

南京滨江公园水质季节变化规律及现状评价

刘堰琚¹,李彬彬²,张文豹¹,李 丹¹,刘长林¹,周忠胜^{1*}

(1. 南京滨江公园管理有限公司,江苏 南京 210017; 2. 南京河西新城区开发建设管理委员会,江苏 南京 210019)

摘要:于2018年10月至2019年9月,对南京滨江公园内10个监测点共5种类型的水体进行了每月1次的水质监测,获取了不同水体的温度、pH、溶解氧、电导率、色度、浊度以及氨氮指标数据,探讨了园区内不同类型水体的季节性变化特征,并对水质差异进行了比较分析。结果显示,5种类型水体的各项水质参数月际变化趋势总体一致;溶解氧、电导率、色度和浊度均呈现秋冬高、春夏低的季节性变化特征。生态修复水体在溶解氧、电导率、色度、浊度和氨氮5项指标上表现最好;园区一般水体、景观水体以及湿地水体的各项指标均满足《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中Ⅲ—Ⅳ类水质标准;市政河道水体的氨氮浓度最高。相关性分析表明,水温和溶解氧、电导率均呈现极显著负相关;溶解氧和电导率呈极显著正相关。

关键词:南京滨江公园;水质;季节变化规律;对比分析

中图分类号:X131.2; X824

文献标志码:A

doi:10.3969/j.issn.1001-7380.2020.02.003

南京滨江公园(河西滨江风光带)位于南京市建邺区河西新城,毗邻长江夹江,占地面积近200 hm²,由万景园段、南京中国绿化博览园(简称绿博园)段、国际青年文化公园段、鱼嘴鱼背湿地公园段等4个区域组成^[1]。其中,绿博园是2005年首届中国绿化博览会的举办地,也是国内最大的绿化主题公园^[2],目前已建设成为集娱乐、生态、科普、健身为一体的新型城市公园。滨江公园内水体均为小微水体,受各种自然和人为因素的影响,表现为不同特征。根据水体位置和养护水平的差异,将其分为市政河道水体、园区一般水体、园区景观水体、湿地水体和生态修复水体5种类型。通过对这5种类型水体(共10个监测点)每月1次的水质监测,对其温度、pH、溶解氧、电导率、色度、浊度以及氨氮指标进行分析,阐明其季节变化规律,并对各水体水质进行对比分析和现状评价,以期为南京滨江公园水体管理提供相关理论依据。

1 数据与方法

1.1 监测布点

在对南京滨江公园进行详细实地调研的基础上,选取园区内5种不同类型水体的10个监测点

(详见表1,图1),进行每月1次的水质监测,并进行比较分析。

表1 南京滨江公园不同水体类型分布及特征

类型	代表位置	养护水平
市政河道水体	绿博园北门河道、绿博园南门河道	低
园区一般水体	冒险森林、金陵江滨、渔人码头	一般
园区景观水体	荷兰园	较高
湿地水体	鱼嘴湿地公园	一般
生态修复水体	青年文化公园龟池、河西生态公园人工湖	高

1.2 水样采集与测量

2018年10月至2019年9月,每月25日对不同水体的进水区、深水区、出水区的水样进行采集及水质监测。监测的水质指标包括现场测定的水温、pH、溶解氧以及实验室处理测定的电导率、色度、浊度及氨氮含量,每次测量进行3次生物学重复,取其算术平均值作为指标值。利用Bante900P便携式多参数水质分析仪(上海般特仪器有限公司)对水温、pH、溶解氧及电导率指标进行测定,利用XZ-0101S型浊度色度2用仪(上海海恒机电仪表有限公司)对色度和浊度指标进行测定,利用AD-2AZ氨氮测试仪(上海海恒机电仪表有限公司)对氨氮指标进行测定。测定原理详见《水和废水监测分析方法》(第4版)^[3]。

收稿日期:2020-01-13;修回日期:2020-02-07

作者简介:刘堰琚(1993-),女,江苏南京人,硕士。研究方向:园林园艺。E-mail:zhxlyj@163.com。

*通信作者:周忠胜(1971-),男,安徽全椒人,高级工程师,大学本科毕业。主要从事园林工程建设、乡土景观营造、公园绿地管理和公园景区运营管理工作。E-mail:577309708@qq.com。

