

一次热带风暴外围特大暴雨分析

郑 峰

(南京信息工程大学大气科学系, 南京 210044)

提 要

运用 T106 数值预报产品、天气实况及卫星云图等非常规资料,对 1999 年 9 月 4 日在远离 9909 热带风暴中心的温州引发的特大暴雨进行探讨,发现秋季在厦门以南至广东东部登陆的台风,在浙中南沿海形成台风倒槽,该倒槽内暖湿切变线的中尺度对流云团是引起特大暴雨的重要条件。

关键词: 远距离台风暴雨 台风倒槽 中尺度对流云团

引 言

台风灾害的主要部分往往是由台风暴雨引起的,对台风暴雨的研究有利于提高对台风天气的预报水平。远距离台风发生的暴雨是台风暴雨分析预报中的难点之一。天气气候分析表明,在浙闽登陆的台风往往会给华北以至东北带来 100mm 以上的特大暴雨。这种远距离的台风暴雨常和高空急流,台风登陆后强度维持不衰,西风槽,台风中有倒槽向北伸展,以及北方有冷空气南下等许多物理因子有关。远距离台风暴雨是在有利的大尺度背景下,中、小尺度系统活动的结果,该类强降水在空间和时间上都具有中尺度的特征^[1,2]。由于暴雨的位置远在台风北方,相距甚远,利用常规预报方法^[3]难度大,往往容易被忽视。

1 台风倒槽与特大暴雨

9909 热带风暴引发的百年未遇的特大暴雨,主要集中在温州、台州及丽水部分地区。据统计,1999 年 9 月 3 日 8 时至 4 日 8 时,温州本站雨量 392.7mm,永嘉 235.6mm,另据水文部门统计,5 个县(市)共 12 个水文站降水量超过 200mm。此次特大暴雨于 9 月 4 日 0 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 5~8 时达最强盛,且该对流云团在温州就地生成后

维持少动,呈准静止状,因而降水集中在 5~8 时,温州本站 3 小时降水量达 347mm,超过温州市历史最高纪录,同时是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。

从 1949~1989 年共 11 个个例进行统计分析。发现秋季(9、10 月)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^[4]。由于受到台风外围倒槽影响温州地区降水 100~200mm,局部 200mm 以上有 7 次,其中降水在 200mm 以上,局部 300mm 以上有 2 次,分别是 8116 台风和 9909 热带风暴。8116 和 9909 台风属于典型的东风急流型,台风外围低层东风急流里热带云团产生强降水,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、石碇等附近的洋面上有一支 E—SE 急流,该急流风速可高达 $34\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,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 300mm 以上的特大暴雨^[5]。此外,若冷空气与台风倒槽相遇也可能产生特大暴雨^[6]。

2 特大暴雨的天气形势

9909 热带风暴于 9 月 3 日 5 时编号,以后一直往西北方向移动(图 1)。此次热带风暴外围特大暴雨就发生在热带风暴低压缓慢北上过程其北侧的倒槽中。3 日 8 时的天气形势:500hPa 长江中下游、黄海、东海东部以及朝鲜半岛、日本均受西太平洋副高控制,高压中心位于日本以南的海面上,登陆热带风暴与副热带高压之间在我国东部沿海形成宽广的低空偏东风急流。3 日 20 时之后副热带高压加强西伸,北侧副热带高压维持强势,特别是台湾东北侧附近副热带高压加强西进明显。热带风暴西北行倒槽北抬,使得登陆热带风暴与副热带高压之间的偏东急流进一步得到加强,水汽输送增强。由于副热带高压西伸和倒槽北上使得我国东南沿海的流场呈一定的气旋性弯曲,表现为一条辐合线——热带风暴倒槽顶的切变线,在温州南侧生成并在温州呈准静止状态,从而引发了特大暴雨。

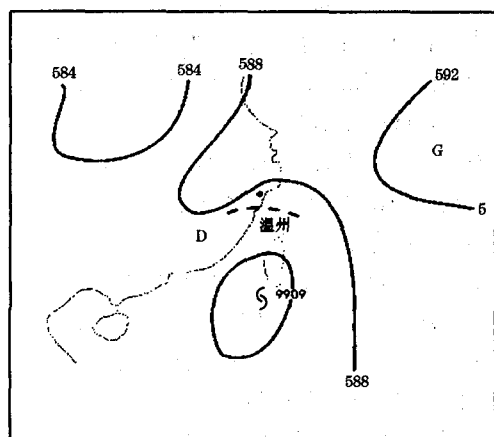


图 1 1999 年 9 月 3 日 8 时天气形势图

虚线是 20 时 850hPa 暖湿切变线

3 云顶最低温度 TBB 与雨团强度变化

选取 4 日凌晨至上午温州上空卫星云图观测到的云团各时次云顶最低温度 TBB,从云顶最低温度 TBB 的发展变化来看(图 2),

TBB 值有高低的一个涨落过程,反映了一个中尺度对流云团,由弱到强再减弱的过程。相应的强降水亦随着 TBB 的不断降低,其强度在迅速增强,至 6 时云顶温度发展到最低,雨强亦达最大值 $137.6\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$,以后,7、8 两时次 TBB 亦呈低值,实况分别表现为 $97.5\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 和 $87.7\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 的持续性降水其与 TBB 是低值不无关系,说明大降水强度与云顶低温有一定的对应关系。

