

关于确定东亚夏季风强度指数的探讨*

廉 毅 沈柏竹 高枫亭

(吉林省气象科学研究所, 长春, 130062)

摘 要

文中利用作者曾定义的东亚夏季风在中国东北地区(122.5°E, 40°N)的建立标准, 根据相同的方法, 分别计算了沿 112.5, 117.5, 和 122.5°E 上, 20°N 及以北每隔 5 个纬度东亚夏季风建立、持续和撤退时间(候), 将某年持续和多年平均持续候数相比的标准化值, 定义为一种沿某一经圈上某一纬度的东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$, 还分析了该指数与中国夏季降水量场和 500 hPa 高度场的相关。结果表明: (1) 沿 117.5°E 经度上, 东亚夏季风在 20, 25, 30, 35, 和 40°N 建立的平均日期分别为 27.26, 28.54, 34.43, 37.12 和 37.65(候), 撤退平均日期分别为 54.44, 53.69, 51.85, 48 和 46.76(候), 其中 117.5°E, 20°N 代表南海的中北部, 文中确定的该区夏季风建立、撤退日期分别为 27.26(候)和 54.44(候), 与国内学者公认的 5 月 4 候(28 候)和 10 月 1 候(55 候)相当吻合; (2) 沿 112.5°E、117.5°E 和 122.5°E 的同一纬度上, 东亚夏季风建立的平均日期并不相同, 西边先于东边建立, 每隔 5 个经度, 相差约 1~2 候, 而撤退的平均日期(30°N 及以北)分布则相反, 东边先撤退; (3) 沿 117.5°E, 30°N 和 35°N 的 $I_{SM\Phi}$ 和沿 122.5°E, 40°N 的 $I_{SM\Phi}$ 均与中国华北和东北地区大部 7~8 月降水量呈正相关, 与长江上游和下游地区呈反相关, 显著性水平 $\alpha > 0.05$, 表明 $I_{SM\Phi}$ 与中国大陆夏季主要雨带有很好的相关性; (4) $I_{SM\Phi}$ 所反映的中国大陆副热带地区东亚夏季风强弱既与西太平洋副热带高压又与中高纬度的鄂霍茨克海高压相关密切, 而中国东部副热带以北的中纬度地区东亚夏季风强弱与中高纬度地区的大气环流形势相关更为密切; (5) 探讨确定随经度和纬度而变化的东亚夏季风指数 $I_{SM\Phi}$, 将有可能避免幅员辽阔的中国大陆由一个夏季风强度指数来衡量而掩盖了东亚夏季风在向北推进和向南撤退时的多样性, 将有利于进一步研究东亚夏季风进退、强度季内和年际变化规律。

关键词: 东亚夏季风, 指数, 建立和撤退, 中国夏季降水。

1 引 言

自从 1934 年竺可桢研究中国大陆夏季风以来^[1], 许多学者已对东亚夏季风对中国不同纬度影响的性质、季风进退、季风雨带活动及其与大气环流的联系等进行了大量的研究。关于季风指数的研究涉及到如何定量描述夏季风的强度和年际变率, 也是季风研究中的一个基本问题, 郭其蕴^[2]认为东亚大陆地区的季风主要由纬向海陆热力差异所形成的, 利用 10~50°N 各纬度上海平面气压做出 110°E 气压减 160°E 气压差(月平均)值, 对差值 ≤ -5 hPa 的各种纬度值累加起来取绝对值然后标准化, 首次提出一种夏季风指数 SMI。为了表征副热带夏季风进退活动, 不少学者都着眼于寻找副热带活动的指标, 汤明敏等^[3]使用 1000 hPa 上 344~348 K 等

θ_{se} 线, 或 850 hPa 上 336~340 K 等 θ_{se} 线为副热带夏季风进退指标。施尚文等^[4]用 850 hPa 的 332 K 等 θ_{se} 线作为北方地区夏季风影响期的临界值等等。就温湿指标而言, 鉴于副热带夏季风是高温高湿的气流, 朱乾根^[5]提出与其等 θ_{se} 线不如用等露点线, 如利用 850 hPa 14 °C 等露点。赵汉光和张先恭^[6]引用郭其蕴的方法, 建立了冬季风强度指数, 施能^[7~8]取 10~50°N 范围内 5 个纬度的 110, 160°E 的标准化的海平面气压差之和的序列的标准化值为东亚季风指数。陈隆勋、孙秀荣等^[9,10]从季风形成的本质出发, 定义了一个东亚海陆热力差指数。祝丛文等^[11]将东西向海平面气压差与低纬度高、低层纬向风切变相结合, 定义了东亚夏季风指数, 较好地反映了东亚冬、夏季风变化。张庆云等^[12]将东亚热带季风槽(10~20°N, 100~150°E)与东亚副热带地

* 初稿时间: 2003 年 9 月 3 日; 修改稿时间: 2003 年 11 月 23 日。

资助课题: 国家自然科学基金项目(40275019)、中国气象局科研重点项目“现代气候变化对吉林省西部荒漠化影响的监测和评估研究”、吉林省重点课题(20020417, 20000205-06, 990218)

