

文章编号:1673-8411 (2016) 03-0024-05

# 登陆福建热带气旋短时强降水特征

陈秋萍, 陈敏艳, 刘爱鸣, 陈齐川, 黄铃光

(福建省气象台, 福州 350001)

**摘 要:**利用地面逐时降水资料、常规天气资料、雷达、卫星以及台风年鉴资料,对 39 个登陆福建不同地段的台风短时强降水空间、时间分布及强降水强度、落区、过程雨量分布及其与登陆时台风强度关系等进行统计分析,揭示登陆福建台风短时强降水规律,结果表明:(1)登陆中部台风强降水站数虽多,但单站强降水持续时间最短;登陆北部台风强降水站数虽少,但单站强降水持续时间最长。(2)强降水主要时段登陆北部、中部类是登陆前 5 小时至登陆后 5 小时,登陆南部及南海北上类是登陆时至登陆后 15 小时。此外,南海北上类及登陆北部类强降水落区多数在内核区;登陆中部类强降水落区在台风中心附近的频率是几类中最低的,大部分强降水落区在北侧的螺旋雨带上。

**关键词:**热带气旋 强降水 短时临近 预报

中图分类号:P46

文献标识码:A

## Characteristics of Nowcasting Heavy Rain of Landing Tropical Cyclones on Fujian

Chen Qiuping Chen Mingyang Liu Aimin Chen Qichuan Huang Lingguang

(Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001)

**Abstract:**By using hourly precipitation, routine data, radar, start and TC data, temporal and spatial distribution of short-range heavy rain, intensity of rain, rain region and process rain thirty-nine TC landed Fujian were analyzed. The results show that station number of heavy rain is more in middle parts, but durations of heavy rain is shortest. Heavy rain occurred in the 5hrs before landfall to 5hrs post landfall for northern and middle parts. It occurred in the first 15hrs post landfall for southern and coming from the South China Sea. In addition, region of heavy rain is in central for coming from the South China Sea and north parts. The frequency in central is lowest for landing middle parts. Most is in spiral rain bands of north. Large region of mean process rain is in northeast coastal for north and middle parts, however mean intensity and duration are greater for north parts.

**Key words:** tropical cyclones; heavy rain; nowcasting

## 1 引言

目前登陆台风(含热带风暴、强热带风暴、台风、强台风、超强台风,下同)及台风暴雨的研究取得相当进展<sup>[1-3]</sup>,陈联寿研究提出台风暴雨可以分为:台风眼壁暴雨、台风螺旋雨带或外围降雨、台风倒槽降雨、台风内切变线暴雨、台前飑线雨、遥远降雨。程正泉等<sup>[4]</sup>对登陆我国热带气旋降水时空变化特征进

行统计分析表明,热带气旋降水量以及热带气旋暴雨日数的分布是自南向北、从沿海到内陆迅速减小,最大出现在海南和华南、东南沿海地区;热带气旋强度越强其最大过程降水一般也就越大,但是两者并非严格的线性关系。黄奕武等<sup>[5]</sup>对 0716 号台风罗莎登陆期间地形对降水的影响作了初步分析。分析表明,沿海地形对降水的影响较大,强降水区主要分布在沿海山体的迎风坡上。此外,许多气象研究人员对

收稿日期:2015-12-18

基金项目:基于多普勒雷达的台风强降水短时临近预报方法研究(福建省自然科学基金 2014J01148 资助)

作者简介:陈秋萍(1962-),女,高级工程师,主要从事短时临近预报工作.E-mail:chenqiuping1962@163.com

一些台风过程进行了深入、细微的分析, 得出有意义的结果<sup>[6-9]</sup>。福建省气象局在台风、台风暴雨方面也进行了大量的研究<sup>[10-16]</sup>。

尽管研究取得了许多成果, 但主要针对降水与台风路径、降水与大尺度环流背景的关系等方面, 对强降水与台风强度关系、强降水时段、强降水落区、强降水范围等方面福建省未曾进行过研究, 国内这方面研究也甚是少见且主要是针对个例分析, 而短时强降水预报对防御台风导致的城乡积涝、山洪、滑坡、泥石流等灾害及抢险救灾指挥有重要作用。本文通过分析 1991—2013 年 39 个登陆福建台风短时强降水的强度、空间分布、发生时段、落区、过程雨量分布等进行统计、分析, 旨在揭示登陆福建台风短时强降水规律, 为登陆福建台风强降水短时临近预报、预警、服务提供参考。

