

云娜台风加强及特大暴雨过程的多普勒速度场特征研究

Research of the Characters of Doppler Velocity in the Typhoon Rananim's Strengthening and Heavy Rain

裴丽丝/PEI Li-si

浙江省气象台, 杭州 310017

Meteorological Observatory of Zhejiang Province, Hangzhou 310017, China

[摘要] 浙江省温州市 CINRAD-SA 雷达站因其较好的地理位置, 详细探测了在有效观测范围内云娜台风发展、演变、近海加强加速、登陆及西行衰亡的全部过程。利用其获取的强度场与速度场资料, 结合台风定位资料及自动站雨量资料, 分析了台风加强及特大暴雨时段的多普勒雷达强度场、速度场特征, 发现多普勒雷达能捕捉到远距离台风的加强信息。这次台风造成了浙江省多场暴雨过程, 多普勒速度场资料揭示了在台风这一暖心低压的背景下, 高空西南急流的脉动、高空辐散的加强、台风北侧弱冷空气的触发与特大暴雨的良好对应关系。

[关键词] 云娜台风; 强度变化; 特大暴雨; 多普勒雷达; 速度场; 急流脉动

[中图分类号] P442

[文献标识码] A

[文章编号] 1000-7857(2006)10-0011-05

Abstract: CINRAD/SA Doppler radar at Wenzhou City, Zhejiang province, made use of its advantaged location to probe the whole process of the development, evolvement, strengthening and speed-up near the seacoast, debarkation and declining of the 0414 Typhoon Rananim. The paper analyses the characters of the intensity field and the Doppler speed field of the typhoon detected by the radar, and discovers that the radar can catch the information of typhoon's strengthening in long-distance by using of those data probed by the radar and the data of typhoon-positioning and auto-noting rain amount. Heavy rains arose in Zhejiang province. The data of radar's Doppler velocity field reveals that the pulsation of the high altitude southwest jet, the strengthening of the upper divergence and triggering of the weak cold air near the northern side of the typhoon have a positive correlation with the special heavy rain on the background of the warm-core low pressure.

Key Words: Typhoon Rananim; intensity change; special heavy rain; Doppler radar; speed field; pulsation of jet

CLC Number: P442

Document Code: A

Article ID: 1000-7857(2006)10-0011-05

1 引言

0414 号台风云娜于 2004 年 8 月 12 日 20 时在浙江省温岭市石塘镇登陆, 正面袭击浙江省, 并在该省停留近 15 h, 造成了严重影响。其造成的暴雨时段之长、雨量之大为历史上所罕见。温州新一代天气雷达对这一台风进行了跟踪探测, 取得较完整的探测资料, 为分析台风在靠近大陆时强度的变化和引发强降水的成因提供了重要的分析资料。

多普勒天气雷达具有径向测风能力, 因此可用来对台风进行客观定位、跟踪与预报^[1-3], 近年来有很多人就此做了许多工作。李伟等提出单多普勒雷达自动探测台风位置的方法^[4]。陈子通等通过探测信息研究尤特台风眼区结构变化的特征, 发现其眼区及邻近地区多处存在着最长可达 150

km 左右的较强直线回波, 该回波带上嵌有多个强回波单体, 研究表明这与台风内区涡旋结构的变异有关^[5]。暴雨是在有利的大尺度天气形势背景下, 由中尺度系统直接产生的^[6]。近年来, 国内外有关专家开展了应用多普勒雷达对暴雨的中尺度系统及风场反演的研究: Browning 等^[7]指出, 暴雨中的超级单体其反射率因子的回波特征是有界弱回波区或弱回波区; 张沛源等^[8]提出了“逆风区”的概念, 发现它是中尺度辐散辐合共轭系统风场在多普勒速度场上的表现, 可以作为多普勒速度图上的暴雨判据; 蔡晓云等也认为近距离逆风区可成为暴雨短时预报的一个有参考价值的判据^[9]; 帅方红等利用多普勒速度图对台风暴雨进行了分析, 发现低层切变线侵入高能区、切变线上生成的边界层气旋和低空西南气流的脉

动均可造成台风暴雨^[10]; 梁海河等提出了对多普勒雷达的风场信息进行预处理的“K-邻域频数法”, 有效地处理了风场信息中的“噪声”问题^[11]; 马清云等讨论了单部多普勒雷达风场的反演问题^[12]; 夏文梅等通过对复合风场的单多普勒速度特征的分析, 发现其有着不同的特征, 这种不同特征可用来对高空冷暖平流与辐合辐散运动的结合情况进行推断^[13-14]; 陆大春等研究发现, 多普勒雷达的 VAD 技术在揭示测站上空整层风切变、高低空辐合辐散场及含水量分布场方面具有重要作用^[15]; 白洁等提出了用二维区域滑动低通滤波方法以有效地过滤掉中— γ 尺度风场信息, 从而清晰地反演出中— β 系统^[16]。本文主要利用 2004 年 8 月 11 日 08 时至 13 日 08 时浙江温州的 CINRAD-SA 雷达探测资料, 分析了云娜台风加

