

副热带高层冷涡对台风路径的影响

费亮 薛宗元 邱君瑞

(上海台风研究所)

一、前言

台风路径与东亚沿海副热带纬度的流型有密切关系。一般而言,这地区的纬向流型总是与西行台风联系在一起。台风的移动与500毫巴引导气流比较一致⁽¹⁾。但是,在实际预报中遇到过这样的现象,当东亚沿海副热带地区是纬向环流时,台风未受其北侧偏东气流引导西行,而是穿越副高北上。如1973年3号台风就属于这类情况。图1是1973年7月14日—17日的500毫巴高度平均图,由图可看到西风槽在35°N以北东移,强度减弱,副热带高压呈东西向带状分布,高压中心达5,920位势米。因此,当时各有关气象台都预报此台风在广东东部至福建沿海登陆,但它却沿东经125°北上。我们曾计算了1973年7月14日500毫巴层上的引导气流,发现台风路径与引导气流的交角很大(见表1)。

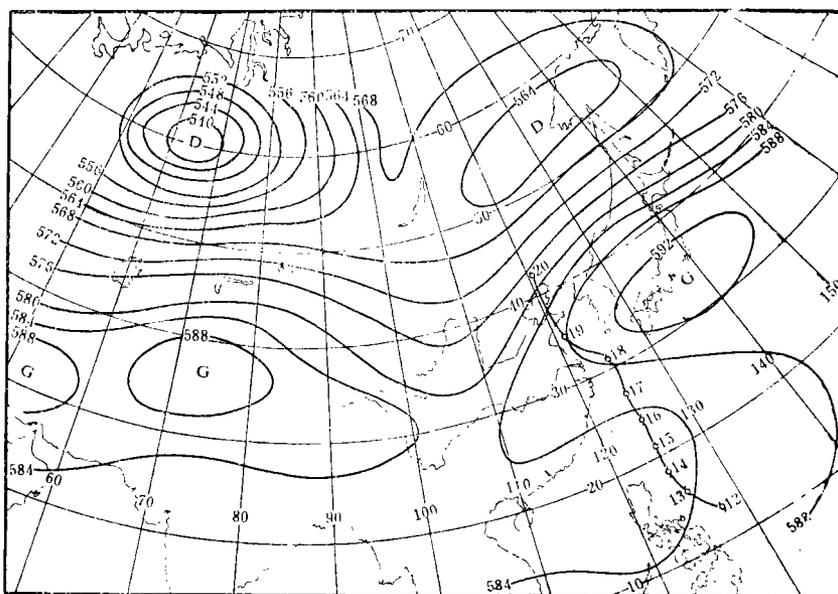


图1 1973年7月14日—17日08时500毫巴高度平均
粗实线为等高线; 6-6为7303号台风路径, 旁注为日期。

在这种情况下,仍把台风当作一个点涡,受周围大型基本流场引导的这种考虑,显然已经不妥当了.调查历史上这类穿越副高北上的台风,有几种不同的类型,其中有一种类型,具有这样的共同点,即从形态上看,在对流层中下部的副高呈带状分布且比较稳定,但在对流层上部,在相应于低层副高轴线南侧区域内有一个副热带高层冷涡.当冷涡向西或偏北方向移动时,在它南侧或东南侧的台风会穿越副高而北上.在1970—1979年的二十年中,属于这类路径的台风共有7个:7615、7303、7611、7612、7505、7502、7909.它们均出现在7、8月份的盛夏季节.图2是这7次台风与副热带高层冷涡的综合路径情况.

过去对西风带冷涡与台风路径的关系研究较多⁽²⁻⁸⁾.但是,关于副热带高层冷涡与台风路径的关系研究是不多的.因此,本文挑选了7615和7303号两个台风路径,对其中出现的副热带高层冷涡的结构进行分析,讨论它对副热带高压强度的影响,从而探讨这种冷涡与台风路径的关系.

