

美国的重金属污染防治制度探讨*

付融冰¹ 卜岩枫² 徐 珍¹

(1. 上海市环境科学研究院, 上海 200233; 2. 浙江省环境保护科学设计研究院, 浙江 杭州 310007)

摘要 美国历史上曾经遭受过包含重金属在内的严重的环境污染事件, 在环境保护运动的推动下, 美国相继颁布了一系列法规标准, 如今已建成世界上最为先进和完善的重金属污染防治制度。系统梳理了美国在水环境、大气环境、土壤环境和固体废弃物等领域的重金属污染防治相关法律法规、标准体系, 总结了美国重金属污染防治管理的主要做法和经验, 以期为中国重金属污染防治工作提供借鉴。

关键词 美国 重金属 污染防治 法律法规 标准

Investigation of the American heavy metal pollutions prevention system FU Rongbing¹, BU Yanfeng², XU Zhen¹. (1. Shanghai Academy of Environmental Sciences, Shanghai 200233; 2. Environmental Science Research & Design Institute of Zhejiang Province, Hangzhou Zhejiang 310007)

Abstract: United States suffered severe environmental pollution incidents in history. Under the impetus of environmental protection movements, the United States promulgated a series of regulations and standards. In now days, the United States has built the most advanced, integrated and strictest standard system on heavy metals pollution prevention around the world. In order to use America's experience for references, we investigated systematically the heavy metals pollution prevention-related legislations in the field of water, air, soil and solid waste and summarized experience in the management system of heavy metals pollution prevention in the United States.

Keywords: United States; heavy metals; pollution prevention; legislation; standard

20 世纪上半叶, 美国发生了一系列包括重金属在内的环境污染事件, 导致了席卷全美的各类环境保护运动的兴起。在此推动下, 自 60 年代末, 美国相继颁布了一批环保法律, 逐步建立起了完善的环境管理体系^[1]。美国的环境管理从一开始就把重金属作为重要防治对象, 在不同的环境介质如大气、水、土壤、固体废物的污染防治中, 都有明确而详尽的规定。可以说, 美国的重金属污染防治体系是国际上最为完善和先进的。

本文系统梳理了美国在水环境、大气环境、土壤环境和固体废弃物等领域的重金属污染防治相关法律法规、标准体系等, 总结了美国在重金属污染防治管理方面的做法, 以期为我国的重金属污染防治工作提供参考和借鉴。

1 美国的环境管理机构体系

作为一个联邦制国家, 美国在污染防治方面实行的是由联邦政府制定基本政策、法规和标准, 由州政府负责具体实施的体制^[2]。联邦政府设有专

门的环境保护机构, 对环境事务实施统一管理; 联邦各部门也设有相应的环境保护机构, 分管其业务范围内的环境污染防治工作; 各州同样设有环境保护机构, 负责制定和执行本州的环境污染防治政策、法规、标准等。

从纵向来看, 美国形成了由中央到地方的环境管理机构体系, 自上而下依次为美国联邦环境保护署、联邦环境分局、州环境保护署、州环境派出机构、县市环境保护机构。从横向来看, 国会、州议会和各级司法部门通过将环境价值观融合到具体的决策过程中来行使环境保护的义务和责任。同时, 美国形形色色的民间环境保护组织在政府机构或企业违反环境法时, 发挥着不可替代的监督作用^[3]。专门的环境管理机构、其他履行环境保护法定职责的部门和民间环保组织或普通群众三者的有机结合形成了美国完善而高效的环境管理机构体系^[4]。

1.1 联邦政府层面的环境管理机构

美国联邦政府设有两个专门的环境保护机构: 美国环境保护署 (USEPA) 和环境质量委员会

第一作者: 付融冰, 男, 1973 年生, 博士, 高级工程师, 研究方向为重金属污染防治、污染土壤与地下水修复。

* 上海市环保科研项目 (沪环科 (2012-12))。

(CEQ)。

USEPA 代表联邦政府全面负责环境管理工作,它是环境法案的执行机构,其宗旨是保护人类健康和自然环境,署长由总统提名,经国会批准生效,直接对总统负责。USEPA 的主要职能包括:制定和执行相关条例、规章制度;制定环境保护标准、基准,筛选最佳实用的环保技术等;支持并从事环境科研项目、开展环境教育、公布环境信息等。USEPA 由 13 个部门和 10 个区域办公室组成。13 个部门包括:署长办公室、行政和资源管理办公室、空气和辐射办公室、化学品安全和污染防治办公室、首席财务总监办公室、执法和守法保障办公室、环境信息办公室、总法律顾问办公室、检察长办公室、国际和印地安人部落事务办公室、研究和发展办公室、固体废物和应急反应办公室以及水办公室。10 个区域办公室作为州环境保护机构与 USEPA 之间沟通和协调的纽带,综合管理全国的环境事务。USEPA 通过和各州政府建立伙伴关系(以项目的形式与各州签订工作协议)、进行项目财政预算、编制州项目实施计划等方式实施管理,并通过区域办公室监督各个州的环境政策与项目的落实情况。

