引文格式：樊蓉, 赵清. 近30年徐州市城市水域景观格局演变研究[J]. 地理空间信息, 2023, 21(5): 48-53. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2023. 05.012

近30年徐州市城市水域景观格局演变研究

樊　蓉[1]，赵　清[1*]
（1. 江苏师范大学 地理测绘与城乡规划学院，江苏 徐州 221116）

摘　要：基于遥感影像数据，分析了近30年徐州市区城市水域景观的空间格局特征及其变化影响因素；利用MNDWI指数提取了1990年、2000年、2010年和2020年具有较高精度的城市水域景观空间信息数据，并划分了水域景观类型。结果表明，受自然、社会经济等因素影响，水域景观持续增长，绝大多数景观格局指数在后10年发生突变；水域景观斑块密度不断增加，形状趋于复杂，破碎化程度加大，小、中型水域景观空间分布的离散度高，大、特大型景观空间结构紧凑，是水域景观的主体部分；市区水域景观分布极不平衡，周边地区的景观破碎度高于中心老城区；水域景观建设仍存在一些突出问题。

关键词：水域景观；景观格局；景观生态；徐州市区
中图分类号：P237　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2023）05-0048-06

Research on the Urban Water Landscape Pattern Evolution of Xuzhou City in the Past 30 Years

FAN Rong[1], ZHAO Qing[1]
(1. School of Geography, Geomatics and Planning, Jiangsu Normal University, Xuzhou 221116, China)

Abstract: Based on remote sensing image data, we analyzed the spatial pattern characteristics of urban water landscape in Xuzhou City and its influencing factors in the past 30 years. We used MNDWI index to extract the urban water landscape spatial information data with high precision in 1990, 2000, 2010 and 2020, and divided the water landscape types. The results showed that affected by natural, social and economic factors, the water landscape continued to grow, and most landscape pattern indices changed abruptly in the past 10 years.The spatial distribution of medium-sized water landscapes has a high degree of dispersion, and the spatial structures of large and extra-large landscapes are relatively compact, which is the main part of water landscape.The urban water landscape is extremely unbalanced in regional distribution, and the landscape fragmentations of surrounding areas are higher than that of central old town. There are still some outstanding problems in water landscape construction.

Key words: water landscape, landscape pattern, landscape ecology, downtown Xuzhou

水体是城市生态系统的重要组成要素，而水域景观作为一种自然综合体，具有更丰富的结构和功能。城市水域景观是指具有一定面积的水体与其紧密相关的自然和人文要素共同作用而形成的景观生态系统，水体对其形成和演化起主导作用，一般表现为以不同方式存在的一定量和质的水体积、水形态、水位置，如河流、湖泊、水库、坑塘等[1-2]；不但具有城市水源供给、防洪排涝、净化环境、调节小气候和维持生态系统平衡等功能[3]，还具备塑造城市风貌、承载地域文化和观光休闲等功能。城市水域景观格局的特征、演化机制和优化是景观生态学、地理学、城市规划学、水生态学等多学科关注的重要研究内容之一[4-6]，可为城市生态环境建设和城市规划提供科学依据。地理信息技术和遥感技术的发展在时空尺度上拓展了水域景观研究[7-8]，已成为水域景观动态变化研究的重要技术手段，常用于景观信息获取、动态监测、空间分析等[9]，如陈杰[10]等利用Landsat5 TM影像数据研究了郑州雁鸣湖地区水域景观格局动态变化；岳文泽[11]等利用SPOT5影像定量分析了城市水域景观对热环境的影响。由此可知，以遥感影像为数据源，利用Fragstats4.2进行景观指数分析，利用GIS的空间分析功能可定量揭示水域景观的时空演变规律[12-13]。

近30年徐州市不仅经济社会发展迅速，而且城市生态环境建设和城市风貌塑造成效显著，2014年《人民日报》报道了徐州从“一城煤灰半城土”到“一城青山半城湖”的巨大变化，可见水域景观建设对徐州

收稿日期：2022-02-17；修回日期：2022-04-01。
项目来源：国家自然科学基金青年基金资助项目（41701380）；江苏师范大学研究生科研创新计划资助项目（2020XKT045）。
第一作者简介：樊蓉（1996—），硕士研究生，主要从事景观生态与土地利用方面的研究，E-mail：13801591756@163.com。
通信作者：赵清（1965—），博士，教授，硕士生导师，主要从事自然地理方面的研究，E-mail：zhaoqingl@163.com。

