

修复技术的优化提供数据支持。例如,通过监测不同放电参数下的污染物去除速率,可以找出最优的反应条件,从而提高修复效率。此外,数字化分析还可以用于评估修复过程中可能产生的副产物及其环境影响,从而确保修复过程的安全性和环境友好性。

## 5 等离子体技术在环境治理中的综合应用与展望

### 5.1 等离子体与其他污染治理技术的协同应用

等离子体技术在实际应用中常与其他污染治理技术结合使用,以提高处理效率和降低能耗。例如,等离子体与催化氧化技术的结合,可以有效提高有机污染物的降解率,同时减少臭氧的生成。等离子体与催化氧化技术结合后,挥发性有机物的去除效率可以从单独使用等离子体的 85% 提高到 95% 以上。这种协同处理方式不仅提高了污染物的去除效率,还降低了处理过程中的能耗和二次污染的风险。等离子体技术还可以与生物修复技术结合使用,以实现污染物的完全降解。在一些难以完全氧化的有机污染物处理中,等离子体可以将污染物初步降解为较易生物降解的小分子化合物,然后通过生物修复技术将这些小分子进一步降解为无害物质。研究表明,等离子体-生物修复结合技术在处理含有多环芳烃(PAHs)的污染土壤时,去除效率显著高于单独使用等离子体或生物修复的处理效果。

### 5.2 等离子体技术在区域环境治理中的应用潜力

等离子体技术在区域环境治理中也具有广阔的应用前景,特别是在工业园区和城市污染较为集中的区域。通过设置等离子体治理装置,可以对区域内的空气和水体进行集中处理,提高整体环境质量。研究数据显示,在某工业园区的空气治理项目中,等离子体装置的应用使得空气中 NO<sub>x</sub> 浓度降低了 60%, VOCs 浓度降低了 70%。这一结果表明,等离子体技术在区域环境治理中的应用具有显著的效果,能够为城市和工业区域的环境改善提供有力支持。在城市废水处理方面,等离子体技术也展现出了巨大的应用潜力。通过在污水处理厂中设置等离子体处理装置,可以高效去除废水中的有机污染物和病原体,从而提高出水水质。数据显示,等离子体技术在城市污水处理中的应用可以将水中化学需氧量(COD)降低 80% 以上,同时有效去除细菌和病毒,保

障城市水体的安全和健康。

### 5.3 等离子体技术的未来发展方向与挑战

尽管等离子体技术在环境治理中展现出了诸多优势,但在未来的应用中仍面临一些挑战,如设备的耐久性、能耗的进一步降低等。此外,等离子体装置的规模化应用还需要克服一些技术瓶颈,例如如何提高反应器的能量利用率、降低运行成本等<sup>[5]</sup>。未来的研究应集中在新型反应器材料的开发、能量转化效率的提升以及与其他环保技术的结合等方面,以进一步扩大等离子体技术在环境治理中的应用范围和效果。在设备耐久性方面,等离子体反应器的电极材料和结构设计对设备的使用寿命有着重要影响。研究者们正在开发新型的耐腐蚀电极材料,以提高设备的稳定性和耐用性。此外,模块化的反应器设计可以使得设备维护更加方便,从而降低运行成本。在能耗方面,通过优化放电方式和开发高效的放电电源,有望进一步降低等离子体技术的能耗,使其更加经济和环保。

## 6 结语

等离子体技术作为一种高效、节能的环境污染治理手段,已在空气、水和土壤污染治理中展现出重要的应用潜力。通过对等离子体的基本原理及其在不同环境介质中的应用进行分析,可以看出该技术具有显著的污染物去除效果和广泛的应用前景。然而,在实际应用中,等离子体技术仍需克服能耗高、设备复杂等问题,以实现更为经济和可持续的环境治理。未来,随着技术的不断进步,等离子体在环境污染治理中的应用将更加普及,为改善环境质量、实现可持续发展提供有力的技术支持。

### 参考文献

- [1] 郑璇丽,彭子良.等离子体技术在环境保护中的应用研究[J].环境科学研究,2024,37(5):87-92.
- [2] 顾文煊,阮嘉诚.工业废气治理中的等离子体应用现状与展望[J].大气环境,2023,58(3):45-50.
- [3] 陆怀志,魏雪屏.等离子体水处理技术的机理与应用[J].水处理技术,2024,49(1):112-118.
- [4] 俞震南,潘志鸿.等离子体技术在土壤修复中的应用研究[J].土壤污染治理,2023,26(4):73-78.
- [5] 孙婉琪,陈峻屹.等离子体与催化氧化技术的协同作用分析[J].环境化学,2024,42(2):99-105.

