

图 9.34 1970 年 11 月 11 日 20 时 500 毫巴流线图

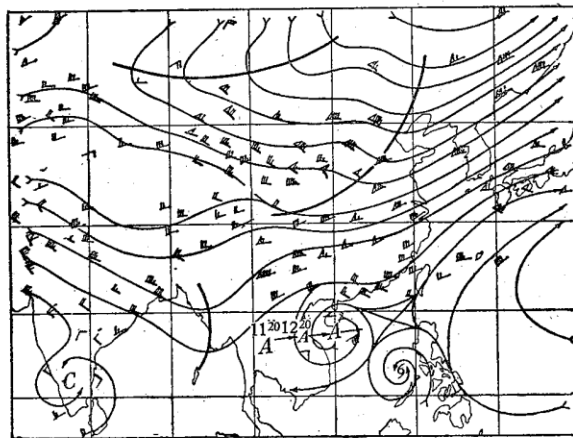


图 9.35 1970 年 11 月 13 日 20 时 500 毫巴流线图与中南半岛高压路径

这个低压向西北方向移动穿过菲律宾诸岛移到南海东部。孟加拉湾风暴登陆所引起的中南半岛高压东移加强以及与太平洋高压合并的过程，使这个台风突然折向西南方向移动。形成了倒抛物线的异常路径。

这两个例子表明，孟加拉湾风暴登陆时，如果其下游半个波长之内已有台风移入，则需要注意这个登陆风暴对南亚和东亚大气环流的改变及其对台风西移或倒抛路径的作用。

§ 9.5 东风波对台风路径的影响

第三章已经指出，西太平洋上的东风波与加勒比海上的很不一样。例如加勒比海常见倒V型云系的东风波，在西太平洋云图上很少见到。从云系判断，多见为倒逗点状或螺旋状的云团，说明在西太平洋上，东风波的发展经常能达到相当的规模。当这样的环流系

统移近台风时,对台风路径将产生显著的影响。

东风波是天气尺度的热带环流系统。处于热带辐合区向极侧的东风带里,这条东风带位于太平洋高压的南侧。在西太平洋常见有三类东风波:即对流层中下层东风波,深厚对流层东风波和对流层中上层东风波。在西南季风爆发期,前两类东风波很少在南海和华南沿海出现。但在季风衰退期,这两类东风波才能向西传播到上述季风区,并影响东风波南侧热带辐合线上台风的移动。这种影响可概括为重位和错位两种方式。当东风波与台风在经线位置上重合时称为重位,当东风波位于台风以东或以西时称为错位。

1. 重位影响

当东风波西移到台风北侧,并与台风同位相时,称为重位影响,重位影响将使台风周围的流场有一个突变,即台风北侧太平洋高压脊南侧牵引台风西移的东风显著减弱。这种变化将使台风内力运动相对增强,因此重位影响将使台风路径突然北折,移速也相应减慢。这种北折路径将使东风波对台风有吸引和合并的趋势(图 9.36)。

吸引和合并的作用,将造成两种可能的结果,一种是东风波与台风合并,成为一个系统;另一种是这两个系统重位以后,东风波又与台风分开,并向西移出,继续对台风施加错位影响。

2. 错位影响

当东风波与台风位相错开时,称为错位影响,当东风波位于台风后部时,将使台风北侧牵引它向西移动的偏东气流改变为东北气流(图 9.37)。从而使台风折向比其原来移向偏西或偏南移动。如果台风原来向西移动,则将折向西南移动。当东风波移到台风前方

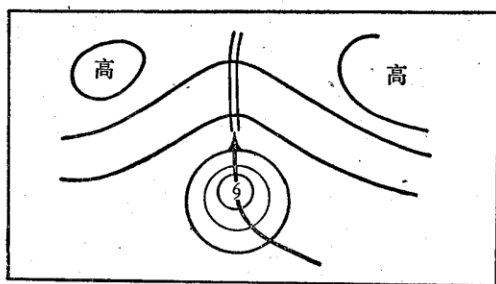


图 9.36 东风波的重位影响

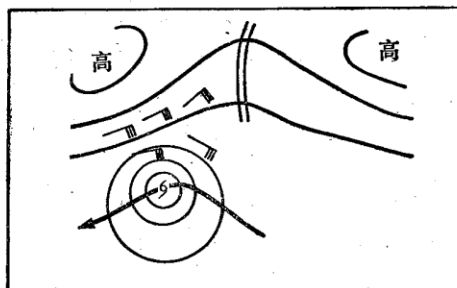


图 9.37 东风波的错位影响——移近

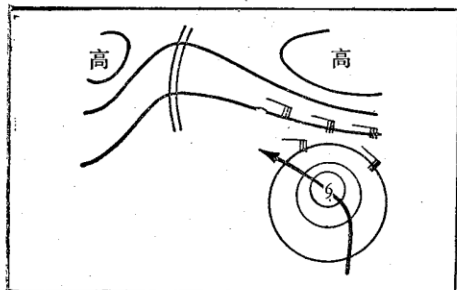


图 9.38 东风波的错位影响——移开

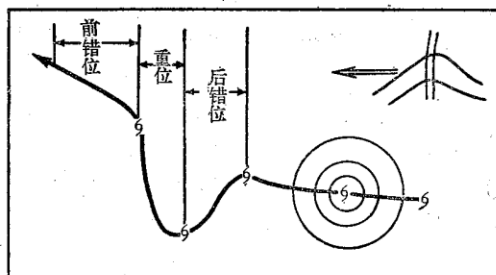


图 9.39 受重位和错位影响后,台风路径的典型变动

时(图 9.38), 台风将受到东风波后东南气流的牵引, 由原来重位时的偏北移动, 折向偏西北方向移动。

因此, 当一个东风波从台风北侧自东向西掠过台风时, 台风路径所受的影响可概括成一个三阶段的模式。第一阶段为后错位影响, 使台风折向西南方向移动。第二阶段为重位影响, 使台风北翘, 折向偏北方向移动。第三阶段为前错位影响, 使台风路径折向西北方向移动。这个模式如图 9.39 所示。

台风路径受东风波影响之后, 其路径的曲折变动是否显著, 取决于东风波和台风的相对强度。尺度大、强度强、距离近的东风波, 影响也较明显。东风波对台风路径的这种影响, 实例不少, 在本章蛇形路径和南海台风北翘两节中还将提到。

§ 9.6 蛇形路径的环流背景

蛇形路径产生的次数不多, 从 1949—1974 年, 比较典型的共 16 次, 这 16 次路径总的趋势可以分成两类, 即北移过程中的东西摆动和西移过程中的南北摆动(见图 7.15)。另外有一次在转向以后出现了蛇形路径。这三种蛇形路径逐月分布如表 9.3 所示。

表 9.3 各类蛇形路径月频率 (1949—1974)

月	1—6	7	8	9	10	11	12	合计
北 进 摆 动	0	4	1	4	0	0	0	9
西 移 摆 动	0	1	2	0	2	1	0	6
转 向 摆 动	0	0	0	0	0	0	1	1
合 计	0	5	3	4	2	1	1	16

从这个表可以看出, 蛇形路径集中出现在盛夏 7, 8, 9 三个月, 这三个月中北上蛇形路径占了 75%。另外还可以看到, 秋季不出现北上蛇形路径, 一般都是西移蛇形路径。春季基本上不出现蛇形路径。

根据普查和分析, 我们对产生蛇形路径的环流特点, 概括为下面四个模式。

1. 均匀气压场中的摆动

7, 8, 9 三个月是一年之中热带海洋上气压分布最均匀的季节。这时太平洋高压脊的位置在全年中最北, 西风急流远在 40°N 以北, 热带广阔洋面上基本气流很弱, 那里气压场基本是均匀的。

一个发展的台风在均匀气压场里运动, 就可以用方程(7.31)和(7.32)来描述, 由它的解——(7.33)和(7.34)表明, 台风将在均匀气压场里产生摆动, 即蛇形路径。

1958 年 7 月 15—22 日的台风(见图 7.15) 是一个在均匀气压场里摆动的典型例子。这个台风 15 日发生于菲律宾以东的洋面, 以后就向北偏西方向移动。在台风活动过程中有一个很强的高压从日本海一直向西移动, 17 日 20 点(图 9.40) 移到渤海, 与台风相距 25 个纬距之远。19 日 20 点(图 9.41) 移到华北, 与台风相距仍有 20 个纬度。在台风周围基本气流很弱, 没有一支主要的基本气流支配台风移动, 气压场完全满足方程(7.31)和

(7.32) 的条件。这个台风在登陆日本以前一边北移,一边东西来回摆动。

台风在均匀气压场里路径的摆动,其摆动周期较短,一般不到一天。

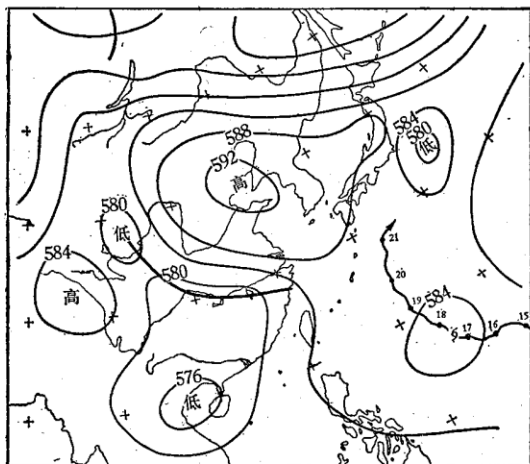


图 9.40 1958 年 7 月 17 日 20 时 500 毫巴高度场
和 5812 (序号) 台风

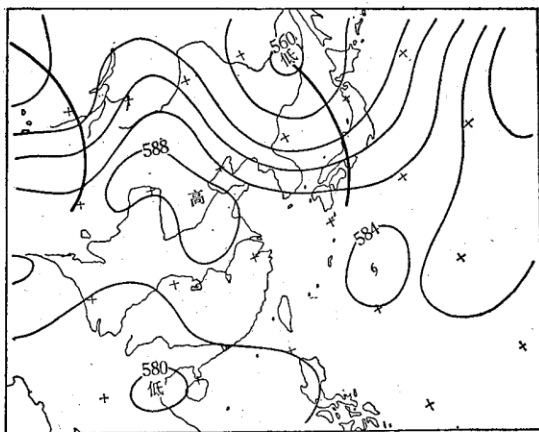


图 9.41 1958 年 7 月 19 日 20 时 500 毫巴高度场

2. 相反引导场中的摆动

当位于台风一侧的大型基本气流与相对一侧大型基本气流方向相反、大小相等时,作用在台风整体上的气压梯度力互相抵销。这个气压梯度力的纬向和经向分量对台风整体的积分效应同样为零,这种大型流场也满足方程 (7.31) 和 (7.32)。在这种流场中的台风路径可由这两个方程的解 (7.33) 和 (7.34)——摆线方程来描述。因此台风在相反引导场中也容易产生摆动运动即蛇形路径。

西北太平洋上,相反引导场中的台风运动有两种型式,即南北高压带之间西移台风的南北摆动和东西高压带之间北上台风的的东西摆动。下面对这两种型式分别讨论。

第一种型式,南北两个高压带通常为太平洋副热带高压和南部的赤道高压或赤道缓冲带。这时台风的西移摆动路径经常出现于这两个高压带之间。比较典型的例子是 1970 年的 13 号台风。

7013 号台风生成于 1970 年 10 月 11 日菲律宾以东的太平洋上,以后向西移动。13 日在菲律宾登陆。热带辐

合区以南的环流特点,在南海南部地区和西北太平洋南部地区不同。南海南部存在着一个较强的赤道高压,而西北太平洋的南部没有这样的高压,基本都是偏东气流(图 9.42)。11—13 日,在登陆菲律宾之前,台风在西太平洋上的这段路径没有摆动。13 日以后,台风穿过菲律宾便进入到太平洋副热带高压和南海赤道高压之间的海面。太平洋高压南侧东风与赤道西风强度大致相同,台风中心到这两支气流的距离也大致相等。13 日以后台风便进入到南海地区南北两支引导气流相反的流场,因此出现了一边西移、一边南北摆动的蛇形路径(见图 7.15)。

第二种型式,东西两环高压带通常都是副热带高压,台风的北上摆动路径经常出现在东西两环高压之间。比较典型的例子是 1974 年的 20 号台风。这个台风于 9 月 25 日生成在巴士海峡南部,介于南海高压和西太平洋高压脊之间,这两个高压在台风东西两侧的

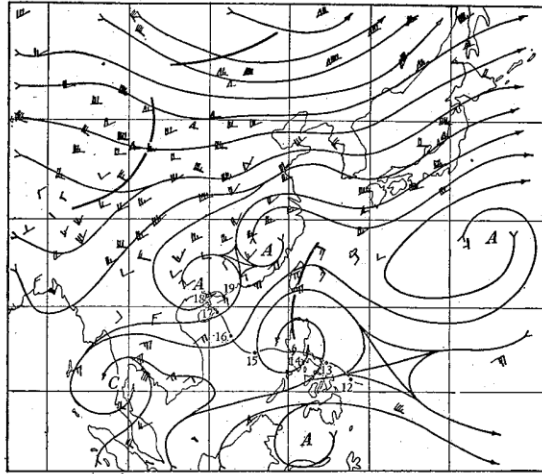


图 9.42 1970 年 10 月 14 日 08 时 500 毫巴流线图

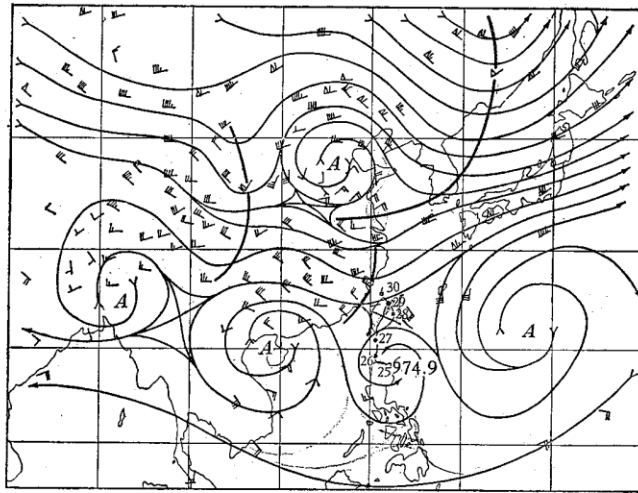


图 9.43 1974 年 9 月 25 日 08 时 500 毫巴流线图

基本气流方向相反,强度大体相等(图 9.43)。因此这个台风于 25 日生成以后便产生了北上并东西摆动的蛇形路径。

3. 东风波对摆动的作用

东风波对台风路径的作用已于本章§ 9.5中讨论过。这种作用可分成后错位、重位和前错位三个阶段,并将引起台风路径的三次摆动。当一个台风连续地受到两个东风波先后作用,或者一个东风波对台风有反复作用时,台风就会多次摆动、形成蛇形路径。

下面我们来看一个实例。1959 年 8 月 25 日在关岛以北洋面上生成一个台风,这时有一个东风波从台风东北方移过来,出现后错位影响,使台风折向西南方向移动。26 日东风波与台风重位,台风出现了北折摆动(图 9.44)。27 日东风波向西移过台风,产生前错位影响,台风又发生西折。一直到 28 日,东风波槽后的东南气流使台风向西北方向移动

