

黄卓帆,郑丹,黄冬梅,等. MJO对广西汛期降水的影响[J]. 陕西气象,2016(5):11-15.

文章编号:1006-4354(2016)05-0011-05

# MJO对广西汛期降水的影响

黄卓帆<sup>1</sup>,郑丹<sup>2</sup>,黄冬梅<sup>1</sup>,黄肖寒<sup>1</sup>

(1. 河池市气象局,广西河池 547000;2. 清涧县气象局,陕西清涧 718399)

**摘要:**利用1979—2012年中国753站地面气象观测站4—9月降水日资料和NCEP/DOE高度场、风场,温度场再分析II格点日资料,基于实时多变量MJO指数研究MJO对于广西汛期(4—9月)降水的影响。根据MJO的8个不同位相使用逐日资料进行合成分析,结果表明:MJO对于广西汛期降水有显著影响。当MJO活跃中心位于西印度洋时,副高加强西伸,广西低层西南风增强,大量来自南海和孟加拉湾的水汽在广西上空辐合,广西汛期降水增强;当MJO活跃中心东移靠近西太平洋时,副高减弱东退,偏南暖湿气流向广西输送的水汽减少,其辐合减弱,广西汛期降水减少。

**关键词:**MJO;汛期降水;广西

**中图分类号:**P426

**文献标识码:**A

热带大气季节内振荡(MJO, Madden-Julian Oscillation)是一种大尺度环流与热带对流耦合的振荡。是由Madden和Julian<sup>[1-2]</sup>发现的热带大气风场和气压场变化存在30~60 d周期性大尺度振荡现象。MJO对流活跃位相时盛行西风异常,随着MJO向东传播,强对流中心从印度洋东移到太平洋,最后到大西洋<sup>[3]</sup>。MJO作为热带大气活动在30~60 d时间尺度的最强振荡信号,其本身具有较长的可预报性(约2~4周)。同时,随着实时MJO指数<sup>[4]</sup>的提出,MJO的实时监测成为现实。国内许多学者也用该指数研究MJO对于我国降水的影响。刘冬晴等<sup>[5]</sup>通过合成分析得出随着热带对流活动从赤道印度洋西部东移至赤道西太平洋,中国东部冬季降水先后经历了长江流域多雨、整个南方多雨、华南多雨而长江流域少雨。其它季节,例如春季<sup>[6]</sup>,MJO对我国降水也有显著影响。研究表明<sup>[7-8]</sup>,华南汛期降水具有季节内振荡的特征,在章丽娜等<sup>[9]</sup>的研究中,发现随着MJO的活跃中心从东印度洋进入西太平洋,华南前汛期的降水由偏多转为偏少。广西位于华南西部,纬度较低而且濒临海洋,空气温度

高、湿度大,其汛期(4—9月)降雨丰沛、暴雨次数多、汛期时间长<sup>[10-12]</sup>。本文通过研究MJO活动对广西汛期降水的影响,以为降水的预测和防洪抗旱等提供科学依据。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

使用1979—2012年(共34 a)中国753站地面气象观测站的4—9月降水日资料,以及来自NOAA的NCEP/DOE再分析II的4—9月格点日资料。其中,站点资料取104°E~114°E、20.5°N~26.5°N,除去一些缺测、改建的站点,共44站(图1)。格点资料选取水平风场、位势高度、空气温度资料。

文中表征MJO特征的指数为Wheeler and Hendon<sup>[4]</sup>在2004年定义的实时多变量MJO指数(RMM指数)。该指数可以从澳大利亚气象局的网站下载(<http://www.bom.gov.au/bmrc/clfor/cfstaff/mates/maproom/RMM/>)。该指数能够显著辨别MJO的30~80 d信号。由RMM1和RMM2指数定义一个二维位相空间。在此位相空间,向东传播的MJO可分为8个位相,每个

收稿日期:2015-11-23

作者简介:黄卓帆(1989—),女,满族,广西河池人,学士,助理工程师,从事天气预报及气候变化研究。

位相对应于其对流活跃中心的地理位置(图2)。根据RMM指数的振幅和传播,强MJO事件被定义为振幅 $(RMM1^2 + RMM2^2)^{1/2} \geq 1$ 时,弱MJO事件被定义为 $(RMM1^2 + RMM2^2)^{1/2} < 1$ 时。在二维位相空间图中,圆圈内为弱MJO事件区域,其通常在中心附近进行小范围的随机扰动。圆圈外为强MJO事件区域,其8个位相按照逆时针方向分布,构成了一个源于西印度洋后向东传播,最后在中东太平洋消散的MJO完整周期。

