

文章编号:1004-9045(2006)01-0251-05

登陆我国热带气旋的气候特征

王晓芳¹, 李红莉¹, 王金兰²

(1. 中国气象局武汉暴雨研究所, 武汉 430074; 2. 河南省新乡市气象局, 新乡 453000)

摘 要:利用 1949~2001 年西北太平洋热带气旋基本资料, 对登陆我国热带气旋活动的气候特征进行了分析。结果表明, 登陆我国的热带气旋频数存在显著的月际、年际和年代际差异, 具有明显的时间日变化特征。同时指出, 登陆我国热带气旋的频数与长江中下游地区梅雨量可能存在一定关系。此外, 通过对在不同纬度带登陆的热带气旋进行统计分析发现, 热带气旋所登陆的纬度带不同, 其维持时间、衰减速度存在明显差异。

关键词:登陆热带气旋; 气候特征; 登陆纬度; 移动路径

中图分类号: P458.1+24 文献标识码: A

1 前言

热带气旋(TC)是影响我国沿海及部分内陆地区的主要灾害性天气系统之一, TC 登陆后不仅给沿海地区带来暴雨、大风、风暴潮等灾害性天气, 也可能深入内陆或重新入海给所经之地带来暴雨、大风等灾害天气, 这些灾害所造成的影响因环流背景、地形、登陆 TC 路径等复杂因子而有很大差异。因此, 把 TC 登陆作为一个独立问题来研究十分必要。

目前, 对热带气旋基本气候规律研究已有一定基础, 并取得相当多有益成果^[1-4]。这些研究成果对登陆热带气旋的分析侧重于 20 世纪 80 年代以前的资料, 或主要集中于西北太平洋热带气旋研究。本文在此基础上, 利用 1949~2001 年中央气象台台风资料, 对登陆我国热带气旋的气候特征进行了统计再分析, 试图为我国开展短期气候预测预警提供新的依据。

2 使用资料说明

文中所使用的 TC 资料来源于中央气象台编印的《台风年鉴》(1949~2001 年)或《热带气旋年鉴》(1989~2001 年)。其中, 1989 年之前的《台风年鉴》将台风分为热带低压(最大风速 $10.8 \sim 17.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)、台风(最大风速 $17.2 \sim 32.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)和强台风(最大风速大于 $32.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$); 1989 年(含 1989 年)之后, 《热带气旋年鉴》将台风分为热带低压(最大风速 $10.8 \sim 17.1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)、热带风暴(最大风速 $17.2 \sim 24.4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)、强热带风暴(最大风速 $24.4 \sim 32.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)和台风(最大风速大于 $32.6 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)。不论 1989 年前后对其如何分类, 除特别说明之外, 这里将其统称为热带气旋。该文中仅统计分析了 1949~2001

年最大风速大于 $17.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上登陆我国 TC 的气候特征, 且登陆 TC 在陆地上持续时间小于 6 h 的不作统计。

3 登陆我国 TC 的一般特征

统计分析 1949~2001 年期间登陆我国的 TC 表明, 近 53 a 共有 395 个 TC(指最大风速 $\geq 17.2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 且登陆后在陆地上维持 6 h 以上的 TC, 下同)在我国登陆, 约占西北太平洋(包括南海)生成台风频数的 21.5%, 平均每年登陆 7 个左右, 登陆最多的年份是 1961 年、1971 年和 1994 年, 达到 12 个; 1969 年和 1998 年最少, 仅为 3 个。

