

台风云娜陆上维持原因浅析

许映龙¹ 高拴柱¹ 刘震坤²

(1. 国家气象中心,北京 100081; 2. 北京大学物理学院大气科学系)

提 要

利用台风年鉴、日本气象厅最佳路径资料、T213 分析资料、卫星云图和高空观测资料对台风云娜登陆后长时间维持不消之原因进行了天气和动力学诊断分析。结果表明:低层水汽源源不断的输送、中纬度天气系统与云娜相互作用在其北侧低层建立偏东风急流和力管场,并且它始终处在高层强辐散流场东南侧或南侧的流出气流以及垂直切变小值区中是云娜在陆上维持的条件。

关键词: 台风云娜 陆上维持 诊断分析

引 言

台风登陆是台风生命史的重要转折点,因为台风登陆涉及到海陆气三者相互作用复杂的物理过程,也是台风灾害集中发生的时段。因此研究台风登陆不仅具有理论意义,而且对于防灾减灾具有重要的实际意义。台风登陆问题主要是台风在陆地上维持和衰减的问题。一般而言,台风登陆后由于动能的摩擦消耗和水汽源地被切断等原因将逐渐消亡,但不同台风陆上消亡的速度差异却很大,在陆上维持最长的可达 5 天多,维持时间短的不到 12 小时,甚至不到 6 小时。冬季台风在陆上维持时间都在一天以内,盛夏登陆台风维持时间达两天的为 28.3%,两天以上的仅占 16.5%。台风在陆上停滞会带来一系列问题,长久不消的台风低压环流可酿成巨大暴雨灾害,如 7503 号台风在福建晋江沿海登陆后深入内陆维持近 5 天,减弱的热带低压横穿江西和湖南,尔后向东北直入河南南部并停滞少动,低压伴随的暴雨强度极大,致使河南南部、淮河上游丘陵地区发生一次历史上罕见的特大暴雨,人民生命财产遭受重大损失。因此研究登陆台风的维持和增强十分必要。

台风云娜于 2004 年 8 月 12 日 20 时在浙江温岭沿海登陆后,穿过江西、湖南、湖北等省,历经了 66 个小时而不消散。由于该台

风登陆前近 30 天,我国江南和华南大部持续高温天气,旱情持续发展并加剧,云娜带来的强降水缓解了旱情,但给正面登陆的浙江造成重大损失,台风及其低压环流深入内陆产生的大风、强降水和强雷暴等剧烈天气,又使江西、安徽、湖北、江苏、河南等地的局部地区山洪爆发,引发滑坡、泥石流地质灾害,大量农田被淹,房屋倒塌,交通、电力、通讯等基础设施严重毁坏,灾害损失较为严重。本文利用台风年鉴、日本气象厅最佳路径资料、T213 分析资料、卫星云图和高空观测资料,从大尺度环流形势演变特征和计算的物理量场来分析诊断云娜深入内陆长久不衰之原因,以探讨台风低压环流维持的物理机制。

1 云娜登陆后路径和强度变化特征

图 1a 给出了云娜的移动路径,由图 1 可见云娜登陆后主要以偏西路径深入内陆,先后途经浙江南部、江西北部、湖北东南部和湖南北部,并历经两次明显的路径波折,一次是 14 日 02 时在江西北部鄱阳湖附近出现明显的路径北翘,另一次是 14 日下午 14 时移入湖北东南部向南折再西行进入湖南北部,然后逐渐减弱消失。其西行速度也呈现一个多变趋势,登陆前后,移速较快,大约为 $20 \sim 25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$;后期移速减慢,约为 $15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$,并在两次路径波折前都出现移速减慢现象。

云娜登陆前后中心气压变化如图 1b 所

示。对于云娜停编时间日本气象厅比中央气象台晚 12 个小时,从卫星云图来看,至 15 日 14 时,在湘鄂交界处仍可看到比较清晰的台风低压环流,中心气压还很低,为 1004hPa。在此之后,低压环流在湖南北部逐渐减弱消亡。就云娜登陆前后的强度而言,登陆后的 6 小时中强度减弱很快,中心气压升高了 30hPa,13 日 02 时减弱为强热带风暴,中心气压为 980hPa;13 日 02~14 时,中心气压升高了 12hPa,减弱缓慢,13 日 14 时变为热带风暴,中心气压为 992hPa;13 日 14 时~15 日 14 时强度维持,中心气压只升高 12hPa,到 13 日 17 时减弱为热带低气压,并一直维持到消亡。中心气压的这种变化反映了云娜在陆上强度衰减缓慢。