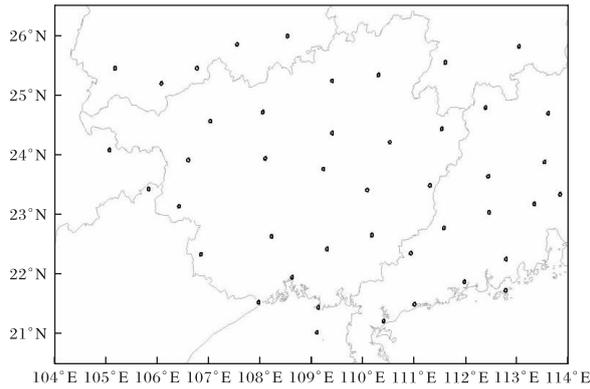
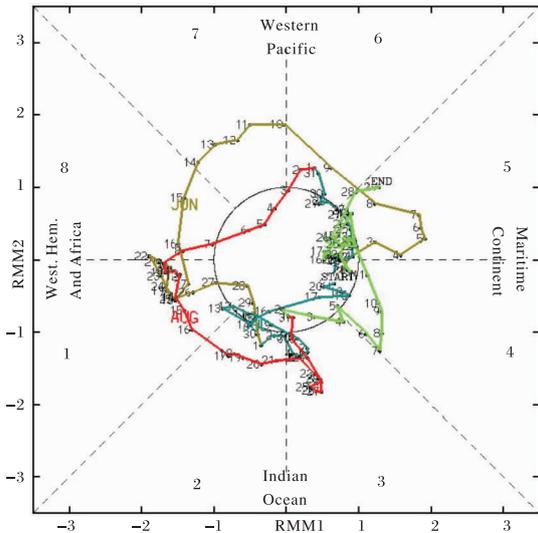


图1 所选地区44站站点分布



实线为MJO传播路径;虚线为MJO的8个位相的分界线;

地理位置为MJO各位相对应的对流活跃中心;

圆圈内为弱MJO活动区;圆圈外为强MJO活动区

图2 2012-06-01—09-30的RMM1及RMM2构成的二维位相空间(图来自澳大利亚气象局网站)

## 1.2 研究方法

研究MJO与广西汛期降水关系的过程中,采用合成分析的方法。该合成分析是建立在强MJO

事件及其8个位相的基础上进行的。对经过筛选的44站汛期(4—9月)降水日资料进行合成分析。计算1979—2012年4—9月日降水气候平均值,统计每个位相持续日数以及对应的逐日降水量后进行合成,将合成后的日降水量平均值减去气候平均值,得出分别在8个位相的降水量距平值,从而分析MJO不同位相上广西汛期降水变化情况。

在研究MJO对广西汛期降水的影响机制中,同样对各个位相的环流场、水汽辐合运用合成分析的方法,分析不同位相上的环流变化情况,进而寻找MJO通过调节大尺度环流实现对广西汛期降水的影响机制,并对合成场进行显著性检验。由于水平风场、位势高度场、水汽通量散度场的概率分布接近正态分布,因此可以直接进行显著性T检验。而对于降水资料,由于台站降水的概率分布往往不服从正态分布,因而先对其进行变换<sup>[13]</sup>使其近似遵从正态分布后再进行T检验。

## 2 MJO与广西汛期降水的关系

从广西汛期的日平均降水量分布(图3)可以看出,在汛期广西绝大部分地区日平均降水量大于6 mm。其中日降水量较大的站点主要分布在南部沿海、桂东北以及河池南部至南宁北部一带。

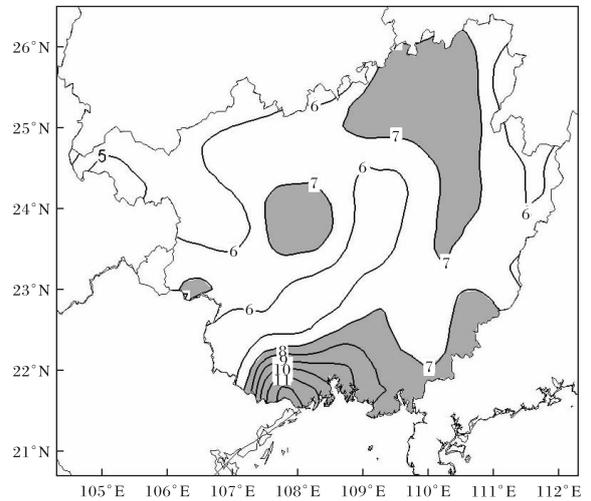


图3 广西1979—2012年4—9月气候平均的日降水量分布(单位为mm;阴影部分表示降水量大于7 mm)

