

# 1909号台风“利奇马”影响期间浙江大风分布特征及成因分析

王丽娟<sup>1</sup>, 邓方俊<sup>1</sup>, 史珩瑜<sup>2</sup>, 杨亦萍<sup>1</sup>

(1. 浙江省台州市气象局, 浙江 台州 318000; 2. 浙江省预警信息发布中心, 浙江 杭州 310002)

**摘 要:** 利用 NCEP FNL 再分析资料( $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 和 $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ )、NOAA 日平均海温及其距平资料( $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ )和浙江常规气象观测站实况 10 m 高度风资料,对 1909 号台风“利奇马”影响期浙江期间的大风分布特征及其成因进行了分析。结果表明:(1)台风“利奇马”影响期间,浙江大风极端风力强,测站最大极大风达到 61.4 m/s,强风出现时间长、大风范围广、登陆后大风减弱慢;(2)浙江局地强风的提前出现与台风强度增强有关,1910 号台风“罗莎”对副高的间接影响以及登陆后台风“利奇马”与西风带槽的合并影响,导致台风“利奇马”北向分量加大;登陆后的台风“利奇马”离开浙江台州后只经低海拔和平原路径导致地面摩擦少,强度减弱慢,且地面东北侧高压加强南落导致登陆后浙江地区气压梯度仍较大,使登陆后浙江极端大风仍较强且持续时间长;(3)台风“利奇马”登陆前和登陆时的中尺度特征表明:高空维持较大风速,下沉运动使高层动量下传导致低层或地面大风猛增;(4)登陆前台风“利奇马”所经洋面高海温分布是导致台风强度迅速增强的原因,临近登陆前近海海温较低导致强度略有减弱。登陆前台风“利奇马”中心范围垂直风切变大小对台风强度有一定的预报指示作用:登陆前垂直切变值偏大,台风强度增长缓慢;垂直切变值迅速减小则有利于台风强度迅速增强。

**关键词:** 大风;台风;“利奇马”;海温;垂直风切变

**中图分类号:** P458.1<sup>+</sup>23 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-0239(2020)06-0083-13

## 1 引言

据陈联寿等<sup>[1]</sup>统计,在台风所带来的所有灾害中,风灾最为严重。台风会导致巨浪狂潮、船只翻沉、房屋倒塌,直接威胁到人民的生命和财产安全,常常给沿海省市带来严重的经济损失。国内很多学者从不同角度对台风引起的大风展开了研究。杨玉华等<sup>[2]</sup>对我国登陆台风引起的大风分布特征作了初步的分析,认为台风登陆前引起的大风主要集中在沿海地带。田辉等<sup>[3]</sup>对华南和华东沿海登陆的暴雨和大风做了分析,指出华南沿海登陆台风风速最大在 8—9 月,而华东则在 7—9 月。王雷等<sup>[4]</sup>对影响舟山的台风气候特征进行了分析,认为近海转向类、登浙类和登闽类台风是引起舟山灾害性大风的主要移动路径。

钮学新等<sup>[5-6]</sup>等对台风大风的数值预报方法进行了积极探讨,这些方法大都集中在总体特征的统计分析和数值理论计算方面。气象人员也对台风大风个例进行了仔细分析,积极寻找台风大风的成因和预报因子。董美莹等<sup>[7]</sup>研究了台风“麦莎”影响期间浙江的大风特征,认为“麦莎”台风强度是大风出现的主要原因,西北行路径和移速缓慢是大风持续时间较长的原因。曹楚等<sup>[8]</sup>对台风“莫拉克”期间浙江大风的成因分析时指出,垂直方向环流将高层动量下传,可导致地面大风猛增。王忠东等<sup>[9]</sup>对比分析了台风“麦莎”和台风“韦帕”对浙江大风的影响,结果表明地面冷空气有利于台风移速减缓,导致台风造成的大风持续时间增长。王亚男等<sup>[10]</sup>对 1210 号台风大风和渤海湾天津沿岸风暴

收稿日期: 2020-03-13; 修回日期: 2020-06-05。

基金项目: 浙江省气象局科技计划一般项目(2019YB18)。

作者简介: 王丽娟(1980-)女,工程师,硕士,主要从事中短期天气预报及专业服务预报预测技术。E-mail: tzqxwjlj1980@163.com

潮分析时指出,台风“达维”尺度小,其东侧风力明显,西侧风力较弱,体现在登陆初和登陆后;陈德花等<sup>[11-12]</sup>分别研究了台风“莫兰蒂”和台风“苏迪罗”对福建大风的影响,结果表明局地强风相对台风方位角的变化随着台风靠近先顺转后逆转;副高减弱东退,引导气流减弱,移速缓慢,台风路径曲折,使得台风大风对福建的影响时间增长。关于台风“利奇马”,对其极端降水的成因研究较多,郭云谦等<sup>[13]</sup>指出副高、西风槽和台风环流的强度对比是台风“利奇马”降水预报的关键因素。娄小芬等<sup>[14]</sup>对台风“利奇马”造成浙江极端降水的研究指出,台风“利奇马”强度强且在陆地上维持时间长,台风本体环流是强降水的主要影响系统。刘晓汝等<sup>[15]</sup>对台风“利奇马”引发浙江大暴雨的成因进行了研究,结果表明强降水主要集中在近台风中心的西南部和稍远的北部,其中近台风中心为眼壁降水,北部为螺旋云带降水。然而对台风“利奇马”造成浙江大范围 and 较强极值大风的成因研究以及不同类别的台风可能引起的大风分布的具体特征、成因和预测研究还比较少。浙江是频受台风灾害影响的沿海省份之一,几乎所有登陆浙江的台风都会引起大风,但是不同的台风引起的大风分布特征大不相同。如何预测台风影响时的大风分布是浙江台风预报服务的重点之一。由于台风大风的影响不仅涉及台风本身的强度及结构等因素,而且还与周围的环境场以及地形等有密切联系,所以对台风大风的成因分析和预测方法的研究十分重要。本文分析了台风“利奇马”影响浙江期间的大风时空分布特征及大风形成原因,对台风大风预报进行了探讨,以期对日常业务预报和决策服务提供有益参考。

## 2 台风“利奇马”概况及浙江大风特征

### 2.1 资料来源

本文所用资料有:(1)美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP) FNL 逐 6 h 再分析资料,包括水平分辨率  $1^\circ \times 1^\circ$  的高度场、10 m 风场和海平面气压场资料,水平分辨率  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  的风场和垂直速度场资料。(2)美国国家海洋和大气管理局(National Oceanic Atmospheric Administration, NOAA) 高 分 辨 率

$0.25^\circ \times 0.25^\circ$  的日平均海温及日平均海温距平资料。(3)浙江省气候中心提供的全省常规气象观测站的实况风力资料。

### 2.2 台风“利奇马”概况

2019 年第 9 号台风“利奇马”(Lekima)于 2019 年 8 月 4 日 14 时(北京时,下同)在西北太平洋洋面上生成(见图 1a),6 日 02 时加强为强热带风暴,7 日 05 时加强为台风,23 时加强为超强台风;8 日 21 时台风强度达到最强,中心最低气压 915 hPa,中心风力达 18 级(62 m/s),后继续向西北方向移动;8 日夜里进入东海海域,并于 10 日 01 时 45 分维持超强台风级在浙江台州温岭城南沿海登陆,中心最低气压 930 hPa,近中心最大风力 16 级(52 m/s)。登陆后继续向西北偏北方向移动,10 日 03 时减弱为强台风,05 时减弱为台风,09 时离开浙江台州仙居进入金华磐安境内,同时减弱为强热带风暴,20 时减弱为热带风暴,22 时离开浙江进入江苏太湖境内,之后进入黄海并再次登陆山东。台风移动路径在登陆前相对比较稳定,以西北方向为主,登陆后转向偏北方向移动。台风“利奇马”具有以下特点:(1)登陆时中心气压低,为建国以来登陆浙江的第三强台风,第一和第二分别是 0608 号台风“桑美”和 5612 号台风“温黛”;(2)实测风速极值为登陆浙江台风第二强,全省极大风力 61.4 m/s 出现在温岭三蒜岛,仅次于台风“桑美”带来的 68.0 m/s 的记录;(3)实测最大过程雨量刷新登陆浙江台风造成的最高降水记录。台风“利奇马”影响期间全省最大过程雨量为 834.3 mm,出现在台州临海括苍山,刷新 9216 号台风在台州三门刘家创下的最大过程雨量纪录 746.8 mm。

