

## 江苏省地方标准

DB32/T × × × × × -2023

### 化学污染物环境健康风险评估技术导则

Technical directives for environmental health risk assessment of  
chemical pollutants

(报批稿)

20□□-□□-□□发布

20□□-□□-□□实施

江苏省市场监督管理局 发布

目 次

前 言..... 2

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 评估原则..... 2

5 评估程序..... 3

6 评估内容和方法..... 3

7 报告编制..... 8

附录 A（资料性）污染物的毒性参数查询数据库 ..... 9

附录 B（规范性）推荐暴露评估模型 ..... 10

附录 C（资料性）暴露评估模型主要参数及推荐值（江苏省） ..... 12

附录 D（规范性）计算致癌风险和危害商的推荐模型 ..... 13

参 考 文 献..... 16

## 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。

本文件由江苏省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：生态环境部南京环境科学研究所、江苏省环境监测中心、南京医科大学、生态环境部华南环境科学研究所。

本文件主要起草人：吉贵祥、郭敏、张涛、胡冠九、石利利、顾杰、顾爱华、邓爱萍、沈红军、胡国成。

# 化学污染物环境健康风险评估技术导则

## 1 范围

本文件确立了化学污染物环境健康风险评估的原则，规定了评估程序、评估内容和方法及报告编制要求。

本文件适用于大气、水、土壤等环境介质中单一或多种化学污染物对人群健康风险的评估。

## 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。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。

- HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境
- HJ 2.3 环境影响评价技术导则 地表水环境
- HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则
- HJ 610 环境影响评价技术导则 地下水环境
- HJ 875 环境污染物人群暴露评估技术指南
- 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 964 环境影响评价技术导则 土壤环境
- HJ 1111 生态环境健康风险评估技术指南 总纲
- DB32/T 4260 环境与健康监测技术规范

