

文章编号:1673-8411 (2015) 01-0025-06

# MJO 活动对广西 6 月阶段性降水的影响研究<sup>1</sup>

覃卫坚<sup>1</sup>, 李耀先<sup>2</sup>, 廖雪萍<sup>2</sup>

(1 广西壮族自治区气候中心, 广西 南宁 530022; 2 广西壮族自治区气象局, 广西 南宁 530022)

**摘要:**使用 1961~2013 年广西 80 个气象观测站的日降水资料和 NOAA OLR、NCEP/NCAR 风场、高度场再分析资料。结果表明:当 MJO 第 10 位相时广西降水偏多,第 1 位相时偏少,第 2 位相时偏多,第 3 位相时大部偏少的周期性分布特征。原因可能为副热带高压随着 MJO 向东移动而减弱东移,而且影响着中高纬度地区的波列分布和转播,当 MJO 对流位于第 10、2 位相时,形成的槽脊位置有利冷空气南下影响广西,使降水发生;在 MJO 对流所处位相向东移动过程中,当位于印度洋西部时孟加拉湾水汽输送到达广西最强,随着逐渐向东减弱,当位于第 2 位相以后,广西上空水汽输送来源转为南海地区。从不同位相来看,当 MJO 对流位相距离广西稍远时,MJO 不同位相时哈德莱上升支的主要区别在上升气流高度略有不同和高空的强上升气流区分布范围不同。

**关键词:**热带季节内振荡(MJO);副热带高压;哈德莱环流;广西

中图分类号:P46

文献标识码:A

## Impact of the Madden-Julian Oscillation activity on the phase precipitation in Guangxi

QIN Wei-jian<sup>1</sup>, Li Yao-xian<sup>2</sup>, LIAO Xue-ping<sup>2</sup>

(1. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022; 2. Guangxi Meteorological Service, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** Based on the daily precipitation data, NOAA OLR data and NCEP/NCAR monthly reanalysis data during 1961–2013, The results show that: there is a periodic distribution that the more rainfall in Guangxi when the MJO convection center is located in phase 10, and less rainfall in phase 1, and more in phase 2, and less in phase 3. The dynamical mechanism of that may be the moving eastward of MJO convection center leads to the subtropical high shift eastward and to be weakened, and also affects the distribution and broadcast of the wave in middle and high latitudes, when MJO convection center is located in phase 10, 2, the trough and ridge position are favorable of the cold air southward and the precipitation occurred in Guangxi. When MJO convection center move eastward to India Ocean and is located over the western Bay of Bengal, the strongest water vapor transport to Guangxi. The water vapor from South China Sea transport to Guangxi when MJO convection center move eastward and is located in phase 2. The slightly difference of the height and the altitude of the strong updraft of Hadley updraft when the MJO convection center far from Guangxi.

**Key words:** Madden-Julian Oscillation (MJO); Subtropical Anticyclone, Hadley; Guangxi

## 引言

热带季节内振荡(MJO)是大气中最显著的一种

振荡现象,为气候变率的重要分量,也是从短期天气变化到季节变化、年际变化、年代际变化整个大气多尺度振荡链条中的重要一环,它既是高频天气变化

收稿日期:2014-12-15

基金项目:广西自然科学基金资助(2013GXNSFB053010);广西自然科学基金资助(2013GXNSFAA019273)共同资助

作者简介:覃卫坚(1971-),男,广西人,博士研究生,高级工程师,主要从事天气气候动力学研究,(E-mail)qinweijian2008@126.com

直接背景,又是月季气候主要分量,它是“天气-气候界面”,是天气与气候联系的直接纽带,是引起中期天气以及月尺度天气过程主要因子之一,对应的环流低频系统变化反映了未来几周内大尺度天气系统生消、维持和衰减的循环过程,对月季尺度气候预测有很好的指示意义。近年来,国内外一些学者对 MJO 在延伸期预报中的应用研究相当活跃,如 Wheeler 等<sup>[1]</sup>利用 MJO 所在 8 个位相的周期和强度变化来预报澳大利亚夏季降水的中长期预报;Jones 等<sup>[2]</sup>根据热带季节内对流的异常,设计统计预报模型,推断未来 4-5 候的低频要素场的预报;丁一汇等<sup>[3]</sup>指出 MJO 是季节内尺度变化,比高频的天气扰动具有更长的可预报性,是改进东亚地区延伸预报的重要途径。

