

高温对海南岛西南部干旱影响研究

张春花^{1,3} 吴胜安^{2,3}

(1 海南省气象台,海口 570203; 2 海南省气候中心,海口 570203;

3 海南省南海气象防灾减灾重点实验室,海口 570203)

摘要: 利用1966—2018年海南岛18个台站逐日降水和高温资料,对海南岛西南部干旱与高温进行相关分析。结果表明:海南岛西南部4—6月高温、干旱的空间分布较为相似,西南部高温多,也是干旱的易发地;降水极端偏少年与高温日数的极端偏多年有较好的一致性,均出现重大干旱灾害,这说明高温过程的出现会加重气象干旱的发展。利用NCEP/NCAR再分析资料对比分析4—6月极端旱年和涝年大气环流异常特征,发现阻塞高压、东亚大槽和阿留申低压偏弱,南亚高压偏强,海南岛上空为反气旋式异常环流,高层辐合、低层辐散,是造成4—6月海南岛西南部高温干旱的异常环流背景。

关键词: 海南岛, 高温, 干旱, 相关分析, 异常环流背景

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2020.04.017

Analysis on the Effect of High Temperature on Drought in Southwestern Hainan Island

Zhang Chunhua^{1,3}, Wu Shengan^{2,3}

(1 Hainan Meteorological Observatory, Haikou 570203 2 Hainan Climate Center, Haikou 570203

3 Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou 570203)

Abstract: Based on the daily precipitation and high temperature data of 18 meteorological stations in Hainan Island from 1966 to 2018, the correlation between drought and high temperature in Southwestern Hainan Island was analyzed. The result shows that in Southwestern Hainan Island, with more frequency high temperature days and drought, the spatial distributions of high temperature and drought from April to June are comparatively similar, and the consistency between the years with extremely less precipitation and the years with extremely more high temperature days is good. In each of those years, there were severe drought disasters, which indicated that the high temperature contributed to the development of meteorological drought. NCEP/NCAR reanalysis monthly average data are used to compare and analyze the atmospheric circulation anomalies from April to June in extreme drought and flood years. It indicates that the weak blocking high, East Asian trough and Aleutian lower, strong South Asia high, and the abnormal anticyclonic air circulation over Hainan Island, high-level convergence and low-level divergence formed the abnormal circulation background of high temperature and drought weathers in Southwestern Hainan Island from April to June.

Keywords: Hainan Island, high temperature, drought, correlation analysis, abnormal circulation background

0 引言

在我国大部分地区,尤其夏季月平均气温与降水量呈反相关关系,温度高意味着降水少。高温天气日数增多,促使平均气温上升,导致地表蒸发量增加,夏季高温酷暑天气伴随着干旱很可能会发生,或使干旱持续维持。马柱国等^[1]利用我国北方160个气象站资料研究地表湿润指数发现,地表变干和降水量减少与气温升高相关;地表变湿和降水量增多与气温降低有关。20世纪90年代降水量减少明显大于80年代,但温度增加幅度大于80年代,造成90年代地表干旱强于80年代的原因是由于增温所致。谢安等^[2]利用实测土壤

湿度资料研究东北近50年干旱变化时发现,土壤湿度与降水量呈正相关,与平均气温呈负相关,相关系数都比较高,尤其夏季(6—8月)的气温与土壤湿度呈显著负相关。卫捷等^[3]利用我国160站资料分析,发现夏季我国大部地区气温与降水反相关,即气温越高,降水可能偏少。这说明对于我国大部地区,在夏季干旱时段,可能会出现高温酷暑天气,反之局地高温出现,也有利于产生干旱的大陆性暖高压系统的维持。邓振镛等^[4]研究认为我国北方夏季干旱范围及严重程度基本上与暖季极端气候变化相一致。极端最高气温偏高,高温热浪频繁发生,干旱趋势逐步加重,干旱范围也逐步扩大,各干旱周期阶段间距在缩小,同时存在着显著的年代际变化。从全国范围讲,1965—1982年和1991—2000年是干旱面积较大的时段,平均干旱面

收稿日期:2019年9月9日;修回日期:2020年5月27日
第一作者:张春花(1968—), Email: zch121@sina.com

积逐步增大, 极端高温年份的干旱面积显著扩大。

大量研究表明, 高温和干旱异常都有相应的大气环流异常背景。李新周等^[5]对中国北方地区干旱研究表明, 北方地区当前的干旱化时空格局与东亚夏季风异常特征密切相关, 夏季风减弱以及由此造成水汽输送量减少是导致干旱化发展的主要原因, 而低层大气反气旋环流增强和气旋性环流减弱是引起干旱化的异常环流特征。李瞳等^[6]、张剑明等^[7]研究表明西太平洋副热带高压的持续异常偏强、偏西, 长期稳定地控制在长江中下游和江南地区是造成2013年夏季长江中下游和湖南省持续高温干旱最重要最直接的原因。

