

南印度洋偶极型海温与中国西南地区初秋降水的关系

黄天赐¹ 华 维^{1 2 3}

(1. 成都信息工程大学大气科学学院/高原大气与环境四川省重点实验室 成都 610225;

2. 中国科学院大气物理研究所竺可桢—南森国际研究中心 北京 100029;

3. 南京信息工程大学 气象灾害教育部重点实验室/气象灾害预报预警与评估协同创新中心 南京 210044)

摘要: 利用 1979 年 1 月~2018 年 12 月 Hadley 海表温度资料、CRU TS v4.03 逐月格点降水资料,以及 NCEP/NCAR 再分析月平均资料,对南印度洋偶极型海温与中国西南地区初秋降水的关系进行了研究。结果表明:7~8 月平均印度洋海表温度 EOF 第二模态表现为显著的东北—西南向偶极子模态,其东北和西南两侧的海表温度呈反相位变化特征,为典型的南印度洋偶极子(SIOD)分布,其时间系数表现为 30a 以上的周期变化并定义为新的 SIOD 指数;对应 7~8 月 SIOD 正异常,西南地区 9 月对流活动显著增强,负异常则对流活动显著受到抑制,且 SIOD 指数与中国西南地区初秋降水呈较强的正相关;SIOD 影响中国初秋降水的主要途径是:印度洋东北部形成的越赤道气流在孟加拉湾以南上空分为两支,其中一支经孟加拉湾和中南半岛进入中国西南地区,将孟加拉湾水汽向该地区输送,并造成水汽在该地区辐合,有利于中国西南地区降水发生。该研究结果不仅对认识南印度洋海气系统对中国降水的可能影响,还对发展西南地区初秋降水预测模型有着重要的意义。

关键词: 南印度洋偶极子; 秋季降水; 西南地区

中图分类号: P461

文献标识码: A

doi: 10.3969/j.issn.1674-2184.2020.03.006

引言

南北半球的大气相互作用是气候变化研究领域的重要问题之一。最开始李宪之^[1]在研究台风生成时发现北半球的东亚寒潮能够越过赤道到达澳洲北部,并且澳大利亚寒潮也能加强热带西太平洋台风生成和发展。随后有研究并建立起了有关越赤道气流的概念^[2]。并对李宪之的观点进行了进一步的完善,认为在南北半球的相互作用中冬半球主要占有主导地位^[3]。进一步的研究表明南半球能通过两个半球之间的大气环流影响到北半球的气候,从而影响到中国气候^[4]。

南印度洋偶极子(Southern Indian Ocean Dipole, SIOD)现象最早在 2001 年由 Behera 等^[5]在研究非洲中部和南部降水与海温时所发现,是一种印度洋赤道以南的副热带地区海温呈现东北—西南反相的变化特征,并且认为是独立于印度洋偶极子(Indian Ocean Dipole, IOD)的变化。当南印度洋副热带出现西南—东北为正(负),负(正)海温异常的偶极型空间分布时,定义为南印度洋正(负)偶极子,简称 PSIOD(NSIOD)事件^[6]。关于对南印度洋东西极子异常区,国内外有不同的定义: Behera 等定义的 PSIOD 事件最大正海温异常是位于(37°~27°S, 55°~65°E),最大负海温异常是位于(28°~18°S,

90°~100°E)。之后,国内的很多学者也开始了对南印度洋偶极子的研究。杨秋明^[7]通过对 SIOD 的季节性研究定义了南印度洋偶极子,并且发现 SIOD 有年际性和季节性变化,能够对全球 500hPa 环流和中国降水产生影响。杨明珠和丁一汇^[8]将 1~3 月南印度洋副热带地区出现的东反相位 SSTA 作为南印度洋偶极子现象,并且定义西极子范围(30°~50°S, 40°~70°E);东极子范围为(20°~45°S, 70°~110°E);当西极子的 SSTA 为正(负),东极子为负(正)时,定义为正(负)SIOD,简称 PSIOD(NSIOD),并且分析其对南亚夏季风的影响,也表明了 SIOD 事件是影响中国夏季降水气候因子之一,并指出 SIOD 在不同时期对中国气候起到的作用也有所不同^[9]。在研究南半球环流异常与中国长江中下游降水的关系时,发现了南北两个半球中高纬环流之间的相互作用对长江中下游降水的影响^[10]。因此,南半球中高纬大气环流中的南印度洋偶极子可能对东亚短期气候有着重要的影响^[11]。Wang 等^[12]的研究表明,南印度洋偶极子可以通过改变马斯克林高压强度影响越赤道气流变化,是影响夏季降水的重要因子之一。

关于南印度洋偶极子形成原因的许多研究中,Her-mes 等^[13]提出的受大尺度大气环流调整影响而形成南印度洋偶极子是目前最主要的观点。也有研究表明:南印

收稿日期: 2020 - 7 - 31

资助项目: 国家自然科学基金(41775072); 第二次青藏高原科考项目(2019QZKK010203); 四川省杰出青年科技人才计划(2019JDJQ0001)

