

# 洞庭湖漂尾洲的百年演变及驱动机制

邹聪<sup>1,2</sup>, 余姝辰<sup>1,2\*</sup>, 邹娟<sup>1,2</sup>, 龙欢<sup>1,2</sup>, 赵动<sup>1</sup>, 孟朝<sup>1</sup>, 贺秋华<sup>1</sup>

1.湖南省自然资源事务中心, 长沙 410004

2.洞庭湖区生态环境遥感监测湖南省重点实验室, 长沙 410004

**摘要:** 洞庭湖洲滩的快速扩张是导致湖泊萎缩、蓄洪能力下降及湿地生态问题加剧的关键因素。本研究基于 1924 年以来 12 个时段的历史地图与多源航天航空遥感数据, 综合运用遥感解译与历史地貌对比方法, 系统分析了东洞庭湖最大洲滩——漂尾洲近百年的时空演变过程。结果表明: 1924—2024 年, 漂尾洲呈舌状形态持续向东北方向的君山、城陵矶一带推进, 面积由 78.21 km<sup>2</sup> 扩展至 494.23 km<sup>2</sup>, 年均净增 4.16 km<sup>2</sup>。其演化过程具有显著的阶段性特征: 1924—1944 年为快速扩张期; 1944—2004 年为持续缓慢扩张期; 2004—2024 年则呈现微弱萎缩态势。漂尾洲的发育演化受多重因素耦合控制: 南洞庭湖来流经狭窄通道进入东洞庭湖后水域突然展宽的水文格局, 是塑造其形态与扩展方向的水动力基础; 流域来沙及其选择性淤积是洲滩发育的物质条件; 而 20 世纪以来大规模的堤垸围垦与 21 世纪初期的湖砂开采等人类活动, 则是近 20 年洲滩由扩张转为萎缩的主要驱动因子。研究结果为洞庭湖洲滩湿地保护修复与水沙调控决策提供了关键的历史基础数据与科学支撑。

**关键词:** 历史地图; 遥感技术; 洞庭湖; 漂尾洲; 时空演变; 驱动机制  
中图分类号: P237 收稿日期: 2026-2-28

## Centennial Evolution and Driving Mechanisms of Piaoweizhou in Dongting Lake

ZOU Cong<sup>1,2</sup>, YU Shuchen<sup>1,2,\*</sup>, ZOU Juan<sup>1,2</sup>, LONG Huang<sup>1,2</sup>, ZHAO Dong<sup>1</sup>, MENG Chao<sup>1</sup>, He Qihua<sup>1</sup>

1. Hunan Center of Natural Resources Affairs, Changsha Hunan 410004, China; 2. Hunan Provincial Key Laboratory of Remote Sensing Monitoring of Ecological Environment in Dongting Lake Area, Changsha Hunan 410004, China.

**Abstract:** (Background)The rapid expansion of the Dongting Lake wetlands is a key factor leading to lake shrinkage, decreased flood storage capacity, and exacerbated wetland ecological issues. (Methods)Based on historical maps from 12 time periods since 1924 and multi-source aerospace and aviation remote

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(No.2024JJ8320), 湖南省科技人才托举工程“年轻优秀科技人才培养计划”(No.2023TJ-N16)共同资助。

作者简介: 邹聪(1992-), 女, 工程师, 自然资源与国土空间生态遥感监测.E-mail: 447497563@qq.com,ORCID: 0009-0008-3205-0949

通讯作者: 余姝辰(1990-), 女, 博士、高级工程师, 水工环地质和国土空间生态遥感监测.E-mail: 22581400@qq.com

引用格式: 邹聪, 余姝辰, 邹娟, 龙欢, 赵动, 孟朝, 贺秋华, 2026. 洞庭湖漂尾洲的百年演变及驱动机制.地球科学, \*\* (\*\*): \*\*\*-\*\*\*.

Citation: Zou Cong, Yu Shuchen, Zou Juan, Long Huang, Zhao Dong, Meng Zhao, He Qihua, 2026. Centennial Evolution and Driving Mechanisms of Piaoweizhou in Dongting Lake.Earth Science, \*\* (\*\*): \*\*\*-\*\*\*

sensing data, this study comprehensively utilizes remote sensing interpretation and historical geomorphological comparison methods to systematically analyze the spatiotemporal evolution process of Piaoweizhou, the largest wetland island in East Dongting Lake, over the past century. (Results)The results indicate that from 1924 to 2024, Piaoweizhou has continuously advanced in a tongue-like shape towards the Junshan and Chenglingji areas in the northeast, expanding from 78.21 km<sup>2</sup> to 494.23 km<sup>2</sup>, with an average annual net increase of 4.16 km<sup>2</sup>. Its evolution process exhibits significant phased characteristics: rapid expansion from 1924 to 1944; continuous slow expansion from 1944 to 2004; and a slight shrinkage trend from 2004 to 2024. The development and evolution of Piaoweizhou are controlled by multiple factors: the hydrological pattern where the water from South Dongting Lake enters East Dongting Lake through a narrow channel and then suddenly widens, which serves as the hydrodynamic foundation shaping its morphology and expansion direction; sediment supply from the basin and its selective deposition, which provide the material conditions for wetland island development; and human activities such as large-scale dike reclamation since the 20th century and lake sand mining in the early 21st century, which are the main driving factors for the wetland island's transition from expansion to shrinkage in the past 20 years. (Conclusion)The research results provide crucial historical basic data and scientific support for the protection, restoration, and water-sediment regulation decisions of Dongting Lake wetlands.

**Key Words:** Historical maps; remote sensing technology; Dongting Lake area; piaoweizhou; spatiotemporal evolution; driving Mechanisms

## 0 引言

作为水陆生态交错带，湖泊洲滩是维系湖岸生态系统平衡与生物多样性的关键区域（陈宜喻等，2003；Zedler and Kercher, 2005；Asselen et al., 2013）。洞庭湖洲滩湿地具有水位消落幅度大、分布范围广、生境类型多样等特点（Long et al., 2022），不仅是湖区围垦活动的基础（邹娟等，2025），其持续扩张也导致了湖泊萎缩（余姝辰等，2021；2025）、水资源调蓄能力下降（余姝辰等，2025）、洪涝灾害风险加剧（来红州等，2004），并引发生物多样性下降与水环境恶化等系列问题（冯晨等，2024）。因此，系统揭示洲滩时空演化特征及其驱动机制，对深入理解自然过程与人类活动共同作用下的湖泊生态系统演变具有重要意义。

洞庭湖洲滩研究具有鲜明的应用导向。1944年，原国民政府组织湖南滨湖洲土视察团，首次查明了湖区洲土面积为 1790.67 km<sup>2</sup>，开启了洲滩调查的先河（中华民国治安部警务司，1944）。1960—1970年代，为服务围湖造田，湖南省水电勘测设计院先后两次通过实地调绘方式开展洲滩调查（陈宝顺，1986）。1980年代以来，伴随防洪减灾与湿地保护需求的提升，学术界对洲滩演变给予了持续关注，研究方法亦逐步多元化（余姝辰，2021）。早期研究多基于出入湖泥沙资料，虽能定量分析洲滩扩展速率，但难以明确淤积空间位置（冉凤维等，2023）；地形图对比分析可揭示湖盆高程变化，相关研究表明泥沙淤积强度随高程增加而减弱（冉雪嫣等，2021），且洲滩增高速度呈现东洞庭湖>西洞庭湖>南洞庭湖的分异特征（袁正科等，2004），但因历史地形图时间覆盖有限，难以构建长时序演变序列。遥感技术的引入，为动态监测洲滩出露提供了新手段（Zesmi and Bauer, 2002）。已有研究利用 MODIS 数据分析了三峡工程运行以来洲滩面积与出露时间的变化特征（梁婕等，2012），或采用 SBAS-InSAR 技术监测洲滩地表形变（谢春逸，2024），但受数据源限制，研究时段多集中于 1970 年代以后，更早期时期的洲滩演变尚缺乏系统重建，且多基于高时间分辨率数据，在空间分辨率上存在局限（Liu et al., 2021）。近年来，部分学者尝试整合多时段历史地图与遥感影像，开展洲滩长时序演变研究（余姝辰，2019；2025；Yu et al., 2024；邱罗等，2024），从宏观层面揭示了洞庭湖不同区域的洲滩发育特征，但对漂尾洲这一典型洲滩的演变过程尚未深入剖析。