## 2 不同登陆地段台风短时强降水特征

### 2.1 资料 and 标准

登陆热带气旋指中心自海上进入福建境内, 且风力达 8 级( $17.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )或以上的热带气旋。热带气旋资料选自中国气象局上海台风研究所的《台风年鉴》、《热带气旋年鉴》。本研究统计所用降水资料是 1991—2013 年福建省 68 个气象观测站逐时降水资料。

定义台风登陆前 24h 至登陆后 60h 内福建境内相邻 2 站、相邻时间出现因台风影响造成 1 小时雨量大于等于  $30\text{mm}$ 、3 小时雨量大于等于  $50\text{mm}$  的降水为台风短时强降水。本文统计 1 小时雨量大于等于  $30\text{mm}$ 、3 小时雨量大于等于  $50\text{mm}$ 、3 小时雨量大于等于  $80\text{mm}$  的短时强降水。

台风强降水分布与台风路径、登陆点关系密切, 因此本文将登陆台风分为 4 类: 登陆福建北部沿海(福鼎至连江)、登陆福建中部沿海(长乐至晋江)、登陆福建南部沿海(厦门至诏安)、南海生成北上(含西北太平洋生成偏西移动, 然后从南海北上)登陆福建中南部沿海。

### 2.2 登陆福建台风概况

1991—2013 年共 39 个台风登陆福建, 登陆月份在 6—10 月, 以 7—8 月最多, 占 64%。细分各种不同登陆地段的登陆月份发现, 登陆闽北、闽中类在 7—8 月登陆的热带气旋最多, 分别占各类 75%、82%; 而登陆闽南类则在 8—9 月最多, 占该类 75%; 绕过台

湾北面海上登陆福建最多在 8 月, 占 67%; 绕过台湾南面海上登陆福建仅在 6—7 月, 其它月份没有; 南海生成北上登陆福建 6—10 月都有且各月分布较均匀。登陆地段与月份的关系和副高季节性位置变动密切相关。

登陆福建台风大部分是穿过台湾岛(占总数 59%), 登陆台湾后约一半登陆福建中部; 登陆台湾北部后再登陆大陆其登陆点仅在闽中北部沿海, 登陆台湾南部后再登陆大陆其登陆点基本上在闽南沿海; 从巴士海峡或菲律宾岛穿过台风大部分登陆广东、海南, 23 年中仅各有 2 个台风在闽中南部沿海登陆; 南海生成北上台风均在晋江以南南部沿海登陆; 绕过台湾北面海上登陆福建的台风有三分之二在闽北沿海登陆。

登陆闽北的 11 次台风在福鼎登陆次数最多, 为 5 次; 登陆闽中的 16 次在福清登陆次数最多, 为 7 次; 登陆闽南的 4 次有一半在厦门登陆; 8 次南海北上登陆闽南的有一半在漳浦登陆。

### 2.3 强降水分布特征

#### 2.3.1 强降水极值

统计 39 个登陆福建台风强降水极值, 1 小时雨量极大值出现在宁德的柘荣 1994 年 7 月 11 日 08 时, 为  $171.5\text{mm}$ (9406 台风)。3 小时雨量极大值出现在长乐市 2005 年 10 月 2 日 22 时, 3 小时雨量达  $275.9\text{mm}$ (0510 龙王)。连续  $30\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$  以上强降水持续时间最长的是 05 年 7 月 19 日柘荣为 8 小时, 累积雨量  $296.9\text{mm}$ (0505 海棠), 持续时间次长的是 06 年 7 月 15 日长泰为 6 小时, 累积雨量  $360.6\text{mm}$ (0604 碧丽斯)。

#### 2.3.2 强降水站数及频次特征

##### (1) $30\text{mm}/\text{h}$ 强降水

统计 4 类登陆台风产生  $30\text{mm}\cdot(3\text{h})^{-1}$  强降水站数分布, 登陆闽中台风最易出现站数多(即范围广)的强降水,  $\geq 7$  站的次数占该类登陆台风 75%(其中 1 次  $\geq 16$  站)(图 1), 但过程中  $30\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$  强降水不重复出现的次数是几类中最高的; 登陆福建南部台风, 除了 1 次降水非常强烈并造成严重人员伤亡的 05 年龙王台风(该次  $\geq 16$  站)外, 其余均为 4~6 站的强降水, 而没有  $\geq 7$  站以上强降水。

