

北京市怀沙河污染现状及主要污染源分析*

李昶, 吴丽[†], 何裕建[†]

(中国科学院大学化学科学学院, 北京 100049)
(2019 年 5 月 29 日收稿; 2019 年 9 月 11 日收修改稿)

Li C, Wu L, He Y J. Analysis of pollution status and main pollution sources of Huaisha River in Beijing[J]. Journal of University of Chinese Academy of Sciences, 2021, 38(1):73-82.

摘要 怀沙河是怀柔水库的主要水源,也是北京市的饮用水源之一,其水质的优劣程度直接影响首都市民的身体健康,北京市要求其符合地表二类水标准。根据北京市 2017—2018 年的水质报告,在怀沙河下游口头村的水质,大部分相关指标相对较好,符合地表二类水要求,但总磷总氮等指标经常超标。针对此问题,对怀沙河沿河不同地点的水质进行为期一年的跟踪检测,从时间和空间分布上对主要污染物的种类、浓度进行分析。研究结果表明,怀沙河水质变化主要受人类活动的影响,春季、夏季水质相对差,秋季、冬季相对好。河流主要超标污染物总磷和总氮的主要来源是养鱼场含磷饲料的使用、沿途的污水处理站排放不达标生活污水等,这些因素直接导致怀沙河的水质富营养化,使下游水中的总磷和总氮指标经常出现Ⅳ类甚至Ⅴ类的情况,对饮用水质的安全产生严重隐患。

关键词 怀沙河;水质评估;磷氮污染;污染源

中图分类号:X52 文献标志码:A doi:10.7523/j.issn.2095-6134.2021.01.010

Analysis of pollution status and main pollution sources of Huaisha River in Beijing

LI Chang, WU Li, HE Yujian

(College of Chemical Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract Huaisha River is the main source of water in Huairou Reservoir. It is one of the drinking water sources in Beijing. The quality of its water directly affects the health of the citizens in Beijing. The Beijing government requires its quality to meet the second-class water standard. According to the water quality report of Beijing 2017-2018, most of the relevant indicators for the water quality of the Koutou village that is in the downstream area of Huaisha River are relatively good, which meets the requirements of the second type of water. However, the indicators of total phosphorus and total nitrogen often exceed the standard. We tracked the water quality of different sites from Hongjunzhuang village to Tianxianyu village where the water directly flowed into Huairou Reservoir constantly for one year. The survey found that the variation of water quality mainly affected by

* 国家重点研究发展计划(2016YFF0203700)、国家自然科学基金(51772289, 21778054, 51972302)、中国科学院化学研究所科教融合资金(Y52902HED2)和中国科学院大学大学生创新实践训练计划(118900EA12)资助

[†] 通信作者, E-mail: wuli@ucas.ac.cn; heyujian@ucas.edu.cn

human activities. The water quality is relatively poor in spring and summer but better during autumn and winter. The main pollutants in the river were total phosphorus and total nitrogen which resulted from substandard domestic sewage discharged by sewage treatment station and phosphorus-containing feed used by fish farms, etc. These factors directly led to water eutrophication of the Huaisha River and caused total phosphorus and nitrogen indexes in downstream water to be inferior to type IV or even inferior to type V, which is far from the requirements of the type II water. The current situation poses a serious hidden danger to the safety of drinking water. According to the survey results, this paper proposes some relevant governance programs.

Keywords Huaisha River; water quality assessment; NP pollution; pollution source

水资源是人类社会赖以生存的基础,直接关系到社会的可持续发展。近年来,随着社会经济的发展,河流污染有加重趋势,河流污染问题越来越受到重视。国内外研究者对水环境中各类不同的污染状况进行了相应的研究,包括污染物的来源、种类以及治理措施等^[1-4]。如彭月等^[5]针对农业生产区域河流污染源主要来源于农村生活和农业生产过程的特点,分别测定太湖流域宜兴市新塍社区内各河流在丰水期和平水期 26 个监测断面的污染指标;庄文贤等^[6]分析连云港市河流污染主要原因及治理过程中存在的问题,从总体规划、硬件建设、加强监管等方面提出建议与对策;邱瑀等^[7]系统分析湟水河水质时空变化及其污染物来源;常旭等^[8]对大辽河主要重金属(Cr、Co、Cd、Mn、Zn、Ni、Cu、Pb、As)浓度进行研究,并对表层水体和表层沉积物污染程度进行评价;Stakeniene 等^[9]对库尔斯泻湖主要污染物多环芳烃的分布、起源和生态风险进行详细研究,确定了 PAH 的主要来源是汽车尾气,石油产品泄漏和煤燃烧;Zhao 等^[10]通过对海河流域构建 NUFER 模型,系统分析流域内氮磷污染物排放量的时空变化,并通过情景分析预测 2030 年的污染情况且提出缓解污染的有效方案。

怀沙河是怀柔水库的主要水源,也是北京市的饮用水源之一,其水质的好坏直接影响北京市民的饮用水安全。怀沙河发源于怀柔区田仙峪龙潭,流经辛营、五渡河、铠甲庄、红军庄等村庄最后汇入怀柔水库,全长 28.7 km,沿河有多处泉水汇入,其中发源于田仙峪村的泉水水量较大,是怀沙河主要的水量来源。怀沙河的下游河道落差较小,河水流速缓慢,因此怀沙河一旦被污染,难以迅速泄污自净,将对首都市民饮用水安全造成隐患。为保障居民的饮水健康,北京市环保局要求怀沙河水质必须达到国家地表水环境质量 II 类水

标准。基于此,分析检测怀沙河水质并找出其污染源就成为北京水资源保护的重要一步。怀沙河流域属于湿地型自然保护区,林草覆盖率相对较高,超过 70%^[11],其中板栗树为最主要的树木种类,板栗树的种植也因此成为怀柔区农业主导产业之一。与此同时,怀柔区又是首都生态涵养发展区,旅游业的发展直接刺激了当地冷水鱼养殖业的发展,怀沙河沿岸也因此分布了众多的养殖场。据怀柔区农业局统计,截至 2014 年,冷水鱼养殖面积共计 $2.3 \times 10^5 \text{ m}^2$,年产商品鱼 1 600 t^[12]。而在板栗种植和鱼类养殖过程中,各种农药、肥料的残留以及鱼塘排水等因素对怀沙河的水质都有不利的影响,对怀沙河污染状况的研究必须结合流域环境特征开展。但目前有关怀沙河流域的研究较少,且多是短期监测,缺乏系统性和说服力^[11]。为此,本文就怀沙河污染现状进行了为期一年的跟踪研究,在时间和空间分布上对怀沙河流域的主要污染物进行分析检测,确定其主要污染种类及污染源,并对怀沙河的污染治理提出建议。