区(25~ 35°N, 100~ 150°E)6~ 8月平均的850 hPa风场的纬向风距平差, 定义为东亚夏季风指数(EASMI)。总之, 关于季风指数的确定大体有3种方法, 即以季风区降水量的变化为标准、以高空风场为标准和使用较多的风场结合温湿指标的方法^[13]。

廉毅等在文献[14]中, 曾提出东亚夏季风在中国东北地区建立的标准, 即取850 hPa候平均资料, 作沿122.5°E时间-纬度剖面, 将 $\theta_{se}336\text{ K}$ 和南风4 m/s等值线同时越过40°N的候定义为东亚夏季风在中国东北区建立的日期(候), 相应给出1980~2000年的建立、持续和撤退出东北地区的时间年历表, 发现该标准与国内专家学者所分析的东亚夏季风强弱标准有较好的对应性^[15]。本文尝试将此标准应用在东亚夏季风影响的其他地区上, 分别计算沿112.5, 117.5和122.5°E上, 20°N及以北每隔5个纬度东亚夏季风建立、持续和撤退时间(候), 该结果与国内专家学者所分析的东亚夏季风进退日期亦有较好的对应性。本文探讨确定随经度和纬度而变化的东亚夏季风指数, 试图避免由一个夏季风指数来衡量所有纬度的夏季风强度而掩盖了东亚夏季风在向北推进和向南撤退时的多样性, 以便有利于进一步研究东亚夏季风强弱的季内和年际变化规律。

2 资料和方法

文中所用全国151站(因某些站点资料年限较短, 故用到160个测站中的151个测站)1961~2000年的逐月降水量取自国家气候中心。

从1948~2002年NCEP/NCAR全球再分析资

料中获取850 hPa候平均资料, 作沿112.5, 117.5和122.5°E的时空-纬度剖面, 当 $\theta_{se}336\text{ K}$ 等值线和南风 $\geq 4\text{ m/s}$ 等值线同时越过某一纬度时, 定义为该纬度东亚夏季风建立的日期(候), 至此之后, $\theta_{se}336\text{ K}$ 持续候数与多年平均持续候比值的标准化定义为当年的相应纬度的季风强度指数, 计算指数集与全国151个测站的6月、7月、8月、7~8月和6~8月降水量和500 hPa高度场的线性相关。

3 夏季风指数 $I_{SM\Phi}$ 的定义及与中国夏季降水的相关关系

本文定义了沿某一经圈上某一个纬度夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 值为:

$$I_{sm\Phi j} = \frac{(S_j - S)}{\sqrt{\sum_{j=1948}^{2002} \frac{(S_j - S)^2}{n}}}$$

其中 $S_j = \frac{h_j}{h}$, h_j 为某一年东亚夏季风建立之后 $\theta_{se}336\text{ K}$ 越过某一纬度持续候数; h 为1948~2002年 $\theta_{se}336\text{ K}$ 越过某一纬度平均持续候数; S_j 为某一年某一纬度 $\theta_{se}336\text{ K}$ 的持续候数与平均持续候数的比值; $n = 55$, 即1948~2002年样本数; $I_{SM\Phi}$ 为沿某一经圈上某一纬度夏季风强度指数。

取850 hPa候平均资料, 作时间-纬圈剖面图, 将某年 $\theta_{se}336\text{ K}$ 和南风风速 $\geq 4\text{ m/s}$ 等值线同时越过某一个纬度后, $\theta_{se}336\text{ K}$ 的持续候数与平均持续候数相比的标准化值定义为 $I_{SM\Phi}$ 。文中仅举出沿117.5°E, 30°和35°N及沿122.5°E, 40°N夏季风指数与全国151个测站7~8月降水相关系数分布(图1, 2)。

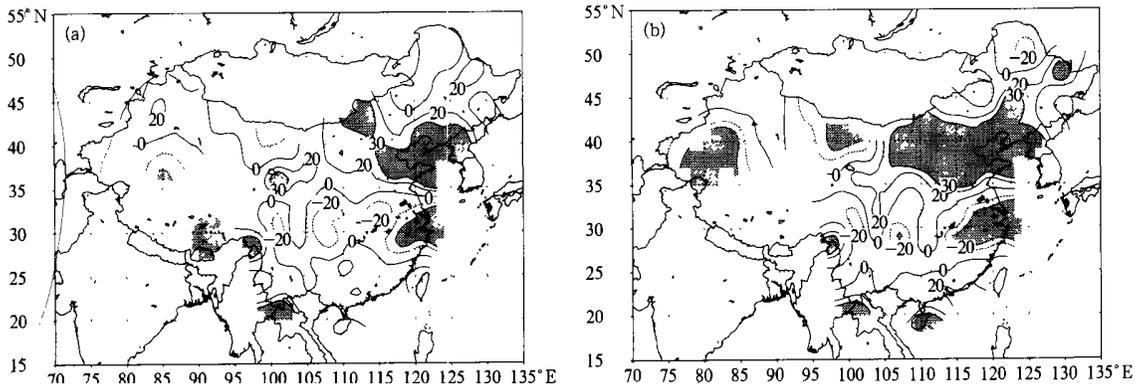


图1 沿117.5°E东亚夏季风在30°N(a), 35°N(b)建立的夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 值与全国151站7~8月降水量相关系数分布(等值线为相关系数 $\times 100$, 间隔:10, 灰色区的外包线为 ± 30)

