

黄文彦, 孙燕, 卢楚翰, 等. 春季江淮气旋及影响的统计分析[J]. 气象与环境科学, 2020, 43(1): 43-51.

Huang Wenyan, Sun Yan, Lu Chuhan, et al. Statistical Analysis of Jiang-huai Cyclone and Its Influence in Spring[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2020, 43(1): 43-51.

doi: 10.16765/j.cnki.1673-7148.2020.01.006

春季江淮气旋及影响的统计分析

黄文彦¹, 孙燕², 卢楚翰³, 姚丽娜¹, 雷正翠¹

(1.常州市气象局, 江苏常州 213022; 2.江苏省气象科学研究所, 南京 210009; 3.南京信息工程大学气象灾害教育部重点实验室/气候与环境变化国际合作联合实验室/气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 南京 210044)

摘要: 以 Lu^[1]改进的温带气旋识别方法为基础, 结合江苏省 73 个人工气象观测站的降水资料, 统计分析了近 35 年来春季江淮气旋及其与江苏春季暴雨的关系。结果表明, 近 35 年来, 春季江淮气旋发生的次数呈现趋势性递减的变化, 其源地主要集中在安徽西南部的大别山东侧和西北部的淮河上游平原。江淮气旋对沿江苏南的春季暴雨有重要影响, 而对淮北地区暴雨的影响最弱, 给江苏春季带来区域性暴雨的江淮气旋主要是介于中尺度和天气尺度之间的次天气尺度系统。引起淮北和江淮之间两个区域暴雨的江淮气旋源于皖、豫、鲁三省交界处的比例较高。春季江淮气旋造成的暴雨区主要位于气旋中心附近和气旋的南部。其中, 淮北地区雨区主要位于气旋中心附近, 沿江苏南的雨区在气旋中心和南部均有分布。气旋中心涡度和风速大小、低空西南急流的位置和水汽通量辐合的位置是暴雨落区差异的主要原因。

关键词: 江淮气旋; 江苏; 暴雨; 源地; 路径

中图分类号: P447

文献标识码: A

文章编号: 1673-7148(2020)01-0043-09

引言

气旋在气压场上表现为低值气压系统, 往往能带来强天气^[1-9]。江淮气旋是指发生在江淮地区的气旋, 气象界对其有严格的定义^[10-11]。江淮气旋作为影响江苏最重要的天气系统之一, 每年从春季到秋季江淮气旋的过境都可能给江苏带来暴雨和大风天气^[12-20]。因此, 全面认识江淮气旋对江苏暴雨和大风等灾害性天气的预报是至关重要的。

目前大量的研究都集中在江淮气旋形成发展、结构特征及其造成的暴雨个例研究上。陈永林等^[21]通过常规的气象观测资料, 分析一次来自高原东侧江淮气旋的形成原因, 指出高空北支槽的正涡度输送和低空南支槽的正涡度输送是其形成的主要原因。赵兵科^[22-23]等使用位涡反演的方法, 对比分

析了两次不同强度江淮气旋的发展过程, 发现中低层的扰动对江淮气旋的发展起重要作用, 特别是在江淮强气旋的发展过程中, 高层的扰动几乎不起作用。陈筱秋等^[24]利用 NCEP 资料诊断一次江淮气旋造成暴雨的原因, 认为江淮气旋引起的上升运动与地形抬升作用相叠加是造成强降水的主要原因。张晓红等^[25]同样使用 NCEP 资料分析一次春季江淮气旋造成暴雨的原因, 指出暴雨主要发生在气旋移动路径的左前方, 低层强辐合与正涡度中心相结合是形成暴雨的重要原因。

除个例研究外, 也有部分学者开展了对江淮气旋气候特征方面的研究。魏建苏等^[26]使用历史天气图资料统计了近 49 年来江淮气旋的发生频数、强度和路径等特征, 发现气旋发生频数呈下降趋势, 但其强度有所增强。王艳玲等^[27]使用 NCEP 再分析资料,

收稿日期: 2018-07-30; 修订日期: 2019-07-10

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK20161603); 国家自然科学基金(41575081); 中国气象局预报员专项(CMAYBY2019-043); 江苏省气象局预报员专项(JSYBY201809); 江苏省气象局科研基金面上项目(KM201704)

作者简介: 黄文彦(1989), 男, 江苏宜兴人, 工程师, 硕士, 从事天气预报技术研究工作。E-mail: wenyan1989810@163.com <http://www.cnki.net>

统计了春末夏初江淮气旋活动的年际和年代际变化特征。结果表明,21世纪初期气旋发生频数增加,西风带上异常扰动向东亚地区传播有利于江淮气旋的产生。本文使用 Lu^[1]改进的温带气旋识别方法得出的气旋资料,对江淮气旋的源地和发生频数进行统计分析,并结合江苏省73个人工气象观测站的降水资料,给出引起江苏春季暴雨的江淮气旋源地、路径和暴雨区相对于气旋的具体位置,分析了暴雨落区差异的原因,从而加深对春季江苏暴雨预报的认识。

1 资料与方法

江淮气旋的自动识别是本文研究的基础,而江淮气旋识别的第一步就是温带气旋的识别,然后在识别出的温带气旋中找出符合条件^[10]的江淮气旋。文中使用的温带气旋识别方法为 Lu^[1]改进的温带气旋识别方法。该方法先通过九点最低气压法确定气旋中心^[28],其次通过寻找闭合等值线来确定气旋范围,具体步骤可参考相关文献^[1]。其相比于之前基于中心点的气旋识别方法^[29-30]具有一定的优势。气旋识别使用了欧洲中心提供的1979—2013年 ERA-Interim 资料中的3—5月(春季)850 hPa 位势高度场,该资料的空间水平分辨率为 $0.75^{\circ} \times 0.75^{\circ}$,时间分辨率为6 h。

降水资料使用了同期江苏省73个人工气象站观测的20—20时时段内的日降水量。当某个观测点出现了暴雨且同时段有自动识别出的江淮气旋过境,可初步判断为一次江淮气旋引起的暴雨过程,最后通过 MICAPS 历史观测资料中850 hPa 高度上是否出现了与气旋相关的闭合或近似闭合的风场进行人工检验。检验结果表明,通过自动识别的江淮气旋在实测资料中也出现了闭合或近似闭合的风场,这也进一步证明 Lu^[1]改进的温带气旋识别方法具有一定的准确性。文中用于诊断物理量场的资料同样使用了欧洲中心提供的 ERA-Interim 资料,与气旋识别用的资料完全一致。

