

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 25.3—2014

代替 HJ/T 25-1999

污染场地风险评估技术导则

Technical guidelines for risk assessment of contaminated sites

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境科学出版社出版的正式标准文本为准。

2014-02-19 发布

2014-07-01 实施

环 境 保 护 部 发 布

目 次

1 适用范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 工作程序和内容	2
5 危害识别技术要求	2
6 暴露评估技术要求	3
7 毒性评估技术要求	6
8 风险表征技术要求	6
9 计算风险控制值的技术要求	7
附录 A（规范性附录）暴露评估推荐模型	9
附录 B（规范性附录）污染物性质参数推荐值及外推模型	19
附录 C（规范性附录）计算致癌风险和危害商的推荐模型	33
附录 D（资料性附录）不确定性分析推荐模型	39
附录 E（规范性附录）计算土壤和地下水风险控制值的推荐模型	40
附录 F（规范性附录）污染物扩散迁移推荐模型	46
附录 G（资料性附录）风险评估模型参数推荐值	53

前 言

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，加强污染场地环境保护监督管理，规范污染场地人体健康风险评估，制定本标准。

本标准与以下标准同属污染场地系列环境保护标准：

《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）

《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）

《污染场地土壤修复技术导则》（HJ 25.4-2014）

自以上标准实施之日起，《工业企业土壤环境质量风险评价基准》（HJ/T 25-1999）废止。

本标准规定了污染场地风险评估的原则、内容、程序、方法和技术要求。

本标准由环境保护部科技标准司组织制订。

本标准主要起草单位：环境保护部南京环境科学研究所、环境保护部环境标准研究所、轻工业环境保护研究所、上海市环境科学研究院、沈阳环境科学研究院。

本标准由环境保护部 2014 年 2 月 19 日批准。

本标准自 2014 年 7 月 1 日起实施。

本标准由环境保护部解释。

污染场地风险评估技术导则

1 适用范围

本标准规定了开展污染场地人体健康风险评估的原则、内容、程序、方法和技术要求。本标准适用于污染场地人体健康风险评估和污染场地土壤和地下水风险控制值的确定。本标准不适用于铅、放射性物质、致病性生物污染以及农用地土壤污染的风险评估。

2 规范性引用文件

本标准内容引用了下列文件中的条款。未注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB 50137	城市用地分类与规划建设用地标准
GB/T 14848	地下水质量标准
HJ 25.1	场地环境调查技术导则
HJ 25.2	场地环境监测技术导则
HJ 25.4	污染场地土壤修复技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1 场地 site

某一地块范围内的土壤、地下水、地表水以及地块内所有构筑物、设施和生物的总和。

3.2 潜在污染场地 potential contaminated site

因从事生产、经营、处理、贮存有毒有害物质，堆放或处理处置潜在危险废物，以及从事矿山开采等活动造成污染，且对人体健康或生态环境构成潜在风险的场地。

3.3 污染场地 contaminated site

对潜在污染场地进行调查和风险评估后，确认污染危害超过人体健康或生态环境可接受风险水平的场地，又称污染地块。

3.4 土壤 soil

由矿物质、有机质、水、空气及生物有机体组成的地球陆地表面的疏松层。

3.5 关注污染物 contaminant of concern

根据场地污染特征和场地利益相关方意见，确定需要进行调查和风险评估的污染物。

3.6 暴露路径 exposure pathway

污染物从污染源经由各种途径到达暴露受体的路线。

3.7 暴露途径 exposure route

场地土壤和浅层地下水中污染物迁移到达和暴露于人体的方式，如经口摄入、皮肤接触、呼吸吸入等。

3.8 污染场地健康风险评估 health risk assessment for contaminated site

在场地环境调查的基础上，分析污染场地土壤和地下水中污染物对人群的主要暴露途径，评估污染物对人体健康的致癌风险或危害水平。

3.9 致癌风险 carcinogenic risk

人群暴露于致癌效应污染物，诱发致癌性疾病或损伤的概率。

3.10 危害商 hazard quotient

污染物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非致癌污染物而受到危害的水平。

3.11 危害指数 hazard index

人群经多种途径暴露于单一污染物的危害商之和，用于表征人体暴露于非致癌污染物受到危害的水平。

3.12 可接受风险水平 acceptable risk level

对暴露人群不会产生不良或有害健康效应的风险水平，包括致癌物的可接受致癌风险水平和非致癌物的可接受危害商。本标准中单一污染物的可接受致癌风险水平为 10^{-6} ，单一污染物的可接受危害商为1。

3.13 土壤和地下水风险控制值 risk control values for soil and groundwater

根据本标准规定的用地方式、暴露情景和可接受风险水平，采用本标准规定的风险评估方法和场地调查获得相关数据，计算获得的土壤中污染物的含量限值和地下水中污染物的浓度限值。

4 工作程序和内容

污染场地风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征，以及土壤和地下水风险控制值的计算。污染场地健康风险评估程序见图4.1。

4.1 危害识别

收集场地环境调查阶段获得的相关资料和数据，掌握场地土壤和地下水中关注污染物的浓度分布，明确规划土地利用方式，分析可能的敏感受体，如儿童、成人、地下水体等。

4.2 暴露评估

在危害识别的基础上，分析场地内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定场地土壤和地下水污染物的主要暴露途径和暴露评估模型，确定评估模型参数取值，计算敏感人群对土壤和地下水中污染物的暴露量。

4.3 毒性评估

在危害识别的基础上，分析关注污染物对人体健康的危害效应，包括致癌效应和非致癌效应，确定与关注污染物相关的参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和呼吸吸入单位致癌因子等。

4.4 风险表征

在暴露评估和毒性评估的基础上，采用风险评估模型计算土壤和地下水中单一污染物经单一途径的致癌风险和危害商，计算单一污染物的总致癌风险和危害指数，进行不确定性分析。

4.5 土壤和地下水风险控制值的计算

在风险表征的基础上，判断计算得到的风险值是否超过可接受风险水平。如污染场地风险评估结果未超过可接受风险水平，则结束风险评估工作；如污染场地风险评估结果超过可接受风险水平，则计算土壤、地下水中关注污染物的风险控制值；如调查结果表明，土壤中关注污染物可迁移进入地下水，则计算保护地下水的土壤风险控制值；根据计算结果，提出关注污染物的土壤和地下水风险控制值。

5 危害识别技术要求

5.1 收集相关资料

按照HJ 25.1和HJ 25.2对场地进行环境调查及污染识别，获得以下信息：

- 1) 较为详尽的场地相关资料及历史信息；
- 2) 场地土壤和地下水等样品中污染物的浓度数据；
- 3) 场地土壤的理化性质分析数据；
- 4) 场地（所在地）气候、水文、地质特征信息和数据；
- 5) 场地及周边地块土地利用方式、敏感人群及建筑物等相关信息。

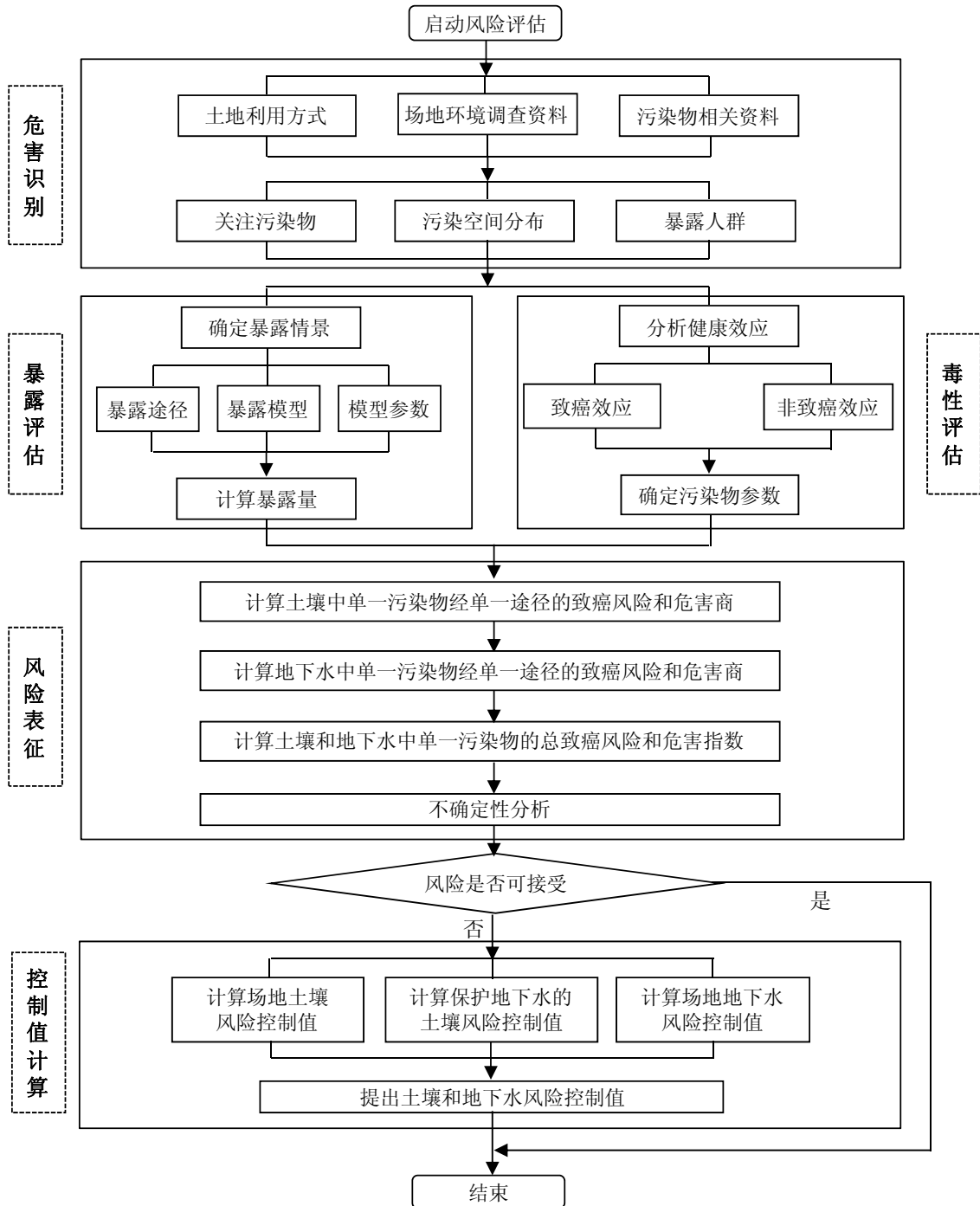


图 4.1 污染场地风险评估程序与内容

5.2 确定关注污染物

根据场地环境调查和监测结果，将对人群等敏感受体具有潜在风险需要进行风险评估的污染物，确定为关注污染物。

6 暴露评估技术要求

6.1 分析暴露情景

6.1.1 暴露情景是指特定土地利用方式下，场地污染物经由不同暴露路径迁移和到达受体人群的情况。根据不同土地利用方式下人群的活动模式，本标准规定了 2 类典型用地方式下的暴露情景，即以住宅用地为代表的敏感用地（简称“敏感用地”）和以工业用地为代表的非敏感用地（简称“非敏感用地”）的暴露情景。

6.1.2 敏感用地方式下，儿童和成人均可能会长时间暴露于场地污染而产生健康危害。对于致

癌效应，考虑人群的终生暴露危害，一般根据儿童期和成人期的暴露来评估污染物的终生致癌风险；对于非致癌效应，儿童体重较轻、暴露量较高，一般根据儿童期暴露来评估污染物的非致癌危害效应。

敏感用地方式包括GB 50137规定的城市建设用地中的居住用地(R)、文化设施用地(A2)、中小学用地(A33)、社会福利设施用地(A6)中的孤儿院等。

6.1.3 非敏感用地方式下，成人的暴露期长、暴露频率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

非敏感用地包括 GB 50137 规定的城市建设用地中的工业用地 (M)、物流仓储用地 (W)、商业服务业设施用地 (B)、公用设施用地 (U) 等。

6.1.4 除本标准 6.1.2 和 6.1.3 以外的 GB 50137 规定的城市建设用地，应分析特定场地人群暴露的可能性、暴露频率和暴露周期等情况，参照敏感用地或非敏感用地情景进行评估或构建适合于特定场地的暴露情景进行风险评估。

6.2 确定暴露途径

6.2.1 对于敏感用地和非敏感用地，本标准规定了 9 种主要暴露途径和暴露评估模型，包括经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物共 6 种土壤污染物暴露途径和吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水共 3 种地下水污染物暴露途径。

6.2.2 特定用地方式下的主要暴露途径应根据实际情况分析确定，暴露评估模型参数应尽可能根据现场调查获得。场地及周边地区地下水受到污染时，应在风险评估时考虑地下水相关暴露途径。

6.3 计算敏感用地土壤和地下水暴露量

6.3.1 经口摄入土壤途径

敏感用地方式下，人群可因经口摄入土壤而暴露于污染土壤。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.1) 和公式 (A.2)。

6.3.2 皮肤接触土壤途径

敏感用地方式下，人群可因皮肤接触土壤而暴露于污染土壤。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.3)、公式 (A.4)、公式 (A.5) 和公式 (A.6)。

6.3.3 吸入土壤颗粒物途径

敏感用地方式下，人群可因吸入空气中来自土壤的颗粒物而暴露于污染土壤。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.7) 和公式 (A.8)。

6.3.4 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

敏感用地方式下，人群可因吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物而暴露于污染土壤。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.9) 和公式 (A.10)。

6.3.5 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

敏感用地方式下，人群可因吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物而暴露于污染土壤。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.11) 和公式 (A.12)。

6.3.6 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

敏感用地方式下，人群可因吸入室外空气中来自地下水的气态污染物而暴露于受污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应地下水暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.13) 和公式 (A.14)。

6.3.7 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径

敏感用地方式下，人群可因吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式

(A.15) 和公式 (A.16)。

6.3.8 吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径

敏感用地方式下, 人群吸入室内空气来自地下水的气态污染物而暴露于受污染地下水。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应地下水暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.17) 和公式 (A.18)。

6.3.9 饮用地下水途径

敏感用地方式下, 人群可因饮用地下水而暴露于场地地下水污染物。对于单一污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应地下水暴露量的推荐计算模型见附录A公式 (A.19) 和公式 (A.20)。

6.4 计算非敏感用地土壤和地下水暴露量

6.4.1 经口摄入土壤途径

非敏感用地方式下, 人群可因经口摄入土壤而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.21) 和公式 (A.22)。

6.4.2 皮肤接触土壤途径

非敏感用地方式下, 人群可因皮肤直接接触而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.23) 和公式 (A.24)。

6.4.3 吸入土壤颗粒物途径

非敏感用地方式下, 人群可因吸入空气中来自土壤的颗粒物而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.25) 和公式 (A.26)。

6.4.4 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

非敏感用地方式下, 人群可因吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.27) 和公式 (A.28)。

6.4.5 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

非敏感用地方式下, 人群可因吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.29) 和公式 (A.30)。

6.4.6 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

非敏感用地方式下, 人群可因吸入室外空气中来自地下水的气态污染物而暴露于污染地下水。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应地下水暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.31) 和公式 (A.32)。

6.4.7 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径

非敏感用地方式下, 人群可因吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物而暴露于污染土壤。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应土壤暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.33) 和公式 (A.34)。

6.4.8 吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径

非敏感用地方式下, 人群可因吸入室内空气来自地下水的气态污染物而暴露于污染地下水。对于污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应地下水暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.35) 和公式 (A.36)。

6.4.9 饮用地下水途径

非敏感用地方式下, 人群可因饮用地下水而暴露于地下水污染物。对于单一污染物的致癌和非致癌效应, 计算该途径对应地下水暴露量的推荐模型见附录A公式 (A.37) 和公式 (A.38)。

7 毒性评估技术要求

7.1 分析污染物毒性效应

分析污染物经不同途径对人体健康的危害效应，包括致癌效应、非致癌效应、污染物对人体健康的危害机理和剂量-效应关系等。

7.2 确定污染物相关参数

7.2.1 致癌效应毒性参数

致癌效应毒性参数包括呼吸吸入单位致癌因子（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 ）。部分污染物的致癌效应毒性参数的推荐值见附录B表B.1。

呼吸吸入致癌斜率因子（ SF_i ）根据附录B表B.1中的呼吸吸入单位致癌因子（IUR）外推获得；皮肤接触致癌斜率系数（ SF_d ）根据附录B表B.1中的经口摄入致癌斜率系数（ SF_o ）外推获得。用于外推 SF_i 和 SF_d 的推荐模型分别见附录B公式（B.1）和公式（B.3）。

