

# 环境流场和“派比安”结构变化对其 异常北抬路径影响的诊断分析

吴乃庚<sup>1</sup> 林良勋<sup>1</sup> 李天然<sup>1</sup> 黄 忠<sup>1</sup> 陈理森<sup>2</sup>

(1. 广州中心气象台, 510080; 2. 广东省湛江市气象台)

**提 要:** 利用 NCEP 的全球数据同化系统(GDAS)1°×1°分析资料、CIMSS 微波亮温资料等,对 0606 号台风派比安的异常移动路径特征作了诊断分析。结果表明:“派比安”出现的两次异常北抬路径与中纬度西风槽活动、热带西南季风、副热带高压以及热带气旋结构影响密切相关,西风槽槽后经向风活动和台风最大风速中心轴向对台风未来移向有一定的指示意义。

**关键词:** 台风 路径 西风槽 西南季风 非对称结构

## Diagnosis of Northward-Deflecting Track of Typhoon Prapiroon Caused by the Environmental Flow Field and Typhoon Structure Variation

Wu Naigeng<sup>1</sup> Lin Liangxun<sup>1</sup> Li Tianran<sup>1</sup> Huang Zhong<sup>1</sup> Chen Lisen<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Central Meteorological Observatory, 510080;  
2. Zhanjiang Meteorological Office, Guangdong Province)

**Abstract:** The anomalous moving track of Typhoon Prapiroon is studied by using the NCEP Global Data Assimilation System (GDAS) data and CIMSS microwave brightness temperature data. The results show that the northward-deflecting track of Prapiroon is closely related to the mid-latitude westerly trough, southwest monsoon and typhoon asymmetric structure itself. The meridional wind activities behind the westerly trough and the direction of maximum wind speed center have a certain indication meaning for the moving direction of typhoon.

**Key Words:** typhoon track westerly trough southwest monsoon asymmetric structure

国家自然科学基金项目(编号:40575021)和广东省科技计划重点引导项目(编号:2005B32601008)共同资助

收稿日期:2007年6月27日; 修定稿日期:2007年10月10日

## 引 言

台风路径预报是台风预报业务的重点,其准确性直接影响台风预报总体效果。国内外对台风的路径进行了比较深入的研究,目前对正常移动路径的台风预报准确率较高,但对异常路径台风的预报准确率还不够理想<sup>[1-2]</sup>。影响台风移动路径变化的因素较多,环境场对台风的引导作用、台风自身结构与强度的变化及台风与周围大气环境的相互作用等都会影响台风的移动路径<sup>[3-7]</sup>。加强对异常路径的热带气旋进行分析和总结,对进一步改善路径预报有重要的参考价值。

0606 号台风派比安(Prapiroon)强度强,范围广且正面袭击广东西部沿海,广东省普降暴雨、大暴雨,局地出现特大暴雨,全省 517.8 万人不同程度受灾,因灾死亡 54 人,失踪 7 人,紧急转移 33.5 万人,直接经济损失约 57.1 亿元,是近几年造成死亡人数多、经济损失重大的台风之一。特别是“派比安”的路径飘忽不定给预报带了较大的难度。

本文运用国家气象中心热带气旋定位资料、NCEP 全球数据同化系统(GDAS)的  $1^\circ \times 1^\circ$  分析资料和 CIMSS 微波卫星探测亮温产品等对“派比安”移动路径特征进行诊断分析。发现“派比安”的两次异常北抬与中纬度西风槽活动、热带西南季风、副热带高压以及热带气旋结构影响密切相关,西风槽槽后经向风活动和台风最大风速中心轴向对台风未来移向有一定的指示意义,为今后分析同类台风路径预报提供有益的线索和思路。

## 1 “派比安”的移动路径特征

台风派比安于 2006 年 8 月 1 日 14 时(北京时间,下同)在南海加强为热带风暴,并

以偏西行为主;8 月 1 日 20 时“派比安”迅速加强为强热带风暴后,从偏西行转为西北行;8 月 2 日 14 时加强为台风后,其移速开始减慢,移动路径又从西北移转为偏西方向移动;从 8 月 2 日 18 时到 8 月 3 日 02 时还出现短暂的打转和南掉;8 月 3 日 02 时起北移分量突然增大,到 8 月 3 日 08 时,台风中心北抬了 1.2 个纬距,移速明显加快。8 月 3 日 19 时 20 分在广东省电白到阳西之间沿海登陆,登陆时中心风力 12 级,中心附近最大风速为  $33\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ,登陆后向西北偏西方向移动,3 日 22 时在茂名市境内减弱为强热带风暴,4 日 05 时在广西玉林境内减弱为热带风暴。

