

覃卫坚, 蔡悦幸, 廖雪萍. 影响广西热带气旋与海洋大气低频振荡的关联性分析[J]. 气象研究与应用, 2021, 42(3): 07–11.

Qin Weijian, Cai Yuexing, Liao Xueping. Analysis of the correlation between the Tropical Cyclone Affecting Guangxi and the Oceanic Atmospheric Low Frequency Oscillation[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(3): 07–11.

# 影响广西热带气旋与海洋大气低频振荡的关联性分析

覃卫坚<sup>1</sup>, 蔡悦幸<sup>1</sup>, 廖雪萍<sup>2</sup>

(1. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象科学研究所, 南宁 530022)

**摘要:** 使用 1951—2020 年热带气旋资料、NCEP/NCAR 再分析、PDO 指数、NOAA OLR、副热带高压指数等资料, 从海洋大气低频振荡角度分析影响广西热带气旋气候异常可能原因。结果表明, 90 年代以来影响广西热带气旋年际变化幅度增大, 表现出向极端异常变化的趋势。从印度洋到西太平洋存在明显的 MJO 向东传播, 对流抑制位相较弱、持续时间短, 对流增强位相较强, 影响广西热带气旋偏多。反之, 从印度洋到西太平洋无 MJO 活动或强度较弱, 存在较强的低频对流抑制带向东传播、持续时间长, 较强的低频对流带位于东太平洋, 影响广西热带气旋偏少。影响广西热带气旋减少趋势与 PDO 指数增大有密切的联系, 可能与在印度洋、太平洋海温增暖背景下副热带高压强度偏强及西伸脊点偏西有关。

**关键词:** 热带气旋; 热带季节内振荡; 太平洋年代际振荡

**中图分类号:** P46

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.3.02

**OSID:**



## 引言

热带气旋是影响广西最严重的气象灾害之一, 常造成严重的人员伤亡和经济损失, 如 2001 年 7 月 2—9 日台风“榴莲”和“尤特”影响广西, 引发严重暴雨洪涝灾害, 1650 万人受灾, 死亡 24 人, 直接经济损失 150 亿元<sup>[1]</sup>。热带气旋受到了各级政府部门和社会关注, 热带气旋预测成了广西汛期、年度气候预测服务的重要内容。近十几年来影响广西热带气旋出现了一些异常特征, 如 2004 年无热带气旋影响, 打破了 1951 年以来的记录; 2013 年受到 9 个热带气旋影响, 与历史最多持平, 为显著减少趋势下的反常现象。热带气旋气候异常变化增加了对其预测难度, 因此了解其气候异常原因对提高预测能力具有重要意义。热带季节内振荡 (Madden-Julian Oscillation, MJO) 是短期天气变化到季节、年、年代际变化大气多尺度振荡链条中的重要一环<sup>[2]</sup>, MJO 对西太平洋热带气旋生成和移动有重要的影响, MJO 位于西太平洋时热带气旋数量最多, 位于海洋性大陆时出现

热带气旋少<sup>[3-9]</sup>。太平洋海温年代际振荡 (Pacific Decadal Oscillation, PDO) 发生发展往往引起全球范围的环流异常, 同样也影响着热带气旋的活动, 如曹力戈等<sup>[10]</sup>研究指出 PDO 对进入南海的热带气旋迅速增强发展起到调制作用; 陆晓婕等<sup>[11]</sup>、高晓梅等<sup>[12]</sup>研究发现 PDO 处于暖位相时进入东海和影响山东热带气旋较少; 胡娅敏等<sup>[13]</sup>研究指出 PDO 进入冷位相阶段后登陆或严重影响广东的台风出现了个数增多、登陆强度明显增强的新特征。广西位于华南地区西部, 具有独特的自然地理环境特征, 近年来覃卫坚等<sup>[14]</sup>、何洁琳等<sup>[15-16]</sup>研究了 MJO 所处位相与影响广西热带气旋生成的联系, 而 MJO 传播、PDO 与影响广西热带气旋的关联性等研究尚不多见, 以下就这方面进行分析研究, 为热带气旋气候预测工作提供参考。

## 1 资料和方法

### 1.1 资料

使用 1951—2020 年中国气象局上海台风研究

收稿日期: 2021-06-10

基金项目: 广西自然科学基金(2019GXNSFAA245048)、广西科技计划项目(桂科 AB21075005)

作者简介: 覃卫坚(1971—), 男, 广西人, 博士, 正高级工程师, 主要从事气候变化和气候预测研究。E-mail: qinweijian2008@126.com