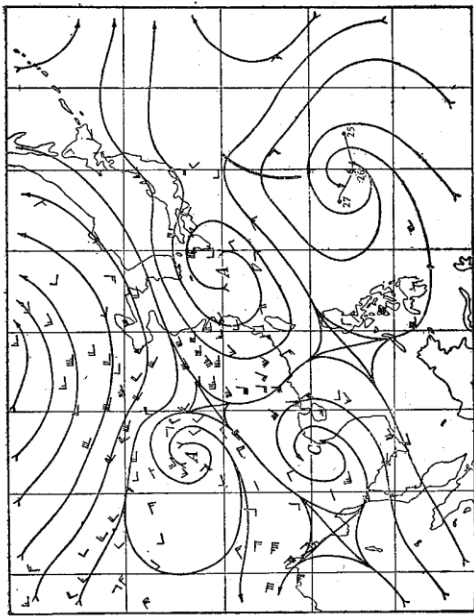


图9.44 1959年8月26日08时700毫巴流线图

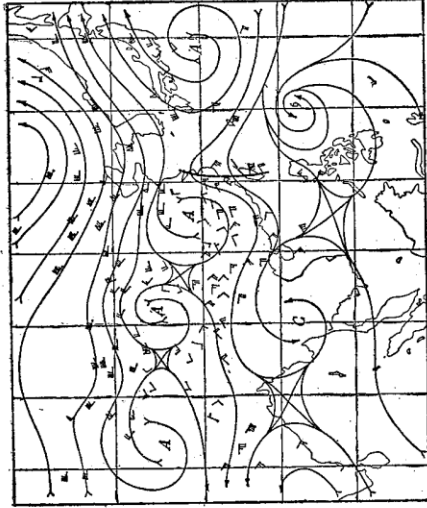


图9.45 1959年8月28日08时500毫巴流线图

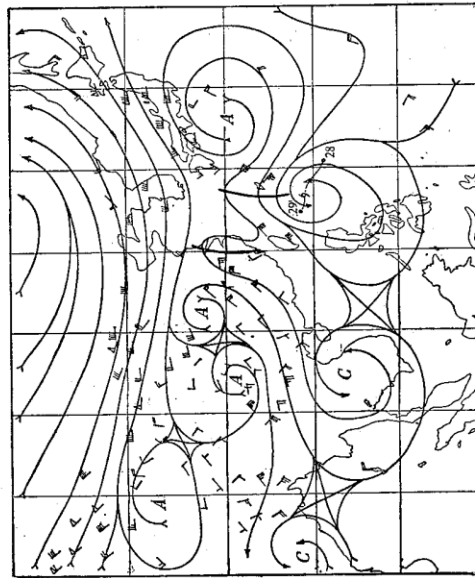


图9.46 1959年8月28日20时500毫巴流线图

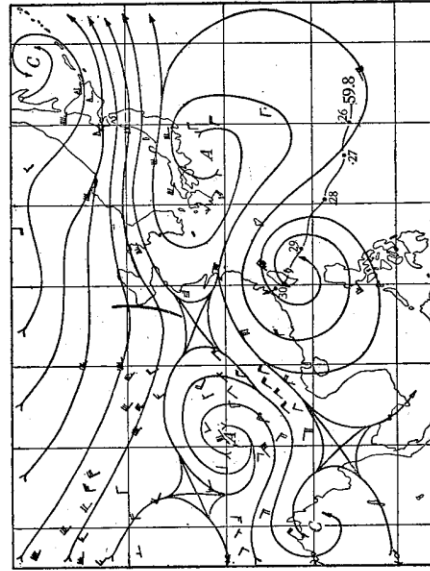


图9.47 1959年8月29日20时500毫巴流线图

(图 9.45)。这一段路径的摆动,完全符合图 9.39 中台风路径受东风波影响的模式。28 日夜间东风波移近我国台湾省以及沿海一带,受地形阻挡开始减速和停滞。因此正在向西北方向移动的台风与这个东风波第二次叠加,其路径受到第二次重位作用而明显北翘(图 9.46)。这次重位使东风波与台风完全合并,结合成一个统一的环流系统。东风波消失后,太平洋高压随之加强西伸,从而加强了东风气流对台风的牵引作用,使台风再次西折(图 9.47),出现第四次摆动,最后在我国台湾省登陆。在一个东风波反复作用下,使这个台风的移动形成了一条西移摆动的蛇形路径。

这个例子形成的蛇形路径是在东风波流场强迫作用下出现的,是一种强迫摆动。相对这个意义来说,前两种蛇形路径,可以看成在弱流场中的自由摆动。另外,东风波和台风的相对位移每半个波长,台风出现一次摆动,摆动周期是较长的(可达1—2天)。因此强迫摆动周期要比自由摆动周期显著偏长。

当预报这类蛇形路径时,要注意长波调整。在长波没有调整时期,太平洋高压较强而且稳定西伸。这个时期东风波对台风路径的影响,只能产生摆动,并不改变路径的总趋势。在这种情况下不要跟着摆动实况而轻易改变预报结论。但在长波调整时期,很可能东风波造成的其中某一次摆动,成为路径趋势根本改变(西移变成转向,或转向变成西移)的起点,在预报上要特别注意。

当东风波从台风北部移过时,促使台风路径摆动。显然,东风波只能使西移台风南北摆动,并不能使北上台风东西摆动。

4. 在不稳定流场中的摆动

当台风在流场多变的环境中移动时,台风移到不同位置,受到不同方向基本气流的引导而使台风路径出现摆动,最后形成蛇形路径。这类蛇形路径显然是流场强迫作用造成的。

1957年8月13日,有一个台风生成于菲律宾以东的太平洋上,以后向偏北方向移动,在北上过程中发生了东西摆动(见图 7.15)。

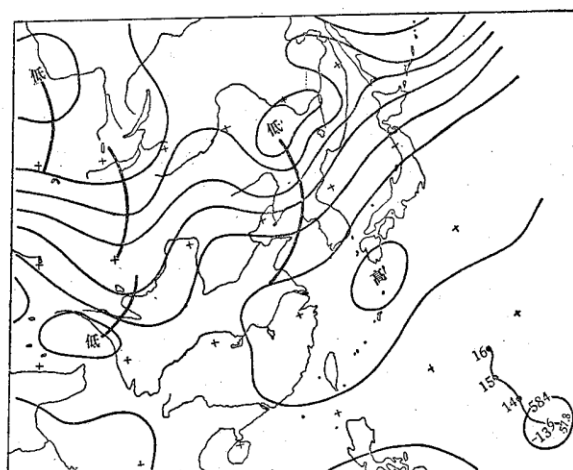


图 9.48 1957年8月13日08时500毫巴高度场

图 9.48 是生成时的高度场。从图中可以看出,台风纬度很低,而太平洋高压北抬到日本附近,台风中心与太平洋高压脊相距达23个纬距之远。这是 13—16 日台风环境流场的基本特点,即气压场均匀,气流很弱。台风在均匀气压场里北上摆动,三天之中,摆动将近 4 次。这个周期与均匀气压场里自由摆动的周期接近。

16 日以后转变为流场的强迫摆动。16 日台风中心与太平洋高压接近到 12 个纬距,16—18 日,台风连续两天西折,这受副热带高压南侧东风牵引的作用明显的(图 9.49)。18 日热带辐合线断裂,太平洋高压从台风东侧(热带辐合线断裂处)南落,东风减弱而南风引导加强,这时台风也有明显加强,这两种作用使台风 18 日以后又折向北移。19 日从山东有一个高压入海,这个高压从台风北面经过,使台风再次西折,这两个变化如图 9.50 所示。山东高压从台风北面移过后,台风又受这个高压西侧偏南气流引导,向偏北移动,出现了 16 日以后的第四次摆动。这个台风先后出现了 7 次摆动,形成一条北上东西摆动的蛇形路径。

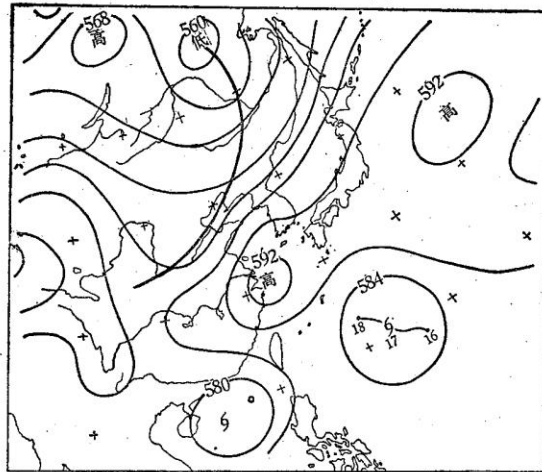


图 9.49 1957 年 8 月 17 日 08 时 500 毫巴高度场

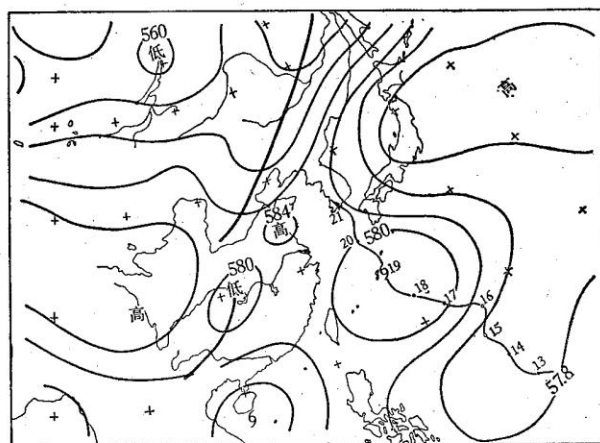


图 9.50 1957 年 8 月 19 日 08 时 500 毫巴高度场

18日以后,台风在流场强迫作用下出现摆动,其摆动周期一般为1.5—2.0天,这比16日以前自由摆动的周期显著偏长。

不稳定流场的强迫作用,和东风波的强迫作用相反,东风波造成台风西移南北摆动,而不稳定流场一般造成北上路径的东西摆动,总的趋势台风是向北移动的。但对于海岸北上台风产生摆动时,预报很困难。因为不知道其中某一次西折摆动,会不会使台风登陆。这种登陆过程的随机性较大。

通过以上分析,蛇形路径的环流背景可归纳有下面几个特点。

(1) 形成蛇形路径的原因有两种,即自由摆动和强迫摆动。在气压分布均匀、环境气流很弱的流场里,台风容易出现摆动路径。另外,在台风两侧基本气流互相抵销的流场里也容易摆动。这时摆动主要是台风内力和作用在台风整体上的科里奥利力相互作用的结果(方程7.31和7.32表明了这一点)。这主要是内因的作用,周围环流系统对台风的强迫运动不明显。因此称为自由摆动。

东风波从台风北侧移过以及台风周围基本气流不断变动,这两种情况都可能造成台风的强迫摆动。

(2) 有三种情况容易造成台风北上并形成东西摆动的蛇形路径:即气压分布均匀、气流很弱的流场,台风在东西两环副热带高压之间运动以及基本气流连续多变的流场。有两种情况容易造成台风西移并形成南北摆动的蛇形路径:即当东风波从台风北侧移过或台风在带状副热带高压和赤道高压之间运动。

(3) 蛇形路径中,强迫摆动的周期比自由摆动周期长,前者两天左右,后者一天左右。强迫作用的摆动幅度也比自由摆动幅度大。强迫摆幅具体由产生强迫作用的环流系统的尺度和移速决定。

(4) 蛇形路径的预报问题,关键在于出现每一次摆动时,判别其是否可以复位,还是表明了路径趋势的转变。在长波稳定阶段,摆动一般可以复位,不变其总趋势;在长波调整阶段,某一次摆动可能成为路径趋势转变的起点,而不再复位。

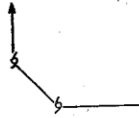
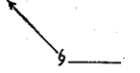


§ 9.7 南海台风的北翘

太平洋西行台风进入南海以后,有两种趋势:一种是继续稳定西行,另一种是方向急变,路径北翘。南海台风北翘以后,不仅登陆地点改变,而且登陆时间大为缩短。南海台风北翘和黄海台风西折,是我国南海沿海地区和黄海沿海地区转折性的灾害天气,在业务预报中都是比较关键的问题。

南海台风北翘的次数并不多。我们统计了1949—1974年的西行台风(V类)共185个,其中有27个台风北翘(V₁类)。西行进入南海的台风有15%是北翘的,概率较小,成为异常路径的一种。

1970—1974的5年中,共有9个台风北翘(图9.51),平均每年北翘台风不到两个。北翘有两种方式,即急翘和缓翘。急翘时方向的转折几乎成直角。缓翘是由移向两次转折来完成的,第一次折向西北,随之折向正北。有一部分缓翘台风,只有折向西北的一次北翘。这9次台风北翘的方式如下:

表 9.4 1970—1974 年南海台风北翘方式(括号内为台风编号)

缓翘		急翘	
			
1970 (11) 1971 (2) 1971 (18) 1972 (20) 1974 (27)	1970 (13) 1973 (18)	1973 (7)	1974 (26)

从表 9.4 中可见,缓翘占绝大部分。

南海台风北翘的季节性不显著,春末、盛夏和秋冬都可以出现。急翘中的第二类,移到岸边折向西南,一般在近海消失,这发生在冬季。此类台风 1974 年连续出现了 3 次,但其中两次北翘不明显,未予统计。台风移到华南海边而折向西南,其原因一般都是由于冬季冷空气从对流层下层切入华南沿海造成的,这在低层引导一节中已作分析。

我们对这 9 个例子,分析了北翘的原因。每一次北翘过程,往往有几个因子同时作用,这些原因可以概括在下面五个模式里。

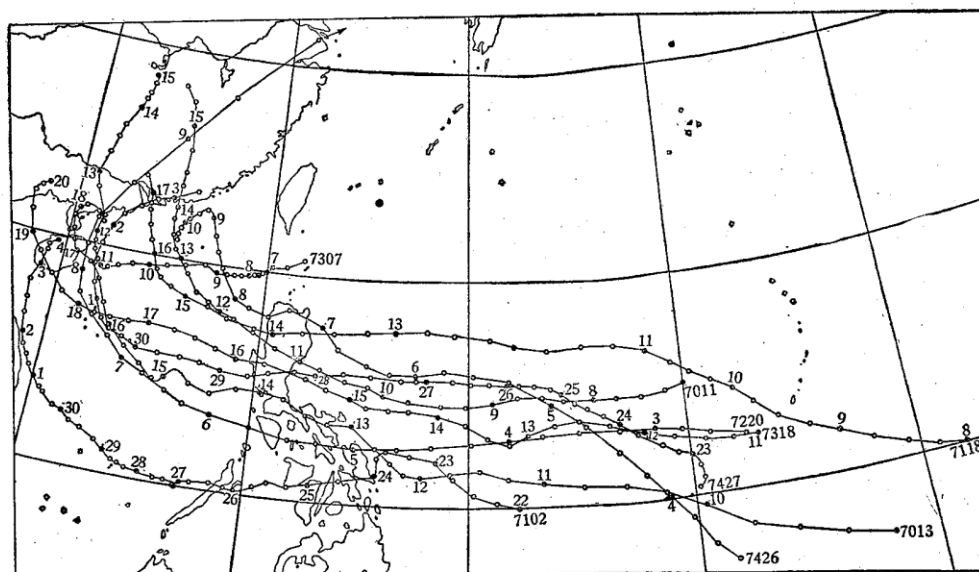


图 9.51 1970—1974 年, 9 个南海北翘台风的路径

1. 台风移入季风汇合线

夏季南海最显著的环流特点是季风爆发,季风爆发期间,对流层中下层的西南风控制南海大部海域,这是南海季风环流的一部分。当太平洋高压西伸到 120°E 附近时,高压南部的偏东信风也将西伸到南海东部,这支偏东信风与西南季风将在南海中部交绥,建立一条南北走向的季风汇合线(图 9.52)。这条汇合线一般能稳定数天,如果西太平洋有台风进入这条汇合线,则由于对流层低层辐合加强,使台风有一次加强,移速减慢,并将沿这条汇

合线的偏南气流向西北或偏北方向移动。使移向急变,路径北翘。

1971年18号台风,8月10日生成于关岛附近海面,生成后在太平洋高压南侧偏东气流引导下稳定西移,14日穿过吕宋岛进入南海,15日移到南海西部西南气流与太平洋高



图 9.52 台风沿季风汇合线北翘模式
(粗实线是季风汇合线)