漂尾洲位于东洞庭湖，是近百年来洞庭湖区发育最快、面积最大的洲滩（余姝辰，2019；2025；

Yu et al.,2024; 邱罗等, 2024), 也是湖南省委省政府组织实施的“洞庭湖生态环境专项整治行动”, 自然资源部等五部委批复实施的“洞庭湖区山水林田湖草沙一体化生态保护修复工程”的重点治理对象。本研究基于 1930 年代以来 12 个时段的历史地形图与遥感影像, 系统反演民国中期以来漂尾洲的时空演变过程, 定量刻画其形态变化与扩张特征, 并结合泥沙与水文资料探讨其驱动机制。研究旨在实现近现代漂尾洲演变过程的长时序动态解析, 为深化洞庭湖演化认识、优化洲滩湿地保护修复与水沙调控策略提供科学依据。

## 1 研究区概况

洞庭湖漂尾洲原名武岗洲, 因近百年来洲滩尾部发育迅速、形态动态游移而得名。该洲滩位于东洞庭湖中部, 平面形态呈底边朝南、南宽北窄的舌形, 主体延伸方向为NE30°。其南抵双穗垸, 北至君山岛, 西界临近漉湖—舵杆洲一线, 东侧沿湘江下游东洞庭湖段展布。漂尾洲周边水系发育, 水动力条件复杂: 南部有草尾河与嵩竹河汇入, 承接藕池河支、西支及淞虎洪道、澧水洪道的部分水沙; 西侧受南洞庭湖湖流影响, 该湖流主要由资水、沅水及嵩竹河径流驱动; 东侧湘江顺洲而下, 另有发源于江西修水黄龙山梨树垸、于磊石山入湖的汨罗江流经洲体东缘(图1)。上述水系格局为漂尾洲的发育演化提供了持续的物质输移与沉积动力条件。

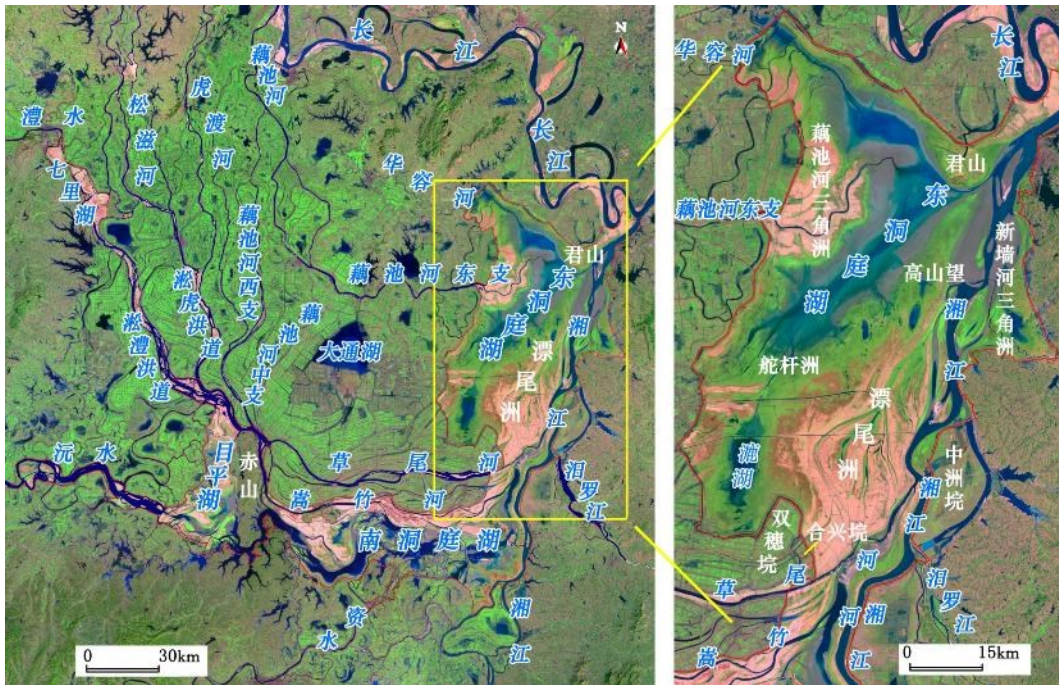


图1 研究区地理位置图

Fig.1 Research area and surrounding water systems

漂尾洲是洞庭湖区近百年来形成的最大洲滩。截至2024年, 洲滩南北纵贯45.71 km, 东西最宽处达18.11 km, 总面积494.23 km<sup>2</sup>。从空间功能分异来看, 洲滩北部大部分区域位于东洞庭湖国家级自然保护区范围内, 是候鸟、麋鹿等珍稀野生动物的重要栖息地(李丛蕾等, 2023); 南部非保护区区域则布设有风力发电设施。地表覆盖类型以芦苇、湖草及沙洲为主。历史上, 洲滩曾广泛分布人工矮围, 至2018年已全部拆除, 区域人类活动干扰强度随之降低。

## 2 信息源与方法

### 2.1 信息源

本研究共收集1924年以来12个时段的历史地形图与卫星遥感影像, 涵盖多源数据。

历史地形图共3个时段: (1) 1924年前后, 湖南省陆地测量局实测的1:25 000地形图, 该图系为落实《湖南田赋新章》而测绘, 高程以长沙小吴门外假设标高点100 m起算, 图式沿用民国二年地形原图图式, 无经纬度及坐标系信息(图2a)。(2) 1949年, 美国陆军制图局参照1944年航摄

照片修测的1:250 000地形图，采用横轴墨卡托投影，高程基准为吴淞零点，无坐标系但具备经纬度标识（图2b）。（3）1958年，湖南省测绘局基于1954年11—12月前苏联黑白航片调绘的1:50 000地形图，采用北京54坐标系与吴淞高程系，数据格式为DRG（数字栅格图，图2c）。上述地形图均清晰标示了当年洲滩分布范围。

卫星遥感影像共9个时相4种类型：（1）KH-4B影像1个时相，1968年12月获取，空间分辨率1.8 m，成像时城陵矶水位20—21 m（图2d）。（2）MSS影像2个时相，分别于1973年12月8日、1978年12月17日获取，分辨率79 m，对应水位20.55 m、20.69 m（图2e）。（3）TM影像3个时相，分别于1987年12月26日、1998年12月20日、2004年12月23日获取，分辨率30 m，对应水位20.75 m、20.66 m、20.42 m。（4）ETM+/OLI影像3个时相，分别于2014年1月23日、2017年12月20日、2024年1月7日获取，分辨率15 m，对应水位21.08 m、20.28 m、20.19 m（图2f）。

此外，为提升图像处理精度并精细刻画漂尾洲局部细节，本研究还收集了2014年航摄正射影像（DOM，分辨率0.45 m）及典型区域无人机影像（分辨率0.1 m）作为辅助数据。

