

汪明圣,胡婷,谢洁宏,等. BCC - CPSv3 S2S 模式对广东汛期降水的预测技巧分析[J]. 广东气象,2023,45(6):70-74.

BCC - CPSv3 S2S 模式对广东汛期降水的预测技巧分析

汪明圣¹,胡婷²,谢洁宏³,胡娅敏¹

(1. 广东省气候中心,广东广州 510640;2. 广州市气象台,广东广州 511430;
3. 揭阳市气象局,广东揭阳 522000)

摘要:基于2005—2019年BCC - CPSv3次季节-季节(S2S)模式回算数据和广东气象台站降水数据,采用均方根误差RMSE、距平相关系数ACC和时间相关系数TCC共3个指标评估分析了模式对广东汛期降水的预测能力。结果表明:①BCC - CPSv3 S2S模式集合平均的预测技巧优于其他子成员,且随起报时间的临近而提高,在天气尺度高于次季节尺度。②模式对于前汛期降水的预测偏差明显低于后汛期,前汛期空间异常模态一致性的预测技巧可达7 d,后汛期仅为2 d。③从模式预测技巧的空间分布来看,前汛期全省大部分地区有技巧预测可以持续到第4候,粤西和粤东沿海可达到第6候;而后汛期全省大部地区仅在前两候有预测技巧,进入第3候以后大部地区表现为无技巧。④模式对于前汛期降水的预测能力明显优于后汛期,反映了模式对于锋面降水和季风降水的预测能力优于台风降水。

关键词:气候预测;检验评估;BCC - CPSv3 S2S模式;汛期降水预测技巧;广东

中图分类号: P45

文献标志码: A

doi:10.3969/j.issn.1007-6190.2023.06.015

广东位于我国南部地区,所处的纬度较低,其天气气候变化深受热带季风活动的影响,具有干湿季分明的特征。汛期主要集中在4—9月份,其降水量的多寡是造成广东旱涝的最主要因素^[1]。根据造成降水的主要天气系统的差异又可将雨季划分为前汛期(4—6月)和后汛期(7—9月)。前汛期的暴雨洪涝和后汛期台风是广东省主要的气象灾害,历来受到防灾减灾机构和广大气象业务人员的关注,开展了一系列研究^[2-4]。

国内外气候模式的快速发展和应用,为开展客观定量化的气候预测提供了有效而可靠的技术基础。近年来,国家气候中心研制的客观化气候预测新技术如多模式解释应用系统(MODES)^[5]、动力与统计相结合季节预测系统(FODAS)^[6]以及月内重要过程预测系统(MAPFS)^[7]等在全国进行推广应用,提升了省(区、市)气候预测业务的客观化水平。自2016年起,中国气象局国家气候中心在第二代气候预测模式系统基础上,引入了国外模式发展的一些先进经验,并不断对其进行了改进和创新,建立了一个包含海陆冰气系统、植被和碳循环的多圈层耦合的次季节-季节-年际尺度一体化气候

模式预测业务系统——第三代模式预测系统(BCC - CPSv3),包含次季节至季节(Sub - Seasonal to Seasonal,简称S2S)预测和季节预测两个子系统,于2020年底投入准业务运行。

模式预测能力的检验评估是了解模式性能,有效应用模式信息的重要基础^[8-10]。但截至目前,BCC - CPSv3 S2S模式对广东地区气象要素预测能力的检验评估和解释应用工作尚未开展。因此,有必要结合业务实际需求和防灾减灾重点,评估分析BCC - CPSv3 S2S模式对于广东汛期降水的预测技巧,为进一步解释应用模式产品,提高极端降水预测准确率,延长预测时效打下科学基础。

1 资料与方法

1.1 资料

站点资料:由国家信息中心整编的《中国国家地面气象站基本气象要素日值数据集(V3.0)》,选取其中广东省86站逐日降水观测资料,时间2005—2019年。

模式数据:中国气象局次季节-季节-年际气候一体化预测模式系统(BCC - CPSv3)中的

收稿日期:2022-09-18

基金项目:广东省气候中心业务科研项目(QH202001)

