

吴琼,冯佳玮,王扬,等. 1979—2018年江淮气旋时空分布特征[J]. 陕西气象, 2020(6):15-22.

文章编号:1006-4354(2020)06-0015-08

1979—2018年江淮气旋时空分布特征

吴琼¹,冯佳玮²,王扬¹,程远¹,张丽婷¹

(1. 扬州市气象局,江苏扬州 225000;2. 镇江市气象局,江苏镇江 212000)

摘要:利用 MICAPS 地面观测资料和中央气象台历史天气图资料,对 1979—2018 年的 585 个江淮气旋进行了时空分布特征的研究,发现江淮气旋的发生次数年变化有长、中、短多周期共存,月分布在 4—6 月(暖季)最多,10—12 月(冷季)最少;江淮气旋发生的最集中区域为鄱阳湖盆地和洞庭湖盆地,其次在淮河上游和大别山东北侧,空间分布大值区随环流的季节变化出现一定的南北偏移。利用 ERA-Interim 月平均再分析资料分析冷、暖季天气背景发现,暖季孟加拉湾存在深厚南支槽,低空西南急流输送暖湿气流,使水汽通量在江淮流域及上游辐合;江淮流域处于暖季锋生正值中心,且位于高空急流入口区右侧,有利于暖季江淮气旋生成。冷季仅在 700 hPa 的孟加拉湾北侧有浅槽,850 hPa 为高压脊,江淮地区为冷平流控制,低空急流不明显,对水汽的输送弱;江淮流域锋生正值区不连续且上游为锋消区,高空急流轴偏南,气象条件不利于江淮气旋生成。从动力和水汽条件上,暖季均比冷季更有利于江淮气旋的发生。

关键词:江淮气旋;冷暖季;小波分析;时空分布

中图分类号:P443

文献标识码:A

江淮气旋通常发生于 25°N~35°N 之间的长江中下游、淮河流域以及湘赣地区,一年四季均可发生,其中 4—8 月江淮气旋容易给江淮一带造成明显的风雨影响,如暴雨,大风等。江淮气旋引起的暴雨常引发山体滑坡、泥石流等次生地质灾害,因此受到了广大学者的重视^[1-5]。在对江淮气旋所进行的研究中,针对其气候特征,前人进行了相关研究:王艳玲等^[6]在诊断 1980—2012 年春末夏初江淮气旋活动特征时设计了一种客观的气旋识别方法,发现气旋活动频数时空分布不均匀,且频数和强度存在明显的年际和年代变化;魏建苏等^[7]研究近 49 a 江淮气旋的发生源地、移动路径和发生次数,通过统计方法得出江淮气旋发生次数的年际变化呈下降趋势,生成强度呈上升趋势,源地主要集中在三个区域,移动路径平均而言主要有三条,且有明显的季节变化。

前人往往将江淮气旋的时空分布特征与个例

诊断分开研究,将气候特征和天气学诊断结合的研究相对较少。本文在对 1979—2018 年的 585 个江淮气旋进行气候特征分析时发现,其时间分布规律在冷暖季存在显著差异。本文对江淮气旋的时空分布特征进行统计分析后,运用天气学方法从环流形势、锋生条件、水汽条件和急流分布等方面,诊断分析了冷暖季江淮气旋发生次数不同的原因。一方面解释了统计分析中发现的江淮气旋时间分布规律,另一方面也从天气学角度更加深入地分析了江淮气旋发生的有利条件。

1 数据和方法

利用 MICAPS 地面观测资料和中央气象台历史天气图资料,对 1979—2018 年的 585 个江淮气旋发生次数年变化的周期,月、季分布规律,气旋生成的空间分布等方面进行了气候特征研究;根据发生次数的月、季分布特征,划分暖季(4、5、6 月)和冷季(10、11、12 月),利用 ERA Interim 的

收稿日期:2020-03-21

作者简介:吴琼(1988—),女,江苏镇江人,硕士,工程师,主要从事灾害性天气预报预警研究。

基金项目:江苏省气象局预报员专项(JSYBY201910)

monthly means of daily means 的 $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ 资料,从大尺度环流背景,对冷暖季的平均背景场进行对比分析,进而得出暖季和冷季相比,更有利于江淮气旋生成的气象条件。

2 江淮气旋时空分布特征

2.1 定义

根据江苏省气象台规定,定义在长江中下游和淮河流域(图 1)、生命史在 12 h 以上、具有明显冷、暖锋结构的低值系统称为江淮气旋。在图 1 框区内第一次出现具有明显冷、暖锋结构的气旋或气旋波,称为江淮气旋的发生。而其发展的标准是:在 125°E 以西、 35°N 以南,以 2.5 hPa 间隔分析等压线,任意 12 h 内气旋中心值下降 1 hPa 以上,同时气旋闭合等压线达到两条;或是在 125°E 以西、 35°N 以南,气旋活动过程中有一个时次闭合等压线达到三条以上或 12 h 降压幅度在 5 hPa 以上。

