

王秀文,李勇,周兵. Rossby 波列传播效应在梅汛期强降雨中长期预报中的应用研究[J]. 气象,2012,38(9):1070-1077.

Rossby 波列传播效应在梅汛期强降雨 中长期预报中的应用研究^{*1}

王秀文¹ 李 勇¹ 周 兵²

1 国家气象中心,北京 100081
2 国家气候中心,北京 100081

提 要: 根据 1981—2010 年 30 年梅汛期(6—7 月)46 个代表站的逐日实测降雨量和 NCEP 再分析资料,统计归纳出强降雨天气气候特征;通过对大量历史个例的总结,对影响江淮流域强降雨的 500 hPa 主要环流特征和影响系统、850 hPa 风场等分布特征进行了综合分析,提出了强降雨的概念模型和中期预报着眼点。针对近 30 年来出现的 10 次长持续性强降雨天气过程,进行了 Rossby 波的下游效应分析,得出 Rossby 波列自西向东明显传播将有利于江淮流域出现持续性强降雨天气过程。Rossby 波能量的下游效应可为中期预报提供新的思路。

关键词: 梅汛期,强降雨,气候特征, Rossby 波下游效应,中期预报

An Applied Research About Spread Effects of Rossby Wave in Medium-Range Forecast on Heavy Rain During Meiyu Flood Period

WANG Xiuwen¹ LI Yong¹ ZHOU Bing²

1 National Meteorological Centre, Beijing 100081
2 National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: This paper primarily discusses the synoptic and climatic characters in heavy rain during Meiyu flood period (June—July) based on the thirty year (1981—2010) observational data at 46 stations and the reanalysis dataset from 1981 to 2010. Main circulation characters and impacting systems of heavy rain in Jiang-Huai Basin at 500 hPa and wind distribution characters at 850 hPa are summarized by integratively analyzing abundant historical examples. A conceptual model of heavy rain and study respects of medium-range forecast are put forward. Ten durative heavy rain weather processes in the last thirty years are discussed, and the results show that the easterly propagation of Rossby wave is in favor of occurrence of the durative heavy rain weather processes in Jiang-Huai Basin. The downstream development of Rossby wave provides some new ideas for medium-range forecast.

Key words: Meiyu flood period, heavy rain, climatic characters, Rossby wave, downstream development, medium-range forecast

引 言

常年梅汛期(6—7 月)期间,江淮流域进入相对多雨阶段,各地暴雨日数较多,强降雨天气时常出现,这是该地区特有的天气气候现象;持续性强降雨常引发洪涝、泥石流、滑坡、内涝等灾害。针对梅雨,曾有许多预报员和气象学者作过深入研究,关于梅

^{*} 公益性行业(气象)科研专项(GYHY200806004)和气象新技术推广应用项目(CMATG2010M31)共同资助
2011 年 9 月 10 日收稿; 2012 年 5 月 17 日收修定稿
第一作者: 王秀文,主要从事中长期天气预报方法研究. Email: wangxw@cma.gov.cn

雨的典型形势和成因也有不少总结^[1-8]。但对梅汛期强降雨中期预报技术研究较少,关于 Rossby 波的下流效应与持续性强降雨的研究更少。陶诗言先生指出“目前业务上使用的全球数值预报模式对 Rossby 波列的下流发展效应有一定的中期预报能力,建议在日常业务预报中关注高空急流中 Rossby 波能量传播过程中大形势的突变与调整”^[9]。本文利用 Rossby 波效应对近 30 年当中 10 次典型的持续性强降雨过程个例进行分析,发现 Rossby 波下游发展效应是造成该天气的主要原因之一。研究表明,造成强降雨的成因相当复杂。 $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 副热带高压(简称副高)脊线稳定在 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 之间,是江淮流域出现持续性降雨的有利条件,而不是必要条件。有时副高偏东或偏南、偏弱,同样可以出现持续性强降雨^[10-11]。

强降雨中期预报是一个极具挑战性的课题,又是预报员必须面对的难题。目前对强降雨的具体落区预报一直是中期预报的主要难点之一。在业务预报中还没有比较客观的、成熟的方法,而在预报服务的实践中,对中期预报的需求又很迫切。为提高强降雨中期预报的能力,本文根据近 30 年气象资料,分析总结归纳出了产生强降雨天气的 500 hPa 环流特征、低空急流和 850 hPa 风场特征;同时对 10 次典型个例利用 Hovmöller 图分析 Rossby 波列下游能量传播效应。重点找出持续性强降雨中期预报着眼点。

