

Analysis of the Characteristics of Typhoon “Nakri” Spiral Rain-Band Based on WRF Model

Yimin Lin¹, Yongqiang Zhan¹, Xianpeng Liu²

¹54 Troops of Chinese People’s Liberation Army 92403, Fuzhou Fujian

²PLA Dalian Naval Academy, Dalian Liaoning

Email: 306672668@qq.com

Received: Sep. 23rd, 2016; accepted: Oct. 11th, 2016; published: Oct. 14th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The major damage of typhoon is mainly caused by heavy rain; related research about the characteristics of typhoon spiral rain-band is helpful to improve the ability of typhoon forecasting. Recent years, scholars at home and abroad have got some theories about the formation of typhoon spiral rain-band. This article made a simulation of the No. 12 typhoon “Nakri” happened in year 2014 using WRF model. Then characteristics of the change of spiral rain-bands are analyzed. All the studies showed that, the maximum precipitation zone of spiral rain-band presented clockwise trend. The structure of spiral rain-band corresponds well with the wild field.

Keywords

Typhoon, Nakri, Spiral Rain-Band, WRF Model, Diagnostic Analysis

基于WRF模式的台风“娜基莉”螺旋雨带特征分析

林艺敏¹, 战勇强¹, 刘现鹏²

¹中国人民解放军92403部队54分队, 福建 福州

²海军大连舰艇学院, 辽宁 大连

摘要

台风的灾害往往是由暴雨引起的,对台风螺旋雨带特征的研究有利于提高对台风天气的预报水平。近年来,国内外学者对螺旋雨带的形成理论提出了相应研究。本文基于WRF模式对2014年第12号台风“娜基莉”过程进行了模拟研究,对螺旋雨带强度的变化特征进行了分析。结果表明:螺旋雨带最大降水区呈现围绕台风中心逆时针旋转的特点;螺旋雨带的结构与台风强度具有良好的对应关系。

关键词

台风,娜基莉,螺旋雨带,WRF模式,诊断分析

1. 引言

台风(本文泛指热带气旋)是最强的暴雨天气系统,国内外不少极端暴雨记录都与台风活动有关[1]。螺旋雨带是台风有别于温带气旋的主要特征之一,台风螺旋雨带及其外围云系经常带来强降水,造成严重的洪涝灾害[2][3]。气象学家很早就开始对台风的形成机理和结构进行研究[4]-[7],也有部分学者对螺旋雨带进行了讨论[8]-[10],但这些文献仅对台风螺旋带进行了介绍[8],分析了罗斯贝波对台风螺旋带演变的影响[9],以及从理论模型上对台风螺旋带的演变进行了研究[10],但专门针对台风螺旋雨带演变特征的分析还比较少。

本文利用FNL和日平均SST数据驱动WRF模式对发生在我国近海的一次台风过程进行了数值模拟,主要包括台风的螺旋雨带、移动路径、中心气压和最大风速,对模式的可靠性和准确性进行了验证。重点对比分析了台风卫星云图和螺旋雨带的分布特征,进而对台风螺旋雨带的变化特征进行模拟和研究,为台风雨带的性质研究和预报提供了一定的参考。

2. 资料来源和模式设置

本文采用的资料主要有:美国国家环境预报中心NCEP提供的FNL客观再分析资料($1^\circ \times 1^\circ$),美国国家海洋和大气管理局NOAA提供的日平均SST卫星数据($0.25^\circ \times 0.25^\circ$)、每日4次的海表气温(sig995气温代替)、海面气压和海面风速(sig995)再分析数据,中国台风网提供的台风路径、最大风速和中心气压实况数据。

本次台风模拟时长为60小时,模式的物理参数化方案为:陆面过层方案采用热量扩散方案,边界层方案采用MYNN5方案,积云参数化方案采用Kain-Fritsch方案,微物理过程方案采用WSM5类方案,长波辐射方案采用RRTM方案,短波辐射方案采用Dudhia方案,并以云水质量浓度分布表示台风螺旋雨带的分布,具体公式如下:

$$C_{cw} = qcloud \times \rho$$

式中, C_{cw} 表示云水质量比,单位为 g/m^3 , $qcloud$ 表示云水混合比,单位为 kg/kg , ρ 表示湿空气密度,单位为 g/cm^3 。