所的热带气旋、NCEP/NCAR 风场再分析、日本气象厅 PDO 指数、NOAA 逐日向外长波辐射 (OLR)、国家气候中心副热带高压指数资料。1978—2020 年 NOAA CPC 逐候的 MJO 指数,10 个不同的位置(分别位于  $20^{\circ}\text{E}$ ,  $70^{\circ}\text{E}$ ,  $80^{\circ}\text{E}$ ,  $100^{\circ}\text{E}$ ,  $120^{\circ}\text{E}$ ,  $140^{\circ}\text{E}$ ,  $160^{\circ}\text{E}$ ,  $120^{\circ}\text{W}$ ,  $40^{\circ}\text{W}$ ,  $10^{\circ}\text{W}$ ) 代表了 10 个位相, 由左到右, 分别为第 1 位相、第 2 位相、第 3 位相……。依据广西气象业务规定, 当热带气旋进入  $19^{\circ}\text{N}$  以北,  $112^{\circ}\text{E}$  以西区域, 定义为影响广西热带气旋。

## 1.2 方法

本文采用的统计方法包括相关分析、30~60d 带通滤波器、一元线性回归、蒙特卡罗检验等。

# 2 结果与分析

## 2.1 影响广西热带气旋气候变化新特征

图 1 显示了 1951—2020 年影响广西热带气旋频数的逐年演变, 近 70a 影响广西热带气旋呈显著减少的趋势, 通过水平为 0.01 的显著性检验, 气候倾向率为  $-0.4$  个/10a, 即每 10a 减少 0.4 个。70a 平均每年为 5 个, 而 2000—2020 年平均每年为 4 个, 减少趋势明显。最多年份为 1952 年、1974 年、2013 年, 当年影响广西热带气旋多达 9 个, 最少年份 2004 年无热带气旋影响广西。90 年代以后影响广西热带气旋年际变化幅度增大, 尤其偏少年份较之前有较大幅度的减少, 如 2004 年和 1997 年较常年偏少分别为 5 个、4 个, 可见影响广西热带气旋表现出了向极端异常变化的趋势。

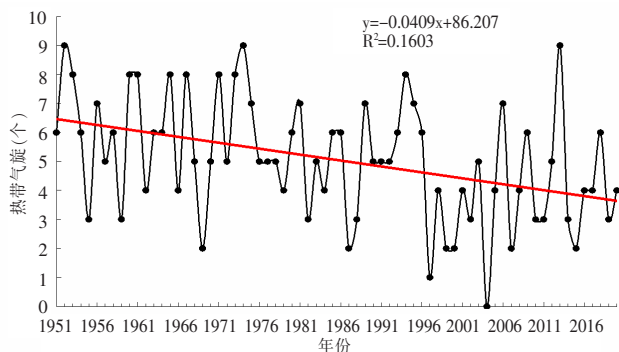


图 1 1951—2020 年影响广西热带气旋频数

## 2.2 影响广西热带气旋与 MJO 的关联性分析

### 2.2.1 热带气旋频数异常年 MJO 变化特征

90 年代以来影响广西热带气旋最多的年份是 1994 年、2013 年, 分别有 8 个、9 个, 为异常偏多的典型年; 最少的年份为 1997 年、2004 年, 分别有 1

个、0 个, 为异常偏少的典型年。分析影响广西热带气旋异常典型年份在台风季节里 MJO 指数各位相差异, 探索 MJO 活动对热带气旋的影响, MJO 指数为负值表示对流运动得到加强, 所处区域对流增强, 简称低频对流带, 反之, 指数为正值表示对流运动受到抑制, 所处区域对流受到抑制, 简称低频对流抑制带。图 2a 给出了 1994 年 MJO 指数的经度-时间变化, 从图可见, 6—7 月印度洋到海洋性大陆随时间有“-,+,-,+”交替的 MJO 向东传播, 对流增强位相较强, 对流抑制位相较弱, 其中 6 月上旬和下旬分别有明显的低频对流带从印度洋向西太平洋传播, 6 月 6—10 日、24—26 日、7 月 3—7 日广西受到热带气旋影响。2013 年 6—9 月印度洋到西太平洋随时间有明显的“-,+,-,+,-”交替的 MJO 向东传播, 强度较强; 6 月上中旬有明显的低频对流带在印度洋到西太平洋一带传播, 6 月 14—16 日有热带气旋影响广西; 6 月下旬到 8 月上旬低频对流从印度洋向西太平洋传播, 对流位相持续时间较长, 西太平洋热带气旋活跃, 6 月 30 日—7 月 4 日、8 月 1—4 日、6—9 日、13—19 日广西受热带气旋影响; 8 月下旬末到 9 月中旬有明显的低频对流带从印度洋向西太平洋传播, 9 月 17 日有影响广西热带气旋生成(图 2b)。

