

印度洋海温模态与登陆我国大陆初、终旋的关系

周群, 魏立新, 李敏

自然资源部国家海洋环境预报中心, 北京, 100081

关键字: 印度洋海盆一致型 (IOB), 印度洋偶极子型 (IOD), 厄尔尼诺-南方涛动 (ENSO), 初旋日期, 终旋日期

我国是受西北太平洋热带气旋 (tropical cyclone, TC) 活动影响最严重的国家之一, 平均每年由此产生的经济损失可达 200 多亿、人员伤亡可达数百人^[1]。每年 7-9 月为 TC 登陆我国最为频繁的季节, 平均而言, 首、末个登陆我国大陆的 TC 的登陆日期 (定义为初、终旋日期) 分别出现在 6 月下旬、10 月上旬。以往的研究揭示了 ENSO (El Niño-Southern Oscillation) 对初、终旋日期的调制作用^[2-4], 近来的研究指出印度洋海温异常对西北太平洋 TC 活动亦存在重要影响^[5-9]。由于热带印度洋海温异常与 ENSO 存在密切的相互作用^[10-11], 那么, 其与登陆我国大陆的初、终旋有着怎样的联系, 此前的研究尚未涉及。深入了解初、终旋活动及其影响因子对于提高我国台风灾害的季节预测水平具有重要的科学意义和实用价值, 因此, 本研究基于 NCEP/NCAR 再分析产品、HadISST 数据集和中国气象局发布的 TC 最佳路径集资料, 分别考察了 1960-2019 年期间印度洋偶极子型 (Indian Ocean dipole, IOD) 和印度洋全海盆一致型 (Indian Ocean basin, IOB) 海温模态对登陆我国大陆的终旋和初旋日期的可能影响, 并对其中涉及的关键大气过程开展了系统的诊断分析。

本文的研究结果表明, 登陆我国大陆的终旋日期与秋季 IOD 在年际尺度上存在负相关关系, 且二者的显著关系不受 ENSO 的影响, 也即正 IOD 事件独立发生时, 终旋日期偏早, 负 IOD 事件独立发生时, 终旋日期偏晚 (图 1)。主要原因在于, 当正 IOD 事件独立发生时, 与之密切相关的海温异常能够引发热带印度洋

基金资助: 中科院海洋环流与波动重点实验室开放基金项目 (KLOCW1902); 国家自然科学基金项目 (41505050)

论文发表信息: ZHOU Qun, WEI Li-xin, LI Min. Possible Linkage Between Tropical Indian Ocean SST Anomalies and the Date of First and Last Tropical Cyclones Landfalling in the Chinese Mainland[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2022, 28(1): 71-81.

-西太平洋上 Walker 环流位置和强度的变化,造成菲律宾附近出现了低层反气旋式环流异常(图 3),一方面,西北太平洋西部上空低层辐合、高层辐散、风速垂直切变及中层水汽等环境场因子均不利于 TC 的发展(图略),也即抑制了 TC 在热带西北太平洋西部海域上空生成;另一方面,西北太平副热带高压西伸、加强,在中国东南沿海地区上空形成异常的偏西向引导气流,不利于 10-11 月 TC 在我国登陆(图 2),故登陆我国大陆的终旋日期早于常年。相反,当负 IOD 事件独立发生时,10-11 月西北太平洋大气环流形势有利于 TC 在我国登陆,故登陆我国大陆的终旋日期晚于常年。

