

# 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】卓越學科領域計畫 (AoE) 「氣候變遷下粵港澳大灣區永續發展的區域地球系統研究 (EARTH-HK)」開幕式暨第一屆研討會於 2024 年 3 月 22 日至 23 日在香港科技大學 (HKUST) 圓滿結束

2024 年 3 月 22 日至 23 日，卓越學科領域計畫 (AoE) 「氣候變遷下粵港澳大灣區永續發展的區域地球系統研究 (EARTH-HK)」開幕式暨第一屆研討會於香港科技大學 (HKUST) 圓滿結束。此次活動匯聚了內地與港澳地區傑出的專家學者、政府官員，港澳海洋研究中心成員和 EARTH-HK 項目成員，共同討論了大灣區可持續發展的研究進展。

在開幕式上，香港科技大學副校長（研究與發展）鄭光廷教授發表了重要講話，鄭教授強調了 EARTH-HK 項目的重要性以及香港科技大學對該項目的重視和極力支持，大大鼓舞了與會者的科研熱情。

逾 60 名來自不同科研院所和高校的專家學者參與了本次活動，其中包括對 EARTH-HK 項目發展倍加關注的當地政府機構，如土木工程拓展署 (CEDD)、環境保護署 (EPD) 和電力機械工程署 (EMSD)。香港政府官員的到場體現了學術界和政治界跨領域合作以積極應對環境問題的重要性。

在活動期間，項目各聯合首席負責人和聯合研究員上台分享了他們目前的科研進展和未來一年的計劃。他們的演講報告展示了 EARTH-HK 項目的科研工作的廣度和深度，與會者展開了熱烈的討論，互相交流意見以進一步促進科研成果發展。

除了科學討論，項目管理組還召開了項目綜合管理會議，向項目成員講解了項目資源協調、資金分配和項目進展定期回顧等管理辦法。這個環節營造了一種溝通協作的氛圍，鼓勵大家以整體觀思維來應對挑戰，確保項目未來順利開展。

是次開幕式暨研討會為致力於環境可持續發展的專家、政府官員和研究人員提供了一個交流平臺，標誌着粵港澳大灣區邁向更綠色環保和可持續發展未來的美好旅程的開始。



## 2. 【活動預告】第三屆港澳海洋論壇暨 AoE 項目 Earth-HK 2024 年會

為促進粵港澳大灣區海洋研究資源分享共建，港澳海洋研究中心（CORE）和香港研究資助局（RGC）卓越學科領域計畫（AoE）「氣候變遷下粵港澳大灣區永續發展的區域地球系統研究（Earth-HK）」將於2024年10月22日至24日在香港科技大學舉辦第三屆港澳海洋論壇暨Earth-HK項目2024年會。活動將圍繞主題“地球系統科學促進氣候變化、碳中和與藍色經濟”開展，旨在邀請邀請國內外海洋領域專家學者探討與主題相關的科學和技術專題，提供學術交流平臺，促進海洋研究科學的創新理論和技術發展，為粵港澳大灣區和中國海洋產業的可持續發展做出貢獻。

有關活動的更多信息和註冊細節將於稍後公布，敬請關注。

港澳海洋研究中心  
Center For Ocean Research  
Hong Kong - Macau

香港科技大學  
THE HONG KONG  
UNIVERSITY OF SCIENCE  
AND TECHNOLOGY

EARTH-HK  
Ocean-Land-Atmosphere  
卓越學科領域計畫  
Areas of Excellence Scheme

# The 3rd Hong Kong and Macau Ocean Forum and Earth-HK Annual Meeting 2024

22-24 October 2024 Shaw Auditorium,  
HKUST

Theme: Earth System Science for Climate  
Change, Carbon Neutrality and Blue Economy

Topic 1: Coupled atmosphere-ocean dynamics and  
climate change

Topic 2: Biogeochemical cycles in ocean-land-  
atmospheric system and carbon neutrality