广西地处低纬度地区,南部濒临热带海洋,受热带季节内振荡(MJO)影响显著,如广西 2009~2010 年夏秋冬春持续干旱灾害的其中一个重要原因是印度洋 MJO 的活动影响减弱了孟加拉湾水汽向广西输送;王黎娟等<sup>[4]</sup>在研究 2001 年台风“榴莲”降水过程中,指出低纬度夏季风 MJO 处于极端活跃位相时,低纬低频西风偏北及低频水汽向北输送至广西南部,有利于低层辐合并提供充足水汽,对“榴莲”台风暴雨增幅起重要作用;陶诗言等<sup>[5]</sup>、据建华等<sup>[6-7]</sup>研究指出来自赤道 MJO 引起南海地区西风的加强,触发中国南部大陆出现季风涌,造成南方暴雨发生;鲍名<sup>[8]</sup>、Lina Zhang<sup>[9]</sup>研究华南持续性暴雨过程与热带低频振荡的关系。而广西属于华南地区,濒临海洋,常年受副热带高压<sup>[10-15]</sup>、热带低压<sup>[16-18]</sup>、南海夏季风<sup>[19-22]</sup>等热带天气系统影响,因此 MJO 在广西天气气候演变中扮演着重要的角色,对广西阶段性、持续性、频发性高影响天气事件具有重要的影响作用。

## 1 资料

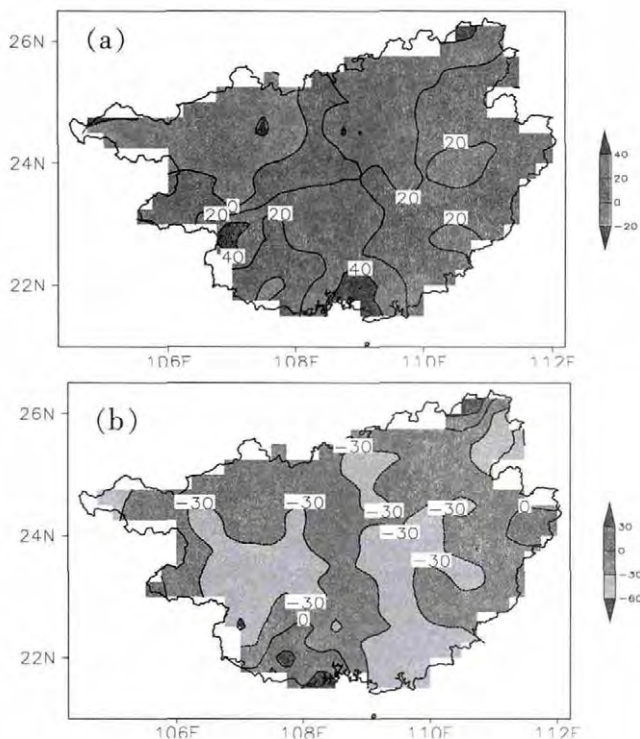
本文采用的降水资料来自于 1961~2013 年广西 80 个地面气象观测站的日降水资料。表征 MJO 对流的向外长波辐射 (Outgoing Long-wave Radiation, 简称 OLR) 取自于 NOAA 的 OLR 日资料。MJO 指数取自于 NOAA 气候预测中心 (Climate Prediction Center, CPC) 逐候的 MJO 指数,该指数利用 200 hPa 速度势函数,用 EEOF 计算得出,第一个 EEOF 特征函数 (EEOF1) 由 10 个时间滞后模组成,描述了约 50 天周期纬向 1 波的东传振荡,10 个时间滞后模的 200hPa 速度势异常中心分别位于 10 个不同的位置 (分别位于 80°E, 100°E, 120°E,

140°E, 160°E, 120°W, 40°W, 10°W, 20°E, 70°E), 代表了 10 个位相。当 MJO 指数值为正时,表示 200hPa 速度势异常为正值,将 10 个 MJO 空间模依次称为位相 1、位相 2、…、位相 10。

