

# Analysis on Circulation Characteristic and Cause of Continuous Autumn Rain in Yancheng Area

Longlong Gao<sup>1</sup>, Jianlin Wang<sup>2</sup>, Hongmei Zhou<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Sheyang Meteorological Bureau, Yancheng Jiangsu

<sup>2</sup>Rugao Meteorological Bureau, Nantong Jiangsu

Email: 1059702701@qq.com

Received: May 4<sup>th</sup>, 2019; accepted: May 17<sup>th</sup>, 2019; published: May 24<sup>th</sup>, 2019

---

## Abstract

Based on the daily precipitation and sunshine data of Yancheng area during 1953 and 2016, we formulate definition of continuous autumn rain in Yancheng area. Then we count all the processes of continuous autumn rain and continuous autumn rain of different levels (7 - 9 d, 10 - 12 d, and 13 d and above). The circulation characteristics of continuous autumn rain and continuous autumn rain of different levels are analyzed. The results show that: 1) During the continuous autumn rain in Yancheng area, in the 500 hPa geopotential height field, the position of the subtropical high is north and the East Asian trough and the long wave ridges in the Ural Mountains in the mid-high latitudes are deepened. They are all conducive to guiding the southerly winds on the northwest side of the subtropical high and the northerly airflow behind the East Asian trough to meet in the Yancheng area. On 850 hPa, the cold air from the north converges with the warm and humid air from the south, and this area is controlled by abnormal low-pressure shear. The southerly airflow is extremely strong, which is conducive to the transport of water vapor. The blocking high pressure between Lake Balkhash and Lake Baikal is enhanced, which is conducive to the continuous cold air in the north. Along the 120°E meridional vertical circulation, it is found that the upper part of the Yancheng area is controlled by updraft, and its ascending motion is obvious. In short, such a configuration is conducive to the continuous rainy weather in Yancheng area. In addition, there are also differences in circulation between continuous autumn rain of different levels. Mainly, when the subtropical high is more northerly, the blocking pressure between the two great lakes is weaker, and the vertical motion above the Yancheng area is more vigorous, which are more conducive to the formation of severe continuous autumn rain in Yancheng area.

## Keywords

Yancheng Area, Continuous Autumn Rain, Different Levels, Atmospheric Circulation Differences

---

# 盐城地区秋季连阴雨天气的环流特征及其成因分析

高龙龙<sup>1</sup>, 王剑林<sup>2</sup>, 周红梅<sup>1</sup>

<sup>1</sup>射阳县气象局, 江苏 盐城

<sup>2</sup>如皋市气象局, 江苏 南通

Email: 1059702701@qq.com

收稿日期: 2019年5月4日; 录用日期: 2019年5月17日; 发布日期: 2019年5月24日

## 摘要

本文利用1953~2016年盐城地区逐日降水和日照资料, 给出了盐城地区秋季连阴雨的定義, 统计了盐城秋季连阴雨和不同级别(7~9 d、10~12 d和13 d及以上)秋季连阴雨的所有过程, 并分析盐城地区秋季连阴雨期间和不同级别秋季连阴雨期间的大气环流特征。结果表明: 在500 hPa, 副热带高压位置是偏北的, 中高纬的东亚大槽和乌拉尔山长波脊是加深的, 有利于引导副高西北侧的偏南风与东亚大槽后的偏北气流在盐城地区交汇; 850 hPa上来自北方的冷空气与南方的暖湿气流在此辐合, 并受到异常低压切变控制, 偏南气流异常强盛, 有利于水汽的输送; 贝加尔湖与巴尔喀什湖之间的阻塞高压是增强的, 有利于北方冷空气持续南下; 沿120°E的经向垂直环流发现, 盐城地区处在上升气流控制, 低层上升运动明显。总之, 这样的配置有利于盐城地区产生连阴雨天气。另外不同级别连阴雨期间也存在差异, 主要表现在500 hPa上副热带高压越偏北, 两大湖之间的阻塞高压偏弱, 盐城地区垂直运动越旺盛, 越有利于形成严重的连阴雨天气。

## 关键词

盐城地区, 秋季连阴雨, 不同级别, 大气环流差异

Copyright © 2019 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

连阴雨是盐城地区秋季常见的一种严重气象灾害, 对农业生产、交通运输、仓储等行业十分不利。连阴雨天气一般阴雨连绵、阳光寡照, 不仅使农作物因水分过剩形成湿害, 同时阳光寡照, 植株体光合作用削弱, 加之土壤和空气长期潮湿, 造成作物生理机能失调、感染病害, 导致生长发育不良。由于它持续时间长、影响面积大, 特别是发生在秋收秋种的关键时节, 其形成的灾害尤为严重。近年来盐城地区秋季连阴雨发生频率和强度有明显增大的趋势, 因此研究秋季连阴雨发生、发展规律, 对防灾减灾具有重要意义。