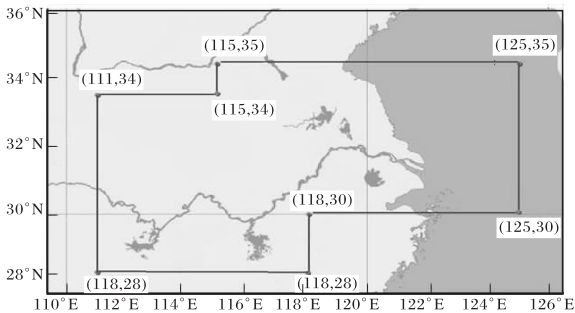


图 1 江淮气旋定义框区

2.2 月、季分布特征及其周期特征

利用 1979—2018 年 MICAPS 地面观测资料以及中央气象台历史天气图,按照江淮气旋的定义,对 40 a 内发生的 585 个江淮气旋个例进行了统计分析。1979—2018 年,江淮气旋年生成的次数存在年际变化,平均每年发生 14.63 次;发生

次数最多的是 2012 年,共发生 23 次;最少的是 2004 年,仅 8 次。为了进一步研究江淮气旋年发生次数年变化的周期规律,采用 MORLET 小波变换^[8-9],对 40 a 江淮气旋生成次数进行了小波变换,计算出小波变换系数的实部(图 2)。结果显示,江淮气旋的年生成次数具有一定的周期性。1979—2018 年江淮气旋生成次数的年变化存在着 3 a、5 a、9~10 a、17~19 a 的周期,长、中、期尺度共存。在 2000 年以后,短周期由 3 a 和 5 a 转为准 4 a。

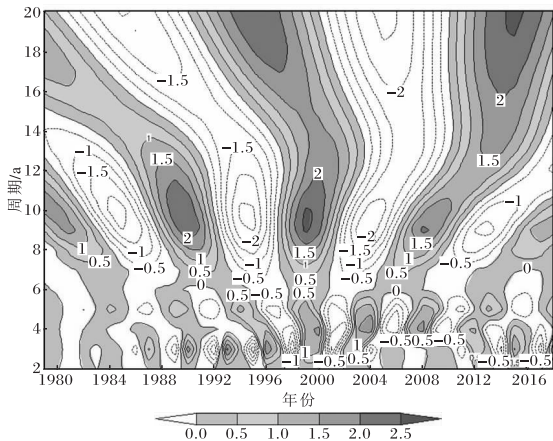


图 2 1979—2018 年江淮气旋发生次数小波分析

江淮气旋的发生次数不仅存在明显的年际差异,也存在较大的季节差异。按照常规的季节划分标准将四季划分为春季(3—5 月),夏季(6—8 月),秋季(9—11 月),冬季(12—次年 2 月)。从季节变化(图 3a)来看,春、夏两季最容易发生江淮气旋,分别占总次数的 38.87% 和 32.84%;冬季和秋季的总和仅为 28.29%,其中秋季最少,占 12.42%。可以看出,由于环流形势和天气背景的差异,在不同季节江淮气旋的发生次数也存在着较大的差异。

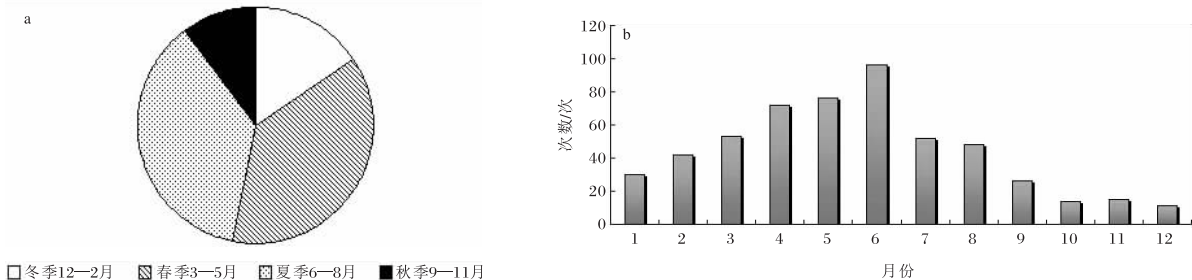


图 3 江淮气旋发生次数的季节(a)和月(b)分布

进一步按照月的时间尺度,对 1979—2018 年江淮气旋的发生次数进行详细分析(图 3b),可以看出 4、5、6 月江淮气旋最为活跃,共计出现 244 次,占总次数的 41.71%,其中 6 月发生次数最多,共 96 次。发生江淮气旋最少的月份为 10—12 月,共出现 40 次,仅占总次数的 6.84%。40 a 中江淮气旋发生次数最少的月份为 12 月,共计 11 次。