## 2 MJO 活动及其对广西降水的影响

利用 OLR 资料通过滤波后得到各时期 MJO 对流在各区域的活动次数,结果表明:总的来看,各位相出现次数分布呈波动分布,最高值在大陆或群岛附近地区,在海洋中部出现最少。其中 MJO 对流在非洲大陆区域活动最频繁,占各位相总频数的 17.2%,其次为印度洋中西部地区,占总频数的 14.7%,向东减少,在印度洋中东部地区达到最少,仅占总数的 3.4%,然后向东增加,在印度尼西亚东部群岛地区达到另一个活动峰值,占各位相总频数的 11.8%,再向东逐渐减少,在东太平洋地区减到次低值,仅为 5.4%。离广西最近的 100°E 附近区域, MJO 对流出现次数占总频数的 6.4%。

利用合成方法统计 6 月各候 MJO 对流所处位相同期广西降水情况(图 1):当位于第 10(印度洋中西部)、2(苏门答腊岛)位相时,广西降水一致偏多;当位于第 1(印度洋中东部)、5(西太平洋)、6(东太平洋)、8(大西洋东部)位相时,广西降水一致偏少;当第 9(非洲大陆)、3(印度尼西亚东部群岛)、4(几内亚岛)、7(大西洋西部)位相时,广西降水为一半多



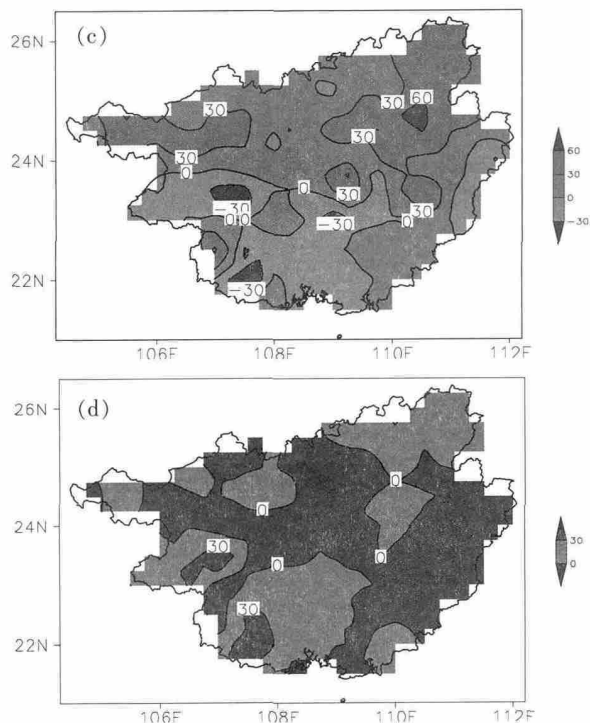


图 1 MJO 对流所处位相时广西降水距平值(a:第 10 位相;b:第 1 位相;c:第 2 位相;d:第 3 位相)

