

# Diagnostic Analysis of a Typhoon and Rain Process

Meng Yang, Wenbo Wang, Shijie Wang

Weifang Meteorological Bureau, Weifang Shandong  
Email: 13863636361@163.com

Received: Oct. 10<sup>th</sup>, 2019; accepted: Oct. 25<sup>th</sup>, 2019; published: Nov. 1<sup>st</sup>, 2019

---

## Abstract

In this paper, the MICAPS conventional observation data is used to study the typhoon "Matmo" which affects Shandong from July 24th to 25th, 2014, focusing on the analysis of its path and the causes and physical quantities of heavy rain. Studies have shown that this process is a process of typhoon north affecting Shandong. The blockage of the strong sub-high is the special circulation situation of this process, which makes the typhoon always maintain a high northerly component, which provides favorable conditions for the formation of heavy rain. The typhoon moves along the periphery of the subtropical high to move northward and backward to the northeast. The precipitation conditions in the eastern part of Shandong Province and the peninsula are very favorable. The precipitation mainly occurs in the vicinity of the typhoon center and the northeast quadrant. The typhoon's peripheral cloud system and the cold air interact with each other. The effect may be caused by short-term heavy precipitation.

## Keywords

Typhoon, Upper Level Jet, Subtropical High, Cold Air

---

# 一次台风暴雨过程的诊断分析

杨 萌, 王文波, 王世杰

山东省潍坊市气象局, 山东 潍坊  
Email: 13863636361@163.com

收稿日期: 2019年10月10日; 录用日期: 2019年10月25日; 发布日期: 2019年11月1日

---

## 摘 要

本文利用MICAPS常规观测资料对2014年7月24日~25日影响山东的台风“麦德姆”进行研究, 着重分析

其路径、形成暴雨的成因和物理量等。研究表明本次过程是一次北上台风影响山东的过程。强大副高的阻挡是本次过程的特殊环流形势,使得台风一直保持较高的偏北分量,为本次暴雨形成提供了有利条件。台风沿副高外围引导气流先向北后向东北方向移动,在鲁中东部和半岛降水条件非常有利,此次降水主要发生在台风中心附近和东北象限区域内,台风外围云系与冷空气相互作用可能造成短时强降水。

## 关键词

台风, 高空急流, 副热带高压, 冷空气

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

2014年7月24日~25日受台风“麦德姆”影响,山东省潍坊市出现暴雨天气,在台风影响过程中全市平均降水量64.2毫米,其中安丘、昌邑出现暴雨,高密、诸城出现大暴雨,超过50毫米的有65个站,超过100毫米的有34个站,高密市河崖镇最大为255.1毫米。临朐沂山出现极大风速为16米/秒(7级),海上最大风力出现在潍坊港为21米/秒(9级)。“麦德姆”于07月18日凌晨2点在菲律宾以东的西北太平洋洋面上生成;于23日0时15分前后在台湾省台东县长滨乡沿海登陆,登陆时中心附近最大风力有14级(42米/秒),中心最低气压为955百帕;于23日15时30分前后在福建省福清市高山镇沿海登陆,登陆时减弱为强热带风暴,中心附近最大风力有11级(30米/秒),中心最低气压大约为980百帕。由江苏连云港移入黄海西部海面的台风“麦德姆”,于17点10分在山东省荣成市虎山镇沿海登陆,登陆时中心附近最大风力有8级(20米/秒),中心最低气压为993百帕。

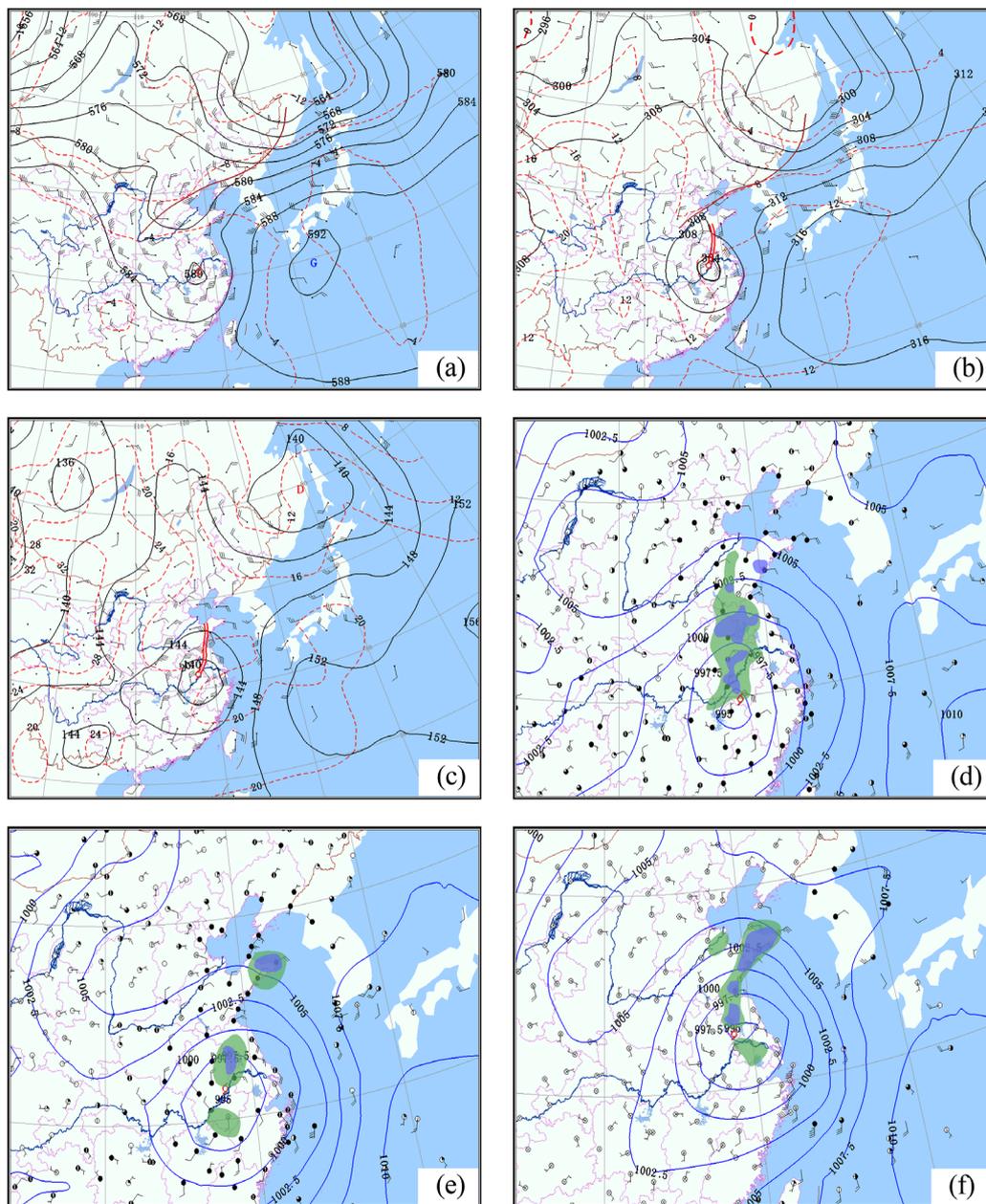
台风是夏季造成山东降水的重要天气系统,具有影响范围广、降水强度大等特点,其登陆后向北移动时往往带来狂风暴雨等灾害性天气[1][2][3][4][5]。尽管目前关于台风暴雨的研究有了很大的进展,但数值预报对台风登陆后的暴雨强度和分布预报仍然十分困难。魏建苏等提出近海北上台风所致暴雨仍是中纬度西风带急流、冷槽、锋区和台风的互相作用所致,而刚开始的短时强降水主要是中纬度西风带系统与台风外围输送的强大暖湿气流互相作用而激发产生的强对流降水[6]。陈忠明等指出台风与西南低涡的相互作用通过向低涡区输送大量的水汽和热量,为涡区内特大暴雨天气的发生提供水热条件[6][7]。大量数值模拟研究结果表明[8][9][10][11][12],时空分布连续的高分辨率数值模拟对台风暴雨的预报非常具有指导意义。