从“派比安”整个过程的移动路径(图 1)可以看到,在台风西北移动过程中存在两次明显北抬过程(8 月 2 日 02 时,8 月 3 日 02 时)。在北抬前其移向偏西分量明显加大,持续数小时的缓慢偏西行,然后突然移向偏北分量加大(第二次北抬前甚至还有短暂的打转和西南掉现象,然后突转为正北方向移动),让人难于把握。因此,这两次异常北抬摆动尽管不像转向型台风路径那么显著,但是却给业务预报带来了较大的困难(日本数值预报预测台风登陆海南,欧洲预报登陆珠江西侧的上川岛)。鉴此有必要对“派比安”的两次异常北抬路径作深入的分析。

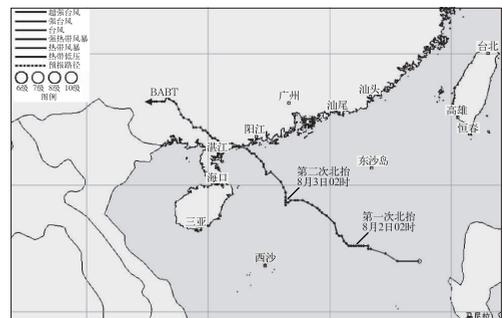


图 1 0606 号台风派比安移动路径图  
2006 年 8 月 3 日 08 时前路径点时间间隔 3 小时,其后时间间隔为 1 小时

## 2 “派比安”两次北抬路径成因分析

### 2.1 西风槽和西南季风作用使副高东西摆动造成引导气流的改变

副热带高压是影响热带气旋路径的最重要系统,其摆动造成的引导气流改变会直接导致热带气旋路径发生变化<sup>[2-8]</sup>,目前实际预报工作中也主要关注副高对引导气流的影响。不少研究也表明,中纬度西风槽与热带西南季风对副高的短期变化有重要影响<sup>[9-10]</sup>,其异常活动与热带气旋路径变化也将密切相关<sup>[10-12]</sup>。图 2 给出了 8 月 1 日 20 时(第一次北抬前,偏西行)和 8 月 2 日 02 时(开始北抬,西北行)的 850hPa 和 500hPa 的风场和位势高度场。从图 2 可以看到,850hPa 和 500hPa 风场上除了“派比安”环流

外,主要反映的分别是中纬度西风槽和南海西南季风气流的活动。在 1 日 20 时季风以偏西气流为特征(图 2a),西风槽后西北气流明显(图 2b),槽后西北气流引导低层冷空气南下,不利于“派比安”北行。2 日 02 时,季风气流输送加强,并且南风分量加大,从偏西气流转成西南气流(图 2d),也加强了环境对热带气旋的水汽通量输送;与此同时,中纬度地区西风槽槽后西北气流有所减弱,槽前西南气流明显加强(最大风速达到  $24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) (图 2e)。正是由于这两支西南气流加强,使得副热带高压从带状(图 2c, 586dgpm 线)断开成东西两环(图 2f),整个 500hPa 高度场呈现一个大范围的鞍型场形势。受东环副高东退的影响,“派比安”从副高带南侧的偏东气流转受副高西南侧的东南气流影响,向北移动分量加大,其移向从偏西行转为西北行。