二、副热带高层冷涡的结构分析

7615号台风于8月17日在关岛以西的太平洋洋面上形成,并朝西北方向移动,以后经过浙江沿海北上转向.图3是8月18—21日的500毫巴高度平均图.由图可以看到,流场形势和台风路径与7303号台风那样,也是穿越副高北上.我们比较了850—100毫巴的各层天气图,发现在对流层上部,位于该台风西北侧,有副热带高层冷涡存在.为了追究这个冷涡的来源,我们根据太平洋上的威克岛(91245)、南鸟岛(47991)、小笠原群岛(47971)、南大东岛(47945)、冲绳(47936)、石垣(47918)、福州(58847)等测站的单站要素,制作了300毫巴时间剖面图(见图4).由各

表1 1973年7月14日500毫巴
引导气流与台风路径的交角

预报时效	层次	500毫巴
12		右偏 100°
24		右偏 65°
36		右偏 75°
48		右偏 95°

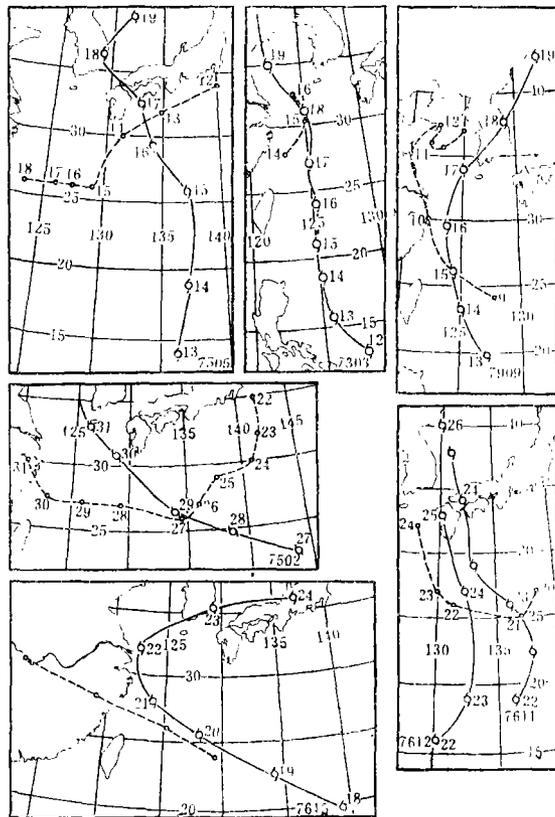


图2 历史上7次台风和副热带高层冷涡综合路径
-----冷涡路径 ———台风路径

图2 历史上7次台风和副热带高层冷涡综合路径
-----冷涡路径 ———台风路径

测站的风向变化，可以看出 14 日在南鸟岛和威克岛之间，有一个气旋性曲率的风向切变并伴有降温。这个切变经过时，各测站的高度也先后下降。

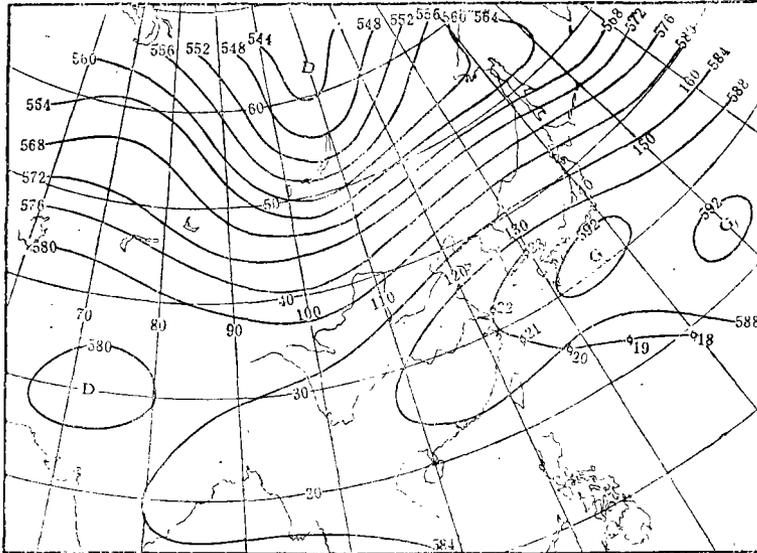


图 3 1976 年 8 月 18 日—21 日 08 时 500 毫巴高度平均图
粗实线为等高线， 9-9 为 7615 号台风路径旁注为日期

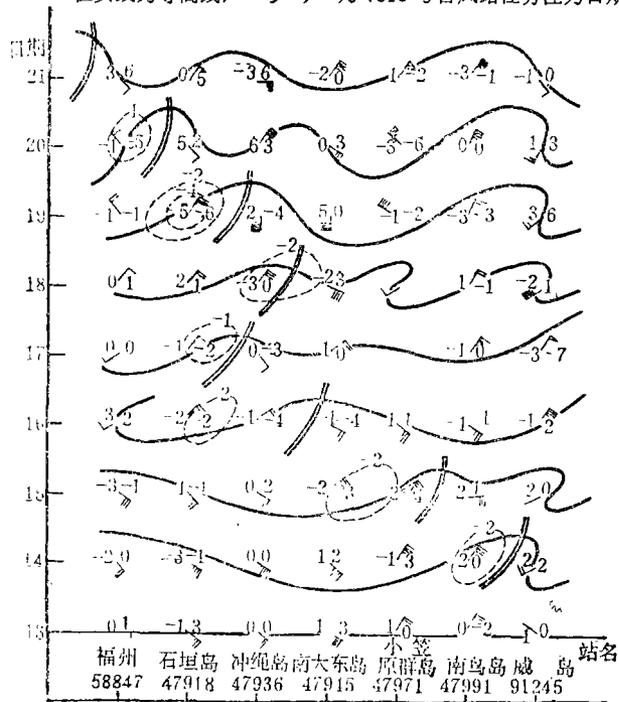