在强MJO的不同位相,广西汛期降水异常的空间分布差异明显。从强MJO不同位相合成的广西汛期降水异常分布可看出,在第1位相和第5位相广西大部都表现出降水偏多和降水偏少

的情形。在第 2~第 4 位相,广西降水偏多范围自北向南,自西向东逐渐减小,强度逐渐减弱。而在第 6~第 8 位相,广西降水偏少范围由北部逐渐减小至沿海。图 4 为第 1 位相和第 5 位相广西汛期降水异常分布情况。当热带西印度洋的 MJO 对流中心开始活跃时,除了西南部降水略微偏少外,广西大部降水为正异常,存在沿海及河池至贵州两个大值中心,且这两个地区降水偏多的强度相当,但是北部降水偏多的范围较南部更大,同时,在贵州存在降水偏多的强度更强的情况。在第 5 位相,广西大部均为负异常,且负异常大值区位于沿海至桂东南一带,降水偏少强度自东南向西北递减,西部百色降水偏少的情况不明显。

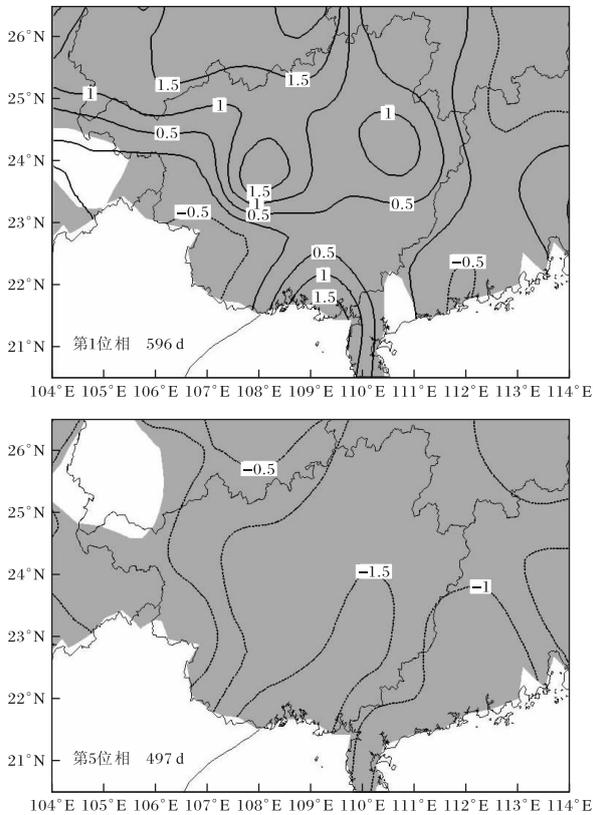


图 4 合成的强 MJO 第 1 位相和第 5 位相广西汛期降水异常分布(单位为 mm/d;阴影表示通过置信度为 90%信度的显著性 T 检验)及其持续日数

### 3 MJO 各个位相与环流和物理量场的关系

广西汛期降水与水汽条件密切相关。就气候平均而言,广西汛期降水丰沛。以下通过环流场、水汽辐合的季节内变化来寻找其与广西汛期降水的关系。

#### 3.1 500 hPa 高度场

4—9 月,500 hPa 气候平均场中,贝加尔湖附近地区上空为弱脊,孟加拉湾上空有低槽,西太平洋副热带高压(简称副高)脊线在 18°N 附近,广西降水与副高的位置变化密切相关。由于在第 1 位相和第 5 位相广西存在明显的降水偏多和偏少,相应的 500 hPa 合成图中(图 5),在第 1 位相,即 MJO 对流活跃中心位于中西印度洋时,80°E 以东、15°N 以北自菲律宾吕宋岛到孟加拉湾的区域均为明显的正异常,表明此时副高加强西伸。同时中高纬地区也表现为正异常,贝加尔湖附近高压脊得以发展加强,有利于中高纬地区弱冷空气补充南下到较低纬度地区,冷暖空气交汇于副高西北侧,为降水发生提供了有利条件。第 5 位相,南海至孟加拉湾出现负异常中心,表明副高减弱东退,南海至孟加拉湾一带低值系统活跃,而东西伯利亚槽偏弱,贝加尔湖上空浅脊发展不明显,冷空气活动偏北,不利于广西降水发生。

