

西南季风潮与2004年5月我国南方暴雨*

李曾中¹⁾²⁾ 方翔³⁾⁴⁾ 朱福康¹⁾ 郑新江³⁾ 李峰⁵⁾

¹⁾(中国气象科学研究院,北京100081) ²⁾(广州热带海洋气象研究所,广州510080)

³⁾(国家卫星气象中心,北京100081) ⁴⁾(北京大学物理学院,北京100871)

⁵⁾(国家气象中心,北京100081)

摘要

以2004年5月初及5月中旬我国华南等地两次较大暴雨过程为例,分析了西南季风潮与我国前汛期降水的关系。初步结论指出:西南季风潮的爆发与我国华南降水,特别是大暴雨的形成关系极为密切,而这次西南季风潮的爆发又与来自南半球的越赤道气流直接有关。同时指出,这次西南季风潮的爆发主要与来自 $85^{\circ} \sim 95^{\circ} E$ 孟加拉湾地区所在经度的越赤道气流有关,它们是印度洋“半球间宏观系统”的一个部分。而南海季风潮仅仅是西南季风潮的一种特例,在这两次重大降水过程中没有南海季风潮的爆发和影响。

关键词:西南季风潮;前汛期降水;特大暴雨;半球间宏观系统;越赤道气流

引言

我国地处东亚季风区域,同时受到东亚季风体系与印度季风体系的双重影响,我国气象学家对季风与降水的关系已有不少研究^[1-3]。我国大陆主汛期到来之前,华南等地自4月开始就有降水发生,我国气象学家称其为华南前汛期降水,并做过不少研究^[4-6]。

2004年5月初及5月中旬,我国大陆发生了两次较大范围的暴雨和特大暴雨降水过程。一次发生在5月8日前后,另一次发生在5月11—21日。5月7—8日的降水,主要发生在我国广东省西部及珠

江三角洲地区,全省16个市、县测得100 mm以上的大暴雨,阳江市、电白、阳东、台山、茂名的沙院镇雨量超过400 mm。同时,江西南部、湖南东南部,也遭到暴雨袭击。8日中午,揭阳、惠来还遭遇了龙卷风袭击,其附近自动站测得49.4 m/s的最大风速,不少地区还测得8级以上短时雷雨大风,说明气团呈极度不稳定状态^{①②}。

5月11—21日,我国1/3以上地区发生了大面积的降水,降水地区主要集中在我国长江以南及西南地区。图1分别给出了2004年5月我国广州单站、南方地区(指 $33^{\circ} N$ 以南, $105^{\circ} E$ 以东地区)及全国总雨量之逐日降水量分布。从图可以看出,5月8

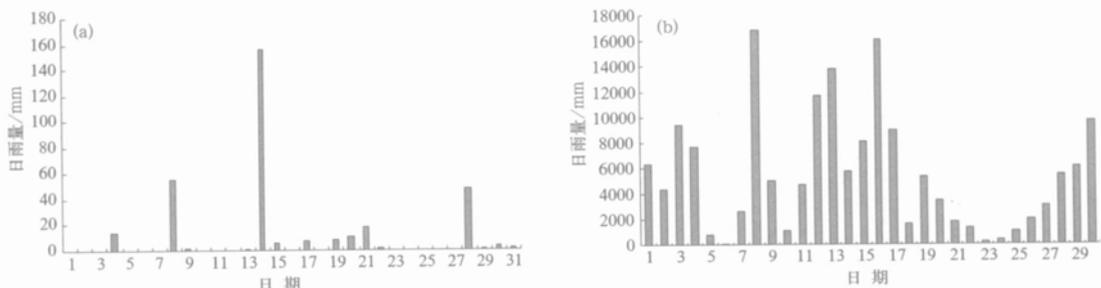


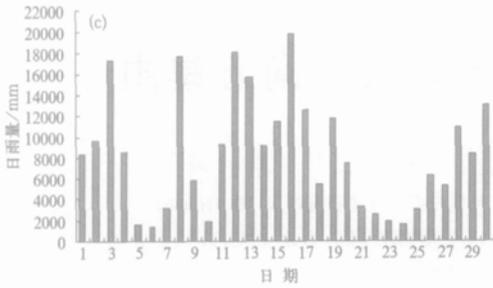
图1 2004年5月各地日降水分布图(a)广州单站,(b)我国南方地区($33^{\circ} N$ 以南, $105^{\circ} E$ 以东),(c)全国总雨量

