

文章编号: 2096-1618(2020)06-0653-10

台风“玛莉亚”(201808)内核和外围螺旋雨带强降水成因初探

郑林晔¹, 谌芸², 肖天贵¹

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都, 610225; 2. 国家气象中心, 北京, 100081)

摘要: 为了提高华东地区台风暴雨的预报水平, 利用 ECMWF 再分析资料(0.75×0.75)、FY-2E 卫星 TBB 资料、雷达资料、全国自动站逐小时降水资料等资料对台风“玛莉亚”强降水时段的降水特征进行分析并对其成因进行初步探讨, 结果表明: 台风“玛莉亚”降水主要集中在台风内核及外围螺旋雨带上, 东南低空急流和持续的水汽输送为台风降水提供了良好的动力和水汽条件; 主体内核附近零散对流回波组织成块影响降水, 其剖面与山脉起伏具有一致性, 同时具有质心较低, 降水效率高的特点; 海上的 β 中尺度线状对流沿台风切线方向移动, 不断经过温州地区造成降水, 对流单体质心较低且向前倾斜, 易产生以短时强降水为主的强对流性天气; 台风内核降水集中在福州和建宁地区, 福州地区充沛的水汽配合地面辐合线和山脉抬升触发强降水发生; 建宁地区, 山脉抬升、中尺度切变线配合密集温度梯触发强降水。外围螺旋雨带的强降水主要位于温州地区, 地面辐合线是降水的主要触发机制, 同时对降水具有较好的指示作用。通过对“玛莉亚”的分析为华东地区台风暴雨的预报提供了有利的参考依据。

关键词: 中尺度气象学; 台风暴雨; 主体内核降水; 外围螺旋雨带降水; 风场辐合线; 地形作用

中图分类号: P458.3

文献标志码: A

doi: 10.16836/j.cnki.jcuit.2020.06.012

0 引言

台风暴雨常常引起严重灾害^[1], 台风暴雨主要分为: 台风核心区域暴雨、螺旋云带或外围暴雨、中小尺度系统暴雨、台前飚线暴雨、台风远距离暴雨^[2]。而每一类降水产生的原因都不尽相同。

台风是具有暖心结构的涡旋系统, 其内核由台风眼及台风眼壁组成, 台风眼壁上出现的涡旋是产生强降水的重要原因。环境系统以及登陆后的地形均会影响台风眼壁暴雨的强度变化和降水落区, 例如: 季风涌和西北太平洋东北信风会使台风内核暴雨显著加强; 陆地干冷空气侵入台风内部造成内核结构破坏, 使内核暴雨强度减弱, 落区范围缩小等^[3]。螺旋雨带是台风的一个重要中尺度系统, 具有剧烈的垂直上升运动、低空辐合和风向风速改变等明显特征。罗斯贝波的叠加和传播, 是螺旋雨带形成的一个重要原因^[4-5]。螺旋雨带的发生发展可以把台风暴雨组织传播到很远的距离^[6], 台风涡旋环流通常包含多条螺旋雨带, 组成雨带的对流单体的运动决定螺旋雨带的运动, 单个对流单体一般发生在雨带的外端, 移过雨带, 到内部消亡^[7]。不同的物理参数、结构、大尺度环流系统都会导致各螺旋雨带不同的降水强度和分布特征。螺旋雨带中对流单体的产生、发展、消亡等活动特征, 使降水的强度和落区更加复杂^[3]。登陆台风引起的强降水

与下垫面特性也有紧密的关联, 研究表明, 沿海地形对降水有较大影响, 迎风坡降水明显更强, 导致降水分布不均匀^[8-9]。浙江省地形对台风降水有明显的增幅作用, 地形作用产生与台风同位向的扰动使台风环流增强, 降水也随之增强^[10]。台风“桑美”的地形敏感性试验表明, 地形抬升使台风中心位势涡度、水平水汽通量散度及气流的垂直上升运动都有明显的增强^[11]。

目前对台风降水落区和强度的预报有较大的提高, 但是台风导致的中尺度暴雨的落区和强度预报仍具有很大的不确定性, 利用 ECMWF 再分析资料(0.75×0.75)、FY-2E 卫星相当黑体亮温(TBB)资料、雷达资料、全国自动站逐小时降水资料以及全国区域自动站逐小时观测资料对台风“玛莉亚”强降水时段的环境场及台风内核及螺旋雨带降水的中尺度特征进行分析, 并结合地形对不同强降水中心的成因进行分析, 为提高对台风中尺度暴雨的认识及预报提供参考。

1 “玛莉亚”概况及主体内核和螺旋雨带降水特征

2018 年八号台风“玛莉亚”于 7 月 4 日在西北太平洋洋面上生成, 其间由热带风暴发展为超强台风, 向西北方向移动, 逐渐向中国沿海靠近, 10 日减弱为强台风, 于 7 月 11 日 9 时 10 分在福建连江黄岐半岛沿海登陆, 为 14 级强台风, 20 时移入江西境内并减弱为热带低压, 之后强度持续减弱。台风“玛莉亚”路径稳

收稿日期: 2020-02-20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41975001、41175048); 国家重点研发计划专项资助项目(2017YFC1502501)

定、强度强,带来降水影响范围广、强度大,造成浙江、福建、江西、广东北部及湖南东部累计降水达到 100 mm 以上,将着重分析台风内核和螺旋雨所带来的降水。将发生在台风环流外的螺旋式中尺度雨带,称为台风外围螺旋雨带;将台风眼壁及其外围发生在台风环流内的螺旋式中尺度雨带所产生的降水称为台风内核降水^[7]。定义距离台风中心 100 km 以内台风造成的降水为台风内核降水,距离台风中心 180 km 以上并且未卷入台风内的螺旋雨带造成的降水为外围螺旋雨带降水。通过 7 月 11 日 10 时 42 分的华东雷达拼图(图 1),可以清晰地看到,在台风中心附近存在多处强回波中心,且在浙江沿海地区存在一条西北-东南走向的外围螺旋雨带,为研究台风内核和外围螺旋雨带,也是造成本次台风降水的主要台风结构。

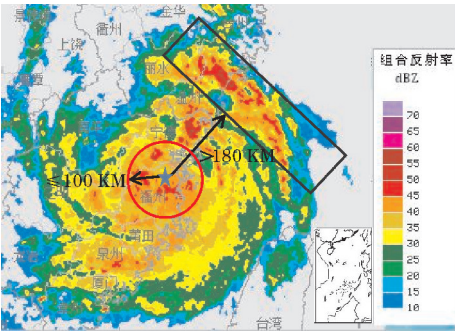


图 1 2018 年 7 月 11 日 10 时 42 分台风“玛莉亚”位于福州地区雷达拼图(黑框为外围螺旋雨带位置,红圈内为台风内核降水研究区域,★为台风中心位置)

“玛莉亚”台风从 7 月 10-13 日开始影响中国降水,主要降水集中在 7 月 11 日 08 时-12 日 08 时,由图 2 可见,台风以西北方向移动为主,过程降水呈不对称分布,台风路径上主体内核影响下的福建地区及外围螺旋雨带影响下的浙江东南部存在大降水中心。福建境内的内核降水在建宁、福州地区存在两个强降水中心,降水达 123 mm 和 94 mm,主体内核降水主要位于台风路径左侧。浙江东南部螺旋雨带降水主要呈东北-西南走向带状分布,有两个强降水中心存在于温州地区和闽浙边界,24 h 累积降水量分别为 142 mm 和 80 mm。

