,具有明显的年代际特征。1948—1959年期间除了夏季旱年比涝年多以外,年和春、秋、冬季都是涝年明显多于旱年;60年代年和四季的旱涝年相差不多;70年

代年和夏季的涝年多于旱年,春、秋、冬季旱涝年相同;而1980—1989年是年、季旱年的多发期;1990—2002年期间旱涝频繁爆发,旱年多于涝年。在年际尺度上旱年多发于80年代以后,涝年则在50年代、70年代和90年代都发生较多;春季的旱年集中在80年代至今,涝年在50、60年代和90年代发生较多;70年代到本世纪初是夏季涝灾的多发期,旱灾也在50年代和80、90年代的夏季多发;秋、冬季的洪涝都发生较多。

4 年、季降水趋势

对东南亚地区年、季降水量求趋势系数,得到表3。表中除了冬季以外,其他季节和年降水都呈下降趋势,秋季下降趋势最明显。

从春季降水距平(图2a)变化来看,它有弱的下降趋势,其中降水的正距平年较负距平年多。40年代末到70年代中期除了1958、1963和1969年为明显的负距平以外,其他大多数年份均是正值;此后到90年代后期至今降水距平正负值交替变化较大;降水的高峰值在上世纪末本世纪初。夏季降水(图2b)也呈下降趋势。1948年到50年代中后期,降水变化相对较小;50年代末到70年代中后期除了1965年以外,其余大多数年份降水偏多;70年代后期到上世纪末降水年际变化明显,降水量的多寡交替出现;在90年代有降水距平的极值,分别为1994

表 1 1948—2002 年东南亚地区年降水和季降水旱、涝年表

Table 1 Dry/wet years of annual and seasonal precipitation in southeast Asia from 1948 to 2002

季节	涝 年	旱 年
春	1999 2000 2001 1956 1989 1984 ¹⁾	2002 ²⁾ 1990 1997 ²⁾ 1981 1998 ¹⁾ 1995
	1954 ¹⁾ 1950 1959 1994 ²⁾ 1964 ¹⁾	1977 1983 1980 1991 ²⁾ 1963 ²⁾ 1992
	1966 1975 ¹⁾ 1996 1965 ²⁾	1993 ²⁾ 1969 1987 1958
夏	1994 ²⁾ 1961 1952 1973 ¹⁾ 1970 ¹⁾ 1984 ¹⁾	1983 1954 ¹⁾ 1950 1957 ²⁾ 1948 1988 ¹⁾
	1971 1990 1979 1986 ²⁾ 1981 1999	1982 ²⁾ 1958 1998 ¹⁾ 1977 1991 ²⁾ 1989
	1975 ¹⁾ 1966	1996 1965 ²⁾ 1987 1993 ²⁾
秋	1973 ¹⁾ 1998 ¹⁾ 1950 1988 ¹⁾ 1964 ¹⁾ 1970 ¹⁾	1968 ²⁾ 1963 ²⁾ 1961 1984 ¹⁾ 1979 1957 ²⁾
	1974 1955 ¹⁾ 1952 1954 ¹⁾ 1956 2000	1965 ²⁾ 1992 2002 ²⁾ 1991 ²⁾ 1993 ²⁾ 1987
	1996 1995 1960 1949 ¹⁾ 1958	1977 1972 ²⁾ 1994 ²⁾ 1982 ²⁾ 1997 ²⁾
冬	1998 ¹⁾ 1999 1966 1995 2000 1954 ¹⁾	1957 ²⁾ 1987 1977 1968 ²⁾ 1994 ²⁾ 1992
	1970 ¹⁾ 1996 1949 ¹⁾ 1975 ¹⁾ 1952 1964 ¹⁾	1948 1963 ²⁾ 1991 ²⁾ 1989 1978 1958
	1974 1980 1956	1997 ²⁾ 1990 1986 ²⁾ 1972 ²⁾
年	1999 2000 1970 ¹⁾ 1974 1973 ¹⁾ 2001	1963 ²⁾ 1965 ²⁾ 1969 1989 1979 1958
	1971 1956 1975 ¹⁾ 1952 1950 1955 ¹⁾	1983 2002 ²⁾ 1957 ²⁾ 1948 1977 1992
	1964 ¹⁾ 1960 1981 1995	1997 ²⁾ 1991 ²⁾ 1982 ²⁾ 1993 ²⁾ 1987

注: 其中上角标 1) 代表冷事件年, 2) 代表暖事件年, 参照文献 [12-14].