本文通过对气候背景、环流形势特征、风场及物理因子分析,探讨造成强降雨的可能成因,进而提高灾害性天气的中期预报能力。

1 梅汛期强降雨的气候特征

1.1 强降雨定义和划分标准

强降雨有两种情况,一是在短时间内某站出现暴雨或大暴雨,甚至特大暴雨,例如,1984 年 6 月 13 日,选取的 46 站当中日雨量 $\geq 100\text{ mm}$ 的有 6 个站,其中 2 个站 $\geq 200\text{ mm}$;二是在较长一段时间内,出现持续性大雨或大雨以上量级的强降雨天气过程,例如,1991 年 6 月 29 日至 7 月 11 日,2010 年 7 月 3—19 日。

本文规定,江淮流域大致在 111°E 以东, 27.5°N 以北, 34°N 以南。在此范围内,涉及到 9 个省(市),

从中共选取 46 个代表站(图略)。满足以下条件之一则定为 1 个强降雨日,连续 3 或 3 d 以上强降雨日,则定为持续性强降雨天气过程(3 d 以上强降雨日,允许间断 1 d,连续 2 d 无强降雨日则为中断)。

(1) 选取的 46 个站当中有 1 个站 $\geq 50\text{ mm}$,且另有 10 个或以上站日雨量 $\geq 25\text{ mm}$;

(2) 有 2 个站 $\geq 50\text{ mm}$,且另有 5 个或以上站日雨量 $\geq 25\text{ mm}$;

(3) 有 1 个站 $\geq 100\text{ mm}$,且另有 5 个或以上站日雨量 $\geq 25\text{ mm}$;

(4) 有 3 个或以上站日雨量 $\geq 50\text{ mm}$;

(5) 有 1 个或以上站日雨量 $\geq 100\text{ mm}$,且另有 1 个或以上站日雨量 $\geq 50\text{ mm}$;

(6) 有 1 个或以上站日雨量 $\geq 200\text{ mm}$ 。

1.2 强降雨气候特征

对 1981—2010 年 30 年 6—7 月逐日降雨量资料进行统计的结果表明,30 年(1830 d)当中,共出现 527 个强降雨日(见图 1),平均每年有强降雨日 17.6 d 左右,6 和 7 月,分别有 8.7 和 8.9 d。日降雨量 $\geq 200\text{ mm}$ 有 36 站次(表略),6 月 14 站次,7 月 22 站次;其中有 4 站次日雨量 $\geq 300\text{ mm}$,均出现在 7 月。持续 3 或 3 d 以上的强降雨天气过程共有 63 次(表略),平均每年 2.1 次(6 和 7 月次数基本相等)。1991 年 6 月 29 日至 7 月 11 日连续 13 d 出现强降雨,为持续时间较长,强降雨过程期间日雨量 $\geq 100\text{ mm}$ 最多的年份($\geq 100\text{ mm}$ 有 25 站次)。1998 年 6 月 12 日至 7 月 3 日连续 22 d 出现强降雨,为持续时间最长的一次过程,6 和 7 两个月期间共出现 27 d 强降雨,为强降雨日数最多年份;2001 年无持续性强降雨,仅有 8 d 零散强降雨日,为强降雨日数最少年份。

气候资料统计结果表明,强降雨出现的概率很高,日雨量 $\geq 200\text{ mm}$ 的站次 7 月比 6 月明显多。统计数据提示我们,强降雨是每年汛期预报员必须面对的事实,探索中期预报方法是业务上迫切需要解决的课题。

2 持续性强降雨的环流特征

2.1 阻塞高压

根据 1981—2010 年 30 年历史资料分析得出,

持续性强降雨天气过程有 63 次,其中 43 次过程是在有阻塞高压(以下简称阻高)形势下出现的,占 68%左右;10 次长持续性强降雨过程中 8 次有阻高活动,占 80%。由此可见,阻高是造成持续性强降雨

雨天气最常见的一种形势。阻高又分为乌阻、中阻、东阻和双阻四种阻塞型(见图 2),也就是将亚洲分为乌拉尔山(50°~79°E)、贝加尔湖(80°~110°E)、东亚(111°~160°E)三个区域,即对应人们常说的

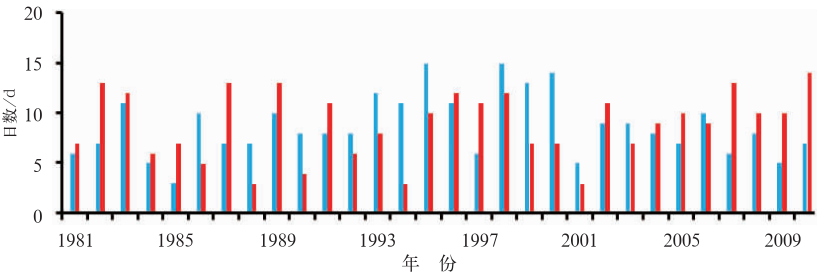


图 1 1981—2010 年 6—7 月强降雨日数 (灰色: 6 月, 黑色: 7 月)
Fig. 1 The precipitation days during June—July over the Jiang-Huai Basin from 1981 to 2010 (unit: d)
(Grey shading represents the June and black shading represents the July)