7.2.2 非致癌效应毒性参数

非致癌效应毒性参数包括呼吸吸入参考浓度（RfC）、呼吸吸入参考剂量（ RfD_i ）、经口摄入参考剂量（ RfD_o ）和皮肤接触参考剂量（ RfD_d ）。部分污染物的非致癌效应毒性参数推荐值见附录B表B.1。

呼吸吸入参考剂量（ RfD_i ）根据表B.1中的呼吸吸入参考浓度（RfC）外推得到。皮肤接触参考剂量（ RfD_d ）根据表B.1中的经口摄入参考剂量（ RfD_o ）外推获得。用于外推 RfD_i 和 RfD_d 的推荐模型分别见附录B公式（B.2）和公式（B.4）。

7.2.3 污染物的理化性质参数

风险评估所需的污染物理化性质参数包括无量纲亨利常数（ H' ）、空气中扩散系数（ D_a ）、水中扩散系数（ D_w ）、土壤-有机碳分配系数（ K_{oc} ）、水中溶解度（S）。部分污染物的理化性质参数的推荐值见附录B表B.2。

7.2.4 污染物其他相关参数

其他相关参数包括消化道吸收因子（ ABS_{gi} ）、皮肤吸收因子（ ABS_d ）和经口摄入吸收因子（ ABS_o ）。部分污染物消化道吸收因子（ ABS_{gi} ）、皮肤吸收因子（ ABS_d ）的推荐参数值见附录B表B.1，经口摄入吸收因子（ ABS_o ）推荐参数值见附录G表G.1。

8 风险表征技术要求

8.1 一般性技术要求

8.1.1 应根据每个采样点样品中关注污染物的检测数据，通过计算污染物的致癌风险和危害商进行风险表征。如某一地块内关注污染物的检测数据呈正态分布，可根据检测数据的平均值、平均值置信区间上限值或最大值计算致癌风险和危害商。

8.1.2 风险表征得到的场地污染物的致癌风险和危害商，可作为确定场地污染范围的重要依据。计算得到单一污染物的致癌风险值超过 10^{-6} 或危害商超过 1 的采样点，其代表的场地区域应划定为风险不可接受的污染区域。

8.2 计算场地土壤和地下水污染风险

8.2.1 土壤中单一污染物致癌风险

对于单一污染物，计算经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径致癌风险的推荐模型，分别见附录C公式（C.1）、（C.2）、（C.3）、（C.4）、（C.5）和（C.6）。计算土壤中单一污染物经上述6种暴露途径致癌风险的推荐模型，见附录C公式（C.7）。

8.2.2 土壤中单一污染物危害商

对于单一污染物，计算经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径危害商的推荐模型，分别见附录C公式(C.8)、(C.9)、(C.10)、(C.11)、(C.12)和(C.13)。计算土壤中单一污染物经上述6种途径危害指数的推荐模型，见附录C公式(C.14)计算。

8.2.3 地下水中单一污染物致癌风险

对于单一污染物，计算吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水暴露途径致癌风险的推荐模型，分别见附录C公式(C.15)、(C.16)、(C.17)。计算地下水中单一污染物经上述3种暴露途径致癌风险的推荐模型见附录C公式(C.18)。

8.2.4 地下水中单一污染物危害商

对于单一污染物，计算吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水暴露途径危害商的推荐模型，分别见附录C公式(C.19)、(C.20)和(C.21)。计算地下水中单一污染物经上述3种暴露途径危害指数的推荐模型见附录C公式(C.22)。

8.3 不确定性分析

8.3.1 应分析造成污染场地风险评估结果不确定性的主要来源，包括暴露情景假设、评估模型的适用性、模型参数取值等多个方面。

8.3.2 暴露风险贡献率分析

单一污染物经不同暴露途径的致癌风险和危害商贡献率分析推荐模型，分别见附录D公式(D.1)和公式(D.2)。

根据上述公式计算获得的百分比越大，表示特定暴露途径对于总风险的贡献率越高。

8.3.3 模型参数敏感性分析

8.3.3.1 敏感参数确定原则

选定需要进行敏感性分析的参数(P)一般应是对风险计算结果影响较大的参数，如人群相关参数(体重、暴露期、暴露频率等)、与暴露途径相关的参数(每日摄入土壤量、皮肤表面土壤粘附系数、每日吸入空气体积、室内空间体积与蒸气入渗面积比等)。

单一暴露途径风险贡献率超过20%时，应进行人群和与该途径相关参数的敏感性分析。

8.3.3.2 敏感性分析方法

模型参数的敏感性可用敏感性比值来表示，即模型参数值的变化(从P1变化到P2)与致癌风险或危害商(从X1变化到X2)发生变化的比值。计算敏感性比值的推荐模型见附录D公式(D.3)。

敏感性比值越大，表示该参数对风险的影响也越大。进行模型参数敏感性分析，应综合考虑参数的实际取值范围确定参数值的变化范围。

9 计算风险控制值的技术要求

9.1 可接受致癌风险和危害商

本标准计算基于致癌效应的土壤和地下水风险控制值时，采用的单一污染物可接受致癌风险为 10^{-6} ；计算基于非致癌效应的土壤和地下水风险控制值时，采用的单一污染物可接受危害商为1。

9.2 计算场地土壤和地下水风险控制值

9.2.1 基于致癌效应的土壤风险控制值

对于单一污染物，计算基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径致癌效应的土壤风险控制值的推荐模型，分别见

附录E公式 (E.1)、(E.2)、(E.3)、(E.4)、(E.5) 和 (E.6)。计算单一污染物基于上述6种土壤暴露途径致癌效应的土壤风险控制值的推荐模型, 见附录E公式 (E.7)。

9.2.2 基于非致癌效应的土壤风险控制值

对于单一污染物, 计算基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径非致癌效应的土壤风险控制值的推荐模型, 分别见附录E公式 (E.8)、(E.9)、(E.10)、(E.11)、(E.12) 和 (E.13)。计算单一污染物基于上述6种土壤暴露途径非致癌效应的土壤风险控制值的推荐模型, 见附录E公式 (E.14)。

9.2.3 保护地下水的土壤风险控制值

污染场地地下水作为饮用水源时, 应计算保护地下水的土壤风险控制值。对于单一污染物, 依据《地下水质量标准》(GB/T 14848) 计算保护地下水的土壤风险控制值的推荐模型见附录E公式 (E.15)。

9.2.4 基于致癌效应的地下水风险控制值

对于单一污染物, 计算基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水暴露途径致癌效应的地下水风险控制值的推荐模型, 分别见附录E公式 (E.16)、(E.17) 和 (E.18)。计算单一污染物基于上述3种地下水暴露途径致癌效应的地下水风险控制值的推荐模型见附录E公式 (E.19)。

9.2.5 基于非致癌效应的地下水风险控制值

对于单一污染物, 计算基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、饮用地下水暴露途径非致癌效应的地下水风险控制值的推荐模型, 分别见附录E公式 (E.20)、(E.21) 和 (E.22)。计算单一污染物基于上述3种地下水暴露途径非致癌效应的地下水风险控制值的推荐模型见附录E公式 (E.23)。

9.3 分析确定土壤和地下水风险控制值

9.3.1 比较上述计算得到的基于致癌效应和基于非致癌效应的土壤风险控制值, 以及基于致癌效应和基于非致癌风险的地下水风险控制值, 选择较小值作为污染场地的风险控制值。如场地及周边地下水作为饮用水源, 则应充分考虑到对地下水的保护, 提出保护地下水的土壤风险控制值。

9.3.2 按照 HJ 25.4 确定污染场地土壤和地下水修复目标值时, 应将基于风险评估模型计算出的土壤和地下水风险控制值作为主要参考值。

附录 A
(规范性附录)
暴露评估推荐模型

A.1 敏感用地暴露评估模型

A.1.1 经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用公式 (A.1) 计算：

$$OISER_{ca} = \frac{\left(\frac{OSIR_c \times ED_c \times EF_c}{BW_c} + \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a}{BW_a} \right) \times ABS_o}{AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.1)$$

公式 (A.1) 中：

$OISER_{ca}$ 一 经口摄入土壤暴露量（致癌效应）， $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；

$OSIR_c$ 一 儿童每日摄入土壤量， $mg \cdot d^{-1}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；

$OSIR_a$ 一 成人每日摄入土壤量， $mg \cdot d^{-1}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；

ED_c 一 儿童暴露期， a ；推荐值见附录 G 表 G.1；

ED_a 一 成人暴露期， a ；推荐值见附录 G 表 G.1；

EF_c 一 儿童暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；

EF_a 一 成人暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；

BW_c 一 儿童体重， kg ，推荐值见附录 G 表 G.1；

BW_a 一 成人体重， kg ，推荐值见附录 G 表 G.1；

ABS_o 一 经口摄入吸收效率因子，无量纲；推荐值见附录 G 表 G.1；

AT_{ca} 一 致癌效应平均时间， d ；推荐值见附录 G 表 G.1。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，经口摄入土壤途径的土壤暴露量采用公式 (A.2) 计算：

$$OISER_{nc} = \frac{OSIR_c \times ED_c \times EF_c \times ABS_o}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.2)$$

公式 (A.2) 中：

$OISER_{nc}$ 一 经口摄入土壤暴露量（非致癌效应）， $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；

AT_{nc} 一 非致癌效应平均时间， d ；推荐值见附录 G 表 G.1。

公式 (A.2) 中 $OSIR_c$ 、 ED_c 、 EF_c 、 ABS_o 和 BW_c 的参数含义见公式 (A.1)。

A.1.2 皮肤接触土壤途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，皮肤接触土壤途径土壤暴露量采用公式 (A.3) 计算：

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_c \times SSAR_c \times EF_c \times ED_c \times E_v \times ABS_d}{BW_c \times AT_{ca}} \times 10^{-6} + \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.3)$$

公式 (A.3) 中:

$DCSER_{ca}$ — 皮肤接触途径的土壤暴露量 (致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$;

SAE_c — 儿童暴露皮肤表面积, cm^2 ;

SAE_a — 成人暴露皮肤表面积, cm^2 ;

$SSAR_c$ — 儿童皮肤表面土壤粘附系数, $mg \cdot cm^{-2}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

$SSAR_a$ — 成人皮肤表面土壤粘附系数, $mg \cdot cm^{-2}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

ABS_d — 皮肤接触吸收效率因子, 无量纲; 取值见附录 B 表 B.1;

E_v — 每日皮肤接触事件频率, $次 \cdot d^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1。

公式 (A.3) 中 EF_c 、 ED_c 、 BW_c 、 AT_{ca} 、 EF_a 、 ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式 (A.1), SAE_c 和 SAE_a 的参数值分别采用公式 (A.4) 和公式 (A.5) 计算:

$$SAE_c = 239 \times H_c^{0.417} \times BW_c^{0.517} \times SER_c \quad \dots\dots (A.4)$$

$$SAE_a = 239 \times H_a^{0.417} \times BW_a^{0.517} \times SER_a \quad \dots\dots (A.5)$$

公式 (A.4) 和公式 (A.5) 中:

H_c — 儿童平均身高, cm , 推荐值见附录 G 表 G.1;

H_a — 成人平均身高, cm ; 推荐值见附录 G 表 G.1;

SER_c — 儿童暴露皮肤所占面积比, 无量纲, 推荐值见附录 G 表 G.1;

SER_a — 成人暴露皮肤所占面积比, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1。

公式 (A.4) 和公式 (A.5) 中 BW_c 和 BW_a 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在儿童期暴露受到的危害, 皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用公式 (A.6) 计算:

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_c \times SSAR_c \times EF_c \times ED_c \times E_v \times ABS_d}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.6)$$

公式 (A.6) 中:

$DCSER_{nc}$ — 皮肤接触的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ 。

公式 (A.6) 中 SAE_c 、 $SSAR_c$ 、 E_v 和 ABS_d 的参数含义见公式 (A.3), EF_c 、 ED_c 和 BW_c 的参数含义见公式 (A.1), AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2)。

A1.3 吸入土壤颗粒物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害, 吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式 (A.7) 计算:

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (f_{spo} \times EFO_c + f_{spi} \times EFl_c)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \\ + \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (f_{spo} \times EFO_a + f_{spi} \times EFl_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6}$$

(A.7)

公式 (A.7) 中:

$PISER_{ca}$ —吸入土壤颗粒物的土壤暴露量 (致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$;

PM_{10} —空气中可吸入颗粒物含量, $mg \cdot m^{-3}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

$DAIR_a$ —成人每日空气呼吸量, $m^3 \cdot d^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

$DAIR_c$ —儿童每日空气呼吸量, $m^3 \cdot d^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

$PIAF$ —吸入土壤颗粒物在体内滞留比例, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

$fspi$ —室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

$fspo$ —室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

EFI_a —成人的室内暴露频率, $d \cdot a^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

EFI_c —儿童的室内暴露频率, $d \cdot a^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

EFO_a —成人的室外暴露频率, $d \cdot a^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

EFO_c —儿童的室外暴露频率, $d \cdot a^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1。

公式 (A.7) 中 ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在儿童期暴露受到的危害, 吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式 (A.8) 计算:

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c + fspi \times EFI_c)}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots (A.8)$$

公式 (A.8) 中:

$PISER_{nc}$ —吸入土壤颗粒物的土壤暴露量 (非致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ 。

公式 (A.8) 中 PM_{10} 、 $DAIR_c$ 、 $fspo$ 、 $fspi$ 、 EFO_c 、 EFI_c 和 $PIAF$ 的参数含义见公式 (A.7), ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 的参数含义见公式 (A.1), AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2)。

A1.4 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害, 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.9) 计算:

$$IOVER_{ca1} = VF_{suroa} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \dots (A.9)$$

公式 (A.9) 中:

$IOVER_{ca1}$ —吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量 (致癌效应), $kg \text{ 土壤} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$;

VF_{suroa} —表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, $kg \cdot m^{-3}$; 根据附录 F 公式 (F.17) 计算。

公式 (A.9) 中, $DAIR_c$ 、 $DAIR_a$ 、 EFO_c 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7), ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在儿童期暴露受到的危害, 吸入室外空气中来

自表层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式（A.10）计算：

$$IOVER_{nc1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \quad (A.10)$$

公式（A.10）中：

$IOVER_{nc1}$ 一吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

公式(A.10)中, VF_{suroa} 的参数含义见公式(A.9), $DAIR_c$ 和 EFO_c 的参数含义见公式(A.7), AT_{nc} 的含义见公式（A.2）, ED_c 和 BW_c 的参数含义见公式（A.1）。

A1.5 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式（A.11）计算：

$$IOVER_{ca2} = VF_{suboa} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad \dots(A.11)$$

公式（A.11）中：

$IOVER_{ca2}$ 一吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ ；

VF_{suboa} 一下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子， $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；根据附录 F 公式（F.20）计算。

公式（A.11）中, $DAIR_c$ 、 $DAIR_a$ 、 EFO_c 和 EFO_a 的参数含义见公式（A.7）, ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.1）。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式（A.13）计算：

$$IOVER_{nc2} = VF_{suboa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \quad \dots\dots\dots (A.12)$$

公式（A.12）中：

$IOVER_{nc2}$ 一吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应）， $\text{kg 土壤} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。

公式(A.12)中 VF_{suboa} 的参数含义见公式(A.11), $DAIR_c$ 和 EFO_c 的参数含义见公式(A.7), AT_{nc} 的含义见公式（A.2）, ED_c 和 BW_c 的参数含义见公式（A.1）。

A1.6 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式（A.13）计算：

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \quad \dots (A.13)$$

公式（A.13）中：

$IOVER_{ca3}$ 一吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（致癌效应），L 地下水·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

VF_{gwoa} 一地下水中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，L·m⁻³；根据附录 F 公式 (F.21) 计算。

公式 (A.11) 中， $DAIR_c$ 、 $DAIR_a$ 、 EFO_c 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7)， ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式 (A.14) 计算：

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.14)$$

公式 (A.14) 中：

$IOVER_{nc3}$ 一吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（非致癌效应），L 地下水·kg⁻¹ 体重·d⁻¹。

公式 (A.14) 中， VF_{gwoa} 的参数含义分别见公式 (A.13)， $DAIR_c$ 和 EFO_c 的参数含义见公式 (A.7)， AT_{nc} 的含义见公式 (A.2)， ED_c 和 BW_c 的参数含义见公式 (A.1)。

A1.7 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式 (A.15) 计算：

$$IIVER_{ca1} = VF_{subia} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \dots\dots\dots (A.15)$$