近年来, 我国气象工作者对连阴雨天气做了大量的研究[1] [2] [3], 发现秋季连阴雨是在大气环流形势稳定的情况下产生的, 中高纬度西风带系统和低纬度副热带系统共同作用而形成的。孙照渤和黄艳艳等[4] [5]将我国秋季连阴雨划为华北、西南、江淮和华南四个区域进行研究, 分析连阴雨期间的大气环流

特征。陈丽芳等[6]通过数值模式对比发现,长江中下游出现秋季强连阴雨过程的典型环流形势是欧亚地区 500 hPa “两槽一脊”型。项瑛等[7]定义了江苏省连阴雨天气标准,并对时空分布特征进行的研究。杨柳等[8]通过天气形势及物理量场和要素场特征等对江苏省一次连阴雨天气过程进行分析,寻找延伸期预报指标。

上述研究表明,我国不同区域连阴雨的特征、形成机制及其与天气系统的关系。但是,在不同地区秋季连阴雨的标准并不一样,需要根据本地地区的实际情况,制定合理的秋季连阴雨标准。根据连阴雨的影响程度,分级讨论盐城地区秋季连阴雨的气候特征,为政府部门决策服务工作提供重要依据。

## 2. 资料与方法

资料主要包括:1) 盐城地区的逐日降水和日照数据;2) 美国国家环境预报中心和美国国家大气研究中心(NCEP/NCAR)逐日再分析资料,包括位势高度、风场、比湿、海平面气压等资料,水平分辨率均为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。本文资料长度均为 1953~2016 年,另外采用 1961~2010 年 50 年的平均值作为气候态。

通过阅读相关文献,可以发现我国不同地区秋季连阴雨的的定义标准是不一样的,需要根据本地实际情况进行综合考虑。本文在前人研究基础上,综合江苏省连阴雨地方标准,结合实际应用,制定出能够充分反映盐城地区的秋季连阴雨特征的标准。本文对盐城地区秋季连阴雨的标准规定如下:

- 1) 日降水量  $\geq 0.1$  mm 连续 7 天中有 5 天或以上。
- 2) 秋季连阴雨过程降水量  $\geq 10$  mm。
- 3) 连阴雨过程中无降水日的日照时数  $\leq 5$  h。
- 4) 降水日数与过程总日数的比率达 70%或以上。

或者连续出现 5 天以上中雨量级(日雨量为 10.0~24.9 mm)以上的阴雨天气。另外,根据秋季连阴雨对生产和生活影响程度和气象上习惯用法分为三级,即一般 7~9 d、较重 10~12 d 和严重 13 d 及以上。

## 3. 盐城地区秋季连阴雨天气过程特征

根据之前制定的盐城地区秋季连阴雨标准,筛选出 1953~2016 年中所有符合标准的连阴雨过程。如表 1 可见,64 年中共有 41 次秋季连阴雨过程,分布在 25 年中,占比约为 4 成,其中 1958、1975、1984、2016 年都发生连阴雨天气过程 3 次,单次过程最长为 20 天(2016 年 10 月 10 日到 10 月 29 日)。根据分级标准来看,一般过程(7~9 天)有 26 次、较重过程(10~12 天)有 11 次,严重过程(13 天或以上)有 4 次,分别占比 63.4%、26.8%、9.8%。按照月份分布来看,9 月最多,11 月次之,10 月最少,但是 10 月份最容易出现严重的连阴雨天气过程。从年代际来看,20 世纪 50 年代末 60 年代初、70 年代末到 80 年代中发生秋季连阴雨频率最高,总体上来看,盐城地区秋季连阴雨天气发生的频次是下降的,但发生 10 天以上连阴雨天气的趋势是上升的。

## 4. 盐城秋季连阴雨期间的大气环流特征

根据筛选出来的盐城地区连阴雨天气过程,合成分析该地区秋季连阴雨期间的环流形势,从气候方面研究连阴雨形成的典型特征。另外,本文已经对盐城地区秋季连阴雨天气过程进行分级,那么不同级别的连阴雨天气环流差异又是什么呢?因此,对不同级别连阴雨过程进行合成分析,研究它们之间的差异,为今后的精细化气象预报和服务工作找到合理的依据。

