

刘国忠,覃月凤,覃卫坚,等. 2022年广西极端“龙舟水”暴雨过程环境场特征分析[J]. 气象研究与应用, 2023, 44(1): 07-13.

Liu Guozhong, Qin Yuefeng, Qin Weijian, et al. Analysis of environmental field characteristics of an extreme dragon-boat precipitation process in Guangxi in 2022[J]. Journal of Meteorological Research and Application, 2023, 44(1): 07-13.

2022年广西极端“龙舟水”暴雨过程环境场特征分析

刘国忠¹, 覃月凤¹, 覃卫坚², 陈伟斌¹, 翟舒楠¹

(1. 广西壮族自治区气象台, 南宁 530022; 2. 广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022)

摘要: 利用实况、ERA5再分析资料对2022年广西极端“龙舟水”最强暴雨过程降雨与洪峰及环境场进行分析。结果表明: (1) 近30a广西大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程大多持续5~6d, 强降雨范围、中心位置及强度与洪峰相关, 洪峰出现在过程结束当日或后一日。(2) 2022年过程大尺度环流背景中高纬天气形势为两槽一脊型, 东槽偏弱, 冷空气势力偏北, 中低层大气异常深厚急流及高能、高湿, 对流抑制有效位能小及抬升凝结高度低, 是典型暖区暴雨。近30a过程大尺度环流背景中高纬为两槽一脊型或纬向型两类, 是锋面、暖区或混合型暴雨。(3) 把握“龙舟水”最强暴雨过程环境场及降雨特征是大洪水预报的关键着眼点之一。相近环境场条件下, 强降雨差异是预报难点, 需进一步研究。

关键词: “龙舟水”; 极端暴雨; 大尺度环流背景; 物理量特征

中图分类号: P458

文献标识码: A

doi: 10.19849/j.cnki.CN45-1356/P.2023.1.02

引言

每年5月下旬至6月下旬为华南地区前汛期集中强降雨时段, 此时恰逢端午节赛龙舟活动, 强降水天气俗称“龙舟水”, 华南“龙舟水”时间跨度长, 降雨总量大且集中, 它的发生决定了前汛期洪涝灾害严重程度。汪卫平等^[1]分析了中国降水集中期特征, 指出105°E以东降水的集中期最早于5月下旬的江南、华南交界开始, 之后范围向四周扩展。吴志伟等^[2]指出华南前汛期降水包含南海季风爆发前的锋面降水和爆发后的夏季风雨季。Jiang等^[3]研究指出, 华南前汛期降水最集中于5月21日—6月20日。一般认为, “龙舟水”的发生与南海冬、夏季风的交替密切相关, 南海夏季风于5月中旬爆发, 季风爆发后向北推进影响到华南并产生季风对流降水, 北方不时有冷空气南下, 冷暖空气交汇造成锋面降水, 在季风降水和锋面降水的共同影响下产生集中“龙舟水”。胡娅敏等^[4]对华南“龙舟水”分型, 指出华南“龙舟

水”具有东南沿海型、北部型和西南沿海3种降水型, 各种降水型具有不同大气环流特征。伍红雨^[5]等对广东“龙舟水”的空间分布分析, 指出广东“龙舟水”的分布很不均匀, 存在粤东沿海、中部、粤西沿海等3个降水中心, 总结出广东“龙舟水”期间降水异常多年天气形势特征。“龙舟水”通常由多次阶段性持续性暴雨过程构成, 在大气环流异常年份, 阶段性持续性暴雨过程降雨叠加带来大洪水, 极端暴雨过程将洪水推向高潮, 对洪峰的出现起到致关作用。有利的大尺度环流背景和物理量是极端暴雨产生的必要条件, 分析获取极端暴雨环境场特征对预报具有重要意义。陶诗言等^[6-7]提出持续性暴雨发生要有稳定的大尺度环流条件, 有利于暴雨形成的条件稳定维持, 暴雨才能持续, 我国持续性特大暴雨环流形势有经向型和纬向型两类^[8-9]。大量研究指出^[10-15], 华南持续性暴雨500hPa亚洲中高纬度可分为两槽一脊型、两脊一槽型、多涡旋型和纬向型4种类型, 并指出各型华南持续性暴雨过程500hPa亚洲中高纬

收稿日期: 2022-11-25

基金项目: 中国气象局气象能力提升联合研究专项(22NLTSY011)、中国气象局复盘总结专项项目(FPZJ2023-095)、广西气象科研计划重点项目(桂气科2017Z01)、广西气象科研计划创新平台专项(BNCO-N202304)、广西极端暴雨形成机理及预报技术研究创新团队项目

