

ICS XX. XXX

Z XX

# 团 体 标 准

T/CSESXXXX—2021

代替 T/CSESXXXX—201X

## 区域环境污染健康风险评估技术导则

Technical Guidelines for Health Risk Assessment of  
Regional Environmental Pollution

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中国环境科学学会 发布



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 区域环境污染健康风险评估程序和内容.....2

5 数据收集与评估..... 4

6 暴露评估..... 5

7 毒性评估..... 6

8 风险表征..... 7

9 环境污染健康风险评估报告文件的编制要求.....9

附 录 A （规范性）推荐暴露评估模型及参数赋值..... 10

附 录 B （资料性附录）特征污染物健康效应与毒性参数..... 14

附 录 C （规范性）毒性参数推导方法..... 29

## 前 言

本标准按照 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。本标准的发布机构不承担识别专利的责任。

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》，保护生态环境，保障人体健康，指导和规范区域环境污染健康风险评估的工作程序，制定本标准。

本标准规定了开展区域环境污染健康风险评估的一般性原则、方法、内容及要求，适用于环境污染导致慢性健康损害的健康风险评估工作。

本标准为首次发布。

本标准由中国环境科学学会归口。

本标准起草单位：生态环境部华南环境科学研究所、湖北省生态环境科学研究院、中科鼎实环境工程有限公司。

本标准主要起草人：于云江、向明灯、于紫玲、凌海波、易川、张景鑫、李苇苇、向荟圯、刘芬、向罗京、汤国锋、姜伟、朱晓辉、郑晶。

本标准由中国环境科学学会 年 月 日批准。

本标准自 年 月 日起实施。

本标准由起草单位负责解释。

# 区域环境污染健康风险评估技术导则

## 1 范围

本标准规定了开展区域环境污染健康风险评估的一般性原则、方法、内容及要求。

本标准适用于疑似区域存在与长期暴露于环境污染有关的慢性健康损害情况下，对其开展环境污染的健康风险评估。

## 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。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本（包括修改单）适用于本标准。

GB/T 27921	风险管理风险评估技术
HJ 2.2	环境影响评价技术导则大气环境
HJ/T 2.3	环境影响评价技术导则地面水环境
HJ 610	环境影响评价技术导则地下水环境
HJ/T 839	环境与健康现场调查技术规范横断面调查
HJ 875	环境污染物人群暴露评估技术指南
HJ1111	生态环境健康风险评估技术指南总纲

## 3 术语和定义

### 3.1

**区域环境污染** regional environmental pollution

指一个或多个行政或地理区域内，由于人类的各種社会活动或工业生产而引起的环境质量下降，进而有害于人类和其他生物的生存和发展的现象。

### 3.2

**健康风险特征污染物** characteristic pollutants of health risk

指从众多环境污染物中筛选出的，具有潜在污染源、人群暴露浓度高、健康危害大，具潜在环境健康威胁的污染物。

### 3.3

**不确定性分析** uncertainty analysis

识别健康风险评估全过程不确定性的来源，并对危害识别、剂量反应关系评估、暴露评估和风险表征过程中的不确定性进行定性描述或定量分析。

### 3.4

#### 不确定系数 uncertainty factor

不确定系数是健康风险评价中从实验数据计算参考剂量的一种参数。该系数说明了不同个体或不同物种间的敏感性差异以及各种外推过程中的不确定性，如从动物实验到人类外推、从亚慢性暴露到慢性暴露外推、从最低观察有害作用剂量（LOAEL）到未观察到有害作用剂量（NOAEL）的外推和数据库不完整时的外推等。

### 4 区域环境污染健康风险评估程序和内容

环境污染健康风险评估主要包括数据收集与评估、暴露评估、毒性评估和风险表征。区域环境污染健康风险评估程序和内容见图 1。

#### 4.1 数据收集与评估

主要采取资料收集和现场调查两种方式，确定污染物的空间分布和影响程度、特征污染物和可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

#### 4.2 暴露评估

对人群暴露于环境介质中有害污染因子的时间、频率和暴露量进行测量、估算或预测的过程，包括确定区域多介质环境中污染物质的浓度、暴露途径、有害物在环境中的迁移转化以及确定受影响的人群。

#### 4.3 毒性评估

毒性评估包括危害识别和剂量-反应关系评估。危害识别是对现有毒理学资料和流行病学资料的充分分析，确认评价污染物导致的健康危害特性；剂量-反应关系评估是对污染物暴露和健康相关终点关系的分析，也是对危害识别中确定的健康效应终点在人群中发生的定量评定。

#### 4.4 风险表征

对暴露于环境特征污染物的人群，在各条件下不良健康反应发生机率的估算过程。它是风险评估的最后一个步骤，这一步把前三步的数据和分析加以综合，以确定人群暴露的危险度。

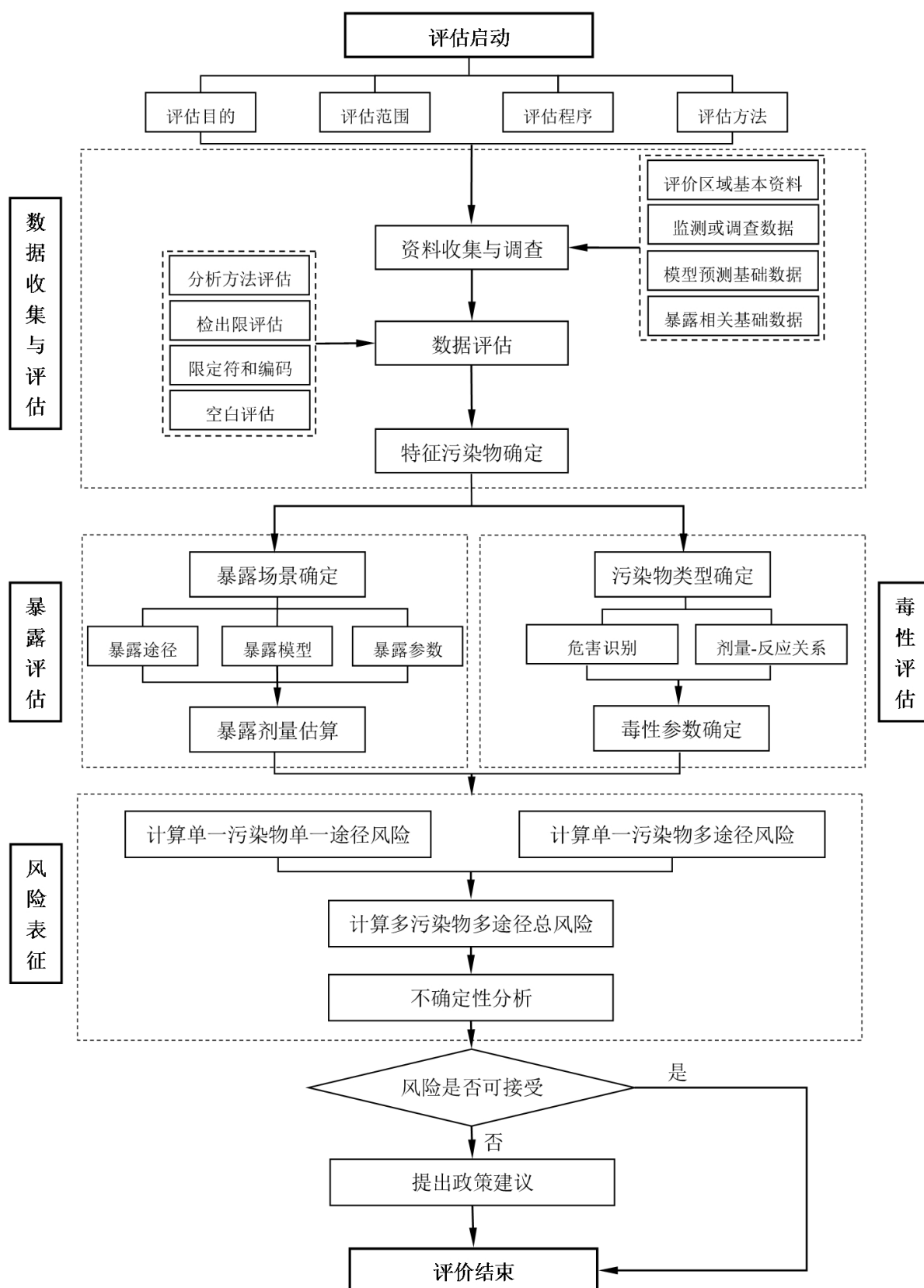


图 1 区域环境污染健康风险评估程序

## 5 数据收集与评估

### 5.1 数据收集与评估的工作内容

数据收集与评估的工作内容：资料收集与调查、数据评估、特征污染物识别。

### 5.2 资料收集与调查

#### 5.2.1 基本资料

评价区域基本资料的收集包括自然条件、社会资料、环境资料、健康资料等。

- a) 自然条件包括地理位置、地形、地貌、地质、土壤、水文和气象等；
- b) 社会资料包括人口构成和分布、经济社会发展状况、土地利用等；
- c) 环境资料包括污染源排放特征、污染程度及其影响范围、污染物类型、主要污染物种类、影响污染物迁移转化的环境因素等；
- d) 健康资料包括膳食结构、死因回顾、疾病登记和发病率、地方性疾病等。