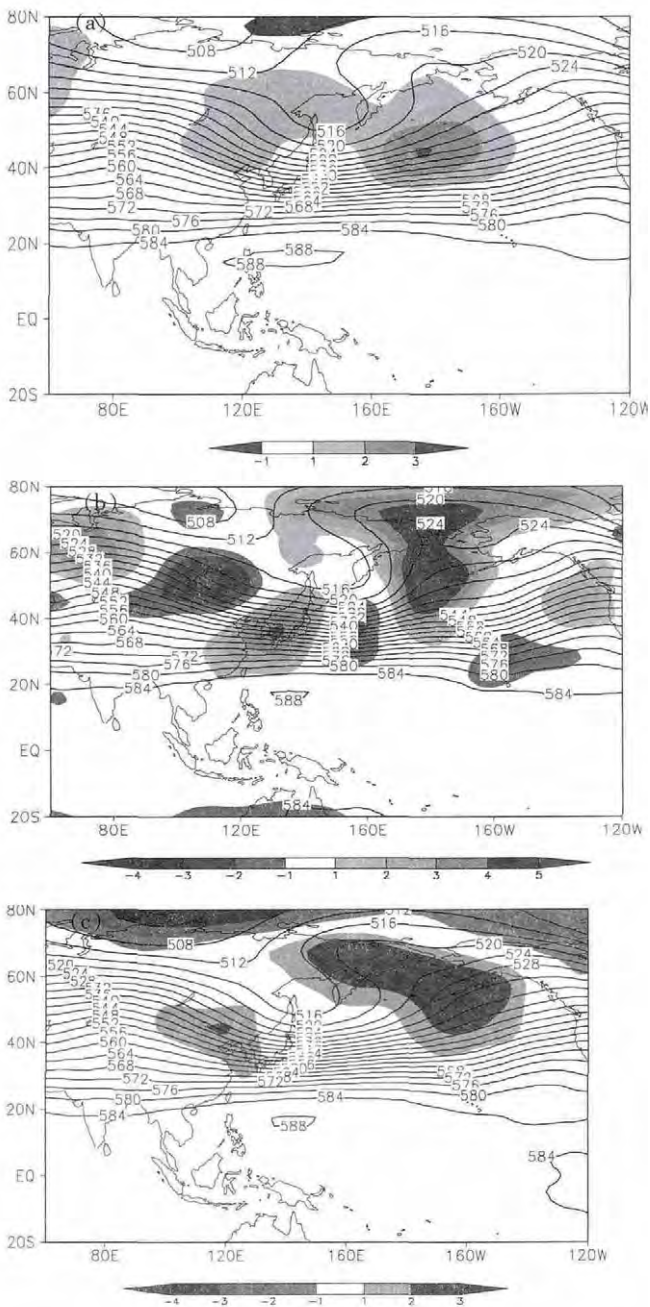
一半少。在第 10-3 位相之间存在着第 10 位相时偏多→第 1 位相时偏少→第 2 位相时偏多→第 3 位相时大部偏少的明显波列变化特征。

### 3 MJO 对广西降水的影响机理分析

#### 3.1 MJO 对大气环流的影响

为了分析 MJO 对广西降水的影响,统计分析了 6 月各候 MJO 对流所处各位相 500hPa 高度距平场,从图 2a 中可以看出当处于第 10 位相时,588 西伸脊线位于北部湾,贝湖以东地区和阿留申群岛的高度场为正距平,有利于在该地区形成高压脊,贝湖以西地区为低压槽,这样形势有利于冷空气南下到较低纬度,副热带高压西伸脊线位于北部湾有利南部水汽向广西输送,与北方冷空气相交汇,为发生强降水提供了有利条件,因此 MJO 对流处于第 10 位相时广西降水偏多。MJO 对流处于第 1 位相时(图 2b),从图中可以看出,欧亚大陆高度距平场为明显的波列分布形式,乌拉尔山为正距平→贝湖地区为负距平→亚洲大槽为正距平→西北太平洋地区为负距平→阿留申群岛为正距平,亚洲大槽偏弱,广西多处高压脊控制,副热带高压较第 10 位相时位置东移、面积偏小,不利降水发生,因此第 1 位相时广西降水偏少。MJO 对流处于第 2 位相时(图 2c),从图

中可以看出,北纬 70°N 以北地区为负距平,蒙古及我国华北地区、阿留申群岛为正距平,其中阿留申群岛最强,这种形势易在贝湖附近形成槽脊,引导冷空气南下影响广西,因此对流处于第 2 位相时广西降水容易偏多。MJO 对流处于第 3 位相时(如图 2d),副热带高压有明显的偏弱,588 线有明显东退,已不见踪迹,乌拉尔山地区和上扬斯克山脉附近地区为负距平,西伯利亚以北地区为正距平,这种形势不利于冷空气南下影响广西,因此对流处于第 3 位相时不利于广西发生强的降水。由此可见,MJO 不仅影响着低纬度地区系统,即副热带高压随着 MJO





