

# 0515 台风“卡努”影响浙江的强风分析

曾欣欣<sup>1</sup>, 吕 静<sup>2</sup>, 沈 翊<sup>1</sup>

(1. 浙江省气象台, 浙江 杭州 310017; 2. 浙江工商大学, 浙江 杭州 310012)

摘 要: 本文对 0515 台风“卡努”登陆浙江后, 强度减弱为强热带风暴, 对影响浙江沿海海面及沿海地区的外围风速远强于近风暴中心风速进行了分析, 分析结果表明: 副热带高压的加强、对流层中下层急流的动量下传、高空较强的下沉气流和台风外围气压梯度力迅猛增大的共同作用, 是造成本次风暴外围风速远强于近风暴中心风速的重要原因。

关键词: 台风; 急流; 动量下传; 下沉气流; 气压梯度

中图分类号: P731 文献标识码: A 文章编号: 1003 - 0239(2006)4 - 0013 - 08

## 1 引言

0515 热带风暴“卡努”于 9 月 7 日 08 时在 14.0°N、134.3°E 的海面上生成, 然后不断发展, 于 8 日 02 时加强为强热带风暴, 至 9 日 02 时加强为台风, 到 10 日 14 时, 中心气压为 945 hPa, 中心最大风速达 50m/s。“卡努”生成后路径和移速稳定, 以每小时 20km 的速度向西北方向移动。于 11 日 14 时 50 分在浙江省台州市路桥区金清镇登陆, 登陆时中心气压 945 hPa, 近中心最大风速 50m/s。登陆后向西北偏北方向移动, 强度缓慢减弱, 11 日 23 时减弱为强热带风暴, 12 日 08 时减弱为热带风暴。“卡努”先后穿过浙江省的路桥、黄岩、临海、天台、新昌、嵊州、绍兴、余杭、德清、湖州、长兴, 于 12 日 04 时 15 分离开浙江省进入江苏省境内, 继续向西北偏北方向移动, 12 日 15 时转向东北, 于 13 日 16 时在黄海消失(见图 1)。