压西南侧偏东气流的汇合线上,15日移速显著减慢,强度增强,移向发生北翘(图9.53)。按原来的外推路径,这个台风将移到雷州半岛登陆,但北翘以后,很快移到珠江口登陆。

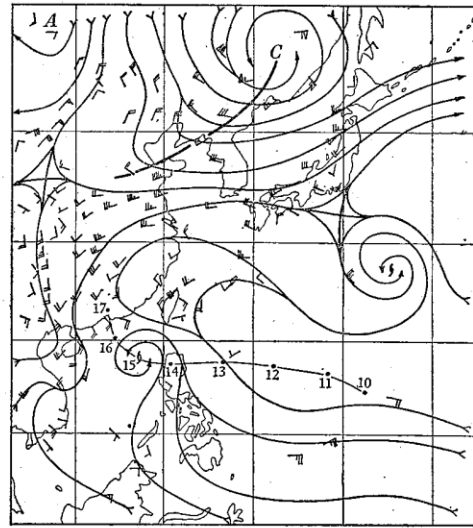


图 9.53 1971年8月15日08时850毫巴流线图

南海中部和西部受季风控制时,中南半岛一般都存在一个季风低压。因此当西太平洋台风西移进入南海后,应当注意这个低压对路径北翘的作用。

2. 东风波的重位作用

南海地区季风爆发时期,对流层中低层的东风波一移到西南气流很强的南海和华南上空就会减弱消失。季风衰退时期,东风波可以移到华南和南海北部上空。这时当一个东风波移到这一带,并与其南部一个台风同相叠加时,将出现重位影响(§ 9.5),使这个南海台风路径北翘。

下面来看1973年7号台风的北翘过程,这个台风于8月9日生成于南海东北部,这时有一个东风波移到台湾海峡对台风产生后错位影响,使台风向西偏南方向移动(图9.54),11日移到海南岛东部附近海面。按外推方向,台风最大可能将掠过海南岛南端或在海南岛东部登陆。但这时东风波移到台风北侧同位相叠加,产生重位影响,使台风突然北翘,与原来的移向折成直角(图9.55),最后在广东省的电白登陆。

由东风波与台风同位相叠加所造成的台风北翘一般较急,台风路径折向西南,随之向北折,这样就增加了急转的角度。另外,东风波造成北翘的过程,一般都发生在季风衰退而副热带高压的位置又较偏北(在我国大陆上)的时期。

3. 印缅槽东移的作用

当有南支印缅槽东移时,南海台风也会发生北翘。但这时东移的印缅槽一般均较强,当其移到中南半岛或南海西部时仍有一定的势力。

1971年的2号台风和1972年20号台风,都是在东移的印缅槽影响下,发生了北翘。尤其是1971年2号台风,从太平洋西移进入南海,5月1日移到越南的海岸边,看来很快就要登陆越南。但这时有一个东移的印缅槽移到中南半岛,在对流层中低层各等压面上都很明显。这时台风便突然北翘,于2日夜间移到我国海南岛南部登陆。成为登陆我国最早的台风之一。

东移的印缅槽一般都是减弱的,但在两种情况下,印缅槽东移以后仍较明显,并能使其前方一定距离上的南海台风北翘。第一种情况,新移来的南支长波槽位于巴基斯坦西部,使印缅槽替换东移。在东移过程中,中南半岛西部和孟加拉湾东部有高压脊发展,并有闭合的高压环流中心出现(图9.56)。这种东移槽都较明显。第二种情况,当印缅槽东移到中南半岛与高原东部中纬度西风槽同相叠加时,则印缅槽将发展(图9.57)。这两种东移的印缅槽,对南海台风的北翘都有显著作用。

4. 华南(或南海北部)高压的减弱

台风西移进入南海,太平洋高压脊一般是比较强的。台风进入南海后,如果伸到华南或南海北部的太平洋高压脊突然减弱,台风的内力作用将使路径北翘。

华南副热带高压脊减弱的原因很多。例如有西风槽在华中上空加深、秋冬季节冷空气侵袭到华南、东风波和西风槽在华南上空同相叠加、南支波动从中南半岛移出、高原上大范围负变高区东移等这五种过程,是华南副热带高压脊减弱最常见的原因。下面我们来看一个具体例子。

1973年18号台风,于10月11日生成于菲律宾以东的太平洋上,以后一直在较强的纬向太平洋高压东风引导下向西移动,16日进入南海。17日这个高压在华南和南海北部的一环仍较强(图9.58)。图中可以看出有一个西风槽和台风倒槽相向而移,负变高中心达到40位势米。在这两个波动的共同作用下,一天以后华南高压彻底崩溃(图9.59)。东面一环退到台风东侧的巴士海峡,很显然,东风牵引作用骤减,正是这个时候,台风北翘,折向西北方向移动。这个台风按外推方向将移向越南登陆,由于路径北翘这一突然变化,使台风移到海南岛南部登陆。

由于华南高压突然减退而促使台风北翘的例子很多,尤其当台风加强和范围扩大时,北翘更为显著。例如1970年13号台风北翘时,台风的范围和强度都有发展。另外,7220, 7426, 7427等台风北翘时,都和华南高压突然减弱有关。这一类北翘的过程,多见于深秋和冬季。

5. 赤道高压加强和副热带高压南落的作用

当赤道高压移到赤道以北并加强,或副热带高压南落,并西伸到南海南部。这对西移台风转成偏北运动是很有利的。

南海南部当有赤道高压加强或副热带高压南落时,将使这一带赤道西风加强,这表明对南海台风的北翘有利。但赤道西风与台风南部的西风有时不容易区分开来,因此在天气图上,根据热带辐合带以南是否出现东风,来判别台风南面是否存在高压和高压的加强。

图9.60和9.61是南海南部有赤道高压存在或副热带高压南落情况下使南海台风北

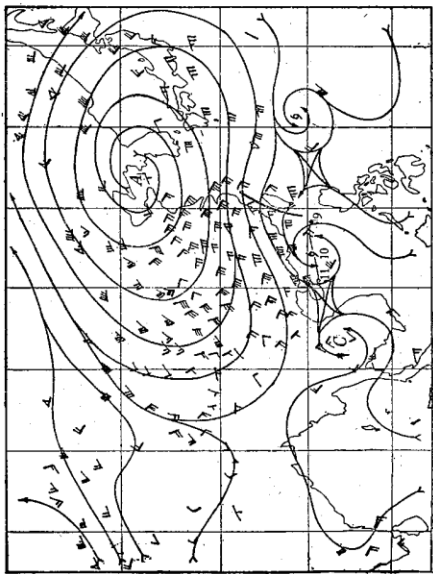


图 9.54 1973 年 8 月 10 日 08 时 500 毫巴流线图

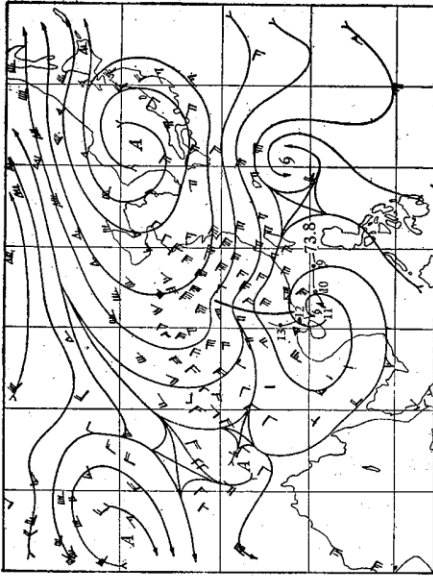


图 9.55 1973 年 8 月 11 日 08 时 500 毫巴流线图

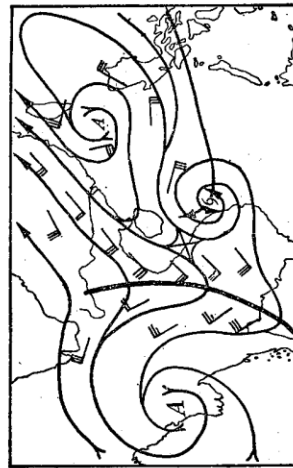


图 9.56 台风在东移印缅槽前北翘模式之一

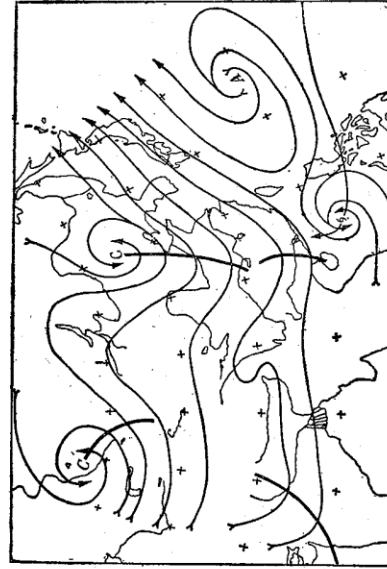


图 9.57 台风在东移印缅槽前北翘模式之二

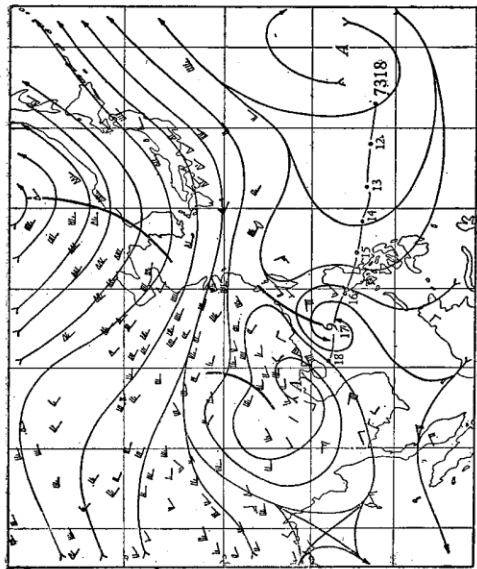


图 9.58 1973 年 10 月 17 日 08 时 500 毫巴流线图

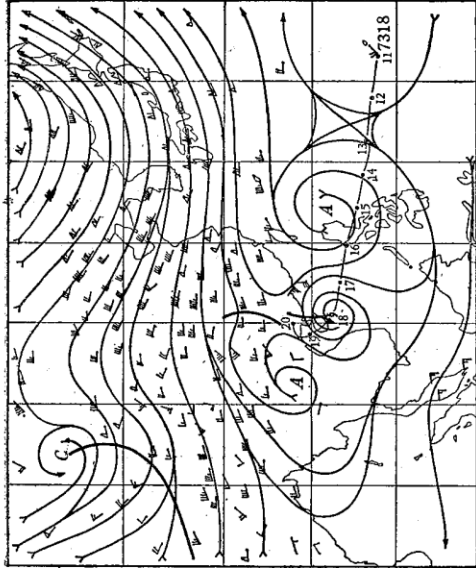


图 9.59 1973 年 10 月 18 日 08 时 500 毫巴流线图

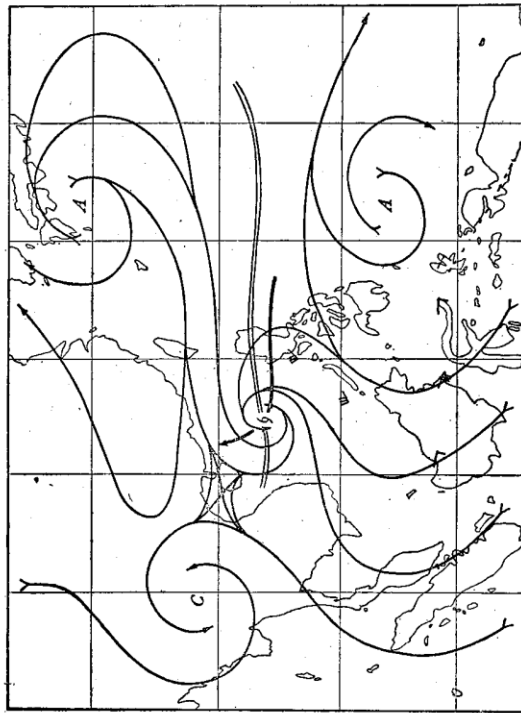


图 9.60 南海南部偏东气流加强时期台风北扭模式之一

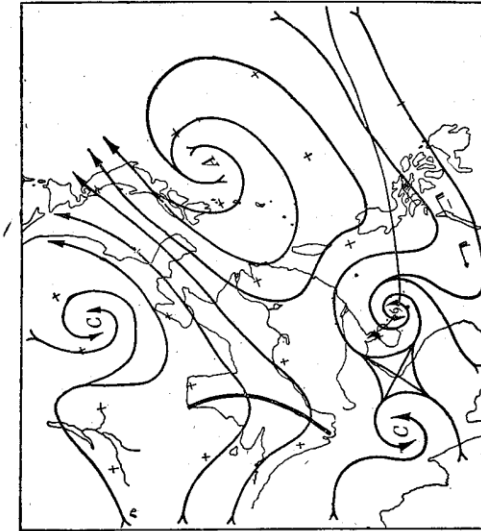


图 9.61 南海南部偏东气流加强时期台风北扭模式之二

翘的两个模式。图 9.60 表明南海南部赤道高压或赤道缓冲带的加强,其作用是抵销华南副热带高压偏东信风对台风西移的引导。这时台风内力就相对增大,台风偏北运动的分量就相应增加,使台风路径出现北翘。图 9.61 表明副热带高压在南海台风东面南落,并西伸到南海南部(从这一带的低纬东风加强可以判断)。副热带高压的这一变化表明,对台风西移的引导作用减弱,偏东的引导作用加强,将促使台风北翘。

关于南海台风北翘的问题,可以概括以下几个特点:

(1) 南海台风北翘的五个环流背景有明显的季节性。盛夏南海台风北翘多见于季风汇合线、东风波的重位作用(季风衰退期)以及赤道高压或赤道缓冲带的加强。秋冬季节或春末的北翘多见于印缅槽的东移和华南副热带高压的突然减弱或南落西伸。但也可见到交叉情况。

(2) 南海地区和西太平洋地区环流特征有两个显著的差别。夏季南海经常存在很强的季风环流,冬季南海北部经常出现东移的印缅槽。这两个有明显季节特征的环流过程对南海台风北翘起着重要作用。但这种作用对西北太平洋台风路径的影响很小。因此做南海台风的路径预报和预报西北太平洋台风路径,着眼点是不同的。

(3) 高原负变高区东移和大陆冷空气入侵华南或南海北部,对华南副热带高压的突然减退很有作用。这时南海台风也出现北翘。但造成北翘的环流系统不明显,要仔细分析要素场才能判别是否出现北翘。

最后,南海台风北翘时的移速和黄海台风西折时的移速有显著差别。南海台风北翘的时候,移速显著减慢;而黄海台风西折时,移速猛增。我们对 1970—1974 年 4 个西折台风和 9 个北翘台风作了比较。都以转折点前后 12 小时来求其加速度。从表 9.5 可见,南海台风北翘时平均减速 5.6 公里/时,而黄海台风西折时,平均加速 6.5 公里/时。它们的差别是明显的。因为南海台风北翘一般是向高压一侧移动;黄海台风西折一般向低压区移动。正野重方^[4]曾经从理论上得到一个结论:台风等速移动时沿着基本场等压线移动,在逐渐加速时偏于低压的方面,在逐渐减速时偏于高压的方面。这个结论与南海台风北翘和黄海台风西折的实际情况基本符合。

表 9.5 北翘点和西折点附近台风的加速度(1970—1974)

