

热带气旋经过台湾岛强度变化特征

董 林^{1,2} 端义宏²

(1. 兰州大学大气科学系 730000; 2. 国家气象中心)

提 要: 用中国气象局整编的 1949—2006 年共 58 年的《台风年鉴》或《热带气旋年鉴》资料,将资料线性插值到 1 小时,挑选出经过台湾岛的热带气旋(TC),用统计分析的方法,揭示 TC 经过台湾岛时的强度变化特征。结果表明,TC 从东侧登陆台湾岛损失的强度为西侧登陆损失强度的 2 倍以上;TC 登陆时的路径方向与台湾中央山脉长轴交角越接近垂直,其过岛损失的强度越小,在岛逗留的时间越短;TC 登陆台湾岛东侧时强度损耗与 TC 登陆前其自身的强度呈正相关,而登陆台湾岛西侧则没有明显的统计规律;TC 从台湾西侧登陆时不但出现强度不变或者增强的几率更大,而且强度增强也更多。

关键词: 热带气旋 强度变化 统计分析

A Statistical Analysis of Intensity Change of Tropical Cyclones Landing Taiwan

Dong Lin^{1,2} Duan Yihong²

(1. Lanzhou University, 730000; 2. National Meteorological Center)

Abstract: A statistical analysis on the intensity change of tropical cyclones (TC) that passed Taiwan is performed. The data of 58 years (1949—2006) from Typhoon yearbook and tropical cyclone yearbook compiled by Chinese Meteorological Administration (CMA) is used. The records of each typhoon are linearly interpolated to one hour per record. Only TCs that passed Taiwan are picked out for analysis. Several conclusions can be obtained from the statistics. First of all, the intensity loss of TCs landing from the east side is twice more than that of TCs from west side. Secondly, the more perpendicular the angle between the route direction of landing TC and long axis of Taiwan central mountain, the smaller the intensity loss and duration on the land. Thirdly, there is a positive correlation between the intensity loss and initial intensity for the TCs landing from the east side whereas no such correlation exists for TCs from west side. Fourthly, the probability that the intensity remains the same or increases of TCs landing from the west side is higher than that of TCs from the east.

Key Words: tropical cyclone intensity change statistical analysis

引言

近些年来,热带气旋(以下简称 TC)路径方面的研究和预报技术都取得了很大进步。相对而言,强度方面的预报和研究明显滞后^[1]。但是,TC 灾害的发生(比如大风和强降水等)均与热带气旋强度有关,这已经引起有关专家的高度重视。1990 年代以来,热带气旋强度研究取得了一定的进展,主要研究对象是西北太平洋和中国近海突然增强的 TC^[2-6]。而在系统研究强度变化方面,主要集中在强度与结构之间关系,以及环境场对 TC 强度的影响等领域,大多以 TC 个例为研究对象^[7-9];最近几年,在强度变化统计特征方面,余晖^[2],于玉斌^[10],李爱平^[11]等,也取得了一些初步的成果。但是,TC 经过台湾岛时的强度变化统计特征的研究相对较少^[12-13],热带气旋在经过台湾岛后,强度变化趋势、减弱的程度,包括从不同的方位登陆台湾岛对其强度的影响等均没有进行过系统的研究。

本文试图通过统计分析,认识热带气旋通过台湾岛后强度减弱的特征,为热带气旋经过台湾岛的强度变化预报分析以及为进一步研究热带气旋经过台湾岛强度变化的物理机制的认识打下良好的基础。

1 资料与方法

本文所用的资料为中国气象局整编的 1949—2006 年共 58 年的《台风年鉴》或《热带气旋年鉴》资料,它包括间隔 6 小时的 TC 中心附近最低气压和最大风速,分别为北京时间 02、08、14 和 20 时。为了更好地描述热带气旋经过台湾岛其强度变化特征,本研究对每 6 小时间隔的资料进行线性插值,得到 1 小时间隔的位置和强度数据集。TC 经过

