

赵飞,包文雯,张雪波,等.“浪卡”台风(2016)暴雨成因及数值预报模式偏差分析[J].气象研究与应用,2021,42(3):83–87.

Zhao Fei, Bao Wenwen, Zhang Xuebo, et al. Typhoon Nangka (2016) rainstorm causes and deviation analysis of numerical forecast model[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(3): 83–87.

# 台风“浪卡”(2016)暴雨成因及数值预报模式偏差分析

赵 飞<sup>1</sup>, 包文雯<sup>1</sup>, 张雪波<sup>1</sup>, 韦美闹<sup>1</sup>, 梁 利<sup>1</sup>, 黄明策<sup>2\*</sup>

(1.钦州市气象局, 广西 钦州 535000; 2.广西壮族自治区气象台, 南宁 530022)

**摘要:** 利用常规气象资料及 NCEP 再分析资料, 采用天气学分析和检验方法, 对 2020 年第 16 号台风“浪卡”造成广西暴雨的成因及数值模式预报偏差原因进行分析。结果表明: (1) 南亚高压快速西移使高层辐散加强, 500 hPa 台风倒槽加强, 低层东南急流形成的水汽强辐合, 地面冷空气侵入的触发抬升是造成此次台风暴雨的主要原因; (2) 副热带高压加强西伸使台风与高压之间气压梯度增大, 高原东侧低压槽与台风倒槽的结合是造成 500hPa 台风倒槽发展加强的重要原因; (3) 登陆越南后路径预报偏南、登陆后副高强度预报偏强、低空偏东风急流漏报以及地面冷空气预报偏强是 EC 数值模式暴雨落区预报偏差的原因。

**关键词:** 台风“浪卡”(2016); 台风暴雨; 成因; 数值模式偏差

**中图分类号:** P457.8

**文献标识码:** A

**doi:** 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.3.14

**OSID:**



## 引言

秋季, 副热带高压主体逐渐南压, 受其影响台风的移动路径偏南, 地处华南地区的广西往往处于台风的前进方向上, 影响尤为严重。由于环境流场的季节性变化, 秋季台风往往与中纬度南下冷空气发生相互作用, 降雨增幅明显<sup>[1-6]</sup>。高安宁等<sup>[7]</sup>采用天气动力学分析方法对台风“纳沙”(1117)登陆越南北部减弱为热带低压后与冷空气相互作用导致的持续性异常暴雨进行分析, 发现青藏高原东移的冷空气从低层渗透进入华南西部, 并与“纳沙”东部的偏南气流在桂南汇合, 形成中尺度辐合线, 使得广西南部动力辐合和上升运动得以加强和维持。黄莉等<sup>[8]</sup>分析了台风“海燕”(1330)停编前后两次中尺度降雨的形成机制及落区特征, 认为低层宽广的偏东南急流为华南输送深厚的湿层及对流云涌, 干冷空气侵入台风外围形成辐合带并增强了动力机制。黄滢等<sup>[9]</sup>对秋季台风“海燕”的成因进行天气学和动力诊断分

析, 也认为“海燕”造成广西超过历史同期极值的强降水的主要原因是东北槽引导适当冷空气的入侵。

上述研究从不同角度分析了秋季进入广西或从广西近海经过的台风造成广西暴雨的成因, 但对穿越北部湾南部海域西行路径台风造成广西降雨的研究仍较少。台风“浪卡”(2016)穿越北部湾南部海域, 在越南北部登陆位置位于 20°N 以南, 虽然路径及登陆点离广西沿海较远, 但是由于其结构具有不对称性, 在冷空气作用下, 依然造成了广西大范围暴雨的发生。本文通过对台风“浪卡”环流特征、成因及数值预报偏差进行分析, 增加对此类台风暴雨的认识, 为今后相似路径台风暴雨预报提供参考。

## 1 台风概况及风雨实况

台风“浪卡”(2016)于 2020 年 10 月 12 日 08 时在菲律宾以西洋面生成, 随后以西偏北路径移动, 于 10 月 13 日 19 时 20 分前后在海南省琼海市沿海登陆, 登陆时中心附近最大风力有 10 级 ( $25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 登

收稿日期: 2021-07-23

基金项目: 国家自然科学基金项目(41905077)、钦州市科学研究与技术开发计划项目(202014806)

