



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXXX—XXXX

## 危险废物资源化产物环境风险评价 通则

General principles for environmental risk assessment of products from hazardous  
waste recycling

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家市场监督管理总局 发布  
国家标准化管理委员会

# 目 次

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 前 言 .....                           | II |
| 1 范围 .....                          | 1  |
| 2 规范性引用文件 .....                     | 1  |
| 3 术语和定义 .....                       | 1  |
| 4 总体要求 .....                        | 3  |
| 5 危害识别 .....                        | 4  |
| 6 暴露评价 .....                        | 4  |
| 7 危害表征 .....                        | 5  |
| 8 风险表征 .....                        | 6  |
| 9 不确定性分析 .....                      | 6  |
| 10 环境风险基准 .....                     | 7  |
| 11 评价报告编制 .....                     | 7  |
| 附 录 A (资料性) 有害物质识别可参考文件及数据库 .....   | 8  |
| 附 录 B (资料性) 危险废物资源化产物常见暴露场景 .....   | 10 |
| 附 录 C (资料性) 暴露量计算公式 .....           | 13 |
| 附 录 D (资料性) 无相关剂量-反应关系参数的估算方法 ..... | 14 |
| 附 录 E (资料性) 健康风险表征方法 .....          | 15 |
| 附 录 F (资料性) 生态风险表征方法 .....          | 17 |
| 附 录 G (资料性) 评价报告框架 .....            | 18 |
| 参 考 文 献 .....                       | 19 |

## 前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由全国环保产业标准化技术委员会（SAC/TC275）提出并归口。

本文件起草单位：清华大学、中国标准化研究院、生态环境部固体废物与化学品管理技术中心、中节能生态环境发展有限公司、浙江省环境科技有限公司、陕西安信显像管循环处理应用有限公司、上海环境集团股份有限公司、青岛斯坦德衡立环境技术研究院有限公司、深圳市绿环再生资源开发有限公司、浙江大学、生态环境部南京环境科学研究所、生态环境部华南环境科学研究所、中国人民大学、上海第二工业大学、巴塞尔公约亚太区域中心（待补充）

本文件主要起草人：（待补充）

# 危险废物资源化产物环境风险评价 通则

## 1 范围

本文件规定了危险废物资源化产物环境风险评价的术语和定义、总体要求，以及危害识别、暴露评价、危害表征、风险表征、不确定性分析、环境风险基准、评价报告编制等要求。

本文件适用于危险废物资源化产物作为产品、替代原料或燃料管理和使用前的环境风险评价。其他工业固体废物资源化产物作为产品、替代原料或燃料管理和使用前的环境风险评价可参考本标准。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

|            |                            |
|------------|----------------------------|
| GB/T 3095  | 环境空气质量标准                   |
| GB/T 4754  | 国民经济行业分类                   |
| GB 5085.3  | 危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别            |
| GB 5085.6  | 危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别          |
| GB 5749    | 生活饮用水卫生标准                  |
| GB/T 6679  | 固体化工产品采样通则                 |
| GB/T 6680  | 液体化工产品采样通则                 |
| GB/T 6681  | 气体化工产品采样通则                 |
| GB/T 14848 | 地下水质量标准                    |
| GB 15618   | 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准       |
| GB/T 27921 | 风险管理 风险评估技术                |
| GB 36600   | 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准      |
| GBZ 2.1    | 工作场所有害因素职业接触限值 第一部分：化学有害因素 |
| GBZ/T 298  | 工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则     |
| HJ 25.3    | 建设用地土壤污染风险评估技术导则           |
| HJ 876     | 儿童土壤摄入量调查技术规范 示踪元素法        |
| HJ 877     | 暴露参数调查技术规范                 |
| HJ 1091    | 固体废物再生利用污染防治技术导则           |
| HJ 1111    | 生态环境健康风险评估技术指南 总纲          |
| HJ 1229    | 优先评估化学物质筛选技术导则             |
| SL/Z 467   | 生态风险评价导则                   |

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**危险废物** hazardous waste

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腐蚀性、毒性、易燃性、反应性和感染性等一种或一种以上危险特性，以及不排除具有以上危险特性的固体废物。

### 3.2

**危险废物资源化产物** products from hazardous waste recycling

危险废物经资源化处理后拟作为产品、替代原料或燃料的物质。

### 3.3

**风险评价** risk assessment

危险废物资源化产物中有害物质在暴露条件下，对人体健康、生态实体及其相关属性产生的风险及其不确定性的计算或估计过程。

### 3.4

**危害识别** hazard identification

识别和确定有害物质所具有的能够对人体健康、生态实体及其相关属性产生不良影响类型、性质和程度的过程。

### 3.5

**暴露评价** exposure assessment

确定有害物质暴露场景和暴露途径，并估算和测定人体和生态实体及其相关属性暴露量的过程。

### 3.6

**暴露场景** exposure scenario

有害物质经由不同方式迁移并到达评价受体接触面的一种假设性场景描述，即用来辅助评估和量化暴露发生的一系列事实、推定和假设。

[来源：HJ 1111-2020，3.4，有修改]

