

环境科学

(HUANJING KEXUE)

ENVIRONMENTAL SCIENCE

第34卷 第10期

Vol.34 No.10

2013

中国科学院生态环境研究中心 主办
科学出版社 出版



目次

南京地区大气气溶胶 PM _{2.5} 中稳定碳同位素组成研究	吴梦龙, 郭照冰, 刘凤玲, 孙德玲, 卢霞, 姜文娟 (3727)
太原市空气颗粒物中正构烷烃分布特征及来源解析	胡冬梅, 彭林, 白慧玲, 牟玲, 韩峰, 刘效峰, 冀豪栋, 张鹏九 (3733)
交通与气象因子对不同粒径大气颗粒物的影响机制研究	罗娜娜, 赵文吉, 晏星, 官兆宁, 熊秋林 (3741)
公交车燃用生物柴油的颗粒物排放特性	楼狄明, 陈峰, 胡志远, 谭丕强, 胡炜 (3749)
兰州及其周边区域大气降水 δ ¹⁸ O 特征及其水汽来源	陈粉丽, 张明军, 马潜, 李小飞, 王圣杰, 李菲 (3755)
天山乌鲁木齐河源 1 号冰川区气溶胶水溶性离子变化特征及来源分析	岳晓英, 李忠勤, 张明军, 周平, 樊晋 (3764)
O ₃ /H ₂ O ₂ 氧化苯乙烯气体性能及机制	何觉聪, 黄倩茹, 叶杞宏, 罗雨薇, 张再利, 樊青娟, 魏在山 (3772)
马尾松针叶组织稳定硫同位素地球化学特征及来源示踪	关晖, 肖化云, 朱仁果, 郑能建, 瞿玲露 (3777)
江西省表层土壤和苔藓硫含量及硫同位素组成对比研究	李男, 肖化云, 陈永忠, 周丹, 罗笠, 吴代敏 (3782)
辽河流域非点源污染空间特征遥感解析	王雪蕾, 蔡明勇, 钟部卿, 姚延娟, 殷守敬, 吴迪 (3788)
景观带尺度高寒区水文特征时空变化规律研究	杨永刚, 胡晋飞, 肖洪浪, 邹松兵, 尹振良 (3797)
金普湾海域表层沉积物中基质结合态磷化氢的分布特征	游丽丽, 宗海波, 张淑芳, 尹国宇, 李涛, 侯立军 (3804)
崇明东滩湿地干湿交替过程脲酶活性变化初探	韩建刚, 曹雪 (3810)
FDA 水解酶分析法表征近海泥滩微生物活性	刘叶, 邹立, 刘陆, 高冬梅 (3818)
中国东北主要河流沉积物中多溴二苯醚的含量状况及生态风险分析	袁海峰, 成杭新, 赵传冬, 刘应汉, 杨柯, 李括, 彭敏, 刘飞 (3825)
深圳大鹏湾海域表层沉积物和生物体中多环芳烃残留及其风险评价	孙闰霞, 柯常亮, 谷阳光, 卢腾腾, 杜飞雁, 马胜伟, 林钦 (3832)
PMF 和 PCA/MLR 法解析上海市高架道路地表径流中多环芳烃的来源	边璐, 李田, 侯娟 (3840)
三峡库区蓄水初期大宁河重金属食物链放大特征研究	余杨, 王雨春, 周怀东, 高博, 赵高峰 (3847)
小型封闭水体环境因子与叶绿素 a 的时空分布及相关性研究	李飞鹏, 张海平, 陈玲 (3854)
太湖氮、磷自净能力的实验与模型模拟	韩涛, 翟淑华, 胡维平, 张红举, 李钦钦 (3862)
湖泊疏浚方式对内源释放影响的模拟研究	陈超, 钟继承, 范成新, 孔明, 余居华 (3872)
水体/底泥生物基城市河道富营养化水体修复试验研究	周慧华, 宋晓光, 吴革, 谢鑫源 (3879)
底泥调控剂对感潮河涌沉积物中重金属的影响	区凤荏, 孙国萍, 许玫英 (3888)
区域水化学条件对淮南采煤沉陷区水域沉积物磷吸附特征的影响研究	易齐涛, 孙鹏飞, 谢凯, 曲喜杰, 王婷婷 (3894)
4 种人工湿地填料的 f2 噬菌体吸附特性	陈迪, 郑祥, 魏源送, 杨勇 (3904)
稻壳灰对抗生素磺胺的吸附特性研究	纪莹雪, 王凤贺, 张帆, 张艳红, 王国祥, 顾中铸 (3912)
紫外辐射对腐殖酸化学稳定性影响机制研究	王文东, 周礼川, 丁真真, 王洪平, 孙学军 (3921)
基于石墨烯载体的铁基材料制备及除砷性能比较	朝木尔乐格, 冯流, 霍艳霞 (3927)
nTiO ₂ 在水中的分散沉降行为研究	陈金媛, 方金凤, 魏秀珍 (3933)
微生物-铁氧化物交互作用对黄土中砷活化迁移的影响	谢芸芸, 陈天虎, 周跃飞, 谢巧勤 (3940)
两性离子在聚偏氟乙烯 (PVDF) 膜表面接枝改性的研究	周桂花, 肖峰, 肖萍, 王东升, 段晋明, 石健, 臧莉 (3945)
化粪池排口处土壤对典型农户生活污水氮素污染物的消减测算研究	周锋, 王文林, 王国祥, 马久远, 万寅婧, 唐晓燕, 梁斌, 季斌 (3954)
珠江三角洲典型集约化猪场废水污染特征及风险评价	李文英, 彭智平, 于俊红, 黄继川, 徐培智, 杨少海 (3963)
污泥堆肥草坪基质利用对草坪生长及土壤和水环境的影响	金树权, 周金波, 陈若霞, 林斌, 王德耀 (3969)
活性污泥絮体粒径分布与分形维数的影响因素	李振亮, 张代钧, 卢培利, 曾善文, 杨永浩 (3975)
不同恢复方式对硝化颗粒污泥活性的影响	郭秀丽, 高大文, 卢健聪 (3981)
生物陶粒反应器的氨自养反硝化研究	陈丹, 王弘宇, 宋敏, 杨开, 刘晨 (3986)
亚高山草甸土壤呼吸的空间异质性研究	严俊霞, 李君剑, 李洪建, 张义辉 (3992)
SiB3 模式对作物区 CO ₂ 通量的模拟研究	张庚军, 卢立新, 蒋玲梅, 蒋磊, Ian Baker (4000)
缙云山土地利用方式对土壤活性有机质及其碳库管理指数的影响	徐鹏, 江长胜, 郝庆菊, 祝滔 (4009)
典型农业城市街道灰尘重金属特征及其环境风险评价: 以许昌市为例	闫慧, 陈杰, 肖军 (4017)
苏州、无锡和南通道路灰尘中的多溴联苯醚和多氯联苯	史双昕, 董亮, 李玲玲, 张辉, 李斯明, 张天野, 黄业茹 (4024)
废旧汽车拆解区土壤中多环芳烃垂向分布特性	吴彦瑜, 胡小英, 洪鸿加, 彭晓春 (4031)
铬污染土壤的稳定化处理及其长期稳定性研究	王旌, 罗启仕, 张长波, 谈亮, 李旭 (4036)
典型磺胺类抗生素在土柱中的淋溶规律研究	李曼, 陈卫平, 魏福祥, 焦文涛 (4042)
3 种金属氧化物纳米材料在不同土壤中迁移行为研究	方婧, 余博阳 (4050)
多孔介质中 NAPLs 流体毛细管指进形态及分形表征	李慧颖, 杜晓明, 杨宾, 伍斌, 徐竹, 史怡, 房吉敦, 李发生 (4058)
毛竹入侵对常绿阔叶林主要树种的化感作用研究	白尚斌, 周国模, 王懿祥, 梁倩倩, 陈娟, 程艳艳, 沈蕊 (4066)
珠江口典型水产养殖区抗生素抗性基因污染的初步研究	梁惜梅, 袁湘平, 施震 (4073)
江苏盐城地区水产品重金属含量与安全评价	刘洋, 付强, 高军, 徐网谷, 殷波, 曹亚乔, 秦卫华 (4081)
铜胁迫对不同基因型谷子幼苗基因组 DNA 多态性的影响	张义贤, 付亚萍, 肖志华, 张喜文, 李萍 (4090)
利用高通量测序对封存 CO ₂ 泄漏情景下土壤细菌的研究	田地, 马欣, 李玉娥, 查良松, 伍洋, 邹晓霞, 刘爽 (4096)
酸性矿山废水区域废矿石中真核生物多样性分析	李思远, 郝春博, 王丽华, 吕铮, 张丽娜, 刘莹, 冯传平 (4105)
十溴联苯醚降解菌的特性及功能蛋白初步分析	常晶晶, 尹华, 秦华明, 叶锦韶, 彭辉, 宋小飞 (4112)
硒对水稻吸收积累和转运锰、铁、磷和硒的影响	胡堂, 黄益宗, 黄艳超, 刘云霞, 梁建宏 (4119)
外源铁对不同番茄品种生理特性、镉积累及化学形态的影响	刘俊, 周坤, 徐卫红, 陈惠, 张明中, 江玲, 杨芸, 王崇力, 熊治庭 (4126)
电子废物排放持久性有毒污染物的控制政策分析	李力, 吕永龙, 王铁宇 (4132)
《环境科学》征稿简则 (3926) 《环境科学》征订启事 (4057) 信息 (3878, 3953, 3999, 4041)	

