

文章编号: 2096-1618(2022)06-0674-09

2020 年和 1998 年江淮流域梅雨期降水过程对比分析

胡佳洁, 王 伟

(成都信息工程大学大气科学学院 四川省高原大气与环境重点实验室, 四川 成都 610225)

摘要:2020 年与 1998 年均为典型的超强梅雨年,为探讨这两年江淮流域梅雨期降水过程的差异,利用对比分析方法,研究江淮流域 2020 年与 1998 年梅雨汛期降水特征的异同点,并对比分析这两年导致降水异常的大气环流特征。结果表明:(1)这两年夏季江淮流域降水量较常年均具有同期偏多,入梅时间早,出梅时间晚,雨季持续时间长,降水范围广,降水强度大的特征,2020 年梅雨异常程度总体上强于 1998 年梅雨期。2020 年多雨带覆盖整个江淮流域,最大累计降水量为 1623.6 mm,位于安徽黄山附近。1998 年多雨带位置较 2020 年偏南,最大累计降水量为 1119.0 mm,位于江西景德镇附近。(2)这两年梅雨期间西太平洋副热带高压均经历了多次阶段性变化过程,副高的北抬和南撤与梅雨的起始和结束、主雨带的位置、降水过程的发生维持都有很好的对应关系。(3)这两年环流特征较相似,南亚高压偏强偏东,副高偏强偏西,中高纬表现为典型的“两脊一槽”型,江淮流域为槽后南下冷空气与副高西南侧北上暖湿气流的水汽辐合区。(4)2020 年梅雨期中高纬阻塞高压、东亚沿海低槽、冷空气势力活跃强度较 1998 年更强,且 2020 年 MJO 对流在印度洋的活跃程度强于 1998 年,更有利于西北太平洋对流层低层产生异常的反气旋环流,因此南下冷空气与北上暖湿气流在江淮流域的辐合更强,具有更有利的水汽条件,导致 2020 年梅雨期降水强度强于 1998 年。

关键词:气象学;气候与气候变化;江淮流域;梅雨;汛期降水;西太平洋副热带高压;环流异常;MJO

中图分类号:P426.6

文献标志码:A

doi:10.16836/j.cnki.jcuit.2022.06.010

0 引言

梅雨是春末夏初东亚夏季风季节进程中,中国东部夏季重要的气候现象,由于正好是江南梅子成熟的季节,所以称为“梅雨”,又因此时空气湿度大,物体极易受潮霉烂,故又有“霉雨”之称^[1]。梅雨最初开始于 5 月中旬,与东亚夏季风在南海地区的爆发同步,随着东亚夏季风的向北推进,梅雨雨带相继北移到华南、台湾、江淮流域、日本以及朝鲜半岛^[2]。中国江淮流域地理位置独特,东临太平洋,南接南岭山脉,西连三峡、湘黔山地和秦(岭)巴(山)山地,北通中原大地,是中国经济发达和人口密集的区域之一,同时也是 6-8 月中国洪涝多发区域。江淮地区洪涝灾害的发生和维持与梅雨期降水有着密切关系,出、入梅的时间、梅雨期的长短、梅雨量的丰枯以及梅雨的强弱是每年汛期预报中关注和研究的重点^[3-5]。当发生在该地区的梅雨存在降水异常时,因其雨带位置稳定、持续时间长、累积雨量大,易导致洪涝灾害,对国民经济和人民生命财产造成巨大损失。

对于江淮流域夏季梅雨的研究已有许多重要的成果与结论。魏凤英等^[6]分析了 1885-2000 年长江中

下游梅雨特征量的统计特征,指出入梅和出梅是反映东亚过渡季节环流变化与调整的重要天气气候指标。丁一汇等^[2]指出东亚梅雨季是整个亚洲季风系统中东亚夏季风系统与欧亚地区中高纬度环流系统相互作用的体现,东亚夏季风和中高纬环流系统的异常活动对江淮流域的入、出梅时间及梅雨持续时间有显著影响。陶诗言等^[7]指出梅雨期的开始和结束与亚洲高空西风急流的两次北跳过程有密切关系。李崇银等^[8]指出,东亚高空急流在 6 月的第二次北跳是梅雨开始的前期征兆。西太平洋副热带高压位置和强度变化对梅雨也有着极其重要的作用。周曾奎^[9]对 27 年江淮梅雨环流形势特征进行总结,认为副高脊线的北进位置及其演变规律对入梅的早晚与梅雨持续时间起直接决定作用。梅汛期降水受到对流层高、中、低层多个大尺度大气环流系统的直接或间接影响。对于梅雨期持续性异常降水的成因及机理前人也有大量的研究。金荣花等^[10]指出阻塞高压的频繁出现和副热带季风涌异常大尺度环流是造成 2007 年梅汛期降水异常的重要成因。刘梅等^[11]认为中高纬度稳定超长波和超长波形势下阻塞形势的建立和稳定少动对 2011 年 7 月中旬江淮流域持续性强降水过程中起到很好的基础作用。王黎娟等^[12]认为西太平洋副热带高压的南北摆动与东西进退对江淮流域持续性降水的差异起决定性作用。赵俊虎等^[13]对 2016 年中国梅雨异常进

收稿日期:2021-11-29

基金项目:国家自然科学基金资助项目(41005034);公益性行业(气象)科研专项资助项目(GYHY201506001)

行特征及成因分析,指出梅雨期副高异常偏强,副高西南侧转向的水汽输送异常偏强,并在长江区和江淮区与北方弱冷空气辐合,是造成梅雨量异常偏多的原因之一。严佩文等^[14]认为,伴随着东亚副热带急流和极锋急流的变化,西太平洋副热带高压和北风产生持续性异常,利于冷暖空气活动,导致持续时间较长的区域性降水发生。频繁的东北冷涡^[15]、与低空急流相联系的低层水汽辐合^[16]、南亚高压的东进北抬^[17]、Walk 环流位置及强度的不同^[18]都会对江淮流域降水造成影响。江淮流域洪涝灾害与海温异常变化也存在密切关系^[19-20],与前期青藏高原积雪也有明显关联^[21]。

2020 年和 1998 年夏季梅雨期均存在降水异常的现象,导致江淮流域出现了大范围的洪涝,造成了严重的经济损失^[22-24]。本文从梅雨期的降水阶段时空分布特征、降水过程的大气环流演变形势对比分析 2020 年与 1998 年梅雨过程,着重研究梅雨期大气环流异常,分析 2020 年与 1998 年梅雨期异常年存在的异同点,为今后江淮流域异常梅雨期的预测提供参考信息。

