

颜佳任,王伟健,张红华,等. 2019 年江苏两次江淮气旋暴雨大风过程分析[J]. 气象研究与应用,2021,42(2):83–88.

Yan Jiaren, Wang Weijian, Zhang Honghua, et al. Analysis of two rainstorm and gale processes of Jianghuai cyclone in Jiangsu Province in 2019[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(2): 83–88.

2019 年江苏两次江淮气旋暴雨大风过程分析

颜佳任, 王伟健, 张红华, 史达伟

(连云港市气象局, 江苏 连云港 222006)

摘要: 使用多种观测资料和 NCEP $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 再分析资料, 对江苏地区 2019 年 3 月 19—20 日 (简称“0320”过程) 和 2019 年 4 月 8—9 日 (简称“0409”过程) 两次江淮气旋暴雨大风过程进行分析。结果表明, “0320”过程上升运动和水汽辐合区都位于淮北地区, 上升运动呈区域性分布, 是“0320”过程产生区域性暴雨的重要原因。“0409”过程水汽辐合区和上升运动区域分布不均, 因此暴雨落区相对分散。受海上热力条件、高层正涡度平流及气旋后部强冷平流的共同作用, “0409”过程气旋入海后迅速发展, 气旋后部风速明显增大, 气旋大风叠加对流大风是沿江苏南地区区域性偏西大风的主要原因。“0320”过程海上热力条件、高层正涡度平流及低层冷平流较“0409”过程弱, 尤其是气旋发展阶段冷平流不强, 因此气旋入海后发展不明显, 只造成江苏出现局部性的大风天气。利用云水混合比来分析气旋发展的结构特征, 对气旋如何演变有更直观的认识。

关键词: 江淮气旋; 暴雨; 大风; 云水混合比

中图分类号: P457

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.2.16

OSID:



引言

江淮气旋是发生在中国长江中下游地区和淮河流域的气旋性涡旋, 生命史大于 12h, 具有明显的冷、暖锋结构, 一般春季和初夏活动最为昌盛^[1-2]。江淮气旋是影响中国江苏地区降水的重要天气系统, 它的活动可能带来大风、暴雨等灾害性天气^[3-4], 因此江淮气旋一直是气象业务研究的热点^[5-6]。

江淮气旋大致可以分为静止锋上的波动和倒槽锋产生的气旋两类, 前一类是高空平直气流的扰动配合地面静止锋发展起来的, 后者则是在已有的高空槽上发展起来的, 形成之初没有明显的锋区^[7]。对于江淮气旋的研究一般分为统计类分析和个例研究两类, 而且多以个例类为主^[8]。毛程燕等^[9]指出低压系统的发展与冷空气活动有较好的对应关系。李斌等^[10]首次提出江淮气旋暴雨的主降雨中心和次降雨中心的降雨分布特点, 发现江淮气旋次降雨中心也可以产生暴雨和雷电大风等灾害性天气。古文保和屈梅芳^[11]指出暴雨发生区域有正涡度中心相配

合。陈筱秋等^[12]研究得出, 暴雨区南北两支次级环流圈的存在有利于强上升运动的维持。张晓红等^[13]研究一次春季江淮气旋暴雨过程发现, 暴雨区一般位于气旋移动路径的左前方。对强对流雷暴大风的研究有很多^[14-16], 但对江淮气旋的研究主要侧重于降水, 对于其发展变化对风的影响研究较少。因此, 本文不仅对两次江淮气旋过程的异同进行分析, 更着重于分析两次气旋发展过程中大风的差异。

1 资料与方法

使用逐小时雷达基本反射率拼图产品、江苏省地面观测自动站日降水量和日极大风速风向资料和逐 6h 的 NCEP $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 再分析资料, 从温度平流、涡度平流和云水混合比等物理量对发生在江苏地区的 2019 年 3 月 19—20 日和 2019 年 4 月 8—9 日的两次江淮气旋产生的暴雨大风过程进行分析, 重点分析两次江淮气旋入海前后发展的差异以及造成暴雨大风异同点的原因。

