

叶成志,李昀英.湘东南地形对“碧利斯”台风暴雨增幅作用的分析[J].暴雨灾害,2011,30(2):122-129

湘东南地形对“碧利斯”台风暴雨增幅作用的分析

叶成志^{1,2},李昀英³

(1.中国气象局武汉暴雨研究所,武汉 430074;2.湖南省气象台,长沙 410007;
3.解放军理工大学气象学院,南京 211101)

摘要:强热带风暴“碧利斯”(200604)登陆后其低压环流长时间地维持,并与西南季风相互作用,造成了湖南省东南部历史罕见的特大致洪暴雨。针对该暴雨天气过程,采用天气学分析和数值模拟试验等方法,对湘东南特殊地形对该台风暴雨的影响进行了研究。结果表明:湘东南多山体分布且向北开口的喇叭口特殊地形通过与“碧利斯”低压环流北侧增强的东北风相配合,有利于水汽输送和中尺度对流系统发生、发展,对湘东南暴雨有明显增幅作用。

关键词:“碧利斯”特大暴雨;数值模拟;地形增幅作用

中图分类号:P458.1+21.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-9045(2011)02-0122-08

Analysis on Terrain Effects of the Southeastern Hunan Province to Amplify the Rainstorm of the Tropical Storm “Bilis”

YE Chengzhi^{1,2}, LI Yunying³

(1.Wuhan Institute of Heavy Rain, CMA, Wuhan 430074; 2.Hunan Meteorological Bureau, Changsha 410007;
3.Institute of Meteorology, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101)

Abstract: The landing of a strong tropical storm named Bilis (200604) resulted in a long-lasting low-pressure system, whose interaction with the South China Sea (SCS) monsoon led to a rare storm rainfall in history in the southeastern part of Hunan Province. Based on various conventional observations, unconventional fine-grid observations, the NCEP reanalysis and data from the meso-scale Advanced Regional Eta-coordinate Model (AREM), numerical simulation and diagnostic analysis were performed to study the terrain effects on the location and intensity of the rainstorm. The results indicate that there are more mountains with northward trumpet-shaped terrain in the southeast part of Hunan. This specific terrain coordinated with the enhanced northeast wind of the north side of “Bilis” low pressure circulation is beneficial to water vapor transport and development of meso-scale convective systems playing an evident role to increase the rainstorm in the southeast part of Hunan.

Key words: Rainstorm of the tropical storm “Bilis”; Numerical simulation; Amplifying of torrential rain

1 引言

我国平均每年有9个台风登陆,是世界上登陆台风最多、灾害最重的国家之一,减轻由台风造成的洪涝灾害是气象科学最主要的目标之一。台风登陆后在陆上能维持多久,能否再度加强,能否引发洪涝灾害是人们最为关注的问题,但准确预报台风在陆上的风雨分布和强度仍是当今最具挑战性的课题之一。国内外许多气象学者致力于台风暴雨的机理研究,但难以形成一个统一的结论,因为不同的台风致洪的方式和

机理有很大差异,台风暴雨的强度可能与大尺度环流背景、中尺度系统的发生发展、水汽条件、局地地形、下垫面特征、层结稳定性、边界层辐合和垂直运动等都关系密切^[1-5]。

与其它产生暴雨的环流条件相比较,在低层东风的环流形势(特别是台风登陆情况)下,地形影响降水的作用尤其显著。历史上,1975年8月鄂西山地东坡都镇湾特大暴雨、1994年7月鄂东南山地东坡阳新一大冶的特大暴雨都是地形对降水产生增幅作用的典型例子。在华北的太行山东侧、福建武夷山东侧、台湾

收稿日期:2011-04-24;修订日期:2011-06-08

资助项目:中国气象局气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2011M35)、财政部/科技部公益类行业专项(GYHY200906010)、国家重点基础研究专项(2010CB951904)、国家自然科学基金(41075034)

第一作者:叶成志,女,1969年生,正研级高工,主要从事暴雨中尺度数值研究。E-mail: wfziyue2001@yahoo.com.cn

中央山脉东侧、江西庐山东南侧都有类似的情况。尤其是 1975 年 8 月 7503 号 (Nina) 强台风深入河南境内,在河南伏牛山东侧创下了日降水量达 1 062 mm 的历史最高记录。

关于地形对登陆台风暴雨的增幅作用的机理,我国气象专家开展了深入细致的研究工作,取得了一些重要的成果。陈联寿^[6]指出当登陆台风在陆地上静止少动并有一定地形配置时,其低空环流与山脉地形辐合形成地形辐合区,生成中尺度次生中心和小涡。解以扬^[7]及郑庆林^[8]通过对典型台风个例 7805 和 9216 (Polly) 进行数值模拟研究,结果均表明登陆台风外围偏南低空急流与局地地形强迫的非线性相互作用对台风暴雨形成有着重要的贡献,地形强迫作用对登陆台风外围环流的响应影响了降水的强度和落区。吴启树^[9]等通过地形模式敏感性试验表明,地形对台风暴雨的最大增幅作用发生在山坡迎风坡的地形坡度与气流正交速度乘积最大的时段。段丽^[10]等研究了 0114 号热带风暴 Fitow 在海南岛造成的特大暴雨,数值试验结果表明,Fitow 环流与五指山脉的作用在 Fitow 西南方、五指山的西北侧形成了一个中尺度小涡,这个小涡的结构深厚,并与高空强辐散耦合,地形作用造成了海南岛暴雨中心 3 d 累计降水量达 824.3 mm 和 12 h 雨量 408 mm 的特大暴雨;闫敬华等^[11]设计 5 组地形敏感性试验,从定量和时间演化角度细致地分析了华南西部地理因子对 0214 号强热带风暴“黄蜂”登陆后强度变化和降水分布的影响及机理;王晓芳等^[12]由罗霄山脉平均高度、迎风坡前平地温度层结及气流速度,根据 Pierrhumbert 等的理论推算发现,地形对 200604 号台风“碧利斯”造成的降水的强迫上升及其对暴雨的触发作用主要不在山坡上,而在迎风坡气流上游平原地区(湘东南)。这些研究极大地丰富了我们在地形影响下台风暴雨分布特点及增幅作用的认识,充分表明数值预报模式也可以作为台风暴雨形成机理研究的一个重要的工具,在时空上填补观测资料的不足,增强了我们分析台风暴雨的能力。