1 资料与方法

降水资料来自美国国家海洋和大气管理局 (NOAA) 提供的全球逐日降水数据,分辨率为 $0.5^{\circ}\times 0.5^{\circ}$ 。环流数据为美国国家环境预报中心 (NCEP/NCAR) 的大气再分析资料,分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$ 。1998 年、2020 年出入梅时间、梅雨期长度均来自于国家气候中心提供的梅雨基本监测数据。根据中国气象局《梅雨监测指标》国家标准^[25],江淮流域梅雨的监测可分成 3 个区域进行监测,即江南区 ($28^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$)、长江中下游区 ($30^{\circ}\text{N}\sim 32^{\circ}\text{N}$)、江淮区 ($32^{\circ}\text{N}\sim 34^{\circ}\text{N}$)。江淮流域梅雨的研究范围选取南岭以北 $28^{\circ}\text{N}\sim 34^{\circ}\text{N}$ 、湖北宜昌以东 $110^{\circ}\text{E}\sim 122.5^{\circ}\text{E}$ 。文中夏季指北半球夏季 (6-8 月),变量的气候态 (常年) 为 1991-2020 年的平均,距平场去除的都是气候态的平均。热带大气季节内振荡 (MJO) 指数资料,采用 Wheeler 等^[26] 2004 年提出的 RMM 实时多变量 MJO 指数,取自澳大利亚气象局官方网站 (<http://www.bom.gov.au/climate/mjo/>)。用以表征 $110^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 西太平洋副高脊线位置的指数为 $10^{\circ}\text{N}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 范围内 5880 gpm 等值线所包围的西太副高体内纬向风切变线所在纬度位置的平均值 (即 $u=0, \partial u/\partial y>0$)。

2 2020 年、1998 年梅雨期降水特征对比

图 1 为 1991-2020 年夏季江淮流域平均降水量历年序列图。2020 年夏季,江淮流域平均降水量为

916.6 mm,较常年同期 (530.1 mm) 偏多 72.9%,为 1991 年来同期最多。1998 年夏季,江淮流域平均降水量为 638.4 mm,较常年同期偏多 20.4%,仅次于 2020 年,为历史同期次多。图 2 为 2020 年、1998 年夏季降水累计距平分布图。2020 年夏季江淮流域累计降水明显偏多,特别是安徽西南部地区累计降水距平较大,最大累计降水距平可达 941.0 mm,位于安徽六安附近。1998 年夏季长江流域以北存在降水显著减少的地区,长江流域以南累计降水明显偏多,多雨带位置较 2020 年偏南,其中鄱阳湖、洞庭湖 (两湖) 流域之间以及江西、安徽、浙江交界地区累计降水距平较大,最大累计降水距平达 512.1 mm,位于两湖流域之间。

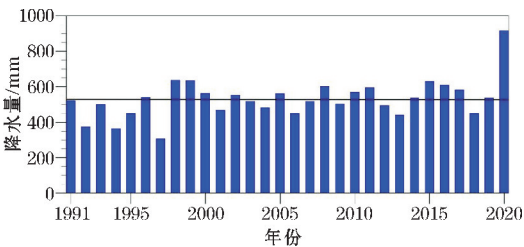


图 1 1991-2020 年夏季江淮流域平均降水量历年序列 (黑色实线为 1991-2020 年平均)

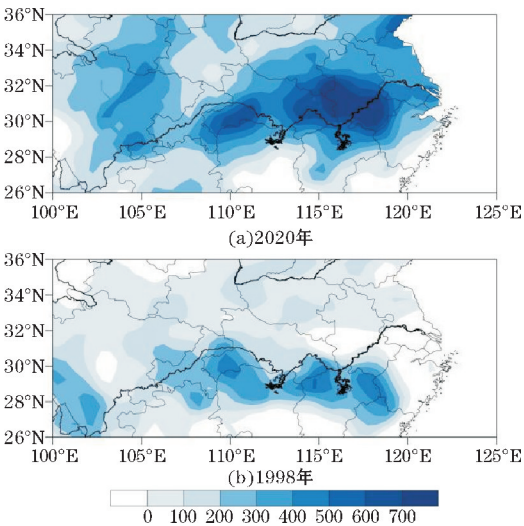


图 2 2020 年、1998 年夏季降水总距平 (阴影部分)

2.1 时空特征

根据 2020 年梅雨基本监测信息,2020 年夏季江淮流域于 6 月 1 日入梅,8 月 2 日出梅,梅雨期为 6 月 1 日-8 月 2 日,持续时间为 63 d。图 3 (a) 为 2020 年梅雨期江淮流域平均的逐日降水量演变序列,区域平均总梅雨量为 783.3 mm,区域平均日降水最大值出现在 7 月 18 日,降水量为 38.3 mm。图 3 (b) 为 2020 年江淮区域梅雨期累计降水量的空间分布,可以看到降水范围覆盖整个江淮流域,南北范围跨度广,累计降水量普遍超过 600 mm。强降水中心出现长江中下游

沿江一带,湖北东部、安徽南部、江西北部等地受灾严重,部分沿江区域达800 mm以上,最大累计降水量为1623.6 mm,位于安徽黄山附近。

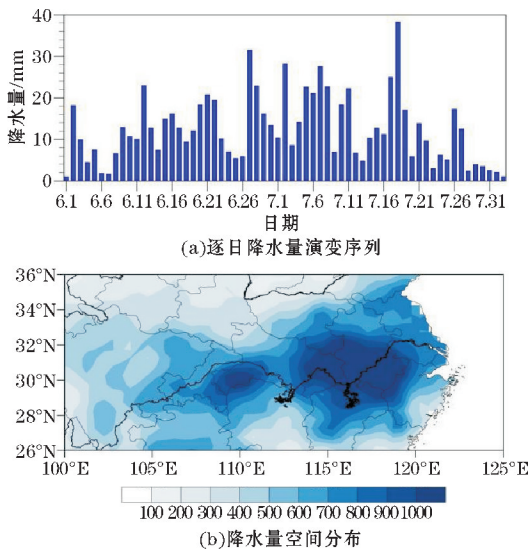


图3 2020年6月1日–8月2日梅雨期江淮流域区域平均的逐日降水量演变序列及累计降水量空间分布(阴影部分)

根据国家气候中心的1998年梅雨监测信息,1998年夏季江淮流域于6月8日入梅,8月4日出梅,梅雨期为6月8日–8月4日,梅雨期持续时间为58 d。图4(a)为1998年梅雨期江淮流域平均的逐日降水量演变序列,

