

王一喆,张亚辉,赵莹,等.国内外环境优先污染物筛选排序方法比较[J].环境工程技术学报,2018,8(4):456-464.

WANG Y Z, ZHANG Y H, ZHAO Y, et al. Comparison on screening and sorting methods of environmental priority pollutants at home and abroad[J]. Journal of Environmental Engineering Technology, 2018, 8(4):456-464.

国内外环境优先污染物筛选排序方法比较

王一喆¹,张亚辉¹,赵莹²,余若禛¹

1. 中国环境科学研究院环境分析测试技术中心,北京 100012

2. 中国环境科学研究院机动车排污监控中心,北京 100012

摘要 综述了美国、欧盟、荷兰、加拿大、澳大利亚、德国、英国、挪威、瑞典、日本、韩国等国家(国际组织),以及国内不同地区、流域的优先污染物名单的制定情况,介绍了国内外优先污染物筛选的原则和技术方法,并分析了国内外优先污染物筛选排序方法的优缺点。通过对国内外主要筛选排序方法的比较发现,我国环境优先污染物筛选排序过程中主要存在环境介质单一、主观影响较大、缺少本土化模型参数、常规监测项目不完善、缺少污染物动态变化的连续性监测等问题。提出了加强基础数据搜集,充分考虑不同环境介质,开发建立本土化技术方法及模型参数,对污染物进行名单动态更新等针对性建议。

关键词 优先污染物;筛选方法;排序

中图分类号:X651 文章编号:1674-991X(2018)04-0456-09 doi:10.3969/j.issn.1674-991X.2018.04.060

Comparison on screening and sorting methods of environmental priority pollutants at home and abroad

WANG Yizhe¹, ZHANG Yahui¹, ZHAO Ying², YU Ruozhen¹

1. Environmental Analysis and Testing Laboratory, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

2. Vehicle Emission Control Center, Chinese Research Academy of Environmental Sciences, Beijing 100012, China

Abstract The formulation of the list of priority pollutants at home and abroad was systematically introduced, including foreign countries and international organizations, such as United States, European Union, Netherlands, Canada, Australia, Germany, United Kingdom, Norway, Sweden, Japan, South Korea and others, and different areas/basins of China. The screening principle and technical methods were analyzed, and the advantages and disadvantages of the screening and sorting methods were analyzed. Through the comparison of the main screening and sorting methods at home and abroad, it was found that there were some problems in the screening and sorting of environmental priority pollutants in China, such as single environmental medium, large subjective influence, lack of local models and parameters, imperfect routine monitoring items, and lack of continuous monitoring of dynamic changes of the pollutants. According to these problems, some pertinent suggestions were given, including strengthening the collection of basic data, fully considering different environmental media, establishing and developing local technical methods and model parameters, and updating the list of pollutants dynamically.

Key words priority pollutants; screening method; sorting

近年来,随着工业技术和社会经济的不断发展,化学品的生产量、使用量和排放量迅速增加,由此带来的环境污染问题日益突出。据不完全统计^[1],目前已知的有机化学污染物约700万种,其中常用的有5万种,进入环境的约10万种,每年还有成千上

万种新的有机化合物诞生,化学物质产生的污染对全球生态环境和人体健康构成了极大的威胁。特别是有毒有害污染物,从生产、运输、储存、消费以及最终进入环境的全过程都会带来环境污染的风险,危害人体健康,破坏生态平衡,引起国内外管理机构及

收稿日期:2018-03-21

基金项目:国家水体污染控制与治理科技重大专项(2017ZX07602-003-001)

作者简介:王一喆(1982—),女,助理研究员,硕士,主要从事环境生态毒理和风险评估研究,wangyz@craes.org.cn

学者的极大关注。因此,针对危害效应大的有毒有害污染物进行优先研究和控制,已成为一种有效的环境管理方式。自20世纪中期以来,多个国家、国际组织和地区在制定必要的环境保护法规的同时,开展了有毒有害污染物的筛选、优先控制及安全性评价等研究和管理工作。目前国内外筛选环境中优先污染物的具体方法有综合评分法^[2-4]、潜在危害指数法^[5-6]、风险排序法^[7]、密切值法^[8]、Hasse图解法^[9-10]、模糊评价法^[11-12]、层次分析法^[13]等。

笔者综述了国内外环境优先污染物的筛选排序方法并进行比较,针对我国环境优先污染物筛选过程中存在的问题提出了建议,以期今后我国开展国家层面和地方层面环境优先污染物筛选提供技术支持。

1 国外环境优先污染物筛选管理

1.1 研究概况

目前国际上针对污染物的环境与健康风险评价

的基本原理多是采用美国科学院(US National Academy of Sciences)建立的四步框架(four-step framework)方案,通过危害性鉴别、污染物毒性分析、暴露分析和风险表征4个步骤,综合评价表征污染物的环境风险与人体健康风险。优先污染物筛选方法可分为2类:1)定量评分系统。如基于多介质环境目标值评分,基于污染物的毒性、环境降解性、环境暴露风险、环境健康状况的得分等。2)半定量评分系统。在环境调查的基础上,结合毒性效应、产品生产、进口及使用量、专家经验等进行确定筛选,虽然也给出了污染物的得分,但最终优先污染物名单是基于得分阈值基础上的专家评判^[1]。美国是最早开展优先污染物研究的国家^[2-4],除此之外,欧盟^[7,14-15]、加拿大^[16]、荷兰^[17]、日本^[18]等国家或国际组织也陆续开展了优先污染物筛选工作。国外主要优先污染物筛选方法见表1。