200604 号热带气旋“碧利斯”在福建省登陆时强度较弱,等级仅为强热带风暴,但是登陆后持续缓慢西行,深入到我国江西、湖南、云南等内陆省份,维持时间长达 120 h,在我国南方多个省市造成大范围的强降水,特别是在湖南省东南部造成了百年一遇的特大致洪暴雨。“碧利斯”台风暴雨的异常特征引起了气象学者的广泛关注,他们从不同角度对其进行了分析和研究。黄小玉等^[13]通过对四个不同阶段的多普勒雷达回波特征分析指出,低质心强回波造成的“列车效应”是形成湘东南强降水中心的重要因素;蒋小平等^[14]

研究表明,南海夏季风输送暖湿气流为暴雨区补充不稳定能量和水汽,对暴雨的产生具有十分重要的作用。李昀英等^[15]采用数值试验的方法,在不改变地形的情况下,研究了湘东南地表植被分布对暴雨中心位置和强度的影响,但通过对湘东南特殊地形影响的分析,并结合数值模拟研究,进而探讨其降水形成和演变过程的相关文献还很少,而深入开展这方面的研究工作具有重要的科学意义和业务预报实用价值。

本文使用的诊断分析资料包括气象、水文地面加密观测资料、气象台站探空资料、南岳高山站逐时观测资料、广东韶关 SA 波段多普勒天气雷达产品、FY-2C 红外云图和 NECP 再分析资料(1°×1°水平分辨率,26 层)。并通过在湖南省台业务运行的暴雨数值预报模式 AREM,对“碧利斯”引发的湘东南特大暴雨过程进行数值模拟和过程分析,设计地形敏感性试验,定量分析湘东南特殊地形对暴雨的增幅作用。

2 过程概况和天气形势分析

0604 号热带风暴“碧利斯”于 7 月 9 日在菲律宾以东洋面上生成,11 日下午加强为强热带风暴,13 日晚 11 时(北京时,下同)在台湾省宜兰登陆后,于 14 日 12 时 50 分在福建省霞浦北壁镇沿海再次登陆。登陆时中心气压 975 hPa,近中心最大风力 11 级,风速 30 m/s。登陆后以每小时 10~15 km 的速度继续向西北偏西方向移动,15 日下午在江西西南部减弱为热带低气压并缓慢地向西偏南方向移动,经过湖南、广西和云南,于 18 日晚在云南东部减弱并消失(图 1)。受其影响,湖南、福建、广东、广西、江西、云南省(区)部分地区,相继发生严重暴雨洪涝、山洪和地质等灾害,尤其是湖南省东南部发生连续性特大暴雨过程,造成极其严重的人员伤亡和财产损失。据统计,7 月 14—17 日,湖南省 42 县(市)降水量超过 50 mm,24 县(市)超过 100 mm,11 县(市)超过 200 mm,4 县

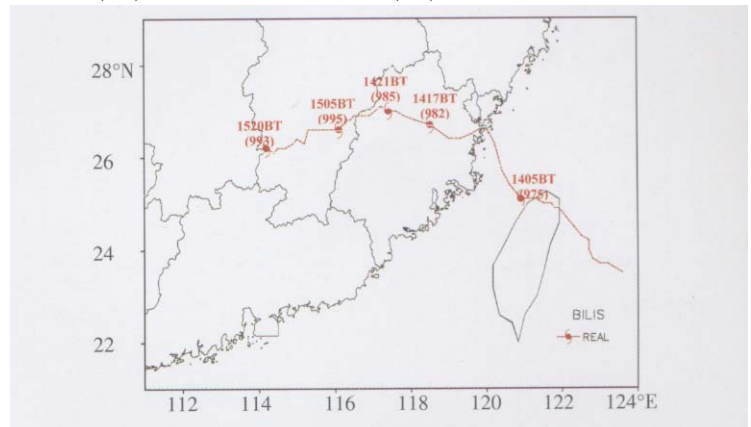


图 1 强热带风暴“碧利斯”移动路径
(图中标注分别为时间及中心最低气压)

(市)超过 300 mm, 2 县(市)超过 400 mm, 其中资兴市东江库区龙溪站为 631.8 mm (水文站), 永兴达 471.9 mm, 均超过 500 年一遇降雨强度。暴雨引发山洪爆发, 江河水位陡涨。15 日 05 时东江水库出现建库以来入库最大洪水, 洪峰达 $9\ 300\ \text{m}^3/\text{s}$, 为百年一遇。未水上涨 10 m 多, 超警戒水位 5.88 m, 超历史最高水位 1.53 m。全省 729 万人受灾, 经济损失超过 78 亿元, 死亡 417 人, 失踪 109 人, 综合评定为特大型气象灾害。