作者简介: 赵飞(1989—), 广西玉林人, 工程师, 主要从事气象预报服务工作。E-mail: 397630204@qq.com

\* 通讯作者: 黄明策(1977—), 广西南宁人, 博士, 正高级工程师, 主要从事灾害性天气预报技术方法研究和应用。E-mail: luckyhmc@126.com

陆后强度由强热带风暴级减弱为热带风暴级,14日凌晨由海南岛移入北部湾海面,强度维持,于14日18时20分在越南清化沿海再次登陆,登陆后迅速减弱,20时减弱为热带低压,中央气象台23时对其停止编号(图1a)。

受“浪卡”影响,广西出现了明显的风雨天气,与进入广西内陆由台风本体引起暴雨天气不同的是,

台风“浪卡”减弱为低压后,广西才迎来了本次过程的最强降雨时段。14日20时至15日20时,广西雨量图(图1b)显示,全区有492个气象站累积降雨量大于50mm,44个气象站累积降雨量大于100mm,最强降雨区域出现在防城港市以及崇左市南部,最大累计降雨量为防城港市十万大山天马岭202mm。

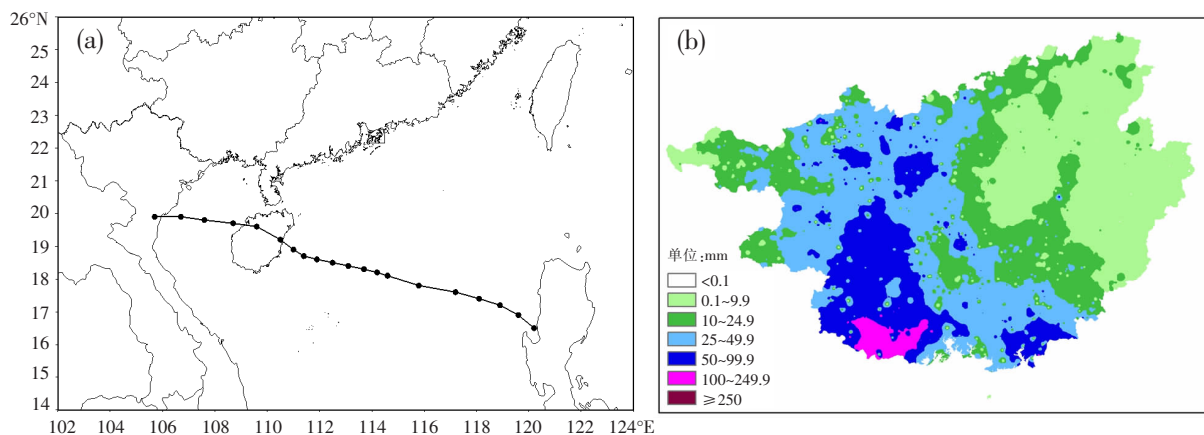


图1 台风“浪卡”移动路径(a)和10月14日20时至15日20时雨量分布(b)

## 2 环境背景及成因

### 2.1 200hPa

高层辐散对上升运动的发展有促进作用,是大范围暴雨出现的有利条件。10月,南亚高压已经减弱南移至海上,其脊线位于 $20^{\circ}\text{N}$ 附近。分析200hPa环流场可以发现,强降雨期间南亚高压中心有一次沿 $20^{\circ}\text{N}$ 线快速西移的过程。10月14日20时,南亚高压中心位于南海北部;15日08时,高压中心移动到北部湾上空;15日20时,高压中心再度西移到中南半岛北部。14日20时以后,虽然由于地面摩擦作用的影响台风强度迅速减弱,但是南亚高压的西移使广西上空被反气旋环流控制,高层辐散更加显著,有利于大范围上升运动的发展维持,对暴雨的出现十分有利。

### 2.2 500hPa

10月14日08时,500hPa副高控制了江南和华南东部,脊线位于 $25^{\circ}\text{N}$ 附近;“浪卡”中心位于北部湾,处于副高西南侧,台风和副高之间气压梯度大,东南风强;台风倒槽从北部湾伸向滇黔桂交界地区,广西大部地区受到倒槽后部的东南气流影响;与此同时,在高原东侧有一低压槽发展,随着“浪卡”西移,低压槽与台风倒槽逐渐靠近。14日20时,副高

