

DOI:10.7524/AJE.1673-5897.20190829001

赵静, 王燕飞, 蒋京呈, 等. 化学品环境风险管理需求与战略思考[J]. 生态毒理学报, 2020, 15(1): 72-78

Zhao J, Wang Y F, Jiang J C, et al. Study on chemical environmental risk management needs and strategy [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2020, 15(1): 72-78 (in Chinese)

化学品环境风险管理需求与战略思考

赵静, 王燕飞, 蒋京呈, 葛海虹*, 菅小东, 林军

生态环境部固体废物与化学品管理技术中心, 北京 100029

收稿日期: 2019-08-29 录用日期: 2019-12-16

摘要: 在广泛调研收集化学品环境风险与污染危害等资料基础上, 结合化学品环境管理的国内外形势与现状, 针对我国目前存在的化学品环境管理体制不完善、环境风险防控工作滞后和技术支撑能力不足等问题, 从国家战略层面分析了我国化学品全生命周期环境与健康风险管理需求, 提出了我国化学品环境风险管理中长期发展目标及行动计划。行动计划涵盖了健全化学品法律法规和制度体系、系统开展化学品危害筛查和风险评估、推动有毒有害化学品的限制与淘汰、加强有毒有害化学品环境污染防治、提升化学品风险评估与管理能力和促进产业绿色发展等方面建议, 对于我国加快构建完善的化学品风险管控制度和技术体系具有重要的参考和借鉴意义。

关键词: 化学品; 环境风险; 管理; 战略

文章编号: 1673-5897(2020)1-072-07 中图分类号: X171.5 文献标识码: A

Study on Chemical Environmental Risk Management Needs and Strategy

Zhao Jing, Wang Yanfei, Jiang Jingcheng, Ge Haihong*, Jian Xiaodong, Lin Jun

Solid Waste and Chemicals Management Center, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100029, China

Received 29 August 2019 accepted 16 December 2019

Abstract: On the basis of extensive research and collection of information on chemical environmental risks and pollution, combining the domestic and international situation of chemical environmental management, the author analyzed the needs of environmental and health risk management across the chemical life cycle from the national strategic level, and proposed the medium and long-term development goals and action plans on chemical environmental risk management in China, which is specific to the existing problems of imperfect environmental management system on chemicals, lagged environmental risk prevention and control work and insufficient technical support capacity. The action plans cover improving chemical laws, regulations and institutional systems, systematically conducting chemical hazard screening and risk assessment, promoting the restriction and elimination of toxic and hazardous chemicals, strengthening environmental pollution prevention and control of toxic and hazardous chemicals, enhancing chemical risk assessment and management capabilities and promoting industrial green development, which have significant reference for China to accelerate the establishment of sound risk management institution and technical system on chemicals.

基金项目: 原环境保护部 2018 年化学品污染防治项目

作者简介: 赵静(1984—), 女, 硕士, 工程师, 研究方向为化学品风险评估及管理政策研究, E-mail: zhaojing@meescc.cn

* 通讯作者 (Corresponding author), E-mail: gehaihong@meescc.cn

Keywords: chemicals; environmental risk; management; strategy

1992年,联合国环境与发展大会将化学品环境管理列入全球可持续发展议程即《21世纪议程》,其中,第19章提出,应逐步淘汰或禁用那些对环境或人体健康构成不可接受或无法管理风险的化学品以及那些具有毒性、持久性和生物蓄积性且无法适当控制其使用的化学品^[1]。2002年2月,联合国环境规划署理事会第7届特别会议决定,要拟订一项国际化学品管理的战略方针,并于同年8月底在南非约翰内斯堡举行的可持续发展世界首脑会议(WSSD)上获得同意。2006年,在迪拜举行的国际化学品管理国际大会第一届会议上通过了《关于国际化学品管理的迪拜宣言》、《总体政策战略》和《全球行动计划》,这3项文件共同构成了《国际化学品管理战略方针》(SAICM),提出到2020年,实现化学品和所有废物在整个存在周期的无害环境管理^[2]。2015年,联合国通过“2030年可持续发展议程”,提出将减少由城市活动和危害人类健康和环境的化学品所产生的不利影响,包括以环境无害方式管理和安全使用化学品^[3]。2017年至今,联合国环境署启动多次闭会期间会议,就2020年后化学品与废物健全管理行动方案的愿景、政策原则、目标和实施等问题进行磋商,呼吁从全球、区域和国家各层面开展积极有效的行动^[4]。