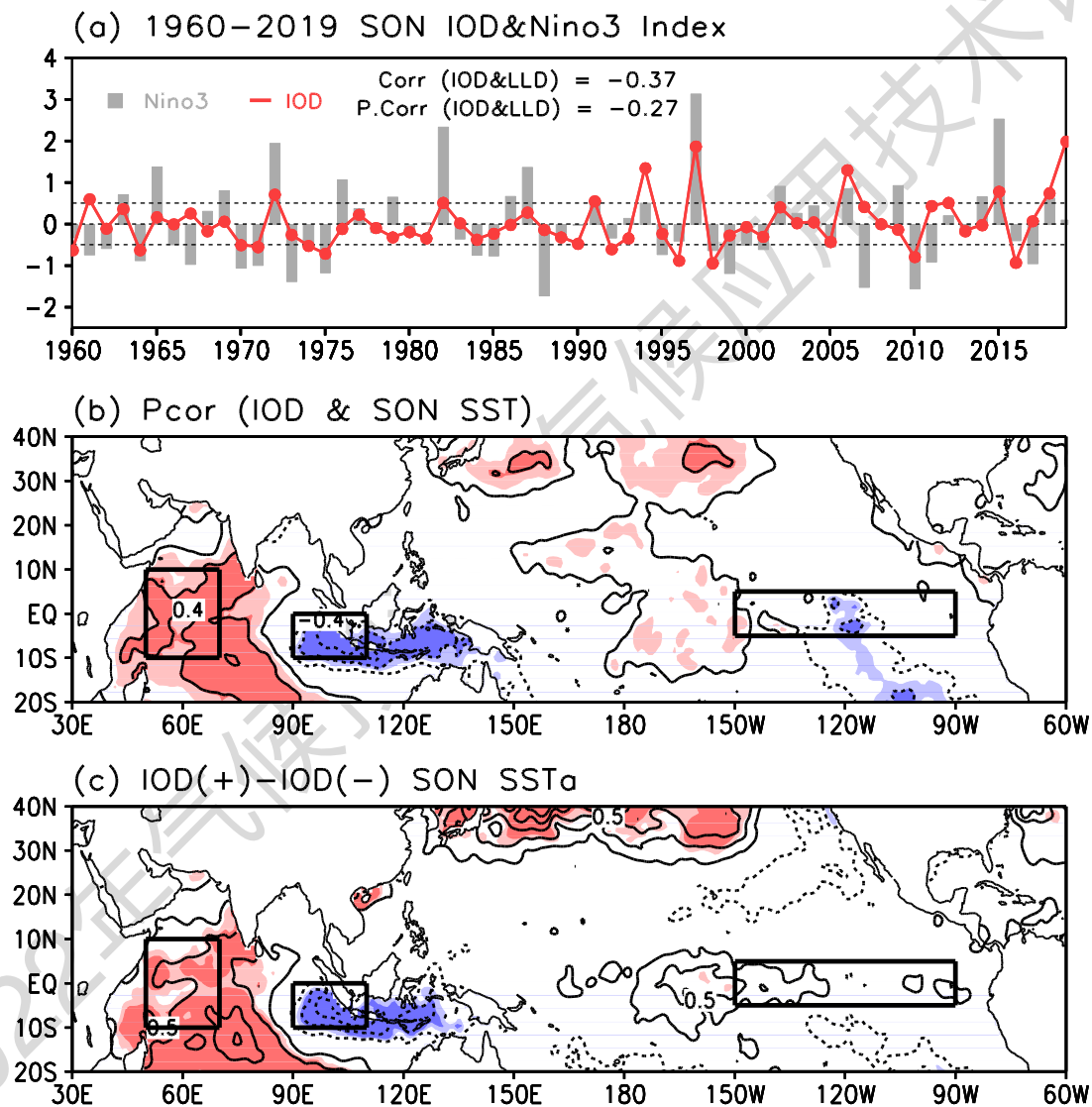


图 1. (a)标准化的秋季 IOD (红色)和 Niño 3 指数 (灰色)。(b)秋季海温与 IOD 指数的偏相关分布 (等值线: 0.2)。(c)IOD 事件独立发生年秋季海温的合成分布(正位相减去负位相;等值线:0.25℃)。深、浅色阴影分别表示通过 99%(95%) 信度检验的区域

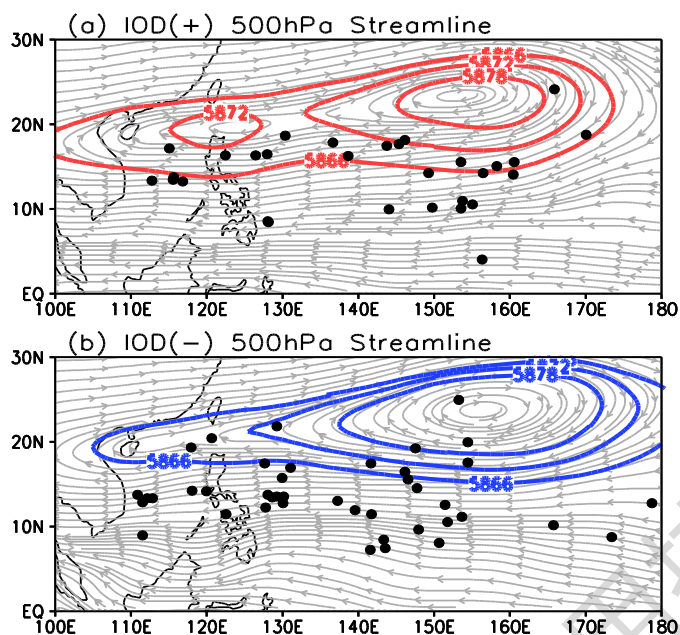


图 2. (a) 正、(b) 负 IOD 事件独立发生年 10-11 月 500hPa 位势高度（实线）及流场（流线）、西北太平洋 TC 生成位置的空间分布（黑点）

