

双台风相互作用及对它们移动的影响

王作述 傅秀琴

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

本文根据20个(1956—1975年)夏半年(6—11月)西北太平洋的92对双台风个例,研究了双台风的相互旋转、相互靠近现象。并着重对双台风的移动、打转问题进行了分析。

发现二个台风的平均气压太高或太低时,相互旋转都趋向于变慢,这表明过去一些工作只考虑两台风相互作用的风力是不全面的。

当双台风相距10纬距以内时,相互旋转以气旋式占明显优势(>70%),因而可将它定为相互作用明显的距离。双台风中心连线12小时的平均转角 $\Delta\theta$ 与二台风距离 r 的经验关系式为

$$r = 3.23 + 59.32 \frac{1}{\Delta\theta}.$$

从相互作用对两个台风整个移动路径的影响来看,约有 $\frac{1}{3}$ 的个例影响不明显。而对有影响的个例,其中约42%,相互作用的结果,只是二者的移速有变化,移向变化并不明显。

对西台风打转的情况,发现打转时间长短与东台风北上速度关系密切,相关系数达0.72,并求得了它们之间的回归方程。

一、引 言

双台风的相互作用问题,从流体力学理论说,牵涉到多个流体涡旋的相互影响,而从天气预报实践说,则牵涉到台风路径——尤其是复杂路径的预报,因此这是一个颇有意义的问题。

早在二十年代初,藤原^[1,2]就对一般的双涡旋问题进行了理论分析和实验考察,发现了双涡旋相互作用的一些现象。例如两个转动方向相同的涡旋间相对旋转和靠近,这些后来被称作藤原效应。以后 Haurwitz^[3]把台风风速分布假定为 Rankine 涡旋,计算了双台风相互旋转的角速度。Khandekar 和 Rao^[4]则用一两层分离模式研究了双热带气旋在相互作用下的移动路径。魏鼎文、张捷迁^[5]对双台风的相互作用以气体为实验介质进行了模拟实验研究。

对双台风相互作用进行天气学和统计学研究的工作则更多。国外,Hoover^[6]根据38对个例研究了北大西洋的双台风,发现双台风间相互多半是作反气旋式旋转。这实际上

是由于他的个例中两个台风多半相隔太远,所以这个结果主要反映了环境流场的影响而不是双台风间的相互作用。Brand^[7]根据 22 对个例研究了北太平洋的双台风,发现相互作用明显的距离在 700 海里以内,并指出 Rankine 涡旋假定误差较大。

在国内,牟惟丰、陆家琰^[8]对西太平洋双台风的路径类型作过分类并分析了有关的形势特点,栾宝储、陆善峻^[9]讨论过双台风中西台风的预报问题。上海气象台^[10]曾用 Rankine 涡旋的假定,对一对双台风的相互旋转进行过计算。而上海和中央气象台^[11],则对双台风的基本路径及西台风的移动预报进行过总结。

本文也分析研究了双台风相互作用的互旋及相互靠近情况,但考虑到台风复杂路径的预报,本文着重研究双台风相互影响下它们的移动问题。双台风的活动同时受到环境流场和二台风相互作用的影响,为了研究相互作用下的这些情况,必须尽可能除去环境流场的影响,这在目前尚难很好作到,为此本文采取大量资料统计分析的办法和着重考虑双台风最靠近的一段以尽可能消除环境因子的影响,从而揭露和明确一些双台风相互影响的事实,作为进一步研究的基础。

二、资料及方法

根据 1956—1975 年每年 6—11 月共 20 个夏半年的西北太平洋台风年鉴资料,我们选出了 92 对双台风个例,确定个例的标准是两个海上的台风在它们的强度都达到台风标准时曾接近到 15 个纬距以内。若两者虽然都达到台风强度,但距离未接近到 15 纬距以内;或距离接近到 15 纬距以内,但二者之一或全不到台风强度时,则不计。

对于已确定的每一对个例,从二者都已出现时开始(这时不要求它们达到台风强度),以东或以北台风为中心,作出它们的相对位置图。并每隔 12 小时量取二者连线的角度变化 $\Delta\theta$ 。以 12 小时开始及结束时二者的距离 r_1 及 r_2 , 求出其平均距离 r (即 $\frac{r_1 + r_2}{2}$) 和距离变化 Δr (即 $r_2 - r_1$), 所以 Δr 为负时表示二台风靠近。