1 实验方法

1.1 采样点的设置

根据怀沙河流域的实际情况,共选取 12 个具有代表性的水质监测点。并调研监测点周边的自然与人文环境,以便对怀沙河流域的污染情况作出客观评价,监测点分布情况见图 1,监测点潜在污染源见表 1。

1.2 监测指标

由于怀沙河流域内主要支柱产业为农业与旅游业,几乎没有重工业,因此主要对总磷、总氮、氨氮、亚硝酸盐、化学需氧量(COD)等 5 项指标按相关国标或行业标准进行分析检测。检测结果进行 3 次重复实验,并计算平均值。



图 1 怀沙河流域监测点分布

Fig. 1 Distribution of monitoring points in the Huaisha River Basin

表 1 监测点及潜在污染源

Table 1 Monitoring points and potential sources of pollution

水质监测点	监测点周边环境/水样来源
1. 红军庄	村庄
2. 口头村	村庄,农家乐
3. 圣泉排水口	农家乐
4. 关渡	农家乐
5. 三渡河	村庄,农田
6. 五渡河	村庄,农田
7. 大明星主河道	鱼塘,农田
8. 大明星分河道	果园,农田
9. 辛营	鱼塘,果园
10. 田仙峪村口	鱼塘,农家乐,村庄
11. 顺通鱼塘	鱼塘,农家乐,村庄
12. 田仙峪源头	果园
13. 纯净水	市售屈臣氏纯净水
14. 自来水	国科大雁栖湖校区自来水

1.3 采样时间与检测方法

从 2018 年 3 月起至 2019 年 2 月,对怀沙河进行为期一年的水质监测,采样周期为 1 次/月,共计 12 次。总磷指标使用钼酸铵分光光度法(GB 11893—1989)进行检测^[13],总氮指标使用碱

性过硫酸钾消解紫外分光光度法(HJ 636—2012)进行检测^[14],氨氮指标使用水杨酸分光光度法(HJ 536—2009)进行检测^[15],亚硝酸盐指标使用分光光度法(GB 7493—87)进行检测^[16],化学需氧量使用重铬酸盐法(HJ 828—2017)进行检测^[17],除 COD 使用欧陆科仪 ET1151M 检测外,其他指标均使用岛津 UV1800 紫外分光光度计进行检测。水质评估标准则主要依据《地表水环境质量标准》GB 3838—2002 及《地表水环境质量标准》GHZB1—1999^[18-19]。检测的水样中有一项指标超标即判定该水样为不合格水样。超过 1/2 监测点的指标不足 V 类水质,则判断整个流域的水质为劣 V 类。各项指标标准限值见表 2。

表 2 地表水环境质量标准部分项目标准限值

Table 2 The standard limit of some projects about quality standard for surface water environment

	I类	II类	III类	IV类	V类
总磷质量浓度/(mg/L)	≤0.02	≤0.10	≤0.20	≤0.30	≤0.40
总氮质量浓度/(mg/L)	≤0.2	≤0.5	≤1.0	≤1.5	≤2.0
氨氮质量浓度/(mg/L)	≤0.15	≤0.50	≤1.00	≤1.50	≤2.00
亚硝酸盐质量浓度/(mg/L)	≤0.06	≤0.10	≤0.15	≤1.00	≤1.00
化学需氧量 COD	≤15	≤15	≤20	≤30	≤40

2 结果与讨论

2.1 水质污染总体状况

对 12 个取水点,共计 144 个样品进行污染物综合分析(表 3)。研究发现怀沙河流域总氮的平均含量为 1.16 mg/L,属于 IV 类水,已经超出北京市环保局规定的 II 类水标准,全流域合格水(优于 II 类水)样品为 36 个,仅占总体的 25%。其中 IV 类、V 类水占比相对较高,分别为 27.78% 和 22.92%。易发生富营养化的水体(大于 2 mg/L)占总体的 8.33%^[20],主要集中在中游地区,最高值为 5.79 mg/L。这些数据表明怀沙河流域总氮污染已经非常严重。

由表 3 可知总磷的污染现状同样不容乐观,平均含量为 0.26 mg/L,也属于 IV 类水。全流域合格水仅为总量的 2.78%,III 类和 IV 类水占总体的绝大部分,分别为 37.5% 和 38.19%。最高值为 1.18 mg/L,是 II 类水限值的 12 倍,劣 V 类水占总量的 12.5%,主要集中在上游地区。

从氨氮的监测数据来看全流域氨氮指标优良,99% 的样品都符合 I 类水标准。亚硝酸盐和

表 3 怀沙河流域污染物监测数据统计

Table 3 Statistics on pollutant monitoring data in Huaisha River

污染物	河段	采样点 个数	最小值/ (mg/L)	最大值/ (mg/L)	平均值/ (mg/L)	水质等级频率分布/%					
						I类	II类	III类	IV类	V类	劣V类
总氮	上游	48	0.11	2.54	0.88	8.33	20.83	27.09	35.42	6.25	2.08
	中游	48	0.01	5.79	1.47	10.42	10.42	8.33	12.50	37.50	20.83
	下游	48	0.06	3.27	1.12	10.42	14.58	12.50	35.42	25.00	2.08
	总计	144	0.01	5.79	1.16	9.72	15.28	15.97	27.78	22.92	8.33
总磷	上游	48	0.05	0.97	0.32	0	4.17	33.33	22.92	8.33	31.25
	中游	48	0.09	0.43	0.24	0	2.08	31.25	47.92	14.58	4.17
	下游	48	0.09	1.18	0.22	0	2.08	47.92	43.75	4.17	2.08
	总计	144	0.05	1.18	0.26	0	2.78	37.50	38.19	9.03	12.50
氨氮	上游	44	低于检出限	0.10	0.01	100	0	0	0	0	0
	中游	46	低于检出限	0.04	0	100	0	0	0	0	0
	下游	48	低于检出限	0.28	0.01	97.92	2.08	0	0	0	0
	总计	138	低于检出限	0.28	0.01	99.28	0.72	0	0	0	0
亚硝酸盐	上游	48	低于检出限	1.38	0.12	54.17	6.25	16.67	20.83	2.08	0
	中游	48	低于检出限	1.45	0.08	79.17	4.17	6.25	8.33	2.08	0
	下游	48	低于检出限	1.10	0.06	79.17	8.33	6.25	4.17	2.08	0
	总计	144	低于检出限	1.45	0.09	70.83	6.25	10.42	11.11	1.39	0
COD	上游	45	1	27	11	75.56	13.33	11.11	0	0	0
	中游	48	低于检出限	28	11	68.75	14.58	16.67	0	0	0
	下游	47	1	27	11	70.21	12.77	14.89	0	2.13	0
	总计	140	低于检出限	28	11	71.43	13.57	14.29	0	0.71	0