CEQ 是总统制定环境政策的顾问,设在总统办公室下。其职责包括为总统提供环境政策咨询、监督并协调各行政部门与环境保护相关的活动。

除 USEPA、CEQ 外,联邦政府其他相关部门也设有相应环保机构^[5],它们通过行使职权间接参与保护环境,在环境管理中也发挥着重要作用。如美国管理和预算办公室(OMB)与 USEPA 共同制定相关法律,其下的信息和规范事物办公室(OIRA)直接与 USEPA 开展合作。其他间接行使环境保护职权的部门还包括内政部及其所属机构(土地管理局、美国渔业和野生动物局、国家公园管理局)、农业部及其所属机构(美国林业局)、劳工部及其所属机构(职业安全与健康局、矿业安全与健康局)、商务部及其所属机构(国家海洋与大气局)。

1.2 州政府及地方政府的环境管理机构

美国各州设有州环境质量委员会和环境保护署。州环境保护署是环境管理的主要执行者,经 USEPA 授权执行环境法,与联邦政府施行的法律法规保持一致。同时,州环境保护署在满足联邦政府要求的前提下也可独立执行本州的环境计划。州环境保护署向州政府负责,但必须接受 USEPA 区域办公室的监督检查。各个州环境保护署在执行环境政策过程中发生的冲突,由地方法院裁决。

州与地方(县、市)环境保护机构的关系分为两类:一类是由州环境保护署在全州范围内直接进行环境管理,县市不设环境保护机构,一些小的州采取这种建制;另一类是在州环境保护署下,设有州环境保护派出机构、地方(县、市)环保机构,一些面积较大、人口较多的州采用这种建制。

目前,美国各州制定的重金属污染防治法规有所不同,但任何一个州的相关标准均不得低于美国国家标准。同时,州的执法权限由 USEPA 授予并每年进行重新审批。如出现异常情况,USEPA 可越过州政府行使权力,并采取必要的法律行动。

2 美国的重金属污染防治管理体系

美国历史上也面临着水环境、大气环境、土壤环境、固体废弃物的重金属污染问题。为此,针对不同环境介质,美国制定了一系列法律法规对各类重金属污染物进行分别管理。

2.1 水环境重金属污染防治管理体系

2.1.1 水环境重金属污染防治法律法规

美国对于水环境中重金属的控制始于 1977 年《清洁水法》公布的 129 种优先污染物(目前更新为 126 种),其中包括 12 种金属,涉及的重金属为 Sb、As、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Ni、Ag、Tl、Zn。《清洁水法》是在 1972 年的《水污染控制法》及其修正案的基础上形成的,主要用于地表水的污染控制^[6]。该法大大加强了美国联邦政府在水环境重金属污染防治的权力,建立了由联邦政府制定水质目标、基本政策和环境基准,由州政府具体实施的强制性管理体制,州可制定更为严格的环境标准。

地下水是美国重要的饮用水源。为保护地下水水质,弥补《清洁水法》在地下水污染防治方面的缺陷,1974 年美国国会通过了《安全饮用水法》^[7],通过该法确保公共饮用水源免受有害污染物包括重金属的危害。该法规定了地下水中重金属 Sb、As、Ba、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Mo、Ni、Ag、Sr、Tl、Zn 的含量标准,要求地下水中各种重金属的最高含量不超过饮用水标准,并规定了受重金属污染地下水的处理要求。

2.1.2 水环境重金属污染防治相关标准

(1) 水质基准和标准

《清洁水法》要求美国各州根据现在和将来的用途,对州内水域进行分类并制定相应环境水质标准,同时制定达到环境水质标准的计划。USEPA 定期发布有毒污染物(包括重金属)的环境水质基

表 1 美国地表水水质基准(重金属)¹⁾
Table 1 USEPA water quality criteria for surface waters (Heavy metals)

μg/L

污 染 物	P/NP	水生生物基准				人体健康基准(人体摄入)		感官 效果	野生生物 基准
		淡水		咸水		水+有机体	有机体		
		CMC(急性)	CCC(慢性)	CMC(急性)	CCC(慢性)				
As	P	340	150	69	36	0.018	0.14		
Sb	P					5.6	640		
Ba	NP					1 000			
Cd	P	2.0	0.25	40	8.8				
Cr(Ⅲ)	P	570	74						
Cr(Ⅵ)	P	16	11	1 100	50				
Cu	P	2.34	1.45	4.8	3.1	1 300		1 000	
Pb	P	65	2.5	210	8.1				
Hg	P	1.4	0.77	1.8	0.94				1.3
甲基 Hg	P						0.3×10 ⁻³		
Ni	P	470	52	74	8.2	610	4 600		
Tl	P					0.24	0.47		
Ag	P	3.2		1.9					
Zn	P	120	120	90	81	7 400	26 000	5 000	

