

西北太平洋热带气旋强度变化的统计特征*

余 晖 端义宏

(上海台风研究所, 上海, 200030)

摘 要

应用 35 a 的资料, 分析西北太平洋热带气旋(TC) 强度变化的基本统计特征, 包括年代际、年际、月际、日变化和区域分布等。主要结果有: (1) 西北太平洋 TC 平均增强速率为 4.97 hPa/6 h, 标准差是 4.54 hPa/6 h。平均减弱速率为 5.15 hPa/6 h, 标准差是 4.17 hPa/6 h; (2) 20 世纪 60 年代中后期 TC 强度变幅小, 进入 20 世纪 70 和 80 年代后有所增大; (3) 11 月 TC 平均增强速度最快, 2 月最慢, 8 月是 TC 强度变幅较小的月份; (4) 08 时(北京时, 下同) TC 平均增强速度最快, 14 时最慢, 平均减弱速度无明显日变化特征; (5) TC 发展较快的一个主要区域是 12.5°~20°N, 132.5°~150°E, TC 平均减弱速率的高值区在岛屿和大陆沿岸。在南海中部活动的 TC 平均强度变幅不大。依据平均值与标准差的数学涵义, 给出了 TC 强度稳定、缓慢变化和迅速变化的标准。在对各级强度变化发生频率的年代际、年际、月际、日变化以及区域分布特征分别进行分析的基础上, 重点给出了在大陆和岛屿附近迅速增强样本和在远离陆地的洋面上迅速减弱样本的一些统计特征。

关键词: 热带气旋, 强度, 统计。

1 引 言

了解热带气旋(TC) 强度变化的统计特征是提高 TC 强度预测能力的基础。由于 TC 的强度突变, 尤其是突然增强, 往往给人们带来意想不到的灾难, 对其进行预测的难度也相当大, 有关的气候特征分析工作大多数针对这一类过程。Brand^[1] 曾用 25 a(1945~1969 年) 的资料对西北太平洋迅速增强和在低纬迅速减弱 TC 的地理和季节分布规律进行了分析。Holliday^[2] 研究了 1956~1976 年期间西北太平洋台风迅速加强的气候特征。中国在“八·五”期间, 也曾将强度突变理论列为一个专题来研究^[3], 主要研究对象是西北太平洋和中国近海突然增强的 TC, 其中的部分工作揭示了一些 TC 迅速加强的气候特征。此外, TC 登陆前后的强度变化也是一个长期受到关注的问题^[4,5]。

文中将应用上海台风研究所整编的西北太平洋台风年鉴资料对 TC 强度变化的基本统计特征进行分析, 以期对 TC 强度变化的一般规律有所认识。

2 资料与方法

习惯上, TC 强度是用台风中心最低海平面气压或中心附近最大风速来表征。但是, 用中心最低气压来度量 TC 强度比用最大风速更可靠、更有代表性^[2], 当有飞机探测资料作为常规资料的补充时更是如此。因此, 根据上海台风研究所整编的西北太平洋台风年鉴资料, 分析 TC 中心最低气压变化的基本统计规律。由于对西北太平洋 TC 的飞机探测业务在 1987 年被中断, 为了使分析的结果更加可靠, 仅对 1953~1987 年共 35 a 的 TC(不含热带低压, 共 984 个) 进行了统计分析, 并且剔除其中没有飞机探测资料的个例(共 142 个)。在分析过程中, 不考虑 TC 副中心的强度变化, 也不考虑 TC 变性之后的强度变化。

台风年鉴基本资料为每日 4 个时次, 北京时间分别为 02, 08, 14 和 20 时。TC 强度变化用每一时次未来 6 h 的变压 Δp 表示, 总样本数为 18258。

* 初稿时间: 2000 年 11 月 23 日; 修改稿时间: 2002 年 2 月 7 日。

资助课题: 国家自然科学基金项目(49975014)、国家科技部社会公益性研究项目(37009)、国家科技部社会公益性重点研究项目(2001DIA20026)和中国气象局上海台风研究所基金课题(01A05)。

3 热带气旋强度变化的统计特征

3.1 若干统计特征量

表 1 列出的是增强 ($\Delta p < 0$ hPa/6 h) 与减弱 ($\Delta p > 0$ hPa/6 h) 样本的一些统计特征量。增强样本数为 6747, 占总样本的 37.0%, 平均增强速率 $|\overline{\Delta p_-}| = 4.97$ hPa/6 h, 标准差 $\sigma_- = 4.54$ hPa/6 h。6 h 降压最大值为 84 hPa, 出现在 1953 年 9 月 22 日 08 时, TC 序号为 18, 位于吕宋岛以东约 10 个经距处 ($18.5^\circ\text{N}, 133.5^\circ\text{E}$)。增强速率 $|\Delta p_-|$ 的概率密度曲线(图略)表明, 概率密度有随 $|\Delta p_-|$ 增大而减小的趋势。但是, 出现概率最高的是 2 hPa/6 h, 其次是 5 hPa/6 h, 在 10 hPa/6 h, 15 hPa/6 h 和 20 hPa/6 h 等处也分别出现概率密度的极大值。这与年鉴资料中的中心最低气压大多以 5 hPa 为间隔给出有关, 说明即使有飞机探测资料作为参考, 年鉴中的 TC 强度资料仍带有一定的主观性。

