

福建中南部台风远距离突发性暴雨成因分析^①

林毅 刘铭

蔡义勇

(福建省气象台,福州 350001)

(福建省气象科学研究所)

提 要

对2003年9月20日福建中南部突发性暴雨分析表明,远距离转向北上台风彩云对暴雨的产生起了重要的组织和促进作用,它通过大气环流的调整,促使了地形性低压的发展和西风带低槽的加深,加强了北方冷空气的南侵和锋区的南压,对暴雨的发生起了关键的触发作用;台风西侧外流下沉气流向西的流出气流加强了中尺度低涡的低层气流流入,并与暴雨区的上升气流构成次级环流,加强了对流云团的发展。

关键词: 突发性暴雨 远距离台风 大气环流

引 言

在暴雨分析研究中,人们越来越多地发现一些内陆地区或中高纬地区的突发性暴雨的发生与远距离(距离1000km以上)的台风活动有关,它通过中低纬系统的相互作用,如热带气旋与西南低涡的互相作用^[1]、非纬向高空急流的增强^[2]、高低空急流与台风环流耦合^[3]等导致突发性暴雨的发展。而中低纬沿海地区与台风活动相关的突发性暴雨多数是与台风系统直接作用有关,如登陆台风、台风倒槽、台风后部降水等等,中低纬沿海地区的突发性暴雨与远距离台风的关系分析尚少。本文以2003年9月20~21日福建中南部沿海突发性暴雨过程为例,分析突发性暴雨的成因,揭示远距离转向北上的台风彩云对闽中南沿海暴雨的产生所起的重要的组织 and 促进作用。

1 台风环流对突发性暴雨的作用

1.1 高空西北气流的背风波效应促使低层气旋的发展

2003年9月20日下午到21日上午半夜,在远离转向北上的台风彩云中心西南侧约

1500km附近的福建省中南部沿海突发暴雨和大暴雨天气,并导致严重的地质灾害。这场大暴雨出现在台风转向东北行之后,福建境内为上下一致的西北气流的环境流场下,预报有一定难度。

天气形势表明,20日出现在闽南地区低层的中尺度涡旋是这次产生大暴雨的直接天气系统。20日08时(北京时,下同)925hPa上汕头与厦门之间开始有弱的中尺度气旋性环流形成,20时这个气旋性环流获得迅速发展。与这个气旋性环流发展相伴随的是中尺度对流云团的迅速发展,造成了福建中南部的突发性暴雨。分析这个中尺度涡旋形成和迅速发展的原因,是预报这次暴雨的关键。

台风彩云北上进入西风带后,福建高空盛行西北气流,福建省地形为西高东低,山脉呈东北—西南走向,西北气流翻越武夷山脉产生的背风波效应促使地形性低压形成和发展。分析19~20日的地面气压场和3小时变压场可发现,当高空盛行西北气流后,地面的负变压中心主要位于武夷山脉的东南侧和南岭南侧,气压场上福建境内可以分析出弱

^① 本文受2002年度国家科技部科研院所社会公益专项研究“福建省台风中尺度暴雨预报研究”项目资助

的低压中心。伴随气压场的变化,风场向气压场适应,出现气旋性环流,这个气旋性环流逐渐向上伸展。20日14时地面3小时变压达3.8hPa,并出现较强的中尺度低压中心,20时925hPa和850hPa也出现了中尺度气旋性环流。表明这个直接导致暴雨发生的中尺度系统,是由西北气流越过武夷山脉后引起的地形性低压环流发展而成的,它的发生和发展与台风彩云转向北上后高空流场的改变有着密切的关系。

