

# 近海热带气旋迅速加强的气候特征\*

阎俊岳

(国家气候中心,北京 100081)

## 提 要

根据我国近海热带气旋发生、发展的气候特点,规定12小时热带气旋中心附近最大风速增值 $\geq 10\text{m/s}$ 为迅速加强。通过1949~1990年近海发生迅速加强的84个热带气旋个例分析,阐述了迅速加强时段的时间分布、地区分布及迅速加强前后气象要素变化的气候特征。

关键词:热带气旋;迅速加强;气候特征。

## 引 言

热带气旋的迅速加强是目前台风预报中的一大难题,由于它强度急剧增大,经常给海洋生产带来巨大灾难。

60年代初曾有人将西北太平洋上每小时降压 $\geq 2\text{hPa}$ 定为台风迅速加强或迅速加深<sup>[1]</sup>。1972年Brand提出24h中心风速增大 $\geq 25\text{m/s}$ 为西北太平洋台风迅速加强<sup>[2]</sup>。1979年Holliday和Thompson又定义24h降压 $\geq 42\text{hPa}$ 为迅速加强台风(RD)<sup>[3]</sup>。我国出版的西北太平洋热带气旋气候图集<sup>[4]</sup>则定义24h中心气压降低 $\geq 45\text{hPa}$ 为迅速加深。

由于对迅速加强的概念和标准认识不一致,给台风强度分析和预报业务造成一定困难。西北太平洋热带气旋移入中国近海多处于减弱状态,近海生成的热带气旋生命期短,发展程度弱。因此,近海热带气旋迅速加强不可能套用西北太平洋的标准。本文根据1949~1990年近海热带气旋发生发展的气候统计结果,规定以12h热带气旋中心附近最大风速增值达 $10\text{m/s}$ 以上为迅速加强(RI)<sup>[5]</sup>。通过对近海42年中发生迅速加强的84个个例(94个迅速加强过程)分析,得出迅速加强时段的时间分布、地区分布及加强前后气象要素的变化特征。

## 1 近海热带气旋迅速加强标准的确定

我国近海是指以 $40^{\circ}\text{N}$   $125^{\circ}\text{E}$ 到 $25^{\circ}\text{N}$   $125^{\circ}\text{E}$ 、 $20^{\circ}\text{N}$   $122^{\circ}\text{E}$ 、 $15^{\circ}\text{N}$   $108^{\circ}\text{E}$ 的连线至我国大

\* 本文由八五攻关课题(85-906-07-03)资助。

1994-07-11收到,1995-02-06收到修改稿。

陆之间的海域(参见图 1). 凡在此海域生成或移入海域的热带气旋即称为近海热带气旋.

### 1.1 迅速加强的判据

过去热带气旋加强多采用中心气压变化作判据, 其原因是相当长时间内, 热带气旋的中心气压资料精度较之中心最大风速为高. 但是目前国际上已经规定使用热带气旋中心附近地面最大风速作为强度分级的标准, 越来越多的文献也使用中心最大风速作为强度变化的主要判据.

本研究基于上述情况, 并注意到目前台风中心附近最大风速是衡量台风破坏力的主要依据, 以及 1988 年西北太平洋飞机探测报告停止以后, 利用卫星云图等探测手段确定台风中心最大风速的能力已高于确定中心气压的能力. 因此, 规定以热带气旋中心附近最大风速(以下简称最大风速)作为判别强度变化的唯一判据.

### 1.2 迅速加强的判别时段

西北太平洋热带气旋迅速加强可以采用 24h 作判别时段. 中国近海范围小, 如仍以 24h 作判别时段, 不少突然加强的个例未到 24h 就登陆了或者强度减弱了, 因而近海热带气旋突然加强宜采用 12h 作判别时段.

