

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】CORE 成員項目 Earth-HK 亮相香港科技大學“獨角獸日”，大灣區數字孿生地球系統引關注

2025 年 6 月 13 日，港澳海洋研究中心（CORE）成員參加香港科技大學（HKUST）舉辦的年度獨角獸日（Unicorn Day）活動。此活動吸引了來自全球十多個國家及地區近 1,300 名投資者、行業領袖、政府及學術界代表參與。作為香港高等教育領域規模最大的創業盛會之一，本次活動聚焦創新合作與前沿科技，為與會者提供交流思想、探索合作的平臺。由 CORE 核心成員參與的 Earth-HK 項目團隊受邀出席，並在報告環節中展示了大灣區數字孿生地球系統（Digital Twin of Regional Earth System in the GBA），成為全場焦點之一。

Earth-HK 項目負責人甘劍平教授（Prof. Jianping Gan）在報告中詳細介紹了該系統的技術框架與應用潛力。創新平臺透過高精度模擬粵港澳大灣區的地球系統動態，為氣候預測、生態管理及可持續發展提供科學支持，其跨學科價值吸引了來自漁業、工程、雲計算等多元領域的關注。現場反響熱烈，包括阿里雲（Alibaba Cloud）、國際工程顧問公司奧雅納（ARUP）等機構代表均對合作表現出濃厚興趣，探討技術落地與產業聯動的可能性。

CORE 成員作為 Earth-HK 項目的核心支持團隊，始終致力於推動地球系統科學與數字技術的融合創新。此次亮相“獨角獸日”，不僅彰顯了 CORE 在前沿科研轉化中的影響力，亦為大灣區構建國際化科創生態提供了新思路。未來，CORE 將繼續攜手全球合作夥伴，以數字孿生技術賦區域可持續發展，加速科研成果向現實生產力的轉化。

