

方知库
Eco-Environmental
Knowledge Web

环境科学

ENVIRONMENTAL SCIENCE

ISSN 0250-3301 CODEN HCKHDV

HUANJING KEXUE

肆秩芳华担使命 踔厉扬帆向未来
——庆祝厦门大学环境学科创立40周年



■ 主办 中国科学院生态环境研究中心

■ 出版 科学出版社



2022年11月

第43卷 第11期
Vol.43 No.11

目次

厦门大学环境学科创立40周年专栏

新污染物共排放对生态环境监测和管理的挑战 王佩, 黄欣怡, 曹致纬, 吴朝阳, 吕永龙 (4801)

河口-近海环境新污染物的环境过程、效应与风险 王新红, 于晓璇, 王思权, 殷笑晗, 钱韦旭, 林晓萍, 吴越, 刘畅 (4810)

海水痕量营养盐和金属的分子光谱分析方法研究进展 袁东星, 黄勇明, 王婷 (4822)

环境水体中硫化物的分析方法: 从实验室分析到原位监测 李鹏, 林坤德, 袁东星 (4835)

环境水体中无机砷现场分析方法研究进展 薄光永, 陈钊英, 弓振斌, 马剑 (4845)

海洋痕量元素采样技术和分析方法的发展及展望: 厦门大学痕量元素平台建设进展 黄勇明, 周宽波, 陈耀瑾, 张楠, 杨俊波, 戴民汉, 曹知勉, 蔡毅华 (4858)

聚乙烯微塑料的微生物降解研究进展 骆苑蓉, 钱义谦, 齐雅楠 (4869)

水稻土中氮素对微生物固氮的扰动及效应机制 王锋, 张静, 周少余, 王鸿辉, 李建, 赵聪媛, 黄鹏, 陈铮 (4876)

中国海洋生态毒理学研究中的毒性测试生物 史天一, 洪海征, 王明华, 谭巧国, 史大林 (4888)

中国油气系统甲烷逸散排放估算 陈春赐, 吕永龙, 贺桂珍 (4905)

2015~2020年厦漳泉地区大气氨排放清单及分布特征 李香, 吴水平, 姜炳祺, 刘怡靖 (4914)

九龙江口微塑料与抗生素抗性基因污染分布特征 程宏, 陈荣 (4924)

厦门湾沙滩沉积物微塑料污染特征 姚蕊, 刘花台, 李永玉, 刘潇雅, 吴海波, 王新红 (4931)

九龙江口-厦门湾海域中溶解态痕量金属的时空分布特征与影响机制 戚柳倩, 岳新利, 钟灏文, 王棋, 王德利, 陈能汪 (4939)

福建省流域-近海溶解氧时空格局与低氧调控机制 杨艾琳, 杨芳, 李少斌, 余其彪, 陈能汪 (4950)

厦门西溪河口沉积物活性磷的分布特征及迁移转化机制 潘峰, 蔡宇, 郭占荣, 王新红 (4961)

改性生物炭固定床对模拟湖水体中 Mn^{2+} 的吸附 赵浩, 叶志隆, 王佳妮, 蔡冠竟 (4971)

基于表面增强拉曼光谱技术的饮用水中痕量恩诺沙星和环丙沙星快速检测 徐婧, 郑红, 卢江龙, 刘国坤 (4982)

紫外驱动高级氧化法降解水体中的磷酸三苯酯 徐子文, 印红玲, 熊远明, 宋娇娇, 谯扬 (4992)

研究报告

2019年秋季海南省4次臭氧污染过程特征及潜在源区分析 符传博, 陈红, 丹利, 徐文帅 (5000)

伊犁河谷夏季 $PM_{2.5}$ 和 PM_{10} 中水溶性无机离子浓度特征和形成机制 陈巧, 谷超, 徐涛, 周春华, 张国涛, 赵雪艳, 吴丽萍, 李新琪, 杨文 (5009)

城区与郊区 $PM_{2.5}$ 污染及传输特征差异性 齐鹏, 周颖, 程水源, 白伟超 (5018)

南京北郊 BTEX 特征及健康风险评估 冯悦政, 安俊琳, 张玉欣, 王俊秀 (5030)

我国陆域水体系统表层水中微塑料生态风险评估 孙晓楠, 陈浩, 贾其隆, 朱奕, 马长文, 叶建锋 (5040)

东江流域不同空间尺度景观格局对水质影响分析 陈优良, 邹文敏, 刘星根, 曾金凤, 李丹, 郑汉奕 (5053)

长江与黄河源丰水期地表水中汞的分布特征、赋存形态及来源解析 刘楠涛, 吴飞, 袁巍, 王训, 王定勇 (5064)

青藏高原湖泊水环境特征及水质评价 刘智琦, 潘保柱, 韩语, 李刚, 王韬轶 (5073)

基于水化学与硫同位素的卡林型金矿区岩溶水地球化学特征及控制因素 查学芳, 吴攀, 李学先, 陈世万, 黄家琰, 李清光, 陈思睿 (5084)

丹江口水库真核浮游植物群落分布特征及其与环境因子的关系 贺玉晓, 买思婕, 任玉芬, 李卫国, 赵同谦, 马寅男 (5096)

镉沸石对磷和重金属的吸附与底泥钝化性能 王哲, 朱俊, 李雯, 闫德馨, 董雯, 刘玉玲, 李家科 (5106)

基于宏基因组与宏转录组分析石化废水生物处理系统脱氮功能菌群 章旭, 周佳佳, 周珉, 罗西子, 严新杰, 刘勇弟, 厉巍 (5115)

寒冷地区 IFAS + 磁混凝污水厂菌群结构和抗生素抗性基因分析 杜文琰, 姚俊芹, 马辉英, 胡渊鑫, 张春雷, 陈银广 (5123)

中国旱作农田一氧化氮排放及减排: Meta 分析 田政云, 吴雄伟, 吴媛媛, 魏佳楠, 白鹤, 顾江新 (5131)

硝化抑制剂对我国蔬菜生产产量、氮肥利用率和氧化亚氮减排效应的影响: Meta 分析 刘发波, 马笑, 张芬, 梁涛, 黎亮武, 王军杰, 陈新平, 王孝忠 (5140)

不同施肥措施对热带地区稻菜轮作体系土壤 CH_4 和 N_2O 排放的影响 邵晓辉, 汤水荣, 孟磊, 伍延正, 李金秋, 缙广林 (5149)

不同水分条件下土地利用方式对我国热带地区土壤硝化过程及 NO 和 N_2O 排放的影响 唐瑞杰, 胡煜杰, 赵彩悦, 赵炎, 袁新生, 汤水荣, 伍延正, 孟磊 (5159)

基于文献计量分析的长江经济带农田土壤重金属污染特征 刘孝平, 樊亚男, 刘鹏, 吴秋梅, 胡文友, 田康, 黄标 (5169)

基于 EBK 插值预测和 GDM 模型的襄州区耕地土壤重金属时空分布及来源变化分析 高浩然, 周勇, 刘甲康, 程晓明, 郭嵩, 江衍, 谭恒鑫 (5180)

基于 GIS 对宁夏某铜银矿区周边土壤重金属来源解析 张扣扣, 贺婧, 钟艳霞, 魏琪琪, 陈锋 (5192)

老化作用对生物炭钝化白云鄂博矿区碱性土壤中 Cd^{2+} 的影响 王哲, 程俊丽, 卞园, 郑春丽, 王维大, 姜庆宏 (5205)