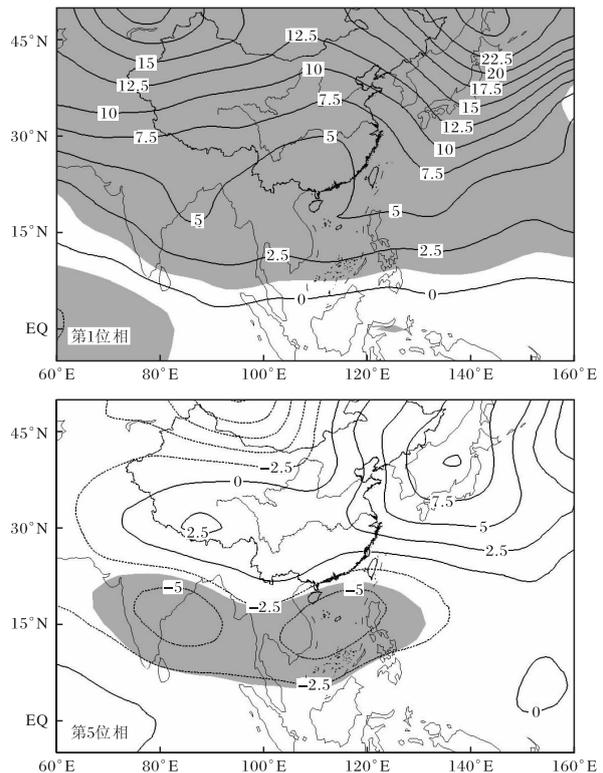


图 5 合成的强 MJO 第 1 位相和第 5 位相 500 hPa 位势高度异常(单位为 gpm;阴影表示通过置信度为 95%的显著性 T 检验)

### 3.2 850 hPa 风场

从 850 hPa 气候平均风场流线图(图 6)可以看出,广西主要受越过赤道的西南气流影响,将南海和孟加拉湾的水汽输送到广西上空。

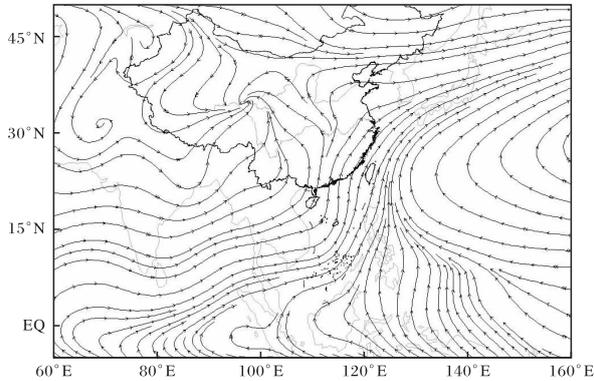


图 6 1979—2012 年 4—9 月 850 hPa

平均风场(单位为 m/s)

