

巢湖水质分析评价与治理对策

凌 蓉

安徽省水文局水环境监测中心, 安徽 合肥

收稿日期: 2025年1月24日; 录用日期: 2025年3月28日; 发布日期: 2025年4月28日

摘 要

巢湖位于安徽省中部, 是安徽境内最大的湖泊。为探究近年来巢湖水质变化, 对2015年至2020年巢湖湖区14~23个水质监测点的高锰酸盐指数、氨氮、总磷、化学需氧量、五日生化需氧量和营养化指数及状态6项重要水质指标, 共1800余组水质监测数据进行了分析。监测结果表明, 巢湖东半湖水质优于西半湖水质, 通过对各项指标进行年均数值变化趋势分析和季节性Kendall趋势分析, 2015年至2020年总体呈现高度显著下降趋势, 尤其是巢湖西半湖氨氮、化学需氧量和五日生化需氧量项目从IV~V类, 变好至III类, 说明近年来巢湖水质得到较为明显的改善。结合巢湖水质现状, 对水环境影响因素进行分析, 巢湖水环境主要受到外源污染如入湖河流、工业废水、生活污水等和内源污染的影响。巢湖的水环境治理应以源头控制为主, 内部治理为辅, 制定更具针对性的治理措施。

关键词

水质, 水环境, 水污染, 巢湖

Water Quality Analysis Evaluation and Countermeasures in Chaohu Lake

Rong Ling

Water Environment Monitoring Center, Anhui Hydrological Bureau, Hefei Anhui

Received: Jan. 24th, 2025; accepted: Mar. 28th, 2025; published: Apr. 28th, 2025

Abstract

Chaohu Lake is located in the central part of Anhui Province and is the largest lake within the province. In order to explore the changes of water quality of Chaohu Lake in recent years, six important water quality indicators including permanganate index, ammonia nitrogen, total phosphorus, chemical oxygen demand (COD), five-day biochemical oxygen demand (BOD) and eutrophication index of 14~23 water samples from 2015 to 2020 were selected, with a total of more than 1800 groups data. The results showed that the water

作者简介: 凌蓉(1994-), 女, 三级主任科员, 主要从事水质监测与分析评价工作, Email: 394460792@qq.com

文章引用: 凌蓉. 巢湖水质分析评价与治理对策[J]. 水资源研究, 2025, 14(2): 223-232.

DOI: 10.12677/jwrr.2025.142024

quality of the eastern part of Chaohu Lake is better than that of the western part. Through the analysis of annual average value change trend and seasonal Kendall trend of various indicators from 2015 to 2020, there was a highly significant downward trend overall, especially the ammonia nitrogen, chemical oxygen demand, and five-day biochemical oxygen demand items in the western part of Lake getting better from Class IV~V to Class III, indicating that the water quality has been significantly improved in recent years. Based on the current water quality status, an analysis is conducted on the factors affecting the water environment. The water environment is mainly affected by external pollution such as incoming rivers, industrial wastewater, domestic sewage, and internal pollution. The water environment governance of Chaohu Lake should focus on source control, supplemented by internal governance, and formulate more targeted measures.

Keywords

Water Quality, Water Environment, Water Pollution, Chaohu Lake

Copyright © 2025 by author(s) and Wuhan University & Bureau of Hydrology, Changjiang Water Resources Commission. This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 研究区域概况

巢湖, 位于安徽省中部, 是安徽境内最大的湖泊, 也是我国五大淡水湖之一。巢湖由合肥、巢湖、肥东、肥西、庐江二市三县环抱, 东西长 55 km、南北宽 21 km, 湖岸线周长 176 km, 巢湖多年平均降水量为 1100 mm, 湖底高程一般为 5.0~6.0 m, 正常蓄水位 8.00 m 时, 湖面面积 755 km², 容积 17.17 亿 m³, 是长江下游重要湖泊湿地和长三角重要生态屏障, 也是引江济淮流经之地, 具有调蓄洪水、保障供水、发展航运和守护入江入淮水质、维护生物多样性、营造滨水景观环境等重要作用[1]。