三、双台风的相互旋转和相互接近

由于按我们的标准,一个台风可以与不同的其他台风构成不止一对双台风,所以这 92 对双台风中共有 147 个台风。

(1) 相互旋转

按前述作法,我们量得这 92 对个例共 971 个 $\Delta\theta$ 值,以气旋式旋转为正,则其中 $+\Delta\theta$ 为 521 个, $-\Delta\theta$ 为 380 个, 0 值为 70 个。由于台风过了转向点以后,西风引导作用特别强,因此我们也像 Brand^[7] 那样,去掉转向点以后的情况(这时转向后的台风很快东移,与另一个台风主要作反气旋式旋转。因而 $-\Delta\theta$ 值个数约为 $+\Delta\theta$ 的二倍), 则 $+\Delta\theta$ 为 422 个, $-\Delta\theta$ 值为 192 个, 0 值为 51 个。下面的统计,都是根据去掉转向点以后情况的数据得到的。

由图 1 双台风在不同平均距离 (r) 时, 正负 $\Delta\theta$ 值个数的百分比变化可以看到, 在 10 纬距以内, 双台风相互旋转的方向以气旋式 ($\Delta\theta$ 为正) 占明显优势 (70% 以上), 愈向内百分比愈大, 因此可把它定为双台风相互作用明显的距离。这同 Brand^[7] 从另一角度所得的结果很一致。而在 10—20 纬距范围内, $\Delta\theta$ 的正负百分比相差不多。说明在此范围内, 双台风相互作用已不大显著, 再往外反气旋旋转百分比继续增加, 这反映了副热带高压这一大范围反气旋环境流场的影响逐渐显著。

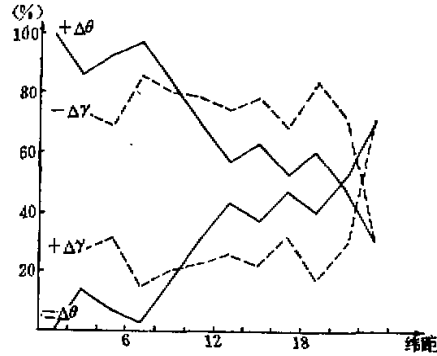


图 1 双台风不同平均距离 (r) 时, 正负 $\Delta\theta$ 与 $\Delta\gamma$ 值的百分比

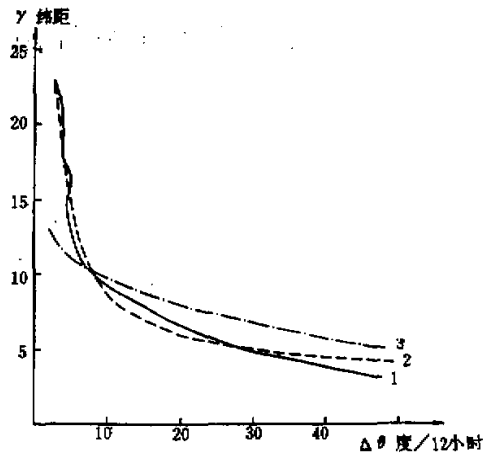


图 2 r 与 $\Delta\theta$ 平均值的的关系曲线 (1)、经验公式拟合曲线 (2) 与 Brand 的曲线 (3)

图 2 的曲线 (1) 表示不同 r 时 $\Delta\theta$ 的平均值, 它是按不同 r 只对 $\Delta\theta$ 为正的数值平均以后再二点平滑的结果。由这曲线可求得经验关系式 $r = 3.23 + 59.32/\Delta\theta$ 。拟合结果的相关系数为 0.98, 信度超过 0.001, 表明这曲线拟合得相当好。图上还附有 Brand^[7] 所得的 r 与 $\Delta\theta$ 的关系, 他所得的 $\Delta\theta$ 随 r 的变化要快些, 在 $r = 7$ 纬距以内地区, 与我们的差别较大。

(2) 相互旋转与双台风强度

为了考察除了 r 以外其它因子的影响,我们对 r 在 5—10 纬距的情况,作了 $\Delta\theta$ 与两个台风中心气压平均值的相关图(图 3),这是因为在此范围内双台风作用最明显,点子也较多,另外,也只有在 r 相对固定时,才能看出 $\Delta\theta$ 与其它因子的关系。