从 500 hPa 高度场环流形势调整和演变可以分析“碧利斯”登陆后低压环流较长久维持的大尺度环流特征。7 月 10 日 08 时, 500 hPa 锋区位于 40°N 附近偏北地带, 亚洲北部地区为宽广的低槽区。副热带高压在 125°E 以东洋面上, 呈块状分布。11 日 08 时, 锋区北抬, 副高西伸加强, 轴向由 NNE—SSW 开始顺转, 其西南部偏东南气流为台风的西北行进提供了引导气流。12 日 08 时之后, 随着“碧利斯”进入南海东部, 副高东撤北抬到 30°N 以北, 其西侧的引导气流促使“碧利斯”偏北分量加大。14 日 08 时(图 2a)随着贝

加尔湖高压脊的发展加强, 华北高压形成并逐渐西扩, 强度也不断增强, 形成大陆高压与海上副高对峙的态势。14 日 20 时(图 2b)台风登陆后, 减弱成的热带低压环流, 处于北侧强大的大陆高压、东侧的副高和南侧的低纬赤道高压环流所形成的鞍型场包围之中, 在内力的作用下, 以西行为主, 历时共 5 d。15 日 08 时(图 2c), 低压环流中心移至江西境内, 低槽南段位于江西至广东一线。河套地区正处在稳定暖脊南侧, 在暖平流和正变高的叠加下, 大陆高压进一步增强。随后在“碧利斯”继续西行过程中, 由于副高脊加强西伸, 西脊点达 100°E , 副高与“碧利斯”之间的位势梯度加大使南风加强或维持, 补偿了台风由于陆地摩擦作用而衰减的动量, 也使“碧利斯”东侧的水汽输送通道得以维持或加强, 从而抑制了其登陆后强度的迅速衰减。同时, 由于东北冷涡偏北偏东, 中高纬地区以纬向环流为主, 冷空气向南爆发动力条件不足。“碧利斯”没有强冷空气与之结合, 而是与增强的南海季风相互作用, 激发了低压环流内部中尺度强对流系统的发生、发展, 对湘东南暴雨的产生起到了组织和促进作用。

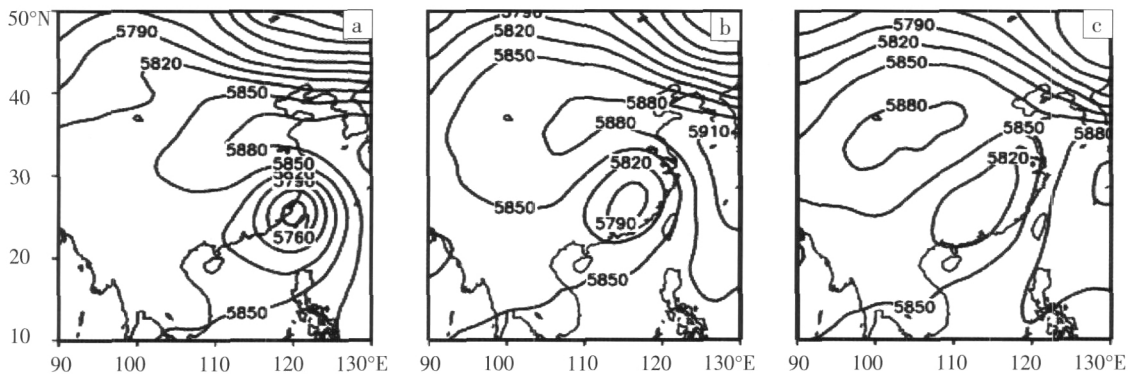


图 2 2006 年 7 月 14 日 08 时(a)、20 时(b)及 15 日 08 时(c) 500 hPa 位势高度场(单位: gpm)

3 AREM 模式简介及模拟试验方案设计

3.1 模式简介

本文使用的模式是中国科学院大气物理研究所 LASG 实验室建立的中尺度暴雨数值预报模式 AREM, 该模式从 20 世纪 90 年代中期开始在国内气象、水文、环境和军事科研和业务单位得到广泛应用。考虑到中国区域暴雨和地形的密切关联, AREM 模式采用了独特的“阶梯(η)地形坐标+静力扣除”的地形处理, 使得其发展成为一个能更合理包含复杂陡峭地形作用的数值预报模式^[16-18]。

模式采用的垂直坐标为 η 坐标, 地形被表示为阶梯状, 因此, 地形将跨模式层面而在模式内部区域形成了地形内边界条件。由于地形边界上只有速度

点分布, 在计算过程中, 地形边界条件简单地取速度为 0。

3.2 模拟试验设计

模式运行范围为 $10^\circ\text{--}50^\circ\text{N}$, $80^\circ\text{--}140^\circ\text{E}$, 水平分辨率 $37\ \text{km}\times 37\ \text{km}$ 。模式物理过程设计中, 积云对流采用改进的 Betts 调整方案, 大尺度降水采用显式云雨方案, 边界层采用非局地边界层方案, 于是针对短期天气过程的模拟, 辐射采用仅考虑地表辐射平衡的方案, 陆面过程采用 BATS 方案。模拟初值选用 2006 年 7 月 14 日 08 时 NCEP 的客观分析场, 不嵌入人造台风方案, 每 6 h 更换一次侧边界值, 对其做时间插值和空间张弛逼近, 连续积分 60 h, 逐时输出模拟变量场, 称为参照试验 (EXP_ctl)。

