

黄翠银,周秀华,蔡悦幸.厄尔尼诺次年广西前汛期降水量差异成因分析[J].气象研究与应用,2023,44(2):15-19.

Huang Cuiyin,Zhou Xiuhua,Cai Yuexing. Analysis of the causes of precipitation differences during the first rainy season of Guangxi in the following year of El Niño[J].Journal of Meteorological Research and Application,2023,44(2):15-19.

厄尔尼诺次年广西前汛期降水量差异成因分析

黄翠银,周秀华,蔡悦幸

(广西壮族自治区气候中心,南宁 530022)

摘要:利用 1981 年以来广西前汛期降水量、NCEP/NCAR 再分析资料、英国 Hadley 中心海表面温度资料以及国家气候中心的大气环流指数、海温指数和积雪指数等资料,采用合成、相关计算方法,分析了厄尔尼诺次年广西前汛期降水量差异的成因。结果表明,厄尔尼诺次年广西前汛期降水偏多时,500hPa 副热带高压更强更大更偏西,乌拉尔山高压脊偏强但东亚槽偏弱,西西伯利亚分裂西风槽东移,引导冷空气主要从西路、中路南下影响广西。外强迫因子中,NINO3.4、IOBW、青藏高原积雪面积和西太副高强度、脊线和西伸脊点正相关,NAT 则为反相关;IOBW、SIOD 对东亚槽强度作用相反,IOBW 正位相有利于东亚槽偏弱,SIOD 正值则东亚槽偏强;TIOD、SIOD 负值有利于贝湖至巴湖高度值低,不断分裂西风槽东移南下。因而不同的海温关键区分布形态和高原积雪面积配置引起 500hPa 影响系统的差异,从而造成厄尔尼诺次年广西前汛期降水量的差别。

关键词:厄尔尼诺次年;广西前汛期;降水量差异;海温;高原积雪

中图分类号: P461.2

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.2.03

引言

华南前汛期由于降雨时间集中且降雨量大,容易致灾,气象学者从降雨时空分布特征^[1-2]、强降雨过程的诊断分析^[3-5]、下垫面或地形对降雨的影响^[6-7]、气候影响因子对前汛期降雨的作用^[8-9]以及数值模式对华南前汛期的预测效果及其订正^[10-12]等不同角度对其进行了研究,以期提高对前汛期降雨量的多时间尺度的预报预测。

厄尔尼诺-南方涛动(ENSO)是热带太平洋海-气耦合系统异常变化的主要模态,是全球年际气候变化的最强信号,厄尔尼诺作为全球热带海气系统最为显著的年际变率,对我国许多地区各季节尤其是汛期的天气、气候异常都有显著影响。研究显示,厄尔尼诺事件发展的次年,我国汛期降水分布会出现不同特征:1997—1998 年超强厄尔尼诺事件使得 1998 年夏季长江发生全流域性大洪水、嫩江和松花江流域发生特大洪涝灾害;2014—2016 年赤道太平

洋出现超强厄尔尼诺事件,2015 年夏季我国南方多雨而北方少雨,2016 年汛期中国降水总体偏多,长江中下游和华北各有一支多雨带,梅雨结束后降水区移至北方^[13-15]。同样地,厄尔尼诺次年对华南前汛期降水也有不同影响:中等及以上强度的东部型厄尔尼诺次年,华南前汛期开汛早、结束晚,前汛期持续时间长、降水多,弱等级的东部型和中部型厄尔尼诺次年对华南前汛期气候影响相反^[16]。影响我国汛期降水的因子错综复杂,除了 ENSO 外,其它区域海温分布形态、积雪等外强迫信号也制约着雨带分布和降水强度^[17]。已有研究多是针对我国东部地区或整个华南的汛期,具体到广西区域的研究较少。厄尔尼诺次年广西前汛期降水分布如何?海温、积雪是如何影响大气环流进而影响降水量的?本文将围绕这些问题展开分析。

1 资料和方法

采用的资料包括 1981 年以来 88 个国家级广西

收稿日期:2023-03-07

基金项目:广西自然科学基金项目(2020GXNSFAA159092)、广西科技计划项目(桂科 AB21075005)

