

以风场和湿度的显著季节变化确定全球季风的分布

郑 彬

(中国气象局广州热带海洋气象研究所, 广州 510080)

摘 要 利用 1958~2003 年对流层相对湿度和风场(NCEP/NCAR 再分析资料)的季节变化来定义盛行风的季节变化引起的天气气候明显变化的区域——季风区。通过分析表明, 对流层低层的风场季节变率可以描述传统的季风区, 但是在传统季风区以外, 也有风场季节变率大的区域。利用中高层相对湿度的显著季节变化(热带地区季节变化大于 20%, 副热带地区大于 10%, 赤道地区以风向的季节变化大于 90°)可以弥补风场季节变率的不足。由它们二者确定的季风区物理意义明确, 有较大的合理性。

关键词 季风 相对湿度 风场 季节变化

分类号 P462 **文献标识码** A

引 言

通过一个多世纪的研究, 人们对全球季风有了更深的理解, 取得了许多新的认识, 但是关于季风的一些争论仍然存在。其中关于季风的定义就有多种理解, 根据研究者不同的理解又衍生出许多不同的季风指数。早期由于资料的限制, 关于季风的定义基本上都是建立在大气低层环流的基础上。上个世纪 70 年代, 拉梅奇^[1]在总结了前人对季风的定义之后, 给出了他的季风指数, 其中最主要的内容是 1 月和 7 月盛行风的风向变化大于 120°。根据拉梅奇的定义最终确定的季风区范围是 25°S~35°N、170°E~30°W, 包括西非、东非、澳大利亚北部、南亚和东亚, 美洲和欧洲为非季风区。20 世纪 90 年代末, 曾庆存和张邦林^[2]、李建平和曾庆存^[3]同样利用风场的季节变率来描述季风, 不同的是, 他们并没有将风场限制在对流层低层, 而且规定季风的条件为风向季节变化大于 90°。根据曾庆存等的定义, 低层风场季节变率大的区域不仅包含了传统的季风区, 在副热带太平洋、北半球大西洋也发现了风场标准化季节变率大的区域。他们推广了季风的观念, 引入了温~寒带季风概念。除此之外, 还发现中东太平洋~南北美洲~大西洋热带地区对流层中高层的行星季风。应该指出, 传统的季风概念不仅包含了风向的明显季节变化, 还体现在其带来的天气气候的明显变化, 这主要是从温度和降水的变化上表现出来。因此, 曾庆存等将他们的季风概念称为广义的季风, 而传统的季风概念称为狭义季风。人们通常所指的季风为后者, 即狭义的季风, 而且传统的季风正是影响天气气候变化的重要因素, 因此, 如果定义盛行风的季节变化引起的天气气候明显变化的区域为季风区, 那么, 本文提到的季风应该是传统的季风。许多研究都指出降水与水汽输送和分布有密切关系^[4,5], 因此本文将利用相对湿度代替降水, 结合低层风场和相对湿度的季节变化来确定天气气候明显变化的区域(以下简称季风区)。此外, 由于季风区和非季风区温度季节变率很难区分开来, 因此本文只用湿度和风场的季节变化来讨论季风区。

1 风向季节变化定义的季风区

季风, 顾名思义, 首先是风向的显著季节变化。风场的标准化季节变率^[3]可以很好地描述风向的季节变化。标准化季节变率的概念是由曾庆存等^[6]首先提出。标准化季节变率(normalized seasonality)定义为

收稿日期: 2005-07-18; 修改稿日期: 2005-10-25

基金项目: 本文由国家自然科学基金项目(编号: 40505019)和热带海洋气象科学研究基金项目(编号: 200403)共同资助

第一作者简介: 郑彬(1976-), 男(汉), 福建, 助研, 博士, 现在中国气象局广州热带海洋气象研究所, 主要从事季风和海-气相互作用、中层大气方面的研究。E-mail: zbin@grmc.gov.cn