城市发展的重要作用，但目前尚未关于徐州市区水域景观格局变化及其影响机制的研究成果。基于此，本文基于徐州市区近30年的遥感影像数据，综合利用地理信息技术、景观生态学和地理学等原理，分析了徐州市水域景观格局变化及其影响机制，并提出了景观格局优化建议。

1　研究区概况和研究方法

1.1　研究区概况

近10年徐州市区经济社会发展取得了瞩目成就，城市生态环境质量和城市风貌得到持续改善，2015年列入国家级“生态园林城市”，2017年建成国家级“水生态文明城市”，荣获2017年度中国人居环境奖和2018年度联合国人居环境奖。本文以徐州市区为研究区，通过分析水域景观空间格局特征及其演变规律，为其水域景观建设、城市规划和水环境保护提供依据。

1.2　研究方法

1.2.1　水域景观信息获取方法

本文数据主要源自美国地质勘探局地理数据空间云，选取1990年、2000年、2010年6景Landsat5 TM和2020年两景Landsat8 OLI数据（表1）。为避免冰情、云量、水量等对水域景观信息提取的影响，根据研究区气候和水文特征，选取平水期（3—4月）内云量覆盖少、质量较高的影像。

表1　Landsat数据基本信息

获取日期	传感器	行列号	选用波段	分辨率/m
1990-03-12	TM	121/36	B2、B5	30
1990-04-04	TM	122/36	B2、B5	30
2000-04-08	TM	121/36	B2、B5	30
2000-03-30	TM	122/36	B2、B5	30
2010-03-19	TM	121/36	B2、B5	30
2010-04-27	TM	122/36	B2、B5	30
2020-04-15	OLI	121/36	B3、B6	30
2020-03-05	OLI	122/36	B3、B6	30

徐涵秋[14]通过修改NDWI指数的波长组合，提出了MNDWI，以解决水域提取精度易受城市建筑物阴影影响的难题。其计算公式为：

$$MNDWI=\frac{\rho(Green)-\rho(MIR)}{\rho(Green)+\rho(MIR)}$$

式中，Green和MIR分别为绿光波段和中红外波段的反射率。

景观斑块最小面积确定和景观类型划分是景观信息统计的必要条件。根据影像分辨率、水域景观的含义，参考水域景观和城市森林景观等研究成果[15-18]，本文以0.1 hm^2作为水域景观斑块最小面积。水域景观类型划分有很多种，就城市水域景观而言，其结构和功能特性最大的影响因素是面积，因此本文按照面积大小将城市水域景观分为小型（<1 hm^2）、中型（1~10 hm^2）、大型（10~100 hm^2）和特大型（>100 hm^2）4种类型。

为保证研究数据的可靠性，本文采用实地调查与高分影像数据相结合的方法对获取的数据进行精度验证。结果表明，1990年、2000年、2010年和2020年的总体精度分别为80.3%、90.7%、91.1%、93.0%，Kappa系数分别为0.7、0.8、0.8、0.9，均完全满足精度要求。

1.2.2　景观空间格局分析方法

景观指数是高度浓缩的景观格局信息，是反映景观组成结构和空间特性的量化指标[19]。本文在景观或景观类型水平上，从景观组成、空间特征和空间蔓延性3个方面选取一系列景观指数（表2）进行水域景观格局分析。

2　水域景观空间格局变化特征分析

2.1　景观整体变化特征

根据获取的研究区景观空间信息数据，计算景观尺度的景观格局指数，结果如表3所示，可以看出，

表2　景观指数的选择

名称	应用尺度	含义
斑块数量（NP）	类型/景观	与景观破碎化程度正相关
斑块密度（PD）	类型/景观	景观被分割的破碎程度，反映人为作用对景观的干扰强度
边缘密度（ED）	类型/景观	反映景观破碎度以及景观的边缘效应和开放性
最大斑块指数（LPI）	类型/景观	反映最大斑块对整个景观的影响程度
景观形状指数（LSI）	类型/景观	反映景观的分散和规则程度
斑块所占景观面积比例（PLAND）	类型	反映景观中各种斑块类型的丰富度
蔓延度指数（CONTAG）	景观	反映景观中某种优势斑块类型的连接性
破碎度指数（DIVISION）	类型/景观	反映景观类型中斑块个体的分离程度
香农多样性指数（SHDI）	景观	反映景观要素数量和各景观要素占比变化
聚集度指数（AI）	类型/景观	反映景观中同类型斑块的离散和聚集程度

