

长江经济带岸线资源调查与评估研究¹

段学军^{1, 2}, 王晓龙^{1, 2}, 邹辉^{1, 2}, 梁双波^{1, 2}, 陈维肖^{1, 3}

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏南京 210008; 2. 中国科学院流域地理学重点实验室,

江苏南京 210008; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

【摘要】:岸线资源是重要而特殊的国土资源与国土空间,在江河沿岸地区经济社会发展和生态环境建设中发挥重要的支撑作用。基于遥感解译、部门座谈、实地勘察和采样测试等技术方法,对长江经济带干支流岸线资源开展了系统的调查评估分析。结果表明,岸线资源条件存在较大的空间差异,岸线资源生态敏感程度较高,开发与保护协调困难,岸线利用对滨岸带水环境和水生态产生影响,局部岸段健康风险突出,滨江湿地呈萎缩、破碎化趋势。从岸线资源空间管控等方面提出政策建议,以期为促进长江经济带绿色高质量发展、生态环境保护规划及国土空间规划等战略和工作提供参考借鉴。

【关键词】:岸线资源;岸线利用;生态环境调查;长江岸线;长江经济带

【中图分类号】:P964 **【文献标识码】**:A

岸线资源指占用一定范围水域和陆域空间的水土结合的国土资源^[1-4]。长江干流和众多重要支流沿岸广布宝贵的岸线资源,涉及港口、产业及城镇和生物、湿地、环境等多方面。作为长江经济带国土空间和生态环境的核心组成部分,岸线资源影响着区域生态、生产和生活。开展岸线资源调查与评估研究,有助于掌握岸线资源本底状况和岸线利用及其生态环境影响状况,可以为修复岸线生态环境和开展岸线范围国土空间规划提供重要依据和支撑。国务院《关于依托黄金水道推动长江经济带发

¹ 收稿日期: 2019-06-05; 修订日期: 2019-08-13

基金项目: 中国科学院科技服务网络计划(STS)重点项目(KFJ-STZ-ZDTP-011). 中国地质调查局地调专项(DD20190260)资助。
[Foundation: Project of Science and Technology Service Network Initiative of the Chinese Academy of Sciences (KFJ-STZ-ZDTP-011), Project of China Geological Survey (DD20190260).]

作者简介:段学军(1970-),男,内蒙古赤峰人,研究员,博导,主要从事流域资源综合利用与可持续管理研究。

E-mail:xjduan@niglas.ac.cn

网络出版时间:

网络出版地址:

展的指导意见》、党中央《生态文明体制改革总体方案》和党的十八届五中全会等对长江岸线有序开发、开展岸线等水生态空间确权试点和构建科学合理的自然岸线格局提出了明确要求。因此,查明岸线资源自然条件和本底状况、开展岸线资源利用生态环境效应调查评估,有利于上述战略性工作的开展。但是,长江经济带岸线资源保护与开发方面面临部分岸段开发强度过大、开发活动与保护地空间冲突、岸线开发破坏滨岸湿地、影响滨岸水域生态环境等问题。在长江经济带绿色高质量发展背景下,岸线资源本底状况和生态环境影响的调查显得更加紧迫。

岸线资源是流域经济建设和生态建设的重要基础和对象之一。自20世纪80年代开始,学术界和政府部门开始认识到岸线资源在经济建设中的关键支撑作用,开展了岸线资源调查评估研究。国家“八五”重点科技攻关专题“长江产业带建设的综合研究”和中科院“九五”重大项目(A)“长江流域生态环境建设与经济可持续发展研究”首次比较全面的分析了各类岸线对长江产业带建设的影响与作用,重点评价了中深水岸线资源对港口与重化工业的支撑作用^[1]。此后中科院相关研究单位依托国家发展改革委员会《长三角地区区域规划》和沿江各省市相关规划项目,持续开展了江苏、安徽、江西和湖南等省沿江岸线资源调查与评估,为有关省市的长江开发提供了科学依据,特别是在港口码头选址和开发区建设等方面做出了重要贡献,并取得了显著的社会、经济效益^[5-10]。随着大保护战略的提出,仅仅关注岸线资源的经济价值和功能受到较大局限,岸线的生态环境价值和生态游憩景观价值逐步引起关注,并逐步采用高分遥感、地理信息系统、数学模型等各种现代化技术手段^[10-12]。综合集成岸线资源自然本底调查、岸线利用生态影响评估、岸线功能分区,客观评价岸线保护-开发的生态效益、经济效益和社会效益,深入揭示上下游、左右岸之间的区域关联,是该领域研究的前沿和热点。

1 研究方法

1.1 岸线自然本底与利用现状调查

利用多光谱卫星遥感、无人机航测、地面调查、时空数据库构建等技术手段,实现岸线自然形态、开发利用现状、生态系统演变等岸线多源关键要素的监测与表征^[8,13-18]。具体包括:①利用无人机搭载传感器巡测的技术手段,获取岸线陆域范围内港口、城镇、过江通道、工业点源、排污口、取水口、主要污染企业的空间分布动态信息,反映岸线资源开发现状;②基于Landsat-ETM+/Landsat-8等多源多光谱卫星遥感影像信息提取与反演技术,获取陆域生态系统土地利用格局变化、植被长势与生物或土壤有机质等关键地表要素的变化信息,以及水体富营养化等水环境动态信息;③通过地面调查与样点布设,实现陆域与水域关键信息的星地同步观测与分析,为岸线资源评价提供可靠的数据同化支撑;④综合利用历史资料收集和野外调查测盛方法,获取干流河道水下地形信息。对于无历史资料河段,采用测绘特征断面和散点测算方法,测绘干流水下地形获取干流河道水深特征;对于已有水下地形资料,但年代较久的河段,采用局部复测方法,修测原有水下地形图。测量中应用全球定位仪定位、超声波回声测深仪等技术方法获取水下地形的特征点(特征断面)三维信息,构建干流河道水下三维地形空间数据