收稿日期: 2006-08-12

作者简介: 裴丽丝, 女, 杭州市艮山西路 73 号浙江省气象台, 助理工程师, 主要从事雷达应用及短时预报工作; E-mail: peilisi@163.com

强及特大暴雨时段的强度场及速度场,找出与之相对应的中尺度风场结构与特征,发现多普勒雷达能捕捉到远距离台风的加强及移动信息。通过对特大暴雨时段的多普勒强度图及速度图的识别并与暴雨落区的对比,发现其所揭示的中尺度系统在暴雨的临近预报中都有明确的指示意义。

2 影响台风演变的环流背景

2.1 0414 号台风云娜概况

0414 号热带风暴云娜(国际编号 0413 Rananim)2004 年于 8 月 8 日 20 时在吕宋岛以东洋面上生成,10 日 05 时发展为强热带风暴,11 日 02 时发展为台风,12 日 20 时登陆浙江省温岭市石塘镇,登陆时中心气压为 950 hPa,近中心最大风力为 45 m/s(图 1)。台风登陆后向偏西方向移动,先后穿过该省的台州市南部,温州、丽水两市的北部及衢州市南部,强度逐渐减弱(13 日 02 时减弱为强热带风暴,08 时减弱为热带风暴),于 13 日 11 时进入江西省,在该省停留 22 h 后进入湖北省,最后于 15 日 08 时消亡在湖南境内(图 2)。该台风是袭击浙江省的一个强台风,对该省造成严重影响,登陆前后及向内陆移动过程中还在沪、闽、苏、赣、皖等地造成较大损失,甚至还影响到鲁西南、陕南等地区,使这些地区出现强对流和暴雨天气。受其影响,浙江省出现强风、强降水等灾害性天气,并诱发洪水、泥石流等次生灾害。12 日下午位于其移动方向右前方的大陈岛,实测最大风速 58.7 m/s,温州、台州等地沿海地区普遍出现 12 级以上大风;全省出现区域性强降水,区域之广、强度之强,实属罕见。根据各地水文站测报记录,从 11 日 08 时至 14 日 08 时,全省累计雨量超过 100 mm 的站点有 275 个,其中超过 200 mm 的站点有 79 个,超过 300 mm 的站点有 36 个。最大降雨量为乐清市的礐头 916.7 mm,其中 12 h 最大降雨量 661.8 mm,24 h 最大降雨量 874.7 mm,均突破该省历史实测记录最高值。大风造

成许多民房、厂房倒塌,强降水引发了严重的地质灾害,洪水使许多城镇进水,全省因灾死亡 164 人、失踪 24 人,直接经济损失 181.28 亿元。

2.2 高空环流形势

8 日 20 时至 13 日 20 时,500 hPa 的高空形势反映了副高正处于一个稳定西伸加强的周期中。西风带系统频繁活跃于 50°N 以北,8 日 08 时长波槽位于 70°E-90°E。随着极涡的分裂和新生,该槽不断得到补充和维持,使得 40°N-50°N 的东亚地区为长波脊控制。中心位于黄海的副热带高压正处在稳定的长波脊南侧,西部不断有高压并入和暖平流补充,因而得以发展得很强。11 日 08 时至 12 日 08 时,副高加强明显,与大陆高压连成东西向的高压坝,其脊线呈西北-东南向,西部脊线位于 37°N 附近,台风在稳定深厚的副高南缘东南气流影响下向西北移动,副高底部的东南气流为其维持和发展提供了充足的水汽和能量,在这期间台风出现了 3 次明显的增强过程。12 日 20 时,台风登陆,高压坝断裂,东环副高脊线南落至 34°N 附近,但其势力仍强大,使台风强度得以维持,卫星云图及雷达回波(图略)分析其水平尺度仍有 500 km。这为该省出现持续性特大暴雨创造了有利条件。此后台风位于副高底部东南偏东气流中,向西北偏西方向移动。

