

高空西风急流东西向形态变化对梅雨期降水空间分布的影响^{* 1}

杜 银¹ 张耀存¹ 谢志清²

DU Yin¹ ZHANG Yaocun¹ XIE Zhiqing²

1. 南京大学大气科学系, 南京, 210093

2. 江苏省气象科学研究所, 南京, 210008

1. Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093, China

2. Institute of Meteorological Sciences of Jiangsu Province, Nanjing 210008, China

2006-09-12 收稿, 2006-12-26 改回.

Du Yin, Zhang Yaocun, Xie Zhiqing. 2008. Impacts of longitude location changes of East Asian westerly jet core on the precipitation distribution during meiyu period in middle-lower reaches of Yangtze River valley. Acta Meteorologica Sinica, 66(4):566-576

Abstract The longitude location change characteristic of the East Asia Westerly Jet (EAWJ) core at the upper troposphere during meiyu period and its impacts on the spatial distribution of precipitation in the middle-lower reaches of the Yangtze River valley are investigated by using the 40 year's NCEP/NCAR reanalysis mean pentad data and observed daily precipitation data from 1958 to 1997. The results show that there are two areas, where the 200 hPa East Asia westerly jet center appears frequently during meiyu periods: one is located over the western Pacific and the other over the Asian continent. During the meiyu period, the intensity of the westerly jet over Asian continent weakens and the core of the westerly jet over western Pacific splits up and its intensity reduces, and disappears after the end of meiyu, which is the main characteristic of the longitude location change of the 200 hPa westerly jet over East Asian. The change in the location and intensity of the westerly jet is not only associated with the start and end of meiyu period, but also with the spatial distribution and intensity of precipitation in the middle-lower reaches of the Yangtze River valley. The further analysis suggests that when the westerly jet core at upper troposphere is located over the western Pacific, and coupled with an 850 hPa southwesterly jet, the heavy precipitation occurs in the lower reaches of the Yangtze River valley, where the convergence is strong and the water vapor supply sufficient. While the 200 hPa westerly jet core is located over the East Asian continent, and not coupled with an 850 hPa southwesterly jet, only the weaker precipitation occurs in the middle and lower reaches. Therefore, the longitude location changes of the East Asian westerly jet core play important roles in determining the upper-low level circulation structure and the spatial distribution of heavy precipitation in the middle and lower reaches of the Yangtze River valley during the meiyu period.

Key words East Asia subtropical westerly jet, Longitude location change of the westerly jet core, Precipitation distribution, meiyu

摘 要 利用 40 年的 NCEP/NCAR 再分析候平均资料和同期长江中下游地区逐日降水资料, 使用合成方法分析了梅雨期东亚副热带高空西风急流的東西位置和形态变化特征, 探讨了高空西风急流对梅雨期降水空间分布的影响。分析结果表明, 梅雨期东亚大陆上空西风急流强度减弱且持续维持、西太平洋上空西风急流核分裂减弱直至出梅后消失, 这是梅雨期 200 hPa 东亚高空西风急流东西向位置变化的主要特征。梅雨期, 200 hPa 副热带西风急流中心呈现东西向位置变化和海陆分布形态差异, 西风急流中心东西向位置变化对梅雨起讫有着较好的指示意义。梅雨期东亚副热带高空西风急流东西形态分布差异不仅影响到长江中下游地区降水空间集中区的位置而且还影响到降水中心强度。进一步分析表明, 当东亚西风急流主体位于西太平洋上空时, 在长江下游地区形成高低空急流耦合的环流形势, 强烈的辐合上升运动加上充足的水汽条件供应, 有利

* 资助课题: 国家自然科学基金项目(40675041)和江苏省自然科学基金项目(BK2005163)。

作者简介: 杜银, 主要从事区域气候变化分析和模拟研究。E-mail: yczhang@nju.edu.cn

于在长江下游形成集中的强降水区域。当高空西风急流位于东亚大陆上空时,在长江中下游地区高低空急流无耦合形势存在,长江中下游地区也没有强的集中降水区域。因此,东亚副热带高空西风急流东西向形态变化对长江中下游地区的高低空环流结构、地面集中降水区域的空间分布具有重要的影响。

关键词 高空西风急流, 东西位置和形态变化, 降水空间分布, 梅雨

中图法分类号 P426.62 P442

1 引言

东亚副热带高空西风急流是影响东亚的重要系统之一,其位置移动和强度变化与东亚大气环流季节调整以及中国大部分地区雨季起讫密切相关。叶笃正等(1958)指出东亚地区大气环流季节突变与200 hPa 高空急流位置的南北跳跃密切相关。李崇银等(2004)及廖清海等(2004)的研究成果进一步指出高空西风急流北跳和南撤对中高纬度地区的天气气候及中国东部夏季旱涝灾害具有重要影响。Liang 等(1994)运用统计方法研究了亚洲南支西风急流与中国南部春季、北部夏季降水的关系,认为当冬季南支西风急流偏强(偏弱)时,春季中国南部、夏季中国北部降水均偏多(偏少)。CCM3 模式模拟结果和观测资料分析也证实了对流层高层西风急流与东亚季风降水具有密切联系(Liang, et al, 1998)。梅雨作为长江中下游地区春末夏初重要的天气现象,其变化规律同样和东亚大气环流季节调整有着重要联系。陶诗言等(1958)指出长江中下游地区入梅早晚反映了东亚大气环流从冬季型向夏季型转变在时间进程上的差异,6月及7月亚洲上空南支西风急流第2次明显北跳,直接影响东亚梅雨的开始和结束。廖清海等(2006)指出如果某年7月在东亚—北太平洋西部的环流型与6月气候平均类似时,该年夏季季节循环进程延迟,江淮流域梅雨期偏长;如果某年7月的环流型与8月气候平均类似,该年夏季季节循环进程提前,也就意味着江淮流域梅雨提前结束。董敏等(1987)及徐海明等(2001)证实北半球500 hPa 纬向西风的年际变化与中国初夏梅雨的年际变化有密切关系,当东亚高空急流在6月很快北跳时,江淮流域一般无洪涝发生;当急流缓慢北进时,江淮地区梅雨期易出现洪涝。

由此可见,东亚副热带西风急流的位置和强度变化对长江流域梅雨起讫、梅雨期降水量有着重要影响。然而,以上的研究工作多偏重于从东亚副热带高空西风急流南北位置变化的角度探讨急流位置

异常对梅雨爆发和梅雨期降水量多寡的影响,强调梅雨爆发的年际差异和梅雨量年际变化与东亚副热带高空急流的关系。实际上在每年6—7月,东亚副热带西风急流位置不仅有明显的南北向移动,还存在显著的东向西方向位置和强度变化,其东向西位置和强度变化发生的时段大体对应着长江中下游地区的梅雨季节(Zhang, et al, 2006; 况雪源等, 2006)。那么,东亚高空西风急流的东向西位置及其形态变化特征对长江中下游地区的梅雨期降水量和空间分布是否也有着重要的影响? 本文拟从天气和气候学角度探讨梅雨前后、梅雨期间东亚高空西风急流的东向西位置、形态变化特征,以及急流的这种变化对长江中下游地区梅雨期降水时空分布特征的影响,进而分析梅雨期急流的东向西位置、形态变化影响长江中下游梅雨期降水时空分布的可能原因,以期对梅雨期高空急流影响长江中下游地区降水空间分布特征及形成机理有更清楚的认识。

