

文章编号: 2096-1618(2024)04-0452-06

# 亚州-太平洋涛动对中国汛期降水的影响

刘美希<sup>1</sup>, 华维<sup>1,2,3</sup>

(1. 成都信息工程大学大气科学学院, 四川 成都 610225; 2. 高原大气与环境四川省重点实验室, 四川 成都 610225; 3. 四川省气象灾害预测预警工程实验室, 四川 成都 610225)

**摘要:**为更好分析近几十年来亚州-太平洋涛动(Asian-Pacific oscillation, APO)的时空变化特征及其对降水的影响。基于1961–2020年CN05.1逐月降水量资料和NCEP/NCAR月平均再分析资料,采用经验正交函数分解、合成分析以及回归分析等方法分析汛期(5–9月)APO的气候特征及其对中国同期降水的影响。结果表明:汛期亚州-太平洋地区对流层中上层扰动温度存在“跷跷板”式的反向分布特征,即亚洲对流层中上层扰动温度偏高(低)时,太平洋上空对流层中高层扰动温度偏低(高)。汛期亚州-太平洋涛动指数(APO index, APOI)与中国同期降水的相关关系由南至北呈“正—负—正”的空间分布,与长江流域汛期降水呈显著负相关关系、华北汛期降水呈显著正相关关系。对大气环流的分析表明, APO可通过改变亚洲夏季风环流影响中国汛期降水, APO与东亚和南亚夏季风均为正相关关系, 即当APOI偏高时, 亚洲夏季风整体偏强。

**关键词:**亚州-太平洋涛动; 汛期降水; 大气环流

**中图分类号:** P425

**文献标志码:** A

**doi:** 10.16836/j.cnki.jcuit.2024.04.009

## 0 引言

中国是异常极端天气气候事件发生最为频繁的国家之一, 每年汛期5–9月均是中国极端天气气候事件的高发期。如2021年7月17–23日, 河南遭遇历史罕见特大暴雨, 全省过程平均降水量为76 mm, 过程降雨量最大值达到732 mm, 造成严重的人员伤亡和财产损失<sup>[1]</sup>。影响中国汛期降水的因子十分复杂, 既有印度洋、大西洋和太平洋海温的作用, 如印度洋海温异常变化可通过“风—蒸发—海温”反馈机制对东亚地区季风环流造成影响<sup>[2]</sup>, 即当印度洋海温处于正(负)偶极子位相期间, 西南季风爆发偏晚(早), 强度偏强(减弱), 中国大陆降水增多(减少)<sup>[3]</sup>。同时, 太平洋和大西洋海温异常关键区与长江中下游地区的降水异常也呈显著的相关关系<sup>[4]</sup>。除海温外, 中国汛期降水也明显受到欧亚大陆积雪的影响, 如欧亚冬、春季积雪与中国南方和北方夏季降水间存在较强的相关关系, 而与中国西部、中部和东北地区夏季降水则呈负相关关系<sup>[5–7]</sup>。此外, 青藏高原对汛期降水的影响也不可忽视。青藏高原作为强大的热源和水汽源可对东亚夏季风环流的维持及降水的年际变化起到十分重要的影响<sup>[8–11]</sup>。

作为青藏高原大地形条件下加热作用的产物, 夏半年亚洲和太平洋对流层中上层存在明显的扰动温度纬向“跷跷板”现象, 即当亚洲大陆中纬度对流层中高

层异常偏暖(冷)时, 对应的中东太平洋中纬度对流层中高层偏冷(暖), 反之亦然。由于该遥相关位于亚州-太平洋地区, 故也被称为亚州-太平洋涛动(Asian-Pacific oscillation, APO)<sup>[12–13]</sup>。APO型遥相关在平流层同样存在, 但其位相与对流层相反。APO可对东亚地区气候产生明显影响。已有研究表明, 夏季APO偏强时, 在低层, 亚洲大陆低压槽加深, 西北太平洋副热带高压位置偏北、偏强, 北美低压偏弱; 在高层, 南亚高压偏强且位置偏北, 太平洋低压槽加深, 中纬度西风急流和热带东风急流均增强。说明APO与东亚急流、南亚高压、西太副高等有着密切联系<sup>[14–16]</sup>。东亚季风是青藏高原和西伯利亚地区的热力差异以及海陆热力差异共同作用所产生的, 而APO强度指示青藏高原和太平洋上空的热力差异, 能一定程度上反应东亚夏季风强度。夏季APO偏强时, 西北太平洋副高加强、西风带位置偏南、西太平洋东南风加强、南海偏西风加强、东亚和南亚季风偏强, 导致东亚地区出现偏湿的气候, 反之亦然<sup>[17–19]</sup>。具体而言, 夏季APO强度与同期长江中下游流域降水为显著的负相关关系, 而与同期华北降水呈正相关关系<sup>[20]</sup>。中国近海热带气旋活动和降水一定程度上也为夏季APO所调制<sup>[21]</sup>。此外, 夏季APO还可导致中国西北地区东部秋季干湿状况产生异常<sup>[22]</sup>。