公式 (A.15) 中：

$IIVER_{ca1}$ 一吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹；

VF_{subia} 一下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子，kg·m⁻³；根据附录 F 公式 (F.26) 计算。

公式 (A.15) 中， EFO_c 、 EFO_a 、 EFI_c 、 EFI_a 、 $DAIR_c$ 和 $DAIR_a$ 的参数含义见公式 (A.7)， ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径对应的土壤暴露量，采用公式 (A.16) 计算：

$$IIVER_{nc1} = VF_{subia} \times \frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.16)$$

公式 (A.16) 中：

$IIVER_{nc1}$ 一吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤·kg⁻¹ 体重·d⁻¹。

公式 (A.16) 中， VF_{subia} 的参数含义分别见公式 (A.15)， $DAIR_c$ 、 EFI_c 的参数含义见公式 (A.7)， AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2)， ED_c 和 BW_c 的参数含义见公式 (A.1)。

A1.8 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式（A.17）计算：

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \left(\frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \right) \dots\dots (A.17)$$

公式（A.17）中：

$IIVER_{ca2}$ —吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（致癌效应），L地下水·kg⁻¹体重·d⁻¹；

VF_{gwia} —地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子，L·m⁻³；根据附录 F 公式（F.29）计算。

公式（A.17）中， EFO_c 、 EFO_a 、 EFI_c 、 EFI_a 、 $DAIR_c$ 和 $DAIR_a$ 的参数含义见公式（A.7）， ED_c 、 BW_c 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.1）。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期暴露受到的危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径对应的地下水暴露量，采用公式（A.18）计算：

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.18)$$

公式（A.18）中：

$IIVER_{nc2}$ —吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量（非致癌效应），L地下水·kg⁻¹体重·d⁻¹。

公式（A.18）中， VF_{gwia} 的参数含义见公式（A.17）， $DAIR_c$ 、 EFI_c 的参数含义见公式（A.7）， AT_{nc} 的参数含义见公式（A.2）， ED_c 和 BW_c 的参数含义见公式（A.1）。

A1.9 饮用地下水途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，饮用地下水途径对应的地下水暴露量，采用公式（A.19）计算：

$$CGWER_{ca} = \frac{GWCR_c \times EF_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{GWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \dots\dots (A.19)$$

公式（A.19）中：

$CGWER_{ca}$ ： —饮用受影响地下水对应的地下水的暴露量（致癌效应），L地下水·kg⁻¹体重·d⁻¹；

$GWCR_c$ ： 儿童每日饮水量，L地下水·d⁻¹；推荐值见附录 G 表 G.1；

$GWCR_a$ ： 成人每日饮水量，L地下水·d⁻¹；推荐值见附录 G 表 G.1。

公式（A.19）中， EF_c 、 EF_a 、 ED_c 、 ED_a 、 BW_c 和 BW_a 、 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.1）， AT_{nc} 的参数含义见公式（A.2）。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在儿童期的暴露危害，饮用地下水途径对应的地下水暴露量，采用公式（A.20）计算：

$$CGWER_{nc} = \frac{GWCR_c \times EF_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.20)$$

公式（A.20）中：

CGWER_{nc}: 一饮用受影响地下水对应的地下水的暴露量(非致癌效应), L地下水·kg⁻¹体重·d⁻¹;

公式(A.20)中, GWCR_a的参数含义见公式(A.19), EF_c、ED_c和BW_c的参数含义见公式(A.1), AT_{nc}的参数含义见公式(A.2)。

A.2 非敏感用地暴露评估模型

A.2.1 经口摄入土壤途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式(A.21)计算:

$$OISER_{ca} = \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.21)$$

公式(A.21)中, OISER_{ca}、OSIR_a、ED_a、EF_a、ABS_o、BW_a和AT_{ca}的参数含义见公式(A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 经口摄入土壤途径对应的土壤暴露量采用公式(A.22)计算:

$$OISER_{nc} = \frac{OSIR_a \times ED_a \times EF_a \times ABS_o}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.22)$$

公式(A.22)中, OSIR_a、ED_a、EF_a、ABS_o和BW_a的参数含义见公式(A.1), OISER_{nc}和AT_{nc}的参数含义见公式(A.2)。

A.2.2 皮肤接触土壤途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害。皮肤接触土壤途径的土壤暴露量采用公式(A.23)计算:

$$DCSER_{ca} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.23)$$

公式(A.23)中, DCSE_{ca}、SAE_a、SSAR_a、E_v和ABS_d的参数含义见公式(A.3), BW_a、ED_a、EF_a和AT_{ca}的参数含义见公式(A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 皮肤接触土壤途径对应的土壤暴露量采用公式(A.24)计算:

$$DCSER_{nc} = \frac{SAE_a \times SSAR_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times ABS_d}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.24)$$

公式(A.24)中, DCSE_{nc}的参数含义见公式(A.6), SAE_a、SSAR_a、E_v和ABS_d的参数含义见公式(A.3), AT_{nc}的参数含义见公式(A.2), BW_a、ED_a和EF_a的参数含义见公式(A.1)。

A.2.3 吸入土壤颗粒物

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式(A.25)计算:

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspl \times EFl_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad (A.25)$$

公式 (A.25) 中, $PISER_{ca}$ 、 PM_{10} 、 $DAIR_a$ 、 $PIAF$ 、 $fspo$ 、 $fspi$ 、 EFO_a 和 EFI_a 的参数含义见公式 (A.7), BW_a 、 ED_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 吸入土壤颗粒物途径对应的土壤暴露量采用公式 (A.26) 计算:

$$PISER_{nc} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspi \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \quad (A.26)$$

公式 (A.26) 中, $PISER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.8), PM_{10} 、 $DAIR_a$ 、 $PIAF$ 、 $fspo$ 、 $fspi$ 、 EFO_a 和 EFI_a 的参数含义见公式 (A.7), AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2), BW_a 和 ED_a 的参数含义见公式 (A.1)。

A2.4 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.27) 计算:

$$IOVER_{ca1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad \dots\dots (A.27)$$

公式 (A.27) 中, $IOVER_{ca1}$ 和 VF_{suroa} 的参数含义见公式 (A.9), $DAIR_a$ 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7), BW_a 、 ED_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.28) 计算:

$$IOVER_{nc1} = VF_{suroa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad \dots\dots (A.28)$$

公式 (A.28) 中, $IOVER_{nc1}$ 的参数含义见公式 (A.10), VF_{suroa} 的参数含义分别见公式 (A.9), $DAIR_a$ 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7), AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2), BW_a 和 ED_a 的参数含义见公式 (A.1)。

A2.5 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应, 考虑人群在成人期暴露的终生危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.29) 计算:

$$IOVER_{ca2} = VF_{suboa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad \dots\dots (A.29)$$

公式 (A.28) 中, $IOVER_{ca2}$ 和 VF_{suboa} 的参数含义见公式 (A.10), $DAIR_a$ 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7), BW_a 、 ED_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应, 考虑人群在成人期的暴露危害, 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量, 采用公式 (A.30) 计算:

$$IOVER_{nc2} = VF_{suboa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad \dots\dots (A.30)$$

公式 (A.30) 中, $IOVER_{nc2}$ 的参数含义见公式 (A.12), VF_{suboa} 的参数含义见公式 (A.11), $DAIR_a$ 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7), AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2), BW_a 和 ED_a 的参数

含义见公式 (A.1)。

A2.6 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式 (A.31) 计算：

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad \dots\dots (A.31)$$

公式 (A.31) 中， $IOVER_{ca3}$ 和 VF_{gwoa} 的参数含义见公式 (A.13)， $DAIR_a$ 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7)， BW_a 、 ED_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，吸入室外空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式 (A.32) 计算：

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad \dots\dots (A.32)$$

公式 (A.32) 中， $IOVER_{nc3}$ 的参数含义见公式 (A.14)， VF_{gwoa} 的参数含义见公式 (A.13)， $DAIR_a$ 和 EFO_a 的参数含义见公式 (A.7)， AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2)， BW_a 和 ED_a 的参数含义见公式 (A.1)。

A2.7 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量，采用公式 (A.33) 计算：

$$IIVER_{ca1} = VF_{subia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad \dots\dots (A.33)$$

公式 (A.33) 中， $IIVER_{ca1}$ 和 VF_{subia} 的参数含义分别见公式 (A.15)， $DAIR_a$ 和 EFI_a 的参数含义见公式 (A.7)， ED_a 、 BW_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物对应的土壤暴露量，采用公式 (A.34) 计算：

$$IIVER_{nc1} = VF_{subia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad \dots\dots (A.34)$$

公式(A.34)中， $IIVER_{nc1}$ 的参数含义分别见公式(A.16)， VF_{subia} 的参数含义见公式(A.15)， $DAIR_a$ 和 EFI_a 的参数含义见公式 (A.7)， AT_{nc} 的参数含义见公式 (A.2)， BW_a 和 ED_a 的参数含义见公式 (A.1)。

A2.8 吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式 (A.35) 计算：

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad \dots\dots (A.35)$$

公式 (A.35) 中， $IIVER_{ca2}$ 和 VF_{gwia} 的参数含义见公式 (A.17)， $DAIR_a$ 和 EFI_a 的参数含义见公式 (A.7)， ED_a 、 BW_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式 (A.1)。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，吸入室内空气中来自地下水的气态污染物对应的地下水暴露量，采用公式（A.36）计算：

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad \dots\dots (A.36)$$

公式(A.36)中， $IIVER_{nc2}$ 的参数含义分别见公式(A.18)， VF_{gwia} 的参数含义见公式(A.17)， $DAIR_a$ 和 EFI_a 的参数含义见公式（A.7）， AT_{nc} 的参数含义见公式（A.2）， BW_a 和 ED_a 的参数含义见公式（A.1）。

A2.9 饮用地下水途径

对于单一污染物的致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，饮用地下水途径对应的地下水暴露量，采用公式（A.37）计算：

$$CGWER_{ca} = \frac{GWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad \dots\dots (A.37)$$

公式（A.37）中， $CGWER_{ca}$ 、 $GWCR_a$ 的参数含义见公式（A.19）， EF_a 、 ED_a 、 BW_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.1）。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期的暴露危害，饮用地下水途径对应的地下水暴露量，采用公式（A.38）计算：

$$CGWER_{nc} = \frac{GWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad \dots\dots (A.38)$$

公式(A.38)中， $CGWER_{nc}$ 的参数含义见公式(A.20)， $GWCR_a$ 的参数含义见公式(A.19)， AT_{nc} 的参数含义见公式（A.2）， EF_a 、 ED_a 和 BW_a 的参数含义见公式（A.1）。

附录 B
(规范性附录)
污染物性质参数推荐值及外推模型

表 B.1 部分污染物的毒性参数

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF ₀ (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfD ₀ mg/kg-d	数据来源	RfC mg/m ³	数据来源	ABS _g 无量纲	数据来源	ABS _d 无量纲	数据来源
一、金属及无机物															
1	锑	Antimony	7440-36-0					4.00E-04	I			0.15	R369		
2	砷(无机)	Arsenic, inorganic	7440-38-2	1.50E+00	I	4.30E+00	I	3.00E-04	I	1.50E-05	R369	1	R369	0.03	R369
3	铍	Beryllium	7440-41-7			2.40E+00	I	2.00E-03	I	2.00E-05		0.007	R369		
4	镉	Cadmium	7440-43-9			1.80E+00	I	1.00E-03	I	1.00E-05	R369	0.025	R369	0.001	R369
5	铬(三价)	Chromium, III	16065-83-1					1.50E+00	I			0.013	R369		
6	铬(六价)	Chromium, VI	18540-29-9	5.00E-01	R369	8.40E+01	R369	3.00E-03	I	1.00E-04	I	0.025	R369		
7	钴	Cobalt	7440-48-4			9.00E+00	P	3.00E-04	P	6.00E-06	P	1	R369		
8	铜	Copper	7440-50-8					4.00E-02	R369			1	R369		
9	汞(无机)	Mercury, inorganic	7487-94-7					3.00E-04	I	3.00E-04	R369	0.07	R369		
10	甲基汞	Methyl Mercury	22967-92-6					1.00E-04	I			1.00E+00	R369		
11	镍	Nickel	7440-02-0			2.60E-01	R369	2.00E-02	I	9.00E-05	R369	0.04	R369		
12	锡	Tin	7440-31-5					6.00E-01	R369			1	R369		
13	钒	Vanadium	1314-62-1			8.30E+00	P	9.00E-03	I	7.00E-06	P	0.026	R369		
14	锌	Zinc	7440-66-6					3.00E-01	I			1	R369		
15	氰化物	Cyanide	57-12-5					6.00E-04	I	8.00E-04	R369	1	R369		
16	氟化物	Fluoride	16984-48-8					4.00E-02	R369	1.30E-02	R369	1	R369		
二、挥发性有机物															
17	丙酮	Acetone	67-64-1					9.00E-01	I	3.10E+01	R369	1	R369		
18	苯	Benzene	71-43-2	5.50E-02	I	7.80E-03	I	4.00E-03	I	3.00E-02	I	1	R369		

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF _o (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfD _o mg/kg-d	数据来源	RfC mg/m ³	数据来源	ABS _{gi} 无量纲	数据来源	ABS _d 无量纲	数据来源
19	甲苯	Toluene	108-88-3					8.00E-02	I	5.00E+00	I	1	R369		
20	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	1.10E-02	R369	2.50E-03	R369	1.00E-01	I	1.00E+00	I	1	R369		
21	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3					2.00E-01	R369	1.00E-01	R369	1	R369		
22	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3					2.00E-01	R369	1.00E-01	R369	1	R369		
23	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6					2.00E-01	R369	1.00E-01	R369	1	R369		
24	二甲苯	Xylenes	1330-20-7					2.00E-01	I	1.00E-01	I	1	R369		
25	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	6.20E-02	I	3.70E-02	R369	2.00E-02	I			1	R369		
26	1,2-二溴甲烷	Dibromoethane, 1,2-	106-93-4	2.00E+00	I	6.00E-01	I	9.00E-03	I	9.00E-03	I	1	R369		
27	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	7.00E-02	I	6.00E-03	I	4.00E-03	I	1.00E-01	I	1	R369		
28	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7					2.00E-02	I	5.00E-02	P	1	R369		
29	氯仿 (三氯甲烷)	Chloroform	67-66-3	3.10E-02	R369	2.30E-02	I	1.00E-02	I	9.80E-02	R369	1	R369		
30	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3							9.00E-02	I	1	R369		
31	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	8.40E-02	I	2.70E-02	R369	2.00E-02	I			1	R369	0.1	R369
32	1,4-二氯苯	Dichlorobenzen, 1,4-	106-46-7	5.40E-03	R369	1.10E-02	R369	7.00E-02	R369	8.00E-01	I	1	R369		
33	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	5.70E-03	R369	1.60E-03	R369	2.00E-01	P			1	R369		
34	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	9.10E-02	I	2.60E-02	I	6.00E-03	R369	7.00E-03	P	1	R369		
35	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4					5.00E-02	I	2.00E-01	I	1	R369		
36	1,2-顺式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2					2.00E-03	I			1	R369		
37	1,2-反式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-trans-	156-60-5					2.00E-02	I	6.00E-02	P	1	R369		
38	二氯甲烷	Methylene Chloride	75-09-2	2.00E-03	I	1.00E-05	I	6.00E-03	I	6.00E-01	I	1	R369		
39	1,2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1,2-	78-87-5	3.60E-02	R369	1.00E-02	R369	9.00E-02	R369	4.00E-03	I	1	R369		
40	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3			4.00E-02	I	2.00E-03	I	9.00E-03	I	1	R369		
41	苯乙烯	Styrene	100-42-5					2.00E-01	I	1.00E+00	I	1	R369		
42	1,1,1,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	630-20-6	2.60E-02	I	7.40E-03	I	3.00E-02	I			1	R369		