近30年研究区景观总面积、斑块总数持续增长，城市水域景观占比从1.5%增至3.5%；景观PD不断增加，平均面积不断减小，形状趋于复杂，破碎化程度增加；LPI对整个景观的影响增加，离散度增加，导致景观整体与外界的联系更紧密，受干扰程度增强，景观安全性降低；景观格局变化阶段性特征极为显著，1990—2010年各项指标持续稳定变化，但在2010—2020年发生了跳跃式变化。

表3 研究区不同年份城市水域景观的景观指数值

景观指数	1990年	2000年	2010年	2020年
水域景观面积（TA）/hm²	4 596.2	5 761.4	6 309.7	10 683.1
水域面积占比/%	1.5	1.9	2.1	3.5
NP	917	1 389	1 596	4 010
平均斑块面积/hm²	5.012 2	4.147 9	3.953 5	2.664 1
PD	0.301 9	0.457 3	0.525 4	1.320 6
SHDI	0.078 4	0.094	0.101	0.152 3
LPI/%	0.204 3	0.204 2	0.200 2	0.290 8
LSI	31.427	39.213	44.862 3	67.198 6
ED	2.769 6	3.886 1	4.634	9.055 7
DIVISION	0.030 2	0.037 8	0.047 4	0.072 9
CONTAG/%	92.831 6	91.197 4	90.368 2	84.846
AI	99.529 8	99.353 4	99.238 8	98.548 7

2.2 景观类型变化特征

本文根据研究区城市水域景观的类型划分，统计了城市水域景观类型的基本信息（表4），并计算了有关景观格局指数（表5），可以看出，1990—2020年小、中型水域景观类型数量多但占比较小，大、特大型景观类型数量较少但占比较大，小、中型景观类型合计约占总数的95%，大、特大型景观约占总数的75%，近30年间这种结构特征未发生大的变化；4种景观类型的面积和数量均呈持续增长态势，但各类型

表4 1990—2020年徐州市区水域面积组成

年份	斑块类型/ hm²	面积/ hm²	数量	面积占比/%	数量占比/%
1990	<1	286.8	663	6.2	72.3
	1~10	568.5	197	12.4	21.5
	10~100	1 478.0	47	32.2	5.1
	>100	2 262.9	10	49.2	1.1
2000	<1	457.9	1 001	7.9	72.1
	1~10	964.2	327	16.7	23.5
	10~100	1 698.9	50	29.5	3.6
	>100	2 640.4	11	45.8	0.8
2010	<1	514.3	1 134	8.2	71.1
	1~10	1 092.2	389	17.3	24.4
	10~100	2 291.3	65	36.3	4.1
	>100	2 412.0	8	38.2	0.5
2020	<1	1 295.6	2 997	12.1	74.7
	1~10	2 477.6	902	23.2	22.5
	10~100	2 777.6	99	26.0	2.5
	>100	4 132.4	12	38.7	0.3

表5 徐州市区类型水平的水域景观指数变化

景观类型/hm²	指标	1990年	2000年	2010年	2020年
0~1	PD	0.240 8	0.367 9	0.407 1	1.063 3
	ED	0.722 4	1.139 4	1.228 4	3.105 1
	LPI	0.000 7	0.001 3	0.000 7	0.000 7
	LSI	31.938 1	39.727 3	40.361 8	63.745 8
	AI	44.162 3	44.802 2	46.940 4	47.257 6
1~10	PD	0.063 4	0.104 4	0.126	0.300 2
	ED	0.719 2	1.256 5	1.316 6	2.941 1
	LPI	0.003 3	0.004 2	0.003 8	0.005 1
	LSI	22.836 5	30.331 7	29.963 8	44.024 1
	AI	72.168 3	71.246 1	73.383 5	73.899 1
10~100	PD	0.015 6	0.016 7	0.021	0.032 8
	ED	0.747 6	1.029 2	1.397 1	1.673
	LPI	0.029 5	0.027 4	0.042 9	0.032 7
	LSI	15.019 5	18.996 4	22.240 6	23.715 9
	AI	88.943 4	86.795 3	86.566 7	86.971 3
>100	PD	0.003 3	0.003 7	0.002 7	0.004
	ED	0.612 7	0.519 9	0.766 3	1.589 8
	LPI	0.205 9	0.206 3	0.202 8	0.287 4
	LSI	9.764 2	7.775 5	11.899 4	18.890 4
	AI	94.422 4	96.016	93.289 2	91.602 9

