

刘爱鸣,林毅,吴幸毓. 台湾岛及邻近区域热带气旋异常路径特征分析[J]. 气象,2010,36(9):29-35.

台湾岛及邻近区域热带气旋异常路径特征分析^{*}

刘爱鸣 林 毅 吴幸毓

福建省气象台,福州 350000

提 要: 利用热带气旋资料和天气图、卫星云图等观测资料,统计分析了 1949—2008 年入侵台湾岛及邻近区域的热带气旋出现的各类异常路径的时间、空间分布规律及成因。结果表明,异常路径的形成是环境流场和台湾地形共同作用的结果,在特定的环流形势下,台湾地形的影响,导致入侵这一带区域的热带气旋结构及其周围的气压场和流场发生变化,并可能诱生出地形槽或低压。热带气旋出现左折、右折、打转和诱生低压发展取代原热带气旋的异常路径,发生在不同地点的异常路径,地形和环境作用的主次关系不同。

关键词: 台湾岛,热带气旋,异常路径

A Statistical Analysis of Unusual Track Characteristics of Tropical Cyclones Passed or Close to Taiwan

LIU Aiming LIN Yi WU Xingyu

Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350000

Abstract: A statistical analysis of the causes, the spatial and temporal distribution characteristics for unusual tracks of tropical cyclones (TC) passed or close to Taiwan is performed, from 1949 to 2008, using tropical cyclone data and observational data, such as synoptic chart, satellite cloud picture and so on. The result reveals that the consociation of ambient fields and the Taiwan topographic forcing results in unusual tracks. In specific ambient fields, the Taiwan topographic forcing leads to changes in the structure of TC entering into this area, as well as the fields of pressure and wind around, and probably causes induced topographic trough or depression. The topographic forcing and the ambient fields play different roles in the unusual track, primary or secondary, when the TCs turn left, turn right, loop or are replaced by the induced depression, while the abnormality occurs in different regions.

Key words: Taiwan Island, tropical cyclone (TC), unusual track

引 言

台湾岛中央山脉主峰高达 3.4 km 以上,对入侵台湾岛及邻近区域的热带气旋(以下称 TC)造成独特的影响,不仅使其结构发生变化,运动速度和方向也会发生改变,常常出现路径的突然转折、跳跃和打转等异常路径。路径发生异常,将影响 TC 再次登陆大陆时间和地点的预报,甚至因路径预报失

败而导致灾害。因此台湾岛地形对 TC 运动影响的探讨,一直是 TC 研究者关注的问题。罗哲贤等^[1]用准地转正压模式研究台湾岛地形对台风移动路径作用,指出台湾岛地形使台风最大风速区向中心靠近而造成的结构变化可能是路径右偏的原因。孟智勇等^[2]的数值研究表明,台风接近台湾岛时,会在岛屿的另一侧诱生涡旋,在适当条件下,原台风的低层中心因地形的阻挡减弱,高层中心移过岛屿,与低层

^{*} 国家自然科学基金项目“海峡地区热带气旋结构和强度异常变化多尺度动力机制研究”资助
2009 年 8 月 27 日收稿; 2010 年 5 月 1 日收修定稿
第一作者:刘爱鸣,主要从事天气预报与服务. Email:amil@163.com

的诱生涡旋重合,使诱生涡旋得以发展加强而代替原台风。陈联寿^[3]研究指出,弱环境引导下 TC 不仅会受到其内部结构以及不同尺度系统相互作用的影响,地形效应也是一个十分重要的影响因子。TC 异常路径成因复杂,很难用统一的模式来概括,是业务工作中的难题之一。目前,数值预报还很难做出异常路径的预报^[4-5]。只有在数值预报的基础上,依靠常规的天气学分析和丰富的预报经验,才能做好路径的预报。本文主要统计分析 1949—2008 年入侵台湾岛及邻近区域的 TC 出现的各类异常路径的时间、空间分布规律及可能成因,为正确判断 TC 入侵台湾岛及邻近区域时路径是否出现异常提供气候背景,以提高近海 TC 路径预报准确率。