4 湘东南地形对“碧利斯”台风暴雨增幅作用影响的分析

4.1 地形对“碧利斯”台风暴雨增幅作用的观测事实

湖南省东、南、西三面为山地环绕,中间为低缓的丘岗起伏,北部为低平的洞庭湖平原,形似一个向北开口的马蹄形盆地。湘东南东邻东北-西南向的罗霄山脉,南倚准东西向的南岭山脉,境内有 15 座主峰在 1 400 m 以上的大山体,最高峰为桂东与江西崇义交界处的齐云山,海拔高度为 2 061.3 m,次高峰为位于桂东与资兴交界处的八面山,主峰高度为海拔 2 042.1 m,地势

由东南向西北倾斜(图 3a)。

通常以台风登陆前的路径相似为主要依据,将影响湖南省的台风路径划分为四大类:西行路径、南海台风北上路径、西北行路径()、西北行路径()。统计分析表明,在西太平洋生成的台风西北行穿过台湾海峡在福建沿海登陆(西北行路径())对湖南产生的降水比重最大,为 57%^[19]，“碧利斯”就是以这种路径影响湖南的。那么为什么从福建登陆西行的台风比从广东登陆北上的台风对湖南影响更大,造成的降水更强呢?此外,湘东南这个湖南省台风暴雨多年平均大值中心的形成(图 3b)是否也与其独特地形相关呢?

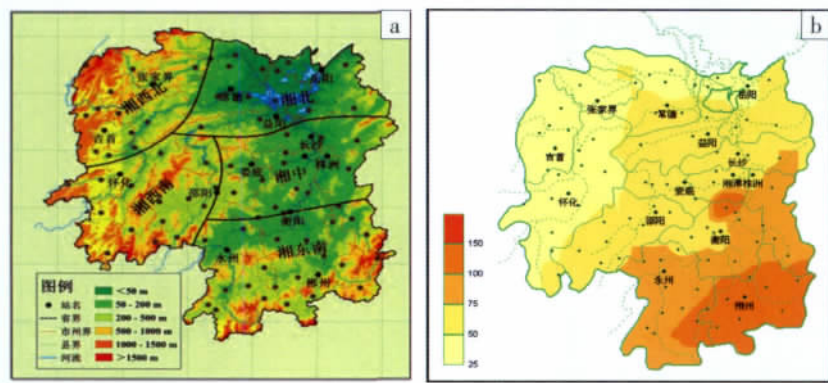


图 3 湖南省气象地理分区(a,色标为地形高度)及 1949—2006 年台风影响湖南年平均降水分布(b,色标为降水量,单位:mm)

由逐时的 FY—2C 红外云图 TBB 分布分析可知:“碧利斯”登陆前(图略),其环流结构表现出明显的不对称性,低压环流中心东侧和南侧积云对流发展旺盛,北部云系相对松散、稀薄。14 日 14 时(图 4a)，“碧利斯”已在福建第二次登陆,由于与强盛的南海季风涌结合,导致其西南侧的对流云系不消反增,云系螺旋结构的不对称性更加明显。14 日 20 时(图 4b),随着“碧利斯”向西移动,对流云团主要集中在其低压环流移动方向的第三象限,北部云系逐渐消散,台风云系呈弧形分布。江西、福建、浙江 TBB<-32℃云团面积减小,而湖南东南部、广东大部 TBB<-62℃的云团

面积在增大,其中湘东南 TBB<-62℃的云团面积为 1.3×10⁴ km²,此时湘东南开始有对流性降水发生。15 日 02 时(图 4c),湘东南 TBB<-62℃的云团面积进一步扩大,并在该云团内部出现了 TBB<-80℃的亮云核,对应着湘东南强降水时段的第一个峰值,资兴站在 15 日 02—03 时雨强达 67.9 mm/h。结合同同时次的韶关 SA 波段多普勒天气雷达资料和地面加密观测资料分析可知,14 日 14 时有大片混合性回波在江西西南部生成,并沿着罗霄山脉发展成强回波中心带(图 5a)。23 时随着“碧利斯”低压中心缓慢向偏西方向移动,回波整体不断往西南方向移动,在移动过程中,螺

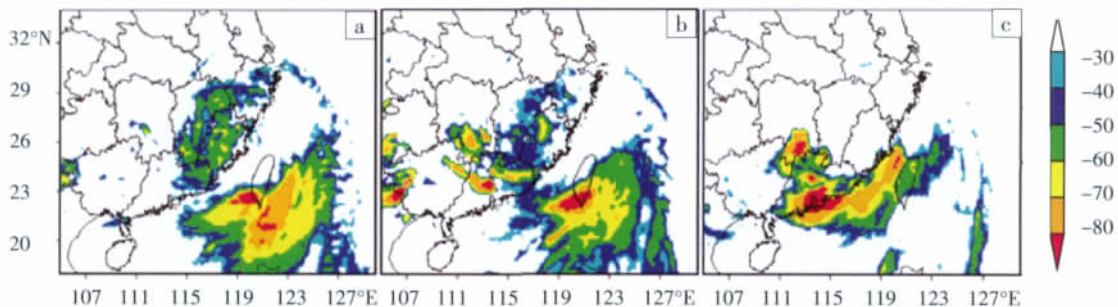


图 4 2006 年 7 月 14 日 14 时(a)、14 日 20 时(b)、15 日 02 时(c)FY—2C 卫星 TBB(单位:℃)

