

廖胜石,陆甲,罗小莉. 2022 年“龙舟水”持续暴雨过程与夏季风关系初探[J]. 气象研究与应用,2023,44(1):14–19.

Liao Shengshi,Lu Jia,Luo Xiaoli. A preliminary study on the relationship between the summer monsoon and the dragon-boat continuous rainstorm in Guangxi in 2022[J]. Journal of Meteorological Research and Application,2023,44(1):14–19.

2022 年“龙舟水”持续暴雨过程与夏季风关系初探

廖胜石, 陆 甲, 罗小莉

(广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022)

摘要: 利用 NCEP 日平均再分析资料、广西降雨量资料,对 2022 年广西“龙舟水”期间持续强降雨的雨情、夏季风活动特征及其对持续性强降雨的影响进行分析。结果表明,2022 年南海夏季风爆发偏早,在“龙舟水”期间强度偏强,倾向于向东传播,使广西强降雨区出现在桂东北地区。2022 年“龙舟水”期间,西太平洋副热带高压脊点位置偏东,西段脊线位置偏南,使水汽输送偏南偏多。另外,东亚大槽偏深,冷空气活动频繁等诸多因素使得夏季风前沿在华南地区长时间停滞,造成了广西的持续性强降雨。

关键词: “龙舟水”;夏季风;西太平洋副热带高压;索马里越赤道气流

中图分类号: P458.1+21.1

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.1.03

引言

夏季风活动对于我国雨带的发展及分布有着非常重要的作用。在亚洲季风的变化中,南海夏季风最早爆发,平均在 5 月第 4 候,之后向北和向西传播,其强弱演变和南北推进对我国雨带位置及变化、旱涝异常分布有重要影响^[1]。李向红等^[2]发现华南暴雨与亚洲两支越赤道气流的变化联系紧密,华南暴雨发生前华南地区存在季风涌过程。鲍媛媛等^[3]分析 2005 年初夏亚洲季风异常及对华南强降雨影响发现,2005 年南海夏季风爆发偏晚,导致华南前汛期比常年同期明显推迟。吕心艳等^[4]发现正是东亚夏季风的异常活动导致了 2005 年华南洪涝、长江中下游地区空梅以及黄淮地区多雨。

广西气象研究者针对夏季风对广西天气的影响开展了研究,取得不少成果。姚才等^[5]发现亚洲季风偏弱、西太平洋副高偏西,登陆华南的台风偏多。欧艺^[6]通过研究南海夏季风建立期和广西暴雨日数的关系发现二者相关显著。覃艳秋等^[7]发现夏季风的活动对广西暖区暴雨有重要作用,不仅影响水汽的

输送,还影响南亚高压的位置和急流的活动。虽然广西极端暴雨一般都发生在西南季风活跃的有利背景下^[8],但刘晓梅等^[9]发现,2012 年 5 月广西一次暴雨过程是发生在南海夏季风爆发前夕,季风涌活跃北抬且西南暖低压强盛背景下发生的,局地特大暴雨不一定要有西南低空急流的建立。

每年 4—6 月华南前汛期端午节前后,暴雨集中发生,容易引发流域性洪水,被称作“龙舟水”。广西“94·6”“98·6”“05·6”“08·6”等大洪水都与当年“龙舟水”暴雨过程关系密切。“龙舟水”期间,正是夏季风活跃期,夏季风带来的强盛西南气流和急流脉动为持续暴雨提供源源不断的水汽、能量供应^[10]。2022 年,广西遭遇了 1951 年以来最强“龙舟水”,引发了大范围的江河洪涝、城市内涝和严重灾情,分析这段时间天气气候异常状况和成因对于预报预测广西强降水过程有着非常重要的意义。本文从夏季风的角度,针对 2022 年“龙舟水”过程中夏季风活动与持续性强降雨的关系及其成因进行讨论,以期在今后持续大范围暴雨预报提供有价值的参考。

收稿日期: 2022-11-25

基金项目: 广西气象科研计划项目(桂气科 2022Z03)

作者简介: 廖胜石,主要从事气候监测与评价研究。E-mail: lss0218@126.com

1 资料与方法

文中使用的逐日降雨观测资料来源于广西壮族自治区气象信息中心 CIMISS 系统, 主要包括: ①广西 91 个国家气象站建站到 2022 年逐日降雨资料; ②NCEP/NCAR 提供的逐日再分析资料, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$, 使用变量包括位势高度、风、比湿等; ③NOAA 提供的向外长波辐射 (Outgoing Long-wave Radiation, OLR) 日平均资料, 水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$; ④国家气候中心 CIPAS3.0 提供的西太平洋副热带高压的脊线位置、强度指数、面积指数、南海夏季风爆发时间、强度资料。某日雨量指 20—20 时累计雨量, 气候态指 1991—2020 年平均场。

