

# 华东地区台风降水及影响降水因素的气候分析\*

钮学新<sup>1)</sup> 董加斌<sup>2)</sup> 杜惠良<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> (浙江省气象科学研究所, 杭州 310017)

<sup>2)</sup> (浙江省气象台, 杭州 310017)

## 摘 要

分析了华东地区各类台风路径降水的气候概况和影响降水的因素,冷空气入侵、地形作用、水汽条件及影响时间的长短等都能影响台风的降水量。最后给出了两个可用于诊断预报台风降水的物理量,计算结果表明,热成散度预报正确与基本正确率为 32/34。

关键词: 台风降水 因素分析 热成散度

## 引 言

我国东南沿海地区每年都要受到台风和热带气旋(以下统称为台风)的影响,造成洪涝和风暴灾害。在台风的研究和预报中,风雨强度的研究和预报虽有不少成果<sup>[1~6]</sup>,但仍是薄弱的环节之一。本文用 1949~2000 年的资料(其中天气图资料时段为 1956~2000 年),对影响华东地区的台风降水及影响降水的因素进行分析研究,得到一些有意义的结果。

## 1 华东台风降水的分类气候概况

### 1.1 华东登陆西行类

台风登陆闽中到浙南后西行,1949~2000 年的 52 年间共有 36 例,一般除山东、皖北、苏北外,华东大部分地区有中等以上降水,暴雨区主要集中在闽中北、浙中南地区,过程雨量可达 100~200 mm,雨量中心可达 300~400 mm 或以上(8510 号台风是一典型例子)。若有冷空气侵入台风倒槽或外围则雨量更大,而且华东北部也会有大到暴雨,甚至大暴雨。

登陆浙中北到长江口附近后西行,52 年间共有 8 例,浙江、上海、江苏、安徽、赣北、鲁南的部分地区有暴雨和大暴雨,局部有特大暴雨(8807 号台风是一例子)。而福建、赣南一般无大到暴雨,甚至无雨。

\* 科技部公益项目 2001DIA20026“我国登陆台风灾害的监测预报技术研究”和浙江省科技厅项目“浙江省暴雨预报系统研究”共同资助。

2003-12-30 收到,2005-03-28 收到再改稿。

### 1.2 华东登陆北上转向类

登陆福建中部到浙江南部后在 115°~120°E 间北上(图 1 之 1),最后在江苏沿海入海或进入华北,或在皖、鲁消亡,52 年间共有 27 例。华东大部分地区过程降水在 50~100 mm,台风经过的附近地区局部可达 100~300 mm,甚至更大(9417 号和 0010 号台风分别是雨量偏多和偏少的例子)。登陆福建连江后北上的 6007 号台风给江苏潮桥(水文站)带来 945 mm 的过程雨量创下了华东台风过程雨量的记录。若台风经过 30°N 附近时路径偏西(靠近 115°E),则长江三角洲大部分地区降雨量在 50 mm 以下。若台风在 120°E 以东沿海北上、转向,则暴雨主要集中在沿海地区,52 年间共有 14 例(9219 号台风是一例子)。

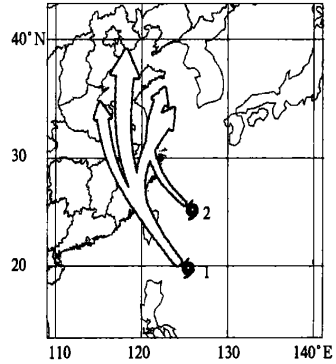


图 1 华东登陆北上转向类

台风在浙中到长江口登陆后转向北上(图 1 之 2),52 年间共有 12 例。若台风在 120°E 附近或以东北上转向,然后在苏北入海,则暴雨主要集中在 117°E 以东台风经过的附近地区,雨量的强度与范围都比上段中所述的要小。若台风登陆后向北到西北方向移动(例如 7805 号台风),雨量集中在登陆附近地区及华东西北部,而其他沿海地区雨量较少。

### 1.3 华南登陆类

台风在 24°N 以南到珠江口附近登陆后北上转向并在长江口以南入海(图 2 之 1),52 年间共有 13 例。台风路径附近及其北部过程雨量一般在 50 mm 左右或以下,局部 100~200 mm。一般情况下山东、皖北、苏北等地无大雨或无雨。