1 异常路径类型

TC 资料来自上海台风研究所提供的检索系统,研究区域为 21°~26°N、118°~124°E 范围。

分析 1949—2008 年进入规定区域的 TC,归纳为 5 大类异常路径(不包括在海面上回旋路径,因其主要由环流形势导致)。

- (1) 左折类:前后 12 小时平均移向角度差左折 $\geq 30^\circ$ 。
- (2) 右折类:前后 12 小时平均移向角度差右折 $\geq 30^\circ$,且右折后移向不为东北。
- (3) 曲折类:同一 TC,在研究区域内,不分先后,既出现左折,也出现右折,且右折后移向不为东北。
- (4) 诱生低压类:TC 在研究区域内出现诱生的地形低压。
- (5) 打转类:TC 在研究区域内打转。

同时规定,上述各类与诱生低压同时出现时,归为诱生低压类;左折、右折或曲折与打转同时出现时,归于打转类。

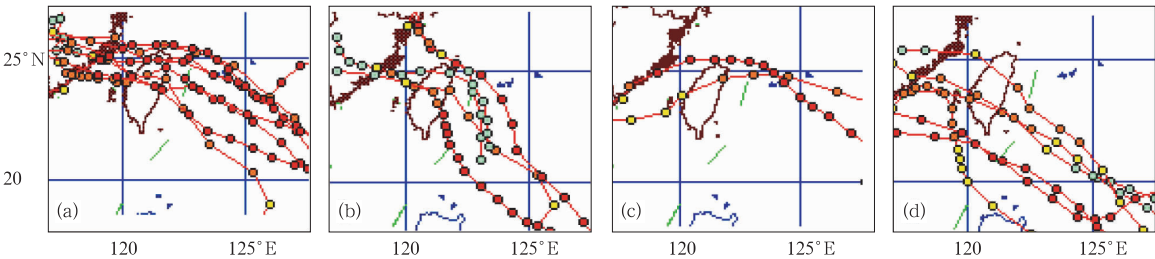


图 1 左折类路径示意图
Fig. 1 Turning left tracks of TC

2 时间和空间分布特征

1949—2008 年 60 年进入研究区域的 TC 为 323 个,出现异常路径共 115 例,占总数的 35.6%;进入研究区域的 TC 年平均 5.38 例,出现异常路径年平均 1.92 例。由表 1 可见,左折类最多,占异常路径总数 40.5%;其次是右折和诱生低压类,分别占总数 21.6%和 20.7%;曲折类最少。

2.1 时间分布

5 月到 11 月均有可能出现异常路径,但主要集中在 7—9 月,占总个例的 87.8%。7 月最多,8 月次之。左折主要出现在 7 月和 8 月,副高年内相对较强阶段;右折和诱生低压出现的月份分布很广,与副高变化和冷空气活动都有关系;打转主要出现在 9 月,此时台湾一带为冬季风与夏季环流场之过渡区,其上空常为鞍形场,引导气流弱或多变。上述各类异常路径的月分布表明,研究区域内异常路径的出现,除与地形有关,还与大气环流形势密切相关。

表 1 研究区内 TC 异常路径月分布
Table 1 Monthly distribution of unusual TC tracks in research region

月份	5	6	7	8	9	10	11
左折 47	0	4	17	17	9	0	0
右折 25	0	3	9	4	7	2	0
曲折 9	0	0	4	2	3	0	0
诱生低压 24	1	0	10	9	2	0	2
打转 10	0	1	2	2	4	1	0
总数 115 个	1	8	42	34	25	3	2