海南岛地处热带地区, 各地年降水量949—2388 mm, 由于地形因素, 海南岛年降水量充沛, 但时空分布不均, 降水集中于东部, 西部沿海年平均降雨量不足1000 mm, 导致干旱成为海南岛最常出现、影响最广、最难监测的灾害性天气。海南岛一年四季均可发生干旱, 干旱日数分布表现为南部多于北部, 西部多于东部。常年的干旱时段主要集中在11月—次年4月, 以冬春旱为主, 个别年份雨季来得晚, 春旱可持续到5月, 甚至6月^[8]。高温是导致干旱的重要因素, 李伟光等^[9]研究认为, 由于温度升高显著, 而降水仅弱增加, 且降水集中, 导致海南岛干旱化趋势严重, 极端干旱事件呈增加趋势。在海南岛高温是如何促进干旱发展的, 本文将对海南岛西南部干旱与高温进行相关分析, 对4—6月极端旱年和涝年大气环流异常特征进行对比分析, 揭示海南岛西南部高温和干旱的内在联系以及极端旱年和涝年大气环流异常特征, 为更好地预测预报海南岛西南部干旱提供科学依据。

本文降水量和高温资料取自海南岛18个台站1966—2018年逐日降水和和高温资料; 气象干旱等级采用国家综合气象干旱指数(CI)标准进行划分; 全

球环流资料采用NCEP/NCAR再分析月平均数据资料集, 包括纬向风、经向风、位势高度, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

1 海南岛西南部高温和干旱的内在联系

海南岛各地 35°C 以上高温年日数由西北向东南地区递减, 其中全省年最多日数就出现在西部的昌江县达50 d, 5—7月为高峰月, 各月占年总高温日数均超过20%; 海南岛常年4—6月平均最高气温出现在西南部地区, 最高值出现在昌江 33.4°C , 其次是乐东和澄迈 32.7°C 。除澄迈位于北部地区, 其余县市位于海南岛西南部地区。4—6月, 西南部地区高温日数明显增多, 同时该地区又处于中部五指山脉的雨影区, 降水偏少, 因此该地区干旱易迅速发展。

为研究海南岛西南部高温和干旱的内在联系, 本文选取海南岛气温高且干旱比较严重的西南部地区的昌江、白沙、乐东和保亭4县作为代表站, 对高温和干旱的相关关系进行分析。降水量取平均值, 高温日数取总天数, 得出4—6月海南岛西南部地区的距平演变。图1是剔除趋势后的距平演变图, 因为气温的变暖趋势显著, 同样高温天数的增长趋势也很显著, 而降水的变化趋势则不显著, 为了分析高温日数年际变化对干旱的影响, 有必要剔除这种线性趋势的影响。由图1可见, 降水量与高温日数剔除趋势后的变化成明显反相关, 二者相关系数可达 -0.706 ($P < 0.001$)。与原序列求相关, 其相关系数为 -0.653 ($P < 0.001$), 这说明剔除趋势后可以更好地揭示年际变化的反相关。

由图1可见, 剔除趋势后高温日数异常偏多的典型(偏多50 d以上)年份为1969、1977、1983、2005和2015年, 而降水异常偏少的典型(偏少近200 mm或