COD 指标良好,合格水样达 70%,其中亚硝酸盐的不合格水样主要集中在上游地区。

2.2 水质污染情况及潜在污染源分析

为了更好地分析污染情况与季节的关系,将春季(3—5月)、夏季(6—8月)、秋季(9—11月)、冬季(12—下年2月)每季度3个月的相关指标取平均值作图。将12个采样点以及2个空白样的各指标质量浓度与相应的国家标准值作比较,分析结果体现在下文中。

2.2.1 总氮

总氮为硝酸盐氮、亚硝酸盐氮、氨氮与有机氮的总称,是反映污水治理程度的一个重要指标^[21]。由图2可以看出总氮含量随季节变化较大,与春、夏二季相比,秋、冬季两季总氮含量明显升高,水质等级从II/III类水恶化到V类甚至劣V类水,且秋季时在5号监测点三渡河一带达到极值。结合表1分析,我们认为造成这一现象的原因可能有以下几点:其一,自然因素。进入秋冬两季后,沿河两岸大部分植物枯死,腐败物增多导致总氮含量有所上升。其二,人为因素。据统计^[22],目前怀沙河流域内单位面积耕地化肥施用量较大,为 719.5 kg/hm^2 ,远超全国平均水平 227.5 kg/hm^2 和世界平均水平 94.5 kg/hm^2 ^[23],氮肥的大量使用势必导致流域内总氮水平的升

高,而总氮水平相对较高的几个监测点(5~8)恰恰是农田比较集中的区域。另外秋季是民俗旅游业的旺季,大量游客的涌入导致农家乐的火爆,同时也导致生活污水排放量增加、河道垃圾增加等现象的发生。为研究生活污水对怀沙河水质的影响,取沿河村污水处理站向河道中排放的处理后水,进行分析。研究发现(结果见表4)生活污水经过处理后总氮指标仍为劣V类,水质不达标地表水标准便直接排放到河流中,成为怀沙河水质恶化的主要原因之一。通过调研发现,污水处理站使用的《城镇污水处理厂污染物排放标准》和怀沙河水质要求的《地表水环境质量标准》对相关指标规定的标准值相差较大,因此即使污水处理厂处理后达城镇污水处理厂污染物排放标准的生活污水也会对怀沙河水质产生不良影响。其次,通过实地调研发现沿河村民有收割完庄稼将农残废物向河流中倾倒的情况,主要为秸秆、栗子壳等。这些行为人为地增加了河道中腐败物的数量,极大地增加了怀沙河的污染负荷,导致河流自净能力变差,河道中总氮含量超标。我们还发现沿途村庄冬季取暖方式主要以燃煤取暖为主,据文献报道,北京农村地区人均日产灰渣约 $2 \sim 4 \text{ kg}$ ^[24],这些灰渣以及生活垃圾的处理不当也有可能引起河道中总氮含量超标。

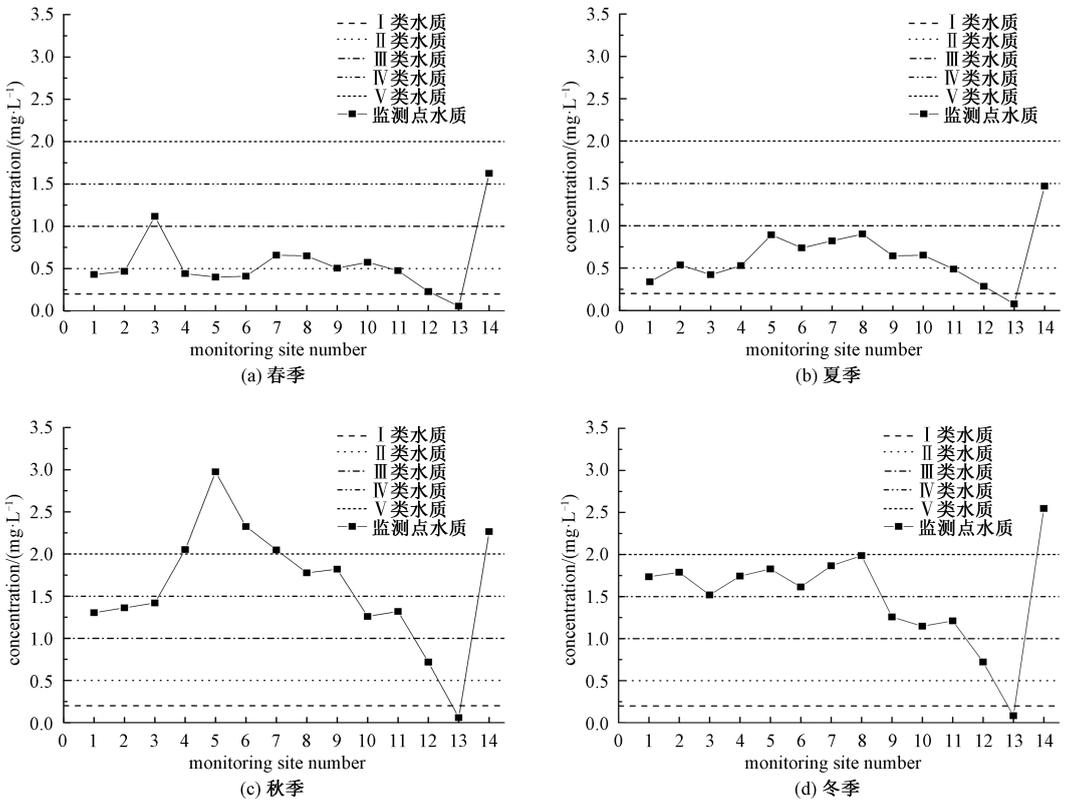


图 2 怀沙河各季度总氮指标

Fig. 2 Total nitrogen level of Huaisha River in each season

表 4 村污水处理站部分月份总氮含量测定结果

Table 4 Determination of total nitrogen content in some months of village sewage treatment station

