

文章编号:1673-8411 (2018) 01-0011-04

广西沿海地形对超强台风“威马逊”影响的数值试验

苏玉婷¹, 林开平², 肖志祥², 黄小燕³

(1. 广西师范学院, 南宁 530022; 2. 广西区气象台, 南宁 530022; 3. 广西区气象减灾研究所, 南宁 530022)

摘要: 以在广西沿海登陆的超强台风“威马逊”为研究对象。针对沿海山脉—十万大山, 基于区域数值模式WRF3.4.1, 开展敏感性数值试验。结果表明, WRF模式能够较好地模拟出台风移动的路径及降水的空间分布特征。十万大山山脉的存在有利于中低层的南北风在山脉周围抬升, 而地形抬升作用是导致沿海发生强降水的有利条件之一。移除十万大山地形后, 台风中心位置偏西, 大气环流的改变使山脉周围水汽辐合减弱, 此外, 偏南气流由于没有地形的阻挡, 因此向北发展, 而地形造成的中低层抬升作用也随之消失。水汽辐合的减弱及地形抬升作用的消失共同导致十万大山周围降水减少, 最大减幅可达到40mm。

关键词: 台风“威马逊”; 数值试验; 地形作用; 环流变化

中图分类号: P456.7 **文献标识码:** A

Numerical test on the influence of Guangxi coastal terrain on the super typhoon “Ramasun”

Su Yuting¹, Xiao Zhiqiang² (corresponding author), Huang Xiaoyan³, Lin Kaiping²

(1. Guangxi Teachers Education University, Nanning Guangxi 530022;

2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022;

3. Guangxi Research Institute of Meteorological Disasters Mitigation, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: Taking the extremely strong typhoon “Ramasun” which landed on Guangxi coastal area as a research object, the paper aimed at the coastal mountains—Cent Mille Monts and carried out the sensitive numerical experiment based on the regional numerical model WRF 3.4.1. The results showed that the WRF model simulated the path of typhoon movement and the spatial distribution characteristics of precipitation well. The existence of the Cent Mille Monts was beneficial to the uplift of the north and south winds at middle-low layers around the mountains, furthermore, the orographic lifting was one of the favorable conditions for causing severe precipitation at the coastal area. After moving the Cent Mille Monts in the simulation, the center of typhoon was located at the west side, and the change of the atmospheric circulation made the convergence of water vapor around the mountains weaker. Except that, because there was no topographic barrier to impede the westward air current, it developed towards north and the uplift of middle-low layers caused by the terrain disappeared. The decrease of water vapor convergence and the disappearance of topographic uplifting resulted in the decrease of precipitation around Cent Mille Monts and the maximum decrease could be up to 40mm.

Keywords: typhoon “Ramasun”; numerical experiment; topographic effect; change of the atmospheric circulation

收稿日期: 2017-08-19

基金项目: 国家自然科学基金项目: 41575051, 41765002, 41465003; 广西自然科学基金重点项目: 2017GXNSFDA198030

Supported by: National Natural Science Foundation of China (Grant No. 41575051, 41765002 and 41465003), Guangxi Natural Science Foundation of key project (Grant No. 2017GXNSFDA198030)

作者简介: 苏玉婷(1982-), 女, 广西玉林人, 硕士研究生, 主要从事应用气象, E-mail: 36709855@qq.com

通讯作者: 肖志祥, E-mail: xiaozx_gqxxt@163.com

引言

台风是影响我国的主要灾害性天气系统之一,其带来的大风和强降水给途经地区带来严重的经济损失和人员伤亡。台风强度突变(陈联寿等,2002)和移动路径突变(倪钟萍等,2013)是台风研究和业务预报的难点之一。2014年第9号台风“威马逊”是1973年以来登陆华南的最强台风,具有移动快、多次登陆、发展迅速等特点,给海南、广东、广西造成的经济损失超过265亿元,其登陆减弱为热带低压后带来的强降水造成了云南37人死亡,9人失踪的重大灾害(徐舒扬等,2016),“威马逊”在沿海突然加强为超强台风,给预报带来了极大的困难。