* 广州热带气象研究所热带海洋气象科学研究基金项目(200406)资助。

2005-06-22收到,2005-09-09收到修改稿。

① 广东省气象局.重大天气信息快报.2004年第11期。

② 中国气象局“两办刊物专报”082号.广东揭阳龙卷导致70人伤亡.2004年5月8日。



续图 1

日 3 图均出现一个降水峰值。而 11—21 日全国及南方地区降水图上均显示为一次连续性降水过程,分别在 12—13 日、16 日及 19 日出现 3 个降水峰值(见图 1b 和 1c),而在广州单站降水图上,仅在 14 日出现 155.8 mm 的峰值(图 1a)。以上情况说明,这两次降水是典型的前汛期降水过程。

本文即以这两次降水过程为契机,寻找降水发生的原因及其与春末夏初西南季风潮爆发之间的内在联系。

1 来自北方的降水天气系统

图 2 给出了 2004 年 5 月 7 日 21:00(世界时,下

同) 9—13 日 09:00、5 月 14—17 日 09:00 及 18—19 日 09:00 地面形势及冷锋位置综合活动图,从图可以看出:引发 5 月 8 日、12—13 日及 16、19 日特大暴雨及大面积强烈降水天气系统主要为来自北方的锋面降水系统。

图 2a 为 5 月 7 日 21:00 地面形势图,从图可以看出,贵州、云南东部及广西西北部地区为一个 1010 hPa 的地面小高压所控制,该小高压呈西南—东北倾斜的长条带状,而高空 850 hPa 上则对应为一个具有闭合低压中心的斜槽(见图中虚线所示),此斜槽槽前西南气流将水汽从中南半岛及我国南海地区源源不断地输送到我国广西、广东及湖南南部等地,而地面小高压则把冷空气从北方方向南方输送,冷暖空气的交汇产生了我国广东西部及珠江三角洲地区开春以来少有的特大降水过程。

图 2b 给出 2004 年 5 月 9—13 日期间我国大陆上冷锋位置的逐日活动图,其中,虚线为 12 日 00:00 及 12:00 850 hPa 切变线位置。从图可以看出,冷空气从我国北方迅速向东南方向推进,13 日 09:00 推进至我国大陆沿海边缘地区,并形成稳定少动的锢囚锋,此锢囚锋一直维持到 13 日 21:00,12—13 日期间的特大暴雨正是发生在此次地面为冷锋(锢

