

# 港澳海洋研究中心月報

## 一、科研活動預告與回顧

### 1. 【活動回顧】港澳海洋研究中心成員受邀出席昇思人工智能框架峰會

2025年12月25日，港澳海洋研究中心主任甘劍平教授率團隊出席昇思人工智能框架峰會。本次峰會匯聚了人工智能領域的產業界思想領袖、知名學者、企業領軍人物及傑出開發者，涵蓋產學研用多方代表，共同探討前沿技術趨勢、分享創新成果與實踐經驗，攜手推動智能新時代的發展。

會上，甘教授發表了題為“邁向Earth China的海洋AI診斷、預測與數字孿生平臺”的演講。他在報告中系統闡述了人工智能技術在海洋科學研究中的關鍵作用，並介紹了團隊在構建智能化海洋診斷預測平臺及數字孿生系統方面的探索與進展。通過本次會議與人工智能及相關領域領軍人物的深入交流，港澳海洋研究中心進一步拓展了產學研用的合作網絡。此類互動有效促進了跨學科研究的發展，為中心持續推動海洋科學研究與人工智能技術的深度融合注入了新動力。



## 2.【活動回顧】港澳海洋研究中心主任甘劍平教授受邀出席鷺江創新實驗室暨嶗山國家實驗室福建研究院第一屆學術委員會第一次會議

2026年1月19日，鷺江創新實驗室暨嶗山國家實驗室福建研究院在廈門成功召開第一屆學術委員會第一次會議。港澳海洋研究中心主任甘劍平教授作為學術委員會委員受邀出席，與包括二十餘位兩院院士在內的專家學者共聚一堂，共商海洋科技創新發展大計。

港澳海洋研究中心作為嶗山國家實驗室推動共建的重要科研機構，自2019年成立以來，始終積極發揮橋樑紐帶作用，致力於加強內地與港澳地區乃至國際科研院所之間的學術交流與科技合作。通過此次會議，中心進一步融入了國家層面的海洋科技協同創新網絡。這不僅有助於其依託粵港澳大灣區的區位優勢，更能聯動全國科研力量，圍繞區域海洋與大氣動力學、海洋生態與環境過程、海洋模擬預測與大數據等方向開展前沿研究，為服務國家海洋強國戰略目標貢獻智慧與力量。



## 二、科研進展亮點

### 亮點 1. 全球熱帶氣旋登陸前降雨“悄然”增強帶來危害

每當熱帶氣旋臨近登陸，真正給沿海地區帶來巨大風險的，往往不僅是強風本身，更是來得急、下得猛的暴雨過程。強降水極易引發城市內澇、山洪和滑坡等次生災害。因此，在熱帶氣旋登陸前這一關鍵階段，準確把握其降雨變化特徵，對於防災減災和應急決策至關重要。近日，CORE 成員香港科技大學甘劍平教授團隊在《Nature Communications》發表最新研究成果指出：**在全球範圍內，熱帶氣旋在登陸前約 60 小時，其平均降雨率會顯著增強，增幅超過 20%。**

#### 除了全球變暖，熱帶氣旋降雨變化還有別的“推手”嗎？

長期以來，已有研究主要關注氣候變暖背景下熱帶氣旋降雨的長期變化趨勢。例如，在全球尺度上，熱帶氣旋降雨強度呈持續增強態勢；同時，由於熱帶氣旋移動速度減緩，其累積降水量也在增加。相比之下，**單個熱帶氣旋在其生命周期中，尤其是在臨近登陸階段的短時間尺度降雨變化特徵，卻長期缺乏系統而全面的認識**。事實上，熱帶氣旋登陸前數十小時至數天，正是防洪調度和應急決策最為關鍵的窗口期。然而，在當前業務預報和風險評估中，這一階段的降雨率是否存在系統性變化，以及其背後的物理機制，仍缺乏清晰刻畫。釐清熱帶氣旋登陸前降雨變化的普遍規律及其成因，對於提升降水預報能力、降低沿海地區災害風險，具有重要的科學意義和現實價值。