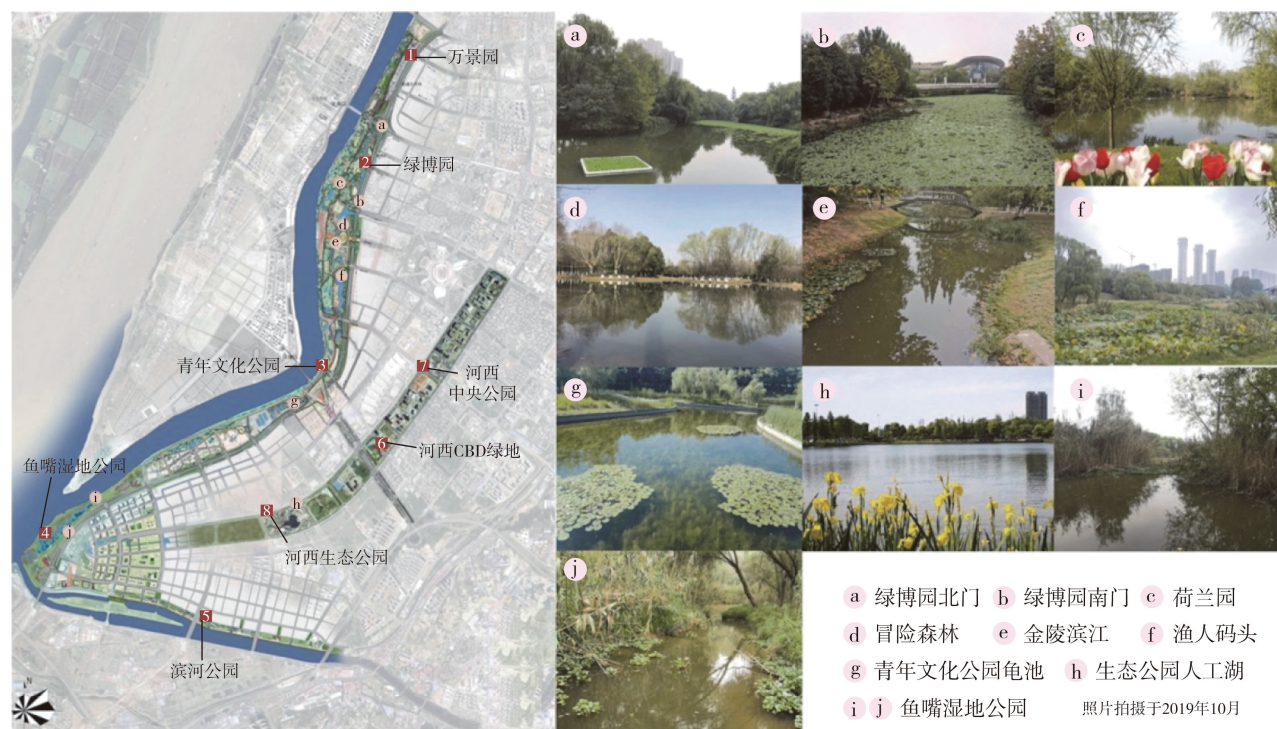


图 1 南京滨江公园及水质监测点

1.3 数据处理

本试验共采集水样 360 个,利用 SPSS 21.0 统计分析软件进行数据处理,并用 Origin 软件进行绘图。其中,相关性分析采用 Pearson 检验法,数据差异显著性统计分析检验显著性水平为 0.05,置信度为 95%。

2 结果与分析

2.1 南京滨江公园水系的季节性变化分析

2.1.1 水温的季节性变化 水温的变化主要是由季节性的太阳辐射变化引起的。通过对南京滨江公园不同水体进行监测比较,发现不同类型水体的水温在同一时间基本一致,且变化趋势保持同步。水温季节性差异较大,与南京地区气温变化有着明显的一致性。水温最低月份为 12 月和 1 月,在 7℃ 左右,最高月份为 7 月和 8 月,水温在 31℃ 左右。差异性分析表明,除 10、1、2、4 月各类型水体温度指标差异不显著外,其余月份温度指标均有显著性差异(见表 2)。

