

文章编号:1673-8411 (2017) 03-0023-04

城市下垫面对华南地区前汛期暴雨的影响初探

邓明¹, 杨亚钦², 李江南³

(1.广东鹤山市气象局, 鹤山 529700; 2.中国南方航空集团公司, 广州 510080; 3.中山大学大气科学学院, 广州 510275)

摘要:通过对2010年5月9日发生在广东地区的一次前汛期暴雨过程进行了模拟试验,探讨了城市下垫面通量对降水的影响。控制试验基本能反映此次暴雨过程的环流形势,降水特征。试验结果表明:城市下垫面感热、潜热和水汽通量对降水强度和分布都有影响,不考虑城市下垫面通量的作用,降水都有所减小,对流强度减弱。但城市下垫面水汽通量对上层水汽的作用影响不大。

关键词:华南;前汛期暴雨;城市下垫面;数值模拟

中图分类号:P458.1+21.1

文献标志码:A

Affection of city underlying surface on heavy rain in the former flood season of south China

Deng Ming¹, Yang Ya-xin², Li Jiang-nan³

(1. Heshan Municipal Meteorological Service, Heshan Guangdong 529700; 2. China Southern Air Holding Company, Guangzhou 510080; 3. School of Atmospheric Sciences, Sun Yat-Sen University, Guangzhou Guangdong 510275)

Abstract: Based on the simulation test of the rainstorm process in the first flood season of Guangdong province on May 9th, 2010, the effect of the underlying surface flux of the city on the precipitation was discussed. The control test can basically reflect the circulation situation and precipitation characteristics of the rainstorm. The test results show that: the city underlying surface sensible heat, latent heat and water vapor flux all have effects on the precipitation intensity and distribution, without the effect of city underlying surface flux, precipitation become less and convection strength are weaker. But the water vapor flux in the city has little effect on the water vapor in the upper layers.

Key Words: south China; torrential rain in former flood season; city underlying surface; numerical simulation

1 引言

华南地处我国最南端,是我国的一个季节性雨带,每年汛期开始早、持续时间长、暴雨频发暴雨既受到西风带系统影响,又受热带地区天气系统影响,中小尺度对流系统活动频繁,加之华南地区复杂的地形、下垫面条件以及海陆热力差异等对中小尺度对流系统形成和发展等外强迫作用,使其变化发展极其复杂。虽然基于个例诊断分析或数值模拟,对华南前汛期暴雨已有很多的研究成果^[1-10],但预报难度仍然很大。

研究表明^[11-16]下垫面的类型对局地的天气过程有着很大的影响。下垫面属性不同,其反照率和吸收率也不同,吸收太阳长波辐射和反射长波辐射的差异将影响地表潜热感热以及水汽等交换过程,最终对大气边界层产生不同影响。而城市下垫面作为一个特殊的下垫面,它与郊区和城市以外的下垫面有很多的差别。比如地面的热容量小,白天温度较郊区高,夜间则较低;湿度小,向上的水汽通量基本为零;粗糙度高,风速较小等等,而且受人为热、和污染物的排放等人类活动的影响特别大。随着城市的发展,人类影响对区域天气、气候的影响越来越凸显。

收稿日期:2017-2-28

基金项目:国家重点研发计划项目(2016YFA0602701),国家重点基础研究计划项目(2014CB953903),国家自然科学基金(41275060)。

作者简介:邓明(1974-),男,本科,工程师,主要从事天气预报服务工作。E-mail:1300982926@qq.com

表 1 控制试验模式设置

	DOM 1	DOM 2
格点数:	200×200	250×250
分辨率:	12km	4km
积分时间:	08 日 18:00-09 日 18:00 (UTC)	08 日 18:00-09 日 18:00(UTC)
积云对流方案:	K-F	NONE
云微物理方案:	WSM-6	WSM-6
边界层方案:	Mellor-Yamada-Janjic (Eta) TKE	Mellor-Yamada-Janjic (Eta) TKE
近地层方案:	Monin-Obukhov (Janjic) scheme	Monin Obukhov (Janjic) scheme
陆面方案:	Unified Noah land-surface model	Unified Noah land-surface model
城市冠层方案:	Single-layer UCM (Kusaka)	Single-layer UCM (Kusaka)
土地类型数据集:	IGBP-Modified MODIS 20-Categories Land Use data	IGBP-Modified MODIS 20-Categories Land Use data