Fig. 1 The correlation coefficient ($\times 100$) between East-Asia summer monsoon index $I_{SM\Phi}$ along 117.5°E, 30°N (a), 35°N (b) and July-August rain data in 151 stations (shaded area for ≥ 30 or ≤ -30)

沿 117.5°E, 30°N 的东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 与中国 151 个测站 7~8 月降水总量相关系数分布 (图 1a) 上有 2 片高相关区 (相关系数 ≥ 30 或 ≤ -30 的灰色区域相应 $\alpha \geq 0.05$), 一是最大片正相关区位于华北东部和北部、东北地区中南部, 另一片负相关区位于长江流域下游和浙江北部; 沿 117.5°E, 35°N 东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 与中国 151 个测站 7~8 月降水总量相关系数分布 (图 1b) 有 3 片高相关区 (显著性水平 $\alpha \geq 0.05$), 第 1 大片正相关区依然是华北和东北地区中南部、中部, 相关区域明显向西伸展和向东北地区中部延伸, 第 2 片负相关区依旧是长江流域下游和浙江北部, 并向西延伸, 第 3 片负相关区位于新疆的南部; 从图 2 可见, 沿 122.5°E, 40°N 东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 与中国 151 个测站 7~8 月降水总量相关系数分布有 4 片高相关区, 华北和东北地区分为 2 片正相关区, 第 3, 4 片负相关区, 还仍然分别位于长江流域下游和新疆的南部地区。

从 850 hPa 候平均图上 θ_{se} 的 336 K 和南风风速 ≥ 4 m/s 等值线确定东亚夏季风指数 $I_{SM\Phi}$ 的时间序列 (图 3) 可见: 沿 117.5°E, 25°N 东亚夏季风指数 $I_{SM\Phi}$ 1948~2002 年演变 (图 3a) 趋势为自 20 世纪 90 年代以来进入一个较弱时期, 指数为正的只有 4 a, 而负指数达 8 a; 沿 117.5°E, 30°N $I_{SM\Phi}$ 自 20 世纪 70 年代中期开始减弱 (图 3b); 沿 117.5°E, 35°N 和

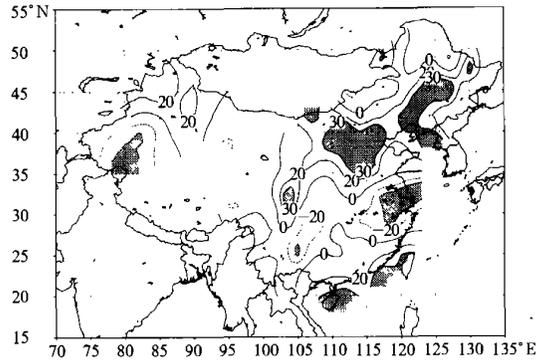


图 2 沿 122.5°E 东亚夏季风在 40°N 建立的夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 值与全国 151 站 7~8 月降水量相关系数分布 (等值线为相关系数 $\times 100$, 灰色区的外包线为 ± 30)
 Fig. 2 The correlation coefficient ($\times 100$) between summer monsoon index I_{SM} along 122.5°E, 40°N and July–August rain data in 151 stations (shaded area for ≥ 30 or ≤ -30)

沿 122.5°E, 40°N 夏季风指数 (分别为图 3c, d), 自 20 世纪 60 年代中期开始就进入了一个较弱时期, 尤其是沿 122.5°E, 40°N 的夏季风指数减弱的更为明显, 负夏季风指数年份占绝对优势。另外, 沿 117.5°E, 25、30 和 35°N, 以及沿 122.5°E, 40°N 的 $I_{SM\Phi}$ 年际变化也不尽相同, 呈现多样性。

