

# 2005年6月华南致洪暴雨过程中FY-2C 卫星 $T_{BB}$ 场分析

廖胜石<sup>1</sup> 罗建英<sup>2</sup> 蔡芴宁<sup>3</sup>

(1. 广西区南宁市气象局, 530022; 2. 广西区气象台; 3. 国家气象中心)

**提 要:** 利用水平分辨率 $1^\circ \times 1^\circ$ 经纬度的FY-2C卫星相当黑体亮度温度( $T_{BB}$ )网格资料,探讨了2005年6月18—22日华南致洪暴雨过程中 $T_{BB}$ 的平均场分布特征及其演变特点,以求得华南地区对流云带(团)生消与暴雨的内在联系。结果表明: $T_{BB}$ 场能较直观地反映暴雨过程中积云对流活动、降水的分布和强度特征, $T_{BB}$ 低值带与华南地区强暴雨落区有很好的对应关系;强盛的西南季风对华南地区强对流云系的生成、发展和维持起了主导作用;对流云带(团)以缓慢东移为主,随着云带(团) $T_{BB}$ 值降低,降水强度逐渐加大; $T_{BB}$ 有明显的日变化,同时伴随着雨强的日变化。

**关键词:** 华南地区 致洪暴雨  $T_{BB}$ 场

## $T_{BB}$ Features of Torrential Rain Causing Flood in South China from 18 to 22 June, 2005

Liao Shengshi<sup>1</sup> Luo Jianying<sup>2</sup> Cai Xiangning<sup>3</sup>

(1. Nanning Meteorological Office, Guangxi Zhuang Autonomous Region 530022; 2. Guangxi Meteorological Observatory; 3. National Meteorological Centre)

**Abstract:** With the  $T_{BB}$  data from FY-2C satellite and the hourly observed precipitation data, the  $T_{BB}$  features of torrential rain causing flood in South China from 18 to 22 June, 2005 are studied. The results show that  $T_{BB}$  can directly and quantitatively present the features of the intensity and distribution of the cloud system with heavy rainfall. The torrential rainfall area is basically in the lower  $T_{BB}$  band. The rainfall intensity increases when  $T_{BB}$  decreases. The daily variation of the rainfall intensity is in accord with that of  $T_{BB}$ . The strong southwest monsoon plays a key role in the development and enhancement of the strong convective cloud cluster in South China.

**Key Words:** torrential rain  $T_{BB}$  convective cloud cluster

## 引 言

近年来,许多研究者强调了降水过程中云系统的强度和活动与降水之间的相互关系,通过对云和降水研究,增加对暴雨形成机制的了解。相当黑体亮度温度(Black Body Temperature,缩写为  $T_{BB}$ )是云系的数字化处理产品之一,表示气象卫星红外探测通道获取的云顶和无云或少云区的地球表面的向外辐射。在无云或少云区,  $T_{BB}$ 是地表黑体辐射温度,在云区,  $T_{BB}$ 是云顶黑体辐射温度,并且  $T_{BB}$ 温度越低,表明云顶越高,对流越旺盛<sup>[1]</sup>。国内外专家的研究发现<sup>[1-4]</sup>,降水与云顶温度有很好的相关性,云与降水的关系比天气尺度环流形势或系统与降水的关系更密切,可以根据  $T_{BB}$ 的演变推断天气系统强度、活动。另外  $T_{BB}$ 资料在中长期天气的诊断分析研究中也得到较为广泛的应用<sup>[5-7]</sup>。而且如果合理利用该资料,将可以有效地提高模式的模拟能力<sup>[8-9]</sup>。

2005年6月18—23日,华南地区发生了一次强暴雨过程,广西境内先后出现了大范围暴雨,局部特大暴雨。这次过程影响范围广,持续时间较长,造成区域性洪涝、山体滑坡等灾害。本文利用广西90个站逐小时降水量及FY2C红外云图定量产品相当黑体亮度温度( $T_{BB}$ )资料网格资料,从  $T_{BB}$ 与降水的关系来对这次暴雨过程中广西境内云团的活动进行了研究,旨在了解这次华南致洪暴雨过程中对流云团生消与暴雨的内在联系,增加对华南暴雨机制的认识。