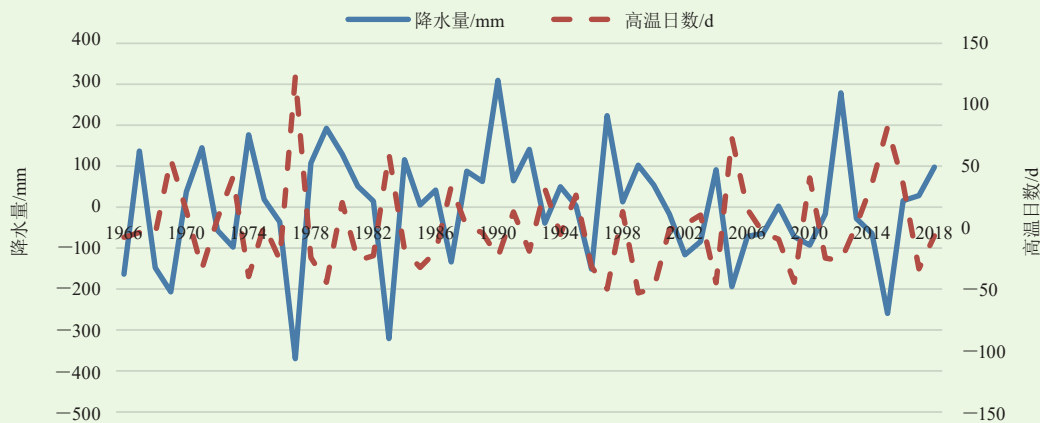


图1 1966—2018年海南岛西南部地区4—6月剔除趋势后的降水量和高温日数距平演变图

Fig.1 Precipitation and high temperature days anomaly with trend removed in Southwestern Hainan Island from April to June in 1966—2018

以上)也是这5年。可见高温和降水异常偏少出现的一致性相当好,进一步证实高温与干旱之间存在内在联系的客观性。

2 西南部地区4—6月异常高温活动对干旱的影响

1969、1977、1983、2005和2015年是海南岛高温日数异常偏多与降水异常偏少的典型年份,这5年也是海南岛春旱异常严重的年份。下面对这5年4—6月西南部地区异常高温活动对干旱的影响进行分析。

由表1可见,1969、1977、1983、2005和2015年,西南部地区平均降水量均比多年平均偏少36.5%~66.8%;全省平均降水量也较常年偏少26.5%~58.1%。由于西南部地区降水严重偏少,导致出现严重干旱,特别是在高温过程结束前后,西南部4县的干旱指数出现显著变化。值得说明的是,CI与实际旱情相比较,干旱指数偏轻,但仍可反映干旱的发展趋势,干旱指数在高温过程结束前后的变化可反映高温对干旱发展有促进作用。

表1 4—6月海南岛西南部地区异常高温活动对干旱的影响

Table 1 Effects of abnormal high temperature activities on drought in southwestern Hainan Island from April to June

年	平均降水/mm	平均降水距平/%	累积高温日数/d	高温日数较多年平均/d	主要高温时段/高温前后干旱变化
1969	347.6	-36.5	101	+31	5月9—26日/轻旱或无旱发展为中旱
1977	181.6	-66.8	177	+107	4月25日—6月29日/干旱加重,乐东无旱发展到重旱
1983	228.7	58.3	121	+51	4月12日—7月11日/轻旱或无旱发展为中旱
2005	348.1	-6.5	159	+69	4—6月/干旱在4月达到最重
2015	279.2	-49	179	+110	4月27日—6月14日/无旱快速发展到重旱和特旱

以高温导致干旱最为严重的1977年和2015年为例。1977年4—6月,西南部地区平均降水量181.6 mm,比多年平均(544.0 mm)偏少66.8%,是同期降水最少的年份。全省平均降水量205.9 mm,较常年偏少58.1%。1977年5月干旱开始发生,持续到1978年。西南部累积高温日数达177 d,较多年平均高出107 d。在剔除趋势后,其距平可达122 d,是同期高温日数异常最多的年份。1977年的4—6月的高温过程主要出现在4月25日—6月29日,对比同期CI指数分布图(图2)可见,由于高温过程的出现,干旱得到快速发展。在主要高温过程之前(4月24日),部分地区无气象干旱,不少区域为轻度气象干旱,仅个别市县为重旱;到了6月29日,全省出现气象干旱,绝大部分地区为中度以上,近1/3的地区为重度气象干旱。

早。西南部地区干旱程度加重,其中乐东由无旱发展到重旱,可见高温的出现对干旱的发展有明显的加重作用。

2015年4—6月,海南岛西南部地区平均降水量279.2 mm,比多年平均(544.0 mm)偏少49%。全省平均降水量360.7 mm,较常年偏少26.5%。受前期降水偏少、气温偏高的影响,截止5月31日,海南岛大部分地区气象干旱发展,有11个县市出现了不同程度气象干旱,其中昌江、三亚、保亭和五指山达到重度气象干旱,7个市县为轻到中度气象干旱。6月上中旬我省气象干旱发展迅速,6月14日气象干旱达到最重,其中昌江、三亚为特重气象干旱,乐东、琼海为重度气象干旱,8个市县为轻到中度气象干旱。同期西南部4县累积高温日数达179 d,较多年平均高出

