

痕量有机污染物 的监测

● 齐文启 孙宗光 编著



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

痕量有机污染物的监测

齐文启 孙宗光 编著

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心
·北京·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

痕量有机污染物的监测/齐文启, 孙宗光编著. —北京:
化学工业出版社, 2001.9
ISBN 7-5025-3427-X

I. 痕… II. ①齐… ②孙… III. 有机污染物-监
测 IV. X506

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 069890 号

痕量有机污染物的监测

齐文启 孙宗光 编著

责任编辑: 管德存 李惠宁

责任校对: 洪雅姝

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
环境科学与工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64918013

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 23¼ 字数 578 千字

2001 年 12 月第 1 版 2002 年 1 月北京第 1 次印刷

印数: 1—5000

ISBN 7-5025-3427-X/X·112

定 价: 50.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前言

环境激素类污染物客观存在于我们的生存环境之中。现在，各类化学合成品越来越广泛地被应用于日常生活和生产活动中，给人们带来了很多便利，但同时也带来了污染和危害，因为有些化学品中含有有害物质，环境激素类污染物就是一类具有干扰人类和其他动物内分泌的有毒有机污染物。

2001年5月22日，在瑞典斯德哥尔摩，中国及其他90个国家的环境部长签署了与难降解有机物相关的控制公约，规定禁止或限制使用12种有机物：艾氏剂、绿丹、狄氏剂、异狄氏剂、七氯、毒杀酚、灭蚁灵、滴滴涕、六氯苯、多氯联苯、多氯二苯并对二噁啉和多氯二苯并呋喃。前8种属农药类，杀灭农业害虫、鼠类、白蚁、蚊、蝇、蟑螂等都可能使用到毒杀酚、狄氏剂等；多氯联苯用作工业热载体，在电力变压器、电容器中使用；多氯二苯并对二噁啉和多氯二苯并呋喃为工业副产物和燃烧产物。这12种物质在环境中不易降解，不仅破坏生态环境，而且干扰人类和其他动物的内分泌系统，影响生育能力，均属环境激素类污染物。

对环境激素类污染物过去未曾给予足够的重视，也未加以充分地预测。就是现在，对各类有毒有害污染物，尤其是对环境激素类污染物一类痕量、超痕量存在于环境中的污染物，有关监测仪器、监测技术和方法等也还远远不足。

环境监测是把握环境质量状况、预测污染发展趋势的唯一手段，因此，需要环境监测先进技术与方法的普及与推广，同时，环境监测技术和方法也亟待进一步发展和完善。

本书详述环境中痕量、超痕量存在的各类有机污染物的最新监测技术。本书结构为：第1部分，环境激素类污染物的存在状况、其干扰人类和其他动物内分泌等的危害及机制，以及有关研究介绍；第2部分，介绍GC-MS、ICP-MS、HPLC-MS及ELISA等超微量分析与相关应用；第3、4部分详述各类有机污染物的分析测定方法，其中第3部分为水、底质、生物试样的监测分析方法，第4部分为空气试样的监测分析方法。