2.2 空间分布

(1) 左折类:由图 1 可见,左折类的转折点主要集中在台湾岛东北部和东北部的近海处,共 18 例,占 38.3%,按路径又可分为西北、北和倒抛物 3 类。

西北行路径共 9 例,由西北转折为西(图 1a);北行路径共 7 例,由北转折为西-西北(图 1b);倒抛物路径仅 2 例,由西转折为西南(图 1c)。另有 12 例左折点在台湾海峡(图 1d),有 7 例左折点在台湾岛南部到巴士海峡,还有 10 例 TC 是从南海东北部向东北方向移动,在台湾岛南部转向偏北方向移动,最后

转向或近海消失。

(2) 右折类:右折类的转折点主要集中在三处,一是台湾海峡,共 9 例(图 2a);二是台湾岛南部,共 5 例(图 2b);三是台湾岛东南部,共 8 例(图 2c),各占右折类的 36%、20%和 32%。另有 3 例发生在台湾岛东-东北部。

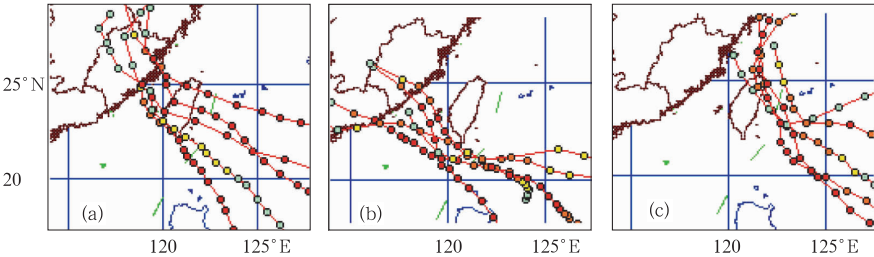


图 2 右折类路径示意图
Fig. 2 Turning right tracks of TC

(3) 曲折类:曲折类分为先左折后右折和先右折后左折 2 种。有 6 例是回旋北上,分别发生在台湾海峡和台湾东岸;有 2 例在台湾东北部左折,在台湾西岸右折,1 例在台湾东南部右折,在台湾东北部左折。路径中的转折点主要集中在台湾岛东北部近海和台湾岛西岸到台湾海峡。台湾岛东北部近海多出现左折、台湾岛西岸到台湾海峡多出现右折。

陆大陆共 75 例,占总个例的 65%。

(4) 诱生低压类:24 个个例中,左折 6 例、右折 5 例、打转 1 例、新旧 TC 替换 7 例,无影响 5 例。左折的转折点集中在台湾岛东北部;右折的转折点集中在台湾岛南部;打转的 1 例发生在海峡南部。替换 7 例中 5 例是原 TC 在台湾岛东南部减弱,诱生低压在台湾岛西北部生成并发展取代了原 TC,TC 路径右折。1 例是原 TC 在台湾岛东北部减弱,诱生低压在台湾岛西南部生成并发展取代了原 TC,TC 路径左折。1 例是原 TC 在台湾岛中部登陆减弱,诱生低压在台湾岛南部生成并发展,北上中取代了原 TC。

表 2 各类异常路径的路径趋势										
Table 2 Tendency of unusual TC tracks										
	登 台	登 台 入 闽	登 台 入 广	登 台 入 浙	登 闽	登 广	登 浙	西 行	转 向	消 失
左折	47	6	12	3	0	10	4	2	3	4
右折	25	9	7	0	1	2	2	1	0	1
曲折	9	2	2	0	0	2	0	0	0	2
打转	10	2	8	0	0	0	0	0	0	0
诱低	24	5	9	1	2	2	5	0	0	0
总数	115	24	38	4	3	16	11	3	3	6

(5) 打转类:仅 1 例顺时针打转,发生在台湾东部,顺时针打转后登陆;9 例逆时针打转,其中 1 例在台湾西北部打转,8 例在花莲以北沿海登陆打转。

2.3 路径趋势

由表 2 可见,115 例异常路径中,登陆的有 99 例,占 86%,其中登陆台湾最多,有 69 例,占 60%;其次是登陆福建,有 54 例。登陆台湾后,最大可能再次登陆福建。登陆台湾后再次登陆大陆和直接登