电子废物排放持久性有毒污染物的控制政策分析

李力^{1,2}, 吕永龙^{1*}, 王铁宇¹

(1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 近年来持久性有毒污染物 (PTS) 的环境污染和风险问题引起国内外广泛关注, 电子废物是其重要的排放源. 本研究针对电子废物的排放路径, 基于生命周期管理, 把电子废物管理分为源头削减、过程控制、末端管理和应急管理四大环节, 分析我国电子废物 PTS 控制相关的法规政策. 从管理目标、法规可得性、详细规定、法规协调性和法规政策执行效果五大方面构建法规政策评估体系, 采用专家意见法对每个环节涉及的法规政策进行全面评估. 源头削减环节的 PTS 法规政策管理较为完善, 有明确的管理目标和较好的法规可得性, 而应急管理环节的 PTS 法规政策管理最不完善, 缺乏明确的管理目标和详细规定, 法规协调性和执行效果差. 根据评估结果针对不同环节提出相应的控制政策建议.

关键词: 电子废物; 持久性有毒污染物; 生命周期管理; 政策分析; 政策评估

中图分类号: X32 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2013)10-4132-07

Analysis of Control Policy for Persistent Toxic Substances from Electronic Wastes in China

LI Li^{1,2}, LÜ Yong-long¹, WANG Tie-yu¹

(1. State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The environmental pollution and risk of persistent toxic substances (PTS) have caused extensive attention nationally and internationally in recent years. Electronic waste (e-waste) is an important emission source of PTS. Based on life-cycle management, e-waste management was divided into four major areas according to emission paths of e-waste PTS, namely source reduction, process control, end-of-pipe treatment and emergency response. Related regulations and policies of China's e-waste PTS control were analyzed. An evaluation system of regulations and policies was set up, which involves management objective, regulation availability, specific provisions, regulations coordination and policy implementation. The regulations and policies of each life-cycle phase were evaluated according to expert consultancy. The regulations and policies of source reduction are more perfect for their clear management objectives and the better regulation availability, while the response is the most imperfect, for lacking of clear management objectives and detailed rules, and poor coordination and implementation of the regulation. Recommendations for regulation and policy improvement were proposed based on the assessment results.

Key words: e-waste; persistent toxic substances; life cycle management; policy analysis; policy assessment

持久性有毒污染物 (PTS) 不仅包括持久性有机污染物 (如二噁英、溴代阻燃剂等), 也包括一些有机和无机重金属 (如有机汞、有机镉、砷等), 具有环境持久性、生理生态毒性、半挥发性、广泛迁移和潜在性, 对环境安全和人体健康具有极大风险. 因此, 国际社会启动多项针对 PTS 的重大环境项目, 包括 UNEP (联合国环境规划署) 区域尺度的 PTS 风险评价研究计划, 美国大湖高持久性有毒化学污染物风险区研究计划, 美国、日本、欧洲内分泌干扰物筛选计划等^[1]. 近年来, 国内在 PTS 的基础研究方面取得重要进展, 包括以 PTS 为对象的生态毒理、污染源解析、健康风险评价和先进控制技术研究等^[2~5]. 对 PTS 的管理在经历了萌芽阶段 (以 1978 年美加五大湖区两国有毒物质控制战略 Great lakes binational toxics strategy 为标志) 和发展

阶段 (以《斯德哥尔摩公约》、《鹿特丹公约》为标志) 后, 已经进入以多元化管理、全过程管理和应急管理为特征的全面管理阶段 [以欧洲 Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) 指令和 Restriction of Hazardous Substances (RoHS) 指令为标志], 并且加大了对废物焚烧、电子废物处理、钢铁、造纸等重点行业的 PTS 管理.

