

文章编号: 2096-1618(2019)04-0435-08

# 2016年14号台风“莫兰蒂”特征分析

陈汶江, 王伟

(成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225)

**摘要:**为研究2016年14号台风“莫兰蒂”发生期间的降水及结构等特征,选用2016年9月5-20日的中国测站资料、台风资料及NCEP提供的 $1^\circ \times 1^\circ$ 的再分析资料,对台风登陆前后的环流形势、降水时空分布及水汽通量散度特征、强降水相关的动力场进行分析。结果表明:“莫兰蒂”自生成以来路径较稳定、影响范围广、强度发展快、降水时段集中且区域性强。台风登陆前后的降水在大尺度环流和动力场上有很好的表现。源源不断的水汽从沿海一带的海峡及南海北部和台湾以东洋面向北输送,低层存在较大的水汽通量辐合。台风在急剧增强的过程当中,其中心周围低层维持辐合,高层则维持辐散,有利于对流发展。暴雨区的降水强度与垂直上升运动速度的大值区存在良好的对应关系。台风登陆时其中心位置垂直螺旋度为负值,意味着在气旋区存在上升运动以及向上输送的正垂直涡度。

**关键词:**大气动力学;极端天气;“莫兰蒂”台风;环流形势;台风降水;动力场分析

**中图分类号:**P457.8

**文献标志码:**A

**doi:**10.16836/j.cnki.jcuit.2019.04.017

## 0 引言

台风是一种在地球上具有强大破坏性的、发生频率极高的天气现象。由台风影响所导致的强降水及大风天气给当地造成严重的洪涝灾害,并诱发局地山体滑坡、泥石流等次生灾害,因此研究台风的特征对于预防和减少灾害的发生具有重大意义。

张建海等<sup>[1]</sup>利用NCEP再分析资料,对2010年第10号台风登陆后于福建、浙江等地引发的暴雨从天气形势、热力、动力等物理量对其产生的机理进行了分析。张恒德等<sup>[2]</sup>对于0604号强热带风暴“碧利斯”造成的异常强降水,使用了地面加密观测资料、卫星云图资料以及中尺度模式输出产品,对强热带风暴登陆减弱后继续缓慢移动并且长时间维持所引发湖南、广东等地区强降水的过程进行诊断分析。高珊等<sup>[3]</sup>通过分析福建省近海气象浮标站、沿岸区域气象自动站等有关风的观测资料及雷达反演风场、NCEP再分析等资料,研究了2010年10号台风“莫兰蒂”影响福建期间,福建近海区域风场分布的特点及成因,从而寻找到受台风影响时的福建近海风场预报的着眼点。曾瑾瑜等<sup>[4]</sup>认为2010年10号台风“莫兰蒂”路径较为曲折的主要原因包括热带辐合带、副热带高压和对流云团等的相互作用与变化。台风增强时需要有利的海温条件,涡能并入以及环境垂直风切变作用效果等也是热带气旋近海增强成为台风的重要原因。孙佳等<sup>[5]</sup>对于影响江浙沿海一带台风的发生频率、路径分布等进

行了分析,研究结果表明:影响江浙沿海一带的台风主要来自南海及西北太平洋,其中有90%以上是生成于西北太平洋的洋面,其余主要在南海生成。按照其对江浙沿海一带的影响程度进行分类,得到了影响江浙沿海一带台风的3种主要路径特征。冉令坤等<sup>[6]</sup>在垂直螺旋度的基础之上,重新定义了水汽垂直螺旋度、散度通量以及水汽散度通量3个宏观的物理量;并利用NCEP/NCAR的实时分析资料,在两次强降水的过程中对这3个物理量进行了诊断与分析,结果表明:散度通量与垂直螺旋度及其拓展形式(水汽散度通量与水汽垂直螺旋度)对强降水系统的发展和演变具有一定的预报作用。钱卓蕾等<sup>[7]</sup>采用NCEP提供的 $1^\circ \times 1^\circ$ 格点资料,通过物理量场以及环流形势场的诊断分析,研究了2010年“莫兰蒂”台风暴雨。研究结果表明:暴雨的形成需要较好的大尺度环流形势,例如高空槽以及西太副高等,并且良好的水汽条件也是暴雨区具有的特点之一,水汽通量辐合中心通常也就是强降水区域的中心位置。潘娅婷等<sup>[8]</sup>利用NCEP的再分析资料、Micaps资料等,对2013年8月影响云南的3次台风的特征进行了分析,结果表明:行星尺度的环流系统通常能够引导和改变台风移动的路径,这些环流系统主要包括了大陆高压、西太副高以及南亚高压等,其中西太平洋副热带高压和大陆高压之间形成的辐合形势就能够引导台风路径的变化;台风中心周围的密实云区往往是暴雨区的所在;比湿、能量以及暴雨的大值区通常在同一位置互相对应。

台风天气系统会带来严重的暴雨,国内外有不少极端暴雨的记录都是与台风活动相关联的。台风影响

所产生的暴雨会造成严重的洪涝暴发、城市内涝、耕地流失、农田受淹和交通阻塞等灾害。2016年的第14号台风“莫兰蒂”于2016年9月15日03时登陆中国福建省厦门市,登陆时的阵风达17级以上(风速 $\geq 64.2$  m/s),达到超强台风级别,创下了厦门有气象记录以来新的最高纪录。“莫兰蒂”使厦门地区受到了重创,尤其是对于厦门地区的电力设施造成了十分严重的破坏,全市也因此而大面积的停电、停水和通信中断,市民的生活受到严峻考验;房屋损毁共计17907间,初步估计其造成的直接经济损失至少达102亿元。