### 2.3 台风“利奇马”影响期间浙江大风特征

8 日 06 时浙江区域温州沿海平屿站开始出现 8 级大风,后台州、宁波沿海相继出现 8 级及以上大风,直到 11 日 13 时大风影响结束。台风“利奇马”造成浙江 8 级大风持续时间长达 93 h。台风“利奇马”对浙江造成的大风影响有如下特点:(1)由于台风自身有很大强度,最强中心气压达到 915 hPa,中心风力 18 级,登陆时强度约减小至 930 hPa,近中心最大风力 16 级,因而给浙江带来极大风力。台州温岭的三蒜出现 18 级大风,其次还有两个站出现 17

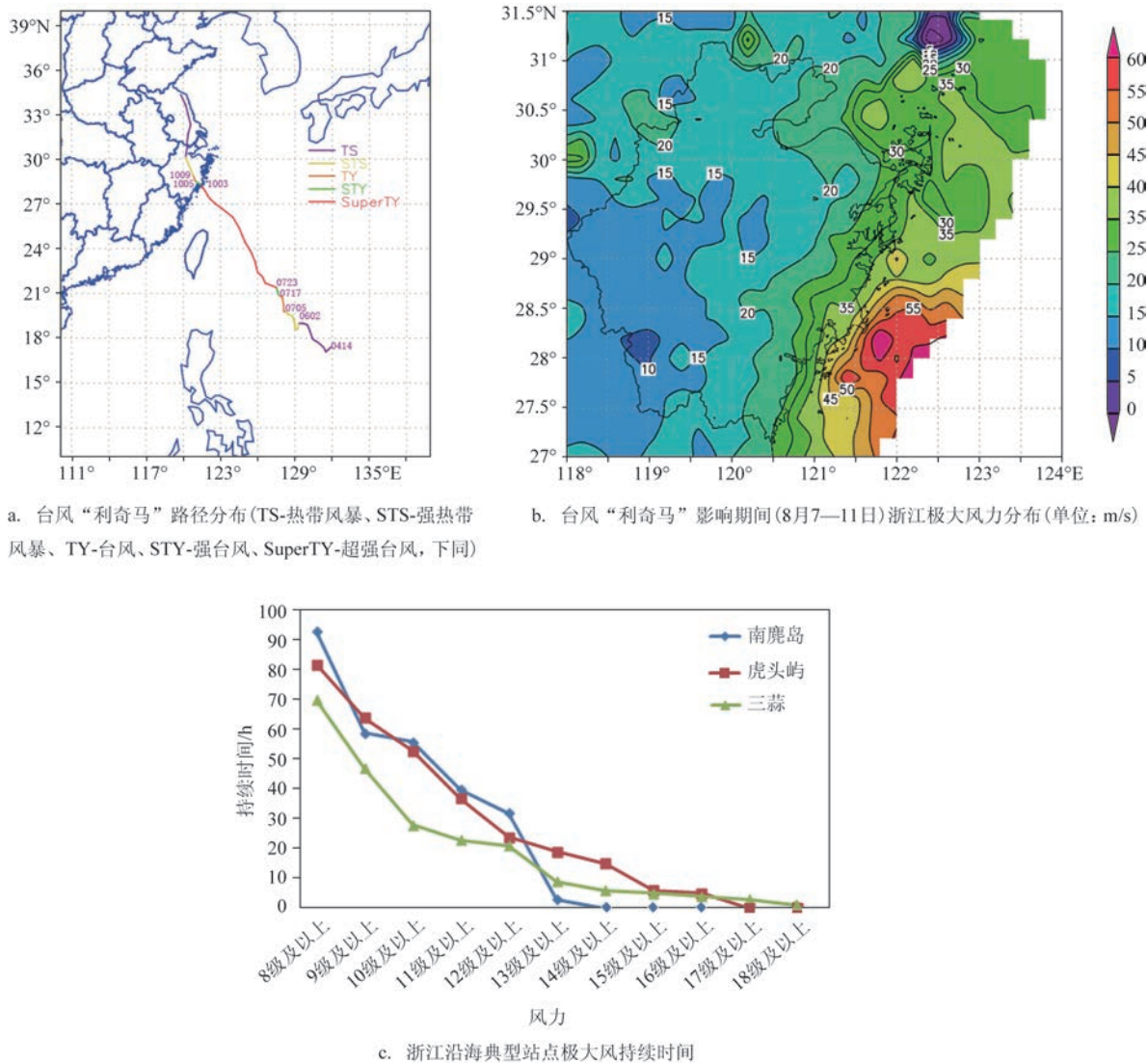


图1 台风“利奇马”概况及浙江大风特征

级大风,14个站出现16级大风,导致大风造成的次生灾害非常严重;(2)大风影响范围广(见图1b)。全省除浙江西南小部分地区以外,都出现了8级以上大风;(3)强风持续时间长(见图1c)。8级以上大风(南麂岛)持续93 h,10级以上大风(南麂岛)持续56 h,12级以上大风(南麂岛)持续32 h,14级以上大风(虎头屿)持续15 h,16级以上大风(虎头屿)持续5 h,17级以上大风(三蒜)持续3 h,18级以上大风(三蒜)持续1 h。

#### 2.4 台风“利奇马”影响浙江大风的时间和空间分布特征

台风登陆前基本稳定沿西北方向移动,且强度

比较大,随着其与浙江的距离拉近,风力逐渐加大。登陆前12~6 h(9日14—20时),台风近中心风速维持16~17级,属超强台风级(见图1a)。由距离浙江温岭190~110 km的极大风分布情况看(见图2a),沿海海面普遍出现35~40 m/s的极大阵风,极端最大风力超过40 m/s。登陆前6 h到登陆时(9日21时—10日02时),台风近中心最大风速减弱不明显,维持16级,属超级台风级(见图1a),沿海海面 and 沿海地区风力进一步增大(见图2b),登陆地周边出现较大范围的50~60 m/s的极大阵风区域。

