

ICS 13.020.30

CCS Z 06

# 团 体 标 准

T/ACEF 252—2025

## 污染场地挥发类有机物多相传输扩散环境 风险量化表征技术指南

Guidelines for quantitative characterization of environmental risks from multiphase  
transport and diffusion of VOCs and SVOCs in contaminated sites

2025-12-30 发布

2026-01-01 实施

中华环保联合会 发布



## 目次

前 言 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 基本原则 .....	5
5 工作内容与技术流程 .....	5
6 环境风险量化表征的应用需求类型与适用场景属性确定 .....	7
7 污染场地环境风险量化表征概念模型构建 .....	8
8 基于主导数据源与适用场景的环境风险量化表征类型及表征方式确认 .....	9
9 环境风险量化表征的关联模型核心类型划分与选型 .....	10
10 污染场地环境风险量化表征关联模型构建 .....	12
11 污染场地环境风险量化表征不确定性分析与量化展现 .....	16
12 污染场地不同类型环境风险量化表征结果表达 .....	17
附录 A（规范性）部分污染物的毒性参数 .....	24



## 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。

本文件由中华环保联合会提出并归口。

本文件主编单位：中国科学院大学

本文件参编单位：中国石油集团安全环保技术研究院有限公司、中国地质大学（武汉）、广西博世科环保科技股份有限公司、中国环境科学研究院、清华大学、中华环保联合会绿色产业工作委员会

本文件主要起草人：王明玉、曲辞晓、王占生、赵亚伟、邢新丽、周爱国、宋现锋、宋海农、吴倩、朱红祥、梁艳、王月、侯德义、孙源媛、钱智、唐家奎、乔小娟、李小倩、刘运德、李春晓、李颖、罗宏武、罗春辉、姚雷



# 污染场地挥发类有机物多相传输扩散环境风险量化表征

## 技术指南

### 1 范围

本文件提出了污染场地挥发类有机物多相传输扩散环境风险量化表征的技术框架、方法及不同环境风险诊断与分级的依据与实施路径，为场地跨介质污染环境风险定量评估与有效管控提供技术支持。

本文件适用于复杂污染场地挥发类有机物跨介质多相传输扩散导致的各相关环境风险的高效量化表征，聚焦地下水、土壤、大气等资源环境受体污染风险，同时考虑人体健康、生态安全等影响。

### 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 16297 大气污染物综合排放标准
  - GB 3095 环境空气质量标准
  - GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准
  - GB 37822 挥发性有机物无组织排放控制标准
  - GB 3838 地表水环境质量标准
  - GB/T 14848 地下水质量标准
  - HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则
  - HJ 1111 生态环境健康风险评估技术指南 总纲
- 地下水污染健康风险评估工作指南（环办土壤函〔2019〕770号）

### 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

**挥发类有机物** volatile organic compounds and semi-volatile organic compounds

挥发性有机物（Volatile Organic Compounds, VOCs）与半挥发性有机污染物（Semi-Volatile Organic Compounds, SVOCs）的统称。

3.2

**复杂污染场地** complex contaminated sites

在具有层状非均质、裂隙基岩等地质介质复杂性的多相介质环境中，污染物呈现气-液-固多相态分布且包含气态传输扩散过程，同时存在土-气/岩-气、包气带-饱水带跨界面多相传输扩散的污染场地。

3.3

**多相传输扩散** multiphase transport and diffusion

在岩/土-地下水-大气多相介质环境中，以多相态（溶解相、吸附相、气相、NAPL相等）形式存在的有机污染物，在不同承载相（水相、固相、气相）间分配并发生相间传质（主要为吸附/解吸、溶解、挥发等），并在各承载相内经历对流、弥散/扩散、生物降解与化学反应等耦合作用下的空间迁移与扩散综合过程。

3.4

**污染场地环境风险** environmental risk of contaminated sites

污染场地导致环境系统结构破坏或功能退化，污染物通过多介质迁移转化作用于受体（资源环境、人体、生态系统），进而引发受体质量恶化或不利影响的可能性及其危害程度的度量。

3.5

**环境风险量化表征技术** quantitative characterization technology for environmental risk

基于“风险源-传输扩散过程与路径-受体暴露-效应响应”全链条风险传导机制，耦合监测数据、机理模型、数值仿真、统计方法与人工智能方法，定量刻画污染物作用于受体（资源环境、人体、生态系统）引发质量恶化或不利影响的可能性及其危害程度，并将上述

风险特征转化为标准化定量参数或等级，同时量化其不确定性的一系列方法与技术的统称。

### 3.6

#### 环境风险量化表征指标 quantitative characterization indicators of environmental risk

将环境风险核心特征（污染物作用于受体引发不利影响的可能性、危害程度及不确定性）转化而成的标准化定量参数或等级化变量，是精准刻画、对比与评估环境风险大小的核心工具，其设定需与受体类型及风险效应相关联。

