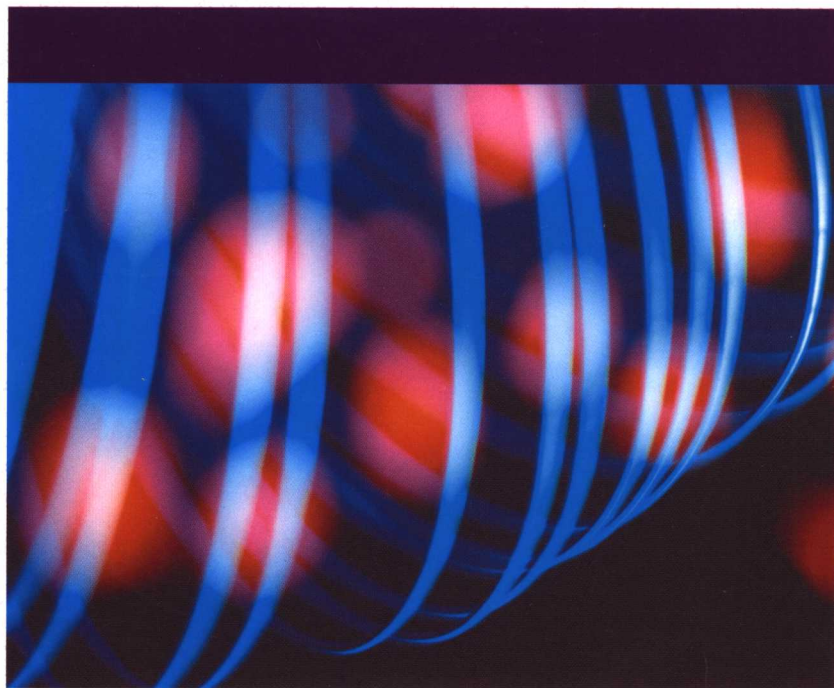


高等 学校 教材

危险 废物 处理 技术

孙英杰 赵由才 等编



Chemical Industry Press



化学工业出版社
教材出版中心

高等学校教材

危险废物处理技术

孙英杰 赵由才 等编



化学工业出版社
教材出版中心

·北京·

图书在版编目 (CIP) 数据

危险废物处理技术/孙英杰, 赵由才等编. —北京: 化学工业出版社, 2006.5

高等学校教材

ISBN 7-5025-8698-9

I. 危… II. ①孙…②赵… III. 危险物品管理-废物处理-高等学校-教材 IV. X7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 051041 号

高等学校教材

危险废物处理技术

孙英杰 赵由才 等编

责任编辑: 满悦芝

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 潘 峰

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市振南印刷有限责任公司印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 15 字数 365 千字

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8698-9

定 价: 27.00 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

危险废物具有毒性、爆炸性、易燃性、腐蚀性、化学反应性和传染性，从北冰洋到南极洲，从低等微生物到人类，目前的研究表明危险废物无处不在。危险废物随意处置与不合理处理对人类健康与生态环境产生严重负面影响。从废物自身特性而言，多数危险废物又是一种资源，一个工艺过程产生的危险废物可能是另一个工艺过程的原料或者辅料。

加强对危险废物的管理与最终处置，减少危险废物对人类与生态的影响，是世界各国面临的重大课题。世界各国政府对危险废物及其他固体废物的跨国转移都严加控制，联合国环境规划署于1989年3月召集了《控制危险废物越境转移及其处置的巴塞尔公约》第一次缔约方大会，我国是最早的缔约方之一。20世纪90年代开始，我国加强了对危险废物的管理与控制，并于1995年颁布了《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》，2000年后逐步颁布和制定了相关的技术政策与标准，形成了危险废物管理、处理与处置的法规、政策与标准体系，新修订的《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》已于2005年4月1日正式实施。

危险废物主要产生于化工冶金、轻工食品、机械制造等领域。近年，国内外在危险废物的综合利用与处理处置方面进行了探索，有了一定的实践经验及相关理论。本教材对危险废物的管理与控制从全过程角度出发，全面总结了国内外关于危险废物管理与处理处置的理论与实践，具有较高的理论性与一定的实践性。本教材遵循全过程管理的原则，内容包括危险废物的产生、特性、管理、收集运输、资源化处理与处置。全书共分六章，第一章论述了危险废物的定义、特性、鉴别、采样与分析、来源等；第二章对危险废物管理的法律法规、管理制度、政策等进行了论述；第三章讲述危险废物的收集、运输与贮存；第四章危险废物资源化与治理技术，主要包括废有机溶剂、废矿物油、重金属污泥、有色金属废渣等的资源化技术以及危险废物的异位与原位生物处理技术；第五章重点论述了危险废物的焚烧技术，对危险废物焚烧的基本理论、焚烧炉、烟气污染控制以及危险废物焚烧处理设施的设计进行了详细论述；第六章讲述危险废物的最终处置，从安全填埋场的设计原理、防渗、渗滤液控制以及设计具体要求角度进行论述。本书可以作为大专院校化工、冶金、轻工、农业、机械制造等领域固体废物与危险废物控制课程的教学用书、固体废物污染与控制方向研究生的参考用书，也可以作为各级固体废物管理部门管理者的工作参考书以及危险废物科学研究与工程建设技术人员的工具书。

