

0414 号台风“云娜”的基本特征与强降水成因分析^{*}

薛根元¹ 俞善贤¹ 何凤翮² 陈国勇² 余越辉²
(浙江省气象局¹ 杭州 310002; 浙江省绍兴市气象局² 浙江绍兴 312000)

[摘要] 本文在概述 0414 号台风“云娜”基本情况的基础上,利用天气动力学方法,结合气象物理场诊断、气象卫星云图分析、多卜勒雷达回波和数值预报资料的分析,探讨了台风影响过程中强降水的主要成因,所提出的一些预报思路与线索对浙江台风暴雨的分析与预报有参考价值。
[关键词] 台风 云娜 降水成因 [中图分类号] P4
[文献标识码] A [文章编号] 1000-7857(2004)09-0023-03

ANALYSIS ON THE ESSENTIAL CHARACTERISTICS OF THE TYPHOON 0414 “RANANIM” AND THE CAUSES OF THE STRONG PRECIPITATION

XUE Gen-yuan¹ YU Shan-xian¹ HE Feng-pian² CHEN Guo-yong² YU Yue-hui²
(1.Meteorological Bureau of Zhejiang Province, Hangzhou 310002, China;
2. Meteorological Bureau of Shaoxing City, Shaoxing 312000, Zhejiang Province, China)

Abstract: Based on the analysis on the essential characteristics of the typhoon 0414, Rananim, with the aid of weather dynamical method, in combination with the diagnose of meteorological physical fields, the meteorological satellite cloud images, the new Doppler radar data and the numerical forecasted data, in this article, the main causes of strong precipitation during the period under the impact of this typhoon have been emphatically discussed. A few forecasting thought and clue brought forward in the article show some referenced value to the prediction on the typhoon hard rain in Zhejiang Province.
Key Words: typhoon, rananim, precipitation causes **CLC Number:** P4
Document Code: A **Article ID:** 1000-7857(2004)09-0023-03

1 引言
2004 年 8 月 12 日 20 时在浙江省温岭市石塘镇登陆的台风“云娜”(编号 0414)是袭击浙江省的一个强台风,对该省造成了重大的影响;台风登陆前后还给上海、福建和江苏等地造成了严重损失。8 月 13 日中午,台风离开浙江后,沿途对赣、皖、鄂、豫等省都造成了很大的影响,甚至还到达鲁西南、陕南,使之出现强对流和暴雨天气。
台风“云娜”属于近海生成加强台风,从生成到登陆历时短暂,仅 4 天;从登陆到台风低压消散,为时 5 天;登陆前持续加强,登陆时值台风发展生命期中最旺盛期;登陆前后产生非常激烈的天气,其中风力、雨量等创造了纪录;深入内陆后出现典型的中低纬度系统相互作用现象,产生强灾害性天气;生成于 2003 年以来南方大部地区长期干旱的时期,其气候背景特殊;近期太平洋大气环流发生较大变化,表现为“仿厄尔尼诺现象”的出现。
本文第一部分讨论台风的主要特征,并分析台风发生发展的天气动力学原因,在此基础上,结合气象物理场、气象卫星云图、多卜勒雷达回波和数值预报资料的分析,提出

浙江台风暴雨的主要预报着眼点。第二部分(本刊 2004 年第 10 期另行发表——编者注)则讨论浙江省防御台风突发灾害的做法与经验,同时就如何应对突发气象灾害问题提出一些思考。
2 “云娜”台风的基本情况分析
“云娜”台风源于 8 月 8 日 20 时在西太平洋生成一个热带风暴(992hPa,20m/s),中央气象台编号为 0414 号,10 日 5 时发展为强热带风暴(985hPa,25m/s),11 日 2 时加强为台风(970hPa,35m/s),登陆时加强到 950 hPa 和 45m/s。台风在海上向西北方向移动登陆后,则沿大陆高压南侧的偏东气流西进,经过温州北部、丽水北部、衢州中部;13 日 2 时减弱为强热带风暴(975hPa,30m/s),8 时减弱为热带风暴(998hPa,23m/s),11 时进入江西境内,以后继续向西北方向移动,进入湖北省,成为仅在风场上有一些反映的残留低压环流。
台风给沿途各地造成了巨大的损失,浙江全省共有 75 个县(市、区)受灾,受灾人口达 1 299 万,死亡 164 人,失踪 24 人,直接经济损失达 181.28 亿元。福建沿海出现 10~12 级大风,武夷山区出现强降水,其中仅建宁市受灾人口就有 38 万,直接经济损失 2.01 亿元;江苏省部分地区连续出现