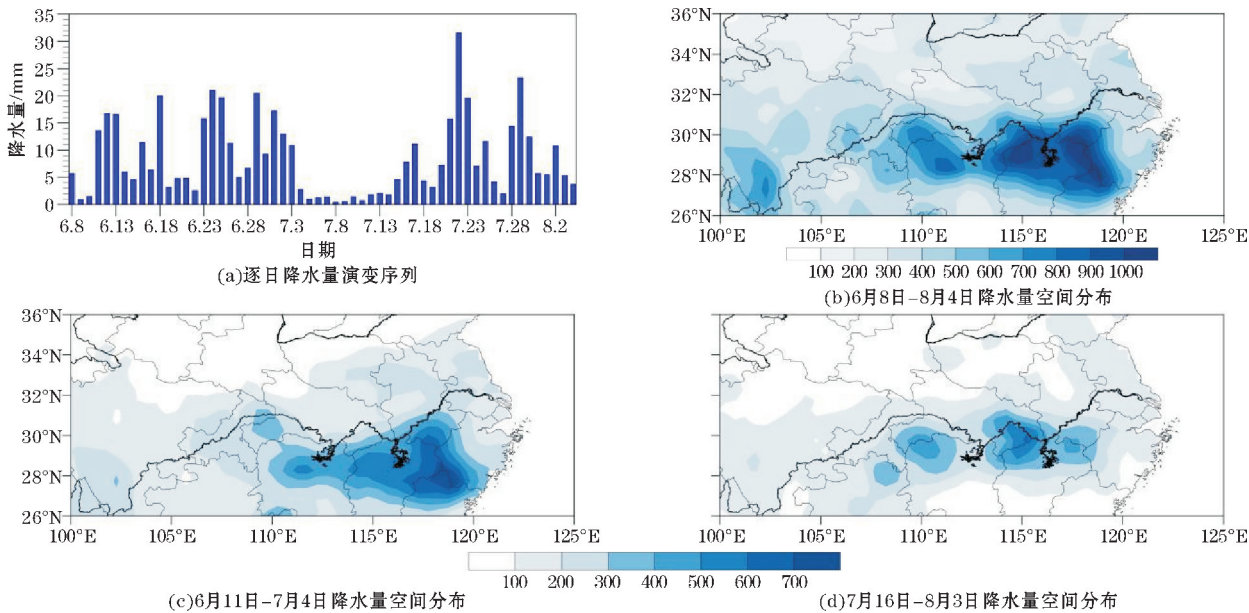


图4 1998年6月8日–8月4日梅雨期江淮流域区域平均的逐日降水量演变序列、1998年总梅雨期、第一段梅雨期、第二段梅雨期累计降水量空间分布(阴影部分)

2.2 纬向变化特征

图5为2020年、1998年梅雨期江淮流域110°E~122.5°E平均日降水量的时间–纬度剖面图,从南至北分别代表江南区(28°N~30°N)、长江中下游区

1998年梅雨期存在显著的“二度梅”特征。第一段梅雨期为6月11日–7月4日,持续时间为24 d,区域平均梅雨量为264.5 mm;第二段梅雨期为7月16日–8月3日,持续时间为19 d,区域平均梅雨量为203.4 mm。第一段梅雨期较第二段梅雨期,持续时间更长,累计降水量更大。第一段梅雨期区域平均最大降水量出现在6月24日,降水量为21.1 mm;第二段梅雨期区域平均最大降水量出现在7月22日,降水量为31.6 mm。图4(b,d)分别为1998年江淮流域总梅雨期、第一段梅雨期、第二段梅雨期累计降水量的空间分布。从图4(b)看总梅雨期,降水呈东西向带状分布,雨带位置偏南,降水大值区主要位于江南区中北部,降水量普遍超过500 mm。湖南东北部、江西北部、安徽南部、浙江西南部、福建西北部等地累计降水量达600 mm以上。特别是鄱阳湖、洞庭湖(两湖)流域之间以及江西、安徽、浙江、福建4省交界地区出现了严重洪涝,降水量达900 mm以上,最大累计降水量为1119.0 mm,位于江西景德镇附近。从图4(c)看,第一段梅雨期降水空间分布与总梅雨期一致,雨带位置偏南,江淮流域降水大值区主要位于江南以北,局地最大降水量超过700 mm。从图4(d)看,第二段梅雨期降水雨带较第一段梅雨期北移,降水大值区主要位于湖北东部、安徽南部、江西北部,局地最大降水量超过600 mm。

(30°N~32°N)、江淮区(32°N~34°N)。从图5(a)看,2020年6月1日主雨带进入江淮流域,江南区开始入梅,6月上旬雨带位置偏南,强降水中心主要位于江南区与华南北部。6月9日梅雨带开始北抬,雨带位置主要位于长江中下游区域江淮区及黄淮南部。随

后 6 月下旬至 7 月上旬主雨带稳定维持在长江中下游区域, 期间雨带位置存在多次的南北摆动, 造成雨带南北分布跨度广。7 月 10 日雨带再次北抬至江淮区, 后回落至长江中下游区至江淮区, 后又北抬。此后江淮流域降水强度逐渐减弱, 梅雨趋于结束。从图 5(b) 看, 1998 年 6 与 8 日雨带进入江南区, 6 月中下旬强降雨雨带位置偏南, 主要位于江南与华南北部, 后逐渐向

北移动。6 月 28 日前后雨带位置快速北抬至江淮地区, 7 月 4 日雨带位置北抬移出江淮流域, 华北地区进入多雨期, 对应 1998 年第一段梅雨期结束。随后, 7 月 16 日前后, 主雨带回落到江淮流域, 强降水区域主要位于长江中下游区和江南区。8 月 4 日雨带再次北抬移出江淮流域, 此后雨带位置存在轻微摆动, 江淮流域仍有小范围低强度降水产生。