2.1.2 pH 的季节变化 pH 能够从整体上反映水体水质化学特征,是评价水质的重要指标之一^[4]。研究表明,pH 值与水体中藻类的生长关系密切,一方面藻类光合作用影响 CO₂ 缓冲体系,从而影响水体 pH 值的高低;另一方面,pH 值影响着藻类的生

长状况,当水体 pH 为 8.5 左右时,藻类生长状况最好,pH 高于 9.5 时生长最差^[5]。监测结果表明,市政河道水体、园区一般水体、园区景观水体以及湿地水体各月 pH 变化幅度较小,在 7 和 8 之间,均呈现弱碱性,符合《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)对一般景观水 pH 的要求。不过,生态修复水体的 pH 变化范围较大,在 7.94 和 9.59 之间,各月 pH 均显著高于其他 4 种类型水体的 pH(见表 3)。

推测生态修复水系 pH 值较高有以下 2 点原因:(1)在生态修复过程中,生态公园人工湖和青年文化公园龟池(见图 1)种植的水草和藻类配比过高,生长旺盛,打破了水解中的碳酸氢盐的水解平衡,伴随植物利用水中 CO₂ 进行光合作用的过程,水中氢氧根离子含量增加,氢氧根离子又使碳酸氢根的电离平衡向生成碳酸根离子方向移动,导致水中碳酸根离子浓度增大,pH 值升高;(2)生态修复水体的下垫面为混凝土而非泥土,混凝土作为一种偏碱性的拌合物,长期浸泡会使水中碳酸钙等物质增加从而引起 pH 升高。因此,在对园区生态修复水体治理过程中,要进一步控制水草、藻类比例,恢复、重建高等水生植物群落,增加水生植物多样性,进一步改善园区水生生态系统的结构和功能。

表2 南京滨江公园5种类型水体2018年10月至2019年9月的温度

℃

水体	10月	11月	12月	1月	2月	3月
市政河道水体	(19.7±0.1)a	(15.2±0.1)ab	(8.1±0.5)a	(11.1±0.4)a	(11.0±0.1)a	(17.0±0.1)c
园区一般水体	(19.4±0.5)a	(13.2±1.2)c	(7.3±0.8)ab	(10.0±2.6)a	(11.6±1.3)a	(20.0±0.5)a
园区景观水体	(20.1±0.2)a	(13.8±0.2)bc	(6.7±0.6)bc	(10.2±0.4)a	(10.3±0.1)a	(18.7±0.1)b
湿地水体	(19.5±2.0)a	(13.7±0.9)bc	(6.0±0.1)c	(9.2±0.9)a	(11.5±0.3)a	(17.7±0.6)c
生态修复水体	(21.0±0.5)a	(15.4±0.4)a	(6.9±0.4)abc	(9.4±0.2)a	(11.8±2.3)a	(16.0±0.4)d
水体	4月	5月	6月	7月	8月	9月
市政河道水体	(23.1±0.1)a	(22.9±0.1)b	(29.1±0.1)b	(33.0±0.4)ab	(30.5±0.3)b	(22.5±0.1)c
园区一般水体	(23.1±0.1)a	(23.4±0.3)b	(28.3±0.9)bc	(32.1±0.4)bc	(29.3±0.6)c	(22.5±0.7)c
园区景观水体	(23.2±0.5)a	(23.8±0.2)b	(30.7±0.6)a	(31.6±0.5)c	(30.2±0.1)b	(23.0±0.1)c
湿地水体	(22.1±0.9)a	(23.2±1.3)b	(27.1±0.9)c	(30.0±0.7)d	(30.6±0.2)b	(25.1±0.2)b
生态修复水体	(22.6±0.1)a	(26.6±0.1)a	(29.7±0.3)ab	(33.3±0.5)a	(32.3±0.3)a	(27.2±0.3)a