作者简介: 刘国忠(1968—), 男, 硕士, 正研级高级工程师, 主要从事天气预报业务及研究。E-mail: baiselgz@sina.com

地区环流特征各异,但其共性是均有利于北方冷空气南下影响华南地区,低纬地区西太平洋副热带高压维持少动,低层 850hPa 华南盛行西南暖湿急流,此种配置下,冷暖空气在华南地区容易形成稳定对峙,从而形成持续多日的暴雨天气。林良勋等^[16]对 2008 年广东极端“龙舟水”最强暴雨过程分析,指出暴雨发生在亚洲中纬度两槽一弱脊、副高较弱位置偏东、南支槽活跃、高空急流和低层切变线南压配合等大尺度环流背景及水汽辐合在华南沿海、持续稳定的上升运动、层结不稳定的物理量条件下。从文献来看,“龙舟水”最强暴雨过程环境条件研究主要集中在针对华南地区及广东地区的个例研究上,在广西地区研究较少^[17-18],多个例对比研究尚属空白。

2022 年华南极端“龙舟水”期间 5 月 21 日至 6 月 22 日,广西出现了 4 次持续性暴雨过程,全区平均降雨量 490.8mm,较常年同期偏多 6 成,为 1951 年以来同期最多,其中 6 月 17—22 日广西出现了当年“龙舟水”期间最强一次暴雨过程,在其影响下,23 日西江流域梧州水文站出现了 21.73m 洪峰,为 2017 年大洪水年后第一高洪峰。本文旨在分析获取该次过程与历史上其他大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程的大尺度环流背景和物理量特征,为此类暴雨预报提供参考。

1 资料与方法

(1)由于广西前汛期暴雨过程集中中期多数年份延续至 6 月底至 7 月初,中央气象台统计发布的华南前汛期平均结束为 7 月 3 日,为了与实际业务衔接,广西“龙舟水”暴雨过程及其大洪水统计到 7 月初。

(2)利用近 30a(1993—2022 年)广西西江流域梧州水文站洪水资料,挑选“龙舟水”期间大洪水年月:1994 年 6 月简称“94·6”洪水、1998 年 6 月简称“98·6”洪水、2005 年 6 月简称“05·6”洪水、2008 年 6 月简称“08·6”洪水、2017 年 7 月初简称“17·7”洪水、2022 年 6 月简称“22·6”洪水等 6 次大洪水。

(3)利用广西壮族自治区地方标准:暴雨过程综合强度评估方法【DB45/T 2281—2021】,对大洪水年“龙舟水”暴雨过程进行评估,挑选大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程共 6 次。

(4)利用广西区域国家气象观测站及区域中尺度自动气象观测站降水资料、大洪水年最高洪峰资料,通过统计、对比、归纳等分析方法,分析“龙舟水”最强暴雨过程的降雨特征及与洪峰的相关性。

(5)利用高空、地面常规观测及欧洲中心(EC) ERA5 空间分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$ 格点资料,通过天气诊断分析,分析大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程大尺度环流背景特征。

(6)利用实况物理量场及欧洲中心(EC) ERA5 空间分辨率为 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 、时间分辨率为 1h 格点再分析资料,分析关键物理量特征。

2 “龙舟水”最强暴雨过程降雨特征分析

2.1 2022 年最强暴雨过程降雨特征

2022 年 6 月 17—22 日广西出现了持续 6d 当年“龙舟水”期间最强暴雨过程,从 2022 年 6 月 16 日 20 时—22 日 20 时累计降雨量分布(图 1a)可以看出,此次过程柳州、桂林、河池、贺州等地出现了暴雨到大暴雨天气,累积雨量大于 100mm 主要集中在桂北,大于 400mm 在桂东北,最大区域自动站雨量为桂林市临桂区宛田乡(913.4mm),强降雨主要集中在桂东北。6 月 20 日全区出现了 30 个国家气象观测站日雨量达暴雨以上最大范围暴雨,其中大暴雨 10 站、特大暴雨 1 站,环江国家气象观测站日雨量达 280.3mm,破当地建站以来最大日降雨量历史纪录,4 个区域自动气象观测站日降雨量超 400mm,127 个区域自动气象观测站日降雨量破当地建站以来最大日降雨量历史纪录。过程累计雨量超过 600mm 有 8 个乡镇,最大达到 913.4mm(临桂区宛田乡)。18 日柳州市融水县香粉乡 1h、3h、6h 最大雨量分别达 149.4mm、271.6mm、427.6mm,其中 6h 雨量破广西气象观测站最大 6h 雨量历史纪录。该次“龙舟水”暴雨过程的 1h、3h、6h、24h 及过程降雨具有较强极端性,在其影响下,23 日西江流域梧州水文站出现了 21.73m 洪峰,为 2017 年后第一高洪峰(表 1),桂东北及桂北部分支流出现极端洪水,西江干流为 5~10a 一遇洪水。