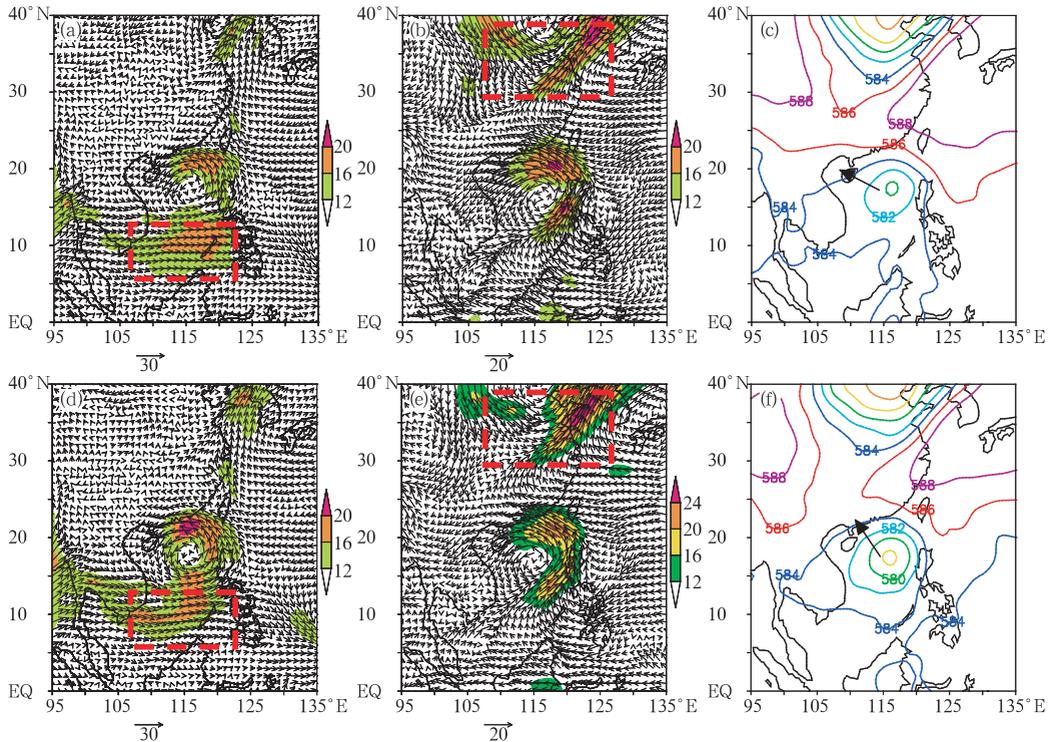


图 2 2006 年 8 月 1 日 02 时(a,b,c)和 8 月 2 日 02 时(d,e,f)850hPa 水平风场、500hPa 水平风场和位势高度场  
风速单位  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;位势高度单位 dgpm,阴影区为风速大于  $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  区域,加粗线为 586dgpm 线,虚线框区为西风槽区和南海季风活跃区,c、f 中箭头指示台风移向

第一次北抬之后(8月2日08时和14时,图略),西风槽略有减弱,西南季风则有所加强,受其影响副高南缘(586dgpm线)有所北收,但整体变化不大,其西脊点基本维持在(28°N、117°E),而脊线也稳定在30°N附近。“派比安”受副高西南侧东南气流影响,基本稳定向西北方向移动。

从图3可以看到,第二次北抬过程(8月2日20时至8月3日02时),受西风槽和西

南季风的影响大气环流也有一个明显的转折(图3)。850hPa风场上西南季风继续加强输送,使得“派比安”环流强度加强(图3a、d),同时由于500hPa温度槽东移发展,冷平流加强输送使得西风槽加深(图3b、e),槽前西南气流增强,使得副高东退并有所北收,“派比安”受副高西南侧南到东南风影响,向北移动分量开始加大(图3c、f)。