在编写过程中吸收了日本工业规格（JIS）以及美国环境保护局（EPA）的方法，以供各位同仁参考。

由于笔者水平有限，书中的不足之处敬请读者指正为感。

编著者

2001. 8

目 录

1 环境激素类污染物	1
1.1 概述	1
1.2 内分泌干扰机制	2
1.3 环境激素类污染物对动物的影响	3
1.4 已发现的各类环境激素类污染物	5
1.4.1 日本自来水调查中发现的环境激素类污染物	5
1.4.2 在生产、生活中接触到的环境激素类污染物	5
1.4.3 世界野生动物基金会确定的环境激素类污染物	8
1.4.4 日本环境中环境激素类污染物的存在情况	8
1.4.5 环境激素类污染物一览	13
1.5 环境激素类污染物的风险评价	16
1.6 几种主要的环境激素类污染物及其毒性	19
1.6.1 二噁英类	19
1.6.1.1 二噁英的性质	19
1.6.1.2 二噁英的来源	21
1.6.1.3 二噁英类在水环境中的动态	22
1.6.1.4 多氯二苯并对二噁英的毒性	25
1.6.1.5 多氯二苯并呋喃的毒性	26
1.6.2 双酚 A	27
1.6.3 滴滴涕、滴滴涕和滴滴伊	27
1.6.4 甲氧 DDT	29
1.6.5 反式氯丹、顺式氯丹	29
1.6.6 三丁基锡化合物和三苯基锡化合物	30
参考文献	31
2 环境激素类污染物的监测技术	34
2.1 综述	34
2.1.1 液相色谱-质谱联用法	35
2.1.2 气相色谱-质谱联用法	36
2.1.2.1 酚类的分析	36
2.1.2.2 农药类的分析	36
2.1.3 高分辨毛细柱气相色谱-高分辨质谱联用法	36
2.1.4 生物传感器测定法	38
2.1.4.1 利用抗原抗体反应测定	38
2.1.4.2 使用生物传感器测定	39
2.1.4.3 表面胞质团共振检测	39

2.1.5 高效液相色谱法	39
2.1.6 质谱-质谱联用法	40
2.1.7 重金属的监测方法	40
参考文献	40
2.2 GC-MS 及其在环境激素类污染物分析中的应用	40
2.2.1 概述	40
2.2.2 仪器与发展	43
2.2.3 在环境激素类污染物分析中的应用	45
2.2.3.1 环境水的分析	45
2.2.3.2 空气和废气的分析	53
2.2.3.3 恶臭物质的分析	60
2.2.3.4 在生物和食品分析中的应用	61
2.2.3.5 二噁英的监测分析	63
参考文献	69
2.3 ICP-MS 及其在环境激素类污染物分析中的应用	71
2.3.1 概述	71
2.3.2 ICP-MS 仪	72
2.3.2.1 ICP-MS 仪的基本组件及发展现状	72
2.3.2.2 ICP-MS 的特点	75
2.3.2.3 ICP-MS 的性能及测试效果的改善	76
2.3.3 ICP-MS 仪在环境激素类污染物分析中的应用	78
2.3.3.1 ICP-MS 仪的检出限	78
2.3.3.2 在环境水分析中的应用	79
2.3.3.3 在大气粉尘中微量金属测定中的应用	83
2.3.3.4 在其他环境试样分析中的应用	88
参考文献	90
2.4 HPLC-MS 法测定环境激素类污染物	92
2.4.1 概述	92
2.4.2 测定方法	92
2.4.2.1 试剂	92
2.4.2.2 仪器设备及分析条件	93
2.4.2.3 固相萃取	93
2.4.3 结论与讨论	93
2.4.3.1 流动注射法质谱测定条件的探讨	93
2.4.3.2 HPLC-MS 测定的探讨	95
2.4.3.3 固相柱浓缩试样的探讨	96
2.4.3.4 河水的加标试验	96
参考文献	98
2.5 酶联免疫吸附法	98
2.5.1 概述	98

2.5.2	免疫测定方法	98
2.5.2.1	抗原的制作	98
2.5.2.2	抗体的制作	99
2.5.2.3	酶联免疫吸附测定法的原理	99
2.5.3	ELISA 法测定环境激素类污染物	100
	参考文献	102
3	水、底质、生物试样的监测分析方法	104
3.1	概述	104
	参考文献	106
3.2	有机锡化合物的测定	106
3.2.1	水、底质和生物试样中有机锡的测定	106
3.2.1.1	测定对象	106
3.2.1.2	目标检测限	106
3.2.1.3	分析方法概要	107
3.2.1.4	试剂和仪器设备	107
3.2.1.5	试样的采集与保存	109
3.2.1.6	测定步骤	109
3.2.1.7	定性、定量及计算	111
3.2.1.8	回收率	111
3.2.2	水中有机锡化合物的 GC-MS 分析	112
3.2.2.1	方法概要	112
3.2.2.2	试剂与仪器	112
3.2.2.3	测定步骤	112
3.2.2.4	回收率	114
3.3	水中残留农药的测定	114
3.3.1	测定成分	114
3.3.2	方法概要	114
3.3.3	适用范围	115
3.3.4	水样的采集与保存	115
3.3.5	试剂和仪器设备	115
3.3.5.1	试剂	115
3.3.5.2	仪器设备	117
3.3.6	测定步骤	119
3.3.6.1	前处理	119
3.3.6.2	标准曲线的制作	123
3.3.6.3	空白试验	123
3.3.6.4	测定	123
3.3.7	计算	123
3.3.8	分析条件示例	124
3.3.8.1	GC-NPD 测定条件	124