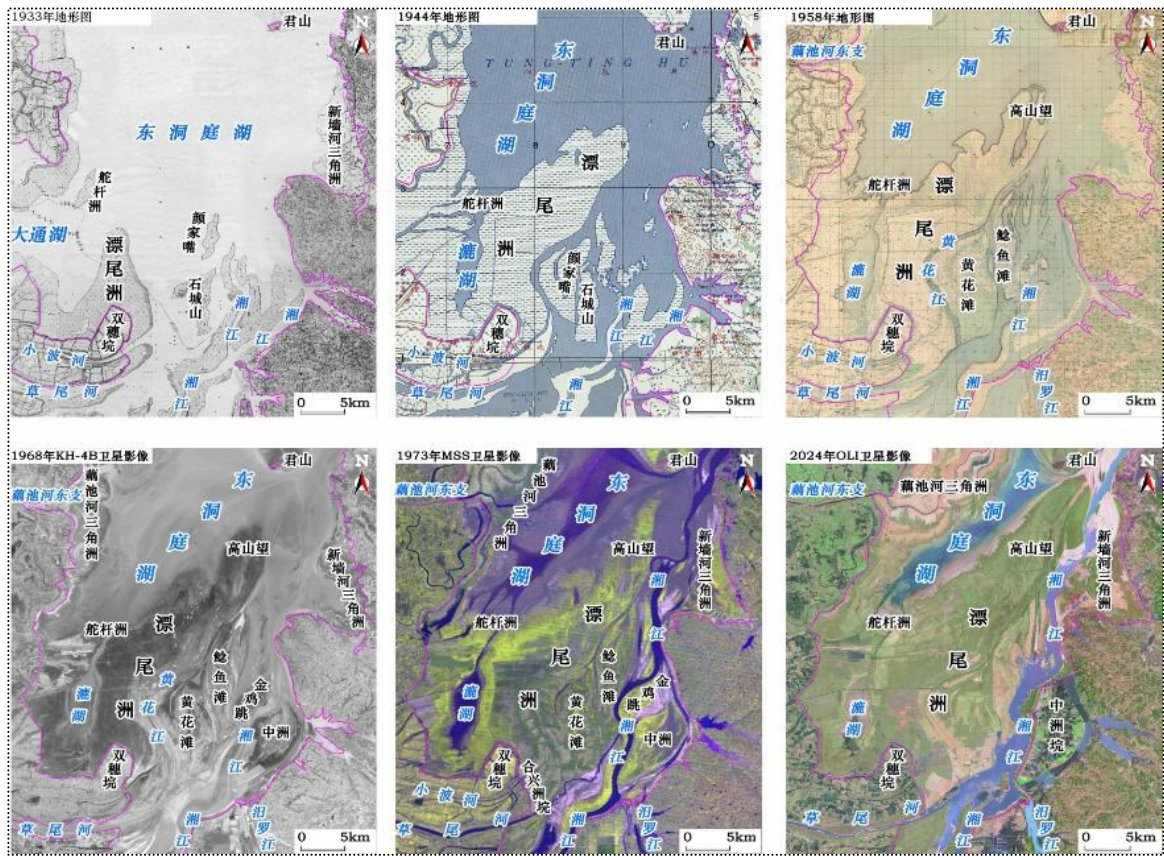


图2 1924年以来漂尾洲空间扩展典型信息源

Fig.2 Typical information sources for spatial expansion of the PiaoWei Delta since 1924

## 2.2 技术方法

### 2.2.1 信息源处理

针对多源异构数据的特点，本研究采用分类型、分时相的处理策略。对于1958年DRG数据，因其具备严格的几何参数，在ArcGIS平台下逐图幅进行坐标系与高程基准转换，统一至CGCS2000坐标系和1985国家高程基准，而后进行图幅拼接。对于1924年、1944年无坐标系或无经纬度信息的历史地形图，以及部分早期卫星影像，以已校正的1958年DRG数据为平面控制基准，通过选取均匀分布的地面控制点进行配准与拼接。对于多平台获取的多时相卫星影像，以2014年高精度航摄DOM为基准，在ERDAS Imagine软件支持下，采用多项式纠正模型进行影像配准、几何精纠正与镶嵌。所有处理后的数据统一重采样至15.0m空间分辨率，并统一转换为CGCS2000坐标系和1985国家高程基准，以保证多源数据时空可比性。

### 2.2.2 洲滩信息提取

本研究涉及的数据源类型多样，针对不同数据特点采用相应的信息提取方法。

对于历史地形图，因其已清晰标绘洲滩地物边界，在 ArcGIS 10.8 平台支持下，采用人机交互方式逐图斑矢量化提取洲滩分布信息。

对于卫星遥感影像，基于水体光谱特性采用单波段阈值法提取洲滩信息。洞庭湖湖域范围由堤防、自然岸线及水体断面共同界定（余姝辰等，2020），湖盆内仅存在水面与裸露洲滩两种地类，两者随水位涨落呈此消彼长的互补关系。洲滩边界提取的关键在于准确识别水涯线，需结合同期水位数据排除浅水区干扰，确保平缓滩涂处水涯线连续且无交错。遥感原理上，水体在近红外（NIR）及短波红外（SWIR）波段具有强吸收特性，反射率极低（Gert et al., 2006），因此采用 NIR 或 SWIR 单波段阈值法可有效识别水体。具体处理流程为：首先以人机交互方式圈定湖泊边界，通过掩膜处理剔除湖区外围地物；进而采用 K-Means 非监督分类方法提取湖泊水体信息；最后依据水面与洲滩在湖盆范围内的空间互补关系，逆向提取洲滩分布范围。