2 结果分析

2.1 春季江淮气旋时空分布特征

图 1(a) 为1979—2013年春季江淮气旋发生频次的年际变化特征。由图 1(a) 可知,每年春季发生江淮气旋的次数在10次左右,1992年发生次数最多,为16次,而2000年发生次数最少,为4次。2000年以前每年春季发生的江淮气旋大多在10次以上,而进入2000年以后,江淮气旋发生的次数明显减少,仅有

2012年发生的次数在10次以上。从图 1(a) 中的线性趋势线可以看出,近35年来春季江淮气旋发生的次数呈现趋势性递减的变化,由相关系数检验得出该线性趋势通过了 $\alpha = 0.1$ 的显著性检验。这一结论与魏建苏等^[26]的研究结果相同,但与王艳玲等^[27]给出的结果相反。

图 1(b) 为1979—2013年春季江淮气旋的源地空间分布。江淮气旋的源地主要集中在 $29^{\circ}\text{--}34^{\circ}\text{N}$ 和 $113^{\circ}\text{--}117^{\circ}\text{E}$ 这一区域,其中安徽西南部的大别山东侧和西北部的淮河上游平原为江淮气旋源地最集中的两个地区,总计都在12次以上。前者多江淮气旋生成主要是因为偏西气流越过大别山以后可以产生动力性气旋式涡度,从而有利于气旋的形成;而后者与淮河上游为广阔的平原地带,当气旋生成后地形摩擦填塞气旋的因子较小有关。湖北东侧的江汉平原也多江淮气旋生成,总计在10次左右。与安徽和湖北相比,江苏境内生成的江淮气旋并不多,其主要的分布趋势是南多北少。因此,春季影响江苏的江淮气旋多为从安徽和湖北境内生成然后东移过境的气旋。文中给出的江淮气旋的源地空间分布与魏建苏^[26]和王艳玲^[27]等的结论基本一致。

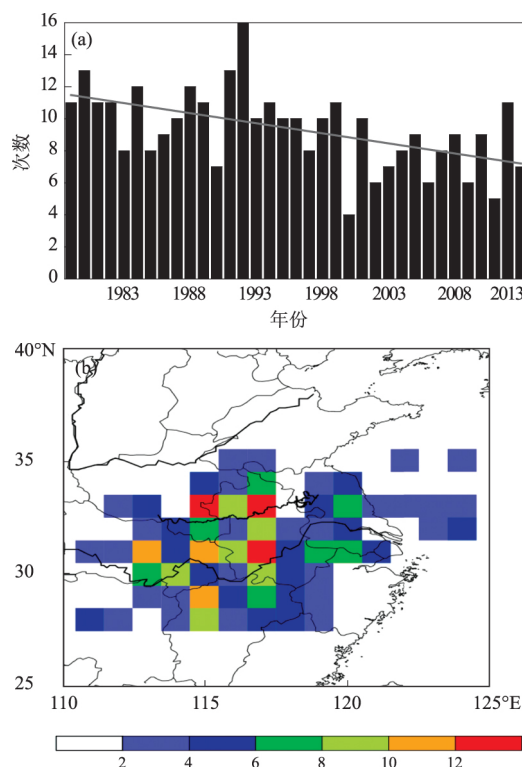


图 1 1979—2013年春季江淮气旋发生频次的年际变化(a)和源地空间分布(b)
(a)中直线为线性趋势线(b)中色标为发生次数

2.2 春季江淮气旋与江苏区域性暴雨的关系

江淮气旋能带来强的上升运动,且南侧有充沛

水汽输送,因此其为造成江苏强降水的重要影响系统之一,春季江淮气旋的东移过境往往也会伴有暴雨的产生。考虑到春季过境江苏的温带气旋空间尺度大都不超过1000 km,若某地离识别出的江淮气旋中心距离在500 km以内,则认为此地受到该江淮气旋的影响^[12]。图 2(a) 为1979—2013年春季江苏受到江淮气旋影响次数的空间分布。由图 2(a) 可知,江苏西南部为受江淮气旋影响次数最多的区域,分别往东和往北递减。造成这种空间分布的原因之一,是春季冷暖空气交汇位置较夏季的明显偏南,冷空气势力较强,上游东移过来的江淮气旋常有南压的趋势,其次是江苏境内生成的江淮气旋就呈现出南多北少的趋势。图 2(b) 为1979—2013年春季江苏春季发生暴雨天数的空间分布。与图 2(a) 相比,在淮河以南

地区暴雨天数和江淮气旋发生次数的空间分布形态有一定的相似性,都呈现出西南地区次数最多,然后往东和往北递减,这主要是因为春季该地区的暴雨大多由江淮气旋引起的。沿淮和淮河以北地区两者分布形态存在较大差异,影响该地区的江淮气旋并不多,但春季暴雨发生次数仅次于江苏西南部的次数,为全省的次中心。出现这种现象的主要原因是春季沿淮和淮北地区多对流性强降水天气,江淮气旋引起的系统性强降水占总的强降水比例并不大。图 2(c) 为1979—2013年江苏春季由江淮气旋引起的暴雨天数空间分布,其分布形态与图 2(b) 总的春季暴雨天数在全省空间分布极其相似,这也进一步表明江淮气旋是造成江苏春季暴雨的重要因素之一。