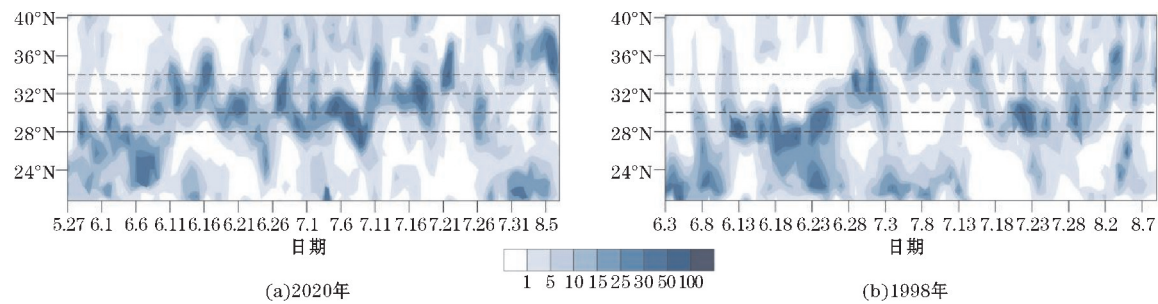


图 5 2020 年、1998 年梅雨期沿 110 °E ~ 122.5 °E 平均的逐日降水量的时间-纬度剖面图(阴影部分)(虚线代表梅雨监测区)

总体来说, 2020 年与 1998 年均均为梅雨异常年份, 夏季江淮流域梅雨期降水较常年同期均偏多。2020 年降水偏多区域位于长江沿江流域和淮河流域, 1998 年降水偏多区域位置较 2020 年偏南, 位于长江流域以南。2020 年梅雨期入梅时间为 6 月 1 日, 比 1998 年早 7 d; 出梅时间为 8 月 2 日, 比 1998 年早 2 d; 2020 梅雨期持续时间为 63 d, 比 1998 年梅雨期长 5 d。这两年梅雨期降水多雨带位置均位于长江沿江流域, 2020 年较 1998 年分布范围更大, 南北跨度更大, 梅雨量更大, 降水强度更大。从这两年梅雨期降水的纬向分布来看, 2020 年与 1998 年雨带位置均在江淮流域内存在显著的南北位移的阶段变化。2020 年雨带位置基本以 30 °N ~ 32 °N 为中心, 在 28 °N ~ 34 °N 南北摆动, 具有明显的阶段性变化, 最强降水时段为 7 月中旬。1998 年雨带位置较 2020 年偏南, 雨带位置基本以 28 °N ~ 30 °N 为中心, 南北摆动明显, 出现显著“二度梅”特征^[22], 两段梅雨降水期均存在各自最强降水时段, 分别为 6 月下旬和 7 月下旬。

3 2020 年、1998 年梅雨期大气环流特征对比

对 2020 年、1998 年江淮流域梅雨期大尺度环流的演变特征进行对比讨论, 分析这两年大气环流异常的差异。

3.1 西太平洋副热带高压

西太平洋副热带高压是东亚季风环流系统中最重要的成员之一, 对中国江淮流域夏季降水意义重大。

副高脊线的南北位移和西伸东退与降水雨带位置的变化有很好的对应关系, 副高强度和位置的异常直接决定了水汽输送的异常以及冷暖空气的交绥位置。当脊线位于 18 °N ~ 26 °N, 有利于江淮梅雨的发生和维持^[9,23]。图 6 分别为 2020 年、1998 年梅雨期 110 °E ~ 130 °E 副高脊线位置的逐日演变序列。从图 6(a) 看, 2020 年 5 月 27 日前后西太副高第一次开始北抬, 江淮流域有小范围降水产生。6 月 1 日副高脊线到达 20 °N 附近, 江淮流域进入梅雨期。此后脊线有短暂的南落和停留, 对应图 5(a) 降水剖面图中, 主雨带位置偏南。6 月 9 日副高脊线再次到达 20 °N 附近, 此时雨带位置开始北抬。6 月 24 日副高开始第三次北抬, 并于 6 月 25 至 7 月 10 日期间稳定维持在 20 °N ~ 23 °N, 为长江中下游沿江出现持续性降水过程提供了非常有利且稳定的环流条件。7 月中旬, 副高再次出现两次波动, 对应江淮流域主雨带也发生南北跨度较大的摆动, 强降水过程频繁, 影响范围增大。直到 7 月 28~31 日, 副高第六次明显北抬至 26 °N 以北, 夏季主雨带移出江淮流域, 江淮流域梅雨趋于结束。

从图 6(b) 看, 1998 年 6 月 8 日前后西太副高开始第一次北抬, 江淮流域进入第一段梅雨期。6 月 10 日脊线位于 18 °N 附近, 此后副高脊线在 18 °N ~ 21 °N 浮动, 对应图 5(b) 此阶段强降水雨带位置偏南。6 月 24 日, 脊线开始北抬, 雨带位置也开始逐渐北移。7 月 4 日前后副高脊线迅速北抬至 26 °N, 江淮流域第一阶段梅雨期结束。此后脊线继续北抬到达 26 °N 以北, 进入华北地区, 对应于华北地区进入夏季强降水阶段。7 月 13 日副高脊线再次南退至 23 °N 附近, 雨带位置也渐渐南落到江淮流域, 并于 7 月 16 日进入到第二段梅

雨期,即“二度梅”。8月3日前后,副高脊线再次北抬出26°N,至此江淮流域梅雨期结束。

2020年、1998年副高脊线阶段性的北抬南落,与图5分析得到的梅雨期雨带位置和强降水过程的南北移动有很好的对应关系。西太副高南北位置的异常变化是导致中国东部夏季降水的雨带位置移动的重要原因。

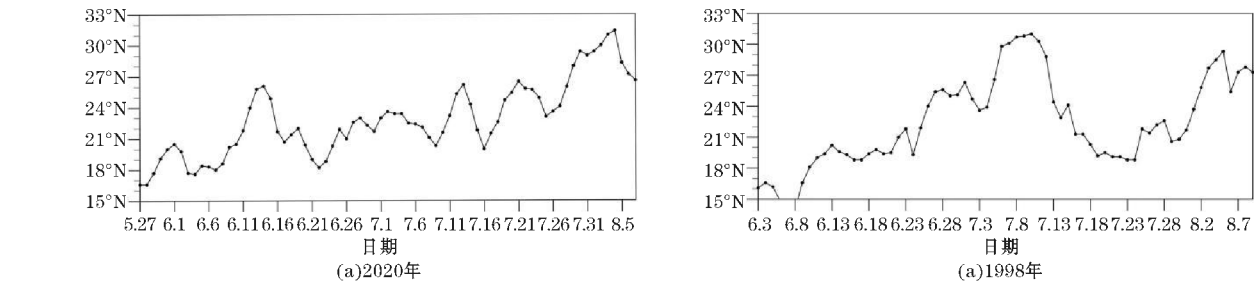


图6 2020年、1998年梅雨期110°E~130°E副高脊线位置的逐日演变序列

3.2 大气环流异常特征分析

图7为2020年梅雨期大气环流及距平图。从图7(a)可见,南亚高压呈带状分布,较气候平均偏强偏东。南亚高压北侧为高空西风急流,急流中心轴位于35°N~40°N。江淮流域位于南亚高压范围内,处于高空急流南侧的辐散上升区。南亚高压主体范围内,包括江淮流域上空,处于异常反气旋环流控制下,西太平洋为异常气旋型环流控制。从图7(b)可见,500 hPa欧亚中高纬度大气环流表现为“两脊一槽”型,其中乌拉尔山以西和鄂霍茨克海为较强的高压脊,高压脊向极区伸展,且

