

东莞运河樟村断面氨氮超标的风险分析与治理策略

吴昌政¹, 谢全模²

(1. 东莞市委组织部, 广东 东莞 523000;
2. 广东亿鼎环保工程有限公司, 广东 东莞 523000)

摘要: 文章以“东莞运河樟村国考断面达标”为案例, 分析国考断面氨氮不达标的主要风险, 同时, 基于东莞运河的实际情况, 首次提出了以“膨胀床曝气生物滤池 (EBF)”为核心技术的上游水质净化厂改造方案, 用于改善断面水质。结果表明, EBF 技改后氨氮的去除率高达 89.7%, 出水氨氮的平均浓度为 0.74 mg/L。技改后国考断面的氨氮月平均浓度基本能够达到 IV 类水质标准, 并不断向好发展。同时, EBF 工艺稳定高效, 操作简单占地小, 吨氨氮年削减运行费为传统城市污水处理厂的 22.7%, 表明该方案为目前最优的治理策略, 在断面达标的同时带来巨大的经济效益、社会效益和人才效益。该研究能为同类型城市内河治理提供参考。

关键词: 城市内河治理; 国考断面达标; 氨氮; 膨胀床曝气生物滤池

中图分类号: X52

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2022.02.014

Risk analysis and treatment strategy of excessive ammonia in Zhangcun cross-section of Dongguan canal

WU Changzheng¹, XIE Quanmo²

(1. Dongguan Municipal Party Committee Organization Department, Dongguan 523000, China; 2. Guangdong Yiding Environmental Protection Engineering Co. Ltd., Dongguan 523000, China)

Abstract: In this paper, “Zhangcun cross-section of Dongguan canal” was taken as an example to analyze the main environmental risks for the ammonia unqualified at the national examination cross-sections. Meanwhile, based on the actual situation of the canal, a modification scheme with “Expanded Biological aerated Filter (EBF)” as the core technology practiced in the upstream water purification plant was firstly proposed to improve the water quality of the cross-section. Results showed that the removal rate of ammonia after EBF modification was raised to 89.7%, and the average concentration of ammonia in the effluent was 0.74 mg/L. The water quality of cross-section could basically achieve to the Class IV water quality standard after the implementation of modification scheme, and the water quality was becoming better. EBF was stable and efficient with a simple operation and a small occupation. And its annual operating costs was 22.7% of that of traditional urban sewage treatment plants in ammonia removal, indicating that the strategy was a optimal treatment strategy to achieve the standard at present with huge social and economic benefits as well as talent benefit. This study could provide a reference for the urban river management with similar problems.

Keywords: urban river management; cross-section compliance; ammonia; expanded biological aerated filter

CLC number: X52

珠江三角洲是我国经济最为发达的地区之一, 其人口密度大, 工厂分布广, 水系错综复杂, 水资源系统脆弱, 又面临极端自然气候和高强度人类活动的影响, 因此, 一旦发生河流污染问题, 治理难度极大^[1]。与此同时, 大量城镇污水和工业废水排入城市内河, 使得本就脆弱的河流生态环境雪上加霜, 并成为各类环境问题的导火索, 因此, 珠三角地区的城市内河治理工作迫在眉睫。

东莞运河作为珠三角地区典型的城市内河, 常年饱受河流污染问题的困扰。而位于运河的樟村国家地表水考核断面的水质也长期被评为劣 V 类, 未能达到广东省污染防治攻坚战指挥部一号令要求的 V 类水标准限值。污染的河水不仅影响市容市貌, 也带来一系列环境污染问题, 甚至威胁周边清澈水源的安全。基于断面水质达标的硬性要求以及河流水质改善的客观需要, 本研究以“东莞运

收稿日期: 2021-08-31

作者简介: 吴昌政(1985-), 男, 硕士。研究方向: 环境管理与政策研究。E-mail: 26979589@qq.com

通信作者: 谢全模(1982-), 男, 博士、高级工程师。研究方向: 水污染控制理论与技术。E-mail: 10570187@qq.com

引用格式: 吴昌政, 谢全模. 东莞运河樟村断面氨氮超标的风险分析与治理策略[J]. 环境保护科学, 2022, 48(2): 67-72.