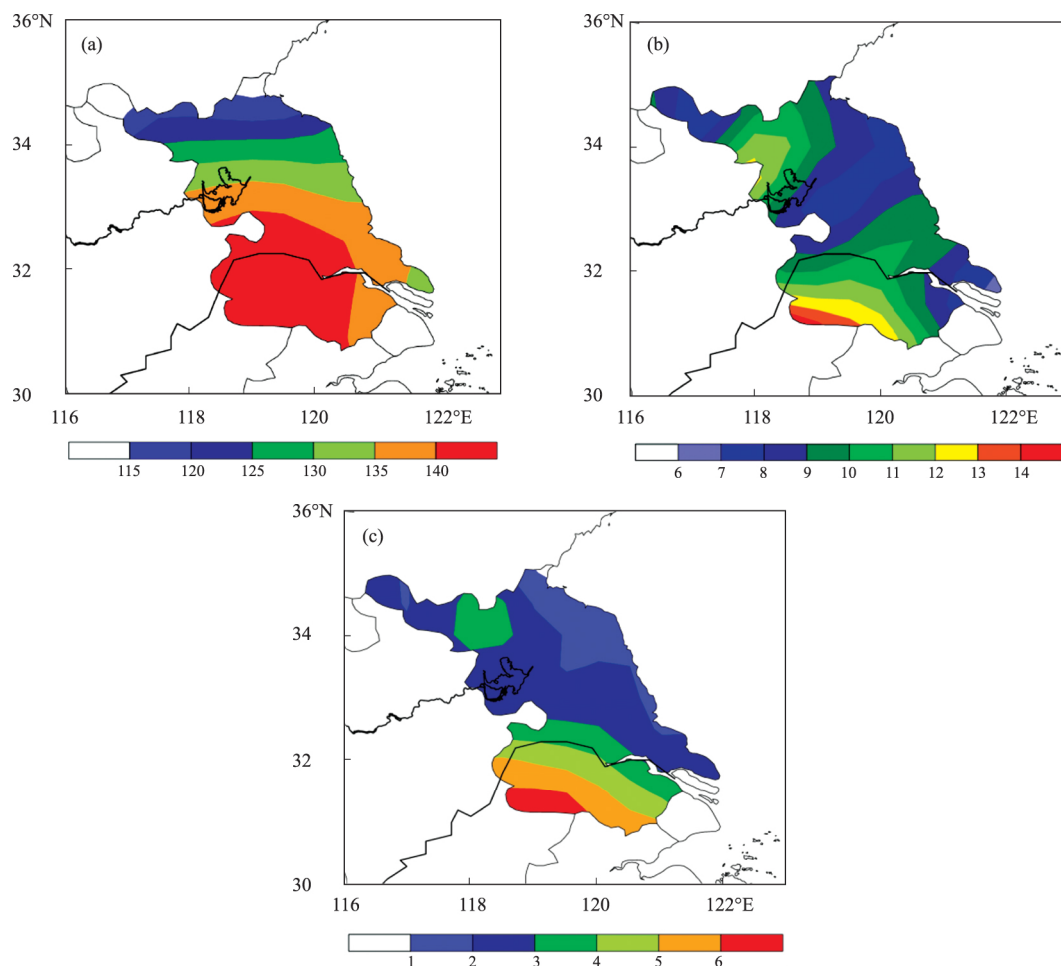


图 2 1979—2013 年江苏春季受江淮气旋影响次数(a)、发生暴雨天数(b)和江淮气旋引起的暴雨天数(c)

在日常的气象预报中,通常将江苏省自北向南划分为3个区域,即淮北、江淮之间和沿江苏南地区,不同区域的分界线大致为流经江苏的淮河和长江,具体区划图可参考文献[10]。当每个区域同时有3个相邻观测站日降水量达到暴雨量级时,就可以把

这次降水过程称之为该区域的区域性暴雨过程^[10]。图 3(a) 为1979—2013年3个区域出现的春季区域性暴雨次数。沿江苏南区域性暴雨次数最多,达到34次;淮北地区次之,出现了25次区域性暴雨;而江淮之间出现的区域性暴雨次数最少,仅为20次。这一结

果与图 2(b) 的分布形态也十分相似。不同地区江淮气旋在区域性暴雨中所起的作用也有显著差异。其中,江淮气旋对沿江苏南的暴雨有重要影响,34 次区域性暴雨中有 17 次是由江淮气旋引起的,占比达到 50%;江淮气旋对江淮之间区域性暴雨的重要性显著减弱,其引起的区域性暴雨占比降至 35%;江淮气旋对淮北地区暴雨的影响最弱,其引起的区域性暴雨占比仅为 30%左右,这一结论与上节得到的结果十分吻合。

春季区域性暴雨出现的月份也有明显差异。图

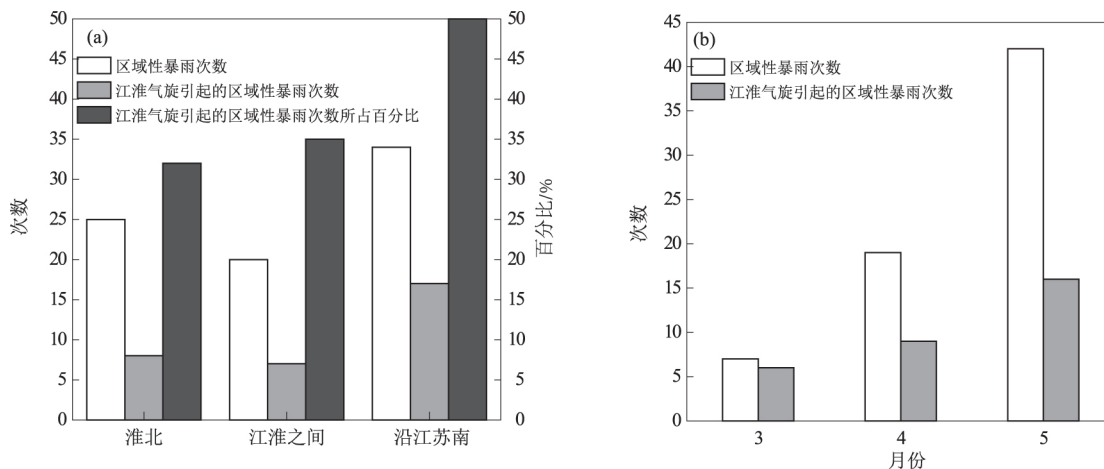


图 3 1979—2013 年春季江苏不同区域 (a) 和不同月份 (b) 区域性暴雨次数

表 1 给出了春季造成江苏区域性暴雨的江淮气旋的特征。表中气旋深度定义为气旋中心位势高度与整个气旋范围内平均位势高度之差的绝对值。气旋直径指以气旋最外围闭合等值线上两点分别为起点和终点且同时通过气旋中心点的最长距离和最短距离平均值。由表 1 可知,引起区域性暴雨的江淮气旋在 3 个不同地区的特征大致相同。从气旋强度上看,尽管不同地区 850 hPa 气旋中心位势高度值略有差异,但整个气旋深度值几乎一致,都在 10 gpm 左右。从气旋尺度来看,不同区域的江淮气旋大小也很接近,直径都在 800 km 上下,表明给江苏带来区域性暴雨的江淮气旋是介于中尺度和天气尺度之间的次天气尺度系统。