2020年与1998年,梅雨期副高脊线均存在显著的北抬和南撤阶段,副高脊线的变化对应梅雨期的开始和结束,主雨带的南北摆动。其中,2020年副高脊线多次北抬和南撤的阶段性变化,与梅雨期主雨带的位置变化有很好的对应关系。1998年副高脊线也有明显的北抬和南撤,导致江淮流域出现显著“二度梅”特征。

鄂霍次克海存在偏强的阻塞高压。巴尔喀什湖附近为低压槽,经向度较大,有利于来自中高纬地区的冷空气南下。亚洲中高纬东亚地区从高纬到低纬为“+-+”的距平型,江淮流域位于位势高度场正距平场。同时,西太平洋副热带高压显著偏强、偏西。从图7(c)可见,从孟加拉湾到南海西南季风偏弱。华北地区为较弱的异常反气旋环流控制,黄海附近有一异常气旋性环流,菲律宾附近、南海与西北太平洋为异常反气旋环流控制。东北反气旋东部以及黄海气旋西部外围的东北风,使冷空气南下并正好与南海反气旋带来的西南暖湿水汽交汇,造成江淮流域的降水偏多。

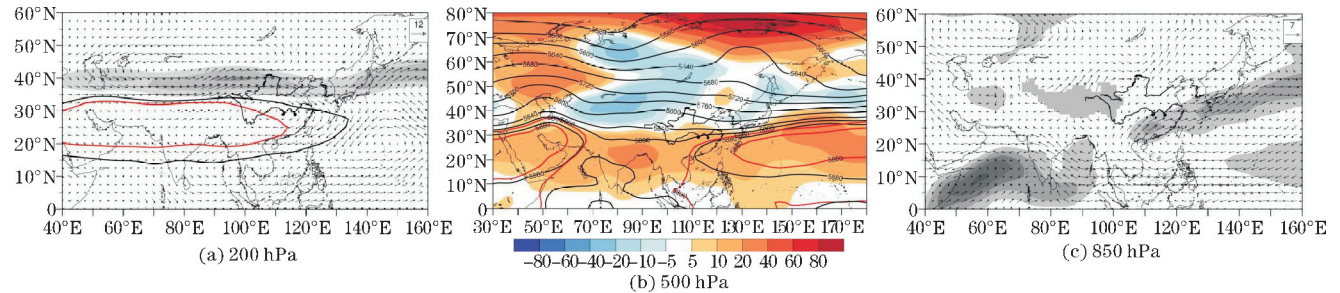


图7 2020年梅雨期200 hPa距平风场(黑色实线为12520等值线,红色实线为6-7月气候平均12520等值线,阴影部分为风速≥30 m·s⁻¹的高空急流)、500 hPa位势高度场(等值线)和距平场(阴影区)(红色等值线表示6-7月气候平均5880和5860等值线)及850 hPa距平风场(阴影部分为风速≥7 m·s⁻¹的低空急流)

图8为1998年两段梅雨期大气环流及距平图。从图8(a)、(d)可见,1998年两段梅雨期南亚高压均呈带状分布,较气候平均偏强偏东。第一段梅雨期较第二段梅雨期南亚高压东脊点位置偏西,且南亚高压脊线位置偏南,主体也偏南,对应此阶段江淮流域梅雨雨带位置偏南。南亚高压北侧为高空西风急流,两段梅雨期急流中心轴位于35°N~40°N,第一段梅雨期较第二段梅雨期高空急流范围更大,强度更强。两段

梅雨期江淮流域上空,均处于异常反气旋环流控制下,处于高空急流南侧的辐散上升区。从图8(b)、(e)可见,1998年两段梅雨期,500 hPa欧亚中高纬均呈“两脊一槽”形势。第一段梅雨期乌拉尔山与鄂霍次克海均为加强的高压脊,贝加尔湖为加强的低压槽;第二段梅雨期乌拉尔山以东与鄂霍次克海以西均为加强的高压脊,贝加尔湖至中国东部为加强的低压槽。第一段梅雨期较第二段梅雨期,欧亚中高纬度高压脊与低压

槽的强度更强,大气环流的经向度更大,冷空气更活跃,对应于第一段梅雨期降水强度大于第二段梅雨期。亚洲中高纬东亚地区从高纬到低纬均为“+--+”的距平型,第一段梅雨期江淮流域位于位势高度场正距平场;第二段梅雨期江淮流域位于位势高度场负距平场。西太副高均偏西、偏强,第一段梅雨期较第二段梅雨期,副高脊线偏南,对应于第一段梅雨期雨带位置分布较第二段偏南。从图 8(c)、(f)可见,两段梅雨期从孟加拉湾到南海的西南季风均偏弱。第一段梅雨期,西北太平洋对流层低层为异常反气旋环流控制;第二段梅雨期,中国南海、菲律宾附近与西北太平洋对流层低层存在多个异常反气旋环流。来自南海和西太平洋的低空急流将水汽输送到江淮流域,为梅雨期降水提供有利的水汽条件。

由此可见,2020 年与 1998 年两段梅雨期的大气环流存在许多相似之处:200 hPa 南亚高压呈带状分布,偏东偏强。江淮流域上空位于南亚高压主体范围内,处于异常反气旋环流控制下的高空辐散上升区;

500 hPa 欧亚中高纬均呈“两脊一槽”形势,亚洲中高纬东亚地区从高纬到低纬为“+--+”的距平型,环流经向发展强,有利于中高纬度阻塞形势的出现,导致降水偏多;副高均偏强偏西,从孟加拉湾到南海的西南季风均偏弱,索马里急流和赤道印度洋至南海越赤道气流大体接近常年,无明显异常。虽然西南季风偏弱,但强大的副高持续稳定地将西南季风引导至江南至华南北部,使这一带西南暖湿气流偏强,与冷槽引导的北方南下干冷空气在长江中下游辐合,在高层辐散形势配合下形成强降水。这两年大气环流也存在诸多差异:500 hPa 高度场,1998 年两段梅雨期乌拉尔山与鄂霍次克海附近高压脊距平场强度强于 2020 年梅雨期,贝加尔湖低压槽也更强,经向发展更强;2020 年东亚沿海附近较 1998 年更多平均低槽区,且槽区位势高度为负距平,表明东亚沿岸低槽活跃,冷空气势力也较强;1998 年第一段梅雨期的高空西风急流中心轴、南亚高压脊线和副高脊线较 2020 年梅雨期和 1998 年第二段梅雨期偏南,对应此阶段雨带位置较偏南。