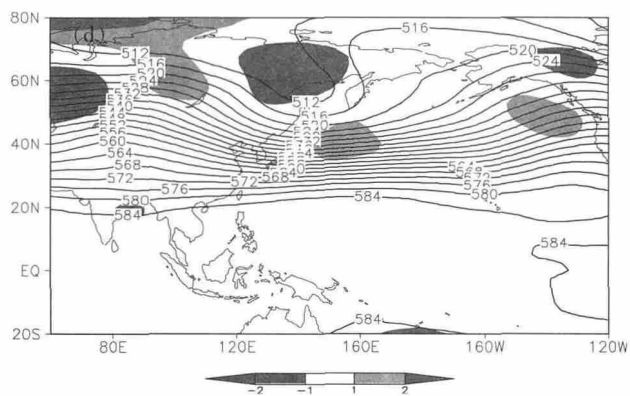


图2 MJO各对流所处位相时500hPa高度场及距平图(a:第10位相;b:第1位相;c:第2位相;d:第3位相)

向东移动而减弱东移,而且影响着中高纬度地区的波列分布和转播。当MJO对流位于第10、2位相时,形成的槽脊位置有利冷空气南下影响广西。

### 3.2 MJO对风场及水汽输送的影响分析

为了分析热带季节内振荡对水汽输送的影响,统计了6月各候MJO对流所处各位相的850hPa风场和水汽场合成,如图3a,当MJO对流位于第10位相时,在阿拉伯海有强的水汽输送中心,水汽输送带向东偏南到达孟加拉湾,之后向东偏北达到了广西,从水汽输送带来看当MJO对流位于第10位相时很有利于水汽向广西输送的;从风场辐合带来看,辐合带位于长江流域的上游。如图3b,当MJO对流位于第1位相时,阿拉伯海强的水汽输送中心面积有向东扩大,输送带比第10位相输送的纬度更高了,广西上空南风风速比第10位相时大,水汽输送也强,中国大陆的风场辐合带位置较第10位相时略偏北,在蒙古附近有一个明显的低涡,因此MJO对流位于第1位相时广西降水偏少的原因可能为南北风辐合带位置偏北,造成主雨带偏北。如图3c,当MJO对流位于第2位相时,孟加拉湾水汽输送带向广西输送水汽较第10和第1位相有明显减弱,输送带通过孟加拉湾后有明显的向南向东发展,向北分量弱,广西上空的水汽主要来源于南面的北部湾和华南沿海的海面;风场辐合带位于长江流域,广西上空风场风速较第10、1位相稍弱,风向为南风,中高纬度地区北风风速也比较弱。如图3d,当MJO对流位于第3位相时,孟加拉湾水汽带向东输送到南海,广西上空水汽少,风速弱,因此广西降水少。由以上分析可见,在MJO对流所处位相向东移动过程中,当位于印度洋西部时,孟加拉湾水汽输送到达广西最强,随着逐