磁性氧化铁/桑树杆生物炭的制备及其对砷污染土壤溶解性有机碳和砷形态的影响 芦琳, 颜利玲, 梁美娜, 成官文, 朱宗强, 朱义年, 王敦球 (5214)

牡蛎壳粉和石灰改良酸性水稻土对磷有效性、形态和酶活性的影响 赵丽芳, 黄鹏武, 杨彩迪, 卢升高 (5224)

磷、锌和镉交互作用对小白菜生长和镉累积的影响 帅祖革, 刘汉斌, 崔浩, 魏世强 (5234)

重庆开州区菜地土壤抗生素污染特征及潜在生态环境风险评估 方林发, 叶莘莘, 方标, 范晓霞, 高坤鹏, 李士洋, 陈新平, 肖然 (5244)

基于 InVEST 和 GeoSoS-FLUS 模型的黄河源区碳储量时空变化特征及其对未来不同情景模式的响应 侯建坤, 陈建军, 张凯琪, 周国清, 尤号田, 韩小文 (5253)

黄土丘陵区不同恢复植被类型的固碳特征 许小明, 张晓萍, 何亮, 郭晋伟, 薛帆, 邹亚东, 易海杰, 贺洁, 王浩嘉 (5263)

土壤多功能性对微生物多样性降低的响应 陈桂鲜, 吴传发, 葛体达, 陈剑平, 邓扬悟 (5274)

氮添加对不同坡度退化高寒草甸土壤真菌多样性的影响 苏晓雪, 李希来, 李成一, 孙华方 (5286)

碳减排背景下我国与世界主要能源消费国能源消费结构与模式对比 李辉, 庞博, 朱法华, 孙雪丽, 徐静馨, 王圣 (5294)

中国能源消费碳排放的空间化与时空动态 郝瑞军, 魏伟, 刘春芳, 顾斌斌, 杜海波 (5305)

京津冀及周边地区“2+26”城市结构性调整政策的 CO_2 协同减排效益评估 杨添祺, 王洪昌, 张辰, 朱金伟, 崔宇韬, 谭玉玲, 束樞 (5315)

我国塑料污染防治政策分析与建议 李欢, 朱龙, 沈茜, 贺亚楠, 邓义祥, 安立会 (5326)

《环境科学》征订启事 (4821) 《环境科学》征稿简则 (5213) 信息 (5052, 5191, 5273)

我国塑料污染防治政策分析与建议

李欢, 朱龙, 沈茜, 贺亚楠, 邓义祥, 安立会*

(中国环境科学研究院国家环境基准与风险评估重点实验室, 北京 100012)

摘要: 塑料污染是全球广泛关注热点, 更是环境治理难点。基于我国印发的升级版“禁/限塑令”, 系统回顾了2007年以来“禁/限塑令”的实施效果, 梳理了塑料制品及塑料垃圾管控政策进展, 指出升级版“禁/限塑令”在政策制定、落实执行和监督监管这3个角度存在一定不足。在此基础上, 提出将塑料污染防治纳入国家基本法律法规体系、搭建公众意见网络平台和加大“禁/限塑令”政策宣传与公众自身利益相协调等对策建议, 同时强调未来塑料制品管控对策需要关注的重点方向, 如小型零售门店的“禁/限塑令”的“盲区”难题、环保责任合理均摊、新材料新工艺的开发、建立完善的废塑料回收和循环利用体系等。通过以上分析, 从源头预防角度为塑料污染提供防治思路。

关键词: 塑料污染; 禁/限塑令; 盲区; 责任; 全生命周期

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2022)11-5326-07 DOI: 10.13227/j.hjxx.202112268

Policy Analysis in Plastic Pollution Governance and Recommendations in China

LI Huan, ZHU Long, SHEN Qian, HE Ya-nan, DENG Yi-xiang, AN Li-hui*

(State Key Laboratory of Environmental Criteria and Risk Assessment, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China)

Abstract: Plastic pollution is a global concern and an issue in environmental governance. Based on the updated “Plastic Prohibition/Restriction Order” issued recently in China, the present study systematically reviewed the implementation effectiveness of the “Plastic Prohibition/Restriction Order” since 2007. Furthermore, we summarized plastics in China and plastic waste management progress policies. Additionally, three deficiencies of the updated “Plastic Prohibition/Restriction Order” were discussed: policy formulation, implementation, and supervision. Some positive recommendations were provided based on the available reports, such as integrating plastic pollution into national basic laws and regulation systems, building a network platform for public attendance, and coordinating the publicity of the “Plastic prohibition/Restriction Order” with the public interest. Besides these measurements, some points about plastic waste management in the future were also highlighted, such as the “blind area” in small retail stores, the rational sharing of environmental protection responsibility, new materials and processes, and recycling and disposal systems for plastic wastes. Most importantly, the present study could provide ideas for policy-makers to address plastic pollution at its sources.

Key words: plastic pollution; Plastic Prohibition/Restriction Order; blind area; responsibility; full lifecycle

塑料作为一种新型材料, 拥有良好的延展性、耐用性、稳定性和轻质便携等优良特点, 但在二战之前受限于技术、设备和需求等, 其发展应用较为缓慢; 二战后汽车和计算机等行业的快速发展以及个体商户和家庭对塑料材料的需求猛增, 促使塑料产量剧增^[1]。根据中国统计年鉴、中国化学工业年鉴和欧洲塑料协会统计数据, 全球塑料年产量从1950年的170万t猛增至2019年的3.68亿t, 全球累计产量已高达92.33亿t; 我国塑料年产量从1950年1000t增至2019年的1.14亿t(图1)^[2]。由于1980年以前各国对塑料垃圾管控忽视和社会对塑料制品的过度消费, 导致大量塑料垃圾未得到有效管控而进入环境^[3]。有研究估算全球每年向海洋排入的塑料垃圾量大约为480万~1270万t, 受塑料垃圾影响的海洋物种高达817种, 每年因缠绕或误食而造成死亡的海洋动物超过十万只, 同时造成海洋渔业、旅游休闲、交通运输等直接经济损失高达80亿美元^[4-6]。另外, 塑料垃圾经过物理、化学或生物的作用, 进一步破碎成为微塑料, 对海洋生态和人体健康产生潜在风险^[7,8]。联合国环境大会将海洋塑料垃圾与微塑料问题列为当前亟待解决的全

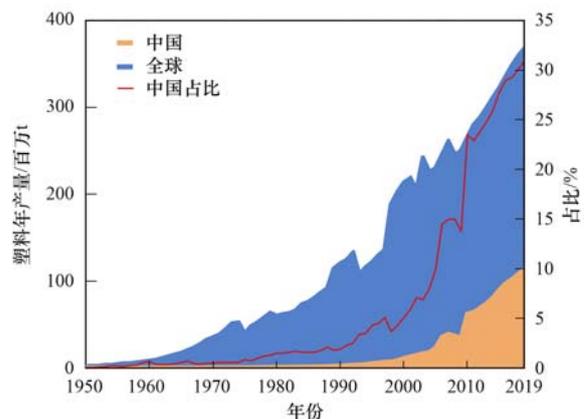


图1 1950~2019年全球与我国塑料生产量

Fig. 1 Plastic production in the world and China from 1950 to 2019

球环境问题, 并连续通过多个决议鼓励各国采取有效措施应对海洋塑料垃圾污染。针对塑料垃圾问题, 截至2019年全球已有82个国家和地区采取了严格的管控政策, 如欧盟先后出台工业排放指令(EU,

收稿日期: 2021-12-27; 修订日期: 2022-03-19

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务专项(2020YSKY-002)

作者简介: 李欢(1997~), 男, 硕士研究生, 主要研究方向为塑料污染与控制, E-mail: lhuani@163.com

* 通信作者, E-mail: anlhui@163.com

2010年)、欧洲循环经济中的塑料战略(EU, 2018年)和通过禁止10种一次性塑料制品的法案(2019年)、爱尔兰出台废物管理修正法案对塑料袋实施征税(2001年)等,均取得良好“限塑”成果,其中爱尔兰塑料袋征税政策将塑料袋年人均使用量从2002年的328个降至2015年的12个,效果显著^[9].我国则从国家或省市层面相继颁布了一系列政策措施,加强源头防治,并取得了积极成效.本文以我国颁布的“限塑”政策为关注点,从政策全生命周期“上、中、下游”这3个角度进行了系统分析,寻找政策实施不足,提出相应建议和未来“限塑”政策制定需关注的重点方向.