收稿日期: 2020-04-03

基金项目: 江苏省预报员专项(JSYBY201906)

作者简介: 颜佳任(1991—), 男, 工程师, 主要从事强对流天气预报方面研究。E-mail: yan_jiaren@126.com

2 结果与分析

2.1 天气实况简介

从江苏全省范围看,“0320”与“0409”过程均产生了全省范围的降水,两次过程降水分布特征都表现为北多南少,暴雨都发生在淮河以北。“0320”过程在徐州东部、宿迁北部、连云港南部以及盐城北部等地区出现了区域性的暴雨。“0409”过程在徐州西北部、宿迁的西南部与东北部地区出现相对分散的暴雨分布。

从全省 8 级以上极大风速空间分布上看,“0320”过程仅在江苏省东北部沿海以及南京北部出现 8 级大风,大风出现时间相对分散,以对流性大风为主。“0409”过程在江苏省东北部沿海,以及沿江苏南等地区出现了范围较大的 8~9 级大风,出现时间整体集中在中午前后,为对流性大风和气旋大风两者叠加。

综上所述,“0320”与“0409”过程均产生了全省范围的降水,暴雨都集中在淮河以北,“0320”过程暴雨区集中,“0409”过程暴雨区相对分散。“0320”过程产生了分散性的 8 级以上对流大风,而“0409”过程则产生覆盖全省大部分地区的 8~9 级区域性大风。

2.2 环流背景

两次过程江苏省上空 200hPa 高空急流都很强

(图略),江苏省均处于高空急流的入口区附近,“0409”过程江苏省高空有分流区,两次过程都具有有利于高空辐散的形势背景。“0320”过程,500hPa 蒙古中部有一冷槽随引导气流向东移动,与高原槽合并。700hPa 和 850hPa 在我国西南-华东地区有较强的低空急流,在系统东移过程中,850hPa 急流不断增强,江苏省北部暴雨区处于低涡东南象限以及低空急流的左前方。“0409”过程,500hPa 蒙古西部有一冷槽稳定少动,高原东部东北-西南向高空槽东移断裂减弱。700hPa 和 850hPa 在我国西南-华东南部一带有西南低空急流,急流随系统不断东移,强度变化不大。850hPa 在江苏省北部可以看到明显的闭合环流,且江苏省淮河以北存在较强的暖脊,江苏省北部暴雨区处于低涡移动前方和低空急流的左前方。

从两次过程的地面图上看(图 1),“0320”过程为西南地区东部的低涡沿着 500hPa 引导气流向东偏北移动形成江淮气旋,从湖北中部,经河南东南部、安徽北部,在江苏东北部进入黄海,入海后强度略有加强。“0409”过程是西南涡向东偏北方向伸展的倒槽在锋生作用下产生的江淮气旋,在安徽南部附近生成,并向东北偏东方向移动,在江苏省东南部东移入海,入海后迅速加强。两次过程暖锋均较强,“0320”过程涡后冷锋强度较“0409”过程明显偏弱,气旋入海后的增强程度明显不同。