通过对2016年第14号台风“莫兰蒂”进行个例分析,以期了解其发生发展前后的不同环流形势,并分析台风所致强降水的时空分布特征,以及对相关动力场进行诊断分析,从而揭示由台风影响所带来重大灾害的主要原因,这对于台风预报和防灾减灾工作具有重要意义。

## 1 资料与方法

利用2016年9月5-20日的中国测站资料、台风资料及NCEP提供的 $1^\circ \times 1^\circ$ 的再分析资料,对2016年第14号台风“莫兰蒂”登陆前后的不同环流形势、降水的时空分布特征、强降水相关的动力场进行研究分析。

## 2 “莫兰蒂”台风实时情况分析

图1给出了最大风速与最低气压随时间的变化,由图看出,最大风速与中心最低气压的变化成相反关系,二者均表征了台风的强度:当中心最低气压逐渐降低(升高)时,最大风速逐渐增大(减小),台风强度有逐渐增强(减弱)。12日02-14时,最大风速变化曲线斜率较大,对应台风急剧增强;15日03时台风登陆后,其最大风速迅速减小而中心气压迅速增大,台风强度迅速减弱。15日08-14时,最大风速曲线下降坡度较陡,台风急剧减弱。

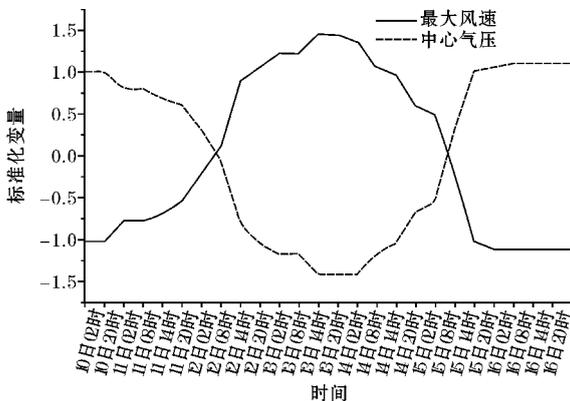


图1 最大风速与中心气压变化曲线图

(实线最大风速标准化变量;虚线中心气压标准化变量)

图2是根据中国台风网提供的台风中心位置所绘制的台风移动路径。台风的移动路径与西太副高的位置关系密切,其中副高脊线是指副热带高压等高线反气旋曲率最大处各点连线,其位置表征了西太副高的大致位置。从图2中可以看出,自台风生成之后到14日08时,台风中心向着西偏北方向移动,同时做小振幅的蛇形摆动,台风在稳定的形势场中较容易出现蛇形摆动的路径。从14日08时至15日13时,台风中心转向西北方向移动。15日13时后,路径转向为北偏东方向。路径特点具有2个转折点,即进入台湾海峡右折,进入内陆北上。由于副热带高压脊线的位置较偏南,“莫兰蒂”的路径北折的转向点也较偏南。

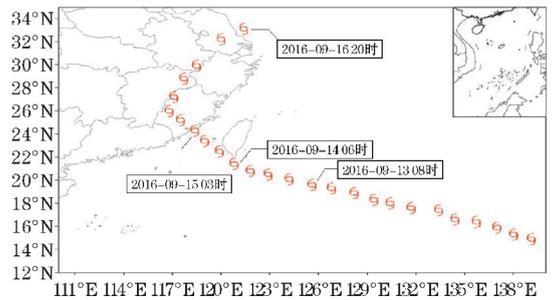


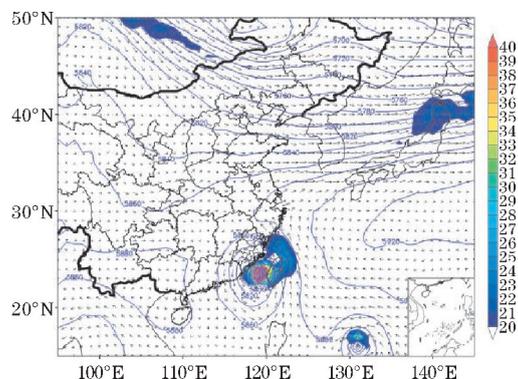
图2 台风移动路径

## 3 “莫兰蒂”台风环流形势分析

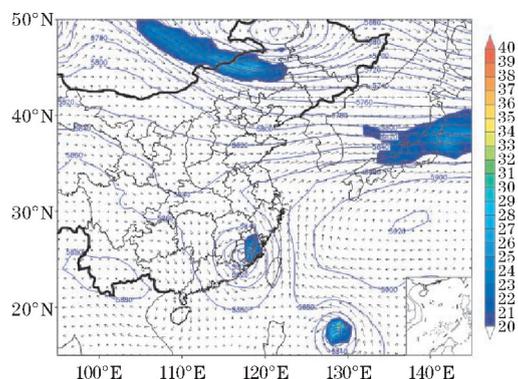
台风外围螺旋雨带的产生和台风自身的移动路径与结构、下垫面以及大气环流因子等因素相关。台风所处的大气环流背景与台风登陆之前的外围螺旋云带能否有中尺度雨团产生有着十分密切的关系。