1 我国塑料垃圾治理政策发展历程

我国早在20世纪90年代就针对超薄塑料袋相继出台了地方管控政策.北京、西安、江苏、天津、大同和丽江从1999年陆续开始禁止生产和销售0.025 mm以下的超薄塑料袋,中国香港则在2009年7月起开始征收塑料袋环保税^[10,11].2014年以后,吉林省、海南省和上海市等省或直辖市“限塑”政策首先升级,其中吉林省规定“2015年1月1日全省全面禁止生产、销售和提供一次性不可降解塑料购物袋、塑料餐具”^[12],海南省要求到2025年底,全省全面禁止生产、销售和提供部分一次性不可降解塑料制品^[13],上海市规定“自2019年7月1日起,党政机关和事业单位内部办公场所停止使用一次性杯具,旅馆不得主动提供一次性日用品,餐饮业不得主动供应一次性餐具”^[14].

我国在国家层面也陆续颁布了“禁/限塑令”政策.2001年,我国首次印发了《关于立即停止生产一

次性发泡塑料餐具的紧急通知》(“禁塑令”);2007年印发了《国务院办公厅关于限制生产销售使用塑料购物袋的通知》(“限塑令”),要求“2008年6月1日起,在全国范围内禁止生产、销售和使用厚度小于0.025 mm的塑料购物袋(超薄塑料购物袋)并实行塑料购物袋有偿使用制度”^[15].随后,我国相继实施了《生活垃圾分类制度实施方案》(国办发[2017]26号)、《禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案》(国办发[2017]70号)和《“无废城市”建设试点工作方案》(国办发[2018]128号)等政策,推进了塑料垃圾治理工作^[16~18].2020年1月,国家发展改革委和生态环境部联合印发了《关于进一步加强塑料污染治理的意见》(“意见”,发改环资[2020]80号),“禁止生产销售厚度小于0.025 mm塑料购物袋、厚度小于0.01 mm聚乙烯农用地膜;禁止以医疗废物为原料制造塑料制品;全面禁止废塑料进口;分步骤禁止生产销售一次性发泡塑料餐具、一次性塑料棉签和含塑料微珠的日化产品;分步骤、分领域禁止或限制使用不可降解塑料袋、一次性塑料制品和快递塑料包装等”,并要求各级地方人民政府因地制宜地制定具体实施办法^[19].2020年7月,国家发展改革委等九部委再次联合印发《关于扎实推进塑料污染治理工作的通知》(发改环资[2020]1146号),从落实属地管理责任、推进落实重点领域和强化监管与专项检查等方面推进“意见”落实,督促地方细化实施方案^[20].截至2021年7月底,全国34个省、市和自治区均已颁布了地方“禁/限塑令”^[21,22],积极推进了我国塑料污染治理工作.(图2).

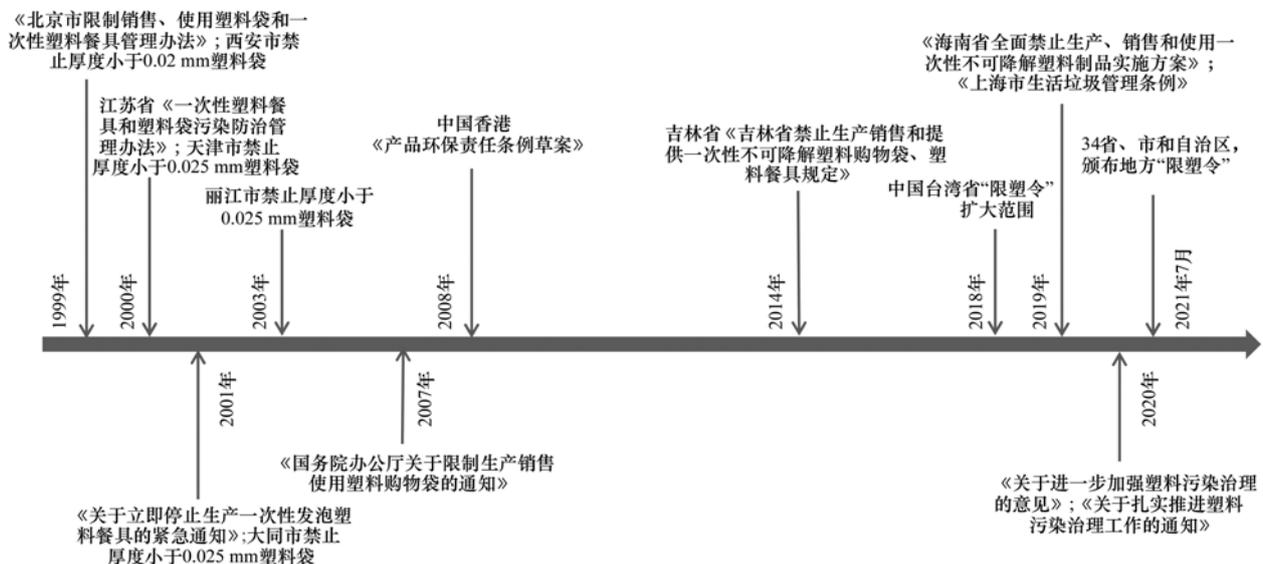


图2 1999~2021年我国“禁/限塑令”历程

Fig. 2 Progress of “Plastic Prohibition/Restriction Order” in China from 1999 to 2021

2 我国“禁/限塑令”政策分析

2.1 国家层面“禁/限塑令”分析

1999年,原国家经贸委印发《淘汰落后生产能力、工艺和产品的目录》,要求“在2000年底前淘汰一次性发泡塑料餐具”,但大量的一次性发泡餐具仍被广泛使用;2001年印发《关于立即停止生产一次性发泡塑料餐具的紧急通知》,要求“生产企业立即停止生产一次性发泡塑料餐具、有关部门加强监管及做好替代产品供应”^[23]。2013年国家发改委将一次性发泡塑料餐具从《产业结构调整指导目录》中删除,而2020年再次将“禁止生产销售一次性发泡塑料餐具”列入“意见”。国家政策的前后矛盾不仅加大落实难度导致实施效果较差,还弱化政策的严肃性,造成较大经济损失并引起企业经营者的不满。另外,该政策只在产品的生产销售环节做出限制,未明确监管责任主体,不利于全生命周期管理塑料,也易出现管理职能的“交叉”或“空白”,如小餐饮店、“路边摊”和流动小贩等就成为了政策盲区。