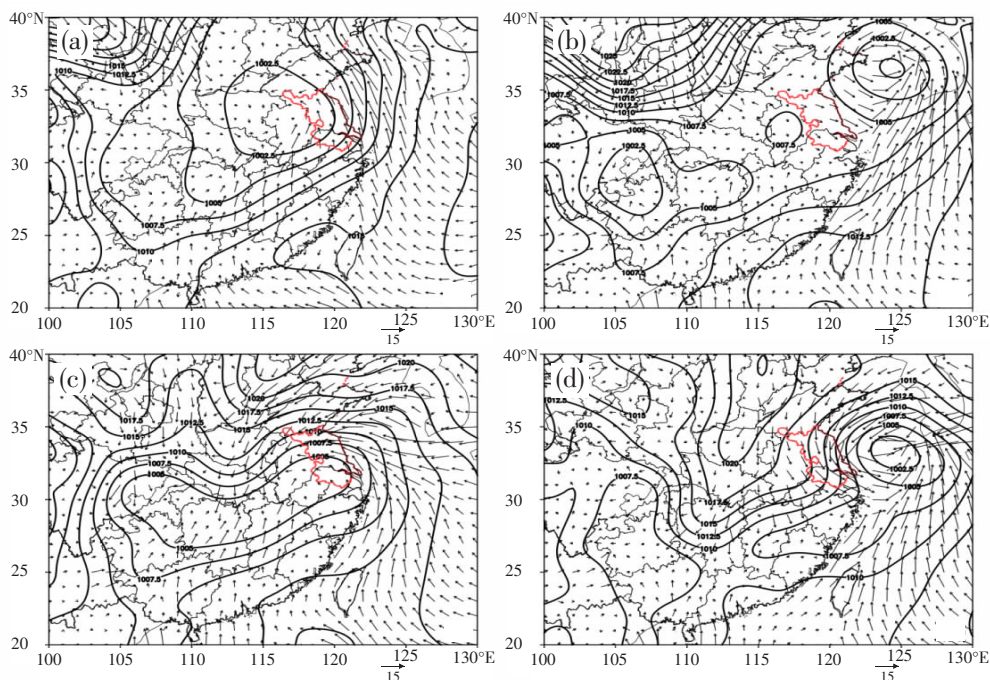


图 1 2019 年 3 月 20 日 08 时(a)和 20 时(b)、4 月 9 日 08 时(c)和 20 时(d)海平面气压场及风场
黑色实线为等压线,单位:hPa;红线区域为江苏省界;箭头为风场

2.3 “0320”和“0409”过程差异

2.3.1 气旋发展差异

500hPa 涡度平流和 200hPa 辐散强度对低层系统减压有着明显的影响。从两次过程中层的正涡度平流和高层的辐散区配合看(图 2),“0320”过程的正涡度平流和辐散区自西南向东北移动,随着时间

的变化迅速减弱,移至江苏省时涡度平流明显减弱,辐散区也明显减小。“0409”过程的正涡度与辐散区从安徽南部向江苏省东北部移动,强度和范围均有明显增大,对于低层气旋的增强更加有利。因此,“0409”过程中层的正涡度平流和高层的辐散区更有利于气旋在江苏省的发展。