电子废物主要包括废弃不再使用的家用电器、通讯电子产品以及电线电缆、电容电压器、电机等. 大部分研究都集中在电子废物所含 PTS 的筛选鉴别^[6~12], 对人体健康和环境的危害^[13], 以

收稿日期: 2012-12-05; 修订日期: 2013-01-10

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41071355); “十一五” 国家科技支撑计划重点项目 (2008BAC32B07)

作者简介: 李力 (1983 ~), 女, 博士研究生, 主要研究方向为污染管理及控制技术政策, E-mail: rucili@aliyun.com

* 通讯联系人, E-mail: yllu@cees.ac.cn

及污染状况评估^[14~16],而缺乏针对相关法规政策的综合评估,部分政策法规缺乏针对性、适时性和可操作性(表1)。而由于电子产品更新速度快,全球电子废物产生量巨大(2 000~5 000万 t·a⁻¹),并以约4%的年增长速度增加^[12],电子废物已经

成为PTS的重要排放源,各国都非常重视其管理法规政策的建设。因此,本研究建立基于生命周期管理的政策评估框架,对相关政策法规进行综合评估并提出政策建议,符合全球全面管理PTS的现实需求。

表1 电子废物涉及的PTS来源和危害

Table 1 Source identification and influence of PTS related to e-waste

类型	PTS	来源	对人体和环境的影响
重金属	铅化合物	焊接点、阴极射线管的玻璃、铅酸蓄电池、聚氯乙烯电缆、印刷电路板、辐射防护、电子射线管	破坏神经系统(尤其是儿童),血液系统和肾 ^[17]
	镉化合物	开关、焊点、可充电电池、聚氯乙烯电缆中的紫外线稳定剂、老式阴极射线管的荧光粉、电脑的印刷电路板、绿色磷光发射器	损害肾脏和骨骼结构,致癌 ^[18~21]
	汞化合物	电池、印刷电路板、开关和电脑液晶显示器	慢性脑损伤
	铬化合物	电池、开关、涂料、淬火剂	过敏,哮喘和破坏基因
	砷	晶体管中的掺杂剂、印刷电路板	肝、肾功能损害,破坏神经、血液及免疫系统,引发癌症
二噁英类	二噁英 PCDDs/Fs	塑料组件燃烧、电路板燃烧副产物	严重的皮肤病变,色素沉着,肝功能变化,破坏神经,内分泌及生殖系统 ^[22]
	多氯联苯 PCBs	变压器、电容器、废电机中的绝缘油、导热油	扰乱内分泌功能,诱导神经、肝、生殖系统发育异常
	多溴联苯醚 PBDEs	印刷电路板的溴化阻燃剂	损害学习和记忆功能,干扰甲状腺,扰乱正常的雌激素分泌 ^[23]
其他有机类	短链氯化石蜡 SCCPs	发动机、金属封条	对水生有机物十分有毒
	多环芳烃 PAHs	热解过程和绝缘的副产品	强致癌、损伤生殖系统、易导致皮肤癌、肺癌、上消化道肿瘤、动脉硬化
	六溴环十二烷 HBCD	溴化阻燃剂	还没有相关研究结论
	得克隆 DP	氯代阻燃剂	还没有相关研究结论
	1,2 双(2,4,6-三溴苯氧基)乙烷 BTBPE	溴化阻燃剂	还没有相关研究结论
	十溴二苯乙烷 DBDPE	溴化阻燃剂	还没有相关研究结论

1 基于生命周期管理的电子废物PTS控制政策

电子废物的生命周期可以划分为4个阶段:①产生,②收集、运输和储存,③拆解、处理和回用,④最后处置。一般行业污染排放主要发生在生产和使用环节,而电子废物行业属于静脉行业,其污染排放主要发生在拆解、处理和最后处置环节。附在电子产品中的重金属主要通过拆解处理过程中的酸解、浸出等快速释放到环境中,还有一部分随电子元件被填埋处置,经过长时间腐蚀后缓慢释放到环境中。二噁英、多环芳烃等主要通过拆解处理过程以及最后焚烧处置过程的不完全燃烧产生。其他PTS主要通过拆解处理过程中的酸解、浸出、燃烧等释放到环境中(图1)。

随着电子废物生产量的大幅增加以及电子产品结构的日益复杂化,单纯治理处理处置环节产生的

污染已经不能满足PTS控制的需求,必须从电子废物生命周期的4个不同阶段进行综合管理。根据对生命周期各阶段污染产生的特点,国内外研究逐步形成针对各阶段的管理理念,这些理念越来越多地体现在相关法规政策的制定上,如欧盟的RoHS指令、WEEE指令、ELV(End-of Life Vehicle 报废汽车)指令、EuP(Energy-using Products 能耗产品)指令、REACH(Registration, Evaluation and Authorization of Chemicals 化学品注册、评估、许可和限制)指令和PFOS指令(关于限制全氟辛烷磺酸销售及使用的指令)、美加五大湖区两国有毒物质控制战略等^[24,25]。图1为根据各国管理政策总结的电子废物生命周期管理框架。

2 中国电子废物PTS控制法规政策

近年来国家和地方不断出台各种法规、标准、

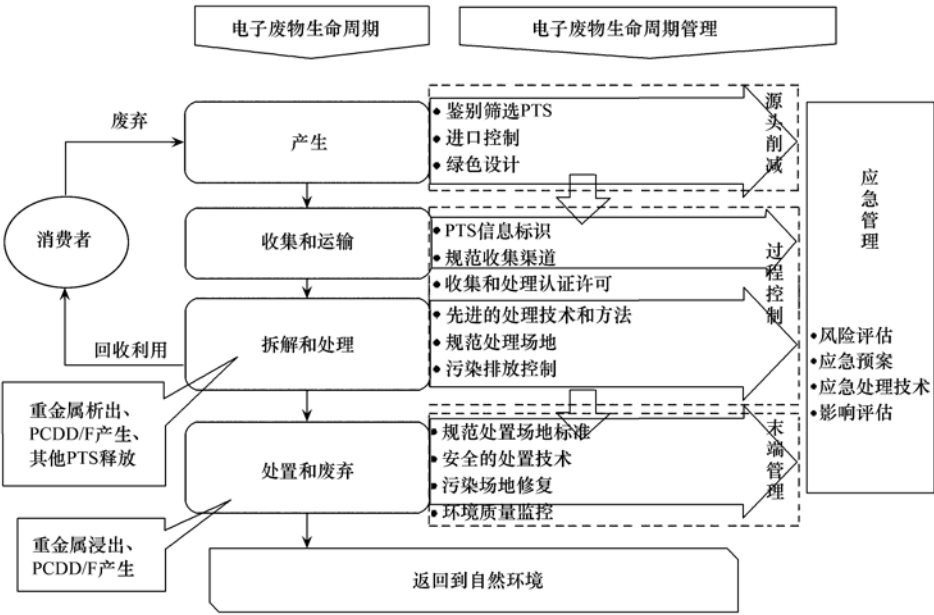


图 1 电子废物生命周期及生命周期管理

Fig. 1 Life cycle and life cycle management of e-waste

政策(表2),更加重视量化和无害化的源头控制和过程控制,并且把固体废物管理、危险废物管理、电子产品管理以及环境质最控制结合起来,实现全方位控制电子废物污染。

3 评估结果及分析

要对电子废物 PTS 控制和管理政策体系进行综合评估,首先通过文献查阅、专家库查询、专家推荐等方式从相关行业协会、企业、研究机构中选择该领域的评估专家,这些专家从知识结构上涵盖技术、管理、决策领域,对电子废物处理技术和管理政策非常熟悉。然后根据生命周期管理框架,确定影响对每个生命周期环节管理的政策因素,设计政策评估的指标体系和评估表,评价的指标包括政策的管理目标、法规可得性、法规协调性等五大方面(表3)。在此基础上,向评估专家提供电子废物管理法规政策的背景资料,征询专家意见,进行第一轮打分。对专家打分已经进行分析汇总后,将统计结果反馈给专家,然后专家根据反馈结果修正意见,经过多轮征询和意见反馈,形成最终的评分结果。

