

# 1990—2020年洪泽湖环湖地区 生态系统服务价值变化

魏佳豪<sup>1,2</sup>, 钟 威<sup>3</sup>, 张 颖<sup>4</sup>, 徐锦前<sup>5</sup>, 龚志军<sup>1,2</sup>, 蔡永久<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 江苏南京 210008; 2. 中国科学院大学, 北京 100049;

3. 上海海洋大学, 上海 201306; 4. 江苏省水利工程规划办公室, 江苏南京 210029;

5. 安徽师范大学生态与环境学院, 安徽芜湖 241002)

**摘要:** 基于1990—2020年间4期Landsat遥感卫星影像数据, 采用生态系统服务价值(ESV)当量因子估算方法, 深入分析了洪泽湖环湖地区近30年来ESV的变化。

**关键词:** 环湖地区; 土地利用; 生态系统服务价值; 洪泽湖

**中图分类号:** X826; TV133 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-7839(2022)04-0051-0006

## Ecosystem service value changes in the areas around the Hongze Lake in recent 30 years (from 1990 to 2020)

WEI Jiahao<sup>1,2</sup>, ZHONG Wei<sup>3</sup>, ZHANG Ying<sup>4</sup>, XU Jinqian<sup>5</sup>,  
GONG Zhijun<sup>1,2</sup>, CAI Yongjiu<sup>1,2\*</sup>

(1. Nanjing Institute of Geography and Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China; 3. Shanghai Ocean University, Shanghai

201306, China; 4. Jiangsu Water Conservancy Project Planning Office, Nanjing 210008, China;

5. School of Ecology and Environment, Anhui Normal University, Wuhu 241002, China)

**Abstract:** Based on the four Landsat remote sensing satellite images data from 1990 to 2020, this study uses the equivalent factor estimation method of ecosystem service value (ESV) to deeply analyze the changes of ESV in the area around the Hongze Lake in recent 30 years.

**Key words:** the areas around the lake; land utilization; ecosystem service value; the Hongze lake

## 1 概 述

生态系统服务价值(Ecosystem Services Value, ESV)是人类从生态系统中获得的所有惠益, 其中包括了供给价值、调节价值、支持价值和文化价值<sup>[1-2]</sup>。1997年Costanza等<sup>[3]</sup>在国际上首次提出了ESV估算的原理和方法, 其后, 谢高地等<sup>[4]</sup>又制定了符合中国生态系统服务实际情况的《生态系统服务价值当量表》, 这为我国生态系统服务价值的评估提供了相

对全面、客观的方法。

在此背景下, 洪泽湖作为江苏北部水生态安全的重要保障区域, 是维持地区生态安全的关键所在, 对整个苏北地区社会经济的发展具有重要意义。近年来, 在人类干扰和自然演替等多重因素的影响下, 洪泽湖环湖地区的土地利用已经发生了较大的变化<sup>[5-6]</sup>。土地利用变化通过改变生态系统的结构和功能影响生态系统的服务价值, 研究土地利用变化下的ESV变化对修复和保护生态系统服务

收稿日期: 2021-11-30

基金项目: 江苏省水利科技项目(2019005, 2019004), 国家自然科学基金项目(42171119)

作者简介: 魏佳豪(1998—), 男, 硕士研究生, 研究方向为湖泊生态健康。E-mail: weijiahao20@mails.ucas.ac.cn

功能具有重要意义<sup>[7]</sup>。本研究旨在通过解译遥感影像测算 ESV 的方法,分析近 30 年洪泽湖环湖地区生态系统服务价值的变化情况,以期为地区的生态保护、资源配置和可持续发展等决策提供一定参考依据。