表 1 1979—2013 年春季引起江苏区域性暴雨的江淮气旋特征

| 地区 | 850 hPa 气旋中心位势高度 /gpm | 气旋深度 /gpm | 气旋直径 /km |
|------|-----------------------|-----------|----------|
| 淮北 | 1415.8 | 9.8 | 761.4 |
| 江淮之间 | 1428.2 | 9.6 | 879.8 |
| 沿江苏南 | 1422.3 | 9.8 | 848.7 |

2.3 春季造成江苏暴雨的江淮气旋源地与路径

图 4 给出了引起江苏 3 个不同区域暴雨的江淮

3(b) 给出了不同月份出现的区域性暴雨次数。由图 3(b) 可知 3—5 月区域性暴雨出现的次数随月份有明显的递增趋势,3 月最少,仅为 7 次,而 5 月最多,达到 42 次,这一数值占春季区域性暴雨总数的 60% 以上。与区域性暴雨相似,江淮气旋引起的暴雨次数随月份也呈递增趋势,5 月次数最多,达到 16 次。不同月份的江淮气旋在区域性暴雨中的重要性也有显著差异,3 月 7 次区域性暴雨中有 6 次是由江淮气旋引起的,但 4 月和 5 月由江淮气旋引起的暴雨占比明显减小。

气旋源地分布。由图 4 可知,造成江苏区域性暴雨的江淮气旋大都源自江苏省以西的上游地区,源于本省的江淮气旋只占少数。引起不同地区暴雨的江淮气旋源地有明显差异,淮北和江淮之间 2 个区域气旋源于皖、豫、鲁三省交界处的比例较高,产生于这一地区的江淮气旋同样可以带来沿江苏南的区域性暴雨天气,但在其他地区同样分布着大量造成沿江苏南区域性暴雨的江淮气旋的源地。

江淮气旋从源地生成以后一般以东移路径过境江苏,并带来较强的降水天气。图 5 为不同区域春季造成暴雨的江淮气旋路径。引起淮北区域性暴雨的江淮气旋大都沿着江苏北部和山东南部东移,暴雨区的位置主要位于江淮气旋移动路径附近,往南和往北距离气旋中心均在 1 个纬度范围内,即暴雨区在气旋中心附近。在所有个例中,仅有一个例子暴雨位置位于江淮气旋移动路径北侧的较远处,这主要是因为在这个个例中江淮气旋随高度出现了显著倾斜,在 700 hPa 上江淮气旋的位置相比 850 hPa 明显北偏,从而导致暴雨的落区也显著北偏于 850 hPa 江淮气旋路径所在位置。