进一步加强西伸,推动“浪卡”西移登陆越南北部沿海,台风倒槽与低压槽连成一线,“浪卡”本体与副高之间的气压梯度增大,造成倒槽后的东南风明显加大,阳江探空站850hPa风速达 $22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。高原东侧低压槽与台风倒槽的结合、副热带高压加强西伸造成500hPa台风倒槽的加强,为暴雨的出现提供了更有利的环流条件(图2)。

### 2.3 850hPa

纵观“浪卡”整个生命史,西南季风不活跃,与之

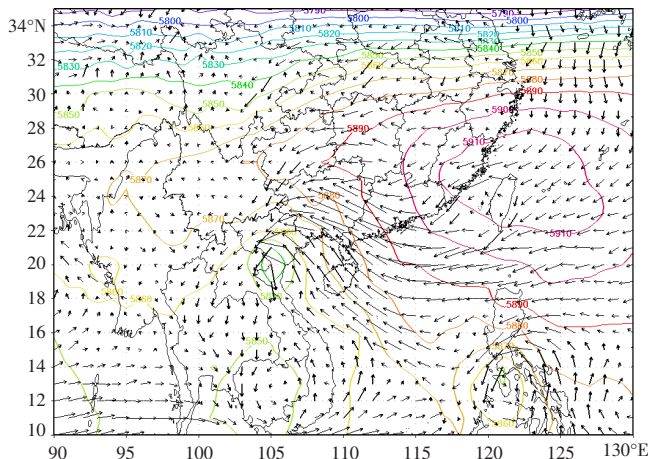


图2 10月14日20时500hPa高度场(等值线,单位gpm)叠加850hPa流场(风矢,单位 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )

相联系的西南水汽通道不明显, 导致台风南侧的对流云系发展不旺盛;但在台风的东侧和北侧,由于偏东到东南急流的存在,太平洋及南海水汽在此强烈辐合抬升,始终有旺盛的云系发展。

## 2.4 地面

“浪卡”进入北部湾后,冷空气也自北向南影响广西。黄莉等<sup>[10]</sup>对进入广西影响区域的秋季台风分析结果表明,适当冷空气对台风暴雨有明显的增幅作用。此次台风暴雨过程,冷空气的作用主要有两个:一个是前期对“浪卡”的阻挡作用,使其不能向北移动;另一个是对台风暴雨的增幅作用。14日20时,受冷空气的影响,地面上广西全境均为偏北风,而在低层为东南急流影响;东南暖湿气流在冷垫上爬升,为暴雨的发生和维持提供了良好的触发抬升条件。

## 3 物理量诊断分析

### 3.1 水汽通量分析

10月14日20时850hPa水汽通量场上,存在一个从南海北部指向桂南地区的水汽通道,中心值达到 $22\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ,在东南风作用下,水汽源源不断地从南海输送到广西,为暴雨发生提供了水汽条件。10月14日20时850hPa风场上,东南风急流从南海北部指向广西,阳江站和南宁站风速达到 $22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,位于低空急流左前侧的粤西和桂南地区低层强烈辐合,降雨云团在此发展,并在“浪卡”环流的引导下向西偏北方向移动并加强,为桂南和桂西地区带来充沛降雨。而在桂西南地区,14日20时存在一个水汽辐合中心,水汽通量散度值达到 $-2.5\times 10^{-7}\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ,水汽在此强烈辐合抬升,造成了此地的最强降雨。

