

# 固体废物管理 2008

SOLID WASTE MANAGEMENT

李 丽 主编

朱雪梅 黄启飞 副主编

- 危险废物鉴别管理技术研究
- 固体废物填埋与渗滤检测技术研究
- 固体废物资源化管理技术研究

# 固体废物管理 2008

主 编 李 丽  
副主编 朱雪梅 黄启飞

中国环境科学出版社·北京

图书在版编目(CIP)数据

固体废物管理: 2008/李丽主编. —北京: 中国环境科学出版社, 2009.5

ISBN 978-7-80209-994-4

I. 固… II. 李… III. 固体废物—废物处理 IV. X705

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 061418 号

责任编辑 丁 枚 陈雪云

责任校对 扣志红

封面设计 龙文视觉

---

出版发行 中国环境科学出版社  
(100062 北京崇文区广渠门内大街 16 号)  
网 址: <http://www.cesp.cn>  
联系电话: 010-67112765 (总编室)  
发行热线: 010-67125803

印 刷 北京中科印刷有限公司

经 销 各地新华书店经销

版 次 2009 年 5 月第 1 版

印 次 2009 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787×1092 1/16

印 张 23

字 数 550 千字

定 价 49.00 元

---

【版权所有。未经许可请勿翻印、转载，侵权必究】

如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

# 前 言

中国环境科学研究院固体废物污染控制技术研究所（以下简称固体所）在固体废物污染控制和资源再生利用的科研领域开展了多角度的研究工作，积极从事全国性、综合性的固体废物环境管理问题研究和固体废物处理处置实用技术的研究与开发。

10多年来，固体所完成了固体废物的管理与处置技术研究（国家863、973计划项目，科技攻关项目和国家自然科学基金项目等）、国家标准与技术政策的制定、规划、工程设计和项目咨询等有关课题100多项，积累了丰富的研究成果。目前固体所已经在固体废物的处理技术、特性鉴别、管理技术等领域形成了自己的研究特色和领先优势，在国内的固体废物管理与处理处置方面处于领先地位。

本书汇集了固体所及其合作单位近几年的重要研究成果。由于收集和筛选工作的不完善，这些成果难以体现固体所的实际研究水平。但希望这些成果对从事固体废物管理和相关技术研究的工作人员有所帮助。

# 目 录

## 危险废物鉴别管理技术研究

我国危险废物特性鉴别技术体系研究 .....	王 琪	黄启飞等	2
Current Situation for Hazardous Waste Management in China .....	Huang Qifei	Duan Huabo 等	23
The Status and Trend of Development of Healthcare Waste in China .....	Li Li	Wang Qi	32
中国危险废物管理的主要制度与政策 .....	黄启飞	段华波等	43
危险废物鉴别体系比较研究 .....	王 琪	段华波等	49
危险废物名录鉴别体系研究 .....	黄启飞	段华波等	55
危险废物特性比较研究 .....	黄启飞	段华波等	61
危险废物毒性鉴别指标体系研究 .....	黄启飞	段华波等	67
危险废物分级管理方式比较研究 .....	黄启飞	张丽颖等	74
美国危险废物的管理与处理处置 .....	黄启飞	王 琪等	79
对用于危险废物鉴别的几种浸出方法的比对研究 .....	刘 锋	孙思修等	82
固体废物浸出毒性浸出方法标准研究 .....	刘 锋	王 琪等	88
工艺流程节点分析法在工业危险废物调查中的应用研究 .....	周炳炎	郭 平等	99
我国工业危险废物产生特性研究 .....	周炳炎	王 琪等	104
北京市工业危险废物产生特性研究 .....	周炳炎	郭 平等	111
三峡库区危险废物污染与处置现状及对策 .....	李 丽	温 文等	117

## 固体废物填埋与渗漏检测技术研究

### Research on Recirculating of Leachate from Different

Types of Landfill .....	Wang Qi	Yasushi Matsufuji 等	126
Influence of Landfill Structure on Leachate Characteristics .....	Huang Qifei	Wang Qi 等	137
填埋结构对渗滤液水质变化影响研究 .....	王 琪	杨玉飞等	148
渗滤液回流对准好氧填埋产气过程影响研究 .....	黄启飞	刘玉强等	155
生活垃圾填埋场不同填埋方式填埋气特性研究* .....	刘玉强	黄启飞等	163
准好氧填埋结构 CH <sub>4</sub> 层次分布变化研究 .....	董 路	刘玉强等	171
准好氧填埋工艺耗氧半径模拟研究 .....	刘玉强	黄启飞等	178
不同填埋工艺对填埋气产生动态变化的影响 .....	刘玉强	王 琪等	185
双衬层填埋场渗漏检测电极铺设方式的研究 .....	能昌信	董 路等	193
双衬层填埋场层状介质模型的建立 .....	能昌信	董 路等	197

填埋场渗漏检测偶极子法的影响因素分析 .....	能昌信	管绍朋等	204
电极铺设方式对填埋场渗漏检测定位的影响 .....	董路	王琪等	211
危险废物暂存库渗漏风险规避措施与实践 .....	董路	邢强等	216
ERT 技术在无机酸污染场地调查中的应用 .....	董路	叶腾飞等	222
危险废物填埋场候选场址比选方法研究 .....	蔡木林	王琪等	228
生活垃圾填埋场污染控制标准研究 .....	李丽	刘玉强等	235

