

广东台风特大暴雨预报¹⁾

李献州 贺忠

(广州中心气象台, 510080)

提 要

使用台风年鉴、天气图、卫星云图等气象资料,对1960—1991年影响广东的39例特大暴雨台风进行了对比分析。台风特大暴雨主要是由其云系中的中尺度强降水系统造成,归纳出形成发展的概念模式和相应环境流场特征,建立预报思路与方法。1994年作15次预报试验,其准确率达73%。

关键词: 台风 特大暴雨 中尺度系统

引 言

台风(泛指风力 ≥ 6 级的热带气旋,下同)特大暴雨引起山洪爆发,水库崩塌,江河泛滥,给经济建设和人民生命财产造成严重的损失。关于我国的台风暴雨规律已有不少研究^{[1][2]},对台风中的中尺度系统引起的暴雨也有人作过研讨^{[3][4]},但是有效的台风特大暴雨预报方法则不多见。本文试图通过39个实例的分析对比,建立广东台风特大暴雨的预报思路与预报方法。

1 一些统计事实

1.1 在一次台风过程中,日雨量 $\geq 250\text{mm}$ 的特大暴雨站次 ≥ 2 ;或站次=1,其过程雨量 $\geq 500\text{mm}$,则定义为特大暴雨台风。它虽然在台风暴雨中是小概率事件(19%),但造成洪涝灾害的损失则最大。1960—1991年共有39例特大暴雨台风影响广东,台风登陆地区与特大暴雨分布有4类情况:登陆广东而特大暴雨在外省(不包括台湾,下同)为A类,有8例(20.5%);登陆广东而特大暴雨只在广东为B类,有13例(33.3%);登陆广东而

在广东和外省都有特大暴雨为C类,有12例(30.8%);不登陆广东而在广东有特大暴雨为D类,有6例(15.4%)。在登陆广东的33例台风中,粤西17例,粤中7例,粤东9例。

1.2 台风越强、移速越慢则产生特大暴雨的几率越高,多出现在其登陆日,路径折向日和减弱消失日。广东5—10月份都有特大暴雨产生,以7和9月出现几率最高。

1.3 39例特大暴雨台风共产生115站次特大暴雨,其中广东66站次,外省49站次(D类在外省产生的未统计在内)。广东66站次的地理分布是:粤西23站次(35%),粤中26站次(40%),粤东17站次(25%)。有64站次(97%)分布在沿海1.5个纬距范围内,并且较集中在云开大山和莲花山的南麓,以及珠江口喇叭口地形两岸,明显显示出地形作用。

1.4 115站次特大暴雨分别相对于当日台风中心最近距离的统计结果是(图1a): (1) 距台风中心50km范围内有31站次(27.0%),200km范围内有83站次

1) 本文是“八·五”国家气象科技攻关课题的成果之一。

(72.2%), 300km 范围内有 96 站次 (83.5%), 其以外地区有 19 站次 (16.5%); (2) 台风北半圆有 56 站次 (49%), 集中在东北象限; 南半圆 59 站次 (51%), 200km 以内集中在西南象限, 以外分布离散。

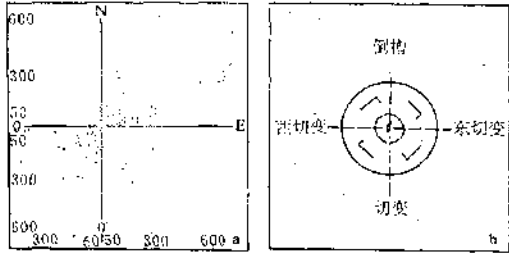


图1 广东台风特大暴雨相对分布(a)和台风环流中的中尺度辐合系统(虚线)示意图(b)