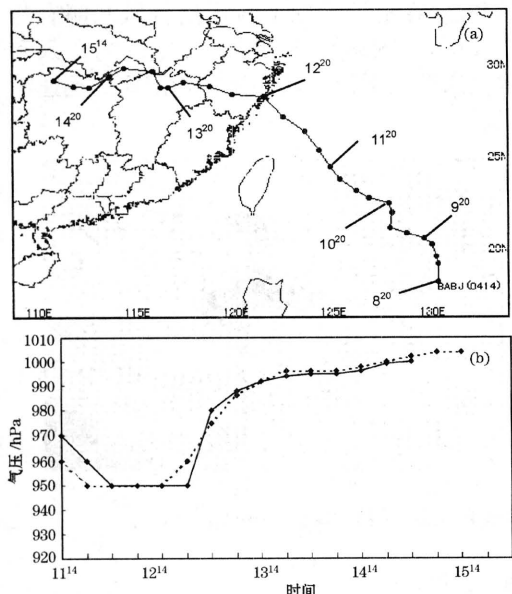


图 1 台风云娜移动路径图(a)和登陆前后中心气压变化曲线(b,实线和虚线分别为中央气象台和日本气象厅确定的台风中心最低气压)

2 大尺度环流背景演变特征

云娜登陆前,亚洲中高纬度是较平直的纬向环流,在中低纬度上大陆副高和日本及其以南洋面上空的西北太平洋副高反气旋打通呈东西带状分布,云娜位于该连体高压的南侧,登陆后受高压南侧偏东气流的牵引向偏西方向移动。

云娜登陆时,我国华北北部至俄罗斯远

东地区为一宽阔的低槽区,蒙古国西部到我国新疆一带有一个短波槽(图略),该槽前在蒙古国中部到我国黄河上游有一弱高压脊。西欧长波槽逐日东移,槽前的高压脊也东移与蒙古国到我国黄河上游的高压脊同位相叠加,致使亚洲中北部环流经向度变大,能量频散的作用导致 13 日 08 时我国华北北部至俄罗斯远东地区的宽槽向南加深发展,造成云娜北侧连体高压脊减弱断裂成东西两环(图 2),并一直维持到 15 日晚上。云娜处于东西两环副高之间的变形场中,因偏东引导气流明显减弱,云娜在西移的过程中移速减慢。14 日 02 时当云娜西移靠近大陆副高时出现路径北翘移进了湖北东南部地区。北翘之原因是 13 日 20 时西北太平洋副高南落,云娜东侧偏南气流加强并建立一支东南风急流,在东南急流的牵引下云娜路径北翘。此后云娜移至大陆副高东南侧受东北气流引导又折向西南方向移进湖南北部。另外,云娜在西行过程中四周被高压区所包围,这在对流层中下层对台风环流维持是一良好环境,但四周气流对台风移动的作用互相抵消,故对台风移动起到停滞作用。13 日 11 时至 14 日 9 时云娜及其减弱成的低气压在赣北滞留长达 22 个小时,且强度减弱缓慢,这可能也与从鄱阳湖获得潜热能源有关。

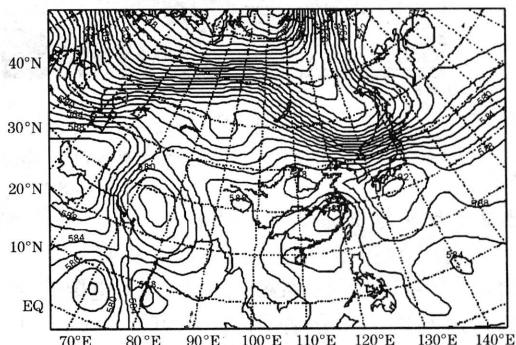


图 2 2004 年 8 月 13 日 08 时 500hPa 高度场

3 云娜登陆后维持之原因分析

登陆台风源源不断的水汽输入、高空强的辐散场、小的风速垂直切变以及水平力管场斜压位能的释放都将延长其环流系统的生命史。下面用计算的水汽、动力学和热力学物理参数对云娜陆上强度进行诊断分析,探

