

# 强热带风暴蒲公英引起太湖强风的成因分析

李法然

(浙江省湖州市气象台,313000)

## 提 要

0407号强热带风暴(蒲公英)在浙江省乐清市登陆数小时后,300km外的太湖地区狂风大作,位于太湖南岸的太湖自动站7月3日13时极大风力达 $29.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,超过了风暴近中心及途经地区测站的最大风速。这在湖州市历史记录中是从未有过的异常现象,在台风记录中也属罕见。

**关键词:** 强热带风暴 大风 成因分析

## 1 概 况

2004年07号热带风暴于6月23日14时(北京时,下同)编号,位置在 $16.6^{\circ}\text{N}$ 、 $142.5^{\circ}\text{E}$ ,中心气压998hPa,近中心最大风力 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;后迅速增强为台风,一路沿 $18^{\circ}\text{N}$ 附近西行,在菲律宾以西洋面上转向西北,在台湾北部减弱为强热带风暴,并继续向西北方向移动,逐渐向浙江沿海靠近,7月3日上午9时30分于浙江省乐清市黄华镇登陆,就是 $27.7^{\circ}\text{N}$ 、 $121.0^{\circ}\text{E}$ ,当时中心气压985hPa,近中心最大风力 $25\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。强热带风暴登陆后继续沿海北上,于7月3日20时穿过宁波、舟山进入东海(参见图1)。在7月3日一天中,浙江沿海出现了狂风暴雨,尤其是湖州所在的太湖及周围地区,不但出现了暴雨,

而且狂风席卷了整个太湖,极大风力超过了风暴中心附近的极值,太湖站13时风力达 $29.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,这是湖州历史上从未遇到过的,那么如此大风是怎样形成的呢?本文就此问题作了初步探讨。文献[1,2]曾对8807号和9216号台风作过分析,8807号台风在浙江象山登陆后,迅速西行,风力持续地维持在12级以上,近中心为 $35\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,在台风前方上虞、德清风力分别达到 $37\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 $36\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,上虞在台风环流之内,而位于台风前部的德清则发生了局地龙卷。9216号台风在福建长乐登陆,虽然强度中等偏弱,但影响范围广,外围风力比中心地带风力强。但是文献对外围风力因何比中心风力强都未作具体分析。

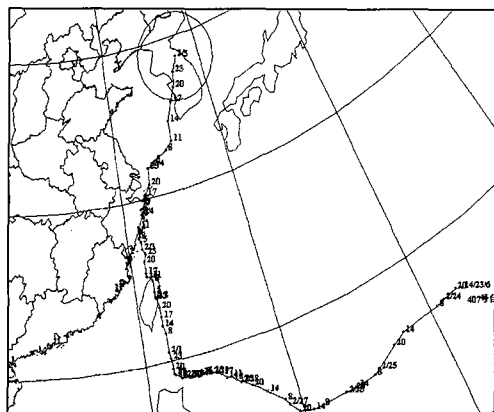


图1 台风“蒲公英”路径图

## 2 强热带风暴引起的风雨分布

强热带风暴登陆后,在沿海一带出现了狂暴雨,测站极大风速分别为:洞头  $22.6\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、玉环  $25.0\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、大陈  $27.7\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、舟山  $24.4\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、嵊泗  $24.1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ;为了把太湖的风力与风暴中心的风力作同步比较,见表1。

表1 7月3日极大风速分布对比表

时间	风暴中心 最大风速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	湖州与风暴 中心距离 $/\text{km}$	太湖站 风速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	近中心 测站风速 $/\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$
09时	23	368.5	14.0	22.6(洞头)
11时	23	342.7	12.5	25.0(玉环)
14时	23	284.3	28.3	27.7(大陈)
17时	23	266.4	24.0	24.4(舟山)

表1显示自13时后湖州市所属太湖站的风速明显大于风暴中心附近的最大风速,13~17时,湖州与风暴中心的距离显示约250~300km,最大风速却出现在太湖,而且太湖的风速动态图又显示(如图2),极大风速的上升并不是随着风暴的北移而逐渐增大的,12~13时,风速从  $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  迅速增大到  $29.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,这种现象与历史资料的统计有十分明显的差异。

## 3 强热带风暴外围强风的形成原因

按历史资料分析,如0407号强热带风暴这样的路径及强度,对湖州地区应该没有什么明显影响,因此对本个例风雨分布异常现象进行深入探讨显得尤为重要。文献[3~7]