### 1.3 迅速加强的判别标准

我国近海, 1949~1990 年期间的任意 12h 热带气旋加强过程总次数为 2100 次, 平均 12 h 加强速率  $\overline{\Delta V_{12}} = 5.8 \text{ m/s}$ , 标准差  $S = 2.9 \text{ m/s}$ . 取 12 h 风速增大值  $\Delta V_{12}$ , 规定: ①  $0 < \Delta V_{12} < 5 \text{ m/s}$  为强度少变, ②  $5 \leq \Delta V_{12} \leq 9 \text{ m/s}$  为缓慢加强, ③  $\Delta V_{12} \geq 10 \text{ m/s}$  为迅速加强, ④  $\Delta V_{12} \geq 15 \text{ m/s}$  为特别迅速加强. 按此标准, 在近海范围达到热带风暴强度的 524 个热带气旋中,  $0 < \Delta V_{12} < 5 \text{ m/s}$  占 2% (9 个),  $5 \leq \Delta V_{12} \leq 9 \text{ m/s}$  占 37% (193 个),  $\Delta V_{12} \geq 10 \text{ m/s}$  占 16% (84 个), 合计约占 55% (291 个), 呈稳定和不同程度减弱状态的约占 45% (233 个).

## 2 迅速加强热带气旋的时间分布和地理位置

### 2.1 发生频数

在 1949~1990 年近海出现的 524 个热带气旋中, 经历迅速加强阶段的有 84 个, 占总数的 16%; 42 年平均, 每年出现 2 个; 有的年份出现较多, 如 1973 年 6 个, 1966 年、1989 年分别有 5 个; 也有的年份没有出现, 如 1951、1963、1977、1979、1982、1984 年.

42 年中生成于南海并发生迅速加强的热带气旋有 45 个, 占近海迅速加强总数的 1/2 强. 平均每年发生 1.07 个, 占南海发展成热带风暴总数的 30%.

### 2.2 发生频率的月变化

近海迅速加强热带气旋各月发生频率相差颇大, 5 月最早出现, 5~9 月渐次增多, 10 月复又减少. 5、6、10 月频率均不足 10%, 7 月升为 17%, 8 月达 25%, 9 月最高, 为 40% (表 1). 与西北太平洋热带气旋发生月频率比较, 最高频率月份推迟一个月, 这是因为南海 9 月热带气旋出现频率较高的缘故.

旬际之间比较, 9 月上、中旬发生最多, 合计占全年发生频数的 1/3.

表1 近海迅速加强热带气旋发生频率月变化

Table 1 Monthly frequencies of RI tropical cyclones in the offshore of China(%)

月份	5		6		7		8		9		10					
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下				
频数	1	1	4	2	1	2	6	6	4	9	8	15	12	7	7	1
月合计	2		7		14		21		34		8					
月频率(%)	2		8		17		25		40		10					
西北太平洋 热带气旋发 生频率(%)	4		7		15		21		18		14					

### 2.3 迅速加强开始时间的日变化

在84个迅速加强热带气旋中,有9个出现两次以上迅速加强过程(风速从某一时间起,连续加强达10m/s或以上,直至稳定或减弱止.若台风在加强中出现24h稳定然后再迅速加强,算作另一过程),因此近海发生迅速加强过程94次.这些过程的开始时间以02时居多,占总数的33%.其次是20时,占29%.再次为08时,占26%.中午14时发生最少,频率仅有13%.这表明台风迅速加强的频率夜间较白天为高,它与热带海洋上对流发展强烈的时间相一致.

### 2.4 热带气旋迅速加强的地理位置

热带气旋迅速加强的发生区域主要是南海北部、东海、黄海及沿岸.南海北部发生频率约占总数的2/3,东海(包括台湾岛东面)约占总数的1/4,黄海及沿岸发生频率为10%.

2.4.1 南海北部 迅速加强区比较集中于 $18^{\circ}\sim 21^{\circ}\text{N}$ ,大致在海南岛至巴士海峡,其中东沙群岛附近最为集中,约占南海迅速加强过程的1/4(图1).海南岛东面(距岛约1个经