## 2. 天气形势分析

7月24日20时,台风“麦德姆”以东海面上存在强大副高,588线位置北抬到36°N附近,海上副高中心值高达592 dagpm。“麦德姆”影响过程中气旋性环流北侧有高空槽东移南下影响,西风槽处于沈阳-天津-石家庄一线,槽底延伸到35°N附近,而且温度场落后于高度场,预示高空槽将进一步加强。海上副高强大稳定,逐渐西伸北抬,随着高空槽加深东移,“麦德姆”转东北方向移动,但受到强大副高的阻挡,一直保持较高的偏北分量。

“麦德姆”24日20时位于安徽池州东部山区,700 hPa和850 hPa台风倒槽向北延伸至鲁中北部地区,从图1看出在24日14时~20时,台风中心位于江西北部,强降水主要位于安徽和江苏西部地区,但由于台风外围东南气流与冷空气交汇作用,在潍坊高密一小时降水48.5毫米。24日20时至25日08

时, 随着台风北上, 台风倒槽东侧的东南急流带来充沛的水汽, 强降水位于倒槽东侧东南气流里, 包括潍坊大部地区出现较强降水, 诸城和高密两市降水超过 100 毫米。同时, 位于台风外围环流与西风槽相互作用, 在鲁西北也有较强降水区。