## 3 术语和定义

### 3.1

**环境健康风险评估** environmental health risk assessment  
对环境污染对公众健康造成不良影响的可能性进行定性或定量的评估。

### 3.2

**剂量-反应关系评估** dose-response relationship assessment  
对人群化学物质暴露水平和其所产生的某种健康效应发生率或者严重程度之间关系的评价。

### 3.3

**不确定系数** uncertainty factor

在定量外推过程中，对由于种间差异及种内差异可能出现误差的一种修正，是危险度评价中计算参考剂量的一种参数。

### 3.4

#### **有阈值化学物质 threshold chemicals**

指仅在达到或大于一定剂量（阈剂量）才产生有害效应的化学物质，包括非致癌物和非遗传毒性的致癌物。

### 3.5

#### **无阈值化学物质 non-threshold chemicals**

指在大于零的剂量暴露下，均可能发生有害效应的化学物质，主要为遗传毒性致癌物。

### 3.6

#### **化学污染物 chemical pollutants**

由于人为活动或人工制造的化学物质（化学品）进入环境后会造成污染作用的化学物质。

### 3.7

#### **有毒有害污染物 toxic and harmful pollutants**

直接或者间接被生物摄入体内后，导致该生物或者其后代发病、行为反常、遗传异变、生理机能失常、机体变形或者死亡的污染物。

### 3.8

#### **致癌风险 carcinogenic risk**

人群每日暴露于单位剂量的致癌效应污染物，诱发致癌性疾病或危害的概率。

### 3.9

#### **危害商 hazard quotient**

污染物每日摄入剂量与参考剂量的比值，用来表征人体经单一途径暴露于非致癌污染物而受到危害的水平。

## **4 评估原则**

### **4.1 科学性**

基于合理假设，运用科学的理论与方法，结合人群特征的暴露参数开展评估，确保评估结果的科学性和可靠性。

### **4.2 针对性**

根据评估对象的污染特征，选取实际暴露情景，构建有针对性的健康风险暴露评估模型。

### **4.3 谨慎性**

充分考虑污染物暴露评估的不确定和变异性，基于“合理的最坏情形假设”，开展暴露浓度和暴露量估算。

5 评估程序

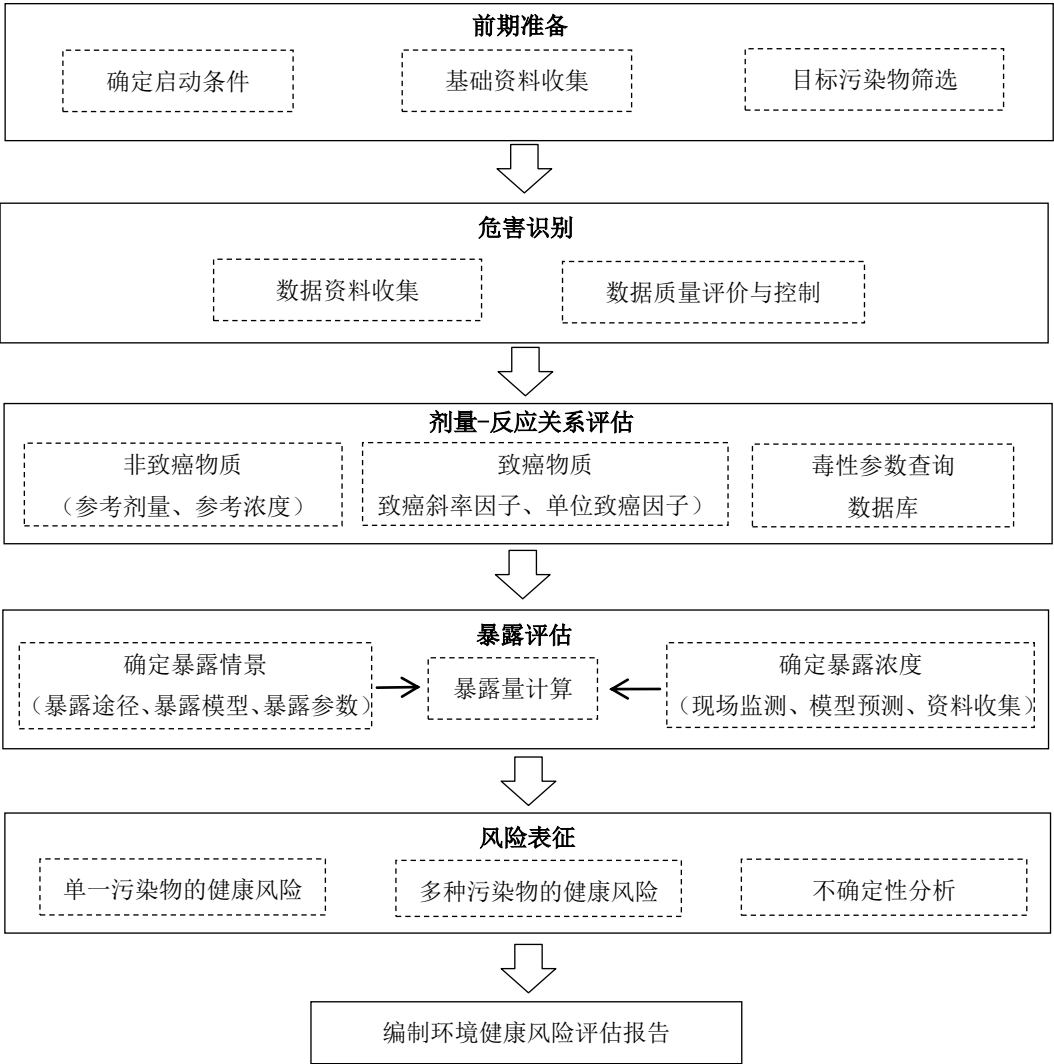


图 1 环境健康风险评估示意图

6 评估内容和方法

6.1 前期准备

6.1.1 确定风险评估启动条件

- 环境健康风险评估的启动需同时满足下列条件：
- a) 研究区域存在明确的环境污染事实(即存在污染源,且污染物具有明确的排放途径),具有潜在的环境健康风险;
  - b) 污染物应为有毒有害污染物,能够造成健康损害;
  - c) 环境影响范围内存在暴露人群,且存在潜在的暴露途径。

### 6.1.2 基础资料收集

采用文献查阅、现场调研等方式收集区域环境质量资料、污染源资料、自然条件资料 and 人群资料，文献资料应优先选择行政主管部门发布的数据资料。

a) 环境质量资料：空气、土壤、地表水、地下水、底泥、饮用水等环境介质长期的监测资料（重点关注近 10 年）。

b) 区域污染源资料：研究区域内产业结构、行业类别、主要污染源数量及类型、污染物排放种类、排放量、排放途径及影响范围等资料。

c) 自然条件资料：地质、地貌、气象、气候、水文、土壤、土地利用方式等资料。

d) 人群资料：研究区域敏感目标（集中居民区、学校、医院等）分布情况、人口数量、年龄结构、日常生活习惯、主要膳食类型，区域人群死亡率、肿瘤发生率以及其他疾病发病率资料等情况。