### 固体废物资源化管理技术研究

进口固体废物环境保护标准的意义和作用 .....	周炳炎	王琪	248
进口固体废物鉴别研究——以进口含锌货物为例 .....	周炳炎	孟凡生等	253
进口钽铁硼废料的资源特性分析 .....	周炳炎	贾晨夜	259
CaCl <sub>2</sub> 对垃圾焚烧飞灰热处理特性的影响 .....	王琪	田书磊等	264
Ambient Air Temperature Effects on the Temperature of Sewage Sludge Composting Process .....	Huang Qifei	Chen Tongbin 等	270
污泥制陶粒技术可行性分析与烧结机理研究 .....	王兴润	金宜英等	279
污泥烧结轻骨料调质影响研究 .....	王兴润	金宜英等	287
铬渣酸溶性六价铬浸出动力学研究 .....	蔡木林	景学森等	295
水泥窑处置废弃物有关问题及应用 .....	朱雪梅	刘建国等	300
Current Situation of Industrial Waste and Hazardous Waste Co-processing Technology Development in China Cement Industry .....	Yan Dahai	Wang Qi 等	308
我国包装废物回收利用现状研究及典型包装物的生命周期分析 .....	李丽	杨健新等	322
The Status of Waste Agricultural Plastic Film Recycling & Treatment and RDF Study & Application in China .....	Yan Dahai	Wang Qi 等	327
报废机动车拆解过程中的环境保护 .....	李丽	王琪	339
The Generation and Management of Electrical and Electronic Waste in China .....	Li Li	Liu Yuqiang 等	344
重庆市手机电池废弃与回收利用现状及对策研究 .....	周在江	何莉等	351
我国石棉废物处理处置和综合利用可行性分析及对策研究 .....	周炳炎	刘湘	356

---

# 危险废物鉴别管理技术研究

---

## 我国危险废物特性鉴别技术体系研究

王琪 黄启飞 段华波 刘锋 周扬胜 徐成 李丽 朱雪梅 周炳炎  
(中国环境科学研究院 固体废物污染控制技术研究所, 北京 100012)

**摘要:** 详细深入地调查分析了国外危险废物鉴别技术体系的特点和适用条件以及我国危险废物管理的特点。在借鉴国内外经验与教训的基础上, 提出了我国危险废物特性鉴别的技术路线及危险废物鉴别的环境保护目标, 建立了危险废物鉴别技术的方法学。在充分研究的基础上, 编制完成了全新的《国家危险废物名录》和《危险废物鉴别标准》以及相应的规范和方法标准。这些技术文件形成了我国独特、完整的危险废物鉴别技术体系, 为全面开展危险废物无害化管理提供了有力的技术支持。

**关键词:** 危险废物 鉴别 技术体系

## Study on Technical System of China for Identification of Hazardous Wastes

Wang Qi Huang Qifei Duan Huabo Liu Feng Zhou Yangsheng Xu Cheng Li Li Zhu Xuemei  
Zhou Bingyan  
(Research Institute of Solid Waste Management, Chinese Research Academy of Environmental Sciences,  
Beijing 100012, China)

**Abstract:** The characteristic and applicability of technical systems of different countries for identification of hazardous wastes and the specialty of management of hazardous wastes in China were researched and analyzed detailedly. On the basis of using other's experience and lessons for reference, our technical course and environmental protection object of identification of hazardous wastes were brought forward, and the methodology of identification of hazardous wastes was founded. Bran-new National Hazardous Wastes Catalogue, Identification Standards for Hazardous Wastes, relevant specifications and methods standards were worked out on well research. These technical documents formed our particular and integrated technical system for identification of hazardous wastes, and it provided forceful technical support for developing the management of hazardous wastes innocuously roundly.

**Key words:** Hazardous Wastes Identification Technical System

项目来源: 国家“十五”科技攻关项目“危险废物鉴别与处置工程技术规范研究”(2003BA614A-11)。



## 1 我国危险废物管理现状

### 1.1 危险废物

危险废物是固体废物中对生态环境和人体健康威胁较大的种类。根据我国《固体废物污染环境防治法》(以下简称《固体法》),固体废物“是指在生产、生活和其他活动中产生的丧失原有利用价值或者虽未丧失利用价值但被抛弃或者放弃的固态、半固态和置于容器中的气态的物品、物质以及法律、行政法规规定纳入固体废物管理的物品、物质”;而危险废物“是指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固体废物”。由此可以看出,我国对危险废物没有提出明确的定义范围。

美国《资源保护与再生法》定义:危险废物是指这些固体废物或固体废物化合物,由于其数量、浓度和物理、化学、传染特性可以导致或明显影响死亡率的增加和严重不可挽回或不可逆疾病的增加;或在不恰当处理、贮存、运输、处置或以其他方式时对人体健康或环境造成确实存在或潜在危害。日本《废弃物处理及清扫法》定义:特别管理废弃物(危险废物)为废弃物当中具有爆炸性、毒性、感染性以及其它对人体健康和生活环境产生危害的特性并经过政令确定的物质。

由这些定义可以看出,危险废物的定义可以通过两种方式认定:① 确认可以导致人体健康和生态环境恶化的固体废物;② 具有危险特性的固体废物。

同时还可以看出,危险废物的危害除了在直接接触过程中产生,更需要关注的是这些危害可能产生在对危险废物的不恰当处理、贮存、运输、处置或其他过程中,而最后一个污染途径将会是危险废物的主要污染途径。