集。

1.2 岸线资源分类评价与管控分区

根据长江经济带岸线资源的类型与空间分异特征,综合考虑岸线资源的脆弱性与敏感性,制订岸线资源分类与评价标准,确定评价单元,根据岸前水深(含义为离岸距离内水深条件)、航道水域宽度(含义为岸前航道水域宽度,可满足一定吨位船舶航行与掉头需要)、岸线稳定性(包括基本稳定或微冲、冲刷但一般性护岸可治或微淤、大冲大淤等情况)、后方陆域条件(包括陆域宽阔平坦、自然条件制约小,水系密集或城市贴岸,山体或湖泊近岸或地势低洼的泄洪区域等状况)等岸线开发适宜性的关键指标,综合评价岸线开发适宜性^[8];选择水源地与重要水面(水源涵养地、饮用水源地、洪水调蓄区)、山地(森林公园、国家地质公园)、滨江重要湿地(湿地保护区、河口区、消落带)、生物多样性保护区(珍稀动物保护区、鱼类产卵场、候鸟栖息地)、著名风景旅游区及其他特殊地质地貌植被类型区等生态敏感性指标,以及陡坡地、地面塌陷、崩塌、泥石流、滑坡、洪涝灾害、地震易发区等灾害易损性指标,建立岸线生态敏感性与易损性评价指标体系,综合评价岸线生态环境敏感性(图1)。

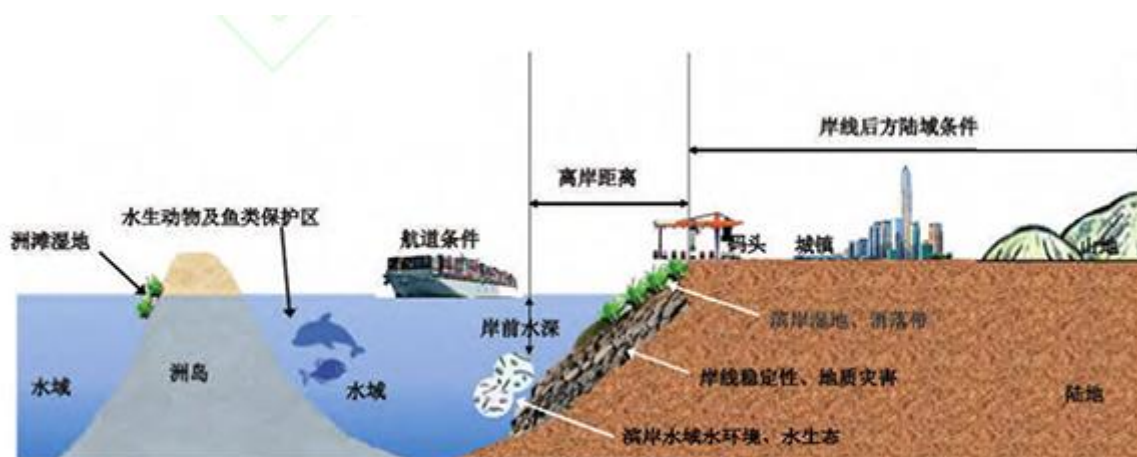


图1 岸线资源调查评价关键要素示意图

在岸线资源本底调查、利用现状调查、保护-开发综合评价的基础上,耦合岸线利用现状、开发适宜性、生态敏感性评估结果,划定长江岸线资源管控分区;突破传统以开发利用为导向的功能分区方法,根据保护和管控为导向的功能分区新思路,结合国土空间规划管制方案,在禁止开发岸线、优化开发岸线、限制开发岸线^[16]3种岸线资源空间管控类型划分基础上,对长江干支流近18000km岸线资源进行空间管控分区划定,并提出岸线管控建议。

1.3 滨岸生态环境现状调查与分析

基于长江干流岸线空间格局与利用现状特征，依据调查岸线长度均匀布设调查样点，同时在重要岸段如主要支流河口、中心城市以及国家级自然保护区等增设调查点位共计 107 处，下游至上海长江入海口、上游至三峡库区。现场测定 pH、溶解氧等基本理化指标，同时采集 2 L 水样现场分装预处理后 24h 内带回实验室，其中 1L 水样用于叶绿素、总有机碳、总氮和总磷等常规水质指标以及溶解态重金属等浓度的分析，另外 1 L 分装样用于浮游植物种群结构与优势种分析^[17]。利用柱状采样器采集表层沉积物(0~10 cm)，混匀后装入 50 mL 离心管中冷冻保存后回实验室冷冻干燥，用于沉积物基本理化性质、重金属以及持久性有机污染物的测定^[18]。底栖动物调查利用 D 形抄网采用复合生境法现场采集每个样点表层泥样，经 60 目尼龙筛网现场筛洗后回实验室进行分拣、固定保存后利用镜检法鉴定至尽可能低的分类单元^[19]。

2 研究结果

针对长江生态修复的重大科技需求，在中国科学院科技服务网络计划(STS)重点项目“长江经济带岸线资源调查与评估”(KFJ-ST5-ZDTP-011)的支持下,2017~2018 年项目组开展了长江经济带岸线野外科学考察和现场监测，获取了长江干流及湘江、赣江、汉江、嘉陵江、乌江、岷江、金沙江 7 条主要支流岸线自然本底、资源条件、利用现状以及湿地、滨岸水环境生态等调查数据，开展了长江经济带岸线资源条件及生态环境状况的系统评估，并获得如下结果。