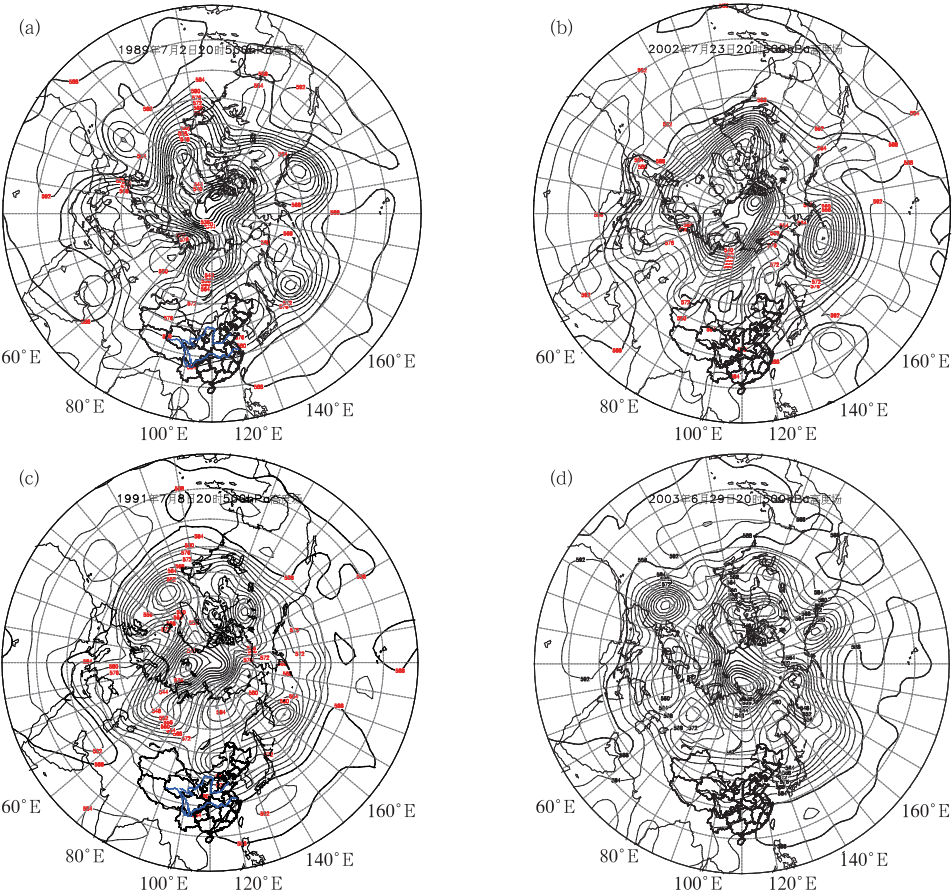


图 2 阻塞高压示意图
(a) 乌阻, (b) 中阻, (c) 东阻, (d) 双阻
Fig. 2 Blocking high diagrams
(a) Ural blocking high, (b) middle blocking high, (c) easterly blocking high, and (d) double blocking high

乌阻、中阻和东阻;若乌拉尔山和东亚地区同时出现阻塞高压,则称为双阻^[11]。

2.2 孟加拉湾季风槽区

所谓孟加拉湾季风槽区是指 500 hPa 高度场上青藏高原、孟加拉湾附近地区的高度相对周围低,80°E 以西和 110°E 以东均为副热带高压区,西北太平洋副高西伸脊点通常在 105°E 以东,此时江淮流域一带在副高的北侧(见图 2d)。亚欧中高纬度有时为两脊一槽型,110°E 附近为长波槽区,槽底在 35°N 附近;80°E 附近和 130°E 附近分别为高压脊区(有时有阻高活动);长江中下游沿江地区 500 hPa 高空图上等高线处于 580~584 dagpm 之间,有时呈东—西走向,有时呈东北—西南走向。强降雨区出现在 584 线附近及其以南至 588 线以北地区。统计结果表明,63 次强降雨天气过程中,此类型出现 60 次,几率高达 95% 以上;其中 10 次长持续性强降雨过程均是在本型下发生的;可见,孟加拉湾季风槽区对持续性强降雨产生重要影响。