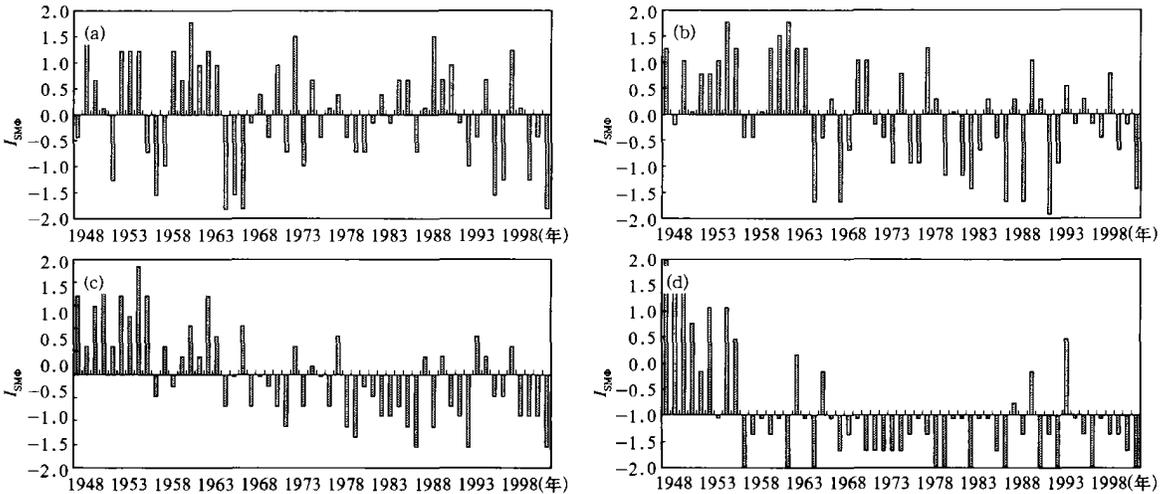


图 3 东亚夏季风指数 $I_{SM\Phi}$ 时间序列
 (a, b, c 分别为沿 117.5°E, 25, 30, 35°N; d 为沿 122.5°E, 40°N)
 Fig. 3 Time series of East Asia summer monsoon index I_{SM}
 (a, b, c. along 117.5°E, 25°N, 30°N and 35°N respectively, d. along 122.5°E, 40°N)

4 夏季风指数 $I_{SM\Phi}$ 与 500 hPa 高度场的同期相关

沿 117.5°E, 25°N 典型 $I_{SM\Phi}$ 强指数减弱指数年 8 月份 500 hPa 高度距平差值分布(图 4)表明, 脊线位于 30°N 的副高控制区(120~ 150°E)为较强的正距平区, 在鄂霍茨克海地区为较强的负距平区。

图 5 和 6 分别为沿 117.5°E, 35°N 和沿 122.5°E, 40°N 东亚夏季风指数 $I_{SM\Phi}$ 与 7~ 8 月 500 hPa 高度场的相关系数分布, 表明沿 117.5°E, 35°N, 沿 122.5°E, 40°N 东亚夏季风指数 $I_{SM\Phi}$ 均与中高纬度地区的新地岛至鄂霍茨克海上空 500 hPa 高度场有一个宽达 30~ 40 纬度的高显著度正相关带状区(显著性水平 $\alpha \geq 0.05$), 其南侧为宽广的弱的负相关区。

5 东亚夏季风建立和撤退的平均日期

文中计算了沿 112.5°E 和 117.5°E 和 122.5°E 的 20, 25, 30, 35 和 40°N 东亚夏季风建立、持续、撤

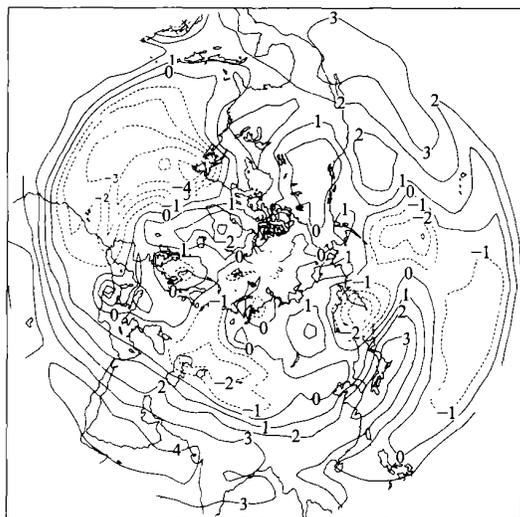


图 4 117.5°E, 25°N 强、弱典型年 $I_{SM\Phi}$ 8 月 500 hPa 高度场距平差值
Fig. 4 The anomaly difference of 500 hPa height between the typical strong and weak in August I_{SM} year (along 117.5°E, 25°N)

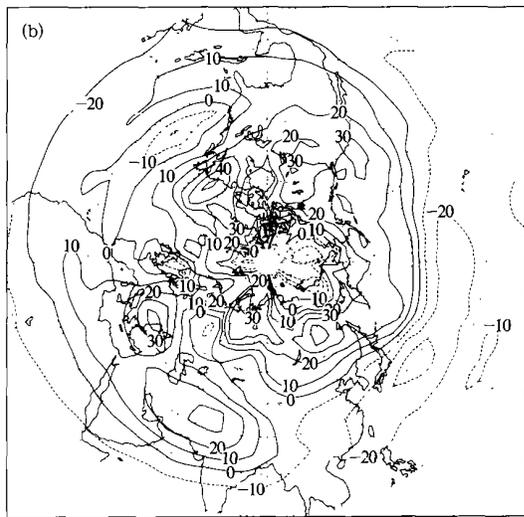
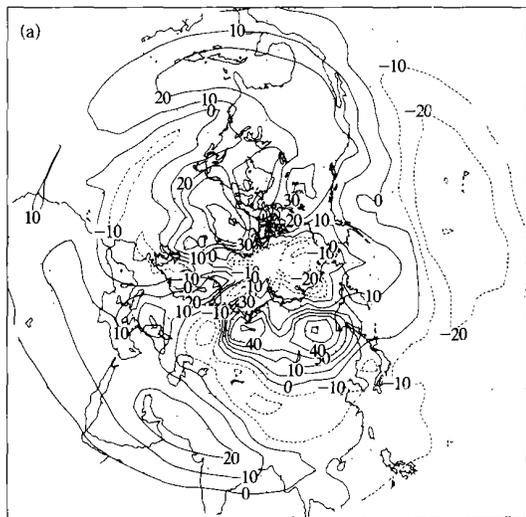