### 6.1.3 目标污染物筛选

根据环境调查和监测结果，初步确定目标污染物清单，综合考虑有毒有害污染物的环境暴露情况、环境行为、健康危害程度等指标，筛选目标污染物。优先选择：

a) 环境质量标准或排放标准中涉及的健康危害较高的污染物，如具有生殖发育毒性、内分泌干扰性、神经毒性等特性，特别是具有“三致”效应的污染物；

b) 国内外有毒有害污染物名录或优先控制污染物名录中规定的污染物；

c) 具有监测可行性，且环境中检出率和检出浓度较高的污染物。

## 6.2 危害识别

### 6.2.1 数据收集

基于流行病学及毒理学的相关资料确认污染物引起的健康危害效应，识别具有潜在健康影响的污染物。危害识别所需的具体数据包括：

a) 基本信息：包括污染物的化学名称、分子式、结构式、分子量等；

b) 理化性质：包括污染物的蒸汽压、熔点、水溶解度、正辛醇-水分配系数、吸附系数、生物降解性和生物富集系数等；

c) 代谢数据：包括污染物在人体和（或）动物体内吸收、分布、代谢、排泄、蓄积等毒物代谢动力学数据；

d) 毒性数据：包括污染物的急性毒性、皮肤腐蚀或刺激、严重眼损伤或眼刺激、呼吸道或皮肤致敏、致突变性、致癌性、生殖毒性、一次或反复接触特异性靶器官毒性和吸入危害等毒性试验数据；

e) 流行病学调查数据：包括环境流行病学和职业流行病学数据等。

污染物危害数据主要来源于国内外毒性数据库的毒性数据、国内外政府部门或国际组织发布的危害识别或风险评估报告、公开发表的文献以及毒性试验数据等。毒性资料查询数据库可通过附录 A 查询。

### 6.2.2 数据质量评价与控制

对于收集到的文献或试验数据应进行可靠性和相关性评价，从研究设计、实施过程、质量控制、数据分析、研究结果等方面，评估每一项流行病学调查、体内试验、体外试验和定量构效关系文献或试验数据的可靠性，删除重复、相关性差和可靠性低的数据，建立数据库，并详细记录文献或试验数据筛选的过程。

## 6.3 剂量-反应关系评估

### 6.3.1 有阈值化学物质的剂量-反应关系评估

#### 6.3.1.1 非致癌毒性参数

对于有阈值化学物质，毒性参数包括呼吸吸入参考浓度( $RfC$ )、经口摄入参考剂量( $RfD_o$ )和皮肤接触参考剂量( $RfD_d$ )，不同暴露途径的剂量-反应关系参数可通过公式进行转换。

#### 6.3.1.2 参考剂量 $RfD$ 计算

通过国外权威的数据库未能查询到参考剂量的情况下，可利用毒理学及流行病学的资料获得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)进行推导。如无 $NOAEL$ ，可用观察到有害效应的最低剂量( $LOAEL$ )代替。

由 $NOAEL$ 、 $LOAEL$ 、 $UFs$ 推导参考剂量( $RfD$ )的计算公式(1)：

$$RfD = \frac{D_L}{UFs} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$D_L$ — $NOAEL$ 或 $LOAEL$ ；

$UFs$ —不确定系数，为关键研究结果的可信性、个体间变异、物种间外推、毒性结局、资料的充分性等各个因子的乘积。 $UFs$ 包括人类个体差异，通常乘以10；从动物外推至人的种属差异，需要再乘以10，最终 $UFs$ 为100。如果采用 $LOAEL$ 而非 $NOAEL$ ， $UFs$ 需要再乘以10，为1000；在缺乏主要毒理学数据的情况下，还需要再乘以10。

