

登陆我国的热带风暴近海异常路径的统计分析*

简茂球, 王 婷, 牛晓蕾, 许连丰, 贺海晏
(中山大学大气科学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 对 1949—2000 年间登陆我国的热带风暴的异常路径及其特征进行了统计了分析。结果发现, 路径异常热带风暴的偏折点主要出现在海南岛东南部海域、珠江口附近海域及台湾海峡。该类热带风暴多发生于 7—9 月。其发生频率有明显的年际、年代际变化, 以 20 世纪 70—90 年代的频率较高。强度(中心风速)较弱和移速较慢的热带风暴易出现异常偏折。

关键词: 热带风暴; 异常路径; 近海; 统计分析

中图分类号: P444 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2003) 02-0093-04

中国是世界上受热带风暴影响最严重的国家之一, 从华南到东北漫长的沿海地区都有可能受到它的威胁, 平均每年登陆我国的热带风暴就有 7~8 个。热带风暴(台风)带来的暴雨和风灾给我国尤其华南沿海地区的社会经济, 人民生命财产造成的损失是非常巨大的, 是最严重的自然灾害之一。

近 10 年来, 在热带风暴运动突变、结构和强度突变、台风暴雨的突然增幅、热带风暴路径预报方法研究等方面都取得了新的进展^[1]。但热带风暴的异常路径仍然是台风业务预报的难点之一。为此, 首先弄清有关异常路径的热带风暴的统计、气候特征是非常必要的。尤其是在全球气候都发生显著变化的背景下, 有关异常路径的热带风暴的时空变化特征。到目前为止, 有关这方面的分析研究还不多。本文就是利用较长时段的热带风暴资料, 对登陆我国的热带风暴的异常路径进行统计分析, 探讨其时空分布和变化特征。为热带风暴的业务预报提供一些参考依据。

1 资料及热带风暴异常路径的定义

本文所用资料源于 1949—2000 年 52 a 中央气象局编的《热带气旋年鉴》。资料中选取的热带风暴样本包括热带风暴、强热带风暴、台风(在 1988 年以前包括台风、强台风; 以下统称热带风暴), 而且仅考虑在我国大陆(包括海南岛)登陆的热带风暴, 这样的热带风暴在 52 a 资料中有 393 个。对台站业务预报而言, 更为关心的应该是要将登陆的近海热带风暴的移向、强度等情况。所以,

我们只选取了热带风暴登陆前 3 点和登陆后 1 点的中心位置、气压和风速等资料来分析, 时间间隔为 6 h。根据时间的先后, 我们分别称这 4 点为 A、B、C 和 D 点, 其中 D 点为热带风暴登陆后的陆上点。

异常路径的热带风暴定义如下: 根据上述选取的四点中心位置资料, 分别用时间上相邻的三点位置(经纬度)便可确定前后 6 h 热带风暴移动路径的偏转角, 包括登陆前 12 h(远陆点 B)和 6 h(近陆点 C)的偏转角度。如果偏转角超过 30°, 就认为该热带风暴的移动路径异常。

2 异常路径热带风暴统计特征

2.1 区域分布特征

根据路径异常标准判别得到 52 a 的 393 个热带风暴样本中有 66 个属异常路径热带风暴。其中在远陆点 B 异常偏折的有 34 个, 在近陆点 C 异常偏折的有 44 个, 在两个点上都发生偏折的有 12 个。登陆前 18 h 内总的异常路径偏折点的空间分布如图 1。从图中可以看出热带风暴偏折点主要集中在海南岛东南部海域, 汕尾至雷州半岛沿海及台湾海峡, 其中出现频率较高的两极大值区是海南岛东南海域和珠江口海域, 分别为 6 和 7 次, 所以在实际预报工作中要特别注意这些热带风暴异常路径发生的高频区。另外, 长江以北地区热带风暴发生异常路径偏折的次数是非常少的。

我们还分别统计了热带风暴在近、远陆点发生路径异常偏折的频数。近陆偏折点的空间分布如图

* 收稿日期: 2002-07-02

基金项目: 国家科技部重点基金资助项目(2002DIA20026)

作者简介: 简茂球(1965年生), 男, 副教授; E-mail: eesjmq@zsu.edu.cn

2a, 远陆异常偏折点的空间分布如图 2b。从图可看出热带风暴在近陆海区发生较大角度偏折的概率要大于远陆海区。同时远、近陆偏折点频数的大极值中心分布与图 1 是非常相似的。

