

文章编号: 0529-6579 (2000) 03-0091-06

1982 ~ 1996 年亚洲热带夏季风建立迟早的探讨^{*}

(I) 热带季风环流的主要特征和季风建立指数

贺海晏¹, 温之平¹, 简茂球¹, 隋中兴²

(1. 中山大学大气科学系, 广东 广州 510275; 2. NASA Goddard Space Flight center)

摘 要: 利用 NCEP 再分析的 1982~1996 年的风场和高度场资料, 分析讨论了亚洲热带夏季风环流的若干基本特征; 从季风环流的主要特征出发, 定义了一个季风建立指数; 计算、确定和分析了东亚季风区和印度季风区 15 年平均的季风建立时间. 结果表明, 在 1982~1996 年期间, 平均而言, 东亚热带季风 5 月第 4 候建立, 维持到 10 月第 2 候; 印度季风 6 月第 2 候建立, 比南海热带季风晚约 4 候, 持续至 9 月第 1 候.

关键词: 亚洲; 热带夏季风环流; 气候特征; 建立指数

中图分类号: P 462.4 **文献标识码:** A

近 20 年来, 季风气象学的研究取得了长足的进展, 主要的成果在文 [1, 2] 中作了较系统、全面的总结. 其中, 最突出的恐怕要算是揭示出了东亚季风系统的存在. 从气候学的角度说来, 东亚热带季风通常比印度季风更早建立, 这已是确认了的事实. 但是, 关于东亚热带季风建立的判据以及逐年季风建立迟早等却仍是探讨中的问题. 在讨论季风建立、影响或强度时, 已经提出的判据(指数)多种多样. 所用物理量大体上可归纳为 2 类, 一类是风场以外的物理量, 例如, 降水^[3]、假相当位温^[4]和 OLR^[5]等; 另一类是风场或风场与其它量的组合^[6, 7]. 尽管风场之外的物理量也能从某个特定角度(如气团属性、对流强弱等)反映季风活动的某些特征, 但是, 至少对于东亚热带季风而言, 单凭降水或相关的对流参数(如 OLR)未必能给出客观的季风建立时间. 观测分析表明^[8]: 广东雨季开始时间是北早南晚, 5 月份以前, 广东的主要雨带是由北往南推进的. 但是, 南海热带季风通常在 5 月中旬前后建立, 且一般是由南往北推进. 这表明, 广东(华南亦是如此^[9])雨季开始迟早和 5 月前雨带的变动与南海热带季风建立迟早并无直接联系.

我们认为, 既然季风是指风向随季节有显著变化的大范围盛行风系, 那么, 在判定季风的影响时段(包括建立与结束时间)时, 流场的变化特征应当是需要着重考虑的最直接、最重要的因子. 本文将从这一基本观点出发, 构造能反映热带季风流场主要特征的季风指数; 着重讨论热带季风环流的基本气候特征和平均季风建立时间.

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目(49675264); 国家攀登 A 南海季风实验资助项目.

收稿日期: 1999-07-09; 作者简介: 贺海晏(1946~), 男, 教授.

1 热带夏季风环流系统的主要特征

一个能较客观地界定季风建立时间的物理量或指数应该是能够客观地反映季风环流系统最主要特征量。在介绍本文所用季风建立指数之前，我们先简要概述亚洲热带夏季风环流的几个主要特征。

1.1 对流层低层流场

图 1 是东亚季风区（以后简称为 EAMR）和印度季风区（以后简称为 INMR）15 年（1982~1996）平均 850 hPa 纬向和经向风分量的纬度—时间剖面图。经向平均带宽分别为 90~120°E (a, b) 和 50~85°E (c, d)；阴影区表代西风 ($U>0$) 或南风 ($V>0$) 区。

