

文章编号:1673-8411 (2019) 04-0001-05

广西一次持续性暴雨过程的延伸期预报及模式应用检验

何慧, 朱秋宇, 欧艺

(广西壮族自治区气候中心, 南宁 530022)

摘要: 2019年5月25—30日广西出现了持续性暴雨过程,引发洪涝和衍生灾害。利用国家气候中心大气监测资料和第二代月动力延伸预测模式业务系统(DERF2.0)预报资料,研究了这次持续性暴雨的背景特征,并对这次暴雨过程的延伸期预报效果进行评估。结果表明:(1)此次持续性暴雨发生在一次MJO对流活跃区东传的背景下。(2)DERF2.0模式提前10–30d预报出广西5月第6候降雨偏多的趋势,并在4月30日、5月10日分别预测出这次暴雨过程出现前后有强降雨,但有1–3d的误差,且对过程强度的预测不够精准。

关键词: 持续性暴雨过程;DERF2.0模式;延伸期预报

中图分类号: P46

文献标识码: A

Extended range forecast evaluation and model application test of a persistent rainstorm process in Guangxi

He Hui, Zhu Qiuyu, Ou Yi

(Guangxi Climate Center, Nanning Guangxi 530022)

Abstract: From May 25 to 30, 2019, there was a continuous rainstorm process in Guangxi, which caused floods and derivative disasters. Based on the atmospheric monitoring data of the National Climate Center and the forecast data of second-generation monthly dynamic extended range forecast operational system (DERF2.0), the background characteristics of the persistent rainstorm were studied, and the effect of the extended period forecast was evaluated. The results showed that (1) the continuous rainstorm occurred in the context of an eastward transmission of the MJO convection zone. (2) The DERF2.0 model predicted the trend of more rainfall on May 25–30 in Guangxi, 10–30 days ahead of schedule. The model also predicted that there would be strong rainfall before and after the rainstorm on April 30 and May 10, respectively. However, the model results had an error of 1–3 days, and the prediction of process intensity was not accurate enough.

Key words: persistent rainstorm process; DERF2.0; extended-range forecast

引言

广西位于我国低纬度地区,地处热带、亚热带季风气候区,北倚欧亚大陆,南濒热带海洋,受低纬度热带天气系统和高中纬度西风带系统的交替影响,天气气候复杂多变,暴雨频率高、危害重,尤其是持续性暴雨过程,因持续时间长、范围广、降水量大,

造成的洪涝灾害和衍生灾害严重,因而受到广泛关注^[1–2]。如果能够在提前10–30d延伸期内较准确地把握不同区域强降雨出现时段和强度,指导防汛避灾的部署,以及众多水库的调度,减缓发电、灌溉和防汛的矛盾,其社会和经济效益自不待言。为此,国家气候中心开发了第二代月动力延伸预测模式业务系统(DERF2.0),可进行未来52d逐日滚动预报^[3]。

收稿日期: 2019-05-21

基金项目: 中国气象局预报员专项(CMAYBY2019-088)和广西科技攻关计划项目(桂科攻1598017-14)

第一作者: 何慧(1967–),女,广西桂平市人,正研级高工,从事气候分析与预测研究。E-mail: hi.hehui@163.com

DERF2.0 模式产品在我国延伸期预报业务中应用广泛,何慧根等^[4]、陈思蓉等^[5]分别就 DERF2.0 对中国和广西气温和降水的预测性能进行检验评估,表明该模式对降水异常有一定的预报能力。覃卫坚等^[6]就 DERF2.0 模式对未来 11–40d 的逐日环流预报进行效果评估。徐岩岩和常军^[7]对 DERF2.0 模式 1–52d 最低温度逐日预报进行了检验评估。但目前该模式对强降雨过程预测的研究仍不多,为检验其对广西强降雨过程的延伸期预报效果,本文就该模式对 2019 年 5 月 25–30 日广西持续性暴雨过程的延伸期预报作检验评估,为未来模式产品在延伸期预报业务中的应用提供参考。