取水点	总氮含量/(mg/L)	水质等级
2月五渡河处理站	4.62	劣V类
7月六渡河处理站	2.11	劣V类
9月五渡河处理站	2.10	劣V类
9月六渡河处理站	4.00	劣V类
10月五渡河处理站	2.90	劣V类

2.2.2 总磷

总磷是正磷酸盐、缩合磷酸盐、焦磷酸盐、偏磷酸盐和有机团结合的磷酸盐等形式的总称,其主要来源于工业废水、生活污水、化肥、有机磷农药及近代洗涤剂所用的磷酸盐增洁剂等^[13]。水体中的磷是藻类生长需要的一种关键元素,过量磷是造成水体污秽异臭,使湖泊发生富营养化和海湾出现赤潮的主要原因。和总氮一样,总磷也是反映水体富营养化的主要指标^[25]。从图 3 曲线走向可以直观地看出怀沙河流域的总磷含量严重超标,春夏两季各监测点水质等级普遍为IV类、V类,部分监测点甚至达到了劣V类水,秋冬两季情况稍好,各监测点水质等级大多为III类、IV类,个别监测点为V类水。其次,在图 3 中走向较为

明显的是总磷含量从 7 号监测点大明星主河道开始急剧上升,在 9 号监测点辛营达到极值并开始急剧下降,并在 12 号监测点田仙峪源头达到全流域最低值,在曲线顶点 9 号监测点到 11 号监测点 3 个监测点附近分布着包括全华北最大的冷水鱼养殖中心在内的几十家养鱼场。从文献报道的结果来看^[26],有超过 50%的养殖户在养殖前和养殖后都没有对养殖用水进行处理,而这些养殖户的养殖用水大多是利用河道水,也有少部分会利用山泉水和地下水但最后也会排入河道中。这些养鱼场的存在可能直接导致怀沙河水质的总磷含量超标,最直接的证据是:养鱼场使用的饲料中有磷酸二氢钙等含磷成分,且该饲料总磷含量大于或等于 0.9%。以顺通鱼塘为例,该鱼塘年均均可生产各种规格优质商品鱼 20 万 kg,按照日饲料投放量为鱼体重的 2.5% 计算,每年仅顺通鱼塘一家就向河道中至少排放总磷 50 kg。有文献报道,相比 2000 年,2011 年怀柔水库上游水产养殖业所产生的磷污染负荷增大 1 倍,占总负荷量的 40.85%^[27]。因此,这是导致怀沙河水水质总磷严重超标的主要原因之一。其次,由于板栗种植业是当地的支柱产业之一,当地农民为了提升产量

在种植过程中大量使用磷肥^[28],以及为了方便捡拾栗子,使用含磷农药草甘膦除草,从而导致土壤中磷含量大大超标。为了证明这一观点,我们从怀沙河道附近的果园取样,对土壤中总磷含量进行检测,检测结果见表 5。结果显示两岸果园

土壤中的磷含量是河水中磷含量的数千至上万倍。这些土壤中的磷有 70% 以上在雨季会随着雨水进入河流中^[29],而怀柔区的雨季主要集中在夏季,因此这可能是怀沙河流域总磷含量在夏季严重超标的主要原因之一。