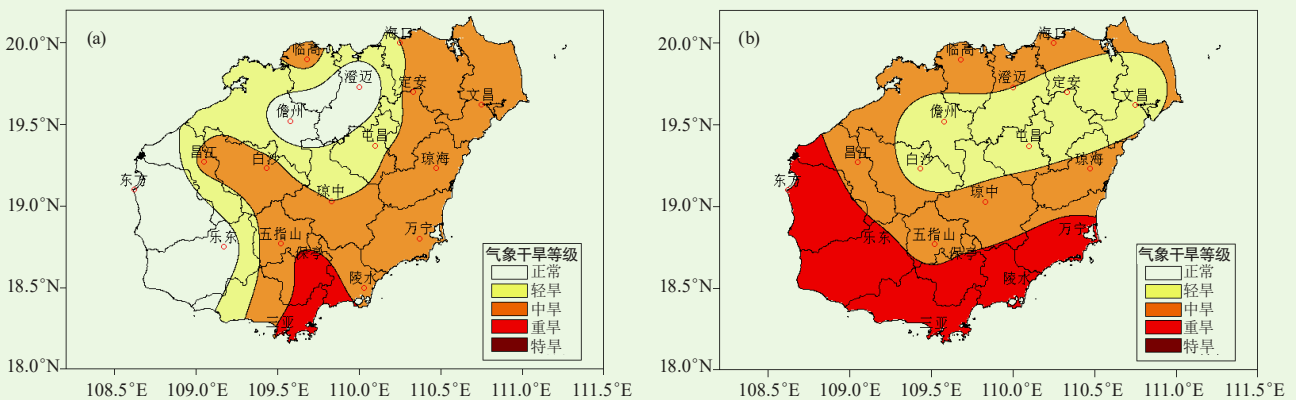


图2 海南岛1977年4月24日(a)和6月29日(b)的CI指数分布

Fig. 2 CI index distribution over Hainan Island on 24 April (a) and 29 June (b) in 1977

110 d。全省高温日数也显著偏多，其中5月中旬—6月中旬的高温天气过程具有高温范围大、累计日数多、连续日数长、局部地区最高气温高的特点，是2015年上半年7次高温过程中最为严重的一次，也是历史同期少见的高温天气过程。比较6月14日的CI指数和高温大范围活动之前的4月27日CI指数（图3）可见，高温过程使气象干旱快速发展，西南部4县由之前的无旱快速发展到之后的重旱和特旱。由此可见，2015年的高温、干旱在大致同步的基础上，高温的连续出现先于干旱的快速发展，即高温的连续出现对干旱快速发展起促进加重作用。

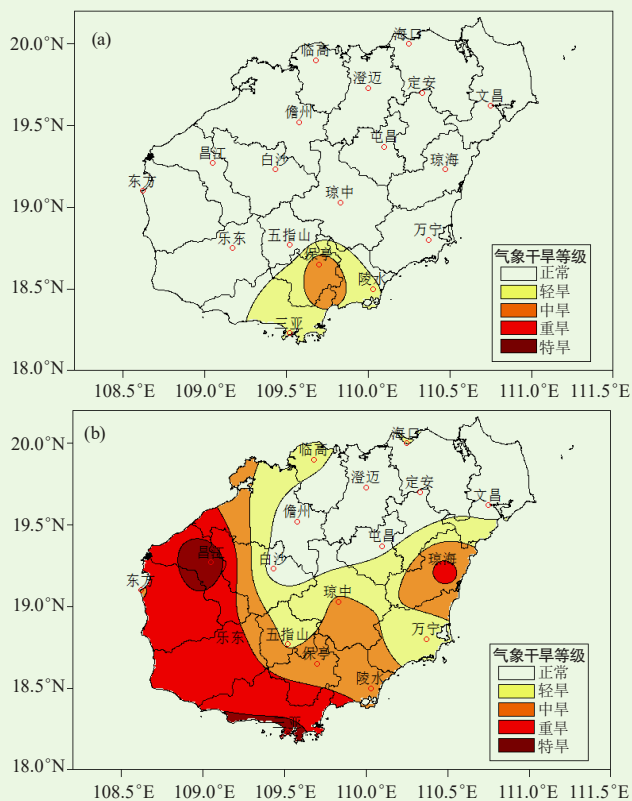


图3 海南岛2015年4月27日(a)和6月14日(b)的CI指数分布
Fig. 3 Same as Fig.2, but on 27 April (a) and 14 June (b) in 2015

3 高温和干旱的大气环流异常形势

为了更好理解海南岛出现极端高温干旱的大气环流形势，利用NCEP/NCAR再分析月平均数据资料集，包括纬向风、经向风、位势高度，水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ，分析了1969、1977、1983、2005和2015年的大气环流异常形势，为了便于对比，也分别分析了4—6月降水异常偏多，高温日数偏少的1979、1990、1997和2012年大气环流异常形势。