3.3.8.2	GC-FPD (P) 测定条件	124
3.3.8.3	GC-ECD 测定条件	125
3.3.8.4	GC-FPD (S) 测定条件	126
3.3.8.5	GC-MS 测定条件	126
3.4	水中氨基甲酸酯类农药的测定	127
3.4.1	测定成分	127
3.4.2	方法的选择	127
3.4.3	高效液相色谱法	127
3.4.3.1	原理	127
3.4.3.2	干扰	127
3.4.3.3	检测限	128
3.4.4	采样和保存	128
3.4.5	仪器设备	128
3.4.5.1	高效液相色谱仪	128
3.4.5.2	滤膜	129
3.4.5.3	分析天平	129
3.4.5.4	样品瓶	129
3.4.6	试剂	131
3.4.7	测定步骤	132
3.4.8	计算	133
3.4.9	质量控制	134
3.4.10	方法的精密度和偏差	134
3.5	水中有机氯类残留农药的测定	135
3.5.1	测定成分	135
3.5.2	方法概述	135
3.5.3	采样 (略)	135
3.5.4	仪器、试剂和标准溶液	135
3.5.4.1	试剂	135
3.5.4.2	仪器	135
3.5.4.3	标准溶液	135
3.5.5	测定步骤	135
3.5.5.1	样品前处理	135
3.5.5.2	测定	136
3.5.6	方法准确度、精密度和检测限	137
3.6	烷基苯酚、双酚 A 和氯代苯酚的测定	137
3.6.1	烷基苯酚的测定	138
3.6.1.1	测定成分	138
3.6.1.2	方法检出限	138
3.6.1.3	分析方法概要	138
3.6.1.4	试剂和仪器设备	138

3.6.1.5	测定步骤	139
3.6.1.6	定性和定量	141
3.6.2	烷基苯酚和双酚 A 的乙基衍生化法测定	142
3.6.2.1	测定成分	142
3.6.2.2	目标检出限	142
3.6.2.3	方法概要	142
3.6.2.4	试剂及仪器设备	142
3.6.2.5	测定步骤	143
3.6.2.6	定性及定量计算	147
3.6.3	双酚 A 和氯代苯酚的甲基衍生化法测定	147
3.6.3.1	测定成分	147
3.6.3.2	目标检出限	147
3.6.3.3	分析方法概要	147
3.6.3.4	试剂及仪器设备	148
3.6.3.5	测定步骤	149
3.6.3.6	定性及定量	152
3.6.4	环境水中烷基苯酚、氯代苯酚和双酚 A 的测定	153
3.6.4.1	测定物质	153
3.6.4.2	概述	153
3.6.4.3	试剂	153
3.6.4.4	测定步骤	153
3.6.4.5	方法的最低检测限、精密度及准确度	154
3.7	β 雌二醇的测定	156
3.7.1	测定物质	156
3.7.2	目标检出限	156
3.7.3	分析方法概要	157
3.7.4	试剂和仪器设备	157
3.7.4.1	试剂	157
3.7.4.2	仪器设备	157
3.7.5	样品的采集与保存	159
3.7.5.1	水样	159
3.7.5.2	底质	159
3.7.6	前处理	159
3.7.6.1	β 雌二醇的提取	159
3.7.6.2	β 雌二醇结合体的分解	160
3.7.7	试样的制备	160
3.7.7.1	ELISA 用试样的制备	160
3.7.7.2	GC-MS 用试样的制备	160
3.7.8	空白试液的制备	161
3.7.9	内标溶液	161

