

台风“尤特”持续性强降水过程综合分析

黄海涛, 李青松, 付 炜, 蒋丽敏, 刘 沈 (湖南省永州市气象局, 湖南永州 425000)

摘要 采用卫星资料、多普勒雷达资料、自动气象站资料和物理量诊断分析, 对2013年8月15日第11号台风“尤特”减弱为低压后造成永州市持续性强降水过程的时空结构进行了分析, 通过环流形势演变、天气尺度以及地形分析, 探讨了持续性强降水的原因。结果表明, 此次台风暴雨过程发生在热带辐合带北上, 低压环流长时间徘徊少动, 横切变线长时间控制南岭一线, 触发了不稳定能量释放, 加上地形的作用, 加强了局部产生特大暴雨的动力作用。

关键词 台风暴雨; 环流形势; 物理量; 天气尺度; 地形; 持续性强降水

中图分类号 S161.6 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)17-210-03

永州市位于湖南南部、五岭北麓, 为多暴雨地区之一, 年平均暴雨42站次, 最多2002年87站次, 最少1991年30站次; 根据资料统计, 永州市一年四季均有暴雨发生, 主要集中在春末至夏初, 盛夏至初秋次之。按其影响的天气系统可分为西风带天气系统暴雨和热带天气系统暴雨两大类。20世纪80年代~2010年暴雨频次加大、强度增强。2013年8月15日第11号台风“尤特”减弱为低压后造成永州市持续性强降水过程, 笔者在此运用地面和高空观测资料, 综合分析了有利于台风暴雨发生、发展的环境条件, 并结合永州雷达产品资料和卫星云图, 着重分析了物理量特征以及地形与降水的对应关系, 以期对台风暴雨的预报预警提供参考思路。

1 雨情

2013年8月15日08:00~19日08:00, 受11号台风“尤特”倒槽影响, 永州市普降暴雨, 局部大暴雨, 局地特大暴雨。此次降水维持时间长, 累积雨量大。根据永州市区域气象自动站监测, 期间降水量 ≥ 200 mm的有114站次, 最大出现在蓝山的竹林, 为647.6 mm, 降水量100.0~199.9 mm的有122站次, 50.0~99.9 mm的有87站次。强降雨主要出现在永州市南部的蓝山、道县、宁远、江永、江华等地, 其中蓝山县34个气象自动站中, 出现降水量 ≥ 200 mm的29站次, 占全县站点的85.29%, ≥ 250 mm的19站次, 占全县的55.88%。8月15日20:00~16日20:00, 永州市出现降水量 ≥ 100 mm 78站次, ≥ 250 mm 5站次(均出现在蓝山), 其中日最大降水量出现在蓝山汇源(407.1 mm); 但整个降水期间的雨强不强, 最大雨强为43.2 mm/h。

2 天气形势演变

第11号超强台风“尤特”14日15:50前后登陆广东阳江, 于8月16日早晨在广西贺州境内明显减弱, 16日05:00中央气象台对其停止编号。

8月15日08:00 500 hPa 副热带高压强盛, 副高脊线偏北, 500~850 hPa 减弱的低压中心位于广西省贵港市东南部, 并与中低层西南气流有机结合, 水汽条件充沛, 东部中低层东西向横切变线控制华南中部, 地面降水主要发生于切变线附近及其以南区域^[1], 永州市主要受倒槽控制, 以局地对

流性天气为主。15日20:00地面低压中心位于永州西南部, 850 hPa 广东北部地区有一条东西向切变线, 700与925 hPa切变线与其重合, 低空西南急流自南海经广东东部到湘东南呈明显气旋式弯曲, 水汽输送强烈, 850 hPa 永州市为比湿 > 14 g/kg的湿区, 且湿层深厚; 500 hPa 两广及湖南交界位置为584 dagpm 闭合环流控制, 永州市为台风倒槽控制。16日08:00, 地面台风低压中心东北移动靠近永州, 地面在永州南部及郴州地区有辐合线; 850 hPa 东西向横切变线控制南岭地区, 低空700、850 hPa 西南急流左前侧辐合区也明显东移, 850 hPa 华南、湘南依然存在大片比湿 > 14 g/kg的显著湿区, 湿层深厚, 500 hPa 低压倒槽维持在永州地区; 但低层无暖脊, 中高层无冷槽配置, 层结稳定, 中低层以西南风为主, 垂直风切变较小; 南岭一线为主要强降水区。17日主要系统位置稳定少动, 强度维持。18日低压中心西移, 环流减弱, 永州市强降水基本结束, 受倒槽影响, 湘西地区局地有暴雨。整个降水期间, 有热带辐合带北上, 说明残留低压的维持与热带辐合带北上有关^[2]。