我国参加了于1992年举行的联合国环境与发展大会,同年8月,中共中央、国务院批准了外交部和原国家环境保护局关于联合国环境与发展大会的报告,提出了“中国环境与发展十大对策”。2016年,为推进落实2030年可持续发展议程,我国制定发布《中国落实2030年可持续发展议程国别方案》,针对化学品环境管理发展目标提出多项落实举措,包括:为减少危险化学品的环境和健康风险,要改革环境治理基础制度,建立覆盖所有固定污染源的排放许可制,力争到2020年,建立全国统一的实时在线环境监控系统,健全环境信息公开制度,开展环保督察巡视,严格环保执法;为加强化学品和废物的环境管理,要对化学品和所有废物进行全生命周期的无害环境管理,降低化学品对人类健康和环境造成的不良影响,大幅度提高绿色化工技术水平^[5]。2017年,“十九大”报告提出要加快生态文明体制改革,形成节约资源和保护环境的空间格局、产业结构、生产方式和生活方式,重点要推进绿色发展,着

力解决突出环境问题;要坚定实施区域协调发展战略和可持续发展战略,坚决打好污染防治攻坚战^[6]。

化学品健全管理是生态文明建设和可持续发展的基础,是环境保护和绿色发展的重要领域。我国化学品环境管理历经30多年的发展,在基础信息收集、能力建设等方面已取得一定进展和成效,风险管理的基础能力和水平也在逐步提升,但化学品环境风险防控工作仍进展缓慢,顶层设计不足是一个重要的制约因素。因此,本文综合阐述了当前国内化学品环境管理的形势与现状,研究提出了化学品环境风险管理的战略需求、目标和主要行动计划,以期推动我国化学品环境管理进入系统化、科学化发展阶段,加快与国际接轨。

1 化学品污染问题(Problems on chemical pollution)

1.1 化学品潜在暴露风险增加

化学工业的快速发展增加了化学品环境和健康的潜在暴露风险。据《全球化学品展望2》的最新数据显示,2000—2017年期间,全球化学工业产能(不包括药品)从大约12亿t增加到23亿t,2017年全球包括药品在内的化学品销售额合计达到5.68万亿美元,预计2017—2030年期间销售额几乎将再翻一番(图1),预计2030年中国将占全球销售额的近50%。2018年,全球商业流通中的工业化学品估计约4~6万种,其中6000种化学品占流通总量的99%以上。根据欧洲环境署2018年汇编的数据,2016年欧洲化学品消费总量中约62%对健康构成危害^[7]。

我国化学品种类多、产量大,潜在暴露风险较高。自2010年起我国化工经济总量已跃居世界第一,产值约占工业总产值的12%，“十二五”期间年均增长达9%，已成为世界第一大化学品生产国，甲醇、化肥、农药、氯碱、轮胎和无机原料等重要大宗产品产量位居世界首位^[8]。据原环境保护部2015年开展的全国重点行业化学品生产使用情况调查显示,2015年我国九大行业3万多家企业生产使用化学品3万余种,总产量8亿多吨,总使用量6亿多吨,其中,产量超过千吨的高产量化学品4000多种,约占总产量的99%以上;国际癌症机构发布的2B类以上致癌物质167种,产量1.2亿多吨,使用量1.1亿多吨。我国《中国现有化学物质名录》统计的现有化学物质约45000种^[10],而且新化学物质种类