上述工作取得了丰富的研究成果, 加深了对东亚气候系统的认识, 然而已有研究多分析夏季APO对中国同期降水的影响。研究表明APO对梅雨锋及长江中下游的降水影响显著, 长江流域的降水主要集中于汛期(5–9月), 通常为50%以上, 可达70%左右。长

收稿日期: 2023-03-18

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(42275022); 第二次青藏高原综合科学考察研究资助项目(2019QZKK010203)

通信作者: 华维. E-mail: huawei@cuit.edu.cn

江流域南部在5月开始进入梅雨季节,降水逐渐增多,在9月梅雨季节基本结束,降水明显减少,研究汛期APO对中国同期降水的影响有利于深入理解梅雨期降水的气候变化规律<sup>[23-24]</sup>。因此,本文基于再分析资料和高分辨率地面降水格点资料,采用多种统计分析方法对近60年来汛期5-9月APO的气候特征及其对中国同期汛期降水的影响进行分析,以期进一步深化对东亚季风气候动力学和气候变化的理解。

## 1 资料与方法

### 1.1 资料

大气再分析资料采用美国国家环境预报中心和美国国家大气研究中心提供的逐月环流场再分析资料<sup>[25]</sup>,要素包括位势高度 $H$ 、纬向风 $U$ 、经向风 $V$ 、气温 $T$ 、垂直速度 $\omega$ 和比湿 $q$ ,其中 $H$ 、 $U$ 、 $V$ 、 $T$ 和 $\omega$ 在垂直方向上共17层, $q$ 为8层,该资料空间分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。

降水资料为吴佳等<sup>[26]</sup>研制的CN05.1降水数据集,该资料为基于中国2400多个地面气象台站经插值处理得到的逐日降水资料,其空间分辨率为 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 。此外,研究时段为1961-2020年,汛期定义为5-9月。

### 1.2 方法

APO是一种存在于亚洲和太平洋地区对流层中上层扰动温度的一种“跷跷板”型遥相关现象。将扰动温度定义为对流层500~200 hPa平均的 $T' = T - \bar{T}$ ,其中 $T$ 为大气温度, $T'$ 为气温的纬向平均。与已有研究一致,APO指数(Asian-Pacific oscillation index, APOI)定义为

$$\text{APOI} = T'_{60^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}, 15^\circ\text{N} \sim 50^\circ\text{N}} - T'_{180^\circ\text{W} \sim 120^\circ\text{W}, 15^\circ\text{N} \sim 50^\circ\text{N}} \quad (1)$$

文中还采用了经验正交函数分解(empirical orthogonal function, EOF)、合成分析、回归分析、相关系数等方法对汛期5-9月APO的气候特征及其对中国同期降水的影响进行分析。

## 2 汛期5-9月APO的气候特征

### 2.1 垂直结构

图1给出了1961-2020年气候平均的汛期5-9月沿 $30^\circ\text{N}$ 的 $T'$ 垂直剖面。由图可见, $T'$ 正值区主要出现在东亚大陆,其最强暖中心位于青藏高原上空,中心正异常值超过 $6^\circ\text{C}$ ,而对应的 $T'$ 负值区主要出现在太平洋上空高层,其最强冷中心出现在中东太平洋对流层,中心负异常值超过 $-3^\circ\text{C}$ ,这表明汛期5-9月东亚大陆对流层中上层为相对暖区,而太平洋对流层中上层为相对冷区。进一步分析可知,东亚大陆和中东太平洋地区上空的 $T'$ 在垂直方向上并未表现出明显的倾斜特征,即太平洋上空对流层中上部皆为冷区,亚洲大陆上空均为暖