##### (2) $50\text{mm}/3\text{h}$ 强降水

统计 4 类登陆台风产生 50mm/3h 强降水站数分布,结果与 30mm/h 强降水特征相似,登陆福建中部及南海北上登陆闽南类台风强降水站数多(即范围广)的频数最多, $\geq 7$  站的次数均占该类登陆台风 63%,前者 $\geq 11$  站 32%, $\geq 16$  站 3 次;最少是登陆福建北部, $\geq 7$  站的次数占该类登陆台风 46%,该类主要是 4~6 站强降水(图 2),但过程中 50mm/3h 强降水重复出现次数 2 次以上(含 2 次)的频率是几类中

最高的。  
(3)80mm/3h 强降水  
80mm/3h 强降水站数分布与前两类强降水有所不同,登陆闽南类及南海北上登陆闽南类 $\geq 3$  站强降水频率为 50%,其余两类仅 37%(图略),但登陆北部类强降水重复出现次数 2 次以上(含 2 次)的频率是几类中最高的。  
以上数据表明登陆福建中部台风强降水站数多

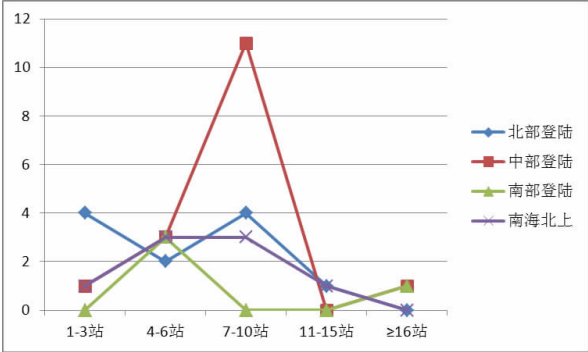


图 1 30mm·h<sup>-1</sup> 强降水频数分布

(即强降水范围大)的频率虽然最高,但单站降水强度最弱(或单站强降水持续时间最短),登陆福建北部强降水站数少(即强降水范围小)的频率最高,但单站降水强度强(或单站强降水持续时间长)。

2.3.3 强降水出现时段

对上述四类台风在福建境内强降水出现时段(强降水开始至结束)相对台风登陆时间进行统计发现:

(1)登陆福建北部

强降水出现在登陆前 5 小时至登陆后 10 小时频率最高,为 45%(表 1 中方框,50mm·(3h)<sup>-1</sup> 略),此情况下强降水落区多在眼壁、中心附近,强降水时间较短;强降水出现在登陆前 24 小时及登陆后 10~

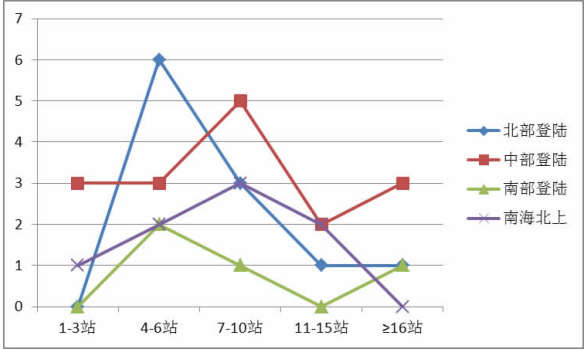


图 2 50mm·(3h)<sup>-1</sup> 强降水频数分布

24h,频率约为 27%;最大 1h、3h 降水出现在登陆前 5h 至登陆后 5h 的个例约 55%,其次是出现在登陆前 5~15h。

(2)登陆福建中部

强降水发生在登陆后 10 小时内或登陆前 5h 至登陆后 10 小时频率最高,约为 63%;最大 1h、3h 降水出现在登陆前 5h 至登陆后 5h 的个例约 75%,其余出现在登陆后 5~30h,没有出现在登陆前的。

(3)登陆福建南部

强降水一半出现在登陆后 24h 内,少数出现在登陆后 10~48h 及登陆前 5h 至登陆后 10 小时内;最大 1h、3h 降水出现在登陆后 5~15h 的频率 75%,

表 1 强降水时段分布频数

		登陆前		登陆前后					登陆后				合计
		-24 ~	-10 ~	-5 ~	-5 ~	-5 ~	-10 ~	0 ~	0 ~	10 ~	24 ~	10 ~	
		0	0	5	10	24	10	10	15	24	48	48	
登陆福建北部	30mm/h	2	1	2				3		2		1	11
	80mm/3h		2	2				3		2	1		10
登陆福建中部	30mm/h	1	1	2	2	1	1	5		2	1		16
	80mm/3h		2	4		1		4		1	2		14
登陆福建南部	30mm/h						1		2	0		1	4
	80mm/3h			1					1	1			3
南海北上登陆闽南	30mm/h				1		1	3	2			1	8
	80mm/3h				1			3	1	1	1	1	8