图 5 $I_{SM\Phi}$ 与 7~ 8 月 500 hPa 高度相关系数分布
(a. 沿 117.5°E, 35°N, b. 沿 122.5°E, 40°N; 相关系数扩大了 100 倍, 间隔为 10)
Fig. 5 Correlation ($\times 100$) between I_{SM} along 117.5°E, 35°N (a), and 122.5°E, 40°N (b), July - August 500 hPa height

退的年历表, 仅举出 30°N 东亚夏季风建立、持续和撤退的年历表。

从表 1 可见, 沿 117.5°E 东亚夏季风在 30°N 建立的平均日期为第 34.55 候(相当 6 月 22~ 23 日), 持续和累计时间分别为 13.82 和 15.98 候, 大约持续 2~ 2.5 月, 撤退平均日期为第 51.85 候(9 月 19

日左右)。从表 2 可见, 沿 117.5°E 东亚夏季风在 35°N 建立的平均日期为第 37.12 候(7 月 6 日), 持续和累计时间分别为 7.6 和 9.23 候, 大约持续 1 个半月, 撤退平均日期为第 48 候(8 月 31 日); 沿 122.5°E 东亚夏季风在 40°N 建立的平均日期为第 39.3 候(7 月 17 日前后), 持续和累计分别为 4 和

表1 由5~10月850 hPa 候平均图沿 117.5°E θ_{se} 336 K 和南风风速 ≥ 4 m/s 确定过 30°N 东亚夏季风建立、持续、撤退和夏季风指数年历表

Table 1 The time table of establishment, persistence and withdrawal of East Asia summer monsoon when pentad-averaged contours of 336 K θ_{se} and great than 4 m/s south wind at 850 hPa on May–October along 117.5°E are across 30°N together

年份	过 30°N 日期(候) θ_{se}	持续 θ_{se}	过 30°N 的 θ_{se}	最北界 θ_{se}	退回 30°N 以南 日期(候) θ_{se}	季风相对 强弱值	持续候/持续平均 候标准化(I_{SM})	累计候/累计 平均候标化	
1948	26	≥ 4	19	24	56	54	强	1.27	1.95
1949	28	≥ 4	13	22	56	53	正常	-0.20	1.46
1950	29	≥ 4	18	21	56	52	强	1.03	1.22
1951	34	≥ 4	14	17	54	52	正常	0.04	0.25
1952	30	≥ 4	17	23	59	53	强	0.78	1.71
1953	31	≥ 4	17	19	58	51	强	0.78	0.73
1954	26	≥ 4	18	22	60	50	强	1.03	1.46
1955	29	≥ 4	21	23	58	53	强	1.77	1.71
1956	26	≥ 4	19	23	58	53	强	1.27	1.71
1957	37	≥ 4	12	12	47	49	弱	-0.45	-0.97
1958	35	≥ 4	12	15	52	53	弱	-0.45	-0.24
1959	36	≥ 4	14	14	58	50	正常	0.04	-0.48
1960	32	≥ 4	19	20	56	> 55	强	1.27	0.98
1961	32	≥ 4	20	21	58	> 55	强	1.52	1.22
1962	30	≥ 4	21	23	46	54	强	1.77	1.71
1963	26	≥ 4	19	23	58	53	强	1.27	1.71
1964	34	≥ 4	19	19	58	53	强	1.27	0.73
1965	40	≥ 4	7	9	44	51	弱	-1.68	-1.70
1966	35	≥ 4	12	15	48	51	正常	-0.45	-0.24
1967	36	≥ 4	15	15	56	51	正常	0.29	-0.24
1968	36	≥ 4	7	13	58	53	弱	-1.68	-0.72
1969	39	≥ 4	11	13	46	> 55	弱	-0.69	-0.72
1970	36	≥ 4	18	18	57	54	强	1.03	0.49
1971	32	≥ 4	18	18	44	50	强	1.03	0.49
1972	37	≥ 4	13	13	44	50	正常	-0.20	-0.72
1973	37	≥ 4	12	12	45	49	正常	-0.45	-0.97
1974	37	≥ 4	10	11	51	52	弱	-0.94	-1.21
1975	39	≥ 4	17	17	47	> 55	强	0.78	0.25
1976	40	≥ 4	10	10	44	50	弱	-0.94	-1.45
1977	36	≥ 4	10	13	52	52	弱	-0.94	-0.72
1978	32	≥ 4	19	19	44	51	强	1.27	0.73
1979	35	≥ 4	15	17	44	53	正常	0.29	0.25
1980	35	≥ 4	9	14	46	50	弱	-1.18	-0.48
1981	36	≥ 4	14	14	45	50	正常	0.04	-0.48
1982	41	≥ 4	9	9	48	50	弱	-1.18	-1.70
1983	40	≥ 4	8	12	44	54	弱	-1.43	-0.97
1984	38	≥ 4	11	12	56	51	弱	-0.69	-0.97
1985	38	≥ 4	15	15	43	53	正常	0.29	-0.24
1986	35	≥ 4	12	14	57	52	正常	-0.45	-0.48
1987	37	≥ 4	7	12	42	50	弱	-1.68	-0.97
1988	36	≥ 4	15	15	51	51	正常	0.29	-0.24
1989	31	≥ 4	7	17	51	53	弱	-1.68	0.25
1990	34	≥ 4	18	18	47	52	强	1.03	0.49
1991	29	≥ 4	15	21	55	51	正常	0.29	1.22
1992	40	≥ 4	6	11	44	52	弱	-1.92	-1.21
1993	38	≥ 4	10	12	56	53	弱	-0.94	-0.97
1994	35	≥ 4	16	16	48	51	强	0.54	0.00
1995	38	≥ 4	13	13	43	51	正常	-0.20	-0.72
1996	34	≥ 4	15	18	44	53	正常	0.29	0.49
1997	37	≥ 4	13	13	56	50	正常	-0.20	-0.72
1998	35	≥ 4	12	14	57	52	正常	-0.45	-0.48
1999	33	≥ 4	17	18	55	52	强	0.78	0.49
2000	35	≥ 4	11	14	46	50	弱	-0.69	-0.48
2001	36	≥ 4	13	13	44	49	正常	-0.20	-0.72
2002	41	≥ 4	8	10	54	52	弱	-1.43	-1.45
平均	34.55		13.82	15.98	50.98	51.85			