## 2 研究区域概况

洪泽湖(33°06′–33°40′N, 118°10′–118°52′E)位于江苏省西北部淮安、宿迁 2 市境内,是江苏省第二大、全国第四大淡水湖泊<sup>[8]</sup>。洪泽湖作为淮河流域最大的防洪供水调蓄湖泊和南水北调东线工程的重要水源地,其具有防洪抗旱、调节气候和保护生物多样性等重要功能,对农渔业、旅游业和航运等产业发挥着巨大作用<sup>[9]</sup>。本研究以沿湖区县以内、洪泽湖以外的区域为基础,综合考虑行政区域完整性和水系结构,确定了洪泽湖环湖地区的范围,包括盱眙县、洪泽区、泗洪县全域,宿城区、泗阳县、淮阴区、清江浦区京杭运河中运河段以南区域。

## 3 数据与方法

### 3.1 数据来源与预处理

本研究选取了 1990 年、2000 年、2010 年、2020 年 4 期 Landsat 系列卫星遥感影像,影像数据来源于地理空间数据云和美国地质调查局官网。根据中国科学院土地利用覆盖分类体系,并结合研究区域的实际情况建立了耕地、水域、林地、草地、建设用地、未利用地 6 个地类。利用 ENVI 软件采用支持向量机法(SVM)进行监督分类,最终获得 4 期研究区土地利用类型数据<sup>[10–12]</sup>。

### 3.2 研究方法

#### 3.2.1 土地利用变化幅度

土地利用变化幅度是指土地利用类型在面积方面的变化幅度<sup>[13]</sup>,反映了各类土地利用类型在总面积上的变化量,其表达式为

$$\Delta V = \frac{V_b - V_a}{V_a} \times 100\% \quad (1)$$

式中, $\Delta V$ 为研究区域的土地利用变化幅度, $V_a$ 、 $V_b$ 分别为研究地区初期和研究末期某种土地利用类型的面积。

#### 3.2.2 生态系统服务价值估算

基于单位面积价值当量因子法,根据“一个生态服务价值当量因子的经济价值量等于当年平均粮食单产市场价值的 1/7”的规则<sup>[14]</sup>,计算得到了基于 2021 年粮食单价的生态服务价值当量因子为 23.52 万元/ $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ ,结合洪泽湖环湖地区实际情况进行修正得到价值系数(表 1)。生态系统服务价值的计算公式如下:

$$V_{\text{ESV}} = \sum_{i=1}^n (A_i \times V_{c_i}) \quad (2)$$

式中, $V_{\text{ESV}}$ 为生态系统服务价值,万元/a; $i$ 为土地利用类型, $i=1, 2, 3, \dots, n$ ;  $A_i$ 为地类  $i$  的面积,  $\text{km}^2$ ;  $V_{c_i}$ 为地类  $i$  的生态系统服务功能价值系数,万元/( $\text{km}^2 \cdot \text{a}$ )。

#### 3.2.3 生态贡献率

生态贡献率是一定时间段内不同土地利用类型 ESV 变化量对总 ESV 变化量的影响大小,用来揭示影响区域 ESV 变化的主要贡献因子<sup>[15]</sup>。计算公式如下:

$$G_{it} = \frac{|\Delta V_{\text{ESV},it}|}{\sum_{i=1}^6 |\Delta V_{\text{ESV},it}|} \times 100\% \quad (3)$$

表 1 洪泽湖环湖地区各地类单位面积生态系统服务价值系数

生态系统一级 服务功能	生态系统二级 服务功能	不同土地利用类型的服务价值系数/(万元· $\text{km}^2$ · $\text{a}^{-1}$ )					
		耕地	林地	草地	水域	建设用地	未利用地
供给服务	食物生产	25.99	18.82	5.94	5.94	0.00	0.00
	原料生产	5.76	5.41	13.64	13.64	0.00	0.00
	水资源供给	-30.69	194.98	7.06	7.06	0.00	0.00
调节服务	气体调节	20.93	18.11	44.86	44.86	0.00	0.47
	气候调节	10.94	53.86	134.24	134.24	0.00	0.00
	净化环境	3.18	130.54	39.34	39.34	0.00	2.35
	水文调节	35.16	2 404.68	87.85	87.85	0.00	0.71
支持服务	土壤保持	12.23	21.87	54.63	54.63	0.00	0.47
	维持养分循环	3.65	1.65	4.17	4.17	0.00	0.00
	生物多样性	4.00	59.98	49.74	49.74	0.00	0.47
文化服务	美学景观	1.76	44.45	21.81	21.81	0.00	0.24

