

热带气旋迅速加强标准的研究¹⁾

阎俊岳 张秀芝

陈乾金 黄爱芬

(国家气象中心,北京 100081)

提 要

根据1949—1990年台风年鉴及热带气旋年鉴资料,在介绍以往热带气旋迅速加强的标准基础上,提出西北太平洋和我国近海热带气旋迅速加强的新标准。通过与以往标准的比较,认为新标准在定义上更加严谨,在使用上亦相当简便,可在业务预报及台风科学研究上作为固定用语应用。

关键词: 热带气旋 迅速加强 标准

前 言

1963年日本气象厅 Ito^[1] 在讨论西北太平洋台风的发展时,首先提出台风的迅速加强问题,他挑选1951—1961年西北太平洋中心气压低于960hPa的81个台风,计算出6小时降压速率在7—28hPa之间,最大频率为11—15hPa,平均每小时降低2hPa,故定义每小时降压 $\geq 2\text{hPa}$ 为热带气旋迅速加深(Rapid Deepening or Rapid Intensification)。1972年Brand^[2]使用1945—1969年西北太平洋台风资料,计算出24小时台风风速加强的平均值为 $15.5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,据此认为,如果24小时台风中心风速增大值 $\geq 25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,则大大高于平均值,称为台风“迅速加强”(RD or RI)。

1979年Holliday和Thompson^[3]根据1956—1977年西北太平洋305个台风中心气压观测记录,进行累积频率统计,取上部25%定义为迅速发展系统,对应于24小时降压值为42hPa,如台风在24小时降压值 $\geq 42\text{hPa}$,称为迅速加强(RI)。文章认为,用中

心气压变化判别台风迅速加强,比用中心最大风速判别更可靠;鉴于早期的飞机探测资料每天一次,因而选用24小时作时间间隔。Holliday标准至今在国外仍然被使用。

我国台风工作者很早就注意到热带气旋的迅速加强问题。1974年曾有文章^[4]指出,1971年7月31日移到崇武沿海的热低压突然发展,小范围风力达12级;1972年8月1日7号台风在平阳沿海突然发展并登陆;1973年1号台风移到福建同安突然发展,均造成比较严重的灾害。1979年陈联寿^[5]提出台风“缓慢变化”和“迅速变化”,他根据1949—1969年603个西北太平洋台风个例,计算出12小时降压 $\geq 30\text{hPa}$ 者有52个,占台风总数的8.6%,占强台风总数的13%。

1990年,上海台风研究所出版的“西北太平洋热带气旋气候图集”^[6]参照Holliday方法定义西北太平洋台风、强台风最大降压值累积频率上部10%为迅速加深,根据1949—1978年30年849个个例统计,它对应于24小时连续降压 $\geq 45\text{hPa}$ 。符合标准的

1) 85-906-07-03 课题资助

个例有 93 个,占总数的 11%。

上述工作说明,热带气旋迅速加强的研究存在着名称、标准不统一问题,国际上流行的 RD 或 RI 术语,有的用风速增大平均值判别,有的取自气压下降累积频率。在判别时段上,有的使用 24 小时,有的使用 12 小时。目前台风研究和业务预报迫切需要一个统一的标准,它不仅具有明确的天气学概念,而且有一定气候规律可循,以便进行预报。

1 热带气旋迅速加强的定义

通常的概念认为,热带气旋生命史上表现出 5 种发展类型:强度稳定、缓慢加强、迅速加强、缓慢减弱、迅速减弱。强度稳定是指某一时段内台风强度不变或变化很小,缓慢加强是指某一时段内强度加强明显,但加强速率较小,迅速加强是指某一时段内加强迅速,加强速率大于缓慢加强速率。按此方法同样可以定义缓慢减弱和迅速减弱。

可以看出,热带气旋的迅速加强是其发展过程上的一个特殊阶段,这一阶段的划分应以大量气候统计事实为依据。对一个台风来讲,可以不出现迅速发展过程,也可以重复出现迅速发展过程。

迅速加强过程相对于全部发展过程来说应是小概率事件,缓慢发展等占有更大的比例。当然,迅速加强过程也并非稀有事件,它应有一定的研究样本,以使人们作为一种类型探求它的发展机制,进行分析和预报。

2 热带气旋迅速加强的判别指标

过去热带气旋的判别指标多使用气压降低值。目前国际上对热带气旋强度的分级已采用中心最大风速,由此划分出热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风、强台风等。以往采用中心气压分级的项目,也逐渐改用中心最大风速来判别,例如日本规定从 1991 年起,对热带气旋分型(微型、小型、中型、大型、超大型)由用气压判别改由用风速 $\geq 15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的半径大小判别。