# Study and analysis on water quality monitoring of Yinghu Lake in Ankang City

Liqiong Zhang<sup>1</sup> Yidong Liu<sup>1</sup> Huixing Zhang<sup>2</sup> Chao Li<sup>2</sup> Lei Qu<sup>2</sup>

1. School of Modern Agriculture and Biotechnology, Ankang University, Ankang, Shaanxi, 725000, China

2. Shaanxi Huakang Inspection and Testing Co., Ltd., Ankang, Shaanxi, 725000, China

## Abstract

**[Objective]** In order to ensure the healthy development of ecological environment in Yinghu reservoir area, scientific suggestions are put forward to solve the existing problems. **[Methods]** Two sampling sites including 1000 meters upstream of Ankang Hydropower Station dam and Shuizhen Qlibian (Yinghu Reservoir) were totally investigated. The water safety monitoring was conducted in Yinghu Reservoir area of Ankang from 2021 to 2022, and the test data were analyzed. The water quality of the reservoir area was analyzed and judged according to the surface water Environmental Quality Standard II (GB3838-2002). According to the national Class II water quality standard, a total of 24 indicators were detected for each sample. **[Results]** The results showed that the water quality of YingLake was healthy and the contents of various harmful elements were low in 2021-2022. The water body showed eutrophication, and the average TP was 0.02 mg/L and the average TN was 1.31 mg/L in two years. **[Conclusion]** The overall water quality in Yinghu Reservoir area meets the national Class II surface water quality standards, and the water quality has been significantly improved compared with 2009. It is necessary to continue to adhere to the relevant policies of water protection and improvement in Yinghu Reservoir area to further improve the water quality in Yinghu Reservoir area.

## Keywords

Yinghu Lake in Ankang City; water quality safety; water quality monitorin

# 安康市瀛湖水水质监测研究与分析

张丽琼<sup>1</sup> 刘医栋<sup>1</sup> 张会兴<sup>2</sup> 李超<sup>2</sup> 屈磊<sup>2</sup>

1. 安康学院现代农业与生物科技学院, 中国·陕西安康 725000

2. 陕西华康检验检测有限责任公司, 中国·陕西安康 725000

## 摘要

**【目的】**为保证瀛湖库区水域生态环境健康发展并针对现有问题提出科学性建议。**【方法】**试验选取安康市水电站大坝上游1000米处和流水镇七里碛(瀛湖库区)两个取样点,针对2021—2022年两年来安康市瀛湖风景区库区内水质安全进行监测,并对检测数据进行整理分析。对照国家现行的《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)Ⅱ类地表水对库区水质进行分析判断。根据国家Ⅱ类水质量标准,每个样本共检测24个指标。**【结果】**分析结果显示,2021—2022年度瀛湖水体水质健康,水体中各类有害元素含量低;水体自净能力下降;水体呈现富营养化状态,两年间TP平均值为0.02 mg/L、TN平均值为1.31 mg/L平均值。**【结论】**瀛湖库区整体水质符合国家Ⅱ类地表水水质标准,较2009年水质有了明显提升,应继续坚持瀛湖库区水体保护、改善相关政策,进一步提升瀛湖库区水质。

## 关键词

安康市瀛湖;水质安全;水质监测

## 1 引言

安康市瀛湖风景区地处安康市市区西南方向,瀛湖是“南水北调”中线工程丹江口水库的重要水源地,承担着“一江清水永续北上”的重要责任,也是秦岭以南水禽的重要

栖息地,兼有发电、航运、蓄洪、渔业、旅游等多项功能。伴随着经济的高速发展,城镇化进程的加速和瀛湖风景区旅游业、渔业、航运业等发展,受当地生活习惯、农业生产等影响,瀛湖库区水质急速恶化,水体有向富营养化发展的趋势。瀛湖湿地生态环境质量直接关系到瀛湖旅游开发区的经济产值、瀛湖生态圈的和谐长期发展以及南水北调工程的用水安全。本次实验在安康瀛湖库区附近选取两个取样点——瀛湖水电站大坝上游1000 m处和流水镇七里碛(瀛湖库区),对取样点水样进行为期两年的水质监测,整理分析监测数据,针对取样点水样水质数据进行分析总结2021-2022两年