的变化特点差异较大，小、中型水域景观的数量比基本稳定但面积比增长较大，大、特大型水域景观的数量比和面积比均呈持续下降趋势；小、中、大型水域景观的平均面积变化很小，但特大型水域景观平均面积由226 hm²增至344 hm²，总体而言，近30年间研究区4种水域景观类型的数量和面积都在增长，类型间的总体结构特征未发生根本性变化，但随着特大型NP和平均面积的增加，景观整体格局将得到优化；各类景观斑块形状都不规则，破碎化程度较高，受人为干扰程度较强，且有不断增强趋势，以小、中型景观斑块尤甚；小型景观斑块空间分布的离散度较高，大、特大型景观斑块的空间结构较紧凑，空间分布具有一定的规律性，近年来小、中型景观斑块的聚集度略有增加，而大、特大型景观的聚集度有所下降。

2.3 景观格局的地域差异

1990—2020年徐州市区各辖区水域景观占辖区面积和总水域景观的比例见表6，徐州市各辖区2000年景观格局指数见表7，可以看出，全市水域景观分布极不平衡，但近30年的发展结果使区域间的差异有所缩小，1990年水域景观占比最大与最少的辖区相差10倍以上，而2020年已不足5倍；市中心老城区水域景观面积占总水域景观面积的比例呈递减趋势，鼓楼区、泉山区和云龙区位于中心地区，是徐州市老城区，3个区水域景观合计占总水域景观的比例由32.%降至24.7%，而环绕老城区的铜山区、贾汪区占比则

表6　徐州市区各辖区水域景观占辖区面积和总水域景观的比例/%

年份	鼓楼区		贾汪区		泉山区		铜山区		云龙区	
	水/总面积	水/总水面	水/总面积	水/总水面	水/总面积	水/总水面	水/总面积	水/总水面	水/总面积	水/总水面
1990	1.3	6.8	0.8	11.1	8.4	19.9	1.3	56.8	2.2	5.4
2000	2.0	8.6	0.5	5.8	11.9	22.5	1.7	57.9	2.6	5.2
2010	1.7	6.6	1.2	11.8	9.4	16.2	2.0	60.4	2.8	5.0
2020	2.8	6.5	2.7	15.6	12.3	12.5	3.3	59.7	5.5	5.8

由67.9%升至75.3%；水域景观变化特点存在明显的区域差异，按水域景观占总水域景观的比例变化可分3类，鼓楼区和云龙区保持稳定，贾汪区和铜山区总体上呈增加趋势，而泉山区则是持续减少；周边地区的景观破碎度明显高于中心老城区，景观构成更加简单，受人为干扰程度更强。

表7　徐州市各辖区2020年景观格局指数

景观指数	鼓楼区	贾汪区	泉山区	铜山区	云龙区
PD	1.764 6	0.826 9	4.498 5	1.445 1	1.346 8
ED	10.533 1	6.753 1	25.966 9	8.501 6	10.780 3
LSI	6.536 3	6.063 3	9.505	13.184 3	4.683 4
CONTAG/%	86.013	88.122 9	63.356 7	85.421 9	81.270 5
DIVISION	0.058 9	0.269 4	0.222 7	0.301 2	0.139
AI	98.170 8	98.896 4	95.659 4	98.543	98.189 5

