Open Journal of Natural Science 自然科学, 2025, 13(2), 285-291
Published Online March 2025 in Hans. https://www.hanspub.org/journal/ojns
https://doi.org/10.12677/ojns.2025.132029

Hans汉斯

环流形势视角下相似路径台风布拉万(1215)与玲玲(1913)对辽宁不同区域强降水影响的成因剖析

宋　伟*，裴昭昭，朱　辉，陈　迪

民航局空管局气象中心，北京

收稿日期：2025年1月21日；录用日期：2025年3月3日；发布日期：2025年3月10日

摘　要

2012年8月底和2019年9月初分别受台风“布拉万”和“玲玲”影响，辽宁地区出现两次强度不同的暴雨天气。本文利用中国台风网下发的台风路径资料，ECMWF再分析资料和辽宁地区观测站资料等对辽宁地区两次暴雨过程进行天气学诊断对比分析。结果表明：“布拉万”导致辽宁中部地区产生暴雨天气，“玲玲”导致辽宁东部产生暴雨天气，“布拉万”在辽宁产生的降水量和降水范围都更大；两次台风过程台风均沿副高外围运动，高温高湿的空气与贝加尔湖向东南输送的冷空气交汇产生降水。

关键词

北上台风，辽宁，降水

Analysis of the Causes of the Impact of Typhoons Bolaven (1215) and Lingling (1913) with Similar Tracks on Heavy Precipitation in Different Regions of Liaoning from the Perspective of Circulation Patterns

Wei Song*, Zhaozhao Pei, Hui Zhu, Di Chen

Aviation Meteorological Center, ATMB, CAAC, Beijing

Received: Jan. 21st, 2025; accepted: Mar. 3rd, 2025; published: Mar. 10th, 2025

*通讯作者。

文章引用: 宋伟, 裴昭昭, 朱辉, 陈迪. 环流形势视角下相似路径台风布拉万(1215)与玲玲(1913)对辽宁不同区域强降水影响的成因剖析[J]. 自然科学, 2025, 13(2): 285-291. DOI: 10.12677/ojns.2025.132029

Abstract

In late August 2012 and early September 2019, the Liaoning region was affected by Typhoon Bolaven and Typhoon Lingling respectively, experiencing two rainstorm events with different intensities. In this paper, typhoon track data issued by the China Typhoon Network, ECMWF reanalysis data, and observational station data in the Liaoning region were used to conduct a synoptic diagnostic and comparative analysis of the two rainstorm processes in the Liaoning region. The results show that Typhoon Bolaven caused rainstorms in the central part of Liaoning, while Typhoon Lingling led to rainstorms in the eastern part of Liaoning. The precipitation amount and range generated by Bolaven in Liaoning were larger. During both typhoon processes, the typhoons moved along the periphery of the subtropical high. The air with high temperature and humidity converged with the cold air transported southeastward from Lake Baikal, resulting in precipitation.

Keywords

Northward-Moving Typhoons, Liaoning, Precipitation

Copyright © 2025 by author(s) and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).
http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Open Access

1. 引言

台风是发生在热带海洋上的一种具有暖中心结构的强气旋性涡旋，它所引发的台风暴雨、大风和风暴潮等灾害性天气造成了巨大的经济损失和人员伤亡[1]。北上台风是指深入中国北方的热带气旋，是中国东北和华北地区夏秋季灾害性天气之一[2]，其直接或间接引发的暴雨占东北地区暴雨的 40% [4]。北上台风灾害损失大，预报尤为重要，国内外已开展较多对北上台风及台风外围环流引起的暴雨相关的研究工作，上世纪 50 年代初，仇永炎就研究了台风与中纬度系统的相互作用对北方盛夏特大暴雨的影响[4]。

