

一次皖北地区台风远距离特大暴雨预报失败原因分析

单磊¹, 刘俊杰², 蔡雄辉¹, 田磊¹

(1 蚌埠市气象局, 蚌埠 233002; 2. 安徽省气候中心, 合肥 230031)

摘要: 利用 ECMWF、NCEP/NCAR 等多家数值预报产品、ERA-Interim 再分析资料以及卫星观测资料, 并结合 HYSPLIT 轨迹模式对 2011 年发生在皖北的一次特大暴雨进行了分析, 深入探讨了此次暴雨预报失败的原因。分析结果表明, 此次暴雨为一次台风远距离降水; 台风和副热带高压的外围环流为此次降水提供了充足的水汽输入; 西风槽冷空气入侵也是产生这次降水的重要原因。各业务模式对此次降水预报失败的主要原因在于未能准确预报出台风和副热带高压环流的水汽和热量输送; 同时, 对西风槽位置的预报偏差也是预报失败的原因之一。结果指出, 当有强台风靠近我国的时候, 需要考虑台风环流与其他天气系统相互作用进而引发强降水的可能。

关键词: 预报失败; 特大暴雨; 台风远距离暴雨; 水汽输送

中图分类号: P457.9

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2018)01-0138-07

Analysizing the cause of a failure rainstorm forecast in northern Anhui

SHAN Lei¹, LIU Junjie², CAI Xionghui¹, TIAN Lei¹

(1. Bengbu Meteorological Administration, Bengbu 233002; 2 Anhui Climate Center, Hefei 230031)

Abstract: This study investigated the possible cause for a poor forecast of an extremely heavy rainfall in northern Anhui Province in 2011. The data used in this study included the numerical model output from different agencies (e.g., ECMWF, NCEP/NCAR), ERA-Interim Re-Analysis from ECMWF, and satellite observations. Besides, the HYSPLIT trajectory model was employed to find the pathway of the water vapor in this rainfall event. The results showed that the heavy rainfall was closely related to a tropical cyclone (TC) far away. The peripheral circulation of TC, together with that of subtropical high, supplied abundant water vapor in the rainfall, which was triggered by the cold-air intrusion in front of the upper-level westerly trough. The failure forecast for this heavy rainfall by most operational models was mainly attributed to the inaccurate prediction of the water vapor and heat movement driven by TC and subtropical high pressure. Besides, the error in the prediction of the westerly-trough position also contributed to the poor forecast. These results indicated that when a strong TC is approaching, it is necessary to consider the potential extreme rainfall induced by the interaction between TC and other local systems.

Key words: a failure in weather forecasting; extremely heavy rain; tropical cyclone remote rainfall; water vapor transport

暴雨在预报业务工作中地位重要, 是气象业务人员最为关心的天气现象之一。近年来, 随着现代气象预报技术的发展和各种探测手段的提升, 气象业务工作者和研究人员对暴雨的预报方法和发生机理做了大量的总结和研究, 使暴雨的预报能力得到了很大的提升^[1-4]。但是, 对于一些区域性的特大暴雨, 要对其做出准确预报仍然存在较大的困难。而这种特大暴雨对人民的生命生活生产和社会经济会

造成重大损失。比如, 2012 年的北京“7.21”特大暴雨造成房屋倒塌 10 660 间, 160.2 万人受灾, 经济损失 116.4 亿元; 2016 年“7.19”邢台暴雨因灾造成直接经济损失达 153.93 亿元。

台风在中纬度的一些特大暴雨的发生中起到了重要的作用, 我国很多著名的特大暴雨都有台风的直接或间接作用参与, 如 1963 年 8 月上旬海河流域特大暴雨, 1975 年 8 月上旬淮河流域特大暴雨, 1958

收稿日期: 2017-08-25

基金项目: 国家自然科学基金(41475090)和安徽省气象局气象科技发展基金(KM201605)共同资助。

作者简介: 单磊, 工程师。E-mail: shansi@126.com

年 7 月中旬黄河中游特大暴雨等^[5]; 2012 年的北京“7.21”特大暴雨也同样有台风的间接作用^[6]。

在 20 世纪 80 年代, 我国气象工作者就注意到中低纬系统相互作用下可使中纬度远离台风的地方暴雨出现很大的增幅, 日降水量和过程降水量可相当于台风环流主体所经地区的降雨量, 是中纬度地区夏季暴雨的重要形式之一, 后来研究者将此类暴雨称为台风远距离暴雨。由于台风与中纬度系统相互作用的复杂性及其这种暴雨产生机理尚不明确, 在对此类暴雨研究之初, 有的研究简单的把距离台风 1 000 km 以外的暴雨区定义为台风远距离暴雨, 更多的研究把台风倒槽北端的暴雨称为台风远距离暴雨。直到 2007 年, 陈联寿给出了台风远距离暴雨的宏观定义: (1) 降水发生在台风范围之外; (2) 降水与台风存在着内在的物理联系^[7]。

