

顾春利,倪允琪,徐幼平,等.南海地区准单、双周震荡对“碧利斯”降水维持影响分析[J].暴雨灾害,2010,29(1):7-13

南海地区准单、双周震荡对“碧利斯”降水维持影响分析

顾春利¹,倪允琪¹,徐幼平²,成 巍²

(1.中国气象科学研究院,北京 100081;2.北京应用气象研究所,北京 100029)

摘要:利用 NCEP 资料对 2006 年 5—9 月南海地区季风进行带通滤波,分析各频谱传播特征,研究热带气旋“碧利斯”登陆期间季风涌爆发原因及季风涌对其登陆后降水的影响。结果表明,“碧利斯”登陆维持期间在南海季风区高频振荡、准单周和准双周振荡相互作用下使季风涌爆发维持;影响南海地区的经向风的准单周、准双周振荡都有明显的自东向西传趋势,准单周振荡源地在菲律宾海区;南海地区准单周和准双周振荡对热带气旋“碧利斯”卷入气流有明显的加强作用,有利于“碧利斯”环流长时间维持。

关键词:南海季风;准单周;准双周;带通滤波;降水维持

中图分类号:P458.1*24 文献标识码:A 文章编号:1004-9045(2010)01-0007-07

1 引言

热带气旋和南海季风是影响东亚地区的两个重要系统,均能导致强烈降水过程。气候上,南海季风是影响我国雨带最直接的原因,而台风登陆带来的强降水则是我国南部沿海后汛期降水最重要的来源;天气尺度上,南海季风往往体现在携带大量水汽和不稳定能量的低空急流上,强降水过程一般与这些低空急流有密切联系^[1-2]。台风多在海洋上生成发展,携带巨大能量和水汽,一旦登陆则带来强降水。0604 号强热带风暴“碧利斯”就是季风和热带气旋相结合的典型例子。“碧利斯”于当年 7 月 9 日生成于菲律宾以东洋面,11 日下午加强为强热带风暴,13 日 23 时在台湾省宜兰登陆后于 14 日 12 时在福建霞浦北再次登陆。其登陆时中心气压 975 hPa,近中心最大风力 11 级,风速 $30 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。登陆后以 $10\sim 15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ 速度继续向西北偏西方向移动,15 日下午在江西西南部减弱为热带低压并缓慢向西偏南移动,经湖南、广西、江西、云南于 18 日晚在云南东部减弱消失。受“碧利斯”及其减弱低压影响,浙南、福建大部、赣南、湘南、粤、桂、黔东南和滇东先后出现暴雨,其中福建沿海、广东东部和北部、湖南南部、广西东部过程雨量均超过 300 mm。强热带风暴“碧利斯”及其减弱后低压降雨强度之大、持续时间之长、影响范围之广在历史上极为少见。上述 6 省区部分地区出现严重暴雨洪涝和重大人员伤亡。其中,造成 2 962.2 万人受灾、死亡 612 人、失踪 208 人,农作物受灾面积 $115.8\times 10^4 \text{ hm}^2$,直接经济损

失达 266 亿元。

近几年来,利用地面加密观测资料、卫星云图资料、NCEP/NCAR 再分析资料及中尺度模式输出产品等,对强热带风暴“碧利斯”强降水过程气候背景、中尺度对流系统、维持机制及多普勒雷达资料特征等方面的研究都得出一些有意义的结论^[3-9]。何慧等^[3]分析近 50 年数据后认为,2006 年冬春季海温偏高及夏季副高西移和西南暖湿气流在华南加强是“碧利斯”异常强降水的气候背景。周海光^[4]分析多普勒雷达资料发现,中尺度辐合线的触发和抬升作用不断激发对流单体发展合并造成“碧利斯”强降水。钱传海等^[5]利用 ARPS 模式模拟“碧利斯”在湖南降水活动表明,环境风切变结构强迫的次级环流是造成局地强降水的 MCS 活跃的原因。观测资料显示,台风登陆后,强烈、持续的季风涌将南海大量水汽持续输送到“碧利斯”环流中,对低压维持起到重要作用。那么,究竟是什么原因导致如此强烈的季风涌,它又怎样对“碧利斯”降水及维持产生影响?关于这一问题,尚未见有研究报道。本文使用功率谱和带通滤波器^[10]处理 2006 年 5 月 1 日到 9 月 30 日共 153 天逐日 08 时的 NCEP $1^\circ\times 1^\circ$ 再分析数据,并对 0604 号热带气旋“碧利斯”登陆期间爆发的南海地区上空 850 hPa 风场作滤波处理,分析南海季风各频谱传播特征及其对“碧利斯”降水的影响。