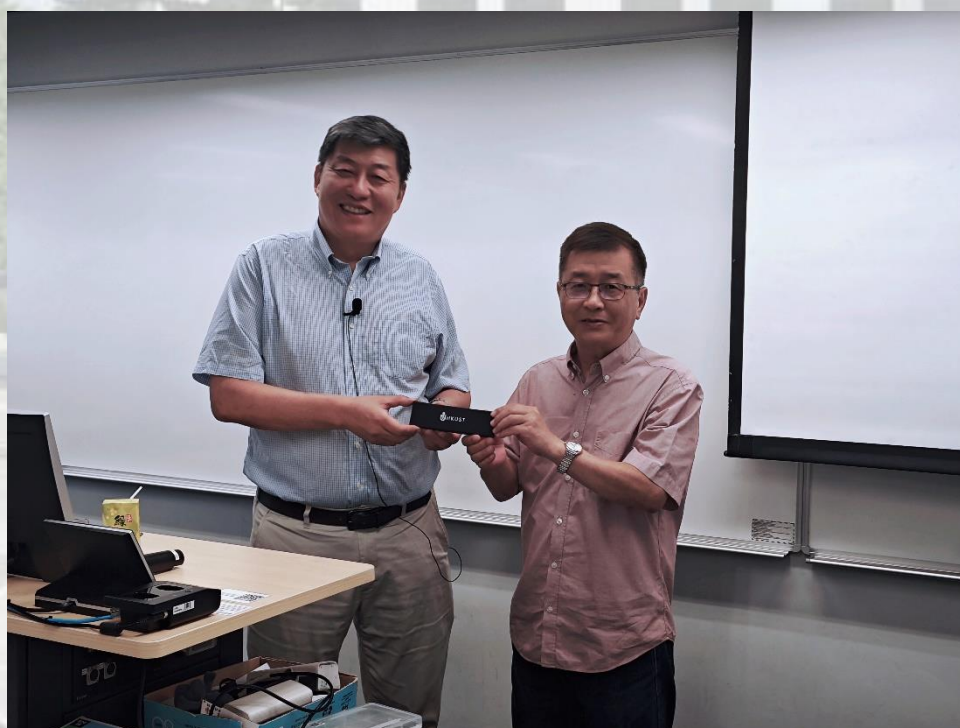
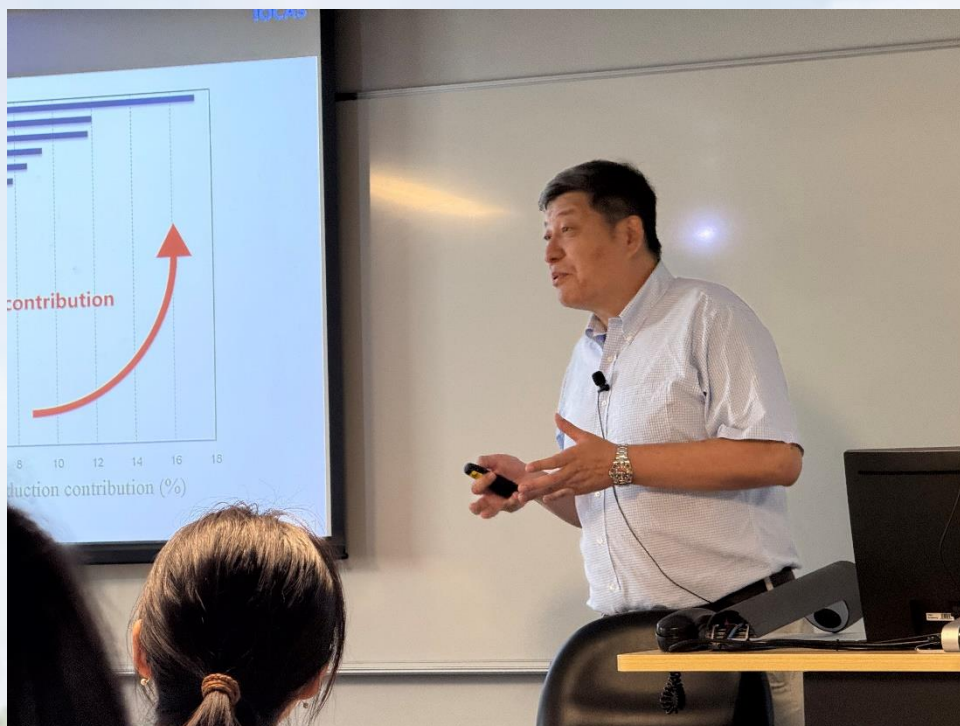


2. 【活動回顧】知名海洋遙感專家李曉峰教授蒞臨港澳海洋研究中心（CORE）分享人工智能海洋預報前沿突破

2025年6月24日，中國科學院海洋研究所李曉峰教授蒞臨港澳海洋研究中心（CORE）開展學術研討會，以“Recent Advances in AI-Based Ocean Forecasting（人工智能海洋預報技術最新進展）”為題，系統闡釋了AI技術如何重塑海洋科學研究範式，並分享我國自主研發的全球高解像度海洋