2.3 西北太平洋副热带高压

副高稳定与否,对江淮流域持续性强降雨的发生起着至关重要的作用。江淮流域持续性强降雨期间,副高多呈东西带状分布,副高脊线稳定在 20°~25°N 之间(图略);63 次持续性强降雨天气过程中,有 46 次符合本型,占 73%;其中 10 次长持续性强降雨过程,有 8 次属于此类型,占 80%。

强降雨带在淮河流域徘徊时的副高特征是 500 hPa 高度场上,30°N、120°E 格点值基本上在 585~590 dagpm 之间,沿淮地区 500 hPa 等高线处于 580~584 dagpm 之间,淮河流域位于副高北侧或西北侧边缘;无论 588 线北界,还是副高脊线,都相对稳定。

长江中下游沿江或江南地区北部出现持续性强降雨期间,588 线北界一般在 28°N 以南,相应副高脊线位置也稍有偏南,副高西伸脊点位置大约在 105°E 以东,脊线位置与 588 线北界位置距离较近(小于或等于 3 个纬距)。据统计,副高脊线(120°E 处)位于 18°~26°N 之间(平均为 21°N),588 线的西脊点位于 105°~115°E 之间(平均为 109°E),将有利于湖北暴雨的发生^[12]。

2.4 低空急流

统计表明,梅汛期 850 hPa 低空急流活动与江淮流域强降雨有伴随性,出现急流天数越多,强降雨天数也越多。强降雨出现的当天,850 hPa 风场上,自广西、湖南到长江中下游沿江一带有 3 或 3 个以上成片的格点风出现 $\geq 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 西南风急流,有时风速可达 $16 \sim 20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,此时华南到江南一带盛行西南风,无明显风向切变,急流北侧的地区往往有气旋性环流,强降雨处于急流北侧、气旋性环流中心附近偏南地区。统计结果表明,近 30 年 6 和 7 月期间,一天当中有 3 或 3 站以上日雨量 $\geq 100 \text{ mm}$ 共计 58 d,850 hPa 风场上出现 $\geq 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 低空急流有 47 d,占总数的 81%;其中 $\geq 16 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 低空急流有 19 d,占总数的 33%。

从 1981 年以来的 10 次持续性强降雨天气过程的 850 hPa 经向风时间演变图可见(图略),10 或 10 d 以上持续性强降雨期间,110°~120°E 平均 850 hPa 经向风场上,淮河流域盛行南风,强降雨区均为南风控制,强度一般为 $4 \sim 8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。近 30 年著名的 1991、1998 和 2003 年梅汛期持续性强降雨期间,850 hPa 经向南风强度一般在 $8 \sim 10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,有时南风超过 $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,比其他 7 年任何一次强降雨过程中的南风强度都强,一般偏强 $2 \sim 4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (见图 3)。850 hPa 经向风图上稳定维持南风,一方面起着输送水汽和能量的作用,另一方面又是产生强降雨的有利动力条件;这也是形成持续性强降雨天气的主要原因。

2.5 切变线

根据经验可知,江淮切变线是江淮流域的一个重要天气系统,是造成江淮流域梅汛期持续性强降雨天气最稳定、最典型、最主要的天气系统之一。

在江淮流域的某一地区,850 hPa 格点风场上有风向切变线(3 对风以上),一般称为江淮切变。在切变线北侧的偏北风速一般为 $4 \sim 6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间,切变线南侧的偏南风速一般为 $8 \sim 12 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;切变线附近及其南侧均可以出现强降雨;切变风的范围越大,降雨的范围也越大。统计结果表明, $\geq 200 \text{ mm}$ 的 36 站次当中,仅有 5 站次无切变线(偏南风控制),3 站次属台风减弱后低气压造成的强降