台风远距离暴雨的预报是气象预报业务工作中的一个难点。本研究拟通过对 2011 年发生在皖北的一次创下该地区有中尺度观测数据以来 24 h 降水量极值的一次台风远距离特大暴雨过程进行回顾分析, 对此次台风远距离暴雨的预报业务中存在的失误和不足进行总结剖析, 以期对台风远距离暴雨的预报工作提供参考。

1 资料与方法

2011 年 8 月 26 日 18: 00—27 日 10: 00 (本研究时间统一协调为北京时间) 降水资料来自于安徽省中尺度加密观测网, 以及中国气象科学数据共享服务网提供的 $0.1^\circ \times 0.1^\circ$ 的格点降水资料 (《中国自动站与 CMORPH 降水产品融合的逐时降水量网格数据集》); CMACast 下发的数值模式资料; ECMWF ERA-INTERIM $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 再分析资料。为弥补高空观测资料精度的不足, 本研究在分析中采用 ERA-INTERIM 再分析资料和 ECMWF 数值模式的分析场代替实况资料。

本研究采用 HYSPLIT-4 模式进行了水汽质点轨迹追踪。HYSPLIT-4 模式是美国 NOAA 的空气资源实验室和澳大利亚气象局联合研发, 该模式对于一定区域内不同点轨迹运算具有较好一致性^[8-10]。

2 暴雨过程概况与预报情况

2.1 暴雨过程概况

2011 年 8 月 26 日 17:00—27 日 10:00, 16 h 内, 皖北地区出现大范围暴雨 (图 1), 其中怀远、固镇、淮南共有 23 个乡镇降水量超过 200 mm, 300 mm 以上的 4 个乡镇全部在怀远境内, 并有 2 个乡镇超

过 400 mm, 16 h 最大降水量为 423.4 mm, 出现在怀远的燕集。此次特大暴雨过程创下了该地区有中尺度观测记录以来的 24 h 降水量极值, 并且降水强度也非常大, 单站最大小时降水量为 89.9 mm, 出现在固镇县杨庙乡。此次特大暴雨给该地区造成了很大的经济损失, 仅在蚌埠市, 经民政部门统计造成的直接经济损失就高达 14 180 万元。

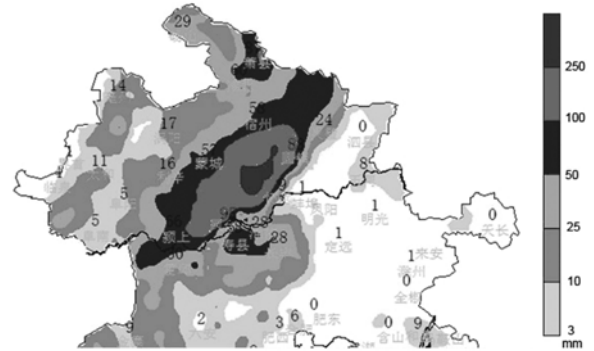


图 1 2011 年 8 月 26 日 17:00—27 日 10:00 观测降水量
Figure 1 Observation of precipitation at 17:00 BT (Beijing time) 26 August 2011—10:00 BT 27 August 2011

2.2 预报情况

2.2.1 数值预报情况 8 月 25 日 20:00 24 h 降水量预报 (25 日 20:00—26 日 20:00), EC: 10~20 mm、T213: 0~5 mm、Japan: 5~10 mm、T630: 5~10 mm; 8 月 25 日 20:00 48 h 降水量预报 (26 日 20:00—27 日 20:00), EC: 10~30 mm、T213: 10~20 mm、Japan: 20~30 mm、T639: 10~30 mm。

2.2.2 省、市气象台预报情况 安徽省气象台对此次暴雨区 26 日的预报为多云, 部分地区有雷阵雨; 27 日为中雨, 部分地区大雨。蚌埠市气象台对 26 日的预报为多云, 27 日的预报为中雨, 部分地区大雨。

综上所述, 无论是各家数值预报还是省市气象台的主观预报, 都未能预报出此次特大暴雨, 且预报量级与实况量级相差甚远。因此对此次过程的产生原因和预报中的失误进行剖析很有必要。

3 强降水发生机制

3.1 形势背景

在此次特大暴雨发生前, 2011 年第 11 号台风“南玛都”8 月 23 日在菲律宾以东洋面生成, 于 8 月 25 日晚上加强为强台风, 26 日 05:00 中心位于菲律宾马尼拉东北方向大约 380 km 的西北太平洋洋面上, 8 月 26 日 08:00 时加强为超强台风, 中心位于台湾省恒春镇东南方向约 670 km 的西北太平洋洋面上, 并于当日 17:00 再次加强, 中心最大风力达 17 级 (60

$\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$), 中心最低气压为 920 hPa。同时, 在“南玛都”的东部, 为 201112 号热带风暴“塔拉斯”。