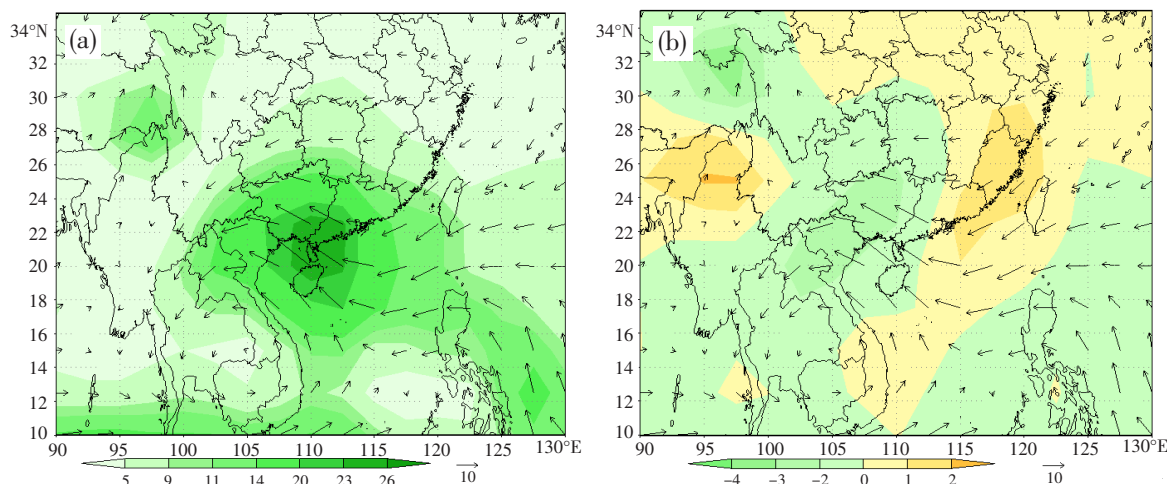


图3 14日20时850hPa水汽通量场(a,填色)、水汽通量散度场(b,填色)和流场(风矢)

### 3.2 涡度分析

台风“浪卡”登陆海南岛前,13日08时其850hPa中心涡度值为 $24\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ,登陆海南岛后涡度迅速增大;14日08时台风中心位于北部湾中心海域附近,其850hPa中心涡度值增大到 $56\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ;其后,850hPa中心涡度值逐渐减小,台风登陆后的14日20时,850hPa中心涡度值减小为 $30\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ 。从14日20时到15日20时,广西上空1000hPa存在一个正涡度大值区,涡度中心位于广西南部,14日20时中心涡度值为 $8\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ,15日08时中心涡度值为 $11\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ,15日20时中心涡度值为 $5\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ 。结

合1000hPa流场分析,正涡度大值区的存在表明来自南海北部的偏东到东南风在广西南部发生强烈的气旋性旋转,转变为偏北风,为辐合抬升提供了有利条件。

### 3.3 散度分析

在台风“浪卡”影响广西期间,环境场具有明显高空辐散形势,200hPa上广西被正散度区控制。台风中心进入北部湾后,低空辐合达到最强,14日08时925hPa辐合中心散度值达到 $-42\times 10^{-5}\cdot\text{s}^{-1}$ ,其后随着台风中心而逐渐减弱西移;15日08时,桂西南上空925hPa出现一个辐合中心,中心散度值达



到 $-25 \times 10^{-5} \cdot \text{s}^{-1}$ 。低空强辐合与和高空辐散叠加影响形成的“抽气”效应,对上升运动的发展维持十分有利。

### 3.4 垂直速度分析

分析 10 月 14—15 日垂直速度场发现,此次暴雨发生时,广西上空维持强上升运动;台风中心进入北部湾后,上升运动达到最强,14 日 08 时上升运动中心位于北部湾,垂直速度最大值达到 $-28 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ ;台风中心登陆越南北部后,垂直速度略有减小,但 14 日 20 时中心值仍有 $-21 \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,表明强上升运动依然持续。低空东南气流携带充沛水汽在对应区域强烈辐合上升,并长时间维持,对暴雨的发生十分有利。

## 4 模式预报降雨落区偏差原因分析

### 4.1 预报偏差

对最强降雨时段(14 日 20 时—15 日 20 时)EC 模式 48h 时效 24h 降水预报(即 13 日 20 时起报 14 日 20 时至 15 日 20 时雨量)进行偏差分析(对比图 1b 和图 4),即主观检验降雨的强度和落区差异情况。这次台风过程的降雨强度,EC 模式预报广西出现暴雨到大暴雨级别,实况降雨强度也为暴雨到大暴雨级别,降雨强度 EC 模式预报正确。但降雨落区上,预报落区与实况落区并不吻合,主要偏差体现在:(1)桂东南的大暴雨出现空报;(2)桂西南的大暴雨出现了漏报;(3)桂西北的暴雨出现漏报。