$= F_s - F_w / \bar{F}$, F_s 和 F_w 分别表示 F 的典型夏季和冬季的值,通常取 7 月和 1 月的平均值, \bar{F} 为它们的平均值。在文献[3]中将 $\sigma > 2$ 的区域定义为季风区,由于 σ 的单调性,因此也就是规定了季风区的盛行风风向的季节变化大于 90° 。为了计算的方便,本文取 $\sigma = \overline{U_7} - \overline{U_1}^2 - \overline{U_7}^2 - \overline{U_1}^2$,其中 \overline{U} 为 7 月平均风速, $\overline{U_1}$ 为 1 月平均风速。则相应的临界值(风向变化等于 90°)为 $\sigma_c = 0$ 。由 σ 的定义可以知道,该风场季节变率只能描述临界值两端的分布情况,其值并不一定代表风场季节变化的大小,但是这并不影响我们划定季风区。 $\sigma > 0$ 的区域即为风场季节变率的显著区,由此得到 1958~2003 年气候平均 850 hPa 的 σ 分布,如图 1。将图 1 与文献[3]中给出的 σ 分布图进行对比,可以看出它们几乎完全相同。传统的季风区在图 1 中都有体现,如非洲西部、非洲东部阿拉伯海、印度孟加拉湾、南海和澳大利亚北部季风区。此外,图 1 中还显示出南非、澳大利亚南部季风区、北美季风区^[3]、太平洋副热带季风区和大西洋北部季风区^[7]。

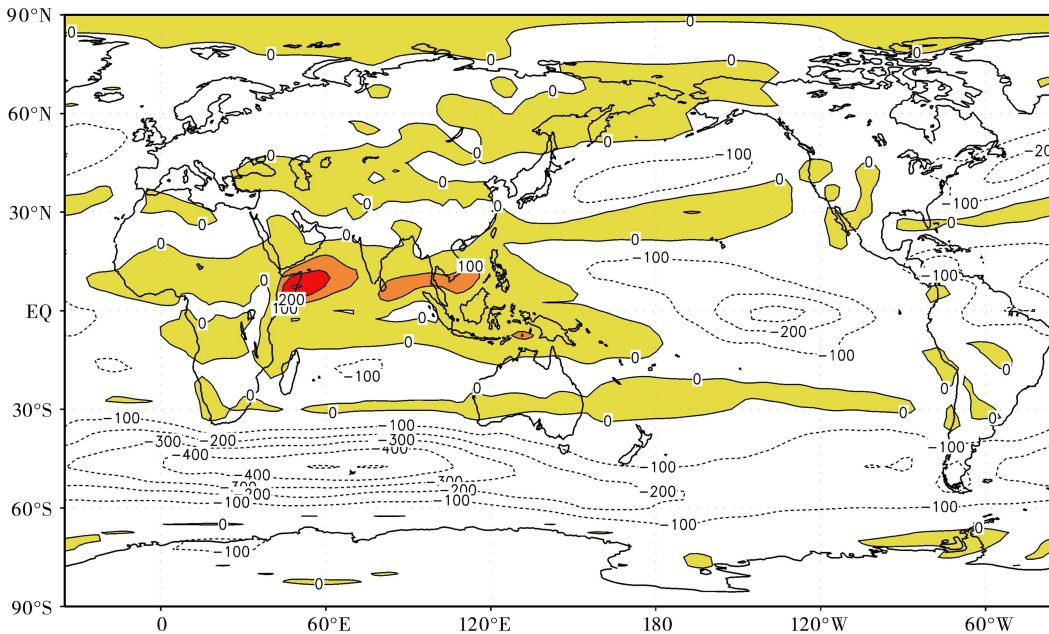


图 1 1958~2003 年气候平均的 850 hPa 风场季节变率(阴影区为风向季节变化大于 90° 的区域)
Fig. 1 850 hPa wind seasonality averaged from 1958~2003 (Seasonal changes of wind direction larger than 90 degree are showed as shadowed region)

2 相对湿度的季节变化

湿度的季节变化是传统季风概念的一个重要部分。我们定义相对湿度的季节变化为 $\sigma_{rh} = rh_7 - rh_1$,并取 $|\sigma_{rh}| > 20\%$ 。图 2 即是气候平均 850 hPa 相对湿度季节变化的分布。可以看出,低层湿度季节变化大的区域多在海陆交界的区域附近,如非洲西部、南亚、澳大利亚北部和南部。这种湿度的变化主要是缘于风场季节变化引起的水汽输送的变化。但是由于热带海洋的低层总是有较大的湿度,使得其季节变化反而不是很明显。最突出的例子就是南海季风区在图 2 中并没有反映出来。因此,利用低层湿度的季节变化来表征季风有其局限性。