2. 研究方法

2.1. 评价标准

地表水水质评价标准采用现行《地表水环境质量标准》(GB/T 3838-2002) [2], 基本项目标准限值见表 1。

营养状态评价标准采用现行《地表水水质资源质量评价技术规程》(SL395-2007) [3], 营养状态分级见表 2。

2.2. 评价方法

水质类别评价, 按评价标准所列分类指标, 划分为六类, 代号与类别代号相同, 不同类别标准值相同时, 从优不从劣[4]。水质类别为I类、II类、III类的水体定义为达标, 其余为不达标。超标评价: 以某水质指标的代表值和III类水标准值比较, 代表值大于标准值即为超标, 超标程度用超标倍数表示, 其计算式为:

表 1. 地表水环境质量标准(GB3838-2002)基本项目标准限值(单位: mg/L)

序号	项目	I类	II类	III类	IV类	V类
1	高锰酸盐指数	≤ 2	6	5	3	2
2	化学需氧量(COD)	≤ 15	4	6	10	15
3	五日生化需氧量(BOD ₅)	≤ 3	15	20	30	40
4	氨氮(NH ₃ -N)	≤ 0.15	3	4	6	10
5	总磷(以 P 计)	≤ 0.02 (湖、库 0.01)	0.5	1.0	1.5	2.0
6	总氮(湖、库, 以 N 计)	≤ 0.2	0.1 (湖、库 0.025)	0.2 (湖、库 0.05)	0.3 (湖、库 0.1)	0.4 (湖、库 0.2)

表 2. 《地表水资源质量评价技术规程》(SL395-2007)中湖泊(水库)营养状态评价标准及分级方法

营养状态分级 $EI = \text{营养状态指数}$	评价项目赋 分值 E_n	总磷(mg/L)	总氮(mg/L)	叶绿素 a (mg/L)	高锰酸盐指数 (mg/L)	透明度(m)
贫营养 $0 \leq EI \leq 20$	10	0.001	0.020	0.0005	0.15	10
	20	0.004	0.050	0.0010	0.4	5.0
中营养 $20 < EI \leq 50$	30	0.010	0.10	0.0020	1.0	3.0
	40	0.025	0.30	0.0040	2.0	1.5
富营养	50	0.050	0.50	0.010	4.0	1.0
	60	0.10	1.0	0.026	8.0	0.5
	70	0.20	2.0	0.064	10	0.4
	80	0.60	6.0	0.16	25	0.3
	90	0.90	9.0	0.40	40	0.2
	100	1.3	16.0	1.0	60	0.12

$$M_i = \frac{C_i}{C_{si}} - 1 \tag{1}$$

式中： M_i 为*i*指标的超标倍数； C_i 为*i*指标的水质代表值(mg/L)； C_{si} 为*i*指标Ⅲ类水标准值(mg/L)。

湖泊营养状态评价采用指数法，采用线性插值法将水质项目浓度值转换为赋分值，按公式计算营养化状态(EI)，根据营养状态指数确定营养状态分级，其计算式为：

$$EI = \sum_{n=1}^N E_n / N \tag{2}$$

式中： EI 为营养状态指数； E_n 为评价项目赋分值； N 为评价项目个数。

3. 结果与讨论

安徽省水文局 2015~2020 年在巢湖湖区共设立了 14~23 个监测站点，站点布设符合《水环境监测规范》(SL 219-2013)的要求，站点布局见图 1。

3.1. 水质类别评价

2015 年~2017 年对巢湖湖区每年进行 348 点·次的监测，其中东半湖 264 点·次，西半湖 84 点·次。2018 年对巢湖湖区共进行 339 点·次的监测，其中东半湖 255 点·次，西半湖 84 点·次。2019 年对巢湖湖区共进行 276 点·次的监测，其中东半湖 192 点·次，西半湖 84 点·次。2020 年对巢湖湖区共进行 168 点·次的监测，其中东半湖 96 点·次，西半湖 72 点·次。各项目使用的检测方法，见表 3。

水质目标为水环境质量Ⅲ类标准。依据《地表水水环境质量标准》，对 2015~2020 年巢湖东西半湖水质进行逐月评价，见表 4。

从表 3 可以看出，从 2015 年巢湖东半湖全年Ⅳ类水占 58.3%，Ⅴ类水占 41.7%，西半湖均为劣Ⅴ类；到 2020 年巢湖东半湖Ⅲ类水占 33.3%，Ⅳ类水占 25.0%，Ⅴ类水占 41.7%，东半湖Ⅳ类水占 58.3%，Ⅴ类水占 41.7%，巢湖水质呈现逐年变好的趋势。