### 1.2 管理现状

我国危险废物的环境管理起始于 1995 年《固体法》的颁布实施。由于缺乏对危险废物管理的基础研究,加之对危险废物污染特征和控制技术的特殊性缺乏了解,危险废物污染现状和管理目标不明确,造成危险废物管理水平长期处于无法提高的状态。

#### 1.2.1 危险废物管理的底数不清

由于危险废物的危害特性,各国均把危险废物作为固体废物管理的重点。我国《固体法》专门制定了针对危险废物的特殊管理要求,提出了专门的制度规定,如危险废物管理计划制度、转移联单制度、经营许可证制度、代为处置制度、后期费用预提留制度等严格的管理制度。

但是实施这些危险废物管理制度的前提是对危险废物的认识 and 了解。由于危险废物污染防治工作开展较晚,对危险废物的认识还难以做到深入和全面。

根据 1995 年国家环境保护局对全国工业固体废物的申报登记数据<sup>[1]</sup>,我国共有危险废物产生源 21 718 个,共产生危险废物  $26.18 \times 10^6$  t,占当年工业固体废物产生量的 3.4%。这些危险废物 45.4% 得到回收与综合利用,9.8% 得到安全处置,还有 28.9% 处于贮存状态,15.8% 被直接排放到环境之中。在 48 类危险废物中,产生量最大的分别是碱溶液或固态碱(占危险废物产生量的 17.20%),废酸或固态酸(占 13.25%),无机氟化物废物(占 12.33%),含铜废物(占 8.11%)和无机氰化物废物(占 6.90%),这 5 种废物占危险废物产生总量的 57.79%。图 1 为这次调查所显示的各地区危险废物产生量;图 2 为产生危险

废物最多的 10 个行业，这 10 个行业产生的危险废物产生量占产生总量的 90%。

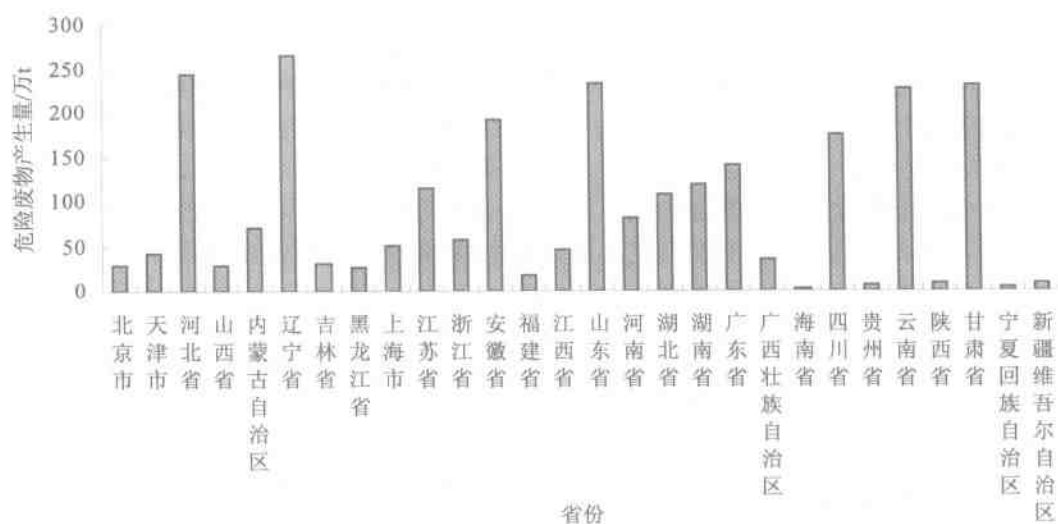


图 1 各地区危险废物产生量 (1995 年申报登记调查结果)

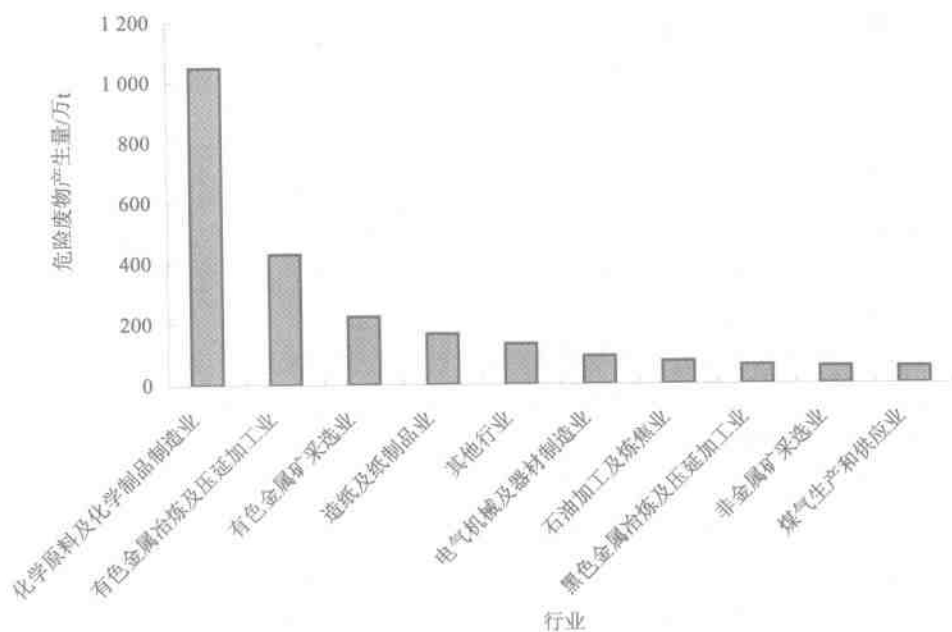


图 2 产生危险废物的主要行业 (1995 年申报登记调查结果)