## 1 过程概述与天气尺度背景分析

从2005年4月份开始,华南各地进入汛期,降雨频繁,雨水充沛,到6月份,西江、北江流域水位都有不同程度的上涨。6月18日到23日,华南大部再次出现强降雨,在广西,

6月17日20时—22日20时(北京时)累计总雨量超过250mm的有8个站,50~249.9mm的有48个站(图1)。这次降水过程来势猛,局地强度大,持续时间长,影响范围广,致使漓江、柳江、西江等主要江河洪水爆发,最终引起北江水位暴涨。6月23日,梧州水文站洪峰流量  $53900\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ 达百年来最大,造成了华南区域性洪涝、山体滑坡等灾害。

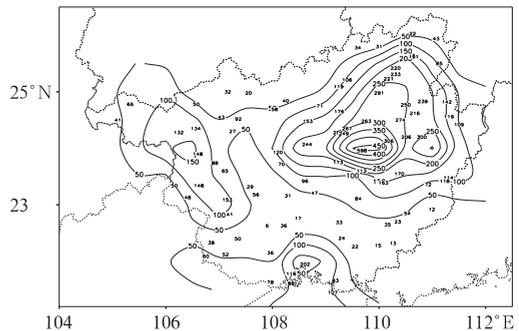


图1 2005年6月17日20时—22日20时  
总雨量(单位:mm)

暴雨过程期间,500hPa欧亚高纬地区呈两槽一脊型,乌拉尔山与亚洲东岸为低压槽,低槽的南北跨度大,槽后西北气流强盛,不断引导地面冷空气南下进入广西,在桂北、桂中一带形成准东西向的静止锋,锋面南北摆动幅度小;副热带高压的脊线在  $10\sim 15^\circ\text{N}$  之间维持,副高与位于孟加拉湾的季风低压之间形成对流层中低层的西南急流,为暴雨过程输送了不稳定能量和充沛水汽;在700hPa,高原东部到华南呈现多波动形势,不断有南北向的短波槽东移,有利中低层切变的维持和对流活动的不断生成、发展和增强。

## 2 资 料

本文主要使用广西90个站逐小时降水资料及FY-2C卫星的TBB网格资料。 $T_{BB}$ 资料从2005年6月17—22日每1h一次,水平

分辨率为  $1^\circ \times 1^\circ$  经纬度。高时空分辨率的  $T_{BB}$  资料直观、全面地提供了云的分布和对流活动的信息,大大弥补了常规气象资料观测资料时空尺度的不足,同时  $T_{BB}$  的各种不同时间尺度平均场和距平场,能够更好地揭示某一时段中云系统强度和活动特征<sup>[1]</sup>。