3　水域景观格局形成与变化的原因分析

1）地貌类型及其空间结构奠定了水域景观的基本格局。徐州市位于华北地块南缘，鲁中南山地南端的尾闾，坐落在一个“岗岭环合”的小盆地中。黄河夺淮之前，徐州市区以两种类型地貌为主，东北部、东南部和西南部为剥蚀残丘，其余主要为剥夷平原和少量沿河倾斜冲积平原，淮河水系的泗水与汴水在此交汇，总体地势低平、河流湖泊沼泽密布。1128年黄河“侵泗入淮”，1855年再次北徙，期间黄河主流多年由西北向东南流经现徐州市区，带来的巨厚沉积物使地表组成物质、地表形态、水系和水域景观格局发生了巨大变化，因此黄河徐州段因泥沙淤积成地上河，今日的黄河故道成为高出地面约6 m，宽4~6 km的地表分水岭，将原淮河流域分割为现在的南部淮河流域与北部沂沭泗流域，古泗水的徐州以北段阻塞为南四湖，以南段也因泥沙淤积而荒废。受黄河“侵泗入淮”影响，徐州市区的原剥夷平原和沿古河道发育的倾斜冲积平原被黄河泛滥冲积物所掩埋，在徐州西部、南部留下大面积的河成地貌形态，目前地貌类型主要包括黄河故道沿线的高滩地、黄泛决口扇、黄泛倾斜冲积平原、黄泛洼地等[20]。

受地形影响，市区主要属以故黄河为主干的故黄河高漫滩地表水系，京杭大运河中运河段穿越徐州市区，西向和北向来水易在市区汇聚，借助排水河道东流注入运河。水系和地貌格局变化不仅影响了徐州城市的兴衰[21]，而且直接奠定了徐州市目前水域景观的基本格局：①区内剥蚀残丘岩性多为碳酸盐岩类，最高峰仅361 m，集中成片分布在市区东北、东南和西南部，因岩溶裂隙和汇水面积小，不宜修建大型水库，但丘岗边缘与平地交接处有较多中小型水域景观分布，总体上丘岗区水域景观密度最小；②黄河故道高滩地及其外侧黄泛洼地区地势低，易积水成湖或修建人工湖泊，因而区内大、特大型水域景观斑块集中，这是该地貌类型区水域景观密度最高、大型和特大型水域景观类型聚集度指数高的主要原因；③堤侧平原、岗间平原、湖积平原地区主要是农田和村镇集中分布区，以小、中型水域景观斑块为主，呈离散状分布，景观密度较低，景观聚集度指数最低。

2）经济社会发展是水域景观持续增长的内动力。水环境要素是人工环境与自然环境的纽带，具有重要的资源效应、生态效应和人文效应。多年来徐州一直将改善水环境作为经济社会发展的重大任务和重大基础设施建设项目，同时经济社会的发展也为水环境建设和改善提供了有力保障。本文选择研究区建成区面积、生产总值、人口数、绿化覆盖面积4个指标与景观格局指数进行耦合，从而分析经济社会发展与水域景观格局变化间的关系（表8），可以看出，建成区面积、生产总值、人口数和绿化覆盖面积与水域景观格局变化均存在相关关系，其中生产总值与水域景观格局变化的关系最显著（R^2 >0.9）。进一步分析发现，水域的PD、ED、LSI、DIVISION与建成区面积、生产总值、人口数、绿化覆盖面积呈正相关，斑块平均面积（AREA_MN）、CONTAG、AI与建成区面积、生产总值、人口数、绿化覆盖面积呈显著负相关，TA与建成区面积呈显著负相关，LPI只与生产总值呈正相关。从回归标准化系数来看，随着建成区面积的扩大、生产总值的增加、人口的增长和绿化覆盖面积的

表8 1990—2020年水域景观格局变化与经济社会发展因子线性回归标准化系数

指标	建成区面积/km²		市区生产总值/亿元		市区人口数/万人		绿化覆盖面积/hm²	
	B	R^2	*B*	R^2	*B*	R^2	*B*	R^2
TA	0.821	0.67	0.957	0.916	0.807	0.651	0.823	0.677
AREA_MN	−0.845	0.713	−0.942	0.887	−0.873	0.763	−0.865	0.749
PD	0.795	0.632	0.945	0.894	0.772	0.595	0.792	0.628
ED	0.835	0.698	0.964	0.93	0.819	0.671	0.836	0.699
LPI	0.665	0.442	0.866	0.75	0.61	0.372	0.648	0.42
LSI	0.868	0.753	0.974	0.95	0.862	0.743	0.873	0.762
CONTAG	−0.833	0.694	−0.961	0.924	−0.823	0.677	−0.836	0.699
DIVISION	0.894	0.8	0.987	0.973	0.882	0.777	0.896	0.803
SHDI	0.829	0.687	0.959	0.92	0.82	0.672	0.833	0.694
AI	−0.835	0.697	−0.964	0.929	−0.819	0.67	−0.835	0.698