热带气旋的中心最大风速是确定台风破

坏程度的最直接指标,除了风暴潮的增长仍受制于台风中心气压外,台风损失的相当大部分决定于最大风速。

过去热带气旋中心气压的探测资料一般较之风速更精确,多数风速值是由气压值用公式推算的。自 1988 年飞机探测报告停止以后,使用卫星云图等工具确定台风中心风速的能力已不低于确定气压的能力;不久的将来,确定风速的能力将逐渐高于确定气压的能力。从长远观点出发,定义迅速加强用中心最大风速为好。

是否可以使用气压和风速两者联合进行判别呢?我们曾对 1949—1990 年西北太平洋 24 小时降压 $\geq 42\text{hPa}$ 的 131 个热带气旋进行统计,发现对应 24 小时风速的增大出现很大差异(表 1),131 个过程中,24 次风速增大 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,31 次风速增大 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,24 次风速增大 $30\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,风速增大 $\leq 25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 者占全部的 52%。如果按 24 小时降压 $\geq 42\text{hPa}$ 对应风速相对集中的 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 计,1949—1990 年 24 小时风速增大达 $25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上者 213 个,较降压 $\geq 42\text{hPa}$ 个数增加了约 2/3;24 小时风速增大 $\geq 30\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 者数量为 108 个,虽然数量上看与降压 $\geq 42\text{hPa}$ 者相差很小,但个例不同者约占 1/2。

表 1 24 小时降压 $\geq 42\text{hPa}$ 对应时段内风速变化

风速增大值/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	10	15	20	25	30	35	≥ 40	合计
出现频数	2	11	24	31	24	15	24	131
出现频率/%	2	8	18	24	18	11	18	100

这就说明,讨论强度增大时,或者使用风速增大作指标,或者使用气压加深作指标,综合两者是非常困难的,这是因为气压降低与风速增大并不严格对应。我们在判定迅速加强时选择了中心最大风速。

3 热带气旋迅速加强的判别时段

判别热带气旋强度变化的时段过去一般采用 24 小时,由于强度变化存在短时间迅速加强和持续性加强两种情况,仅仅使用一个

时间段,不能包括强度突变的全部情况。例如9018号台风副中心,计算12小时风速变化时,其增大值为 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,但用24小时为间隔,风速增大值仅 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,因此,在西北太平洋上采用24小时作时段的间隔,补充18小时及12小时时间段,即满足18小时或12小时强度增大超过某风速值均可。

中国近海范围较小,热带气旋到达近海后往往处于减弱状态,只有少部分较短时间迅速发展并可能很快登陆,因而不宜使用24小时作判别时段,而采用12小时作判别时段。

4 热带气旋迅速加强的判别方法

根据西北太平洋和中国近海(指自 40°N 、 125°E 到 25°N 、 125°E , 20°N 、 122°E , 15°N 、 108°E 连线至我国大陆之间的海域)台风发展程度的不同,分两个区域制定不同的标准。而两地均使用统一的判别式。

判别式依据平均值和标准差的数学含义,规定 $\Delta V < \overline{\Delta V}$ 为强度少变(稳定)

$\overline{\Delta V} \leq \Delta V \leq \overline{\Delta V} + S$ 为缓慢加强;

$\Delta V > \overline{\Delta V} + S$ 为迅速加强;

其中 $\Delta V \geq \overline{\Delta V} + 3S$ 为特别迅速加强。

式中, ΔV 为某时段风速增大值,对西北太平洋采用24小时(包括18小时和12小时),对中国近海采用12小时(包括6小时)。 $\overline{\Delta V}$ 为该区某时段风速增大平均值, S 为标准差。 $\overline{\Delta V}$ 计算使用滑动形式求出 ΔV 的平均。

对于西北太平洋,总样本数:13198,风速平均值: $9.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,标准差: $6.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,频率分布如图1。按判别式计算并考虑到台风年鉴风速多为 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 间距,因而得出西北太平洋24小时风速变化标准:

强度稳定 $\Delta V_{24} < 9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

缓慢加强 $10\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \leq \Delta V_{24} \leq 19\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

迅速加强 $\Delta V_{24} \geq 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

特别迅速加强 $\Delta V_{24} \geq 30\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

如果热带气旋在18小时或12小时加强达 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,也作为西北太平洋迅速加强个

例。

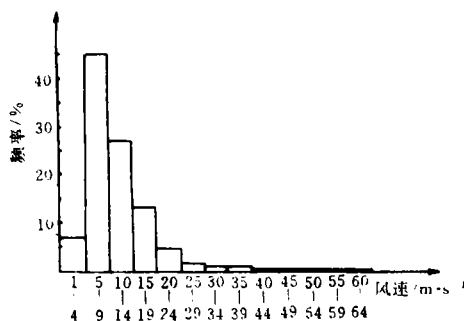


图1 西北太平洋24小时风速增大频率分布

对于中国近海,总样本数:2100,12小时风速增大平均值: $5.8\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,标准差: $2.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,频率分布如图2所示。按判别式计算,中国近海热带气旋12小时风速变化标准:

强度稳定 $\Delta V_{12} < 5\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

缓慢加强 $5\text{m}\cdot\text{s}^{-1} \leq \Delta V_{12} \leq 9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

迅速加强 $\Delta V_{12} \geq 10\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

特别迅速加强 $\Delta V_{12} \geq 15\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

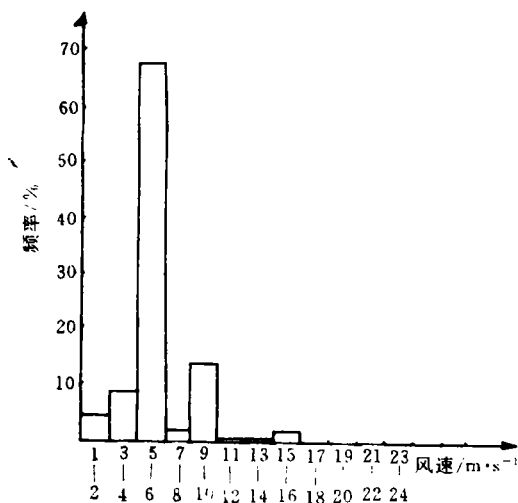


图2 中国近海12小时风速增大频率分布

5 不同迅速加强标准的比较

5.1 定义方法上比较

新标准在定义方法上使用 $\Delta V \geq \overline{\Delta V} + S$ 方法比以往取平均值加放大数、累积频率法在数学上更严谨,它避免了人为因素,基本上

是一定时段气候统计的结果。

ΔV 取自任意 24 小时(或 12 小时)时段强度增大的平均,而不是一次台风最大增强值的平均,说明它包括了速度变化的各种情况,而不仅仅在台风过后作为判别它是否为迅速加强台风使用。因而本标准可以作为预报术语,表述过去 24 小时或未来 24 小时强度变化。如在西北太平洋,只要过去 24 小时风速增大大于或等于 $20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,即可在强度表达时说“过去 24 小时热带气旋迅速加强”。

5.2 发生频数比较

按本标准,1949—1990 年西北太平洋迅速加强个例 371 个,平均每年 8.8 个;中国近海迅速加强个数 84 个,平均每年 2.0 个;这些台风包括了以往各标准划定的全部个例,保证了足够的研究数量(表 2)。本标准划定的 RI 热带气旋出现频率为 30.5%,相当于西北太平洋爆发性气旋(气旋炸弹)的出现频率(31%)^[7]。如果按照 $\Delta P \geq 42\text{hPa}$ 的比例,每年西北太平洋 RI 仅 2—3 个,研究个例显然是太少了。

表 2 不同标准划分的 RI 频率比较(%)

标准	$\Delta V \geq 20$	$\Delta V \geq 25$	$\Delta P \geq 42$	$\Delta P \geq 45$	$\Delta P \geq 48$
频率	30.5	17.5	10.8	9.4	7.5

注:1949—1990 年西北太平洋热带气旋(≥ 8 级)总数为 1215 个 ΔV 单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ΔP 单位: hPa

5.3 发生季节比较

图 3 给出了不同标准划分的 1949—

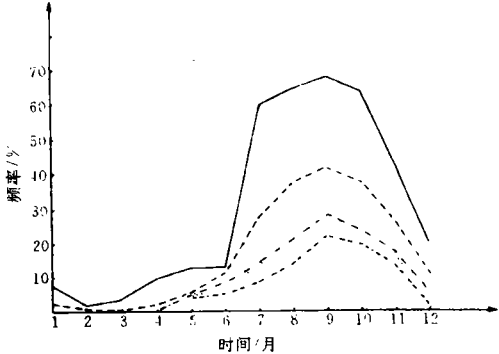


图 3 不同标准划分的 1949—1990 年迅速加强过程发生的月频数

1990 年迅速加强过程发生的月频数,可以看出:它们都具有大致相同的分布,即 1—4 月出现频数少,5—6 月明显增多,7 月增加更快,9 月频数最高。7—10 月发生频数约占全年总数的 70% 左右。最高频数出现月份 9 月与西北太平洋热带气旋(≥ 8 级)最高出现月份 8 月比较,时间上滞后一个月。

图上反映出各标准划分的 RI 频数分布上也有一些差别,本标准划分的 RI 7—9 月相差较少,其它标准划分的 RI 更集中于 9 月,5 种方法划分的 9 月频率分别为 18%、20%、22%、24%、24%。