本教材由孙英杰、赵由才等编。参加编写的有孙英杰、赵由才（第一章、第五章、第六章），吴衍秋、叶柏祥（第二章），张焕云（第三章），柳知非、孙英杰、张焕云（第四章），全书由赵由才负责统稿。

危险废物的处理与处置尚处于初始阶段，由于编者水平有限，书中不当之处在所难免，敬请专家学者、广大师生和读者批评指正，以利于本教材的不断完善。

编者

2006年6月

目 录

第一章 危险废物处理与资源化总论	1
第一节 危险废物的定义	1
一、危险废物的定义	1
二、危险废物的分类	2
三、危险废物的危害特性	2
四、危险废物对环境的危害	3
五、危险废物管理简史	5
第二节 危险废物的鉴别	5
一、危险废物的列表定义鉴别	5
二、国家危险废物名录	6
三、危险废物的特性鉴别法	7
四、危险特性的法规定义	7
五、危险特性的鉴别方法	10
第三节 危险废物的采样、制样与分析	12
一、危险废物采集和制备	12
二、有害物质的监测方法	15
第四节 危险废物的分类体系	15
一、按物理形态分类	16
二、按危险废物所含的化学元素分类	16
三、按危险废物的热能特性分类	16
四、按危险废物的危险特性分类	17
五、按危险废物的类似分子结构或类似反应特征分类	17
第五节 危险废物的物理化学、生物特性	18
一、物理化学特性	18
二、有害物质的稳定性	22
第六节 危险废物的来源	23
一、居民区垃圾中的典型危险废物	23
二、商业机构产生的典型危险废物	24
三、农业生产过程中产生的典型危险废物	25
四、工业生产过程中的典型危险废物	25
五、医疗过程产生的典型危险废物	27
六、环保设施运行过程中产生的危险废物	29
第七节 危险废物的风险评价	29
一、危害风险评价	29
二、风险评价的内容与工作程序	30

三、危险废物评价参数和模型	31
问题	33
第二章 危险废物管理	35
第一节 危险废物管理法律法规体系	35
一、国家法律	35
二、行政规章、规范性文件	36
三、部门规章、规范性文件	36
四、地方性法规、行政规章及其规范性文件	36
五、环境政策、标准	36
六、国际公约	37
第二节 危险废物管理制度	37
一、危险废物名录制度	37
二、危险废物统一鉴别标注、鉴别方法和识别标志制度	37
三、危险废物申报登记制度	38
四、危险废物产生者处置、强制处置、代行处置和集中处置制度	38
五、危险废物排污收费制度	38
六、收集、贮存、处置危险废物经营许可证制度	39
七、危险废物转移联单制度	39
第三节 危险废物的管理原则	40
一、减量化、资源化、无害化原则	40
二、3R 原则	40
三、全过程管理原则	41
四、集中处置原则	41
第四节 全过程管理的实施	41
一、发展适合国情的管理模式	41
二、明确权威管理机构	42
三、源头管理	42
四、分类管理	42
五、处理处置的许可管理	42
六、交换过程的管理	42
七、处理、贮存、处置的管理	43
第五节 危险废物处理处置规划	43
一、危险废物管理规划的内容	43
二、现状调查	44
三、现状评价与主要问题分析	45
四、危险废物产生情况预测	45
五、管理方案或污染防治方案的制定	47
六、工程项目与设施	47
第六节 发达国家的危险废物管理	47
一、美国	47
二、德国	49