2 2022 年“龙舟水”雨情特点

2022 年“龙舟水”期间 (5 月 21 日—6 月 21 日), 广西发生了多次强降雨天气过程。据统计, 各地降雨量 115.5~1243.4mm, 超过 600mm 的降水区域分布在桂东北地区, 昭平、灵川、临桂、融水等地多个乡镇降水超过 1000mm, 较气候态值偏多 7 成至 2.3 倍。桂西南地区平均降雨量在 300mm 左右, 接近气候态值, 沿海的防城港、上思等地降水量偏少。“龙舟水”降雨量自桂西南向桂东北逐渐递增的分布特征非常明显。全区平均降水量 490.8mm, 是常年同期 1.6 倍, 为 1951 年以来最强的一次“龙舟水” (图 1)。

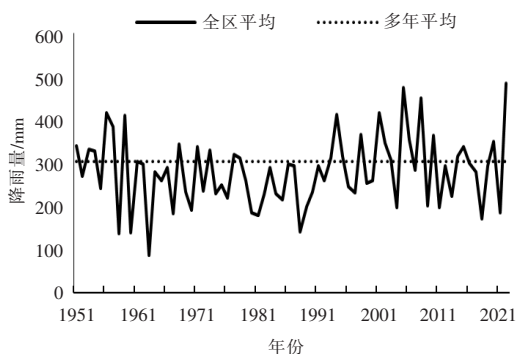


图 1 2022 年 5 月 21 日—6 月 21 日广西累计降雨和同期历年时序图 (单位: mm)

3 2022 年夏季风活动特征

3.1 南海夏季风

2022 年南海夏季风于 5 月第 3 候爆发, 比气候态偏早 1 候。根据国家气候中心统计的南海夏季风强度的逐候演变显示, 5—6 月期间, 自 5 月 3 候南海夏季风爆发后, 监测区 ($10^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$, $110^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$) 纬

向风的强度呈波动性变化, 5 月 3 候、5 候至 6 月 2 候强度偏强, 其余时段监测区纬向风的强度接近常年到偏弱 (图 2)。对照“龙舟水”期间广西逐日平均降水量图 (图 3a), 可以发现, 2022 年南海夏季风偏强的时间段为 5 月 3 候到 6 月 2 候 (其中 5 月 4 候接近常年), 广西出现大范围强降雨的时段为 5 月 5 候到 6 月 4 候, 南海夏季风不仅偏强时段早于广西强降雨出现时间约 2 候, 而且偏弱时段也早于广西强降雨减弱时间约 2 候。可见南海夏季风强度对广西强降雨有较好的预示意义。