### 3.7

#### 环境演化特征变量 environmental evolution characteristic variables

与环境演化建模直接关联的环境系统核心变量，是获取、计算环境风险核心特征（污染物作用于受体引发不利影响的可能性、危害程度及不确定性）的关键定量依据，其本质是数字模型中需预测或解释的因变量，为环境风险量化表征提供核心量化基础。

### 3.8

#### 地下水潜在污染指数 groundwater potential pollution index (GPPI)

以 GB/T 14848 等相关标准中污染物对应水质类别限值为基准，通过单因子污染物预测浓度与对应限值的比值，或加权求和多污染物各自预测浓度与对应限值比值计算的定量参数，用于表征污染场地及关联区域地下水未来被污染的风险程度，以及作为风险源对土壤、大气、地表水、人体、生态系统等其他受体产生不利影响的环境风险程度。

### 3.9

#### 土壤潜在污染指数 soil potential pollution index (SPPI)

以 GB 36600 等相关标准中污染物对应质量或管控类别限值为基准，通过单因子污染物预测浓度与对应限值的比值，或加权求和多污染物各自预测浓度与对应限值比值计算的定量参数，用于表征污染场地及关联区域土壤未来被污染的风险程度，以及作为风险源对地下水、大气、地表水、人体、生态系统等其他受体产生不利影响的环境风险程度。

3.10

**岩土-大气界面挥发类有机物通量** VOCs/SVOCs volatilization flux at rock/soil-atmosphere interface

单位面积、单位时间内 VOCs/SVOCs 从包气带向近地表大气迁移扩散的质量，表征挥发类有机物跨界污染迁移扩散强度的环境演化特征变量。

3.11

**大气潜在污染指数** atmospheric potential pollution index (APPI)

以 GB 3095 等相关标准中污染物对应浓度限值为基准，通过单因子污染物预测浓度与对应限值的比值，或加权求和多污染物各自预测浓度与对应限值比值计算的定量参数，用于表征污染场地及关联区域大气未来被污染的风险程度，以及作为风险源对土壤、地表水、地下水、人体、生态系统等其他受体产生不利影响的环境风险程度。

3.12

**地表水潜在污染指数** surface water potential pollution index (SWPPI)

以 GB 3838 等相关标准中污染物对应水质类别限值为基准，通过单因子污染物预测浓度与对应限值的比值，或加权求和多污染物各自预测浓度与对应限值比值计算的定量参数，用于表征污染场地及关联区域地表水未来被污染的风险程度，以及作为风险源对地下水、土壤、大气、人体、生态系统等其他受体产生不利影响的环境风险程度。

3.13

**人工智能模型** artificial intelligence model

本指南所指人工智能模型，是基于数据驱动或数据-机制耦合驱动范式，融合传统机器学习、深度学习及知识图谱等人工智能技术构建形成的分类与定量模型的统称；该类模型具备核心的非线性拟合与泛化预测能力，可高效实现环境风险量化表征等目标。

3.14

**数据强化** data augmentation

在机器学习建模的预处理阶段，针对目标任务的原始数据存在的小样本、时空异质性、

数据不平衡或特征维度不足等问题，在保留数据真实物理/环境意义的前提下，通过数据扩充、质量优化、特征增强，提升数据质量、丰富数据多样性、强化关键特征表征能力的技术，从而弥补原始环境数据的固有缺陷，为机器学习模型提供更全面、可靠的训练数据支撑，进而提升模型的泛化能力、预测精度与鲁棒性。

### 3.15

#### 融合采样方法 fusion sampling methods

为更好满足机器学习建模数据需求，采用不同数据源相结合的策略，整合多种采样技术，解决原始数据小样本、时空异质性等痛点，产出兼具完整性与可靠性的高质量数据，从而支撑模型训练、提升预测精度、增强模型鲁棒性与泛化能力的采样技术。

## 4 基本原则

### 4.1 系统融合原则

定位于污染场地挥发类有机物多相传输扩散的复杂环境系统，对不同环境风险量化表征目标与应用场景，针对性融合不同介质、不同界面、不同相态、不同过程、不同敏感受体，以及不同定量方法与模型，实现环境风险的综合量化表征。

### 4.2 实用高效原则

立足工程实践需求，注重方法与流程的可操作性和时效性，根据不同阶段的评估目标和数据基础，遵循实用高效、能简不繁策略，切实服务于复杂场地跨介质污染环境风险的科学防控。

