

9610号热带风暴中尺度涡旋数值模拟

陈逢流 刘 铭

(福建省气象台, 福州 350001)

提 要

以实测资料作为初始场,用套网格的中尺度数值模式分析和模拟了与9610号热带低压相伴随的特大暴雨过程,结果发现模式对本过程的模拟效果较好,不论粗细网格,在揭示中尺度涡旋方面都具有参考价值。粗网格的模拟结果对降水落区的预报有参考意义,但降水的量级明显偏小;细网格的模拟结果不仅能较好地模拟出降水的量级,而且落区也有参考价值。此外还对造成此次特大暴雨的成因进行了分析。

关键词: 中尺度涡旋 特大暴雨 数值模拟 成因分析

1 概况

受9610号热带风暴减弱后的低压影响,1996年8月6~8日,福建省西南部的龙岩地区和漳州市,出现了较大范围的暴雨和大暴雨天气,龙岩地区的永定县连续出现三天大暴雨,8月8日晨约4时30分起,龙岩地区西北部再降暴雨和特大暴雨。特大暴雨中心在长汀城区,该站24小时雨量达390.6mm,而其中近370mm的降水出现在不到半天的时间,由于降水强度大且集中,加上高山丘陵地貌,造成特大洪灾,导致极其惨重的人员伤亡和经济损失。此次特大暴雨和连续性大暴雨属历史罕见。

目前,国内外不断出现的各种不同类型的中尺度数值模式对不同的中尺度现象已能较好地进行模拟与解释。闽西“8·8”特大暴雨是历史罕见,成因复杂,对此进行深入研究很有必要。本文以实测资料作为初始场,用套网格的中尺度数值模式分析和模拟了与9610号热带低压相伴随的特大暴雨过程,试图通过分析研究,揭示其特征,并对模式的性能进行检验。

2 模式简述

所用的模式是套网格中尺度MM4模式,粗网格格距为150km,中心格点定位于 $27^{\circ}\text{N}, 117^{\circ}\text{E}$,有 31×25 个格点,嵌套的细网格格距为50km,中心点与粗网格一致,格点 19×19 个,细网格区域覆盖了福建省、江西省和周边省的部分地区,垂直方向分为10层,为标准的等压面层,所使用的初始场为实测站点的资料经客观分析而得到,采用固定边界条件,边界层考虑了地形的影响,地形资料用 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 的地形资料经插值而得到,模式中考虑了水平和垂直的耗散,考虑了积云对流的参数化。本文对8月6日20时至8月8日08时的各个时次分别进行了24小时积分模拟。

3 主要结果分析

3.1 中尺度涡旋的模拟与分析

影响降水的天气系统大部分发生于大气对流层里,一般性的天气系统在垂直方向上都比较浅薄,如低空切变线、低涡、气旋、地面(准)静止锋等,其垂直高度一般只达到500hPa左右,而热带风暴等强对流强涡旋系统最高的辐合垂直高度可达平流层以上,它具有非常深厚的辐合带(层),有的可达

200hPa 甚至更高,但大多数热带气旋系统登陆以后,由于受到能量输送和地表摩擦的耗散作用,强度迅速减弱,其辐合层的厚度也随之明显减弱。9610号热带风暴在登陆前已停止编报,也就是说其强度已很弱,但是,它的垂直方向上的低压环流却依然很明显,并且伸展到400hPa以上。从高空400hPa实况风的时空剖面图(图略)中可见,从6日20时至8日08时,福建省一直存在着一个明显的高空涡旋,并一直没有移过厦门以东(厦门站从6日20时到8日08时始终为南风)。然而,我们从地面低压中心的位置却可以知道近地层的低值中心是向东北方向移动的(见图1)。从图1还可以看出,从7日20时至8日08时,低压中心的北侧和西北侧,风向是顺转的,而低压中心的南侧,风向则是逆转,可见,环流形势出现了调整,水汽通道变得有利强降水发生。由于探空站点比较稀少,高空涡旋的中心位置不好确定,所以,我们用模式的输出结果来表示。在模式中,细网格的格距是50km,它能较好的代表中尺度的特征。图2为8月7日08时高空500hPa细网格模式的3小时环流预报图,它基本上能代表7日08时的高空实况图。从图中可以看出,中尺度的涡旋中心应在闽西下特大暴雨的长汀和永定附近,而经过24小时积分后,其高空的中尺度环流中心依然在附近地区,中心位置稍有东移,移动比较缓慢,此时环流中心的辐合也有所减弱,与实况有一定程度的偏差(图略)。事实上,此高空尺度涡旋中心一直是少动的。从8日08时500hPa细网格3小时环流预报的中尺度涡旋位置中可以看到(图略),此时的低涡环流中心仍在闽西长汀附近。8日与7日的区别还在于从环流中心到江西、湖南一带有一条辐合带,而且来自台湾海峡的东南气流很强,这表明8日的水汽通道更好,这可能是8日降水特别强的原因之一。从模拟的其他层次的环流看,我们也发现,在低