表1 国外主要优先污染物筛选方法

Table 1 Screening and sorting methods of priority pollutants at abroad

国家/国际组织	筛选方法	主要评估指标	评估方法
美国	水环境优先污染物筛选	生产量、检出率、急性毒性、慢性毒性、毒性产生的环境效应和生物效应	专家论证
	《环境应对、赔偿和责任综合法》(CERCLA)有害物质优先名单	NPL 监测点出现频率、污染物毒性、人群潜在暴露危害	分级赋值、加权、加和综合计算
欧盟	综合基于监测和模型的优先设置方案(COMMPS)筛选评估	采样点监测浓度、暴露得分、效应评估	COMMPS 评估工具
加拿大	环境污染物筛选	环境排放特征、暴露特征、效应特征、风险评估	逐级推进、专家评判
荷兰	优先有机污染物筛选	排放数据、理化性质、生物累积性、污染物归宿、毒性数据	USES 1.0 软件
澳大利亚	环境化学优先污染物	人体健康效应、环境效应、暴露评价	分级赋值、加权、加和综合计算
日本	环境优先监测物质	健康效应、工作场所暴露因素、一般人群暴露因素	Hasse 图解法
德国	化学优先污染物	暴露、毒性、生态毒性	分级评分
英国	化学物质利益相关者论坛(CSF法)优先化学污染物	持久性、生物富集性、毒性	PBT 评估
	皇家环境污染委员会(RCEP法)优先化学污染物	列表、分选、评估、行动	专家评判
挪威	环境化学优先污染物	毒性、生物富集性	参考欧盟
瑞典	环境化学优先污染物	参考欧盟	参考欧盟
韩国	环境优先污染物	排放源、排放量、转移量、化学品分类及特征、流通量	风险排序法、CHEMS-1 法

1.2 美国水环境优先污染物筛选方法

20世纪70年代,美国国家环境保护局(US EPA)组织专家经过反复论证,基于法令提出的21个工业类型65类化合物名单,以水生生物和人体健康作为水环境判定依据,筛选出了包含129种污染

物的优先污染物名单^[19],并根据优先污染物所具有的长效性和生物累积性,将其分为5级。

1987年,美国通过《环境应对、赔偿和责任综合法》(Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act, CERCLA, 又称《超级基金

法》)修正案,要求有毒物质与疾病登记署(Agency of Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR)和 US EPA 共同提出在 CERCLA 国家优先名单(National Priority List, NPL)所列地点最常出现的有毒物质清单,并根据其毒性、人体潜在暴露危害等的严重程度进行优先排序^[20-23]。筛选排序过程中选用 3 个参数,分别是污染物在 NPL 监测点的出现频率、污染物毒性和人群潜在暴露危害评估。3 个参数各自最高分为 600 分,三者得分之和为污染物总得分,按照得分高低进行优先排序,名单每 2 年更新一次。

1.2.1 污染物在 NPL 监测点的出现频率

检出某污染物的 NPL 监测点数与总 NPL 监测点数之比,即为某污染物在 NPL 监测点的出现频率。以所有污染物的最大出现频率为参考,计算污染物的出现频率得分,公式如下:

$$\text{频率得分} = \frac{\text{某污染物的出现频率}}{\text{所有污染物的最大出现频率}} \times 600$$

1.2.2 污染物毒性

US EPA 采用需通报量(reportable quantity, RQ)法确定污染物的毒性得分。RQ 分为 5 个等级,根据污染物毒性,分别赋值 1、10、100、1 000 或 5 000。对于没有 RQ 的物质,采用类似方法确定其毒性或环境评分(toxicity/environmental score, TES)。基于 RQ 或 TES,计算污染物的毒性得分,结果见表 2。

表 2 基于 RQ 或 TES 的污染物毒性得分

Table 2 Toxicity score of pollutants based on RQ/TES

RQ/TES	秩排序	累计秩排序(COR)	(2/3)COR ¹⁾	得分
1	0	0	1.000 0	600
10	1	1	0.666 7	400
100	2	3	0.296 3	178
1 000	3	6	0.087 8	53
5 000	4	10	0.017 3	10

1) (2/3)COR 指 2 的累计秩排序次方与 3 的累计秩排序次方比。

1.2.3 人群潜在暴露危害

人群潜在暴露危害包括污染源贡献(source contribution, SC)和人群暴露贡献 2 个部分,最高分各 300 分。

污染源贡献得分采用下式计算:

$$SC = \frac{C_a A_a + C_w A_w + C_s A_s}{RQ \text{ 或 } TES}$$

式中: C_a 、 C_w 、 C_s 为分别所有监测点空气、水、土壤介质中检出的某污染物最高浓度的几何平均值,

mg/L 或 mg/m³; A_a 、 A_w 、 A_s 分别为空气、水、土壤介质的理论摄入量,按每天摄入水 1 L、土 200 mg 和空气 15 m³ 计算。