2.1 岸线资源条件评估

长江经济带岸线资源条件空间差异较大，中上游优良岸线资源紧缺。2017 年，长江干流岸线资源开发条件较好的岸段约占 22.67%，其中 I 级岸线 997.90 km，占比 12.62%；II 级岸线 794.82 km，占比 10.05%；III 级岸线 6116.11km，占比 77.33%（表 1）。

表 1 2017 年长江干流岸线资源开发适宜性评价结果

省份	岸线长度(km)			岸线占比(%)		
	I 级	II 级	III 级	I 级	II 级	III 级
安徽	225.47	136.48	754.61	20.19	12.22	67.58
湖北	299.21	291.84	1576.34	13.81	13.47	72.73
湖南	12.30	41.81	101.79	7.89	26.82	65.30
江苏	377.29	180.14	627.51	31.84	15.20	52.96
江西	45.64	57.05	143.90	18.51	23.14	58.36
上海	0	0	497.29	0	0	100.00
四川	2.34	30.82	464.98	0.47	6.19	93.34
重庆	35.65	56.68	1949.69	1.75	2.78	95.48
总计	997.90	794.82	6116.11	12.62	10.05	77.33

上中下游的岸线资源条件存在区域差异,四川、重庆 优良岸线比例较低,江苏、湖北、安徽等省市优良岸线长度和比例较高。主要支流岸线开发适宜条件评价结果显示,Ⅰ级岸线 6 547.70 km, 占比 56.96%,Ⅱ级 岸线 3 049.49 km, 占比 26.53%;Ⅲ级岸线 1 897.34 km, 占比 16.51%;其中优良岸线主要分布在湘江、赣 江、汉江等中游支流岸段,金沙江、乌江、岷江优良岸线资源极度紧缺。同时,上游地区岸线面临地质灾害风险突出,进一步对岸线资源条件造成约束。评价结果显示,长江上游岸线滑坡灾害危险性高和较 高的分布区域如下:危险性高的岸段主要分布于金 沙江上游攀西段、几乎整个金沙江中游、大渡河下游 汉源至金河口段、岷江上游茂县至汶川段、三峡库区 丰都至宜昌段;危险性较高岸段主要分布于金沙江 上游滇西北,大渡河中游,乌江流域。

2.2 岸线生态敏感性评估

2017 年,长江干流岸线生态敏感岸段占比达 55.90%,长度达 4 421.20 km;其中轻度敏感岸段 长度为 1 371.40 km,占比 17.30%;中度敏感岸段 长度为 1 922.20 km, 占比为 24.30% ; 重度敏感岸段长度为 1085.40 km, 占比为 13.70%; 极度敏感 岸段长度为 42.20 km, 占比为 0.50% (表 2)。长 江干流岸线资源开发条件较好的岸段超过 40.00%与生态敏感空间重叠,尤其在四川、重庆 岸段表现突出,而在上游地区优良岸线资源极其 宝贵,造成开发与保护的矛盾凸显。岸线长度分 析表明,安徽、湖北生态保护-开发条件空间不协 调岸段达 100.00 km,也导致水生动物和水产种质资源保护与岸线开发的空间矛盾。综合评估分析来看,由于近 50.00%的优良岸线位于生态 敏感区段,导致原本珍稀的长江干流生产、生活、生态空间协调难度较大。长江 7 条主要支流岸 线中,不敏感岸段长 7 509.95 km,占岸线总长的 65.79%;敏感岸段长 3 317.97 km, 占比 29.07% ; 极度敏感岸段长 587.42 km,占比 5.15%。合计共有 3 905.39 km 位于生态敏感区内,基中有 2 535.18 km 位于包括国家级自然保护区、国家级水产种质资源保护区、国家级风景名胜区、国家地质公 园、国家森林公园、国家湿地公园、水库等各类 法定保护区内;有 1 518.98 km 位于生物多样性 优先保护区内;有 438.65 km 位于水源地一、二 级保护区内,支流空间开发与保护的协调的 难度也较大。总体岸线生态敏感性较高,三生空间协调难度大。

表 2 2017 年长江干流岸线资源生态敏感性评价结果

省份	岸线长度(km)					岸线占比(%)				
	不敏感	轻度敏感	中度敏感	重度敏感	极度敏感	不敏感	轻度敏感	中度敏感	重度敏感	极度敏感
安徽	336.50	372.30	248.60	150.90	8.20	30.10	33.30	22.30	13.50	0.70
湖北	964.70	457.20	377.00	339.40	29.20	44.50	21.10	17.40	15.70	1.40
湖南	47.50	30.60	41.80	36.00	0	30.50	19.60	26.80	23.10	0
江苏	441.10	316.40	351.30	71.40	4.90	37.20	26.70	29.60	6.00	0.40
江西	54.10	35.6 0	92.70	64.20	0	21.90	14.40	37.60	26.10	0
上海	254.40	79.10	115.80	48.00	0	51.20	15.90	23.30	9.70	0
四川	0	0	229.70	268.40	0	0	0	46.10	53.90	0
重庆	1389.30	80.30	465.40	107.00	0	68.00	3.90	22.80	5.20	0

总计	3487.50	1371.40	1922.20	1085.40	42.20	44.10	17.30	24.30	13.70	0.50
----	---------	---------	---------	---------	-------	-------	-------	-------	-------	------