有关研究表明,90%以上的台风在近海受到摩擦耗损能量的影响其强度将减弱(冯锦全和陈多,1995),作为有记录以来登陆我国的最强台风“威马逊”,其近海突然增强的特点得到广泛关注,大量研究取得了很多有意义的成果。程正泉等(2017)认为台风下游热力不稳定在暖海温、低空急流、越赤道气流、垂直风切变小等有利条件配合下,“威马逊”得以在近海快速增强。郑艳等(2014)指出低层辐合与高层辐散、弱风切变、适宜的海温及深厚的暖涡是“威马逊”在近海加强的主要原因。

除了大气条件、海温状况等动力和热力作用,地形也是影响台风降水强度和落区的重要因素。数值试验表明,不同地形高度下台风路径及降水空间分布差异很大,地形对暴雨增幅有重要作用(朱红芳等,2015)。地形的阻挡作用有利于背风坡降水减弱。台风“纳沙”影响海南期间,五指山地形的阻挡使得海南岛东南部降水减弱50–150mm(杨仁勇等,2014)。“威马逊”在广西沿海登陆时横穿十万大山山脉,在广西引起大范围强降水过程,本文尝试使用中尺度模式WRF开展地形敏感性数值试验,探讨广西沿海地形对“威马逊”路径和降水的影响。

1 试验设计

超强台风“威马逊”7月18日05时在南海加强为超强台风,19日07时在广西防城港市再次登陆,随后强度迅速减弱。“威马逊”登陆广西期间,广西沿海各地出现了暴雨到大暴雨,局部特大暴雨,其中涠洲岛19日的最大降水量达到了303.6mm。

广西沿海地区有著名的十万大山山脉,“威马逊”横穿十万大山,为考虑十万大山山脉对“威马逊”

的影响,本文针对十万大山山脉设计了控制和敏感性试验两个方案共三组试验,控制试验是从7月18日06时模拟到7月19日18时(世界时),一共积分36小时,使用ERA-Interim再分析资料(Dee et al.,2011)为初始边界条件,水平分辨率 $0.75^{\circ}\times 0.75^{\circ}$,边界条件每隔6h更新一次。WRF3.4.1使用的主要参数化方案如表1所示。模式为两层嵌套,外层格点数为 360×300 ,水平分辨率为9公里;内层格点数 361×253 ,水平分辨率为3公里。内层嵌套区域覆盖了“威马逊”加强为超强台风至消亡减弱的整个阶段。两组敏感性试验方案中,地形被人为移除,其它参数与控制试验相同。

表1 模式使用的主要参数化方案

主要参数化方案 WRFv3.4.1	
短波辐射方案	Dudhia
陆面模式	NOAH
边界层方案	BouLac
积云对流方案	BMJ
长波辐射方案	RRTM
微物理方案	WSM5

具体第一组的控制试验(图1a,见彩页),其结果作为参照,可以看到十万大山山脉为西南—东北走向,与“威马逊”移动路径几乎垂直,有两个达700多m的狭长顶峰。地形敏感性的第一组为去掉了狭长的十万大山山脉试验(图1b,见彩页),第二组则只是移除了南部一些较小山脉的试验(图1c,见彩页)。通过对比分析Exp1、Exp2试验与控制试验的结果,可以得到沿海山脉对“威马逊”移动路径及降水的影响状况。

2 试验结果分析

2.1 地形对台风移动路径的影响

图2为三组数值试验模拟的台风移动路径情况。分析可知“威马逊”加强为超强台风后移动路径较为稳定,一直向西北方向移动,先后在雷州半岛和广西沿海登陆。三组试验中,模式对台风初始位置的定位并不准确,且模式模拟的台风强度远远低于观测(图略),这可能与初始场的误差有关,采用WRF模式自带的Bogus技术(Sherrie et al.,2009),对初始场台风强度和位置进行重定位,能够有效改善台

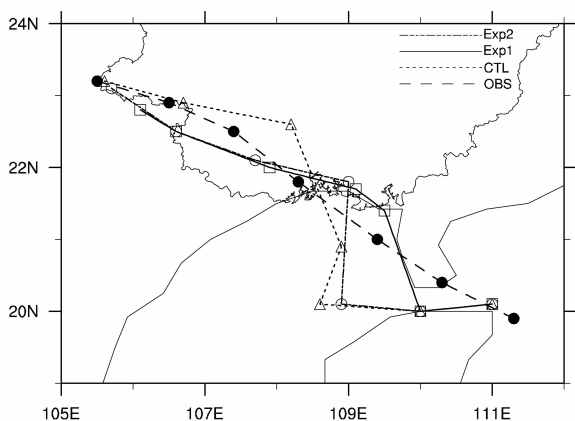


图2 WRF 模拟的台风“威马逊”移动路径

观测: 黑色; 参考试验: 红色; 地形试验 1: 蓝色; 地形试验 2: 绿色

风强度和位置模拟。此外,前 18 小时为模式 spin-up 阶段,台风路径摆动较大。控制试验的台风登陆点与实况较为接近,总体来说模式能够较好地把握“威马逊”的登陆地点及移动方向。