3 成因分析

3.1 左折类

发生在台湾岛东北部和东北部的近海区域的左折,主要由地形作用造成,如趋岸左折、与地形诱生低压的互旋、旧 TC 被其西南面新 TC 替换等;发生在台湾岛西部的左折主要是环境场的改变,如大陆高压加强、与热带云团互旋、双 TC 作用等。

3.1.1 趋岸左折

当 TC 移近台湾岛东北部时,由于前进方向的环流受岛屿摩擦加压,气压场发生不对称结构变化,导致前进的相反方向产生一个气压梯度力增量,从而使 TC 产生一个向南移动的增量,原来移向与增量的合成,地形作用使 TC 移向左偏折^[6]。当然,并非所有移近台湾东北部的台风都会发生左折,与环境场也有密切关系。一般发生在当 TC 东北侧副高

比较稳定时,TC 在向西北方向移动中其东北方位的等高线将更加密集,这种不对称结构有利于 TC 移动的偏西分量加大,环境场的引导气流增强了 TC 的趋岸左折运动,如 0713 号台风韦帕,由图 3 可以看到,台风韦帕在向西北方向移动靠近台湾岛时,由于副高的稳定,其东北方位的等高线更加密集,环境场的引导气流增强了台风韦帕的趋岸左折运动。这也是大部分左折集中在台湾岛东北部和东北部的近海的原因。

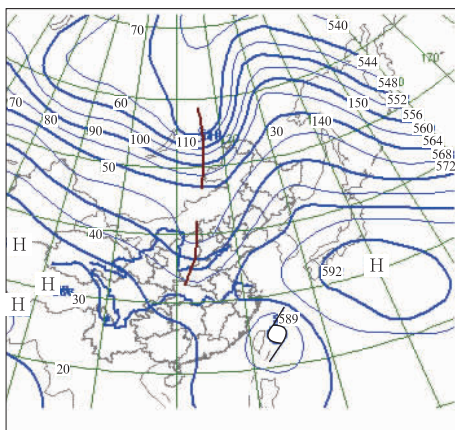


图 3 2007 年 9 月 18 日 08 时 500 hPa 高度场
Fig. 3 500 hPa geopotential height
at 0800 BT 18 September 2007

3.1.2 环境流场的影响

TC 处在海洋和大陆各有一环高压中心的环流下,引导气流的主体由副热带高压向大陆高压转换,路径左折。特别是大陆高压中心南落,沿海为强盛的偏北气流时。分析表明如 TC 中心西北侧大约 5~6 个纬距以内 700~500 hPa 出现一支风速大于 $12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的东北气流时,台风将向西南方向移动。如 0418 号台风艾利。

3.1.3 热带云团的作用

热带云团实际上是一个热带低压,研究表明:它与 TC 相距在一定的距离时,也可能与 TC 发生互旋作用,对 TC 移向产生一定影响,致使 TC 在外围流场没有明显变化的情况下,TC 路径突然发生转折,形成 TC 中心移向与流场不一致的疑难路径。当 TC 南侧或西南侧有热带云团发展,并逐渐向 TC 中心靠近,两者达到一定距离时,则云团与 TC 将发生互旋,导致 TC 左折。热带云团与 TC 互旋造成台风路径的突折只是暂时现象,云团作用消失后,TC 又将恢复到原来的路径^[6]。如 8921 号台风,卫

星云图上可以清楚看到,1989 年 9 月 10 日南海季风云系明显发展,10 日 20 时在 8921 号台风西南侧 8.3 个纬距处有一云团在发展,正是这个云团的存在,与 8921 台风形成气旋性旋转,使 8921 号台风发生西折(图 4)。

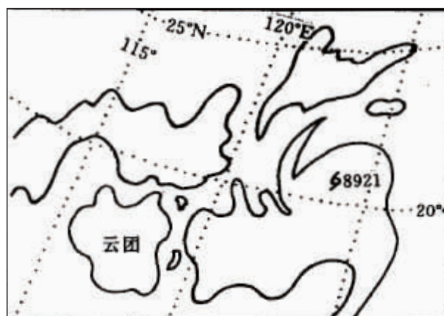


图 4 1989 年 9 月 10 日 20 时云图示意图
Fig. 4 Satellite cloud sketch at
2000 BT 10 September 1989