作者简介:黄翠银(1977—),女,硕士,高级工程师,从事气候分析与预测。E-mail:358506774@qq.com

地面气象观测站 20—20 时的日降水量、NCEP/NCAR 逐月再分析资料(分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$)、英国气象局 Hadley 中心整编的全球逐月海表面温度资料(分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$)以及国家气候中心提供的海温指数、副高特征指数和高原积雪面积指数的月平均资料,气候态使用的是 1991—2020 年。本文运用合成和相关分析的方法对以上资料进行分析研究。

2 厄尔尼诺次年广西前汛期降水量分布特征

根据 GB/T 33666—2017 国家标准, NINO3.4 指数 ($170^{\circ}\text{W} \sim 120^{\circ}\text{W}$ 、 $5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ 区域的海平面温度距平)3 个月滑动平均值达到或超过 0.5°C 且持续至少 5 个月,则判定为一次厄尔尼诺事件。本文定义厄尔尼诺事件的第二年为厄尔尼诺次年,根据判定标准,1981 年以来厄尔尼诺次年共有 13a, 分别为:1983、1987、1988、1992、1995、1998、2003、2005、2007、2010、2015、2016、2019 年。13 个厄尔尼诺次年前汛期(4—6 月)全区平均降雨量距平百分率中,1987、1992、2003、2015、2016、2019 共 6a 介于 $-5\% \sim 5\%$, 为降水量正常年;1998、2005、2010 年 $>17\%$, 定义为降水量偏多年,正距平百分率最大为 1998 年 23.8%;1983、1988、1995、2007 年 $\leq -8\%$, 称为降水量偏少年,最小值为 1988 年 -30.8% , 偏少程度最小为 2007 年 -8% 。4—6 月共 91d, 降水量偏多年的无雨(全区平均日降雨量 0.0mm)日数 $\leq 6\text{d}$, $54\text{d} \leq$ 小雨日数 $\leq 58\text{d}$, 小雨及无雨日数较少,占前汛期总日数 $66\% \sim 68\%$;偏少年中, 偏少程度最小的 2007 年小雨及无雨日数占 71%,其余 3a 占 $77\% \sim 84\%$ 中;降水量正常年份小雨及无雨日数占 $69\% \sim 77\%$ 。全区平均大雨以上(全区平均日降雨量 $\geq 25\text{mm}$)日数, 降水偏多年分别为 8d、7d 和 5d;降水偏少年除了 1995 年有 7d 外,其余 4a 为 2~3d;降水正常年有 3a 为 6d,其余 3a 3~4d。可见,降水日数偏多、降水强度偏强造成广西前汛期降水量偏多。

3 500hPa 位势高度场差异

分别合成次年前汛期降水量偏多年、偏少年 4—6 月 500hPa 高度距平场, 欧亚中高纬偏多年为“+、-、+”的距平波列, 偏少年为“+、-”波列。两者的相似区有 2 个, 一是乌拉尔山(以下简称乌山)西侧的东欧平原为高度正距平, 但偏多年正距平范围更广、数值更大;二是贝湖附近同为负距平, 但 -10gpm

区域偏多年向西伸到乌拉尔山北部, 偏少年则向东延伸到日本且负距平数值更低, 偏多年日本上空为正距平。偏多年与偏少年的 500hPa 高度差值场上, 乌山西侧、贝湖东侧经我国东北部至日本以东广大地区为正距平, 东部正距平中心达 40gpm , 80°E 以东的热带地区也有大范围 10gpm 的正距平;2 个 -10gpm 区域分别位于西西伯利亚地区和东西伯利亚海。由此可见, 降水偏多年副高强度更强面积更大脊点更偏西, 乌山高压脊更强但东亚槽偏弱, 西西伯利亚负距平区分裂西风槽东移, 引导冷空气主要从西路、中路南下影响广西, 偏强偏西的副高使得冷暖空气在广西上空汇合;降水偏少年乌山高压脊比偏多年强度弱, 东亚槽强度较强, 冷空气易从东南南下。