## 3 漂尾洲的时空演变

基于各时段历史地图与遥感影像提取的漂尾洲平面形态如图 3 所示。

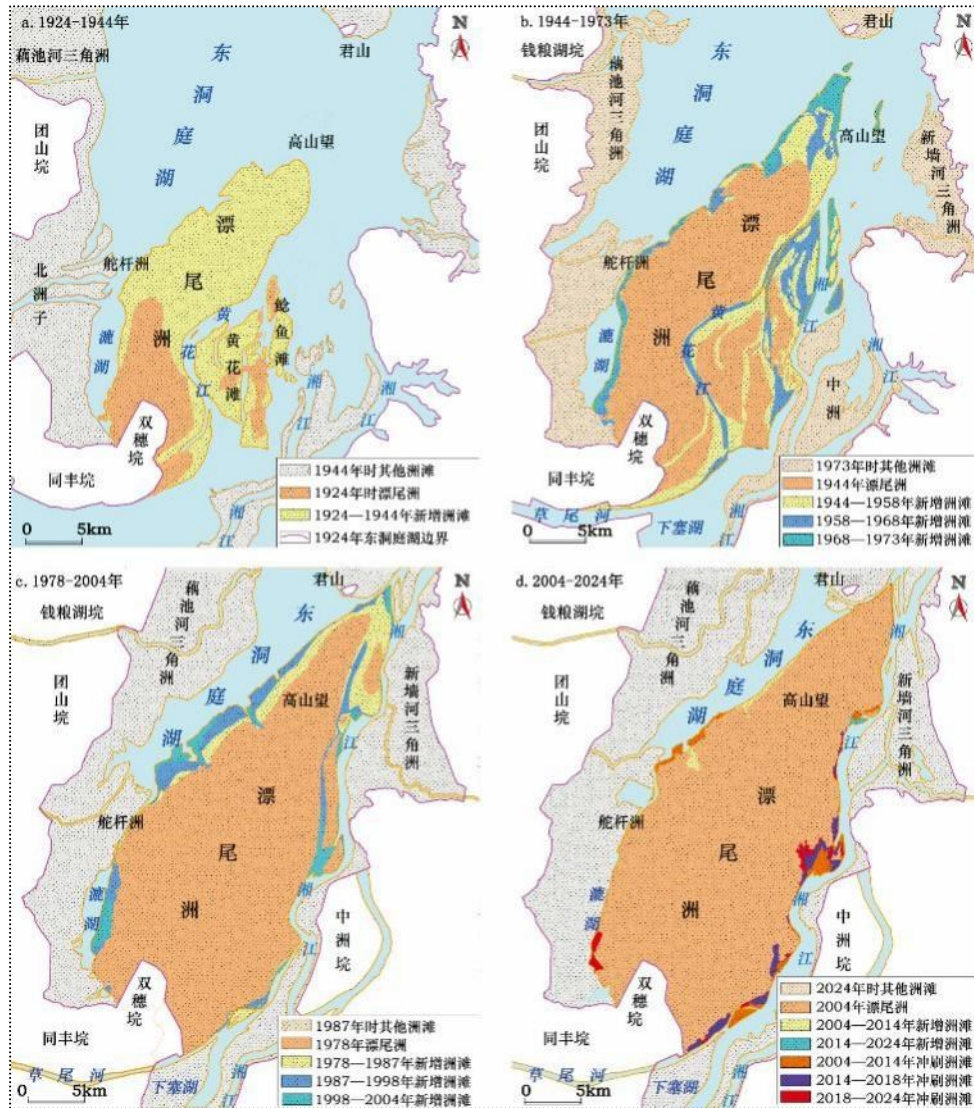
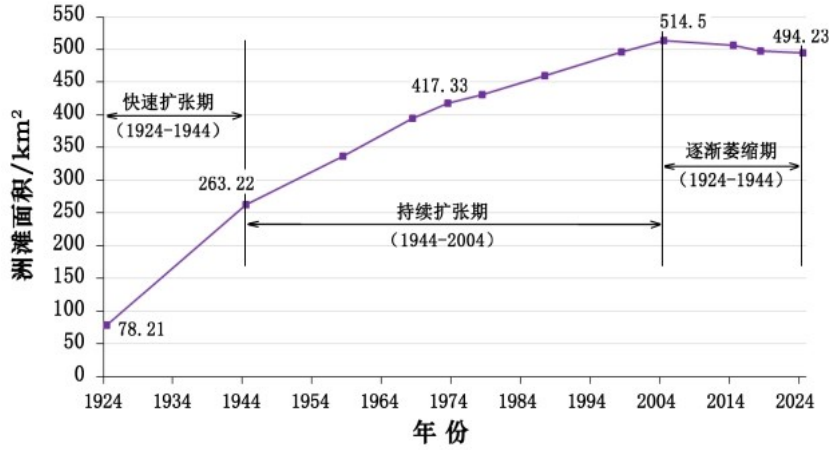


图 3 1924 年以来漂尾洲空间演变图

Fig.3 Spatial Evolution Map of Piaoweizhou since 1924

近百年来，漂尾洲持续向东北方向扩展，其空间演变主要表现为：草尾河入湖流路向湖心推进并于洲尾转折北流；湘江下游河道沿洲滩东缘向北延伸；湘江左岸边滩逐渐与漂尾洲并岸；洲体整体向北东方向迁移，其北端已漫越君山岛东侧，逼近洞庭湖唯一出口城陵矶。

依据图 3 中各时期相洲滩边界，量算并统计不同时期漂尾洲面积（图 4）。2024 年漂尾洲总面



积达 494.23 km<sup>2</sup>，其中 1924 年已有洲滩面积为 78.21 km<sup>2</sup>，1924—2024 年净增面积 416.02 km<sup>2</sup>，年均扩张速率为 4.16 km<sup>2</sup>/a。不同时段扩张速率呈现明显差异：1924—1944 年为快速扩张期；1944—2004 年扩张速率趋缓；2004—2024 年（三峡水库运行以来）则呈微弱萎缩态势。据此，可将近百年来漂尾洲演化过程划分为 3 个阶段（图 4）。

图 4 1924-2024 年洞庭湖漂尾洲面积变化

Fig.4 Area Variation of Piaowei Zhou in Dongting Lake from 1924 to 2024

(1) 1924—1944 年快速扩张期。该时期漂尾洲面积由 78.21 km<sup>2</sup>增至 263.22 km<sup>2</sup>，净增 185.01 km<sup>2</sup>，年均扩张速率达 9.25 km<sup>2</sup>/a，为近百年来发育最快阶段。

19 世纪中叶，藕池（1852 年）、松滋（1870 年）相继溃口，形成荆江“四口”分流入洞庭的格局，大量泥沙输入导致湖区迅速淤涨（王克英，1998）。至光绪年间，大通湖以南已淤成“南洲”。民国初期，地方军阀为增加田赋收入，鼓励围垦（湖南省地方志编纂委员会，2007），1916 年湘阴县在“南洲”东延区域修筑双穗垸。其周边水系（赛阳河、长港河、义南河及小波河）挟带泥沙汇入双穗垸北部，至 1924 年形成漂尾洲雏形，面积 78.21 km<sup>2</sup>，南北长 19.14 km、东西宽 7.96 km。同期，在草尾河、南洞庭湖湖流及湘江联合作用下，洲滩东侧发育黄花滩、鲢鱼滩等小型洲土。1931、1935 年流域性大水后，堤垸与水系频繁调整，洪水挟沙促使洲滩快速扩张。至 1944 年，小波河、草尾河延伸入湖并转折北流，形成湖内河流黄花江，沿江发育边滩；东部黄花滩、鲢鱼滩向西、北发展并趋近漂尾洲，洲滩北缘抵近高山望（图 3a），洲体扩大至南北长 28.65 km、东西宽 8.21 km，总面积 263.22 km<sup>2</sup>。

(2) 1944—2004 年持续扩张期。该时期洲滩面积由 263.22 km<sup>2</sup>增至 514.50 km<sup>2</sup>，60 年间净增 251.28 km<sup>2</sup>，占近百年来总增量的 60.40%，年均扩张 4.19 km<sup>2</sup>/a。其中，1944—1973 年为相对快速扩张阶段，年均扩张 5.31 km<sup>2</sup>/a；1974—2004 年为相对缓慢扩张阶段，年均扩张 3.13 km<sup>2</sup>/a。

1949、1952、1954 年流域连发特大洪灾，湖南省政府组织实施大通湖“蓄洪垦殖”及南洞庭湖“堵支并流并垸”工程（湖南省地方志编纂委员会，2007）。此后，伴随“以粮为纲”方针下的湖区大规模围垦，洞庭湖通江湖泊面积由 1949 年的 4392.47 km<sup>2</sup>锐减至 1978 年的 2707.84 km<sup>2</sup>（余姝辰等，2020），湖泊萎缩压缩了泥沙淤积空间，客观上加速了洲滩发育。1958 年地形图、1968 年 KH-4B 影像及 1973 年 MSS 影像显示，此阶段漂尾洲北缘越过高山望向君山逼近，东部黄花江等湖内水道逐渐淤塞，黄花滩、鲢鱼滩等与主洲并岸，西侧澧湖边岸亦持续扩张（图 3b）。至 1973 年，洲滩面积达 417.33 km<sup>2</sup>，较 1944 年净增 154.11 km<sup>2</sup>。