巢湖全年水质较差的为 6~8 月，东半湖主要超标项目为总磷、铁，西半湖主要超标项目为总磷、氨氮、化学需氧量、五日生化需氧量。说明巢湖总体氮和磷的含量较高，磷、铁含量呈现同步增加或减少的趋势可能是因为沉积物中磷和铁存在耦合关系。

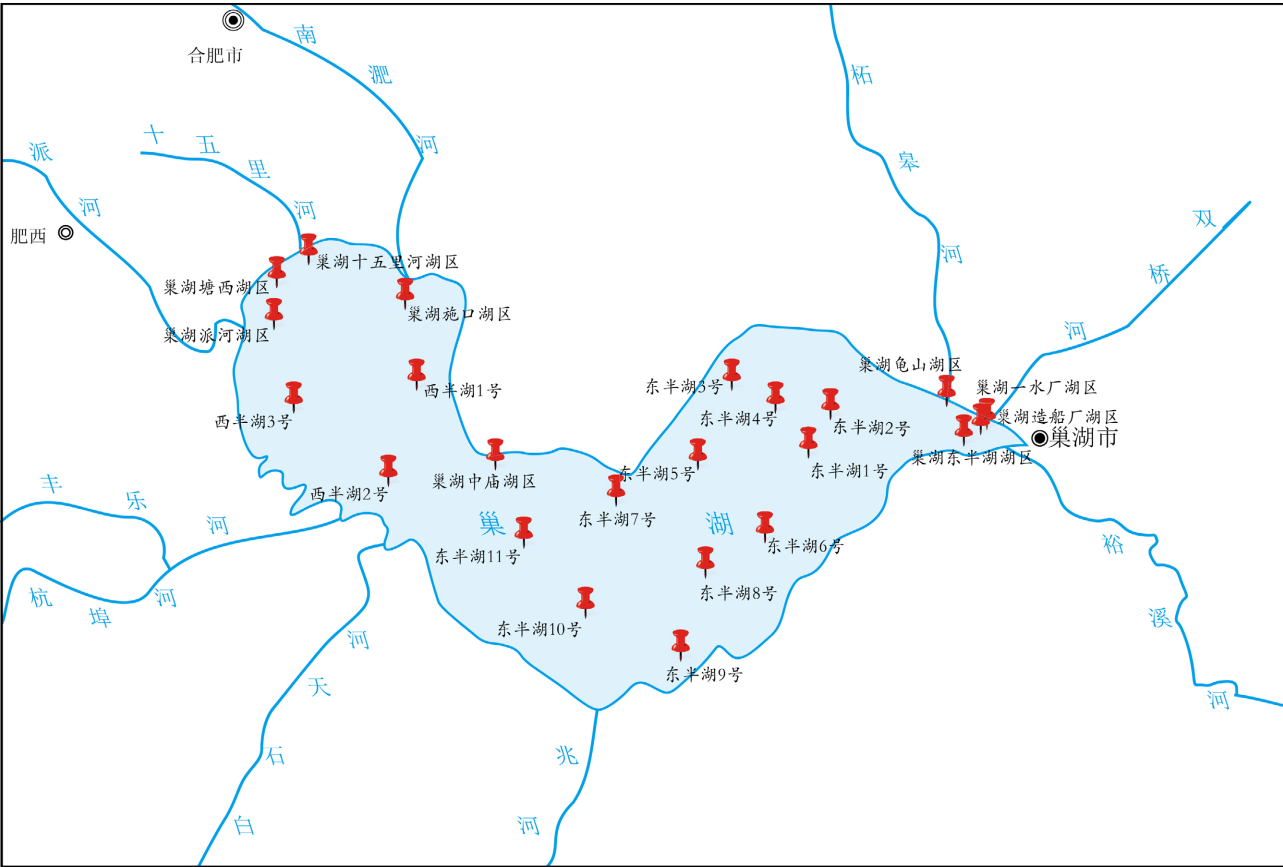


图 1. 巢湖监测点分布示意图

表 3. 项目检测方法

检测项目	检测方法编号	检测方法名称
高锰酸盐指数	GB 11892-1989	水质 高锰酸盐指数的测定[5]
氨氮	HJ 535-2009	水质 氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法[6]
	HJ 665-2013	水质 氨氮的测定 连续流动——水杨酸分光光度法[7]
总磷	HJ 670-2013	水质 磷酸盐和总磷的测定 连续流动——钼酸铵分光光度法[8]
化学需氧量	GB 11914-1989	水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法[9]
	皖水监/QJ 002-2015	水质 化学需氧量的测定 连续流动——快速消解分光光度法[10]
五日生化需氧量	HJ 505-2009	水质 五日生化需氧量(BOD ₅)的测定 稀释与接种法[11]