2.3 地面形势

8 月 10 日 08 时至 12 日 05 时,黄河以北至西西伯利亚的广大区域一直为大陆高压控制。12 日 08 时起,大陆高压中心南落明显。20 时,华北、华东、华南地区除浙江区域外均为一致的正 3 h 变压。这为台风登陆该省创造了有利的条件。期间北方大陆高压于 14 时移至我国蒙古中部后一直稳定少动,并不断有高压补充;台风受 500 hPa 引导,气流影响朝西北方向移动,于 20 时登陆以后,由于北方大陆高压稳定盘踞在我国蒙古中部,受其底部的偏东气流影响,慢慢地转为偏西方向移动,直至消亡。受其

螺旋雨带的影响,浙江省出现了大范围、大强度的降水,其中东南沿海地区出现了特大强度的降水。

3 多普勒雷达资料分析

3.1 云娜台风加强过程中外围云系的多普勒速度场特征

云娜台风自 11 日 08 时起到 12 日 20 时登陆,共有 3 次明显的加强过程,分别为 11 日 08-11 时、17-20 时和 11 日 23 时至 12 日 02 时。由于温州雷达站海拔较高(734 m),所以多普勒的风场资料除了螺旋雨带携带的速度信息以外主要是测站周围上空的一些被雷达探测到的台风外围云系所携带的风场信息。(以下如无特别说明,天线仰角均为 0.5°)

11 日 08-11 时为云娜台风的第一个加强期。11 日 08 时,速度图上零速度区位于测站东西两侧(图 3)。至 11 时,两侧的零速度区都呈扩大的趋势,近似于一个中心在测站的弓形。西侧的零速度区南缘逆时针旋转近 20°,所夹的正速度区范围减少,风速增强(图 4)。东侧的零速度扇形区以测站为原点顺时针转过 5°,其南缘顺时针旋转,表明高空有暖平流存在。这说明台风中心向西北方向移动,螺旋雨带的移动也反映了这个现象;同时也说明高层的风速和气流辐合在加强,这印证了台风的加强。这种零速度线的变化特征,可以对距离较远的台风的强度变化及移向的预报提供有效参考。

11 日 17-20 时为台风第二个加强期,在此过程中,西南急流的脉动触发了该省东南沿海地区的首场暴雨。17 时起,测站西南象限零零星星地出现了镶嵌在大片正速度区中的负速度值(-10 m/s~13 m/s),数目约十几个(图 5),这是一些小尺度“逆风区”。研究表明^[9],暴雨中的逆风区常与短时强降水有很好的对应,且面积较大,平均达 600 km²,最大可达 3 200 km²。这里出现的逆风区其物理意义不完全相同于在暴雨中