1997 年和 2004 年 6—9 月均无热带气旋影响广西, 较常年异常偏少。1997 年 7—9 月印度洋到西太平洋无 MJO 活动, 6 月下旬有一次低频对流带从印度洋向西太平洋传播, 由于副热带高压偏弱, 无热带气旋影响广西; 7—9 月均存在较强的低频对流抑制带从印度洋向东传播, 而且持续时间长, 造成了 1997 年 6—9 月无热带气旋影响广西, 影响广西热带气旋异常偏少(图 2c)。2004 年 6 月至 8 月上旬印度洋到西太平洋存在“+,-,+”交替的 MJO 活动, 但对流抑制位相很强、持续时间长, 其中 6 月中下旬、8 月上中旬较强的低频对流抑制带从印度洋向西太平洋传播, 抑制了热带气旋的生成; 7 月印度洋存在较强的低频对流带, 向东传播不太明显、持续时间短, 较强低频对流中心位于东太平洋(图 2d), 2004 年没有热带气旋影响广西。以上分析可见, 从印度洋到西太平洋存在明显的 MJO 向东传播, 对流增强位相较强, MJO 对流抑制位相较弱、持续时间短, 影响广西热带气旋偏多, 反之, 从印度洋到西太平洋无 MJO 活动或强度较弱, 存在明显的低频对流抑制带从印度洋向西太平洋传播、持续时间长, 较强的低频对流

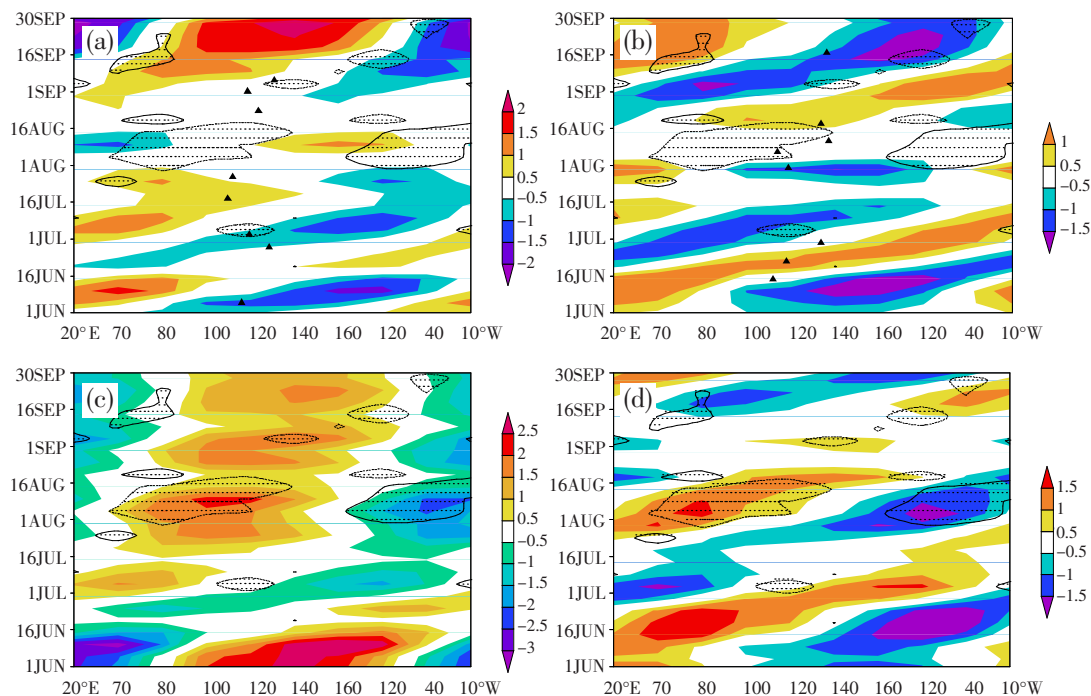


图2 影响广西台风异常年 MJO 指数的经度-时间变化图

(a)1994 年;(b)2013 年;(c)1997 年;(d)2004 年

(点线阴影区域为通过 0.1 的显著性水平检验,三角形为台风生成的时间和位置)