图 4 各测站的 300 毫巴风向、变温、变高时间剖面图

— 流线 —— 气旋性风向切变 - - - - - 24 小时变温线

测站左方为变温，右方为变高，纵坐标是日期，横坐标为站名。

19日切变到达石垣附近, 24小时内降温达 5°C , 高度下降60位势米. 与天气图对照, 这是由于高层冷涡的作用. 因此, 上面看到的气旋性风向切变代表副热带高层冷涡. 它是从东经 170° 起, 沿北纬 25° 逐渐西移的. 当冷涡位于南鸟岛以东时, 由于洋面上资料的缺乏, 无法对它作比较详细的分析. 8月19日08时, 冷涡到达冲绳和宫古之间, 这一带测站资料相对要多一些. 为了分析它的结构, 作了这天的冷涡在各层的分布图(见图5). 由图可见, 在对流层上部(300毫巴, 200毫巴)有明显的闭合低涡环流, 200毫巴上低涡东侧的风速达36米/秒; 而下层, 环流逐渐减弱, 冷涡周围的风速明显减小. 在500毫巴图上, 只能看到一个弱的东风波, 在700毫巴上则已经是反气旋环流了. 由此可见, 冷涡在200毫巴上最明显, 在对流层中下部相应地区却是副热带高压的南部边缘, 涡旋环流完全没有反映, 所以, 这种冷涡的强度较弱.

图6是8月19日08时石垣站各层的变温、变高分布情况. 这个站位于冷涡附近. 我们发现, 当冷涡接近时, 500到200毫巴之间各层的温度和高度都有明显下降, 其中以300毫巴上的降温值最大, 24小时内下降5度. 但在850和700毫巴上的温度都没有变化. 结合100、200、300毫巴各层天气图分析, 发现这种涡旋的冷性特征在300毫巴上最明显. 100毫巴上的温度开始上升, 低涡环流也已消失.