在 2011 年 8 月 26 日 21:00 的卫星云图(图 2)上“南玛都”结构完整, 台风眼清晰可见, 在其东北部有一条云带与它联系。“塔拉斯”的结构比较松散, 但其位置更偏北一些。

在 2011 年 8 月 26 日 20 时 500 hPa 形势场和 850 hPa 形势场、风场图(图 3)上, 副热带高压由于台风的挤压东退北抬到海上; 西风槽槽线位于山西西部、陕西东部到重庆一线, 降水区域位于槽前; 850 hPa 上台风倒槽延伸到安徽北部, 降水区域处于倒槽顶端, 同时在倒槽内有一切变线呈南北走向位于山东西南部到安徽西南部。

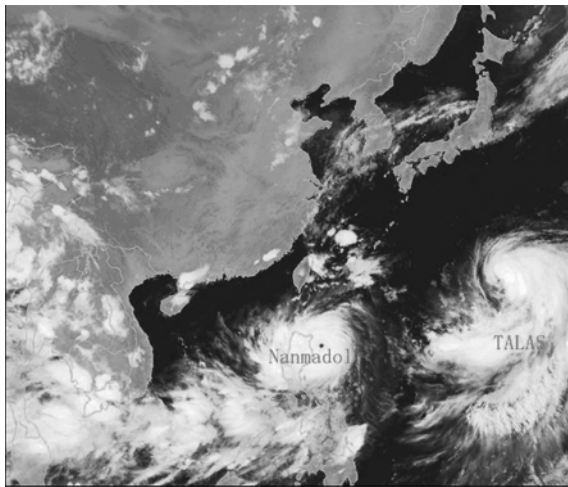


图 2 2011 年 8 月 26 日 21:00 红外云图

Figure 2 Infrared cloud pictures at 21:00 BT, 26 August, 2011

3.2 水汽来源

在 2011 年 8 月 26 日 20:00 的 1 000~300 hPa 的水汽通量垂直积分上(图 4), 看到输送到降水区域上空的水汽, 有 2 个来源, 一个是“南玛都”与“塔拉斯”形成的一个强大水汽通量流场的北侧, 水汽由东向西输送到 32°N 的黄海上空; 另一个是由日本海出发向西南方向输送到 32°N 的黄海上空; 在 32°N 的黄海上空两股水汽汇合之后输送到降水区域上空(梯形区域)。

为了进一步验证此次暴雨与台风有着内在的物理联系, 利用 HYSPLIT-4 模式对暴雨发生时暴雨区域上空(116.9°E, 33.18°N)的空气质点进行轨迹追踪(图 5)后发现: 1 000 m 高度的空气质点来源于日本海, 以东北偏东方向进入江苏南部; 1 500 m 高度的空气质点来源于日本岛南端以东的海面, 从正东方向进入江苏南部并和 1 000 m 高度质点进入的位置接近; 2 000 m 高度的空气质点起源位置则偏

南, 位于东海上空, 并且在进入陆地的位置也偏南一些。结合卫星云图(图 2)及水汽通量矢量图(图 4), 可以发现 3 个高度的空气质点路径有所不同, 2 000 m 高度空气质点受到台风外围环流的支配更多一些, 在台风外围环流的作用下到达降水区域上空; 1 000 m 高度空气质点在前期则主要是受副高的环流控制; 1 500 m 高度空气质点的路线处于台风和副高的环流之间, 以平直的方向进入东部沿海。但 3 个高度的空气质点在末期的运动轨迹都和台风的倒槽形状十分吻合, 说明虽然携带着此次特大暴雨所需水汽的空气质点起源于不同的位置, 并且在运动的过程中受到副高和台风环流的支配程度也不相同, 但它们在后期都是在台风倒槽环流的作用下到达降水区域上空。从空气质点在其运动的不同阶段的比湿(图略)也可以看到, 当空气质点在经过海洋上空时吸收了充沛的水汽, 从而将海洋上空的水汽输送到降水区域上空。

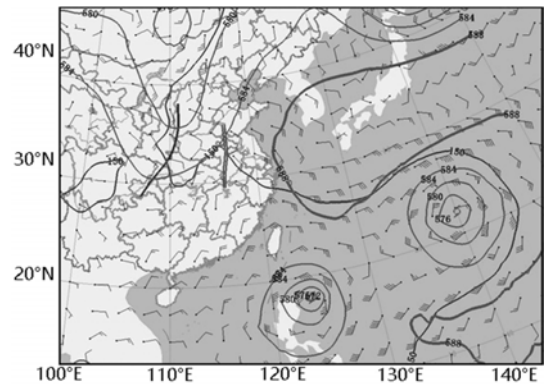


图 3 2011 年 8 月 26 日 20:00 500 hPa、850 hPa 位势高度场(单位: dagpm)和 850 hPa 风场(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) (红色双实线为 850 hPa 切变线, 绿色粗实线为 500 hPa 槽线)

Figure 3 500 hPa and 850 hPa geopotential height field (unit: dagpm) and 850 hPa wind field (unit: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) at 20:00 BT, 26 August 2011 (shear line by double bold red, trough line by bold green line)