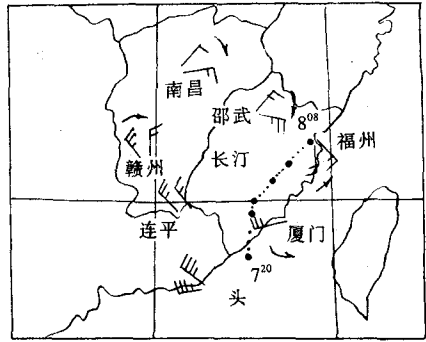


图1 7日20时~8日08时地面低压中心位置及500hPa风场

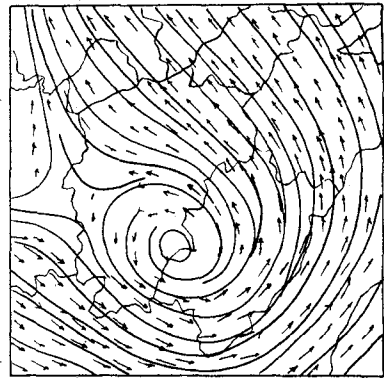


图2 7日08时500hPa细网格3小时环流预报

层,低涡环流中心一直是向东偏北方向移动的,移速也不快,一直移到台湾海峡的西北部,其移动趋势与实况是一致的。在300hPa以上层,对应于中低层的低涡中心,有比较明显的气流辐散(图略)。可见,9610号热带风暴减弱后,低压中心在陆上的强度还较强,它的中高层的中尺度低涡中心一直维持在闽西附近,高低层中心的位置在垂直方向上具有倾斜现象,高层中心向北,而低层中心向东,这种高低空环流中心的垂直倾斜是导致暴雨的一种非常重要的机制。研究与分析表明,8909号与9012号台风分别在浙江和福建省登陆后,也曾经出现过类似的空间结构,此类

台风也造成大到特大暴雨^[1~3]。从模式的结果看,模式在揭示此类结构方面有优势,对实际的预报有指导意义。

3.2 特大暴雨的模拟与分析

此次热带风暴所造成的暴雨是从8月6日夜开始的,并且首先从沿海地区的漳州、泉州两市开始。6日夜至7日上午,大暴雨区集中在漳州与龙岩交界处;7日暴雨落区比较分散,分布在沿海的5个地市,但降水量都小于100mm,8日晨5时至14时,主要的暴雨中心出现在长汀附近地区,降水时间很集中。本文利用实况资料,计算模拟了从6日20时起每个时次的24小时的预报降水量,结果发现,粗网格的24小时降水量预报的量级与日本模式的预报量级(传真预报)相当,但我们的模式预报范围较小,落区比较准确。粗网格降水的预报落区在闽西南和赣南,降水量在15~42mm之间。而细网格的降水预报则比粗网格的预报要好得多,从6日20时降水量预报中可见(图略),最大的降水中心出现在江西西南部,中心极值达到264mm。

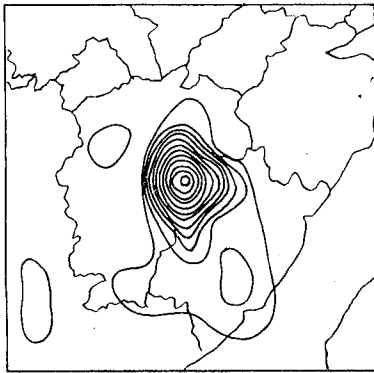


图3 8日08时细网格24小时降水量预报

7日降水中心东移,但只有40.8mm,中心就在长汀附近。图3为8日08时的24小时降水量预报,从图中可以看到,在福建和江西交界,有一明显的降水中心,中心的极值达306mm,而且,降水具有明显的局部性,在细

网格区域内,只有一个格点的值超300mm,两个点的降水量在200~300mm之间,另两个点的降水量在100~200mm之间,除了这5个点的降水量在100mm以上,并且位置相邻外,其他格点的降水量都很小,根据估算,暴雨以上降水的区域的面积大约为一万平方公里。此降水中心位置与量级与实况都比较接近,量级相当但略小,位置大约偏北2~3个格距。

3.3 地形的影响

本文还对比分析了有无地形时的模式的输出结果,发现地形对降水量和落区都有很大的影响。在相同的初始场和物理条件下,当考虑地形的影响时,降水量明显大于无地形的情况。有地形时,细网格的降水量达300mm以上,而无地形时的降水量只有10~40mm(如图4),粗网格的情况与细网格的情况大致相似。而且,无地形时的降水中心在实际降水中心的东面,与有地形时的降水落区并不重合。另外,由于没有考虑地形的影响,中尺度涡旋中心也明显发生变化,有地形时,高空涡旋的移动速度较慢,而无地形时,高空涡旋的移速快。