### 4.3 数智赋能原则

突出环境风险评价过程的数字化与智能化，在数字化与智能化基础上有效实现环境风险的可靠量化与快捷诊断，且在实际应用中灵活易行。

## 5 工作内容与技术流程

### 5.1 技术框架与流程

污染场地挥发类有机物多相传输扩散环境风险量化表征技术框架与流程如图 1 所示。

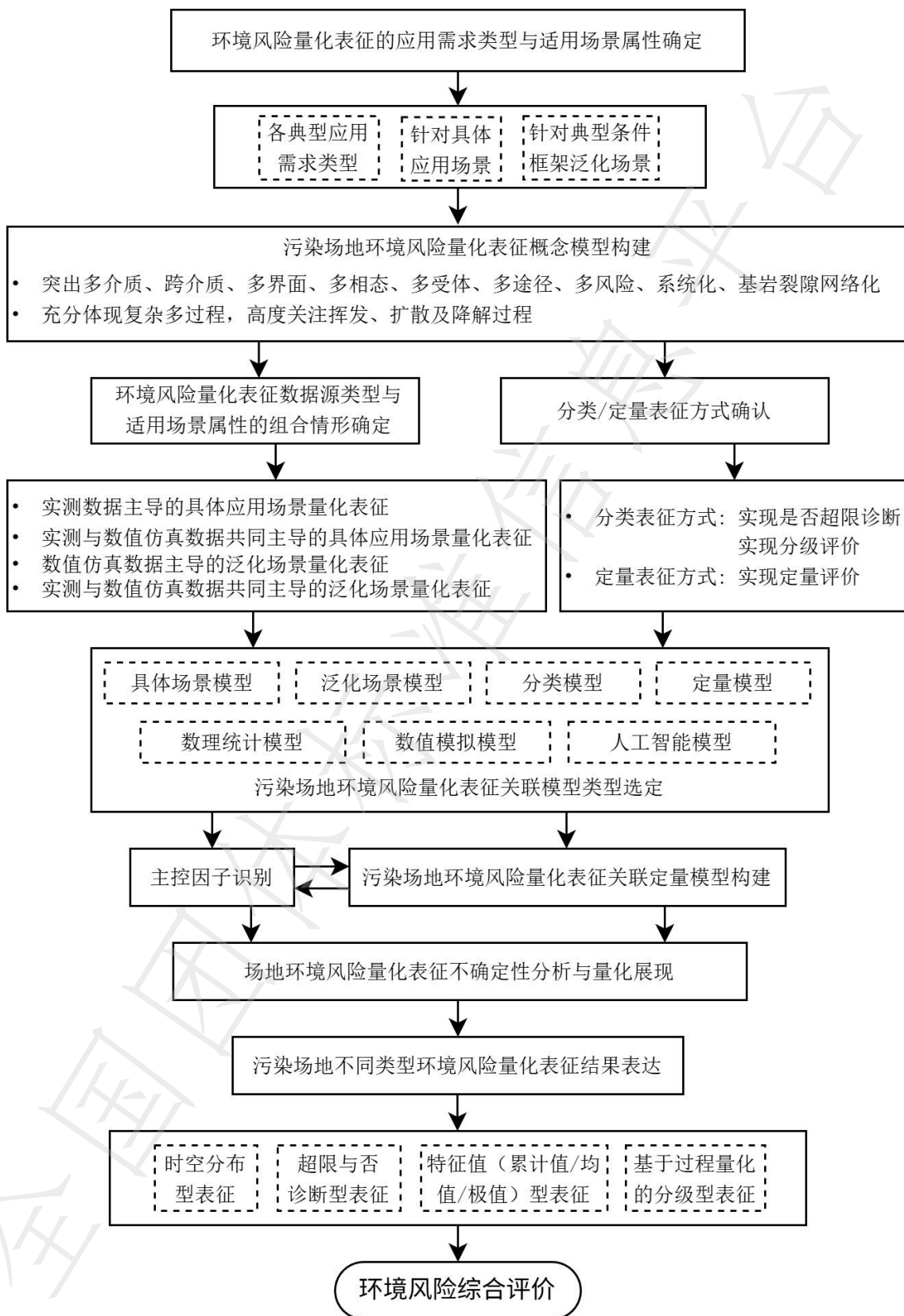


图 1 污染场地挥发类有机物多相传输扩散环境风险量化表征技术框架与流程

## 5.2 主要工作任务

5.2.1 环境风险量化表征的应用需求类型与适用场景属性确定：明确是针对哪类典型应用问题的具体应用场景，还是针对所选问题类型给定典型条件框架下的泛化场景。

5.2.2 污染场地环境风险量化表征概念模型构建：构建“源-过程与路径-受体-效应”全链条的要素构成框架，明确 VOCs/SVOCs 多相传输扩散与风险演化的核心关联。

5.2.3 基于主导数据源与适用场景的环境风险量化表征类型及表征方式确认。基于主导数据源类型与适用场景属性，形成不同污染场地环境风险量化表征类型；同时，量化表征包括分类与定量两种方式。

5.2.4 污染场地环境风险量化表征的关联模型核心类型划分与适宜模型构建：基于环境风险量化表征类型与表征方式（分类/定量），以及不同的建模方法，获得可选的关联模型核心类型划分结果，选取一类适宜模型，完成主控因子识别，构建相应分类或定量模型。