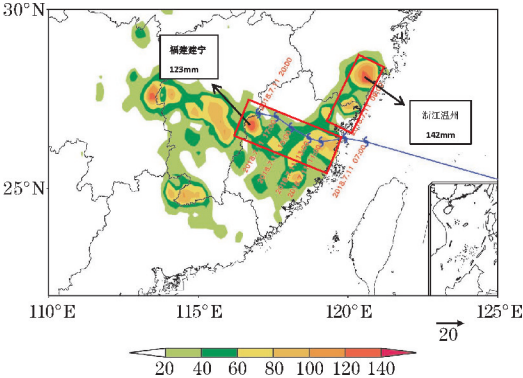


图 2 台风“玛莉亚”2018 年 11 日 08 时-12 日 08 时降雨量实况及台风移动路径图(蓝色实线)

对比分析台风内核(福建建宁站)和螺旋雨带(浙江温州站)影响下最强的两个降水中心的逐小时降水(图 3)发现,内核降水(建宁)在台风影响时段内,降水时间连续,降水强度大,15-20 时小时雨量均大于 20 mm/h,最大小时降水量达到 53 mm/h(16 时)。螺旋雨带降水(温州)在台风登陆前开始,降水时间不连续性,主要集中 9-16 时,其中 09 时、11 时、12 时小时降水达到 20 mm 以上,最大小时雨量 36 mm/h(11 时),随着台风向内陆移动,螺旋雨带瓦解,降水也逐渐减弱。

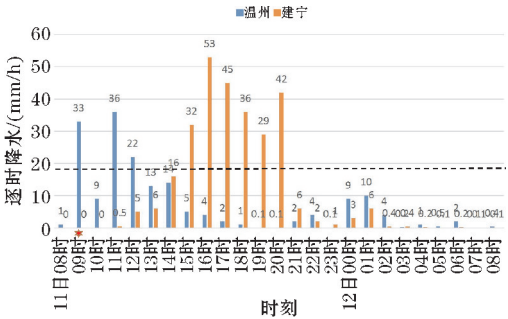


图 3 温州站、建宁站 2018 年 7 月 11 日 08 时-12 日 08 时逐小时降水演变(虚线为雨量 20 mm/h,★为台风登陆时间)

2 降水环境场特征分析

造成降水的因素众多,各因素之间相互影响,通过分析 850 hPa 的等位势高度线(图 4)可知,副高不断西伸,影响台风持续向西移动。从 850 hPa 水汽通量分布可以发现,台风主体北部水汽通量明显大于南部,具有明显不对称性,11 日 08 时水汽的主要来源是西太平洋和南海,水汽通量大值区主要在闽北至浙南地区,强度达 40 g/(hPa·cm·s) 以上,暖湿气流在此汇合为降水的产生提供了良好的水汽条件。随着台风登陆西行,14 时后台风与西太平洋的水汽通道断裂,水汽主要由南海输送,水汽强度相较于 08 时有明显的减弱,降水也有所减弱,水汽通量大值区集中在浙江南部地区强度达 35 g/(hPa·cm·s) 以上,浙南地区长时间维持的强水汽通量是其产生强降水的重要因素,台风南部水汽通量强度始终保持在 20 g/(hPa·cm·s) 左右,水汽条件相比台风北部要弱但仍有强降水产生,因此地形等其他因子的作用也较明显,而台风南部始终维持的水汽通道也为“玛莉亚”台风的维持提供了源源不断的潜热能。台风右侧由于高压挤压,产生较强气压梯度力,风场具有不对称性,形成东南急流,东南急流携带大量海上水汽为对流系统的形成提供了充足的水汽,同时也为降水的产生提供良好的动力条件。水汽通量场和风场为台风降水提供了良好的水汽条件和动力条件的同时,也是造成台风降水不对称性的重要因子。

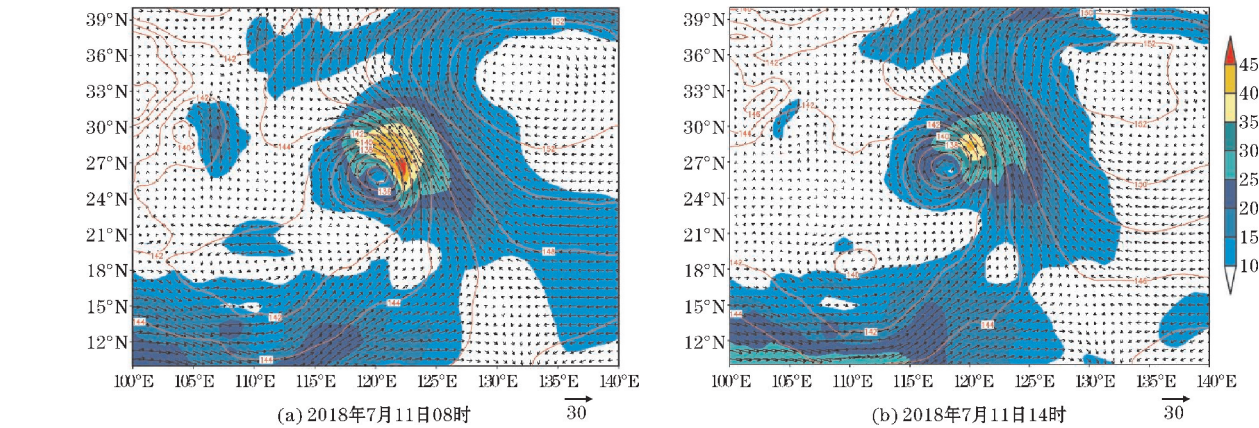


图 4 850 hPa 等位势高度线、风场及水汽通量分布图

3 台风内核降水中尺度特征及其成因分析

3.1 雨团活动特征

利用全国逐小时加密自动站降水资料分析雨团活

动特征(图 5)可以发现,内核降水随着台风环流的登陆,9 时开始闽浙边界雨团逐渐向福建扩张,10 时闽浙边界强降水中心分裂成两个降水中心,南侧强降水中心随着台风不断西行,为闽中闽南地区带来降水。降水具有不对称性,主要集中在台风中心南侧,普遍达 35 mm/h 以上,降水中心随着台风中心不断向西移动,雨量强且移速快。台风内核强降水主要集中在 10–11

