



温州台风倒槽 特大暴雨研究

郑峰 编著



气象出版社
China Meteorological Press

温州台风倒槽特大暴雨研究

郑 峰 编著

气象出版社

图书在版编目(CIP)数据

温州台风倒槽特大暴雨研究/郑峰编著. —北京:

气象出版社, 2008. 6

ISBN 978-7-5029-4526-8

I. 温… II. 郑… III. 暴雨—研究—温州市 IV. P426. 62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008) 第 080853 号

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街 46 号

网 址:<http://cmp.cma.gov.cn>

邮 编:100081

E-mai:qxcsbs@263.net

电 话:总编室:010-68407112
发行部:010-68409198

责任编辑:吴晓鹏

终 审:黄润恒

封面设计:王 伟

版式设计:李勤学

责任校对:刘祥玉

印 刷 者:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:850mm×1168mm 1/32 印 张:3 字 数:78 千字

版 次:2008 年 6 月第 1 版 2008 年 6 月第 1 次印刷

定 价:10.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等,请与本社发行部联系调换。

前 言

我国一些强的台风暴雨或一次台风降水过程的最大值,往往并不产生在台风本身的雨区中,而是产生在和弱冷空气相遇的地方。这种外围大暴雨有时可远离台风中心近千千米。暴雨区和台风本身的暴雨区之间有小到中雨区或晴空区相隔,在实际预报中难度较大,往往因对雨量估计不足而造成服务上的被动。我们称该类暴雨为台风倒槽暴雨,它是当代大气科学中最受人们关注的研究领域之一,在大气科学中占有重要的地位。本书是对台风倒槽暴雨影响温州的概要介绍。运用先进的分析工具——螺旋度、 Q 矢量以及中尺度数值预报模式 MM5V2,选取有代表性的影响温州的台风倒槽特大暴雨典型个例,进行分类研究,将其分为三类:一类是台风倒槽中的东风波登陆产生的,称之为东风波型;一类是倒槽内暖湿切变线的中尺度对流复合体(MCC)产生的,称之为暖切型;另一类是台风倒槽和弱冷空气相配合产生的,称之为冷切型。本书还简要介绍 RSM 短期气候模式和利用该模式率先开展对台风研究的情况,引入研究分析台风倒槽特大暴雨的新工具,以期能达到抛砖引玉之效。

本书内容充实,简明扼要,说理清晰,讨论深入,适合于作为研究人员及台站预报业务人员研究学习及业务预报的参考资料。

本书是在本人硕士学位论文“一次台风倒槽大降水的物理量诊断分析”和《大气科学》杂志发表的论文“一次东风波及其诱生低

涡的螺旋度分析”、《气象》杂志发表的论文“温州‘9.4’台风倒槽特大暴雨分析”以及《台湾海峡》录用的论文“8712 台风和 9909 热带风暴引发的温州秋后台风倒槽特大暴雨对比分析”的基础上,以台风倒槽暴雨为主线编著而成的。曾得到国家自然科学基金项目的支持和气象科学基金项目的资助,在编著过程中得到南京信息工程大学寿绍文教授的悉心指导,以及很多专家学者的关心支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

作者

2008.3

目 录

前言

第一章 温州台风倒槽特大暴雨研究背景	1
1.1 温州地理气候概况	1
1.2 温州台风倒槽特大暴雨研究现状	2
参考文献	4
 第二章 2001 年 8 月东风波型台风倒槽特大暴雨研究	5
2.1 引言	5
2.2 资料及天气过程回顾	8
2.3 台风倒槽暴雨的螺旋度分析	11
2.4 台风倒槽暴雨的 Q 矢量分析	21
2.5 MM5 数值模式的预报能力分析	31
2.6 综合螺旋度、 Q 矢量、MM5 诊断东风波暴雨	40
2.7 不足之处	43