2 中尺度强降水系统模式

特大暴雨相对于台风中心分布的客观事实, 表现为与云团相结合的中尺度系统的特征是: 台风中心附近特大暴雨与反映台风强度增强的眼壁强度有密切关系; 集中在东北和西南两象限的特大暴雨, 则对应于台风环流内的 4 种切变(见图 1b)中有偏东或偏南急流伴随的东南与东北风切变(常称倒槽), 以及与西南急流伴随的西北与西南风切变。在云图上表现为台风中心密蔽云区异常增强, 切变附近对流云团(带)不断产生与猛烈发展, 云团(带)的云顶亮温 $TB \leq -80^{\circ}C$, 尺度 $\geq 100km$ 和生命史 ≥ 5 小时。据此归纳出倒槽、切变、急流辐合和眼壁 4 类中尺度强降水系统模式。

2.1 倒槽类

倒槽模式如图 2a: (1) 由于中纬槽入侵而使副高东退南落, 台风在槽和副高作用下移动, 其东侧偏南急流与冷空气在倒槽交汇, 并迭置在高空急流、高压或两者之间的强辐散场之下, 形成强对流活动“源”; (2) 中尺度强降水系统产生在深厚倒槽(地面到中层迭置或向西北倾斜)辐合最强、能量梯度最大的不稳定区和深厚的高湿度区; (3) 在云图上表现为台风东北象限的中尺度强辐合云带或强

对流云团, 并常有高空急流云系伴随, 它顺着环流移动和演变, 有再生和向靠近台风中心方向传播的现象。

8116 号台风在登陆地区附近未造成特大暴雨, 而在 200km 外的福建省的漳浦造成特大暴雨, 主要是 3 个再生中尺度云带的相继影响(图 3a)。

2.2 切变类

2.2.1 切变类 A 型模式如图 2b: ① 台风在中层副高南侧稳定西—西北行, 高层是东北辐散气流, 地面和低层是东南高西北低形势, 从台风到中南半岛和华南大陆为向西北开口的宽广热低槽区; 由于地面和低层西南急流卷入台风或其他中尺度系统影响, 使其东北风与西北风的切变转变为西南与东北风切变并迭置在中层西切变之下, 形成强对流产生“源”; ② 中尺度强降水系统产生在此切变段的辐合最强、低层能量梯度大值与中层能量高值相迭置的不稳定区; ③ 在云图上表现为: 强对流云团在台风中心密蔽云区外缘的西北到西南象限发生发展, 形成中尺度强辐合云带; 它以反时针旋转外移, 远离中心密蔽云区时则逐渐减弱。

8805 台风(图 3b)中心密蔽云区小而强, 由于其移动快而在登陆地区无特大暴雨; 其西北方的强辐合云带面积超过了中心密蔽云区, 受其影响在佛岗和珠海造成特大暴雨。

2.2.2 切变类 B 型模式如图 2c: ① 台风在副高作用下移动, 高层是偏东辐散气流, 中低层深厚的西南急流向台风中心卷入, 并与绕其中心的干偏北急流交汇于切变线, 形成强对流产生“源”; ② 中尺度强降水系统产生在中低层的切变线上, 此处是辐合强、低层能量高值和能量梯度大值与中层能量高值相迭置的不稳定区; ③ 在云图上表现为台风南半圆的中尺度强辐合云带, 切变线在云带的西北边缘, 而云带主体位于西南和偏南急流中的高能区, 沿台风环流移动, 移到倒槽附近时减弱, 有连续传播现象(见图 3c)。