2 资料

(1) 美国国家大气研究中心和美国环境预报中心(NCAR/NCEP)的再分析候平均资料,所选要素包括风速、气温、垂直速度、比湿,时间为1958—1997年共40 a,资料的水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,其中风速、气温垂直分辨率为12层,垂直速度和比湿分别为17和8层。

(2) 中国气象局气象信息中心气象资料室提供的1951—2002年全国714个台站逐日降水资料。

(3) 徐群等(2001)以长江中下游5站(上海、南京、芜湖、九江和汉口)逐日降水总量和西太平洋副热带高压西部平均脊线位置为指标确定的1885—2000年(116 a)入(出)梅日期。

3 梅雨期东亚副热带高空西风急流东西向位置和形态变化的气候特征

以徐群整理的入(出)梅日期所在的候为界,对1958—1997年入(出)梅前1候、入(出)梅后1候以

及入(出)梅候的纬向风场分别进行合成分析(通过0.01信度检验)。图1给出了1958—1997年长江中下游地区梅雨前后、梅雨期200 hPa纬向风合成风场的空间分布特征。从图中可以看出,东亚大陆上空急流持续维持,西太平洋上空急流强度减弱、急流核(定义纬向风风速 ≥ 35 m/s的区域为急流核)分裂直至消失是梅雨期前后200 hPa副热带西风急流东西向变化的主要特征;急流中心强度、位置和形态变化特征的东西分界线与东亚地区海陆分界线大致相同,表现出显著的海陆分布形态差异。从图1a

可以看出,入梅前1候急流几乎覆盖了 30°E — 180° 的整个区域,仅有一个位于 120°E 以东洋面上的急流核,西太平洋上空急流占据主导地位(急流的西太平洋分布型);入梅时东亚大陆上空出现了另一个急流核,位于西太平洋上空的急流核显著减弱(图1b)。入梅后1候到出梅时位于西太平洋上空的急流逐渐减弱直至消失,而位于东亚大陆上空的急流则一直维持,位置北抬至黄河流域上空,覆盖范围减小,并在出梅时开始占据主导地位(急流的东亚大陆分布型),此时长江中下游地区远离急流中心,进入

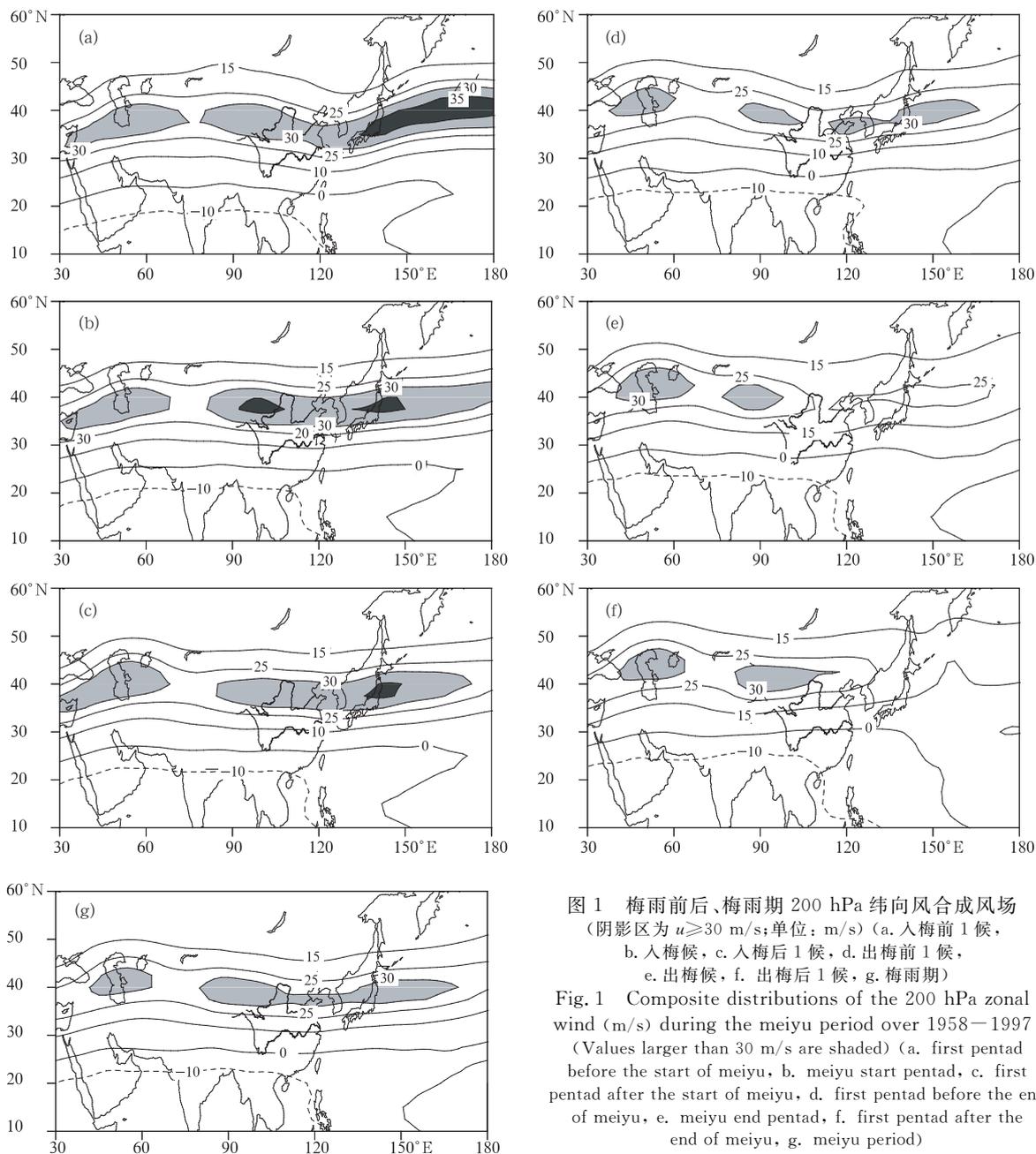


图1 梅雨前后、梅雨期200 hPa纬向风合成风场(阴影区为 $u \geq 30$ m/s;单位:m/s)(a.入梅前1候, b.入梅候, c.入梅后1候, d.出梅前1候, e.出梅候, f.出梅后1候, g.梅雨期)

Fig. 1 Composite distributions of the 200 hPa zonal wind (m/s) during the meiyu period over 1958–1997 (Values larger than 30 m/s are shaded) (a. first pentad before the start of meiyu, b. meiyu start pentad, c. first pentad after the start of meiyu, d. first pentad before the end of meiyu, e. meiyu end pentad, f. first pentad after the end of meiyu, g. meiyu period)

盛夏季节(图 1f)。梅雨期,东亚西风急流中心主要位于两个位置,即西太平洋和东亚大陆上空(图 1g)。急流东西位置和形态的变化使得长江中下游地区在梅雨期前后、梅雨期经历了西太平洋急流核入口→两段急流核南侧→远离东亚大陆急流中心的位置变化过程。高由禧(1952)的研究指出,西风急流是降水的控制因子,最大降水中心一般位于西风急流中心的入口南侧,低空西风急流的北侧,而梅雨期间的降水正是以强降水特别是持续性暴雨过程为主(周曾奎,2006)。依据这一原理,结合图 1 的分析结果可知,200 hPa 西风急流东西位置和形态变化将对长江中下游梅雨期降水时空分布和雨量多寡产生重要影响。