表 2 沿 112.5, 117.5 和 122.5°E 经度上 20°N 及以北东亚夏季风建立和撤退的平均日期

Table 2 The mean date of establishment and withdrawal of East Asia summer monsoon at 20°N along 112.5°E, 117.5°E and 122.5°E

	建立平均日期						撤退平均日期					
	112.5°E		117.5°E		122.5°E		112.5°E		117.5°E		122.5°E	
	候	(月.日)	候	(月.日)	候	(月.日)	候	(月.日)	候	(月.日)	候	(月.日)
20°N	25.96	(5.10)	27.76	(5.19)	29.56	(5.28)	54.61	(10.03)	54.44	(10.02)	53.74	(9.29)
25°N	26.76	(5.14)	28.54	(5.23)	30.76	(6.04)	53.85	(9.29)	53.69	(9.28)	52.93	(9.25)
30°N	32.44	(6.12)	34.43	(6.22)	34.81	(6.24)	51.91	(9.20)	51.85	(9.19)	50.81	(9.14)
35°N	35.65	(6.28)	37.12	(7.06)	38.25	(7.11)	49.16	(9.06)	48.00	(8.31)	47.25	(8.26)
40°N	35.61	(6.28)	37.65	(7.08)	39.36	(7.17)	48.64	(9.03)	46.79	(8.24)	45.20	(8.16)

4.75 候, 大约在中国东北地区持续 20~23 d, 撤退平均日期为第 45.20 候(8 月 16 日); 沿 112.5°E, 117.5°E 和 122.5°E 的同一纬度上, 东亚夏季风建立的平均日期并不相同, 西边先于东边建立, 每隔 5 个经度相差 1~2 候, 而撤退的平均日期(30°N 及以北)分布则相反, 东边先撤退。

6 结论和讨论

(1) 作者曾定义的东亚夏季风在中国东北地区建立的标准, 即取 850 hPa 候平均资料, 作沿 122.5°E 时间-纬度剖面图, 将 $\theta_{se}336$ K 和南风 4 m/s 等值线同时越过 40°N 的候定义为东亚夏季风在中国东北地区建立的日期(候), 持续及累计的总候数为影响时间, 该年 $\theta_{se}336$ K 等值线永久撤离到 40°N 以南的候为东亚夏季风从中国东北地区撤退的日期。根据相同方法, 分别计算了沿 112.5°E、117.5°E 和 122.5°E 经度上, 20°N 及以北每隔 5 个纬度东亚夏季风建立、持续及累积和撤退时间(候), 将某年持续和多年平均持续候数相比的标准化值, 定义为一种沿某一经圈上某一纬度的东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 。沿 117.5°E 经度上, 东亚夏季风在 20, 25, 30, 35°N 和 40°N 建立的平均日期分别为 27.76, 28.54, 34.43, 37.12 和 37.65(候), 撤退的平均日期分别为 54.44, 53.69, 51.85, 48 和 46.76(候), 其中 117.5°E, 20°N 可以代表南海的中北部地区, 本文所确定的该区夏季风建立和撤退的平均日期分别为 27.76 和 54.44(候), 与国内学者公认^[13]的 5 月第 4 候和 10 月第 1 候相当吻合。