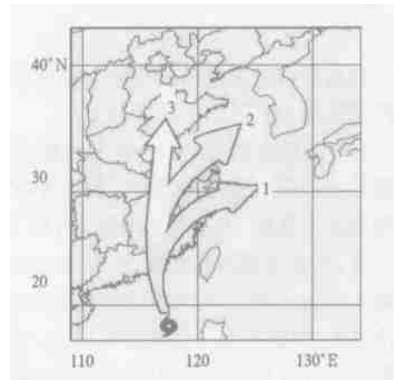


图 2 华南登陆类

台风登陆 24°N 以南到珠江口附近后转向北上,或在长江口以北入海(图 2 之 2、3),52 年间共有 6 例。暴雨在台风路径附近和以北地区,闽南、江西、安徽、江苏、山东等部分地区过程雨量一般在 50 mm 左右或以下,局部可达 100 mm 左右或以上。若登陆后北上而不转向,而且路径在 118°E 左右或以西,则华东东部地区基本无大雨或无雨,华东地区西部局部有大雨或暴雨。

台风登陆 24°N 以南到珠江口附近后西行或消亡,52 年间共有 61 例。江西和福建南部过程雨量一般 50~100 mm,局部 100~200 mm,其他地区一般无大的降水或无雨。但也有少数此类台风倒槽给华东南部沿海地区带来暴雨和大暴雨、甚至特大暴雨。

统计了 1949~2000 年中登陆厦门到珠江口附近(113°E)的 87 个台风,共有 39 个(占总数的 44.8%)引起浙江有 50 mm 以上的过程雨量,其中 50~100 mm 降水的有 15 次,100~200 mm 的有 13 次,200 mm 以上的有 11 次。这些台风中只有约 1/4 其残余低压登

陆后转向北上,然后经闽北、浙江附近再次入海。这一结果对华南台风影响浙江小的传统观念提出了不同的看法。

#### 1.4 近海北上转向类

经过台湾及附近海域,在 $125^{\circ}\text{E}$ 以西、 $30^{\circ}\text{N}$ 以南北上转向的台风,52年间共有33例。浙江、福建、上海有50 mm左右或以下的过程雨量,局部100 mm以上,在江苏和江西的局部地区也可能有50 mm以下的雨量,其他地区无明显降水。

上述台风过 $30^{\circ}\text{N}$ 后继续在 $125^{\circ}\text{E}$ 以西近海北上(52年间共有9例),或台风在东海北部和长江口附近进入 $125^{\circ}\text{E}$ 以西近海北上(52年间共有20例),最西可能登陆山东半岛东部,会使上海、浙江东部、江苏和山东有50 mm左右或以下的过程降水,局部100 mm左右或以上。若登陆山东半岛,则山东、苏北雨量更大,皖北也可能有大雨(50 mm以下)。

浙江是受近海转向北上台风影响严重的省份。统计了52年间在浙闽近海( $24^{\circ}\sim 31^{\circ}\text{N}$ , $120^{\circ}\sim 126^{\circ}\text{E}$ )北上、转向或消亡的台风,有56%的台风可引起浙江局部有50 mm以上的过程雨量,有37%可引起局部超过100 mm的降水,有14%雨量中心超过200 mm。特别是梅汛期结束后到10月15日以前,在浙闽近海北上、转向或消亡的台风引起浙江有明显降水的概率更大些。在梅汛期或10月15日以后,由于冷空气势力较强,冷空气逼近台风易使台风减弱或转向,引起浙江明显降水的概率小些,降水强度一般也小些,最大雨量均在200 mm以下。

## 2 影响台风降水的主要因素

台风降水强度及其分布除与台风本身的强度和结构有密切关系之外,还有一些因素可严重影响台风降水的强度和分布。

(1) 适量冷空气侵入台风倒槽和外围,可以加剧动力和热力不稳定,使冷空气影响到附近地区降水量明显增加。例如9907号台风残余低压与弱冷空气结合造成山东大范围暴雨到大暴雨,山东诸城雨量达 $714.9\text{ mm}^{[4]}$ ;0014号台风在浙江中北部沿海慢行后转向东北,冷空气侵入其外围,造成浙北东部地区有暴雨到大暴雨,余姚市夏家岭(水文站)降雨742 mm,创1949年后浙江近海北上转向台风造成降水之最大记录。这两个台风若无冷空气作用,引起上述地区的降水一般不会超过200 mm。但是24 h降温大于 $5^{\circ}\text{C}$ 的较强冷空气入侵台风中心附近将破坏台风的结构,造成台风强度减弱,因此不能起到增强台风中心附近降水的作用,而对台风倒槽降水仍可以起到很大的增幅作用<sup>[5]</sup>。

冷空气侵入到华南登陆的台风倒槽也会引起华东部分地区有暴雨到大暴雨。例如1956~2000年登陆华南的台风引起浙江50 mm以上降水的33例中,有10例是冷空气侵入台风倒槽或减弱后的低压引起的,其中8例为100 mm以上降水,4例降水中心超过200 mm(见表1)。