3 物理量诊断分析

3.1 不稳定能量和大气层结稳定度分析 由于永州市无探空站, 广西桂林、湖南郴州离永州市最近, 这里取桂林和郴州15日20:00温度对数压力图进行分析, 从图1可看出, 两站存在不稳定能量, 其中桂林Cape值为487.5 J/kg, 郴州Cape值为659.8 J/kg, KI指数桂林和郴州分别为40和37℃, 说明有发生对流天气的条件; 16日08:00~18日08:00, 桂林站除16日20:00Cape值达813.5 J/kg, 其他时段最大不超过270.0 J/kg, 但KI值均在35℃以上; 同样郴州站除17日20:00Cape值为473.2 J/kg, 其他未超过270.0 J/kg, 但KI值均在35℃以上。说明永州市整个降水期间, 对流不稳定能量不是太强, 除16日永州市南部降水较强外, 其他时段以稳定性降水为主。同时说明KI指数在这次台风降水过程中有较好的指示作用。

对主要降水时段的对流云团重心作垂直剖面, 从沿25.9°N和111.8°E的垂直剖面图(图2)可以看出, 在8月16日14:00 111°~113°E是一个强的上升运动区, 在112°E附近700~500 hPa最大上升运动可达 -1.8 Pa/s以上, 而这正对应降水增强区域; 同时, 在对流层中低层 θ_w 随高度减小, 大气为对流性不稳定层结, 相对湿度近100%, 这些因素导致了