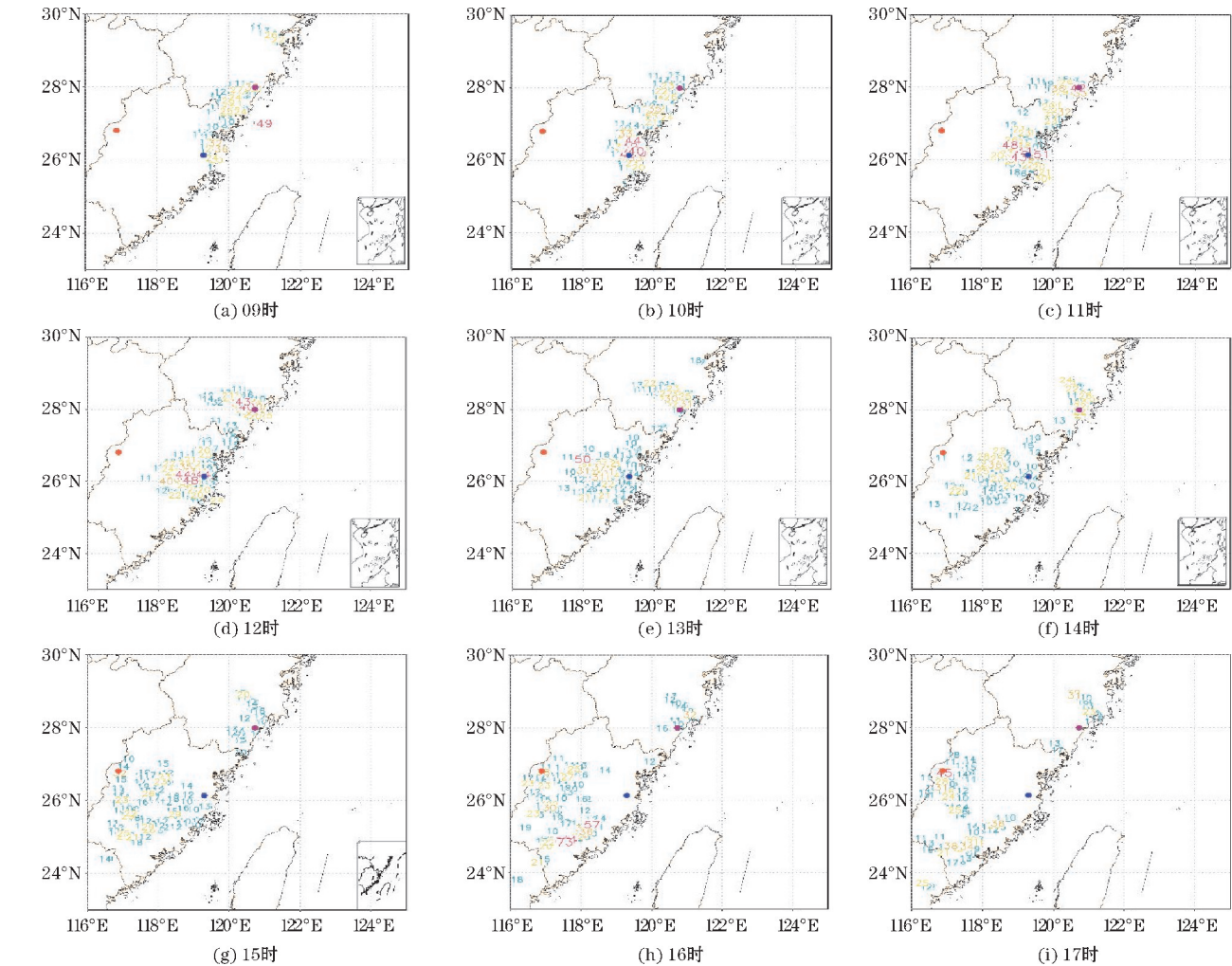


图 5 2018 年 7 月 11 日 09–17 时台风“玛莉亚”逐小时降水量 (蓝点为福州站位置,红点为建宁站位置,紫点为温州站位置)

时,最强降水中心达45 mm/h以上,主要集中在福建沿海福州地区。随着台风不断深入内陆,强降水中心也向内陆移动,降水区域有明显扩张。13 时开始,强降水中心逐渐远离台风中心,降水的不对称性更加明显。17 时开始,降水集中在建宁地区,降水逐渐增强至 30 mm/h 以上,持续至 20 时(图略),随着台风进入江西省,福建省降水逐渐减弱消失。台风内核强降水落区与台风路径有着密不可分的关系。11 日 03 时(图略)外围螺旋雨带降水雨团生成于闽浙交界处,降水强度较弱,04-06 时,随着台风中心的靠近,降水从闽浙边界沿海岸线向东北方向扩展,于 07 时雨团分裂成两个降水中心,北部降水中心随着台风的移近逐渐减弱消失,南部降水中心强度逐渐增加,08 时降水中心达最大值,强度达35 mm/h。随着台风环流的西进,10 时开始降水区域向西扩展且不断向北移动,沿台风环流切线方向呈带状分布,11-12 时降水明显加强,降水中心小时雨量达35 mm/h,雨团再次分裂成南北两个降水中心,南部降水强度减弱,北部强降水区域缓慢北移,随着台风不断深入内陆,螺旋雨带逐渐减小降水趋于结束。

3.2 伴随台风移动强对流云团的发展演变特征

云顶亮温(black body temperature, TBB)资料可以很好地揭示云团及其演变的过程及显著特征,用 $TBB < -52\text{ }^{\circ}\text{C}$ 表示强对流的存在,暴雨常发生在 TBB 温度 $-63\text{ }^{\circ}\text{C} \sim -80\text{ }^{\circ}\text{C}$ [13]。从图 6“玛莉亚”的 TBB 演变图可以清楚地看到,对流云团分布具有显著的不对称,旺盛的强对流云系位于台风中心南部,8:30-11:30 福建沿海地区存在强对流云系 ($TBB < -62\text{ }^{\circ}\text{C}$),其中镶嵌 $TBB < -72\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的对流云团,对流云系从东向西移动,在移动过程中,强对流云团冷云面积向 TBB 梯度大的方向发展,并且 $< -72\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的云团也不断扩大,而台风中心北部对流云团强度相较于南部较弱。12:30 时开始,强对流云团覆盖范围开始缩小,逐渐远离台风中心,强对流云团北部存在大的 TBB 梯度区。对照台风内核降水过程可知,强降水区域与 TBB 低值区有一定的对应关系,但是有的区域并没有很好的重合,而是在其梯度区,通过初步分析表明,“玛莉亚”在移动过程中生成的强对流云团和密集的 TBB 梯度是造成降水的原因之一。