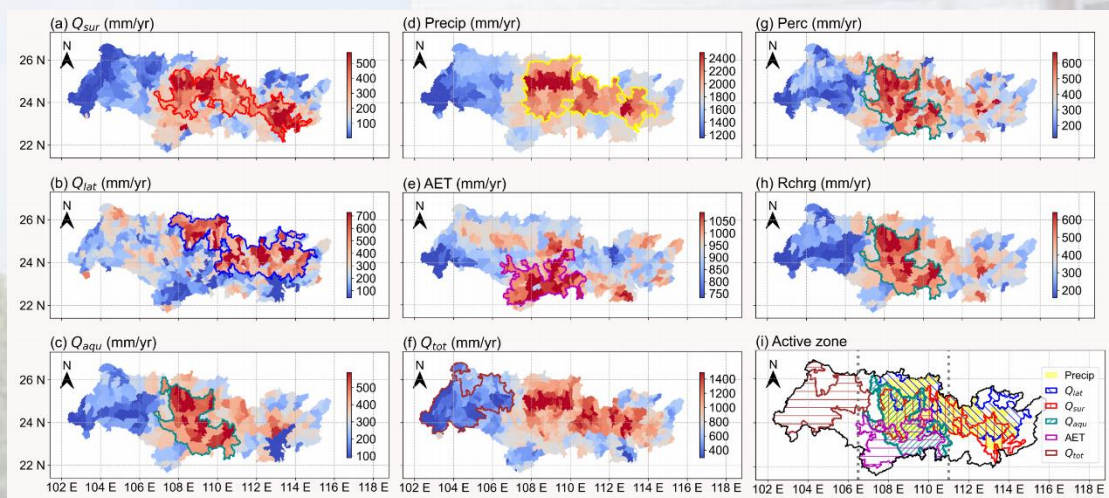
Topic 3: Ocean technology, digital-twin and blue  
economy

Topic 4: Earth system study in the Greater  
Bay Area

## 二、科研進展亮點

### 亮點 1. 珠江水如何受陸面過程控制和大氣影響？

我們利用水文模型——土壤與水評估工具（SWAT+版本）來模擬和研究珠江流域。圖 1 展示了各水通量空間上顯著的差異性。表層流在降水量高的區域特別活躍，尤其是中游區域，該地區的數值高達 500 毫米/年，並向下游三角洲擴展（圖 1 a）。相比之下，內陸上游子區域的表面徑流不足 100 毫米/年。側向流在流域北部活躍，數值超過 600 毫米/年，但在沿海下游地區則相對不活躍，低於 100 毫米/年（圖 1 b）。地下水的活躍區域位於中遊子區域的中南部（圖 1 c）。受太陽輻射和區域土地利用的共同影響，實際蒸散發在中游區域的南部最為活躍（圖 1 e）。



圖一：關鍵水通量的空間分布圖：（a）表層流（ $Q_{sur}$ ），（b）側向量（ $Q_{lat}$ ），（c）地下水（ $Q_{aqu}$ ），（d）降水量（Precip），（e）實際蒸散發（AET），（f）總流量（ $Q_{tot}$ ），（g）滲透量（Perc），（h）向淺層含水層的補給量（Rchrg），以及（i）活躍區域總覽。彩色多邊形對應於（a）至（h）圖中的水通量活躍區域。

總的來說（圖 1 i），上游位於雲貴高原，流量較低，是相對較乾燥的子區域。中遊子區域水文活躍，包括降水、蒸散發、表層流、側向流和地下水等多種水通量的高值交匯處。下遊子區域靠近沿海，包括西江、北江和東江的下游地區。

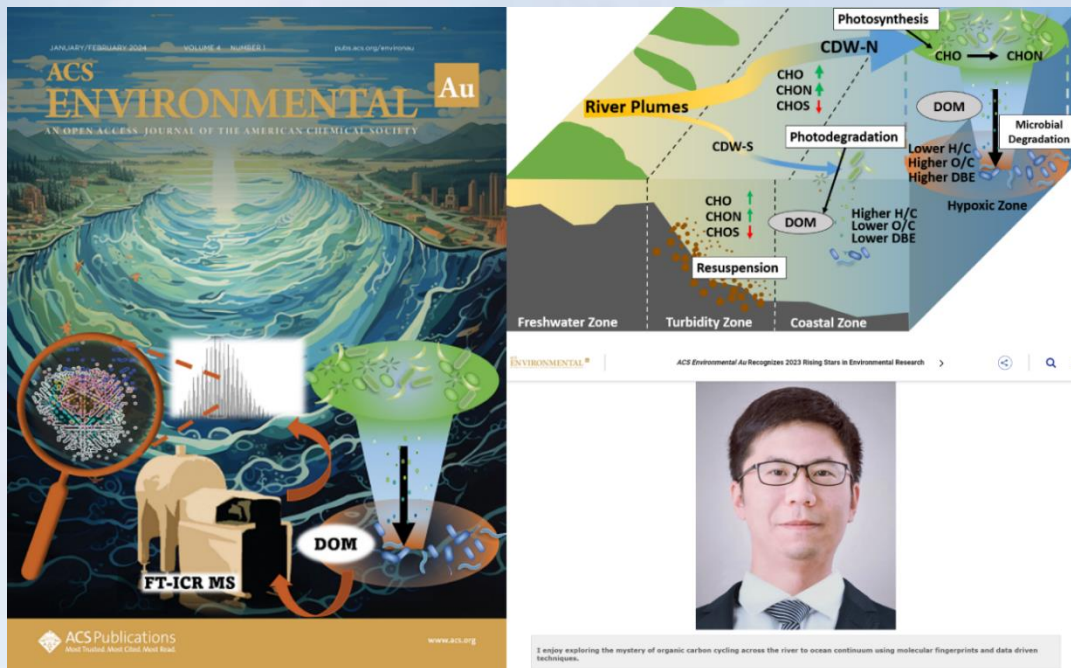
我們的研究發現，珠江流域的水文過程表現出顯著的時空變異性，凸顯了季風氣候和地形特徵的影響。通過分析，我們得出以下結論：