2.2 历史最强暴雨过程降雨特征与洪峰

分析近 30a 广西大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程(表 1),大多数过程持续 5~6d(“98·6”洪水持续 11d),结束于 6 月中旬(6 月 15 日)至 7 月初(7 月 4),国家气象观测站最强降雨中心位于广西东北部或中部,6 次大洪中 3 次最强降雨中心在永福国家气象观测站,国家气象观测站最大过程雨量为 400.1~975.3mm,均位于历史同期第一位,过程降雨量处历史同期第一位的国家站点数为 4~27 站。年最高洪峰为 21.73~26.75m,出现在最强暴雨过程结

束的当日或后一日, 总体上具有强降雨中心越靠近西江干流、国家站最大过程雨量越大、过程降雨量处历史同期第一位的国家站点数越多, 洪峰越高的特征。

分析近 30a 广西大洪水年的“龙舟水”期间最强暴雨过程累计降雨量(图 1), 强降雨面积由大到小主要可以分为全区型、桂北及桂东型、桂北型、桂东

型、桂东北型等五种类型。全区型为全区大部过程累计降雨量 $\geq 100\text{mm}$ (“08·6”、“98·6”), 桂北及桂东型为桂北和桂东地区大部过程累计降雨量 $\geq 100\text{mm}$ (“05·6”)、桂北型为桂北地区大部过程累计降雨量 $\geq 100\text{mm}$ (“94·6”)、桂东型为桂东地区大部过程累计降雨量 $\geq 100\text{mm}$ (“17·7”)、桂东北型为桂东北地区大部过程累计降雨量 $\geq 100\text{mm}$ (“22·6”)。