为避免异常值影响,SC 取自然对数,采用正态分布的方法,当污染物与平均值的标准差达到 2 倍以上时,SC 取值为 0。具体公式如下:

$$SC = \frac{\ln \min CF - \ln SC}{\ln \min CF - \ln \max CF} \times 300$$

式中: minCF 值为 6.78×10^{-8} ,无量纲; maxCF 值为 1.64,无量纲。

人群暴露贡献将暴露状况分为 3 个级别,分别对应不同赋值,计算公式如下:

$$\text{人群暴露贡献} = \frac{\text{暴露数}}{\text{最大暴露数}} \times (\text{赋值上限} - \text{赋值下限}) + \text{赋值下限}$$

污染源贡献与人群暴露贡献得分之和即为人群潜在暴露危害得分。

1.3 欧盟水环境优先污染物筛选方法

欧洲议会和欧盟理事会制定了《欧盟水框架指令》(Water Framework Directive, WFD),并于 2000 年 12 月 22 日正式实施^[24]。WFD 开发编译了一个拥有来自 28 个国家、1 153 种化学物质、14 000 000 个指标值的数据库,在此基础上对污染物进行计分排序筛选^[25]。开展污染物风险评估和优先排序的具体方法为综合基于监测和模型的优先设置方案(combined monitoring-based and modelling-based priority setting scheme, COMMPS)。COMMPS 采用先以相对风险为基础进行自动排序,再由专家判断的技术方法开展水环境优先污染物筛选,具体流程见图 1。

欧盟 COMMPS 水环境优先污染物筛选排序方法的特点是同时计算基于模型的暴露得分和基于监测数据的暴露得分,并分别与效应得分进行计算。在筛选过程中,监测结果优先,模型作为没有监测数据的有效补充,避免了初始污染物因缺乏监测数据而大量被筛选出的情况发生。充分考虑到金属的特殊性,计算优先顺序时,将金属与其他物质分开排序,并分别依据溶解态和总量计算得分及排序。

1.4 加拿大环境优先污染物筛选方法

加拿大《环境保护法》(Canadian Environmental Protection Act, CEPA)中规定了有毒物质的判定标准,并规定了加拿大国内物质名单(domestic substances list, DSL)、非国内物质名单(non-domestic substances list, NDSL)、优先物质名单(priority

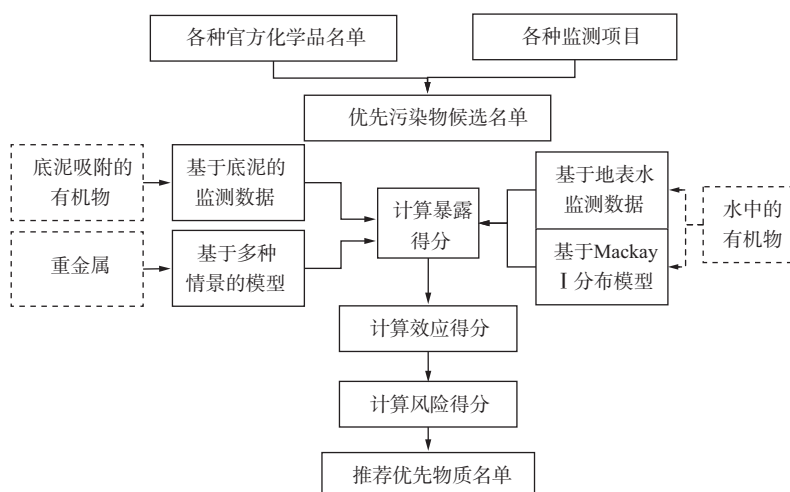


图 1 COMMPS 筛选水环境优先污染物技术流程

Fig. 1 Technical process of screening priority pollutants in water by COMMPS

substances list, PSL)、有毒物质名单(toxic substances list, TSL)、出口管制名单(export control list, ECL)、最终清除物质名单(virtual elimination substances list, VEL)等的制定、发布和修改程序。根据 CEPA 规定,DSL 上的物质需要开展环境风险评估。由于数量太多,由环境部和健康部设立了优先物质评估项目(priority substances assessment program, PSAP),通过优先物质快速筛选程序,分期分批提出优先物质名单^[16]。具体评估方法见图 2。

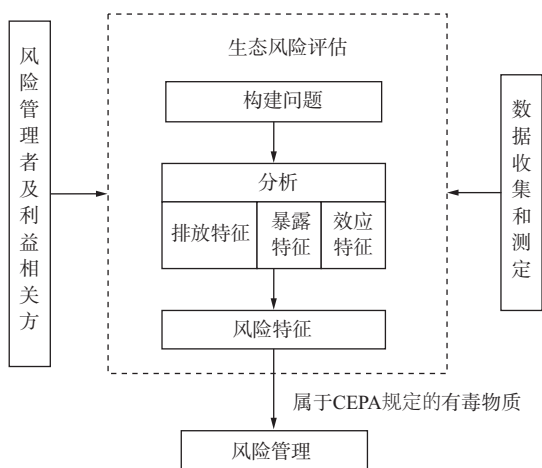


图 2 加拿大优先物质评估方法

Fig. 2 Evaluation method of priority pollutants in Canada

1.5 荷兰优先有机污染物筛选方法

荷兰依据危害商(即环境浓度和无效应浓度之比)对污染物进行定量筛选。1994 年,荷兰开发了物质统一评价系统(uniform system for the evaluation of substances, USES)软件 1.0 版^[17],该软件可以为