辽宁省位于中国东北地区最南端，地处渤海北部，东临黄海，海岸线长达 2100 km，是东北地区遭受北上台风影响最频繁的地区，暴雨和大风等灾害性天气给人民生命财产带来了巨大损失，例如受 2012 年第 15 号台风“布拉万”造成的影响，辽宁省受灾人口达到 165.2 万人，转移安置了 7.1 万人，受灾面积达到 13.5 万公顷，直接经济损失达到 25.2 亿元。由于影响辽宁地区台风频次、性质、强度和造成的灾害性天气与影响南方地区的台风显著不同[5]，使北上台风的预报较难。本文针对 2012 年和 2019 年两个路径相似的北上台风“布拉万”和“玲玲”诱发的辽宁地区暴雨天气过程，从环流背景方面进行了一次较为全面的诊断和对比分析，试图找出北上台风对辽宁地区降水的影响，以期为预报工作和防台防灾提供参考。

2. 资料与方法

本文所用资料包括：(1) 中国台风网(http://tcdata.typhoon.org.cn)提供的 2012 年和 2019 年西北太平洋热带气旋最佳路径数据集[6]；(2) 欧洲中期数值预报中心(ECMWF) ERA5 全球再分析资料，空间分辨率为 0.25˚ × 0.25˚，时间分辨率为一日 4 次(00:00，06:00，12:00，20:00，世界时(UTC))；(3) 辽宁省 62 个国家气象观测站逐日降水资料(图 1)和(4) 民航气象中心提供的沈阳桃仙机场和大连周水子机场例行观测报告(METAR)和特殊观测报告(SPECI)。除热带气旋最佳路径数据集外，资料的时间范围均为 2012 年 8 月和 2019 年 9 月，本文若无特别说明，均指北京时(BJT)。

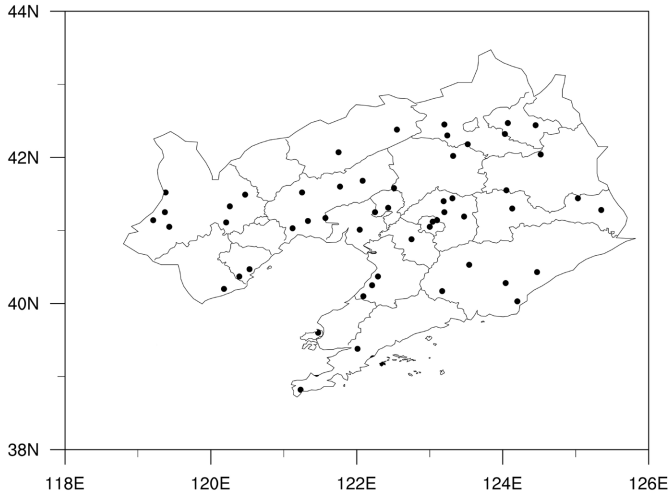


Figure 1. The distribution of the 62 national meteorological observatories in Liaoning province
图 1. 辽宁省 62 个国家气象观测站分布

3. 台风实况

1215 号台风“布拉万”于 2012 年 8 月 20 日 14 时在西北太平洋洋面生成并向西北偏西方向移动，22 日 02 时在西北太平洋上加强为台风，中心气压为 975 hPa，最大风力 12 级(33 m·s^{-1})，25 日 20 时加强为超强台风，中心气压 920 hPa，最大风力 16 级(55 m·s^{-1})，之后向西北偏北方向移动，28 日 22 时 50 分前后在朝鲜西北部以强热带风暴级登陆，中心气压为 975 hPa，中心最大风力 10 级(28 m·s^{-1})，登陆后向偏北方向移动，强度逐渐减弱(图 2)，29 日 17 时，中央气象台停止编号。