台风登陆后在浙江境内耗时20 h,维持超级台风级1 h,强台风级2 h,台风级4 h左右,强热带风暴级11 h(见图1a)。台风“利奇马”登陆后横贯整个浙



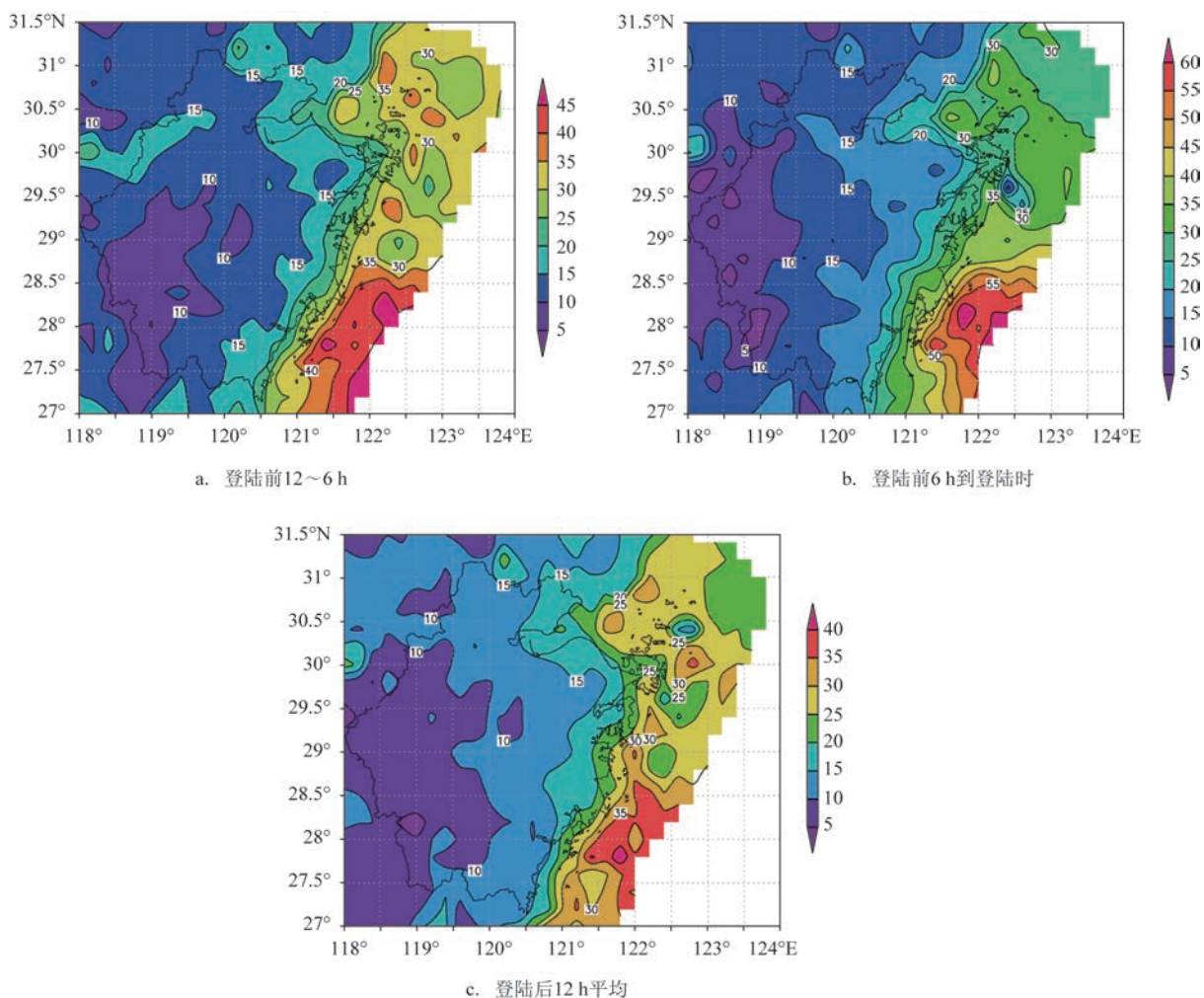


图2 浙江极大风力分布(单位:m/s)

江省,强度并没有迅速减弱,而且移动缓慢,造成浙江境内极端大风仍较强;大风持续时间长,影响范围较大,从登陆后12 h平均的全省极大风力分布看(见图2c),10日02—14时台风“利奇马”从超强台风减弱为强热带风暴,登陆后12 h平均的极大风力沿海海面仍有30~40 m/s,沿海地区15~25 m/s。

### 3 台风“利奇马”对浙江大风影响的成因分析

#### 3.1 台风本体对浙江大风的影响

台风是一个天气尺度的气旋性涡旋,其强度是以台风中心地面最大平均风速和台风中心海平面最低气压为依据。中心气压愈低,与周围的气压梯

度越大,近中心风速愈大,所以台风强度大是影响台风大风的基本因素。浙江温岭三蒜出现了本次过程的最大极大阵风,达到18级,所以以三蒜为例分析台风中心最低气压与大风的密切关系。三蒜从8日15时开始出现8级大风,根据中央气象台台风报文,台风中心位置在23.7°N、125.4°E,距离三蒜630 km,台风中心最低气压925 hPa,近中心最大风速55 m/s。9日06时台风强度虽比之前略有减弱,但受台风“利奇马”本体环流影响,三蒜增强为9级风,台风中心位置26.3°N、123.8°E,距离三蒜303 km,台风中心最低气压920 hPa,近中心最大风速60 m/s。9日11—22时,三蒜维持10~12级大风,其中17时台风“利奇马”强度进一步略有减弱,但三蒜站风力继续加大。22时台风中心位置27.7°N、121.9°E,距离三蒜64 km,台风中心最低气压935 hPa,近中心

最大风速 52 m/s,这时已经出现 12 级大风,23—00 时加强到 13~14 级。登陆前后 10 日 01—04 时维持 16~18 级大风,该段时间三蒜极大风力均超过台风近中心最大风速。05 时减弱为 14 级大风,后逐渐减弱。从 9 日 01 时—10 日 20 时三蒜站逐时极大风力、近中心最大风速和距台风中心距离的对比看(见图 3),三蒜站距台风中心距离与其逐时极大风力呈反相关,说明大风的影响受台风本体环流影响最大。随着与台风距离的拉近,三蒜极大风力逐渐加大,01 时 45 分登陆,01—03 时风力达到极值,03 时最大值达 61.4 m/s,这时三蒜位于台风眼的东南象限。10 日 01—07 时,三蒜极大风力都大于台风近中心最大风速,到 10 日 08 时后随着台风的远离,三蒜极大风力值开始小于台风近中心最大风速。由以上分析可知,台风本体环流还未影响浙江之前,浙江局地强风的提前出现与台风强度增强有关,随着台风本体逐渐西移靠近,开始受台风本体环流影响,大风强度和范围都有明显的加大,登陆后台风强度减弱,且逐渐远离,大风的强度和范围逐渐缩小。

### 3.2 天气尺度系统对台风“利奇马”大风的影响

#### 3.2.1 500 hPa 高度场分析

利用 NCEP  $1^\circ \times 1^\circ$  的每日 4 次再分析资料对 500 hPa 高度场进行分析。西太平洋副热带高压是东亚夏季风的重要成员之一,其进退和热带气旋路径和强度变化关系极为密切。台风“利奇马”从 4 日生成后路径相对比较稳定,6—7 日受 1908 号台风“范思高”北上与西风带槽结合影响,副高有明显的东退现象(见图 4a),7 日 08 时退到  $130^\circ\text{E}$  附近,8 日 08 时(见图 4b)又西进,9 日 08 时西脊点东退明显(见图 4c)。这段时间台风“利奇马”路径有北折现象,路径突变和 1910 号台风“罗莎”北上有非常明显的关系。陈联寿等<sup>[1]</sup>指出,当两个台风相距 15 个纬距内,会通过环境场发生作用;范爱芬等<sup>[16]</sup>在研究 1210 号台风“达维”对 1209 号台风“苏拉”的影响时分析,台风“达维”的近距离存在,不仅改变了台风“苏拉”的环境基本引导气流,还改变了台风“苏拉”的水汽输送、强度变化和结构特征。1910 号台风“罗莎”与 1909 号台风“利奇马”相距较远,大于 15 个纬距,两个台风之间的作用相对会比较小,但是台风“罗莎”对副高产生明显的影响:8 日 08 时—9

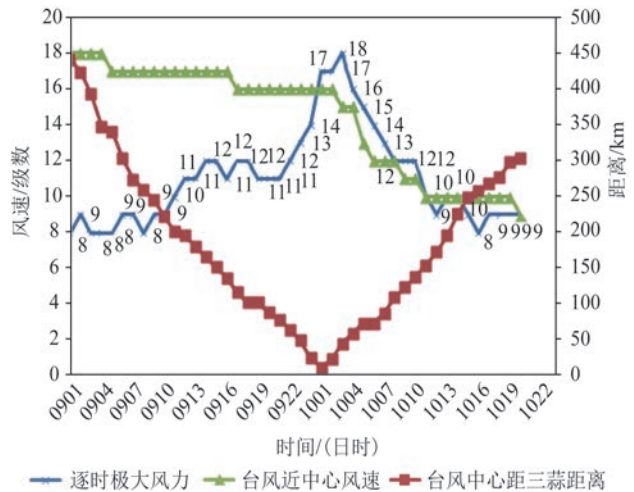


图3 三蒜站逐时极大风力、台风强度及台风中心距三蒜距离的对应变化(9日01时—10日23时)

日 08 时受台风“罗莎”北上影响,副高西脊点东退,从而使引导气流南向分量加大,台风“利奇马”有北折现象,与台风“罗莎”对副高的间接影响有较大关系。9 日后期—10 日副高西脊点西进,台风“利奇马”开始西折,直到离开浙江台州进入金华后又开始很明显地北折,分析原因如下:从 10 日 08 时 500 hPa 高度场来看(见图 4d),台风“利奇马”与西风带槽已合并,导致引导气流也转为明显的偏南气流,台风北上分量进一步加大,所以台风“利奇马”离开浙江台州后并没有按照之前的方向移动,而是转向偏北方向移动,导致浙江省不一样的风雨分布。这种形势下,内陆地区 8 级以上大风并没有覆盖全省,浙西南小部分区域并没有出现 8 级以上大风。