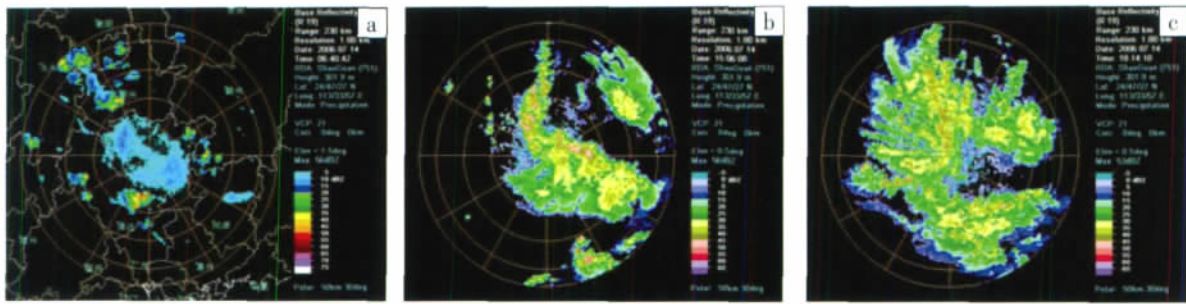


图 5 2006 年 7 月 14 日 14 时 40 分(a)、14 日 23 时 06 分(b)、15 日 02 时 14 分(c)
韶关多普勒雷达 0.5°仰角 PPI 反射率因子(单位:dBz)

旋状回波在上风方向生成,在下风方向消散,带状回波稳定少动,最终在湘东南形成窄带回波的“列车效应”(图 5b)。强回波带在移过准东北—西南向的南岭山脉时,中尺度对流系统不断触发并加强,位于罗霄山脉和南岭山脉的夹角处的湘东南地区出现一大片雷雨区,特大暴雨中心永兴县出现连续 10 h 雨强超过 10 mm/h,其中 2 h 最大雨量达 50 mm 的强降水。该螺旋回波一直持续到 15 日 03:00,随后由于“碧利斯”低压中心逐渐西行,强度进一步减弱,降水范围向西、向北扩展,导致回波范围有所增大,而强度略有减弱,带状螺旋回波逐渐演变成弥合型回波(图 5c)。

4.2 地形敏感性试验结果分析

为了定量地分析地形对湘东南暴雨落区、强度的影响,我们设计了地形敏感性试验,分别将 22°—30°N, 110°—116°E 范围内地形高度设为 0(图 6c; EXP_ban1)和地形高度减半(图 6d; EXP_ban2)。从参照试验的模拟结果(图 6b)与实况对照(图 6a)来看,模式对湘东南暴雨落区、强度有很好的刻画,大暴雨中心位置较实况虽略为偏南,但对其形状、走势和中心强度仍有细致描述。模式在 27°N 以北的湘赣交界处模拟出一条东北—西南走向的虚假条状降水带,这可能与模式模拟的台风低压环流中心位置偏北及湘赣交界的地形影响有关。另外,模拟结果在粤东北(25°N, 113.5°E)附

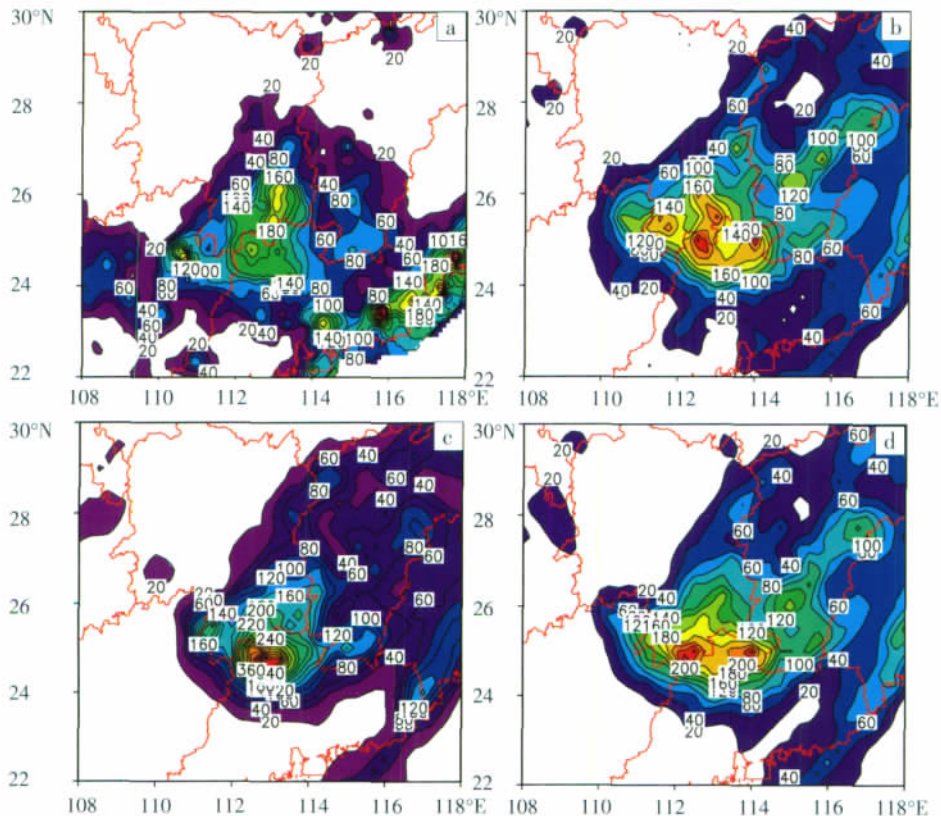


图 6 2006 年 7 月 15 日 08 时至 16 日 08 时降水量(单位:mm)分布
(a)降水实况;(b)控制试验;(c)地形敏感性试验 EXP_ban1;(d)地形敏感性试验 EXP_ban2