2.3 岸线利用对滨岸带水质的影响

长江滨岸带水质受岸线利用影响较大，局部岸段健康风险突出。岸线利用对长江干流滨岸水质影响显著(图 2)。总氮和悬浮物浓度在入海口岸段的平均含量分别为 1.35 mg/L 和 60.18 mg/L，明显高于其他岸段浓度。叶绿素平均含量在化工园区浓度明显最高，为 0.97 $\mu\text{g/L}$ 。高锰酸盐指数在入海口、化工园区平均含量分别为 2.64 mg/L 和 1.96 mg/L，明显高于其他岸段。磷酸盐浓度在城市岸段和化工园区浓度明显最高，其平均含量分别为 1.15 mg/L 和 1.95 mg/L。相比较而言，总有机碳浓度在城市岸段、化工园区、自然岸段明显高于其他岸段。从空间上长江干流滨江水域水质从上游至下游总体呈下降趋势。各点位内梅罗综合污染指数在 1.22~2.67，属于轻度或中等程度污染内梅罗指数。上中游江段从上至下内梅罗指数是缓慢上升趋势，从扬州夹江口开始，污染指数显著上升，氮磷导养盐含量明显升高，水质由轻度向中度污染趋势转变，并在上海黄浦江口达到高值。

长江干流滨岸水域水体 Cr、Ni、Cd、Pb 等重金属的波动较大(图 3)，其浓度范围分别为 0.040~5.770 $\mu\text{g/L}$ 、0.001~3.410 $\mu\text{g/L}$ 、0.003~1.180 $\mu\text{g/L}$ 和 0.060~29.650 $\mu\text{g/L}$ ，受岸线资源利用影响显著。单因子评价结果表明长江干流滨岸水域溶解态重金属污染指数均小于 1，溶解态重金属总体污染水平较低。然而个别点位污染指数如在 Pb 在黄石市滨岸水域以及 Zn 在江夏市纸金路滨岸水域污染指数较高，存在较大的潜在污染风险。受沿江岸线资源开发利用影响，Pb 在部分岸段致癌健康风险评价(CR)值大于 10^{-4} ，如黄石江滩公园、南京沙洲桥化工园区、鄂州市葛店开发区、东至县东流港码头、芜湖市三山区以及岳阳市山头镇等地滨岸水域其 CR 值较高，存在潜在致癌风险。此外 Cr 在安徽东至化工产业园、湘江口、芜湖三山区以及江阴工业园滨岸水域也存在较高的致癌风险。生态健康风险评价结果显示 Cd 为长江滨岸带沉积物中主要超标污染物，从上游至长江口重金属 Cd 的生态风险指数呈上游到中游上升、中游到下游下降趋势，均值为 430.600，最大值出现在江西与安徽交界江段，呈重度生态风险。

2.4 岸线利用对浮游植物与底栖动物的影响

长江滨岸带城镇港口密集岸段浮游植物与底栖动物多样性较低，显示出滨岸城镇港口建设对水域生态的较大影响。长江滨岸水体浮游植物以硅藻占优，其次是隐藻，表征水质较高的金藻种类极少。浮游植物密度和生物量整体偏低，隐藻在中游生物量较高，表明有机污染程度较高；浮游植物多样性整体偏低，指示水质均受到不同程度污染。大部分点位(71.7%)处于中度污染状态，21.2%的点位处于轻度污染状态，而处于重污染状态的点位占比为 7.1%。从浮游植物评价结果来看，长江干流滨江水域水质多处于中度污染状况。