(2) 沿 112.5°E、117.5°E 和 122.5°E 的同一纬度上, 东亚夏季风建立的平均日期并不相同, 西边先于东边建立, 每隔 5 个经度, 相差约 1~2 候, 这有可能与副高的西伸脊点平均经度位置 5~8 月间逐渐东撤有关; 撤退的平均日期(30°N 及以北)分布则相反, 东边先撤退。

(3) 沿 117.5°E, 30°N 的东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 与中国 151 个测站 7~8 月降水总量相关系数分布有 2 片高相关区(显著性水平 $\alpha \geq 0.05$), 一是最大片正相关区位于华北东部和北部、东北地区中南部, 另一片负相关区位于长江流域下游和浙江北部; 沿 117.5°E, 35°N 东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 与中国 151 个测站 7~8 月降水总量相关系数分布有 3 片高相关区(显著性水平 $\alpha \geq 0.05$), 第 1 大片正相关区依然是华北和东北地区中南部、中部, 相关区域明显向西伸展和向东北地区中部延伸, 第 2 片负相关区依旧是长江流域下游和浙江北部, 并向西延伸, 第三片负相关区位于新疆的南部; 沿 122.5°E, 40°N 东亚夏季风强度指数 $I_{SM\Phi}$ 与中国 151 个测站 7~8 月降水总量相关系数分布有 4 片高相关区(显著性水平 $\alpha \geq 0.05$), 华北和东北地区分为 2 片正相关区, 第 3 片、4 片负相关区, 还仍然分别位于长江流域下游和新疆的南部地区。表明该指数与中国大陆夏季主要雨带有很好的相关性。 $I_{SM\Phi}$ 在中国不同纬度上时间序列表明, 东亚夏季风年际和年代际变化是不尽相同的, 25°N 的 $I_{SM\Phi}$ 是从 20 世纪 90 年代才开始变弱的, 30°N 自 20 世纪 70 年代中期开始减弱, 而 35°N 和 40°N 自 20 世纪 60 年代中期就开始进入了一个长时间的较弱期。另外, 沿 117.5°E, 30°N、35°N, 以及沿 122.5°E, 40°N 的 $I_{SM\Phi}$ 年际变化亦呈现多样性。

(4) $I_{SM\Phi}$ 与同期东亚大气环流形势有着较高的相关性。沿 117.5°E, 25°N 典型强与弱的 $I_{SM\Phi}$ 的 8 月 500 hPa 高度距平差值场表明, 在副热带高压区(120~150°E, 30°N 附近)呈现较强的正距平, 在鄂霍茨克海地区呈现较强的负距平; 沿 117.5°E, 35°N 和沿 122.5°E, 40°N 的 $I_{SM\Phi}$ 均与新地岛至鄂霍茨克海上空 7~8 月 500 hPa 高度场有一个宽达 10~20 纬度的正相关带状区(显著性水平 $\alpha \geq 0.05$), 其南侧为宽广的弱的负相关区。表明 $I_{SM\Phi}$ 所反映的中

国大陆副热带地区东亚夏季风强弱既与西太平洋副热带高压又与中高纬度的鄂霍茨克海高压密切相关。而副热带地区以北的中纬度地区东亚夏季风强弱主要与中高纬度大气环流形势场密切相关,其物理解释是,当新地岛至鄂霍茨克一带为高压带时,极地冷空气被阻断于极圈附近,有利于副热带暖湿空气的北上。

(5) $I_{SM\Phi}$ 夏季风指数具有明确的物理观测基础,不直接涉及季风发生的机制和根源,既考虑了 θ_{se} 在湿绝热过程中具有的准守恒性,能代表来自副

热带地区气团的属性,又考虑了季风的南风候平均风速要达到一定的强度(风速 ≥ 4 m/s),以 θ_{se} 符合标准的持续候数与多年平均持续候数比值的标准化,作为描述季风强弱的最直观的标准,具有较好的实测代表性,所以,我们认为本文定义的影响中国东部和东北地区的夏季风指数,有可能避免由一个夏季风强度指数来衡量幅员辽阔的中国大陆所有纬度的季风强度,因而掩盖了夏季风在向北推进、建立和向南撤退的多样性,亦更有利于进一步研究东亚夏季风进退、强弱的季内变化和年际变化规律。