注:括号内数据为平均值±标准误;同一纵栏中数据后不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

表3 南京滨江公园5种类型水体2018年10月至2019年9月的pH

水体	10月	11月	12月	1月	2月	3月
市政河道水体	(7.577±0.066)cd	(7.654±0.079)c	(5.410±0.007)e	(7.824±0.130)b	(7.598±0.035)c	(7.682±0.256)c
园区一般水体	(7.694±0.153)c	(7.544±0.207)c	(5.746±0.109)d	(7.821±0.174)b	(7.887±0.112)bc	(8.097±0.303)bc
园区景观水体	(7.991±0.015)b	(8.003±0.043)b	(7.859±0.003)b	(7.994±0.025)b	(8.026±0.022)b	(8.232±0.012)b
湿地水体	(7.513±0.067)d	(7.627±0.053)c	(6.343±0.039)c	(7.715±0.120)b	(7.769±0.048)bc	(7.916±0.005)bc
生态修复水体	(8.856±0.016)a	(9.214±0.049)a	(8.787±0.080)a	(8.534±0.121)a	(8.695±0.255)a	(9.209±0.113)a
水体	4月	5月	6月	7月	8月	9月
市政河道水体	(7.720±0.208)b	(7.925±0.001)b	(7.893±0.002)c	(7.871±0.059)c	(7.554±0.077)ab	(7.492±0.033)b
园区一般水体	(7.655±0.209)b	(7.501±0.004)c	(7.779±0.158)c	(7.635±0.112)d	(7.223±0.234)ab	(7.123±0.103)b
园区景观水体	(8.547±0.973)ab	(7.855±0.025)b	(8.135±0.062)b	(8.088±0.157)b	(7.692±0.020)ab	(7.456±0.019)b
湿地水体	(7.727±0.056)b	(7.731±0.023)bc	(7.552±0.077)d	(7.507±0.007)d	(7.029±0.055)b	(7.439±0.078)b
生态修复水体	(9.080±0.264)a	(8.497±0.249)a	(9.566±0.033)a	(9.491±0.081)a	(7.859±0.585)a	(8.642±0.649)a

注:括号内数据为平均值±标准误;同一纵栏中数据后不同小写字母表示差异达0.05显著水平。

2.1.3 溶解氧质量浓度的季节变化

溶解氧(DO)是指溶解在水中的分子态氧,是维持水体生态环境动态平衡的重要因子和维持水生生物生存的必要条件^[6]。与其他参数相比,溶解氧的质量浓度更能反映出水体受到的污染程度,特别是有机物的污染程度^[7]。对南京滨江公园各水体进行比较分析发现,各水体均呈现出明显的季节变化规律,即冬季溶解氧较高,春夏季溶解氧明显降低,这可能与水体的复氧能力随着气温的升高而逐步减弱有关。差异显著性分析表明,除4月各类型水体的溶解氧指标差异不显著外,其余月份均有显著性差异(见表4)。总体而言,生态修复水体和湿地水体溶解氧质量浓度最高,市政河道溶解氧质量浓度最低(见表4),这可能与不同水体受人为因素影响的程度有关。秋季湿地水体和生态修复水体的溶解氧明显高于其他水体,造成这一现象的原因主要是由于秋季这2种水体内的藻类及水生植物开始繁殖,光合

作用较强,水体增氧作用加强。

2.1.4 电导率的季节变化 电导率是表示物质传输电流能力强弱的一种测量值,受盐度、水中溶解固体物质、温度、水源补给等因素的影响^[8]。监测结果表明,南京滨江公园各水体的电导率指标均呈现明显的季节性变化规律,即秋、冬季电导率高,春季开始下降,夏季最低。降水是影响电导率的主要因素^[9],相比于春、夏季降水充足,秋、冬季降水量较小,水体上层蒸发量大于降水量,水体中的盐类物质被浓缩,水体电导率有所增强。各类型水体电导率指标差异显著,总体表现为生态修复水体<园区一般水体<园区景观水体<湿地水体<市政河道水体(见表5)。造成这一现象的原因可能是由于市政河道水体和湿地水体与外界联通,易受外界环境污染的影响,进而导致水体中固体溶解物质增加,电导率升高。而生态修复水体、园区一般水体和园区景观水体较为封闭,且流动性不强,受外界影响干扰较小。