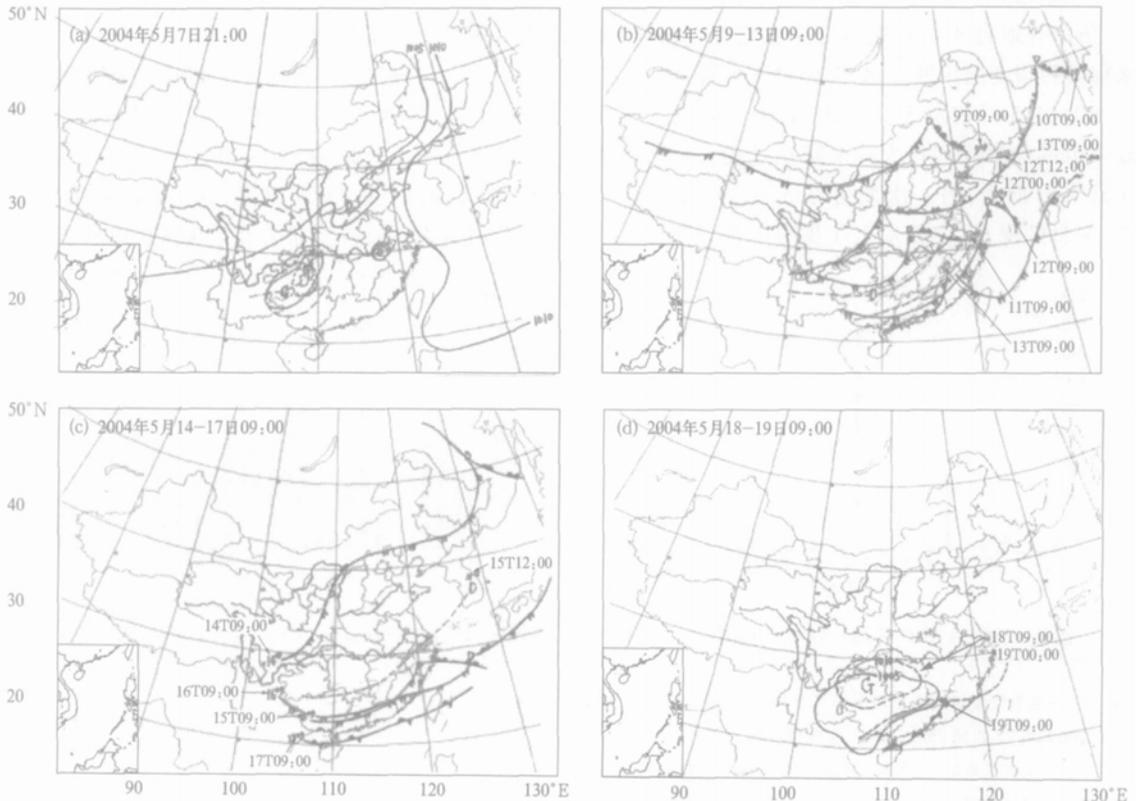


图 2 2004 年 5 月地面形势及冷锋综合活动图(虚线为 850 hPa 槽线或切变线)

囚锋),高空为切变线的降水系统中。

图 2c 给出了 5 月 14—17 日另一次冷空气自北向南侵袭的过程,切变线及冷锋位置与 16 日的特大暴雨区位置也配合得非常之好。

5 月 18 日、19 日,我国西南地区地图上又出现了一个小高压,高空则有切变线配合,地面沿海则为一段锢囚锋所占据,从而引起 19 日我国西南地区及两广的大面积暴雨及特大暴雨的发生(见图 2d)。

2 来自南方的降水天气系统

2.1 越赤道气流与宏观气流系统

作者早期的研究曾指出:越赤道气流的活动与我国大陆上空夏季的降水有着极为密切的关系^[7],我国其他学者也做过类似研究^[8-10]。

2004 年广州单站降水表明:5 月 8 日有一次 55.3 mm 降水(暴雨),另一次为 5 月 14 日的 155.8 mm 降水(大暴雨,见图 1a)。从我国南方地区(指 33°N 以南,105°E 以东地区)及全国范围(指全国 600 多个站的总雨量)来看,亦为 5 月 8 日有一次较强降水。而另一次降水过程较长,从 5 月 11 日开始,一直持续到 5 月 21 日才基本结束,共维持了 12 d 之久。但从 2004 年 5 月 850 hPa 0°~125°E 区间越赤道气流时间剖面图(图 3)上可以看出,110°~120°E 地区(南海所在经度)越赤道气流在 5 月上半月并不强,仅在 5 月 9 日出现 4.0 m/s 的南风。而 105°E 处,在 5 月 1 日及 6—7 日存在 3.7 m/s 及 4.4~3.7 m/s 的南风,也即:有可能是这两次 105°E 处的越赤道气流影响到广州单站 5 月 8 日及 14 日发生的强降水天气。而在孟加拉湾以南 85°~95°E 的



图 3 2004 年 5 月 0°~125°E 区间 850 hPa 越赤道气流时间剖面图
(单位:m/s,正值表示南风,负值为北风)

印度洋上,9—10 日及 13—15 日两段时间里,分别有 6.8~7.5 m/s 及 8.3~8.7 m/s 的较强南风发生,它们可能影响到后一次(5 月 11—21 日)的全国性较大降水。从索马里急流位置所在的 40°~45°E 处来看,5 月 5 日及 13 日分别出现了最大南风值达 9.7 m/s 及 10.8 m/s 的强越赤道气流,它们可能对这两次降水过程有间接的影响。当然,这些都有待进一步的分析。

与“越赤道气流”密切相关的,是所谓“宏观气流

系统”,也可称做“半球间宏观气流系统”或“半球间宏观天气系统”,视当时天气形势情况而定^[11]。具体则是指强烈冷空气自极地爆发后,在本半球形成强烈寒潮侵入低纬地区,造成本半球的大风、降温、降雪与降水,之后这股冷空气便越过赤道,进入另一半球。在经过热带地区及穿越赤道前后,由于低层不断增温和吸收大量水汽,而高层变性较慢,从而形成了高温、高湿、层结高度不稳定的气团;当这种气团继续向他一半球中、高纬度地区侵袭时,如果遇到