### 3.7

**评价受体** receptor of assessment

暴露于对人体健康、生态实体及其相关属性产生不良影响的各种物理、化学、生物因素下的人群、单个或一组物种、生态系统的功能特征、特殊生境等。

[来源：SL/Z 467-2009，3.5，有修改]

### 3.8

**危害表征** hazard characterization

对资源化产物中有害物质引起评价受体发生有害效应的固有特性进行定量描述的过程。

[来源：HJ 1111-2020，3.2，有修改]

### 3.9

**风险表征** risk characterization

在暴露评价及危害表征基础上，定量分析判别有害物质对评价受体造成风险的程度。

### 3.10

**致癌风险** carcinogenic risk (CR)

人群暴露于具有致癌效应的有害物质中，诱发致癌性疾病或损伤的概率。

[来源：HJ 25.3，3.5，有修改]

### 3.11

**危害商** hazard quotient (HQ)

有害物质每日摄入量与参考剂量的比值，用于表征人体经单一途径暴露于有害物质产生的非致癌风险的大小。

[来源：HJ 25.3，3.6，有修改]

### 3.12

**预测无效应浓度** predicted no effect concentration (PNEC)

在现有认知下，有害物质不会对评价受体产生不利效应的最大暴露量。

[来源：化学物质环境与健康危害评估技术导则(试行)，3.8，有修改]

### 3.13

#### 不确定性 uncertainty

由于科学认识不足、评估方法局限和基础数据欠缺等因素，导致健康与生态风险评价结果与实际情况的偏离程度。

## 4 总体要求

4.1 风险评价数据和信息应根据危险废物资源化产物的类型及暴露场景，结合评价目的和评价类型，通过国内外相关数据库、文献资料、模型预测、试验研究或现场调查等途径获取，并确保信息的真实性、可靠性及适用性。

4.2 开展风险评价时应全面考虑危险废物资源化产物中有害物质的来源、特征、可能的迁移转化路径和评价受体的潜在暴露途径等。

4.3 危险废物资源化产物存在多种用途的，应针对不同用途分别建立暴露场景，开展暴露评价。无法明确资源化产物暴露场景的，应选取相应产品、替代原料或燃料的所有暴露场景中最不利的暴露场景开展暴露评价。

4.4 风险评价的区域范围应根据评价受体的分布情况、有害物质可能对环境产生危害的范围等综合确定。若评价区域外存在需要特别关注的评价受体，评价范围需延伸至所关注的受体。

4.5 危险废物资源化产物环境风险评价包括健康风险评价和生态风险评价，其中评价受体包括人群的应开展健康风险评价，评价受体包括生态实体及其相关属性的应开展生态风险评价。

4.6 健康风险评价包括危害识别、健康暴露评价、健康毒性评价、健康风险表征四个步骤，生态风险评价包括危害识别、生态暴露评价、生态效应表征、生态风险表征四个步骤。危险废物资源化产物环境风险评价流程见图1。