(2) 迎风地形的强迫抬升和强迫辐合可使台风降水明显增加,而背风地形一般比沿海平原地区明显少。统计比较分析了1956~1980年间闽中到浙南登陆的51个台风过程雨量(1980年后缺少水文站雨量资料),地处山区的最大过程雨量中心值(水文站记录)是

表 1 1956 ~ 2000 年厦门到珠江口登陆台风引起浙江较大降水的主要因素

台风登陆地段	降水量(mm)	冷空气侵入 倒槽或低压	台风低压经闽北 到浙江再入海	台风倒槽	次数合计
厦门到汕头(15次)	50 ~ 100	1	0	4	5
	100 ~ 200	2	0	2	4
	200	0	1	1	2
	次数合计	3	1	7	11
汕头到珠江口附近 (113 个)(57次)	50 ~ 100	1	0	7	8
	100 ~ 200	2	1	2	5
	200	4	1	4	9
	次数合计	7	2	13	22
总 计		10	3	20	33

浙江东南沿海受台风影响的气象站过程雨量平均值的 1.5 ~ 2.5 倍。例如, 0216 号台风降水中心雨量 413 mm, 位于迎风坡谷口, 是其东侧沿海平原地区 4 气象站雨量平均值 196.5 mm 的 2.1 倍。江西东部等背风地区的气象站雨量与东部沿海平原地区的气象站雨量比较, 背风地区气象站雨量一般不到东部沿海地区气象站雨量的 1/2。这除了台风登陆后强度减弱外, 背风地形的作用是主要因素。但是也有个别例外, 例如, 8012 台风登陆后在闽浙西部和江西东部停滞、折向北移, 使江西雨量和闽北、浙南沿海地区的过程雨量大致相等。

(3) 华南登陆或近海北上台风的倒槽辐合线影响华东地区, 会造成华东部分地区较大降水。若辐合线东侧东南风强劲, 甚至诱生中尺度云团西行影响华东南部沿海, 可能引起暴雨或大暴雨、甚至特大暴雨。例如, 9909 号台风 9 月 4 日 04:00 (北京时, 下同) 登陆广东惠来前后, 700 hPa 和 850 hPa 等压面上其倒槽辐合线影响浙闽地区, 浙闽沿海、台北及琉球各岛屿为东南到南风, 长江口附近为东到东南风, 风速都为 12 ~ 20 m/s, 这样产生较强的气旋性辐合; 9 月 3 日有一云团在台湾以东海面上生成, 并在向西北方向移动中发展, 4 日 02:00 登陆浙江中南部沿海地区, 引起暴雨到特大暴雨, 雨量中心(温州)为 416 mm。

1956 ~ 2000 年中登陆华南的 72 例台风中引起浙江 50 mm 以上过程降水的有 33 例, 20 例是由台风倒槽引起的, 其中 100 mm 以上降水的有 9 例, 200 mm 以上降水的有 5 例(见表 1)。8116 号台风在浙江乐清的雨量中心为 503 mm, 雨量大于台风登陆地广东的雨量, 而且这些雨量几乎在登陆前后的 24 h 内降落。

125 号以西近海北上台风的倒槽辐合线影响下, 华东沿海降暴雨的例子也不少。例如, 0012 号台风倒槽辐合线伸到杭州湾及以北地区, 其东侧强劲的东南气流影响浙、苏、鲁等地区, 浙北、上海、江苏、山东有大片暴雨, 江苏响水过程雨量中心为 813 mm, 创海上转向北上台风影响江苏雨量之记录<sup>[6]</sup>。

(4) 时间长短影响降水量。台风缓慢北上或台风在一地少动, 台风及其倒槽对这些地区影响时间长, 使雨量增加 50 % 到 1 倍。例如, 6007 号台风在我国东部地区北上, 台风及其倒槽影响浙江、江苏时间达 3 ~ 4 d, 造成江苏潮桥和浙江庄屋雨量分别达 945 mm 和 868 mm。

(5) 水汽太少会减少台风雨量。特别是某一些地方盛夏长期干旱、空气中水汽很少, 台风影响时, 降水量会明显减少, 甚至出现所谓“干台风”。干台风引起的降水中心雨量比

一般台风的雨量要少 1/3 到 1/2。数值模拟试验表明,台风及其周围的水汽减少一半可使台风区域内的降水量减少 1/3 左右<sup>[5]</sup>。

### 3 物理量诊断

分析和经验表明,有一些物理量可能较好地用于台风暴雨的预报。例如,云顶温度在  $-56$  以下可能会有暴雨, $-71$  以下可能会有特大暴雨,温度越低,降水越强。