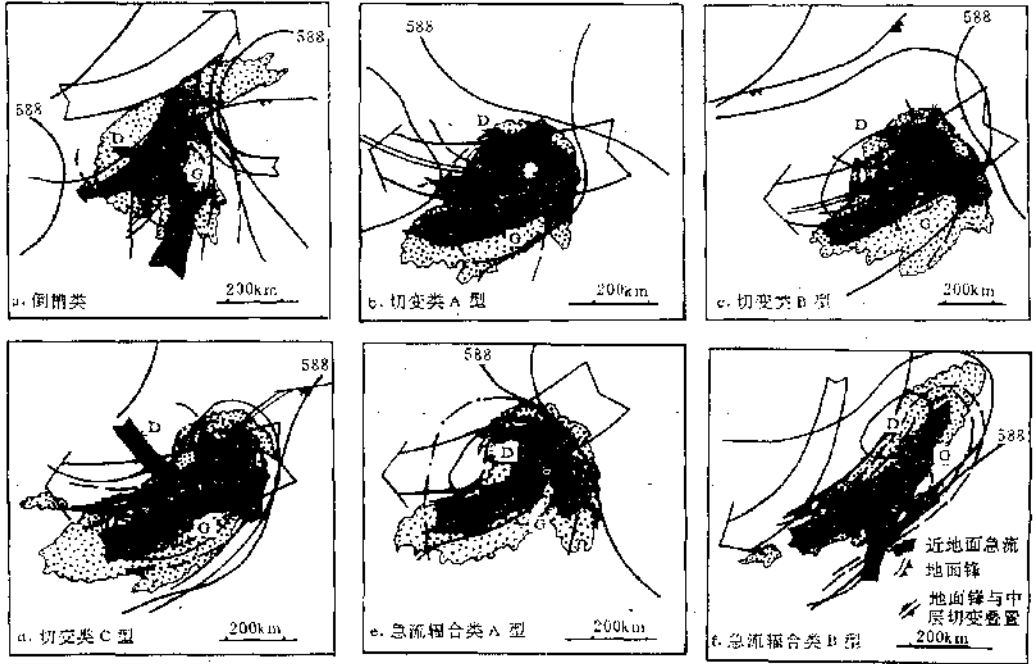


图2 中尺度强降水系统各类型模式示意图

点区为云区,斜线区为中尺度强降水系统,细实线为地面等压线,双线为地面或其到中层切变,空箭头为低层或中低层急流,空箭头为高层急流,界线为 $850\text{hPa } \theta_{se}$ 高低值区,虚线为 $\Delta\theta_{se}(500-850) < 0$ 区,点划线为 $500\text{hPa } \theta_{se}$ 高值区,粗实线为 500hPa 槽和 588 线。



图3 中尺度强降水系统云图实例

a. 1981年9月21日20时, b₁, b₂. 1988年7月19日15时, 20时,
c. 1984年7月9日08时, d₁, d₂. 1986年7月12日08时, 13日00时

2.2.3 切变类C型模式如图2d。它与切变类B型模式的主要区别是：①因西风槽逼近，冷偏北气流卷入台风环流并与西南急流在切变线交汇，使其具有弱锋区性质；②中尺度强降水系统产生在中低层切变(有时是低层切变与中层西切变迭置)、辐合强、低层能量梯度大值与中层能量高值相迭置的不稳定区；③在云图上表现为比切变类B型辐合云带更强大，常达600—700km长，带上的团块结构较清楚，并不连续传播现象，8607号台风(图3d)最为典型。

2.3 急流辐合类

2.3.1 急流辐合类A型模式如图2c：①由于台风登陆减弱成低压，中心附近大气层结构较稳定，副高从中心东南方西进而形成强西南与东南急流辐合线，并迭置在高层东风急流或高压之下，形成强对流产生“源”；②中尺度强降水系统产生在深厚辐合、高能和不稳定区；③在云图上表现为较靠近副高黑体的强对流云带或团，有不连续传播现象，8607号台风在7月13日00时云图(图3d₂)较为典型。

2.3.2 急流辐合类B型模式如图2f。它与急流辐合类A型模式的主要区别是：①低压已并入西风槽，地面和低层尾留一宽广低槽区，槽与副高由对峙到东南移，其间形成从近

地面到中层西南风急流($V_{\text{地面}} \geq 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$)；当近地面急流产生辐合时(地形作用或与东南风辐合)，形成中尺度强降水系统，此处是深厚的高能区和不稳定区；②在云图上表现为天气尺度云带中的中尺度强对流云带(团)，沿西南急流移动，其演变受高空槽与中尺度辐合系统影响，并不连续传播现象。

2.4 眼壁类

眼壁模式(图略)：①热带气旋强大(≥ 12 级)，多数处于热带辐合带上并随之缓慢北抬；中、低层是较对称的高能区，高层气流辐散；②云图上表现为中心密蔽云区范围大和强度强，眼壁闭合有时开口，辐合云带宽广。