河樟村国考断面达标”为案例,分析了东莞运河氨氮超标的环境风险以及国考断面达标的治理对策。以期珠三角地区典型城市内河的治理提供思路。

1 东莞运河现状及治理历程

东莞运河系广东省内最长运河,在东莞的社会经济发展中扮演重要角色,20 世纪 70 年代建成时,运河主要承担灌溉、排涝、供水和航运等功能。然而,改革开放后,随着城市工业化发展和大量外来人口涌入,运河逐渐成为周边各类工业废水和生活污水的主要受纳水体,这不仅导致运河原有的功能完全丧失,还使得河流本身极其脆弱的生态系统遭到更严重的破坏,导致黑臭水体、自来水厂污染等一系列问题。

同时,东莞运河亦拥有其特殊性:地理位置上,运河连通东江,污染水体将严重威胁东江水源地的安全,且运河作为珠江支流,水质超标也将影响下游深港澳地区海域水质;政策层面上,2018 年广东省《关于开展全面攻坚劣 V 类国考断面行动的命令》明确要求,樟村国考断面水质须在 2020 年消除劣 V 类,并力争在远期稳定达到劣 IV 类水水质标准;环境风险上,河流水质恶化不仅影响市容市貌,还可能导致一系列生态环境问题,如不及时处理,后续的生命财产损失将无可估量。综上,东莞运河的治理是必要而重要的,且刻不容缓。

为解决东莞运河城区段的黑臭问题,2002 年东莞市政府开始筹备修建樟村水质净化厂。水质净化厂采用一级强化混凝沉淀工艺净化黑臭河水,日处理量在 260 m³,基本等同于东莞运河的日均流量。事实证明,水质净化厂运行期间,运河水质明显改善。同时,学术界关于东莞运河环境风险和治理策略的讨论也在进行,有学者提出了水质净化厂一级强化混凝处理工艺的优化运行参数、构想了东莞运河的整治对策^[2-3]并通过水质模型分析了东莞运河排涝对东江水质的影响^[4]。然而,直至 2019 年,位于水质净化厂下游的樟村国考断面水质依然长期被评为劣 V 类,远远达不到政策规定的目标,长此以往,将造成更为严峻的环境问题,带来难以估量的后果。

综上,基于东莞市水污染攻坚战樟村国考断面达标的要求以及东莞运河水质改善的诉求,有必要对樟村国考断面的水质及其环境风险进行全面分析,并结合运河水质的特殊性,基于投入、效果和效率等因素,寻求最优的技术治理策略,力求使樟村国考断面水质最终长期稳定达到 IV 类水质标准。

2 水质超标的环境风险分析

2.1 水质净化厂进出水水质评价

樟村水质净化厂 2019 年各月的进出水水质,见表 1。

表 1 樟村水质净化厂 2019 年进出水水质 mg·L⁻¹

t/月	COD		BOD ₅		TP		pH		NH ₄ ⁺ -N	
	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水	进水	出水
1	27.61	22.03	6.26	3.78	1.01	0.55	7.32	7.36	10.35	10.22
2	23.61	18.93	6.64	3.40	0.59	0.33	7.29	7.22	6.03	5.46
3	28.65	21.68	7.96	4.52	0.72	0.45	7.39	7.38	7.26	6.72
4	25.77	21.80	7.81	4.37	0.69	0.42	7.41	7.39	7.79	6.74
5	25.35	20.77	7.71	4.10	0.73	0.44	7.37	7.33	6.83	6.05
6	23.53	18.57	8.39	4.29	0.60	0.41	7.39	7.41	5.67	4.59
7	22.35	19.06	8.74	4.33	0.67	0.41	7.35	7.33	5.60	4.94
8	24.16	20.52	7.88	3.53	0.45	0.31	7.18	7.12	4.88	4.18
9	19.80	17.20	7.13	4.25	0.39	0.28	7.24	7.24	4.70	4.17
10	21.94	19.26	7.90	4.40	0.55	0.43	7.30	7.20	6.53	5.95
11	23.27	18.43	9.77	3.90	0.41	0.33	7.15	7.19	8.46	7.70
12	26.00	23.00	10.30	4.50	0.36	0.25	7.15	7.19	7.75	7.29
均值	24.34	20.10	8.04	4.11	0.60	0.38	7.30	7.28	6.82	6.17