其余出现在登陆前 5h 至登陆后 5h。

#### (4) 南海北上登陆福建南部

强降水大部分出现在登陆时至登陆后 15h, 频率约为 63%, 这种情形强降水落区约一半在台风中心眼壁附近, 强降水时间与登陆时间较靠近, 维持时间短; 少数在登陆后 10~48h; 最大 1h、3h 降水出现在登陆时至登陆后 10h 的个例约 75%, 其余出现在登陆前 10h 及登陆后 10~15h。

分析发现约 85% 个例最大 1h、3h 降水出现时段相近, 并且出现站点大多也相同, 但各类出现时段有差异。因此, 从台风强降水短时临近预报角度考虑, 北部、中部登陆类要特别关注登陆前 5h 至登陆后 5h, 北部类还要注意登陆前 5~15h 强降水; 南部登陆类及南海北上登陆闽南类要关注登陆时至登陆后 15h 的强降水。

#### 2.3.4 强降水落区

为了了解强降水落区相对台风中心位置, 利用雷达、卫星等资料对上述四类台风强降水落区进行统计发现:

北部登陆类强降水落区一半在螺旋雨带上, 且南侧、西南侧居多; 其次是在眼壁附近; 少数在 TC 后部。

中部登陆类强降水落区大部分在北侧的螺旋雨带上 (56%), 少部分在南侧的螺旋雨带上、眼壁及 TC 后部, 频率相差不大。这类台风由于大多从台湾岛穿过, 其结构遭到破坏, 且由于在闽中登陆, 环流受台湾岛影响显著, 登陆时台风常常明显减弱或者出现空心结构<sup>[17]</sup>, 致使强降水落区在台风中心附近的频率是几类中最低的。

南部登陆类强降水落区一半出现在登陆点附近北、东北侧的螺旋雨带上, 少部分在东侧螺旋雨带上或台风后部。该类台风登陆闽南前其北侧雨带受台湾阻挡, 对福建影响不显著, 而西侧为东北风下沉气流, 降水不强, 致使登陆前降水不强, 强降水出现在登陆时台风中心北侧附近螺旋雨带上。

南海北上类约有三分之二个例强降水落区在眼壁附近或登陆后中心填塞的台风内核区附近, 少部分在螺旋雨带上, 没有出现台风后部强降水。

### 3 个例分析

为了增强对以上统计分析的理解, 下面给出登

陆北部、登陆中部类的典型实例, 其余 2 类考虑到篇幅难以一一给出。

#### (1) 登陆北部

2006 年 8 号台风“桑美”, 8 月 5 日 20 时在关岛附近洋面上生成, 生成后一直向西北方向移动, 于 8 月 10 日 17 时 25 分在闽浙交界处登陆, 登陆时强度为超强台风, 近中心附近最大风力 17 级 ( $60\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ), 登陆后向偏西方向移动穿过福建北部进入江西, 此时已减弱为 TS (图 3d, 见彩页)。图 3a (见彩页) 是登陆时福建长乐雷达回波图, 由图上可见清晰的双重眼壁, 内外眼壁上回波强度最强为 50~55dBz, 登陆不久双重眼壁结构消失, 眼区也填塞了 (图 3b, 见彩页)。福建东北部沿海 10 日 16 时开始出现  $\geq 30\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$  强降水,  $\geq 50\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$  强降水出现在登陆时至登陆后 6 小时之间, 即对应回波图中台风内、外眼壁区及登陆后眼区填塞的内核区, 过程 1 小时、3 小时降水量极值分别为 67.5mm、144.0mm, 均出现在柘荣。从 10 日 16h~11 日 02h 过程雨量图 (图 3c, 见彩页) 可见, 100mm 以上雨区分布在东北部沿海, 范围小, 强降水中心位于闽东北沿海的柘荣, 10 小时过程雨量极大值为 240.0mm。