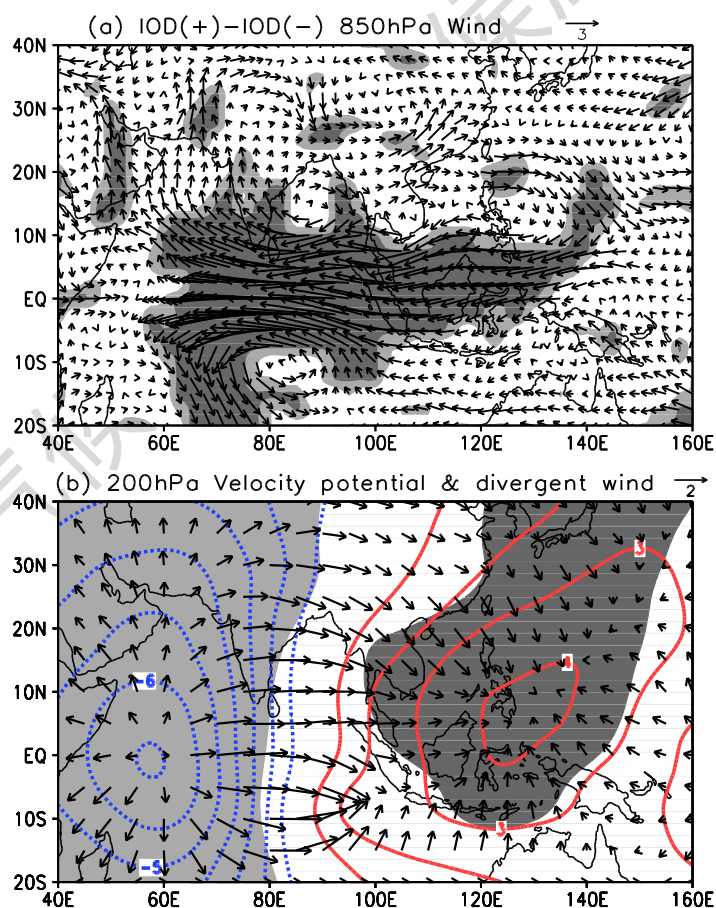


图 3. 合成的 IOD 事件独立发生年（正位相减去负位相）10-11 月 (a) 850hPa 风场（矢量：m/s）、(b) 200hPa 速度势函数（等值线： $1 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$ ）和辐散风场（矢量：m/s）。阴影表示通过 95% 信度检验的区域

与此不同的是,春季 IOB 和当年登陆我国大陆的初旋日期之间虽呈显著的正相关关系,但二者的联系依赖于前冬 ENSO 的变化,也即初旋日期受到 ENSO 和 IOB 事件的共同影响(图 4a-c)。在 El Niño 事件衰减年并且春季 IOB 偏暖的条件下,热带海温异常通过调节 Walker 环流导致菲律宾附近出现强烈的下沉运动,形成异常的低层反气旋(图 4d-e),5-6 月 TC 易于在热带西北太平洋东部海域上空生成,高层引导气流有利于 TC 向西移动进入我国南海南部海域而不利其取西北行路径趋近我国东南沿海地区,故初旋日期晚于常年。在 La Niña 事件衰减年并且春季 IOB 偏冷的条件下,产生与上述情况完全相反的大气环流响应,5-6 月菲律宾周围出现低层气旋式环流异常,初旋日期早于常年。本文的结果为西北太平洋 TC 活动的季节预测以及我国沿海地区的海洋防灾减灾工作带来一定帮助。