从传统的季风概念出发,可以知道季风区的对流活动也存在明显的季节变化。这在符淙斌和曾昭美^[8]的研究中也有反映。他们利用全球 7 533 个降水观测站分析了月际、年际和 10 a 际降水变化率的全球分布,发现在各种时间尺度上季风区(西非、南亚和澳大利亚)都存在最大的变化率。施能等^[9]分析了 1920~2000 年全球陆地降水场,指出降水量最大的区域主要在季风区,在季风降水区有明显的雨季和旱季之分。高辉和张芳华^[10]在比较东亚夏季风指数时,也指出能较好地解释降水的异常才能算是好的季风指数。鉴于此,利用中高层的湿度变化应该可以更好地描绘出季风区。

分析了中高层等压面(600 hPa、500 hPa、400 hPa 和 300 hPa)上相对湿度季节变化的全球分布(图略)。

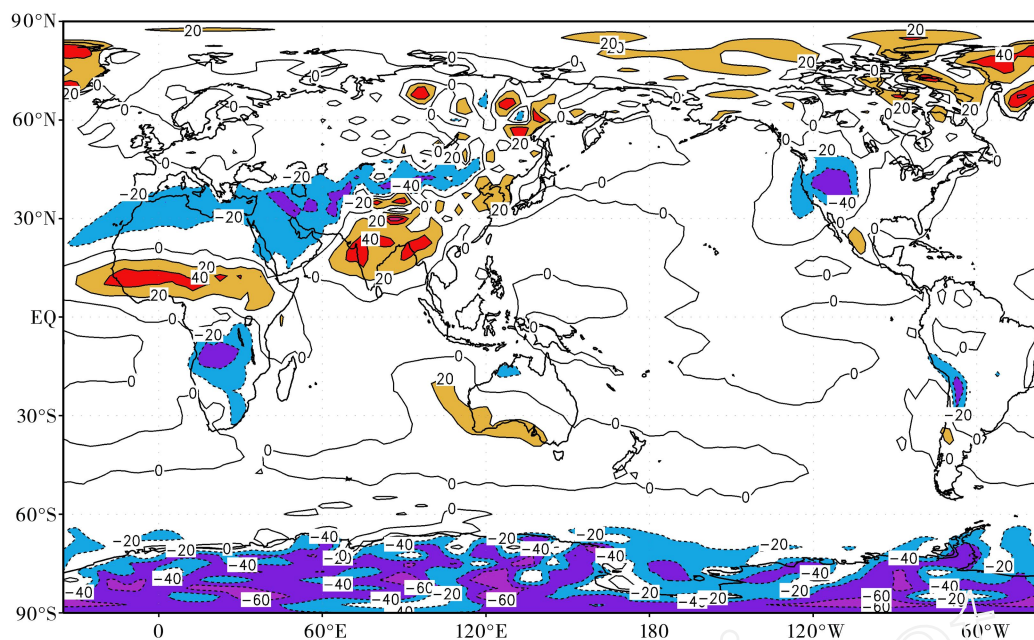


图2 1958~2003年气候平均的850 hPa相对湿度的季节变化(阴影区为季节变化大于20%的区域)

Fig. 2 850 hPa relative humidity seasonality averaged from 1958~2003 (Shaded region denotes exceeding 20% seasonal variations of relative humidity)

结果表明对流层中高层相对湿度有显著季节变化的区域基本相近。相对湿度有明显季节变化的区域有非洲大部分地区、南亚、南海和澳大利亚北部。此外,中西太平洋低纬和东太平洋中纬、墨西哥湾和加勒比海附近、巴西西部等地区也是相对湿度季节变化较大的区域。南北半球相对湿度季节变化明显的区域几乎都是成对出现,而且明显反号。这些区域主要有:非洲区(非洲北部~非洲南部)、亚澳区(南亚南海~澳大利亚北部)、太平洋区(中西太平洋南~北半球低纬,东太平洋南~北半球中纬)、美洲区(墨西哥~巴西)。由此可见,对流层中层相对湿度的季节变化可以反映出南北半球不同的季风区。但是应该注意,以上几个季风区的南北半球季风并不是全部可合称为季风系统,这点将在下面进行讨论。接下来,以500 hPa等压面上相对湿度的季节变化(见图3)为代表,结合图1,给出季风区的范围。