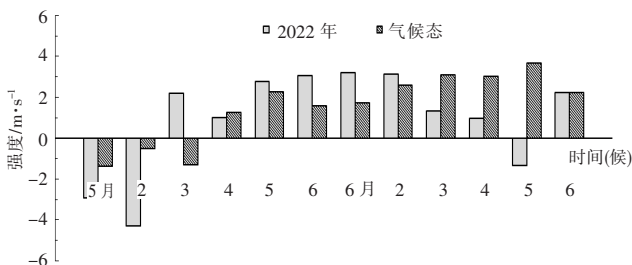


图 2 2022 年 5—6 月南海夏季风逐候强度

3.2 夏季风和广西降雨

向外长波辐射 (OLR) 反映了对流云的辐射, 能很好反映大气中大规模上升与下沉 (对流) 运动的状况^[11]。OLR 值越小, 表明对流强度越大。通过分析 OLR 和对应时期的风场资料, 可以发现夏季风的活动特征。图 3 为 2022 年 5—6 月的 $105^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$ 区域平均 850hPa 风场和 OLR 纬度—时间剖面图。图 3b 中阴影部分为纬向风 (U 风) 大于 $5\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ 的区域, 表征季风活跃, 图 3c 中阴影部分为 OLR 小于 $240\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$, 表征对流活跃。可以发现, 5 月上旬, $10^{\circ}\text{N} \sim 20^{\circ}\text{N}$ 南海地区主要受偏东气流控制, 对流较弱。上旬后期, 该区域的西南气流逐渐加强。到 5 月 12 日, 南海夏季风爆发, 南海地区的西南暖湿气流突然增强, 强西南暖湿气流的北界达到 25°N 附近, 此时华南地区的 OLR 降到 $200\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下, 对流开始活跃, 广西在 5 月 9—12 日发生一次强降雨过程。随后, 西南气流减弱, OLR 回升到 $240\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上, 广西降雨进入间歇期。5 月 21 日之后, 西南气流再次加强北抬, 北界达到 $25^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间并长时间维持, 直到 6 月 22 日后逐渐北抬到 30°N 以北。同期, 在 $20^{\circ}\text{N} \sim 30^{\circ}\text{N}$ 之间, OLR 同样是长时间维持在 $240\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下, 5 月 11—14 日、17—21 日更是下降到 $180\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下。在 5 月 21 日—6 月 21 日之间广西发生 4 次持续性暴雨过程, 分别在 5 月 23—31

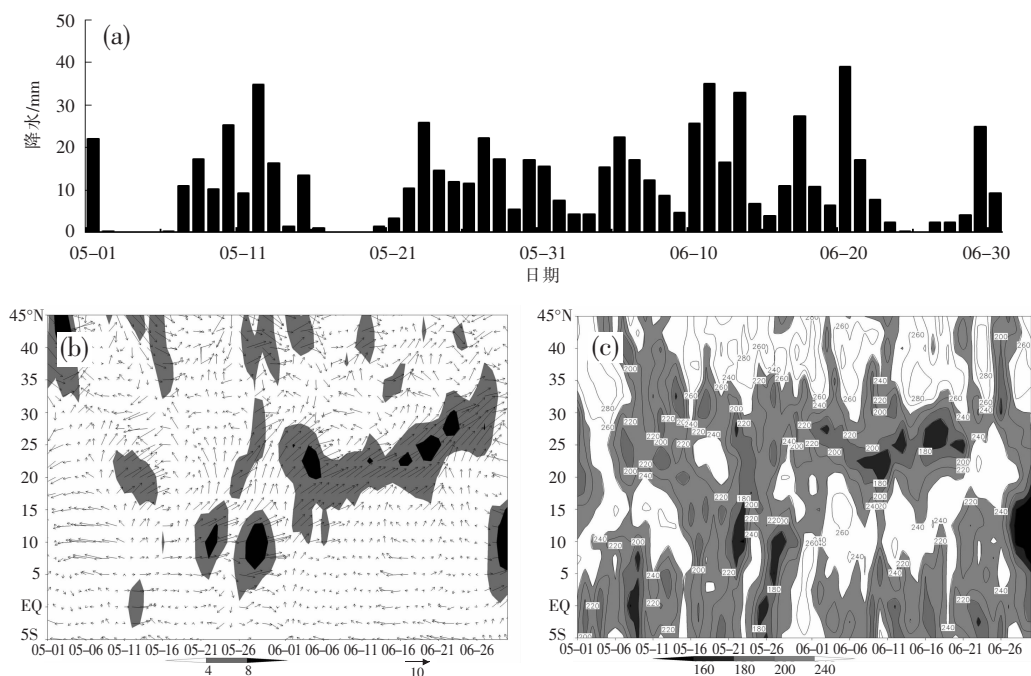


图3 2022年5—6月广西逐日平均降水量(a,单位:mm)和105°E~120°E平均850hPa风场(b,单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)、OLR(c,单位: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)纬度-时间剖面图

日、6月4—8日、10—14日和17—21日,其中,6月17—21日暴雨过程具有累计雨量大,局地雨势猛、极端性强的特点,共出现暴雨以上等级降水69站日,6月20日共30站出现暴雨以上等级降水,对应着西南急流最强盛、OLR最低值的阶段。

图4是2022年5—6月850hPa风场和气候距平风场。在5月1—10日期间,50°E附近的索马里越赤道气流尚未强烈发展,风速较小,越过5°N后开始向东转向,和来自中高纬度的西北气流合并向东传输,进入到100°E附近分别转向孟加拉湾和南半球,没有进入南海地区。南海地区被西太平洋副高南

