

亚洲上空西风带长波槽对西太平洋 台风路径的影响

王志烈

(上海台风研究所)

提 要

本文根据中纬度西风带和副热带地区的环流相互作用,讨论了西风带长波槽出现在亚洲上空几个特定地区时,出现的太平洋副高和台风路径的主要特征。指出,当西风大槽稳定在 90°E 附近时,西太平洋台风几乎总是西行的,对我国威胁最大; 120°E 附近有长波槽时,大多数台风将在海上转向,但这里的低槽突然发展、减弱、更替和倒退,对台风预报有举足轻重的影响;当 150°E 附近有长波槽发展时,由于上游华北和东北地区出现不同的气压系统而对副高和台风路径产生截然相反的作用。各类形势下的台风路径除给出相应的统计数据外,还列举了历史上较难预报的实际例子。

一、引 言

作台风预报时最重要的是预报台风的路径。台风警报的重大失败,几乎都是由于路径报错造成的。台风路径预报的改进要求我们对影响台风运动的气压系统和相联系的大型环流演变过程有比较深入的了解。现在所流行的台风路径客观预报方法还仅限于1—3天的时效,再长一些的预报多半是根据环流分析和气候规律作出的。因此研究中低纬度大型环流的变化规律,对台风路径中期趋势预报有特别重要的作用。正如陶诗言等所指出的,夏季热带和副热带地区可以划分为经向和纬向两种流型^[1]。事实上中低纬度环流是互相影响、互相制约的。纬向流型期间台风路径比较简单,以后将另文讨论^[2]。经向流型盛行期副高的变化大,台风路径也复杂,必须很好研究。我们注意到夏季西风带经向流型期长波槽经常在以下几个地区活动,即 90°E 附近、 120°E 附近和 150°E 附近。就强度而言,由于夏季白令海一带是一主要冷源,这里的长波槽势力最强,我国沿海地区的长波槽次之。而 90°E 附近的长波槽因受青藏高原的热力影响,势力最弱,一般表现为宽槽型式。本文分别对上述地区出现长波槽时,副高和台风路径的特征进行讨论,同时列举一些难度较大或以往在实际预报中曾经引起判断错误的台风实例,可使预报员们从中得到借鉴。

1979年5月12日收到修改稿。

二、90°E附近的长波槽

众所周知, 判别一个台风的路径究属西行还是转向是一个关键。解决这个问题不能局限于台风附近流场的分析, 更重要的是研究大型环流的演变。George 和 Gray^[3] 在研究转向和不转向台风大尺度流场的区别时, 发现 2—3 天前的 200 毫巴已有明显的差别, 也表明台风是否转向主要由大环流决定。经验告诉我们, 当西太平洋上开始有台风活动, 如西风带长波槽稳定在 90°E 附近时, 我们虽不能预测这次台风过程的全部细微末节, 但大体上判定这是一次西行台风是完全可能的, 而最可能登陆的地区是华东南部和华南一带。这是由于夏季北半球西风带长波系统的波长平均为 60 个经度, 此时 120°—130°E 处正是长波脊位置, 副高势力强, 于是热带风暴将受到深厚的东风引导西行。表 1 是 1959—1978 年 20 年里当长波槽稳定在 90°E 附近时台风路径趋势的统计。表中的起始纬度是指台风中心到达第一警戒线^[4]时的纬度。可以看到, 当长波槽在这个位置出现时, 有 94% 的台风是西行登陆的。起始纬度在 20°N 以南时全部登陆, 无一例外。这个事实对预报是有帮助的。下面看一个例子。

表1 1959—1978 年 6—10 月 90°E 附近长波槽与台风路径的关系

台风起始纬度	次 数	西行登陆数	百分率	登陆纬度	海上转向数	百分率
11°—15°	4	4	100	19°—24°	0	0
16°—20°	17	17	100	21°—27°*	0	0
21°—25°	10	8	80	21°—27°	2	20
26°—30°	2	2	100	29°***	0	0
总 数	33	31	94		2	6

* 有一次在 32°N 登陆。 ** 一次在海上消失。

7413 号台风正面侵袭浙江沿海时, 正值天文大潮, 所以影响很大。这个台风 8 月 15 日在日本东南海面上西折后, 一直保持偏西方向移行二千多公里, 于 8 月 20 日凌晨在浙江三门县登陆。在 140°E 以东中心就到 27°N 以北, 可是最后登陆如此偏南的例子不多