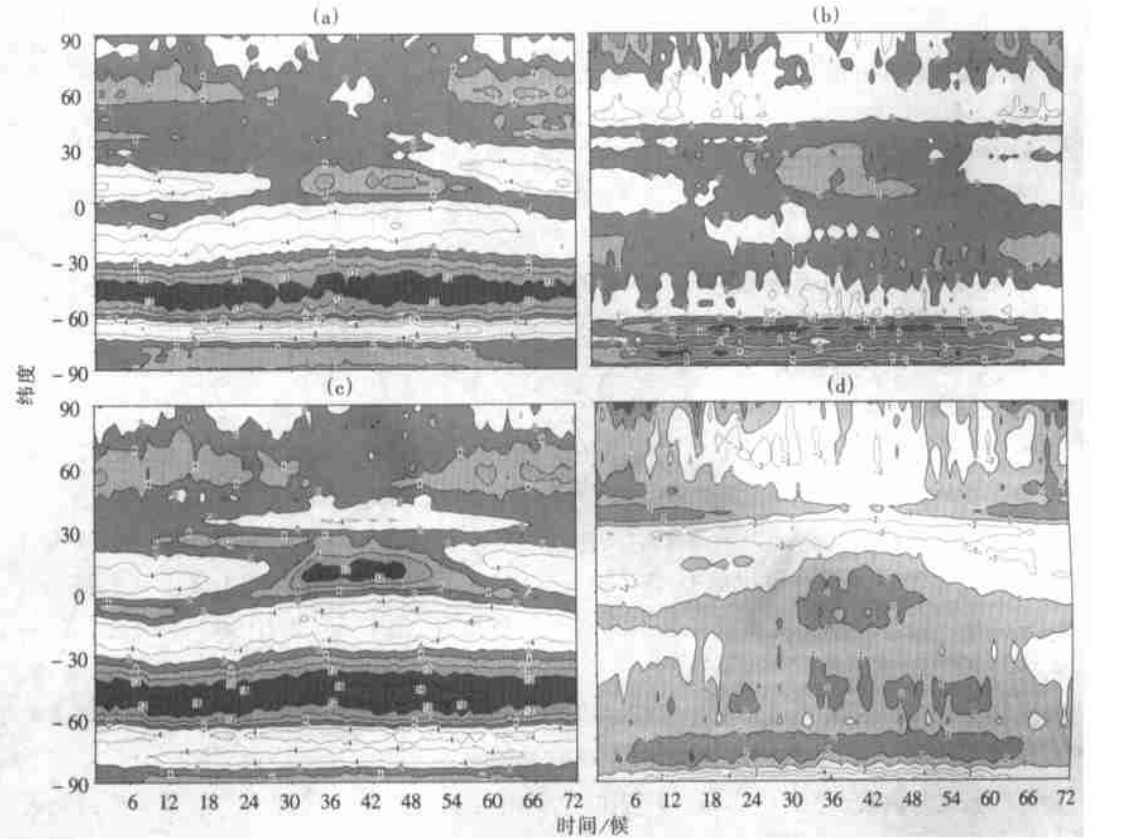


图 1 15 年平均 850 hPa 纬向风 (a, c) 和经向风 (b, d) 时间—纬度剖面图

Fig. 1 Latitude-time cross section of the 15-year mean 850hPa zonal and meridional wind over EAMR (a, b) and INMR (c, d)

由图可见，在北半球，低层风向季节性变化最为明显的区域是大约 20°N 以南的低纬和热带地区。在这个纬度带，两个季风区的纬向风（由东风变为西风）的季节性转变比经向风（由北风变为南风）的季节性转变更为明显。在 EAMR，分别源自赤道以南和 20°N 以北的两支西风 (a) 于 5 月中（第 28 候前后）在 10°N 附近汇合，原来位于 0~20°N 之间的东风为西风所取代；同纬度带的经向风 (b) 的转变较早，发生在 3 月中（第 15 候前后）；稳定的 SW 风出现在大约 28~56 候之间；值得注意的是，在大约 18~28°N 的纬度带上，从 2 月份开便一直存在着一支 SW 气流，但它不是本文研究的热带季风，而是南支槽