本研究通过层层筛选,邀请相关行业协会、企业、污染控制专家进行打分,每个指标下的好等级、一般等级和差等级分别赋予3分、2分、1分,去掉众多专家评分中的最高分和最低分后,取平均值得到最后的评估值,2.5~3分为好等级,1.5~2.4分为一般等级,1~1.4分为差等级。通过多轮意见征

询和打分,保证评价结果能够客观地综合多数专家经验与主观判断。评估结果如表4所示。

(1)管理目标

在源头削减阶段现有电子废物法规政策有清晰而直接的控制 PTS 目标,特别是涉及绿色设计的管理。《废电池污染防治技术政策》、《废弃家用电器与电子产品污染防治技术政策》和《电子废物污染环境防治管理办法》明确规定电子产品中某些 PTS 的最高允许含量,此外还制定含 PTS 的高风险产品的淘汰清单和时间表。而过程控制和末端管理阶段涉及部分含多氯联苯、多溴联苯和多溴联苯醚电子废物的处理处置方法,在场地排放标准中涉及铅、汞、镉、二噁英、苯并芘的排放标准。因此这3个生命周期环节的管理目标比较明确,只是在涉及的电子废物种类和 PTS 种类上有差异。而应急管理主要依据固体废物和危险废物管理的法规政策,没有针对 PTS 控制的管理目标,包括哪些 PTS 应该纳入电子废物的风险评估,针对主要的 PTS 应该有哪些应急预案和应急处理措施。

(2)法规可得性

近年来,涉及电子废物的管理法规政策已经从最初的末端治理延伸到源头削减和过程控制,每个生命周期阶段都有与电子废物相关的专门法律法规。基于全生命周期管理的电子废物政策体系已经基本形成,但是针对各个生命周期阶段的法规政策发展极不平衡,其差异性一方面体现在对具体管理

表 2 涉及电子废物各生命周期环节 PTS 管理的法规政策

Table 2 Policies and regulations for e-waste PTS management at various life stages

生命周期管理	管理环节	法规政策	涉及具体内容
源头削减	鉴别筛选 PTS	国家危险废物名录、危险废物鉴别标准	筛选具有危险特性的电子废物
	进口控制	进口可用作原料的固体废物环境保护控制标准	废电机、废电线电缆、废五金电器、废钢铁控制标准, 禁止夹杂含有多氯联苯废物
	绿色设计	废电池污染防治技术政策	电池中镉、铅最高含量标准
		电子信息产品中有毒有害物质的限量要求	电子信息产品中铅、汞、六价铬、多溴联苯、多溴二苯醚、镉的限量标准
过程控制	PTS 信息标识	废弃家用电器与电子产品污染防治技术政策	环境友好设计、产品市场准入制度、政府绿色采购政策
		电子废物污染环境防治管理办法	限制、淘汰有毒有害物质使用
	PTS 信息标识	废电池污染防治技术政策、废弃家用电器与电子产品污染防治技术政策、电子信息产品污染控制管理办法	有毒有害物质信息标识
		电子废物污染环境防治管理办法	公开所含有毒有害物质, 不当利用/处置可能对环境/人类健康影响, 无害化利用/处置方法提示
	规范收集、运输、贮存、处理	家电“以旧换新”政策	通过促销回收旧家电, 送指定拆解中心进行处理
		废电池污染防治技术政策	要求结构完整, 批量废电池
		废弃家用电器与电子产品污染防治技术政策	采取适当的包装措施
		电子废物污染环境防治管理办法	生产者、进口者和销售者负责以环境无害化方式贮存
		废弃电器电子产品回收处理管理条例	实行多渠道回收和集中处理制度, 处理实行资格许可制度, 建立处理基金
		废弃电器电子产品处理污染控制技术规范	含有多氯联苯的零(部)件、元(器)件收集、运输及贮存污染控制要求
	规范处理场地	电子废物污染环境防治管理办法	专门作业场所, 防雨、防地面渗漏
		废弃机电产品集中拆解利用处置区环境保护技术规范	场地规划、设计、建设、运行环境
		废弃家用电器与电子产品污染防治技术政策	封闭设施进行废弃物的破碎、分选
		危险废物污染防治技术政策	尽可能集中焚烧含有多氯联苯 PCBs 废物
		废电池污染防治技术政策	禁止焚烧废电池, 拆解, 破碎, 分选和修复处理应该在封闭建筑中进行
	处理方法技术	废弃家用电器与电子产品污染防治技术政策	使用通风橱收集印刷电路板加热焊接时产生的铅尘, PCBs 电容应该转移到危险废物处理场地; 单独收集, 用物理方法回收利用含有多溴联苯和多溴联苯醚电线和电缆中的铜, 禁止露天焚烧
		废弃电器电子产品处理污染控制技术规范	废弃印刷电路板、阴极射线管、电线电缆、液晶屏、电机、变电器的处理技术要求
		废弃电器电子产品处理污染控制技术规范	废弃印制电路、废弃阴极射线管、废塑料、废电线电缆、废电机等处理技术方法
		污染排放控制	苯并芘、铜
			苯并芘、铅、汞、镉
末端管理	处置技术	含有多氯联苯废物污染控制标准	$< 50 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 储存在合适的场地 $\geq 50 \sim \leq 500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 安全填满或者高温焚烧 $> 500 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 和用作电力电容器的, 高温焚烧
		废电池污染防治技术政策	废电池如果没有回收价值, 按照危险废物贮存/填埋污染控制标准进行安全填埋或储存
	处置场地环境监控	危险废物贮存污染控制标准	在常温常压下易爆、易燃及排出有毒气体的危险废物必须进行预处理, 使之稳定后贮存
		危险废物填埋污染控制标准	废物浸出液中任何一种有害成分浓度超过允许进入填埋区的控制限值的废物需经预处理后方能入场填埋
		废弃机电产品集中拆解利用处置区环境保护技术规范	禁止使用简单炉窑或在空旷地焚烧废弃电机和电子设备
		危险废物焚烧污染控制标准	废弃电机和电子设备燃烧和废旧电池回收的空气排放的铅、汞、镉、二噁英标准
		危险废物填埋污染控制标准	规定允许进入填埋区的有机汞、镉、总铬、汞控制限值
		环境空气质量标准	铅、苯并芘
应急管理	应急预案	中华人民共和国固体废物污染环境防治法	制定意外事故的防范措施和应急预案
		危险废物经营单位编制应急预案指南	处理污染事故的应急预案程序
		废弃机电产品集中拆解利用处置区环境保护技术规范、电子废物污染环境防治管理办法	处理环境污染事故的应急预案制度