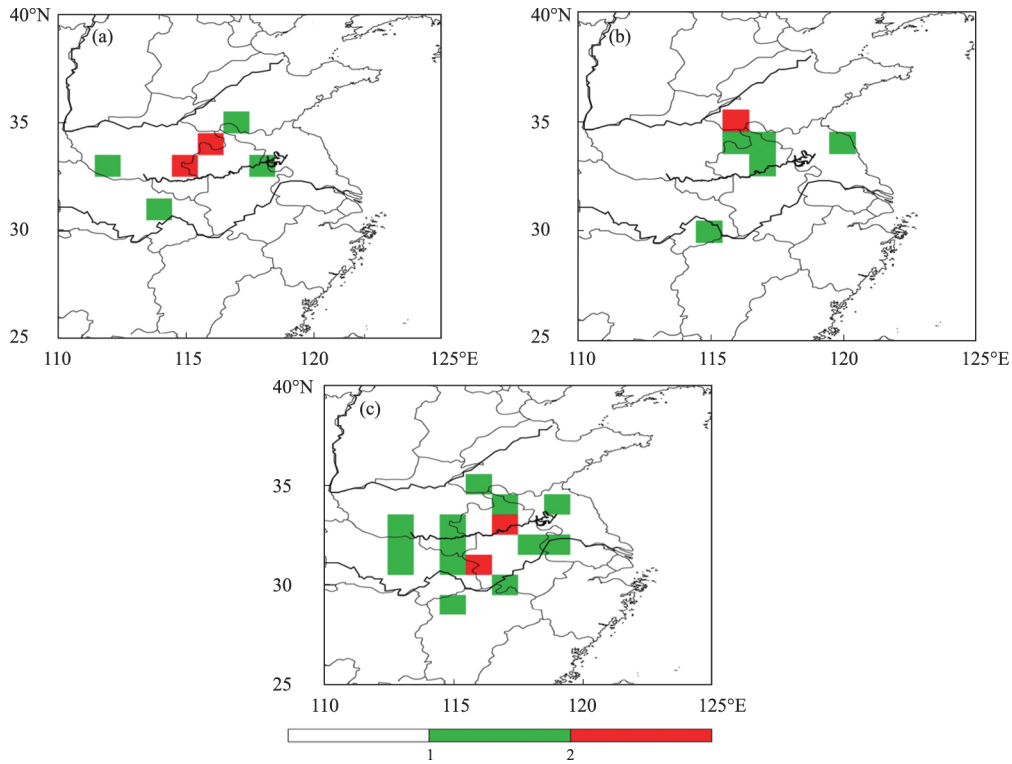


图 4 1979—2013年春季引起淮北(a)、江淮之间(b)和沿江苏南(c)区域性暴雨的江淮气旋源地
单位: 次

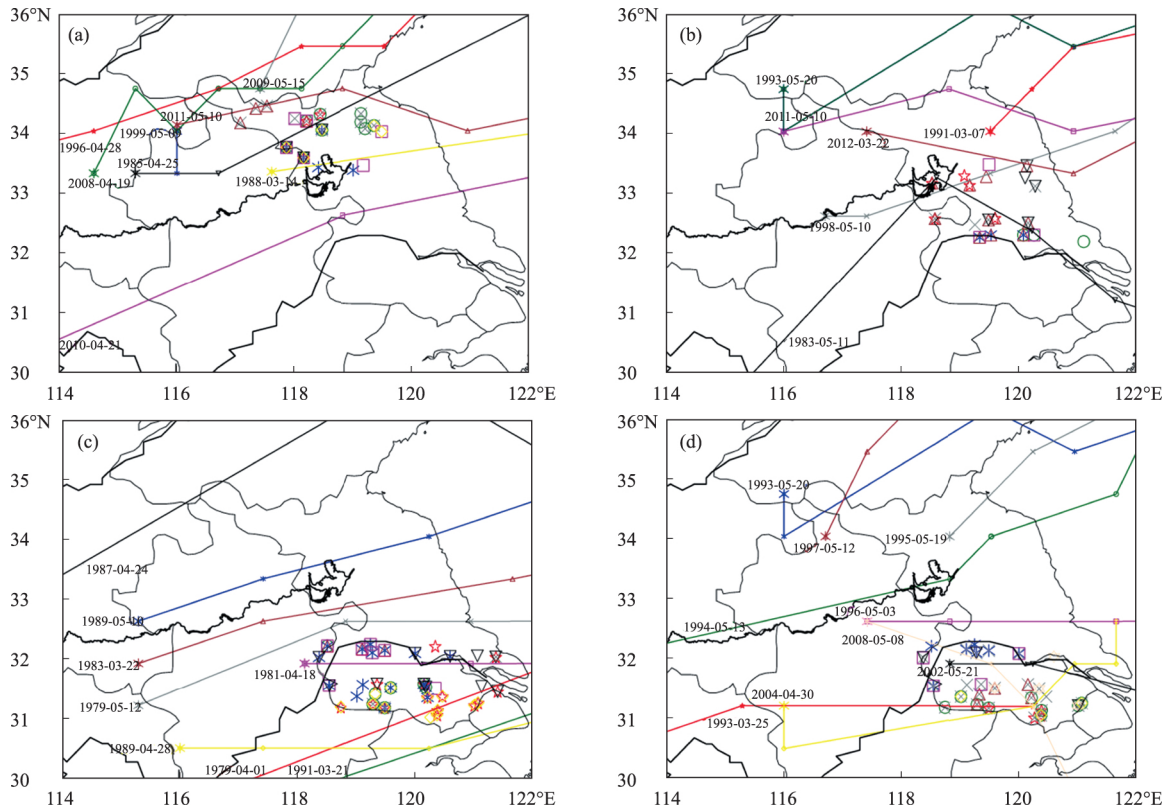


图 5 1979—2013 年春季引起淮北(a)、江淮之间(b)和沿江苏南(c,d)区域性暴雨的江淮气旋路径
与路径颜色相同的日期为该次江淮气旋发生日期; 与路径颜色相同的标记点为该次江淮气旋造成的暴雨站点位置,
不同标记点对应不同江淮气旋引起的暴雨站点

引起江淮之间暴雨的江淮气旋移动路径与引起淮北地区区域性暴雨的江淮气旋移动路径有一定相似性,这与造成两者暴雨的江淮气旋源地十分接近有关。东移的江淮气旋基本位于 32°N 以北地区,江苏北部和山东南部同样为其东移的一条重要路径。暴雨的落区除位于江淮气旋移动路径附近外,也常出现在往南偏离气旋路径 2 个纬度以上的地区,即暴雨区位于气旋南部的暖区中,可见在江淮之间江淮气旋引起的暖区暴雨数量明显增加。

与引起沿江苏南春季暴雨的江淮气旋源地分布分散相类似,造成该区域暴雨的江淮气旋移动路径从南至北跨度也很广, $30\text{--}36^{\circ}\text{N}$ 这一纬带内东移的江淮气旋都有引起沿江苏南区域性暴雨的可能。暴雨位置同样分布在气旋的中心和南部,与江淮之间的类似,偏南的暖区暴雨占有重要地位,在所有的 17 个个例中有 6 个个例暴雨区向南偏离江淮气旋移动路径 2 个纬度以上,占比达到 35%,且比在江淮之间引起的暴雨区偏南的幅度更大,多个个例暴雨位置可偏南 4 个纬度以上。

2.4 典型个例和统计分析

上述分析表明,春季江淮气旋给江苏带来的暴雨在淮北地区主要位于气旋中心附近,而沿江苏南则在气旋中心和南部均有分布。下面通过分析 2 个不同个例,给出造成暴雨落区差异的一些原因。选取的 2 个个例主要是基于江淮气旋的路径所处纬度基本接近,但其降水落区有明显差异,且 2 个个例在

ERA-Interim 资料中的气旋中心位置与日常探空实测气旋位置十分接近。图 6(a) 为 1996 年 4 月 28 日淮北地区春季区域性暴雨雨量的空间分布,暴雨主要是江淮气旋沿着山东南部东移引起的。由图 6(a) 可知,这次江淮气旋给江苏带来的降水呈由北向南递减的趋势,暴雨区主要集中在 34°N 附近的淮北地区,即位于江淮气旋中心略偏南的位置。图 6(b) 为 1995 年 5 月 19 日沿江苏南区域性暴雨雨量的空间分布,造成这次区域性暴雨的江淮气旋位置位于 34°N 以北地区,相比于前个个例仅偏南不到 1 个纬度,但其给江苏带来的降水分布出现了显著差异,降水呈由南向北递减的趋势,暴雨区主要集中在 32°N 以南的沿江苏南地区,向南偏离江淮气旋中心达到 2 个纬度以上,有明显的暖区暴雨特征。

两次过程江淮气旋的路径所处纬度的差异并不十分明显,但其造成的降水分布却有较大差异。图 7 给出了两次过程的一些物理量空间分布。由图 7 可知,两个个例中的江淮气旋特征有明显差异,给淮北地区造成强降水的江淮气旋大涡度带主要集中在气旋的中心附近,气旋的南侧为一致的西南气流,正涡度值较小,强降水主要位于气旋中心附近的大涡度带中。引起沿江苏南强降水的江淮气旋中心附近的涡度值并未达到最大,大的涡度带主要集中在南侧的暖区中,与此相对应暴雨区也出现在南侧的大涡度区中。

