

文章编号:1673-8411 (2016) 01-0006-04

# 广西区域夏季中尺度对流系统时空分布特征

何立<sup>1, 2</sup>, 黄小燕<sup>1, 2</sup>, 赵金彪<sup>3</sup>, 罗永明<sup>1, 2</sup>

(1.广西区气象减灾研究所, 广西 南宁 530022; 2.国家卫星气象中心遥感应用实验基地, 广西 南宁 530022; 3.广西区气象台, 广西 南宁 530022)

**摘要:**利用 2010~2014 年 6~8 月 FY2E 高分辨率逐时红外亮温(TBB)数据对广西区域夏季的中尺度对流系统(MCS)进行统计分析。结果表明:该区域 MCS 分布总体呈东西向带状分布特征,与广西地形走势相关。北部 MCS 活跃度较低,南部西南暖湿气流受到十万大山的阻挡,MCS 非常活跃,形成了广西最重要的一个暴雨中心。在年际变化上,2013 年广西区域 MCS 活动频率较低,2010 年较高,其他年份持平。月变化上,6 月 MCS 最为活跃,7 月和 8 月 MCS 活跃度降低,与广西各月平均暴雨站次分布曲线相吻合。由于广西区域海陆交界处呈显著的海陆风环流特性,因此,MCS 日变化特点是白天向陆地传播、夜间向海洋传播,傍晚陆地 MCS 活跃度达到峰值。上述特性说明了地形和海陆热力差异导致了广西区域 MCS 独特的气候分布特征。

**关键词:**中尺度对流系统;红外亮温;时空分布特征

中图分类号:P46

文献标识码:A

## Spatial and Temporal Distribution Characteristics of Mesoscale Convective Systems in Guangxi during summer

He Li<sup>1,2</sup> Huang Xiao-yan<sup>1,2</sup> Zhao Jin-biao<sup>3</sup> Luo Yong-ming<sup>1,2</sup>

(1.Guangxi Institute of Meteorological and Disaster-Mitigation Research, Nanning, Guangxi, 530022; 2. Remote Sensing Application and Experiment Station of National Satellite Meteorological Centre, Nanning, Guangxi,530022; 3.Guangxi Meteorological observatory, Nanning, Guangxi,530022)

**Abstract:** Based on FY2E hourly infrared TBB dataset during the summer (June–August) from 2010 to 2014 of Guangxi, the statistical analysis of mesoscale convective systems (MCS) were carried out. The results showed that MCS in this region presented the East-to-West distribution feature, which related to the terrain of Guangxi. Because the south-west warm and moist air was resisted by Shiwan Mountains, the MCS in southern was more active than that in northern, which formed an important rainstorm center. Concerning the interannual MCS activity frequency variation, besides the MCS activity frequency held still in the rest of the years, it was lower in 2013 and higher in 2010. By contrast, referring to the monthly MCS activity frequency variation which was consistent with that of monthly average rainfall distribution curve of Guangxi, the MCS activity frequency reach the highest in June and decreased in July and August. Due to the significant characteristics of sea-land breeze circulation at the junction of the

收稿日期:2015-10-28

基金项目:广西自然科学基金(2012GXNSFBA053133),广西自然科学基金(2012GXNSFBA053134),广西自然科学基金(2013GXNSFBA019225),广西区气象局气象科学研究与技术开发项目(桂气科 201304)

作者简介:何立(1977-),男,广西博白人,高级工程师,主要从事卫星遥感应用研究工作

land and sea of Guangxi, the characteristics of diurnal variation of MCS is spread to the land in the day while reverse at night and the activity of MCS reached the peak at nightfall. All these characteristics explain that the topography and thermal difference between the land and sea lead to the unique climate distribution of MCS in Guangxi.

**Key Word:** Mesoscale convective systems; TBB; characteristics of spatial and temporal distribution

## 1 引言

广西地处低纬度地区, 夏季强对流天气频发, 造成较为严重的洪涝灾害。中尺度对流系统 (简称 MCS)<sup>[1-13]</sup> 是产生强对流天气的主要天气系统, 由于 MCS 空间和时间尺度跨度大, 其生命史从数小时至几十小时, 水平尺度从 20km 至 2000km, 因此具有较高时空分辨率的地球静止卫星红外云图是监测中尺度对流系统的重要工具之一。