表 2 敏感性试验设置

敏感性试验	NO_HFX	NO_HUMID	NO_ALL
城市地表感热通量	×	√	×
城市地表水汽通量	√	×	×
城市地表潜热通量	√	×	×

为了研究城市下垫面性质对华南前汛期暴雨的影响,本研究利用数值模拟的方法,针对华南地区前汛期一个暴雨过程,探讨城市下垫面的热力作用对暴雨的影响,以期为华南地区前汛期暴雨预报提供思路。

2 模式设计与验证

珠三角地区是受华南前汛期暴雨影响较大的地区之一,因此本次模拟试验选取 2010 年 5 月 9 日发生在广东地区的一次大范围暴雨过程。本研究采用了由美国环境预测中心(NCEP),美国国家大气研究中心(NCAR)等科研机构和多所大学联合开发的中尺度非静力数值天气预报模式(WRF)。该模式能较好的模拟中小尺度天气过程,并被广泛应用在天气预报中。

本研究共进行了 4 次模拟试验。其中控制试验(CTL)的设置如下。模式采用两层嵌套(图 1),Domain1 为中国南方区域,格点数为 200×200,格距为 12km,Domain2 为广东区域,格点数为 250×250,格距为 4km,垂直层次均为 45 层,积分时间为 2010

年 5 月 8 日 18 时(UTC)到 2010 年 5 月 9 日 18 时(UTC)。模式的物理参数化方案如表 2 所示。为了更好的研究城市下垫面对暴雨的作用,本次模拟试验在 Unified Noah 陆面过程方案(Noah LSM)基础上,耦合了一个单层的城市冠层模式(UCM)。

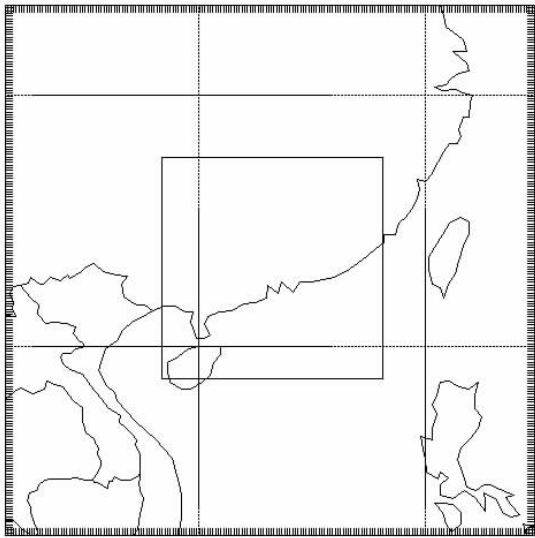


图 1 模式模拟区域设置

为了研究城市下垫面的热力作用, 再进行了三次敏感性。三次敏感性试验在控制试验的基础上改变 Domain2 区域城市下垫面的感热通量、潜热和水汽通量。具体设置如表 2 所示, 第一个敏感性试验去除城市下垫面向上感热通量, 第二个敏感性试验去除了城市下垫面向上的水汽通量和潜热通量, 最后一个敏感性试验去除了感热、潜热和水汽通量。

3 天气过程

受 500 百帕高空槽, 850 百帕切变线和地面弱冷空气的共同影响, 2010 年 5 月 9–10 日, 桂东和粤西以及珠三角地区出现了大范围的强降水过程, 其中珠三角地区强降水主要发生在 5 月 9 日 15 时到 10 日 02 时。图 2a(见彩页)为 2010 年 5 月 9 日上午 8 时的地面天气图。可见广东北部地区受低压槽的控制, 弱冷空气入侵使地面槽线附近形成锋面, 并逐步向南推进。图 2b(见彩页)是图 2a 对应的控制试验的模拟结果, 可见 10m 风、气温和海平面都和观测结果比较一致, 数值模式很好的重现了这次天气过程的环流状况。

从图 3(见彩页)的模拟结果可以看到 850 hPa 上, 广东地区处于西太平洋副高和冷高压之间的鞍形场附近, 形成东北–西南走向的切变线。而在 200 hPa 上空, 广东地区处于一个辐散的脊区。在这种低层辐合、高层辐散的有利配置之下, 最终形成这场大暴雨。