3 环境流场特征型

根据特大暴雨日的相应环境场形势特征划分为偏北型、偏南型和南北型，主要考虑西风槽、副高、热低压、热带辐合带和赤道高压等天气系统的位置、强度及其配置等特征。

3.1 偏北型(如图4a)

35°N以南与105°E以东有较强冷槽入侵，副高脊线被压到25°N以南并分裂成两环，东环主体已退到海上并多数南落，西环(多数不闭合)的东北风已控制了中南半岛中北部，台风在副高和高空槽作用下西北—偏北行，形成鞍型或向鞍型过渡的形势。

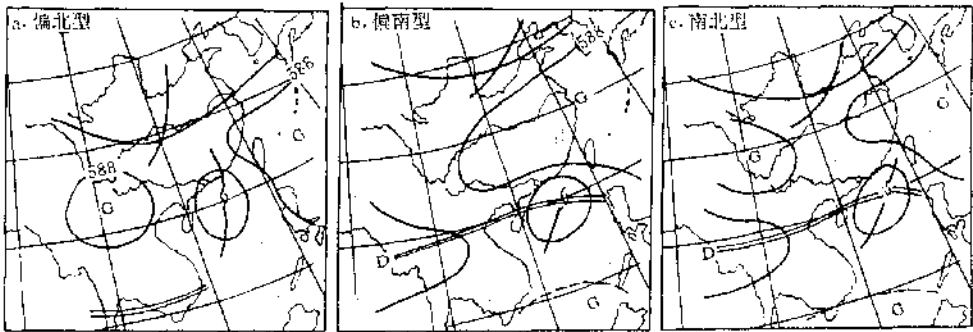


图4 500hPa 环境流场示意图

倒槽类模式主要产生在此型，主要是低层的偏南气流与冷空气共同作用形成。有9

例,产生特大暴雨 34 站次(广东 24,外省 10),全部出现在台风中心附近和东北象限。多出现在过渡季节(5、9 和 10 月),移动缓慢并常有折向现象。

3.2 偏南型(如图 4b)

①35°N 以南与 105°E 以东没有明显冷槽入侵,或其处于减弱北收阶段;②副高处于脊线位于 27°N 以北的西伸或稳定阶段,588 线西脊点常伸到 110°E 以西;③孟加拉湾热低压发展,中南半岛南部或南海南部有赤道高压活动,热低压到台风之间辐合带较活跃;④台风在副高作用下快速西—西北移,有较强的西南气流卷入。

切变类 A 型、切变类 B 型和急流辐合类 A 型模式主要产生在此型中,主要是西南急流的辐合作用。有 15 例,产生特大暴雨 42 站次(广东 21,外省 21),全部出现在台风中心附近和西南象限。多出现在盛夏(7、8 月),移动快。

3.3 南北型(如图 4c)

①35°N 以南与 105°E 以东有冷槽入侵,副高开始东退,其中纬系统形势类似于偏北型,只是位置较偏北;②西南气流强盛,其热带系统形势又类似于偏南型;③台风与冷空气相向而行,在互相靠近中发生相互作用。

这型既有台风与冷空气接触前的单独的西南或偏南气流的作用,又有两者接触后的相互作用,各种类型的中尺度强降水系统模式均可产生在此型。有 15 例,产生特大暴雨 39 站次(广东 21,外省 18),在台风东北象限和西南象限都可能出现。出现的月份不集中,6—9 月都有。移动和路径的规律性不强。

4 台风特大暴雨的预报方法和应用检验结果

4.1 预报思路

中尺度强降水系统引起的降水增幅作用是形成台风特大暴雨的关键。资料统计表明,它几个小时的降水增幅常可达其日雨量的 80—90%(图略),所以必须抓住这种关键性

的直接产生系统。中尺度强降水系统发生于台风环流中异常增强的辐合系统中,并在低层高能量舌或能量梯度大值与中层能量高值相迭置的不稳定区内得到发展;这种环境条件的形成主要是台风强度、路径变化和西南急流、偏南急流、干(或冷)偏北气流相互作用造成,而这些又与环境形势场特征紧密关联,不同环境场特征使不同的辐合气流增强,从而形成不同类型中尺度强降水系统模式。