三、日本	50
问题	51
第三章 危险废物收集运输与贮存	52
第一节 危险废物的收集	52
一、危险废物收集的相关法规和技术政策	52
二、危险废物的收集容器	53
三、危险废物收集与转运	54
四、收集包装要求	54
五、危险废物包装标识的技术规范	55
第二节 危险废物的转移	56
一、概述	56
二、转移危险废物的污染防治技术政策	57
三、国内危险废物的转移	57
四、危险废物的越境转移	59
五、采取措施防止转嫁废物的污染	61
第三节 危险废物的运输	61
一、概述	61
二、危险废物的运输包装	62
三、危险废物运输的技术要求	64
四、危险废物不同运输方式的要求	65
五、危险废物运输的管理	67
第四节 危险废物的贮存	68
一、一般要求	68
二、对贮存容器的要求	68
三、贮存设施的选址与设计	68
四、危险废物贮存设施的运行与管理	69
五、贮存设施的安全防护与监测	70
六、贮存设施的关闭	70
七、不明废弃物的识别与管理	70
问题	70
第四章 危险废物资源化与治理技术	71
第一节 废有机溶剂回收技术	71
一、蒸馏法回收废有机溶剂	71
二、溶剂萃取法回收苯酚、卤代烃类有机溶剂	72
三、活性炭吸附法回收卤代烃类及酚、酮、酯、醇类有机溶剂	73
四、废碱液中有机溶剂回收技术	73
五、超滤法回收石油催化重整中有机溶剂	73
第二节 废矿物油的处理处置与资源化	74
一、废矿物油的来源及其性质	74
二、废油精炼再生	75
三、再循环利用	78

四、废油的处置	80
第三节 贵金属污泥回收技术	80
一、电解工业阳极泥	80
二、废催化剂污泥	80
三、感光材料污泥	81
第四节 工业废渣的资源化技术	82
一、含铬废渣	82
二、硫酸渣	85
三、含汞废渣	86
四、含铅废渣	86
五、铜镉渣	86
六、炼钢厂含锌铅粉尘湿法冶金	87
第五节 废电池与废日光灯资源化技术	88
一、电池的回收和利用	88
二、废日光灯的回收和利用	93
第六节 危险废物的异位生物处理技术	94
一、浆化反应器技术	94
二、固相生物修复技术	96
第七节 危险废物原位生物处理技术	100
一、监控自然衰减	101
二、强化生物降解技术	103
问题	108
第五章 危险废物焚烧处理技术	109
第一节 概论	109
一、焚烧炉类型概述	109
二、可焚烧危险废物	110
三、焚烧处理技术指标	110
四、烟气有害物质排放浓度指标	112
第二节 焚烧基本理论	112
一、焚烧的基本概念	112
二、焚烧过程	114
三、废物的燃烧方式	117
四、焚烧的影响因素	118
第三节 焚烧污染物的产生机制	122
一、粒状颗粒物	122
二、一氧化碳	123
三、酸性气体	123
四、氮氧化物	123
五、重金属	125
六、二噁英与呋喃	126
第四节 焚烧过程平衡分析与计算	127

一、能量平衡分析计算	127
二、焚烧过程的化学平衡	130
三、主要焚烧参数计算	132
第五节 焚烧炉	136
一、炉床焚烧炉	136
二、流化床焚烧炉	139
三、液体喷射炉	141
四、二燃室与紧急排放烟囱	144
第六节 焚烧炉设计的一般原则与要点	145
一、废物焚烧炉设计一般原则	145
二、旋转窑焚烧炉	149
三、流化床焚烧炉	150
四、物料平衡与热平衡算例	151
第七节 烟气冷却与热回收	155
一、废气冷却方式	156
二、余热利用方式	156
三、冷却与余热利用设备	158
第八节 焚烧烟气的净化处理技术	159
一、概述	159
二、处理的基本方式	159
三、烟气中灰尘的去除技术	160
四、烟气中酸性气体脱除技术	163
五、重金属脱除及控制技术	165
六、NO _x 和二噁英控制技术	166
七、除雾器	167
第九节 危险废物焚烧设施的系统组成与总图布置	168
一、危险废物焚烧设施系统组成	168
二、危险废物焚烧设施总平面布置设计原则	173
问题	174
第六章 危险废物安全填埋技术	176
第一节 概述	176
一、多重屏障原理	176
二、安全填埋场的功能	177
三、固体废物填埋场分类	177
四、安全填埋场系统组成	178
五、进场废物的要求	178
第二节 安全填埋场选址与评价	179
一、安全填埋场选址的有关标准	179
二、选址的准则	179
三、选址的程序与方法	181
第三节 环境影响评价	183