3.2 右折类

发生在台湾海峡和台湾岛南部的右折,主要由地形作用造成,如地形槽或地形诱生低压的吸引、旧 TC 被其西北面新 TC 替换等;发生在台湾岛东南部的右折,主要是台湾岛地形使台风结构发生东西不对称变化导致^[1,7]。发生在其他区域的右折,主要是环境场的改变,如副高减弱、东风波的作用、西南季风的加强等导致。

3.2.1 台湾地形槽的吸引作用

在台湾岛南部西行或西北移的 TC,台风外围流场在台湾地形作用下,会在台湾海峡诱发出台湾地形槽,这种情况一般是发生在副高呈东西向带状分布的形式下,强的偏东气流更易诱发地形槽,地形槽可发展到 700 hPa。一旦地形槽发展,地形槽东侧的东南风加强,TC 移到接近地形槽的东南方时,受东南气流引导,移向右折。如 8516 台风生成后处在强大的东西向带状副热带高压南侧,稳定向偏西方向移动,进入巴士海峡,以此方向移动应在广东登陆,由于台湾地形槽的形成,TC 在海峡南部折向西北方向移动(图 5)。

3.2.2 东风波的作用

东风波对 TC 疑难路径的影响有两种情况^[7]:一是在东风波内形成的 TC。东风波具有范围小、强度强的特点,因而具有向偏北方向移动的趋势。同时,东风波云型多为南北向的,说明其涡度长轴方向

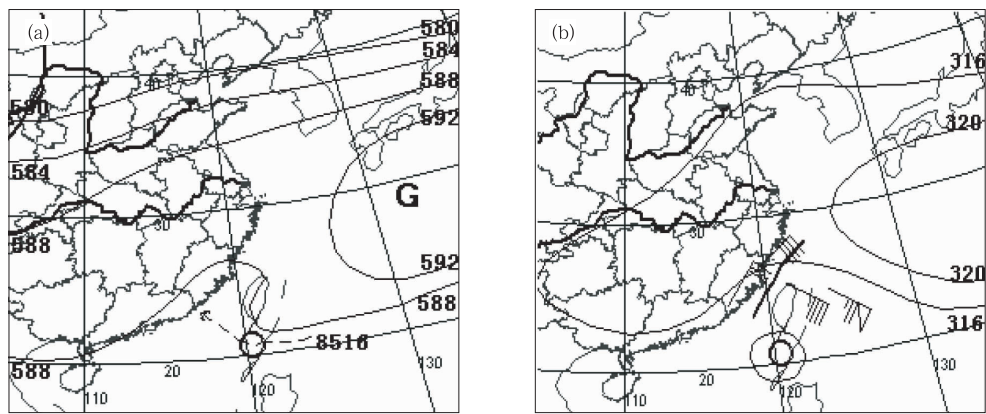


图 5 台湾地形槽的吸引作用示意图(1985 年 9 月 16 日 20 时)
(a) 500 hPa; (b) 700 hPa
Fig. 5 Sketch of attraction by Taiwan topographic trough (at 2000 BT 16 September 1985)
(a) 500 hPa, (b) 700 hPa

是南北向的,也有利于其移向偏离实际流场而朝偏北方向移动。二是由东风波西移叠加在其南侧 TC 上。当有个东风波自西向东移,正好叠加在 TC 的北侧,其后部的强偏南气流引起 TC 路径右偏。