首先,非洲的热带和低纬都是中高层相对湿度季节变化大的地区,而且与低层风场季节变化明显的区域基本吻合,我们可以确定非洲季风区在非洲的热带和低纬。从图1还可以看到,风场的季节变化在赤道非洲的中西部并不连续,只有在东部沿海是连续的(包括阿拉伯海和热带印度洋西部)。考虑到季风系统是一个相互联系的整体,在低层表现为风场显著季节变率的空间连续性,因此非洲地区只有非洲东部沿海南北半球的季风可以称为季风系统,而非洲中西部的南北半球季风是相对独立的系统。亚洲季风区包含有南亚地区、南海地区,澳大利亚季风区主要在其北部。对流层低层风场的显著季节变率在亚澳地区是连续的,因此,北半球亚洲季风和南半球澳大利亚季风是一个系统——即著名的亚澳季风系统。太平洋上也有两对季风区,一对位于中西太平洋低纬,另一对位于东太平洋中纬。其中中西太平洋的季风很可能只是亚澳季风系统的延伸。在美洲,低层风场的季节变化并没有突显出来,但是也确实存在变化较大的地区,只是比较分散。这有可能是美洲季风本身较弱,而非季风的行星风则掩盖了季风的季节变化^[11]。而这个问题在相对湿度的变化中并不存在,因此美洲季风也在图3中体现出来,主要有墨西哥季风和巴西季风。

由图3可以看出,赤道以北的热带地区是正的变率,而其南部的热带地区为负的变率,赤道地区是湿度季节变化的转换区。正因为如此,该地区的湿度季节变化很小,不适合利用湿度季节变化来描述季风区。对于赤道地区,我们可以直接利用低层风向的显著季节变化来得到季风区。由图1可以知道,赤道非洲东部、赤道印度洋和印度尼西亚都是季风区。此外,图3主要突出了热带季风,而较高纬度的副热带季风却没有显现出来。这主要是由于副热带的相对湿度季节变化没有热带那么大,因此在图3中被忽略了。为此,将500 hPa副热带湿度季节变化的显著值定为10%,如图3。从图3可以看出,东亚热带季风和西太平洋热带季风

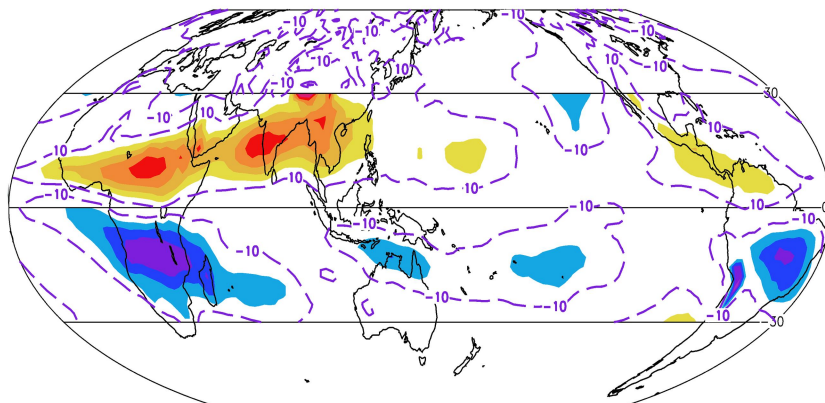


图3 1958~2003年气候平均500 hPa相对湿度的季节变率(单位: %, 热带地区大于20的为显著区, 副热带地区大于10为显著区)

Fig.3 Relative humidity seasonality averaged from 1958~2003 at levels 500 hPa
(Unit is percentage, there have significant changes larger than 20 % over tropics and 10 % over subtropics)

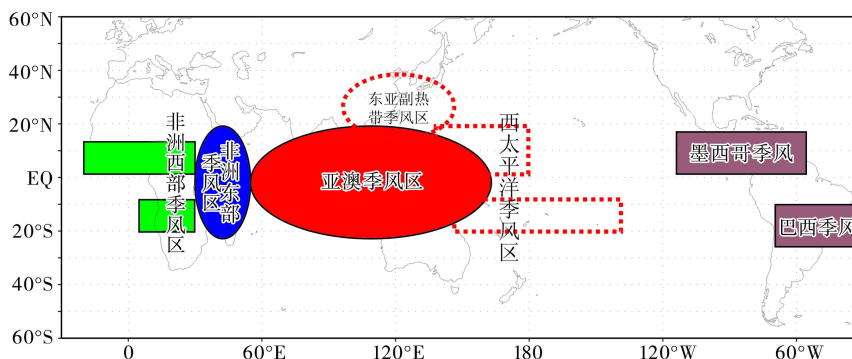


图4 全球季风分布示意图

Fig.4 Sketch for global monsoon regions

的北部还有湿度变化的显著区域, 主要在中国东部和日本南部——这正是东亚副热带季风区。而欧洲上空湿度变化大于10%的区域非常零散, 不能构成空间上较连续的区域。因此, 欧洲不是季风区, 这与由风场得到的结论是一致的。