3. 台风过程简介

1412 号台风“娜基莉”是生成于热带西太平洋的气旋。“娜基莉”于 2014 年 8 月 30 日 10 时(世界时)在菲律宾东北加强生成, 2014 年 8 月 1 日 16 时, 位于我国东海东部海域, 强度为台风级, 近中心最大风速达 23 m/s, 中心气压为 985 hPa。随后继续向北移动, 至 2014 年 8 月 2 日 21 时, 减弱为热带风暴级, 并在移动的过程中继续减弱。至 2014 年 8 月 3 日 10 时, 减弱为热带低压, 随后于韩国群山市附近登陆, 登陆时, 中心气压为 990 hPa, 近中心最大风速为 16 m/s, 从生成到消亡共历时 5 天。

4. 台风实况与模拟结果对比分析

图 1 为台风“娜基莉”的实况与模拟结果对比分析图。其中, 图 1(a)为模拟的台风路径与台风实况路径对比, 红色路径代表的是台风的实况路径, 蓝色路径代表的是台风的模拟路径, 红色标数表示的是台风中心实况气压(hPa); 图 1(b)为模拟的台风最大风速和实况风速对比, 实线代表的是实况最大风速,

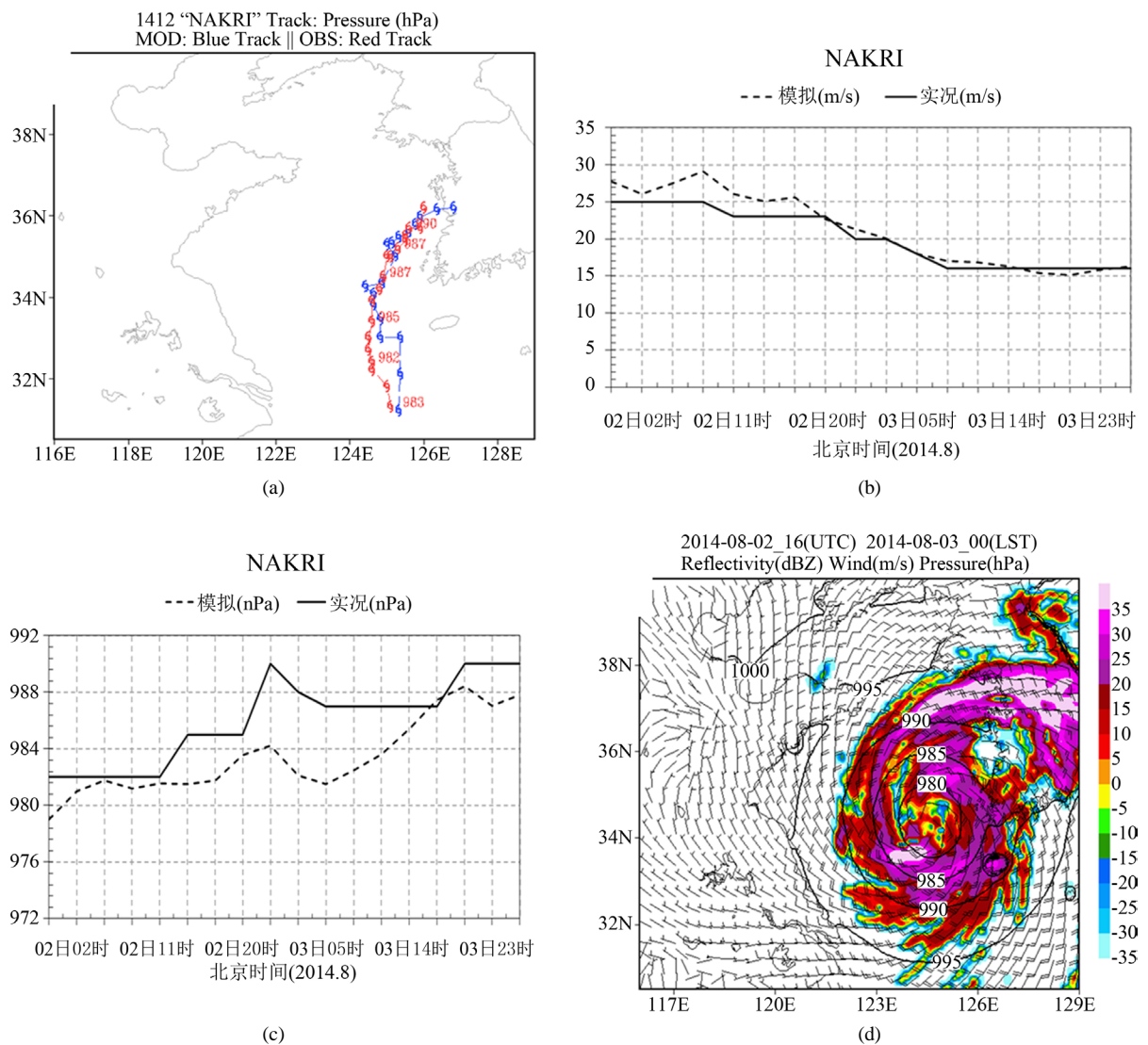


Figure 1. Comparison of typhoon and simulation results

图 1. 台风实况与模拟结果对比图

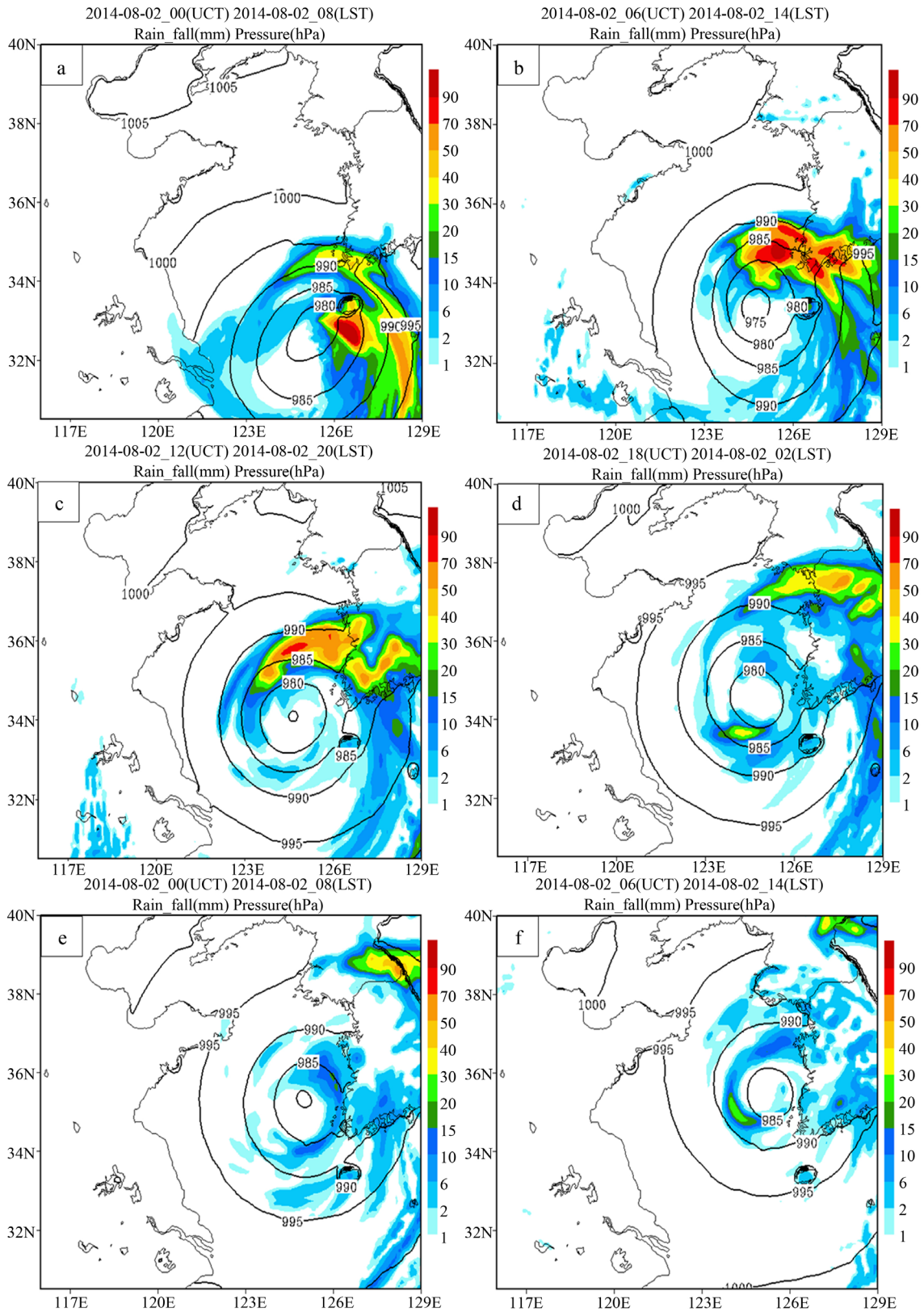