式中: $G_i$ 为地类*i*在时间段*t*内的生态贡献率; $\Delta V_{ESV,i}$ 为地类*i*在时间段*t*内的ESV变化量。

4 结果与讨论

4.1 土地利用变化特征

通过对各时期土地利用类型面积及面积占比进行统计分析(表2),结果表明,2010年耕地面积及面积占比较2000年出现小幅下降,面积降至5 487.27 km<sup>2</sup>,面积占比为79.97%,与此同时水域(551.39 km<sup>2</sup>)和建设用地(522.20 km<sup>2</sup>)面积占比增加至8.04%和7.61%;2020年较2010年耕地面积占比进一步减少至71.82%,水域面积占比增加至8.98%,建设用地面积出现较大幅度增长,面积达到866.27 km<sup>2</sup>,占比12.63%。总体来看,1990—2020年洪泽湖环湖地区土地利用总体格局基本一致,虽然耕地面积在此期间出现明显下降,面积占比减少了9.45%,但是土地利用类型仍以耕地为主,其各年面积占比均超过了70%;在此期间,建设用地和水域面积均出现小幅增长,面积占比分别增加至12.63%和8.98%;林地、草地和未利用地的面积及面积占比未出现明显变化。

分析各土地利用类型的面积变化(图1)。

1990—2000年各地类面积变化幅度均较小,仅未利用地和草地面积出现37.64%和22.45%的减幅,建设用地增幅为18.32%;2000—2010年,建设用地面积出现显著增加,增幅为40.01%,水域面积也出现了7.77%的增幅,草地、林地面积则分别出现了39.56%和22.27%的减幅;2010—2020年草地面积增幅为182.04%,其次是建设用地(65.89%)和林地(43.35%),仅未利用地和耕地面积出现减少,减幅为19.96%和10.19%。总体而言,1990—2020年建设用地的面积变化最为明显,共增加553.28 km<sup>2</sup>,增幅为176.78%;其次是未利用地和草地,变化幅度分别为-53.40%和32.20%;水域面积增加了94.54 km<sup>2</sup>,增幅为18.13%;耕地作为研究区内的主要土地利用类型,1990—2020年面积共计减少648.19 km<sup>2</sup>,减少幅度为11.62%。

近30年洪泽湖环湖地区的土地利用类型以耕地为主,除林地面积未出现明显变化外,建设用地、草地和水域面积均出现了明显增加,耕地和未利用地面积出现一定程度的减少。这与长期以来,洪泽湖周边地区以农业、渔业经济为主,乡镇工业起步较晚具有一定关系。受人口快速增长和粗放式发展模式等因素的影响,洪泽湖环湖地区的圈圩开发、围网养殖等问题较为严重<sup>[9]</sup>,进入21世纪尤其

表2 1990—2020年洪泽湖环湖地区各土地利用类型面积及占比

土地利用类型	1990年		2000年		2010年		2020年	
	面积/km <sup>2</sup>	比重/%	面积/km <sup>2</sup>	比重/%	面积/km <sup>2</sup>	比重/%	面积/km <sup>2</sup>	比重/%
耕地	5 576.10	81.27	5 587.83	81.44	5 487.27	79.97	4 927.91	71.82
水域	521.44	7.60	511.63	7.46	551.39	8.04	615.98	8.98
林地	401.78	5.86	355.55	5.18	276.36	4.03	396.17	5.77
草地	37.52	0.55	29.10	0.42	17.59	0.26	49.60	0.72
建设用地	312.98	4.56	370.32	5.40	522.20	7.61	866.27	12.63
未利用地	11.46	0.17	7.15	0.10	6.67	0.10	5.34	0.08