注: ¹⁾P 为优先污染物, NP 为非优先污染物; CMC 为标准最高浓度, CCC 为标准持续浓度。

准,该基准是州制定或修订环境水质标准的依据。如果州没有采纳 USEPA 的建议或没有按规定时间内提交环境水质标准,USEPA 可以自行颁发该州的水质标准。州政府或州水污染控制机构定期举行公众听证会,对环境水质标准进行审查,并把审查结果通知 USEPA。

USEPA 已提出了地表水中 165 种污染物的基准^[8],包括合成有机物 106 项、农药 30 项、金属 17 项(其中重金属 14 项,见表 1)、无机物 7 项、基本物理化学特性 4 项和细菌 1 项。基准包括人体健康基准、水生生物基准、营养物基准、沉积物质量基准、细菌基准、生物学基准、野生生物基准等,其中和重金属相关的基准主要包括人体健康基准、水生生物基准和野生生物基准。目前,USEPA 正在致力于制定沉积物中的重金属基准。

美国地下水标准采用的是饮用水标准^[9],包括 15 项金属标准,其中重金属有 11 项,如表 2 所示。

(2) 排放标准

《清洁水法》将水污染物分为 3 类:有毒污染物、常规污染物和非常规污染物。重金属归属于有毒污染物,主要包括 Sb、As、Cd、Cr、Cu、Pb、Hg、Ni、Ag、Tl、Zn。根据废水排放受纳对象的不同,排放标准可分为两类:一类是排入公共废水处理系统的废水预处理标准;一类是直接排入通航河道的废水排放标准。重金属的排放标准在全美是统一的^[10]。

美国的水污染物排放标准以行业标准为主,针对不同的行业分别制定各自的预处理标准和直排标准^[11]。

表 2 美国地下水/饮用水中重金属的水质标准¹⁾
Table 2 USEPA water quality criteria for heavy metals in groundwater/drinking water mg/L

污染物	一级标准		二级标准
	MCLG	MCL	
Sb	0.006	0.006	
As		0.05	
Ba	2	2	
Cd	0.005	0.005	
Cr	0.1	0.1	
Cu	1.3	1.3	1.0
Pb	0	0.015	
无机 Hg	0.002	0.002	
Tl	0.000 5	0.000 2	
Ag			0.1
Zn			5

注: ¹⁾MCLG 为最大污染物目标限值, MCL 为最大污染物标准。MCLG 是指饮用水中不会对身体造成危害或是可以接受健康风险的污染物浓度; MCL 则是一个强制执行的标准,这一标准应尽可能接近 MCLG,它的制定考虑了治疗技术和成本等因素。

预处理标准是针对排入公共废水处理设施的工业点源所制定的排放标准。重金属控制的预处理标准分为现有污染源的预处理标准(PSES)和新污染源的预处理标准(PSNS)。USEPA 共制定了预处理标准 361 项,涵盖 18 个行业 264 个子类,其中包含重金属控制的预处理标准 132 项,主要控制的重金属为 Hg、Cu、Ni、Cd、Zn、Pb、Cr 等。

直排标准依控制对象不同而异。美国对包括重金属在内的有毒污染物的控制较严格,行业标准颁布之前的污染源可采用基于当前最佳可行技术(BAT)的直排标准;行业标准颁布之后新建的污染源的直排标准则要采用新污染源性能标准(NSPS)。

NSPS 的设立主要是为了在可能达到的情形下,制定更严格的技术排放标准。在美国已颁布的约 60 种技术排放标准中,BAT 和 NSPS 大多是很接近的。USEPA 共制定了直排标准 688 项,涵盖 18 个行业 264 个子类,其中包含重金属控制的直排标准 217 项,主要控制重金属为总 Cr、Cr(VI)、Hg、Cu、Ni、Cd、Zn、Pb 等。

通常情况下,预处理标准比直排标准要宽松,但对包括重金属在内的许多有毒有害物质来说,预处理标准与直排标准同样严格。

如采用直排和预处理标准仍无法达到所在水域的水质标准,联邦或州政府应制定适用于该水域排放点源的特别排放限值,称为“与水质有关的排放限值”。在排污许可证申请的审查过程中,首先以基于技术的标准计算排放限值,如不能达到相关水质标准,应以水质标准另行计算排放限值。按水质标准计算的排放限值通常较为严格。