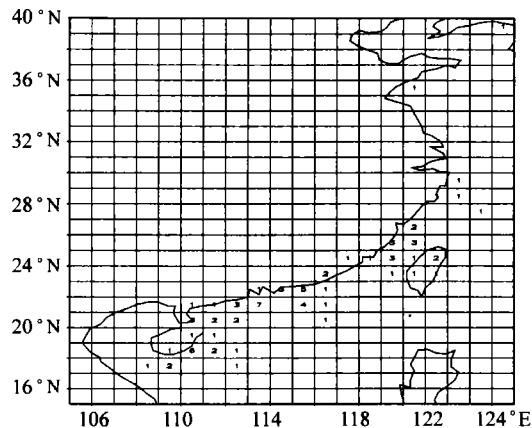


图 1 登陆前 18 h 内异常路径热带风暴偏折点的空间分布

Fig.1 Spatial distribution of the turning-points of the abnormal-track tropical cyclones within 18 hours before landfall
The number 7 indicates where seven cyclones made sharp turn

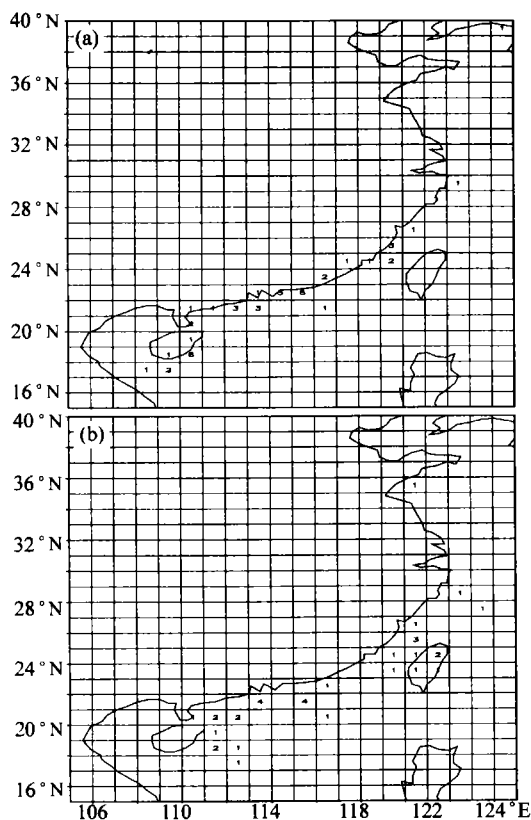


图 2 异常路径热带风暴 (a) 近陆和 (b) 远陆偏折点的空间分布

Fig.2 The same as Fig.1 except for within 6 hours (a) and 12 hours (b) before landfall

2.2 路径异常热带风暴频率的时间统计特征

我们对登陆我国沿海发生路径异常的 66 个热带风暴作了月份分布统计如表 1, 得到以下结果: 首先, 由各月登陆的异常热带风暴数与对应月份登陆的热带风暴总数算出的异常热带风暴发生率, 可看出 5-9 月登陆的热带风暴中发生异常偏折的可能性较大, 特别是 5 月份; 其次, 用各月热带风暴发生数与总异常热带风暴数相比算出月份发生率, 反映出异常热带风暴是发生在 5-11 月, 以 7-9 月为盛行期, 占发生总数的 82%, 其中 7、8 月为高峰期, 占全年的 60%; 异常路径热带风暴发生期最早见于 5 月 3 日, 最迟出现于 11 月 13 日, 即异常热带风暴的出现期可长跨 7 个月。

表 1 异常路径热带风暴登陆月份分布

Tab.1 Seasonal variation of the frequency of occurrence of the abnormal-track tropical cyclones

月 份	异常热带 风暴数	月份发生 率/%	热带风 暴总数	异常热带风 暴发生率/%
4	0	0	1	0
5	3	4.6	11	27.3
6	7	10.6	38	18.4
7	19	28.8	97	19.6
8	21	31.8	109	19.3
9	14	21.2	96	14.6
10	1	1.5	28	3.6
11	1	1.5	12	8.3
12	0	0	1	0

根据每年登陆我国异常热带风暴数占对应年份的热带风暴总数的比例, 算出的异常热带风暴发生频率 (图 3) 表明, 在每年登陆我国的热带风暴中, 平均约有 16% 会发生偏折异常。但异常路径热带风暴发生的频率的年际差别也非常明显, 特别 1979 年和 1986 年, 发生路径异常的热带风暴可占当年登陆热带风暴的 50%, 且在 70、80 年代还有上升趋势, 反映出一种显著的年代际变化特征。