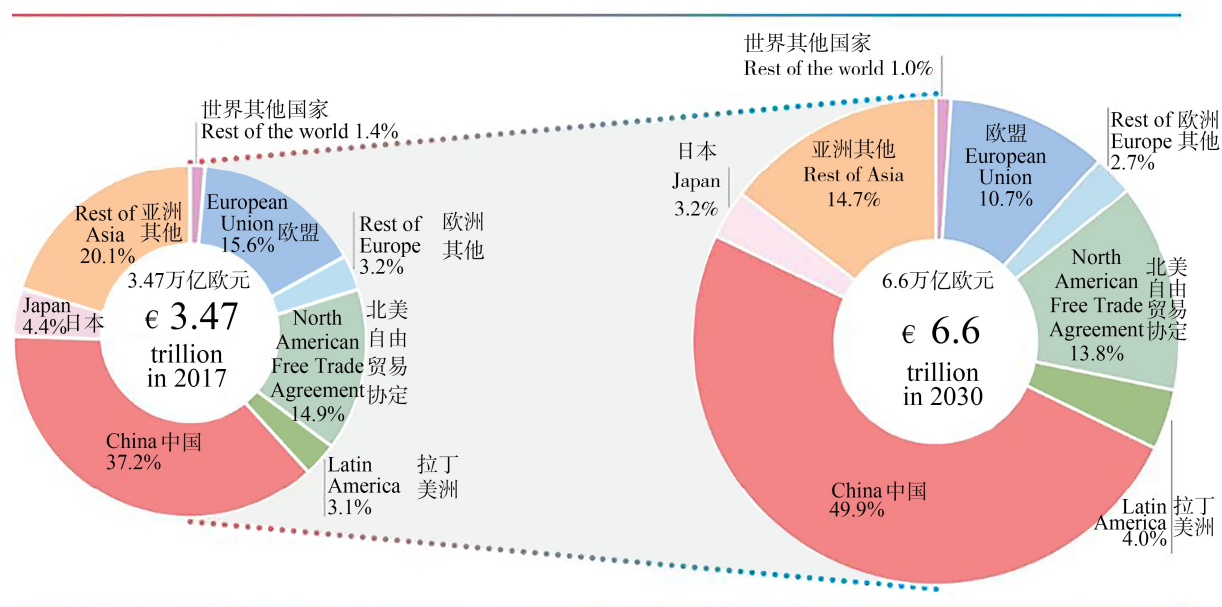


图 1 2017—2030 年世界化学品销售额 (不含药品) 增长预测^[8]

Fig. 1 Projected growth in world chemical sales (excluding pharmaceuticals), 2017—2030^[8]

每年以几十种的速度在增长, 化学品潜在暴露风险在逐年增加。

1.2 化学品环境与健康风险增加

化学品的各种生产和使用过程会持续向空气、水和土壤释放大量化物质并产生大量废物, 带来诸多典型的环境污染问题, 如微塑料在全球各地的水、沉积物和生物体中不断被检出, 尤其是在人类生产活动密集的港口及河流入海口、海岸带等地区^[11], 具有持久性、生物蓄积性、高亲脂性以及长距离迁移能力等特征的六溴环十二烷(HBCDs)在环境各介质及生物体中均有检出^[12]。最近的一项研究表明, 在某些工业化城市, 源于化石燃料的挥发性有机污染物的主要来源是挥发性化学品(VCPs)的使用, 例如农药、涂料、印刷油墨、胶粘剂、清洁剂和个人护理产品等^[13]。

据《全球化学品展望 2》报道, 在全球所有区域的空气、水和土壤以及生物群中均可检测到化学污染物。在水体和人类经常食用的海洋动物中检测到了微塑料、药物残留物和汞等物质, 在 10 000 m 深的海洋沉积物中的动物体内检测到高浓度多氯联苯, 在喜马拉雅冰川中发现了受《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》管制的某些有机氯农药。人类体内也经常检测到令人关切的化学品, 例如母乳中的二噁英和呋喃, 尿液中的邻苯二甲酸酯, 以及人类血液中的重金属等。最近的几项研究显示, 在新生儿脐带血中检测到已禁止使用的阻燃剂,

表明母婴传递是残留物质转移到后代的途径之一, 而这正是持久性和生物蓄积性物质的一个典型特征。

近年来, 我国河流、湖泊、近海水域、野生动物和人体中广泛检测出各种对生态系统和人体健康具有潜在毒害作用的化学品, 包括持久性有机污染物(POPs)^[14]、内分泌干扰物质(EDCs)^[15]、含抗生素等的药品及个人护理用化学品(PCPs), 以及重金属铅、汞和镉等^[16-17]。