#### 多源觀測與數值模擬聯手，揭開熱帶氣旋降雨增加的幕後推手

本研究首先基於 1980–2020 年全球熱帶氣旋最佳路徑資料，系統篩選出大約 1500 個登陸熱帶氣旋。結合多套相互獨立的衛星降水數據，研究團隊系統分析了全球範圍內熱帶氣旋在登陸前 60 小時內的降雨變化特徵。在此基礎上，研究進一步採用 **WRF 理想化數值模擬框架**，通過設置多組敏感性試驗，系統考察影響降雨率變化的關鍵物理過程。基於這

## 種觀測分析、數值模擬與動力診斷相結合的研究框架，熱帶氣旋登陸前降雨增強的物理成因得以被清晰刻畫。

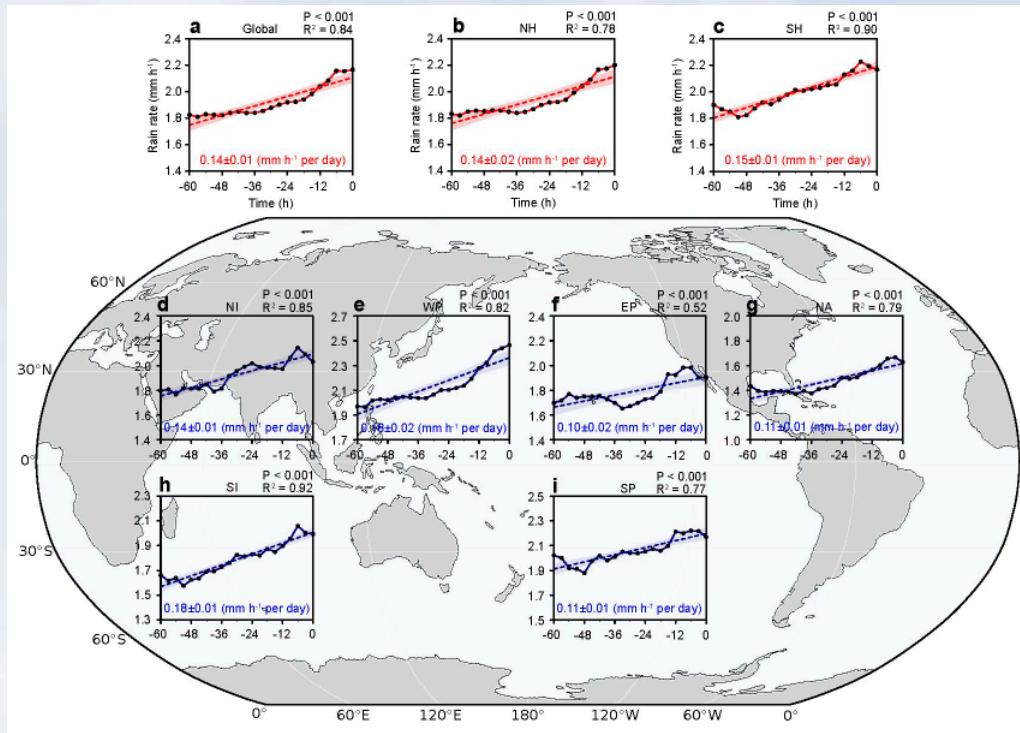


圖 1. 登陸熱帶氣旋降雨率的全球變化特徵（橫坐標負值表示登陸前時段）

### 認知熱帶氣旋登陸前降雨“突然增強”的現象，提升洪澇預報能力

研究結果揭示了一個此前在全球尺度上尚未被系統認識的現象：在登陸前數十小時內，熱帶氣旋的降雨率會顯著且普遍增強。基於多源衛星觀測數據，研究發現：**從登陸前約 60 小時到登陸時，全球平均降雨率增加超過 20%**。這一特徵在不同半球、不同海盆、不同強度等級以及不同緯度帶中均普遍存在。進一步分析表明，這種降雨增強並非由海表溫度升高直接驅動，而是源於**海-陸之間的熱力與動力差異**。包括近岸低層濕度增加、地表摩擦差異導致的輻合增強，以及對流不穩定度的上升，共同促使登陸前對流活動顯著增強，從而導致降雨率快速增加。這些結果凸顯了**登陸前短時間尺度降雨變化**在洪澇風險評估中的關鍵作用，為改進熱帶氣旋降水預報提供了新的物理認識基礎。