一、安全填埋场的主要环境影响	183
二、评价的主要工作内容	183
三、评价技术原则	184
第四节 安全填埋场衬层系统	189
一、衬层系统的分类	190
二、渗滤液收集系统	192
三、衬层材料	194
第五节 渗滤液控制系统	198
一、渗滤液的来源与影响因素	198
二、安全填埋场渗滤液水质特性与影响因素	198
三、渗滤液控制系统	200
四、安全填埋场渗滤液处理	204
第六节 填埋气体产生与导排	205
一、填埋气体的产生	205
二、填埋气体的收集与导排	206
第七节 填埋工艺	209
一、填埋工艺分类	209
二、填埋工艺的影响因素	210
三、填埋工艺原则	211
第八节 最终覆盖层	211
一、覆盖层概述	211
二、最终覆盖系统的组成	212
三、覆盖层运行	213
四、地表水控制	214
第九节 填埋场的环境监测	214
一、环境监测的分类	214
二、监测内容	214
第十节 填埋场总体布置与初步设计	216
一、填埋场总体布置	216
二、废物类型	216
三、预处理设施的设置	216
四、填埋场容量的估算	217
五、地质与水文地质	217
六、渗滤液控制设施的选择	218
七、填埋气体控制设施选择	218
八、覆盖层结构选择	218
九、地表水排水设施	218
十、环境监测设施	218
十一、景观设计考虑因素	218
十二、设备配置	218
第十一节 固化与稳定化技术	218

一、固化技术发展历史	219
二、水泥固化技术	220
三、石灰固化	220
四、塑性材料固化法	221
五、熔融固化技术	221
六、自胶结固化技术	222
七、大型包胶技术	222
八、灰渣的药剂稳定化	223
第十二节 垃圾焚烧厂焚烧飞灰药剂稳定化	223
一、飞灰的特性	223
二、飞灰与 NaOH 相互作用过程	224
三、硫化钠 (Na ₂ S) 和硫脲 (H ₂ NCSNH ₂) 稳定化	225
四、固化/稳定化技术机理	226
问题	227
参考文献	228

第一章 危险废物处理与资源化总论

本章对危险废物进行了一般性概述，对危险废物的定义、来源、分类、鉴别、特性与危害进行了讲述。主要内容包括危险废物的定义，危险废物鉴别的方法，危险废物的采样、制样与分析，危险废物的分类体系，危险废物的物理、化学和生物特性，危险废物的来源以及危险废物的风险评价等。

第一节 危险废物的定义

危险废物的产生与无组织排放对环境安全与人类健康造成了严重影响。对危险废物进行全过程管理和进行处理处置是减少危险废物产生量，降低危险废物对人类与环境影响的重要措施。与废水、废气的管理相同，危险废物的管理与处理处置首先需要明确的是何种废物属于危险废物。由于危险废物种类的复杂性，也需要明确危险废物可以分为哪些种类，根据不同的危险废物制定合理的管理方案和处置方案。因为没有一种方法或者技术可以满足所有危险废物的资源化和处理处置，因此危险废物的定义非常重要。

一、危险废物的定义

危险废物又称为“有害废物”、“有毒废渣”等，其英文名称为“Hazardous Wastes”（以下统称为危险废物）。针对危险废物，发达国家虽然已经制定了各种法规和制度，但关于危险废物的定义，各国、各组织有自己的提法，还没有在国际上形成统一的意见。如世界卫生组织的定义是“一种生活垃圾和放射性废物之外的，由于数量、物理化学性质或传染性，当未进行适当的处理、存放、运输或处置时会对人类健康或环境造成重大危害的废物”；世界经济合作发展组织的定义是“除放射性之外，一种会引起对人和环境的重大危害，这种危害可能来自一次事故或不适当的运输或处置，而被认为是危险的或在某一国家或通过该国国境时被该国法律认定为危险的废物”；《巴塞尔公约》则列出了专门的危险废物目录，除非这些废物不具有危险特性，同时也指出任一出口、进口或过境国的国内立法确定或视为危险废物的废物也是危险废物；英国的定义是“凡是有毒、有害、污染和存在于地面上能危害环境的所有废物”为危险废物；加拿大则将危险废物定义为“特殊废弃物”，即指废弃物中不适合采用一般处理方法或不适合进入城市污水或生活垃圾处理系统处理处置的有害物质，这些物质往往要进行焚烧、安全填埋或其他特殊处置。

对于危险废物的定义，不同国家、不同组织以及不同版本的书籍中有不同的定义，但根据定义的应用性可以分为三类定义方法：法律定义、排他性定义和包含性定义。

法律定义通常出现在关于危险废物的立法中，法律本身要求对立法范围做简要的描述，如我国《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》（2004.12.29）并未明确危险废物的定义，但明确了固体废物分为工业固体废物、生活垃圾和危险废物。法律定义的实践作用是极其有限的，必须经过解释才能建立一个可以应用的危险废物定义。