近有一片量值较大的虚假降水区,经分析是初始资料误差造成的,与模拟误差无关。总体而言,模式所表现的良好性能是本文敏感性试验的基础。

从地形敏感性试验结果来看,如果将地形高度减半,我们发现强降水中心合并,降水范围缩小而降水强度增大。如果进一步取消山地地形,没有地形的阻挡,东北风和西南风则直接交汇,强降水只发生在西南风和东北风的辐合区,暴雨区范围继续缩小,大暴雨中心南压至湘、粤两省交界处,较实况明显偏南,而强度继续增大。另外,从试验结果还可看出,地形高度降低后,降水的多中心特征减弱甚至消失,这极有可能反映出湘东南复杂地形可激发多个中尺度对流系统,造成多个降水中心,而地形高度降低以至地形消失后,不能激发多个中尺度系统,仅有东北风与西南风辐合造成的一个降水中心存在。

由以上地形敏感性试验结果,结合模式模拟的 15 日 20 时 850 hPa 风场、水汽通量及 500 hPa 高度场分析(图 7)可知,低层风场与湘东南特殊地形相结合对此次湘东南特大暴雨过程的水汽输送及动力抬升有重要的作用。特殊地形对湘东南暴雨增幅作用主要体现在 4 个方面:其一,“碧利斯”低压环流西行过程中,其环流中心北侧的东北风受到湖南“U”型地形西边界的阻挡逐渐转为偏北风,形成了一个与地形相对应的偏北大风区。这支偏北大风从洞庭湖平原往南长驱直入,遭遇湘东南东北-西南向的喇叭口地形阻挡,水平风速减小,转为沿地形抬升,南岭北侧和罗霄山脉西侧均为迎风坡,使得强降水范围扩大,降水强度加大;同时,其西南侧水汽随着“碧利斯”低压环流逆时针旋转行进,沿着环流中心东侧的强风速带夹卷到环流北侧,并通过增强的东北风将水汽源源不断地输送至湘东南,该区域出现了一条水汽通量大于 $20 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 的水汽输送相对大值区,形成了一条重要的水汽通道。其二,由于湘东南地形对“碧利斯”风暴中东北强风速气流的阻挡和强迫抬升,使得中尺度对流系统沿罗霄山脉和南岭北侧发展加强。其三,“碧利斯”低压环流从江西进入湖南后,其环流中心东南侧因湘东南特殊地形辐合作用,有利于垂直运动和潜热通量的输送,在其南侧不断激发中尺度涡旋,当这种涡旋与“碧利斯”低压环流相互作用被吸入内核区时,其低压环流涡量将增加,也有利于它在陆上维持较长时间^[6]。其四,由于南岭山脉的阻挡,使得西南风和东北风形成的强辐合区正好位于湘东南,而不至于大暴雨中心南压至湘粤交界或粤北。

此外,南岳高山站逐时观测资料也进一步揭示了暴雨过程期间该区域对流层低层风场演变特征。该站

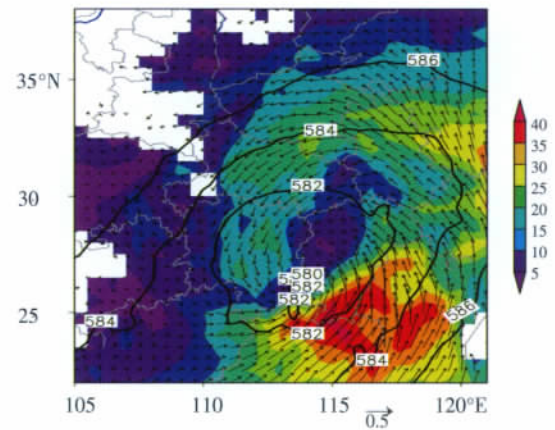


图 7 模式模拟的 7 月 15 日 20 时 850 hPa 风矢量(单位: m/s)、水汽通量(阴影,单位: $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$)和 500 hPa 位势高度场(单位: dagpm)

