



# 2011年江苏省一次暴雨过程的影响 系统分析及物理量诊断

## 摘要

利用 NECP/NCAR 提供的逐日再分析资料,对江苏省 2011 年 6 月 24—25 日暴雨从环流形势、云图实况对照水汽通量和水汽通道变化 3 个方面进行了分析,结果表明前期影响该次暴雨过程的天气系统是西风槽,后期是台风,中期是两者相互作用.通过诊断过程水汽通量散度、垂直速度、散度和垂直螺旋度,发现它们作为 25 日强降水的预报因子,具有预报先兆性,大约有 9~12 h 的提前预报量.同时,发现近海台风(米雷)中低层垂直螺旋度由负变正并增加时,未来 12 h 内易出现强降水,而当中低层垂直螺旋度开始明显减小时,未来 12 h 内降水会逐渐减小,若减小是由正变负,则降水减弱时间更快,提前量在 2 h 左右.对于 24 和 25 日降水性质的不同,运用  $K$  指数加以验证,表明 24 日主要为多对流性降水,25 日对流性减弱,以系统性降水为主.

## 关键词

西风槽;台风暴雨;诊断分析;水汽通道;垂直螺旋度;米雷

中图分类号 P426

文献标志码 A

收稿日期 2011-11-17

资助项目 镇江市科技局科技支撑(社会发展)项目(SH2010026)

作者简介

吴琼,女,助理工程师,主要从事短期天气预报.20061301262wq@sina.com

<sup>1</sup> 江苏省镇江市气象局,镇江,212000

<sup>2</sup> 南京信息工程大学 大气科学学院,南京,210044

## 0 引言

气象灾害在我国每年造成的经济损失平均在 2 000 亿元以上,其中台风造成的损失平均每年超过 200 亿元.影响江苏的台风其路径大体可以分为远海北上型、近海北上型和登陆型 3 种.其中对江苏影响较大的是近海北上型和登陆型,会造成大风、暴雨等灾害性影响.

在针对台风暴雨的物理量诊断方面,文献[1-2]指出低空辐合高空辐散的配置有利于上升运动的强烈发展,垂直运动在由低向高输送水汽的同时,释放的凝结潜热更有利于降水的发生,且对降水的发生、强度、分布有一定指示作用;闫淑莲等<sup>[3]</sup>在分析了台风“麦莎”对山东半岛大暴雨的影响后认为,低空急流输送的充足水汽和水汽的强烈辐合能为暴雨的发生提供有利的水汽条件;郑传新<sup>[4]</sup>利用螺旋度对 0103 号和 0104 号台风过程进行了分析,结果表明,当负螺旋度转为正螺旋度并增加时,将出现台风低涡暴雨,当螺旋度减小并由正转负时,暴雨也趋于结束.在环流背景方面,雷小途等<sup>[5]</sup>指出,热带气旋与中纬度环流系统相互作用,不仅影响热带气旋的结构和强度变化,并对中纬度地区天气产生重大影响;张少林等<sup>[6]</sup>在分析 0418 号台风时指出,西风带弱冷空气侵入台风北伸倒槽,促使了对流的强烈发展和暴雨的产生.

以上研究多针对登陆台风造成的暴雨过程分析,关于对江苏影响同样较大的近海北上台风则研究较少.2011 年第 5 号强热带风暴“米雷”于 6 月 24—25 日近海北上影响江苏省大部分区域.风暴北上过程中,江苏出现了区域性大到暴雨,沿海东部地区亦出现了大风天气.本文利用 NECP/NCAR 提供的 2011 年 6 月 24 日 08 时—26 日 08 时逐日再分析资料(网格范围 105~145°E,20~50°N,格距 2.5°×2.5°)、Micaps 实况资料(台风位置、 $K$  指数资料)、江苏省自动站逐小时实况降水资料以及 FY2E 红外云图资料分析了 24—25 日受西风槽和 1105 号台风“米雷”共同影响,发生在江苏的一次大到暴雨天气过程.通过分析天气系统、水汽通道变化以及多种物理量的诊断,加深了对此次台风暴雨天气背景和物理条件的认知,对于暴雨的产生和减弱也能有 9~12 h 的提前预报量,可以为以后类似天气背景下的台风暴雨预报提供参考.

## 1 天气实况

2011年第5号强热带风暴“米雷”于6月22日下午在菲律宾东部的洋面上(130.0°E, 13.2°N)达到热带风暴等级并开始编报,24日17时加强为强热带风暴(STS),当时位于125.3°E, 22.4°N,在25日03时之前是沿副高西边缘朝西北方向前进,之后副高西边缘环流逐渐调整为南北向较为平直的气流,“米雷”沿其外围转向,向着偏北方向移动,在125°E以西近海北上.26日下午在山东半岛东侧减弱为热带风暴,擦过山东省威海市后折向东偏北方向,在朝鲜登陆.对江苏省的主要影响时间是24日后期到25日后期(图1).