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF _o (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfD _o mg/kg-d	数据来源	RfC mg/m ³	数据来源	ABS _{gi} 无量纲	数据来源	ABS _d 无量纲	数据来源
43	1,1,2,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	79-34-5	2.00E-01	I	5.80E-02	R369	2.00E-02	I			1	R369		
44	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	2.10E-03	I	2.60E-04	I	6.00E-03	I	4.00E-02	I	1	R369		
45	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	4.60E-02	I	4.10E-03	I	5.00E-04	I	2.00E-03	I	1	R369		
46	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4	7.20E-01	I	4.40E-03	I	3.00E-03	I	1.00E-01	I	1	R369		
47	1,1,2-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,1,2-	598-77-6					5.00E-03	I			1	R369		
48	1,2,3-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,2,3-	96-18-4	3.00E+01	I			4.00E-03	I	3.00E-04	I	1	R369		
49	1,1,1-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6					2.00E+00	I	5.00E+00	I	1	R369		
50	1,1,2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	5.70E-02	I	1.60E-02	I	4.00E-03	I	2.00E-04	R369	1	R369		
三、半挥发性有机物															
51	芘	Acenaphthene	83-32-9					6.00E-02	I			1	R369	0.13	R369
52	蒽	Anthracene	120-12-7					3.00E-01	I			1	R369	0.13	R369
53	苯并(a)蒽	Benzo(a)anthracene	56-55-3	7.30E-01	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
54	苯并(a)芘	Benzo(a)pyrene	50-32-8	7.30E+00	I	1.10E+00	R369					1	R369	0.13	R369
55	苯并(b)荧蒽	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2	7.30E-01	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
56	苯并(k)荧蒽	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9	7.30E-02	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
57	屈	Chrysene	218-01-9	7.30E-03	R369	1.10E-02	R369					1	R369	0.13	R369
58	二苯并(a, h)蒽	Dibenzo(a, h)anthracene	53-70-3	7.30E+00	R369	1.20E+00	R369					1	R369	0.13	R369
59	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0					4.00E-02	I			1	R369	0.13	R369
60	芴	Fluorene	86-73-7					4.00E-02	I			1	R369	0.13	R369
61	茚并(1,2,3-cd)芘	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	193-39-5	7.30E-01	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
62	萘	Naphthalene	91-20-3			3.40E-02	R369	2.00E-02	I	3.00E-03	I	1	R369	0.13	R369
63	芘	Pyrene	129-00-0					3.00E-02	I			1	R369	0.13	R369
64	艾氏剂	Aldrin	309-00-2	1.70E+01	I	4.90E+00	I	3.00E-05	I			1	R369	0.1	R369
65	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1	1.60E+01	I	4.60E+00	I	5.00E-05	I			1	R369	0.1	R369
66	异狄氏剂	Endrin	72-20-8					3.00E-04	I			1	R369	0.1	R369

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF _o (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfD _o mg/kg-d	数据来源	RfC mg/m ³	数据来源	ABS _{gi} 无量纲	数据来源	ABS _d 无量纲	数据来源
67	氯丹	Chlordane	12789-03-6	3.50E-01	I	1.00E-01	I	5.00E-04	I	7.00E-04	I	1	R369	0.04	R369
68	滴滴滴	DDD	72-54-8	2.40E-01	I	6.90E-02	R369					1	R369	0.1	R369
69	滴滴伊	DDE	72-55-9	3.40E-01	I	9.70E-02	R369					1	R369	0.1	R369
70	滴滴涕	DDT	50-29-3	3.40E-01	I	9.70E-02	I	5.00E-04	I			1	R369	0.03	R369
71	七氯	Heptachlor	76-44-8	4.50E+00	I	1.30E+00	I	5.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
72	α-六六六	Hexachloro cyclohexane, α- (α-HCH)	319-84-6	6.30E+00	I	1.80E+00	I	8.00E-03	R369			1	R369	0.1	R369
73	β-六六六	Hexachloro cyclohexane, β- (β-HCH)	319-85-7	1.80E+00	I	5.30E-01	I					1	R369	0.1	R369
74	γ-六六六	Hexachloro cyclohexane, γ- (γ-HCH, Lindane)	58-89-9	1.10E+00	R369	3.10E-01	R369	3.00E-04	I			1	R369	0.04	R369
75	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	1.60E+00	I	4.60E-01	I	8.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
76	灭蚁灵	Mirex	2385-85-5	1.80E+01	R369	5.10E+00	R369	2.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
77	毒杀芬	Toxaphene	8001-35-2	1.10E+00	I	3.20E-01	I					1	R369	0.1	R369
78	多氯联苯 189	Heptachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB 189)	39635-31-9	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
79	多氯联苯 167	Hexachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5,5'- (PCB 167)	52663-72-6	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
80	多氯联苯 157	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 157)	69782-90-7	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
81	多氯联苯 156	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5- (PCB 156)	38380-08-4	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
82	多氯联苯 169	Hexachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5,5'- (PCB 169)	32774-16-6	3.90E+03	R369	1.10E+03	R369	2.30E-08	R369	1.30E-06	R369	1	R369	0.14	R369
83	多氯联苯 123	Pentachlorobiphenyl, 2',3,4,4',5- (PCB 123)	65510-44-3	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
84	多氯联苯 118	Pentachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5- (PCB 118)	31508-00-6	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
85	多氯联苯 105	Pentachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4'- (PCB 105)	32598-14-4	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF _o (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfD _o mg/kg-d	数据来源	RfC mg/m ³	数据来源	ABS _{gi} 无量纲	数据来源	ABS _d 无量纲	数据来源
86	多氯联苯 114	Pentachlorobiphenyl, 2,3,4,4',5- (PCB 114)	74472-37-0	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
87	多氯联苯 126	Pentachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5- (PCB 126)	57465-28-8	1.30E+04	R369	3.80E+03	R369	7.00E-09	R369	4.00E-07	R369	1	R369	0.14	R369
88	多氯联苯 (高风险)	Polychlorinated Biphenyls (high risk)	1336-36-3	2.00E+00	I	5.70E-01	I					1	R369	0.14	R369
89	多氯联苯 (低风险)	Polychlorinated Biphenyls (low risk)	1336-36-3	4.00E-01	I	1.00E-01	I					1	R369	0.14	R369
90	多氯联苯 (最低风险)	Polychlorinated Biphenyls (lowest risk)	1336-36-3	7.00E-02	I	2.00E-02	I					1	R369	0.14	R369
91	多氯联苯 77	Tetrachlorobiphenyl, 3,3',4,4'- (PCB 77)	32598-13-3	1.30E+01	R369	3.80E+00	R369	7.00E-06	R369	4.00E-04	R369	1	R369	0.14	R369
92	多氯联苯 81	Tetrachlorobiphenyl, 3,4,4',5- (PCB 81)	70362-50-4	3.90E+01	R369	1.10E+01	R369	2.30E-06	R369	1.30E-04	R369	1	R369	0.14	R369
93	二恶英 (总量)	Hexachlorodibenzo-p-dioxin, Mixture		6.20E+03	I	1.30E+03	I					1	R369	0.03	R369
94	二恶英 (TCDD2378)	Tetrachlorodibenzo-p-dioxin, 2,3,7,8-	1746-01-6	1.30E+05	R369	3.80E+04	R369	7.00E-10	I	4.00E-08	R369	1	R369	0.03	R369
95	多溴联苯	Polybrominated Biphenyls	59536-65-1	3.00E+01	R369	8.60E+00	R369	7.00E-06	R369			1	R369	0.1	R369
96	苯胺	Aniline	62-53-3	5.70E-03	I	1.60E-03	R369	7.00E-03	P	1.00E-03	I	1	R369	0.1	R369
97	溴仿	Bromoform	75-25-2	7.90E-03	I	1.10E-03	I	2.00E-02	I			1	R369	0.1	R369
98	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8					5.00E-03	I			1	R369		R369
99	4-甲酚 (对-)	Cresol, 4-, p-	106-44-5					1.00E-01	R369	6.00E-01	R369	1	R369	0.1	R369
100	3,3-二氯联苯胺	Dichlorobenzidine, 3,3-	91-94-1	4.50E-01	I	3.40E-01	R369					1	R369	0.1	R369
101	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2					3.00E-03	I			1	R369	0.1	R369
102	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5					2.00E-03	I			1	R369	0.1	R369
103	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	3.10E-01	R369	8.90E-02	R369	2.00E-03	I			1	R369	0.102	R369
104	六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4					6.00E-03	I	2.00E-04	I	1	R369	0.1	R369
105	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	4.00E-01	I	5.10E-03	R369	5.00E-03	I			1	R369	0.25	R369
106	苯酚	Phenol	108-95-2					3.00E-01	I	2.00E-01	R369	1	R369	0.1	R369

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF _o (mg/kg-d) ⁻¹	数据来源	IUR (mg/m ³) ⁻¹	数据来源	RfD _o mg/kg-d	数据来源	RfC mg/m ³	数据来源	ABS _{gi} 无量纲	数据来源	ABS _d 无量纲	数据来源
107	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4					1.00E-01	I			1	R369	0.1	R369
108	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	88-06-2	1.10E-02	I	3.10E-03	I	1.00E-03	P			1	R369	0.1	R369
109	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	2.30E-01	R369			3.50E-02	I			1	R369	0.1	R369
110	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.90E-01	I	8.30E-02	R369	5.00E-04	I	5.00E-04	I	1	R369	0.1	R369
111	乐果	Dimethoate	60-51-5					2.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
112	硫丹	Endosulfan	115-29-7					6.00E-03	I			1	R369	0.1	R369
113	草甘膦	Glyphosate	1071-83-6					1.00E-01	I			1	R369	0.1	R369
114	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	Bis(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP	117-81-7	1.40E-02	I	2.40E-03	R369	2.00E-02	I			1	R369	0.1	R369
115	邻苯二甲酸苄丁酯	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	1.90E-03	P			2.00E-01	I			1	R369	0.1	R369
116	邻苯二甲酸二乙酯	Diethyl phthalate, DEP	84-66-2					8.00E-01	I			1	R369	0.1	R369
117	邻苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate, DBP	84-74-2					1.00E-01	I			1	R369	0.1	R369
118	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octyl phthalate, DNOP	117-84-0					1.00E-02	P			1	R369	0.1	R369

备注：

(1) SF_o: 经口摄入致癌斜率因子；IUR: 呼吸吸入单位致癌风险；RfD_o: 经口摄入参考剂量；RfC: 呼吸吸入参考浓度；ABS_{gi}: 消化道吸收因子；ABS_d: 皮肤吸收效率因子。

(2) “I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统 (USEPA Integrated Risk Information System)”；“P”代表数据来自美国环保局“临时性同行审定毒性数据 (The Provisional Peer Reviewed Toxicity Values)”；“R369”代表数据来自美国环保局第 3、6、9 区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物毒性数据 (2013 年 5 月发布)。

B.1 呼吸吸入致癌斜率因子和参考剂量外推模型公式

呼吸吸入致癌斜率因子 (SF_i) 和呼吸吸入参考剂量 (RfD_i), 分别采用公式 (B.1) 和公式 (B.2) 计算:

$$SF_i = \frac{IUR \times BW_a}{DAIR_a} \quad \dots\dots (B.1)$$

$$RfD_i = \frac{RfC \times DAIR_a}{BW_a} \quad \dots\dots (B.2)$$

公式 (B.1) 和公式 (B.2) 中:

SF_i —呼吸吸入致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$)⁻¹;

RfD_i —呼吸吸入参考剂量, $\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

IUR —呼吸吸入单位致癌因子, $\text{m}^3 \cdot \text{mg}^{-1}$;

RfC —呼吸吸入参考浓度, $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。

公式 (B.1) 和公式 (B.2) 中, $DAIR_a$ 的参数含义见公式 (A.7), BW_a 的参数含义见公式 (A.1)。

B.2 皮肤接触致癌斜率因子和参考剂量外推模型公式

皮肤接触致癌斜率系数和参考剂量分别采用公式 (B.3) 和公式 (B.4) 计算:

$$SF_d = \frac{SF_o}{ABS_{gi}} \quad \dots\dots (B.3)$$

$$RfD_d = RfD_o \times ABS_{gi} \quad \dots\dots (B.4)$$

公式 (B.3) 和公式 (B.4) 中:

SF_d —皮肤接触致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$)⁻¹;

SF_o —经口摄入致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{ 体重} \cdot \text{d}^{-1}$)⁻¹;