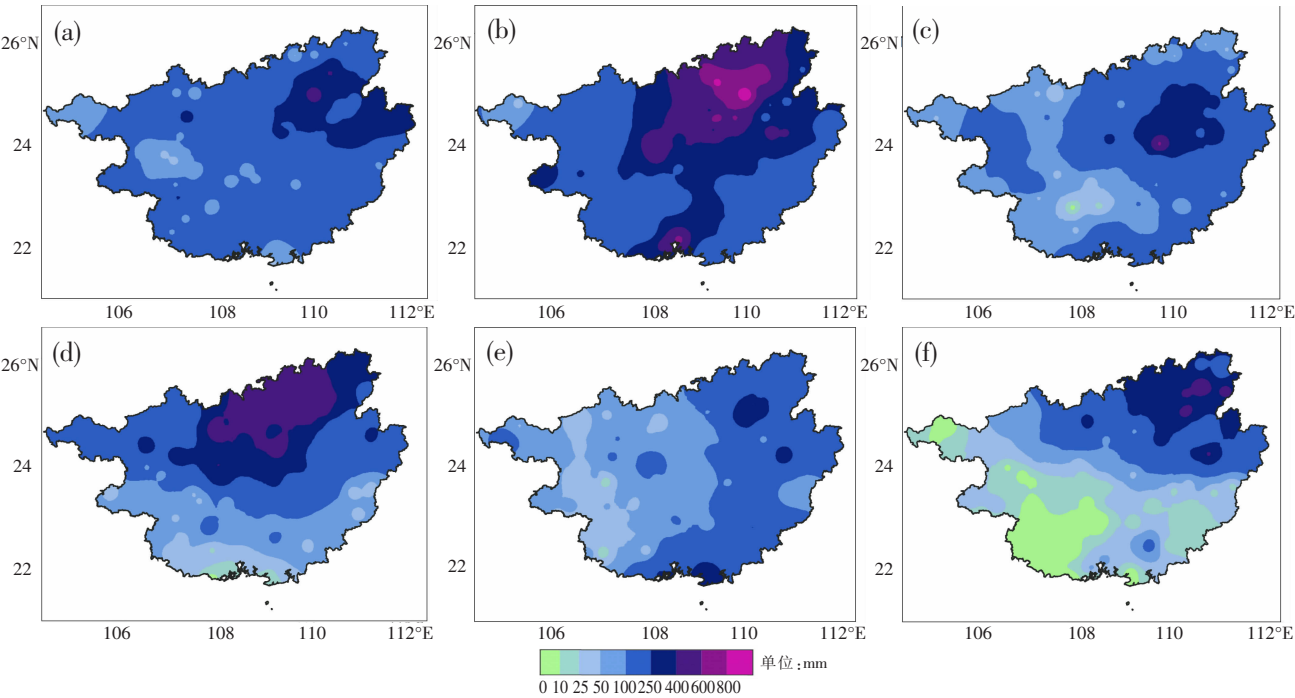


图 1 近 30a(1993—2022 年)广西大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程累计雨量图
(a)“08·6”洪水;(b)“98·6”洪水;(c)“05·6”洪水;(d)“94·6”洪水;(e)“17·7”洪水;(f)“22·6”洪水

表 1 1993—2022 年广西大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程有关数据统计表

项目 洪水	最强暴雨过程出现日期及持续 时长/d	国家站最大雨量 /mm	同期排一站数 /站	最高水位出现 日期	梧州洪峰 /m
“22·6”洪水	6 月 16 日—22 日 (6d)	兴安 431.6	5	2022-06-23	21.73
“17·7”洪水	6 月 29 日—7 月 4 日 (5d)	永福 400.1	4	2017-07-04	23.10
“08·6”洪水	6 月 10 日—15 日 (5d)	永福 511.8	19	2008-06-15	24.81
“05·6”洪水	6 月 17 日—23 日 (6d)	象州 627.8	10	2005-06-23	26.75
“98·6”洪水	6 月 16 日—27 日 (11d)	永福 975.3	27	1998-06-28	26.51
“94·6”洪水	6 月 12 日—17 日 (5d)	融安 602.2	24	1994-06-17	25.91

前三型由于强降雨范围广, 造成的西江年最高洪峰较高, 其中“05·6”由于最强降雨中心象州累计降雨量大且距离西江干流最近造成的年洪峰最高; 后两型由于强降雨范围相对较小, 造成的西江年最高洪峰相对较低, 其中“22·6”由于强降雨范围最小且最强降雨中心兴安距离西江干流最远, 造成的年洪峰最低。可见, 西江年最高洪峰与最强暴雨过程强

降雨范围、强降雨中心位置相关。

3 “龙舟水”最强暴雨过程大尺度环流背景分析

3.1 2022 年最强暴雨过程大尺度环流分析

分析“22·6”大洪水“龙舟水”最强暴雨过程的 500hPa 天气形势(图 2a), 暴雨开始前, 亚洲中高纬

度为两槽一脊型(西阻型、东亚槽底型),两槽分别位于乌拉尔山和亚洲东岸,脊位于贝加尔湖并形成阻塞形势,东亚大槽从日本海向西南方向延伸至华南地区北部一带,华南地区大致位于东亚槽底。此时,低纬度西太平洋副热带高压(副高)西伸,588dagpm 线稳定维持在华南沿海,广西位于副高西北侧,孟加拉湾至华南一带为相对低值区,与副高构成东高西低的形势,形成了有利于华南地区持续性暴雨的天气形势。

在 500hPa 有利的中高纬天气形势下,由于华南地区低层偏南气流异常增强,700~850hPa 低空(图 2a、2b)和 925hPa(图 2c)边界层切变线在长江中下游沿江一带摆动,地面东路南下的冷空气与暖空气在江南一带交绥(图 2d),广西位于低压槽区内、偏南暖湿气流中。在不断向东移出的高空槽强迫,广西低层急流脉动形成的辐合,及广西南低北高的特殊地形造成的辐合共同作用下,广西东北部出现了持续时间长、强降雨范围小、累积雨量大及雨势猛的暖区暴雨。

3.2 历史最强暴雨过程大尺度环流对比

分析近 30a 广西大洪水年“龙舟水”最强持续性暴雨过程的 500hPa 天气形势(图 3),亚洲中高纬度环流可以分为两槽一脊型和纬向型两型。“22·6”(图 3a)、