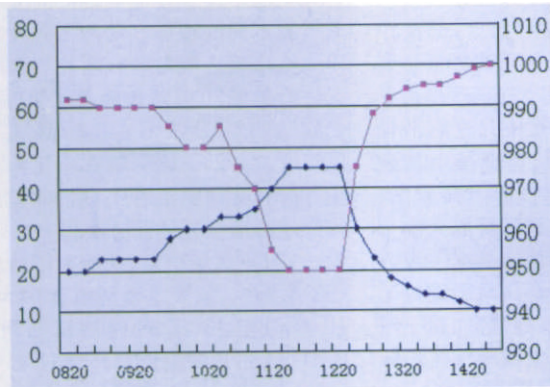


图 1 云娜台风中心气压和最大风速变化情况

Fig. 1 The evolution of Rananim's central depression and maximum gust

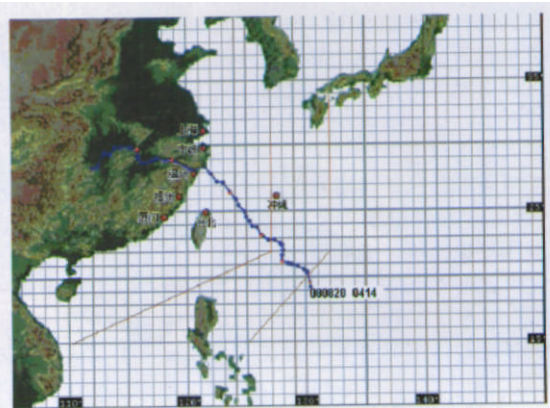


图 2 云娜台风路径

Fig. 2 The track of Rananim

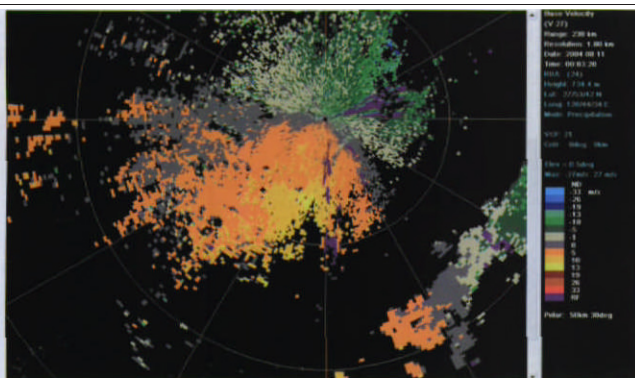


图3 8月11日08时速度场
Fig. 3 The average radial velocity fields at 08 o'clock Aug.11

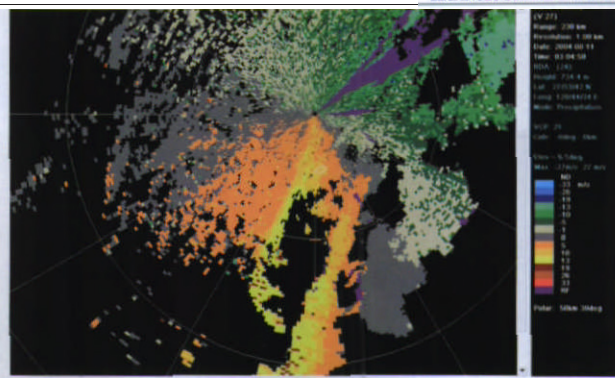


图4 8月11时速度场,风向辐合明显加强,速度增大
Fig. 4 Feature of wind convergence obviously found at 11 o'clock Aug.11

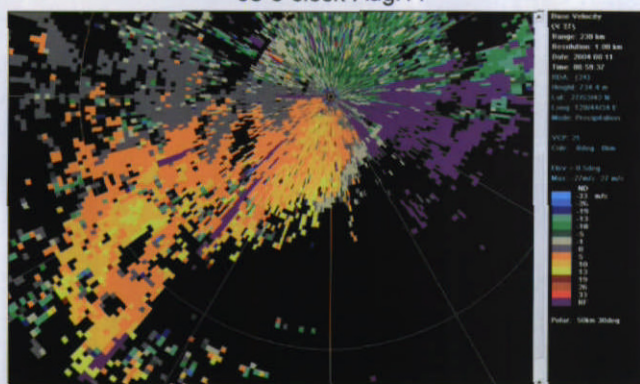


图5 西南象限出现一些小尺度的“逆风区”
Fig. 5 Some microscale adverse wind areas in the southwest quadrant

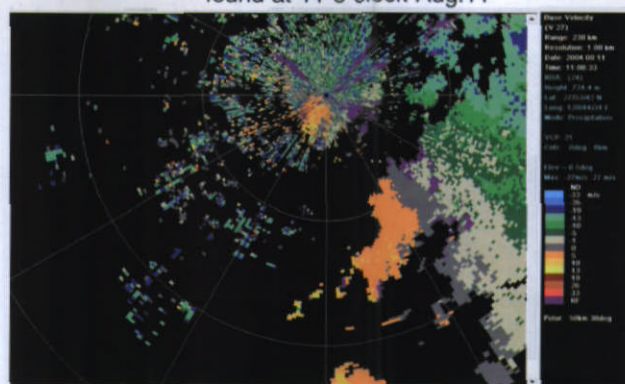


图6 测站西南侧的负速度区面积达到最大
Fig. 6 The minus average radial velocity fields attain the maximum

出现的逆风区,因为产生的环境场不同。与反射率因子图对比发现,这些逆风区没有降水回波相对应。这种逆风区反映了台风加强引起的外围扰动加强所导致的局地对流不稳定。接下来1.5 h的速度场则揭示了导致这种不稳定的根本原因。18时,整个西南象限距离雷达50 km以外的区域基本为负速度值区,19时,负速度区面积发展到最大(图6),径向速度值约-13 m/s~19 m/s,期间测站以西零速度区的范围明显减小。这表明17-19时,测站上空底层为台风外围的东北气流,但测站以南上空1 km以上的中低层存在着一股西南急流的脉动并逐渐加强,其北侧与台风外围的东北气流形成一条辐合带,反映在强度场上为17时位于该辐合带上的零散块状回波的迅速发展加强,形成第一条影响浙江的螺旋雨带^[7],于20时登陆后带来了东南沿海地区的首场短时特大暴雨过程。

分析发现,11日08-11时的速度图特征与台风的加强有良好的对应,17-20时的速度图揭示了台风加强与西南急流脉动共同触发了东南沿海地区首场暴雨这一现象,而23时至12日02时台风的加强在速度图上并没有很明显的对应。