路 径 类 型	南海台风北翘(9个)	黄海台风西折(4个)
加速度(公里/时)	- 5.6	+ 6.5

§ 9.8 正面登陆辽鲁的台风

华北和东北地区南部,主要受三条台风路径影响:(1)沿东海岸向北移动的台风突然西折,本章 § 9.3 对此已有专门讨论。(2)登陆华东或东南沿海的台风在陆地上北移或在北方入海,下一章要介绍这类台风。(3)西太平洋台风在较高的纬度向西北方向移动正面登陆辽东半岛和山东半岛一带,本节主要讨论这一类台风。

台风在较高纬度(30°—35°N)继续向西北方向移动而不转向,是比较少见的。从 1949—1974 年仅出现过三次(图 9.62),它的概率为 0.4%,成为西北太平洋台风异常路径

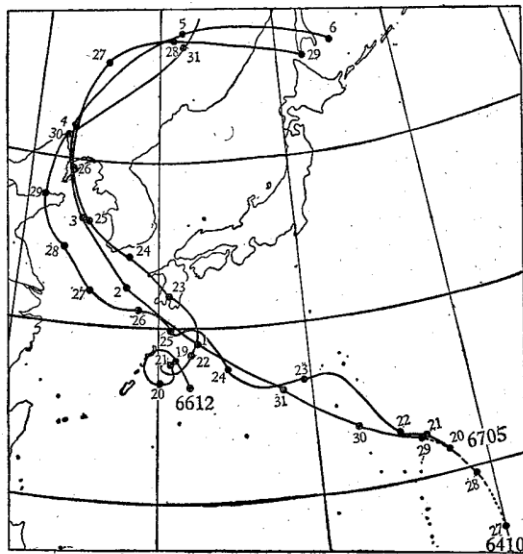


图 9.62 三条正面登陆辽鲁的台风路径(国内编号)

二是台风的初期低压被送到较高纬度再发展。这种输送方式有两次(6410, 6705)都表现

表 9.6 1949—1974 年三个登陆辽鲁台风的发生纬度

台风编号	6410	6612	6705
发生纬度(N)	19.8°	26.3°	21.5°

为与西侧一个台风(或热带气旋)的迴旋运动,使东侧台风向西北方向移到较高纬度。这两次过程西侧台风的纬度变化不大,图 9.63 与图 9.64 是以西侧台风中心为原点作出东侧台风的相对迴旋路径。从图中可以看出,这种迴旋使东侧台风向北移到较高的纬度。

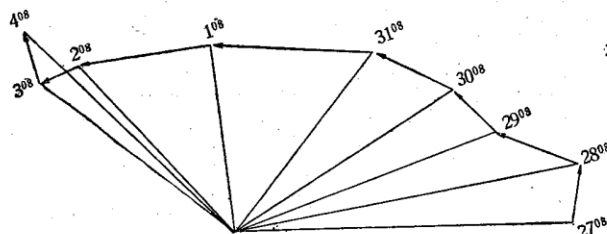


图 9.63 6410 与 6409 的迴旋作用

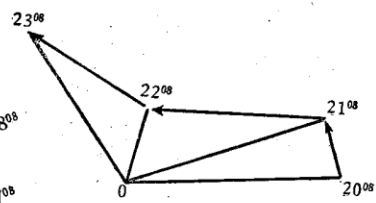


图 9.64 6705 与西侧一个近距离热带气旋的迴旋作用

(2) 很弱的流场环境

迴旋过程结束于两种情况:合并(如 6705)或分开(6410)。迴旋结束后如果台风进入一个环流很弱的环境流场,则台风在内力作用下将继续向偏北移动,移到较高的纬度。

造成这种很弱的流场,主要是太平洋高压断裂或位置甚北。这和蛇形路径环流背景之一——均匀气压场的特点相同。因此这一类移向高纬的台风有时以蛇形前进。如 6705

之一。

这类台风有显著的季节性,全部出现在 7 月和 8 月。这两个月太平洋高压位置最偏北,使台风有可能一直在脊线之南位移。秋冬季黄海和东海北部上空全部为西风急流所控制,在这个纬度上台风继续向西北方向移动是不可能的。

这类路径的环流背景有很显著的特点,这些特点可以概括如下:

(1) 台风一开始就发生在较高的纬度,或在较东的海面上已经被引导到较高纬度。

这三个台风的发生纬度都很高(表 9.6)。每一个台风都发生在 20°N 附近或以北。其原因有两个:一是热带辐合区偏北,或者由东风波发展成的台风。

这个台风很典型，23日回旋过程结束后，进入到弱的流场。图9.65是具有代表性的形势，在回旋结束后，气压场均匀，流场很弱，6705号台风处于三面高压包围的环境中，太平洋高压断裂成两环，台风在断裂区一边摆动，一边向西北方向移动。最后在山东半岛和辽宁一带沿海登陆。

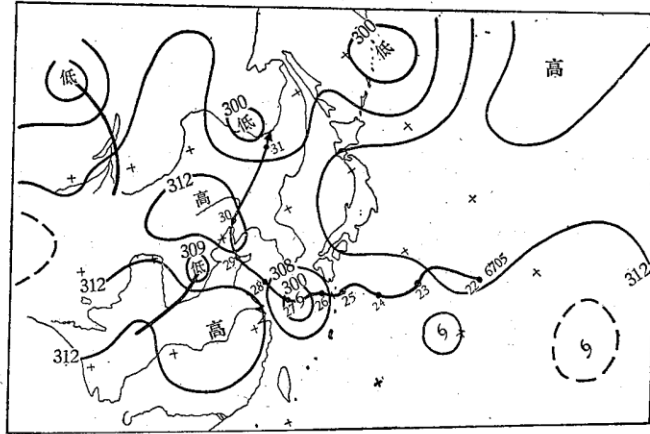


图9.65 1967年7月26日20时700毫巴高度场

(3) 轴向呈西北-东南的太平洋高压

当台风移入较高纬度后，如果那里存在一条西北-东南轴向的太平洋高压脊。台风进入到这条轴线西南方的东南气流里，受这支基本气流的牵引稳定地向西北方向移动，进到更高的纬度。典型的例子是6410号台风(图9.66)，太平洋高压脊的位置在日本一带，台风在这个高压西南侧东南气流牵引下很稳定地向高纬移去。

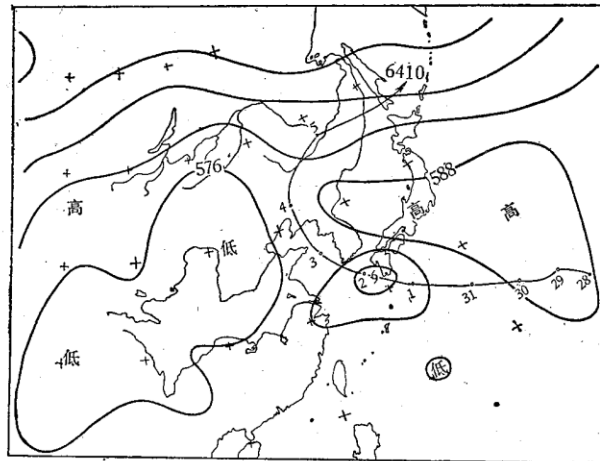


图9.66 1964年8月1日20时500毫巴高度场

6410和6705路径总趋势完全一致。但6410移动很稳定，6705则来回摆动，这是最显著的区别。这是受这两个台风环境流场的显著区别所决定的。但(2)和(3)这两个特点，对于将台风送到更高的纬度去效果是一致的。

(4) 东北地区存在强而稳定的高压

当台风通过上述过程移到较高纬度以后，其后期路径能否向西北方向移动，并在辽东半岛或山东半岛登陆，这与东北地区是否存在一个强而稳定的高压或这个高压通过日本海与太平洋高压打通合并有非常密切的关系。这一点对于所有这三个台风都是共同的。

下面举 6612 号台风的例子来说明。图 9.67 是 12 号台风生成后两天的形势，台风已移到日本的四国附近。从图中可以看到，我国东北地区的高压很强大，并与日本东部的太平洋高压脊打通，日本海上空是这两个高压之间的打通区，形成高压坝。在这个强大高压南部东南气流的牵引下，12 号台风稳定地向西北方向移动，最后在辽东半岛登陆。

同样，图 9.65 中我国东北地区的高压对 6705 号台风后期在山东半岛登陆也有相同的作用。

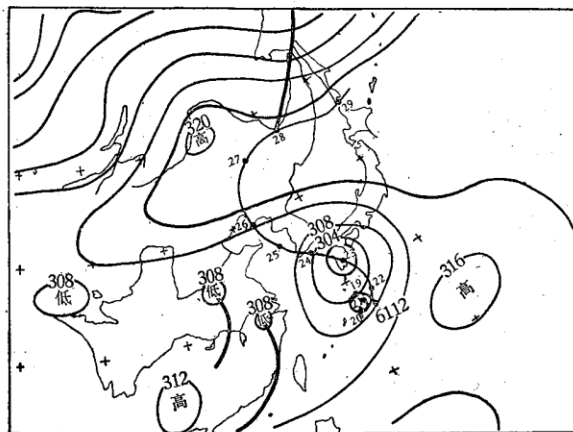


图 9.67 1966 年 8 月 23 日 08 时 700 毫巴高度场

通过以上的分析，对正面登陆我国北方沿海的台风可得到以下基本特点：

- (1) 这类台风生成的季节集中在盛夏，生成地区在日本以南或东南的海面，都在 20°N 以北。在生命史的前期容易出现打转、迴旋(双台风)等运动，这和热带辐合区偏北，出现多台风活动等特点有关。
- (2) 很弱的流场和经向太平洋高压的东南气流是这类台风向西北方向移到较高纬度的两个基本形势。很弱的流场还使台风向高纬移动时出现蛇形路径。
- (3) 我国东北地区的高压对这类台风后期登陆辽东半岛和山东半岛，起决定作用。这个高压在台风靠近时经常通过日本海与太平洋高压打通成强大的高压坝。牵引台风向西北移动，登陆辽东半岛和山东半岛。

§ 9.9 迴旋路径的特点分析

西太平洋同时出现两个台风的机会不少，两个台风同时存在时，对彼此的运动产生牵制和影响。这种影响可以分为两类，即间接影响和直接影响。当两个台风距离较远时 (≥ 15 个纬距)，将产生间接影响。即其中一个台风，影响了太平洋高压、热带辐合区和赤道高压等系统的活动，并通过这类大型系统对另一个台风产生影响，这已在 § 8.8、§ 8.10

和本章 § 9.11 中讨论。当两个台风的距离较近 (譬如 ≤ 12 个纬距) 时, 两个台风将相互迴旋, 产生直接影响。本节主要讨论这种影响。

直接造成双台风迴旋运动的次数并不多, 1949—1974 年出现迴旋运动共 14 次, 平均两年左右出现一次。典型的迴旋运动仅有两次 (图 9.68 和 9.69)。这两次分别发生在 1964 年和 1970 年。象这样典型的迴旋运动再上一次是发生于 1945 年的 8 月下旬, 发生在日本以南和我国台湾省以东的洋面上。这样典型的迴旋运动平均 10 年一遇。

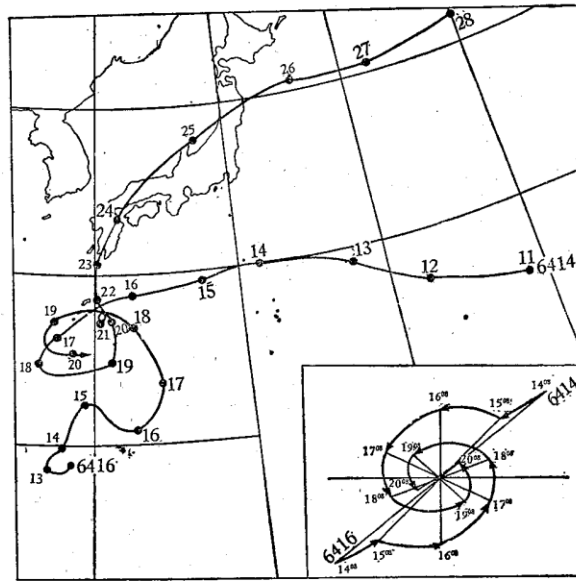


图 9.68 1964 年 14—16 号台风的迴旋路径及相对转动廓线

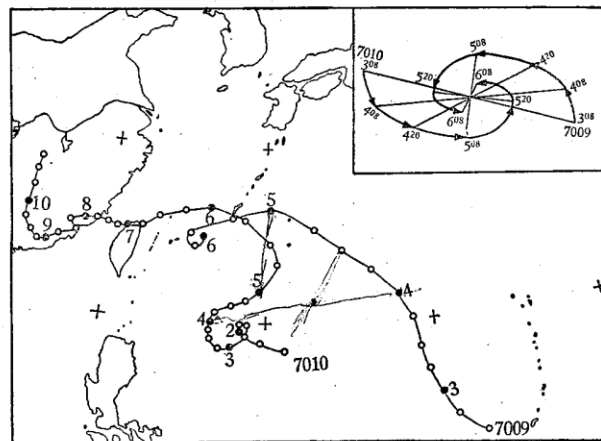


图 9.69 1970 年 9—10 号台风的迴旋路径及相对转动廓线

迴旋运动有显著的季节性, 全部发生在 7, 8, 9 三个月。表 9.7 统计了最近 26 年迴旋运动的月分布, 7, 8 两月占了全部迴旋运动的 86%, 这两个月是这类运动的高频季节,

表 9.7 1949—1974 年迴旋运动月总数分布

月	7	8	9	10—6
次 数	7 (50%)	5 (36%)	2 (14%)	0 (0%)

9 月淡季, 10—6 月为空季。7, 8 两月热带辐合区猛烈北抬, 赤道北侧的热带海区气压分布均匀, 双台风的相互作用较其他月份突出; 另外, 7, 8 两月也是多台风同时存在的旺季, 给迴旋运动提供了条件。

台风的迴旋路径可以分为六类(图 9.70)。

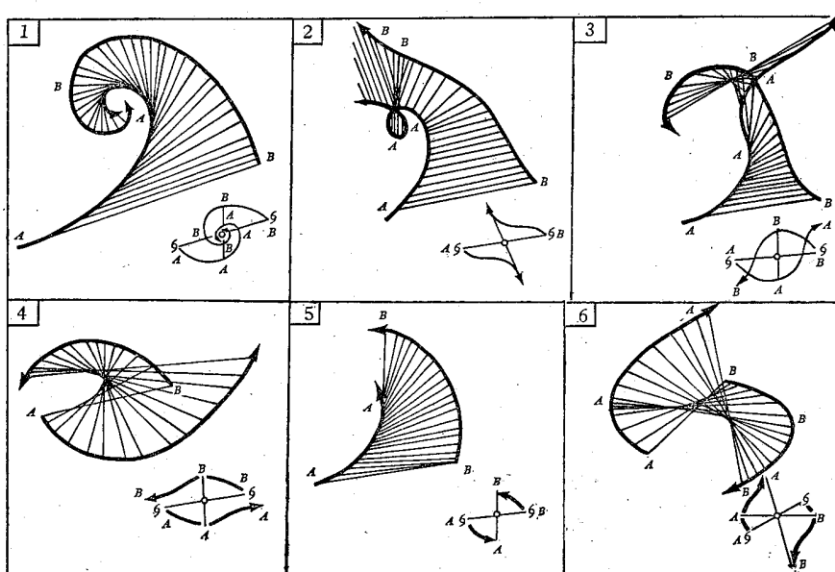


图 9.70 迴旋路径六种模式(右下方是以两个台风联线的中点为坐标作出的相对迴旋轨迹图)

第一类是最典型的迴旋路径。两个台风各自相对旋转一周 (360°) 或超过一周 ($> 360^\circ$)。这类旋转的结果往往使两个台风趋于合并。

第二类相对旋转 $1/4$ 周 (90°) 或稍超过 $1/4$ 周。这类迴旋运动有一个显著的特点, 即西台风的路径打一个逆时针的转, 东台风在移过西台风东北方位或偏北方位时速度加快, 路径未见有曲折变化。迴旋结果两个台风分开, 仅少数合并。