根据第三次全国工业普查<sup>[2]</sup>, 1995 年全国工业企业数量为  $734 \times 10^4$  个, 而申报登记调查所得产生危险废物的企业仅为  $2.2 \times 10^4$  个。虽然这次调查具有较大的局限性, 但通过这次调查, 可以看出全国危险废物的基本状况。

但是根据 2005 年全国环境统计数据,我国 2004 年工业危险废物产生量仅为  $9.63 \times 10^6$  t。这 10 年间我国工业总产值已经增长了 2 倍,危险废物产生量却减少了 63%,并且呈历年减少趋势(图 3)。

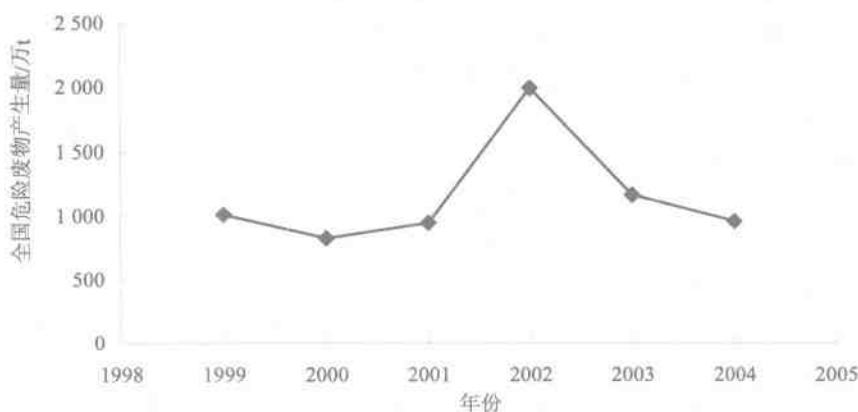


图 3 全国危险废物产生量变化(环境统计数据)

由这些数字可以看出,我国危险废物产生现状是不清楚的;实际上到目前为止也不能说清楚我国危险废物的污染特征以及污染程度、污染范围和污染途径。在这种条件下难以做到对危险废物进行有效的无害化管理,国家规定的危险废物管理制度和决策也难以做到有的放矢和有效实施。国务院在 2003 年颁布实施的《全国危险废物和医疗废物处置设施建设规划》,要求 2006 年达到全国危险废物和医疗废物基本实现安全处置的目标,但是经过 3 年的建设,这一目标无法实现。造成这一状况的原因之一就是对我国危险废物的产生和污染状况不清楚,难以确定危险废物集中处置设施的建设规模和工艺路线,以及规划制定的不合理。

### 1.2.2 危险废物管理缺乏基本的技术支持

造成我国危险废物产生和污染状况不清楚,进而导致我国危险废物管理薄弱的原因包括以下几方面:① 危险废物对环境的污染具有隐蔽性、延滞性的特点,因而造成各级管理部门对危险废物管理的重视程度不够。② 没有建立起完整危险废物管理体系,国家缺乏对危险废物进行有效管理的能力。③ 没有建立起科学完善的环境调查和环境统计体系。④ 缺乏对危险废物污染特征和污染机理的基础研究,危险废物管理不能得到有力的技术支持。

对危险废物的基础研究包括危险废物鉴别技术体系的研究。我国在 1996 年和 1998 年分别颁布实施了《危险废物鉴别标准》和《国家危险废物名录》,初步建立了我国危险废物鉴别技术体系。但是由于缺乏对我国危险废物污染特征和危险废物鉴别技术理论的研究,这些标准和名录存在致命的缺陷,有些在实践中难以实施并且经常出现疑义,为各级危险废物管理带来很多困难。因此,开展危险废物基础理论的研究,建立合理、可行、科学的危险废物管理技术体系,就成为当前危险废物管理的当务之急。

## 2 国内外危险废物鉴别体系比较研究

### 2.1 美国危险废物鉴别技术体系

美国《资源保护与再生法 (RCRA)》对危险废物的定义为：“由于数量、浓度或物理的、化学的或传染特性，可能引起或严重导致死亡数上升和严重的、不可治愈疾病，或由于不适当地贮存、运输、处理及处置等管理方式，对人体健康和环境构成危险的固体废物或其混合物。”

根据 RCRA，美国 EPA 定义了危险废物的危险特性分类，即易燃性 (I)、腐蚀性 (C)、反应性 (R) 和毒性特性 (TC)，定义危险特性为列入名录的固体废物提供依据，也用于鉴别未列入名录之内、但可能是危险废物的固体废物。