在分析热带风暴外围天气时都强调了冷空气的作用。冷空气的侵入,可能起到三个作用,(1)增加了风暴与冷空气渗入处的温度梯度和气压梯度,(2)加强了风暴外围环流的斜压性,触发了对流不稳定能量的释放,(3)可导致登陆强热带风暴强度的再度增强。

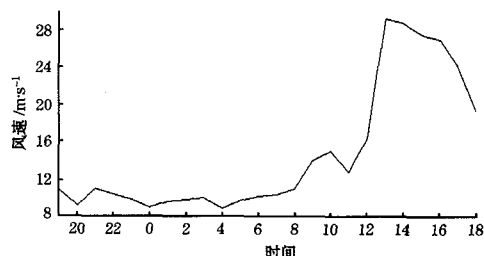


图2 2004年7月2日19时到7月3日18时太湖风速自记曲线

## 3.1 冷空气的渗入

文献[3]指出,热带风暴是一个强暖性低压系统,一旦有冷空气结合,将加强台风北侧的辐合,可能在风暴外围发生局地性中、小尺度强对流天气,如辐合线、飑线、雷暴和龙卷等。图3为7月3日08时850hPa 24小时变温分布图,从图中明显可见,在台北有一个  $-1\text{C}$  的变温中心,而苏北到浙西北有一片中心  $-6\text{C}$  的负变温区,因此在浙南地区有一条变温梯度带,这一方面说明台湾以南地区经过风暴暖性系统的影响,温度已逐渐稳定,另

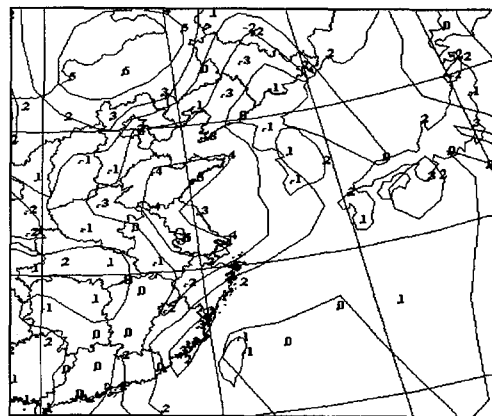


图3 2004年7月3日08时850hPa 24小时变温分布

一方面说明在浙北、苏南有冷空气侵入,已经有明显的降温出现。20时台北转为一个5℃的正变温中心,而苏北的负变温中心降到-8℃(图略)。对比可知,负变温中心北移加强,台北与苏北850hPa 24小时变温梯度从08时的5℃增加到20时的13℃,可见随着风暴中心的登陆北移,强温度梯度带北移,江苏、浙北在持续降温,而台北、浙南气温上升,两地温度梯度加强。分析500hPa、700hPa、925hPa各层资料都有类似的变温分布存在,表明有系统性的深厚冷空气影响。这一现象对于理解远离风暴中心的太湖风力急增极为有用。图4a、b分别为7月3日08时和20时的500hPa假相当位温分布图,由图4a看到,08时的潜在不稳定能量两个高能中心在

海上,一个在台州东面海面上,另一个在台湾海峡,而低能区从河南、湖北伸向皖南、浙西南地区,能量锋区自北向南穿过浙江。在图4b上20时沿海高能中心变成一个,位于长江口海面上,此时低能区收缩到皖北,从安徽、苏南、长江口形成一条强不稳定能量梯度带,太湖和上海正处于这一能量锋区上,当从黄海沿着东北气流把冷空气带入太湖时,触发了不稳定能量的释放,12时起太湖地区雷暴天气表明局地强对流发展,太湖出现强风跟潜在不稳定能量锋区增强北抬并得以释放有关。冷暖空气同时从不同方位侵入扰动可造成强的斜压性,斜压能量释放可供给一部分扰动初期发展的动能<sup>[3,7]</sup>。