大模型“琅琊”的開發情況。

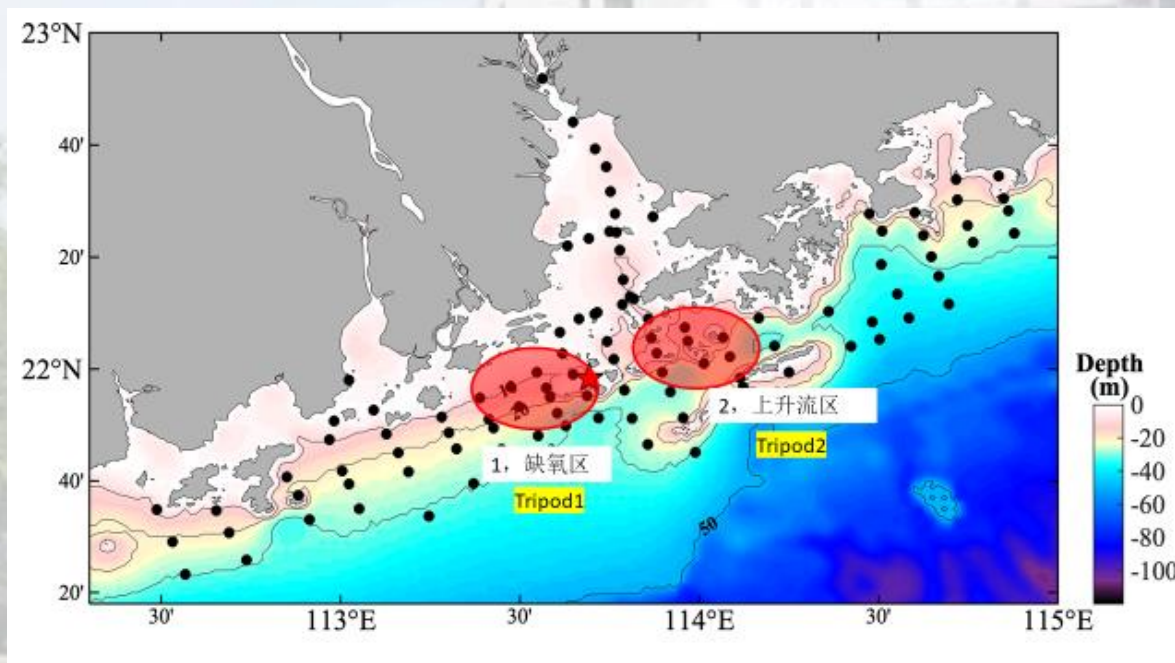
本次講座吸引了多名港澳海洋研究中心（CORE）成員，以及香港科技大學海洋科學系的師生、研究學者參與，現場就 AI 模型的可解釋性、多源數據融合瓶頸等議題展開熱烈討論。本次研討會通過人工智能與物理海洋學的交叉創新，增強了我們對多尺度海洋現象的理解和預測能力，助力國家海洋強國建設。



3. 【活動預告】港澳海洋研究中心（CORE）與卓越學 科領域計劃（AoE）Earth-HK 項目第二次科學考察航次 （2025 年夏）

今年夏季，港澳海洋研究中心(CORE)將聯袂卓越學科領域計劃(AoE) Earth-HK 項目組，再度於 7 月中旬在珠江河道、珠江口及廣東省沿岸海域展開聯合科考。此次規模宏大的調查將佈設近 90 個採樣點，通過系統性環境採樣，深入探究該海域現狀、演化動態及關鍵挑戰。

廈門大學、南方科技大學、香港科技大學、香港科技大學（廣州）及華南師範大學等多所高校的研究人員將共同參與本航次。本次科考活動旨在系統評估珠江口環境承載力、解析生態健康狀態、識別潛在風險，為其提供核心科學依據與數據支撐，進而有力驅動大灣區區域海洋環境保護與可持續發展。



二、科研進展亮點

亮點 1. 珠江流域未來水文時空變化：氣候變化與陸表的雙重控制

研究背景

陸地水文是地球系統的重要組成部分，是連接大氣、陸地和海洋的關鍵紐帶，直接影響着水資源安全和生態系統功能（Gleeson 等，2020）。受氣候變化影響，未來徑流的時空演變表現出顯著的區域性和季節性差異（Zhou 等，2023）。徑流由地表流和基流組成，但相較於總徑流，這兩部分在氣候變化下的響應機制關注較少。陸表通過調控水分在土壤剖面中的再分佈，影響水文對氣候變化的響應（Vereecken 等，2022）。複雜的陸氣相互作用機制為揭示未來水文變化機理和制定水資源管理策略帶來了挑戰（Zhu 等，2021）。

準確的氣候驅動數據是預測高變異徑流的前提（Freedman 等，2014；Holmes 等，2020）。全球氣候模式（GCMs）可集成大氣、海洋與陸地水文過程，是研究氣候影響的重要工具（Brands, 2022；Cannon, 2020）。但在區域應用時，模型不確定性會引入偏差，導致預測結果存在分歧（Cook 等，2020；Winter 等，2015）。