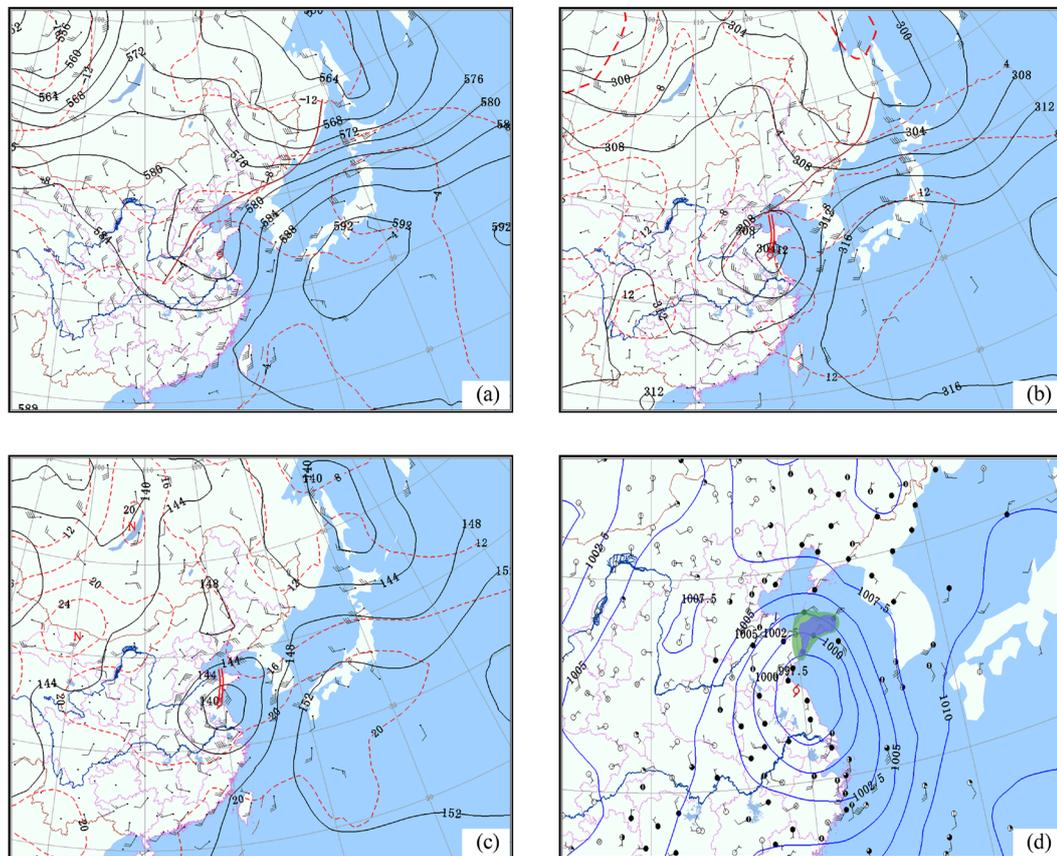


**Figure 1.** At 20 o'clock on the 24th, high and low altitude, ground weather map (a) 500 hPa (b) 700 hPa (c) 850 hPa (d) At 14 o'clock on the 24th ground (e) At 20 o'clock on the 24th ground (f) At 02 o'clock on the 25th ground (Green shaded area:  $6\text{ h} \geq 25\text{ mm}$ ; Blue shaded area:  $6\text{ h} \geq 50\text{ mm}$ )

**图 1.** 24 日 20 时高低空、地面天气图(a) 500 hPa (b) 700 hPa (c) 850 hPa (d) 24 日 14 时地面、(e) 24 日 20 时地面、(f) 25 日 02 时地面(绿色阴影区:  $6\text{ h} \geq 25\text{ mm}$ ; 蓝色阴影区:  $6\text{ h} \geq 50\text{ mm}$ )

25 日 08 时(图 2), 副高 588 dagpm 线的位置北抬到  $38^{\circ}\text{N}$  附近, 西脊点越过  $120^{\circ}\text{E}$ , 同时高空槽东移至辽东半岛 - 鲁西北一线, 受冷空气侵入的影响, “麦德姆”很快变性减弱, 并沿副高外围西南气流向

东北方向快速移动。台风倒槽处于半岛和鲁中交界处，6 小时超过 50 mm 的强降水全部位于半岛地区。25 日 14 时台风中心入海以后，由于副高继续加强并西伸北抬，冷空气与台风环流之间的相互作用减弱，半岛降水强度明显减弱。



**Figure 2.** At 08 o'clock on the 25th, high and low altitude, ground weather map (a) 500 hPa (b) 700 hPa (c) 850 hPa (d) ground (Green shaded area: 6 h  $\geq$  25 mm; Blue shaded area: 6 h  $\geq$  50 mm)

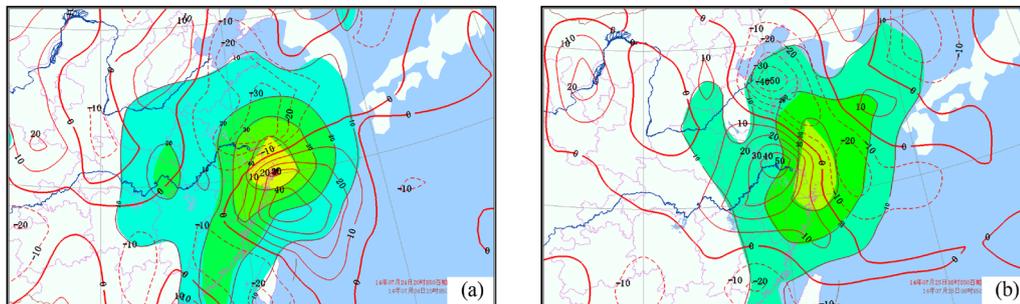
**图 2.** 25 日 08 时高低空、地面天气图(a) 500 hPa (b) 700 hPa (c) 850 hPa (d)地面(绿色阴影区: 6 h  $\geq$  25 mm; 蓝色阴影区: 6 h  $\geq$  50 mm)

### 3. 物理量诊断分析

#### 3.1. 水汽条件分析

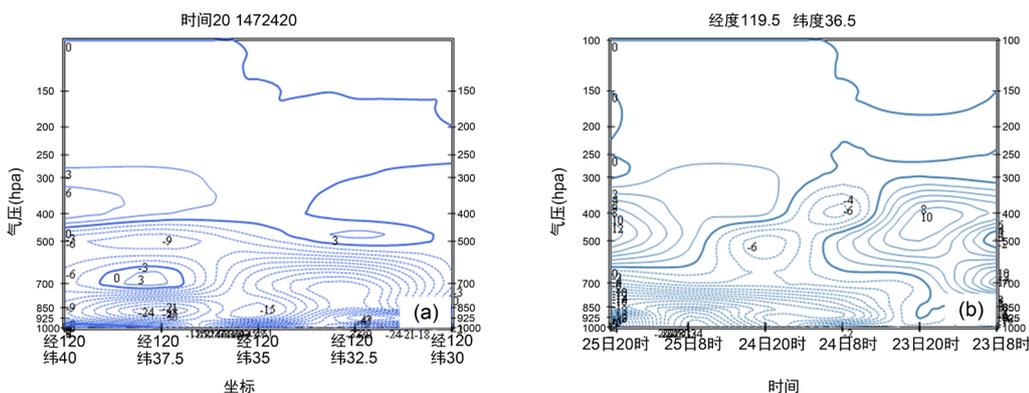
“麦德姆”影响期间可以看出，24 日 20 时我省大部地区水汽通量超过  $10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，水汽通量大值中心位于浙江北部沿海，达  $50 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，台风东北侧的东南气流将水汽源源不断的向江苏东部和山东半岛输送，最大辐合中心达  $-3 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而鲁东南、鲁中东部及半岛地区有明显的水汽辐合，半岛地区辐合最强达  $-2 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  以上。从 24 日 20 时水汽通量散度剖面图可以看到我省东部地区在 700 hPa 上空有辐散中心，持续的水汽在我省东部地区形成低空强辐合和高空弱辐散机制，造成该地区大范围暴雨天气。