第三类的相对旋转近半周 (180°)。两个台风几乎同时向北移动, 当接近到一定距离时, 西台风移速减慢, 这是迴旋效应开始的迹象。东台风迅速从西台风的北侧旋越, 并显著加速。当东台风转到西北侧时, 西台风再加速向北移出。A 点是可能发生合并的位置。

第四类的相对旋转也近半周, 但迅速移开。两个台风处于南北方位时相对移速最快, 迴旋过程中其中任一台风都没有减速现象。

第五类的迴旋是第一类的初期阶段。西台风移速缓慢, 东台风围绕西台风迅速北上。相对迴旋 $1/4$ 周即趋于合并(或迅速分开), 1945 年 8 月的台风迴旋属于这一类。

第六类是一种很特殊的迴旋。以上五类都是逆时针方向相互迴旋, 在西太平洋上见到

的几乎都是逆时针迴旋。这类是顺时针迴旋,和大西洋的情况不同,西太平洋很少有这种迴旋方式。两个台风的距离远大于逆时针迴旋时两个台风的距离。

1949—1974年中,这六类方式的次数如表9.8。可见迴旋运动最多见的是2类和4类,合起来占全部迴旋路径的65%。

表 9.8 1949—1974年六类迴旋方式次数

路径类型	1	2	3	4	5	6	合计
次数	2 (14%)	5 (36%)	2 (14%)	4 (29%)	0 (0%)	1 (7%)	14 (100%)

当两个台风都有一段北上路径时(即1, 2, 3, 5类),西台风的移速要减慢,而东台风则迅速超越西台风并与它迴旋,即东台风围绕西台风的迴旋很明显。出现这种现象的原因往往是西台风作用于东台风的旋转力与东台风内力重合,而东台风作用于西台风的旋转力与西台风内力抵销,故西台风迴旋幅度小。下面以西台风的中心作为坐标原点,按以上所分六类(统计时段内未见第5类)点出东台风的相对迴旋路径(图9.71),以便显示出迴旋时相对运动的特点。这个图表明:

(1) 同一类的相对路径很相似。第一类都呈螺旋线,遍经4个象限,第二类都出现在第1象限,第四类在第1, 2两个象限(其中较特殊的是7413, 7414,但相距太远,相互作用不明显),第三类在1, 2, 3象限。

(2) 每条路径均有一个或两个扭点,第一个扭点表明相互作用的起点。第二个扭点表示作用终点。合并的台风只有第一点。这些点的位置各不一样,主要取决于台风强度和外界环境。从这几个台风看,两者 < 10 个纬距时,出现迴旋作用; < 4 个纬距时,出现吸引作用,其结果使两个台风合并。

(3) 第一类迴旋后都合并,第四类都不合并。第二类和第三类要根据台风强度和环流条件来确定是否合并。

了解迴旋运动的分类和各类特点在实际预报工作中是有帮助的。

当两个台风相互接近到一定距离时,这两个涡旋之间便产生迴旋和吸引作用,这在第七章中已经提到。但环境流场对这种作用很重要,它可以加剧迴旋和促使吸引,也可以抵销两个台风之间的迴旋作用。迴旋运动时的环境流场可以分为下面两类。

(1) 强迫场

对迴旋运动起主要作用的环境流场一般都是强迫场,它可以促使两个旋涡接近、合并也可以促使分开。

图9.72是一个强迫迴旋和合并的流场,这是1970年9号和10号台风发生迴旋运动时的环境流场,两个台风被夹在南北两条很强的高压带之间。这两个高压带造成的环境流场,与两个台风的迴旋方向是一致的。从而加剧迴旋运动。这个流场还迫使这两个台风相向而移,缩短距离,并促使它们合并。

图9.73是强迫分开的流场,这是1972年3号台风与6号台风正在迴旋时(图9.71-2)的500毫巴流线。6号台风受到日本北部太平洋高压很强的牵引,向西北方向移动;3号台风受到我国大陆上一环高压的牵引向东南方向移动。从而使两个台风迅速分开,结束迴旋。这在图9.71-2中的23, 24日,已经出现了互相分离的相对运动。

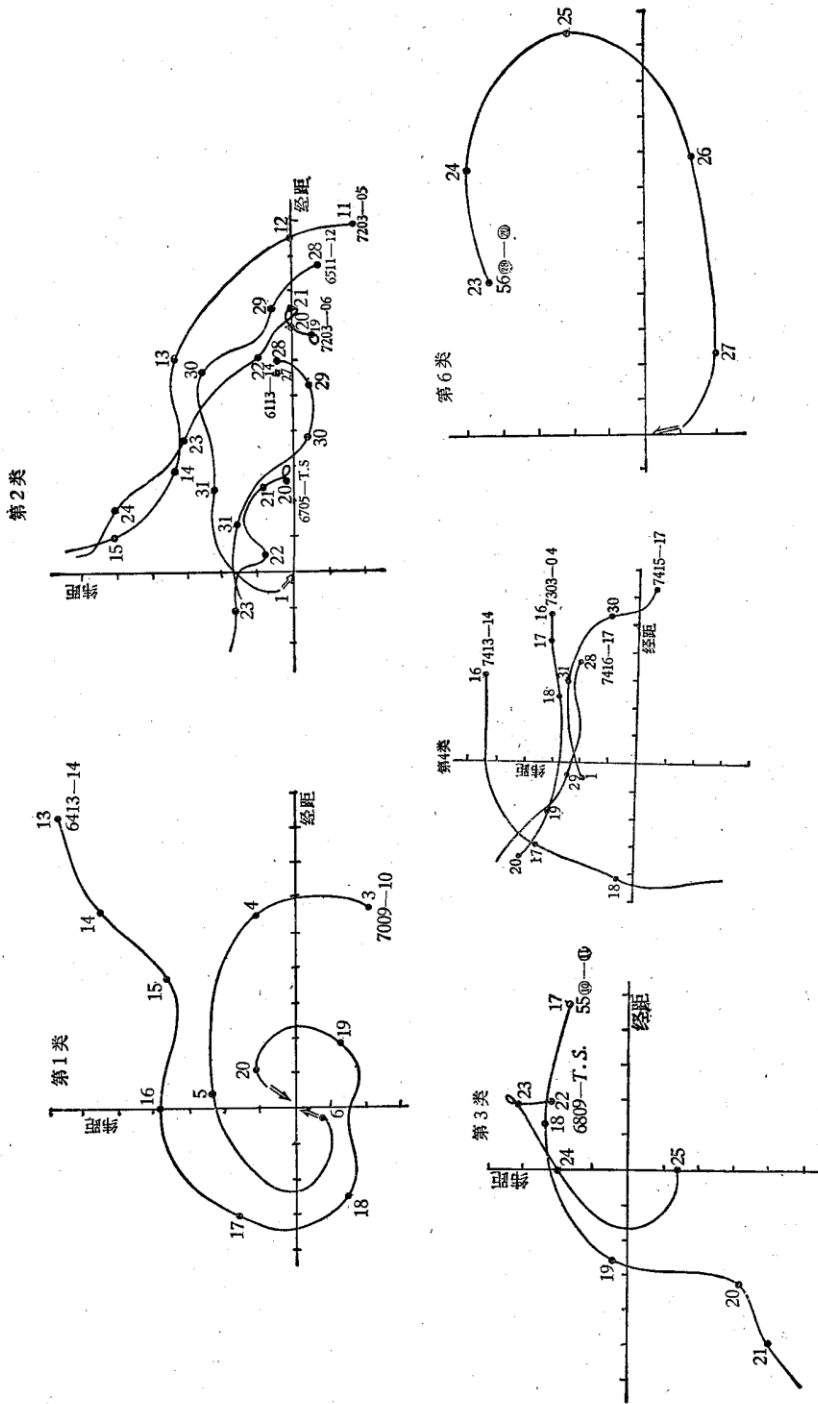


图 9.71 1949—1974 年五类迴旋运动的相对迴旋路径
(每一格表示两个纬距和两个经距,统计时段内无第 5 类)

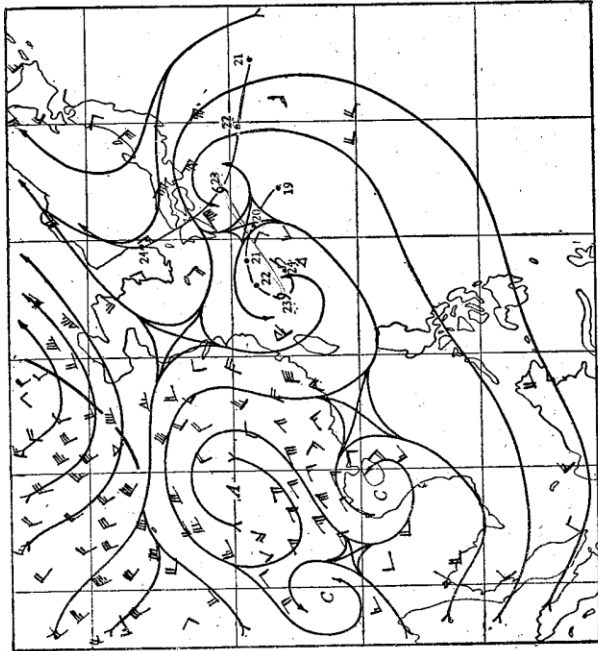


图 9.72 1970 年 9 月 5 日 20 时 500 毫巴流场

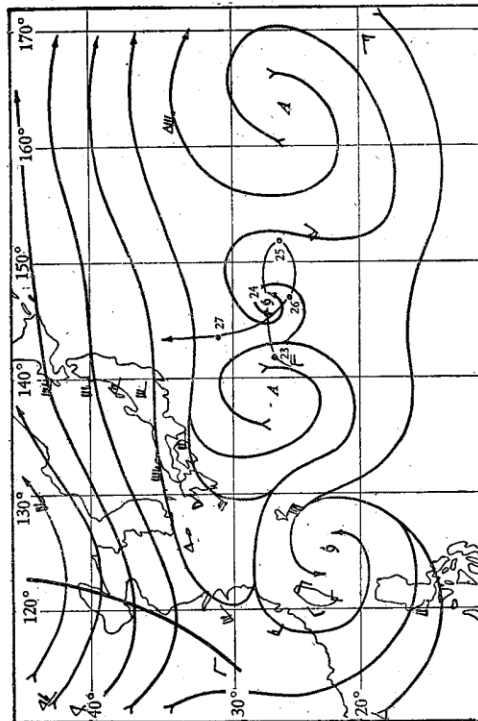


图 9.74 1956 年 9 月 24 日 23 时 500 毫巴流场

图 9.73 1972 年 7 月 23 日 08 时 500 毫巴流场

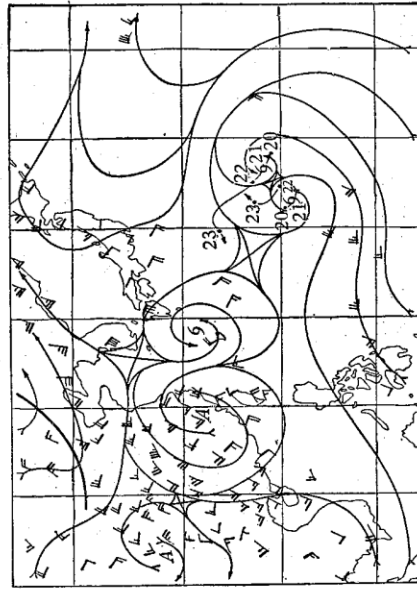


图 9.75 1967 年 7 月 21 日 20 时 700 毫巴流线

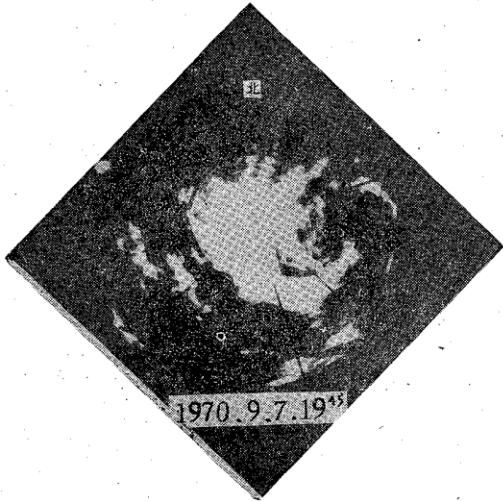
26年中唯一的顺时针迴旋(图9.71-6),是一种典型的强迫迴旋。如图9.74所示,这两个台风正好位于一个经向太平洋高压东西两侧。受高压外围气流引导,强迫形成顺时针迴旋。

(2) 自由场

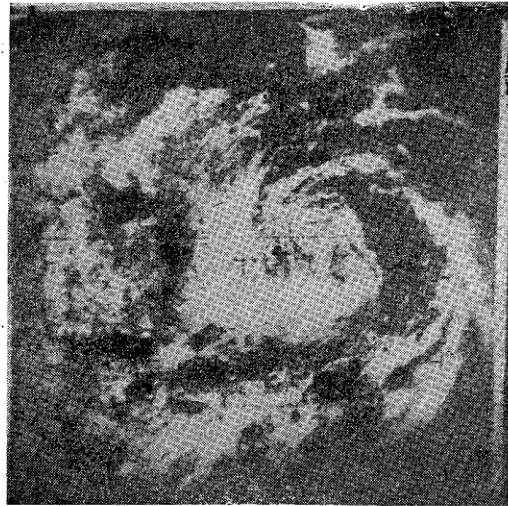
两个台风接近时,环境的基本气流很弱,迴旋运动主要受两个台风本身的流场相互支配,称为自由场。自由场里迴旋运动环境的作用很小,或基本不起作用。

1967年7月20—23日在马里亚纳群岛附近迴旋的台风,其环境流场是一个自由场。这两个台风的距离很近(图9.71c),迴旋以后其中之一趋于合并消失。由于当时引导气流很弱,台风周围气压分布很均匀(图9.75),后来这个台风形成了蛇形路径。在其生命史中出现了三次路径的异常:即迴旋、蛇形路径,以及最后在很偏北的纬度正面登陆我国,这是非常少见的。

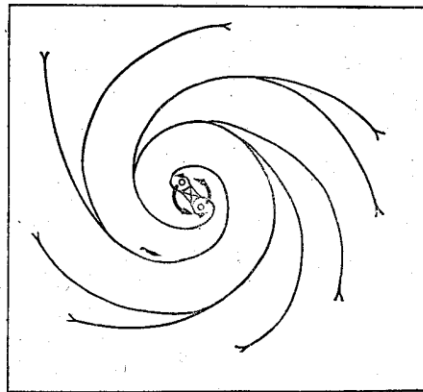
迴旋路径的预报问题,关键在于:(1)是否出现迴旋,何时迴旋。(2)是否合并,合并



a. 1970年9—10号台风合并后的雷达照片



b. 1970年9—10号台风合并后(6日)的 ESSA-8 卫星云图照片



c. 双台风合并后眼的迴旋运动示意图

图9.76 双台风径迴旋运动合并后眼的活动

以后的路径。(3) 何时分开,分开后各自路径。这几个问题都涉及到对环境场的预报。一般情况下,强迫场和自由场很难区分开来。两种情况都是混合存在的,预报的时候在于正确估计强迫作用和自由迴旋作用的相对大小,以及运用以上的分析来判断这两种作用的相互助长和抑制。当两个台风分开、或合并以后,可当作单台风来预报其路径。

最后要指出一个有趣的现象,就是当两个台风受到迴旋、吸引等作用最后两个环流系统互相合并以后,但两个眼还单独存在于合并后的环流整体中,并在这个统一的环流整体中两个台风眼还作互相旋转(图 9.76),以致无法再判别出来哪个眼原来是属于哪个台风的。根据 1970 年 9、10 号台风合并后的雷达和卫星云图可以看到,原来的两个眼还继续存在。在 7 日那天,福建省的中部和南部都曾分别报告各有一个台风眼登陆。这个事实在实际预报工作中是很有意义的,它向我们提示,当双眼台风登陆时,要注意在眼的两个登陆区将出现两个较强的风雨区,这和一般台风登陆时的风雨预报将有所不同。