2.8 结论与讨论	43
参考文献	45
第三章 1999 年 9.4 暖切型台风倒槽特大暴雨研究	50
3.1 台风倒槽与特大暴雨	50
3.2 特大暴雨的天气形势	51
3.3 云顶最低温度 TBB 与雨团强度变化	52
3.4 要素场分析	53
3.5 小结	58
参考文献	58
第四章 8712 号台风冷切型倒槽特大暴雨和 9909 号热带风暴 暖切型倒槽特大暴雨对比分析	60
4.1 物理量场的异同	60
4.2 小结	64
参考文献	65
第五章 台风倒槽暴雨研究的展望	66
附录 1 NRS M 短期气候模式简介	69
附录 2 NRS M 短期气候模式对温州台汛期降水和温度 的预测	81

第一章 温州台风倒槽特大暴雨 研究背景

1.1 温州地理气候概况

温州市位于浙江省东南沿海,界于北纬 $27^{\circ}05'$ ~ $28^{\circ}37'$,东经 $119^{\circ}37'$ ~ $121^{\circ}16'$ 之间,东临东海,西连丽水,北接台州,南与福建省接壤。东西宽 163km,南北长 176km,全市面积 11784km²。温州属中亚热带季风气候,地理纬度较低,平均昼长较长,太阳高度角较大,是浙江省气候最温暖、热量资源最丰富的地区之一。

温州市地形复杂,重峦叠嶂,河网纵横。温州市北有括苍山,西有洞宫山,南接武夷山,雁荡山自东北至西南贯穿全市,地势基本上是西高东低,从西北向东南倾斜。温州的主要河流有瓯江、飞云江、鳌江等,自西向东流入大海,下游是一片狭长的冲积平原,构成三面环山、一面向海之势,地形气候特点多样。全市丘陵山地面积占总面积的 78.2%,平原面积占 17.5%,江河水域面积占 2.8%,岛屿面积占 1.5%,山体海拔一般为 400~800m,1000m 以上的山峰有 200 余座,位于泰顺北部的白云尖高 1600 多米。北而来的冷空气受山系的阻挡,势力易被减弱。由于地形起伏多变,温州市又临东海,在东南气流影响下,常由于地形抬升产生降水,强的低值系统气流在某些特殊地形上也容易出现异常大的降水。温州季风气候明显,冬季盛行偏北风,气温较低,降水较少,湿度、蒸发量较小;夏季盛行偏南风,气温较高,降水较多,湿度、蒸发量较

大;春季气候多变,时常阴雨连绵;秋季天气较稳定,多晴好天气。

台风是在热带海洋上产生的具有暖心结构的强烈气旋性的涡旋,它常常带来狂风、暴雨,给受影响地区造成严重的灾害,在气象上按风速的大小将热带气旋分为四级:热带低压、热带风暴、强热带风暴、台风(或飓风)。台风又分为台风、强台风、超强台风。通常人们不加细分,都称之为台风。台风是温州地区最重大的气象灾害,主要在7—9月份出现,平均每年有2个台风对温州产生影响;有1.6个产生较明显的影响;有0.8个产生严重的影响;正面袭击温州的台风平均6年1个。

1.2 温州台风倒槽特大暴雨研究现状

台风倒槽特大暴雨在温州出现的气候概率是5%,这类暴雨常常是台风在远离温州的闽南至粤东沿海登陆,且强度明显减弱,的情况下发生的,加之登陆前测站往往都下过一场大到暴雨,因此在日常业务预报中最容易被预报员疏忽,也容易成灾。温州气象工作者主要从天气学统计分析和物理量诊断入手做了大量的总结研究工作。

其一,建立环流模型。如叶复生、陈雪花^[1]指出,此类暴雨的前一天08时环流特征是:(1)西太平洋副高位置偏北,850hPa副高西脊点在130°E以西(7—8月为148或152线,9—11月为156线)、120°~130°E范围内,脊线在30°~40°N间,其南850、700hPa上的大岛、南大东岛、冲绳、石垣、台北五站中连续有两站或以上均为偏东风(ENE—SE),风速 $\gg 4\text{m/s}$ 。这是该类暴雨的入型基本条件。(2)850hPa南海(120°E以西,23°N以南)有一个台风或低压中心,福州与石垣间为(ENE—N)/(ESE—SW)切变或台湾低压环流。(3)500hPa上海高度 $H \ll 590\text{dagpm}$ 。或者,在符合上述(1)入型基本条件时,850hPa关键区(25°~30°N、115°~120°E)内

