

Analysis of the Landing Typhoons Affecting the Yangtze River Basin in the Last 30 Years

Xinyue Yang¹, Li Zi^{2,3*}

¹College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing Jiangsu

²Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission, Wuhan Hubei

³Research Center on Mountain Torrent and Geologic Disaster Prevention of MWR, Wuhan Hubei

Email: *2363228175@qq.com

Received: Apr. 24th, 2018; accepted: May 10th, 2018; published: May 16th, 2018

Abstract

The northwest Pacific Ocean and South China Sea typhoon data and the Yangtze River basin daily rainfall data from 1988 to 2017 are collected and used to analyze the number, landing location, traverse route, intensity, influence area and other characteristics of landing typhoons in the last 30 years. The selective analysis includes the landing typhoons with immediate impact on the Yangtze River basin rainfall and their influence on rainfall intensity and area. The results show that the typhoons generated in the northwest Pacific Ocean, offshore areas and South China Sea and the ones making landfall have been decreasing in the last 30 years. The number of landing typhoons affecting the Yangtze River basin exhibits a non-significant uptrend. The landing typhoon mainly occurs between July and September. And the ones with immediate impact on the Yangtze River valley rainfall are mainly generated in the northwest Pacific Ocean. The super typhoons account for the largest proportion in the life history. Major landing typhoons are severe tropical storms, most frequently in Fujian Province. Most landing typhoons affecting the Yangtze River basin are northeast-traversed, followed by the west-, northward- and northwest-traversed. The rainfall area under the biggest influence by landing typhoons over the Yangtze River valley is the Poyang Lake region, followed by the lower reaches of the Yangtze River and the Dongting Lake. Through the analysis of the typhoons affecting the indicated area, this study depicts the configuration charts of the routes of typhoons affecting the Yangtze River basin rainfall with the west Pacific Ocean subtropical high pressure. The results can provide technical support and application reference for future flood and typhoon prevention over the Yangtze River basin.

Keywords

Yangtze River Basin, Landing Typhoons, Characteristics, Precipitation

最近30年影响长江流域的登陆台风特征分析

杨欣玥¹, 訾丽^{2,3*}

作者简介: 訾丽(1981-), 女, 研究方向: 水文气象预报。

*通讯作者。

文章引用: 杨欣玥, 訾丽. 最近 30 年影响长江流域的登陆台风特征分析[J]. 水资源研究, 2018, 7(3): 302-310.

DOI: 10.12677/jwrr.2018.73034

¹河海大学水文水资源学院, 江苏 南京

²长江水利委员会水文局, 湖北 武汉

³水利部山洪地质灾害防治工程技术研究中心, 湖北 武汉

Email: *2363228175@qq.com

收稿日期: 2018年4月24日; 录用日期: 2018年5月10日; 发布日期: 2018年5月16日

摘要

通过收集整理1988~2017年西北太平洋和南海地区生成的台风及长江流域逐日降雨资料, 对最近30年登陆我国的台风个数、登陆地点、移动路径、台风强度及影响范围等特征进行统计分析。重点分析了对长江流域降雨有直接影响的登陆台风主要特征, 以及其对长江流域影响下的降雨强度、落区特征。结果表明, 最近30年西北太平洋、近海及南海地区台风的生成个数与登陆个数呈减少趋势, 影响长江流域的登陆台风个数呈不显著增加趋势, 且主要集中在每年的7~9月份; 对长江流域降雨有直接影响的登陆台风生成源地大多为西太平洋海域地区, 生命史中以超强台风所占比例最大; 登陆时则多以强热带风暴强度为主, 登陆我国福建省的次数最多; 登陆后影响长江流域的台风移动路径以东北转向型最多, 其次为西移型、偏北型和西北型; 登陆台风对长江流域降雨影响最多的地区为鄱阳湖地区, 其次为长江下游、洞庭湖。通过分析影响长江流域的台风特征, 提炼影响长江流域降雨的台风移动路径与西太平洋副热带高压典型配置形势图, 可为以后长江流域防汛防台风提供技术支持和应用参考。