表 1 热带气旋强度变化的统计特征量

	增强样本	减弱样本	备注
样本数	6747	5980	变压为 0 hPa 的样本数是 5531
点总样本数的比率	37.9%	32.8%	
变压均值(hPa/6 h)	-4.97	5.15	
变压标准差(hPa/6 h)	4.54	4.17	
变压最大值(hPa/6 h)	84	50	

减弱样本数为 5980, 占总样本的 32.8%, 平均减弱速率 $|\overline{\Delta p_+}| = 5.15$ hPa/6 h, 标准差 $\sigma_+ = 4.17$ hPa/6 h。6 h 升压最大值 50 hPa 共出现了两次, 一次在 1973 年 9 月 14 日 02 时, TC 序号为 17, 国内编号 14, 位置是 $19.1^\circ\text{N}, 111.2^\circ\text{E}$, 即将登陆海南。另一次在 1975 年 8 月 3 日 08 时, TC 序号为 6, 国内编号 3, 位置是 $23.7^\circ\text{N}, 122.2^\circ\text{E}$, 即将登陆台湾。减弱速率的概率密度曲线特征与增强速率类似。

3.2 年际和年代际变化

图 1 为 TC 逐年平均的增强速度 Δp_{y-} 与减弱速度 Δp_{y+} 。

Δp_{y-} 的标准差为 0.83 hPa/6 h, 最大值与最小值的之差达 3.35 hPa/6 h。 $|\Delta p_{y-}|$ 的最大值出现在 1987 年, 达 6.97 hPa/6 h, 其次是 1975 年(6.95 hPa/6 h), 最小值出现在 1966 年(3.62 hPa/6 h), 其次是 1955 年(3.84 hPa/6 h)。

Δp_{y+} 的标准差为 0.77 hPa/6 h, 最大值与最小

值的较差达 3.45 hPa/6 h。最大值出现在 1975 年, 达 7.21 hPa/6 h, 其次是 1973 年(7.07 hPa/6 h), 最小值出现在 1966 年(3.76 hPa/6 h), 其次是 1967 年(4.29 hPa/6 h)。

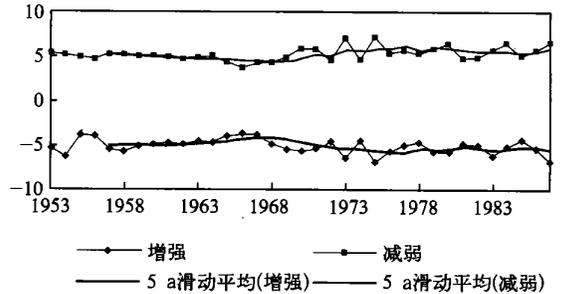


图 1 TC 年平均增强速度 Δp_{y-} 与减弱速度 Δp_{y+}

5 a 滑动平均曲线表明, TC 年平均增强速率 $|\Delta p_{y-}|$ 与减弱速率 $|\Delta p_{y+}|$ 均在 20 世纪 60 年代中后期最小, 进入 70 和 80 年代后有所增大, 可见在 60 年代中后期 TC 平均强度变幅较小, 而进入 70 和 80 年代后有所增大。

3.3 月际分布

图 2 给出的是 TC 逐月平均的增强速度 Δp_{m-} 与减弱速度 Δp_{m+} 。

Δp_{m-} 从 2 月到 11 月逐渐减小, 即 TC 增强幅度逐渐增大。 $|\Delta p_{m-}|$ 的最大值出现在 11 月(5.81 hPa/6 h), 比最小的 2 月(3.43 hPa/6 h) 高 2.38 hPa/6 h。8 月的 $|\Delta p_{m-}|$ 是夏秋季节的相对低值, 意味着 8 月 TC 的强度增幅较小, 这与 Brand^[1] 用中心附近最大风速得到的结果是一致的。