1 资料和方法

所用资料为:(1) 广西 90 个国家气象观测站 2019 年 5 月逐日降水量和广西灾情记录资料。(2) 国家气候中心网站 (<https://cmdp.ncc-cma.net/Monitoring>)提供的海洋、大气监测资料,以及第二代月动力延伸预测模式业务系统(DERF2.0)的逐日预报数据产品。

对延伸期预测的检验方法为:(1)侯降雨距平百分率预报采用相关系数和距平同号率等 2 种方法,对模式预报结果进行定量评估。(2)强降雨过程预报采用预报和实况出现日期是否重合等定性评估方

法,以及日平均雨量预报与实况的绝对误差计算方法作定量评估。强降雨过程的延伸期预报和评定皆采用广西平均雨量值。

2 过程的雨情和灾情

2019 年 5 月 25–30 日广西出现了大范围持续性暴雨过程,此次持续性暴雨过程具有范围广、强度强、持续时间超长、累计雨量特大等特点。25–30 日广西各地降雨量为 6.7–578.4mm,雨量较大的地区在桂北、桂西、桂东南和沿海地区(图 1a)。与常年同期相比,除桂中和桂东北部分地区偏少 1 成至 9 成外,其余大部地区偏多 1 成至 5 倍(图 1b)。27–28 日,广西连续 2d 出现大范围暴雨天气(日暴雨站数 ≥ 10 站),是一次持续性暴雨过程。据广西国家气象观测站降水资料统计,24 日 20 时至 30 日 20 时,广西共出现大雨 51 站次,暴雨 39 站次,大暴雨 9 站次,特大暴雨 3 站次;桂林市兴安县猫儿山 24h 雨量高达 398mm,最大的小时雨强达 115mm,靖西、天等两地日降雨量打破当地建站以来最大日降雨量记录,全区 40%的市(县)过程降雨量超过 100mm。强降雨导致部分江河水位上涨,局地出现洪涝、城镇内涝、农田被淹、山体滑坡等灾情,造成全区 56 万人受灾,因灾死亡 14 人、失踪 3 人,直接经济损失 16.88 亿元。

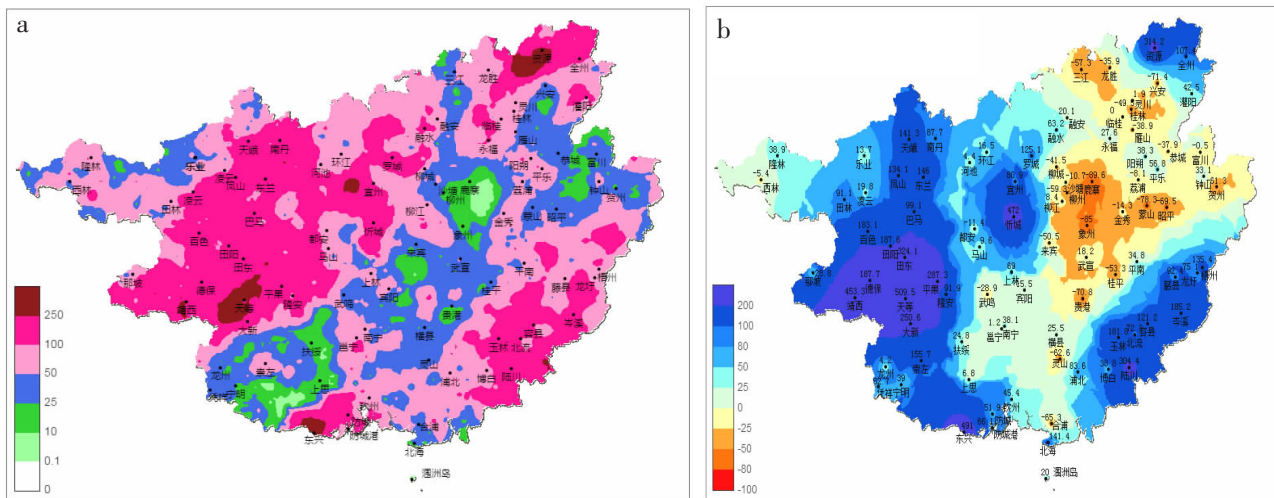


图 1 2019 年 5 月 25–30 日广西降雨量(a,单位:mm)和降雨距平百分率(b,单位:%)