3.1 登陆我国 TC 频数的季节变化

1949~2001 年登陆我国 TC 频数逐月变化见图 1。

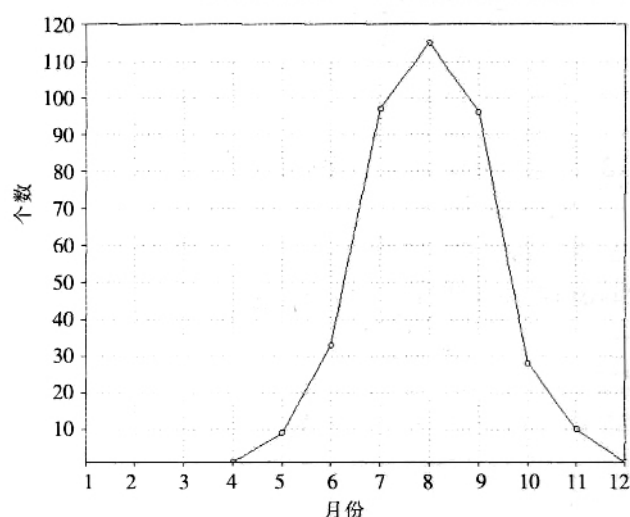


图 1 1949~2001 年登陆我国 TC 频数的逐月变化

从图 1 中可见, 登陆我国的 TC 频数基本上呈正态分布, TC 每年登陆我国的时段大致在 5~11 月; 盛

收稿日期: 2006-08-02; 定稿日期: 2006-10-08

基金项目: 国家自然科学基金项目(40575029)、中国气象局武汉暴雨所研究基金项目(IHR2006G09)共同资助

作者简介: 王晓芳, 女, 1972 年生, 工程师, 主要从事暴雨中尺度动力学研究. E-mail: wxf7209@hotmail.com

夏到初秋(7~9月)是 TC 登陆的高峰期,该时段 TC 登陆频数约占年平均登陆 TC 总频数的 80%,其中又以 8 月份 TC 登陆频数最多,占年平均登陆总频数的 29.5%;4 月、12 月各有 1 个 TC 登陆记录,分别出现在 1991 年和 1974 年。1949~2001 年,1~3 月无 TC 登陆我国的记录。登陆我国的 TC 频数,夏季 6~7 月明显增加,秋季 9~10 月迅速减少。

3.2 登陆我国 TC 频数的年代际变化

图 2 是 1949~2001 年登陆我国 TC 频数的逐年演变情况。如图 2 所示,登陆我国的 TC 频数存在年代际差异,20 世纪 50 年代明显偏少,年平均频数为 6.2,60 年代和 90 年代偏多,年平均频数分别为 7.8、7.5,70 年代、80 年代基本上差不多,年平均频数为 7.2、7.3。50~60 年代中前期,登陆 TC 频数呈波状递增;50 年代、70 年代后期到 80 年代中期有一个较短的偏少期,80 年代后期到 90 年代中期,登陆我国的 TC 明显增多,到了 90 年代中后期,登陆 TC 频数显著下降,到 1998 年登陆 TC 仅为 3 个。

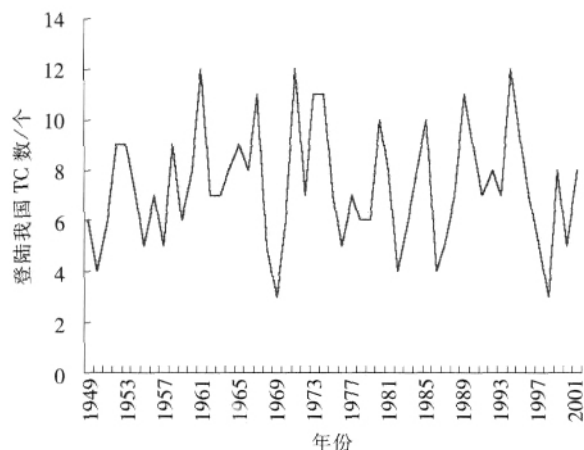


图 2 1949~2001 年登陆我国 TC 频数的逐年演变

3.3 TC 登陆我国时间日变化特征

TC 登陆时间的日变化特征是,在 02~03 时、08~12 时和 19~23 时这三个时段,其登陆频率较高;在 24~01 时、04~07 时和 13~18 时这三个时段,其频率较小。这一日变化分布特征在广东省表现最为明显,而在我国其它地区表现不明显。经分析还发现,较弱的 TC(中心气压大于 985 hPa 的 TC)、登陆过程中强度减弱的台风(登陆过程中 0~18 h 内中心气压上升、风力减小类 TC)在登陆时间上日变化特征较为明显。

4 三个纬度带内登陆 TC 的特征

为了便于分析,将我国部分沿海地区分为 3 个纬度带:21°~28°N,从广西东兴到浙江温州以南,主要是华南沿海地区;28°~35°N,从浙江温州到江苏连云港附近,主要是华东沿海;35°~42°N,从江苏最北部到辽