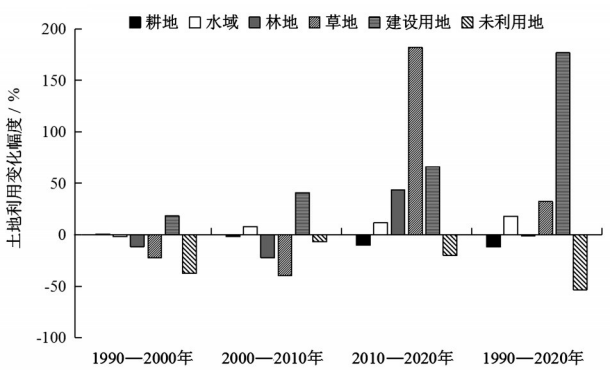


图1 1990—2020年洪泽湖环湖地区各土地利用变化幅度

是2010年之后,随着社会经济的快速发展,环湖地区新农村建设、旅游区开发、城镇化等项目也陆续开展,这使得城镇居住、工业、交通设施等建设用地的持续扩张成为了必然的趋势,导致2010—2020年建设用地增加幅度达65.89%。与此同时,在省、市各级政府部门提出并落实“退圩环湖”“生态复绿”等政策后,加上耕地开发转变成圈圩养殖等原因,都导致了水域面积的扩大,也是环湖地区耕地的不断减少的主要原因。近年来,随着南水北调东线工程的建成,其对洪泽湖周边地区的生态环境提出了

更高的要求,也深刻影响了洪泽湖环湖地区土地利用的结构和方式,共同导致了其土地利用发生明显变化。

4.2 生态系统服务价值变化特征

洪泽湖环湖地区 ESV 计算结果表明(表 3),1990—2020 年研究区 ESV 总体呈现先下降后上升的趋势,共增加 22.21 亿元。ESV 总体组成中水域 ESV 所占比重最大,1990—2020 年占比均超过 68%;其次是耕地 ESV,1990—2020 年占比均超过了 18%;林地 ESV 占比各年均超过了 5%,其余主要地类 ESV 占比均小于 1%。1990—2000 年总 ESV 呈现减少的趋势,主要原因是水域和林地面积出现减少,ESV 下降;2000—2020 年总 ESV 呈现持续增加的趋势,共增加了 27.53 亿元,其中水域、林地和草地的 ESV 分别从 151.15 亿元、16.47 亿元和 1.35 亿元增加至 181.98 亿元、18.35 亿元和 2.30 亿元,耕地 ESV 减少了 6.13 亿元。总体而言,1990—2020 年 ESV 增加幅

度达到 9.82%,主要来源于水域和草地的贡献,二者 ESV 分别增加了 18.13%和 32.20%,耕地、林地和未利用地 ESV 均出现不同程度减少,减少幅度分别为 11.62%、1.40%和 53.40%,这一变化趋势与土地利用的变化趋势相似。

1990—2020 年洪泽湖环湖地区四类一级 ESV 与总 ESV 变化趋势一致(表 3~4),总体均呈现先下降后上升的趋势。在一级生态系统服务中,调节服务各年占比均超过 83%;在调节服务中,水文调节服务各年占比均为 80%左右。1990—2020 年研究区域二级 ESV 中水资源供给服务价值减幅最大,为 57.81%,其次是食物生产和维持养分循环,降幅分别为 9.55%和 9.47%;在此期间,水文调节和净化环境 ESV 出现较大增长,增幅分别为 13.78%和 10.21%,其次是生物多样性和美学景观,增幅分别为 4.50%、7.51%。

