

Outlook for El Niño and the Indian Ocean Dipole in autumn-winter 2018-2019

包庆¹, 吴小飞², 李矜霄^{1,3}, 王磊^{1,3}, 何编¹, 王晓聪¹, 刘屹岷^{1,3} and 吴国雄^{1,3}

Citation: [科学通报](#) **64**, 73 (2019); doi: 10.1360/N972018-00913

View online: <https://engine.scichina.com/doi/10.1360/N972018-00913>

View Table of Contents: <https://engine.scichina.com/publisher/scp/journal/CSB/64/1>

Published by the [《中国科学》杂志社](#)

Articles you may be interested in

[Tanzanian rainfall responses to El Niño and positive Indian Ocean Dipole events during 1951-2015](#)

Atmospheric and Oceanic Science Letters **14**, 100093 (2021);

[Effects of autumn-winter Arctic sea ice on winter Siberian High](#)

Chinese Science Bulletin **56**, 3220 (2011);

[Influences of Indian Ocean interannual variability on different stages of El Niño: A FOAM1.5 model approach](#)

SCIENCE CHINA Earth Sciences **57**, 2616 (2014);

[WARMER WINTER IN EASTERN CHINA AND EL NIÑO](#)

Chinese Science Bulletin **34**, 1801 (1989);

[Indian Ocean temperature dipole and SSTA in the equatorial Pacific Ocean](#)

Chinese Science Bulletin **47**, 236 (2002);

2018~2019年秋冬季厄尔尼诺和印度洋偶极子的预测

包庆^{1*}, 吴小飞², 李矜霄^{1,3}, 王磊^{1,3}, 何编¹, 王晓聪¹, 刘屹岷^{1,3}, 吴国雄^{1,3}

1. 中国科学院大气物理研究所, 大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029;

2. 成都信息工程大学大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 成都 610225;

3. 中国科学院大学地球与行星科学学院, 北京 100049

* 联系人, E-mail: baoqing@mail.iap.ac.cn

2018-09-02 收稿, 2018-11-03 修回, 2018-11-06 接受, 2018-12-04 网络版发表

国家自然科学基金(91737306, 41675100, 91437219, 91637312)和中国科学院 A 类战略性先导科技专项(XDA19070401, XDA11010402)资助

摘要 热带太平洋厄尔尼诺/南方涛动(ENSO)和热带印度洋的偶极子(IOD)是全球季节到年际尺度的重要自然变率。本研究利用中国科学院大气物理研究所 FGOALS-f2 季节内-季节预测系统开展 2018/2019 年秋冬季气候异常预测。基于该预测系统从 2017 年 7 月起进行的预测显示: (1) 2018 年秋冬季节 IOD 维持正位相, 正 IOD 事件在 10 月达到最强, 比常年偏高 0.4°C; (2) 2018 年秋冬季节赤道中东太平洋将逐渐发展成一次中等强度的厄尔尼诺事件, Niño3.4 指数冬季达到 1.3; (3) 2018 年中国冬季风强度可能偏弱, 冬季大部分地区气温较常年偏高, 冷空气活动较弱, 据此推测北方地区气象条件不利于大气污染物扩散, 而南方受印度洋低层气流偏强的影响, 出现暖湿气候特征。

关键词 气候预测, 厄尔尼诺, 印度洋偶极子, 暖冬, 大气扩散条件

热带太平洋厄尔尼诺-南方涛动(El Niño-Southern Oscillation, ENSO)和热带印度洋的偶极子(Indian Ocean Dipole, IOD)是热带地区的两大重要的自然变率, 是影响我国乃至全球气候季节到年际变化的重要因子。ENSO 是热带太平洋中东部地区海表温度不规则周期性波动的一种现象, 它通常表现为厄尔尼诺、拉尼娜和“中性”状态。出现厄尔尼诺时热带太平洋中东部海表温度偏高, 而拉尼娜时则相反。厄尔尼诺/拉尼娜事件的发生, 不仅会直接造成热带太平洋及其附近地区的干旱、暴雨等灾害性极端天气气候事件, 还会以遥相关的形式间接地影响到全球其他地区天气气候并引发气象灾害。厄尔尼诺和拉尼娜现象(ENSO现象)会诱发我国极端天气事件的发生, 影响