进一步分析图 2 可知,去除十万大山山脉后,模式模拟的台风登陆地点往东偏移较大,使得登陆后的台风中心也随之偏东偏南。而如果只是去除十万大山南部的一个顶峰(第二组敏感性试验),台风登陆前的路径与控制试验则较为接近,说明在离台风较远时小山脉的影响较小;而在登陆后其移动路径基本与移除整个十万大山山脉试验吻合。

2.2 地形对台风降水的影响

7 月 19 日“威马逊”进入北部湾并在防城港市登陆,在广西沿海及西南地区引发强降水。控制试验虽然对沿海三市及崇左市南部的暴雨量级模拟偏小,百色南部的暴雨范围偏大,但是对于南宁市北部的一些单站暴雨却能够模拟出来(图 3a,见彩页),总体而言,模式能够较好地模拟出 19 日“威马逊”在广西造成的暴雨过程。从移除十万大山地形的两组敏感性数值试验可以看到,防城港市和崇左市南部的降水都有所减弱,24 小时降水的最大减少量达 40mm 以上(图 3d-e,见彩页),两者对比分析可知,移除整个十万大山地形的试验在降水减弱幅度和范围上均大于只去掉南部山脉的试验结果。越南范围的降水在两组敏感性数值试验减小的幅度要大于广西范围。

从 19 日水汽输送及水汽通量散度可以看到,十万大山附近水汽为往北和往南输送的辐散区(图 4a,见彩页),而 Exp2 试验(图 4b,见彩页)水汽往北输送,但是有风向的弱辐散,水汽辐散较 Exp1 试验

小。而在崇左市的气旋式异常和南宁市南部的反气旋式异常及北海市附近的气旋式异常主要是由于敏感性试验与控制试验台风中心位置(图 2,见彩页)差异导致。在敏感性试验中台风在北海市附近登陆使该处成气旋式异常,而台风登陆后移动路径偏西偏南使得崇左市为气旋式异常而南宁市南部为反气旋式异常(图 4,见彩页)。两组敏感性数值试验表明移除沿海山脉后,由于台风位置的改变,使得环流改变,水汽辐合强度减弱是导致山脉附近降水减少的原因之一。

数值试验模拟的 10m 风场表明(图 5,见彩页),当十万大山存在时,山脉南部的偏南风较强,有利于低层水汽输送,在迎风坡有较强的上升运动;而在山脉北部则为较弱的偏北风,也有利于地形抬升;南北风向在十万大山南北部均受地形抬升作用,有利于强降水的形成(图 5a,见彩页)。当十万大山被移除(图 5b,见彩页)时,辐合区在南风作用下北抬,且台风中心位置偏西,使得气旋式环流中心偏北,山脉附近的南北风辐合大大减弱,使得降水减弱。如果只移除十万大山南部的小山脉,气旋式环流中心仍然有北抬(图 5c,见彩页),但是要较 Exp1 试验偏南,十万大山西侧仍有较弱的北风受地形抬升的影响,因此其降水减弱幅度较小(图 3e,见彩页)。

东经 108°正好位于十万大山山脉中部及台风中心,从垂直剖面图可以看到在控制试验中,22°—22.5°N 中低层有垂直上升运动,即十万大山山脉南部和北部受南风及北风的影响,在地形抬升作用下形成的中低层上升运动(图 6a,见彩页)。而在 Exp1 试验中,由于十万大山山脉被移除,没有地形阻挡作用偏南风往北推,垂直运动减弱(图 6b,见彩页),Exp2 试验中仍然可以看到十万大山山脉低层的弱上升运动,说明十万大山山脉的存在对低层风的地形抬升作用不可忽视,但是垂直上升运动的厚度明显减弱(图 6c,见彩页)。