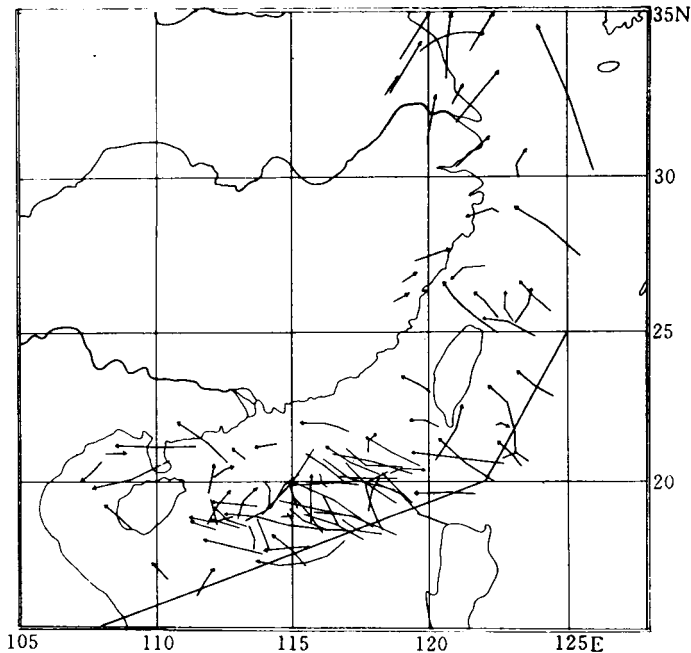


图1 近海热带气旋迅速加强时段路径

Fig. 1 Tracks of tropical cyclones during the period of RI in the offshore of China

度)至东沙之间的海区,迅速加强的次数约占南海总数的 1/3. 南海北部迅速加强区形成一个带状,其位置与 8~9 月热带辐合区的位置接近,海洋环境上又恰是水深急剧变化带,该区北面水深约 50~200m,南面水深 3000~4000m,迅速加强与海底地形之间是否具有某种关系是一个值得探讨的问题.

2.4.2 东海 东海迅速加强过程发生的数量大大少于南海,约占近海发生总数的 1/4. 迅速加强发生于 3 个区域:台湾岛东面及东北面,多为西北太平洋台风西行、西北行到此海区突然加强;少数在浙闽沿岸登陆的热带气旋,在陆上减弱后继续向东北方向移动,再次进入东海,也会出现突然加强;台湾海峡比较狭窄,对台风强度影响不大,但 9018 号台风副中心在海峡南部迅速加强算作一个特例.

2.4.3 黄海及沿岸 黄海发生迅速加强的过程很少,其特点是热带气旋登陆浙闽后继续向东北方向移动,从上海至连云港之间进入黄海,在台风入海前后,中心风速突然增大. 此外,台风在黄海北上过程中也可能出现迅速加强,如 7416 号台风,中心到达济州岛附近迅速加强,12h 之内中心最大风速由 20m/s 增大到 30m/s.

2.4.4 发生位置随季节的变化 6 月迅速加强过程主要发生在东沙群岛附近,约占总数的 3/4. 而 7 月发生的位置略向北移,东沙群岛附近发生频率约占 35%,同时东海出现迅速加强个例,黄海沿岸也开始出现由陆上移入黄海迅速加强的个例. 8 月发生的位置有三个特点:一是东沙至西沙之间非常集中,大约占月总数的 46%;二是北部湾出现了 4 次迅速加强过程,占年总数的 4/5;三是东海发生次数比 7 月增多. 9 月在海南岛东部至东沙群岛南面特别集中,占月总数的 54%. 此外,台湾岛东面、巴士海峡出现较多的个例,占月总数的 20%. 自陆上移入黄海迅速加强的频率达到高峰. 10 月迅速加强区移至海南岛东面至东沙之间,其它地区基本上不再发生迅速加强的现象.

就三个海区而言,黄海发生季节短,除 7 月下旬外,主要集中于 9 月上旬. 东海大致出现在 7 月中旬至 10 月上旬,5 月下旬及 6 月上旬偶有发生,集中时间是 8 月下旬至 9 月中旬,约占东海发生总数的 46%. 南海迅速加强的发生时间持续较长,除 9 月频率达 40% 外,6、7、8、10 月频率各占 10%~20%. 北部湾沿岸迅速加强主要集中在 8 月中旬至 9 月上旬较短时间内,这与该区水温最高时段相吻合.

### 3 迅速加强热带气旋分型

迅速加强现象按其发生时间及路径特点可分成 4 种类型,即初生阶段迅速加强、发展过程中迅速加强、登陆前迅速加强、登陆后入海迅速加强等 4 种.