1.2 台风北上并入西风槽,加速了冷空气的南下

在暴雨发生前期,9月19日20时,500hPa上副热带地区为两高控制,大陆高压庞大且强盛,中高层福建省为上一致的西北气流控制,一般情况下,这是一种不利暴雨产生的天气形势。然而随着台风彩云在127°E以东转向北上,20日08时台风进入西风带后,位于东亚的低槽加深(图略),东亚环流形势出现了明显的调整,西风带系统整体南压,大陆高压迅速减弱,北方冷空气的南侵程度加强。20日08时,地面负变温区南扩,24小时变温零线压到武夷山北侧,20日20时变温零线压到福建沿海。冷空气的南下,对暴雨的发生起了重要的作用。因为,锋面的抬升作用及翻过武夷山脉的冷空气诱发的中尺度扰动,叠加在已有的地形低压上,加强了低层辐合和气旋性涡度,有利触发对流系统的生成,为暴雨的发生发展提供关键的动力触发机制。

1.3 台风西侧下沉气流的外流加大了低层气旋的低层流入

分析9月20日20时850hPa流场和温度分布可见(图1),在中尺度气旋的西侧是干冷的流入气流,在其东侧是暖湿的流入气流,这两支性质完全不同的气流的汇合,构成了有利对流发展的不稳定气层。分析过26°N的纬向环流图(图2),在暴雨区为强烈的

上升运动,在其东侧与台风外围的下沉区相配合,这支下沉气流向西的外流气流成为中尺度气旋东侧暖湿的流入气流,在低层与暴雨区的上升气流构成了一对次级环流,这说明台风系统西侧的下沉气流不但与暴雨区的上升气流构成有利暴雨发展、维持的次级环流,其低层的向西外流气流还成为暴雨区的水汽输送带,加强了暴雨区的低层辐合和对流云团的发展。

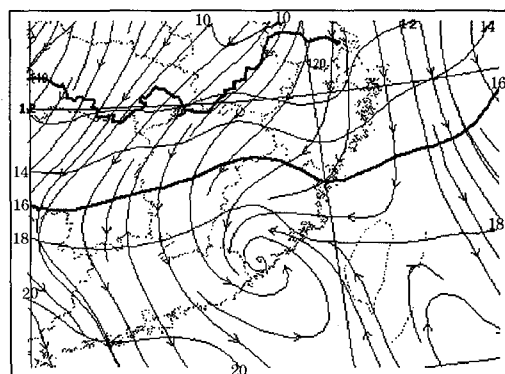


图1 2003年9月20日20时925hPa
流线、等温线(°C)

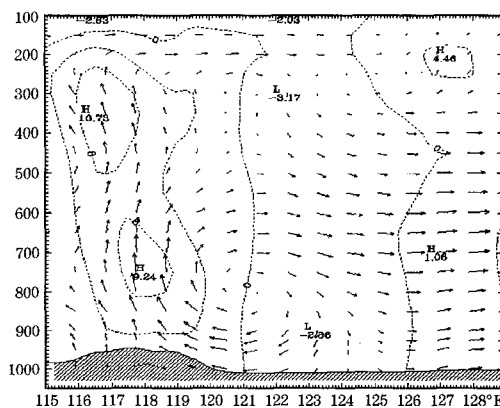


图2 2003年9月20日20时26°N垂直环流图

2 湿斜压锋区对中尺度对流云团的加强作用

θ_w 的高能区在9月19日就已经出现,但暴雨出现在低层 θ_w 锋区南压之际(图3)。暴雨出现的时间与锋区的过境时间相一致,暴雨区的分布与 θ_w 密集锋区的走向一致,因为

θ_{se} 锋区的南压过程,一则加大了锋前大气的位势不稳定,二则锋面的抬升作用有利触发对流单体的发生发展,当中尺度对流系统发展后,进一步加强了大气内能向动能的转化,使得对流云团迅速发展。这说明 θ_{se} 高能区的存在只是有利暴雨发生的一个条件,冷空气的南侵对暴雨的发生起了关键的触发作用。在 θ_{se} 垂直剖面的低层还表现为一种明

显的热力湿对流不稳定,在9月19日,低层1000~925hPa为一浅薄的湿对流稳定气层,即 $(\Delta\theta_{se}/\Delta p) < 0$;在850以上为对流不稳定,即 $(\Delta\theta_{se}/\Delta p) > 0$ 。暴雨出现后大气层结转为准对流稳定 $(\Delta\theta_{se}/\Delta p) \approx 0$ 。这也表明暴雨的发生必需有较强的触发机制促使大气对流不稳定能量的释放。