### 3.1 500 hPa 环流场特征分析

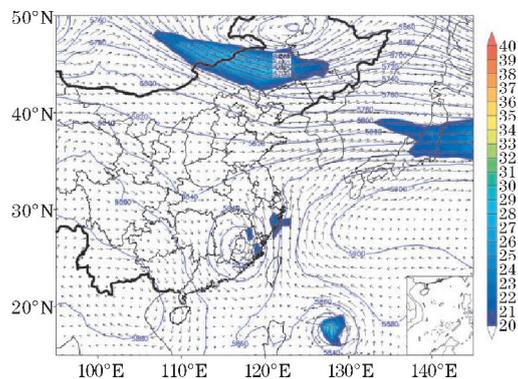
图3为500 hPa环流场14日12时以及15日00时、06时、12时的风场、温度场和位势高度场。从图中可以看出,14日12时台风中心位于台湾海峡南部,其暖中心的结构清晰可见。588线向南延伸较为明显。15日00时,台风中心移至中国大陆,登陆后风速显著增大。随后几小时内,台风开始减弱。“莫兰蒂”台风先受副热带高压西南侧的偏东南气流影响,通过副高脊线之后逐渐转为偏西南风的引导,在台风登陆后路径先是向西北随后北折。“莫兰蒂”登陆之后由于副热带高压中断,同时受大陆副高东侧偏北气流的影响,移动速度有所减慢。后期由于西太平洋副高的衰减东退,西南水汽的输送供应不足,台风强度迅速减弱。



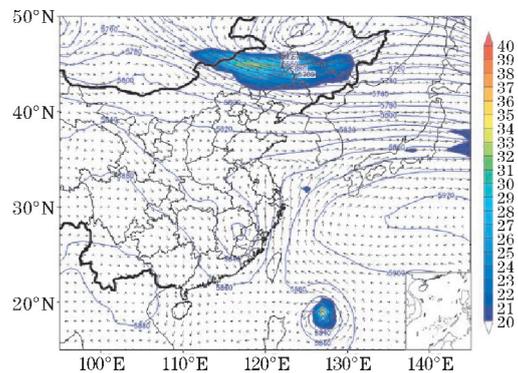
(a) 14日12时



(b) 15时00时



(c) 15日06时



(d) 15日12时

图3 500 hPa位势高度场(等值线)、500 hPa风场(矢量箭头)、500 hPa温度场(阴影)

### 3.2 850 hPa环流场特征分析

图4为850 hPa 14日12时、18时以及15日00时、06时、12时、18时的风场、温度场和高度场。从图中可以看出,来自西南地区的暖湿空气不断向中国东南地区输送,给台风降水提供了充足的水汽条件。台风在登陆中国大陆后,由于地面摩擦等作用而逐渐减弱,台风眼区逐渐变大,由小而规则的圆形变成大而疏散的椭圆形最终消散。

对850 hPa风场进行分析可以看出,9月14日12时,台风中心仍位于台湾西南部的海面,14日18时,台风继续沿着西北方向移动,逐渐进入了台湾海峡的西南部。14日20时台风中心接近福建南部沿海地区,倒槽沿着风暴中心开始向偏北方向延伸。15日03时05分“莫兰蒂”在福建厦门沿海地区登陆后,台风本体云系造成福建等地出现特大暴雨。图5(c)为台风“莫兰蒂”15日凌晨登陆后所造成的强降水分布,其主要暴雨落区即为台风本体云系所在位置。台风登陆以后向着西北方向移动。15日08时台风中心位置仍位于福建,强度明显减弱。15日09时台风继续向西北移,强度逐渐减弱为强热带风暴。由此可见,台风强降水过程主要是由于登陆台风的本体云系影响所产生。

## 4 台风降水及水汽通量散度特征

台风灾害主要是由大风、暴雨和风暴潮所造成的。其中大风和风暴潮主要影响台风附近地区,而暴雨则往往会影响到更大的范围,甚至远离台风的地方。通过分析台风登陆之后,所致强降水的发生时段及位置,可以了解到台风降水的时空特点,以便于做出及时而准确的防范措施。

### 4.1 降水空间分布特征

图5为台风暴雨所产生的降水的时空分布图,为2016年9月13-16日台风影响省份(包括广东、福建、浙江、台湾、江西、安徽、江苏)08时24 h降水量的分布图,所用资料为中国测站资料逐日24 h降水量数据。从图中可看出,9月13日降水主要集中在广东东部以及福建南部,14日降水主要集中于浙江北部和江苏南部等地,且降水较之后并不强,降水的大值中心约为25~30 mm。此时的台风中心大致位于(120.8°E,21.4°N)台湾海峡南部。