#### 5.2.2 环境监测或调查数据

环境监测数据收集主要包括：环境现状或历史质量监测数据，以及由政府机关和权威机构所保存和发布的其他资料，如区域环境保护规划、环境质量公报等。

当现有环境监测数据不足以支持环境污染健康风险评估时，则开展环境与健康现场调查。调查时需明确关注的介质、关注的调查区域、污染物类型、污染物迁移途径等内容。

- a) 关注的调查区域：具备化合物类型不同、预期浓度不同、重要的排放源、污染存在时空差异、采样设备不同或采样成本低等特点。
- b) 关注的介质：包括目前受污染的介质和通过迁移途径可能受污染物的介质。
- c) 化合物类型：确定采样介质和站点区域。

#### 5.2.3 模型预测基础数据

模型预测主要用于当现有环境监测或调查数据不充分时，则通过收集污染源排放及环境质量相关信息，选择合适的环境归趋模型模拟环境污染物的迁移转化，计算不同环境介质中污染物的时空分布，作为评估数据的补充。

环境归趋模拟应尽量选用通用、成熟、简便并能满足准确度要求的方法，目前使用较多的方法主要有数学模式法、物理模式法等，如 HJ2.2、HJ2.3、HJ610 推荐的相关大气、地表水、地下水中污染物的迁移扩散模拟模型数据。

#### 5.2.4 暴露相关基础数据

收集人群分布、时间-活动模式等基础数据，分析人群暴露环境污染物的方式与特点，初步识别、环境污染物人群暴露途径，一般包括经口、经皮肤、经呼吸三种途径。

### 5.3 数据评估

#### 5.3.1 分析方法评估

评估污染物采用的分析方法依据 HJ 839—2017 规定的监测技术规范要求；污染物分析的 QA/QC 过程均保证能有据可查、可追踪。

#### 5.3.2 检出限或定量限评估



评估污染物的检出限或定量限。对样品中污染物浓度存在的以下情况进行评估并：

- a) 样品的定量限值比参考浓度高：对样品重新分析或对污染物定性分析。
- b) 样品的定量限值异常：删除异常值。
- c) 污染物仅在部分样品中检出：对于未检出的污染物，有浓度但低于样品定量限，则用 1/2 样品定量限代替；有证据显示样品中污染物不存在，则用 0 代替。
- d) 无样品检出限值：用分析方法检出限代替样品检出限。
- e) 污染物在所有样品中未检出：如果有证据显示污染物存在浓度，则不能忽略评价。

### 5.3.3 空白评估

空白评估主要对空白样品中检出污染物(包括实验室常见和不常见污染物)评估：

- a) 空白样品中检出实验室常见污染物：若样品中污染物检出浓度超过 10 倍空白检出最大浓度，则认为该样品检出，否则认为不检出。
- b) 空白样品中检出实验室非常见污染物：若样品中污染物检出浓度超过 5 倍空白检出最大浓度，则认为该样品检出，否则认为不检出。

### 5.4 特征污染物筛选

根据区域环境污染调查与监测数据，初步确定目标污染物清单，然后参考国内外优先控制污染物筛选的一般工作程序，综合考虑有毒有害污染物的环境暴露情况、污染源及环境行为、健康危害程度等指标，进行特征污染物的筛选：

- (1) 考虑环境暴露情况：选择检出率和环境暴露浓度较高的化合物。
- (2) 考虑污染源及环境行为：选择有潜在污染源，并有较明确暴露途径的污染物；选择在环境中难降解，易于生物累积和具有环境持久性的化合物。
- (3) 考虑健康危害程度：选择毒性效应较大的化合物；选择国际组织和先进工业的国家已公布的优先控制污染物。

## 6 暴露评估

### 6.1 暴露评估的工作内容

暴露评估的工作内容：确定暴露人群和暴露途径；选择合适的暴露评估模型；确定暴露参数；评估暴露剂量。

### 6.2 暴露人群与暴露途径

开展区域环境污染健康风险评估时，应根据污染源排放特征、环境污染特征、人群分布及时间活动模式等，确定目标污染物的暴露人群与暴露途径，建立暴露场景。本导则规定了人群经呼吸道吸入、消化道摄入及皮肤接触等不同环境介质中污染物的暴露途径，主要包括吸入室内（外）空气中的污染物途径；经口摄入食物途径、经口摄入土壤途径、饮地表（下）水途径；皮肤接触土壤（尘）途径、皮肤接触地表（下）水途径。

### 6.3 暴露模型

暴露评估模型，是指运用概念模型及数学模拟方法描述人体对污染物的暴露过程，预测和估算暴露剂量。

区域多介质环境中单一污染物不同暴露途径的暴露模型及选择如下：

a) 经呼吸道吸入途径

对于单一污染物，暴露人群可经呼吸道吸入室内（外）空气中的污染物，计算污染物暴露浓度的推荐模型见附录 A 公式（A.1.1）。

b) 经消化道摄入途径

对于单一污染物，暴露人群可经消化道摄入食物、饮用水（地表水、地下水）、土壤（尘）中的污染物，计算污染物暴露剂量的推荐模型见附录 A 公式（A.2.1、A.2.2、A.2.3）。

c) 经皮肤接触途径

对于单一污染物，暴露人群可经皮肤（日常洗澡、清洁、游泳等方式）接触地表（下）水中的污染物，也可经皮肤直接接触土壤（尘）中的污染物，计算污染物暴露剂量的推荐模型见附录 A 公式（A.3.1、A.3.2）。

#### 6.4 暴露参数

暴露参数，是指用来描述人体暴露于环境污染物的特征和行为的参数，包括人体特征（如体重、寿命等）、时间-活动行为参数（如室内外停留时间）和摄入率参数（如呼吸速率、饮水摄入率等）。

暴露参数获取主要获取方式和优先顺序如下：

a) 通过现场调查获取的实地测量参数；

b) 国内已有（如《中国人群暴露参数手册（成人卷）》《中国人群暴露参数手册（儿童卷）》等）的推荐值；

c) 国内现有大调查和文献等基础数据资料统计值；

d) 国际相关机构（如 EPA、WHO 等）的推荐值。

#### 6.5 暴露浓度或剂量估算

暴露浓度或剂量的估算采用附录 A 推荐方法。

### 7 毒性评估

#### 7.1 毒性评估的工作内容

毒性评估的工作内容包括危害识别和剂量-反应关系评估。

#### 7.2 危害识别

##### 7.2.1 危害性资料收集

危害识别阶段需要收集的资料主要包括污染物的理化性质、构效关系、毒物代谢动力学特征、毒理学作用、短期生物学实验、长期动物试验以及人群流行病学调查等，然后对资料进行分析、整理和综合。通过毒理学、流行病学及实验研究的最新成果，对环境污染物暴露可能对人群健康产生的危害作出科学的评估。

##### 7.2.2 危害性评估

危害识别主要分析特征污染物对人体健康的危害特性，主要包括：死亡、体内器官的有害影响、免疫系统、神经系统、生殖和发育系统(对受精、怀孕、分娩、哺乳的影响以及婴儿出生缺陷)、遗传毒性(对 DNA、染色体以及基因产生的危害)、致癌效应等。

部分特征污染物的健康效应特征根据本标准附录 B（表 B.1）确定。

#### 7.3 剂量-反应关系评估

### 7.3.1 毒性参数的确定

本标准附录 B 列出了部分特征污染物的致癌性分级。对于致癌性评价证据充分的污染物(致癌性分级 2B 或 B2 以上, 无阈化合物), 评价其致癌风险, 存在非致癌健康效应的同时需评价其非致癌风险; 对于致癌性评价证据不充分的污染物(致癌性分级为 3 或 C 以下, 有阈化合物), 仅评价其非致癌风险。

对于有阈化合物, 常用参考剂量(reference dose, RfD)或参考浓度 (reference concentration, RfC) 表示。对于无阈化合物, 常用致癌斜率因子(slope factor, SF)或单位风险因子(unite risk factor, URF)表示。