1913 号台风“玲玲”于 2019 年 9 月 2 日 08 时在西北太平洋洋面生成并向西北偏北方向移动，3 日 20 时在台湾岛东南方向洋面上加强为台风，中心气压为 975 hPa，最大风力 12 级(33 m·s^{-1})，5 日 14 时加强为超强台风，中心气压 930 hPa，最大风力 16 级(55 m·s^{-1})，7 日 14 时在朝鲜西部沿海以台风级登陆，中心气压为 960 hPa，中心最大风力 13 级(38 m·s^{-1})，随后移入东北地区(图 2)，8 日 10 时，中央气象台停止编号。

3.1. 台风强度对比

“布拉万”和“玲玲”在生成初期均表现为热带风暴，随后逐渐加强为超强台风。“布拉万”在登陆朝鲜西北部时减弱为强热带风暴，中心气压为 975 hPa，最大风力 10 级(28 m·s^{-1})；而“玲玲”在登陆朝鲜西部沿海时仍维持台风级别，中心气压为 960 hPa，最大风力 13 级(38 m·s^{-1})。这表明“玲玲”在登陆时强度更强，可能与其登陆前的水汽输送和环流结构有关。

3.2. 移动速度对比

“布拉万”从生成到登陆朝鲜西北部共历时 8 天，移动路径较长，且移动速度相对较慢，尤其是在接近朝鲜半岛时，移动速度进一步减缓，这为辽宁中部地区提供了较长时间的水汽输送和降水条件。相比之下，“玲玲”从生成到登陆朝鲜西部沿海仅历时 6 天，移动速度较快，尤其是在登陆后迅速北移，导致其对辽宁东部地区的影响时间较短。

3.3. 降水强度和持续时间对比

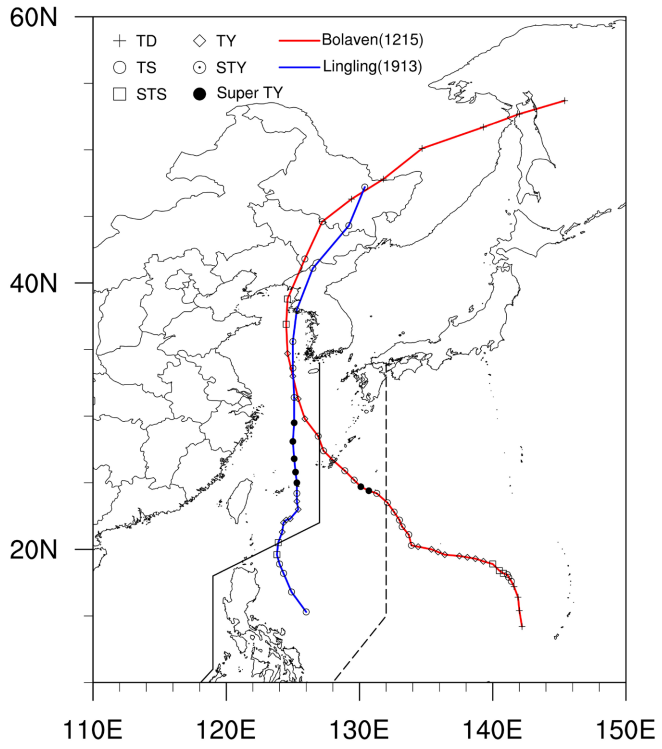
2012 年 8 月 28 日 08 时至 29 日 08 时，受台风“布拉万”影响，辽宁中部地区出现暴雨，局部大暴

雨天气。全省 62 个国家气象观测站中，47 个站出现降雨(图 3(a))，平均降水量 51.01 mm，最大降水量出现在辽阳站，为 130 mm。民航气象报文显示，28 日 14:00~19:54，沈阳桃仙机场出现小雨，19:54~22:28 为持续性中雨，22:28 转为大雨持续至 29 日 00:50，之后转为小雨，29 日 08:30 降水结束，总降水量为 108.5 mm，达到了大暴雨量级，降水期间还出现了 24 m·s^{-1} 的西北大风。强降水导致 34 架航班取消，13 架航班备降，3 架航班延误。2019 年 9 月 7 日 08 时至 8 日 08 时，受台风“玲玲”影响，辽宁东部地区出现暴雨，局部大暴雨天气。全省 62 个国家气象观测站，37 个站出现降雨(图 3(b))，平均降水量 18.62 mm，最大降水量出现在桓仁站，为 101.8 mm。民航气象报文显示，沈阳桃仙机场未出现降水天气。与台风“布拉万”相比，台风“玲玲”带来的降水明显偏少，位置偏东。