冷涡中心附近的涡度垂直分布如图7所示. 500毫巴以上都是正涡度, 最大值出现在200毫巴上为 10.2×10^{-5} 秒, 而700毫巴、850毫巴上却是负涡度. 说明高层冷涡在对流层下部没有反映, 这与流场分析的结果一致.

联系卫星云图, 冷涡云系也有一定反映. 18日在冷涡中心是晴空区, 紧靠冷涡的北侧和西侧有弧状云块; 以中云为主, 只有少量的高云. 云系结构比较松散, 表示这里的对流并不旺盛(图略). 冷涡在西移时, 云系逐渐转到冷涡的西侧, 云量显著减少. 冷涡登陆后云区消失, 这时在300毫巴和200毫巴图上尚能见到闭合小环流.

综合上述分析, 可以认为这是一种副热带高层冷涡. 随着冷涡的强度变化, 向下伸展的深浅也有差别. 我们上面介绍的冷涡仅仅在对流层上部有明显反映, 而对流层中下部的相应

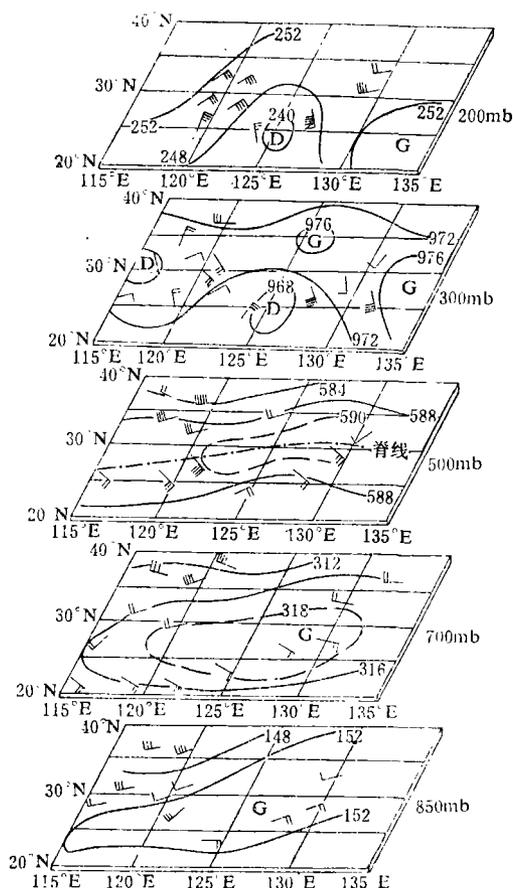


图5 副热带高层冷涡在各层的分布
(8月19日08时)