表 4. 巢湖 2015~2020 年水质类别逐月评价结果

年份	湖区	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
2015	巢湖东半湖	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	V	V	V	V	V
	巢湖西半湖	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V
2016	巢湖东半湖	IV	IV	IV	IV	IV	IV	IV	III	V	V	V	V
	巢湖西半湖	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	劣V	V	V	劣V	V	V	劣V
2017	巢湖东半湖	III	IV	III	IV	III	III	IV	V	IV	IV	IV	V
	巢湖西半湖	劣V	劣V	劣V	劣V	V	劣V	劣V	劣V	V	V	V	劣V

续表

2018	巢湖东半湖	IV	IV	IV	IV	IV	IV	V	V	V	V	V	V
	巢湖西半湖	劣V	劣V	V	V	劣V	IV	V	V	V	V	V	V
2019	巢湖东半湖	V	IV	IV	III	IV	III	IV	IV	IV	V	IV	IV
	巢湖西半湖	V	V	V	V	IV	IV	V	V	V	V	V	IV
2020	巢湖东半湖	V	III	III	IV	III	IV	IV	III	V	V	V	V
	巢湖西半湖	V	IV	IV	IV	IV	V	V	IV	V	IV	IV	V

3.2. 年均水质情况

2015 年东半湖水质情况优于西半湖。高锰酸盐指数：东半湖年均值 4.14，为Ⅲ类；西半湖年均值 5.65，为Ⅲ类。氨氮：东半湖年均值 0.23，为Ⅱ类；西半湖年均值 2.43，为劣Ⅴ类。总磷：东半湖年均值 0.099，为Ⅳ类；西半湖年均值 0.253，为劣Ⅴ类。化学需氧量：东半湖年均值 16.8，为Ⅲ类；西半湖年均值 25.4，为劣Ⅴ类。营养化指数：东半湖均值 61.4，呈中度富营养状态；西半湖均值 69.6，呈中度富营养状态。

2016 年东半湖水质情况优于西半湖。高锰酸盐指数：东半湖年均值 4.33，为Ⅲ类；西半湖年均值 5.33，为Ⅲ类。氨氮：东半湖年均值 0.14，为Ⅰ类；西半湖年均值 2.24，为劣Ⅴ类。总磷：东半湖年均值 0.086，为Ⅳ类；西半湖年均值 0.193，为Ⅴ类。化学需氧量：东半湖年均值 16.1，为Ⅲ类；西半湖年均值 20.5，为Ⅴ类。营养化指数：东半湖均值 61.5，呈中度富营养状态；西半湖均值 67.7，呈中度富营养状态。

2017 年东半湖水质情况优于西半湖。高锰酸盐指数：东半湖年均值 3.78，为Ⅱ类；西半湖年均值 4.90，为Ⅲ类。氨氮：东半湖年均值 0.13，为Ⅰ类；西半湖年均值 2.08，为劣Ⅴ类。总磷：东半湖年均值 0.072，为Ⅳ类；西半湖年均值 0.173，为Ⅴ类。化学需氧量：东半湖年均值 14.8，为Ⅰ类；西半湖年均值 20.2，为Ⅳ类。营养化指数：东半湖均值 62.5，呈中度富营养状态；西半湖均值 68.6，呈中度富营养状态。

2018 年东半湖水质情况优于西半湖。高锰酸盐指数：东半湖年均值 3.77，为Ⅱ类；西半湖年均值 4.55，为Ⅲ类。氨氮：东半湖年均值 0.08，为Ⅰ类；西半湖年均值 1.12，为Ⅳ类。总磷：东半湖年均值 0.097，为Ⅳ类；西半湖年均值 0.148，为Ⅴ类。化学需氧量：东半湖年均值 15.9，为Ⅲ类；西半湖年均值 20.2，为Ⅳ类。营养化指