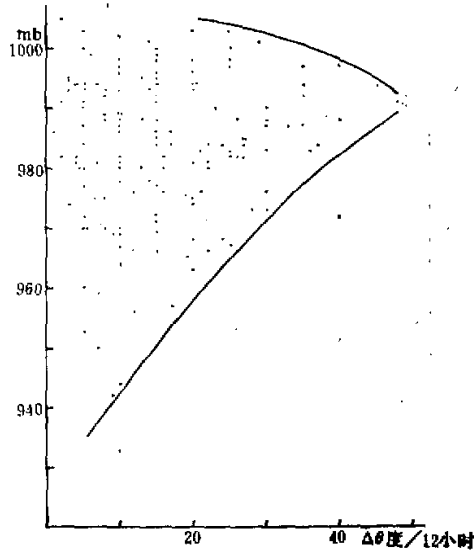


图 3 双台风中心气压平均值与 $\Delta\theta$ 的关系
($5 \leq r \leq 10$ 纬距)

在这个图上,虽然看不出有相关线存在,但有意思的是,这些点子几乎都处在两条包线 A、B 之内,这两条线,尤其是 A,所表明的发展趋势还是清楚的。它们表明在 r 相近的情况下,双台风过强(由曲线 A)或过弱(由曲线 B),相互旋转都愈慢。这结果是合理的,因为台风愈强,则系统范围及质量愈大,因而惯性也大,而台风愈弱,则相互影响的气流弱,都不利于相互旋转。

而过去的一些工作^[3,7]都只考虑相互旋转与作用在涡旋上的风力有关,这样涡旋愈强,相互旋转应越快,从图 3 的结果看来,这种考虑是不够全面的。

(3) 相互接近

图 1 中还有 $\Delta\theta$ 为正即气旋式旋转情况下,不同 r 时 Δr 正值及负值的个数百分比变化曲线。可看到在相当大的范围 ($r = 20$ 纬距)以内,两台风相互接近的倾向都很显著,负的 Δr 差不多都在 70% 以上,且在 6—18 纬距范围内,负的 Δr 的百分比有随距离增加而减少的趋势。两头可能因点子少,代表性较差使规律不够清楚。但 Brand^[7] 的结果在 $r \leq 400$ 海里时,全部点子都是相互靠近的。我们的结果却不然,这可能是由于我们的个例较多之故。对不同的 r , Δr 的平均在 -0.4—-1.0 纬距/12 小时之间,随 r 的变化规律不清楚。

四、双台风相互作用对它们移动的影响

双台风的移动路径是环境流场与双台风相互作用等许多因子综合作用的结果, 在各种因子总的作用下双台风的整个路径情况, 牟惟丰、陆家璇^[8]已作过分类归纳。由于本文重点在于分析双台风相互作用的影响, 所以本节主要考虑和统计二台风最接近阶段的移动情况。

略多于 $1/3$ 的个例 (33 对) 其整个路径相互都是反气旋旋转, 或气旋式总的旋转角不大 ($<20^\circ$), 可以认为这部分个例中双台风相互作用对彼此移动的影响不明显, 而是环境流场影响占了压倒优势。其余有影响的 59 对个例, 考察其影响情况, 可分为三种: (1) 移速改变, 25 对, 占对移动有影响的个例的 42%。(2) 西台风打转, 19 对。(3) 互旋, 15 对。第三种例子的双台风在其最接近的阶段, 两者移向交角很大, 常是相向而行, 不需要消去相对运动就能看出二者的互旋。对这些台风, 本文暂未作进一步研究。下面对 (1)、(2) 两种进一步分析。

(1) 移速改变

这一类个例两个台风的整个路径按[8]的划分, 常是平行抛物线类或西台风西行东台风转向类。在它们最接近的一段时间, 两台风移速有明显变化, 在相距最近点附近, 东台