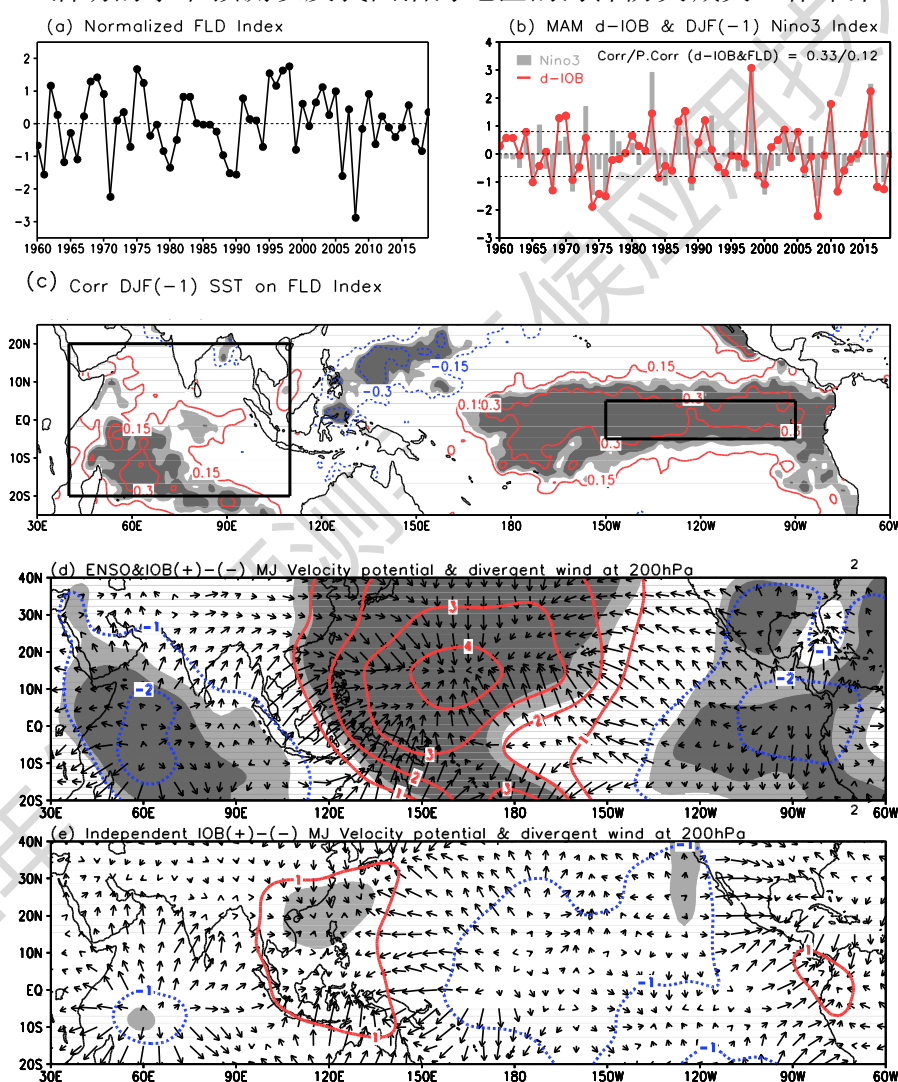


图 4. 标准化的(a)初旋日期、(b)去趋势的春季 IOB (红色)和前冬 Niño 3 (灰色)指数。(c)前冬海温与初旋日期指数的相关分布(等值线: 0.15)。合成的 IOB(d)与 ENSO 联合、(e)独立发生年 5-6 月 200hPa 速度势函数(等值线: $2 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$)和辐散风场(矢量: m/s)。深、浅色阴影分别表示通过 95% (90%) 信度检验的区域

参考文献:

- [1] 黄荣辉, 皇甫静亮, 武亮, 等. 关于西北太平洋季风槽年际和年代际变异及其对热带气旋生成影响和机理的研究[J]. 热带气象学报, 2016, 6: 767 - 785.
- [2] WU M C, CHANG W L, LEUNG W M. Impacts of El Niño Southern Oscillation events on tropical cyclone landfalling activity in the western North Pacific[J]. J Climate, 2004, 17(6): 1419 - 1428.
- [3] 王小玲, 宋文玲. ENSO 与登陆我国热带气旋的关系研究[J]. 热带气象学报, 2009, 25(05): 576-580.
- [4] LI Shuang, XIAO Zi-niu, ZHAO Yu-chun. Combined effect of the PDO and ENSO on the date of the first tropical cyclone landfall in continental East Asia[J]. Journal of Geophysical Research: Atmosphere, 2021, 9(126): e2020JD034059.
- [5] DU Yan, YANG Lei, XIE Shang-ping. Tropical Indian Ocean influence on Northwest Pacific tropical cyclones in summer following strong El Niño[J]. Journal of Climate, 2010, 24(1): 315 - 322.
- [6] TAO Li, WU Li-guang, WANG Yu-qing, et al. Influence of tropical Indian Ocean warming and ENSO on tropical cyclone activity over the western North Pacific[J]. Journal of the Meteorological Society of Japan, Ser II, 2012, 90(1): 127 - 144.
- [7] ZHAN Rui-fen, WANG Yu-qing, TAO Li. Intensified impact of East Indian Ocean SST anomaly on tropical cyclone genesis frequency over the western North Pacific[J]. Journal of Climate, 2014, 27, 8724 - 8739.
- [8] ZHOU Qun, WEI Li-xin, ZHANG Run-yu. Influence of Indian Ocean Dipole on tropical cyclone activity over western North Pacific in boreal autumn[J]. Journal of Ocean University of China, 2019, 18(4): 795 - 802.
- [9] ZHOU Qun, ZHANG Run-yu. Possible impacts of spring subtropical Indian Ocean Dipole on the summer tropical cyclone genesis frequency over the western North Pacific[J]. International Journal of Climatology, 2022, 42(4). doi: 10.1002/joc.7539.
- [10] XIE Shang-ping, HU Kai-ming, HAFNER J, et al. Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño[J]. Journal of Climate, 2009, 22(3): 730 - 747.
- [11] WANG Xin, WANG Chun-zai. Different impacts of various El Nino events on the Indian Ocean dipole[J]. Climate Dynamics, 2014, 42, 991 - 1005.