### 4.1. 500 hPa 高度场

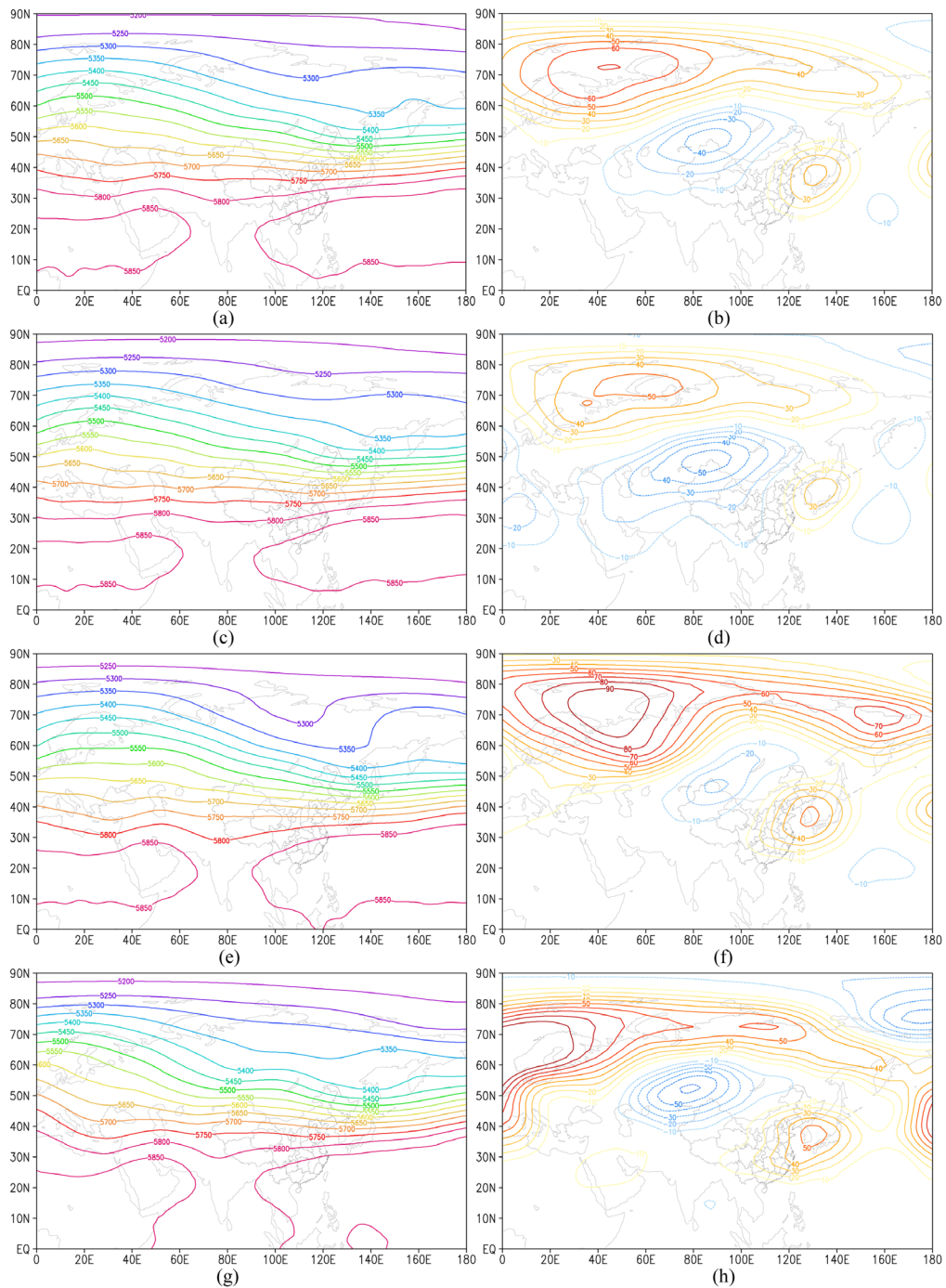
首先看看盐城地区秋季连阴雨以及不同级别秋季连阴雨期间合成的 500 hPa 高度场及其距平场(如图 1)。图 1(a)表明,在连阴雨期间,500 hPa 高度场上,中高纬度是两槽两脊,其中东亚大槽和乌拉尔山长波脊较深,低纬度的影响系统是西太平洋副热带高压(西太副高),盐城地区正好位于东亚大槽槽后和西太

**Table 1.** Start dates, end dates and durations of continuous autumn rain in Yancheng area from 1953 to 2016  
**表 1.** 1953~2016 年盐城地区秋季连阴雨的起止日期及持续时间

年份	起止时间	天数		年份	起止时间	天数	
1954	11.25~12.01	7		1954	09.30~10.09	10	
1956	09.14~09.21	8		1968	10.05~10.14	10	
1958	11.08~11.14	7	较	1970	09.07~09.17	11	
1959	10.31~11.06	7	重	1975	11.03~11.13	11	
1961	09.06~09.14	9	10	1982	09.26~10.05	10	
1961	10.19~10.25	7	到	1983	10.13~10.22	10	
1961	11.14~11.21	8	12	1984	09.24~10.03	10	
1967	11.23~11.29	7	天	1996	09.03~09.12	10	
一	1970	09.21~09.29	9	1997	11.20~11.29	10	
般	1971	09.29~10.05	7	2000	10.19~10.29	11	
7	1975	09.25~10.01	7	2005	09.25~10.05	11	
到	1975	10.23~10.29	7				
9	1979	09.12~09.18	7	严			
天	1983	09.08~09.14	7	重	1958	09.08~09.21	14
	1984	09.06~09.11	6	13	1958	10.10~10.22	13
	1984	11.08~11.15	8	天	1985	10.09~10.21	13
	1989	11.02~11.08	7	以	2016	10.10~10.29	20
	1993	11.05~11.12	8	上			
	1997	11.11~11.17	7				
	2000	09.24~10.02	9				
	2003	08.29~09.04	7				
	2006	11.21~11.27	7				
	2015	11.12~11.18	7				
	2015	11.20~11.26	7				
	2016	09.25~10.03	9				
	2016	11.17~11.23	7				