表 4 南京滨江公园 5 种类型水体 2018 年 10 月至 2019 年 9 月的溶解氧 mg/L

水体	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
市政河道水体	(7.73±0.01)b	(9.30±0.17)d	(10.18±0.55)b	(9.42±0.04)c	(6.50±0.38)b	(8.02±0.06)bc
园区一般水体	(8.15±0.23)ab	(10.92±1.00)c	(10.16±0.24)b	(10.24±0.67)ab	(9.76±0.58)a	(7.90±0.28)c
园区景观水体	(8.59±0.11)a	(9.50±0.01)d	(10.47±0.26)b	(9.73±0.06)bc	(9.79±0.06)a	(8.43±0.12)b
湿地水体	(8.43±0.52)ab	(17.47±0.85)a	(12.15±0.26)a	(10.16±0.11)abc	(10.83±0.10)a	(8.10±0.36)bc
生态修复水体	(7.74±0.41)b	(16.01±0.33)b	(11.53±0.44)a	(10.56±0.22)a	(9.69±0.87)a	(9.12±0.07)a
水体	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
市政河道水体	(7.20±0.07)a	(7.13±0.01)ab	(6.20±0.02)a	(5.59±0.01)ab	(6.08±0.010)a	(6.70±0.13)a
园区一般水体	(7.34±0.14)a	(7.00±0.13)bc	(6.13±0.11)ab	(5.37±0.33)b	(6.11±0.15)a	(6.65±0.18)ab
园区景观水体	(6.97±0.34)a	(6.52±0.21)d	(5.82±0.00)b	(5.81±0.06)a	(5.96±0.07)a	(6.72±0.03)a
湿地水体	(6.83±0.43)a	(6.74±0.07)cd	(6.47±0.11)a	(5.80±0.04)a	(5.59±0.06)b	(6.29±0.06)bc
生态修复水体	(7.09±0.10)a	(7.33±0.15)a	(6.38±0.32)a	(5.55±0.05)ab	(5.69±0.03)b	(6.19±0.30)c

注:括号内数据为平均值±标准误;同一纵栏中数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

表 5 南京滨江公园 5 种类型水体 2018 年 10 月至 2019 年 9 月的电导率 μS/cm

水体	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
市政河道水体	(658±27)a	(789±54)a	(874±140)a	(738±43)a	(907±60)a	(508±6)b
园区一般水体	(548±157)a	(538±86)b	(649±128)bc	(655±43)a	(712±118)b	(559±91)ab
园区景观水体	(338±10)b	(341±1)c	(432±14)d	(462±14)b	(518±2)c	(416±1)b
湿地水体	(532±60)a	(496±23)b	(720±71)ab	(748±25)a	(837±20)ab	(689±11)a
生态修复水体	(292±2)b	(320±3)c	(501±13)cd	(408±73)b	(409±72)c	(506±122)b
水体	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
市政河道水体	(526±119)a	(492±14)a	(489±10)a	(456±10)a	(465±14)a	(507±15)a
园区一般水体	(480±45)ab	(470±14)a	(353±12)b	(341±16)b	(364±25)b	(479±109)ab
园区景观水体	(384±4)b	(395±0)a	(317±2)c	(294±1)c	(289±8)c	(297±5)c
湿地水体	(600±8)a	(450±82)a	(240±6)d	(234±2)d	(365±5)b	(369±23)bc
生态修复水体	(247±26)c	(268±41)b	(208±14)e	(231±26)d	(239±48)c	(256±52)c

注:括号内数据为平均值±标准误;同一纵栏中数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

2.1.5 色度、浊度的季节变化 水质色度是对天然水或处理后的各种水进行颜色定量测定时的指标,产生颜色的原因是溶于水的腐殖质、有机物或无机物质造成的^[10]。对于南京滨江公园 5 种类型水体而言,各水体在 1—3 月时色度较低。其中,2018 年 10 月园区景观水体的色度最高,为 96.06 度,2019 年 1 月生态修复水体的色度最低,为 22.81 度。生态修复水体的色度指标变化幅度最小,且各月均小于其他水体(见表 6),这可能是由于植物生态修复技术对水质起到了很好的净化与过滤作用。对于湿地水体而言,其色度值在 2019 年 7 月时要显著高于其他水体,推测其原因是汛期江水上漲,湿地被淹,水体中可溶性物质的含量上升,进而导致其色度升高。