冬季冷空气活动强度, 改变我国北方地区的大气扩散条件。当厄尔尼诺发展到盛期, 菲律宾海和南海上空经常出现异常反气旋, 我国东南部盛行西南风, 表现为暖湿特征^[1]。ENSO 负位相对应拉尼娜事件, 吴乃庚等人^[2]分析指出 2008 年冬季发生在我国的暴风雪冻雨极端事件正是在“拉尼娜”事件背景下发生的, 与“拉尼娜”导致的欧亚地区持续大气环流异常密切相关。

国内外主要气候预测机构对 ENSO 的提前预报十分重视。比如, 针对 2015/2016 年冬季超强厄尔尼诺事件, 中国科学院大气物理研究所 ENSO 集合预报模式提前 9 个月以上对该事件成功进行了预报^[3]。得益于此次厄尔尼诺的准确预报, 并结合秋季极海冰偏少等因素, 国家气候中心对

2015/2016 年冬季气候预测结论为全国气温总体以偏暖, 东北、华北北部、新疆东北部、长江以南大部降水偏多和长江黄河之间降水偏少。预测结果与最终实况接近, 取得了较好的服务效果, 为冬季防灾减灾工作提供了重要保障^[4]。

IOD 也被称为“印度洋的厄尔尼诺”, 定义为热带西印度洋(10°S~10°N, 50°~70°E)的海温距平与热带东南印度洋(10°S~0°, 90°~110°E)的海温距平差^[5]。过去 60 年的 IOD 指数演变表现出显著的季节位相锁定的特征, IOD 事件从北半球夏季开始发展, 秋季达到峰值, 冬季衰减。IOD 事件的发生对热带非洲、印度半岛和亚洲季风区都有重要的影响。IOD 事件相关研究指出, 正 IOD 事件对应孟加拉湾低层异

引用格式: 包庆, 吴小飞, 李矜霄, 等. 2018~2019 年秋冬季厄尔尼诺和印度洋偶极子的预测. 科学通报, 2019, 64: 73-78

Bao Q, Wu X F, Li J X, et al. Outlook for El Niño and the Indian Ocean Dipole in autumn-winter 2018-2019 (in Chinese). Chin Sci Bull, 2019, 64: 73-78, doi: 10.1360/N972018-00913

常反气旋、我国西南地区低层气旋异常、西太平洋副热带高压偏弱,我国西南秋季多雨,反之亦然^[6,7]。

2018年夏季, ENSO处于中性偏暖的位相, 而IOD指数表现为正异常, 西北太平洋副热带高压位置异常偏北。我国夏季台风、高温热浪和暴雨洪水等极端天气气候事件频发, 给人民群众生产生活带来极大不便, 也给国民经济带来巨大损失, 国家和地方防灾减灾任务艰巨。如能较早对ENSO和IOD情况进行准确预测, 提前做好气候灾害的应对工作, 将有利于防御和减轻灾害的损失。中国科学院大气物理研究所(简称IAP)大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(简称LASG)气候预测团队基于气候系统模式CAS FGOALS-f2(The Flexible Global Ocean-Atmosphere-Land System model Finite Volume version 2, Chinese Academy of Sciences)建立的季节内-季节(简称S2S)气候预测系统, 从2017年6月开始提供实时滚动气候预测产品, 预测结果作为中国多模式集合预测系统的参与成员, 在国家气候中心短期气候预测业务上应用。本文将利用FGOALS-f2预测系统的最新的预测结果回答下面的问题: 2018/2019年秋冬季是否能发展成为一次厄尔尼诺事件? 如果是, 强度如何? 赤道印度洋正IOD事件能否维持到秋季, 何时结束? 如果发生了厄尔尼诺和正的IOD事件, 对我国冬季气候有什么可能的影响?

