

中华人民共和国国家环境保护标准

HJ 25.3—2019

代替HJ 25.3-2014

建设用地土壤污染风险评估技术导则

**Technical guidelines for risk assessment of soil contamination of land for
construction**

(发布稿)

本电子版为发布稿。请以中国环境出版集团出版的正式标准文本为准。

2019-12-5发布

2019-12-5实施

生态环境部 发布

目 次

前 言	ii
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.....	4
6 暴露评估技术要求.....	4
7 毒性评估技术要求.....	7
8 风险表征技术要求.....	8
9 计算风险控制值的技术要求.....	9
附录 A（规范性附录） 暴露评估推荐模型	11
附录 B（规范性附录） 污染物性质参数推荐值及外推模型	18
附录 C（规范性附录） 计算致癌风险和危害商的推荐模型	32
附录 D（资料性附录） 不确定性分析推荐模型	36
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.....	37
附录 F（规范性附录） 污染物扩散迁移推荐模型.....	42
附录 G（资料性附录） 风险评估模型参数推荐值	48

前 言

根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》，为保障人体健康，保护生态环境，加强建设用地环境保护监督管理，规范建设用地土壤污染健康风险评估，制定本标准。

本标准规定了建设用地土壤污染风险评估的原则、内容、程序、方法和技术要求。

本标准附录A、附录B、附录C、附录E、附录F为规范性附录，附录D、附录G为资料性附录。

本标准首次发布于2014年，此次为第一次修订。此次修订的主要内容包括：

1.标准名称由《污染场地风险评估技术导则》修改为《建设用地土壤污染风险评估技术导则》；

2.适用范围参照标准名称作相应修改；

3.增加了规范性引用文件《土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）》（GB 36600），更新了规范性引用文件的相关标准内容；

4.删除了“场地”和“潜在污染场地”的术语和定义；

5.修改了“敏感用地”和“非敏感用地”的表述及其含义；

6.修正了部分污染物毒性与理化参数、推荐参数及计算公式。

本标准与以下标准同属建设用地土壤污染风险管控和修复系列环境保护标准：

《建设用地土壤污染状况调查技术导则》（HJ 25.1）；

《建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则》（HJ 25.2）；

《建设用地土壤修复技术导则》（HJ 25.4）；

《污染地块风险管控与土壤修复效果评估技术导则》（HJ 25.5）；

《污染地块地下水修复和风险管控技术导则》（HJ 25.6）。

自本标准实施之日起，《污染场地风险评估技术导则》（HJ 25.3-2014）废止。

本标准由生态环境部土壤生态环境司、法规与标准司组织制订。

本标准主要起草单位：生态环境部南京环境科学研究所、生态环境部环境标准研究所、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。

本标准由生态环境部2019年12月5日批准。

本标准自2019年12月5日起实施。

本标准由生态环境部解释。

建设用地土壤污染风险评估技术导则

1 适用范围

本标准规定了开展建设用地土壤污染风险评估的原则、内容、程序、方法和技术要求。

本标准适用于建设用地健康风险评估和土壤、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。凡是不注明日期的引用文件，其有效版本适用于本标准。

GB/T 14848	地下水质量标准
GB 36600	土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准
GB 50137	城市用地分类与规划建设用地标准
HJ 25.1	建设用地土壤污染状况调查技术导则
HJ 25.2	建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则
HJ 25.4	建设用地土壤修复技术导则
HJ 25.6	污染地块地下水修复和风险管控技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

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。

3.2

关注污染物 contaminant of concern

根据地块污染特征、相关标准规范要求和地块利益相关方意见，确定需要进行土壤污染状况调查和土壤污染风险评估的污染物。

3.3

暴露途径 exposure pathway

指建设用地土壤和地下水中污染物迁移到达和暴露于人体的方式。

3.4

建设用地健康风险评估 health risk assessment of land for construction

在土壤污染状况调查的基础上，分析地块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。

3.5

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。

3.6

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。

3.7

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。

3.8

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。

3.9

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土壤污染状况调查获得相关数据，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

地块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。地块风险评估程序见图 4.1。

4.1 危害识别

收集土壤污染状况调查阶段获得的相关资料和数据，掌握地块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，分析地块内关注污染物迁移和危害敏感受体的可能性，确定地块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。