3 气候背景特征

3.1 南海夏季风爆发偏早

2019 年南海夏季风于 5 月第 2 候爆发,标志着

东亚夏季风开始影响我国。丁一汇等^[8]的研究表明,夏季风爆发后的两周,大量的西南暖湿水汽随季风气流从印度洋和南海输送到我国东部地区,造成降雨增多,对流增强。因此,南海夏季风爆发 2 周后,广

西的对流性强降水也同步增多。

统计发现,2019 年南海夏季风爆发日期较常年(5 月 23 日左右)明显偏早,20 世纪 90 年代以来,南海夏季风爆发明显偏早的有 1994、1996、2001、2008、2011 年和 2019 年,对南海夏季风爆发偏早的 6a 广西 5 月下旬降水距平百分率和暴雨日数进行统计(表 1),其中 5a 广西 5 月下旬降水偏多,只有 1a 偏少。常年 5 月下旬,广西各县(市)日降雨量 $\geq 50\text{mm}$ 的强降雨总站日为 39 站日,南海夏季风爆发偏早 6a 中,有 5a 超过 39 站日,为强降雨偏多年份,只有 1a 偏少。因此,南海夏季风爆发明显偏早背景下,广西 5 月下旬易出现强降雨过程。

表 1 南海夏季风爆发偏早年广西 5 月下旬降水距平百分率和强降雨总站日

年份	1994	1996	2001	2008	2011	2019
5 月下旬降水距平百分率(%)	35.3	31.7	36.6	9.7	-60.6	21.3
5 月下旬强降雨总站日	57	71	63	51	17	56

3.2 MJO 的影响

热带大气低频振荡(MJO)和北半球夏季季节内振荡对全球范围天气气候事件有重要影响,是次季节—季节预报最主要的可预报性来源之一^[9-10]。陈官军等^[11]以大气低频振荡特征为物理基础,提出一种基于大气环流低频信号和数值模式预报产品的动力与统计相结合的预报方法,开展了江淮夏季降水过程的延伸预报试验,试验表明,基于影响因子低频信号和数值模式预报产品的动力与统计相结合的预报方法,可为持续性降水过程的延伸期预报提供参考。覃卫坚等^[12-13]研究发现,广西持续性区域暴雨偏多(偏少)的年份 MJO 有明显(相对不明显或不连续)向东传播特征;前汛期 MJO 活跃对流区从印度洋中部向南海东传过程中,广西暴雨频数偏多。

国家气候中心、美国 NCEP 等多家机构的多种气候模式会对 MJO 进行监测和预测。外射长波辐射量(OLR)的数值越小,表示对流越活跃,越容易产

生对流性降雨,因此 OLR 负距平(对流活跃)区的监测,是监测 MJO 的重要指标。图 2 是 2019 年 5 月第 5 候和第 6 候印度洋到西太平洋的 OLR 距平图,第 5 候 MJO 活跃对流区在赤道印度洋中西部热带地区产生(图 2a),第 6 候 MJO 活跃对流区向东扩展到印度洋东部(图 2b),此时低层西太平洋地区为异常反气旋控制,OLR 为正距平、对流抑制,中南半岛到华南地区上空为异常偏南气流到偏西南气流,OLR 为负距平、对流发展,这种低频环流背景有利于水汽向华南地区输送,有利广西降雨偏多、易发生强降雨过程。