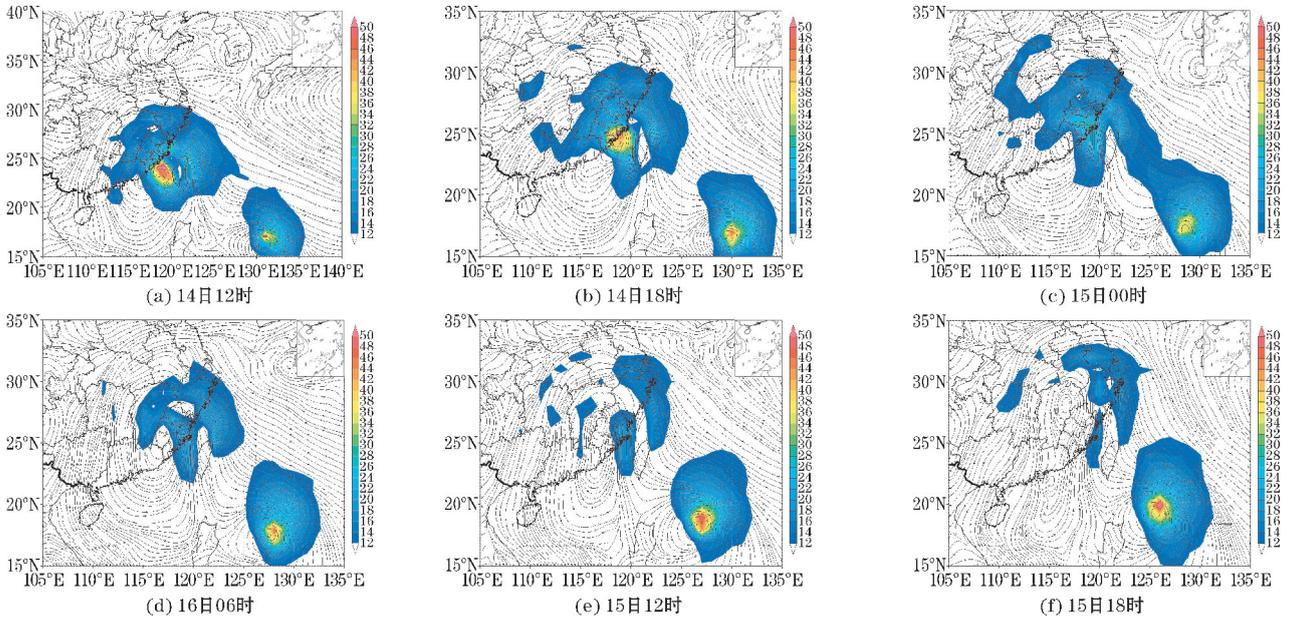


图4 850 hPa 位势高度场(等值线)、850 hPa 风场(矢量箭头)、850 hPa 温度场(阴影)

台风登陆后,常常出现雨量骤增而形成特大暴雨。图5(c)看出,9月15日福建、浙江和台湾等地出现了大暴雨,24 h降水量大于100 mm。台风“莫兰蒂”登陆地点产生的暴雨由台风自身环流所致,其降水区域主要位于台风眼区周围的云墙及螺旋雨带,降水中心将随着台风中心而移动。根据台风路径图(图2)可知,15日13时之后,台风路径转向为北偏东方向,图5(d)即为9月16日08时24 h降水量分布,可以看出,对应于台风中心的移动路径,暴雨中心移至浙江和

江苏南部,且降水强度也有所增强。图5(c)、(d)2日暴雨区即为“莫兰蒂”台风北折前后分别带来的两次强降雨。

经分析,台风“莫兰蒂”所致降水,可大致分为3个阶段:台风外围降水(14日20时前)表现为阵雨、局地暴雨;台风本体降水(14日20时-15日20时)表现为暴雨到特大暴雨;台风尾流降水(15日20时-17日00时)表现为局地暴雨。

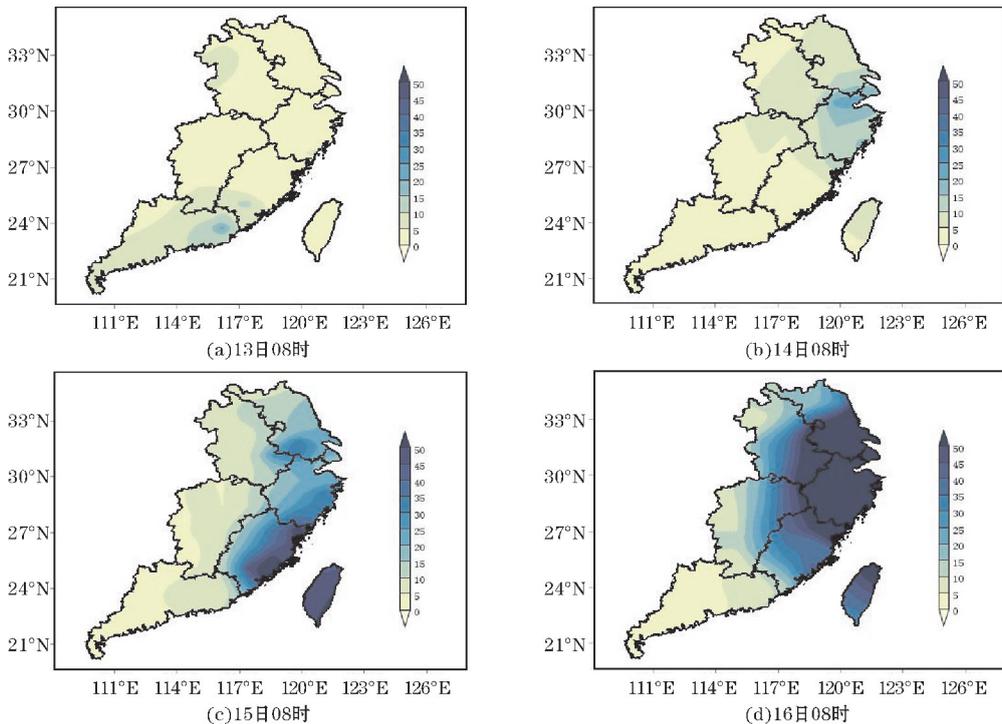


图5 2016年9月13-16日24 h降水量时空分布图(阴影)

## 4.2 水汽通量散度特征分析

暴雨产生的基本条件之一即为丰富的水汽供应。暴雨产生时,不仅要求当地水汽条件较为丰富,并且还需要有源源不断的水汽输送且在暴雨区形成辐合。水汽通量散度不仅表征了水汽的输送情况,同时也表示了水汽在水平方向上的辐合与辐散程度,其强度的变化与强降水的变化密切相关。

图6为850 hPa水汽通量,由图可知,15日00时、06时,水汽通量大值区位于福建、浙江等沿海省份,且在台风登陆时有大量水汽辐合;08时,随着台风中心的北移,水汽通量中心大值区也逐渐北抬西扩;在12时、18时水汽通量辐合逐渐减小,且部分地区开始出现水汽辐散。台风所致的暴雨过程中水汽含量充足,暴雨区水汽通量较大,与强降水中心位置相对应。