#### 6.3.1.3 皮肤接触参考剂量( $RfD_d$ )计算

由经口摄入参考剂量( $RfD_o$ )推导皮肤接触参考剂量( $RfD_d$ )的计算公式(2)：

$$RfD_d = RfD_o \times ABS_o \dots\dots\dots (2)$$

式中：

$RfD_d$ —皮肤接触参考剂量， $mg\ kg^{-1}\ 体重\ d^{-1}$ ；

$RfD_o$ —经口摄入参考剂量， $mg\ kg^{-1}\ 体重\ d^{-1}$ ；

$ABS_o$ —经口摄入吸收效率因子，无量纲。

### 6.3.2 无阈值化学物质的剂量-反应关系评估

#### 6.3.2.1 致癌毒性参数

对于无阈值化学物质，致癌效应毒性参数包括呼吸吸入单位风险因子( $IUR$ )、呼吸吸



入致癌斜率因子 ( $SF_i$ )、经口摄入致癌斜率因子 ( $SF_o$ ) 和皮肤接触致癌斜率因子 ( $SF_d$ )，不同暴露途径的剂量-反应关系参数可通过公式进行转换。

#### 6.3.2.2 呼吸吸入致癌斜率因子 ( $SF_i$ ) 计算

$$SF_i = \frac{IUR \times BW}{IR_a} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

$SF_i$  —呼吸吸入致癌斜率因子，(mg kg<sup>-1</sup> 体重 d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>；

$IUR$  —吸入单位风险因子 (μg/m<sup>3</sup>)<sup>-1</sup>；

$IR_a$  —人体每日空气呼吸量，m<sup>3</sup> d<sup>-1</sup>；

$BW$  —人体体重，kg。

#### 6.3.2.3 皮肤接触致癌斜率因子 ( $SF_d$ ) 计算

$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_o} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

$SF_d$  —皮肤接触致癌斜率因子，(mg kg<sup>-1</sup> 体重 d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>；

$SF_o$  —经口摄入致癌斜率因子，(mg kg<sup>-1</sup> 体重 d<sup>-1</sup>)<sup>-1</sup>；

$ABS_o$  —经口摄入吸收效率因子，无量纲。

#### 6.3.3 剂量-反应关系相关资料的收集

可查询化学物质剂量-反应关系的数据库参照附录 A，当不同数据库收录的毒性参数值不一致时，依据风险评估的谨慎性原则，优先选择毒性参数较小的参考值。

### 6.4 暴露评估

#### 6.4.1 暴露情景构建

分析在一定暴露情景下，污染物迁移和到达暴露人群的情况，确定潜在的暴露人群及暴露途径，人群污染物暴露情景主要根据三个方面的因素进行确定，包括：

- a) 污染源的相关信息，包括关注污染物种类、理化性质、环境行为、排放途径等；
- b) 污染在环境中的迁移转化，包括污染物进入环境后在大气、水体、土壤等环境介质及生物体中的迁移和转化规律，污染物在环境中的赋存特征；
- c) 暴露区内敏感人群的相关信息，包括敏感人群组成、暴露区内的人群活动模式、时间及频率等。

在详细分析暴露情景后（应包括最不利情景假设），确定该暴露情景下存在的所有暴露途径，对敏感人群和高暴露人群进行暴露评估。

#### 6.4.2 暴露途径

##### 6.4.2.1 经呼吸道吸入

人体通过呼吸吸入受污染的空气（包括气相和可吸入颗粒物）而暴露于环境污染物。

#### 6.4.2.2 经消化道摄入

人体经口摄入受污染的膳食、饮用水、室内积尘、土壤而暴露于环境污染物。

#### 6.4.2.3 经皮肤接触

人体经皮肤接触受污染的土壤、水体、室内积尘或空气而暴露于环境污染物。

#### 6.4.3 暴露浓度确定

##### 6.4.3.1 现场监测

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，应开展现场监测。空气、土壤、膳食、饮用水、地表水、地下水等监测参照 DB32/T 4260 的相关规定执行。

##### 6.4.3.2 模型预测

在无法进行环境现场监测时，可根据污染物的排放量、排放浓度以及污染物的迁移转化规律方面的参数，选择合适的环境归趋模型预测环境暴露介质中目标污染物的浓度。大气、地表水、地下水、土壤中污染物的浓度预测参照 HJ 2.2、HJ 2.3、HJ 610、HJ 964 推荐模型进行。

##### 6.4.3.3 历史资料收集

在无法获得现场监测数据和模型预测数据的情况下，可收集权威文献发表的环境调查数据、环境现状或历史质量监测数据，以及由行政主管部门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。

#### 6.4.4 暴露量计算

定量评估人群平均暴露水平时，暴露量一般采用中心趋势值来表示，暴露量为正态分布时，采用算数均数为中心趋势值；为对数正态分布时，采用几何均数为中心趋势值；其他情况下采用中位数为中心趋势值。根据需要，也可根据所有采样点污染物浓度数据均值的 95% 置信区间的上限值进行计算。