中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室(IAP-LASG)FGOALS-f2季节内-季节气候预测系统的核心预测模式为气候系统模式CAS FGOALS-f2, 包括大气-海洋-陆地-海冰4个分量模式和1个耦合器: 大气分量采用的是IAP-LASG自主研发的大气环流模式FAMIL2^[8-11]。该模式采用有限体积分方球面网格的动力框架, 水平分辨率近似 1° , 垂直方向分为32层, 模式层顶为2.16 hPa(约45 km); 陆地分量采用CLM4.0模式^[12], 水平分辨率近似 1° ;

海洋分量采用POP2模式^[13], 其水平方向采用 1° 分辨率的gx1v6网格, 垂直方向有60层; 海冰分量采用CICE4模式(<http://climate.lanl.gov/Models/CICE>)。各个分量之间通过美国国家大气研究中心研发的第七代耦合器(<http://www.cesm.ucar.edu/models/cesm1.0/cpl7/>)进行差值和交换, 完成耦合并行计算。

FGOALS-f2预测系统采用松弛逼近方法同化大气和海洋的再分析资料。大气同化资料为日本JRA55再分析资料^[14,15], 海洋同化资料为美国GODAS^[16]再分析资料。其中大气再分析包括标准等压面风场、温度场和高度场数据, 海洋再分析包括多层海温再分析数据。大气再分析同化时间窗口为6 h, 海洋资料同化窗口为1 d。预测系统采用时间滞后扰动法产生35个集合样本, 每月20日滚动预测未来6个月气候状况。预测产品包括大气、海洋、海冰和陆地4个模块未来6个月的月平均、日平均、6 h平均的预测数据。在计算平台方面, FGOALS-f2预测系统依托估计国家超算广州中心的“天河二号”超级计算机, 使用了累计1千万核时开展研发和测试性试验, 完成了总计5千年的稳定积分, 累计产生超过100 T的大数据集。此外, 为检验预测系统性能, 我们利用预测系统对1981~2017年(总计37年)开展了24个集合再预报试验。对再预报试验的分析指出, FGOALS-f2预测系统对于ENSO和IOD具有较高的预测技巧。通过评估历史37次7月20日起报的预测结果, 7月起报的预测试验提前1个月的ENSO预测技巧达到0.97, 提前6个月的预测技巧可达0.83(近10年的预测技巧提高到0.85)。相比国际主流的业务中心预测系统对ENSO的预报技巧^[17], FGOALS-f2预测系统的预测能力处于前列。相对于ENSO的预测技巧, FGOALS-f2预测系统对IOD事件的预测技巧略低, 同样根据7月20日起报的预测结果, 提前1个月的预测技巧为0.82, 随着预报时间的延长而降低, 对

于7月起报的预测试验提前5个月的预报技巧为0.56。

为了服务国家防灾减灾重大需求, 我们利用FGOALS-f2气候预测系统对2018/2019年冬季的ENSO和秋季的IOD演变开展了实时预测。预测系统于2018年7月20日启动了针对未来6个月的集合预测试验(后续所述的集合平均结果, 没有进行任何形式的后期订正)。对ENSO的预测结果表明(图1), 2018年秋冬季节赤道中东太平洋地区将逐渐发展成一次中等强度的厄尔尼诺事件, 到2019年1月Niño3.4区海温将比常年值偏高约 1.3°C 。图2为2018年11月~2019年1月的海表面温度异常预测结果, 从赤道东太平洋海表面温度异常分布来看, 此次厄尔尼诺事件为非典型东部型厄尔尼诺。印度洋偶极子IOD指数通常在10月份达到最大, FGOALS-f2气候预测系统7月预测结果表明(图3)2018年秋冬季节印度洋地区IOD将一直维持正位相, IOD指数自7月起逐渐升高, 10月达到最大值(赤道西印度洋海温异常将比赤道东印度洋偏高 $0.4\sim 0.5^\circ\text{C}$), 在10月后IOD指数缓慢衰减。因此, 2018年秋冬季节将发生典型的正IOD事件。