美国 EPA 制定了危险废物名录筛选标准，规定将固体废物列入危险废物名录的必须满足以下条件之一：① 通过危险废物特性鉴别表现某种或多种特性的固体废物。② 在缺乏对人类 TC 的研究数据时对人类的低剂量致死。研究表明口服 LD<sub>50</sub> 毒性 (白鼠) 的剂量不超过 50 mg/kg，吸入 LC<sub>50</sub> 毒性 (白鼠) 的剂量不超过 2 mg/kg，或皮肤 LD<sub>50</sub> 毒性 (兔子) 的剂量不超过 200 mg/kg，或由于其他原因引起或严重导致增加死亡率或不可弥补的疾病。以这种方式鉴别的危险废物为急性危险废物。③ 含有 USEPA 所列出的任何危险组分 (CFR 40 Part 261 VIII，共计 480 种急性危害和有毒物质)，之所以列出这些有害物质，主要是从以下 3 个因素考虑：a. 已确定这些物质的物理化学、毒性数据，表明对人类有毒，如剧毒、有毒，即吸入或经皮等低剂量致死，或致癌性、致畸性、致突变性等；b. 一旦释放到环境中，会长期积累在底泥或生物群中，可降解性差；c. 废物的不恰当处置中释放频率较高，并且易超出环境基准，如超出二级水污染控制水平，对人类或生态环境有害。④ 管理机构有理由相信一些废物，典型和频繁表现出危害性。⑤ 不符合管理机构通过特殊规定的列出标准建立的废物排除限制。

根据以上固体废物列入名录标准，美国 EPA 根据危险特性以及危险废物的来源列出了危险废物名录，分为 4 个不同的大类。为了表明列出的废物名录的理由，EPA 将列入 F、K、P 及 U 名录的每一项废物都指定了危险特性代号，危险特性代号表明所列废物的基本特征。这些危险特性代号如表 1 所示。前 2 项危险代号 (T 及 H) 是由于危险废物中所含的危险组分危害到人类健康和环境而将其列入名录。

名录中的大部分危险废物都表现有毒性 (T)，决定某种废物是否有毒，首先需判定其是否含有某种典型的危险化学组分 (在 Part 261 附 VIII 480 种)。此外，USEPA 还通过评估其他 11 种因素来决定这种废物源在不适当处置的情况下会有潜在危害，包括风险评估、废物污染途径及环境效应等因素。

名录中的急性危险废物 (H) 来源是废物名录的第二大类来源，USEPA 指定的某种急性危险废物也依据是否含有附 VIII 中的危险组分 (其通过研究表明在摄入低剂量时会人类或动物致命)，USEPA 列入急性危险废物只考虑废物源中所含的典型化学品组成，并未评估其他诸如风险等因素。H 类危险废物由于表现急性危害需要严格管理。

危险特性代码 I、C、R 及 TC 是通过危险特性鉴别确定，这 4 条危险特性代号适用于 F 及 K 类危险废物，它们能代表危险废物管理中的 4 条危险特性 (TC=毒性，R=反应性，I=易燃性，C=腐蚀性)，这些危险废物由于表现这四类危险特性而被列入名录。

同时美国 EPA 制定了危险特性的鉴别标准。

表 1 危险废物特性定义

危险类型	危险特性定义描述
H1 易燃性 (Ignitability)	易燃液体：易燃液体是指在温度不超过 60.5℃ 的封闭实验或不超过 65.6℃ 的开放实验中产生易燃气体的液体或者混合液体，或由于摩擦可能引起或助长起火的物品或物质； 易于自燃的物质或废物：正常状况下易于自发生热，或者接触空气后易于生热，因而起火的物品或物质
H2 腐蚀性 (Corrosively)	同生物组织接触后可因化学作用引起严重伤害，或因渗漏严重损害其他物品或运输工具并且还可能造成其他危害的物品或物质
H3 反应性 (Reactivity)	爆炸物：其本身能以化学反应产生足以对周围造成损害的温度、压力和高速气体的爆炸物或爆炸性的物品或物质； 与水接触后产生易燃气体的物质或废物； 氧化物：可因自身氧化作用而引起或助长其他物质燃烧的物品或物质； 有机过氧化物：含有一O—O—结构的热不稳定有机物质，可能发生放热自加速分解反应的物品或物质； 同空气或水接触后释放有毒气体的物品或物质
H4 毒性 (Toxicity)	浸出毒性 <sup>①</sup> ：通过模拟浸出程序，检测出的这些固体废物危险组分浓度，如果浸出液中任何一种危害成分超规定项目的浓度值，则说明该固体废物具有毒性特征； 急性毒性：如果摄入或吸入体内或由于皮肤接触可使人致命，或严重伤害或损害人类健康的物品或物质。急性毒性一般以“半致死量”表示； 慢性毒性：如果吸入或摄入体内，或渗入体内，能造成延迟或慢性伤害或损害人体健康的物品或物质。即一种物质或废物如果经常进入生物体中，当这种累积达到一定程度时，表现出急性中毒症状。除了表现为急性中毒症状之外，慢性毒性主要表现为“三致毒性”——致癌性、致畸性和致突变性； 生态毒性：如果能够释放因生物积累或生物放大毒性对生态环境产生即时的或延迟不利影响的物品或物质
H5 感染性 (Infectivity)	含有已知或怀疑能引起动物或人类疾病的活性微生物毒素的物品或物质。主要鉴别对象为医疗废物

注：① 浸出毒性是不规范名词，并非指废物危险特性，而是通过模拟浸出程序检测出的危险组分浓度，只是一个物理量，表明该废物具有毒性特性，由于历史原因，在此沿用。

### 2.1.1 易燃性

易燃性特性的制订是为了鉴别一些在日常运输、贮存和处置过程中易着火的废物，这种废物一旦点燃极易剧烈燃烧。这种风险考虑包括了在废物管理和运输中对工作人员的防火安全，如燃烧和吸入烟尘等，以及可能产生向空气中释放的有毒颗粒物、烟雾。40CFR261.21 规定，表现以下特性的固体废物属于具有易燃性的危险废物：① 液态废物，含乙醇体积比大于 24%。② 其闪点 < 60℃，按 Pensky-Martens Closed Cup Tester 的测定，即通过 ASTM 标准 D-93-79 或 D-93-80 所规定的方法，或者按 Sets Flash Closed Cup Tester 测定（ASTM 标准 D-93-78 所规定的测定方法）。也可以由管理部门在 Subpart C 260.20、C 260.21 程序下由等同的测试方法确定闪点。③ 一种非液态物质，在标准温度和大气压下，遇到摩擦、潮湿（吸湿）或者自发发生化学反应而着火，一旦着火燃烧剧烈且持续燃烧。④ 一种易燃的压缩气体，是在 Subpart C 49 CFR 173.300 定义，并在其规定的测