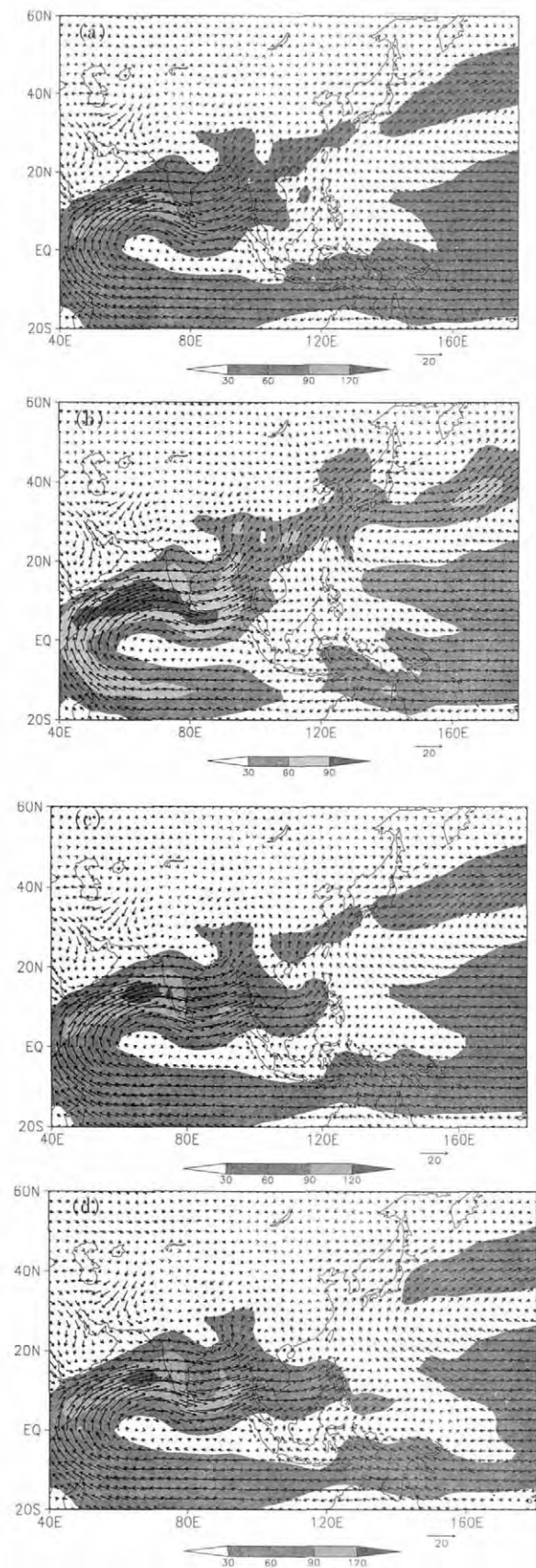


图3 6月MJO各对流所处位相时850hPa风场及水汽场(a:第10位相;b:第1位相;c:第2位相;d:第3位相)

渐向东减弱,当位于第 2 位相以后,广西上空水汽输送来源转为南海地区。

### 3.3 MJO 对哈德莱环流的影响分析

为了分析 MJO 对哈德莱环流的影响,制作从经度  $107.5^{\circ}\text{E}$  垂直风速的纬度高度剖面图,该路线刚好从广西经过,广西所处纬度为  $21^{\circ}\sim 26^{\circ}\text{N}$  之间,图 4a 为 MJO 对流处第 10 位相时风垂直速度的合成图,从图中可见广西上空分别在近地面层和  $200\sim 600\text{hPa}$  高度有两个强的上升气流区,上升气流达到了  $100\text{hPa}$  的高度,说明广西地区对流强,利于强降水发生,在  $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$  区域有强的下沉气流。MJO 对流处第 1 位相时,广西地区近地面层和  $400\sim 500\text{hPa}$  高度存在着上升气流,上升气流高度明显比第 10 位相低,仅达到  $300\text{hPa}$ , $300\text{hPa}$  以上为下沉气流,在  $40^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$  区域有强的下沉气流,在赤道地区的高空存在着强的上升气流。MJO 对流处第 2、3 位相时,广西地区近地面层和  $300\sim 600\text{hPa}$  高度存在着上升气流,这两个位相哈德莱环流差不多,因为它们分别位于  $100^{\circ}\text{E}$  和  $120^{\circ}\text{E}$ ,处于  $107.5^{\circ}\text{E}$  的左右两侧。从不同位相来看,当 MJO 对流处于和广西距离稍远的位相时,位于广西的哈德莱上升支的主要区别在上升气流高度略有不同和高空的强上升气流区分布范