讨该台风环流系统在陆上维持不消的原因。

3.1 水汽输入条件

研究和模拟表明,登陆台风与水汽通道相连接,台风可连续不断地得到从低空输送和补充的水汽赖以维持,当水汽输送通道被切断,台风迅速消亡^[1-6]。

从沿云娜登陆时和登陆后中心所在经度的水汽通量散度时间垂直剖面图(图略)可看到,登陆时水汽辐合出现在台风环流南侧850hPa以下层,辐合中心在900hPa附近,为 $-4.5 \times 10^{-7} \text{g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1}$;登陆后8月12日20时至15日08时,在台风环流南北两侧850hPa以下层均出现较强的水汽辐合,辐合中心仍在900hPa附近,有时在近地层。表明云娜从登陆到西行深入内陆,水汽输送通道未被切断,它是由南海的西南低空急流和西北太平洋副高西南侧的偏南风急流从云娜东侧卷入台风环流中,这两支急流不断向东扩展,使得云娜北侧维持一个风速

$>14\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的强风速区(图3),源源不断地将海洋上的水汽输入台风环流中,这不仅满足了其所经之地暴雨形成的水汽条件,而且还是重要的能量来源。从云娜登陆后12日20时至15日20时925hPa的水汽通量矢量图(图3)上可看到,与台风环流相连的一条水汽通道由南海向北,另一条从日本以南洋面向西,两条水汽输送通道在东海合并,然后由偏东风急流输进台风环流中。15日08时以后,台风北侧偏东风急流开始迅速减弱,并转成偏北风,揭示台风环流北侧的水汽通道被切断,15日20时,在云娜环流西北侧出现了一个 $13\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏北风速中心,在925hPa上有 $-5 \times 10^{-5} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 的冷温度平流中心与之对应(图略),表明低层有较强冷空气侵入台风环流,在卫星云图上显示出台风北侧有冷空气侵入(图略)。至此,干冷空气的侵入和水汽来源枯竭使台风环流在湖南北部迅速消亡。

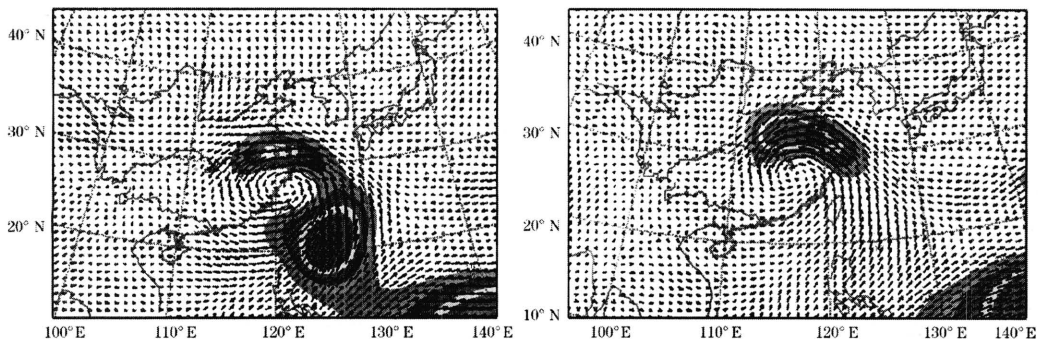


图3 台风云娜登陆时及之后的925hPa的水汽通量矢量(箭线,单位: $\text{g} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)和 $\geq 10\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的等风速区(阴影区)

a. 2004年8月12日20时, b. 13日20时

3.2 台风与中纬度系统的相互作用

台风预报业务实践和研究表明^[2,3,5,6],台风与中纬度环流系统的相互作用主要表现为台风与冷空气的作用,往往可使台风从中纬度获取斜压能量,有利于台风及其低压环流在陆上维持。

分析云娜陆上维持期间的高空环流形势(图2)发现,中纬度锋区一直位于 40°N 以北,位置偏北。13日08时前,由于台风北侧高压坝的阻挡,台风与中纬度冷空气未发生相互作用。13日08时台风北侧高压坝断裂

后,一股冷空气从俄罗斯远东地区和我东北地区南部扩散南下,同时蒙古国西部的短波槽也携带另一股弱冷空气从黄河上游扩散南下。从13日08时925hPa温度平流图上(图略)可显而易见,从东北方向和西北方向分别有冷温度平流向台风环流西北象限输送,但此时 $-10 \times 10^{-5} \text{C} \cdot \text{s}^{-1}$ 的冷温度平流中心距台风环流中心尚远,说明冷空气主体还未侵入台风环流中心区。在500hPa温度平流图(图略)上,台风环流北侧为弱暖温度平流,其动力加压作用使台风北侧的副高维