2 南海地区频谱振荡特征

分析低层水汽通量场发现(图略)，“碧利斯”登陆

收稿日期:2009-09-30;定稿日期:2009-12-09

基金项目:国家 973 项目“我国南方致洪暴雨监测与预测的理论和研究方法研究”(2004CB418300)资助

作者简介:顾春利,女,1982 年生,硕士,主要从事中尺度气象学研究。E-mail: lilispring123@tom.com

后始终有一条水汽通量强输送带与其环流保持联结。7月15日08时,环流东侧最大水汽通量值超过 $45 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{cm}^{-1}$,如此强的水汽输送非常少见。这些水汽通过“碧利斯”环流东侧向北输送,随后逆时针旋转输送到华南地区并产生强降水。事实上,“碧利斯”登陆时间恰是南海季风爆发时间。从南海区 $110^{\circ}\text{—}120^{\circ}\text{E}$ 、 $15^{\circ}\text{—}20^{\circ}\text{N}$ 范围内经向风距平变化图上可见

(图1),南海经向风距平在“碧利斯”登陆维持期间达到 $8\sim 9 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,此区域7月份经向平均气候值仅 $3.082 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,也进一步说明此期间季风涌爆发。这种经向风增加向华南地区输送大量水汽,这是“碧利斯”登陆西进过程中产生强降水的重要原因之一。因此,尽管“碧利斯”登陆后仅24h左右就减弱为低气压,强经向环流持续存在仍使其能长时间维持。

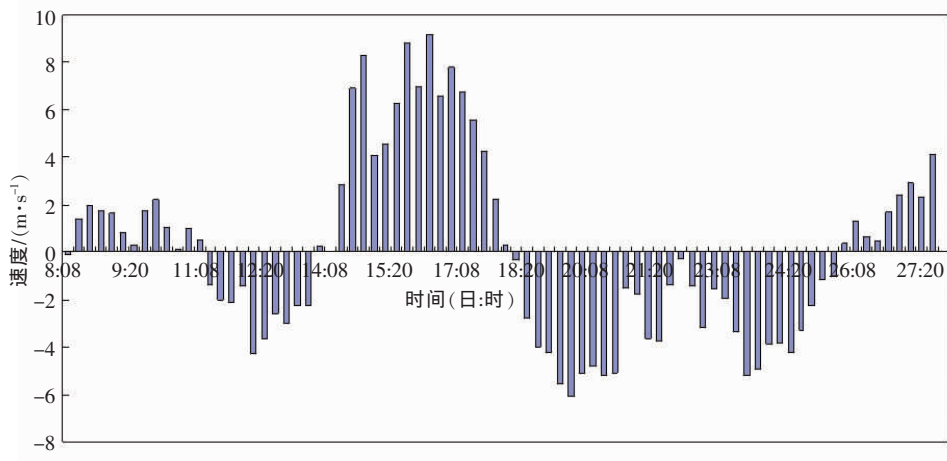


图1 2006年7月8日08时至27日20时南海地区经向风距平随时间变化图

有研究指出^[11],热带地区,大气振荡活动并非到处一样,有些地区振荡较强,有些地区振荡相对不显著,也就是说,热带大气振荡活动有其明显地域特征。本文通过对南海地区经向风作功率谱分析,研究哪一频段的振荡致使南海季风爆发、对季风涌贡献最为明显。

方差贡献最大的单周振荡相当,因此可当作一个背景场影响加以研究。

选取2006年5月1日至9月30日每天08时850 hPa经向风共153天资料做功率谱分析,研究南海区域($115^{\circ}\text{—}120^{\circ}\text{E}$ 、 $15^{\circ}\text{—}20^{\circ}\text{N}$)850 hPa上风场周期变化特征,以确定“碧利斯”维持期间南海区域上空活跃的大气振荡优势周期。从功率谱图中可见(图2),通过红噪声检验的有2个波段,一是7~10天准单周振荡,二是13~18天准双周振荡。经方差贡献分析发现,高频虽未通过红噪声检验,但其占总方差贡献的61%。通过红噪声检验的准单周振荡占方差贡献的11%,准双周振荡占方差贡献的9%。20~40天振荡(占方差贡献的11%)虽未通过红噪声检验,但方差贡献与

应用带通滤波器针对以上7~10天准单周、13~18天准双周、20~40天3波段对2006年5月1日至9月30日每天08时850 hPa经向风进行滤波。从准单周经向风在850 hPa沿 115°E 上的时间-纬度剖面图上可见(图3a),7月7—23日,有2个明显的周期性经向风振荡从南向北在中低纬地区传播,振荡中心约在 27°N ;中高纬地区也有明显周期性振荡,但传播趋势不明显,振荡中心约在 50°N 。因此,当年7月间,无论从高纬冷空气或从低纬暖空气来看,都有7~10天准单周振荡,两股空气在 36°N 附近汇集,使该区域天气系统加强。