4.2 预报流程

在上述预报思路的研究工作基础上,建立预报流程。图 5 是广东台风特大暴雨 24 小时预报流程框图。分析预报时用 08 和 20 时天气图、区域物理量场和云图,对照分析确定环境流场特征型和模式,以逐时云图跟踪分析判断其演变和中尺度强降水系统形成和影响。

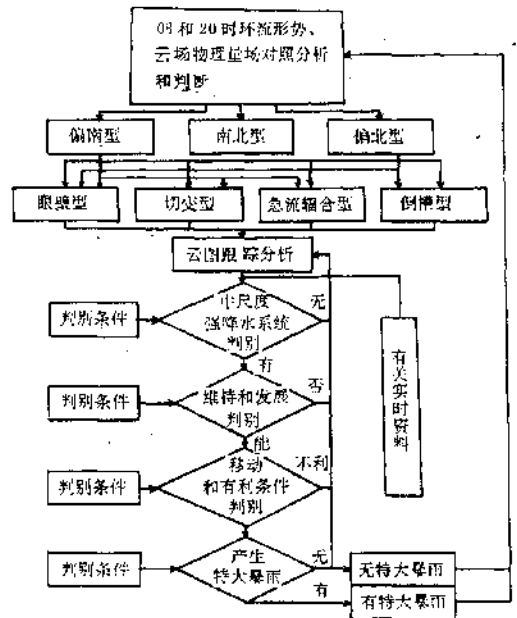


图 5 广东台风特大暴雨 24 小时预报流程框图

4.3 判断条件

以中尺度辐合系统上的强对流云体特征,判别中尺度强降水系统。用中尺度强降水

模式判断其维持和发展。用环境场特征型、模式类型和路径类型判别能否在广东产生特大暴雨。此时应参考:台风移速较慢($\leq 15 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$)和移向有明显变化,则更有利于出现特大暴雨;反之,则不利于特大暴雨发生。

4.4 预报检验

在1994年的台风业务预报试验中,用这种方法共作预报15次,其成功率为73%。

5 小结

5.1 广东台风特大暴雨主要出现在距海岸

1.5个纬距内特定地形的地区(茂名到雷州半岛、珠江口两侧和惠东到普宁);绝大多数发生在距台风中心300km以内的东北与西南两象限。

5.2 特大暴雨主要产生在台风环流中的中尺度辐合系统上,产生中尺度强降水系统的模式有眼壁、倒槽、切变和急流辐合类型,其

相应环境流场特征为偏北型、偏南型和南北型。

5.3 在着重考虑了大尺度形势下中尺度系统发生发展和有关物理量特征的基础上,归纳出中尺度强降水系统和模式类型、环境流场,从而建立的台风特大暴雨预报思路和方法,天气学意义较为清楚。用于1994年的台风业务预报试验,效果较为满意。

参考文献

- 1 陈联寿等. 西太平洋台风概论. 北京: 科学出版社, 1979: 440—482.
- 2 陶诗言等. 中国之台风暴雨. 上海国际台风学术讨论会论文集. 上海: 上海台风研究所, 1980: 146—158.
- 3 焦佩金等. 台风非对称型暴雨及其中尺度扰动的初步分析. 台风业务试验研究文集. 北京: 气象出版社, 1986: 160—164.
- 4 贺忠等. 热带气旋边缘中尺度强风暴的初步研究. 热带气象, 1990, 6(2): 97—105.

A Study of Forecasting Tropical Storms and Severe Rainfall in the Guangdong Province

Li Xianzhou He Zhong

(Guangzhou central Meteorological Observatory, Guangzhou 510080)

Abstract

Based on conventional weather observation data and satellite images, 39 cases of tropical storms and severe rainfall in Guangdong Province between 1960 and 1991 were analysed. It is found that tropical storms severe rainfall was mainly generated by meso-scale rain storm systems. A conception model and its forecasting approaches of tropical storms and severe rainfall are given. In pre-operational experiments during 1994 tropical storms season, the forecast accuracy was 73%.

Key Words: tropical storms severe rainfall forecasting meso-scale systems