表 5. 巢湖 2015~2020 年水质类别年均值评价结果

年份	巢湖湖区	年均水质类别	超标项目及超标倍数
2015	巢湖东半湖	IV	总磷(0.98)铁(0.47)
	巢湖西半湖	劣V	总磷(4.06)氨氮(1.43)五日生化需氧量(0.02)化学需氧量(0.27)
2016	巢湖东半湖	IV	总磷(0.72)铁(0.52)
	巢湖西半湖	劣V	总磷(2.86)氨氮(1.24)五日生化需氧量(0.02)化学需氧量(0.02)铁(0.15)
2017	巢湖东半湖	IV	总磷(0.44)铁(1.57)
	巢湖西半湖	劣V	总磷(2.46)氨氮(1.08)化学需氧量(0.01)铁(0.22)
2018	巢湖东半湖	IV	总磷(0.94)铁(1.95)
	巢湖西半湖	V	总磷(1.96)氨氮(0.12)化学需氧量(0.01)铁(0.29)
2019	巢湖东半湖	IV	总磷(0.44)
	巢湖西半湖	V	总磷(1.4)化学需氧量(0.05)
2020	巢湖东半湖	IV	总磷(0.78)铁(0.14)
	巢湖西半湖	V	总磷(1.12)

数：东半湖均值 62.9，呈中度富营养状态；西半湖均值 66.5，呈中度富营养状态。

2019 年东半湖水质情况优于西半湖。高锰酸盐指数：东半湖年均值 3.73，为Ⅱ类；西半湖年均值 4.26，为Ⅲ类。氨氮：东半湖年均值 0.09，为Ⅰ类；西半湖年均值 0.74，为Ⅲ类。总磷：东半湖年均值 0.072，为Ⅳ类；西半湖年均值 0.120，为Ⅴ类。化学需氧量：东半湖年均值 17.2，为Ⅲ类；西半湖年均值 21.0，为Ⅳ类。营养化指数：东半湖均值 61.0，呈中度富营养状态；西半湖均值 65.4，呈中度富营养状态。

2020 年东半湖水质情况优于西半湖。高锰酸盐指数：东半湖年均值 3.57，为Ⅱ类；西半湖年均值 3.87，为Ⅱ类。氨氮：东半湖年均值 0.06，为Ⅰ类；西半湖年均值 0.19，为Ⅱ类。总磷：东半湖年均值 0.089，为Ⅳ类；西半湖年均值 0.106，为Ⅴ类。化学需氧量：东半湖年均值 14.8，为Ⅰ类；西半湖年均值 15.1，为Ⅲ类。营养化指数：东半湖均值 59.2，呈轻度富营养状态；西半湖均值 61.8，呈中度富营养状态。年均评价结果见表 5。