#### 3.1 初生阶段迅速加强

它是指热带气旋在初生阶段出现迅速加强的现象,加强前风速为 10m/s 或 15m/s. 该类约占全部数量的 18%,12h 增强幅度为 10m/s,发生区集中于南海北部,发生时间较分散,7~10 月各出现 3~4 次. 除个别台风外,它们加强后的最大风速均为 25m/s,仅能达到强热带风暴.

#### 3.2 发展过程中迅速加强

它是指热带气旋已发展成热带风暴,在移行过程中发生迅速加强,加强后距登陆时间

仍在 24h 以上,该类约占全部数量的 24%。加强前风速分别处在 20、25、30、35m/s 4 个档次(热带气旋中心最大风速级差多为 5m/s),主要发生在东沙群岛附近至巴士海峡,7~9 月发生频率总数达 80% 以上,尤其是 9 月发生频率占 40%。这一类型加强幅度除两例达 15m/s 外,均为 10m/s,全部平均为 10.5m/s。

### 3.3 登陆前迅速加强

由于热带气旋登陆之前 12~24h 发生迅速加强,因而对沿海威胁甚大。它们包括了少数初生阶段迅速加强的个例,全部频率达 47%。它们迅速加强前风速分布在 15~65m/s 范围内,15~25m/s 者约占 58%。主要发生区位于南海北部及台湾岛东面,发生时间在 7~9 月,其中 9 月占 41%。12h 增强幅度已有较多个例达 15m/s 以上,因而总平均加强 12.3m/s。人们所熟知的迅速加强个例,如 7314、8807、8909、5719、6213、7118 等都属这一类型。

在这类热带气旋中,有个别靠近海岸时仍出现迅速加强现象,例如 8702 号台风,迅速加强前最大风速为 25m/s,登陆时风速达 30m/s,登陆后加强至 35m/s。

### 3.4 登陆后人海迅速加强

热带气旋登陆后中心风速降至 10m/s 以下,由陆上重新入海前后发生迅速加强。按其入海位置又可分成 3 类:分别为入黄海,入东海,入北部湾,各类特征列于表 2。

表 2 各类入海迅速加强热带气旋特征

Table 2 Characteristics of various RI tropical cyclones moved from land to sea

路径	频数	集中月份	陆上强度(m/s)	加强幅度(m/s)
入黄海	9	9月上、中旬	10	10
入东海	3	5~8月及10月	10	10~15
入北部湾	5	8月中、下旬	10	10~15

## 4 迅速加强热带气旋强度和风速的变化特征

### 4.1 迅速加强过程中强度变化

热带气旋发生迅速加强之前,多数风力较弱。根据 94 个过程统计,有 42 个处在热低压阶段,达到热带风暴强度的有 16 个,强热带风暴 22 个,台风以上强度者仅 14 例。初始风速为 15~20m/s 者约占总数的 45%,也就是说,最大风速处在 15~20m/s 阶段的近海热带气旋,比较容易出现迅速加强。

经历了迅速加强阶段后,强度提高 1 级者(例如由热低压发展成热带风暴)占 53%,强度提高 2 级者(例如由热低压发展到强热带风暴)占 43%,强度提高 3 级者占 4%。94 个过程风速平均提高 11.3m/s,12h 加强最大值为 30m/s。

迅速加强以后,热低压已发展成为热带风暴或强热带风暴,据统计,强热带风暴增加了 15 个,台风增加了 33 个。

### 4.2 迅速加强时段的气压变化

热带气旋在迅速加强之前初始气压在 1000hPa 以上者有 15 例,990~999hPa 者有

47 例,两者合计占总数的 66%。初始气压 989~980hPa 者有 19 例,占总数的 20%。初始气压 979~970hPa 者 9 例,969~960hPa 者 4 例,两者合计占总数的 14%。这说明迅速加强之前多数中心气压较高。12h(或更长时间)迅速加强阶段之后,热带气旋中心气压显著下降,降压值在 4~12hPa 者约占总数的 61%,少数气压下降在 3hPa 以下,它们主要是登陆后重新入海发展的热带气旋,入海前后气压变化很小,甚至有的气压升高。12h 气压变化在 13hPa 以上者也很少,只占总数的 20%,且大部分集中于 13~15hPa。气压下降达 20hPa 者仅有两例,它们是 7216、7314 两个台风。