**【基金项目】**安康市科技局科技计划社会发展科技攻关项目(项目编号:AK2022-SF-01)。

**【作者简介】**张丽琼(1979-),女,中国云南个旧人,博士,副教授,从事土壤物质循环研究。

间瀛湖水质变化,对可能出现的瀛湖水质安全问题进行针对性分析并提出改善意见,为保证瀛湖库区水域生态环境健康长期发展提供科学性建议。

## 2 材料和方法

### 2.1 采样时间及采样点

2021年1月—2022年11月,在瀛湖库区范围内共选择两个采样点——1#(安康水电站大坝上游1000 m处)和2#(流水镇七里铺),共计进行7次采样。

### 2.2 试验地点

采集水样后在陕西华康检验检测有限责任公司进行检测。

### 2.3 样本处理

采样方法:采用浅水采样法,使用聚乙烯盛水瓶进行采集。具体操作为将提前洗净晾干的聚乙烯盛水平放入水面下20-30 cm处。

样本处理:针对水温、pH、溶解氧等便于测量的数据选择实地进行测量,其余数据保存好水样带回实验室进行测量。

水样保存方法:水样采取后应当采用黑色塑料纸包裹进行避光处理。若因故无法立即展开检测,应当将水样在4℃冷藏环境下保存。浑浊水样应当沉淀处理24 h后才能开展试验,数据检测时应当施用上层清澈水样。

### 2.4 试验检测指标、方法及实验仪器

试验共计监测24项指标,检测指标及方法、所需仪器如下:

水温:采用温度计测定法(GB 13195-91),所需仪器:温度计。

pH值:水质pH值的测定 电极法 HJ1147-2020,所需仪器:PHBJ-260 便携式pH计。

溶解氧:水质 溶解氧的测定 电化学探头法 HJ506-2009,所需仪器:PHBJ-608 便携式溶解氧测定仪。

高锰酸盐指数:高锰酸盐指数的测定(GB 11892-1989)。

化学需氧量:重铬酸盐法(HJ 828-2017),所需仪器:JR-9012COD 恒温加热器。

五日生化需氧量:稀释与接种法(HJ 505-2009),所需仪器:JPSJ-605F 溶解氧测定仪、SHP-150 生化培养箱。

氨氮:纳氏试剂分光光度法(HJ 535-2009),所需仪器:723 可见分光光度计。

总磷:钼酸分光光度法(GB 11893-89),所需仪器:723 可见分光光度计。

总氮:碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ 636-2012),SP-756P 紫外可见分光光度计。

铜、锌、铅、镉:原子吸收分光光度法(GB 7475-87),所需仪器:AA-7050 原子吸收分光光度计、AA-900H

原子吸收分光光度计。

氟化物:离子选择电极法(GB 7484-87),所需仪器:PXSJ-226 离子计。

硒、汞、砷:原子荧光法(HJ 694-2014),所需仪器:AFS-933 原子荧光光度计。

六价铬:二苯碳酰二肼分光光度法(GB 7467-87),所需仪器:723 可见分光光度计。

石油类:紫外分光光度法(HJ 970-2018),所需仪器:SP-756P 紫外可见分光光度计。

氰化物:异烟酸-吡啶啉酮分光光度法(HJ 484-2009),所需仪器:723 可见分光光度计。

挥发酚:4-氨基安替比林分光光度法(HJ 503-2009),所需仪器:723 可见分光光度计。

阴离子表面活性剂:亚甲蓝分光光度法(GB 7494-87),所需仪器:723 可见分光光度计。

硫化物:亚甲基蓝分光光度法(HJ 1226-2021),所需仪器:723 可见分光光度计。

粪大肠菌群:水质 粪大肠菌群的测定 多管发酵法(HJ347.2-2018),所需仪器:SHP-150 生化培养箱、SXP-150 III 生化培养箱。

### 2.5 数据处理

本次实验数据采用WPS Excel 软件进行数据的汇总整理。

## 3 结果与分析

### 3.1 水温与水质氧指标体系变化趋势分析

根据国家现行的《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)<sup>[1]</sup>中Ⅱ类水标准规定:溶解氧(DO)≥6 mg/L,高锰酸盐指数≤4 mg/L,化学需氧量(COD)≤15 mg/L,五日生化需氧量(BOD)≤3 mg/L,瀛湖水体DO、COD、BOD、高锰酸盐指数符合国家Ⅱ类地表水水质标准。检测结果见图1、2、3、4、5。