扩大，徐州市区水域景观的PD、ED增加，景观形状趋于复杂，人为干预可增加水域景观，但城市化程度提高必然伴随着水域景观的连通性降低、破碎化程度增加、水域景观分布不均衡。

3）供水条件改善是水域景观得以稳定增长的根本保障。随着徐州市区经济社会发展，水资源需求量也呈递增趋势。水资源短缺不仅会制约经济社会发展，而且对水域景观建设有决定性影响。为解决江苏省内水资源不平衡状况，1957年江苏省启动江水北调工程，1961年底建成以京杭运河苏北段为主通道，集防洪、排涝、灌溉、航运等于一体的江水北调工程体系，使徐州市的水安全、水资源供给保证率得到了显著改善。为缓解华北地区水资源短缺和水生态退化，2002年底国家启动南水北调东线（一期）工程，2013年底建成通水，是在江苏省江水北调工程的基础上扩大规模、向北延伸而形成的。其仍以京杭运河为输水干线，以沿线多个湖泊为调蓄水库，是一个集环保、灌溉、防洪、航运、文化和景观建设于一体的国家级重大基础设施建设项目[22]，沿线城市供水保证率得到进一步提高。目前徐州市区引水工程现状供水能力达2.58亿方，提水工程现状供水能力达13.77亿方。

调查分析表明，近30年徐州市区水域景观得以持续发展，尤其是在2010年后还出现了跳跃发展，与江苏省江水北调工程和我国南水北调东线工程建成通水有直接关系。在强化南水北调沿线河湖水域景观生态绿廊和景区建设的同时，徐州市区围绕河湖生态环境治理、采煤塌陷地整治等生态环境治理项目，进一步增加湿地和湖泊，扩大城市水面，新建了潘安湖、九里湖湿地公园，目前已有云龙湖、故黄河等4个国家级水利风景区，不仅改善了水域景观空间格局，而且提升了水域景观质量。

4 结 语

1）近30年研究区水域景观呈持续增长态势，水域景观占比从1.5%增至3.5%。水域景观整体变化可分为两个阶段：1990—2010年为持续稳定增长期；2010—2020年为跳跃式发展期，绝大多数景观格局指数发生了突变。

2）研究区水域景观PD不断增加，平均面积不断减小，形状趋于复杂，破碎化程度增加，景观离散度增加，水域景观与外界的联系更紧密，受干扰程度增强，景观安全性降低。在景观的组成结构上，小、中型水域景观类型数量多但面积较小，空间分布的离散度高；大、特大型景观斑块是水域景观的主体部分，空间结构较紧凑。

3）全市水域景观在区域分布上极不平衡，但这种差距有不断缩小的趋势；不同区域的水域景观占总水域景观的比例也发生了较大变化，市中心老城区的占比呈递减趋势，而环绕中心区的铜山区和贾汪区则呈递增趋势；周边地区的景观破碎度明显高于中心老城区，受人为干扰较大，景观构成更加简单。

4）水域景观的演变是自然与社会经济等因素综合作用的结果。影响研究区水域景观空间格局形成和变化的主要原因包括：地貌类型及其空间结构奠定了水域景观的基本格局；经济发展是水域景观建设的内动力和支撑，且经济社会发展水平对景观空间格局和景观斑块特征也有显著影响；研究区是一个水资源较短缺的地区，近30年水域景观建设质量明显提升得益于江苏省江水北调工程和国家南水北调东线（一期）工程的建设。

5）近30年研究区水域景观建设取得了瞩目成绩，但存在的问题也是突出的：水域景观总量仍偏低，大于0.1 hm²且常年有水的景观斑块仅占研究区总

面积的3.5%，加上面积小于0.1 hm^2的坑塘沟渠、季节性水面、水工用地等，水域面积也仅占总面积的10.12%，与徐州市“一城青山半城湖”的城市景观生态建设目标相距甚远；研究区经济社会发展速度快，其与生态环境建设对水资源的需求将持续增长，而水资源供需平衡严重依赖外部水资源，水利工程畅通与否受人为影响极大；水域景观地域分布不平衡，人为干扰作用明显，景观稳定性和健康受到威胁。