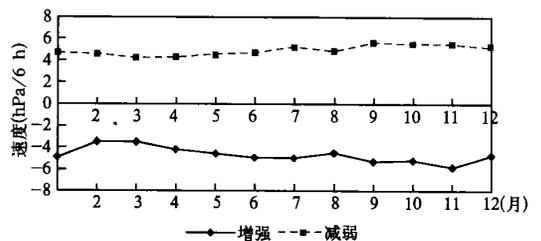


图 2 TC 月平均增强速度 Δp_{m-} 与减弱速度 Δp_{m+}

Δp_{m+} 在春季最小, 夏、秋季逐渐增大, 到冬季又有所减小, 最小值出现在 3 月(4.23 hPa/6 h), 最大值则出现在 9 月(5.61 hPa/6 h), 二者之差为 1.38 hPa/6 h。 Δp_{m+} 在 8 月也为相对低值, 表明 8

月 TC 平均强度变幅较小。

3.4 日变化

计算按同时次平均的增强速度 Δp_{d+} 与减弱速度 Δp_{d-} 后发现, 08 时 TC 增强速度最快 (-5.17 hPa/6 h), 14 时最慢 (-4.79 hPa/6 h), 较差为 0.38 hPa/6 h。02 时和 20 时的 Δp_{d-} 居于上述二者之间, 且 02 时的 TC 增强速度略快于 20 时。

Δp_{d+} 从上午 08 时到子夜 02 时逐渐增大, 最大值出现在 02 时 (5.26 hPa/6 h), 最小值出现在 08 时 (5.02 hPa/6 h), 但差仅 0.24 hPa/6 h, 二者之间差异的显著性通不过 0.05 信度的统计检验, 说明平均减弱速度无明显的日变化特征。

3.5 区域分布

图 3 给出的是 TC 频数、增强 TC 频数与减弱 TC 频数的区域分布, 图中数值为按 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 经纬度网格统计的频数。由图可见, TC 活动最频繁的区域在吕宋岛以东至台湾东南部洋面, 其次是南海中部(图 3a)。图 3b 表明, 在上述两个区域, 增强

TC 频数也为高值区, 且远远高于相应区域的减弱 TC 频数(图 3c), 说明在这两个区域活动的 TC 增强的可能性较大。增强 TC 频数在 $10\sim 20^\circ\text{N}$, $140\sim 150^\circ\text{E}$ 区域也为相对高值, 相应区域的减弱 TC 频数较低, 因此在这一区域活动的 TC 也以增强为主。减弱样本主要集中在菲律宾北部至台湾岛附近、中国海南岛及广东沿岸(图 3c)。在中国福建和浙江沿岸、日本诸岛和朝鲜半岛附近活动的 TC 也以减弱为主, 仅有极个别的增强 TC 出现。这一现象充分反映了陆地对 TC 的削弱作用。图 3c 还表明, TC 并不仅仅在岛屿和大陆附近减弱, 在洋面上也有为数不少的减弱 TC 出现。从总体分布上看, 洋面减弱 TC 频数高值区偏于增强 TC 频数高值区的北侧。

增强与减弱 TC 频数的区域分布有明显的月际变化特征(图略), 主要表现为各自的高频区随着季节的演变而表现为北进或南退的特点, 而且洋面减弱 TC 频数高值区始终偏于增强 TC 频数高值区的北侧。