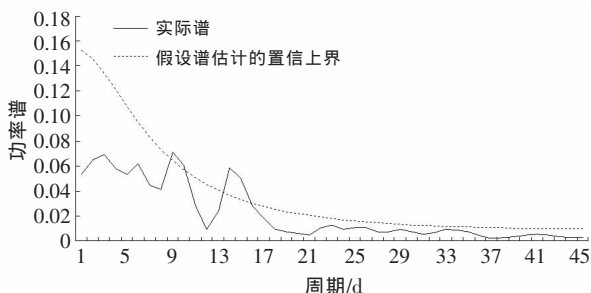


图2 2006年5月1日至9月30日南海区域($115^{\circ}\text{—}120^{\circ}\text{E}$ 、 $15^{\circ}\text{—}20^{\circ}\text{N}$)850 hPa上经向风功率谱

图3b给出13~18天准双周经向风在850 hPa上沿 115°E 的时间-纬度剖面图。从图中可见,准双周经向风从南向北在中低纬地区传播,振荡中心在 27°N ;中高纬地区也有明显的周期性,振荡中心在 43°N 。就南海地区而言,其虽不在振荡中心,但单周振荡和准双周振荡的周期性均很明显;且在“碧利斯”登陆期间,南海地区两种振荡均处于正高值区,对季风涌的爆发起到的作用。从雨带中心区域位置可看到,13日降水开始时,准单周和准双周振荡都为负值(以北风为主),水汽主要来自“碧利斯”从海上携带;15日后环流本身长时间远离水汽源,准单周和准双周转为正值,南海经向风增加,季风涌爆发使降水继续维持;17