3 小 结

传统季风区不仅仅是盛行风向的季节转变, 还涉及到降水的季节变化。而后者可以通过对流层中高层的相对湿度季节变化体现出来。因此, 以850 hPa风向季节变化大于90°和500 hPa相对湿度的季节变化的显著区(热带地区大于20%, 副热带地区大于10%, 赤道地区以风向季节变化为主)共同描绘出的区域能够更好地表征传统季风区——风向的季节转变引起明显天气气候变化的区域。这些区域有非洲季风区(非洲的热带和低纬地区, 热带印度洋西部)、亚洲季风区(包括印度半岛、中南半岛、孟加拉湾、南海、热带印度洋中东部、印度尼西亚、中国东部和日本南部沿海)、澳大利亚季风区(澳大利亚北部)、太平洋季风区(热带中西太平洋和东太平洋副热带)、美洲季风区(主要位于墨西哥和巴西)。根据风向显著季节变化的空间连续性, 非洲东部南北半球的季风, 亚洲季风和澳大利亚季风可以分别称之为非洲东部季风系统和亚澳季风系统。此外, 东亚副热带季风和西太平洋热带季风很可能只是亚洲热带和澳大利亚热带季风的延伸, 不是一个独立的系统。以此得到全球季风分布(如图4)。

参 考 文 献

- 1 Ramage C S. Monsoon Meteorology. Beijing :Meteorological Press ,1978. 1 ~ 4
- 2 曾庆存,张邦林. 大气环流的季节变化和季风. 大气科学,1998,22(6):805 ~ 813
- 3 Li jianping, and Zeng Qingcun. Significance of the normalized seasonality of wind field and its rationality for characterizing the monsoon. Science in China (Ser. D),2000,43(6):646 ~ 653
- 4 卓嘎,徐祥德,陈联寿. 青藏高原夏季降水的水汽分布特征. 气象科学,2002,22(1):1 ~ 8
- 5 徐敏,田红. 淮河流域 2003 年梅雨时期降水与水汽输送的关系. 气象科学,2005,25(3):265 ~ 271
- 6 Zeng Qingcun, Zhang Banglin, Liang Youlin, et al. . The Asian summer monsoon ——A case study. Proceedings of the Indian Science Academy, Part A, 1994, 60(1):81 ~ 96
- 7 曾庆存,梁信忠,张明华. 季风和大气环流季节突变的数值模拟. 大气科学,1988,(特刊):22 ~ 42
- 8 符淙斌,曾昭美. 季风区——全球降水变化率最大的地区. 科学通报,1997,42(21):2 306 ~ 2 310
- 9 施能,陈绿文,封国林,等. 1920 ~ 2000 年全球陆地降水气候特征与变化. 高原气象,2004,23(4):435 ~ 443
- 10 高辉,张芳华. 关于东亚夏季风指数的比较. 热带气象学报,2003,19(1):79 ~ 86
- 11 王安宇,尤丽钰. 对流层低层的季风. 地理学报,1990,45(3):302 ~ 310

GLOBAL MONSOON REGIONS PARTITIONED BY SIGNIFICANT SEASONAL VARIATION OF WIND AND HUMIDITY

Zheng Bin

(Institute of Tropical and Marine Meteorology of CMA, Guangzhou 510080)

Abstract NCEP/NCAR reanalysis wind and relative humidity data from 1953 to 2003 are used to partition classical monsoon regions - the regions where changes of prevail wind induce prominent anomalies in weather and climate. Analysis indicates that seasonal variability of wind would be able to describe classical monsoon, but it introduces generalized regions. Significant seasonal variations of relative humidity in the middle-upper troposphere are developed to eliminate the lack of seasonal variability of wind. Significant seasonal variations refer to changes larger than 20 %, 10 % in tropics and subtropics, respectively. And in equatorial region, seasonal variation of relative humidity is not taken into account. It seems more reasonable to use both of them to partition the classical monsoon regions.

Key words Monsoon Relative humidity Wind field Seasonal variation