虚线是 20 时 850hPa 暖湿切变线

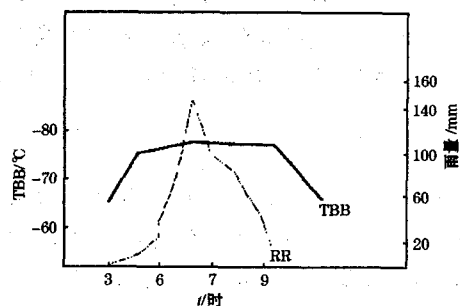


图 2 1999 年 9 月 4 日早晨云顶温度

TBB 与雨团强度变化图

实线: TBB 变化线, 虚线: 雨量变化线

4 要素场分析

在动力气象与数值天气预报上,暴雨最主要是抓中尺度的水汽通量辐合,即公式

$$\nabla \cdot qV = V \cdot \nabla q + q \nabla \cdot V \quad (1)$$

右端第一项即要有足够的水汽来源,第二项即要有足够辐合动力上升。两者缺一不可。

运用特大暴雨发生前的 9 月 3 日 20 时 T106 实况物理量场资料对上述两项各要素进行综合分析。

4.1 垂直运动的作用

从这次特大暴雨的要素分析来看,整个暴雨区的对流发展强盛,中低层有剧烈辐合上升运动。从离特大暴雨区最近的网格点上平均垂直速度 ω , 相对涡度 ζ , 散度 D 的垂直分布(图 3)来看,特大暴雨发生在整层上升运动区, ω 最大值在 700hPa 为 $-3.2 \times 10^{-3}\text{hPa}\cdot\text{s}^{-1}$ 。 D 分布在 500hPa 以下为辐合,以上是辐散,辐合最大在 850hPa 其值 $-3.8 \times 10^{-5}\text{s}^{-1}$ 。 ζ 的分布表明,整层是正

值层区,700hPa上涡度最大,最大值是 $7.0 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$,这些特征有利于强降水的发生。

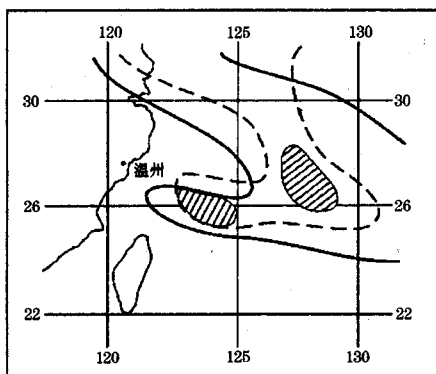


图3 1999年9月3日20时850hPa散度、850hPa涡度和700hPa垂直速度分布图

实线划定涡度高值区,虚线划定散度高值区,斜划线区域是 D, ζ 和 ω 的高值叠加区

4.2 能量条件

从9月3日850hPa θ_{se} 分布图来看,浙东南沿海存在着一个高能区,能量从东南海上源源不断地向大陆输送,在温州附近存在着很明显的 θ_{se} 大值梯度区(图4)。对于能量场锋区和台风降水量的关系曾经有过不少研究,文献指出^①:台风暴雨强度和能量场锋区强度呈正相关,能量场锋区越强,降水量越大。本次特大暴雨与该高能梯度有密切关系,正落在该 θ_{se} 强能量锋区中。

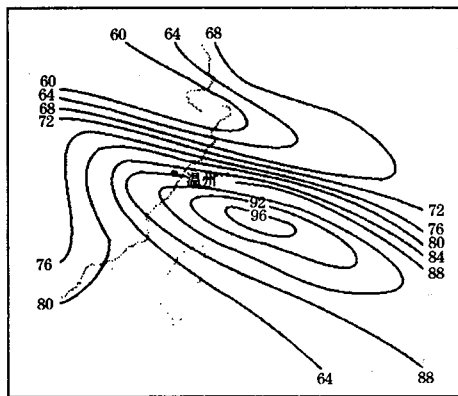


图4 1999年9月3日20时850hPa θ_{se}

4.3 水汽条件

此次特大暴雨有着充沛的水汽输送,该特大暴雨可归于“东向暴雨”中之台风倒槽

型,水汽自海上向大陆输送,主要源自上游的冲绳一带,850hPa、700hPa上均存在一条水汽通量高值水汽舌,最大值中心位于台湾东北方向冲绳附近其值为 $120 \text{ g} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,从而为特大暴雨的出现提供了充沛的水汽。

另在台湾偏东方向有水汽通量散度辐合大值区域,中心最大值 $-200 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$,水汽辐合区与东风急流有较好的对应,与东风带中低空扰动有关(图5)。