定方法下判定。⑤ 一种在 Subpart C 49 CFR 173.151 下规定的氧化物。

### 2.1.2 腐蚀性

腐蚀性为表现下列特征之一：① 如果某种水溶液（或似水状态的液体）其  $\text{pH} \geq 12.5$  或者小于等于 2，则说明其具有腐蚀性。② 如果某种液态物质在  $55^\circ\text{C}$  下，一年之内能腐蚀掉钢材（SAE1020 号）6.35 mm (0.250 in)，则说明其有腐蚀性。

第 1 条主要是定义过低或过高  $\text{pH}$  的腐蚀性废物，在定义的  $\text{pH}$  范围内会损害人体组织器官，或使其他废物上的毒性污染物发生迁移、与其他废物接触产生剧烈反应、危害水生生命。该特性制定所重点保护对象是在运输过程中对直接接触这类废物的工作人员，防止伤害到皮肤和眼睛，研究表明当  $\text{pH}$  标准超过 11.5 或低于 2.5 的范围，人类眼角膜就难以忍受。 $\text{pH}$  的限定也是防止促进重金属的溶解导致污染地下水，与其他废物混合发生反应导致起火、爆炸、产生易燃或有毒气体、产生高压损害设备以及散发有毒成分、烟雾和颗粒物。

第 2 条腐蚀性危险特性是有关废物对钢制容器（或设备）的腐蚀。USEPA 定义这种腐蚀特性是因为这类废物可能从被隔离的容器中溢出或接触到外界废物，以致在运输或贮存过程中从容器或设备中溢出，直接与环境介质接触而产生危害，如剧烈反应或释放有害组分到环境中危害健康。

### 2.1.3 反应性

反应性的制订是为了鉴别一类极不稳定且易发生剧烈反应性爆炸的废物，为了防止在废物运输和处理过程中对工作人员的身体造成伤害，避免由于发生化学反应而释放毒性组分到空气中，以致发生爆炸和剧烈反应的事故。具体来讲，如果某种废物满足下列条件之一则表现为反应性：① 正常条件下不稳定并且极易发生剧烈反应，但并不是爆炸反应。② 遇水发生剧烈反应。③ 遇水易发生爆炸。④ 与水接触后反应生成危害人体健康和环境的有毒气体、挥发分或是烟雾等。⑤ 含氰化物或硫化物的废物，当遇到  $\text{pH}$  小于 12.5 或大于 2 时会反应生成危害人体健康和环境的有毒气体、挥发分或是烟雾等。⑥ 当遇到火化或受热到一定程度时会发生爆炸。⑦ 在标准温度和大气压下，易发生爆炸或产生爆炸性反应。⑧ 其他法规定义的爆炸物、炸药。

反应性特性可能部分与易燃性特性定义有所重叠。USEPA 强调：反应性宽松的描述性定义可以给废物产生者以明确的指导，决定他们排放的废物是否表现出反应性特性。

### 2.1.4 毒性特性

USEPA 制定的毒性特性（Toxicity Characteristic, TC）是为了减轻由于有毒废物毒性组分释放到地下水介质中，通过慢性暴露途径而对人体健康产生的危害。USEPA 经过长期研究表明<sup>[3-5]</sup>，废物土地填埋处置渗滤出的污染物对地下水产生的污染，是废物毒性组分释放到环境中的最主要的途径。USEPA 之所以将地下水检测作为废物处理单元中的渗出物鉴定重点考察对象，是因为填埋场 90%以上的渗出物、地表构筑物 98%以上的渗出物都涉及对地下水的污染。RCRA 立法组委会通过危险废物管理案例调查，专门关注了 TC 对地下水污染产生的影响（第 3.5 节另有讨论）。

美国之所以将地下水作为重点环境保护对象，是因为美国几乎 50%的人口都将地下水作为饮用水来源；95%以上的农村居民都将地下水作为饮用水源。在全美 100 座大城市中，有 34%的城市依靠地下水作为饮用水和商用水源。



在一些地区, 污染物可以很快地污染到地下水, 如果可能的话, 清理 (处理) 这些污染物是非常困难的并且成本相当高。由于某些地区特殊的地理地质环境 (地下土壤和岩石), 使研究人员难以很好地研究清楚地下水的迁移途径, 因而也给治理带来很大的难度。在合理的成本和时间内是无法治理好受污染的地下水, 治理地下水污染或许需要几十年甚至上百年。统计资料表明<sup>[6]</sup>, 在 20 世纪 80 年代, 每年有  $2.8 \times 10^8 \sim 5.4 \times 10^8$  t 危险废物 (含废水类危险废物) 进入环境, 其中大多数会以渗滤液形式渗漏入地下水为最终去向。农业废水、生活污水和有争议的深井填埋都是地下水污染的重要来源; 地下水箱渗漏是地下水污染另一个主要来源, 这种铁水箱埋入地下数年后开始发生腐蚀而渗漏。现在每个州都有地下水污染事件。虽然目前只有 1%~2% 的地下水被严重污染, 但他们大多数在人口密集的中心地区。地下水中最常见的 4 种污染物是氯、硝酸盐、重金属和碳氢化合物。