### 主要研究亮點：

- 揭示了全球尺度上熱帶氣旋登陸前降雨率系統性增強的普遍規律

- 闡明海陸差異驅動的近岸環境變化，是登陸前降雨率增強的重要物理機制
- 指出短時間尺度降雨率增強，可能顯著放大沿海洪澇與風暴潮的複合風險

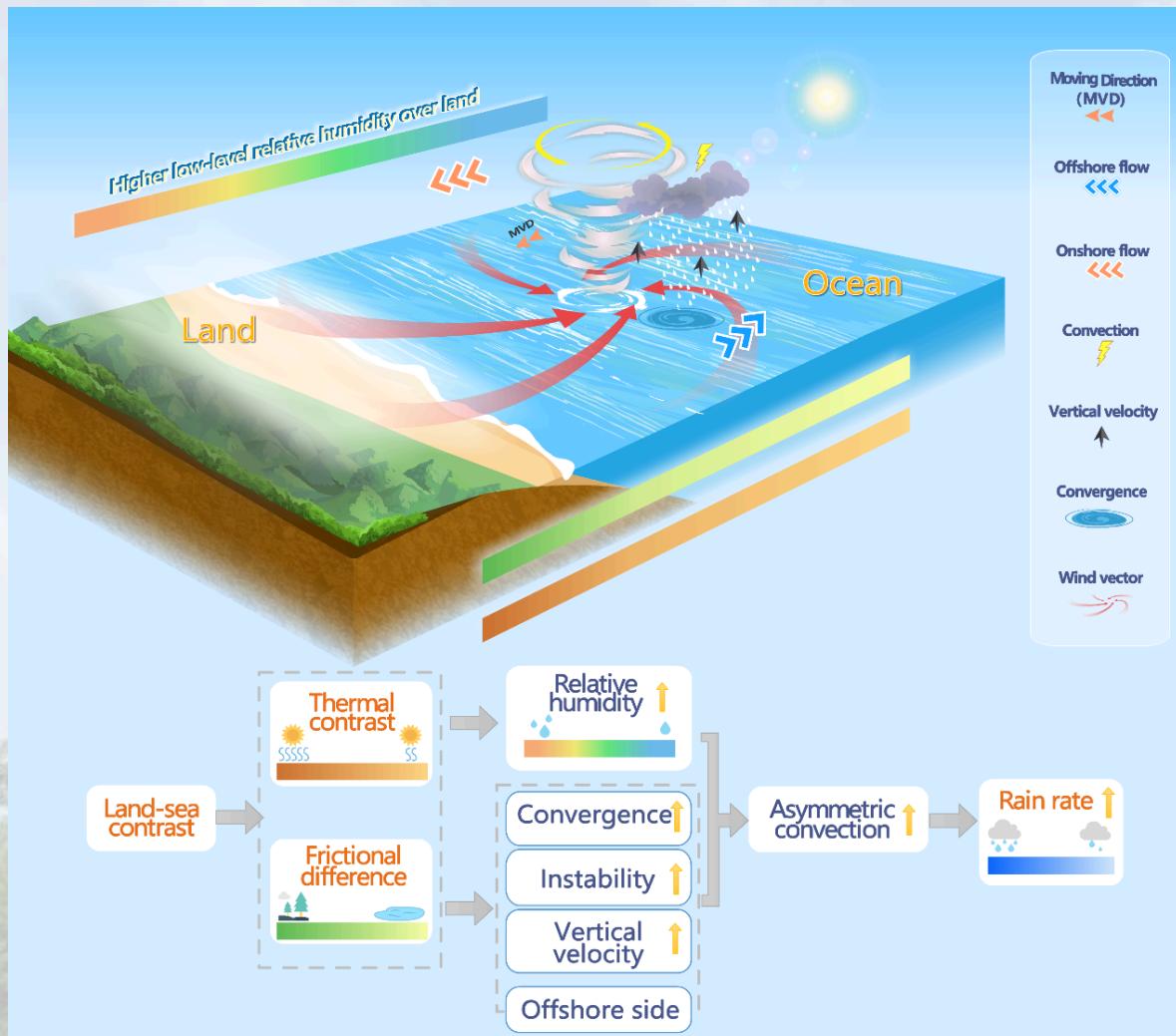


圖 2. 登陸熱帶氣旋降雨率增強的物理機制示意圖，展示海陸差異對近岸對流和降水的影響

本研究表明，熱帶氣旋在登陸前短時間尺度上的降雨增強，並非僅由全球變暖驅動，而是一種在其逐漸靠近陸地過程中普遍存在的物理過程。海洋與陸地下墊面之間的溫度、濕度以及地表摩擦差異，會在登陸前系統性地增強熱帶氣旋的非對稱對流活動，使其在短時間內“下得更猛”。這一發現揭示了熱帶氣旋登陸前強降雨的關鍵觸發機制，凸顯了**短時降雨率**

變化在沿海洪水和複合災害形成中的重要作用，為進一步提升熱帶氣旋降  
水預報能力，以及優化防災減災與應急決策，提供了新的科學依據。

更多資訊，歡迎查閱原文：*Zhong, Q., Gan, J., Tu, S. et al. Global increase in rain rate of tropical cyclones prior to landfall. Nat Commun* 17, 114 (2026). <https://doi.org/10.1038/s41467-025-68070-z>