6 讨论

通过前面叙述,可以看出本标准比以往标准在定义上更严谨;在研究和业务预报上具有较强的适用性;本标准考虑了西北太平洋和中国近海热带气旋发展程度上的差别,给出了不同判别时段和判别值,因而比过去标准更好。

本标准没有考虑迅速加强前台风的初始风速差别,统一使用一个判据,由于加强前强度不同,台风迅速加强后效果是不一样的。例如一个初始风速为 $15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的热低压,24 小时迅速加强后达到 $35\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,强度为强台风;而初始风速为 $60\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的特强台风,迅速加强后强度为 $80\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。为了弥补这种不足,我们建议,在热带气旋已经达到台风强度(中心风速 $\geq 35\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)时,再发生迅速加强,其判别标准可提高一个级差 $5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$,即 $\Delta V_{24} \geq 25\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 为西北太平洋台风迅速加强, $\Delta V_{12} \geq 15\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 为中国近海台风迅速加强。这样 42 年中,迅速加强频数将减少 40 个,中国近海频数减少 13 个,使其占热带气旋总数比例下降约 2%。

本指标的制定使用 1949—1990 年台风年鉴资料,没有消除 50—60 年代热带气旋本身强度的测量误差,而 50—60 年代热带气旋风速资料普遍偏大。从 24 小时风速增大 $\geq 20\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的频数年变化上也可以看出:70 年

代后明显减少,特别是1980—1989年,出现频数仅有50—60年代的1/2(表3)。如果按照1970—1989年平均计算,每年仅7个热带气旋在西北太平洋发生迅速加强,约占年热带气旋(≥ 8 级)总数的24%。

表3 西北太平洋迅速加强热带气旋频数10年变化

年 代	频数	频率/%
1950—1959	112	30.7
1960—1969	115	31.5
1970—1979	83	22.7
1980—1989	55	15.7
合计	36.5	100

参考文献

1 Ito, H. Aspects of Typhoon development—As reviewed

from observational data in the lower troposphere, Tokyo Tech, Report No. 21, Meteor. Agency, Tokyo, 1963.

2 Brand, S. Rapid Intensification and low-latitude weakening of tropical cyclones of the Western North Pacific Ocean, Journal of Applied Meteorology, Vol. 11, 1973.

3 Holliday, R. and H. Thompson, Climatological characteristics of Rapidly intensifying Typhoons, Monthly Weather Review, Vol. 107, 1979.

4 中央气象台. 环境场相互作用对台风发生发展的影响. 台风会议文集, 1974.

5 陈联寿、丁一汇. 西北太平洋台风概论. 北京: 科学出版社, 1979.

6 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.

7 齐桂英. 北太平洋爆发性气旋的气候特征. 应用气象学报, 1993, 4(4).

The Standard of Rapidly Intensified Tropical Cyclones

Yan Junyue Zhang Xiuzhi

Chen Qianjin Huang Aifen

(National Meteorological Center, Beijing 100081)

Abstract

The occurrence of rapid deepening of tropical cyclones in the Western North Pacific have been studied in the past few decades. Several standards of rapid deepening are introduced and a new standard is given according to typhoon data (1949—1990). The results of comparison between them show that new standard is marked in definition. It may be useful to climatological analysis and forecasting of rapid intensified tropical cyclones.

Key Words: tropical cyclone rapid intensifying standard

气候学研究的最新专著

《气候动力学引论》即将出版

由中国科学院大气物理研究所研究员李崇银编的专著《气候动力学引论》(16开本, 420页, 定价32元)将由气象出版社于1995年6月出版。

该书作者把近年的研究成果与国内外最新研究进展相结合, 全面、系统地论述了气候动力学的基本问题。其突出特点是把资料分析与理论和数值模拟相结合, 对当代气候及气候变化的动力学机理进行了系统的阐述和讨论。

全书约70多万字, 共分12章。它们是: 1. 绪论; 2. 气候系统; 3. 大气辐射过程; 4. 大气季节内振荡的动力学; 5. 大气环流持续异常(一)——阻塞形势的动力学; 6. 大气环流持续异常(二)——遥相关的动力学机理; 7. 海洋—大气相互作用; 8. 陆气相互作用; 9. 气候数值模拟(一)——大气环流模式; 10. 气候数值模拟(二)——简化模式; 11. 可预报性问题; 12. 人类活动与气候变化。

该书既适合广大气象科技工作者尤其是从事气候工作的人员阅读, 也适合大气科学有关专业研究生学习, 还可供与气候变化有关的海洋、地球物理、地理和生态环境等学科的科研人员和教师参考。

(郭彩丽)