2.3 气旋生成空间分布

魏建苏等^[7]对 1981—2009 年江淮气旋生成进行空间分布特征研究时发现,江淮气旋生成主要集中在以下三个区域:苏皖浙交界及淮河上游;大别山东北侧、黄山北麓的苏皖平原;鄱阳湖及其以北。江苏省气象局江淮气旋课题组^[10]在研究 1961—1980 年江淮气旋源地时指出,气旋发生主要集中在四个区域:淮河上游;大别山区东北侧、黄山北麓的苏皖平原;洞庭湖盆地;鄱阳湖盆地。

分析 1979—2018 年江淮气旋生成次数的空间分布(图 4),可以看出气旋生成次数最多的区域位于 $114^{\circ}\text{E}\sim 116^{\circ}\text{E}$ 、 $28^{\circ}\text{N}\sim 31^{\circ}\text{N}$ 鄱阳湖盆地附近,此区域 40 a 间生成江淮气旋平均可达 20 次以上;其西部洞庭湖盆地是另一高值区,达 14~18 次;在淮河上游和大别山东北侧一带,江淮气旋的生成次数平均在 10 次以上,也是江淮气旋的主要生成源地。

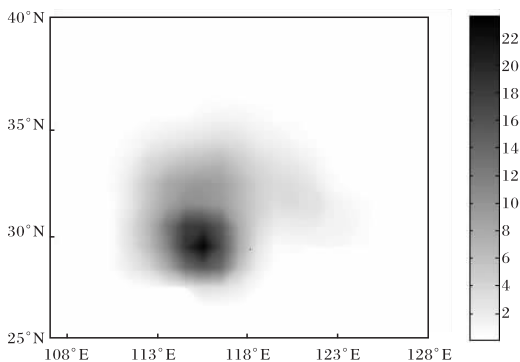


图 4 1979—2018 年江淮气旋生成次数
(单位:次)的空间分布

可以看出,虽然研究时段不同,但是江淮气旋生成次数的空间分布并无太大差别,一方面说明了近 40 a 江淮地区及上游的气候背景并未发生

太剧烈的变化,另一方面说明江淮气旋发生较多的区域具备有利于江淮气旋发生的气象条件。长江中下游及淮河流域位于青藏高原东侧,由于背风坡的减压,以及高原南侧气流绕流作用,高原东侧多低槽东移,槽前正涡度平流有利于低空减压;此外,江淮流域位于南方锋生带中,冷暖空气交汇频繁,有利于气旋锋生。

按照季节分析江淮气旋的空间分布可以发现:春季(图 5a),江淮气旋最常发生在鄱阳湖盆地、洞庭湖盆地和大别山东北部附近。由于鄱阳湖盆地、洞庭湖盆地常有倒槽产生,当冷空气进入倒槽后,在倒槽顶端气旋性曲率最大处往往有气旋发生。夏季(图 5b),气旋发生的大值区有所北移,并在武汉以北增加了一个新的大值中心,集中在鄱阳湖盆地、洞庭湖盆地及其偏北部、淮河上游和大别山东北部。考虑这种变化与副热带高压季节性北抬后,锋区也跟着北抬有关。秋冬季节(图 5c、图 5d),东亚大槽建立,北方冷空气常大举南下,江淮流域多处于槽后受西北气流控制,江淮气旋发生次数明显减小。鄱阳湖盆地、洞庭湖盆地附近的大值中心依然存在,其位置与夏季相比略有南落;在淮河流域和大别山东北侧偶有江淮气旋发生。综上分析了江淮气旋发生次数的空间分布随季节变化的情况,可知鄱阳湖盆地、洞庭湖盆地的大值区是长期存在且最主要的,但会随着大气环流的季节变化而发生一定的南北偏移。

3 暖、冷季江淮气旋环境条件

根据江淮气旋逐月发生次数的分布情况,将江淮气旋出现较多的月份(4、5、6 月)重新定义,称为暖季,在暖季发生的江淮气旋称为暖季江淮气旋;将江淮气旋出现较少的月份(10、11、12 月),称为冷季,在冷季发生的江淮气旋称为冷季江淮气旋。

暖季江淮气旋活跃,平均发生次数占全年总次数 41.71%,而冷季江淮气旋则发生较少,仅占 6.84%,不足暖季的六分之一。针对这个现象,通过对比分析冷、暖季的平均温压场配置^[11-14]、锋生条件和水汽条件^[15]等方面的差异,得出冷、暖季有利于和不利于江淮气旋发生的气象条件,尝试说明为何暖季江淮气旋发生次数远多于冷季。