3.4. 统计显著性分析

通过对比两次台风的降水数据，发现“布拉万”在辽宁中部地区的降水量和降水范围显著大于“玲玲”在辽宁东部地区的降水量和范围。利用 t 检验对两次台风的平均降水量进行统计分析，结果显示 p 值小于 0.05，表明两次台风降水差异具有统计学显著性。此外，“布拉万”的降水持续时间显著长于“玲玲”，进一步验证了其降水影响的广泛性和持续性。

3.5. 综合对比



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2016)1600 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 2. Track and intensity of typhoons Bolaven (14:00 BJT 19 to 20:00 BJT 30 August 2012, red line) and Lingling (08:00 BJT 2 to 08:00 BJT 8 September 2019, blue line). Time interval is 6 hours. Tropical depression (TD), Tropical storm (TS), Severe tropical storm (STS), Typhoon (TY), Severe typhoon (STY), Super typhoon (Super TY)

图 2. 2012 年 8 月 19 日 14 时至 30 日 20 时台风“布拉万”(红线)和 2019 年 9 月 2 日 08 时至 8 日 08 时台风“玲玲”(蓝线)移动路径及强度，时间间隔 6 小时，热带低压(Tropical depression, TD)，热带风暴(Tropical storm, TS)，强热带风暴(Severe tropical storm, STS)，台风(Typhoon, TY)，强台风(Severe typhoon, STY)，超强台风(Super typhoon, Super TY)

综合来看，“布拉万”和“玲玲”虽然路径相似，但在强度、移动速度和降水特征上存在显著差异。“布拉万”移动速度较慢，降水集中在辽宁中部，且降水量大、持续时间长；“玲玲”移动速度较快，降水集中在辽宁东部，且降水量较小、持续时间短。这些差异可能与副热带高压的分布、台风的移动路径以及冷暖气流的交汇位置有关。