异常路径热带风暴的发生的年代际差异见表 2。从统计结果看, 登陆热带风暴数以 70、80 年代较多, 50、90 年代相对少一些。但值得注意的是, 异常路径热带风暴的个数及发生频率在 70-90 年代都高于前期, 且比率稳定在 20% 左右, 而 50~60 年代只占 10% 左右。这种频率增大的趋势在台风业务预报中值得引起关注。

2.3 移速和强度变化特征

在台风业务预报工作中, 台风的移速和强度也是预报员非常关注的问题, 尤其是在台风快要登陆

表 2 异常路径热带风暴登陆年代际变化

Tab.2 Interdecadal variation of the frequency of occurrence the abnormal-track tropical cyclones

项目	年 份				
	1951 - 1960	1961 - 1970	1971 - 1980	1981 - 1990	1991 - 2000
登陆热带风暴数	71	75	85	80	72
登陆异常路径热带风暴数	7	9	18	17	13
异常路径热带风暴发生率/%	9.8	12	21.2	21.3	18.1

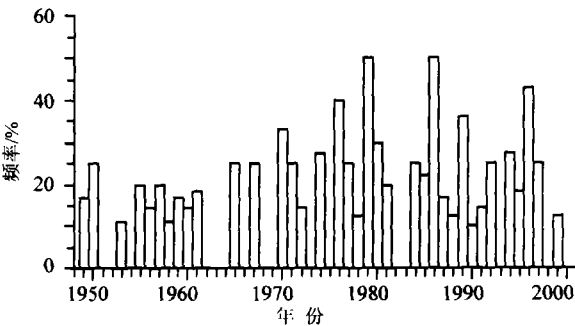


图 3 异常路径热带风暴发生频率的时间变化
Fig.3 Interannual variation of the frequency of occurrence of the abnormal-track tropical cyclones

的时候。为此，我们重点选取在近陆点 C 出现路径异常的 44 个热带风暴，分析其异常偏折前后移速和强度的变化特征。

移速的统计结果如表 3。从表 3 可发现，无论是异常还是正常的热带风暴，距已登陆点 D 的 12 ~ 18 h 的平均移速 V_{AB} 与 6 ~ 12 h 的平均移速 V_{BC} 没有明显的差异；而距已登陆点 D 的 0 ~ 6 h 的平均移速 V_{CD} 与 6 ~ 12 h 的平均移速 V_{BC} 则有约 2 ~ 3 km/h 的显著差异。上述结果表明在移速的变化趋势上，异常风暴和正常风暴没有明显的不同。但表 3

清楚地反映出，异常风暴的移速普遍比正常风暴慢 3 ~ 4 km/h。这说明移速慢是热带风暴发生路径异常偏折的必要条件之一。进一步对近陆点前后 6 h 的移速 V_{CD} 与 V_{BC} 之差作等级统计，同样发现对路径异常和正常的两类热带风暴，移速明显加快 ($V_{CD} - V_{BC} > 3.2$) 的比例比移速明显减慢 (< -3.2) 的比例要多一倍多。移速明显加快的异常路径热带风暴约占其同类的一半，而在正常路径的热带风暴中所占比例略多于 1/3。

此外，我们还分析了在近陆点 C 出现路径异常的热带风暴的强度（中心风速）的变化特征（表 4）。从表 4 可知，无论是异常还是正常热带风暴，近陆点 C 的中心风速要比远陆点 B 的中心风速平均小 2 m/s。但无论在 C 点或 B 点，异常路径的热带风暴的中心风速平均比正常路径的弱 5 m/s 左右。可见中心风速较弱同样是热带风暴发生异常偏折的必要条件。另外，分析以上两地点的中心风速差的频率分布可发现，在 44 个异常路径热带风暴中，偏转前中心风速明显减弱的占 40% 左右，而中心风速明显加强的只占 1/10，对正常热带风暴，两者的比例都要比异常的低 5% 左右。

表 3 近陆点路径异常热带风暴的移速变化

Tab.3 The mean translating speed of the abnormal-track tropical cyclones within 12 ~ 18 h (V_{AB}), 6 ~ 12 h (V_{BC}) and 0 ~ 6 h (V_{CD}) before landfall