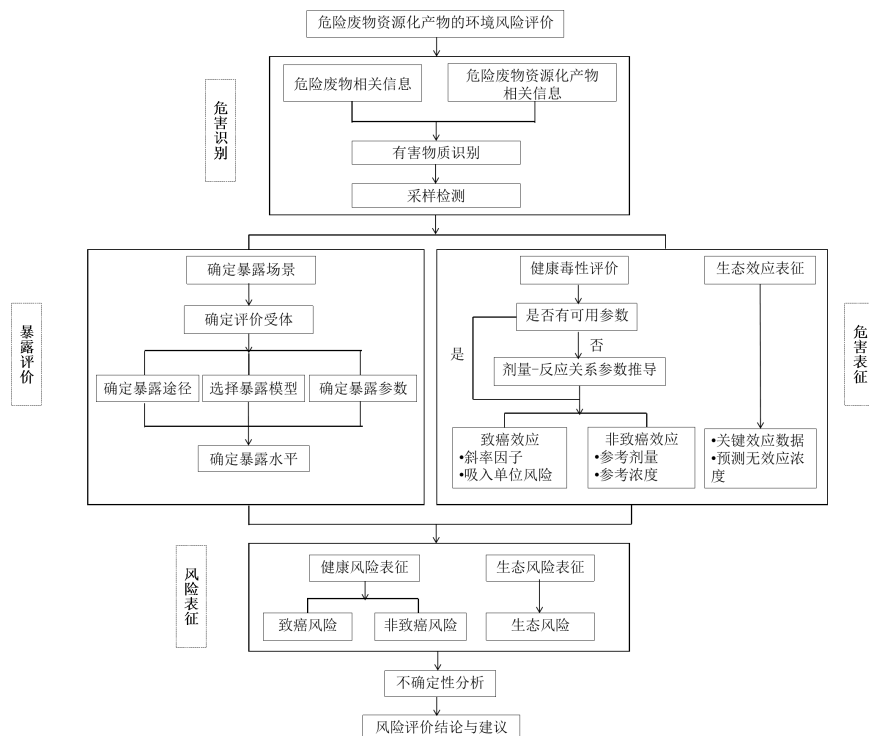


图1 危险废物资源化产物环境风险评价流程

## 5 危害识别

### 5.1 有害物质识别

5.1.1 危险废物资源化产物中有害物质识别主要依据危险废物的危险特性、资源化过程的工艺影响、资源化产物的使用条件，参考但不仅限于以下文件：

- a) 危险废物及其资源化产物的检测报告；
- b) 资源化企业的环境影响报告书、环境管理台账、生产工艺资料等；
- c) 资源化产物所替代原料或产品的标准中列出的有害物质；
- d) 关于危险废物资源化技术或资源化产物的科学文献资料。

5.1.2 危险废物资源化产物有害物质应优先参考附录 A 中的文件和数据库进行筛选，对新发现的有害物质应收集毒理学数据后进行判定。

### 5.2 采样检测

5.2.1 危险废物资源化产物的采样方法应按以下次序确定：优先采用资源化产物同类产品、所替代原料或燃料相应标准中规定的采样方法；若无相关标准，应根据资源化产物同类产品、所替代原料或燃料所属行业和物理形态，参照 GB/T 6679、GB/T 6680、GB/T 6681 中规定的采样方法。

5.2.2 危险废物资源化产物中有害物质含量的检测应优先采用相应产品、所替代原料或燃料质量标准规定的检测方法；若无相应产品、所替代原料或燃料质量标准，应参照 GB 5085.3、GB 5085.6 中规定的检测方法。

5.2.3 尚无检测方法标准的有害物质，宜参考国内外权威实验室机构提供的方法开展含量检测。

5.2.4 危险废物资源化产物中有害物质监测频次应符合 HJ 1091 的要求。

## 6 暴露评价

### 6.1 暴露评价总体要求

6.1.1 暴露评价应包括暴露场景、暴露途径、环境介质、暴露频率、暴露周期、持续时间、暴露量等内容。

6.1.2 开展暴露评价时，应根据危险废物资源化产物可能的用途分析可能存在暴露场景，调查附近人群、生态实体及其相关属性的相对方位、距离、活动方式等信息确定评价受体。

6.1.3 暴露评价应包括资源化产物的所有暴露场景的全部暴露途径，若暴露途径存在多种评价受体，应选择最敏感的评价受体开展评价；对每一种暴露途径应涵盖危害识别中确认的所有有害物质。资源化产物的应用行业、用途、暴露场景可参考附录 B 确定。

### 6.2 健康暴露评价

6.2.1 对于存在多种暴露途径的暴露场景，除非有充分证据证明某暴露途径不存在或风险为可接受水平，应全面考虑经口摄入、经呼吸吸入、皮肤接触三种暴露途径的直接暴露和通过环境介质（水环境、沉积物、土壤环境、大气环境）及食物链的间接暴露。

6.2.2 评价受体的范围应根据暴露场景和暴露途径确定。可能暴露于危险废物资源化产物中有害物质的人群通常分为职业人群、周边居民和经由环境介质及食物链间接暴露的人群。职业人群应根据成人期的暴露评价有害物质的风险；周边居民和经由环境介质及食物链间接暴露的人群应分别考虑普通人群和敏感人群（包括儿童、孕妇、老人及慢性病人）的暴露评价有害物质的风险。

6.2.3 不同暴露途径的暴露量应参照附录 C 所列的公式进行计算。

6.2.4 暴露浓度可通过直接监测环境空气、室内空气、室内积尘、土壤、食品、饮用水等介质中有害

物质浓度获得；若不能直接监测，可基于危险废物资源化产物中有害物质的形态、释放、转化和归趋等信息，选择合适的环境归趋模型，模拟预测获得不同环境介质中有害物质的浓度，环境归趋模型的选取宜依照以下顺序进行：

- a) 国内外政府部门或权威机构发布的标准或开发的模型工具包；
- b) 国内外权威出版物列出的模型；
- c) 学术文献资料开发的模型。

6.2.5 暴露参数应按照以下先后次序选择确定：

- a) 《中国人群暴露参数手册》中的暴露参数；
- b) 国内外发布的相关标准推荐的暴露参数；
- c) 科技文献、国内外权威机构发布的暴露参数推荐值；
- d) 依据 HJ 876 和 HJ 877 等国家相关技术规定自行开展现场调查获得的暴露参数。