3.3 西风槽冷空气入侵影响

图 6a 给出了 2011 年 8 月 26 日 20 时 θ_{se} 和相对湿度在 33°N 沿 112°E~120°E 的纬向剖面。从图 6a 上可以看到, 在 115°E~118°E 600 hPa 以下均为高相对湿度区; 从 116°E 开始 θ_{se} 等值线开始向下倾斜, 相对湿度低于 50% 的干空气切断低层与高层之间的相对湿度大值区的联系。说明从 116°E 开始有干冷空气开始向下侵入, 在 117°E 上空 500 hPa 以上的 θ_{se} 等值线漏斗底部达到最低, 600~400 hPa 等值线密集度达到最大, 500 hPa 以下达到最小值。表明 2011

年 8 月 26 日 20:00, 在中高层 $\partial\theta_{se}/\partial z$ 有干冷空气自 116°E 逐渐向东向下侵袭, 在 117°E 干冷空气的向下入侵最为强盛, 使得 600~500 hPa 之间的 θ_{se} 等值线十分密集, 即: 在 117°E 存在很强的对流不稳定性, 很容易触发强降水^[11-12]。

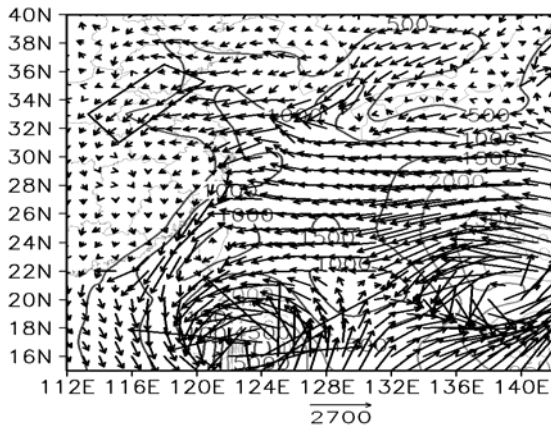


图 4 2011 年 8 月 26 日 20:00 1 000~300 hPa 的水汽通量和水汽通量矢量垂直积分 (单位: $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)

Figure 4 1 000-300 hPa water vapor flux and vapor flux perpendicular integral (unit: $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$) at 20:00 BT, 26 August, 2011

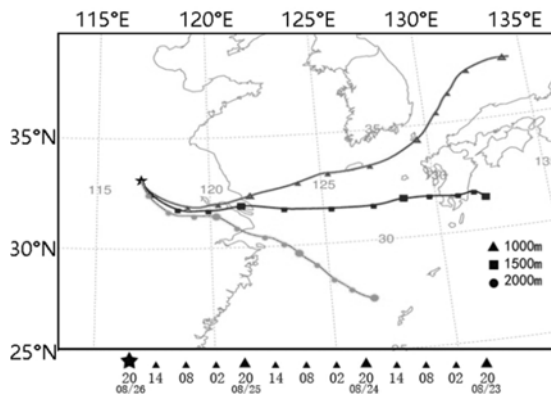


图 5 8 月 26 日 20:00 (116.9°E, 33.1°N) 的 1 000 m (红色) 1 500 m (蓝色)、2 000 m (绿色) 3 个高度的空气质点 72 h 的后向轨迹

Figure 5 Three level 1 000 m (red), 1 500 m (blue), 2 000 m (green) air particles trajectory track in 72 hours back at the position (33.8°N, 116.9°E) ,at 20:00 BT, 26 August, 2011

图 6b 给出了 33°N、117°E 上空的假相当位温、相对湿度的时间高度剖面图, 从 26 日 08:00 开始在 300~400 hPa 高度上 θ_{se} 出现下传, 表明有高层干冷空气开始向下侵入; 同时在 600~400 hPa 之间出现 θ_{se} 等值线密集区, 500 hPa 以下 <0 , 即对流性不稳定。同时大于 90% 的高相对湿度层逐渐增厚至 600 hPa, 上层干冷下层高温高湿的大气层结状态有利于深厚对流不产生, 在 26 日 20:00 此种情况达到鼎盛。

26 日 20:00 以后 500 hPa 以上 θ_{se} 等值线开始向上倾斜, 600~400 hPa 之间的 θ_{se} 等值线开始变得稀疏, 逐渐增大, 对流性不稳定减弱; 同时下层相对湿度也开始逐渐减小, 上层干冷下层高温高湿情况逐渐消失, $\partial\theta_{se}/\partial z$ 对应着降水的结束。