前、副热带高压（南海高压）西侧的转向气流。在 INMR，类似地，南、北 2 支西风于第 27 候前后在 12°N 附近汇合（c），此后，在 $5^{\circ}\text{S} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间建立起一支稳定的西风；而经向风（d）的转变则是由南往北逐渐推进的，于 6 月初（大约第 32 候前后）南风才开始推进到 10°N 以北，最北也不超过 20°N ；SW 风的影响时段大约为 32 ~ 50 候。

1.2 对流层高层流场

图 2 表明北半球高空风场季节性变化最显著的地区大约在 0 到 47°N 附近的纬度带内。其中，两个密切相关的现象最突出：即 28°N 附近的副热带西风急流的季节性北退和热带东风的季节性北进。在 EAMR（a），副热带西风急流于 14 候前后开始减弱，第 23 候前后开始向北收缩；热带东风北缘于 4 月初从 10°N 附近开始逐渐北进，至盛夏到达其最北纬 25° 附近。在 INMR（b），副热带西风急流于 3 月初（13 候前后）开始减弱，也在 23 候前后开始北移；热带东风北缘则于 4 月底（23 候前后）从略南的 8°N 附近开始逐渐北上，至盛夏达到其最北纬 28° 附近。

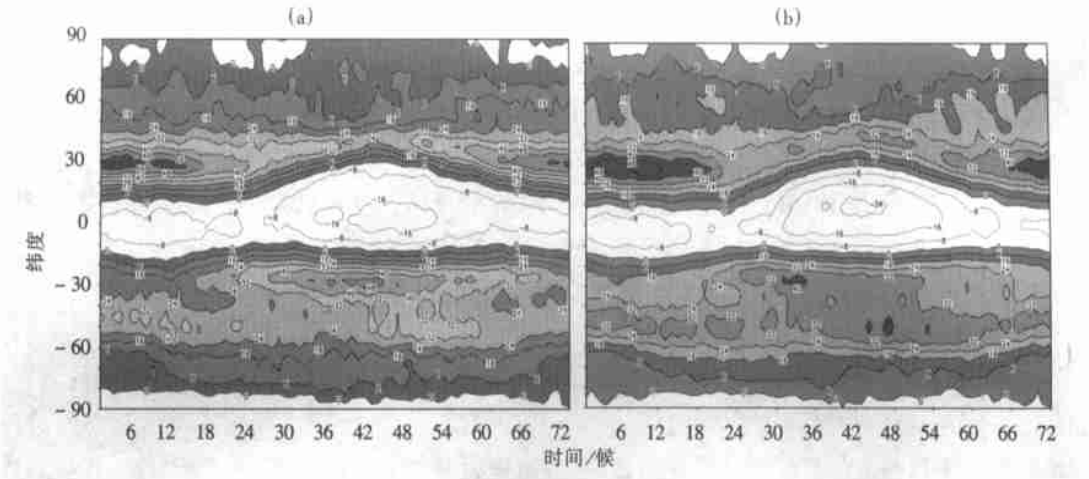


图 2 15 年平均 200 hPa 纬向风的纬度—时间剖面图

Fig 2 Latitude-time cross section of the 15-year mean 200 hPa zonal wind over EAMR (a) and INMR (b)

1.3 低层位势高度场

图 3 是沿 120°E （a）和 50°E （b）850 hPa 位势高度的时间—纬度剖面图。由图 3（a）可见，5 月 3 候（第 27 候）之前，该经度的南海高压脊线位于 20°N 附近，之后，1 520 gpm 等高线完全撤离 120°E ，进入热带夏季风盛行期，直至 9 月下旬（第 53 候）。从图 3（b）看来，阿拉伯高压脊轴线位于 20°N 附近，1 480 gpm 等高线于 6 月 2 候（第 32 候）撤离 50°E ，往后属于印度季风盛行期，直至 9 月初（第 49 候）。可见，低层南海高压和阿拉伯高压的季节性变动与东亚和南亚热带夏季风活动有着密切关系。这两个高压分别向东、向西撤离是东亚和南亚季风建立的重要特征之一。