2007年我国印发了《国务院办公厅关于限制生产销售使用塑料购物袋的通知》。据国际食品包装协会的数据显示,我国从2008年实施“限塑令”以来,到2013年总共减少了10%的塑料消费量,证实“限塑令”取得了良好的环境和社会效益^[24]。然而,各方对该政策的实施效果存在较大出入。国家发改委公开数据显示,从2008~2016年超市和商场的塑料购物袋使用量普遍减少了66.7%以上,累计减少塑料购物袋140万t左右,我国的塑料购物袋使用量保持在80万t左右,实施效果明显。民间限塑政策研究小组于2009年发布了《限塑政策研究NGO合作项目综合报告》,调查6个城市所有大中型超市对政策的执行率达72.73%以上,甚至有个别城市高达94.34%,大中型超市对政策的执行效果较好^[26]。李丽洁等^[27]通过调研也发现在当前政府主导的环境管理体制下,“禁/限塑令”通过付费使用资源的方式让大众切实感受到自己的社会责任,提高了“资源有价”的公众意识,取得了积极的社会效应。然而,零废弃联盟(社会公益组织)调查的1101家线下门店中,不合规使用塑料袋的门店占比高达78%,除大型超市和连锁便利店较为严格以外,其他类型近90%门店对塑料袋不收费^[26],尤其零售店、农贸市场和路边流动小摊等,政策实施效果与预期存在较大差距。但2007年“限塑令”实施效果持续减弱,主要原因有两个方面:一是随着经济的快速发展,电商、快递和外卖等新兴行业的快速崛起,消耗

了大量的塑料袋和塑料包装,“限塑令”的经济手段效力越来越差。如2016年我国外卖行业一年至少消耗 73×10^8 个塑料包装,而只有不到10%的塑料包装得到有效回收^[28],外卖塑料包装成为环境塑料垃圾的主要来源之一;二是多部门管理引起监管效率低下。大中型商超和正规企业容易严格监管,对零散小单位和个体工商户监管不力是“限塑令”执行效果较差的主要原因之一。根据上海市质协用户评价中心公开的数据,2016年访谈19家塑料袋厂商,仅有1家明确表示因监管不再生产厚度小于0.025mm的塑料袋,但1a后回访仍有14家表示可以生产超薄塑料袋^[29]。各方原因最终导致2007年“限塑令”在中后期实施效果较差。

2020年,我国相继印发《关于进一步加强塑料污染治理的意见》和《关于扎实推进塑料污染治理工作的通知》,与2007年“限塑令”相比,新版“禁/限塑令”一是明确了“限塑”责任主体和职责部门,如住房城乡建设部门负责塑料废弃物收集和处置、以及生态环境部负责联合其它部委开展督促检查联合专项行动等,避免了管理职能“交叉”和“空白”;二是“意见”扩大了“禁/限”范围,包括塑料购物袋、聚乙烯农用地膜、一次性发泡塑料餐具等^[19,20];三是“意见”针对塑料制品生产、流通、使用和回收处理处置等做出了全生命周期的限制性措施,体现塑料制品管理的系统性和整体性^[30];四是提出分区域、分阶段(2020、2022和2025年)、分步骤、分领域推进塑料垃圾治理整体工作,有利于减少推行阻力;五是《相关塑料制品禁限管理细化标准》根据实际执行情况进行动态更新调整,有利于及时增添禁限的塑料制品。

然而,新版“禁/限塑令”仍存在一定的不足。一是“禁/限”对象范围较窄且缺乏聚焦。目前环境中常见的塑料垃圾主要是一次性塑料制品以及家庭常用塑料制品。其中,一次性塑料制品主要包括塑料袋、农膜、饮料瓶和编织袋等(表1),约占塑料制品全部产量的38%^[31]。“意见”中“禁/限”的不可降解塑料袋是指用于盛装及携提物品的不可降解塑料购物袋,不包含塑料预包装袋和平口袋等,但平口袋占塑料袋全部产量的32%,可能会引起免费平口袋的更大浪费。此外,除了快递行业宣称减少使用一次性编织袋之外,其它行业的多数企业对饮料瓶和编织袋的使用和回收至今未采取有效的措施;二是新版“禁/限塑令”借助的经济手段不足。从经济学角度来讲,环境问题产生的本质是生产者或消费者均没有承担其生产和消费活动产生的负外部性成本。因此,解决环境问题需要将产生的负外部性成本内部

化,所采用经济手段常为生产者延伸制度或污染者付费。但新版“禁/限塑令”仅在农膜治理方面探索推行生产者责任延伸制度,而未提及污染者付费常使用的环境经济手段如征税、押金和收费等措施;三是新版“禁/限塑令”宣传力度不够。宣传没有全面地介绍新版“禁/限塑令”的背景和意义,没有将塑料垃圾带来的危害和百姓自身利益联系起来,对

广大的农村和偏远地区存在宣传“盲区”,不利于全面实施;最后,新版“禁/限塑令”处罚力度低,难以形成有效的约束力。“意见”中提及严格执法监督,但并未涉及违规生产、销售和使用的具体处罚措施。新版“禁/限塑令”处罚力度小且没有细化处罚对象和措施,无疑会加大监管难度,影响新版“禁/限塑令”的实施效果。

表 1 我国一次性塑料制品年产量¹⁾

Table 1 Annual production of disposable plastics in China

项目	塑料袋					食品膜	农膜	工业膜	饮料瓶	编织袋
	购物袋	平口袋	超薄袋	快递袋	外卖袋					
占比/%	8	32	40	12	8	100	100	100	100	100
年产量/万 t	20	80	100	30	20	660	220	220	300	1 000

1)引自文献[31]:一次性塑料制品包含塑料袋、食品膜、农膜、工业膜、饮料瓶和编织袋,其中塑料袋包括并可分为购物袋、平口袋、超薄袋、快递袋和外卖袋,年总产量为 250 万 t

2.2 省市层面“限塑”政策分析——以吉林省为例

2014 年,吉林省出台了《吉林省禁止生产销售和提供一次性不可降解塑料购物袋、塑料餐具规定》,是全国首个“禁/限塑”的省份。与国家“禁/限塑令”相比,一是“禁/限”对象范围扩大,禁止生产、销售和提供一次性不可降解塑料购物袋和一次性不可降解塑料餐具;二是加大了处罚力度,对违反规定的企业和个人作出明确的处罚规定;三是完善了末端处理处置要求,加强塑料废弃物的回收利用,开展可降解塑料废弃物的堆肥处理;四是加强了宣传教育,提升公众环保意识,提高公众参与的积极性^[12]。

为了实施效果的持续性,吉林省政府创新性地将“禁/限塑”工作纳入地方政府绩效考核体系^[32,33]。从政策落实上看,在宣传教育方面开展了多种形式的“禁/限塑”宣传活动,如张贴标语和利用 LED 屏播放“禁塑”公益广告等^[34,35];在监管、督查和减塑方面,取缔无照经营塑料袋、塑料餐具的经营单位 125 家,下架封存不合格塑料袋和塑料餐具 2652kg;在替代品方面,可降解塑料制品生产能力达 6 万 t^[36]。但从政策实施的长期效果上看仍与预期有一定差距。分析内在原因,一是缺少有效的跨省协调机制,难以禁止来自周边省份的不可降解塑料袋流入吉林省,抵消了吉林省部分“禁/限塑”效果;二是缺少对重点相关产业的扶持力度,引发了企业之间的无序竞争,限制了可降解塑料产业的可持续发展。

