

蔡悦幸,何慧,陆虹,等. 2020 年 6 月广西持续性暴雨的天气气候特征[J]. 气象研究与应用,2021,42(1):113–117.

Cai Yuexing, He Hui, Lu Hong, et al. Synoptic and climatic characteristics of persistent rainstorm in Guangxi in June 2020[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2021, 42(1): 113–117.

2020 年 6 月广西持续性暴雨的天气气候特征

蔡悦幸¹, 何 慧¹, 陆 虹¹, 朱丽云², 陆芊芊¹

(1. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气象灾害防御技术中心, 南宁 530022)

摘要: 2020 年 5 月 30 日至 6 月 10 日广西出现了大范围持续性暴雨天气过程, 造成西江流域部分地区发生洪涝及其衍生灾害。基于广西 90 个气象观测站降水数据和 NCEP/NCAR 逐日再分析资料, 研究了此次持续性暴雨过程的天气气候特征。结果表明: (1) 持续性暴雨期间, 西太平洋副热带高压异常偏强、偏西, 稳定控制在华南及南海地区, 青藏高原上不断有高空短波槽东移。广西位于短波槽前和西太平洋副热带高压西侧, 大量水汽沿短波槽前和南海季风槽前的西南气流向广西输送, 有利于暴雨天气维持。(2) 暴雨期间大气环流的经向度增加, 冷空气势力增强。弱冷空气持续南下到达广西北部与暖空气交汇, 诱发暴雨发生。(3) 高温高湿高能使广西大气变得异常不稳定, 为广西持续性暴雨天气产生提供了有利条件。

关键词: 持续性暴雨过程; 副热带高压; 短波槽; 对流活动

中图分类号: P46

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2021.1.20

OSID:



引言

近年来, 持续性暴雨频繁在我国南方夏季出现, 因其降雨持续时间长、总量大、范围广, 往往造成严重的洪涝灾害, 给人民生活和社会生产带来不利影响。广西因其复杂的地形、特殊的地理位置, 是我国持续性暴雨的多发区, 常常造成严重的山体滑坡、泥石流等次生灾害, 导致人员伤亡和经济损失。持续性暴雨的研究备受气象学者关注, 刘国忠等^[1]利用综合诊断分析方法对 2015 年广西一次持续性暴雨过程进行了多尺度特征分析, 提出持续性暴雨过程是不同尺度大气系统相互作用的结果。鲍名^[2]分析了我国持续性暴雨特征及其大尺度环流背景, 发现在华南前汛期发生的持续性极端暴雨过程与西太平洋副热带高压稳定西伸密切相关。何草青等^[3]分析了 2012 年一场持续性暴雨过程, 发现在副热带高压的稳定维持背景下高原上短波槽东移可为暴雨提供

动力条件。还有很多学者对广西暴雨过程进行了研究^[4–10], 发现广西大范围持续性暴雨过程与南亚高压、高低空急流、夏季风环流、水汽输送等配置有关。此外, 还有部分气象工作者通过分析环流的气候异常分布特征来寻找广西持续性暴雨的成因。何慧等^[11]还利用 OLR 异常气候特征研究广西一次持续性暴雨过程, 发现华南地区上空 OLR 为异常负值, 有利于对流发展, 广西易发生强降雨。

以上研究对广西持续性暴雨的预报有着重要的意义, 但以往的研究较少在考虑天气气候背景的同时, 利用气候异常特征分析持续性暴雨成因。本文将基于 NCEP/NCAR 逐日再分析资料的位势高度场、风场, NOAA 对外长波辐射(OLR)等格点资料, 采用天气学分析和动力诊断方法, 对“2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日”广西大范围持续性暴雨期间副热带高压的演变、短波槽东移作用、冷空气影响及对流活动等方面进行研究, 探讨中低纬度不同尺度大气系

收稿日期: 2020-12-22

基金项目: 国家自然科学基金“月降水量的深度学习-协同进化支持向量机短期气候混合预测模型研究”(42065004)、广西科技攻关项目(桂科攻 1598017-14)、广西自然科学基金项目“气候变暖背景下厄尔尼诺对广西前汛期降水的影响及其机理研究”(2020GXNSFAA159092)中国气象局预报员专项(CMAYBY2019-088)

