

DB4101

郑 州 市 地 方 标 准

DB4101/T 126—2024

建设用地地下水污染健康风险评估 技术导则

2024 - 10 - 11 发布

2025 - 01 - 11 实施

郑州市市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 工作程序和内容 2

5 危害识别 4

6 暴露评估 5

7 毒性评估 6

8 风险表征 7

9 风险控制值的计算和确定 8

附录 A（规范性） 暴露评估模型..... 9

附录 B（资料性） 污染物性质参数推荐值及外推模型..... 14

附录 C（规范性） 计算致癌风险和危害商的模型..... 28

附录 D（资料性） 不确定性分析推荐模型..... 30

附录 E（规范性） 计算地下水风险控制值的模型..... 31

附录 F（规范性） 污染物扩散迁移模型..... 34

附录 G（资料性） 风险评估模型参数推荐值..... 38

参考文献 41

前 言

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

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由郑州市生态环境局提出。

本文件由郑州市生态环境标准化技术委员会（ZZTC08）归口。

本文件起草单位：华北水利水电大学、郑州大学、北京市科学技术研究院资源环境研究所、生态环境部南京环境科学研究所、中国科学研究院南京土壤研究所。

本文件主要起草人：杨子彦、王娟、逯祯、杨小丽、魏文侠、温冰、方国东、郭会锋、陈宁、贾纤、李闻天、魏晓慧、徐鸿云、杨燕利、刘玉浩、唐跃军、田浩、钟玖妍、张燕辉、朱健民、刘瑞浩、董玉辉、左新坡、杨芳。

建设用地地下水污染健康风险评估技术导则

1 范围

本文件规定了开展建设用地地下水污染健康风险评估的工作程序和内容、危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征、风险控制值的计算和确定。

本文件适用于建设用地地下水污染健康风险评估、地下水风险控制值的确定，不适用于放射性物质、致病性生物污染地下水的健康风险评估。

2 规范性引用文件

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

- GB/T 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（试行）
- GB 50137 城市用地分类与规划建设用地标准

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

关注污染物

根据地下水污染特征、相关标准规范要求和地块利益相关方意见，确定需要进行地下水污染健康风险评估的污染物。

3.2

建设用地地下水污染健康风险评估

在建设用地地下水环境状况调查的基础上，分析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，计算基于污染健康风险的地下水风险控制值的过程。

3.3

暴露途径

指建设用地地下水中污染物迁移到达和暴露于人体的方式。

3.4

暴露情景

特定土地利用方式下，地块污染物经由不同方式迁移并到达受体的一种建设性场景描述，即关于地块污染暴露如何发生的一系列事实、推定和假设。

3.5

暴露浓度

暴露点地下水污染物的浓度。

3.6

致癌风险

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。

3.7

危害商

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。

3.8

可接受风险水平

对于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。本文件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

地下水风险控制值

根据本文件规定的用地方式、暴露情景和可接受风险水平，采用本文件规定的风险评估方法和地下水污染状况调查获得相关数据，计算获得地下水中污染物的浓度限值。

4 工作程序和内容

建设用地下水污染健康风险评估工作内容包括危害识别、暴露评估、毒性评估、风险表征以及地下水风险控制值的计算。建设用地地下水污染健康风险评估程序见图1。

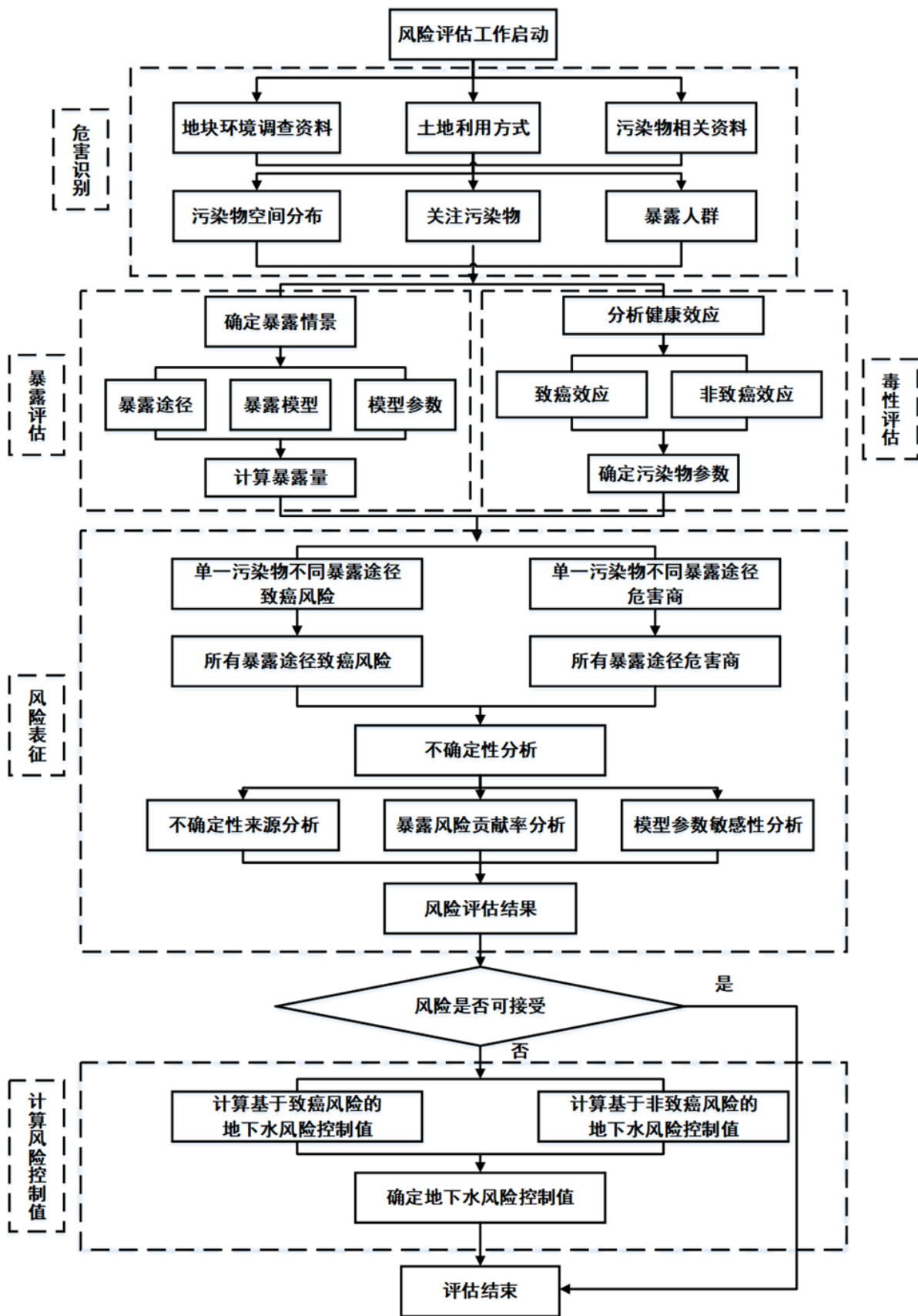


图1 地下水污染健康风险评估工作程序

5 危害识别

5.1 工作目标

根据地块环境调查获取的资料，结合规划土地利用方式，确认地块地下水污染空间分布、关注污染物和可能的暴露人群等。

5.2 资料收集

对地块进行地下水环境状况调查，获得包括但不限于以下相关资料信息：

- a) 地块相关资料，包括地块土地使用权及用途变更情况、与污染相关的人为活动、地块（及邻近地区）平面分布图、地表及地下设备设施和构筑物的分布等；
- b) 地块（所在地）气候、水文、水文地质特征信息和数据，包括地表平均风速、地下水埋深、含水层渗透系数等；
- c) 地块及周边地区土地利用方式（历史、现状及未来规划）、敏感人群及建筑物等相关信息；
- d) 地块区域人群用水类型、地下水用途及占比；
- e) 地下水污染物的监测数据。

5.3 确定关注污染物

根据地下水污染状况调查和检测结果，将对人群等敏感受体具有潜在风险的污染物，确定为关注污染物：

- a) 地块位于地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）保护区及补给区的，地下水样品中浓度超过 GB/T 14848 规定的Ⅲ类质量标准的污染物；
- b) 地块位于地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）保护区及补给区以外的，地下水样品中浓度超过 GB/T 14848 规定的Ⅳ类质量标准的污染物；
- c) 未在 GB/T 14848 中规定的污染物，可通过本文件确定的风险评估方法，按照保守原则确定暴露途径和参数，计算地下水中的筛选值，地下水样品中浓度超过计算得出的筛选值的污染物。

5.4 确认土地利用方式及敏感受体

5.4.1 根据规划部门或评估委托方提供的信息，明确地块用地方式：第一类用地包括 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）、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；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。