强 MJO 位相合成后的 850 hPa 风场异常图(图 7)中,在第 1 位相,可看出在菲律宾以东的西太平洋至南海北部存在明显的反气旋性环流异

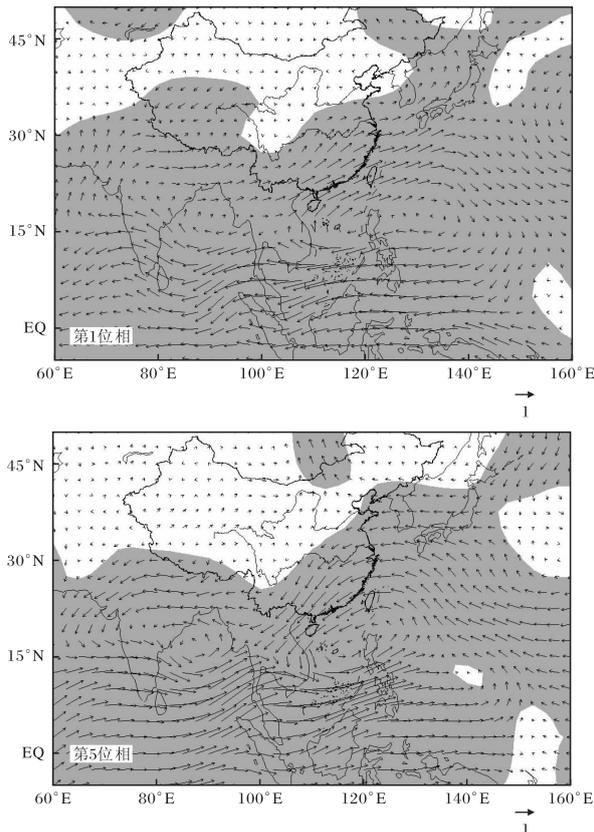


图 7 合成的强 MJO 第 1 位相和第 5 位相 850 hPa 风场异常(矢量,单位为 m/s;阴影表示通过置信度为 95% 的显著性 T 检验)

常,广西位于其西北侧,有较强的西南风异常,且向北西南风异常迅速减小,同时在孟加拉湾也有反气旋环流异常,向东北方向输送西南风异常,来自南海和孟加拉湾的异常风在广西辐合,表明此时低层有强的偏南气流向广西输送大量水汽和暖湿不稳定能量,为广西降水提供充足的水汽条件。由于在沿海地区出现较强的西南风,降水在地形辐合抬升作用下增幅,导致沿海地区降水明显偏多。而在第 5 位相,菲律宾至南海上空有气旋性环流异常,强度较第 1 位相时更强,其西北侧的东北风异常自长江流域延续至中南半岛,在半岛西侧与印度洋上空的西风异常交汇。广西低层为明显的东北风异常,可见此时偏南风减弱,无法向广西输送足够的水汽,不利于广西产生降雨。

从环流背景场可以得出,在 MJO 影响下,高低空配置也发生变化。当 MJO 的对流活跃中心位于西印度洋时,副高西伸加强,配合低层西南风加大,有利于大量的暖湿气流向广西输送,使广西的水汽充沛。而当 MJO 活跃中心继续东传靠近西太平洋时,副高减弱东退,低层西南气流受到抑制减弱,不利于水汽向广西输送。

### 3.3 水汽通量散度

气候平均而言,来自孟加拉湾和南海的暖湿气流带来丰沛的水汽,其在广西上空辐合形成降雨。图 8 为广西降水偏多和偏少时水汽通量散度异常情况。在第 1 位相,广西中北部位于水汽通量散度负异常区域中,特别是广西西北部更接近负异常中心,水汽辐合增强明显,此时南方输送来的大量水汽在广西强烈辐合形成降水,使广西汛期降水增强。第 5 位相与第 1 位相相反,南海和孟加拉湾分别为两个水汽通量散度负异常中心,而中国大陆大部处于水汽通量散度正异常区。广西大部在水汽通量辐散区中,其西北部正位于水汽通量辐散中心,此时大量的水汽在南海和孟加拉湾上空辐合,阻断这两处的水汽向北输送,广西上空没有足够的水汽辐合,不利于降雨的产生。

## 5 结论

基于 1979—2012 年中国台站降水资料,利用 RMM 指数,研究探讨 MJO 对于广西汛期(4—9 月)降水的影响,得到以下结论。

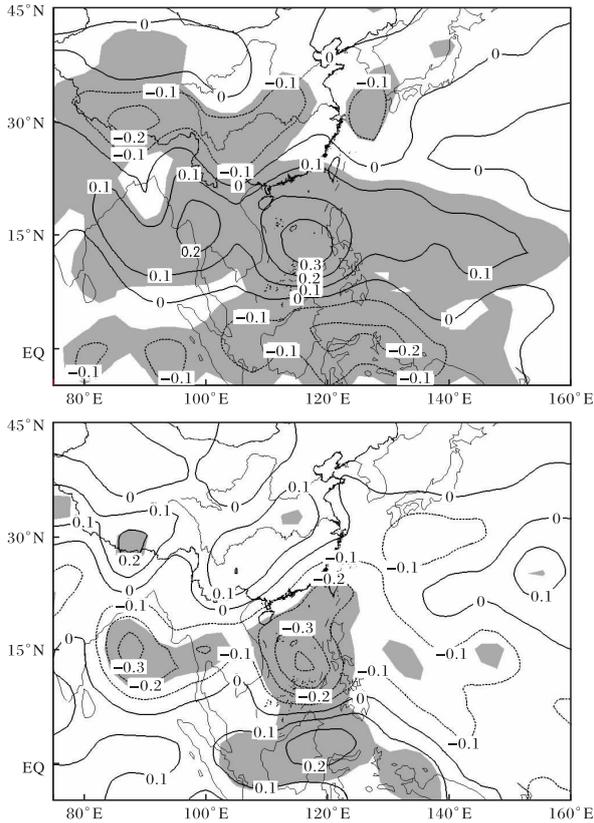


图8 合成的强MJO第1位相和第5位相1000~500 hPa整层积分的水汽通量散度异常(单位为 $10^{-7} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$ );阴影表示通过置信度为95%的显著性T检验