位于湖南省中部偏东南地区($27.30^{\circ}\text{N}, 112.70^{\circ}\text{E}$),为湖南省唯一的高山站,海拔高度为 1 268 m,接近自由大气的底部,在天气学上其气象要素的变化具有良好的预报指示作用,且在其所处特定高度上具有比探空资料更高时间分辨率的气象要素变化描述。图 8 为“碧利斯”影响湖南期间南岳高山站多种气象要素逐时观测的时序图。分析可知,在湘东南强降水发生之前(13 日 08 时至 14 日 13 时),南岳山以东北风为主,风速逐步增强。同时,分析温度和露点变化曲线,呈现出气温逐步下降、湿度迅速增大等特点;在主要降水时段(14 日 14 时至 16 日 08 时),其逐时风场则呈现出南北风频繁交替特征(据统计分析,西风带暴雨过程,南岳山风场无此类特征),且以东北风为主;16 日 09—15 时,南岳山风又再度转为一致东北风,此时湘东南降水开始减弱;16 时之后随着南岳高山站转为强劲的偏南风,湘东南降水减弱消失。由此可见,一方面,东北气流带下的弱冷空气使“碧利斯”低压环流获得斜压能量,增加了位势不稳定性,并加强了该低压环流的上升支,提供凝结释放潜热能量和水汽输送。另一方面,来自南海北部与副高西南侧的西南风急流,起到了主要水汽输送作用。这两支主要水汽通道在湘东南长时间交汇,形成了湘东南暴雨区深厚的湿层和强水汽通量辐合,是造成此次特大暴雨过程的重要原因之一。

湘东南特殊地形对台风暴雨的增幅作用,或许能解释为什么从福建登陆西行的比从广东登陆北上的台风对湖南影响更大,造成的降水更强。从广东登陆的台风,其气旋性环流携带的大量水汽,遇南岭山脉北侧抬升,降水加强,但越过南岭山脉,由前期影响的迎风坡变为背风坡,故降水往往减弱。这点与多普勒雷达观测事实相一致,这也许是因为大多数情况

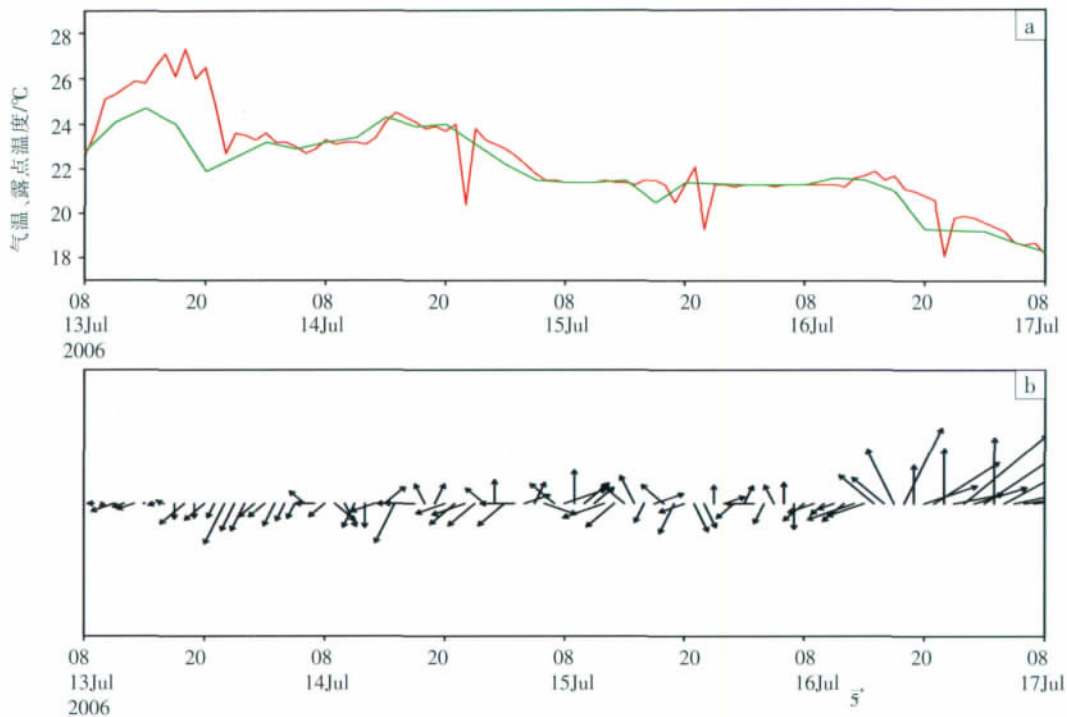


图 8 2006 年 7 月 13 日 08 时至 17 日 08 时南岳山逐时观测物理量(北京时)

(图 a 中,红线为气温,绿线为露点,单位:°C;图 b 为风矢量,单位:m/s)

下,强回波一旦移过南岭山脉后会迅速减弱消失的一个主要原因。而从福建登陆西行的台风,其气旋性环流携带的大量水汽遇湘东南特殊地形而强迫抬升,从而对降水产生明显的增幅作用。这可能也是从福建登陆西行的台风,其低压环流从江西进湖南,环流中心强度虽减弱,但降水往往不减反增的原因之一。同时,湘东南地形对降水的增幅作用也很可能是使其成为湖南省台风暴雨多年平均大值中心的一个重要因素。

值得一提的是,将地形高度减半以至地形消失后,虽大暴雨中心明显南压至粤北,但中心强度却有所增强。也就是说,湘东南地形降低或取消后,虽对湘东南暴雨落区、强度、形状产生较大影响,但对整个强降水带而言,强度非但没减反增。其结果可解释为:没有地形的阻挡(或地形阻挡作用减弱),西南风和东北风两条强水汽通道直接正面交汇,产生了比沿迎风坡倾斜上升更强的水汽辐合和动力抬升作用,从而造成降水面积的减小和降水强度的增大,这也正是“碧利斯”这类具有两支近乎正交的水汽通道的台风独有的特征。一般情况下如果只有一条水汽通道或两条水汽通道不正交,地形的消失将造成抬升作用的减弱,引起降水强度的减小。