### 6.3 生态暴露评价

6.3.1 生态风险评价应根据环境敏感目标分布情况、要保护的生态价值和评价目标等因素综合确定评价受体，评价受体的选择应符合以下原则：

- a) 生态相关性；
- b) 评价受体对已知或潜在有害物质的敏感性；
- c) 评价受体与管理目标的相关性。
- d) 评价受体涉及濒危物种的，应确保暴露评价涵盖全部濒危物种的全部个体；对于其他物种，应确保暴露评价涵盖 99% 的物种的 95% 的个体。

6.3.2 暴露场景构建时，对于捕食动物，需识别的敏感生物包括鸟类、哺乳动物；针对特定环境介质需识别的敏感生物为：

- a) 对于水环境，一般包括藻类、溞类和鱼类等水生生物；
- b) 对于沉积物，一般包括摇蚊、带丝蚓、狐尾藻等底栖生物；
- c) 对于土壤环境，一般包括土壤微生物、蚯蚓、植物等土壤生物；
- d) 对于大气环境，一般包括苔藓、蕨类植物等生物。

6.3.3 环境中有害物质的时空分布特征应根据有害物质的来源、暴露特征、生态系统特征以及生态效应等方面的有效信息进行分析描述。

6.3.4 暴露评价应按以下规定进行：

- a) 应描述不同种类评价受体对有害物质的暴露途径、暴露量；
- b) 依据 6.2.4 监测和预测环境介质中有害物质的暴露浓度。

## 7 危害表征

### 7.1 健康毒性评价

7.1.1 健康毒理学数据包括急性毒性、皮肤腐蚀性、刺激性（皮肤、眼睛）、致敏性（皮肤、呼吸道）、（亚）慢性毒性、特异性靶器官毒性、生殖细胞致突变性、生殖发育毒性、致癌性等，以及流行病学数据、毒代动力学、毒效动力学等相关数据。

7.1.2 对于有相关参数来源的毒性数据，应按照 7.1.1 确定以下相关参数，推荐的数据库见附录 A.2：

- a) 表征致癌效应的剂量—反应关系参数应采用致癌斜率因子（SF）或吸入单位风险（IUR）。根据暴露途径分为经口摄入途径的 SF、经呼吸吸入途径的 IUR、皮肤接触途径的 SF；
- b) 表征非致癌效应的剂量-反应关系参数应采用参考剂量（RfD）或参考浓度（RfC）。根据暴露途径，分为经口摄入途径、经呼吸吸入途径以及皮肤接触途径的 RfD 或 RfC。



- 7.1.3 对于没有相关参数来源的毒性数据，可根据 WS/T 777 估算相关剂量-反应关系参数：
- 有阈值效应（慢性毒性、亚慢性毒性、生殖发育毒性等）的参考剂量或浓度，可根据未观察到有害作用的剂量水平（NOAEL）或观察到有害作用的最低剂量水平（LOAEL）与不确定因子（UF）的商值估算，估算方法见附录 D；
  - 无阈值效应（致突变性、遗传毒性、致癌性）的毒性参数估算，首先通过查阅文献或开展研究得到实验动物给药剂量和癌症发生比例，进而基于使用基准剂量模型推导的基准剂量下限，计算实验动物的 SF，最后结合人与动物的跨物种剂量调整因子，使用实验动物的 SF 推导人的 SF。

## 7.2 生态效应表征

- 7.2.1 生态毒理学数据包括针对不同评价受体中生物的急性毒性数据、慢性毒性数据以及其他非生物危害效应数据等，针对每个评价对象，应选择最敏感物种的数据作为关键效应数据。
- 7.2.2 生态效应表征中，应重点开展有害物质对水环境、沉积物、大气环境、土壤环境中的生物体预测无效应浓度（PNEC）的推导。
- 7.2.3 根据评价终点的生态毒理学数据充分程度，选择合适的 PNEC 推导方法，如评估系数法、统计外推法、相平衡分配法等。

## 8 风险表征

### 8.1 健康风险表征

- 8.1.1 根据毒理学终点不同，应分别对危险废物资源化产物中有害物质的致癌风险和非致癌风险分别进行健康风险表征。
- 8.1.2 健康风险表征应结合相关健康危害效应的可能作用模式或机制，根据有害物质对人体无有害效应的安全阈值或者暴露剂量，采用致癌斜率因子或商值法进行表征，表征方法见附录 E。

### 8.2 生态风险表征

- 8.2.1 生态风险表征通过对暴露评价和生态效应表征结果综合分析进行风险估计，描述风险大小。
- 8.2.2 生态风险表征应根据预测环境浓度（PEC）和相应的预测无效应浓度（PNEC），采用商值法进行表征，表征方法见附录 F。