16 日 14:00 前后的强降水;16 日 20:00,永州南部的降水减弱,但在对流层还有较小的上升速度,整层相对湿度在 90%

以上,大气层结趋于稳定,这标志 16 日 20:00 ~ 17 日 00:00 的降水减弱。

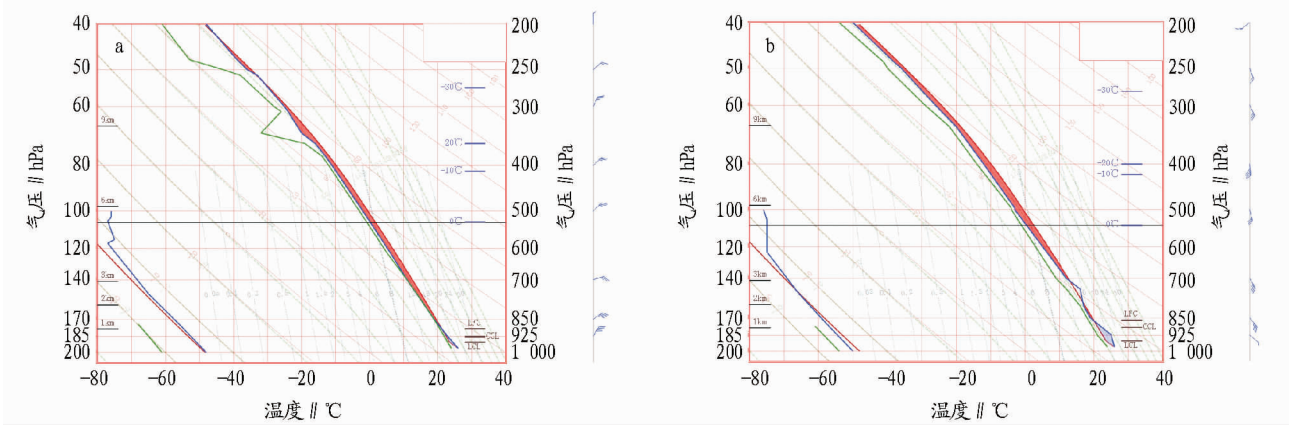
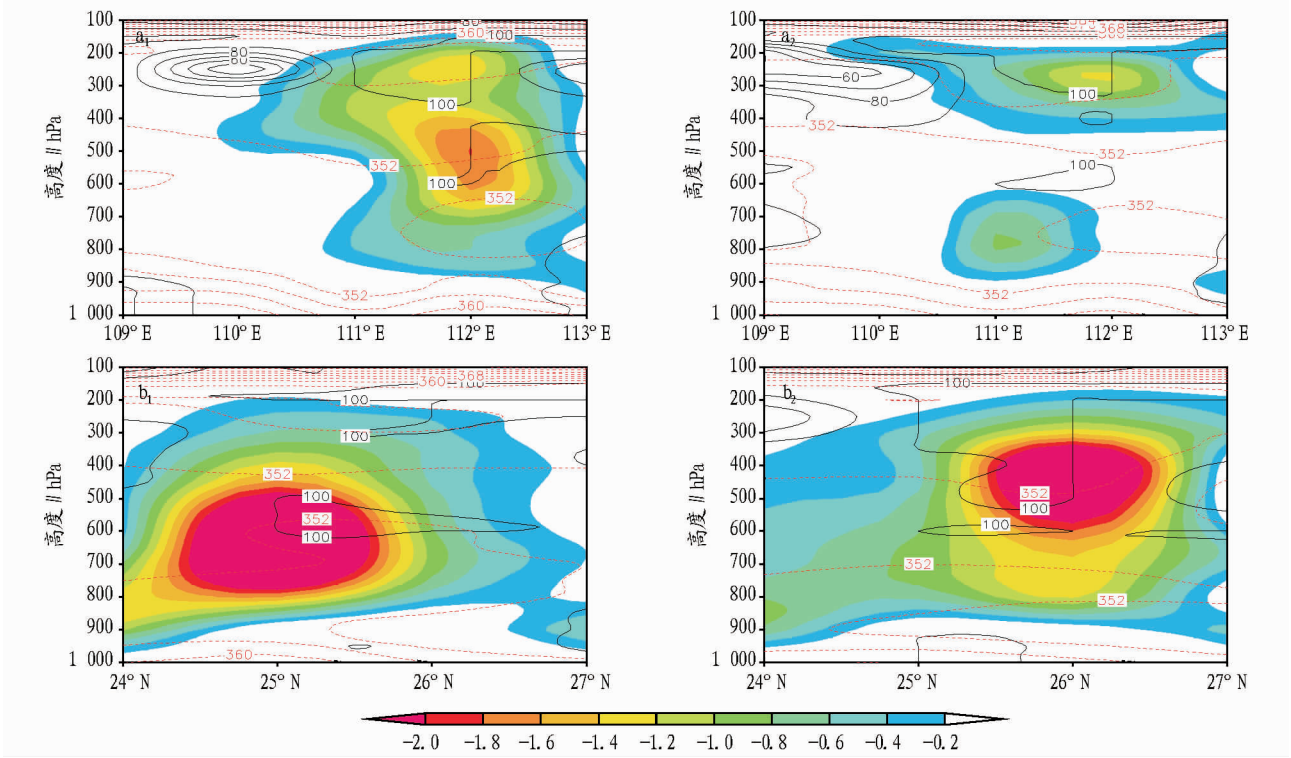