关键词

长江流域, 登陆台风, 特征, 降水

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

台风由于强度大, 影响范围大, 伴随其登陆带来的强降雨往往造成极大的防汛防台压力, 始终受到社会和政府高度关注和重视。长江流域位处大陆中间, 仅出口紧邻洋面, 台风直接登陆影响长江流域较少, 但每年都有来自西北太平洋和南海洋面生成的台风登陆后继续深入内陆或转向移动, 从而直接侵袭或间接影响长江流域, 造成长江流域局部地区发生严重的暴雨洪涝灾害。例如, 2006年7月, 受第4号强热带风暴“碧利斯”和第5号台风“格美”在福建登陆后继续西行影响, 洞庭湖湘江流域发生1994年至2006年以来的最大洪水, 干流全线超警戒水位, 上游支流耒水耒阳站洪峰水位达83.38 m, 超出历史最高水位1.53 m。2008年8月, 第8号强台风“凤凰”在福建登陆后北上并合并至西风带天气系统, 台风带来大量的水汽与南下冷空气遭遇, 造成长江下游滁河流域一带发生特大暴雨, 滁河发生有实测记录以来第二位的大洪水, 并启用了荒草二圩、三圩、蒿子圩等蓄滞区, 晓桥站2日19时33分出现洪峰水位12.62 m (居建站以来第二位), 超保证水位0.52 m。

有关文献表明, 对台风研究更多地侧重于个例分析和定性特征, 21世纪以来登陆我国台风呈现个数多、强度大、灾损重的趋势[1], 国内对台风相关的诸多研究主要针对典型台风[2]、灾害风险[3]、台风特征[4][5]、台风暴雨[6][7]、台风机理[8][9][10]及台风预报等[11][12][13]方面, 研究登陆台风的影响地区多为我国大陆沿海省份、以及台湾和海南岛等, 孙佳对影响江浙沿海台风特征分析[4], 姜付仁等研究台风在我国登陆后的运动规律及影响状况[14]等; 但按特定水系流域为对象开展影响台风的研究较少, 梁树献[15]等统计分析了1950~2015

年影响淮河流域的台风特征；针对影响长江流域的台风文献基本没有；因此，本文主要侧重统计分析最近 30 年直接影响长江流域的登陆台风主要活动趋势或规律，揭示登陆台风对长江流域降水的时空影响特征，为长江流域的防汛防台风等提供技术支撑。

2. 资料说明

本文中台风是泛指西北太平洋、近海及南海地区生成并编号、强度从热带低压至超强台风 6 个等级的热带气旋统称。所采用的台风资料，年限为 1988~2017 年，取自水利部水利信息中心“天眼”水文气象业务系统和中央气象台实时台风报告，逐日降雨资料来自长江流域范围气象、水文站雨量观测站网。

文中所指对长江流域有直接影响的登陆台风，暂指为登陆我国(本处指我国大陆沿海及台湾、海南岛等，下同)，并继续向内陆移动或转向对长江流域造成明显降雨天气的台风，且受台风影响长江流域发生大范围的降雨或至少出现有一个站雨量超过 50 mm 的成片雨区。需要指出的是，在西太平洋面上生成的台风，其中未登陆我国但在移动转向过程中对长江流域降雨大气环流形势有一定间接影响个例是不包括本研究范围中。

3. 登陆台风特征

1988~2017 年共 30 年期间，统计在西北太平洋、近海和南海一带共有 862 个热带气旋生成，其中，共有 254 个台风登陆我国，平均每年约 8.5 个，登陆台风个数最多为 1989 及 1994 年 13 个，最少为 1997 及 2014 年 5 个。采用 M-K 方法趋势分析检验，发现最近 30 年内生成台风和登陆台风个数呈减少趋势，台风登陆个数与生成个数相关系数为 0.56，并无较好的一致相关关系(见图 1)。台风生成时间多集中在 7 月份至 9 月份，其中，7 月份平均生成 4.6 个，8 月份 6.1 个，9 月份 5.7 个；登陆我国台风较多的月份与生成台风较多月份一致，也多集中在 7~9 月，其中，7、8 月份平均登陆 2.3 个，9 月份平均登陆 1.9 个(见图 2)。

4. 影响长江流域的登陆台风特征

4.1. 时间分布

按照本文直接影响长江流域登陆台风的界定，统计发现 1988~2017 年最近 30 年期间共有 112 个该类台风，平均 3.73 个/年(参见图 3)，采用 M-K 趋势检验发现，最近 30 年期间所统计的该类登陆台风个数呈不显著增加趋势(参见图 4)。分析发现，其间登陆后对长江流域有直接影响台风最多的为 7 个/年，出现在 1990 年，最少为