## 9 不确定性分析

- 9.1 危险废物资源化产物风险评价过程在不同阶段均可能存在一定的不确定性，应识别风险评价全过程不确定性的来源，定性描述或定量分析危害识别、暴露评价、危害表征和风险表征过程中的不确定性。
- 9.2 风险评价全过程不确定性的来源主要包括：
- 危害识别过程数据来源及检测机构的权威性；
  - 暴露评价过程暴露场景及暴露途径是否考虑全面，是否充分考虑敏感受体，是否充分考虑暴露时间以及暴露参数，模型的选取是否合理；
  - 危害表征过程数据外推模型及系数是否合理；
  - 风险表征过程表征方法的不确定性。
- 9.3 定量不确定性分析参照 GB/T 27921 中规定的蒙特卡洛模拟方法开展，模型参数敏感性分析参照 HJ 875 中规定的方法开展。

## 10 环境风险基准

10.1 危险废物资源化产物环境风险评价的风险基准分别为：

- a) 所有有害物质经各暴露途径产生的总致癌风险，职业人群可接受风险基准为  $10^{-4}$ ，周边居民可接受风险基准为  $10^{-6}$ ；
- b) 所有有害物质经各暴露途径产生的总非致癌风险的可接受风险基准为 1；
- c) 生态实体及相关属性可接受的总生态风险基准为 1。

10.2 具体危险废物资源化产物的环境风险评价可根据暴露评价识别的不同敏感受体，确定特定的环境风险基准。

10.3 资源化行业宜制定更严格的环境风险基准。

## 11 评价报告编制

相关机构和技术人员宜参照本文件开展危险废物资源化产物环境风险评价，评价报告一般由评价方案、危害识别、暴露评价、危害表征、风险表征、不确定性分析、风险评价结论和建议、附件组成，报告编制框架可参考但不限于附录G。

## 附录 A

(资料性)

## 有害物质识别可参考文件及数据库

A.1 有害物质识别可优先参考表 A.1 所列文件：

表 A.1 有害物质识别可参考文件

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| (1)  | 《危险废物鉴别标准 浸出毒性鉴别》(GB 5085.3)       |
| (2)  | 《危险废物鉴别标准 毒性物质含量鉴别》(GB 5085.6)     |
| (3)  | 《危险化学品目录》                          |
| (4)  | 《优先控制化学品名录》                        |
| (5)  | 《优先评估化学物质筛选技术导则》(HJ 1229)          |
| (6)  | 《环境空气质量标准》(GB 3095)                |
| (7)  | 《生活饮用水卫生标准》(GB 5749)               |
| (8)  | 《地下水质量标准》(GB 14848)                |
| (9)  | 《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准》(GB 36600)  |
| (10) | 《土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准》(GB 15618)   |
| (11) | 《工作场所有害因素职业接触限值》(GBZ 2.1)          |
| (12) | 《工作场所化学有害因素职业健康风险评估技术导则》(GBZT 298) |
| (13) | 《有毒有害大气污染物名录》                      |
| (14) | 《有毒有害水污染物名录》                       |
| (15) | 《重点管控新污染物清单》                       |
| (16) | 《国家污染物环境健康风险名录：化学分册》               |

A.2 有害物质识别可优先参考表 A.2 所列文件

表 A.2 有害物质识别可参考数据库

|     |   |
|-----|---|
| (1) | 国际化学品安全规划署 (IPCS) 安全信息数据库                                       |
| (2) | 全球化学信息网络数据库 (GINC)  |
| (3) | 世界卫生组织/国际化学品安全规划署 (WHO/IPCS) 的环境健康标准 (EHC) 及简明国际化学品评估文件 (CICAD) |

表A.2 有害物质识别可参考数据库（续）

|      |   |
|------|---|
| (4)  | 世界卫生组织国际癌症研究机构（IARC）的分类清单（List of classifications）    |
| (5)  | 美国环境保护局（U.S. EPA）的综合风险信息系统（IRIS）毒性数据库及化学品毒性评估数据（ITER） |
| (6)  | 美国毒物和疾病登记署（ATSDR）的有害物质最低水平清单（MRLs List）数据库            |
| (7)  | 美国国立卫生研究院（NIH）的化学品数据库（ChemIDplus）                     |
| (8)  | 美国国立癌症研究所（NCI）的化学品致癌研究信息系统（CCRIS）                     |
| (9)  | 欧洲化学品管理局（ECHA）的化学物质信息（Information on chemicals）数据库    |
| (10) | 日本化学品评估研究所（CERID）                                     |