浊度是用来表示水的浑浊程度的指标,水中悬浮的或呈胶体状态的微粒,会使水产生浑浊现象^[11]。同色度指标一样,生态修复水体的浊度在变

化幅度和各月指标上均要显著小于其他 4 类水体(见表 7)。

2.1.6 氨氮质量浓度的季节变化 氨氮是最普遍、受影响最大的有机污染物指标。水体中氨氮以游离氨(NH₃)或铵盐(NH₄⁺)的形式存在,来源主要为生活污水中含氮有机物受微生物作用的分解产物^[12]。研究表明,各水体在 1 月氨氮质量浓度最低(0.030—0.088 mg/L),且未呈现出明显的季节变化规律。市政河道水体的各月氨氮质量浓度要显著高于其他类型水体(见表 8),2019 年 3 月其质量浓度甚至达到了 7.267 mg/L。除市政河道水体的氨氮指标高外,其余 4 类水体各月的氨氮质量浓度均小于 1 mg/L。我国水体氨氮污染现象普遍严重,大量的工业废水、城市污水、生活污水导致市政水体中氨氮含量高,因此,对氨氮的控制成为改善市政水体的关键^[13]。

表 6 南京滨江公园 5 种类型水体 2018 年 10 月至 2019 年 9 月的色度

度

水体	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
市政河道水体	(94.81±3.95) a	(86.32±10.01) a	(81.82±14.39) a	(50.76±3.82) ab	(51.86±3.86) ab	(69.77±23.74) a
园区一般水体	(83.76±5.64) ab	(52.18±16.72) bc	(54.03±16.40) ab	(37.52±11.79) b	(43.74±14.61) b	(45.56±9.94) ab
园区景观水体	(96.06±5.57) a	(94.40±3.69) a	(68.19±1.36) ab	(55.69±4.98) a	(61.79±3.96) a	(54.69±1.09) ab
湿地水体	(70.01±19.91) b	(71.21±22.67) ab	(67.15±23.94) ab	(48.88±3.01) ab	(44.10±4.04) b	(48.98±14.50) ab
生态修复水体	(37.14±1.17) c	(39.71±1.09) c	(45.42±2.49) b	(22.81±3.32) c	(38.36±4.32) b	(31.30±1.14) b
水体	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
市政河道水体	(87.73±8.90) a	(87.23±1.02) a	(84.26±4.07) a	(66.44±1.79) b	(82.20±5.46) a	(92.56±1.89) a
园区一般水体	(79.05±17.16) a	(87.50±9.12) a	(69.37±8.75) a	(59.15±2.58) c	(52.98±5.56) b	(63.44±17.41) b
园区景观水体	(88.69±1.95) a	(80.84±8.85) a	(80.30±2.10) a	(62.48±1.42) bc	(50.49±2.26) b	(61.19±2.17) b
湿地水体	(81.88±9.03) a	(49.74±6.21) b	(76.09±14.87) a	(88.47±0.95) a	(44.47±4.86) b	(47.03±0.73) bc
生态修复水体	(37.38±4.23) b	(35.46±2.88) b	(40.32±2.45) b	(33.59±5.73) d	(44.36±22.54) b	(36.09±1.74) c

注:括号内数据为平均值±标准误;同一纵栏中数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

表 7 南京滨江公园 5 种类型水体 2018 年 10 月至 2019 年 09 月的浊度

NTU

水体	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
市政河道水体	(6.47±0.95) b	(7.74±1.31) ab	(8.06±1.46) a	(3.68±0.67) ab	(3.06±0.97) ab	(4.21±1.80) ab
园区一般水体	(4.50±2.19) bc	(3.63±2.14) bc	(3.72±2.17) c	(1.89±1.14) c	(2.69±1.86) ab	(2.56±1.79) ab
园区景观水体	(13.11±2.12) a	(10.55±0.16) a	(6.96±0.61) ab	(5.07±0.44) a	(4.71±0.35) a	(5.43±0.19) a
湿地水体	(3.78±1.91) bc	(5.70±3.10) b	(4.29±1.33) bc	(3.29±0.16) b	(3.29±0.53) ab	(2.85±2.21) ab
生态修复水体	(0.77±0.05) c	(0.82±0.01) c	(1.81±0.10) c	(0.47±0.03) d	(0.94±0.39) b	(1.51±0.27) b
水体	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
市政河道水体	(7.52±4.67) a	(6.05±0.50) b	(5.50±0.14) a	(4.64±0.69) b	(7.54±1.42) a	(10.74±0.38) a
园区一般水体	(3.72±2.64) ab	(6.91±1.87) b	(3.76±1.52) ab	(3.19±0.76) c	(1.98±0.56) b	(2.82±0.80) bc
园区景观水体	(4.77±0.13) ab	(13.09±3.46) a	(5.54±0.44) a	(3.73±0.44) bc	(2.49±0.19) b	(4.35±0.09) b
湿地水体	(3.21±0.44) ab	(6.74±0.11) b	(6.30±2.25) a	(9.69±0.15) a	(1.42±0.08) b	(3.79±1.36) b
生态修复水体	(0.81±0.28) b	(1.45±0.15) c	(1.31±0.37) b	(1.03±0.15) d	(1.49±0.64) b	(1.52±0.91) c