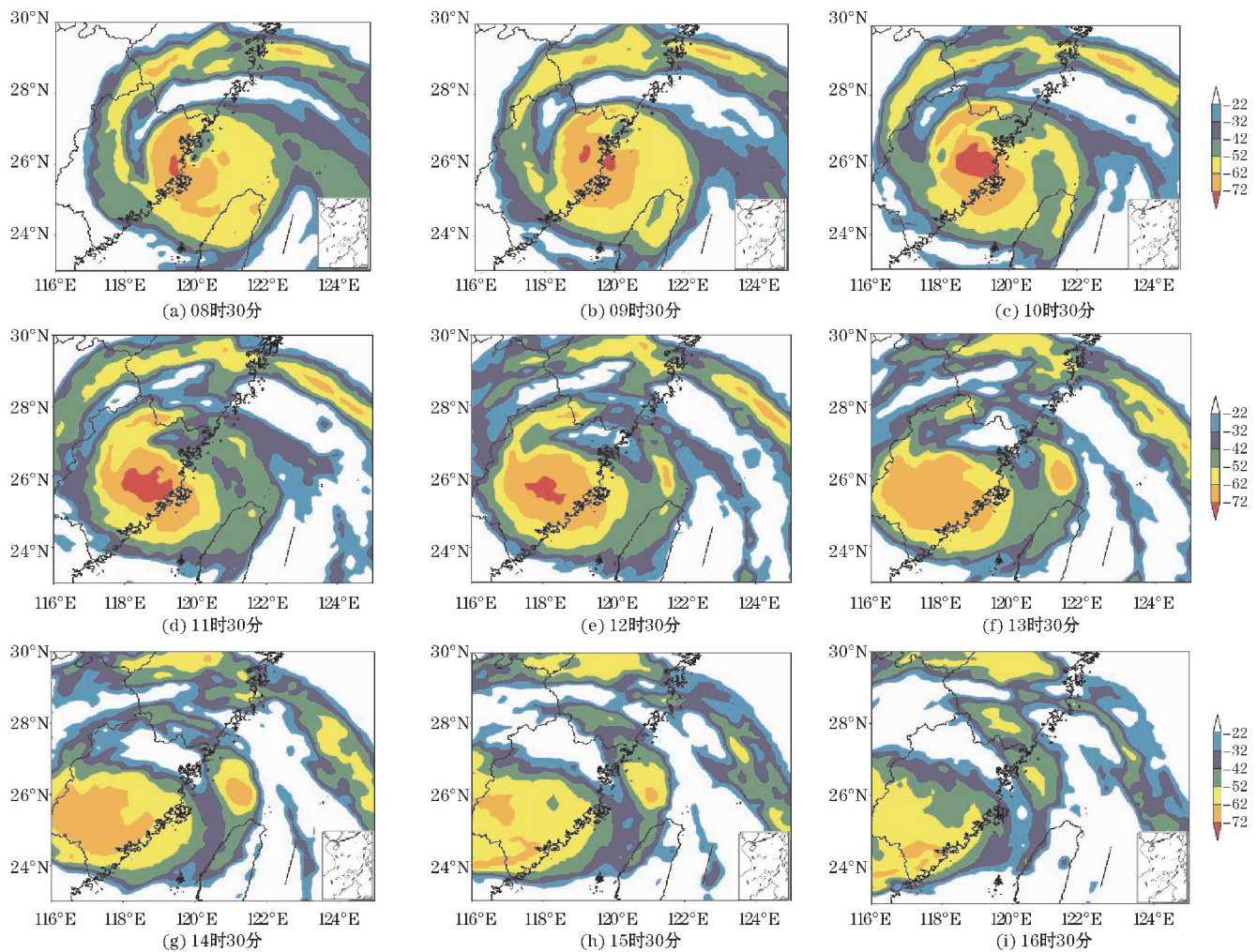


图 6 2018 年 7 月 11 日 08 时 30 分-16 时 30 分台风“玛莉亚”登陆期间逐小时 TBB 演变过程(红圈为 $TBB \leq -72\text{ }^{\circ}\text{C}$ 冷云区)

3.3 向岸风和地面辐合线共同作用触发对流引发沿海强降水

台风内核造成了福建地区的降水,其中沿海福州地区及建宁地区为强降水中心,接下来将对福州地区在建宁地区的强降水成因进行初步分析。选取福州地区强降水中心地面资料进行分析(图 7),在台风登陆前(09 时)福州沿海地区降水强度较弱,地面主要为西南风(离岸风),随着台风的移近(12 时),地面风向转

为向岸风(东南风)将海上的暖湿气流输送至降水中心,同时配合地面风辐合(西南风与东南风),降水强度加强,主要集中在高地迎风坡处。随着台风向内陆移动(14 时)大部分地区转为东南风,风向辐合线逐渐消失,降水强度开始减弱。随着台风环流的靠近,强降水在地面辐合线附近出现,地面的中尺度辐合对对流系统的连续发展具有直接的触发作用,对流天气先出现在辐合线的附近^[14],大暴雨的分布与地面辐合线走向基本一致,并随其移动而移动^[15]。

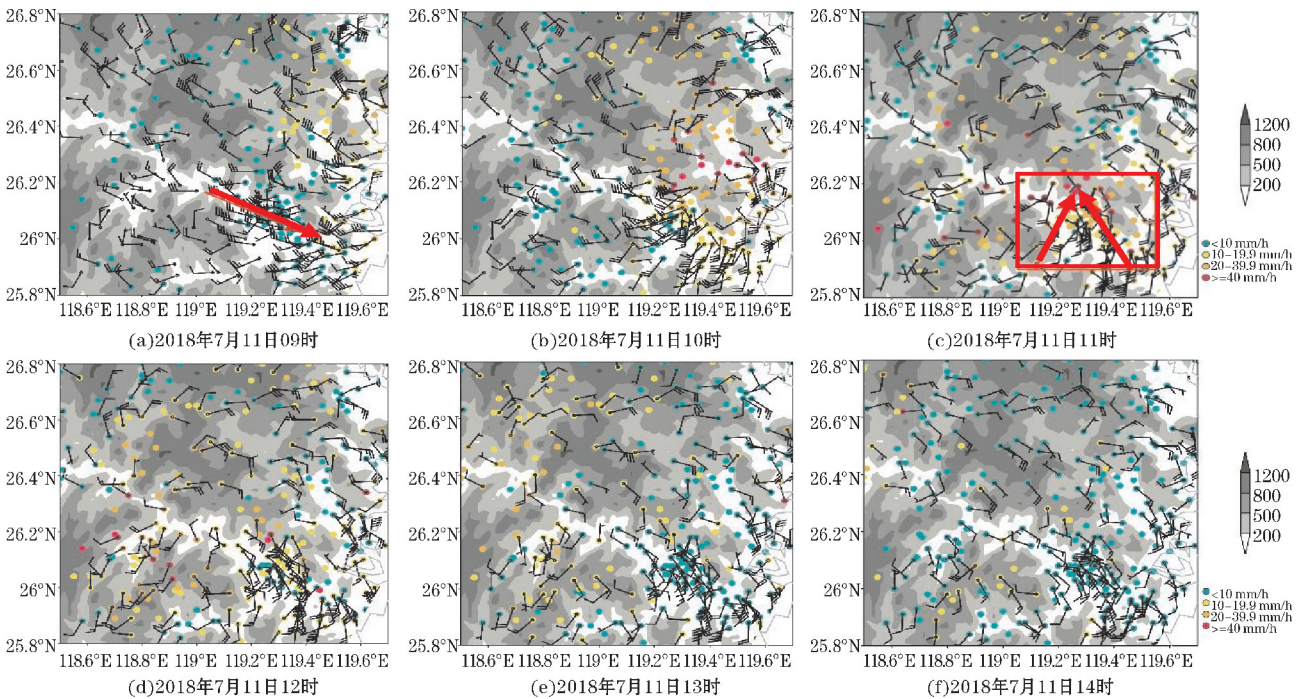


图 7 “玛莉亚”登陆期间逐小时降水(实心圆点)、地形(阴影)、风场(黑色风杆),(红色框内为地面风向辐合区域,红色箭头为环境风向)

3.4 台风环流对局地对流的组织化影响沿海强降水

从 7 月 11 日 8:32–11:52 的福州站多普勒雷达 1.5°反射率因子图(图略),强降水时段福州地区上空覆盖广泛的层状回波(<40 dBz),其中镶嵌零散的强回波,其反射强度在 40~50 dBz。08:32 时左右在福州鼓山及闽江流域附近有零散回波生成,随着台风向内陆移动,环流将零散回波组织发展合并形成强回波块,10:00 强回波块向福州市区发展移动的同时逐渐瓦解,10:53 时在福州市区有短暂的合并后迅速瓦解,在鼓山附近,不断有零散的强回波发生发展继续影响福州地区。影响福州地区的主要是鼓山触发产生的零散对流单体,当台风环流移近时,受环流影响组织成块,影响大范围地区降水,当台风向内陆移动时,组织性转差,再次瓦解成零散回波影响局地降水。利用福州 0.5°仰角多普勒天气雷达数据对 10:59 福州市区的强回波块进行剖面分析(图 8),回波在移过高地之前>