附 录 B  
(资料性)  
危险废物资源化产物常见暴露场景

| 应用行业     | 用途     | 暴露场景描述  | 资源化产物                                       |
|----------|--------|---------|---|
| 农林牧业     | 土壤改良剂  | 林业土壤改良剂 | 农业、林业用土壤改良剂                                 |
|          | 肥料     | 林业用肥料   | 林业用肥料                                       |
| 矿业       | 充填材料   | 矿区/井充填  | 矿井回填骨料                                      |
|          |        |         | 代替水泥作为矿坑填充材料                                |
| 制造业      | 工业替代原料 | 再生化学材料  | 再生苯酚，卤代烃溶剂，有机溶剂等                            |
|          |        |         | 再生含氮盐、碳酸盐、硫酸盐、酰胺基铍酸盐等工业盐                    |
|          |        |         | 精炼基础油、矿物油                                   |
|          |        |         | 再生乳化液                                       |
|          |        |         | 再生环烷酸及粗酚产品、高纯碳酸钠                            |
|          |        |         | 再生乙醇、乙二醇、乳酸、含氮酸                             |
|          |        |         | 再生氟化氢、液氨、氨水                                 |
|          |        |         | 再生硫酸亚铁或聚合硫酸铁                                |
|          |        |         | 再生硫酸、硫酸铵                                    |
|          |        | 再生金属    | 再生H <sub>2</sub> 、CH <sub>4</sub> 和CO等可燃性气体 |
|          |        |         | 再生铅、铜、锌、镁、镉、汞等金属                            |
|          |        |         | 再生镍、钴、锰、白银、钨、铂、钯、钒、钽等贵金属及稀有金属               |
|          |        |         | 再生稀土金属                                      |
|          |        |         | 再生氧化锌、氧化铝、氯化钙、硫酸铜、醋酸铜、碱式硫酸铬、铬黑原料、铬粉材料       |
|          |        |         | 再生钡盐、镍盐                                     |
| 再生氨水、萃取液 |        |         |   |

上表（续）

|     |        |         |                                |
|-----|--------|---------|--------------------------------|
| 制造业 | 工业替代原料 | 再生非金属材料 | 氯碱和纯碱原料                        |
|     |        |         | 再生硅质功能材料                       |
|     |        |         | 再生染料、化学改性材料                    |
|     |        |         | 燃料                             |
|     |        |         | 制取氧化铝或提炼镓、锗等稀有金属的吸附剂材料         |
|     |        |         | 镁铬尖晶石耐火材料                      |
|     |        |         | 氢氧化铝无机阻燃添加剂                    |
|     |        |         | 催化裂化催化剂、催化加氢催化剂                |
|     |        |         | 再生硫酸镍盐、电镀溶液                    |
|     |        |         | 再生石棉纤维                         |
|     |        |         | 再生镍钨催化剂                        |
|     |        |         | 再生晶体矿、玻璃粉末                     |
|     |        |         | 再生锶、再生碳                        |
|     |        |         | 再生砷、精白砷                        |
|     |        |         | 多孔硅铝材料（合成分子筛）                  |
|     |        |         | 催化剂、生物炭、纤维素酶、活性炭、再生煤、型煤、粉炭、颗粒炭 |
|     |        |         | 增湿剂                            |
| 蛋白质 |        |         |                                |

上表（续）

|                        |                  |                 |                      |
|------------------------|------------------|-----------------|----------------------|
| 建筑业                    | 建筑材料；<br>建筑材料添加剂 | 房屋建筑业           | 砂石、硅酸盐水泥、混凝土及其添加剂    |
|                        |                  |                 | 空心砖、合成砌块、球团、胶泥、耐火材料  |
|                        |                  |                 | 微晶玻璃、陶瓷材料            |
|                        |                  |                 | PVC板材等聚合物填料          |
|                        |                  | 铁路、道路、隧道和桥梁工程建筑 | 沥青稀释剂                |
|                        |                  |                 | 道路基材                 |
|                        |                  | 建筑装饰和装修业        | 室外建筑栈道材料             |
|                        |                  |                 | 彩釉玻化砖                |
|                        |                  |                 | 陶瓷制品用作建筑和道路的惰性材料以及瓷砖 |
|                        |                  |                 | 外墙涂料                 |
| 生态保护和环境治理业             | 水处理用填料、吸附剂、絮凝剂等  | 再生污水处理用品        | 污水处理吸附剂              |
|                        |                  |                 | 污泥颗粒活性炭填料            |
|                        |                  |                 | 絮凝剂                  |
| 生活领域                   | 民用消费品或添加剂        | 纸质材料            | 再生纸                  |
| 注：应用行业分类来源依据GB/T 4754。 |                  |                 |                      |