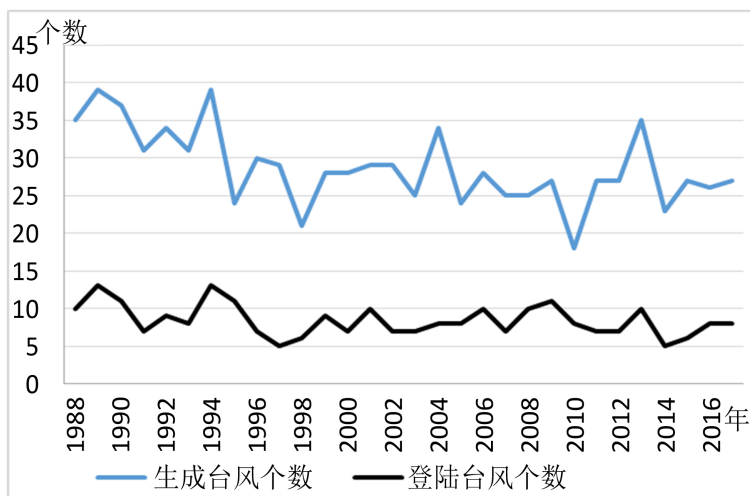


Figure 1. The number of typhoons generated and landing in China (1988~2017)

图 1. 1988~2017 年台风生成个数和登陆我国个数

1 个/年, 出现在 1993 年、1998 年、2011 年; 影响长江流域登陆台风年内大多出现在 7~9 月, 占全年总数的 8 成多, 其前后月份均明显减少, 4 月、5 月仅有 1 个、2 个, 11 月至次年 3 月基本无可直接影响长江流域的登陆台风; 影响长江流域最早的登陆台风为 2008 年 2 号台风“浣熊”, 于 4 月 18 日登陆海南, 4 月 19 日登陆广东, 最晚的登陆台风为 2010 年第 15 号台风“鲇鱼”, 于 10 月 23 日登陆福建后又继续深入到长江流域境内。

4.2. 生成源地分布及强度占比

分析最近 30 年影响长江流域的登陆台风, 其生成源地主要分布在南海、近海及西北太平洋一带, 其中, 来自西北太平洋地区生成的登陆台风共 78 个, 占 70%; 来自南海生成台风 16 个, 近海生成台风 18 个。统计对长江流域有直接影响的登陆台风, 发现台风生命史中, 台风最大强度达到超强台风级的有 29 个(占 25.9%), 强台风级有 23 个(占 20.5%), 台风级有 28 个(占 25.0%), 强热带风暴级有 23 个, 热带风暴级有 7 个, 热带低压 2 个; 登陆时台风强度达到超强台风的有 1 个, 强台风 14 个, 台风 34 个(占 30.4%), 强热带风暴 39 个(占 34.8%), 热带风暴 16 个, 热带低压 8 个。

4.3. 登陆后移动路径

统计直接影响长江流域的登陆台风, 有登陆仅 1 次, 也有多次登陆; 登陆我国 1 次的台风有 63 个(占 56.3%),

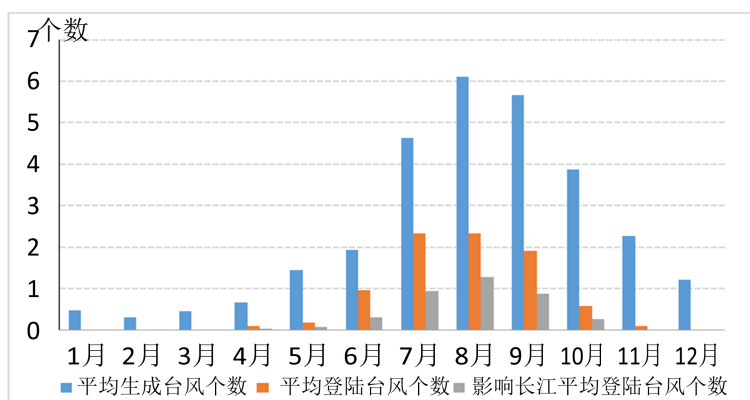


Figure 2. The monthly mean number of typhoons generated and landing (1988~2017)

图 2. 1988~2017 年逐月生成及登陆平均台风个数

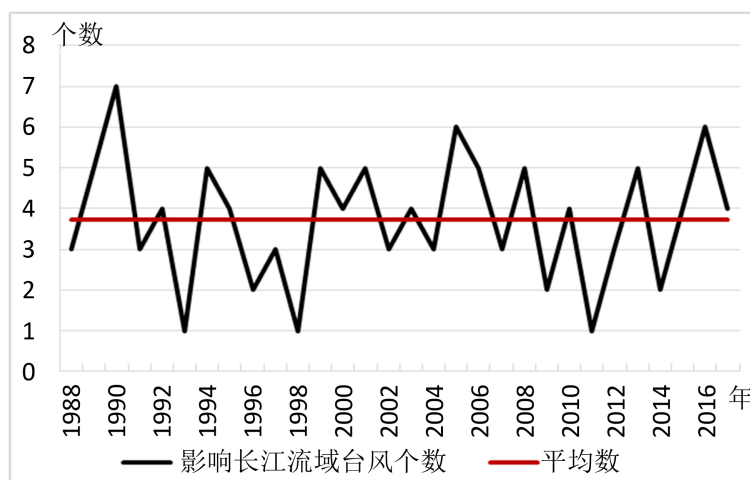


Figure 3. The number of landing typhoons affecting the Yangtze River valley (1988~2017)