#### 3.2.2 地面气压场分析

台风登陆前,在其北侧维持大陆高压带(图略),西北侧和东北侧都有明显的高压中心存在。登陆后(见图 5),10 日东北侧高压有明显的加强现象且南落,使得台风中心与浙北沿海的梯度加大。虽然台风强度在 10 日 09 时就减弱为强热带风暴,但 10 日白天浙北沿海仍维持较强的气压梯度,气压梯度大于  $5 \times 10^{-2}/\text{km}$ ,浙北沿海(舟山一带)10 日 08—20 时仍维持 12~15 级的极大阵风,极端风力持续时间比较长。台风于 10 日 22 时已离开浙江省,但浙北沿海一带的 10 级极大风仍持续到 11 日凌晨。这种大风持续情况除了受台风本体影响,与东北侧高



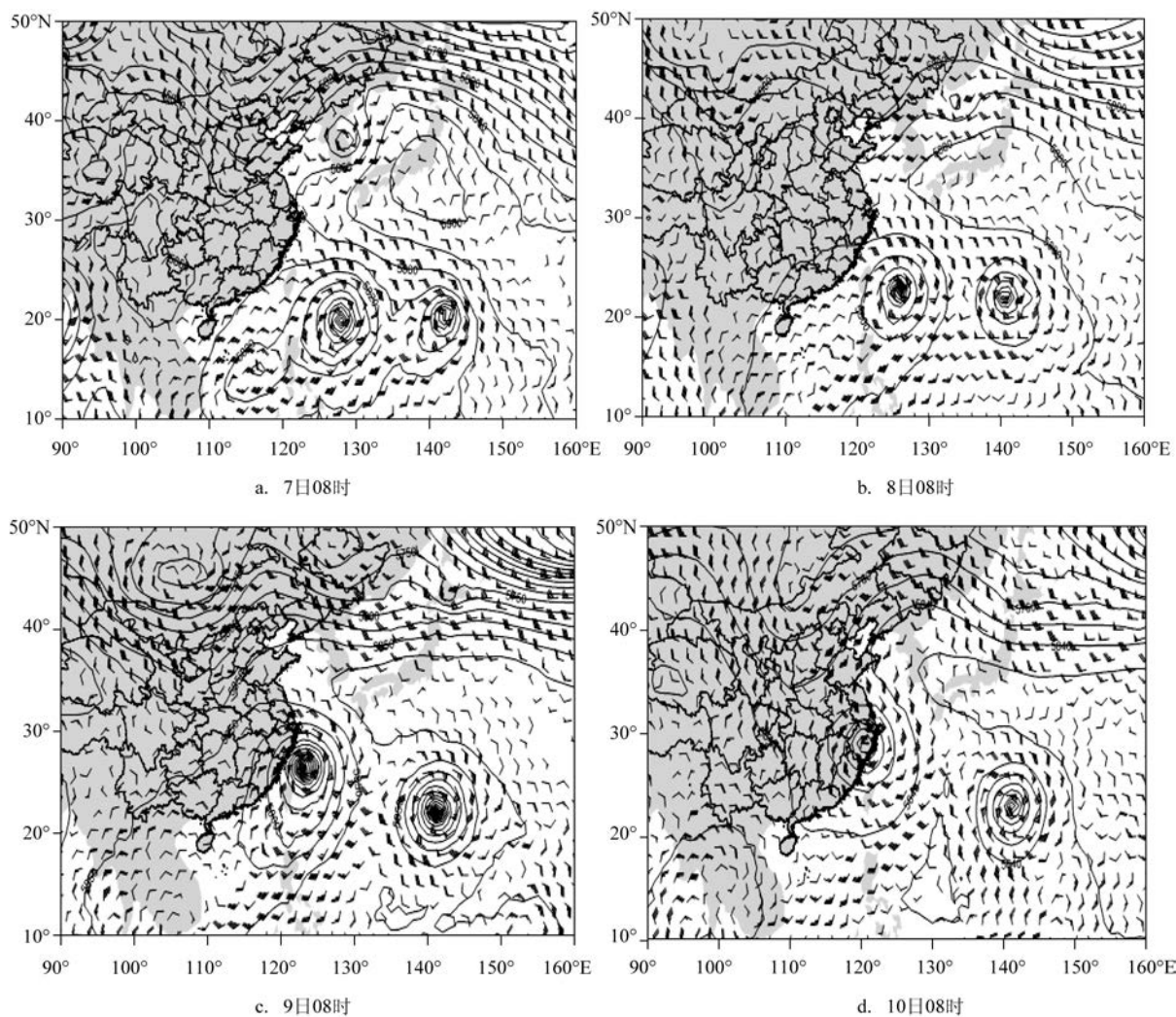


图4 500 hPa 高度场和风场分布(单位: dagpm)

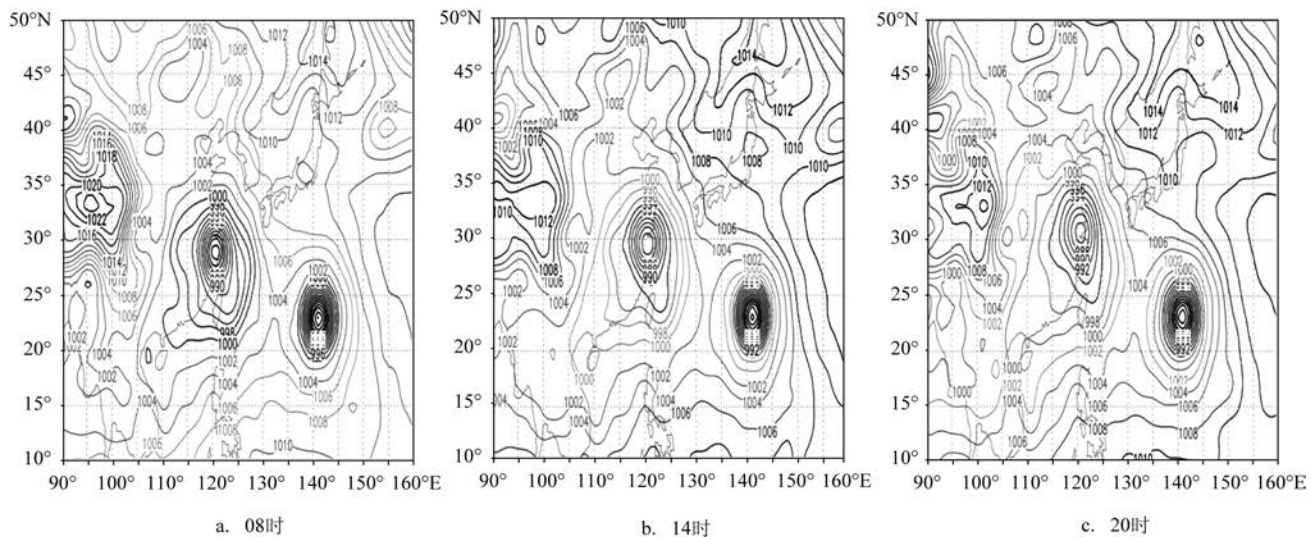


图5 海平面气压场分布(单位:hPa)

压加强南落关系也比较大。

### 3.3 地形影响

地形对浙江大风的分布和极值的出现有非常重要的影响。台风登陆时近中心最大风力 52 m/s,但在登陆点附近出现 10 个左右的站点超过了台风近中心最大风力,登陆时温岭的三蒜出现了最大的 1 h 极大风为 59.6 m/s,这与登陆点附近的地形有非常密切的关系。三蒜处于漩门湾的喇叭口地形内,容易形成狭管效应,造成局地强风的出现。

另外,浙江地形自西南到东北呈阶梯状倾斜(见图 6a),西南以山地为主,中部以丘陵为主,东北部是低平的冲积平原,浙东北地区海拔多在 100 m

以下。从浙江地形图和台风“利奇马”路径图上看(见图 6a),登陆后台风“利奇马”在浙江前半段的浙江台州境内经过了一小段较高海拔区域,所以强度减弱较快;离开台州后基本只经过海拔小于 400 m 的地区,后继续向偏北方向移动,进入海拔小于 100 m 的杭绍湖平原地带。台风“利奇马”路径只经浙江相对低海拔地区及浙东北的平原一带,这使得台风经过的时候摩擦作用较小,台风强度减弱缓慢,10 日 09 时减弱为近中心风力为 11 级的强热带风暴,之后强度维持直到 20 时才减弱为热带风暴,强热带风暴持续了达 11 h 之多。浙江省地形条件配合台风“利奇马”的移动路径造成其登陆后强度减弱慢,极端大风在浙江的持续时间仍较长。为进一步说