通过对比进出水水质的变化情况,结合《地表水环境质量标准:GB 3838—2002》给出的评价标准,发现处理后的运河水COD、BOD₅、TP和pH指标基本达标,唯独氨氮严重超标,水质净化厂现有处理工艺对氨氮几乎失效。同时,樟村国考断面的主要超标因子同样为氨氮,因此,推测上游水质净化厂出水中氨氮成分长期严重超标与国考断面水质不达标密切相关。

2.2 东莞运河氨氮超标的环境风险分析

依据上一节内容分析,东莞运河水由水质净化厂处理后,氨氮浓度依然超过规定的2倍多,这是由于水质净化厂没有专门设置降氨氮工艺。河流中的超标氨氮主要来自生活污水中含氮有机物分解、含氮工业废水和农田排水等。氨氮污染源种类多,分布广,排放量大,其严重超标将导致水体溶解氧浓度降低,致使水体发黑发臭;水体中氮元素过高还会造成水体富营养化,破坏水生生态系统^[5];同时,水体中的氨氮及其转换部分转化的NO₃⁻和NO₂⁻,将毒害水生生物^[6],科学研究也表明铵盐与癌症存在一定联系^[7];此外,氨氮还可能与重金属相互作用,形成毒性更强的污染物^[8];即使运河水不作为饮用和生活水源,也极有可能威胁与其相联通的东江水源地安全,或污染下游珠江口水域的环境。因此,运河的后续治理策略应当着重于氨氮的去除。

3 运河氨氮超标的治理策略

3.1 治理措施的选择

针对河流污染的治理措施主要包括污染源削减、河道治理和流域管理3个方向^[9]。考虑到国考断面达标任务存在紧迫性,而上游污染源削减工程的建设需要大量时间和成本,流域管理同样存在漫长的见效周期;此外,运河几乎已丧失自净能力,河道治理或难发挥作用;同时,注意到已建成的樟村水质净化厂的出水水质对下游断面达标起着至关重要的作用,且在水质净化厂内进一步处理河水可大大提高效率,并降低治理成本。因此,对现存水质净化厂进行升级改造是当下最为现实可行的方案。

3.2 水质净化厂旧有工艺的局限

樟村水质净化厂采用的一级混凝沉淀工艺对COD、总磷等具有较为明显的去除效果,但却对氨氮效果不明显。为使水质净化厂下游的国考断面氨氮达标,有必要进一步提升水质净化厂出水水

质,因此须对水质净化厂进行降氨氮的升级改造。

3.3 水质净化厂的升级改造

3.3.1 降氨氮工艺技术选比 2016年8月,樟村水质净化厂应断面考核需要恢复全年运行,与此同时,水质净化厂也开始尝试在保障现有混凝沉淀除磷工艺的基础上新增降氨氮功能。去除废水中的氨氮一直是环境工作者的热点研究课题,目前国内外关于水中氨氮的处理方法主要分为物理法(吸附法/离子交换法/膜法)、化学法(加氯法/沉淀法)、生物法(生物硝化/活性污泥)等^[10]。然而,考虑到水质净化厂厂区情况以及运行成本、去除效率等因素后认为,传统的氨氮去除工艺均不适用于樟村水质净化厂。直至2019年11月,经多方考量,并结合实践经验,水质净化厂最终选取以“单格平流沉淀池加装膨胀床曝气生物滤池(EBF)”为技术核心的改造方案进入工程试验和生产试验阶段。

该厂采用的膨胀床曝气生物滤池(EBF)网箱模块包括漂浮生物滤床、网箱和曝气装置。漂浮生物滤床由漂浮颗粒滤料形成。网箱模块安装在水下,生物滤床漂浮于网箱的顶网下方,水流从底网自下而上穿过生物滤床。曝气时生物滤料膨胀或局部流化,硝化脱氮,好氧降解有机物;不曝气时反硝化脱氮,缺氧降解有机物。

3.3.2 EBF模组的运行效果 樟村水质净化厂的EBF技改工程试验装置于2019年11月8日通水调试,2019年11月~2020年2月期间工程试验氨氮去除效果的部分数据,见图1。

在此期间,EBF技改后氨氮平均去除率高达89.7%,平均去除量为5.47 mg/L,最大去除量为9.73 mg/L,同时,出水水质稳定表明EBF具有极好的抗冲击负荷能力。

在工程试验效果稳定后,EBF正式投产,2020年1月5日EBF挂膜启动,并同步进行相关调试和实验。本研究对比了技改后2020年各月水质净化厂的进出水水质,见表2,发现出水的氨氮浓度已大幅降低。