持,也说明冷空气是从低层扩散南下与台风环流发生作用。这样低层冷温度平流的减压作用使斜压位能释放转为动能,西行的台风环流在低层由此获得斜压能量而继续维持,并在台风北侧低层形成东北风和偏东风气旋性的强风速辐合区(图3)。从925hPa的涡度场可看出,13日08时涡度中心值达 $6.39 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,而云娜登陆时该层上涡度中心值为 $6.49 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,表明低层的辐合并未减弱,相反在13日20时还有所加强,涡度中心值达 $6.83 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,此后925hPa的涡度中心值逐渐减小,但仍有正涡度中心,到15日20时涡度中心值减小为 $2.9 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$ 。究其原因,13日08时以后从贝加尔湖一带不断有冷空气从低层南下,但因500hPa上在台风北侧仍有暖温度平流,并且在台风东侧源源不断地有水汽自海洋向台风环流区中输送,由此将暖温度平流向台风环流区输送,阻碍低层的负温度平流中心继续南下,负温度平流中心仍远离台风环流中心,并形成对峙的温度平流分布态势,从而在台风环流北侧呈现出西冷东暖的半冷半暖的温度场结构(图4),台风环流北侧的这种温度场结构在以后的36小时内因水汽的输送通道未被切断而没有遭到破坏,与台风环流等压线交割在台风环流北侧形成力管场(图略),力管场的建立表明在台风环流北侧斜压性的增强,低层斜压位能的释放则导致在台风北侧的925hPa低层持续出现了一个 $16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的偏东风强风速辐合中心(图3b),14日20时以后力管场减弱,强风速辐合中心也逐渐减小,到15日20时已减小为 $7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。正是这支强偏东风气流的长时间存在并在台风西侧产生下沉,使得台风及其低压环流在陆地上长时间维持。

3.3 高层辐散场的作用

当登陆台风移入高空强辐散流场时,高空辐散的抽吸作用将加强登陆台风低压的垂直运动和低空辐合上升运动,从而有利于台风低压环流在陆上的维持^[2,3,5~7]。

对云娜登陆后的高空流场(图略)的分析发现,在云娜西行深入内陆的过程中,在台风环流上空的高层始终维持着较强的辐散流

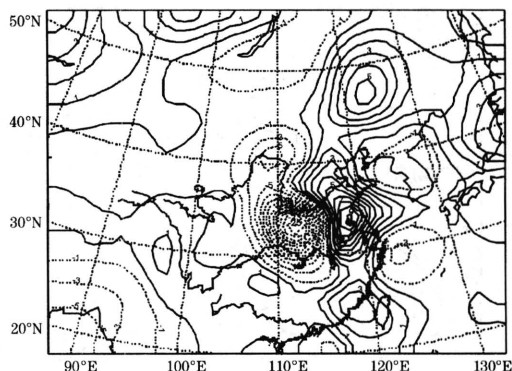


图4 2004年8月13日20时925hPa温度平流
(单位: $10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{s}^{-1}$)

场,云娜始终位于高层反气旋的东南侧或南侧往西南方流出气流下风方,同时在台风东北方向高层还有一股向东北方向流出的气流。这样在台风环流的高层就分别有向东北和向西南流出的两条气流通道,形成强辐散流场,云娜登陆后,高空辐散的抽吸作用使得其环流中心附近的垂直运动和低空辐合上升运动可以继续维持或加强,有利于低压环流在陆地上的维持。

3.4 垂直切变条件

有研究认为^[5~8],风速垂直切变对台风的发展和维持影响很大。一般认为850和200hPa之间的纬向风速差小于 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的垂直切变环境是台风发生发展和维持的一个必要条件。分析云娜登陆后西行深入内陆过程中的垂直切变场可以发现,云娜及其减弱后的低气压始终处在 $< 5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的垂直切变环境中(图5a),且在其前进方向也为垂直切变小值区,中心基本上沿着垂直切变小值区的轴线移动,而这种弱的垂直切变环境场与高低空环流配置密切相关,在云娜及其前进方向上空一直维持着较深厚的东风层(图5b),致使它始终处于风速垂直切变小值区中。这样在对流层中由积雨云释放出的凝结潜热不能迅速离开台风环流上空向四周平流出去,有利于云娜环流系统在陆上维持。