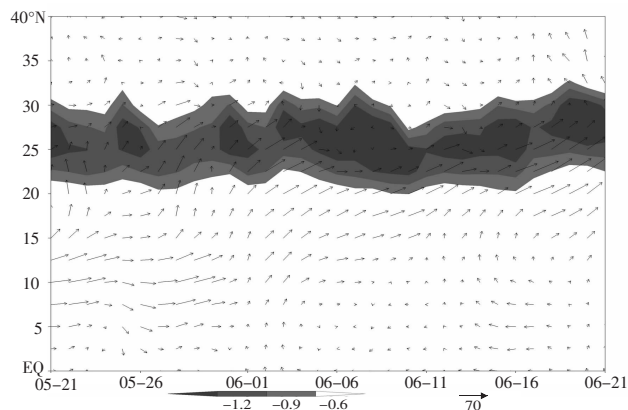


图4 “龙舟水”期间102°E~112°E平均整层大气水汽通量(矢量图,单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$)和水汽通量散度(阴影区为水汽通量散度小于0.5,单位: $\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)随时间分布

侧的偏东气流控制。从气候距平风场上可以看到江南、华南地区、中南半岛为东北气流控制,表明西南气流较常年偏弱,为负距平。5月上旬末广西出现的降雨主要受副高西南侧较弱的东南气流影响。

在5月11—20日期间,索马里越赤道气流迅速发展,西南风前沿来到10°N附近,合并西北气流后向东转向进入孟加拉湾。在孟加拉湾,相对前期,越赤道气流发生较大变化,分成3支,第一支是向北传输进入青藏高原东南部,最强盛的一支进入南海地区,并在此转向变成西南气流,影响华南地区,第3支转向南半球,但已经变得很弱。此时,南海夏季风爆发,副高东退到120°E,广西南部受弱的西南或偏南气流影响,北部则仍受较强的偏东或东北气流控制。从气候距平风场上可以看到江南、华南地区为东北气流控制,中南半岛转为很弱的北风或西风,表明西南气流已经逐渐增强。在经历了5月上旬末的一次暴雨过程后,广西进入少雨阶段,但从后期降雨来看,这段时间是暴雨能量和水汽的酝酿期,在等待合适的触发系统。

在5月11日—6月20日即在“龙舟水”期间,50°E附近的索马里越赤道气流迅猛发展,这股西南急流向东北延伸到印度洋北部20°N附近后转向向东传输,途经印度洋-孟加拉湾-中南半岛区域,进入南海地区。菲律宾以东的西北太平洋洋面上,副高

西脊点位于 120°E 附近, 其南侧形成了强大的偏东风, 在南海东部地区与西风急流汇合后, 转向东北方向, 在南海、华南、华东和我国东部海面上空形成了一致强大的西南风, 广西主要受强盛的西南气流控制。从风场距平图上可以发现, 索马里越赤道气流比常年明显偏强, 西南气流前沿可以延伸到印度洋北部, 而 105°E 附近的越赤道气流距平风场为偏北风, 意味着该处的偏南气流为负距平, 较常年偏弱。西北太平洋洋面上, 为异常反气旋式环流, 沿异常反气旋西侧为强劲的异常西南急流。从距平风矢量来看, 异常偏东的分量远大于异常偏北的风量, 异常西南风的大值区位于我国东部沿海海面上, 说明雨区更有可能偏东, 从全国降水距平分布图可以发现, 该时期的福建、广东、江西南部、湖南南部和广西东部的降雨偏多。从广西区域的距平风场来看, 桂东、桂南一带为较小的西南风(正距平), 对应着本次“龙舟水”的降雨大值区和正距平区, 桂西北则为西北风(负距平), 对应着降雨低值区和负距平区。

在 6 月 21—30 日, 索马里越赤道气流有所减弱, 西南急流北界仅达到 15°N 附近就向东转向。从孟加拉湾向东北方向延伸, 我国华南、江南、江淮地区全都被西南气流控制。同时西太平洋副高加强西伸北抬, 其西南侧的东南气流西伸到 105°E 附近的南海北部海面并转向成西南气流, 西南风的范围较前期远远向北扩。从距平风场上看, 南海北部变为东北气流(负距平), 广西大部是较弱的西南气流, 江南、江淮地区是强的西南气流(正距平)。表明南海夏季风开始加强对江南一带的影响, 对广西的影响大大减弱, 广西上空成为水汽通道, 进入降雨间歇期。我国的主要雨带北抬到江南、江淮地区。

3.3 水汽输送

分析“龙舟水”期间的水汽输送情况, 研究夏季

风对广西暴雨的影响。由 $102^{\circ}\text{E}\sim 112^{\circ}\text{E}$ 平均整层水汽通量和水汽通量散度分布(图 4)可见, 在 2022 年 5 月 21 日—6 月 21 日期间, 华南地区($20^{\circ}\text{N}\sim 30^{\circ}\text{N}$)均维持较强的西南气流水汽输送, 水汽通量散度在华南地区维持一系列强辐合中心, 在 6 月 20 日达到顶峰, 对应这次“龙舟水”期间广西最强降水。