变 量	平均移速/($\text{km}\cdot\text{h}^{-1}$)			($V_{CD} - V_{BC}$) 等级分类/个 ¹⁾		
	V_{AB}	V_{BC}	V_{CD}	< -3.2	$-3.2 \sim 3.2$	> 3.2
异常路径热带风暴(44 个)	15.8	15.7	18.8	9(20.5%) ²⁾	13(29.5%)	22(50%)
正常路径热带风暴(349 个)	18.9	19.6	21.4	59(17%)	156(44.7%)	134(38.3%)

- 1) 所选的等级值 3.2 km/h 是所有 393 个热带风暴的 ($V_{CD} - V_{BC}$) 的标准差的一半；
- 2) 括号里的数据为占同类热带风暴总数的百分数

表 4 近陆点路径异常热带风暴的强度变化

Tab.4 The center wind-speed of the abnormal-track tropical cyclones at the times of 12 h (S_B) and 6 h (S_C) away from landfall

变 量	中心风速/($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)		($S_C - S_B$) 等级分类/个 ¹⁾		
	S_B	S_C	< -3.5	$-3.5 \sim 3.5$	> 3.5
异常路径热带风暴(44 个)	27.6	25.7	18(41%)	21(48%)	5(11%)
正常路径热带风暴(349 个)	32.9	30.8	131(37.5%)	197(56.5%)	21(6%)

- 1) 选 3.5 m/s 作为等级划分标准,是因为热带风暴的风力按风速变化约 3.5 m/s 而变化一级；
- 2) 括号里的数据为占同类热带风暴总数的百分数

3 结果和讨论

根据上述对登陆我国的52 a的异常路径热带风暴作统计分析,可得到以下初步的结论:

(1) 异常路径热带风暴偏折点主要集中在海南岛东南部,汕尾至雷州半岛沿海及台湾海峡,其中出现频度较高的两极大值区是海南岛东南海域和珠江口附近海域以及台湾海峡。近陆偏折的几率比远陆大。

(2) 路径异常的热带风暴主要出现在7-9月,其中以7、8月为高峰期。但其相对比例则以5-8月较高,尤其是5月。异常路径热带风暴的发生有明显的年际变化和年代际变化。

从年代际变化看,异常路径热带风暴的个数及发生频率在70-90年代都高于前期,且比率稳定在20%左右。

(3) 热带风暴的强度(中心风速)较弱和移速较慢是热带风暴发生异常偏折的必要条件。换言之,强度(中心风速)较弱和移速较慢的热带风暴易出现异常偏折。

对于影响热带风暴路径异常的因子研究,由于不是本文的重点,故不再作深入的讨论。虽然目前已有不少工作对这方面进行了研究探讨,如大尺度环境场的影响、热带风暴动力和热力不对称的影响和地形的影响^[2-4]等,但仍然有许多问题有待进一步深入研究。这也是我们今后工作的努力方向。

参考文献:

- [1] 陈联寿,孟智勇.我国热带气旋研究十年进展[J].大气科学,2001,25(3):420-432.
- [2] 陈联寿,罗哲贤.影响台风移动的两类本质因子//台风科学、业务试验和天气动力学理论的研究(第二分册)[C].北京:气象出版社,1996:357-364.
- [3] CHEN L S. The effect of different motion scale interaction and structure features on tropical cyclone motion[C]. Papers Presented at the Second Technical Conference on SPECTRUM, WMO/TD-NO.472,1991:IV,1-IV.15.
- [4] 杨平章,贺海晏.非线性水平动量平流作用对热带气旋运动的影响[J].中山大学学报(自然科学版),1995,34(1):82-89.

A Statistical Study on the Track-abnormalities of the Tropical Cyclones Landing at China Coastal Areas

JIAN Mao-qiu, WANG Ting, NIU Xiao-lei, XU Lian-feng, HE Hai-yan

(Department of Atmospheric Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: The track-abnormalities of the tropical cyclones landing at China mainland coastal areas were statistically analyzed with yearbook data of tropical cyclones from 1949 to 2000. The results show that the abnormal turning-points of the track-abnormal tropical cyclones are mainly located in the sea area southeast to the Hainan Island, offshore area to the Pearl River delta region and the Taiwan Strait. The abnormal cases occurred mainly in July through September, especially during 1970s to 1990s, with significant features of interannual and interdecadal variations. The weak wind-speed and slow translating velocity are two necessary conditions for the occurrence of the track-abnormality of the tropical cyclones.

Key words: tropical cyclone; track-abnormality; offshore; statistical study