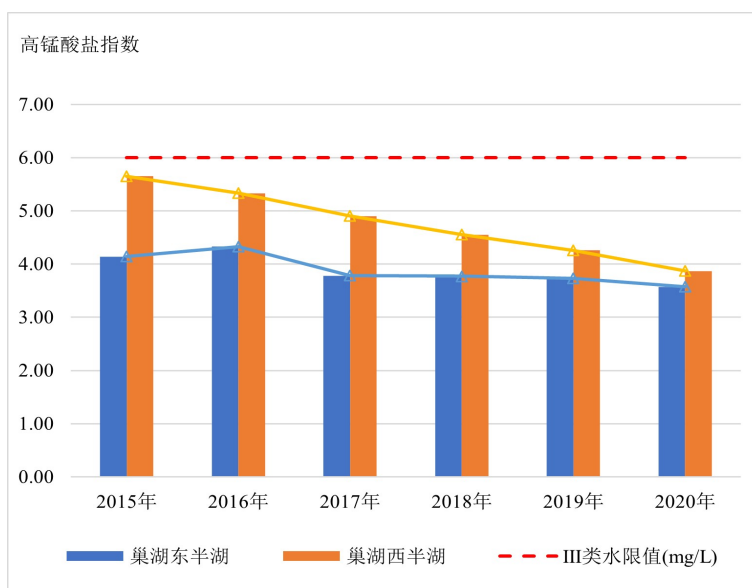


图 2. 高锰酸盐指数年均变化趋势

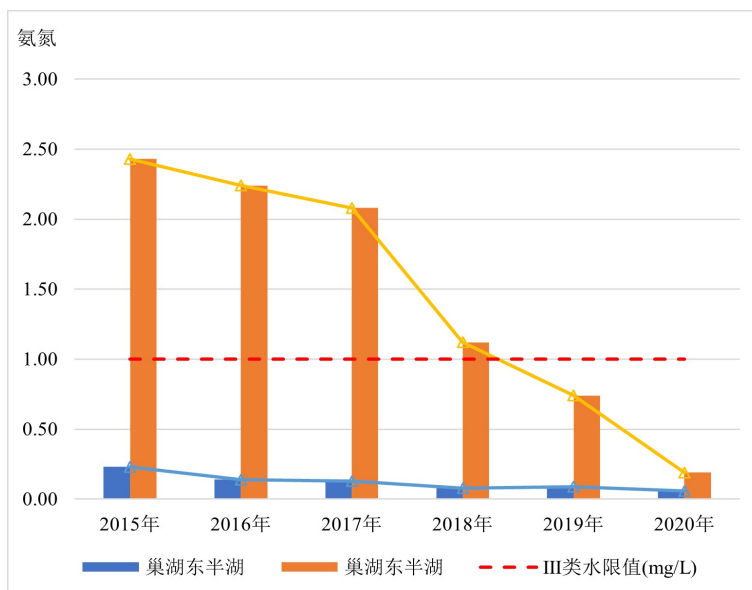


图 3. 氨氮年均变化趋势

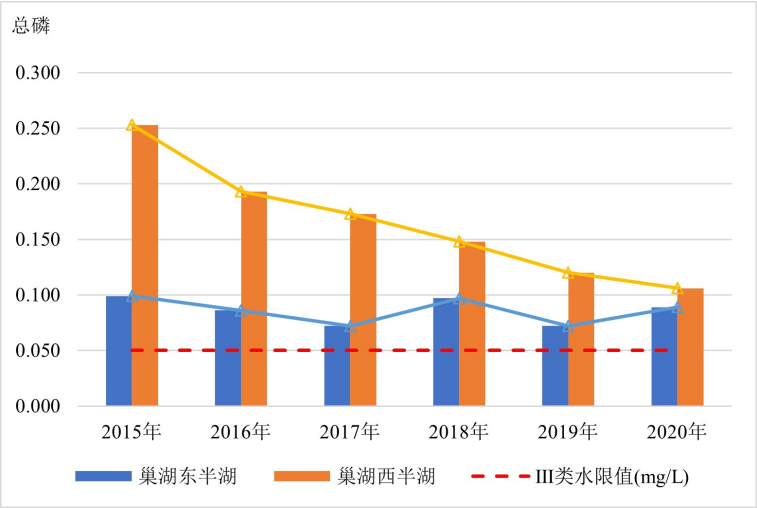


图 4. 总磷年均变化趋势

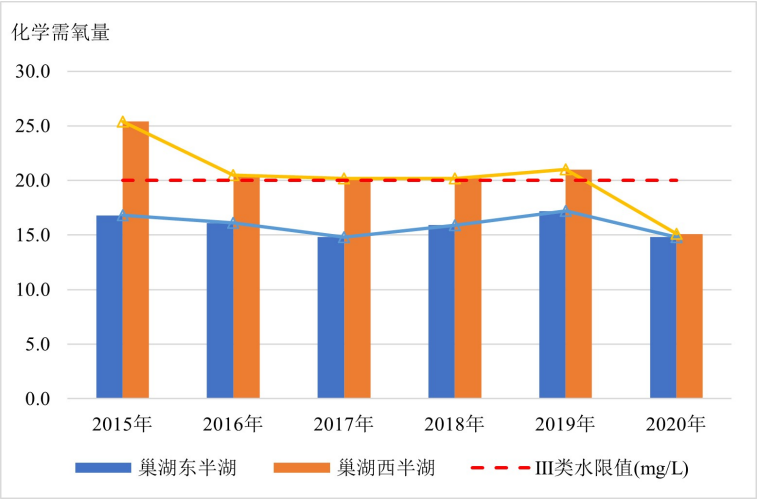


图 5. 化学需氧量年均变化趋势

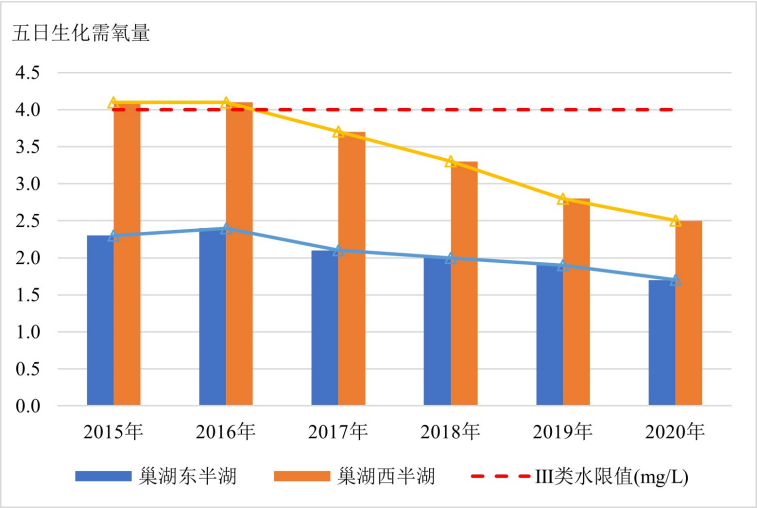


图 6. 五日生化需氧量年均变化趋势

3.3. 重要水质指标变化趋势分析

统计 2015~2020 年重要水质指标情况分析，见图 2~6。由年均值变化图来看，巢湖在经过逐年治理后，水质有较大幅度的改善，各项指标数值下降趋势明显。尤其是巢湖西半湖氨氮、化学需氧量和五日生化需氧量项目从Ⅳ~Ⅴ类，变好至Ⅲ类。

3.4. 季节性 Kendall 趋势分析

水质监测结果受湖泊水位流量等因素影响较大，使用季节性 Kendall 检验法，可以避免季节性的影响。将 2015~2020 年相同月份的水质数据进行比较，如果后一年的值高于前一年的值记为“+”，低于记为“-”号，相等记为“0”。若“+”号个数多于“-”号，则可能为上升趋势；若“+”号个数少于“-”号，则可能为下降趋势。分析结果可分为高度显著上升、显著上升、无趋势、显著下降和高度显著下降[12]。