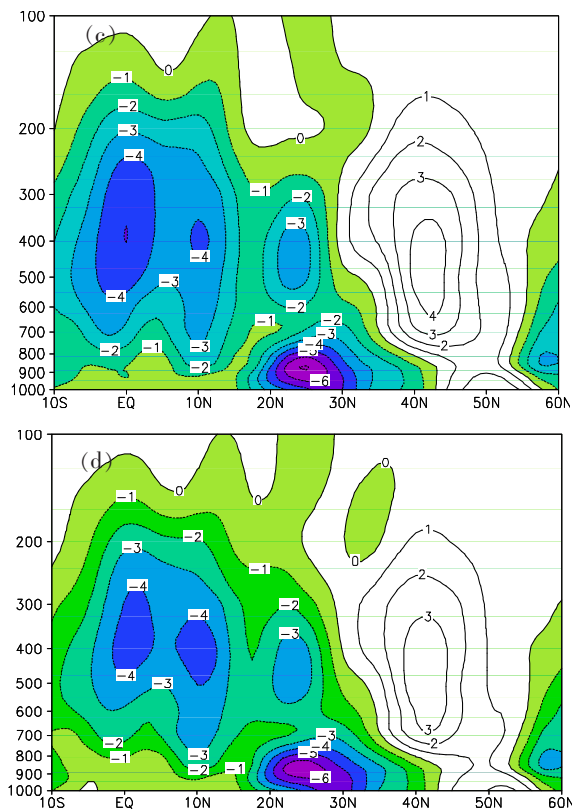
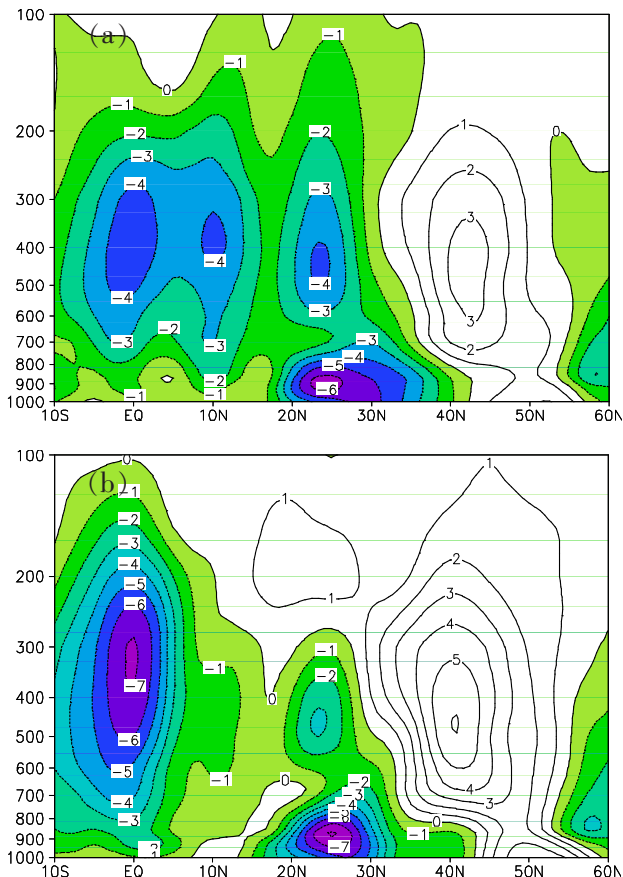


图 4 MJO 各对流所处位相时风垂直速度经向剖面图 (a: 第 10 位相; b: 第 1 位相; c: 第 2 位相; d: 第 3 位相)

围不同。当 MJO 对流处于印度洋中西部时,上升气流高度高,在近地面层和  $200\sim 600\text{hPa}$  高度有两个强的上升气流区。当 MJO 对流东移到印度洋中东部时,上升气流高度明显降低,同时两个强的上升气流区范围变小。当 MJO 对流处于和广西距离近的位相时,哈德莱环流区别不大。

## 4 结论和讨论

通过分析研究得到以下结论:

(1) 从统计分析来看,MJO 在各位相出现次数分布呈波动分布,最多出现在大陆或群岛附近地区,在海洋中部出现最少。广西降水在第 10~3 位相之间存在着明显波列变化特征,第 10 位相时偏多→第 1 位相时偏少→第 2 位相时偏多→第 3 位相时大部偏少的。

(2) 副热带高压随着 MJO 向东移动而减弱东移,而且影响着中高纬度地区的波列分布和转播,当 MJO 对流位于第 10、2 位相时,形成的槽脊位置有利冷空气南下影响广西。

(3) 在 MJO 对流所处位相向东移动过程中,当位于印度洋西部时,孟加拉湾水汽输送到达广西最

强,随着逐渐向东减弱,当位于第 2 位相以后,广西上空水汽输送来源转为南海地区。

(4) 从不同位相来看,当 MJO 对流处于和广西距离稍远的位相时,位于广西的哈德莱上升支的主要区别在上升气流高度略有不同和高空的强上升气流区分布范围不同。当 MJO 对流处于印度洋中西部时,上升气流高度高,在近地面层和 200–600hPa 高度有两个强的上升气流区。当 MJO 对流东移到印度洋中东部时,上升气流高度明显降低,同时两个强的上升气流区范围变小。当 MJO 对流处于和广西距离近的位相时,哈德莱环流区别不大。

参考文献:

- [1] Wheeler M C, Hendon H H. An all seas on real time multivariate MJO index: development of an index for monitoring and prediction [J]. Mon Wea Rev, 2004, 132 (8): 1917–1932.
- [2] Jones C, Carvalho M V, Higgins R W, et al. A statistical forecast model of tropical intraseasonal convective anomalies [J]. J. Climate, 2004, 17 (11):
- [3] 丁一汇, 梁萍. 基于 MJO 的延伸预报 [J]. 气象, 2010, 36 (7): 111–122.
- [4] 王黎娟, 卢珊, 管兆勇等. 台风“榴莲”陆上维持及暴雨增幅的大尺度环流特征 [J]. 气候与环境研究, 2010, 15 (4): 511–520.
- [5] 陶诗言, 卫捷. 夏季中国南方流域性致洪暴雨与季风涌的关系 [J]. 气象, 2007, 33 (3): 10–18.
- [6] 据建华, 赵而旭. 东亚夏季风区的低频振荡对长江中下游旱涝的影响 [J]. 热带气象学报, 2005, 21 (2): 163–171.
- [7] 据建华, 孙丹, 吕俊梅. 东亚季风涌对我国东部大尺度降水过程的影响分析 [J]. 大气科学, 2007, 31 (6): 1 029–1 039.
- [8] 鲍名. 两次华南持续性暴雨过程中热带西太平洋对流异常作用的比较 [J]. 热带气象学报, 2008, 24 (1): 27–35.
- [9] Lina Zhang, Bizheng Wang and Qingcun Zeng. Impact of the Madden-Julian Oscillation on Summer Rainfall in Southeast China [J]. J. Climate, 2009, 22: 201–216.
- [10] 王远超, 黎玲, 胡恒, 等. 广西东南部 2008 年 6 月持续强降水成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (S): 74–76.
- [11] 吕醒佳. 1998 年 6 月 16–27 日连续性强降水过程分析 [J]. 广东气象, 1999, 21 (3): 28–30.
- [12] 覃丽, 寿绍文, 冯晓玲, 等. 一次“北涡南槽”型广西强降水过程的数值模拟 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (S): 49–51.
- [13] 曾雪飞, 钟志成. 一次连续性强降水过程形成的原因 [J]. 广东气象, 2008, 30 (1): 59–60.
- [14] 蒙伟光. 一次连续性暴雨天气过程的分析 [J]. 广东气象, 1999, 21 (2): 11–13.
- [15] 覃丽, 伍文辉. 广西一次强降水天气成因初探 [J]. 广西气象, 2005, 26 (3): 12–15.
- [16] 程正泉, 项颂翔, 黄晓莹, 等. “凡亚比”登陆引发粤西大范围强降水的对流降水分析 [J]. 广东气象, 2013, 35 (1): 14–17.
- [17] 韦丹宜. 试析“碧利斯”造成广西大暴雨的原因 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (S): 141–142.
- [18] 高安宁, 谭强敏. “碧利斯”引发广西异常暴雨的成因分析 [J]. 气象研究与应用, 2007, 28 (2): 7–10.
- [19] 刘晓梅, 陈见, 李向红, 等. 一次广西东部季风爆发前夕短时强降水分析 [J]. 气象研究与应用, 2014, 35 (2): 14–18.
- [20] 颜文胜, 周伟隆. 2002 年 7 月中旬后期粤东地区连续强降水分析 [J]. 广东气象, 2003, 25 (2): 18–20.
- [21] 胡娅敏, 罗晓玲, 陈新光. 2009 年广东汛期降水空间分布不均的气候成因 [J]. 广东气象, 2010, 32 (2): 4–7.
- [22] 林华立, 杨锦青, 叶朗明. 南海夏季风与台山汛期降水的关系 [J]. 广东气象, 2007, 29 (S): 51–54.
- [23] 邱明宇, 吴慧, 王尚荣. ENSO 事件对热带低纬大气振荡的调频作用 [J]. 气象研究与应用, 2013, 34 (2): 8–11.
- [24] 林开平, 李凌. “94.12”广西大范围暴雨过程的物理量特征分析 [J]. 广西气象, 1998, 19 (2): 11–13.
- [25] 黄治逢. 一次广西大范围暴雨过程分析 [J]. 广西气象, 2005, 26 (4): 68–69.