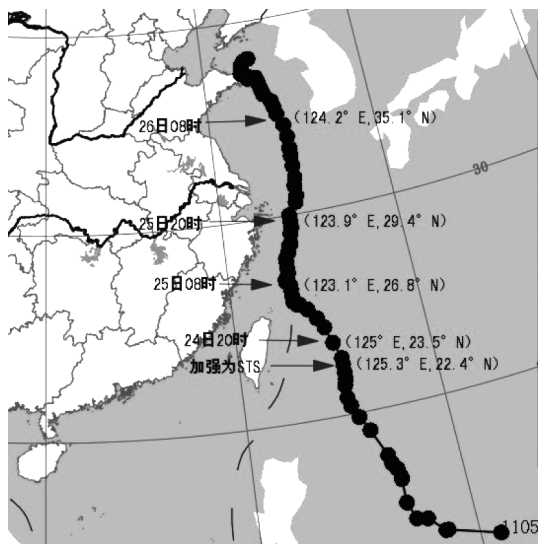


图1 热带风暴“米雷”路径  
(2011年6月24日20时至26日08时逐12h位置)  
Fig. 1 The path chart of “Meari” (every 12 h from 20:00 June 24 to 08:00 June 26 in 2011)

受西风槽与第5号强热带风暴“米雷”外围共同影响,江苏省24—25日出现一次较强降水过程.24日在淮河以南地区出现大范围的雷雨天气,江淮之间北部雨量比较明显,部分站点出现暴雨.25日雨量较大区域呈西南—东北向(图2),雨区有所减小,发生雷雨的站点减少,但是达到暴雨量级的站点个数增加,降水主要集中在沿江及江淮之间南部地区,东部沿海出现大风.26日降水明显减弱,主要是东部及南部大风明显.

## 2 环流分析

### 2.1 综合图分析

24日,东北冷涡主体势力偏东偏北,其后有冷空

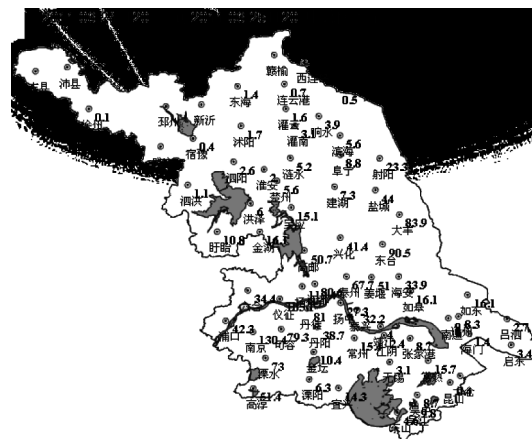


图2 2011年6月24日20时—25日20时  
江苏省24h累计降水量分布(单位:mm)  
Fig. 2 The 24 h precipitation distribution  
from 20:00 June 24 to 20:00 June 25 in 2011

气补充南下,在鲁豫一线有西风槽东移南压(图3a).副高中心在日本东南洋面上,副高脊线位于27°N附近,江苏位于槽前正的涡度平流中,有上升运动.海上第5号强热带风暴“米雷”位于台湾东部海面上,倒槽在海上,暂未对江苏省造成特别的影响.低层850 hPa倒槽偏南,强水汽通量区在“米雷”的东侧,中心值为 $45 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ .

25日08时,热带系统向北偏西方向移动至123.1°E, 26.8°N,西风槽受阻于副高,东移缓慢(图3b),江苏仍位于槽前正涡度平流中,且与强热带风暴“米雷”外围打通,成为一个低值带,有利于降水的发生.低层850 hPa在江苏东部地区有倒槽延伸,850 hPa风场偏东分量加强,且风速较大.水汽通量大值区随着台风北上至27°N附近,中心值为 $50 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,浙江北部到沿江一带的东风急流向陆地输送水汽明显.

20时,副高西侧的气流呈南北向,较之前平直,“米雷”继续沿其边缘北上,移动至123.9°E, 29.4°N,高层500 hPa低压中心在江苏省沿江地区,可以看出,台风自底层到高层是向大陆倾斜的(图3c).随着“米雷”北上,江苏逐渐位于其顶后方,850 hPa风场偏北分量加大,水汽通量大值中心有所减弱,为 $40 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ ,位置北抬至30°N,水汽输送经过大陆,偏北偏西分量加大,水汽通道不再通畅.

26日08时,“米雷”继续北上至124.2°E, 35.1°N,高层500 hPa低压中心倾斜较之前减弱,主要降水区的850 hPa风场为西北风场,水汽通量大值区仍