3.3.3 EBF技术优势 结合樟村水质净化厂的实际处理情况,采用EBF技术对水质净化厂进行改造相较于普通脱氮工艺的优势概括如下。

(1)氨氮去除效果好。曝气生物滤池是专门针对水体中的氨氮而设计的工艺,能大幅度降低氨氮浓度,并使得河流国考断面最终达标,而常规的生物硝化法很难达到理想的效果;

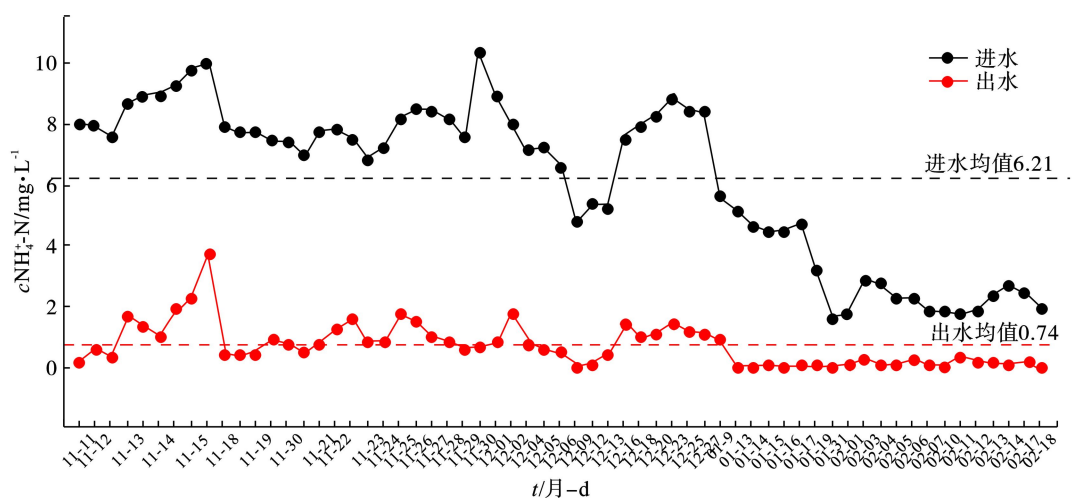


图 1 工程试验进出水氨氮浓度对比

表 2 技改后氨氮平均进出水浓度

t/月	进水	出水
1	8.88	2.38
2	6.53	1.13
3	8.91	2.41
4	7.41	1.35
5	6.80	1.20
6	5.68	0.94
7	6.62	1.15
8	4.90	0.82
9	5.06	0.84
10	7.74	1.44
11	9.17	2.67
12	8.45	1.61
平均	7.18	1.30

(2)占地少,易改造。EBF 技术可利用平流沉淀池末端进行工艺升级改造,厂内现有沉淀池的长度为 115 m,而考察沉淀池的实际运行情况发现,污水从入口到沉淀区中部 50 m 处已经澄清。这意味着沉淀区长度可缩短至 50 m,而剩下的沉淀区末端完全可用于布置 EBF 模块;

(3)过滤水头小。普通曝气生物滤池的过滤水头通常达到 1.0~2.0 m,不具备布置在现有平流沉淀池内的可行性。EBF 滤料密度如水,在 10 m/h 滤速下,过滤水头仅 5~15 cm,因而能够在不进行二次提升的条件下,完全满足现有平流沉淀池水力高程布置要求;

(4)运行维护简单。EBF 过滤水头从 5 cm 达到 15 cm 的过滤周期长达 7~10 d,冲洗方式简单且历时短,可实现全城自动化,符合樟村厂承受能力;

(5)曝气装置经济高效。EBF 模组运行所需的气水比约为 1~1.5,且过滤水头小,与普通曝气生物滤池工艺相比,EBF 不仅大幅度降低了曝气设备

的投资,也提高了鼓风机运行效率,降低了运行能耗。

3.4 实施效果评估

对比 2019 年、2020 年技改前后,在运河补水条件下,监测水质净化厂下游樟村国考断面氨氮浓度的变化情况,见表 3。

表 3 技改前后樟村断面氨氮浓度

t/月	技改前	技改后	削减量/%
1	4.46	1.48	67
2	3.24	0.78	76
3	4.72	1.57	67
4	4.68	2.93	37
5	4.49	3.05	32
6	3.84	2.80	27
7	4.27	2.83	34
8	3.18	2.30	28
9	3.04	1.98	35
10	3.72	0.91	76
11	4.43	1.58	64
12	3.98	0.98	75