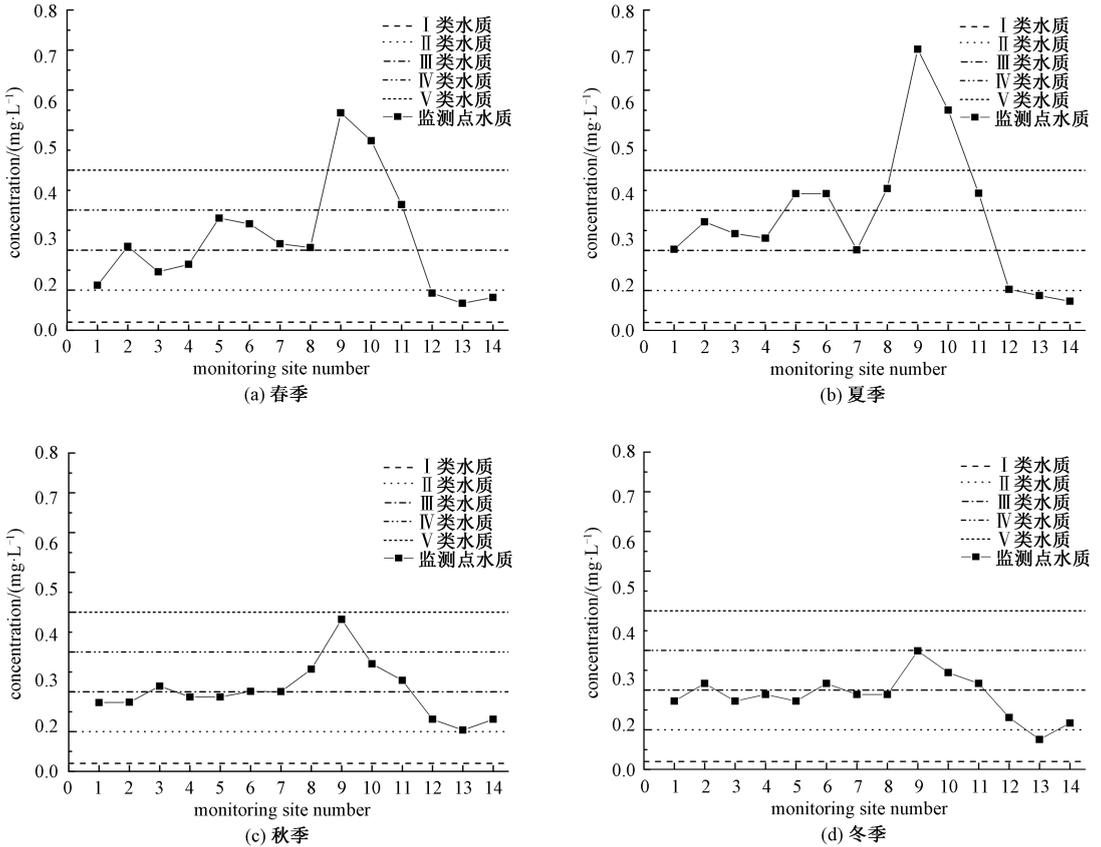


图 3 怀沙河各季度总磷指标

Fig. 3 Total phosphorus level of Huaisha River in each season

表 5 不同取样点土壤中总磷含量测定结果

Table 5 Determination of total phosphorus content in soils from different monitoring sites of Huaisha River

取样点	总磷含量/(mg/L)
大明星果园	2 612.8
八道河岭果园	3 851.2
鱼塘出口果园	2 550.4

2.2.3 氨氮

氨氮是指以游离氨和离子氨形式存在的氮,主要来源于生活污水中含氮有机物的分解,焦化、合成氨等工业废水,以及农田排水等,是水体中的营养素,可导致水富营养化现象产生^[30-32]。从图 4 可以看出,相比于总氮和总磷指标,全年各监测点氨氮指标优良,能够符合国家地表水 I 类水标准。但是结合表 1 分析,农家乐(3 号监测点周边)和养鱼场(11 号监测点周边)集中的地方氨氮

含量相对高,这一点也从侧面反映出水质的恶化与农家乐和养鱼场有直接的关系。

2.2.4 亚硝酸盐

虽然现行标准 GB 3838—2002 的修订删除了亚硝酸盐的指标,但亚硝酸盐仍旧是判断水质优劣的重要指标,尤其在判断生活污水水质方面^[33]。叶菜类蔬菜极易富集硝酸盐,而化肥的大量使用,使得蔬菜中硝酸盐和亚硝酸盐残留更多,并且硝酸盐在微生物的作用下会还原为亚硝酸盐,最终导致亚硝酸盐含量升高^[34]。而食品中的亚硝酸盐会随着人类活动进入生活污水中,因此近年来民俗旅游业的兴起可能是河水中硝酸盐含量增高的直接原因。结合表 1 与图 5,不难发现在农家乐比较集中的区域(口头村、大明星度假村、田仙峪村口附近),河水中亚硝酸盐含量普遍高于流域内其他监测点,水质等级在民俗旅游业