近年来, 国内外学者利用静止卫星红外云图对中尺度对流系统进行普查, 取得了较多的研究成果。Velasco 和 Fritsch<sup>[14-15]</sup> 等对影响美国、非洲、南美洲等地区的 MCC 进行了普查, 对了解全球范围的 MCS 分布有着重要的意义。Hodges 和 Thorncroft<sup>[16]</sup> 利用 8a 的欧洲航天局气象卫星图像对非洲区域 7、8、9 月份的 MCS 进行识别统计分析, 并研究了 MCS 分布、季节性变化以及与地形的关系等。Jirak 和 Cotton<sup>[17]</sup> 等人利用雷达和卫星资料对 MCS 进行研究, 分析四类 MCS 的气候特征, 发现线性对流 PECS 与强降雨关系密切。段旭和张秀年<sup>[18]</sup> 等对云南及周边地区中尺度对流系统 (MCS) 进行了统计分析, 发现低纬度高原地区 MCS 与其他地区有明显的不同, 具有明显的地域特点。郑永光和陈炯<sup>[19]</sup> 等利用 10aTBB 资料对夏季中国及中国周边地区的 MCS 活动情况进行统计, 发现该地区夏季 MCS 总体分布特点是呈现东西方向带状分布, 且不同下垫面 MCS 分布变化也有差异。卓鸿和赵平<sup>[20]</sup> 等人利用逐小时卫星资料和 NCEP 再分析资料研究位于黄河下游地区的中尺度对流系统的气候特征, 发现 MCS 具有明显的年际变化特点, 且该区域夏季降水主要与 MCC 和 PECS 有关。

为了进一步了解广西区域的强对流活动情况, 本文利用 FY2E 逐时红外亮温 (TBB) 数据对广西区域的中尺度对流系统 (MCS) 进行统计分析, 以获取该区域 MCS 的时空变化特征。

## 2 资料与处理

本文所使用的资料主要取自国家卫星气象中心提供的中国 FY-2E (风云二号 E 星) 地球静止气象卫星的逐时红外亮温 (TBB) 资料。该资料的时间分辨率是 1h, 水平分辨率为  $0.05^{\circ} \times 0.05^{\circ}$ 。资料起止时间为 2010 年 6 月至 2014 年 8 月, 共计 5a 的卫星数据, 选取每年的夏季 6~8 月进行统计。需要说明的是, 在分析处理前首先对异常的数据进行剔除, 异常情况主要包括数据缺失、掉线等。统计表明, 资料缺失率小于 1%, 不影响 MCS 的气候统计分析。文中讨论的广西区域是指东经  $104^{\circ} \sim 112^{\circ} \text{E}$ 、北纬  $20^{\circ} \sim 27^{\circ} \text{N}$  的区域范围。

国内外许多学者, 如 Maddox 和 Jirak, Augustine, 郑永光, 祁香秀, 卓鸿等人, 提出使用  $-52^{\circ}\text{CTBB}$  来识别 MCS, 进而用来研究导致强降水的重要天气系统, 因此本文以每个格点数据的 TBB 来识别 MCS, 从而比较全面了解广西区域 MCS 的时空变化特征。

文中所使用的统计 MCS 的方法主要参考郑永光, 陈炯<sup>[19]</sup> 等提出的方法, 即首先将统计区域内各个格点  $\text{TBB} \leq -52^{\circ}\text{C}$  出现的时次分别进行计数, 然后除以每个格点所有资料的总时次得到百分比, 在统计中异常资料将被剔除, 该百分比表征了广西区域内 MCS 的活动频率, 从而获取该区域的日、月、年变化以及空间地理分布特征, 同时还定义了 MCS 活动频率大于 5% 的区域为活跃区。

## 3 MCS 时空分布特征

### 3.1 MCS 总体分布特征

图 1 (见彩页) 给出了广西区域 5a 夏季 MCS 总体分布特征以及广西地形地貌图。分析表明, 该区域的 MCS 呈明显的纬向带状分布 (图 1a), MCS 活跃区主要集中在沿海一带以及北部湾海面。研究发现, 由于该区域属于东亚季风气候区, 副高和中纬度

扰动是影响广西夏季降水的重要因素,副高西北侧的西南气流把海面上水汽向内陆输送,受到十万大山的阻挡抬升,在其南侧形成了强降水区,因此该区域的 MCS 非常活跃。进一步分析发现,广西内陆由北向南还存在四条明显的 MCS 分布带(图 1a),第一条分布带位于  $25^{\circ}\text{N}$  附近的天平山—南岭山脉一带,分布带北部的 MCS 活跃度较低,均小于 3%。第二条位于  $23.5^{\circ}\text{N}$  附近,靠近北回归线,横穿广西中部盆地和平原,包括武鸣盆地、来宾平原和浔江平原。第三条分布带沿着十万大山向东延伸到六万大山、云开大山一带的以南地区,是广西 MCS 主要的活跃区。第四条分布带则位于十万大山南侧的东兴一带, MCS 最为活跃,年降水量达 2100~2760mm,是广西最大的暴雨中心。南部的北部湾海域属于海洋性气候,夏季 MCS 也非常活跃。进一步与广西地形地貌图(1b)相比较发现,广西山脉分级走势与 MCS 分布带有较好的对应关系,尤其在南部地区,这说明地形对强对流发生、发展有重要的影响。