4 小结

(1)台风云娜北侧的大陆副高和西北太平洋副高反气旋打通形成的连体高压减弱断裂后,云娜位于两环副高之间的变形场中是

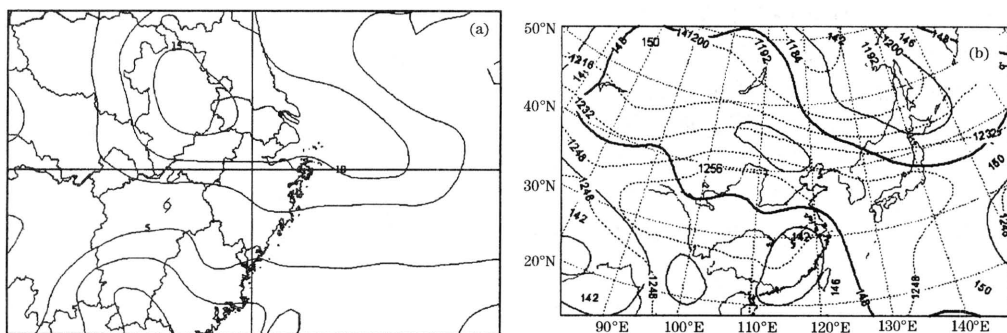


图5 2004年8月13日20时200hPa与850hPa东西风垂直切变(a,单位: $m \cdot s^{-1}$)和200与850hPa高度场(b,虚线为200hPa等高线,实线为850hPa等高线)

该台风及其减弱的低压环流得以在陆上长时间维持的大尺度环流背景。大陆副高、西北太平洋副高、中纬度西风槽、中低纬度的偏南和偏东气流是影响云娜陆上生命史的主要影响系统。

(2)台风云娜登陆以后从低层由南海向北和日本以南洋面向西的两条水汽通道在东海合并,然后由偏东风急流将源源不断的水汽输入台风环流中是云娜得以在陆上维持的水汽条件;云娜与中纬度的冷空气相互作用后在台风北侧形成水平力管场,导致斜压位能的释放是云娜得以在陆上维持的动力条件;云娜环流始终处在高层强辐散场的下方和垂直切变小值区中也是其在陆上维持的重要条件。

参考文献

- 1 叶惠明, 江吉喜. 登陆台风强度变化的诊断分析. 气象, 1990, 16(2):43~47.
- 2 陈联寿. 登陆热带气旋的研究计划和科学实验. 宁波: 第12届全国热带气旋科学讨论会论文摘要文集, 2002.2.
- 3 陈联寿, 罗哲贤, 李英. 登陆热带气旋研究的进展. 气象学报, 2004, 62(5):546~547.
- 4 李云泉, 陆琛莉. 杰拉华台风登陆后迅速减弱的原因. 气象, 2001, 27(9):18~22.
- 5 李英, 陈联寿等. 登陆热带气旋长久维持与迅速消亡的大尺度环流特征. 气象学报, 2004, 62(2):167~179.
- 6 陈联寿, 徐祥德, 罗哲贤等. 热带气旋动力学引论. 北京:气象出版社, 2002: 310~313.
- 7 陈联寿, 丁一汇. 西太平洋台风概论. 北京:科学出版社, 1979:105~108.
- 8 薛秋芳, 燕方杰, 范永祥等. 台风强度变化的诊断分析和预报. 气象, 1993, 19(2):25~29.

Cause Analysis of Maintenance of Typhoon Rananim on Land

Xu Yinglong¹ Gao Shuanzhu¹ Liu Zhenkun²

(1. National Meteorological Center, Beijing 100081;

2. Department of Atmospheric Science, School of Physics, Beijing University)

Abstract

By the use of typhoon annual report, best track of JMA, T213 analysis field, satellite image and aerological observation data, the cause of maintenance of Typhoon Rananim (0414) on land is analyzed from diagnostic analyses of synoptic and dynamic conditions. The results show that the water vapour transportation at low layer and the eastern jet and solenoid field generated by the interaction between middle-latitude synoptic system and Rananim are two main reasons of its maintenance on land. Meanwhile its location being under the outflow at the southeast or south direction of intensive divergent field at high layer as well as at low vertical shear regions during its maintenance on land are also two important conditions.

Key Words: typhoon Rananim maintenance diagnostic analysis