^{*} 本文获中国气象局“省—市—县宽带应用与示范”科技项目资助。

强雷暴天气,上海市出现暴雨、大风等灾害性天气。表 1 列出了 1949 年以来登陆浙江的较强台风的一些参数,足见台风“云娜”的强度。

表 1 1949 年以来登陆浙江省的较强台风

年份	编号	登陆情况			影响风雨极值			
		时间	地点	中心 气压 (hPa)	中心 风力 (级)	降水 (mm)	地点	风 (m/s)
1956	5612	8 月 1 日	象山	923	12	241	富阳	>40
1972	7207	8 月 2 日	平阳	990	11	342	建德	34
1972	7209	8 月 17 日	平阳	965	12	244	温州	42
1975	7504	8 月 12 日	温岭	970	12	228	温岭	44
1985	8506	7 月 30 日	玉环	965	12	409	温岭	47
1987	8707	8 月 27 日	瓯海	978	11	256	青田	>40
1988	8807	8 月 7 日	象山	970	12	139	临安	>40
1990	9015	8 月 31 日	椒江	970	12	342	温岭	54
1994	9417	8 月 21 日	瑞安	960	12	338	瑞安	50
1997	9711	8 月 18 日	温岭	960	12	380	三门	57
2004	0414	8 月 12 日	温岭	950	12	337	乐清	59

台风进入江西后,其强度虽有明显减弱,并逐渐演变为一个低压,但沿途仍引发大风和暴雨。12~15 日,江西全省共有 39 个县(市)降雨超过 100mm,最大的降雨地区——庐山达到 267mm;全省受灾人口 171 万,直接经济损失 2.49 亿元。台风低压进入湖北,与东移的西风带系统结合,造成大范围的暴雨过程;全省 11 个县(市)普降暴雨,造成 196 万人受灾,因灾死亡 2 人,直接经济损失 3.8 亿元。12~15 日,台风的残余低压造成安徽省西部和南部强降水,仅六安、安庆市受灾人口就达 41.4 万,直接经济损失 1.78 亿元。13~15 日凌晨,河南省商城县连续 40 多个小时遭受特大暴雨袭击,鲇鱼山乡至城区境内降水量高达 367.7 mm。

台风“云娜”及其造成的灾害主要有以下特点。(1)风力大。登陆前离中心约 200km 的大陈站即出现 40m/s 的大风。登陆前后的数小时内,台州市所有市、县(区)均出现 12 级以上大风,过程最大风速大陈站达 58.7m/s。(2)降雨强。11 日 8 时~14 日 8 时,浙江全省降雨量超过 100 mm 的测站有 275 个,超过 200mm 的站点有 79 个,超过 300mm 的站点 36 个。最大降雨量为温州乐清的礅头,过程雨量 916mm,其中 12、24 小时降雨量分别达到 661.8mm 和 874.7 mm,均创浙江省历史实测最高记录。(3)范围广。除浙江受其严重影响外,还波及到沪、闽、苏、皖、鲁、豫、鄂、赣等省市及陕南、鲁西南。(4)水位高。“云娜”的形成正逢天文大潮起潮期,台风增水最大达 3.5m。(5)次生灾害严重。12~13 日强降水引发温州、永嘉北部重大泥石流、山体滑坡等地质灾害。

3 “云娜”台风发展的主要背景分析

台风的生成与发展是多方面因素综合作用的结果。首先,2004 年南方进入主汛期后,大气环流反常,先是西太平洋强度偏弱,位置偏东,因此建立不起稳定的“梅雨”环流形势;6 月中旬初,副热带高压加强西伸后,长江中下游地区先后于 6 月 14~15 日“入梅”,但“梅雨”的形势不典型,西风带系统不够活跃,造成江南地区梅雨偏少。6 月底~7 月初,由于副热带高压西伸加强,使得江南“梅雨”天气行将结束时,0407 号强热带风暴“薄公英”的生成和登陆又破坏了副高的

活动。至 7 月中旬“出梅”,强大的副高控制长江下游地区,江南地区又出现继 2003 年后的又一个异常高温年,这时在长江中游及以西地区受副高边缘西南暖湿气流和东移的西风带低值系统共同影响,产生持续性的暴雨,广西柳州地区、淮河流域出现特大洪涝灾害。

进入 8 月后,热带辐合带活跃。热带辐合带是台风生成的温床,当有利的风场环流使得对流云团开始有组织时,热带压便有了形成的条件。实际上,形成“云娜”台风的对流云团早在数天前就已存在,8 月初开始出现有组织现象,8 月 5 日形成低压环流,8 日晚就正式编发热带低压生成的消息。几乎与“云娜”台风活动的同时,15 号强热带风暴也在西太平洋活动;8 月 16 日下午又有一新的热带低压开始生成,17 日 20 时正式编发热带低压 0416 号“鲇鱼”;8 月 19 日和 20 日,西太平洋又先后有“暹芭”和“艾利”台风生成。