附 录 C  
(资料性)  
暴露量计算公式

C.1 经口摄入途径的暴露量按公式 (C.1) 计算:

$$ADD = \frac{C \times CF \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

ADD——日均暴露量, mg/(kg·d);  
C——介质中有害物质浓度, mg/kg;  
CF——转换因子, kg/mg;  
IR——摄入率, mg/d;  
EF——暴露频率, d/a;  
ED——暴露周期, a;  
BW——体重, kg;  
AT——平均时间, d。

C.2 经呼吸吸入途径的暴露量按公式 (C.2) 计算:

$$ADD = \frac{C \times EF \times ED \times ET}{AT} \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

ADD——日均暴露量, mg/m<sup>3</sup>;  
C——空气中有毒物质浓度, mg/m<sup>3</sup>;  
ET——暴露时间, h/d;  
AT——平均时间, h。

C.3 皮肤接触途径的暴露量, 按公式 (C.3) 计算:

$$ADD = \frac{C \times CF \times AF \times SA \times ABS \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

AF——皮肤粘附因子, mg/cm<sup>2</sup>;  
SA——皮肤接触面积, cm<sup>2</sup>/event;  
ABS——皮肤吸收系数, 无量纲;  
EF——暴露频率, event/a。



## 附录 D

(资料性)

## 无相关剂量-反应关系参数的估算方法

有阈值效应的参考剂量或浓度，可根据未观察到有害作用的剂量水平（NOAEL）或观察到有害作用的最低剂量水平（LOAEL）与不确定系数（UF）的商值估算。其中UF的取值包括：由动物外推到人的种属间差异、个体敏感性差异造成的种属内差异和由亚慢性研究外推到慢性研究之间出现的差异（UF=10）；用LOAEL代替NOAEL推导RfD造成的差异（UF=10）；由于数据库不完整等带来的其他不确定性（UF为1~10）。种属间差异和种属内差异的不确定性系数均可采用10。

D.1 经口摄入途径的 RfD，使用公式（D.1）计算：

$$RfD = \frac{NOAEL}{\prod_{i=1}^n UF_i} \dots \dots \dots (D.1)$$

式中：

*RfD*——参考剂量，mg/(kg•d)；

*NOAEL*——未观察到有害作用的剂量水平，可使用LOAEL代替，mg/(kg•d)；

*UF<sub>i</sub>*——不确定因子。

D.2 经呼吸吸入途径的 RfC，使用公式（D.2）计算：

$$RfC = \frac{NOAEL}{\prod_{i=1}^n UF_i} \dots \dots \dots (D.2)$$

式中：

*RfC*——参考剂量，mg/m<sup>3</sup>；

*NOAEL*——未观察到有害作用的剂量水平，可使用LOAEL代替，mg/(kg•d)；

*UF<sub>i</sub>*——不确定因子。

D.3 皮肤接触途径的 RfD，使用公式（D.3）计算：

$$RfD = \frac{NOAEL}{\prod_{i=1}^n UF_i} \dots \dots \dots (D.3)$$

式中：

*RfD*——参考剂量，mg/(kg•d)；

*NOAEL*——未观察到有害作用的剂量水平，可使用LOAEL代替，mg/(kg•d)；

*UF<sub>i</sub>*——不确定因子。

附 录 E  
(资料性)  
健康风险表征方法

### E.1 致癌风险表征

(1) 经口摄入途径的 CR，使用公式 (E.1) 计算：

$$CR = ADD \cdot SF \cdots \cdots (E.1)$$

式中：

*CR*——有阈值效应的致癌风险表征值，无量纲；

*ADD*——有害物质日均暴露量，mg/(kg·d)；

*SF*——致癌斜率因子，kg·d/mg。

(2) 经呼吸吸入途径的 CR，使用公式 (E.2) 计算：

$$CR = ADD \cdot IUR \cdot CF \cdots \cdots (E.2)$$

式中：

*CR*——有阈值效应的致癌风险表征值，无量纲；

*ADD*——有害物质日均暴露量，mg/(kg·d)；

*IUR*——吸入单位风险，m<sup>3</sup>/μg；

*CF*——转换因子，取值为1000，μg/mg。

(3) 经皮肤接触途径的 CR，使用公式 (E.3) 计算：

$$CR = ADD \cdot SF \cdots \cdots (E.3)$$

式中：

*CR*——有阈值效应的致癌风险表征值，无量纲；

*ADD*——有害物质日均暴露量，mg/(kg·d)；

*SF*——致癌斜率因子，kg·d/mg。

### E.2 非致癌风险表征

(1) 经口摄入途径的 HQ，使用公式 (E.4) 计算：

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \cdots \cdots (E.4)$$

式中：

*HQ*——有阈值效应的非致癌风险表征值，无量纲；

*ADD*——有害物质日均暴露量，mg/(kg·d)；

*RfD*——有害物质参考剂量，mg/(kg·d)。

(2) 经呼吸吸入途径的 HQ，使用公式 (E.5) 计算：

$$HQ = \frac{ADD}{RfC} \cdots \cdots (E.5)$$

式中：

$HQ$ ——有阈值效应的非致癌风险表征值，无量纲；

$ADD$ ——有害物质日均暴露量， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$RfC$ ——有害物质参考剂量， $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