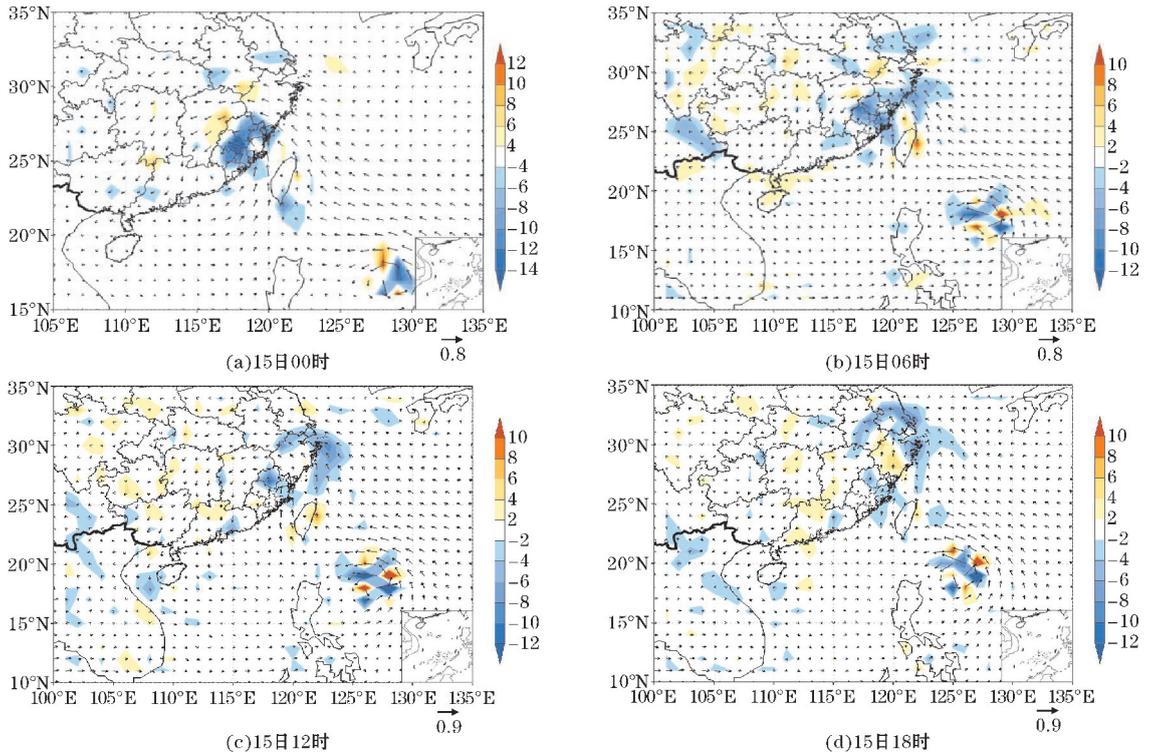


图6 水汽通量散度分布图(阴影为水汽通量散度;矢量箭头为风速)

## 5.2 垂直速度场分析

图8为通过“莫兰蒂”台风中心位置垂直速度的垂直纬向剖面。9月14日18时位于台风中心附近的垂直速度场,200 hPa以下中低层均为负速度区且绝对值较大,表明气流有较强的上升运动,且上升运动速度最大值可以达到 $4.5 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$ ,即为台风环流形势结构中的次级环流。15日00时,200 hPa以下仍然是上升运动为主,但中心大值区有所减弱且东移,800~900 hPa有正

## 5 “莫兰蒂”台风动力场分析

### 5.1 散度场分析

图7为通过“莫兰蒂”台风中心位置散度的垂直纬向剖面。“莫兰蒂”在急剧增强的过程当中,台风中心周围低层维持一个辐合中心,高层则维持一个辐散中心,最大散度可达到 $7 \text{ s}^{-1}$ (图7a、b),台风中心气压因此不断降低,从而促进台风的增强;而在台风逐渐减弱时刻,台风中心周围高层辐散随之减弱,甚至在急剧减弱时出现辐合中心(图7c、d)。因此,台风中心周围对流层高层气流的辐散增强将导致台风增强,高层辐散减弱对应于台风强度减弱。

速度区且绝对值较小,表明此处有较弱的下沉运动。15日06时,800 hPa上空仍然维持着负的垂直速度上升运动,负中心绝对值明显减小,上升运动逐渐减弱,与此对应的是降水强度也明显减弱。15日12时,600 hPa以下均为正速度区,200~500 hPa的负速度区范围明显减小,上升运动明显减弱。由此可见,暴雨中心的降水量与垂直上升运动速度的最大值有较好的对应关系,位置也相互符合。

