

# 美国环境激素污染防治经验及对我国的启示

李媛媛, 刘金森, 黄新皓, 姜欢欢

(生态环境部环境与经济政策研究中心, 北京 100029)

**【摘要】**近年来,环境激素类物质在工业生产、农业、医疗和畜禽养殖业中大量使用,并通过废水、排泄物等方式进入到水体中,对生态环境和人体健康造成了极大的威胁。美国在环境激素污染控制和防治对策等方面积累了丰富的经验,值得借鉴。美国环境激素污染控制特点:一是出台了多部法律法规,明确了对环境激素的监管规定;二是建立了环境激素监管机构;三是开展内分泌干扰物筛查项目,为环境激素的监管提供科学支持。但是目前我国存在着环境激素污染现状不清、排放标准缺乏、科学研究不足等问题。结合中国的现状,建议:完善环境激素监管机构,明确各部门职责;完善我国针对环境激素的标准;加强基础研究;强化源头治理,建立监管体系。

**【关键词】**环境激素;美国;内分泌干扰物筛查项目

中图分类号: X21 文献标识码: A 文章编号: 1673-288X(2019)06-0085-05 DOI: 10.19758/j.cnki.issn1673-288x.201906085

环境激素来源广泛、状态多样且传播途径多种多样,存在于全球范围内且难以降解。即使背景浓度低,也可通过食物链逐级放大,以较高的浓度进入并蓄积于高等动物及人体内。近年来,环境激素污染问题越来越严峻,成为生物健康的潜在威胁因素,关系着人类的生存繁衍。美国在环境激素的污染防治方面起步较早,拥有严苛的政策法规、完善的管理体制,开展了“内分泌物筛查项目”,实现了对环境激素生产、销售、使用、排放的全过程管理,其经验值得我国借鉴。

## 1 我国环境激素的使用情况

我国经济正处于迅猛发展期,许多工矿企业仍在采用陈旧的对环境污染大的生产工艺、农业生产大量使用杀虫剂等,使得我国环境激素的生产和使用量处于世界前列。据统计,我国自20世纪90年代以来使用化学农药达到100万吨/年。目前虽然已禁止含有环境激素的化学农药的使用,但过去使用的含有环境激素的农药中不少进入环境,附着在土壤和作物中,随着气流循环、降雨、下雪等流入水体中<sup>[1]</sup>。另有统计表明,我国是环境激素生产和使用大国之一,生产的药物活性成分达1500多种<sup>[2]</sup>。同时,我国多氯联苯消耗量世界排名第三,占全球消耗量的6.5%,仅次于美国(19.1%)和日本(9.4%)<sup>[3]</sup>。尽管国内现有的环境激素生产使用情况正在调查之中,全国的数据还未公布,但部分省份的环境激素生产使用数据已经公布。例如调查结果显示,湖北省环境激素类化学品生产总量和使用总量分别为4366797吨和3895627吨,占比为化学品调查总量的10%<sup>[4]</sup>。

目前在我国地表水、地下水和饮用水等水体中均已

检出环境激素类物质。据研究,已有约144种药物和个人护理用品在我国河流、湖泊和近岸海域等天然地表水中被检出,其中包括33种环境激素类药物,被检浓度水平为ng/L~μg/L。总体来说,环境激素在饮用水中浓度普遍较低,处于nd(未检出)~50ng/L;在我国主要河流和湖泊中分布广泛、浓度差异较大,其中珠江、小清河和太湖贡湖湾浓度较高,为1mg/L以上,长江流域浓度相对较低,为100ng/L;地下水中浓度与周围环境有极大关系,浓度在nd(未检出)~228ng/L<sup>[5-6]</sup>。

## 2 美国环境激素监管体系

### 2.1 出台多部法律法规,明确了对环境激素的规定

为了控制水体污染,美国接连出台了《水质法》《清洁水法》《饮用水安全法》等多部法律。《饮用水安全法》中第136款中明确提出要开展内分泌干扰物筛查项目,授权美国环保局可以在内分泌干扰物筛查项目下对包括《联邦食品、药物和化妆品法案》(FDCA)提到的物质进行检测;此外,如果美国环保局局长确认大量的人口可能会接触到饮用水的某种物质,美国环保局也有权对此进行检测和测试。《饮用水安全法》中还指出,如果发现任何具有内分泌效应的物质,美国环保局应酌情依据可利用的法定权限来采取行动,以确保公共卫生的安全。