预测的2018/2019年秋冬季节全国地表气温的空间分布图上, 分析发现(图4(a))全国大部分地区将出现地表温度偏高的异常现象, 特别是我国新疆北部地区将比往年偏高 1°C 左右, 呈现暖冬的气候形式。此外, 在低层的环流场上(图4(b)), 南海地区将出现一个反气旋异常环流, 孟加拉湾和南海的水汽向我国华南以及江南地区输送, 有利于降水的增加。由于我国南方西南暖湿气流阻挡, 北方干冷空气向南扩散困难, 中国冬季风强度偏弱, 冷空气活动强度较弱, 由此推测北方地区气象条件不利于大气污染物扩散, 出现污染天气风险高。综上, 2018年我国秋冬季节气候变化将会受到厄尔尼诺和正IOD事件的共同调控, 发生极端事件的频次和强度可能相比往年的正常年份有所增加, 我国大部分地区

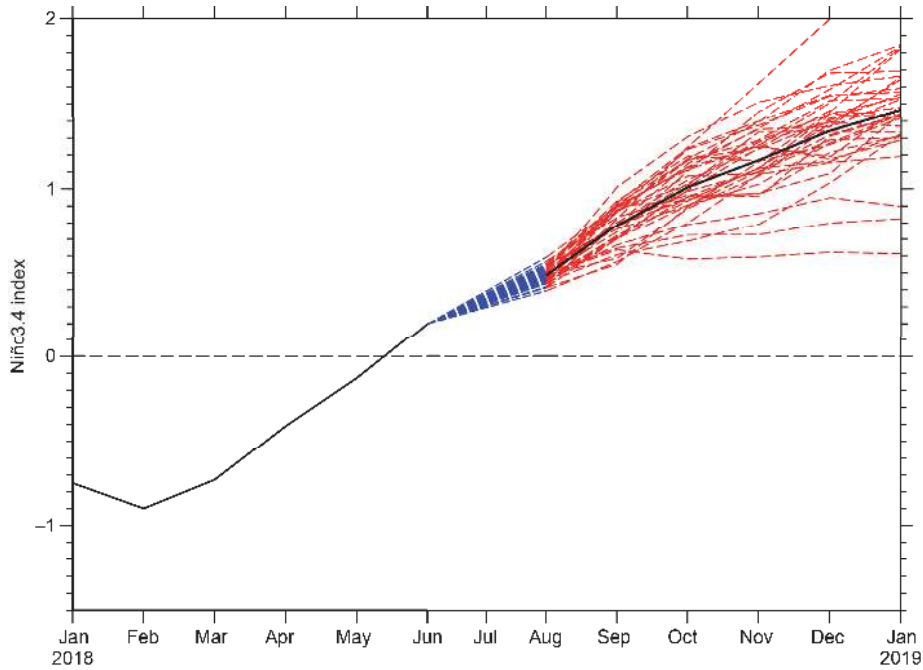


图 1 FGOALS-f2 气候预测系统对 2018 年 11 月~2019 年 1 月 Niño3.4 指数演变的预测结果. 其中, 黑色细线为观测海温计算的 Niño3.4 指数, 红线虚线为 FGOALS-f2 季节预测系统预测 35 个集成员的 Niño3.4 指数, 黑色粗实线为集合平均结果, 蓝色虚线是观测与预测的连接线. 单位是℃

Figure 1 The outlook of Niño3.4 index in autumn and winter (from November 2018 to January 2019) by FGOALS-f2 climate prediction system. The black fine line is the Niño3.4 index calculated by observed SST. The red dotted line is the Niño3.4 index predicted by FGOALS-f2 seasonal prediction system with 35 ensemble members and the black thick solid line is their averaged result. The blue dotted line is the connection line between observation and prediction. Units: °C