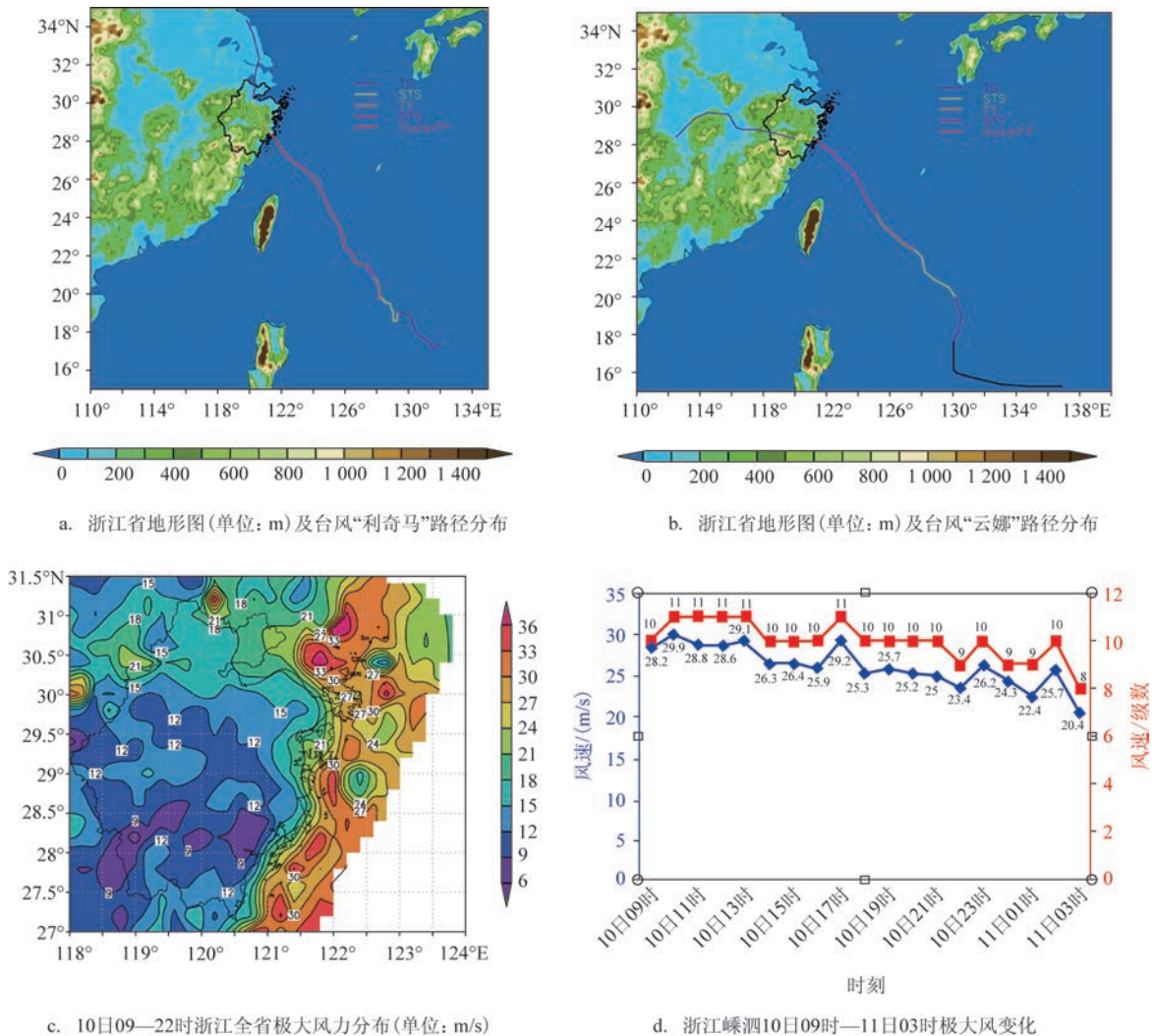


图6 地形对浙江大风分布和极值的影响



明地形对台风强度的影响,本文分析了同样对浙江省造成重创的0414号台风“云娜”的路径分布情况(见图6b)。两个台风发生季节相同,同样都在8月;登陆地也相同,台风“云娜”也在浙江温岭登陆,但其路径与台风“利奇马”的西北偏北路径不同,而是西北偏西方向移动,经过的大部分区域为浙西南的高海拔地区,其强度减弱情况完全不同。从2004年8月13日02时减弱为强热带风暴,到08时减弱为热带风暴,只花了6 h,与台风“利奇马”经历11 h差别比较大。

台风“利奇马”10日01时45分在浙江台州登陆,09时离开台州,在台州境内逗留了7 h,又经过了13 h左右离开浙江。图6c为台风“利奇马”离开浙江台州后到离开浙江省(10日09—22时)的极端风力全省分布情况,由图可见全省沿海海面极大风力仍比较大,最大中心超过34 m/s,位于浙北-舟山一带沿海海面,全省沿海海面大部地区仍有30 m/s的极端大风出现。图6d为浙江嵊泗10日09时—11日03时极大风变化,图中可见嵊泗岛此段时间维持10~11级大风,一直到22时减弱到9级,11日03时减弱到8级,之后继续减弱,进一步说明台风“利奇马”离开台州后浙江大风的持续时间仍较长。

### 3.4 台风登陆前后中尺度系统对局地强风的影响分析

之前的分析表明,三蒜站实际风力比台风风圈半径大得多。除了台风本身强度影响和地形原因,还有什么原因可以导致局地强风呢?下面从三蒜站附近经向风和纬向风 $u$ 、 $v$ 以及垂直速度剖面图的分布情况对台风登陆前后的中尺度系统进行分析。本节使用资料为NCEP每天4次的 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 的再分析资料。沿三蒜站所在经度( $121.5^\circ\text{E}$ ) $u$ 、 $v$ 的垂直剖面图看(见图7a—d, $u$ 正值为西风, $v$ 正值为南风),台风“利奇马”大风区非常集中,登陆前东西分量和南北分量相当,北纬 $28^\circ\text{N}$ 附近东西分量等值线垂直分布,东西风大风区分布于 $28^\circ\text{N}$ 南北两侧,位置比较低,在650~900 hPa,  $27^\circ\sim 29^\circ\text{N}$ 之间。北风大风区位于850~900 hPa,  $28^\circ\text{N}$ 附近,位置更低;登陆时东西风分量明显大于南风分量,且东西风明显大于登陆前。在 $28^\circ\text{N}$ 附近,东西分量等值线仍垂直分布,西风大风区位置在800 hPa附近,东风大风区

维持在600 hPa附近,东西风大风区仍分布于 $28^\circ\text{N}$ 南北两侧。登陆时 $28^\circ\text{N}$ 附近(三蒜站所在纬度 $28.2^\circ\text{N}$ )由北风大风区迅速转为南风大风区,但南风大值区低于登陆前的北风大值区,南风大风区有两个中心,分别在900~1 000 hPa和500~600 hPa之间。

由垂直速度沿 $121.5^\circ\text{E}$ 的垂直剖面图(图7e—7f)看,很明显,不管是登陆前还是登陆时下沉运动明显大于上升运动,不管是极值还是范围,登陆前在 $28^\circ\text{N}$ 附近及南侧是数值较大的负值区,说明此区域有较大的下沉运动,北侧有较弱的正值区,说明有上升运动,这些上升气流增加了风速的最大值。对比登陆前 $u$ 、 $v$ 分布图, $28^\circ\text{N}$ 南北两侧分布了东西风分量的大值区,下沉运动将该纬度内的东西风大值中心,同时也将 $28^\circ\text{N}$ 以南地区的北风大值中心通过高层下沉运动区域北抬,大值区主要位于 $28^\circ\text{N}$ 附近及以北地区,主要的分布范围在 $28^\circ\sim 30^\circ\text{N}$ 之间。 $28^\circ\text{N}$ 以南高层同样有较弱的上升运动区,可以增加高层风速大值。三蒜所在纬度( $28.2^\circ\text{N}$ )在1 000~100 hPa基本维持下沉运动,此区域的东风大值区和南风大值区均通过高空动量下传和强降水粒子的拖曳作用,使该纬度内地面大风猛增。这就是为什么三蒜站在登陆前和登陆时实际风速比台风风圈半径明显偏大甚至超过台风近中心最大风速的原因,与中尺度系统有非常重要的关系。