“17·7”(图 3b)、“08·6”(图 3c)“05·6”(图 3d)“94·6”(图 3f)等 5 次为两槽一脊型,共同特征是两槽分别位于乌拉尔山和亚洲东岸,脊位于贝加尔湖一带,东亚大槽从日本海向西南方向延伸至华南地区北部一带,华南地区大致位于东亚槽底,总体形成有利于冷空气向南入侵华南地区的天气形势,属于经向型环流。“98·6”(图 3e)为纬向型,特征是乌拉尔山附近为脊,乌拉尔山以东广大亚洲大陆地区为以西至西北风为主的纬向环流,纬向环流中不断有阶梯槽形成东南移出,引导冷空气影响华南地区,从而形成长时间的暴雨天气,该型暴雨时间最长达 11d,历史同期第一位的国家站点最多达 27 站,强降雨范围最广。两槽一脊型占绝大多数,纬向型较少。

在两槽一脊个例中,“22·6”大洪水“龙舟水”最强暴雨过程的高纬东槽区内唯一无东北冷涡配合,向南延伸槽区浅,南段高空槽位置偏北(图 3a)。

在天气环流形势有利于持续性暴雨发生的情况下,影响广西的天气系统和降雨存在较大差异。“22·6”“17·7”为地面低压槽区内暖区暴雨,强降雨区分别在广西东北和东部地区,强降雨范围小。“05·6”“94·6”为地面冷空气触发的锋面暴雨,强降雨范围较大,强降雨范围从广西北部至东部。“08·6”“98·6”为地面冷空气及暖区交替触发引起的混合型暴雨,