3 “禁/限塑”存在问题与对策

结合上述分析,从“禁/限塑令”政策的政策制定、落实执行和监督监管这 3 个维度,对“上游”、

“中游”和“下游”存在的潜在问题进行分析并提出相应建议。

3.1 “上游”问题与对策

“上游”政策是塑料垃圾治理的关键一环,制定的政策是否具有系统性、整体性、有效性和合理性,将直接影响政策的执行效果。整体上讲,新版“禁/限塑令”较“限塑令”已有较大提升,但仍然存在一些问题。一是“意见”属于部门规章,法律地位不足容易造成部分执行主体存在侥幸心理,中后期可能会导致新版“禁/限塑令”实施效果出现逐年递减的现象;二是“限塑”环保责任分摊不均。从宏观的角度来讲,合理公平的“限塑”环保责任需在纵向(上下级政府;政府、企业、消费者)和横向(塑料产品设计、生产流通、消费、回收处理等;同级政府间)上保证公平^[37,38]。2020 年新版“禁/限塑令”未合理分配政府、企业、消费者之间的环保责任,在纵向上的环保责任分担不均。依旧没有解决消费者承担了“限塑”环保行为的主要经济成本,商家或厂家甚至可从“禁/限塑令”中获利的纵向环保责任严重失衡的问题。另外,“意见”尚未出台塑料制品的绿色设计规范,即在横向上未将环保责任分配在塑料制品全生命周期的各个阶段。三是塑料垃圾末端回收管控政策,经济手段覆盖不全。新版“禁/限塑令”强调加强废旧塑料回收利用,加大塑料回收基础设施建设力度,但对塑料回收行业并未出台相关优惠政策,如给予塑料回收企业一定的税收优惠或财政补贴等。我国塑料回收行业虽起步较早相对完善,但目前塑料回收行业面临原料供给少、回收成本高、回收利润过低和扶持政策少等发展困境,导致该行业对废旧塑料回收和资源化利用的积极性明显下降,不利于“意见”整体目标的推进落

实^[39]。

政策分析发现的不足(如“禁/限”对象范围较窄且缺少聚焦、经济手段应用不足、宣传力度不够和处罚力度低),是未来“限塑”政策制定完善时需要考虑重点内容。一是尽快将“意见”等塑料污染防治的部门规章,纳入到相关的法律法规体系中,以增强其对执行客体的震慑力和约束力;二是将“限塑”环保责任在纵向和横向上合理分摊,尽快推广使用生产者延伸制度落实企业环保责任,最大程度上将纵向“限塑”环保责任合理的分摊;在横向环保责任分担上建立塑料制品生态设计相关要求、细则和规范;三是将一次性不可降解塑料平口袋纳入到动态调整的“禁/限”范围,借鉴爱尔兰对消费者征收塑料袋税经验,从生产端、消费端和回收端“三管齐下”,刺激塑料瓶、编织袋等重点塑料产品的回收积极性;四是适度加强“限塑”经济手段的应用,提高终端废旧塑料资源化利用率。尝试建议建立由政府主导,公众、塑料回收企业和民间环保组织等共同参与的塑料垃圾回收资源化示范点^[40]。五是提高违反新版“禁/限塑令”的惩罚力度,严惩执行客体,规避个体利益至上的“囚徒困境”,并选择对社会和环境整体最优的绿色生产和消费模式^[41]。

3.2 “中游”问题与对策

“中游”的落实执行是“限塑”政策的核心,企业、商家和消费者等,则是“限塑”政策落实执行的主体。存在问题包括:一是在制定“禁/限塑令”时,利益攸关者参与不足。当利益诉求得不到共鸣时,利益受损方就会产生负面情绪,无形中增大政策执行阻力;二是外卖行业和可降解塑料行业等缺乏政府规范引导,“一次性塑料餐具减量30%”目标执行难度大,外卖行业产生的巨量塑料垃圾进入环境。另外,我国可降解塑料行业标准和规范缺乏等问题会阻碍新版“禁/限塑令”推广应用替代产品;三是新版“限塑”政策存在管控“盲区”。“意见”是鼓励有条件的城乡结合部、乡镇和农村地区等,对其所属的零售场所、集市等禁止使用不可降解塑料制品^[19],会严重抵消“禁/限塑令”在全国范围内的推行效率和效果。

针对“中游”“限塑”存在的问题,建议从以下方面进行改进:一是搭建征求外部意见网络平台,增大利益攸关者的参与度。最大化保证各方知情权、参与权和表达权等;同时将“限塑”信息及时公开并留有意见反馈途径,方便利益攸关者获取相关信息并参与监管;二是尽快建立外卖行业塑料餐具和塑料包装的使用和回收规范、可降解塑料相关标准和规范。据 Zhou 等^[42]的研究,共享餐具可从源头减少

92%的外卖垃圾、66.7%以上环境影响和水资源消耗。同时还需尽快建立可降解塑料行业的研发、市场准入、回收等方面的相关标准和规范^[43],推进可降解塑料的绿色发展;三是加快对“限塑”“盲区”的管理和监管。结合技术和体制创新,尝试建议以街道、乡/镇为单位组建中小型零售场所协会^[44],区域的“限塑”效果则纳入街道办事处或乡/镇政府绩效考核体系。对会员单位收取的塑料袋费用,通过专属财务通道上交协会,其中一部分用于激励居民参与减塑的各种活动,一部分用于协会会员监管和协会运营等。

3.3 “下游”问题与对策

“下游”政策的监督管理是政策生命周期的最后一环,也是与社会生活最为密切相关的一环,其监管效果直接影响新版“禁/限塑令”的实施效果和公众对政府政策的满意度。但新版“禁/限塑令”政策监督管理方面仍有不足:一是监管效力在地方有被“弱化”的可能,导致垂直监管效果有限^[45];二是“禁/限塑令”监管的公众参与不足。首先,公众参与监管意识缺乏,导致公众参与监管意识薄弱;其次,公众参与监管缺乏法律保障^[45];最后,消费者对塑料制品便利性的依赖和对其危害认知不足,导致其没有足够的动力主动参与政策实施监督。

建议由以下3个方面改进:一是将塑料垃圾污染防治工作成效纳入地方政府的考核指标体系中,督促地方政府加强属地监管;二是给予公民或公益组织一定的参与“限塑”监督的权利,并对协助监督有实效的个体或组织予以奖励^[45]。如明确公民、社会团体和公益组织等均有权利举报企业的违规行为或地方政府的“懒政”现象,并确保相关人员得到奖励和保护;三是改变宣传方式,将“限塑”政策的实施背景、内容以及塑料垃圾对海洋生物和人体健康的危害等与公民的自身利益紧密结合,并以普通大众乐于接受的形式(如短视频、趣味图解、公益广告等)强化宣传,提高公众对塑料垃圾危害的认知程度、“禁/限塑令”的理解与接受程度和公众参与监督程度。

4 结论

本文基于对新版“禁/限塑令”的全生命周期(政策制定、落实执行和监督管理)的三方分析,提出了对策建议和未来“限塑”需要关注的重点方向,为我国未来塑料污染防治工作提供了新的管理思路;通过体制创新解决“禁/限塑令”在数量众多的、分布零散的小型零售门店存在“限塑”“盲区”问题;通过机制创新解决“限塑”环保责任在纵向和横向