### 3 $T_{BB}$ 平均场特征

为了获取 2005 年 6 月致洪暴雨期间云系的分布和对流活动的信息,将 17 日 20 时—22 日 20 时  $T_{BB}$  资料进行平均处理得到致洪暴雨时段  $T_{BB}$  平均场(图 2)。如图 2 所示,在  $30^\circ\text{N}$  以南,为  $T_{BB} \leq 0^\circ\text{C}$  多云区,在我国的华南及沿海地区,有一条呈东北—西南走向的  $T_{BB} \leq -10^\circ\text{C}$  的活跃对流云带。这条  $T_{BB}$  低值带正好与华南地区暴雨发生的区域相对应,暴雨期平均的  $T_{BB} \leq -40^\circ\text{C}$  的区域与累积降水量  $\geq 100\text{mm}$  的区域相对应,  $T_{BB}$  值的最低值中心与降水最强中心基本一致,在  $T_{BB} \leq -50^\circ\text{C}$  区域里的强对流云活动中心伴随着特大暴雨的持续出现,累积降水量均超过了 200mm。其中位于广西东部  $T_{BB}$  值  $\leq -55^\circ\text{C}$  的区域里,象州站累积降水量达到 598mm。还可看到,  $T_{BB} > 0^\circ\text{C}$  的副高延伸到  $105^\circ\text{E}$  以西,呈西南—东北走向,脊线在  $10^\circ \sim 15^\circ\text{N}$  之间,它的西北部边缘位于南海北部和我国华南沿海地区,孟加拉湾南部发展出  $T_{BB} \leq -40^\circ\text{C}$  的大范围强对流云区,季风云系十分活跃,沿着副高边缘向东北方向伸展,并入和加强了华南地区的对流云带;同时印度季风云系也十分活跃,有云系从印度东北部经青藏高原南部进入我国西南地区的西南部。另外,在我国东北、华北地区,为  $T_{BB} > 0^\circ\text{C}$  的冷空气活动区,源源不断地为华南地区的持续性暴雨提供了冷空气条件,而在西北地区  $T_{BB}$  平均场上表现为  $-10^\circ\text{C}$  宽广云带,它们是平均的中纬度西风带云系,这条云系向

东南方向延伸,经过高原东部进入华南地区暴雨云带之中。可见,致洪暴雨云带不仅受到季风云系的影响,也受到来自西风带云系的影响,强盛的西南季风对华南地区强对流云系的生成、发展和维持起了主导作用。

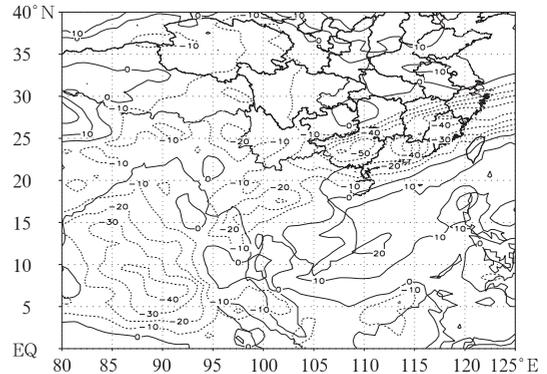


图 2 2005 年 6 月 17 日 20 时—22 日 20 时  $T_{BB}$  平均场分布(单位:  $^\circ\text{C}$ )

### 4 云带(团)演变

在分析范围内,将  $104^\circ \sim 112^\circ\text{E}$  之间的  $T_{BB}$  值沿纬度取平均,分析  $T_{BB} \leq -30^\circ\text{C}$  的等值线,用以解释华南致洪暴雨云带(团)的纬度-时间演变特征(图 3)。图 3 显示出 2005 年 6 月 17 日 20 时—22 日 20 时在  $21^\circ \sim 27^\circ\text{N}$  区域内,  $T_{BB}$  随时间的演变情况。从图 3 和图 4 可见,强降水与强烈发展的对流云团有密切的关系。在这次强降水过程中,华南地区上空一直维持着大片的对流云团。从 18 日凌晨开始,对流云团在桂黔交界处 ( $25^\circ \sim 26^\circ\text{N}$ ) 之间强烈发展,给桂西北局部地区带来强降雨,广西每小时降水量  $\geq 5\text{mm}$  的站数不足 5 个。随后强烈发展的对流云团逐渐东移南压,随后在广西中部 ( $22^\circ \sim 25^\circ\text{N}$ ) 一带循环往复地进行着发展—增强—减弱—再生成的过程,移动缓慢,造成了广西中、东部的大范围强降雨天气。对照广西每小时降水量  $\geq 5\text{mm}$  的站数演变(图 4)来看,6 月 17 日 20 时—22