排他性定义是一种基于排他原理的定义方法，即危险废物可以是传统废物管理系统可以处置的废物之外的废物，即除常规水处理、废气处理、生活垃圾和一般工业固体废

物处理之外的废物。这种定义在实践中也没有应用意义，特别是对危险废物的管理、处理与处置。

包含性定义是试图通过名录或者标准明确某种废物是否是危险废物，如果废物达到这类标准或者包含在名录内则属于危险废物。包含性定义可以分为三类：通用定义、组分定义和性质定义。通用定义是基于对废物产生过程的描述来确定是否属于危险废物，例如来自储油罐底部和溶剂回收蒸馏塔底部的污泥；组分定义是指若废物中含有的某种组分超过标准的要求，即可确定为危险废物；性质定义是根据危险废物的性质如毒性、可燃性、放射性、腐蚀性等性质判断是否属于危险废物。

二、危险废物的分类

危险废物根据物理相态、产生形式、产生源、化学组成等分类原则可以分为不同的类别。

根据物理相态分，危险废物可以分为固态、液态和气态。危险废物在不同国家的管理中均属于固体废物管理的范畴，但与常规理解的固体废物不同，危险废物不仅包括固体废物，也包括液态废物，如废矿物油、废有机溶剂或有机溶剂废物、废液体农药废物等，同时也包括装入密封罐体的有害气体，如废弃的罐装氯气等。

按照产生形式分，危险废物分为最后一个消费者丢弃的物品；生产生活过程中产生的无法用于其他用途的副产品；原有使用价值已经失去的原料或产品，如过期药剂或者包装；生产过程中产生的不能作为产品的残次品。

按照产生源分，危险废物可以分为工业源（包括矿业）危险废物和社会源危险废物，前者如工业生产过程中产生的无法利用的副产品，后者如医疗废物、汽车修理含油废物和铅酸电池、日常生活废弃的干电池等。

按照化学组成分，根据有机和无机可以分为有机类危险废物和无机类危险废物。根据有机组成可以分为有机溶剂废物、废矿物油、含多氯联苯废物、有机树脂酯类废物、精馏残渣等；根据无机组成可以分为含重金属废物、无机氟化物废物、无机氰化物废物、废酸、废碱、石棉废物等。

三、危险废物的危害特性

危险废物之所以会引起危害主要是由于这些废物具有危害特性，这些危害特性主要包括：可燃性、腐蚀性、急性毒性、浸出毒性、反应性、传染性、放射性等，具体含义如下所述。

(1) 可燃性 燃点较低的废物，或者经摩擦或自发反应而易于发热从而进行剧烈、持续燃烧的废物，便是具有可燃性。国家规定燃点低于 60°C 的废物即具有可燃性。

(2) 腐蚀性 含水废物的浸出液或不含水废物加入水后的浸出液，能使接触物质发生质变，就可以说该废物具有腐蚀性。按照规定，浸出液 $\text{pH} \leq 2$ 或 $\text{pH} \geq 12.5$ 的废物；或温度 $\geq 55^{\circ}\text{C}$ 时，浸出液对规定的牌号钢材腐蚀速率大于 0.64cm/a 的废物为具有腐蚀性的物质。

(3) 反应性 在无引发条件的情况下，由于本身不稳定而易发生剧烈变化，例如与水能反应形成爆炸性混合物，或产生有毒的气体、蒸气、烟雾或臭气；在受热的条件下能爆炸；常温常压下即可发生爆炸等，此类废物则可认为具有反应性。

(4) 毒性 危险废物的毒性表现为以下三类。

① 浸出毒性 用规定方法对废物进行浸取，在浸取液中若有一种或一种以上有害成分，

其浓度超过规定标准，就可认定其具有毒性。

② 急性毒性 指一次投给实验动物加大剂量的毒性物质，在短时间内所出现的毒性，通常用一群实验动物出现半数死亡的剂量即半致死剂量表示。按照摄毒的方式，急性毒性又可分为口服毒性、吸入毒性和皮肤吸收毒性。

③ 其他毒性 包括生物富集性、刺激性、遗传变异性、水生生物毒性及传染性等。

上述这些危险特性在某些文献中会以代码的形式来表示，相应的代码如表 1-1 所示。

表 1-1 危险特性代码含义

感染性	易燃性	腐蚀性	反应性	毒性	急性毒性
In	I	C	R	T	H

危险废物的危害特性，有的表现为短期的急性危害，有的表现为长期的潜在性危害。短期的急性危害主要指急性中毒、火灾、爆炸等；长期的潜在性危害主要指慢性中毒、致癌、致畸形、致突变、污染地面水或地下水等。这些危害中与安全相关的性质有腐蚀性、爆炸性、可燃性、反应性等；与健康相关的性质有致癌性、传染性、刺激性、突变性、毒性、放射性、致畸变性等。