3.1 200 hPa 急流东西位置变化对梅雨期起讫的指示意义

张耀存等(2006)最近的研究发现东亚大陆上空副热带西风急流北跳的同时伴随着急流中心的西

移,那么急流的東西位置变化是否也与梅雨的起讫有着对应关系?考虑到梅雨前后高空西风急流位置的南北差异,选择历年 6 月东亚大陆上空 200 hPa 急流中心出现频率较多的区域(37°—40°N、100°—120°E)为入梅关键区,历年 7 月东亚大陆上空 200 hPa 急流中心出现频率较多的区域(40°—43°N、80°—100°E)为出梅关键区,分析急流东西位置移动与长江中下游入(出)梅的关系。当东亚大陆上空的急流中心经度位于入(出)梅关键区域内,且关键区域内的平均纬向风风速 ≥ 30 m/s 时,定义所对应的候为长江中下游地区的入(出)梅候。与徐群等(2001)确定的入(出)梅日期对比发现二者具有很好的一致性,均呈显著的正相关(图 2)。入梅时间序列两者相关系数为 0.76(图 2a),出梅时间序列相关系数为 0.81(图 2b),均通过 0.01 的信度检验,表明在相应的关键区内 200 hPa 急流强度变化对梅雨的起讫有很好的指示意义。

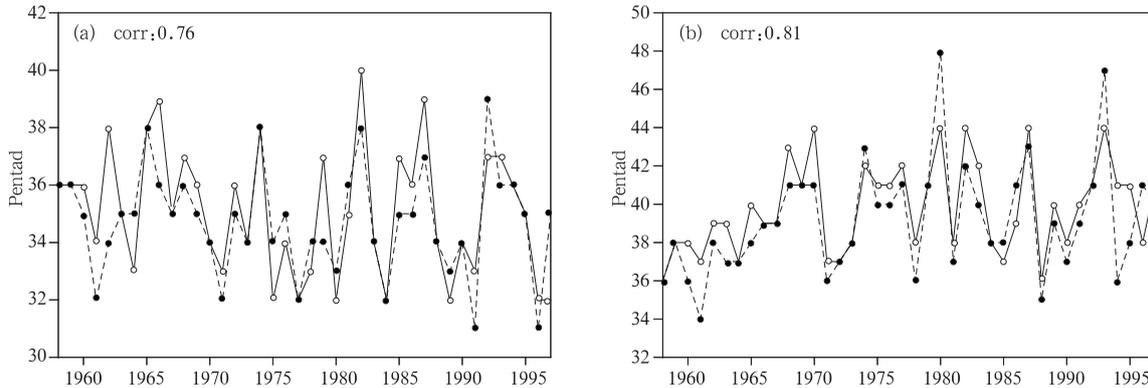


图 2 根据急流位置确定的与徐群等(2001)确定的入梅(a)和出梅(b)的 annual 变化

(○表示根据急流位置确定的入(出)梅,●表示徐群等(2001)定义的入(出)梅)

Fig. 2 Interannual variations of (a) the start and (b) the end dates of meiyu determined by jet locations (solid line with ○) and observations (dash line with ●), respectively

3.2 梅雨前后纬向风垂直结构

为了分析梅雨期纬向风场的垂直结构,图 3 给出了长江中下游地区 1958—1997 年梅雨前后合成纬向风场的经度-高度剖面图,其中入梅前后为 37°—40°N 平均纬向风,出梅前后为 40°—43°N 平均纬向风。从图中可以看到,入梅前 1 候,在 200 hPa 高度上有 3 个高空西风急流中心存在(图 3a),大陆上的两个急流中心分别位于伊朗高原和青藏高原上空,另一个急流中心位于西太平洋上空,且急流中心强度最强,中心风速在 35 m/s 以上,并向

下延伸到 300 hPa 附近。入梅时,西太平洋上空急流整体向西移了 10—15 个经度,其中心强度明显减弱,但仍然有一弱的急流核存在,并且与青藏高原附近的急流汇合,此时青藏高原上空的急流强度有所增强。出梅前 1 候,仍有 3 个急流中心存在,但其强度与入梅前 1 候相比显著减弱。出梅时西太平洋上空急流消失,两高原附近的急流强度有所增强,但位置都无明显变化。出梅后 1 候,西太平洋上的急流中心持续减弱直至消失。从梅雨前后纬向风速垂直结构分析结果可以看出,入梅时东亚副热带西风急