《联邦食品、药品和化妆品法案》是美国国会于1938年通过的一系列法案的总称,赋予美国食品药品监督管理局监督和监管食品安全、药品及化妆品的权力,此后也经过多次的修订。《联邦食品、药物和化妆品法案》中明确提出,在该法案生效的两年内,美国环

作者简介:李媛媛,博士,高级工程师,研究方向为国际环境政策

通讯作者:姜欢欢,助理研究员,研究方向为国际环境政策

文献格式:李媛媛,刘金森,黄新皓,等.美国环境激素污染防治经验及对我国的启示[J].环境与可持续发展,2019,44(6):85-89.[LI Yuanyuan,LIU Jimiao,HUANG Xinhao et al. Experience of environmental hormone pollution prevention in the United States and its implications to China[J].Environment and Sustainable Development,2019,44(6):85-89.]

保局要在咨询健康和人类服务委员会的基础上，制定内分泌干扰物筛查项目，利用合适且有效的测试方法以及其他相关的科学信息来确定某些物质是否会对人类产生类似于自然产生的或由美国食品药品监督管理局局长指定的内分泌干扰物所带来的影响。此外，《联邦食品、药物和化妆品法案》中还对美国食品药品监督管理局要检测的物质进行了规定，要求美国环保局要对所有的农药化学品以及其他可能造成与农药化学品类似反应的物质进行测试。

### 2.2 建立了环境激素监管机构

在国会的授权下，美国于 1996 成立了内分泌干扰物筛选和测试咨询委员会(EDSTAC)，该委员会为联邦

咨询委员会，其主要职能是就如何制定国会要求的内分泌干扰物的检查和测试计划向美国环保局提出建议。EDSTAC 由来自工业、政府、环境和公共卫生团体、工人安全团体和学术界代表组成。这些委员会成员负责为科学和合理筛选内分泌干扰物计划提出建议，这些建议为美国环保局就化学品的内分泌效应制定政策提供依据<sup>[7]</sup>。根据美国环保局的指示，联邦咨询委员会于 1998 年完成了关于环境激素的终期报告<sup>[8]</sup>。美国环保局于 1998 年 8 月的联邦登记册通知中提出了要开展内分泌干扰物筛查项目(EDSP)。内分泌干扰物筛查项目中的大多数工作由美国环保局的四个办公室和五个主要委员会协调进行(图 1)。