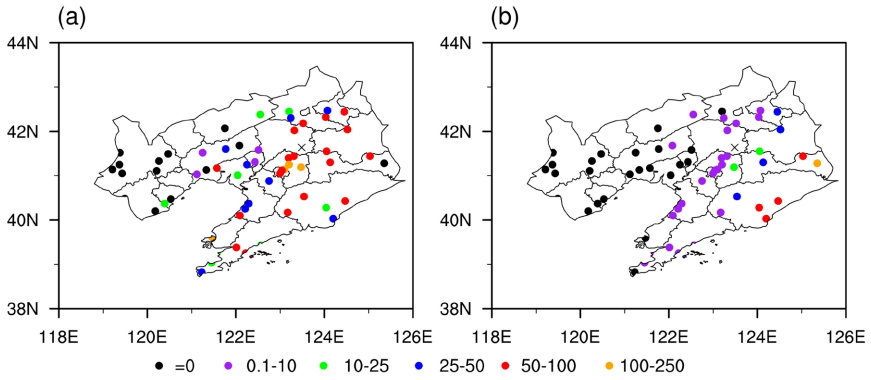
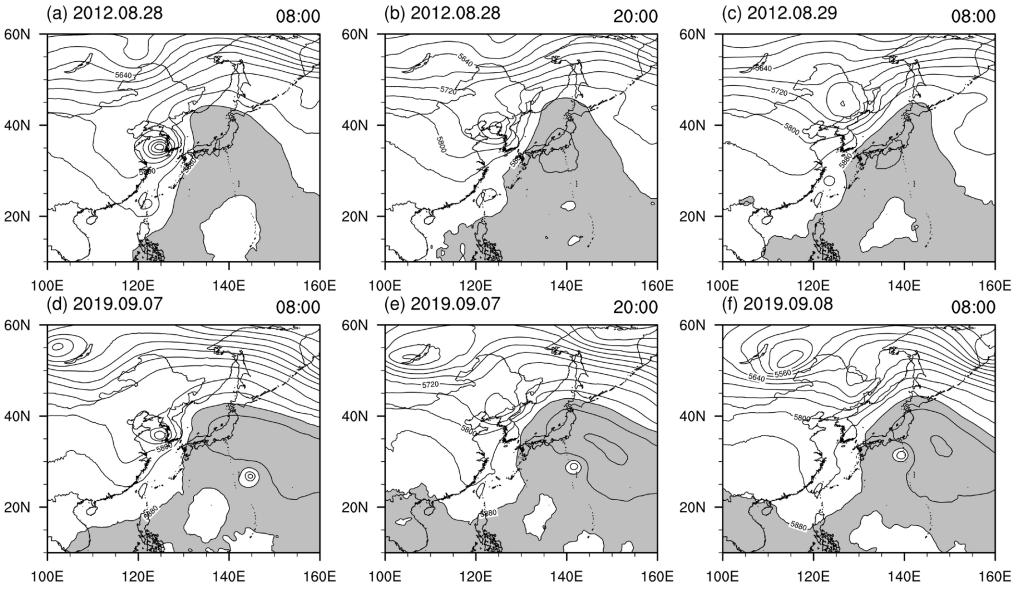


Figure 3. The accumulated precipitation (unit: mm) in Liaoning Province: (a) 08:00 BJT 28 to 08:00 BJT 29 August 2012; (b) 08:00 BJT 7 to 08:00 BJT 8 September 2019, the cross indicates Shenyang Taoxian International Airport

图 3. 辽宁省累计降水量分布：(a) 2012 年 8 月 28 日 08 时至 29 日 08 时；(b) 2019 年 9 月 7 日 08 时至 8 日 08 时，单位：毫米，叉号代表沈阳桃仙国际机场

4. 环流形势分析

4.1. 500 hPa 高度场



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS (2016)1600 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 4. Geopotential height (unit: gpm) at 500 hPa: (a) 08:00 BJT 28 August 2012, (b) 20:00 BJT 28 August 2012, (c) 08:00 BJT 29 August 2012, (d) 08:00 BJT 7 September 2019, (e) 20:00 BJT 7 September 2019 and (f) 08:00 BJT 8 September 2019, the contour interval is 40 gpm, shaded areas exceed 5880 gpm

图 4. 500 hPa 位势高度场：(a) 2012 年 8 月 28 日 08 时；(b) 2012 年 8 月 28 日 20 时；(c) 2012 年 8 月 29 日 08 时；(d) 2019 年 9 月 7 日 08 时；(e) 2019 年 9 月 7 日 20 时；(f) 2019 年 9 月 8 日 08 时，单位：gpm，等值线间隔 40 gpm，阴影区> 5880 gpm