台湾岛强度变化是指其上岛前一刻的中心附近最大风速(或最低气压)值与过台湾岛后第一时刻的差值(气压值取相反数),正值说明强度减弱,负值(或零)说明强度增强(或不变);而通过台湾岛所用的时间,也是这两个时刻时间的差值。

2 TC 经过台湾岛强度变化特征

2.1 TC 以不同路径经过台湾岛的强度变化特征

58 年中,在西北太平洋和南海共有 1968 个 TC 生成,其中登陆台湾岛的 TC 有 105 个(不包括登陆台湾时产生副中心的 TC,以下简称 A),占总生成数的 5.3%。从东侧登陆台湾岛的 TC(以下简称 E)有 82 个,占 A 的 78.1%;从西侧登陆台湾岛的 TC 有 23 个(以下简称 W),占 A 的 21.9%。将台湾岛从 23.5°N 分为南北两段,分别统计 TC 以不同路径经过台湾岛的变化特征。经过统计分析发现,北段登陆台湾岛的 TC(以下简称 N),有 58 个;南段登陆台湾岛的

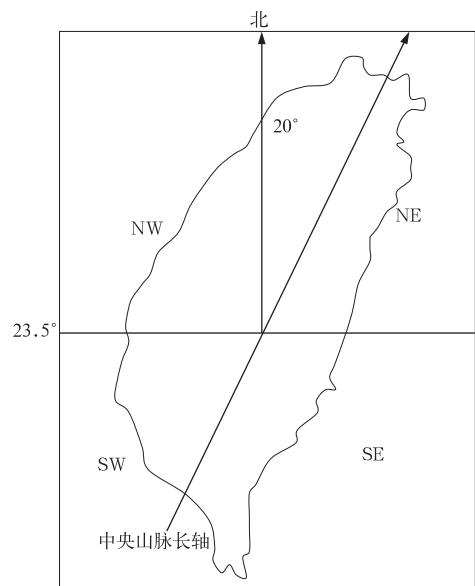


图1 TC 经过台湾岛的路径划分

TC(以下简称为 S)有 47 个,南北两段的样本数相差并不悬殊。但是,进一步分析可以看出,从东北侧登陆台湾岛的 TC(以下简称为 NE)有 54 个,而西北侧登陆的(以下简称为 NW)只有 4 个;东南侧登陆的 TC(以下简称为 SE)有 28 个,西南侧(以下简称为 SW)只有 19 个。这样的统计结果也反映了登陆台湾岛的 TC 主要是西北太平洋生成的西北行或者西行的 TC^[12]。

从表 1 可以看出,平均而言,东侧登陆的 TC 风速减少 $4.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,气压增加 7.1hPa ;而西侧登陆的 TC 风速减小和气压增大分别为 $2.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 3.1hPa 。TC 从东侧登陆台湾较西侧登陆,不但耗时较多,损失的强度也较大,东侧登陆损失的强度为西侧登陆损失强度的 2 倍以上。

另外,TC 从台湾的东北侧登陆平均耗时较长,为 7 个小时,平均强度损失最大为 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 7.7hPa ;而从台湾的西南侧登陆则平均耗时最短为 5 个小时,平均损失最小为 $1.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 3.1hPa 。

表 1 不同路径 TC 经过台湾岛的强度变化特征

	E	W	NE	NW	SE	SW
平均通过时间/h	7	5	7	7	7	5
平均风速减小/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	4.6	2.2	5.0	4.3	3.9	1.8
平均气压增大/hPa	7.1	3.1	7.7	3.3	5.9	3.1

2.2 TC 以不同角度登陆台湾岛的强度变化特征

有研究表明,TC 登陆时其移动方向与中央山脉的夹角,对其路径和环流产生很大的影响^[14]。这里分析 TC 以不同的角度登陆台湾岛其强度变化。定义 TC 上岛前一刻与在岛第一时刻的连线方向为 TC 的移动方向,登陆的角度为中央山脉长轴方向(北偏东 20°)顺时针旋转到移动方向的夹角(登陆角度 = 移动方向 - 20°)。