关注污染物名单的制定提供简易筛选工具,也可以进一步对名单上的污染物开展风险评估。USES 1.0 版可以计算各污染物在局地 and 区域尺度上不同系统的危害商,并进行优先排序,包括局地尺度上水生生态系统、区域尺度上水生生态系统、局地尺度上陆地生态系统、区域尺度上陆地生态系统、局地尺度上鱼-捕食者系统、区域尺度上鱼-捕食者系统、局地尺度上蠕虫-捕食者系统、区域尺度上蠕虫-捕食者系统、局地尺度上人通过环境暴露和区域尺度上人通过环境暴露。在此基础上通过平均值排序或最大值排序,对污染物进行综合排序。

1.6 澳大利亚环境优先污染物筛选方法

澳大利亚政府与各州/领地政府合作,开展国家污染物清单(national pollutant inventory, NPI)制定工作,并于 1997 年成立了 NPI 的技术顾问委员会(Technical Advisory Panel, TAP),为 NPI 的制定提供咨询、协助。TAP 采用半客观、半定量的风险构成因子综合计分法,对污染物风险构成因子(包括危害性因子和暴露因子)分别赋值,综合得到最终风险得分^[1]。具体方法为:针对初始名单上的污染物,依据欧盟化学物质分级系统的指标及相关规定,分别评估每种污染物在人体健康效应、环境效应和暴露 3 个方面的得分,每个方面的赋分为 0~3,根据下式计算出最终风险得分(0~18),并进行排序筛选。

$$\text{风险} = \text{危险性(人体健康 + 环境)} \times \text{暴露}$$

随着欧盟环境风险等级中的化学物质不断增加,澳大利亚也相应地进行了 NPI 优先污染物的修正工作。

1.7 日本环境优先污染物筛选方法

日本政府在 1973 年颁布了《化学物质的审查规制法》(简称《化审法》),对化学品进行严格控制管理。在优先化学品筛查工作上,日本引用了经济合作与发展组织(Organization for Economic Cooperation and Development, OECD)的筛选程序,采用初筛、精筛和复审三道程序,通过环境调查对象筛选、环境污染现状调查以及影响(人体/环境)的评价与监测,筛选确定需要优先关注的有毒化学品。2005 年,日本发布《筛选优先监测化学物质的试验及判断标准》,根据微生物、鱼类、哺乳类、藻类、细菌突变等相关试验结果,将新化学物质和现有化学物质分成第一类、第二类或第三类监督物质,以及第一类或第二类特定化学物质(环境白皮书)。此外,日本于 1997 年开始实施污染物排放和转移登记(pollutants release and transfer register, PRTR)项目,采用部分排序理论(partial order theory, POT)和随机线性外推法(random linear extension, RLE)对污染物进行排序。

1.8 其他国家、国际组织优先污染物筛选方法

德国现有环境相关化学品咨询委员会(Advisory Committee on Existing Chemicals of Environmental Relevance, BUA)在化工行业上报的化学物质相关资料基础上,从健康毒性、生态毒理危害性和暴露等方面对污染物进行评估,并根据综合评估结果分为 4 个风险程度不同的组。英国化学物

质利益相关者论坛(UK Chemicals Stakeholder Forum, UKCSF)通过定性评估的方法评价优先污染物,主要根据持久性、生物富集性、毒性等指标进行筛选;英国皇家环境污染委员会(Royal Commission on Environmental Pollution, RCEP)在结合其他国家、国际组织经验的基础上,提出一套新的化学物质风险管理程序,评估出高关注度、中关注度和低关注度的 3 类物质。挪威政府在制定优先污染物名单时,主要参考了 CERCLA 的污染物性质表、世界卫生组织(World Health Organization, WHO)的环境健康标准、有害物质数据库(hazardous substances data bank, HSDB)的有害物质数据和一些类实验室(class lab)的物质名单,排序参数与欧盟的 WFD 相同,除了优先污染物名单外,挪威政府还针对热点区域进行重点监测。瑞典政府也设立了敏感地区的重点监测点,在制定优先污染物名单的同时,还充分考虑了环境介质,根据污染物在不同介质中的分布特点,开展选择性监测。韩国在大都市和几个重要工业区开展了环境优先污染物名单(priority substances list, PSL)制定工作,通过采用欧盟、US EPA 等相关筛选方法,结合监测数据和环境管理法规,确定各地点的优先污染物排序。