分析不同地类对 ESV 变化的贡献率(表 5)结果

表 3 1990—2020 年洪泽湖环湖地区各地类 ESV 变化

土地类型	ESV/亿元				变化幅度/%
	1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990—2020 年
耕地	51.80	51.91	50.98	45.78	-11.62
水域	154.05	151.15	162.90	181.98	18.13
林地	18.61	16.47	12.80	18.35	-1.40
草地	1.74	1.35	0.81	2.30	32.20
建设用地					
未利用地	0.005	0.003	0.003	0.003	-53.40
总和	226.21	220.89	227.50	248.42	9.82

表 4 1990—2020 洪泽湖环湖地区生态系统一级和二级服务价值变化

生态系统一级 服务功能	生态系统二级 服务功能	ESV/亿元				变化幅度/%
		1990 年	2000 年	2010 年	2020 年	1990—2020 年
供给服务	食物生产	15.73	15.71	15.47	14.23	-9.55
	原料生产	4.09	4.02	3.86	3.78	-7.66
	水资源供给	-6.64	-6.90	-5.88	-2.80	-57.81
调节服务	气体调节	14.59	14.35	13.80	13.43	-7.93
	气候调节	14.80	14.03	12.92	14.69	-0.76
	净化环境	10.31	9.97	10.10	11.36	10.21
	水文调节	148.86	146.06	154.47	169.37	13.78
支持服务	土壤保持	10.36	10.05	9.52	9.81	-5.32
	维持养分循环	2.30	2.28	2.21	2.08	-9.47
	生物多样性	7.54	7.22	6.96	7.88	4.50
文化服务	美学景观	4.26	4.10	4.06	4.58	7.51



表5 1990—2020年洪泽湖环湖地区不同地类生态系统服务价值变化的贡献率

时间段	不同土地利用类型的服务价值变化的贡献率/%					
	耕地	水域	林地	草地	建设用地	未利用地
1990—2000年	1.97	52.31	38.66	7.04		0.04
2000—2010年	5.53	69.59	21.73	3.16		0.00
2010—2020年	16.60	60.95	17.73	4.74		0.00
1990—2020年	17.32	80.33	0.75	1.61	0.00	0.01

表明,1990—2020年洪泽湖环湖地区内水域和耕地的生态贡献率最大,分别为80.33%和17.32%。1990—2000年,水域和林地的生态贡献率分别为52.31%和38.66%;2000—2010年生态贡献率的整体格局与1990—2000年相似,均为水域和林地占比较大,而耕地、草地和未利用地三者占比之和小于10%;2010—2020年的生态贡献率较2000—2010年出现了较大变化,水域和林地的生态贡献率分别下降了8.66%和4.00%,而耕地的生态贡献率则增加了11.07%。综合来看,水域和耕地对ESV变化的贡献率最大,是近30年洪泽湖环湖地区生态系统服务价值变化的主要贡献因子。

综上所述,1990—2020年洪泽湖环湖地区ESV从226.21亿元增加至248.42亿元,共计增加22.21亿元,主要来源于水域ESV的贡献。结合水域和耕地对该地区ESV变化的贡献率和3.1中土地利用的变化特征,分析可能原因是省、市各级政府部门对“退圩还湖”“生态复绿”等政策落实到位,加之耕地开发转变成圈圩养殖等因素的影响,导致了减少的耕地面积大量转入到水域面积中,造成了水域面积的持续扩大。本研究中土地利用变化趋势和各类ESV变化趋势相似,这与其他学者得出的结论相似<sup>[16]</sup>,但也应当注意到,土地利用变化虽然是影响ESV变化的重要因素,但是不同土地利用类型的生态系统服务价值系数对ESV的影响也不容忽视的<sup>[17]</sup>。水域以小于10%的面积占比贡献了缓冲带超过68%的ESV,这主要是因为水域的生态系统服务价值系数远高于其他地类,这会对水域ESV在总ESV中的占比造成重要影响,但同时也一定程度上证明了水域对环湖地区生态系统服务具有重要的价值意义。