3.7.10 测定	161
3.7.10.1 ELISA 法测定	161
3.7.10.2 GC-MS 测定	161
3.7.11 分析精度	162
3.8 邻苯二甲酸酯类化合物的测定	162
3.8.1 9 种邻苯二甲酸酯类化合物的测定	162
3.8.1.1 测定成分	162
3.8.1.2 目标检测限	162
3.8.1.3 分析方法概要	162
3.8.1.4 试样的采集与保存	162
3.8.1.5 试剂及仪器设备	163
3.8.1.6 测定步骤	164
3.8.1.7 定量及计算	166
3.8.1.8 加标回收率	166
3.8.2 3 种邻苯二甲酸酯类化合物的测定	167
3.8.2.1 测定物质	167
3.8.2.2 检出限	168
3.8.2.3 方法概要	168
3.8.2.4 试剂和仪器	168
3.8.2.5 前处理	168
3.8.2.6 试样测定	168
3.8.2.7 方法特性	169
参考文献	170
3.9 多氯联苯和二噁英类的测定	170
3.9.1 多氯联苯的测定	170
3.9.1.1 测定对象	170
3.9.1.2 最低检测限	170
3.9.1.3 方法概要	171
3.9.1.4 试剂和仪器	171
3.9.1.5 前处理	174
3.9.1.6 试样溶液的制备	175
3.9.1.7 试验空白溶液的制备	175
3.9.1.8 标准溶液的制备	175
3.9.1.9 测定	175
3.9.1.10 定性、定量及计算	177
3.9.1.11 质量控制和质量保证	178
3.9.1.12 加标回收试验	178
3.9.2 工业用水和废水中二噁英类及共面 PCB 的测定方法	180
3.9.2.1 测定物质	180
3.9.2.2 适用范围	181

3.9.2.3	测定方法概要	181
3.9.2.4	试样的采集及保存	181
3.9.2.5	仪器及试剂	182
3.9.2.6	试样前处理	186
3.9.2.7	定性和定量测定	190
3.9.2.8	结果的表示和报告	200
3.9.2.9	质量保证	203
3.9.2.10	仪器条件设定示例	205
3.9.3	水和废水中多氯联苯的测定	207
3.9.3.1	测定物质	207
3.9.3.2	方法检出限	207
3.9.3.3	方法概要	207
3.9.3.4	仪器与试剂	207
3.9.3.5	测定步骤	208
3.9.3.6	回收率试验	210
3.10	废水中苯胺和硝基苯胺的测定	210
3.10.1	测定物质	210
3.10.2	检出限	210
3.10.3	方法概要	210
3.10.4	试剂及仪器	210
3.10.4.1	试剂	210
3.10.4.2	仪器设备	210
3.10.5	试样前处理	211
3.10.6	试样测定	211
3.10.7	方法特性	212
3.11	二噁烷的 GC-MS 分析	213
3.11.1	方法概要	213
3.11.2	试剂和仪器	213
3.11.2.1	试剂	213
3.11.2.2	仪器	213
3.11.2.3	活性炭萃取小柱的制备和活化	213
3.11.3	样品的前处理和淋洗	213
3.11.4	试样测定	214
3.11.4.1	仪器的操作条件	214
3.11.4.2	校正曲线	214
3.11.4.3	加标回收率试验	214
3.11.5	方法特征	214
3.11.5.1	校正曲线	214
3.11.5.2	样品回收率	215
3.11.5.3	方法检测限	215