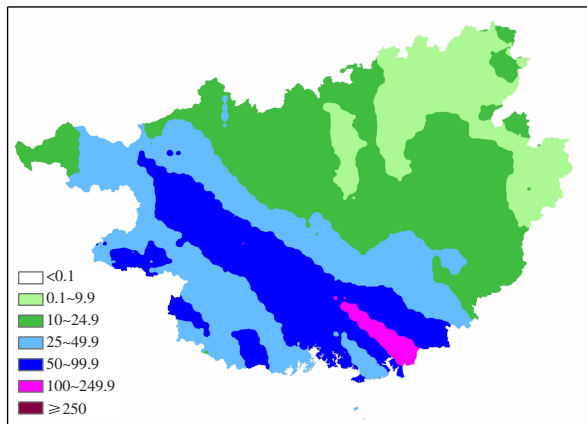


图 4 13 日 20 时起报的 EC 模式 24~48h(14 日 20 时至 15 日 20 时)降雨量预报(单位:mm)

### 4.2 偏差主要成因

#### 4.2.1 登陆越南后路径预报偏南

对比“浪卡”登陆海南后的实际移动路径及预报移动路径发现,在台风二次登陆越南北部后,预报路

径与实况路径出现了明显偏差,预报台风在二次登陆后将折向偏南方向移动,而实际上“浪卡”环流中心却向西北方向移动。台风中心向西北移动带动环流整体北移,使原来远离台风环流的桂西北地区受到台风环流影响,造成了该地区的强降雨,这可能的原因是模式对北边冷空气的影响预报偏强,导致环流预报偏南。

#### 4.2.2 副热带高压强度预报偏强

对比 14 日 20 时 500hPa 高度的预报场和实况场,从 588 线的分布可以发现,预报场副热带高压明显强于实况场。EC 模式预报 14 日 20 时副高呈尖头状,脊线位于  $25^{\circ}\text{N}$  附近,588 线西伸至  $101^{\circ}\text{E}$ ,台风北侧受到副高控制,台风受到副高阻挡难以北移;而实际上副高强度偏弱,结构断裂,主体位于台风东侧,呈圆头状,脊线位于  $26^{\circ}\text{N}$  附近,588 线西伸至  $105^{\circ}\text{E}$ ,台风北侧副高的阻挡作用明显偏弱,副高西侧引导气流的偏北分量强于预期,为台风北移创造了条件。

#### 4.2.3 低空偏东风急流漏报

对比 14 日 20 时 850hPa 流场的预报场和实况场,EC 模式预报了一个明显的台风倒槽,槽线从北部湾伸向桂北,根据此槽线的位置,桂东南地区位于槽线东南侧,东南急流前端,造成了桂东南大暴雨的空报。实际上,14 日 20 时 850hPa 存在一条横亘华南中部的偏东风急流,桂东南位于急流轴附近,桂西南位于急流左前侧,桂西南比桂东南辐合形势更好,EC 模式没能报出这条偏东风急流,从而造成了桂西南大暴雨的漏报。

#### 4.2.4 地面冷空气预报偏强

分析 14 日 20 时海平面气压场,地面冷高压控制了台风北侧的华南大部地区;在  $107^{\circ}\text{E}$  以东,预报和实况等压线比较吻合;而在  $107^{\circ}\text{E}$  以西,实况等压线明显比预报要偏北,表明在  $107^{\circ}\text{E}$  以西地区,冷高压南压程度不及预期,冷空气影响强度偏弱。在前面的形势分析中提到,冷空气对台风“浪卡”的移动具有阻挡作用,而实况冷空气影响偏弱,则对台风“浪卡”的阻挡作用减弱,对台风向西北方向移动有利。

## 5 结论与讨论

利用天气学分析检验方法,对台风“浪卡”(2016)造成广西暴雨成因及 EC 数值预报模式降雨预报偏差原因进行分析,主要结论如下:

(1) 南亚高压快速西移使高层辐散加强,500

hPa 台风倒槽的加强, 低层东南急流形成的水汽强辐合, 地面冷空气侵入的触发抬升是造成此次台风暴雨的主要原因。

(2) 副热带高压加强西伸使台风与高压之间气压梯度增大, 高原东侧低压槽与台风倒槽的结合是造成 500hPa 台风倒槽发展加强的重要原因。

(3) 此次台风过程 EC 模式的降雨强度预报正确; 降雨落区预报存在偏差, 桂东南的大暴雨出现空报, 桂西南的大暴雨出现漏报, 桂西北的暴雨出现漏报。

(4) 造成 EC 模式降雨落区预报偏差是由于登陆越南后路径预报偏南, 登陆后副高强度预报偏强, 低空偏东风急流漏报以及地面冷空气预报偏强。

#### 参考文献:

- [1] 杜惠良, 黄新晴, 冯晓伟, 等. 弱冷空气与台风残留低压相互作用对一次大暴雨过程的影响[J]. 气象, 2011, 37(7): 849–856.
- [2] 吴海英, 陈海山, 曾明剑, 等. 冷空气对台风“海葵”(1211)

倒槽特大暴雨作用分析[J]. 热带气象学报, 2014, 30(5): 871–880.

- [3] 何立富, 许爱华, 陈涛. “泰利”台风低压大暴雨过程冷空气与地形的作用[J]. 气象科技, 2009, 37(4): 385–391, 513.
- [4] 黄增俊, 黄归兰, 丘良, 等. 冷空气侵入超强台风“海燕”造成广西强降雨增幅成因分析[J]. 气象研究与应用, 2015, 36(1): 31–37.
- [5] 蒙昭臻, 陈见, 韩慎友, 等. 广西台风残涡暴雨发生特征分析[J]. 气象研究与应用, 2017, 38(1): 20–25.
- [6] 黄滢, 许文龙, 郭亮, 等. 0917 秋季台风“芭玛”移动特点和暴雨成因分析[J]. 气象研究与应用, 2012, 33(S1): 19–21.
- [7] 高安宁, 张瑞波. 2011 年秋季强台风“纳沙”导致广西灾害成因分析[J]. 灾害学, 2013, 28(1): 54–58.
- [8] 黄莉, 黄增俊, 白龙, 等. 台风“海燕”(2013)暴雨非对称结构及中尺度特征分析[J]. 热带气象学报, 2017, 33(3): 334–344.
- [9] 黄滢, 潘一铭, 蒋静. 秋季台风“海燕”的特点及成因分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(3): 13–17.
- [10] 黄莉, 白龙, 李紫甜. 适当冷空气对秋季台风暴雨增幅作用研究[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 38–44.

## Typhoon Nangka (2016) rainstorm causes and deviation analysis of numerical forecast model

Zhao Fei<sup>1</sup>, Bao Wenwen<sup>1</sup>, Zhang Xuebo<sup>1</sup>, Wei Meinao<sup>1</sup>, Liang Li<sup>1</sup>, Huang Mingce<sup>2\*</sup>

(1. Qinzhou Meteorological Bureau, Qinzhou Guangxi 535000;

2. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning Guangxi 530022)

**Abstract:** Using conventional meteorological data and NCEP reanalysis data, Typhoon Nangka rainstorm causes in Guangxi, 2020 and the causes of deviation of numerical model prediction are analyzed by using synoptic analysis and test methods. Using conventional meteorological data and NCEP reanalysis data, synoptic analysis and verification methods were used to analyze the rainstorm reasons in Guangxi caused by Typhoon No. 16 Nangka in 2020 and the reasons for the deviation of numerical model forecasts. The results show that (1) the rapid westward movement of the South Asian High strengthening the high-level divergence, the 500 hPa typhoon-inverted trough strengthening, the low-level southeast jet forming the strong convergence of water vapor, and the triggered uplift of the ground cold air intrusion are the main reasons for the typhoon rainstorm. (2) The strengthening and westward extension of subtropical high increased the pressure gradient between typhoon and high pressure. The combination of low-pressure trough and typhoon-inverted trough in the east of plateau was an important reason for the development and strengthening of 500hPa typhoon-inverted trough. (3) After landing in Vietnam, the path prediction was southward, the subtropical high intensity prediction was stronger, the low altitude easterly jet was not reported, and the ground cold air prediction was stronger, which are the reasons for the prediction deviation of the rainstorm falling area of the EC numerical model.

**Key words:** Typhoon Nangka (2016); typhoon rainstorm; cause of formation; numerical model deviation