图 3. 1988~2017 年影响长江流域登陆台风个数

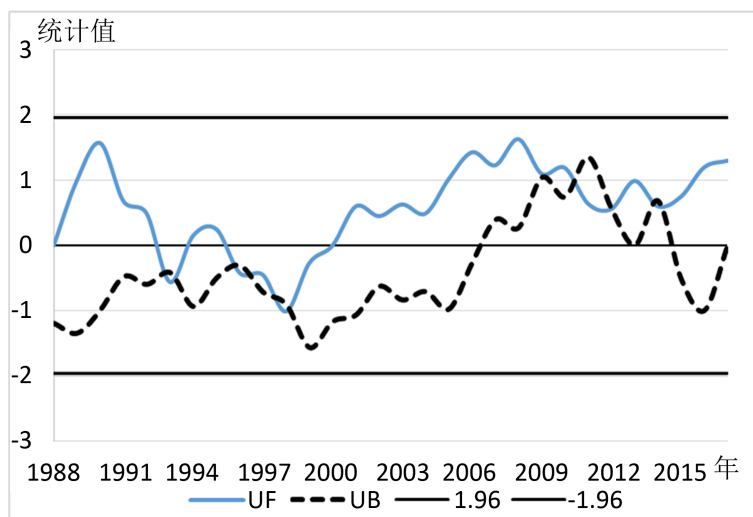


Figure 4. The statistics of landing typhoons affecting the Yangtze River valley (1988~2017) (The straight line indicates the significance-level critical value when $\alpha = 0.05$)

图 4. 1988~2017 年影响长江流域登陆台风统计量(直线为 $\alpha = 0.05$ 显著性水平临界值)

登陆我国 2 次的有 43 个(占 38.4%); 登陆我国 3 次的台风有 4 个, 如 1410 号台风麦德姆, 其北上东移的过程中先后登陆我国台湾、福建和山东; 登陆我国 4 次的台风有 2 个, 如 1416 号凤凰台风, 其北上的移动过程中连续两次登陆我国台湾, 接着登陆浙江、上海。首次登陆地区主要集中在台湾、海南、广东、福建、浙江、江苏、香港、上海 8 省市; 统计分析多次登陆的台风中, 发现登陆福建共有 48 个台风, 台湾 42 个, 广东 37 个, 浙江 22 个, 海南、香港 3 个, 广西、上海、江苏 2 个, 山东、辽宁 1 个; 登陆台湾、海南的台风必须再次登陆才可能对长江流域降水有直接影响。

台风登陆后移动路径的划分, 传统的方法有西移路径、西北路径和转向路径。为更清晰分析对长江流域降雨有直接影响的登陆台风移动路径特点, 本文在传统路径划分的基础上, 将影响长江流域的登陆台风路径再划分为西移路径、西北路径、偏北路径、东北转向路径、西南转向路径。西移路径、西北路径、偏北路径是台风登陆后分别向偏西、西北、偏北方向移动; 东北转向路径、西南转向路径是台风登陆后分别向东北方向、西南方向转向移动。分析发现, 上述五种登陆台风路径都有可能直接影响长江中下游部分地区, 西移和西南转向路径甚至还可能影响到长江上游南部地区。

通过分析最近 30 年登陆台风路径的逐月分布(表 1)可看出, 东北转向型是台风登陆后直接影响长江流域最多的移动路径, 共计 36 个(占 32.1%), 其次为西移型、偏北型和西北型, 西南转向型最少, 有 8 个(占 7.1%); 台风移动路径随月份有所不同, 除偏北型的台风最多出现在 9 月外, 其余各种类型的台风均多发生在 8 月。