由图4a可见，在海南岛4—6月极端干旱年份，500 hPa阿留申低压区高度为正距平，即偏弱，东亚大槽区高度场为正距平，即大槽同样偏弱；而阻塞高

压区高度场为负距平，即阻塞高压也偏弱。其相互配置的结果是，中高纬环流以纬向为主，不利于冷空气南下影响海南岛。另一方面，南亚高压区高度场为正距平，表明南亚高压偏强，意味着海南岛气温偏高，降水偏少。在以上大气环流异常形势的共同影响下，海南岛更容易出现高温，不利于降水，从而导致干旱维持与发展。由图4b可见，在降水异常偏多的年份，其异常形势与极端干旱年大致相反，500 hPa阿留申低压偏强，东亚大槽偏强，阻塞高压偏强，南亚高压偏弱。这些异常形势共同影响，将导致中纬度地区经向环流为主，从而有利于冷空气南下影响海南岛；而低纬地区由于南亚高压偏弱，利于对流活动，有利于降水发生。图4c是极端干旱年与降水异常偏多年的差异，可见阿留申低压区、东亚大槽区、阻塞高压区及以南亚高压区，这种差异变得更为明显，从而导致旱、涝两种极端气候事件的发生。

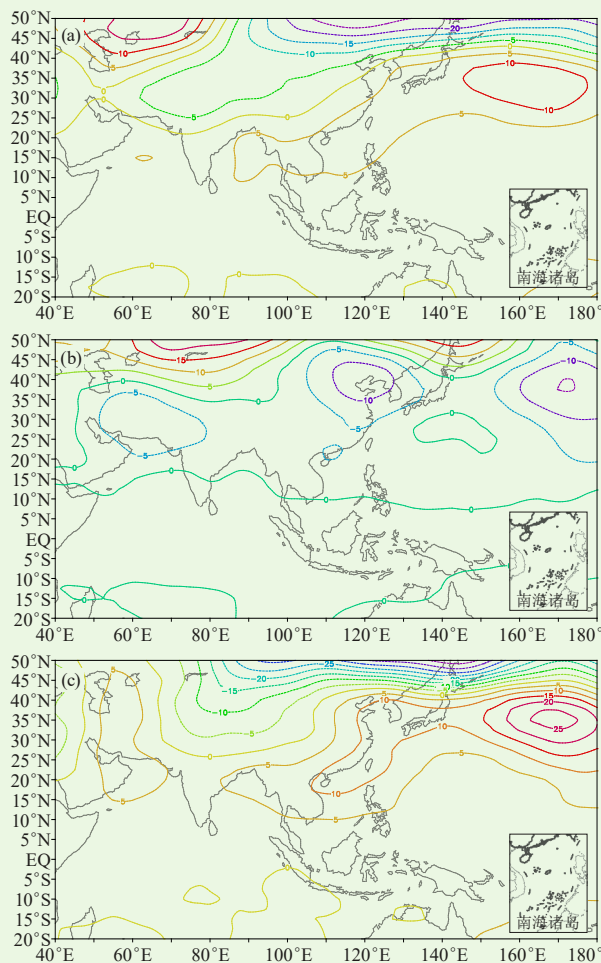


图4 4—6月极端干旱年(a)、极端涝年(b)500 hPa异常高度场及两者差异场(c)

Fig. 4 Abnormal height of 500 hPa level on extreme drought year (a), extreme flood year (b) and the difference (c) from April to June

图5a可见,在海南岛4—6月极端干旱年份,850 hPa风场与前节阿留申低压区高度为正距平(即偏弱)对应,其上空为反气旋式环流;此外,西北太平洋西部和南海上空为明显的反气旋式环流,孟加拉湾上空也为明显的反气旋式环流,这与南亚高压偏强有关;还有我国东南部地区上空,是南海异常反气旋式环流的北侧,为明显的异常西南风。以上异常风场

相互配置的结果与上述高度场异常反映的结果一致:中高纬环流以纬向为主,不利于冷空气南下影响海南岛。另一方面,海南岛上空为反气旋式异常环流西北侧的异常西南风控制,意味更容易产生高温天气,降水则不易产生。由图5b可见,在降水异常偏多的年份,850 hPa风场西北太平洋西部和南海上空为异常气旋式环流,海南岛是该异常气旋式环流的中心,意味着对流活跃,降水容易发生。图5c是极端干旱年与降水异常偏多年的差异,可见阿留申低压和南海上空的