断面大部分时段的氨氮浓度能够达到 V 类水质标准,符合政策对樟村国考断面的达标要求。其中氨氮浓度超标的月份或与降水有关^[4]。目前,根据生态环境部门最新公布的断面数据(2021 年 9 月 12 日),樟村国考断面的氨氮浓度为 0.70 mg/L,且断面水质能够达到 IV 类水质规定的标准,而去年同月的断面氨氮平均浓度为 1.98 mg/L,表明升级改造期间运河氨氮浓度持续稳步下降。

4 樟村断面达标的经济效益、社会效益和人才效益

4.1 经济效益

按樟村水质净化厂 260 万 m³/d 规模、全年运

行 360 d 计算, 参考 2019 年氨氮平均进水浓度 6.83 mg/L 若降至 1.5 mg/L, 樟村水质净化厂氨氮削减量可达 4 988.88 t/a, 接近东莞全市污水处理厂氨氮 2019 年削减量的 1/3。水质净化厂前期工程总投资约 4.34 亿元, 同时考虑时间成本(每年 5%, 共 17 年), EBF 工艺升级改造投资按 6 000 万元估算, 则升级改造后累计工程投资按 10.5 亿元计, 吨水运行费用约 0.4 元, 则吨氨氮削减量投资费用约 21 万元, 吨氨氮削减量运行费用约 7.5 万元。对比一级 A 标准的 10 万 m³/d 普通城市污水处理厂, 年可削减氨氮量约 100 t, 总投资按 2 亿元算, 吨水运行费用约 1 元, 则吨氨氮年削减量投资费用约 200 万元, 吨氨氮年削减量运行费用约 33 万元。综上, EBF 改造工程在完成断面达标任务的前提下, 大大降低了工程投资费用、运行费, 根据上述数据, 吨氨氮削减量投资费和运行费分别为普通城市污水处理厂的 10.5% 和 22.7%。此外, 樟村水质净化厂实现升级降氨氮功能后继续运行期间, 能持续为下游提供优质生态补水, 改善下游生态环境, 随着运河环境综合治理相关工作的落实和产业的完善, 运河沿线的土地价值将大大提高, 并创造大量就业岗位, 解决各类民生问题, 实现良性循环。

4.2 社会效益

为使樟村国考断面达标, 樟村水质净化厂实施了 EBF 工艺升级改造, 使其由一级处理强化混凝沉淀工艺提升为具有生化处理能力的二级处理水质净化厂, 在未来可应对更复杂的水污染问题。水厂的改造着实改善了运河氨氮、溶解氧和总磷等指标, 消除了运河枯水期黑臭问题, 大大促进了断面消除劣 V 类, 并在未来长期保持 IV 类水质。同时, 国考断面达标意味着运河水质大大改善, 基本消除了河流污染对人民生活健康的威胁, 明显改善了镇街沿线的生态环境、树立城市形象和提高运河流域近千万人口的生活质量, 有助于东莞市、广东省实现全面奔小康社会中的环境质量目标标准, 响应了党的十九大报告提出的“加快生态文明体制改革, 建设美丽中国”的指导方针。同时, 水质净化厂的改造也为运河后续的河道治理和流域管理打开突破口, 使得运河最终能够逐步修复其原有的水生态环境, 乃至恢复其供水灌溉等功能。此外, 运河水质的提升基本消除了运河水倒灌污染东江水源地的风险, 并缓解了下河道乃至珠江口水域的水污染治理压力, 对珠三角地区水域水质的保持和提升具有积极作用。

4.3 人才效益

在干部任用上, 组织部门坚持以实绩为导向, 选优配强一批政治素质好、专业能力强和工作业绩突出的干部充实到治水工作中, 并提拔重用一批广大干部群众公认度高的干部, 为广大干部积极投身东莞市水污染防治攻坚战提供坚强保障。同时, 为全面推进生态文明建设, 东莞市政府构筑了近千名“河长”有序巡河的创新机制, 这是东莞运河樟村国考断面能在短期内达标的關鍵, 也为祖国培育了一批具备丰富河流治理经验的优秀干部。