2 国内环境优先污染物筛选情况

国内主要环境优先污染物筛选方法见表 3。

表 3 国内主要优先污染物筛选排序方法

Table 3 Screening and sorting methods of priority pollutants in China

筛选方法	主要评估指标	评价方法	种类
中国环境优先污染物黑名单	急性毒性、慢性毒性、“三致”毒性、产品产量、环境中检出率	专家论证	68
四川省优先污染物名单	对人体和环境危害性因子、分布广泛性因子、知名度因子	加权、加和综合计算,专家论证	35
浙江省第一批环境优先污染物黑名单	生产量、使用量、进口量、排放量、毒性、环境事故	专家论证	43
甘肃省优先控制有毒化学品名单	环境人群接触、毒性、生产量、使用量	分级赋值、加权、加和综合计算	38
天津市水体中优先有机物名单	毒性势、暴露势	分级赋值、加权、加和综合计算	24
天津市恶臭优先污染物名单	环境效应、年排放量、检出频率	综合评价法	8
福建省水环境优先污染物名单	水系、废水排放量、重点行业	专家论证	48
北京市优先控制有毒化学品名单	环境暴露、产品接触、对哺乳动物的一般毒性、特殊毒性、水生生物毒性	系统评分法	33
江苏省环境优先控制污染物名单	化合物潜在危害指数、检出浓度、检出频次	评分法	94
松花江优先控制有机污染物名单	检出率、“三致”毒性、QSAR 毒性预测	综合排序	28
松花江吉林江段水污染优控污染物名单	毒性、“三致”毒性、腐蚀性、刺激性、污染事故	综合排序	33
第二松花江哨口至松花江村段 优先有机污染物名单	环境暴露参数、毒性参数、水环境参数	模糊混合聚类法	13
辽河浑河沈阳段优先控制 有机污染物名单	空气环境目标值、“三致”毒性、潜在危害指数	潜在危害指数法	101
地下水优先有机污染物名单	急性毒性、“三致”毒性、迁移性、持久性、生物累积性、 出现频率	层次分析法	85

2.1 已发布的环境优先污染物名单

20世纪90年代,中国环境监测总站组织开展了中国环境优先污染物监测研究工作,采用半定量方法,结合专家经验,提出了中国环境优先污染物黑名单。筛选原则包括:1)具有较大的生产量(或排放量)并较为广泛地存在于环境中;2)毒性效应大的化学物质;3)在水中难于降解,有生物累积性和水生生物毒性的污染物;4)选择国内已具备一定基础条件,且可以监测的污染物;5)采取分期分批建立优先控制污染物名单。根据上述原则,从工业污染源调查和环境监测着手,汇总了约10万个数据,并且从全国有毒化学品登记库中检索出2347种污染物的初始名单,最终筛选出了水环境中优先控制的14类68种污染物名单,并提出了优先监测的48种污染物^[26-27]。

四川省在借鉴国内外优先污染物筛选方法的基础上,进一步考虑了地区的人文、历史等社会因素和分析监测能力,提出了用周围环境目标值(AMEG)代替各种毒性指标,用3个量化因子(污染物对人体和环境危害性因子、污染物分布的广泛性因子和污染物的知名度因子)代替定性指标的筛选原则,通过加权、专家评判等方式,确定了35种优先污染物的推荐名单^[28-29]。

浙江省环境保护厅牵头,在对全省水质监测结果剖析、工业污染源调查、化学品和进口化学品现状调研的基础上,提出了优先污染物初始名单。通过借鉴国外筛选方法和权威数据,进一步重点调查和分析全省近10年来有毒化学品环境事故,经专家评审,最终确定了包含43种污染物的浙江省第一批环境优先污染物黑名单^[30]。

甘肃省在对全省14个地州市、矿区、各大厅局所属企业全面调查,以及省辖五市和石油化工、有色冶金行业详查的数据基础上,参考相关法规、文献资料,对全省化学品进行粗选、精选,确定出优先控制初选名单。然后根据确立的数学评分系统,采用定性一定量—数据化评分法,对初选名单进行加权计算并排序,经专家评审,最后确定了38种甘肃省优先控制有毒化学品名单^[31]。

宋仁高等^[32]选用暴露势和毒性势来表征污染物的环境健康效应,对天津市水环境进行了优先有机污染物的筛选。其中暴露势包括检出率、生物降解性和生物富集性3个参数,毒性势包括致癌/致突变、慢性毒性、生殖毒性、急性毒性和皮肤效应5个参数。通过对各参数赋值、加权计算,对污染物筛选

排序,提出天津市水环境中24种优先有机污染物名单。此外,刘英会^[33]采用综合评分法,对天津市27种主要恶臭污染物进行了筛选排序,提出了8种天津市恶臭污染主要污染因子。

福建省根据对全省水系、废水排放量和重点行业的调查情况,综合考虑全省的工业结构、监测能力,在借鉴国内外已公布的优先污染物名单基础上,经专家评审,最后确定了包含48种污染物的福建省水环境优先污染物黑名单^[34]。

北京市环境监测中心采用系统评分法,选取环境暴露、产品接触、对哺乳动物的一般毒性、特殊毒性和水生生物毒性5个参数,通过对各参数赋值、加权计算,对污染物筛选排序,最后筛选出33种北京市优先控制的有毒化学品^[35]。

江苏省采用评分法对饮用水中丰、平、枯3个水期测定出的400余种有机污染物进行排序,选取了化合物的潜在危害指数、所有3个水期监测过程中的检出总平均浓度和化合物在3个水期全部监测过程中的检出频次等3个指标进行加权、评分,初步筛选出江苏省优先污染物94个^[36]。