40 dBz的回波集中在较低位置,在高地前>40 dBz的回波有明显的发展,回波顶高达 9 km,但强回波(>40 dBz)仍在 3 km 以下,具有低质心、低顶高的对流结构特征,有高的降水效率,对流回波顶具有波状特征,其波峰与高地地形对应,顶高相较于其他地方有明显凸起,山脉产生的强迫抬升使对流加强,表明下垫面对对流单体的发展和触发起到重要作用。

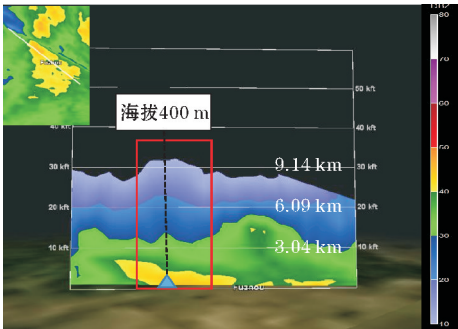


图 8 2018 年 7 月 11 日 10 时 59 分经过福州市区强回波块垂直剖面图(左上角为该时刻 1.5°仰角雷达回波)

3.5 中尺度切变线及强烈温度梯度触发上升运动引发建宁强降水

主体内核在福建境内的另一个强降水中心在建宁地区,由该地区的地面资料分析(图9)可见:建宁附近以高山为主,位于武夷山和邓家山之间,主要受西北风气流影响。在邓家山迎风坡存在零散的正涡度中心,强度始终保持在 $10\times 10^{-5}/s$ 以上,存在强上升运动,为降水提供良好的动力条件,15-18时,邓家山处形成西北风、东南风的中尺度切变线,中尺度切变线配合迎风坡的上升运动触发对流产生强降水,30 mm以上小时降水站点逐渐增加。随着台风继续深入内陆,强涡度和风切变消失,降水逐渐减弱,普遍站点降水在10 mm

以下。将地面温度插值为格点资料,计算每个格点与区域平均气温之间的插值得到温度距平,从温度距平分布可见,从15时开始,由于经纬度以及地形的差异,为东冷西暖分布,随着台风的靠近,山体阻滞了台风的暖空气水平扩散,在山前形成强温度梯度,强水平梯度强迫风垂直切变增强,从而导致了边界层顶的气流加强。辐合抬升与垂直切变的加强使强降水发生发展。台风在影响建宁地区时虽减弱为热带风暴,但仍具备良好的暖湿条件,为降水提供了良好的水汽条件,建宁站一直处于热力不稳定一侧,配合大的涡度中心,当台风过境时,地面风切变触发强对流天气的发生,引发短时强降水。

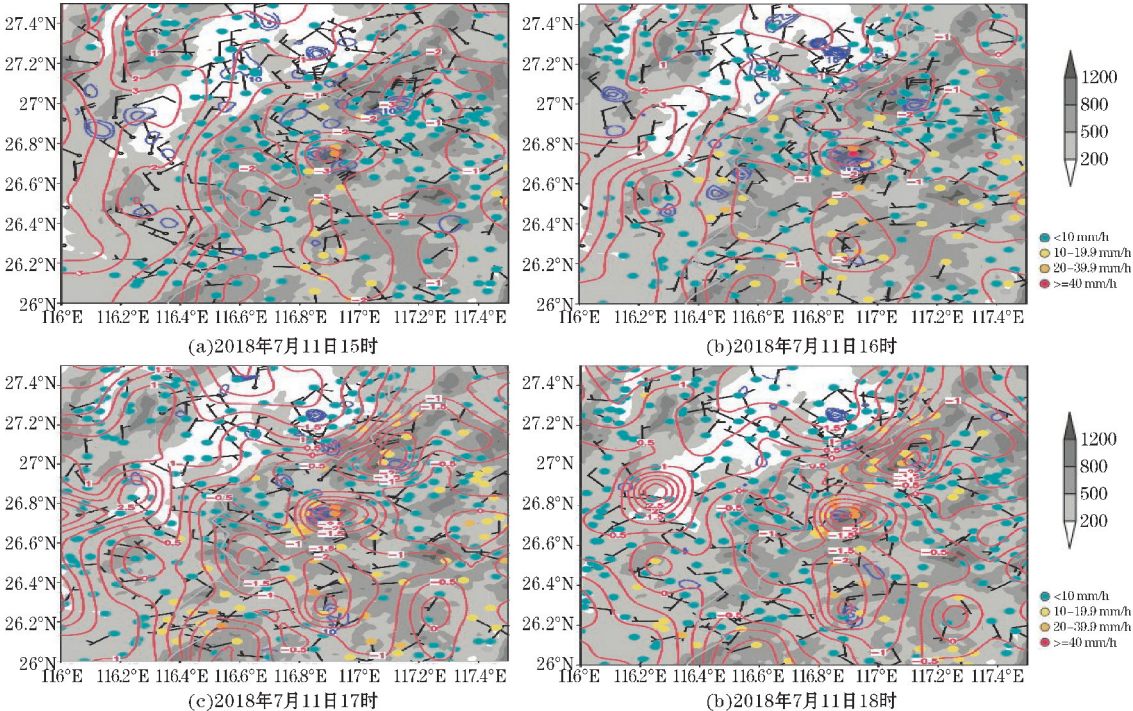


图9 “玛莉亚”登陆后逐小时降水(实心圆点)、地形(阴影)、涡度(蓝色实线)、温度距平(红色实线)

3.6 台风环流将零散强回波组织成块带来建宁局地强降水

从7月11日14:01-19:35雷达组合反射率演变可见(图10),建宁地区存在广泛的层状回波(<40 dBz),14:01时层状回波中出现零散强回波(40~50 dBz),主要集中在建宁地区北部和南部,北部的零散强回波随着台风环流西北风逐渐向建宁地区靠近,不断扩大发展,组织成块,17时,强回波逐渐向南移动,不断经过建宁地区,与南部零散强回波中心结合,贯通形成南北走向的强回波区,强回波区存在时间短暂,17:30再次瓦解成零散,并逐渐向南移动,强度保持在40 dBz以上。强回波中心与强降水区保持良好的对应关系。随着台风向内陆移动,回波结构变得松散,影响建

宁地区的强回波也逐渐消失,建宁地区整体回波强度维持在30~40 dBz,随着强回波区逐渐移出建宁地区,降水趋于结束。

16:18的雷达回波垂直剖面图如图11所示,结合强回波的位置与建宁县周边的中小尺度地形分析发现,零散的强回波从建宁北部受台风环流西北风影响移入建宁地区,在邓家山前开始发展,回波顶高较低在6 km左右,其中强回波(>40 dBz)在3 km以下,经过黄添岭高地时,对流顶高发展至9 km左右,强回波达到3 km。对流回波顶具有波状特征,其波峰与山脉具有良好对应,山脉产生的强迫抬升促使对流加强。在强回波北端,不断有零散强回波被触发,随台风环流西北风向东南方向不断移动,在邓家山前发展组织成块,给建宁地区带来了持续的强降水。