### 7.3.2 毒性参数的定值

本标准附录 B (表 B.2) 给出部分特征污染物的毒性参数推荐值。

附录 B 中部分特征污染物毒性参数直接查阅国际上已有的相关污染物毒性数据库, 所列参数来源的优先顺序依次为: 美国环保局综合风险信息系统(Integrated Risk Information System, IRIS)、美国毒物与疾病登记署(Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR)、美国环保局土壤筛选导则、美国加州环境健康危害评估办公室(California Office of Environmental Health Hazard Assessment, OEHHA)、美国能源部的风险评估信息系统(the Risk Assessment Information System, RAIS)。

### 7.3.3 毒性参数的推导

对于国内外现有毒性数据库中毒性参数缺乏的污染物, 或者有毒性参数但需进一步更新的污染物, 可采用附录 C 推荐方法对其有阈化合物参考剂量、无阈化合物致癌斜率因子进行推导。

#### 7.3.3.1 有阈化合物参考剂量的推导

参考剂量的推导推荐采用 NOAEL/LOAEL 或 BMD 法。具体推导过程见附录 C.1。

#### 7.3.3.2 无阈化合物致癌斜率因子的推导

致癌斜率因子的推导主要利用动物毒理学资料和流行病学资料进行估算。  
具体推导过程见附录 C.2。

## 8 风险表征

### 8.1 风险表征的工作内容

风险表征的工作内容包括: 单一污染物的致癌和非致癌风险计算、单一污染物多途径的致癌和非致癌风险计算、复合污染物多途径的风险计算和风险判定。

### 8.2 风险计算

#### 8.2.1 非致癌风险

##### 8.2.1.1 经呼吸道吸入途径

对有阈化合物, 通过吸入途径暴露的非致癌风险用风险商进行描述, 采用公式(1)计算:

$$HQ_{inh} = \frac{EC_{inh}}{RfC \times 1000} \dots \dots \dots (1)$$

式中:

$HQ_{inh}$  为污染物暴露吸入途径的危害商，无量纲；

$EC_{inh}$  为污染物暴露浓度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )；

$RfC$  为污染物暴露的吸入参考剂量( $\text{mg}/\text{m}^3$ )。

### 8.2.1.2 经消化道摄入和皮肤接触途径

对有阈化合物，通过经口摄入和皮肤接触途径暴露的非致癌风险用风险商进行描述，采用公式(2)计算：

$$HQ_i = \frac{ADD_i}{RfD_i} \dots\dots\dots(2)$$

式中：

$HQ_i$  为污染物暴露  $i$  途径的危害商，无量纲；

$ADD_i$  为污染物暴露  $i$  途径的日均暴露剂量 [ $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ]；

$RfD_i$  为污染物暴露  $i$  途径的参考剂量 [ $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ]。

## 8.2.2 致癌风险

### 8.2.2.1 经呼吸道吸入途径

对无阈化合物，通过吸入途径暴露的致癌风险采用公式(3)计算：

$$R_{inh} = EC_{inh} \times URF \dots\dots\dots(3)$$

式中：

$R_{inh}$  为污染物暴露吸入途径的终生致癌超额风险度，无量纲；

$EC_{inh}$  为污染物暴露浓度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )；

$URF$  为污染物暴露的吸入单位风险因子( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>-1</sup>。

### 8.2.2.2 经消化道摄入和皮肤接触途径

对无阈化合物，通过经消化道摄入或皮肤接触途径暴露的致癌风险计算见公式(4)：

$$R_i = ADD_i \times SF_i \dots\dots\dots(4)$$

式中：

$R_i$  为污染物暴露  $i$  途径的终生致癌超额风险度，无量纲；

为污染物的日均暴露剂量 [ $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ]；

$SF_i$  为致癌斜率因子 [ $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ]<sup>-1</sup>。

## 8.3 多途径暴露的风险计算

### 8.3.1 多途径暴露的非致癌风险

对有阈化合物，通过多途径暴露的非致癌风险计算见公式(5)：

$$HQ_{total} = HQ_{oral} + HQ_{inh} + HQ_{dermal} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

inh、oral、dermal 分别指经呼吸、经摄入、经皮肤接触途径。

### 8.3.2 多途径暴露的致癌风险

对无阈化合物，通过多途径暴露的致癌风险的计算见公式(6)：

$$R_{total} = R_{oral} + R_{inh} + R_{dermal} \dots\dots\dots(6)$$

### 8.4 风险判定

对于单一特征污染物，本标准规定可接受危害商为(小于或等于)1，可接受致癌风险水平为(小于或等于) $10^{-6}$ 。

### 8.5 不确定性分析

不确定性分析包括定性和定量分析，可参照 HJ 1111 要求进行。

其中，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，模型参数敏感性分析参照 HJ 875 中规定的方法。

定性的不确定性分析主要讨论不确定性的来源、数据的可靠性、假设的可靠性等。不确定性因素主要考虑以下几个方面：假设的不确定性、参数的不确定性、暴露情景的不确定性、模型的不确定性等方面。

## 9 区域环境污染健康风险评估报告文件的编制要求

区域环境污染健康风险评估报告书应全面、真实的反映环境污染健康风险评估工作，文字应简洁、准确。原始数据、全部计算过程由评估单位归档备查，必要时可编入健康风险评估报告附录。

区域环境污染健康风险评估报告书应根据评估内容和评估方法进行编制，包括背景介绍（评估目的、范围、程序和方法）、数据收集与评估（资料收集与调查、数据评估、特征污染物识别）、暴露评估、毒性评估、风险表征、结论等章节。

附 录 A  
(规范性)  
推荐暴露评估模型及参数赋值

## A.1 经呼吸道吸入途径

### A.1.1 吸入室内（外）空气中的污染物途径

吸入室内（外）空气中污染物的暴露浓度  $EC_{inh}$  ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) 可通过下式计算：

$$EC_{inh} = \frac{C_{air} \times ET \times EF \times ED}{AT_{inh}} \quad \text{A.1.1}$$

式中：

$C_{air}$ —空气中污染物浓度， $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ；

$ET$ —暴露时间，hours/day；

$EF$ —暴露频率，days/year；

$ED$ —暴露持续时间，years；

$AT_{inh}$ —经呼吸平均暴露时间，hours。

变量赋值：

$C_{air}$ ：实测值；

$ET$ ：指呼吸暴露时间，由时间活动模式确定；

$EF$ ：一般取值为 365 days/year；

$ED$ ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；

$BW$ ：根据 6.4 要求确定；

$AT_{inh}$ ：非致癌效应平均暴露时间  $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ days/year} \times 24 \text{ hours}$ ，

致癌效应平均暴露时间  $AT_{ca} = 70 \text{ years} \times 365 \text{ days/year} \times 24 \text{ hours}$ 。

## A.2 经消化道摄入途径

### A.2.1 经口摄入食物途径

摄入食物中污染物的日均暴露剂量  $ADD_{oral-food}$  [ $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{day})$ ] 可通过下式计算：

$$ADD_{oral-food} = \frac{C_f \times IR_f \times FI \times EF_f \times ED}{BW \times AT} \quad \text{A.2.1}$$

式中，

$C_f$ —食物中污染物浓度， $\text{mg}/\text{kg}$ ；

$IR_f$ —食物摄入量， $\text{kg}/\text{meal}$ ；

$FI$ —摄入的食物来自污染源的比例，无量纲；

$EF_f$ —食物暴露频率， $\text{meals}/\text{year}$ ；

$ED$ —暴露持续时间，years；

$BW$ —体重， $\text{kg}$ ；

$AT$ —平均暴露时间，days。

变量赋值：

$C_f$ ：实测值；

$IR_f$ ：根据 6.4 要求确定；

$FI$ ：根据实际情况取值，取值范围为 0~1（缺省值为 1）；

$EF_f$ ：根据 6.4 要求确定；

$ED$ ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；

$BW$ ：根据 6.4 要求确定；

$AT$ ：非致癌效应平均暴露时间  $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ days/year}$ ，

致癌效应平均暴露时间  $AT_{ca} = 70 \text{ years} \times 365 \text{ days/year}$ 。

### A. 2. 2 饮用地表（下）水途径

摄入饮水中污染物的日摄入量  $ADD_{oral-water}$  [mg/(kg·day)]通过下式计算：

$$ADD_{oral-water} = \frac{C_w \times IR_w \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{A.2.2}$$