本研究旨在：

1. 構建多層次校準框架，篩選能有效降低水文不確定性的 GCM 子集；
2. 預測未來水文通量的時空分佈特徵；
3. 揭示季風氣候和陸表過程對水文動態的控制機制。

珠江流域（PRB）擁有典型的季風氣候、異質性強的陸表和人口密集的特徵，是理想的研究對象。

研究區域概況：

珠江流域位於中國南部，面積約 44 萬平方公里（圖 1）。該流域屬亞熱帶季風氣候，年均降水量約 1700 毫米，降水時空分佈不均。每年 4-9 月為汛期，約佔全年降水的 80%，主要受東亞夏季風（EASM）與南亞夏季風（SASM）影響。10 月至次年 3 月為枯季，受西伯利亞高壓帶來的東亞冬季風（EAWM）影響，降水較少。降水分佈受地形影響顯著，土地利用類型也受地形和氣候條件共同影響。

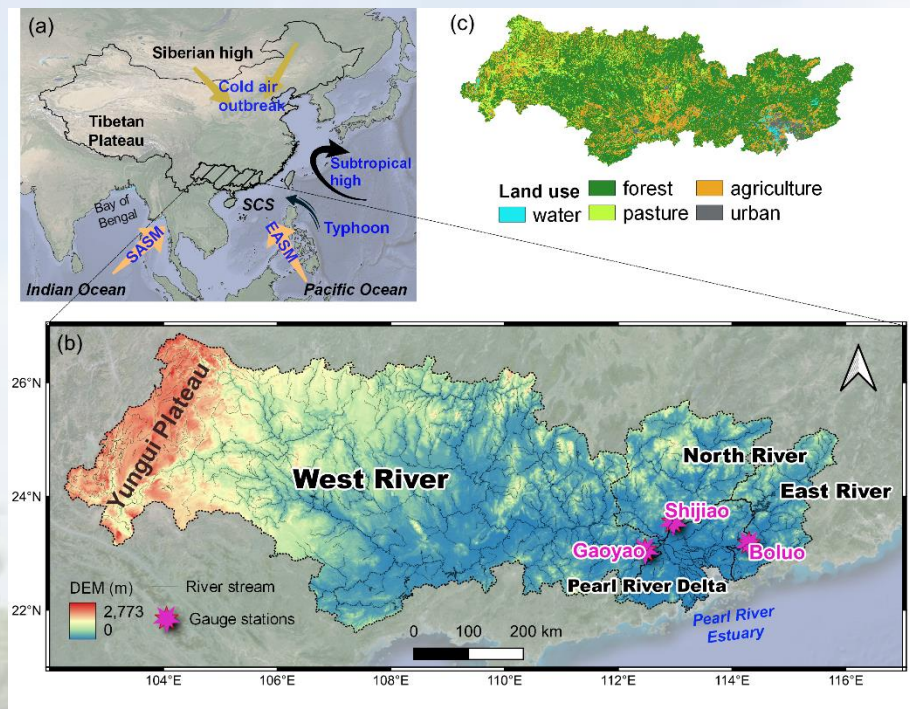


圖 1. (a) 珠江流域及季風系統分佈，(b) 地形、河流及控制水文站分佈，(c) 土地利用類型分佈圖。EASM 和 SASM 分別代表東亞夏季風和南亞夏季風，SCS 指南海。

多層次校準框架

我們構建了一個多層次校準框架以篩選可靠的 GCM 子集（圖 2a）。該框架將水文過程納入 GCM 評價、集合構建和偏差訂正過程，不僅關注氣候變量的統計表現，更注重水文約束（Guo 等，2023；Warszawski 等，2014）。我們利用偏差訂正後的 GCM 子集驅動 SWAT 流域水文模型，模

擬區域水文通量（圖 2b）。SWAT 模型通過水文響應單元（HRU）細緻反映地形、土壤、土地利用和管理等異質性因素。模型已在前期研究中進行了充分校準和驗證（Zhang 等，2024）