同时, 樟村水质净化厂改造项目将产出相关专利、论文数篇, 开发新工艺新装备, 并培养数名相关人才, 为全国的市内河治理工作提供借鉴。随着东莞运河及周边水域围绕国考断面达标的环境综合治理相关产业逐步完善, 就业岗位逐渐增多, 人才缺口逐渐放大, 将会有更多人投入到东莞水污染治理攻坚战当中, 并培育出一批不可多得的管理型人才和技术型人才, 辐射周边地区甚至是全国各地。

总之, 经历过污染攻坚战、河长制和国考断面达标考核等工作, 打造了一批政治站位高、专业能力强, 一线治理经验丰富的干部, 这是东莞生态环境领域宝贵的人才财富, 必将为东莞在“双万城市”新起点上高质量发展作出应该的贡献。

5 结论

基于珠三角地区城市内河的治理需求, 以及河流断面达标的政策要求, 本文以“东莞运河樟村国考断面达标”为案例, 对樟村国考断面不达标的环境风险进行了分析, 发现断面氨氮浓度长期超过规定标准 2 倍多, 严重威胁运河流域居民身体健康和水生生态环境。同时, 以此为出发点, 结合运河水质特点和达标需求, 以及工艺难度、初期投入和运行成本等诸多客观因素, 给出了最为合理的治理策略。即以“单格平流沉淀池-膨胀床曝气生物滤池 (EBF)”为核心的上游水质净化厂改造方案。改造设备运行后, 氨氮平均去除率高达 89.7%, 平均去除量为 5.47 mg/L, 氨氮去除量大大提高, 而水质净化厂下游的樟村国考断面在技改后基本能够稳定达到 V 类水质。樟村国考断面的达标基本消除了东莞运河污染带来的环境风险, 并带来了显著的经济效益、社会效益和人才效益。期待本研究能够对其他城市内河的治理和断面达标具备借鉴和参考意义, 并为后续深入研究与实践提供方向和思路。

参考文献

- [1] 林钟华, 刘丙军, 伍颖婷, 等. 变化环境下珠三角城市群水资源脆弱性评价[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2018, 57(6): 8-16.
- [2] 黄壮群. 东莞运河采用一级强化处理工艺参数的确定[J]. 工业水处理, 2006(5): 79-81.
- [3] 梁锦发. 东莞运河污染状况分析与整治对策研究[D]. 广州: 暨南大学, 2008.
- [4] 孙磊, 毛献忠, 黄旻旻. 东莞运河排涝对东江河水水质影响分析[J]. 环境科学, 2012, 33(5): 1519-1525.
- [5] LE MOAL M, GASCUEL-ODOUX C, MENESGUEN A, et al. Eutrophication: A new wine in an old bottle?[J]. *Science of the Total Environment*, 2019, 651: 1-11.
- [6] CONG M, WU H F, YANG H P, et al. Gill damage and neurotoxicity of ammonia nitrogen on the clam *Ruditapes philippinarum*[J]. *Ecotoxicology*, 2017, 26(3): 459-469.
- [7] KITAJIMA S, LEE K L, HIKASA H, et al. Hypoxia-inducible factor-1 alpha promotes cell survival during ammonia stress response in ovarian cancer stem-like cells[J]. *Oncotarget*, 2017, 8(70): 114481-114494.
- [8] NOLTE T M, VINK J P M, DE COOMAN W, et al. Ammonia and chromate interaction explains unresolved *Hyalella azteca* mortality in Flanders' sediment bioassays[J]. *Chemosphere*, 2021, 271: 129446.
- [9] 单保庆, 王超, 李叙勇, 等. 基于水质目标管理的河流治理方案制定方法及其案例研究[J]. 环境科学学报, 2015, 35(8): 2314-2323.
- [10] XIANG S Y, LIU Y H, ZHANG G M, et al. New progress of ammonia recovery during ammonia nitrogen removal from various wastewaters[J]. *World Journal of Microbiology & Biotechnology*, 2020, 36(10): 144.
- [11] DING T T, DU S L, HUANG Z Y, et al. Water quality criteria and ecological risk assessment for ammonia in the Shaying River Basin, China[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2021, 215: 112141.