单一污染物不同途径对应的人群暴露量的计算模型参照附录 B。

#### 6.4.5 暴露参数

暴露参数包括身体特征参数、摄入量参数、时间-活动模式参数等，参数可依据 HJ 877 和 HJ 876 等相关技术规定通过现场调查和测量获得，或者通过查阅中国人群暴露参数手册。江苏地区儿童和成人暴露评估模型主要参数及推荐值参照附录 C。

#### 6.5 风险表征

##### 6.5.1 单一污染物的风险表征

对于敏感人群通过不同暴露途径暴露单一污染物对应的致癌风险和危害商（非致癌风险）的计算推荐模型参照附录 D。

### 6.5.2 多种污染物的风险表征

当不同目标污染物同时具备风险评估条件并且健康损害效应相同时（相同的健康危害或诱发相同的肿瘤），分别开展评估。除非有明确的证据显示多种污染物之间具有交互作用，否则按照加和对复合污染的健康风险进行累积。

### 6.5.3 不确定性分析

在风险评估过程中所使用之各种参数或暴露模型存在不确定性，因而造成风险评估的不确定性。不确定性主要来源于自暴露情景假设、评估模型的适用性、模型参数取值等多个方面，不确定性的定量分析参照 HJ 25.3 采用风险贡献率分析和参数敏感性分析方法。

## 6.6 评估结论

对于非致癌物本标准中规定的单一污染物的可接受危害商为 1，危害商 $\leq 1$ ，预期将不会造成显著损害；危害商 $>1$ ，表示暴露剂量超过阈值，可能产生危害性。

本文件中规定的单一污染物的可接受致癌风险水平为  $10^{-6}$ 。致癌风险 $<10^{-6}$ ，表示风险不明显；致癌风险在  $10^{-6} \sim 10^{-4}$  之间，表示存在风险；致癌风险 $>10^{-4}$ ，表示有显著风险。

结合风险评估的生态环境管理需求，根据风险可接受水平，通过综合判断获得风险可接受或不可接受的结论。当环境健康风险不可接受或不能满足生态环境管理需求时，应说明存在的重大环境健康风险及其关键环节。

## 7 报告编制

环境健康风险评估报告主要内容包括：评估目的、数据收集与数据评估、危害识别、剂量-反应评估、暴露评估、风险表征、不确定性分析、评估结论等内容，具体编制要求参照 HJ 1111。

附录 A

(资料性)

污染物的毒性参数查询数据库

序号	数据库名称
1	美国风险评估信息系统 (The Risk Assessment Information System, RAIS)
2	美国环保局综合风险评估系统 (Integrated Risk Information System, IRIS)
3	美国毒物与疾病登记署有毒物质毒理学概况 (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, ATSDR)
4	美国毒物与疾病登记署有毒物质最低风险水平 (ATSDR Minimal Risk Levels, MRLs)
5	美国环保局暂行同行评议毒性值 (Provisional Peer-Reviewed Toxicity Values, PPRTVs)
6	美国国立卫生研究院 (NIH) PubChem 毒性数据库 ( <a href="https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/">https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/</a> )
7	国际癌症研究机构 (International Agency for Research on Cancer, IARC)
8	欧洲化学物质信息系统 (欧盟) (European Chemical Substances Information System, ESIS)

附录 B  
(规范性)  
推荐暴露评估模型

### B.1 吸入暴露途径

能够得到污染物的吸入参考浓度 ( $RfC$ ) 的情况下优先采用公式 B.1 暴露评估模型, 在无法得到吸入参考浓度 ( $RfC$ ) 的情况下, 采用公式 B.2 计算经呼吸道吸入的日均暴露量 ( $ADD_{inh}$ )。

B.1.1 经呼吸道吸入环境空气/室内空气污染物的暴露浓度 ( $EC$ ) 采用公式 (B.1) 计算:

$$EC = \frac{C_a \times ET \times EF \times ED}{AT} \dots\dots\dots (B.1)$$

式中:

$C_a$ —环境空气/室内空气污染物浓度,  $mg/m^3$ ;

$ET$ —呼吸暴露时间, hours/day; 由暴露人群的具体时间活动模式确定;

$EF$ —暴露频率, days/year;

$ED$ —暴露持续时间, years;