选取巢湖东西半湖的高锰酸盐指数、氨氮、总磷、化学需氧量、五日生化需氧量五项参数，采用季节性 Kendall 检验分别进行分析评价，结果见表 6。

表 6. 季节性 Kendall 检验分析评价结果

水质项目	湖区	变化率	评价结论
高锰酸盐指数	巢湖东半湖	-3.42%	高度显著下降
	巢湖西半湖	-7.57%	高度显著下降
氨氮	巢湖东半湖	-25.26%	高度显著下降
	巢湖西半湖	-30.31%	高度显著下降
总磷	巢湖东半湖	-3.96%	无明显升降趋势
	巢湖西半湖	-16.93%	高度显著下降
化学需氧量	巢湖东半湖	-0.18%	无明显升降趋势
	巢湖西半湖	-5.28%	高度显著下降
五日生化需氧量	巢湖东半湖	-5.78%	高度显著下降
	巢湖西半湖	-11.22%	高度显著下降

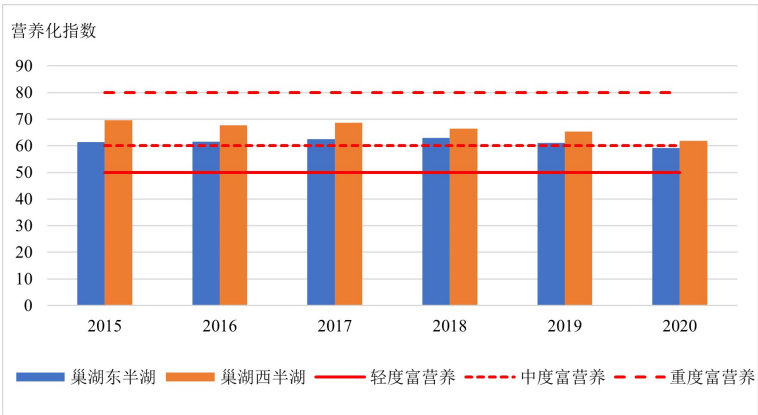


图 7. 营养化指数

从评价结果可以看出，2015~2020 年六年来，除巢湖东半湖总磷和化学需氧量无明显升降趋势，其他参数巢湖东西半湖均呈现高度显著下降趋势。说明近年来巢湖水质得到较为明显的改善，巢湖一直以来的治理获得较

为明显的成果。

3.5. 营养化指数分析

统计 2015~2020 年巢湖东西半湖水体营养化指数, 见图 7。由图可见, 巢湖东半湖营养化指数较为稳定, 巢湖西半湖营养化指数呈逐年下降趋势, 下降了 11%。