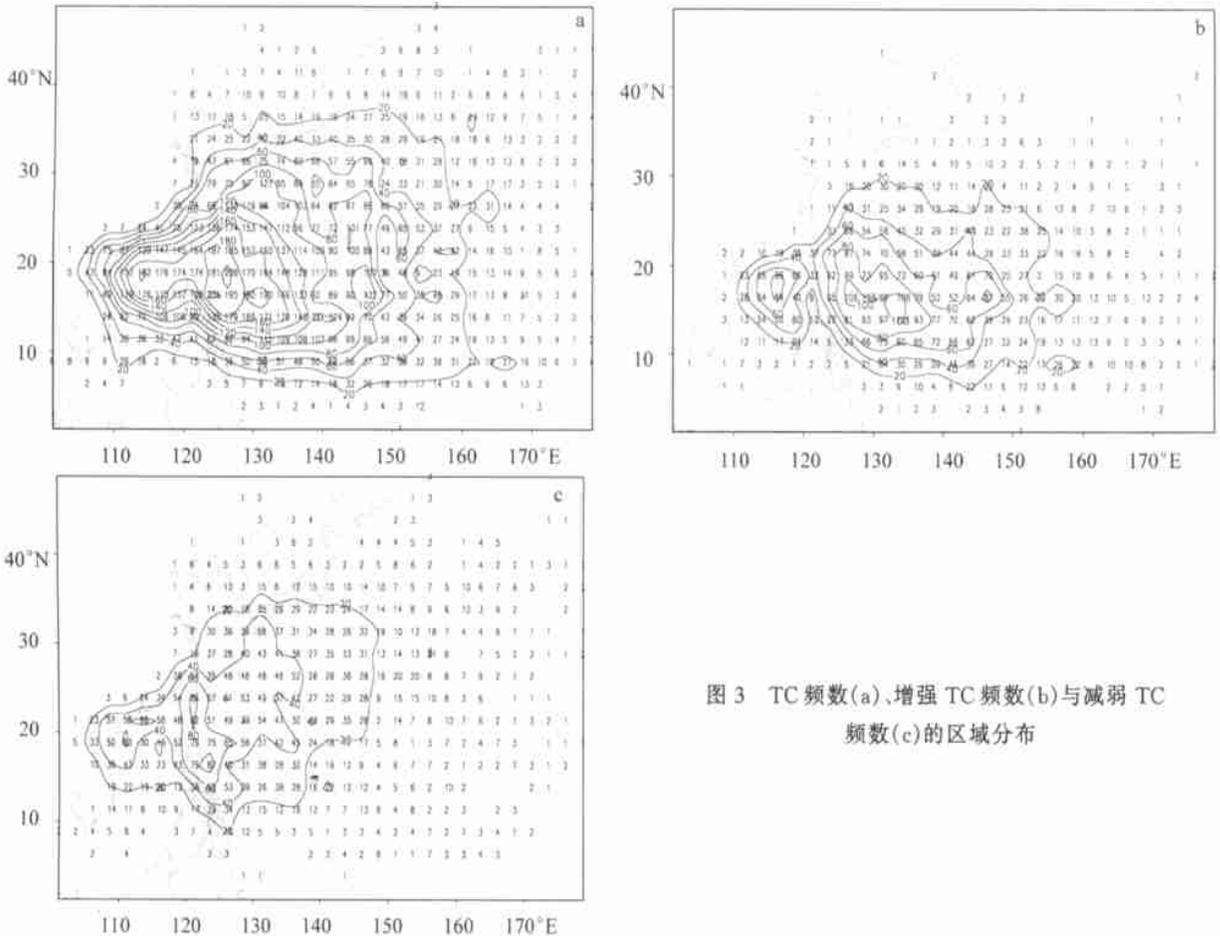


图 3 TC 频数(a)、增强 TC 频数(b)与减弱 TC 频数(c)的区域分布

图 4 为不同区域 TC 平均增强速度与减弱速度的分布。从图 4a 可以看到, TC 发展较快的一个主要区域是在 12.5~ 20°N, 132.5~ 150°E。其次是 7.5~ 15°N, 150~ 155°E 区域。在菲律宾以东靠近 130°E 附近, TC 的平均发展速度也较快。在 170°E 附近的低纬洋面上有一些极值中心, 其中在 12.5~ 15°N, 172.5~ 175°E 达 - 20 hPa/6 h, 对比图 4a 和图 3b 后发现这些区域都仅有 1~ 2 个样本, 因此缺乏代表性。在其他一些极值区, 如低纬的 2.5~

5°N, 130~ 132.5°E 和高纬的 27.5~ 30°N, 152.5~ 155°E 也是如此。TC 平均减弱速率的高值区在岛屿和大陆沿岸, 包括菲律宾群岛、台湾岛、中国东南沿海和日本诸岛(图 4b)。在远离陆地的洋面上, 平均减弱速率大都不超过 6 hPa/6 h。

图 4 还表明, 南海中部的 TC 平均增强速率约 3~ 4 hPa/6 h, 减弱速率约 3 hPa/6 h, 均不是高值, 说明在南海中部活动的 TC 强度变幅一般不大。

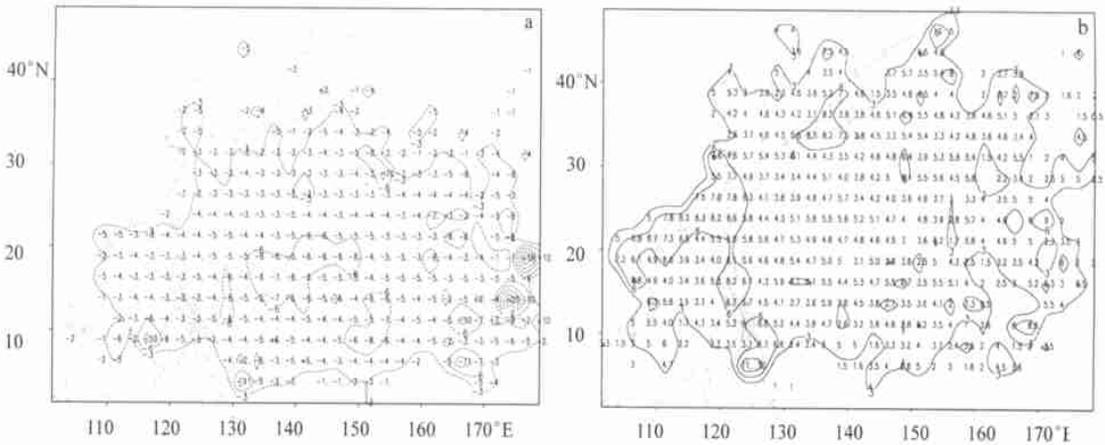


图 4 TC 平均增强速度(a)与减弱速度(b)的区域分布(单位: hPa/6 h)