(1)在MJO第1~第3位相,广西存在降水偏多,其中在第1位相,广西大部分地区降水偏多,存在南部沿海和西北部两个明显偏多区;在MJO转为第5~第8位相时,广西降水减少,其中在第5位相广西降水偏少明显,沿海至东南部为明显偏少区。

(2)MJO可以通过调节西太平洋副热带高压和低层偏南气流,影响来自孟加拉湾和中国南海的水汽向北输送,进而影响广西汛期降水。当MJO的活跃中心位于西印度洋(第1位相)时,副高加强西伸,广西上空低层西南风明显加大,此时孟加拉湾和南海的水汽在广西上空辐合,有利于广西汛期降水增强。当MJO活跃中心东移靠近西太平洋(第5位相)时,副高减弱东退,南海低值系统活跃,偏南暖湿气流向广西输送的水汽减少,广西水汽辐合减弱,不利于广西汛期降水的增多。

(3)降水偏多主要是冷暖空气交汇带来的辐合上升运动造成的,而广西北部更容易受到弱冷

空气影响,因此北部降水偏多的情形更明显,而南部沿海降水偏多可能与偏南气流加大时地形辐合增幅有关。降水偏少却在东南部更明显,造成这种区域差异或许与印度洋海温等因素有关,关于其他相关因素及地形影响还需进一步研究分析。

#### 参考文献:

- [1] Madden Roland A, Julian Paul R. Detection of a 40-50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific[J]. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 1971, 28(5): 702-708.
- [2] Madden Roland A, Julian Paul R. Observations of the 40-50-day Tropical Oscillation-A Review[J]. *Monthly Weather Review*, 1994, 112(5): 814-837.
- [3] 李崇银, 龙振夏, 穆明权. 大气季节内振荡及其重要作用[J]. *大气科学*, 2003, 27(4): 518-535.
- [4] Wheeler Matthew C, Hendon Harry H. An All-Season Real-Time Multivariate MJO Index: Development of an Index for Monitoring and Prediction[J]. *Monthly Weather Review*, 2004, 132(8): 1917-1932.
- [5] 刘冬晴, 杨修群. 热带低频振荡影响中国东部冬季降水的机理[J]. *气象科学*, 2010, 30(5): 684-693.
- [6] 白旭旭, 李崇银, 谭言科, 等. MJO对我国东部春季降水影响的分析[J]. *热带气象学报*, 2011, 27(6): 814-822.
- [7] 杨广基. 中国东部降水和风场的低频振荡特征[J]. *大气科学*, 1992, 16(1): 103-110.
- [8] 林爱兰, 梁建茵, 谷德军. 热带大气季节内振荡对东亚季风区的影响及不同时间尺度变化研究进展[J]. *热带气象学报*, 2008, 24(1): 11-19.
- [9] 章丽娜, 林鹏飞, 熊喆, 等. 热带大气季节内振荡对华南前汛期降水的影响[J]. *大气科学*, 2011, 35(3): 560-570.
- [10] 林振敏, 姚才, 郑宏翔. 广西6~8月分级降水的气候特征[J]. *气象研究与应用*, 2007, 28(2): 36-41.
- [11] 韦丹宜, 黄吉安, 李肖雅. 桂西北暴雨的分布特征与防灾减灾对策[J]. *气象研究与应用*, 2009, 30(z2): 119-120.
- [12] 覃卫, 李耀先, 覃志年. 广西暴雨的区域性和连续性研究[J]. *气象研究与应用*, 2012, 33(4): 1-4.
- [13] Jia Xiaolong, Chen Lijuan, Ren Fumin, et al. Impacts of the MJO on Winter Rainfall and Circulation in China[J]. *Advance in Atmospheric Sciences*, 2011, 28(3): 521-533.