

不同台风路径降水台州地形分布差异分析

高 丽, 王 凯, 翁之梅

台州市气象局, 浙江 台州
Email: 362579619@qq.com

收稿日期: 2021年2月4日; 录用日期: 2021年3月8日; 发布日期: 2021年3月16日

摘 要

为探讨台州各类台风路径降水地形分布差异, 将台州地形划分为海岛、海岸带、平原地区、迎风坡和内陆地区, 利用2004~2019年台州自动站观测的71个台风降水资料, 分析各类台风路径降水特征。结论如下: 1) 各类台风路径下降水量地形分布差异较大, 迎风坡最大, 平原地区次之; 2) 在浙江沿海石浦以南登陆的台风, 降水量最大, 台风最大降水集中在括苍山系以东临海东部、雁荡山以东黄岩西部以及台州北部华顶山以东三门西部迎风坡地区; 3) 台风路径1、2、3的迎风坡降水量尤为明显, 主要由于台州位于台风移动路径的右半圆, 盛行东南气流, 迎风坡等地形对雨量增幅作用最为明显; 4) 通过地形敏感性分析发现: 东南气流影响下, 台州地形, 特别是迎风坡地形对台风暴雨有明显增幅作用, 面雨量随地形高度的增加而增加, 地形加倍时和无地形时平均雨量增减可达三到四成。

关键词

地形分布, 台风路径, 降水量分布

Topographic Distribution Characteristics of Rainfall along Typhoon Paths in Taizhou

Li Gao, Kai Wang, Zhimei Weng

Taizhou Meteorological Bureau, Taizhou Zhejiang
Email: 362579619@qq.com

Received: Feb. 4th, 2021; accepted: Mar. 8th, 2021; published: Mar. 16th, 2021

Abstract

In order to explore the difference of topographic distribution of precipitation along different typhoon tracks in Taizhou, the typhoon tracks are divided into islands, coastal zones, plains, windward slopes and inland areas according to the topography of Taizhou. The precipitation character-

istics of various typhoon tracks are analyzed by using 71 typhoon precipitation data observed at Taizhou Automatic Station from 2004 to 2019. The conclusions are as follows: 1) The topographic distribution of downward water volume varies greatly among different typhoon paths, with the largest windward slope and the second place in plain areas; 2) the typhoon landing south of Shipu, Zhejiang coast, has the largest precipitation, and the largest precipitation of typhoon is concentrated in the windward slope areas east of the Kuocang Mountain, west of Huangyan, east of Yandang Mountain, and west of Sanmen, east of Huadingshan, north of Taizhou; 3) the precipitation on windward slopes of wind paths 1, 2 and 3 is particularly evident, mainly because Taizhou is located in the right half circle of the typhoon's moving path, southeast airflow prevails, and topography such as windward slope has the most obvious effect on the increase of rainfall; through the terrain sensitivity analysis, it is found that under the influence of southeast air flow, the topography of Taizhou, especially the windward slope topography, has an obvious increasing effect on the typhoon rainstorm, the area rainfall increases with the increase of terrain height, and the average rainfall increases or decreases by 30%~40% when the terrain doubles or when there is no terrain.

Keywords

Topographic Distribution, Typhoon Path, Precipitation Distribution

Copyright © 2021 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(中心最大风力 ≥ 8 级的热带气旋统称为台风)是影响我国东南沿海最严重的天气系统之一。它带来的狂风暴雨和风暴潮,常造成人员伤亡和严重财产损失。地形作为影响台风降水的一个重要因素,一直被气象工作者重视和研究[1] [2] [3]。段丽、陈联寿等通过数值试验研究了海南山脉地形对热带风暴 Fiow 的影响,发现:山脉地形有利于触发地形高度之下的 MCS 系统[4]。夏丽华等通过对台湾地形下 1011 “凡比亚”台风的数值模拟发现:台风中部山脉对台风降水具有明显的增幅作用[5]。苏玉婷等通过对广西沿海地形下“威马逊”超强台风的地形敏感性试验发现:地形为降水提供了明显的中低层抬升及水汽辐合[6]。黄奕武等通过超强台风罗莎的降水分布分析得出:浙江东南沿海迎风坡对降水影响较东北沿岸明显得多[7]。而张建海等通过台风 Khanun 的地形敏感性试验得出:由于环境场偏强、引导气流、浙江地形较低的影响,浙江地形对台风 Khanun 降水增幅作用并不显著[8]。可见地形对台风降水的增幅作用受台风路径、地形地势等多要素影响。台州地处浙江中部沿海,是浙东受台风影响最严重的城市之一。因其西北环山,主干山脉呈东北-西南走向的特殊地形,常在一定时间内增加台风的降水,从而导致台风降水的地理分布差异十分明显。因此有必要针对不同台风路径地形降水差异作研究。