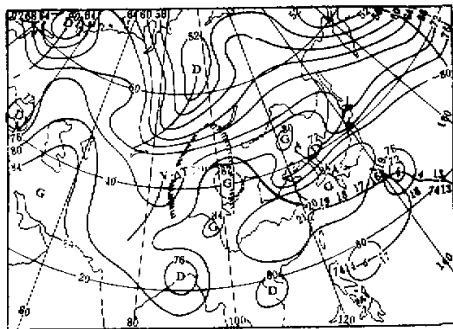


图1 1974 年 8 月 15 日 08 时(北京时间,下同) 500 毫巴图。7413、7414 号台风路径旁的数字为日期, 小黑点为 08 时位置。粗矢为绝对涡度路径

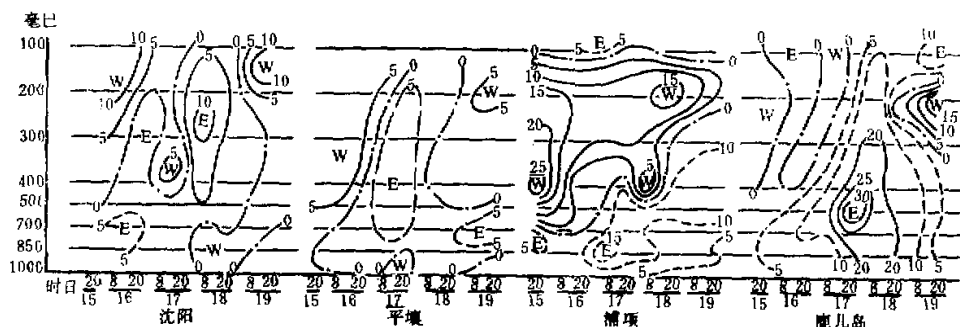


图2 1974年8月15—19日沿图1上AA'线各测站的高空风东西分量时间剖面图

见。7413号台风整个西行过程，正是在 90°E 附近有长波槽稳定的环流背景下发生的。8月15日08时500毫巴图上， 90°E 处的西风带长波槽与印度半岛上空的低槽贯串一起，槽前的偏南气流南北跨度很大(见图1)。根据空气运动的绝对位涡守恒原理

$$\frac{d}{dt} \left[\zeta + f \left(1 - \frac{\phi}{c_0^2} \right) \right] = 0 \quad (1)$$

式中 ϕ 为等压面位势高度， c_0 重力波波速。当槽前空气质块向北流动时，由于 f 增大，必然产生等压面升高和负相对涡度发展。所以槽前河套弱高压未来将要加强。华北上空高压发展的另一个重要因素是强烈的暖平流作用。槽前西南气流经过青藏高原这一强大的热源，使暖平流扩展到华北高压脊的前方，从位势倾向方程中温度平流项对位势高度变化的关系可知，在这种情况下高脊的振幅将会加大。仅过了24小时，长波槽前的暖性反气旋已明显加强。这时暖平流几乎扩展到整个脊区，到17日20时，华北暖高东移到锦州附近，中心强度升到5950位势米。 40°N 以北出现这样强的反气旋是难得的。

90°E 长波槽一直维持到20日，槽前暖高连续加强东移，7413号台风处于这个强大反气旋南侧偏东气流引导下。这可从几天来台风北面沈阳和平壤的高空风东西分量剖面图看出(见图2)。17—18日该两站上空东风层次最深，平壤17日200毫巴以下全是偏东气流，沈阳的东风层厚度以反气旋移近的18日最深，超过7—8公里。可见 90°E 长波槽的稳定使 120° — 130°E 上空强大暖高脊发展和7413号台风北侧大的南北向气压梯度得以维持，这次热带气旋所以稳定西进也易理解了。

三、 120°E 附近的长波槽

我国沿海地区长波槽的发展、维持、摆动和倒退，与海上副高和台风路径的变化息息相关。对这个低槽变化哪怕是细小的分析不当，也往往造成台风预报警报的严重失败。表2是近20年里 120°E 附近长波槽与台风路径关系的统计。总的说来，海上转向的台风多，占80%，西行登陆的占20%。台风中心纬度越低，西行的可能性越大。到第一警戒线上中心在 20°N 以北的台风，登陆的只有十分之一。但就是这几个台风，预报却非常困难。下面举例说明这个地区长波槽的几种发展过程及对台风路径的影响。