## 亮點 2. 在均一穩定的引導氣流下，熱帶氣旋仍會“偏航”

熱帶氣旋路徑預測始終是科學研究和業務預報的重點，而且路徑偏差會影響其大風範圍和降雨落區的判斷，進而很大程度削弱極端天氣預警與防災工作的有效性。近日，港澳海洋研究中心成員團隊、香港科技大學甘劍平教授團隊在《Geophysical Research Letters》發表一項新的研究成果表明：即使在均一、穩定的引導氣流中，熱帶氣旋仍可能出現顯著偏航現象。

### 研究背景：熱帶氣旋真的只是“隨風漂流”嗎？

過去幾十年的研究普遍認為，熱帶氣旋的運動主要受大尺度引導氣流、 $\beta$ 效應和地形作用等因素控制。在傳統概念中，熱帶氣旋常被視為幾乎完全被大尺度氣流牽引的天氣系統，類似於“水流中的木塞”（cork-in-a-stream）。隨着路徑預報技術的不斷進步，誤差已經在逼近理論可預報上限。然而，在實際業務預報中，全球數值模式普遍存在路徑右偏問題，即實況路徑經常位於預報路徑的左側。造成這一系統性偏差的機制長期未被充分解釋。

### 研究方法：藉助 WRF 模式理想數值模擬剝離複雜因素

由於真實大氣環境過於複雜，難以將不同影響因素精確分離，研究團

隊採用 WRF 模式過程導向熱帶氣旋動力框架，開展系統的敏感性數值模擬試驗。研究中刻意排除了 $\beta$ 效應、地形及海陸差異等外部干擾，僅考察熱帶氣旋在均一、穩定東風或西風引導氣流中的運動特徵，以深入理解渦旋環流與背景流之間的相互作用如何影響熱帶氣旋路徑。