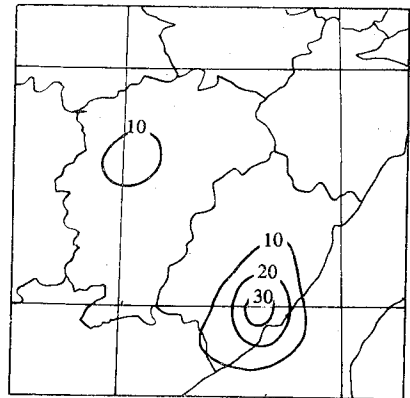


图4 无地形时,8日08时的24小时降水量预报

4 9610 热带风暴特大暴雨成因分析

本文经过模拟的结果与实况资料的分析,发现造成此次特大暴雨的成因可能很复杂,但主要成因可以归纳如下:

4.1 虽然热带风暴在登陆之前就减弱成热带低压,但热带低压登陆后,强度仍较长时间地维持,尤其是在对流层中低层,一直存在着一个深厚的中尺度气旋性涡旋中心,此涡旋中心长时间地停滞于暴雨区上空,它是激发对流云团发生发展的主要天气系统。统计表明,96%的此类中尺度涡旋会导致明显的灾害性天气。

4.2 此深厚的气旋性涡旋中心在垂直方向上具有明显的倾斜特征。低层(700hPa以下)涡旋中心向东北方向移动,而高层中心则缓慢向北偏西方移动并最后停滞少动于暴雨区上空。由于这种空间垂直结构的倾斜,使得在涡旋中心附近存在着一个斜压锋区^[1,2],它同时还造成比较大面积的中低层的垂直辐合,便于来自台湾海峡的暖湿气流沿着一个倾斜的坡度爬升,最后在大暴雨区的上空最强辐散区辐散,因此,最大的暴雨区在高层辐散区附近。

4.3 在涡旋中心有比较明显的暖心结构,涡旋中心的温度比周围的温度高1~2℃。在出现最强降水时,南北通道畅通,而起主要作用的是有一支来自东南方的气流从台湾海峡流向涡旋中心的北侧,这在实况资料上也有反映,8日08时,厦门站的高低层都比较湿,来自低涡东南面的水汽和通量值都明显大于8月7日。因此,8日的降水量明显大于7日,这在模式的降水量预报上有较突出的反映,可见水汽条件在降水量的预报中有较高的灵敏度。

4.4 7日(08时和20时),低涡中心的垂直风场比较零乱,风向变化不规则,而8日08时在高空中尺度涡旋附近,风向从低层到高层都是顺转的,高度达到300~200hPa。

4.5 在强云团中心,降水并不明显,这是由于有一条干冷的气流卷入云团的边缘,使得降水出现在有明显地面辐合的山谷、小盆地

等小区域。从卫星云图的水汽通道上,可见此干气流。

4.6 此热带风暴是在近海生成发展的,由于风暴发展之初,从海上蓄积了大量的水汽和能量,在其登陆后,中心没有迅速减弱,并且移动缓慢,最后停滞或少动于局部地区。因此,近海发展并且登陆的热带风暴的降水具有突发性强、降水量大的特点。很多实例表明,近海热带风暴或小风暴经常导致局地的特大暴雨,如9017号热带风暴,在福建省的东北部的一个镇就曾造成几小时降水量670mm。

5 结论

本文以实测资料作为初始场,用套网格的中尺度数值模式分析和模拟了与9610号热带低压相伴随的特大暴雨过程,结果发现模式对本过程的模拟结果,对揭示中尺度涡旋具有参考价值。粗网格的模拟结果对降水的落区的预报有参考意义,但降水量明显偏小,而细网格不仅能较好地模拟出降水量,落区也有参考价值。本文还对造成此次特大暴雨的成因进行了分析。主要成因是:(1)有深厚的中尺度气旋性涡旋中心位于暴雨区上空;(2)涡旋中心在垂直方向具有倾斜特征;(3)当气旋性涡旋中心处于暴雨上空时,有一股干冷气流卷入,导致干气流西侧的对流云团重新旺盛地发展;(4)气旋区温度较高,对气旋中心的长期维持起一定的作用,当来自台湾海峡的东南气流变明显时,暴雨的量级加大;(5)局地的地形对暴雨的落区和量级有相当大的影响。

参考文献

- 1 Si G. W. Li L., Lu L. Z. Typhoon Hope (8909) transformation and its relation to the development of heavy rainfall, Preprints. The Workshop on Mesoscale Met. & Heavy Rain in East Asia. 1995.
- 2 骆荣宗等. 8909号台风的垂直结构特征分析. 华东地区学术会议, 1990.
- 3 陈逢流. 9012(YANCY)台风维持的动能分析. 1992.

(下转第21页)

A Numerical Simulation of a MCC and its Torrential Rain in the Tropical Cyclone 9610

Chen Fengliu Liu Ming

(Fujian Meteorological Observatory, Fuzhou 350001)

Abstract

Based on observational data and a mesoscale numerical model (MM4), the numeric simulational results of a deep mesoscale vortex at high level which related to a heavy rain event are presented. The heavy rain caused a severe damage and lots of people death after tropical cyclone 9610 landed over Fujian province. The simulation and analysis also gave the reasons for the heavy rainfall.

Key Words: mesoscale vortex torrential rain numerical simulation reason analysis