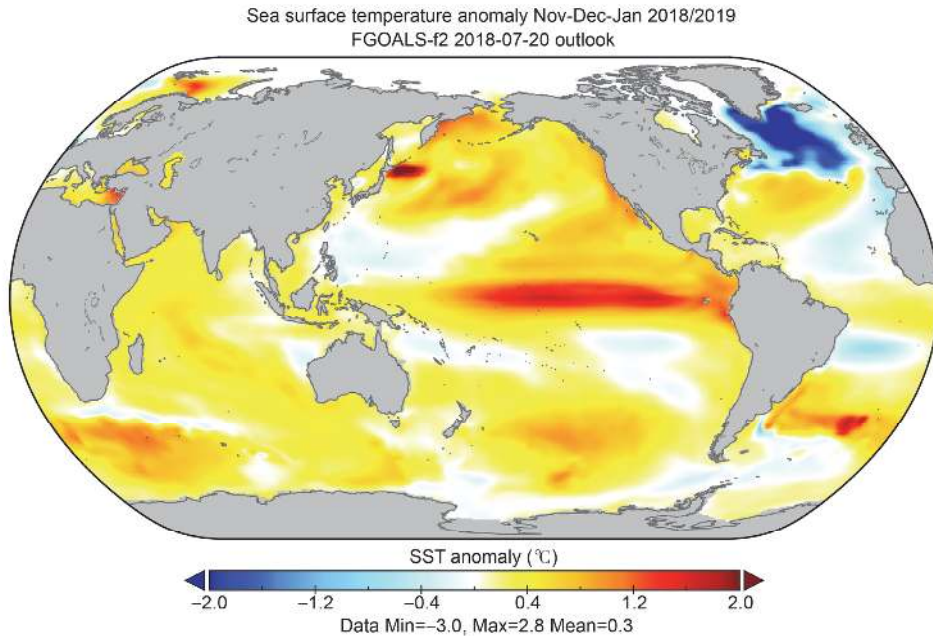


图 2 FGOALS-f2 气候预测系统对 2018 年 11 月~2019 年 1 月海表面温度(SST)异常空间分布预测结果, SST 单位为℃

Figure 2 Prediction of spatial distribution of sea surface temperature (SST) anomalies in autumn and winter (from November 2018 to January 2019) by FGOALS-f2 prediction system. Units: °C

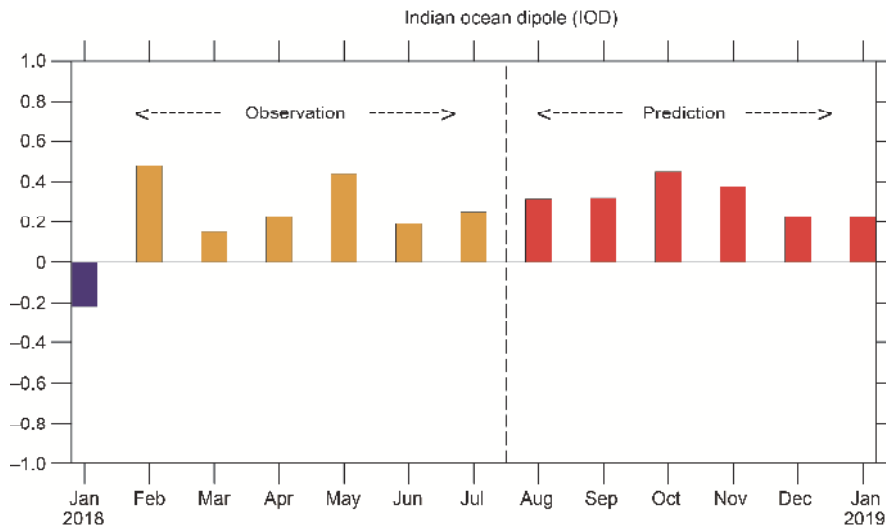


图3 FGOALS-f2 气候预测系统对 2018 年 11 月~2019 年 1 月印度洋偶极子(IOD)指数预测结果. 单位是℃
Figure 3 Outlooks of spatial distribution of Indian Ocean Dipole (IOD) in autumn and winter (from November 2018 to January 2019) by FGOALS-f2 climate prediction system. Units: °C