作者简介: 黄天赐, 硕士研究生, 主要从事气候变化研究。E-mail: 1584829049@qq.com

通讯作者: 华维, 教授, 主要从事气候变化研究。E-mail: huawei@cuit.edu.cn

度洋偶极子的形成和海洋的潜热通量有着很大的联系,通过海洋大气耦合模式发现:在对 SIOD 进行模拟时,南印度洋冬春季混合层最浅,得出南印度洋副热带地区 SS-TA 是由于风场引起的潜热通量异常造成^[6]。并且,苏门答腊沿岸海温能影响南印度洋偶极子的形成,当苏门答腊沿岸海温发生变化时,引起的上升气流使得南印度洋副热带地区海温发生变化^[14]。另外,海洋罗斯贝波也是南印度洋偶极子形成的重要因子之一^[13,15]。

中国西南地区地形复杂,西部是青藏高原,西南毗邻孟加拉湾,东南方为南海。当东亚夏季风进入中国时,来自印度洋和太平洋的暖湿气流在该地区交汇,使得中国西南地区夏季为全年降水量最大的季节^[16]。但是,秋季中国西南地区的降水量也达到了全年的 20% 以上^[17],仅次于夏季,高于春季和冬季。而在整个秋季中,9 月份是连接夏季和秋季的中间月份,它的降水量也容易受到来自印度洋暖湿气流的影响^[18]。

因此,作为影响东亚气候短期预测重要因子之一的南印度洋偶极子与受印度洋暖湿气流影响较大的中国西南地区初秋降水之间有着怎样的联系,这是一个值得研究的重要科学问题。本文基于统计分析,研究了南印度洋偶极型海温与中国西南地区初秋降水的关系,得到了一些有意义的结果。

1 资料与方法

本文采用资料包括:(1)美国国家环境预报中心(National Centers for Environmental Prediction, NCEP)/美国国家大气研究中心(National Center for Atmospheric Research, NCAR)提供的逐月月平均再分析资料,时间为 1979 年 1 月~2018 年 12 月,空间分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$,要素包括风场、垂直速度场、位势高度场和相对湿度场等;(2)英国气象局哈德莱中心(Hadley center)的海表温度(Sea Surface Temperature, SST)资料,时间为 1900 年 1 月~2018 年 12 月,空间分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$;(3)英国东安格利亚大学(University of East Anglia, UEA)气候研究中心(Climatic Research Unit, CRU)的 CRU TS v4.03 逐月格点降水量资料,时间为 1979 年 1 月~2018 年 12 月,空间分辨率为 $0.5^{\circ} \times 0.5^{\circ}$ 。

文中夏季为 6~8 月,初秋为 9 月,研究时段为 1979~2018 年。使用的统计分析方法包括经验正交分解(Empirical Orthogonal Function, EOF)、合成分析、相关分析(同期和超前滞后)等,显著性检验采用 t 检验法。

2 南印度洋偶极型模态

为探讨南印度洋夏季海温的主要变化特征,分别对 1979~2018 年印度洋地区 6~8 月 SST 进行 EOF 分析(图 1)。由图可看出 6~8 月各月印度洋 SST 的 EOF 第一模态(图 1a、c 和 e)整体上均表现出明显的海温一致性特征,即印度洋大部分地区为一致的负异常区,仅西南印度洋和澳大利亚沿岸存在小范围较弱的正异常区,表明印度洋夏季各月海温变化的空间趋势较为一致。该模态各月的解释方差均在 25% 以上,是印度洋海温变化的主要模态,这与已有研究结果一致^[19]。与第一模态不同,第二模态中各月 SST(图 1b、d 和 f)均表现出显著的东北-西南的偶极子模态,以(5°N , 45°E)至(50°S , 120°E)