了本身不稳定的高温、高湿及不稳定天气系统,就可能引发一系列十分严重的大气涡旋,并产生特大暴雨等灾害性天气^[12]。

由逐日的东半球 45°S ~ 60°N 850 hPa 南北风分量的风场图(图 4)可以看出,5月 9—10日、13—15日在 80°~95°E 孟加拉湾所在位置的经度上,有一支极强的偏南风穿过赤道,最大南风值的连线可以从南半球的中、高纬地区越过赤道,经过孟加拉湾地区,然后自西南向东北穿过中南半岛、我国西南地区及华南,直达我国山东半岛、东北地区及俄罗斯远东滨海地区,形成一条在南半球自东南向西北,到北半

球后呈西南—东北走向,长达数千公里的水汽及能量的输送通道——此即所称的“半球间宏观气流系统”(见图 4)。它把来自南半球的高温、高湿、层结高度不稳定气团源源不断地输送到我国大陆上空,与自北南下的冷锋、切等线等天气系统相遇,于是产生了持续性的特大暴雨。从卫星云图及水汽图像上也证实了以上情况:一次次有明显的来自南半球中高纬度地区的云系,穿过赤道后,从东南—西北向改为西南—东北向进入我国大陆地区上空(图略)。从以上分析可以看到,越赤道气流是半球间宏观系统的一个重要组成部分,两者是密不可分的。

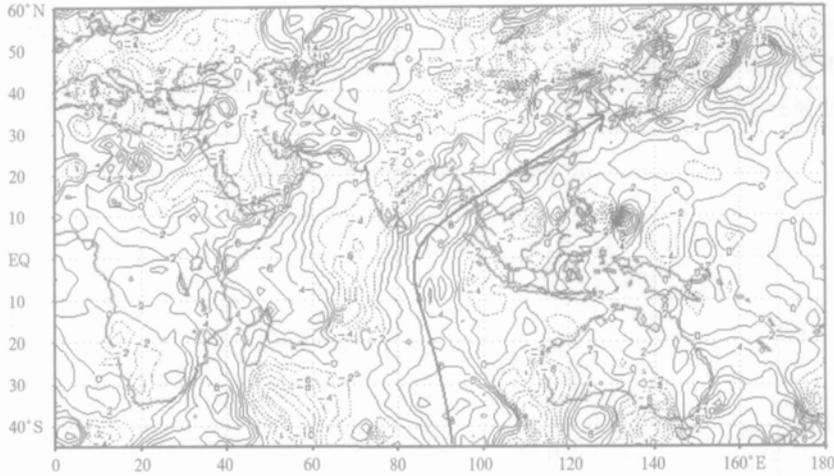


图 4 2004 年 5 月 14 日东半球 850 hPa 风场图(粗实线为最大南风轴线图,说明同图 3)

2.2 10 m 高度处风场

利用美国 QuikSCAT 卫星资料,对 10 m 处海

面风场进行了分析。图 5 分别给出 10 m 高度上沿 90°E(孟加拉湾所在经度,图 5a)、105°E(新加坡所

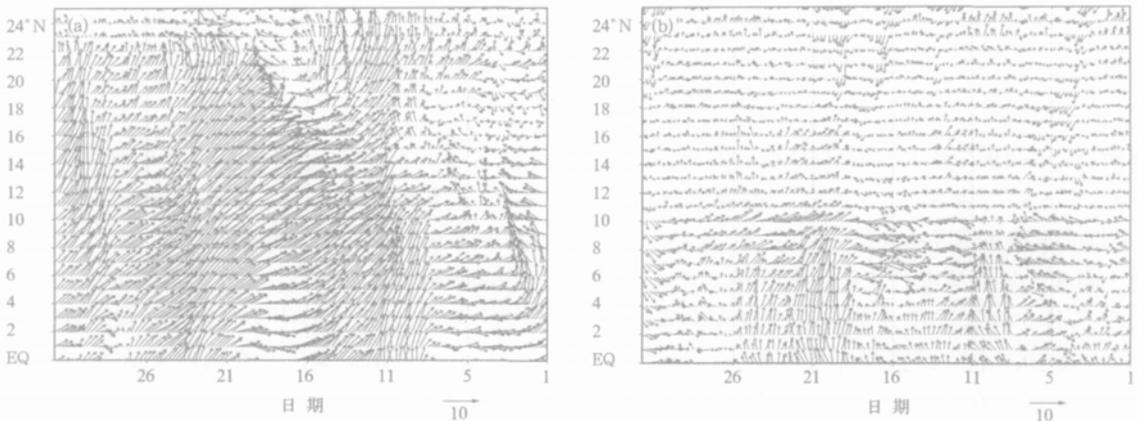
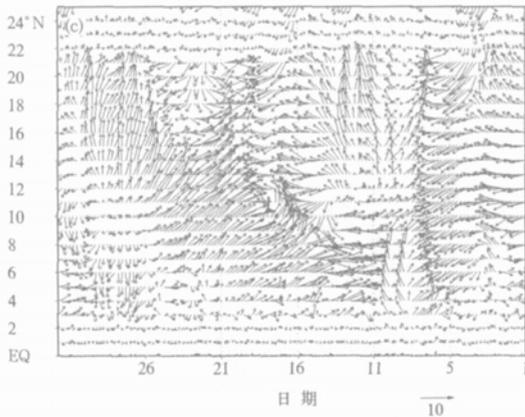