具体分析厄尔尼诺次年 4—6 月副高 588 特征线, 降雨量偏多年副高普遍更强更大、脊点更偏西。前汛期降雨量和东亚槽强度反相关, 次年前汛期东亚槽强度中, 降水偏多年 2a 偏弱、1a 接近常年, 4 个降水偏少年强度均偏强。下文将对造成次年 500hPa 高度场差异原因进行分析, 从而揭示降雨量差异的根本原因。

4 前期外强迫因子及其对大气环流的影响

4.1 前汛期降雨量和海温的相关

计算 1981—2022 年广西前汛期降雨量距平百分率和海温场的相关系数。为寻找相关最大的海温季节, 海温值从前一年 12 月开始, 依次为 12—2 月、1—3 月、2—4 月、3—5 月和 4—6 月的平均值。从时间演变来见, 12 月以来, 各区域显著相关区逐渐扩大, 3—5 月赤道太平洋相关区、东南太平洋相关区及我国近海 0.05 显著相关区范围均达最大, 说明广西前汛期降雨量和 3—5 月海温相关最为显著。0.1 和 0.05 显著相关区分别位于赤道中东太平洋(正相关)、我国近海区域(正相关)、 $50^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 印度洋区域(正相关)、东南太平洋(北负南正: $40^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{S}$ 负相关, $60^{\circ}\text{S} \sim 40^{\circ}\text{S}$ 正相关)、北太平洋(北正南负: $30^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$ 负相关, $40^{\circ}\text{N} \sim 60^{\circ}\text{N}$ 正相关)和北大西洋区域(正相关)。比较 1961—1980 年广西 78 个国家气象站前汛期降雨量距平百分率和 3—5 月平均海温相关系数, 赤道中东太平洋上基本无 0.10 以上的显著相关区, 显著相关区主要在西太平洋、北太平洋、澳大利亚西侧等。可见, 气候变暖背景下, 赤道中东

太平洋海温对广西前汛期降雨量的影响变得显著, ENSO 成为影响广西前汛期降雨量的重要外强迫因子。

1998 年 3—5 月海温距平场上, 赤道中东太平洋、我国近海、北印度洋都是正距平, 东南太平洋南部正距平、北部负距平, 北太平洋南部为大范围负距平、北部有小区域正距平, 和显著相关区一一正对应, 因此 1998 年前汛期降雨量距平百分率是厄尔尼诺次年中的最大值。1988 年 1 月厄尔尼诺事件结束, 3—5 月平均 NINO3.4 指数转为负值, 赤道中东太平洋海温为负距平, 北太平洋以 35°N 为界北部负距平、南部正距平, 热带西印度洋海温负距平, 我国近海有小区域的负距平, 与海温显著相关区呈负对应关系, 因而 1988 年为厄尔尼诺次年前汛期降水最少年。

4.2 海温关键区对 500hPa 位势高度场的影响

从以上前汛期降雨量和 3—5 月海温相关分析可见, 印度洋、赤道中东太平洋及北大西洋都是影响广西前汛期降雨量的关键海区, 这些关键海区的海温指数分别有: 赤道中东太平洋海表温度距平 NINO3.4 指数, 热带印度洋全区一致海温模态 IOBW 指数, 热带印度洋海温偶极子 TIOD 指数, 副热带南印度洋偶极子 SIOD 指数以及大西洋海温三极子 NAT 指数。分别对 1981—2020 年 3—5 月各海温指数和 4—6 月 500hPa 高度场作相关计算, 分析各海温关键区对 500hPa 高度场的主要影响。

4.2.1 NINO3.4 指数的影响

NINO3.4 指数和 500hPa 高度场的相关系数场上, $30^{\circ}\text{S}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 的热带副热带地区是通过 0.01 信度检验的显著正相关区, 该区域的西太平洋地区是 4—6 月西太副高活动区域, 因此 NINO3.4 指数对副高演变有较大影响。当 3—5 月 NINO3.4 指数为正值, 副高趋于偏强偏大偏西偏北。另有一负相关区通过 0.05 信度检验, 位于鄂霍次克海至阿留申群岛, NINO3.4 正指数易引起该地区高度场负距平, 使东亚槽位置偏东, 引导冷空气东移出海为主。