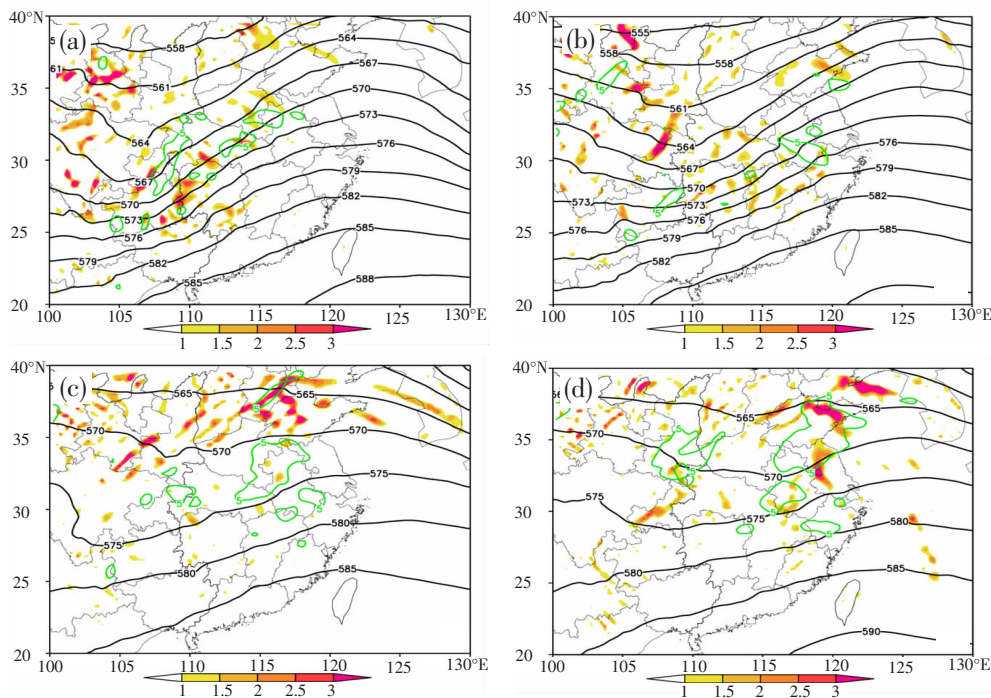


图 2 2019 年 3 月 20 日 02 时(a)、08 时(b)和 4 月 9 日 02 时(c)、08 时(d)

500hPa 高度场、正涡度平流和 200hPa 散度

阴影为正涡度平流,单位: 10^{-4}s^{-1} ;等值线为散度,单位: 10^{-5}s^{-1} ;箭头线为流场

以 850hPa 气旋中心为 0 点,向东向西 10 个经度作气温、云水混合比和风的纬向剖面。“0320”过程从云水混合比的分布来看,入海前(图 3a),主要云水中心分布在气旋以东 4~8 个纬度,位置较为集中,云水中心偏低,位于 800hPa 高度附近。入海后(图 3b)云水中心分布在气旋中心以东 4 个纬度左右,表明气旋的倾斜程度减弱,且云水中心向上发展,强度有所加强,中心位于 500hPa 左右高度,与此对应的低层风速变化不明显。气旋入海后 850hPa 以上的暖心结构略有增强,850hPa 以下为冷心结构变化不明显。

“0409”过程在入海前(图 3c)云水中心分布较为分散,主要中心都位于 700~850hPa 高度,在气旋以西 2 个纬度 900hPa 高度上有较强的冷中心,中心温度达 -6°C ,在气旋以东有很强的暖中心,表明入海前气旋后部就有较强的冷空气侵入,因此气旋发展非常迅速,入海后(图 3d),气旋迅速向上发展,但主

要云水中心仍然位于 700~850hPa 高度,并配合有明显的暖中心,且在低层有明显的东西对称结构,与经典的温带气旋入海后的发展一致,在低层有明显的云水对称结构,低层气旋外围风速显著增大,有利于地面出现气旋大风。

以 850hPa 气旋中心为 0 点,向南向北 5 个纬度作风和相对涡度的经向剖面(图 4)。从“0320”过程入海前后对比来看,相对涡度增强的不明显,但范围有所增大,气旋后部的风速中心减弱,气旋前部的偏东风增强,且高度下降至接近地面,但中心风速也仅有 $12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,不足以产生气旋大风。

“0409”过程中,气旋入海前,纬向风和相对涡度的经向度较大,斜压性明显,气旋前部偏东风中心位于 900hPa 高度,风速 $16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,后部偏西风中心高度位于 600hPa,风速 $22\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。气旋入海后快速发展,相对涡度中心向下向上发展,相对涡度大值区在气