作者简介:汪明圣(1989年生),男,工程师,硕士,主要从事气候监测预测研究。E-mail:271121037@qq.com

S2S 预测子系统产品,该模式每周发报两次(周一、周四),预报时效 0~60 d,水平分辨率为 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$,包含 4 个子成员,历史回报时间为 2005—2019 年。

本研究所用站点资料和模式数据的气候平均值统一为 2005—2019 年。格点插值到站点的方法采用的是双线性插值。对 BCC-CPSv3 S2S 模式产品的 4 个子成员进行等权重平均,得到集合平均预报结果参与评估。考虑到业务的适用性,本研究仅评估月内未来 30 d 的模式预测能力,汛期评估样本量为 795 个,其中前汛期 390 个、后汛期 405 个。

1.2 方法

为了系统性的评估模式的预测效果,本研究参考世界气象组织(World Meteorological Organisation, WMO)推荐的标准和方法^[11],采用均方根误差(RMSE)、距平相关系数(ACC)和时间相关系数(TCC)共 3 种指标分别对预测回报试验结果的整体偏差、空间异常模态一致性和站点异常预报能力进行定量评估。

2 结果与分析

2.1 汛期月内降水预测技巧

为比较 BCC-CPSv3 S2S 模式集合平均和

子成员对广东汛期降水的预测技巧,分别从整体偏差和空间异常模态一致性对汛期降水预测效果进行检验评估。

BCC-CPSv3 S2S 模式对广东汛期降水的预测技巧随预测时效的改变而变化。如图 1 所示,模式集合平均预测的均方根误差明显小于其他子成员(图 1a),而且对于空间异常模态一致性(ACC)的把握也优于其他子成员(图 1b)。当预测时效为 1 d 时,集合平均和各子成员预测与实况的偏差最小,ACC 预测技巧最高,随预测时效的延长模式预测偏差快速增加,预测技巧快速衰减。整体来看,模式预测偏差 1~20 d 持续增加,21~30 d 变化平缓。以 $\alpha=0.01$ 作为相关检验的显著性水平,BCC-CPSv3 S2S 模式对广东汛期降水空间异常模态一致性的预测技巧上限为 6 d。按不同预报时效划分来看,在天气尺度(1~10 d)内预测偏差为 11.9~14.3 mm,ACC 为 0.065~0.232。进入次季节尺度(11~30 d)后,预测偏差增加为 14.6~15.2 mm,ACC 降低为 0.004~0.028。由此可以看出,BCC-CPSv3 S2S 模式在天气尺度内的定量预测技巧均优于次季节尺度,而集合平均和各子成员之间预测技巧的差异在次季节尺度大于天气尺度,集合平均的预测结果明显优于其他子成员。

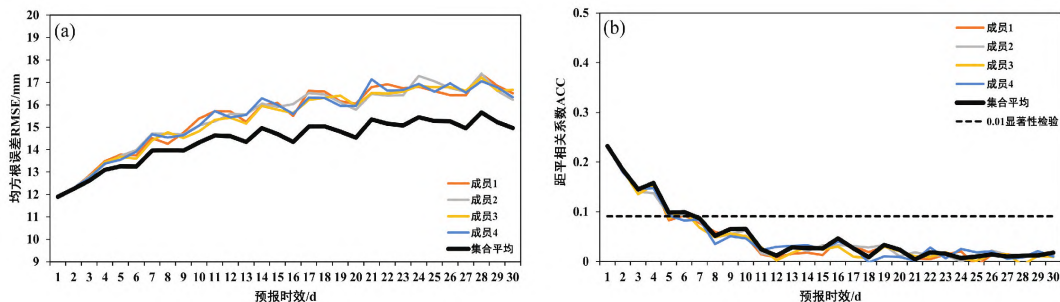


图1 BCC-CPSv3 S2S 模式对广东汛期月内降水的预测技巧

a. RMSE;b. ACC

广东省汛期气候复杂多变,前汛期与后汛期的影响系统截然不同,前汛期主要以锋面降水和季风降水为主^[12-14],后汛期降水则主要来自于台风^[1],因此有必要分开讨论模式对于前汛期和后汛期两个时段的预测技巧。