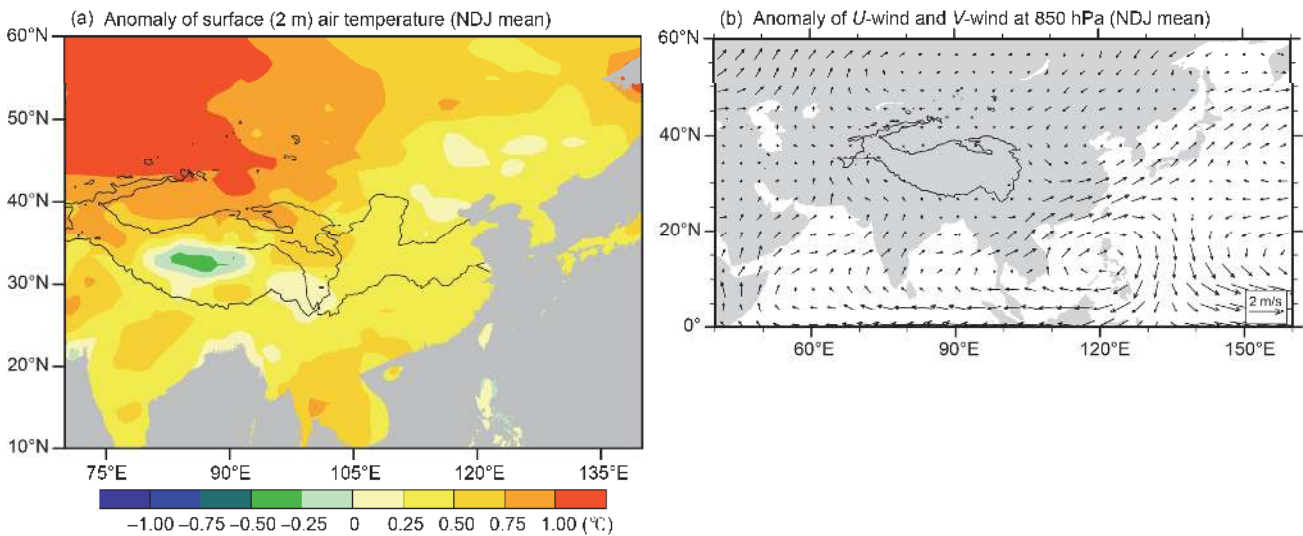


图4 FGOALS-f2 气候预测系统对 2018 年 11 月~2019 年 1 月东亚地区气温距平(a)和 850 hPa 风异常空间分布(b)预测结果
Figure 4 Prediction of spatial distribution of surface (2 m) air temperature anomalies (a) and *U-V* wind anomalies at 850 hPa in autumn and winter (b) (from November 2018 to January 2019) by FGOALS-f2 climate prediction system

将呈现暖冬的特征,我国南部地区相比气候平均的冬季降水可能增多,而我国北方冷空气活动强度较弱,由此推测气象条件不利于大气污染物扩散.

本研究利用中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室 FGOALS-f2 季节内-季节气候预测系统开展了 2018/2019 年秋冬季气候异常的预测. FGOALS-f2 预测系统从 2017 年 6 月起

开展实时滚动气候预测,预测结果作为中国多模式集合预测系统的参与成员,在国家气候中心短期气候预测业务上应用. FGOALS-f2 预测系统 2018 年 7 月最新预测显示,2018 年秋冬季节印度洋地区 IOD 将一直维持正位相,正的 IOD 事件在 10 月份达到最强. 2018 年秋冬季节赤道中东太平洋地区将逐渐发展成一次中等强度的厄尔尼诺事件,海温比常年值偏高约 1.3℃. 在厄

尔尼诺事件和正 IOD 事件发生时,预测系统结果表明中国冬季风强度偏弱,冬季大部分地区气温较常年偏高,冷空气活动强度较弱,由此推测北方地区气象条件不利于大气污染物扩散,出现重污染天气风险高;而南方受印度洋低层气流偏强的影响,出现“暖湿”气候特征.