图 1 2013 年 8 月 15 日 20:00 桂林 (a) 和郴州 (b) TlogP 图

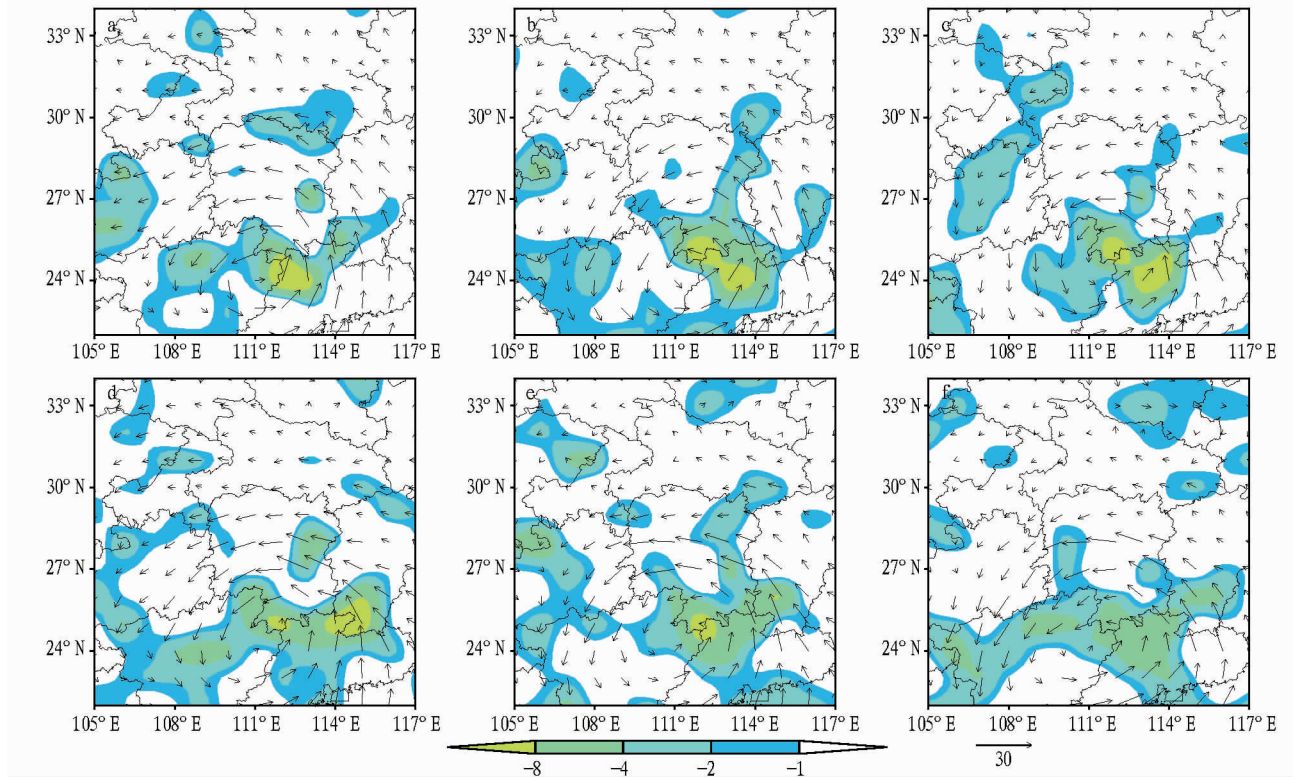


注: a₁. 16 日 14:00; a₂. 16 日 20:00; b₁. 17 日 02:00; b₂. 17 日 08:00。彩色阴影表示上升速度 (Pa/s), 实线表示相对湿度 (%); 虚线表示假相当位温 (K)。

图 2 2013 年 8 月 16 ~ 17 日沿 25.9°N (a) 和 111.8°E (b) 的上升速度、相对湿度和假相当位温垂直剖面

第 2 个主要降水时段与第 1 个降水时段有很大的不同, 由于该时段整个永州地区的降水量级均比较大, 因此作经向剖面来了解其垂直结构。从图 2 可看出, 永州地区从北到南上升速度均维持在比较大的量级, 在 25°N 附近 800 ~ 400 hPa 上升速度在 -1.5 Pa/s 以上, 低层大气为对流性不稳定层结, 低层相对湿度也在 90% 以上, 强降水在此时段最为旺盛; 17 日 08:00 上升运动大值区北抬。综合而言, 17 日 02:00 ~ 08:00 构成了强降水的全部有利条件; 至 18 日 08:00, 大气层结趋于稳定, 除北部有残余降水之外, 其他地区降水基本结束。

3.2 850 hPa 水汽通量散度和辐合带分析 由图 3 可见, 850 hPa, 15 日 20:00 ~ 17 日 02:00 永州处于热带辐合带北侧, 水汽辐合中心稳定少动, 在南岭一带形成水汽辐合带, 永州南部地区处于水汽强辐合区, 而低层风场也在南岭附近形成明显的辐合, 且有一明显的气旋式涡旋。特别是 16 日 08:00 ~ 14:00 辐合强中心位于永州蓝山、郴州临武以及粤北地区, 与同时段的强降水区域对应; 17 日 08:00, 水汽辐合减弱、稳定, 但风场辐合区仍维持在永州市南部。由此可见, 此次台风降水过程辐合区稳定少动, 在热带辐合带北上的作用下, 水汽源源不断地得到补充, 造成了永州南部强降水的发生。



注:a.15 日 20:00;b.16 日 08:00;c.16 日 14:00;d.16 日 20:00;e.17 日 02:00;f.17 日 08:00。箭头短线表示风场,单位为 m/s;彩色阴影表示水汽通量散度,单位为 $10^{-5} \text{ g}/(\text{hPa} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 。

图 3 2013 年 8 月 15~17 日低层 850 hPa 水汽通量散度、风场

4 中尺度特征分析

4.1 卫星云图分析 15 日 21:00 永州江西南部开始有云团发展,16 日 00:00 由南部转到中东部,开始只是外围云系的对流降水,降水强度较大;随着云团的发展,降水也由南往东移动,这与 850 hPa 风场相统一,也与强降水落区相一致;由于热带辐合带北上,不断有云团发展补充^[3],直到 17 日 14:00 覆盖全市,17 日 20:00 已处于旺盛时期。可见整个持续强降水过程与热带辐合带北上、云团的不断补充发展相对应。