5 结论与讨论

强热带风暴“碧利斯”登陆后其低压环流较长时间地维持,并与南海季风相互作用,造成了湖南省东南部

历史罕见的特大致洪暴雨。本文针对该暴雨天气过程,应用多种常规、非常观细网格观测资料及 NECP 再分析资料,结合 AREM 中尺度数值预报模式,对湘东南特殊地形对该台风暴雨影响进行了研究,结果表明:

(1) 有利的环境场条件决定了“碧利斯”登陆后移动的路径和强度的维持,登陆后其低压环流较长时间地维持,并与南海季风相互作用,对湘东南暴雨的产生起到了重要的组织和促进作用。

(2) 湘东南多山体分布且向北开口的喇叭口特殊地形通过与“碧利斯”低压环流北侧增强的东北风相配合,有利于水汽输送和中尺度对流系统发生、发展,对湘东南暴雨有明显增幅作用。

(3) 从地貌特点来看,湘东南地区东部、中南部多崇山峻岭、河谷密布、地形切割强烈。降水实况反映出湘东南暴雨落区主要位于耒水流域及周边的舂陵水、潇水、洙水等四大支流,耒阳、永兴、资兴、郴州位于耒水流域及东江水库,均为特大暴雨中心,强降水中心沿着河流分布的特点明显。此外,即便在湘东南较小的范围内,降水仍体现出时空分布不均的特点。那么湘东南这种多水体覆盖、非均匀的下垫面特征对台风暴雨落区和强度又有何影响呢?值得说明的是,由于模式分辨率不足以精细刻画湘东南细小河流,所以湘东南下垫面特征对降水影响的研究还有待于在下一步工作中,进一步提高模式分辨率,应用实时的、高分辨率的地表特性遥感资料,更换 AREM 模式的陆面土壤和植被类型,使模式植被分布更接近实况,减小陆

面过程的不确定性,以便有助于更深入地探讨湘东南特殊地形及下垫面特征对台风暴雨落区和强度的影响,为作好此类极端天气的预报服务提供更多更好的预报思路和技术方法。

参考文献:

- [1] 陈联寿. 热带气旋研究和业务预报技术的发展[J]. 应用气象学报, 2007, 17(6): 672-681.
- [2] 陈联寿, 徐祥德, 罗哲贤, 等. 热带气旋动力学引论[M]. 北京: 气象出版社, 2002: 317.
- [3] 陈联寿, 孟智勇. 我国热带气旋研究十年进展[J]. 大气科学, 2001, 25: 420-432.
- [4] 李江南, 龚志鹏, 王安宇, 等. 近十年来台风暴雨研究的若干进展与讨论[J]. 热带地理, 2004, 24(2): 113-117.
- [5] 程正泉, 陈联寿, 刘燕, 等. 1960—2003 年我国热带气旋降水的时空分布特征[J]. 应用气象学报, 2007, 18(4): 427-434.
- [6] 陈联寿, 罗哲贤, 李英. 登陆热带气旋研究的进展[J]. 气象学报, 2004, 62(5): 541-548.
- [7] 解以扬, 徐祥德. 登陆台风暴雨地形增幅的数值试验[J]. 南京气象学院学报, 1993, 16(4): 451-456.
- [8] 郑庆林, 吴军. 地形对 9216 号台风暴雨增幅影响的数值研究[J]. 南京气象学院学报, 1996, 19(1): 8-17.
- [9] 吴启树, 沈桐立, 李双锦. 影响福建沿海的 0010 号“碧利斯”台风暴雨的地形敏感性试验[J]. 台湾海峡, 2005, 24(2): 236-242.
- [10] 段丽, 陈联寿. 热带风暴“菲特”(0114)特大暴雨的诊断研究[J]. 大气科学, 2005, 29(3): 343-353.
- [11] 闫敬华, 徐建平, 丁伟钰, 等. 地形对登陆热带气旋“黄蜂”(2002)强度影响的模拟研究[J]. 大气科学, 2005, 29(2): 205-212.
- [12] 王晓芳, 胡伯威. 地形对 0604 号“碧利斯”登陆台风暴雨的影响[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(2): 97-102.
- [13] 黄小玉, 陈江民, 叶成志, 等. “碧利斯”引发湘东南特大暴雨的多普勒雷达回波特征分析[J]. 大气科学学报, 2010, 33(1): 7-13.
- [14] 蒋小平, 刘春霞, 费志宾, 等. 南海夏季风对强热带风暴 Biliis(0604)引发暴雨的影响[J]. 热带气象学报, 2008, 24(4): 379-384.
- [15] 李昀英, 叶成志. 地表植被分布对 0604“碧利斯”台风暴雨的影响[J]. 热带气象学报, 2010, 26(6): 801-806.
- [16] Yu Rucong. A Two-Step Shape-Preserving Advection Scheme[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 1994, 11(4): 479-490.
- [17] Yu Rucong. Application of a Shape-Preserving Advection Scheme to the Moisture Equation in an E-grid Regional Forecast Model [J]. Advances in Atmospheric Sciences, 1995, 12(1): 13-19.
- [18] 程锐, 叶成志, 许爱华, 等. 台风“云娜”的热动力结构模拟试验研究[J]. 暴雨灾害, 2007, 26(2): 103-108.
- [19] 叶成志. “碧利斯”登陆后造成的湘东南特大致洪暴雨过程数值模拟研究[D]. 兰州: 兰州大学大气科学学院, 2007.