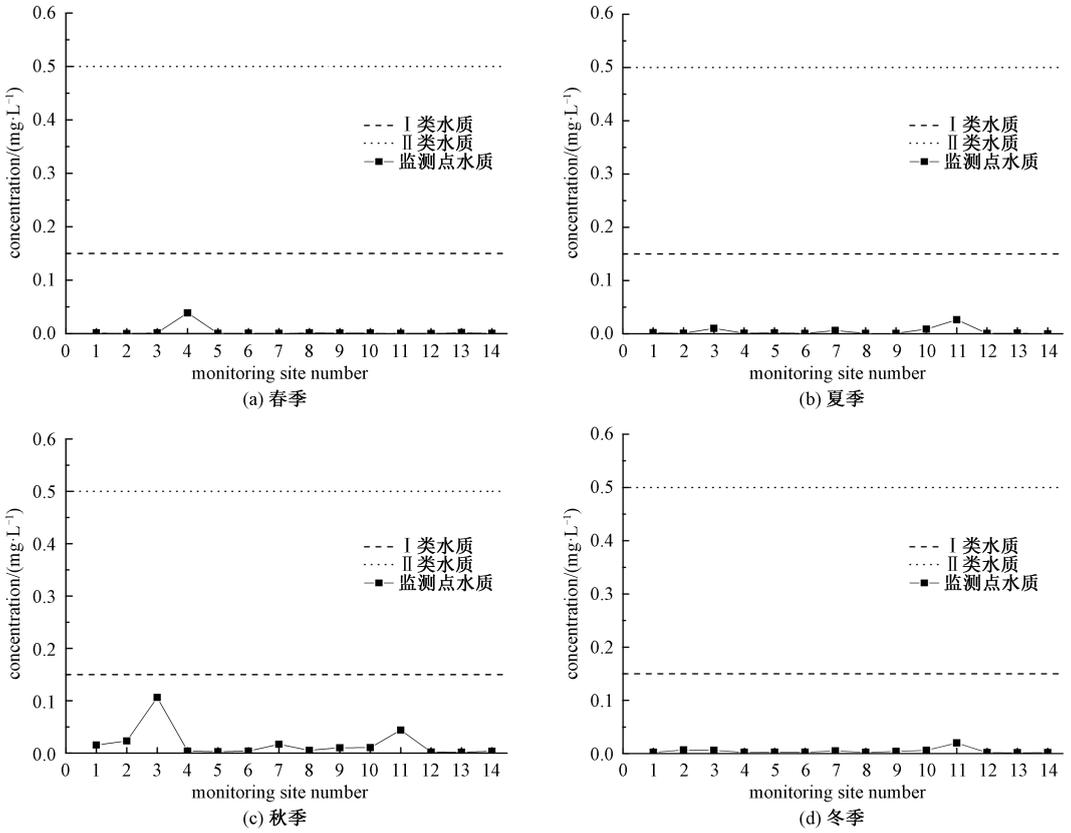


图 4 怀沙河各季度氨氮指标

Fig. 4 Ammonia nitrogen level of Huaisha River in each season

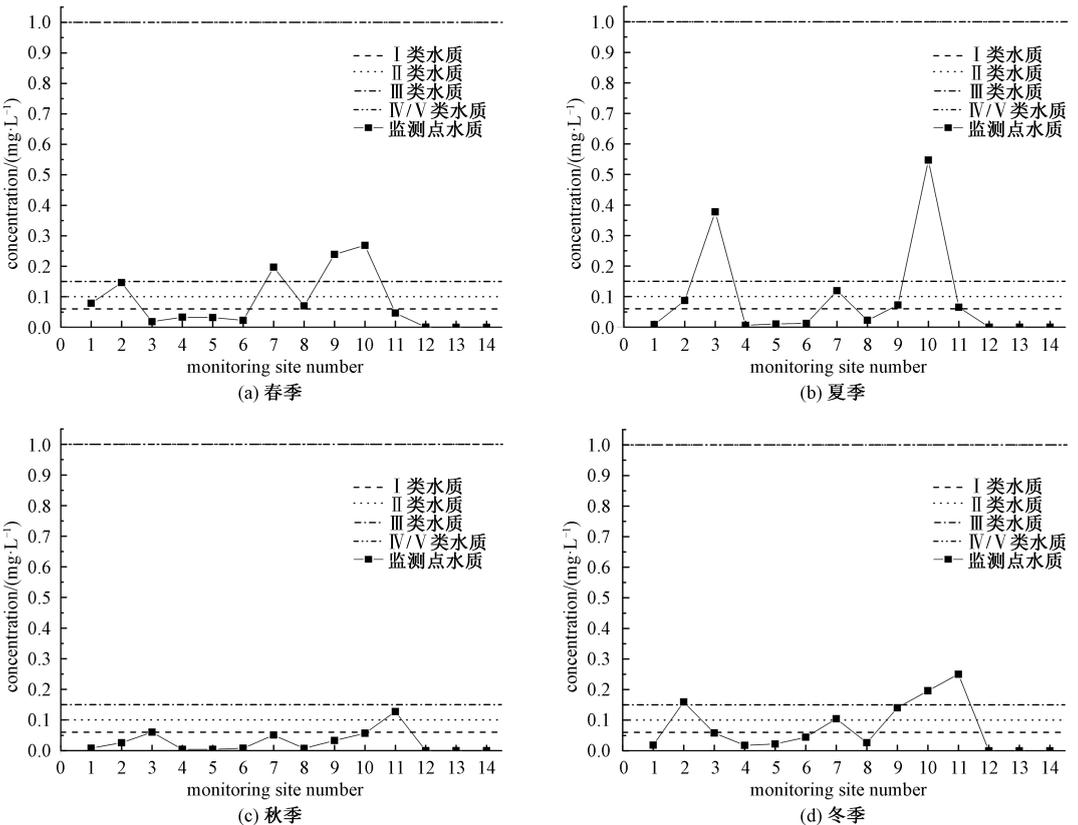


图 5 怀沙河各季度亚硝酸盐指标

Fig. 5 Nitrite level of Huaisha River in each season

较火爆的月份达到Ⅳ类水标准,远高于流域内其他监测点的平均值。这表明,民俗旅游业所产生的餐饮污水严重破坏了周边的生态环境。

2.2.5 化学需氧量

水被有机物污染是很普遍的,因此,化学需氧量也作为有机物相对含量的指标之一^[35-36]。从图6可以看出在春夏秋冬4个季节中春季和冬季水

体中 COD 指标较低,可以达到Ⅱ类水标准。而夏季和秋季的 COD 指标相对较高,大部分监测点 COD 指标为Ⅲ类水,个别监测点水质为Ⅳ类水。我们推测这一现象可能与人类活动有关,因为夏季和秋季为旅游旺季,很有可能是在大量游客活动过程中生成的生活垃圾向河水中倾倒而导致怀沙河水体中的有机物含量增多,使 COD 指标升高。

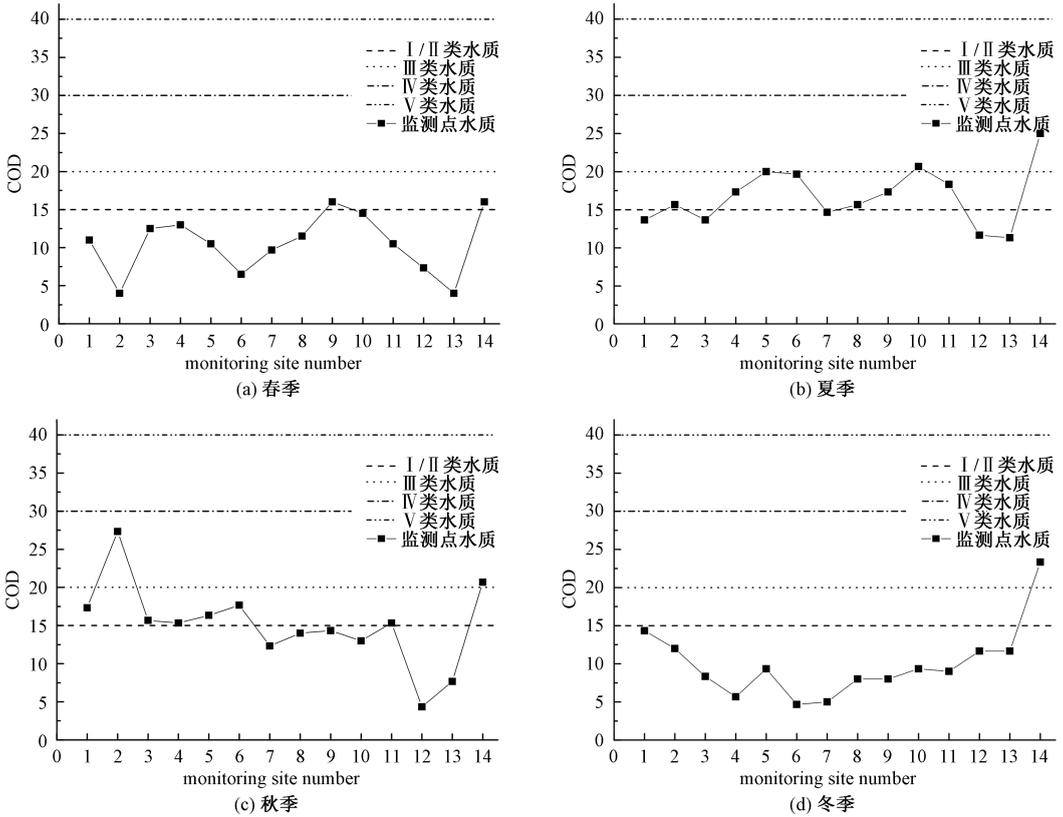


图 6 怀沙河各季度 COD 指标
Fig. 6 COD level of Huaisha River in each season

2.3 怀沙河典型断面水质分析

2.3.1 河流上游

12 号监测点位于怀沙河源头位置,发源地山泉水泉眼处。以该监测点作为典型断面监测点,监测点附近水体清澈,环境清洁,人类活动痕迹较少,植被覆盖率较高。主要水生植物有小香蒲、浮萍、茅叶荇草、狼把草、花蔺等,其水质除冬季总氮指标有所升高外,其他指标基本符合国家地表水Ⅱ类水标准,是一个宝贵的天然水源地。但在其下游不远处,密集分布众多养鱼场和农家乐,这些地点的人类活动使怀沙河水质从上游开始就急剧变差,各指标在 11 号监测点均开始上升,因此以 11 号监测点顺通鱼塘作为典型断面。