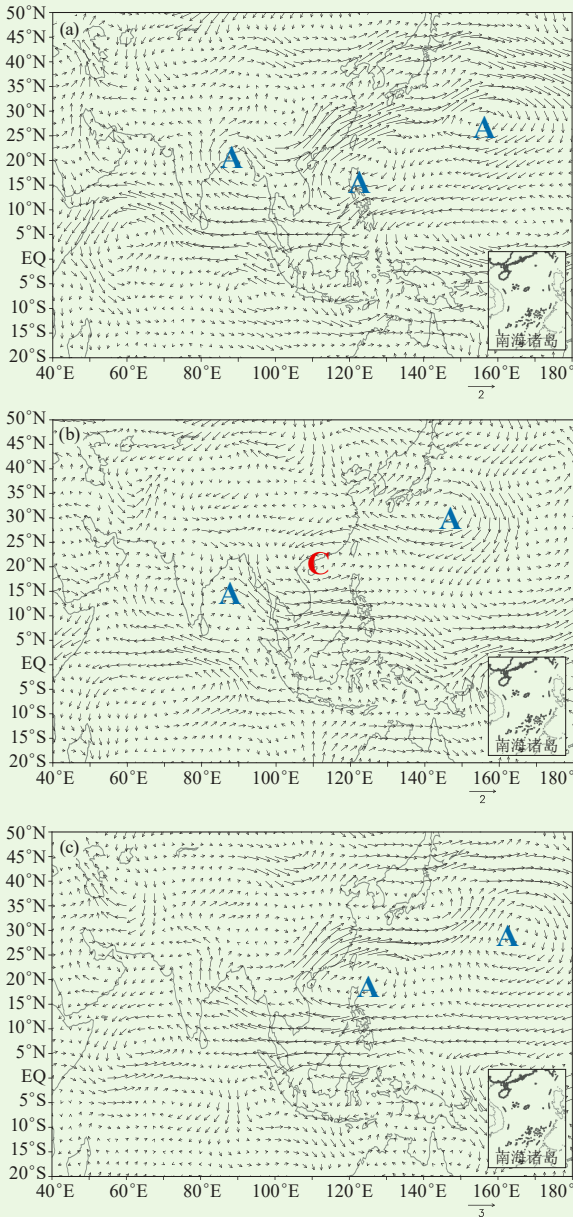


图5 4—6月极端旱年(a)、极端涝年(b)850 hPa异常风场及两者的差异场(c)
(“A”代表反气旋式环流,“C”代表气旋式环流,下同)
Fig. 5 Abnormal wind fields of 850 hPa level on extreme drought year (a), extreme flood year (b) and the difference (c) from April to June
(“A” represents anticyclonic circulation, “C” represents cyclonic circulation, the same as below)

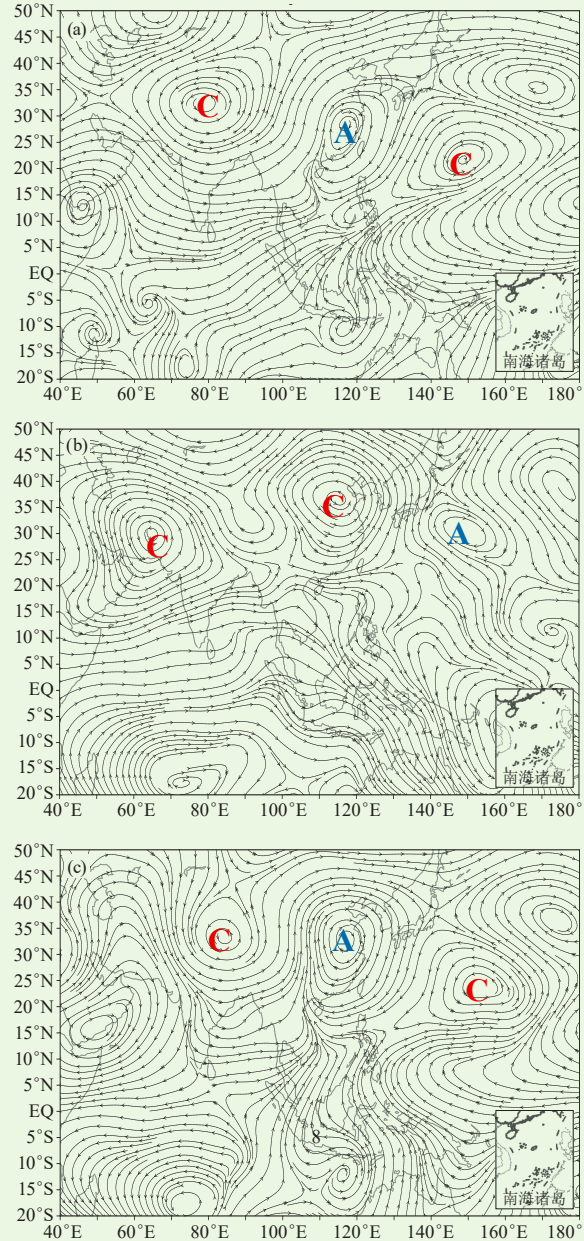


图6 4—6月极端旱年(a)、极端涝年(b)200 hPa异常流场及两者差异场(c)
Fig. 6 Abnormal stream of 200 hPa level on extreme drought year (a), extreme flood year (b) and the difference (c) from April to June