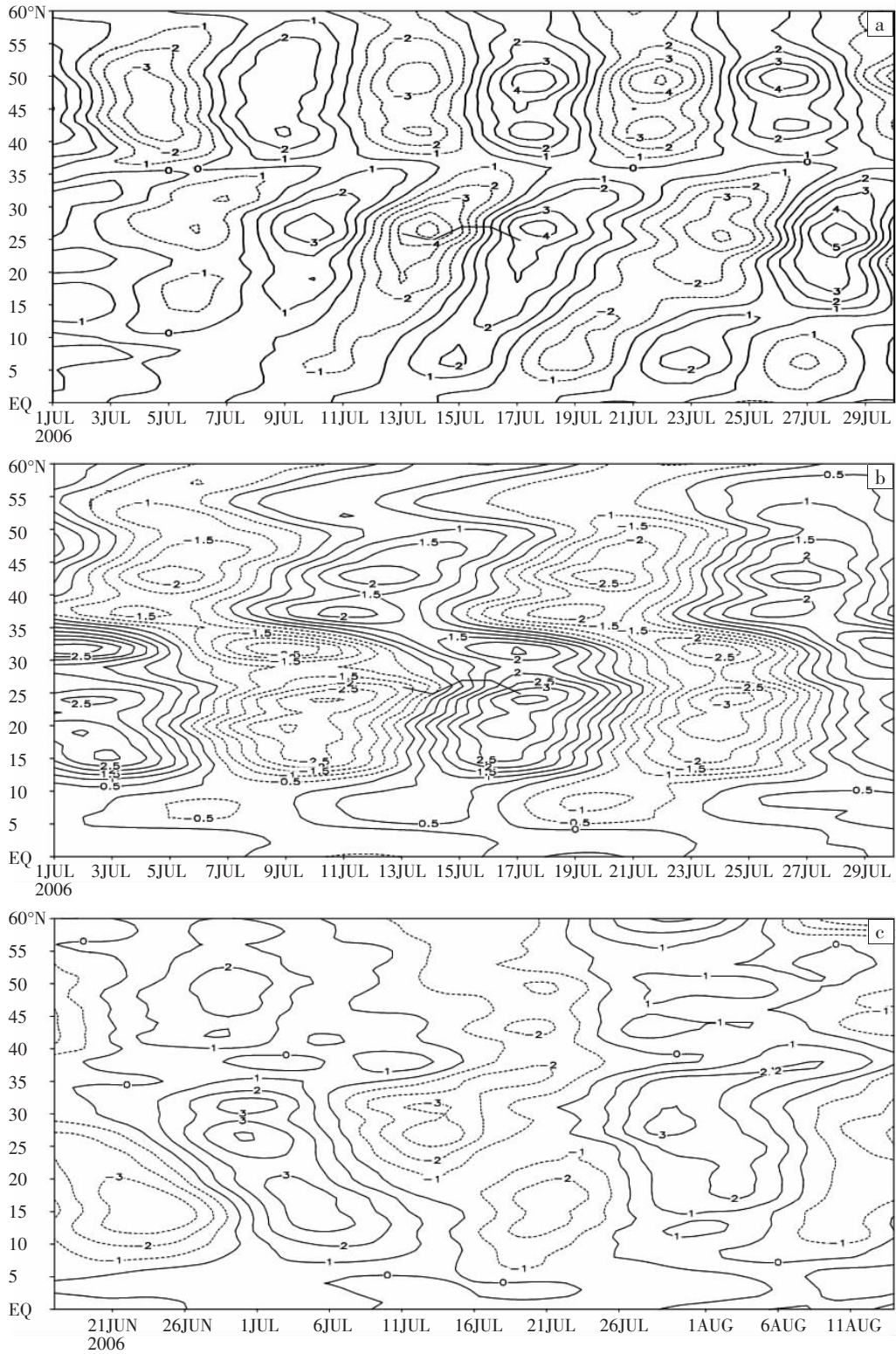


图 3 2006 年 7 月 1 日至 8 月 13 日各频段经向风沿 115°E 在 850 hPa 上的纬度-时间演变图

(a) 准单周; (b) 准双周; (c) 季节内。粗实线所示为雨带中心区

日后,准单周和准双周振荡达到极值,图上却无雨带是因为“碧利斯”西移雨带也随之移至 115°E 以西,在 115°E 附近即使水汽充沛已无系统的辐合发展。从 20~40 天的低频经向风沿 115°E 在 850 hPa 上的时间-纬度剖面图上可见(图 3c),季节内传播趋势不明显,且在“碧利斯”登陆维持期间为负值,对季风涌爆发起

负作用。

另外,从 7~10 天准单周经向风沿 18°N 的 850 hPa 纬向时间剖面图上可见(图 4a),整个 7 月都有从东向西的振荡传播,且跨越的经向区域很大,从西太平洋到南海地区传播趋势明显,振荡最大中心区在 120°E。就南海地区而言,由西太平洋传播过来的准单周振荡

趋势明显并影响到南海地区上空,过了南海地区,其传播趋势减弱。再从 13~18 天准双周经向风沿 18°N 的 850 hPa 纬向时间剖面图上可见(图 4b),其总体形势与准单周振荡的相似,仅强度比准单周振荡的小,振荡中心在 128°E、115°E;在南海地区准双周振荡趋势也同准单周振荡的很相近,但过了南海地区就无传

播趋势。另外,从 20~40 天低频经向风沿 18°N 的 850 hPa 纬向时间剖面图上可见(图 4c),整个 7 月南海地区都有明显的季节内振荡,但其传播趋势不明显,振荡中心在 115°E。就南海地区而言,季节内振荡在热带气旋“碧利斯”维持期间为负值,对季风涌爆发起消减作用。