参考文献

[1] 安介生. 历史时期江南地区水域景观体系的构成与变迁:基于嘉兴地区史志资料的探讨[J]. 中国历史地理论丛,2006,21(4):17-29

[2] 丁圣彦,曹新向. 清末以来开封市水域景观格局变化[J]. 地理学报,2004,59(6):956-963

[3] 康丽婷,胡希军,罗紫薇,等. 县域水生态空间识别及其分布特征[J]. 水土保持学报,2022,36(1):170-181

[4] 陈天,石川淼,王高远. 气候变化背景下的城市水环境韧性规划研究:以新加坡为例[J]. 国际城市规划,2021,36(5):52-60

[5] 陈张丽,吴志峰,魏建兵,等. 基于遥感和GIS的广州市天河区水域景观演变及其驱动因子分析[J]. 国土与自然资源研究,2012(6):55-57

[6] 郭雨桐,韩震,张志杰,等. 杭州湾北岸上海段水域景观生态格局变化遥感研究[J]. 海洋湖沼通报,2021,43(3):55-61

[7] 金建文,李国元,孙伟,等. 卫星遥感水资源调查监测应用现状及展望[J]. 测绘通报,2020(5):7-10

[8] 李云梅,赵焕,毕顺,等. 基于水体光学分类的二类水体水环境参数遥感监测进展[J]. 遥感学报,2022,26(1):19-31

[9] 连杰,赵学勇,左小安,等. 科尔沁沙地水域景观格局的时空动态:以奈曼旗为例[J]. 中国沙漠,2012,32(1):210-218

[10] 陈杰,王帅,胡琳,等. 郑州雁鸣湖地区水域景观格局动态[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2012,40(4):161-165

[11] 岳文泽,徐丽华. 城市典型水域景观的热环境效应[J]. 生态学报,2013,33(6):1 852-1 859

[12] 高军凯,常学礼,孟庆兰,等. 胶东半岛典型区水域景观变化趋势分析[J]. 鲁东大学学报(自然科学版),2017,33(3):254-259

[13] 刘国栋,陈炜吉. 基于土地利用的三维景观格局指数变化分析[J]. 地理空间信息,2021,19(1):71-73

[14] 徐涵秋. 利用改进的归一化差异水体指数(MNDWI)提取水体信息的研究[J]. 遥感学报,2005,9(5):589-595

[15] 吴宏岐,张志迎. 黄泛平原古城镇水域景观历史地理成因初探[J]. 地域研究与开发,2012,31(1):145-149

[16] 陈思源,程海梅,吴水亭. 基于遥感的喀斯特地区水体景观格局演化定量分析[J]. 广西科学,2020,27(2):195-202

[17] 何少柏. 面向对象结合深度学习的城市森林高分遥感信息智能提取研究[D]. 杭州:浙江农林大学,2021

[18] 崔绍峰,夏可政,谢兴震. 聊城市水域演变与河长制保护对策[J]. 中国水利,2021(16):14-15

[19] 王朋冲,于强,裴燕如,等. 翁牛特旗景观格局尺度效应分析[J]. 农业机械学报,2020,51(5):223-231

[20] 葛兆帅,吉婷婷,赵清. 黄河南徙在徐州地区的环境效应研究[J]. 江汉论坛,2011(1):102-107

[21] 戴培超,沈正平. 水环境变迁与徐州城市兴衰研究[J]. 人文地理,2013,28(6):55-61

[22] 张劲松. 江苏省江水北调工程实践[J]. 中国水利,2020(21):41-42

(上接第17页)

[10] Raes D, Steduto P, Hsiao T C, et al. AquaCrop-The FAO Crop Model to Simulate Yield Response to Water: II. Main Algorithms and Software Description[J]. Agronomy Journal,2009,110(3): 438-447

[11] 项艳. AquaCrop模型在华北地区夏玉米生产中的应用研究[D]. 泰安:山东农业大学,2009

[12] 刘琦,龚道枝,郝卫平,等. 利用AquaCrop模型模拟旱作覆膜春玉米耗水和产量[J]. 灌溉排水学报,2015,34(6):54-61

[13] Allen R G, Pereira L S, Raes D, et al. Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper 56)[M]. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy, 1998

[14] Steduto P, Hsiao T C, Fereres E, et al. Crop Yield Response to Water[M]. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome, 2012

[15] 王连喜,吴建生,李琪,等. AquaCrop作物模型应用研究进展[J]. 地球科学进展,2015,30(10):1 100-1 106