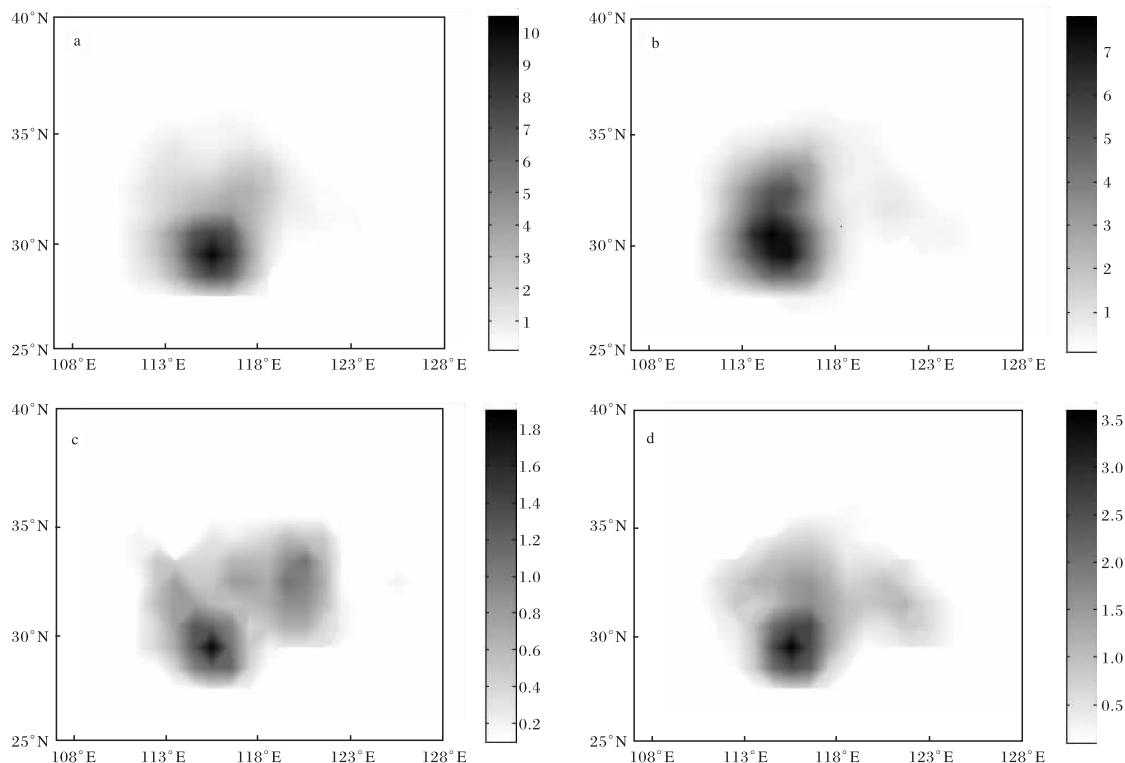


图5 1979—2018年江淮气旋春(a)、夏(b)、秋(c)、冬(d)的发生次数(单位:次)分布

3.1 环流对比

对比 500 hPa 暖季(图 6a)和冷季(图 6b)的平均高度和温度场可以看出,平均温度场略落后于平均高度场。暖季,等高线在孟加拉湾处可以分析出南支槽;而冷季,该处环流较平直,为偏西气流,略有气旋性弯曲。暖季孟加拉湾明显有南支槽的存在,一方面有利于孟加拉湾水汽通过槽前西南气流向江淮气旋的上游地区输送,另一方面槽前的正涡度平流也有利于槽前区域的减压。从温度平流来看,暖季和冷季亚洲东岸均为温度槽,暖季在 30°N 以北为冷平流,以南为暖平流,暖平流有利于高空槽的加深,从而通过增强槽前涡度平流间接加强低层系统的减压作用;冷季,中国大部分地区受冷平流控制,不利于低层气旋的发生。

对比 700 hPa 平均高度和温度场可以看出,暖季(图 6c)在孟加拉湾一带也有较强的南支槽,且在高原地区可以分析出平均高原槽的存在,而高原槽东移时槽前的正涡度平流正是江淮气旋发生发展的有利动力条件;冷季(图 6d)在孟加拉湾北侧有弱的浅槽,槽的强度偏弱,位置偏北,对暖湿气流的输送比暖季弱得多,高原附近虽然也可

以分析出平均浅槽波动,但强度比暖季弱。从温度平流的分布可以看出,暖季在长江中下游区域为暖平流控制,有利于低层减压;而冷季不仅贝加尔湖以西的冷平流更强,而且在长江中下游的广大区域内主要是冷平流控制,冷平流有利于低层增压,不利于气旋发展。

850 hPa 上,暖季(图 6e)和冷季(图 6f)的平均高度场在孟加拉湾处为反位相,暖季在孟加拉湾处是深厚的南支槽,长江中下游区域均处于槽前,非常有利于低层暖湿气流和槽前正涡度平流输送;而冷季孟加拉湾存在一个高压脊,阻碍了低层暖湿气流输送,也没有正的涡度平流输送。此外,暖季在东北北部有平均低涡,低涡槽后冷空气自河套南下,冷暖气流在江淮地区交汇,而冷季的低涡和低槽位置偏东偏北,我国大部分地区受冷平流控制。