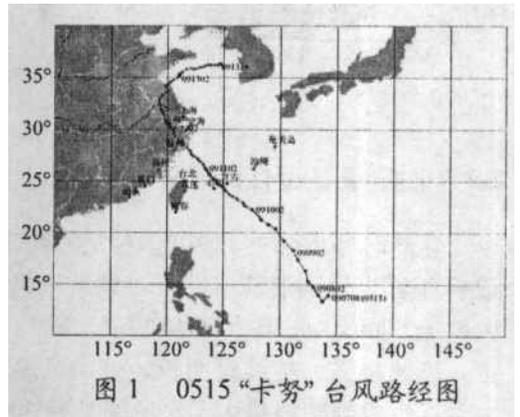


图 1 0515 “卡努”台风路径图

## 2 “卡努”影响的浙江风雨情况

### 2.1 “卡努”影响浙江的风雨分布

10 ~ 11 日浙江东部地区和浙北地区普降大到暴雨, 其中台州、宁波、绍兴、舟山

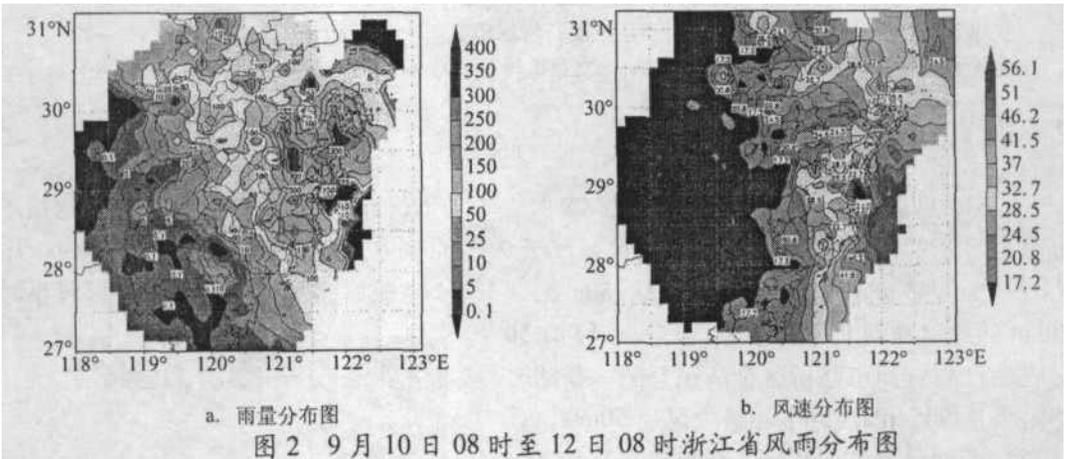
收稿日期: 2006-04-24; 修订日期: 2006-09-20

基金资助: 国家科技部公益类项目(2002106)课题资助。

作者简介: 曾欣欣(1956-), 女, 高级工程师, 主要从事天气预报及暴雨、沿海大风、台风等灾害性天气的研究工作。

地区和温州的北部地区、嘉兴东部地区有大暴雨，局部地区特大暴雨。10日08时至12日08时，降水量大于100mm有158个站(包括中尺度自动站，下同)，其中大于200mm有61个站、大于300mm有10个站，具体为：宁海望海岗424.5、北仑春晓407.8、余姚丁家畈357.4、象山西周355.2、奉化董李345.5、象山贤庠327.2、象山墙头318.6、象山316、临海东滕313.9、奉化南溪口300.6mm，其中，宁海望海岗424.5mm为全省最大(见图2a)。

10日下午起浙江省东部地区及沿海海面风力逐渐增强，出现了8~12级和12级以上的大风。10日14时到12日08时，17m/s的有299个站，其中20m/s的有257个站、24m/s的有182个站、28m/s的有106个站、32m/s的有59个站，风速最大为大陈59.5m/s，其次象山鹤浦49.7m/s、石浦47.2m/s、温岭石塘44.7m/s、象山大目涂43.3m/s(见图2b)。



## 2.2 “卡努”影响浙江的风速特点

登陆时强度强：台风“卡努”登陆时中心气压945hPa，近中心最大风速50m/s，在1949年以来登陆浙江省的强台风中，仅次于“5612”号台风中心气压923hPa，近中心最大风速60m/s，强于2004年的“云娜”台风中心气压950hPa，近中心最大风速45m/s。

风速极强、持续时间长、外围风速比中心强：虽然台风“卡努”本身范围不是特别大，从生成到减弱最大7级风圈半径400km，10级风圈半径150km，但给浙江省带来的大风极强，破坏力极大。10日白天至12日早晨浙江东部地区和沿海海面出现了8~12级和12级以上的大风，大风覆盖范围广，持续时间长，东部内陆地区8级以上大风持续近12h，沿海地区10级以上大风持续24h以上。全省出现两个大风时段和区域中心，一个是出现在11日白天浙江东部沿海地区和沿海海面，大陈极大风速达59.5m/s，超过0414号台风“云娜”大陈极大风速58.7m/s，破浙江1949年以来的极大风速记录；另一个是出现在11日傍晚到12日凌晨杭州湾及杭州湾两岸，极大风出现在11日23时嘉兴的汤山风速达41.1m/s，而此时台风已减弱为强热带风暴，近中心最大风速只有30m/s，然而外围的风速远远大于强热带风暴中心的风速，因此对“卡努”外围强风进行分析尤为重要。

### 3 “卡努”台风外围强风形成的因子分析

#### 3.1 副热带高压加强

图 3 为 2005 年 9 月 8 日 08 时 850hPa ~ 300hPa 的流场。从图 3 看,“卡努”台风生成时,副热带高压东环位置偏东,中心位置在 150°以东,但高层 500hPa 以上西环还有一定势力,西脊点伸至华南沿海,并且在东海还有一比较明显的高压环流,西风带系统的低槽位于江苏北部、河南、湖北等地,中低层西环副高较弱,东海是大陆高压与副热带高压之间的低槽区,“卡努”台风受东环副热带高压中低层(500hPa 以下)东南气流引导以每小时 20km 左右的速度稳定的向西北方向移动,9 日开始副热带高压东环逐渐加强西伸,西风带低槽 10 日开始东移减弱,高层西风带低槽附近出现大片的 24h 正变高,11 日 08 时 300hPa 正变高中心达 12hPa(见图 4a),大片的 24h 正变高与副热带高压合并,11 日形成以高低层一致的的东西向的带状副热带高压(见图 4b),随着台风的北上,台风与副高之间的距离越来越近,此时台风与副高的距离只有 2 ~ 5 纬距,两者之间有很大的气压梯度和变高梯度,造成台风外围东风加大,是引起强风的主要原因之一。