区,正负 $T'$ 中心均位于分布在700~150 hPa。

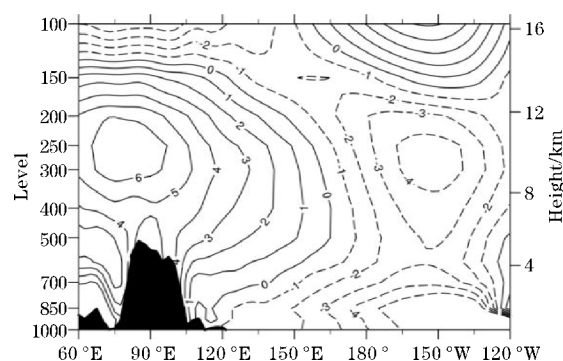


图1 1961-2020年汛期5-9月沿 $30^\circ\text{N}$ 的 $T'$ 垂直剖面

### 2.2 水平分布

图2给出了1961-2020年汛期5-9月亚洲-太平洋地区500~200 hPa平均的扰动温度EOF分解结果和气候态分布。由EOF分解结果(图2a)可知,EOF第一模态方差贡献为31.3%,通过North检验,能够代表亚洲-太平洋地区 $T'$ 的主要变化特征,其空间分布主要表现为冷(暖)中心分别位于中东太平洋(东亚大陆)上空,最大(小)值为4.11( $-2.71$ ),总体表现出亚洲和太平洋地区对流层中上层 $T'$ 的“跷跷板”反向变化特征。进一步由 $T'$ 的气候平均态(图2b)可知,与EOF第一模态类似,其空间分布同样表现出类似的“跷跷板”结构。

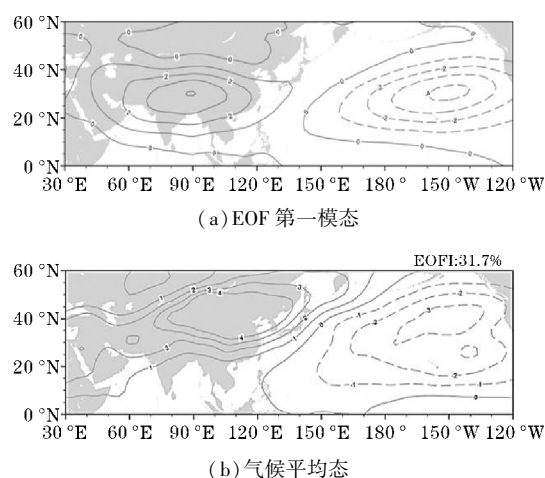


图2 1961-2020年汛期5-9月对流层中高层 $T'$ 的EOF第一模态和气候平均态

为分析东亚地区和太平洋地区 $T'$ 的相关关系,根据式(1)将亚洲地区( $15^\circ\text{N} \sim 50^\circ\text{N}$ ,  $60^\circ\text{E} \sim 120^\circ\text{E}$ )和太平洋地区( $15^\circ\text{N} \sim 50^\circ\text{N}$ ,  $180^\circ\text{W} \sim 120^\circ\text{W}$ )区域平均的 $T'$ 定义为亚洲指数(Asia index, AI)和太平洋指数(Pacific index, PI)。图3给出了1961-2020年汛期5-9月AI和PI的标准化时间序列。由图3可知,AI与PI为显著的负相关关系,其相关系数达到 $-0.78$ ,通过0.01的显著性水平检验。近60 a中共计55 a的AI和PI为反位相变化关系,仅5 a两指数为位相分布(1965年、1966年、