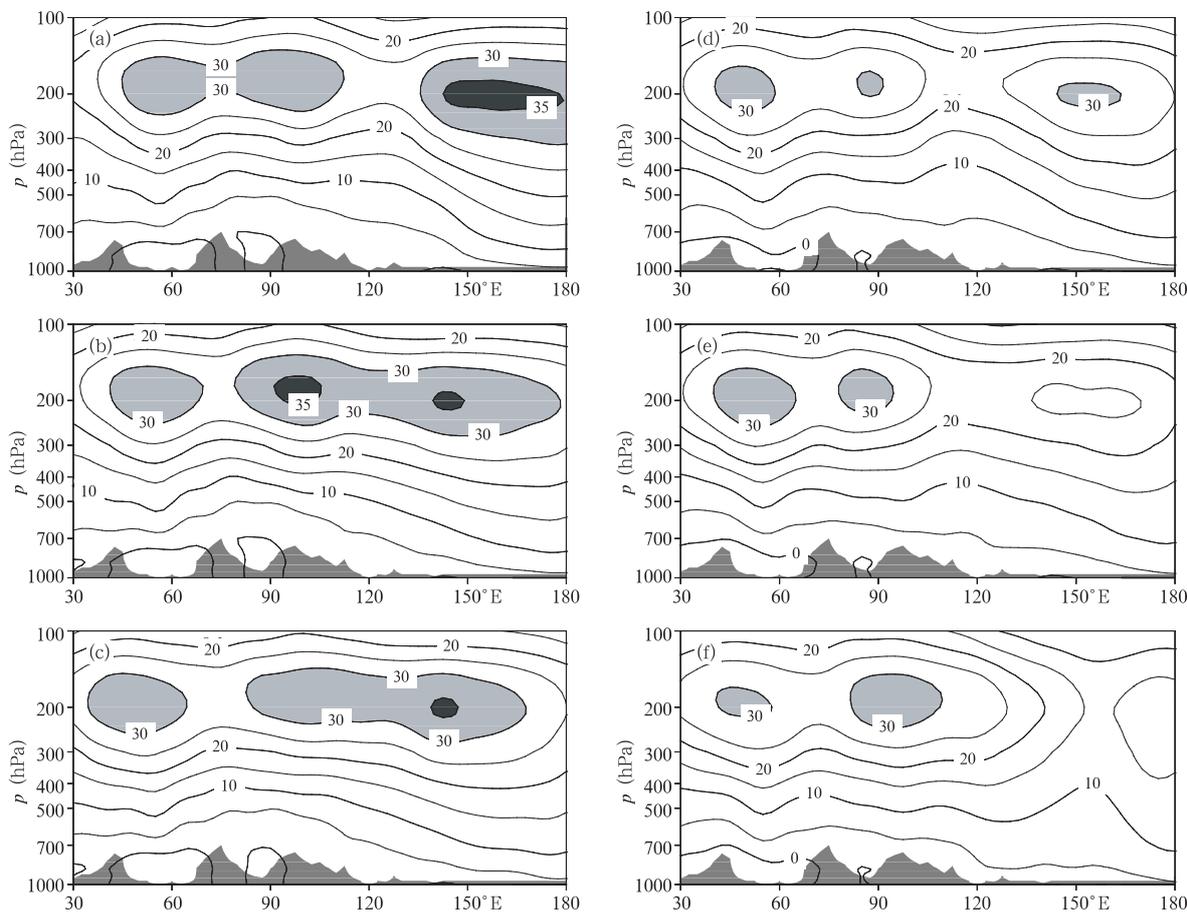


图3 梅雨前后、梅雨期纬向风合成风场的经度-高度剖面

(a,b,c中取 37° — 40° N平均,d,e,f中取 40° — 43° N平均;阴影区为 $u \geq 30$ m/s;单位: m/s;

a. 入梅前1候, b. 入梅候, c. 入梅后1候, d. 出梅前1候, e. 出梅候, f. 出梅后1候)

Fig. 3 Longitude-height cross sections of the composite zonal wind (shaded area $u \geq 30$ m/s) during mei-yu period over 1958–1997

(The zonal wind in (a, b, c) is averaged over 37° – 40° N, and that in (d, e, f) over 40° – 43° N. a. first pentad before the start of mei-yu, b. mei-yu start pentad, c. first pentad after the start of mei-yu, d. first pentad before the end of mei-yu, e. mei-yu end pentad, f. first pentad after the end of mei-yu)

流具有显著西进特征,西太平洋上空急流持续减弱直至消失使得梅雨前后东亚副热带西风急流具有显著的东西向海陆分布差异。

3.3 梅雨前后东亚高空西风急流中心位置频数分布

为了更清楚地分析急流中心在梅雨期前后东西位置变化特征,图4给出了1958—1997年梅雨前后区域(20° — 50° N, 81° — 170° E)东亚高空西风最大急流中心经度位置在不同区域出现的频数分布。由图4a可见,入梅前两候东亚高空西风急流主中心位于 140° E以东,其他区域急流中心出现的频率很小。以 120° E为界,将急流中心经度位置分为海、陆两种类型,分别统计急流中心位于海洋上空和陆地上空的次数,发现急流中心出现在海上的次数与总次数

的比值为62/80,所以梅雨前急流主中心主要集中在海上。梅雨期两个急流中心频数出现大值区分别位于 140° — 170° E和 80° — 105° E,此时海洋上空和陆地上空急流出现的次数大体相当,分别为119次和99次;出梅后两候急流中心频数分布与入梅前正好相反,急流中心频数分布主要集中在陆地上,出现在陆地上的次数与总次数的比值为59/80。根据1958—1997年的纬向风场资料,选取 20° — 50° N、 80° — 170° E区域,计算历年梅雨期间各候东亚高空西风急流中心所处的经度和纬度及其变率,发现急流中心的经度变率明显比纬度变率大很多,其值分别为 31° 和 3° ,这说明在梅雨期间东亚高空西风急流位置变化以东西向为主。

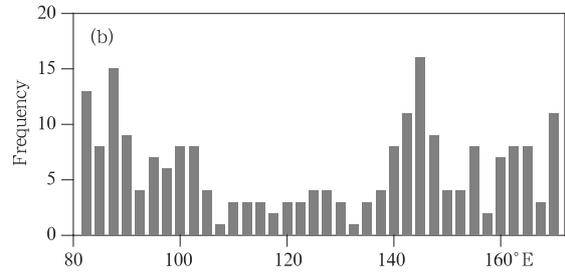
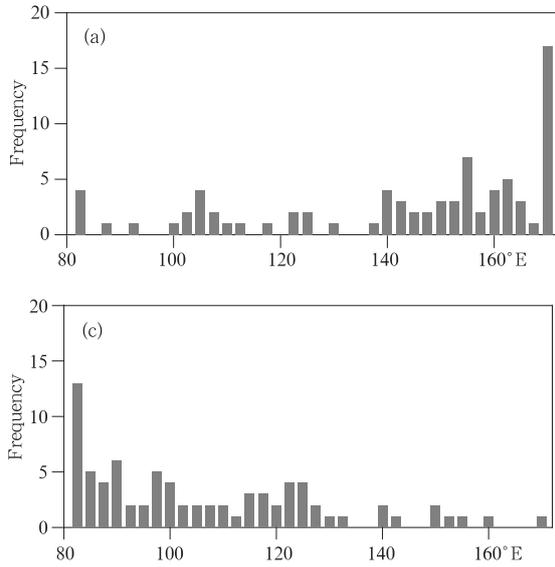


图 4 梅雨前后、梅雨期西风急流中心位置频数分布 (a. 入梅前两候, b. 梅雨期, c. 出梅后两候)

Fig. 4 The occurrence frequency of the westerly jet core in the region of 20°-50°N, 81°-170°E during meiyou periods in 1958-1997

(a. Two pentads before meiyou's start, b. meiyou period, c. two pentads after meiyou's end)

3.4 长江中下游地区梅雨期集中降水区域空间分布特征

由上节分析可知梅雨期间东亚高空西风急流存在两种显著型态:西太平洋型和东亚大陆型,以下简

称为海、陆分布型。以 120°E 为界,将 1958—1997 年梅雨期间东亚西风急流中心位于海上和陆地上的风场资料进行统计合成分析(t 检验,通过 0.01 信度)。图 5 给出了 1958—1997 年梅雨期间东亚西