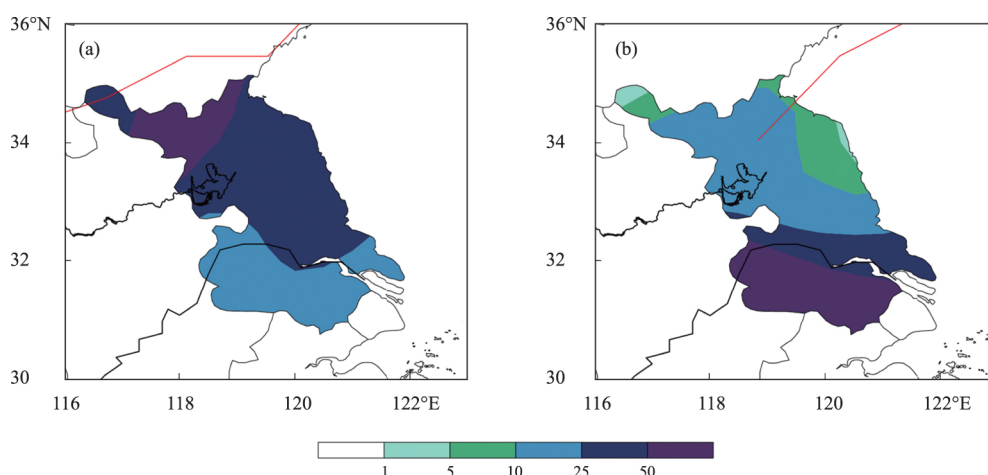


图 6 1996 年 4 月 28 日 (a) 和 1995 年 5 月 19 日 (b) 日降水量

红色曲线为对应江淮气旋移动路径,降水量单位: mm

2 次过程气旋的近中心风力也有较大差异。前者气旋中心风力在 8 m/s 左右,后者中心风力仅为 4 m/s 。中心风力弱也是造成其中心涡度值小的部分原因,因此如果气旋中心附近风力较弱,其造成的

气旋中心附近的降水强度也偏弱。2 次过程 850 hPa 低空西南急流的位置也有显著差异。前者南侧的西南急流紧贴着江淮气旋的中心,后者西南急流向南偏离气旋中心 4 个纬度左右。强降水主要位于

西南急流的北侧附近,因此第一个过程暴雨区就位于西南急流北侧的气旋中心附近,而第二个过程暴雨区位置就显著偏南于气旋中心。水汽通量散度与暴雨区也有一定的联系。第一个过程在江淮气旋近中心的东侧和南侧都为水汽通量辐合区,水汽源源

不断地往气旋中心附近区域输送,而第二个过程除了气旋近中心西侧有弱的水汽通量辐合外,其余近中心附近以水汽通量辐散为主,这就不利于中心附近出现强降水,强降水主要位于气旋南侧2—3个纬度的水汽通量辐合区中。

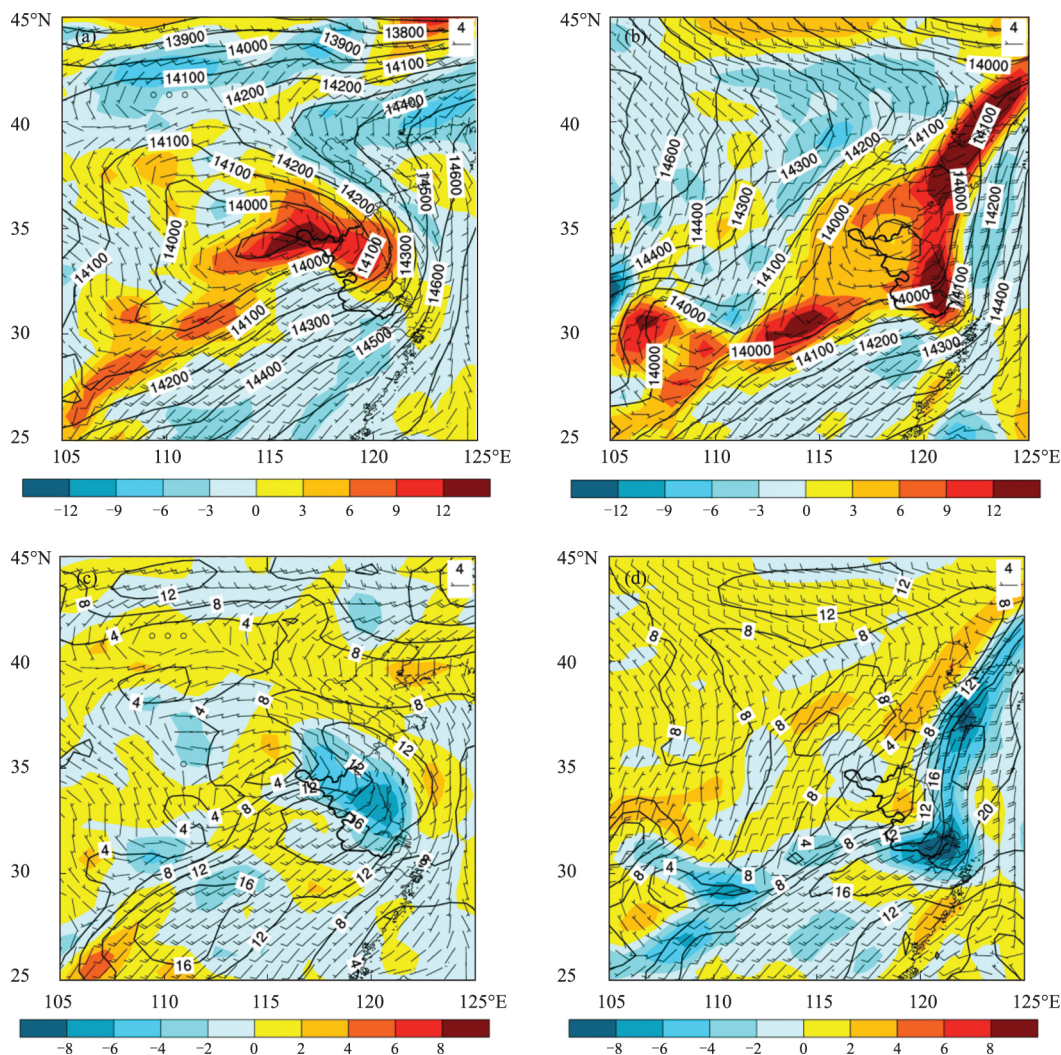


图 7 1996 年 4 月 28 日 (a、c) 和 1995 年 5 月 19 日 (b、d) 08 时 850 hPa 位势高度(等值线 a、b)、涡度(阴影 a、b)、水平风速(等值线 c、d)、水汽通量散度(阴影 c、d) 和风场(风向杆)
 位势高度单位: gpm 涡度单位: $10^{-5} s^{-1}$, 风速单位: m/s, 水汽通量散度单位: $10^{-5} g \cdot cm^{-2} \cdot hPa^{-1} \cdot s^{-1}$