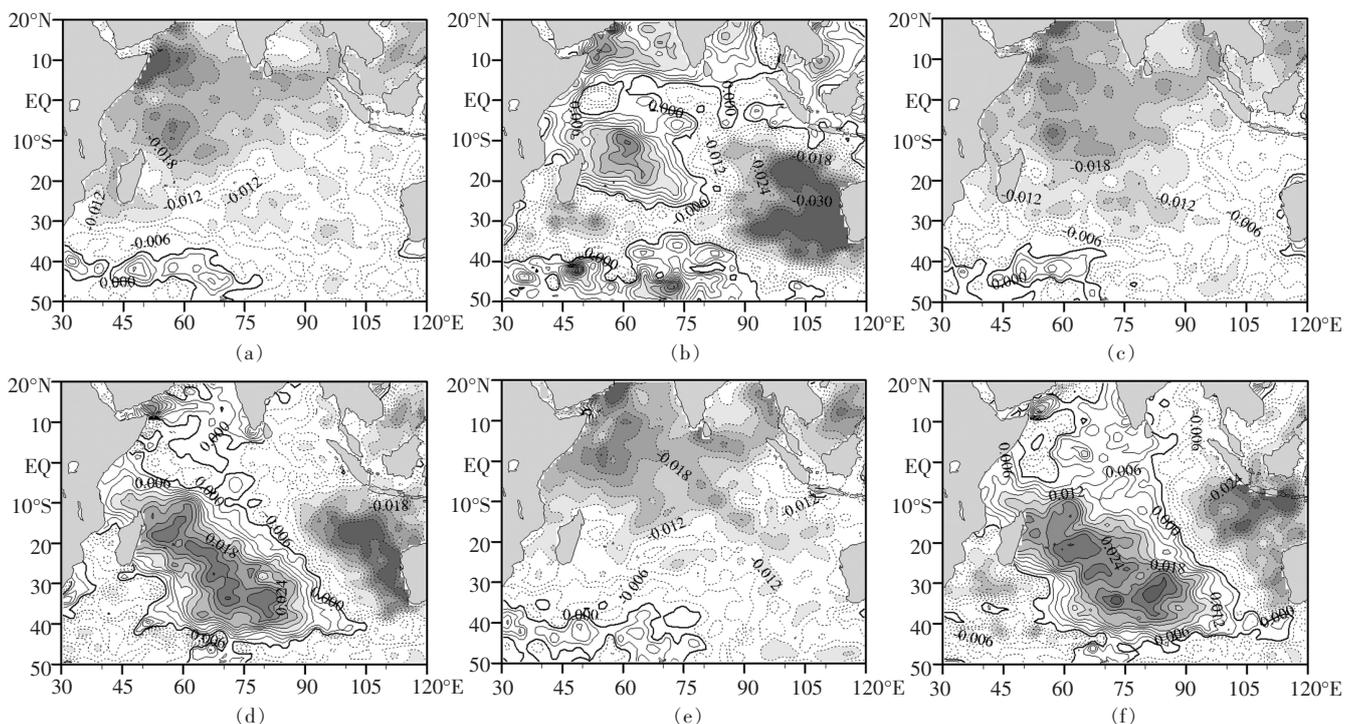


图 1 6~8 月夏季各月印度洋 SST 的 EOF 模态空间分布:(a)、(c)、(e)为第一模态;(b)、(d)、(f)为第二模态

一线为界,其东北和西南两侧的 SST 表现出反相变化的特征,该模态 6~8 月的解释方差也均达到 12% 以上,同样能够解释夏季印度洋海温变化的主要特征。值得注意的是 6 月 SST 第二模态空间分布的东北—西南偶极型分布相对较弱,尤其在南印度洋中部的正异常区较小,甚至存在较弱的负异常区,与 7~8 月印度洋 SST 的 EOF 第二模态空间分布有所差异,而 7~8 月印度洋 SST 第二模态为典型的 SIOD 分布,这与 Behera^[5]对 SIOD 的定义基本一致。

6~8 月各月印度洋 SST 的 EOF 第二模态时间序列如图 2 所示,可以看出,近 40 年,该模态不仅存在一定的年代际变化,同时也表现出明显的年际变化特征。具体而言 6 月印度洋 SST 的 EOF 第二模态时间序列(图 2a)总体为下降趋势,20 世纪 70 年代末期为显著的正距平,之后正负距平交替出现,到 21 世纪初期基本为负距平或较弱的正距平。7 月(图 2b)和 8 月(图 2c) EOF 第二模态时间序列具有类似的年代际变化特征,均表现为自 1979 年开始到 90 年代中期均为正值分布,之后发生年代际转变,时间序列由正转负,但自 2010 年开始再次转为正距平分布,这与 6 月 EOF 第二模态时间序列的变化特征有所不同。

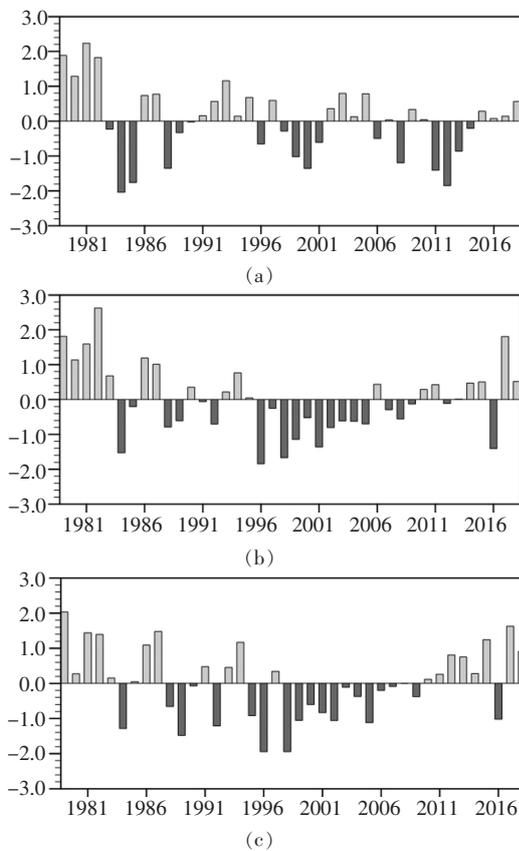


图 2 夏季各月印度洋 SST 的 EOF 第二模态时间序列标准化曲线:(a)6 月、(b)7 月和 (c)8 月

进一步对 6~8 月各月印度洋 SST 的 EOF 第二模态时间系数进行 Morlet 小波分析(图 3)。从图 3a 可发现:

6 月 EOF 第二模态时间系数存在 12~16a 的准周期变化,并且在该周期内存在通过 95% 信度检验的显著谱峰,表明其变化以 12~16a 周期为主;而 7 月(图 3b)和 8 月(图 3c) EOF 第二模态时间系数则主要表现为 30a 以上的准周期变化,同样在该周期内存在通过 95% 信度检验的显著谱峰。

总体来看,1979~2018 年 40 年夏季各月 SST 的 EOF 第二模态空间分布,其 6 月印度洋 SST 的时间变化及空间分布特征均与之后的 7、8 月存在明显差异。此外,7、8 月印度洋 SST 的 EOF 第二模态更能表现 SIOD 代表的南印度洋地区西南—东北向海温的反位相变化特征。因此,将 7~8 月印度洋 SST 的 EOF 第二模态时间序列定义为 SIOD 指数,以分析夏季 SIOD 对中国西南地区初秋降水的影响。

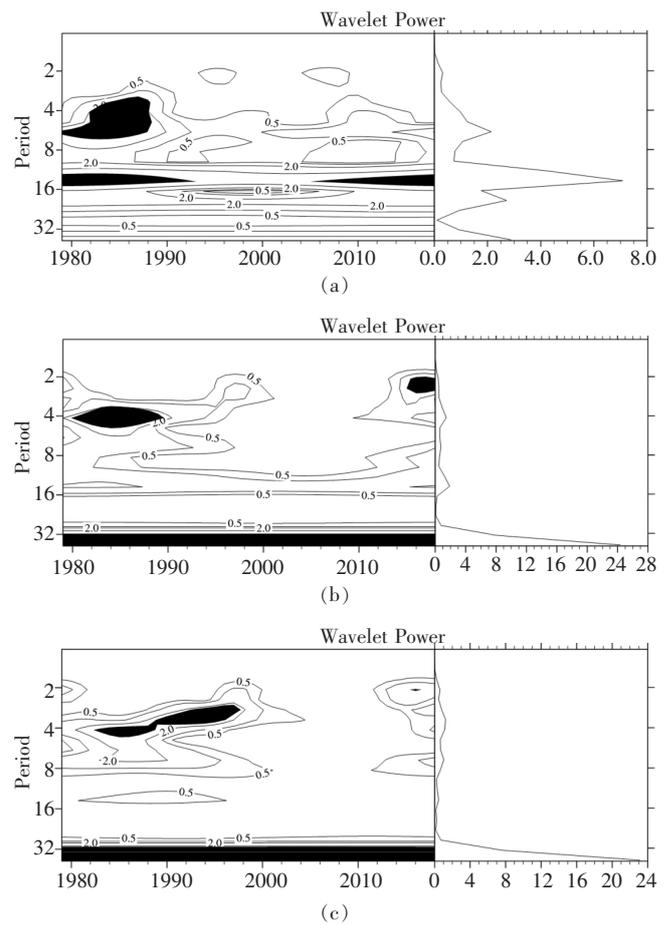


图 3 夏季各月印度洋 SST 的 EOF 第二模态时间序列的 Morlet 小波分析:(a)6 月、(b)7 月和 (c)8 月(黑色区代表通过 95% 的显著性检验)

3 夏季 SIOD 与中国西南初秋降水的关系

大量研究表明:SIOD 事件主要通过影响马斯克林高压及相关的越赤道气流和印度夏季风西南水汽输送^[5]、影响经向环流异常导致西北太平洋副热带高压发生变化^[20],以及热带中东印度洋 SST 冷暖变化导致对流和海

洋水汽输送异常三种途径影响中国降水,但上述三种途径主要影响中国春末和夏季降水^[21]。刘扬和刘屹岷^[18]近期发现,中国西南地区秋季降水与同期印度洋偶极子间存在密切联系。那么, SIOD 作为印度洋海温变化的主要模态之一,下面将讨论西南地区秋季降水与前期夏季 SIOD 存在的联系。

向外长波辐射(Outgoing Longwave Radiation, OLR)能够反映对流发展强度和大尺度垂直运动等信息,因此在降水分析和预测中得到广泛应用。图 4 给出了夏季各月 SIOD 指数与后期中国南方地区 9 月 OLR 的相关空间分布。由 6 月 SIOD 指数与中国南方 9 月 OLR 相关场(图 4a)可知,四川、西藏东部、贵州西部和云南北部主要为负相关区,而云南北部、重庆和贵州东部则主要为正相关