作者简介: 蔡悦幸(1991—), 广西梧州人, 女, 硕士, 助理工程师, 主要从事短期气候预测业务工作。E-mail: 513012183@qq.com

统的活动特征及相互作用,为今后短期气候预测方向提供参考。

1 资料和方法

1.1 资料

(1) 广西 90 个国家气象观测站 1981—2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日逐日降水量和 2020 年广西灾情记录资料。

(2) 美国国家环境预报中心和大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的第一套全球逐日再分析资料(Reanalysis 1)^[12],包括位势高度场、风场、相对湿度和比湿等数据,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

(3) 美国国家环境预报中心(NCEP)提供的向外长波辐射(OLR)逐日资料^[13],水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

1.2 方法

本文采用气候学分析和动力诊断方法,对 2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日广西大范围持续性暴雨期间副热带高压的演变、冷空气影响、水汽输送以及对流活动等方面进行研究,探讨中低纬度不同尺度系统活动特征及相互作用对广西暴雨的影响。采用 1981—2010 年同一时段内平均降雨作为气候平均值。

2 雨情和灾情

2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日广西出现了大范围持续性强降雨过程,此次大范围强降雨过程具有过程频繁、强降雨区高度重叠、局地降雨强度大、持续时间长、累计雨量等特点。5 月 30 日到 6 月 10 日,广西各地降雨量为 0—803.5mm,全区平均 222.3mm,其中强降水落区主要分布在我区北部的桂林、柳州、河池、百色等地,其中 6 月 7 日,阳朔和富川的雨量为 327.7mm、237.0mm,均打破了当地建站以来最大日降水量历史记录。与常年同期相比,桂北多市降水偏多 1 至 5 倍,引发了桂北不同程度的洪涝灾害。而与此同时,广西南部多市偏少 2 成至 1 倍,出现了北涝南旱,旱涝并存的现象。

此次暴雨过程导致西江流域部分地区发生洪涝灾害,局部地区由旱转涝。桂江、柳江、红水河的一些中小河流水位暴涨,部分地区发生农田被淹、城镇内涝、交通中断等,严重影响人民生命财产安全和生产生活,造成 150.9 万人受灾,直接经济损失达 100.9 亿元。与历年 6 月持续性强降雨过程造成的损失相比,此次过程造成的直接经济损失仅次于 1998 年 6 月 16—27 日的西江大洪水的损失,是 1999 年以来

经济损失最严重的暴雨洪涝过程。

3 成因分析

3.1 西太平洋副热带高压

在 2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日 500hPa 平均位势高度场上,欧亚大陆中高纬度地区呈现两脊一槽的分布形势,两脊分别位于乌拉尔山至里海一带和鄂霍次克海附近,均处于正位势高度距平区,其中乌拉尔山至里海一带为较强的正距平区,中心距平达 10dagpm,鄂霍次克海附近为一弱正距平区,在两个高压脊之间的中、东西伯利亚地区受到一个深厚的低槽控制,其位势高度距平最低达 -10dagpm。以上环流形势造成中、西西伯利亚之间大气环流经向度增加,冷空气势力增强。低层弱冷空气驻留在华南及南海北部,它对触发暴雨发生可能起到重要作用。

欧亚大陆中低纬度地区也呈现两脊一槽的环流形势,一高压中心位于阿拉伯半岛至伊朗高原一带,中心为 5920gpm,正距平为 1—2dagpm;副热带高压中心位于台湾岛以东,其中心也达到 5920gpm,正距平为 2dagpm,副高较常年同期强度偏强、西伸脊点偏西,维持在华南南部。两个高压中心之间的多短波槽东移,造成暴雨期间平均位势高度负距平不明显。在整个持续暴雨期间,广西处在短波槽前,受槽前偏西南气流影响,与副高西北侧的西南暖湿气流在中南半岛北部到南海北部汇合,使大气不稳定性增加^[3],为持续性暴雨带来不稳定能量。