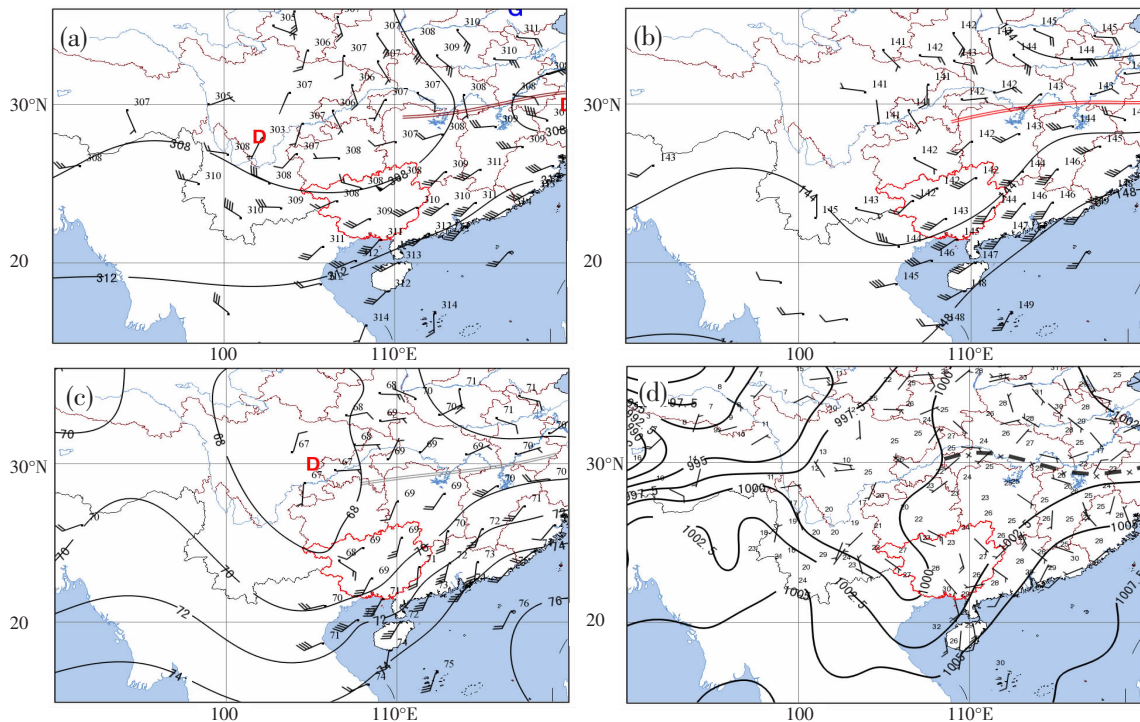


图 2 2022 年 6 月 20 日 08 时天气形势图

(a) 700hPa; (b) 850hPa; (c) 925hPa; (d) 地面

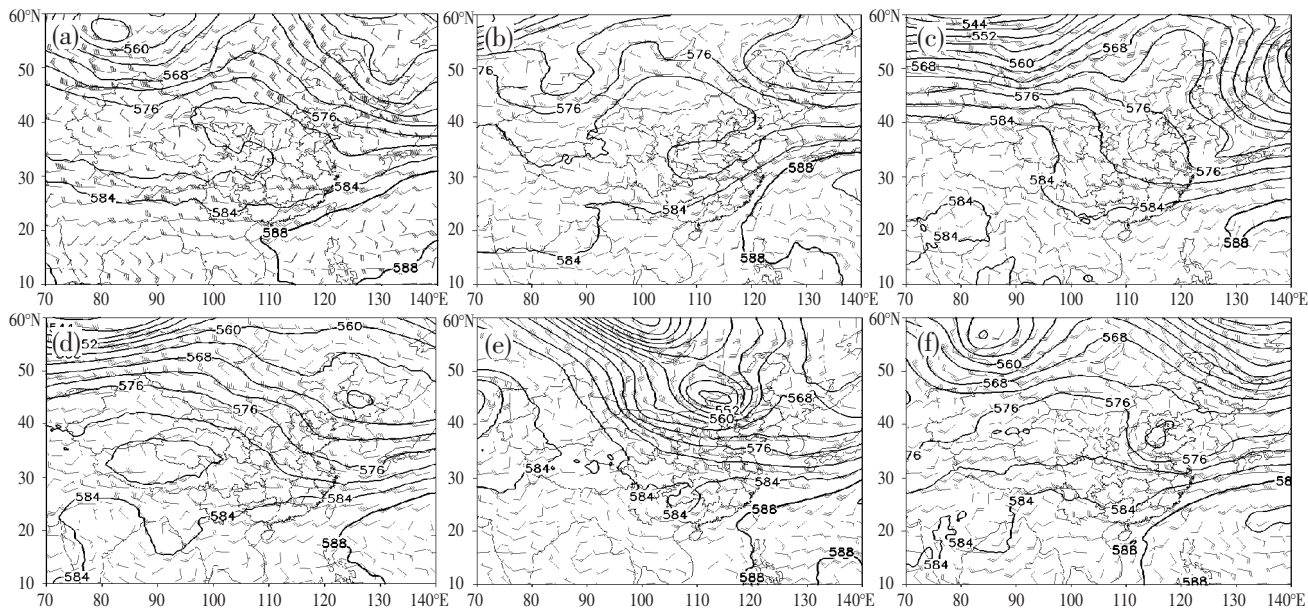


图3 近30a广西大洪水500hPa形势

(a)2022年6月17日20时;(b)2017年7月30日20时;(c)2008年6月11日20时;
(d)2005年6月18日20时;(e)1998年6月17日20时;(f)1994年6月12日20时

强降雨时间长、总降雨量大、范围广,以全区范围的强降雨为主。

由于“22·6”大洪水“龙舟水”最强暴雨过程的高纬东槽区内无东北冷涡配合,向南延伸槽区浅,南段高空槽位置偏北,致使引导的低层冷空气位置偏北,出现偏南风影响下的范围最小暖区暴雨过程。可见,大致相近的天气形势下,由于影响天气系统不同造成降雨存在较大差异。

4 关键物理量特征分析

4.1 2022 年最强暴雨过程物理量特征分析

按 925hPa 和 850hPa 风速 $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、700hPa 风速 $\geq 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、500hPa 风速 $\geq 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 标准,当日 08 时或 20 时观测时次广西 6 个探空站有 1 站达标准即定义广西当日各层次急流。

分析“22·6”大洪水“龙舟水”最强暴雨过程,20 日 500hPa 广西为西南偏西急流,其它日为 $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 大风速气流,925~700hPa 广西各日均为偏南至西南急流,急流区主要位于广西南部 and 东部。低空长时间维持深厚偏南急流,使得空气中水汽含量充沛,850hPa 广西东部和南部维持比湿 $\geq 15\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$,分析暴雨期间的 TlogP 图可见暴雨区上空湿层深厚,达对流层顶。20 日 08 时广西上空 700、850、925hPa 分别出现 $\geq 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $\geq 18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $\geq 18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 极端风速,850hPa 广西东部和南部维持比湿 $\geq 17\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。