日 20 时, 对应于对流云团的发展, 广西伴随有 4 次主要降雨时段, 它们分别是 18 日 21—19 日 10 时, 20 日 04—12 时, 21 日 03—12 时, 22 日 02—08 时。  $T_{\text{BB}}$  值减小的过程与雨强增强的过程是比较一致的, 说明暴雨过程与中尺度对流云团密切相关, 4 次主要降雨时段都与  $T_{\text{BB}} \leq -40^\circ\text{C}$  的时段相对应。从 21 日 17 时起, 对流云团的云顶亮温急剧下降, 在 21 日 20 时左右,  $T_{\text{BB}}$  值下降到最低值  $-80^\circ\text{C}$ , 达到此次暴雨过程中的最低值, 到 22 日 02 时左右才逐渐回升。而此时广西每小时降水

量  $\geq 5\text{mm}$  的站数并没有达到过程的最多, 这可能是由于此时云中含有很多的固态水(如冰晶、雪花), 而云体上层(垂直方向  $8\text{km}$  以上)冰晶和雪花对辐射的散射降温作用很强, 尤其是云中液态粒子含量很低时, 很少的冰相粒子都可能导致显著的亮温降低<sup>[10]</sup>, 卫星探测到的云顶亮温很低, 但这些固态水并没有适当的机制全部转化为液态水降落到地面, 造成这些云顶亮温极低 ( $T_{\text{BB}} \leq -75^\circ\text{C}$ ) 的对流云团伴随的降水量反而不如云顶亮温在  $-40^\circ\text{C}$  和  $-65^\circ\text{C}$  之间的对流云团。

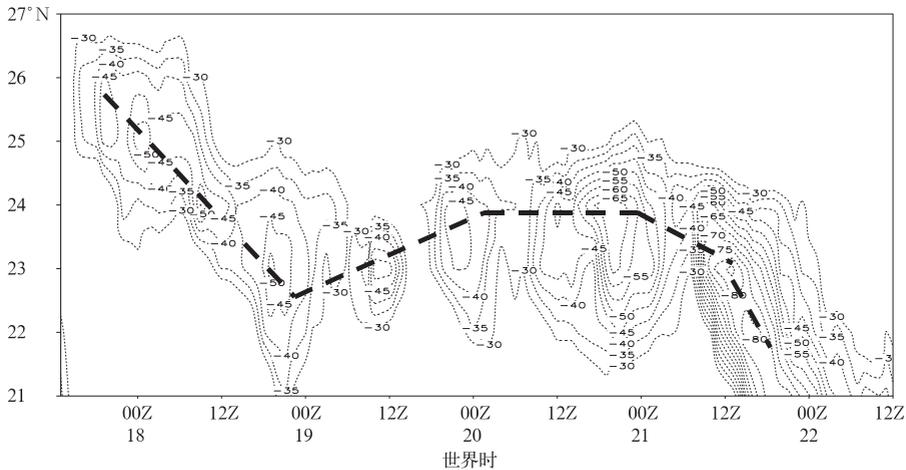


图 3 2005 年 6 月 17 日 20 时—22 日 20 时  $T_{\text{BB}}$  纬度-时间演变图  
单位:  $^\circ\text{C}$ , 粗虚线为低值中心连线

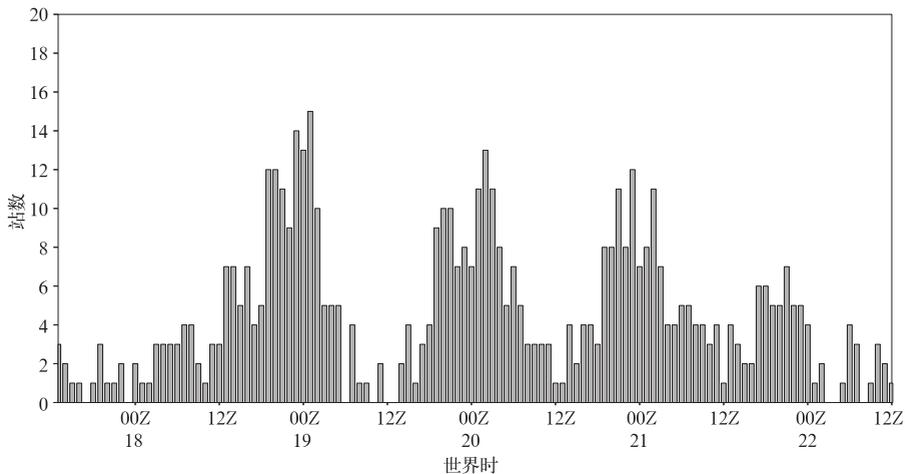


图 4 2005 年 6 月 17 日 20 时—22 日 20 时  $R \geq 5\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$  站数图