表 3 电子废物 PTS 控制政策体系评估指标

Table 3 Indicator system for policy assessment of e-waste PTS control				
指标	指标描述	好等级	一般等级	差等级
管理目标	是否有电子废物 PTS 控制目标	有清晰的 PTS 控制目标(浓度、含量、总量)和实施时间表	原则性的 PTS 控制目标	没有针对 PTS 控制的目标
法规可得性	是否有与电子废物相关的专门法律法规	直接的电子废物法律法规	间接与电子废物相关的法律法规(如针对固体废物或者危险废物)	不存在
详细规定	是否有详细的管理、指南和标准来确保目标的达成	有清晰的管理流程,技术指南和标准	一般指南	没有流程指南和标准
法规协调性	法律之间是否有重复和冲突,是否有法律真空	没有重复和冲突,没有法律真空	少部分有冲突,存在法律真空部分	存在严重冲突或者大量的法律管理空白
法规的执行效果	管理目标的实现程度	完全实现预定管理目标,行业 PTS 得到有效控制	部分实现预定的管理目标,行业 PTS 受到初步控制	行业 PTS 没有受到控制,污染严重恶化

表 4 电子废物 PTS 控制政策体系评估结果

Table 4 Result of e-waste PTS control policy assessment				
指标	源头削减	过程管理	末端控制	应急管理
管理目标	好	好	好	差
法规可得性	好	好	好	好
详细规定	一般	一般	一般	差
法规协调性	一般	一般	差	差
法规政策执行效果	一般	一般	一般	差

环节的规定上,如源头削减阶段,3 个主要的管理环节:鉴别筛选 PTS、进口控制和绿色设计都有规定;而末端管理阶段,4 个主要管理环节中对污染场地修复的政策规定缺失. 另一方面更体现不同阶段法规政策在详细规定、法规协调性以及执行效果的不平衡发展.

(3)详细规定

目前,整个电子废物管理法规政策体系中原则性规定多、可操作的流程性规定和指南较少. 比较完善的规定包括源头削减阶段的 PTS 鉴别筛选以及过程控制阶段的 PTS 信息标识.

在过程控制和末端管理阶段尤其需要详细的电子废物收集运输管理流程、最佳可行处理处置技术以及处理处置场地管理指南,但是目前的法规政策在这些细节方面欠缺. 例如,尽管中国已经建立循环工业园区鼓励妥善处理 and 回收电子废物,但法规或标准推荐的 处理技术有限,推荐的处理方法几乎集中在高温焚烧和安全填埋,很少有其他最佳可得技术和清洁的资源回收技术,更没有涉及电子废物的进一步处理利用和再循环.

目前在应急管理中只有环保部出台的 建立危险废物应急管理指南中有明确的紧急处理程序,但是对电子废物管理非常关键的 PTS 风险评估、影响评估和可采用的应急处理技术还没有详细的规定.

(4)法规协调性

尽管我国基于全生命周期管理的电子废物政策体系已经基本形成,但是法规的协调性依然很差,存在大量的重复、冲突和法律管理空白. 在法律框架方面,源头削减阶段相对其他生命周期管理完善,但是仍然存在法规政策漏洞,例如,法规允许进口二手电子产品,翻修后重新出口,但是很多产品被非法卖到国内的二手市场. 虽然政策最初目标是发展出口贸易,弥补资源短缺. 然而,如果缺乏有效的处理和回用技术将会产生大量 PTS.

在末端管理阶段同样存在许多法规政策空白,例如缺乏明确的电子废物污染场地修复规定或指南,许多废弃的处理和填埋场地只经过简单处理,甚至不处理,就变成农业用地、住宅小区、商业或公共基础设施用地,而这些废弃地往往残留有高浓度的多氯联苯、多氯萘(PCNs)、多溴联苯醚、重金属等 PTS^[14-16],对生态环境和人体健康存在极大风险.

应急管理主要管理环节的政策缺失更多,特别是风险评估、应急处理技术和影响评估,需要投入更多的资源规范应急管理的制度、技术和标准.

(5)法规政策执行效果

在源头削减阶段,由于清晰的准入和采购标准缺失,尤其是部分 PTS 浓度限制标准的缺失导致绿色设计难以具有实际的可操作性,阻碍绿色采购的发展.

在过程控制阶段,多项法规政策试图建立多渠道回收和集中处理系统,尤其是家电“以旧换新”政策的实施,推动了电子废物回收许可政策的实施和集中电子废物回收园区的发展^[26],以电子废物处理大省浙江为例,实施家电“以旧换新”政策 9 个月,特许拆解企业的电子废物拆解率达到 75.4%,拆解后处理率达到 99.4%^[27]. 但是由于缺乏完善的费用分担机制和电子废物回收定价机制,仍然有许多

电子废物流入非正规的处理部门^[28]。

4 政策发展建议

由专家评估结果可见,电子废物源头削减环节的 PTS 法规政策管理较为完善,有明确的管理目标和较好的法规可得性,而应急管理环节的 PTS 法规政策管理最不完善,缺乏明确的管理目标和详细规定,法规协调性和执行效果差。而过程控制和末端管理环境尚有很多方面需要完善和协调。未来电子废物 PTS 污染控制政策急需在以下方面进一步完善。

(1)在源头削减阶段,针对进口控制和绿色设计方面的法规缺乏详细规定或者存在法律漏洞,应该进一步完善进口电子产品的 PTS 含量限值标准以及流向管理,完善进出口电子产品的台帐制度;制定电子产品的绿色等级标准、评估程序和政府优先采购目录。针对法规政策执行效果不佳的问题,应该加强绿色设计控制 PTS 污染的费用-效益评估,加强各种经济政策工具的合理运用,如绿色采购补贴和税收优惠,鼓励电子产品的绿色设计。目前国内实施的节能惠民补贴政策以及家电下乡政策主要针对家电产品的节能性能进行补贴,未来应对这些政策进行延伸,加强对无毒无害或少毒少害电子产品,尤其是工业领域的电子产品的补贴,鼓励消费者积极参与、监督电子废物 PTS 的源头削减行动。

(2)在过程控制阶段,针对电子废物收集运输管理流程、最佳可行处理技术指南不完善的问题,应该以完善 PTS 信息标识系统为突破口,在现有 PTS 含量是否超标的标识基础上,增加如何避免 PTS 污染危害、如何收集存放以及如何安全处理相关废物的信息;把电子废物处理技术研发及设备的系列开发列入国家重大专项,组织有关企业、机构和科研院校进行集中攻关,实现电子废物处理的重大科技突破,加快电子废物 PTS 处理最佳可行技术指南和相关标准的出台。针对法规政策执行效果不佳,电子废物流入非正规处理渠道的问题,完善电子产品生产企业的废物回收制度和回收基金的管理流程,加快电子废物收集处理的费用-效益评估,加强对企业回收基金的审计监督。

(3)在末端管理阶段,针对在处置技术和场地修复的法规政策空白问题,加强电子废物 PTS 处置和污染场地恢复最佳可行技术目录。此外,中国许多电子废物处理企业处在城乡接合部或者农村,随着城市化的快速发展,这些地方可能会变为农业用