有一个闭合低涡。

同时,叶子祥、谷风鸣^[2]将这些大暴雨分为两类,一类是台风倒槽和弱冷锋相配合产生的,称之为弱冷锋型;另一类是台风外围低层偏东风急流里热带云团产生的,称之为东风急流型。并且指出弱冷锋型大暴雨发生前 12~24 小时的初始环流场为:(1) 500hPa 图上有一环 $\ll 580\text{hPa}$ 闭合等高线低压,该低压距离暴雨区 5~8 个纬距,并逐渐向暴雨区靠近。(2) 850hPa 是副热带高压和大陆高压及北槽南涡(即台风低压或台风倒槽)形成的鞍型场,暴雨发生在鞍型场中靠近台风倒槽一侧。暴雨区 N-NW 方 8 纬距内有一个明显的冷槽,从暴雨区到冷槽之间温度平均梯度 $\gg 5^\circ\text{C}/5$ 纬距,而 SE-S(即东南风气流上风方向)5~8 个纬距是一环 $\gg 20^\circ\text{C}$ 的闭合暖中心。暴雨区的 E-SE 侧有一支风速 $\gg 8\text{m/s}$ 的 SE-E 风气流, K 指数大于 25。东风急流型大暴雨发生前 12~24 小时的初始环流场为:(1) 500hPa 距离暴雨发生地 5~9 个纬距内有台风或台风低压并向暴雨发生地靠近,同时副高脊线南 5 个纬距以上,使得暴雨区上空为弱高脊的辐散流场。(2) 850hPa 处于带状副高(或变性高压) S-SW 侧,有一支风速 $\gg 10\text{m/s}$ 的 SE-E 风气流。在暴雨区 N-NW 方 7 个纬距内有一个弱冷槽或弱冷中心。该方向温度梯度 $\gg 4^\circ\text{C}/5$ 纬距, SE 方海面 7 个纬距内有一环 $\gg 20^\circ\text{N}$ 的闭合暖中心。(3) 地面处于带状高压南缘, E-NE 风 $\gg 5\text{m/s}$, 该地区 K 指数 $\gg 25$ 。

其二,常规物理量场的分析指出,前一天 08 时我国东南沿海的稳定度、水汽、能量等物理量情况是:(1) 浙闽及其以东洋面有一个较为明显的不稳定区。(2) 浙闽及其以东洋面的中低层有一条较为密集的水汽输送带。(3) 浙闽及其以东洋面上的湿静力能量显著偏高。

其三,谢文祥^[3]等提出预报对策,(1) 首先注意是否有强台风在 $22.5^\circ\sim 25.0^\circ\text{N}$ (即在福建崇武至广东汕尾) 之间登陆,特别要

警惕秋后强台风在这一地段登陆。(2)进一步判断登陆台风的起始场环流是否相似于上述模型。(3)如符合环流模型,即应立即通知雷达站在未来 24 小时内加强监测。(4)查以下判据:(A) $K_{\text{大陈}} > 30$ 且 $K_{\text{大陈}} - K_{\text{衢县}} > 6$ 。(B)起始场大陈、衢县、福州三站地面至 500hPa 四层 $T - T_d$, 其中任一各层 $T - T_d \leq 1.5$ 或 700hPa 及以下各层 $T - T_d < 0.5$ 。(C)上述条件同时满足时,则可预报温州未来 24 小时有特大暴雨出现。

参考文献

- [1] 叶复生,陈雪花. 浙江东部“东向”暴雨到大暴雨的分析与预报. 浙江省温州市气象科技成果论文选编,1992:53-56.
- [2] 叶子祥,谷风鸣. 台风外围大暴雨及其初始形势场特征. 浙江省温州市气象科技成果论文选编,1992:62-65.
- [3] 谢文祥. 南登台风倒槽的特大暴雨及其预报对策. 浙江省温州市气象科技成果论文选编,1992:59-62.