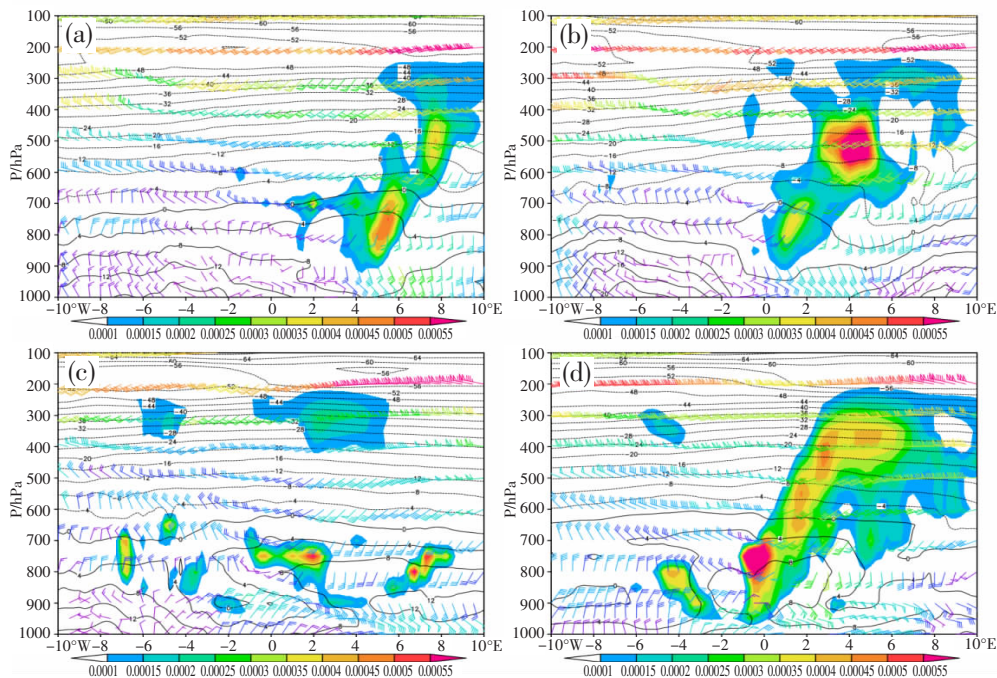


图3 “0320”过程入海前20日08时(a)、入海后14时(b)和“0409”过程入海前9日08时(c)、入海后20时(d)气温、云水混合比以及风的纬向剖面
等值线为温度,单位:℃;色斑为云水混合比,单位:kg·kg⁻¹

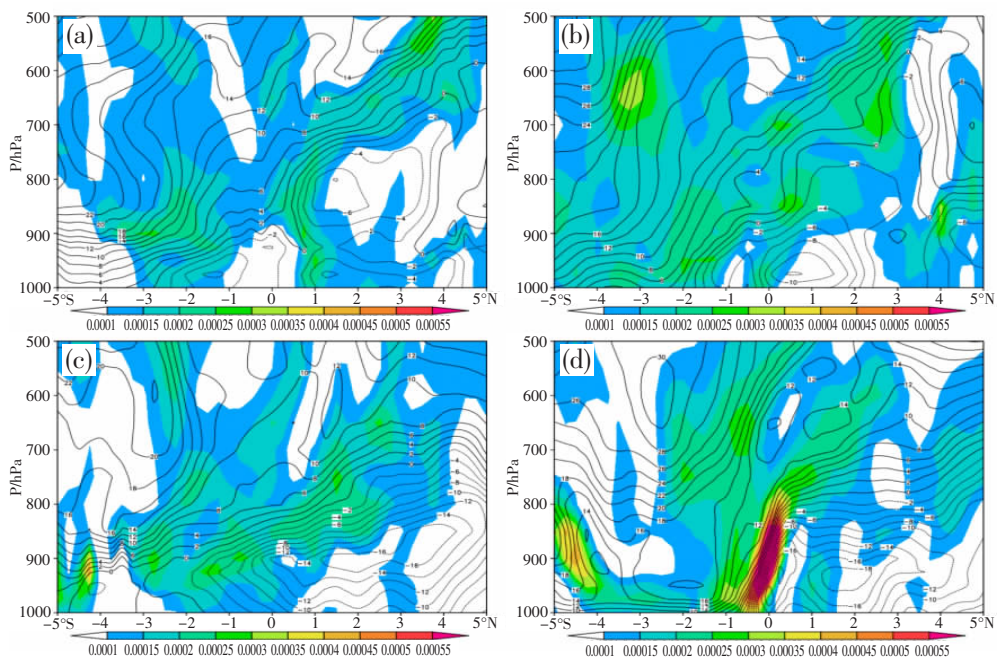


图4 “0320”过程入海前20日08时(a)、入海后14时(b)和“0409”过程入海前9日08时(c)、入海后20时(d)相对涡度和风的经向剖面
阴影为相对涡度,单位:s⁻¹;等值线为风速,单位:m·s⁻¹