5. 影响长江流域降水落区和强度分析

5.1. 影响降水落区

影响长江流域的登陆台风, 降水落区与台风移动路径密切相关, 统计发现西移型台风影响范围广, 有的可能会影响金沙江下游、向家坝~寸滩区间、乌江、两湖水系及长江下游, 西北型台风则可能影响乌江、两湖水系及长江下游, 偏北型台风可能影响两湖水系及长江下游, 东北转向型台风大多影响鄱阳湖水系、长江中游干流及长江下游等地区, 西南转向型台风大多可能会影响向家坝~寸滩区间、两湖水系。长江流域受登陆台风影响最多的地区为鄱阳湖水系(70 次), 其次长江下游(30 次)、洞庭湖(23 次), 受影响最少的地区为金沙江下游(1 次)、

Table 1. The number of typhoons with various types of routes between April and October in the last 30 years
表 1. 近 30 年 4~10 月各类型路径台风个数统计

	西移型	西北型	偏北型	东北转向型	西南转向型	总数
4 月	0	0	0	1	0	1
5 月	1	0	0	1	0	2
6 月	1	0	4	4	0	9
7 月	8	5	4	9	2	28
8 月	9	9	5	11	4	38
9 月	4	4	8	8	2	26
10 月	1	2	3	2	0	8
总数	24	20	24	36	8	112

乌江(2 次)、向家坝~寸滩区间(3 次)、长江中游干流(4 次)。

5.2. 影响降雨强度

分析所收集的登陆台风样本,发现台风登陆后继续移动并深入,极易给长江流域带来明显的强对流降雨天气,其影响降水范围视具体台风个例会有所差别,但台风降雨强度普遍会偏强偏大,大多会造成大范围的强降雨,特别是台风天气系统移动过程中,再叠加其他西风带天气系统,更是造成极端降水和超强大风天气现象,单日日雨量会超过特大暴雨级以上强度,极具灾害性特点。如 2015 年 13 号超强台风“苏迪罗”移动穿行长江流域时导致江西庐山站 8 月 9 日 388 mm 降雨量,2008 年 8 号强台风“凤凰”叠加西风带高空槽给长江下游带来大暴雨降雨,其中 8 月 1 日滁州站降雨量 424 mm 为最大强度;最小强度的降雨为 2002 年 12 号强热带风暴“北冕”造成鄱阳湖水系星子站 186 mm 降雨量。

6. 台风不同移动路径与副热带高压配置

登陆后台风强度和移动路径是影响长江流域降雨的重要关键要素,田华[16]等研究大气 ISO 在对流层低层到中层通过低频气旋或低频反气旋的环流形势影响季风槽及副热带高压的位置和强度,从而影响台风活动,这里从台风个例中总结提炼出不同移动路径台风与西太平洋副热带高压(以下简称副高)之间典型环流配置图,以供日常天气预报中应用参考。

1) 西移型、偏北型

西移型台风与副高的典型配置见图 5(左图)。副高控制长江流域大部地区,台风登陆后位于副高的底部,在副高外围的偏西气流引导下台风向偏西方向移动。偏北型台风与副高的典型配置见图 5(右图)。台风登陆时副高位于西太平洋面上,其西部外围偏北气流引导台风移动,同时西部较远处有高空槽,西风槽不断东移靠近也促使台风向偏北方向移动。

2) 西北型

西北型台风与副高的两种典型配置见图 6。一种配置是副高西伸至长江下游,台风登陆后位于副高西南部,副高少动或者西伸,其外围的东南风推动台风向西北方向移动;另一种配置是副高控制长江流域大部地区,台风位于南海登陆点偏南,其登陆前后副高断裂成 2 个闭合单体,2 个闭合单体之间低值区,台风在副高西南侧的东南气流及高空低值系统东移的牵引下向西北方向移动。