3 小结

超强台风“威马逊”在近海快速增强后,先后在雷州半岛及广西沿海登陆,随后以近乎垂直的角度横穿十万大山山脉,给广西沿海及桂西南地区带来强降水天气。本文使用区域数值模式 WRF3.4.1 针对十万大山山脉开展控制和敏感性数值试验,结果表明:

(1)WRF 模式能够较好地模拟出“威马逊”的移

动路径、登陆地点及降水空间分布特征。十万大山山脉以北的偏北风及以南的偏南风受地形抬升作用,在山脉南北两侧都形成了中低层的垂直上升运动,有利于强降水的出现。

(2)十万大山山脉移除后,“威马逊”登陆位置偏东,移动路径随之偏南偏西。此外,由于低层台风中心位置偏北,南风北推,地形抬升作用减弱消失,加上山脉附近水汽辐合减弱,降水强度减小,最大减幅超过 40mm。

(3)地形的存在一方面影响台风移动路径,从而影响环流的空间分布,另一方面地形阻挡作用的消失使低层风速抬升减弱,两方面的共同作用减弱了山脉周围的降水。

在未来的研究工作中,可以考虑采用 bogus 技术对初始台风强度及位置进行重定位,从而进一步改善台风移动路径及强度的模拟。

参考文献:

- [1] Dee D P, Uppala S M, Simmons A J, et al. The ERA-Interim reanalysis: Configuration and performance of the data assimilation system. *Quart J Roy Meteor Soc* [J], 2011, 137: 553-597.
- [2] 陈联寿,徐祥德,罗哲贤,等.热带气旋动力学引论[M]. 北京:气象出版社,2002,17.
Chen Lianshou, Xu Xiangde, Luo Zhexian, et al. Introduction to tropical cyclone dynamics [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2002, 17. (in Chinese)
- [3] 倪钟萍,吴立广,张玲. 2005—2010 年台风突变路径的预报误差及其环流背景[J]. 气象, 2013, 39(6): 719-727.
Ni Zhongping, Wu Liguang, Zhang Ling. Analysis on Forecasting Errors and Associated Circulations of Sudden Typhoon Track Changes During 2005-2010 [J]. Meteorological Monthly, 2013, 39 (6): 719-727. (in Chinese)
- [4] 冯锦全,陈多.我国近海热带气旋强度突变的气候特征分析[J].热带气象学报,1995,11(1):35-42.
- [5] 程正泉,林良勋,杨国杰,等. 超强台风威马逊快速增强及大尺度环流特征[J].应用气象学报,2017,28(3):318-326.
Cheng Zhengquan, Lin Liangxun, Yang Guojie, et al. Rapid Intensification and Associated Large-scale Circulation of super Typhoon Rammasun in 2014 [J]. Journal of Applied Meteorological Science, Beijing: 2017, 28 (3): 318-326. (in Chinese)
- [6] 徐舒扬,周德丽,苗绍慧,等.台风“威马逊”造成云南强降雨灾害天气分析[J].灾害学,2016,31(4):229-234.
Xu Shuyang, Zhou Deli, Miao Shaohui, et al. An Analysis about the Disastrous Weather of Heavy Precipitation Resulted from the Typhoon Rammasun in Yunnan Province [J]. Journal of Catastrophology, 2016, 31 (4): 229-234. (in Chinese)
- [7] 朱红芳,王东勇,娄珊珊,等.地形对台风“海葵”降水增幅影响的研究[J].暴雨灾害,2015,34(2):160-167.
Zhu Hongfang, Wang Dongyong, Lou Shanshan, et al. Numerical test of topography effect on rainfall amplification associated with typhoon HaiKui [J]. Torrential Rain and Disasters, 2015, 34 (2): 160-167. (in Chinese)
- [8] 杨仁勇,闵锦忠,郑艳.强台风“纳沙”引发的特大暴雨过程数值试验[J].高原气象,2014,33(3):753-761.
Yang Renyong, Min Jinzhong, Zheng Yan. Numerical Simulations of the Extraordinary Rainstorm by Typhoon Nesat [J]. Plateau Meteorology, 2014, 33 (3): 753-761. (in Chinese)
- [9] Sherrie, F, Davis, C, Gill, D. Low-Nam, S. 2009. Bogussing of tropical cyclones in WRF Version 3.1. Presented at the 10th Annual WRF Users Workshop [J], Boulder, Colorado, USA, 10 June 2009.