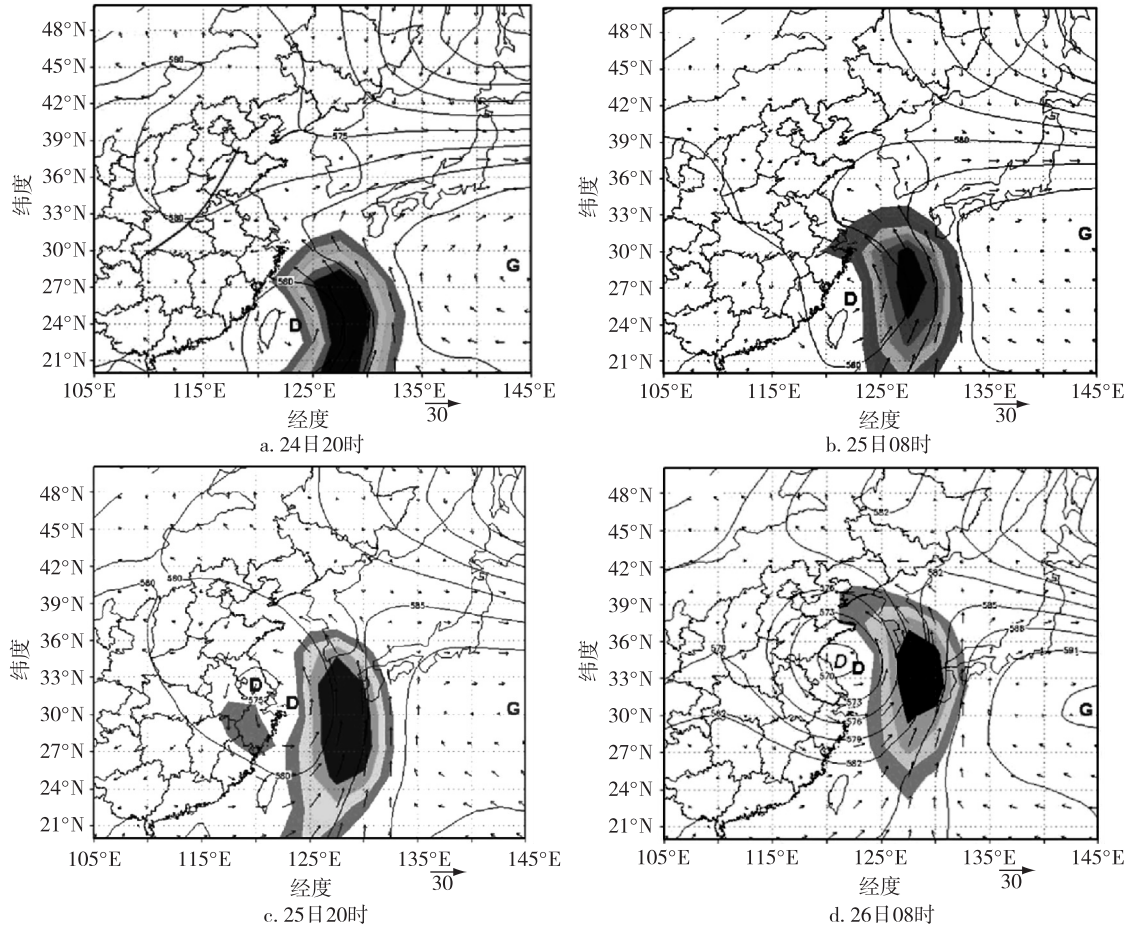


图3 500 hPa 高度场(单位:dagpm)和850 hPa 水汽通量场

(单位: $g \cdot cm^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$ ,阴影部分 $\geq 20$ ,间隔为5),箭矢为850 hPa 风矢量场(单位:m/s)

Fig. 3 500 hPa height field(unit:dagpm) and 850 hPa vapor flux field

(unit: $g \cdot cm^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$ ,shaded $\geq 20$ ,interval as 5),wind vector field with arrow vector of 850 hPa (unit:m/s)

在东部海面上,中心强度维持在  $40 g \cdot cm^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$ ,但是水汽输送带被破坏,降水减弱明显(图 3d).

因此此次暴雨天气过程,24 日主要是受西风槽影响产生的暴雨,24 日夜间到 25 日早期主要是受台风外围及西风槽共同作用,25 日主要是受台风的影响而产生的暴雨天气过程,而 26 日,台风北上,降水趋于停止.

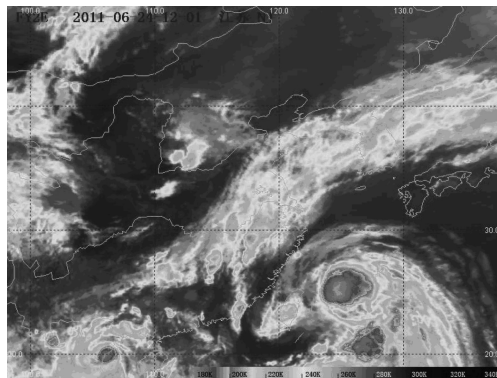
2.2 云图对照 850 hPa 水汽通量分析

从 FY2E 红外云图来看(图 4a),前期,500 hPa 上东北冷涡后部冷空气补充南下,有西风槽东移南压,东北—湖南—线有逗点云系随之东移南压,其尾部雨带受副高阻挡少动.降水云系主要集中在低层切变及高空 584 线之间,江苏省江淮之间,沿江及苏南地区有强降水云系发展.从对应时次的水汽通量

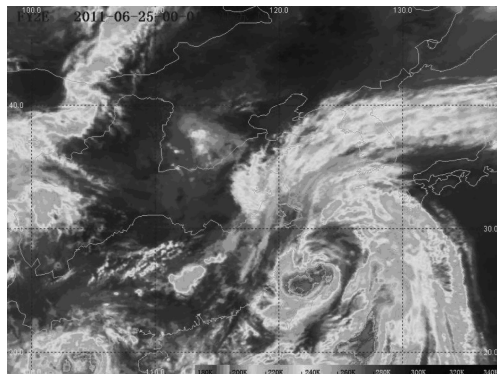
图(图 5a)上可以看出,“米雷”对江苏还没有明显的水汽通量输送.24 日的降水主要还是西风槽东移南压带来的冷暖空气交汇造成的雷阵雨天气.

25 日 08 时,强热带风暴“米雷”向西北方行进,到达  $123.1^{\circ}E, 26.8^{\circ}N$ ,其北部外围螺旋雨带云系与西风槽系统结合(图 4b),西风槽带来的冷空气与来自海上热带系统的暖湿气流相结合,冷暖空气交汇,且“米雷”北部的东风急流将大量水汽源源不断地从海上带至江苏,为暴雨的产生提供了充足的水汽条件(图 5b).江苏上空主要为降水云系覆盖,局地有对流云团.