$AT$ —平均暴露时间, hours。

B.1.2 经呼吸道吸入的日均暴露量 ( $ADD_{inh}$ ) 采用公式 (B.2) 计算:

$$ADD_{inh} = \frac{C_a \times IR_a \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中:

$IR_a$ —人体每日空气呼吸量,  $m^3 d^{-1}$ ;

$BW$ —体重, kg;

$C_a$ 、 $EF$ 、 $ED$ 、 $AT$  参数含义见公式 (B.1)。

### B.2 经口摄入暴露途径

#### B.2.1 经口摄入食物途径

经口摄入食物途径污染物的日均暴露量 ( $ADD_{oral_f}$ ) 采用公式 (B.3) 计算:

$$ADD_{oral_f} = \frac{C_f \times IR_f \times EF \times ED \times ABS_o}{BW \times AT} \dots\dots\dots (B.3)$$

式中:

$C_f$ —食物中污染物浓度,  $mg/kg$ 。

$IR_f$ —食物摄入率,  $kg/day$ ;

$ABS_o$ —经口摄入吸收效率因子, 无量纲; 具体可查询美国能源部风险评估信息系统 (RAIS);

$BW$ —体重, kg;

$AT$ —平均暴露时间, d。

$EF$  和  $ED$  参数含义见公式 (B.1)。

#### B.2.2 经口摄入饮用水途径

经口摄入饮用水途径污染物的日均暴露量 ( $ADD_{oral_w}$ ) 采用公式 (B.4) 计算:

$$ADD_{oral_w} = \frac{C_w \times IR_w \times EF \times ED \times ABS_o}{BW \times AT} \dots\dots\dots (B.4)$$

式中:

$C_w$ —饮用水中污染物浓度, mg/L;

$IR_w$ —每日摄入饮用水的量, L d<sup>-1</sup>;

$EF$  和  $ED$  和参数含义见公式 (B.1);  $BW$ 、 $AT$ 、 $ABS_o$  参数含义见公式 (B.3)。

### B.2.3 经口摄入土壤途径

经口摄入土壤途径污染物的日均暴露量 ( $ADD_{oral\_s}$ ) 采用公式 (B.5) 计算:

$$ADD_{oral\_s} = \frac{C_s \times IR_s \times EF \times ED \times ABS_o}{BW \times AT} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (B.5)$$

式中:

$C_s$  —土壤中污染物的浓度, mg/kg。

$IR_s$ —每日摄入土壤的量, mg d<sup>-1</sup>;

$EF$  和  $ED$  参数含义见公式 (B.1);  $BW$ 、 $AT$ 、 $ABS_o$  参数含义见公式 (B.3)。

## B.3 经皮肤接触途径

### B.3.1 皮肤接触土壤途径

皮肤接触土壤途径污染物的日均暴露量 ( $ADD_{dermal\_s}$ ) 采用公式 (B.6) 计算:

$$ADD_{dermal\_s} = \frac{C_s \times SAE \times SSAR \times EF \times ED \times E_v \times ABS_d}{BW \times AT} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (B.6)$$

式中:

$C_s$  —土壤中污染物的浓度, mg/kg。

$SAE$  —暴露皮肤表面积, cm<sup>2</sup>;

$SSAR$  —皮肤表面土壤粘附系数, mg cm<sup>-2</sup>;

$E_v$  —每日皮肤接触事件频率, 次 d<sup>-1</sup>; 缺省值为 1;

$ABS_d$  —皮肤接触吸收效率因子, 无量纲; 取值范围为 0~1, 具体可查询美国能源部风险评估信息系统 (RAIS)。

$EF$  和  $ED$  参数含义见公式 (B.1);  $AT$  和  $BW$  参数含义见公式 (B.3)。

### B.3.2 皮肤接触水途径

皮肤接触水途径污染物的日均暴露量 ( $ADD_{dermal\_w}$ ) 采用公式 (B.7) 计算:

$$ADD_{dermal\_w} = \frac{C_w \times SAE \times K_p \times EF \times ED \times ET}{BW \times AT} \times 10^{-3} \dots\dots\dots (B.7)$$

式中:

$C_w$ —水中污染物浓度, mg/L;

$K_p$  —皮肤渗透系数 (cm/h); 具体可查询美国能源部风险评估信息系统 (RAIS);

$ET$  —每日洗澡、游泳的时间, h d<sup>-1</sup>;