以上分析表明,江淮气旋近中心风速、涡度和西南急流的位置等对暴雨落区有重要影响。表 2 给出了造成沿江苏南春季暴雨的江淮气旋 850 hPa 相关物理量和相应的暴雨量及暴雨站点数,表中前 6 行对应为 6 个暴雨落区向南偏离江淮气旋中心 2 个纬度以上的个例。由表 2 可知,当暴雨区向南明显偏离江淮气旋中心时,其对应的气旋近中心风速和涡度总体小于暴雨区位于江淮气旋移动区域附近个例的中心风速和涡度。西南急流与江淮气旋的相对位

置在不同个例中也有显著差异,偏南 2 个纬度以上的暖区暴雨中西南急流位于江淮气旋南侧 4 个纬度左右,而当暴雨区位于气旋中心附近时西南急流向南偏离气旋中心约 2 个纬度,这些结果与上文中的 2 个个例分析得出的结论十分吻合。此外,不同个例中平均暴雨量和出现暴雨的站点数也有明显差异,偏南 2 个纬度以上的暖区暴雨个例中的平均暴雨量要大于暴雨区位于气旋中心附近个例的暴雨量,并且前者暴雨范围也要大于后者的范围。

表 2 1979—2013年造成沿江苏南春季暴雨的江淮气旋 850 hPa 相关物理量和相应的暴雨量及暴雨站点数

| 时间 | 近中心风速/($m \cdot s^{-1}$) | 近中心涡度/($10^{-5} s^{-1}$) | 西南急流偏南距离/ $^{\circ}$ | 平均暴雨量/mm | 暴雨站点数/站 |
|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------|----------|---------|
| 1987-04-24 | 4 | 1.0 | 4.0 | 66.5 | 11 |
| 1989-05-10 | 8 | 2.5 | 4.0 | 62.5 | 17 |
| 1993-05-20 | 3 | 1.0 | 4.0 | 69.9 | 10 |
| 1994-05-13 | 4 | 1.0 | 3.5 | 70.9 | 9 |
| 1995-05-19 | 4 | 2.0 | 4.5 | 81.4 | 24 |
| 1997-05-12 | 5 | 2.0 | 4.5 | 67.7 | 5 |
| 1981-04-18 | 8 | 2.5 | 3.0 | 58.2 | 7 |
| 1983-03-22 | 6 | 4.0 | 2.0 | 57.5 | 3 |
| 1989-04-28 | 10 | 3.0 | 2.0 | 76.3 | 12 |
| 1991-03-21 | 6 | 3.0 | 无急流 | 59.6 | 5 |
| 1993-03-25 | 6 | 4.0 | 2.0 | 65.2 | 4 |
| 1996-05-03 | 10 | 2.0 | 2.0 | 55.8 | 4 |
| 2002-05-21 | 5 | 3.0 | 无急流 | 53.4 | 3 |
| 2004-04-30 | 6 | 5.0 | 2.0 | 59.2 | 3 |
| 2008-05-08 | 4 | 3.0 | 2.5 | 58.6 | 4 |

3 结论与讨论

本文以 Lu^[1]改进的温带气旋识别方法为基础,结合江苏省 73 个人工气象观测站的降水资料,统计分析了 1979—2013 年春季江淮气旋及其与江苏春季暴雨的关系,得到以下结论:

(1) 每年春季发生江淮气旋的次数在 10 次左右,1979—2013 年江淮气旋发生的次数呈现趋势性递减的变化。春季江淮气旋的源地主要集中在安徽西南部的大别山东侧和西北部的淮河上游平原。对江苏而言,其南部为春季受江淮气旋影响次数最多的区域,影响次数由南部分别往东和往北递减。

(2) 江淮气旋对沿江苏南的春季暴雨有重要影响,而淮北地区江淮气旋在区域性暴雨中的重要性最弱。春季造成不同区域区域性暴雨的江淮气旋尺度基本接近,气旋直径都在 800 km 左右,表明给江苏带来区域性暴雨的江淮气旋主要是介于中尺度和天气尺度之间的次天气尺度系统。

(3) 引起淮北和江淮之间两个区域暴雨的江淮气旋源于皖、豫、鲁三省交界处的比例较高,该区域同样可以带来沿江苏南的区域性暴雨天气,但在其他地区同样分布着大量造成沿江苏南区域性暴雨的江淮气旋的源地。

(4) 春季江淮气旋给江苏带来的暴雨主要位于气旋中心附近和气旋的南部。其中,淮北地区雨区主要位于气旋中心附近,而沿江苏南雨区在气旋中心和南部均有分布。气旋中心涡度和风速大小、低空西南急流的位置和水汽通量辐合的位置是暴雨落区差异的主要原因。