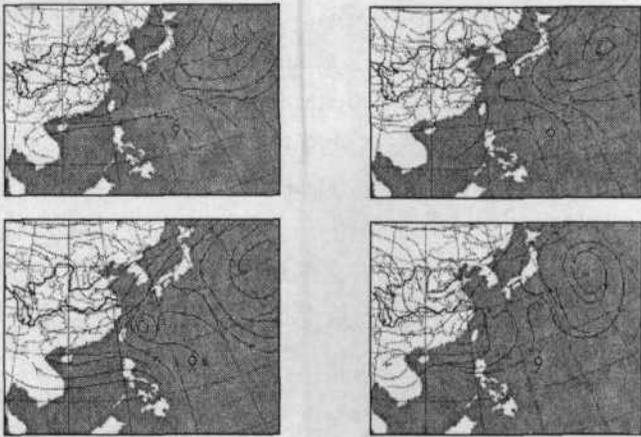


图 3 9 月 8 日 08 时 850、700、500、300hPa 流线图



图 4a 9 月 11 日 08 时 300hPa 变高图 图 4b 9 月 11 日 08 时 500hPa 流线图

### 3.2 对流层中下层存在强风区

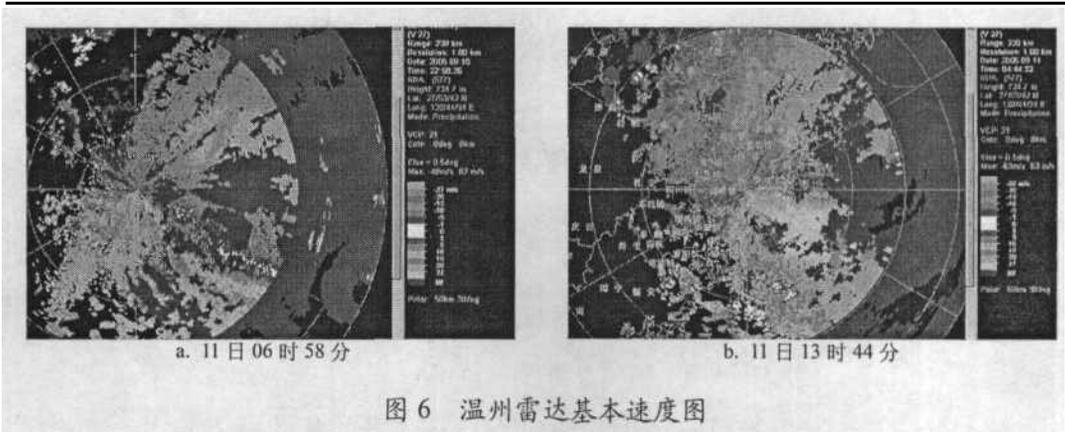
多普勒天气雷达资料在热带气旋、强对流天气和飚线的研究中,已有不少成果<sup>[1~2]</sup>。我们利用温州、宁波、舟山三部多普勒天气雷达资料对“卡努”台风影响浙江出现两个时段区域性的大风进行分析,以下分别分析两个时段多普勒天气雷达回波强度及基本速度特征。

第一个时段强风区出现在 11 日白天的沿海地区,接近 14 时极大风速达到 59.5m/s。这里分析了 11 日温州多普勒雷达回波及基本速度特征,从 11 日 06 时 58 分温州的多普勒雷达回波情况看,台风北侧有四条螺旋云带:最近的一条云带在浙江东南沿海地区,回波强度有 45dbz,回波顶高 2km,此时浙江东南沿海风雨开始加大;第二条云带离测站大约 150km 左右,回波强度为 45dbz,回波顶高 3.7km;第三条离测站大约 190km 左右,回波强度为 45dbz,回波顶高 5km;第四条云带在台风中心附近,回波强度最强为 50dbz,回波顶高 6.4km(见图 5a)。而第一和第二条云带在向西北移动过程中是减弱的,第三条云带在向西北移动过程中一度加强过,但 9 时 35 分以后又减弱了,第四条云带是一个中尺度单体强对流回波,在移向大陈岛的过程中是发展加强的,13 时 44 分移到大陈岛,强度加强到 60dbz(见图 5b),此时大陈风速加大到 59.5m/s,60dbz 的强回波在大陈岛维持了 45 分钟左右,14 时 30 分入海,大陈的风速开始减弱。从雷达反演基本速度分析,11 日 06 时 58 分,浙江沿海 2~2.5km 的高空有一大片 27m/s 的东北风,在台风的北侧,也就是测站以东大约 130~170km 范围内,高空 2.8km 左右有一个偏东气流的东风急流中心,风速达 40m/s,这支东风急流中心在原地少动,强度加强,7 时 46 分风速加强到 57m/s,而后缓慢向西北偏北方向移动,到 12 时 44 分东风急流中心移到大陈岛附近,中心风速继续加强到 63m/s(见图 6),这支最大急流中心一直维持在高空 2.8km 处<sup>[3~4]</sup>,13 时以后急流中心强度开始减弱,正是这支急流的动量下传作用,引起 11 日台风外围浙江东部沿海第一时段的强风,但这支最大急流中心到达的时间比强回波和极大风速出现的时间提前 1 个小时。