副高之间,上游有巴尔喀什湖低槽和青藏高原南支槽活动。虽然盐城地区的环流较为平直,但是通过图 1(b)所示的 500 hPa 高度距平场,可以发现东亚大槽和乌拉尔山长波脊在连阴雨期间是加深的,有利于东亚大槽槽后偏北气流引导北方冷空气南下,与西太副高西侧偏南的暖湿气流在盐城地区交汇,加之上游不断有短波槽东移影响,易于形成连阴雨天气。图 1(c)、图 1(e)、图 1(g)表明,不同级别连阴雨期间,在 500 hPa 高度场上,东亚大槽槽后偏北气流引导北方冷空气南下,副热带高压西侧偏南气流引导南方暖湿空气北上,冷、暖空气在盐城地区交汇,易于形成连阴雨天气。图 1(d)、图 1(f)、图 1(h)也表明,盐城地区都受到以朝鲜半岛为中心的高度正距平控制,巴尔喀什湖和贝加尔湖地区(两大湖地区)均为高度负距平。但是,盐城地区不同级别连阴雨期间的环流形势并不完全一样,具体表现为:东亚大槽和乌拉尔山长波脊均以 10~12 d

的为最强；13 d 及以上的次之，7~9 d 的最弱；两大湖之间的距平来看，巴尔喀什湖低槽 13 d 以上的为最明显，7~9 天次之，10~12 天最弱。从副热带高压 5850 线的位置来看，7~9 天位于 26°N 附近，10~12 天和 13 天及以上都位于 30°N 附近，从副热带高压的强度来看，13 天及以上的最强，10~12 天次之，7~9 天最弱。



**Figure 1.** Composite ((a), (c), (e), (g)) height fields and their ((b), (d), (f), (h)) anomaly fields at 500 hPa during continuous autumn rain and continuous autumn rain of different levels in Yancheng Area. ((a), (b)) 7 d and above; ((c), (d)) 7 - 9 d; ((e), (f)) 11 - 12 d; ((g), (h)) 13 d and above [units: gpm]

**图 1.** 盐城地区秋季连阴雨及不同级别秋季连阴雨期间合成的 500 hPa 高度场((a), (c), (e), (g))及其距平场((b), (d), (f), (h)) (单位: gpm) ((a), (b)): 7 d 及以上; ((c), (d)): 7~9 d; ((e), (f)): 10~12 d; ((g), (h)): 13 d 及以上



## 4.2. 850 hPa 风场

从低层风场来看, 图 2 为盐城地区秋季连阴雨及不同级别秋季连阴雨期间合成的 850 hPa 风场及其距平场。图 2(a)表明, 7 d 及以上连阴雨期间, 高纬度地区西风带气流在贝加尔湖一带转为西北气流南下, 主要影响我国华北及东北地区。而盐城地区主要是受到青藏高原北侧西风气流影响, 还有来自西太副高西侧的偏南气流影响, 两股气流在盐城地区交汇, 产生降水。但是交汇于盐城地区的辐合风速较小, 这也是为什么在连阴雨期间总降水不是太多的原因。图 2(b)则表明, 盐城地区受到异常低压切变控制, 偏南气流异常强盛, 这主要是因为秋季我国东部大陆是受到反气旋环流控制, 偏北风占据主导且风速较大。不同级别连阴雨期间, 850 hPa 风场大致相同, 但是也是存在差异的, 随着连阴雨级别的增加, 盐城地区的风速辐合是增强的, 降水量也明显增多。

## 4.3. 海平面气压场

从海平面气场来看, 盐城地区秋季连阴雨期间, 如图 3(a), 高纬度地区是庞大的亚洲冷高压, 中心位于两大湖之间, 盐城地区处于其外围。从海平面气压距平场来看(图 3(b)), 连阴雨期间欧亚大部北部是正距平, 我国及中亚地区是负距平, 说明盐城地区是受到异常低压控制。不同级别秋季连阴雨期间合成的海平面气压场及其距平场有着相似的特征。但是, 在不同级别连阴雨期间, 该亚洲高压的强度是不同的, 随着连阴雨级别的增加, 该亚洲高压的强度是减弱的。另外, 从海平面气压距平场来看, 随着盐城地区连阴雨级别的增加, 盐城地区的气压随之降低。