04 年之后,气象部门加大中尺度站建设,为台风的精细化降水分析提供了依据。本文首次利用台州自动站气象资料,统计分析不同路径台风地形降水分布差异,提高预报员台风地形降水预报准确率。

2. 资料、地形划分和台风路径

本文选用 2004~2019 年台州市自动气象站资料,统计分析不同移动路径的台风对台州降水的地形分

布特征。

2.1. 地形区域划分

根据台州气象志[9]将台州的地形划分为海岛、海岸带、平原地区、迎风坡地区、内陆地区(图 1(a))。离海岸线 5 km 的陆上地带定为海岸带；山坡朝向与风向交角在 $45^{\circ}\sim 135^{\circ}$ 、海拔在 300 m 以上的山区和风上方 5 km 以内的地区定为迎风坡地区，这个区域包括温岭西部的雁荡山区、黄岩西部大部、临海仙居括苍山区、天台华项、三门亭旁山区等(对迎风坡而言，不同的台风路径略有不同)；温岭、台州三区、临海、三门除迎风坡外的地区定为平原地区；天台、仙居除迎风坡外的地区定为内陆地区。

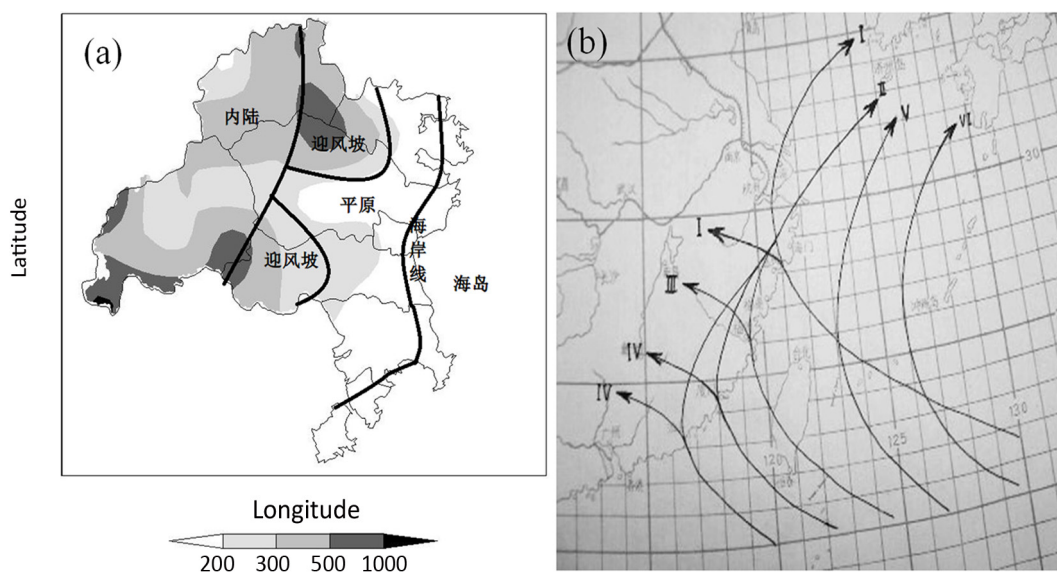


Figure 1. Division of geography and geomorphology in Taizhou (shadow area is geopotential height) (1a), Classification of tropical cyclones affecting Taizhou (1b)

图 1. 台州地理地貌划分(阴影区为位势高度) (1a)和影响台州热带气旋分类(1b)