上未合理分配问题; 通过管理创新出台外卖行业塑料餐具使用规范和探索逐步推广共享餐具的办法; 通过技术创新解决传统塑料的回收、处理处置和循环利用等系列技术难点, 加大可降解塑料新原料(如菌丝体基塑料)、新工艺、新设计的研发和提高产品性能, 加大市场竞争力; 探索将塑料垃圾治理与循环经济、垃圾分类、“无废”城市建设等协同推进的“1+1>2”方案。

参考文献:

- [1] 毛达. 海洋垃圾污染及其治理的历史演变[J]. 云南师范大学学报(哲学社会科学版), 2010, 42(6): 56-66.
Mao D. A historical account of marine garbage pollution and its remedies[J]. Journal of Yunnan Normal University (Humanities and Social Sciences Edition), 2010, 42(6): 56-66.
- [2] PLASTICS EUROPE. Plastics-the facts 2020: an analysis of European plastics production, demand and waste data[EB/OL]. https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf, 2021-12-27.
- [3] 王玉洁. 在海水中“消失”的塑料[N]. 海南日报, 2020-06-29.
- [4] Jambeck J R, Geyer R, Wilcox C, et al. Plastic waste inputs from land into the ocean[J]. Science, 2015, 347(6223): 768-771.
- [5] UN-Environment and GRID-Arendal. Marine litter vital graphics [R]. United Nations Environment Programme and GRID-Arendal. Nairobi and Arendal, 2016.
- [6] 颜毓洁, 王艳. 全球掀起“禁塑”风暴[J]. 生态经济, 2019, 35(1): 1-4.
- [7] United Nations Environment Programme. UNEP Year Book 2011: Emerging issues in our global environment[M]. Nairobi, 2011.
- [8] 李征, 高春梅, 杨金龙, 等. 连云港海州湾海域表层水体和沉积物中微塑料的分布特征[J]. 环境科学, 2020, 41(7): 3212-3221.
Li Z, Gao C M, Yang J L, et al. Distribution characteristics of microplastics in surface water and sediments of Haizhou Bay, Lianyungang[J]. Environmental Science, 2020, 41(7): 3212-3221.
- [9] 李欢, 史文卓, 王菲菲, 等. 关于“禁/限塑令”助力解决海洋塑料垃圾问题的思考与建议[J]. 环境保护, 2020, 48(23): 8-18.
Li H, Shi W Z, Wang F F, et al. Recommendations of restricting plastic order for promoting to address marine plastic litter issue[J]. Environmental Protection, 2020, 48(23): 8-18.
- [10] 何浩然, 陈安来. 中国限制塑料袋使用的政策效果及国际经验借鉴[J]. 中国人口·资源与环境, 2010, 20(11): 167-174.
He H R, Chen A L. The effects of Chinese plastic bag regulation and international experience comparisons[J]. China Population, Resources and Environment, 2010, 20(11): 167-174.
- [11] 江苏省人民政府. 江苏省一次性塑料餐具和塑料袋污染防治管理办法[EB/OL]. <http://www.cityup.org/policy/local/20101018/70985.shtml>, 2021-12-27.
- [12] 吉林省人民政府. 吉林省禁止生产和销售提供一次性不可降解塑料购物袋、塑料餐具规定[EB/OL]. http://xxgk.jl.gov.cn/sz/gkml/201812/t20181205_5349934.html, 2021-12-27.
- [13] 海南省生态环境厅. 关于发布《海南省禁止生产销售使用一次性不可降解塑料制品名录(第一批)》的公告[EB/OL]. http://hnsthb.hainan.gov.cn/xxgk/0200/0202/hjywgj/trhjgl/202003/t20200320_2764481.html, 2021-12-27.
- [14] 朱晓颖. 《上海市生活垃圾管理条例》全文公布7月1日起实施[EB/OL]. <http://imedia.eastday.com/node2/2015imedia/i/20190219/u8i769543.html>, 2021-12-27.
- [15] 国务院办公厅关于限制生产销售使用塑料购物袋的通知(国办发[2007]72号)[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhuanti/2015-06/13/content_2879030.htm, 2021-12-27.
- [16] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于转发国家发展改革委住房城乡建设部生活垃圾分类制度实施方案的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-03/30/content_5182124.htm, 2021-12-27.
- [17] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发禁止洋垃圾入境推进固体废物进口管理制度改革实施方案的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/27/content_5213738.htm, 2021-12-27.
- [18] 国务院办公厅. 国务院办公厅关于印发“无废城市”建设试点工作方案的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2019-01/21/content_5359620.htm, 2021-12-27.
- [19] 国家发展改革委. 国家发展改革委生态环境部关于进一步加强塑料污染治理的意见[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-01/20/content_5470895.htm, 2021-12-27.
- [20] 国家发改委. 关于扎实推进塑料污染治理工作的通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-07/17/content_5527666.htm, 2021-12-27.
- [21] 佚名. 中国全面禁塑: 主要省市最新限塑政策[EB/OL]. <https://www.aisoutu.com/a/1087652>, 2021-12-27.
- [22] 佚名. 香港4月1日起全面推行塑料袋收费[EB/OL]. <http://news.sina.com.cn/c/2015-03-15/222531609500.shtml?cre=newspagepc&mod=f&loc=3&r=u&rfunc=5>, 2021-12-27.
- [23] 原国家经贸委. 关于立即停止生产一次性发泡塑料餐具的紧急通知[EB/OL]. http://www.gov.cn/gongbao/content/2001/content_60799.htm, 2021-12-27.
- [24] 单佳. 8年限塑令, 有用还是无用?[J]. 生态经济, 2016, 32(9): 10-13.
- [25] 佚名. 限塑政策研究 NGO 合作项目综合报告[R]. 北京: 民间限塑政策研究小组, 2010.
- [26] 零废弃联盟. “十年限塑令”商家执行情况调研报告[EB/OL]. <http://www.lingfeiqi.org/node/50>, 2021-12-27.
- [27] 李丽洁, 张乐天. “限塑令”的社会学思考[J]. 环境保护, 2008, (20): 24-26.
- [28] 陈婉. 限塑十年依然任重道远[J]. 环境经济, 2018, (15): 14-17.
- [29] 上海市质协用户评价中心. “限塑令”发布十年, 绿色生活尚在路上——上海市“限塑令”现状调查报告简述[J]. 上海质量, 2018, (2): 55-59.
- [30] 熊丽. 多地出台塑料污染治理政策措施, 新“限塑令”新在哪[EB/OL]. https://mp.weixin.qq.com/s/GMmd_9L90JSW3UMvHjJ0Vg, 2021-12-27.
- [31] 孙巍. 为什么发改委的2020塑料新政无法减少白色污染?[EB/OL]. https://mp.weixin.qq.com/s/rnC65K9towb_qtzJ2ih-uw, 2021-12-27.
- [32] 中国吉林网. 吉林省可降解塑料制品产能预计将超过5万t[J]. 工程塑料应用, 2015, 43(4): 102.
- [33] 佚名. 吉林省禁塑令实施条例及效果[EB/OL]. https://www.xianjichina.com/news/details_27531.html, 2021-12-27.