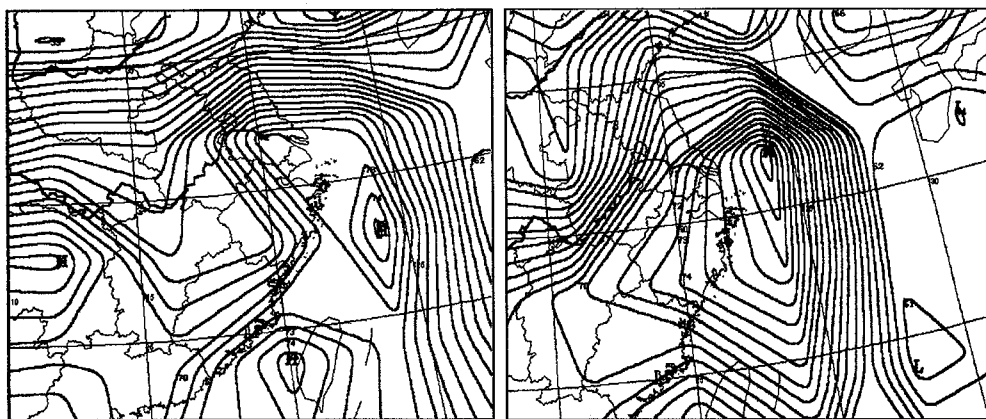


图4 2004年7月3日08时(左)和20时(右)的500hPa假相当位温分布图

### 3.2 梯度风的增大

台风大风由台风本身的强度、结构、台风四周环境的气压分布等条件决定的<sup>[3]</sup>。除了上述讨论的温度梯度的明显加强外,气压梯度的迅速加大也是出现狂风的重要原因,表2中7月3日08时风暴中心气压与11时的是一样的,到14时时又下降到985hPa,风暴

登陆后强度不但没有迅速减弱,在沿海北上的过程中反而有所加强,这可能跟冷空气的侵入有关。由于冷空气的介入,湖州的地面气压却从11时开始到14时上升了1.1hPa,这样一来,从11时到14时气压梯度从 $0.155\text{hPa}\cdot\text{hm}^{-1}$ 急升到 $0.401\text{hPa}\cdot\text{hm}^{-1}$ ,增长幅度几乎达到2.5倍。

表2 7月3日气压梯度比较表

时间	强风暴中心位置		中心气压 /hPa	湖州气压 /hPa	气压差 /hPa	距离 /km	气压梯度 /hPa·hm <sup>-1</sup>
	经度/E	纬度/N					
08	121.0	27.7	990	996.3	6.3	368.9	0.171
11	121.4	28.1	990	995.3	5.3	342.7	0.155
14	121.7	28.9	985	996.4	11.4	284.3	0.401

在地转平衡的状态下,地转风的计算公式如<sup>[8]</sup>:

$$V_g = \frac{1}{f\rho} \frac{\partial p}{\partial n} \quad (1)$$

这就告诉我们,在地理经纬度变化不大的条件下,气压梯度与风速成正比,显然风力的猛升气压梯度的迅速增大是重要原因,但不是惟一的原因。我们查阅了大量资料,但尚未找到仅仅由于梯度风增大可以使台风外围风力大于中心风力的论述。

### 3.3 地面变压场的调整引起的非地转风

尽管风暴中心逐渐北移靠近太湖,由于冷空气的影响,湖州的地面气压反而上升(见表2),与此同时,发现7月3日500hPa上海的变高场为明显的负变高,08时为-90gpm,20时为-100gpm,也就是说,在风暴和冷空气的同时影响下,太湖地区的空气柱是在降低的,由变压风计算公式可见<sup>[8]</sup>,

$$V_1' = -\frac{9.8}{f^2} \left( \frac{\partial}{\partial s} \left( \frac{\partial H_g}{\partial t} \right) \right)_p \quad (2)$$

风速与大气厚度随时间的变化呈反比,随着大气厚度的下降,风速将随着流线方向加大,此时,在风暴环流的影响下,太湖流域从500hPa到地面盛行东北气流。这就是从东北方向非地转风速增大的原因之一,大气厚度场的变化转换成从苏北、上海向太湖地区猛增的非地转风速分量。除此之外,地面变压风的作用分析可参照文献[1]。

### 3.4 对流引起的强力管环流加速度

图5为7月3日20时850hPa的垂直速度分布图,在08时图上(图略),台湾海峡为一个负值中心,而皖北和韩国为两个正值中心,当与图5的20时垂直速度分布图作比较时,发现20时下沉区中心在山东,而台湾东北海面上为一上升气流区,把空间环流进行剖面图描述时,我们看到从黄海上空下沉气流除了通过动量下传,把高空的强风速传递到地面外;还形成了一条从下沉区中心流向

风暴中心区的风速加速度,这就是所谓的对流引起的强力管环流效应<sup>[8]</sup>(见图6)。这种风速加速度的产生,也是太湖湖面上风速猛增的原因之一,黄海南部的下沉气流,在近地层形成一支强东北气流,穿过长江口、太湖、浙中北,进入风暴中心,形成一个完整的垂直环流,文献[9]也曾作过此类分析。