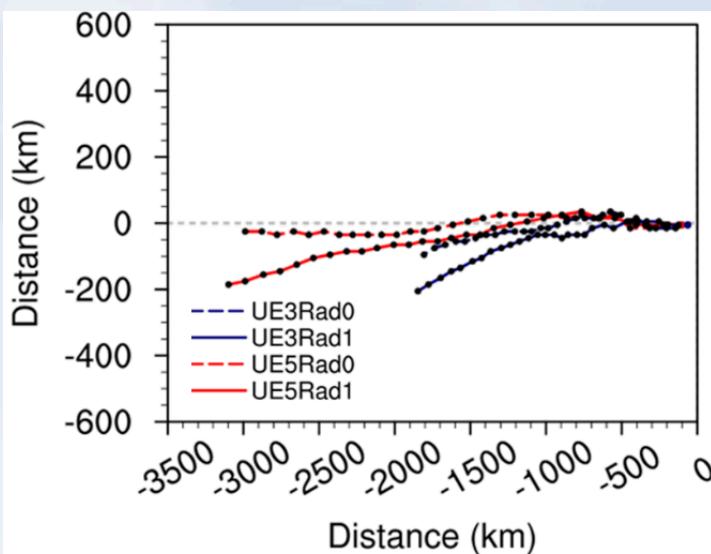


圖 1. 在不同強度東風條件下的熱帶氣旋路徑。實線表示包含輻射過程的試驗，虛線表示關閉輻射過程的對照試驗。距離表示熱帶氣旋中心相對初始位置的偏移。

### 研究亮點：為何熱帶氣旋會成為“左撇子”？

數值模擬結果表明，在均一穩定的環境背景流中，熱帶氣旋的內部渦旋環流會與環境流發生顯著相互作用。在對流層低層，熱帶氣旋南側會形成增強的輻合上升區及非對稱對流活動；在對流層高層，渦旋與環境流的相互作用會誘發非對稱的風場結構。隨着輻射日變化推動熱帶氣旋逐漸增強，這些非對稱結構也隨之加強。這些對流與風場非對稱最終通過改變位渦趨勢(PVT)中的水平平流(HA)與非絕熱加熱(DH)過程，使得熱帶氣旋持續向左偏移，呈現出系統性的“左撇子”特徵。