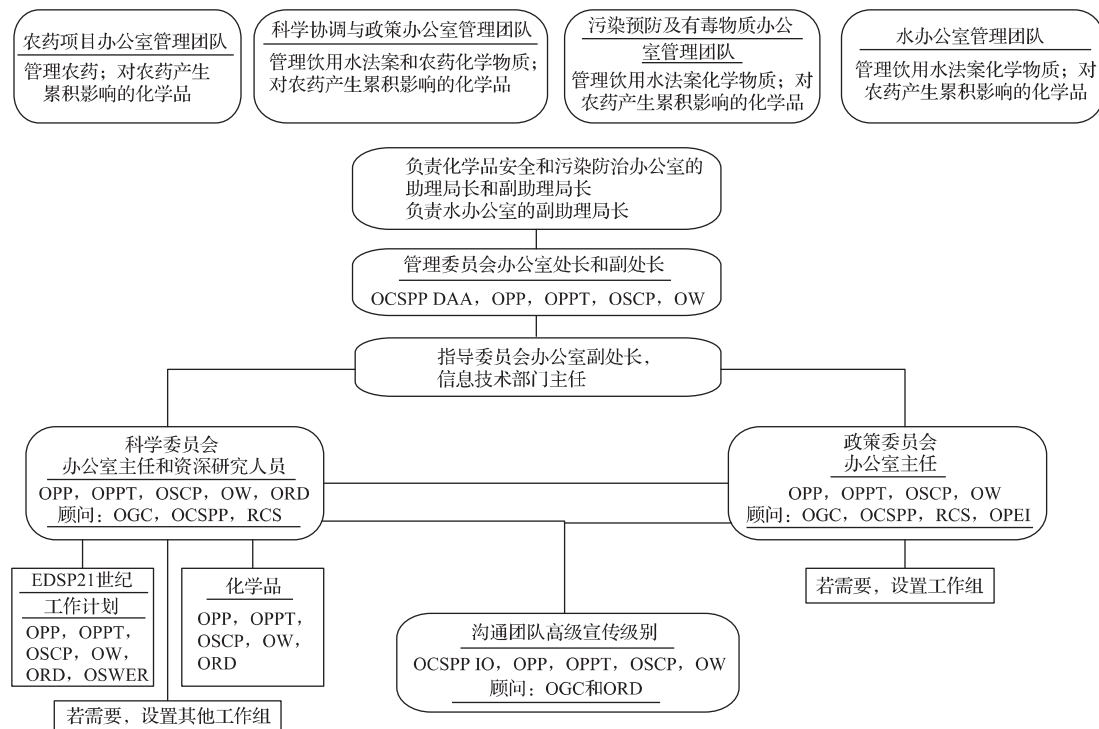


图 1 内分泌干扰物筛查项目组织结构图

#### 2.2.1 美国环保局办公室

内分泌干扰物筛查项目由美国环保局的四个办公室进行推进和实施：(1) 科学协调与政策办公室( the Office of Science Coordination and Policy , OSCP)；(2) 农药项目办公室( the Office of Pesticide Programs , OPP)；(3) 污染预防及有害物质办公室( the Office of Pollution Prevention and Toxics , OPPT)；(4) 水办公室( Office of Water , OW)。其中，科学协调与政策办公室主要负责：(1) 二级试验的开发/验证、同行评审及法规实施；(2) EDSP 21 世纪工作计划的制定与实施；(3) 协调、沟通和内分泌干扰物筛查项目网站管理；(4) 信息收集请求( ICR)；(5) 对一级筛查或二级试验方法的修订。农药

计划办公室主要负责：(1) 指令下达及农药活性/惰性成分的管理；(2) 农药活性/惰性成分数据审查；(3) 农药中化学物质技术问题的解决；(4) 农药的证据权重及监管决策。污染预防及毒物办公室/水务办公室主要负责：(1) 根据安全饮用水法案( SDWA) 进行化学物质曝光识别以满足《美国联邦食品、药品和化妆品法案》和《饮用水安全法》的指令；(2) 《美国联邦食品、药品和化妆品法案》和《饮用水安全法》的政策及程序；(3) 指令下达及饮用水中化学物质的管理；(4) 《饮用水安全法》化学品的数据审查及技术问题的处理( OSRI)；(5) 饮用水中化学物质的技术问题；(6) 饮用水化学品的审查证据权重及监管决策。

### 2.2.2 管理委员会

内分泌干扰物筛查项目内部还成立了管理委员会, 当决策在任何管理层上都不能协调时, 问题会被提请至管理委员会审议。管理委员会的基本结构及其各部分的职能如表 1 所示。如果在评估其他科学相关信息 (OSRI) 或一级和二级数据分析时出现复杂的科学问题, 则该问题提交至科学委员会供审议和确定。该委员会的

建议提交至指导委员会做最终决定, 必要时, 指导委员会在做出最终决定之前向管理委员会作简报。虽然管理结构的存在是为了加强决策者之间的协调, 但它并不僵化或限制在其结构之外可能出现的沟通方式。同时, EDSP 致力于寻找简化流程的机会。随着计划的推进, 该机构继续实施“适应性管理”方法, 通过流程简化和/或委员会合并来确保过程效率, 以实现资源优化<sup>[9]</sup>。

表 1 内分泌干扰物筛查项目委员会基本结构及职能

委员会	职能	委员会成员
管理委员会	整个内分泌干扰物筛查项目的管理决策	负责化学品安全和污染防治办公室的副助理局长以及水办公室、农药项目办公室、污染预防及有害物质办公室和科学协调与政策办公室的处长
指导委员会	为科学、政策预算及信息技术问题提供管理监督	水办公室、污染预防及有毒物质办公室、农药项目办公室和科学协调与政策办公室的办公室副处长; 必要时, 污染预防及有害物质办公室、农药项目办公室、法律总顾问办公室及研究和发展办公室的信息技术部门主任可加入
科学委员会	为一级和二级试验数据评估提供科学方法/指导, 并就复杂及新颖的科学问题提供监督和建	水办公室、污染预防及有害物质办公室、农药项目办公室、研究和发展办公室、科学协调与政策办公室的科学风险评估处处长和高级科学顾问; 必要时, 其他研究和发展办公室专家也可加入
政策委员会	制定和编制政策及程序, 以反映当前 EDSP 问题; 协调政策和程序的发展, 请愿书的回应, 国会质询及 ICRS	水办公室、污染预防及有害物质办公室、农药项目办公室和科学协调与政策办公室的风险管理部门主任; 必要时, 监管协调人员、法律总顾问办公室及政策、经济和创新办公室可加入
沟通团队	协调所有内部和外部沟通, 确保美国环保局信息的一致性。提供 EDSP 管理数据库的开发和监督	污染预防及有害物质办公室、农药项目办公室、科学协调与政策办公室、水办公室的高级通信官员; 必要时, 法律总顾问办公室及研究和发展办公室可提出建议