Figure 2. Simulation of Nakri 3 h cumulative precipitation distribution (unit: mm)

图 2. 模拟“娜基莉”的 3 h 累积降水分布(单位: mm)

虚线代表的是模拟的最大风速(m/s); 图 1(c)为模拟的台风中心气压和实况气压对比, 实线代表台风中心实况气压, 虚线代表模拟台风中心气压(hPa); 图 1(d)为中国台风网提供的台风“娜基莉”可见光卫星云图; 图 1(e)为 WRF 模拟的台风云雷达回波强度(dBz)。

其中, 台风中心以最低气压位置为代表, 台风螺旋雨带根据 WRF 模式输出的云水混合比求得。模拟结果显示, WRF 模拟的台风“娜基莉”路径与实况路径走向基本一致, 为“北上型”台风(图 1(a)); 台风中心附近最大风速可达 25 m/s, 最大风速随时间的推移逐渐减小, 模拟的最大风速变化趋势与实况非常接近, 模拟的最大风速普遍略大于实况风速(图 1(b)); 台风中心气压最低可达 985 hPa 左右, 中心气压随时间的推移逐渐增大, 模拟的中心气压变化趋势与实况比较接近, 且略低于实况值(图 1(c)); 图 1(d)分别表示 2014 年 8 月 3 日 03 时的卫星云图和模拟的雷达回波强度(以最大反射率因子的对数表示), 两图均可清晰的看出台风的螺旋结构, 且模拟的螺旋结构分布与实况相接近。

综上所述, 我们认为 WRF 模拟的“娜基莉”与实况比较接近, 以模式输出结果对台风结构进行分析是可行的。