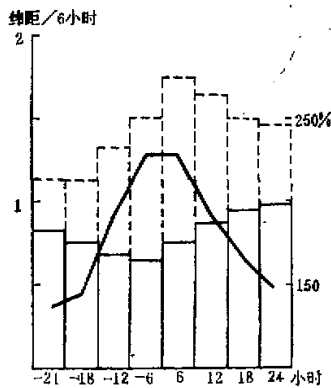


图4 双台风移速变化。中心是二者最靠近的时刻, 虚线是东台风移速, 实线是西台风移速, 粗实线是二者移速之比

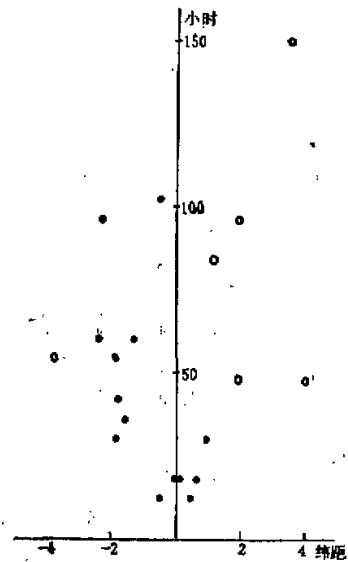


图5 打转开始时两台风纬度差($\phi_E - \phi_W$)与打转时间相关图, 实心点表示在西太平洋打转, 空心点表示在南海打转

风移速出现最大,而西台风移速最小,而移向却变化不大。对这一类中存在时间较长的 15 对,我们统计了两台风最靠近时前后共 48 小时期间的移速变化。以最近时为中心,前后各取 4 个 6 小时,作这些个例各个 6 小时内移动距离的平均值,得图 4。它清楚表明了上述变化,在此 48 小时期间,东台风移速至少为西台风的 1.4 倍,在最近点附近达 2.3 倍,这清楚表明了双台风影响的显著。

(2) 西台风打转

我们首先对打转台风情况作了些统计,在这 20 个夏半年,共有台风 504 个,其中打转台风 59 个,占 11.7%,这 59 个台风共打转 66 次,其中气旋式旋转 44 次(66.7%),反气旋式旋转 22 次(33.3%)。而这 92 对双台风中,出现西台风打转的有 19 对(20.7%)。这比例不算大,但它们造成 23 次气旋式打转,占全部气旋式打转的 52.3%,因此就台风作气旋式打转而言,双台风作用是一重要原因。

西台风打转往往是在东南方向的东台风与西台风接近到一定距离时开始。所以我们作了打转开始时两台风所在的纬度差(东台风纬度减西台风纬度)与打转时间的相关图(图 5)。可以看到,对西太平洋台风而言,打转开始时东台风集中在西台风南边 2.5 至北边 1 纬距之间,而且打转开始时东台风较偏南,则打转时间多半较长。

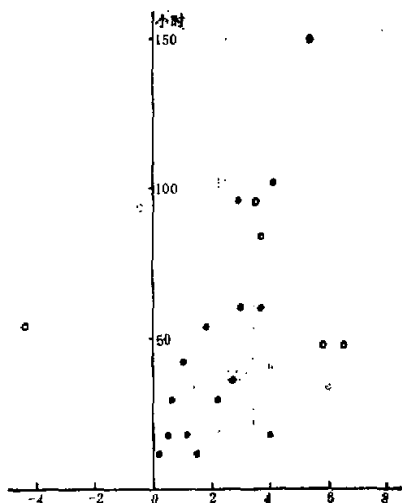


图 6 打转出现转折点时两台风纬度差与打转时间的相关图。说明同图 5

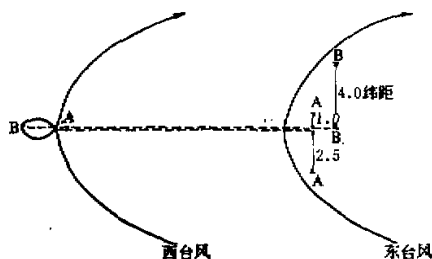


图 7 西台风打转时两台风路径模式图

台风打转路径并非圆形,往往在其中某点出现较大的转折,此后台风开始折回,图 6 是转折点出现时,两台风的纬度差与打转时间的相关图。可见对西太平洋台风,转折点出现时东台风集中于西台风北边 0—4 纬距间。转折点愈偏北,打转时间愈长。在图 5、图 6 中南海台风都是例外,原因目前尚未分析。此外,19 对台风的 23 次打转中,有的转得太小,不可靠,所以图 5 及图 6 中只有 20 个点。

由图 5、图 6 的结果,我们作出了西台风打转时两台风路径模式(图 7)。西台风打转开始点为 A,这时东台风所在范围为 AA;打转转折点为 B,这时东台风所在范围为 BB。

打转开始点与转折点的时间间隔(图 8 的纵坐标 y), 决定了打转时间的长短, 我们发现它与东台风北上速度关系密切。图 8 横坐标是打转开始时起 48 小时内东台风北上纬

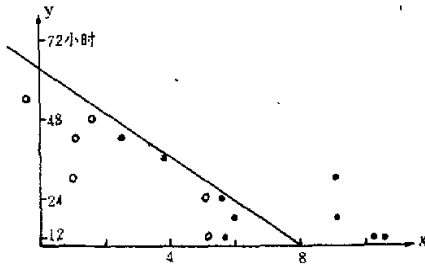


图 8 东台风北上速度与打转时间长短的关系

说明同图 5

距, 可见东台风北上愈快, 这个时间间隔 y 愈短。对于那些 y 为 12 小时或以上的台风, 这两者的相关系数为 -0.72 , 信度超过 0.001 , 还求得它们的回归方程为 $y = 63.20 - 66.7x$ 。