## 5 结 论

(1)近30年洪泽湖环湖地区土地利用类型以耕地为主,建设用地、草地和水域面积增加明显,增加

幅度分别为176.78%、32.20%和18.13%;未利用地和耕地下降幅度为53.40%和11.62%。

(2)1990—2020年,洪泽湖环湖地区ESV总体均呈现先下降后上升的趋势,共计增加22.21亿元,ESV变化的主要贡献因子为水域和耕地的ESV变化,因而保护环湖地区的水域对洪泽湖生态系统服务功能具有重要作用。

### 参考文献:

- [1] 谢高地,张彩霞,张雷明,等.基于单位面积价值当量因子的生态系统服务价值化方法改进[J].自然资源学报,2015,30(8):1243-1254.
- [2] C DAILY G. The value of nature and the nature of value[J]. Science of the Total Environment, 2000, 289(5478): 395-396.
- [3] COSTANZA ROBERT, D'ARGE RALPH, GROOT RUDOLF DE, et al. The value of the world's ecosystem services and natural capital[J]. Nature, 1997, 387(6630): 253-260.
- [4] 谢高地,甄霖,鲁春霞,等.一个基于专家知识的生态系统服务价值化方法[J].自然资源学报,2008,23(5): 911-919.
- [5] 徐嘉兴,李钢,渠俊峰,等.洪泽湖地区土地利用与景观格局演变[J].长江流域资源与环境,2011,20(10): 1211-1216.
- [6] 夏双,阮仁宗,颜梅春,等.洪泽湖区土地利用/覆盖变化分析[J].遥感信息,2013,28(1):54-59,64.
- [7] 欧阳志云,王如松,赵景柱.生态系统服务功能及其生态经济价值评价[J].应用生态学报,1999,10(5):635-640.
- [8] 蔡永久,张祯,唐荣桂,等.洪泽湖生态系统健康状况评价和保护[J].江苏水利,2020(7):1-7,13.
- [9] 刘超,王智源,张建华,等.景观类型与景观格局演变对洪泽湖水质的影响[J].环境科学学报,2021,41(8): 3302-3311.
- [10] 牟多铎,刘磊.ELM与SVM在高光谱遥感图像监督分类中的比较研究[J].遥感技术与应用,2019,34(1): 115-124.

- [11] 祝佳. Landsat8 卫星遥感数据预处理方法[J]. 国土资源遥感, 2016, 28(2): 21–27.
- [12] ZHU Z, E WOODCOCK C, C HOLDEN, et al. Generating synthetic Landsat images based on all available Landsat data: Predicting Landsat surface reflectance at any given time[J]. Remote Sensing of Environment, 2015(162): 67–83.
- [13] 韩会然, 杨成凤, 宋金平. 北京市土地利用变化特征及驱动机制[J]. 经济地理, 2015, 35(5): 148–154, 197.
- [14] 刘桂林, 张落成, 张倩. 长三角地区土地利用时空变化对生态系统服务价值的影响[J]. 生态学报, 2014, 34(12): 3311–3319.
- [15] 封建民, 郭玲霞. 陕西省神木县土地利用格局和生态服务价值变化[J]. 水土保持通报, 2014, 34(6): 293–298.
- [16] 张飞, 杨业惠, 冷燕燕. 洪泽湖周边地区生态系统服务价值对土地利用变化的响应[J]. 淮阴师范学院学报(自然科学版), 2013, 12(2): 149–153.
- [17] 戚丽萍, 闫丹丹, 李静泰, 等. 江苏省生态系统服务价值对土地利用/土地覆盖变化的动态响应[J]. 北京师范大学学报(自然科学版), 2021, 57(2): 255–264.