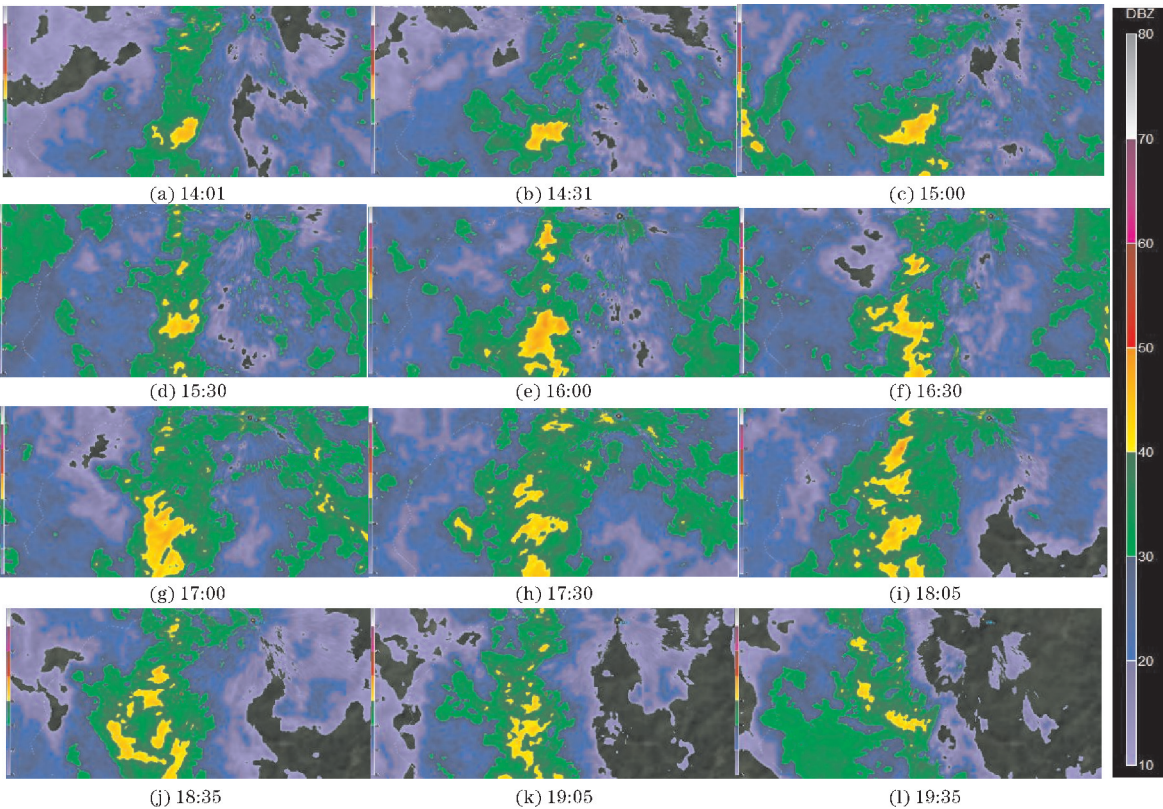


图 10 2018 年 7 月 11 日建宁 1.5°仰角多普勒天气雷达回波

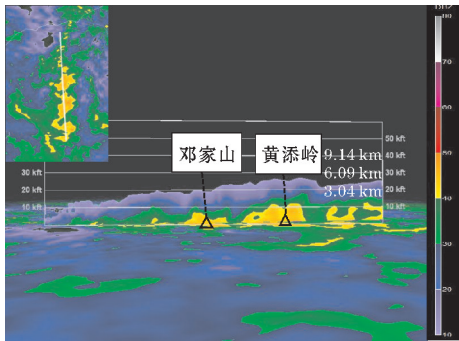


图 11 2018 年 7 月 11 日 16 时 18 分雷达回波垂直剖面图
(左上角为该时刻 1.5°仰角雷达回波)

南移,降水也随之南移,说明地面辐合线的位置对强降水落区有很好的指示作用。零散正涡度中心主要存在于高地形地区,与强降水中心有着良好的对应关系,09 时山地降水主要集中在 A 区涡度中心强度普遍达到 $10\times10^{-5}/s$ 以上,地面存在气流辐合形成强上升运动,10 时台风向内陆移动,A 区涡度强度减弱大部分站点降水明显减弱,12 时涡度密集区集中在 B 区,降水也随之北移至 B 区,表明高地形有利于气流辐合抬升,强上升运动是导致水汽抬升凝结产生强降水的重要原因。

4.2 β 中尺度线状对流的列车效应

从温州站的多普勒雷达 1.5°反射率因子图(图 13)分析可知,11 日 08 时开始,浙江东南沿海存在着广泛的层状回波,海上不断有 β 中尺度线状对流向温州地区移动,并在东南部不断有新对流单体被触发,沿台风切线方向移动,零散强回波单体不断发展成新的 β 中尺度线状对流,在 9:00–10:06 不断经过温州地区,有明显的“列车效应”。9:48 开始,靠近大陆的海上零散强回波单体开始组织合并,形成一条沿台风切线方向发展的更加旺盛的 β 中尺度线状对流,同时海上不断有对流单体并入 β 中尺度线状对流,之后 β 中尺度线状对流移出温州地区,降水趋于结束。

4 外围螺旋雨带的中尺度雨团成因分析

4.1 地面辐合线触发对流

从温州地区的地形分布及自动站观测地面风场和 1 h 累积降水量(图 12)可见,温州地处于三面环山,一面向海的喇叭口地形中,强降水主要集中在喇叭口地形以及高地。11 日 09–12 时,喇叭口地形使气流的辐合加强,温州不断有地面辐合线(辐合线左侧为东南风,右侧为东风)发展和维持,产生局地风向辐合线^[16],配合向岸风带来的海上暖湿气流,导致强降水发生,最大雨强达到 40 mm/h 以上。10 时地面辐合线