### 2.3 开展内分泌干扰物筛查项目

1998 年 9 月, 内分泌干扰物筛查测试咨询委员会将最终计划报告提交给了美国环保局, 确立了开启内分泌干扰物筛查项目, 旨在通过两级方法筛查杀虫剂、化学品和环境污染, 以了解它们对雌激素、雄激素和甲状腺激素系统的潜在影响。2009 年 4 月 15 日, 美国环保局公布了内分泌干扰物筛查项目的初步筛查政策和程序, 以及第一批待筛查的化学物质; 2009 年 10 月 29 日, 美国环保局开始发布第一批化学品清单测试指令。

#### 2.3.1 筛查方法

内分泌干扰物筛查项目被授权使用已证实的方法对潜在内分泌干扰素类化学物质进行筛查与测试, 判定不良反应, 剂量效应以及风险评估, 根据现行法律从根本上管控其风险。内分泌干扰物筛查项目主要采用化学品分级筛查方法, 具体为: (1) 第一级筛查数据用于识别可能与内分泌系统相互作用的物质。第一级筛查出的化学物质具有与雌激素、雄激素或甲状腺激素系统相互作用的可能性, 应进入第二级进行测试; (2) 第二级测试数据可识别由该物质引起的任何与内分泌相关的不良反

应, 并建立剂量与该不良反应之间的定量关系。第二级测试结果结合其他危险信息以及对特定化学品的暴露评估, 从而进行风险评估。美国环保局会根据风险评估结果采取相应的风险缓解措施, 必要时会对相关化学物质做出监管决定。

随着内分泌干扰物筛查项目筛查测试要求的普及, 该测试逐渐演变为例行评估。内分泌干扰物筛查项目希望利用农药登记审查程序作为管理其在农药内分泌筛查方面职责的框架, 并打算将这些要求定期纳入农药登记审查程序。虽然 EPA 有权要求制造商进行第一阶段化验, 但内分泌干扰物筛查项目计划在开始常规化验额外化学品之前, 首先根据化学品清单收到的最初测试数据评估第一阶段化验的效能。如果在农药注册审查时就有内分泌干扰物筛查项目数据, 则美国环保局在制定《联邦杀虫剂、杀菌剂和灭鼠剂法》(FIFRA) 时会考虑该数据。内分泌干扰物筛查项目分析方法的关键组成部分包括: (1) 分析验证; (2) 化学选择/优先化; (3) 政策及程序; (4) 高通量筛查与计算模型的使用。

### 2.3.2 技术步骤

内分泌干扰物筛查项目当前的技术程序包括: (1) 选择各种化学品的优先次序,用于未来化学品优先次序、靶向测试以及支持潜在的内分泌干扰物筛查项目豁免决定; (2) 一级筛查试验测试指令的发布; (3) 一级试验数据审查; (4) 建立证据权重相关规定,根据其其与内分泌系统相互作用及剂量—反应关系,以确定是否将化学品推进至第二级试验; (5) 二级试验指令发布,数据审查及风险评估与风险确定的整合。

### 2.3.3 21世纪工作计划

意识到需要对新兴的毒性测试技术进行更全面的审查,美国环保局要求国家研究委员会编写一份文件,提出实施毒性测试的战略。内分泌干扰物筛查项目组于2011年9月30日发布了将计算毒理学工具纳入内分泌干扰物筛查项目的计划,该计划被称为“21世纪内分泌干扰物筛查计划”,即“EDSP 21工作计划”。自2012年起,内分泌干扰物筛查计划开始了一个多年过渡阶段,通过科学验证以及计算毒理学方法和高通量筛选更高效的使用,使美国环保局能够更快、更经济地评估潜在的化学毒性。