表 2 1959—1978 年 6—10 月 120°E 附近长波槽与台风路径趋势的关系

起始纬度	次 数	西行登陆数	百分率	登陆纬度	海上转向数	百分率
$11^{\circ}-15^{\circ}$	5	2	40	$19^{\circ}-22^{\circ}$	3	60
$16^{\circ}-20^{\circ}$	19	5	26	$19^{\circ}-26^{\circ}$	14	74
$21^{\circ}-25^{\circ}$	9	1	10	26°	8	90
$26^{\circ}-30^{\circ}$	12	1	8	$37^{\circ}*$	11	92
总 数	45	9	20		36	80

* 登陆在山东半岛北上,在东北转向。

1. 120°E 上空长波槽的发展引起副热带地区流型的剧变——6618 号台风的转向。

6618 号台风在巴士海峡以东 20°N 处就突然转向,是一次西风带长波槽在 120°E 附近强烈发展而引起副热带流型由纬向急变为经向的典型过程。6618 号台风生成后几天,由于副高纬向,所以稳定西行。直到 9 月 20 日,500 毫巴图上的副高依旧是东西向带状分布(图 3)。可是只过了一天,台风就在同纬度以西 300 公里的海面上急转东北。尽管大型环流可以分析出这是一次转向台风,但转向点如此偏南,发生得如此突然,却是出乎预料的。

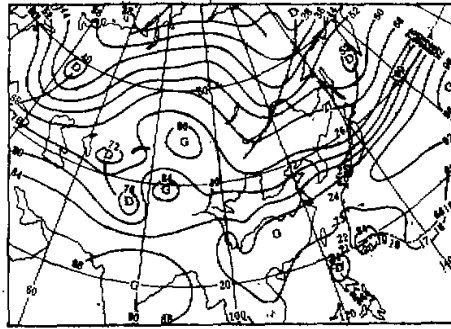


图 3 1966 年 9 月 20 日 08 时 500 毫巴图

研究这次东亚大型环流的调整,需要追溯到上游欧洲地区的变化。早在 17 日,西北欧上空就有一低槽东移,18 日移到 40°E ,振幅逐渐扩大,已发展为一长波系统。从 500 毫巴上急流轴附近算得的平均纬向气流($\bar{U}$)为 20 米/秒,可得这时长波的静止波长为 6000 公里,近 80 个经度。因此可以预期在我国沿海约 125°E 处很快会有一新的西风槽发展。往后我们注意到,在中亚长波脊前的黑龙江上游的低槽,以惊人的速度加深发展,一天时间就伸到 40°N 以南。随着该槽的迅速加深,到 22 日,台风北侧的高压就转变为低槽区,完成了副热带地区从纬向到经向流型的演变。台风北面冲绳和奄美大岛高空风两个分量的剖面图(图 4),可以清楚地反映出长波槽发展引起副热带流型转变过程中台风环境场的改变。20 日和 21 日,两个测站的高空南北分量均弱,主要是偏东风,到 22 日东西风分量突然减小(冲绳 500—300 毫巴层仅为 2 米/秒),同时偏南气流明显增大,于是台风开始北上转向。

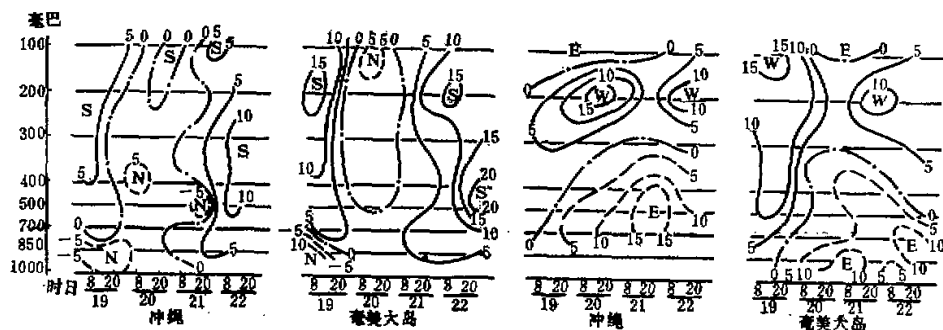


图4 1966年9月19—22日冲绳和奄美大岛高空风东西分量(右部)和南北分量(左部)的时间剖面图(单位米/秒)

2. 我国沿海长波槽内系统的更替,引起副高脊一度西伸——6214号台风过程.