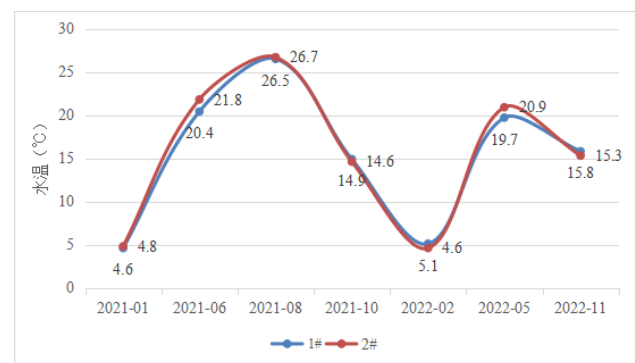


图1 水温变化曲线

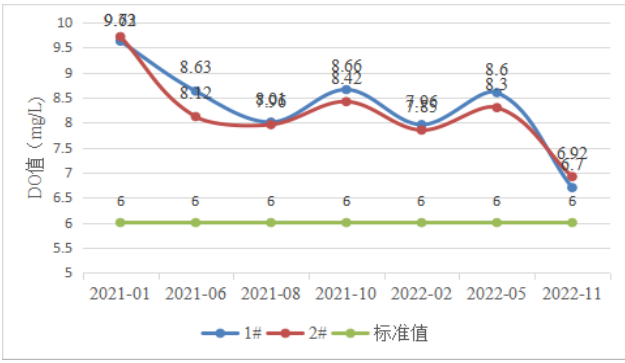


图2 水中 DO 含量变化曲线

2021—2022 年两年间, DO 最大值 9.72 mg/L 检测自 2021-01 水样 2# 中、最小值 6.7 mg/L 检测自 2022-11 水样 1# 中, 水温变化不明显。

2021—2022 两年间, COD 最大值 14 mg/L (检自 2021-10 1# 水样、2022-11 2# 水样), 最小值 7 mg/L (检自 2021-01 1# 水样), 整体呈上升趋势, 高锰酸盐指数最大值 3.7 mg/L (检自 2021-10 2# 水样), 最小值 1.3 mg/L (检自 2021-01 2# 水样)。

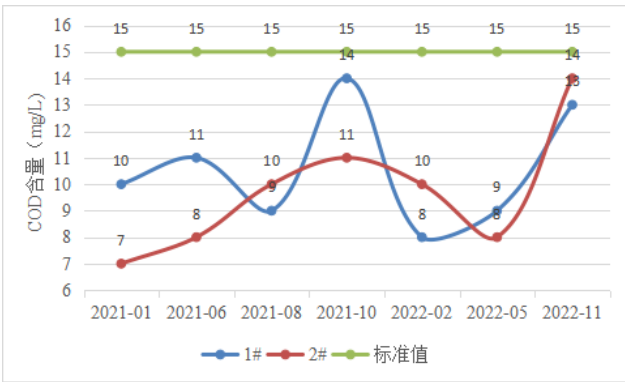


图3 水中 COD 含量变化曲线

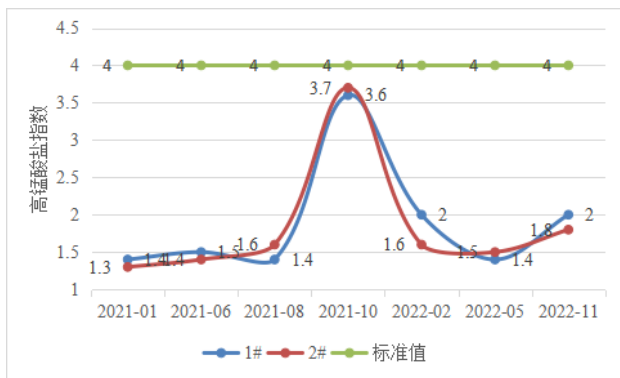


图4 水中高锰酸盐指数含量变化曲线

2021-2022 两年间, BOD 含量最大值为 2.6 mg/L (检自 2021-10 2# 水样), 最小值为 1.2 mg/L (检自 2021-08、2022-05 1# 水样、2021-01、2021-06 2# 水样)。