2.2 其他环境优先污染物名单

翟平阳等^[37]在松花江有机污染物的测定基础上,按筛选程序确定了80种有机污染物的初筛名单,并进一步按检出率、“三致”毒性及定量构效法(quantitative structure-activity relationship, QSAR)进行有机物的毒性预测及排序,最终提出了28种松花江优先控制有机污染物。郑庆子等^[38]针对松花江流域吉林江段重点行业、典型工业园区及工业园区的重点工业污染源特点,最终确定33种污染物作为松花江流域吉林江段水污染应急监测优控污染物。全燮等^[12]根据1983—1987年定期对第二松花江的哨口至松花江村段有机物监测数据,采用模糊混合聚类法,从检出的65种有机污染物筛选出13种优先污染物。王莉等^[39]采用US EPA工业环境实验室提出的化学物质的潜在危害指数法,对辽河流域浑河沈阳段地表水和底质中检出的有机污染物的潜在危害进行了排序,并参考国内外有毒化学品优先控制名单的筛选原则和方法,结合辽河流域的实际情况制定评分标准,提出了辽河流域浑河沈阳段共13类101种优先控制有机污染物名单。朱菲菲等^[40]针对当前我国地下水有机污染现状和监测评价的需求,借鉴国内外研究经验,以污染物的急性毒性、生殖毒性、致癌性、内分泌干扰性、环境持久性、生物累积性、迁移性和出现频率为评价指标,采用层

次分析法结合加权评分法,对地下水优先有机污染物进行了定量筛选,提出了地下水环境优先控制的共16类85种有机污染物名单。

3 国内外优先污染物筛选排序方法比较

3.1 国外优先污染物筛选排序方法

不同国家、国际组织或地区为满足政府管理需求,筛选排序评分标准和技术手段多样,对我国开展优先污染物筛选具有重要的借鉴意义。但不同的筛选排序方法都有各自的优缺点。美国评分排序法优点是从污染物的实际危害和人群实际损伤出发,以最严重地点的监测数据为基础,筛选排序过程中全面考虑了水、土、气3种环境介质,因此得到的NPL名单能够真实反映出对生态环境和人体健康危害最大的污染物;缺点是由于环境水平和暴露情况仅限于NPL地点、毒性RQ值缺失等原因,给筛选排序结果带来了不确定性。欧盟COMMPS方法的优点是筛选的针对性强,数据筛选和标准化程度高,保证了排序结果的可靠性;缺点是监测点设置及监测内容的差异性可能对排序结果带来影响,最终的专家评判也可能对排序结果产生主观影响。荷兰USES 1.0版的优点是基于污染物的迁移、转化机理的模型,具有较强的可移植性;采用了分级筛选的原理,数据量少时可以开展初步筛选,数据量充足时可以开展精细筛选,具有较高的适用性;可分别进行基于不同区域和局部地区的优先排序。缺点是由于模型的复杂性,可能在计算过程中对结果有偏差。澳大利亚简单赋值法优点是以简单的赋值确定各参数分值,划分方案简单,容易操作,在数据不充分的情况下采取预警式赋值,避免遗漏了潜在的重要环境污染物;缺点是赋值范围窄,对排序结果影响较大,同时对污染物环境转化过程考虑较少,影响排序结果的准确性。日本环境白皮书的筛选方案优点是考虑了污染物的毒性、持久性和生物富集性,方法客观、可靠;缺点是没有考虑环境暴露带来的健康风险。日本基于PRTR的优先污染物筛选方法优点是能够容纳大量参数,充分表征污染物风险水平,避免了指标不足带来的误差,保证了结果的客观性;缺点是由于模型自身的局限性,可能会对排序结果带来不确定性。

3.2 国内优先污染物筛选排序方法

我国主要环境优先污染物筛选排序方法的优点:1)数据来自于污染物排放调查和环境监测,能够客观、全面地反映出主要污染物;2)通过对生产

量/进口量、工业污染源、化学品和进口化学品现状等进行调研,涵盖了从生产源头到排放的全过程;3)筛选方法从主要依靠专家评判逐步转化为通过多项指标开展综合得分评价,筛选排序结果更加客观;4)将化学品污染事故、地区性水文环境及历史人文等因素纳入考量范围,更加便于后续管理实施。相较于国外优先污染物筛选排序技术的日臻成熟,我国在优先污染物筛选工作中尚存在很多问题:1)目前已公布的名单主要考虑了水环境优先污染物,对其他环境介质的污染物研究较少;2)优先污染物筛选过程中还在相当程度上依赖于专家经验,可能会对最终的筛选排序结果造成主观影响;3)采用的方法、参数、模型多为直接沿用国外做法,缺少针对我国本土实际环境情况的模型参数;4)常规监测项目不完善,且在暴露评价时没有考虑人群的暴露途径和暴露量;5)筛选排序工作没有考虑污染物的动态变化,缺少连续性。

3.3 国内外优先污染物筛选排序方法比较

通过对国内外优先污染物筛选排序方法的优点和存在问题进行综合分析可以看出,我国主要环境优先污染物筛选排序方法和国际上主流国家的筛选排序方法尚存在一定的差距:从技术手段上讲,我国在进行优先污染物筛选排序时多是直接借用国外成熟的模型、公式、参数和评分标准,再套入我国实际的监测数据或基础调查数据计算得出,模型参数的适用性尚待进一步研究;此外,国内制定优先污染物名单时很大程度上还依赖于专家经验,由此带来的人为主观性影响需要考虑。但是,较之国外,我国在筛选优先污染物方面也存在着一定的优势:我国幅员辽阔,全国环境监测和污染物调查等基础数据充分;不同地区或流域根据当地的实际情况制定优先污染物名单,针对性强,便于实施,基本上实现了不同地区的差异化管理。