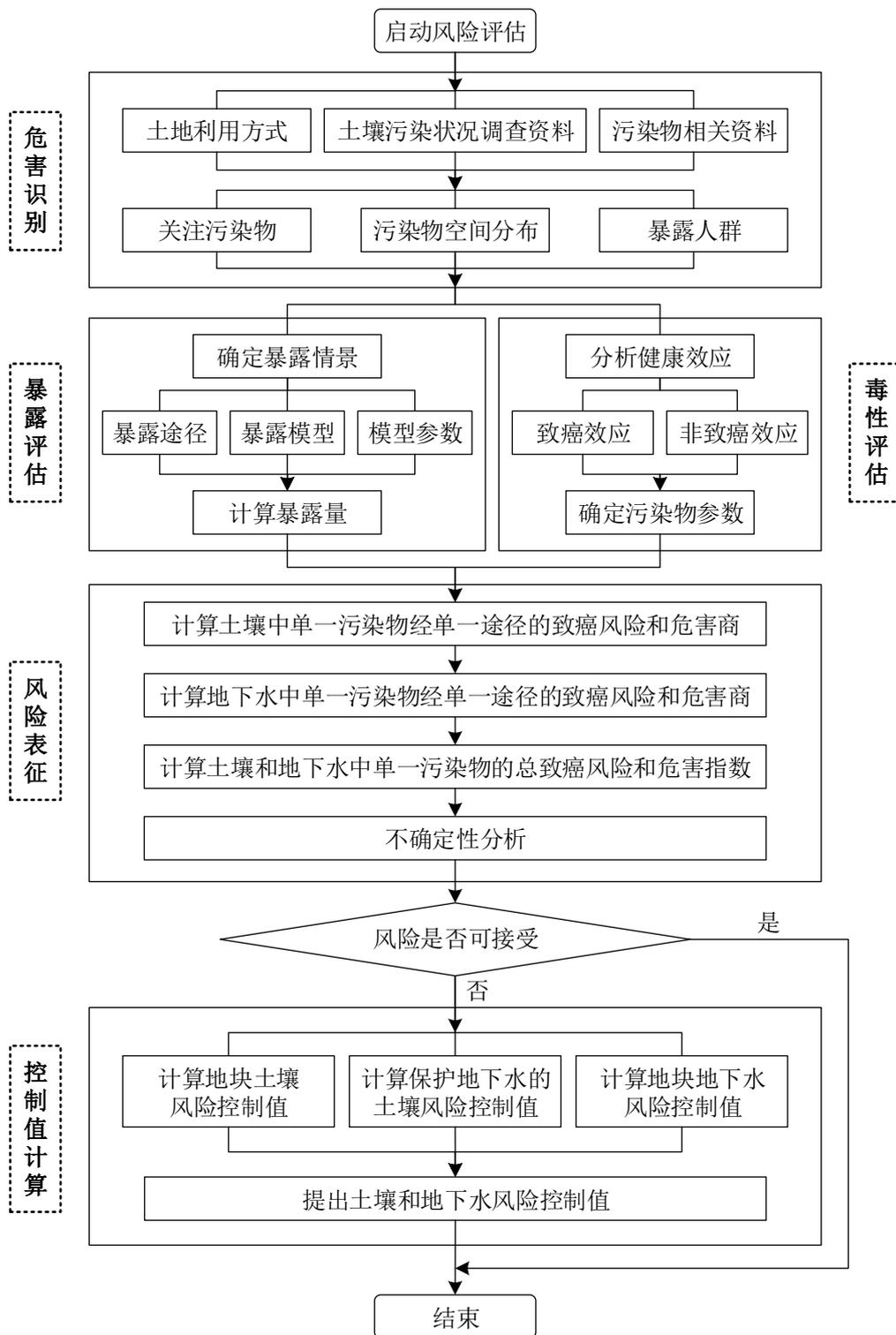


图 4.1 地块风险评估程序与内容

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。如地块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；如地块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对地块进行土壤污染状况调查及污染识别，获得以下信息：

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

5.2 确定关注污染物

根据土壤污染状况调查和监测结果，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，地块污染物经由不同途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“第一类用地”和以工业用地为代表的“第二类用地”的暴露情景。

6.1.2 第一类用地方式下，儿童和成人均可能会长时间暴露于地块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。

第一类用地方式包括GB 50137规定的城市建设用地中的居住用地（R）、公共管理与公共服务用地中的中小学用地（A33）、医疗卫生用地（A5）和社会福利设施用地（A6）、以及公园绿地（G1）中的社区公园或儿童公园用地等。

6.1.3 第二类用地方式下，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。

第二类用地包括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）、道路与交通设施用地（S）、公用设施用地（U）、公共管理与公共服务用地（A）（A33、A5、A6除外），以及绿地与广场用地（G）（G1中的社区公园或儿童公园用地除外）等。

6.1.4 除本标准 6.1.2 和 6.1.3 以外的建设用地，应分析特定地块人群暴露的可能性、暴露频率和暴露周期等情况，参照第一类用地或第二类用地情景进行评估或构建适合于特定地块的暴露情景进行风险评估。

6.2 确定暴露途径

6.2.1 对于第一类用地和第二类用地，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。地块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。依照 GB 36600 要求进行土壤中污染物筛选值的计算时，应考虑全部 6 种土壤污染物暴露途径。

6.3 计算第一类用地土壤和地下水暴露量

6.3.1 经口摄入土壤途径

第一类用地方式下，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

第一类用地方式下，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

第一类用地方式下，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

第一类用地方式下，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

第一类用地方式下，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

第一类用地方式下，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 吸入室内空气来自下层土壤的气态污染物途径

第一类用地方式下，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 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

第一类用地方式下，人群吸入室内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

第一类用地方式下，人群可因饮用地下水而暴露于地块地下水污染物。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 计算第二类用地土壤和地下水暴露量

6.4.1 经口摄入土壤途径

第二类用地方式下，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

第二类用地方式下，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

第二类用地方式下，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

第二类用地方式下，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

第二类用地方式下，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

第二类用地方式下，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 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径

第二类用地方式下，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.33）和公式（A.34）。

6.4.8 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

第二类用地方式下，人群可因吸入室内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.35）和公式（A.36）。

6.4.9 饮用地下水途径

第二类用地方式下，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 风险表征得到的地块污染物的致癌风险和危害商，可作为确定地块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，其代表的地块区域应划定为风险不可接受的污染区域。

8.2 计算地块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 应分析造成地块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 计算地块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

地块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。单一污染物土壤风险控制值，依据GB/T 14848 中保护地下水的土壤风险控制值的推荐模型计算，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，选择较小值作为地块的风险控制值。如地块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 和 HJ 25.6 确定地块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 第一类用地暴露评估模型

A1.1 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：

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

公式 (A.1) 中：

- $OISER_{ca}$ 一经口摄入土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤 kg^{-1} 体重 d^{-1} ；
- $OSIR_c$ 一儿童每日摄入土壤量， $mg d^{-1}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；
- $OSIR_a$ 一成人每日摄入土壤量， $mg d^{-1}$ ；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， $d a^{-1}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；
- EF_a 一成人暴露频率， $d a^{-1}$ ；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：

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

公式 (A.2) 中：

- $OISER_{nc}$ 一经口摄入土壤暴露量（非致癌效应），kg 土壤 kg^{-1} 体重 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)。

A1.2 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：

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

公式 (A.3) 中：

- $DCSER_{ca}$ 一皮肤接触途径的土壤暴露量（致癌效应），kg 土壤 kg^{-1} 体重 d^{-1} ；
- SAE_c 一儿童暴露皮肤表面积， cm^2 ；
- SAE_a 一成人暴露皮肤表面积， cm^2 ；
- $SSAR_c$ 一儿童皮肤表面土壤粘附系数， $mg cm^{-2}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；
- $SSAR_a$ 一成人皮肤表面土壤粘附系数， $mg cm^{-2}$ ；推荐值见附录 G 表 G.1；
- ABS_d 一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 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 土壤 kg^{-1} 体重 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：

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_c \times ED_c \times PIAF \times (fspo \times EFO_c + fspi \times EFI_c)}{BW_c \times AT_{ca}} \times 10^{-6} + \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (fspo \times EFO_a + fspi \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad \dots (A.7)$$

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 土壤 kg^{-1} 体重 d^{-1} ；

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

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

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

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

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

EFO_c —儿童的室外暴露频率， $d a^{-1}$ ；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：

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

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 土壤 kg^{-1} 体重 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:

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

公式 (A.9) 中:

$IOVER_{cal}$ —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 土壤 kg^{-1} 体重 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, $kg m^{-3}$; 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:

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

公式 (A.10) 中:

$IOVER_{nc1}$ —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), kg 土壤 kg^{-1} 体重 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:

$IOVER_{ca2}$ —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), kg 土壤 kg^{-1} 体重 d^{-1} ;

VF_{suboa} —下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, $kg m^{-3}$; 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.12) 计算:

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

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), kg 土壤 kg^{-1} 体重 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:

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

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:

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

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:

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

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:

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

公式 (A.16) 中:

$IIVER_{nc1}$ —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:

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

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:

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

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 第二类用地暴露评估模型

A2.1 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：

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

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：

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

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)。

A2.2 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， $DCSER_{ca}$ 、 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， $DCSER_{nc}$ 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)。