### 3.5 海温和垂直风切变对台风“利奇马”强度和浙江大风分布的影响

#### 3.5.1 海温对台风“利奇马”强度的影响

海温是影响热带气旋强度变化的重要因素。Chan等<sup>[17]</sup>的研究结果表明,热带气旋强度对海表面温度(Sea Surface Temperature, SST)变化的响应几乎是同时的。薛根元等<sup>[18]</sup>在研究2008年超强台风“桑美”加强的原因时表明,高海温使台风区域低空气旋式环流和高空辐散流出加强,导致低空更多的水汽向该区辐合,为台风的发展和加强提供了更多的水汽和能量。石顺吉等<sup>[19]</sup>研究环境条件对超强台风“圣帕”的影响时指出,海温是影响台风强度变化的主要因素。在考虑海温对台风强度的影响时,本文同时考虑了海温的空间和时间分布与台风的实时路径分布。台风“利奇马”于4日17时生成于西北



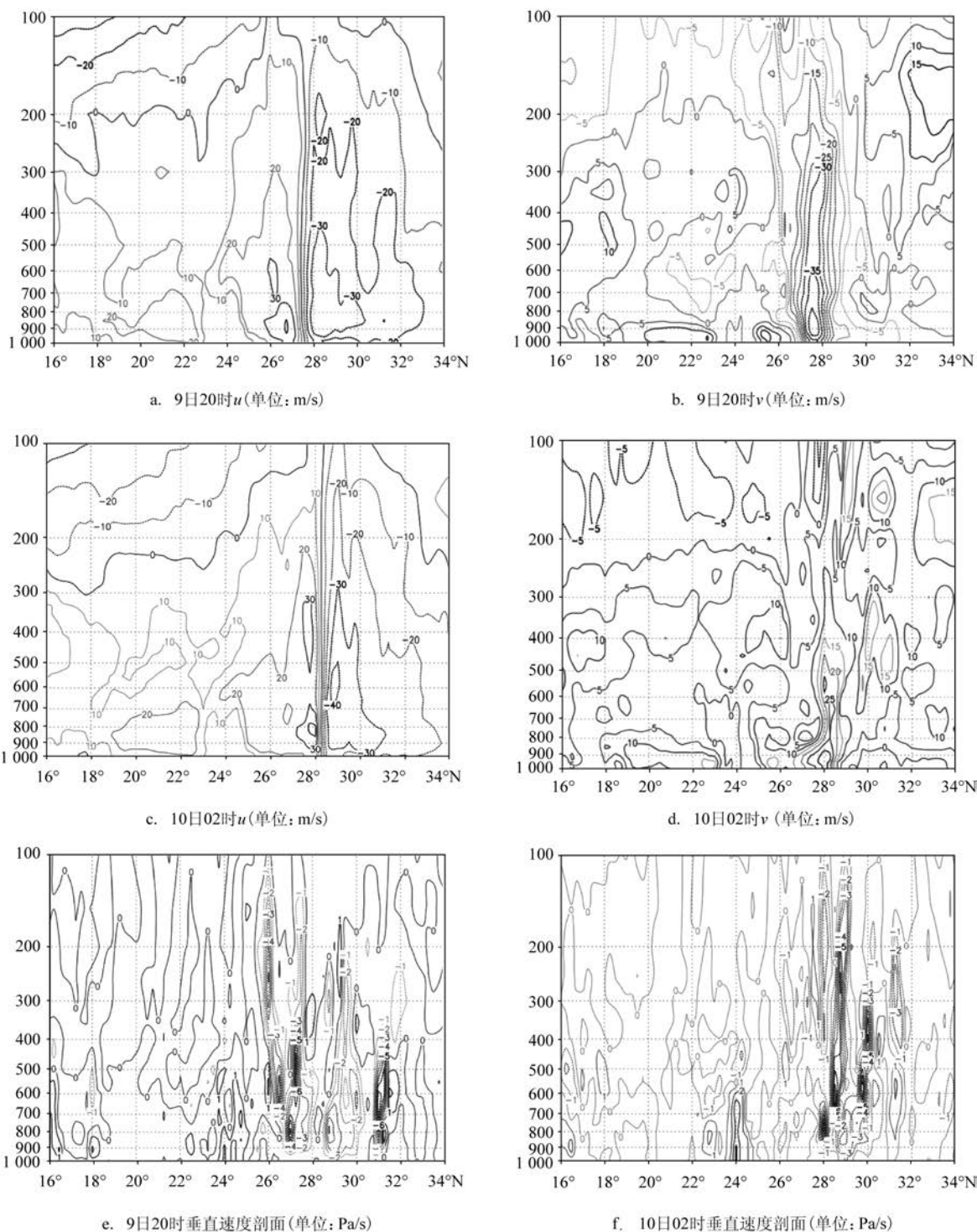


图7 沿121.5°E的 $u$ 、 $v$ 剖面图和沿121.5°E的垂直速度剖面

太平洋洋面,从热带风暴一路加强为8日21时近中心风力18级的超强台风。从5—6日的日海温图和日海温距平图(图略)来看,5—6日高海温范围最大,5日海温最强,6日略减弱,7日和6日强度类似,

6日前台风均处于高海温区域,高海温分布为其强度增强提供了充足的能量来源。由7日日平均海温场与台风“利奇马”7日23时之前的路径分布图看(见图8a),7日经过了一段 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ 的暖洋面,在暖洋