5 月 9 日暴雨是广东入汛以来第二场强降水, 粤西、粤北和珠江三角洲的部分地区出现暴雨到大暴雨, 雷电活动频繁。图 4(见彩页)为 5 月 9 日 15~18 时的 3h 累计降水观测 (图 4a) 和控制试验 (图 4b) 的结果。可见模拟的降水比观测的降水要分散, 粤东北地区降雨偏弱, 粤西北地区偏强, 降水最大值中心比较分散, 而且偏西。但从整体上来说, 基本能够反映大范围锋面降雨的分布。

4 城市热力作用对暴雨模拟的影响

4.1 降水量

图 5(见彩页)是 5 月 9 日 15 时到 10 日 02 时珠三角地区控制试验和敏感性试验的降雨量对比。可见三个敏感性试验对降水量都有一定的影响, 但 NOHUMID 和 NOALL 试验中降水量减少较明显, 而且降水中心偏弱, 分散。相比之下 NOHFX 试验对降水量的影响较小。图 6(见彩页)是四次模拟的珠三

角地区区域平均累计降水量随时间的变化, 这也印证了上述的结果。CTL 和 NOHFX 试验的降水量达到 25mm 以上, 而 NOHUMID 和 NOALL 试验的降水量则在 21~22mm 之间。

4.2 对流强度

图 7(见彩页)为 5 月 9 日 17 时四次试验在 112–115E 平均的剖面图, 控制试验的结果显示, 这次过程由于地面冷空气的入侵, 暖湿空气被迫抬升。暖湿空气形成的上升气流较强的最大高度达到了 100 hPa 左右。而在三次敏感性试验中对流的强度都有很大的削弱, 特别是 NOHUMID 和 NOALL 试验中, 上升气流大幅削弱。

4.3 水汽

图 8(见彩页)可以看到, 锋前上升的暖空气将水汽带到上空, 在北纬 23°附近形成达到最高。而在敏感性试验中, NOHFX 试验的湿度没有减小, 而 NOHUMID 和 NOALL 试验也只有微弱的减小, 可见下垫面的水汽通量不是水汽的主要来源, 对空气中水汽成分影响不大。

5 结论

本研究针对 2010 年 5 月 9 日发生在广东地区的一次前汛期暴雨过程, 利用中尺度数值天气预报模式 WRF 进行了一个数值模拟控制试验和三个敏感性试验。控制试验较好的模拟了这次锋面降水过程, 其结果显示, 广东地区底层受低槽的控制, 850 hPa 上为东北–西南走向的切变线, 而在高空 200 hPa 处在辐散的脊区, 在高层辐散低层辐合的有利环境下, 最终造成了这次大暴雨过程。

为了研究珠三角地区城市下垫面对该地区前汛期锋面暴雨降水的影响, 设计了三次敏感性试验, 诊断了降水量、对流强度和水汽对城市下垫面特征的敏感性。结果显示城市下垫面感热、潜热和水汽通量对降水强度和分布都有影响, 不考虑城市下垫面通量的作用, 降水都有所减小, 对流强度减弱。但城市下垫面水汽通量对上层水汽的作用影响不大, 不是前汛期降水水汽的主要来源。

参考文献:

- [1] 傅慎明, 赵思雄, 孙建华, 等. 一类低涡切变型华南前汛期致洪暴雨的分析研究 [J], 大气科学, 2010, 34 (2): 235–252.