5.4.2 第一类用地致癌效应的敏感人群为儿童及成人，非致癌效应的敏感人群为儿童；第二类用地的致癌效应及非致癌效应的敏感人群均为成人。

5.4.3 地块若无明确规划则应按照第一类用地进行风险评估。对于同时包括第一类用地和第二类用地的地块，可分区进行风险评估。

5.5 健康风险评估区域

根据地下水污染现状及模拟预测结果确定，应包含地块内外地下水污染及其潜在影响的区域。

6 暴露评估

6.1 工作目标

在危害识别的基础上，结合地块现状以及再开发规划方案，分析关注污染物的暴露情景和敏感受体的危害情景，确认地下水中污染物的暴露途径，根据暴露模型和相应的参数计算暴露人群在不同暴露情景下对应的暴露量。

6.2 分析暴露情景

6.2.1 根据不同土地利用方式下人群的活动模式，分析 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Ⅰ类用地和以工业用地为代表的第Ⅱ类用地的暴露情景。

6.2.2 除上述 GB 50137 规定的城市建设用地以外，还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，参照第Ⅰ类用地或第Ⅱ类用地情景进行评估或构建适合的特定暴露情景进行风险评估。

6.3 确定暴露途径

对于第Ⅰ类用地和第Ⅱ类用地，暴露途径包括经口摄入地下水、皮肤接触地下水、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物等 4 种。对于不涉及地下水饮用水源（在用、备用、应急、规划水源）保护区及补给区的地块，可不考虑经口摄入地下水途径。

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，风险评估模型参数应尽可能根据现场调查获得，风险评估模型和参数推荐值见附录 A 和附录 B。

6.4 确定暴露浓度

根据地下水环境状况调查评价的结果，首先采用有代表性的地下水污染现状监测数据；其次利用地下水污染模拟预测的方法，获取地下水污染模拟预测数据作为暴露浓度。

6.5 计算第Ⅰ类用地地下水暴露量

6.5.1 经口摄入地下水途径

第Ⅰ类用地方式下，人群可因经口摄入地下水而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式（A.1）和公式（A.2）。

6.5.2 皮肤接触地下水途径

第Ⅰ类用地方式下，人群可因皮肤直接接触地下水而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式（A.3~A.7）和公式（A.8）。

6.5.3 吸入室内空气中来自地下水的气态污染物途径

第Ⅰ类用地方式下，人群可因吸入室内空气中来自地下水中的气态污染物而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式（A.9）和公式（A.10）。

6.5.4 吸入室外空气中来自地下水的气态污染物途径

第Ⅰ类用地方式下，人群可因吸入室外空气中来自地下水中的气态污染物而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式（A.11）

和公式 (A.12)。

6.6 计算第二类用地地下水暴露量

6.6.1 经口摄入地下水途径

第二类用地方式下，人群可因经口摄入地下水而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式 (A.13) 和公式 (A.14)。

6.6.2 皮肤接触地下水途径

第二类用地方式下，人群可因皮肤直接接触地下水而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式 (A.15) 和公式 (A.16)。

6.6.3 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中的气态污染物途径而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式 (A.17) 和公式 (A.18)。

6.6.4 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中的气态污染物途径而暴露于污染地下水。对于单一污染物的致癌和非致癌效应，计算该途径对应的地下水暴露量的模型见附录 A 公式 (A.19) 和公式 (A.20)。

7 毒性评估

7.1 工作目标

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毒性参数，包括参考剂量、参考浓度、致癌斜率因子和单位致癌因子等。

7.2 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。

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 中 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)。

7.3 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。

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公式 (B.2) 和公式 (B.4)。

7.4 污染物的理化性质参数

风险评估所需的污染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。

7.5 污染物其他相关参数

部分污染物消化道吸收因子 (ABS_{gi})、皮肤吸收因子 (ABS_d) 等其他相关参数的推荐值见附录 B 表B.1。

8 风险表征

8.1 工作目标

在暴露评估和毒性评估的工作基础上,采用风险评估模型计算单一污染物经单一暴露途径的风险、单一污染物经对应暴露情境下所有暴露途径的风险。

8.2 技术要求

关注污染物的风险表征包括单一污染物的致癌风险和单一污染物的危害商(非致癌风险),可根据采样点关注污染物的最大浓度数据进行计算。

风险评估得到的污染物的致癌风险和危害商,可作为确定污染范围的重要依据。计算得到的地下水中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,其代表的区域应划为风险不可接受的污染区。

8.3 计算地下水中污染物的致癌风险和危害商

8.3.1 地下水中单一污染物的致癌风险

对于单一污染物,计算经口摄入地下水、皮肤接触地下水、吸入室内空气中地下水气态污染物、吸入室外空气中地下水气态污染物暴露途径致癌风险的模型,见附录 C 公式(C.1~C.4)。计算地下水中单一污染物经上述 4 种暴露途径致癌风险的模型见附录 C 公式(C.5)。

8.3.2 地下水中单一污染物的危害商

对于单一污染物,计算经口摄入地下水、皮肤接触地下水、吸入室内空气中地下水气态污染物、吸入室外空气中来自地下水气态污染物暴露途径危害商的模型,见附录 C 公式(C.6~C.9)。计算地下水中单一污染物经上述 4 种暴露途径致癌风险的模型见附录 C 公式(C.10)。

8.4 不确定性分析

8.4.1 分析目的

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,明确不确定性因素对最终风险评估结果的影响程度。

8.4.2 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别按附录 D 公式(D.1)、(D.2)计算。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。

8.4.3 模型参数敏感性分析

选定对风险计算结果影响较大的参数(P)进行敏感性分析,以分析参数取值变动对风险评估计算结果的影响程度。参数的敏感性比例越大,表示风险变化程度越大,该参数对风险计算的影响也越大。制定污染地下水风险管理对策时,应该关注对风险影响较大的敏感性参数。

分析的参数应包括人群相关参数(体重、暴露期、暴露频率等)、与暴露途径相关的参数(暴露皮肤表面积、皮肤、每日吸入空气体积、室内地基厚度、室内空间体积与蒸气渗面积比等)。单一暴露途径风险贡献率超过20%时,应进行人群相关参数和与该途径相关的参数的敏感性分析。

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 P_1 变化到 P_2)与致癌风险或危害商(从 X_1 变化到 X_2)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 风险控制值的计算和确定

9.1 可接受致癌风险和危害商

本文件计算基于致癌效应的地下水风险控制值时,采用单一污染物的可接受致癌风险为 10^{-6} ;计算基于非致癌效应的地下水风险控制值时,采用单一污染物的可接受危害商为1。

9.2 计算地下水风险控制值

9.2.1 计算单一关注污染物基于致癌风险的地下水风险控制值

对于单一污染物,计算基于经口摄入地下水、皮肤接触地下水、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物暴露途径致癌效应的地下水风险控制值的模型,见附录E 公式(E.1~E.4)。计算单一污染物基于上述4种地下水暴露途径致癌效应的地下水风险控制值的模型见附录E 公式(E.5)。

9.2.2 计算单一关注污染物基于非致癌效应的地下水风险控制值

对于单一污染物,计算基于经口摄入地下水、皮肤接触地下水、吸入室内空气中来自地下水的气态污染物、吸入室外空气中来自地下水的气态污染物暴露途径非致癌效应的地下水风险控制值的模型,分别见附录E 公式(E.6~E.9)。计算单一污染物基于上述4种地下水暴露途径非致癌效应的地下水风险控制值的模型见附录E 公式(E.10)。

9.3 确定地下水风险控制值

比较上述计算得到的基于致癌效应和基于非致癌效应的地下水风险控制值,选择较小值作为建设用地地块的地下水风险控制值。

附 录 A (规范性) 暴露评估模型

A.1 第一类用地暴露评估模型

A.1.1 经口摄入地下水途径

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，经口摄入地块及周边受影响地下水对应的地下水暴露量，采用公式（A.1）。

$$CGWER_{ca} = \frac{GWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} + \frac{GWCR_c \times EF_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中：

$CGWER_{ca}$ ——经口摄入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；

$GWCR_a$ ——成人每日饮用水量，L地下水 · d⁻¹，推荐值：1.5 L/d；

$GWCR_c$ ——儿童每日饮用水量，L地下水 · d⁻¹，推荐值：0.7 L/d；

EF_a ——成人暴露频率，d · a⁻¹，推荐值：350 d · a⁻¹；

EF_c ——儿童暴露频率，d · a⁻¹，推荐值：350 d · a⁻¹；

ED_a ——成人暴露期，a，推荐值：24 a；

ED_c ——儿童暴露期，a，推荐值：6 a；

BW_a ——成人平均体重，kg；推荐值：65.5 kg；

BW_c ——儿童平均体重，kg；推荐值：19.2 kg；

AT_{ca} ——致癌效应平均时间，d，推荐值：27740 d。

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。经口摄入地块及周边受影响地下水对应的地下水暴露量，采用公式（A.2）计算：

$$CGWER_{nc} = \frac{GWCR_c \times EF_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