USEPA 最初列出了 14 中污染物来表现毒性特性 (TC), 后来又增加了 26 种物质, 这些物质包括金属、挥发性和半挥发性的有机物以及杀虫剂。USEPA 之所以最终确定这 40 种 TC 浸出物质是因为通过案例研究表明, 这些物质在废物管理过程中, 释放出的污染组分涉及地下水污染。归纳起来主要原因包括:

(1) 因为这些物质属于法规所列出的危险废物组分 (共 480 种危险组分), 其表现“有毒性、致癌性、致诱变性或致畸形影响”特性, 包括: ① 急性口服  $LD_{50}$  不超过 5 000 mg/kg。② 急性皮肤摄入  $LD_{50}$  不超过 4 300 mg/kg。③ 作为 (毒) 气或蒸汽 (挥发分) 的急性摄入  $LC_{50}$  不超过 10 000 mg/kg。④ 急性水生动物 96 h  $LC_{50}$  不超过 500 mg/L。⑤ 凭借经验或通过测试表明, 由于致癌性、致畸形、致诱变性, 或急性毒性、慢性毒性、生物富集毒性, 以及在环境中的持久存在性, 会对人类健康或环境产生危害。并且, USEPA 通过研究还发现, 长期接触 (饮用) 含有这些化学物质的地下水会对人体产生巨大危害。

(2) 已有研究成果表明<sup>[7-9]</sup>, 以上规定的物质慢性毒性足以致命, 并且可以模拟地下水污染和每种物质的迁移 (即可通过 TCLP 浸出)。TCLP 是用来在特定的试验条件下, 量化危险组分的浸出特性, 这种测试方法用来模拟重金属、挥发性和半挥发性的有机化合物、杀虫剂等渗滤。从原理上, 这种程序模拟了危险废物与城市固体废物 (MSW) 共处置 (填埋) 条件下向地下水中的渗滤过程。采用醋酸缓冲溶液作为浸取剂的 TCLP 被 USEPA 和各州广泛用来测定废物浸出特性, 并以此测定毒性, 即 1311 法。

## 2.2 日本危险废物鉴别技术体系

依据日本《废弃物清扫法》<sup>[10]</sup>第 2 条所定义, 废弃物是指“垃圾、粗大垃圾、燃料残渣、污泥、粪便、废油、废酸、废碱、动物尸体及其他废物或是无利用价值的、被丢弃的物品, 含固态、液态物质 (不包括放射性物质及由于被其污染的污染物)”。日本是采用罗列废物种类的方式进行定义的。

根据废弃物的形态和特性不同主要有两大类: 一般废弃物和产业废弃物。依据《废弃物清扫法》第二条的第 2、4 款规定, 产业废弃物的定义是“伴随产业活动而产生的废弃物中, 燃烧残渣、污泥、废油、废酸、废塑料类以及其他法令、条例规定的废弃物”。产业废弃物有 2 种类型: ① 伴随着事业活动产生。② 由专门的生产工艺产生。产业废弃物可能由于含有汞、镉等有害成分, 通过溶出试验浸出的有害成分超出规定的浓度标准则定义为特别管理产业废弃物, 即工业危险废物。特别管理产业废弃物定义为“产业

废弃物中，有爆炸性、毒性和感染性，对人体和生活环境有危害性的，在相关政令中指定的废弃物”。有害物质的溶出方法依据《环境省告示第 13 号》<sup>[11]</sup>所制定“产业废弃物中所含重金属等测定方法”。一般废弃物是排除产业废弃物外的废弃物，一般废弃物中一部分含有有害物质或具备危险特性的废弃物为特别管理废弃物，属于危险废物的范畴。

依据废物定义、分类原则及溶出标准等，日本环境省制定了特别管理废物种类列表，其中特别管理一般废弃物包括家用电器设备中使用 PCB 的部件、生活垃圾焚烧设施产生的烟尘和一般感染性废弃物；特别管理产业废弃物包括易燃性废油、废酸（pH 在 2 以下）、废碱（pH 在 12.5 以上）、感染性产业废弃物、特定有害产业废弃物（废 PCB，受 PCB 污染的废物，特定废水处理污泥、矿渣及处理后矿渣，废石棉，含有汞或汞化合物的粉尘，含有镉或镉化合物的粉尘和燃烧残渣等 45 类）。有害产业废弃物中的溶出有毒害物质如果超出规定的基准才按照危险废物管理，溶出基准依据废物的最终处理处置方式确定。

在遵照巴塞尔公约定义的危險特性基础上，日本定义了具有自己特点的危險特性及其鉴别标准。法律规定的危險特性有“易爆性、毒性和感染性等对人体健康和环境造成危害的特性”，并对危險特性做了规定：① 易燃烧的废油，包括废油中挥发油类、煤油类、轻油类。② 有明显腐蚀性的废酸、废碱，包括废酸  $\text{pH} \leq 2.6$ ；废碱  $\text{pH} \geq 12$ 。③ 感染性废弃物。④ 特定有害产业废弃物，包括废 PCB 等（废 PCB 及含 PCB 的废油）与 PCB 污染物（沾 PCB 的废纸、塑料、铁屑等）。⑤ 特定有害产业废弃物，包括废石棉或含有石棉、沾有石棉的产业废弃物。⑥ 特定有害产业废弃物（在④和⑤之外的）。