与汛期相似,BCC-CPSv3 S2S 模式集合平均结果对前汛期降水预测的整体偏差小于其他子成员,对于空间异常模态一致性的把握也优于其他子成员。如图 2 所示,预测与实况的均方根

误差在预测时效为 1 d 时最小,ACC 预测技巧最高,随着预测时效的增加预测偏差逐渐增加,预测技巧逐渐下降。同样表现出天气尺度内的预测能力高于次季节尺度,集合平均结果在次季节尺度优于其他子成员的特征。不同的是,BCC-CPSv3 S2S 模式对于广东前汛期降水的预测偏差呈现持续上升趋势,空间异常模态一致性的预测技巧上限为 7 d。天气尺度内的预测偏差为 9.4~12.2 mm,ACC 为 0.085~0.292。次季节尺度的

预测偏差为 12.2 ~ 14.9 mm, ACC 为 0.009 ~ 0.069。与整个汛期相比,前汛期期间模式的预测偏差降低,定量预测技巧提高。可以看出,模

式集合平均预测效果最佳,且对于前汛期降水的预测能力总体高于整个汛期,对整个汛期的预测技巧具有正向贡献。

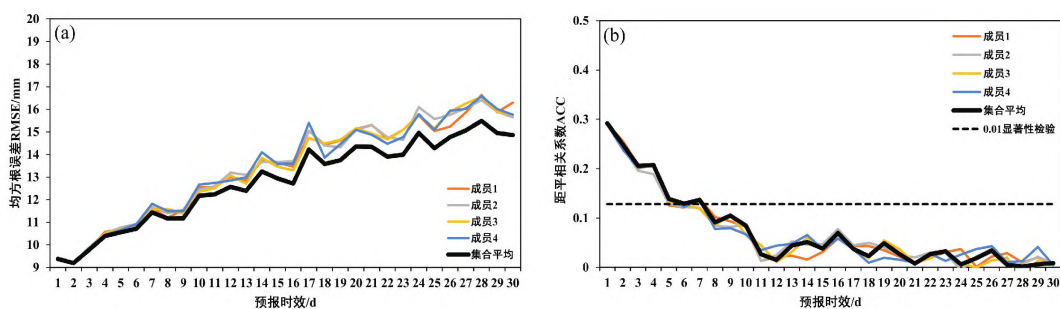


图 2 BCC-CPSv3 S2S 模式对广东前汛期月内降水的预测技巧

a. RMSE; b. ACC

对于后汛期(图 3),模式集合平均在整体偏差和空间异常模态一致性上的预测效果也是优于其他子成员。同样,预测整体偏差在预测时效为 1 d 时最低,ACC 预测技巧最高,并随预测时效增加而降低,天气尺度优于次季节尺度。不同的是,模式对后汛期的预测偏差在天气尺度持续增加,而进入次季节尺度后变化平稳,21 ~ 30 d 有微弱下降,空间异常模态一致性的预测技巧上

限仅有 2 d。天气尺度内的预测偏差为 14.3 ~ 16.4 mm, ACC 为 0.047 ~ 0.175。次季节尺度的预测偏差为 15.1 ~ 16.9 mm, ACC 为 -0.005 ~ 0.022。与汛期和前汛期相比,后汛期期间模式的预测偏差增加,定量预测技巧降低。由此可以看出,模式集合平均对于后汛期的预测效果同样表现最好,但是整体预测技巧明显低于前汛期,对整个汛期的预测技巧是负贡献。