2 亚洲热带夏季风建立指数

以上分析表明了亚洲热带季风环流有 2 个基本特征：① 低层盛行与季风低槽相联系的西南风，高层盛行与南亚高压相联系的偏东风。② 低层（850 hPa）冬春季位于南海和阿拉伯半岛东北部的高压（习惯称“南海高压”和“阿拉伯高压”）分别向东和向西撤离，

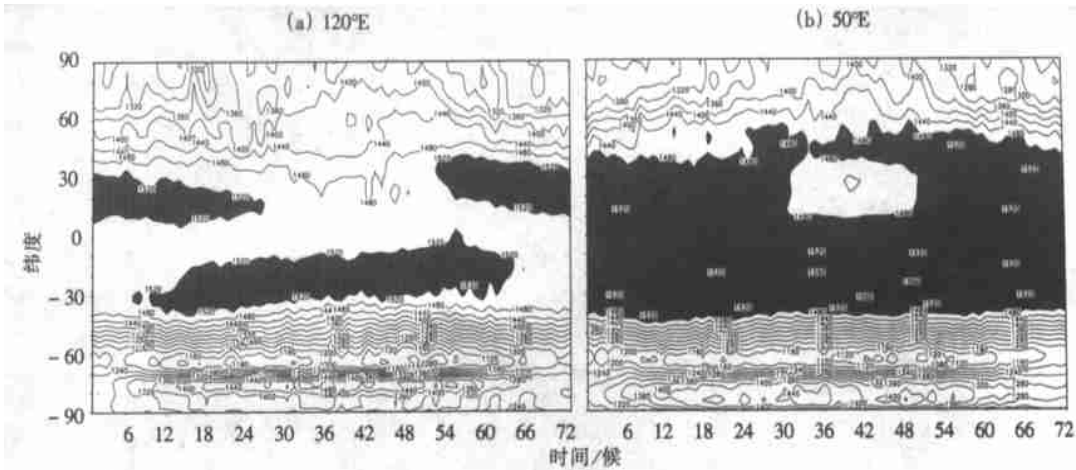


图 3 15 年平均 850 hPa 位势高度时间—纬度剖面

Fig 3 Time-latitude cross section of the 15 year mean 850 hPa geopotential height

“让位”于热带季风进入。在讨论季风指数之前，有必要先明确本文的季风区域划分。根据对流层中上层的温度场变化特征^[9]和前节的分析结果，我们将亚洲热带季风区划分为东亚季风区和印度季风区，东亚季风区（EAMR）指 5~20°N，90~120°E 的范围，印度（或南亚）季风区（INMR）指 5~20°N，50~85°E 的地区。这样选定的区域既能代表低层风场具有显著季节性变化的区域，又可避免青藏高原（高原区 850hPa 风场虚假值）和南支槽前、副高西侧转向 SW 气流对季风建立指数的虚假干扰。

2.1 风场指数

Webster 等^[9]用区域（0~20°N，40~110°N）平均的 850 与 200 hPa 纬向风切变值：

$$I_U = U_8 - U_2$$
 (1)

或其距平值作为亚洲夏季风“强度指数”（将简称为 W—Y 指数），研究广域（broad scale）季风与 ENSO 现象等的遥相关特征。其中， U 为区域平均纬向风分量；下标“8”和“2”分别表示 850 和 200 hPa 高度上的值；W—Y 指数反映了热带夏季的高层盛行偏东风、低层盛行偏西风这一基本特征，但后面将会看到，它并不适合作为判定亚洲夏季风的建立时间的指数。根据热带夏季风高层盛行东北风、低层盛行西南风的基本特征，我们则进一步要求低层（850 hPa）须为南风（ $V_8 > 0$ ），于是，定义如下热带季风建立的风场指数：

$$I_W = I_U \cdot V_8 / |V_8|, \quad \text{当 } U_8 > 0, U_2 < 0$$
 (2)