图 5 2004 年 5 月 1—31 日沿 90°E(a)、105°E(b)及 112°E(c) 10 m 高度上的风场时间剖面图(单位:m/s)



续图 5

在经度,图 5b) 及 112°E(西沙群岛所在经度,图 5c) 的风场时间剖面图。从图 5c 可以看出:南海所在经度地区,基本无越赤道气流发生。从图 5b 则可以看出:在 105°E 处,仅在 5 月 1—3 日、6 日、9—11 日及 16—25 日有少量越赤道气流发生,而 19—23 日较强,这与图 3 所示 850 hPa 情况是一致的。

而从图 5a 上可以看出:9—16 日、21—26 日,从赤道到 20°N 广大纬度带里,均有较强的大面积西南风发生。这说明影响 5 月上、中旬两次较大降水

过程的南方系统,并非来自南海地区,而主要为来自孟加拉湾南面印度洋低纬地区的越赤道气流系统。从 10 m 高度处风场逐日演变情况看,南海地区(105°~120°E)5 月 1—6 日基本上为偏东风所占据,5 月 7 日开始在 6°N 以南 105°~110°E 附近出现西南风活动,5 月 8 日西南风向东、向北推进,直达 20°N,115°E 附近的南海北部地区。9 日 00:00 推进到 21°N, 120°E 附近。9 日 20:00 后,南海北部突然为东南风和偏东风所代替。一直到 19 日 12:00,突然为大面积的西南强风所代替,并一直维持到 29 日前后。故如若说有南海季风爆发的话,那就是从 19 日开始,然后一直持续到 29 日前后,过程才基本结束(图略)。

2.3 卫星云图

从卫星云图上我们可以看出,5 月 4—8 日,有一条明显的云系从中南半岛进入我国南方,另外一条云系从印度次大陆南部自西南向东北穿越横断山脉进入我国华南地区上空。图 6 给出 5 月 6 日 09:00 的云系活动情况。16—20 日,明显的孟加拉湾气旋云系自西南向东北行进,进入我国西南及华南地区,引发特大暴雨。图 7 为 5 月 19 日 13:00 风云二号气象卫星云图,从中可以明显地看出孟加拉湾气旋云系把水汽输入我国的过程。



图 6 2004 年 5 月 6 日 09:00 风云二号气象卫星云图



图7 2004年5月19日13:00风云二号气象卫星云图

3 结 论

本文对2004年5月初及5月中旬我国华南等地两次较大暴雨过程进行了分析,主要从大尺度环流形势及影响系统,特别是越赤道气流与半球间宏观系统对暴雨的成因进行初步的探索,初步得到以下几点结论:

1) 2004年5月8日前后及11—21日影响我国的两次重要暴雨、特大暴雨降水过程,是在北来降水系统及南来降水系统共同作用下发生的。

2) 北方降水系统主要表现为冷锋、锢囚锋、地面小高压、高空冷涡、斜槽及切变线等,在它们的引导下南移的冷空气起着激发暴雨生成的作用。

3) 南方降水系统则主要表现为来自孟加拉湾所在经度($80^{\circ} \sim 95^{\circ} \text{E}$)及 105°E 处的越赤道气流,以及它们所带来的水汽及云系,及它们与喜马拉雅山麓地形共同作用而产生的热带云团系统,这些高温、高湿及层结高度不稳定的热带气团被输送到我国华南及西南地区,与冷空气共同作用,产生持续性的暴雨及特大暴雨。

4) 分析表明,此次降水系统与横跨两半球的宏观天气系统有着紧密的联系,它们是导致强对流天气及特大暴雨的根本原因,也是华南地区产生龙卷风等强对流天气系统的根源所在。