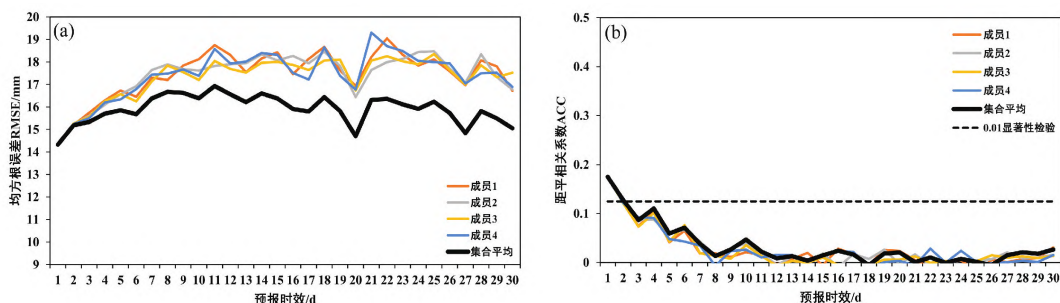


图 3 BCC-CPSv3 S2S 模式对广东后汛期月内降水的预测技巧

a. RMSE; b. ACC

有研究表明,BCC-CPSv3 S2S 模式对于四川汛期极端降水的预测技巧随着起报时间的临近而提高,在天气尺度高于次季节尺度^[9];BCC-CPSv3 S2S 模式对长江上中游地区的日降水和极端降水事件的预报性能随预见期的增加而下降,6 月预报精度相对较好,这可能与 6 月主要受大范围水汽输送或锋面这样较容易预报的天气系统有关^[15],这些研究与本研究的结论是一致的。

2.2 预测技巧的空间分布特征

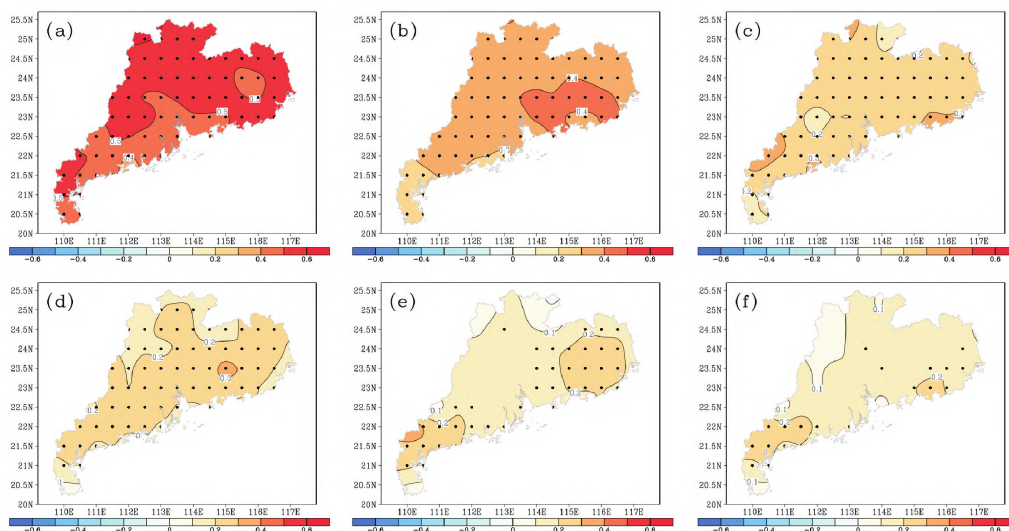
由 2.1 节可知,BCC-CPSv3 S2S 模式集合平均的预测技巧明显优于其他子成员,因此在模