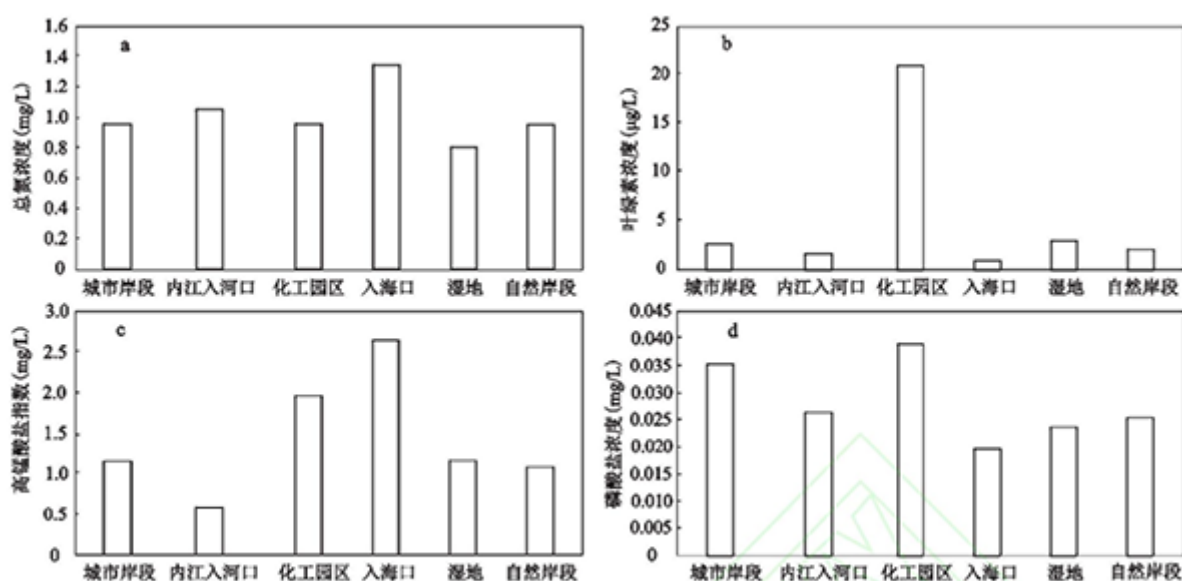


图2 2017年长江不同岸段类型水质指标空间差异

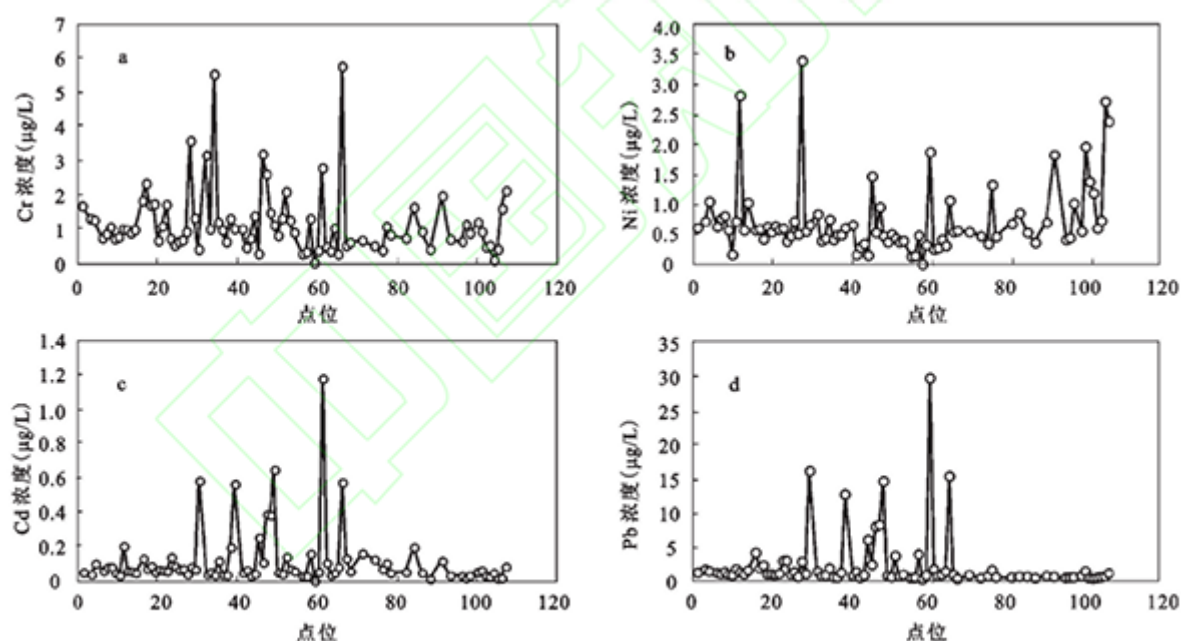


图3 2017年长江滨岸水域水体重金属含量空间分布变化

长江滨岸带底栖动物密度和生物量被少数种类主导，耐污类群摇蚊幼虫优势度较高(图 4)。长江滨岸带底栖动物从宜昌段至长江口变化规律不明显，总体上密度以耐污类群摇蚊幼虫占优，底栖动物多样性不高。各样点底栖动物物种数介于 1~ 13 种，平均值为 5.5 种。Simpson 优势度指数均值为 0.57, 介于 0~0.87。Shannon-Wiener 多样性指数均值为 1.15, 最大值为 2.18, Pielou 均匀度指数均值为 0.72。4 种多样性指数从上游至下游均未呈现出明显的变化趋势。此外城市河段耐污类群寡毛纲和摇蚊幼虫密度显著高于湿地生境，其物种丰富度低。自然岸段和湿地生境底栖动物清洁种比例与生物多样性均显著高于其