4 环境优先污染物筛选排序工作建议

我国今后开展环境优先污染物筛选排序工作建议如下:1)在全国污染源普查、全国土壤污染状况详查、水环境调查等工作基础上,加强化学品基础数据的搜集、汇总;2)制定名单过程中,充分考虑污染物在不同环境介质(水、底泥、空气、土壤等)中的分布特点;3)开发、建立符合我国本土环境情况的技术方法、模型、参数;4)增加对人群暴露状况的评估工作;5)综合考虑污染物监测技术水平、行政管理要求、生产需要、社会经济发展、地理条件以及历史人文

等多方面的因素,制定可行的、因地制宜的优先污染物控制名单;6)对名单上的污染物及其他需要关注的污染物进行定期跟踪,及时监测和评价,补充环境数据和毒理学数据,实现优先污染物的动态更新。

参考文献

- [1] 环境保护部科技标准司. 国内外化学污染物环境与健康风险排序比较研究[M]. 北京:科学出版社,2010.
- [2] US EPA. Screening procedure for chemicals of importance to the office of water [R]. Washington DC: Office of Health and Environmental Assessment, US EPA,1986.
- [3] SWANSON M B, DAVIS G A, KINCALD L E, et al. A screening method for ranking and scoring chemicals by potential human health and environmental impacts[J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1997, 16(2):372-383.
- [4] SNYDER E, SNYDER S, GIESY J, et al. SCRAM: a scoring and ranking system for persistent, bioaccumulative, and toxic substances for the North American Great Lakes [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2000, 7(2):21-116.
- [5] 崔建升,徐富春,刘定,等. 优先污染物筛选方法进展[C]//中国环境科学学会. 中国环境科学学会学术年会论文集. 北京:中国环境科学出版社,2009:831-834.
- [6] 杨友明,柳庸行,王维国,等. 潜在有毒化学品优先控制名单筛选方法研究[J]. *环境科学研究*, 1993, 6(1):1-8.
YANG Y M, LIU Y X, WANG W G, et al. Study on the priority controlled method of potentially toxic chemicals[J]. *Research of Environmental Science*, 1993, 6(1):1-8.
- [7] HANSEN B G, van HAELST A G, van LEEUWEN K, et al. Priority setting for existing chemicals; European Union risk ranking method [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 1999, 18(4):772-779.
- [8] 李祚泳,张辉军,邓新民. 密切值法用于环境质量的比较[J]. *环境科学研究*, 1992, 5(4):15-17.
LI Z Y, ZHANG H J, DENG X M. Application of osculating value method to comparison of environmental quality[J]. *Research of Environmental Science*, 1992, 5(4):15-17.
- [9] HALFON E, REGGIANI M G. On ranking chemicals for environmental hazard[J]. *Environmental Science & Technology*, 1986, 20(11):1173-1179.
- [10] HALFON E, GALASSI S, BRUGGEMANN R, et al. Selection of priority properties to assess environment hazard of pesticides[J]. *Chemosphere*, 1996, 33(8):1543-1562.
- [11] KHAN F I, SADIQ R. Risk-based prioritization of air pollution monitoring using fuzzy synthetic evaluation technique [J]. *Environmental Monitoring and Assessment*, 2005, 105(1/2/3):261-283.
- [12] 全燮,孙英,杨凤林,等. 海域有机污染物优先排序和风险分类模糊评判系统[J]. *海洋环境科学*, 1996, 15(1):1-7.
QUAN X, SUN Y, YANG F L, et al. Fuzzy system for assessment of the prior order and the risk classification of the marine organic pollutants[J]. *Marine Environmental Science*, 1996, 15(1):1-7.
- [13] 段思聪. 河北省流域水环境优先控制污染物筛选方法研究[J]. *煤炭与化工*, 2017, 40(11):146-150.
DUAN S C. Study on screening method of pollutants in water environment priority control in Hebei Province [J]. *Coal and Chemical Industry*, 2017, 40(11):146-150.
- [14] DORTE L, PETER B, HENRIK L, et al. Comparison of the combined monitoring-based and modeling-based priority setting scheme with partial order theory and random linear extensions for ranking of chemical substances[J]. *Chemosphere*, 2002, 49:637-649.
- [15] HAELST A G, HANSEN B G. Priority setting for existing chemicals: automated data selection routine [J]. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 2000, 19(9):2372-2377.
- [16] DUNN A M. A relative risk ranking of selected substances on Canada's national pollutant release inventory [J]. *Human and Ecological Risk Assessment*, 2009, 15(3):579-603.
- [17] GUINEE J B, HELLUNGS R, OERS L, et al. USES: uniform system for the evaluation of substances inclusion of fate in LCA characterisation of toxic releases applying USES 1.0 [J]. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 1996, 1(3):133-138.
- [18] LERCHE D, MATSUZAKI S Y, CARLSEN L, et al. Ranking of chemical substances based on the Japanese pollutant release and transfer register using partial order theory and random linear extensions[J]. *Chemosphere*, 2004, 55(7):1005-1025.
- [19] US EPA. Toxic and priority pollutants under the Clean Water Act: EPA 40 CFR Part 423, Appendix A[R/OL]. (2014-01-19)[2018-02-01]. <https://www.epa.gov/eg/toxic-and-priority-pollutants-under-clean-water-act>.
- [20] US EPA. Toxic chemical release inventory risk screening guide: vol. 1 [R]. Washington DC: Office of Toxic Substances, US EPA, 1989.
- [21] US EPA. Risk assessment guidance for superfund: volume I. human health evaluation manual [R]. Washington DC: Office of Emergency and Remedial Response, US EPA, 1989.
- [22] US EPA. Technical background document to support rule making pursuant to CERCLA section 102 (Volume 3) [R]. Washington DC: Office of Solid Waste and Emergency Response, US EPA, 1989.
- [23] US EPA. Risk assessment guidance for superfund: volume II. environmental evaluation manual, interim final [R]. Washington DC: Office of Emergency and Remedial Response, US EPA, 1991.
- [24] European Commission. Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy[R]. Brussels: Official Journal of the European Communities, 2000:1-72.
- [25] 刘臣辉,付玲玲,申雨桐,等. 欧盟水框架指令优先污染物筛选方法的应用[J]. *环境工程*, 2015, 33(10):126-129.
LIU C H, FU L L, SHEN Y T, et al. The application of a prioritization exercise for the European water framework directive