3.2 多普勒强度场及速度场特征与特大降水的对应关系

实际大尺度运动往往是冷暖平流与大尺度辐散辐合运动的结合,它相应的零速度线特征表现为大尺度辐合与暖平流叠加、大尺度辐合与冷平流叠加、大尺度辐散与暖平流叠加和大尺度辐散与冷平流叠加这4种类型^[10]。这次的台风登陆过程造成的连续性暴雨过程,其大尺度运动在多普勒速度图上表现出的特征,正是以上这几种运动结合的集中反映。本文主要分析其大暴雨时段的强度场和速度场特征,以自动站每小时降水量大于25 mm的时段作为研究对象。

3.2.1 第一时段

第一时段为11日19-21时。19-20时,温州地区北部和台州地区南部降水明显,其中雨量在10 mm以上的有5个站,25 mm以上的有3个站,最大为41.4 mm。20-21时,雨量10 mm以上的有6个站,25 mm以上的有1个站(25.6 mm),均为短时特大暴雨。这次强降水主要是由台风外围的第一条螺旋雨带登陆造成,21时之后降水呈减弱趋势。这一时段的多普勒强度场和速度场具有以下明显特征。

1) 17-19时,测站上空底层为台风外

围的东北气流,但是位于测站上空以南1 km以上的中低层存在着一股西南急流的脉动并逐渐加强。之后2 h的降水明显与这股中层的西南急流脉动有关^[19-21]。分析暴雨落区发现,它们位于西南急流轴线左侧前方大约100 km的范围内,这与已有的研究结果一致^[22]。

2) 19时30分的强度场上,最强回波(57 dbz)位于台州南部,回波顶高14 km。分析低仰角及高仰角的反射率因子资料,发现低层存在一个有界弱回波区,其开口朝向流入一侧,其上的中层对应一个高反射率因子区的悬垂,说明云团中存在强的对流区^[7,23](图略)。

3) 19时30分至20时20分的速度图上,正负速度中心相对于零速度线呈现不对称分布(图7),说明1.5~3.0 km的高层存在风速辐合,流入的速度大于流出的速度,对应着辐合上升运动,有利于暖湿气流的抬升和暴雨的维持。

4) 这一时段的速度场上存在着低层暖平流与辐合相结合的特征。低层零速度线过原点,随高度顺转,弯向正区的顺转大于弯向负区的顺转,由于风向辐合很强,所以近似为一弓形。这种特征有利于降水的持续和发展。21时,零速度线弯向负区的顺转

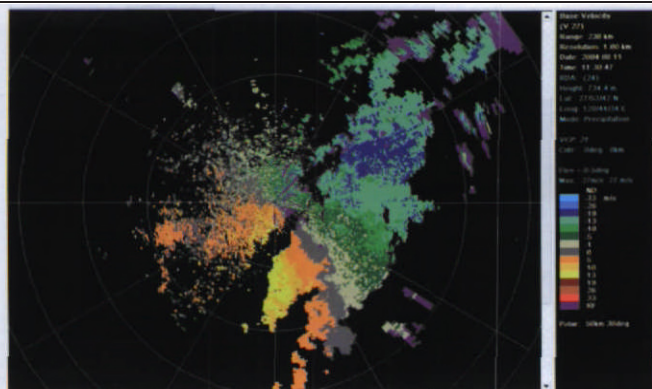


图7 负速度中心的面积远大于正速度中心的面积
Fig. 7 The measure of minus central velocity is far larger than that of the plus central velocity

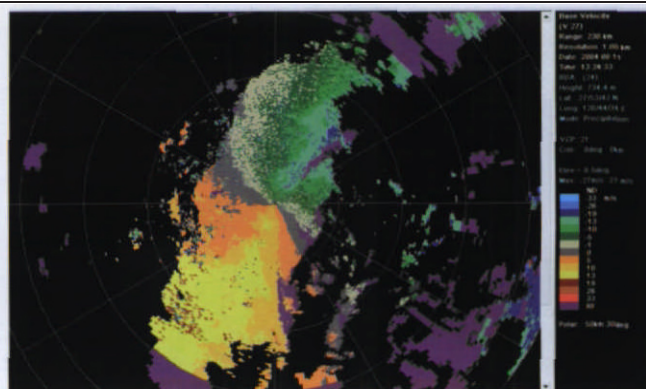


图8 近地面到高空出现风向辐散
Fig. 8 Wind divergence exists from the surface layer to the high layer