$CGWER_{nc}$ ——经口摄入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；

AT_{nc} ——非致癌效应平均时间，推荐值：2190d；

EF_c 、 ED_c 、 BW_c 的参数含义见公式（A.1）。

A.1.2 皮肤接触地下水途径

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。用受污染的地下水日常洗澡、游泳或清洗，皮肤接触地下水途径对应的地下水暴露量（致癌效应）采用公式（A.3）进行计算：

$$DFWER_{nc} = \left(\frac{SAE_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times DA_{ea}}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{SAE_c \times EF_c \times ED_c \times E_v \times DA_{ec}}{BW_c \times AT_{ca}} \right) \dots\dots\dots (A.3)$$

式中：

$DFWER_{ca}$ ——皮肤接触途径的地下水暴露剂量（致癌效应），mg污染物 · kg⁻¹体重 · d⁻¹；

SAE_a ——成人暴露皮肤表面积, cm^2 , 参数值采用公式 (A.7) 计算;

SAE_c ——儿童暴露皮肤表面积, cm^2 ; 参数值采用公式 (A.6) 计算;

E_v ——每日洗澡、游泳、清洗等皮肤接触事件发生频率, $\text{次} \cdot \text{d}^{-1}$, 推荐值: $1 \text{次} \cdot \text{d}^{-1}$;

DA_{ea} ——成人皮肤接触吸收剂量, $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$;

DA_{ec} ——儿童皮肤接触吸收剂量, $\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$ 。

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

其中, 无机污染物的吸收剂量 DA_{ea} ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$) 采用公式 (A.4) 和 DA_{ec} ($\text{mg} \cdot \text{cm}^{-2}$) 公式 (A.5) 进行计算:

$$DA_{ea} = K_p \times C_{gw} \times t_a \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{A. 4})$$

$$DA_{ec} = K_p \times C_{gw} \times t_c \times 10^{-3} \dots\dots\dots (\text{A. 5})$$

式中:

K_p ——皮肤渗透系数, $\text{cm} \cdot \text{h}^{-1}$;

t_a ——成人次经皮肤接触的时间, h, 推荐值: 0.5h;

t_c ——儿童次经皮肤接触的时间, h, 推荐值: 0.5h;

C_{gw} ——地下水中污染物浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

SAE_a 和 SAE_c 的参数值分别采用公式 (A.6) 和公式 (A.7) 计算:

$$SAE_a = 239 \times H_a^{0.417} \times BW_a^{0.517} \times SER_a \dots\dots\dots (\text{A. 6})$$

$$SAE_c = 239 \times H_c^{0.417} \times BW_c^{0.517} \times SER_c \dots\dots\dots (\text{A. 7})$$

式中:

H_a ——成人平均身高, cm, 推荐值: 161.5cm;

H_c ——儿童平均身高, cm, 推荐值: 113.15cm;

SER_a ——成人暴露皮肤所占体表面积比, 无量纲, 推荐值: 0.32;

SER_c ——儿童暴露皮肤所占体表面积比, 无量纲, 推荐值: 0.36;

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。皮肤接触地下水途径对应的地下水暴露剂量采用公式 (A.8) 计算:

$$DGWER_{nc} = \frac{SAE_c \times EF_c \times ED_c \times E_v \times DA_{ec}}{BW_c \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (\text{A. 8})$$

式中:

$DGWER_{nc}$ ——皮肤接触途径的地下水暴露剂量 (非致癌效应), $\text{mg污染物} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

SAE_c 、 E_v 和 DA_{ec} 的参数含义见公式 (A.3), DA_{ec} 的参数计算见公式 (A.5), 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.1.3 吸入室内空气中地下水中气态污染物途径

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.9) 进行计算:

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \left(\frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_c \times EFI_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} \right) \dots\dots\dots (\text{A. 9})$$

式中:

$IIVER_{ca2}$ ——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), $\text{L地下水} \cdot \text{kg}^{-1} \text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;

VF_{gwia} ——地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子, $L \cdot m^{-3}$, 计算方法参考附录F, 公式(F.3);

EFL_a ——成人的室内暴露频率, $d \cdot a^{-1}$, 推荐值: $262.5 d \cdot a^{-1}$;

EFL_c ——儿童的室内暴露频率, $d \cdot a^{-1}$, 推荐值: $262.5 d \cdot a^{-1}$;

$DAIR_a$ ——成人每日呼吸空气量, $m^3 \cdot d^{-1}$, 推荐值: $14.5 m^3 \cdot d^{-1}$;

$DAIR_c$ ——儿童每日呼吸空气量, $m^3 \cdot d^{-1}$, 推荐值: $7.5 m^3 \cdot d^{-1}$;

ED_a 、 ED_c 、 BW_a 、 BW_c 、 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.10)进行计算:

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_c \times EFL_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.10)$$

式中:

$IIVER_{nc2}$ ——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 $\cdot kg^{-1}$ 体重 $\cdot d^{-1}$ 。

VF_{gwia} 、 EFL_c 参数含义见公式(A.9), $DAIR_c$ 的参数含义见公式(A.11), 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)。

A.1.4 吸入室外空气中地下水中气态污染物途径

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.11)计算:

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \left(\frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} + \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} \right) \dots\dots\dots (A.11)$$

式中:

$IOVER_{ca3}$ ——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 $\cdot kg^{-1}$ 体重 $\cdot d^{-1}$;

VF_{gwoa} ——地下水中污染物扩散进入室外空气的挥发因子, $L \cdot m^{-3}$, 计算方法参考附录F, 公式(F.11);

EFO_a ——成人的室外暴露频率, $d \cdot a^{-1}$, 推荐值: $87.5 d \cdot a^{-1}$;

EFO_c ——儿童的室外暴露频率, $d \cdot a^{-1}$, 推荐值: $87.5 d \cdot a^{-1}$;

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

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对应的地下水暴露量, 采用公式(A.12)进行计算:

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_c \times EFO_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.12)$$

式中:

$IOVER_{nc3}$ ——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 $\cdot kg^{-1}$ 体重 $\cdot d^{-1}$;

VF_{gwoa} 、 $DAIR_c$ 和 EFO_c 的参数含义见公式(A.11), 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)。

A.2 第二类用地暴露评估模型

A.2.1 经口摄入地下水途径

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，经口摄入地块及周边受影响地下水对应的地下水暴露量，采用公式（A.13）计算：

$$CGWER_{ca} = \frac{GWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \dots\dots\dots (A.13)$$

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，经口摄入地块及周边受影响地下水对应的地下水暴露量，采用公式（A.14）计算：

$$CGWER_{ca} = \frac{GWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \dots\dots\dots (A.14)$$

式中：

EF_a ——成人暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ，推荐值：250 $d \cdot a^{-1}$ ；

ED_a ——成人暴露期，a，推荐值：25 a；

BW_a ——成人平均体重，kg；推荐值：65.5 kg；

AT_{ca} ——致癌效应平均时间，d，推荐值：27740 d；

AT_{nc} ——非致癌效应平均时间，d，推荐值：9125 d；

$CGWER_{ca}$ 的参数含义见公式（A.1）， $CGWER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.2）， $GWCR_a$ 的参数含义见公式（A.1）。

A.2.2 皮肤接触地下水途径

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露的终生危害，用受污染的地下水日常洗澡、游泳或清洗，皮肤接触地下水途径对应的地下水暴露剂量（致癌效应）采用公式（A.15）计算：

$$DGWER_{ca} = \frac{SAE_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times DA_{ea}}{BW_a \times AT_{ca}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (A.15)$$

式中：

$DGWER_{ca}$ 、 E_v 、 SAE_a 、 DA_{ea} 的参数含义见公式（A.3）， SAE_a 和 DA_{ea} （无机物）的参数值分别采用公式（A.6）和（A.4）， E_{fa} 、 ED_a 、 BW_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.13）。

对于单一污染物的非致癌效应，考虑人群在成人期暴露受到的危害。皮肤接触地下水途径对应的地下水暴露剂量采用公式（A.16）计算：

$$DGWER_{nc} = \frac{SAE_a \times EF_a \times ED_a \times E_v \times DA_{ea}}{BW_a \times AT_{nc}} \times 10^{-6} \dots\dots\dots (A.16)$$

式中：

SAE_a 的参数含义见公式（A.6）， DA_{ea} 的计算方法见公式（A.4）。

$DGWER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.8）， E_v 和 DA_{ea} 的参数含义见公式（A.3）， EF_a 、 ED_a 、 BW_a 、 AT_{nc} 的参数含义见公式（A.13）（A.14）。

A.2.3 吸入室内空气中气态污染物途径

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）进行计算：

$$IIVER_{ca2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \dots\dots\dots (A.17)$$

式中：

EFI_a ——成人的室内暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ，推荐值：187.5 $d \cdot a^{-1}$ ；

$IIVER_{ca2}$ 、 VF_{gwia} 的参数含义见公式（A.9）， ED_a 、 BW_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.13）。

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.18）进行计算：

$$IIVER_{nc2} = VF_{gwia} \times \frac{DAIR_a \times EFI_a \times ED_a}{BW_c \times AT_{nc}} \quad (\text{A. 18})$$