瀛湖上下游间 DO、BOD、高锰酸盐指数差异不显著, 两年间水温变化不明显, 但 COD 差异较为显著。两年间瀛湖水体中 DO 含量呈现明显下降趋势, 水体自净能力降低, 主要原因在于水中还原性污染物含量增多, 水体中耗氧量增大。

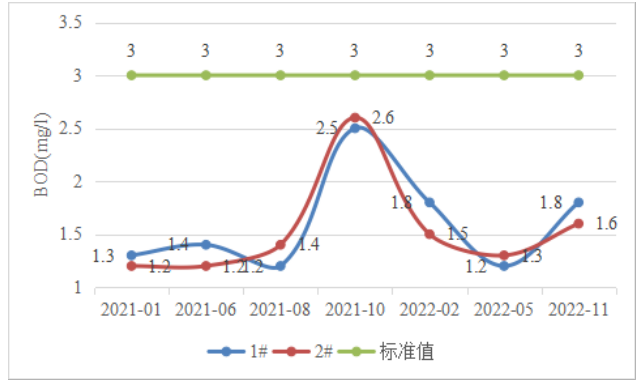


图5 水中 BOD 含量变化曲线

### 3.2 水体中 pH 值与营养元素指标变化趋势分析

《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 II 类水标准规定:  $6 \leq \text{pH} \leq 9$ , 氨氮含量  $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ , 总磷 (TP) (湖泊中要求)  $\leq 0.025 \text{ mg/L}$ , 总氮 (TN)  $\leq 0.5 \text{ mg/L}$ , 瀛湖水体 pH 值、氨氮、TP、TN 符合国家 II 类地表水水质标准。检测结果见图 6、7、8、9。