2.2. 台风路径划分

影响台州的台风路径的划分，按以下规定分为 6 类(图 1(b))。

路径 1：在石浦以南的浙江沿海登陆；

路径 2：台风移动路径与海岸线交角 $\geq 135^{\circ}$ 登陆石浦及以北的浙江沿海或登陆长乐 - 福鼎的闽北沿海并转经浙江或在登陆地附近地区缓行消亡或登陆晋江 - 福清的闽中沿海，并转经浙江北上或出海；

路径 3：台风移动路径与海岸线交角 $< 135^{\circ}$ 登陆石浦及以北的浙江沿海或登陆晋江 - 福清的闽中北沿海地区西行深入内陆消亡(或转向)或登陆厦门以南的福建、广东沿海后转东北移近闽北到浙江中南出海(消亡)或经过 122.0°E 以西的闽(台)、浙沿海海域北上或转出警戒区；

路径 4：登陆厦门及以南的福建沿海，并快速深入内陆消亡或转向。

路径 5：台风经过 $122.0^{\circ}\sim 125.0^{\circ}\text{E}$ 的闽(台)、浙江沿海海域北上或转出警戒区或在 $22.1^{\circ}\sim 32.0^{\circ}\text{N}$ ， $114.1^{\circ}\sim 128.0^{\circ}\text{E}$ 之警戒区海域减弱为热带低压或登陆上海以北地区；

路径 6：在 125°E 以东、 $24.1^{\circ}\sim 31.0^{\circ}\text{N}$ 之间经海上转出警戒区、登陆广东中、东部西移或经浙江以北出海。

按上述台风移动路径的分类方法，2004~2019 年共有 71 个符合路径归类标准(见表 1)。

Table 1. Typhoon track categories affecting Taizhou from 2004 to 2018
表 1. 2004~2018 年影响台州的台风路径类别

	路径一	路径二	路径三	路径四	路径五	路径六
影响个数	10	17	14	4	17	9
所占比例	14.08	23.94	19.72	5.63	23.94	12.68

3. 各类台风路径降水量分布差异

根据表 1 中的 71 个分型台风,按台州地形划分标准,分别统计海岛地区、海岸带地区、平原地区、迎风坡地区、内陆地区的降水量(第 6 类路径个例少,降水量甚小,下面不作描述)。

3.1. 不同路径降水地形分布特征

图 2 为 1、2、3、4 和 5 台风路径下台州各站点雨量及地形面雨量分布图,从图中可以看出,各类台风路径下各站降水分布差异较大,总体雨量表现为随着台风登陆点和台州距离的增大,雨量呈递减趋势。各种路径站点雨量的最大值都出现在迎风坡地区,平原地区次之。其中,路径 1 的台风是台州各地形下影响都最严重台风,近 16 年共有 10 个个例。这种路径下的迎风坡的增幅作用最为显著,台风最大降水集中在括苍山系以东临海东部、雁荡山以东黄岩西部以及台州北部华顶山以东的三门西部迎风坡地区(图 2(a))。沿此路径移动的不同台风间降水量同时受台风本体降水结构影响较大。如 0414 号台风“云娜”,因其强度强、范围大、影响时间较长,其对台州带来的降水量为各个台风降水量之最大;而 0608 号台风“桑美”,强度虽然很强,但其范围小,登陆点偏南,是路径 1 的台风中降水量最少的台风,上述 5 个地区的平均降水量均不足 50 mm。

路径 2 的台风在台州各地形台风暴雨中排名第二。影响个数与路径 5 并列第一多,近 16 年有 17 个台风沿此类路径影响台州。相较于路径 1 台风雨量减小,雨量中心范围更为集中,表现为即在黄岩西部地区(图 2(b))。各区域的平均降水约为路径 1 的 60%~70%,由于台风登陆点相对路径 1 位置偏南,水汽和动量辐合中心集中在登陆点附近,东南气流影响下西部地形辐合线增强黄岩西部迎风坡降水。

路径 3 的台风对台州的影响比路径 1、路径 2 小,共有 14 个个例。降水中心除出现在黄岩西部的迎风坡外,还在内陆仙居中部和平原临海中北部出现了小范围的降水中心(图 2(c))。由于台州长时间受台风西侧东北气流或偏南气流的影响,降水更少,降水中心点范围更小。海岛平均降水量为 76.23 mm,海岸带平均降水量为 71.3 mm,平原地区平均降水量为 195.4 mm,迎风坡地区平均降水量为 147.9 mm,内陆地区的平均降水量为 103.1 mm (图 2(f))。