- [34] 姜春起. 市工商局禁塑工作无死角[EB/OL]. <http://sy.cnjiwang.com/cs/201804/2628940.html#24629>, 2021-12-27.
- [35] 赵新. “禁塑令”: 勇于创新的绿色实践[EB/OL]. <http://job.workercn.cn/312/201710/25/171025093135510.shtml>, 2021-12-27.
- [36] 刘姗姗, 徐慧. “禁塑令”: 勇于创新的绿色实践[EB/OL]. <http://news.cnjiwang.com/jlxwdt/sn/201710/2527549.html#24102>, 2021-12-27.
- [37] 李丁, 顾绚. 环境保护中的公众参与和政府、企业的失位——关于塑料袋有偿使用问题的研究[J]. 生态经济, 2011, (11): 170-171, 181.
- [38] 廖虹云, 康艳兵, 赵盟. 欧盟新版循环经济行动计划政策要点及对我国的启示[J]. 中国发展观察, 2020, (11): 55-58.
- [39] 陈继军. 中国石油和化学工业联合会向塑料回收利用发起首个全行业行动[EB/OL]. <http://www.cpic.org/Data/View/3055>, 2021-12-27.
- [40] 赵肖, 綦世斌, 廖岩, 等. 我国海滩垃圾污染现状及控制对策[J]. 环境科学研究, 2016, 29(10): 1560-1566.
Zhao X, Qi S B, Liao Y, *et al.* Investigation and control of beach litter pollution in China[J]. Research of Environmental Sciences, 2016, 29(10): 1560-1566.
- [41] 吴茂华, 李正明, 罗帆. 对“限塑令”执行效果的经济思考[J]. 中国林业经济, 2017, (3): 15-17.
Wu M H, Li Z M, Luo F. Economic thinking of the implementation of the “Plastic Limit Order”[J]. China Forestry Economics, 2017, (3): 15-17.
- [42] Zhou Y, Shan Y L, Guan D B, *et al.* Sharing tableware reduces waste generation, emissions and water consumption in China’s takeaway packaging waste dilemma[J]. Nature Food, 2020, 1(9): 552-561.
- [43] 王燕萍, 邓义祥, 张承龙, 等. 我国一次性塑料污染管理对策研究[J]. 环境科学研究, 2020, 33(4): 1062-1068.
Wang Y P, Deng Y X, Zhang C L, *et al.* Management policies of single-use plastic pollution in China [J]. Research of Environmental Sciences, 2020, 33(4): 1062-1068.
- [44] 周红, 张文磊, 黄文芳. “限塑令”政策有效性评估的实例分析[J]. 上海环境科学, 2010, 29(2): 89-92.
Zhou H, Zhang W L, Huang W F. A case study of post-evaluation of the ban on free plastic bags [J]. Shanghai Environmental Sciences, 2010, 29(2): 89-92.
- [45] 周适. 环境监管的他国镜鉴与对策选择[J]. 改革, 2015, (4): 58-68.
Zhou S. His country’s mirror and countermeasures of environmental supervision[J]. Reform, 2015, (4): 58-68.