带位于东太平洋,影响广西热带气旋偏少。

### 2.2.2 影响广西热带气旋活跃期低频对流带活动特征

1994 年 7 月和 2013 年 8 月,广西均受到 3 个热带气旋影响,热带气旋影响活跃。从 1994 年 7 月经过 30~60d 滤波的 OLR 和 850hPa 风场来看,7 月 1 日赤道印度洋东部出现了低频强对流带,南海北部到华南一带上空为反气旋环流(图 3a);7 月 10 日低频强对流带移动到南海、菲律宾及海洋大陆区域,范围有所扩大,反气旋环流北退到东海(图 3b);7 月 20 日低频强对流带形成两个分支,一部分北上到华南地区,另一部分传播到海洋性大陆东部海域(图 3c);低频强对流带生成的热带气旋在副热带高压西侧东南气流引导下向广西移动,造成影响广西热带气旋异常偏多。2013 年 8 月 1 日低频强对流带出现在赤道印度洋中东部到南海一带,华南地区及沿海地区上空为反气旋环流(图 3d);8 月 10 日传播到南海到菲律宾附近,华东地区上空为弱的反气旋环流(图 3e);8 月 20 日低频对流带向东向北移动到达华南到菲律宾一带,华南地区受气旋性环流控制,热带气旋活跃(图 3f)。以上分析可见,在影响广西热带气旋异常活跃季节里,明显存在热带低频对流带从印度洋向西太平洋移动,并在西北太平洋生成热带气旋,在副热带高压西侧东南气流引导下向西北移

动影响广西。

## 3 影响广西热带气旋与 PDO 的关联性分析

影响广西热带气旋频数和 PDO 指数相关系数为-0.21,通过了 0.1 的显著性水平检验,逐年变化为反位相的对应特征,在异常偏多、偏少年份表现尤为明显,如 1952 年、1974 年、2013 年影响广西热带气旋个数达到了 9 个,为异常偏多年,当年 PDO 指数分别为-1.1526、-0.1682、-0.6036,均为负值;1997 年影响广西热带气旋仅 1 个,2004 年无热带气旋影响广西,1997 和 2004 年为异常最少年,当年 PDO 指数分别为 1.5275、0.2471,均为正值。统计 1951—2020 年 PDO 指数的一元回归,近 70a 以来 PDO 指数呈显著增大的趋势,通过水平为 0.05 的显著性检验(图 4)。根据统计分析,PDO 指数与热带中东太平洋、北印度洋海温有显著的正相关关系,在全球气候变暖背景下西太平洋、印度洋海温增暖尤为显著,通过了水平为 0.001 的显著性检验;海温变暖使副热带高压强度偏强及西伸脊点偏西,南海及菲律宾以东洋面上空常受其控制,大气稳定,不利于热带气旋生成,影响广西热带气旋偏少。