上述可知,此次暴雨过程中副热带高压异常偏强、位置偏南,可为广西持续暴雨天气的建立提供有利的大尺度环流条件^[2,14,15]。为进一步研究副高的强度及位置随时间的变化,据 500hPa 位势高度沿 20° — 27.5° N 平均的时间—经向剖面图(略)可看出,副热带高压在 5 月 30—6 月 10 日表现为两次西伸—东退过程,586dagpm 线在持续暴雨开始前期 5 月 27—29 日逐渐西伸加强,在暴雨开始期 5 月 30 日西伸至 100° E 以西,5 月 30 日—6 月 1 日维持在 100° E 以西,6 月 1 日—7 日逐渐东退,从 100° E 退到 120° E,随后副高突然西伸,6 月 7 日—10 日 586dagpm 线在华南消失。过程降水量最大的 3 日就发生在副高东退过程中的 6 月 5 日、6 月 7 日和 6 月 10 日。副热带高压东退,短波槽东移,配合着来自孟加拉湾和印度洋的暖湿气流与来自北方的干冷气流交汇,并源源不断地汇入云南、贵州和广西,增加了这些地区上空气层的不稳定性,易产生降水^[16]。

3.2 西南季风和水汽输送

在 5 月 30 日—6 月 10 日 850hPa 平均风矢量的水平场上, 从阿拉伯海东部到印度半岛、孟加拉湾、中南半岛、北部湾到华南为显著的偏西风或西南风。南海北部至华南一带强盛的西南季风是由中南半岛的西南气流与南海季风槽槽前的西南气流汇合而成。从距平场上可看到, 印度洋、孟加拉湾地区以及南海至西太平洋一带均存在反气旋式距平环流, 表明该时段内西太平洋副热带高压位置偏西、强度偏强, 控制整个华南南部地区, 而西南季风强度偏弱, 向东输送的西南季风气流较气候同期偏弱。因此, 华南地区的西南气流主要来自短波槽前和南海季风槽前的西南气流。它不断把孟加拉湾和南海面上的水汽、能量大量输送到广西上空, 为桂北暴雨区上空提供了源源不断的水汽条件。

研究表明^[18-20], 边界层的水汽输送异常是华南地区旱涝的主要原因。为进一步研究西南季风输送情况, 据 2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日 925hPa 水汽输送通量及水汽通量散度分布(图略)可得, 水汽主要来源于索马里越赤道气流经阿拉伯海, 和 90°E 附近越赤道气流经印度洋, 在孟加拉湾汇合后形成西南气流源源不断向东输送。而中南半岛水汽输送通量散度为正值, 水汽辐散, 不利于降水产生。从距平场看, 云南、广西北部、长江流域等地上空水汽通量散度是显著负值区, 中心值在 $-5 \times 10^{-8} \text{g}(\text{hPa} \cdot \text{s} \cdot \text{cm}^2)^{-1}$ 以下, 形成强烈的水汽辐合带。广西位于水汽辐合带内, 水汽充沛, 有利于暴雨的产生和维持。由此可见, “2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日” 持续性暴雨期间, 水汽主要来源于孟加拉湾西南气流向东输送和南海季风槽西南气流输送。

3.3 低纬度地区对流上升运动

短波槽东移, 容易造成对流活动频繁, 引起强烈的上升运动, 造成降雨。因 OLR 资料能较好地反映热带大气中的上升区与下沉区^[21,22], 通常将 OLR 值 $< 230 \text{w} \cdot \text{m}^{-2}$ 的区域视为对流活动发展旺盛区^[23]。本文通过分析 OLR 平均场及距平场发现, 除中南半岛以东至太平洋上区域, $0^\circ\text{N} \sim 30^\circ\text{N}$ 及 $90^\circ\text{E} \sim 110^\circ\text{E}$ 大部区域处于活跃对流区, 且在我国南方和孟加拉湾东部—中南半岛西部分别有一个 OLR 值 $< 190 \text{w} \cdot \text{m}^{-2}$ 的中心, 该区域 OLR 值比常年同期偏低 $10 \sim 30 \text{w} \cdot \text{m}^{-2}$, 对流活跃。同时, 在南海和西太平洋区域 OLR 值 $\geq 260 \text{w} \cdot \text{m}^{-2}$, 且比常年同期偏高 $30 \sim 50 \text{w} \cdot \text{m}^{-2}$, 对流活动受到抑制。由此可见, 此阶段华南地区对流旺盛, 对