3.3 诱生低压类

3.3.1 诱生低压维持时间与 TC 路径关系

研究区域内生成的 24 例诱生低压,有 7 例发展成 TC 并取代了原 TC。余下的 17 例诱生低压未发展成 TC 并与 TC 短时间共存,其中维持时间最短 6 小时,有 4 例;维持 18 小时最多 7 例;>24 小时 3 例,最长达 66 个小时。其中维持时间 6 小时的 4 例诱生低压,有 3 例对 TC 路径没有造成影响。>24 小时 3 例,有 2 例对 TC 路径没有造成影响。其余 10 例维持 12~24 小时,对路径都有影响。

3.3.2 TC 路径与诱生低压位置关系

诱生低压多数出现在台湾西部和台湾海峡(21 例),其中最多的是在澎湖列岛附近,其次是台中—新竹沿海地带;只有 3 例出现在台湾东侧。以台北到高雄的连线和 24°N 纬线分区,分析经过各区 TC 与诱生低压关系表明,经过台湾岛东南部海域的

TC 产生的诱生低压最多,有 15 例,其诱生低压大多数出现在 TC 的西北部,台南—新竹近海(13 例);少数在西南部,台南—恒春近海(2 例);经台湾岛东北部的 TC 仅 2 例,诱生低压均在台湾东南方近海;经过台湾岛西北部的 TC 有 4 例,诱生低压均在台湾岛西南方海面;经过台湾岛西南部的 TC 有 3 例,诱生低压均在台湾岛西北方近海。诱生低压的出现,一般都会对 TC 路径造成影响,由表 3 可见,当诱生低压位于 TC 北部时,TC 路径多右折;当诱生低压位于 TC 南部时,TC 路径多左折。它们间的相互作用表现为:当 TC 和诱生低压共存时,相互间互旋或吸引,可使 TC 路径左折(图 6a、图 6b)或右折(图 6d);当原 TC 消失被由诱生低压发展的新 TC 所取代时(图 6c),路径上表现为不连续的向左跳跃,如 9018TC 或向右跳跃,如 8403TC。

表 3 诱生低压位置与路径统计
Table 3 Statistics of induced depression positions and TC tracks

	右折	左折	正常	总
低压在 TC 北	10	3	3	16
低压在 TC 南	1	5	2	8

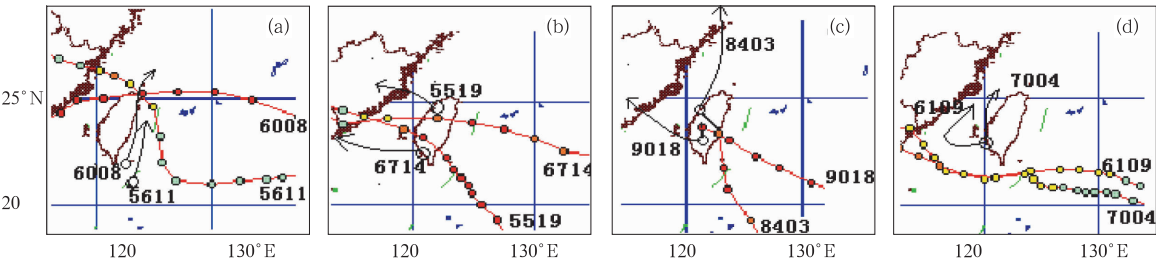
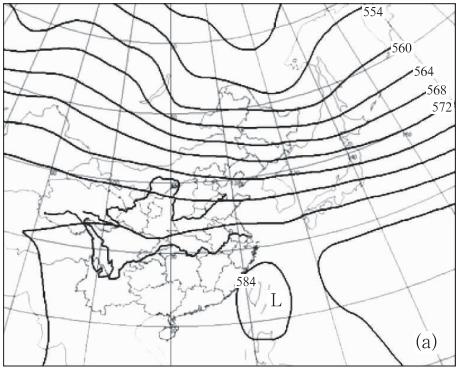


图 6 TC 与诱生低压相互运动示意图
Fig. 6 Sketch of inter-movement between TC and induced depression