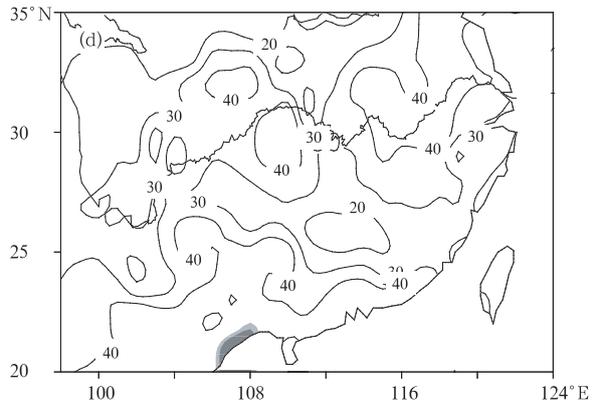
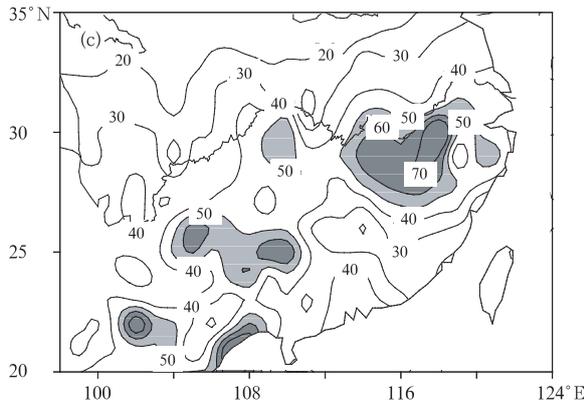
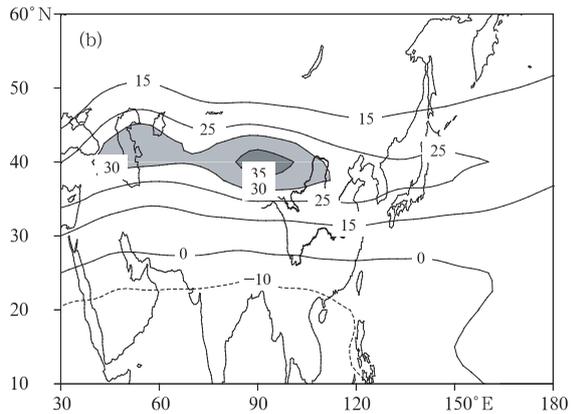
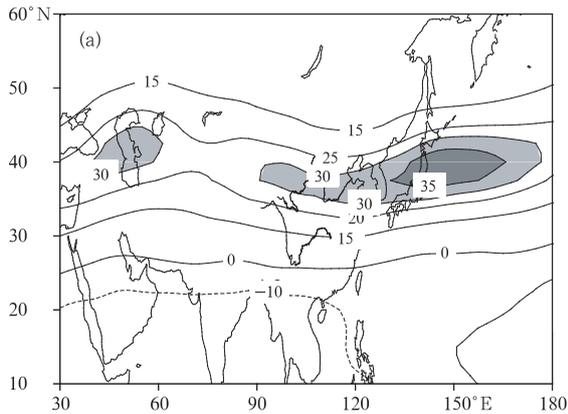


图 5 梅雨期急流中心位于西太平洋(a)和东亚大陆(b)上空时合成的 200 hPa 纬向风场和相应的候降水量(c,d) (图 a,b 阴影区为 $u \geq 30$ m/s; 图 c,d 阴影区雨量大于 50 mm/候)

Fig. 5 Composite distributions of the 200 hPa zonal wind (shadings $u \geq 30$ m/s) for (a) western Pacific jet pattern and (b) East Asian continent jet pattern and (c,d) their corresponding precipitation (shadings ≥ 50 mm/pentad) during the meiyou period in 1958-1997

风急流中心位于海上和陆地上合成风场以及相应的候平均降水量空间分布。当 200 hPa 西风急流中心位于西太平洋上空时,其强度明显比急流中心位于东亚大陆上空时强,急流核覆盖范围($u \geq 35$ m/s)大,长江中下游地区正好处在高空急流的入口南侧,在长江中下游地区有一个强降水集中区(图 5c),候平均降水在 60 mm/候以上;当急流中心位于东亚大陆上空时,长江中下游处于急流的出口区南边,多年平均候降水量偏少,无显著的强降水中心存在(图 5d)。由此可见,长江中下游地区降水空间集中区域、降水中心强度与急流东西(海陆)形态分布有着较好的对应关系。

4 1980 年个例分析

1980 年为长江中下游典型的梅汛期洪涝年,梅雨期长达 43 d,梅雨期间有 4 次集中强降水过程,集中降水区域位于江淮流域,其 200 hPa 急流海陆分布形态特征(图 6a、6b)与历年梅雨期 200 hPa 急流

海陆分布特征相似(图 5a、5b),降水集中区域的空间分布与历年梅雨期急流海陆分布形态对应的多年候平均降水量(图 5c、5d)的空间分布同样具有较好的一致性。以 1980 年梅雨为例,分析梅雨期间急流海陆分布形态和位置差异对长江中下游降水分布的影响机制具有较好的代表性。由图 6a 可以看出,当急流轴位于西太平洋上空时,其势力比较强大,中心风速在 40 m/s 以上,急流中心位于 37.5°N 、 150°E 附近洋面上空;当东亚高空急流主体位于东亚大陆上空时,其强度比较弱,中心风速在 35 m/s 左右(图 6b)。急流主体位于海上时,长江流域的降水集中在下游,最大降水量达 90 mm/候,在长江中上游地区也有一个比较大的降水中心存在(图 6c)。急流主体位于东亚大陆上空时,长江流域的降水主要集中在中上游,最大降水量也达到 70 mm/候,而长江下游和江淮流域的降水量偏少(图 6d)。

梅雨季节的典型特征就是持续阴雨天和持续暴雨过程,而充足的水汽供应和强烈的垂直上升运动

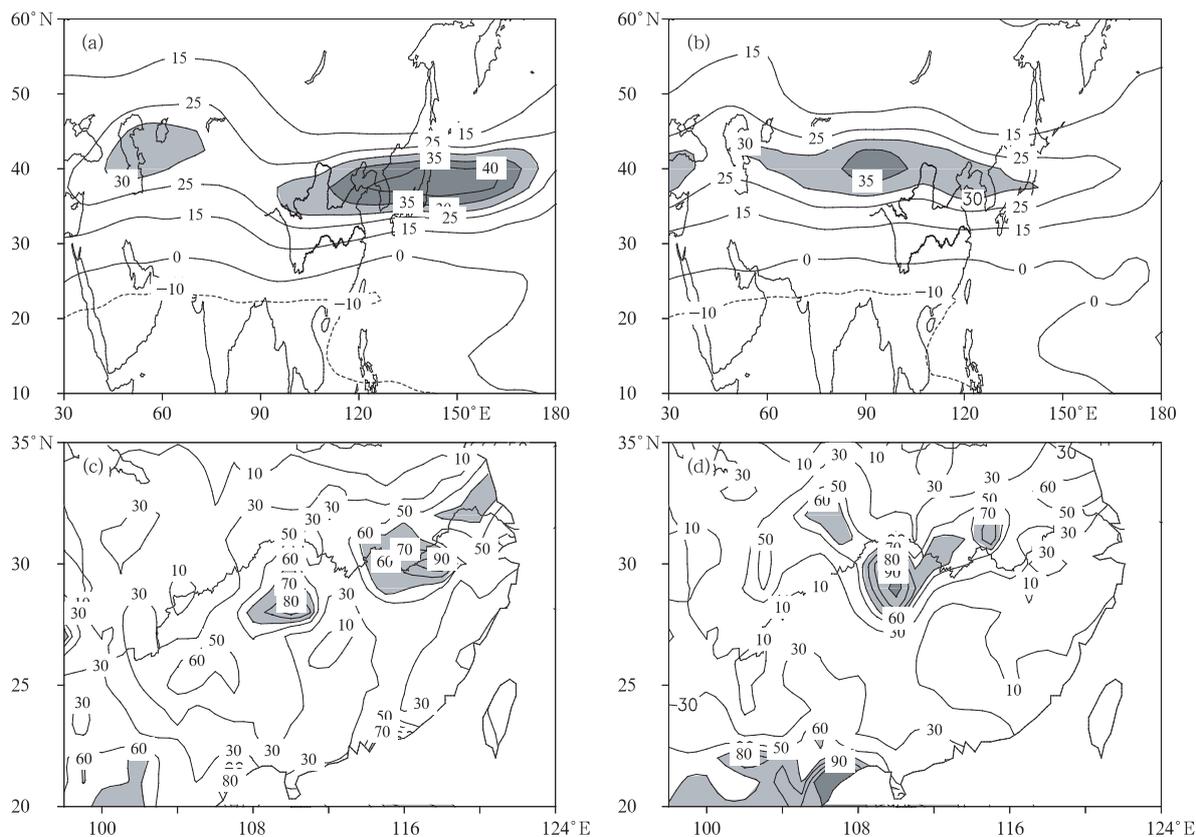


图 6 1980 年梅雨期急流中心位于西太平洋(a)和东亚大陆(b)上空时合成的 200 hPa 纬向风场和相应的候降水量(c, d)(其他同图 5)