1.3 化学品污染危害已经显现

化学污染威胁生物群和生态系统功能。据研究, 溴化阻燃剂对鱼类可造成慢性影响甚至死亡, 接触多氯联苯和多氟烷基物质会导致海豹和海龟的免疫系统受到抑制, 雄性鱼因接触合成雌激素而雌性化^[7]。2018 年印度的一项研究表明, 药品双氯芬酸在被禁止 10 多年后继续对秃鹫种群的健康产生不利影响。此外, 还发现一些杀虫剂对非目标昆虫和授粉动物有负面影响; 农业中磷和氮的过量使用继续造成世界各地的海洋形成“死区”; 一些化学物质会对珊瑚礁生态系统的健康带来压力。研究还表明, 释放到环境中的一些抗菌药物、重金属和消毒剂会使病原体产生抗药性^[18]。

化学污染是造成全球疾病负担的重要因素^[19], 根据 2015 年的几项研究估计, 由化学品引起的神经行为缺陷每年在欧盟造成的损失超过 1 700 亿美元, 因儿童铅中毒在中低收入国家造成的经济损失

约为9 770 亿国际元^[7]。另据世界卫生组织估计,在2016年由化学品污染带来的疾病大约导致了160万人的死亡^[20]。

在我国,一些有毒有害化学物质的污染危害也已显现。清华大学的一项研究表明,我国是全氟辛烷磺酸(PFOS)类物质的唯一生产国和供应国,部分沿江沿海区域PFOS污染严重^[21]。北京大学的另一项研究表明,三苯基锡化合物(简称TPT)广泛应用于船体防污漆,可能是造成野外中华鲟数量下降和畸形的重要原因之一^[22]。另据非政府组织(NGO)报道,一些有毒有害物质在长江上、中、下游的野生鱼体内广泛存在,在取自长江上、中、下游不同城市的鲤鱼和鲢鱼体内,均测出了具有内分泌干扰特性的壬基酚和辛基酚,这2种物质可导致雌性性早熟等性发育和生殖系统问题。

2 我国化学品环境管理需求与目标 (Needs and goals of chemical environmental management in China)

2.1 我国化学品环境管理现状

我国的化学品管理起步较晚,1988年原国家环境保护局成立有毒化学品办公室,1994年启动有毒化学品进出口环境管理工作,2003年原国家环保总局发布17号令(《新化学物质环境管理办法》)并开始新化学物质环境管理登记。欧美日等发达国家则早已制定并逐步完善化学品管理法律法规。欧盟自1967年开始对危险物质进行分类、包装和标识管理;1993年和1994年,分别对新物质和现有物质提出风险评估要求;2007年,颁布实施《化学品的注册、评估、授权和限制》(简称REACH),同步管理新物质和现有物质,对所有上市的化学物质实施注册、评估、授权和限制。美国于1976年颁布有毒物质控制法(简称TSCA),目的是有效管理那些在生产、加工、商业销售、使用和处置过程中对人体健康或环境产生不合理风险(unreasonable risk)的化学物质;2016年发布《弗兰克劳滕伯格21世纪化学物质安全法案》最新修订版,建立新的基于风险的安全标准,建立新的风险评估程序和要求,设定严格的执行期限,在不考虑成本的前提下开展评估。日本于1973年颁布《化学物质审查及制造管理法》,是世界上第一部管控化学物质风险的法规,要求对现有化学品的环境和健康风险进行评估和审查,根据评估结果实行分级管理。