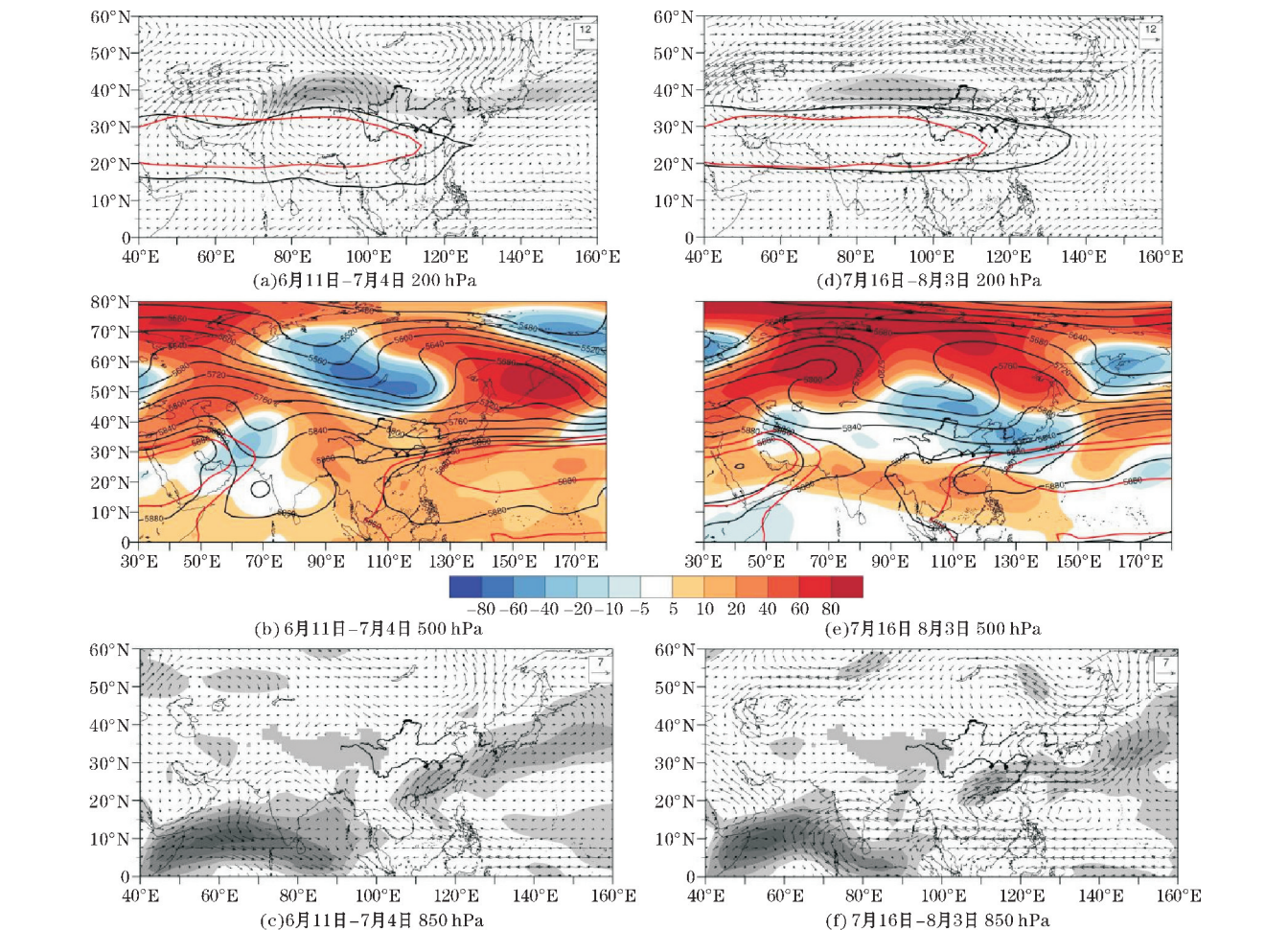


图 8 1998 年第一段梅雨期、第二段梅雨期 200 hPa 距平风场(黑色实线为 12520 等值线;红色实线为 6-7 月气候平均 12520 等值线;阴影部分为风速 $\geq 30 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的高空急流),500 hPa 位势高度场(等值线)和距平场(阴影区)(红色等值线表示 6-7 月气候平均 5880 和 5860 等值线及 850 hPa 距平风场(阴影部分为风速 $\geq 7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的低空急流))

3.3 热带大气季节内振荡(MJO)对比分析

MJO 是热带地区大气低频振荡最显著的信号,时间尺度为 30~60 d,MJO 对流通过向东向北的传播特征,影响到水汽输送进而影响东部降水^[24-29]。无论在春季还是在夏季,当 MJO 对流主体位于热带印度洋时(2,3 位相),长江中下游地区、西南、华南地区降水偏多;而 MJO 对流主体位于西太平洋时(6,7 位相),南方和长江流域降水偏少。

图 9 为 2020 年、1998 年 6-8 月 MJO 指数位相图。从图 9(a)可见,2020 年 MJO 表现出异常东传现象,在主要梅雨期的 6-7 月,MJO 对流活跃在热带印度洋(1,2,3 位相),这两个月有 59 个“活跃 MJO”日。在热带印度洋中活跃的 MJO 有利于西北太平洋对流低层产生异常的反气旋环流(图 7c),从热带海洋为东亚持续输送丰富的水汽,为江淮流域持续性降水提供有利的条件。8 月,MJO 经 3,4 位相依次东传经过 5~8 位相,再回到 1,2 位相,完成一个全位相循环。从图 9(b)可见,1998 年 MJO 活跃程度低于 2020 年,在主要梅雨期的 6-7 月,MJO 从 4,5 位相逐渐东传至 6,7 位相,后稳定活跃在 2,3 位相。8 月 MJO 主要活跃在热带印度洋西部(1,2 位相),处于 6~7 位相只有 2 d,且强度较弱。