25 日 08 时(图 3)，我省大部地区水汽通量维持在  $10 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$  以上，我省东部附近一直维持着强的水汽辐合中心，水汽通量散度负值中心位于半岛北部，达  $-5 \times 10^{-7} \text{ g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{hPa}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$ ，而水汽通量最大区位于长江入海口处，低空东南急流稳定维持，充沛的水汽不断向辐合中心即半岛地区输送。

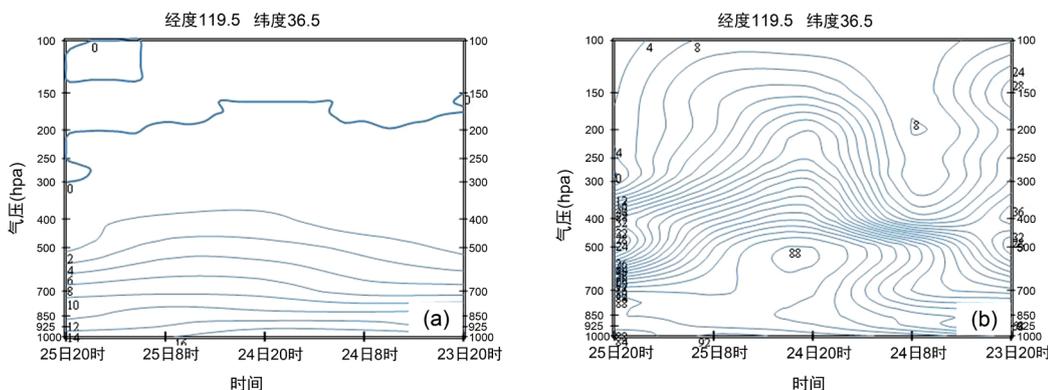


**Figure 3.** 850 hPa water vapor flux and water vapor flux divergence map  
**图 3.** 850 hPa 水汽通量和水汽通量散度叠加图

自 24 日 20 时至 25 日 20 时潍坊东部和南部地区 850 hPa 比湿一直维持在 12 g/kg 以上的持续时间较长, 从 1000 hPa 到 500 hPa, 高密地区整层比湿一直保持在 4 g/kg 以上。从 24 日下午开始, 潍坊整层相对湿度逐渐增大至 85% 以上(图 4), 并维持到 25 日 08 时, 25 日 08 时以后(图 5), 随着台风东移和弱冷空气侵入, 500~700 hPa 相对湿度有明显下降。从 24 日傍晚至 25 日上午, 台风东北侧的低空东南急流将水汽持续稳定地向潍坊东部地区输送, 水汽通量在潍坊东部和半岛地区强烈辐合, 整层相对湿度维持在 85% 以上, 低层比湿维持在 12 g/kg 以上, 为此次台风暴雨提供了水汽条件。



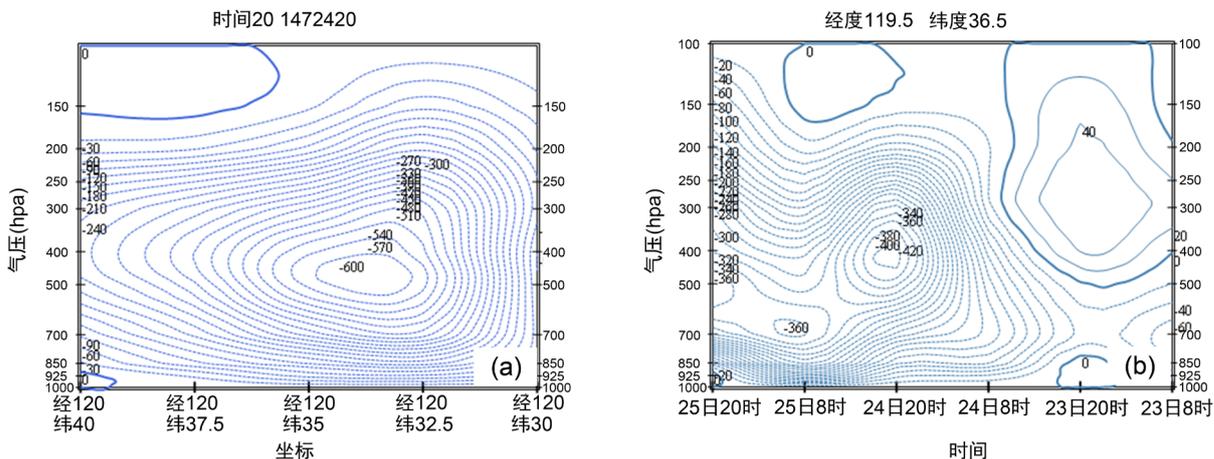
**Figure 4.** Vertical profile of water vapor flux divergence along the 120°E at 20 o'clock on July 24 (a) and vertical profile of water vapor flux divergence along the Gaomi (119.5°E, 36.5°N) (b)  
**图 4.** 7 月 24 日 20 时沿 120°E 的水汽通量散度垂直剖面图(a)和沿高密(119.5°E, 36.5°N)做水汽通量散度随时间变化垂直剖面图(b)



**Figure 5.** Profiles of specific humidity (a) and relative humidity (b) as a function of time along Gaomi  
**图 5.** 沿高密做比湿(a)和相对湿度(b)随时间变化剖面图