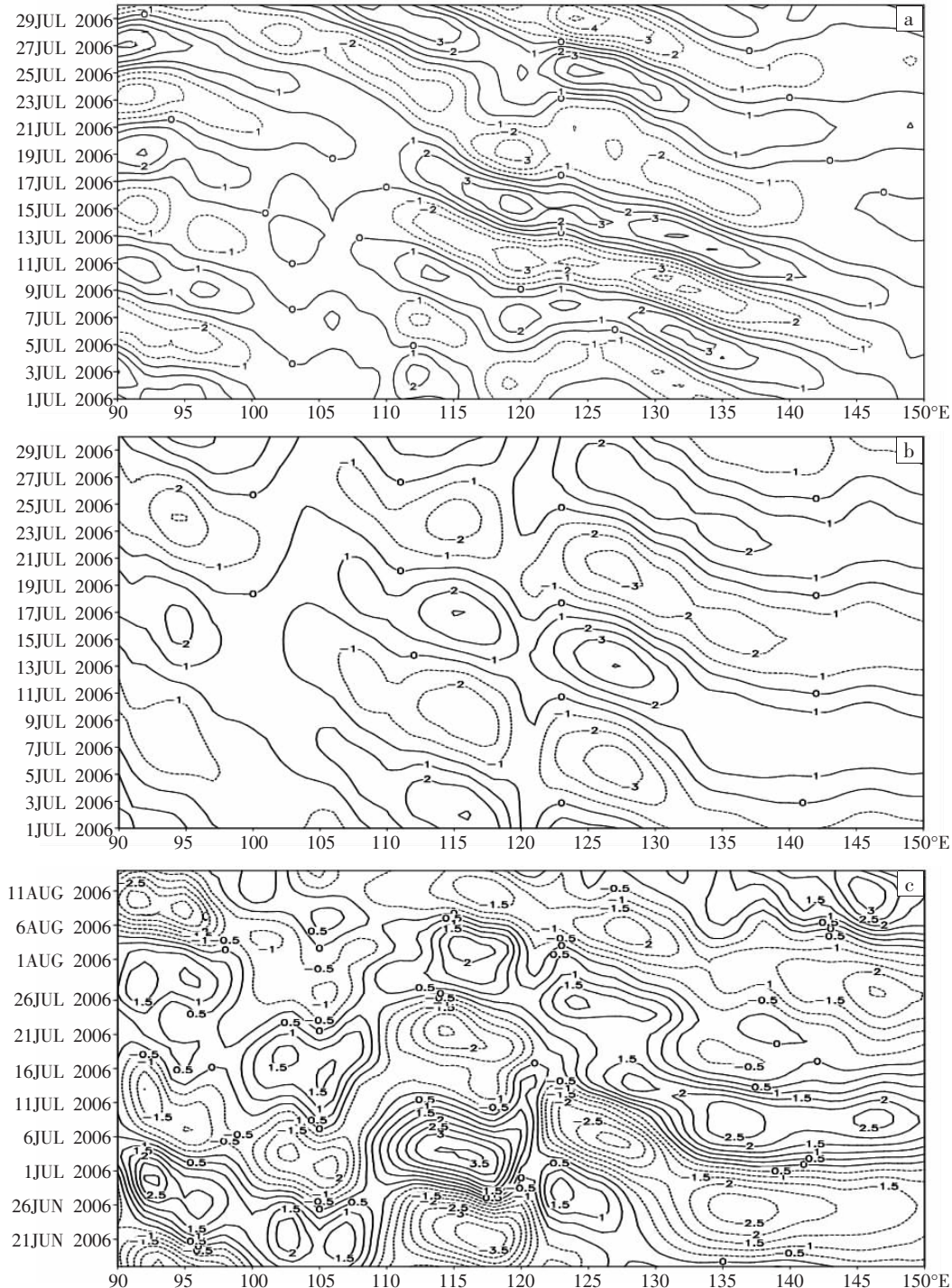


图 4 2006 年 7 月 1 日至 8 月 13 日各谱段经向风沿 18°N 在 850 hPa 上的经度-时间演变图

(a) 准单周; (b) 准双周; (c) 季节内

3 南海季风对“碧利斯”降水的影响

为了证实准单周和准双周振荡对“碧利斯”内水

汽输送的影响,使用 1~5 天的原始风场、高频风、准单周和准双周风之和去作三者水汽通量散度场(图 5)对比。高频风所反映的热带气旋环流特征显著,华南地

区水汽通量辐合区位置(图 5a)与原始辐合区(图 5b)几乎无差异,但在强度上高频风产生的水汽辐合强度仅 $0.4 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,而原始风场产生的水汽通量散度则是高频风的 2 倍,即 $0.8 \times 10^{-8} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 。从准单周和准双周风和风场上可见(图 5c),风从南海地区向北输送并与北方南下冷空气在华南地区辐合,它所造成的水汽通量辐合区的散度占水汽通量散度

总量的 1/2,这一水汽通量所产生的辐合区恰与华南降水区一致。由此可见,准单周和准双周振荡引起季风涌增强,季风涌增强又使水汽通量在华南地区的辐合作用增强,从而使中尺度对流系统不断生成和发展,并引发暴雨产生大量凝结潜热补充“碧利斯”因地面摩擦而消耗的能量,有利于“碧利斯”环流长时间维持和强降水区形成。