3.4 打转类

3.4.1 地形作用

打转 TC 大部分都是在花莲以北登陆,这与地形有很大关系。当 TC 中心位于台湾的东北部时,其中心南侧偏西气流越过台湾中央山脉时在山脉东侧低层出现减压,产生背风坡低压。同时气流沿背风坡下沉增温也使气压降低。背风坡低压的强弱与过山气流的强弱有关,过山气流越强,产生的背风坡低压也越强。这个由地形作用产生的背风坡低压对 TC 的中心有吸引和牵制作用,使 TC 中心南折,TC 中心向南折后,所牵带的台风中层环流在其北部西侧也会产生下沉减压,并在 TC 的西北部形成次生低压,使 TC 中心再度转向北上,完成打转的过程。



3.4.2 登岛打转台风形势场特征

并非过岛的 TC 都会出现路径打转,只有在特定的环境流场下,地形作用才能显现出来^[8]。分析登岛打转 TC 的环境流场表明(图 7a),台风靠近台湾岛时,500 hPa 欧亚中高纬度多数为两槽一脊,脊位于贝加尔湖,我国东部沿海到朝鲜半岛为槽,槽为东移北缩,580 线与 120°E 经线的交点的纬度在 35°~40°N。副高分为两环,分别位于大陆的华中地区和日本海,东环副高西脊点在 130°E 附近,脊线在 28°N 附近;陆上高压中心偏弱,在 110°E 附近,有时仅为高压环流。TC 处于两高之间的鞍形场中,逐渐由受其东侧海上副高南侧东南气流控制转受其西侧大陆高压南侧东北气流控制,登岛过程中偏东风的引导气流较弱。在这种引导气流较弱并变换的环

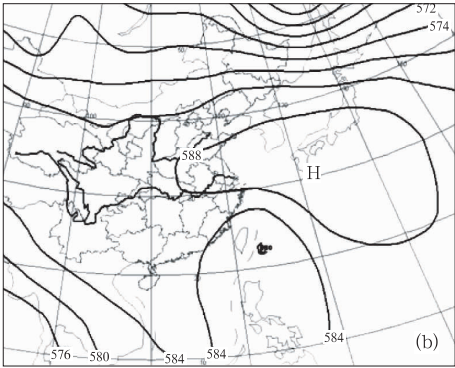


图 7 500 hPa 高度场平均合成图
过岛打转台风(a)和顺利过岛台风(b)
Fig. 7 Synthetic analysis of 500 hPa geopotential height
(a) tropical cyclone looping, (b) passed through Taiwan

境场中,TC 前进方向遇台湾中央山脉的阻挡,地形的影响作用就突显出来。

顺利过岛 TC 的形势场有明显的差异(图 7b),欧亚中高纬度环流平直,副高成带状且稳定,台风北侧偏东气流强,台风在强的偏东气流引导下顺利过岛。

3.4.3 登岛打转台风物理量场特征

台风登岛出现打转、滞留与台风周围物理量场分布特征有关^[8]。打转、滞留台风其运动左前侧的台湾海峡南部海区存在高能、不稳定和强上升运动中心(图 8),由于高能、不稳定和强上升运动必然导

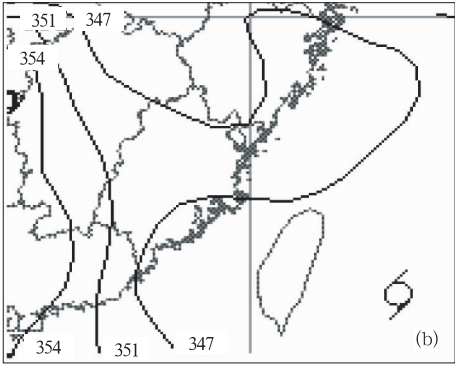
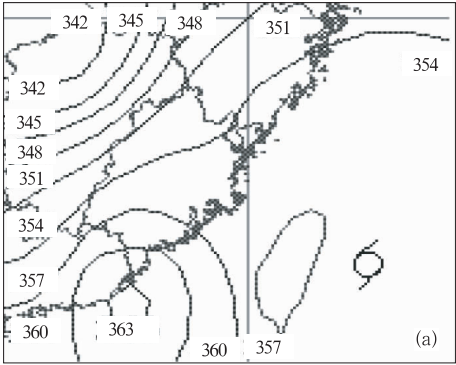