分别对 TC 登陆台湾东、西侧时登陆角度的变化进行统计,发现对于东侧登陆的 TC,登陆角度主要集中在 $250\sim 295^\circ$ 之间,有 47 个,占东侧登陆 TC 总数的 57.3%;而西侧登陆时,登陆角度主要集中在 $25\sim 70^\circ$ 之间,有 13 个,占西侧登陆 TC 总数的 56.5%。

表 2 TC 登陆台湾岛角度与之后强度变化关系表

登陆角度	东侧登陆				西侧登陆			
	$340\sim 25^\circ$	$205\sim 250^\circ$	$250\sim 295^\circ$	$295\sim 340^\circ$	$25\sim 70^\circ$	$70\sim 115^\circ$	$115\sim 160^\circ$	$340\sim 25^\circ$
移动方向	北-东北 $360\sim 45^\circ$	西南-西 $225\sim 270^\circ$	西-西北 $270\sim 315^\circ$	西北-北 $315\sim 360^\circ$	东北-东 $45\sim 90^\circ$	东-东南 $90\sim 135^\circ$	东南-南 $135\sim 180^\circ$	北-东北 $0\sim 45^\circ$
TC 个数	5	6	47	24	13	3	3	4
平均风速减小/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	4.2	6.9	4.4	4.7	1.3	1.1	5.8	3.1
平均气压增加/hPa	5.3	6.9	6.9	7.9	1.8	2.4	7	5.1
平均通过时间/h	6.8	11.8	5.8	7.9	5.2	1.7	8	6.8

表 2 列出了所有登陆台湾东侧的 82 个 TC 的登陆角度与强度变化的统计关系。从表中可以看出,当 TC 的移动方向位于西到西北方向之间,即登陆角度在 $250\sim 295^\circ$ 时,其通过台湾所用的时间最短为 5.8 小时,其强度的减少也最小,风速减少 $4.2\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;而当 TC 移动方向向南或北偏折时,通过台湾岛所用时间和消耗的强度都随之增加;移动方向在西南到西之间时,所用登陆时间增加

到 11.8 小时,所消耗的风速增大到 $6.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;也就是说东侧登陆时,由于 TC 登陆角度的不同可能延长其 1 倍左右的登陆时间,同时增加近五成的风速损失。

表 2 还列出了所有登陆台湾西侧的 23 个 TC 的登陆角度与强度变化的统计关系。从表中可以看出,如果 TC 登陆台湾西侧,其移动方向在东到东南之间,即登陆角度在 $70\sim 115^\circ$ 时,通过台湾岛所用的时间最少为 1.7

小时,消耗的风速也最小为 $1.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$;当移动方向向南或向北偏折时,通过台湾岛所用时间和消耗的强度都随之增加;而移动方向在东南到南之间时,所用的登陆时间最长为8小时,消耗的风速也最大为 $5.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。这样的结果表明,西侧登陆时,由于TC登陆角度的不同可能延长其3.7倍左右的登陆时间,同时增加超过4倍的风速损失。

以上分析结果表明,TC经过台湾岛时,其移动方向与台湾中央山脉长轴越接近垂直(西侧登陆时交角 90° 或者东侧登陆时交角 270°),在岛逗留的时间越短,其过岛损失的强度越小。当TC的移动方向与中央山脉长轴垂直时,相当于其以最短的路径和最少的的时间通过了台湾岛,这在很大程度上减少了陆面摩擦对TC强度的消耗。另外,东、西侧登陆时最长的登陆时间都出现在TC向偏南方向移动的情况,此时一般TC移速较慢,即