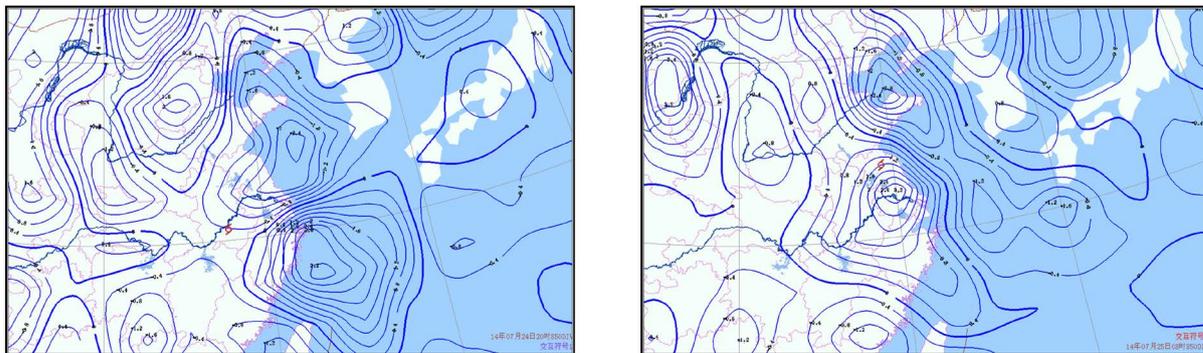
### 3.2. 上升运动

对上升速度沿 120°E 的做径向剖面(图 6(a)), 可以看到, 500 hPa 高度对应了上升运动大值中心, 中心值大于-0.6 Pa/s, 位于江苏中部地区上空。潍坊东部地区 500 hPa 上空垂直速度最大达-0.4 Pa/s, 存在强烈的上升运动。从沿高密做的垂直速度时间剖面图上(图 6(b))看到, 24 日傍晚开始, 400 hPa 产生-0.4 Pa/s 的上升运动中心, 到 25 日 20 时, 高层 400~600 hPa 一直保持强烈的上升运动, 此时对应高密 24 日 19 时至 25 日 06 时降雨量 185 毫米, 其中 24 日 19~20 时一个小时出现 48.5 毫米的短时强降水。



**Figure 6.** Vertical section of vertical velocity along 120°E at 20 o'clock on July 24 (a) and vertical velocity along Gaomi (V) **图 6.** 7 月 24 日 20 时沿 120°E 垂直速度垂直剖面图(a)和沿高密做垂直速度随时间变化垂直剖面图(b)

24 日 20 时, 从散度图(图 7)看出, 在台风东北象限存在明显的辐合, 在第二和第四象限存在明显的辐散, 潍坊东部存在 $-1.2 \times 10^{-3} s^{-1}$ 的强辐合, 到 25 日 08 时, 随着台风东北移, 在台风中心的北侧存在较强的辐合, 强辐合中心位于半岛北部达 $-2.8 \times 10^{-3} s^{-1}$ , 在西北偏北一侧, 台风外围偏东风与冷空气交汇, 产生辐合, 在鲁西北产生降水。

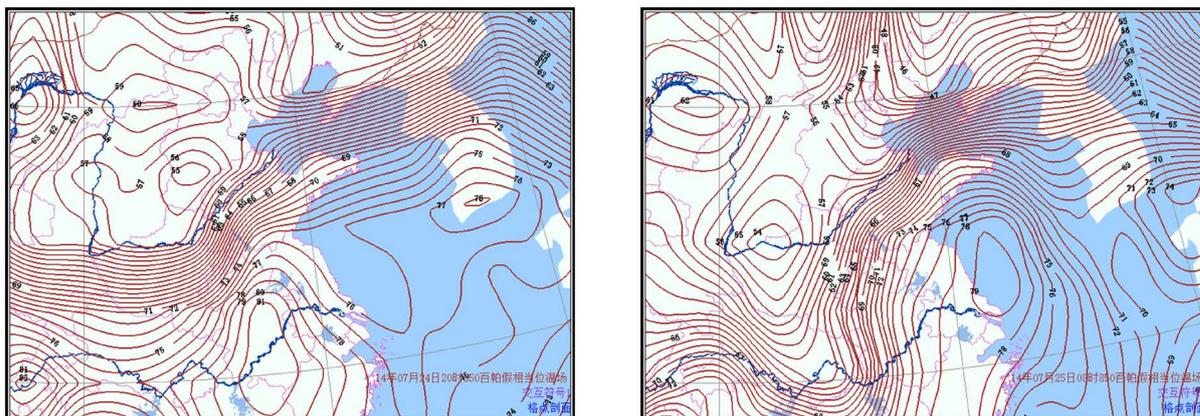


**Figure 7.** 850 hPa divergence at 20 o'clock on the 24th of July and 08:00 on the 25th **图 7.** 7 月 24 日 20 时和 25 日 08 时 850 hPa 散度图

### 3.3. 能量场分析

24 日 20 时, 从 850 hPa 假相当位温场看到, 台风眼处于高温高湿的环境中。台风云系东半边假相当位温数值明显大于西半边, 呈不对称分布, 这说明位于海洋上的台风东半边环流受到来自下垫面暖湿水汽的能量补充, 而位于大陆的台风西半边环流由于受地形抬升触发不稳定能量释放, 产生强降水。到了

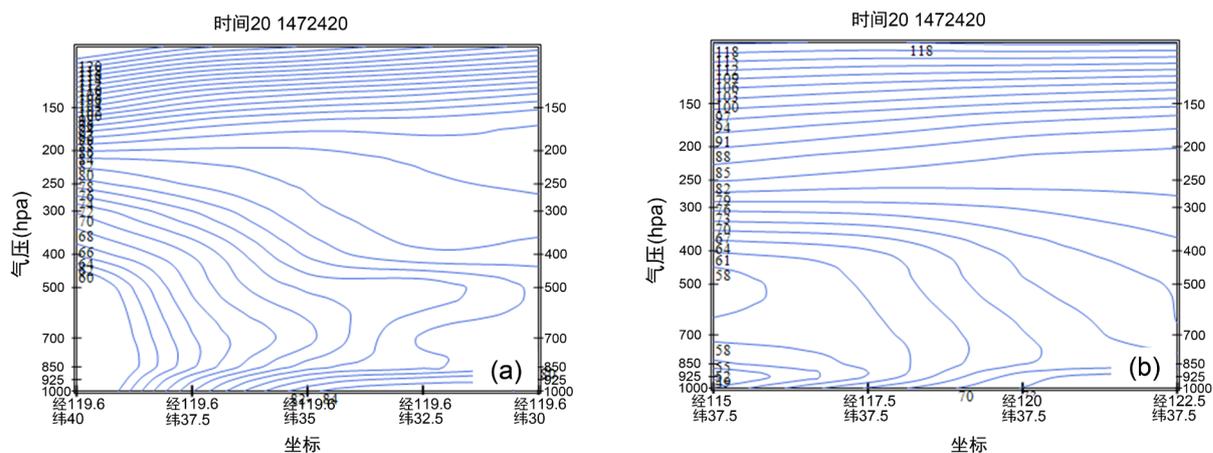
25日08时(图8),台风眼处的能量有所减弱,从24日20时至25日08时,在我省出现一个等值线陡立密集区,等值线密集带是冷暖空气团交汇的锋区所在。由于冷暖空气的交汇,大气温湿结构发生变化,同时造成强烈的上升运动,使降水增幅。如果将 $70^{\circ}\text{C}$ 作为特征线,特征线以东是暖湿区,特征线以西是干冷区,强降水区位于特征线附近、特征线以东和高能舌区。而 $70^{\circ}$ 度假相当位温线正好穿过潍坊诸城和高密,并对应在两地出现大暴雨天气。