一个长波槽在某一地区维持,总是由于有若干次低槽移出减弱,又有新槽进入补充(正涡度注入)的新陈代谢结果.我国沿海长波槽内这种系统的更替,虽不能影响一次台风总的转向趋势,但对路径的短期预报却十分重要,稍不注意,就会造成预报的严重失败,6214号台风就是一例.9月2日08时,当台风中心到达 130°E 附近时,我国东部沿海上空已有一深厚的西风槽,振幅大,槽后冷平流强,表明未来还要加深(图略).不难判断,这次台风是一转向台风,问题是在哪里转向?一般估计,由于高空低槽已近沿海,所以在海上转向的可能性最大.到4日08时,500毫巴的低槽北段已到朝鲜半岛上空,南段移动不多,稍向低纬伸展(见图5).这时台风移向偏北成分加大,速度较慢,每小时仅7—8海里,正是通常转向过程的特征.所以大多数气象台均预报这次台风即将转向,对沿海地区影响并不严重.可是我们注意到,在长波槽后的华北地区和贝加尔湖以西分别有低槽出现,尤其后者向南发展很快,这是预报员称之为“阶梯槽”的形势.往后48小时内,由于上述两个低槽发展并入长波槽内,长波槽连续出现两次更替过程.每次新的低涡和正涡度从大槽后部进入,槽前都相应地有暖平流和负的相对涡度发展,于是引起副高脊一度西伸加强和长波槽的西退,迫使6214号台风朝西北向移动,中心先穿过台湾而后在福建北部沿海登陆,经浙江西部再转向东北出海.

3. 由于大型环流调整引起 120°E 附近长波槽的连续西退——6205号台风的曲折路径.

120°E 附近长波槽的另一种变化是在大型环流调整过程中出现连续西退,这时低槽附近的台风往往表现为复杂多变的路径,预报难度大,要特别注意,现以6205号台风为例.这次风暴形成后,7月19—20日西行穿过巴士海峡,21日进入高空鞍形场附近,移速慢,呈准静止状态,后又在微弱的偏南气流引导下朝东北移动,由南而北穿越台湾省北上.图6是7月21日20时500毫巴形势,我国东部沿海上空是一深厚的西风槽,它在5天以前就出现在这个地区.分析当时的环流特征,可以看到台风北侧太平洋副高长轴呈东北东—西南西走向,单体还远在 30°N 处.经验告诉我们,这样形势下以后台风路径还会变化,不会就此向东北移出去.还看到沿海长波槽振幅很大.但中纬度西风却不很强,

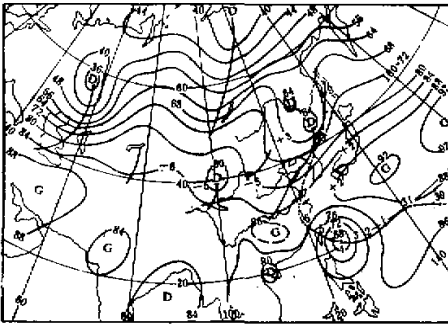


图5 1962年9月4日08时500毫巴图

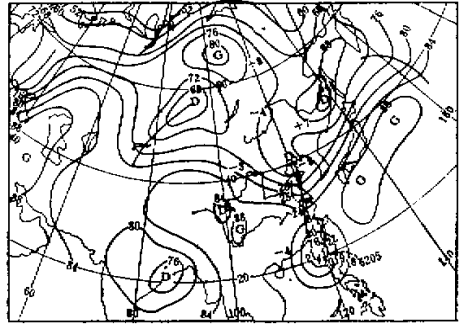


图6 1962年7月21日20时500毫巴图

根据 35°N 附近一支急流, 算得 $\bar{U}$ 值为 $10-11$ 米/秒, 则目前出现的波长和相应的静止波长大体接近或略大些。影响气压系统移动的涡度平流由两项决定^[5],

$$V_s \cdot \nabla \left(\frac{1}{f_0} \nabla^2 \phi + f \right) = V_s \cdot \nabla \left(\frac{1}{f_0} \nabla^2 \phi \right) + v_s \frac{df}{dy} \quad (2)$$