从图 3 还可以看到,在致洪暴雨发生期间,18—19 日主要云带向南移动(类似冷锋性质),19—20 日主要云带从南向北移动,表现为暖锋性质,20—21 日云带在  $24^{\circ}\text{N}$  附近基本维持稳定少动,并逐渐加强,强的云团维持将近 10 小时,之后主要云带向南移动,北方冷空气再次入侵,又表现出冷锋性质。 $T_{BB}$  的这种分布从一个侧面反映了降水首先是在冷锋后侧靠近冷空气一侧发生,这里层结是条件不稳定的,因而可以连续不断地产生对流单体。整个过程  $T_{BB}$  日变化基本上属单峰型,除了 21 日 17 时—22 日 02 时  $T_{BB}$  有一次急剧减弱后增强的过程外, $T_{BB}$  值都是在 08 时左右下降到最低值(对流最强),造成 19—22 日期间每天 08 时前后降水达到最强,雨强也伴随有相似的日变化。

为了进一步揭示致洪暴雨云带(团)的演变特点,本文将  $22^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$  之间的  $T_{BB}$  值沿经度取平均,得到的经度-时间剖面图用来表示暴雨云带(团)本身纬向移动特征(图 5)。可以看到在强暴雨期间,广西境内暴雨云带(团)有东移的特点,共有 5 个  $T_{BB}$  低值区,也就是 5 次云带(团)东传的过程,伴随着 5 个强降水时段,这与常规高空资料 700hPa 上所反映的高原东部到华南多波动形势相一致。同时  $T_{BB}$  低值带缓慢向东移动加强的过程中有明显的日变化现象,这和图 3 得到的结果类似。对流云团一般在  $104^{\circ}\text{E}$  以西生成,在广西西部发展,

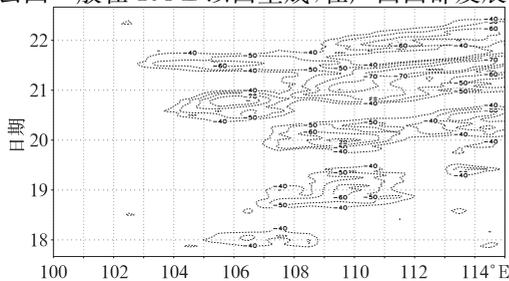


图 5 2005 年 6 月 17 日 20 时—22 日 20 时  $T_{BB}$  经度-时间演变图(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

在东移过程中加强,造成强降水。

在 18 日的过程中,对流云团仅影响了广西西部( $104^{\circ}\sim 108^{\circ}\text{E}$ ),降水对水位的影响并不明显,但在 20 日和 21 日,在广西西部的左右江流域又分别有新的云团生成东移,并入和加强东部的对流云团,这不仅对东部的暴雨持续有重要的影响,对最终洪水爆发起了推波助澜的作用,而且这些对流云团造成了左右江的水位高涨,最终加剧了一直处于强降水区域的西江及北江中下游干流全线超警戒水位的态势。而广西东部( $108^{\circ}\sim 112^{\circ}\text{E}$ )则分别在 19、20、21、22 日 08 时前后受到 4 次强对流云带(团)的影响,出现了大范围暴雨,局部特大暴雨的强降雨,影响范围广、持续时间较长,造成区域性洪涝、山体滑坡等灾害。19 日的过程中,云团移动缓慢,移动范围小,几乎是原地生消,19 日 07—09 时广西每小时降水量不小于 5mm 的站数分别达到 14、13、15 站。在 20、21、22 日的过程中,由于有了广西西部的对流云团的加入,东部的对流云带(团)都有一个明显的加强发展并东移的过程,云带(团)影响范围大, $T_{BB}$  中心值更低(对流更强),降水强度更强,其中,象州站( $24.3^{\circ}\text{N}$ 、 $109.7^{\circ}\text{E}$ )20 日 07 时的降水量为 78.7mm,为这次致洪暴雨过程中广西单站逐小时降雨量最大值,21 日 04 时则为 69.1mm,22 日 05 时为 39.6mm,说明每天都有一个强烈发展的对流云团经过象州的上空。这些活跃的对流云团东移到湖南、广东等地后同样给当地带来很强的降水,造成了珠江流域的水位大幅上升。