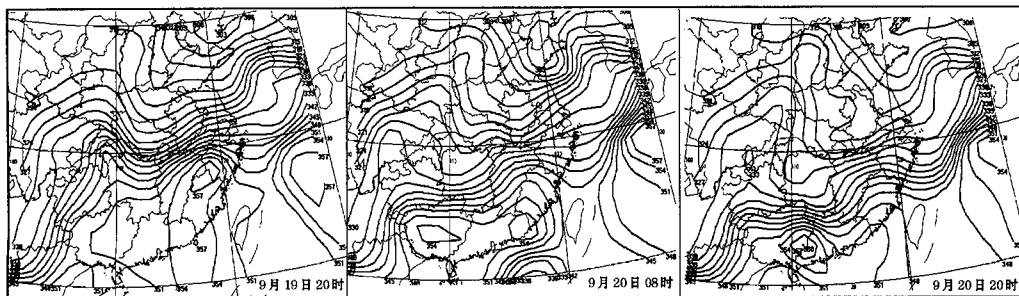


图3 2003年9月19日20时~20日20时的925hPa θ_{se} 场

3 卫星云图分析

卫星云图分析表明,高低空的系统配置和干冷空气的侵入对暴雨的发展起了重要的作用。

首先,在9月20日10时的云图上,35~38°N有高空急流云系东移,这条边界清晰、有着弯曲卷云的急流云系的出现和东移,表明高空急流的加强,福建省处在急流南侧的高空辐散区之下。高空急流云系的出现是有利降水加强的信号,当云图上出现高空急流云系时,要特别关注在其南侧15~25°N附近有无对流云团的发展。在本例中,随着急流云系的东移,到20日13时在福建地区中南部地区开始有零星的对流单体出现。这些对流单体发展迅速,仅2~3个小时就发展成MCC,云顶温度 $\leq -50^\circ\text{C}$ 的云区面积达50000km²。此时的云图上,对流云团中部的西北侧有明显的干冷云区卷入(图4箭头处),这一干冷云区与低层中尺度气旋西侧的干冷的人流气流相对应,说明对流云团的发展与冷空气的卷入密切相关,由于中尺度气

旋西侧的人流冷空气和东侧低层的人流暖湿气流相汇合,加强了气柱的对流不稳定,促使对流云团迅速发展。

4 结语

本例的分析表明,虽然暴雨发生时,台风彩云已转向北上。但台风系统是通过调整对大气环流的调整,对暴雨的产生起了重要的组织和促进作用,这些作用表现在通过北上台风产生的背风波效应促使地形性低压的发展;台风进入西风带后使低槽加深,加强了北方冷空气的南侵和锋区南压;台风系统西侧的下沉气流不但与暴雨区的上升气流构成有利暴雨发展、维持的次级环流,其低层的向西外流气流还成为暴雨区的水汽输送带,加强了暴雨区的低层辐合和对流云团的发展。虽然直接导致暴雨发生的天气系统是低层的中尺度涡旋,但中尺度涡旋的产生、中尺度对流云团的发展是不同尺度的多种系统相互配合、相互作用的结果,其中冷空气的南侵导致的锋区南压对暴雨的发生起了关键的触发作用。