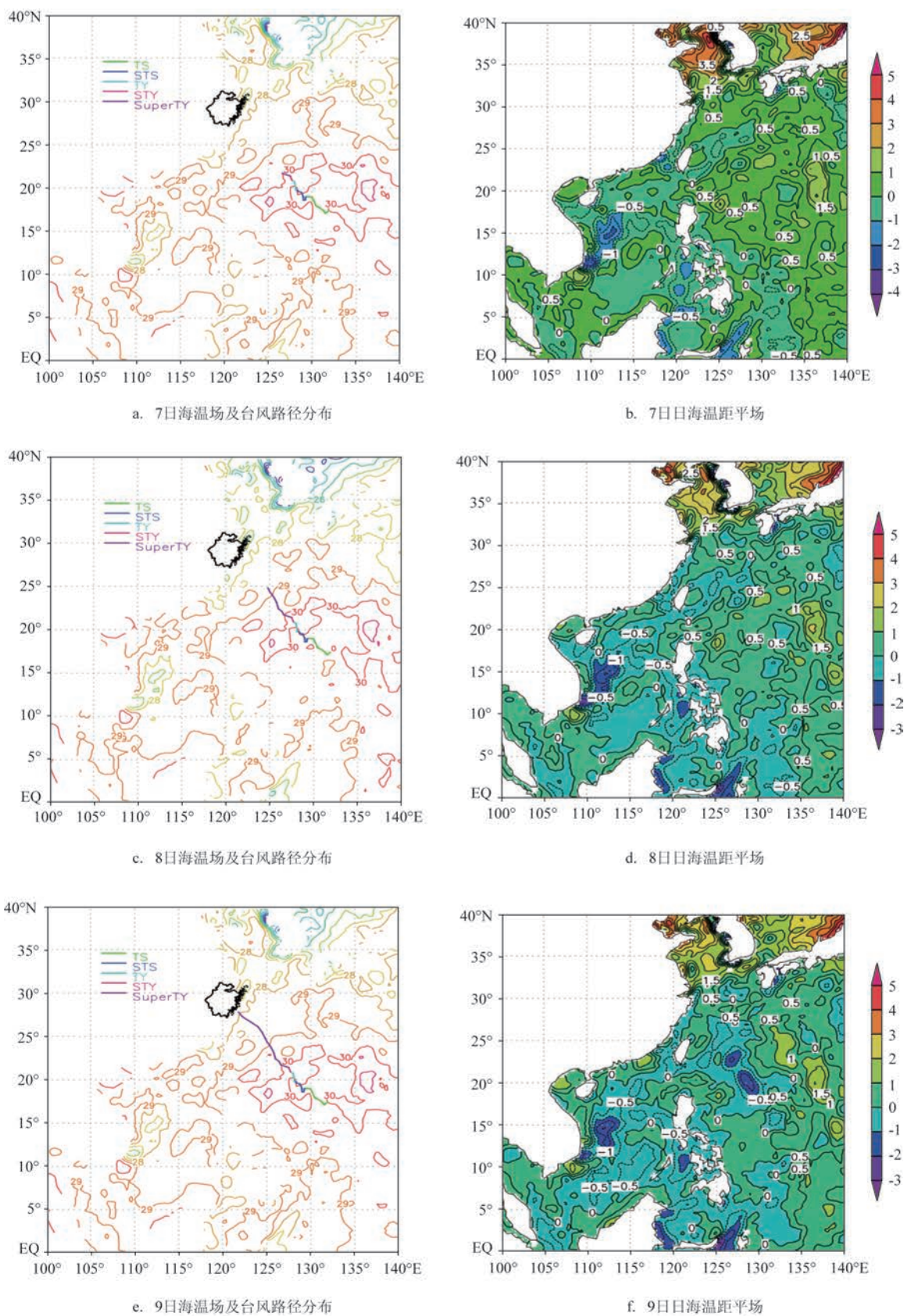


图8 7—9日平均海温场和当日23时之前的台风路径分布及日海温距平场(单位:℃)



面里台风“利奇马”从强热带风暴级连增3级到强台风级,由此可见,高海温对台风强度的增强起到非常重要的作用。由8日日平均海温场与台风“利奇马”8日23时之前的路径分布图(见图8c),8日海温相对7日有所减弱,这段时间台风所经洋面温度比之前略有减弱,但基本都是 $29\sim 30\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的暖洋面,只有后面几个时刻进入了 $28\sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的洋面。该段时间台风“利奇马”仍继续加强,从近中心最低气压930 hPa增强到915 hPa,从7日和8日距平图(见图8b和8d)与台风“利奇马”实时路径对比也能看出,台风所经海域都为正距平区。由9日日平均海温场与台风“利奇马”9日23时之前的实时路径分布图看(见图8e),9日海温进一步减弱,距平图显示负距平区域明显扩大(见图8f)。从台风“利奇马”路径图看,9日从 $28\sim 29\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的洋面进入到近海一段小于 $28\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的相对冷洋面,这样的海温条件使台风强度略有减弱,9日05—17时从近中心最低气压915 hPa减弱到近中心最低气压930~935 hPa。由此进一步印证了海温是影响热带气旋强度的非常重要的因素。

### 3.5.2 垂直风切变对台风“利奇马”强度的影响

Gray等<sup>[20-21]</sup>的文章指出,垂直风切变通常被认为是一个不利于热带气旋(Tropical Cyclone, TC)迅速加强的因子,即垂直风切变大时,积云对流运动释放的凝结潜热无法在TC上层集中,从而破坏暖心结构,阻止强度增强。Zehr<sup>[22]</sup>指出,西北太平洋区域环境垂直风切变超过 $12.5\text{ m/s}$ 的阈值会阻碍热带气旋的发展。DeMaria等<sup>[23]</sup>建立了一个统计动力预报模式SHIPS(Statistical Hurricane Intensity Prediction Scheme),其中垂直风切变是第二重要的预报因子,仅次于海洋的影响。垂直风切变是指水平风在垂直方向上的变化,为方便计算一般采用高低层水平风速差近似表示,但不同研究中具体计算方法不尽相同。高低空层次上,绝大多数研究选取850 hPa和200 hPa代表低层和高层。Palmer等<sup>[24]</sup>计算了不同大小正方形区域内的垂直切变,指出 $10^{\circ}\times 10^{\circ}$ 范围内的垂直切变与TC强度相关性较好。因此,本文选取以TC为中心 $10^{\circ}\times 10^{\circ}$ 正方形区域内水平风速的区域平均来代表水平风大小计算垂直风切变。

利用NCEP FNL的 $0.25^{\circ}\times 0.25^{\circ}$ 的水平风场资料计算了台风“利奇马”从生成到登陆之前的垂直

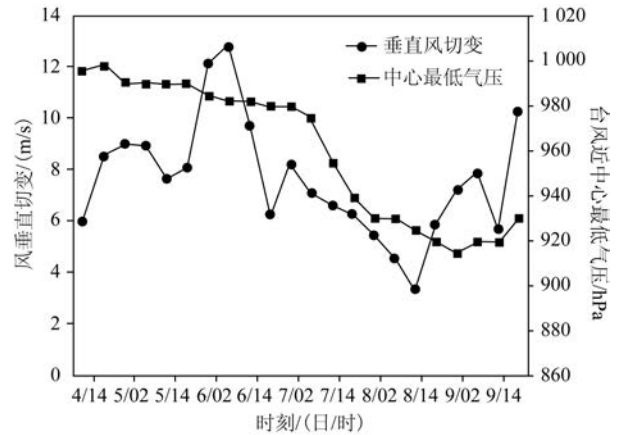


图9 登陆前垂直风切变与利奇马近中心最低气压对比分析

风切变值,并与台风近中心最低气压(台风强度)进行对比分析(见图9)。由图可见7日02时之前,垂直风切变大部分时段大于 $8\text{ m/s}$ ,最高超过 $12\text{ m/s}$ 。在这样的条件下,台风强度增长缓慢,近中心最低气压从4日14时的996 hPa—7日02时的980 hPa;而从7日08时开始,垂直风切变迅速减小,到8日14时降到最低的 $3.39\text{ m/s}$ 。该段时间内台风强度迅速增强,从近中心最低气压从975 hPa迅速下降至925 hPa,1 d左右时间内迅速从台风级增强到超强台风级,之后垂直风切变逐渐开始增大,但仍处于小于 $8\text{ m/s}$ 的低值阶段,台风有所加强,但是加强程度没有之前快,到10日02时台风登陆,垂直风切变迅速增大到 $10.4\text{ m/s}$ ,台风强度也迅速减弱。由此可见,登陆前的垂直风切变可以较好地预测台风强度的未来发展趋势。台风强度与大风出现的极值和范围息息相关,上述已对海温和垂直风切变两个对台风强度影响较大的因子进行了较细致的分析,可以在一定程度上对台风强度进行预测,从而实现台风造成大风的极值和范围进行预测。

另外,我们还统计了7—9日日极大风力全省分布情况(图略)。从7日开始浙南沿海出现 $15\text{ m/s}$ 以上的大风中心,最大极大阵风达 $26.4\text{ m/s}$ 。8日台风“利奇马”强度增强,风力逐渐加大,浙南沿海出现接近 $30\text{ m/s}$ 的大风中心,大风范围加大,最大极大阵风达 $29.1\text{ m/s}$ 。9日台风“利奇马”强度略有减弱,但仍为强台风级别,随着其进一步向浙江逼近,大风范围和极值进一步扩大,浙中南区域出现了极大风

45 m/s左右的大风中心,最大极大阵风达到了51.1 m/s。

## 4 结论

(1)1909号台风“利奇马”为建国以来登陆浙江的第三强台风,实测风速极值为登陆浙江台风第二强,风灾给浙江造成很明显的次生灾害。台风“利奇马”影响浙江期间,由于台风强度强,造成的极端风力非常强,且大风影响范围广,除浙西南小部分地区外,浙江全省都出现8级以上大风,强风持续时间长。

(2)台风本体强度是影响大风的主要因素,浙江局地强风提前出现与台风本体强度增强有关。台风“利奇马”影响期间,登陆前副高的西进东退与台风路径有非常重要的关系。1910号台风“罗莎”造成副高东退,台风“利奇马”北折;副高西进,台风“利奇马”西折。登陆后台风“利奇马”与北侧西风带槽打通,北向分量加大。台风“利奇马”离开浙江台州后主要经过浙江省低海拔地区和平原地带,地面摩擦较小,台风强度减弱慢;与台风“云娜”路径形成较明显的对比,台风“云娜”主要经过浙江的高海拔地区,台风强度减弱快的多。浙江地形分布和台风“利奇马”西北偏北的移动路径导致其登陆后浙江仍出现了范围较大的极端大风和较长的大风持续时间。另外台风“利奇马”登陆后其东北侧高压加强南落,浙北气压梯度增大,进一步加强了登陆后对浙江大风极值和持续时间的影响程度。