他类型岸段，表 明其在维持长江生态系统健康与生物多样性方面 具有极为重要的地位和作用。

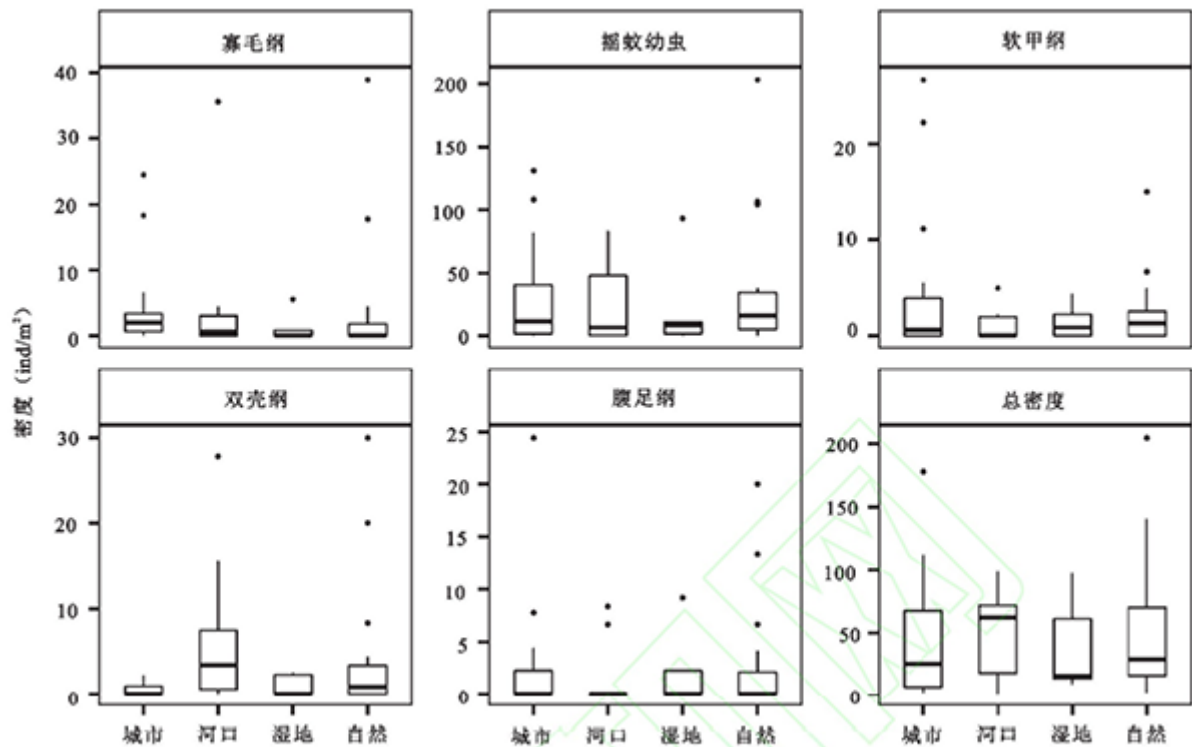


图4 2017年长江滨岸不同生境底栖动物各类群密度

2.5 岸线利用对滨岸湿地的影响

滨江洪泛湿地受人类活动干扰呈萎缩、破碎化趋势，影响长江生态廊道联通性。滨江洪泛湿地成链状分布于长江干流，在调节泥沙、涵养水源、降解污染物以及维护生态系统平衡等多方面均有着不可替代的重要作用^[20,21]。其高度的生境异质性与沿江链状分布格局为迁徙候鸟和珍稀鱼类提供了良好的栖息地和庇护所，是构建长江生态廊道的核心物质基础。作为长江流域生态系统的重要组成部分，滨江洪泛湿地生态系统生物多样性保护是长江干流生态系统结构和功能完整性的重要基础。受人类活动干扰，近年来长江干流滨江洪泛湿地面临面积萎缩、斑块丧失、景观格局破碎化等诸多问题，严重影响长江生态系统结构完整性与廊道连通性（图5）。2000年，长江干流滨江湿地共665处，到2015年减少至537处。15年间，江心洲共消失128处，减幅高达19%。沿江省市除上海市外滨江洪泛湿地面积均呈下降趋势，其中四川省由3666hm²下降到2015年的561hm²，降幅达85%；其次为江西省，由3507hm²下降到1729hm²，降幅为51%；其他省份如江苏、重庆等均有较大程度降幅。上海市滨江洪泛湿地面积呈增长趋势，由17472hm²增加到34161hm²。

江心洲湿地是长江滨江洪泛湿地的重要组成部分。2000年，长江中下游干流分布有江心洲湿地（大于1km²）共95处，到

2015 年,长江中下游干 流江心洲分布减少至 88 处。15 a 间,江心洲共消 失 7 处,占总数的 7.37%。其中,安徽省行政区域内消失 3 处,湖北省行政区域内消失 4 处。长江中 下游地区,2000 年,常见中下游干流江心洲总面积 为 35 435hm²,到 2015 年,长江中下游干流江心洲 总面积为 33 056 hm²,面积减少 2 379 hm²,占比 6.72%。除江西省、重庆市以外,2000-2015 年间,其余 省份均出现一定程度江心洲面积减少状况。其中,四川省江心洲面积减少 80 hm²,占全省 2000 年江心洲比例为 44.4%,是降幅最 大的省份。其次 是江苏省,江心洲面积减少 635 hm²,占比 17.1%。 相比于斑块丧失,江心洲面积萎缩更真有普遍性,且状况更为 严峻。

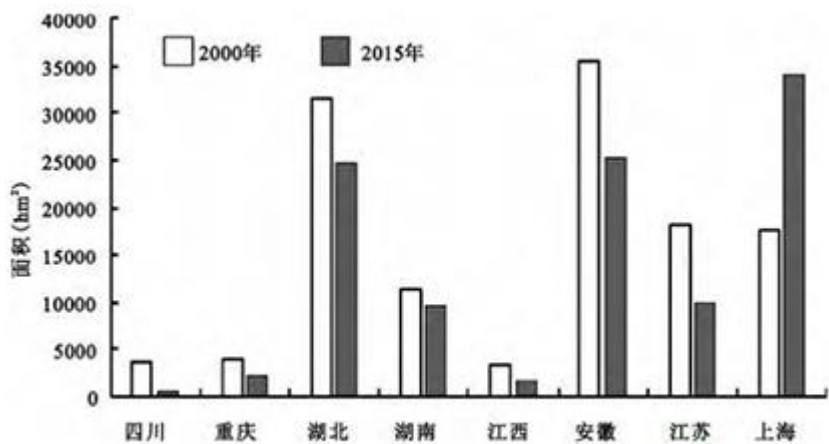


图 5 2000-2015 年长江沿岸洪泛湿地面积变化

2.6 岸线资源开发与保护冲突评估

岸线资源管理条块分割导致富间秩序混乱, 开发与保护矛盾突出\昌线资源管理涉及发改、 水利、国土、航道、交通、农 林、环保等诸多部门, “政出多门” “条块管理” 导致部分岸段空间秩序混 乱。总体上,长江干流港口工业岸线占用生态岸 线 486.73 km,湖北、江苏、安徽、四川、重庆生态岸 线占用较长, 分别达 147.62 km, 95.42 km, 80.34 km、62.79 km、58.64 km, 主要分布在江苏南通和苏 州、安徽芜湖和铜陵、湖北荆州和宜昌、四川泸州 和宜宾。港口-工业岸线占用的各类保护区岸线 482.74 km,其中核心区岸线 169.92 km,其中湖北、 江苏、重庆、四川占用的核心区岸线分别 46.85 km、 62.82 km、7.36 km 和 17.11 km,主要分布在苏州太 仓段、南通如皋段、铜陵段、九江湖口段、黄石港 段、宜昌段、重庆长寿段、重庆南岸、江北 段以及宜 宾江安段。港口岸线占用的水源地一级、二级保 护区分别为 22.17 km 和 64.57 km,工业岸线占用 的水源地一级、二 级保护区范围为 8.59 km 和 19.79 km。湖北、重庆、江苏等省市的水源地保护岸线占用较突出。港口码头占用过江通道保护区 岸线 39.85 km,工业占用 55.46 km,城市生活岸线 与游憩占用 62.41 km,江苏、湖北、重庆等省市的占 用较为突出。