3.12 环境水中苯并[a]芘的 GC-MS 分析方法	215
3.12.1 方法概述	215
3.12.2 适用范围	215
3.12.3 样品的采集与保存	215
3.12.4 仪器与试剂	215
3.12.4.1 仪器	215
3.12.4.2 试剂	216
3.12.5 测定步骤	216
3.12.5.1 样品前处理	216
3.12.5.2 分析条件	216
3.12.6 方法特性	216
3.13 水和废水中挥发性有机物的测定	217
3.13.1 测定物质	217
3.13.2 方法检测限	217
3.13.3 方法概述	217
3.13.4 样品的采集与保存	217
3.13.5 试剂及仪器	217
3.13.5.1 试剂	217
3.13.5.2 仪器	218
3.13.6 测定步骤	218
3.13.6.1 样品的制备	218
3.13.6.2 外标溶液和标准曲线	218
3.13.6.3 分析条件	218
3.13.7 测定	218
3.13.8 方法特性	220
参考文献	220
4 空气试样的监测分析方法	222
4.1 概述	222
4.1.1 室外空气质量概况	222
4.1.2 室内空气污染	226
4.1.2.1 室内空气污染现状及污染物的来源	226
4.1.2.2 空气中的有机污染物对人体健康的影响	230
4.1.3 空气监测	231
4.1.4 空气简易监测	232
参考文献	233
4.2 空气中挥发性有机污染物的测定	234
4.2.1 测定方法综述	234
4.2.1.1 采样	234
4.2.1.2 容器采样-GC-MS 测定法	238
4.2.1.3 固相吸附-热脱附-GC-MS 法	239

4.2.1.4	固相吸附-溶剂萃取-GC-MS 法	244
4.2.1.5	各种方法的特点	245
4.2.2	容器采样-GC-MS 测定法	247
4.2.2.1	试剂和标气	247
4.2.2.2	仪器装置	250
4.2.2.3	采样	255
4.2.2.4	测定	257
4.2.2.5	计算	266
4.2.2.6	质量保证	266
4.2.3	固相吸附-热脱附-GC-MS 法	268
4.2.3.1	试剂和标气	268
4.2.3.2	仪器设备	269
4.2.3.3	采样	275
4.2.3.4	测定	277
4.2.3.5	浓度计算	277
4.2.3.6	质量控制	278
	参考文献	278
4.2.4	固相吸附-溶剂萃取-GC-MS 法	280
4.2.4.1	试剂	280
4.2.4.2	仪器装置	281
4.2.4.3	采样	283
4.2.4.4	测定	283
4.2.4.5	方法特性	285
4.2.4.6	应用实例	286
4.3	空气中醛、酮的测定	287
4.3.1	测定方法综述	289
4.3.1.1	固相捕集-HPLC 法	289
4.3.1.2	固相捕集-GC-FTD 法和固相捕集-GC-MS 法	290
4.3.2	采样方法	291
4.3.2.1	吸收反应原理	291
4.3.2.2	采样装置	291
4.3.2.3	采样操作	293
4.3.2.4	试样捕集后的稳定性	293
4.3.3	测定方法	293
4.3.3.1	HPLC 法	293
4.3.3.2	GC-FTD 法及 GC-MS 法	299
4.3.4	检测限和定量下限的确定	306
4.3.5	计算	307
4.3.5.1	苯胺换算为醛、酮的方法	307
4.3.5.2	浓度计算	308

4.3.6	质量管理	308
4.3.6.1	分析方法与仪器设备性能评价及仪器设备的维护管理	308
4.3.6.2	报告编号	309
4.3.7	相关示例	310
4.3.7.1	GC-FTD 法	310
4.3.7.2	GC-MS 法	313
4.3.7.3	HPLC 法	320
4.4	大气颗粒物中多环芳烃的测定	321
4.4.1	待测物质	321
4.4.2	方法概述	321
4.4.3	适用范围	321
4.4.4	试剂与仪器	321
4.4.4.1	试剂	321
4.4.4.2	仪器及装置	322
4.4.5	采样方法	322
4.4.6	测定	322
4.4.6.1	样品前处理	322
4.4.6.2	标准曲线	322
4.4.6.3	操作条件和测定	322
4.4.6.4	空白试验	323
4.4.7	回收率及精密度	323
4.5	废气中二噁英类和共面 PCB 的测定	324
4.5.1	测定方法概要	324
4.5.2	适用范围	324
4.5.3	气样采集	326
4.5.3.1	试剂和材料	326
4.5.3.2	采样装置	329
4.5.3.3	采样准备	330
4.5.3.4	气体采集量	331
4.5.3.5	采样操作	332
4.5.3.6	气样采集记录	332
4.5.4	前处理	333
4.5.4.1	试剂	333
4.5.4.2	材料与仪器装置	334
4.5.4.3	前处理操作	334
4.5.5	测定	338
4.5.5.1	试剂	338
4.5.5.2	仪器装置	338
4.5.5.3	测定	340
4.5.6	结果的表示和报告	350