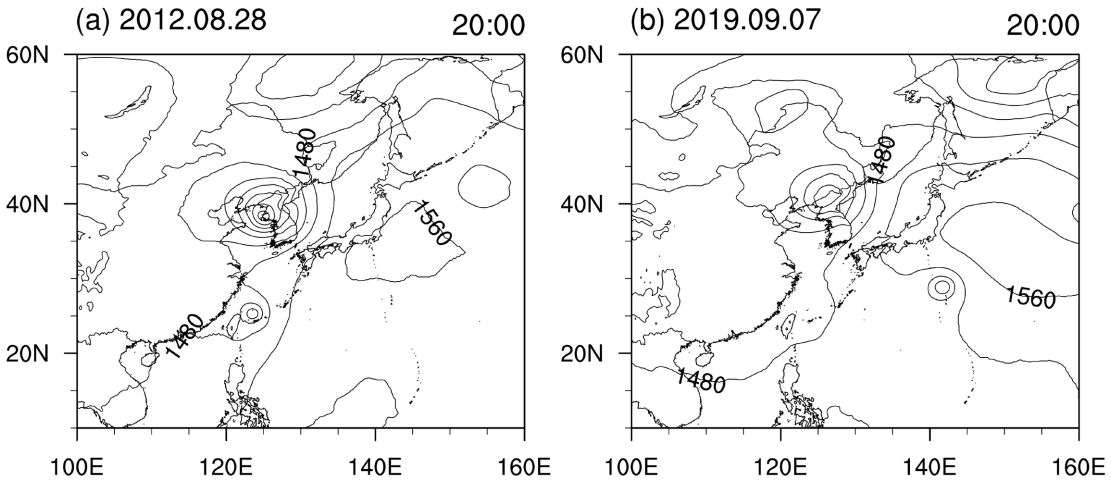
台风“布拉万”影响期间，副热带高压(简称“副高”)中心位于日本，西边界位于朝鲜半岛，台风沿西南界向西北方向移动至西脊点。2012 年 8 月 28 日 08 时(图 4(a))，“布拉万”移动至黄海北部，外围环流开始影响辽宁地区，贝加尔湖前部低槽后部有新的冷空气汇入，形成短波槽，携带弱冷空气南下，弱冷空气前部与台风暖湿气团在辽宁省南部交汇形成降水。28 日 20 时(图 4(b))，副高东退到 130˚E 以东，“布拉万”移至朝鲜西南部沿海，倒槽已经影响到东北地区，外围风力较大，特别是东侧有大面积大风区，主要为东风和东南风，有利于海上的水汽向东北地区输送，并在倒槽处形成辐合，为暴雨的产生和维持提供有力条件。29 日 08 时(图 4(c))，“布拉万”移动至吉林省北部，辽宁省受槽后西北气流控制，降水基本结束。

台风“玲玲”影响期间，副高中心位于日本东南部洋面上，西界位于朝鲜半岛，台风沿西界向西北方向移动。2019 年 9 月 7 日 08 时(图 4(d))，“玲玲”位于朝鲜半岛以东，辽宁省主要受偏东急流控制，暖湿气流和能量由台风直接输送至辽宁省上空，贝加尔湖前低槽后部冷空气向东南输送，与台风带来的暖湿气流交汇，有利于降水出现。7 日 20 时(图 4(e))，台风移动至辽宁省东侧，辽宁省西侧仍有冷空气汇入，导致辽宁省东部出现降水。8 日 08 时(图 4(f))，“玲玲”移动到黑龙江省西部，辽宁省基本受西北气流控制，降水结束。

对比两次台风过程，不同之处在于：台风“布拉万”影响期间，副高呈南－北向块状分布。而台风“玲玲”影响期间，副高呈西北－东南向带状分布。相同之处在于：副高稳定，台风沿副高外围运动，高温高湿的暖湿空气与贝加尔湖向东南输送的冷空气交汇产生降水。

4.2. 850 hPa 高度场

台风“布拉万”影响期间，2012 年 8 月 28 日 20 时(图 5(a))，台风低压环流完整，气压梯度大，最大风速达到 28 $m \cdot s^{-1}$，水汽和热力输送十分明显，同时，弱冷空气随着低涡、低槽东移南下，与台风环流发生相互作用，有利于辽宁省强降水的出现，然而，环流移动速度较快，水汽和热力输送时间较短，不利于暴雨的持续。随着“布拉万”向北移动，台风强度逐渐减弱，但是仍然能够保持较为完整的环流直至移出辽宁省。