### 主要研究亮點：

- 即使在均一穩定的引導氣流中，且沒有 $\beta$ 效應或地形影響，熱帶氣旋路

徑仍會左偏。

- 路徑左偏主要由流-渦相互作用所激發的對流與風場非對稱性導致 HA 和 DH 改變。
- 非絕熱輻射加熱加強了流與風場非對稱性

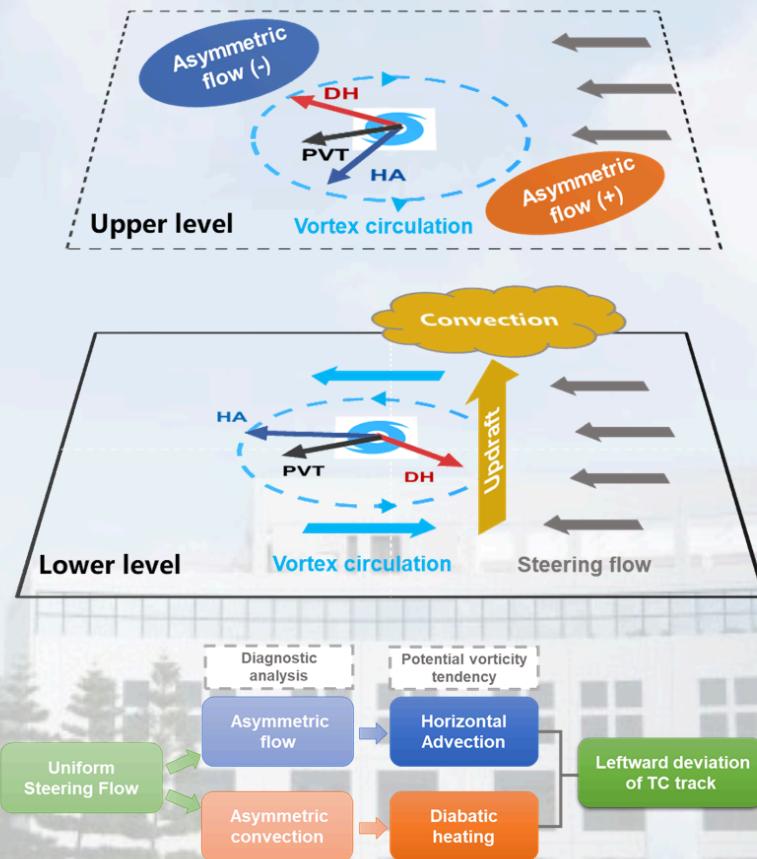


圖 2. 在均一穩定環境背景流下熱帶氣旋路徑左偏的物理機制示意圖。高層風場中的非對稱渦度異常、低層對流增強，以及相關的位渦趨勢項共同導致路徑偏移

### 研究意義：

這項研究表明，傳統依賴大尺度引導氣流的理論不足以解釋所有路徑偏差。熱帶氣旋內部的對流活動、風場結構、輻射日變化等小尺度過程，能夠產生與  $\beta$  效應或地形相當的動力影響，從而改變其運動軌跡。當前數值模式若無法準確模擬這些非對稱結構，便容易產生系統性誤差，例如：長期存在的路徑右偏問題。隨着路徑預報精度逐步逼近理論極限，這些以往被視為次要的“小尺度過程”，正成為進一步提升預報能力的關鍵環節。

更多資訊，歡迎查閱原文：*Zhong, Q., Gan, J., Shi, D., Tu, S., & Chan, J. C. L. (2026). Do tropical cyclones have a steady translation under a uniform steering flow? Geophysical Research Letters, 53, e2025GL119479.* <https://doi.org/10.1029/2025GL119479>

### 亮點 3. 新型儀器方法首次實現同步測定氣溶膠中有機碳 (OC)、元素碳 (EC)、無機氮 (IN) 和有機氮 (ON)

CORE 成員團隊提出了一種新型儀器方法，可實現對大氣氣溶膠中有機碳 (OC)、元素碳 (EC)、無機氮 (IN) 和有機氮 (ON) 的同步測定。該方法結合了熱演化 (TE) 分析與多元曲線分辨 (MCR) 數據處理技術，能夠在不同氣溶膠負荷條件下準確定量多種含碳與含氮組分。通過對真實氣溶膠樣品的多實驗室比對評估，結果表明該系統具有優異的重複性和較低的分析不確定度。此外，該方法能可靠地估算 OC/ON 比值，為氣溶膠有機氮的來源解析及二次生成機制研究提供了重要參考。本研究提升了碳氮組分氣溶膠表征的準確性與可靠性，為大氣模式更好地模擬碳氮氣溶膠的來源與轉化過程提供了關鍵觀測約束，並為空氣質素與氣候相關過程的長期監測提供了有力技術支撐。