热成散度  $\text{Div } \vec{V}_{200-850}$  (200 hPa 和 850 hPa 的散度差) 在  $2 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  以上可有暴雨,并且一般值越大,降水越强。计算 1993 年后梅汛期暴雨 28 例和台风暴雨 6 例共 34 例,结果表明有 27 例正确,5 例基本正确,仅 2 例  $\text{Div } \vec{V}_{200-850}$  大值区离暴雨区较远。图 3a 是 9711 号台风登陆前 12 h 计算得到的  $\text{Div } \vec{V}_{200-850}$  分布图,大值区与大降水区(图 3b)基本相符。

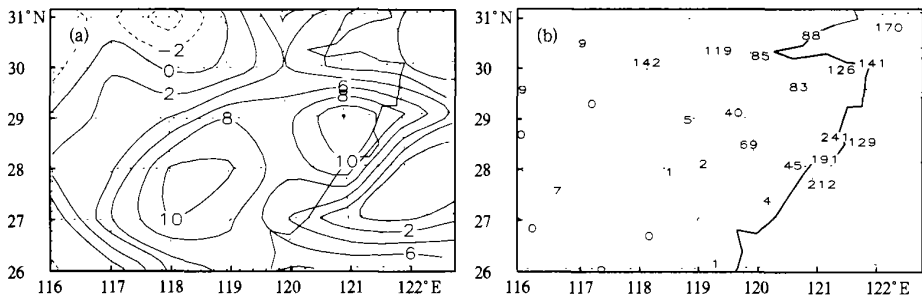


图 3 9711 号台风登陆前后 24 h 的降水图

- (a) 1997 年 8 月 18 日 08:00 热成散度(200 hPa 和 850 hPa 散度差,单位:  $10^{-5} \text{ s}^{-1}$ ),  
 (b) 1997 年 8 月 18 日 08:00 ~ 19 日 08:00 降水量(单位: mm)

### 4 结 论

(1) 华东登陆和华南登陆后北上转向台风会给华东地区带来较大降水,有局部暴雨和大暴雨、甚至特大暴雨。近海北上的台风也会造成华东地区局部大到暴雨、个别大暴雨。

(2) 冷空气侵入台风外围和倒槽,可以明显增加受冷空气影响地区的降水。迎风地形可增加 1 倍左右的降水,但背风坡地区的雨量一般不到沿海平原地区雨量的一半。强的台风倒槽辐合线会造成台风倒槽雨量的大幅度增加。影响时间的长短和局地水汽条件也是影响台风雨量多少的重要因素。

(3) 云顶温度、热成散度可以用来诊断预报台风降水。

### 参 考 文 献

- 1 沈树勤,于波. 华东热带气旋暴雨落区的统计释用预报. 全国热带气旋科学讨论会论文集. 北京:气象出版社, 2001. 224 ~ 231.
- 2 黄文根,邓北胜. 一次台风暴雨的初步分析. 应用气象学报,1997,8(2):247 ~ 251.
- 3 陈久康,丁治英. 高低空急流与台风环流耦合下的中尺度暴雨系统. 应用气象学报,2000,11(3):271 ~ 281.
- 4 侯淑梅,孙忠欣. 9907 号暴雨过程分析. 第十二届全国热带气旋科学讨论会论文摘要, 宁波,2002. 333 ~ 335.
- 5 钮学新,杜惠良,刘建勇. 0216 号台风降水及其影响降水机制的数值模拟试验. 气象学报,2005,63(1):57 ~ 68.
- 6 周曾奎,魏建苏,赵永玲. 0012 号台风引发“8.30”特大暴雨过程的分析. 第十二届全国热带气旋科学讨论会论文摘要,宁波,2002. 261 ~ 264.

## CLIMATIC ANALYSIS ON TYPHOON RAINFALL OF EAST CHINA AND AFFECTING FACTORS OF THE PRECIPITATION

Niu Xuexin

(Zhejiang Provincial Meteorological Institute, Hangzhou 310017)

Dong Jiabin Du Huiliang

(Zhejiang Provincial Meteorological Observatory, Hangzhou 310017)

### Abstract

Study is performed on climate features of rainfall from typhoons of diverse paths in East China with main affecting factors investigated. Results suggest that the intrusion of cold air, topography, moisture and the duration are main contributing factors to rainfall. Two physical quantities are given for diagnosing the rainfall. And calculation indicates that the accuracy of forecasted thermal divergence is 32/34.

**Key words:** Typhoon rainfall Factor analysis Thermal divergence