5.2.5 场地环境风险量化表征不确定性分析与量化展现：识别风险量化过程中的不确定性来源，量化影响因子与因变量的不确定性范围，提升风险表征结果的基础支撑性与可靠性。

5.2.6 污染场地不同类型环境风险量化表征结果表达：针对环境质量、人体健康、生态安全三类风险，结合相关标准，完成其核心量化表征指标的分类或定量计算，实现风险是否超限与划分等级的科学判定，为管控决策提供直接依据。

## 6 环境风险量化表征的应用需求类型与适用场景属性确定

### 6.1 环境风险量化表征的应用需求类型

典型应用需求类型包括：

a) 污染场地风险筛查（如工业遗留化工场地、加油站、垃圾填埋场等 VOCs 污染场地的初步风险判定）；

b) 场地详细风险评估（明确 VOCs 多路径暴露风险、高风险区域划定、敏感受体保护范围等）；

c) 修复方案优化与效果验收（如对比不同修复技术的风险削减效率、验证修复后风险是否达标）；

d) 突发污染事件应急评估（如 VOCs 泄漏后的传输扩散风险预测、应急防控范围划定）；

e) 土地用途变更环境审核（如工业用地转居住/商业用地的 VOCs 风险合规性评估）。

## 6.2 环境风险量化表征的适用场景属性确定

针对污染场地 VOCs、SVOCs 等管控污染物，首先考虑环境风险量化表征目标范围，主要明确是针对具体应用场景，还是针对典型条件框架的泛化场景，确保量化表征工作“目标明确、场景适宜”，避免工作方向与实际需求脱节。

## 7 污染场地环境风险量化表征概念模型构建

### 7.1 概念模型核心定位

充分考虑如下方面：

a) 以 VOCs、SVOCs 为典型污染物，构建“污染源-传输扩散过程与路径-受体-效应”全链条关联的量化表征基础框架；

b) 突出多介质、跨介质、多界面、多相态、多受体、多途径、多风险、系统化、基岩裂隙网络化；充分体现复杂多过程，更多关注挥发、扩散及降解过程。

### 7.2 概念模型特征要素确定

7.2.1 确定大气降水入渗补给特征，包括有无大气降水入渗补给、大气降水入渗补给强度时空变化特征。

7.2.2 确定包气带特征，包括介质类型、岩性结构、介质非均质性与各向异性特征。

7.2.3 确定饱水带特征，包括介质类型、含水系统结构、渗流维度、流态、介质非均质性和各向异性特征。

7.2.4 确定污染源特征，包括关注污染物相态、关注污染物类型、污染源空间分布特征、源强变化和动态特征。

7.2.5 确定场地污染防控与修复特征：包括有无土壤与地下水污染防控与修复措施、土壤与地下水污染防控与修复措施类型、土壤与地下水污染防控与修复措施时空分布特征。

7.2.6 确定抽注水井源汇特征，包括有无抽注水井、抽注水井空间分布特征、抽注水井水量动态特征。

7.2.7 确定地表水与地下水交互特征：地表水与地下水交互特征包括有无二者交互、地表水体空间分布特征、地表水体水位动态特征。

7.2.8 确定地下水污染物迁移转化过程类型，包括：平流过程、弥散过程、吸附解吸过程、降解过程、挥发过程等。

7.2.9 确定边界条件特征，所述边界条件特征包括水动力场边界条件特征与水化学场边界条件特征。

7.2.10 确定初始条件特征，所述初始条件特征包括水动力场初始条件特征与水化学场初始条件特征。

7.2.11 确定敏感受体条件，细化环境风险类型。敏感受体类型：人体、生态受体、资源环境受体等。

7.2.12 表征目标与约束条件（模型输出与适用边界）：明确量化表征的核心目标与限制条件，确保模型输出贴合实际应用需求。表征目标条件：① 诊断型目标：污染物浓度是否超标、是否存在风险；② 时空分布型目标：定量预测污染物浓度时空分布、风险值（致癌/非致癌风险值）、风险影响范围与持续时间。约束条件：① 数据约束：监测数据可得性（浓度监测、水动力场监测精度）、参数不确定性范围；② 管控约束：如污染扩散最大允许范围或污染羽最高浓度等；③ 标准约束：国家/行业相关标准（包括 GB 36600、GB/T 14848、HJ 25.3 等）。

## 8 基于主导数据源与适用场景的环境风险量化表征类型及表征方式确认

8.1 基于主导数据源与适用场景的环境风险量化表征类型划分。结合主导数据来源特性与适用场景属性，污染场地环境风险量化表征类型，分为 4 类：实测数据主导的具体应用场景量化表征、实测与数值仿真数据协同主导的具体应用场景量化表征、数值仿真数据主导的泛化场景量化表征、实测与数值仿真数据协同主导的泛化场景量化表征。