综上所述:在暖季中低层,孟加拉湾地区有较深厚的南支槽存在,槽前西南气流有利于高温高湿气流的输送,长江中下游处于槽前正涡度平流和暖平流的输送带内,有利于低层系统减压,且暖湿气流与亚洲东岸平均槽后的冷空气在江淮流域

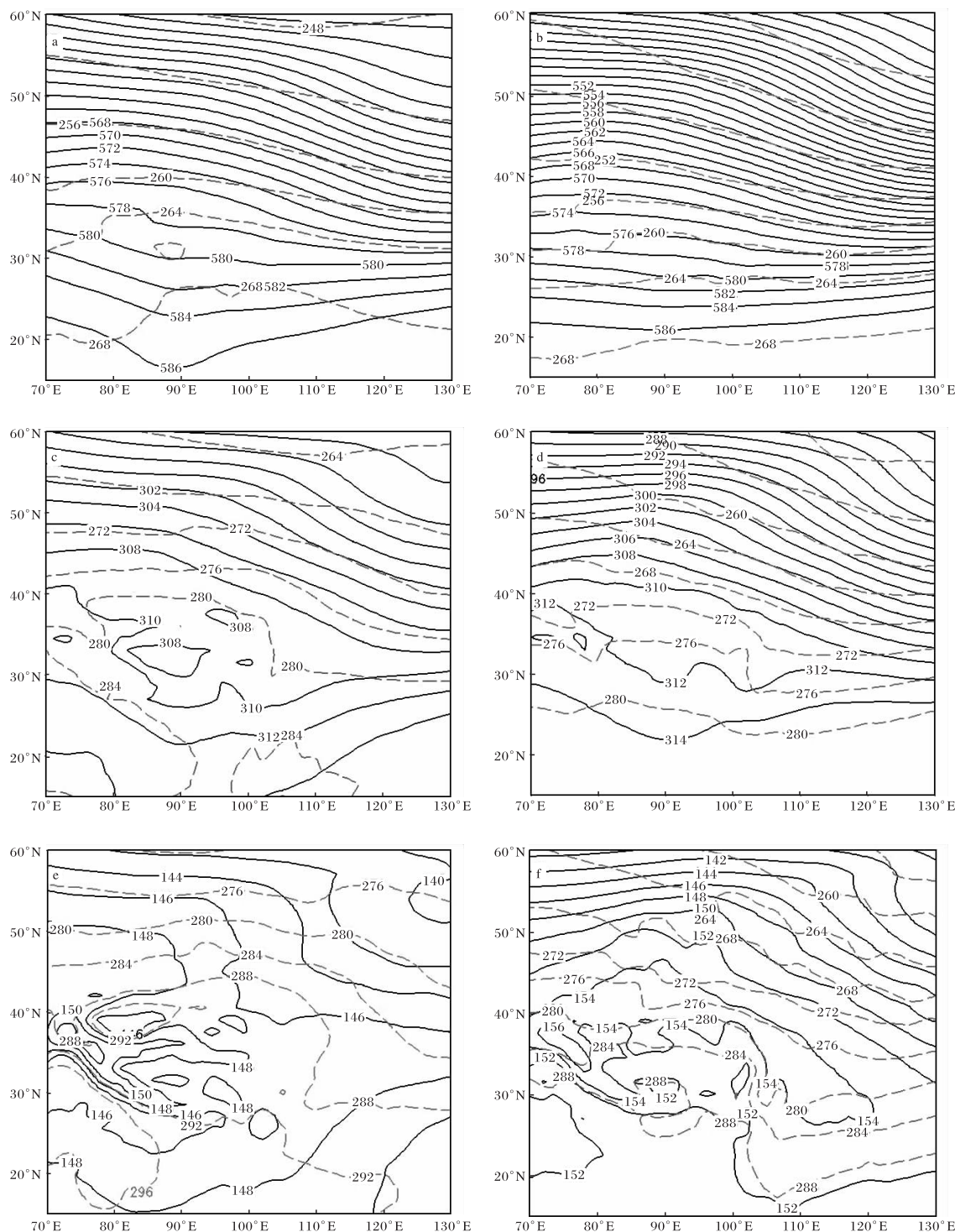


图6 暖季(a 500 hPa,c 700 hPa,e 850 hPa)与冷季(b 500 hPa,d 700 hPa,f 850 hPa)平均高度场(实线,单位为 hPa)、温度场(虚线,单位为 K)对比

相汇,有利于锋生;而在冷季只有 700 hPa 可以分析出孟加拉湾北侧和高原有浅槽波动,850 hPa 该地区为高压脊,且冷季我国大部分地区为冷平流控制,不利于天气系统发展。