表 2 东南亚地区年、季旱涝年的年代分布

Table 2 Decadal distribution of the dry/wet year of annual and seasonal precipitation in southeast Asia

时间	春季		夏季		秋季		冬季		年	
	涝年	旱年								
1948—1959 年	4	1	1	5	7	1	4	3	4	3
1960—1969 年	3	2	2	1	2	4	2	2	2	3
1970—1979 年	1	1	5	1	3	3	3	3	5	2
1980—1989 年	2	4	3	5	1	3	1	3	1	4
1990—2002 年	5	8	3	4	4	6	5	5	4	5
合 计	15	16	14	16	17	17	15	16	16	17

年最大值和 1993 年最小值。秋季 (图 2c) 是四个季节中下降趋势最明显的季节, 40 年代末到 50 年代中期和 70 年代前半期降水以偏多为主; 60 年代中后期和 70 年代中期到 90 年代初降水的正负距平交替出现; 90 年代前半期降水偏少, 后半期降水以偏多占优势, 但降水距平最小值出现在 1997 年。冬季 (图 2d) 降水有较弱的上升趋势, 整体呈现正负距平交替变化的现象, 80 年代中期到 90 年代中期基本为少雨期, 此后降水明显增多, 在 80 年代中期至今降水有较大的波动。高峰值在 1998 年, 最低值在

1972 年。

近 55 a 来东南亚地区的年降水有比较明显的下降趋势, 其中 50 年代到 70 年代中期是多雨期; 70 年代中后期到 90 年代中后期为少雨期; 90 年代末和本世纪初降水有明显增加, 降水的高峰值在 1999 年。