A2.3 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：

$$PISER_{ca} = \frac{PM_{10} \times DAIR_a \times ED_a \times PIAF \times (f_{spo} \times EFO_a + f_{spi} \times EFI_a)}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \quad \dots\dots (A.25)$$

公式 (A.25) 中， $PISER_{ca}$ 、 PM_{10} 、 $DAIR_a$ 、 $PIAF$ 、 f_{spo} 、 f_{spi} 、 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：

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

公式 (A.26) 中, $PISER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.8), PM_{10} 、 $DAIR_a$ 、 $PIAF$ 、 f_{spo} 、 f_{spi} 、 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, $I\overline{O}V\overline{E}R_{nc3}$ 的参数含义见公式 (A.14), $V\overline{F}_{gwoa}$ 的参数含义见公式 (A.13), $D\overline{A}I\overline{R}_a$ 和 $E\overline{F}O_a$ 的参数含义见公式 (A.7), $A\overline{T}_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.2), $B\overline{W}_a$ 和 $E\overline{D}_a$ 的参数含义见公式 (A.1)。

A2.7 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:

$$I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{ca1} = V\overline{F}_{subia} \times \frac{D\overline{A}I\overline{R}_a \times E\overline{F}I_a \times E\overline{D}_a}{B\overline{W}_a \times A\overline{T}_{ca}} \quad \dots\dots (A.33)$$

公式 (A.33) 中, $I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{ca1}$ 和 $V\overline{F}_{subia}$ 的参数含义分别见公式 (A.15), $D\overline{A}I\overline{R}_a$ 和 $E\overline{F}I_a$ 的参数含义见公式 (A.7), $E\overline{D}_a$ 、 $B\overline{W}_a$ 和 $A\overline{T}_{ca}$ 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:

$$I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{nc1} = V\overline{F}_{subia} \times \frac{D\overline{A}I\overline{R}_a \times E\overline{F}I_a \times E\overline{D}_a}{B\overline{W}_a \times A\overline{T}_{nc}} \quad \dots\dots (A.34)$$

公式 (A.34) 中, $I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{nc1}$ 的参数含义分别见公式 (A.16), $V\overline{F}_{subia}$ 的参数含义见公式 (A.15), $D\overline{A}I\overline{R}_a$ 和 $E\overline{F}I_a$ 的参数含义见公式 (A.7), $A\overline{T}_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.2), $B\overline{W}_a$ 和 $E\overline{D}_a$ 的参数含义见公式 (A.1)。

A2.8 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:

$$I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{ca2} = V\overline{F}_{gwia} \times \frac{D\overline{A}I\overline{R}_a \times E\overline{F}I_a \times E\overline{D}_a}{B\overline{W}_a \times A\overline{T}_{ca}} \quad \dots\dots (A.35)$$

公式 (A.35) 中, $I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{ca2}$ 和 $V\overline{F}_{gwia}$ 的参数含义见公式 (A.17), $D\overline{A}I\overline{R}_a$ 和 $E\overline{F}I_a$ 的参数含义见公式 (A.7), $E\overline{D}_a$ 、 $B\overline{W}_a$ 和 $A\overline{T}_{ca}$ 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:

$$I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{nc2} = V\overline{F}_{gwia} \times \frac{D\overline{A}I\overline{R}_a \times E\overline{F}I_a \times E\overline{D}_a}{B\overline{W}_a \times A\overline{T}_{nc}} \quad \dots\dots (A.36)$$

公式 (A.36) 中, $I\overline{I}\overline{V}\overline{E}R_{nc2}$ 的参数含义分别见公式 (A.18), $V\overline{F}_{gwia}$ 的参数含义见公式 (A.17), $D\overline{A}I\overline{R}_a$ 和 $E\overline{F}I_a$ 的参数含义见公式 (A.7), $A\overline{T}_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.2), $B\overline{W}_a$ 和 $E\overline{D}_a$ 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:

$$C\overline{G}\overline{W}\overline{E}R_{ca} = \frac{G\overline{W}\overline{C}\overline{R}_a \times E\overline{F}_a \times E\overline{D}_a}{B\overline{W}_a \times A\overline{T}_{ca}} \quad \dots\dots (A.37)$$

公式 (A.37) 中, $C\overline{G}\overline{W}\overline{E}R_{ca}$ 、 $G\overline{W}\overline{C}\overline{R}_a$ 的参数含义见公式 (A.19), $E\overline{F}_a$ 、 $E\overline{D}_a$ 、 $B\overline{W}_a$ 和 $A\overline{T}_{ca}$ 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:

$$C\overline{G}\overline{W}\overline{E}R_{nc} = \frac{G\overline{W}\overline{C}\overline{R}_a \times E\overline{F}_a \times E\overline{D}_a}{B\overline{W}_a \times A\overline{T}_{nc}} \quad \dots\dots (A.38)$$

公式 (A.38) 中, $C\overline{G}\overline{W}\overline{E}R_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.20), $G\overline{W}\overline{C}\overline{R}_a$ 的参数含义见公式 (A.19), $A\overline{T}_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.2), $E\overline{F}_a$ 、 $E\overline{D}_a$ 和 $B\overline{W}_a$ 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 _{gi} 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	RSL		
2	砷(无机)	Arsenic, inorganic	7440-38-2	1.50E+00	I	4.30E+00	I	3.00E-04	I	1.50E-05	RSL	1	RSL	0.03	RSL
3	铍	Beryllium	7440-41-7			2.40E+00	I	2.00E-03	I	2.00E-05		0.007	RSL		
4	镉	Cadmium	7440-43-9			1.80E+00	I	1.00E-03	I	1.00E-05	RSL	0.025	RSL	0.001	RSL
5	铬(三价)	Chromium, III	16065-83-1					1.50E+00	I			0.013	RSL		
6	铬(六价)	Chromium, VI	18540-29-9			1.20E+01	I	3.00E-03	I	1.00E-04	I	0.025	RSL		
7	钴	Cobalt	7440-48-4			9.00E+00	P	3.00E-04	P	6.00E-06	P	1	RSL		
8	铜	Copper	7440-50-8					4.00E-02	RSL			1	RSL		
9	汞(无机)	Mercury, inorganic	7439-97-6					3.00E-04	I	3.00E-04	RSL	0.07	RSL		
10	甲基汞	Methyl Mercury	22967-92-6					1.00E-04	I			1	RSL		
11	镍	Nickel	7440-02-0			2.60E-01	RSL	2.00E-02	I	9.00E-05	RSL	0.04	RSL		
12	锡	Tin	7440-31-5					6.00E-01	RSL			1	RSL		
13	钒	Vanadium	1314-62-1			8.30E+00	P	9.00E-03	I	7.00E-06	P	0.026	RSL		
14	锌	Zinc	7440-66-6					3.00E-01	I			1	RSL		
15	氰化物	Cyanide	57-12-5					6.00E-04	I	8.00E-04	RSL	1	RSL		
16	氟化物	Fluoride	16984-48-8					4.00E-02	RSL	1.30E-02	RSL	1	RSL		
二、挥发性有机物															
17	丙酮	Acetone	67-64-1					9.00E-01	I	3.10E+01	RSL	1	RSL		
18	苯	Benzene	71-43-2	5.50E-02	I	7.80E-03	I	4.00E-03	I	3.00E-02	I	1	RSL		