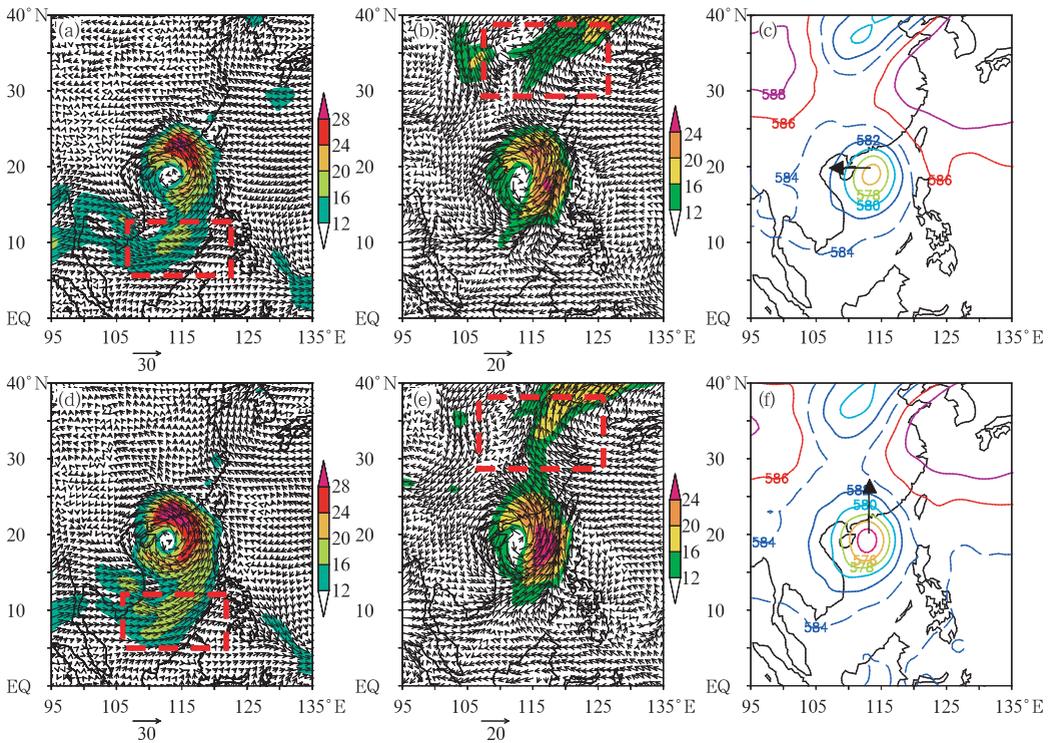


图3 2006年8月2日20时(a、b、c)和8月3日02时(d、e、f)850hPa水平风场(a、d)、500hPa水平风场(b、e)和位势高度场(c、f)

风速单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ;位势高度单位:10dgpm,阴影区为风速大于 $12\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 区域,粗实线为586dgpm线,粗虚线为584dgpm线

为了进一步分析西风槽和西南季风对“派比安”的两次异常北抬路径影响,图4给出500hPa西风槽槽后(30~40°N、104~114°E)、槽前(30~40°N、116~126°E)以及850hPa南海西南季风区(7~15°N、110~

120°E)三个区域平均的经向风演变序列,另外还计算了副热带高压的面积指数的时间序列(图4d,计算20~40°N、110~135°E范围内位势高度大于588dgpm的格点数)。可以看到西风槽后北风两次减弱过程(图4a)、西

风槽前(图 4b)和南海地区(图 4c)南风两次增大过程与“派比安”两次异常北抬过程相对应。同时图中可以看到,西风槽后北风峰值较槽前南风峰值和副高面积的谷值超前 6 个小时(GDAS 资料时间分辨率为 6 小时),说明西风槽后北风减弱后,能量频散东传使得槽前西南风加强,同时配合低层西南季风加强使得副高东退减弱,将有利于“派比安”向北移动分量加大。

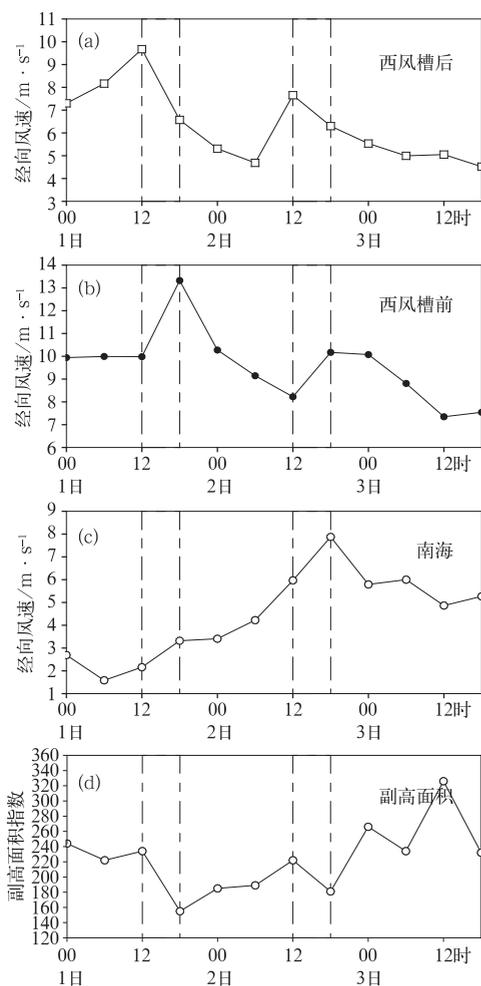


图 4 2006 年 8 月 1 日 00 时至 3 日 18 时 500hPa 西风槽后(a)、槽前(b)和 850hPa 南海(c)经向风(绝对值)以及副高面积指数(d)的时间演变序列