5. 台风螺旋雨带的演变特征分析

台风螺旋结构一般表现为云带或者雨带的螺旋分布[11], 台风雨带直接对应了降水情况, 分析台风螺旋雨带的结构可以得出台风降水的分布情况。图 2 为模拟台风“娜基莉”6 个时次 3 小时累积降水量分布图。分析发现, 在 2014 年 8 月 2 日 00 时, 台风已具有完整的眼壁, 最大降水区出现在韩国济州岛附近海域, 3 h 累积降水量在 90 mm 以上, 与台风强度有良好对应关系。至 2014 年 8 月 2 日 06 时, 随着台风北上, 强度继续加强, 中心最低气压 975 hPa, “娜基莉”的雨带主要分布在台风前进方向的右前象限, 3 h 累积降水量最大可达 90 mm 以上。这一时次, 台风的降水最大区域面积达到极值, 但由于台风云系的接地, 右前象限等压线逐渐稀疏, 台风强度重心向西转移, 降水最大区域演变略落后于台风强度的变化, 此时, 台风螺旋雨带开始断裂。至 12 时, 台风强度有所减弱, 台风最大降水区域大幅缩减, 主要位于台风中心的北侧, 对应关系良好。2014 年 8 月 2 日 18 时, “娜基莉”的螺旋雨带已经断裂, 此时海面 3h 最大降雨量出现在台风中心的南侧, 降水量在 30 mm~40 mm 之间。至 2014 年 8 月 3 日 06 时, 组织化对流不断减弱消失, 并向台风中心附近靠拢, “娜基莉”螺旋雨带结构继续消散, 3 h 累积降水量多在 6 mm~10 mm 之间, 至此台风雨的影响过程基本结束。