式中：

$IIVER_{nc2}$ 的参数含义见公式（A.10）， VF_{gwia} 、 EFI_a 的参数含义见公式（A.9）， ED_a 、 BW_a 和 AT_{nc} 的参数含义见公式（A.13）。

A.2.4 吸入室外空气中气态污染物途径

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.19）进行计算：

$$IOVER_{ca3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad (\text{A. 19})$$

式中：

EFO_a ——成人的室外暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ，推荐值：62.5 $d \cdot a^{-1}$ ；

$IOVER_{ca3}$ 、 VF_{gwoa} 、 $DAIR_a$ 、 EFO_a 的参数含义见公式（A.11）， ED_a 、 BW_a 和 AT_{ca} 的参数含义见公式（A.13）。

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.20）进行计算：

$$IOVER_{nc3} = VF_{gwoa} \times \frac{DAIR_a \times EFO_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{nc}} \quad (\text{A. 20})$$

式中：

$IOVER_{nc3}$ 的参数含义见公式（A.12）， VF_{gwoa} 、 $DAIR_a$ 的参数含义见公式（A.9）， EFO_a 的参数含义见公式（A.11）， ED_a 、 BW_a 和 AT_{nc} 的参数含义见公式（A.14）。

附 录 B
(资料性)
污染物性质参数推荐值及外推模型

B.1 毒性评估计算过程中，部分污染物的毒性参数取值见表 B.1。

表B.1 部分污染物的毒性参数

序号	中文名	英文名	CAS编号	SFo (mg/kg-d) ⁻¹	数据 来源	IUR (mg/kg-d)	数据 来源	RfDo mg/kg-d	数据 来源	RfC mg/m ³	数据 来源	ABSgi 无量纲	数据 来源	ABSd 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	I	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	7487-97-6					3.00E-04	I	3.00E-04	RSL	0.07	RSL		
10	甲基汞	MethylMercury	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		

表 B.1 部分污染物的毒性参数（续）

序号	中文名	英文名	CAS编号	SFo (mg/kg-d) ⁻¹	数据 来源	IUR (mg/kg-d)	数据 来源	RfDo mg/kg-d	数据 来源	RfC mg/m ³	数据 来源	ABSgi 无量纲	数据 来源	ABSd 无量纲	数据 来源
16	氟化物	Fluoride	16984-48-8					4.00E-02	RSL	1.30E-02	RSL	1	RSL		
17	亚硝酸盐	Nitrite	14797-65-0					1.00E-01	I			1	RSL		
18	硝酸盐	Nitrate	14797-55-8					1.60E+00	I						
二、挥发性有机物															
19	丙酮	Acetone	67-64-1					9.00E-01	I	3.10E+01	RSL	1	RSL		
20	苯	Benzene	71-43-2	5.50E-02	I	7.80E-03	I	4.00E-03	I	3.00E-02	I	1	RSL		
21	甲苯	Toluene	108-88-3					8.00E-02	I	5.00E+00	I	1	RSL		
22	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	1.10E-02	RSL	2.50E-03	RSL	1.00E-01	I	1.00E+00	I	1	RSL		
23	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3					2.00E-01	RSL	1.00E-01	RSL	1	RSL		
24	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3					2.00E-01	RSL	1.00E-01	RSL	1	RSL		
25	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6					2.00E-01	RSL	1.00E-01	RSL	1	RSL		
26	二甲苯	Xylenes	1330-20-7					2.00E-01	I	1.00E-01	I	1	RSL		
27	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	6.20E-02	I	3.70E-02	RSL	2.00E-02	I			1	RSL		
28	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		
29	四氯化碳	Carbontetrachloride	56-23-5	7.00E-02	I	6.00E-03	I	4.00E-03	I	1.00E-01	I	1	RSL		
30	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7					2.00E-02	I	5.00E-02	P	1	RSL		
31	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		
32	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3							9.00E-02	I	1	RSL		
33	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	8.40E-02	I	2.00E-02	RSL	2.00E-02	I			1	RSL		
34	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		
35	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		
36	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		
37	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4					5.00E-02	I	2.00E-01	I	1	RSL		

表 B.1 部分污染物的毒性参数（续）

序号	中文名	英文名	CAS编号	SFo (mg/kg-d) ⁻¹	数据 来源	IUR (mg/kg-d)	数据 来源	RfDo mg/kg-d	数据 来源	RfC mg/m ³	数据 来源	ABSgi 无量纲	数据 来源	ABSd 无量纲	数据 来源
38	1,2-顺式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2					2.00E-03	I			1	RSL		
39	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		
40	二氯甲烷	MethyleneChloride	75-09-2	2.00E-03	I	1.00E-05	I	6.00E-03	I	6.00E-01	I	1	RSL		
41	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		
42	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3			4.00E-02	I	2.00E-03	I	9.00E-03	I	1	RSL		
43	苯乙烯	Styrene	100-42-5					2.00E-01	I	1.00E+00	I	1	RSL		
44	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		
45	1,1,2,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	79-34-5	2.00E-01	I	5.80E-05	RSL	2.00E-02	I			1	RSL		
46	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		
47	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		
48	氯乙烯	Vinylchloride	75-01-4	7.20E-01	I	4.40E-03	I	3.00E-03	I	1.00E-01	I	1	RSL		
49	1,1,2-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,1,2-	598-77-6					5.00E-03	I			1	RSL		
50	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		
51	1,1,1-三氯乙烷	Trichlorothane, 1,1,1-	71-55-6					2.00E+00	I	5.00E+00	I	1	RSL		
52	1,1,2-三氯乙烷	Trichlorothane, 1,1,2-	79-00-5	5.70E-02	I	1.60E-05	I	4.00E-03	I	2.00E-04	RSL	1	RSL		
三、半挥发性有机物															
53	茚	Acenaphthene	83-32-9					6.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
54	蒽	Anthracene	120-12-7					3.00E-01	I			1	RSL	0.13	RSL
55	苯并(a)蒽	Benzo(a)anthracene	56-55-3	1.00E-01	RSL	6.00E-02	RSL					1	RSL	0.13	RSL
56	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
57	苯并(b)荧蒽	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2	1.00E-01	RSL	6.00E-02	RSL					1	RSL	0.13	RSL

表 B.1 部分污染物的毒性参数（续）

序号	中文名	英文名	CAS编号	SFo (mg/kg-d) ⁻¹	数据 来源	IUR (mg/kg-d)	数据 来源	RfDo mg/kg-d	数据 来源	RfC mg/m ³	数据 来源	ABSgi 无量纲	数据 来源	ABSd 无量纲	数据 来源
58	苯并(k)荧蒽	Benzo(k) fluoranthene	207-08-9	1.00E-02	RSL	6.00E-03	RSL					1	RSL	0.13	RSL
59	蒽	Chrysene	218-01-9	1.00E-03	RSL	6.00E-03	RSL					1	RSL	0.13	RSL
60	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
61	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0					4.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
62	芴	Fluorene	86-73-7					4.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
63	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
64	萘	Naphthalene	91-20-3			3.40E-02	RSL	2.00E-02	I	3.00E-03	I	1	RSL	0.13	RSL
65	芘	Pyrene	129-00-0					3.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
66	艾氏剂	Aldrin	309-00-2	1.70E+01	I	4.90E+00	I	3.00E-05	I			1	RSL		
67	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1	1.60E+01	I	4.60E+00	I	5.00E-05	I			1	RSL	0.1	RSL
53	萘	Acenaphthene	83-32-9					6.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
68	异狄氏剂	Endrin	72-20-8					3.00E-04	I			1	RSL	0.1	RSL
69	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
70	p,p'-滴滴涕	p,p'-DDD	72-54-8	2.40E-01	I	6.90E-02	RSL					1	RSL	0.1	RSL
71	p,p'-滴滴伊	p,p'-DDE	72-55-9	3.40E-01	I	9.70E-02	RSL					1	RSL		
72	p,p'-滴滴涕	p,p'-DDT	50-29-3	3.40E-01	I	9.70E-02	I	5.00E-04	I			1	RSL	0.03	RSL
73	七氯	Heptachlor	76-44-8	4.50E+00	I	1.30E+00	I	5.00E-04	I			1	RSL		
74	α-六六六	Hexachlorocyclohexane, α-(α-HCH)	319-84-6	6.30E+00	I	1.80E+00	I	8.00E-03	RSL			1	RSL	0.1	RSL
75	β-六六六	Hexachlorocyclohexane, β-(β-HCH)	319-85-7	1.80E+00	I	5.30E-01	I					1	RSL	0.1	RSL
76	γ-六六六	Hexachlorocyclohexane, γ-(γ-HCH, Lindane)	58-89-9	1.10E+00	RSL	3.10E-01	RSL	3.00E-04	I			1	RSL	0.04	RSL
77	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	1.60E+00	I	4.60E-01	I	8.00E-04	I			1	RSL		
78	灭蚁灵	Mirex	2385-85-5	1.80E+01	RSL	5.10E+00	RSL	2.00E-04	I			1	RSL		