1968年、1969年和2009年),这进一步验证了亚洲—太平洋地区对流层上空 $T'$ 的“跷跷板”变化特征。

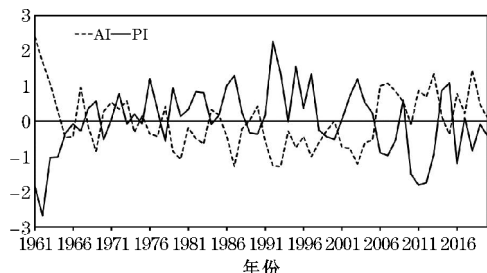


图3 1961–2020年汛期5–9月AI和PI标准化时间序列

### 3 汛期5–9月APO对中国降水及东亚大气环流的影响

#### 3.1 汛期降水

图4为1961–2020年汛期5–9月APOI与中国同期降水的相关系数分布。由图4可以发现,5–9月APOI与中国同期降水之间的相关系数由北至南大致呈“负—正—负”的空间分布,其中新疆、内蒙古中部和东北地区西部为负相关关系,中国东北大部,四川盆地,以及西藏中部至山东半岛大部分地区为正相关关系。值得注意的是,尽管长江中下游地区和西南地区为负相关,但较于夏季6–8月APOI与中国同期降水显著的负相关关系(图略),其大部分地区均未通过显著性检验。这表明相较于整个汛期,APO对长江流域降水的影响在夏季更为明显,其原因可能为尽管APO四季均存在,但一般夏季最为明显,且包括长江流域在内的中国汛期降水集中在夏季6–8月份,因此相较于整个汛期,夏季APO对同期长江流域降水的影响更明显。

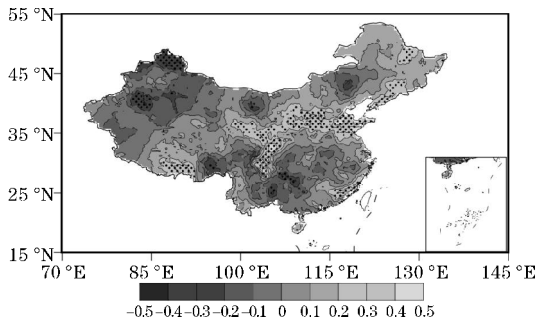


图4 1961–2020年汛期5–9月APOI与中国同期降水的相关系数空间分布(打点区域代表通过0.05的显著性水平检验)

#### 3.2 位势高度场

亚洲与太平洋之间的对流层温度可导致位势高度场发生变化,因此将1961–2020年汛期5–9月APOI与位势高度场进行回归和合成分析。图5为APOI对亚洲—太平洋地区不同位势高度场回归结果。由200 hPa位势高度回归场(图5a)可知,亚洲大陆至西北太平洋以正异常为主,而显著的负异常区位于太平

洋地区,表明APO增强可导致高层南亚高压偏强。对流层中层500 hPa位势高度回归分析结果(图5b)与高层200 hPa相反,东亚上空以显著的位势高度负异常为主,而负值主要分布于日本海到东太平洋一带的广阔区域,表明受APO影响,对流层中层同样存在亚洲大陆与太平洋之间位势高度的反位相变化特征。低层850 hPa位势高度的回归结果(图5c)与500 hPa类似,同样表现为东亚地区为负异常,而北太平洋地区为正异常的反位相分布。上述分析表明APO的“跷跷板”变化在不同位势高度上均存在。

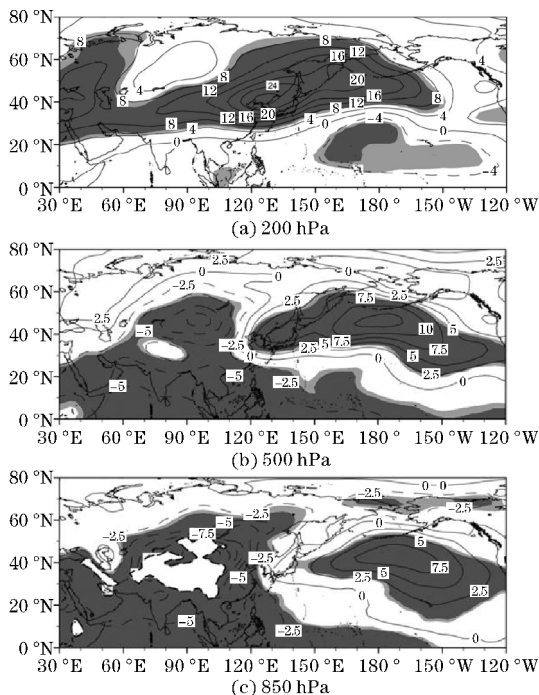


图5 1961–2020年汛期5–9月APOI回归的200 hPa,500 hPa和850 hPa位势高度场(浅色和深色阴影分别代表通过0.1和0.05的显著性水平检验,黑色间断线代表>1500 m地形)