5 年、季降水与 ENSO 的关系

ENSO 事件严重影响降水的强度和范围。目前, 有许多方法定义 ENSO 事件, 大致得到相同的冷

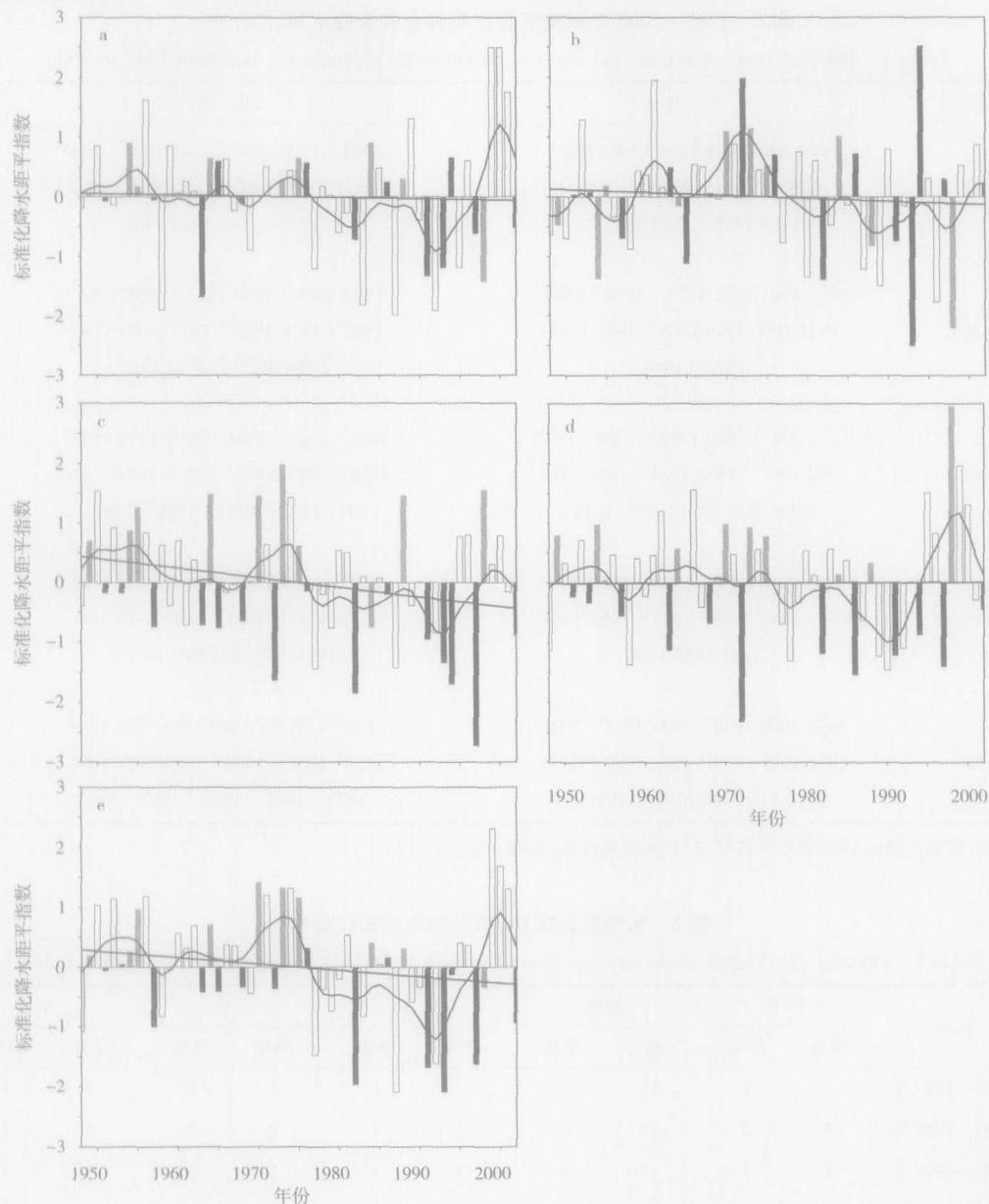


图 2 1948—2002年东南亚地区标准化降水距平指数及高斯 9点滤波线
 (其中空心、灰色和黑色分别代表正常年、冷事件年和暖事件年)
 a 春季; b 夏季; c 秋季; d 冬季; e 年

Fig 2 Temporal variations of normalized rainfall anomaly index and its Gaussian 9-point filtering curve in southeast Asia in 1948—2002
 (hollow, gray, and black bars denote normal, cold, and warm years respectively)
 a spring rainfall; b summer rainfall; c autumn rainfall; d winter rainfall; e annual rainfall

暖事件年。本文参照文献 [10-12] 的冷暖年, 而据文献 [14], 2002 年划分为暖事件年, 这样得到 1948—2002 年期间的 El Niño 年和 La Niña 年。

由表 1 可以看出, 东南亚地区年 (涝年有 5 a 对应冷事件, 旱年有 8 a 对应暖事件)、秋季 (涝年有 8 a 对应冷事件, 旱年有 11 a 对应暖事件和 1 a 对应冷事件) 和冬季 (涝年有 6 a 对应冷事件, 旱年有

8 a 对应暖事件) 的降水与 El Niño 事件和 La Niña 事件关系比较密切; 春季 (涝年有 4 a 对应冷事件和 2 a 对应暖事件, 旱年有 5 a 对应暖事件和 1 a 对应冷事件) 降水与 El Niño 事件和 La Niña 事件关系稍差一些; 夏季 (涝年有 4 a 对应冷事件和 2 a 对应暖事件, 旱年有 5 a 对应暖事件和 3 a 对应冷事件) 与 El Niño 事件和 La Niña 事件的关系不密切, 可能是

由于夏季降水受多种因素影响造成的。

由图 2 还可以看出, 当暖事件发生时, 东南亚地区年降水量普遍偏少, 冷事件发生时则降水偏多; 春、夏两个季节的降水量的多少与冷、暖事件的发生与否关系不大。

表 3 1948—2002 年东南亚地区年、季降水的趋势系数和回归系数

Table 3 Trend and regression coefficients of annual and seasonal precipitation in southeast Asia from 1948 to 2002