3.2 锋生作用对比

江淮气旋是锋面气旋^[16]。在中国境内南北各有一条锋生区,分别是华南到长江流域以及河西走廊到东北两个区域,南北两个锋生带分别与

南北两支高空锋区相对应,锋生带随着高空锋区的季节变化相应地发生一定位移。在江淮流域一带,700 hPa 图上常会出现变形场,有利于锋生。

对比暖季和冷季在 700 hPa 的锋生函数^[17-18]可以发现,暖季(图 7a)江淮流域一带均处在锋生正值区内,尤其是在江淮地区的中上游区域,云南、

贵州和四川交界处是锋生正值区,可以分析出 $8 \times 10^{-11} \text{ K}/(\text{m} \cdot \text{s})$ 以上的中心;但是在冷季(图 7b),江淮流域正值区不连续,锋生正值大值区在河套东南部,位置偏北,而在江淮地区的中上游区域四川省内则是锋生负值中心,利于锋消,不利于锋面系统的发展。

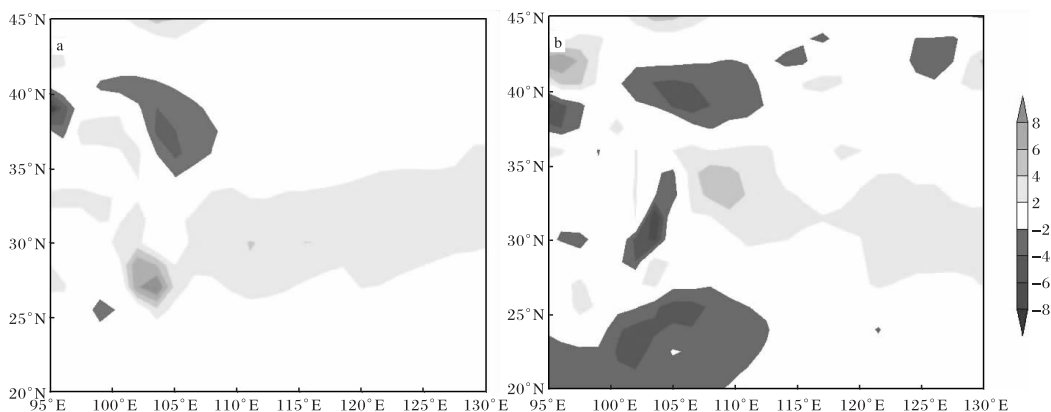


图 7 700 hPa 锋生函数(单位为 $10^{-11} \text{ K}/(\text{m} \cdot \text{s})$;a 暖季,b 冷季)

3.3 水汽条件对比

凝结潜热的释放对气旋的发生发展起重要作用^[19-20],而充足的水汽是发生凝结的基本条件^[21-22]。850 hPa 上,暖季(图 8a)从孟加拉湾至江淮流域有通畅的西南—东北向水汽输送通道,在江淮气旋发生的中上游地区,云南、贵州和四川有较强的水汽通量辐合,高温高湿的气流在中上游汇聚,向东传播,有利于江淮气旋的发生;而冷季(图 8b)江淮地区为弱的自北向南输送的水汽通量,水汽通量的辐合和辐散也较弱。925 hPa 上,暖季(图 8c)同样可以分析出通畅的西南—东北向水汽输送通道,在江淮中上游仍有水汽通量散度辐合中心,水汽辐合的范围和高层相比进一步扩大,说明在江淮气旋发生的中上游地区上空,暖湿气流的输送和辐合强且深厚。但在冷季(图 8d)江淮地区水汽通量是东北—西南向,且没有明显的水汽通量辐合,中上游地区水汽通量辐合也远弱于暖季。

3.4 急流对比

低空急流对低层水汽的输送也有不可忽视的作用^[23]。对比暖季和冷季的平均风速可以看出,

虽然经过平均后风速有所减小,不能达到 12 m/s 的低空急流标准,但还是可以清晰地看出风速大值带的走向。暖季(图 9a)850 hPa 风场中可以分析出从孟加拉湾指向江淮地区的一条西南—东北走向的大风速带,将孟加拉湾水汽源源不断地向江淮地区输送,且在江淮地区产生风速辐合,有利于江淮流域气旋的发生;但是在冷季(图 9b),大陆上风场是反气旋环流,且江淮流域没有平均风速超过 4 m/s 的风速大值区,风速大值区整体更偏南,位于海上。

根据定义,200 hPa 上风速超过 30 m/s 的风速带称为高空急流。在江淮气旋的发生发展过程中,高空急流也起着不可忽视的作用。根据暖季(图 9c)和冷季(图 9d)的全风速对比可以看出,对流层高层 200 hPa 上,暖季和冷季均存在着偏西风急流,冷季的高空偏西风急流更强,但急流轴线比暖季略偏南。暖季的高空急流轴线位于华北附近。高空急流入口区右侧有利于上升运动,上升运动有利于地面减压。暖季高空急流入口区右侧位于江淮地区,因此更有利于江淮气旋的发生。