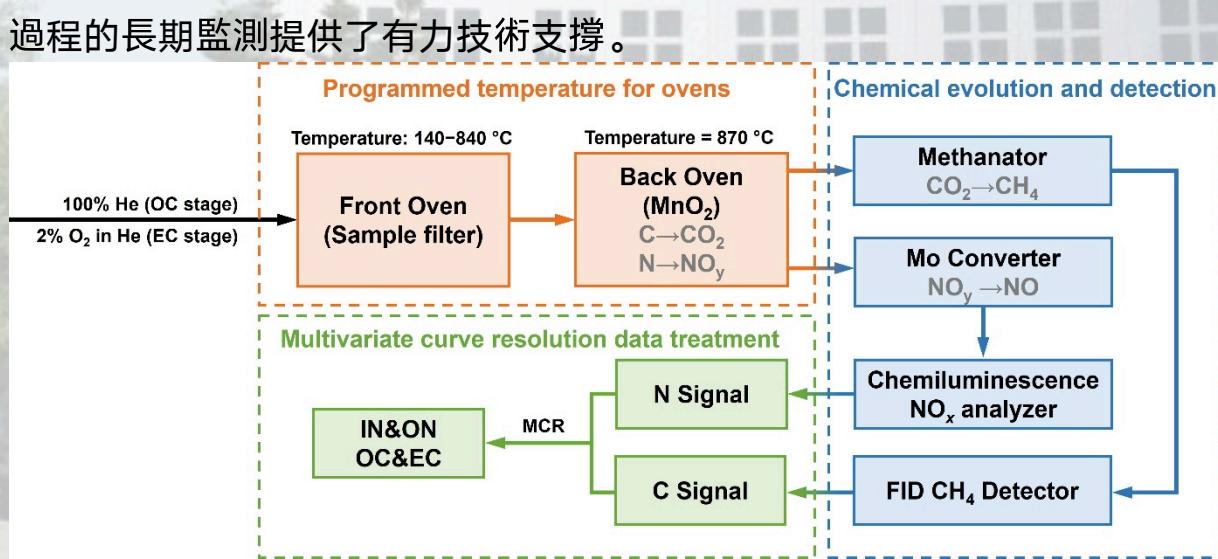


圖 1. 氣溶膠有機碳-元素碳-無機氮-有機氮分析儀系統示意圖

更多資訊,歡迎查閱原文: *Cao, C., Yu, X., Marco Wong, W. H., Sun, N., Zhang, K., Sun, Z., Chen, L., Wu, C., Wang, G., & Yu, J. Z. (2025). An Instrumental Method for the Simultaneous Determination of Organic Carbon, Elemental Carbon, Inorganic Nitrogen, and Organic Nitrogen in Aerosol Samples. Journal of Geophysical Research: Atmospheres, 130(19).*  
<https://doi.org/10.1029/2025JD043904>

### 三、論文 (2025 年 12 月 - 2026 年 01 月)

1. Zhong, Q., Gan, J., Shi, D., Tu, S., & Chan, J. C. (2026). Do Tropical Cyclones Have a Steady Translation Under a Uniform Steering Flow?. *Geophysical Research Letters*, 53(2), e2025GL119479.
2. Cheng, W., & Gan, J. (2026). Counterwind Currents in the China Shelf Seas: The Origin of the Pressure Gradient Driver. *Journal of Physical Oceanography*, 56(1), 101-114.
3. Zhong, Q., Gan, J., Tu, S., Toumi, R., & Chan, J. C. (2026). Global increase in rain rate of tropical cyclones prior to landfall. *Nature Communications*, 17(1), 114.
4. Ouyang, Y., Wu, Y., Wang, X., Xie, L., Cheng, W., Gan, J., ... & Ma, X. (2025). OceanVive: An Immersive Visualization System for Communicating Complex Oceanic Phenomena. *arXiv preprint arXiv:2507.17218*.
5. Liu, G., Zhao, F., Gan, J., & Xu, K. (2026). A well-balanced

gas-kinetic scheme with adaptive mesh refinement for shallow water equations. *Ocean Engineering*, 343, 123298.

6. Zhang, Y., & Gan, J. (2025). Variability of urban riverine nutrients under coupled human-hydrological-biogeochemical framework. *Journal of Hydrology*, 134406.
7. Ye, S., Wen, H., Chang, C., Yang, F., Ma, Y., Tang, X., ... & Li, M. (2025). River network size-dependent chemodiversity of dissolved organic matter and its driving factors in a multi-tributary mountain river. *Water Research*, 124580.