**Figure 8.** July 20th at 20 o'clock and 25 o'clock at 850 hPa false equivalent temperature field

**图 8.** 7月24日20时和25日08时850 hPa假相当位温场

从垂直剖面图上(图9)分析, $38^{\circ}\text{N}$ 和 $117.5^{\circ}\text{E}$ 以西均出现大范围低值中心,700 hPa以下等值线向西倾斜,说明干冷空气团正在向台风低层渗透,西风槽带来的弱冷空气已经侵入到台风云系底部,通过在低层形成冷垫强迫暖空气抬升,形成斜压锋区后触发不稳定能量及潜热能释放,对暴雨的维持发展起了巨大作用。



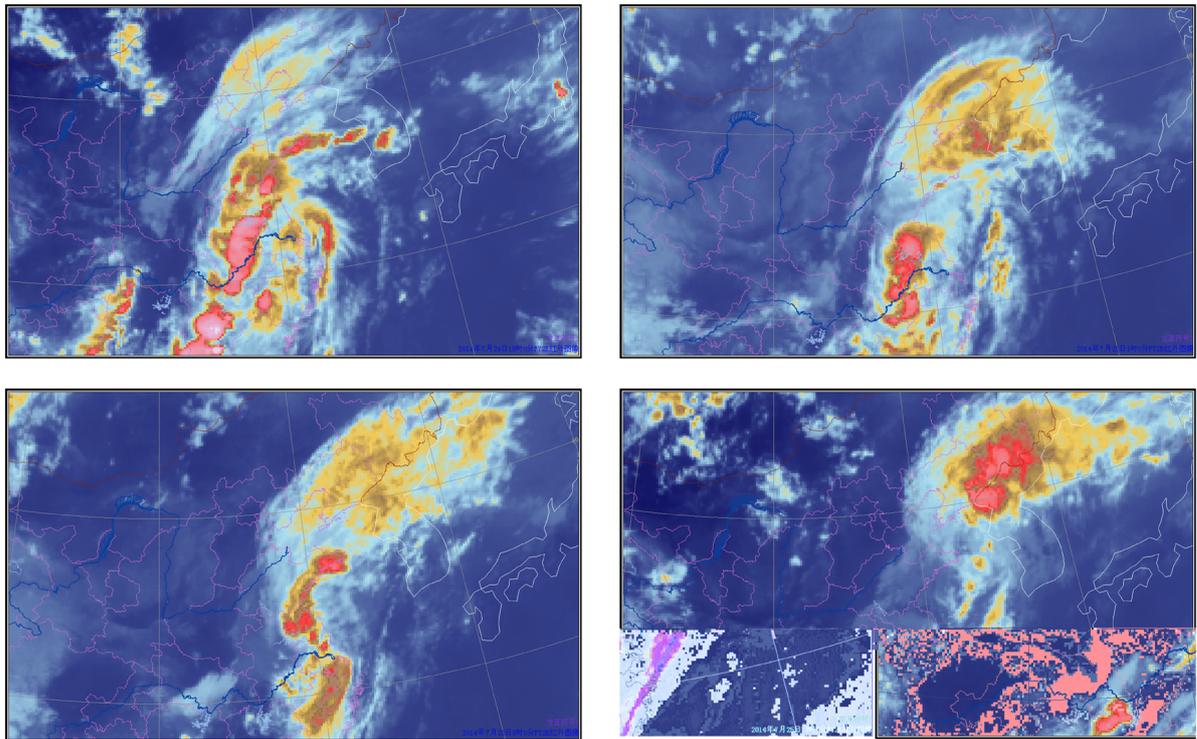
**Figure 9.** Vertical sectional view of the pseudo-equivalent temperature along the  $119.5^{\circ}\text{E}$  at 20 o'clock on July 24 (a) and vertical equivalent profile along the  $37.5^{\circ}\text{N}$  (b)

**图 9.** 7月24日20时沿 $119.5^{\circ}\text{E}$ 的假相当位温垂直剖面图(a)和沿 $37.5^{\circ}\text{N}$ 的假相当位温垂直剖面图(b)

#### 4. 卫星云图分析

从卫星云图上看(图10),24日19时,台风“麦德姆”的东部和南部云团对流相当活跃,而冷空气云系正在不断地侵入,呈现出明显的非对称结构,台风东侧的螺旋云带区对流旺盛。而在台风东北侧由于

冷空气的入侵，与台风外围云系交汇，在潍坊东南部产生短时强降水天气。随着冷空气进一步侵入，24日夜间接在潍坊中部西部地区云系比较稳定，降水也以稳定性降水为主，而在东部南部地区强对流云团发展，在诸城和高密地区形成明显的中尺度暴雨云团。25日08时强对流云团东移到半岛地区，影响偏东，此时潍坊东部地区降水也趋于平稳，至25日18时，台风云系进入朝鲜半岛，潍坊地区降水结束。