4.2.2 IOBW 指数的影响

IOBW 指数与 500hPa 高度场的相关在热带地区和 NINO3.4 指数相似, $30^{\circ}\text{S}\sim 30^{\circ}\text{N}$ 地区显著正相关, 相关区比 NINO3.4 指数大, 西太平洋的正相关区一直向北延伸到日本及千叶群岛, 通过 0.01 信度检验。因此, 当 IOBW 为正位相, 副高易偏强偏大偏西偏北, 东亚槽及印缅槽偏弱; IOBW 负位相, 副高

则偏弱偏小偏东偏南, 东亚槽及印缅槽偏强, 利于冷空气深入南下影响广西。3—5 月平均 IOBW 为负值或接近常年值的有 1992、1995、2007 年, 这 3a 前汛期印缅槽和东亚槽均偏强, 13 个次年中印缅槽也仅这 3a 强度偏强。

4.2.3 TIOD 指数的影响

TIOD 指数和 500hPa 高度场的相关在欧亚中高纬至太平洋中部的广大区域为正相关, 通过 0.1 以上信度检验的 2 个区域为从伊拉克经巴尔喀什湖 (简称巴湖) 至贝加尔湖 (简称贝湖) 东部、太平洋中部的小部分区域, 其中巴湖至贝湖相关区通过 0.01 信度检验; 正相关区的北侧为纬向长带状的负相关区, 有分散区域通过 0.1 信度检验。可见, TIOD 指数主要影响欧亚中高纬尤其是巴湖至贝湖的 500hPa 高度值, 当 TIOD 指数为负值, 500hPa 高度场该区域趋于负距平, 巴湖至贝湖间为低压槽区, 西风槽活跃, 有利于引导冷空气从中路、西路南下影响广西。

4.2.4 SIOD 指数的影响

与 TIOD 指数相似, SIOD 指数和 500hPa 高度场的相关系数在伊拉克经巴湖至贝湖东部为正值, 通过 0.05 信度检验。不同的是, SIOD 指数的正相关区止于贝湖, 库页岛经日本至上海为南北向显著负相关区, 与东亚槽活动区域对应。因此, 当 SIOD 指数为正值, 有利于贝湖高压脊偏强和东亚槽偏强, 强冷空气从东路南下影响广西; SIOD 指数为负值, 贝湖高压脊及东亚槽较弱, 东路南下冷空气势力较弱。3 个降水偏多年 3—5 月 SIOD 指数均 < -0.5 , 其中降雨量最多的 1998 年 SIOD 指数为 -1.1 , 前汛期东亚槽强度除了 2005 年与常年值接近外, 其余 2a 明显偏弱, 其中 1998 年是所有次年中强度最弱的。

4.2.5 NAT 指数的影响

NAT 指数与 500hPa 高度场主要为负相关关系; 80°N 以北的整个北极圈负相关区通过 0.05 信度检验, 另一重要负相关区位于越南中部经菲律宾至赤道中部太平洋, 也是前汛期西太副高的活动范围。当 3—5 月 NAT 指数为正位相, 前汛期副高倾向于偏弱偏小偏东; 当 3—5 月 NAT 指数为负位相, 前汛期副高倾向于偏强偏大偏西。3 个降水偏多年 NAT 指数 ≤ -1.4 , 是次年中的 3 个最小值, 其前汛期副高强度均偏强, 其中 1998、2010 年偏强远超 1 个标准差; 4 个降水偏少年 NAT 指数介于 $-0.7\sim -0.3$ 之间, 除了 1983 年副高强度比 1 个标准差稍偏强外,

其余 3 年偏强程度小于 1 个标准差。

4.3 高原积雪面积对 500hPa 高度场的影响

下垫面强迫对大气环流的影响,除了海温外,高原积雪也是重要影响因素。为了研究冬春季积雪面积对前汛期大气环流的影响,计算 1981—2020 年 1—3 月青藏高原积雪面积和 4—6 月 500hPa 高度场的相关系数。两者呈正相关关系,显著相关区主要位于 25°S~25°N 区域,以及巴湖至我国东北以外的广大地区。因此,当 1—3 月青藏高原积雪面积偏少,500hPa 位势高度场我国大部为负距平,西太副高偏弱偏南偏东;反之,高原积雪面积偏大,我国大部为高度正距平,副高偏强偏北偏西。