(上接第 17 页)

太浦闸日均下泄流量为  $109.1 \text{ m}^3/\text{s}$ , 较 2005—2015 年期间水资源调度期太浦闸日均下泄流量 ( $55.4 \text{ m}^3/\text{s}$ ) 增幅明显。

作为开放式、流动性、多功能为一体的水域, 太浦河水源内水质会受到东太湖来水、周边地区支流汇入和潮汐等多方面因素的影响, 这需要对太浦闸下泄流量进行控制, 通过临时加大上游来水比例以改善水质。其中, 在 2019 年太浦河水质预警联动机制运作下, 太浦河泵站就先后 6 次进行应急调度, 开启太浦河泵站进行应急供水, 年内总开泵时长 495.5 h, 最大单日供水流量约  $250 \text{ m}^3/\text{s}$ , 总下泄流量达 1.1 亿  $\text{m}^3$ , 有效保障了长三角生态绿色一体化发展示范区饮用水安全。

## 4 结 语

(1) 环太湖入湖水量历年变化总体呈增加趋势, 其中在 2002 年前后, 汛期时环太湖入湖水量由降水主导为主, 逐渐转为受降水产流、沿江口门引水等多因素共同影响。而受太湖水位整体抬升影响, 环太湖出湖水量也表现出相应增加的趋势, 但相对于入湖水量而言, 出湖水量的变化幅度要略小。

(2) 在主要的入湖来源中, 湖西区入湖水量增加显著, 也是环太湖入湖水量增加的主要来源。湖西区入湖水量的增加, 与沿江口门引水量, 以及下垫面变化背景下降水产水量的增加密切相关。浙西区入湖水量历年变化相对稳定, 同时表现出随雨情条件变化的特征。而由于水资源调度期内引水量的增加而导致太湖水位上涨, 湖水的顶托作用也使得该时期浙西区入湖水量表现出减少的趋势。

(3) 在主要的出湖来源中, 流域下游的阳澄淀泖区、杭嘉湖区出湖水量增幅明显, 这主要是由于入湖水量增加背景下太湖常水位的抬升, 以及东太湖综合整治工程等一系列水环境治理相关工程的建设实施。受水资源调度与供水量变化影响, 太浦河出湖水量也表现出整体增加的趋势, 特别是在青浦金泽水源地投入使用以来, 该时期太浦闸年均供水量和水资源调度期内日均下泄流量均涨幅明显。

## 参考文献:

- [1] 张劲松, 张春松, 宋玉, 等. 2016 年江苏太湖及秦淮河防汛抗洪调度[M]. 南京: 河海大学出版社, 2018.
- [2] 季海萍, 吴浩云, 吴娟. 1986—2017 年太湖出、入湖水量变化分析[J]. 湖泊科学, 2019, 31(6): 1525–1533.
- [3] 林鹏, 陈启慧, 李琼芳, 等. 环太湖各水资源分区入出湖水量及贡献分析[J]. 水资源保护, 2021, 37(3): 66–73.
- [4] 詹道江, 徐向阳, 陈元芳. 工程水文学[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2010.
- [5] 吴娟, 林荷娟, 季海萍, 等. 城镇化背景下太湖流域湖西区汛期入湖水量计算[J]. 水科学进展, 2021, 32(4): 577–586.
- [6] 吴浩云, 徐洪, 张怡. 1999 年太湖流域特大洪水防御工作的回顾与思考[J]. 中国水利, 2009(19): 35–38.
- [7] 曹菊萍, 李昊洋, 彭焱梅, 等. 太湖流域重要河湖河道内年度水量分配拟定初步探索[J]. 中国水利, 2019(5): 13–15, 21.
- [8] 戴锦明, 叶磊. 苏州东太湖综合整治工程情况及综合效益分析[J]. 江苏水利, 2015(1): 3–4.
- [9] 殷鹏, 张建华, 华萍. 改善东太湖水环境的水工程措施研究[J]. 江苏水利, 2019(7): 1–4, 8.