1. 珠江流域水文過程的基本模式由季風氣候和地形地貌影響的降水所塑造。土地利用和土壤質地對土壤剖面中水分再分配極為關鍵，它們調控水通量活躍區域的位置。表層徑流在降水中心區域最為活躍。側向流和實際蒸散發分別在森林和農業區域占主導地位，而在粗粒質土壤的區域，地下水流動更為活躍。

2. 根據水文變異性，珠江流域可劃分為三個子流域：從西向東分別為易旱的上游、水文活躍的中游和受颱風影響的下游。每個子區域內的河流相互連接，並展現出相似的時間特徵和統計分布。

## 亮點 2. 大河河口不同路徑的衝淡水對溶解性有機物分子組成的影響

我們研究了長江口到東海夏季兩條不同路徑的長江衝淡水（CDW）中溶解性有機物（DOM）的分子組成及特徵，並評估了不同 CDW 所造成的差異。我們採用先進的傅里葉變換離子迴旋共振質譜技術（FT-ICR MS）分析了 DOM 分子的相對峰強度、對 DOM 分子式進行了精準分配並對 DOM 的組成進行了半定量分析。結合水團，物化參數及三維熒光光譜的數據，我們發現河口渾濁帶是調節 CDW 中 DOM 組成的重要區域。同時，CDW 在近海區域形成的缺氧區中觀察到了更高豐度的 CHON 類化合物，可能是表層浮游植物產生的有機物沉降及微生物分解所留下的印記。本研究為利用 FT-ICR MS 技術評估大河河口 DOM 組成提供了新的見解。本研究結果以封面文章發表在美國化學學會（ACS）知名期刊 *ACS Environmental Au*，何丁教授亦獲得期刊頒發的 2023 Rising Stars in Environmental Research 獎項。