Fig. 6 Same as Fig. 5 but for 1980

是形成强降水的两个必要条件,水汽的多少必然会对降水的多寡造成影响。急流的位置和形态差异对水汽的分布、辐合上升区位置有重要影响。因而分析急流南侧的水汽条件和垂直速度及其所处的空间位置有助于揭示急流位置、形态差异影响梅雨期降水空间分布的机制。

4.1 不同急流形态对应的水汽输送特征

图 7 分别给出了西风急流位于西太平洋上空和东亚大陆上空时 850 hPa 比湿、整层水汽通量矢和水汽通量散度空间分布。从图 7a 中可以看到,当急流位于西太平洋上空时,在 850 hPa 高度上长江中下游以南地区都为水汽高值区,区域内比湿均在 12

g/kg 以上,并一直延伸到日本南部,从 12 g/kg 比湿等值线的分布来看,水汽主要来源于南海,并且水汽主要集中在长江以南地区,这表明当急流中心位于海上时,长江中下游地区水汽含量及水汽来源都比较充沛;而急流中心位于东亚大陆上空时水汽含量大值区位置偏西,特别是长江下游地区水汽含量偏少(图 7b)。从整层水汽通量矢空间分布来看,急流位于海上时东亚大陆上的水汽通量输送比急流位于陆上更偏北一些,覆盖了长江中下游地区(图 7c),对比 850 hPa 水汽通量散度图来看,在整个长江中下游地区都是水汽辐合区(图 7e);而急流位于东亚大陆上空时,虽然水汽辐合比较强,但区域比

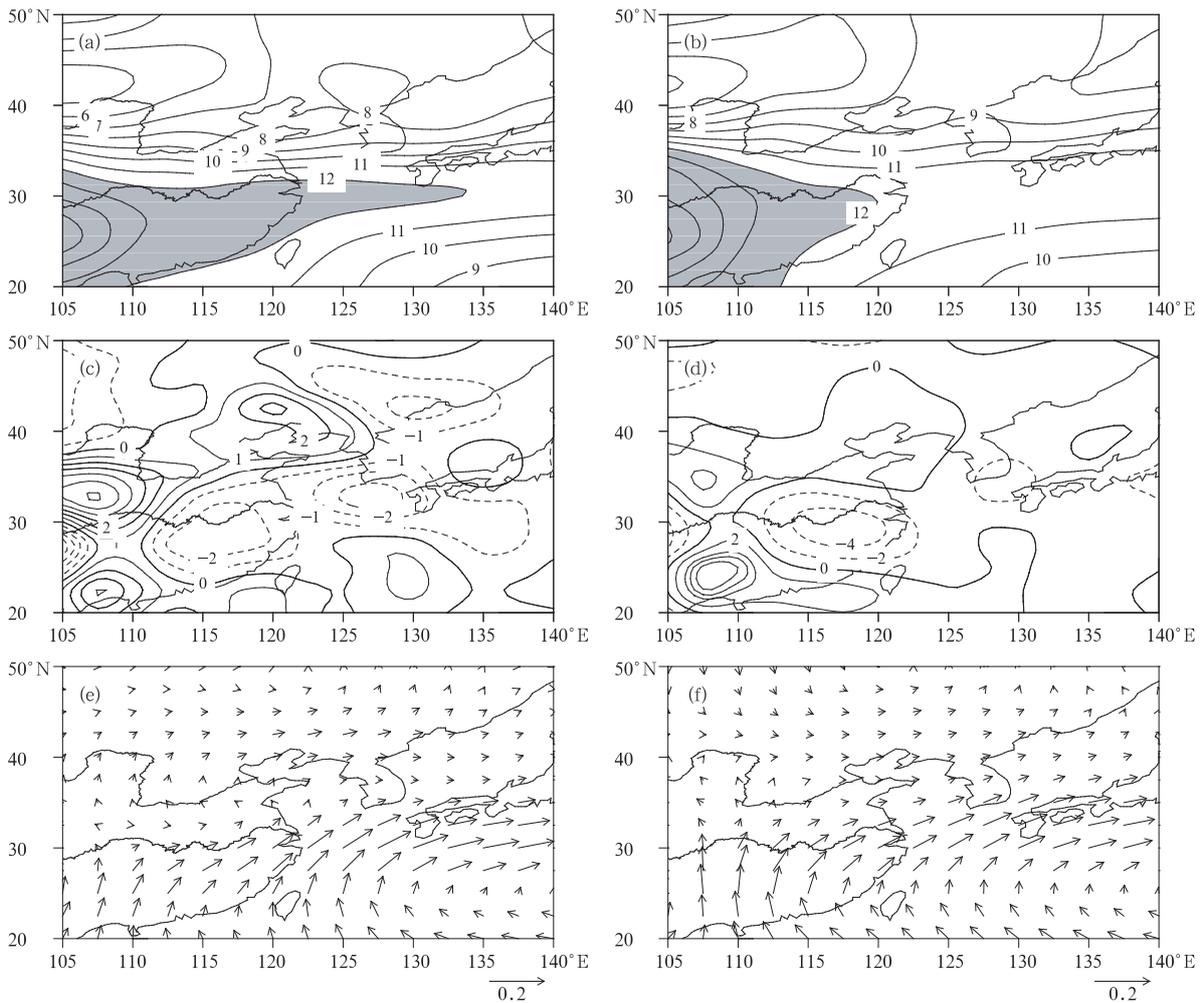


图 7 1980 年东亚西风急流中心位于西太平洋(a,c,e)和东亚大陆上空(b,d,f)对应的梅雨期 850 hPa 比湿(单位:g/kg; (阴影区比湿大于 12 g/kg))、水汽通量散度(单位: $10^{-8} \text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$)和水汽通量矢(单位: $\text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm} \cdot \text{hPa})$)

Fig. 7 The 850 hPa specific humidity (shadings $> 12 \text{g/kg}$), water vapor flux divergence ($10^{-8} \text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{hPa})$) and vector ($\text{g}/(\text{s} \cdot \text{cm} \cdot \text{hPa})$) distributions for the western Pacific jet pattern (a,c,e) and East Asian continent jet pattern (b,d,f) during the meiyu period in 1980, respectively

较小,且空间变化梯度也很大,在长江中游附近有一个覆盖区域较小的降水中心与之对应(图 6d)。综合水汽分布、水汽输送路径的分析结果,表明当急流位于西太平洋上空时,长江中下游地区有更加充足的水汽条件和持续的水汽通量,有利于长江中下游地区集中降水区域、强降水中心的形成(图 6c)。