2.1.3 水环境重金属污染防治主要做法

美国的水环境重金属污染防治的主要做法为:(1)联邦政府主导全国水环境污染防治工作,具备实施全国水环境污染控制的管理权限和执法权;(2)对不同污染源采取不同的管理模式,根据《清洁水法》制定了现有点源污染物直接排放管理制度、新点源污染物直接排放管理制度、点源间接排放的预处理管理制度;(3)排污许可证制度是控制水污染源排放的主要手段,任何地表水域的点源污染排放都必须事先获得排污许可证,由联邦政府签发排污许可证并监督执行;(4)联邦政府加大对净水基础设施的投资力度,以有效控制重金属污染;各地大力建造污水收集系统和城镇污水处理厂,普遍实现了城镇污水的二级处理,并接纳达到预处理要求的工业废水,为许多在技术上或经济上难以自行处理的工业企业解决了含重金属废水的排放问题,为控制水环境重金属污染奠定了重要基础。

2.2 大气环境重金属污染防治管理体系

2.2.1 大气环境重金属污染防治法律法规

美国历史上曾出台过《空气污染控制法》(1955、1960 年)、《清洁空气法》(1963 年)、《机动车空气污染控制法》(1965 年)、《空气质量法》(1967 年)等,这些立法都未能有效控制和消除美国的空气污染。1970 年,美国通过了意义重大的《清洁空气法》(CAA),后经几次修订日趋完善。其中两次修订较为重要,1977 年修订增加了“新排放源在建设前应进行环境评价”等要求;1990 年的修正案主要新增

了对城市空气污染物和有毒空气污染物(包括重金属)的管理、对许可证和化学物质的管理、研究开发工作规范、有毒空气污染物事故性排放管理等。此外,为配合相关要求的具体实施又出台了一些辅助性的法规,共同形成了 CAA 法律体系。CAA 法律体系的管理范围相当庞大,涵盖了全美地区的各种生产活动。以其影响力来看,CAA 可称之为最大的环境法律^[12]。

2.2.2 大气环境重金属污染相关标准体系

(1) 空气质量标准

CAA 在 1990 年修订后要求 USEPA 针对公共健康和环境有害污染物制定国家环境空气质量标准(NAAQS)。CAA 中包括 2 种环境空气质量标准:一级标准为保护公众(包括“敏感”人群,如哮喘病人、儿童和老人)健康;二级标准为提供公共福利保护(保护动物、农作物、植被等)。USEPA 设定了 6 种大气污染物的质量标准,其中 Pb 是唯一的重金属污染物指标,标准值为 $0.15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 。但是颗粒物中可能会含有很多其他重金属成分,因此对大气污染物指标的控制实际上也间接地控制了重金属污染物。

(2) 排放标准

美国的大气污染物排放标准体系以 CAA 和联邦法规法典为基础,分为固定源和移动源 2 个子体系,重金属的相关标准主要集中于固定源标准体系,固定源标准体系主要以 NSPS 和国家排放标准的有害空气污染物(NESHAP)为核心^[13]。美国的固定源大气污染物排放标准体系结构清晰、针对性较强,将大气污染物分为标准污染物和有毒有害污染物两类,绝大多数的大气重金属污染物均包含在毒有害污染物中。

美国的大气污染物排放标准体系按照大气重金属污染物现有排放源和新排放源的分类,进行分层级控制。对于 Pb 的新排放源,由 USEPA 统一制定 NSPS 进行管理;对于归类于有毒有害污染物的重金属,无论是新排放源还是现有排放源,均统一通过 USEPA 制定的有害大气污染物排放标准进行管理。

美国的大气污染物排放标准将重金属污染物按现有排放源和新排放源进行分层控制。对于 Pb 的新排放源,由 USEPA 统一制定 NSPS 进行管理;对于归类于有毒有害污染物的重金属,无论是新排放源还是现有排放源,均统一按照 USEPA 制定的有害大气污染物排放标准进行管理。

美国的大气重金属污染物排放标准具有显著的行业特征,主要包括电力、制造、化工、金属以及其他

行业。这些行业具有高污染、高排放的特点,涉及面广且体系复杂,需要进行严格的环境管理。USEPA及CAA对这些行业(特别是化工、金属行业)的大气重金属污染物排放制定了严格标准。根据不同生产工艺流程、同一环节上不同重金属的处理技术,相关部门细致划分并制定了针对性很强的大气重金属污染物排放标准,使任一生产环节排放的大气重金属污染物限值都有法可循。如对金属行业,从纵向上对金属制造、冶炼、还原等几乎整个生产链的每个环节进行了大气重金属污染物排放规定,从横向上单就冶炼这一工艺,又对Cu、Zn、Pb等重金属的排放分别进行了规定。此外,针对有毒有害污染物的控制标准不断得以完善和丰富:已从控制有害空气污染物排放转向了控制其排放对整个人群的暴露风险;由之前对单个设备排放量的控制转向了对某一站点的排放总量的控制;从以前限定具体控制方法的选择范围转向只要不超过排放限值可自由选择控制方法等。