- [2] 《广西天气预报技术和方法广西天气预报技术和方法》编写组.《广西天气预报技术和方法广西天气预报技术和方法》[M].北京:气象出版社,2012:1-145.
- [3] 陈刘凤.桂东北一次典型暴雨过程分析[J],气象研究与应用,2016,37(2):25-29.
- [4] 钟熊嵩.“5.20”信宜市特大暴雨过程诊断分析[J],广东气象,2016,38(6):28-32.
- [5] 周长艳.一次四川特大暴雨灾害降水特征及水汽来源分析[J],高原气象,2015,34(6):1636-1647.
- [6] 李阳斌,2013年5.16广东清远特大暴雨分析[J],广东气象,2015,37(1):27-30.
- [7] 赵桂香.山西一次大暴雨过程云图及环境场的特征分析[J],高原气象,2013,32(6):1747-1757.
- [8] 王洪霞,苗爱梅,郑皓文.一次锋前暖区暴雨成因分析[J].中国农学通报,2016,32(17):157-164.
- [9] 吴春英.2013年8月16日抚顺特大暴雨过程分析[J].中国农学通报,2015,31(1):224-230.
- [10] 郑劲光,刘杰,董玲.2013年5月27日赣东区域性暴雨成因分析[J].中国农学通报,2016,32(24):174-179.
- [11] 孙明生,李国旺,尹青,等.“7.21”北京大暴雨成因分析(1)天气特征、层结与水汽条件[J].暴雨灾害,2013,32(3):210-217.
- [12] 张小灵,周长.一次广东连续性暴雨过程的分析[J].广东气象,2003(2):21-24.
- [13] 胡勇林,洪展,陈利东.一次中尺度强降雨天气过程分析[J].气象研究与应用,2011,32(4):1-3,106.
- [14] 李琳,杨青,常泽堃,等.一次短时强降雨过程的中尺度分析[J].中国农学通报,2016,32(30):139-143.
- [15] 张芹,李晓利,王世杰,等.山东一次大范围暴雨过程的多尺度诊断分析[J].中国农学通报,2015,31(8):179-186.
- [16] 张旭,辛艳辉,杨晓彤,等.2013年夏季阜新地区2次暴雨物理量对比分析[J].中国农学通报,2015,31(5):208-213.
- [17] 曾小团,农孟松,赵金彪.广西几次不同类型天气系统造成暴雨过程的物理量分析[J].气象研究与应用,2007,28(4):1-4.
- [18] 林开平,李凌.“94.12”广西大范围暴雨过程的物理量特征分析[J].气象研究与应用,1998,19(2):11-13.
- [19] 孙欣,蔡芎宁,黄阁.一次辽宁秋季暴雨天气的诊断分析[J].气象,2007,33(9):83-93.
- [20] 林开平,张诚忠,董良森.广西致洪暴雨过程的要素场演变特征及物理量诊断分析[J].气象研究与应用,2001,22(1):12-16.
- [21] 李向红.孟加拉湾旺盛对流作为广西连续暴雨的前兆信号特征分析[J],气象,2015,41(11):1383-1389.

(上接第25页)

- [2] 赵玉春,王叶红.近30年华南前汛期暴雨研究概述[J],暴雨灾害,2009,28(3):193-202,228.
- [3] 叶骏菲,林开平,孙红梅,等.桂东北一次典型暴雨过程分析[J],气象研究与应用,2016,37(2):25-29.
- [4] 欧徽宁,梁珊珊,杨胜才.2013年广西一次前汛期暴雨过程分析[J],气象研究与应用,2013,34(4):14-17.
- [5] 陈艳真,刘爱鸣,邓以勤,等.2016年4月23日福建省暖区暴雨过程成因分析[J],气象研究与应用,2016,37(3):79-83.
- [6] 严小静,寿绍文,钟青,等.一次广西暴雨过程的数值模拟及低涡系统分析[J],气象研究与应用,2010,31(3):27-33.
- [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] 廖慕科,唐桥义,伍静,等.2010年4月桂东北一次暖区暴雨天气分析[J].气象研究与应用,2010,31(4):20-22.
- [9] 熊亚丽.5月3-5日珠江三角洲暖区强降水过程分析[J],广东气象,2004,26(2):8-10.
- [10] 陈芳丽,张子凡,李明华,等.惠州市近40年前汛期暴雨的气候特征分析[J].广东气象,2014,36(3):25-29.
- [13] 王喜全,王自发,齐彦斌,等.城市化与北京地区降水分布变化初探[J],气候与环境研究,2007,12(4):489-495.
- [14] 季崇萍,刘伟东,轩春怡.北京城市化进程对城市热岛的影响研究[J],地球物理学报,2006,49(1):69-77.
- [15] 杜东升,林文实,李江南,等.珠江三角洲地区土地利用变化对夏季6月气候的影响[J].中山大学学报(自然科学版),2010,49(1):138-144.
- [16] 陈浩伟,郑益群,艾凯.中国主要城市带不同城市化率对东亚季风气候影响模拟研究[J].气象与减灾研究,2016,39(1):16-31.