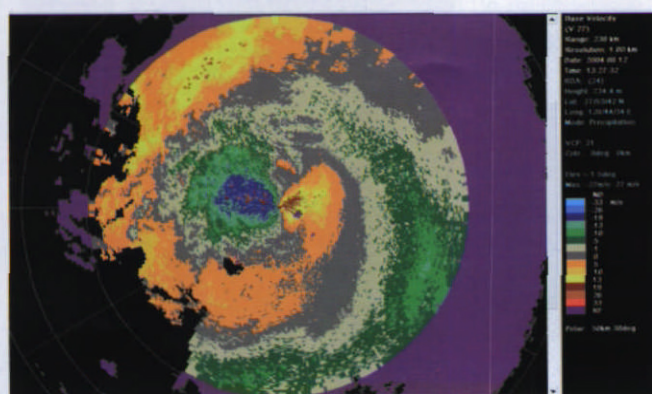


图9 低层到高层暖平流与辐合的叠加(1.5°仰角)
Fig. 9 Warm air and wind convergence get plused from the surface layer to the high layer (with an elevation of 1.5°)

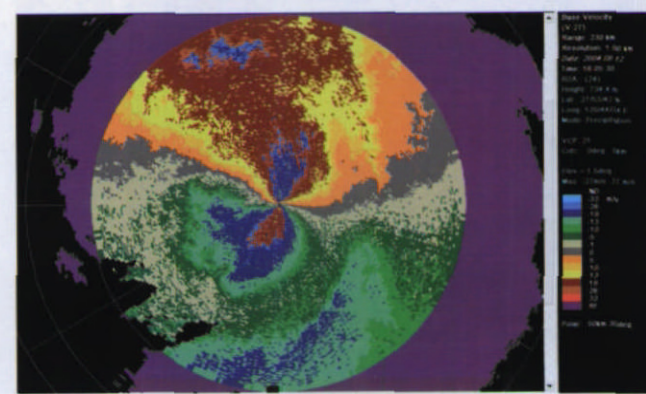


图10 高层存在辐合和冷平流的叠加(1.5°仰角)
Fig. 10 Cold air and wind convergence get plused on the high layer (with an elevation of 1.5°)

大于弯向正区的顺转。这说明近地面到高空开始出现风向辐散。至21时30分,该特征在速度图上呈现得非常典型(图8)。这预示了降水的减弱。

综上所述,低空西南急流的脉动触发了这次的短时暴雨,台风环流低层的暖平流与辐合的结合、高层风速辐合是暴雨维持和发展的主要原因,反射率因子图上的有界弱回波区说明了云团中存在强的对流区^[7, 22]。

3.2.2 第二时段

第二时段为12日13时至13日04时。在这15h中,浙江东南沿海地区发生了特大暴雨。基本每个小时至少有一个站出现25mm以上的降水,每小时雨量在10mm以上的站平均为15个。这一时段的降水主要集中在台风眼壁周围及螺旋雨带中。

强度场特征如下。12日08-20时,雷达观测到清晰的台风眼及其螺旋雨带。由于台风很强,其眼区结构明显,呈多边形。有研究证明,这种不规则的眼墙结构与台风内区非对称的涡旋结构演变有关^[9]。螺旋雨带结构紧密、范围宽广。最大反射率因子分

布在台风前进方向的右前方,强度约为50dbz,与已有的研究一致^[19]。14-19时,眼区明显缩小,螺旋雨带呈发展趋势,强度增强,结构更加紧密。20时台风登陆,雷达眼消失,螺旋雨带仍很宽广,水平尺度可达500km。此后逐渐西行减弱。根据不同阶段的速度场特征,分时段分析如下。

1) 12日13-18时:低层有暖平流与辐合的叠加,高层有暖平流与辐散的叠加。15时,高层的风向辐散显著加强。这有利于底层的抽吸作用加强,地面辐合上升运动更加剧烈,降水维持并加大。这一特征一直维持到18时左右。结合实况来看,14-16时螺旋雨带的降水明显比之前与之后强。

2) 12日18-19时:低层有暖平流与辐合的叠加,高层为纯粹的暖平流。

3) 12日19时至22时15分:从低层到高层为一致的暖平流与辐合的叠加(1.5°仰角)(见图9)。

4) 12日22时15分至13日01时:低层为暖平流与辐合的叠加,高层为冷平流与辐合的叠加(1.5°仰角)。22时15分的速度图表明,低层有风向的辐合与暖平流。随着高度的增加,零速度线开始逆转,呈反S

形,高度为2~3km,表明在这一层有冷平流。自23时开始,零速度线弯向正区的逆转开始大于弯向负区的逆转(图10)。说明高层有辐合和冷平流的叠加,在台风这一大尺度的暖心低压背景下,这种下暖上冷的形势有利于底层辐合加强,为暴雨的产生和维持提供了有利的水汽条件和动力条件^[18-19]。降水实况证明,13日01时前的1h中,台州地区黄岩市出现了61mm的短时特大暴雨,这是这次台风影响浙江省造成的1h自动气象站雨量最大的记录。