表 B.1 部分污染物的毒性参数（续）

序号	中文名	英文名	CAS编号	SFo (mg/kg-d) ⁻¹	数据 来源	IUR (mg/kg-d)	数据 来源	RfDo mg/kg-d	数据 来源	RfC mg/m ³	数据 来源	ABSgi 无量纲	数据 来源	ABSd 无量纲	数据 来源
79	毒杀芬	Toxaphene	8001-35-2	1.10E+00	I	3.20E-01	I					1	RSL	0.1	RSL
80	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
81	多氯联苯167	Hexachlorobiphenyl, 2, 3', 4, 4', 5, 5' - (PCB167)	52663-72-6	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157	Hexachlorobiphenyl, 2, 3, 3', 4, 4', 5' - (PCB157)	69782-90-7	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RRSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
83	多氯联苯156	Hexachlorobiphenyl, 2, 3, 3', 4, 4', 5- (PCB156)	38380-08-4	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RRSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
84	多氯联苯169	Hexachlorobiphenyl, 3, 3', 4, 4', 5, 5' - (PCB169)	32774-16-6	3.90E+03	RSL	1.10E+03	RSL	2.30E-08	RSL	1.30E-06	RSL	1	RSL	0.14	RSL
85	多氯联苯123	Pentachlorobiphenyl, 2', 3, 4, 4', 5- (PCB123)	65510-44-3	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
86	多氯联苯118	Pentachlorobiphenyl, 2, 3', 4, 4', 5- (PCB118)	31508-00-6	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105	Pentachlorobiphenyl, 2, 3, 3', 4, 4' - (PCB105)	32598-14-4	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
88	多氯联苯114	Pentachlorobiphenyl, 2, 3, 4, 4', 5- (PCB114)	74472-37-0	3.90E+00	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-05	RSL	1.30E-03	RSL	1	RSL	0.14	RSL
89	多氯联苯126	Pentachlorobiphenyl, 3, 3', 4, 4', 5- (PCB126)	57465-28-8	1.30E+04	RSL	3.80E+03	RSL	7.00E-09	RSL	4.00E-07	RSL	1	RSL	0.14	RSL
90	多氯联苯(高风险)	PolychlorinatedBiphenyls (highrisk)	1336-36-3	2.00E+00	I	5.70E-01	I					1	RSL	0.14	RSL
91	多氯联苯(低风险)	PolychlorinatedBiphenyls (lowrisk)	1336-36-3	4.00E-01	I	1.00E-01	I					1	RSL	0.14	RSL

表 B.1 部分污染物的毒性参数（续）

序号	中文名	英文名	CAS编号	SFo (mg/kg-d) ⁻¹	数据 来源	IUR (mg/kg-d)	数据 来源	RfDo mg/kg-d	数据 来源	RfC mg/m ³	数据 来源	ABSgi 无量纲	数据 来源	ABSd 无量纲	数据 来源
92	多氯联苯(最低风险)	PolychlorinatedBiphenyls(lowestrisk)	1336-36-3	7.00E-02	I	2.00E-02	I					1	RSL	0.14	RSL
93	多氯联苯77	Tetrachlorobiphenyl, 3,3',4,4'-(PCB77)	32598-13-3	1.30E+01	RSL	3.80E+00	RSL	7.00E-06	RSL	4.00E-04	RSL	1	RSL	0.14	RSL
94	多氯联苯81	Tetrachlorobiphenyl, 3,4,4',5-(PCB81)	70362-50-4	3.90E+01	RSL	1.10E+00	RSL	2.30E-06	RSL	1.30E-04	RSL	1	RSL	0.14	RSL
95	二噁英(TCDD2378)	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
96	多溴联苯	PolybrominatedBiphenyls	59536-65-1	3.00E+01	RSL	8.60E+00	RSL	7.00E-06	RSL			1	RSL	0.1	RSL
97	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
98	溴仿	Bromoform	75-25-2	7.90E-03	I	1.10E-03	I	2.00E-02	I			1	RSL		
99	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8					5.00E-03	I			1	RSL		
100	4-甲酚	Cresol, 4-	106-44-5					1.00E-01	RSL	6.00E-01	RSL	1	RSL	0.1	RSL
101	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
102	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2					3.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
103	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5					2.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
104	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	3.10E-01	RSL	8.90E-05	RSL	2.00E-03	I			1	RSL	0.102	RSL
105	六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4					6.00E-03	I	2.00E-04	I	1	RSL		
106	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	4.00E-01	I	5.10E-03	RSL	5.00E-03	I			1	RSL	0.25	RSL
107	苯酚	Phenol	108-95-2					3.00E-01	I	2.00E-01	RSL	1	RSL	0.1	RSL
108	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
109	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
110	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	2.30E-01	RSL			3.50E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
111	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
112	乐果	Dimethoate	60-51-5					2.20E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
113	硫丹	Endosulfan	115-29-7					6.00E-03	I			1	RSL		

表 B.1 部分污染物的毒性参数 (续)

序号	中文名	英文名	CAS编号	SFo (mg/kg-d) ⁻¹	数据 来源	IUR (mg/kg-d)	数据 来源	RfDo mg/kg-d	数据 来源	RfC mg/m ³	数据 来源	ABSGi 无量纲	数据 来源	ABSD 无量纲	数据 来源
114	草甘膦	Glyphosate	1071-83-6					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
115	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
116	邻苯二甲酸丁基苄酯	Butylbenzylphthalate, BBP	85-68-7	1.90E-03	P			2.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
117	邻苯二甲酸二乙酯	Diethylphthalate, DEP	84-66-2					8.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
118	邻苯二甲酸二丁酯	Dibutylphthalate, DBP	84-74-2					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
119	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octylphthalate, DnOP	117-84-0					1.00E-02	P			1	RSL	0.1	RSL

注1：SFo：经口摄入致癌斜率因子；IUR：呼吸吸入单位致癌风险；RfDo：经口摄入参考剂量；RfC：呼吸吸入参考浓度；ABSGi：消化道吸收因子；ABSD：皮肤吸收效率因子

注2：“I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统(USEPAIntegratedRiskInformationSystem)”；“P”代表数据来自美国环保局“临时性同行审定毒性数据(TheProvisionalPeerReviewedToxicityValues)”；“RSL”代表数据来自美国环保局区域办公室“区域筛选值(RegionalScreeningLeveles)”(2019年4月发布，以最新的发布为准)。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.2 毒性评估计算过程中，部分污染物的理化性质参数取值见表 B.2。

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	MethylMercury	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

表 B.2 部分污染物的理化性质参数（续）

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
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
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	Carbontetrachloride	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

表 B.2 部分污染物的理化性质参数（续）

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
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, 2, 2-四氯乙烷,	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	Vinylchloride	1975-1-4	1. 14E+00	EPI	1. 07E-01	WATER9	1. 20E-05	WATER9	2. 17E+01	EPI	8. 80E+03	EPI
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	Trichlorothane, 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	Trichlorothane, 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	茈	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	茈	Acenaphthene	83-32-9	7. 52E-03	EPI	5. 06E-02	WATER9	8. 33E-06	WATER9	5. 03E+03	EPI	3. 90E+00	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-05	RSL

表 B.2 部分污染物的理化性质参数（续）

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
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
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	Hexachlorocyclohexane, 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	Hexachlorocyclohexane, β-(β-HCH)	319-85-7	1.80E-04	EPI	2.77E-02	WATER9	7.40E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	2.40E-01	EPI
74	γ-六六六	Hexachlorocyclohexane, 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' - (PCB189)	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' - (PCB167)	52663-72-6	2.83E-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' - (PCB157)	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- (PCB156)	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' - (PCB169)	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- (PCB123)	65510-44-3	7.77E-03	EPI	4.67E-02	WATER9	6.06E-06	WATER9	1.31E+05	EPI	1.60E-02	EPI

表 B.2 部分污染物的理化性质参数（续）

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
84	多氯联苯118	Pentachlorobiphenyl, 2, 3', 4, 4', 5-(PCB118)	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'-(PCB105)	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-(PCB114)	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-(PCB126)	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)	PolychlorinatedBiphenyls(highrisk)	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)	PolychlorinatedBiphenyls(lowrisk)	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)	PolychlorinatedBiphenyls(lowestrisk)	1336-36-3	1.70E-02	EPI	2.43E-02	WATER9	6.27E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	7.00E-01	RSL
91	多氯联苯77	Tetrachlorobiphenyl, 3, 3', 4, 4'-(PCB77)	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-(PCB81)	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-dioxin, 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	PolybrominatedBiphenyls	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-07	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	Hexachlorocyclopentadiene	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+03	EPI	1.40E+01	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
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+03	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	ARS	1.05E+04	EPI
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	Butylbenzylphthalate, 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	Diethylphthalate, 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-butylphthalate, 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-octylphthalate, DNOP	117-84-0	1.05E-04	EPI	3.56E-02	WATER9	4.15E-06	WATER9	1.41E+05	EPI	2.00E-02	EPI

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

注2：“EPI”代表美国环保局“化学品质参数估算工具包(Estimation Program Interface Suite)”数据；“WATER9”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 Levles)总表 污染物毒性数据”(2018年5月发布，以最新的发布为准)。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。

