



# 全球弱热带气旋在过去30年显著增强

陈大可<sup>1,2\*</sup>

1. 自然资源部第二海洋研究所卫星海洋环境动力学实验室, 杭州 310012;

2. 南方海洋科学与工程广东省实验室(珠海), 珠海 519000

\* 通讯作者, E-mail: [dchen@sio.org.cn](mailto:dchen@sio.org.cn)

收稿日期: 2023-07-31; 收修改稿日期: 2023-12-21; 接受日期: 2023-12-25; 网络版发表日期: 2024-01-02

热带气旋对气候变化的响应是当前海洋与大气研究的热点问题. 理论和模拟结果一致表明, 热带气旋的强度会随着海温升高而增强(Emanuel, 1987; Knutson和Tuleya, 2004). 然而现有的观测数据存在相当大的误差, 无法令人信服地确定全球热带气旋是否在过去几十年间显著增强(Landsea, 2005; Pielke, 2005). 近期*Nature*刊发了Wang等(2022)的研究论文“Ocean currents show global intensification of weak tropical cyclones”, 提出了有趣的新发现. 该文作者通过集成全球海表漂流浮标数据, 创新性地从海洋表层流场反演气旋风场, 在此基础上研究和估算了全球弱热带气旋在过去30年的变化趋势.

热带气旋强度通常用海面上10m处的最大风速来衡量, 但在热带气旋条件下直接测量风速极为困难(DeMaria等, 2014). 为此, 前人提出了基于卫星遥感云图估算热带气旋强度的方法(Dvorak, 1984). 但这一方法参杂了大量的人为设定、预报员经验和物理参数, 使得不同机构基于相同信息对同一个热带气旋可以给出相当不一致的强度标定(Landsea等, 2006). 在“热带气旋最佳路径(IBTrACS)”这类分析热带气旋最常用的数据中, 由该方法得到的气旋强度存在极大的不确定性(Emanuel, 2005). 对这类数据的分析表明, 强热带气旋在过去几十年呈增强趋势, 但其他强度的气旋是否存在长期变化则无法判断.

基于Ekman理论, 海洋表层流速与热带气旋表面风场之间存在线性对应关系(Price等, 1994). 因为海表漂流浮标能在热带气旋条件下生存, 所以可以通过浮标观测的高精度流速(图1), 用Ekman关系反算出热带气旋的表面风速, 从而研究热带气旋的强度及其长期变化. 对于弱热带气旋, 从1991年起共有大约8万5千个表层漂流浮标观测记录, 为反算弱热带气旋期间的风速提供了大量可靠数据. 按照这一思路, Wang等(2022)分析了最大风速在 $17\sim 42\text{m s}^{-1}$ 的弱热带气旋在过去30年间的强度变化趋势, 发现这些气旋在全球各个洋盆呈现一致性增强. 从全球平均来看, 弱热带气旋附近海表漂流浮标观测的流速每年增加约 $0.4\text{cm s}^{-1}$ , 对应于弱热带气旋大约每年 $0.18\text{m s}^{-1}$ 的增强趋势. 利用该数据, Wang等(2022)也指出西北太平洋的强台风强度也有显著增强趋势, 流速每年增加约 $0.6\text{cm s}^{-1}$ .

Wang等(2022)进一步比较了弱热带气旋在1991~2005和2006~2020年两个时段对应的海表流场, 发现弱热带气旋下的流场在后一时段有更强的气旋式环流, 平均流速增幅大约 $42.4\text{cm s}^{-1}$ , 比前一时段增加40%. 从概率分布看, 后一时段也呈现出流速向更强方向变化的特征. 在空间分布上, 弱热带气旋条件下表层流速的增强主要集中在气旋前进方向右侧的1~2倍最大风速半径范围内. 由于热带气旋过境会导致海表温度降低, Wang等(2022)比较了两个时段中弱热带气旋

中文引用格式: 陈大可. 2024. 全球弱热带气旋在过去30年显著增强. 中国科学: 地球科学, 54(2): 659-660. doi: 10.1360/SSTe-2023-0173