由上述回归结果可以发现,汛期5–9月APO可对同期东亚地区位势高度场产生明显影响。进一步以APOI时间序列的 $\pm 1$ 倍标准差为标准确定APO强年(1961年、1962年、1963年、2006年、2007年、2011年、2012年、2013年、2016年和2018年)和弱年(1987年、1992年、1993年、1995年、1997年和2003年),并对位势高度等物理量场进行合成。图6给出了东亚—太平洋地区位势高度场合成图。在对流层高层100 hPa(图6a),高指数年太平洋上空低压槽偏西、偏南。对流层中层500 hPa位势高度合成场(图6b)上,APO强年西太平洋副热带高压位置偏北,强度偏强,而弱年则相反,其位置偏南,强度偏弱。低层850 hPa位势高度合成场(图6c)上,相较于APO弱年,在APO强年,位于太平洋上空的位势高度高值中心和位于亚洲大陆的低值中心强度均更强。由此可见,APO强年南亚高压、西太副高和亚洲低压均更强。



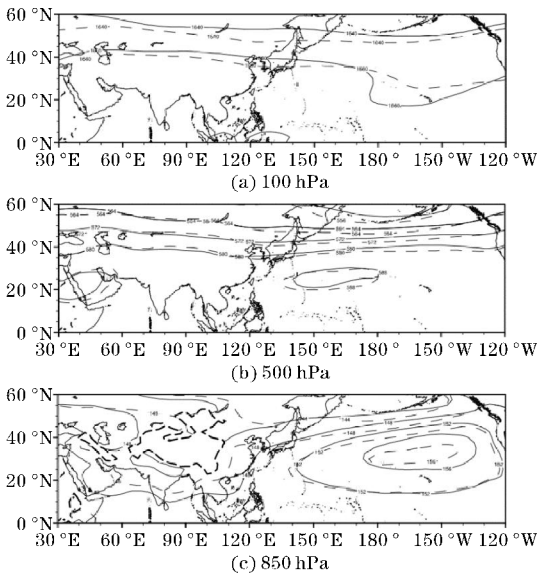


图 6 1961-2020 年 5-9 月 APO 强(实线)和弱(虚线)年位势高度场合成(图 c 中黑色间断线代表>1500 m 地形)

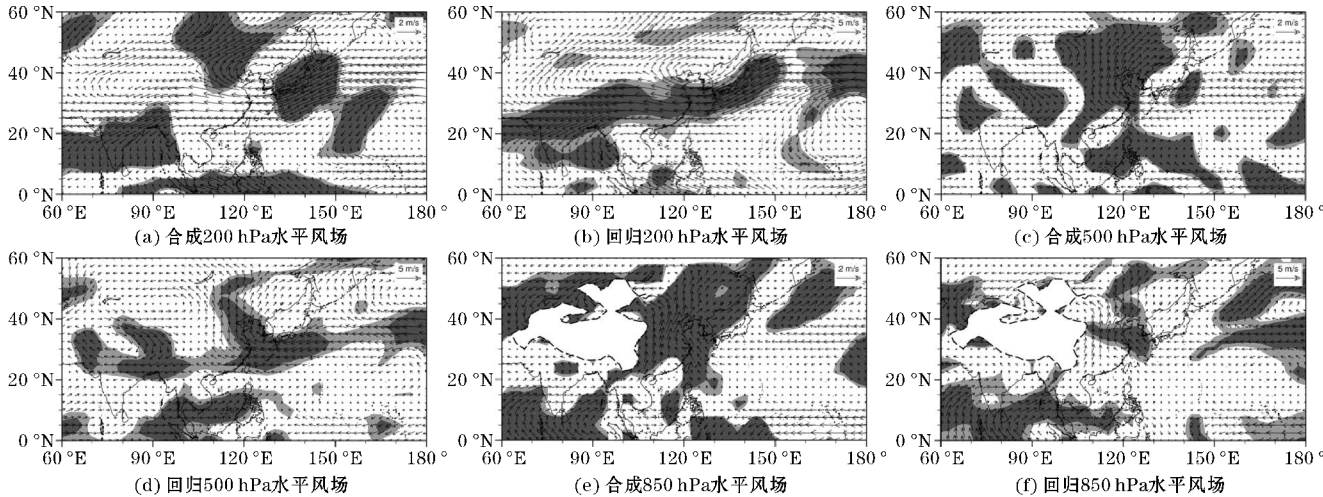
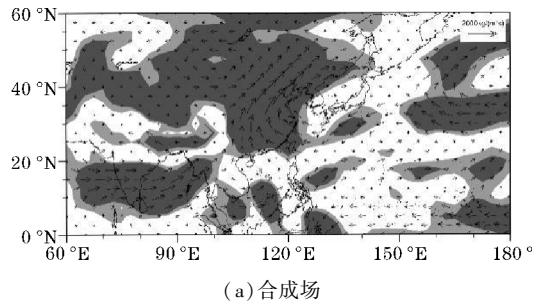