8.2 分类/定量表征方式确认。明确污染场地环境风险量化表征的核心方式（分类表征或定量表征）：

a) 分类表征：基于风险量化与给定阈值划分风险类别，实现污染物是否超限诊断及风险等级划分评价；

b) 定量表征：输出连续型风险量化指标（含误差范围），实现风险程度的量化评价。

## 9 环境风险量化表征的关联模型核心类型划分与选型

### 9.1 关联模型核心类型划分与选型逻辑

9.1.1 基于主导数据源类型（实测数据/数值仿真数据/两者协同）与适用场景属性（具体场景/泛化场景）组合而成的环境风险量化表征类型及表征方式，污染场地环境风险量化表征关联模型可划分为4类：实测数据主导的具体应用型分类/定量模型、实测与数值仿真数据协同主导的具体应用型分类/定量模型、数值仿真数据主导的泛化型分类/定量模型、实测与数值仿真数据协同主导的泛化型分类/定量模型。

9.1.2 针对环境演化特征变量与风险量化表征指标的定量建模需求，依据建模方法，模型类型可进一步细分为：数值模拟模型、数理统计模型、人工智能模型等。

9.1.3 风险量化分类表征的实现路径明确为两种：一是直接采用基于风险量化表征指标构建的人工智能分类模型；二是依托风险定量模型输出结果，结合预设的风险划分阈值进行对比判定，完成分类表征。

### 9.2 适宜模型类型选取依据

#### 9.2.1 基于数据充足性与质量适宜性

9.2.1.1 数值模拟模型：对输入数据的质量、完整性及精度要求严苛，需输入详细的水文地质参数、污染物理化特性参数，且需明确模型的边界条件与初始条件。该类模型对数据缺失高度敏感，若存在数据缺口，需结合地统计分析（如空间插值）等方法进行数据补全后再开展建模，否则将显著降低模拟精度。

9.2.1.2 数理统计模型：依赖充足的历史监测数据构建变量间的统计关联，数据的完整性、准确性及代表性直接决定统计关系的稳健性，进而影响模型输出结果的可靠性。若监测数据样本量不足或存在系统性偏差，将难以建立有效的统计模型，或导致模型泛化能力不足。

9.2.1.3 人工智能模型：通常需较多学习样本支撑模型训练。该类模型对数据质量的容错性相对更高，具备从含噪声数据中挖掘有效信息的能力；在数据缺失处理上具备优势，可通过模型内插、特征关联推断等方式补全缺失数据。

#### 9.2.2 基于模型复杂度与适配灵活性

9.2.2.1 数值模拟模型：通常具有较高复杂度，核心需耦合多物理-化学过程，涉及多参数求解

与复杂控制方程求解迭代。模型适配灵活性突出，可针对具体场地特征与问题需求，灵活调整结构、整合新增物理/化学过程，适配多样化场地场景。

9.2.2.2 数理统计模型：复杂度相对较低，参数数量少且模型结构简洁。可通过逐步回归等方法筛选保留主控因子，进一步简化模型结构，兼顾模型有效性与简洁性。

9.2.2.3 人工智能模型：复杂度可灵活调控，从简单机器学习算法（如逻辑回归、随机森林）到复杂深度学习神经网络（如 CNN、GNN）均可按需选型。其适配灵活性优异，具备较强的新信息整合能力，可便捷融入新增特征或过程规律。

### 9.2.3 基于预测精度与不确定性量化能力

9.2.3.1 数值模拟模型：在物理-化学过程明确、监测数据充分的场景下，可实现高精度预测。其不确定性量化能力突出，可通过多情景模拟、参数敏感性分析等方法，系统表征预测结果的不确定性边界。

9.2.3.2 数理统计模型：预测精度直接依赖历史监测数据的质量、代表性与充足性。不确定性量化主要通过置信区间、方差分析等统计方法实现；模型稳定性受数据质量与样本量显著影响，外推能力受限，仅适用于与历史数据分布特征相近的场景。

9.2.3.3 人工智能模型：在训练数据量大、质量高的前提下，可实现高精度预测。模型稳定性受训练数据代表性、样本充足性及模型结构/超参设计的综合控制；其不确定性主要源于数据偏差与模型结构偏差，需通过交叉验证、鲁棒性分析等方法评估控制。

### 9.2.4 基于模型可解释性与结果透明度

9.2.4.1 数值模拟模型：具备高度可解释性与透明度，模型中各参数、过程项均具备明确的物理-化学等意义，结果形成逻辑与场地实际过程高度契合。计算过程可全程追溯，结果溯源性强，便于理解与验证。

9.2.4.2 数理统计模型：可解释性良好，通过回归系数、显著性检验等结果，可清晰量化各变量对预测结果的贡献度与影响显著性，解释逻辑直观易懂。

9.2.4.3 人工智能模型：尤其是深度学习模型，常存在“黑箱”特性，可解释性较弱。可通过 SHAP 值分析、特征重要性排序、知识图谱等方法辅助解析，以追溯或了解模型构建与应用的内在逻辑链条。