英文引用格式: Chen D. 2024. Global intensification of weak tropical cyclones in the past 30 years. Science China Earth Sciences, 67(2): 639-640. <https://doi.org/10.1007/s11430-023-1246-1>

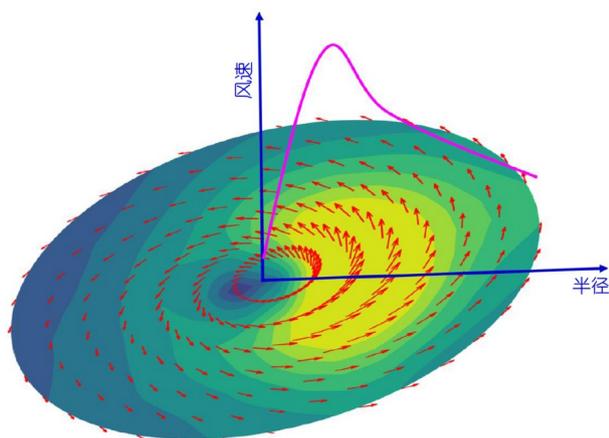


图1 (网络版彩图)热带气旋下漂流浮标观测的海表流速示意图

箭头和颜色分别为流速矢量和速度, 粉色曲线表示热带气旋平均切向风速的径向分布

附近的海表温度异常, 发现在7倍最大风速半径内, 两个时段海表平均降温分别为 $0.27^{\circ}\text{C}$ 和 $0.36^{\circ}\text{C}$ , 进一步佐证了弱热带气旋具有增强趋势的结论。

这一工作首次基于海洋表层漂流浮标观测, 揭示了全球弱热带气旋在过去30年间存在显著增强的现象。其重要性不仅在于加深了对热带气旋与全球变化关系的认识, 而且在于提出了利用海表流场观测精确反算热带气旋强度的新思路。尽管文章的主要结论集中在弱热带气旋的长期变化, 但文中使用的研究方法可以很容易地拓展到热带气旋在其他时间尺度的变化分析, 以及其他强风事件的精准反算等问题。文中结果对于评估高分辨率气候模式也有一定的参考价值。值得指出的是, 海-气边界层的真实状况远比Ekman理论

描述的复杂, 海表流场与风场之间的定量关系只能利用有限的现场观测资料来建立相当粗糙的线性经验公式(见Wang等论文中的补充数据图1)。这也从一个方面说明, 哪怕只是为了进一步发展和验证以Wang等(2022)为代表的数据分析新方法, 高质量、同步的海洋和大气界面现场观测数据也不可或缺。

## 参考文献

- DeMaria M, Sampson C R, Knaff J A, Musgrave K D. 2014. Is tropical cyclone intensity guidance improving? *Bull Am Meteorol Soc*, 95: 387–398
- Dvorak V F. 1984. Tropical cyclone intensity analysis using satellite data. NOAA Technical Report NESDIS 11: 47
- Emanuel K A. 1987. The dependence of hurricane intensity on climate. *Nature*, 326: 483–485
- Emanuel K. 2005. Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years. *Nature*, 436: 686–688
- Knutson T R, Tuleya R E. 2004. Impact of  $\text{CO}_2$ -induced warming on simulated hurricane intensity and precipitation: Sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization. *J Clim*, 17: 3477–3495
- Landsea C W. 2005. Hurricanes and global warming. *Nature*, 438: E11–E12
- Landsea C W, Harper B A, Hoarau K, Knaff J A. 2006. Can we detect trends in extreme tropical cyclones? *Science*, 313: 452–454
- Pielke R A. 2005. Are there trends in hurricane destruction? *Nature*, 438: E11
- Price J F, Sanford T B, Forristall G Z. 1994. Forced stage response to a moving hurricane. *J Phys Oceanogr*, 24: 233–260
- Wang G, Wu L, Mei W, Xie S P. 2022. Ocean currents show global intensification of weak tropical cyclones. *Nature*, 611: 496–500

(责任编辑: 孟智勇)