图 7 1961-2020 年汛期 5-9 月 APOI 强、弱年合成的水平风场以及回归的水平风场(浅和深灰色阴影分别代表通过 0.1 和 0.05 的显著性水平检验,黑色间断线代表>1500 m 地形)

3.3 水汽

水汽也是导致中国汛期降水异常的重要因素。由 APO 强、弱年水汽通量合成场(图 8a)可知,当汛期 APO 偏强时,源自阿拉伯海和太平洋的水汽输送明显



3.2 风场

南亚夏季风和东亚夏季风是影响中国汛期降水的主要季风系统。对对流层不同高度风场进行合成可知,在对流层 200 hPa 风场合成场(图 7a)上, APO 强年对流层高层为明显的反气旋差值环流所控制,表明南亚高压偏强。在中层 500 hPa 合成场(图 7c)上, APO 强年中国东部地区盛行反气旋性差值环流,以偏南风气流为主,说明西太副高偏强、偏北。低层 850 hPa 风场合成图(图 7e)上,主要被异常西南风和东南风控制,表明南亚夏季风和东亚夏季风均偏强,来自印度洋和太平洋的偏南气流可将大量水汽输送到中国北方,造成汛期降水偏多。进一步从 APO 与对流层高、中、低层回归风场(图 7b、d 和 f)来看,其空间分布与合成分析结果类似,表明 APO 确实可对风场产生明显影响。

增强,其中源于阿拉伯海的异常水汽向东经孟加拉湾后向北与源自副热带太平洋的水汽在中国南方地区交汇后继续向北方输送,有利于北方降水。对应的水汽通量回归场(图 8b)上,水汽通量散度的回归结果与合成场类似,中国由南向北为较一致的偏南风水汽输送。

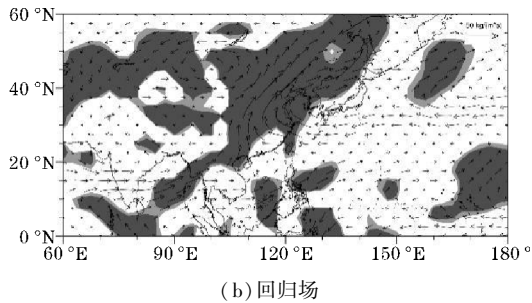
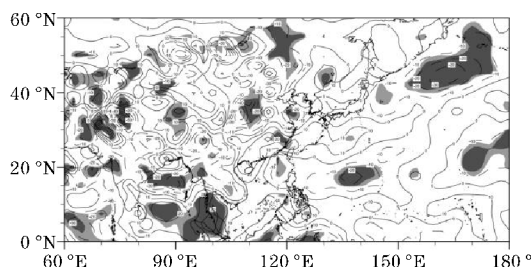


图 8 1961-2020 年汛期 5-9 月 APO 强、弱年整层积分水汽通量的合成场和回归场(深灰和浅灰色阴影区代表通过 0.1 和 0.05 的显著性水平检验)

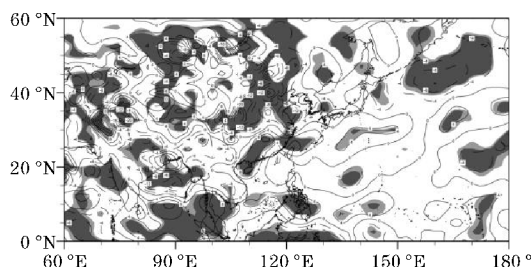
进一步对水汽通量散度进行分析。图 9 为汛期 5-9 月 APO 对水汽通量散度回归结果以及 APO 强、弱