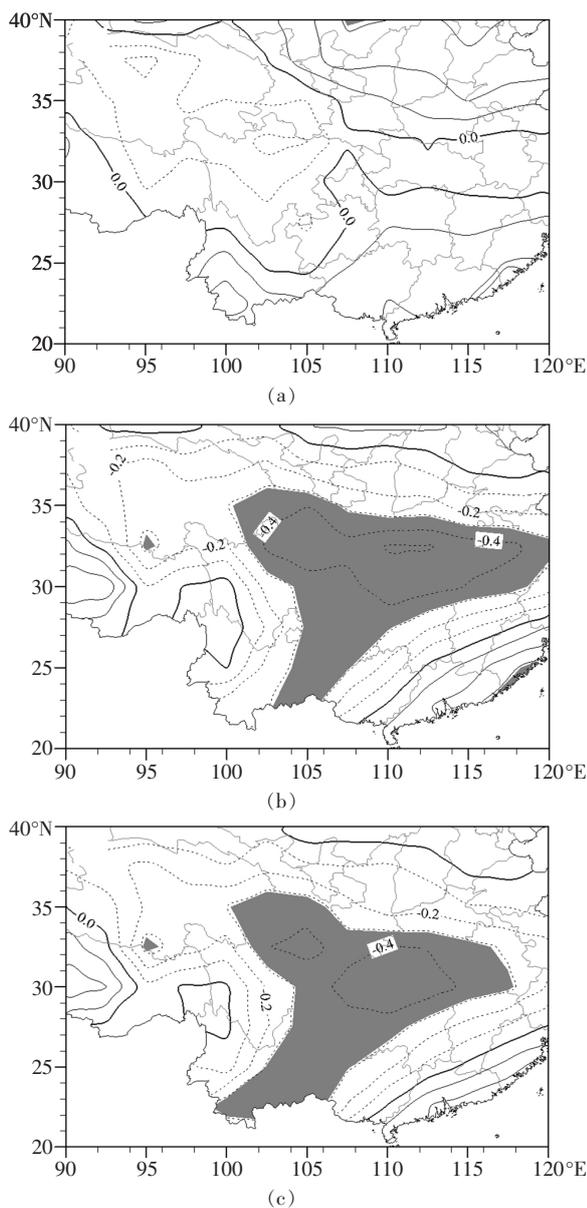


图 4 夏季各月 SIOD 指数与中国南方 9 月 OLR 相关系数分布:(a)6 月、(b)7 月和(c)8 月(灰色区代表通过 95% 的显著性水平检验)

区,但均未通过显著性检验。对应的 7 月(图 4b)和 8 月(图 4c) SIOD 与 9 月 OLR 相关图上,除川滇藏西部交界地区存在小范围弱正相关区外,其余大部分地区均为显著的负相关区,表明 7~8 月 SIOD 正异常的后期 9 月,西南地区对流活动显著增强,可能造成该区域内降水偏多;而负异常则西南地区 9 月对流活动受到抑制,降水可能偏弱。可见,夏季 7~8 月 SIOD 异常与中国西南地区 9 月对流活动之间具有密切联系。

为进一步探讨中国西南地区初秋 9 月对流活动与夏季 SIOD 的关系,首先将西南地区(20.5°~35°N, 96.5°~110.5°E)区域平均 OLR 值定义为西南地区 9 月对流活动指数。图 5 为 6~8 月各月 SIOD 指数与经标准化处理的西南地区 9 月对流指数时间序列。由图可见,西南地区 9 月对流指数与前期 7、8 月 SIOD 指数具有更为相似的年际和年代际变化特征,9 月西南对流活动指数与 7、8 月 SIOD 指数的相关系数分别为 -0.36 和 -0.38,均通过 95% 的显著性水平检验,而与 6 月 SIOD 指数的相关系数仅为 0.05,这与图 4 给出的相关结果一致,进一步验证了 7~8 月 SIOD 与 9 月西南对流活动的显著关联。