## 2.2 结构的不对称造成台风偏心运动

对比两次北抬可知,同样是南海和西风槽前西南风加强(第一次北抬时西风槽前西南风速甚至更大),但是第二次北抬过程中台风出现西行甚至打转南掉而突然转为偏北移动,分析发现台风不对称结构产生的偏心运动对其第二次转折起了十分显著的作用。

图 5 给出 500~600hPa 水平流场,可以看到,“派比安”的水平范围较大,不对称结构十分明显。8 月 2 日 20 时(图 5a,台风西移)台风大风区位于其北侧和东侧(实际上从结构以及各层次风速分布来看,台风中心更偏向其北侧),中心风速超过  $24\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。北

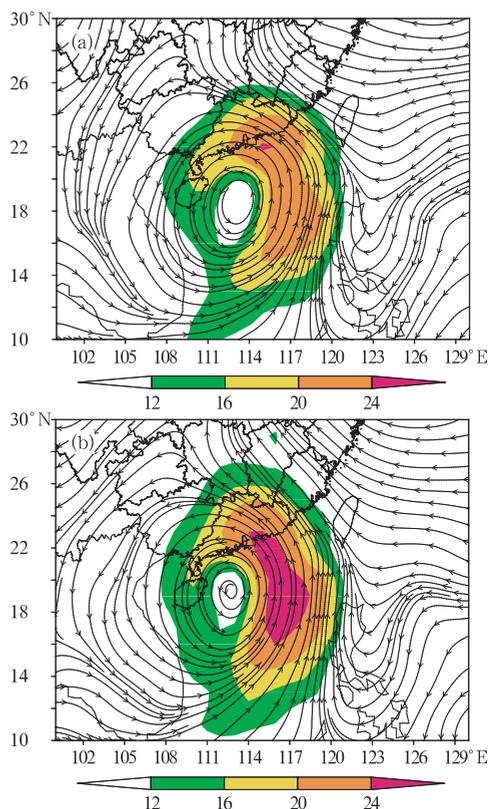


图 5 2006 年 8 月 2 日(a)和 8 月 3 日 02 时(b)500~600hPa 水平流场 单位:  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ; 阴影区为风速大于  $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  区域

的东风较之前显著增大,且为东西向结构较明显,根据偏心运动原理关系式(1)、(2)可知<sup>[13]</sup>, $C_x < 0$ , $C_y < 0$ ,且 $|C_x| > |C_y|$ ,台风将向偏西方向移动。

$$C_x = \frac{1}{2}(u - u' - 4\Omega\sigma_p^2 \cos\bar{\varphi}) \quad (1)$$

$$C_y = \frac{1}{2}(v - v') \quad (2)$$

侧式中 $C_x$ 、 $C_y$ 分别为台风东西方向、南北方向的移速,向东(西)和向北(南)为正(负)。 $u$ 、 $v$ 代表风速正分量(即西风和南风), $u'$ 、 $v'$ 分别代表风速负分量(东风和北风), $\sigma_p$ 、 $\bar{\varphi}$ 分别为台风半径和所在纬度。

8月3日02时(图5b,台风北抬),随着西南季风进一步加强并向南海北部海面输送,“派比安”结构不对称结构特征发生改变,南北轴向特征较之前西移时明显,东侧偏南风大风区显著加强扩大,大风区主体位于第二象限, $C_y > 0$ , $C_x < 0$ ,且 $|C_y| > |C_x|$ ,台风将向西北偏北方向移动。

仔细分析发现,“派比安”最大风速区的长轴轴线方向与台风移向更为一致(图4)。台风西移期间最大风速区( $> 24\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )长轴轴线呈东西向,而“派比安”北抬过程中最大风速区( $> 24\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ )的长轴轴线为明显的南北向特征。随着最大风速区轴线转为西北、西北西方向,“派比安”也相应往西北、西北西移(图略)。这说明当“派比安”强度较强且范围较大,不对称性偏心运动作用对其移向有重要作用,根据台风最大风速区的轴线方向来判别台风的移向(特别是转向)有一定的指示意义,这也有待今后通过更多的个例分析以及数值模式来进一步验证。