年东亚地区水汽通量散度合成结果。与水汽通量分析结果(图 8)类似,受 APO 影响,中国华北为水汽通量

散度异常正值区(图9a),最强辐合中心出现在山东北部,有利于相关地区汛期降水偏多。长江中下游地区为水汽通量散度异常负值区,最强辐散区位于浙江和江苏等地,导致相关地区汛期降水偏少。APO 强、弱年东亚地区水汽通量散度合成结果(图9b)与回归场基本一致。



(a) 合成场



(b) 回归场

图9 1961–2020年汛期5–9月 APOI 强、弱年的整层积分水汽通量散度  
(浅灰和深灰色阴影区表示通过0.1和0.05的显著性水平检验)

## 4 结论

基于1961–2020年CN05.1逐月降水量资料以及NCEP/NCAR月平均再分析资料,采用EOF、合成分析和回归分析等方法对汛期5–9月APO的气候特征及其对中国同期降水的影响进行分析,得到结论如下:

(1)汛期5–9月亚洲和太平洋对流层中上层分别存在扰动温度的反位相“跷跷板”变化特征,即当亚洲对流层中上层 $T'$ 偏高时,中东太平洋地区的对流层中上部 $T'$ 将偏低,反之亦然。

(2)APO与中国大部分区域汛期降水存在着显著的相关关系,其相关系数从北至南呈“负—正—负”的空间分布,表明当APO偏强(弱)时,华北和华南地区汛期降水偏多(少),长江流域汛期降水偏少(多)。

(3)APO可通过影响东亚地区大气环流造成中国汛期降水异常。当APO较强时,高层南亚高压位势高度偏高,中层西太平洋副热带高压偏强,位置偏北,低层亚洲大陆低压偏强,反之亦然。此外,APO还可通过影响东亚和南亚夏季风影响中国汛期降水,即APOI偏强(弱)时,东亚和南亚夏季风同样偏强(弱),向中

国华北地区输送的水汽偏多(少),水汽通量以辐合(辐散)为主,进而导致汛期降水偏多(少)。

## 参考文献:

- [1] 栗晗,王新敏,张霞,等. 河南“7·19”豫北罕见特大暴雨降水特征及极端性分析[J]. 气象, 2018, 44(9): 1136–1147.
- [2] 杨秋明. 南印度洋副热带偶极子型海温异常与全球环流和我国降水变化的关系[J]. 海洋学报(中文版), 2006, 28(3): 47–56.
- [3] 闫晓勇,张铭. 印度洋偶极子对东亚季风区天气气候的影响[J]. 气候与环境研究, 2004, 9(3): 435–444.
- [4] 陈文,康丽华,王玘. 我国夏季降水与全球海温的耦合关系分析[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(3): 259–269.
- [5] 许立言,武炳义. 欧亚大陆积雪与2010年中国春末夏初降水的关系[J]. 高原气象, 2012, 31(3): 706–714.
- [6] 李珊,徐国昌. 欧亚大陆雪盖对东亚环流和我国西北春雨的影响[J]. 高原气象, 1987, 6(3): 256–264.
- [7] Chen L, Wu R. Interannual and decadal variations of snow cover over Qinghai-Xizang Plateau and their relationships to summer monsoon rainfall in China[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 2000, 17(1): 18–30.
- [8] 徐祥德,陶诗言,王继志,等. 青藏高原—季风水汽输送“大三角扇型”影响域特征与中国区域旱涝异常的关系[J]. 气象学报, 2002, 60(3): 257–266.
- [9] 赵平,陈隆勋. 35年来青藏高原大气热源气候特征及其与中国降水的关系[J]. 中国科学(D辑: 地球科学), 2001, 31(4): 327–332.
- [10] 黄荣辉,蔡榕硕,陈际龙,等. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系[J]. 大气科学, 2006, 30(5): 730–743.
- [11] 韦志刚,罗四维,董文杰,等. 青藏高原积雪资料分析及其与我国夏季降水的关系[J]. 应用气象学报, 1998, 9(1): 40–47.
- [12] Zhao P, Zhu Y, Zhang R. An Asian-Pacific teleconnection in summer tropospheric temperature and associated Asian climate variability[J]. Climate Dynamics, 2007, 29(2): 293–303.
- [13] Zhao P, Yang S, Jian M, et al. Relative controls of Asian-Pacific summer climate by Asian land and