旋中心附近垂直方向上延伸至800hPa高度,系统经向度减小,斜压性减弱,气旋后部偏西风和气旋前部偏东风明显增强,风速中心高度明显降低,尤其是气旋后部偏西风高度已延伸至近地面,中心风速达 $18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$,有利于气旋性大风的出现,实况也显示此

区域的沿江苏南等地出现大范围的8级以上大风。

从低层的温度平流看,“0320”过程随着时间的发展涡前和西南急流带来的暖平流发展明显,大值区主要位于淮河以北,但气旋发展时,并没有明显的冷平流与之配合,到气旋移动至山东半岛后,即气旋

影响过程趋于结束, 涡后才有冷平流侵入, 且强度较弱。“0409”过程, 气旋影响江苏省时, 不仅气旋前部有明显的西南急流带来的暖平流, 气旋后部的冷平流也很强盛, 且随着气旋的发展, 气旋前部的暖平流和气旋后部的冷平流均迅速加强。综上所述, “0320”过程冷平流不明显, 气旋发展速度相对较慢, 不利于气旋大风的产生。“0409”过程气旋从生成至入海强度迅速增强, 有利于气旋大风的发生发展。

2.3.2 降水差异

从 700hPa 水汽通量散度与垂直运动的配合上看(图略), “0320”过程中水汽通量散度呈西南-东北分布, 在江苏省西大东小, 上升运动主要集中在长江以北, 沿淮淮地区有大的上升运动中心, 上升运动区区域性分布, 这是“0320”过程产生区域性暴雨落区的重要原因之一。“0409”过程中水汽通量散度的大值区分布在山东、湖北、安徽以及江苏省的北部和西南部。上升运动方面, 江苏省东北部地区和西南部地区较强, 整体分布不均。由于“0409”过程的水汽通量散度和上升运动区域分布不均, 配合程度不同, 因此相对“0320”过程暴雨落区相对分散。两次过程探空显示徐州站的湿层深厚, 南京站湿层相对浅薄, 表明江苏北部地区的湿层条件好于南部地区, 为北部地区暴雨提供更有利的条件。两次过程中降水与江淮气旋的强度关系不大, 而水汽和上升运动的配合程度的不同决定了这两次过程中暴雨的强度和影响范围。

2.3.3 大风差异

从 T-lnP 图中分析(图略), 南京站两次过程中, 500hPa 以上都有明显的干层, 0~6km 垂直风切变达 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上, 上干下湿及较强垂直风切变有利于产生雷暴大风天气, 而实况显示两次过程南京地区都出现了 8 级以上大风。徐州站“0320”过程 500hPa 以上存在浅薄干层, 0~6km 风的垂直风切变也达 $20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, 徐州站出现 7 级大风, 而“0409”过程整层湿层深厚, 风的垂直风切变较小, 更有利于出现强降水天气。结合上述气旋差异分析, “0320”过程气旋大风较弱, 因此主要是个别站点产生对流性大风天气, 而“0409”过程气旋入海显著增强, 气旋大风增强, 结合南京探空分析, 对流性大风叠加气旋大风使得沿江苏南地区产生区域性大风天气。

分析两次过程的变压梯度(图略)可知, “0320”和“0409”过程江苏省 3h 变压梯度最大时刻均出现在中午前后。“0320”过程中正变压中心位置安徽中西部地区, 3h 正变压中心可达 3.7hPa, 负变压中心