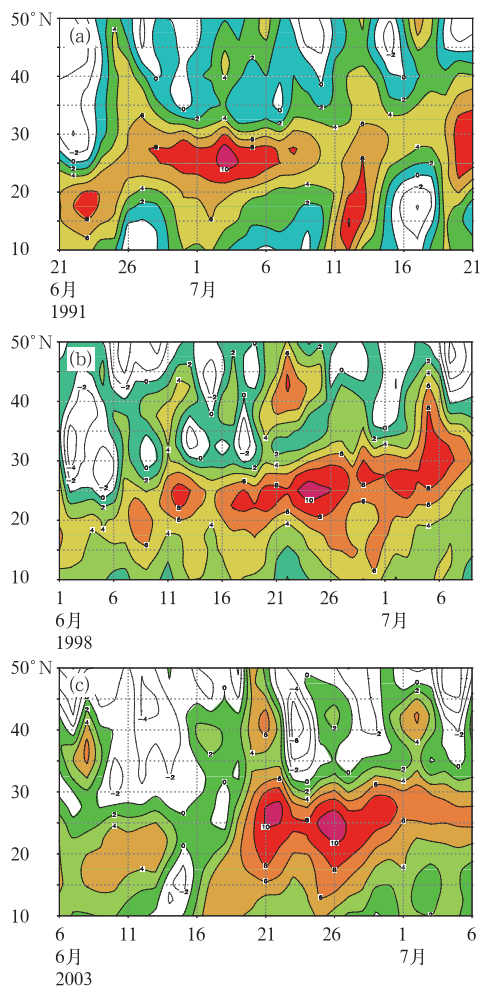


图 3 1991 年 6 月 21 日至 7 月 21 日(a)、1998 年 6 月 1 日至 7 月 9 日(b)和 2003 年 6 月 6 日至 7 月 6 日(c)110°~120°E 平均 850 hPa 经向风时间-纬度演变 (阴影区为南风)

Fig. 3 The time-latitude cross sections of 850 hPa meridional wind averaged over 110°—120°E for (a) during 21 June to 21 July in 1991, (b) during 1 June to 9 July in 1998, and (c) during 6 June to 6 July in 2003

(Shaded areas denote south wind)

雨,其他 28 站次强降雨均有切变线相对应。

3 Rossby 波列能量频散对持续性强降雨中期预报的启示

陶诗言^[9]指出:“Rossby 波列能量频散对提高高影响天气的中期预报能力非常重要”。“Rossby 波列的下游发展效应是中国严重洪涝灾害的重要制

造者”。并表明:“对于暴雨的中期预报,关键是抓住亚洲高空急流中 Rossby 波能量传播过程中大形势的突变与调整。中期数值预报模式对此有一定的预报能力,这为我们提高此类暴雨的中期预报水平开辟了新的途径。因此,在暴雨的预报业务中,应监测 Rossby 波的下游效应”。沿着这个思路,我们选择了 10 次持续性强降雨过程(见表 1)进行了个例分析。

针对上述 10 次过程分析 35°~45°N 的 200 hPa 平均经向风的时间剖面图(也称 Hovmöller 图)。结果表明,10 次过程中有 7 次表现出明显的 Rossby 波自西向东传播的现象,另有 3 次过程也能表现出 Rossby 波列的形态,但强度较弱。下面对个例进行具体分析。

3.1 2010 年 7 月 8—19 日强降雨过程

这次强降雨过程是 2010 年梅雨期(2010 年 7 月 3 日入梅,24 日出梅)出现的暴雨至大暴雨过程。图 4 给出 2010 年 6 月 25 日至 7 月 21 日 200 hPa 35°~45°N 平均经向风时间-经度剖面图。从图 4 可见,从 6 月底至 7 月 15 日有两次明显的 Rossby 波列传播过程。第一次过程为 6 月 30 日至 7 月 8 日,0°~150°E 范围内有 3 列 Rossby 波列,分别对应着 3 对高空槽脊的活动。首先在 6 月 30 日至 7 月 2 日 10°W~0°附近有高空槽发展,7 月 2—5 日在 40°~45°E 附近有高空脊发展。3—6 日在 70°~75°E 有高空槽强烈发展,5—8 日在 100°~110°E 有脊发展,其下游 110°~120°E 有槽强烈发展。注意到槽线和脊线的移动非常缓慢,特别是 40°E 附近的脊和 70°E 附近的槽呈准静止状态,但 Rossby 波列的能量频散速度却相当快,南风中心的传播速度大约每天 25~27 个经度,北风中心的传播速度大约每天 20~22 个经度,平均传播速度约每天 23.5 个经度。对照 500 hPa 形势看,Rossby 波列分别对应着东欧脊,乌拉尔山以东槽,我国中部的脊和东部的槽(图 5)。特别值得注意的是 200 hPa 100°~120°E 范围内 4—9 日北风明显加大,最大达到 $25 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上。高空如此强盛的北风有利于动量下传和气流的辐散,对暴雨的发生和维持是十分有利的。对照该时段逐日降雨量可见,自 7 月 3 日开始,江淮地区已经出现大范围中到大雨,局地暴雨,7 日出现区域性暴雨和大暴雨。

第二次 Rossby 波列传播过程为 7 月 4—15 日,

表 1 持续 10 d 以上强降雨过程

Table 1 The precipitation processes for more than ten days

起止日期	持续日数/d	46 代表站任一站日雨量 ≥100 mm 日数/d	200 hPa 平均(35°~45°N)100°~120°E 过程开始日最大风速/m·s ⁻¹
1989 年 6 月 27 日至 7 月 8 日	12	2	-12
1991 年 6 月 29 日至 7 月 11 日	13	9	-14
1994 年 6 月 7—17 日	11	5	-5
1997 年 7 月 7—17 日	11	4	-13
1998 年 6 月 12 日至 7 月 3 日	22	16	-17
2002 年 6 月 20—29 日	10	7	-23
2002 年 7 月 16—27 日	12	6	-22
2003 年 6 月 22 日至 7 月 1 日	10	7	-9
2007 年 6 月 30 日至 7 月 10 日	11	8	-16
2010 年 7 月 8—19 日	12	8	-27