2.2.3 大气环境重金属污染防治主要做法

美国的大气环境重金属污染防治的主要做法为:(1)在管理制度上,联邦政府取得全国大气环境重金属污染控制的管理权限,USEPA负责统一执行CAA。各州通过制定自己的“州实施计划”(SIP)具体贯彻执行CAA的规定^[14],各州向USEPA例行提交空气质量监测数据,USEPA在专项研究、专家评估、工程设计以及资金方面给予支持,州不遵守CAA的规定时会受到严厉处罚。(2)在管理对象上,将污染物分为标准污染物与有害空气污染物,将污染源分为移动源和固定源,将污染区域分为达标区和未达标区;(3)对污染源主要采用排污许可证制度进行控制。对已有污染源和新建污染源,分别采用运行许可证和新源建设许可证进行管理。多数固定污染源必须申请运行许可证以控制包括重金属在内的大气污染物的排放。在排污许可证管理方面,联邦政府保留严格的监管权,但各州在执行上也保留有一定的弹性。排污许可证通常会由各州依相关规定发放,如果州在执行CAA方面存在失误,许可证发放权将被收归回USEPA。(4)在管理新源重金属污染物上,通过NSPS和环境影响评价手段进行控制。NSPS基于现有技术设定了新排放源的重金属排放限值,从动工前的许可到运行后的排放标准等都有严格要求;而开展环境影响评价可证明相关行为排放污染物的扩散量不违反NAAQS或不超

过显著环境恶化(PSD)项目允许的排放增量^[15]。

2.3 土壤环境重金属污染防治管理体系

2.3.1 土壤环境重金属污染防治法律法规

1976年,美国国会制定了《固体废物处置法》(又称《资源保护和回收法》)全面控制固体废弃物对土壤的污染。20世纪70年代末期,美国发生了因固体废弃物无控制填埋导致的“拉夫运河污染事件”,其中的污染物就包含重金属。1980年,美国通过了《环境应对、赔偿和责任认定综合法案》(CERCLA,又称《超级基金法》),该法是一部关于危险物质泄漏治理的重要立法,对于土壤污染责任的认定起到了重要作用。基于该法,美国建立了超级基金场地管理制度。1986年,美国国会对CERCLA进行了第一次修正,修正法案称为《超级基金增补和再授权法案》(SARA)^[16]。

根据CERCLA的规定,污染土壤必须经修复后才能使用。为推动棕色地块的治理和再开发,1996年USEPA制定了棕色地块行动议程,进而政府推动了棕色地块全国合作行动议程。国会也通过颁布《纳税人减税法》刺激私人资本对包含受重金属在内的污染场地进行清理和再利用投资。2002年,美国制定了《小型企业责任免除和棕色地块振兴法案》,并对CERCLA再次进行修订,给中小企业免除部分责任,促进受重金属等污染场地的清理和再利用。

从名称上看,美国并没有专门的土壤污染防治法,但是《超级基金法》的主要意图在于修复全国范围内的污染地块,与其后的修正案、《棕色地块法》等共同建立了一套在法律、管理制度以及技术规范方面比较完善的土壤污染防治体系。

2.3.2 土壤重金属污染防控筛选值

在联邦层面上,USEPA公布了土壤环境中15种重金属的通用筛选值和12种重金属的生态筛选值^[17-18],结果见表3。土壤筛选指南(SSG)为设定基于人体健康的土壤筛选值(SSLs)提供了框架^[19],并为场地评估提供了方法。生态土壤筛选值指南(Eco-SSLs)给出了筛选值的设定说明以及如何筛选生态风险。实际运用中,若土壤中污染物的浓度超过筛选值,也并不意味着该场地已受到污染或需要修复,还应对该场地做进一步的环境调查评估。SSLs不一定涉及所有已知的人类暴露途径、农业用途或生态威胁。因此,在场地评估中应用SSLs之前,如果发现场地情况较为复杂,或暴露途径不够明确,通用的SSLs不能满足评估要求时,则有必要采

表3 USEPA 制定的土壤重金属的通用筛选值和生态筛选值¹⁾
Table 3 General screening levels and ecological screening levels of heavy metals in soil specified by USEPA mg/kg