5) 13日01-04时:低层为辐合,中层有冷平流和辐散的结合,高层有冷暖平流的更迭。13日01时起速度图(1.5°仰角)上距离测站45~90km的范围内,零速度线随高度开始逆转,且弯向负区的旋转大于弯向正区的旋转。说明在2~3.5km的高度上,存在冷平流与辐散的结合。在3.5km以上,存在冷暖平流的更迭。在这3h里,2~3.5km高度上冷平流与辐散的结合呈加强趋势。这有利于底层辐合上升运动的维持和加强,有利于暴雨的维持。这一特征自04时以后逐渐消失,实况雨量也逐渐减小。

分析表明,这次暴雨过程主要是台风

的气旋性涡旋本身的动力上升造成的, 反映在速度图上, 从低层到高层存在深厚的暖平流及强烈的风向辐合。高层存在气流辐散。期间, 高层辐散气流的加强及 2~3 km 高度处冷平流的触发^[2], 为特大暴雨的产生创造了有利的条件, 与实况出现的特大暴雨相符。

4 结语

通过以上对云娜台风加强及特大暴雨时段的多普勒雷达强度场、速度场特征的分析, 得出以下结论。

1) 这次暴雨过程主要由台风气旋性涡旋本身的动力辐合上升造成, 反映在速度图上, 从低层到高层存在深厚的暖平流及强烈的风向辐合, 高层存在气流辐散。

2) 零速度区及径向风速的变化可以反映台风的移动和强度变化特征。过原点的弓形零速度区范围扩大, 弯向正区的弧度加大, 说明风向的辐合加强; 台风外围切向沿雷达径向处的径向风速增加对应于实际高空风速的增加。弓形零速度区绕原点的旋转特征可以反映台风的移动信息。

3) 雷达可以监测到西南急流的脉动现象, 它与台风的加强过程相结合可以触发螺旋雨带中的强降水, 降水落区位于西南急流轴线左侧前方大约 100 km 的范围内。在反射率因子图上表现为螺旋雨带的迅速合并、发展、增强, 并且低层存在一个有界弱回波区, 其开口朝向入流一侧, 其上的中层对应一个高反射率因子的悬垂, 说明云团中存在强的对流区。

4) 速度图上正负速度中心若相对于零速度线呈现不对称分布, 在同一高度层上流入的速度大于流出的速度, 则对应着辐合上升运动, 有利于暖湿气流的抬升和暴雨的维持。

5) 台风北侧冷平流的触发是台风中暴

雨的重要发生机制之一。

6) 台风中高空辐散的加强有利于底层辐合上升运动的维持和加强, 有利于暴雨的维持。

7) 台风加强时, 其眼区明显缩小, 螺旋雨带呈发展趋势, 强度增强, 结构更加紧密。

以上中尺度系统的特征与暴雨的发生及落区的对比表明其在暴雨的临近预报中都具有明确的指示意义。

参考文献(References)

- [1] 钟卓约, 帅方红. 9914 号台风多普勒雷达资料分析[J]. 气象, 2001, 27(7): 41-44.
- [2] 苏卫东, 彭荔红, 邓志. 一次台风尾流暴雨的多普勒雷达资料特征分析[J]. 台湾海峡, 2000, 19(2): 141-145.
- [3] 苏卫东, 杨维生, 李建通. 多普勒雷达资料在台风探测中的应用[J]. 台湾海峡, 1998, 17(4): 376-382.
- [4] 李伟, 汤达章, 苏卫东. 多普勒雷达对台风的自动定位方法[J]. 南京气象学院学报, 1999, 22(2): 232-237.
- [5] 陈子通, 闫敬华, 丁伟钰, 等. 尤特台风登陆过程中眼区结构变化的分析研究[J]. 大气科学, 2004, 28(3): 471-478.
- [6] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [7] BROWNING K A, LUDLAM F H, MACKLIN W C. The density and structure of hailstones[J]. Quart J Roy Meteor Soc, 1963, 89: 75-84.
- [8] 张沛源, 陈荣林. 多普勒速度图上的暴雨判据研究[J]. 应用气象学报, 1995, 6(3): 373-378.
- [9] 蔡晓云, 焦热光, 卞素芬, 等. 多普勒速度图暴雨判据和短时预报工具研究[J]. 气象, 2001, 27(7): 13-15.
- [10] 帅方红, 钟卓约, 苏卫东, 等. 一次台风暴雨的多普勒速度图像分析[J]. 热带气象学报, 1997, 13(4): 357-364.