台风路径 4 个例较少仅有 4 例,影响过程降水量也不大,由于代表性差,不做评述。

路径 5 个例共 17 个,历史台风影响个例和路径 2 并列台州第一,但各区域平均降水量仅在 20 mm 上下,各类地形差异不大(图 2(e))。这主要是由于此类路径的台风是由经闽(台)、浙江沿海海域北上或转出警戒区、在警戒区海域减弱为热带低压、登陆上海以北地区等的台风造成,台风中心位置相对偏南、偏东,台州多受其外围东北气流或相对较弱气流影响,此外,还受双台风互旋、移速慢,影响时间较长等的影响,区域平均降水量较大[10] [11],但区域平均降水量最多也不超过 60 mm,迎风坡和海岛是平均降水量最大的两个区域。

为了更直观地体现出各类型地形的平均降水量的差异,本文以居中的平原地区作为基准进行比较,表 2 为各类台风路径下台州各地形平均降水量以平原地区为基准的倍数,从表中可以看出迎风坡的平均降水量最大,为平原地区的 0.96~1.46 倍,其余的内陆地区、海岸带和海岛(除路径 3、5 外)平均降水量均少于平原地区,大部分路径的海岸带和海岛相差不大。这与平均面雨量的地形分布特征相一致。

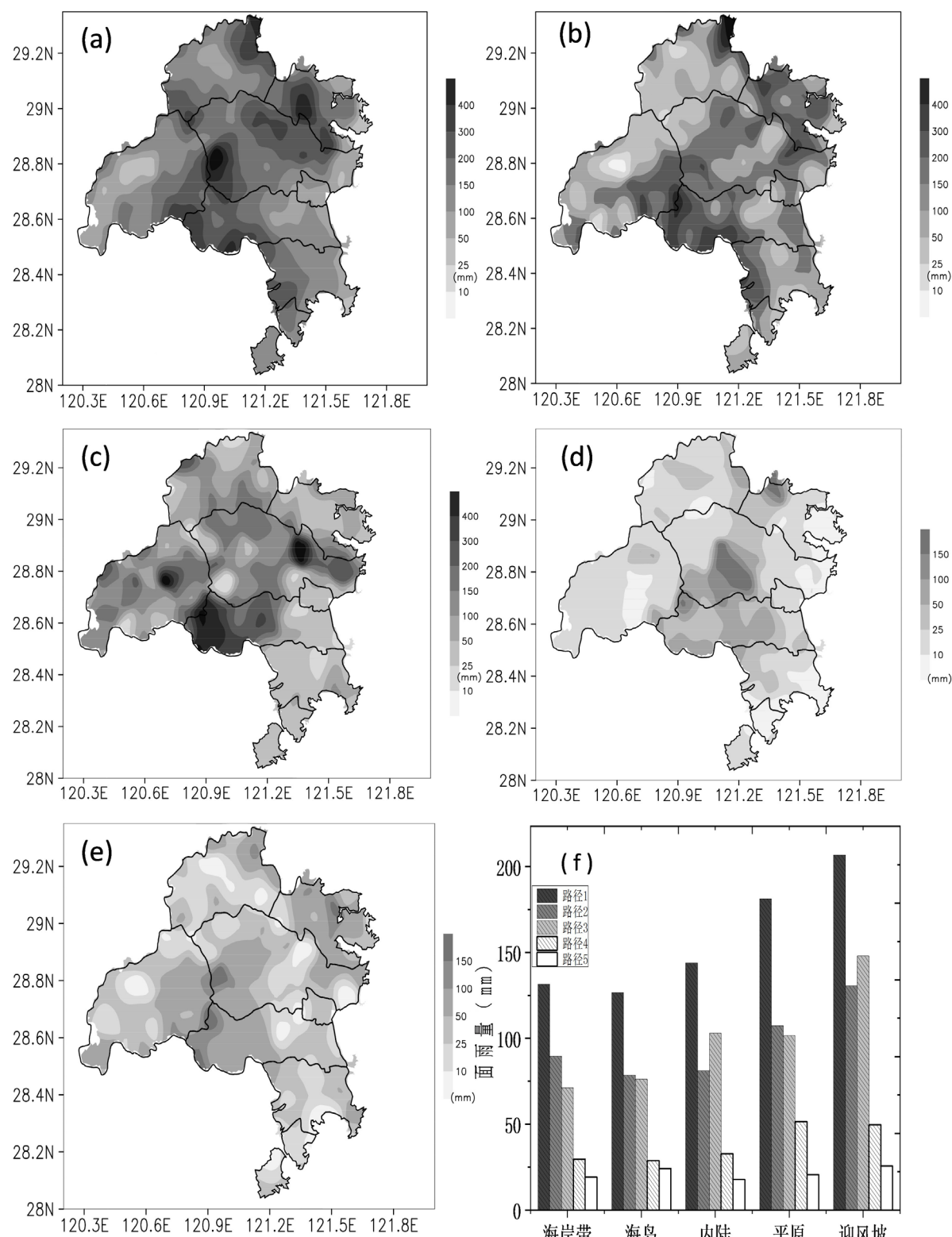


Figure 2. The average area rainfall of Taizhou typhoon track 1 (2a), 2 (2b), 3 (2c), 4 (2d), 5 (2e) and the distribution of terrain area rainfall under different tracks (2f)

图 2. 台州台风路径 1(2a)、2(2b)、3(2c)、4(2d)、5(2e)各区域平均面雨量和不同路径下地形面雨量分布(2f)

Table 2. The multiple of average precipitation in Taizhou based on plain area under various typhoon paths (unit: Times)
表 2. 各类台风路径下台州各地形平均降水量以平原地区为基准的倍数(单位: 倍)

路径类型	区域			
	海岸带	迎风坡	海岛	内陆
路径 1	0.73	1.14	0.70	0.79
路径 2	0.83	1.22	0.73	0.75
路径 3	0.70	1.46	0.75	1.01