鲁冀沿海以及辽宁丹东以北,即我国北方沿海地区。不考虑登陆海南岛的 TC,因为登陆海南岛的 TC 影响时间长的大都会再次登陆广东或广西。这里,将 TC 登陆各个纬度带后就地消亡的称为消亡类 TC,登陆各个纬度带后又重新入海的称为入海类 TC,不在本纬度带登陆而移入到此纬度带消亡的称为移入类 TC。为了分析在三个不同纬度带登陆的 TC,统计 1949~2001 年登陆 TC 频数及其消亡类、入海类、移入类 TC 个例,详见图 3。

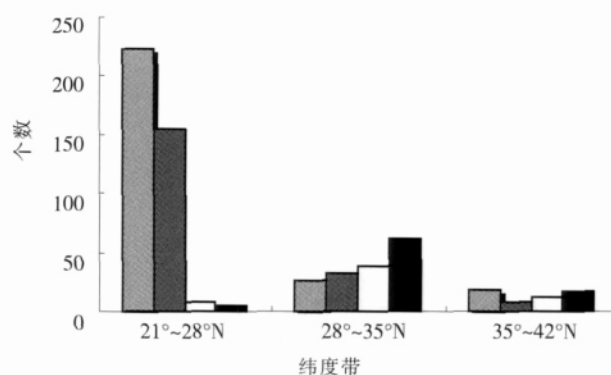


图 3 1949~2001 年在三个纬度带内登陆的 TC 以及消亡类、入海类与移入类 TC 的分布

由图 3 可见,在 21°~28°N 登陆的 TC 频数最高,其次是 28°~35°N,最北纬度带登陆 TC 最少。53 年中在三个纬度带内共出现消亡类 TC 194 个,登陆后重新入海类 60 个。从南到北消亡类 TC 频数依次减少,在 21°~28°N 内消亡类 TC 频数最多(154 例),占消亡类 TC 总数的 79%,最北纬度带最少,仅 7 个。登陆重新入海类 TC 在 28°~35°N 内最多(39 个),占入海类 TC 总数的 65%,35°~42°N 纬度带次之,而最南的纬度带最少,53 年中只有 8 个。移入类 TC 也是在 28°~35°N 内最多,达 61 个,最南纬度带最少。

4.1 TC 在陆地上的维持时间

TC 登陆以后,其所需的海洋水汽潜热能源被切断并受陆面摩擦耗损,逐渐趋向消亡。TC 在陆上维持时间相差很大,有的 TC 登陆 6 h 后就消失,有的可在陆地维持 3~5 d,甚至再度发展。Chen^[9]指出,除地形外,登陆 TC 是否维持主要取决于水汽供应、斜压能量的转换和 TC 变性、风的垂直切变以及高空槽(或急流)的相应位置。另有研究结果表明^[9],TC 在陆地上的维持时间与季节、地形、登陆时的强度有密切关系,盛夏登陆的 TC 维持时间一般较长,多在 2 d 以上;冬季登陆 TC 在陆上维持时间一般不到 2 d。与较高地形相比,在平坦地形登陆的 TC 维持时间一般较长。登陆时强度大的 TC,登陆后衰减快,但维持时间长。

这里,将 TC 在陆地上的维持时间定义为登陆 TC

在三个纬度带内维持的时间间隔(即 TC 在各个纬度带内的“滞留时间”),将入海类 TC 在陆地上的维持时间定义为入海类 TC 登陆后至重新入海的时间间隔。各纬度带内消亡类和入海类 TC 在陆地上平均维持时间见如表 1, 消亡类 TC 在 $28^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 纬度带内维持时间最长, 平均为 32 h, 超过 1 d 以上, 最北纬度带最短, 最南纬度带次之。维持时间最长的是 1952 年的第 7 号台风, 长达 129 h, 其次是 1975 年的第 9 号台风, 维持时间为 119 h, 且这两个台风均在 $28^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 纬度带内登陆。

表 1 登陆 TC 在各纬度带陆地上的平均维持时间

纬度带	TC 维持时间/h	
	消亡类	入海类
$21^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$	27	42
$28^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$	32	21
$35^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$	18	11