注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。

注1: H' : 无量纲亨利常数; Da : 空气中扩散系数; D_w : 水中扩散系数; K_{oc} : 土壤-有机碳分配系数; S : 水溶解度

注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；“WATER9”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 Levles)总表” 污染物毒性数据”(2018年5月发布，以最新的发布为准)。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。

注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。

B.3 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:

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

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

式中:

SF_i ——呼吸吸入致癌斜率因子, $(\text{mg污染物} \cdot \text{kg}^{-1}\text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$;
 IUR ——呼吸吸入单位致癌因子, $\text{m}^3 \cdot \text{mg}^{-1}$;
 RfD_i ——呼吸吸入参考剂量, $\text{mg污染物} \cdot \text{kg}^{-1}\text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;
 RfC ——呼吸吸入参考浓度, $\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$ 。
 BW_a 的参数含义见公式(A.1), $DAIR_a$ 的参数含义见公式(A.8)。

B.4 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:

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

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

式中:

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 ——饮用摄入致癌斜率因子, $(\text{mg污染物} \cdot \text{kg}^{-1}\text{体重} \cdot \text{d}^{-1})^{-1}$;
 ABS_{gi} ——消化道吸收效率因子, 无量纲。
 RfD_d ——皮肤接触参考剂量, $\text{mg污染物} \cdot \text{kg}^{-1}\text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$;
 RfD_o ——饮用摄入参考剂量, $\text{mg污染物} \cdot \text{kg}^{-1}\text{体重} \cdot \text{d}^{-1}$ 。
 BW_a 的参数含义见公式(A.1), $DAIR_a$ 的参数含义见公式(A.8)。

附录 C

(规范性)

计算致癌风险和危害商的模型

C.1 地下水中单一污染物致癌风险

C.1.1 经口摄入地下水途径的致癌风险采用公式 (C.1) 计算:

$$CR_{cgw} = CGWER_{ca} \times C_{gw} \times SF_o \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

 CR_{cgw} ——经口摄入地下水暴露单一污染地下水的致癌风险, 无量纲; C_{gw} ——地下水中污染物浓度, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$; $CGWER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.1); SF_o 的参数含义见公式 (B.4)。

C.1.2 皮肤接触地下水途径的致癌风险采用公式 (C.2) 计算:

$$CR_{dgw} = DGWER_{ca} \times SF_d \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

 CR_{dgw} ——皮肤接触地下水暴露单一污染地下水的致癌风险, 无量纲; $DGWER_{ca}$ 参数含义见公式 (A.3); SF_d 的参数含义见公式 (B.3)。

C.1.3 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.3) 计算:

$$CR_{iiv2} = IIVER_{ca2} \times C_{gw} \times SF_i \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

 CR_{iiv2} ——吸入室内空气来自地下水暴露于单一污染物的致癌风险, 无量纲; $IIVER_{ca2}$ 的参数含义见公式 (A.9); C_{gw} 的参数含义见公式 (C.1); SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C.1.4 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.4) 计算:

$$CR_{iov3} = IOVER_{ca3} \times C_{gw} \times SF_i \dots\dots\dots (C.4)$$

式中:

 CR_{iov3} ——吸入室外空气来自地下水暴露于单一污染物的致癌风险, 无量纲; $IOVER_{ca3}$ 的参数含义见公式 (A.11), C_{gw} 的参数含义见公式 (C.1); SF_i 的参数含义见公式 (B.1)。

C.1.5 地下水单一污染物经所有暴露途径的总致癌风险采用公式 (C.5) 计算:

$$CR_n = CR_{cgw} + CR_{dgw} + CR_{iiv2} + CR_{iov3} \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

 CR_n ——经所有暴露途径暴露于单一污染物 (第n种) 的致癌风险, 无量纲。

C.2 地下水中单一污染物危害商

C.2.1 经口摄入地下水途径的危害商采用公式 (C.6) 计算:

$$HQ_{cgw} = \frac{CGWER_{nc} \times C_{gw}}{RfD_o \times WAF} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中：

HQ_{cgw} ——暴露于地下水的参考剂量分配比例，无量纲，推荐值：0.33（挥发性有机物）/0.5（其它污染物）；

$DGWER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.2）； C_{gw} 的参数含义见公式（C.1）； RfD_i 的参数含义见公式（B.4）。

C.2.2 皮肤接触地下水途径的危害商采用公式（C.7）计算：

$$HQ_{dgw} = \frac{DGWER_{nc}}{RfD_d} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中：

HQ_{dgw} ——皮肤接触地下水暴露单一污染物的非致癌危害商，无量纲；

$DGWER_{nc}$ 参数含义见公式（A.8）； RfD_d 的参数含义见公式（B.4）。

C.2.3 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.8）计算：

$$HQ_{iiv2} = \frac{IIVER_{nc2} \times C_{gw}}{RfD_i \times WAF} \dots\dots\dots (C.8)$$

式中：

HQ_{iiv2} ——吸入室内空气暴露于单一污染物非致癌危害商，无量纲；

$IIVER_{nc2}$ 的参数含义见公式（A.10）； C_{gw} 的参数含义见公式（C.1）； RfD_i 的参数含义见公式（B.3）；

WAF 的参数含义见公式（C.6）。

C.2.4 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.9）计算：

$$HQ_{iov3} = \frac{IOWER_{nc3} \times C_{gw}}{RfD_i \times WAF} \dots\dots\dots (C.9)$$

式中：

HQ_{iov3} ——吸入室外空气暴露于单一污染物非致癌危害商，无量纲；

$IOWER_{nc3}$ 的参数含义见公式（A.12）； C_{gw} 的参数含义见公式（C.1）； RfD_i 的参数含义见公式（B.3）；

WAF 的参数含义见公式（C.6）。

C.2.5 地下水单一污染物经所有暴露途径的危害商采用公式（C.10）计算：

$$HQ_n = HQ_{dgw} + HQ_{iov3} + HQ_{iiv2} + HQ_{cgw} \dots\dots\dots (C.10)$$

式中：

HQ_n ——地下水中单一污染物（第n种）经所有暴露途径的危害商，无量纲。

附录 D (资料性) 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 (D.2) 计算：

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

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

式中：

CR_i ——单一污染物经第*i*种暴露途径的致癌风险，无量纲；

PCR_i ——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 ——单一污染物经第*i*种暴露途径的危害商，无量纲；

PHQ_i ——单一污染物经第*i*种暴露途径非致癌风险贡献率，无量纲。

CR_n 的参数含义见公式 (C.5)， HQ_n 的参数含义见公式 (C.10)。

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：

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

式中：

S_R ——模型参数敏感性比例，无量纲；

P_1 ——模型参数P变化前的数值；

P_2 ——模型参数P变化后的数值；

X_1 ——按P1计算的致癌风险或危害商，无量纲；

X_2 ——按P2计算的致癌风险或危害商，无量纲。

附 录 E (规范性) 计算地下水风险控制值的模型

E.1 基于致癌风险的地下水风险控制值

E.1.1 基于经口摄入地下水途径致癌效应地下水风险控制值，采用公式 (E.1) 计算：

$$RCVG_{cgw} = \frac{ACR}{CGWER_{ca} \times SF_0} \dots\dots\dots (E.1)$$

式中：

$RCVG_{cgw}$ ——基于经口摄入地下水途径致癌效应的地下水风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

ACR ——可接受致癌风险，无量纲，取值为 10^{-6} ；

SF_0 的参数含义见公式 (B.4)； $CGWER_{ca}$ 的参数含义见公式 (A.1)。

E.1.2 基于皮肤接触地下水途径致癌效应地下水风险控制值，采用公式 (E.2) 计算：

$$RCVG_{dgw} = \frac{ACR}{DGWER_{ca} \times SF_d} \dots\dots\dots (E.2)$$

式中：

$RCVG_{dgw}$ ——基于皮肤接触地下水途径致癌效应的地下水风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

ACR 的参数含义见公式 (E.1)； SF_d 的参数含义见公式 (B.3)； $DGWER_{ca}$ 参数含义见公式 (A.3)。

E.1.3 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地下水风险控制值，采用公式 (E.3) 计算：

$$RCVG_{iiv} = \frac{ACR}{IIVER_{ca2} \times SF_i} \dots\dots\dots (E.3)$$

式中：

$RCVG_{iiv}$ ——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， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

ACR 的参数含义见公式 (E.1)； SF_i 的参数含义见公式 (B.1)； $IIVER_{ca2}$ 的参数含义见公式 (A.9)。

E.1.4 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地下水风险控制值，采用公式 (E.4) 计算：

$$RCVG_{iovr} = \frac{ACR}{IOVER_{ca3} \times SF_i} \dots\dots\dots (E.4)$$

式中：

$RCVG_{iovr}$ ——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， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

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

E.1.5 基于4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.5) 计算：

$$RCVG_n = \frac{ACR}{(IOVER_{ca3} + IIVER_{ca2}) \times SF_i + CGWER_{ca} \times SF_o + DGWER_{ca} \times SF_d} \dots\dots\dots (E. 5)$$