- [11] 梁海河, 张沛源, 葛润生. 多普勒天气雷达风场退模糊方法的研究[J]. 应用气象学报, 2002, 13(5): 591-599.
- [12] 马清云, 李泽椿, 陶士伟. 单部多普勒天气雷达风场反演及其在数值预报中的应用试验[J]. 应用气象学报, 2001, 12(4): 488-493.
- [13] 夏文梅, 张亚萍, 王凌震, 等. 复合风场的单多普勒速度特征[J]. 气象科学, 2003, 23(2): 209-216.
- [14] WOOD V T, BROWN R A. Single Doppler Velocity signature interpretation of nondivergent environmental winds[J]. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 1986, 3(1): 114-128.
- [15] 陆大春, 蒋年冲. VAD 有关产品在临近预报中的应用[J]. 应用气象学报, 2003, 14(增刊): 157-160.
- [16] 白洁, 陶祖钰. 多普勒雷达风场反演 VAP 方法的资料预处理[J]. 应用气象学报, 2000, 11(1): 21-26.
- [17] 魏锦成, 吴成锋, 杨奇志. 热带气旋北冕暴雨多普勒雷达分析[J]. 气象, 2004, 30(11): 32-34.
- [18] 夏文梅, 张亚萍, 汤达章, 等. 暴雨多普勒天气雷达资料的分析[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(6): 787-794.
- [19] 朱乾根, 林锦瑞, 寿绍文, 等. 天气学原理和方法[M]. 北京: 气象出版社, 1992.
- [20] 孙淑清. 低空急流及其暴雨关系[C]//大连暴雨会议文集. 长春: 吉林人民出版社, 1980: 40-46.
- [21] 夏文梅, 王凌震, 张亚萍, 等. 低空急流的单多普勒速度特征[J]. 南京气象学院学报, 2003, 26(4): 489-495.
- [22] 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, 2000: 90-119, 182-183.
- [23] 苏鸿明. 9914 号台风近海强度增强的主因分析[J]. 台湾海峡, 2001, 20(3): 298-300.

(责任编辑 黄永明)

·科技新闻·

美国宇航局局长首度访华

9月23日至28日, 美国宇航局(NASA)局长迈克尔·格里芬(Michael Griffin)对我国进行了访问, 这是美国宇航局官员迄今为止最高规格的访华。格里芬一行6人, 对我国的航天计划进行了第一手的考察。

根据美国宇航局提出的申请, 格里芬的行程中包含了对中国空间技术研究院、中国科学院、国家卫星气象中心、酒泉卫星发射中心等处的访问。据美联社报道, 格里芬在抵达中国后表示, 有意与中国国家航天局在气象研究和机器人探测方面开展合作。

美国宇航局官员称, 寻求与中国在无人探月的科学和控制方面进行合作是此次格里芬一行的期望之一。格里芬此行中直接听取了我国对探月短期目标和长期目标的介绍。按照我国的嫦娥

计划, 2007年将发射月球轨道探测器, 2010-2012年间将发射月球登录探测器, 2015-2017年间可能还会执行将月球物质样本带回地球进行分析的任务。

美国宇航局相关人士表示, 地球大气研究、大地测量研究和太空垃圾的处理也都是中美在空间方面的潜在合作领域。

美国宇航局没有提出对我国神舟飞船航天员训练中心和北京航空航天大学命令控制中心进行访问的请求, 而这些单位都执行着我国的神舟飞船载人航天相关任务。神舟飞船总设计师张柏楠在格里芬访华前告诉《科技导报》, 我国发展载人航天的基本原则是自力更生、独立发展, 不排斥开展国际合作, 但国际合作的前提是平等、互利。

分析人士认为, 目前美国与中国在宇航领域

的接触跟35年前美国与前苏联的宇航合作会晤有几分相似, 而后者促成了美国与俄罗斯今天在载人航天领域一体化的局面。

我国于2003年进行的首次载人太空飞行标志着中国成为了继俄罗斯和美国之后, 世界上第3个具有独立载人航天能力的国家。目前我国已经先后将3名航天员送入了太空。

据报道, 在9月19日的中国外交部例行记者会上, 外交部发言人秦刚称, 和平利用外太空是全人类共同的事业, 中国愿意在此基础上与包括美国在内的其他国家开展空间领域的合作。中方希望两国空间机构能够建立友好稳定的合作关系, 并探讨在空间科学和空间应用等领域合作的可能性。

(本刊记者 黄永明)