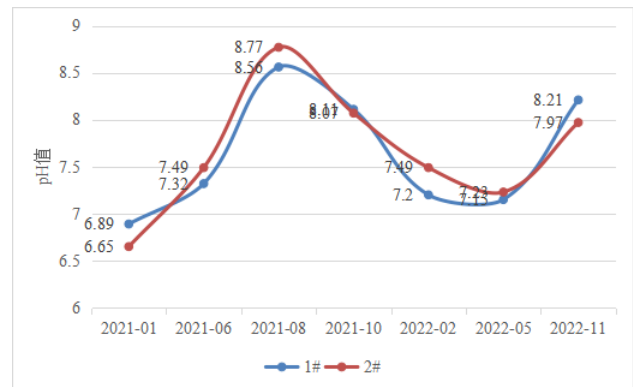


图6 水体中 pH 值变化曲线

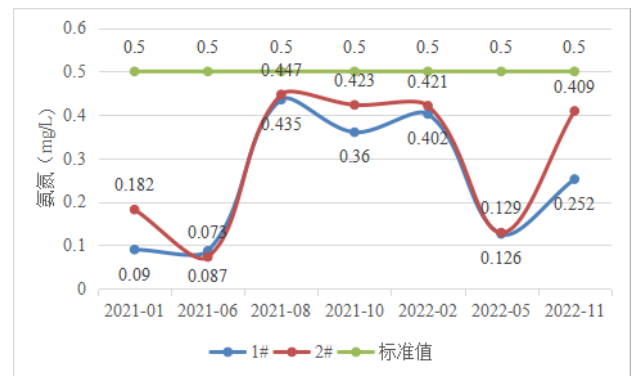


图7 水体中氨氮变化曲线

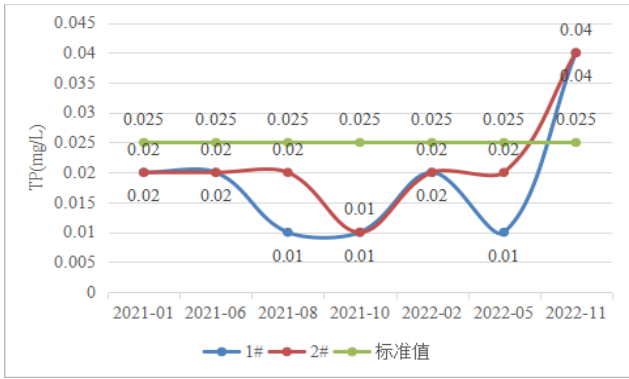


图 8 水体中 TP 变化曲线

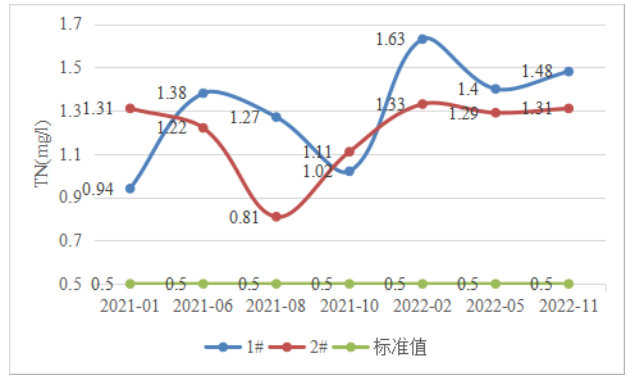


图 9 水体中 TN 变化曲线

2021-2022 两年间, pH 最大值为 8.77 (检自 2021-08 1# 水样), 最小值为 6.65 (检自 2021 2# 水样), pH 在冬春季降低、夏秋季升高, 呈现季节性变化, 氮整体处于上升趋势; 氨氮最大值为 0.447 mg/L (检自 2021-08 2# 水样), 最小值为 0.09 mg/L (检自 2021-01 1# 水样), 数据在春夏季偏低, 秋冬季偏高, 整体呈上升趋势; TP 最大值为 0.04 mg/L (检自 2022-11 1#、2# 水样), 最小值为 0.01 mg/L (检自 2021-08、2021-10、2022-05 1# 水样、2021-10 2# 水样), 数据变化较为平缓, 但在 2022-11 月骤增具体原因尚不明确; TN 最大值为 1.63 mg/L (检自 2022-02 1# 水样), 最小值为 0.94 mg/L (检自 2021-01 1# 水样)。水体营养元素普遍呈上升趋势。

### 3.3 水体中重金属元素含量分析

根据国家现行的《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) 中 II 类水标准规定: 水体中铜含量 ≤ 1.0mg/L, 锌含量 ≤ 1.0 mg/L, 砷含量 ≤ 0.05 mg/L, 汞含量 ≤ 0.00005 mg/L, 镉含量 ≤ 0.005mg/L, 六价铬含量 ≤ 0.05 mg/L, 铅含量 ≤ 0.01 mg/L。

如表 1 所示, 瀛湖库区重金属离子含量大多低于最低检出限度, 未能检测出来, 检测出来的 7 组数据 (铜一组, 砷六组) 均远远小于国家 II 类水质标准, 更是达到国家 I 水质标准 (铜含量 ≤ 0.01 mg/L, 锌含量 ≤ 0.05 mg/L, 镉含量 ≤ 0.001 mg/L, 六价铬含量 ≤ 0.01 mg/L, 其余铅、汞、砷要求同 II 类水质标准)。

表 1 水体中金属离子含量 单位: mg/L

		铜	锌	砷	汞	镉	六价铬	铅	硒
1#	2021-01	-	-	0.0004	-	-	-	-	-
	2021-06	-	-	-	-	-	-	-	-
	2021-08	-	-	-	-	-	-	-	-
	2021-10	-	-	0.0004	-	-	-	-	-
	2022-02	-	-	-	-	-	-	-	-
	2022-05	-	-	-	-	-	-	-	-
	2022-11	-	-	0.0006	-	-	-	-	-
2#	2021-01	-	-	0.003	-	-	-	-	-
	2021-06	-	-	-	-	-	-	-	-
	2021-08	-	-	-	-	-	-	-	-
	2021-10	-	-	0.0005	-	-	-	-	-
	2022-02	-	-	-	-	-	-	-	-
	2022-05	-	-	0.0003	-	-	-	-	-
	2022-11	0.006	-	-	-	-	-	-	-

注: 1. 铜的最低检出限度为 0.001 mg/L, 锌的最低检出限度为 0.05 mg/L, 砷的最低检出限度为 0.0003 mg/L, 汞的最低检出限度为 0.00004 mg/L, 镉的最低检出限度为 0.001 mg/L, 六价铬的最低检出限度为 0.004 mg/L, 铅的最低检出限度为 0.01 mg/L, 硒的最低检出限度为 0.0004 mg/L。2. 表中“-”代表未检出。

### 3.4 水质中其他有害物质含量分析

根据国家现行的《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅱ类水标准规定:水体中氟化物含量≤1.0 mg/L,氰化物含量≤0.05 mg/L,挥发酚含量≤0.002 mg/L,石油类含量≤0.05 mg/L,阴离子表面活性剂≤0.2 mg/L,硫化物≤0.1 mg/L。