路径 4	0.58	0.96	0.56	0.64
路径 5	0.93	1.24	1.16	0.86

3.2. 各地形区域内最大雨量站点的降水量分布

通过各类台风路径下台州各地形区域内最大雨量站点的降水量数据(表略), 从表中可以看出, 前 3 种路径下, 最大雨量站点均出现在迎风坡, 最小雨量站点则位于海岛或海岸带区域, 迎风坡雨量增幅作用尤其显著[12], 这主要是由于台州位于台风移动路径的右半圆, 在东南气流影响下, 地形与风向交角近 90°, 根据地形性上升速度导致的降水率估算公式:

$$I = \frac{1}{69.72} \cdot \frac{P_0 q_{s0}}{RT_0} \cdot v_0 \cos \beta \tan \alpha \tag{1}$$

其中 q_{s0} 为地面饱和比湿, α 为地形坡度, β 为风向与地形夹角, 可知地形降水率和风向与地形交角密切相关, 地形与风向交角接近。

4. 迎风坡地形敏感性试验

通过 6 类台风路径下降水分布特征分析不难发现: 路径 1、2、3 下, 东南气流影响下, 台州迎风坡地形对台风降水的明显增幅作用。为了进一步证明迎风坡地形的增幅, 利用中尺度模式 WRF (Weather Research and Forecasting Model)对 0509 台风麦莎设计地形敏感性实验。

模拟试验设计中的物理参数设置采用了如下的方案: 微物理过程第一层为 Lin *et al.*方案, 第二层为 WSM 3 类简单冰方案; 长波辐射均为 rrtm 方案; 短波辐射均为 Dudhia 方案; 边界层均为 Monin-Obukhov 方案; 积云对流参数化第一层为 Betts-Miller-Janjic 方案, 第二层为浅对流 Kain-Fritsch (new Eta)方案。模拟过程中采用两重嵌套网格, 第一重格距为 9 km, 第二重格距为 3 km, 模拟中心为 28°N; 120°E; 模拟的初始时刻为 2005 年 8 月 3 日 20 时, 积分 72 h, 使用了美国国家环境预报中心(NCEP)的 FNL1° × 1°的全球再分析资料作为初始场资料。

通过对比不同地形高度的雨量分布(表 3), 可以发现: 地形减半时, 迎风坡累积雨量减小、大雨量中心范围也缩小; 相反地形加倍, 迎风坡及其与海岸带交界带雨量增幅作用明显, 因此台州的迎风坡地形对台风雨量作用显著。地形高度越高, 台风降水越明显。