参考文献

- 竺可桢. 东南季风与中国之雨量. 地理学报, 1934, 1: 1~ 27
- 郭其蕴. 东亚夏季风强度指数及其变化的分析. 地理学报, 1983, 38(3): 207~ 217
- 汤明敏, 黄土松. 1979年中国东部夏季风的进退. 见: 全国热带夏季风学术会议. 全国热带夏季风学术会议论文集. 昆明: 云南人民出版社, 1983. 311~ 317
- 施尚文, 巢俊民. 中国北方地区的夏季风. 见: 全国热带夏季风学术会议. 全国热带夏季风学术会议论文集. 昆明: 云南人民出版社, 1982. 72~ 85
- 朱乾根, 杨松. 东亚副热带季风的进退及其低频振荡. 南京气象学院学报, 1989(12): 249~ 257
- 赵汉光, 张先恭. 东亚夏季风和中国夏季雨带的关系. 气象, 1994, 22(4): 8~ 12
- 施能. 近40年东亚冬季风强度的多时间尺度变化特征及其与气候的关系. 应用气象学报, 1996, 7(2): 175~ 182
- 施能, 朱乾根, 关彬贵. 近四十年东亚夏季风及中国夏季大尺度天气气候异常. 大气科学, 1996, 20(5): 573~ 583
- 陈隆勋, 刘洪庆, 王文等. 南海及其邻近地区夏季风爆发的特征及其机制的初步研究. 气象学报, 1999, 57(1): 16~ 29
- 孙秀荣, 陈隆勋, 何金海. 东亚海陆热力差指数及其与环流和降水的年际变化关系. 气象学报, 2002, 60(2): 164~ 172
- 祝从文, 何金海, 吴国雄. 东亚季风指数及其与大尺度热力环流年际变化关系. 气象学报, 2000, 58(4): 391~ 402
- 张庆云, 陶诗言, 陈烈庭. 东亚夏季风指数的年际变化与东亚大气环流. 气象学报, 2003, 61(5): 559~ 568
- 高辉, 何金海, 徐海明. 关于确定南海夏季风建立日期的讨论. 见: 何金海, 丁一汇, 高辉等主编. 南海夏季风建立日期的确定与季风指数. 北京: 气象出版社, 2001. 1~ 41
- 廉毅, 沈柏竹, 高枳亭等. 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. 气象学报, 2003, 61(5): 548~ 558
- Tao Shiyun and Chen Longxun. A review of Research on the East Asian Summer Monsoon in China. In: Chang C - P, Krishnamurti T N, eds. Monsoon Meteorology, Oxford University Press, 1987. 60~ 92

AN EXPLORATION ON THE DETERMINATION OF EAST ASIA SUMMER MONSOON INDEX

Lian Yi Shen Baizhu Gao Zongting

(*Jilin Meteorological Science Institute, Changchun 130062*)

Abstract

In this paper, NCEP/NCAR 1948–2002 daily reanalysis data and monthly rain data in 151 stations archived in NCC were used to calculate the date of establishment and withdrawal of East Asia summer monsoon at every 5 latitude (north of 20°N) along 112.5, 117.5 and 122.5°E as well. The method is similar to the criterion of establishment and withdrawal of East Asia summer monsoon in Northeast China defined by us. A mean date [pentad] map of establishment and withdrawal of East Asian summer monsoon is drawn, an index of East Asia summer monsoon at a certain latitude along a certain longitude, I_{SM} , is defined, and its relationship with summer precipitation and 500 hPa height in China was calculated. The results indicate that: (1) The mean pentads of establishment of East Asia summer monsoon at 20, 25, 30, 35 and 40°N along 117.5°E are 27.26, 28.54, 34.43, 37.12 and 37.65 respectively, and the mean pentads of its withdrawal are 54.44, 53.69, 51.85, 48 and 46.76 respectively. The determined pentad of establishment of East Asia summer monsoon in north of South China Sea (117.5°E, 20°N), is coincident with the 4th pentad in May recognized by China scholar. (2) The mean date of East Asia summer monsoon establishment at the same latitude is not the same along 112.5, 117.5 and 122.5°E, early in east part and preceding 1–2 pentad every 5 longitude. But the mean date distribution of its withdrawal (30°N and north of it) is opposite, first withdrawal in east part. (3) I_{SM} indices along 117.5°E, 30, 35°N and 122.5°E, 40°N, are of positive correlation with July–August precipitation in North China and most of Northeast China; and of negative correlation with upper and lower reaches of Yangtze River (significance level $\alpha > 0.05$). This show that there is a good relationship between I_{SM} and the main rain belt in summer in China mainland. (4) East Asia summer monsoon in China mainland subtropical region, represented by I_{SM} , has a closed relationship not only with Subtropical High in west Pacific, but also with Okhotsk High in middle–high latitude; and summer monsoon in middle latitude region north of East China subtropical area has a more closed relationship with middle–high latitude general circulation. (5) An East Asia summer monsoon index I_{SM} varied with longitude and latitude was explored. It is likely to avoid only single index of summer monsoon for a vast China land which would conceal the summer monsoon diversification from advance northward and withdrawal southward, and help further research on East Asia summer monsoon advance and withdrawal, law of its intraseasonal and interannual variation.

Key Words: East Asian summer monsoon index, Establishment and withdrawal, China's summer precipitation.