反气旋式差异环流变得更为明显。

由图6a可见,在海南岛4—6月极端干旱年份,200 hPa流场东北半球的主要异常形势是:我国东部上空为一反气旋式环流中心,我国西部邻近的中东上空和其东部的中西太平洋上空为气旋式环流中心,海南岛位于我国东部反气旋式环流中心的底部。从图中可以看出,这里是一明显的流线辐合区,西北太平洋和南亚上空的流线在海南岛上空附近辐合,上层辐合,意味着高层大气在此堆积,从而使低层气压偏高,进而向外辐散。这种高层辐合、低层辐散的结果是该区域近地层气温升高、降水不易发生,与前述高度、风场异常分析的结论一致。由图6b可见,在降水异常偏多的年份,200 hPa流场我国华北区域上空为气旋式异常环流,印度北部邻近的中东上空也为气旋式环流,日本以东洋面上空为反气旋式环流。海南岛位于气旋式环流的底部,流线向西太平洋南北两个方向辐散,上层辐散导致低层辐合,从而对流容易发生,有利于降水偏多。图6c是极端干旱年与降水异常偏多年的差异,其分布与图6a较为相似,但辐散辐合更为明显。

4 结论

1) 海南岛西南部4—6月高温、干旱的空间分布较为相似,西南部高温多,也是干旱的易发地;海南

高温日数和降水量呈显著的反相关,在西南干旱易发生地相关尤其显著。

2) 4—6月海南西南部地区高温和干旱有内在的联系,降水极端偏少年与高温日数的极端偏多年有良好的一致性;高温过程的出现会促进气象干旱的快速发展,进而发生重大干旱灾害。

3) 阻塞高压、东亚大槽和阿留申低压偏弱,南亚高压偏强,海南上空为反气旋式异常环流,高层辐合、低层辐散,这是4—6月海南岛西南部高温干旱的异常环流背景;而极涝年的大气环境配置大致相反。