2.3.2 河流中游

在 8 号监测点大明星分河道到 5 号监测点三渡河之间的 4 个监测点属于河流中游。由于 7 号大明星主河道监测点属于汇入水流,6 号五渡河监测点拦水建筑物较多,故选取这两个监测点作为典型断面。中游河段截流工程相对较多,河水流速变慢,使得氮、磷元素富集,水体呈现富营养化趋势,从而导致藻类植物的疯长。该河段主要水生植物有浮萍、满江红、荇菜、黑藻、金鱼藻、豆瓣菜、水绵等^[37]。

除亚硝酸盐外,从 7 号监测点大明星主河道汇入河水的其他指标与下游相差不大,但该监测点河水所含有的大量亚硝酸盐(尤其是春、夏两季)会对干流造成不良影响。对于 6 号五渡河监

测点来说,在春夏两季时,大量的拦水建筑物使其总磷浓度在河流中游相对偏高(春季Ⅳ类,夏季Ⅴ类),过高的总磷含量会导致藻类植物的疯长,但到了冬季,大量藻类植物死亡所产生的腐败物又会导致水体中总氮含量的升高(秋季劣Ⅴ类,冬季Ⅴ类)。

2.3.3 河流下游

从4号监测点关渡到1号监测点红军庄之间的流域属于河流下游。除3号监测点圣泉排水口附近的水体外,河流下游各监测点相关指标均远远低于上游河道,这与河道的自净能力密不可分,下游水质的改善一方面是因为下游河道生物多样性较高,植物群落较多,结构复杂。主要分布有香蒲、浮萍、满江红、荇菜、眼子菜、狼把草等,但更主要的原因是因为下游河道几乎没有养鱼场,且农家乐数量也远远低于中上游。由于3号监测点圣泉排水口向主河道中排水,故选取该监测点作为典型断面,该监测点水质各指标在河流下游中均相对较高,这与该监测点附近农家乐较多有很大关系。从圣泉排水口排出的生活污水必定会对下游监测点水质产生不良影响。

怀沙河经1号监测点红军庄直接汇入怀柔水库,该监测点水质与怀柔水库的水质优劣有直接关系,故另外选取该监测点作为典型断面。该监测点水质在怀沙河全流域相对较好,亚硝酸盐、氨氮指标已达Ⅰ类水标准,总磷指标为Ⅲ类水标准,总氮指标在春夏两季可达Ⅱ类水标准。这一河段与上游水质相比,已明显变好,说明怀沙河从口头村到红军庄的湿地环境对水质有明显的净化作用。

3 主要污染源及治理建议

3.1 怀沙河主要污染源

综上所述,怀沙河的主要污染源为:1)上游田仙峪和大明星一带的养鱼场,养殖废水的排放对水质明显有直接的影响,使相关指标从Ⅰ或Ⅱ类变为Ⅳ或Ⅴ类;2)怀沙河沿河各村污水处理站,这些污水处理站排放的处理后水严重不达标,沿河农家乐的污水排放也是主要污染源之一;3)怀沙河两岸果园、农田土壤中的农药残留,残留在土壤中的农药随雨水渗透入河道中,是导致河水总磷、总氮和COD偏高的直接和潜在因素;4)由于河道中游修建有大量景观设施,如拦水坝、连拱闸等,这些设施使河水流速降低,夏季易

使河水的溶氧下降,导致富营养化;5)河道中的垃圾、淤泥、植物腐败的多年积累,会使河水中的COD、总磷和总氮等指标升高。

3.2 怀沙河治理建议

针对怀沙河的污染现状,提出以下几点治理建议:

- 1)完善相关政策,统一排放水标准和地表水标准。
- 2)限制怀沙河流域含磷鱼饲料的总投放量。
- 3)对沿河两岸的农田、果园的农药使用,特别是含磷和含氮农药应加强管制。
- 4)清理河中多年存在的垃圾、淤泥与腐烂的植物与落叶等。
- 5)加强对村民的环保教育,提高两岸村民对怀沙河的保护意识。

4 结论

通过对怀沙河流域总磷、总氮、氨氮、亚硝酸盐、化学需氧量(COD)等5项指标为期一年的水质跟踪监测,从时间和空间两个维度对怀沙河的主要污染物种类及污染产生的原因进行分析研究。结果表明:怀沙河的主要污染物为总氮和总磷,总氮指标在春夏二季为Ⅲ类水,秋冬二季为Ⅴ类水,污染严重的区域主要集中在中游的农田区。总磷指标在春夏二季为Ⅴ类水,秋冬二季为Ⅳ类水,污染严重的区域主要集中在上游的鱼塘区。通过对各污染物随时间、空间的分布变化趋势分析,可知污染产生的主要原因应归结于怀沙河流域的传统农业以及特色养殖业和民俗旅游业的兴起。根据《地表水环境质量标准》,怀沙河流域的水资源达不到北京市环保局要求的Ⅱ类水标准,这使北京市饮用水质的安全产生了严重隐患。