### 9.2.5 基于建模与应用难度

9.2.5.1 数值模拟模型：建模与应用门槛高，需融合水文地质、环境化学、数值计算、流体力学等多学科专业知识。要求建模者具备扎实的模型构建、参数校准及数值求解技能，需经专业培训与实践积累方可有效应用并解读结果。

9.2.5.2 数理统计模型：建模与应用难度较低，仅需基础统计知识即可完成常规建模。针对复杂场地问题，需结合污染迁移转化等领域专业知识优化模型设计，提升结果可靠性。

9.2.5.3 人工智能模型：难度差异较大，简单机器学习算法（如 SVM、决策树）的建模与应用难度较低；复杂深度学习模型则需建模者掌握机器学习原理、数据预处理技术及超参数优化方法，模型开发阶段对编程与算法优化技能要求较高。

## 10 污染场地环境风险量化表征关联模型构建

### 10.1 实测数据主导的具体应用型分类/定量模型构建

10.1.1 实测数据预处理：核查实测数据完整性与精度，开展数据清洗、标准化及异常值处理，明确因变量与自变量关系，构建规范数据集，保障建模基础质量。

10.1.2 模型构建实施：统计模型基于实测数据拟合参数；数值模拟模型校准关键参数匹配实测值；人工智能模型划分数据集训练调优，融合知识图谱时补充污染场地传输扩散及其风险量化规则约束。

10.1.3 模型验证优化：用独立实测数据开展有效性验证，通过准确率、误差等指标评估泛化能力，迭代调优参数或结构，确保模型可靠性。

10.1.4 结果规范输出：环境风险分类模型输出类别及置信度，环境风险定量模型输出数值及误差范围，根据应用场景决策需求，最终给出风险诊断/风险分级/具体风险值等环境风险量化表征成果。

### 10.2 实测与数值仿真数据协同主导的具体应用型分类/定量模型构建

10.2.1 数据融合预处理：同步数据清洗、实测与仿真数据标准化，采用融合采样技术填补实测缺口，明确变量关系，构建统一规范的融合数据集。

10.2.2 融合建模实施：针对统计模型，结合两类数据拟合优化参数；对于数值模拟模型，则用实测数据校准后生成补充仿真数据；而人工智能模型则利用融合数据集训练，且可应用知

识图谱来有效增加污染场地环境风险表征建模中的规则约束。

10.2.3 双数据验证优化：以独立实测数据为主、可靠仿真数据为辅开展交叉验证，通过准确率/误差指标迭代完成参数与结构调优，强化模型泛化能力。

10.2.4 结果规范输出：分类模型输出类别及置信度，定量模型输出数值及误差范围，明确数据依赖边界，形成贴合具体场景的风险诊断/分级/量化值等成果。

### 10.3 数值仿真数据主导的典型条件框架下泛化型分类/定量模型构建

#### 10.3.1 典型条件框架下的数值模拟泛化模型构建

10.3.1.1 典型条件框架界定：明确适用场景的典型边界（水文地质、污染物类型等），提炼核心控制条件，构建反映关键过程的概念模型，划定泛化或通用模型的应用范围。

10.3.1.2 可变参数体系设计：区分固定典型参数与可变场景参数，明确边界条件、物理化学参数等核心输入项，建立参数赋值与分区方法，保障参数可扩展性。

10.3.1.3 数值模型标准化构建：基于概念模型获得离散网格、选取控制方程与数值解法，集成各参数化模块，形成标准化建模流程，确保模型结构通用可泛化。

10.3.1.4 泛化能力验证校准：通过多组典型参数组合开展敏感性分析，结合实测数据校准模型，验证参数调整下的模拟稳定性与精度，保障泛化适配性。

10.3.1.5 场景适配与结果输出：根据具体场景调整可变参数，生成针对性模拟结果，标准化输出污染物时空分布、风险量化值及分级诊断结论。

#### 10.3.2 数值仿真数据主导的典型条件框架下泛化统计定量模型构建

10.3.2.1 适用于裂隙基岩、松散多孔介质等不同介质污染场地，针对环境演化特征变量（如污染物浓度、扩散通量等）及环境风险量化表征指标，构建泛化统计定量模型。

10.3.2.2 影响因素与过程分析：明确目标变量，结合介质类型（裂隙基岩/多孔介质）识别关键影响因素（裂隙拓扑/透水性等介质特性、气象条件、污染物理化特性等），厘清关联机制。