**Figure 10.** Infrared cloud image at 19:00 on the 24th, 01:25 on the 25th, 08:00 on the 25th, and 18:00 on the 25th  
**图 10.** 24 日 19 时、25 日 01 时、25 日 08 时、25 日 18 时红外云图

## 5. 风廓线雷达风场分析

潍坊风廓线雷达垂直风场特征表现在台风“麦德姆”影响过程中，前期低层东北风，风速在 10 m/s 左右，高层西南风达 20 m/s，风随高度顺转，受暖平流影响。7 月 24 日 05 时开始，高空 5.5 km 附近出现 20 m/s 的急流。24 日 09 时之后 1 km 以下由东南风转为东北风，1 km 以上为南到西南风。18:30 低层东北风开始加大，19 时低层风速加大到 18 m/s，以后风速一直持续到 22 时，22 时以后风速减小到 14 m/s，这与潍坊高密站 19~20 时、20~21 时、21~22 时分别出现一个小时 48.5 毫米、15.9 毫米和 22 毫米的短时强降水相对应。即低层风速加大的时段与短时强降水出现的时段是一致的。21 时，低层东北风向上扩展到 2.5 km，即 2.5 km 以下全部为东到东北风，3 km 以上为西南风，6~7 km 高度处风速由 12 m/s 加大到了 20 m/s，对应着潍坊降水较强时段。同时低层风向逐渐由东北风转为偏东风，一直维持到 25 日凌晨。

25 日 01 时(图 11)，高空 8 km 以上偏南风迅速加大至 40 m/s 以上，低层 1~2 公里由偏东风转为东北风，风力逐渐加大，偏北气流加强并向下扩展，可能存在动量向下传，引起低空扰动加强，有利于降水强度的增大。此时潍坊诸城降水强度较强。在 25 日 00 时至 25 日 08 时降水稳定维持阶段，低层为偏东风控制，高层为偏南风，风力保持在 12 m/s 以下。13 时以后近地面层转为西北风，0.8~3.5 km 之间为偏北风，4 km 以上为西北风，强降雨结束，潍坊降水随之逐渐减弱至结束。

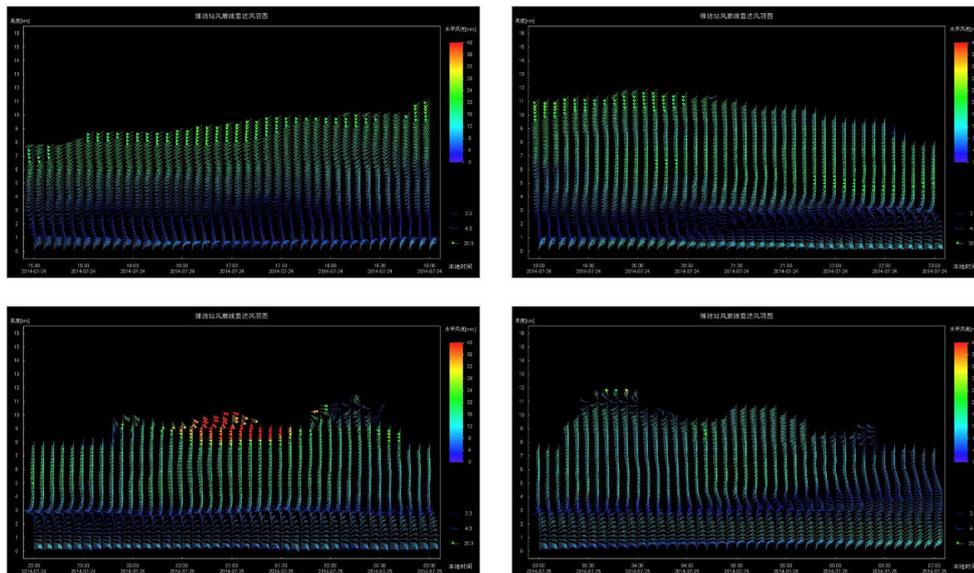
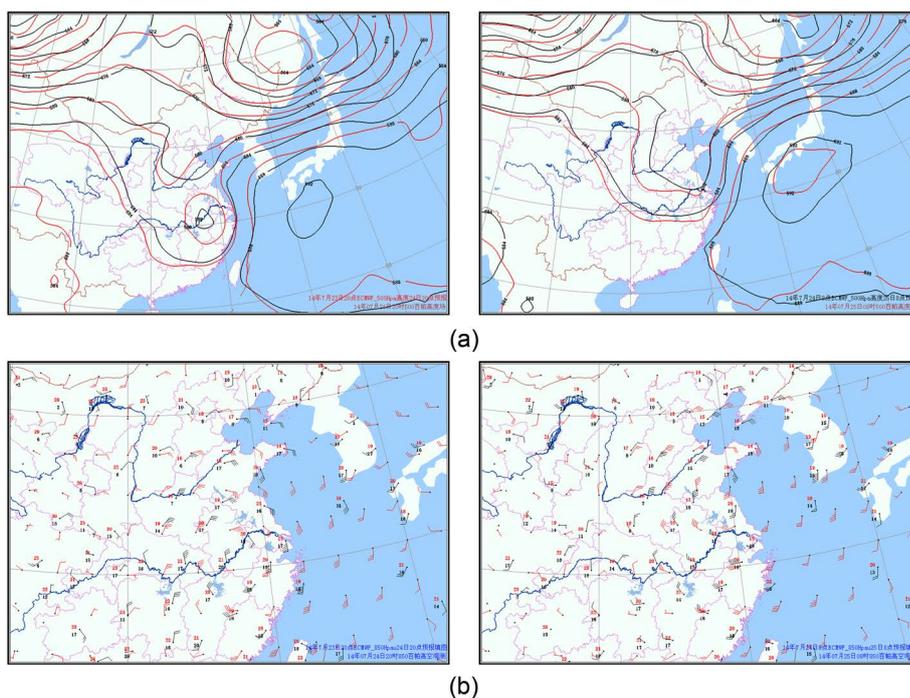