由此可见, 2022 年夏季风爆发并阶段性北涌对广西降雨有非常重要的作用。“龙舟水”期间, 西南暖湿气流在广西区域长时间维持是产生持续性暴雨的主要原因。

4 夏季风维持在华南的原因分析

500hPa 位势高度图上(图 5a), 在 $40^{\circ}\text{N}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 地区大气环流呈“两槽一脊”型, 距平场(图 5a 阴影区)呈现“+--”的异常分布特征, 高压脊位于贝加尔湖以西地区, 正位势高度异常中心位于 90°E 附近, 中心值为 40gpm, 我国除了新疆北部、内蒙古西部等地为正距平外, 其余大部地区均为负距平, 鄂霍次克海也为明显的位势高度负距平, 东亚大槽位于我国东部海面, 位置靠近大陆, 比多年平均深(位势高度为负距平), 其槽后的西北气流不断引导中高纬地区冷空气东移南下, 影响我国江南、华南地区。586 线沿着中南半岛和华南沿海一带向东北延伸到福建、台湾一带, 未超过 30°N 以北。西南气流沿着 586 线向东北方向输送水汽影响我国华南、江南地区。

2022 年“龙舟水”期间, 西太平洋副热带高压平均西脊点位于 121.7°E (气候态值为 114.3°E), 面积指数为 84.75(气候态值为 91.4), 西段脊线($110^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$)位置在 18.45°N (气候态值为 18.97°N), 可见“龙舟水”期间西太平洋副热带高压较常年同期偏东, 西段脊线偏南。从副高脊线逐日变化上看(图 5b), 5 月下旬, 西太平洋副热带高压西段脊线北抬,

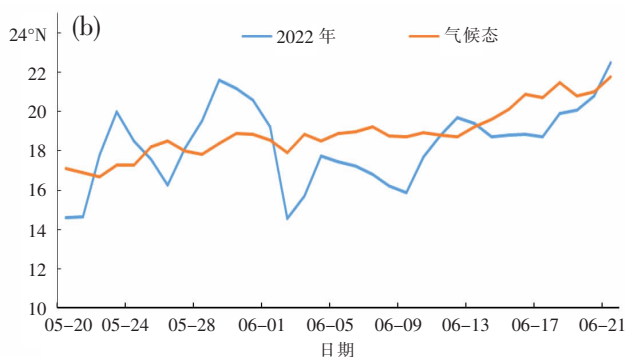
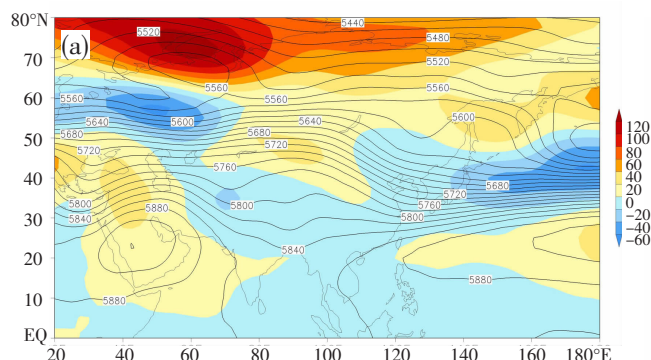


图 5 2022 年 5 月 21—6 月 21 日平均 500hPa 位势高度场(a, 单位: gpm, 阴影区为气候距平值)、副高脊线变化图(b)

维持在 18°N 以北,越过了气候态,有利于其西北侧的西南气流稳定向北输送水汽进入华南地区。进入 6 月后,副高脊线并未继续北跳,而是迅速南落,再缓慢向北抬,连续近 20d 均位于气候态以南。西太平洋副热带高压的形态非常有利于夏季风前沿停滞在华南地区。

850hPa 距平风场也显示,长江中下游一带为偏北风,表明西南气流在“龙舟水”期间未能达到该区域。可见由于副热带高压长时间维持在 20°N 以南未向北移动,加上强于常年的冷空气,阻止了夏季风的北进,副高西北侧的西南气流汇集在华南地区,有利于华南地区雨带的长时间维持。