使此时TC在岛上的路径不是最长,所用的登陆时间却可能最长。在岛逗留时间的增加也使得陆面摩擦增加,TC强度消耗增大。

2.3 TC登陆台湾岛前强度分布与过岛强度变化的统计特征

现有研究成果表明,TC经过台湾岛时的变化,不但与地形参数有关,同时也受其自身参数的影响,其自身参数主要包括位置、强度和大小^[14]。在日常的预报业务中,不同强度的TC登陆时所造成的危害有很大的差别,因此有必要进一步分析TC登陆台湾岛之前,其自身的强度与过岛强度变化的关系。

表3列出了105个经过台湾岛的不同等级TC登陆台湾岛前后的强度变化和所需要的时间,等级划分按照《热带气旋等级》标准^[15],对于6个中心风速小于标准中TD等级的TC不做统计。

表3 TC东侧登陆台湾岛时登陆前强度分布与强度变化特征

	东侧登陆B						西侧登陆C					
	TD	TS	STS	TY	STY	SuperTY	TD	TS	STS	TY	STY	SuperTY
个数	6	4	17	23	16	12	2	6	4	5	3	1
比例/%	7.3	4.9	20.7	28.0	19.5	14.6	8.7	26.1	17.4	21.7	13.0	4.3
平均风速减小/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	0.6	1.3	2.2	4.8	5.6	10.3	0	2.3	1.6	4.2	3.3	0
平均气压增加/hPa	-0.2	2.1	1.9	7.7	9.3	16.6	0.2	1.8	2.9	7.2	4.3	2.5
平均通过时间/h	5.8	5.3	6.9	8.6	6.1	6.1	5.5	6.2	6.0	5.6	3.0	1.0

从表3可以看出,登陆台湾东侧的TC,(1)在登陆前强度较强,中心最大风速在强热带风暴以上强度($\geq 24.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)的TC占有所有东侧登陆TC的82.8%;登陆时强度损耗与TC登陆前的强度呈正相关,即TC登陆台湾岛前一刻的强度越强,登陆过程中损失的气压或者风速越大;(2)台风强度的TC在东侧登陆的TC中占有最大比例,过岛所用时间也最多;(3)越弱的TC登陆时损失的强度越小,在表中TD气压的变化出现了负值,说明弱的TC过岛时可能出现增强的情况。

而西侧登陆的情况则与东侧登陆有所不同。首先,登陆前TC的各个等级频数分布

比较均匀,中心最大风速在强热带风暴以上强度的TC占有所有西侧登陆TC的56.4%;平均强度较东侧登陆的TC偏弱;其次,TC过岛时的强度损耗与其登陆前的强度没有明显的统计规律。

2.4 登陆增强的情况

从以上的分析中不难发现:有一些TC在经过台湾岛之后,不但不会减弱反而强度会有所增强。为此,本文专门对登陆后增强的TC进行统计分析。对105个经过台湾岛的TC进行分析发现,有23个TC过岛后风速的变化 ≥ 0 ,有22个TC过岛后气压的变

化 ≤ 0 ,但是气压 ≤ 0 而风速 ≥ 0 的 TC 只有 14 个,占过台湾岛 TC 总数的 13.3%;考察这 14 个 TC,发现强度变化虽然是零或者负值,表明有些 TC 在过岛后强度不变或者有所增强,但是增强的幅度很小,平均而言,风速增大为 $0.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,气压减小为 0.3hPa ;同时考察这些 TC 的路径,发现东侧登陆台湾岛的有 8 个,占东侧登陆台湾岛 TC 总数的 9.8%,而西侧登陆台湾岛的 TC 有 6 个,占西侧登陆台湾岛 TC 总数的 26.1%,也就是说,TC 从西侧登陆台湾岛较东侧登陆台湾岛更易出现强度不变或者强度小幅度增加的情况;而且 TC 从西侧登陆台湾岛时,其风速增大平均为 $1.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,东侧登陆时其风速增大的均值为 $0.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。可见 TC 从台湾西侧登陆时不但出现强度不变或者增强的几率更大,而且增加的强度也更多。