主要支流开发利用岸线侵占生态敏感区 812.37 km、各类各级保护区 437.38 km、生物多样 性优先保护区 234.51 km 和饮 用水水源地一、二级 保护区 213.51 km。其中岷江开发利用岸线占用的 生态敏感区最长(190.43 km),其次为赣江和汉江, 分

别为 168.33 km 和 169.42 km；赣江、汉江岸线开发占用的保护区较为严重，其次为岷江、嘉陵江、金沙江、岷江和湘江，岷江、乌江和湘江岸线开发侵占的生物多样性优先保护区明显，岷江生物多样性优先保护区遭侵占尤为严重；赣江、汉江、嘉陵江和湘江岸线开发占用的饮用水水源地一、二级保护区严重。

3 结论与政策建议

3.1 研究结论

通过调查评估研究发现长江虽然具有黄金水道的优势，长江经济带岸线资源有较高的开发价值，但另一方面长江经济带岸线有较高的生态敏感性，因此导致长江岸线开发与保护的矛盾突出，多年来长江岸线的开发导致的滨岸带水体污染、生物多样性降低、洲滩湿地生态功能退化等问题突显。主要结论如下：

1) 岸线资源条件空间差异较大，干流中上游和部分支流优良岸线资源紧缺。长江干流一级岸线长度为 998 km、主要支流一级岸线长度为 6 548 km，开发条件优良的岸线主要分布在干流下游和湘江、赣江及汉江中游岸段。

2) 岸线资源整体生态敏感性较高，三生空间协调难度大，开发与保护存在冲突。长江干流岸线资源开发条件较好的岸段超过 40%涉及生态敏感空间，主要支流超过 30%岸段涉及生态敏感空间。

3) 岸线利用对滨岸带水质影响较大，局部岸段健康风险突出。叶绿素平均含量在化工园区浓度为 0.97 ug/L；高锰酸盐指数在化工园区平均含量分别为 1.96 mg/L，磷酸盐浓度在城市岸段和化工园区浓度平均含量分别为 1.15 mg/L 和 1.95 mg/L，明显高于自然岸线等其他岸段，反映出岸线开发利用对滨岸水质的影响。

4) 长江滨岸带城镇港口密集岸段浮游植物与底栖动物多样性较低，显示出滨岸城镇港口建设对水域生态的影响。浮游植物生物多样性指数显示长江 71.7%的点位处于中度污染状态。

5) 滨江洪泛湿地受人类活动干扰呈萎缩、破碎化趋势。2000~2015 年，长注文流滨江湿地从 665 处减少至 537 处。

3.2 建议

通过对长江经济带干支流岸线的资源条件、生态环境敏感性以及开发利用现状的综合评估，可以把长江经济带岸线划分为禁止开发岸线、优化开发岸线、限制开发岸线，其中，长江干流三类岸线长度分别为 5 533、1 859 和 516 km，占比分别为 70.0%、23.5%和 6.5%。主要支流岸线划定禁止开发岸线、优化开发岸线、限制开发岸线划分长度分别为 6 343.22 km, 2 417.36

km 和 2 654.75 km, 占比分别为 55.57%, 2518%和 23.26%。根据不同 类型管控分区岸线的功能要求和开发保护适宜 性, 结合岸线的开发利用现状和问题分析, 提出岸线资源空间准入政策。对于禁止开发岸线:以“保 护优先”为出发点, 原则上禁止一切影响及妨碍生 态环境保护与河道安全的开发利用行为。对于优化开发岸线:以统筹协调为管理重点, 集约利用, 合理布局, 严格执行相关法律法规及管理条例, 以 实现岸线资源的科学合理的开发利用。对于限制 开发岸线:管理重点是严格控制建设项目类型, 或 开发利用强度, 强调控制和指导, 以实现岸线的可 持续开发利用。

参考文献(References):

[1]虞孝感. 长江流域生态环境建设与经济可持续发展研究[M]. 北京:科学出 版社, 2003. [Yu Xiaogan. Research on ecological environment construction and sustainable economic development in the Yangtze River Basin. Beijing: Science Press, 2003.]

[2]杨桂山, 施少华, 王传胜, 等. 长江江苏段岸线利用与港口布局 [J]. 长江流域资源与环境, 1999, 8(1): 17-22. [Yang Guishan, Shi Shaohua, Wang Chuansheng et al. Problems in the river bank use and harbor layout along Jiangsu reaches of the Changjiang River and countermeasures for their solution. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 1999, 8(1): 17-22.]

[3]王传胜, 孙小伍, 李建海. 基于 GIS 的内河岸线资源评价研究 ——以武汉市域长江干流为例[J]. 自然资源学报, 2002, 17(1): 95-101. [Wang Chuansheng, Sun Xiaowu, Li Jianhai. Water-front resources evaluation supported by GIS: A sample on the Changjiang Mainstream in Wuhan Metropolis. Journal of Natural Resources, 2002, 17(1): 95-101.]

[4]段学军, 陈雯. 长江岸线资源利用功能区划方法研究——以 南通市域长江岸线为例[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(5): 621-626. [Duan Xuejun, Chen Wen. Method to make function division of waterfront resources along the yangtze river: A sample on the waterfront for Nantong city. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2006, 15(5): 621-626.]

[5]马荣华, 杨桂山. 长江苏州段岸线资源利用遥感调查与 GIS 分析评价[J]. 自然资源学报, 2003, 18(6): 666-671. [Ma Rong-hua, Yang Guishan. Investigation, analysis and assessment on water-front resources of Yangtze River in Suzhou. Journal of Natural Resources, 2003, 18(6): 666-671.]