四、危险废物对环境的危害

近年来，危险废物对环境和健康的影响日益受到公众和法律的关注。危险废物中的有害物质不仅能造成直接的危害，还会在土壤、水体、大气等自然环境中迁移、滞留、转化，污染土壤、水体、大气等人类赖以生存的生态环境，从而最终影响到生态和健康。

(一) 对土壤的污染

危险废物是伴随生产和生活过程而产生的，如处置不当，任意露天堆放，不仅占用了一定的土地，导致可利用土地资源减少，而且大量有毒废渣中的有毒物质一旦进入土壤，会被土壤吸附，对土壤造成污染。其中的有毒物质会杀死土壤中的微生物和原生动物，破坏土壤中的微生态，反过来又会降低土壤对污染物的降解能力；其中的酸、碱和盐类等物质会改变土壤的性质和结构，导致土质酸化、碱化、硬化，影响植物根系的发育和生长，破坏生态环境；同时许多有毒的有机物和重金属会在植物体内积蓄，当土壤中种有牧草和食用作物时，由于生物积累作用，上述有害物质会最终在人体内积聚，对肝脏和神经系统造成严重损害，诱发癌症并使胎儿畸形。

(二) 对水体的污染

危险废物可以通过多种途径污染水体，如可随地表径流进入河流湖泊，或随风迁徙落入水体，特别是当危险废物露天放置时，有害物质在雨水的作用下，很容易流入江河湖海，造成水体的严重污染与破坏。最为严重的是有些企业甚至将危险废物直接排入河流、湖泊或沿海海域中，造成更大污染。有毒有害物质进入水体后，首先会导致水质恶化，对人类的饮用水安全造成威胁，危害人体健康；其次会影响水生生物正常生长，甚至杀死水中生物，破坏水体生态平衡；危险废物中往往含有大量的重金属和人工合成的有机物，这些物质大都稳定性极高，难以降解，水体一旦遭受污染就很难恢复；对于含有传染性病原菌的危险废物，如医院的医疗废物等，一旦进入水体，将会迅速引起传染性疾病的快速蔓延，后果不堪设想。许多有机型的危险废物长期堆放后也会和城市垃圾一样产生渗滤液。渗滤液的危害众所周知，它可进入土壤使地下水受污染，或直接流入河流、湖泊和海洋，造成水资源的水质型短缺。

(三) 对大气的污染

危险废物在堆放过程中，在温度、水分的作用下，某些有机物质发生分解，产生有害气体；有些危险废物本身含有大量的、易挥发的有机物，在堆放过程中会逐渐散发出来；还有一些危险废物具有强烈的反应性和可燃性，在和其他物质反应过程中或自燃时会放出大量 CO_2 、 SO_2 等气体，污染环境，而火势一旦蔓延，则难以救护；以微粒状态存在的危险废物，在大风吹动下，将随风飘扬，扩散至远处，既污染环境、影响人体健康，又会玷污建筑物、花果树木，影响市容与卫生，扩大危害面积与范围。此外，危险废物在运输与处理的过程中，产生的有害气体和粉尘也是十分严重的。由危险废物扩散到大气中的有害气体和粉尘不但会造成大气质量的恶化，一旦进入人体和其他生物群落，还会危害到人类健康和生态平衡。

(四) 危险废物中有害物质的物理、化学和生物转化

危险废物对健康和环境的危害除了和有害物质的成分、稳定性有关外，还和这些物质在自然条件下的物理、化学和生物转化规律有关。

(1) 物理转化 自然条件下危险废物的物理转化主要是指其成分相的变化，而相变化中最主要的形式就是污染物由其他形态转化为气态，进入大气环境。气态物质产生的主要机理是挥发、生物降解和化学反应，其中挥发是最为主要的，属于物理过程。挥发的数量和速度与污染物的分子量、性质、温度、气压、比表面积、吸附强度等因素有关。通常低分子量有机物在温度较高、通风良好的情况下较易挥发。因而挥发是危险废物污染大气的主要途径之一。