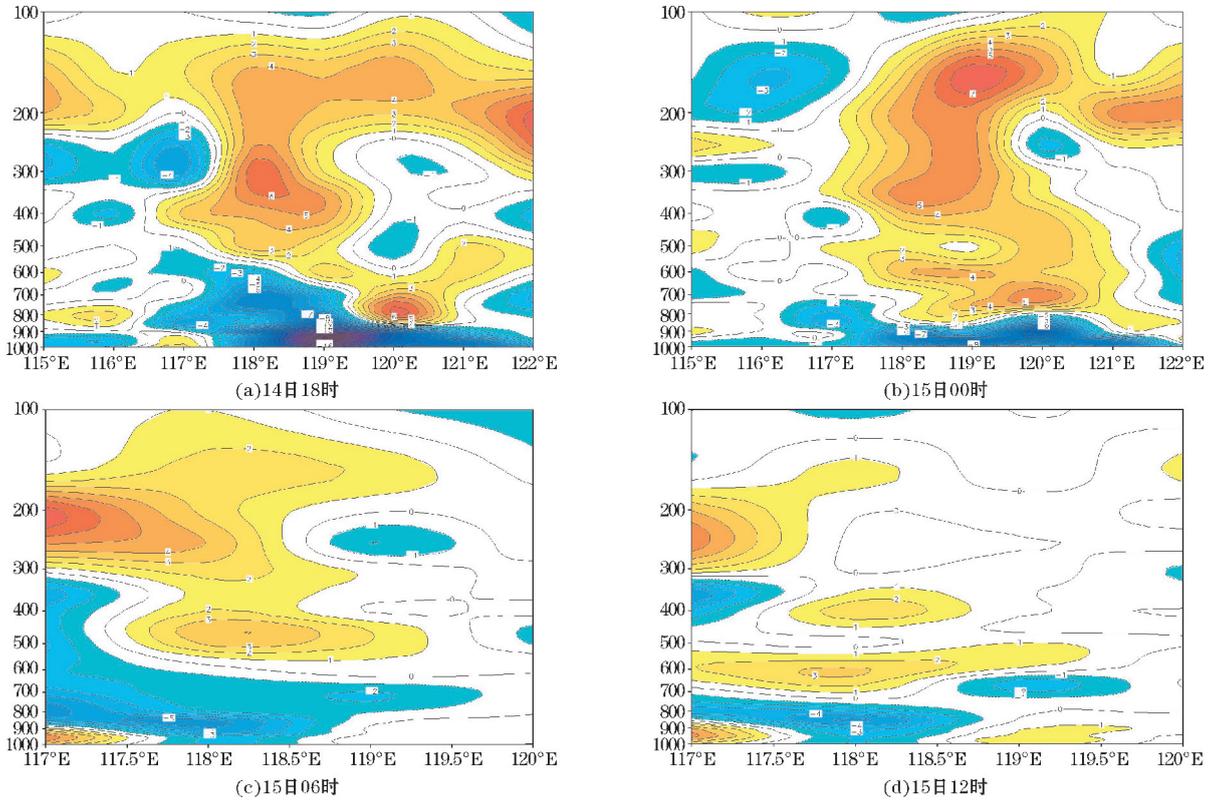


图7 散度分布图(等值线)

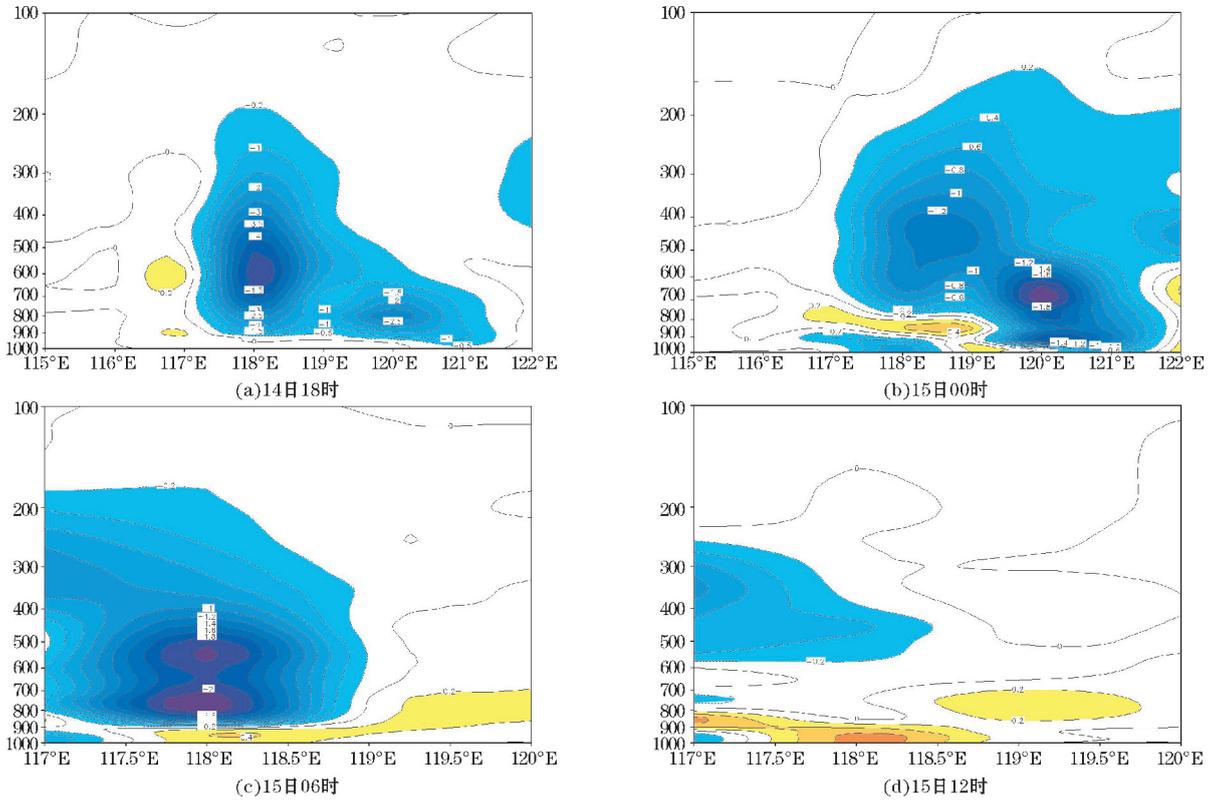


图8 垂直速度分布图(等值线)

### 5.3 垂直螺旋度分析

螺旋度表征了流体的旋转以及沿着旋转方向运动的强度,其定义可以简单解释为垂直速度与涡度的乘

积,对地面降水具有指示意义。图9(a)、(b)分别为9月14日14时、20时台风中心附近纬向垂直螺旋度分布图,此时等值线较为稀疏,螺旋度梯度较小,中心大值区绝对值较小,对应此时降水强度较弱。