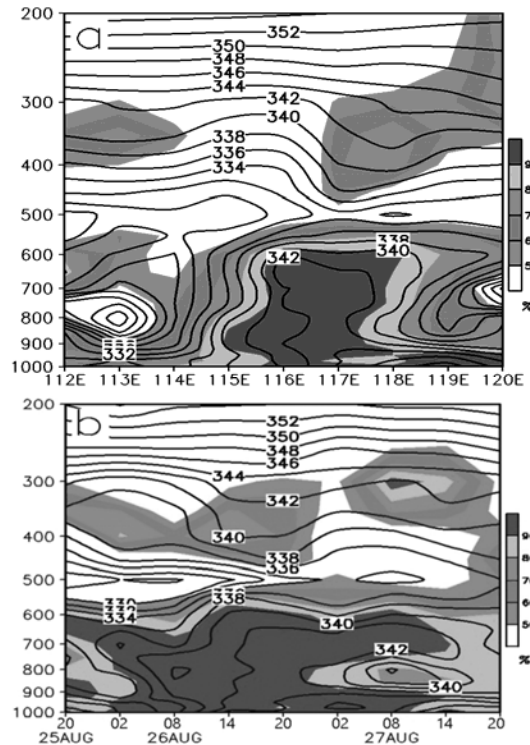


图 6 2011 年 8 月 26 日 20:00 沿 33°N 假相当位温和相对湿度纬向剖面 (a), 33°N、117°E 假相当位温和相对湿度时间高度剖面 (b)

Figure 6 Vertical cross section of pseudo-equivalent potential temperature (unit:k) and relative humidity (unit: %) at 20: 00 BT,26 August,2011 along 33°N (a) , time-height section pseudo-equivalent potential temperature (unit: k) and relative humidity (unit: %) on 33°N, 117°E (b)

综合上述分析, 得出以下结论: 1) 此次特大暴雨发生在副热带高压在受到南部的台风环流挤压后东退北抬, 中纬度西风槽东移的大背景下。2) 降水发生所需的水汽由台风环流北侧气流和副热带高压南侧气流共同提供。3) 西风槽的冷空气入侵是产生此次特大暴雨的重要条件。4) 此次特大暴雨符合陈联寿提出的台风远距离暴雨的定义: (1) 降水发生在台风范围之外; (2) 降水与台风存在着内在物理联系^[7]。因此是一次台风远距离影响下的特大暴雨。

4 预报失败原因分析

4.1 形势场对比

为剖析此次特大暴雨预报失败原因, 选取预报

结果与实况比较接近的ECWFM数值预报产品进行分析。图7给出的是ECWFM数值模式25日20:00起报的26日20:00形势预报场。对比分析场(图3),预报场与分析场的主要差别在于:(1)预报场的台风倒槽浅于分析场,导致预报场台风倒槽内的切变线不如分析场的明显。(2)预报场的西风槽弱于分析场,且槽线位置略偏西。

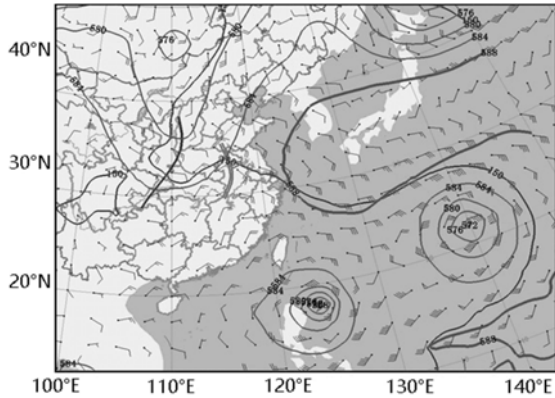


图7 ECWFM数值预报2011年8月26日20:00 500 hPa、850 hPa位势高度场(单位: dagpm)和850 hPa风场(单位: dagpm)(红色双实线为850 hPa切变线,绿色粗实线为500 hPa槽线)

Figure 7 ECWFM numerical forecasting 500 hPa and 850 hPa geopotential height (unit: dagpm) and 850 hPa wind field (unit: $m \cdot s^{-1}$) at 20:00 BT, 26 August, 2011 (shear line by double bold red, trough line by bold green line)

4.2 水汽收支对比

充沛的水汽条件是产生持续性强降水的必要条件,为进一步分析预报失败原因,因此剖析模式预报与实况间的水汽条件差异很有必要。

为了解台风和副高环流影响下的气流对此次暴雨的水汽贡献,分别利用ERA-INTERIM资料和ECWFM数值预报资料对水平范围为 $115^{\circ}E \sim 119^{\circ}E$, $32^{\circ}N \sim 35^{\circ}N$ (图8),垂直范围为1000~300 hPa的“箱体”进行水汽收支计算。计算中规定东(北)边界水汽通量为负(正)有水汽流入(出),西(南)边界水汽通量为正(负)有水汽通量流入(出),各边界水汽通量流入流出之差即为该时刻水汽收支^[4,14]。

表1和表2分别给出的是ERA-INTERIM资料和ECWFM数值模式25日20:00起报的数据计算出的26日08:00—27日14:00“箱体”水汽收支情况。对比表1和表2数据,实况和预报在各时刻的水汽收支正负值一致,主要差别在于各时刻的收支量不同。在强降水发生前的26日08:00、14:00实况和预报的总水汽收支均为负值,说明在这时箱体内的水汽为净流出,无水汽集聚。26日20:00开始“箱体”