欧美日等发达国家已建立了一套相对完整、成

熟的化学物质风险识别、评估和防控的法律和技术体系,包括:新化学物质审查制度;现有化学物质风险评估制度;根据评估结果采取禁止或限制生产、使用、进出口措施;在化学品生命周期的各主要环节建立有毒有害化学品的环境污染控制体系;强化企业主体责任,提供数据、风险防范;强化公众知情权和利益相关者参与;评估禁限措施的技术可行性和社会经济影响等。我国化学品环境管理基础薄弱,目前尚有多种化学品不明其危害,知其危害的化学品也还不能科学认知和防范其风险,大量生产、使用导致污染形势严峻。因化学品污染更多源于有毒有害物质的慢性毒性对生态环境和人体健康的长期损害,污染问题隐蔽而复杂,加之长期以来忽视化学品问题,我国现阶段化学品环境管理已明显滞后于环境保护和经济发展,主要体现在:

(1)环境管理体制不完善。我国现阶段环境保护的重心仍偏重于常规污染物控制和末端治理,基于风险管理的化学品法律法规体系尚不完善,信息报告、风险评估和限制淘汰等相关管理制度尚不健全,化学品环境管理边缘化,成为环境保护的短板。化学品是环境污染尤其是化学污染的本质和源头,因源头管理缺乏,导致国外大量有毒有害化学品产能加速向我国转移,发达国家通过强化立法加大了我国产品进入国际市场的难度,通过限制某些产品中的化学物质以及加快替代品研制形成了新的垄断,我国很多产品因发达国家对有毒有害物质的严格控制而缺乏国际竞争力,出口贸易因技术壁垒而遭受巨大损失。

(2)环境风险防控工作滞后。现阶段,我国化工产业以及其他化学品相关行业仍在大量生产和使用具有潜在危害的化学品,我国也仍在承接国际上大量有毒有害化学品的产能转移,化学品风险防控工作已明显滞后,与国家生态文明建设和绿色发展需求不协调,已对国民经济可持续发展形成制约。

(3)技术支撑能力明显不足。我国化学品测试体系不完善,计算(预测)毒理发展缓慢,危害信息缺乏,化学品危害的识别和评估能力不足。环境中化学物质的迁移转归研究基础薄弱,环境监测技术缺乏,风险评估技术方法体系不完善,化学品环境风险评估技术能力不足。我国化工产业低端产品多,技术附加值低,新产品研发的需求度不高、发展缓慢,无毒无害替代品研发技术能力不足。

(4)尚未形成多元化治理体系。化学品环境风

险防控具有产业链长、多领域和跨部门的特征,多元化的格局决定了化学品环境管理必须加强社会共治,发挥市场主体和社会主体在环境治理中的协商合作、协调增效。一直以来,我国的环境管理工作都以行政为主,由政府负责多方面协调、整合人力和财力资源来解决经济与环保并重下出现的问题,市场主体与社会主体参与不足,游离于决策过程和政策实施之外,政府、企业和公众多元主体间未能形成互动合作共赢格局。

2.2 我国化学品环境管理战略需求与目标

从国际经验看,化学品环境管理的目标是预防和控制具有特定危害性的化学品进入环境介质,以避免和减少通过环境介质中有害化学品的暴露而引发的环境和人体健康危害及风险。立足我国已有实践,我国化学品环境管理应以源头控制和风险防范为根本原则,管理目标立足于化学品对健康和环境的损害发生之前的源头预防和控制,抓紧制定化学品专项法规,建立管理制度,厘清国家与地方、管理部门之间、企业以及公众的权利、责任和义务。“十三五”乃至今后相当一段时期内,我国都处于工业化快速发展阶段,新老化学品的环境风险将同时存在。只有制定和实施最严格的法律和制度,才能真正解决化学品管理的深层次问题,从根本上遏制日益严峻的化学品环境风险形势,建立起我国化学品环境管理的长效机制。

为实现上述目标,要借鉴国际化学品环境管理的成熟经验和我国已有的实践经验,遵循风险防范、全生命周期和优先性管理等原则,制定覆盖全面、科学规范的化学品环境管理战略,指导中长期化学品环境管理相关工作。化学品环境管理战略应明确开展化学品环境调查、危害鉴别和环境风险评估的时间安排,提出开展限制和淘汰等管控技术可行性评估、管控的经济社会影响评估的原则要求,提出制定科学的风险防范措施的原则和程序要求,推动使用毒性小的替代品以及减少有毒化学品的暴露,逐渐淘汰对生态环境构成不合理风险的化学品,最大限度减少和消除化学品全生命周期对生态环境的潜在风险。