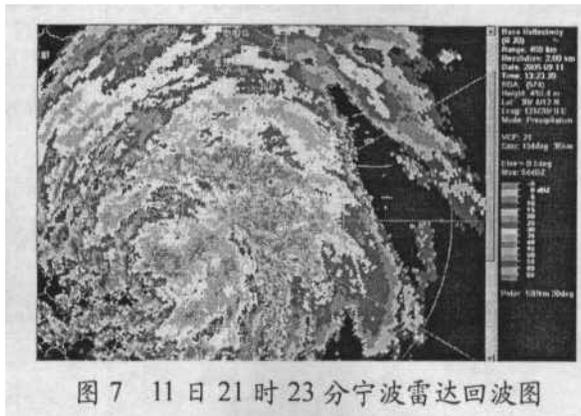
第二个时段强风区出现在 11 日傍晚到 12 日凌晨杭州湾及杭州湾两岸,极大风出现



图 5 温州雷达回波图



在 11 日 23 时左右嘉兴的汤山风速达 41.1m/s。从宁波多普勒雷达回波分析,在此时段内测站东南偏东大约 100km 以外有一个回波发生源,先后有三条螺旋云带生成,螺旋云带有一个不断生成、发展、合并的过程。16 时 05 分在测站东南偏东方向有一条长为 150km 的螺旋云带,在这条螺旋云带中有多个单体强对流回波,最强的有 55dbz,同时舟山地区受此影响已风雨交加,而后螺旋云带直向杭州湾奔来,17 时 05 分到达杭州湾,此时风速加大到 25m/s 以上,同时在测站东南方向大约 100km 以外又有生成第二条螺旋云带,向西北方向缓慢移动,强度逐渐加强到 54dbz。第三条螺旋云带 18 时 30 分生成,21 时于第二条螺旋云带合并,21 时 23 分强中心 54dbz 到达嘉兴的海盐、乍浦一带(见图 7),杭州湾的风再次加大,最大到达 41.1m/s。从舟山多普勒雷达基本速度分析发现,高空急流中心是有规律的向西北方向移动,从 11 日 15 时 30 分基本速度图看(见图 8a),有二个高空急流中心:一个在台州以东沿海海面 54m/s 的中心;另一个在台州西北(天台)部到绍兴东南(新昌)部 34m/s 的急流区。在向西北偏北方向的过程中,台州以东沿海海面的急流中心是减弱的,而台州西北(天台)部到绍兴东南(新昌)部的急流区逐渐加强,11 日 19 时 21 分中心风速达 39m/s,11 日 19 时 52 分中心风速加强到 44m/s,11 日 20 时 41 分到达海盐、乍浦一带(见图 8b),并在此维持到 21 时 36 分。这支急流一直在高空 2 ~ 2.5km 处,由于急流的动量下传,造成风暴外围杭州湾的强风,到达的时间比强回波和极大风速出现的时间提前 1 ~ 2 个小时。