4 延伸期预报分析检验

4.1 候降雨量延伸期预报检验

延伸期预报时段为 11–30d,相当于第 3 到第 6 候。预报候降雨距平百分率,可以判断候尺度降雨趋势,以及强降雨时段出现的大致时段。在常规业务中,广西延伸期预报发布时间是每月的上旬末、中旬末、下旬末(月底)共 3 次,因此利用广西气候中心开发的延伸期预报业务系统,将 DERF2.0 逐日预报数据产品整理成候降雨距平百分率预报图。图 3 给出的是 4 月 30 日(a)和 5 月 10 日(b)DERF2.0 预报的 5 月 25–30 日降雨距平百分率,分别代表未来 25–30d 和未来 15–20d 候尺度降雨距平百分率的预报。可以看出,DERF2.0 未来 25–30d 降雨距平百分率(图 3a)和实况(图 1b)相比,报对了广西大部地区降雨偏多的趋势,桂东北和桂中偏少的趋势报错,全区 90 个站点预报偏多的有 87 个,报对 62 个,预报和实况距平同号率为 $62/90 \times 100\% = 68.9\%$ 。计算 90 个站点的预报值和实况值之间的相关系数为-0.238,可见此次降雨预报的“+”、“-”距平中心与降

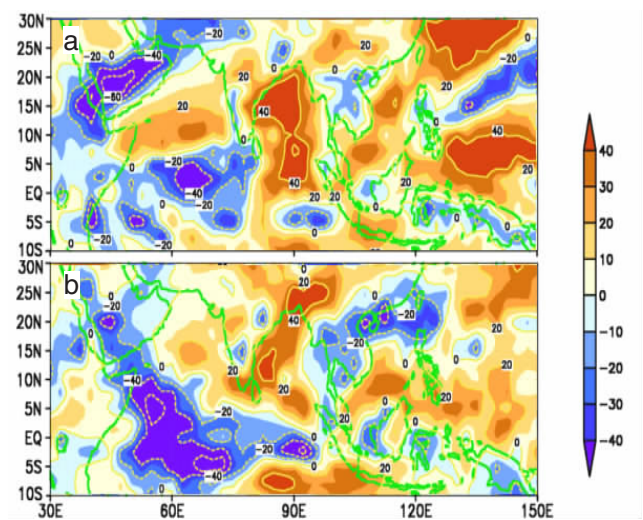


图 2 2019 年 5 月第 5 候(a)和第 6 候(b)印度洋到西太平洋的 OLR 距平图(单位:w/m²)

雨距平实况的“+”、“-”距平中心重合度不高,实际上,预报降雨偏多 50%至 90%的区域,实况却偏少 20%至 90%;而实况偏多数倍的区域,预报只是偏多 10%左右,因此预报值和实况值相关系数较低(表 2)。

DERF2.0 未来 15–20d 降雨距平百分率(图 3b)和实况(图 1b)相比,也报对了广西大部地区降雨偏

多的趋势,同时报对桂东北偏少的趋势,但报错了桂中偏少和沿海地区偏多的趋势,全区 90 个站点报对 55 个, 预报和实况距平同号率为 $55/90 \times 100\% = 61.1\%$ 。计算 90 个站点的预报值和实况值之间的相关系数为 0.256,可见此次降雨预报的“+”、“-”距平中心与降雨距平重合度比 4 月底的预报有所提高,也就是落区预报准确率有提高(表 2)。