有关方面的观测与分析则认为,目前赤道中太平洋海域呈现水温上升的趋势(任福民,2004),这可能与 6 月中旬以来赤道上空信风减弱,使西太平洋的暖水向东扩展,而造成赤道地区太平洋海水偏暖有关。进一步分析发现,赤道中太平洋海面温度已经异常偏暖,东太平洋海表温度目前虽仍明显偏低,但也表现出向偏暖方向发展的趋势。从海气相关的机理分析,西太平洋赤道海域海水的增暖有利于赤道地区上升运动的加强,其结果造成西太平洋副高的持续加强,这部分解释了 2004 年夏季副高强盛造成南方局部地区持续高温的原因。而浮标测量结果表明,太平洋中部赤道区域约 100 米左右深处的海水变暖,温度比历年上升 1.5℃(山形俊男,2004)。在这种背景下,太平洋中部产生上升气流,然后分别在印度尼西亚、菲律宾和日本上空生成 3 股强对流。来自太平洋的高压气流异常强劲,还从热带携带了大量水蒸气,导致酷暑和暴雨。这部分解释了 2004 年入夏以来长江中下游地区降水分布呈现“东旱西涝”特点和南方大部地区出现气温异常偏高的现象。而强对流在印度尼西亚和菲律宾的出现,利于热带辐合带的维持与加强,从而有利于台风的连续生成。1994 年夏季曾出现过类似的情况,当时的 9417 号强台风对浙江沿海特别是温州地区造成 1 200 多人死亡的重大灾害。

4 台风强降水的成因分析

从动力学方面分析此次台风强降水的原因很有意义。沿海地区,包括浙、闽、苏、沪和江西东部地区的降水,主要由台风直接造成,而江西中西部、湖北、湖南、河南和山东的降水则不同,这是由台风的残留低压与西风带系统相互作用下所造成的。分析表明,受台风外围的螺旋云系影响,8 月 11 日下午到晚上,浙江沿海地区开始出现明显的降水,个别地方还出现 50mm 以上的暴雨。台风的最强降水出现于 12 日上午至 13 日上午,其中以登陆前后 6 小时发生在台州、温州地区的降水最为严重,礅头的强降水就是出现在这一时段。

4.1 登陆前台风持续加强是重要前提

台风是否登陆台湾对于其强度影响很大,因为台风与台湾陆地磨擦使其能量逐渐消耗,特别是台湾中央山脉对台风能量消耗很大。台风“云娜”一路移过来未受到这方面的影响,即使经过琉球群岛,但几乎未受到外力衰减作用的影响。分析历史上台风活动情况,台风一般若跨过 25°N,则

会因海面温度降低而减弱,而海温在 26°C 以上则有利于台风的生成或加强。这次台风登陆前,其经过的海域海面温度一般都在 28°C ,有利于台风进一步加强。

4.2 深厚的对流系统有利于降水率显著提高

与一般中等强度的台风相比,“云娜”台风要深厚得多。分析发现,台风上空直到 100hPa 仍为强大的上升运动区,表明该台风对流高度的增高有利于云体的增厚,这是热带系统出现高效降水的重要机理,表明台风对流系统的深厚性。这是台风中对流旺盛的表现,同时,强盛的上升气流利于不稳定能量释放,进而又加强了台风,这种对流的深厚性是台风在大陆上产生降水的直接原因,也是台风得以维持的重要物理机制。

4.3 螺旋带的密实结构有利于云带的高效组织

分析“云娜”登陆前约 6 小时的 NOAA-16 图(图 1),中心位于 27.5°N 、 122.5°E ,台风眼位清晰,云系范围宽广,结构密实,几条螺旋云中对流云团发展旺盛;而通过上部云系统的特征分析可见,高空存在强盛的散射场,这有利于台风的进一步加强,而清晰的台风眼位也表明该台风还处于强盛时期。上述特征都是台风将产生强降水的重要指标。