重金属	通用筛选值				生态筛选值			
	直接摄入值	吸入扬尘	迁移到地下水		植物	土壤无脊椎动物	野生生物	
			DAF 20 L/kg	DAF 1 L/kg			禽类	哺乳类
有机 Hg	23	10	2	0.1				
As	0.4	750	29	1	18		43	46
Ba	5 500	6.9×10 ⁻⁵	1 600	82		330		2 000
Be	0.1	1 300	63	3		40		21
Cd	78	1 800	8	0.4	32	140	0.77	0.36
总 Cr	390	270	38	2				
Cr(VI)	390	270	38	2				130
Cr(III)	78 000						26	34
Pb	400				120	1 700	11	56
Ni	1 600	13 000	130	7	38	280	210	130
Sr	390		5	0.3	0.52	4.1	1.2	0.63
Ag	390		34	2	560		4.2	14
Tl			0.7	0.04				
Zn	23 000		12 000	620	160	120	46	79
V	550		6 000	300			7.8	280

注：¹⁾DAF 为稀释衰减系数。

用更详细的场地特异性方法来进行场地评价。

在州级层面上,有些州使用的是 USEPA 的筛选值,其他的州也都制定了本州的 SSLs 或修复指导值,只是名称不尽相同。最初 USEPA 的不同大区也制定了本州的 SSLs,如 3 区(USEPA 3 区办公室管辖的特拉华州、哥伦比亚特区、马里兰州、宾夕法尼亚州、弗吉尼亚和西弗吉尼亚州)的风险浓度值(RBC)、6 区(USEPA 6 区办公室管辖的路易斯安那州、堪萨斯州、阿肯色州、俄克拉何马州、新墨西哥州和德克萨斯州)的人体健康筛选值(HHMSSL)以及 9 区(USEPA 9 区办公室管辖的亚利桑那州、加利福尼亚州、夏威夷州和内华达州)的区域筛选值(RSL)等^[29]。至 2008 年 5 月,USEPA 发布了一套整体的 RSL,取代了 3 区的 RBC、6 区的 HHMSSL 和 9 区的 RSL。

2.3.3 土壤环境重金属污染防控的主要做法

美国对土壤重金属污染防治的主要做法为:(1)注重土壤污染的源头预防,从危险废物管理着手开展立法,同时在水污染防控、水源地保护和农药和化学品等有毒物质的控制等方面制定了一系列涉及土壤污染防治法律,如《清洁水法》、《清洁空气法》、《有毒物质控制法》等。(2)扩大了对联邦政府对污染场地实施反应行动的授权。CERCLA 赋予联邦政府更大的实施反应行动的权力。联邦政府可以自行对污染场地进行调查和清理,然后就发生的费用向责任主体追偿,可以向联邦法院申请司法强制令或者在一定条件下直接签发行行政命令,强制责任主体进

行污染场地的调查、评估和清理。(3)建立了以污染者付费为原则的严格责任制度。美国《超级基金法》对包括土地、厂房、设施等内在不动产的污染者、所有者和使用者以溯及既往的方式规定了法律上的连带严格无限责任。(4)建立了解决污染场地调查、评估、清理和救助的资金筹集制度(超级基金),其来源主要为化工产品专门税、公司环境税、财政拨款以及主体追偿款项等。(5)确立了公众参与制度,注重发挥公众的力量。

2.4 固体废弃物重金属污染防治管理体系

2.4.1 固体废弃物重金属污染防控法律法规体系

美国对固体废弃物中重金属污染防治工作起步较早,早在 1965 年就出台了《固体废弃物处理法案》,并于 20 世纪 70 年代末拉夫运河事件之后真正进入新的阶段。目前,美国固体废弃物中重金属污染防治的相关立法包括:基本法《固体废弃物处理法案》(1965 年)、《资源恢复法案》(1970 年)、《资源保护及回收法案》(1976 年)、《危险废物及固体废弃物修正案》(1984、1988、1996 年)、CERCLA。此外,美国还在一些具体领域制定了很多重要法案,如《有毒物质控制法案》(1976 年)以及《含汞可充电电池管理法案》(1996 年)等,这些法规建立了固体废弃物从产生到最终处理处置的全过程管理体系。目前,美国是世界上固体废弃物污染控制立法最为完备的国家之一。

2.4.2 固体废弃物中重金属污染防治的管制手段

USEPA 把固体废弃物分为无害固体废弃物和

有害固体废弃物两大类。《危险废物和固体废物修正案》(RCRA)规定,USEPA对危险废物的管理可以授权州进行,无害固体废弃物则主要由州和地方政府进行管理。美国固体废弃物中重金属的污染防治标准也据此分为两个方面,主要包括无害固体废弃物和危险废物污染防治相关标准。

USEPA对固体废弃物中10种重金属设立了最高浸出限值^[21],见表4。

表4 USEPA设立的固体废弃物中10种重金属的最高浸出限值

Table 4 The highest leaching value of 10 heavy metals from solid waste mg/L

重金属	最高浸出限值
As	0.05
Ba	1.0
Cd	0.01
Cr(VI)	0.05
Pb	0.05
Hg	0.002
Ag	0.05

RCRA规定的危险废物分为两个目录:一类是被列出的危险废物,包括非特定源废物(F-list)、特定源废物(K-list)、废弃商业化学产品(P-list和U-list);另一类是特征性危险废物,包括具有易燃性、腐蚀性、反应性和毒性的危险废物。含有重金属的废弃物就有可能是具有毒性的危险废物。特征性危险废物标准中对7种重金属进行了规定^[22],即使用毒性特性溶出程序,固体废物(除人造煤气厂的废物)的浸提液中重金属的浓度等于或大于相应的最高限值(见表5)时,即被认定为含重金属的危险废物。