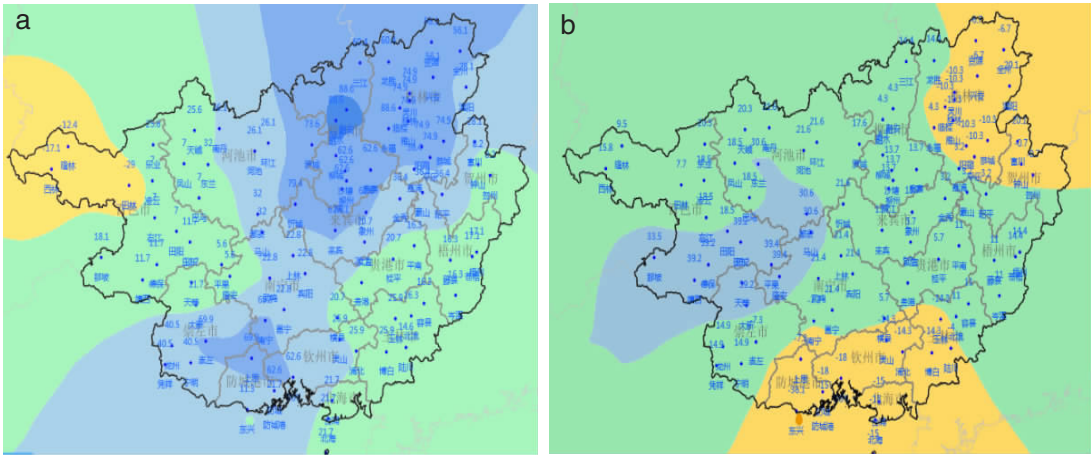


图 3 2019 年 4 月 30 日 DERF2.0 的未来 25–30d 降雨距平百分率预报(a)和 5 月 10 日的未来 15–20d 降雨距平百分率预报图(b)(单位:%)

表 2 侯降雨距平百分率预报准确率

起报时间	预报时段	距平同号率	相关系数
4 月 30 日	未来 25–30d	68.9%	-0.238
5 月 10 日	未来 15–20d	61.1%	0.256

4.2 过程预报检验

强降雨过程预报主要是预报强降雨出现的时间,由于延伸期预报时长都在 10d 以上,强降雨的落区和量级预报准确性会大大降低。为了减小降雨量序列的离散度,提高强降雨过程出现时间的预报准确性,将强降雨过程的延伸期预报量确定为广西全区平均雨量,以弱化降雨的落区和量级。将 DERF2.0 的逐日降雨率转换为逐日降雨量,并将广西范围 105–112.5°E,21–27.5°N 内各格点降雨量平均值作为当日模式预报值,得出广西范围平均雨量逐日预报值,并与广西 90 个站点雨量平均值实况相比,结果如表 3 所示。可以看出,模式逐日雨量预报值较为均匀,即预报最大值比实况最大值明显偏小,而预报最小值又比实况最小值

偏大。

从 4 月 30 日报未来 21–30d 逐日广西范围平均雨量看,10d 平均值为 8.51mm,和实况 9.91mm 相比, 偏小 1.4mm; 但日平均雨量预报最大值为 16.5mm,比实况偏小 15.9mm,几乎偏小了一半;预报最小值为 3.1mm,比实况偏大 3.1mm。从强降雨过程出现日期看,预报出现在 28–30 日,比实况偏迟 3d。

从 5 月 10 日报未来 11–20d 逐日广西范围平均雨量看,10d 平均值为 9.45mm,和实况 9.91mm 相比, 仅偏小 0.46mm; 但日平均雨量预报最大值为 21.5mm,比实况偏小 10.9mm;预报最小值为 2.3mm,比实况偏大 2.3mm。从强降雨过程出现日期看,预报出现在 24–27 日,比实况偏早 1d。

对比未来 11–20d 和未来 21–30d 的预报误差,广西范围平均雨量预报平均误差小 0.9mm,日雨量预报最大值误差小 5mm,日雨量预报最小值误差小 0.8mm,强降雨过程出现日期误差小于 2d。可见,未来 11–20d 的预报效果比未来 21–30d 的预报有较大提高。