4.2 高低空急流耦合

根据非地转风方程(寿绍文等,2003)

$$\mathbf{V}_a = \frac{1}{f} \mathbf{k} \times \left(\frac{\partial \mathbf{V}_g}{\partial t} + \mathbf{V}_g \cdot \nabla \mathbf{V}_g \right)$$

在高空急流入口区低层(850 hPa),由 $\frac{\partial \mathbf{V}_g}{\partial t}$ 产生指向高空急流反气旋(高压)一侧的横向风分量 \mathbf{V}_a ,而在高空急流入口有偏南的非地转风,在 $Y-Z$ 垂直面上形成正环流,加上地转拉伸形变强迫产生的直接环流,在高空急流入口区形成重合的辐合上升区,当有充足的水汽条件时,有利于在该地区产生强对流和暴雨降水过程。因此,非地转风作用在急流中心

的入口区南侧更有利于强降水过程的产生。

图 8 给出了 200 hPa 高空西风急流海陆分布形态下的高低空急流空间分布特征。从高低空急流位置来看,当东亚高空急流位于西太平洋上空时(西太平洋分布型),长江下游地区为高低空急流耦合区。在急流入口区,低空急流轴(850 hPa)与 200 hPa 高空急流轴大致相平行(图 8a),由于非地转风分量作用,高空急流核入口有一个右侧上升、左侧下沉的横向次级环流,在急流右侧形成水平辐散区,在垂直方向上形成辐合上升的正环流和直接热力环流,此时的长江下游地区正好位于两个次级环流的重合上升位置,当有充足的水汽条件时容易形成强降水,在该区域形成一个集中降水区域(图 6c)。而急流主体位于东亚大陆上空时(东亚大陆分布型),低空急流仍然位于西太平洋上空,由于高空急流位置偏北,没有高低空急流的耦合,长江下游地区无显著的降水集中区域。因此,高低空急流耦合可能是导致梅雨期间长江中下游集中降水区形成的重要原因之一。

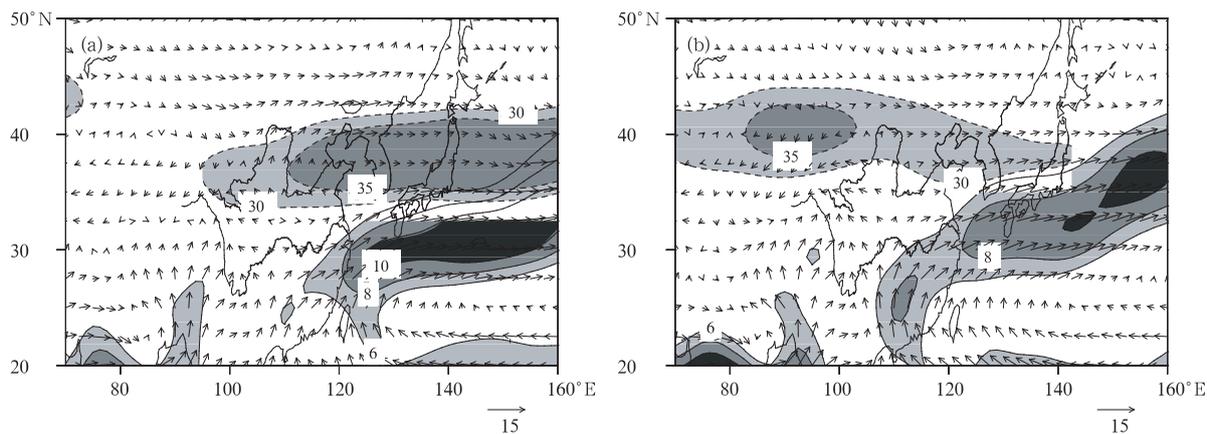


图 8 1980 年 200 hPa 急流中心位于西太平洋(a)和东亚大陆(b)上空时 850 hPa 风场
(虚线包围的阴影区表示 200 hPa 急流区,实线包围的阴影区表示 850 hPa 低空急流区)

Fig. 8 The 850 hPa wind vector (m/s) distributions for the western Pacific jet pattern (a) and East Asian continent jet pattern (b) during the meiyu period in 1980
(the dash/solid line with shaded area are 200 hPa upper level jet/850 hPa low level jet, respectively)

图 9 给出了高空西风急流海陆分布形态下取 26° — 30° N 平均垂直速度的经度-高度分布。在西风急流位于西太平洋上空时(图 9a),气流的辐合上升区位于 120° E 附近,对流旺盛,在 700—300 hPa 间对流层均有明显的辐合上升,强度偏强,所以降水中心偏东,强度偏强。在西风急流位于东亚大陆时(图 9b),

辐合上升区位于 110° E 左右,比前者偏西 10 个纬度,上升的强度偏弱,导致降水中心偏西,且降水强度偏弱。急流入口区处的上升运动比急流出口区处的明显偏强。正是由于急流入口区南侧强的上升运动,为对流降水的形成提供了必须的垂直运动条件,在水汽供应充分的情况下有利于在该地区形成强降水中心。

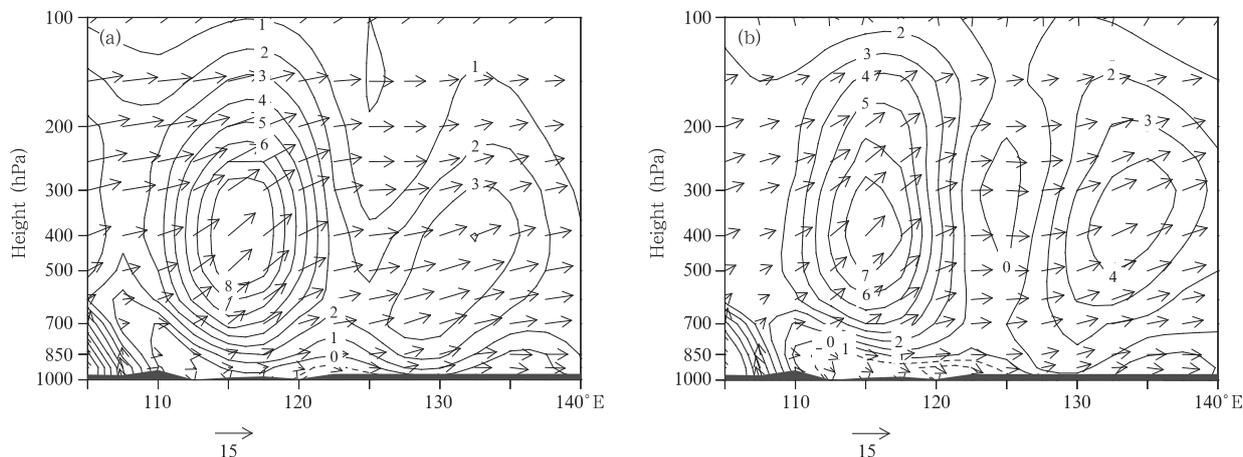


图9 1980年200 hPa急流中心位于西太平洋(a)和东亚大陆(b)上空时 26° – 33° N平均垂直环流
(等值线为扩大100倍后的垂直速度,单位: 10^{-2} m/s)

Fig. 9 Longitude-height cross sections of the vertical circulation averaged over 26° – 33° N for western Pacific jet pattern (a) and East Asian continent jet pattern (b) during the meiyu period in 1980
(Vertical velocities are multiplied by 100, unit: 10^{-2} m/s)