4 各级增强与减弱热带气旋

参照文献[3]的方法, 依据平均值与标准差的数学涵义, 定义 TC 强度稳定、缓慢变化和迅速变化, 具体标准见表 2。与文献[3]不同的是, 在此用中心最低气压来表征 TC 强度, 而不是中心附近最大风速。依据这一标准, 迅速增强样本有 856 个, 占总样

本的 4.7%。缓慢增强样本有 2149 个, 占总样本的 11.8%。缓慢减弱和迅速减弱样本各 729 和 920 个, 分别占总样本的 4.0% 和 5.0%。上节分析表明, TC 平均减弱速率的高值区与减弱频数高值区的位置较一致, 均在岛屿和大陆附近, 这可能是迅速减弱的发生频率高于缓慢减弱发生频率的主要原因。

4.1 各级强度变化发生频率的年际和年代际变化

表 2 各级强度变化的标准(Δp 的单位: hPa/6 h)

	迅速增强	缓慢增强	强度稳定	缓慢减弱	迅速减弱
标准	$\Delta p < \Delta p_- - \sigma_-$ $\Delta p < 9.51$	$\Delta p_- - \sigma_- \leq \Delta p \leq \Delta p_-$ $- 9.51 \leq \Delta p \leq 4.97$	$\Delta p_- < \Delta p < \Delta p_+$ $- 4.97 < \Delta p < 5.15$	$\Delta p_+ \leq \Delta p \leq \Delta p_+ + \sigma_+$ $5.15 \leq \Delta p \leq 9.32$	$\Delta p > \Delta p_+ + \sigma_+$ $\Delta p > 9.32$
频数	856	2149	13604	729	920
频率	4.7 %	11.8 %	74.5 %	4.0 %	5.0 %

图 5 为逐年 TC 迅速增强、缓慢增强、缓慢减弱和迅速减弱的发生频率, 该频率是用逐年相应级别强度变化样本数除以当年样本总数得到的。

TC 迅速增强的年频率平均值为 4.9%, 标准差为 1.6%。最大值出现在 1975 年(7.7%), 其次是

1973 和 1987 年(7.5% 和 7.3%)。最小值是 1966 年的 2%, 其次是 1955 年的 2.1%。趋势线表明, TC 迅速增强的年频率从 20 世纪 50 年代至 60 年代逐渐降低, 并在 60 年代中后期达到低谷, 其后开始有所增长, 至 70 年代初期达到高值, 在 70 年代中后

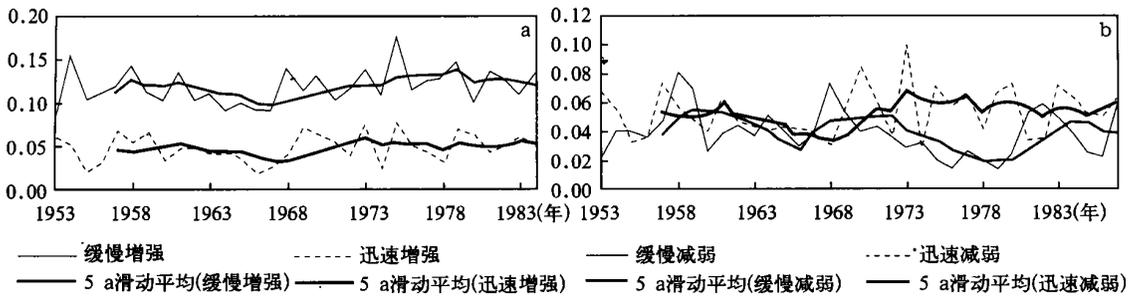


图5 逐年TC缓慢增强和迅速增强(a)、缓慢减弱和迅速减弱(b)的发生频率

期和80年代变化较小。

TC缓慢增强的年频率平均值为12%，标准差为2.1%。最大值也出现在1975年(17.7%)，其次是1987年(15.6%)。最小值是1953年的8.3%，其次是1967年的9.0%。趋势线表明，TC缓慢增强年频率的年代际变化与迅速增强类似。

TC缓慢减弱的年频率平均值为4.0%，标准差为1.6%。最大值出现在1958年(8.1%)，其次是1968年(7.3%)。最小值是1976和1979年的1.4%。趋势线表明，TC缓慢减弱的年频率在70年代末和80年代初为最低谷，两个峰区分别出现在50年代末60年代初和60年代末70年代初，80年代中期也为相对高值。