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

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

ABS_{gi} —消化道吸收效率因子, 无量纲。

表 B.2 部分污染物的理化性质参数

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
一、金属及无机物													
1	锑	Antimony	7440-36-0										
2	砷（无机）	Arsenic, inorganic	7440-38-2										
3	铍	Beryllium	7440-41-7										
4	镉	Cadmium	7440-43-9										
5	铬（三价）	Chromium, III	16065-83-1										
6	铬（六价）	Chromium, VI	18540-29-9									1.69E+06	R369
7	钴	Cobalt	7440-48-4										
8	铜	Copper	7440-50-8										
9	汞（无机）	Mercury, inorganic	7487-94-7										
10	甲基汞	Methyl Mercury	22967-92-6										
11	镍	Nickel	7440-02-0										
12	锡	Tin	7440-31-5										
13	钒	Vanadium	1314-62-1									7.00E+02	R369
14	锌	Zinc	7440-66-6										
15	氰化物	Cyanide	1957-12-5	5.44E-03	EPI	2.11E-01	WATER9	2.46E-05	WATER9			1.00E+06	EPI
16	氟化物	Fluride	7782-41-4									1.69E+00	EPI
二、挥发性有机物													
17	丙酮	Acetone	67-64-1	1.43E-03	EPI	1.06E-01	WATER9	1.15E-05	WATER9	2.36E+00	EPI	1.00E+06	EPI
18	苯	Benzene	71-43-2	2.27E-01	EPI	8.95E-02	WATER9	1.03E-05	WATER9	1.46E+02	EPI	1.79E+03	EPI
19	甲苯	Toluene	108-88-3	2.71E-01	EPI	7.78E-02	WATER9	9.20E-06	WATER9	2.34E+02	EPI	5.26E+02	EPI
20	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	3.22E-01	EPI	6.85E-02	WATER9	8.46E-06	WATER9	4.46E+02	EPI	1.69E+02	EPI
21	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3	2.82E-01	EPI	6.82E-02	WATER9	8.42E-06	WATER9	3.75E+02	EPI	1.62E+02	EPI
22	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3	2.94E-01	EPI	6.84E-02	WATER9	8.44E-06	WATER9	3.75E+02	EPI	1.61E+02	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
23	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6	2.12E-01	EPI	6.89E-02	WATER9	8.53E-06	WATER9	3.83E+02	EPI	1.78E+02	EPI
24	二甲苯	Xylenes	1330-20-7	2.12E-01	EPI	8.47E-02	WATER9	9.90E-06	WATER9	3.83E+02	EPI	1.06E+02	EPI
25	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	8.67E-02	EPI	5.63E-02	WATER9	1.07E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	3.03E+03	EPI
26	1,2-二溴甲烷	Dibromoethane, 1,2-	106-93-4	2.66E-02	EPI	4.30E-02	WATER9	1.04E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	3.91E+03	EPI
27	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	1.13E+00	EPI	5.71E-02	WATER9	9.78E-06	WATER9	4.39E+01	EPI	7.93E+02	EPI
28	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7	1.27E-01	EPI	7.21E-02	WATER9	9.48E-06	WATER9	2.34E+02	EPI	4.98E+02	EPI
29	氯仿 (三氯甲烷)	Chloroform	67-66-3	1.50E-01	EPI	7.69E-02	WATER9	1.09E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	7.95E+03	EPI
30	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3	3.61E-01	EPI	1.24E-01	WATER9	1.36E-05	WATER9	1.32E+01	EPI	5.32E+03	EPI
31	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	3.20E-02	EPI	3.66E-02	WATER9	1.06E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	2.70E+03	EPI
32	1,4-二氯苯	Dichlorobenzen, 1,4-	106-46-7	9.85E-02	EPI	5.50E-02	WATER9	8.68E-06	WATER9	3.75E+02	EPI	8.13E+01	EPI
33	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	2.30E-01	EPI	8.36E-02	WATER9	1.06E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	5.04E+03	EPI
34	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	4.82E-02	EPI	8.57E-02	WATER9	1.10E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	8.60E+03	EPI
35	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4	1.07E+00	EPI	8.63E-02	WATER9	1.10E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	2.42E+03	EPI
36	1,2-顺式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2	1.67E-01	EPI	8.84E-02	WATER9	1.13E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	6.41E+03	EPI
37	1,2-反式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-trans-	156-60-5	1.67E-01	EPI	8.76E-02	WATER9	1.12E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	4.52E+03	EPI
38	二氯甲烷	Dichloromethane	1975-9-2	1.33E-01	EPI	9.99E-02	WATER9	1.25E-05	WATER9	2.17E+01	EPI	1.30E+04	EPI
39	1,2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1,2-	78-87-5	1.15E-01	EPI	7.33E-02	WATER9	9.73E-06	WATER9	6.07E+01	EPI	2.80E+03	EPI
40	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3	9.81E-04	EPI	6.81E-02	WATER9	9.45E-06	WATER9	2.26E+02	EPI	2.09E+03	EPI
41	苯乙烯	Styrene	100-42-5	1.12E-01	EPI	7.11E-02	WATER9	8.78E-06	WATER9	4.46E+02	EPI	3.10E+02	EPI
42	四氯乙烷, 1,1,1,2-	Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	630-20-6	1.02E-01	EPI	4.82E-02	WATER9	9.10E-06	WATER9	8.60E+01	EPI	1.07E+03	EPI
43	四氯乙烷, 1,1,2,2-	Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	79-34-5	1.50E-02	EPI	4.89E-02	WATER9	9.29E-06	WATER9	9.49E+01	EPI	2.83E+03	EPI
44	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	7.24E-01	EPI	5.05E-02	WATER9	9.46E-06	WATER9	9.49E+01	EPI	2.06E+02	EPI
45	三氯乙烯	Trichloroethylene	1979-1-6	4.03E-01	EPI	6.87E-02	WATER9	1.02E-05	WATER9	6.07E+01	EPI	1.28E+03	EPI
46	氯乙烯	Vinyl chloride	1975-1-4	1.14E+00	EPI	1.07E-01	WATER9	1.20E-05	WATER9	2.17E+01	EPI	8.80E+03	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
47	三氯丙烷, 1,1,2-	Trichloropropane, 1,1,2-	598-77-6	1.30E-02	EPI	5.72E-02	WATER9	9.17E-06	WATER9	9.49E+01	EPI	1.90E+03	EPI
48	三氯丙烷, 1,2,3-	Trichloropropane, 1,2,3-	96-18-4	1.40E-02	EPI	5.75E-02	WATER9	9.24E-06	WATER9	1.16E+02	EPI	1.75E+03	EPI
49	三氯乙烷, 1,1,1-	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6	7.03E-01	EPI	6.48E-02	WATER9	9.60E-06	WATER9	4.39E+01	EPI	1.29E+03	EPI
50	三氯乙烷, 1,1,2-	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	3.37E-02	EPI	6.69E-02	WATER9	1.00E-05	WATER9	6.07E+01	EPI	4.59E+03	EPI
三、半挥发性有机物													
51	芘	Acenaphthene	83-32-9	7.52E-03	EPI	5.06E-02	WATER9	8.33E-06	WATER9	5.03E+03	EPI	3.90E+00	EPI
52	蒽	Anthracene	120-12-7	2.27E-03	EPI	3.90E-02	WATER9	7.85E-06	WATER9	1.64E+04	EPI	4.34E-02	EPI
53	苯并(a)蒽	Benzo(a)anthracene	56-55-3	4.91E-04	EPI	5.09E-02	WATER9	5.94E-06	WATER9	1.77E+05	EPI	9.40E-03	EPI
54	苯并(a)芘	Benzo(a)pyrene	50-32-8	1.87E-05	EPI	4.76E-02	WATER9	5.56E-06	WATER9	5.87E+05	EPI	1.62E-03	EPI
55	苯并(b)荧蒽	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2	2.69E-05	EPI	4.76E-02	WATER9	5.56E-06	WATER9	5.99E+05	EPI	1.50E-03	EPI
56	苯并(k)荧蒽	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9	2.39E-05	EPI	4.76E-02	WATER9	5.56E-06	WATER9	5.87E+05	EPI	8.00E-04	EPI
57	屈	Chrysene	218-01-9	2.14E-04	EPI	2.61E-02	WATER9	6.75E-06	WATER9	1.81E+05	EPI	2.00E-03	EPI
58	二苯并(a, h)蒽	Dibenzo(a, h)anthracene	53-70-3	5.76E-06	EPI	4.46E-02	WATER9	5.21E-06	WATER9	1.91E+06	EPI	2.49E-03	EPI
59	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0	3.62E-04	EPI	2.76E-02	WATER9	7.18E-06	WATER9	5.55E+04	EPI	2.60E-01	EPI
60	芴	Fluorene	86-73-7	3.93E-03	EPI	4.40E-02	WATER9	7.89E-06	WATER9	9.16E+03	EPI	1.69E+00	EPI
61	茚并(1,2,3-cd)芘	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	193-39-5	6.56E-05	R369	4.48E-02	WATER9	5.23E-06	WATER9	3.47E+06	R369	2.20E-05	R369
62	萘	Naphthalene	91-20-3	1.80E-02	EPI	6.05E-02	WATER9	8.38E-06	WATER9	1.54E+03	EPI	3.10E+01	EPI
63	芘	Pyrene	129-00-0	4.87E-04	EPI	2.78E-02	WATER9	7.25E-06	WATER9	5.43E+04	EPI	1.35E-01	EPI
64	艾氏剂	Aldrin	309-00-2	1.80E-03	EPI	3.72E-02	WATER9	4.35E-06	WATER9	8.20E+04	EPI	1.70E-02	EPI
65	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1	4.09E-04	EPI	2.33E-02	WATER9	6.01E-06	WATER9	2.01E+04	EPI	1.95E-01	EPI
66	异狄氏剂	Endrin	72-20-8	4.09E-04	EPI	3.62E-02	WATER9	4.22E-06	WATER9	2.01E+04	EPI	2.50E-01	EPI
67	氯丹	Chlorodane	57-74-9	1.99E-03	EPI	3.44E-02	WATER9	4.02E-06	WATER9	3.38E+04	EPI	5.60E-02	EPI
68	滴滴滴	DDD	72-54-8	2.70E-04	EPI	4.06E-02	WATER9	4.74E-06	WATER9	1.18E+05	EPI	9.00E-02	EPI
69	滴滴伊	DDE	72-55-9	1.70E-03	EPI	4.08E-02	WATER9	4.76E-06	WATER9	1.18E+05	EPI	4.00E-02	EPI
70	滴滴涕	DDT	50-29-3	3.40E-04	EPI	3.79E-02	WATER9	4.43E-06	WATER9	1.69E+05	EPI	5.50E-03	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
71	七氯	Heptachlor	76-44-8	1.20E-02	EPI	2.23E-02	WATER9	5.70E-06	WATER9	4.13E+04	EPI	1.80E-01	EPI
72	α-六六六	Hexachloro cyclohexane, α- (α-HCH)	319-84-6	2.10E-04	EPI	4.33E-02	WATER9	5.06E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	2.00E+00	EPI
73	β-六六六	Hexachloro cyclohexane, β- (β-HCH)	319-85-7	2.10E-04	EPI	2.77E-02	WATER9	7.40E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	2.40E-01	EPI
74	γ-六六六	Hexachloro cyclohexane, γ- (γ-HCH, Lindane)	58-89-9	2.10E-04	EPI	4.33E-02	WATER9	5.06E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	7.30E+00	EPI
75	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	6.95E-02	EPI	2.90E-02	WATER9	7.85E-06	WATER9	6.20E+03	EPI	6.20E-03	EPI
76	灭蚁灵	Mirex	2385-85-5	3.32E-02	EPI	2.85E-02	WATER9	3.33E-06	WATER9	3.57E+05	EPI	8.50E-02	EPI
77	毒杀芬	Toxphene	8001-35-2	2.45E-04	EPI	3.42E-02	WATER9	4.00E-06	WATER9	7.72E+04	EPI	7.40E-01	R369
78	多氯联苯 189	Heptachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB 189)	39635-31-9	5.64E-03	EPI	3.53E-02	WATER9	4.12E-06	WATER9	3.50E+05	EPI	7.53E-04	EPI
79	多氯联苯 167	Hexachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5,5'- (PCB 167)	52663-72-6	6.62E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.09E+05	EPI	2.23E-03	EPI
80	多氯联苯 157	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 157)	69782-90-7	6.62E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.14E+05	EPI	1.65E-03	EPI
81	多氯联苯 156	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5- (PCB 156)	38380-08-4	5.85E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.14E+05	EPI	5.33E-03	EPI
82	多氯联苯 169	Hexachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5,5'- (PCB 169)	32774-16-6	6.62E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.09E+05	EPI	5.10E-04	EPI
83	多氯联苯 123	Pentachlorobiphenyl, 2',3,4,4',5- (PCB 123)	65510-44-3	7.77E-03	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.31E+05	EPI	1.60E-02	EPI
84	多氯联苯 118	Pentachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5- (PCB 118)	31508-00-6	1.18E-02	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.28E+05	EPI	1.34E-02	EPI
85	多氯联苯 105	Pentachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4'- (PCB 105)	32598-14-4	1.16E-02	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.31E+05	EPI	3.40E-03	EPI
86	多氯联苯 114	Pentachlorobiphenyl, 2,3,4,4',5- (PCB 114)	74472-37-0	7.77E-03	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.31E+05	EPI	1.60E-02	EPI
87	多氯联苯 126	Pentachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5- (PCB 126)	57465-28-8	7.77E-03	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.28E+05	EPI	7.33E-03	EPI
88	多氯联苯 (高风险)	Polychlorinated Biphenyls (high risk)	1336-36-3	7.77E-03	EPI	4.32E-02	WATER9	5.04E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	7.00E-01	R369
89	多氯联苯 (低风险)	Polychlorinated Biphenyls (low risk)	1336-36-3	7.77E-03	EPI	4.32E-02	WATER9	5.04E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	7.00E-01	R369
90	多氯联苯 (最低风险)	Polychlorinated Biphenyls (lowest risk)	1336-36-3	7.77E-03	EPI	4.32E-02	WATER9	5.04E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	7.00E-01	R369

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
91	多氯联苯 77	Tetrachlorobiphenyl, 3,3',4,4'- (PCB 77)	32598-13-3	3.84E-04	EPI	4.32E-02	WATER9	5.04E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	5.69E-04	EPI
92	多氯联苯 81	Tetrachlorobiphenyl, 3,4,4',5- (PCB 81)	70362-50-4	9.12E-03	EPI	4.32E-02	WATER9	5.04E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	3.22E-02	EPI
93	二恶英 (总量)	Hexachlorodibenzo-p-dioxin, Mixture		2.33E-04	EPI	4.27E-02	WATER9	4.15E-06	WATER9	6.95E+05	EPI	4.00E-06	EPI
94	二恶英 (TCDD2378)	Tetrachlorodibenzo-p-dioxin, 2,3,7,8-	1746-01-6	2.04E-03	EPI	4.70E-02	WATER9	4.73E-06	WATER9	2.49E+05	EPI	2.00E-04	EPI
95	多溴联苯	Polybrominated Biphenyls	59536-65-1										
96	苯胺	Aniline	62-53-3	8.26E-05	EPI	8.30E-02	WATER9	1.01E-05	WATER9	7.02E+01	EPI	3.60E+04	EPI
97	溴仿	Bromoform	75-25-2	2.19E-02	EPI	3.57E-02	WATER9	1.04E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	3.10E+03	EPI
98	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8	4.58E-04	EPI	6.61E-02	WATER9	9.48E-06	WATER9	3.07E+02	EPI	1.13E+04	EPI
99	4-甲酚 (对-)	Cresol, 4-, p-	106-44-5	4.09E-05	EPI	7.24E-02	WATER9	9.24E-06	WATER9	3.00E+02	EPI	2.15E+04	EPI
100	3,3-二氯联苯胺	Dichlorobenzidine, 3,3-	91-94-1	1.64E-07	R369	4.75E-02	WATER9	5.55E-06	WATER9	3.19E+03	EPI	3.11E+00	EPI
101	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2	1.75E-04	EPI	4.86E-02	WATER9	8.68E-06	WATER9	4.92E+02	EPI	4.50E+03	EPI
102	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5	3.52E-06	EPI	4.07E-02	WATER9	9.08E-06	WATER9	4.61E+02	EPI	2.79E+03	EPI
103	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	2.21E-06	EPI	3.75E-02	WATER9	7.90E-06	WATER9	5.76E+02	EPI	2.00E+02	EPI
104	六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4	1.11E+00	EPI	2.72E-02	WATER9	7.22E-06	WATER9	1.40E+03	EPI	1.80E+00	EPI
105	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	1.00E-06	EPI	2.95E-02	WATER9	8.01E-06	WATER9	4.96E+03	EPI	1.40E+01	EPI
106	苯酚	Phenol	108-95-2	1.36E-05	EPI	8.34E-02	WATER9	1.03E-05	WATER9	1.87E+02	EPI	8.28E+04	EPI
107	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4	6.62E-05	EPI	3.14E-02	WATER9	8.09E-06	WATER9	1.78E+03	EPI	1.20E+03	EPI
108	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	1988-6-2	1.06E-04	EPI	3.14E-02	WATER9	8.09E-06	WATER9	1.78E+03	EPI	8.00E+02	EPI
109	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	9.65E-08	EPI	5.28E-02	WATER9	6.17E-06	WATER9	2.25E+02	EPI	3.47E+01	EPI
110	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.30E-05	EPI	2.79E-02	WATER9	7.33E-06	WATER9	5.40E+01	EPI	8.00E+03	EPI
111	乐果	Dimethoate	60-51-5	9.93E-09	EPI	2.61E-02	WATER9	6.74E-06	WATER9	1.28E+01	EPI	2.33E+04	EPI
112	硫丹	Endosulfan	115-29-7	2.66E-03	EPI	2.25E-02	WATER9	5.76E-06	WATER9	6.76E+03	EPI	3.25E-01	EPI
113	草甘膦	Glyphosate	1071-83-6	8.59E-11	EPI	6.21E-02	WATER9	7.26E-06	WATER9	2.10E+03	ARS	1.05E+04	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
114	邻苯二甲酸二(2-乙基己)酯	Bis(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP	117-81-7	1.10E-05	EPI	1.73E-02	WATER9	4.18E-06	WATER9	1.20E+05	EPI	2.70E-01	EPI
115	邻苯二甲酸丁苄酯	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	5.15E-05	EPI	2.08E-02	WATER9	5.17E-06	WATER9	7.16E+03	EPI	2.69E+00	EPI
116	邻苯二甲酸二乙酯	Diethyl phthalate, DEP	84-66-2	2.49E-05	EPI	2.61E-02	WATER9	6.72E-06	WATER9	1.05E+02	EPI	1.08E+03	EPI
117	邻苯二甲酸二丁酯	Di-n-butyl phthalate, DnBP	84-74-2	7.40E-05	EPI	2.14E-02	WATER9	5.33E-06	WATER9	1.16E+03	EPI	1.12E+01	EPI
118	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octyl phthalate, DNOP	117-84-0	1.05E-04	EPI	3.56E-02	WATER9	4.15E-06	WATER9	1.41E+05	EPI	2.00E-02	EPI

备注:

(1) H': 无量纲亨利常数; Da: 空气中扩散系数; Dw: 水中扩散系数; Koc: 土壤-有机碳分配系数; S: 水溶解度。

(2) “EPI”代表美国环保局“化学品性质参数估算工具包 (Estimation Program Interface Suite)”数据; “WATER 9”代表美国环保局“废水处理模型 (the wastewater treatment model)”数据; “R369”代表数据来自美国环保局第 3、6、9 区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物理化性质数据 (2013 年 5 月发布)。

(3) 表中无量纲亨利常数等理化性质参数为常温条件下的参数值。

附录 C
(规范性附录)
计算致癌风险和危害商的推荐模型

C.1 土壤中单一污染物致癌风险

C1.1 经口摄入土壤途径的致癌风险采用公式 (C.1) 计算:

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \quad \dots\dots (C1)$$

公式 (C.1) 中:

CR_{ois} 一经口摄入土壤途径的致癌风险, 无量纲;

C_{sur} 一表层土壤中污染物浓度, $mg \cdot kg^{-1}$; 必须根据场地调查获得参数值。

公式 (C.1) 中, $OISER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.1), SF_o 的参数含义见公式 (B.4)。

C1.2 皮肤接触土壤途径的致癌风险采用公式 (C.2) 计算:

$$CR_{dcs} = DCSE_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \quad \dots\dots (C2)$$

公式 (C.2) 中:

CR_{dcs} 一皮肤接触土壤途径的致癌风险, 无量纲。

公式 (C.2) 中, $DCSE_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.3), SF_d 的参数含义见公式 (B.3), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1)。

C1.3 吸入土壤颗粒物途径的致癌风险采用公式 (C.3) 计算:

$$CR_{pis} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \quad \dots\dots (C3)$$

公式 (C.3) 中:

CR_{pis} 一吸入土壤颗粒物途径的致癌风险, 无量纲。

公式 (C.3) 中, $PISER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.7), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C1.4 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用公式 (C.4) 计算:

$$CR_{iov1} = IOVER_{ca1} \times C_{sur} \times SF_i \quad \dots\dots (C4)$$

公式 (C.4) 中:

CR_{iov1} 一吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的致癌风险, 无量纲。

公式 (C.4) 中, $IOVER_{ca1}$ 的参数含义见公式 (A.9), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C1.5 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用公式 (C.5) 计算:

$$CR_{iov2} = IOVER_{ca2} \times C_{sub} \times SF_i \quad \dots\dots (C5)$$

公式 (C.5) 中:

CR_{iov2} —吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险, 无量纲;

C_{sub} —下层土壤中污染物浓度, $mg \cdot kg^{-1}$; 必须根据场地调查获得参数值。

公式 (C.5) 中, $IOVER_{ca2}$ 的参数含义分别见公式 (A.10), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C1.6 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险采用公式 (C.6) 计算:

$$CR_{iiv1} = IIVER_{ca1} \times C_{sub} \times SF_i \quad \dots\dots (C6)$$

公式 (C.6) 中:

CR_{iiv1} —吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径的致癌风险, 无量纲。

公式 (C.6) 中, $IIVER_{ca1}$ 的参数含义分别见公式 (A.15), C_{sub} 的参数含义见公式 (C.5), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C1.7 土壤中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险采用公式 (C.7) 计算:

$$CR_n = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{pis} + CR_{iov1} + CR_{iov2} + CR_{iiv1} \quad \dots\dots (C7)$$

公式 (C.7) 中:

CR_n —土壤中单一污染物 (第 n 种) 经所有暴露途径的总致癌风险, 无量纲。

公式 (C.7) 中, CR_{ois} 、 CR_{dcs} 、 CR_{pis} 、 CR_{iov1} 、 CR_{iov2} 、和 CR_{iiv1} 的参数含义分别见公式 (C.1)、公式 (C.2)、公式 (C.3)、公式 (C.4)、公式 (C.5)、公式 (C.6)。

C.2 土壤中单一污染物危害商

C2.1 经口摄入土壤途径的危害商采用公式 (C.8) 计算:

$$HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_o \times SAF} \quad \dots\dots (C8)$$

公式 (C.8) 中:

HQ_{ois} —经口摄入土壤途径的危害商, 无量纲;

SAF —暴露于土壤的参考剂量分配系数, 无量纲。

公式 (C.8) 中, $OISER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.2), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1), RfD_o 的参数含义见公式 (B.4)。

C2.2 皮肤接触土壤途径的危害商采用公式 (C.9) 计算:

$$HQ_{dcs} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF} \quad \dots\dots (C9)$$

公式 (C.9) 中:

HQ_{dcs} —皮肤接触土壤途径的危害商, 无量纲。

公式 (C.9) 中, $DCSER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.6), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1), RfD_d 的参数含义见公式 (B.4), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

C2.3 吸入土壤颗粒物途径的危害商采用公式 (C.10) 计算:

$$HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C10)$$

公式 (C.10) 中:

HQ_{pis} 一吸入土壤颗粒物途径的危害商, 无量纲。

公式 (C.10) 中, $PISER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.8), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1), RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

C2.4 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的危害商采用公式 (C.11) 计算:

$$HQ_{iov1} = \frac{IOVER_{nc1} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C11)$$

公式 (C.11) 中:

HQ_{iov1} 一吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径的危害商, 无量纲。

公式 (C.11) 中, $IOVER_{nc1}$ 的参数含义见公式 (A.12), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1), RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

C2.5 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商采用公式 (C.12) 计算:

$$HQ_{iov2} = \frac{IOVER_{nc2} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C12)$$

公式 (C.12) 中:

HQ_{iov2} 一吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径的危害商, 无量纲。

公式 (C.12) 中, $IOVER_{nc2}$ 的参数含义见公式 (A.13), C_{sub} 的参数含义见 (C.5), RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

C2.6 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径的危害商采用公式 (C.13) 计算:

$$HQ_{iiv1} = \frac{IIVER_{nc1} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C13)$$

公式 (C.13) 中:

HQ_{iiv1} 一吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径的危害商, 无量纲。

公式 (C.13) 中, $IIVER_{nc1}$ 的参数含义见公式 (A.17), C_{sub} 的参数含义见 (C.5), RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

C2.7 土壤中单一污染物经所有暴露途径的危害指数采用公式 (C.14) 计算:

$$HI_n = HQ_{ois} + HQ_{dcs} + HQ_{pis} + HQ_{iov1} + HQ_{iov2} + HQ_{iiv1} \quad \dots\dots (C14)$$

公式 (C.14) 中:

HI_n 一土壤中单一污染物 (第 n 种) 经所有暴露途径的危害指数, 无量纲。

公式 (C.14) 中, HQ_{ois} 、 HQ_{dcs} 、 HQ_{pis} 、 HQ_{iov1} 、 HQ_{iov2} 和 HQ_{iiv1} 的参数含义分别见公式 (C.8)、公式 (C.9)、公式 (C.10)、公式 (C.11)、公式 (C.12) 和公式 (C.13)。

C.3 地下水中单一污染物致癌风险

C3.1 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的致癌风险采用公式 (C.15) 计算:

$$CR_{iov3} = IOVER_{ca3} \times C_{gw} \times SF_i \quad \dots\dots (C15)$$

公式 (C.15) 中:

CR_{iov3} —吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的致癌风险, 无量纲;

C_{gw} —地下水中污染物浓度, $mg \cdot L^{-1}$; 必须根据场地调查获得参数值。

公式 (C.15) 中, $IOVER_{ca3}$ 的参数含义分别见公式 (A.11), C_{sur} 的参数含义见公式 (C.1), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C3.2 吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径的致癌风险采用公式 (C.16) 计算:

$$CR_{iiv2} = IIVER_{ca2} \times C_{gw} \times SF_i \quad \dots\dots (C16)$$

公式 (C.16) 中:

CR_{iiv2} —吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径的致癌风险, 无量纲。

公式 (C.16) 中, $IIVER_{ca2}$ 的参数含义见公式 (A.16), C_{gw} 的参数含义见公式 (C.15), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C3.3 饮用地下水途径的致癌风险采用公式 (C.17) 计算:

$$CR_{cgw} = CGWER_{ca} \times C_{gw} \times SF_o \quad \dots\dots (C17)$$

公式 (C.17) 中:

CR_{cgw} —饮用地下水途径的致癌风险, 无量纲。

公式 (C.17) 中, $CGWER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.19), C_{gw} 的参数含义见公式 (C.15), SF_o 的参数含义见公式 (B.4)。

C3.4 地下水中单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险采用公式 (C.18) 计算:

$$CR_n = CR_{iov3} + CR_{iiv2} + CR_{cgw} \quad \dots\dots (C18)$$

公式 (C.18) 中:

CR_n —地下水中单一污染物 (第 n 种) 经所有暴露途径的总致癌风险, 无量纲。

公式 (C.18) 中, CR_{iov3} 、 CR_{iiv2} 、和 CR_{cgw} 的参数含义分别见公式 (C.15)、公式 (C.16)、公式 (C.17)。

C.4 地下水中单一污染物危害商

C4.1 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商采用公式 (C.19) 计算:

$$HQ_{iov3} = \frac{IOVER_{nc3} \times C_{gw}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C19)$$

公式 (C.19) 中:

HQ_{iov3} —吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商, 无量纲;

WAF 一暴露于地下水的参考剂量分配比例，无量纲。

公式 (C.19) 中， $IOVER_{nc3}$ 的参数含义分别见公式 (A.14)， C_{gw} 的参数含义见 (C.15)， RfD_i 的参数含义见公式 (B.2)。

C4.2 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商采用公式 (C.20) 计算：

$$HQ_{iiv2} = \frac{IIVER_{nc2} \times C_{gw}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C20)$$

公式 (C.20) 中：

HQ_{iiv2} 一吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径的危害商，无量纲。

公式 (C.20) 中， $IIVER_{nc2}$ 的参数含义分别见公式 (A.18)， C_{gw} 的参数含义见 (C.15)， RfD_i 的参数含义见公式 (B.2)， SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

C4.3 饮用地下水途径的危害商，采用公式 (C.21) 计算：

$$HQ_{cgw} = \frac{CGWER_{nc} \times C_{gw}}{RfD_o \times WAF} \quad \dots\dots (C21)$$

公式 (C.21) 中：

HQ_{cgw} 一饮用地下水途径的危害商，无量纲。

公式 (C.21) 中， $CGWER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.20)， C_{gw} 的参数含义见公式 (C.15)， SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C4.4 地下水中单一污染物经所有暴露途径的危害指数采用公式 (C.22) 计算：

$$HI_n = HQ_{io3} + HQ_{iiv2} + HQ_{cgw} \quad \dots\dots (C22)$$

公式 (C.22) 中：

HI_n 一地下水中单一污染物 (第 n 种) 经所有暴露途径的危害指数，无量纲。

公式 (C.22) 中， HQ_{io3} 和 HQ_{iiv2} 、 HQ_{cgw} 的参数含义分别见公式 (C.19)、公式 (C.20)、公式 (C.21)。

附录 D
(资料性附录)
不确定性分析推荐模型

D.1 暴露风险贡献率分析

单一污染物经不同暴露途径致癌和非致癌风险贡献率，分别采用公式 (D.1) 和公式 (D.2) 计算：

$$PCR_i = \frac{CR_i}{CR_n} \times 100\% \quad \dots\dots (D.1)$$

$$PHQ_i = \frac{HQ_i}{HI_n} \times 100\% \quad \dots\dots (D.2)$$

公式 (D.1) 和公式 (D.2) 中：

- CR_i 一单一污染物经第 i 种暴露途径的致癌风险，无量纲；
- PCR_i 一单一污染物经第 i 种暴露途径致癌风险贡献率，无量纲；
- HQ_i 一单一污染物经第 i 种暴露途径的危害商，无量纲。
- PHQ_i 一单一污染物经第 i 种暴露途径非致癌风险贡献率，无量纲。

公式 (D.1) 中，CR_n 的参数含义见公式 (C.7)；公式 (D.2) 中，HQ_n 的参数含义见公式 (C.14) 或 (C.22)。

D.2 模型参数敏感性分析

模型参数 (P) 的敏感性比例，可采用公式 (D.3) 计算：

$$SR = \frac{\frac{X_2 - X_1}{X_1}}{\frac{P_2 - P_1}{P_1}} \times 100\% \quad \dots\dots (D.3)$$

公式 (D.3) 中：

- SR 一模型参数敏感性比例，无量纲；
- P₁ 一模型参数 P 变化前的数值；
- P₂ 一模型参数 P 变化后的数值；
- X₁ 一按 P₁ 计算的致癌风险或危害商，无量纲；
- X₂ 一按 P₂ 计算的致癌风险或危害商，无量纲。

附录 E
(规范性附录)

计算土壤和地下水风险控制值的推荐模型

E.1 基于致癌效应的土壤风险控制值

E1.1 基于经口摄入土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.1) 计算：

$$RCVS_{ois} = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o} \quad \dots\dots (E.1)$$

公式 (E.1) 中：

$RCVS_{ois}$ —基于经口摄入途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ ；

ACR —可接受致癌风险，无量纲；取值为 10^{-6} 。

公式 (E.1) 中 $OISER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.1)， SF_o 的参数含义见公式 (B.3)。

E1.2 基于皮肤接触土壤途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.2) 计算：

$$RCVS_{dcs} = \frac{ACR}{DCSER_{ca} \times SF_d} \quad \dots\dots (E.2)$$

公式 (E.2) 中：

$RCVS_{dcs}$ —基于皮肤接触途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.2) 中， ACR 的参数含义见公式 (E.1)， $DCSER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.3)， SF_d 的参数含义见公式 (B.3)。

E1.3 基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.3) 计算：

$$RCVS_{pis} = \frac{ACR}{PISER_{ca} \times SF_i} \quad \dots\dots (E.3)$$

公式 (E.3) 中：

$RCVS_{pis}$ —基于吸入土壤颗粒物途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.3) 中， ACR 的参数含义见公式 (E.1)， $PISER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.7)， SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

E1.4 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用公式 (E.4) 计算：

$$RCVS_{iov1} = \frac{ACR}{IOVER_{ca1} \times SF_i} \quad \dots\dots (E.4)$$

公式 (E.4) 中：

$RCVS_{iov1}$ —基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值， $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.4) 中， ACR 的参数含义见公式 (E.1)， $IOVER_{ca1}$ 的参数含义见公式 (A.9)， SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

E1.5 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值，采用

公式 (E.5) 计算:

$$RCVS_{iov2} = \frac{ACR}{IOVER_{ca2} \times SF_i} \quad \dots\dots (E.5)$$

公式 (E.5) 中:

$RCVS_{iov2}$ 一基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.5) 中, ACR 的参数含义见公式 (E.1), $IOVER_{ca2}$ 的参数含义见公式 (A.10), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

E1.6 基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值, 根据公式 (E.6) 计算:

$$RCVS_{iiv} = \frac{ACR}{IIVER_{ca1} \times SF_i} \quad \dots\dots (E.6)$$

公式 (E.6) 中:

$RCVS_{iiv}$ 一基于吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.6) 中, ACR 的参数含义见公式 (E.1), $IIVER_{ca1}$ 的参数含义见公式 (A.15), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

E1.7 基于 6 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.7) 计算:

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_o + DCSER_{ca} \times SF_d + (PISER_{ca} + IOVER_{ca1} + IVOER_{ca2} + IIVER_{ca1}) \times SF_i} \quad \dots\dots (E.7)$$

公式 (E.7) 中:

$RCVS_n$ 一单一污染物 (第 n 种) 基于 6 种土壤暴露途径综合致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.7) 中, ACR 的参数含义见公式 (E.1), $OISER_{ca}$ 、 $DCSER_{ca}$ 、 $PISER_{ca}$ 、 $IOVER_{ca1}$ 、 $IOVER_{ca2}$ 和 $IIVER_{ca1}$ 的参数含义分别见公式 (A.1)、公式 (A.3)、公式 (A.7)、公式 (A.9)、公式 (A.10) 和公式 (A.15), SF_o 和 SF_d 的参数含义见公式 (B.3), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

E.2 基于非致癌风险的土壤风险控制值

E2.1 基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.8) 计算:

$$HCVS_{ois} = \frac{RfD_o \times SAF \times AHQ}{OISER_{nc}} \quad \dots\dots (E.8)$$

公式 (E.8) 中:

$HCVS_{ois}$ 一基于经口摄入土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$;

AHQ 一可接受危害商, 无量纲; 取值为 1。

公式 (E.8) 中, RfD_o 的参数含义见公式 (B.4), $OISER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.2), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

E2.2 基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.9) 计算:

$$HCVS_{dcs} = \frac{RfD_d \times SAF \times AHQ}{DCSER_{nc}} \quad \dots\dots (E.9)$$

公式 (E.9) 中:

$HCVS_{dcs}$ 一基于皮肤接触土壤途径非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.9) 中, AHQ 的参数含义见公式 (E.8), $DCSER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.6), RfD_d 的参数含义见公式 (B.4), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

E2.3 基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.10) 计算:

$$HCVS_{pis} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{PISER_{nc}} \quad \dots\dots (E.10)$$

公式 (E.10) 中:

$HCVS_{pis}$ 一基于吸入土壤颗粒物途径非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.10) 中, RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), AHQ 的参数含义见公式 (E.8), $PISER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.8), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

E2.4 基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.11) 计算:

$$HCVS_{iov1} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc1}} \quad \dots\dots (E.11)$$

公式 (E.11) 中:

$HCVS_{iov1}$ 一基于吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.11) 中, RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), AHQ 的参数含义见公式 (E.8), $IOVER_{nc1}$ 的参数含义分别见公式 (A.12), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

E2.5 基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.12) 计算:

$$HCVS_{iov2} = \frac{RfDi \times SAF \times AHQ}{IOVER_{nc2}} \quad \dots\dots (E.12)$$

$HCVS_{iov2}$ 一基于吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.12) 中, RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), AHQ 的参数含义见公式 (E.8), $IOVER_{nc2}$

的参数含义分别见公式 (A.13), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

E2.6 基于吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.13) 计算:

$$HCVS_{iiv} = \frac{RfD_i \times SAF \times AHQ}{IIVER_{nc1}} \quad \dots\dots (E.13)$$

公式 (E.13) 中:

$HCVS_{iiv}$ — 基于吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$;

公式 (E.12) 中, RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), AHQ 的参数含义见公式 (E.8), $IIVER_{nc1}$ 的参数含义见公式 (A.17)。

E2.7 基于 6 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值, 采用公式 (E.14) 计算:

$$HCVS_n = \frac{AHQ \times SAF}{\frac{OISER_{nc}}{RfD_o} + \frac{DCSER_{nc}}{RfD_d} + \frac{PISER_{nc} + IOVER_{nc1} + IOVER_{nc2} + IIVER_{nc1}}{RfD_i}} \quad \dots (E.14)$$