Table 3. Terrain sensitivity test of typhoon Maisha Taizhou area rainfall comparison unit: mm
表 3. 麦莎台风地形敏感性试验台州面雨量对比 单位: mm

台风个例	实况雨量	控制试验	地形减半试验	地形加倍试验	无地形试验
0509 麦莎	158.7	117.3	雨量	82.3	172.9
			增幅	-29.8%	47.4%
					57.7
					-33.6%

5. 小结

1) 台州地形地貌复杂, 可将台州的地形划分为海岛、海岸带、平原地区, 迎风坡地区、内陆地区; 台风路径多样化, 可划分为 6 种不同路径。

2) 各类台风路径下台风降水中心基本都出现在迎风坡地区, 平均面雨量地形分布差异较大, 迎风坡平均面雨量最大, 平原地区次之。台风路径 1~4 的平均面雨量分布较为一致, 海岛和海岸线区域面雨量均差别不大, 平均面雨量的大值中心均位于迎风坡地区, 东西两侧的内陆地区和海岸线、海岛平均面雨量相对较小, 平原地区居中。其中, 路径 1 的台风是台州各地形下影响都最严重的台风。

3) 迎风坡的平均降水量最大, 为平原地区的 0.96~1.46 倍, 其余的内陆地区、海岸带和海岛(除路径 3、5 外)平均降水量均少于平原地区, 大部分路径海岸带和海岛相差不大。这与平均面雨量地形分布特征相一致。

4) 前 3 种路径下, 最大雨量站点均出现在迎风坡, 最小雨量站点则位于海岛或海岸带区域, 迎风坡雨量增幅作用尤其显著, 这主要是由于台州位于台风移动路径的右半圆, 在东南气流影响下, 地形与风向交角近 90 度所造成的。

5) 通过台风地形敏感性分析发现: 东南气流影响下, 台州地形, 特别是迎风坡地形对台风暴雨有明显增幅作用, 面雨量随地形高度的增加而增加, 地形加倍时和无地形时平均雨量增减可达三到四成。

参考文献

- [1] 张兴强, 丁治英, 何金海. 非纬向高空急流与远距离台风中尺度暴雨的相关统计特征[J]. 山东气象, 2004(24): 31-36.
- [2] 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): 31-36.
- [3] 郑志阳, 杨苏勤, 刘德和, 邹燕惠. 影响福建省惠安县台风气候特征及其不同路径的风雨影响[J]. 气象研究与应用, 2016(37): 34-37.
- [4] 段丽, 陈联寿, 徐祥德. 山脉地形对热带风暴 Fitow 结构和运动影响的数值试验[J]. 气象学报, 2006, 64(2): 34-37.
- [5] 夏丽花, 苏志重, 刘爱鸣, 等. 台湾地形对 1011 号台风“凡亚比”影响的数值试验[J]. 暴雨灾害, 2014(2): 149-155.
- [6] 苏玉婷, 林开平, 肖志祥, 等. 广西沿海地形对超强台风“威马逊”影响的数值试验[J]. 气象研究与应用, 2018(39): 11-14.
- [7] 黄奕武, 端义宏, 余晖. 地形对超强台风罗莎降水影响的初步分析[J]. 气象, 2009, 35(9): 3-10.
- [8] 张建海, 于忠凯, 庞盛荣. 浙江地形对台风 Khanun 影响的数值试验和机理分析[J]. 科技导报, 2008, 26(21): 66-72.
- [9] 袁鸿生, 陈宏义. 利用区域站资料分析台州南登型热带气旋的降水时空分布[J]. 浙江气象, 2007(3): 16-20.
- [10] 张陆, 杨万裕, 高岭花. 影响台州台风的特征分析[J]. 浙江气象, 2007(3): 11-16.
- [11] 陈秋萍, 陈敏艳, 刘爱鸣, 陈齐川, 黄铃光. 登陆福建热带气旋短时强降水特征[J]. 气象研究与应用, 2016(37): 24-26.
- [12] 赵付竹, 郑艳, 李勋. 强台风“纳沙”的路径和降水诊断分析[J]. 气象研究与应用, 2013(34): 17-20.