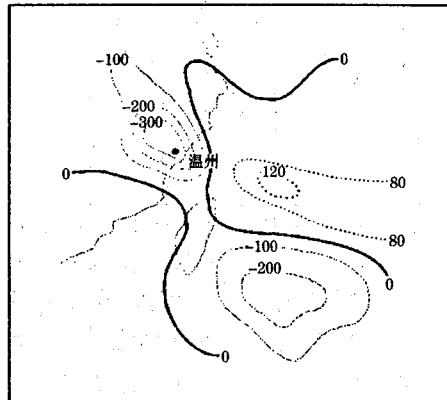


图5 1999年9月3日20时500hPa水汽通量散度和850hPa水汽通量分布图

实线是3日20时500hPa水汽通量散度,虚线是3日20时850hPa水汽通量

4.4 东风急流

由于登陆热带风暴低压环流与副热带高压的共同作用,3日夜里在温州东南方向至台湾偏东方向存在一支强的偏东低空急流,该急流伸展到暴雨云区,它对暴雨云团的形成和维持起了非常重要的作用,直至4日08时低空急流逐渐转为偏南急流,实况图上表明为中、低层东南风的高值风速中心,风速一般 $14 \sim 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,850hPa与700hPa风速相比前者风速大,说明水汽通道位置偏低,天气实况表现为大气中空云系输送明显,且最大风速均小于 $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,反而有利于大降水的出现^[7](图6)。

① 叶子祥,谷风鸣.登陆台风的物理量场峰面分析及1990年5、12、18号台风过程雨量诊断.温州:温州市科学技术协会,1993:77~79.

天气尺度的低空急流上存在着中尺度扰动的强风速中心,这种最大风速中心不断向下游传播到暴雨云团上风方,在它前方可产生明显的质量辐合,形成强上升运动,不仅触发产生暴雨云团,也有利于暴雨云团的加强。

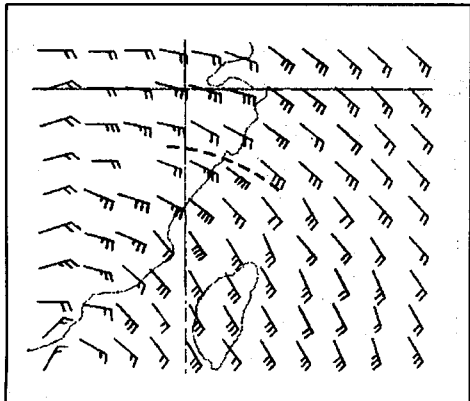


图6 1999年9月3日20时850hPa流场

3日20时之后,副热带高压西伸及倒槽北挺使冲绳附近的触发区西进,台湾偏东存在的中尺度扰动大风区得到加强并向下游传递。从以上要素分析可以知道,在具备了充沛的水汽条件、强烈的动力触发机制后,强中尺度对流云团在温州上空迅速发展并维持少动,最终产生本次百年未遇的特大暴雨。

5 小结

(1)秋季(9、10月)西北或西北北行于厦门以南至广东东部登陆的台风,可能在远离

登陆区的浙东南沿海引起大降水。

(2)台风倒槽内暖湿切变线中尺度对流云团的生消则是产生特大暴雨的重要条件,暖湿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300mm以上的特大暴雨。

(3)从要素场来看,本次特大暴雨是由于冲绳附近的不稳定触发区,水汽通量高值区及台湾岛偏东方向的中尺度扰动的大风中心,在副热带高压西伸与倒槽北抬的共同作用下^[3],在高能梯度区汇合而强烈发展维持,最终出现百年未遇的特大暴雨。

参考文献

- 1 林爱兰,丁伟钰,万齐林等.登陆广东热带气旋中尺度降水分布变化特征.气象,2004,30(10):34~37.
- 2 许向春,郝丽清,翁小芳.0308号强热带风暴天鹅路径和降水分析.气象,2004,30(11):17~18.
- 3 刘还珠.台风暴雨天气预报的现状和展望.气象,1998,24(7):5~9.
- 4 范永祥,陈联寿,解以杨等.台风科学,业务试验和天气动力学理论的研究.北京:气象出版社,1996:67~69.
- 5 楼丽银,黄克慧,张意权.秋季台风外围强降水的分析和预报.浙江气象科技,2003,21(3):15~16.
- 6 张经珍,侯淑梅,张洪卫等.中纬度系统相互作用对山东“99.8”大暴雨的影响.气象,2000,26(5):36~39.
- 7 李贵达.利用低空急流的垂直切变判断暴雨强度.浙江气象科技,1997,18(4):53~55.

Study of Wenzhou Heavy Rain Associated with Tropic Cyclone 9909

Zheng Feng

(Department of Atmosphere, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044)

Abstract

With T106 numerical products, satellite data and observations, a study of Wenzhou heavy rain associated with tropic cyclone 9909 is made. The results show that the autumn tropic cyclone landing at the east of Guangdong Province often accompanies with an inverted trough extending to the middle-south of Zhejiang coast. At the special place MCC is occurred, and at the same time, it causes the heavy rain.

Key Words: heavy rain inverted trough MCC typhoon