公式 (E.14) 中:

$HCVS_n$ — 单一污染物 (第 n 种) 基于 6 种土壤暴露途径综合非致癌效应的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.14) 中, AHQ 的参数含义见公式 (E.8), $OISER_{nc}$ 、 $DCSER_{nc}$ 、 $PISER_{nc}$ 、 $IOVER_{nc1}$ 、 $IIVER_{nc1}$ 的参数含义分别见公式 (A.2)、公式 (A.6)、公式 (A.8)、公式 (A.12) 和公式 (A.17), RfD_o 和 RfD_d 的参数含义见公式 (B.4), RfD_i 的参数含义见公式 (B.2), SAF 的参数含义见公式 (C.8)。

E.3 保护地下水的土壤风险控制值

E3.1 保护地下水的土壤风险控制值可采用公式 (E.15) 计算:

$$CVS_{pgw} = \frac{MCL_{gw}}{LF_{sgw}} \quad \dots\dots (E.15)$$

公式 (E.15) 中:

CVS_{pgw} — 保护地下水的土壤风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$;

MCL_{gw} — 地下水中污染物的最大浓度限值, $mg \cdot L^{-1}$; 取值参照 GB/T 14848。

LF_{sgw} — 土壤中污染物进入地下水的淋溶因子, $kg \cdot L^{-1}$; 根据附录 F 公式 (F.30) 计算。

E.4 基于致癌风险的地下水风险控制值

E4.1 基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值, 采用公式 (E.16) 计算:

$$RCVG_{iov} = \frac{ACR}{IOVER_{ca3} \times SF_i} \quad \dots\dots (E.16)$$

公式 (E.16) 中:

$RCVG_{iov}$ 一基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.16) 中, ACR 的参数含义见公式 (E.1), $IOVER_{ca3}$ 的参数含义见公式 (A.11), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

E4.2 基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值, 根据公式 (E.17) 计算:

$$RCVG_{iiv} = \frac{ACR}{IIVER_{ca2} \times SF_i} \quad \dots\dots (E.17)$$

公式 (E.17) 中:

$RCVG_{iiv}$ 一基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径致癌效应的地下水风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.17) 中, ACR 的参数含义见公式 (E.1), $IIVER_{ca2}$ 的参数含义见公式 (A.16), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

E4.3 基于饮用地下水途径致癌效应的地下水风险控制值, 根据公式 (E.18) 计算

$$RCVG_{cgw} = \frac{ACR}{CGWER_{ca} \times SF_o} \quad \dots\dots (E.18)$$

公式 (E.18) 中:

$RCVG_{cgw}$ 一基于饮用地下水途径致癌效应的地下水风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

ACR 的参数含义见公式 (E.1), $CGWER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.19), SF_o 的参数含义见公式 (B.1)。

E4.4 基于 3 种地下水暴露途径综合致癌效应的地下水风险控制值, 采用公式 (E.19) 计算:

$$RCVG_n = \frac{ACR}{(IOVER_{ca3} + IIVER_{ca2}) \times SF_i + CGWER_{ca} \times SF_o} \quad \dots\dots (E.19)$$

公式 (E.19) 中:

$RCVG_n$ 一单一污染物 (第 n 种) 基于 3 种地下水暴露途径综合致癌效应的地下水风险控制值, $mg \cdot kg^{-1}$ 。

公式 (E.19) 中, ACR 的参数含义见公式 (E.1), $IOVER_{ca3}$ 和 $IIVER_{ca2}$ 的参数含义分别见公式 (A.11) 和公式 (A.16), SF_o 的参数含义见公式 (B.3), SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。 $CGWER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.19)。

E.5 基于非致癌风险的地下水风险控制值

E5.1 基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值, 采用公式 (E.20) 计算:

$$HCVG_{iov} = \frac{RfDi \times WAF \times AHQ}{IOVER_{nc3}} \quad \dots\dots (E.20)$$

公式 (E.20) 中:

HCVG_{ioV} 一基于吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.20)中, RfD_i的参数含义见公式(B.2), AHQ的参数含义见公式(E.8), IOVER_{nc3}的参数含义分别见公式(A.14), WAF的参数含义见公式(C.21)。

E5.2 基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值, 采用公式(E.21)计算:

$$HGCV_{iv} = \frac{RfDi \times WAF \times AHQ}{IIVER_{nc2}} \quad \dots\dots (E.21)$$

公式(E.21)中:

HCVG_{iv} 一基于吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.21)中, RfD_i的参数含义见公式(B.2), AHQ的参数含义见公式(E.8), WAF的参数含义见公式(C.21), IIVER_{nc2}的参数含义见公式(A.18)。

E5.3 基于饮用地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值, 根据公式(E.22)计算

$$HCVG_{cgw} = \frac{RfDo \times WAF \times AHQ}{CGWER_{nc}} \quad \dots\dots (E.22)$$

公式(E.22)中:

HCVG_{cgw} 一基于饮用地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.22)中, CGWER_{nc}的参数含义见公式(A.20), RfD_o的参数含义见公式(B.4), AHQ的参数含义的参数见公式(E.8), WAF的参数含义见公式(C.21)。

E5.4 基于3种地下水暴露途径综合非致癌效应的地下水风险控制值, 采用公式(E.23)计算:

$$HCVG_n = \frac{AHQ \times WAF}{\frac{IOVER_{nc3} + IIVER_{nc2}}{RfD_i} + \frac{CGWER_{nc}}{RfD_o}} \quad \dots\dots (E.23)$$

公式(E.23)中:

HCVG_n 一单一污染物(第n种)基于3种地下水暴露途径综合非致癌效应的地下水风险控制值, mg·kg⁻¹。

公式(E.23)中, AHQ的参数含义见公式(E.8), WAF的参数含义见公式(C.21), IOVER_{nc3}、IIVER_{nc2}的参数含义分别见公式(A.14)和公式(A.18), RfD_o参数含义见公式(B.4), RfD_i的参数含义见公式(B.2), CGWER_{nc}的参数含义见公式(A.20)。

附录 F
(规范性附录)
污染物扩散迁移推荐模型

进入土壤中的污染物可在土壤液相、气相和固相分配并达到平衡。表层、下层土壤及地下水中的挥发性污染物可扩散进入室外空气，下层土壤和地下水中挥发性污染物可扩散进入室内空气，土壤中污染物可淋溶、迁移进入地下水。以下给出了土壤和地下水中污染物扩散迁移的相关模型。

F.1 气态污染物有效扩散系数计算模型

F1.1 土壤中气态污染物的有效扩散系数，采用公式 (F.1) 计算：

$$D_s^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{as}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{ws}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \quad \dots\dots (F.1)$$

公式 (F.1) 中：

- D_s^{eff} — 土壤中气态污染物的有效扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；
- D_a — 空气中扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；推荐值见附录 B 表 B.2；
- D_w — 水中扩散系数， $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$ ；推荐值见附录 B 表 B.2；
- H' — 无量纲亨利常数， $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ；推荐值见附录 B 表 B.2；
- θ — 非饱和土层土壤中总孔隙体积比，无量纲；根据公式 (F.2) 计算；
- θ_{ws} — 非饱和土层土壤中孔隙水体积比，无量纲；根据公式 (F.3) 计算；
- θ_{as} — 非饱和土层土壤中孔隙空气体积比，无量纲；根据公式 (F.4) 计算。

公式 (F.1) 中， θ 、 θ_{ws} 和 θ_{as} ，分别采用公式 (F.2)、公式 (F.3) 和公式 (F.4) 计算：

$$\theta = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \quad \dots\dots (F.2)$$

$$\theta_{ws} = \frac{\rho_b \times P_{ws}}{\rho_w} \quad \dots\dots (F.3)$$

$$\theta_{as} = \theta - \theta_{ws} \quad \dots\dots (F.4)$$

公式 (F.2)、公式 (F.3) 和公式 (F.4) 中：

- ρ_b — 土壤容重， $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；
- ρ_s — 土壤颗粒密度， $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ ，推荐值见附录 G 表 G.1；
- P_{ws} — 土壤含水率， $\text{kg 水} \cdot \text{kg}^{-1}$ 土壤；推荐值见附录 G 表 G.1；
- ρ_w — 水的密度， $1 \text{ kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

公式 (F.2) 中 θ 、公式 (F.3) 中 θ_{ws} 和公式 (F.4) 中 θ_{as} 的参数含义见公式 (F.1)。

F1.2 气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数，采用公式 (F.5) 计算：

$$D_{crack}^{eff} = D_a \times \frac{D_{acrack}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{wcrack}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \quad \dots\dots (F.5)$$

公式 (F.5) 中:

D_{crack}^{eff} 一 气态污染物在地基与墙体裂隙中的有效扩散系数, $cm^2 \cdot s^{-1}$;

θ_{acrack} 一 地基裂隙中空气体积比, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

θ_{wcrack} 一 地基裂隙中水体积比, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1。

公式 (F.5) 中, D_a 、 D_w 、 θ 和 H' 的参数含义见公式 (F.1)。

F1.3 毛细管层中气态污染物的有效扩散系数, 采用公式 (F.6) 计算:

$$D_{cap}^{eff} = D_a \times \frac{D_{acap}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{wcap}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \quad \dots\dots (F.6)$$

公式 (F.6) 中:

D_{cap}^{eff} 一 毛细管层中气态污染物的有效扩散系数, $cm^2 \cdot s^{-1}$;

θ_{acap} 一 毛细管层土壤中孔隙空气体积比, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1;

θ_{wcap} 一 毛细管层土壤中孔隙水体积比, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1。

公式 (F.6) 中, D_a 、 D_w 、 θ 和 H' 的参数含义见公式 (F.1)。

F1.4 气态污染物从地下水到表层土壤的有效扩散系数, 采用公式 (F.7) 计算:

$$D_{gws}^{eff} = \frac{L_{gw}}{\frac{h_{cap}}{D_{cap}^{eff}} + \frac{h_v}{D_s^{eff}}} \quad \dots\dots (F.7)$$

公式 (F.7) 中:

D_{gws}^{eff} 一 地下水到表层土壤的有效扩散系数, $cm^2 \cdot s^{-1}$;

h_{cap} 一 地下水土壤交界处毛细管层厚度, cm ; 推荐值见附录 G 表 G.1;

h_v 一 非饱和土层厚度, cm ; 优先根据场地调查数据确定, 推荐值见附录 G 表 G.1;

D_{cap}^{eff} 一 毛细管层中气态污染物的有效扩散系数, $cm^2 \cdot s^{-1}$, 根据公式 (F.6) 计算;

L_{gw} 一 地下水埋深, cm ; 必须根据场地调查获得参数值。

公式 (F.7) 中, D_{cap}^{eff} 的参数含义见公式 (F.6), D_s^{eff} 的参数含义见公式 (F.1)。

F1.5 土壤-水中污染物分配系数, 采用公式 (F.8) 计算:

$$K_{sw} = \frac{\theta_{ws} + (K_d \times \rho_b) + (H' \times \theta_{as})}{\rho_b} \quad \dots\dots (F.8)$$

公式 (F.8) 中,

K_{sw} 土壤-水中污染物分配系数, $cm^3 \cdot g^{-1}$;

K_d 土壤固相-水中污染物分配系数, $cm^3 \cdot g^{-1}$;

公式 (F.8) 中, θ_{ws} 、 θ_{as} 、 H' 的参数含义见公式 (F.1), ρ_b 的参数含义见公式 (F.2)。

公式 (F.8) 中的 K_d 和 f_{oc} 分别采用公式 (F.9) 和公式 (F.10) 计算:

$$K_d = K_{oc} \times f_{oc} \quad \dots\dots (F.9)$$

$$f_{oc} = \frac{f_{om}}{1.7 \times 1000} \quad \dots\dots (F.10)$$

公式 (F.9) 和公式 (F.10) 中:

K_{oc} —土壤有机碳/土壤孔隙水分配系数, $L \cdot kg^{-1}$; 推荐值见附录 B 表 B.2;

f_{oc} —土壤有机碳质量分数, 无量纲, 根据公式 (F.19) 计算;

f_{om} —土壤有机质含量, $g \cdot kg^{-1}$; 根据场地调查获得参数值。

公式 (F.9) 中 K_d 的参数含义见公式 (F.8)。

F1.6 室外空气中气态污染物扩散因子, 采用公式 (F.11) 计算:

$$DF_{oa} = \frac{U_{air} \times W \times \delta_{air}}{A} \quad \dots\dots (F.11)$$

公式 (F.11) 中:

DF_{oa} 室外空气中气态污染物扩散因子, $(g \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}) / (g \cdot cm^{-3})$;

U_{air} 混合区大气流速风速, $cm \cdot s^{-1}$;

A 污染源区面积, cm^2 ;

W 污染源区宽度, cm^2 ;

δ_{air} 混合区高度, cm 。

F1.7 室内空气气态污染物扩散因子采用公式 (F.12) 计算:

$$DF_{ia} = L_B \times ER \times \frac{1}{86400} \quad \dots\dots (F.12)$$

公式 (F.12) 中:

DF_{ia} 室内空气气态污染物扩散因子, $(g \cdot cm^{-2} \cdot s^{-1}) / (g \cdot cm^{-3})$;

ER —室内空气交换速率, $次 \cdot d^{-1}$; 推荐值见附录 G 表 G.1;

L_B —室内空间体积与气态污染物入渗面积比, cm ; 推荐值见附录 G 表 G.1;

86400 —时间单位转换系数, $86400 s \cdot d^{-1}$ 。

F1.8 流经地下室地板裂隙的对流空气流速, 采用公式 (F.13) 和 (F.14) 计算:

$$Q_s = \frac{2 \times \pi \times dP \times K_v \times X_{crack}}{\mu_{air} \times \ln\left(\frac{2 \times Z_{crack}}{R_{crack}}\right)} \quad \dots\dots (F.13)$$

$$R_{crack} = \frac{A_b \times \eta}{X_{crack}} \quad \dots\dots (F.14)$$

公式 (F.13) 和 (F.14) 中:

Q_s —流经地下室地板裂隙的对流空气流速, $cm^3 \cdot s^{-1}$;

π —圆周率常数, 3.14159;

dP —室内和室外大气压力差, $g \cdot cm^{-1} \cdot s^{-2}$;

k_v —土壤透性系数, cm^2 ;

X_{crack} —地下室地板 (裂隙) 周长, cm ;

- μ_{air} — 空气粘滞系数, $1.81 \times 10^{-4} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$;
- Z_{crack} — 地下室地面到地板底部厚度, cm;
- R_{crack} — 室内裂隙宽度, cm;
- A_b — 地下室内地地板面积, cm^2 ;
- η — 地基和墙体裂隙表面积占室内地表面积比例, 无量纲; 推荐值见附录 G 表 G.1。

F.2 污染物扩散进入室外空气的挥发因子计算模型

F2.1 表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, 采用公式 (F.15)、公式 (F.16) 和公式 (F.17) 计算确定:

$$VF_{\text{suroa}1} = \frac{\rho_b}{DF_{\text{oa}}} \times \sqrt{\frac{4 \times D_s^{\text{eff}} \times H'}{\pi \times \tau \times 31536000 \times K_{\text{sw}} \times \rho_b}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.15)$$

$$VF_{\text{suroa}2} = \frac{d \times \rho_b}{DF_{\text{oa}} \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.16)$$

$$VF_{\text{suroa}} = \text{MIN}(VF_{\text{suroa}1}, VF_{\text{suroa}2}) \quad \dots\dots (F.17)$$

公式 (F.15)、公式 (F.16) 和公式 (F.17) 中:

- $VF_{\text{suroa}1}$ — 表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子 (算法一), $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- $VF_{\text{suroa}2}$ — 表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子 (算法二), $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- VF_{suroa} — 表层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子 (算法一和算法二中的较小值), $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$;
- τ — 气态污染物入侵持续时间, a; 推荐值见附录 G 表 G.1;
- d — 表层污染土壤层厚度, cm; 必须根据场地调查获得参数值;
- 31536000 — 时间单位转换系数, $31536000 \text{ s} \cdot \text{a}^{-1}$ 。

公式 (F.15)、(F.16) 和公式 (F.17) 中, D_s^{eff} 和 H' 的参数含义见公式 (F.1), ρ_b 的参数含义见公式 (F.2), K_{sw} 的参数含义见公式 (F.8), DF_{oa} 的参数含义见公式 (F.11)。