时间	趋势系数	回归系数
年	-0.171	-1.488
春季	-0.034	-0.079
夏季	-0.077	-0.268
秋季	-0.256	-1.253
冬季	0.006	0.022

6 结 论

(1) 本文用最新的全球陆地和海洋月降水资料 (PREC), 研究了 1948—2002 年东南亚地区年、季降水特征。划分了 1948—2002 年东南亚地区年总降水和四季降水量的旱涝年。经统计检验表明, 本文划分的东南亚地区旱涝年之间的降水存在明显的差异。

(2) 研究了东南亚地区旱涝年的分布规律和特征, 指出 1948—1959 年期间除了夏季旱年比涝年多以外, 年和春、秋、冬季都是涝年明显多于旱年; 60 年代年和四季的旱涝相差不多; 年和夏季在 70 年代涝多于旱, 春、秋、冬季旱涝相同; 1980—1989 年是旱年的多发期; 1990—2002 年期间旱涝年频繁爆发, 旱年多于涝年。

(3) 计算了东南亚地区年、季的降水趋势系数, 得出东南亚地区年、春、夏、秋季的降水量都存在下降趋势, 其中秋季的下降趋势尤为明显, 冬季有较弱的上升趋势。

(4) 东南亚地区年和秋、冬季的降水与 ENSO

事件关系比较密切, 暖事件发生时, 东南亚地区年降水量普遍偏少, 冷事件发生时则降水偏多; 春、夏两个季节的降水量的多少与冷、暖事件的发生与否关系不大。

参考文献:

- [1] Angell J K. Comparison of variations in atmospheric quantities with sea surface temperature variation in equatorial eastern Pacific [J]. *Mon Wea Rev*, 1981, 109(2): 230-243
- [2] Lau K M, K in K M, Yang S. Dynamical and boundary forcing characteristics of regional component of the Asian summer monsoon [J]. *J Climate*, 2000, 13(14): 2461-2482
- [3] Annamali H, Slingo J M, Sperber K R, et al. The mean evolution and variability of the Asian summer monsoon: comparison of ECMWF and NCEP-NCAR reanalyses [J]. *Mon Wea Rev*, 1999, 127(6): 1157-1186
- [4] Lau K M, Yang S. Climatology and interannual variability of the Southeast Asian summer monsoon [J]. *Adv Atmos Sci*, 1997, 14(2): 141-162
- [5] 王晓春. 南亚、东南亚地区大气环流季节突变的多年状况 [J]. *大气科学*, 1994, 18(3): 303-309
- [6] 杨广基, 刘家铭. 东亚、东南亚、南亚地区降水的年变化和年际变化 [J]. *大气科学*, 1987, 11(3): 304-311
- [7] Chen M P, Janowiak J E, Arkin P A. Global precipitation: A 50 year monthly analysis based on gauge observations [J]. *Journal of Hydrometeorology*, 2002, 3(3): 249-266
- [8] Smith T M, Reynolds R W, Livezey R E, et al. Reconstruction of historical sea surface temperature using empirical orthogonal functions [J]. *J Climate*, 1996, 9(6): 1403-1420
- [9] 施能, 陈绿文, 封国林. 1920—2000 年全球 6—8 月陆地旱涝气候变化 [J]. *气象学报*, 2003, 61(2): 237-244
- [10] 黄先香, 施能. 1948—2001 年全球陆地 6—8 月降水长期变化的时空特征 [J]. *南京气象学院学报*, 2003, 26(2): 201-209
- [11] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年来 4 个年代际的气候变化特征 [J]. *气象学报*, 1995, 53(4): 431-439
- [12] Shi Neng, Chen Lüwen. A preliminary study on the global land annual precipitation associated with ENSO during 1949—2002 [J]. *Adv Atmos Sci*, 2002, 19(6): 993-1003
- [13] 李崇银. 气候动力学引论 [M]. 北京: 气象出版社, 1995: 227-282
- [14] 王丽华. 2003 年全球重大天气与气候事件 [J]. *气象*, 2004, 30(4): 25-28