通过以上前期海温、积雪等外强迫因子对前汛期 500hPa 位势高度场的影响分析,总结给出了海温关键区、高原积雪等外强迫因子影响大气环流系统、从而影响广西前汛期降水量的机理流程图(图 1)。厄尔尼诺次年中,1998 年 1—3 月高原积雪面积最大,3—5 月 SIOD 指数为-1.1,是次年的最小值,IOBW 指数是次年第 2 大值,前汛期东亚槽和印缅槽强度最弱、副高西伸平均脊点最偏西、副高强度为第 3 大值,因而 1998 年前汛期降水最多。

更偏西,乌山高压脊更强但东亚槽偏弱,西西伯利亚易分裂西风槽东移;偏少年乌山高压脊比偏多年弱,东亚槽强度较强,冷空气易从东路南下。

(2)气候变暖背景下,广西前汛期降雨量和赤道中东太平洋海温相关性提高,通过 0.1 信度的相关区主要在赤道中东太平洋、我国近海区域、50°S~20°N 的印度洋、东南太平洋和北大西洋。

(3)外强迫因子对前汛期 500hPa 位势高度场主要影响系统有不同的影响作用:NINO3.4、IOBW、青藏高原积雪面积和西太副高强度、脊线和西伸脊点正相关,NAT 则为反相关;IOBW、SIOD 对东亚槽强度作用相反,IOBW 正位相则东亚槽偏弱,SIOD 正值则东亚槽偏强;TIOD、SIOD 负值有利于贝湖至巴湖高度值低,不断分裂西风槽东移南下。

因此,不同的海温分布形态和高原积雪面积的不同配置造成厄尔尼诺次年前汛期 500hPa 位势高度场的差异,使广西前汛期降雨量不同。500hPa 高度场是影响降雨分布的主要环流场,但对流层低层、高层的高度场、海平面气压场以及风场等各层天气系统的耦合对前汛期降雨也很重要,这是我们今后将要深入研究的工作。

参考文献:

- [1] 张焱,孙照渤,白莹莹,等.近 47a 华南前汛期旱涝特征[J].南京气象学院学报,2008,31(2):176-182.
- [2] 马慧,王谦谦,陈桢华.华南前汛期降水异常的时空变化特征[J].高原气象,2006,25(2):325-329.
- [3] 黄远盼,宁玉梅,莫家尧.广西前汛期两次暴雨天气过程对比分析[J].气象研究与应用,2014,35(1):12-16.
- [4] 欧徽宁,梁珊珊,杨胜才.2013 年广西一次前汛期暴雨过程分析[J].气象研究与应用,2013,34(4):14-17.
- [5] 陈申鹏,孙国武.华南前汛期首场强降水个例分析[J].干旱气象,2018,36(1):50-55.
- [6] 邓明,杨亚钦,李江南.城市下垫面对华南地区前汛期暴雨的影响初探[J].气象研究与应用,2017,38(3):23-25.
- [7] 蒋国兴.广西地形分布与前汛期降水时空变化关系[J].热带地理,2007,27(3):207-212.
- [8] 邓明,赵亮,王成,等.MJO 对广东前汛期降水的影响[J].广东气象,2015,37(3):28-31.
- [9] 李文铠,何金海,祁莉,等.MJO 对华南前汛期降水的影响及其可能机制[J].热带气象学报,2014,30(5):983-989.
- [10] 吴亚丽,蒙伟光,陈德辉,等.一次华南暖区暴雨过程可预报性的初值影响研究[J].气象学报,2018,76(3):