F2.2 下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, 采用公式 (F.18)、公式 (F.19) 和公式 (F.20) 计算:

$$VF_{\text{suboa}1} = \frac{1}{\left(1 + \frac{DF_{\text{oa}} \times L_s}{D_s^{\text{eff}}}\right) \times \frac{K_{\text{sw}}}{H'}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.18)$$

如下层污染土壤厚度已知, 污染物进入室外空气的挥发因子采用公式 (F.19) 计算:

$$VF_{\text{suboa}2} = \frac{d_s \times \rho_b}{DF_{\text{oa}} \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.19)$$

$$VF_{\text{suboa}} = \text{MIN}(VF_{\text{suboa}1}, VF_{\text{suboa}2}) \quad \dots\dots (F.20)$$

公式 (F.18)、(F.19) 和 (F.20) 中:

- VF_{suboa1} 一下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法一），kg·m⁻³；
 VF_{suboa2} 一下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法二），kg·m⁻³；
 VF_{suboa} 一下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子（算法一和算法二中的较小值），kg·m⁻³；
 L_s 一下层污染土壤上表面到地表距离，cm；必须根据场地调查获得参数值；
 d_s 一下层污染土壤厚度，cm。

公式 (F.18)、(F.19) 和 (F.20) 中，D^{eff}_s 和 H' 的参数含义见公式 (F.1)，ρ_b 的参数含义见公式 (F.2)，K_{sw} 的参数含义见公式 (F.8)，DF_{oa} 的参数含义见公式 (F.11)，τ 的参数含义见公式 (F.15)。

F2.3 地下水中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，采用公式 (F.21) 计算：

$$VF_{gwoa} = \frac{1}{\left(1 + \frac{DF_{oa} \times L_{gw}}{D_{gws}^{eff}}\right) \times \frac{1}{H'}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.21)$$

VF_{gwoa} 一下层地下水中污染物扩散进入室外空气的挥发因子，L·m⁻³。

公式 (F.21) 中，H' 的参数含义见公式 (F.1)，D^{eff}_{gws} 的参数含义见公式 (F.7)，DF_{oa} 的参数含义见公式 (F.11)，L_{gw} 的参数含义见公式 (F.7)。

F.3 污染物扩散进入室内空气的挥发因子计算模型

F3.1 建筑物下方土壤中污染物进入室内空气的挥发因子，采用公式 (F.22)、公式 (F.23)、公式 (F.24)、公式 (F.25) 和公式 (F.26) 计算：

Q_s=0 时，

$$VF_{subia1} = \frac{1}{\frac{K_{sw}}{H'} \times \left(1 + \frac{D_s^{eff}}{DF_{ia} \times L_s} + \frac{D_s^{eff} \times L_{crack}}{D_s^{eff} \times L_s \times \eta}\right) \times \frac{DF_{ia}}{D_s^{eff}} \times L_s} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.22)$$

Q_s>0 时，

$$VF_{subia1} = \frac{1}{\frac{K_{sw}}{H'} \times \left(e^\xi + \frac{D_s^{eff}}{DF_{ia} \times L_s} + \frac{D_s^{eff} \times A_b}{Q_s \times L_s} \times (e^\xi - 1)\right) \times \frac{DF_{ia} \times L_s}{D_s^{eff} \times e^\xi}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.23)$$

$$\xi = \frac{Q_s \times L_{crack}}{A_b \times D_{crack}^{eff} \times \eta} \quad \dots\dots (F.24)$$

如下层污染土壤厚度已知，污染物进入室内空气的挥发因子采用公式 (25) 计算：

$$VF_{subia2} = \frac{d_s \times \rho_b}{DF_{ia} \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.25)$$

$$VF_{subia} = \text{MIN}(VF_{subia1}, VF_{subia2}) \quad \dots\dots (F.26)$$

公式 (F.22)、公式 (F.23)、公式 (F.24)、公式 (F.25) 和公式 (F.26) 中：
 $VF_{\text{subia}1}$ 一下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法一）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；
 $VF_{\text{subia}2}$ 一下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法二）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；
 VF_{subia} 一下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法一和算法二中的较小值）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；
 L_{crack} 一室内地基或墙体厚度， cm ；推荐值见附录 G 表 G.1；
 ξ 一土壤污染物进入室内挥发因子计算过程参数；
31536000—时间单位转换系数， $31536000 \text{ s}\cdot\text{a}^{-1}$ 。

公式 (F.14) 中， H' 、 D_s^{eff} 的参数含义见公式 (F.1)， ρ_b 的参数含义见公式 (F.2)， $D_{\text{crack}}^{\text{eff}}$ 的参数含义见公式 (F.5)， K_{sw} 的参数含义见公式 (F.8)， DF_{ia} 的参数含义见公式 (F.12)， Q_s 的参数含义见公式 (F.13)， A_b 和 η 的参数含义见公式 (F.14)， τ 的参数含义见公式 (F.15)， L_s 的参数含义见公式 (F.18)， d_s 的参数含义见公式 (F.19)。

F3.2 地下水中污染物进入室内空气的挥发因子采用公式 (F.27) 或公式 (F.28) 和 (F.29) 计算：

$Q_s=0$ 时，

$$VF_{\text{gwia}1} = \frac{1}{\frac{1}{H'} \times \left(1 + \frac{D_{\text{gws}}^{\text{eff}}}{DF_{\text{ia}} \times L_{\text{gw}}} + \frac{D_{\text{gws}}^{\text{eff}} \times L_{\text{crack}}}{D_{\text{crack}}^{\text{eff}} \times L_{\text{gw}} \times \eta}\right)} \times \frac{DF_{\text{ia}}}{D_{\text{gws}}^{\text{eff}}} \times L_{\text{gw}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.27)$$

$Q_s>0$ 时，

$$VF_{\text{gwia}1} = \frac{1}{\frac{1}{H'} \times \left(e^\xi + \frac{D_{\text{gws}}^{\text{eff}}}{DF_{\text{ia}} \times L_{\text{gw}}} + \frac{D_{\text{gws}}^{\text{eff}} \times A_b}{Q_s \times L_{\text{gw}}} \times (e^\xi - 1)\right)} \times \frac{DF_{\text{ia}} \times L_{\text{gw}}}{D_{\text{gws}}^{\text{eff}} \times e^\xi} \times 10^3 \quad \dots (F.28)$$

$$VF_{\text{gwia}} = \text{MIN}(VF_{\text{gwia}1}, VF_{\text{gwia}2}) \quad \dots\dots (F.29)$$

公式 (F.27)、公式 (F.28) 和公式 (F.29) 中：

$VF_{\text{gwia}1}$ 一地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法一）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；
 $VF_{\text{gwia}2}$ 一地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法二）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；
 VF_{gwia} 一地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子（算法一和算法二中的较小值）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ 。

公式 (F.27)、(F.28) 和 (F.29) 中， H' 的参数含义见公式 (F.1)， $D_{\text{crack}}^{\text{eff}}$ 的参数含义见公式 (F.5)， L_{gw} 和 $D_{\text{gws}}^{\text{eff}}$ 的参数含义见公式 (F.7)， DF_{ia} 的参数含义见公式 (F.12)， Q_s 的参数含义见公式 (F.13)， A_b 和 η 的参数含义见公式 (F.14)， L_{crack} 的参数含义见公式 (F.22)， ξ 的参数含义见公式 (F.24)。

F.4 污染物迁移进入地下水的淋溶因子计算模型

土壤中污染物迁移进入地下水的淋溶因子，采用公式 (F.30)、公式 (F.31)、公式 (F.32) 和公式 (F.33) 计算：

$$LF_{sgw1} = \frac{LF_{spw-gw}}{K_{sw}} \quad \dots\dots (F.30)$$

$$LF_{spw-gw} = \frac{1}{1 + \frac{U_{gw} \times \delta_{gw}}{I \times W}} \quad \dots\dots (F.31)$$

如下层污染土壤厚度已知，污染物迁移进入地下水的淋溶因子采用公式 (F.32) 计算：

$$LF_{sgw2} = \frac{d_s \times \rho_b}{I \times \tau} \quad \dots\dots (F.32)$$

$$LF_{sgw} = \text{MIN}(LF_{sgw1}, LF_{sgw2}) \quad \dots\dots (F.33)$$

公式 (F.30)、公式 (F.31)、公式 (F.32) 和公式 (F.33) 中：

LF_{sgw1} — 土壤中污染物迁移进入地下水的淋溶因子（算法一）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；

LF_{spw-gw} — 土壤孔隙水中污染物迁移进入地下水的淋溶因子（土壤孔隙水与地下水中污染物浓度的比值），无量纲；

LF_{sgw2} — 土壤中污染物迁移进入地下水的淋溶因子（算法二）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；

LF_{sgw} — 土壤中污染物迁移进入地下水的淋溶因子（算法一和算法二中的较小值）， $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ；

U_{gw} — 地下水的达西（Darcy）速率， $\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ，推荐值见附录 G 表 G.1；

δ_{gw} — 地下水混合区厚度， cm ，推荐值见附录 G 表 G.1；

I — 土壤中水的渗透速率， $\text{cm}\cdot\text{a}^{-1}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1。

公式 (F.30)、公式 (F.31)、公式 (F.32) 和公式 (F.33) 中， ρ_b 的参数含义见公式 (F.2)， K_{sw} 的参数含义见公式 (F.8)， W 的参数含义见公式 (F.11)， τ 的参数含义见公式 (F.15)， d_s 的参数含义见公式 (F.19)。

附录 G
(资料性附录)
风险评估模型参数推荐值

表 G.1 风险评估模型参数及推荐值

参数符号	参数名称	单位	敏感用地推荐值	非敏感用地推荐值
C_{sur}	表层土壤中污染物浓度 concentrations of contaminants in surfacial soil	$mg \cdot kg^{-1}$	—	—
C_{sub}	下层土壤中污染物浓度 concentrations of contaminants in subsurfacial soil	$mg \cdot kg^{-1}$	—	—
d	表层污染土壤层厚度 thickness of surfacial soils	cm	—	—
L_S	下层污染土壤层埋深 thickness of surfacial soils	cm	—	—
d_{sub}	下层污染土壤层厚度 thickness of subsurfacial soils	cm	—	—
A	污染源区面积 Source-zone area	cm^2	—	—
C_{gw}	地下水中污染物浓度 concentrations of contaminants in groundwater	$mg \cdot L^{-1}$	—	—
L_{gw}	地下水埋深 depth of groundwater	cm	—	—
f_{om}	土壤有机质含量 organic matter content in soils	$g \cdot kg^{-1}$	10	10
ρ_b	土壤容重 soil bulk density	$kg \cdot dm^{-3}$	1.5	1.5
P_{ws}	土壤含水率 soil water content	$kg \cdot kg^{-1}$	0.10	0.10
ρ_s	土壤颗粒密度 density of soil particulates	$kg \cdot dm^{-3}$	2.65	2.65
PM_{10}	空气中可吸入颗粒物含量 content of inhalable particulates in ambient air	$mg \cdot m^{-3}$	0.15	0.15
U_{air}	混合区大气流速风速 ambient air velocity in mixing zone	$cm \cdot s^{-1}$	200	200
δ_{air}	混合区高度 mixing zone height	cm	200	200
W	污染源区宽度 width of source-zone area	cm	4500	4500
h_{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度 capillary zone thickness	cm	5	5
h_v	非饱和土层厚度 vadose zone thickness	cm	295	295
θ_{acap}	毛细管层孔隙空气体积比 soil air content - capillary fringe zone	无量纲	0.038	0.038
θ_{wcap}	毛细管层孔隙水体积比 soil water content - capillary fringe zone	无量纲	0.342	0.342
U_{gw}	地下水达西 (Darcy) 速率 ground water Darcy velocity	$cm \cdot a^{-1}$	2500	2500
δ_{gw}	地下水混合区厚度 ground water mixing zone height	cm	200	200
I	土壤中水的入渗速率	$cm \cdot a^{-1}$	30	30

参数符号	参数名称	单位	敏感用地推荐值	非敏感用地推荐值
	water infiltration rate			
θ_{crack}	地基裂隙中空气体积比 soil air content - soil filled foundation cracks	无量纲	0.26	0.26
$\theta_{\text{watercrack}}$	地基裂隙中水体积比 soil water content - soil filled foundation cracks	无量纲	0.12	0.12
L_{crack}	室内地基厚度 thickness of enclosed-space foundation or wall	cm	15	15
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比 volume/infiltration area ratio of enclosed space	cm	200	300
ER	室内空气交换速率 air exchange rate of enclosed space	次·d ⁻¹	12	20
η	地基和墙体裂隙表面积所占比例 areal fraction of cracks in foundations/walls	无量纲	0.01	0.01
τ	气态污染物入侵持续时间 averaging time for vapor flux	a	24	25
dP	室内室外气压差 differential pressure between indoor and outdoor air	g·cm ⁻¹ ·s ²	0	0
Kv	土壤透性系数 soil permeability	cm ²	1.00×10 ⁻⁸	1.00×10 ⁻⁸
Zcrack	室内地面到地板底部厚度 depth to bottom of slab	cm	15	15
Xcrack	室内地板周长 slab perimeter	cm	3400	3400
Ab	室内地板面积 slab area	cm ²	700000	700000
EDa	成人暴露期 exposure duration of adults	a	24	25
EDc	儿童暴露期 exposure duration of children	a	6	—
EFa	成人暴露频率 exposure frequency of adults	d·a ⁻¹	350	250
EFc	儿童暴露频率 exposure frequency of children	d·a ⁻¹	350	—
EFIa	成人室内暴露频率 indoor exposure frequency of adults	d·a ⁻¹	262.5	187.5
EFIc	儿童室内暴露频率 indoor exposure frequency of children	d·a ⁻¹	262.5	—
EFOa	成人室外暴露频率 outdoor exposure frequency of adults	d·a ⁻¹	87.5	62.5
EFOc	儿童室外暴露频率 outdoor exposure frequency of children	d·a ⁻¹	87.5	—
BWa	成人平均体重 average body weight of adults	kg	56.8	56.8
BWc	儿童平均体重 average body weight of children	kg	15.9	15.9
Ha	成人平均身高 average height of adults	cm	156.3	156.3
Hc	儿童平均身高 average height of children	cm	99.4	99.4
DAIRa	成人每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of adults	m ³ ·d ⁻¹	14.5	14.5
DAIRc	儿童每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of children	m ³ ·d ⁻¹	7.5	—

参数符号	参数名称	单位	敏感用地推荐值	非敏感用地推荐值
GWCRa	成人每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of adults	L·d ⁻¹	1.0	1.0
GWCRc	儿童每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of children	L·d ⁻¹	0.7	0.7
OSIRa	成人每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of adults	mg·d ⁻¹	100	100
OSIRc	儿童每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of children	mg·d ⁻¹	200	—
Ev	每日皮肤接触事件频率 daily exposure frequency of dermal contact event	次·d ⁻¹	1	1
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in indoor air	无量纲	0.8	0.8
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in outdoor air	无量纲	0.5	0.5
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例 soil allocation factor	无量纲	0.20	0.20
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例 groundwater allocation factor	无量纲	0.20	0.20
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比 skin exposure ratio of adults	无量纲	0.32	0.18
SERc	儿童暴露皮肤所占体表面积比 skin exposure ratio of children	无量纲	0.36	—
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数 adherence rate of soil on skin for adults	mg·cm ⁻²	0.07	0.2
SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数 adherence rate of soil on skin for children	mg·cm ⁻²	0.2	—
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例 retention fraction of inhaled particulates in body	无量纲	0.75	0.75
ABS _o	经口摄入吸收因子 absorption factor of oral ingestion	无量纲	1	1
ACR	单一污染物可接受致癌风险 acceptable cancer risk for individual contaminant	无量纲	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
AHQ	可接受危害商 acceptable hazard quotient for individual contaminant	无量纲	1	1
ATca	致癌效应平均时间 average time for carcinogenic effect	d	26280	26280
ATnc	非致癌效应平均时间 average time for non-carcinogenic effect	d	2190	9125

注：

- 1) “—”表明参数值需要结合实际场地确定或该用地方式下参数值不适用；
- 2) “应根据场地环境调查实测数据定值的参数”，必须根据场地采样和分析测试数据定值；“优先根据场地环境调查实测数据和资料定值的参数”，应尽可能根据场地调查获得数据或资料进行定值；
- 3) 在计算吸入室内和室外空气中来自土壤和地下水的气态污染物途径致癌风险或危害商时，如 C_{gw} 实测浓度超过水溶解度，则采用水溶解度进行计算，此时实际污染（致癌、非致癌）风险可能高于模型计算值。