1967—1972年，荆江中洲子、上车湾人工裁弯工程实施及沙滩子自然裁弯后，干流下泄条件改善，江湖关系调整导致入洞庭湖泥沙减少，洲滩扩张速率趋缓。1973—2004年遥感影像表明，漂尾洲北缘持续推进并已漫越君山，东部黄花江水系基本淤平，西部漉湖东岸继续向湖心扩展（图3c）。30年间洲滩净增97.17 km<sup>2</sup>，年均3.13 km<sup>2</sup>/a，较前一阶段减缓41.05%。

(3) 2004—2024年微弱萎缩期。此阶段漂尾洲面积由514.50 km<sup>2</sup>缩减至494.23 km<sup>2</sup>，20年间萎缩20.27 km<sup>2</sup>，年均减少1.04 km<sup>2</sup>/a，结束了长期扩张态势。

2003年三峡工程运行后，长江中下游水沙调节显著，加之湘、资、沅、澧四水上游水土保持力度加大，入湖泥沙锐减，洲滩淤积速率大幅降低。同时，2004年以来洲滩东部沿湘江一线因湖砂开采呈现冲刷下切（图3d），进一步加剧萎缩。图4显示，2004、2014、2018、2024年漂尾洲面积分别为514.50 km<sup>2</sup>、506.93 km<sup>2</sup>、498.41 km<sup>2</sup>和494.23 km<sup>2</sup>，呈持续递减趋势。

## 4 漂尾洲的形成与演化机理

### 4.1 特定的水系格局是漂尾洲形成的水动力条件

民国时期，漂尾洲发育于东西两股水流的交汇地带：西侧为北东流向的赛阳河、长港河等水系，东侧为近东西流向的小波河、草尾河及自南而北的南洞庭湖湖流（图5a）。上述水流于双穗垸北部汇聚，形成水动力相对减弱区，挟带机械碎屑物在此沉积，形成了漂尾洲雏形。该水系格局为1924—1944年洲滩快速扩张提供了持续物源与沉积动力。此阶段，湘江主洪道尚未直接参与洲滩建造，主要表现为沿江两岸的天然堤、边滩、心滩及漫滩等河流相沉积。

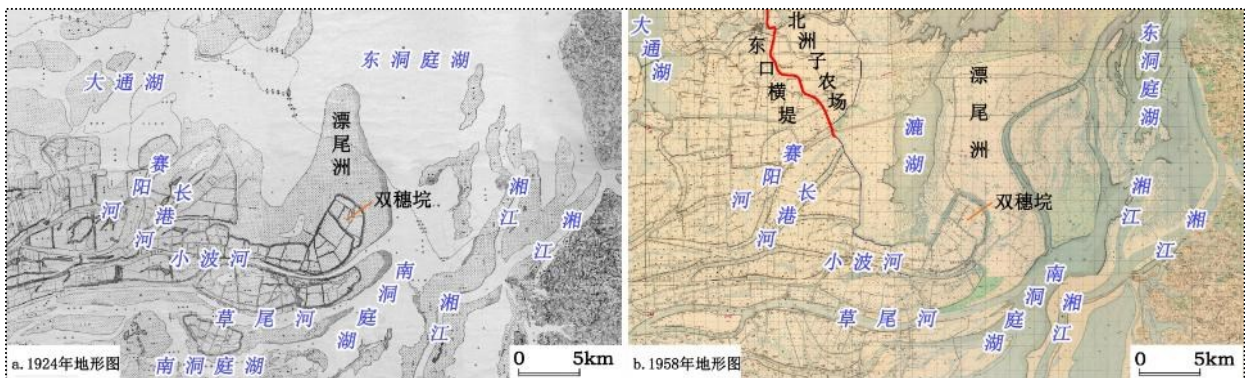


图5 1924年和1958年漂尾洲周边水系

Fig.5 The surrounding river system of Piaoweizhou in 1924 and 1958

1952年大通湖围垦工程实施后，区域水系格局发生重大调整。西侧赛阳河、长港河及小波河等上游水源被切断，漉湖一带转为相对静水环境。漂尾洲泥沙供给转而主要依赖东南部的草尾河、南洞庭湖湖流及湘江主洪道（图5b）。其中，草尾河汇集藕池河中、西支及淞虎洪道、澧水洪道部分水沙；湘江下游经斗米咀沿南洞庭湖东岸北流；南洞庭湖湖流则由嵩竹河、资水、沅水等径流共同驱动。水系格局的重构改变了洲滩水沙输移与沉积环境，是1949年后漂尾洲扩张速率减缓的主要控制因素。

南洞庭湖湖流携带泥沙于青山垸一带与湘江汇合，随后经上、下荷叶湖继续北流，并与草尾河、嵩竹河等水流交汇。该区段过流断面较为狭窄，自合新洲东南角大东闸至屈原农场西北角大湾处，断面宽度仅5.58 km。汇合后的湖流于磊石山接纳东来的汨罗江后，过流断面骤然展宽至26.85 km，横跨整个东洞庭湖（图6），流速急剧衰减，形成有利于泥沙沉降的沉积环境。受右岸自然岸线约束及汨罗江入流顶托作用，水流挟带的泥沙主要向西、西北及北部湖域扩散，塑造了西起漉湖、东至湘江河谷的宽阔洲滩。漂尾洲的发育呈现典型的吞吐型湖泊沉积特征：汛期洪水漫越洲滩，悬移质中的泥质与粉砂等细粒物质垂向加积，形成河漫滩相沉积层。经年累月的淤积作用，促使洲滩前缘由南向北经高山望持续向君山方向推进。

### 4.2 出入泥沙变化是漂尾洲发育的物质基础

洞庭湖周边水系发育，众多河流携带泥沙入湖后，因水域骤然展宽、水流扩散，挟沙能力下降，发生沉积分异：较粗的砾石与砂级碎屑快速堆积形成河口三角洲，而粉砂与粘土等细粒物质则被搬运至湖心区域沉降。受限于新中国成立前泥沙观测资料匮乏，本研究仅收集 1950 年代以来的实测数据。据《洞庭湖区整治开发综合考察研究专题报告》及 2000 年以来《中国河流泥沙公报》，1951—2024 年洞庭湖出入湖泥沙量变化如图 7 所示。