3) 东北转向型、西南转向型

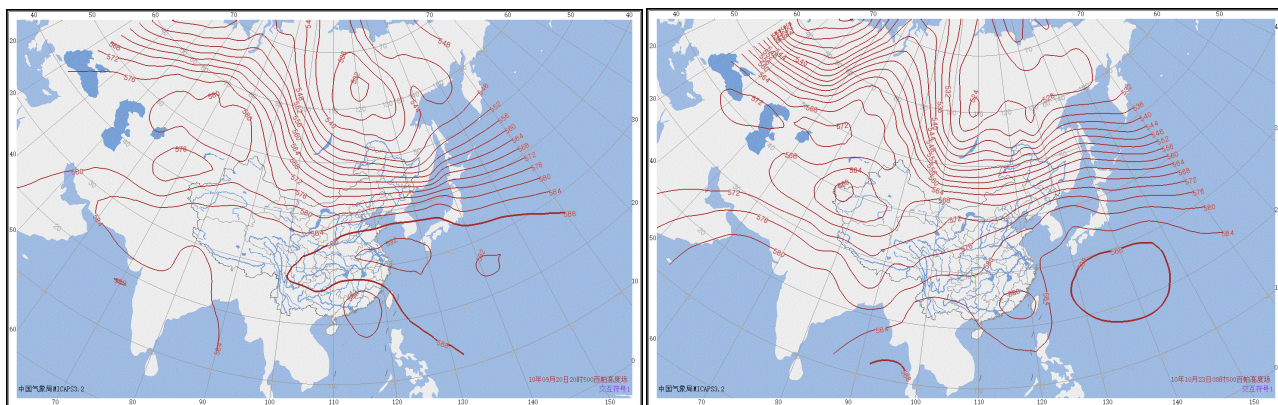


Figure 5. Typical configuration chart of west- (left) and northward-traversed (right) typhoons with subtropical high pressure
图 5. 西移型(左图)、偏北型(右图)台风与副高的典型环流形势配置图

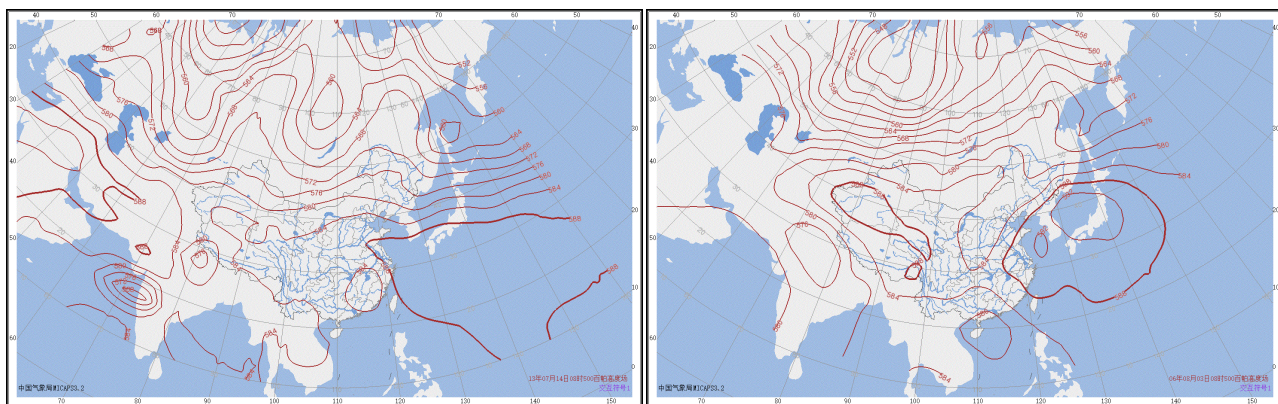


Figure 6. Two typical configuration charts of northwest-traversed typhoons with subtropical high pressure
图 6. 西北型台风与副高的两种典型配置图

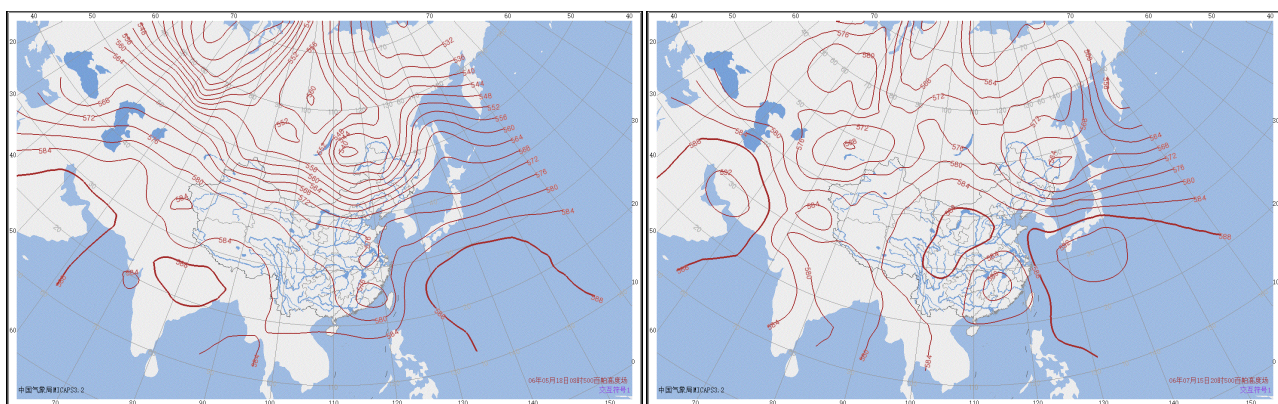


Figure 7. Typical configuration chart of northeast- (left) and southwest-traversed (right) typhoons with subtropical high pressure
图 7. 东北转向型(左图)、西南转向型(右图)台风与副高的典型配置图