这两次降水过程主要与孟加拉湾地区西南季风潮的爆发过程有关,而南海季风潮在此时段中并未发生,因此,南海季风潮应被看作东半球亚洲西南季风潮的一个组成部分,把它们单独独立出来似无必要,当然,这一问题尚需今后进行更多研究与分析后,才能做出最后的结论。

参 考 文 献

- [1] 竺可桢. 东南季风与中国之雨量 // 竺可桢文集. 北京: 科学出版社, 1979: 283-297.
- [2] 陶诗言. 中国之暴雨. 北京: 科学出版社, 1980.
- [3] Ding Yihui. Monsoons over China. London: Kluwer Academic Publisher. 1994: 1-90.
- [4] 田生春, 李麦村, 杜杰, 等. 广东省前汛期一场持续性暴雨的分析. 中国科学院大气物理研究所集刊第9号: 暴雨及强对流天气的研究. 北京: 科学出版社: 70-77.
- [5] 谢巨伦. 南海首次西南季风潮爆发迟早的分析及预报. 海洋通报, 2000, 19(1): 70-77.
- [6] 闫俊岳, 唐志毅, 姚华栋, 等. 2002年南海季风建立及其雨带变化. 气象学报, 2003, 61(5): 569-579.
- [7] 李曾中. 越赤道气流与中国天气关系的初步统计分析. 气象, 1986, 12(4): 11-14.
- [8] 王兴东, 陶诗言. 西太平洋越赤道气流的初步研究. 海洋学报, 1984, 6(2): 160-173.
- [9] 汤明敏, 黄仕松, 周德佩. 全球越赤道气流的时空变化. 热带气象, 1985, 1(4): 287-295.
- [10] 孙淑清. 东亚大尺度低空急流的背景场与东半球的越赤道气流. 气象学报, 1986, 44(1): 55-62.

[11] 李宪之. 降水问题. 北京:海洋出版社,1987:234-236.

风灾害”——庆贺李宪之教授九十五华诞文集. 北京:气象

[12] 李宪之. 减轻几种主要自然灾害的途径 // 仇永炎. “寒潮台

出版社,2001:369-374.

The Relationship Between the South west Monsoon Tide and the Rain Storms over South China in May 2004

Li Zengzhong¹⁾²⁾ Fang Xiang³⁾⁴⁾ Zhu Fukang¹⁾ Zheng Xinjiang³⁾ Li Feng⁵⁾

¹⁾ (Chinese Academy of Meteorological Sciences , Beijing 100081)

²⁾ (Guangzhou Tropical Meteorological Institute , Guangzhou 510080)

³⁾ (National Satellite Meteorological Center , Beijing 100081)

⁴⁾ (School of Physics , Peking University , Beijing 100871)

⁵⁾ (National Meteorological Center , Beijing 100081)

Abstract

The relationship between the south-west monsoon tide (S WMT) and the precipitation from April to June in China is analyzed in terms of the examples of two rain storms in South China on 8 and 11—21 May 2004. The preliminary result shows that the outbreak of the S WMT is connected with the cross-equator flow (CEF) coming from the south hemisphere immediately. By means of the weather map, grid wind data, satellite cloud images as well as the Quikscat wind fields at 10 m level over sea surface, evidence shows that the main northern precipitation influencing systems including cold front, occluded front, ground small high pressure, upper troposphere cold vortex, inclined trough, shear line and so on. The cold air guided by these systems moves southward and plays an important role in the formation of the heavy rainfall. The southern precipitation systems are the water vapor and the cloud band caused by the outbreak of the S WMT led by the CEF at $85^{\circ} \sim 95^{\circ} \text{E}$ (the longitude degree of the bay of Bengal) and 105°E , and the tropical cloud cluster is formed by the interaction between the S WMT and Himalaya Mountains. These cloud clusters with high temperatures, high humidities and high instabilities are transferred to the south and southwest of China and interact with the cold air, cause the rain storms and persistent precipitations. The analysis shows that the precipitation systems are closely connected with the “large-scale system between the two hemispheres”. They are the primary cause of strong convective weather, rain storms and tornados generated over southern China.

The precipitation progresses is mainly connected with S WMT over the bay of Bengal region. But the South China Sea monsoon tide hasn't occurred at that time. So the South China Sea monsoon tide can be regarded as one part of the Asia south-west monsoon tide. In order to get the final conclusion, more studies on this question should be done in the future.

Key words: south west monsoon tide (S WMT); the precipitation from April to June; rain storms; macroscopical system between two hemispheres; cross-equator flow (CEF)