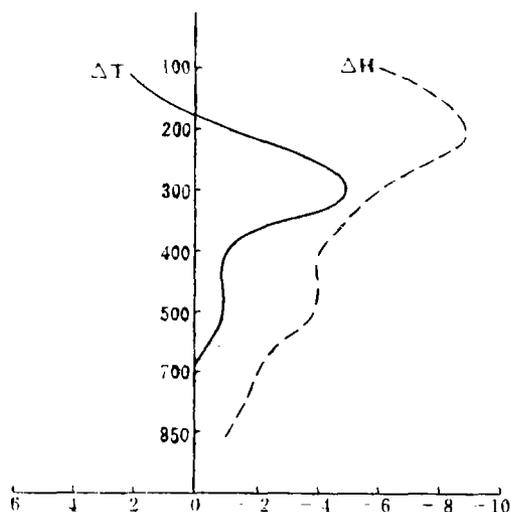


图6 石垣站(47918)于8月19日08时的24小时变温、变高垂直分布

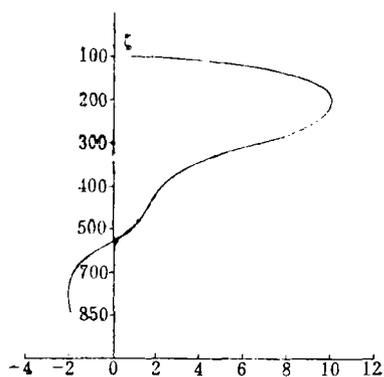


图7 冷涡中心附近的涡度垂直分布

区域内是副热带高压区域。由于冷涡的存在,对副高的强度有一定的影响,从而影响台风的移动路径。因此,这种副热带高层冷涡是一个值得注意的问题。

三、高层冷涡对副热带高压强度变化的作用

台风的移动,在很大程度上决定于副高的强度变化。高层冷涡的出现无疑对副高强度是有影响的。下面,将讨论冷涡通过怎样的过程来促使副高减弱的。

副高结构相当复杂,特别是高压区内的散度场分布更为复杂。但一般来讲,在高压中心及脊轴随高度向北倾斜的副高,500毫巴以下的脊轴南侧广大范围内均为辐散,其上则为辐合^[4]。为了比较和分析7615和7303号两个台风个例中的副高结构,我们沿东经125°分别制作了1976年8月19日08时和1973年7月14日08时的散度和涡度平流的垂直剖面图(图8)。由图(a)、(c)可看出,在副高轴线附近及其南侧,400毫巴以上对流层上部均为辐散,最大中心出现在200毫巴附近。由图8(b)和(d)的涡度平流分布也指出,位于副高轴线南侧的对流层内大部分区域是正涡度平流,其中心出现在200—300毫巴之间。它的位置与高层的辐散中心是一致的。可见,这片辐散中心正是由于正涡度平流的结果;而正涡度平流的出现,显然是与高层冷涡有联系的。由图8a、c还看到,500毫巴以下的副高轴线附近为一片辐合中心,且高层辐散大于低层辐合。

为了比较没有高层冷涡情况下的副高区域中散度分布情况,我们挑选了1975年9月17日20时的500毫巴,同样沿东经125°制作散度垂直剖面图(图9)。这天的副高形状也是东西向带状分布,高压脊伸到我国东南沿海。在菲律宾东面有一个7510号台风。由于副高稳定,台风西行进入南海。由图9看到,副高脊轴附近及偏南区域,高层是辐合,低层是辐散,且辐合大于辐散。这样的散度场分布,与黄士松^[4]等提到过的副高区域内部散度场分布是一致的。但是与图8(a)和(c)比较,却有显著区别。由此可见,一旦在副高区域上

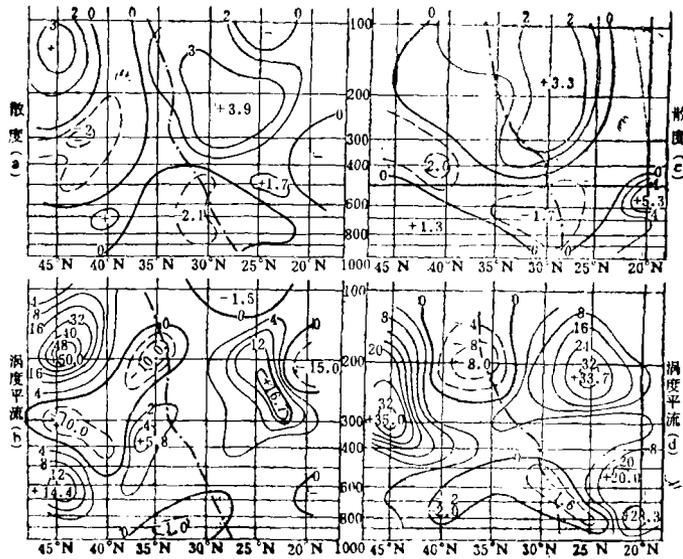


图8 (a)和(b)为1976年8月19日08时沿东经125°的散度和涡度平流垂直剖面
 (c)和(d)为1973年7月14日08时沿东经的散度和涡度平流垂直剖面
 散度单位: 1×10^{-5} 秒⁻¹ 涡度平流单位: 1×10^{-19} /秒² ······为副高轴线