## 4.4. 经向垂直环流

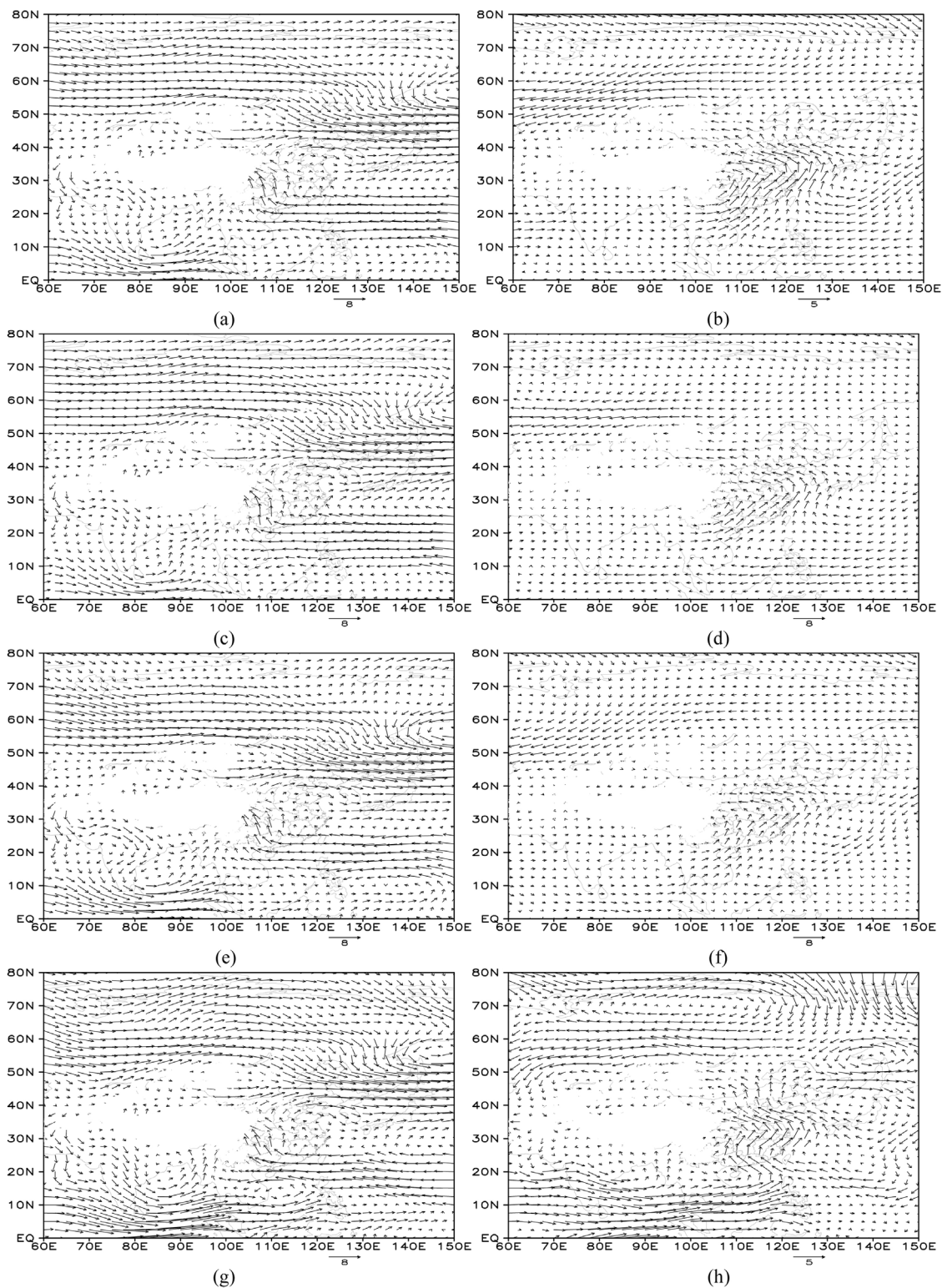
图 4 为盐城地区秋季连阴雨及不同级别秋季连阴雨期间合成的经向垂直环流及其距平场。由图 4(a)可见, 经向的三圈环流已不复存在, 30°N 以南基本为上升气流控制, 盐城地区, 低层上升运动明显, 有利于辐合产生降水。图 4(b)表明, 盐城秋季连阴雨期间是上升运动明显加强的, 对流层中低层偏南风力也是有所加强的, 有利于盐城地区的水汽辐合上升, 产生连续阴雨天气。图 4(c)、图 4(e)、图 4(g)可知, 不同级别的秋季连阴雨期间, 盐城地区对流层低层经向垂直环流有着相似的特征, 但是对流层中层的垂直运动存在明显差异, 13 天以上最强, 7~9 天次之, 10~12 天显著减弱。另外 13 天以上有一个显著的特征, 15°N 附近的上升运动异常强盛, 其产生的原因可能与热带低压有关。图 4(d)、图 4(f)、图 4(h)表示不同级别连阴雨的距平场有着相似的特征, 盐城地区上空都有异常的上升运动, 满足降水的动力条件。