式中，

$C_w$ —水中污染物浓度，mg/L；

$IR_w$ —饮水摄入率，L/day；

$EF$ —暴露频率，days/year；

$ED$ —暴露持续时间，years；

$BW$ —体重，kg；

$AT$ —平均暴露时间，days。

变量赋值：

$C_w$ ：实测值；

$IR_w$ ：根据 6.4 要求确定；

$EF$ ：一般取值为 365 days/year；

$ED$ ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；

$BW$ ：根据 6.4 要求确定；

$AT$ ：非致癌效应平均暴露时间  $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ days/year}$ ，

致癌效应平均暴露时间  $AT_{ca} = 70 \text{ years} \times 365 \text{ days/year}$ 。

### A. 2. 3 经口摄入土壤（尘）途径

摄入土壤（尘）中污染物的日均暴露剂量  $ADD_{oral-soil}$  [mg/(kg·day)]可通过下式计算：

$$ADD_{oral-soil} = \frac{C_s \times IR_s \times CF \times FI \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{A.2.3}$$

式中，

$C_s$ —土壤中污染物浓度，mg/kg；

$IR_s$ —土壤摄入率，mg soil/day；

$CF$ —转换因子， $10^{-6} \text{ kg/mg}$ ；

$FI$ —摄入的土壤（尘）来自污染源的比例，无量纲；

$EF$ —暴露频率，days/year；

$ED$ —暴露持续时间，years；

$BW$ —体重，kg；

$AT$ —平均暴露时间，days。

变量赋值：

$C_s$ ：实测值；

$IR_s$ ：根据 6.4 要求确定（USEPA 推荐 1~6 岁的暴露受体取值 200 mg/day，  
大于 6 岁的暴露受体取值 100 mg/day）；

$FI$ ：缺省值为 1；

$EF$ ：一般取值 365 days/year；

$ED$ ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；

$BW$ ：根据 6.4 要求确定；

$AT$ ：非致癌效应平均暴露时间  $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ days/year}$ ，

致癌效应平均暴露时间  $AT_{ca} = 70 \text{ years} \times 365 \text{ days/year}$ 。

### A.3 经皮肤接触途径

#### A.3.1 皮肤接触土壤（尘）途径

皮肤接触土壤（尘）中污染物的日均暴露剂量  $ADD_{deraml-soil}$  [mg/(kg·day)] 可通过下式计算：

$$ADD_{deraml-soil} = \frac{C_s \times CF \times SA_s \times AF \times ABS_d \times EF_s \times ED}{BW \times AT} \quad \text{A.3.1}$$

式中，

$C_s$ —土壤中污染物浓度，mg/kg；

$CF$ —转换因子， $10^{-6} \text{ kg/mg}$ ；

$SA_s$ —与土壤（尘）接触的皮肤面积， $\text{cm}^2/\text{event}$ ；

$AF$ —皮肤对土壤（尘）的粘附因子， $\text{mg}/\text{cm}^2$ ；

$ABS_d$ —皮肤对污染物的吸收因子，无量纲；

$EF_s$ —暴露频率，events/year；

$ED$ —暴露持续时间，years；

$BW$ —体重，kg；

$AT$ —平均暴露时间，days。

变量赋值：

$C_s$ ：实测值；

$SA_s$ ：根据 6.4 要求确定；

$AF$ ：根据 6.4 要求确定（也可参考 HJ 25.3-2014 确定）；

$ABS_d$ ：根据特定污染物来确定；

$EF_s$ ：一般取值 365 events/year；

$ED$ ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；

$BW$ ：根据 6.4 要求确定；

$AT$ ：非致癌效应平均暴露时间  $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ days/year}$ ，

致癌效应平均暴露时间  $AT_{ca} = 70 \text{ years} \times 365 \text{ days/year}$ 。

#### A.3.2 皮肤接触地表（下）水途径

皮肤接触地表（下）水中污染物的日均暴露剂量  $ADD_{deraml-water}$  [mg/(kg·day)] 可通过下式计算：

$$ADD_{deraml-water} = \frac{C_w \times SA \times PC \times CF \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{A.3.2}$$



式中，

$C_w$ —水中污染物浓度，mg/L；

$SA$ —皮肤接触表面积， $\text{cm}^2$ ；

$PC$ —具体的化学物质皮肤渗透常数，cm/hour；

$ET$ —暴露时间，hours/day；

$EF$ —暴露频率，days/year；

$ED$ —暴露持续时间，years；

$CF$ —转换因子， $1\text{L}/1000\text{ cm}^3$ ；

$BW$ —体重，kg；

$AT$ —平均暴露时间，days。

变量赋值：

$C_w$ ：实测值；

$SA$ ：根据 6.4 要求确定；

$PC$ ：根据特定污染物来确定；

$ET$ ：根据 6.4 要求确定；

$EF$ ：一般取值 365 events/year；

$ED$ ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；

$BW$ ：根据 6.4 要求确定；

$AT$ ：非致癌效应平均暴露时间  $AT_{nc} = ED \times 365\text{ days/year}$ ，

致癌效应平均暴露时间  $AT_{ca} = 70\text{ years} \times 365\text{ days/year}$ 。

附 录 B  
(资料性附录)  
特征污染物健康效应与毒性参数

表 B.1 部分特征污染物健康效应特征

中文名称	英文名称	CAS 编号	致癌等级		效应组织或器官*	关键效应*
			IARC <sup>1</sup>	IRIS <sup>2</sup>		
砷	Arsenic	7440-38-2	1	A	肾、肺、膀胱、皮肤、肝脏	肾癌、肺癌、膀胱癌、皮肤癌、肝癌
镉	Cadmium	7440-43-9	1	B1	肺、泌尿系统	肺肿瘤，前列腺癌、肾癌、膀胱癌、乳腺癌、子宫癌
铅	Lead	7439-92-1	2B	B2	肾，生殖发育毒性	肾肿瘤、神经胶质瘤
铜	Copper	7440-50-8	-	D	消化系统	恶心、腹泻
三价铬	Chromium (III)	16065-83-1	3	D	无	生长迟缓、腭裂、骨骼畸形
六价铬	Chromium (VI)	18540-29-9	1	A	肺、胃	肺癌、胃癌
汞	Mercury	7439-97-6	3	D	神经系统	手颤、增加记忆障碍、轻微的主观和客观的证据自主功能障碍
甲基汞	Methyl mercury	22967-92-6	-	C	神经系统、生长发育	神经心理学发育障碍
锌	Zinc	7440-66-6	-	D	免疫、血液系统	健康成年大鼠红细胞铜锌超氧化物歧化酶活性降低
锰	Manganese	7439-96-5	-	D	神经系统	影响中枢神经系统、损伤神经行为功能
镍	Nickel	7440-02-0	2B	-	肺癌、鼻窦癌	组织器官及体重减轻
苯	Benzene	71-43-2	1	A	肺、肾、免疫系统	肺癌、肾癌、皮肤癌、胃癌、白血病、淋巴细胞减少
甲苯	Toluene	108-88-3	3	-	泌尿；神经系统	肾脏质量增加；职业暴露人群具有神经系统影响

二甲苯	Xylene	1330-20-7	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
邻二甲苯	o-Xylene	95-47-6	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
对二甲苯	p-Xylene	106-42-3	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
间二甲苯	m-Xylene	108-38-3	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
1,3,5-三甲苯	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	-	-	神经系统	疼痛敏感性减弱
1,2,4-三甲苯	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	-	D	呼吸系统	炎症性肺损伤
4-乙基甲苯	4-Ethyltoluene	622-96-8	-	-	-	-
乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	2B	D	肝脏、泌尿系统	白血病、淋巴瘤、肝脏和肝脏毒性
异丙苯	Cumene	98-82-8	2B	D	泌尿系统、内分泌系统	肾脏、肾上腺重量增加
氯苯	Chlorobenzene	108-90-7	-	D	肝	肝组织病理变化
1,2-二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	95-50-1	3	D	无	无明显效应
1,3-二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	541-73-1	3	D	-	-
1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	2B	-	免疫系统、肝	白血病、骨髓瘤、肝脏重量增加
1,2,3-三氯苯	1,2,3-Trichlorobenzene	87-61-6	-	-	-	-
1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	120-82-1	-	D	内分泌系统	肾上腺重量增加、大脑皮质束状带空泡化
硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3	2B	-	血液、神经、呼吸系统	肺泡细支气管肿瘤、肺泡细支气管增生、甲状腺滤泡细胞腺瘤
苯乙烯	Styrene	100-42-5	2B	-	肝脏、血液、神经系统	白血病、淋巴瘤、红细胞和肝脏影响；中枢神经系统影响
溴氯甲烷	Bromochloromethane	74-97-5	-	D	泌尿系统	肾脏细胞肥大
一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	2B	B2	肝脏、泌尿系统	肾癌、肠癌、染色单体交换、肝组织病变
二溴一氯甲烷	Chlorodibromomethane	124-48-1	3	C	肝脏	肝组织病变