从表 1 中可见, 入海类 TC 在陆地上的平均维持时间在 $21^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ 内明显长于另两个纬度带, 比此纬度带内消亡类 TC 的维持时间长得多, 这可能与 $21^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ 内入海类 TC 在近 53 年来个例少(仅 8 例)有关; 入海类 TC 在陆地上的维持时间明显随登陆纬度由南向北减少。中间和最北纬度带内入海类 TC 在陆地上的平均维持时间少于消亡类 TC 在陆地上的平均维持时间。维持时间最长的是 1981 年 8 号台风, 长达 114 h; 其次是 1953 年的 10 号台风, 维持时间达 102 h。这 2 个个例均在 4 d 后入海, 前者在福建长乐登陆, 后者在浙江乐清登陆。

表 2 1949~2001 年在不同纬度带登陆 TC 频数的逐月分布

纬度带	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	5~12月
$21^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$	6	22	57	61	56	15	4	1	222
$28^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$	0	0	8	13	4	2	0	0	27
$35^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$	0	0	12	7	0	0	0	0	19

由表 2 可知, 在三个纬度带内共有 268 个 TC 登陆(TC 登陆入海后再次登陆的只记 1 个 TC), 登陆入海后再次登陆的 TC 有 10 个, 均出现于 7 月(以该月份为多)或 8 月, 其分别为 6 个和 4 个; 近 53 年中, 在 $21^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ 登陆的 TC 频数最多, 约占三个纬度带登陆 TC 总数的 83%, 年平均 4.2 个, 7、8、9 三个月登陆 TC 频数差不多, 分别占该纬度带的 25.7%、27.5% 和 25.2%, 8 月份最高, 在 12 月份唯一一次登陆的 TC 也在该纬度带; 其次是 $28^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$, 其登陆 TC 频数占登陆 TC 总数的 12.2%, 平均每年 0.2 个, 且一年中只有 7、8、9、10 月份中有 TC 登陆; $35^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$ 内登陆 TC 频数最少, 53 年只有 19 个, 且只出现在 7、8 月份, 其它月份无 TC 登陆; 从冬到夏, TC 登陆位置逐渐北移, 7、8 月达到最

4.2 TC 在陆地上的衰减速度

衰减速度是指 TC 登陆后在陆地上每 6 h 气压的增加值。平均而言, TC 登陆后, 24 h 内强度减弱较明显, 其中登陆后 6 h 内强度减弱最快, 此后减弱速度变慢。24 h 后, 强度变化比较缓慢。从登陆月份来看, 9 月份登陆的 TC 在 6 h 内衰减最快。登陆 TC 的纬度不同, 其衰减速度也不同。在 $21^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ 、 $28^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $35^{\circ}\sim 42^{\circ}\text{N}$ 内登陆的 TC, 其在陆地上的平均衰减速度分别为 5.1、1.5、2.7 hPa/6h。由此可见, 在最南纬度带登陆 TC 其强度衰减最快, 中间纬度带衰减最慢。这与表 1 中消亡类 TC 在 $28^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 内维持时间最长相对应。

上述结果虽由平均统计得到, 但也能说明下垫面不同(不同纬度带地形差异很大), 登陆 TC 强度衰减存在差异, 与陈敏等人在分析地形对登陆 TC 影响时的结果一致^[4], 由于下垫面水汽供应被切断和边界层摩擦增大, 其强度一般会减弱, 但其衰减速度因登陆区地形、登陆前强度和环流场等因素的差别也会有所不同。也有 TC 登陆或登陆后强度维持不变甚至加强的, 这多因动能和非绝热加热加大、水汽供给充足、水汽输送强盛所致, 如登陆 TC 经过湖泊时其强度常常增大, 对这一问题将另文研究。

5 登陆我国部分沿海地区 TC 的路径

5.1 不同纬度带登陆 TC 的月际分布

统计 1949~2001 年在上述三个纬度带内登陆 TC 频数的逐月分布, 其结果见表 2。

北, 9 月份又开始南移; TC 登陆我国主要集中在 $21^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ 范围, 即从广东到福建沿海。

另外, 统计同期在 $18^{\circ}\sim 21^{\circ}\text{N}$ (海南岛、广东的极少地区) 登陆的 TC 频数发现, 53 年中有 137 个 TC 在此范围登陆, 其中 4 月份唯一一例登陆 TC 就在海南万宁, 可见该纬度带也是 TC 登陆的一个集中地段, 这里不作重点分析。也就是说, 登陆我国 TC 频数最多的地方是海南岛、广东、广西、福建。