4. 污染成因和对策建议

4.1. 污染成因

通过对巢湖 2015~2020 年水质评价的变化分析可见, 经过近年来的不断治理, 巢湖水质正在不断好转, 但仍存在个别项目超标较为严重的情况。分析原因如下:

一是外源污染。1) 入湖河流引起污染: 巢湖东半湖的入湖支流水质整体优于西半湖的入湖支流。根据水文局对巢湖环湖 10 条入湖河流的水质监测的情况发现, 杭埠河、兆河、双桥河、柘皋河水质相对较好, 巢湖第二大入湖河流南淝河污染较为严重, 也是入湖河流污染最为严重的河流之一。2) 工业废水造成污染: 巢湖周边的工业和矿业企业向巢湖排放废水, 特别是上世纪 90 年代以前, 大量工业废水未经处理直接排入巢湖。3) 生活污水造成污染: 沿湖居民生活产生的污废水(如含磷洗衣粉、餐厨废水等)大多未经处理直接排入巢湖。4) 沿湖农业畜禽业施用化肥、农药, 通过雨水径流流入巢湖, 形成面源污染。5) 水土流失带入大量泥沙, 同时带入了氮和磷。

二是内源污染。巢湖湖区面积大, 湖水更新循环较慢, 导致大量营养性污染物滞留在湖水中, 经过各种物理、化学和生物作用, 逐渐沉降至湖泊底层, 形成底泥等沉积物。而积聚在底泥中的营养物质一方面可被微生物摄入, 参与水生态系统的循环, 另一方面也在不断释放进入水体, 导致水体中氮、磷的超标[13] [14]。

4.2. 对策建议

从目前的巢湖水质状况来看, 主要污染问题存在于总磷和营养化指数。因此要针对水体中的氮和磷进一步采取防治措施。

一是加强工业及生活污水排放管理。对周边的企业和矿业排污严格监管, 不达排放标准的禁止排放。对污水管道进行改造, 设置截污溢流井。建设污水处理设施, 提高污水处理能力。二是规范畜禽业建设, 指导群众在农业生产中加大有机肥使用。三是湖底清淤, 尤其是排污口附近的淤泥定期进行疏浚, 减少内源污染物质的堆积和释放, 有利于水生态的改善。四是建立巢湖生态湿地, 湿地对于吸收城市排污中的有害物质、净化水质、保持动植物多样性都有重要作用。同时也为微生物降解营养物质提供了良好条件。

参考文献

- [1] 巢湖市人民政府网站. 巢湖概况[EB/OL]. <https://www.chaohu.gov.cn/zjch/chgk/index.html>, 2025-02-26.
- [2] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. GB 3838-2002. 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [3] 中华人民共和国水利部. SL 395-2007. 地表水资源质量评价技术规程[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007.
- [4] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法[M]. 第 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002: 211-213.
- [5] 国家技术监督局. GB 11892-1989. 水质高锰酸盐指数的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 1989.
- [6] 环境保护部. HJ 535-2009. 水质氨氮的测定 纳氏试剂分光光度法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [7] 环境保护部. HJ 665-2013. 水质氨氮的测定 连续流动——水杨酸分光光度法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.
- [8] 环境保护部. HJ 670-2013. 水质磷酸盐和总磷的测定 连续流动——钼酸铵分光光度法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2013.
- [9] 环境保护部. GB 11914-1989. 水质化学需氧量的测定 重铬酸盐法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.

- [10] 安徽省水环境监测中心. 皖水监/QJ 002-2015. 水质化学需氧量的测定 连续流动——快速消解分光光度法[S]. 2015-06-01.
- [11] 环境保护部. HJ 505-2009. 水质五日生化需氧(BOD₅)的测定 稀释与接种法[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [12] 单开进, 陈开宁, 吴师. 巢湖水环境水生态现状问题分析及对策建议[J]. 江淮水利科技, 2022, 8(4): 27-41.
- [13] 孔令雪, 孔祥瑞, 薛晓玲, 李健. 导致河道水中氨氮和总磷超标的主要污染物成因及防治[J]. 农业开发与装备, 2017(11): 108.
- [14] 王成贵, 曹勇, 汪海波. 巢湖西半湖水体富营养化污染状况及防治对策[J]. 安徽农业科学, 2005, 33(8): 1475-1476.