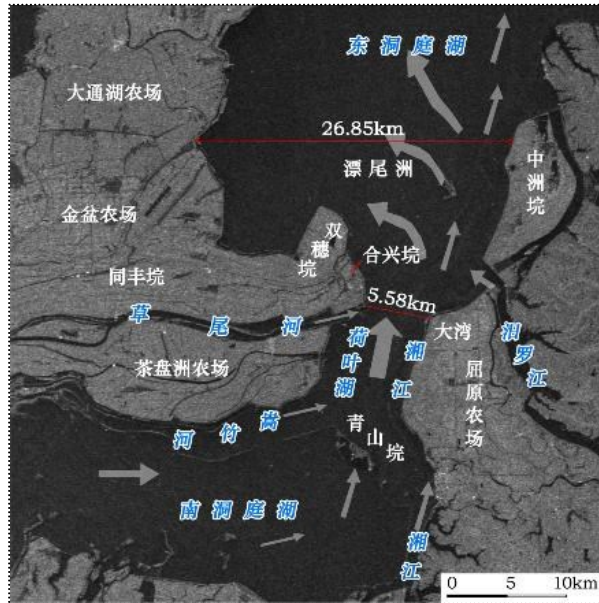


图 6 漂尾洲形成机理示意图

Fig.6 Schematic Diagram of the Formation Mechanism of Piaoweizhou

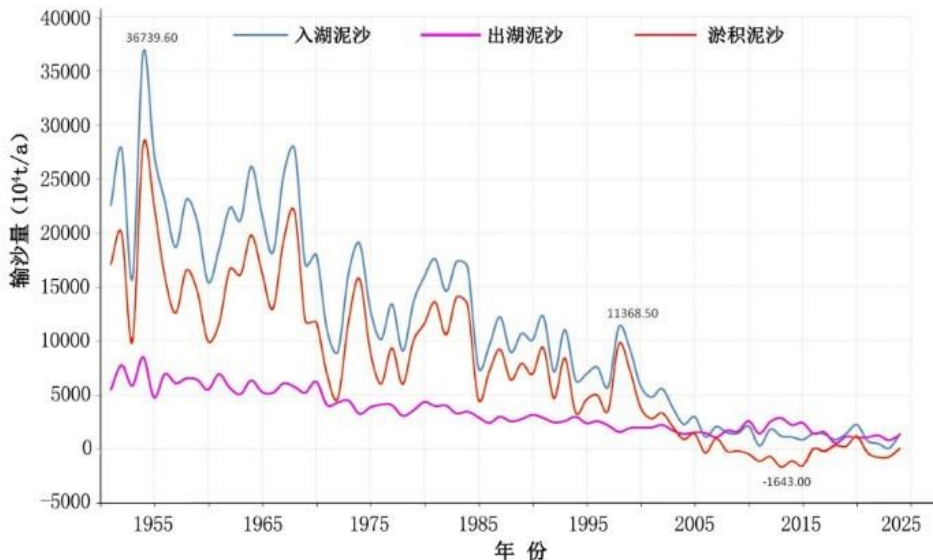


图 7 1951 年以来洞庭湖出入湖泥沙变化

Fig.7 Changes in Sediment Inflow and Outflow of Dongting Lake since 1951

由图 7 可知，1951—2024 年洞庭湖年均入湖泥沙量为  $11274.20 \times 10^4$  t/a，出湖泥沙量为  $3477.58 \times 10^4$  t/a，年均淤积量为  $7796.61 \times 10^4$  t/a。不同时段泥沙通量差异显著：1951—2003 年，年均入湖、出湖及淤积量分别为  $15172.60 \times 10^4$  t/a、 $4215.86 \times 10^4$  t/a 和  $10956.74 \times 10^4$  t/a。其中，1951—1973 年年均淤积量高达  $15219.76 \times 10^4$  t/a；1974—2004 年降至  $7688.43 \times 10^4$  t/a。2004—2024 年，年均入湖泥沙锐减至  $1435.38 \times 10^4$  t/a，出湖泥沙为  $1614.32 \times 10^4$  t/a，年均淤积量为  $-178.94 \times 10^4$  t/a，呈

现净冲刷状态。

拟合图 4 中不同时段漂尾洲的扩张速率与图 7 中相应时段年均泥沙淤积量并进行相关性分析（图 8）。结果表明，两者呈显著正相关关系：年均泥沙淤积量越大，漂尾洲扩张速率越快。例如 1958—1968 年，年均泥沙淤积量达  $16023.83 \times 10^4 \text{ t/a}$ ，洲滩扩张速率高达  $5.84 \text{ km}^2/\text{a}$ ；反之，2014—2018 年年均泥沙淤积量为  $-479.65 \times 10^4 \text{ t/a}$ （入不敷出），洲滩则呈现冲刷萎缩，年均退缩速率达  $-2.13 \text{ km}^2/\text{a}$ 。上述分析证实，出入湖泥沙通量及其淤积强度是控制漂尾洲发育演变的物质基础。

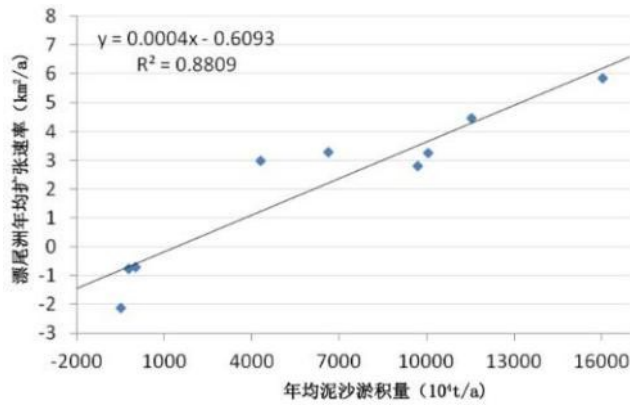


图 8 洞庭湖年均泥沙淤积量与漂尾洲年均扩张速率关系

Fig.8 The Relationship between the Annual Sediment Deposition Volume of Dongting Lake and the Annual Expansion Rate of Piaoweizhou

#### 4.3 堤垸围垦与湖砂开采是漂尾洲变化的外动力因素

漂尾洲的持续扩张为堤垸围垦提供了土地基础。1973 年，沅江市在草尾河入湖口右岸的漂尾洲南端高位洲滩围垦合兴垸，致使洲滩面积缩减  $8.35 \text{ km}^2$ ，标志着漂尾洲围垦活动的开端。1977—1978 年，再次于漂尾洲南部围筑面积达  $304.69 \text{ km}^2$  的“漂尾洲垸”。然而，该大型围垦工程未能承受水情考验。1979 年 6 月 27 日，在城陵矶水位尚低于警戒水位  $4.34 \text{ m}$  时，新筑堤垸即发生溃决，反映出当时围垦强度已超出湖泊生态与水文系统的承载极限。此外，2012 年沅江市在漂尾洲南部



围筑下塞湖垸,面积 18.81 km<sup>2</sup>,致使南洞庭湖水沙进入东洞庭湖的过流通道由 5.58 km 缩窄至 3.24 km,进一步加剧阻水效应。该垸最终于 2018 年被迫拆除(图 9)。

图 9 漂尾洲堤垸围垦情况

Fig.9 Land Reclamation Status of the Piaoweizhou Polder

洞庭湖长期泥沙淤积形成了丰富的近现代沉积型建筑砂石资源。本世纪以来,伴随交通基础设施建设、城镇化进程及房地产开发的快速推进,洞庭湖湖砂开采规模持续扩大,成为削减洲滩面积的重要因素。湖砂开采主要表现为当地俗称的“挖洲”作业,在漂尾洲主要分布于南部与南洞庭湖交界处及东部湘江河漫滩鲢鱼口一带。遥感影像上,“挖洲”区域呈现典型人工扰动特征:洲滩水涯线呈锯齿状不规则形态(图 10a),周边水体浑浊,挖掘陡坎沿水域断续环绕,局部可见沉积层理出露(图 10b)。



图 10 漂尾洲“挖洲”开采面无人机遥感影像

Fig.10 Drone Imagery Capturing Sand Mining Activity on Piaoweizhou

多期遥感影像对比分析表明,漂尾洲“挖洲”活动始于 2006 年 11 月,2014—2018 年尤为集中。2006—2024 年累计挖洲面积 25.33 km<sup>2</sup>,其中 2006—2014 年挖洲 9.36 km<sup>2</sup>,2014—2018 年挖洲 11.22 km<sup>2</sup>,2018—2024 年挖洲 4.75 km<sup>2</sup>。值得注意的是,2004 年以来漂尾洲挖洲总面积已超出同期洲滩萎缩总量(20.27 km<sup>2</sup>),表明洲滩西北部临东洞庭湖常年水域一带仍存在局部淤积、抵消了部分采掘损失。这也说明三峡水库运行后漂尾洲并非整体单向萎缩,部分区域仍处于淤积状态。