为能更准确地提供未来赤道中东太平洋海温和赤道印度洋海温的演变

趋势和强度变化, FGOALS-f2气候预 通过LASG网站和FGOALS-f2预测系 测结果, 为我国的防灾减灾气候预测
测系统将继续开展的滚动气候预报, 统微信公众号等多种方式及时更新预 提供科学依据。

致谢 感谢中国科学院南海海洋研究所王东晓研究员为本文提供了很多有益的建议以及审稿专家富有建设性的修改建议。

参考文献

- 1 Yuan Y, Yang S. Impacts of different types of El Niño on the East Asian climate: Focus on ENSO Cycles. *J Clim*, 2012, 25: 7702–7722
- 2 Wu N G, Lin L X, Li T R, et al. Causality analysis of the cryogenic freezing rain and snow weather in Guangdong Province at the beginning of 2008 (in Chinese). *Guangdong Meteor*, 2018, 30: 4–7 [吴乃庚, 林良勋, 李天然, 等. 2008年初广东罕见低温雨雪冰冻天气的成因初探. *广东气象*, 2008, 30: 4–7]
- 3 Zheng F, Zhu J, Zhang R H, et al. Successful prediction for the super El Niño event in 2015 (in Chinese). *Bull Chin Acad Sci*, 2016, 2: 251–257 [郑飞, 朱江, 张荣华, 等. 2015年超级厄尔尼诺事件的成功预报. *中国科学院院刊*, 2016, 2: 251–257]
- 4 Song W L, Yuan Y. Uncertainty analysis of climate prediction for the 2015/2016 winter under the background of El Niño events (in Chinese). *Meteorol Mon*, 2017, 43: 1249–1258 [宋文玲, 袁媛. 强厄尔尼诺背景下2015/2016年冬季气候预测的不确定性分析. *气象*, 2017, 43: 1249–1258]
- 5 Saji N H, Goswami B N, Vinayachandran P N, et al. A dipole mode in the tropical Indian Ocean. *Nature*, 1999, 401: 360–363
- 6 Liu Y F, Yuan H Z, Guan Z Y. Effects of ENSO on the relationship between Indian Ocean Dipole and China summer rainfall (in Chinese). *J Trop Meteorol*, 2008, 24: 502–506 [刘宣飞, 袁慧珍, 管兆勇. ENSO对IOD与中国夏季降水关系的影响. *热带气象学报*, 2008, 24: 502–506]
- 7 Liu X F, Yuan H Z. Relationship between Indian Ocean Dipole and autumn rainfall in China (in Chinese). *Nanjing Inst Meteorol*, 2006, 29: 644–649 [刘宣飞, 袁慧珍. 印度洋偶极子与中国秋季降水的关系. *南京气象学院学报*, 2006, 29: 644–649]
- 8 Wu G X, Liu H, Zhao Y C, et al. A nine-layer atmospheric general circulation model and its performance. *Adv Atmos Sci*, 1996, 13: 1–18
- 9 Bao Q, Wu G X, Liu Y M, et al. An introduction to the coupled model FGOALS1.1-s and its performance in East Asia. *Adv Atmos Sci*, 2010, 27: 1131–1142
- 10 Bao Q, Lin P F, Zhou T J, et al. The flexible global ocean-atmosphere-land system model, spectral Version 2: FGOALS-s2. *Adv Atmos Sci*, 2013, 30: 561–576
- 11 Zhou L J, Bao Q, Liu Y M, et al. Global energy and water balance: Characteristics from Finite Volume Atmospheric Model of the IAP/LASG (FAMIL1). *J Adv Model Earth Sys*, 2015, 7: 1–20
- 12 Oleson K W, Lawrence D M, Bonan G B, et al. Technical Description of Version 4.0 of the Community Land Model (CLM). NCAR Technical Note NCAR/TN-478+STR. 2010, doi: 10.5065/D6FB50WZ.2010
- 13 Smith R, Jones P, Briegleb B, et al. The Parallel Ocean Program (POP) Reference Manual, Ocean Component of the Community Climate System Model (CCSM). Los Alamos National Laboratory Technical Report, LAUR-10-01853, 141. 2010
- 14 Kobayashi S, Ota Y, Harada Y, et al. The JRA-55 reanalysis: General specifications and basic characteristics. *J Meteorol Soc Jpn*, 2015, 93: 5–48
- 15 Harada Y, Kamahori H, Kobayashi C, et al. The JRA-55 reanalysis: Representation of atmospheric circulation and climate variability. *J Meteorol Soc Jpn*, 2016, 94: 269–302
- 16 Behringer D W, Xue Y. Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific Ocean. Eighth symposium on integrated observing and assimilation systems for atmosphere, oceans, and land surface. AMS 84th Annual Meeting, Washington State Convention and Trade Center, Seattle, Washington. 2004. 11–15
- 17 Barnston A G, Tippett M K, L'Heureux M L, et al. Skill of real-time seasonal ENSO model predictions during 2002–11: Is our capability increasing. *Bull Am Meteorol Soc*, 2012, 93: 631–651