位于江苏省东北部近海海面, 强度可达 -4hPa, 正负变压中心呈西南-东北向。“0409”过程中, 正变压中心位于湖北省西部地区, 强度大于 6hPa, 负变压中心位于江苏省东部近海海面, 强度可达 -4hPa。正负变压中心呈现东-西向。相比而言, “0409”过程变压梯度大于“0320”过程, 变压风向由正中心向负中心, 偏西风为主。

从两次过程 14 时地表温度上看, 两次过程江苏省南北温差都很大。“0320”过程中午前后全省温度整体分布南高北低, 从东北到西南递增, 赣榆站气温实况不足 11°C , 宜兴站可达 28°C 以上, 温度梯度最大区域位于江苏省东北沿海, 是江苏省东北沿海出现大风的有利条件。“0409”过程中午前后, 全省气温分布整体东南高西北低, 从东南到西北递减, 徐州站实况温度只有 6°C , 而苏州南部温度达到 30°C 左右, 全省温度梯度都较大, 温度梯度最大区域位于淮河以南, 是沿江地区出现 8 级以上大风的有利条件。

综上所述, 预报江淮气旋大风天气时, 除了考虑对流天气产生的雷暴大风, 更要考虑气旋入海后发展对大风形成的贡献, 同时在气旋影响过程除分析气旋发展变化, 对地面 3h 变压和温度梯度的分析可进一步确定大风影响的区域。

3 结论与讨论

(1) 两次过程的环流形势类似, “0320”过程西南急流强度明显强于“0409”过程, “0409”过程地面热力条件更好。“0320”过程蒙古中部冷槽强度虽强, 但位置偏北, 不利于引导冷空气南下影响江苏, “0409”过程蒙古西部冷槽稳定少动, 使得气旋后部冷空气得以源源不断的补充, 这可能是“0409”过程气旋入海后强度增强程度超过“0320”过程的重要原因。

(2) 水汽条件和垂直运动条件江苏北部明显好于江苏南部, 是两次过程强降水区都落于苏北的原因, “0320”过程沿淮淮地区有大的上升运动中心和水汽辐合中心, “0409”过程水汽通量和上升运动区域分布不均, 配合程度不同, 因此相对“0320”过程暴雨落区相对分散。

(3) “0409”过程入海位置更偏南, 受海上热力条件, 高层正涡度平流及较强冷平流的共同作用, 气旋入海后迅速发展, 江淮气旋进入成熟阶段, 气旋后部风速明显增大, 气旋大风叠加对流大风是沿江苏南地区区域性偏西大风的主要原因。“0320”过程海上热力条件、高层正涡度平流及低层冷平流都较弱, 气

旋入海后发展不明显,不利于气旋大风的产生,因此仅局部产生对流性大风。

此次研究使用了云水混合比来研究气旋发展的结构特征,对气旋如何演变有更直观的认识。当研究江淮气旋对江苏的影响时,除考虑常规的水汽条件和垂直运动条件外,气旋入海位置和温度平流、涡度平流以及下垫面性质的配合是导致暴雨大风产生位置和强度的决定性因素。

参考文献:

- [1] 江苏省气象局预报课题组. 江苏重要天气分析和预报(上册)[M]. 北京:气象出版社 1998:1-20.
- [2] 侯俊,管兆勇. 华东地区 6-7 月锋生的气候学特征及环流结构[J]. 气象学报, 2013, 71(1): 1-22.
- [3] 张汝秀,王蒸民. 江淮气旋的结构特征[J]. 气象科学, 1988(1): 75-82.
- [4] 杨成芳,姜鹏,张少林,等. 山东冬半年降水相态的温度特征统计分析[J]. 气象, 2013, 39(3): 355-361.
- [5] Qin Y J, Lu C H, Li L P. Multi-scale cyclone activity in the Changjiang River-Huai he River valleys during spring and its relationship with rainfall anomalies[J]. advances in atmospheric sciences, 2017, 34 (2): 246-257.
- [6] 卢楚翰,周洁雯,胡叶,等. 春季影响江淮地区的天气尺度气旋活动与同期降水的联系[J]. 大气科学, 2019, 43(2): 311-324.
- [7] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法(4 版)[M]. 北京:气象出版社, 2007.
- [8] 徐迎春,魏建苏,朱伟军. 一次江淮气旋的模拟和海洋敏感试验[J]. 气象科学, 2011, 31(6): 726-731.
- [9] 毛程燕,李浩文,龚理卿,等. 2018 年一次非典型梅雨锋暴雨过程诊断分析[J]. 气象与环境学报, 2019, 35(6): 8-13.
- [10] 李斌,高荣珍,杨晓霞. 二次不同路径江淮气旋暴雨特征对比分析[C]. 第 26 届中国气象学会年会灾害天气事件的预警、预报及防灾减灾分会场论文集. 中国会议, 2009.
- [11] 古文保,屈梅芳. 江淮气旋影响下广西强弱降雨天气过程的对比分析[J]. 气象研究与应用, 2016, 37(1): 1-5.
- [12] 陈筱秋,王咏青. 基于 NCEP 资料的一次东移引发暴雨的江淮气旋结构特征分析[J]. 暴雨灾害, 2016, 35(1): 53-60.
- [13] 张晓红,罗静,陈兴,等. 一次春季江淮气旋形成发展特征及暴雨诊断分析[J]. 气象, 2016, 42(6): 716-723.
- [14] 农孟松,翟丽萍,屈梅芳,等. 两种雷暴大风的结构特征及其环境条件对比分析[J]. 气象研究与应用, 2019, 40(2): 1-6, 37.
- [15] 黄嘉浩,汤中明,欧坚莲. 2019 年“6.11”广西雷暴大风天气成因分析[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(2): 75-79.
- [16] 王娟,李向红,王艳兰. 广西临桂极端大风天气过程的中尺度特征分析[J]. 气象研究与应用, 2020, 41(2): 84-88.

Analysis of two rainstorm and gale processes of Jianghuai cyclone in Jiangsu Province in 2019

Yan Jiaren, Wang Weijian, Zhang Honghua, Shi Dawei
(Lianyungang Meteorological Bureau, Lianyungang Jiangsu 222006)

Abstract: Using a variety of observational data and NCEP $0.25^{\circ} \times 0.25^{\circ}$ reanalysis data, two heavy rain and gale processes of Jianghuai cyclone in Jiangsu Province on March 19–20, 2019 (referred to as the “0320” process) and April 8–9, 2019 (referred to as the “0409” process) were analyzed. The results showed that the upwelling and water vapor amplitude confluence area of the “0320” process were located in area north of the Huai River, and the upwelling was regional distribution, which was an important reason for the regional rainstorm of the “0320” process. During the “0409” process, the areas of water vapor amplitude and the ascending motion were unevenly distributed, so the rainstorm areas were relatively scattered. Affected by the sea thermal conditions, and the combined action of the high-level positive vorticity advection and the strong cold advection at the back of the cyclone, the “0409” process cyclone developed rapidly after entering the sea, and the wind speed at the back of the cyclone increased significantly. The cyclone gale superimposed with convective gale was the main cause of the regional westerly gale in the south of Jiangsu Province. The results showed that the “0320” process was weaker than the “0409” process in the sea thermal conditions, positive vorticity advection in the upper layer and cold advection in the lower layer, especially in the cyclone development stage. Therefore, the development of the cyclone after entering the sea was not obvious, which only caused the local gale weather in Jiangsu Province. Using the cloud–water mixing ratio to analyze the structural characteristics of cyclone development can have a more intuitive understanding of how the cyclone evolves.

Key words: Jianghuai cyclone; heavy rain; strong wind; cloud–water mixing ratio