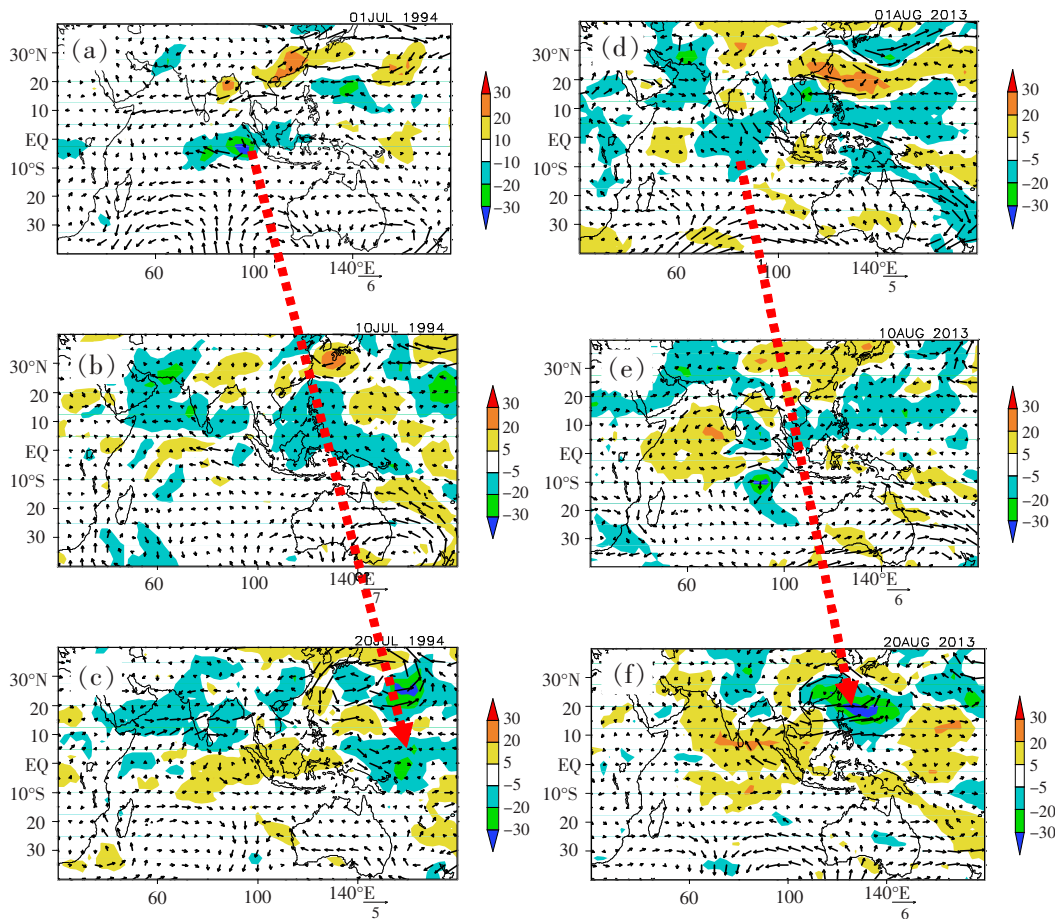


图3 经过30~60d滤波的OLR(单位: $\text{Wm}^{-2}$ ,阴影为经过滤波 $\text{OLR} \leq -5\text{Wm}^{-2}$ 或 $\text{OLR} \geq 5\text{Wm}^{-2}$ )和850hPa风场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )  
a、b、c分别为1994年7月1日、10日、20日;d、e、f分别为2013年8月1日、10日、20日

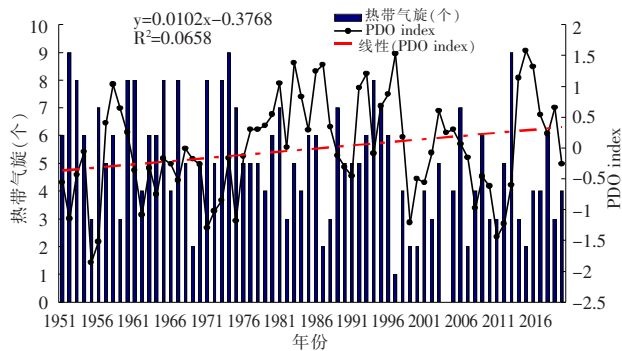


图4 1951—2020年影响广西热带气旋频数与PDO指数历年变化

(柱状为影响广西热带气旋频数,实线为PDO指数,虚线为PDO指数线性趋势)

## 4 结论和讨论

使用1951—2020年中国气象局上海台风研究所热带气旋、NOAA OLR、日本气象厅PDO指数等资料,利用相关分析、30~60d带通滤波等统计方法

分析了影响广西热带气旋与海洋大气低频振荡的关联性。得到以下结论:

(1) 90年代以来影响广西热带气旋年际变化幅度增大,影响广西热带气旋频数表现出了向极端异常变化的趋势。

(2) 从印度洋到西太平洋存在明显的MJO向东传播,对流增强位相比较强,MJO对流抑制位相比较弱、持续时间短,影响广西热带气旋偏多。反之,从印度洋到西太平洋无MJO活动或强度较弱,存在明显的低频对流抑制带由印度洋向西太平洋传播、持续时间长,较强的低频对流带位于东太平洋,影响广西热带气旋偏少。

(3) 影响广西热带气旋个数减少趋势与PDO指数增大有密切的关系,可能与印度洋、太平洋海温变化显著增暖背景下PDO指数增大、副热带高压强度偏强及西伸脊点偏西有关。