TC迅速减弱的年频率平均值为5.3%，标准差为1.7%。最大值出现在1973年(10%)，其次是1970年(8.4%)。最小值是1966年的2.7%，其次是1974年的3.0%。趋势线表明，TC迅速减弱年频率的年代际变化也与迅速增强类似，这一年代际变化特征与TC年平均增强速率与减弱速率的年代际变化特征是一致的。

4.2 各级强度变化发生频率的月际变化

图6为逐月TC迅速增强、缓慢增强、缓慢减弱

和迅速减弱的发生频率，该频率是用逐月相应级别强度变化样本数除以当月样本总数得到的。

TC迅速增强的发生频率从3月到11月逐渐增大。最小值出现在3月(2.1%)，比最大的11月(6.7%)低4.6%，表明11月TC发生迅速增强的可能性最大，而3月最小。在8月是相对低值，与3.3节所得到的8月TC增幅较小的结论是一致的。

TC缓慢增强的发生频率在2月最低，仅4%，而1月最高，达14.4%。6月到12月的频率相当，均在11%~13%。

TC缓慢减弱的发生频率也在2月最低，仅1.6%，而1和3月较高，分别为6.3%和6.1%，从5月(2.8%)到11月(5.2%)有逐渐增大趋势，但在8月亦为一相对低值。

TC迅速减弱的发生频率从3月到11月的变化趋势与迅速增强非常类似，最小值出现在3月(1.2%)，比最大的11月(6.8%)低5.6%。但二者有所不同的是，1月和2月迅速减弱的发生频率较高，与7和8月相当。

上述结果表明，11月TC强度变幅较大，而8月TC强度变幅在夏秋季节为相对低值，3月TC强度发生突然变化的可能性最小。

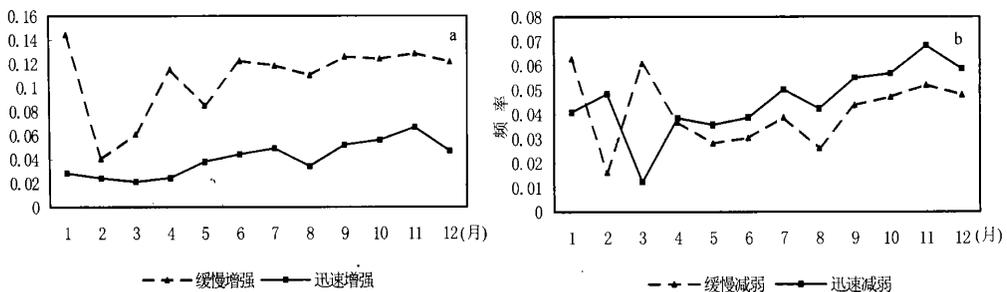


图6 逐月TC缓慢增强和迅速增强(a)、缓慢减弱和迅速减弱(b)的发生频率

4.3 各级强度变化发生频率的日变化

用同时次相应级别强度变化频数除以该时次样本总数得到各时次 TC 迅速增强、缓慢增强、缓慢减弱和迅速减弱的发生频率。结果表明, 迅速增强发生频率的日变化和缓慢增强是一致的, 二者都在 08 时最高, 其次是 02 时, 最低在 14 时。TC 在 02 时迅速减弱的频率最高, 其次是 20 时, 而在 08 时最低。缓慢减弱频率在 14 时最高, 其次是 08 时, 在 20 时最低。

这些结果与 3.4 节中所述均说明 TC 在 08 时较易发展, 且增强速率较快, 而在 02 时迅速减弱的频率最高, 平均减弱速率也最大。

4.4 各级强度变化发生频率的区域分布

用相应区域各级强度变化发生频数除以该区域样本总数可得到 TC 迅速增强、缓慢增强、缓慢减弱和迅速减弱发生频率的区域分布。结果表明, $127.5^{\circ}\text{E} \sim 170^{\circ}\text{E}$, $7.5^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 的广阔洋面是增强的多发区, TC 迅速增强的出现频率大都超过 10%, 而缓慢增强的出现频率大都超过 20%。相应区域 TC 减弱的发生频率很低, 尤其在该区域东部的不少网格域内迅速和缓慢减弱的发生频率均为 0%, 在该区域的西部, 从总体上看, TC 缓慢减弱的发生频率高于迅速减弱的发生频率, 但最大也不超过 10%。TC 在中高纬洋面 (25°N 以北) 以减弱为主, 迅速减弱的发生频率与缓慢减弱相当, 甚至在某些网格域迅速减弱的发生频率更高。TC 减弱发生频率分布的另一个特点是高值区主要集中在岛屿和大陆附近, 而且 TC 迅速减弱的发生频率远远高于缓慢减弱的发生频率。