T/CSES XXX—202X

三溴甲烷	Bromoform	75-25-2	3	B2	腹腔、神经系统	大肠肿瘤、小脑病变、肝脏和肾脏损伤、免疫反应降低
一氯甲烷	Chloromethane	74-87-3	3	D	肝脏	形成肝脏空泡、肝脏病灶
二氯甲烷	Dichloromethane	75-09-2	2A	-	肝脏	胆管癌、非霍奇金淋巴瘤、中度/显著脂肪在肝脏中形成囊肿、血糖升高
三氯甲烷	Chloroform	67-66-3	2B	B2	肝脏、呼吸、心血管系统及其他	结肠癌、肝癌、乳腺癌、黑色素瘤、胸膜炎、心包炎
一氟三氯甲烷	Trichlorofluoromethane	75-69-4	-	-	-	-
1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	75-34-3	-	C	-	-
1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	107-06-2	2B	B2	肺	肺癌、脑肿瘤、胰腺癌
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	3	-	肝脏、其他	肝组织病理变化、体重
1,1,2,2-四氯乙烷	1,1,2,2-Tetrachloroethane	79-34-5	2B	-	肝脏	肝肿瘤
1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	78-87-5	1	-	呼吸系统	胆管癌、鼻粘膜增生
四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	2B	-	肝脏	非霍奇金淋巴瘤、升高血清线粒体酶活性、肝组织脂肪含量变化
1,1-二氯乙烯	Vinylidene chloride	75-35-4	3	C	肝脏	肝脏毒性
三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	1	A	血液、肝、泌尿系统	肾癌、非霍奇金淋巴瘤、淋巴瘤、肝癌
1,1-二氯丙烯	1,1-Dichloropropene	563-58-6	-	-	-	-
六氯丁二烯	Hexachloro-1,3-butadiene	87-68-3	3	C	-	-
甲醛	Formaldehyde	50-00-0	1	B1	呼吸系统、泌尿系统、胃肠道、其他	鼻和鼻窦癌、白血病、细胞癌、大鼠体重减轻、组织病理学变化
丙烯醛	Acrolein	107-02-8	3	-	其他、呼吸系统	降低存活率；鼻腔病变
1,1,2,2-四氟-1,2 二氯乙烷	1,2-Dichlorotetrafluoroethane	76-14-2	-	-	-	-
1,1,2-三氟三氯乙烷	1,1,2-Trichlorotrifluoroethane	76-13-1	-	-	神经系统	运动障碍
丙酮	Acetone	67-64-1	-	-	泌尿系统	肾组织病变

2-丁酮	2-Butanone	78-93-3	-	-	生长发育、骨骼	幼崽的体重减轻、骨骼变形
乙酸乙酯	Ethyl acetate	141-78-6	-	-	其他	体重减轻、死亡率增加
4-甲基-2-戊酮	4-Methyl-2-pentanone	108-10-1	2B	-	生长发育、骨骼	胎儿体重减轻，骨骼变形、小鼠死亡率增加、大鼠骨骼变形
三乙胺	Triethylamine	121-44-8	-	-	呼吸系统	鼻腔炎症
二甲基乙酰胺	N,N-Dimethylacetamide	127-19-5	-	-	-	-
乙腈	Acetonitrile	75-05-8	-	D	其他	影响死亡率
甲醇	Methanol	67-56-1	-	-	生长发育、神经	颈部肋骨增生、6周大大鼠幼崽大脑质量减轻
苯酚	Phenol	108-95-2	3	D	其他	降低产妇体重的增加
邻氯酚	2-Chlorophenol	95-57-8	-	-	生殖	生殖效应
2,4-二氯酚	2,4-Dichlorophenol	120-83-2	-	-	免疫系统	降低迟发性免疫反应应答
2,4,6-三氯酚	2,4,6-Trichlorophenol	88-06-2	2B	B2	血液	白血病
五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	1	-	肝脏、内分泌系统	肝癌、肾癌、肝脏毒性
对硝基酚	4-Nitrophenol	100-02-7	-	-	-	-
邻硝基酚	2-Nitrophenol	88-75-5	-	-	-	-
2,4-二硝基酚	2,4-Dinitrophenol	51-28-5	-	-	眼睛	白内障
4,6-二硝基邻甲酚	2-Methyl-4,6-dinitrophenol	534-52-1	-	-	-	-
2,4-二甲酚	2,4-Dimethylphenol	105-67-9	-	-	神经系统、血液系统	嗜睡、虚脱、共济失调；血液学变化
4-氯-3-甲基苯酚	4-Chloro-3-methylphenol	59-50-7	-	-	-	-
2-甲基-4,6-二硝基苯酚	2-Methyl-4,6-dinitrophenol	534-52-1	-	-	-	-
萘	Naphthalene	91-20-3	2B	C	其他、神经、呼吸系统	喉癌、直肠癌、雄性终端平均体重降低；呼吸道和嗅上皮增生、组织变形
萘烯	Acenaphthylene	208-96-8	-	D	-	-
萘	Acenaphthene	83-32-9	3	D	肝脏	肝脏毒性
芴	Fluorene	86-73-7	3	D	血液系统	红细胞、细胞体积、血红蛋白减少
菲	Phenanthrene	85-01-8	3	D	-	-

T/CSES XXX—202X

蒽	Anthracene	120-12-7	3	D	无	没有观察到作用
荧蒽	Fluoranthene	206-44-0	3	D	肝脏、泌尿系统	血液学改变、肝脏质量减轻、肾组织病变
芘	Pyrene	129-00-0	3	D	-	-
苯并[a]蒽	Benzo[a]anthracene	56-55-3	2B	B2	腹腔、皮肤	乳腺细胞突变、皮肤癌
屈	Chrysene	218-01-9	2B	B2	腹腔、皮肤	乳腺细胞突变、皮肤癌
苯并[b]荧蒽	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	2B	B2	肺、腹腔、皮肤	肺癌、皮肤癌
苯并[k]荧蒽	Benzo[k] fluoranthene	207-08-9	2B	B2	肺	肺腺瘤
苯并[a]芘	Benzo [a] pyrene	50-32-8	1	A	胃肠、呼吸系统、生长发育	肺癌、胃癌、食道癌、基因毒性(包括染色体交换、DNA 损伤等)、神经行为改变、胚胎/胎儿存活率降低
二苯并[a,h]蒽	Dibenzo [a, h] anthracene	53-70-3	2A	B2	皮肤	DNA 损伤、基因突变等
茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1, 2, 3-cd]pyrene	193-39-5	2B	B2	肺、皮肤	基因突变
苯并[g,h,i]花	Benzo(g, h, i)perylene	191-24-2	3	D	-	-
多氯联苯 1016	Aroclor 1016	12674-11-2	-	-	生长发育	降低出生体重
多氯联苯 1221	Aroclor 1221	11104-28-2	-	-	-	-
多氯联苯 1232	Aroclor 1232	11141-16-5	-	-	-	-
多氯联苯 1242	Aroclor 1242	53469-21-9	-	-	-	-
多氯联苯 1248	Aroclor 1248	12672-29-6	-	-	-	-
多氯联苯 1254	Aroclor 1254	11097-69-1	-	-	免疫、皮肤、视觉系统	-
多氯联苯 1260	Aroclor 1260	11096-82-5	-	-	-	-
多氯联苯 5460	Aroclor 5460	11126-42-4	-	-	-	-
3,3',4,4'-四氯联苯	3,3',4,4'-Tetrachlorobiphenyl (PCB 77)	32598-13-3	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
3,4,4',5-四氯联苯	3,4,4',5-Tetrachlorobiphenyl (PCB 81)	70362-50-4	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
3,4,5,3',4'-五氯联苯	3,4,5,3',4'-Pentachlorobiphenyl (PCB-126)	57465-28-8	1	-	-	肺癌、软组织肉瘤、非霍奇金淋巴瘤
2',3,4,4',5-五氯联苯	2',3,4,4',5-Pentachlorobiphenyl (PCB	65510-44-3	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤

	123)					
2,3',4,4',5-五氯联苯	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl (PCB 118)	31508-00-6	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,3',4,4'-五氯联苯	2,3,3',4,4'-Pentachlorobiphenyl (PCB 105)	32598-14-4	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,4,4',5-五氯联苯	2,3,4,4',5- Pentachlorobiphenyl (PCB 114)	74472-37-0	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
3,3',4,4',5-五氯联苯	3,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl (PCB 126)	57465-28-8	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3',4,4',5,5'-六氯联苯	2,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl (PCB 167)	52663-72-6	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,3',4,4',5'-六氯联苯	2,3,3',4,4',5'-Hexachlorobiphenyl (PCB 157)	69782-90-7	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,3',4,4',5-六氯联苯	2,3,3',4,4',5-Hexachlorobiphenyl (PCB 156)	38380-08-4	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
3,3',4,4',5,5'-六氯联苯	3,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl (PCB 169)	32774-16-6	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,2',3,3',4,4',5-七氯联苯	2,2',3,3',4,4',5- Heptachlorobiphenyl (PCB 170)	35065-30-6	-	-	-	-
2,2',3,4,4',5,5'-七氯联苯	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl (PCB 180)	35065-29-3	-	-	-	-
2,3,3',4,4',5,5'-七氯联苯	2,3,3',4,4',5,5'- Heptachlorobiphenyl (PCB 189)	39635-31-9	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,2',4,4'- 四溴联苯醚	2,2',4,4'- Tetrabromodiphenyl ether(BDE-47)	5436-43-1	-	-	神经系统	神经效应
2,2',4,4',5- 五溴联苯醚	2,2',4,4',5- Pentabromodiphenyl	60348-60-9	-	-	神经系统	神经效应

**T/CSES XXX—202X**

	ether(BDE-99)					
2,2',4,4',5,5'-六溴联苯醚	2,2',4,4',5,5'-Hexabromodiphenyl ether(BDE-153)	68631-49-2	-	-	神经系统	神经效应
2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-十溴联苯醚	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-Decabromodiphenyl ether (BDE-209)	1163-19-5	-	-	神经系统	神经效应
六氯二苯并-对-二恶英	Hexachlorodibenzo-p-dioxin, mix	-	-	B2	肝脏	肝癌
1,2,3,4,7,8-六氯二苯并-对-二恶英	1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	39227-28-6		B2	-	-
1,2,3,6,7,8-六氯二苯并-对-二恶英	1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	57653-85-7	-	B2	肝脏	肝癌
1,2,3,7,8,9-六氯二苯并-对-二恶英	1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	19408-74-3	-	B2	肝脏	肝癌
2,3,7,8-四氯二苯并对二恶英	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	1	B2	生殖系统	肺癌、软组织肉瘤、非霍奇金淋巴瘤



表 B.2 部分特征污染物毒性参数

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m³)		口服参考剂量 RfD。 (mg/kg-day)		吸入致癌斜率因子 SF <sub>in</sub> (mg/kg-day) <sup>-1</sup>		口服致癌斜率因子 SF <sub>o</sub> (mg/kg-day) <sup>-1</sup>		吸入单位风险因子 URF(ug/m³) <sup>-1</sup>		消化道吸收 效率因子 ABS <sub>GI</sub>	皮肤接触吸 收效率因子 ABS
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源		
7440-38-2	砷	1.5×10 <sup>-5</sup>	OEHHA	3×10 <sup>-4*</sup>	IRIS	1.2×10 <sup>1</sup>	OEHHA	1.5	IRIS	4.3×10 <sup>-3</sup>	IRIS	1	0.03
7440-43-9	镉	1×10 <sup>-4</sup>	NATA	5×10 <sup>-4*</sup> , 1×10 <sup>-3**</sup>	IRIS	1.5×10 <sup>1</sup>	OEHHA	-	-	1.8×10 <sup>-3</sup>	IRIS	0.025	0.001
7439-92-1	铅	1.5×10 <sup>-4</sup>	NATA	-	-	4.2×10 <sup>-2</sup>	OEHHA	8.5×10 <sup>-3</sup>	OEHHA	1.2×10 <sup>-5</sup>	OEHHA	1	-
7440-50-8	铜	-	-	4.0×10 <sup>-2</sup>	S	-	-	-	-	-	-	1	-
16065-83-1	三价铬	-	-	1.5	IRIS	-	-	-	-	-	-	0.013	-
18540-29-9	六价铬	1×10 <sup>-4</sup>	IRIS	3×10 <sup>-3</sup>	IRIS	5.1×10 <sup>2</sup>	OEHHA	1.2×10 <sup>-2</sup>	IRIS	1.5×10 <sup>-1</sup>	OEHHA	0.025	-
7439-97-6	汞	3×10 <sup>-4</sup>	IRIS	1.6×10 <sup>-4</sup>	RAIS	-	-	-	-	-	-	1	-
22967-92-6	甲基汞	-	-	1×10 <sup>-4</sup>	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
7440-66-6	锌	-	-	3×10 <sup>-1</sup>	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
7439-96-5	锰	5×10 <sup>-5</sup>	IRIS	1.4×10 <sup>-1</sup>	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
7440-02-0	镍	9×10 <sup>-5</sup>	NATA	2×10 <sup>-2</sup>	RAIS	9.1×10 <sup>-1</sup>	OEHHA	2×10 <sup>-2</sup>	IRIS	2.6×10 <sup>-4</sup>	OEHHA	1	0.1
71-43-2	苯	3×10 <sup>-2</sup>	IRIS	4×10 <sup>-3</sup>	IRIS	1.0×10 <sup>-1</sup>	OEHHA	5.5×10 <sup>-2</sup>	IRIS	7.8×10 <sup>-6</sup>	IRIS	1	-
108-88-3	甲苯	5	IRIS	8×10 <sup>-2</sup>	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
1330-20-7	二甲苯	1×10 <sup>-1</sup>	IRIS	2×10 <sup>-1</sup>	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
95-47-6	邻二甲苯	1×10 <sup>-1</sup>	S	2.0×10 <sup>-1</sup>	S	-	-	-	-	-	-	1	-
106-42-3	对二甲苯	1×10 <sup>-1</sup>	S	2.0×10 <sup>-1</sup>	S	-	-	-	-	-	-	1	-
108-38-3	间二甲苯	1×10 <sup>-1</sup>	S	2.0×10 <sup>-1</sup>	S	-	-	-	-	-	-	1	-
108-67-8	1,3,5-三甲苯	6×10 <sup>-2</sup>	IRIS	1×10 <sup>-2</sup>	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
95-63-6	1,2,4-三甲苯	6×10 <sup>-2</sup>	IRIS	1×10 <sup>-2</sup>	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-

T/CSES XXX—202X

622-96-8	4-乙基甲苯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100-41-4	乙苯	1	IRIS	$1 \times 10^{-1}$	IRIS	$8.7 \times 10^{-3}$	OEHHA	$1.1 \times 10^{-2}$	OEHHA	$2.5 \times 10^{-6}$	OEHHA	-	-
98-82-8	异丙苯	$4.0 \times 10^{-1}$	IRIS	$1 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
108-90-7	氯苯	$5.0 \times 10^{-2}$	S	$2 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
95-50-1	1,2-二氯苯	$2.0 \times 10^{-1}$	S	$9 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
541-73-1	1,3-二氯苯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106-46-7	1,4-二氯苯	$8 \times 10^{-1}$	IRIS	$7 \times 10^{-2}$	ATSDR	$4.0 \times 10^{-2}$	OEHHA	$5.4 \times 10^{-3}$	OEHHA	$1.1 \times 10^{-5}$	OEHHA	1	-
87-61-6	1,2,3-三氯苯			$8.0 \times 10^{-4}$	S	-	-	-	-	-	-	1	-
120-82-1	1,2,4-三氯苯	$2.0 \times 10^{-3}$	P	$1 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	$2.9 \times 10^{-2}$	RAIS	-	-	-	-
98-95-3	硝基苯	$9 \times 10^{-3}$	IRIS	$2 \times 10^{-3}$	IRIS	-	-	-	-	$4.0 \times 10^{-5}$	IRIS	-	-
100-42-5	苯乙烯	1	IRIS	$2 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-
74-97-5	溴氯甲烷	$4.0 \times 10^{-2}$	S	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
75-27-4	一溴二氯甲烷	-	-	$2.0 \times 10^{-2}$	IRIS	$1.3 \times 10^{-1}$	OEHHA	$6.2 \times 10^{-2}$	IRIS	$3.7 \times 10^{-5}$	IRIS	1	-
124-48-1	二溴一氯甲烷	-	-	$2.0 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	$8.4 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	1	-
75-25-2	三溴甲烷	-	-	$2.0 \times 10^{-2}$	IRIS	$1.1 \times 10^{-6}$	IRIS	$7.9 \times 10^{-3}$	IRIS	-	-	1	-
74-87-3	一氯甲烷	$9.0 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	$1.3 \times 10^{-2}$	RAIS	$1.8 \times 10^{-6}$	RAIS	1	-
75-09-2	二氯甲烷	$6.0 \times 10^{-1}$	IRIS	$6.0 \times 10^{-3}$	IRIS	$3.5 \times 10^{-3}$	OEHHA	$2.0 \times 10^{-3}$	IRIS	$1.0 \times 10^{-8}$	IRIS	1	-
67-66-3	三氯甲烷	$9.8 \times 10^{-2}$	ATSDR	$1.0 \times 10^{-2}$	IRIS	0.019	OEHHA	$3.1 \times 10^{-2}$	OEHHA	$2.3 \times 10^{-5}$	IRIS	1	-
75-69-4	一氟三氯甲烷	$7.0 \times 10^{-1}$	RAIS	$3.0 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
75-34-3	1,1-二氯乙烷	$5.0 \times 10^{-1}$	RAIS	$2.0 \times 10^{-1}$	S	$5.7 \times 10^{-3}$	OEHHA	$5.7 \times 10^{-3}$	OEHHA	$1.6 \times 10^{-6}$	OEHHA	1	-
107-06-2	1,2-二氯乙烷	$7.0 \times 10^{-3}$	S	$6.3 \times 10^{-3}$	S	$7.2 \times 10^{-2}$	OEHHA	$9.1 \times 10^{-2}$	IRIS	$2.6 \times 10^{-5}$	IRIS	1	-
71-55-6	1,1,1-三氯乙烷	5	IRIS	2	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-