第二章 2001 年 8 月东风波型台风倒槽特大暴雨研究

2.1 引言

暴雨一般是在有利的大尺度背景下,中、小尺度系统活动所造成的,统计分析 1949—1989 年 11 个台风外围暴雨个例,发现秋季台风西北或西西北行在厦门以南至广东东部登陆后,台风大降水主要出现在远离台风登陆区的浙东南沿海^[2]。由于该类暴雨远离台风中心,暴雨隐蔽性高、预报难度较大。其中特别典型的有 8116 台风和 9909 热带风暴在温州地区降水 200 mm 以上,局部 300 mm 以上,属于典型的东风急流型暴雨,其中 9909 热带风暴引发百年未遇的特大暴雨。1999 年 9 月 3 日 08 时至 4 日 08 时温州本站雨量 392.7 mm,全市有五个县(市)共 12 个水文站降水量超过 200 mm,此次特大暴雨于 9 月 4 日凌晨 00 时在远离台风登陆区的倒槽内(温州上空)有中尺度对流云团产生,至凌晨 05—08 时达最强盛,且该中尺度对流云团在温州就地生成后维持少动,呈准静止状,因而降水集中。大降水主要集中于 9 月 4 日凌晨 05 时—08 时,温州本站 3 小时降水量达 347 mm,超过温州市历史最高纪录,据防汛部门统计,此降水强度为浙江省历年最高纪录,在国内也不多见。特大暴雨导致山体滑坡和城市低洼地区受淹,人员与经济损失惨重。因此,引起全社会的广泛关注,先后有人对台风倒槽(东风波)暴雨进行过研究,取得了许多重要的结果,本章将运

用螺旋度、 Q 矢量等先进诊断工具对 2001 年 8 月 3—4 日浙南闽北的东风波暴雨及其诱生低涡的发生发展进行讨论,为台风倒槽暴雨预报及其研究提供新的依据。

2.1.1 台风倒槽(东风波)暴雨研究概况

登陆台风往往有四块暴雨区与之相伴。首先是台风眼壁暴雨。第二块与台风的内外螺旋雨带或切变线相应。第三块暴雨出现在台风外围伸向北方的倒槽区。槽后东南风与南北走向的山脉地形作用使暴雨明显加强。第四块雨区出现在远离台风的北方中纬度西风槽前。这块雨区虽然远离台风,但暴雨强度与南方台风的水汽输送密切相关。研究结果表明,由于台风的水汽输送,往往使这块暴雨突然增幅,出现持续大暴雨。由于这块暴雨的位置远在台风北方,相距甚远,往往容易被忽视。

气象工作者多年来对此开展了深入的研究,丁治英等^[3]在不同雨强诊断对比与数值实验研究中发现:两次台风造成北部强降水的高空急流均为 NE—SW 向,而当高空为平直西风急流时,即使台风较强,造成的降水大部分在 25°N 以南,且强度明显偏弱。并通过相关统计分析显示,远距离台风暴雨与非纬向高空急流密切相关。台风个例(9711 号)的数值研究进一步表明^[4],远距离台风暴雨的加强与台风倒槽的形成、非纬向高空急流有明显的联系。数值研究表明^[5],台风可通过水汽和能量输送直接影响台风远距离降水的分布。西风槽可为远距离降水提供低层辐合、高层辐散以及槽前正涡度平流的大尺度背景,这将有利的垂直运动的发展和降雨的维持。台风东侧的水汽向中纬度槽前输送可直接影响槽前降水的强度。