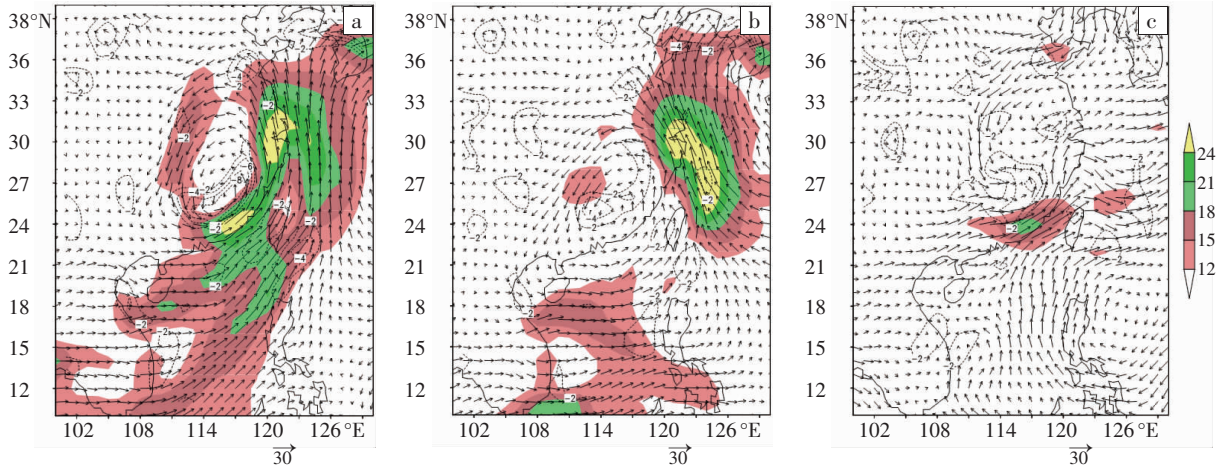


图 5 2006 年 7 月 15 日 08 时 850 hPa 风矢量场(阴影区风速大于 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)、水汽通量散度场(虚线区)
(a) 原始场; (b) 高频风; (c) 准单周和准双周风之和

根据功率谱结果,按 1~5 天高频滤波、7~10 天单周振荡、13~18 准双周振荡和 20~40 天季节振荡,对 850 hPa 经向风场进行滤波分析。以南海地区 115°E 、 18°N 点经向风滤波结果为例,从 4 个波段在南海地区风速随时间变化曲线可见(图 6),将 4 条曲线合成后与

原始风场比较,其变化相当,说明滤波结果是可信的。进一步分析发现,南海地区在“碧利斯”维持期间,高频风、单周振荡、准双周振荡这 3 个波动均达到峰值,其共同影响导致南海地区季风涌爆发;季节内振荡在此期间反位相,其影响较小。

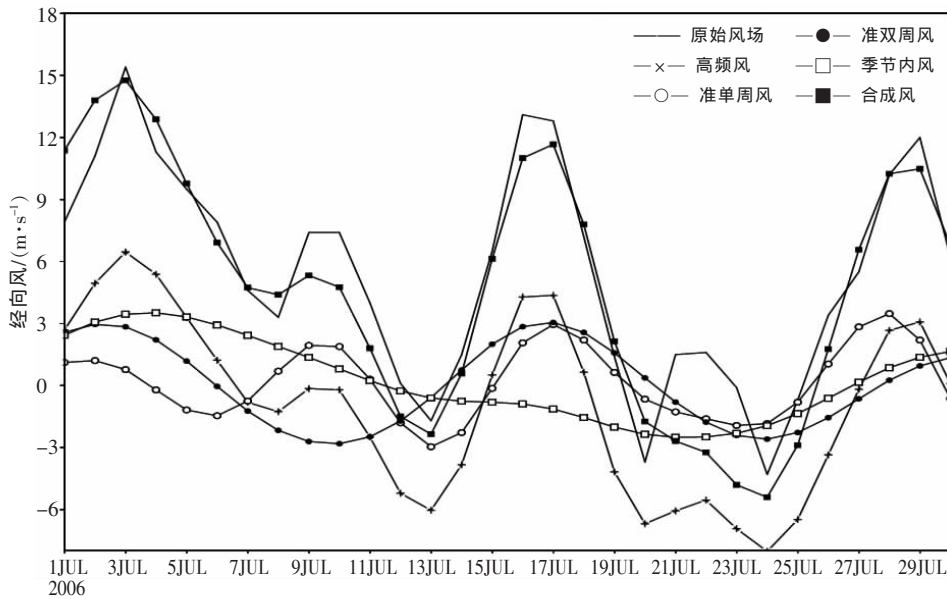


图 6 2006 年 7 月南海地区 115°E 、 18°N 点经向风逐日变化图

4 南海地区振荡源地分析

为了研究振荡传播源地,选择 6 个区域(图 7),即从东向西依次为西太平洋海区域(140°E — 150°E 、 5°N — 10°N)、

菲律宾区域(120°E — 130°E 、 5°N — 10°N)、南海区域(110°E — 120°E 、 15°N — 20°N)、孟加拉湾区域 (85°E — 95°E 、 12°N — 17°N)、阿拉伯海区域(60°E — 70°E 、 7°N — 12°N)、越赤道气流区域(40°E — 50°E 、 2°S — 3°N)、制作相应区域滤波经向