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 _{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	RSL		
20	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	1.10E-02	RSL	2.50E-03	RSL	1.00E-01	I	1.00E+00	I	1	RSL		
21	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3					2.00E-01	RSL	1.00E-01	RSL	1	RSL		
22	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3					2.00E-01	RSL	1.00E-01	RSL	1	RSL		
23	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6					2.00E-01	RSL	1.00E-01	RSL	1	RSL		
24	二甲苯	Xylenes	1330-20-7					2.00E-01	I	1.00E-01	I	1	RSL		
25	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	6.20E-02	I	3.70E-02	RSL	2.00E-02	I			1	RSL		
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	RSL		
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	RSL		
28	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7					2.00E-02	I	5.00E-02	P	1	RSL		
29	氯仿（三氯甲烷）	Chloroform	67-66-3	3.10E-02	RSL	2.30E-02	I	1.00E-02	I	9.80E-02	RSL	1	RSL		
30	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3							9.00E-02	I	1	RSL		
31	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	8.40E-02	I	2.00E-02	RSL	2.00E-02	I			1	RSL		
32	1,4-二氯苯	Dichlorobenzen, 1,4-	106-46-7	5.40E-03	RSL	1.10E-02	RSL	7.00E-02	RSL	8.00E-01	I	1	RSL		
33	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	5.70E-03	RSL	1.60E-03	RSL	2.00E-01	P			1	RSL		
34	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	9.10E-02	I	2.60E-02	I	6.00E-03	RSL	7.00E-03	P	1	RSL		
35	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4					5.00E-02	I	2.00E-01	I	1	RSL		
36	1,2-顺式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2					2.00E-03	I			1	RSL		
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	RSL		
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	RSL		
39	1,2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1,2-	78-87-5	3.70E-02	RSL	3.70E-02	RSL	4.00E-02	RSL	4.00E-03	I	1	RSL		
40	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3			4.00E-02	I	2.00E-03	I	9.00E-03	I	1	RSL		
41	苯乙烯	Styrene	100-42-5					2.00E-01	I	1.00E+00	I	1	RSL		
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	RSL		

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 _{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	RSL	2.00E-02	I			1	RSL		
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	RSL		
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	RSL		
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	RSL		
47	1,1,2-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,1,2-	598-77-6					5.00E-03	I			1	RSL		
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	RSL		
49	1,1,1-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6					2.00E+00	I	5.00E+00	I	1	RSL		
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	RSL	1	RSL		
三、半挥发性有机物															
51	芘	Acenaphthene	83-32-9					6.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
52	蒽	Anthracene	120-12-7					3.00E-01	I			1	RSL	0.13	RSL
53	苯并(a)蒽	Benzo(a)anthracene	56-55-3	1.00E-01	RSL	6.00E-02	RSL					1	RSL	0.13	RSL
54	苯并(a)芘	Benzo(a)pyrene	50-32-8	1.00E+00	I	6.00E-01	RSL	3.00E-04	I	2.00E-06	I	1	RSL	0.13	RSL
55	苯并(b)荧蒽	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2	1.00E-01	RSL	6.00E-02	RSL					1	RSL	0.13	RSL
56	苯并(k)荧蒽	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9	1.00E-02	RSL	6.00E-03	RSL					1	RSL	0.13	RSL
57	蒾	Chrysene	218-01-9	1.00E-03	RSL	6.00E-03	RSL					1	RSL	0.13	RSL
58	二苯并(a, h)蒽	Dibenzo(a, h)anthracene	53-70-3	1.00E+00	RSL	6.00E-01	RSL					1	RSL	0.13	RSL
59	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0					4.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
60	芴	Fluorene	86-73-7					4.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
61	茚并(1,2,3-cd)芘	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	193-39-5	1.00E-01	RSL	6.00E-02	RSL					1	RSL	0.13	RSL
62	萘	Naphthalene	91-20-3			3.40E-02	RSL	2.00E-02	I	3.00E-03	I	1	RSL	0.13	RSL
63	芘	Pyrene	129-00-0					3.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
64	艾氏剂	Aldrin	309-00-2	1.70E+01	I	4.90E+00	I	3.00E-05	I			1	RSL		
65	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1	1.60E+01	I	4.60E+00	I	5.00E-05	I			1	RSL	0.1	RSL
66	异狄氏剂	Endrin	72-20-8					3.00E-04	I			1	RSL	0.1	RSL

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 _{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		1.00E-01	I	5.00E-04	I	7.00E-04	I	1	RSL	0.04	RSL
68	滴滴滴	DDD	72-54-8	2.40E-01	I	6.90E-02	RSL					1	RSL	0.1	RSL
69	滴滴伊	DDE	72-55-9	3.40E-01	I	9.70E-02	RSL					1	RSL		
70	滴滴涕	DDT	50-29-3	3.40E-01	I	9.70E-02	I	5.00E-04	I			1	RSL	0.03	RSL
71	七氯	Heptachlor	76-44-8	4.50E+00	I	1.30E+00	I	5.00E-04	I			1	RSL		
72	α-六六六	Hexachloro cyclohexane, α- (α-HCH)	319-84-6	6.30E+00	I	1.80E+00	I	8.00E-03	RSL			1	RSL	0.1	RSL
73	β-六六六	Hexachloro cyclohexane, β- (β-HCH)	319-85-7	1.80E+00	I	5.30E-01	I					1	RSL	0.1	RSL
74	γ-六六六	Hexachloro cyclohexane, γ-(γ-HCH, Lindane)	58-89-9	1.10E+00	RSL	3.10E-01	RSL	3.00E-04	I			1	RSL	0.04	RSL
75	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	1.60E+00	I	4.60E-01	I	8.00E-04	I			1	RSL		
76	灭蚊灵	Mirex	2385-85-5	1.80E+01	RSL	5.10E+00	RSL	2.00E-04	I			1	RSL		
77	毒杀芬	Toxaphene	8001-35-2	1.10E+00	I	3.20E-01	I					1	RSL	0.1	RSL
78	多氯联苯 189	Heptachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB189)	39635-31-9	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
79	多氯联苯 167	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB 167)	52663-72-6	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
80	多氯联苯 157	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 157)	69782-90-7	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
81	多氯联苯 156	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 156)	38380-08-4	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
82	多氯联苯 169	Hexachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5,5'- (PCB 169)	32774-16-6	3.90E+03	RSL	1.10E+03	RSL	2.30E-08	RSL	1.30E-06	RSL	1	RSL	0.14	RSL
83	多氯联苯 123	Pentachlorobiphenyl, 2',3,4,4',5'- (PCB 123)	65510-44-3	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
84	多氯联苯 118	Pentachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5'- (PCB 118)	31508-00-6	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
85	多氯联苯 105	Pentachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4'- (PCB 105)	32598-14-4	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL

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 _{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	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
87	多氯联苯 126	Pentachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5- (PCB 126)	57465-28-8	1.30E+04	RSL	3.80E+03	RSL	7.00E-09	RSL	4.00E-07	RSL	1	RSL	0.14	RSL
88	多氯联苯 (高风险)	Polychlorinated Biphenyls (high risk)	1336-36-3	2.00E+00	I	5.70E-01	I					1	RSL	0.14	RSL
89	多氯联苯 (低风险)	Polychlorinated Biphenyls (low risk)	1336-36-3	4.00E-01	I	1.00E-01	I					1	RSL	0.14	RSL
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	RSL	0.14	RSL
91	多氯联苯 77	Tetrachlorobiphenyl, 3,3',4,4'- (PCB 77)	32598-13-3	1.30E+01	RSL	3.80E+00	RSL	7.00E-06	RSL	4.00E-04	RSL	1	RSL	0.14	RSL
92	多氯联苯 81	Tetrachlorobiphenyl, 3,4,4',5- (PCB 81)	70362-50-4	3.90E+01	RSL	1.10E+01	RSL	2.30E-06	RSL	1.30E-04	RSL	1	RSL	0.14	RSL
93	二噁英 (以 TCDD2378 计)	Tetrachlorodibenzo-p-dioxin, 2,3,7,8-	1746-01-6	1.30E+05	RSL	3.80E+04	RSL	7.00E-10	I	4.00E-08	RSL	1	RSL	0.03	RSL
94	多溴联苯	Polybrominated Biphenyls	59536-65-1	3.00E+01	RSL	8.60E+00	RSL	7.00E-06	RSL			1	RSL	0.1	RSL
95	苯胺	Aniline	62-53-3	5.70E-03	I	1.60E-03	RSL	7.00E-03	P	1.00E-03	I	1	RSL	0.1	RSL
96	溴仿	Bromoform	75-25-2	7.90E-03	I	1.10E-03	I	2.00E-02	I			1	RSL		
97	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8					5.00E-03	I			1	RSL		
98	4-甲酚	Cresol, 4-	106-44-5					1.00E-01	RSL	6.00E-01	RSL	1	RSL	0.1	RSL
99	3,3-二氯联苯胺	Dichlorobenzidine, 3,3-	91-94-1	4.50E-01	I	3.40E-01	RSL					1	RSL	0.1	RSL
100	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2					3.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
101	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5					2.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
102	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	3.10E-01	RSL	8.90E-02	RSL	2.00E-03	I			1	RSL	0.102	RSL
103	六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4					6.00E-03	I	2.00E-04	I	1	RSL		
104	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	4.00E-01	I	5.10E-03	RSL	5.00E-03	I			1	RSL	0.25	RSL
105	苯酚	Phenol	108-95-2					3.00E-01	I	2.00E-01	RSL	1	RSL	0.1	RSL

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 _{gi} 无量纲	数据来源	ABS _d 无量纲	数据来源
106	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
107	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	RSL	0.1	RSL
108	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	2.30E-01	RSL			3.50E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
109	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.90E-01	I	8.30E-02	RSL	5.00E-04	I	5.00E-04	I	1	RSL	0.1	RSL
110	乐果	Dimethoate	60-51-5					2.20E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
111	硫丹	Endosulfan	115-29-7					6.00E-03	I			1	RSL		
112	草甘膦	Glyphosate	1071-83-6					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
113	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	RSL	2.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
114	邻苯二甲酸苄丁酯	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	1.90E-03	P			2.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
115	邻苯二甲酸二乙酯	Diethyl phthalate, DEP	84-66-2					8.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
116	邻苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate, DBP	84-74-2					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
117	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octyl phthalate, DNOP	117-84-0					1.00E-02	P			1	RSL	0.1	RSL

备注:

(1) SF₀: 经口摄入致癌斜率因子; IUR: 呼吸吸入单位致癌风险; RfD₀: 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)”; “RSL”代表数据来自美国环保局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物毒性数据 (2018年5月发布)。表格中未包含的污染物可参考以上数据库的最新更新版本获取其参数。

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 一呼吸吸入致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物 kg}^{-1} \text{ 体重 d}^{-1}$)⁻¹;

RfD_i 一呼吸吸入参考剂量, $\text{mg 污染物 kg}^{-1} \text{ 体重 d}^{-1}$;

IUR 一呼吸吸入单位致癌因子, $\text{m}^3 \text{ mg}^{-1}$;

RfC 一呼吸吸入参考浓度, mg 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 一皮肤接触致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物 kg}^{-1} \text{ 体重 d}^{-1}$)⁻¹;

SF_o 一经口摄入致癌斜率因子, ($\text{mg 污染物 kg}^{-1} \text{ 体重 d}^{-1}$)⁻¹;

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

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

ABS_{gi} 一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	RSL
7	钴	Cobalt	7440-48-4										
8	铜	Copper	7440-50-8										
9	汞（无机）	Mercury, inorganic	7439-97-6	3.52E-01	EPI	3.07E-02	WATER9	6.30E-06	WATER9				
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	RSL
14	锌	Zinc	7440-66-6										
15	氰化物	Cyanide	1957-12-5	4.15E-03	EPI	2.11E-01	WATER9	2.46E-05	WATER9			9.54E+04	EPI
16	氟化物	Fluride	16984-48-8									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	2.71E-01	EPI	6.85E-02	WATER9	8.46E-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	3.83E-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	1,1,1,2-四氯乙烷,	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	1,1,1,2,2-四氯乙烷,	Tetrachloroethane, 1,1,1,2,2-	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	1,1,2-三氯丙烷	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	1,2,3-三氯丙烷	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	1,1,1-三氯乙烷,	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	1,1,2-三氯乙烷	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	萘	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	2.61E-02	WATER9	6.75E-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	蒽	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	1.42E-05	RSL	4.48E-02	WATER9	5.23E-06	WATER9	1.95E+06	RSL	1.90E-04	RSL
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	2.60E-04	EPI	3.62E-02	WATER9	4.22E-06	WATER9	2.01E+04	EPI	2.50E-01	EPI
67	氯丹	Chlorodane	12789-03-6	1.99E-03	EPI	2.15E-02	WATER9	5.45E-06	WATER9	6.75E+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	2.30E-02	WATER9	5.86E-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	2.74E-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	1.80E-05	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	2.19E-02	WATER9	5.63E-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	5.50E-01	RSL
78	多氯联苯 189	Heptachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB 189)	39635-31-9	2.07E-03	EPI	4.24E-02	WATER9	5.69E-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	2.80E-03	EPI	4.44E-02	WATER9	5.86E-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	4.44E-02	WATER9	5.86E-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	4.44E-02	WATER9	5.86E-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	4.44E-02	WATER9	5.86E-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	4.67E-02	WATER9	6.06E-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	4.67E-02	WATER9	6.06E-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	4.67E-02	WATER9	6.06E-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	3.78E-03	EPI	4.67E-02	WATER9	6.06E-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	4.67E-02	WATER9	6.06E-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	1.70E-02	EPI	2.43E-02	WATER9	6.27E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	7.00E-01	RSL
89	多氯联苯 (低风险)	Polychlorinated Biphenyls (low risk)	1336-36-3	1.70E-02	EPI	2.43E-02	WATER9	6.27E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	7.00E-01	RSL
90	多氯联苯 (最低风险)	Polychlorinated Biphenyls (lowest risk)	1336-36-3	1.70E-02	EPI	2.43E-02	WATER9	6.27E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	7.00E-01	RSL