陈联寿、徐祥德、罗哲贤等^[6]的敏感性实验表明,台风的强度直接影响台风远距离降水和雨区的分布,槽的加强和减弱将导致降水的加强和减弱。远距离台风暴雨和台风流场、热力场的不对

称结构也有密切的关系^[7]。暴雨位于台风倒槽的强辐合区和台风北侧的暖平流区。

自 20 世纪 70 年代后期以来,我国暴雨研究中广泛地应用物理量诊断方法并提出暴雨的次级环流,水汽集中以及高低空急流等中尺度天气系统之间的联系,使暴雨成因的认识从定性提高到定量阶段。郁淑华^[8]分析 500、700hPa Q 矢量散度得出,涡前 24 小时内对流层内,低层 Q 矢量散度的辐合重叠区是未来低涡的生成区。李耀辉等^[9]根据螺旋度理论分析了对流层低层的中尺度低涡及地面气旋发生发展的原因,指出正的旋转风螺旋度大值中心及其演变较好地对应和反映了暴雨中心及造成暴雨中尺度涡旋的发生位置及演变,较大的螺旋度值是暴雨及低层中尺度低涡和地面气旋发生发展及演变的机制之一。

在工作实践中总结出台风倒槽大暴雨的天气学概念模型,统计分析 1949—1989 年共 11 个台风外围暴雨个例。发现秋季台风西北或西西北行在厦门以南至广东东部登陆后,台风大降水主要在远离台风登陆区的浙东南沿海。由于受到台风外围倒槽影响,温州地区降水 100~200 mm,局部 200 mm 以上有 7 次,其中降水在 200 mm 以上,局部 300 mm 以上有 2 次,分别是 8116 台风和 9909 热带风暴。建立 8116 台风和 9909 热带风暴天气学概念模型,其特征如下:(1)副热带高压稳定,120°E 脊线在 30°N 以北;(2)地面和低层处于东西向高压带或变性高压的 S—SW 侧;(3)中低层台北、石岙等附近的洋面上有一支 E—SE 急流,该急流可高达 34 m/s,且很宽厚;(4)台风低压北部的暖湿气流里不断有东风扰动随台风倒槽自东南向西北方向传播。该类台风外围的大暴雨过程中都存在一条由偏南风 and 偏东风形成的暖性切变线,该暖性切变线对大暴雨过程起很强的增幅作用,可导致突发性局地 300 mm 以上的特大暴雨。此外,若冷空气与台风倒槽相遇也可能产生特大暴雨。

2.1.2 工作意义

本章将利用 NCEP 1×1 再分析资料对 2001 年 8 月 3—4 日浙南闽北的东风波暴雨过程, 根据螺旋度(Helicity)、 Q 矢量分析过程中的暴雨演变以及雁荡山脉诱生中尺度低涡发生发展的原因。同时, 利用中尺度有限区域模式 MM5V2 的模拟结果参与综合诊断。试图在上述台风倒槽暴雨典型天气学概念模型的背景下, 进一步通过先进物理量的诊断和 MM5 模式的模拟结果综合探讨东风波暴雨(台风倒槽暴雨类型之一)及其诱生中尺度低涡发生发展的原因。在工作中了解到螺旋度锋区和 Q 矢量散度锋区叠加区的时空演变对暴雨发生有较好的预示意义, 该叠加区很好指示了诱生低涡的初生位置, 较螺旋度、 Q 矢量散度、MM5V2 预报的效果好, 说明该叠加区可能对降水和系统的诊断能力比上述单要素强; 螺旋度、 Q 矢量散度和 MM5V2 预报结果的集合预报, 可以提高对系统的预测能力, 这些结果可以对实际天气预报具有参考意义。

2.2 资料及天气过程回顾

2.2.1 资料说明

本文采用 NCEP/NCAR 再分析数据集。

NCEP/NCAR 再分析数据集是由美国气象环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)联合制作的, 他们采用了当今最先进的全球资料同化系统和完善的数据库, 对各种资料来源(地面、船舶、无线电探空、测风气球、飞机、卫星等)的观测资料进行质量控制和同化处理, 获得了一套完整的再分析资料集, 它不仅包含的要素多, 范围广, 而且延伸的时段长, 是一个综合