空具有副热带高层冷涡时,即使冷涡强度较弱,还是会破坏副热带高压内部正常的散度场垂直分布。

图10是1976年8月19日08时的垂直剖面图。可以看到,由于高层冷涡的存在,造成奄美大岛(47909)、冲绳(47936)、南大东岛(47945)一带200毫巴上空较强的偏南风速;而500毫巴以下的风速明显减小。从而,在紧靠副高轴线附近区域形成较大的风速垂直切变。图11是1976年8月18—20日200—850毫巴的风速垂直切变图。当高层冷涡18日还处于东经130°以东时,奄美大岛的风速切变值为16米/秒,19日冷涡中心移到冲绳附近,风速改变值达到30米/秒,20日的切变中心继续西进到浙江省大陈岛(58666)一带。风速垂直切变中心的路径与高层冷涡的路径大致相当。也就是说,在冷涡西进过程中,副高区域内一直伴随着一片较大的风速垂直切变。这些现象表明,副高区域内的斜压性增大。帕尔门等^[6]曾指出,对流层上部的辐散量及对流层中部垂直运动的大小,要看基本气流的斜压性大小而定。由于高层冷涡的出现,导致了副高内部较大的垂直风速切变,从而造成副高区域对流层上部的辐散,这对副高的稳定是非常不利的。王志烈等^[6]也曾指出,当台风进入黄海时,若位于日本海的副热带高压具有较大的斜压性时,对台风转向东北方向,不会有阻挡作用。台风在短期内大体上沿着外围等垂直风速切变线的方向移动。这与本文上面讨论的现象也是一致的。

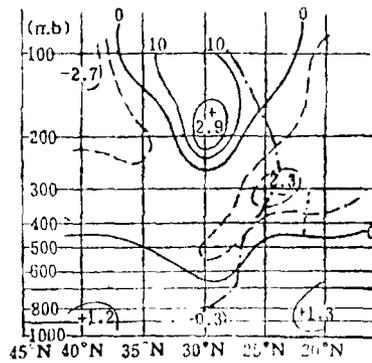


图9 1975年9月17日20时沿东经125°的散度垂直剖面图

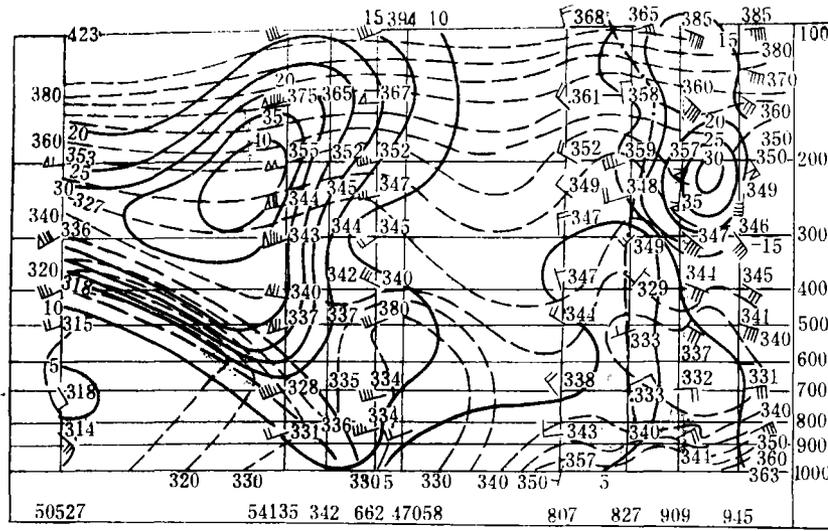


图10 1976年8月19日08时垂直剖面图

细虚线为等 θ_{se} 线(°K);
 实线为等风速线(实测风),每隔5米/秒1根;
 粗虚线为锋界;
 点实线为副高轴线.