注：该图基于自然资源部标准底图服务网站下载的审图号为 GS(2016)1600 号的标准地图制作，底图无修改。

Figure 5. Geopotential height (unit: gpm) at 850 hPa: (a) 20:00 BJT 28 August 2012 and (b) 20:00 BJT 7 September 2019, the contour interval is 40 gpm

图 5. 850 hPa 位势高度场：(a) 2012 年 8 月 28 日 20 时和(b) 2019 年 9 月 7 日 20 时，单位：gpm，等值线间隔 40 gpm

台风“玲玲”影响期间，2019 年 9 月 7 日 20 时(图 5(b))，台风中心位于辽宁省东侧，台风低压环流结构较为松散，气压梯度较小，最大风速为 23 $m \cdot s^{-1}$，水汽和热力输送在辽宁省东部较为明显，因此暴雨主要出现在辽宁省东部地区，环流移动速度也很快，不利于暴雨的持续。随着“玲玲”快速地向北移动，环流系统对辽宁的影响很快结束。

对比两次台风过程，均有明显的水汽和热力输送，为暴雨的产生提供足够的水汽和热力条件，但与“布拉万”过程相比，“玲玲”的环流中心偏东，因此暴雨的位置也偏东，主要位于辽宁省东部地区。此外，随着台风北上，两次过程水汽和热力输送时间都很短，环流移动速度都很快，对辽宁省的影响均很快结束。

5. 结论与讨论

通过对 2012 年台风“布拉万”和 2019 年台风“玲玲”诱发的辽宁地区降水天气过程的环流背景进行了一次对比分析，得到以下结论：

(1) 路径与降水差异：“布拉万”于朝鲜西北部以强热带风暴级登陆后北移，致使辽宁中部出现暴雨、局地大暴雨；“玲玲”在朝鲜西部沿海以台风级登陆后移入东北，影响辽宁东部产生类似降水，但降水量少且位置偏东。

(2) 副高形态及降水机制：“布拉万”影响时，副高呈南－北带状；“玲玲”影响时，副高呈西北－东南带状。两次台风过程中，副高稳定，台风沿其外围移动，冷暖空气交汇产生降水。

(3) 环流中心与水汽输送：“布拉万”环流中心偏西，强降水集中于辽宁中部；“玲玲”环流中心偏东，强降水在辽宁东部。两次台风均有明显水汽输送，为强降水提供水汽条件，然而水汽输送时间短，环流移动快，对辽宁地区影响迅速结束。

综上，本文明确了不同路径北上台风对辽宁地区降水影响的差异，可为辽宁地区台风降水预报及防台防灾工作提供科学参考。后续研究可进一步针对不同副高形态下，台风与冷空气相互作用的具体物理过程开展深入分析，以提升对台风降水预报的精准度。

参考文献

[1] 李慧琳, 高松影, 徐璐璐, 等. 影响辽东半岛两次相似路径的台风对比分析[J]. 气象与环境学报, 2015, 31(1): 6-13.

[2] 段云霞, 李得勤. 台风“碧昂斯”的雷达反演与改进[J]. 气象与环境学报, 2012, 28(5): 25-33.

[3] 梁军, 陈联寿. 影响辽东半岛热带气旋运动、强度和影响的特征[J]. 热带气象学报, 2005, 21(4): 410-419.

[4] 仇永炎. 夏季西太平洋及东亚热带波动的运行及结构[J]. 气象学报, 1952, 23(z1): 85-89.

[5] 梁军, 张胜军, 李婷婷, 等. 台风布拉万(1215)北上所引发辽东半岛强降水的诊断分析[J]. 干旱气象, 2018, 36(6): 990-996.

[6] Ying, M., Zhang, W., Yu, H., Lu, X., Feng, J., Fan, Y., Zhu, Y. and Chen, D. (2014) An Overview of the China Meteorological Administration Tropical Cyclone Database. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, **31**, 287-301. https://doi.org/10.1175/JTECH-D-12-00119.1