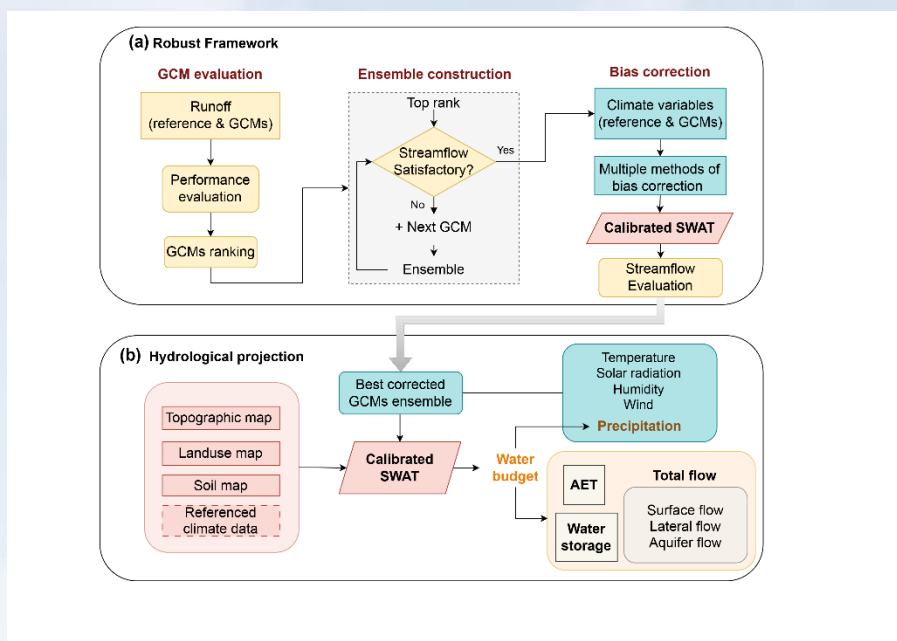


圖 2. 流程圖展示：(a) 構建大氣環流模式（GCMs）子集的穩健框架，(b) 利用土壤和水分評價工具（SWAT）模型預測陸地表面水通量。

主要結果

時序變化

模擬結果顯示，未來流域徑流呈現非線性變化趨勢：近期輕微減少，長期則大幅增加（圖 3）。與全體集合相比，GCM 子集驅動下的徑流年際波動更大，增速也有所不同。

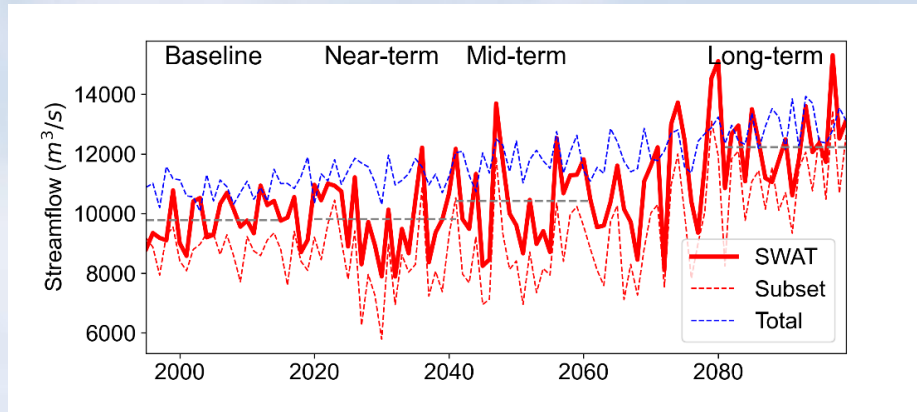


圖 3. 全流域徑流的時間序列，分別對應 SWAT 模擬結果 (SWAT)、GCM 子集集合 (Subset) 以及 GCM 總體集合 (Total)。

空間變化

總徑流變化空間格局與降水分佈基本一致 (圖 4)。近期，流域北部和東部徑流和降水增加最明顯；中長期則增加區逐漸向南部和東部轉移。實際蒸散量 (AET) 增加主要集中在高緯度地區，但增幅小於降水。降水主導了總徑流的變化，AET 次之。流域西部 (如雲貴高原) 短期和中期總徑流下降，東部則持續增長。整體而言，徑流變化表現為年際非線性、季節性增強和空間分異加劇，這與氣候變化下東亞夏季風增強和南亞夏季風減弱密切相關。