本文仅讨论了春季江淮气旋和暴雨的关系,相

比于春季,夏季江淮气旋造成的暴雨次数可能更多,这将是下一步研究的方向。

参考文献

- [1] Lu C.A modified algorithm for identifying and tracking extratropical cyclones[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2017, 34(7): 909-924.
- [2] 蓝俊倩,张浩川,徐月飞.一次有冷空气侵入的梅汛期大暴雨过程诊断分析[J]. *气象与环境科学*, 2018, 41(3): 72-80.
- [3] 鲁坦,徐文明,俞小鼎,等.2003—2014 年河南春季暴雨特征及影响系统分析[J]. *气象与环境科学*, 2017, 40(2): 92-99.
- [4] 张启绍,芦阿咪,张一平.河南一次局地强降水过程的中尺度分析[J]. *气象与环境科学*, 2016, 39(1): 74-81.
- [5] 刘红武,邓朝平,李国平,等.东移影响湖南的西南低涡统计分析[J]. *气象与环境科学*, 2016, 39(1): 59-65.
- [6] 师锐,何光碧,龙柯吉.一次四川盆地低涡型特大暴雨过程分析[J]. *干旱气象*, 2015, 33(5): 845-855.
- [7] 王红丽,胡祖恒,吉廷艳.贵州 2 次暴雨过程的诊断分析[J]. *干旱气象*, 2013, 31(3): 535-541.
- [8] 郑丽娜,孙兴池.气旋类山东暴雨过程天气学特征分析[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2016, 10(4): 74-80.
- [9] 詹正杰,尹仔锋,乔林,等.一次华北气旋造成的北京特大暴雪天气过程分析[J]. *沙漠与绿洲气象*, 2014, 8(5): 10-15.
- [10] 江苏省气象局.江苏省天气预报技术手册[M].北京:气象出版社,2017.
- [11] 王玮,王英,黄玉芳.江淮气旋引发山东两次暴雨过程的对比分析[J]. *气象科技*, 2014, 42(6): 1057-1063.
- [12] Qin Y, Lu C, Li L. Multi-scale cyclone activity in the Changjiang River-Huaihe River valleys during spring and its relationship with rainfall anomalies[J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2017, 34(2): 246-257.
- [13] 项素清.“2008.4.9”江淮气旋后部大风过程诊断分析[J]. *海洋预报*, 2009, 26(4): 37-43.
- [14] 李艳芳,程胜,吴彬.2012 年 4 月 2 日华东灾害性飑线大风成因分析[J]. *气象与环境科学*, 2014, 37(4): 59-65.

- [15]冯志刚,程兴无,陈星,等.淮河流域暴雨强降水的环流分型和气候特征[J].热带气象学报,2013,29(5):824-832.
- [16]崔强,王春明,岳甫璐,等.江淮地区一次强飑线系统结构特征的数值模拟研究[J].气象与环境科学,2018,41(3):21-28.
- [17]李超,魏建苏,严文莲,等.江苏沿海大风特征及其变化分析[J].气象科学,2013,33(5):584-589.
- [18]徐娟,周春雨,高天赤.梅雨锋江淮气旋发展机制及其与暴雨的关系[J].科技通报,2013,29(5):24-29.
- [19]崔恒立,赵宇,王东仙,等.引发暴雨的低涡发生发展机制分析[J].灾害学,2016,31(2):30-36.
- [20]钱维宏,蒋宁,杜钧.中国东部 7 类暴雨异常环流型[J].气象,2016,42(6):674-685.
- [21]陈永林,曹晓岗,刘敏,等.一次源于高原东侧低涡的江淮气旋形成及结构分析[J].热带气象学报,2013,29(5):793-802.
- [22]赵兵科,刘屹岷,梁萍.夏季梅雨期一次强江淮气旋位涡反演分析[J].高原气象,2008,27(增刊):158-169.
- [23]赵兵科,万日金,鲁小琴.2003 年夏季梅雨期强弱江淮气旋成因对比分析[J].高原气象,2010,29(2):309-320.
- [24]陈筱秋,王咏青.基于 NECP 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.
- [25]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.
- [26]魏建苏,刘佳颖,孙燕,等.江淮气旋的气候特征分析[J].气象科学,2013,33(2):196-201.
- [27]王艳玲,管兆勇,金大超,等.1980-2012 年春末夏初江淮气旋活动的气候特征及其年际、年代际变化[J].大气科学学报,2015,38(3):354-361.
- [28]周越,夏兰.江淮气旋气候学特征的统计研究[J].气象与环境科学,2017,40(3):79-85.
- [29]Zhang Y,Ding Y,Li Q.A climatology of extratropical cyclones over East Asia during 1958-2001[J].Acta Meteorologica Sinica,2012,26(3):261-277.
- [30]孙泓川,魏建苏,李超.气旋客观判别方法在两次江淮气旋过程中的应用[J].大气科学学报,2015,38(1):46-54.

Statistical Analysis of Jiang-huai Cyclone and Its Influence in Spring

Huang Wenyan¹, Sun Yan², Lu Chuhan³, Yao Lina¹, Lei Zhengcui¹

(1.Changzhou Meteorological Office, Changzhou 213022, China;

2.Jiangsu Institute of Meteorological Sciences, Nanjing 210009, China;

3.Key Laboratory of Meteorological Disaster, Ministry of Education (KLME) /Joint International Research Laboratory of Climate and Environment Change (ILCEC) /Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters (CIC-FEMD), Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Based on improved method of identification of extratropical cyclone by Lu^[1] and precipitation data of 73 meteorological stations in Jiangsu province, this paper analyzes the Jiang-huai cyclone in spring and its impact on heavy and torrential rains in Jiangsu in the past 35 years. The results show that the number of Jiang-huai cyclone has decreased in spring during the past 35 years. The sources of Jiang-huai cyclone are mainly concentrated in the eastern side of Dabie Mountain in southwestern Anhui and the upper Huaihe River plain in northwestern Anhui. The Jiang-huai cyclone has a significant influence on spring heavy rain in the south of Jiangsu along the Yangtze River, but a weak effect on the rain in the north of Huaihe River. The Jiang-huai cyclone, causing regional heavy rain in Jiangsu, is a sub-synoptic scale system between meso-scale and synoptic scale. The high proportion of the Jiang-huai cyclone responsible for the spring heavy rain in the north of the Yangtze River is originated from the junction of Anhui, Henan and Shandong provinces. The torrential rain areas in Jiangsu are mainly located near the cyclone center and the southern part of the cyclone in spring. The heavy rain in the north of Huaihe River is distributed mainly near the cyclone center, while heavy rain in the south of Jiangsu along the Yangtze River is distributed in both the cyclone center and the south of the cyclone. The central vorticity and wind speed of the cyclone, the position of the low-level southwest jet and the convergence area of water vapor flux are the main reasons for the location difference of heavy rains.

Key words: Jiang-huai cyclone; Jiangsu; heavy rain; source; track