流活动频繁, 配合上空异常偏南气流, 有利于对流抬升, 易产生强降水^[11]。

为进一步探究对流活动频繁对此次持续性强降水过程的影响, 分析了广西区域 ($20^\circ\text{N} \sim 27.5^\circ\text{N}$, $105^\circ\text{E} \sim 112.5^\circ\text{E}$) 平均垂直速度 (Ω) 的时间—高度剖面图(图 1)。除 6 月 10 日外, 整个持续性暴雨期间广西上空的垂直速度 Ω 为负值, 在 6 月 2 日—6 月 8 日对流层中层垂直速度达到峰值, 且出现明显的负距平, 表明广西区域上升运动强, 配合该时间段内强烈的水汽输送, 有利于降水的发生和维持。

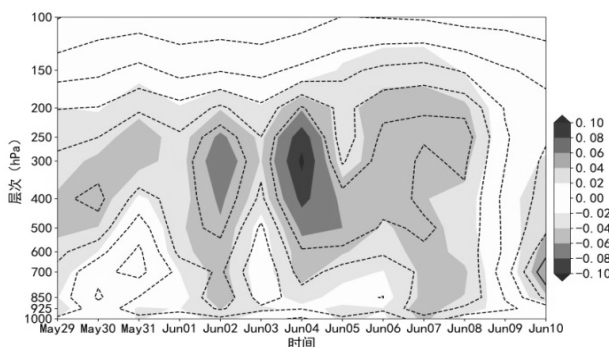


图 1 2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日 Ω (单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$) 沿广西区域平均的时间—高度剖面图 (等值线: 平均场, 填色: 距平场) (单位: $\text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

综上, 西太平洋副热带高压偏强、偏西, 青藏高原上不断有高空短波槽东移, 同时暖湿气流和弱冷空气交汇于广西北部, 为桂北暴雨区上空提供了源源不断的水汽条件。高温高湿高能使广西大气变得异常不稳定, 上升运动增强, 造成持续性强降水的产生。

4 结论

2020 年 5 月 30 日—6 月 10 日期间, 广西出现大范围暴雨过程, 此次暴雨过程强降雨区高度重叠、局地降雨强度大、持续时间长、累计雨量大、暴雨范围极广造成桂北地区发生严重洪涝灾害, 局部地区由旱转涝; 是 1999 年以来经济损失最严重的暴雨洪涝过程。此次持续性暴雨过程是中纬度西风带低槽、副热带高压、冷空气等低纬度系统共同影响造成的, 其可能机制如下:

(1) 西太平洋副热带高压偏强、偏西, 稳定控制在华南及南海地区。同时青藏高原上不断有高空短波槽东移, 不断把来自孟加拉湾的水汽和能量输送到广西上空, 为广西暴雨区提供了源源不断的水汽。广西处在短波槽槽前和西太平洋副热带高压西侧,

大量水汽和能量沿短波槽前和南海季风槽前的西南气流向广西输送,有利于暴雨天气维持。

(2)暴雨期间欧亚大陆中高纬度地区呈现两脊一槽的分布形势,大气环流的经向度增加,冷空气势力增强。弱冷空气持续南下到达广西北部,冷暖空气在广西北部交汇,诱发暴雨发生。

(3)暴雨期间高温高湿高能使广西大气变得异常不稳定。广西处于强对流活跃区,上升运动增强,配合强烈的水汽输送,为广西持续性暴雨天气产生了有利条件。

参考文献:

- [1] 刘国忠,赖珍权,钟祥平,等. “15.7”广西超长持续性暴雨过程多尺度特征分析[J]. 热带气象学报,2017,33(3): 357-367.
- [2] 鲍名. 近 50 年我国持续性暴雨的统计分析及其大尺度环流背景[J]. 大气科学,2007,31(5):779-792.
- [3] 何草青,陆炳记,郭洪权,等. 广西一次全区性暴雨过程成因分析[J]. 气象研究与应用,2013,34(S1):48-49,54.
- [4] 蓝柳茹,刘蕾,李亚琴,等. 2017 年 7 月广西柳州一次特大暴雨过程成因分析[J]. 农业灾害研究,2019,9(1): 45-49,68.
- [5] 黄巾旗,黄子航,黄干淇. 2017 年 7 月广西大范围暴雨过程分析[J]. 气象研究与应用,2018,39(4):18-21,33,105.
- [6] 黄远盼,廖铭燕,陈华忠. 2017 年广西一次特大暴雨天气过程环境条件演变特征分析[J]. 气象研究与应用, 2018,39(2):14-19.
- [7] 屈梅芳,古文保. 广西一次连续性暴雨过程分析[J]. 气象研究与应用,2016,37(4):41-45,130.
- [8] 陈见,唐文,高安宁. 广西超大范围暴雨特征分析[A]. 中国气象学会,第 27 届中国气象学会年会灾害天气研究与预报分会场论文集[C]. 中国气象学会,2010:5.
- [9] 覃卫坚,李耀先,覃志年. 广西暴雨的区域性和连续性研究[J]. 气象研究与应用,2013,33(4):1-4.
- [10] 黄翠银,陈剑飞. 2011 年 10 月一次广西区域性暴雨特征分析[J]. 气象研究与应用,2013,33(4):22-26.
- [11] 何慧,朱秋宇,欧艺. 广西一次持续性暴雨过程的延伸期预报及模式应用检验[J]. 气象研究与应用,2019(4): 1-5.
- [12] Kalnay E. NCEP/NCAR 40-year reanalysis project [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc, 1996, 77(3):437-472.
- [13] Liebmann B, Smith C A. Description of a Complete (Interpolated) Outgoing Longwave Radiation Dataset [J]. Bull. Amer. Meteor. Soc, 1996(77):1275-1277.
- [14] 何立富,周庆亮,陈涛. “05.6”华南暴雨中低纬度系统活动及相互作用[J]. 应用气象学报,2010,21(4): 385-394.
- [15] 黄忠,张东,林良勋. 广东后汛期季风槽暴雨天气形势特征分析[J]. 气象,2005,31(9):19-24.
- [16] 徐海宁,肖天贵,杨明鑫,等. 西南地区夏季降水的变化特征分析[J]. 地球科学前沿,2019,9(10):908-920.
- [17] 史学丽,丁一汇. 1994 年中国华南大范围暴雨过程的形成与夏季风活动的研究[J]. 气象学报,2000,58(6): 666-678.
- [19] “广西天气预报技术手册”编写组. 广西天气预报技术手册[M]. 北京:气象出版社,2013.
- [20] 丁一汇,张建云,许小峰,等. 暴雨洪涝[M]. 北京:气象出版社,2009:59,61-62,66,83.
- [21] 丁一汇. 高等天气学[M]. 北京:气象出版社,2005:236-249.
- [22] 蒋尚城,张卫东. OLR 揭示的北太平洋副热带高压的气候学特征[J]. 地理研究,1994,3(2):27-33.
- [23] 蔡悦幸,陆希,杨崧. 华南地区前后汛期极端降水事件对比分析[J]. 中山大学学报(自然科学版),2018,57(1): 83-92.

Synoptic and climatic characteristics of persistent rainstorm in Guangxi in June 2020

Cai Yuexing¹, He Hui¹, Lu Hong¹, Zhu Liyun², Lu Qianqian¹

(1. Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022;

2. Guangxi Meteorological Disaster Prevention Technology Center, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: From May 30 to June 10, 2020, a large-scale continuous rainstorm weather process occurred in Guangxi, which caused flooding and its derivative disasters in Xijiang River Basin. Based on the precipitation data of 90 national meteorological stations in Guangxi and NCEP/NCAR daily reanalysis data, this paper studied the climate characteristics of this continuous rainstorm process. The results showed that (1)during the persistent rainstorm, the Western Pacific Subtropical High was abnormally strong and westward, and it was stable in South China and South China Sea region. There was a continuous eastward movement of the upper shortwave trough on the Qinghai Tibet Plateau. Guangxi was located in front of the short wave trough and the west side of the Western Pacific Subtropical High. A large amount of water vapor was transported to Guangxi along the southwest airflow in front of the short wave trough and the South China Sea monsoon trough, which was conducive to the maintenance of rainstorm. (2)During the rainstorm, the meridional degree of atmospheric circulation and the cold air force increased. The weak cold air continued to reach the north of Guangxi and joined the warm air, causing the rainstorm. (3)The high temperature, high humidity and high energy made the atmosphere of Guangxi become abnormal unstable, which provided favorable conditions for the continuous rainstorm.

Key words: persistent rainstorm process; subtropical high; shortwave trough; convective activity