该工作计划包括:计算性或硅模型与基于分子的体外高通量筛查分析相结合,以便对需一级筛查的化学品进行优先排序,促进有针对性的体内一级测试,并最终替换现有的以组测验的方式(无针对性)。根据新的计算方法,时间框架可因特定监管应用验证的时间而定;对于化学品的优先顺序,可使用一组高通量系统测试和计算机化专家系统来分析和预筛选各种化学品(比如定量结构—活性关系模型、高通量试验、暴露模型等)。在此预筛选阶段,通过上述计算模型和暴露具体考虑的组合所确定的化学品优先进行一级筛查组试验。中期时,在高通量体外试验鉴定的生物活性以及适当的计算机化专家模型的基础上,一级筛查试验会对这些化学品依次评估。此外,适当时,某些体内一级筛查试验的结果被体外/在硅胶模型中一个或组合验证的结果代替。长期目标是通过来自体外/硅胶模拟试验的数据及现有数据的结合完全取代目前的一级筛查组试验,从而完全免除或大大减少动物试验。

## 3 我国水体中环境激素污染控制存在的问题

近几年,我国出台了相关的法律法规和政策控制水体中环境激素的污染,2015年出台的《水污染防治行动计划》中明确提出严格控制环境激素类化学品污染,2017年底前完成环境激素类化学品生产使用情况调查,监控评估水源地风险,实施环境激素类化学品淘汰、限制、替代等措施。各地根据要求,也开展了一些环境激

素的摸底调查。但是,我国环境激素生产使用和受纳水体排放管理工作相对比较薄弱,还存在着环境激素污染现状不清、管理体制混乱、排放标准缺乏、科学研究不足等问题。

### 3.1 环境激素污染底数不清

当前我国对环境激素污染现状监测研究不足,缺乏全国性的环境激素污染现状的整体监测行动。各地开展的环境激素使用情况调查是以2015年为基准,近年来还未对环境激素的生产、使用和污染现状进行全过程的摸底调查,导致相关底数不清,难以进行有效监管。

### 3.2 基础研究不足

面对环境激素等新兴污染物的威胁,完善的科学基础研究必不可少。环境激素种类繁多,想要对所有的环境激素同时监管缺乏可操作性,这就要求首先筛查出一批威胁大、分布广的优先控制环境激素,而我国对于需要监管的环境激素的筛查工作尚未启动。此外,我国在环境激素的监测及其毒性和危害性等方面的基础性研究也远远不够。

### 3.3 缺少激素源头上的监管和控制体系

从源头上,我国缺乏成熟的环境激素科学监管体系,包括国家级数据库的建立、科学监管工具的开发、环境激素监测标准与方法的制定,必要的环境激素耐药性数据库开发等。

### 3.4 重点行业环境激素排放标准不完善

我国环境激素污染物排放相关标准体系尚不完善,针对制药行业、农业集中饲养场地、农药等主要排放源的环境激素排放标准尚未制定。例如我国《发酵类制药工业水污染排放标准》中仅包含pH值、色度等12种常规污染物,而环境激素类污染物并未纳入其中。

## 4 对我国环境激素管控的建议

### 4.1 定期开展全国层面的环境激素普查工作

进一步探索建立跨部门的联合工作机制,制定统一监测和数据搜集标准,定期开展全国层面环境激素污染现状的整体监测行动,联合相关部门对排入水体的环境激素的生产、使用和污染现状进行全面摸底调查,筛查并制定水体环境中主要环境激素清单。

### 4.2 完善我国针对环境激素的排放标准

完善我国针对环境激素的标准,在环境激素筛查结果的基础上,确定需要管控的环境激素,制定不同行业环境激素排入水体的排放限值,完善受纳水体的环境激素排放标准。

### 4.3 加强基础研究

针对我国基础研究不足的现状,从环境激素的识别和治理技术等方面加强研究,具体如下:一是确定需要

监管的环境激素清单,可借鉴美国经验,通过判定不良反应、剂量效应以及风险评估,对种类繁多的环境激素进行筛选,确定管控清单;二是系统开展环境激素排放源清单摸底调查和传输过程研究;三是开展关于环境激素的检测方法以及高通量筛查、激素去除及削减技术手段等方面的研究;四是积极开展环境激素替代物研究,加大对环境激素替代物研究的支持力度;五是积极开展环境激素在水环境中的去除以及修复技术研究,以有效保护水资源。

#### 4.4 强化源头治理,建立监管体系

针对环境激素的源头治理,建议如下:一是通过源头或过程的严格督察消除隐患,减少环境激素进入环境中的可能;二是强化科学监管,建立国家级环境激素数据库共享平台,国家层面可开发一系列科学工具、方法与标准,强化科学监管。