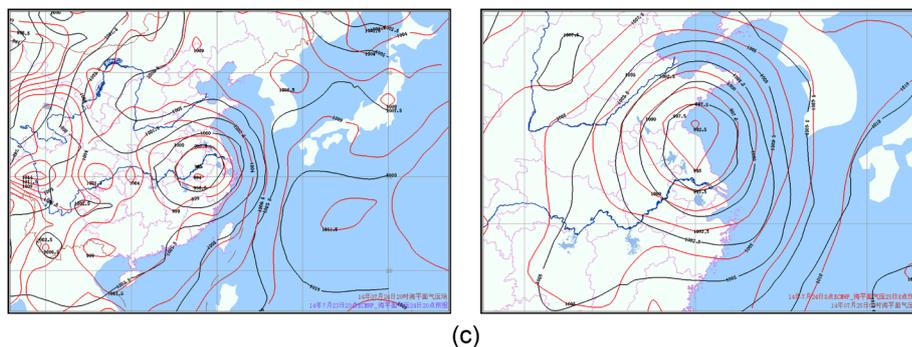
Figure 11. Half-hour wind field map of Weifang wind profile radar on July 24-25, 2014  
 图 11. 2014 年 7 月 24~25 日潍坊风廓线雷达逐半小时风场图

## 6. 数值预报检验

### 6.1. 欧洲中心形势场检验

如图 12，欧洲中心形势场可用性较高，对台风路径的预报把握较准，本次天气过程欧洲中心预报的 500 hPa 高度场(图 12(a))位置较为准确；另外也对 850 hPa 风场做出了较为精确的预报，但风速较实况略偏小。对于降水的时间、落区和强度的把握上，欧洲中心模式虽然与实况较为接近，但 24 日夜间高密诸城的强降水没有预报出，主要考虑的 25 日白天的强降水。对落区和强度的把握较好。





**Figure 12.** Forecast of the forecast field at 20 o'clock on the 24th and 08:24 on the 25th ((a) is 500 hPa height field, (b) is 850 hPa wind field, (c) is ground field)

**图 12.** 24 日 20 时和 25 日 08 时 24 小时预报场检验((a) 为 500 hPa 高度场, (b) 为 850 hPa 风场, (c) 地面场)

## 6.2. T639 和日本数值检验

T639 对于此次台风路径预报略偏西, 但整体检验较好, 对于降水时间和落区预报都比较准确, 降水强度把握较准。日本对于台风路径的把握较为偏西, 对于降水强度的预报偏弱, 但是对于降水落区预报较好。

## 7. 结论与讨论

1) 本次过程是台风“麦德姆”外围云系与冷空气相互作用产生的暴雨天气过程, 海上副高强大稳定, 500 hPa 西风槽缓慢东移。台风沿副高外围引导气流先向北后向东北方向移动, 在鲁中东部和半岛降水条件非常有利, 此次降水主要发生在台风中心附近和东北象限区域内。

2) 本次过程对于台风路径的把握较为准确, 因此对于降水量级预报比较准确。但对于降水时间考虑略微滞后, 没有考虑到 24 日 20 时之前台风对潍坊东南部的短时强降水影响。在今后的台风预报服务中, 对于台风的风雨预报, 分析要更加细致, 尤其是台风外围云系与冷空气相互作用可能造成的短时强降水。

3) 欧洲中心对于台风路径和形势场的预报可用度较高, EC 细网格与 T639 的台风路径及降水预报产品可用度较高, 在实际应用时参考性较好。

## 参考文献

- [1] 郭荣芬, 鲁亚斌, 李燕, 等. “伊布都”台风影响云南的暴雨过程分析[J]. 高原气象, 2005, 24(5): 784-791.
- [2] 姚才. 0103 号台风“榴莲”强度变化特征及暴雨成因的分析[J]. 热带气象学报, 2003, 19(增刊): 180-188.
- [3] 杨宇红, 沈新勇, 林两位, 等. 0418 号台风艾莉暴雨成因分析[J]. 气象, 2006, 32(7): 81-87.
- [4] 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.
- [5] 余贞寿, 高守亭, 任鸿翔. 台风“海棠”特大暴雨数值模拟研究[J]. 气象学报, 2007, 65(6): 864-876.
- [6] 魏建苏, 赵永玲, 等. “0012”台风引发“8.30”特大暴雨过程的分析[J]. 气象科学, 2003, 23(1): 92-99.
- [7] 孙建华, 齐琳琳, 赵思雄. “9608”号台风登陆北上引发北方特大暴雨的中尺度对流系统研究[J]. 气象学报, 2006, 64(1): 57-71.
- [8] 李兆祥, 杨克明. 黄淮气旋及其预报[J]. 气象, 1980, 6(4): 1-4.
- [9] 黄彬, 代刊, 钱奇峰, 等. 引发黄渤海大风的黄淮气旋诊断研究[J]. 气象, 2013, 39(4): 302-312.
- [10] 苗春生, 宋萍, 王坚红, 等. 春夏季节黄淮气旋经渤海发展时影响因子对比研究[J]. 气象, 2015, 41(9): 1068-1078.
- [11] Uccellini, L.W., Keyse, D., Brill, K.F., et al. (1985) Wash the President's Day Cyclone of 18-19 February 1979: Influence of Upstream Trough Amplification and Associated Tropopause Folding on Rapid Cyclogenesis. *Monthly Weather Review*, **113**, 962-988. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1985\)113<0962:TPDCOF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1985)113<0962:TPDCOF>2.0.CO;2)
- [12] 丁治英, 王劲松, 翟兆锋. 爆发性气旋的合成诊断及形成机制研究[J]. 应用气象学报, 2001, 12(1): 30-40.