3 化学品环境风险管理行动计划 (Action plans on chemical environmental risk management)

3.1 健全化学品法律法规和制度体系

加快推动制定化学品环境管理专项法律法规,构建以保护环境和人体健康为主旨的国家化学品环

境管理制度体系。建立化学品环境风险评估制度,通过危害筛查制定发布优先评估化学品名录,基于环境风险制定发布优先控制化学品名录和禁止化学品名录。完善新化学物质环境管理及风险评估制度,对新化学物质实行基于风险的分类管理,并与现有化学物质的各项环境管理制度合理衔接。建立企业信息报告和信息公开制度,推进化学品全球统一分类和标签制度(GHS)实施,加强化学品安全数据表和标签的推广实施,在化学品生产、储存、运输、经营、使用和废弃物处置等环节进行信息公示和传递,降低化学品环境与健康风险。完善化学品相关国际公约履约机制,开展公约管控物质的限制、淘汰和排放控制,完善国际化学品管理战略方针(SAICM)部门协商机制,推动 SAICM 各项行动计划逐步落实。建立化学品环境风险调查评估机制,定期组织开展环境介质、环境生物及人体中的化学品监测、调查和评估,为化学品环境和健康风险评估提供数据支撑。

3.2 系统开展化学品危害筛查和风险评估

制定化学品危害筛查与风险评估行动计划,明确化学品危害筛查与风险评估目标、技术路线和分阶段实施计划。开展现有化学物质危害筛查,重点针对高产量化学品以及国内外管制或关注化学品、本国特有化学品等,收集化学物质危害数据,筛查有毒有害物质,建立优先评估化学品清单。开展优先评估化学品环境与健康风险评估,通过对优先评估化学品全产业链风险分析和预测,筛选出具有潜在暴露风险的优先评估化学品,开展环境暴露相关数据收集,必要时开展化学品环境风险的监测调查,采用科学方法评估化学品的环境与健康风险,确定高风险化学品,为国家持续更新《优先控制化学品名录》^[23]和制定发布禁止化学品名录提供支撑。

3.3 推动有毒有害化学品的限制与淘汰

制定完善国家产业政策,加强高风险化学品的国际贸易管控,防止跨境贸易导致的污染转移。鼓励环境安全替代品、替代工艺的研发和推广应用,加快推进高风险化学品的限制淘汰。推动企业全过程采取有毒有害化学品减量降耗措施,提高原材料利用率。对经济发展典型区域,加强有毒有害化学品建设项目的环境准入管理,加大产业结构调整力度,培育不破坏生态环境的绿色产业和企业。严格限制产品中的有毒有害物质,完善产品中有毒有害物质标识、信息传递制度,推行产品生态设计鼓励绿色环保新材料、新技术产品的研发和应用,打造绿色品牌

效应,加快推进产品的更新换代。加大产品消费税调整力度,充分发挥产品消费税的调控作用,对使用或添加有毒有害物质的消费品,提高消费税征收额度,降低产品出口退税比例或取消出口退税,对绿色产品降低或免征消费税,提高绿色产品出口退税比例,引导和推动涉有毒有害物质的消费产品逐步退出市场。

3.4 加强有毒有害化学品环境污染防治

加大有毒有害污染物排放控制力度,加强环境监测与污染治理,加快推动化工园区有毒有害化学品污染防治。制定完善行业特征污染物排放标准,强化环保督查和信息公开制度。加大重点行业有毒有害污染物减排力度,针对石油石化工业、纺织工业、橡胶和塑料工业、涂料工业和皮革工业等重点行业,推动制定有毒有害污染物减排行动计划,明确减排目标和实施路线。加强有毒有害污染物环境质量监测与污染治理。开展区域、流域有毒有害污染物环境质量监测,组织对监测区域、流域的环境风险进行全面评估,识别污染因子和高风险因子。推动制定有毒有害污染物环境质量标准,建立有毒有害污染物环境监测机制,推动制定有毒有害污染物环境基准和生态红线。加快推动化工园区有毒有害化学品污染防治,研究建立化工园区有毒有害化学品生产、使用和排放清单,制定落实有毒有害化学品减量减排措施和实施计划,形成可复制、可推广的化工园区有毒有害化学品精细化环境管理模式,逐步改善和提高生态环境质量。推行生态环境损害赔偿制度,加大企业排污成本,激励和促进企业减少有毒有害污染物排放。推动建立环境污染强制责任保险制度,内化环境成本,提高环境风险监管和损害赔偿工作效率。