(上接第 37 页)

的互动性研究。环境治理不仅仅是环境问题,其中也涉及到了大量的社会问题。民间环保组织在治理的过程中需要与不同的治理主体展开互动,未来的研究可以聚焦于民间环保组织与不同类型的主体如何具体进行互动与合作,以进一步完善该领域的相关研究。

参考文献

- [1] 曹海林, 王园妮. “闹大”与“柔化”: 民间环保组织的行动策略——以绿色潇湘为例[J]. 河海大学学报(哲学社会科学版), 2018, 20(3): 31-37.
- [2] 和莉莉, 吴钢. 我国环境 NGO 的发展及其在推进可持续发展中的作用[J]. *环境保护*, 2008(14): 57-60.
- [3] 李悦. 中国民间环保组织参与社会治理法治化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.
- [4] 沈海燕. 民间环保组织在农村生态文明建设中的作用探析[J]. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 2015, 34(6): 53-56.
- [5] 李永杰. 论民间环保组织的环境教育功能——以“自然之友”为例[J]. 福建行政学院学报, 2017(6): 103-111.
- [6] 林春燕. 民间环保组织促进生态文化大众化研究[D]. 赣州: 江西理工大学, 2017.
- [7] 王社坤. 民间环保组织在环境公益诉讼中的角色及作用[J]. 中国环境法治, 2013(2): 157-192.
- [8] 康晓光, 韩恒. 分类控制: 当前中国大陆国家与社会关系研究[J]. *开放时代*, 2008(2): 30-41.
- [9] 埃哈尔·费埃德伯格. 权力与规则——组织行动的动力[M]. 张月等, 译. 上海: 上海人民出版社, 2005.
- [10] 姚华. NGO 与政府合作中的自主性何以可能?——以上海 YMCA 为个案[J]. 社会学研究, 2013, 28(1): 21-42.
- [11] 杨晓光, 丛玉飞. 低碳经济下我国草根环境 NGO 与政府协同关系构建[J]. 当代经济研究, 2010(11): 52-55.
- [12] 罗丹. 非对称资源依赖视角下政府与民间环保组织的关系研究——以清镇市政府购买第三方环境监督为例[J]. *贵阳市委党校学报*, 2017(2): 23-27.
- [13] 沈费伟. 生态文明建设视阈下民间环保组织的自主治理研究[J]. *学会*, 2019(7): 21-30.
- [14] 李晓娟. 民间环保组织参与环境治理的路径研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2020.
- [15] 钱超烨. 民间环保组织参与乡村垃圾处置研究[D]. 苏州: 苏州大学, 2020.
- [16] 徐媛媛. 环境治理中民间环保组织与政府合作研究[D]. 南京: 南京师范大学, 2018.
- [17] 崔月琴, 李远. “双重脱嵌”: 外源型草根 NGO 本土关系构建风险——以东北 L 草根环保组织为个案的研究[J]. *学习与探索*, 2015(9): 19-24.
- [18] 谭成华, 郝宏桂. 邻避运动中我国环保民间组织与政府的互动[J]. *人民论坛*, 2014(11): 48-50.
- [19] 刘悦美, 田明. 嵌入与转换: 环境政策执行过程中环保社会组织的行动策略研究[J]. 中国行政管理, 2020(7): 49-55.
- [20] 史泰然. 环境 NGO 的话语传播策略分析——以武汉市环境 NGO 绿色江城为例[J]. *西部广播电视*, 2020, 41(23): 95-97.
- [21] 李文娟. 协同治理视角下民间环保组织推进大都市社区生活垃圾分类的探索与研究[D]. 上海: 华东理工大学, 2015.
- [22] 陈涛, 郭雪萍. 共情式营销与专业化嵌入——民间环保组织重构多元关系的实践策略[J]. 中国行政管理, 2021(2): 59-67.
- [23] 晋军, 何江穗. 碎片化中的底层表达——云南水电开发争论中的民间环保组织[J]. *学海*, 2008(4): 39-51.
- [24] 高煜芳, 胡珺涵, 陈雨菲. 三江源本土民间环保组织发展现状和建议[J]. *中华环境*, 2020(6): 55-58.
- [25] 刘思敏. 藏区民间环保组织, 生态高地的守护者[J]. *世界环境*, 2021(1): 68-71.
- [26] 吴璇. 民间环保组织开展社区项目的行动策略研究[D]. 哈尔滨: 黑龙江省社会科学院, 2018.
- [27] 张萍, 丁倩倩. 环保组织在我国环境事件中的介入模式及角色定位——近 10 年来的典型案例研究[J]. *思想战线*, 2014, 40(4): 92-95.