5.2 陆地路径的分类及登陆 TC 出现频数

陈联寿^[4]指出, 陆地路径很重要, TC 登陆以后的影响范围和风雨分布均与陆地路径密切相关。为此, 将 1949~2001 年登陆我国 TC 的陆地路径分为 5 类, 并对这 5 类陆地路径的历史资料进行普查发现, 优势陆

地路径因登陆地段而异。按照文献[1], TC 登陆后的移动路径与 TC 登陆前的移向和登陆地点位置无关。若 TC 登陆前后移向一致,对登陆 TC 的路径预报就变得简单多了。事实上,很多 TC 尽管登陆前移动方向不同而登陆后路径相同,但其登陆后的移向因受陆面地形、大气环流背景、引导气流等各种因素影响,故登陆后 TC 移向很复杂。这里,按照 TC 登陆我国后移向的改变,将登陆 TC 的路径分为 5 类:第 1 类,登陆后移向基本不变;第 2 类,登陆后移向左折(西北行后偏西行,西或西北行转向西南,偏北行转向西行或西北行);第 3 类,登陆后移向右折(西北行后转偏北或东北,西行转西北行,偏北转向东北行);第 4 类,12 h 内消失;第 5 类,回旋或复杂路径(即无一定的路径趋向)。统计 1949~2001 年在三个纬度带内登陆 TC 的移向,其结果见表 3。

表 3 1949~2001 年不同纬度带各类路径登陆 TC 数

纬度带	第 1 类	第 2 类	第 3 类	第 4 类	第 5 类
21°~28°N	106	19	50	31	12
28°~35°N	13	2	11	0	2
35°~42°N	8	0	4	0	0
合计	127	21	65	31	14

由表 3 可知,第 1 类路径出现频率最高,占登陆 TC 总数的 49.2%;其次是第 3 类路径(右折类),占 25.2%;第 2 类占 12%,第 4 类和第 5 类相对较少。从表 3 中还发现,登陆 TC 各类路径的出现随其登陆纬度带不同而有差异,在 21°~28°N 内,各类路径出现频率较另两个纬度带多得多,第 1 类最多,第 2 类次之,第 4 类最少;在 35°~42°N 内,TC 的移向只有第 1 类、第 3 类路径;在 28°N 以北登陆的 TC 无 12h 内消亡类,所以在 28°N 以北中高纬地区登陆的 TC 不仅在陆地上影响的时间长,造成的灾害影响范围也大;在 28°~35°N、35°~42°N 内第 1 类移向也是相对最多的,第 3 类其次。

6 长江中下游年梅雨量与登陆我国 TC 的统计关系

为了揭示登陆我国的 TC 对长江中下游年梅雨量的影响规律,将长江中下游 5 站(上海、南京、芜湖、九江和汉口)作为代表站,使用这 5 站历年逐日降水量资料统计出长江中下游梅雨期的降水量。根据文献[7]的结论,确定 1951~2000 年梅雨特多年份是 1954、1969、1980、1983、1991、1996、1998、1999 年,共 8 年,上述 5 站这 8 年中梅雨期降水总量比常年偏多 8 成或以上,同时均发生了大范围洪涝灾害;梅雨特少年份是 1958、1959、1961、1967、1978、1981、1985、1992 年,也

是 8 年,上述 5 站这 8 年中梅雨期降水总量比常年偏少 4 成以上,梅雨以后又出现大范围伏旱。统计上述梅雨特多(少)年份登陆我国 TC 的频数,其结果见表 4。

表 4 梅雨特多(少)年份登陆 TC 频数统计

特多梅雨年		特少梅雨年	
年份	登陆 TC/个	年份	登陆 TC/个
1954	4	1958	7
1969	3	1959	6
1980	7	1961	12
1983	4	1967	10
1991	5	1978	6
1996	4	1981	8
1998	3	1985	10
1999	5	1992	6