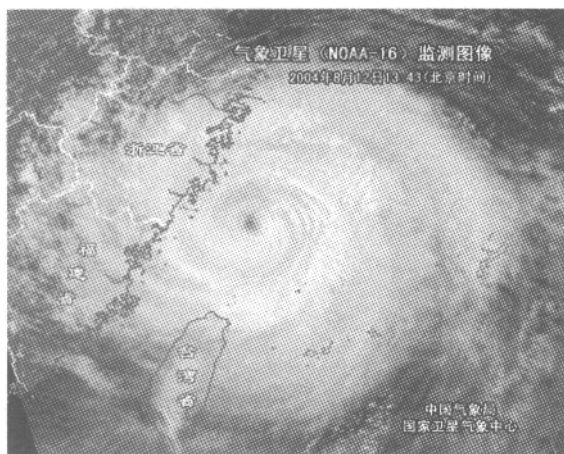


图 1 2004 年 8 月 12 日 13 时 43 分(北京时间)
极轨气象卫星图像

4.4 有利的地形条件对降水有重要的增幅作用

这次“云娜”移动过程中几个特强降水的出现都与当地地形条件有关。礅头是降水最大的地区,这一地区范围不大,但处于呈东西走向的雁荡山区,与台风外围气流几乎垂直相交,造成强盛气流被强迫抬升;分析还发现,礅头恰恰位于雁荡山的两座山峰之间,即其东侧为雁荡山的百岗尖峰,其西侧则为大公山峰,两者之间是一宽度大约为 $5\sim 10\text{km}$ 的通道,这有利于形成狭管效应,成为地形强迫作用的另一种重要形式。上述两者因素综合在一起,才使得这地区的降水比周围地区要大得多。温州市永嘉县北部的中保地区之所以成为第二雨量峰值点,也是因为雁荡山脉的大青岗、罗尖山、四海尖和南正尖 4 个山峰自西向东排列,造成气流强迫抬升,从而出现了罕见的特大暴雨。台州地区长潭水库水文站同样测到特大暴雨,过程降水量超过 600mm ,分析原因,除了离台风登陆地较近,受到台风主要螺旋云带影响而引起特大暴雨之外,还有一个不可少的原因就是地形的影响。该库区位于台风登陆地西北方向大约 $70\sim 100\text{km}$ 的地方,台风登陆前的东南气流十分有利于这里的降水,同

时,库区东南部有大湖山、大皇山两个相对较高的山峰对东南气流形成强迫抬升,这有利于库区降水的加大;在其上游 $20\sim 40\text{km}$ 处为浙东主要山脉之一——括苍山,且成 NEN-SWS 走向,恰与台风的东南气流呈直角,这将造成很强的强迫抬升。两方面的原因解释了长潭水库库区为什么会成为台州市的最大雨量点。通过对台风登陆前后 Doppler 雷达资料的分析,发现由于地形的影响,在暴雨最强的乐清北部、永嘉县北部和台州西部,有许多直径只有 10 多公里甚至只有几公里的小尺度气旋,正是这些小尺度低值系统的触发作用形成了强烈的上升运动,从而产生了强降水。

4.5 中低纬度系统相互作用是暴雨和强对流天气发生发展的重要触发机制

台风于 8 月 14~15 日穿过江西和安徽进入河南以后,恰与西风带一东移的弱槽相遇,地面至低层还配合有弱的冷空气南侵。这种“北槽南涡”中低纬度系统相互作用的形势,有利于中尺度、次尺度天气的生成和发展。它一方面形成了利于上升运动发展的中小尺度辐合系统,加强了上升运动的发展;另一方面是大气的斜压性加强,有利于不稳定能量的加强,遇适宜的环境场时,不稳定能量的释放将有利于对流的发展和强降水的形成。事实上,甚至陕西南部地区还因台风残余低压与西风带低槽的相互作用而降暴雨;同样,8 月 16~17 日,山东西南部也因台风低压残留部分外围的暖湿气流与西风带弱空气的结合而产生了大到暴雨。可见,这种相互作用的影响范围是很广的。

5 结语

本文对台风“云娜”发生发展的大气环流背景的基本情况作了分析,着重探讨了产生强降水的主要原因与相应的机理,所得的结论有:(1)台风“云娜”的风力大、降雨强、范围广、水位高、次生灾害严重和持续时间长等特点,是其造成重大人员伤亡和巨大财产损失的根本原因;(2)台风“云娜”生成于活跃的热带辐合带中,而这一热带辐合带的活跃也是特定的大气环流背景所决定的;(3)台风“云娜”登陆前持续的加强和对流强烈发展所形成的深厚系统是出现强降水的重要基础,在卫星云图上密实的螺旋结构是台风云带中出现强降水的显著特征,而特定区域地形的多方面影响是降水大幅度增加的内在原因,中低纬度系统相互作用则是台风深入内陆后特别是其减弱为残余低压后出现强对流、暴雨天气的重要触发机制。

参考文献(References)

- [1]周秀骥,薛纪善,陶祖钰,等. 98 华南暴雨科学试验研究[M]. 北京:气象出版社,2003. 220
- [2]张玉玲.尺度大气动力学引论[M].北京:气象出版社,1999. 237~257
- [3]陈联寿,徐祥德,罗哲贤,等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京:气象出版社,2002. 316
- [4]Kein P M, P A Harr and R L Elsberry. Extratropical transition of western North Pacific tropical cyclones: Midlatitude contribution to intensification[J]. Mon. Wea. Rev., 2002, 711~720
- [5]罗哲贤,陈联寿. 台湾岛地形对台风移动路径的作用[J]. 大气科学,1995,19(6):390~396
- [6]陈联寿,罗哲贤. 热带气旋结构和运动的两类因子的数值模拟[J]. 气象学报,1996,54(4):409~416 (责任编辑 苏青)