的水汽收支均转为净流入,但ECWFM数值模式预报计算出的水汽收入小于ERA-INTERIM计算结果。在26日20:00、27日02:00、27日08:00的3个时次,ECWFM数值模式水汽收入与ERA-INTERIM水汽收入的比值分别为37.95%、39.09%和42.09%。由于水汽条件是产生强降水的重要条件之一,因此在其他条件同等的情况下水汽收入的减少就可能导致降水量的减少。从各边界收支来看,水汽主要是从东边界和南边界进入降水区域上空,这和HYSPLIT-4模式模拟的空气质点的运动轨迹相符(图5)。

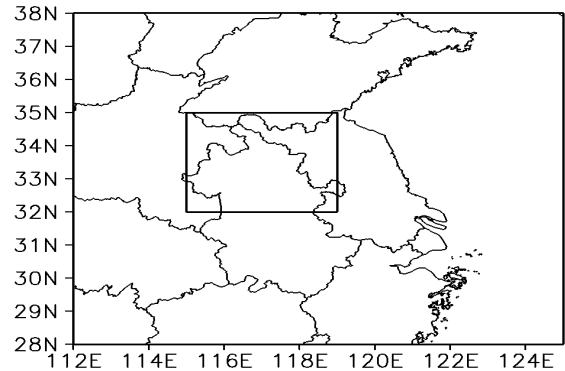


图8 “箱体”的范围示意

Figure 8 The scope of "enclosure" sketch

4.3 西风槽冷空气入侵对比

图9为ECWFM数值模式25日20:00起报的26日20:00相对湿度和假相当位温纬向剖面,在模式预报中 θ_{se} 等值线在 $117^{\circ}E$ 的漏斗形状较实况不明显,说明在模式预报中冷空气向下侵入明显弱于实况(图6a);模式预报的底层高 θ_{se} 的342 K等值线向上延伸到800 hPa,而在实况中底层342 K等值线向上延伸到600 hPa,表明在预报场中高温高湿的层次要低于实况,500 hPa以下 $\partial\theta_{se}/\partial z$ 值大于实况,即对流性不稳定能量弱于实况。从数值模式的时间高度剖面图上(图略),冷空气的侵袭同样表现为不如实况的强盛,但在侵袭开始和结束的时间上差别不大,底层的高温高湿层次也均低于实况。

4.4 热力条件对比

为了解数值模式预报和实况的热力条件差异,分别利用ECWFM数值模式的预报场数据和分析场数据制作了 $33^{\circ}N$ 、 $117^{\circ}E$ 的T-logP图。

在ECWFM数值模式26日20:00分析场T-logP图和25日20:00起报的26日20:00预报场T-logP图中可以看到分析场(图10a)的湿层更加深厚,从地面到600 hPa均为近饱和层;预报场(图10b)的近饱和层则只达到了700 hPa;分析场和预报场中风向随高度均强烈顺转,表明暖平流输送强盛;预

报场中的 $CAPE$ 值为 $374.5 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$, 分析场为 $825.8 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}$; 同时预报场的抬升凝结高度、自由对流高度均高于分析场, 而两者的 0°C 层高度相同, 表明在模式预报中暖云层的厚度小于实况。

通过以上的分析可以看到, ECWFM 数值模式对此次特大暴雨的热力条件预报弱于分析场, 从而将进一步影响对此次特大暴雨的准确预报。

综合上述分析讨论, 得出: (1) ECWFM 数值模式对此次特大暴雨的形势背景场的预报基本准确, 但对台风倒槽和西风槽的预报均偏弱; (2) 在

水汽条件上数值模式的水汽收入为实况的 $37.95\% \sim 42.09\%$, 即数值模式对水汽的输送预报不足, 由于水汽输送是产生强降水所需水汽和能量的重要来源, 因此对水汽输送预报的不足, 将会影响产生持续性强降水的能力; (3) 西风槽冷空气的向下侵袭是此次特大暴雨的一个重要原因, 而数值模式对西风槽冷空气的侵袭预报不足, 因此在对流稳定能量的预报上小于实况; (4) 数值模式预报中 $CAPE$ 值和暖云层的厚度小于实况, 数值模式对此次特大暴雨的热力条件预报不足。

表 1 ERA-INTERIM 资料“箱体”各边界水汽收支

Table 1 ERA-INTERIM data Moisture balance of each boundary of "boxes"

时次 Beijing time	东边界 Eastern boundary	西边界 Western boundary	北边界 Northern boundary	南边界 Southern boundary	总收支 Total budget
26 日 08:00	90.33	-295.37	-242.79	-26.601	-474.43
26 日 14:00	105.6	-569.4	-69.84	267.01	-266.63
26 日 20:00	806.64	-78.55	-106.8	476.14	1097.43
27 日 02:00	462.23	-47.61	-50.75	572.36	936.23
27 日 08:00	286.26	-148.14	-24.18	576.32	690.26
27 日 14:00	245.26	-568.65	-475.41	684.23	-114.57