图 8 925 hPa θ_w 场(单位:K)
过岛打转台风(a)和顺利过岛台风(b)
Fig. 8 The 925 hPa θ_w fields (unit: K)
(a) tropical cyclone looping, (b) passed through Taiwan

致对流发展加强,卫星云图上可见这一区域有对流云团发展,对登岛台风运动造成较强烈的“吸引”作用,使台风发生打转、滞留。

4 小 结

(1) 由于台湾地形的影响,入侵这一带区域的热带气旋可能出现左折、右折、打转和诱生低压发展取代原热带气旋的异常路径。异常路径几率35.6%,年平均1.92例。出现在5月到11月,主要集中在7—9月。异常路径中,65%会登陆大陆,所以做好此类TC路径预报非常重要。

(2) 左折路径转折点主要集中在台湾岛东北部和东北部的近海,此处左折地形作用为主,环境作用为次。主要由于在TC东北侧副高稳定的形势下,地形摩擦引起气压场不对称,导致TG移动路径偏西分量加大;其他地点左折主要是大陆高压加强、与热带云团互旋、双TC作用等环境场的改变造成。

(3) 右折路径转折点主要3处。发生在台湾岛西部、南部的右折,地形作用为主,环境作用为次。主要由于在带状副高的形势下,地形槽或地形诱生低压的吸引造成。发生在台湾岛东南部的右折,主要是台湾岛地形使台风结构发生东西不对称变化导致;发生在其他区域的右折,可能是副高减弱、东风波的作用、西南季风的加强等环等境场的改变造成。

(4) 曲折路径转折点集中在台湾岛东部近海和台湾岛西岸到海峡中部,体现了地形造成的趋岸左折,离岸右折。

(5) 诱生低压多生成于澎湖列岛附近,其次是

台中—新竹沿海地带,大部分维持时间在12~24小时。经过台湾东南部的TC最易产生诱生低压。当TC和诱生低压共存时,相互间互旋或吸引,使TC路径左折或右折;诱生低压位于TC北部时,TC路径多右折;诱生低压位于TC南部时,TC路径多左折。当原TC消失被由诱生低压发展的新TC所取代时,路径上表现为不连续的向左或向右跳跃。

(6) 打转TC大部分都是在花莲以北登陆,主要由于地形作用产生的背风坡低压对TC中心吸引和牵制作用造成。打转TC多处于两高之间的鞍形场中,物理量场上其运动左前侧的台湾海峡南部海区存在高能、不稳定和强上升运动中心。

参考文献

- [1] 罗哲贤,陈联寿.台湾岛地形对台风移动路径的作用[J].大气科学,2001,25(3):420-432.
- [2] 孟智勇,徐祥德,陈联寿.台湾岛地形诱生次级环流系统对热带气旋异常运动的影响机制[J].大气科学,1998,22(2):156-168.
- [3] 陈联寿.TC运动研究和业务预报的现状和发展[C]//台风会议文集(1985).北京:气象出版社,1987:6-30.
- [4] 高拴柱,孟智勇,杨贵名.台风麦莎渤海转向的可预报性研究[J].气象,2009,35(2):8-14.
- [5] 康志明.2009年6—8月T639、ECMWF及日本数值模式中中期预报性能检验[J].气象,2009,35(11):143-149.
- [6] 刘爱鸣,林毅,黄美金,等.0713号台风“韦帕”路径预报难点分析[J].气象,2008,34(10):27-33.
- [7] 陈瑞闪.台风[M].福州:福建科学技术出版社,2002:106-119.
- [8] 刘爱鸣,林毅,刘铭.2005年登陆台湾岛台风路径特点及成因分析[J].气象,2006,32(6):38-44.