而这两项的作用是相反的。由于实际低槽振幅大, 所以第二项行星涡度平流超过第一项相对涡度平流而引起沿海长波槽倒退。槽后大范围降压也表示出这个趋势。往后两天内, 东亚上空的环流出现了明显的调整: 沿海槽开始西退, 我国东部海上等压面显著升高; 两天内 $125^{\circ}-130^{\circ}\text{E}$ 间的副高脊线向北移动了 6 个纬度。随着槽前副高脊向西扩张, 6205 号台风向东北移动了一天多以后, 又折向西北, 于 23 日后期在浙闽交界处登陆。应该指出, 120°E 附近长波槽的后退是和亚欧上空大型环流调整分不开的, 亚欧地区西风带波数, 因上游 70°E 处有新的低槽楔入长波脊里而开始增加, 波长也相应缩小, 环流趋向纬向发展。这次台风路径所以复杂多变, 正是和大型环流调整紧密联系的。

四、 150°E 附近的长波槽

夏季从日本以东到白令海一带是一强大冷源, 最有利于长波槽发展。这个系统尽管地处下游方向, 但对太平洋副高和台风路径有密切关系。我们曾遇到一些非常难报的台风, 就是在 150°E 附近有长波槽发展的环流背景下发生的。根据这个地区长波槽发展对副高和台风路径的影响, 大体上可区分为两类不同过程。一是这个长波槽引起日本附近上空副高单体的全面崩溃, 台风会在人们预想不到的偏东洋面上转向, 如 6907、7507、7119 等台风便是例子。另一类过程是由于这里大槽加深的“锚槽”作用, 从而使日本一带副高东移受阻, 甚至加强西伸, 这时太平洋台风在偏东气流引导下西进侵袭我国大陆, 如 6906、7207 和 6007 等台风过程。这两类不同过程的关键是华北和东北地区高空流场的差别。若在 150°E 附近长波槽发展时, 上游华北和东北一带有冷槽东移, 则日本附近的副高因受到正涡度的入侵而发生解体, 这便是第一类过程。反之华北一带如系暖性高压脊向东传播, 海上副高西侧由于得到负涡度和暖平流的补充会西伸加强。于是成为第二类过程。表 3 是 150°E 长波槽上游第一个西风槽位与台风路径的关系, 当上游低槽出现

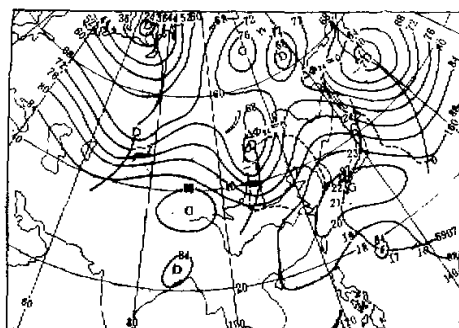


图7 1969年8月17日20时500毫巴图
断线为变高零线

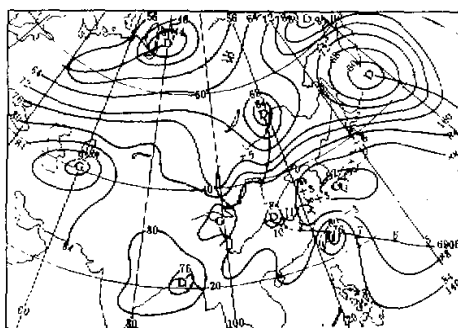


图8 1969年8月7日20时
500毫巴图

在 105°E 以东时,有 93% 的台风在海上转向。低槽在 105°E 以西时,除 1 次海上转向外,其余都是西行登陆台风。下面举例说明这两类天气过程。

表3 1959—1978年3—10月 150°E 附近长波槽的上游第一槽位与台风路径关系

上游第一槽经度	次数	西行登陆数	百分率	登陆纬度	海上转向数	百分率
85°E 以西	8	8	100	$19^{\circ}-39^{\circ}$	0	0
$85^{\circ}-104^{\circ}\text{E}$	10	9	90	$22^{\circ}-37^{\circ}$	1	10
$105^{\circ}-125^{\circ}\text{E}$	15	1*	7	20°	14	93