79-34-5	1,1,2,2-四氯乙烷	-	-	$2 \times 10^{-2}$	IRIS	$2.0 \times 10^{-1}$	OEHHA	$2.0 \times 10^{-1}$	IRIS	$5.8 \times 10^{-5}$	OEHHA	1	-
78-87-5	1,2-二氯丙烷	$4.0 \times 10^{-3}$	IRIS	$4.0 \times 10^{-2}$	RAIS	$3.6 \times 10^{-2}$	OEHHA	$3.7 \times 10^{-2}$	RAIS	$3.7 \times 10^{-5}$	RAIS	1	-
56-23-5	四氯化碳	$1.0 \times 10^{-1}$	IRIS	$4.0 \times 10^{-3}$	IRIS	$1.5 \times 10^{-1}$	OEHHA	$7.0 \times 10^{-2}$	IRIS	$6.0 \times 10^{-6}$	IRIS	1	-
75-35-4	1,1-二氯乙烯	$2.0 \times 10^{-1}$	IRIS	$5.0 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
79-01-6	三氯乙烯	$2.0 \times 10^{-3}$	IRIS	$5.0 \times 10^{-4}$	IRIS	$7.0 \times 10^{-3}$	OEHHA	$4.6 \times 10^{-2}$	IRIS	$4.1 \times 10^{-6}$	IRIS	1	-
563-58-6	1,1-二氯丙烯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87-68-3	六氯丁二烯	-	-	$1.0 \times 10^{-3}$	P	-	-	$7.8 \times 10^{-2}$	IRIS	$2.2 \times 10^{-5}$	IRIS	1	-
50-00-0	甲醛	$9.83 \times 10^{-3}$	ATSDR	$2.0 \times 10^{-1}$	IRIS	$2.1 \times 10^{-2}$	OEHHA	$2.1 \times 10^{-2}$	OEHHA	$1.3 \times 10^{-5}$	IRIS	1	-
107-02-8	丙烯醛	$2.0 \times 10^{-5}$	IRIS	$5.0 \times 10^{-4}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
76-14-2	1,1,2,2-四氟-1,2-二氯乙烷	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76-13-1	1,1,2-三氟三氯乙烷	3	IRIS	30	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
67-64-1	丙酮	30.9	ATSDR	$9.0 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
78-93-3	2-丁酮	5	IRIS	-	-	-	-	$6.0 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	1	-
141-78-6	乙酸乙酯	$7.0 \times 10^{-2}$	S	$9.0 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
108-10-1	4-甲基-2-戊酮	3	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
121-44-8	三乙胺	-	-	$7.0 \times 10^{-3}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
127-19-5	二甲基乙酰胺	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		-
75-05-8	乙腈	$6.0 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
67-56-1	甲醇	20	IRIS	2	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
108-95-2	苯酚	$2.0 \times 10^{-1}$	OEHHA	$3.0 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.1

T/CSES XXX—202X

95-57-8	邻氯酚	-	-	$5.0 \times 10^{-3}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	-
120-83-2	2,4-二氯酚	-	-	$3.0 \times 10^{-3}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.1
88-06-2	2,4,6-三氯酚	-	-	$1.0 \times 10^{-3}$	S	$7.0 \times 10^{-2}$	OEHHA	$1.1 \times 10^{-2}$	IRIS	$3.1 \times 10^{-6}$	IRIS	1	0.1
87-86-5	五氯酚	-	-	$5.0 \times 10^{-3}$	IRIS	$1.8 \times 10^{-2}$	OEHHA	$4.0 \times 10^{-1}$	IRIS	$5.1 \times 10^{-6}$	OEHHA	1	0.25
100-02-7	对硝基酚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
88-75-5	邻硝基酚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
51-28-5	2,4-二硝基酚	-	-	$2.0 \times 10^{-3}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.1
534-52-1	4,6-二硝基邻甲酚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
105-67-9	2,4-二甲酚	-	-	$2 \times 10^{-2}$	RAIS	-	-	-	-	-	-	-	-
59-50-7	4-氯-3-甲基苯酚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
534-52-1	2-甲基-4,6-二硝基苯酚	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
91-20-3	萘	$3 \times 10^{-3}$	IRIS	$2 \times 10^{-2}$	IRIS	$1.2 \times 10^{-1}$	OEHHA	$1.2 \times 10^{-1}$	OEHHA	$3.4 \times 10^{-5}$	OEHHA	1	0.13
208-96-8	萘烯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
83-32-9	萘	-	-	$6 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.13
86-73-7	芴	-	-	$4 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.13
85-01-8	菲	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
120-12-7	蒽	-	-	$3 \times 10^{-1}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.13
206-44-0	荧蒽	-	-	$4 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.13
129-00-0	芘	-	-	$3.0 \times 10^{-2}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.13
56-55-3	苯并[a]蒽	-	-	-	-	$3.9 \times 10^{-1}$	OEHHA	$7.3 \times 10^{-1}$	S	$1.1 \times 10^{-4}$	OEHHA	1	0.13
218-01-9	屈	-	-	-	-	$3.9 \times 10^{-2}$	OEHHA	$7.3 \times 10^{-3}$	S	$1.1 \times 10^{-5}$	OEHHA	1	0.13
205-99-2	苯并[b]荧蒽	-	-	-	-	$3.9 \times 10^{-1}$	OEHHA	$1.0 \times 10^{-1}$	S	$6.0 \times 10^{-5}$	OEHHA	1	0.13
207-08-9	苯并[k]荧蒽	-	-	-	-	$3.9 \times 10^{-1}$	OEHHA	$1.0 \times 10^{-2}$	S	$6.0 \times 10^{-6}$	OEHHA	1	0.13

50-32-8	苯并[a]芘	$2.0 \times 10^{-6}$	RAIS	$3.0 \times 10^{-4}$	RAIS	3.9	OEHHA	1	IRIS	$6 \times 10^{-4}$	IRIS	1	0.13
53-70-3	二苯并[a,h]蒽	-	-	-	-	4.1	OEHHA	1	S	$6.0 \times 10^{-4}$	OEHHA	1	0.13
193-39-5	茚并[1,2,3-cd]芘	-	-	-	-	$3.9 \times 10^{-1}$	OEHHA	$1 \times 10^{-1}$	S	$6.0 \times 10^{-5}$	OEHHA	1	0.13
191-24-2	苯并[g,h,i]花	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12674-11-2	多氯联苯1016	-	-	$7.0 \times 10^{-5}$	IRIS	$2.0 \times 10^{-5}$	S	$7 \times 10^{-2}$	S	$2 \times 10^{-5}$	RAIS	1	0.14
11104-28-2	多氯联苯1221	-	-	-	-	$5.7 \times 10^{-4}$	S	2	S	$5.71 \times 10^{-4}$	RAIS	1	0.14
11141-16-5	多氯联苯1232	-	-	-	-	$5.7 \times 10^{-4}$	S	2	S	$5.71 \times 10^{-4}$	RAIS	1	0.14
53469-21-9	多氯联苯1242	-	-	-	-	$5.7 \times 10^{-4}$	S	2	S	$5.71 \times 10^{-4}$	RAIS	1	0.14
12672-29-6	多氯联苯1248	-	-	-	-	$5.7 \times 10^{-4}$	S	2	S	$5.71 \times 10^{-4}$	RAIS	1	0.14
11097-69-1	多氯联苯1254	-	-	$2.0 \times 10^{-5}$	IRIS	$5.7 \times 10^{-4}$	S	2	S	$5.71 \times 10^{-4}$	RAIS	1	0.14
11096-82-5	多氯联苯1260	-	-	-	-	$5.7 \times 10^{-4}$	S	2	S	$5.71 \times 10^{-4}$	RAIS	1	0.14
11126-42-4	多氯联苯5460	-	-	$6.0 \times 10^{-4}$	S	-	-	-	-	-		1	0.14
32598-13-3	3,3',4,4'-四氯联苯	$4.0 \times 10^{-4}$	S	$7 \times 10^{-6}$	S	13	OEHHA	13	S	$3.8 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
70362-50-4	3,4,4',5'-四氯联苯	$1.33 \times 10^{-4}$	S	$2.33 \times 10^{-6}$	S	39	OEHHA	39	S	$1.14 \times 10^{-2}$	S	1	0.14