另外,由于微波辐射可以穿透阻碍卫星可见光和红外探测器的中心浓密云区,因此微波卫星能探测到台风内部结构,这有助于对热带气旋内部结构的进一步了解。图6a-d

(见彩页)是“派比安”在西北行阶段、转向前后和北上阶段微波卫星探测图。从8月2日16时(异常北抬前10小时(图6a)“派比安”的热力结构可以看到,“派比安”的螺旋云带发展充分,结构也更趋紧凑,并基本呈现出热力对称结构。2日23时异常北抬前3小时(图6b),台风眼周围的西北象限和偏北象限的螺旋云雨带逐渐减弱,而南侧的对流云带则明显发展加强,逐渐转呈南北不对称结构,使得“派比安”移速开始出现减慢,移动偏西分量加大甚至出现略微的南掉。3日02时异常北抬时(图6c),“派比安”眼区附近的西北和偏北象限的螺旋云雨带进一步减弱,而在距离眼区1个纬度的偏北方向,有对流云正在发展;同时,东南象限的螺旋云雨带却进一步加强,“派比安”移向出现明显北抬。在“派比安”转向北上以后,3日08时稳定西北路径时(图6d),台风眼区偏北象限的螺旋云带发展,“派比安”又重新发展成为准对称结构。前期对0602强台风“珍珠”的西行突然 $90^\circ$ 北折路径的分析工作<sup>[14]</sup>也表明,“珍珠”的热力结构有类似的变化特征。

对比西南季风时间序列(图4c)和微波亮温图(图6,见彩页)可以看到,“派比安”的结构变化与西南季风活动密切相关。西南季风的水汽和动量输送使得“派比安”的准对称结构发生变化,其西南侧的螺旋云带加强并东传发展,这种南北不对称结构不利于其北上,以缓慢偏西行为主;而随着季风输送往北分量加大和螺旋云带北移发展,“派比安”则从西行转为偏北移。另外,需要指出的是,微波亮温还是一项较新的探测技术产品,其在热带气旋业务分析预报和总结研究等仍需进一步的探索。

### 3 小结与讨论

综上所述,“派比安”两次异常北抬路径

与环境流场和台风内部结构变化密切相关,主要表现为:

除了西太平洋副热带高压对“派比安”路径产生直接影响外,热带西南季风与中纬度西风槽活动对台风路径北抬有重要影响。

西南季风和西风槽活动使得副热带高压东西摆动引起引导气流改变,使得“派比安”路径发生变化,西风槽前西南风加强同时配合南海西南季风加强,副热带高压东撤,有利于台风北抬。

西风槽还通过引导的低层冷空气南下对热带气旋移动产生影响;而西南季风除了影响副高摆动之外,还通过影响环境水汽输送改变“派比安”的不对称结构,使“派比安”产生偏心运动。“派比安”的不对称偏心运动对其移向(特别是转折时候的移向)有较好的指示作用。

通过微波亮温表征内部结构在“派比安”北抬期间具有明显变化特征。北抬前结构基本对称;转向北抬时,螺旋云雨带在西北和偏北象限逐渐减弱,东南象限维持,甚至进一步加强;在转向北上阶段,偏北象限的螺旋云带则逐渐发展,东南象限的螺旋云雨带维持,又重新发展成为准对称结构。