地、住宅区或者其他建设用地,对人体健康产生严重风险,而目前只有废弃地转为农业用地和展览馆用地的场地修复标准,因此需要进一步制定相关流程标准规范污染场地的修复过程,尤其是废弃场地转变为住宅区、文教区、商务区的场地修复和风险评估指南。

(4)在应急管理方面,针对目前 PTS 管理目标不明确的问题,加强对主要 PTS 的风险评估研究,尤其针对是二噁英、多氯联苯、多溴联苯醚等公众关注的新型持久性有机物,把这些 PTS 纳入应急管理预案的优先控制范围,填补这方面法规和政策空白;针对详细规定缺乏的问题,应该优先完善一些集中处理处置场地的应急预案,当设施运行出现意外时,如温度超出设定运行范围或者烟气停留时间不足时,应有相应的应急处理技术和措施防止 PTS 的产生、泄漏以及对周围人群和环境的危害,详细规定人员疏散、灾害评估、损害赔偿的流程。

参考文献:

- [1] 江桂斌. 持久性有毒污染物研究中的若干前沿问题 [EB/OL]. <http://www.nsf.gov.cn/nsfc/cen/10yy/zy/030.htm>, 2012-11-25.
- [2] 籍国东,倪晋仁,孙铁珩. 持久性有毒物污染底泥修复技术进展[J]. 生态学杂志, 2004, 23(4): 118-121.
- [3] 江桂斌. 持久性有毒污染物的环境化学行为与毒理效应[J]. 毒理学杂志, 2005, 19(3): 179-180.
- [4] 李英明,江桂斌,王亚韩,等. 电子垃圾拆解地大气中二噁英、多氯联苯、多溴联苯醚的污染水平及相分配规律[J]. 科学通报, 2008, 53(2): 165-171.
- [5] 林文杰,吴荣华,郑泽纯,等. 贵屿电子垃圾处理对河流底泥及土壤重金属污染[J]. 生态环境学报, 2011, 20(1): 160-163.
- [6] Wang D L, Cai Z W, Jiang G B, et al. Determination of polybrominated diphenyl ethers in soil and sediment from an electronic waste recycling facility[J]. Chemosphere, 2005, 60(6): 810-816.
- [7] Environmental Health Criteria 205 of WHO. Polybrominated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans[S].
- [8] Liu H X, Zhou Q F, Wang Y W, et al. E-waste recycling induced polybrominated diphenyl ethers, polychlorinated biphenyls, polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzo-furans pollution in the ambient environment [J]. Environment International, 2008, 34(1): 67-72.
- [9] Wong C S C, Wu S C, Duzgoren-Aydin N S, et al. Trace metal contamination of sediments in an e-waste processing village in China[J]. Environmental Pollution, 2007, 145(2): 434-442.
- [10] Yu X Z, Gao Y, Wu S C, et al. Distribution of polycyclic aromatic hydrocarbons in soils at Guiyu area of China, affected by recycling of electronic waste using primitive technologies [J]. Chemosphere, 2006, 65(9): 1500-1509.

- [11] Tasaki T, Takasuga T, Osako M, *et al.* Substance flow analysis of brominated flame retardants and related compounds in waste TV sets in Japan[J]. *Waste Management*, 2004, **24**(6): 571-580.
- [12] 傅建捷, 王亚韡, 周麟佳, 等. 我国典型电子垃圾拆解地持久性有毒化学污染物污染现状[J]. *化学进展*, 2011, **23**(8): 1755-1768.
- [13] Puckett J L, Byster S, Westervelt R, *et al.* Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia[R]. Basel: The Basel Action Network, 2002.
- [14] 王学彤, 李元成, 张媛, 等. 电子废物拆解区农业土壤中多氯联苯的污染特征[J]. *环境科学*, 2012, **33**(2): 587-591.
- [15] 王学彤, 贾金盼, 李元成, 等. 电子废物拆解区农业土壤中PCNs的污染水平、分布特征与来源解析[J]. *环境科学*, 2012, **33**(1): 247-252.
- [16] 王学彤, 王飞, 贾金盼, 等. 电子废物拆解区河流沉积物中多溴二苯醚的污染水平、分布及来源[J]. *环境科学*, 2011, **32**(4): 1088-1093.
- [17] Widmer R, Oswald-Krapf H, Sinha-Khetriwal D, *et al.* Global perspectives on e-waste[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2005, **25**(5): 436-458.
- [18] Åkesson A, Lundh T, Vahter M, *et al.* Tubular and glomerular kidney effects in Swedish women with low environmental cadmium exposure[J]. *Environmental Health Perspectives*, 2005, **113**(11): 627-1631.
- [19] Järupa L, Hellströmd L, Alfvénb T, *et al.* Low level exposure to cadmium and early kidney damage: the OSCAR study[J]. *Occupational and Environmental Medicine*, 2000, **57**(10): 668-672.
- [20] Filipič M. Mechanisms of cadmium induced genomic instability[J]. *Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis*, 2012, **733**(1-2): 69-77.
- [21] Zheng L K, Wu K S, Li Y, *et al.* Blood lead and cadmium levels and relevant factors among children from an e-waste recycling town in China[J]. *Environmental Research*, 2008, **108**(1): 15-20.
- [22] Zheng G J, Leung A O, Jiao L P, *et al.* Polychlorinated dibenzo-*p*-dioxins and dibenzofurans pollution in China: Sources, environmental levels and potential human health impacts[J]. *Environment International*, 2008, **34**(7): 1050-1061.
- [23] Teshima R, Nakamura R, Nakamura R, *et al.* Effects of exposure to decabromodiphenyl ether on the development of the immune system in rats[J]. *Journal of Health Science*, 2008, **54**(4): 382-389.
- [24] Koh S C L, Gunasekaran A, Tseng C S. Cross-tier ripple and indirect effects of directives WEEE and RoHS on greening a supply chain[J]. *International Journal of Production Economics*, 2012, **140**(1): 305-317.
- [25] 刘建国, 唐孝炎, 胡建信. 持久性生物累积性有毒污染物与国际相关控制策略和行动[J]. *环境保护*, 2003, (4): 52-56.
- [26] Hicksa C, Dietmar R, Eugster M. The recycling and disposal of electrical and electronic waste in China-legislative and market responses[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2005, **25**(5): 459-471.
- [27] 浙江省环境保护厅. 浙江省废弃电器电子产品处理发展规划[EB/OL]. http://www.zjepb.gov.cn/hbthmwz/sylm/tzgg/201012/t20101227_94118.htm, 2013-1-14, 12-14.
- [28] Shinkuma T, Managi S. On the effectiveness of a license scheme for E-waste recycling: The challenge of China and India[J]. *Environmental Impact Assessment Review*, 2010, **30**(4): 262-267.