在整个模拟阶段内, 台风“娜基莉”螺旋雨带的结构不断减弱, 降水最大区域呈现围绕台风中心逆时针旋转的特点, 最大降水量在 2014 年 8 月 2 日 06 时有略微增大, 而后持续减小; 根据台风螺旋雨带和海面气压的分布情况来看, 雨带的结构与台风强度具有良好的对应关系。

6. 主要结论

利用 WRF 模式对 1412 号台风“娜基莉”进行了数值模拟, 对台风的路径、中心气压、最大风速的模拟效果进行了分析, 研究了台风的螺旋雨带演变特征, 得到以下结论:

1) WRF 模拟的台风“娜基莉”移动路径、中心气压、最大风速和螺旋云带分布都十分接近, 说明在文中的设置下, WRF 模式对台风模拟的精度和可靠性较高。

2) 在整个模拟阶段内, 台风“娜基莉”螺旋雨带的结构不断减弱, 螺旋雨带与台风强度有良好的对应关系, 降水最大区域呈现围绕台风中心逆时针旋转的特点, 。

当然, 限于篇幅限制, 文章只列举了一次台风过程的数值模拟结果, 也未对台风中心螺旋带的垂直剖面进行模拟分析, 这些工作有待于下一步进行。

参考文献 (References)

- [1] 李江南, 王安宇, 杨兆礼, 等. 台风暴雨的研究进展[J]. 热带气象学报, 2003(19): 152-159.
- [2] 周海光. 强热带风暴“风神”(0806)螺旋雨带中尺度结构双多普勒雷达的研究[J]. 热带气象学报, 2010, 26(3): 301-308.
- [3] 朱佩君, 郑永光, 王洪庆, 等. 台风螺旋雨带的数值模拟研究[J]. 科学通报, 2005, 50(5): 486-494.
- [4] 梁建茵. 我国热带气旋登陆时间日变化特征分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(增刊): 160-165.
- [5] 雷小途, 陈联寿. 热带气旋与中纬度环流系统相互作用的研究进展[J]. 热带气象学报, 2001, 17(4): 452-461.
- [6] 袁金南, 谷德军, 梁建茵. 地形和边界层摩擦对登陆热带气旋路径和强度影响的研究[J]. 大气科学, 2005, 29(3): 429-437.
- [7] 钟元, 余晖, 王东法. 环境场对东海登陆热带气旋陆地路径的影响[J]. 热带气象学报, 2006, 22(4): 313-320.
- [8] Guinn, T. and Schubert, W.H. (1993) Hurricane Spiral Bands. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **50**, 3380-3404. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(1993\)050<3380:HSB>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(1993)050<3380:HSB>2.0.CO;2)
- [9] Montgomery, M.T. and Kallenbach, R.J. (1997) A Theory for Vortex Rossby-Waves and Its Application to Spiral Bands and Intensity Changes in Hurricanes. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, **123**, 435-465. <http://dx.doi.org/10.1002/qj.49712353810>
- [10] Moller, J.D. and Montgomery, M.T. (2000) Tropical Cyclone Evolution via Potential Vorticity Anomalies in a Three-Dimensional Balance Model. *Journal of the Atmospheric Sciences*, **57**, 3366-3387. [http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469\(2000\)057<3366:TCEVPV>2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1175/1520-0469(2000)057<3366:TCEVPV>2.0.CO;2)
- [11] 陈雪景, 黄泓, 陈中一, 王学忠. 台风“万宜”螺旋带的数值模拟研究[J]. 气象与减灾研究, 2010, 33(4): 9-15.

期刊投稿者将享受如下服务:

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ojs@hanspub.org