## 5 结论

本文基于 1924 年以来 12 个时段的历史地图与航天航空遥感数据,系统重建了东洞庭湖漂尾洲近百年的时空演变过程,为洞庭湖洲滩湿地保护修复提供了关键基础数据。

(1) 近百年来漂尾洲扩张迅速,空间上呈舌状自南向北持续向君山、城陵矶方向推进。1924 年仅具雏形,面积 78.21 km<sup>2</sup>;至 2024 年扩展至 494.23 km<sup>2</sup>,百年净增 416.02 km<sup>2</sup>,年均扩张 4.16 km<sup>2</sup>/a。演变过程呈现显著阶段性:1924—1944 年为快速扩张期,年均扩张 9.25 km<sup>2</sup>/a;1944—2004 年为持续扩张期,年均扩张 4.19 km<sup>2</sup>/a;2004 年面积达峰值 514.50 km<sup>2</sup>,此后转入微弱萎缩阶段,2004—2024 年年均萎缩 1.01 km<sup>2</sup>/a。

(2) 漂尾洲的发育演化受水动力条件、物质基础与人类活动多重因素耦合控制。民国时期,洲滩雏形形成于双穗垸两侧东西两股水流的交汇沉积区。1952—1954 年大通湖围垦切断西侧水源后,形成南洞庭湖来流经狭窄断面进入东洞庭湖后骤然展宽的水系格局,奠定了洲滩演变的水动力条件。洞庭湖年均泥沙淤积量与漂尾洲年均扩张速率呈显著正相关,证实泥沙通量是洲滩发育的物质基础。堤垸围垦与湖砂开采作为主要外动力因素,是近 20 年洲滩由扩张转为萎缩的主导驱动机制。

(3) 本研究为后续量化洲滩扩张与湖泊调蓄功能耦合关系、优化洲滩湿地保护修复与水沙调控策略提供了科学依据,但受数据与方法所限,仍有若干方向有待进一步深化。例如,洲滩湿地

作为湖区重要生态敏感带，其地表覆盖变化对湿地生态系统演化的影响机制尚需深入探究；漂尾洲作为典型代表，其演化规律与湖区其他洲滩的共性及差异性仍有待系统揭示；同时，受流速、流向、含沙量分布等水文数据限制，南洞庭湖入流“窄进宽出”条件下过流断面的流速与泥沙输移能力尚未实现定量表征，后续可结合更精细的水动力模型深化该方面研究；此外，本研究主要聚焦洲滩平面形态变化，对其垂向加积过程的刻画尚显不足，未来可借助 InSAR 技术与历史水深数据，进一步重建漂尾洲的三维演化进程。

## References

- Asselen,S.V.,Verburg,P.H.,Vermaat,J.E.,et al.,2013. Drivers of Wetland Conversion: a Global Meta-analysis[J].*PloS one*, 8(11):e81292. DOI:10.1371/journal.pone.0081292.
- Chen,B.S.,1986. Comprehensive Investigation and Research Report on the Regulation and Development of the Dongting Lake Area[R]. *Changsha: Office of the Hunan Provincial Territorial Commission* (in Chinese).
- Chen,Y.Y.,Lv,X.G.,2003.The Wetland Function and Research Tendency of Wetland Science[J].*Wetland Science*,1(1): 7-11(in Chinese with English abstract).
- Feng,C.,Liang,X.,2024.Xing. Impacts of Natural and Anthropogenic Factors on the Evolution of the Water Environment in the Dongting Lake Area over the Past 500 Years[J]. *Bulletin of Geological Science and Technology*. 2024,43(05):235-248(in Chinese with English abstract).
- Hunan Provincial Local Chronicles Compilation Committee.,2007.Hunan General Chronicle (Volume 1)[M].*Hunan People's Publishing House*.404-405(in Chinese).
- Hunan Provincial Local Chronicles Compilation Committee.,2007.Hunan General Chronicle (Volume 2)[M].*Hunan People's Publishing House*.718,734 (in Chinese) .
- Lai,H.Z.,Mo,D.W.,2004.Impacts of Tectonic Subsidence and Sediment Siltation on Flood Control in the Dongting Lake Area[J]. *Acta Geographica Sinica*. 2004,(04):574-580(in Chinese with English abstract).
- Liang,J.,Cai,Q.,Guo,S.L.,et al.,2012.MODIS-based Analysis of Wetland Area Responses to Hydrological Processes in the Dongting Lake[J].*Acta Ecologica Sinica*,32(21):6628-6635(in Chinese with English abstract).
- Li,C.L.,Tian,S.R.,Song,Y.C.,et al.,2023.Population Viability Analysis of Père David's Deer(*elaphurus davidianus*)in Dongting Lake, Hunan Province[J].*Acta Theriologica Sinica*,43(03):280-292.DOI:10.16829/j.slxb.150710(in Chinese with English abstract).
- Long,X.R.,Lin,H.,An,X.X.,et al.,2022. Evaluation and Analysis of Ecosystem Service Value Based on Land Use/Cover Change in Dongting Lake Wetland[J]. *Ecological Indicators*. 136. DOI:10.1016/J.ECOLIND. 2022.108619.
- Police Department, Ministry of Internal Affairs, Republic of China,1944. Inspection Report of the Lakeshore Land in Hunan Province[M]. *the Police Association of the Republic of China*(in Chinese).
- Qiu,L.,Yu,S.C.Tang,F.,et al.,2024.Evolution Characteristics of Bottomland in Dongting Lake Since the middle of the Republic of China[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*,33(06):1250-1261(in Chinese with English abstract).
- Ran,F.W.,Nie,X.D.,Wang,S.L.,et al.,2023.Sedimentary Environment Evolution Characteristics of Dongting Lake Indicated by Grain Size over the Past Century[J]. *Journal of Lake Sciences*. 35(3):1111-1125(in Chinese with English abstract).
- Ran,X.Y.,Zhu,D.J.,Li,D.X.,2021.Changes in Water and Sediment in Dongting Lake and Influencing Factors After the Operation of the Three Gorges Reservoir[J]. *Journal of Hydroelectric Engineering*. 40(3): 30-38(in Chinese with English abstract).
- Schultz,G.A., Engman,E.T.,Han,M.,et al.,2006.The Remote-sensing Technique in Hydrology and Water Management[M]. *Beijing:China Water Power Press*,127-132.
- Wang,K.Y.,1998.Regulation and Development of Dongting Lake[M].*Hunan People's Publishing House*.126-127(in Chinese).
- Xie,C.Y.,Wang,Q.J.,Zhang,Y.,et al.,2024.Monitoring Surface Deformation of Dongting Lake Beach Using SBAS-InSAR