CONTENTS

Stable Carbon Isotopic Composition in PM _{2.5} in Nanjing Region	WU Meng-long, GUO Zhao-bing, LIU Feng-ling, <i>et al.</i> (3727)
Distribution and Source Apportionment of <i>n</i> -Alkanes in Atmospheric Particle in Taiyuan, China	HU Dong-mei, PENG Lin, BAI Hui-ling, <i>et al.</i> (3733)
Study on Influence of Traffic and Meteorological Factors on Inhalable Particle Matters of Different Size	LUO Na-na, ZHAO Wen-ji, YAN Xing, <i>et al.</i> (3741)
Particle Emission Characteristics of Diesel Bus Fueled with Bio-diesel	LOU Di-ming, CHEN Feng, HU Zhi-yuan, <i>et al.</i> (3749)
Characteristics of $\delta^{18}\text{O}$ in Precipitation and Water Vapor Sources in Lanzhou City and Its Surrounding Area	CHEN Fen-li, ZHANG Ming-jun, MA Qian, <i>et al.</i> (3755)
Characteristics and Sources of Soluble Ions in Aerosols from Glacier No. 1 at the Headwater of Urumqi River, Tianshan Mountains, China	YUE Xiao-ying, LI Zhong-qin, ZHANG Ming-jun, <i>et al.</i> (3764)
Mechanism and Performance of Styrene Oxidation by O ₃ /H ₂ O ₂	HE Jue-cong, HUANG Qian-ru, YE Qi-hong, <i>et al.</i> (3772)
Sulfur Isotopic Signatures in Leaves of <i>Pinus massoniana</i> Lamb. and Source Apportionment	GUAN Hui, XIAO Hua-yun, ZHU Ren-guo, <i>et al.</i> (3777)
Comparisons of Sulfur Contents and Isotopes Between Mosses and Surface Soils in Jiangxi Province	LI Nan, XIAO Hua-yun, CHEN Yong-zhong, <i>et al.</i> (3782)
Research on Spatial Characteristic of Non-point Source Pollution in Liaohe River Basin	WANG Xue-lei, CAI Ming-yong, ZHONG Bu-qing, <i>et al.</i> (3788)
Spatial and Temporal Variations of Hydrological Characteristic on the Landscape Zone Scale in Alpine Cold Region	YANG Yong-gang, HU Jin-fei, XIAO Hong-lang, <i>et al.</i> (3797)
Distribution of Matrix-Bound Phosphine in Surface Sediments of Jinpu Bay	YOU Li-li, ZONG Hai-bo, ZHANG Shu-fang, <i>et al.</i> (3804)
Effects of Drying-Rewetting Alternation on Urease Activity in Chongming East Intertidal Flat; Results of a Simulation Study	HAN Jian-gang, CAO Xue (3810)
Characterization of Microbial Activities in Marine Mudflat Sediment Using FDA Hydrolase Analysis	LIU Ye, ZOU Li, LIU Lu, <i>et al.</i> (3818)
Analysis of Ecological Risk and the Content Situation of Polybrominated Diphenyl Ethers in Sediments from Northeast China River Basin	NIE Hai-feng, CHENG Hang-xin, ZHAO Chuan-dong, <i>et al.</i> (3825)
Residues and Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in the Surface Sediments and Marine Organisms from Dapeng Bay, Shenzhen	SUN Run-xia, KE Chang-liang, GU Yang-guang, <i>et al.</i> (3832)
Source Apportionment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons Using Two Mathematical Models for Runoff of the Shanghai Elevated Inner Highway, China	BIAN Lu, LI Tian, HOU Juan (3840)
Biomagnification of Heavy Metals in the Aquatic Food Chain in Daning River of the Three Gorges Reservoir During Initial Impoundment	YU Yang, WANG Yu-chun, ZHOU Huai-dong, <i>et al.</i> (3847)
Temporal and Spatial Distribution of Environmental Factors and Chlorophyll-a and Their Correlation Analysis in a Small Enclosed Lake	LI Fei-peng, ZHANG Hai-ping, CHEN Ling (3854)
Experiment and Model Simulation of Self-Purification Capacity of Nitrogen and Phosphorus in Lake Taihu	HAN Tao, ZHAI Shu-hua, HU Wei-ping, <i>et al.</i> (3862)
Simulation Research on the Release of Internal Nutrients Affected by Different Dredging Methods in Lake	CHEN Chao, ZHONG Ji-cheng, FAN Cheng-xin, <i>et al.</i> (3872)
Research of Urban Eutrophic Water Repair by Water/Sediment Biological Bases	ZHOU Hui-hua, SONG Xiao-guang, WU Ge, <i>et al.</i> (3879)
Effects of Regulatory Agent on the Heavy Metal Stability in Tidal Sediments	OU Feng-zhuang, SUN Guo-ping, XU Mei-ying (3888)
Impact of Regional Water Chemistry on the Phosphorus Isothermal Adsorption of the Sediments in Three Subsidence Waters of the Huainan Mine Areas	YI Qi-tao, SUN Peng-fei, XIE Kai, <i>et al.</i> (3894)
Adsorption Characteristics of f2 Bacteriophages by Four Substrates in Constructed Wetland	CHEN Di, ZHENG Xiang, WEI Yuan-song, <i>et al.</i> (3904)
Adsorption Characteristics of the Antibiotic Sulfanilamide onto Rice Husk Ash	JI Ying-xue, WANG Feng-he, ZHANG Fan, <i>et al.</i> (3912)
Study on the Stability Variation Mechanism of Humic Acid Water Solution After Radiated by the UV Light	WANG Wen-dong, ZHOU Li-chuan, DING Zhen-zhen, <i>et al.</i> (3921)
Comparison of As Removal Performance by Graphene/Iron-Based Material	Chaomuerlege, FENG Liu, HUO Yan-xia (3927)
Studies on the Dispersion and Deposition Behavior of Nano-TiO ₂ in Aquatic System	CHEN Jin-yuan, FANG Jin-feng, WEI Xiu-zhen (3933)
Effect of the Interaction of Microorganisms and Iron Oxides on Arsenic Releasing into Groundwater in Chinese Loess	XIE Yun-yun, CHEN Tian-hu, ZHOU Yue-fei, <i>et al.</i> (3940)
Surface Modification of Polyvinylidene Fluoride (PVDF) Membrane by Using the Zwitterionic Substance	ZHOU Gui-hua, XIAO Feng, XIAO Ping, <i>et al.</i> (3945)
Estimate the Abatement Rate of Septic Tank Sewage Outfall Soil on Nitrogen Pollutants of Typical Farmer Household Sewage	ZHOU Feng, WANG Wen-lin, WANG Guo-xiang, <i>et al.</i> (3954)
Wastewater Pollution Characteristics from Typical Intensive Pig Farms in the Pearl River Delta and Its Ecological Risk Assessment	LI Wen-ying, PENG Zhi-ping, YU Jun-hong, <i>et al.</i> (3963)
Effects of Sludge Compost Used as Lawn Medium on Lawn Growth and Soil and Water Environment	JIN Shu-quan, ZHOU Jin-bo, CHEN Ruo-xia, <i>et al.</i> (3969)
Influencing Factors of Floc Size Distribution and Fractal Dimension of Activated Sludge	LI Zhen-liang, ZHANG Dai-jun, LU Pei-li, <i>et al.</i> (3975)
Influence of Different Recovery Methods on the Activity of Nitrification Granular Sludge	GUO Xiu-li, GAO Da-wen, LU Jian-cong (3981)
Study on Hydrogen Autotrophic Denitrification of Bio-ceramic Reactor	CHEN Dan, WANG Hong-yu, SONG Min, <i>et al.</i> (3986)
Studies on Spatial Heterogeneity of Soil Respiration in a Subalpine Meadow	YAN Jun-xia, LI Jun-jian, LI Hong-jian, <i>et al.</i> (3992)
Modeling of CO ₂ Fluxes at Cropland by Using SIB3 Model	ZHANG Geng-jun, LU Li-xin, JIANG Ling-mei, <i>et al.</i> (4000)
Effects of the Different Land Use on Soil Labile Organic Matter and Carbon Management Index in Junyun Mountain	XU Peng, JIANG Chang-sheng, HAO Qing-ju, <i>et al.</i> (4009)
Heavy Metal Content in Street Dust and Environmental Risk Assessment of Agricultural City: A Case Study of Xuchang City	YAN Hui, CHEN Jie, XIAO Jun (4017)
Polybrominated Diphenyl Ethers and Polychlorinated Biphenyls in Road Dust from Suzhou, Wuxi and Nantong	SHI Shuang-xin, DONG Liang, LI Ling-ling, <i>et al.</i> (4024)
Vertical Distribution of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons in Abandoned Vehicles Dismantling Area Soil	WU Yan-yu, HU Xiao-ying, HONG Hong-jia, <i>et al.</i> (4031)
Stabilization and Long-term Effect of Chromium Contaminated Soil	WANG Jing, LUO Qi-shi, ZHANG Chang-bo, <i>et al.</i> (4036)
Leaching Characteristics of Sulfadiazine and Sulfamethoxazole in Soil Column	LI Man, CHEN Wei-ping, WEI Fu-xiang, <i>et al.</i> (4042)
Transport Behaviors of Metal Oxide Nanomaterials in Various Soils	FANG Jing, YU Bo-yang (4050)
Fractal Characteristics of Capillary Finger Flow for NAPLs Infiltrated in Porous Media	LI Hui-ying, DU Xiao-ming, YANG Bin, <i>et al.</i> (4058)
Allelopathic Potential of <i>Phyllostachys edulis</i> on Two Dominant Tree Species of Evergreen Broad-leaved Forest in Its Invasive Process	BAI Shang-bin, ZHOU Guo-mo, WANG Yi-xiang, <i>et al.</i> (4066)
Preliminary Studies on the Occurrence of Antibiotic Resistance Genes in Typical Aquaculture Area of the Pearl River Estuary	LIANG Xi-mei, NIE Xiang-ping, SHI Zhen (4073)
Concentrations and Safety Evaluation of Heavy Metals in Aquatic Products of Yancheng, Jiangsu Province	LIU Yang, FU Qiang, GAO Jun, <i>et al.</i> (4081)
Effects of Cu ²⁺ Stress on DNA Polymorphism of Genome in Foxtail Millet of Different Genotypes	ZHANG Yi-xian, FU Ya-ping, XIAO Zhi-hua, <i>et al.</i> (4090)
Research on Soil Bacteria Under the Impact of Sealed CO ₂ Leakage by High-throughput Sequencing Technology	TIAN Di, MA Xin, LI Yu-e, <i>et al.</i> (4096)
Microeukaryotic Biodiversity in the Waste Ore Samples Surrounding an Acid Mine Drainage Lake	LI Si-yuan, HAO Chun-bo, WANG Li-hua, <i>et al.</i> (4105)
Characteristics and Functional Protein Analysis of an Effective Decabromodiphenyl Ether-Degrading Strain	CHANG Jing-jing, YIN Hua, QIN Hua-ming, <i>et al.</i> (4112)
Effect of Selenium on the Uptake and Translocation of Manganese, Iron, Phosphorus and Selenium in Rice (<i>Oryza sativa</i> L.)	HU Ying, HUANG Yi-zong, HUANG Yan-chao, <i>et al.</i> (4119)
Effect of Exogenous Iron on Accumulation and Chemical Forms of Cadmium, and Physiological Characterization in Different Varieties of Tomato	LIU Jun, ZHOU Kun, XU Wei-hong, <i>et al.</i> (4126)
Analysis of Control Policy for Persistent Toxic Substances from Electronic Wastes in China	LI Li, LÜ Yong-long, WANG Tie-yu (4132)