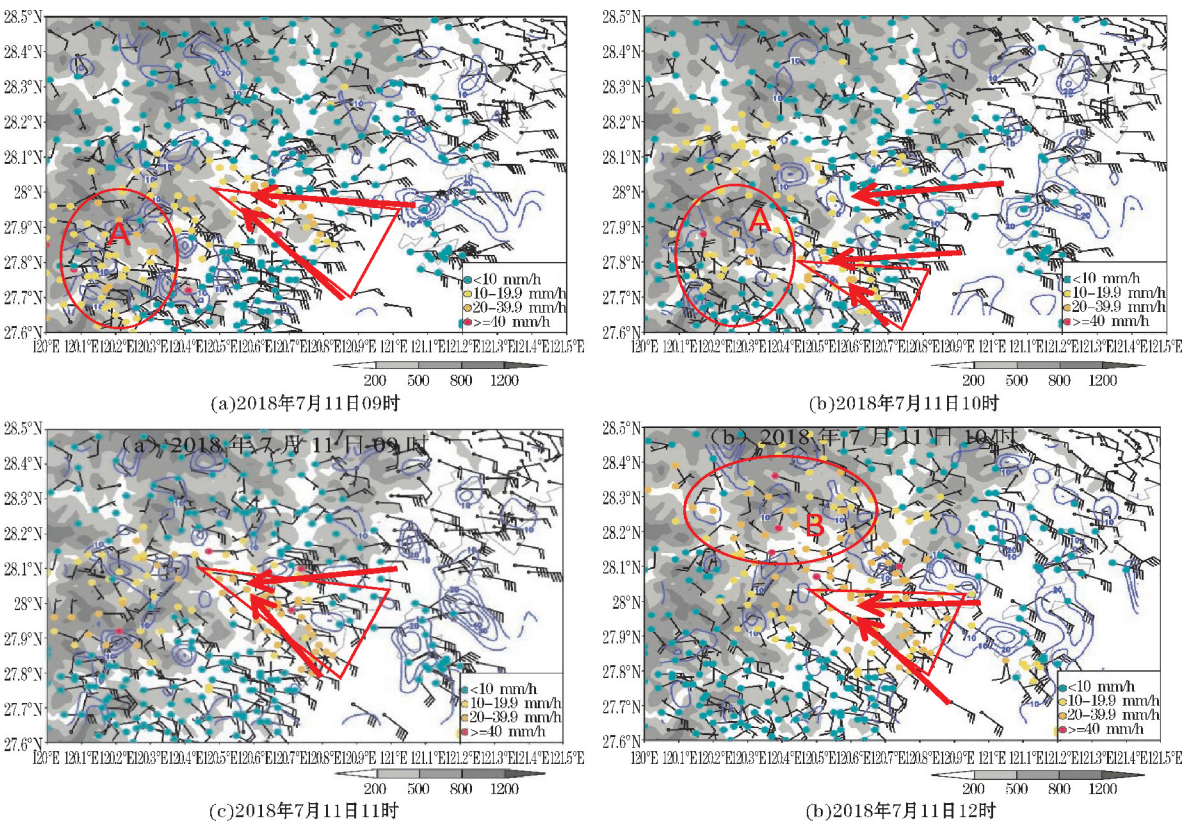


图12 “玛莉亚”登陆后小时降水(实心圆点)、地形(阴影)、涡度(蓝色实线)
(红圈内为降水大值区,红色三角形为地面风向辐合区域,红色箭头为环境风向)

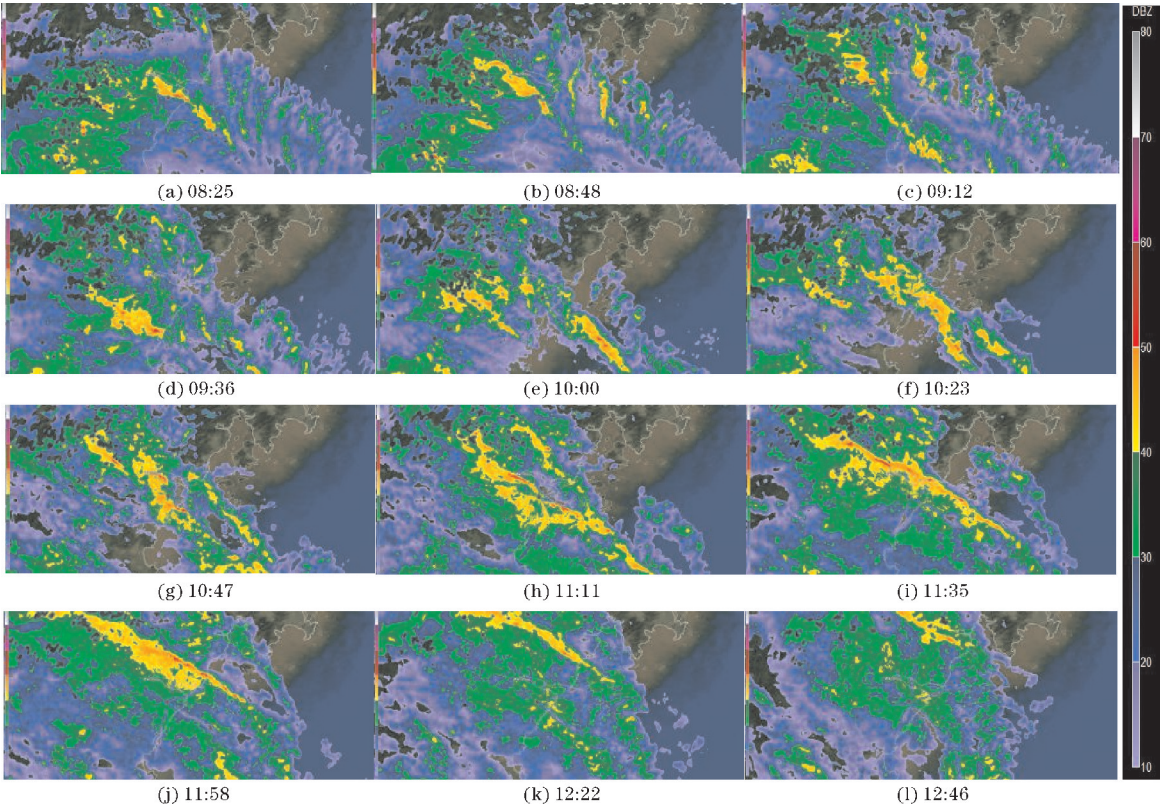


图13 2018年7月11日温州1.5°仰角多普勒天气雷达回波

对流性天气与对流本身的结构有着密切的关系,热带气旋的暖云对流往往有高的降水效率,若同时伴有倾斜结构则更容易产生以短时强降水为主的强烈对流性天气。由11日11:11强降水时刻的雷达回波沿

现状对流的剖面 and 中小尺度地形图(图14)可见 β 中尺度线状对流走向基本与茶山、雁荡山脉一致,海上发展起来的 >50 dBz的强回波基本在3 km以下,对流单体质心较低,暖云对流降水效率较高。在台风外围环流的组织下,对流合并发展。回波移动过程中具有明显前倾的特征,配合高效率的暖云降水,易产生以短时强降水为主的强烈对流性天气^[17-19]。强回波的峰值与山脉具有良好的对应关系,地形迫使对流发展加强,当线状对流移出温州地区,倾斜消失且强度逐渐减弱,降水也随之减弱(图略)。

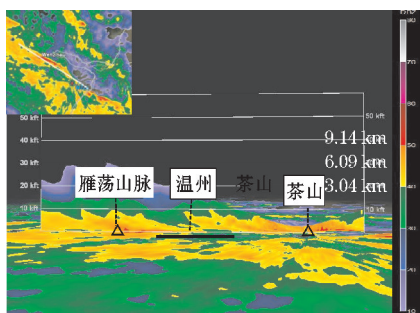


图14 2018年7月11日11时11分线状 β -MCS雷达回波垂直剖面图
(左上角为该时刻1.5°仰角雷达回波)

5 结论和讨论

分析了台风“玛莉亚”内核及螺旋雨带降水的中尺度特征及强降水成因,分析发现:

(1)台风“玛莉亚”的降水主要分为台风主体内核降水和螺旋雨带降水两部分。台风内核强降水中心随着台风中心向内陆移动,影响范围广,降水主要集中在路径的左侧,具有不对称性,主要发生在台风登陆后,降水强度大且具有连续性。螺旋雨带降水主要集中在浙南地区,雨带较窄,沿台风切向方向分布,外围螺旋雨带在台风登陆前便开始影响浙江南部及福建沿海地区,降水强度相比内核降水要弱,降水具有不连续性。