4.5.6.1	二噁英类	350
4.5.6.2	共面 PCB	350
4.5.6.3	浓度单位	351
4.5.6.4	毒性当量 (TEQ) 的换算	351
4.5.7	质量保证	352
4.5.7.1	保证测定数据的回收率	352
4.5.7.2	测定操作中的注意事项	353
4.5.7.3	测定操作的记录	355
4.5.7.4	质控报告	355
4.5.8	相关示例	356
参考文献		358

1 环境激素类污染物

1.1 概述

20 世纪后期,人类及野生动物的内分泌系统、免疫系统、神经系统出现了各种各样的异常现象。

研究者最早发现一些鱼类的生殖器官始终不能发育成熟,雌雄同体率增大,雄性退化,种群退化。1998 年,研究人员发现,有多只北极熊生殖器官变异。1999 年 4 月,日本建设省公布一项调查结果,日本 7 条河流中的雄鲤鱼有四分之一雌性化。

人类内分泌系统异常的突出表现是生殖异常,除个别外,总的趋势是“阴盛阳衰”,世界范围内出现了许多男性精子密度减小、质量下降的现象。1992 年,丹麦卡尔桑德等人通过对 20 多个国家的 15 000 人进行调查,得出结论,从 1940 年到 1990 年这 50 年间,人类的精子质量不断下降:精子密度下降了 50%,精液量减少了 25%。他们认为这是环境污染造成的。这一结论在医学界引起了极大的震动。随后,法国、美国、英国、日本等国家的科学家也相继做出了类似上述结论的研究报告。现在,在西方发达国家大约有 20% 的夫妇因没有孩子而苦恼。我国医疗部门 1998 年底的统计数字则表明,在我国目前每 8 对夫妇中就有一对不育,即 1:8,该比例比 20 年前上升了 3%。20 世纪 40 年代我国男性精子的平均密度是每毫升 6 000 万个,到 90 年代,精子的平均密度只有每毫升 2 000 万个左右,精子活度也大幅度下降。

此外,男性睾丸癌患者显著增加,女性乳腺癌、子宫癌的发病率也急剧上升。现在全球每年约有 120 万妇女被确诊为乳腺癌,其中约有 50 万名妇女死于乳腺癌,且发病率以每年 5%~20% 的速度上升。我国乳腺癌发病率最高的城市依次为上海、北京、天津。

雌雄同体的“阴阳人”现象也日益严重。其他内分泌异常、免疫系统功能下降、神经系统障碍的现象均大量出现。胎儿和婴儿出现多起先天性畸形、发育不全和痴呆的病例。

“内分泌扰乱性化学物质”最初由美国 1996 年出版的“*Our Stolen Future*”提出。日本 1997 年出版的《掠夺未来》一书介绍了这类化学污染物的情况,这类化学污染物由此在日本国内引起人们的普遍关注。《掠夺未来》引用了 1991 年国际会议发表的报告“合成化学物质类对野生生物及人类的影响”,提出了内分泌干扰(endocrine disrupting, ED)物质的概念,即在环境中存在着一类化学物质,当进入动物体内之后能起到干扰体内正常激素类分泌的作用,从而影响生殖功能,导致恶性肿瘤的产生,这类化学物质即所谓的“外因性内分泌干扰物质”。

美国环境保护局(Environmental Protection Agency, EPA)对这类化学物质影响内分泌系统的具体过程描述为:对生物的正常行为及生殖、发育相关的正常激素的合成、贮存、分泌、体内输送、结合及清除等过程产生妨碍作用。