$AT$  —平均暴露时间, hours。

$EF$  和  $ED$  参数含义见公式 (B.1);  $BW$  参数含义见公式 (B.3);  $SAE$  参数含义见公式 (B.6)。

## 附录 C

(资料性)

## 暴露评估模型主要参数及推荐值 (江苏省)

表 C.1 暴露评估模型主要参数及推荐值 (江苏省)

参数符号	参数名称	儿童/成人	单位	推荐值
$IR_a$	人体每日空气呼吸量	儿童	$m^3 d^{-1}$	9.0
		成人		16.0
$BW$	体重	儿童	kg	20.5
		成人		63.2
$IR_f$	每日膳食摄入量	儿童	$kg d^{-1}$	米及其制品: 0.120 面及其制品: 0.067 其他谷类: 0.008 蔬菜: 0.125 水果: 0.0356 肉类: 猪肉 0.027, 禽肉 0.005 奶及其制品: 0.005 蛋类及制品: 0.018 鱼虾: 0.011 植物油: 0.0145
		成人	$kg d^{-1}$	米及其制品: 0.253 面及其制品: 0.116 其他谷类: 0.029 蔬菜: 0.270 水果: 0.0498 肉类: 猪肉 0.051, 禽肉 0.025 奶及其制品: 0.022 鱼虾: 0.0558 植物油: 0.041
$IR_w$	每日饮用水摄入量	儿童	$L d^{-1}$	0.664
		成人		1.502
$IR_s$	每日土壤摄入量	儿童	$mg d^{-1}$	72
		成人		50
$SAE$	暴露皮肤表面积	儿童	$cm^2$	8400
		成人		16000
$SSAR$	皮肤表面土壤粘附系数	儿童	$mg cm^{-2}$	0.2
		成人		0.07
$ET$	每天皮肤接触水的时间	儿童	h/d	洗澡时间: 0.167 游泳时间: 0.065
		成人		洗澡时间: 0.183 游泳时间: 0.117

## 附录 D

## (规范性)

## 计算致癌风险和危害商的推荐模型

## D.1 单一污染物的致癌风险

D.1.1 吸入暴露途径的致癌风险 ( $R_{inh}$ ) 采用公式 (D.1) 计算:

$$R_{inh} = EC \times IUR \times 1000 \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

$IUR$  一吸入单位风险 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )<sup>-1</sup>;

$EC$  一经呼吸道吸入环境空气/室内空气污染物的暴露浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

D.1.2 经口摄入食物的致癌风险 ( $R_{oral\_f}$ ) 采用公式 (D.2) 计算:

$$R_{oral\_f} = ADD_{oral\_f} \times SF_o \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$SF_o$  一经口摄入致癌斜率因子, ( $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ )<sup>-1</sup>;

$ADD_{oral\_f}$  一经口摄入食物途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ 。

D.1.3 经口摄入饮水的致癌风险 ( $R_{oral\_w}$ ) 采用公式 (D.3) 计算:

$$R_{oral\_w} = ADD_{oral\_w} \times SF_o \dots\dots\dots (D.3)$$

式中:

$ADD_{oral\_w}$  一经口摄入饮用水途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$SF_o$  一经口摄入致癌斜率因子, ( $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ )<sup>-1</sup>。

D.1.4 经口摄入土壤的致癌风险 ( $R_{oral\_s}$ ) 采用公式 (D.4) 计算:

$$R_{oral\_s} = ADD_{oral\_s} \times SF_o \dots\dots\dots (D.4)$$

式中:

$ADD_{oral\_s}$  一经口摄入土壤途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$SF_o$  一经口摄入致癌斜率因子, ( $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ )<sup>-1</sup>。

D.1.5 皮肤接触土壤的致癌风险 ( $R_{dermal\_s}$ ) 采用公式 (D.5) 计算:

$$R_{dermal\_s} = ADD_{dermal\_s} \times SF_d \dots\dots\dots (D.5)$$

式中:

$ADD_{dermal\_s}$  一皮肤接触土壤途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$SF_d$  一皮肤接触致癌斜率因子, ( $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ )<sup>-1</sup>。

D.1.6 皮肤接触水的致癌风险 ( $R_{dermal\_w}$ ) 采用公式 (D.6) 计算:

$$R_{dermal\_w} = ADD_{dermal\_w} \times SF_d \dots\dots\dots (D.6)$$

式中:

$ADD_{dermal\_w}$  一皮肤接触水途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$SF_d$  一皮肤接触致癌斜率因子, ( $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ )<sup>-1</sup>。

D.1.7 单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险 ( $R_n$ ) 采用公式 (D.7) 计算:

$$R_n = R_{inh} + R_{oral\_f} + R_{oral\_w} + R_{oral\_s} + R_{dermal\_s} + R_{dermal\_w} \dots\dots\dots (D.7)$$

式中:



$R_{inh}$ 、 $R_{oral\_f}$ 、 $R_{oral\_w}$ 、 $R_{oral\_s}$ 、 $R_{dermal\_s}$  和  $R_{dermal\_w}$  的参数含义分别见公式 (D.1-D.6)。

## D.2 单一污染物的危害商

D.2.1 吸入暴露途径的危害商 ( $HQ_{inh}$ ) 采用公式 (D.8) 计算:

$$HQ_{inh} = \frac{EC}{RfC} \dots\dots\dots (D.8)$$

式中:

$EC$  一经呼吸道吸入环境空气/室内空气污染物的暴露浓度,  $\text{mg}/\text{m}^3$ ;

$RfC$  一呼吸吸入参考剂量,  $\text{mg}/\text{m}^3$ 。

D.2.2 经口摄入食物的危害商 ( $HQ_{oral\_f}$ ) 采用公式 (D.9) 计算:

$$HQ_{oral\_f} = \frac{ADD_{oral\_f}}{RfD_o} \dots\dots\dots (D.9)$$

式中:

$ADD_{oral\_f}$  一经口摄入食物途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$RfD_o$  一经口摄入参考剂量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ 。

D.2.3 经口摄入饮水的危害商 ( $HQ_{oral\_w}$ ) 采用公式 (D.10) 计算:

$$HQ_{oral\_w} = \frac{ADD_{oral\_w}}{RfD_o} \dots\dots\dots (D.10)$$

式中:

$ADD_{oral\_w}$  一经口摄入饮用水途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$RfD_o$  一经口摄入参考剂量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ 。

D.2.4 经口摄入土壤的危害商 ( $HQ_{oral\_s}$ ) 采用公式 (D.11) 计算:

$$HQ_{oral\_s} = \frac{ADD_{oral\_s}}{RfD_o} \dots\dots\dots (D.11)$$

式中:

$ADD_{oral\_s}$  一经口摄入土壤途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$RfD_o$  一经口摄入参考剂量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ 。

D.2.5 皮肤接触土壤的危害商 ( $HQ_{dermal\_s}$ ) 采用公式 (D.12) 计算:

$$HQ_{dermal\_s} = \frac{ADD_{dermal\_s}}{RfD_d} \dots\dots\dots (D.12)$$

式中:

$ADD_{dermal\_s}$  一皮肤接触土壤途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$RfD_d$  一皮肤接触参考剂量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ 。

D.2.6 皮肤接触水的危害商 ( $HQ_{dermal\_w}$ ) 采用公式 (D.13) 计算:

$$HQ_{dermal\_w} = \frac{ADD_{dermal\_w}}{RfD_d} \dots\dots\dots (D.13)$$

式中:

$ADD_{dermal\_w}$ —皮肤接触水途径污染物的日均暴露量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ ;

$RfD_d$  —皮肤接触参考剂量,  $\text{mg kg}^{-1}$  体重  $\text{d}^{-1}$ 。

D.2.7 单一污染物经所有暴露途径总的危害商 ( $HQ_n$ ) 采用公式 (D.14) 计算:

$$HQ_n = HQ_{inh} + HQ_{oral\_f} + HQ_{oral\_w} + HQ_{oral\_s} + HQ_{dermal\_s} + HQ_{dermal\_w} \dots \quad (\text{D.14})$$

式中:

$HQ_{inh}$ 、 $HQ_{oral\_f}$ 、 $HQ_{oral\_w}$ 、 $HQ_{oral\_s}$ 、 $HQ_{dermal\_s}$  和  $HQ_{dermal\_w}$  的参数含义分别见公式 (D.8-D.13)。

## 参 考 文 献

- [1] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册（成人卷）[M]. 北京：中国环境出版社，2014.
  - [2] 环境保护部. 中国人群暴露参数手册（儿童卷：0-5 岁）[M]. 北京：中国环境出版社，2016.
  - [3] 中国人群暴露参数手册（儿童卷：6-17 岁）[M]. 北京：中国环境出版社，2016.
-