《环境科学》第6届编辑委员会

主 编: 欧阳自远

副主编: 赵景柱 郝吉明 田 刚

编 委: (按姓氏笔画排序)

万国江 王华聪 王凯军 王绪绪 田 刚 田 静 史培军
朱永官 刘志培 汤鸿霄 陈吉宁 孟 伟 周宗灿 林金明
欧阳自远 赵景柱 姜 林 郝郑平 郝吉明 聂永丰 黄 霞
黄 耀 鲍 强 潘 纲 潘 涛 魏复盛

环 境 科 学

(HUANJING KEXUE)

(月刊 1976年8月创刊)

2013年10月15日 34卷 第10期

ENVIRONMENTAL SCIENCE

(Monthly Started in 1976)

Vol. 34 No. 10 Oct. 15, 2013

主 管	中国科学院	Superintended	by	Chinese Academy of Sciences
主 办	中国科学院生态环境研究中心	Sponsored	by	Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences
协 办	(以参加先后为序) 北京市环境保护科学研究院 清华大学环境学院	Co-Sponsored	by	Beijing Municipal Research Institute of Environmental Protection School of Environment, Tsinghua University
主 编	欧阳自远	Editor-in -Chief		OUYANG Zi-yuan
编 辑	《环境科学》编辑委员会 北京市2871信箱(海淀区双清路 18号, 邮政编码:100085) 电话:010-62941102, 010-62849343 传真:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn	Edited	by	The Editorial Board of Environmental Science (HUANJING KEXUE) P. O. Box 2871, Beijing 100085, China Tel:010-62941102, 010-62849343; Fax:010-62849343 E-mail: hjkx@ rcees. ac. cn http://www. hjkx. ac. cn
出 版	科 学 出 版 社 北京东黄城根北街16号 邮政编码:100717	Published	by	Science Press 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷 装 订	北京北林印刷厂	Printed	by	Beijing Bei Lin Printing House
发 行	科 学 出 版 社 电话:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com	Distributed	by	Science Press Tel:010-64017032 E-mail: journal@ mail. sciencep. com
订 购 处	全国各地邮电局	Domestic		All Local Post Offices in China
国外总发行	中国国际图书贸易总公司 (北京399信箱)	Foreign		China International Book Trading Corporation (Guoji Shudian), P. O. Box 399, Beijing 100044, China

中国标准刊号: ISSN 0250-3301
CN 11-1895/X

国内邮发代号: 2-821

国内定价: 90.00元

国外发行代号: M 205

国内外公开发行