### 4.3 迅速加强时段内风速变化速率

4.3.1 12h 最大风速增值为 10m/s 这类占绝大多数,频率为 77%。它们的加强速率分两类,一是匀速加强,即 12h 中前、后 6h 各加强 5m/s,这种过程占总数的 80%;另一类是有 20%的热带气旋迅速加强发生于 6h 之内,它主要出现在台风由陆地移入海洋的过程中。

4.3.2 12h 最大风速增值 15m/s 以上 这类称为特别迅速加强,近海共出现 18 例,其中 12h 加强 15m/s 者 14 例,这 14 例中迅速加强之前初始风速多数较小,7 例(占 58%)初始风速在 15m/s 以下,10 例(占 71%)初始风速在 20m/s 以下,12 例(占 85%)在 25m/s 以下。它们多数(占 71%)前 6h 加强了 5m/s,后 6h 加强 10m/s,增强速率前低后高;少数(占 29%)增强速率前高后低。它们迅速加强后风力多数(占 86%)上跨两个等级,少数(占 14%)强度上跨一个等级。14 例中有 6 例(占 43%)发生时间在 8 月,9 月仅发生 4 例,其余发生在 7 月和 6 月,这比一般迅速加强过程发生时间提前。

4.3.3 12h 最大风速增值 20m/s 这类台风在 1949~1990 年近海仅发生 3 例,它们是 6110、7216、9018 号台风。6110 号台风以 10m/s 每 6h 速率加强,18h 之内加强 30m/s,加强地点在台湾岛东面。7216 号台风在西沙附近先以 5m/s 每 6h 速率加强,后以 10m/s 每 6h 速率加强,24h 之内共加强 30m/s。9018 号台风中心在台湾海峡急剧发展,6h 之内中心最大风速由 15m/s 增大到 35m/s,成为 42 年中近海发展最快的两个热带气旋之一。

4.3.4 12h 内最大风速增值 30m/s 在 42 年中仅有一例,即 7314 号台风。1973 年 9 月 12 日由菲律宾以东洋面移入南海东部,12 日 20 时开始加强,最初的 12h 中心最大风速加强了 10m/s,以后急剧发展,从 13 日 08 时至 14 时 6h 加强了 10m/s,再后的 6h 又加强了 20m/s,使台风中心最大风速达到 60m/s,成为近海加强最快的又一台风。该台风不仅加强快而且范围小,移动快,登陆海南岛之后台风半径约 200km,12 级以上大风范围约 30km。该台风的迅速加强主要是由于冷空气激发作用造成的。

4.3.5 持续加强过程及其风速增大值 在 94 个个例中,有 79 个(占 84%)加强持续时间在 12h 之内,12h 之后出现稳定(或减弱),但也有 15 个过程(占 16%)持续时间超过 12h,象前面所列 7314 号台风那样,达 18h 或 24h。统计结果表明,持续 18h 者有 7 例,持续 24h 者有 8 例,尚未发现超过 24h 的。它们的初始风速一般较小,60%低于 20m/s;增强后风速较大,80%达到台风强度;发生时间多在 8 月上旬至 10 月上旬,占总数的 80%;发生海区主要在海南岛东面、巴士海峡、东沙群岛附近及台湾岛东面,近岸及北部湾几乎不发生;加强速率基本上是 5m/s 每 6h,部分在后半段时间,速度加强达 10m/s 每 6h 甚至 20m/s。

## 5 热带气旋的迅速加强与月平均水温场的关系

通过月平均海面水温场分析,可以看出迅速加强的位置与水温分布有一定的关系.即各月发生区域几乎都在 $28^{\circ}\text{C}$ 以上的区域.5月位置偏南;6~8月,随着 $28^{\circ}\text{C}$ 线向北推进,发生位置也向北移(除了登陆后入海热带气旋发生迅速加强外);8月北部湾水温较高,发生次数最多;10月虽然有些过程发生在 $27^{\circ}\text{C}$ 线附近,由于这些过程均发生在月初,月初的水温比月平均值要高.这说明判别近海热带气旋能否在海洋上迅速加强, $28^{\circ}\text{C}$ 水温是一个重要参考依据.