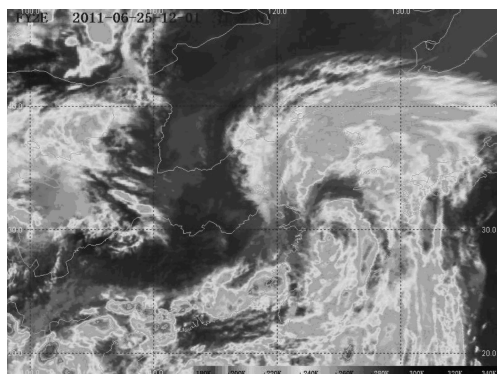
25 日 20 时,“米雷”北抬至  $123.9^{\circ}E, 29.4^{\circ}N$ ,西风槽系统随之有所北缩,主要的降水云系北抬,江苏上空仍有层状云系覆盖(图 4c).随着台风中心的到来,水汽通量的输送偏北分量加大,水汽通道逐渐不畅通起来(图 5c).江苏省开始主要受“米雷”的外围



a. 24日20时



b. 25日08时



c. 25日20时

图4 FY2E 红外云图  
Fig. 4 FY2E Nephogram

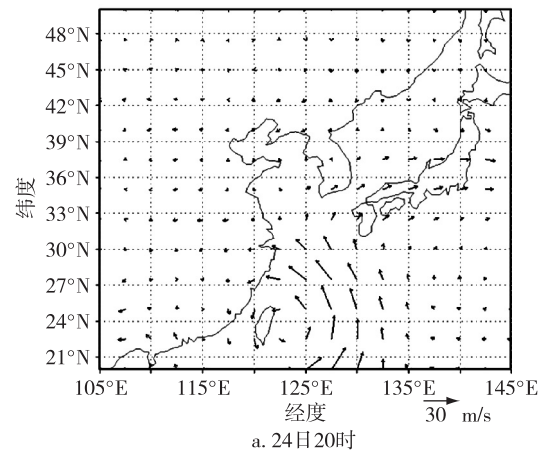
风圈影响,雨势渐止而风力有所增加.

综上所述可以看出,在24日水汽通量并不明显,25日前期,台风北侧水汽通量偏东分量明显,水汽通道通畅,而到了25日后期,随着台风北上,水汽通道开始不畅.

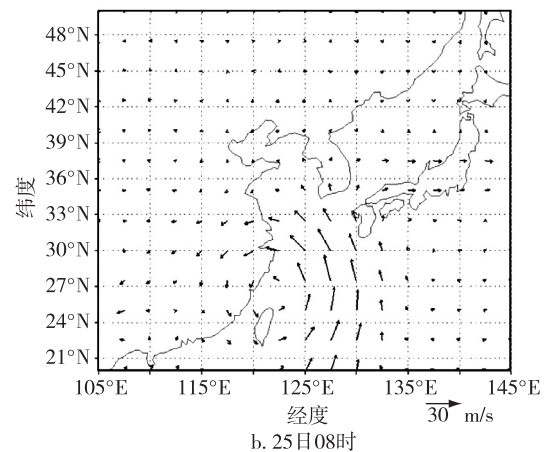
### 3 水汽输送特征分析

#### 3.1 水汽通量散度

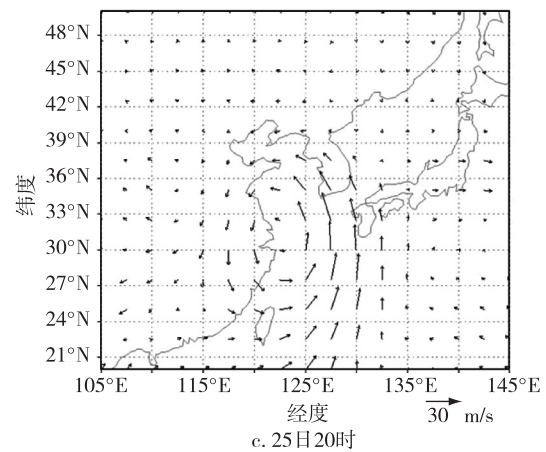
一个地区要发生强降水,必须考虑各个方向输送来的水汽能否在此集中起来,需要分析水汽通量散度<sup>[1]</sup>.选择强降水中心附近格点(120.0°E,32.5°N),



a. 24日20时



b. 25日08时



c. 25日20时

图5 850 hPa 水汽通量矢量场  
(单位:  $g \cdot cm^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$ )

Fig. 5 850 hPa vapor flux vector field  
(unit:  $g \cdot cm^{-1} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$ )

分析各时次的水汽通量散度沿强降水中心的时间-高度垂直剖面(图6),可以发现,在25日00时—25日中午前后这一时段,低层水汽通量辐合,高层水汽通量辐散,有一个水汽垂直抽吸的效果.各个方向输送的水汽在这个时段于低层集中起来,通过抽吸作用,垂直输送至高层并于高空辐散,这样的水汽通量

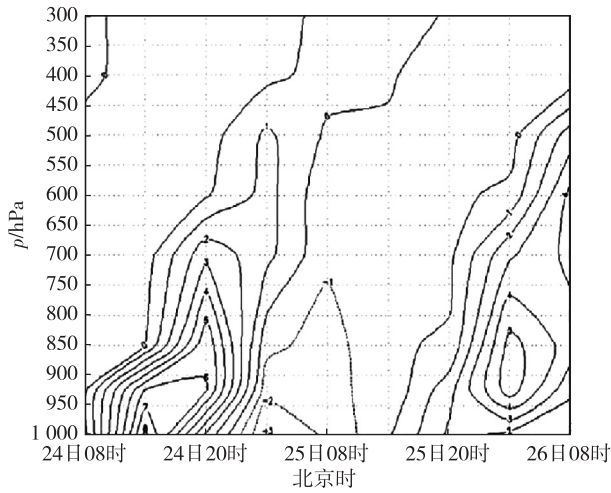


图6 (120.0°E,32.5°N)的水汽通量散度时间-高度垂直剖面  
(单位: $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )  
Fig. 6 Time and height profile of vapor flux divergence  
(unit: $10^{-5} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hPa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ )

散度配置有利于暴雨的产生.对应看强降水中心附近站点镇江(119.3°E,32.1°N),它的降水是从24日就已经开始(图7),但是可以看见降水高峰是集中在25日09时—25日16时,7 h降水量达到66.4 mm.