东北转向型台风与副高的典型配置见图 7 (左图)。副高位于西太平洋，台风登陆后并入西风带高空槽底部，随着槽的东移，槽前西南风引导台风往东北方向移动。西南转向型台风与副高的典型配置见图 7 (右图)。台风登陆前后副高断裂成 2 个单体，台风位于东部副高主体的西南方向，东部副高主体不断加强西伸南扩，西部副高主体稳定少动，台风则较易在 2 个副高单体的外围气流引导下向西南方向移动。

7. 结论与讨论

通过对最近 30 年直接影响长江流域的登陆台风特征进行较全面统计分析, 得出以下初步结论:

1) 最近 30 年西北太平洋及南海地区生成台风和登陆台风总个数总体上呈减少趋势, 登陆台风与生成台风个数并无较好的正相关关系; 年内 7 月至 9 月期间为台风生成多发期, 登陆我国的台风多发期与生成台风多发期基本一致。

2) 按照登陆和对长江流域降雨有直接影响条件统计分析, 发现最近 30 年影响长江流域的登陆台风个数是呈不显著的增加趋势, 年内影响长江流域登陆台风最多为 7 个, 最少为 1 个; 7~9 月登陆的台风占全年总数的 8 成多, 最早影响登陆台风为 4 月份, 最晚为 10 月。

3) 统计发现影响长江流域的登陆台风生成源地多来自西北太平洋地区, 生命史中超强台风占 25.9%, 登陆时强度为台风及强热带风暴级的台风占 65.2%, 登陆位置分布在福建次数最多, 其次为台湾、广东和浙江等。长江流域受登陆台风影响最多地区为鄱阳湖水系, 其次为长江下游和洞庭湖水系。

4) 影响长江流域的登陆台风, 其移动路径分为西移型、西北型、偏北型、东北转向型和西南转向型, 其中, 东北转向型台风影响长江流域最多, 占登陆台风的 32.1%, 且多发生在 7~9 月, 西南转向型台风影响长江流域最少, 仅占 7.1%。对上述不同移动路径登陆台风总结出与副高位置之间的典型形势配置图, 对实际跟踪监视台风的移动及降雨影响有一定应用参考价值。

本文对影响长江流域的登陆台风特征主要仅进行了特定个例的统计和初步分析, 但如何定量抽取登陆台风造成降雨或定量分析台风对长江流域降雨贡献等未作分析, 考虑台风造成的降雨强度和时空分布与台风强度、移动路径和快慢、其他天气系统的叠加等诸多因素密切相关, 分析台风如何对长江流域降雨的综合影响还有待进一步探讨。

基金项目

国家重点研发计划资助项目(2017YFC1502501)。

参考文献 (References)

- [1] 黄昌兴, 周国良, 等. 登陆我国台风的时空分布特征及其影响[J]. 水文, 2014, 34(6): 81-85.
HUANG Changxing, ZHOU Guoliang, et al. Spatial and temporal distribution characteristics of landing typhoons in China and their influence. *Journal of China Hydrology*, 2014, 34(6): 81-85. (in Chinese)
- [2] 张玲, 许映龙, 黄奕武. 1330 号台风海燕强烈发展和快速移动原因分析[J]. 气象, 2014, 40(12): 1464-1480.
ZHANG Ling, XU Yinglong and HUANG Yiwu. Analysis of the intense development and fast-moving of No. 1330 typhoon Haiyan. *Meteorological Monthly*, 2014, 40(12): 1464-1480. (in Chinese)
- [3] 殷洁, 戴尔阜, 吴绍洪. 中国台风灾害综合风险评估与区划[J]. 地理科学, 2013, 33(11): 1370-1376.
YIN Jie, DAI Er-fu and WU Shao-hong. Integrated risk assessment and zoning of typhoon disasters in China. *Scientia Geographica Sinica*, 2013, 33(11): 1370-1376. (in Chinese)
- [4] 孙佳, 王燕妮, 左军成. 江浙沿海台风特征分析[J]. 河海大学学报, 2015, 43(3): 215-221.
SUN Jia, WANG Yanni and ZUO Juncheng. Characteristic analysis of typhoon along coastal areas of Jiangsu and Zhejiang provinces. *Journal of Hohai University*, 2015, 43(3): 215-221. (in Chinese)
- [5] 万金红, 张葆蔚, 等. 海南省台风灾害特征分析[J]. 人民珠江, 2016, 37(1): 45-48.
WAN Jinhong, ZHANG Baowei, et al. Characteristics of typhoon disaster in Hainan province. *Pearl River*, 2016, 37(1): 45-48. (in Chinese)
- [6] 陈联寿, 孟智勇, 丛春华. 台风暴雨落区研究综述[J]. 海洋气象学报, 2017, 37(4): 1-7.
CHEN Lianshou, MENG Zhiyong and CONG Chunhua. An overview on the research of typhoon rainfall distribution. *Journal of Marine Meteorology*, 2017, 37(4): 1-7. (in Chinese)
- [7] 王科程, 黄泓, 陈中一, 等. 热带气旋直接降水对中国的影响研究[J]. 气象科学, 2017, 37(1): 86-92.
WANG Kecheng, HUANG Hong, CHEN Zhongyi, et al. Study on the influence of direct rainfall of tropical cyclones in China. *Journal of the Meteorological Sciences*, 2017, 37(1): 86-92. (in Chinese)