否则， $I_W = I_U$ (3)

其中， V_8 为区域平均的 850 hPa 经向风。在热带夏季风盛行期， I_W 通常为较大的正值。

2.2 高度场指数

在判别热带夏季风建立时常常遇到一个困难，即很难区分南海高压脊西侧、阿拉伯高压脊东侧的转向偏西风 and 越赤道气流转向而成的热带 SW 季风。为了定量描述上一节讨论过的热带季风建立时低层南海高压和阿拉伯高压撤离这一环流形势的变化，我们定义 850 hPa 位势高度差变量 I_H ：

$$I_H = H_s - H_n$$
 (4)

H_s 和 H_n 分别为南北 2 个选定地点上的位势高度，2 个点是这样选定的：在 INMR，分别

取为 5°N , 70°E 和 20°N , 50°E ; 在 EAMR, 分别取为 5°N , 117.5°E 和 17.5°N , 117.5°E . 正值 I_{H} 表示南海高压脊 (阿拉伯高压脊) 已东撤 (西退); 按 Dobrishman^[11] 的划分, 热带可分为三部分, 其中, $5 \sim 15^{\circ}\text{N}$ 的地带是风场满足半地转 (即纬向风呈地转) 关系的过度带, 15°N 以北风压场满足地转关系. 正值 I_{H} 表征南海地区平均为地转西风, 或阿拉伯海地区平均为地转西南风. 因此, 在地转近似下, I_{H} 也可看作是一个与流场紧密相关的物理量.

2.3 亚洲热带季风建立指数

将上述两个物理结合起来, 我们可定义如下综合 (高度场与风场相结合) 指数:

$$\begin{aligned} I_{\text{WH}} &= I_{\text{W}} \cdot I_{\text{H}} / |I_{\text{H}}|, & I_{\text{W}} > 0 \\ I_{\text{WH}} &= I_{\text{W}}, & I_{\text{W}} < 0 \end{aligned} \tag{5}$$

热带夏季风盛行期, I_{WH} 一般为正值, 表征高层为偏东风、低层为西南风且南海高压或阿拉伯高压撤离等热带夏季风系统建立的基本环流变化特征.

3 1982 ~ 1996 亚洲热带夏季风的平均建立时间

利用上述季风建立指数和 1982 ~ 1996 年的 NCEP 再分析资料, 可确定和讨论东亚 (南海) 热带季风区和印度季风区的季风建立时间. 图 4 是根据 15 年平均流场和 850 hPa 高度场计算得到的东亚季风区 (实线) 和印度季风区 (虚线) I_{WH} 的逐候曲线图, 横坐标是候序数. 就 15 年平均而言, 南海热带季风于 5 月第 4 候 (第 28 候) 建立 (I_{WH} 由负值转为正值), 维持到 10 月第 2 候 (第 56 候), 历时近 5 个月 (28 候). 印度季风则平均于 6 月第 2 候建立, 维持到 9 月第 1 候 (第 49 候), 持续约 3 个月 (18 候).

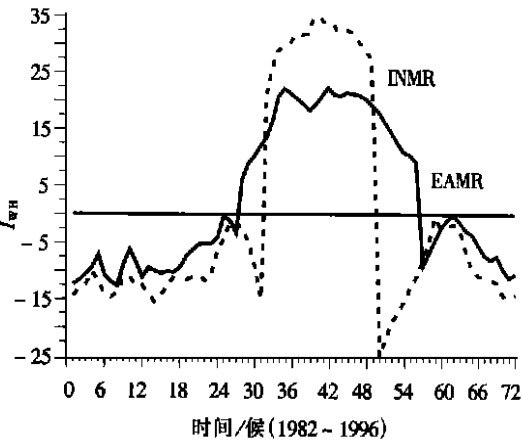


图 4 东亚季风区 (EAMR) 和印度季风区 (INMR) 平均季风建立指数 I_{WH} 的变化曲线

Fig 4 Variation of the 15-year mean monsoon index I_{WH} in the East Asian Monsoon Region and the Indian Monsoon Region

4 小 结

根据亚洲季风区热带季风环流的主要特征构造季风建立指数是本文的基本立足点.