注:括号内数据为平均值±标准误;同一纵栏中数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

表 8 南京滨江公园 5 种类型水体 2018 年 10 月至 2019 年 9 月的氨氮质量浓度

mg/L

水体	10 月	11 月	12 月	1 月	2 月	3 月
市政河道水体	(2.534±0.196) a	(0.918±0.017) a	(0.970±0.008) a	(0.329±0.059) a	(7.022±0.381) a	(7.181±1.006) c
园区一般水体	(0.415±0.199) b	(0.746±0.111) b	(0.609±0.008) b	(0.062±0.037) b	(0.261±0.107) c	(1.095±0.436) bc
园区景观水体	(0.156±0.006) b	(0.601±0.014) c	(0.411±0.009) d	(0.038±0.002) b	(0.905±0.018) b	(0.959±0.330) bc
湿地水体	(0.251±0.061) b	(0.698±0.024) bc	(0.580±0.007) c	(0.030±0.001) b	(0.272±0.045) c	(1.847±0.407) b
生态修复水体	(0.129±0.006) b	(0.786±0.034) b	(0.381±0.008) e	(0.038±0.019) b	(0.371±0.042) c	(0.271±0.056) c
水体	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月
市政河道水体	(5.491±4.452) a	(3.745±0.744) a	(3.125±0.08) a	(2.485±0.017) a	(2.097±0.050) a	(4.315±0.247) a
园区一般水体	(0.908±0.544) ab	(0.948±0.499) b	(0.684±0.617) b	(0.811±0.846) b	(0.647±0.268) b	(1.125±0.893) b
园区景观水体	(0.506±0.030) b	(0.572±0.032) bc	(0.278±0.083) b	(0.446±0.290) b	(0.361±0.033) c	(0.320±0.050) b
湿地水体	(1.280±0.144) ab	(0.614±0.342) bc	(0.286±0.040) b	(0.220±0.030) b	(0.326±0.031) c	(0.368±0.018) b
生态修复水体	(0.178±0.015) b	(0.146±0.019) c	(0.116±0.035) b	(0.122±0.053) b	(0.211±0.061) c	(0.289±0.055) b

注:括号内数据为平均值±标准误;同一纵栏中数据后不同小写字母表示差异达 0.05 显著水平。

2.2 不同水质监测指标之间的相关性分析

利用 SPSS 21.0 软件对不同水质指标进行了相关性分析,结果显示:水温和溶解氧、电导率均呈极显著负相关,相关系数(r)分别为-0.881 和-0.960。溶解氧和电导率呈极显著的正相关,相关系数为 0.778

(见表 9)。随着温度的升高,氧气在水中溶解能力降低,同时水体中有机物分解加快,耗氧量增加,这 2 方面因素共同导致了水中溶解氧的降低。此外,由于降水稀释的影响,冬季枯水期水中各种离子的浓度要高于夏季丰水期,水体中电阻随着离子数量

的增加而减少,进而导致电导率增加^[14]。一般而言,色度由水中可溶性物质引起,而浊度则由水中不溶性物质引起的,2者不存在必然联系。但相关性检测发现,色度和浊度呈显著正相关,相关系数为0.694(见表9)。可能是本次研究采用了分光光

度计对水质的色度和浊度进行测量,水样浊度会对分光光度计测定色度产生干扰,且浊度越高,干扰程度越大;而色度的存在又对光的透射性有吸收作用,进而导致浊度测量值增大^[15]。