(2)台风东北侧存在的高压中心,使台风持续向西移动,并且挤压台风,使“玛莉亚”右侧存在较强的气压梯度力,使风场结构具有不对称性,同时形成东南低空急流,为台风环流提供良好的动力作用。台风“玛莉亚”水汽的主要来源是西太平洋和南海,持续维持的水汽通道将暖湿空气输送至台风,提供了水汽和潜热能,为降水提供了良好的条件。水汽通量分布及风场的不对称性是造成降水不对称的重要因素,台风移动过程中生成的强对流云团和密集的TBB梯度也是造成降水的原因之一。

(3)沿海福州地区和建宁地区为过程降水大值区域,福州地区受台风内核影响,离岸风转为向岸风,带

来充沛的暖湿气流,配合地面辐合线和山脉的抬升,触发强降水的发生;建宁地区地处山脉迎风坡处,存在剧烈的上升运动,配合地面西北、东南的中尺度切变线,触发强降水发生,强烈的温度梯度为降水提供了良好的温度场环境,使降水增强。外围螺旋雨带强降水中心温州地区地处喇叭口地形,存在大涡度中心,地形使气流辐合加强汇合形成东风和东南风辐合线,向岸风提供充足的暖湿气流,配合上升运动共同导致此地强降水的发生,强降水中心随涡度大值区和辐合线的移动而移动。

(4)台风内核降水主要是山地及河流地区触发的零散回波在台风环流的组织下形成强回波块,形成强降水中心,影响福州地区及建宁地区的对流单体质心均较低,降水效率高,雷达剖面波状特征与山脉起伏有良好的对应。螺旋雨带降水区位于浙南,海上对流单体发生发展成 β 中尺度线状对流,沿台风切线方向不断经过温州地区,“列车效应”显著,并且不断有新对流单体从 β 中尺度线状对流尾部并入,使 β 中尺度线状对流不断加强影响降水。 β 中尺度线状对流与茶山、雁荡山脉走向一致,对流单体质心低,明显前倾,降水效率高,易产生以短时强降水为主的强对流性天气。

参考文献:

- [1] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京:科学出版社, 1980:1-225.
- [2] CHEN Lianshou, LI Ying, CHENG Zhengquan. An Overview of Research and Forecasting on Rainfall Associated with Landfalling Tropical Cyclones[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2010, 27(5): 967-976.
- [3] 陈联寿, 孟智勇, 丛春华. 台风暴雨落区研究综述[J]. 海洋气象学报, 2017, 37(4): 1-7.
- [4] 邓莲堂, 刘式适, 徐祥德, 等. Rossby 参数 β 在涡旋 Rossby 波中的作用[J]. 热带气象学报, 2004, 20(5): 483-492.
- [5] 康建伟, 陆汉城, 钟科, 等. 台风内部的中尺度波动与多边形眼墙的形成[J]. 热带气象学报, 2007, 23(1): 21-26.
- [6] 李英, 王继志, 陈联寿, 等. 台风麦莎(Matsa)的波状降水特征研究[J]. 科学通报, 2007, 52(3): 344-353.
- [7] 寿绍文. 中尺度气象学[M]. 3版. 北京:气象出版社, 2015:179-184.
- [8] 纽学新, 杜惠良, 滕代高, 等. 影响登陆台风降水

- 量主要因素分析[J]. 暴雨灾害, 2010, 29(1): 76-80.
- [9] 黄奕武, 端义宏, 余晖. 地形对超强台风罗莎降水影响的初步分析[J]. 气象, 2009, 35(9): 3-10.
- [10] 张建海, 于忠凯, 庞盛荣. 浙江地形对台风 Khanum 影响的数值试验和机理分析[J]. 科技导报, 2008, 26(21): 66-72.
- [11] 马玉芬, 沈桐立, 丁治英, 等. 台风“桑美”的数值模拟和地形敏感性试验[J]. 南京气象学院学报, 2009, 32(2): 277-286.
- [12] Robert A, Houze JR. Clouds in Tropical Cyclones [J]. Monthly Weather Review, 2010, 138, 293-344.
- [13] Maddox R A. Mesoscale convective complexes[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1980, 61(11): 1374-1387.
- [14] 王丽荣, 刘黎平, 王立荣, 等. 太行山东麓地面辐合线特征分析[J]. 气象, 2013, 39(11): 1445-1451.
- [15] 盛日锋, 王俊, 龚佃利, 等. 济南“7.18”大暴雨中尺度分析. 高原气象, 2008, 30(6): 1554-1565.
- [16] 王政宇. 喇叭口地形对降水的作用[J]. 气象, 1982, 8(1): 17-18.
- [17] 郝莹, 姚叶青, 郑媛媛, 等. 短时强降水的多尺度分析及临近预警[J]. 气象, 2012, 38(8): 902-912.
- [18] 孙继松, 陶祖钰. 强对流天气分析与预报中的若干基本问题[J]. 气象, 2012, 38(2): 164-173.
- [19] 孙继松. 从天气动力学角度看云物理过程在降水预报中的作用[J]. 气象, 2014, 40(1): 1-6.

Preliminary Study on the Causes of Heavy Precipitation in the Main Core and Spiral Rainband Belt of Typhoon Maria (201808)

ZHENG Linye¹, CHEN Yun², XIAO Tianguai¹

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu, 610225, China; 2. National Meteorological Center, CMA, Beijing, 100081, China)

Abstract: In order to improve the typhoon rainstorm forecast level in east China area, using ECMWF reanalysis data (0.75×0.75), FY-2E satellite TBB data, radar data, the automatic station precipitation data as well as the national regional automatic station hour by hour observation data, analyzing the precipitation characteristics of typhoon “maria” in the period of heavy rainfall, initially discussing its cause, the results showed that: The precipitation of typhoon maria was mainly concentrated on the spiral rain belt of the typhoon’s core and periphery. The southeast low-altitude jet and continuous water vapor transport provided good power and water vapor conditions for the typhoon’s precipitation. The scattered convection echo near the main core is organized into blocks to affect the precipitation, and its profile is consistent with the fluctuation of mountains, with characteristics of a low center of mass and high precipitation efficiency. The horizontal mesoscale linear convection on the sea moves along the tangential direction of the typhoon and continuously passes through Wenzhou area, causing precipitation. The convective monomer centroid is low and leans forward, which easily leads to the strong convective weather dominated by short-term heavy rainfall. The precipitation in the core of the typhoon was concentrated in Fuzhou and Jianning areas. The abundant water vapor in Fuzhou region triggered the heavy precipitation with the ground convergence line and the mountain rise. In Jianning area, the mountain uplifts and mesoscale shear lines are combined with dense temperature ladders to trigger heavy precipitation. The heavy precipitation in the outer spiral rain belt is mainly located in Wenzhou area. The ground convergence line is the main trigger mechanism of precipitation, it also give an instruction for the precipitation. The analysis of maria provides a reference for the forecast of typhoon and rainstorm in east China.

Keywords: mesoscale meteorology; typhoon rainstorm; main core precipitation; peripheral spiral rain belt precipitation; convergence line of wind field; topography action