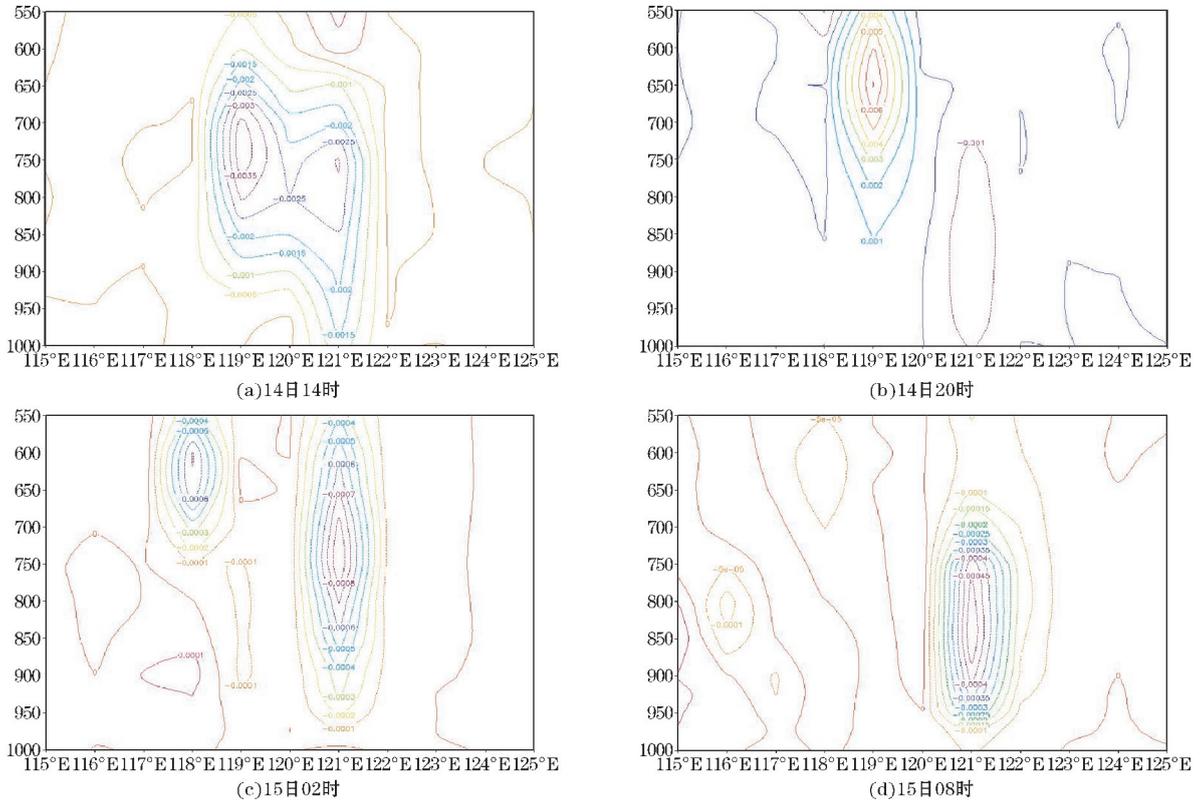


图9 垂直螺旋度分布图(等值线)

图9(c)、(d)分别为9月15日02时、08时台风中心附近纬向垂直螺旋度分布,可以看出,台风登陆时其中心位置附近垂直螺旋度为负值,并且大值中心的绝对值较大,等值线密集,螺旋度梯度较大,意味着在气旋区存在上升运动以及向上输送的正垂直涡度。由于强烈的上升运动以及正垂直涡度的向上输送,降水强度较台风登陆之前有明显增大。因此可见,对流层中低层中负的垂直螺旋度,可以用于指示该地降水情况。

## 6 结论

利用2016年9月-20日的中国测站降水资料、中国台风网提供的台风资料以及NCEP提供的 $1^\circ \times 1^\circ$ 的再分析资料,分析了“莫兰蒂”登陆时500 hPa以及850 hPa的环流形势、台风降水时空分布特征和水汽通量散度特征、强降水相关的物理量(包括散度、垂直速度、垂直螺旋度),主要得出以下结论:

(1)台风“莫兰蒂”生成以来具有以下特点:强度发展快,12日凌晨强度迅速增大,发展为超强台风,登陆后强度逐渐减小,“莫兰蒂”台风最大风速与中心最低气压的变化成相反关系,二者均表征了台风的强度。路径较为稳定,具有2个转折点,即进入台湾海峡右折,进入内陆北上。由于副高脊线的位置较为偏南,“莫兰蒂”的路径北折的转向点也较为偏南,总体上稳定向西北移动。

(2)在环流形势场上,“莫兰蒂”先受副热带高压

西南侧的偏东南气流的影响,通过副高脊线之后逐渐转为偏西南风的引导,在台风登陆后路径先是向西北随后北折。随着台风中心向着西北方向移动,水汽通量的大值区也跟着朝西北方向移动,且水汽通量逐渐增大,沿海一带来自海峡及南海北部和台湾以东洋面上源源不断的水汽输送,低层的水汽通量辐合不断加强,为暴雨的形成提供了丰富的水汽条件。

(3)“莫兰蒂”台风北折前后分别带来了两次强降水。在强降水过程中,由南向北输送的水汽通量由辐合逐渐转为辐散,在台风登陆的初期,强大的水汽通量辐合带来了丰沛的降水,随着台风的减弱,水汽通量逐渐由辐合转为辐散,降水量随之减少。

(4)“莫兰蒂”台风登陆前后的本体降水和螺旋雨带降水在物理量场上有很好的表现。“莫兰蒂”在急剧增强的过程当中,台风中心周围低层维持一个辐合中心,高层则维持一个辐散中心,其有利于对流的发展,为暴雨产生提供了有利的动力条件。暴雨区的降水强度与垂直上升运动速度的大值区存在良好的对应关系,其位置也相符。台风登陆时其中心位置垂直螺旋度为负值,意味着在气旋区存在上升运动以及向上输送的正垂直涡度。

## 参考文献:

- [1] 张建海, 庞盛荣. “莫兰蒂”台风(1010)暴雨成因分析[J]. 暴雨灾害, 2011, 30(4): 305-312.