表 9 不同水质监测指标的 Pearson 相关性分析

监测指标	水温	pH	溶解氧	电导率	色度	浊度	氨氮质量浓度
水温	1						
pH	-0.114	1					
溶解氧	-0.881**	0.076	1				
电导率	-0.960**	0.118	0.778**	1			
色度	0.302	0.110	-0.103	-0.381	1		
浊度	0.131	0.061	0.063	-0.293	0.694*	1	
氨氮质量浓度	0.080	0.390	-0.224	0.030	-0.089	-0.109	1

注:**表示极显著相关($P<0.01$);*表示显著相关($P<0.05$)。

3 结论

本研究通过对南京滨江公园内5种类型水体每月1次的多参数水质监测,分析了各水体水质特征和季节性变化规律,并对园区水质现状进行了全面评价,主要结论如下:

各水体(1)水温季节性差异显著,与南京地区气温变化有着明显的一致性;(2)全年pH变化幅度较小,除生态修复水体pH略高于标准值外,其余各水体pH月监测值均在7.123与8.097之间,总体上呈弱碱性;(3)溶解氧浓度变化呈现秋、冬高,春、夏低的趋势,且秋季湿地水体和生态修复水体的溶解氧明显高于其他水体;(4)电导率呈现秋冬高、春夏低的季节性变化趋势,且生态修复水体的电导率、色度和浊度要明显低于其他水体;(5)除市政水体外,其他水体氨氮质量浓度均优于水质标准,各月均值为0.492 mg/L。此外,发现水生植物对水质有很好的净化作用^[16],以生态修复水体为例,水体中藻类等水生植物较为丰富,能有效吸附水中颗粒性物质,改善水下光照条件,从而使色度、浊度保持在较高水平,电导率相对较低。总体而言,南京滨江公园水体水质大部分监测指标符合《地表水环境质量标准》中Ⅲ—Ⅳ类水质标准。

参考文献:

[1] 周忠胜,卫笑,魏家星,等.南京滨江公园绿地冬春季温湿度调节能力研究[J].中国城市林业,2017,15(4):16-20.
[2] 卫笑,张明娟,魏家星,等.春夏秋三季不同类型植物群落的

温湿度调节效应研究——以南京滨江公园为例[J].中国城市林业,2018,16(3):21-25.
[3] 国家环境保护总局.水和废水监测分析方法[M].4版.北京:中国环境科学出版社,2002:197-254.
[4] 冯泽波.滇池主要入湖河流pH值特征及其变化机制研究[D].昆明:云南师范大学,2018.
[5] 刘春光,金相灿,孙凌,等.pH值对淡水藻类生长和种类变化的影响[J].农业环境科学学报,2005,24(2):294-298.
[6] O'REILLY C M,ALIN S R,PLISNIER P D,et al. Climate change decreases aquatic ecosystem productivity of Lake Tanganyika, Africa[J].Nature,2003,424(6950):766-768.
[7] 马玉琴.环境监测[M].武汉:武汉工业大学出版社,1998:11-13.
[8] 黄丽君.应用电导率仪测定水中溶解性总固体[J].预防医学,2005,17(1):80-80.
[9] 伍宇春,傅瓦利,高勇,等.不同降雨强度下剖面土壤电导率的空间变异研究[J].广东农业科学,2014,41(15):149-154.
[10] 宣肇峰,张胜军,谭培功,等.水质色度测定——稀释倍数法探讨[J].干旱环境监测,2010,24(2):126-128.
[11] 岳舜琳.水的浊度问题[J].中国给水排水,1995,11(4):33-35.
[12] 杨勇.高浓度氨氮污水生物净化技术[D].大连:大连海事大学,2012.
[13] 李娟英,赵庆祥.低浓度氨氮硝化过程中影响因素的研究[J].环境污染与防治,2006,28(1):11-14.
[14] 潘向忠,高玉蓉,李佳,等.钱塘江杭州段水体中溶解氧现状及其影响因素[J].环境保护科学,2011,37(4):13-16.
[15] 李倩,白璐,陈雪,等.浊度对分光光度法测定水质色度的干扰及消除方法研究[C]//全国排水委员会2013年年会论文集.2013:632-634.
[16] 孙丽娟,费寿娥,曹绪峰.城市景观水生态修复方法研究进展与发展趋势[J].金陵科技学院学报,2008,24(2):77-80.