- [8] 端义宏, 陈联寿, 梁建茵, 等. 台风登陆前后异常变化的研究进展[J]. 气象学报, 2014, 72(5): 969-986.
DUAN Yihong, CHEN Lianshou, LIANG Jianyin, et al. Research progress in the unusual variations of typhoons before and after landfalling. *Acta Meteorologica Sinica*, 2014, 72(5): 969-986. (in Chinese)
- [9] 冯涛, 黄荣辉, 陈光华, 等. 近年来关于西北太平洋热带气旋和台风活动的气候学研究进展[J]. 大气科学, 2013, 37(2): 364-382.
FENG Tao, HUANG Ronghui, CHEN Guanghua, et al. Progress in recent climatological research on tropical cyclone activity over the western north pacific. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2013, 37(2): 364-382. (in Chinese)
- [10] 李崇银, 潘静, 田华, 等. 西北太平洋台风活动与大气季节内振荡[J]. 气象, 2012, 38(1): 1-16.
LI Chongyin, PAN Jing, TIAN Hua, et al. Typhoon activities over the western north pacific and atmospheric intraseasonal oscillation. *Meteorological Monthly*, 2012, 38(1): 1-16. (in Chinese)
- [11] 许映龙, 张玲, 高栓柱. 我国台风预报业务的现状及思考[J]. 气象, 2010, 36(7): 43-49.
XU Yinglong, ZHANG Ling and GAO Shuanzhu. The advances and discussions on China operational typhoon forecasting. *Meteorological Monthly*, 2010, 36(7): 43-49. (in Chinese)
- [12] 张玲, 黄奕武. 超强台风梅花和超强台风洛克预报偏差的天气学分析[J]. 气象, 2013, 39(7): 842-847.
ZHANG Ling, HUANG Yiwu. Synoptic analysis on forecast error of super typhoon muifa and severe typhoon roke. *Meteorological Monthly*, 2013, 39(7): 842-847. (in Chinese)
- [13] 余锦华, 唐家翔, 戴雨涵, 等. 我国台风路径业务预报误差及成因分析[J]. 气象, 2012, 38(6): 695-700.
YU Jinhua, TANG Jiaxiang, DAI Yuhua, et al. Analyses in errors and their causes of Chinese typhoon track operational forecasts. *Meteorological Monthly*, 2012, 38(6): 695-700. (in Chinese)
- [14] 姜付仁, 姜斌. 登陆我国台风的特点及影响分析[J]. 人民长江, 2014, 45(7): 85-89.
JIANG Furen, JIANG Bin. Study on impacts of typhoon on China and its characteristics. *Yangtze River*, 2014, 45(7): 85-89. (in Chinese)
- [15] 梁树猷, 冯志刚, 程兴无, 等. 台风与淮河流域降水影响统计特征分析[C]//第 33 届中国气象学会年会论文集. 西安: 中国气象学会, 2016.
LIANG Shuxian, FENG Zhigang, CHENG Xingwu, et al. Analysis of statistical characteristics of the typhoon in the huaihe river basin. In: *Proceedings of the 33rd annual meeting of the Chinese Meteorological Society*. Xi-an: Chinese Meteorological Society, 2016. (in Chinese)
- [16] 田华, 李崇银, 杨辉. 大气季节内振荡对西北太平洋台风路径的影响研究[J]. 大气科学, 2010, 34(3): 559-579.
TIAN Hua, LI Chongyin and YANG Hui. Modulation of typhoon tracks over the western north pacific by the intraseasonal oscillation. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences*, 2010, 34(3): 559-579. (in Chinese)