(2) 化学转化 危险废物的各种组分在环境中会发生各种化学反应而转化成新的物质。这种化学转化有两种结果，一是理想情况下，反应后的生成物稳定、无害，这样的反应可作为危险废物处理的借鉴；二是反应后的生成物仍然有毒有害，比如不完全燃烧后的产物，不仅种类繁多，而且大都是有害的，甚至某些中间产物的毒性还大大超过了原始污染物，如无机汞在环境中会转化成毒性更大的有机汞等，这也是危险废物受到越来越多关注的原因之一。在自然环境中，除反应性物质外，大多数危险废物的稳定性很强，化学转化过程非常缓慢，因此，要通过化学转化在短时间内实现危险废物的稳定化、无害化必须采用人为干扰的强制手段，比如焚烧。

(3) 生物转化 除化学反应外，危险废物裸露在自然环境中，在迁移的同时还会和土壤、大气及水环境中的各种微生物及动植物接触，这就给危险废物的生物转化创造了条件。危险废物中的铬、铅、汞等重金属单质和无机化合物能被生物转化成一些剧毒的化合物，例

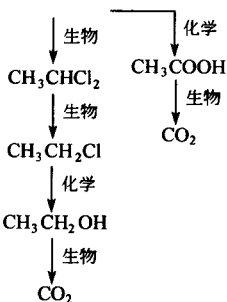


图 1-1 TCA 的化学、生物协同转化过程示意图

如在厌氧条件下，会产生甲基汞、二甲砷、二甲硒等剧毒化合物；电池的外壳腐烂后，汞被释放出来，在厌氧条件下，经过几年就会发生汞的生物转化。危险有机物同样如此，但是降解速率一般很慢。可生物降解的化合物在降解过程中往往会经历以下一个或多个过程：氨化和酯的水解；脱羧基作用；脱氨基作用；脱卤作用；酸碱中和；羟基化作用；氧化作用；还原作用；断链作用。这些作用多数使原化合物失去毒性，但也不排除产生新的有毒化合物的可能，有些产物可能会比原化合物毒性更强。

(4) 化学和生物转化的协同作用 除了上面提到的化学和生物转化，某些危险废物的转化是化学与生物转化共同作用的结果。

图 1-1 表示了 TCA (1,1,1-三氯乙烷) 在转变成水和二氧化碳的过程中既有化学作用又有生物作用, 两者相互协同, 共同作用, 缺一不可。

五、危险废物管理简史

人类接触危险废物的历史已经相当悠久了。自然界中本身就存在着许多的有害物质, 人们在生存发展的过程中, 即从环境中摄取必要的生活生产物资进行生活生产活动时, 也会不可避免地接触、制造甚至摄入某些有毒有害的物质。然而, 这些危险物质的数量以及其和人类的接触是极其有限的, 同时, 随着生活经验的积累, 人们知道怎样去识别周围的危险废物, 同时克服、抵御其危害并可把这些生活经验代代相传。

随着工业革命在欧洲兴起并迅速在世界各地蔓延发展至今, 工业革命带给人类的不仅是超过历史任何时期的物质文明发展, 同时还带来了超过历史所有时期产生数量总和的危险废物。各种有毒有害废物的数量和品种不断增多, 如各种矿渣、废酸废碱、合成农药、油漆、防腐剂、医疗废物等, 这些废物似乎已在人类生活的环境中无处不有。可以这样说, 随着工业的蓬勃发展以及人类文明的进步, 危险废物也在同步增加; 而人们对一些合成物质危害性的认识往往需要一个过程, 致使很难做到防患于未然。危险废物造成了许多无法挽回的悲剧, 这些教训十分惨痛。

第二节 危险废物的鉴别

对危险废物的管理、处理与处置, 首先要明确该种废物是否属于危险废物, 其次要明确危险废物的性质与组成。明确危险废物的物理化学性质和组成是至关重要的, 管理者只能根据废物的性质和组分确定其管理原则, 处置者也只有根据废物的性质确定废物的综合利用及处理处置方案。因此废物鉴别非常重要。对危险废物的鉴别, 通常情况下需要有两次, 第一次是产生者确定某种废物是否属于危险废物, 第二次是处置者进行综合利用, 处理处置前明确废物的性质与组成。

一、危险废物的列表定义鉴别

与中国相类似, 目前国际上许多国家都采用名录加鉴别标准的方法对危险废物进行鉴别。一些危险废物不需要进行分析鉴别即能确定其是否属于危险废物, 如医疗废物、电镀母液等, 只根据废物产生来源即可确定其是否属于危险废物。

为了方便危险废物的管理工作、完善危险废物的管理系统, 许多国家和机构对各类废物的性质进行了检验和评价, 针对其中危险程度高、对环境和健康影响大的危险废物, 用列表的形式把这些废物的名称、来源、性质及危害归纳出来, 作为危险废物管理工作的依据。危险废物的名录一经正式颁布, 就可以根据名录的内容进行危险废物的判别。这就是危险废物的列表定义鉴别法。