§ 9.10 台风的突然加速和跳跃

以上各节主要讨论台风路径移向突然变化的问题。台风移速突变是异常路径的另一种表现,下面两节主要讨论这个问题。

台风移速加大时,预报误差将随之急增。Burroughs 和 Brand^[5] 等人对转向以后由于移速增加所带来的误差作过统计(表 9.9)。从这个表可知,对于正常转向路径因转向而增速,平均增加 13 海里误差,在转向后的 24 小时,移速增加最显著,由此增加的误差达 37 海里。对于异常路径,移速剧增对预报带来的误差是很显著的。

表 9.9 1961—1969 年台风 24 小时预报平均误差(单位:海里)

平均误差	转向台风误差	转向点后 24 小时误差
128	141	165

台风移速急增主要由下面三种原因造成。

1. 台风周围基本气流突然加强

基本气流(引导气流)突然加强是台风突然加速或跳跃的重要原因。台风周围基本气流加强有两种方式。图 9.77 是第一种方式,在台风周围基本气流发生局地性剧增。图 9.77a 是台风北侧发生了太平洋高压脊的加强和西伸,东风引导作用突然增强,台风将加速向偏西移动。这是台风西行加速最常见的原因。

图 9.77b 是台风西北方中纬度长波槽径向发展、槽底向南延伸超过台风所在的纬度,加强的西南气流将牵引台风加速向东北方向转向。尤其当槽内有低涡切断并位于台风的西北方时,这种突然加速的作用就更加显著。例如,1965 年的 3 号台风 5 月 21 日生成于菲律宾棉兰老岛以东的洋面上,生成后向西北方向移动,25 日移到吕宋岛以东沿海,并且方向发生了急变,突然加速。表 9.10 是 23—26 日速度变化,移速剧增发生于 25 日 08 时以后。这次加速过程完全由长波突然发展造成的。比较图 9.78—9.79 表明,5 月 25 日沿海长波槽强烈发展,从华北到广东槽后偏北风显著加强,并在长江口外从这个发展的长波槽

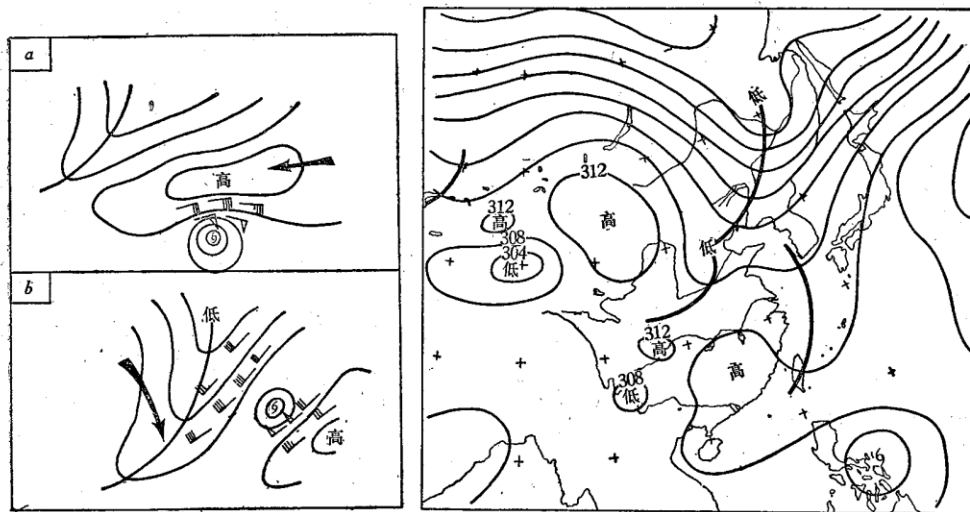


图 9.77 台风周围基本气流的局地性加强 图 9.78 1965 年 5 月 23 日 20 时 700 毫巴高度场

里切断出一个低涡，位于台风的西北方，台风受涡外围西南气流牵引，向东北方向加速移去。从表 9.10 可以看出，25 日 08 时与 24 日 08 时比较，加速度突然增强到 1.1 纬距/24 小时，移速加快了近 5 倍。

表 9.10 1965 年 3 号台风 4 天内移速变化

时	日	23	24	25	26
02		0.7 (纬距/6 小时)	0.4	0.9	2.1
08		0.9	0.3	1.4	3.6
14		0.9	0.3	1.3	3.2
20		0.6	0.5	1.3	3.5

第二种方式环境流场是稳定的，流场局地变化不显著，但台风从气压梯度小的地区移到气压梯度大的地区，从而促使台风突然加速。尤其在偏南气流牵引下向北移动的台风，经常从气压梯度小的低纬地区移入气压梯度大的高纬地区，而产生强烈的加速运动。近 5 年来最典型的例子是 1972 年的 3 号台风。

3 号台风在 24 日结束打转并开始向偏南气流牵引下向北移动。24—26 日其北移速度逐日增强 (图 9.80)。从图 9.81 可以看出台风将从气压梯度小的地区移入到气压梯度大的地区，那里日本上空南北向太平洋高压很强。使得济州岛、对马海峡一带的基本气流远大于其南部台风所在地区的基本气流。这表明台风北移加速过程是由于进入了北部强基本气流区。台风北移过程中基本气流的加强在图 9.80 中已经表明。基本气流是不计台风流场后所计算的地转风，从 24 日 08 时到 26 日 08 时，这支基本气流的速度几乎增强了近 3 倍。另外，台风转向以后的加速运动也属此因。

从图 9.80 还可以看出，台风实际加速远大于基本气流加强的影响。在这次例子中，台风加速跳跃除基本气流加强原因外，还存在另一个原因，便是冷涡的吸引作用，这在下

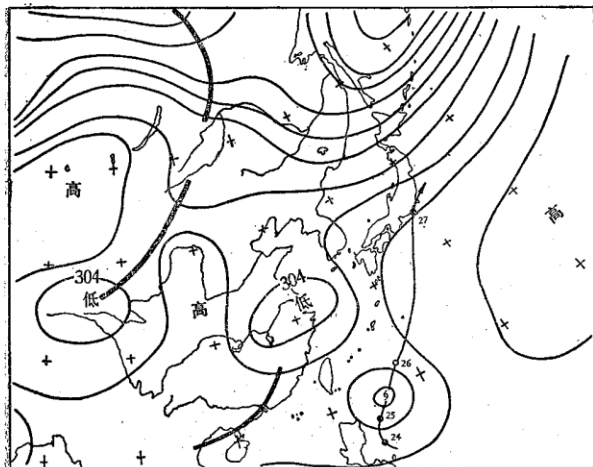


图 9.79 1965 年 5 月 25 日 20 时 700 毫巴高度场
面还要提到。

2. 冷涡对台风的吸引加速

冷涡对台风的吸引是台风发生加速、跳跃的重要原因,这在第七章已经解释,这里主要讨论吸引作用的天气过程。

冷涡对台风的吸引现象多见于西太平洋西部和我国东部沿海,南海很少见到。1970—1974 年共有 7 次沿我国海岸北移的台风,其中 3 次都发生了与冷涡互相吸引的现象。

1972 年 7 月 24 日,3 号台风移到东海一个长波槽的前方(图 9.81),25 日 20 时,长波槽里切断出一个冷涡,在对流层中层很弱,这时台风移到冷涡以东海面(图 9.82)。这两个系统相向而移,12 小时后发生吸引和合并(图 9.83),26 日 08 时 500 毫巴上冷涡与台风已完全合并。

这次吸引和合并过程还有一系列的证据:

涡度合并: 图 9.84a 我国东部沿海有三个正涡度中心。这三个中心分别与沿海长波槽主体、切断冷涡、台风相应。图 9.84b 表明,北部正涡度中心退到苏联东部沿海,表明槽的北缩,冷涡与台风的正涡度中心在山东半岛合并成一个中心。这个中心与台风中心(应当是台风与切断冷涡混合系统

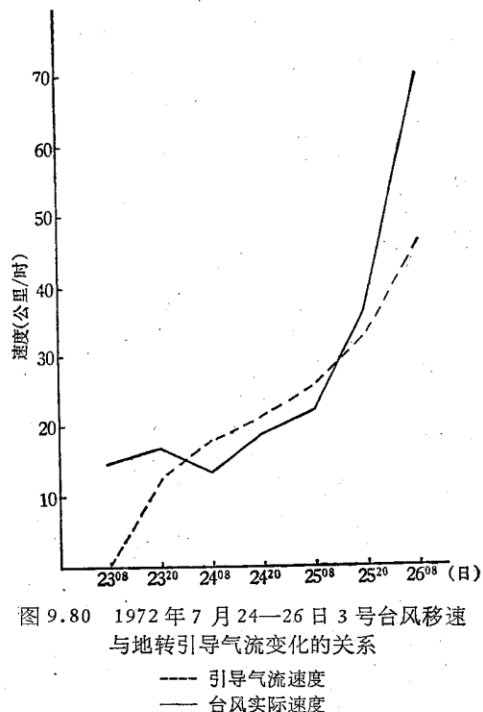


图 9.80 1972 年 7 月 24—26 日 3 号台风移速
与地转引导气流变化的关系
—— 引导气流速度
—— 台风实际速度

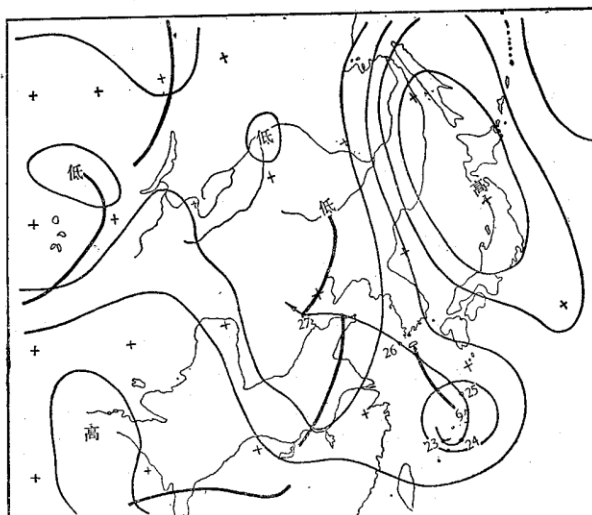


图 9.81 1972 年 7 月 24 日 20 时 500 毫巴高度场

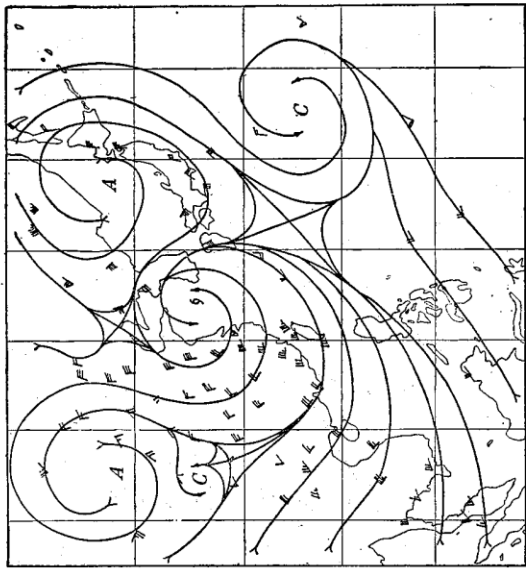


图 9.83 1972年7月26日08时500毫巴流线图

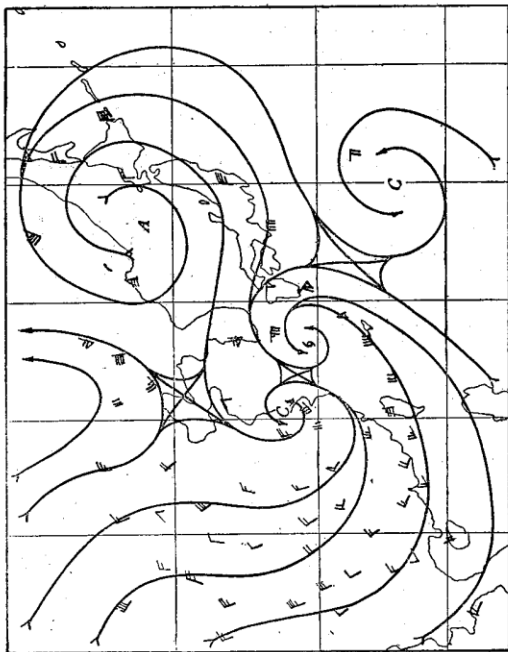
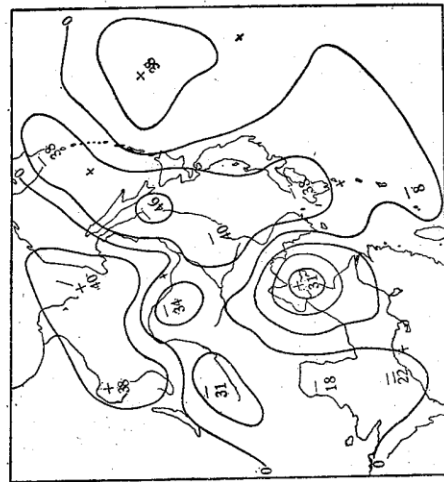
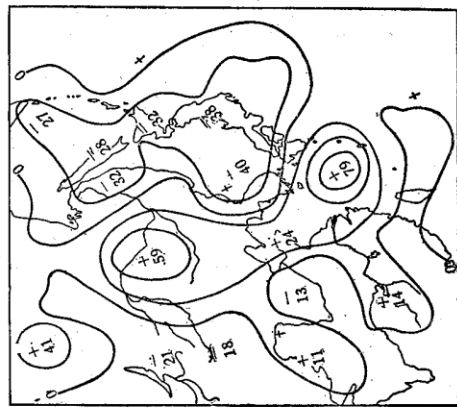


图 9.82 1972年7月25日20时500毫巴流线图



b 1972年7月26日20时500毫巴位势涡度场



a 1972年7月25日20时500毫巴位势涡度场

图 9.84 涡度合并

的中心)当时所在的位置完全一致。

云团合并: 卫星云图表明冷涡云团与台风在 26 日上午已经发生接触,两块密蔽云团有一部分已经重合在一起。27 日上午这两块云团完全合并,当时已经并成一个统一的涡旋云系。

气团合并: 台风与冷涡吸引合并以后,必定有冷空气注入到台风环流中去,因此台风中变冷也表明了合并的迹象。26 日在 35° — 40° N 之间高度降到最低(图 9.85),这显然是台风影响的结果,正是在这个时候有一个冷槽伸入,气温比周围显著偏低。这正是对流层中低层冷涡的位置。高度的低值与温度的低值在台风位置附近重合,表明台风气团与冷涡气团已经吸引合并。