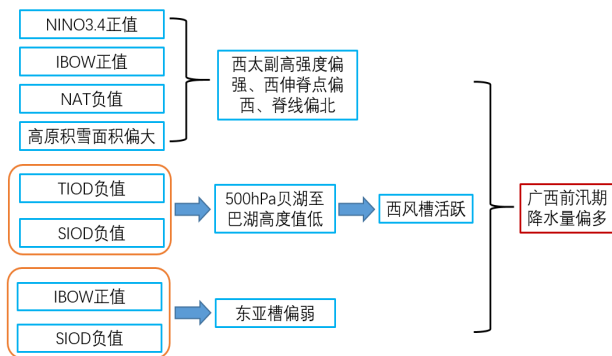


图 1 外强迫因子影响广西前汛期降水量的机理流程图

5 结论与讨论

本文分析了 1981 年以来 13 个厄尔尼诺次年广西前汛期降雨量分布特征及降水偏多年、偏少年 500hPa 位势高度场差异,并从海温、积雪等外强迫因子分析了造成大气环流主要影响系统差异的原因,得出以下结论:

(1)13 个厄尔尼诺次年中,广西前汛期降水偏多有 3a,降水偏少有 4a,降水量偏多主要是雨日多和雨强强引起。降水偏多年与偏少年的 500hPa 高度场差值显示:偏多年副高强度更强面积更大脊点

- 323–342.
- [11] 梁依玲, 刘国忠, 赵金彪, 等. 2021 年广西前汛期一次暴雨过程特征及模式预报偏差分析[J]. 气象研究与应用, 2022, 43(4): 104–108.
- [12] 王娟怀, 李清泉, 汪方, 等. 基于 DERF2.0 的华南前汛期降水订正[J]. 应用气象学报, 2021, 32(1): 115–128.
- [13] 李维京. 1998 年大气环流异常及其对中国气候异常的影响[J]. 气象, 1999, 25(4): 21–26.
- [14] 司东, 柳艳菊, 邵颢, 等. 2015 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响[J]. 气象, 2016, 42(4): 481–488.
- [15] 袁媛, 高辉, 李维京, 等. 2016 年和 1998 年汛期降水特征及物理机制对比分析[J]. 气象学报, 2017, 75(1): 19–38.
- [16] 伍红雨, 吴遥. 不同类型和强度的厄尔尼诺事件对次年华南前汛期降水的可能影响[J]. 大气科学, 2018, 42(5): 1081–1095.
- [17] 丁婷, 韩荣青, 高辉. 2019 年汛期气候预测效果评述及降水预测先兆信号分析[J]. 气象, 2020, 46(4): 556–565.

Analysis of the causes of precipitation differences during the first rainy season of Guangxi in the following year of El Niño

Huang Cuiyin, Zhou Xiuhua, Cai Yuexing
(Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the precipitation data during the first rainy season (FRS) in Guangxi since 1981, NCEP/NCAR reanalysis data, the sea surface temperature (SST) data of the Hadley Center in the UK, the atmospheric circulation index, SST index, and snow cover index from the National Climate Center, the causes of the precipitation difference during FRS in Guangxi in the following year of El Niño were analyzed by using synthesis and correlation calculation methods. The results show that the Western Pacific subtropical high (WPSH) at the level of 500hPa is stronger, larger and more westward when there is more precipitation in FRS of Guangxi and it occurs in the following year of El Niño, and the Ural Mountains high-pressure ridge (UMH) is stronger, but the East Asian trough is weaker, and the westerly trough is split from the western Siberian which guides cold air southward from the west or middle route affecting Guangxi. Among the external forcing factors, NINO 3.4, IOBW, snow cover of Tibetan Plateau is positively correlated with the intensity, ridge lines, and western extension ridge points of WPSH, which are negatively correlated with NAT. Moreover, the effects of IOBW and SIOD on the strength of the East Asian trough are opposite, with positive IOBW phase favoring a weak East Asian trough and positive SIOD favoring a strong East Asian trough. Additionally, negative values of TIOD and SIOD are conducive to low geopotential height values from Lake Balkhash to Lake Baikal, which continuously split the westerly trough and moving eastward and southward. Therefore, different configurations of key SST zones and plateau snow cover areas cause the differences in the 500hPa impact systems, resulting in differences in precipitation during FRS of Guangxi in the following year of El Niño.

Key words: the following year of El Niño; the first rainy season in Guangxi; difference in precipitation; sea surface temperature; snow cover of Tibetan Plateau