4.4.1 陆地增强的热带气旋

一般地说, 大陆和岛屿会使 TC 减弱, 这在前面的分析中已经得到再次验证。但是, 从以上的分析可以知道, 这种现象并不是绝对的, 在大陆和岛屿附近仍有 TC 增强的现象出现。为了分析 TC 在大陆和岛屿附近增强的统计特征, 将受陆地影响的样本挑选出来。具体做法是, 以 TC 所在位置为中心, 作半径为 2 个纬距的圆, 如果在这一范围内有大陆或岛屿存在, 则认为该 TC 受到了陆地的影响, 以下简称此类样本为陆地样本。在此, 岛屿仅指面积较大的菲律宾、台湾、日本等, 而不考虑诸如琉球群岛和马里亚纳群岛等小岛屿的影响。

陆地样本共 4954 个, 占总样本的 27.1%。其中增强样本 843 个, 减弱样本 2522 个, 分别占陆地

样本的 17% 和 50.9%。6 h 降压最大值 28 hPa 出现在 1980 年 7 月 24 日 14 时, TC 序号为 12, 国内编号 9, 中心位于 (15°N , 125°E), 在菲律宾以东洋面。其次是 26 hPa, 出现在 1976 年 5 月 20 日 20 时, TC 序号为 7, 国内编号 5, 位置是 16.4°N , 123.3°E , 也位于菲律宾以东洋面。

采用表 2 给出的标准, 得到所有陆地样本中有 11.4% 的迅速减弱样本 (566 个), 5.4% 的缓慢减弱样本 (268 个), 5.5% 的缓慢增强样本 (274 个), 迅速增强样本仅占 1.3% (66 个)。图 7 为 66 个迅速增强样本的区域分布图, 该图表明迅速增强主要发生在菲律宾群岛附近和台湾岛东南部海域, 在日本岛南部海域也有少量此类个例出现。而亚洲大陆东部和南部沿岸仅发生过一次迅速增强, 当时 TC 正自东向西穿越北部湾, 中心位于 (20.1°N , 109.2°E)。

缓慢增强主要发生在南海四周的陆地附近以及菲律宾群岛和台湾岛东部海域 (图略), 在日本岛南部海域和渤海湾也有少量缓慢增强样本出现。1960 年的 22 号 TC (国内编号 14) 在海参威附近登陆之后经历了一次缓慢发展, 中心位于 (44°N , 131.3°E), 这是发生纬度最高的陆上缓慢增强 TC。

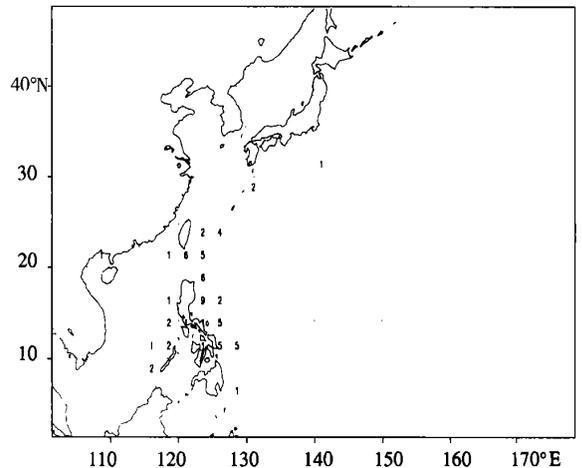


图 7 陆地迅速增强样本的区域分布

4.4.2 海上迅速减弱的热带气旋

前述分析表明, TC 登陆是其迅速减弱的主要原因之一, 但是在远离大陆的洋面上也有不少 TC 迅速减弱的现象出现。采用与上述节类似的方法, 挑选不受陆地影响的样本进行分析 (以下简称海上样本)。

海上样本共 13304 个, 占总样本的 72.9%。其中迅速减弱样本 354 个, 占海上样本的 2.7%。图 8 为海上迅速减弱样本的区域分布, 由图可见, 海上迅

速减弱的TC在 7.5°N 以北的洋面都有可能出现,发生频数的高值区是在 15°N 以北, 140°E 以西洋面。海上迅速减弱样本的区域分布有明显的季节性(图略),绝大部分发生在月平均副高脊线西端或副高北侧的西风带中,但也有少数发生在副高南侧的东风区。