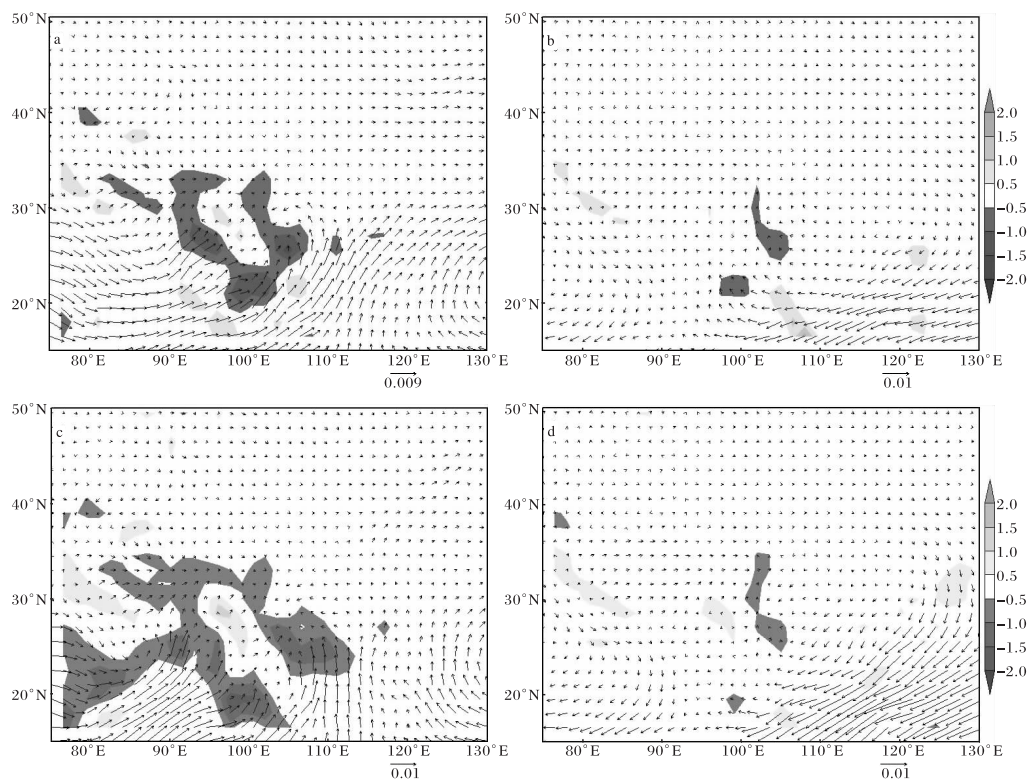


图 8 暖季(a 850 hPa,c 925 hPa)和冷季(b 850 hPa,d 925 hPa)水汽通量(箭矢,单位为 $\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$)、水汽通量散度(阴影,单位为 $10^{-8} \text{ g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{hPa} \cdot \text{s})$)对比