此次暴雨过程具有夜雨特征。白天受太阳辐射加热增温影响,能量聚集,低空急流夜间脉动增强耦合,强降雨夜间爆发。选取每日 20 时广西 6 个探空站中最大湿对流有效位能(CAPE)站和强降雨区上游站的物理量(表 2),广西区域内最大 CAPE 值为 $3485.8\sim 4584.6\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,强降雨区上游 CAPE 值为 $1831.6\sim 2857.3\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,大气储存巨大能量,对流抑制有效位能(CIN)较小($24.7\sim 40\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$),有利于能量聚集和对流发展突破自由对流高度,抬升凝结高度(TCL_P)较低($910.3\text{hPa}\sim 978.1\text{hPa}$),有利于暴雨的触发,具有暖区暴雨层结特征。

在充沛水汽和巨大能量条件下,造成了 24h 最大雨量 $\geq 250\text{mm}$ 和 1h 最大雨量 $\geq 100\text{mm}\cdot\text{h}^{-1}$ 强降雨天气。急流的极端性带来的水汽和能量极端性,造成了 20 日环江国家气象站出现了 24h 雨量 280.3mm,破本站历史记录。

4.2 历史最强暴雨过程物理量对比

分析近 30a 广西大洪水年的“龙舟水”期间最强暴雨过程急流及关键物理量最低阈值,暴雨期间,500hPa 广西上空为 $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南偏西大风速气流,个别时次为 $\geq 20\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 急流,700hPa 广西上空为 $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的西南大风速气流,个别时次为 $\geq 16\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 急流,850~925hPa 广西为 $\geq 12\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 西南低空急流,极端暴雨出现对应中低层风速 $\geq 18\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ 。广西区域内 6 探空站中最大 CAPE $\geq 1500\text{J}\cdot\text{kg}^{-1}$,暖

表 2 每日 20 时广西 6 个探空站中最大湿对流有效位能站及强降雨区上游代表站物理量

物理量 日期	最大 CAPE 站号	CAPE 最 大值	强降雨 区站号	CAPE	CIN	TCL_P	最大 24h 雨量/mm	最大 1h 雨量/mm
16-20	59644	4105	59265	1831.6	39.2	978.1	271.1	154.9
17-20	59644	3509.7	59431	2407.5	37.8	942.5	498.2	149.4
18-20	59265	3485.8	59431	2220.8	26.3	932.6	256.7	82.2
19-20	59211	4193.1	59431	2808.8	33.7	910.3	448.8	204.5
20-20	59265	3848.4	59431	2789.2	40	928.4	249.8	162.5
21-20	59211	4584.6	59265	2857.3	24.7	972	285.2	156.0

注:湿对流有效位能/Cape(单位: $J\cdot kg^{-1}$),对流抑制有效位能/Cin(单位: $J\cdot kg^{-1}$),抬升凝结高度/TCL_P(单位:hPa)

区暴雨 $\geq 2500J\cdot kg^{-1}$,850hPa 广西大部比湿 $\geq 14g\cdot kg^{-1}$,极端强降雨时比湿 $\geq 16g\cdot kg^{-1}$ 。

可见,广西大洪水年“龙舟水”期间最强暴雨过程满足长时间低空急流及高温、高湿的特征,“22·6”大洪水“龙舟水”最强暴雨过程广西急流深厚,对流抑制有效位能较小及抬升凝结高度较低,具有暖区暴雨层结特征。

5 结论和讨论

利用国家气象观测站及区域中尺度自动气象观测站降雨资料、高空、地面常规观测及再分析资料等多源气象资料,对 2022 年广西极端“龙舟水”最强暴雨过程降雨及环境场进行分析,得到以下结论:

(1)此暴雨过程强降雨主要在桂东北,具有较强极端性,造成桂东北部分支流极端洪水,西江干流 5~10a 一遇洪水。近 30a 大洪水年“龙舟水”最强暴雨过程大多数持续 5~6d,结束于 6 月中旬至 7 月初,空间上可分为 5 种类型,强降雨中心位于桂东北或桂中,过程降雨具有极端性,强降雨范围、中心位置及强度与洪峰相关,洪峰出现在过程结束当日或后一日。

(2)此暴雨过程的大尺度环流 500hPa 中高纬天气形势为两槽一脊型或纬向型两型,两槽一脊型占绝大多数,纬向型较少,为锋面、暖区或混合型暴雨。“22·6”大洪水“龙舟水”最强暴雨过程的大尺度环流 500hPa 中高纬天气形势为两槽一脊型,高纬东槽区内唯一无东北冷涡配合,向南延伸槽区浅,南段高空槽位置偏北,引导低层冷空气偏北,出现偏南风影响下范围小且集中的暖区暴雨。

(3)此暴雨过程广西低空长时间维持急流及高能、高湿条件。“22·6”大洪水“龙舟水”最强暴雨过程维持深厚急流,对流抑制有效位能较小及抬升凝结

高度较低,具有暖区暴雨层结特征。

“龙舟水”最强暴雨过程发生于一定环境条件下,降雨特征与环境条件有一定相关性,准确把握环境场特征是大洪水预报的关键着眼点之一。相近环境场条件下,强降雨的差异是预报的难点,需进一步研究。

参考文献:

[1] 汪卫平,张祖强,许遐祯,等.中国降水集中期之特征[J].气象学报,2015,73(6):1052-1065.