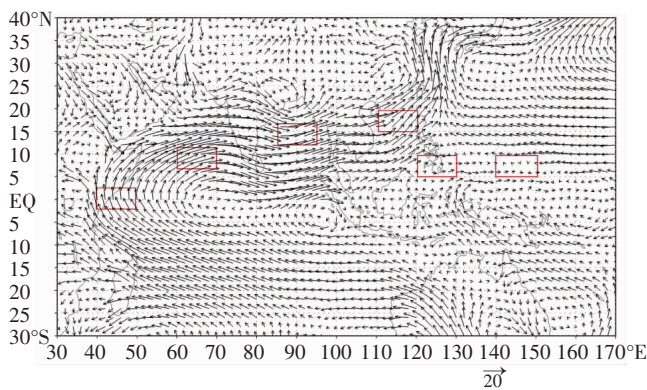


图 7 2006 年强热带风暴“碧利斯”维持期间 850 hPa 平均风场图(方框为选择区域)

风传播图(图 8)。

从图 8 中可见,7~10 天的准单周振荡传播源地为副高西南侧的菲律宾海区,其传播到南海地区后继续

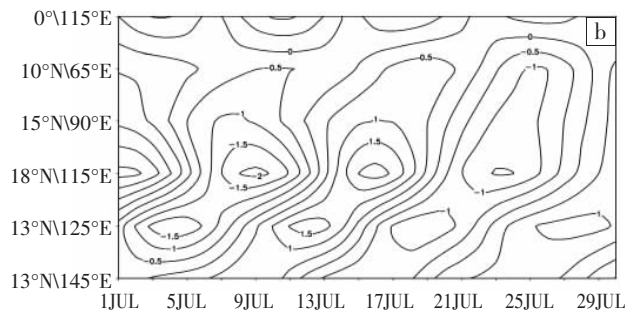
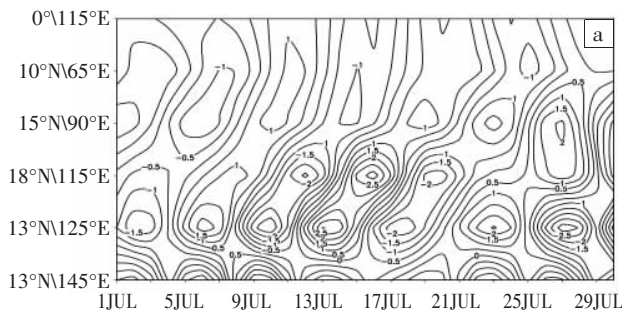


图 8 2006 年 7 月不同区域准单周(a)、准双周(b)经向风平均随时间传播图

纵坐标代表所在区域的中心,横坐标为时间

5 结论

本文利用 NCEP 资料对 2006 年 5—9 月南海地区季风进行带通滤波,分析各频谱传播特征,研究热带气旋“碧利斯”登陆期间季风涌爆发原因及季风涌对其登陆后降水的影响,得到以下结论。

(1)“碧利斯”存在期间,对季风涌增强和维持起主要作用的有高频振荡、准单周振荡和准双周振荡,三者同位相作用于南海地区;季节内振荡对季风涌影响较小且为反位相。

(2)影响南海地区的经向风的准单周、准双周波都有明显的周期性和自东向西传播趋势;准单周振荡有从低纬向中纬传播特征。准单周振荡源地在菲律宾海区,其产生可能与热带西太平洋对流振荡和西太平洋副高异常变动有关。

(3)南海地区准单周振荡和准双周振荡对热带气旋“碧利斯”卷入气流有明显的加强作用,并增强了水汽通量在内陆地区的辐合作用,同时使降水和凝结潜的热释放得到加强,从而有利于“碧利斯”环流长时间维持。

向西传播,影响孟加拉湾地区、阿拉伯海区甚至越赤道气流区(图 8a)。这种振荡从源地触发后一直影响到索马里急流区,索马里急流区又是南半球水汽向北半球、阿拉伯海、孟加拉湾、华南输送的通道。如果源地的正值传播到索马里急流区,就会加大越赤道气流向北输送,进而增加西南季风的强度。另外,准双周振荡也有从东向西的传播趋势(图 8b),其传播源地也在西太平洋海区,但对索马里急流的影响相对较弱。有趣的是,振荡传播方向与季风区气流方向正好相反,这是一个值得注意的事实。为什么在热带西太平洋地区会激发出这类准单周或准双周的震荡呢?这可能是由于热带西太平洋对流自身的振荡而激发出西传振荡,从而影响季风涌(夏季风)的强度振荡,这一问题有待进一步研究才能探明。

参考文献:

- [1] 丁一汇,李崇银.南海季风爆发和演变及其与海洋的相互作用[M].北京:气象出版社,1999:1-4.
- [2] 吴尚森,梁建茵,李春晖.南海夏季风强度与我国汛期降水[J].热带气象学报,2003,19(1):25-35.
- [3] 何慧,李艳兰,覃志年,等.强热带风暴“碧利斯”造成异常强降水的气候背景[J].海洋通报,2007,26(5):22-26.48.
- [4] 周海光.强热带风暴碧利斯(0604)引发的特大暴雨中尺度结构多普勒雷达资料分析[J].大气科学,2008,32(6):1289-1308.
- [5] 钱传海,路秀娟,陈涛.引起“碧利斯”强降水的 MCS 数值模拟研究[J].气象,2009,35(4):11-19.
- [6] 陈德花,寿绍文,张玲,等.“碧利斯”引发强降水过程的湿位涡诊断分析[J].暴雨灾害,2008,27(1):37-41.
- [7] 康志明,陈涛,钱传海,等.0604 号强热带风暴“碧利斯”特大暴雨的诊断研究[J].高原气象,2008,27(3):596-607.
- [8] 张恒德,孔期.0604 号强热带风暴碧利斯异常强降水过程的诊断分析[J].气象,2007,33(5):42-48.
- [9] 鲁亚斌,普贵明,解明恩,等.0604 号强热带风暴碧利斯对云南的影响及维持机制[J].气象,2007,33(11):49-57.
- [10] 琚建华,钱诚,曹杰.东亚夏季风的季节内振荡研究[J].大气科学,2005,29(2):187-194.
- [11] 林爱兰,梁建茵,等.南海夏季风对流季节内振荡的频谱变化特征[J].热带气象学报,2005,21(5):542-548.

Effects of the Quasi-week Oscillation and Quasi-two Week Oscillation Over South China Sea on Rainfall Maintenance of Tropical Cyclone Bilis

GU Chun-li¹, NI Yun-qi¹, XU You-ping², CHENG Wei²

(1.Chinese Academy of Meteorological Science, Beijing 100081;

2.Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029)

Abstract: Low-frequency Oscillations characteristics of South China Sea Monsoon circulation and the influence of outbreak of monsoon surge on the rainfall and maintaining of tropical cyclone Bilis are studied by using the NCEP reanalysis data. The interaction of the high frequency, quasi-week oscillation and quasi-two week oscillation has led to the increase of the meridional wind in the South China Sea and the outbreak of South China Sea monsoon surge. The meridional wind affecting the South China Sea region has a clear trend of westward spread in the quasi-week and quasi-two week oscillation and the source of the quasi-week oscillation is in Philippine Sea. The low-frequency oscillation over South China Sea has enhanced cyclonic flow and the convergence of water vapor flux in the inland area. It has also strengthened precipitation and supplied condensation energy consumption and is beneficial to maintain tropical cyclone Bilis.

Key words: Monsoon circulation over South China Sea; Quasi-week oscillation; Quasi-two week oscillation; Band-pass Filter; Rainfall maintenance

(上接第 6 页)

Advance and Retreat Features of Subtropical High and Evolution of Convective System During Meiyu Period in 2007

Lü Mei, ZOU Li

(Meteorology Institute, PLAUST, Nanjing 211101)

Abstract: Using the NCEP $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ reanalysis data and the T_{BB} data with spatial resolution which is $0.1^{\circ} \times 0.1^{\circ}$ and the time resolution which is 1 hour provided by FY-2C, the characteristics of the advance and retreat of the West Pacific Subtropical High during Meiyu period in 2007 are analyzed, and the evolution features of mesoscale convective systems which are at the favorable large-scale ambient field and under the north side of the subtropical high are described. The genesis, development and disappearing of a mesoscale convective system (MCS) in the Yangtze-Huaihe River region are practically analyzed. The results indicate that the characteristics of the lifting northward, advancing westward, withdrawing eastward and intermitting of the West Pacific Subtropical High and its intensity and location are clearly described with T_{BB} data. The four precipitation processes locate in the north of the Subtropical High and produce effects in Yangtze-Huaihe River region from 29 June to 10 July in 2007, and there were 1~3 mesoscale processes in each process. The continual genesis and development of MCS lead to heavy rain and extra heavy rain during the Meiyu period. The MCS is merged with two developing β mesoscale deep convective systems and stays for 8 hours, and it is similar to the MCC which is active in the central United States in appearance. The region of $T_{BB} < 230$ K is corresponding to the precipitation area, and the heavy precipitation area is corresponding to the region of $T_{BB} 210 \sim 220$ K.

Key words: T_{BB} data; Meiyu; The western Pacific subtropical high; Mesoscale convective system