## 5. 结论

本文给出了盐城地区秋季连阴雨的定義, 并对盐城地区秋季连阴雨的气候特征及环流特征进行初步研究, 得到以下结论:

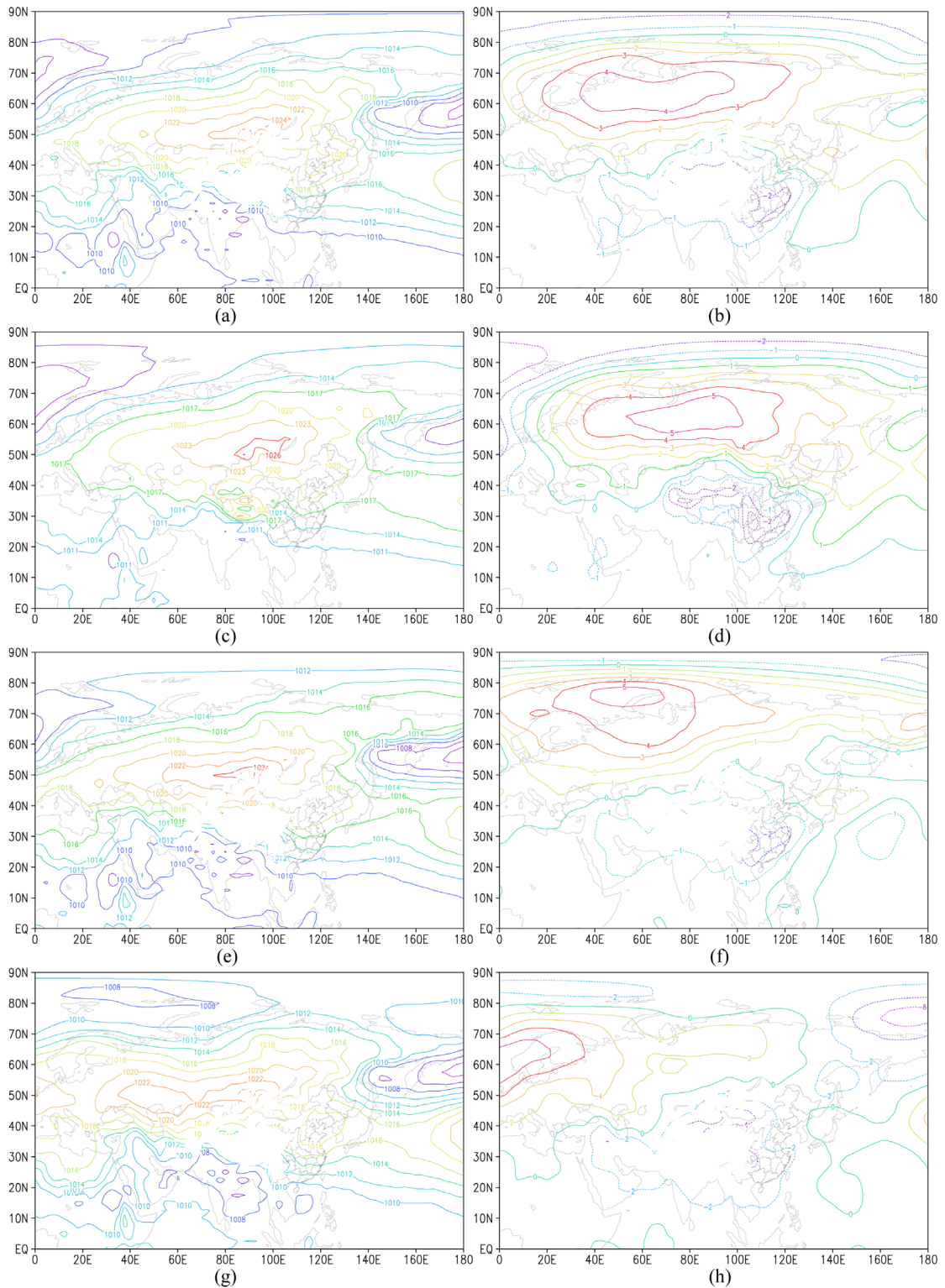
1) 筛选出盐城建站以来所有的秋季连阴雨过程, 约有 4 成的年份出现连阴雨, 多个年份出现 3 次过程, 单次过程最长为 20 天。根据连阴雨严重程度来看, 分别占比 63.4%、26.8%、9.8%, 其中 9 月最多, 11 月次之, 10 月最少, 但是 10 月份最易出现严重的连阴雨天气过程。另外, 盐城地区秋季连阴雨天气发生的频次是下降的, 而发生 10 d 以上连阴雨天气的趋势是上升的。