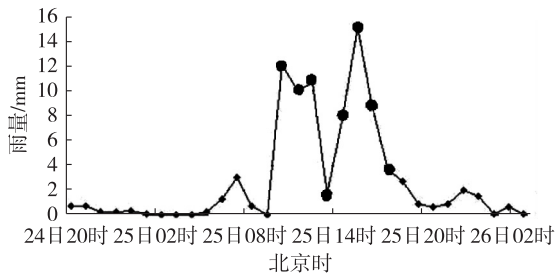


图7 镇江24日20时—26日02时逐小时雨量(单位:mm)  
Fig. 7 Rainfall of every hour from 20:00  
June 24 to 02:00 June 26 in Zhenjiang(unit:mm)

对照水汽通量散度,有利于降水的配置出现时段是25日00时—25日中午前后,而强降水实况出现时段是25日09时—25日16时,发现本次过程通过水汽通量散度的低空辐合、高空辐散配置的建立时间可以对强降水发生时间有大约9 h左右的提前预报量,有较好的预报指示作用.

### 3.2 水汽通道变化分析

考虑到这次过程前期是西风槽东移南压造成的降水,后期是强热带风暴“米雷”近海北上造成的降水,中期是2个系统的结合作用,而西风槽和台风的

水汽通道不同,所以通过对水汽通道变化的分析来验证该次降水是由2个系统作用的.

因为单点的水汽通量输送局限性较大,不足以代表该次过程,本文选取25日强降水中心(120.0°E,32.5°N)附近 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ (117.5~120°E,30.0~32.5°N)的区域作为研究区域(但是24日在(120.0°E,32.5°N)附近雨量未达到大雨量级).该区域分为东、西、南、北4个边界,对于在850 hPa输入该区域的水汽通量记为正,而对于流出该区域的水汽通量记为负(图8).

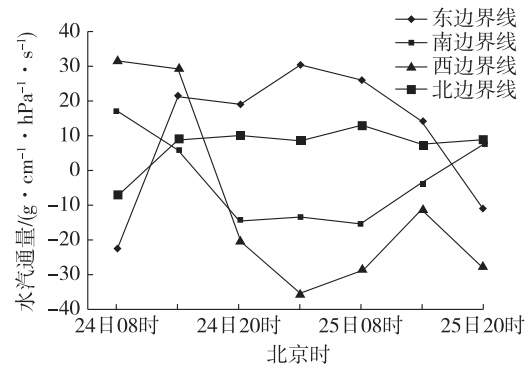


图8 24日08时—25日20时各边界水汽通量收支情况  
Fig. 8 Vapor flux budget of each boundary from 08:00  
June 24 to 20:00 June 25

24日08时,南边界和西边界是水汽通量的主要输入边界,其中南边界的水汽通量输入量占总水汽通量输入的75%左右,而当时台风还位于台湾的东侧,比较偏南,所以南边界的水汽输送并不是由台风提供的.对照24日08时的850 hPa比湿(图9a),从我国南海有湿舌经湖南湖北交界处大值中心向朝鲜半岛西侧海面上延伸,这条湿舌经过江苏省,是西风槽前西南气流的水汽输送带,因此可以从水汽输送方面证明24日前期,是由于受西风槽影响,配合西南气流水汽输送所造成的降水,由于多强对流天气,江淮之间北部部分站点出现暴雨.

24日20时,原本贡献水汽通量最多的南边界和西边界变成了水汽通量的输出边界,而原本的输出边界东边界和北边界变成了水汽通量的流入边界,且东边界的水汽通量流入占主导.对应850 hPa该时次的比湿(图9b)可以看出:北方干区有所南压,西南湿舌减弱,台风高比湿区北上,这也证明了这时段西风槽系统和台风外围系统开始合并.

25日08时,东边界和北边界仍是水汽通量的正流入边界,西边界和北边界仍为流出边界.流入流出

的水汽通量数值均较大,说明该时段有强烈的水汽通量输送.北方干舌南压但同时西退明显,西南湿舌不再能将水汽输送到江苏,主要水汽来源是海上的“米雷”(图9c).

25日20时,东边界已从水汽通量流入边界变为流出边界,北边界维持流入,且值也维持少变,西边界由水汽通量输出边界变为了流入边界,南边界维持输出.水汽通量通道再次调整,变为西北方向流入,这与“米雷”的进一步北上有关.另外容易看出的是,此时的水汽通量输入小于输出,所以对对应降水也趋于停止.观察对应时次的比湿(图9d),北方干舌继续向西南方向延伸,已经伸至湖北省,“米雷”大湿区进一步北上.

分析全过程关键区域东、南、西、北4个边界的水汽通量的输入输出可以证明:24日出现暴雨前期是西风槽过程影响,水汽是通过槽前西南气流输送的;24日后期,“米雷”外围开始与西风槽系统有所合并,共同影响;25日前期暴雨天气过程主要是受“米雷”近海北上的影响,西南水汽通道崩溃,改为强劲的台风北部偏东水汽输送;25日后期,随着“米

雷”进一步北上,水汽通道再次改变,转为西北流入,且输入量小于输出量,降水趋于减弱渐止.

## 4 物理量分析

### 4.1 垂直速度和散度

选择强降水中心附近格点(120.0°E, 32.5°N)做散度和垂直速度的时间-高度剖面(图10),容易看出,在25日00时至25日15时前后,低层散度值为负,低空辐合,对应高层则是正散度区,高空辐散,这种低空辐合、高空辐散的配置有着抽吸的作用,有利于上升运动的强烈发展,对强降水的维持提供了不稳定能量.配合对应时段的垂直速度分布(图11),垂直速度在对应时段皆为负值,是上升运动,并且垂直速度时间-高度剖面显示在25日14时有一个负值中心垂直分布,表示在该时次有强烈的垂直上升运动.垂直运动不仅可以促使水汽在水平方向上聚散,同时也可将低层的水汽输送到高层,凝结释放潜热,更有利于降水的发生.因此,在水汽条件具备的情况下,垂直运动将是决定降水发生、强度及分布的又一重要因素.