表 2 ECWFM 数值预报“箱体”各边界水汽收支

Table 2 ECWFM numerical forecasting Moisture balance of each boundary of "boxes"

时次 Beijing time	东边界 Eastern boundary	西边界 Western boundary	北边界 Northern boundary	南边界 Southern boundary	总收支 Total budget
26 日 08:00	60.22	-143.06	-164.18	-17.72	-264.74
26 日 14:00	70.4	-369.4	-104.76	178.01	-225.75
26 日 20:00	337.76	-78.55	-160.2	317.43	416.44
27 日 02:00	208.15	-47.61	-76.125	281.57	365.98
27 日 08:00	190.84	-148.24	-36.27	284.21	290.54
27 日 14:00	125.26	-568.65	-415.41	454.23	-404.57

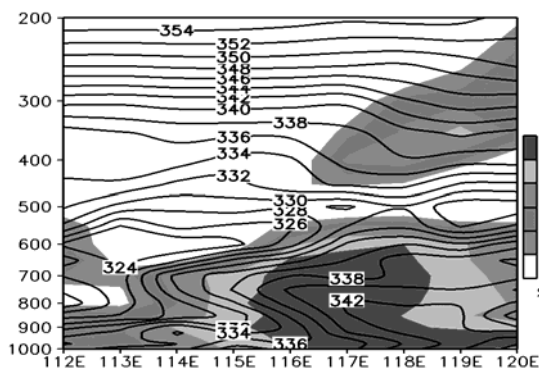


图 9 ECWFM 模式预报 2011 年 8 月 26 日 20:00 沿 33°N 假相当位温和相对湿度纬向剖面

Figure 9 ECWFM numerical forecasting vertical cross section of pseudo-equivalent potential temperature (unit: k) and relative humidity (unit: %) at 20:00 BT, 26 August, 2011 along 33°N

对比其他各家的数值模式对 8 月 26 日 20:00 的预报, 它们与 ECWFM 数值模式的预报存在一定差

异, 如: T639 对台风倒槽的顶端位置预报在山东境内, 过于偏北, 对西风槽的位置预报偏东; T213 则是对台风倒槽的预报过浅, 对西风槽的位置预报也偏东。综合看, 各家数值模式对此次特大暴雨预报的一个共同特点是对来自大陆东部洋面的水汽输送预报不足。

对于预报业务部门, 由于预报员未能准确预判出台风对环流的影响, 从而低估了大陆东部洋面的水汽输送, 导致预报量级过小。当然, 台风远距离暴雨本身的预报难度较大, 如何对台风远距离暴雨做出准确的预报仍是预报业务的一个难题。

通过对此次台风远距离特大暴雨过程分析及参考气象工作者对台风远距离暴雨研究结果^[15-19], 提醒预报员在预报业务中当有较强台风靠近我国时, 需要特别关注台风环流对其他天气系统的影响, 是否会加强对陆地水汽输送, 着重分析是否会在和西风槽等天气系统相互作用下引发台风远距离暴雨。

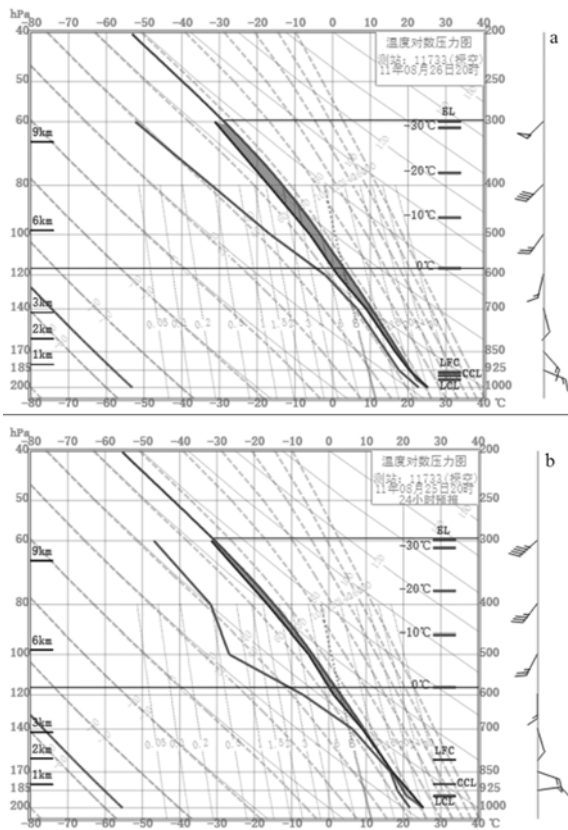


图 10 ECWFM 数值模式在 33°N、117°E 的 2011 年 8 月 26 日 20:00 分析场 (a) 和预报场 (b) T-logP 图
Figure 10 ECWFM numerical forecasting T-logP at 20:00 BT 26 August, 2011, analysis fields (a), forecasting fields (b)