[6]马荣华, 杨桂山. 长江江苏段岸线资源评价因子的定量分析 与综合评价[J]. 自然资源学报, 2004, 19(2): 176-183. [Ma

Ronghua, Yang Guishan. Assessment and quantitative acquirement of factors for evaluating bank resources of the Yangtze River in Jiangsu province. *Journal of Natural Resources*, 2004, 19(2): 176-183.]

[7]朱红云, 杨桂山. 港口布局中的岸线资源评价与生态敏感性 分析——以长江干流南京段为例[*自然资源学报*, 2005, 20(6): 851-858. [Zhu Hongyun, Yang Guishan. Waterfront resources evaluation and eco-sensitivity analysis in distributing ports along the Yangtze River Mainstream in Nanjing. *Journal of Natural Resources*, 2005, 20(6): 851-858.]

[8]段学军, 邹辉. 长江岸线的空间功能、开发问题及管理对策[J]. *地理科学*, 2016, 36(12): 1822-1833. [Duan Xuejun, Zou Hui. Space functions, development problems and management countermeasures of Waterfront Resources along the Changjiang River. *Scientia Geographica Sinica*, 2016, 36(12): 1822-1833.]

[9]王珏, 刘宏业, 徐骏. 长江干流浦口段岸线利用与功能区划研究[J]. *水利与建筑工程学报*, 2008, 6(1): 72-75. [Wang Jue, Liu Hongye, Xu Jun. Utilization and function division of waterfront in Pukou Reach along Yangtze River. *Journal of Water Resources and Architectural Engineering*, 2008, 6(1): 72-75.]

[10]邓瑞芳, 朱维斌. 江苏省长江岸线利用优化新探[J]. *现代交通 技术*, 2005, 2(1): 10-12. [Deng Ruifang, Zhu Weibin. The view of bank optimizing use and layout along the Yangtze River in Jiangsu Province. *Modern Transportation Technology*, 2005, 2(1): 10-12.]

[11]徐韦, 程和琴, 郑树伟, 等. 长江南京段近 20 年来河槽演变及其对人类活动的响应[J]. *地理科学*, 2019, 39(4):663-670. [Xu Wei, Cheng Heqin, Zheng Shuwei et al. Evolution of Nanjing Channel in the Yangtze River and its response to human activities during the last 20 years. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(4):663-670.]

[12]万智巍, 贾玉连, 洪祎君, 等. 基于历史地图与遥感影像的近百年来长江荆江段河道演变[J]. *地理科学*, 2019, 39(4):696-704. [Wan Zhiwei, Jia Yulian, Hong Yijun et al. Evolution of Jingjiang Section of the Yangtze River based on historical maps and remote sensing over the past 100 years. *Scientia Geographica Sinica*, 2019, 39(4):696-704.]

[13]姚晓静, 高义. 基于遥感技术的近 30a 海南岛海岸线时空变化[J]. *自然资源学报*, 2013, 28(1):114-125. [Yao Xiaojing, Gao Yi. Spatial and temporal changes of Hainan Coastline in the past 30 years based on RS. *Journal of Natural Resources*, 2013, 28(1):114-125.]

-
- [14]朱长明, 张新. 基于样本自动选择与 SVM 结合的海岸线遥感 自动提取[J]. 国土资源遥感, 2013, 25(2):69-74. [Zhu Chang-ming, Zhang Xin. Automatic extraction of coastline by remote sensing technology based on SVM and auto-selection of training samples. Remote Sensing for Land and Resources, 2013, 25(2):69-74.]
- [15]段学军, 曹有挥, 王晓龙, 等. 长江岸线资源调查技术规程[M]. 北京:科学出版社, 2018. [Duan Xuejun, Cao Youhui, Wang Xiaolong et al. Technical regulations for investigation of Yangtze River coastal resources. Beijing: Science Press, 2018.]
- [16]段学军, 邹辉, 陈维肖, 等. 岸线资源评估、空间管控分区的理论与方法——以长江岸线资源为例[J]. 自然资源学报, 2019, 34(10): 2209-2222. [Duan Xuejun, Zou Hui, Chen Weixiao et al. The concept, assessment and control zoning theory and method of waterfront resources: Taking the resources along the Yangtze River as an example. Journal of Natural Resources, 2019, 34(10): 2209-2222.]
- [17]金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 北京: 中国环境 科学出版社, 1990. [Jin Xiangcan, Tu Qingying. Specifications for lake eutrophication survey. Beijing: China Environmental Science Press, 1990.]
- [18]王江涛, 谭丽菊, 张文浩, 等. 青岛近海沉积物中多环芳炷、多 氯联苯和有机氯农药的含量和分布特征[J]. 环境科学, 2010, 31(11): 2713-2722. [Wang Jiangtao, Tan Liju, Zhang Wenhao et al. Concentrations and distribution characteristic of PAHs, PCBs and OCPs in the surface sediments of Qingdao coastal area. Chinese Journal of Environmental Science, 2010, 31(11): 2713-2722.]
- [19]刘月英, 张文珍, 王跃先, 等. 中国经济动物志-淡水软体动物 [M]. 北京:科学出版社, 1979. [Liu Yiieying, Zhang Wenzhen, Wang Yiiexian et al. Chinese economic fauna-freshwater molluse. Beijing: Science Press, 1979.]
- [20]陈宜瑜, 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. [Chen Yiyu, Lv Xianguo. The wetland function and research tendency of wetland science. Wetland Science, 2003, 1(1):7-11.]
- [21]崔保山, 翟红娟. 高原湿地功能退化的表征及其恢复中的生 态需水量[J]. 科学通报, 2006, 51(z2): 106-113. [Cui Baoshan, Zhai Hongjuan. Characteristics of wetland functional degradation in plateau lake and its ecological water requirement for restoration. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(z2): 106-113.]