参考文献

- [1] Xu J, Jin G Q, Tang H W, et al. Assessing temporal variations of ammonia nitrogen concentrations and loads in the Huaihe River Basin in relation to policies on pollution source control[J]. Science of the Total Environment, 2018, 642: 1386-1395.
- [2] Meyer A M, Klein C, Funfrocken E, et al. Real-time monitoring of water quality to identify pollution pathways in small and middle scale rivers [J]. Science of the Total Environment, 2019, 651: 2323-2333.
- [3] 邓利华, 陈钊. 农村河流污染情况与污水治理方法研究综述[J]. 中国资源综合利用, 2017, 35(4): 16-18.
- [4] 王源意, 卢晗, 李薇. 城市景观河流水质污染防治进展研

- 究[J]. 环境科学与管理, 2016, 41(6): 86-91.
- [5] 彭月, 崔云霞, 樊宁, 等. 农业面源污染河流源解析及时空变化特征研究[J]. 环境保护科学, 2018, 44(3): 47-52.
- [6] 庄文贤, 张大伟, 马清坡. 连云港市城市河流污染分析及治理策略[J]. 水资源开发与管理, 2018(10): 49-51.
- [7] 邱瑀, 卢诚, 徐泽, 等. 涅水河流域水质时空变化特征及其污染源解析[J]. 环境科学学报, 2017, 37(8): 2829-2837.
- [8] 常旭, 马迎群, 杨晨晨, 等. 大辽河主要污染源重金属特征及污染评价[J]. 环境污染与防治, 2015, 37(5): 32-38.
- [9] Stakeniene R, Joksa K, Galkus A, et al. Polycyclic aromatic hydrocarbons in surface sediments from the Curonian Lagoon and the Nemunas River Delta (Lithuania, Baltic Sea): distribution, origin, and suggestions for the monitoring program [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2019, 191(4): 18.
- [10] Zhao Z Q, Qin W, Bai Z H, et al. Agricultural nitrogen and phosphorus emissions to water and their mitigation options in the Haihe Basin, China [J]. *Agricultural Water Management*, 2019, 212: 262-272.
- [11] 王秀珍, 于明含, 王庆, 等. 北京怀沙河水质污染与防治对策[J]. 中国水土保持科学, 2014, 12(1): 55-61.
- [12] 彭玉磊. 漫话怀柔冷水鱼[J]. 北京农业, 2014(28): 10-11.
- [13] 北京市环保检测中心, 上海市环境监测中心. 水质 总磷的测定 钼酸铵分光光度法 GB 11893—1989[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1989.
- [14] 大连市环境监测中心. 水质 总氮的测定 碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法 HJ 636—2012[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2012.
- [15] 沈阳市环境监测中心站. 水质 氨氮的测定 水杨酸分光光度法 HJ 536—2009[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2009.
- [16] 湖北省环境监测中心站. 水质 亚硝酸盐的测定 分光光度法 GB 7493—87[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1987.
- [17] 中国环境监测总站. 水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法 HJ 828—2017[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2017.
- [18] 中国环境科学研究院. 水质 地表水环境质量标准 GB 3838—2002[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [19] 国家环境保护总局. 水质 地表水环境质量标准 GHZB1—1999[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 1999.
- [20] 王佳音, 张世涛, 王明玉, 等. 滇池流域大河周边地下水氮污染的时空分布特征及影响因素分析[J]. 中国科学院研究生院学报, 2013, 30(3): 339-346.
- [21] 侯佳志. 中国典型生态系统地表水总氮含量评价及来源分析[D]. 长春: 东北师范大学, 2012.
- [22] 张微微, 李红, 孙丹峰, 等. 怀柔水库上游农业氮磷污染负荷变化[J]. 农业工程学报, 2013, 29(24): 124-131.
- [23] 王秀娟, 刘瑞民, 何孟常. 松辽流域非点源污染 TN 时空变化特征研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(4): 192-196, 202.
- [24] 王俊起, 王友斌, 李筱翠, 等. 乡镇生活垃圾与生活污水排放及处理现状[J]. 中国卫生工程学, 2004(4): 12-15.
- [25] 秦延文, 马迎群, 王丽娟, 等. 长江流域总磷污染: 分布特征·来源解析·控制对策[J]. 环境科学研究, 2018, 31(1): 9-14.
- [26] Yan D N, Xu H, Yang M, et al. Responses of cyanobacteria to climate and human activities at Lake Chenghai over the past 100 years[J]. *Ecological Indicators*, 2019, 104: 755-763.
- [27] 曹爱英, 赵春晖, 宗超, 等. 怀沙河、怀九河流域渔业养殖基本情况调查与分析[J]. 中国水产, 2015(7): 35-38.
- [28] 吴圆梦, 彭梦雪, 胡海宁, 等. 北京市怀柔区板栗种植与加工技术[J]. 现代农业科技, 2018(7): 90-93.
- [29] Guo H, Sun Y. Characteristic analysis and control strategies for the eutrophicated problem of the Lake Dianchi [J]. *Progress in Geography*, 2002, 21(5): 500-506.
- [30] Van Damme M, Clarisse L, Whitburn S, et al. Industrial and agricultural ammonia point sources exposed [J]. *Nature*, 2018, 564(7734): 99-103.
- [31] Ti C P, Xia L L, Chang S X, et al. Potential for mitigating global agricultural ammonia emission: a meta-analysis [J]. *Environmental Pollution*, 2019, 245: 141-148.
- [32] Hardikar R, Haridevi C K, Ram A, et al. Inter-annual variability of phytoplankton assemblage and *Tetraspora gelatinosa* bloom from anthropogenically affected harbour, Veraval, India [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2019, 191(2): 17.
- [33] 李由明, 刘明, 周远扬, 等. 旅游活动对三亚湾水体水质的影响[J]. 琼州学院学报, 2013, 20(5): 80-84.
- [34] 孙威. 叶类蔬菜贮存过程中硝酸盐和亚硝酸盐的含量研究[D]. 长春: 东北师范大学, 2006.
- [35] Li C C, Feng W Y, Song F H, et al. Three decades of changes in water environment of a large freshwater Lake and its relationship with socio-economic indicators[J]. *Journal of Environmental Sciences-China*, 2019, 77: 156-166.
- [36] Atique U, An K G. Reservoir water quality assessment based on chemical parameters and the chlorophyll dynamics in relation to nutrient regime [J]. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2019, 28(3): 1043-1061.
- [37] 张茹春. 北京怀沙、怀九河自然保护区植物区系及生态研究[D]. 石家庄: 河北师范大学, 2006.