Summary for “2018~2019年秋季厄尔尼诺和印度洋偶极子的预测”

Outlook for El Niño and the Indian Ocean Dipole in autumn-winter 2018–2019

Qing Bao^{1*}, Xiaofei Wu², Jinxiao Li^{1,3}, Lei Wang^{1,3}, Bian He¹, Xiaocong Wang¹,
Yimin Liu^{1,3} & Guoxiong Wu^{1,3}

¹ State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China;

² Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, School of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China;

³ College of Earth and Planetary Sciences, University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

* Corresponding author, E-mail: baoqing@mail.iap.ac.cn

El Niño-Southern Oscillation (ENSO) in the equatorial Pacific Ocean and the Indian Ocean Dipole (IOD) in the equatorial Indian Ocean are two major natural variabilities on seasonal and inter-annual timescales. In this study, the Flexible Global Ocean-Atmosphere-Land System Model, finite volume version 2 (FGOALS-f2), sub-seasonal to seasonal (S2S) climate prediction system, was used to make a seasonal prediction for autumn and winter 2018–2019. The FGOALS-f2 S2S prediction system was developed at the State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics (LASG), Institute of Atmospheric Physics (IAP), Chinese Academy of Sciences (CAS), and is run on China's Tianhe-2 supercomputer located at the National Supercomputer Center in Guangzhou, China. The model used in the prediction system is CAS FGOALS-f2, which is a next-generation climate system model of LASG-IAP, representing the interaction between the atmosphere, oceans, land, and sea ice. The seasonal prediction products from this system have been submitted to and used operationally by the National Climate Center of the China Meteorological Administration, as well as the National Marine Environmental Forecasting Center of China, since June 2017. The FGOALS-f2 S2S prediction system has achieved 37 retrospective forecasts (reforecasts) covering the period 1981–2017. The reforecast experiments include 24 ensemble members, while the real-time prediction uses 35 ensemble members. The latest prediction results, in July 2018, reveal that: (1) A positive IOD will persist through autumn and winter 2018–2019, and the peak phase will be in October with an amplitude of approximately 0.4°C. Based on the 37 reforecasts predicted from each July 20th, the one-month-lead prediction skill of the IOD is 0.82 in the IOD prediction of July, and the five-month-lead prediction skill is 0.56. (2) In the equatorial Pacific Ocean, the prediction results reveal a Moderate El Niño is under development, and Niño3.4 index values may reach approximately 1.3°C. Based on the 37 reforecasts predicted from each July 20th, the one-month lead prediction skill of the Niño3.4 index is 0.97 in the ENSO prediction of July, and the six-month lead prediction skill is 0.83. (3) The Moderate El Niño and positive IOD may induce a weak China winter monsoon, characterized by a warm winter. For North China, the meteorological conditions are expected to have adverse effects on atmospheric diffusion; while for South China, warm and wet conditions are likely to prevail, since the lower-level jet of the Indian Ocean is predicted to strengthen.

To better predict the equatorial sea surface temperature anomalies in the eastern Pacific and Indian oceans, the FGOALS-f2 S2S climate prediction team will continue to update the prediction results on the 20th of every month, releasing them (with respect to ENSO, the IOD, climate, and average monthly weather in China) on the website, and report the latest prediction results via the WeChat public platform.

climate prediction, El Niño, Indian Ocean Dipole, warm winter, atmospheric diffusion conditions

doi: 10.1360/N972018-00913