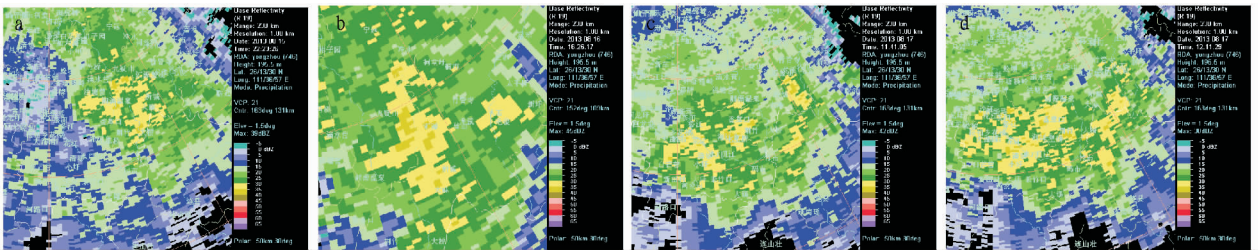
4.2 雷达回波特征分析 从 1.5°仰角较强降水时段的反射率因子图(图 4)分析,这次台风暴雨降水中,永州地区最大回波强度为 39 dBz,絮状回波范围广,移动缓慢,不断有强中心发展生成,过程降水量大小与回波持续时间长短相关。

5 地形对暴雨的影响分析

永州市大体是西部和西南高,东北及中部低,以三大山系为脊线,越城岭-四明山系雄踞西北,萌渚岭-九疑山系

矗立东南,都庞岭-阳明山系横插中部,呈环带状、阶梯式向两大盆地中心倾降。永州南倚准东西向的南岭山脉。

暴雨是在充沛的水汽条件和有利的天气形势下产生的,同时地形对暴雨强度和落区的影响不容忽视。一些典型的特大暴雨均与特定的地形有关。研究表明,气流越过山脉时引起波动,在迎风坡上升、在背风坡下沉^[4]。地形引起的上升运动使对流发展,从而造成降水,也可以成为中小尺度对流系统的触发机制。地形抬升作用的大小除了与山脉高度、风速大小有关之外,还与气流方向与山脉走向的交角有关。11 号台风“尤特”气流走向与南岭山脉几乎垂直,分析实时自动站雨量实况和同时次的多普勒天气雷达、卫星云图,发现均有大片的回波生成。这次特大暴雨中心正好位于南岭附近,永州市蓝山的强降水区主要在迎风坡(如汇源)。由此可见,永州市的特殊地形对台风过程特大暴雨中心的形成具有重要作用。



注:a.15 日 22:53;b.16 日 16:26;c.17 日 11:41;d.17 日 12:11。

图 4 2013 年 8 月 15~17 日 1.5°仰角雷达基本反射率

(下转第 218 页)

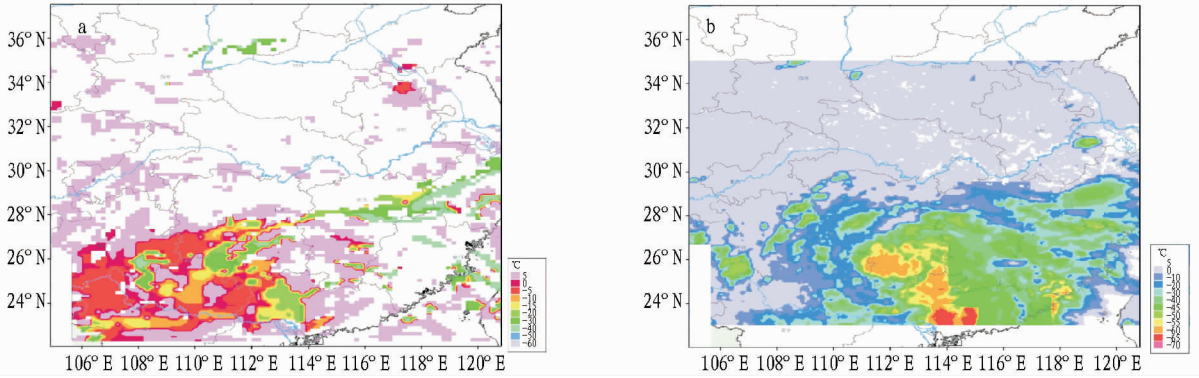
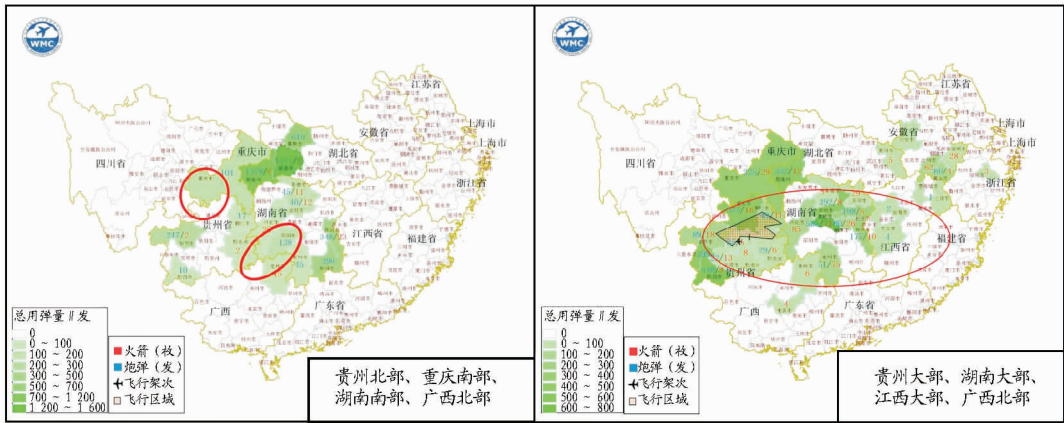