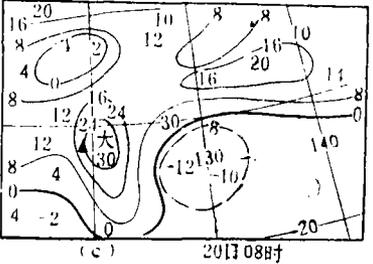
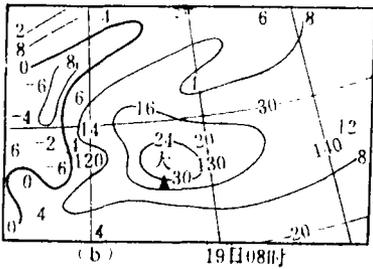
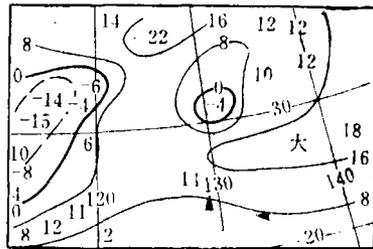


图 11 1976年8月18日—20日200—850毫
 巴的风速垂直切变图

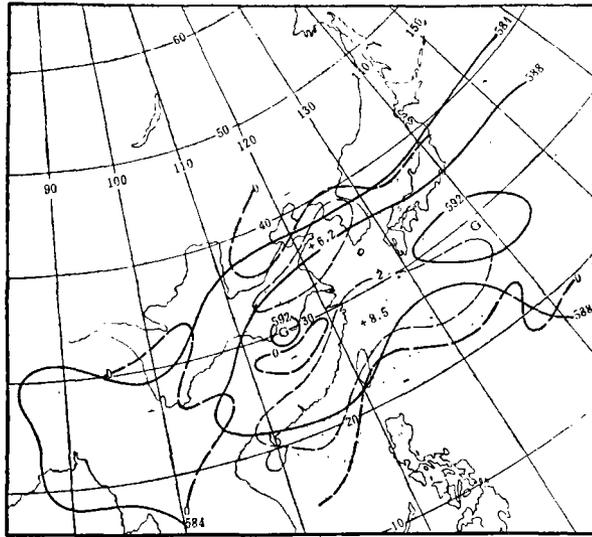


图12(a) 1976年8月19日08时500毫巴形势和涡度平流分布
粗线为等高线虚线为涡度平流等值线

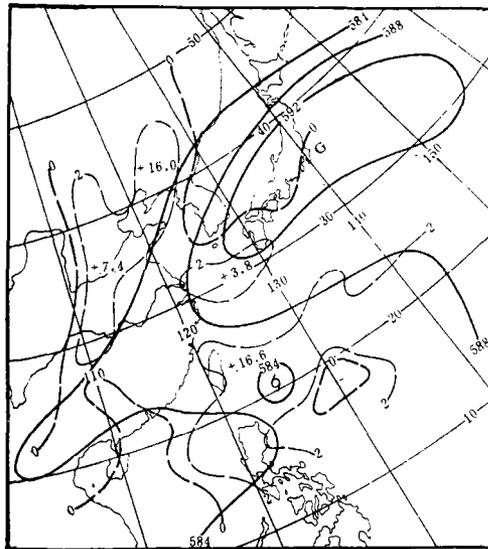


图12(b) 1973年7月15日08时500毫巴形势和涡度平流分布
(说明同上)