[2] 吴志伟,江志红,何金海.近 50 年华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝特征对比分析[J].大气科学,2006,30(3):391-401.

[3] Jiang Z H, Cheng G T J, Wu M C. Large-scale circulation patterns associated with heavy spring rain events over Taiwan in strong ENSO and non-ENSO years [J]. Mon Wea Rev,2003,131(8):1769-1782

[4] 胡敏敏,杜尧东,罗晓玲.近 59 年华南“龙舟水”的降水分型[J].气象,2013,49(8):1031-1041.

[5] 伍红雨,李春梅,王迪龙.近 55 年广东“龙舟水”异常特征及成因分析[J].热带气象学报,2017,33(5):608-616.

[6] 陶诗言,徐淑英.夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征[J].气象学报,1962(1):3-12.

[7] 陶诗言等.中国之暴雨[M].北京:科学出版社,1980.

[8] 雷雨顺.经向型持续性特大暴雨的合成分析[J].气象学报,1981,39(2):168-181.

[9] 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.

[10] 谢炯光,纪忠萍,谷德军等.广东省前汛期连续暴雨的气候背景及中期环流特征[J].应用气象学报,2006,17(3):354-362.

[11] 徐明,赵玉春,王晓芳等.华南前汛期持续性暴雨统计特征及环流分型研究[J].暴雨灾害,2016,35(2):109-118.

[12] 胡亮,何金海,高守亭.华南持续性暴雨的大尺度降水条件分析[J].大气科学学报,2007,30(3):345-351.

- [13] 林爱兰, 李春晖, 郑彬等. 广东前汛期持续性暴雨的变化特征及其环流形势[J]. 气象学报, 2013, 71(4): 628–642.
- [14] 蔡景就, 伍志方, 陈晓庆等. “18·8”广东季风低压持续性特大暴雨成因分析[J]. 暴雨灾害, 2019, 38(6): 576–586.
- [15] 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.
- [16] 林良勋, 吴乃庚, 黄忠, 等. 广东 2008 年罕见“龙舟水”特点及成因诊断分析[J]. 气象, 2009, 35(4): 43–50.
- [17] 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.
- [18] 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.

Analysis of environmental field characteristics of an extreme dragon–boat precipitation process in Guangxi in 2022

Liu Guozhong¹, Qin Yuefeng¹, Qin Weijian², Chen Weibin¹, Zhai Shunan¹

(1. Guangxi Meteorological Observatory, Nanning 530022, China;

2. Guangxi Climate Center, Nanning 530022, China)

Abstract: This paper analyzes the rainfall, flood peak and environmental fields of the extreme dragon–boat precipitation process in Guangxi in 2022 by using the observation data and ERA5 reanalysis data. The results show that: (1) The most intense dragon–boat precipitation in the last 30 year flood year last for 5 to 6 days, and the range, center location and intensity of heavy rainfall are related to the flood peak, which occurs on the day or the day after the end of the process. (2) The large–scale circulation background of the process in 2022 is of two troughs and one ridge in the middle and high latitudes, and the eastern trough is weak, resulting in the northerly cold air force. There are unusually strong jets in the middle and lower atmosphere, and high–energy, high humidity, small convection inhibition, and low lifting condensation level, which is a typical warm sector rainstorm. In the past 30 years, the large–scale circulation background of the process is divided into two types, which are two troughs and one ridge in the middle and high latitudes or zonal type. It is the frontal, warm or mixed rainstorm. (3) One of the key points for large flood forecasting is to grasp the environmental field and rainfall characteristics of the strongest process of dragon–boat precipitation. Under similar environmental backgrounds, the difference in heavy rainfall is a difficult point for forecasting and needs further study.

Key words: dragon–boat precipitation; extreme rainstorm; large–scale circulation background; physical quantity characteristics