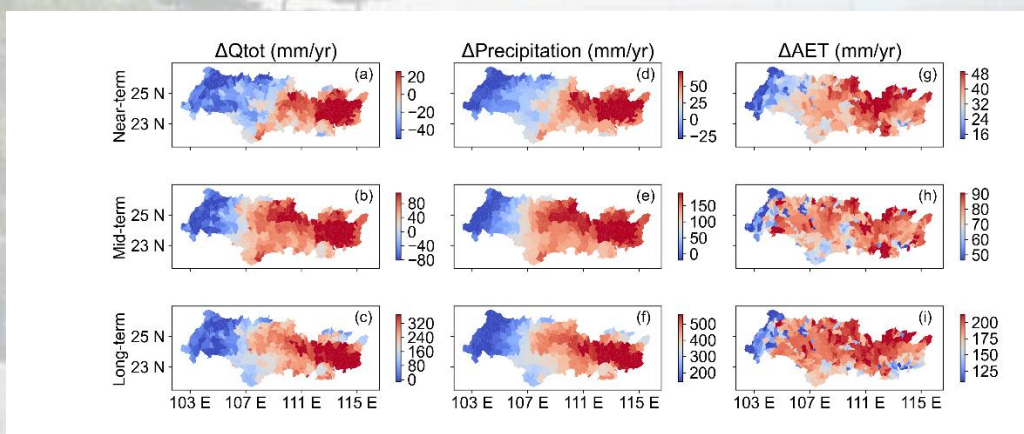


圖 4. 未來各時期相對於參考時期平均值的總徑流 (左側)、降水 (中間) 和實際蒸散量 AET (右側) 的空間變化。上、中、下三排分別表示近期、中期和長期的變化。所有數值均以每年毫米 (mm/yr) 為單位表示。

研究亮點

本研究系統探討了區域季風氣候和下墊面過程共同變異作用下的未來水文變化。我們採用多層次校準框架篩選 GCM 子集，並利用經過充分驗證的 SWAT 模型，模擬了珠江流域內異質性的水文通量分佈。主要結論如下：

1. 珠江流域的徑流預計將呈現非線性變化特徵，近期略有下降，長期則顯著增加。其中，流域東部的徑流增幅大於西部。徑流的時空變化主要受增強/減弱的東亞/南亞夏季風 (EASM/SASM) 和下墊面過程的共同影響。
2. 下墊面過程調控了徑流對氣候變化的響應。由於森林丘陵區具有較高的截留能力，側向流的變幅最大；而在土壤較粗、蓄水能力強的農業區，地下水流變化最為顯著。兩者在豐水期/枯水期分別表現為隨着降水/蒸散的增加而增加/減少的趨勢。城市地區因蒸散弱、降水增強，地表徑流則呈持續增加趨勢。
3. 我們建立了多層次校準框架用於篩選能有效降低水文不確定性的 GCM 子集，包括 GCM 評價、集合構建和偏差訂正。該框架高效、可靠，能夠為區域未來水文模擬提供堅實支撐。

更多詳細時空特徵分析，歡迎查閱： Zhang, Y., & Gan, J. (2025). Spatiotemporal dynamics of future hydrology in the Pearl River Basin: Controls of climate change and land surface. *Journal of Hydrology: Regional Studies* 58, 102239. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2025.102239>

三、論文 (2025 年 05 月 - 2025 年 06 月)

1. Zhang, X., Chen, Z., Li, J., Luo, Q., Wu, L., & Yu, W. (2025). epLSAP-Align: a non-sequential protein structural alignment solver with entropy-regularized partial linear sum assignment problem formulation. *Bioinformatics*, 41(6), btaf309.
<http://doi.org/10.1093/bioinformatics/btaf309>