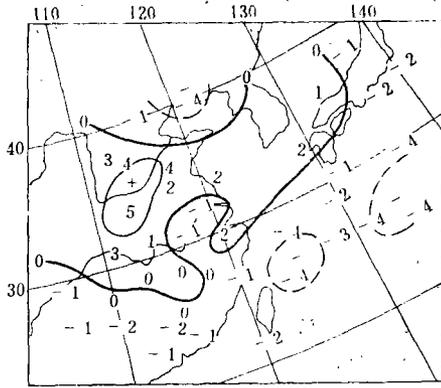


图13(a) 1976年8月19日08时
500毫巴 ΔH_{500} 分布

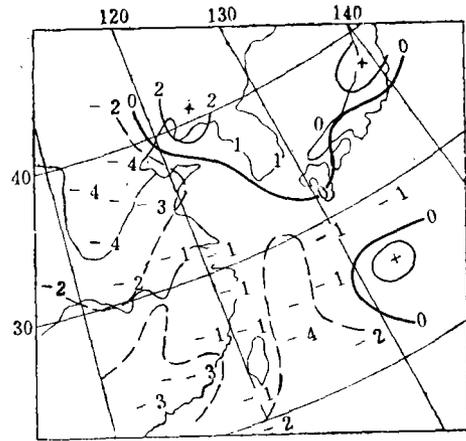


图13(b) 1973年7月15日08时
毫巴 ΔH_{500} 分布

上面, 我们从动力因子角度讨论了高层冷涡对副高结构的影响。由于冷涡的作用, 不但使副高内部的散度场起了明显的变化, 同时还加强了副高轴线以南区域的斜压性和正涡度平流, 从而具有气旋性涡度发展的机制。但是, 由于副热带高压不是纯动力性质的, 热力因子对副热带高压的维持和加强也极为重要。一旦出现有利的热力条件, 上面这种结论还不一定成立。

由图4各测站的24小时变温可看到, 14日在南鸟岛有一个 2°C 的降温中心。它在西移过程中逐渐加强, 19日石垣站的降温已达 5°C 。7303号台风在北上过程中, 它的北面也有一片降温区沿东经 125° 北上(图略)。这两片降温中心与高层低涡的冷中心路径一致, 显然这是冷平流的关系。图10中, 冲绳(47936)、南大东岛(47945)上空的风向随高度顺转, 而300毫巴以上风向随高度是逆转的。按热成风原则, 这两个站的对流层上部是冷平流, 而对流层下部是暖平流。高层冷涡西移所形成的冷平流, 使正热成风涡度平流输送到低涡西侧, 从而使涡度增加。另外, 由图10可见, 在500毫巴以下的副高轴线南侧, θ_{se} 随高度下降, 表明这一区域具有对流性不稳定。因此, 热力因子与动力因子的作用一致。图12分别是1976年8月19日08时和1973年7月15日08时500毫巴形势和涡度平流分布图。图13是这两天的500毫巴24小时变高分布。不难看出, 正涡度平流中心已出现在副热带高压的两侧, 并伴随着这一带的高度普遍下降。

由图10还发现, 尽管对流层中下部的副高南侧是偏东风, 但对流层上部已转成偏南风了。所以, 当台风靠近时, 实际上已受到高层气流的引导。

四、小 结

本文分析了夏季副热带地区一个特殊的天气系统——副热带高层冷涡。这种系统主要在300和200毫巴的对流层上部有明显的环流, 其向下伸展的深浅, 随着冷涡强度的不同而不同。对于强度较弱的冷涡, 在500毫巴以下几乎完全没有反映。涡旋的冷性特征, 在

300 毫巴上最清楚。由于冷涡周围较强的风速，形成这一地区较大的垂直风速切变。当副高上空有高层冷涡存在时，副高区域内部正常的温度场、风场、散度场和涡度场的分布遭到破坏，从而有利气旋性涡度的产生。这个气旋性涡度正位于台风的前进方向。它一方面使副高强度减弱，一方面诱导台风北上。

参 考 文 献

- (1) Miller, B.J., Moore, P.L., *Amer. Meteor. Soci.*, 41(1960), 2, 59—63.
- (2) 陈联寿、丁一汇，西太平洋台风概论，科学出版社，1979，264—269.
- (3) 刘景秀，气象，1978，8，6—7.
- (4) 黄土松、余志豪，气象学报，31(1961)，4，344—354.
- (5) Palmen, E., Newton, C.W., 程纯枢等译，大气环流系统，科学出版社，1978，94—95.
- (6) 王志烈、费亮、邱君瑞，气象，1979，8，7—8.