图5 2013年8月16日14:00 MM5_CAMS 预报云顶温度(a)与卫星云图反演云顶温度(b)对比

2 作业条件预报与作业实况检验

8月12~19日,中国气象局人工影响天气中心制作下发《南方高温旱区人工影响天气作业条件监测分析与预报》产品,对第2天的作业条件进行了分析和预报,从作业条件区域预报与作业实况合成图(图6)来看,由于预报的是一天内

的作业条件,因此无法与具体的作业时段进行比较,但从整体来看,头天起报第2天的作业条件区域在第2天的作业实况分布图上得到验证。另外,由于模式空间分辨率的局限性,对于针对局地对流云系开展的地面作业区域,作业条件预报能力稍差。



注:红色区域是作业条件预报区域,填色部分是作业实况区域。

图6 2013年8月13日(a)和16日(b)人工影响天气作业条件预报与作业实况合成图

3 结论

- (1)MM5_CAMS 人工影响天气模式预报的云带及其云垂直结构在人工影响天气作业条件预报中有很强的指示意义,其范围和落区与实况大体上比较吻合。
- (2)利用探空资料分析云垂直结构,可以为模式预报云垂直结构提供佐证,能比较清晰地反映云层结构。
- (3)MM5_CAMS 人工影响天气模式预报降雨量与实况相比,大范围降水过程吻合得比较好,也能对局地强降水过

- 程有所体现,但对毛毛雨过程效果不是很理想。
- (4)根据云结构分析产品和人工影响天气模式产品分析得到的人工影响天气作业条件预报,在实际人工影响天气工作中得到很好的应用,但在落区和时间段方面还需要进一步细化。

参考文献

[1] 周毓荃,陈英英,李娟,等. 用FY-2C/D 卫星等综合观测资料反演云物理特性产品及检验[J]. 气象,2008,34(12): 27-35.
[2] 周毓荃,欧建军. 利用探空数据分析云垂直结构的方法及其应用研究[J]. 气象,2010,36(11): 50-58.

(上接第212页)

6 小结

- (1)此次暴雨过程发生在台风倒槽的西南暖湿急流下,低压环流稳定少动,中低空横切变维持,是永州市较典型的热带天气系统暴雨类型。
- (2)在热带辐合带的作用下,有利于永州市低压环流的维持,辐合区稳定少动,水汽源源不断地得到补充,造成了这次强降水的发生。
- (3)此次降水过程以混合型降水回波为主,过程降水量

- 大小与回波持续时间长短相关。
 - (4)地形对台风过程特大暴雨中心的形成具有重要作用,气流走向与山脉垂直,强降雨带主要在迎风坡。
- 参考文献
- [1] 丁一汇. 中尺度天气和动力学研究[M]. 北京:气象出版社,1996.
[2] 陶诗言. 中国之暴雨[M]. 北京:科学出版社,1986.
[3] 陈渭民. 气象卫星图像解译与判读[Z]. 中国气象局培训中心,2011:284-285.
[4] 赵鸣,陈潜. 边界层过程对暴雨影响的敏感性试验[J]. 气象科学,2007(1): 1-10.