分析揭示了影响广西热带气旋与海洋大气低频

振荡活动有着密切的联系, 但海洋大气低频振荡的影响物理机制还有做进一步的研究。

#### 参考文献:

- [1] 黎惠金, 覃昌柳. 影响广西的台风“榴莲”[J]. 气象, 2007, 28(7): 42–45, 50.
- [2] Zhang C D. Madden-Julian Oscillation: Bridging Weather and Climate [J]. Bulletin of the American Meteorological Society, 2013, 94(12): 1849–1870.
- [3] Klotzbach P J. The Madden-Julian Oscillation's Impacts on Worldwide Tropical Cyclone Activity [J]. Journal of Climate, 2014, 27(1): 2317–2330.
- [4] Zhao H, Yoshida R, Raga G B. Impact of the Madden-Julian Oscillation on Western North Pacific Tropical Cyclogenesis Associated with Large-Scale Patterns [J]. Journal of Applied Meteorology and Climatology, 2015, 54(7): 1413–1429.
- [5] Shu S J, Zhang F Q. Influence of Equatorial Waves on the Genesis of Super Typhoon Haiyan (2013) [J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 2015, 72(12): 4591–4613.
- [6] Kim H, Seo K. Cluster Analysis of Tropical Cyclone Tracks Over the Western North Pacific Using A Self-organizing Map [J]. Journal of Climate, 2016, 29(10): 3731–3751.
- [7] Ling Z, Wang Y Q, Wang G H. Impact of Intraseasonal Oscillations on the Activity of Tropical Cyclones in Summer over the South China Sea. Part I: Local Tropical Cyclones [J]. Journal of Climate, 2016, 29(2): 855–868.
- [8] 钱苏伟, 赵立清, 王晓春, 等. 夏季季节内振荡对西北太平洋台风活动的影响 [J]. 热带气象学报, 2019, 35(5): 664–672.
- [9] 胡德强, 朱晶晶, 吴胜安. 影响海南岛的热带气旋与 MJO 的关系 [J]. 气象科技, 2019, 47(2): 255–260.
- [10] 曹力戈, 王喜冬, 李威, 等. 路经南海热带气旋迅速加强的年代际变化 [J]. 海洋学报, 2021, 43(5): 50–62.
- [11] 陆晓婕, 董昌明, 李刚. 1951–2015 年进入东海的台风频数及登陆点的变化 [J]. 大气科学学报, 2018, 41(4): 433–440.
- [12] 高晓梅, 江静, 刘畅, 等. 近 67a 影响山东台风频数的变化特征及其与若干气候因子的关系 [J]. 气象科学, 2018, 38(6): 749–758.
- [13] 胡娅敏, 刘锦銮, 庄旭东, 等. 广东热带气旋气候变化的新特征和应对建议 [J]. 广东气象, 2015, 37(5): 1–4, 9.
- [14] 覃卫坚, 党国花. 热带季节内振荡与影响广西的热带气旋生成发展的联系 [J]. 气象研究与应用, 2020, 41(1): 1–5.
- [15] 何洁琳, 段安民, 黄永森. 西北太平洋热带气旋群发与 MJO 的联系 [J]. 气象科技进展, 2013, 3(3): 46–51.
- [16] 何洁琳, 段安民, 覃卫坚. 热带大气季节内振荡与西北太平洋热带气旋活动的季节预测: 统计事实研究 [J]. 气候与环境研究, 2013, 18(1): 101–110.

## Analysis of the correlation between the Tropical Cyclone Affecting Guangxi and the Oceanic Atmospheric Low Frequency Oscillation

Qin Weijian<sup>1</sup>, Cai Yueying<sup>1</sup>, Liao Xueping<sup>2</sup>

(1. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022;

2. Guangxi Institute of Meteorological Sciences, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** The possible causes of tropical cyclone climate anomalies affecting Guangxi were analyzed by using tropical cyclones data, NCEP/NCAR reanalysis data, PDO index data of Japan Meteorological Agency, NOAA OLR data and subtropical high index data of National Climate Center from 1951 to 2020. The results show that the interannual variation range of tropical cyclones affecting Guangxi has increased since 1990s, showing a trend of extreme anomaly. From the Indian Ocean to the Western Pacific, there is an obvious eastward propagation of MJO, the convective suppression phase is weak, the duration is short, the convective enhancement phase is strong, and there are more tropical cyclones affecting Guangxi. On the contrary, when no MJO activity or its intensity is weak from the Indian Ocean to the Western Pacific, a strong low-frequency convection suppression zone propagates eastward for a long time, and the strong low-frequency convection zone is in the Eastern Pacific, there are few tropical cyclones affecting Guangxi. The decreasing trend of the tropical cyclone affecting Guangxi is closely related to the increase of PDO index, which may be related to the strong intensity of subtropical high and the west extension of ridge point under the background of Indian Ocean and Pacific SST warming and climate change.

**Key words:** typhoon; Madden-Julian Oscillation; Pacific Decadal Oscillation (PDO); Guangxi