3.5 提升化学品风险评估与管理能力

加强化学品环境管理信息系统建设,建设国家级化学品风险评估信息库和计算毒理模型信息平台,为风险评估与管理决策提供数据支撑。完善化学品风险评估技术方法体系,制订化学品风险评估配套技术规范。加强化学品风险管理能力建设,统筹现有实验室资源,提高实验室软硬件配置,培养化学品风险评估专业人才,为国家开展化学品危害筛查和风险评估提供技术支持。推动建立高水平、智库型化学品风险管理技术支持机构,集中整合实验室资源和相关科研资源,加强成果的政策转化与应用,为国家化学品风险管理提供决策支持。加强地

方化学品风险管理能力培训,加强环境监测与管理队伍建设,全面提升地方化学品环境管理能力和水平。

3.6 促进产业绿色发展

推动树立绿色生产和绿色消费理念,打造绿色产业链和供应链,发展绿色化工产业,推动绿色化工产品和无毒替代品的开发和应用。发展循环经济产业,降低有毒有害化学品消耗,减少有毒有害污染物的产生和排放。发展绿色制造业,在制造业实施产品全生命周期绿色管理,支持企业推进绿色设计,开发绿色产品。发展绿色建筑业,推广使用绿色建筑材料,减少有毒有害化学品的使用和环境释放。加强绿色供应链管理,推行生产者责任延伸制度,加强化学品合规信息公开和供应链信息交换,推动绿色产品供需市场的逐步壮大。改革优化供需关系,鼓励涂料、金属清洗等相关行业采用国际上推行的化学品租赁(Chemical Leasing)模式,由销售产品逐步转向销售服务,加快推动化学品减量。

4 结论(Conclusion)

在全球化趋势的推动下,化学品的跨境贸易变得越来越复杂,由此带来的环境污染转移也日益加剧。我国作为全球最大的发展中国家,化工产业稳居世界前列,但化学品环境管理缺乏战略支撑,瓶颈凸显,对我国的生态文明建设和可持续发展形成制约。通过梳理现状,总结问题,直面需求,从化学品环境管理中长期发展角度,研究提出发展目标和主要行动建议,逐步完善化学品管理法律和制度体系,加强化学品环境风险评估和风险管控,提升化学品风险评估与管理能力,促进产业绿色发展,对我国建立健全化学品环境管理、补齐环境保护短板、缩小与国际社会差距等具有重要意义。

通讯作者简介:葛海虹(1980—),女,高级工程师,主要研究方向为化学品环境管理政策研究等。

参考文献(References):

- [1] United Nations. AGENDA 21 [S]. Rio de Janeiro: United Nations, 1992
- [2] Organization for Economic Co-operation and Development (OECD). Strategic approach to international chemicals management [EB/OL]. (2019-07-15) [2019-08-29]. <http://www.saicm.org/About/Texts/tabid/5460/language/en-US/Default.aspx>
- [3] United Nations. 2030 Agenda for Sustainable Develop-