- [2] 张恒德,孔期. 0604号强热带风暴碧利斯异常强降雨过程的诊断分析[J]. 气象学报, 2007, 33(5): 42-48.
- [3] 高珊,吴幸毓,何小宁. 1010号台风“莫兰蒂”对福建近海风场的影响及其成因分析[J]. 台湾海峡, 2012, 31(2): 173-181.
- [4] 曾瑾瑜,高珊. 1010号台风“莫兰蒂”路径和强度特征分析[J]. 水利科技, 2013, 3: 11-16.
- [5] 孙佳,王燕妮,左军成. 江浙沿海台风特征分析[J]. 河海大学学报, 2015, 43(3): 215-221.
- [6] 冉令坤,楚艳丽. 强降雨过程中垂直螺旋度和散度通量及其拓展形势的诊断分析[J]. 物理学报, 2009, 58(11): 8094-8106.
- [7] 钱卓蕾,张建海. 台风“莫兰蒂”引发的福建和浙江暴雨分析[J]. 浙江气象, 2011, 32(3): 13-20.
- [8] 潘娅婷,邹灵宇. 3次影响云南的台风特征分析[J]. 云南大学学报, 2014, 36: 64-69.
- [9] Julian F Quinting, Michael M Bell, Patrick A HARR, et al. Structural Characteristics of T-PARC Typhoon Sinlaku during Its Extratropical Transition [J]. Mon. Wea. Rev., 2014, 142: 1945-1967.
- [10] 周冠博,高拴柱. 2016年9月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2016, 42(12): 1560-1566.
- [11] 高拴柱,吕心艳,王海平,等. 热带气旋莫兰蒂(1010)强度的观测研究和增强条件的诊断分析[J]. 气象, 2012, 38(7): 834-840.
- [12] 林小红,任福民,刘爱鸣,等. 近46年影响福建的台风降水的气候特征分析[J]. 热带气象学报, 2008, 24(4): 411-416.
- [13] 朱国光,肖妙妮,田莹,等. 一次强降雨过程的天气形势和物理量诊断分析[J]. 安徽农业科学, 2013, 41(29): 11766-11768.
- [14] 何立富,尹洁,陈涛,等. 0509号台风麦莎的结构与外围暴雨分布特征[J]. 气象, 2006, 32(3): 93-100.
- [15] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理[M]. 北京:气象出版社, 2000: 360-361.
- [16] 黄焕卿,魏立新,张海影,等. 2009年西北太平洋和南海海域台风特征分析[J]. 海洋预报, 2010, 27(6): 26-28.
- [17] 于玉斌,陈联寿,杨昌贤. 超强台风“桑美”(2006)近海急剧增强特征及机理分析[J]. 大气科学, 2008, 32(2): 405-416.
- [18] 王东法. 登陆浙江的早台风特征分析[J]. 浙江气象科技, 1997, 18(2): 34-36.
- [19] 杨澄海. 9615号台风特征分析及最大风速计算[J]. 广西气象, 1997, 18(2): 46-47.
- [20] 张劲梅,何冰,叶昌儒. 三个连续性台风特征分析[J]. 广东气象, 2003, 10(3): 10-12.
- [21] 孟莹,卢娟,缪启龙. 影响台湾岛海域的西太平洋台风特征分析[J]. 热带气象学报, 2005, 21(3): 315-322.
- [22] 周蕙文,况雪原,金龙,等. 引起广西大风的台风特征分析[J]. 气象研究与应用, 2007, 28: 69-70.
- [23] 刘学刚,李庆宝,张金艳,等. 近年来引发青岛暴雨的台风特征分析[J]. 气象, 2011, 37(9): 1091-1099.

## Analysis on the Characteristics of the Fourteenth Typhoon "Morandi" in 2016

CHEN Wenjiang, WANG Wei

(College of the Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, chengdu 610225, China)

**Abstract:** For researching the precipitation and structure of the typhoon "Morandi", China Station data from September 5, 2016 to September 20, 2016, typhoon data and  $1^\circ \times 1^\circ$  reanalysis data provided by NCEP are used to analyze the circulation feature and precipitation of the typhoon "Morandi" and the dynamic quantity of heavy rainfall. The results showed that, "Morandi" has a stable path since its formation, a wide range of influence, rapid development of intensity, concentrated precipitation period and strong regionality. The precipitation before and after typhoon landing has a good performance in large-scale circulation and dynamic field. A steady stream of water vapor is transported northward from the straits along the coast and the northern South China Sea. There is a large convergence of water vapor flux in the lower layer. During the process of rapid intensification, the low level around the center maintains convergence while the high level maintains divergence, which is conducive to the development of convection. There is a good correspondence between the precipitation intensity in the rainstorm area and the large value area of the vertical upward velocity. When typhoon landed, the vertical helicity of its center position was negative, which meant that there was upward movement and upward transport of positive vertical vorticity in the cyclone area.

**Keywords:** atmospheric dynamics; extreme weather; "Morandi" typhoon; circulation situation; typhoon precipitation; analysis on dynamic quantity