(3)台风“利奇马”登陆前和登陆时的中尺度特征解释了浙江局部出现的强风比台风风圈半径明显偏大甚至超过台风近中心最大风速的原因,弱的上升运动可以增加高层风速大值,在高空维持较大风速,下沉运动可导致高空动量下传,使低层或者地面大风猛增。

(4)在同时考虑海温的空间和时间分布与台风的实时路径分布前提下研究了海温对台风强度的影响。通过对日平均海温分布图与台风路径分布结合分析看出,当台风“利奇马”登陆前经过海温大于30℃的明显偏强的暖洋面时,台风强度从强热带风暴迅速增强到超强台风;之后进入29~30℃的暖洋面,强度继续增强,但没有之前增强明显;随着台风进一步临近大陆,经过一段近海海温小于28℃的相对冷洋面,使临近登陆的台风“利奇马”强度略有

减弱。进一步验证了海温是影响热带气旋强度的非常重要的因素。登陆前的“利奇马”台风中心范围的垂直风切变大小对台风强度增强有重要指示意义:当垂直切变值较大(一般大于8 m/s)时,台风强度增长缓慢;当垂直切变值迅速减小时,对应台风强度的迅速增强。说明垂直风切变大小可以较好地预测台风强度未来发展趋势。对应时间的浙江极端风力全省分布图看,随着台风强度不断增强,并进一步临近登陆,浙江大风范围和强度增强明显。

## 参考文献:

- [1] 陈联寿, 丁一汇. 西北太平洋台风概论[M]. 北京: 科学出版社, 1979: 440-448.
- [2] 杨玉华, 雷小途. 我国登陆台风引起的大风分布特征的初步分析[J]. 热带气象学报, 2004, 20(6): 633-642.
- [3] 田辉, 马开玉, 林振山. 华南、华东沿海登陆台风暴雨和大风分析[J]. 应用气象学报, 1999, 10(Z1): 148-152.
- [4] 王雷, 李晓丽, 徐哲永. 近50年影响舟山的台风气候特征分析[J]. 海洋预报, 2011, 28(5): 36-43.
- [5] 钮学新, 朱持则. 热带气旋大风圈的预报[J]. 热带气象学报, 1997, 13(4): 365-367.
- [6] 陈润珍, 孔宁谦. 广西沿海热带气旋大风数值预报探讨[J]. 海洋预报, 2004, 21(1): 52-55.
- [7] 董美莹, 俞燎霓. “麦莎”台风影响期间浙江的大风分布特征和成因分析[J]. 科技导报, 2006, 24(4): 29-32.
- [8] 曹楚, 王忠东, 郑峰. 台风“莫拉克”影响期间浙江大风成因分析[J]. 气象科技, 2013, 41(6): 1109-1115.
- [9] 王忠东, 曹楚, 楼丽银, 等. 超强台风“罗莎”和“韦帕”大风过程对比分析[J]. 气象科技, 2009, 37(2): 156-161.
- [10] 王亚男, 王庆元. 1210号台风大风和渤海湾天津沿岸风暴潮分析[J]. 海洋预报, 2013, 30(6): 7-12.
- [11] 陈德花, 张玲, 张伟, 等. “莫兰蒂”台风致灾大风的结构特征及成因[J]. 大气科学学报, 2018, 41(5): 692-701.
- [12] 高聪晖, 高珊. “苏迪罗”影响期间福建的大风特点及其成因分析[J]. 福建气象, 2016(1): 25-29.
- [13] 郭云谦, 王毅, 沈越婷, 等. 台风“利奇马”不同区域降水极端性特征及成因分析[J]. 气象科学, 2020, 40(1): 65-77.
- [14] 娄小芬, 马昊, 黄旋旋, 等. 台风“利奇马”造成浙江极端降水的成因分析[J]. 气象科学, 2020, 40(1): 78-88.
- [15] 刘晓汝, 谢作威. 2019年超强台风“利奇马”引发浙江特大暴雨过程分析[J]. 气象科学, 2020, 40(1): 89-96.
- [16] 范爱芬, 娄小芬, 彭霞云, 等. 台风“达维”对“苏拉”的影响分析[J]. 海洋预报, 2014, 31(2): 26-34.
- [17] Chan J C L, Duan Y H, Shay L K. Tropical cyclone intensity change from a simple ocean-atmosphere coupled model[J]. Journal of the Atmospheric Sciences, 2001, 58(2): 154-172.



- [18] 薛根元, 张建海, 陈红梅, 等. 超强台风Saomai(0608)加强成因分析及海温影响的数值试验研究[J]. 第四纪研究, 2007, 27(3): 311-321.
- [19] 石顺吉, 余锦华, 郑礼新. 环境条件对0709号超强台风“圣帕”影响的分析[J]. 台湾海峡, 2009, 28(1): 135-141.
- [20] Gray W M. Global view of the origin of tropical disturbances and storms[J]. Monthly Weather Review, 1968, 96(10): 669-700.
- [21] Frank W M, Ritchie E A. Effects of vertical wind shear on the intensity and structure of numerically simulated hurricanes[J]. Monthly Weather Review, 2001, 129(9): 2249-2269.
- [22] Zehr R M. Tropical cyclogenesis in the western north Pacific[R]. Washington: NOAA, 1992.
- [23] DeMaria M, Kaplan J. A statistical hurricane intensity prediction scheme (SHIPS) for the Atlantic basin[J]. Weather and Forecasting, 1994, 9(2): 209-220.
- [24] Palmer C K, Barnes G M. The effects of vertical wind shear as diagnosed by the NCEP / NCAR reanalysis data on northeast Pacific hurricane intensity[C]//25th Conference on Hurricanes and Tropical Meteorology. San Diego: Amer Meteor Soc, 2002: 122-123.

## Distribution characteristics and causes of gale winds in Zhejiang province affected by typhoon “Lekima” (1909)

WANG Li-Juan<sup>1</sup>, DENG Fang-Jun<sup>1</sup>, SHI Heng-Yu<sup>2</sup>, YANG Yi-Ping<sup>1</sup>

(1. Taizhou Meteorological Bureau, Taizhou 318000 China; 2. Zhejiang Early Warning Center, Hangzhou 310002 China)

**Abstract:** Using the NCEP FNL reanalysis data ( $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  and  $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ), the NOAA daily mean sea temperature and its anomaly data ( $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ ) and the Zhejiang conventional meteorological observatory wind data at the height of 10 meters, the distribution characteristics and causes of gale winds when typhoon “Lekima” (1909) affected Zhejiang province are analyzed in this paper. The results show that the long-lasting gale winds caused by the typhoon “Lekima” cover a wide range of Zhejiang province with the maximum wind speed of 61.4 m/s, and the gale winds weakens gradually after landing. The early occurrence of local gale winds in Zhejiang province is related to the increase of the typhoon intensity. The indirect impact of typhoon “Rosa” (1910) on the subtropical high and the combined effect of “Lekima” after landing with the westerly belt trough results in the intensification of the northward component of “Lekima”. Typhoon “Lekima” traveled through low altitude and plain paths after landing and left Taizhou, resulting in weak friction on the ground and slower intensity weakening. Moreover, the intensification of high pressure system northeast of “Lekima” increases the pressure gradient over Zhejiang province, resulting in the long duration of extreme gale winds after the landing of “Lekima”. The mesoscale characteristics of “Lekima” before and during the process of its landing indicate continuous high wind speed at high altitudes and that the gale winds at ground surface are caused by the descending of momentum from the upper level. The positive sea surface temperature (SST) anomaly on the moving path of “Lekima” before landing is the main reason for the rapid increase in the intensity of the typhoon. cause of rapid intensification. The low offshore sea temperature, however, slightly decreases the intensity of Lekima. In addition, the strength of vertical wind shear within the central area of “Lekima” before landing is helpful to predict the intensity of “Lekima”. The intensity of “Lekima” increases slowly if the vertical wind shear is large, while the intensity increases rapidly if the vertical wind shear decreases.

**Key words:** gale winds; typhoon; “Lekima”; sea surface temperature; vertical wind shear