2) 在 500 hPa, 副热带高压强度位置偏北, 中高纬的东亚大槽和乌拉尔山长波脊是加深的, 有利于引导副高西北侧的偏南风与东亚大槽后的偏北气流在盐城地区交汇; 850 hPa 上来自北方的冷空气与南方的暖湿气流在此辐合, 并受到异常低压切变控制, 偏南气流异常强盛, 有利于水汽的输送; 亚洲冷高压是增强, 有利于北方冷空气持续南下; 沿 120°E 的经向垂直环流发现, 盐城地区处在上升气流控制, 低层上升运动明显。总之, 这样的配置有利于盐城地区产生连阴雨天气。



**Figure 2.** Composite ((a), (c), (e), (g)) wind fields and their ((b), (d), (f), (h)) anomaly fields at 850 hPa during continuous autumn rain and continuous autumn rain of different levels in Yancheng area. ((a), (b)) 7 d and above; ((c), (d)) 7 - 9 d; ((e), (f)) 10 - 12 d; ((g), (h)) 13 d and above [units: m/s]

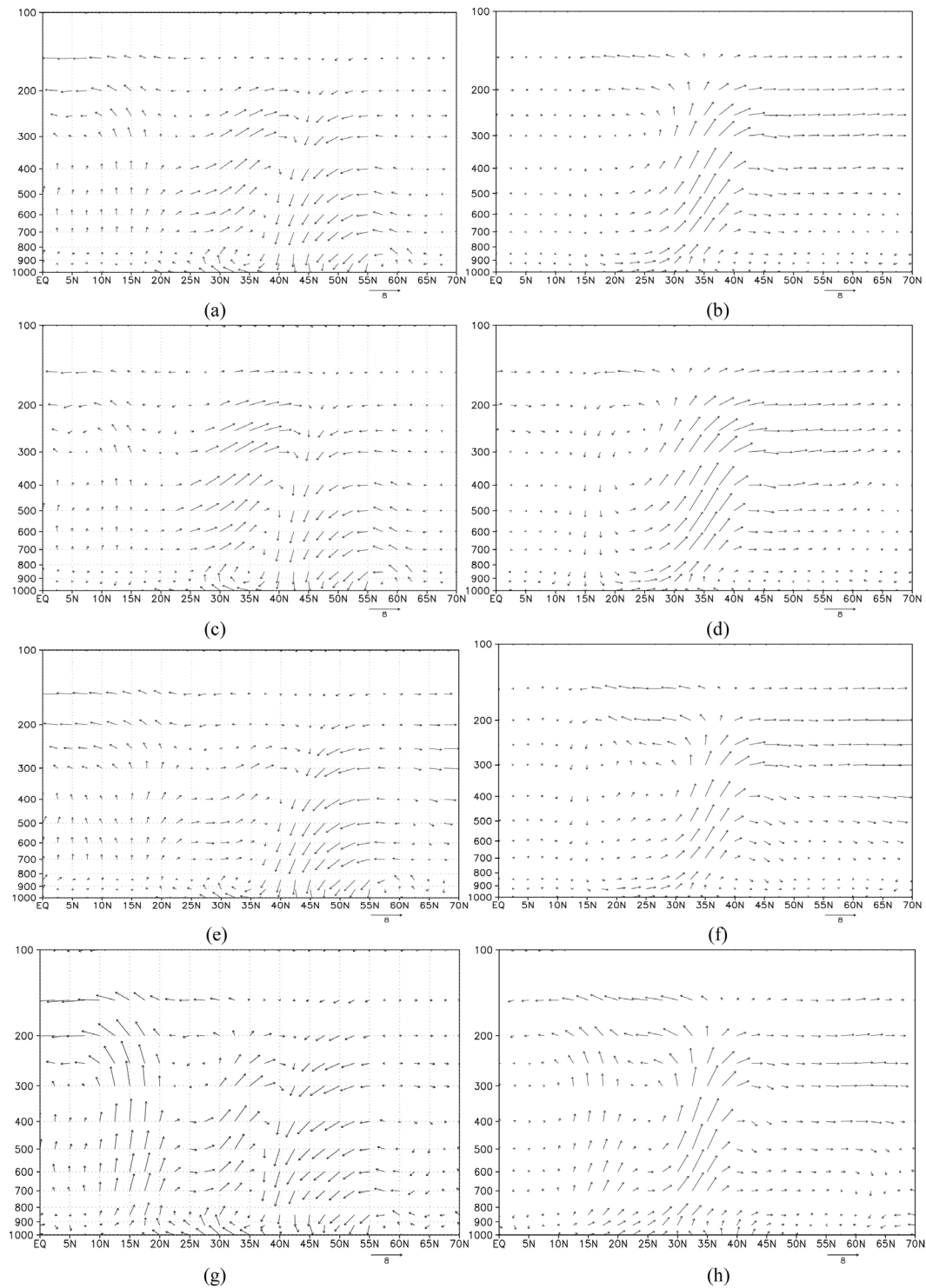
**图 2.** 盐城地区秋季连阴雨及不同级别秋季连阴雨期间合成的 850 hPa 风场((a), (c), (e), (g))及其距平场((b), (d), (f), (h)) (单位: m/s) ((a), (b)): 7 d 及以上; ((c), (d)): 7~9 d; ((e), (f)): 10~12 d; ((g), (h)): 13 d 及以上