## 6 小 结

(1) 在近海热带气旋中,16%可出现迅速加强,年平均约2个.迅速加强过程发生在5~10月,9月发生频率最高,达40%.发生频率夜间较白天高,这可能与洋面上夜间对流发展较强有关.

(2) 迅速加强具有较强的地区性,南海北部发生频数约占总数的 $\frac{2}{3}$ ,东海约占总数的 $\frac{1}{4}$ ,黄海发生频率仅占10%.6~7月主要在南海北部,东海8月发生数增多,9月主要在南海北部,移入黄海的迅速加强过程也主要发生在这个月.

(3) 迅速加强现象按其发生时间及路径特征可分为初生阶段迅速加强、发展过程中迅速加强、登陆前迅速加强、登陆后入海迅速加强等4种类型,它们各自具有不同的特点.

(4) 最大风速为 $15\sim 20\text{m/s}$ 的近海热带气旋发生迅速加强的机率较高.经历了迅速加强阶段后,强度提高1级者占53%,2级者占43%,3级者占4%.94个过程强度平均提高 $11.3\text{m/s}$ .12h加强 $10\text{m/s}$ 者(占77%)基本上是匀速加强,12h加强 $15\text{m/s}$ 者加强速率多为前低后高.

(5) 迅速加强主要发生在海面水温 $28^{\circ}\text{C}$ 以上区域.

## 参 考 文 献

- 1 Ito H. Aspects of typhoon development—As viewed from observational data in the lower troposphere. Tokyo Tech Report No. 21, Meteor. Agency, Tokyo, 1963.
- 2 Samson Brand. Rapid intensification and low-latitude weakening of tropical cyclones of the Western North Pacific Ocean. *Journal of Applied Meteorology*, 1973, 11: 94~103.
- 3 Holliday R and Thompson H. Climatological characteristics of rapidly intensifying typhoons. *Monthly Weather Review*, 1979, 107: 1022~1034.
- 4 上海台风研究所.《西北太平洋热带气旋气候图集》.北京:气象出版社,1990.
- 5 阎俊岳,张秀芝,陈乾金等.热带气旋迅速加强的标准.气象,1995,21(5): 9~13.

# CLIMATOLOGICAL CHARACTERISTICS OF RAPIDLY INTENSIFYING TROPICAL CYCLONES OVER THE OFFSHORE OF CHINA

Yan Junyue

(National Climate Center, Beijing 100081)

## Abstract

The occurrence of rapid intensification (RI) of tropical cyclones ( $\geq 10\text{m/s}$  in 12 h) in the offshore of China is examined to determine the geographic and seasonal variation of these events. Eighty-four cases of rapid growth process during the period 1949~1990 were selected to study climatological characteristics. The statistical results reveal that the majority (82%) of RI occurs in July through October. Most of RI are associated with sea surface temperature  $\geq 28^\circ\text{C}$ . The changes of wind speed and central pressure of RI as well as the rate of intensifying are also estimated.

**Key words:** Tropical cyclones; Rapid intensification; Climatic characteristics.

## 国家科技攻关“南极与全球气候环境的相互作用 和影响”的研究通过鉴定和验收

由中国气象科学研究院承担,周秀骥院士负责,中国气象局、中国科学院和国家海洋局所属的 11 个单位参加的国家“八五”科技攻关 85-905-2-5《南极与全球气候环境的相互作用和影响》专题,于 1996 年 1 月 6 日通过了国家海洋局组织的鉴定和验收。在“八五”期间,该专题按原定技术路线和研究目标,用现场考察,观测资料分析、数值模拟和流体力学实验等方法,进行了多学科的合作研究。在南极温度和海冰的时空变化、南大洋海洋环流、冰雪结构、海冰气相互作用和边界层物理、臭氧变化特征及南极环境变化对大气环流和我国天所气候变化影响的机制和规律等方面取得了新的研究成果,达到了预定的目标。在总体上研究成果达到了国际先进水平。

(陆龙骅 卞林根)