#### (2) 登陆中部

2007 年 9 号台风“圣帕”, 于 8 月 13 日 02 时在西太平洋生成, 18 日 05 时 40 分在台湾花莲登陆, 登陆时强度为强台风, 登陆后穿过台湾中部, 于 8 月 19 日 02 时在福建中部惠安登陆, 登陆时强度为台风, 近中心附近最大风力 12 级, 登陆后向西北方向移动穿过福建中部进入江西, 此时已减弱为热带低压 (图 4d, 见彩页)。台风经过台湾岛及海峡后强度明显减弱, 中心气压由登陆台湾岛前 945hPa 上升为登陆大陆前 975hPa, 24 小时不到中心气压上升了 30hPa。对应的从雷达回波图上可见, 登大陆前台风结构已经松散, 海峡上为一个直径约 80km 南北均开口的眼, 无典型的眼壁相伴 (图 4a, 见彩页), 出现了空心结构。登陆福建时开口的眼已消失变为强度较弱的螺旋雨带, 而且外围螺旋雨带结构松散, 强回波区分布在台风中心北侧螺旋雨带上, 强度 50~55dBz (图 4b, 见彩页)。对应的强降水区也分布在台风中心北侧螺旋雨带上,  $\geq 30\text{mm}/\text{h}$  强降水出现在登陆前 8h 至登陆后 7h 之间, 最大雨强出现在登陆前 4h (18 日 21~22h), 雨强 45.8mm/h。从 18 日 16h~

19 日 09h 过程雨量图(图 4c, 见彩页)可见, 50mm 以上雨区范围大, 100mm 以上强降雨区位于中北部沿海, 强降水中心分布在闽东北沿海的福鼎, 次中心在中部沿海的长乐, 17 小时过程雨量极大值分别为 230.7mm、155.9mm。

## 4 结论

(1) 登陆中部台风强降水站数虽多, 但单站强降水持续时间最短; 登陆北部台风强降水站数虽少, 但单站强降水持续时间最长。

(2) 从台风强降水短时临近预报角度考虑, 登陆北部、中部类要特别关注登陆前 5h 至登陆后 5h, 北部类还要注意登陆前 5~15h 强降水; 登陆南部类及南海北上登陆闽中南类要关注登陆时至登陆后 15h 的强降水。此外, 登陆北部类及南海北上类强降水落区多数在眼壁附近; 登陆中部类强降水落区在中心附近的频率是几类中最低的, 大部分强降水落区在北侧的螺旋雨带上。

### 参考文献

- [1] 陈联寿. 热带气旋研究和业务预报技术的发展. 应用气象学报, 2006, 17 (6): 672-681.
- [2] 程正泉, 陈联寿, 徐德祥, 等. 近十年中国台风暴雨研究进展 [J]. 气象, 2005, 31 (12): 3-9.
- [3] 董美莹, 陈联寿, 郑沛群, 等. 登陆热带气旋暴雨突然增幅和特大暴雨之研究进展. 热带气象学报, 2009, 25 (4): 495-502.
- [4] 程正泉, 陈联寿, 刘燕, 等. 1960-2003 年我国热带气旋降水的时空分布特征. 应用气象学报, 2007, 18 (4): 427-434.
- [5] 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. 气象, 2009, 35 (9): 3-10.
- [6] 李英, 陈联寿, 徐祥德. 登陆热带气旋维持的次天气尺度环流特征. 气象学报, 2004, 62 (3): 257-268.
- [7] 于玉斌, 陈联寿, 杨昌贤. 超强台风“桑美”(2006)近海急剧增强特征及机理分析. 大气科学, 2008, 32 (2): 405-416.
- [8] 杨引明, 郑永光, 陶祖钰. 上海热带低压特大暴雨分析. 高原气象, 2011, 30 (2): 416-427.
- [9] 张庆红. 特大眼台风 Winnie (1997) 的高分辨率数值模拟. 气象学报, 2006, 64 (2): 180-185.
- [10] 刘爱鸣, 林毅, 刘铭, 等. “碧丽斯”和“格美”登陆后暴雨强度不同的天气学对比. 气象, 2007, 33 (5): 36-42.
- [11] 林毅, 刘爱鸣, 林新彬. 台风中尺度对流云团与中尺度暴雨相互关系的综合分析. 热带气象学报, 2002, 18 (4): 393-398.
- [12] 刘爱鸣, 林毅, 刘铭. 2005 年登陆台湾岛台风路径特点及成因分析. 气象, 2006, 32 (6): 37-43.
- [13] 刘爱鸣, 黄志刚, 高珊, 等. 福建省热带气旋暴雨型地质灾害特征分析. 灾害学, 2008, 23 (4): 45-53.
- [14] 魏应植, 汤达章, 许健民等. 多普勒雷达探测“艾利”台风风场不对称结构. 应用气象学报, 2007, 18 (3): 285-294.
- [15] 林毅, 刘铭, 刘爱鸣, 等. 台风龙王中尺度暴雨成因分析. 气象, 2007, 33 (2): 22-28.
- [16] 林毅, 刘铭, 蔡义勇. 福建中南部台风远距离突发性暴雨成因分析. 气象, 2004, 31 (10): 68-71.
- [17] 陈瑞闪. 台风. 福建科学技术出版社. 2002, 439-451.