而打转开始至转折点的时间间隔又与打转圈子大小有较好关系(图略), 这点较易理解。它们的回归方程为 $y = 0.05 + 0.09x$, y 为打转直径(长轴), x 为开始打转至转折点时间间隔, 单位分别为纬距及小时相关系数为 0.87 , 信度也超过 0.001 。

图 4 至图 8 的结果, 虽无法直接用于预告, 但它们对双台风相互作用引起的台风打转, 提供了一些预告着眼点。

双台风中每一台风的移动, 主要取决于环境流场和另一台风流场二种引导的叠加。这二种引导场的相对强度不同, 且随两台风相对位置不同而变化。本节所指出的双台风移动的种种情况, 如部分双台风相互为反气旋旋转, 以及图 6 至图 10 中的一些关系, 都可从这二种引导气流的叠加得到解释。

本文只是企图从大量实际资料对双台风相互作用以及它们对双台风移动的影响作一些统计分析, 揭露或明确一些基本事实。这个工作的根本困难在于环境流场的引导作用这一重要影响因子无法分离。但由于我们是尽量通过较多的个例进行统计分析, 这样可在相当程度上消除环境流场的影响。因此, 所得结果看来还是可靠的。相信还有更多有意义的情况, 由于环境流场的掩盖而有待发现。

参 考 文 献

- [1] Fujiwhara, S. The natural tendency towards symmetry of motion and its application as a principle in meteorology. *Quart. J. R. Met. Soc.*, 47 (200), 287—293, 1921.
- [2] ———, On the growth and decay of vortical systems. *Ibid.*, 49(206), 75—104, 1923.
- [3] Haurwitz, B. The motion of binary tropical cyclone. *Archiv. fur Met. Geophys. Bioklimat. Ser. A*, Band 4 73—86, 1951.
- [4] Khandekar, M. L., and G. V. Rao, The mutual interaction of multiple vortexes and its influence on binary and single tropical vortex systems. *Mon. Wea. Rev.* 99(11), 840—846, 1971.
- [5] 魏鼎文、张捷迁, 双台风相互作用的流体动力学模拟实验研究(尚未发表)。
- [6] Hoover, E. W., Relative motion of hurricane pairs. *Mon. Wea. Rev.* 89(7), 251—255, 1961.
- [7] Brand, S., Interaction of binary tropical cyclones of the western North Pacific Ocean. *J. App. Met.*, 9(3), 433—441, 1970.

- [8] 牟惟丰、陆家璇,西太平洋双台风路径类型,气象通讯,1962,11.
- [9] 栾宝儒、陆著煊,双台风中西台风移动的一些预报经验.气象通讯,1963,7.
- [10] 上海气象台,双台风作用对 1972 年 3 号台风第三次打转的影响.天气预报技术经验汇编,第三集,1973.
- [11] 上海气象台、中央气象台,双台风的几种基本类型和西台风移动路径预报.同上,第一集,1972.

THE INTERACTION OF BINARY TYPHOONS AND ITS INFLUENCE ON THEIR MOVEMENT

Wang Zuoshu Fu Xiuqin

(*Institute of Atmospheric physics, Academia Sinica*)

Abstract

By using the data from 92 pairs of binary typhoons over the NW Pacific during June-Nov. of 1956—75, the mutual rotation and attraction of two vortex systems have been analysed. The emphasis is made on their tracks, especially on the looping tracks.

It is found that the rotation of the binary typhoons around each other tends to slow down when the average minimum pressure of the pair of typhoons was relatively high and low. Therefore it is uncomplete to consider only the wind speed as the factor in evaluation of the interaction of typhoon pairs as usually done in the past.

The statistics of the 12-hr angular rotation of typhoon pairs around each other is made. When the average separation distance between two typhoons is shorter than 600 n mi., the cases of cyclonic rotation amounted to over 70% of the total, so this distance can be regarded as the range within which one typhoon is significantly influenced by another. The empirical formula between the 12-hr angular change in orientation of the straight line joining two centers of the typhoon pairs ($\Delta\theta$) and the average distance over this 12-hr period (r) is written as:

$$r = 3.23 + 59.32 \frac{1}{\Delta\theta}$$

The influence of one typhoon on the whole track of another is negligible for about one third of typhoon pairs in consideration. For 42% cases out of the rest, the interaction shows up mainly in the variation of the speed of typhoon. And for 32% cases of the rest, the western typhoons have a looping track. The duration time of the loop is related to the northward speed of the eastern typhoon with a correlation coefficient being high up to 0.72. Finally a related regression equation is presented.