10.3.2.3 参数确定：将影响因素转化为可量化参数，明确其物理化学意义、量纲及取值范围，形成标准化参数体系。

10.3.2.4 敏感性分析：基于典型情景参数基准值，分析参数变化对目标变量的影响，初筛敏感因子。

10.3.2.5 典型情景设计：针对敏感因子，采用正交试验设计多组典型情景，覆盖变量交互作用。

10.3.2.6 正交情景数值模拟：选用适配介质的数值模型（如裂隙基岩用离散裂隙网络模型），模拟获取目标变量结果。

10.3.2.7 主控因子识别：通过统计方法从敏感因子中筛选主控因子，明确贡献度排序。

10.3.2.8 构建通用统计替代模型：基于主控因子与目标变量的关联规律，建立模型，实现快速预测。

10.3.2.9 替代模型验证/更新：采用拉丁超立方抽样等适宜采样方法补充情景数据，验证并迭代优化模型，提升泛化可靠性。

10.3.2.10 环境演化特征变量分析与应用：结合模拟及预测结果开展应用分析，可有效支撑进一步的环境分析量化表征及风险管控决策。

10.3.2.11 结果规范输出：输出目标变量数值及误差范围，明确数据依赖边界，依据标准与阈值，给出风险诊断、分级及量化值等成果。

### 10.3.3 典型条件框架下数值仿真数据主导的泛化人工智能诊断/分类模型构建

10.3.3.1 选定复杂污染场地环境系统的环境演化特征变量及环境风险量化表征指标（统称“目标变量”），构建典型条件框架下复杂污染场地环境系统的时空演化概念模型（需涵盖介质特性、污染物迁移转化、多介质交互等核心过程）。

10.3.3.2 选定并依据适配复杂污染场地多介质、多过程特性的数学控制方程与数值模型，搭建或选取适宜数值模拟系统。

10.3.3.3 基于上述时空演化概念模型及数值模拟系统，识别影响目标变量时空演变的模型输入参变量（含介质理化参数、污染源参数、水文气象参数、边界与初始条件参数等）；明确各输入参变量的具体取值形式，划定每个参变量的合理变化区间，形成模型输入参变量区间集。

10.3.3.4 设定典型情景数量，基于参变量区间集生成复杂污染场地环境系统的多组不同输入参数组合（即典型情景）；通过数值模拟系统获取各典型情景对应的目标变量模拟值，整合所有参数组合与对应目标变量模拟值，构建统计建模数据集；基于该数据集建立并优选多元回归统计预测模型，构建目标变量与输入参变量的统计关联，同时确保数据集覆盖典型条件下的核心参数组合范围，据此实现人工智能建模的数据强化目标。

10.3.3.5 结合复杂污染场地风险管控要求设定环境诊断阈值，基于上述数据集，依据机器学习建模原理与优化方法，考虑 SVM 等不同算法，构建并优化基于机器学习的环境风险诊断/分类模型，针对不同应用场景，实现输入参变量到风险诊断/分类结果的对直接对应。

10.3.3.6 针对符合典型条件框架的复杂污染场地实际应用情景，依据场地实际条件与实测数据确定模型输入参变量的具体取值，将其输入环境风险诊断/分类模型，得到环境风险诊断预判结果（如风险等级、是否超限等）。

#### 10.3.4 裂隙基岩场地典型条件框架下数值仿真数据主导的泛化人工智能定量模型构建

10.3.4.1 建模典型条件基本要素筛选：明确核心基础输入条件，包括大气降水入渗、包气带/饱水带（裂隙介质）特征、污染源属性、地表水-地下水交互、污染物迁移转化过程、水动力/水化学边界与初始条件等，完成概念模型构建。

10.3.4.2 裂隙网络知识图谱构建：针对复杂裂隙介质，梳理多尺度拓扑特征及关联属性（含连通度、主连通子网、裂隙交线统计、优势流通道、裂隙张量、等效渗透张量等），建立介质结构与渗流特性的关联知识库，支撑模型对裂隙介质的精准刻画。

10.3.4.3 输入参数集与机器学习方法确定：选定建模参数（裂隙几何/拓扑参数、污染物理化学参数等），选用 MLP、CNN、GNN、KAN 等适配算法，构建“裂隙特征-网络拓扑-污染物传输能力-目标环境演化特征变量/风险量化表征指标”内在关联及控制响应关系，明确模型输入输出逻辑及实现路径。

10.3.4.4 小样本下人工智能模型构建的高效数据强化：仿真/监测样本稀疏时，通过提高主控因子采样权重、注入本构/统计关系并限定变量区间，批量生成“低成本高可信”样本，补充建模数据。

10.3.4.5 三元数据池融合构建泛化数据集：整合正交情景数值仿真数据、随机情景数值仿真补充数据、本构/统计关系强化数据，形成覆盖充分、物理一致的数据集，降低对高成本仿真样本的依赖。

10.3.4.6 人工智能模型优选与超参优化：在不同典型条件下测试 SVM、MLP、CNN 等模型，优化超参数，实现对裂隙介质复杂网络、强非线性、多相耦合过程的稳健泛化，达成小样本下目标变量（环境演化特征变量/风险量化表征指标）的高精度预测。