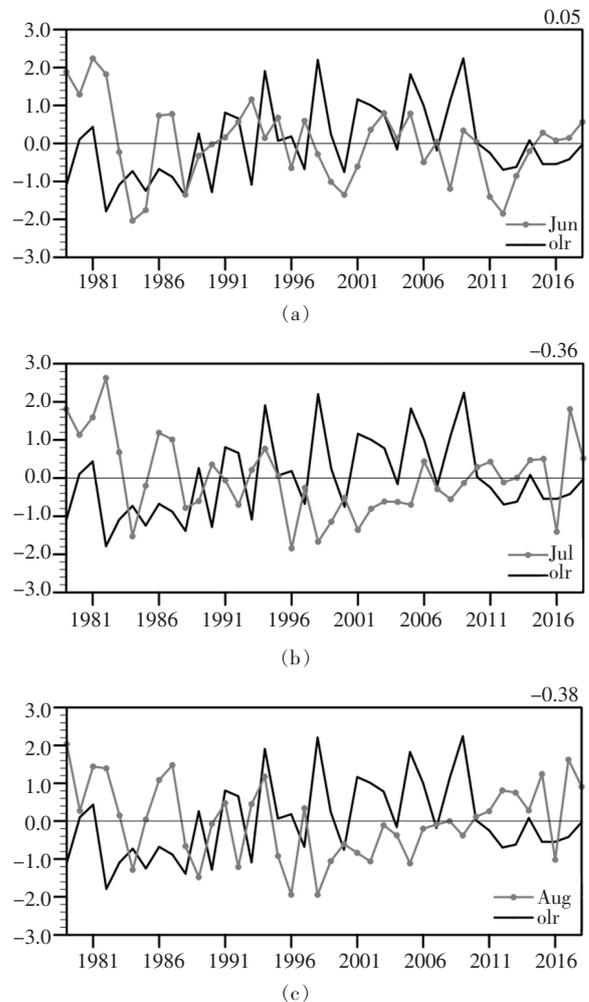


图 5 (a)6 月、(b)7 月和(c)8 月 SIOD 指数与西南地区 9 月对流指数时间序列曲线

副热带地区的对流活动强度与降水分布和降水量之间具有较好的对应关系,因此,进一步计算了 7~8 月平均的 SIOD 指数与中国南方地区初秋 9 月降水量的相关关系(图 6)。由此可知:夏季 SIOD 与 9 月降水在整个西南地区几乎为一致的正相关区,主要的显著相关区分布在四川西北部以及 $102^{\circ} \sim 112^{\circ}\text{E}$ 范围内的大部分地区,这与图 4 中夏季 7、8 月 SOID 指数和 9 月 OLR 的相关系数空间分布十分相似(符号相反)。这进一步表明夏季 SIOD 指数与西南地区初秋降水存在密切的联系。

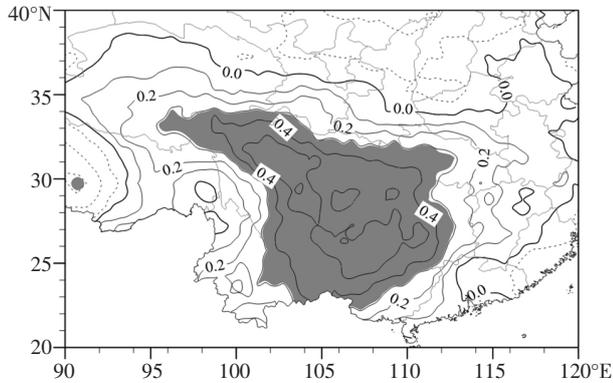


图 6 7~8 月平均的 SIOD 指数与中国南方初秋 9 月降水量相关系数分布(灰色区代表通过 95% 的显著性水平检验)

4 对越赤道气流以及水汽的分析

为了解夏季 SIOD 指数影响中国西南地区初秋 9 月降水的物理过程,将 7~8 月平均 SIOD 指数 > 1 的年份定义为极端正异常年, < -1 的年份定义为极端负异常年,共得到八个极端正异常年(1979、1981、1982、1986、1987、1994、2015 和 2017),八个极端负异常年(1984、1989、1992、1996、1998、1999、2001 和 2016)。在此基础上,利用合成分析方法讨论夏季 SIOD 变化引起的大气环流异常状况。

越赤道气流是南北半球环流系统相互作用的重要纽带,是南北半球间质量、动量、能量和水汽输送的主要途径,对东亚天气和气候至关重要。图 7 为夏季 SIOD 极端正、负异常年合成的 9 月印度洋—西太平洋地区 850 hPa 风场、整层积分的水汽输送通量场和水汽散度的差值。由图 7a 可知,在南印度洋地区合成风场上,印度洋西南部为一反气旋性差值环流,而印度洋东北部则为气旋性差值环流控制,呈现出西南—东北反向变化的偶极模态分布,这与 SIOD 空间分布具有很好的一致性。与该模态相对应,印度洋东北部的气旋性差值环流东北印度洋地区形成明显的东南越赤道气流,该气流在孟加拉湾以南上空分为两支,一支向西抵达阿拉伯海,另一支则折向东北经孟加拉湾和中南半岛北部进入中国西南地区,进而影响该区域初秋降水。图 7b 为印度洋—太平洋地区整层积分的 9 月水汽输送通量合成差值场。在印度洋东北

部异常越赤道气流作用下,输送到中国的水汽发生了明显变化,尤其是西南地区,经过孟加拉湾和中南半岛的越赤道气流造成来自孟加拉湾地区的纬向和经向水汽输送通量均显著增加,使西南地区从海洋获得充足的水汽,有利于初秋降水的增加。图 7b 中实线阴影区为合成的 OLR 显著变化区,可以看到:中国西南中东部 OLR 值显著减小,表明对流不稳定增强,有利于降水增加。此外,SIOD 引起的越赤道气流路径和强度的变化,直接影响向中国西南地区水汽输送和辐合辐散的变化,造成大气中水汽含量异常。如图 7c 所示,在 SIOD 指数极端正异常年,中国西南地区上空大气中的水汽有明显的辐合,为西南地区降水增加提供了充足的水汽条件。