需要指出的是,本文的结果还是比较初步的,今后有必要结合数值模式以及更多个例作进一步分析;卫星微波探测产品在热带气旋的分析与应用等也需要进一步的探索。

## 参考文献

- [1] 广东省气象局《广东省天气预报技术手册》编写组,广东省天气预报技术手册[M].北京:气象出版社,2006.
- [2] 陈联寿,孟智勇.我国热带气旋研究十年进展[J].大气科学,2001,25:420-432.
- [3] 雷小途,陈联寿.大尺度环境场对热带气旋影响的动力分析[J].气象学报,2001,59(4):429-439.
- [4] Fiorino, M., R. L. Elsberry. Some aspects of vortex structure related to tropical cyclone motion[J]. J. Atmos. Sci., 1989, 46:975-990.
- [5] 钱燕珍,张寒.台风森拉克路径与预报难点分析[J].气象,2004,30(9):19-23.
- [6] 黄忠,林良勋.快速西行进入南海台风的统计特征[J].气象,2006,32(6):14-18.
- [7] 项续康,陆文杰,刘征.0116号台风异常移动路径分析[J].气象,2003,29(5):34-39.
- [8] 王斌, Russell L. Elsberry, 王玉清,等.热带气旋运动的动力学研究进展[J].大气科学,1998,22(4):532-547.
- [9] 任荣彩,刘屹岷,吴国雄.中高纬环流对1998年7月西太平洋副热带高压短期变化的影响机制[J].大气科学,2004,28(4):571-579.
- [10] 林爱兰,万齐林,梁建茵,等.热带西南季风对0214号热带气旋“黄蜂”的影响[J].气象学报,2006,62(6):841-50.
- [11] Lander MA. Special tropical cyclone track types and unusual tropical cyclone motions associated with a reverse-oriented monsoon trough in the Western North Pacific [J]. Weather and Forecasting,1996,11(2):170-186.
- [12] 林良勋,黄忠,刘燕,等.台风杜鹃的特点及成因分析[J].气象,2006,31(8):62-70.
- [13] 陈联寿,丁一汇.西太平洋台风概论[M].北京:科学出版社,1979:491.
- [14] 李天然,吴婉萍,林良勋.强台风“珍珠”异常路径的特点、成因及预报[J].广东气象,2006,3:18-22.
- [15] 罗哲贤.边缘区域扰动演变对台风结构的影响[J].大气科学,1994,18(5):513-518.

# 吴乃庚等：环境流场和“派比安”结构变化对其异常北抬路径影响的诊断分析

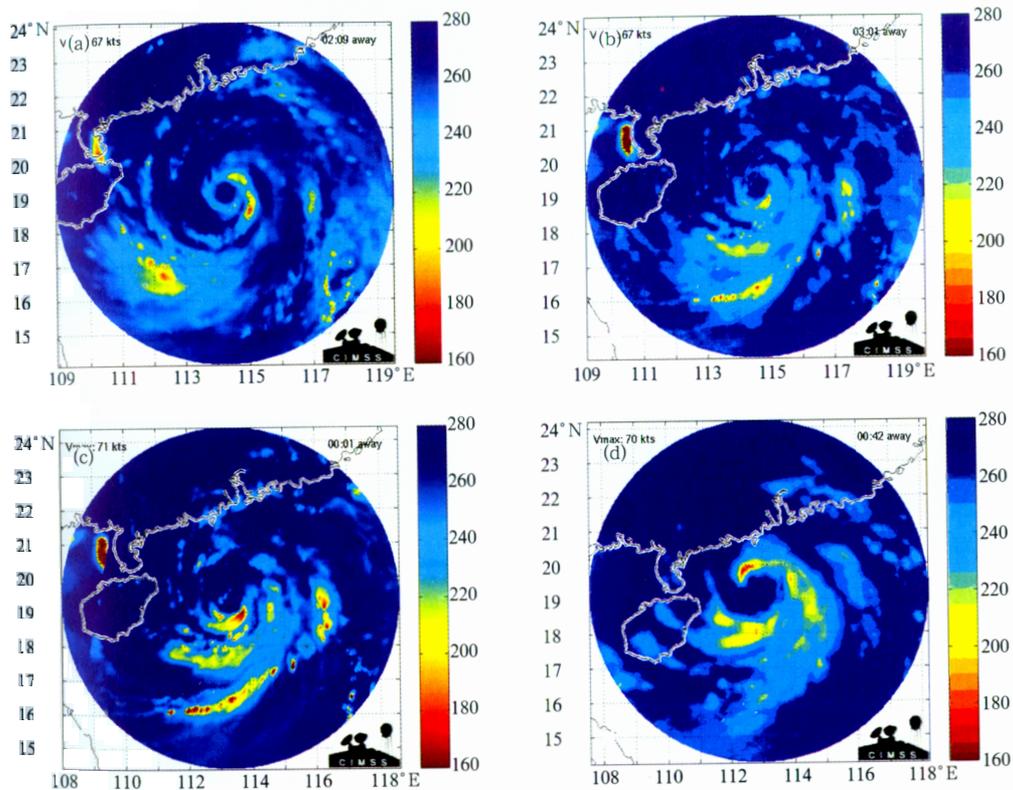


图6 台风派比安微波亮温图 (单位: K)

(a) 2006年8月2日16时; (b) 2006年8月2日23时; (c) 2006年8月3日02时; (d) 2006年8月3日08时