### 3.2 MCS 年际变化特征

2010~2014 年广西区域 MCS 的年际变化较为明显。MCS 活跃程度呈明显的间隔性变化特征,即 2010,2012,2014 年较为活跃;而 2011 和 2013 年活跃度有所降低,这种现象在桂北—桂西一带表现尤为明显,然而在大容山—六万大山—十万大山山脉以南区域(黑线以南区域),整个夏季 MCS 都处于比较活跃的状态,尤其是十万大山南侧区域。分析表明广西地处季风气候区,南海夏季风将水汽充沛的暖湿气流不断地往内陆输送,同时受到南下的弱冷空气以及大容山—六万大山—十万大山山脉的共同影响,山脉南侧的对流活跃,降水量丰富;越往北,水汽输送能力逐渐减弱,对流活跃度降低,降水减少。由于南海季风的爆发日期和过程存在明显的年际变化<sup>[21]</sup>,受其影响广西区域 MCS 分布也随之存在年际变化现象,因而出现了 MCS 活跃度间隔性变化的特征。

### 3.3 MCS 月变化特征

图 2(见彩页)为 5a 夏季广西区域 MCS 分布的月变化特征,分析发现,6 月份的 MCS 活跃程度最高,除桂东北区域外,其他区域 MCS 活跃区, MCS 高活跃区(MCS 活动频率大于 9%)移动到大容山—六万大山—十万大山山系以北区域,而十万大山南侧 6 月份变成 MCS 活动频率高值中心,形成广西夏

季暴雨中心。7 月份 MCS 活跃区迅速南退,移动到云开大山—六万大山—十万大山以南区域,整个广西的 MCS 活跃度减弱, MCS 活动频率高值中心随之转移到北部湾海面。8 月份 MCS 活跃区继续南退,除了十万大山南侧的小部分区域,大部分的 MCS 活跃区已移至北部湾海面,此时海面 MCS 高值中心较 7 月份更为活跃。覃卫坚等人<sup>[22]</sup>对广西各月平均暴雨站次分布研究指出,暴雨站次 6 月份达到峰值,7 和 8 月份逐月下降,这与广西区域 MCS 的月变化特征相吻合。总体而言,受西南季风影响,6 月份广西区域 MCS 活跃,降水较频繁,主要集中在广西南部区域,7~8 月份 MCS 活跃有所减弱,陆地区域降水趋于减弱,与广西降水气候特征分布相吻合。

### 3.4 MCS 日变化特征

从 2010~2014 年北京时 0~23 时 MCS 活动频率情况(图略)分析发现,00 时广西区域 MCS 活动频率较低,随后北部湾海面上云系不断发展, MCS 的活跃度逐渐增强,同时桂西北区域 MCS 活动范围不断向桂中延伸。到了早上时段(07 时),在北部湾海面上形成了一个 MCS 活动频率大于 13%的高值中心,范围达到最大,对广西沿海区域影响较大。此后高值中心范围逐渐缩小,而 MCS 的活跃区范围则不断由海上向陆地延伸,以此同时桂西北区域的 MCS 活跃度在不断减弱。中午 12 时海面上发展的 MCS 已经北抬到云开大山—六万大山—十万大山一带。至下午 14 时在雷州半岛逐步形成了一个 MCS 高值区并有向北延伸发展的趋势,随后活跃区继续北抬至桂中一带。傍晚 18 时, MCS 发展达到峰值,随后迅速减弱南退。综上所述,广西区域的 MCS 具有白天向陆地传播、夜间则向海洋传播的特性,且傍晚广西内陆 MCS 活跃度达到峰值。

## 4 结论

(1)广西区域 MCS 分布呈明显的东西向带状分布,与广西的地形走势相对应,特别是位于十万大山南侧的东兴一带(第四条分布带),由于夏季西南暖湿气流受到十万大山的阻挡, MCS 最活跃,形成广西最大的一个暴雨中心。