T/CSES XXX—202X

57465-28-8	3,4,5,3',4'-五 氯联苯	$4.0 \times 10^{-7}$	S	$7.9 \times 10^{-9}$	S	$1.3 \times 10^4$	OEHHA	$1.3 \times 10^4$	S	3.8	S	1	0.14
65510-44-3	2',3,4,4',5-五 氯联苯	$1.33 \times 10^{-5}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
31508-00-6	2,3',4,4',5-五 氯联苯	$1.33 \times 10^{-3}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
32598-14-4	2,3,3',4,4'-五 氯联苯	$1.33 \times 10^{-3}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
74472-37-0	2,3,4,4',5-五 氯联苯	$1.33 \times 10^{-3}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
57465-28-8	3,3',4,4',5-五 氯联苯	$4.0 \times 10^{-7}$	S	$7 \times 10^{-9}$	S	$1.3 \times 10^4$	OEHHA	$1.3 \times 10^4$	S	3.8	S	1	0.14
52663-72-6	2,3',4,4',5,5'- 六氯联苯	$1.33 \times 10^{-3}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
69782-90-7	2,3,3',4,4',5'- 六氯联苯	$1.33 \times 10^{-3}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
38380-08-4	2,3,3',4,4',5- 六氯联苯	$1.33 \times 10^{-3}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14
32774-16-6	3,3',4,4',5,5'- 六氯联苯	$1.33 \times 10^{-6}$	S	$2.33 \times 10^{-8}$	S	$3.9 \times 10^3$	OEHHA	3.9	S	1.14	S	1	0.14
35065-30-6	2,2',3,3',4,4',5 -七氯联苯	$4 \times 10^{-4}$	RAIS	$7 \times 10^{-6}$	RAIS	-	-	13	RAIS	$3.8 \times 10^{-3}$	RAIS	1	0.14
35065-29-3	2,2',3,4,4',5,5' -七氯联苯	$4 \times 10^{-3}$	RAIS	$7 \times 10^{-5}$	RAIS	-	-	1.3	RAIS	$3.8 \times 10^{-4}$	RAIS	1	0.14
39635-31-9	2,3,3',4,4',5,5' -七氯联苯	$1.33 \times 10^{-3}$	S	$2.33 \times 10^{-5}$	S	3.9	OEHHA	3.9	S	$1.14 \times 10^{-3}$	S	1	0.14

5436-43-1	2,2',4,4'- 四 溴联苯醚	-	-	$1.0 \times 10^{-4}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.1
60348-60-9	2,2',4,4',5- 五溴联苯醚	-	-	$1.0 \times 10^{-4}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.1
68631-49-2	2,2',4,4',5,5'- 六溴联苯醚	-	-	$2.0 \times 10^{-4}$	IRIS	-	-	-	-	-	-	1	0.1
1163-19-5	2,2',3,3',4,4',5 ,5',6,6'-十溴 联苯醚	-	-	$7.0 \times 10^{-3}$	IRIS	-	-	$7.4 \times 10^{-4}$	IRIS	-	-	1	0.1
-	六氯二苯并- 对-二恶英	$4.0 \times 10^{-7}$	RAIS	$7.0 \times 10^{-9}$	RAIS	$1.3 \times 10^4$	OEHHA	$6.2 \times 10^3$	IRIS	1.3	IRIS	1	0.03
39227-28-6	1,2,3,4,7,8-六 氯二苯并-对 -二恶英	$4.0 \times 10^{-7}$	-	$7.0 \times 10^{-9}$	-	$1.3 \times 10^4$	OEHHA	$6.2 \times 10^3$	IRIS	1.3	IRIS	1	0.03
57653-85-7	1,2,3,6,7,8-六 氯二苯并-对 -二恶英	-	-	-	-	$1.3 \times 10^4$	OEHHA	$6.2 \times 10^3$	IRIS	1.3	IRIS	1	0.03
19408-74-3	1,2,3,7,8,9-六 氯二苯并-对 -二恶英	-	-	-	-	$1.3 \times 10^4$	OEHHA	$6.2 \times 10^3$	IRIS	1.3	IRIS	1	0.03
1746-01-6	2,3,7,8-四氯 二苯并对二 恶英	$4.0 \times 10^{-8}$	OEHHA	$7.0 \times 10^{-10}$	IRIS	$1.3 \times 10^5$	OEHHA	$1.3 \times 10^5$	OEHHA	38	OEHHA	1	0.03
70648-26-9	1,2,3,4,7,8-六 氯二苯并呋 喃	$4.0 \times 10^{-7}$	RAIS	$7.0 \times 10^{-9}$	RAIS	$1.3 \times 10^4$	OEHHA	$1.3 \times 10^4$	RAIS	3.8	RAIS	1	0.03

**T/CSES XXX—202X**

40321-76-4	1,2,3,7,8-无 氯二苯并呋 喃	$4.0 \times 10^{-8}$	RAIS	$7.0 \times 10^{-10}$	RAIS	$1.3 \times 10^5$	OEHHA	$1.3 \times 10^5$	RAIS	38	RAIS	1	0.03
51207-31-9	2,3,7,8-四氯 代二苯并呋 喃	$4.0 \times 10^{-7}$	RAIS	$7.0 \times 10^{-9}$	RAIS	-	-	$1.3 \times 10^4$	RAIS	3.8	RAIS	1	0.03

IRIS = Integrated Risk Information System; RAIS=the Risk Assessment Information System; ATSDR = Agency for Toxic Substances and Disease Registry; S=Soil Screening guideline; OEHHA = California Office of Environmental Health Hazard Assessment



## 附 录 C

### （规范性）

### 毒性参数推导方法

#### C.1 参考剂量的推导

参考剂量推导的主要步骤：

a) 关键效应的确定：NOAEL、LOAEL 或基准剂量(benchmark dose, BMD)，利用毒理学及流行病学的数据库求该物质的未观察到有害效应的最高剂量（NOAEL，或称最大无作用剂量）。如无 NOAEL，可用观察到有害效应的最低剂量（LOAEL）代替。两者都是阈的替代值。

b) 不确定性系数 UF 的确定：利用动物毒理学的数据库外推到人的有害效应，通常要经历从高剂量到低剂量外推、从动物向人外推的过程。由于种间及种内易感性差异可能出现的误差，不确定性系数（通常是  $10 \times 10 = 100$ ）是对上述误差的一种修正。

c) RfD 或 RfC 的计算：

$$RfD = \frac{NOAEL(或LOAEL)}{UF_s} \text{ 或 } RfD = \frac{BMD}{UF_s}$$

#### C.2 致癌强度系数的推导

致癌强度系数的推导可基于流行病学方法和动物实验数据方法两种。

a) 基于动物实验数据方法：采用美国 EPA 的线性多阶段模型以及设计的专门程序（GLOBAL 82 及 86）求得动物的致癌强度系数  $q(\text{动物})$ ，再通过下式的转换求得人的致癌强度系数  $q(\text{人})$ 。

$$q(\text{人}) = q(\text{动物}) \times \left[ \frac{BW(\text{人})}{BW(\text{动物})} \right]^{1/3}$$

b) 基于流行病学方法

$$Q = \frac{(RR(X) - 1)}{X} \times LR$$

式中： $Q$  为人群资料估算的致癌强度系数， $(\text{mg/kg} \cdot \text{d})^{-1}$ 。意义同前述  $q(\text{人})$ ；RR：暴露人群患癌的相对危险度，无量纲；X：暴露人群的终生日均暴露剂量率 $(\text{mg/kg} \cdot \text{d})$ ，相当于暴露评价中的 D；LR：当地整体人群(对照)中个体的终生患癌危险度，无量纲。