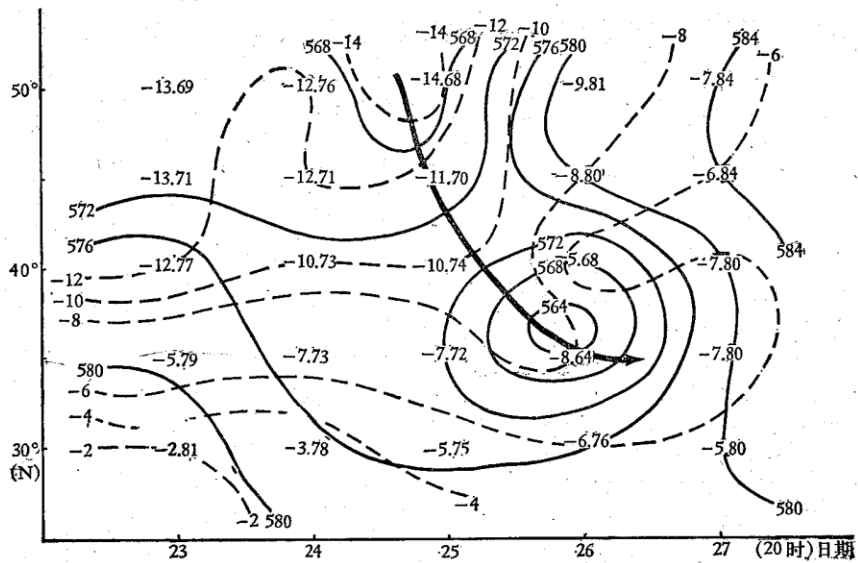


图 9.85 120°E500 毫巴上的高度温度时间剖面图

这次冷涡对台风吸引和合并的作用,使台风发生了明显跳跃。26 日 08 时到 14 时,6 小时内台风中心从朝鲜济州岛猛跃至我国山东半岛尖端,当时的移速,突然增至 74 公里/小时。这个移速远远超过了因引导气流加强所引起的加速度(图 9.80)。超过的这部分加速度,很明显是由于冷涡的吸引作用引起的。在这次过程中,冷涡吸引、基本气流加强和台风内力这三种作用同向叠加所引起的速度之快,在历史上是罕见的。

冷涡对台风的吸引作用,在 1970 年 6 月 12—15 日的风暴、1974 年 16 号台风以及 1975 年 7 号台风中也很明显,都引起了台风的突然加速。

此外,冷涡对台风吸引和合并的作用,不仅引起台风突然加速跳跃,还可能造成台风的变性或急剧加强发展。在上述三个例子中,台风与冷涡合并以后,都存在不同程度的变性和发展,其中 7416 号台风和 7507 号台风与冷涡合并后的变性和加强发展更为显著¹⁾。这类问题将在第十三章中详细讨论。

3. 岛屿和陆地的加速效应

台风突然加速的第三个原因是“陆地效应”,即台风移近陆地时,往往出现加速登陆现

1) 任泽君、袁信轩、陈联寿、沈如金、杨义碧、陈隆勋, 1974 年 16 号台风减弱变性发展为温带气旋的过程分析。

象。影响台风移速的因子很多，如果当台风移近陆地时，出现了其他使台风减速的因子，则，陆地加速效应就可能受到抵销而显示不出来，甚至可能出现减速运动。

对于正面登陆的台风，陆地或大型岛屿对其加速度的作用有两部分组成，即左折和加速。

图 9.86a 是一个正面登陆华东的台风，中心登陆前环流一部分与陆地接触（阴影区），产生摩擦加压作用。这一部分气压将升高，结果将对台风中心产生一个向东（假定台风是西移的）的气压梯度力增量 ΔF_0 ，这个力将产生一个向南的速度增量 Δu ，如台风在基本场里原来移动的速度为 u 。则台风受到陆地效应后的合速度应为

$$U = u + \Delta u$$

这表明陆地效应将使正面登陆台风加速，并使移向左偏（图 9.86a）。正面登陆华东的台风将折向西南移动。

对在南海北移正面登陆华南的台风，由同样的道理，在图 9.86b 中可以看出，将偏向西北移动并加速。

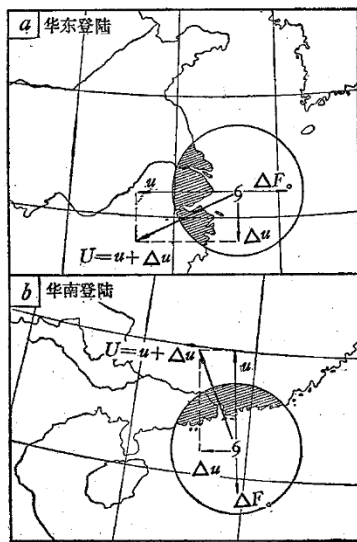


图 9.86 陆地对正面登陆台风的作用

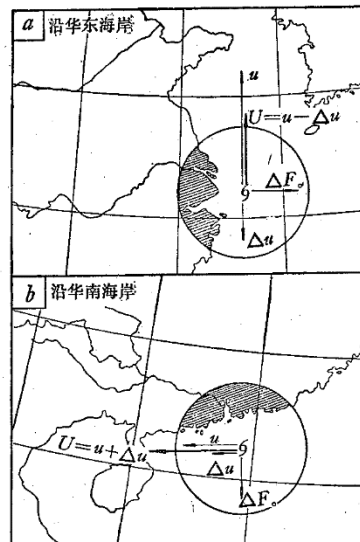


图 9.87 陆地对沿海岸移动台风的作用

图 9.87 是另外两种情况，即陆地对沿海岸移动台风的影响。按以上讨论，在地转平衡的适应过程中，沿华东海岸北上的台风，陆地效应所产生的速度增量 Δu 与基本场中台风的移速方向相反，因此将使台风减速北移，方向不变（图 9.87a）。沿华南海岸西移的台风，陆地效应所产生的速度增量与基本场中台风的移速方向一致，因此将使台风西移加速，方向不变（图 9.87b）。

我们对正面登陆、沿海岸北移和沿海岸西移三种情况分别作了统计，表 9.11 是近 5 年正面登陆台风在登陆之前 36 小时内移速的变化。从表中看出，对西太平洋沿岸的国家，台风登陆之前一般都出现加速现象。对我国大陆和海南岛以及越南和菲律宾在台风登陆前 36 小时内，先出现轻微的减速，靠近陆地时突然加速。我国台湾省以及朝鲜和日本，在

表 9.11 1970—1974 年正面登陆台风登陆前移速变化(海里/时)

登陆前时距	-36	-30	-24	-18	-12	-6	阴影区
中国 大陆	10	10	9	10	10	13	阴影区
中国 台湾省	9	10	10	11	11	12	阴影区
中国 海南岛	11	11	10	9	11	12	阴影区
菲 律 宾	13	12	12	13	13	14	阴影区
越 南	10	10	10	10	9	11	阴影区
日 本	10	11	12	12	17	20	阴影区
朝 鲜	10	11	11	13	15	19	阴影区

阴影区 表示陆地。

登陆前 36 小时内连续加速。尤其对后两个纬度较高地区,台风登陆前的加速效应比其它地区要显著得多。

表 9.12 是沿华南海岸西移台风的移速变化,统计中将台风中心距海岸 2 个纬距处算作陆地效应的起始点。对于没有达到台风强度的热带气旋不予统计。这个表说明,当台风环流从海洋接近陆地时便出现显著的加速。在沿岸西移阶段,因前后均有陆地效应,移速基本是均匀的。

表 9.12 1949—1974 年沿华南海岸西移台风(共 8 个)的移速变化(海里/时)

时 距	-48	-36	-24	-12	阴影区	+12	+24	+36	+48
移 速	4	4	6	8	阴影区	11	10.5	10.3	9

阴影区表示陆地效应起始点。

由于我国东海岸在长江口是向东突出的,贴岸北移的台风少,1949—1974 年仅两个。其移速变化见表 9.13。北移台风移速一般比贴岸西移速度大,故所取时段以 6 小时为间隔,其它规格与表 9.12 相同。

表 9.13 1949—1974 年沿华东海岸北移台风(2 个)的移速变化

时 距	-12	-6	阴影区	+6	+12	+18
移 速	12	16	阴影区	14	12	11

阴影区表示陆地效应起始点

统计表明,陆地效应对贴岸北移台风稍有减速,但并不显著。这和这个海区偏南风常随纬度加强有关,因而淹没了陆地效应。

台风的突然加速和跳跃是实际预报中的难点。在预报时要监视台风周围太平洋高压加强和长波槽延伸这两种相反的流型突变,并要注意台风西北方切断冷涡的突然靠近。另外,靠近陆地时陆地的加速和左偏效应也要按具体条件给予考虑。尤其对于沿海岸北上的台风,经常在登陆山东半岛之前,上述三种作用同时发生,往往引起台风中心向北猛跃。这种强烈加速在预报上是很关键的。

§ 9.11 台风的突然减速和停滞

台风发生突然减速或停滞,同样有可能使预报失败。减速和停滞经常表现为两种方式,一种方式是移速突然减慢而移向变动不大,另一种方式是台风在原地打转,不断改变方向。

1. 顺时针打转

从表 9.1 可以看到,大约 6% 的台风发生顺时针打转。这对异常路径是一个不小的百分比。顺时针打转基本上不受季节限制,这一点和前面讨论到的异常路径不一样。从 1949—1974 年的统计看,仅 2—3 月没有发生顺时针打转,其他各月都发生了。这说明连冬季都可以出现顺时针打转的环流条件。

第七章讨论的惯性圆运动是顺时针打转的重要原因之一。当具备

$$-g\nabla\bar{z}=0 \quad \mathbf{I} \neq 0 \quad \text{或} \quad -g\nabla\bar{z} + \mathbf{I} = 0$$

时,就可以发生顺时针打转。其中 \mathbf{I} 是内力矢, $\nabla\bar{z}$ 是基本场高度梯度矢。图 9.88a 和 9.88b 分别表示具备这两个条件时的流场特征。这个图表明,台风顺时针打转容易发生在均匀气压场里台风较弱内力较小 ($I \approx 0$) 的情况下(图 9.88a),也可发生在东北气流引导的情况下(图 9.88b),当基本高度场的梯度力与内力达到平衡时,将出现顺时针打转。下面来看两个实例:

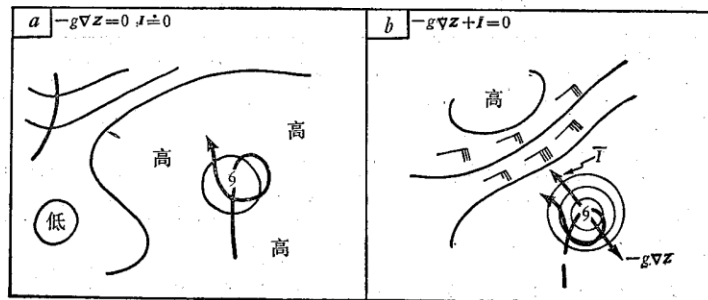


图 9.88 顺时针打转的两种基本流场

例一, 1966 年 14 号台风于 8 月 25 日生成后沿 145°E 北移, 26 日便进入一个非常均匀的气压场中(图 9.89)。这时台风较弱 ($V_{\max} = 25$ 米/秒), 并已移到较高的纬度, 可认为它的内力较小。另外, 在台风周围气压分布很均匀, 气压梯度力近似于 0。26 日台风突然减速, 并打了一个顺时针转。表 9.14 表明, 从 25—27 日减速达 6 倍之多。这是一个顺时针打转的典型例子, 均匀气压场有明显的作用。这个台风打转以后改变了移向, 由向北移动改为向正西移动, 最后在闽北登陆。

表 9.14 1966 年 14 号台风进入均匀气压场前后的移速 (海里/时)

日	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3
V	18	9	3	5	9	9	10	11	11	登陆

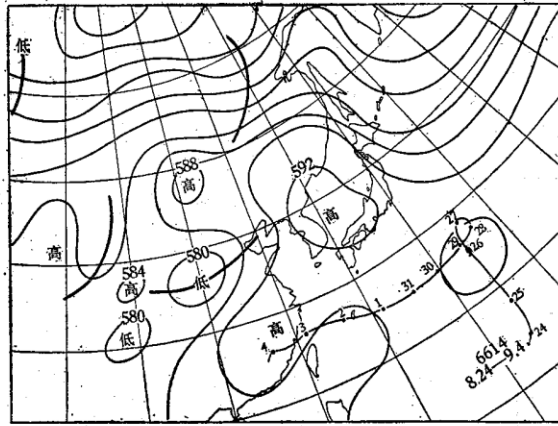


图 9.89 1966 年 8 月 26 日 08 时 500 毫巴高度场和 6614 号台风全路径

例二, 1966 年 17 号台风, 其低压在 9 月 9 日在我国西沙群岛西南方生成。11 日达到台风强度, 当它移到南海东部时, 在东北气流背景下打了一个顺时针的转(图 9.90)。这个台风纬度较低, 且在加强之中, 13 日已加强到强台风, 内力是不可忽视的。图 9.90 表明基本场高度梯度的方向与内力方向正好相反, 这是在这两个力抵消情况下打的转。这个台风打转时同样表现出突然减速。

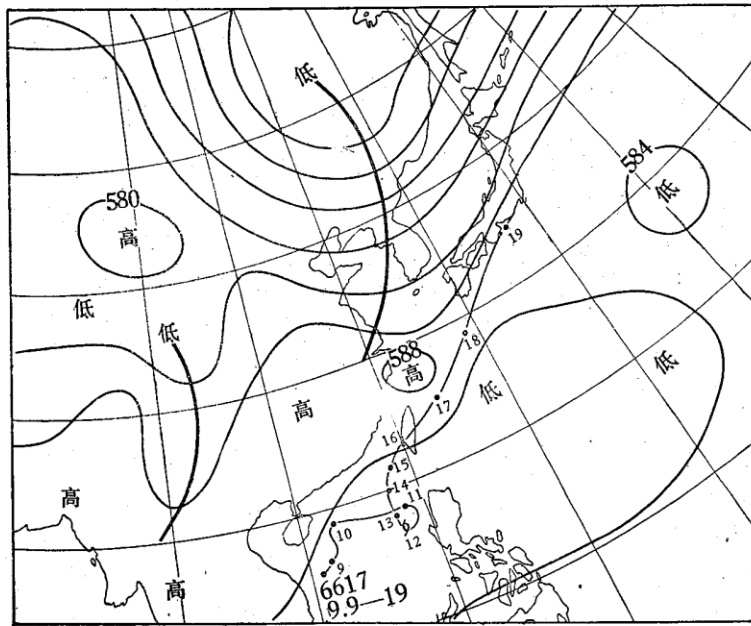


图 9.90 1966 年 9 月 12 日 08 时 500 毫巴高度场和 6617 号台风全路径

我们普查过 1949—1974 年顺时针打转的例子, 绝大部分是在均匀气压场背景下打转, 只有极少数例子是在东北气流引导下打转。

除惯性圆运动条件打转外, 顺时针打转还可以由流场强迫所造成, 这可从下例说明。

例三, 1962 年 20 号台风于 11 月 5 日生成, 7 日西行穿过菲律宾南部进入南海并继续

西移。10日移到越南东部海面突然减速,从11日到16日打了一个顺时针转。这个转的平均直径达3个纬距,由两个系统的环流强迫造成。11—13日,一个印缅槽移到华南和南海西部上空(图9.91),11日台风突然减速并转向东北方向移动。14—16日,印缅槽消失。但一个强台风移到巴士海峡以东海面,其西侧的西北气流控制南海北部海面(图