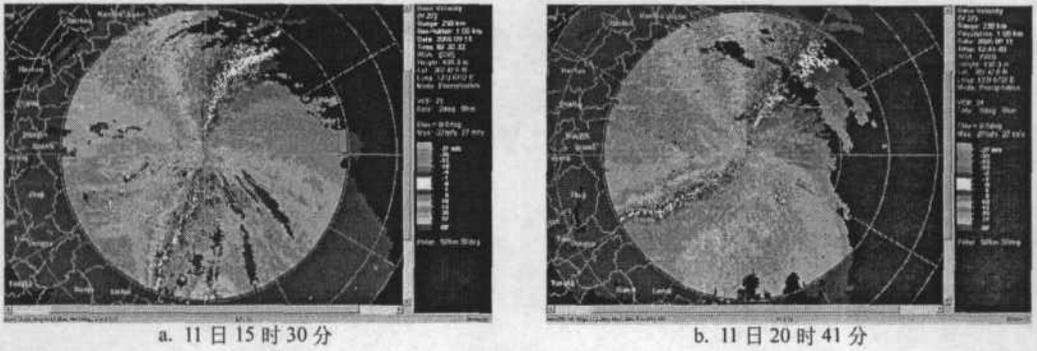


图 8 11 日 20 时 41 分宁波雷达基本速度图

### 3.3 强烈的下沉运动

图 9 为 11 日 08 时 ~ 20 时 850hPa 和 200hPa 的散度图, 从 11 日 08 时图上看, 低层到高层浙江全是辐散区, 沿海一带散度梯度密集, 越到高层 200hPa 辐散中心和辐合中心非常接近, 距离只有 2 个经距, 11 日 20 时 850hPa 散度梯度越来越密集, 这说明浙江沿海上空存在着强风区。图 10 为 11 日 08 ~ 20 时 500hPa 垂直速度, 从 08 时图上看, 海上是上升区, 有三个负中心, 浙江是下沉区, 下沉中心在杭州湾。到 20 时, 海上仍然是上升区, 三个负中心合并为一个中心在东海, 强度加强, 浙西到江西的下沉气流也在加强, 浙江沿海的垂直速度线越来越密集, 这说明高空有很强的下沉气流, 除了通过动量下传, 把高空的强风速传递到地面外, 还形成了一条从高空下沉中心流向地面的风速加速度, 我们认为这种风速加速度的产生, 也是风速猛增的重要原因。

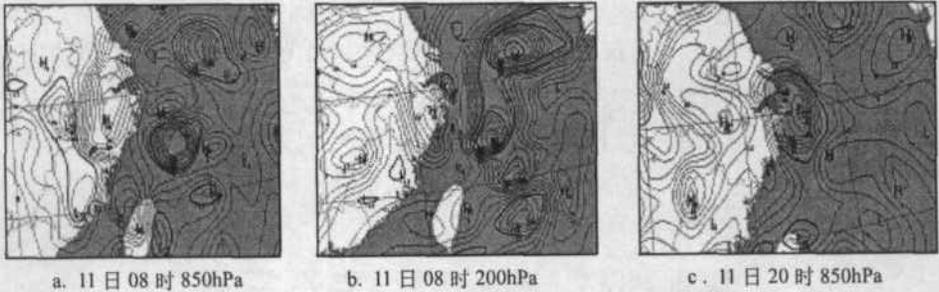


图 9 散度图

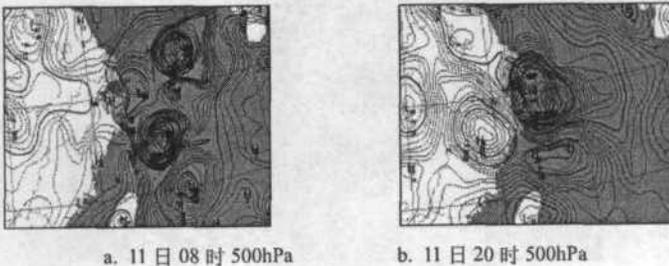


图 10 垂直速度

### 3.4 气压梯度的加强

根据气压梯度的原理,两等压线之间的距离越小,即等压线密集时的数值越大。水平气压梯度公式如:

$$|G| = \left| \frac{\partial p}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial p}{\partial y} \vec{j} \right|$$

我们利用自动站每小时的资料,选择大陈、海盐两站,计算了这两站与台风中心之间的气压梯度力发现:“卡努”台风向西北方向移动的同时,11日大陈、海盐两站与台风之间气压梯度力迅速上升。图 11 是大陈、海盐两站 11 日 00 时到 23 时逐时的气压梯度力,从图 11 看出大陈站气压梯度力从 11 日 06 时开始缓慢加大,11~15 时气压梯度力由 3.6 帕斯卡/米迅猛升到 33 帕斯卡/米,然后开始下降,而大陈的风速从 06 时后加大到 25m/s 以上,接近 14 时极大风速达到 59.5m/s,海盐站气压梯度力从 11 日 15 时开始加大,到 23 时气压梯度力由 1.8 帕斯卡/米迅猛升到 30 帕斯卡/米,然后开始迅猛下降,而海盐鹤浦的风速也是在 15~23 时最大,极大风速出现在 23 时达到 41.1m/s。由此可见,在地理位置不变的条件下,气压梯度力与风速成正比,显然造成本次强风的根本原因就是外围气压梯度力的迅速增加。