的观测资料集。

本次研究采用其中的 NCEP/NCAR 一日四次再分析资料,提供者: NOAA - CIRES Climate Diagnostics Center,覆盖时段: 2001年8月2—5日,覆盖地区:全球(1×1),内容简介:NCEP/NCAR 一日四次(00, 06, 12, 18)再分析资料数据集的要素内容与 NCEP/NCAR 逐日再分析资料类同,包括(1)等压面资料 7 要素,(2)地面资料 11 要素,(3)地面通量资料 42 要素。本次研究选取其中有用的要素加以应用。

2.2.2 简单天气过程回顾

2.2.2.1 天气形势和过程成灾情况

2001年8月3日我国沿海 400~850hPa 受高压脊控制,浙南闽北受脊底部深厚东风气流影响^[10],20时起东风波登陆浙江南部沿海,发生了大到暴雨或大暴雨,4日08时东风波减弱的同时,在浙闽交界处诱生一个低涡,该低涡在高空东南偏南气流引导下向西北偏北方向移动,低涡经过的地方相继发生暴雨。据统计,8月3日20时到4日14时,18小时降水量有四个县(市)九个乡镇超过 150mm,其中 200mm 以上有 5 个乡镇。瑞安市西部宁益乡达 298mm,平阳县敖江镇 4 日 08 时一小时降水量达 98mm。这次特大暴雨造成稻田受淹、房屋倒塌、山体滑坡,直接经济损失达 5000 多万元。

2.2.2.2 过程两段大降水的分布

8月3日起浙南闽北受脊底部深厚东风气流影响,开始出现东风波登陆前降水,20时起东风波登陆浙江南部沿海,发生了大到暴雨或大暴雨,主要降水先后发生在温州地区北、南两地,为第一阶段降水(图 2.1),4日08时东风波减弱的同时,在浙闽交界处

诱生一个低涡,该低涡在高空东南偏南气流引导下向西北偏北方向移动,低涡经过的地方相继发生暴雨是第二阶段降水(图 2.2)。

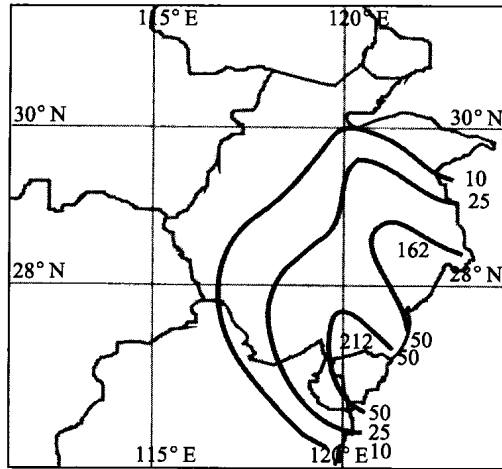


图 2.1 3 日 08 时至 4 日 08 时 24 小时雨量分布(mm)

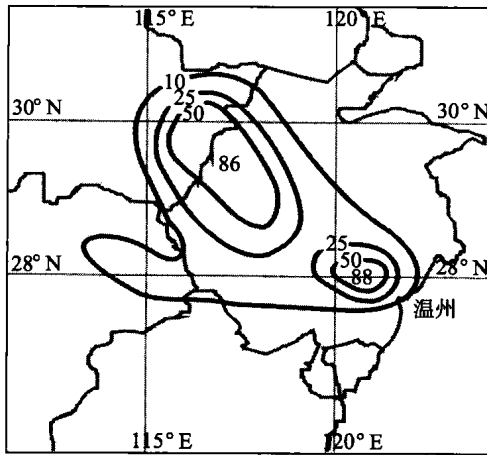


图 2.2 4 日 08 时至 5 日 08 时 24 小时雨量分布(mm)