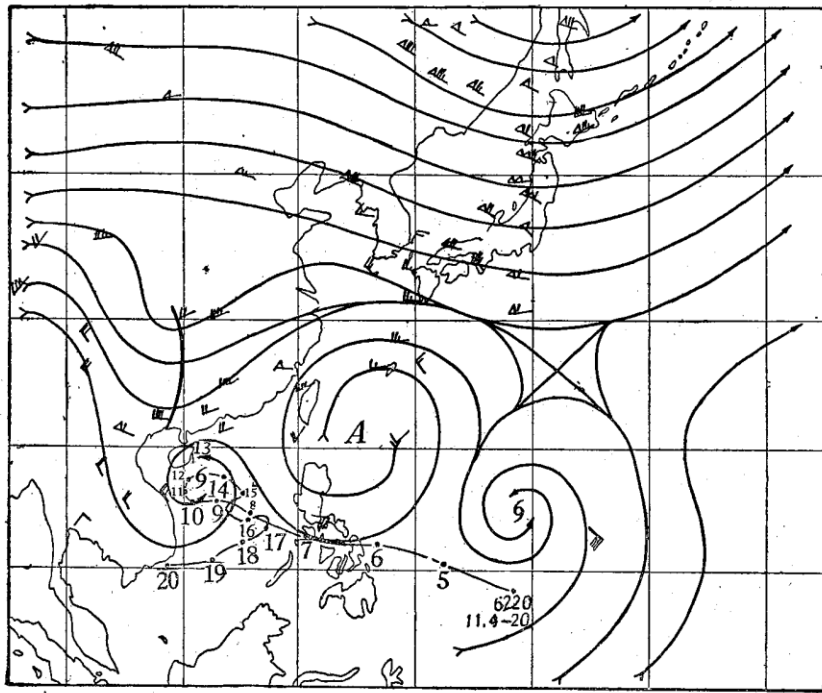


图9.91 1962年11月12日20时500毫巴流线和6220号台风路径

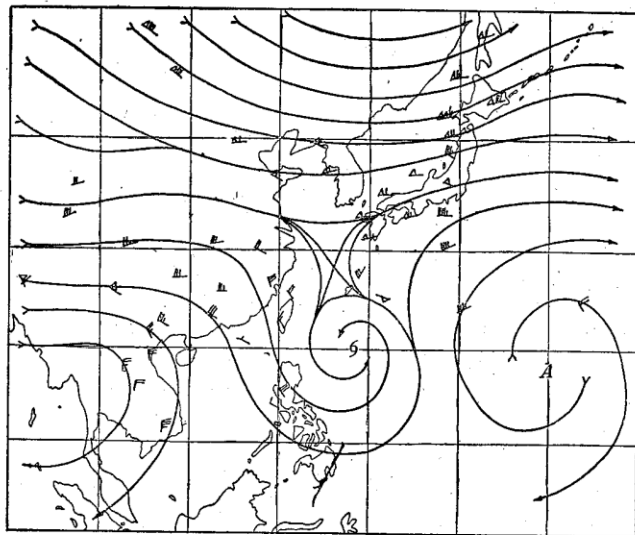


图9.92 1962年11月14日20时500毫巴流线图

9.92), 引导这个南海台风向东南方向移动。从而完成了一个顺时针打转。16日以后东台风转向移走, 南海这个热带气旋在高压南侧偏东气流牵引下移到越南南部沿海消失。

顺时针打转主要是以上三种原因。打转的地理分布很广。图 9.93 表明, 集中分布在两个海域, 即西北太平洋的西南部和南海的中北部, 即图中用黑框标明的地区。

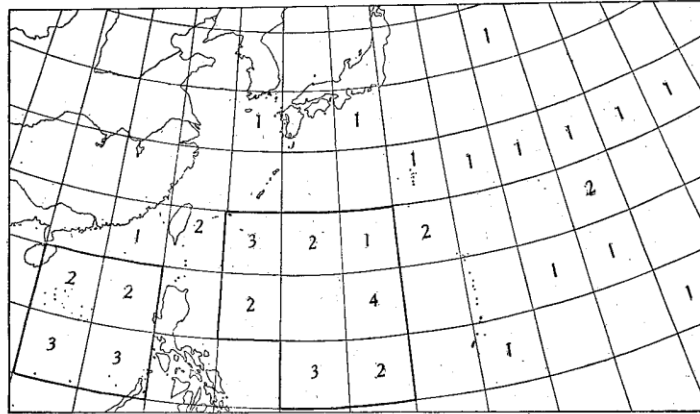


图 9.93 1949—1974 年顺时针打转的地理分布

2. 逆时针打转

在西北太平洋, 逆时针打转的次数远较顺时针多, 1949—1974 年, 逆时针打转 77 次, 顺时针打转 48 次。从表 9.1 可以看出, 平均每 10 个台风中, 便要发生一次逆时针打转, 这是频率最高的一类异常路径。逆时针打转各季都发生, 但 7, 8, 9 三个月是它的高频期。这和这三个月产生多台风的环流特点有关, 多台风同时活动是逆时针打转的重要原因。另外, 强迫流场也是逆时针打转的一种原因。下面, 对这两种原因分别进行讨论。

如果东西同时存在两个台风, 西台风按正常路径向西偏北方向移动, 东台风位于西台风东北方位。则东台风将使西台风西折, 并使它减速。如图 9.94 所示, 西台风所受到的旋转力 F_1 将与恒指西北的内力 I 相互抵消, 地转偏向力 f_1 就需左偏到与气压梯度力 F_2 相反的方向来适应新的平衡(即 f_2)。新平衡适应过程中, 台风移向将比原来的移向 V_1 偏左(即图中 V_2)。另外, 东台风移到西台风东北方位时, 将使太平洋高压脊北抬, 西台风所在地区基本流场的气压梯度力将明显减小, 移速随之减慢。因此东北方位台风在一定距离上出现时, 是西台风突然减速、停滞的重要原因。

当东台风在西台风东北方或北方移过时, 如果两个台风的距离足够近, F_1 将使西台风打一个逆时针的转。图 9.72b 已经对此作了讨论。这是台风逆时针打转最常见的方式。

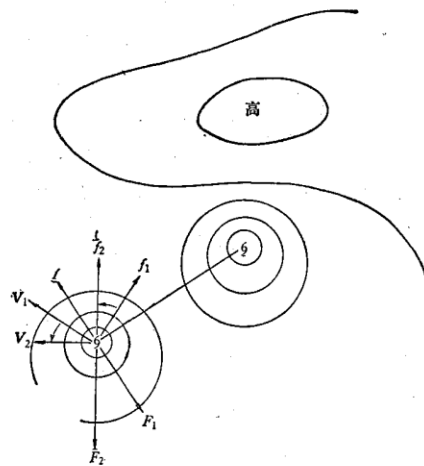


图 9.94 东台风对西台风的西折和减速作用

流场的强迫作用是造成单台风逆时针打转的原因之一。当台风较弱,并位于较强高压的包围之中时,就容易造成台风逆时针打转。例如 6112 号是一个弱台风,其低压于 7 月 17 日生成于菲律宾以东太平洋上,向偏北移动。19 日显著减速,21—23 日打了一个逆时针转。图 9.95 是 22 日高度场,台风处于高压包围的逆时针引导气流之中(图 9.95)。台风的逆时针打转与逆时针引导气流的方向很一致。

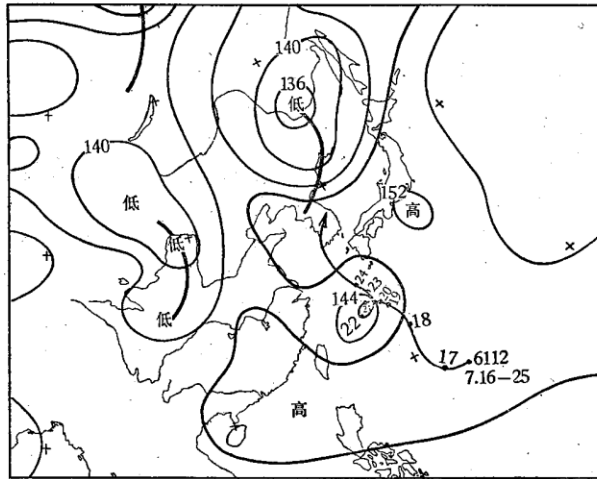


图 9.95 1961 年 7 月 22 日 08 时 850 毫巴高度场和 6112 号台风路径

逆时针打转的地理分布比顺时针打转集中,西北太平洋主要集中在马里亚纳群岛以西的洋面和南海中北部。这在图 9.96 中很明显。与图 9.93 比较,可以看到逆时针打转次数远多于顺时针打转,但在马里亚纳群岛以东的洋面,顺时针打转远比逆时针打转为多。这和这两种打转的原因不同有关。顺时针打转所要求的均匀气压场各海域均可出现,尤其在中太平洋,经常存在太平洋高压的薄弱环节。逆时针打转要求有东台风的作用,因此这种打转发生于西台风,集中在西太平洋的西部甚至南海。

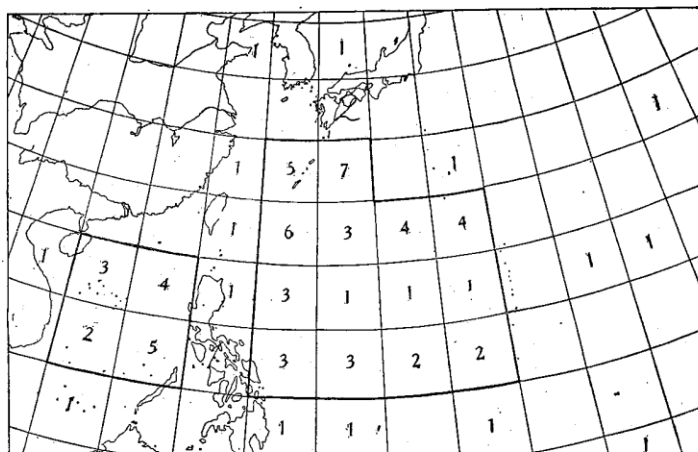


图 9.96 1949—1974 年逆时针打转地理分布

3. 太平洋高压脊的突然衰退

这种情况主要发生于西移台风。当引导台风西移的太平洋高压脊突然减弱时，台风也将突然减速甚至停滞。尤其在台风即将登陆之前，发生这种突变，对预报影响很大。最典型的是1963年12号台风，这个台风于9月12日08时已经移到福建福州市的海边，但突然减速，在那里停滞将近18小时，到晚上还未登陆。直到13日凌晨才在福州附近登陆。另外6306号和7413号台风都在靠近陆地时突然减速。

这类台风减速的原因，就是当台风靠近陆地时，北侧太平洋高压突然衰退。这可以用图9.97来表示，图9.97a是台风受到稳定引导的情况，图9.97b是太平洋高压突然衰退，台风北侧不仅东风减退，而且有浅槽出现。衰退的太平洋高压脊分成两环，特别是大陆上一环(西环)，在台风的行进方向受这环高压东侧西北气流控制，这股气流对台风突然减速起重要作用。6312号台风在福州海边的突然停滞，除上述原因外，还受到一个东台风的减速和西折作用。

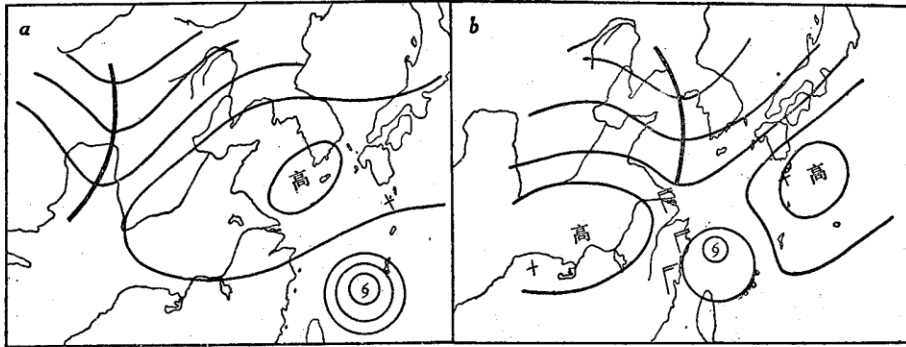


图9.97 台风突然减速模式(一)

华南台风登陆前，也有突然减速和停滞的现象。比较典型的有7012, 7204, 7422, 7424, 7426等台风。华南台风的突然减速除太平洋高压突然减弱外，中纬度冷涡西侧的

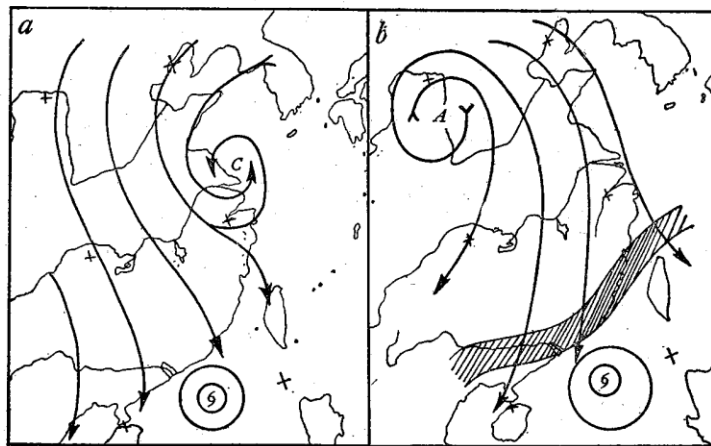


图9.98 台风突然减速模式(二)

阴影区为低层锋区

排斥气流和对流层中下层越过南岭山脉的冷空气对靠近华南海岸的台风均有减速作用。

图 9.98a 是当台风移到华南海边时,突然切断冷涡和形成排斥气流的模式,台风受到这股气流阻挡,将显著减速,甚至后退。图 9.98b 是当台风移到华南海边遇到越过南岭的极锋,使台风突然减速的模式,这时对流层中下层极锋锋区已移到南岭到沿海一带。秋冬季节移到华南沿海突然减速的台风基本上附合这个模式。这一类减速台风距陆地虽然只有几十公里甚至十几公里,减速以后一般不易登陆,并将消失在华南沿海。

台风登陆前的突然减速与上一节中陆地加速效应正好相反。陆地加速效应仅指单纯陆地影响,其前提是台风登陆前后基本流场要稳定。以上讨论表明,当基本流场剧变时,不仅掩盖了陆地效应,甚至可以出现完全相反的(减速)结果。

§ 9.12 大型岛屿诱生作用对台风路径的影响

当台风靠近大型岛屿时,经常可以在某一个方位新生一个对流层低层的低压环流中心,这是岛屿的诱生作用。

诱生低压生成后,台风和它所产生的诱生低压经常表现为下面两种情况:(1)原台风中心消亡,诱生低压中心加强成为新的台风中心,看起来台风发生了跳跃。(2)两个中心都移动或先后登陆。因此,岛屿的诱生作用及其诱生的低压使路径预报复杂化。

台风靠近或穿过我国台湾省时我们对台湾省岛屿的诱生作用作了统计。从表 9.15 可以看出:1949—1974 年,有 62 个台风穿过或擦过台湾省,其中 15 个台风产生了岛屿

诱生低压,47 个台风没有产生。台湾省岛屿对低压的诱生率达 24%,这是一个很高的百分比。尤其 7、8 两月产生诱生低压的概率最高。

经验表明,台风从不同方向靠近台湾省时,产生诱生低压的概率是不一样的。穿过台湾省的台风路径可分为五类(图 9.99)。这五条路径所产生的诱生低压如表 9.16 所示。1 和 4 是从台湾省南部穿过(1 包括擦过南部),2 是穿过中部,3 是穿过或擦过台湾省北部,5 和 4 相反、从西南到东北穿过台湾省。表 9.16 表明,台湾省岛屿

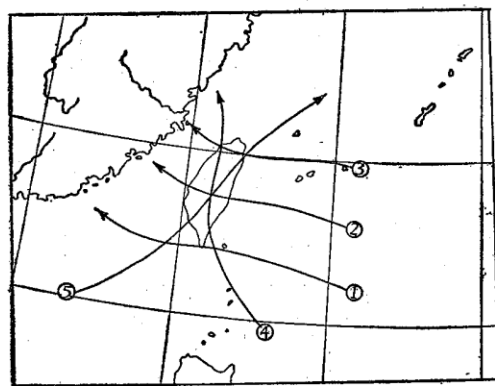


图 9.99 穿过或擦过台湾省台风的五类路径

对穿过南部和中部台风产生诱生低压的概率最高。

表 9.15 1949—1974 年台湾省岛屿所产生的诱生低压数

月	12--3	4	5	6	7	8	9	10	11	合 计
所经台风总数	0	2	2	4	14	16	18	2	4	62
产生诱生低压数	0	0	1	0	5	5	2	0	2	15
不产生诱生低压数	0	2	1	4	9	11	16	2	2	47