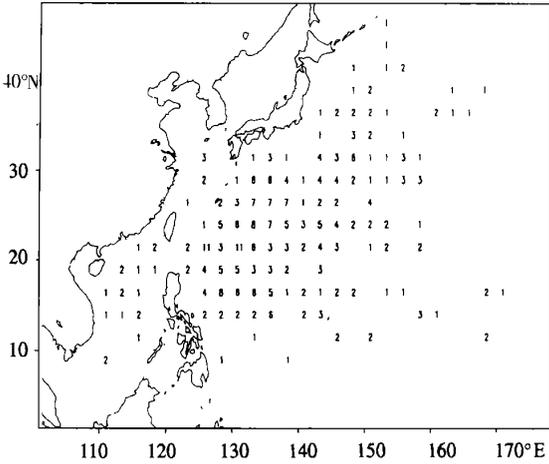


图8 海上迅速减弱样本的区域分布

5 结论与讨论

文中应用35 a的TC资料,对以6 h中心变压表征的TC强度变化的统计特征进行了分析,包括年代际、年际、月际、日变化和区域分布等。然后,依

据平均值与标准差的数学涵义,定义了TC强度稳定、缓慢变化和迅速变化的标准,并对各级强度变化发生频率的年代际、年际、月际、日变化以及区域分布特征分别进行了分析。结果表明,西北太平洋TC平均增强速率为 $4.97\text{ hPa}/6\text{ h}$,标准差是 $4.54\text{ hPa}/6\text{ h}$ 。平均减弱速率为 $5.15\text{ hPa}/6\text{ h}$,标准差是 $4.17\text{ hPa}/6\text{ h}$ 。总样本中有4.7%迅速增强,11.8%缓慢增强,缓慢减弱和迅速减弱样本分别占4.0%和5.0%。在20世纪60年代中后期TC强度变幅小,进入70和80年代后有所增大。11月TC平均增强速度最快,强度变幅较大,8月是夏秋季节TC强度变幅较小的月份。08时TC平均增强速度最快,14时最慢,平均减弱速度无明显日变化特征。TC发展较快的一个主要区域是 $12.5^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$, $132.5^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$,平均减弱速率的高值区在岛屿和大陆沿岸。在陆地和岛屿附近也有TC迅速增强的现象存在,而海上迅速减弱的TC并不仅仅出现在副高脊线西端和副高北侧的西风带中。

文中仅分析了TC强度变化的基本统计特征,并未深入探讨这些现象存在的可能原因和物理机制。TC强度变化受到许多因素的影响,包括下垫面条件、大尺度环流形势、TC自身结构、路径趋势等等,今后将在本工作的基础上对有关的要素进行分析,以期对TC强度变化的机理有进一步的认识。

参考文献

- 1 Samson Brand. Rapid intensification and low-latitude weakening of tropical cyclones of the Western North Pacific Ocean. *J Appl Meteor*, 1973, 12(1): 94~103
- 2 Holliday C H, Thompson A H. 台风迅速加强的气候特征(译文). *气象科技*, 1990, (附刊4): 6~11
- 3 阎俊岳,张秀芝等. 热带气旋迅速加强标准的研究. 见: 85-906-07课题组编. *台风科学、业务试验和天气动力学理论的研究(第三分册)*. 北京: 气象出版社, 1995. 14~15
- 4 陈德全,贺芳芳. 登陆我国热带气旋频数和强度变化的气候特征. *气象*, 1989, 15(6): 10~14
- 5 王东法. 热带气旋强度变化的统计分析. *浙江气象科技*, 1990, 11(3): 1~3

A STATISTICAL ANALYSIS ON INTENSITY CHANGE OF TROPICAL CYCLONE OVER NORTHWESTERN PACIFIC

Yu Hui Duan Yihong

(*Shanghai Typhoon Institute, Shanghai 200030*)

Abstract

35-year data are used to study the statistical characteristics in intensity change of tropical cyclone (TC) over Northwestern Pacific, such as inter-decadal variation, inter-annual variation, inter-monthly variation, daily variation and regional distribution, etc. Main results are as follows: (1) Average TC deepening rate is 4.97 hPa/6 h and the standard deviation is 4.54 hPa/6 h. Average TC filling rate is 5.15 hPa/6 h and the standard deviation is 4.17 hPa/6 h. (2) The range of TC intensity change is smallest in mid- and late-1960s and becomes larger in 1970s and 1980s. (3) Monthly mean deepening rate is fastest in November and slowest in February. TC intensity change's range of August is the smallest among summer and autumn months. (4) TC deepens fastest at 08:00 Beijing Time and slowest at 14:00 Beijing Time. The average filling rate shows no obvious daily variation. (5) A main region where TC deepens fast is 12.5–20°N, 132.5–150°E and the high value area of TC filling rate is around islands and continent. According to the mathematical meaning of average value and standard deviation, the stable rate, slow change and rapid change of TC intensity are defined. The inter-decadal variation, inter-annual variation, inter-monthly variation, daily variation and regional distribution of the frequency of all intensity change levels are also analyzed. Furthermore, special attention is paid to the statistical characteristics of those samples which deepen rapidly around continent and islands and those which fill rapidly over sea.

Key words: Tropical cyclone, Intensity, Statistics.