## 5 结 论

通过以上分析,说明 FY-2C 卫星红外云图定量产品资料在“05.6”华南致洪暴雨分析中可以发挥重要作用,我们发现:

(1)  $T_{BB}$  低值带与我国华南地区暴雨发生

的区域相对应,强降雨区位于  $T_{BB}$  低值区  $-40 \sim 65^\circ\text{C}$  范围的区域内,并随  $T_{BB}$  低值带的变化而摆动。 $T_{BB}$  值的最低值中心与降水最强中心基本一致,可指示出中尺度云团中强降水最可能出现的位置和降水的强度。

(2) 在这次暴雨过程中,强盛的西南季风对华南地区强对流云系的生成、发展和维持起了主导作用,同时也受到来自西风带云系的影响。

(3) 暴雨区上空的对流云带(团)以缓慢东移为主,对流云团的发展过程与雨强的变化是比较一致的, $T_{BB}$  值和降水强度成负相关的关系。 $T_{BB}$  有明显的日变化,为单峰型,一般在后半夜到早晨达到最低值,雨强伴随有类似的日变化。

(4) 有时  $T_{BB}$  值达到很低的时候,如  $T_{BB} \leq 80^\circ\text{C}$ ,不意味着肯定有非常强的地面降水,因为云体中对流非常旺盛,云顶伸展到很高的垂直高度,如 8km 以上,云体上层含有很多的固态水(如冰晶、雪花),但这些固态水并没有适当的机制全部转化为液态水降落到地面,造成的地面降水并非很强。

## 参考文献

- [1] 江吉喜,范梅珠,吴晓.我国南方持续性暴雨成因的  $T_{BB}$  场分析[J]. 气象,1998,24(11):26-31.
- [2] 杨金锡,冯志娴.1995年7月25—31日东北地区致洪暴雨  $T_{BB}$  场特征[J]. 气象,1996,22(8):29-32.
- [3] 傅口珊,岳艳霞,李国翠. TBB 资料的处理及应用[J]. 气象,2006,32(2):40-45.
- [4] 江吉喜,范梅珠. GMS TBB 揭示的 1998 年长江大水的异常天气原因[J]. 南京气象学院学报,1999,23(3):331-337.
- [5] 何金海,朱乾根, MURAKAMI M., 等. TBB 资料揭示的亚澳季风区季节转换及亚洲夏季风建立的特征[J]. 热带气象学报,1996,12(1):34-42.
- [6] 马岚,吴晓京,江吉喜,等. 2001 年夏季风活动与我国南方暴雨某些特征的分析[J]. 应用气象学报,2003,14(4):445-451.
- [7] 陈旭红,智协飞,田华. TBB 资料揭示的热带大气低频振荡周期的年变化特征[J]. 应用气象学报,1996,12(4):324-332.
- [8] 周霞琼,朱永口. 非对称的非绝热加热对热带气旋移动影响的数值预报[J]. 应用气象学报,1999,10(3):283-291.
- [9] 孟智勇,徐祥德,陈联寿. 卫星亮温资料四维同化方案及其对“7.20”武汉特大暴雨的模拟试验[J]. 大气科学,2002,26(5):665-676.
- [10] 王小兰,程明虎,崔哲虎. 对流性降水云辐射特性研究[J]. 气象,2005,31(9):3-7.