**Figure 3.** Composite ((a), (c), (e), (g)) sea level pressure fields and their ((b), (d), (f), (h)) anomaly fields during continuous autumn rain and continuous autumn rain of different levels in Yancheng area. ((a), (b)) 7 d and above; ((c), (d)) 7 - 9 d; ((e), (f)) 10 - 12 d; ((g), (h)) 13 d and above [units: hPa]

**图 3.** 盐城地区秋季连阴雨及不同级别秋季连阴雨期间合成的海平面气压场((a), (c), (e), (g)) 及其距平场((b), (d), (f), (h)) (单位: hPa) ((a), (b)): 7 d 及以上; ((c), (d)): 7~9 d; ((e), (f)): 10~12 d; ((g), (h)): 13 d 及以上





**Figure 4.** Composite ((a), (c), (e), (g)) meridional vertical circulation and their ((b), (d), (f), (h)) anomaly fields along  $120^{\circ}\text{E}$  during continuous autumn rain and continuous autumn rain of different levels in Yancheng area. ((a), (b)) 7 d and above; ((c), (d)) 7 - 9 d; ((e), (f)) 10 - 12 d; ((g), (h)) 13 d and above [the upward movement ( $\omega$ ) is magnified by 80 times (units:  $-10^{-2} \text{ Pa}\cdot\text{s}^{-1}$ )]

**图 4.** 盐城地区秋季连阴雨及不同级别秋季连阴雨期间合成的沿  $120^{\circ}\text{E}$  经向垂直环流场((a), (c), (e), (g)) 及其距平场((b), (d), (f), (h)) (上升运动  $\omega$  放大 80 倍) ((a), (b)): 7 d 及以上; ((c), (d)): 7~9 d; ((e), (f)): 10~12 d; ((g), (h)): 13 d 及以上

3) 盐城地区不同级别连阴雨期间是存在差异的。在 500 hPa 上中高纬地区东亚大槽和乌拉尔山高脊均以 10~12 d 的为最强, 13 d 及以上的次之, 7~9 d 的最弱; 巴尔喀什湖低槽是 13 d 及以上的为最明显, 7~9 d 次之, 10~12 d 最弱; 在低纬地区的副热带高压强度越强, 位置越偏北, 发生连阴雨的级别越重。在 850 hPa 风场上, 交汇于盐城地区的风速越大, 辐合越强, 连阴雨级别越重。近地面上盐城地区海平面气压越低, 亚洲冷高压越弱, 连阴雨级别越重。从经向垂直环流来看, 盐城地区对流层中层垂直运动 13 d 及以上最强, 7~9 d 次之, 10~12 d 显著减弱。

## 参考文献

- [1] 刘文亮. 秋季连阴雨预报[J]. 山东气象, 1984, 4(3): 23-25.
- [2] 王健元, 孔瑞芝. 一次罕见的秋季连阴雨天气[J]. 气象, 1994, 20(11): 65.
- [3] 仇永炎, 熊文全, 关于辉. 用综合平均法分析长江中下游春季连阴雨、连晴时期环流的若干问题[J]. 气象科学, 1993, 13(3): 261-268.
- [4] 孙照渤, 黄艳艳, 倪东鸿. 我国秋季连阴雨的气候特征及大气环流特征[J]. 大气科学学报, 2016, 39(4): 480-489.
- [5] 黄艳艳. 我国秋季连阴雨的气候特征及其与大气环流的关系[D]: [硕士学位论文]. 南京: 南京信息工程大学, 2014: 38-45.
- [6] 陈丽芳, 陈勇明. 长江中下游两次罕见连阴雨强降水的对比分析[J]. 高原气象, 2011, 30(2): 397-405.
- [7] 项瑛, 程婷, 王可法, 等. 江苏省连阴雨过程时空分布特征分析[J]. 气象科学, 2011, 31(增刊): 36-39.
- [8] 杨柳, 邹建新, 齐丹, 等. 2009 年 2~3 月江苏省长连阴雨过程分析[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, 2009: 1560-1568.

### 知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>  
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>  
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: [ccl@hanspub.org](mailto:ccl@hanspub.org)