表 3 DERF2.0 模式广西范围平均雨量逐日预报值和实况对比

	21 日	22 日	23 日	24 日	25 日	26 日	27 日	28 日	29 日	30 日	平均
广西雨量平均值	1.2	0.7	0.0	1.2	8.7	14.3	27.7	32.4	7.7	5.2	9.91
4 月 30 日预报	9.2	8.3	5.1	4.3	4	3.1	4.6	16.5	10.9	10.1	8.51
21-30d 预报误差	8	7.6	5.1	3.1	-4.7	-11.2	-23.1	-12.9	7.2	6.9	-1.4
5 月 10 日预报	4	5.2	2.3	17.4	21.5	13.8	10.5	6.1	8.5	5.2	9.45
11-20d 预报误差	2.8	4.5	2.3	16.2	12.8	-0.5	-17.2	-26.3	0.8	0	-0.46

5 结论和讨论

(1) 此次持续性暴雨过程发生在夏季风爆发后 2 周,5 月下旬到 6 月中旬恰好有一次 MJO 东传,水汽和热力都比较充沛的有利背景下。

(2)DERF2 模式提前 10-30d 多次预测出广西 5 月第 6 候降雨偏多的趋势,并在 4 月 30 日、5 月 10 日都预测出此次暴雨过程出现前后有强降雨,但有 1-3d 的误差,且对过程强度的预测不够精准。

(3)DERF2 模式预测产品对此次持续性暴雨过程的预报,利用广西延伸期预报业务系统,整理成两种方式,一是候降雨距平百分率预报,二是逐日广西范围平均雨量预报。两种气候模式产品订正的延伸期预报精准度均不够,强降雨出现的大致时间可预报出来,但具体落区和量级预报不出,体现了延伸期预报的准确率需要用空间来换时间、或者时间换空间的规律。

参考文献:

[1] 陆虹,何慧,陈思蓉.华南地区 1961—2008 年夏季极端降水频次的时空变化 [J]. 生态学杂志,2010,29(6): 1213-1220.

[2] 何慧,陆虹,欧艺.1959—2008 年广西西江流域洪涝气候特征[J].气候变化研究进展,2009,5(3):134-138.

[3] 吴统文,宋连春,刘向文,等.国家气候中心短期气候预测模式系统业务化进展 [J]. 应用气象学报,2013,24(5):533-543.

[4] 何慧根,李巧萍,吴统文,等.月动力延伸预测模式业务系统 DERF2.0 对中国气温和降水的预测性能评估[J]. 大气科学,2014,38(5):950-964.

[5] 陈思蓉,周秀华,陆虹,等.月动力延伸预测产品 DERF2.0 对广西气温和降水的预测评估[J].气象研究与应用,2016,37(3):16-19.

[6] 覃卫坚,陈思蓉,何慧.DERF2.0 模式 11-40天的逐日环流预报效果评估[J]. 气象研究与应用,2019,40(1):7-10.

[7] 徐岩岩,常军.基于 DERF2.0 模式 1-52 天最低温度逐日预报的检验评估[J]. 高原气象,2018,37(4):1042-1050.

[8] 丁一汇. 高等天气学[M]. 气象出版社,2005:236-246, 565-566.

[9] 吴捷,任宏利,赵崇博,等.国家气候中心 MJO 监测预测业务产品研发及应用[J]. 应用气象学报,2016,27(6): 641-653.

[10] 林爱兰,纪忠萍,谷德军,等.大气季节内振荡在华南降水预报中的应用[J]. 热带气象学报,2016,32(6):878-889.

[11] 陈官军,魏凤英.2012.基于低频振荡特征的夏季江淮持续性降水延伸期预报方法[J].大气科学,36(3):633-644.

[12] 覃卫坚,李耀先,廖雪萍,等. 大气低频振荡对广西持续性区域性暴雨的可能影响 [J]. 气象研究与应用, 2015,36(3):1-7.

[13] 覃卫坚,李耀先,陈思蓉. 同期 MJO 对广西汛期强降水过程的影响[J]. 气象研究与应用,2017,38(4):18-21.