* 这次西行台风(7818)中心位置很南,到第一警戒线时只有 12°N 。

1. 150°E 长波槽发展引起副高崩溃——6907号台风。

图7是1969年8月17日20时500毫巴图,图上可以看到一个非常有趣的现象,6907号台风的后期路径正好穿过现在强大的副高中心。还可以注意到,尽管现在副高中心位于 30°N 以北,脊线距台风中心10个纬度以上,可是台风的转向点却出现在 27°N 以南。这些事实清楚地表明往后几天里东亚上空的环流有一次大的调整,副高向南方全面崩溃转移。图上在 $150^{\circ}-160^{\circ}\text{E}$ 之间已经有一个深厚的西风槽在发展,只一天多,低槽就伸到 30°N 以南的副热带地区,槽线以西明显的气旋性曲率和负变高,表明未来这个长波槽将在原地继续发展,甚至可能稍向西退。另外在河套以东又有一低槽东移,相应的负变高和正涡度平流出现在脊槽前。这样日本上空的副高脊两侧同时受到正涡度和冷平流的侵入,强度将明显减弱。到19日20时,原来在河套东面的西风槽已移到日本海西部,逐渐与东面准静止的长波槽靠拢,两天前还很庞大的副高至此仅剩下一南北向的狭长高脊,主要部分已经转移到台风以南。这时台风周围的基本气流是以南风为主了,因此台风就开始北上转向。

2. 150°E 长波槽发展引起副高西伸——6906号台风。

日本以东洋面的长波槽发展时,上游华北和东北上空有暖高脊东移迭加在副高上而使副高西进,结果引起6906号台风始终稳定地向西北方移动,在福建北部登陆后在大陆上

消失。图 8 是 8 月 7 日 20 时的 500 毫巴天气图, 图上 150°E 附近的长波槽是 5 日 20 时日本海的短波槽东移到这一带冷洋面上突然加深的。它发展时, 槽后强烈的冷平流使副高东侧明显降压, 原来河套以西相当深厚的低槽由于它上游 90°E 附近的低槽东移加深而有所减弱, 槽底向北明显收缩, 华东北部和黄海一带普遍出现加压。因此, 太平洋副高和 6906 号台风同步西进, 两天向西移动了 15 个经度。这个例子再次告诉我们, 在作台风预报时, 必须认真分析西风带和副热带之间以及上下游环流系统之间的相互关系, 孤立地看待一个系统是难以得到正确结论的。

五、小 结

作台风路径的预报重要的是正确分析大型环流系统的演变, 无论是判断一次台风过程的总趋势, 还是预报路径的短期变化都是如此。

由于西风带和副热带流型间存在着相互制约关系, 在经向流型期间可以通过亚洲上空几个特定地区西风带长波系统及其特征来掌握热带气旋的活动规律。 90°E 上空有长波槽稳定时, 西太平洋台风路径几乎总是西行在我国登陆。要极其小心地分析 120°E 附近长波槽的稳定、发展、更替和后退等各种过程, 简单地认为这里有长波槽出现台风就会转向是错误的。 150°E 附近的长波槽的发展对西太平洋副高和台风有截然不同的两种影响。关键在于上游华北和东北地区流场的差别。

最大的困难是预报大型环流的调整。有关气象长波的理论有助于我们判断调整过程的发生。对历史上一些典型例子的分析也很有教益。

参 考 文 献

- [1] 陶诗言、徐淑英、郭其蕴, 夏季东亚热带和副热带地区经向和纬向流型的特征, 气象学报, 32(2), 1962.
- [2] 王志烈, 夏季阻塞流型盛行期的台风路径特征(待发表).
- [3] George, J. E., and Gray, W. M., Tropical cyclone recurvature and nonrecurvature as related to surrounding wind-height fields, *J. Apply. Meteor.*, 16, 34—42, 1977.
- [4] 上海中心气象台, 西太平洋台风路径中期预报程序, <1972 年台风会议文集>, 上海人民出版社.
- [5] Holton, J. R., An introduction to dynamic meteorology, 1972.

THE INFLUENCE OF THE WESTERLY BELT LONG-WAVE TROUGH OVER ASIA ON THE WESTERN PACIFIC TYPHOON TRACKS

Wang Zhi-lie

(*Shanghai Typhoon Institute*)

Abstract

The relationship between the main characteristics of the Pacific subtropical high and typhoon tracks during the occurrence of the westerly belt long-wave trough over some specific regions in Asia is discussed according to the interaction between the mid-latitude westerlies and the circulation system in the subtropical region. It is noted that when a large westerly trough is staying near 90°E , nearly all the Western Pacific typhoons move westerly, which would be dangerous for our country. When there exists a long-wave trough near 120°E , most typhoons would turn on the ocean. However, in this case any sudden development, decaying, alternation or retrogression of the trough are of great importance for the typhoon track forecast. When a deep cold trough develops near 150°E , completely different effects on the subtropical high and the typhoon tracks would occur due to the different pressure systems over the Northeast of China. Statistical data corresponding to the typhoon tracks under various synoptic situations are summarized and examples which were difficult to forecast in history are given as well.