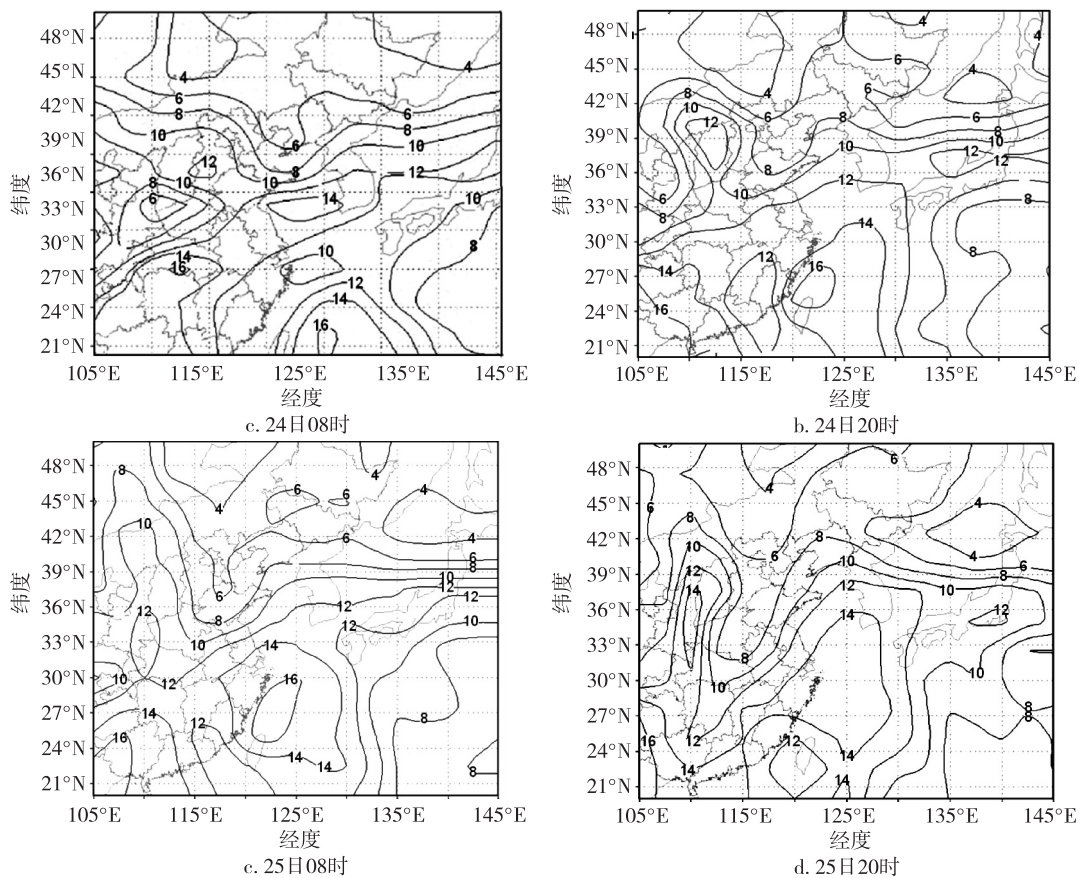


图9 850 hPa 比湿场(单位:g/kg)

Fig.9 Specific humidity field at 850 hPa (unit:g/kg)

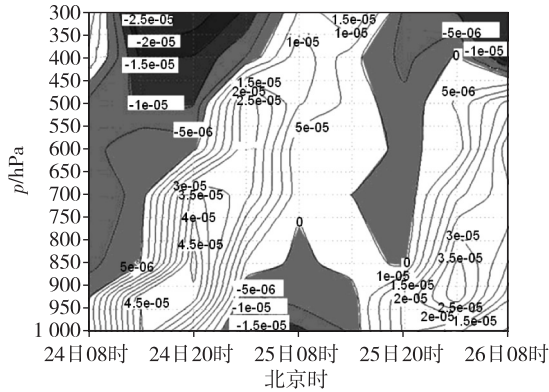


图 10 24日08时—26日08时散度的时间-高度垂直剖面(单位: $s^{-2}$ )(阴影部分为负值区)  
Fig. 10 Time and height profile of divergence from 08:00 June 24 to 08:00 June 26 (unit:  $s^{-2}$ ) (shaded is negative)

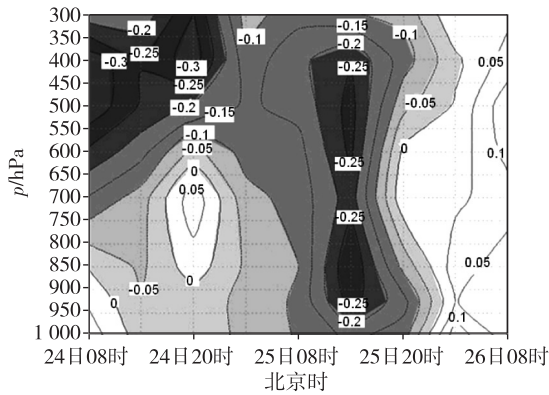


图 11 24日08时—26日08时垂直速度的时间-高度垂直剖面(单位: $hPa \cdot s^{-1}$ )(阴影部分为负值区)  
Fig. 11 Time and height profile of vertical speed from 08:00 June 24 to 08:00 June 26 (unit:  $hPa \cdot s^{-1}$ ) (shaded is negative)

综合对照散度及垂直速度时间-高度剖面和水汽通量散度的时间-高度剖面以及强降水中心附近逐小时雨量可以看出,散度及水汽通量散度的低层负值区基本重合.散度对于主要强降水时段也有着较好的先兆性,而从垂直速度的剖面可以看出,25日14时有负值中心,对应实况降水量14时前后正是1h雨强最强时段.