表5 定义为危险废物的重金属的最高浸出限值

Table 5 The highest leaching value of heavy metals from hazardous waste mg/L

重金属	As	Ba	Cd	Cr	Pb	Hg	Ag
数值	5.0	100.0	1.0	5.0	5.0	0.2	5.0

2.4.3 固体废弃物中重金属污染防治的管制手段

(1) 直接管制手段

美国的固体废弃物污染防治立法中,对含重金属固体废弃物的处理做了很多直接管制规定,这些规定具有命令性和强制性。规定主要涉及4个方面:制定处理后固体废弃物中各种重金属的含量标准;建立含重金属危险固体废物申报登记与检测制度;建立含重金属固体废弃物的信息强制披露制度;建立含重金属固体废弃物的强制循环利用制度。

(2) 基于市场的间接管制手段

直接管制手段往往不考虑被管制对象的意愿和

经济实力,容易导致企业和个人不堪承受。鉴于此,美国制定和使用了一些基于市场的含重金属固体废弃物的间接管制手段,通过国家的间接干预和引导促成某种有效市场形成,或者提供某种激励机制促使企业使用符合要求的污染控制方法。这些间接管制手段主要包括税费征收制度、押金返还制度、政府补贴制度等。

3 结 语

(1) 在法规标准上,同各国一样,美国的重金属污染防治法规标准都分散在对各个环境要素的管控中,无论是水环境、大气环境、固体废弃物及土壤环境,美国都对其建立了相当完善和庞大的法律法规和标准体系,它们之间既有纵向的联系又有横向的衔接。这些法规标准清晰地规定了重金属防治工作的政策,以及政府、企业和民众的职责,并确定了严格的制裁措施,内容详尽科学,可操作性强。可以说,美国完善的重金属污染防治体系得益于这种强有力的法律保障。

(2) 在管理体制上,美国联邦政府取得了重金属污染防治工作的主导管理权限,USEPA代表联邦政府执行统一的环境管理职责,拥有独立执行联邦各项环境法律法规的执法权,各州在USEPA指导下通过制定自己的SIP具体贯彻执行环境保护政策,形成与中央一致的环境保护行政管理体系。这种体制既保证了全国环境保护政策的一致性和严格性,又保持了各州本身的自主性和灵活性。同时,各民间环保组织或普通群众在国家环境管理事务中发挥了极其重要的监督作用。

(3) 在管理手段上,以行政管理为主,辅以经济手段。通过灵活有效的管理体制行使行政管理,并在推行环保计划时非常注重管理资源的安排,为计划的顺利执行提供了保障。在经济上,通过税费征收制度、押金返还制度和政府补贴制度等经济手段激励企业开展重金属污染防治工作。

(4) 在防控措施上,排污许可证制度是美国水环境和大气环境重金属污染防治的主要手段,通过排污许可证制度控制了所有可能对水环境、大气环境排放重金属的污染源(包括企业、市政、政府部门),可将水、大气环境的各项管理要求有效统一,协调了不同管理政策的要求;对于新增污染源,同时采用开展环境影响评价和制定新源排放制度等措施有效控制重金属污染物的产生与排放。对含重金属的

固体废物,建立了从源头到最终处理处置的全过程、严格的监管体制。对土壤环境,注重从危险废物、水环境、大气环境和化学品的管理进行防治,建立了较为先进的超级基金制度进行调查、评估和清理。

(5) 在公众参与上,美国注重发挥公众的力量,并以法律的形式确定了公众参与制度。如《安全饮用水法》规定了公民起诉制度等。公众参与在美国重金属污染防治工作中发挥了重要作用。

参考文献:

- [1] AGNONE J. Amplifying public opinion: the policy impact of the US environmental movement[J]. Social Forces, 2007, 85(4):1593-620.
- [2] 张信芳,席婷婷. 看美国环境管理架构运行机制的启示[J]. 环境科学与管理, 2012, 37(6): 23-25.
- [3] MCCARTER K S, SMITH M B. Influencing US environmental policy: players and strategies[J]. Australian Journal of Dairy Technology, 2004, 59(2): 110-115.
- [4] KRALJ D. Recent advances in circuits, systems and signals [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.wseas.us/books/2009/tenerife/CSECS.pdf>.
- [5] USEPA. About EPA [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www2.epa.gov/aboutepa>.
- [6] USEPA. Summary of the clean water act [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www2.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>.
- [7] USEPA. Safe drinking water act (SDWA) [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/>.
- [8] USEPA. Water quality criteria [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://water.epa.gov/lawsregs/rulesregs/sdwa/>.
- [9] USEPA. 2011 edition of the drinking water standards and health advisories [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://water.epa.gov/action/advisories/drinking/upload/dwstandards2011.pdf>.
- [10] 汪志国,吴健,李宁. 美国水环境保护的机制与措施[J]. 环境科学与管理, 2005, 30(6): 1-6.
- [11] USEPA. Effluent limitations guidelines and standards [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://cfpub.epa.gov/npdes/tech-basedpermitting/efguide.cfm>.
- [12] USEPA. Clean air act [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.epa.gov/air/caa/>.
- [13] 周军英,汪云岗,钱谊. 美国大气污染物排放标准体系综述[J]. 农村生态环境, 1999, 15(1): 53-58.
- [14] USEPA. National ambient air quality standards (NAAQS) [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.epa.gov/air/criteria.html>.
- [15] USEPA. National emission standards for hazardous air pollutants compliance monitoring [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.epa.gov/compliance/monitoring/programs/caa/neshaps.html>.
- [16] 叶露,李燕飞,陈玲. 国外土壤污染防治进展及对我国土壤保

护的启示[J]. 环境监测管理技术, 2006, 18(5): 51-53.

- [17] USEPA. Appendix a generic SSLs [EB/OL]. [2014-03-22]. http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/pdfs/appd_a.pdf.
- [18] USEPA. ECO-SSL [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.epa.gov/ecotox/ecoss/>.
- [19] USEPA. Soil screening guidance [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/>.
- [20] USEPA. Regional screening level s (formerly PRGs) [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.epa.gov/superfund/health/conmedia/soil/>.
- [21] USEPA. Criteria for solid waste disposal facilities a guide for owners/operators [EB/OL]. [2014-03-22]. https://www.fedcenter.gov/Bookmarks/index.cfm?id=483&pge_id=1606.
- [22] USEPA. Code of federal regulations [EB/OL]. [2014-03-22]. <http://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CFR-2012-title40-vol27/xml/CFR-2012-title40-vol27-sec261-24.xml>.

编辑:贺锋萍 (修改稿收到日期:2014-03-25)

(上接第 93 页)

- [38] DAVID W, BRAD H, HANS P. Importance of atmospherically deposited nitrogen to the annual nitrogen budget of the Neuse River estuary, North Carolina [J]. Environment International, 2003, 29(23): 393-399.
- [39] GAO Yuan, MICHAEL J K, AMANDA M F. Atmospheric nitrogen deposition to The New Jersey Coastal waters and its implications [J]. Ecological Applications, 2007, 17(5): 31-41.
- [40] ERIN L K, IVAN V. Nitrogen loading to great south bay: land use, sources, retention, and transport from land to bay [J]. Journal of Coastal Research, 2011, 27(4): 672-686.
- [41] 晏维金,章申,王嘉慧. 长江流域氮的生物地球化学循环及其对输送无机氮的影响——1968—1997 年的时间变化分析 [J]. 地理学报, 2001, 56(5): 505-514.
- [42] 宋玉芝,秦伯强,杨龙元. 大气湿沉降向太湖水生生态系统输送氮的初步估算 [J]. 湖泊科学, 2005, 17(3): 226-230.
- [43] 付敏,赵卫红,王江涛,等. 大气湿沉降对长江口水域营养盐的贡献 [J]. 环境科学, 2008, 29(10): 2703-2709.
- [44] 余辉,张璐璐,燕姝雯,等. 太湖氮磷营养盐大气湿沉降特征及入湖贡献率 [J]. 环境科学研究, 2011, 24(11): 1210-1219.
- [45] 邹伟,王珩瑜,高建玲,等. N、P 通过大气干湿沉降方式向大亚湾输入量研究 [J]. 海洋环境科学, 2011, 30(6): 843-846.
- [46] WULFF F, PERTTILÄ M, RAHM L. Observation, calculation of the balance for nutrients and prediction in the gulf of Bothnia [J]. Ambio, 1996(8): 28-34.
- [47] VALIGURA R A, WINSTON T L, RICHARD S A, et al. Atmospheric nutrient input to coastal areas reducing the uncertainties [EB/OL]. [2013-12-11]. <http://www.cop.noaa.gov/pubs/das/das9.pdf>.
- [48] PAERL H W, DENNIS R L, WHITALL D R. Atmospheric deposition of nitrogen: implications for nutrient over-enrichment of coastal waters [J]. Estuaries, 2002, 25(4): 677-693.

编辑:卜岩枫 (修改稿收到日期:2013-12-28)