### 5 研究小结

近年来环境激素污染问题越来越严峻,成为生物健康的潜在威胁因素,关系着人类的生存繁衍。环境激素来源广泛、状态多样且传播途径多种多样,存在于全球范围内且难以降解。即使背景浓度低,也可通过食物链逐级放大,以较高的浓度进入并蓄积于高等动物及人体内。尤其近年来环境激素类物质在工业生产、农业、医疗和畜禽养殖业中大量使用,并通过废水、排泄物等方式进入到水体中,对生态环境和人体健康造成了极大的威胁。美国在环境激素的污染防治方面起步较早,拥有严苛的政策法规、完善的管理体制,开展了“内分泌物

筛查项目”,实现了对环境激素生产、销售、使用、排放的全过程管理,其经验值得我国借鉴。

研究表明,美国环境激素污染控制有如下特点:一是出台了多部法律法规,明确了对环境激素的监管规定;二是建立了环境激素监管机构;三是开展内分泌干扰物筛查项目,为环境激素的监管提供科学支持。

目前我国存在着环境激素污染现状不清、排放标准缺乏、科学研究不足等问题。根据我国现状,本研究建议:第一,完善环境激素监管机构,明确各部门职责;第二,完善我国针对环境激素的监管标准;第三,加强基础研究,强化源头治理,建立监管体系。

#### 参考文献:

- [1] 王敏秀,张利民,邹敏.化学农药与环境激素[J].农村生态环境,1999(4):37-41.
- [2] ZHOU Haidong, WU Chunying, HUANG Xia, et al. Occurrence of Selected Pharmaceuticals and Caffeine in Sewage Treatment Plants and Receiving Rivers in Beijing, China [J]. Water Environment Research, 2010, 82(11): 2239-2248.
- [3] 刘娜,金小伟,王业耀,等.我国地表水中药物与个人护理品污染现状及其繁殖毒性筛查[J].生态毒理学,2015(6):1-12.
- [4] 搜狐网.湖北完成环境激素类化学品生产使用情况调查工作[EB/OL].(2017-01-05).http://www.sohu.com/a/125124796\_331084.
- [5] HAN Dongmei, Currell J Matthew. Persistent organic pollutants in China's surface water system [J]. Science of the Total Environment, 2017(580): 602-625.
- [6] 张国栋,董文平,刘晓辉,等.我国水环境中抗生素赋存、归趋及风险评估研究进展[J].环境化学,2018,37(7):1491-1500.
- [7] U. S. EPA. Endocrine Disruptor Screening and Testing Advisory Committee(EDSTAC) Final Report [EB/OL]. https://www.epa.gov/endocrine-disruption/endocrine-disruptor-screening-and-testing-advisory-committee-edstac-final.
- [8] U. S. EPA. Endocrine Disruptor Screening and Testing Advisory Committee(EDSTAC), Final Report, August 1998 [EB/OL]. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/exesum14.pdf.
- [9] U. S. EPA. U. S. Environmental Protection Agency Endocrine Disruptor Screening Program Comprehensive Management Plan [EB/OL]. https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-08/documents/edsp\_comprehensive\_management\_plan\_021414\_f.pdf.

## Experience of environmental hormone pollution prevention in the United States and its implications to China

LI Yuanyuan, LIU Jinmiao, HUANG Xinhao, JIANG Huanhuan

(Policy Research Center for Environment and Economy, Ministry of Ecology and Environment, Beijing 100029, China)

**Abstract:** In recent years, environmental hormones are used extensively in industrial production, agriculture, medical treatment and livestock, and have been discharged into water bodies by wastewater and excreta, which have posed a great threat to ecological environment and human health. The United States has accumulated rich experience in environmental hormone pollution control and prevention, which is worth learning from. Environmental hormone pollution control in the United States has the following characteristics: introducing a number of laws and regulations on environmental hormone; establishing environmental hormone regulatory organizations; implementing endocrine disruptor screening program and providing scientific support for environmental hormone management. However, there are still problems including the current situation of environmental hormone pollution is not clear, lack of emission standards and insufficient scientific research in China. In the light of China's current situation, the suggestions are as follows: improving the environmental hormone regulatory authority and clarifying the responsibilities of different departments; establishing China's laws and regulations on environmental hormones; strengthening basic research and source governance; establishing a regulatory system.

**Keywords:** environmental hormone; the United State; endocrine disruptor screening program