式预测技巧的空间变化特征研究中,主要评估了模式集合平均的预测效果。

图 4 为 BCC-CPSv3 S2S 模式集合平均对于前汛期月内候平均降水预测检验的 TCC,其中 1 至 6 候的提前预报时效分别为 0、5、10、15、20 和 25 d。从图 4 可以看出,模式的降水预测与观测降水之间普遍为正相关。模式对于各站点异常的预测能力在天气尺度(前 2 候)同样优于次季节尺度(3 ~ 6 候)。最高的预测技巧出现在第 1 候,中北部和粤西部分地区 TCC 可达到 0.5 以上。随着预报时效的增加,预测技巧逐渐下降。全省来看,模式对于前 4 候的预测都是有技巧的

(通过0.01显著性水平检验);进入到第5候,预测技巧明显降低,只在粤西和东部地区还存在预测技巧;而第6候存在预测技巧的区域仅有粤西和粤东沿海的部分地区。由此可见,模式对于前

汛期降水的预测表现较好,大部分地区有技巧预测可以持续到第4候,粤西和粤东沿海可达到第6候。



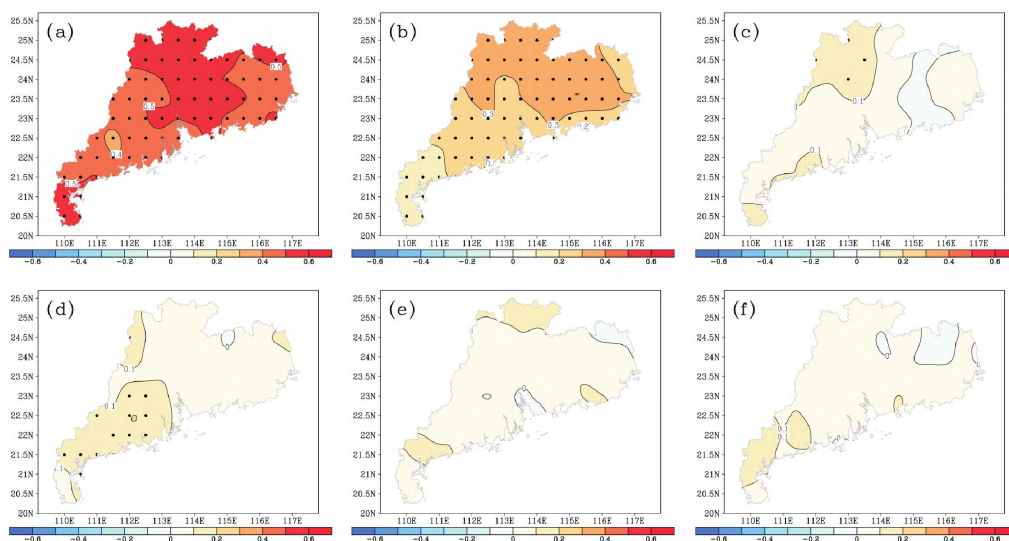
(黑点表示通过0.01显著性水平检验)

图4 BCC-CPSv3 S2S模式对广东前汛期月内候平均降水预测的TCC分布

a. 第1候;b. 第2候;c. 第3候;d. 第4候;e. 第5候;f. 第6候

与前汛期相比,模式对于后汛期降水的预测技巧下降较为明显。与前汛期相似,模式在天气尺度的预测效果也是优于次季节尺度的,同样在

第1候表现最好,北部和雷州半岛的TCC都在0.5以上(图5)。



(黑点表示通过0.01显著性水平检验)

图5 BCC-CPSv3 S2S模式对广东后汛期月内候平均降水预测的TCC分布

a. 第1候;b. 第2候;c. 第3候;d. 第4候;e. 第5候;f. 第6候

但是,随着预报时效的增加,预测技巧快速下降。全省来看,模式只对前2候的预测是有技巧的(通过0.01显著性水平检验);第3候只有

北部地区部分站点还存在预测技巧,东部地区出现了负技巧;第4候仅在粤西部分站点有预测技巧;第5和第6候的预测在全省都是无技巧的。因

此,模式对于后汛期降水的预测能力较差,全省大部地区仅在前2候有预测技巧,进入第3候以后模式预测技巧大幅降低,全省大部地区预测为无技巧。

3 结论

为提高汛期降水预测准确率,延长预测时效,为国产数值模式产品应用打下基础,本研究基于2005—2019年广东气象观测降水资料 and BCC-CPSv3 S2S模式的降水回报资料,采用多种指标评估分析了模式产品对广东汛期降水的预测能力。结果表明:

1) BCC-CPSv3 S2S模式集合平均的预测技巧优于其他4个子成员,模式预测技巧随预测时效的增加而降低,对于天气尺度的预测能力明显高于次季节尺度。

2) 模式对于前汛期降水的预测能力明显优于后汛期,主要体现在前汛期预测偏差明显低于后汛期,且前汛期空间异常模态一致性的预测技巧上限可达7 d,后汛期仅为2 d,这反映了模式对于锋面降水和季风降水的预测能力优于台风降水。

3) 从模式预测技巧的空间分布来看,模式对于前汛期降水的预测表现较好,大部分地区有技巧预测可以持续到第4候,粤西和粤东沿海可达到第6候;而对于后汛期降水的预测能力较差,全省大部地区仅在前两候有预测技巧,进入第3候以后全省大部地区为无技巧。

本研究主要分析了BCC-CPSv3 S2S模式对广东汛期降水的预测技巧,但是由于篇幅有限,未对模式的误差来源进行研究,同时对于模式的误差订正工作也有待下一步开展。

参考文献:

- [1] 林良勋,冯业荣,黄忠,等. 广东省天气业务技术手册[M]. 北京:气象出版社,2006.
- [2] 徐碧裕,叶朗明,胡丽华,等. 1968—2017年广东汛期降水REOF分型特征[J]. 广东气象,2020,42(6):5-9.
- [4] 张华龙,涂静,黄晓莹. 2019年广东后汛期主客观预报检验评估[J]. 广东气象,2019,41(6):77-80.
- [4] 胡娅敏,罗晓玲,陈新光. 2009年广东省汛期降水空间分布不均的气候成因[J]. 广东气象,2010,32(2):4-7.
- [5] 刘长征,杜良敏,柯宗建,等. 国家气候中心多模式解释应用集成预测[J]. 应用气象学报,2013,24(6):677-685.
- [6] 龚志强,赵俊虎,封国林,等. 基于年代际突变分量的东亚夏季降水动力-统计预报方案研究[J]. 中国科学:地球科学,2015,45(2):236-252.
- [7] 陈伯民,梁萍,信飞,等. 延伸期过程预报预测技术及应用[J]. 气象科技进展,2017,7(6):82-91.
- [8] 周辰光,杜良敏,高伟,等. CFSv2在湖北省梅雨特征量延伸期预报中的应用[J]. 暴雨灾害,2020,39(2):185-191.
- [9] 庞轶舒,秦宁生,刘博,等. S2S模式对四川汛期极端降水的预测技巧分析[J]. 气象,2021,47(5):586-600.
- [10] 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.
- [11] WMO. Standardised Verification System (SVS) for Long-Range Forecasts (LRF): New attachment II-8 to the manual on the GDPFS (WMO-No. 485), Volume I[R]. 2006.
- [12] 郑彬,梁建茵,林爱兰,等. 华南前汛期的锋面降水和夏季风降水 I. 划分日期的确定[J]. 大气科学,2006,30(6):1207-1216.
- [13] 李春晖,梁建茵,郑彬,等. 南海夏季风北推时间及相关环流变化特征[J]. 应用气象学报,2007,18(2):202-210.
- [14] 谷德军,梁建茵,郑彬,等. 华南夏季风降水开始日的异常与前冬大气环流和海温的关系[J]. 大气科学,2008,32(1):155-164.
- [15] 李恒,朱坚. BCC_S2S预报长江上中游流域夏季降水精度评估[J]. 工程科学与技术,2022,54(6):21-31.