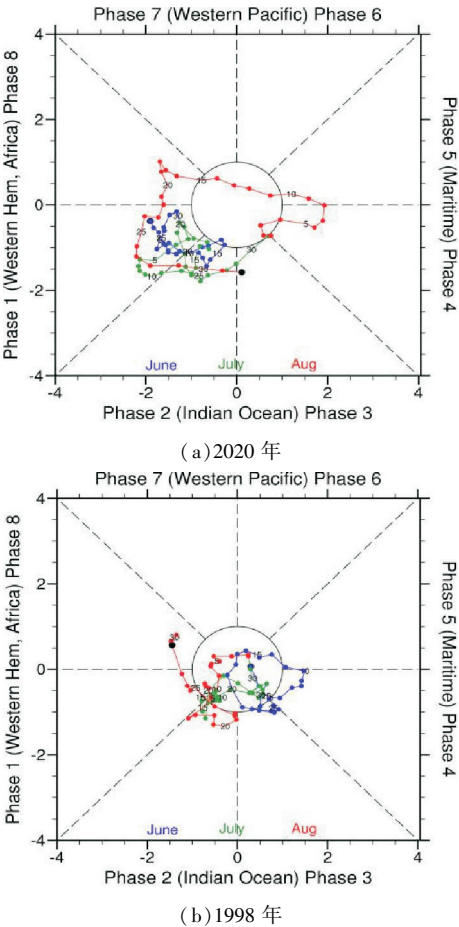


图 9 2020 年、1998 年 6-8 月 MJO 指数位相 (蓝、绿、红分别代表 6、7、8 月指数)

4 结论

利用多种数据资料,对比分析了 2020 年和 1998 年两个典型的强梅雨年江淮流域梅雨期降水特征,以及造成持续性异常降水的大气环流变化的异同点,得出以下结论:

(1)2020 年与 1998 年江淮流域梅雨期降水特征的异同点:2020 年和 1998 年均梅雨异常年,夏季江淮流域降水量较常年同期均偏多,2020 年偏多 72.9%,为 1991 年以来最强,且明显强于 1998 年(20.4%),均给长江中下游地区带来了严重的洪涝灾害。这两年梅雨均存在以下特点:入梅时间早,出梅时间晚,雨季持续时间长,降水范围广,降水强度大。2020 年梅雨降水异常程度总体上强于超强厄尔尼诺事件次年的 1998 年梅雨期,入梅时间更早,梅雨期更长,累计降水量更大。2020 年最大累计降水量为 1623.6 mm,位于安徽黄山附近;1998 年最大累计降水量为 1119.0 mm,位于江西景德镇附近。2020 年梅雨期多雨带南北分布范围更广,累计降水量普遍超过 600 mm,而 1998 年多雨带位置较 2020 年偏南,降水量普遍超过 500 mm。2020 年梅雨影响范围主要位于长江中下游沿江一带,湖北东部、安徽南部、江西北部等地受灾严重。1998 年梅雨期影响区域主要在长江中游和两湖流域,“二度梅”进一步增强了长江中游洪涝灾害。

(2)西太副高的南北位移振荡特征与梅雨期的开始和结束、主雨带位置和强降水过程的南北移动有很好的对应关系变化。2020 年梅雨期间副高脊线共经历了 6 次北抬和南撤的阶段性变化,前两次北抬振幅较强,主雨带进入江淮流域,梅雨期开始,中间 3 次振幅相对较小,主雨带位置稳定于江淮流域内,存在小幅度的南北位移。最后一次北抬对应江淮梅雨趋于结束。1998 年梅雨期间副高脊线第一次明显北抬,江淮流域进入梅雨期,主雨带位置偏南,之后副高北抬时雨带位置也有明显的北跳。7 月 4 日前后副高持续北抬进入华北地区,对应第一段梅雨期结束。之后副高南退,雨带位置回落到江淮流域,出现显著“二度梅”特征。

(3)2020 年梅雨期和 1998 年两段梅雨期大气环流存在诸多共同特点:200 hPa 南亚高压主体位于青藏高原上部,呈带状分布,江淮流域位于南亚高压主体内。南亚高压脊线稳定维持在 20°N~30°N,东伸脊点较气候平均偏东。同时,副热带高压向西延伸,脊点较气候平均偏西,副高北侧 5840 gpm 线则始终维持在江淮流域附近。500 hPa 中高纬表现为典型的“两脊一

槽”型,乌拉尔山和鄂霍次克海附近为高压脊,贝加尔湖附近为低压槽,槽脊位置的不同、槽脊经向发展的强度对冷空气的活动有重要影响。200 hPa高空急流主要位于江淮流域的北部,850 hPa低空西南急流主要位于江淮流域上,江淮流域同时受到槽后南下冷空气与副高西南侧北上暖湿气流的共同作用,高空强辐散与低空强辐合长时间维持为持续性强降水提供了有利的动力条件。1998年两段梅雨期乌拉尔山与鄂霍次克海附近高压脊、贝加尔湖低压槽强度,槽脊经向发展强度较2020年梅雨期偏强,但是2020年梅雨期中高纬阻塞高压、东亚沿海低槽、冷空气势力活跃强度较1998年两段梅雨期更强,因此南下冷空气与副高西南侧北上暖湿气流在江淮流域的辐合更强,导致2020年梅雨期降水强度强于1998年。

(4)2020年和1998年MJO表现出异常东传现象,在主要梅雨期的6-7月,2020年MJO对流活跃在热带印度洋。1998年MJO活跃程度低于2020年,MJO从4.5位相逐渐东传至6.7位相,后稳定活跃在热带印度洋。在热带印度洋中活跃的MJO有利于西北太平洋对流低层产生异常的反气旋环流,为江淮流域持续性降水提供有利的条件。

参考文献:

- [1] 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,1992:495-496.
- [2] 丁一汇,柳俊杰,孙颖,等. 东亚梅雨系统的天气-气候学研究[J]. 大气科学,2007(6):1082-1101.
- [3] 毛文书. 江淮梅雨异常大气环流特征及其影响因子分析[D]. 南京:南京信息工程大学,2006.
- [4] 叶笃正,黄荣辉. 我国长江黄河两流域旱涝规律成因与预测研究的进展、成果与问题[J]. 地球科学进展,1991(4):24-29.
- [5] 万金红,张葆蔚,刘建刚,等. 1950-2013年我国洪涝灾情时空特征分析[J]. 灾害学,2016,31(2):63-68.
- [6] 魏凤英,张京江. 1885~2000年长江中下游梅雨特征量的统计分析[J]. 应用气象学报,2004(3):313-321.
- [7] 陶诗言,赵煜佳,陈晓敏. 东亚的梅雨期与亚洲上空大气环流季节变化的关系[J]. 气象学报,1958(2):119-134.
- [8] 李崇银,王作台,林士哲,等. 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[J]. 大气科学,2004(5):641-658.
- [9] 周曾奎. 江淮梅雨的天气气候和环流形势特征[J]. 气象科学,1988(4):42-53.
- [10] 金荣花,陈涛,鲍媛媛,等. 2007年梅汛期异常降水的大尺度环流成因分析[J]. 气象,2008(4):79-85.
- [11] 刘梅,俞剑蔚,韩桂荣,等. 2011年7月中旬江淮流域持续性强降水的环流特征分析[J]. 热带气象学报,2014,30(1):153-160.
- [12] 王黎娟,陈璇,管兆勇,等. 我国南方洪涝暴雨期西太平洋副高短期位置变异的特点及成因[J]. 大气科学,2009,33(5):1047-1057.
- [13] 赵俊虎,陈丽娟,王东阡. 2016年我国梅雨异常特征及成因分析[J]. 大气科学,2018,42(5):1055-1066.
- [14] 严佩文,黄丹青. 江淮地区夏季持续性降水特征及其与东亚高空急流的联系[J]. 热带气象学报,2017,33(5):741-749.
- [15] 何金海,吴志伟,江志红,等. 东北冷涡的“气候效应”及其对梅雨的影响[J]. 科学通报,2006(23):2803-2809.
- [16] 许建玉,王艳杰. 基于ERAInterim资料的2003年淮河流域梅雨期水汽收支分析[J]. 暴雨灾害,2013,32(4):324-329.
- [17] 胡景高,陶丽,周兵. 南亚高压活动特征及其与我国东部夏季降水的关系[J]. 高原气象,2010,29(1):128-136.
- [18] 王黎娟,庞玥,于波,等. 江淮流域梅雨期持续性强降水及其10~30 d低频环流特征[J]. 热带气象学报,2014,30(5):851-860.
- [19] 尹志聪,王亚非. 江淮夏季降水季节内振荡和海气背景场的关系[J]. 大气科学,2011,35(3):495-505.
- [20] 王旭栋,管兆勇,周游. 夏半年热带太平洋中部型海温异常与热带印度洋海盆模对同期中国东部降水的共同影响[J]. 大气科学学报,2017,40(6):737-748.
- [21] 邓汗青,罗勇. 近50年长江中下游春季和梅雨期降水变化特征[J]. 应用气象学报,2013,24(1):23-31.
- [22] 中国气象局国家气候中心. 98中国大洪水与气候异常[M]. 北京:气象出版社,1998.
- [23] 刘芸芸,丁一汇. 2020年超强梅雨特征及其成因分析[J]. 气象,2020,46(11):1393-1404.
- [24] Yihui Ding, YyunLiu, ZengZhen Hu. The Record-breaking Meiyu in 2020 and Associated Atmospheric

- Circulation and Tropical SST Anomalies [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2021(11).
- [25] 中国气象局, 2017. GB/T 33671-2017, 梅雨监测指标[S]. 北京: 中国标准出版社.
- [26] Wheeler M C, Hendon H H. An all-season real-time multivariate MJO index: Development of an index for monitoring and prediction [J]. *Monthly weather review*, 2004, 132(8): 1917-1932.
- [27] 周佰铨. 基于大尺度环流型的我国江淮流域夏季降水变化归因及情景预估研究[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2018.
- [28] 吴捷, 任宏利, 许小峰, 等. MJO 对我国降水影响的季节调制和动力-统计降尺度预测[J]. *气象*, 2018, 44(6): 737-751.
- [29] 李崇银, 潘静, 宋洁. MJO 研究新进展[J]. *大气科学*, 2013, 37(2): 229-252.

Analysis and Comparison of Precipitation Process between 2020 and 1998 Meiyu Periods in the Yangtze-Huaihe River

HU Jiajie, WANG Wei

(College of Atmospheric Science, Chengdu University of Information Technology, Plateau Atmospheric and Environment Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610225, China)

Abstract: In order to explore the difference of the precipitation processes during the extreme Meiyu period in the Yangtze-Huaihe River Basin between the 2020 and 1998, the similarities and differences of the precipitation features in Meiyu periods between the 2020 and 1998 were studied, and the atmospheric circulation characteristics leading to abnormal precipitation anomalies in these two years are compared and analyzed. The results show that: (1) The summer precipitation in the Yangtze-Huaihe River Basin in the two years is more than that in the same period of the normal years, the Meiyu in 2020 and 1998 have the same features of earlier onset, later retreat, longer duration of the rainy season, wider range of precipitation, and higher intensity of precipitation. The abnormal degree of Meiyu period in 2020 is generally stronger than that of 1998. In 2020, the rainfall belt covers the entire Yangtze-Huaihe River Basin, and the maximum accumulative precipitation is 1623.6mm, which is located in Huangshan, Anhui Province. The position of the rainfall belt in 1998 was more southward than that in 2020, and the maximum accumulated precipitation is 1119.0mm, which occurred in Jingdezhen, Jiangxi Province. (2) During the Meiyu season in the two years, the western Pacific subtropical high (WPSH) experienced multiple stages of northward migration and southward retreat. The onset and retreat of the Meiyu, the location of the main rainfall belt, and the occurrence and persistence of the rainstorm processes had a good correspondence with the WPSH. (3) The atmospheric circulation during the Meiyu period in 2020 and 1998 has many similar features. The South Asian High is stronger than normal and eastward extending, the WPSH is stronger than normal and westward extending, and the middle and high latitudes show a typical "two ridges and one trough" pattern. The Yangtze-Huaihe River Basin is the water vapor convergence area of the cold air from the South behind the troughs and the warm moisture flow from the southwest of the subtropical high. (4) During the Meiyu period in 2020, the blocking high in the middle and high latitudes, the low trough along the coast of East Asia, the active intensity of cold air force, and the activity of MJO in the Indian Ocean is stronger than those in the two Meiyu periods in 1998, which is more conducive to the abnormal anticyclone circulation in the lower convective layer of the Northwest Pacific. Therefore, the convergence of cold air from the South and warm moisture flow from the Southwest of the subtropical high in the Yangtze-Huaihe River Basin is stronger, and has more favorable water vapor conditions, resulting in a stronger precipitation intensity during the Meiyu period in 2020 than in 1998.

Keywords: meteorology; climate and climate change; Yangtze-Huaihe River Basin; Meiyu; summer precipitation; Western Pacific subtropical high; circulation anomaly; MJO