5 结论和讨论

(1) 梅雨期东亚大陆上空急流强度持续维持、西太平洋上空急流核分裂直至出梅后消失是这一时期200 hPa西风急流东西向变化的主要特征,梅雨期200 hPa副热带西风急流中心呈现显著的东西向位置变化,急流中心强度、位置和形态变化的东西分界线与海陆分界线大致相同,表现出显著的海陆分布形态差异。

(2) 梅雨期急流东西(海陆)形态分布差异影响到长江中下游地区降水集中区域的空间分布和降水中心强度。当急流出现在西太平洋上空时,在长江下游地区存在一个显著的强降水集中区域。

(3) 梅雨期,当东亚高空西风急流主体呈显著的西太平洋分布型态时,高低空急流在急流入口区耦合形成较强的辐合上升运动,在充足的水汽供应下,有利于在长江下游地区形成集中的强降水区域,表明梅雨期高空西风急流位置偏东(位于西太平洋上空),高低空急流耦合是有利于梅雨期降水偏多的高空环流形势。

本文在对梅雨前后东亚副热带西风急流位置和形态变化特征分析的基础上证实了梅雨前后东亚副热带西风急流呈现显著的东西向位置变化和海陆分布形态差异,并讨论了这种差异对长江流域特别是长江下游降水空间集中区的位置、降水强度的影响

及其机理。但上述工作尚未涉及到急流东西位置、形态变化的原因、影响因子及其年际变化,拟在以后的工作中做进一步研究。

References

- Dong Min, Zhu Wenmei, Wei Fengying. 1987. The characteristics of zonal winds at 500hPa in Eurasian region and its relation to the weather in China. *J Chinese Academy of Meteor Sci* (in Chinese), 2(2):166-173
- Gao Youxi. 1952. Study on the winter westerly circulation over China based on the tropospheric air temperature. *Acta Meteor Sinica* (in Chinese), 23(1-2):48-60
- Kuang Xueyuan. 2006. Study on the seasonal and interannual variations of the east Asian subtropical westerly jet and its thermal mechanism and climate effects [D]. Nanjing: Nanjing University, 159pp
- Kuang Xueyuan, Zhang Yaocun. 2006. The impacts of position abnormalities of the east Asia subtropical westerly jet on summer precipitation in the middle-lower reaches of the Yangtze River. *Plateau Meteor* (in Chinese), 25(3):382-389
- Kuang Xueyuan, Zhang Yaocun. 2006. The seasonal variation of the east Asian subtropical westerly jet and its thermal mechanism. *Acta Meteor Sinica* (in Chinese), 64(5):564-575
- Li Chongyin, Wang Zuotai, Lin Shizhe, et al. 2004. The relationship between east Asian summer monsoon activity and northward jump of the upper westerly jet location. *Chinese J Atmos Sci* (in Chinese), 28(5): 641-658
- Liang Pingde, Liu Aixia. 1994. Winter Asia jetstream and seasonal precipitation in east China. *Adv Atmos Sci*, 11(3):311-318

- Liang Xinzhong, Wang Weihang. 1998. Associations between China monsoon rainfall and tropospheric jets. *Q J R Meteor Soc*, 124: 2597-2623
- Liao Qinghai, Gao Shouting, Wang Huijun, et al. 2004. Anomalies of the extratropical westerly jet in the north hemisphere and their impacts on east Asian summer monsoon climate anomalies. *Chinese J Geophys (in Chinese)*, 47(1):10-18
- Liao Qinghai, Tao Shiyan, Wang Huijun. 2006. Internal dynamics related to anomalies of seasonal evolution of summer circulations in East Asia during July August. *Chinese J Geophys (in Chinese)*, 49(1):28-36
- Shou Shaowen, Li Shenshen, Yao Xiuping. 2003. *Mesoscale Meteorology*. Beijing: China Meteorological Press, 370pp
- Tao Shiyan, Zhao Yijia, Chen Xiaoming. 1958. The relationship between plum rains in far east and the behavior of circulation over Asia. *Acta Meteor Sinica (in Chinese)*, 29(2):119-134
- Xu Haimin, He Jinhai, Dong Min. 2001. Interannual variability the Meiyu onset and its association with north Atlantic oscillation and SSTa over north Atlantic. *Acta Meteor Sinica (in Chinese)*, 59(6):694-706
- Xu Qun, Yang Yiwen, Yang Qiuming. 2001. The Meiyu in middle-lower reaches of Yangtze River during recent 116 years (I). *Torrential Rain Disaster (in Chinese)*, (5):44-53
- Ye Duzheng, Tao Shiyan, Li Maichun. 1958. The catastrophe of general circulation in June and October. *Acta Meteor Sinica (in Chinese)*, 29(4): 250-263
- Zhang Yaocun, Kuang Xueyuan, Guo Weidong, et al. 2006. Seasonal evolution of the upper-troposphere westerly jet core over East Asia. *Geophys Res Lett*, 33: L11708, doi: 10. 1029/2006GL026377
- Zhou Zengkui. 2006. Analysis and Forecast of Meiyu in Jianghuai Valley. Beijing: China Meteorological Press, 184pp
- 附中文参考文献**
- 董敏,朱文妹,魏凤英.1987. 欧亚地区 500 hPa 上纬向风特征及其与中国天气的关系. *气象科学研究所院刊*, 2(2):166-173
- 高由禧.1952. 从对流层的温度分析来探讨我国上空冬半年西风环流. *气象学报*, 23(1-2):48-60
- 况雪源.2006. 东亚副热带西风急流季节、年际变化特征及其热力机制和气候效应研究[D]. 南京:南京大学, 159pp
- 况雪源,张耀存.2006. 东亚副热带西风急流位置异常对长江中下游降水的影响. *高原气象*, 25(3): 382-389
- 况雪源,张耀存.2006. 东亚副热带西风急流季节变化特征及其热力影响机制探讨. *气象学报*, 64(5):564-575
- 李崇银,王作台,林士哲等.2004. 东亚夏季风活动与东亚高空西风急流位置北跳关系的研究. *大气科学*, 28(5):641-658
- 廖清海,高守亭,王会军等.2004. 北半球夏季副热带西风急流变异及其对东亚夏季风气候异常影响. *地球物理学报*, 47(1):10-18
- 廖清海,陶诗言,王会军.2006. 东亚地区夏季 7—8 月大气环流季节演变异常的内部动力学过程. *地球物理学报*, 49(1):28-36
- 寿绍文,励申申,姚秀萍.2003. *中尺度气象学*. 北京:气象出版社, 370pp
- 陶诗言,赵煜佳,陈晓敏.1958. 东亚的梅雨与亚洲上空大气环流季节变化的关系. *气象学报*, 29(2):119-134
- 徐海明,何金海,董敏.2001. 江淮入梅的年际变化及其与北大西洋涛动和海温异常的联系. *气象学报*, 59(6):694-706
- 徐群,杨义文,杨秋明.2001. 近 116 年长江中下游的梅雨(I). *暴雨·灾害*, (5):44-53
- 叶笃正,陶诗言,李麦村.1958. 在 6 月和 10 月大气环流的突变现象. *气象学报*, 29(4):250-263
- 周曾奎. 2006. 江淮梅雨的分析 and 预报. 北京:气象出版社,184pp