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	4.94E-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	4.94E-02	WATER9	6.27E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	3.22E-02	EPI
93	二恶英 (以 TCDD2378 计)	Tetrachlorodibenzo-p-dio xin, 2,3,7,8-	1746-01-6	2.04E-03	EPI	4.70E-02	WATER9	6.76E-06	WATER9	2.49E+05	EPI	2.00E-04	EPI
94	多溴联苯	Polybrominated Biphenyls	59536-65-1										
95	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
96	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
97	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8	4.58E-04	EPI	6.61E-02	WATER9	9.48E-06	WATER9	3.88E+02	EPI	1.13E+04	EPI
98	4-甲酚	Cresol, 4-	106-44-5	4.09E-05	EPI	7.24E-02	WATER9	9.24E-06	WATER9	3.00E+02	EPI	2.15E+04	EPI
99	3,3-二氯联苯胺	Dichlorobenzidine, 3,3-	91-94-1	1.16E-09	RSL	4.75E-02	WATER9	5.55E-06	WATER9	3.19E+03	EPI	3.11E+00	EPI
100	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2	1.75E-04	EPI	4.86E-02	WATER9	8.68E-06	WATER9	1.47E+02	EPI	5.55E+03	EPI
101	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
102	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
103	六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadie ne	77-47-4	1.11E+00	EPI	2.72E-02	WATER9	7.22E-06	WATER9	1.40E+03	EPI	1.80E+00	EPI
104	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	1.00E-06	EPI	2.95E-02	WATER9	8.01E-06	WATER9	5.92E+02	EPI	1.40E+01	EPI
105	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
106	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	1.60E+03	EPI	1.20E+03	EPI
107	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	3.81E+02	EPI	8.00E+02	EPI
108	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	9.65E-08	EPI	2.65E-02	WATER9	6.84E-06	WATER9	2.25E+02	EPI	3.47E+01	EPI
109	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
110	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
111	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
112	草甘膦	Glyphosate	1071-83-6	8.59E-11	EPI	6.21E-02	WATER9	7.26E-06	WATER9	2.10E+03	EPI	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
113	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
114	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
115	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
116	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
117	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；“RSL”代表数据来自美国环保局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物毒性数据 (2018 年 5 月发布)。表格中未包含的污染物可参考以上数据库的最新更新版本获取其参数。

(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:

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \quad \dots\dots (C.1)$$

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, $mg\ kg^{-1}$; 必须根据地块调查获得参数值。

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.3)。

C1.2 皮肤接触土壤途径的致癌风险采用公式 (C.2) 计算:

$$CR_{dcs} = DCSE_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \quad \dots\dots (C.2)$$

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:

$$CR_{pis} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \quad \dots\dots (C.3)$$

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:

$$CR_{iov1} = IOVER_{ca1} \times C_{sur} \times SF_i \quad \dots\dots (C.4)$$

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:

$$CR_{iov2} = IOVER_{ca2} \times C_{sub} \times SF_i \quad \dots\dots (C.5)$$

公式 (C.5) 中:

CR_{iov2} 一 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} 一 下层土壤中污染物浓度, $mg\ kg^{-1}$; 必须根据地块调查获得参数值。

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:

$$CR_{iiv1} = IIVER_{ca1} \times C_{sub} \times SF_i \quad \dots\dots (C.6)$$

公式 (C.6) 中:

CR_{iiv1} 一 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:

$$CR_n = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{pis} + CR_{iov1} + CR_{iov2} + CR_{iiv1} \quad \dots\dots (C.7)$$

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:

$$HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_o \times SAF} \quad \dots\dots (C.8)$$

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:

$$HQ_{dcs} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF} \quad \dots\dots (C.9)$$

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:

$$HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C.10)$$

公式 (C.10) 中:

Hq_{pis} —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:

$$HQ_{iov1} = \frac{IOVER_{nc1} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C.11)$$

公式 (C.11) 中:

HQ_{iov1} —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.10), 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:

$$HQ_{iov2} = \frac{IOVER_{nc2} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C.12)$$

公式 (C.12) 中:

HQ_{iov2} —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.12), 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:

$$HQ_{iiv1} = \frac{IIVER_{nc1} \times C_{sub}}{RfD_i \times SAF} \quad \dots\dots (C.13)$$

公式 (C.13) 中:

HQ_{iiv1} —吸入室内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.13) 中, $IIVER_{nc1}$ 的参数含义见公式 (A.16), 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:

$$HI_n = HQ_{ois} + HQ_{dcs} + HQ_{pis} + HQ_{iov1} + HQ_{iov2} + HQ_{iiv1} \quad \dots\dots (C.14)$$

公式 (C.14) 中:

HI_n —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:

$$CR_{iov3} = IOVER_{ca3} \times C_{gw} \times SF_i \quad \dots\dots (C.15)$$

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, $mg L^{-1}$; 必须根据地块调查获得参数值。

公式 (C.15) 中, $IOVER_{ca3}$ 的参数含义分别见公式 (A.13), 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 吸入室内空气中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:

$$CR_{iiv2} = IIVER_{ca2} \times C_{gw} \times SF_i \quad \dots\dots (C.16)$$

公式 (C.16) 中:

CR_{iiv2} —吸入室内空气中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.17), 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:

$$CR_{cgw} = CGWER_{ca} \times C_{gw} \times SF_o \quad \dots\dots (C.17)$$

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:

$$CR_n = CR_{iov3} + CR_{iiv2} + CR_{cgw} \quad \dots\dots (C.18)$$

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:

$$HQ_{iov3} = \frac{IOVER_{nc3} \times C_{gw}}{RfD_i \times WAF} \quad \dots\dots (C.19)$$

公式 (C.19) 中:

HQ_{iov3} 一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， $I\overline{O}VER_{nc3}$ 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：

$$HQ_{iiv2} = \frac{I\overline{O}VER_{nc2} \times C_{gw}}{RfD_i \times WAF} \quad \dots\dots (C.20)$$