- Technology[J]. *Science of Surveying and Mapping*,49(04):80-91(in Chinese with English abstract).
- Yang,L.,Wang,L.C.,Zhang,M.,et al., 2021.Variation of Water Body in Dongting Lake from in Situ Measurements and MODIS Observations in Recent Decades[J].*International Journal of Digital Earth*, DOI: 10.1080/17538947.2021.1907464.
- Yuan,Z.K.,Yuan,S.B.,2004.Species and Utilization of Wild Plant Resources in the Dongting Lake Wetland[J]. *Hunan Forestry Science*. 31 (5):43-46(in Chinese with English abstract).
- Yu,S.C.,2021.Evolution of the River-lake Pattern in the Dongting Lake Region in the Past 100 Years based on Historical Maps and Multi-source Remote Sensing Data[D]. *China University of Geosciences*,DOI:10.27492/d.cnki.gzdzu. 2021.000242(in Chinese with English abstract).
- Yu,S.C.,Li,C.A.,Zhang,Y.Z.,et al.,2021.Analysis of the Temporal and Spatial Evolution of Lakes in the Dongting Lake Area in the Past 100 Years[J].*National Remote Sensing Bulletin*, 25(09):1989-2003(in Chinese with English abstract).
- Yu,S.C.,Qiu,L.,He,Q.H.,et al.,2025.Exploring the Spatiotemporal Evolution of Bottomland in Dongting Lake based on Multisource Remote Sensing[J]. *Remote sensing for natural resources*, 37(02):228-234(in Chinese with English abstract).
- Yu,S.C.,Wang,L.C.,Xia,W.P.,et al.,2020.Spatiotemporal Evolution of the River-Connected Lakes in the Dongting Lake Area Since the Late Qing Dynasty[J]. *Acta Geographica Sinica*. 75(11):2346-2361(in Chinese with English abstract).
- Yu,S.C.,Yu,D.Q.,Wang,L.C., et al.,2019.Remote Sensing Study of Dongting Lake Beach Changes Before and After Operation of Three Gorges Reservoir[J]. *Earth Science*,44(12):4275-4283(in Chinese with English abstract).
- Yu,S.C.,Zhang,Y.Z.,He,Q.H.,et al.,2024.Spatiotemporal Evolution of the Dongting Lake Beach in recent 90 years[J].*Journal of Earth Science*. 35(06):2081-2098. <https://doi.org/10.1007/s12583-023-1867-6>.
- Yu,S.C.,Zou,J.Xu,Z.B.,et al.,2025.Analysis of Water Storage Changes and Their Security Levels in Dongting Lake over the Past 30 Years Based on Multi-Source Remote Sensing Data[J/OL]. *Earth Science*. 1-17[2025-10-13].<https://doi.org/10.3799/dqkx.2025.167>(in Chinese with English abstract).
- Zedler,J.B.,Kercher,S.,2005.Wetland Resources: Status, Trends, Ecosystem Services, and Restorability[J].*Annual Review of Environment and Resources*, 30(1): 39–74.
- Zesmi.S.L.Bauer,M.E.,2002.Satellite Remote Sensing of Wetlands [J] . *Wetlands ecology and management*, 10(5): 381-402. DOI:10.1023/A: 1020908432489.
- Zou,J.,Yu,S.C.,Zou,C.,et al.,2025.Spatiotemporal Evolution of Dikes and Polders in the Dongting Lake Area by Integrating Historical Topographic Maps and Remote Sensing Images[J/OL]. *Earth Science*. 1-13[2025-10-13]. <https://doi.org/10.3799/dqkx.2025.156>(in Chinese with English abstract).

## 中文参考文献

- 陈宝顺.洞庭湖区整治开发综合考察研究报告[R].长沙:湖南省国土委员会办公室,1986.
- 陈宜喻, 吕宪国. 湿地功能与湿地科学的研究方向[J]. *湿地科学*, 2003, 1(1): 7-11.
- 冯晨,梁杏.500 a 来自自然与人为因素对洞庭湖区水环境演变的影响[J].*地质科技通报*,2024,43(05):235-248.
- 湖南省地方志编纂委员会.湖南通鉴（上）[M]. 长沙:湖南人民出版社,2007:404-405.
- 湖南省地方志编纂委员会.湖南通鉴（下）[M]. 长沙:湖南人民出版社,2007:718,734.
- 来红州,莫多闻.构造沉降和泥沙淤积对洞庭湖区防洪的影响[J].*地理学报*,2004,(04):574-580.
- 梁婕,蔡青,郭生练,等. 基于 MODIS 的洞庭湖湿地面积对水文的响应[J]. *生态学报*, 2012, 32(21): 6628- 6635.
- 李丛蕾,田书荣,宋玉成,等.湖南洞庭湖麋鹿种群生存力分析[J].*兽类学报*,2023,43(03):280-292
- 邱罗,余姝辰,唐晖,等..民国中期以来洞庭湖洲滩演变特征[J].*长江流域资源与环境*,2024,33(06):1250-1261.
- 冉凤维, 聂小东,王诗兰,等.近百年来洞庭湖粒度指示的沉积环境演变特征[J]. *湖泊科学*,2023,35(3):1111-1125.
- 冉雪嫣, 朱德军, 李丹勋. 三峡水库运行后洞庭湖水沙变化及影响因素[J]. *水力发电学报*, 2021, 40(3): 30-38.
- 王克英.洞庭湖治理与开发[M].长沙:湖南人民出版社,1998:126-127.
- 谢春逸,王琪洁,张亚,等.基于 SBAS-InSAR 技术的洞庭湖洲滩地表形变监测[J].*测绘科学*,2024,49(04):80-91.
- 余姝辰.基于历史地图和多源遥感数据的近百年来洞庭湖区江湖格局演化[D].中国地质大学,2021.DOI:10.27492/d.c

nki.gzdu.2021.000242.

- 余姝辰,李长安,张永忠,等.近百年来洞庭湖区垸内湖泊时空演变分析[J].遥感学报,2021,25(09):1989-2003.
- 余姝辰,邱罗,贺秋华,等.基于多源遥感的洞庭湖洲滩时空演变研究[J].自然资源遥感,2025,37(02):228-234.
- 余姝辰,王伦澈,夏卫平,等.清末以来洞庭湖区通江湖泊的时空演变[J].地理学报,2020,75(11):2346-2361.
- 余姝辰,余德清,等.三峡水库运行前后洞庭湖洲滩面积变化遥感认识[J].地球科学,2019,44(12):4275-4283.
- 余姝辰,邹娟,徐质彬,等.基于多源遥感数据的近 30 年洞庭湖蓄水量变化及其保障程度分析[J/OL].地球科学,1-17[2025-10-13].<https://doi.org/10.3799/dqkx.2025.167>.
- 袁正科,袁穗波.洞庭湖湿地野生植物资源种类与开发利用[J].湖南林业科学,2004,31 (5):43-46.
- 中华民国治安部警务司.湖南省滨湖洲土视察团视察报告书[M].中华民国警察协会出版,1944.
- 邹娟,余姝辰,邹聪,等.联合历史地形图与遥感影像的洞庭湖区堤垸时空演变[J/OL].地球科学,1-13[2025-10-13].  
<https://doi.org/10.3799/dqkx.2025.156>.

#### 作者贡献度:

- 作者 1: 邹聪 负责整篇文章的构思,负责引言部分的编写、影像数据的收集与处理,负责图 3 的编制,负责章节 3 飘尾洲的时空演变和结论部分内容的编写;
- 作者 2: 余姝辰 主要参与整篇文章的构思,负责章节 1 研究区概况的编写和图 1 的编制,负责章节 4 漂尾洲的形成与演化机理的编写;
- 作者 3: 邹娟 主要参与整篇文章的构思,参与影像数据的收集和洲滩信息的提取,负责章节 2 信息源与方法部分内容的编写和图 2 的编制;
- 作者 4: 龙欢 主要参与影像数据的处理和 2.2.2 中洲滩信息的提取,负责图 5、图 6 的编制,负责洲滩信息提取成果精度评价;
- 作者 5: 赵动 主要参与影像数据的处理和 2.2.2 中洲滩信息的提取,负责图 7、图 8 编制;
- 作者 6: 孟朝 主要参与影像数据的处理和 2.2.2 中洲滩信息的提取,负责图 9、图 10 的编制;
- 作者 7: 贺秋华 主要参与引言部分相关文献的搜集整理,负责图 4 的编制,负责论文的核稿和投稿等。

**投稿者联系方式:** 余姝辰,湖南省长沙市天心区杉木冲西路 49 号湖南省自然资源事务中心,410004,电话:13687303311, E-mail: 22581400@qq.com