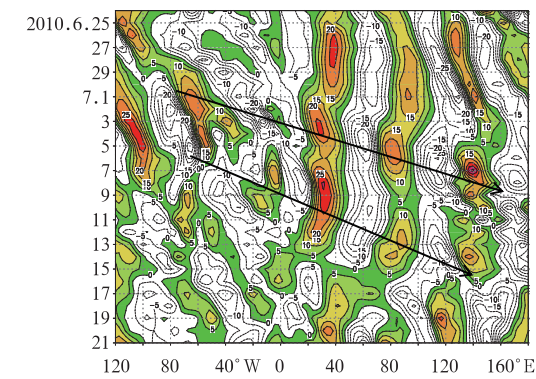


图 4 2010 年 6 月 25 日至 7 月 21 日 200 hPa 35°~45°N 平均经向风时间-经度剖面 (单位:m·s⁻¹,阴影区:南风区,箭头表明 Rossby 波列的能量传播方向)

Fig. 4 The time-longitude cross sections of 00 hPa meridional wind (unit: m·s⁻¹) averaged over 35°—45°N during 25 June to 21 July 2010 (Shaded areas represent areas with south wind, arrow indicates the propogation direction of Rossby wave train)

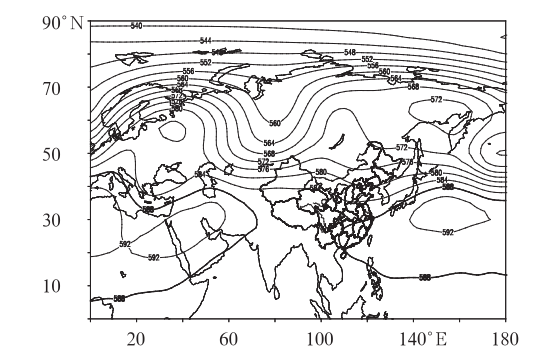


图 5 2010 年 7 月 8—19 日 500 hPa 平均高度场(单位: dagpm)

Fig. 5 The 500 hPa average geopotential height during 8—19 July 2010 (unit: dagpm)

7 月 4 日在 55°W 附近有槽发展,7—9 日在 20°E 有槽发展,11—12 日在 80°E,13—14 日在 130°E 有槽发展。波列传播速度大约每天 18~20 个经度左右。注意到 4—8 日和 14—15 日 110°~130°E 有两次北风加强过程,平均风速 15~25 m·s⁻¹,此时段江淮地区出现大范围暴雨至大暴雨过程。

综合看,两次 Rossby 波的传播在 110°~120°E 引起北风加强,标志着冷空气加强,从 110°~120°E 沿 30°N 经向风剖面图(图 6)可以看到,7 月 4—8 日和 13—15 日有两次冷空气从高空下传,前一次过程下传到 850 hPa 的低空;表明冷空气的活动与强降雨的发生是密切相关的。

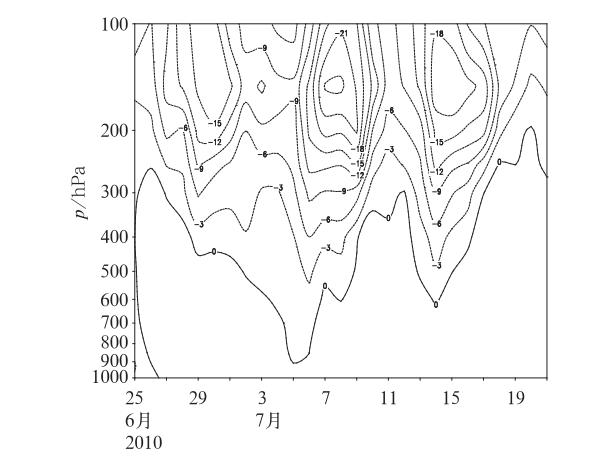


图 6 2010 年 6 月 25 日至 7 月 21 日沿 30°N 平均(110°~120°E)经向风的时间-高度剖面图 (单位:m·s⁻¹)

Fig. 6 The time-altitude cross section of meridional wind averaged over 110°—120°E along 30°N during 25 June to 21 July in 2010 (unit: m·s⁻¹)