与欧盟及美国相比，特性中规定了一些具体的危险废物来源，如易燃性废物指定了废油，还包括特定有害产业废弃物。

总体来说，日本危险特性的特点主要体现在浸出毒性鉴别标准上。日本的浸出毒性鉴别标准是根据废物的最终处置方法进行分类的，共分为产业废物填埋处置鉴别标准、产业废物海洋投入处置鉴别标准、特别管理产业废物填埋处置鉴别标准三大类，在这些标准中规定了汞和有机磷等 33 类重金属和有毒有机物的浸出浓度判定指标。所有的鉴定方法根据处置方式采用不同的浸出液进行有害物质测定。土地填埋处置的废物鉴定采用 pH 为 5.8~6.3 的微酸性水溶液进行浸取，而海洋投入处置则采用纯水进行浸取。另外日本还制定了含油废物、含 PCBs 废物的判定基准及入场基准。

### 2.3 欧盟危险废物鉴别技术体系

欧盟在指令 75/442/EEC<sup>[12]</sup>中对危险废物进行了定义：危险废物又称有毒有害物质，是指含有该指令附录之内列出的 27 类危险物质并且所含浓度超过了危害人类健康和环境的最低风险水平的任何废弃物或被污染物质。

为了更为准确地确定危险废物，后来在指令 91/689/EEC<sup>[12]</sup>中又重新进行定义，即危险废物是满足以下任意一条的废物：① 列入危险废物名录，并且这些废物表现出 75/442/EEC 附 III 中一种或多种危险特性。② 所有成员国所定义的表现出 75/442/EEC 附 III 中一种或多种危险特性的废物。

欧盟环境署考虑到在正常处理和使用危险品的过程中可能遇到的危险，主要是通过风险与安全评价，具体提出以下 14 种危险特性：

• H1——“易爆性”，如引燃后会发生爆炸或者震动或摩擦后比二硝基甲苯更易发生爆炸的物质和制剂。



• H2——“氧化性”，如当与其他物质接触，尤其是易燃物质接触后发生剧烈的放热反应的物质和制剂。

• H3-A——“极易燃物质”，如① 闪点在 21℃以下的液态物质或制剂（包括极易燃液体物质）。② 当周围环境无可利用能量条件下与空气接触会变热或者易燃的物质和制剂。③ 在与火源短暂接触后会极易着火并且在移去火源后会继续燃烧或者消损的固态物质和制剂，或者在空气中的正常大气压下易燃的气态物质和制剂。④ 当与水或潮湿空气接触后会产生一定危险量的极易燃气体的一类物质和制剂。

• H3-B——“易燃物质”，如闪点大于 21℃而又小于 55℃的液态物质和制剂。

• H4——“刺激性的物质”，如当通过直接的、长时间或反复的与皮肤或者黏性膜接触会产生炎症的非腐蚀性物质。

• H5——“有害物质”，如当吸入或者摄食，或通过皮肤渗透，会对生命健康产生一定的风险危害的物质或制剂。

• H6——“有毒物质”，如当吸入或者摄食，或通过皮肤渗透，会对生命健康产生急性的、严重的或慢性危害，甚至致死的物质或制剂（包括剧毒物质或制剂）。

• H7——“致癌物”，如当吸入或者摄食，或通过皮肤渗透，会引发癌症或者增加癌发率的物质或制剂。

• H8——“腐蚀性物质”，如接触后会伤害活性（生命体）组织的物质或制剂。

• H9——“感染性物质”，如含对人类或者活的生命器官致病性的微生物体或其毒素的物质。

• H10——“致畸性的物质”，如当吸入或者摄食，或通过皮肤渗透，会引发非遗传性的天生畸形或者增加发生率的物质或制剂。

• H11——“致突变性物质”，如当吸入或者摄食，或通过皮肤渗透，会引发遗传性的基因突变或者增加发生率的物质或制剂。

• H12——当与水、空气或者酸接触后会产生有毒或者剧毒气体的物质或制剂。

• H13——经处置后通过某种方式会产生另一类物质的物质或制剂，如产生具有上述列出的危险特性的渗滤液。

• H14——“生态毒性物质”，如会对环境的某个系统产生直接或延时的危险。

依据 91/689/EEC，对于上述危险特性 H3 至 H8，H10（6）和 H11，其鉴别浓度标准如下：

• 着火点 < 55℃。

• 一种或者多种物质确定剧毒性的含量为  $\geq 0.1\%$ 。

• 一种或者多种物质确定一般毒性的含量为  $\geq 3\%$ 。

• 一种或者多种物质确定一般有害性的含量为  $\geq 25\%$ 。

• 一种或者多种腐蚀性物质确定致使严重烧伤、灼伤（R35）的含量为  $\geq 1\%$ 。

• 一种或者多种腐蚀性物质确定致使烧伤、灼伤（R34）的含量为  $\geq 5\%$ 。

• 一种或者多种刺激性物质确定为对眼睛有严重性危害的风险（R41）的含量为  $\geq 10\%$ 。

• 一种或者多种刺激性物质确定为对眼睛有刺激的（R36），对呼吸系统有刺激作用的（R37），对皮肤有刺激的（R38）的含量为  $\geq 20\%$ 。