1982 ~ 1996 年 15 年平均环流分析表明, 对流层低层环流尤其是纬向风季节性变化最显著的地区为赤道至纬度 20° 左右的热带和低纬地区; 北半球由冬到夏的环流转变的主要特征是, 低层副高退出 (EAMR 或 INMR) 伴随西南风的建立, 高层副热带急流伴随热带东风的北抬. 根据反映这些特征的季风建立指数 I_{WH} , 可确定东亚热带季风的平均建立时间为 5 月第 4 候, 结束时间为 10 月第 2 候; 印度季风于 6 月第 2 候建立, 9 月第 1 候结束.

参考文献:

- [1] 陈隆勋, 朱乾根, 罗会邦, 等. 东亚季风[M]. 北京: 气象出版社, 1991. 362.
- [2] 何金海, 丁一汇, 陈隆勋. 亚洲季风研究的新进展[M]. 北京: 气象出版社, 1996.
- [3] ANANTHAKRISHNAN R. The onset of the South West monsoon over Kerala; 1901 ~ 1980[J]. J Climates, 1988, 8; 283 ~ 296.
- [4] 汤明敏, 黄士松. 1979 年中国东部夏季风的进退[A]. 见:《会议文集》编辑组. 全国热带夏季风学术会议文集(1981)[C]. 昆明: 云南人民出版社, 1983. 15 ~ 28.
- [5] 林爱兰. 南海夏季风的低频特征[J]. 热带气象学报, 1998, 14(2): 113 ~ 118.
- [6] WEEBSTER P J, SONG Y. Monsoon and ENSO: selectively interactive systems[J]. Quant Jour Roy Meter Soc, 1992, 118; 877 ~ 926.
- [7] 刘霞, 谢安, 叶谦, 等. 南海夏季风爆发的气候特征[J]. 热带气象学报, 1998, 14(1): 28 ~ 37.
- [8] 贺海晏, 温之平, 吴志权. 广东降水的若干气候特征及其与南海热带季风的关系[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1999, 38(增 2): 1 ~ 7.
- [9] 贺海晏, 简茂球. 南海季风的若干特征——I. 影响风系与夏季风的建立[A]. 见: 张庆荣, 梁必骥. 南沙海域海气相互作用与天气气候特征研究[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 186 ~ 192.
- [10] HE H Y, McGINNIS J W, SONG Z et al. Onset of the Asian summer monsoon in 1979 and the effect of the tibetan plateau[J]. Monthly Weather Review, 1987, 115(9): 1966 ~ 1995.
- [11] DOBRYSHMAN E M. Theoretical studies of tropical waves GATE Monograph[J]. GARP, 25; 121 ~ 181.

A Study on the Onset of the Asian Summer Monsoon During 1982 ~ 1996

I . Basic features of the Asian Summer Monsoon circulation and its onset index

HE Hai-yan^{}, WEN Zhi-ping, JIAN Mao-qiu, SUI Chung-hsiung*

Abstract: NCEP reanalysis dataset of 1982 ~ 1996 is used to analyze the basic features of the Asian Summer monsoon circulation. A monsoon onset index is defined based on the basic features revealed in this paper and the 15 year mean onset times of the East Asian monsoon and the Indian monsoon are determined using the onset index. The results show that the East Asian summer monsoon breaks out in the 28th pentad (16 ~ 20th of May) and ends in the 56th pentad (5 ~ 10th of October). The Indian summer monsoon starts in the 32nd pentad (5 ~ 10th of June) and ends in the 49th pentad (1 ~ 5th of September).

Keywords: Asia; summer monsoon circulation; climatic characteristics; onset index

^{*} Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China