#### 4.2 K 指数<sup>[7]</sup>

K 指数的定义为

$$K = (T_{850} - T_{500}) + T_{d850} - (T - T_d)_{700}, \quad (1)$$

其中,  $T_{850}$ 、 $T_{500}$ 、 $T_{d850}$ 、 $(T - T_d)_{700}$  分别表示 850、500 hPa 温度,850 hPa 露点以及 700 hPa 温度露点差<sup>[8]</sup>. 由于式(1)中第 1 项表示温度直减率,第 2 项表示低

层水汽条件,第 3 项表示中层饱和程度,因此,K 指数是反映大气层结稳定性的参数,K 值越大,表示大气越温暖、水汽越充分.通常当 K 指数大于 35 °C 时,层结就相当不稳定了.

本次过程 24 日 08 时,淮河以南地区的 K 指数值达到了 36 °C,之后逐渐减小;24 日 20 时,江苏西南部 K 值仍在 35 °C 左右,沿江地区的 K 值降至 32 °C,沿淮地区 28 °C;25 日 08 时,K 值继续小幅减小;25 日 20 时,强降水区域 K 值仍在持续减小,大部分小于 30 °C.K 指数的变化是从 24 日的大于 36 °C,到 25 日持续减小的过程,这与 24 日主要多对流性降水,25 日对流天气减弱,以系统性降水为主的天气实况对应较好.

#### 4.3 螺旋度

螺旋度<sup>[9]</sup>定义为风速度矢量和涡度矢量点积的体积积分:

$$H = \iiint \mathbf{V} \cdot (\nabla \times \mathbf{V}) d\tau. \quad (2)$$

将风速度矢量和涡度矢量的点乘称为局地螺旋度,也是气象上通常所使用的螺旋度,本文选取 P- 坐标下的垂直螺旋度来作为诊断量,表示为

$$H_p = (\partial v / \partial x - \partial u / \partial y) \cdot (-\omega) = -\omega \cdot \zeta. \quad (3)$$

垂直螺旋度表征大气在垂直方向上的旋转上升和运动特征.文献[10-11]研究表明,垂直螺旋度在强天气的分析预报中有一定的使用价值.

选择强降水中心附近格点(120.0°E,32.5°N),计算垂直螺旋度并绘制变化曲线(图 12),发现中低层除了 850 hPa,其他 2 层基本符合“+”,“-”,“+”规律.郑传新<sup>[4]</sup>利用螺旋度对 0103 号和 0104 号台风过程进行分析表明:当负螺旋度转为正螺旋度并增加时,将出现台风低涡暴雨,当螺旋度减小并由正转负

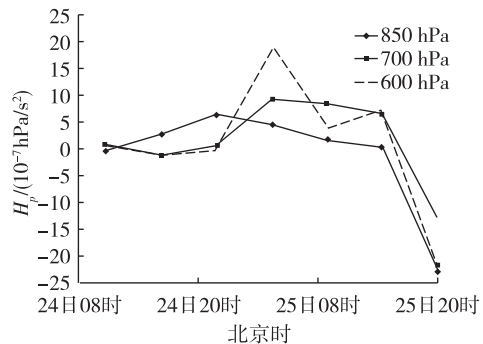


图 12 中低层螺旋度变化曲线(单位: $10^{-7} hPa \cdot s^{-2}$ )  
Fig. 12 Variation curve of vertical helicity at middle and low lever (unit:  $10^{-7} hPa \cdot s^{-2}$ )

时,暴雨也趋于结束.这是对于登陆台风而言的结论,本次“米雷”并未登陆,而是近海北上,但是中低层的垂直螺旋度也基本符合该规律.

在24日20时,600 hPa和700 hPa垂直螺旋度数值由负变正并增加(图12),对于25日强降水中心(120.0°E,32.5°N)附近强降水的开始有着很好的预报效果,预报提前量达到了约12 h.25日02时开始,中低层垂直螺旋度开始减小,但是由正转负是到14时以后才开始的,而强降水的减弱是大约在25日16时,所以,若是按照由正转负时间来预报暴雨强降水减弱时间,预报效果一般,若是按照中低层 $H_p$ 数值开始明显减小来做出预报,则对强降水结束时间提前预报较长时间.

所以,对于近海北上的这次过程(1105),中低层垂直螺旋度由负变正并增加时,未来12 h内易出现强降水,而当中低层垂直螺旋度数值开始明显减小时,未来12 h内降水会逐渐减小,若减小是由正变负,则降水减弱时间更快,提前量在2 h左右.

## 5 结论

通过对江苏省2011年6月24—25日大到暴雨天气过程的诊断分析,得到如下结论:

1) 本次过程前期受西风槽东移南压影响带来的冷暖空气交汇,以对流性降水为主,后期近海北上台风“米雷”对江苏本次降水的影响逐渐增大,中期则是2个系统共同作用.

2) 通过选定区域边界水汽通量的收支变化得出:本次暴雨天气过程的水汽通道有3个阶段,分别是前期的西南气流带来的南海水汽通道阶段,中期由东海经“米雷”北侧东风急流的水汽通道阶段以及后期随着“米雷”北上,水汽通道的逐渐崩溃阶段.

3) 通过对过程水汽通量散度、散度的诊断分析,发现对于25日强降水中心代表站镇江强降水的发生,这些物理量有9 h左右的提前预报效果.