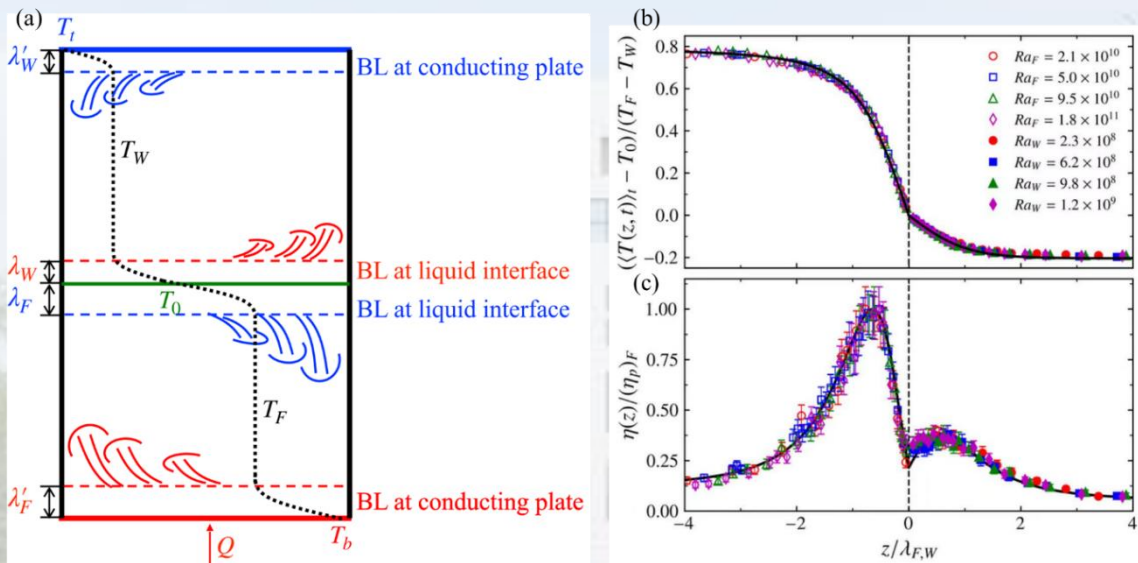


圖二：本研究結果以封面文章發表在美國化學學會（ACS）知名期刊

### 亮點 3. 利用穩態液體界面熱對流模擬海洋垂直溫度剖面的實驗研究

理解海洋中垂直溫度剖面（溫躍層）的物理起源的一個關鍵問題是找到海洋表面（液-氣界面）的正確流體力學邊界條件。在該界面上，平均垂直速度為零，但局部溫度和垂直速度的脈動不為零。為了研究這個問題，我們一個豎直圓柱體中對湍流雙層熱對流進行了系統的實驗研究。雙層熱對流系統由兩個互不相溶的流體層 FC770 和水堆疊而成，即使這兩個流體層都處於湍流熱對流狀態，仍能形成一個穩定的液體界面。我們沿着對流裝置的中軸線測量不同溫度差  $\Delta$  下的無量綱化平均溫度剖面  $\theta(z)$  和溫度脈動剖面  $\Omega(z)$ ，這些剖面是距離界面  $z$  的函數。實驗中，我們通過改變溫差  $\Delta$ ，保持 FC770 層的主區平均溫度  $T_F$  恆定（40 °C），而水層的主區平均溫度  $T_W$  從 19.2 °C 變化到 37.0 °C。相應地，每個液體層的局部瑞

利數分別在以下範圍內變化：FC770 層為  $2.1 \times 10^{10}$  到  $1.8 \times 10^{11}$ ，水層為  $2.3 \times 10^8$  到  $1.2 \times 10^9$ 。通過測量得到的平均溫度和溫度脈動剖面，我們發現液體界面上存在一種獨特的雙邊界層結構，即界面的兩側各存在一個邊界層。在具有不同局部瑞利數的兩個流體層中，測得的平均溫度剖面  $\theta(z)$  和溫度方差剖面  $\Omega(z)$  分別具有尺度形式  $\theta(z/\lambda)$  和  $\Omega(z/\lambda)$ 。在液體界面附近，只要引入一個熱滑移長度  $\ell_T$  來考慮通過液體界面的對流熱通量，得到的  $\theta(z/\lambda)$  和  $\Omega(z/\lambda)$  的函數形式可以很好的用固體導熱板的邊界層方程的解來描述。這為我們提供了一個可靠的理論框架，用於描述海洋中垂直溫度剖面  $\theta(z)$  與距離海洋-大氣界面的深度  $z$  之間的關係。研究結果發表在 *Physical Review Fluids* 期刊上。