3 结论和讨论

通过分析 1949—2006 年 CMA 的年鉴资料,揭示 TC 经过台湾岛时的强度变化特征。主要结论如下:

(1) TC 从东侧登陆台湾岛较西侧登陆,不但耗时较多,损失的强度也较大,东侧登陆损失的强度为西侧登陆损失强度的 2 倍以上;

(2) TC 经过台湾岛时,其路径方向与台湾中央山脉的长轴方向越接近垂直,其过岛损失的强度越小,在岛逗留的时间越短;

(3) TC 从东侧登陆台湾岛时,其自身强度与过岛时强度变化有明显的统计规律,即 TC 登陆台湾岛前一刻的强度越强,登陆过程中损失的气压或者风速越大;而登陆台湾岛西侧则没有明显的统计特征;

(4) TC 从台湾西侧登陆时不但出现强度不变或者增强的几率更大,而且增加的强度也更多。

本文通过统计分析,在 TC 经过台湾岛时其强度的变化与路径、登陆角度以及自身

强度等方面都得到了一些可供参考的结论。但是,在实际的预报业务中,这些影响 TC 强度的因素并非单独起作用,而是相互结合、相互联系,同时对 TC 的强度、结构、路径、大小等各个方面产生影响;所以在后面的研究中需要将这几个方面的因素结合起来,考察其对 TC 的综合影响,以便进一步分析和研究热带气旋经过台湾岛强度变化的物理机制。

参考文献

- [1] 端义宏,余晖,伍荣生. 热带气旋强度变化研究进展[J]. 气象学报,2005,(10):636-645.
- [2] 余晖,端义宏. 西北太平洋热带气旋强度变化的统计特征[J]. 气象学报,2002,60(6):680-687.
- [3] 吴达铭. 西北太平洋热带气旋强度突变的分布特征[J]. 大气科学,1997,(3),191-198.
- [4] 冯锦全,陈多. 我国近海热带气旋强度突变的气候特征分析[J]. 热带气象学报,1995(2),35-42.
- [5] 胡春梅,端义宏,余晖,等. 华南地区热带气旋登陆前强度突变的大尺度环境诊断分析[J]. 热带气象学报,2005,21(4):377-382.
- [6] 吴达铭,端义宏,秦曾灏. 我国东部海区热带风暴形成和强度突变的判别[J]. 大气科学研究与应用,1996,11(1):33-38.
- [7] 陈光华,裘国庆. 热带气旋强度和结构研究新进展[J]. 气象科技,2005(12):1-6.
- [8] 陈联寿,罗哲贤,李英. 登陆热带气旋研究的进展[J]. 气象学报,2004(10):541-549.
- [9] 余晖,费亮,端义宏. 8807 和 0008 登陆前的大尺度环境特征与强度变化[J]. 气象学报,2002,60(增刊):78-87.
- [10] 于玉斌,姚秀萍. 西北太平洋热带气旋强度变化的统计特征[J]. 热带气象学报,2006,(12),521-526.
- [11] 李爱平,沈红梅,石少华. 西北太平洋热带气旋强度变化特征分析[J]. 海洋预报,2006,23(3):64-71.
- [12] 孟莹,卢娟,缪启龙. 影响台湾岛海域的西太平洋台风特征分析[J]. 热带气象学报,2005(06),315-322.
- [13] 谢信良,王时鼎,郑明典,等. 台湾地区台风预报辅助系统建立之研究[R]. 中国台湾省中央气象局专题研究报告,1996.
- [14] 王时鼎,谢信良,郑明典,等. 侵台台风因台湾地形引起两类边界层现象分析及其预报问题讨论[OL]. <http://rdc28.cwb.gov.tw/index.php>.
- [15] 热带气旋等级[S]. 中国标准出版社 2006:1-2.