(3) 皮肤接触途径的  $HQ$ ，使用公式 (E.6) 计算：

$$HQ = \frac{ADD}{RfD} \dots\dots\dots (E.6)$$

式中：

$HQ$ ——有阈值效应的非致癌风险表征值，无量纲；

$ADD$ ——有害物质日均暴露量， $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ；

$RfD$ ——有害物质参考剂量， $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ 。

附 录 F  
(资料性)  
生态风险表征方法

F.1 生态风险表征

$$RCRe = \frac{PEC}{PNEC} \dots\dots\dots (F.1)$$

式中:

$RCRe$ ——生态风险表征值,无量纲;

$PEC$ ——预测环境浓度,无量纲;

$PNEC$ ——预测无效应浓度,  $mg \cdot L^{-1}$ 。

F.2 总体生态风险表征

危险废物资源化产物在单一暴露场景下的总体生态风险表征见公式F.2:

$$RCR_{te} = \sum RCR_{e1} + \sum RCR_{e2} + \sum RCR_{e3} + \sum RCR_{e4} + \sum RCR_{e5} + \sum RCR_{e6} \dots\dots\dots (F.2)$$

式中:

$RCR_{te}$ ——全部有害物质对于不同环境介质中导致的生态风险表征值,无量纲;

$RCRe_1$ ——单一有害物质暴露于单一物种导致的生态风险表征值,无量纲;

$RCRe_2$ ——单一有害物质暴露于群落结构导致的生态风险表征值,无量纲;

$RCRe_3$ ——单一有害物质暴露于水环境介质导致的生态风险表征值,无量纲;

$RCRe_4$ ——单一有害物质暴露于沉积物环境介质导致的生态风险表征值,无量纲;

$RCRe_5$ ——单一有害物质暴露于土壤环境介质导致的生态风险表征值,无量纲。

$RCRe_6$ ——单一有害物质暴露于大气环境介质导致的生态风险表征值,无量纲;

附 录 G  
(资料性)  
评价报告框架

危险废物资源化产物环境风险评价报告参考框架如下：

1. 评价方案
  - 1.1 评价背景
  - 1.2 评价目的
  - 1.3 评价范围
  - 1.4 数据来源
2. 评价方法
  - 2.1 危害识别
    - a) 应描述原辅料、资源化产物包含的所有有害物质及关键文献证据；
    - b) 应描述有害物质筛选的标准依据。
  - 2.2 暴露评价
    - a) 应描述数据来源；
    - b) 详细描述所有可能得暴露场景；
    - c) 确定评价对象、暴露途径、暴露模型和暴露参数；
    - d) 计算暴露量，确定暴露水平。
  - 2.3 危害表征
    - a) 描述有害物质的剂量-反应关系参数及参考来源；
    - b) 描述毒性参数及其推导过程中的假设、参数及其确定依据。
  - 2.4 风险表征
    - a) 分别计算致癌风险、非致癌风险、生态风险的结果；
    - b) 确定风险的主要来源。
  - 2.5 不确定性分析
3. 风险评价结论与建议
4. 附件

附件包含但不限于危险废物检测报告、危险废物资源化产物检测报告、环境影响报告书、环境管理台账、生产工艺资料。

## 参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国生态环境部 《化学物质环境与健康危害评估技术导则（试行）》 2020
  - [2] 中华人民共和国生态环境部 《化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）》 2020
  - [3] 中华人民共和国生态环境部 《化学物质环境与健康风险表征技术导则（试行）》 2020
  - [4] 中华人民共和国生态环境部 《国家危险废物名录》（2021年版）
  - [5] 中华人民共和国应急管理部 《危险化学品目录》（2022调整版）2022
  - [6] 中华人民共和国生态环境部 《有毒有害大气污染物名录》 2019
  - [7] 中华人民共和国生态环境部 《有毒有害水污染物名录》（第一批） 2019
  - [8] 中华人民共和国生态环境部 《优先控制化学品名录》（第一批） 2017
  - [9] 中华人民共和国生态环境部 《优先控制化学品名录》（第二批） 2020
  - [10] 中华人民共和国生态环境部 《重点管控新污染物清单（2021年版）》 2021
  - [11] 中华人民共和国生态环境部 《重点管控新污染物清单（2023年版）》 2022
  - [12] 环境保护部 《国家污染物环境健康风险名录—化学第一分册》[M]. 北京：中国环境科学出版社, 2009
-