公式 (C.20) 中：

HQ_{iiv2} 一吸入室内空气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， $I\overline{O}VER_{nc2}$ 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)， WAF 的参数含义见公式 (C.19)。

C4.3 饮用地下水途径的危害商，采用公式 (C.21) 计算：

$$HQ_{cgw} = \frac{C\overline{G}W\overline{E}R_{nc} \times C_{gw}}{RfD_o \times WAF} \quad \dots\dots (C.21)$$

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， $C\overline{G}W\overline{E}R_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.20)， C_{gw} 的参数含义见公式 (C.15)， RfD_o 的参数含义见公式 (B.4)， WAF 的参数含义见公式 (C.19)。

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：

$$HI_n = HQ_{iov3} + HQ_{iiv2} + HQ_{cgw} \quad \dots\dots (C.22)$$

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_{iov3} 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， HI_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；
- P_1 一模型参数 P 变化前的数值；
- P_2 一模型参数 P 变化后的数值；
- X_1 一按 P1 计算的致癌风险或危害商，无量纲；
- X_2 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， $mg\ kg^{-1}$ ；

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， $mg\ kg^{-1}$ 。

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， $mg\ kg^{-1}$ 。

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， $mg\ kg^{-1}$ 。

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：

$RCVS_{iov2}$ — 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， $mg\ kg^{-1}$ 。

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：

$RCVS_{iiv}$ — 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 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：

$$RCVS_n = \frac{ACR}{OISER_{ca} \times SF_0 + DCSE_{ca} \times SF_d + (PISER_{ca} + IOVER_{ca1} + IVOER_{ca2} + IIVER_{ca1}) \times SF_i} \quad \dots\dots (E.7)$$

公式 (E.7) 中：

$RCVS_n$ — 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 kg^{-1} 。

公式 (E.7) 中， ACR 的参数含义见公式 (E.1)， $OISER_{ca}$ 、 $DCSE_{ca}$ 、 $PISER_{ca}$ 、 $IOVER_{ca1}$ 、 $IOVER_{ca2}$ 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_0 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：

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

AHQ — 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：

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

公式 (E.9) 中：

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

公式 (E.9) 中， AHQ 的参数含义见公式 (E.8)， $DCSE_{nc}$ 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：

$HCVS_{pis}$ — 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 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：

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

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， $mg\ kg^{-1}$ 。

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.10）， 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：

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

$HCVS_{iov2}$ 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， $mg\ kg^{-1}$ 。

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.12）， SAF 的参数含义见公式（C.8）。

E2.6 基于吸入室内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.13）计算：

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

公式（E.13）中：

$HCVS_{iiv}$ 一基于吸入室内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， $mg\ kg^{-1}$ ；

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.16）。

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：

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

公式（E.14）中：

$HCVS_n$ 一单一污染物（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， $mg\ kg^{-1}$ 。

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} 一保护地下水的土壤风险控制值， $mg\ kg^{-1}$ ；

MCL_{gw} 一地下水中污染物的最大浓度限值， $mg\ L^{-1}$ ；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 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:

$RCVG_{iov}$ —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 L^{-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.13), 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:

$RCVG_{iiv}$ —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 L^{-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.17), 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:

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

公式 (E.18) 中, 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.3)。

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:

$RCVG_n$ —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 L^{-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:

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

公式 (E.20) 中:

$HCVG_{iov}$ —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 L^{-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:

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

公式 (E.21) 中:

$HCVG_{iv}$ — 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, $mg L^{-1}$ 。

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:

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

公式 (E.22) 中:

$HCVG_{cgw}$ — 基于饮用地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值, $mg L^{-1}$ 。

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:

$HCVG_n$ — 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, $mg L^{-1}$ 。

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} 一土壤中气态污染物的有效扩散系数， $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ ；
- D_a 一空气中扩散系数， $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ ；推荐值见附录 B 表 B.2；
- D_w 一水中扩散系数， $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ ；推荐值见附录 B 表 B.2；
- H' 一无量纲亨利常数， $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ ；推荐值见附录 B 表 B.2；
- θ 一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} 一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} 一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：

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

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

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

公式 (F.2)、公式 (F.3) 和公式 (F.4) 中：

- ρ_b 一土壤容重， kg dm^{-3} ；推荐值见附录 G 表 G.1；
- ρ_s 一土壤颗粒密度， kg dm^{-3} ，推荐值见附录 G 表 G.1；
- ρ_{ws} 一土壤含水率， kg 水 kg^{-1} 土壤；推荐值见附录 G 表 G.1；
- ρ_w 一水的密度， 1 kg 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：

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

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， $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$ ；
- 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：

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

公式 (F.6) 中:

- D_{cap}^{eff} — 毛细管层中气态污染物的有效扩散系数, $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$;
- θ_{acap} — 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} — 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} — 地下水到表层土壤的有效扩散系数, $\text{cm}^2 \text{s}^{-1}$;
- h_{cap} — 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 — 非饱和土层厚度, cm ; 优先根据地块调查数据确定, 推荐值见附录 G 表 G.1;
- L_{gw} — 地下水埋深, cm ; 必须根据地块调查获得参数值。

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

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 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.10) 计算;
- f_{om} — 土壤有机质含量, g kg^{-1} ; 根据地块调查获得参数值。

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, $(\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1})/(\text{g cm}^{-3})$;
- U_{air} — 混合区大气流速风速, cm 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, $(g\ cm^{-2}\ s^{-1})/(g\ cm^{-3})$;
 ER —室内空气交换速率, 次 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, $86400\ s\ d^{-1}$ 。

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, $cm^3\ s^{-1}$;
 π —圆周率常数, 3.14159;
 dP —室内和室外大气压力差, $g\ cm^{-1}\ s^{-2}$;
 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, $1.81 \times 10^{-4}\ g\ cm^{-1}\ s^{-1}$;
 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:

$$VF_{suroa1} = \frac{\rho_b}{DF_{oa}} \times \sqrt{\frac{4 \times D_s^{eff} \times H^3}{\pi \times \tau \times 31536000 \times K_{sw} \times \rho_b}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.15)$$

$$VF_{suroa2} = \frac{d \times \rho_b}{DF_{oa} \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.16)$$

$$VF_{suroa} = MIN(VF_{suroa1}, VF_{suroa2}) \quad \dots\dots (F.17)$$

公式 (F.15)、公式 (F.16) 和公式 (F.17) 中:

- VF_{suroa1} —表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_{suroa2} —表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_{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), $kg\ m^{-3}$;

- τ 一 气态污染物入侵持续时间, a; 推荐值见附录 G 表 G.1;
 d 一 表层污染土壤层厚度, cm; 必须根据地块调查获得参数值;
 31536000 一 时间单位转换系数, 31536000 s 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:

$$VF_{suboa1} = \frac{1}{\left(1 + \frac{DF_{oa} \times L_s}{D_s^{eff}}\right) \times \frac{K_{sw}}{H}} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.18)$$