3.2 2007年6月30日至7月10日强降雨过程

2007年6月30日至7月10日,江淮、江南地区北部出现了一次较大范围的持续性强降雨,其中有8天局部地区出现大暴雨或特大暴雨。

此次持续性强降雨过程出现在亚欧中高纬度大尺度环流形势发生调整的时期。6月25日后,500 hPa 北半球大气环流形势发生明显的变化,尤其高纬度阻塞形势建立,环流经向度明显加大;26—28日在 $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 对流层高、中层都有低压槽发展(图略),此时锋区南压,并不断有冷空气南下;副高脊线北抬,江淮流域处在副高西北侧,冷空气不断在此交汇,致使该地区出现持续性强降雨。图7给出2007年6月15日至7月13日200 hPa $35^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 平均经向风时间-经度剖面图。由图7可见,在强降雨即将开始和持续过程中有3次 Rossby 波列东传的过程。

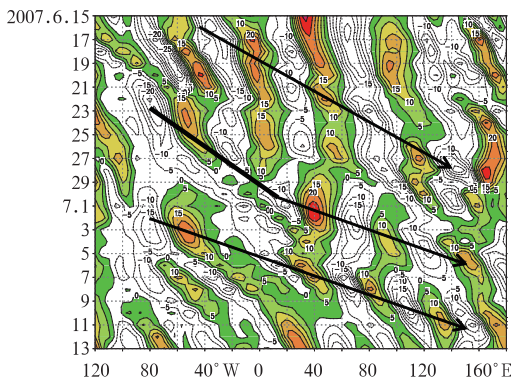


图7 2007年6月15日至7月13日200 hPa $35^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 平均经向风时间-经度剖面
(图示说明同图4)

Fig. 7 The time-longitude cross sections of the 200 hPa meridional wind averaged over $35^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ during 15 June to 13 July, 2007
(Legend see Fig. 4)

第一次,6月17—19日 10°W 有槽发展,21—22日在 40°E 附近有槽发展,22—24日在 70°E 附近有脊发展,26—28日在 $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 有槽发展,此槽一直维持到7月1日。Rossby波列传播的速度大约每天 $16\sim 18$ 个经度。对照降雨实况,26—27日江淮至江南地区北部有大雨,28日有局地暴雨。

第二次 Rossby 波列传播过程表现为,6月21—24日在 60°W 附近有槽强烈发展,27日在 0° 附近有槽发展,7月1日在 40°E 附近有槽发展,在 60°E 附

近有脊强烈发展,2—4日在 85°E 有槽发展, 110°E 为脊区。

第三次 Rossby 波列传播过程与第二次相似,只是在 $60^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 范围内比第二次过程增加一个槽, 110°E 处在槽后强北风中。

对比降雨实况,出现大暴雨的时间分别是:1、3、4、5、7、8、9和10日,都对应 110°E 有强的北风发展。

综合分析10次持续性强降雨过程,其中7次共同的特点是在强降雨期间 $100^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 都有北风加大,北风的大值区都与 Rossby 波列传播密切相关。从表1也可以看出,10次强降雨过程开始日均为北风,8次过程最大风速超过 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$,其中3次超过 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。配合形势分析可知,200 hPa 槽后的北风区和下沉气流相关联,有利于能量的下传,这样的形势对强降雨的发生是有利的。陶诗言^[9]指出:“亚洲急流区 Rossby 波的能量传播过程,是东亚高空槽发展加深的重要动力机制”。利用数值预报产品对 Rossby 波列进行分析,可使预报时效提高 $4\sim 6\text{ d}$ 。

4 持续性强降雨概念模型及中期预报着眼点

统计表明,Rossby波能量传播与梅汛期持续性强降雨有着很好的对应关系,200 hPa $35^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 纬度带内有经向风强度在 $15\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的波列自西向东传播,并且在 $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 范围内有强北风区出现时,是持续性强降雨出现的征兆。

持续性强降雨成因非常复杂,它与上下游效应、高低空配置和南北系统结合等都有着密切的关系。通过前面的分析我们认识到抓住持续性强降雨发生的环流背景、对流层高层能量频散的下游效应及850 hPa 风场的特征可以为中期强降雨预报提供依据。为此,我们构建起强降雨发生的概念模型。

(1) 在500 hPa 形势场上,中高纬度有稳定的阻高,贝加尔湖以东至我国东北多为低压带, $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 为长波槽区,槽底在 35°N 附近, $110^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 副高脊线稳定在 $20^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$ 之间,孟加拉湾和青藏高原地区为季风槽区。

(2) 在850 hPa 形势场上,江淮切变建立并维持,存在一支 $12\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 以上的西南低空急流;特别是850 hPa 经向风时间演变图上, $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 范围