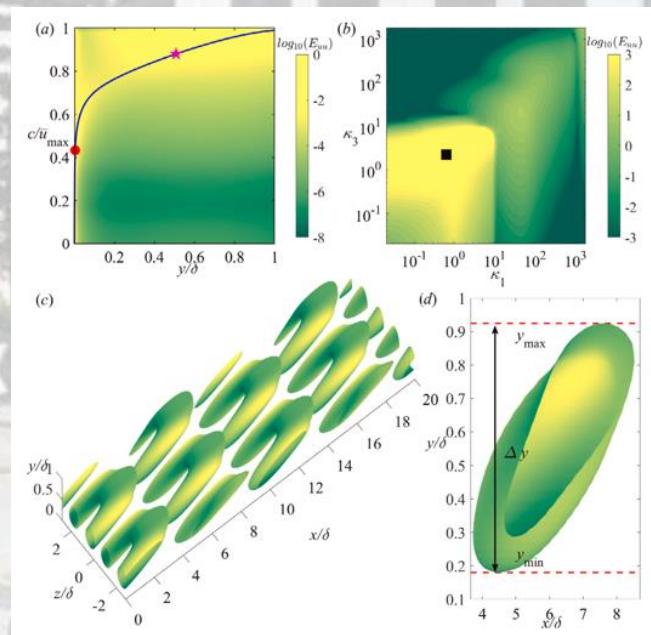


圖三： (a) Sketch of the two-layer convection system. (b) Normalized mean temperature profile  $(\langle T(z,t) \rangle_t - T_0)/(T_F - T_W)$  as a function of the normalized distance  $z/\lambda_{F,W}$  for different Rayleigh numbers. (c) Normalized temperature variance profiles  $\eta(z)/(\eta_P)_F$  as a function of the normalized distance  $z/\lambda_{F,W}$  for different Rayleigh numbers. The dashed line ( $z = 0$ ) indicates the position of the liquid interface. The solid lines in (b) and (c) represent the numerical solutions  $\theta_L(\xi_W; c, \xi_0)$  and  $\Omega_L(\xi_W; c, \xi_0)$ , respectively. For  $z < 0$ , the parameters are set as  $c = 1.5$  and  $\xi_0 = 0.17$ , while for  $z > 0$ , the parameters are  $c = 2.3$  and  $\xi_0 = 0.32$ .

## 亮點 4. 不可壓縮湍流渠道流、管道流和邊界層流的解

### 析算子分析

在本研究中，我們運用解析線性化納維-斯托克斯方程的方法，對不可壓縮渠道流、管道流及無壓力梯度邊界層流中湍流平均流對諧波強迫的線性響應進行了深入探討。通過運用已建立的通用關係，我們在雷諾數=8000 的條件下，成功地獲得了平均流及其相關的渦流粘度。研究結果表明，在這三種流場中，最容易被放大的擾動均為流向均勻分布，這與源自流向渦旋的流向條紋相對應。藉助解析分析的低秩特性，我們在一個廣泛的參數空間內對流向能量密度對諧波強迫的響應進行了詳細研究。最大的能量放大發生在湍流平均速度與波速相匹配的臨界壁面法向位置，這一發現與泰勒的“凍結湍流”假設相吻合。進一步地，我們聚焦于波速與平均速度匹配的解析模式，發現與這些模式相關的相干結構在幾何上具有自相似性。這些結構的展向尺寸與其距壁面的距離成比例，為附壁渦模型提供了有力的證據。此外，我們基於線性算子構建的預乘能量譜成功地識別出壁面湍流流場中的大尺度運動和非常大尺度運動，這些運動能夠被平均流放大。這些發現不僅為理解壁面湍流的動力學提供了新的視角，而且為發展更精確的湍流模型提供了重要的理論依據。





### 三、論文 (2024 年 3 月-2024 年 4 月)

1. Huang H., Wang, Y., Xu, W., He, X., & Tong, P. (2024). Turbulent thermal convection across a stable liquid-liquid interface. *Phys. Rev. Fluids*, 9, 033502.
2. Zhu, W., Chen, X., & Fu, L. (2024). Resolvent analyses of incompressible turbulent channel, pipe and boundary-layer flows. *International Journal of Heat and Fluid Flow*, 106, 109331.
3. Yu, X., Li, Q., Liao, K., Li, Y., Wang, X., Zhou, Y., ... & Yu, J. Z. (2024). New measurements reveal a large contribution of nitrogenous molecules to ambient organic aerosol. *npj Climate and Atmospheric Science*, 7(1), 72.
4. Cheng, K. H., Jiao, J. J., Lee, J. H., & Luo, X. (2024). Synergistic controls of water column stability and groundwater phosphate on coastal algal blooms. *Water Research*, 255, 121467.
5. Cheng, C., & Fu, L. (2024). On the streamwise velocity, temperature and passive scalar fields in compressible turbulent channel flows: a viewpoint from multiphysics couplings. *Journal of Fluid Mechanics*, 983, A38.
6. Li, Z., Fung, J. C., Wong, M. F., Lin, S., Cai, F., Lai, W., & Lau, A. K. (2024). Future changes in intense tropical cyclone hazards in the Pearl River Delta region: An air-wave-ocean coupled model study. *Natural Hazards*, 1-16.

7. Müller, RC., Kim, JS., Lee, H., Muri, H., Tjiputra, J., Yoon, JH., Schaepman-Strub, G. (2024). Radiative forcing geoengineering causes higher risk of wildfires and permafrost thawing over the Arctic regions. *Communications Earth & Environment*, 5(1), 180.
8. Jing, J., Guo, Y., Wang, T., & Zhou, W. (2024). A Femtosecond Fiber Bragg Grating-Based High-Sensitivity Ocean Pressure Sensor. *IEEE Sensors Journal*, 1 - 1.