- tropical North Pacific sea surface temperature[J]. *Journal of Climate*, 2011, 24(15): 4165–4188.
- [14] Zhou B, Xu Y, Shi Y. Present and future connection of Asian-Pacific Oscillation to large-scale atmospheric circulations and East Asian rainfall: Results of CMIP5 [J]. *Climate Dynamics*, 2018, 50(1): 17–29.
- [15] 赵平, 代玮, 肖子牛. 亚州—太平洋涛动研究进展[J]. *气象科技进展*, 2011, 1(2): 6–10.
- [16] 黄娇文, 何金海, 徐海明, 等. 东亚季风环流季节转变与亚太热力场之间的联系及其可能机理[J]. *热带气象学报*, 2016, 32(6): 817–830.
- [17] Wang B, Wu R, Fu X. Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate [J]. *Journal of Climate*, 2000, 13(9): 1517–1536.
- [18] 黄娇文, 何金海, 徐海明, 等. 东亚季风环流季节转变与亚太热力场之间的联系及其可能机理[J]. *热带气象学报*, 2016, 32(6): 817–830.
- [19] 周秀骥, 赵平, 刘舸. 近千年亚州—太平洋涛动指数与东亚夏季风变化[J]. *科学通报*, 2009, 54(20): 3144–3146.
- [20] 赵平, 陈军明, 肖栋, 等. 夏季亚州—太平洋涛动与大气环流和季风降水[J]. *气象学报*, 2008, 32(5): 716–729.
- [21] Zhao P, Wang B, Zhou X. Boreal Summer continental monsoon rainfall and hydroclimate anomalies associated with the Asian-Pacific Oscillation [J]. *Climate Dynamics*, 2012, 39(5): 1197–1207.
- [22] 刘晓云, 王劲松, 杨金虎, 等. APO 异常对我国西北地区东部秋季干湿变化影响[J]. *应用气象学报*, 2016, 27(4): 454–462.
- [23] 刘华, 张晓维, 肖鹏飞, 等. 长江中下游汛期降水变化特征及其与大气环流的关系[J]. *自然资源学报*, 2015, 30(12): 2197–2208.
- [24] 郑景云, 彭琳琳, 李强. 基于气象站数据的长江流域梅雨季节变化分析[J]. *生态环境学报*, 2009, 28(7): 1266–1274.
- [25] Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1996, 77(3): 437–472.
- [26] 吴佳, 高学杰. 一套格点化的中国区域逐日观测资料及与其它资料的对比[J]. *地球物理学报*, 2013, 56(4): 1102–1111.

## Impact of Asia-Pacific Oscillation on Flood Season Precipitation in China

LIU Meixi<sup>1</sup>, HUA Wei<sup>1,2,3</sup>

(1. College of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China; 2. Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610225, China; 3. Meteorological Disaster Prediction and Warning Engineering Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610225, China)

**Abstract:** To better analyze the spatiotemporal characteristics of the Asian-Pacific Oscillation (APO) and its impact on precipitation in recent years. This study used CN05.1 monthly precipitation data from 1961–2020 and NCEP/NCAR monthly average reanalysis data with the empirical orthogonal function (EOF), composite analysis and regression analysis, the climatic characteristics of APO and the impact of it on flood season (May–September) precipitation in China was researched. The results show that the “seesaw” reverse characteristics in the middle and upper troposphere temperature disturbance between the Asia and Pacific in summer remain in the flood season. When the middle and upper troposphere temperature disturbance above Asia is high (low), the middle and upper troposphere disturbance temperature above the Pacific Ocean is low (high). The correlation between the Asia-Pacific Oscillation Index (APOI) during the flood season and precipitation in China during the same period demonstrates a “positive—negative—positive” spatial distribution pattern from south to north. It shows a significant negative correlation with the flood season precipitation in the Yangtze River Basin and a significant positive correlation with the flood season precipitation in North China. Additionally, the Asian monsoon circulation is influenced by APO, which contributes to abnormal precipitation during the flood season in China. There is a positive correlation between APO and East Asian and South Asian summer monsoons, and when APOI is high, the Asian summer monsoon is generally strong.

**Keywords:** Asia-Pacific oscillation; flood season precipitation; atmospheric circulation