5 结论

运用 NCEP/NCAR 再分析资料、广西 91 个国家气象站降雨量资料,对 2022 年“龙舟水”过程夏季风活动与持续性强降水的关系及其成因进行研究,所得主要结论如下:

(1)2022 年南海夏季风爆发偏早,“龙舟水”期间强度总体偏强,西南气流活跃,有利于水汽向华南地区输送。

(2)2022 年夏季风活动对广西降雨有非常重要的影响。来自南半球的索马里越赤道气流较常年同期偏强,和来自中纬度的西北气流在印度洋北部合并后形成热带西风急流,东传进入南海地区。菲律宾以东西北太平洋洋面上为异常反气旋式环流,其南侧形成了强大的异常偏东风,东西两股气流在南海地区汇合后转向,形成了一致的异常偏西南风,影响华南、江南地区。夏季风阶段性北涌和广西强降雨过程不仅在时间上关系密切,而且在空间上,风场距平分布与广西强降雨落区分布也有较好的对应关系。

(3)“龙舟水”期间,广西区域长时间维持较强的西南气流水汽输送,水汽通量散度在广西维持一系列强辐合中心,对应着多次强降水过程,造成了罕见的“龙舟水”洪水。

(4)欧亚中高纬度地区高压脊异常偏强,冷空气强于常年,大气环流经向度大,一方面引导冷空气频繁南下影响我国江南、华南地区,阻止了夏季风的北进,另一方面也使得西太平洋副热带高压位置偏东,西段脊线偏南,使得夏季风前沿停滞在华南地区。副高西北侧的西南气流汇集在华南地区,有利于华南地区雨带的长时间维持。

参考文献:

- [1] 陈隆勋,张博,张瑛.东亚季风研究的进展[J].应用气象学报,2006,17(6):711-724.
- [2] 李向红,徐海明,何金海.对亚洲两支越赤道气流与华南暴雨的关系探讨[J].气象科学,2004,24(2):161-167.
- [3] 鲍媛媛,金荣花,据建华,等.2005 年初夏亚洲季风异常及对华南强降雨影响[J].应用气象学报,2009,20(3):276-285.
- [4] 吕心艳,张秀芝,陈锦年.2005 年 6 月东亚夏季风活动异常及其影响机制初步分析[J].热带气象学报,2007,23(6):553-562.
- [5] 姚才,罗小莉,张成扬,等.7—9 月登陆华南台风气候变化特征及大尺度环流系统分析[J].气象研究与应用,2019,40(1):1-6,10.
- [6] 欧艺.广西汛期暴雨特征及其与南海夏季风建立期的关系[J].热带地理,2009,29(1):16-19,25.
- [7] 覃艳秋,刘蕾.华南锋前暖区暴雨研究概述[J].气象研究与应用,2017,38(1):26-29.
- [8] 张丁丁,黄莉,周琰.2020 年广西南宁一次极端暴雨特征及预报偏差分析[J].气象研究与应用,2022,43(3):72-76.
- [9] 刘晓梅,陈见,李向红,等.一次广西东部季风爆发前夕短历时强降水分析[J].气象研究与应用,2014,35(2):14-18,125.
- [10] 张凌云,刘蕾.柳州 2020 年一次“龙舟水”成因及预报偏差分析[J].气象研究与应用,2022,43(3):67-71.
- [11] 谢安,陈隆勋,村上多喜雄.地球向外长波辐射(OLR)资料所显示的热带环流季节特征和年际变化[J].海洋学报(中文版),1988,10(1):38-45.

A preliminary study on the relationship between the summer monsoon and the dragon–boat continuous rainstorm in Guangxi in 2022

Liao Shengshi, Lu Jia, Luo Xiaoli

(Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China)

Abstract: Based on the NCEP reanalysis data and the precipitation data in Guangxi, the rainfall characteristics, the characteristics of summer monsoon activities and their effects on the continuous rainstorm in Guangxi during the dragon–boat rainy period in 2022 are analyzed. The results show that The breaking out of the South China Sea summer monsoon is abnormally earlier in 2022, with a stronger intensity and propagating eastward during the dragon–boat rainy period, resulting in the heavy rain event occurring in the northeast of Guangxi. The location of the western ridge point of the Western Pacific subtropical high pressure is eastward and the location of the western ridge is southward, causing the vapor transport southward. Besides, many factors such as the deeper East Asia trough and frequent cold air activities have caused the Southwest monsoon maintaining in South China for a long time, resulting in continual torrential rain there.

Key words: dragon–boat precipitation; summer monsoon; the West Pacific subtropical high; the So–mali Jet