- ment [S]. New York: United Nations, 2015
- [4] United Nations. Strategic approach and sound management of chemicals and waste beyond 2020—The intersessional process [EB/OL]. (2019-07-15) [2019-08-29]. <http://www.saicm.org/Beyond2020/IntersessionalProcess/tabid/5500/language/en-US/Default.aspx>
- [5] 中华人民共和国外交部. 中国落实2030年可持续发展议程国别方案[EB/OL]. (2016-10-12) [2019-08-29]. <https://www.fmprc.gov.cn/web/zyxw/t1405173.shtml>
- [6] 习近平在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告[EB/OL]. [2017-10-28]. <http://cpc.people.com.cn/n1/2017/1028/c64094-29613660.html>
- [7] Union Nations Environment Programme. Global Chemicals Outlook II [R]. Geneva: Union Nations Environment Programme, 2019
- [8] European Chemical Industry Council. 2018: Facts & Figures of the European Chemical Industry [R]. Brussels: European Chemical Industry Council, 2018
- [9] 工业和信息化部. 石化和化学工业发展规划(2016—2020年)[S]. 北京: 工业和信息化部, 2016
- [10] 生态环境部. 中国现有化学物质名录[S]. 北京: 生态环境部, 2013
- [11] 王昆林, 坤德, 袁东星. 环境样品中微塑料的分析方法研究进展[J]. 环境化学, 2017, 36(1): 27-36
Wang K L, Kun D, Yuan D X. Research progress on the analysis of microplastics in the environment [J]. Environmental Chemistry, 2017, 36(1): 27-36 (in Chinese)
- [12] 朱秀华, 李岩, 白皓, 等. 环境空气中六溴环十二烷研究进展[J]. 环境化学, 2016, 35(12): 2469-2481
Zhu X H, Li Y, Bai H, et al. Research progress on hexabromocyclododecanes in environmental air [J]. Environmental Chemistry, 2016, 35(12): 2469-2481 (in Chinese)
- [13] McDonald B C, de Gouw J A, Gilman J B, et al. Volatile chemical products emerging as largest petrochemical source of urban organic emissions [J]. Science, 2018, 359(6377): 760-764
- [14] 赵金平. 我国持久性有机污染物监测现状、存在问题及对策分析[J]. 环境与发展, 2019, 31(5): 55-56
Zhao J P. Current status, existing problems and countermeasures of monitoring persistent organic pollution in China [J]. Environment and Development, 2019, 31(5): 55-56 (in Chinese)
- [15] 杨清伟, 梅晓杏, 孙姣霞, 等. 典型环境内分泌干扰物的来源、环境分布和主要环境过程[J]. 生态毒理学报, 2018, 13(3): 42-55
Yang Q W, Mei X X, Sun J X, et al. Sources, distribution and major transformation process of typical endocrine disruptors in the environment [J]. Asian Journal of Ecotoxicology, 2018, 13(3): 42-55 (in Chinese)
- [16] 高月, 李杰, 许楠, 等. 汉江水相和沉积物中药品和个人护理品(PPCPs)的污染水平与生态风险[J]. 环境化学, 2018, 37(8): 1706-1719
Gao Y, Li J, Xu N, et al. Pollution levels and ecological risks of PPCPs in water and sediment samples of Hanjiang River [J]. Environmental Chemistry, 2018, 37(8): 1706-1719 (in Chinese)
- [17] 林清, 施泽明, 王新宇. 沱江流域上游水系沉积物重金属元素空间分布特征及环境质量评价[J]. 四川环境, 2016, 35(4): 29-35
Lin Q, Shi Z M, Wang X Y. Distribution characteristics and environmental evaluation of heavy metals in sediments of upstream of TuoJiang River basin [J]. Sichuan Environment, 2016, 35(4): 29-35(in Chinese)
- [18] United Nations Environment Programme. Global environment outlook 6 [R]. Geneva: United Nations Environment Programme, 2019
- [19] GBD 2015 Risk Factors Collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990—2015: A systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015 [J]. Lancet, 2016, 388: 1659-1724
- [20] World Health Organization. World Health Statistics 2018 [R]. Geneva: World Health Organization, 2018
- [21] Lim T C, Wang B, Huang J, et al. Emission inventory for PFOS in China: Review of past methodologies and suggestions [J]. The Scientific World Journal, 2011, 11(11): 1963-1980
- [22] Hu J Y, Zhang Z B, Wei Q W, et al. Malformations of the endangered Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, and its causal agent [J]. PNAS, 2009, 106(23): 9339-9344
- [23] 生态环境部. 优先控制化学品名录(第一批)[S]. 北京: 生态环境部, 2017