化学污染物的“三致”(致癌、致畸、致突变)作用及干扰内分泌作用,尤其在影响人和动物的生育繁衍方面引起了世人的关注。为了描述这类污染物各国曾用“environmental estrogens”,“environmental hormones”,“endocrine disruptors”和“endocrine disrupting chem-

icals”等众多用语，意即“环境激素”。为不致发生误解，日本厚生省规定统一使用“内分泌干扰物质”一词。我们根据目前国内的一些报道及我国的传统习惯，把这类干扰内分泌系统的化学物质称为“环境激素类污染物”。

1.2 内分泌干扰机制

激素是生物体内特殊组织或腺体产生的，直接分泌到体液中。若是动物，体液也指血液、淋巴液、脑脊液、肠液。激素通过体液运送到特定作用部位，从而引起特殊激动效应（调节、控制各种物质代谢或生理功能）。激素属于一类微量的有机化合物。最近有报道称，激素还不仅仅限于有机化合物。

最近提出的“受化学物质干扰的激素”主要是指性激素（雄性激素和雌性激素）和在胎儿期和婴儿期起重要作用的甲状腺激素，甲状腺激素对中枢神经的发育起着重要作用。

根据美国环境保护局的报道，化学污染物可对内分泌系统的以下过程产生干扰作用：

- ① 激素合成异常；
- ② 激素储存和释放异常；
- ③ 激素的转送异常；
- ④ 激素的清除异常；
- ⑤ 对受体的识别、和受体的结合异常；
- ⑥ 与受体结合后信号的传送过程异常。

对于环境激素类污染物造成的正常激素与受体结合后信号的传送过程异常的机制必须从细胞或分子水平来加以研究。如性激素等疏水性化合物通过细胞膜后在细胞核内和受体结合。 β -雌二醇在细胞核内和雌激素受体结合，使相应的基因活化、表达，表现出雌性特征，从而干扰了正常的雄性生理作用；从分子结构来看，对,对'-二氯二苯基-三氯乙烯（对,对'-滴滴涕, p, p' -DDT）及己烯雄酚等也会和雌激素受体相结合，干扰正常的激素分泌和功能的发挥；二噁英类和多氯联苯类也是进入细胞内部和丙烯醇受体（AhR）结合，在细胞核内活化基因，促使细胞色素 P-450 酶的合成，这种酶与雌性激素的代谢密切相关，此外 p, p' -DDT 的降解产物对,对'-二氯二苯基-二氯乙烯（对,对'-滴滴伊, p, p' -DDE）具有雄性激素的作用，即 p, p' -DDE 与雄性激素受体相结合，从而干扰了雄性激素的功能。

内分泌扰乱物质中以具有雌激素活性的物质研究得最为清楚，这些异源活性物质被称为环境雌激素（environmental estrogens）、外源雌激素（xenogenous estrogens）和外雌激素（exoestrogens）等。这些化学品的效应与 β -雌二醇（ E_2 ）等内源雌激素相似，但结构上各不相同。这种广谱的结构多样性意味着外源雌激素可能通过多种不同的途径产生作用，包括直接结合到雌激素受体上并活化该受体、与其他核内受体结合，然后与一个雌激素反应元件发生反应以及通过其他受体/信号传导途径而产生反应。芳烃受体（AhR）即为其中的一种信号传导途径，它可与许多环境污染物如多氯联苯、二噁英和呋喃相结合。已经提出数种机制部分地阐明了受 AhR 介导的二噁英及相关化合物的抗雌激素活性，包括增加雌激素代谢、雌激素受体蛋白水平和结合活性的下行调节以及降低雌激素受体（ER）介导的基因表达。

动物体内绝大部分的内源雌激素是与性激素结合球蛋白（sex hormone binding globulin, SHBG）结合在一起的，而且体内具有类固醇激素灭活和排出的机制。游离状态下具有活性的雌激素水平较低。环境雌激素进入体内后不与 SHBG 结合，多处于游离状态，而且由于这些化学品多为滞留性的，易于在体内积累，因此其活性虽低，但对个体的影响不容忽视。