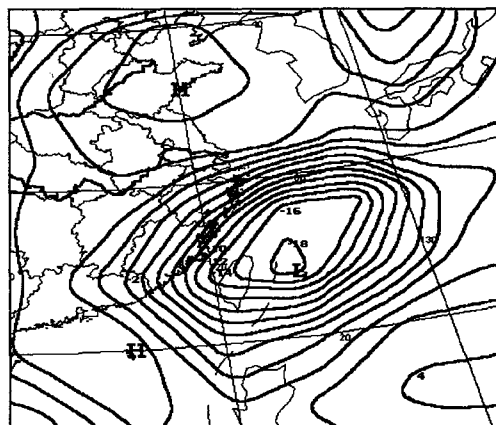


图5 2004年7月3日20时850hPa的垂直速度分布图

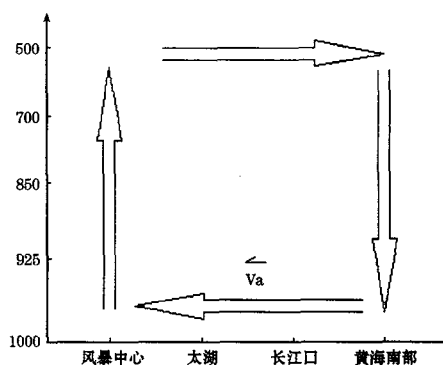


图6 强力管效应加速度示意图

## 4 结语

0407号强热带风暴对太湖的严重影响对我们是一次很好的启示,过去最担心的是台风路径预报错误,而这次风暴的路径预报可以说非常准确,但是对浙江北部及苏、沪地区的破坏力估计不足,尤其风力的预报普遍偏小。总结这个异常的风暴个例,找出一些新的规律,对我们今后的热带风暴预报将会

非常有利。通过分析我们可以初步得到这样一个结果,太湖地区出现的大风并不都是台风环流引起的,而是由于各种因素形成的气流合成的。

(1)冷空气的渗入可能在热带风暴外围发生中、小尺度局地强对流天气,风力和雨量都可能发生异常的增量。大尺度的上升运动和下沉运动一旦强梯度带通过某一地区,那么力管环流加速度就可能在该地区发生大风,而且风力有可能达到或超过风暴近中心的风力。

(2)气压梯度的异常增大可能直接引起局地地转风的迅速增大。这也启示我们,在预报强热带风暴影响时,不仅要考虑风暴的路径及大风圈的范围,更应该动态地分析风暴及本站的气压变化,是否有冷空气影响,还应考虑本站与风暴中心距离的变化,进行综合分析。

(3)变压风的计算,对于分析风暴外围非地转风的产生和发展十分有用,可以提前使我们对未来可能产生的强风有充分的估计,以避免大风落点上过大的偏差。

(4)温度和潜在不稳定能量梯度的计算和分析也是风暴外围风力和雨量预报的重要手段,但是我们在过去的预报中往往忽视了对这些物理量的定量对比计算和动态分析。

#### 参考文献

- 1 李法然,孙建明.从8807号台风看登陆浙江台风的环流特征及预报.浙江气象科技,1992,13(3):18~22.
- 2 徐良炎.我国台风灾害的初步分析.气象,1994,20(10):50~55.
- 3 陈联寿,丁一汇.西太平洋台风概论.北京:科学出版社,1979,138,440~470.
- 4 段丽.北部湾低压向热带风暴发展的时空结构分析.气象,1997,23(6):44~48.
- 5 庄丽.西北太平洋台风风场和波浪场特征.气象,1998,24(7):20~24.
- 6 游景炎,胡欣,杜青文.8608台风低压外围暴雨中尺度分析.气象,1998,24(10):14~19.
- 7 徐文兴,张廷治.8506、8508、8509号天气过程的对比分析.气象,1986,12(9):2~6.
- 8 朱乾根,林锦瑞,寿绍文.天气学原理和方法.北京:气象出版社,1981,33,396~397.
- 9 晁淑懿,仇永炎.9608号台风登陆北上总能量变化及渤海高压维持.气象,1998,24(6):3~10.

## Analysis of Strong Wind over Taihu Lake Caused by Severe Tropical Storm Mindulle in 2004

Li Faran

(Huzhou Meteorological Office, Zhejiang Province 313000)

#### Abstract

After the severe tropical storm Mindulle Landed on Leqing, Zhejiang Province several hours, the blast was suddenly blowing over Taihu lake 300km far from the storm Mindulle. The wind speed of Taihu lake reached  $29.3\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$  at the southern bank of the lake at 1300 July 3, 2004 observed at an auto-weather station, which exceeded the maximum speed of the storm center and its path region. It has never appeared such event in Huzhou, and rarely appeared in typhoon record. It is studied that the physical mechanism of the strong wind appears over Taihu lake area.

**Key Words:** strong tropical storm blast over Taihu lake physical mechanism