- [J]. *Environmental Engineering*, 2015, 33(10):126-129.
- [26] 傅德黔, 孙宗光, 周文敏. 中国水中优先控制污染物黑名单筛选程序[J]. *中国环境监测*, 1990, 6(5):48-50.
- [27] 周文敏, 傅德黔, 孙宗光. 中国水中优先控制污染物黑名单的确定[J]. *环境科学研究*, 1991, 4(6):9-12.
ZHOU W M, FU D Q, SUN Z G. Determination of black list of China's priority pollutants in water [J]. *Research of Environmental Science*, 1991, 4(6):9-12.
- [28] 刘仲秋, 史箴, 郭华, 等. 四川省优先污染物的研究(上)[J]. *环境保护*, 1992, 20(1):39-40.
- [29] 刘仲秋, 史箴, 郭华, 等. 四川省优先污染物的研究(下)[J]. *环境保护*, 1992, 20(2):36-37.
- [30] 方路乡, 胡望钧. 浙江省第一批环境优先污染物黑名单研究[J]. *环境污染与防治*, 1991, 13(3):8-11.
- [31] 任双梅, 杨良年, 甄继琪, 等. 甘肃省优先控制有毒化学品名单筛选研究[J]. *甘肃省环境研究与监测*, 1996, 9(1):8-11.
- [32] 宋仁高, 王菊先, 饶欣, 等. 天津市水体中优先有机污染物的筛选[J]. *中国环境科学*, 1992, 12(4):276-280.
SONG R G, WANG J X, RAO X, et al. The selection of priority organic pollutants in Tianjin aquatic system [J]. *China Environmental Science*, 1992, 12(4):276-280.
- [33] 刘英会. 天津市恶臭污染优先污染物筛选研究[C]//第四届全国恶臭污染测试与控制技术研讨会论文集. 北京: 国家环境保护恶臭污染控制重点实验室, 2012.
- [34] 印楠. 福建省水环境优先污染物初探[J]. *福建环境*, 1997, 14(4):6.
- [35] 王维国, 李新中, 孟明宝, 等. 筛选优先控制有毒化学品程序[J]. *环境化学*, 1991, 10(4):55-58.
- WANG W G, LI X Z, MENG M B, et al. Procedure of sifting priority toxic chemicals [J]. *Environmental Chemistry*, 1991, 10(4):55-58.
- [36] 胡冠九. 环境优先污染物简易筛选法初探[J]. *环境科学与管理*, 2007, 32(9):47-49.
HU G J. The primary screening method for environment priority pollutants [J]. *Environmental Science and Management*, 2007, 32(9):47-49.
- [37] 翟平阳, 刘玉萍, 倪艳芳, 等. 松花江水中优先污染物的筛选研究[J]. *北方环境*, 2000(3):19-21.
- [38] 郑庆子, 祝琳琳. 松花江吉林江段优先控制污染物筛选[J]. *环境科技*, 2012, 25(4):68-70.
ZHENG Q Z, ZHU L L. The selection of the priority control contaminants in Jilin section of the Songhua River [J]. *Environmental Science and Technology*, 2012, 25(4):68-70.
- [39] 王莉, 王玉平, 卢迎红, 等. 辽河流域浑河沈阳段地表水重点控制有机污染物的筛选[J]. *中国环境监测*, 2005, 21(6):59-62.
WANG L, WANG Y P, LU Y H, et al. The sifting of priority control organic pollutants in Hunhe River of Liaohe basin in Shenyang City [J]. *Environmental Monitoring in China*, 2005, 21(6):59-62.
- [40] 朱菲菲, 秦普丰, 张娟, 等. 我国地下水环境优先控制有机污染物的筛选[J]. *环境工程技术学报*, 2013, 3(5):443-450.
ZHU F F, QIN P F, ZHANG J, et al. Screening of priority organic pollutants in groundwater of China [J]. *Journal of Environmental Engineering Technology*, 2013, 3(5):443-450. □