《固体废物污染环境防治法》第七十四条第(四)项规定, 列入国家危险废物名录或者根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定的具有危险特性的废物, 属危险废物。据此, 某类废物虽未列入《国家危险废物名录》, 但若根据国家规定的危险废物鉴别标准和鉴别方法认定其具有危险特性, 也属危险废物。因此, 危险废物既可以通过危险特性进行鉴别, 也可以根据危险废物名录进行判断。本节主要介绍根据危险废物名录判断危险废物, 即所谓的列表定义法鉴别危险废物, 用这种方法判断危险废物必须注意以下两点。

① 列入《国家危险废物名录》的废物分为两类，一类不需要鉴别，另一类需要依据标准进一步鉴别。对前一类不需要鉴别的废物，即按危险废物管理。对需要进一步鉴别的废物，如经鉴别其危险特性高于鉴别标准的，应按危险废物管理；低于鉴别标准的，不按危险废物管理。

② 危险废物鉴别标准的制定和完善需要一个过程。对列入《国家危险废物名录》且需要进行鉴别，但其鉴别标准尚未颁布的废物，暂按危险废物登记。

二、国家危险废物名录

国家环保总局、国家经贸委、外经贸部和公安部于1998年1月4日颁布了《国家危险废物名录》。该名录于1998年7月1日实施。《国家危险废物名录》共涉及47类废物（见表1-2），其中编号为HW01~HW18的废物名称具有行业来源特征，是以来源命名的，主要有医院临床废物、医药废物、废药品、农药废物、木材防腐剂废物等十八个大类；编号为HW19~HW47的废物名称具有成分特征，是以其危害成分命名的，主要有含金属羰基化合物废物、含钼废物、含铬废物、含砷废物、含有机溶剂废物、废酸、废碱等三十九类物质，但在《国家危险废物名录》中没有限定危害成分的含量，需要依赖其他的标准鉴别这些物质的危害程度。该《国家危险废物名录》是我国的第一批“名录”。随着我国经济和社会的发展，《国家危险废物名录》必将不定期的修补。我国规定凡是列入《国家危险废物名录》中的废物均为危险废物，必须纳入危险废物管理体系进行统一管理（详细的名录内容由于篇幅较长，请查看附录）。

表 1-2 危险废物种类

编号	废物类别	废物来源
HW01	医院临床废物	从医院、医疗中心和诊所的医疗服务中产生的临床废物
HW02	医药废物	从医用药品的生产制作过程中产生的废物，包括兽药产品（不含中药类废物）
HW03	废药物、药品	过期、报废的无标签的及多种混杂的药物、药品（不包括 HW01、HW02 类中的废药品）
HW04	农药废物	来自杀虫、灭菌、除草、灭鼠和植物生长调节剂的生产、经销、配制和使用过程中产生的废物
HW05	木材防腐剂废物	从木材防腐化学品的生产、配制和使用中产生的废物（不包括与 HW04 类重复的废物）
HW06	有机溶剂废物	从有机溶剂生产、配制和使用过程中产生的废物（不包括 HW42 类的废有机溶剂）
HW07	热处理含氰废物	从含有氰化物热处理和退火作业中产生的废物
HW08	废矿物油	不适合原来用途的废矿物油（渣）
HW09	废乳化液	从机械加工、设备清洗等过程中产生的废乳化液、废油水混合物
HW10	含多氯联苯废物	含有或沾染多氯联苯（PCBs）、多氯三联苯（PCTs）、多溴联苯（PBBs）的废物和废物品
HW11	精（蒸）馏残渣	从精炼、蒸馏和任何热解处理中产生的废焦油状残留物
HW12	染料、涂料废物	从油墨、染料、颜料、油漆、真漆、罩光漆的生产配制和使用过程中产生的废物
HW13	有机树脂类废物	从树脂、胶乳、增塑剂、胶水/胶合剂的生产、配制和使用过程中产生的废物
HW14	新化学品废物	从研究和开发或教学活动中产生的尚未鉴定的和（或）新的并对人类和（或）环境的影响未明的化学废物
HW15	爆炸性废物	在生产、销售、使用爆炸物品过程中产生的次品、废品及具有爆炸性质的废物
HW16	感光材料废物	从摄影化学品、感光材料的生产、配制、使用中产生的废物
HW17	表面处理废物	从金属和塑料表面处理过程中产生的
HW18	焚烧处置残渣	从工业废物处置作业中产生的残余物
HW19	含金属羰基化合物废物	在金属羰基化合物制造以及使用过程中产生的含有羰基化合物成分的废物