(2)广西区域 MCS 的年际变化较为明显, MCS 活跃程度呈间隔性变化特征。月际变化特征表现为 6 月份 MCS 活跃度最高,7 月和 8 月逐渐减弱,与广

西各月平均暴雨站次统计结果相一致。MCS 高值中心 6 月份位于十万大山南侧, 之后逐渐南退, 8 月份则位于北部湾海域。受到广西区域海陆交界处的海陆风气候影响, MCS 日际变化呈现单峰型特点, 具体表现为, 白天向陆地传播、夜间向海洋传播。傍晚陆地的 MCS 活跃度达到峰值。

综上所述, MCS 气候分布特征与广西的地形和海陆热力差异有较大的关系。

#### 参考文献:

- [1] Maddox R A. Mesoscale convective complexes [J]. Bull Amer Mete or Soc, 1980, 61 (11): 1374-1387.
- [2] 李晓娟, 刘作挺, 林山和. 1997 年粤中" 5.8" 特大暴雨分析 [J]. 广东气象, 1998 (2): 24-26.
- [3] 陶祖钰, 王洪庆, 王旭等. 1995 年中国的中-尺度对流系统 [J]. 气象学报, 1998, 56 (2): 166-177.
- [4] 赵金彪, 刘万杰, 何振伟. 2004 年 7 月 18~21 日暴雨过程的中尺度对流云团特征 [J]. 广西气象, 2005, 26 (2): 10-13.
- [5] 农孟松, 董良森, 曾小团等. "070613" 广西柳州极端暴雨中尺度环境场特征和预报技术分析 [J]. 气象研究与应用, 2008, 29 (S2): 5-7.
- [6] 王远超, 陈明璐, 林宝亭. 一次中尺度对流系统 (MβCS) 触发特大暴雨机理研究 [J]. 气象研究与应用, 2009, 30 (2): 7-10.
- [7] 王红军, 白爱娟. 2008 年 6 月广东阳江特大暴雨过程触发机制分析 [J]. 广东气象, 2009, 31 (4): 16-19.
- [8] 周武, 黄忠, 张录青等. 2008 年 6 月 5~7 日阳江特大暴雨的中尺度特征 [J]. 广东气象, 2010, 32 (2): 14-17.
- [9] 黄开刚. 2011 年 5 月 11-12 日广西区域性暴雨诊断分析 [J]. 气象研究与应用, 2011, 32 (S2): 26-28.
- [10] 胡勇林, 洪展, 陈利东. 一次中尺度强降水天气过程分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 32 (1): 21-23.
- [11] 黄翠银, 陈剑飞. 2011 年 10 月一次广西区域性暴雨特征分析 [J]. 气象研究与应用, 2012, 33 (4): 22-26.
- [12] 陈伟, 唐明晖, 张劲强等. 湘东北一次大暴雨 "列车效应" 特征分析和预警服务 [J]. 广东气象, 2014, 36 (4): 38-43.
- [13] 叶朗明, 郑伟杰, 徐碧裕. 2014 年 "5.8" 广东大暴雨中尺度特征分析 [J]. 广东气象, 2014, 36 (6): 11-15.
- [14] Velasco L, Fritsch J M. Mesoscale convective complexes in Americas [J]. J Geophys Res, 1987, 92: 9591-9613.
- [15] Miller D, Fritsch J M. Mesoscale convective complexes in the western in the Pacific region [J]. Mon Wea Rev, 1991, 119: 2978-2992.
- [16] K. I. Hodges and C. D. Thorncroft. Distribution and Statistics of African Mesoscale Convective Weather Systems Based on the ISCCP Meteosat Imagery [J]. Mon. Wea. Rev, 1997, 125: 2821-2837.
- [17] Israel L. Jirak, William R. Cotton, and Ray L. McAnelly. Satellite and Radar Survey of Mesoscale Convective System Development [J]. Mon. Wea. Rev. 2003, 131: 2428-2449.
- [18] 段旭, 张秀年, 许美玲. 云南及其周边地区中尺度对流系统时空分布特征 [J]. 气象学报. 2004, 62 (2): 243-250.
- [19] 郑永光, 陈炯, 朱佩君. 中国及周边地区夏季中尺度对流系统分布及其日变化特征 [J]. 科学通报, 2008, 53 (4): 471-481.
- [20] 卓鸿, 赵平, 李春虎, 等. 夏季黄河下游地区中尺度对流系统的气候特征分布 [J]. 大气科学, 2012, 36 (6): 1112-1122.
- [21] 黄荣辉, 顾雷, 徐予红, 等. 东亚夏季风爆发和北进的年际变化特征及其与热带西太平洋热状态的关系 [J]. 大气科学, 2005, 29 (1): 20-36.
- [22] 覃卫坚, 寿绍文等. 广西暴雨分布变化特征及成因分析 [C]. 全国优秀青年气象科技工作者学术研讨会, 2010.