CONTENTS

Challenges Regarding the Co-emission of Emerging Pollutants to Eco-environmental Monitoring and Management	WANG Pei, HUANG Xin-yi, CAO Zhi-wei, <i>et al.</i> (4801)
Environmental Process, Effects and Risks of Emerging Contaminants in the Estuary-Coastal Environment	WANG Xin-hong, YU Xiao-xuan, WANG Si-quan, <i>et al.</i> (4810)
Research Progress of Analytical Methods with Molecular Spectroscopy for Determination of Trace Nutrients and Metals in Seawaters	YUAN Dong-xing, HUANG Yong-ming, WANG Ting (4822)
Research Progress on the Determination of Sulfide in Natural Waters: From Laboratory Analysis to In-Situ Monitoring	LI Peng, LIN Kun-de, YUAN Dong-xing (4835)
Advances in On-site Analytical Methods for Inorganic Arsenic in Environmental Water	BO Guang-yong, CHEN Zhao-ying, GONG Zhen-bin, <i>et al.</i> (4845)
Advances and Prospect of Sampling Techniques and Analytical Methods for Trace Elements in the Ocean; Progress of Trace Element Platform Construction in Xiamen University .....	..... HUANG Yong-ming, ZHOU Kuan-bo, CHEN Yao-jin, <i>et al.</i> (4858)
Biodegradation of Polyethylene Microplastic: A Review .....	..... LUO Yuan-rong, QIAN Yi-qian, QI Ya-nan (4869)
Mechanism and Environmental Effect on Nitrogen Addition to Microbial Process of Arsenic Immobilization in Flooding Paddy Soils	WANG Feng, ZHANG Jing, ZHOU Shao-yu, <i>et al.</i> (4876)
Toxicity Testing Organisms for Marine Ecotoxicological Research in China	SHI Tian-yi, HONG Hai-zheng, WANG Ming-hua, <i>et al.</i> (4888)
Estimating Methane Fugitive Emissions from Oil and Natural Gas Systems in China	CHEN Chun-ci, LÜ Yong-long, HE Gui-zhen (4905)
Atmospheric NH ₃ Emission Inventory and Its Tempo-spatial Changes in Xiamen-Zhangzhou-Quanzhou Region from 2015 to 2020	LI Xiang, WU Shui-ping, JIANG Bing-qi, <i>et al.</i> (4914)
Distribution of Microplastic and Antibiotic Resistance Gene Pollution in Jiulong River Estuary .....	..... CHENG Hong, CHEN Rong (4924)
Pollution Characteristics of Microplastics in Sediments of Xiamen Bay Beach .....	..... YAO Rui, LIU Hua-tai, LI Yong-yu, <i>et al.</i> (4931)
Spatial and Temporal Distribution and Influencing Factors of Dissolved Trace Metals in Jiulong River Estuary and Xiamen Bay .....	..... QI Liu-qian, YUE Xin-li, ZHONG Hao-wen, <i>et al.</i> (4939)
Spatiotemporal Characteristics of Dissolved Oxygen and Control Mechanism of Hypoxia (Low Oxygen) in the Watershed-Coastal System in Fujian Province .....	..... YANG Ai-lin, YANG Fang, LI Shao-bin, <i>et al.</i> (4950)
Distribution, Migration, and Transformation Mechanism of Labile Phosphorus in Sediments of Xixi River Estuary, Xiamen .....	..... PAN Feng, CAI Yu, GUO Zhan-rong, <i>et al.</i> (4961)
Adsorption of Mn ²⁺ by Modified Biochar Fixed Bed in Simulated Lakes and Reservoir Waters .....	..... ZHAO Jie, YE Zhi-long, WANG Jia-ni, <i>et al.</i> (4971)
Rapid Detection of Trace Enrofloxacin and Ciprofloxacin in Drinking Water by SERS .....	..... XU Jing, ZHENG Hong, LU Jiang-long, <i>et al.</i> (4982)
Degradation of Triphenyl Phosphate in Water by UV-driven Advanced Oxidation Processes .....	..... XU Zi-wen, YIN Hong-ling, XIONG Yuan-ming, <i>et al.</i> (4992)
Characteristics and Potential Sources of Four Ozone Pollution Processes in Hainan Province in Autumn of 2019 .....	..... FU Chuan-bo, CHEN Hong, DAN Li, <i>et al.</i> (5000)
Characterization and Formation Mechanism of Water-soluble Inorganic Ions in PM _{2.5} and PM ₁₀ in Summer in the Urban Agglomeration of the Ili River Valley .....	..... CHEN Qiao, GU Chao, XU Tao, <i>et al.</i> (5009)
Difference in PM _{2.5} Pollution and Transport Characteristics Between Urban and Suburban Areas .....	..... QI Peng, ZHOU Ying, CHENG Shui-yuan, <i>et al.</i> (5018)
Characteristics and Health Risk Assessment of BTEX in the Northern Suburbs of Nanjing .....	..... FENG Yue-zheng, AN Jun-lin, ZHANG Yu-xin, <i>et al.</i> (5030)
Ecological Risk Assessment of Microplastics Occurring in Surface Water of Terrestrial Water Systems across China .....	..... SUN Xiao-nan, CHEN Hao, JIA Qi-long, <i>et al.</i> (5040)
Scale Effects of Landscape Pattern on Water Quality in Dongjiang River Source Watershed .....	..... CHEN You-liang, ZOU Wen-min, LIU Xing-gen, <i>et al.</i> (5053)
Mercury Speciation, Distribution, and Potential Sources in Surface Waters of the Yangtze and Yellow River Source Basins of Tibetan Plateau During Wet Season .....	..... LIU Nan-tao, WU Fei, YUAN Wei, <i>et al.</i> (5064)
Water Environmental Characteristics and Water Quality Assessment of Lakes in Tibetan Plateau .....	..... LIU Zhi-qi, PAN Bao-zhu, HAN Xu, <i>et al.</i> (5073)
Karst Hydrogeochemical Characteristics and Controlling Factors of Carlin-type Gold Mining Area Based on Hydrochemistry and Sulfur Isotope .....	..... ZHA Xue-fang, WU Pan, LI Xue-xian, <i>et al.</i> (5084)
Characteristics of Eukaryotic Phytoplankton Community Structure and Its Relationship with Environmental Factors in Danjiangkou Reservoir .....	..... HE Yu-xiao, MAI Si-jie, REN Yu-fen, <i>et al.</i> (5096)
Adsorption of Phosphate and Heavy Metals by Lanthanum Modified Zeolite and Its Performance in Sediment Inactivation .....	..... WANG Zhe, ZHU Jun, LI Wen, <i>et al.</i> (5106)
Metagenomic and Metatranscriptomic Analysis of Nitrogen Removal Functional Microbial Community of Petrochemical Wastewater Biological Treatment Systems .....	..... ZHANG Xu, ZHOU Jia-jia, ZHOU Min, <i>et al.</i> (5115)
Bacterial Community Structure and Antibiotic Resistance Gene Changes in IFAS + Magnetic Coagulation Process Wastewater Treatment Plant in Cold Regions .....	..... DU Wen-yan, YAO Jun-qin, MA Hui-ying, <i>et al.</i> (5123)
Nitric Oxide Emissions from Chinese Upland Cropping Systems and Mitigation Strategies: A Meta-analysis .....	..... TIAN Zheng-yun, WU Xiong-wei, WU Yuan-yuan, <i>et al.</i> (5131)
Impact of Nitrification Inhibitors on Vegetable Production Yield, Nitrogen Fertilizer Use Efficiency and Nitrous Oxide Emission Reduction in China: Meta Analysis .....	..... LIU Fa-bo, MA Xiao, ZHANG Fen, <i>et al.</i> (5140)
Effect of Different Fertilization Treatments on Methane and Nitrous Oxide Emissions from Rice-Vegetable Rotation in a Tropical Region, China .....	..... SHAO Xiao-hui, TANG Shui-rong, MENG Lei, <i>et al.</i> (5149)
Effects of Land-use Conversion on Soil Nitrification and NO & N ₂ O Emissions in Tropical China Under Different Moisture Conditions .....	..... TANG Rui-jie, HU Yu-jie, ZHAO Cai-yue, <i>et al.</i> (5159)
Characteristics of Heavy Metal Pollution in Farmland Soil of the Yangtze River Economic Belt Based on Bibliometric Analysis .....	..... LIU Xiao-yan, FAN Ya-nan, LIU Peng, <i>et al.</i> (5169)
Spatial and Temporal Distribution and Source Variation of Heavy Metals in Cultivated Land Soil of Xiangzhou District Based on EBK Interpolation Prediction and GDM Model .....	..... GAO Hao-ran, ZHOU Yong, LIU Jia-kang, <i>et al.</i> (5180)
Identification of Soil Heavy Metal Sources Around a Copper-silver Mining Area in Ningxia Based on GIS .....	..... ZHANG Kou-kou, HE Jing, ZHONG Yan-xia, <i>et al.</i> (5192)
Effect of Aging on Stabilization of Cd ²⁺ Through Biochar Use in Alkaline Soil of Bayan Obo Mining Area .....	..... WANG Zhe, CHENG Jun-li, BIAN Yuan, <i>et al.</i> (5205)
Preparation of Magnetic Iron Oxide/Mulberry Stem Biochar and Its Effects on Dissolved Organic Carbon and Arsenic Speciation in Arsenic-Contaminated Soils .....	..... LU Lin, YAN Li-ling, LIANG Mei-na, <i>et al.</i> (5214)
Effects of Oyster Shell Powder and Lime on Availability and Forms of Phosphorus and Enzyme Activity in Acidic Paddy Soil .....	..... ZHAO Li-fang, HUANG Peng-wu, YANG Cai-di, <i>et al.</i> (5224)
Effects of Interaction of Zinc and Cadmium on Growth and Cadmium Accumulation of <i>Brassica campestris</i> L. ....	..... SHUAI Zu-ping, LIU Han-yi, CUI Hao, <i>et al.</i> (5234)
Pollution Characteristics and Ecological Risk Assessment of Antibiotics in Vegetable Field in Kaizhou, Chongqing .....	..... FANG Lin-fa, YE Ping-ping, FANG Biao, <i>et al.</i> (5244)
Temporal and Spatial Variation Characteristics of Carbon Storage in the Source Region of the Yellow River Based on InVEST and GeoSoS-FLUS Models and Its Response to Different Future Scenarios .....	..... HOU Jian-kun, CHEN Jian-jun, ZHANG Kai-qi, <i>et al.</i> (5253)
Carbon Sequestration Characteristics of Different Restored Vegetation Types in Loess Hilly Region .....	..... XU Xiao-ming, ZHANG Xiao-ping, HE Liang, <i>et al.</i> (5263)
Response of Soil Multifunctionality to Reduced Microbial Diversity .....	..... CHEN Gui-xian, WU Chuan-fa, GE Ti-da, <i>et al.</i> (5274)
Effect of Nitrogen Addition on Soil Fungal Diversity in a Degraded Alpine Meadow at Different Slopes .....	..... SU Xiao-xue, LI Xi-lai, LI Cheng-yi, <i>et al.</i> (5286)
Comparative Energy Consumption Structure and Mode between China and Major Energy-Consuming Countries Under the Background of Carbon Emission Reduction .....	..... LI Hui, PANG Bo, ZHU Fa-hua, <i>et al.</i> (5294)
Spatialization and Spatio-temporal Dynamics of Energy Consumption Carbon Emissions in China .....	..... HAO Rui-jun, WEI Wei, LIU Chun-fang, <i>et al.</i> (5305)
Carbon Dioxide Mitigation Co-effect Analysis of Structural Adjustment Measures in the "2+26" Cities in the Jing-Jin-Ji Region and Its Surroundings .....	..... YANG Tian-qi, WANG Hong-chang, ZHANG Chen, <i>et al.</i> (5315)
Policy Analysis in Plastic Pollution Governance and Recommendations in China .....	..... LI Huan, ZHU Long, SHEN Qian, <i>et al.</i> (5326)