内淮河以南盛行南风,平均风速达 $8\sim 10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

(3) 强降雨一般发生在 584 dagpm 附近及其以南至 588 dagpm 线以北,低层 850 hPa 急流北侧,气旋性环流中心附近偏南地区。

强降雨中期预报业务应用结果表明,200 hPa 波列下游效应,500 hPa 高度场上的阻塞高压活动频繁、副高稳定、孟加拉湾低值区,850 hPa 切变线、急流、强经向南风等显著特征可作为江淮流域持续性强降雨的预报着眼点,为预报员对强降雨天气系统的结构配置、演变规律的认识和理解,提供了很好的参考素材和依据。在 2010 和 2011 年的梅汛期强降雨中期预报中,这些预报方法发挥了有效的参考作用。2011 年 6 月 4—6 日,江南地区中北部出现持续性强降雨。这是在该地区长期严重干旱的背景下,一次极为关键的天气过程。在 5 月 27 日梅汛期专题会商和随后的几次大会商中,应用了上述预报技术方法,给出强降雨发生的时段、落区,提前 5~8 天制作出了较为准确的强降雨中期预报。天气会商中主要依据是,在 200 hPa 图上,5 月 28 日至 6 月 5 日有明显的 Rossby 波列东传,3 日 $100^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$ 北风达到 $20\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$;500 hPa 高度场上,584 线位于长江中下游沿江地区,副高脊线位于 22°N 附近,孟加拉湾为低值区;对应 850 hPa 风场上, 30°N 以南地区由原来的北风转为南风,并有西南急流建立,长江中下游沿江附近地区有切变线形成, $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均南风强盛(风速达 $8\sim 10\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$)。业务应用表明,以上几种预报方法进一步加强了中央气象台梅汛期强降雨中期预报业务的技术支撑能力,为预报员制作强降雨预报提供了重要科学依据。

5 结 语

通过对近 30 年梅汛期强降雨过程的分析,可以得出如下几点看法:

(1) 强降雨出现的气候概率很高,平均每年 17.6 d 强降雨日,持续 3 d 以上的降雨过程,平均每年 2.1 次。

(2) Rossby 波的下游效应表明,持续的强降雨过程与 Rossby 波的东传关系密切。利用 200 hPa 急流区经向风资料分析 Rossby 波的强度和传播速度,可为强降雨中期预报提供新的思路。

(3) 强降雨的成因非常复杂,其环流背景和影响系统每年呈现出不同的特点。持续性强降雨期间,总的大尺度环流特征为:中高纬度盛行阻塞形势;贝加尔湖附近至 130°E 多为低值区,冷空气活动异常频繁;西北太平洋副高相对稳定;孟加拉湾和青藏高原地区多为低值区;中纬度环流较平直,沿淮地区 500 hPa 等高线处于 580~584 dagpm 之间。

(4) 2010—2011 年业务预报实践表明,本工作可为预报员提供参考并取得了显著效果。但是,目前的工作还是基础性的,还需要在大量统计分析的基础上归纳出系统的定量的预报指标。

参考文献

- [1] 张玉瑾,郑耀文. 梅雨季节和梅雨期[J]. 气象,1981,7(4):19.
- [2] 林春玉. 关于梅雨问题讨论的几个问题[J]. 气象,1981,7(7):12-14.
- [3] 北京大学地球物理系气象教研室. 天气分析和预报[M]. 北京:科学出版社,1976:193-210.
- [4] 郭文扬. 梅雨讨论的几个问题[J]. 气象,1980,6(12):14.
- [5] 尹东屏,张备,孙燕,等. 2003 年和 2006 年梅汛期暴雨的梅雨锋特征分析[J]. 气象,2010,36(6):1-6.
- [6] 桂海林,周兵,金荣花. 2007 年淮河流域暴雨期间大气环流特征分析[J]. 气象,2010,36(8):8-18.
- [7] 鲍媛媛,金荣花,赵瑞霞,等. 2008 年东亚夏季风异常及其对江淮梅雨的影响[J]. 气象,2009,35(40):34-42.
- [8] 王晓芳,黄华丽,黄治勇. 2010 年 5—6 月南方持续性暴雨的成因分析[J]. 气象,2011,37(10):1206-1215.
- [9] 陶诗言,卫杰,梁丰,等. Rossby 波的下游效应引发我国高影响天气的分析[J]. 气象,2010,36(7):81-93.
- [10] 姚学祥,王秀文,李月安. 非典型梅雨与典型梅雨对比分析[J]. 气象,2004,30(11):38-42.
- [11] 晁淑懿,王秀文,孙除荣. 亚洲偶极子阻高与江淮梅雨[J]. 大气科学,1995,19(6):713-721.
- [12] 朱吉义. 湖北省梅雨期特大暴雨的环流分析和概念模型[J]. 气象,1994,20(11):32-36.