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:

$$VF_{suboa2} = \frac{d_{sub} \times \rho_b}{DF_{oa} \times \tau \times 31536000} \times 10^3 \quad \dots\dots (F.19)$$

$$VF_{suboa} = \text{MIN}(VF_{suboa1}, VF_{suboa2}) \quad \dots\dots (F.20)$$

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; 必须根据地块调查获得参数值;
 d_{sub} 一 下层污染土壤厚度, cm。

公式 (F.18)、(F.19) 和 (F.20) 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), 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 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_{gws}^{eff} 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,

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

$Q_s>0$ 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：

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

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

公式（F.22）、公式（F.23）、公式（F.24）、公式（F.25）和公式（F.26）中：

VF_{subia1} 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）， kg m^{-3} ；

VF_{subia2} 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）， kg 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）， kg 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 一时间单位转换系数， $31536000 \text{ s a}^{-1}$ 。

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_{crack}^{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_{sub} 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）计算：

$Q_s=0$ 时，

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

$Q_s>0$ 时，

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

公式（F.27）和公式（F.28）中：

VF_{gwia} 一地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子， kg m^{-3} 。

公式（F.27）和（F.28）中， H 的参数含义见公式（F.1）， D_{crack}^{eff} 的参数含义见公式（F.5）， L_{gw} 和 D_{gws}^{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.29）、公式（F.30）、公式（F.31）和公式（F.32）计算：

$$LF_{sgw1} = \frac{LF_{spw-gw}}{K_{sw}} \quad \dots\dots (F.29)$$

$$LF_{spw-gw} = \frac{1}{1 + \frac{U_{gw} \times \delta_{gw}}{I \times W}} \quad \dots\dots (F.30)$$

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：

$$LF_{sgw2} = \frac{d_{sub} \times \rho_b}{I \times \tau} \quad \dots\dots (F.31)$$

$$LF_{sgw} = MIN(LF_{sgw1}, LF_{sgw2}) \quad \dots\dots (F.32)$$

公式 (F.29)、公式 (F.30)、公式 (F.31) 和公式 (F.32) 中：

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

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）， $kg\ m^{-3}$ ；

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）， $kg\ m^{-3}$ ；

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

公式 (F.29)、公式 (F.30)、公式 (F.31) 和公式 (F.32) 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_{sub} 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	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
C_{sur}	表层土壤中污染物浓度 concentrations of contaminants in surface soil	mg kg^{-1}	—	—
C_{sub}	下层土壤中污染物浓度 concentrations of contaminants in subsurface soil	mg kg^{-1}	—	—
d^*	表层污染土壤层厚度 thickness of surface soil	cm	50	50
L_S^*	下层污染土壤层埋深 thickness of surface soil	cm	50	50
d_{sub}^*	下层污染土壤层厚度 thickness of subsurface soil	cm	100	100
A^*	污染源区面积 Source-zone area	cm^2	16000000	16000000
C_{gw}	地下水中污染物浓度 concentrations of contaminants in groundwater	mg 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 kg^{-1}	15	15
ρ_b^*	土壤容重 soil bulk density	kg dm^{-3}	1.5	1.5
P_{ws}^*	土壤含水率 soil water content	kg kg^{-1}	0.2	0.2
ρ_s^*	土壤颗粒密度 density of soil particulates	kg 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 m^{-3}	0.119	0.119
U_{air}	混合区大气流速风速 ambient air velocity in mixing zone	cm 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	4000	4000
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 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 water infiltration rate	cm a^{-1}	30	30

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
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
θ_{wcrack}	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	35	35
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	220	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	0.0005	0.0005
τ	气态污染物入侵持续时间 averaging time for vapor flux	a	30	25
dP	室内室外气压差 differential pressure between indoor and outdoor air	g cm ⁻¹ s ²	0	0
K_v	土壤透性系数 soil permeability	cm ²	1.00×10 ⁻⁸	1.00×10 ⁻⁸
Z_{crack}	室内地面到地板底部厚度 depth to bottom of slab	cm	35	35
X_{crack}	室内地板周长 slab perimeter	cm	3400	3400
A_b	室内地板面积 slab area	cm ²	700000	700000
ED_a	成人暴露期 exposure duration of adults	a	24	25
ED_c	儿童暴露期 exposure duration of children	a	6	—
EF_a	成人暴露频率 exposure frequency of adults	d a ⁻¹	350	250
EF_c	儿童暴露频率 exposure frequency of children	d a ⁻¹	350	—
EFI_a	成人室内暴露频率 indoor exposure frequency of adults	d a ⁻¹	262.5	187.5
EFI_c	儿童室内暴露频率 indoor exposure frequency of children	d a ⁻¹	262.5	—
EFO_a	成人室外暴露频率 outdoor exposure frequency of adults	d a ⁻¹	87.5	62.5
EFO_c	儿童室外暴露频率 outdoor exposure frequency of children	d a ⁻¹	87.5	—
BW_a	成人平均体重 average body weight of adults	kg	61.8	61.8
BW_c	儿童平均体重 average body weight of children	kg	19.2	—
H_a	成人平均身高 average height of adults	cm	161.5	161.5
H_c	儿童平均身高 average height of children	cm	113.15	—
$DAIR_a$	成人每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of adults	m ³ d ⁻¹	14.5	14.5
$DAIR_c$	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	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
$GWCR_a$	成人每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of adults	$L d^{-1}$	1.0	1.0
$GWCR_c$	儿童每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of children	$L d^{-1}$	0.7	0.7
$OSIR_a$	成人每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of adults	$mg d^{-1}$	100	100
$OSIR_c$	儿童每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of children	$mg d^{-1}$	200	—
E_v	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	0.33 (挥发性有机物) / 0.5 (其它污染物)	0.33 (挥发性有机物) / 0.5 (其它污染物)
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例 groundwater allocation factor	无量纲	0.33 (挥发性有机物) / 0.5 (其它污染物)	0.33 (挥发性有机物) / 0.5 (其它污染物)
SER_a	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
SER_c	儿童暴露皮肤所占体表面积比 skin exposure ratio of children	无量纲	0.36	—
$SSAR_a$	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
$SSAR_c$	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
AT_{ca}	致癌效应平均时间 average time for carcinogenic effect	d	27740	27740
AT_{nc}	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地块确定或该用地方式下参数值不适用；
- 2) “*”表示该参数的推荐值仅适用于依照GB 36600 要求进行污染物筛选值的计算，具体地块的风险评估采用地块实际值。其他参数在依照GB 36600 要求进行污染物筛选值的计算时，采用推荐值；在具体地块的风险评估时，能够获取的实际值的，也优先采用实际值；
- 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。