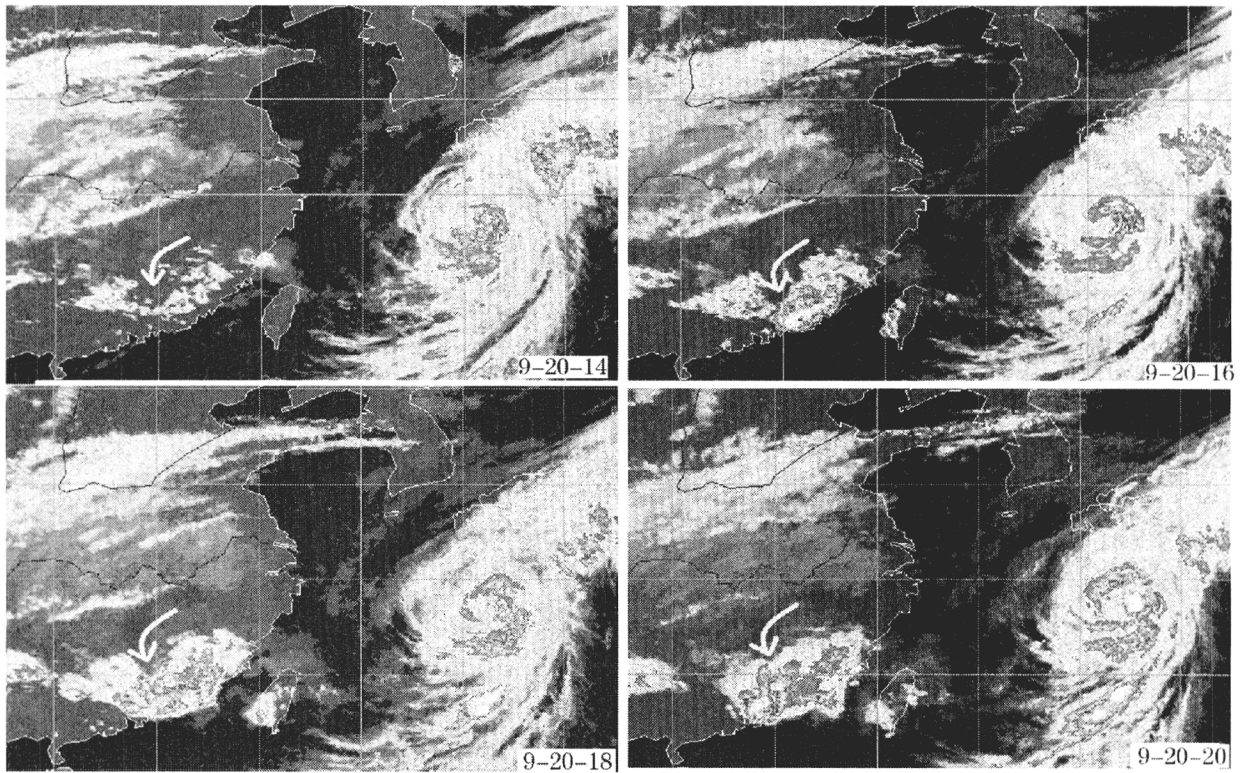


图4 2003年9月20日14~20时卫星云图(箭头表示干冷空气流入)

参考文献

- 1 陈忠明,黄福均,何光碧.热带气旋与西南低涡相互作用的个例研究.大气科学,2002,26(3):352~360.
- 2 丁治英,张兴强,何金海等.非纬向高空急流与远距离台风中尺度暴雨的研究.热带气象学报,2001,17(2):144~152.
- 3 陈久康,丁治英.高低空急流与台风环流耦合下的中尺度暴雨系统.应用气象学报,2000,11(3):271~281.
- 4 张玉玲.中尺度大气动力学引论.北京:气象出版社,1999:49~76.
- 5 林毅,刘爱鸣.9608台风外围对流云团造成闽南暴雨成因分析.气象,1997,23(10):35~38.

Formation Analysis of Sudden Heavy Rain far from Typhoon

Lin Yi Liu Ming Cai Yiyong

(Meteorological Observatory of Fujian Province, Fuzhou 350001)

Abstract

Analysis of sudden heavy rain in the middle and south of Fujian Province on Sept. 20, 2003 is made. Results show that Typhoon Choi-wan, turning to north far away, plays an important role of organizer and promoter in the formation of the heavy rain. Through the adjustment of the general circulation, the typhoon makes an orographic depression and a westerly trough develop. As a result, the cold air invades southwards more intensively, which is a key trigger for the heavy rain. The outflows downward at the west side of the typhoon enhanced the low level inflows of a mesoscale vortex and constituted a secondary circulation together with the updrafts over the heavy rain area, which strengthen the development of the convective cloud clusters.

Key Words: sudden heavy rain far from typhoon secondary circulation