4) 通过 $K$ 指数的变化来验证大气层结稳定性的变化,发现24日主要是多对流性降水,25日对流性减弱,以系统性降水为主,与天气实况对应较好.

5) 对于1105号台风过程分析表明:该近海台风(米雷)中低层垂直螺旋度由负变正并增加时,未来12 h内易出现强降水,而当中低层垂直螺旋度数值开始明显减小时,未来12 h内降水会逐渐减小,若减小是由正变负,则降水减弱时间更快,提前量在2 h左右.

## 参考文献

### References

- [1] 王龙,周伟灿,倪东鸿.2008年台风“凤凰”的移动过程及对江苏降水的影响[J].气象与减灾研究,2009,32(4):25-31  
WANG Long, ZHOU Weican, NI Donghong. Track of the 2008 “Fung-Wong” typhoon and its impact on precipitation in Jiangsu [J]. Meteorology and Disaster Reduction Research, 2009, 32(4): 25-31
- [2] 黄克慧.台风云娜后部强降水分析[J].气象,2006,32(2):98-103  
HUANG Kehui. Analysis of heavy rain at the rear of typhoon Rananim [J]. Meteorological Monthly, 2006, 32(2): 98-103
- [3] 闫淑莲,单宝臣.台风麦莎影响期间山东半岛大暴雨成因的分析[J].海洋通报,2008,27(4):37-43  
YAN Shulian, SHAN Baochen. Diagnostic analysis of heavy rainfall in Shandong peninsula influenced by typhoon Masta [J]. Marine Science Bulletin, 2008, 27(4): 37-43
- [4] 郑传新.0103号和0104号台风暴雨过程的螺旋度和位涡分析[J].广西气象,2002,23(2):6-8  
ZHENG Chuanxin. Study on helicity and potential vorticity of No.0103 and No.0104 typhoon with torrential rainfall [J]. Journal of Guangxi Meteorology, 2002, 23(2): 6-8
- [5] 雷小途,陈联寿.热带气旋的登陆及其与中纬度环流系统相互作用的研究[J].气象学报,2001,59(5):602-609  
LEI Xiaotu, CHEN Lianshou. Tropical cyclone landfalling and its interaction with mid-latitude circulation systems [J]. Acta Meteorology Sinica, 2001, 59(5): 602-609
- [6] 张少林,龚佃利,陈晓红,等.热带气旋远距离暴雨过程的诊断分析[J].气象,2006,32(4):29-33  
ZHANG Shaolin, GONG Dianli, CHEN Xiaohong, et al. Diagnostic analysis of heavy rainfall to distant onland tropical cyclone [J]. Meteorological Monthly, 2006, 32(4): 29-33
- [7] Showalter A K. A stability index for thunderstorm forecasting [J]. Bull Amer Meteor Soc, 1953, 34: 250-252
- [8] 齐琳琳,刘玉玲,赵思雄.一次强雷雨过程中对流参数对潜势预测影响的分析[J].大气科学,2005,29(4):536-547  
QI Linlin, LIU Yuling, ZHAO Sixiong. The analyses of convective parameters and their potential predictability in a severe thunderstorm rain [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2005, 29(4): 536-547
- [9] 任丽,矫玲玲,张桂华,等.黑龙江省2009年3次暴雪过程的螺旋度分布特征分析[J].沙漠与绿洲气象,2011,5(3):21-24  
REN Li, JIAO Lingling, ZHANG Guihua, et al. Analysis on the helicity distribution characteristics of three snowstorms in 2009, Heilongjiang province [J]. Desert and Oasis Meteorology, 2011, 5(3): 21-24
- [10] 黄滢,郭亮,江源源.“黑格比”和“莎莉”两个相似台风暴雨对比分析[J].海洋预报,2010,27(1):49-52



HUANG Ying, GUO Liang, JIANG Yuanyuan. Comparative analysis of heavy rains due to analogous typhoons "Hagupit" and "Sally" [J]. Marine Forecasts, 2010, 27 (1): 49-52

[11] 莫贤清,蔡晶,叶树春.一次区域性暴雨天气过程的诊

断分析[J].广东气象,2011,33(2):26-28

MO Xianqing, CAI Jing, YE Shuchun. Diagnostic analysis of a regional torrential rain event [J]. Guangdong Meteorology, 2011, 33(2): 26-28

## Weather system analysis and physical diagnosis of a rainstorm in Jiangsu province in 2011

WU Qiong<sup>1</sup> WANG Wen<sup>2</sup> ZHAO Dong<sup>1</sup> GUO Yu<sup>1</sup> ZHOU Qing<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Zhenjiang Meteorological Bureau of Jiangsu Province, Zhenjiang 212000

<sup>2</sup> School of Atmospheric Science, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

**Abstract** Based on the daily NCEP/NCAR reanalysis data, an extraordinary storm occurred in Jiangsu province on June 24—25 of 2011 is analyzed from three aspects: circulation situation, nephogram compared with vapor flux, and change of the water vapor channel. The course can be divided into three stages, the first one is caused by trough, the last by typhoon, and the second one mainly results from the interaction of them. The vapor flux divergence, vertical velocity, divergence and vertical helicity have good indication for the forecasting of the coming 9-12 h rainfall intensity. It is discovered that for this northbound and offshore typhoon (Meari), when vertical helical degree at middle and low layers increases from negative to positive, rainstorm is prone to occur in 12 h; when it decreases greatly, especially changes from positive to negative, the rainfall intensity of the coming 12 h would decrease rapidly, giving about 2 h of advanced time. Analysis of the *K* index indicates that the precipitation type of June 24 and June 25 respectively belong to convective and systematic one.

**Key words** west wind trough; typhoon rainstorm; diagnosis analysis; water vapor channel; vertical helical degree; Meari