如表2所示,水体中氟化物、挥发酚、阴离子表面活性剂、

硫化物含量均低于最低检出限度,符合国家Ⅱ类水质标准,更是达到国家Ⅰ类水质要求标准<sup>[2]</sup>;如图10所示,氟化物最大值为0.32 mg/L(检自2022-05 1#水样),最小值为0.14 mg/L(检自2021-01 1#水样),整体数据均小于国家Ⅱ类水质标准小球,数据春夏季升高、秋冬季降低,整体呈现季节性变化。

表2 水体中其他有害物质含量 单位: mg/L

		氟化物	挥发酚	石油类	阴离子表面活性剂	硫化物
1#	2021-01	-	-	-	-	-
	2021-06	-	-	-	-	-
	2021-08	-	-	-	-	-
	2021-10	-	-	-	-	-
	2022-02	-	-	-	-	-
	2022-05	-	-	-	-	-
	2022-11	-	-	-	-	-
2#	2021-01	-	-	-	-	-
	2021-06	-	-	-	-	-
	2021-08	-	-	-	-	-
	2021-10	-	-	-	-	-
	2022-02	-	-	-	-	-
	2022-05	-	-	-	-	-
	2022-11	-	-	-	-	-

注: 1. 氟化物的最低检出限度为 0.004 mg/L, 挥发酚的最低检出限度为 0.0003 mg/L, 石油类最低检出限度为 0.01 mg/L, 阴离子表面活性剂的最低检出限度为 0.01 mg/L, 硫化物的最低检出限度为 0.005 mg/L。2. 表中“-”代表未检出。

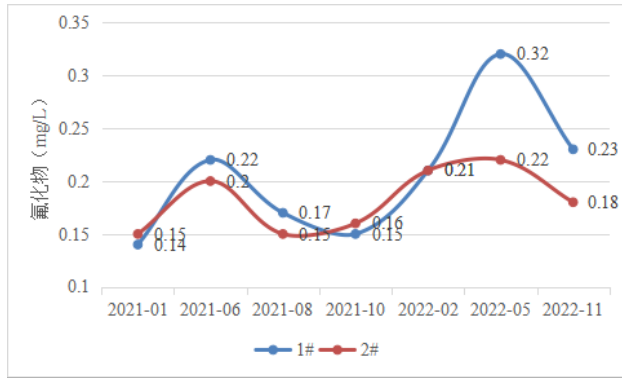


图10 水中氟化物变化曲线

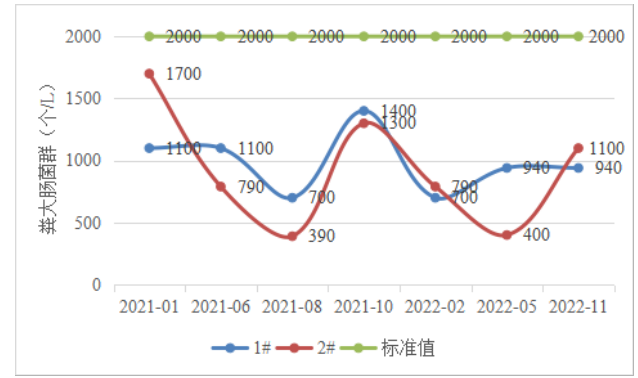


图11 水体中粪大肠菌群含量变化曲线

### 3.5 水质中粪大肠菌群变化趋势分析

根据国家现行的《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅱ类水标准规定:水体中粪大肠菌群≤2000 个/L (2\*10<sup>3</sup> 个/L)。

如表7所示,粪大肠菌群含量最大值为1700 个/L(检自2021-01 2#水样),最小值为390 个/L(检自2021-08 2#水样),整体呈现春夏季降低,秋冬季升高的季节性变化趋势。

## 4 讨论

### 4.1 瀛湖水体中还原性污染物增多

瀛湖水体中 DO 含量整体呈下降趋势。一般认为水中 DO 含量与水温呈负相关。考虑到水体中 DO 含量的影响是多方面的,本次监测无法控制变量,笔者认为造成水体自净能力下降的主要因素为水体中还原性污染物增多。根据 COD、BOD、高锰酸盐变化趋势分析,造成瀛湖水体还原