式中：

$RCVG_n$ ——单一污染物（第n种）基于4种地下水暴露途径综合致癌效应的地下水风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 。

ACR 的参数含义见公式（E.1）； $IOVER_{ca3}$ 的参数含义见公式（A.11）； $IIVER_{ca2}$ 的参数含义见公式（A.9）； SF_i 的参数含义见公式（B.1）； $CGWER_{ca}$ 的参数含义见公式（A.1）； SF_o 的参数含义见公式（B.4）； $DGWER_{ca}$ 参数含义见公式（A.3）； SF_d 的参数含义见公式（B.3）。

E.2 基于非致癌风险的地下水风险控制值

E.2.1 基于经口摄入地下水途径非致癌效应地下水风险控制值，采用公式（E.6）计算：

$$HCVG_{cgw} = \frac{RfD_o \times WAF \times AHQ}{CGWER_{nc}} \dots\dots\dots (E. 6)$$

式中：

$HCVG_{cgw}$ ——基于经口摄入地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

AHQ ——可接受危害商，无量纲；取值为1；

RfD_o 的参数含义见公式（B.4）； WAF 的参数含义见公式（C.6）； $CGWER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.2）。

E.2.2 基于皮肤接触地下水途径非致癌效应地下水风险控制值，采用公式（E.7）计算：

$$HCVG_{dgw} = \frac{RfD_d \times AHQ}{DGWER_{nc}} \dots\dots\dots (E. 7)$$

式中：

$HCVG_{dgw}$ ——基于皮肤接触地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

RfD_d 的参数含义见公式（B.4）； AHQ 的参数含义见公式（E.6）； $DGWER_{nc}$ 的参数含义见公式（A.8）。

E.2.3 基于吸入室内空气来自地下水的气态污染物途径非致癌效应地下水风险控制值，采用公式（E.8）计算：

$$HCVG_{iiv} = \frac{RfD_i \times WAF \times AHQ}{IIVER_{nc2}} \dots\dots\dots (E. 8)$$

式中：

$HCVG_{iiv}$ ——基于吸入室内空气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， $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ；

RfD_i 的参数含义见公式（B.3）； WAF 的参数含义见公式（C.6）； AHQ 的参数含义见公式（E.6）； $IIVER_{nc2}$ 的参数含义见公式（A.10）。

E.2.4 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地下水风险控制值，采用公式（E.9）计算：

$$HCVG_{ioiv} = \frac{RfD_i \times WAF \times AHQ}{IOVER_{nc3}} \dots\dots\dots (E. 9)$$

式中：

$HCVG_{ioiv}$ ——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，

$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

RfD_i 的参数含义见公式 (B.3); WAF 的参数含义见公式 (C.6); AHQ 的参数含义见公式 (E.6); $Iover_{nc3}$ 的参数含义见公式 (A.12)。

E.2.5 基于4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.10) 计算:

$$HCVG_n = \frac{AHQ}{(Iover_{nc3} + IIVER_{nc2})/RfD_i \times WAF + CGWER_{nc}/RfD_o \times WAF + DGWER_{nc}/RfD_d} \dots\dots\dots (E.10)$$

式中:

$HCVG_n$ ——单一污染物 (第n种) 基于4种地下水暴露途径综合非致癌效应的地下水风控制值, $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$;

AHQ 的参数含义见公式 (E.6); $Iover_{nc3}$ 的参数含义见公式 (A.12); $IIVER_{nc2}$ 的参数含义见公式 (A.10); RfD_i 的参数含义见公式 (B.3); WAF 的参数含义见公式 (C.6); $CGWER_{nc}$ 的参数含义见公式 (A.2); RfD_o 和 RfD_d 的参数含义见公式 (B.4); $DGWER_{nc}$ 参数含义见公式 (A.8)。

附录 F (规范性) 污染物扩散迁移模型

F.1 地下水中污染物扩散进入室内空气的挥发因子计算模式

F.1.1 地下水中污染物进入室内空气的挥发因子，分别采用公式(F.1)或(F.2)和(F.3)计算：

$Q_s=0$ 或趋于0时，

$$VF_{gwia1} = \frac{1}{\frac{1}{H'} \times \left(1 + \frac{D_{gws}^{eff}}{DF_{ia} \times L_{gw}} + \frac{D_{gws}^{eff} \times L_{crack}}{D_{crack} \times L_{gw} \times \eta} \right) \times \frac{DF_{ia} \times L_{gw}}{D_{gws}^{eff} \times e^{\xi}}} \times 10^3 \dots\dots\dots (F.1)$$

$Q_s > 0$ 时，

$$VF_{gwia2} = \frac{1}{\frac{1}{H'} \times \left[e^{\xi} + \frac{D_{gws}^{eff}}{DF_{ia} \times L_{gw}} + \frac{D_{gws}^{eff} \times A_b}{Q_s \times L_{gw}} \times (e^{\xi} - 1) \right] \times \frac{DF_{ia} \times L_{gw}}{D_{gws}^{eff} \times e^{\xi}}} \times 10^3 \dots\dots\dots (F.2)$$

$$VF_{gwia} = \min(VF_{gwia1}, VF_{gwia2}) \dots\dots\dots (F.3)$$

式中：

VF_{gwia1} ——地下水中污染物进入室内空气的挥发因子（算法一）， $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；

VF_{gwia2} ——地下水中污染物进入室内空气的挥发因子（算法二）， $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ ；

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

H' ——无量纲亨利常数， $\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ ，推荐值见附录 B 中表B.2；

L_{gw} ——地下水埋深，cm；必须根据地块调查获得参数值；

L_{crack} ——室内地基或墙体厚度，cm，推荐值：35cm；

D_{crack}^{eff} 参数含义见公式(F.4)； D_{gws}^{eff} 参数含义见公式(F.5)； DF_{ia} 参数含义见公式(F.7)； Q_s 参数含义见公式(F.8)； A_b 和 η 参数含义见公式(F.9)； ξ 参数含义见公式(F.10)。

F.1.2 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.4)计算：

$$D_{crack}^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{acrack}^{3.33}}{(\theta_{acrack} + \theta_{wcrack})^2} + D_w \times \frac{\theta_{wcrack}^{3.33}}{H' \times (\theta_{acrack} + \theta_{wcrack})^2} \dots\dots\dots (F.4)$$

式中：

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

θ_{acrack} ——地基裂隙中空气体积比，无量纲，推荐值：0.26；

θ_{wcrack} ——地基裂隙中水体积比，无量纲，推荐值：0.12；

D_a 、 D_w 和 H' 的参数含义见公式(F.6)。

F.1.3 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.5)计算：

$$D_{gws}^{eff} = \frac{L_{gw}}{h_{cap}/D_{cap}^{eff} + h_v/D_s^{eff}} \dots\dots\dots (F.5)$$

式中：

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

h_{cap} ——地下水土壤交界处毛细管层厚度，cm；推荐值：5cm；

- h_v ——非饱和土层厚度, cm; 优先根据场地调查数据确定, 推荐值: 295cm;
 D_s^{eff} ——土壤中气态污染物的有效扩散系数, $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, 根据公式 (F.13) 计算;
 D_{cap}^{eff} ——毛细管层中气态污染物的有效扩散系数, $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$, 根据公式 (F.6) 计算;
 L_{gw} ——地下水埋深, cm; 根据地块调查获得参数值。

F.1.4 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:

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

式中:

- D_{cap}^{eff} ——毛细管层中气态污染物的有效扩散系数, $\text{cm}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
 θ_{acap} ——毛细管层土壤中孔隙空气体积比, 无量纲, 推荐值: 0.038;
 θ_{wcap} ——毛细管层土壤中孔隙空气体积比, 无量纲, 推荐值: 0.342;
 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;
 θ 的参数含义见公式 (F.13) 并根据公式 (F.14) 计算。

F.1.5 室内空气中气态污染物扩散因子, 采用公式 (F.7) 计算:

$$DF_{ia} = L_B \times ER \times \frac{1}{86400} \quad (\text{F.7})$$

式中:

- DF_{ia} ——室内空气中气态污染物扩散因子 ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) / ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$);
 ER ——室内空气交换速率, 次 $\cdot \text{d}^{-1}$; 一类用地推荐值: 12次 $\cdot \text{d}^{-1}$, 二类用地推荐值: 20次 $\cdot \text{d}^{-1}$;
 L_B ——室内空间体积与气态污染物入渗面积比, cm; 一类用地推荐值: 220cm, 二类用地推荐值: 300cm。

F.1.6 流经地下室地板裂隙的对流空气流速, 采用公式 (F.8) 和 (F.9) 计算:

$$Q_s = \frac{2 \times \pi \times dP \times K_v \times X_{crack}}{\mu_{air} \times \ln(2 \times Z_{crack} / R_{crack})} \quad (\text{F.8})$$

$$R_{crack} = \frac{A_b \times \eta}{X_{crack}} \quad (\text{F.9})$$

式中:

- Q_s ——流经地下室地板裂隙的对流空气流速, $\text{cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$;
 π ——圆周率常数, 3.14159;
 dP ——室内和室外大气压力差, $\text{g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$;
 K_v ——土壤透性系数, cm^2 ;
 X_{crack} ——地下室内地板 (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, 推荐值: 35cm;
 R_{crack} ——室内裂隙宽度, cm;
 A_b ——地下室内地板面积, cm^2 , 推荐值: 700000 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: 0.005。

F.1.7 土壤污染物进入室内挥发因子计算过程参数,采用公式(F.10)计算:

$$\xi = \frac{Q_s \times L_{crack}}{A_b \times D_{crack}^{eff} \times \eta} \dots\dots\dots (F.10)$$

式中:

ξ ——土壤污染物进入室内挥发因子计算过程参数;

Q_s 参数含义见公式(F.8); L_{crack} 参数含义见公式(F.1); D_{crack}^{eff} 参数含义见公式(F.4); A_b 和 η 参数含义见公式(F.9)。

F.2 地下水污染物扩散进入室外空气的挥发因子计算模式

F.2.1 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.11)计算:

$$VF_{gwoa} = \frac{1}{(1 + DF_{oa} \times L_{gw} / D_{gws}^{eff}) \times \frac{1}{H'}} \times 10^3 \dots\dots\dots (F.11)$$

式中:

VF_{gwoa} ——地下水中污染物进入室外空气的挥发因子, $L \cdot m^{-3}$;

L_{gw} ——地下水埋深, cm; 根据地块调查获得参数值;

H' 参数含义见公式(F.1); D_{gws}^{eff} 参数含义见公式(F.5); DF_{oa} 参数含义见公式(F.12)。

F.2.2 室外空气中气态污染物扩散因子,采用公式(F.12)计算:

$$DF_{oa} = \frac{U_{air} \times W \times \delta_{air}}{A} \dots\dots\dots (F.12)$$

式中:

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;

δ_{air} ——混合区高度, cm。

F.3 土壤中气态污染物的有效扩散系数计算模式

土壤中气态污染物的有效扩散系数,采用公式(F.13)计算

$$D_s^{eff} = D_a \times \frac{\theta_{as}^{3.33}}{\theta^2} + D_w \times \frac{\theta_{ws}^{3.33}}{H' \times \theta^2} \dots\dots\dots (F.13)$$

式中:

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

H' 参数含义见公式(F.1); D_a 和 D_w 的参数含义见公式(F.6);

θ ——非饱和土层土壤中总孔隙体积比,无量纲,根据公式(F.14)计算;

θ_{as} ——非饱和土层土壤中孔隙水体积比,无量纲;根据公式(F.15)计算;

θ_{ws} ——非饱和土层土壤中孔隙空气体积比,无量纲;根据公式(F.16)计算。

$$\theta = 1 - \frac{\rho_b}{\rho_s} \dots\dots\dots (F.14)$$

$$\theta_{ws} = \frac{\rho_b \times \rho_{ws}}{\rho_w} \dots\dots\dots (F.15)$$

$$\theta_{ws} = \theta - \theta_{ws} \cdots \cdots \cdots (F. 16)$$

式中：

- ρ_b ——土壤容重， $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ ；推荐值：0.0015 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ ；
- ρ_s ——土壤颗粒密度， $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ ；推荐值：0.00265 $\text{kg} \cdot \text{cm}^{-3}$ ；
- P_{ws} ——土壤含水率， $\text{kg水} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；推荐值：0.20 $\text{kg水} \cdot \text{kg}^{-1}$ ；
- ρ_w ——水的密度， $1\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$ 。

附 录 G
(资料性)
风险评估模型参数推荐值

G.1 风险评估计算过程中，其相关模型参数及推荐值见表 G.1。

表G.1 风险评估计算部分参数取值

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_{gw}	地下水中污染物浓度	$mg \cdot L^{-1}$	—	—
d^*	表层污染土壤层厚度	cm	50	50
L_s^*	下层污染土壤层埋深	cm	50	50
d_{sub}^*	下层污染土壤层厚度	cm	100	100
A^*	污染源区面积	cm^2	16000000	16000000
$L_{gw}^{\#}$	地下水埋深	cm	—	—
f_{om}^*	土壤有机质含量	$g \cdot kg^{-1}$	15	15
ρ_b^*	土壤容重	$kg \cdot cm^{-3}$	0.0015	0.0015
P_{ws}^*	土壤含水率	$kg \cdot kg^{-1}$	0.20	0.20
ρ_s^*	土壤颗粒密度	$kg \cdot cm^{-3}$	0.00265	0.00265
PM_{10}^*	空气中可吸入颗粒物含量	$mg \cdot m^{-3}$	0.119	0.119
U_{air}	混合区大气流速风速	$cm \cdot s^{-1}$	200	200
S_{air}	混合区高度	cm	200	200
W^*	污染源区宽度	cm	4000	4000
h_{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度	cm	5	5
h_v	非饱和土层厚度	cm	295	295
θ_{acap}	毛细管层孔隙空气体积比	无量纲	0.038	0.038
θ_{wcap}	毛细管层孔隙水体积比	无量纲	0.342	0.342
U_{gw}	地下水达西(Darcy)速率	$cm \cdot a^{-1}$	2500	2500
S_{gw}	地下水混合区厚度	cm	200	200
I	土壤中水的入渗速率	$cm \cdot a^{-1}$	30	30
θ_{acrack}	地基裂隙中空气体积比	无量纲	0.26	0.26
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比	无量纲	0.12	0.12
L_{crack}	室内地基或墙体厚度	cm	35	35
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比	cm	220	300
ER	室内空气交换速率	$次 \cdot d^{-1}$	12	20
η	地基和墙体裂隙表面积所占比例	无量纲	0.0005	0.0005

表 G.1 风险评估计算部分参数取值（续）

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
τ	气态污染物入侵持续时间	a	30	25
dP	室内室外气压差	$g \cdot cm^{-1} \cdot s^2$	0	0
K_v	土壤透性系数	cm^2	1.00×10^{-8}	1.00×10^{-8}
Z_{crack}	地下室地面到地板底部厚度	cm	35	35
X_{crack}	（地下室内地板（裂隙）周长）室内地板周长	cm	3400	3400
A_b	（地下室）室内地板面积	cm^2	700000	700000
ED_a	成人暴露期	a	24	25
ED_c	儿童暴露期	a	6	—
EF_a	成人暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	350	250
EF_c	儿童暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	350	—
EFI_a	成人室内暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	262.5	187.5
EFI_c	儿童室内暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	262.5	—
EFO_a	成人室外暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	87.5	62.5
EFO_c	儿童室外暴露频率	$d \cdot a^{-1}$	87.5	—
BW_a	成人平均体重	kg	65.5	65.5
BW_c	儿童平均体重	kg	19.2	—
H_a	成人平均身高	cm	161.5	161.5
H_c	儿童平均身高	cm	113.15	—
$DAIR_a$	成人每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	14.5	14.5
$DAIR_c$	儿童每日空气呼吸量	$m^3 \cdot d^{-1}$	7.5	—
$GWCR_a$	成人每日饮用水量	$L \cdot d^{-1}$	1.5	1.2
$GWCR_c$	儿童每日饮用水量	$L \cdot d^{-1}$	0.7	—
E_v	每日皮肤接触事件频率	$次 \cdot d^{-1}$	1	1
K_p	皮肤渗透系数	$cm \cdot h^{-1}$	注 4	注 4
t_c	儿童次经皮肤接触的时间	h	0.5	0.5
t_a	成人次经皮肤接触的时间	h	0.5	0.5
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例	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	无量纲	0.32	0.18

表 G.1 风险评估计算部分参数取值（续）

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
SER _c	儿童暴露皮肤所占体表面积比	无量纲	0.36	—
ACR	单一污染物可接受致癌风险	无量纲	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
AHQ	可接受危害商	无量纲	1	1
AT _{ca}	致癌效应平均时间	d	27740	27740
AT _{nc}	非致癌效应平均时间	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。 注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； 注3：“#”表示若地块评估区域地下水埋深起伏较大时，基于保守性原则，L_{gw}应取实测值的最小值； 注4：皮肤渗透预测值计算公式为：$\log K_p = -2.80 + 0.66 \log K_{ow} - 0.0056 MW$ 实验值可参考：USEPA, Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessments, Office of Emergency and Remedial Response, Washington DC, 2004 注5：在计算吸入室内和室外空气中来自地下水的气态污染物致癌风险或危害商时，如C_{gw}实测浓度超过溶解度，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。				

参 考 文 献

- [1] 生态环境部. 地下水污染健康风险评估工作指南. 2019
 - [2] 生态环境部. 地下水污染模拟预测评估工作指南. 2019
 - [3] 中国环境出版社. 中国人群暴露参数手册（成人卷）. 2013
 - [4] 中国环境出版社. 中国人群暴露参数手册（儿童卷）. 2016
-