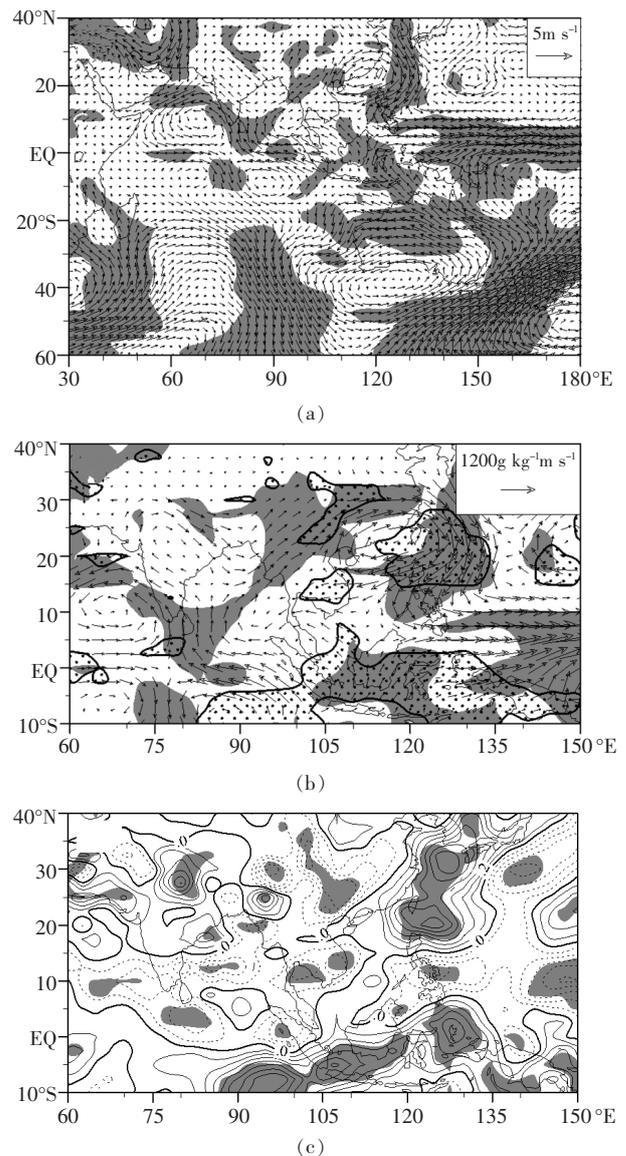


图 7 夏季 SIOD 极端正、负异常年合成的 9 月印度洋和东亚地区 (a)850hPa 风场、(b)整层水汽通量和 (c)整层水汽通量散度差值图(灰色区代表通过 90% 的显著性水平,图 7(b)黑色圆点区表示 OLR 差值通过 90% 的显著性水平)

综上所述,相较 SIOD 指数极端负异常年,极端正异

常年印度洋地区东北部夏季越赤道气流明显增强,有利于后期秋季来自海洋的水汽向中国西南地区输送,从而引起西南地区大气辐合增强,水汽含量增加,同时对流活动随之增强,最终导致中国西南地区初秋 9 月降水偏多,反之亦然。

5 结论与讨论

通过分析 SIOD 的空间分布特征和中国西南降水的关系,以及 SIOD 指数与 OLR、越赤道气流和水汽输送的联系,得出以下结论:

(1) 1979 年~2018 年 40 年的 7~8 月印度洋表面海温 EOF 分解第二模态为典型的 SIOD 分布,以(5°N , 45°E)至(50°S , 120°E)一线为界,其东北和西南两侧的 SST 表现出反相的变化特征,方差贡献率达到了 13% 以上; 7~8 月 EOF 第二模态的时间序列表现出 30a 以上的周期变化,符合 SIOD 的周期变化^[5]。

(2) 建立了基于 7~8 月印度洋海表温度 EOF 第二模态时间系数的新的 SIOD 指数, 7~8 月 SIOD 指数正异常的后期 9 月,西南地区对流活动显著增强,可能造成该区域内降水偏多;而负异常的西南地区 9 月对流活动受到抑制,降水可能偏弱。夏季 7~8 月 SIOD 异常与西南地区 9 月对流活动密切相关,并与西南地区降水呈显著正相关,表明夏季 SIOD 与中国西南地区初秋降水存在密切的联系。

(3) 夏季 SIOD 通过水汽影响跨赤道气流水汽输送,进而影响中国西南初秋的降水异常。SIOD 夏季正异常,南印度洋东北部反气旋性差值环流东北的印度洋地区形成明显的东南越赤道气流,该气流在孟加拉湾以南上空分为两支,其中一支折向东北经孟加拉湾和中南半岛北部进入中国西南地区,将孟加拉湾水汽向该地区输送并造成水汽辐合,为中国西南地区降水提供了充足的水汽条件。

另外,夏季 SIOD 对中国西南地区初秋降水提供了很好的前期信号,有利于建立和完善中国初秋区域降水的预测模型。

参考文献

[1] 李宪之. 台风生成的综合学说[J]. 气象学报, 1956, 27(2): 87-100
 [2] J. Findlater. A major low-level air current near the Indian Ocean during the northern summer. Interhemispheric transport of air in the lower troposphere over the western Indian Ocean[J]. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 1969, 95(404): 362-380