5 讨论与结论

通过对数值预报场与实况形势场的对比,对发生在 2011 年皖北的一次特大暴雨水汽和热量的来源和西风槽冷空气入侵等进行分析,得到以下结论:

(1)此次特大暴雨发生在副热带高压受到南部台风环流挤压后东退北抬,中纬度西风槽东移的环流大背景下;符合台风远距离暴雨定义,是一次台风远距离影响下的特大暴雨过程。

(2)降水发生所需的水汽由台风环流北侧气流和副热带高压南侧气流共同提供。西风槽的冷空气入侵是此次特大暴雨产生的一个重要原因。

(3)各家数值预报的预报场未能准确预报出大陆东部洋面上由台风环流和副热带高压环流共同影响下的水汽和热量输送,是各家数值模式对此次特大暴雨过程预报失败原因之一。同时对西风槽的预报偏差导致模式对此次特大暴雨的对流不稳定偏小,也影响了对模式此次台风远距离特大暴雨的预报准确性。

(4)当有较强台风靠近我国时,需要注意台风环流对其他天气系统的影响,是否会加强对陆地的水汽输送,是否会和西风槽等天气系统相互作用而引发台风远距离暴雨。

参考文献:

- [1] 孟雪峰, 孙永刚, 萨日娜, 等. 河套气旋发展东移与北京 721 暴雨的关系[J]. 气象, 2013, 39(12): 1542-1549.
- [2] 肖递祥, 肖丹, 周长春, 等. 低层偏南气流对一次暴雨过程的动力作用分析和数值模拟[J]. 气象, 2013, 39(3): 281-290.
- [3] 林建, 杨贵名. 近 30 年中国暴雨时空特征分析[J]. 气象, 2014, 40(7): 816-826.
- [4] 王婧羽, 崔春光, 王晓芳, 等. 2012 年 7 月 21 日北京特大暴雨过程的水汽输送特征[J]. 气象, 2014, 40(2): 133-145.
- [5] 陈联寿. 热带气旋研究和业务预报技术的发展[J]. 应用气象学报, 2006, 17(6): 672-681.
- [6] 俞小鼎. 2012 年 7 月 21 日北京特大暴雨成因分析[J]. 气象, 2012, 38(11): 1313-1329.
- [7] 陈联寿. 登陆热带气旋暴雨的研究和预报[C]//第十四届全国热带气旋科学讨论会论文集. 上海: 2007.
- [8] 江志红, 梁卓然, 刘征宇, 等. 2007 年淮河流域强降水过程的水汽输送特征分析[J]. 大气科学, 2011, 35(2): 361-372.
- [9] FUHRMANN C M, KONRAD C E I. A trajectory approach to analyzing the ingredients associated with heavy winter storms in central north Carolina[J]. Weather Forecast, 2011, 28(3): 647-667.
- [10] DRAXLER R R, HESS G D. An overview of the hysplit-4 modeling system for trajectories[J]. Aust Meteorol Mag, 1998, 47(4): 295-308.
- [11] 杨贵名, 毛冬艳, 姚秀萍. 梅雨期一次黄淮气旋发展的干侵入特征分析[J]. 热带气象学报, 2006, 22(2): 176-183.
- [12] 周慧, 陈江民, 刘电英, 等. 湘北特大致洪暴雨的中尺度分析及数值模拟[J]. 热带气象学报, 2014, 30(4): 777-785.
- [13] 李媛, 赵宇, 李婷, 等. 一次台风远距离暴雨中的干侵入分析[J]. 气象科学, 2014, 34(5): 536-542.
- [14] 单磊, 谭桂容, 姚叶青, 等. 一次台风远距离暴雨水汽条件及输送过程研究[J]. 热带气象学报, 2014, 30(2): 353-360.
- [15] 丛春华, 陈联寿, 雷小途, 等. 台风远距离暴雨的研究进展[J]. 热带气象学报, 2011, 27(2): 264-270.
- [16] 董美莹, 陈联寿, 郑沛群, 等. 登陆热带气旋暴雨突然增幅和特大暴雨之研究进展[J]. 热带气象学报, 2009, 25(4): 495-502.
- [17] 丁治英, 张兴强, 何金海, 等. 非纬向高空急流与远距离台风中尺度暴雨的研究[J]. 热带气象学报, 2001, 17(2): 144-154.
- [18] WANG Y Q, WANG Y Q, FUDEYASU H. The role of typhoon Songda (2004) in producing distantly located heavy rainfall in Japan[J]. Mon Weather Rev, 2009, 137(11): 3699-3716.
- [19] MOORE B J, BOSART L F, KEYSER D, et al. Synoptic-scale environments of predecessor rain events Occurring East of the Rocky Mountains in association with Atlantic Basin Tropical Cyclones[J]. Mon Wea Rev, 2013, 141(3): 1022-1047.