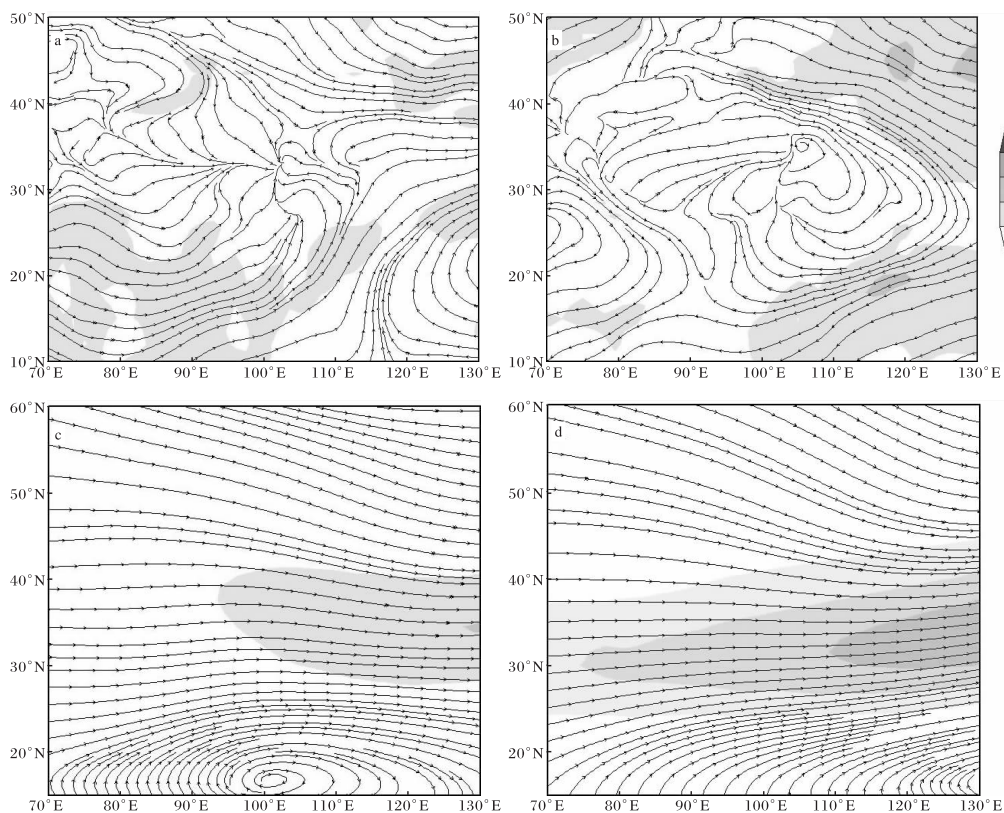


图 9 暖季(a 850 hPa,c 200 hPa)和冷季(b 850 hPa,d 200 hPa)风场(流线,单位为 m/s)、全风速(阴影,单位为 m/s)对比

4 结论

(1)江淮气旋的发生次数年际差异大,有3 a、5 a、9~10 a和17~19 a等多种周期共存,2000年后存在准4 a周期;月差异也较大,4—6月最多,10—12月最少。

(2)江淮气旋在鄱阳湖盆地、洞庭湖盆地最多,淮河上游和大别山东北侧次之,并且空间分布大值区随着大气环流的季节变化会出现一定偏移。

(3)暖季孟加拉湾存在深厚南支槽,低空西南急流输送暖湿气流,使水汽通量在江淮流域及上游辐合;江淮流域处于暖季锋生正值中心,且位于高空急流入口区右侧,均有利于暖季江淮气旋生成,是水汽通量辐合区和锋生的正值中心。

(4)冷季仅在700 hPa的孟加拉湾北侧有浅槽,850 hPa为高压脊,江淮地区为冷平流控制,低空急流不明显,且无明显水汽输送和水汽通量辐合;江淮流域锋生正值区不连续且上游为锋消区,高空急流轴偏南,气象条件不利于江淮气旋生成。

参考文献:

- [1] 刘畅,杨成芳,宋嘉佳. 一次江淮气旋复杂降水相态特征及成因分析[J]. 气象科学,2016,36(3): 411-417.
- [2] 牛宝山,丁治英,王劲松. 一次爆发性气旋的发展与湿位涡关系的研究[J]. 南京气象学院学报,2003,26(1):8-16.
- [3] 马雷鸣,秦曾灏,端义宏,等. 大气斜压性与入海江淮气旋发展的个例研究[J]. 海洋学报,2003,24(S1):95-104.
- [4] 邢谦,万维忠. 一次江淮暴雨过程中中尺度气旋的数值模拟及分析[J]. 气象科学,1999,3(19):242-250.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.

- [8] 万慧,高雪娇,蒋伊蓉,等. 1971—2017年榆林秋季区域连阴雨特征分析[J]. 陕西气象,2018(6):30-35.
- [9] 李兴涛,韩莹,田亮,等. 咸阳市区近50年气候变化特征分析[J]. 陕西气象,2016(6):13-17.
- [10] 江苏省气象局江淮气旋课题组. 江淮气旋的分析和预报[J]. 气象,1986,12(4):6-10.
- [11] 朱男男,刘彬贤,孙密娜,等. 引发渤海风暴潮一次江淮气旋北上过程诊断分析[J]. 气象与环境学报,2016,32(5):10-17.
- [12] 沐俊贤,刘冬梅. 一次江淮气旋引发的暴雨过程分析[J]. 农业与技术,2016,36(18):232-234.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 盛华,陶诗言. 非绝热加热对江淮气旋影响的数值模拟[J]. 大气科学,1991,15(3):55-65.
- [16] 朱乾根,林锦瑞,寿绍文,等. 天气学原理和方法[M]. 北京:气象出版社,2000:636-637.
- [17] 胡燕平,单铁良,武威. 河南省两次不同季节暴雪过程的对比分析[J]. 陕西气象,2019(3):18-24.
- [18] 彭力. 2018年1月2—4日陕西回流暴雪环流特征及成因分析[J]. 陕西气象,2019(5):1-6.
- [19] STOELINGA M T. A Potential Vorticity-Based Study of The Role of Diabatic Heating and Friction in a Numerically Simulated Baroclinic Cyclone[J]. Mon Wea Rev, 1996, 124:849-874.
- [20] DAVIS C A. A Potential-Vorticity Diagnosis of The Importance of Initial Structure and Condensation Heating in Observed Extratropical Cyclogenesis[J]. Mon Wea Rev, 1992, 120:2409-2427.
- [21] 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.
- [22] 姚才,罗小莉,张成扬,等. 7-9月登陆华南台风气候变化特征及大尺度环流系统分析[J]. 气象研究与应用,2019,(1):1-6+10.
- [23] 蒋伊蓉,刘慧敏,李晓利,等. 榆林市2017年两次暴雨过程对比分析[J]. 陕西气象,2018(6):7-16.