参考文献

- [1] 马柱国,符淙斌. 1951—2004年中国北方干旱化的基本事实. 科学通报, 2006, 51(20): 2429-2439.
- [2] 谢安,孙永罡,白人海. 中国东北近50年干旱发展及对全球气候变暖的响应. 地理学报, 2003, 58(增刊): 75-82.
- [3] 卫捷,陶诗言,张庆云. Palmer干旱指数在华北干旱分析中的应用. 地理学报, 2003, 58(增刊): 91-99.
- [4] 邓振镛,文小航,黄涛,等. 干旱与高温的区别与联系. 高原气象, 2009, 28(3): 702-709.
- [5] 李新周,马柱国,刘晓东. 中国北方干旱化年代际特征与大气环流的关系. 大气科学, 2006, 30(2): 278-284.
- [6] 李瞳,王文,蔡晓军. 2013年长江中下游夏季高温干旱演变过程及环流异常成因简析. 气象科学, 2017, 37(4): 505-513.
- [7] 张剑明,段丽洁. 2013年夏季湖南省持续高温干旱变化特征及其成因分析. 气象与环境学报, 2018, 34(4): 45-51.
- [8] 王春乙,吴慧,邢旭煌,等. 海南气候. 北京: 气象出版社, 2014.
- [9] 李伟光,陈汇林,朱乃海,等. 标准化降水指标在海南岛干旱监测中的应用分析. 中国生态农业学报, 2009, 17(1): 178-182.
- [10] 李少军,张京红,何政伟,等. 基于遥感和GIS的台风对橡胶的影响分析. 广东农业科学, 2010, 37(10): 191-193.
- [11] 罗红霞,曹建华,王玲玲,等. 基于HJ-1CCD的“纳沙”台风NDVI变化研究——以海南省为例. 遥感技术与应用, 2013, 28(6): 1076-1082.
- [12] 刘少军,张京红,蔡大鑫,等. 台风对天然橡胶影响评估模型研究. 自然灾害学报, 2014, 23(1): 155-160.
- [13] 张京红,张明洁,刘少军,等. 风云三号气象卫星在海南橡胶林遥感监测中的应用. 热带作物学报, 2014, 35(10): 2059-2065.
- [14] 蔡文. 从物元分析到可拓学. 北京: 科学技术文献出版社, 1995.
- [15] 李琴,王国会,陈清华. 可拓分类方法及其在流动单元分类中的应用. 地球物理学进展, 2007, 22(6): 1975-1979.
- [16] 刘少军. 基于多信息源的台风灾害实时评估系统研究. 成都理工大学, 2011.
- [17] 刘少军,张京红,何政伟,等. 基于GIS的台风灾害损失评估模型研究. 灾害学, 2010, 95(2): 64-67.
- [18] 刘少军,张京红,何政伟,等. 应用GIS技术的台风灾害危险性评估系统. 地理空间信息, 2011, 47(1): 34-38.
- [19] 刘少军,高峰,张京红,等. 地形对橡胶风害的影响分析. 气象研究与应用, 2010, 31(z2): 228-229.
- [20] 余伟,张木兰,麦全法,等. 台风“达维”对海南农垦橡胶产业的损害及所引发的对今后产业发展的思考. 热带农业科学, 2006, 26(4): 41-43.
- [21] 张明洁,张京红,刘少军,等. 基于FY-3A的海南岛橡胶林台风灾害遥感监测——以“纳沙”台风为例. 自然灾害学报, 2014, 23(3): 1-7.
- [22] 王缙玮,范宝光. 海南金波地区1989年橡胶树风害调查报告. 热带作物科技, 1990(6): 29-32.
- [23] 罗家勤,钟华洲. 9207号强台风对橡胶无性系的风害调查简报. 热带作物科技, 1992(6): 80-81.
- [24] 刘少军,张京红,何政伟,等. 基于遥感和GIS的台风对橡胶的影响分析. 广东农业科学, 2010, 37(10): 191-193.
- [25] 罗红霞,曹建华,王玲玲,等. 基于HJ-1CCD的“纳沙”台风NDVI变化研究——以海南省为例. 遥感技术与应用, 2013, 28(6): 1076-1082.
- [26] 刘少军,张京红,蔡大鑫,等. 台风对天然橡胶影响评估模型研究. 自然灾害学报, 2014, 23(1): 155-160.
- [27] 张京红,张明洁,刘少军,等. 风云三号气象卫星在海南橡胶林遥感监测中的应用. 热带作物学报, 2014, 35(10): 2059-2065.
- [28] 蔡文. 从物元分析到可拓学. 北京: 科学技术文献出版社, 1995.
- [29] 李琴,王国会,陈清华. 可拓分类方法及其在流动单元分类中的应用. 地球物理学进展, 2007, 22(6): 1975-1979.
- [30] 刘少军. 基于多信息源的台风灾害实时评估系统研究. 成都理工大学, 2011.
- [31] 刘少军,张京红,何政伟,等. 基于GIS的台风灾害损失评估模型研究. 灾害学, 2010, 95(2): 64-67.
- [32] 刘少军,张京红,何政伟,等. 应用GIS技术的台风灾害危险性评估系统. 地理空间信息, 2011, 47(1): 34-38.

(上接95页)

系数确定一评估模型”的评估方法,用可拓集合的关联函数值一关联度大小描述各种特征参数与所研究对象从属关系,把属于或不属于的定性描述扩展为定量描述,使评估从定性走向量化。并对1409号强台风“威马逊”造成的灾害损失进行了评估,评估结果与实际灾情较一致,说明研究依据可拓理论建立的橡胶园台风灾害评估模型是可行的。

进一步分析发现,中部地区的灾害评估等级重于橡胶园风害实际调查结果,分析原因,可能是与橡胶园的地形、品种和种植形式等因素有关,后续还将在更多的橡胶园台风灾害实例评估中,在获得更加翔实的橡胶信息(包括海南橡胶园的种植面积、品种抗风性、种植形式和种植密度、整形修枝、防护林等)并及时更新的基础上不断改进评估模型,提高评估结果的精确度。

参考文献

- [1] 海南省统计局,国家统计局海南调查总队. 海南统计年鉴1980—2017. 北京: 中国统计出版社, 1980—2017.
- [2] Paardekooper E C. Exploitation of the rubber tree. In: Webster C C, Baulkwill W J (eds.), Rubber, Longman Scientific and Technical, 1989.
- [3] 江爱良. 青藏高原对我国热带气候及橡胶树种植的影响. 热带地