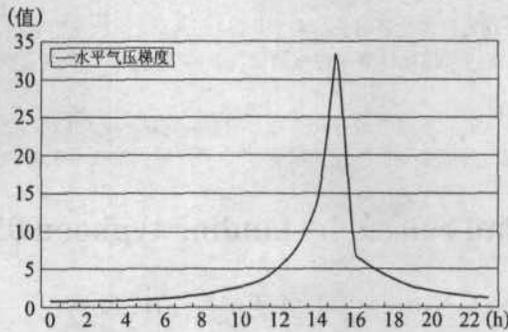


图 11a 大陈站 11 日 00 时到 23 时逐时的气压梯度力曲线图

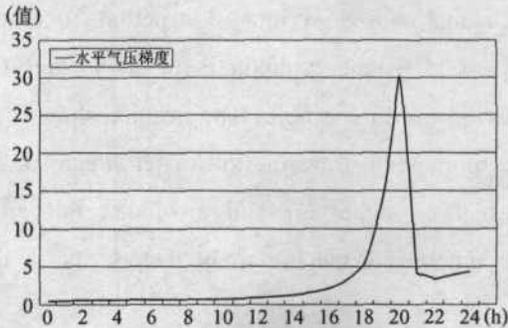


图 11b 海盐站 11 日 00 时到 23 时逐时的气压梯度力曲线图

## 4 小结

(1) “卡努”台风受东环副热带高压中低层(500hPa 以下)东南气流引导向西北方向移动,西风带高压脊东移与副热带高压合并,副热带高压的加强,台风与副高的距离只有 2~5 纬距,两者之间有很大的气压梯度,造成台风外围东风加大,是引起强风的主要原因之一。

(2) 从多普勒雷达分析,对流层中下层存在二支急流,一支急流在台风北侧,台风登陆前 12 时 44 分东急流中心移到大陈岛附近,中心风速达 63m/s,在高空 2.8km 处。另一支急流在台风的西侧,台风登陆后,这支急流强度逐渐发展,11 日 20 时 41 分到达海盐、乍浦一带,强度达到 44m/s,在高空 2~2.5km 处,正是这二支急流的动量下传,分别造成浙江地区、沿海海面和杭州湾强风的主要原因。急流到达的时间比强回波和极大风速出现的时间提前 1~2 个小时,对短时的预警有很好的效果。

(3) 500hPa 有很强的下沉气流,成了一条从高空下沉中心流向地面的风速加速度,我们认为这种风速加速度的产生,也是风速猛增的重要原因。

(4) 台风外围气压梯度力的迅猛增大,是造成本次强风的根本原因。

### 参考文献:

- [1] 胡明宝,高太长,汤达章.多普勒天气雷达资料分析与应用[M].北京:解放军出版社,2001.
- [2] 袁招洪,戴建华.用多普勒天气雷达风场资料确定对称热带气旋的研究[J].大气科学研究与应用,1999,2(17):1~8.
- [3] 魏锦成,吴陈锋,杨奇志.热带气旋北冕暴雨多普勒雷达分析[J].气象,30(11):32~34.
- [4] 漆梁波,陈永林.一次长三角飊线的综合分析[C].2002年度上海区域预报技术交流会论文汇编,106~115.

## Analysis on strong wind caused by landing typhoon 0515 in Zhejiang

ZENG Xin-xin<sup>1</sup>, LV Jing<sup>2</sup>, SHEN Yi<sup>1</sup>

(1. Zhejiang Meteorology Observatory, Hangzhou 310017 china 2. Hangzhou Institute of Commerce, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310035 China)

Abstract: 0515 Typhoon“Khanun”caused serious destruction in Zhejiang Province. The reasons why the outer wind speed of the typhoon is much speedier than the near central wind speed have been analyzed in this article. The results show that the strengthening subtropical high pressure, the momentum transmission of jet stream in the middle-lower troposphere, a violent downdraft from upper air and a sudden intensification of the outer pressure gradient force of the typhoon are the important factors due to the strong outer wind of typhoon.

Key Word: Typhoon; Jet stream; momentum transmission; downdraft; Pressure gradient