由表 4 可见,在梅雨特少年份登陆我国的 TC 数正常或偏多,有一半超出年平均登陆 TC 频数(年平均 7 个),最多的是 1961 年高达 12 个;在梅雨特多年份,登陆我国的 TC 明显偏少或正常,特别是在几个典型年份(如 1969、1998 年)仅有 3 个 TC 登陆,只有 1980 年达到登陆平均数。这说明长江中下游梅雨期降水量多寡可能与年登陆我国 TC 频数有一定联系。

TC 对梅雨锋上的降水产生重要影响,当 TC 影响梅雨锋时,降水中断或者结束的占 86%,降水减弱的占 95%(含中断、结束),没有影响的占 5%,这说明在梅雨期有 TC 登陆,一般会影响到梅雨期的环流形势,对梅雨的发生发展有重要影响,长江中下游梅雨期常常结束于有 TC 登陆时^⑥。如 1991 年梅雨期是 5 月 19 至 7 月 13 日,当年第 6 号台风 7 月 13 日在海南万宁登陆后西北行,梅雨附近的强涡度场消失,散度场也发生了变化,水汽输送通道变化了,长江中下游结束梅雨而进入盛夏。

7 结语

使用 1949~2001 年西北太平洋 TC 基本资料,对登陆我国 TC 活动的气候规律与特征进行了分析,结果表明:(1)登陆我国的 TC 频数存在显著的月际、年际和年代际差异,具有明显时间日变化特征;(2)在梅雨特多的年份登陆我国的 TC 明显偏少或正常,在梅雨特少年份登陆我国的 TC 数正常或偏多。

另外,通过划分三个纬度带统计登陆 TC 频数发现,在不同纬度带的登陆 TC 其维持时间、衰减速度有明显差异,且登陆 TC 的频数不仅与季节有关,还与登陆纬度有关。

TC 登陆后在陆地上的维持、深入内陆或入海的情况及其表现特征,是 TC 与下垫面、大尺度环流等相互作用的结果。下垫面状况影响 TC 在陆地上的活动,如

登陆 TC 经过湖泊时其强度常会增强, 该问题将另文研究。此外, TC 登陆后环流形势的变化对长江中下游地区梅雨也有较大影响, 梅雨量多寡与登陆 TC 频数的内在联系也有待进一步研究, 以期对短期气候预测提供可用依据。

参考文献:

- [1] 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 325-328.
- [2] 王志烈, 费亮. 台风预报手册[M]. 北京: 科学出版社, 1987: 54-62.
- [3] Frank D. Marks. Loading and falling tropical cyclone research program[C]. In: WMO Tropical Meteorology Research Program (TMRP) Report. 1998: 59-60.
- [4] 陈敏, 郑永光, 陶祖钰. 近 50 年(1949~1996)西北太平洋热带气旋气候特征的再分析[J]. 热带气象学报, 1999, 15(1): 10-16.
- [5] Chen L. S. Tropical Cyclone Decaying after Landfall[C]. In: WMO/TD-NO. 875. 1998: 1-5.
- [6] 陈联寿, 徐祥德, 罗哲贤, 等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 211-304.
- [7] 王晓芳, 谢金南, 罗哲贤. 长江中下游梅雨量与西北地区东部夏季降水的联系[J]. 高原气象, 2004, 23(6): 857-864.

Climatic Features of Landing Tropical Cyclones in China

WANG Xiao-fang¹, LI Hong-li¹, WANG Jin-lan²

(1. Wuhan Institute of Heavy Rain, China Meteorological Administration, Wuhan 430074;

2. Xinxiang Meteorological Bureau of Henan Province, Xinxiang 453000)

Abstract: By using the Northwest Pacific tropical cyclone data in the past 53 years from 1949 to 2001, the climatic features of the landing tropical cyclones in China are analyzed. The results show that the frequencies of the landing tropical cyclones in China present the obvious intermonth, interannual and interdecadal differences and the daily variation is also significant. It is also indicated that the relationship between the rainfall of Meiyu in the middle and lower reaches of the Yangtze River and the frequencies of the landing tropical cyclones maybe exist. In addition, the tropical cyclones at the different latitudes are statistically analyzed and the result shows that the maintaining time and the decreasing speed of the landing tropical cyclones are different when the latitude zones where the tropical cyclones land are different.

Key words: Landing tropical cyclone; Climatic characteristics; Landing latitude; Motion tracks