[3] 赵宗慈, 王绍武. 南北半球大气环流与气候的相互作用[J]. 气象学报, 1979, 37(2): 58-68
 [4] Guan Z, Yamagata T. Interhemispheric oscillations in the surface air pressure field[J]. Geophysical Research Letters, 2001, 28(2): 263-266
 [5] Swadhin K, Behera, Toshio Yamagata. Subtropical SST dipole events in the southern Indian Ocean[J]. Geophysical Research Letters, 2001, 28(2): 327-330
 [6] Suzuki R, Behera S K, Jizuka S et al. Indian Ocean subtropical dipole simulated using a coupled general circulation model[J]. Journal of Geophysical Research Oceans, 2004, 109(C9): 1-18
 [7] 杨秋明. 南印度洋副热带偶极子型海温异常与全球环流和中国降水变化的关系[J]. 海洋学报(中文版), 2006, 28(3): 47-56
 [8] 杨明珠, 丁一汇. 印度洋海表温度的变化及其对印度夏季季风降水影响的诊断研究[J]. 海洋学报(中文版), 2006, 28(4): 9-16
 [9] 杨明珠, 丁一汇. 中国夏季降水对南印度洋偶极子的响应研究[J]. 大气科学, 2007, 31(4): 685-694
 [10] 范可. 南半球环流异常与长江中下游夏季旱涝的关系[J]. 地球物理学报, 2006, 49(3): 672-679
 [11] 范可, 王会军. 有关南半球大气环流与东亚气候的关系研究的若干新进展[J]. 大气科学, 2006, 30(3): 402-412
 [12] Wang X, Chongyin L I, Zhou W. Interdecadal variation of the relationship between Indian rainfall and SSTa modes in the Indian Ocean[J]. International Journal of Climatology, 2010, 26(5): 595-606
 [13] Hermes J C, Reason C J. Ocean Model Diagnosis of Interannual Coevolving SST Variability in the South Indian and South Atlantic Oceans, 2005, 18(15): 2864-2882
 [14] Xie S P, Annamalai H, Schott F A et al. Structure and Mechanisms of South Indian Ocean Climate Variability[J]. Journal of Climate, 2001, 15(8): 864-878
 [15] Reason C J C. Sensitivity of the southern African circulation to dipole sea surface temperature patterns in the south Indian Ocean[J]. International Journal of Climatology, 2002, 22(1): 377-393
 [16] 徐栋夫, 李栋梁, 王慧. 中国西南地区秋季干湿分类及主要类型异常年环流特征分析[J]. 大气科学, 2014, 38(2): 373-385
 [17] Wu R, Hu Z Z, Kirtman B P. Evolution of ENSO-Related Rainfall Anomalies in East Asia[J]. Journal of Climate, 2003, 16(22): 3742-3758
 [18] 刘扬, 刘屹岷. 中国西南地区秋季降水年际变化的空间差异及其成因[J]. 大气科学, 2016, 40(6): 1215-1226
 [19] 李崇银, 穆明权, 潘静. 印度洋海温偶极子和太平洋海温异常[J]. 科学通报, 2001, 46(20): 1747-1751
 [20] 王鑫. 副热带海温年代际变化及对东亚夏季风的影响[D]. 中国科学院研究生院(大气物理研究所), 2007
 [21] 徐海明, 张岚, 杜岩. 南印度洋偶极子及其影响研究进展[J]. 热带海洋学报, 2013, 32(1): 1-7

Relationship between the South Indian Ocean Dipole and the September Precipitation in Southwest China

HUANG Tianci¹, HUA Wei^{1,2,3}

1. School of Atmospheric Sciences/Joint Laboratory of Climate and Environment Change/Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;
2. Nansen – Zhu International Research Centre Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100081, China;
3. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China)

Abstract: Using Hadley sea surface temperature data from January 1979 to December 2018, monthly grid precipitation data of CRU TS v4.03 and NCEP/NCAR re-analysis of monthly average data. The relationship between the dipolar sea temperature of the South Indian Ocean and the early autumn precipitation in southwestern my country was studied. The results show that the second mode of the average Indian Ocean sea surface temperature EOF from July to August shows a significant northeast – southwest dipole mode, and the sea surface temperature on both sides of the northeast and southwest shows an inverse phase change feature, which is typical. The distribution of the South Indian Ocean Dipole (SIOD), whose time coefficient is a periodic change of more than 30 years, is defined as a new SIOD index; Corresponding to the positive SIOD anomaly from July to August, the convective activity in Southwest China increased significantly in September, while the negative anomaly was significantly suppressed and the SIOD index was strongly positively correlated with the September precipitation in Southwest China. The main ways that SIOD affects China's September precipitation are: The cross – equatorial air current formed in the northeastern Indian Ocean splits into two branches over the south of the Bay of Bengal. One of them enters southwestern China through the Bay of Bengal and the Indochina Peninsula. Precipitation occurs in southwest China. The results of this study are not only useful for understanding the possible impact of the South Indian Ocean air – sea system on precipitation in my country, but also for the development of early autumn precipitation prediction models in Southwest China.

Key words: South Indian Ocean dipole, autumn precipitation, Southwest China