10.3.4.7 结果规范输出：定量模型输出目标变量数值及误差范围，明确数据依赖边界（如适用的参数区间、典型条件等），依据相关标准与风险阈值，给出符合应用场景的风险诊断、分级及量化值等规范化成果。

#### 10.4 典型条件框架下实测与数值仿真数据协同主导的泛化型分类/定量模型构建

10.4.1 总体思路与实现路径可借鉴数值仿真数据主导的典型条件框架下泛化型分类/定量模型

构建流程与方法，整合典型条件框架下多实际场景实测数据与多情景数值仿真数据，构建兼具泛化能力与场景适配性的分类/定量模型，实现环境风险特征变量的可靠预测及风险诊断、分级、定量化表征。

10.4.2 典型条件框架与核心要素界定：明确模型适用的典型场景边界（如介质类型、污染物种类），选定关联特征变量，构建环境系统时空演化概念模型，划定泛化应用范围。

10.4.3 影响因素与参数体系构建：识别特征变量的核心影响因素并转化为具体参数，明确各参数物理意义、取值范围及测定/赋值方法，初筛潜在敏感因子。

10.4.4 双源数据获取与融合预处理：① 实测数据：采集多实际场景的参数与特征变量实测值，开展数据清洗、异常值处理；② 仿真数据：基于敏感因子设计正交/随机情景，通过数值模拟获取多情景仿真数据；③ 融合处理：校准仿真数据与实测数据的一致性，采用融合采样技术构建覆盖充分、物理一致的泛化数据集。

10.4.5 泛化模型构建与优化：根据分类/定量需求，选用多元回归、随机森林、GNN 等方法，基于融合数据集构建不同类型模型；融合领域知识图谱（如介质结构-污染物迁移特性关联）强化模型构建可解释性，优化超参以提升泛化能力。

10.4.6 双源数据交叉验证：采用独立实测数据与未参与训练的仿真数据开展交叉验证，通过准确率、误差等指标评估模型性能，迭代调优参数或数据融合策略。

10.4.7 结果输出与场景应用：分类模型输出类别及置信度，定量模型输出数值及误差范围；明确数据依赖边界，依据相关标准与风险阈值，给出适配实际场景的环境风险诊断、分级、量化值等成果。

### 10.5 环境演化特征变量与风险量化表征指标的主控因子识别

主控因子识别通过应用包括相关分析、方差分析、极差分析、逐步回归、层次分析、SHAP 值分析、随机森林特征重要性等任一适宜方法或综合应用多种方法有效完成。

## 11 污染场地环境风险量化表征不确定性分析与量化展现

11.1 参数敏感性分析：结合特征变量的主控因子识别结果，通过局部和全局敏感性分析方法评估参数不确定性对模型输出的影响程度。

11.2 概率统计方法：通过蒙特卡洛模拟、拉丁超立方采样等，量化参数随机波动对风险值的影响范围，输出风险值的置信区间（如 95% 置信水平下的致癌风险范围）。

11.3 不确定性可视化：使用概率密度函数、累积分布函数、箱线图等图形方法直观展示不确定性。这有助于理解和评估模型预测的可靠性。

## 12 污染场地不同类型环境风险量化表征结果表达

### 12.1 基于地下水潜在污染指数的风险诊断与等级划分

#### 12.1.1 地下水潜在污染指数获取

12.1.1.1 限值确定依据：参考 GB/T 14848 等相关标准中对应功能类别限值（如饮用水源地采用 III 类水限值、工业用水采 IV 类水限值）。

12.1.1.2 单因子潜在污染指数： $P_i = \frac{C_i}{S_i}$ ，其中  $C_i$  为污染物预测浓度， $S_i$  为对应污染物的限值。

12.1.1.3 内梅罗综合潜在污染指数： $P_{综} = \sqrt{\frac{P_{max}^2 + P_{avg}^2}{2}}$ ，其中  $P_{max}$  为最大单因子指数， $P_{avg}$  为平均单因子指数），兼顾“单一污染物超标强度”与“多污染物综合污染水平”，据此可进一步划分环境风险等级。

#### 12.1.2 地下水潜在污染程度的可否接受诊断

确定地下水潜在污染指数是否大于或等于 1，如是，则超标，地下水潜在污染水平不可接受，否则为可接受程度。

#### 12.1.3 基于地下水潜在污染程度的环境风险等级划分

12.1.3.1 基于地下水单因子潜在污染指数环境风险分级（针对特定污染物），参考表 1：

表 1 基于地下水单因子潜在污染指数的环境风险分级表

风险等级	单因子潜在污染指数 ( $P_i$ )	核心特征	风险描述
低风险	$P_i < 1.0$	污染物实测浓度 ≤ 国标限值，地下水满足预设使用功能	无超标污染风险，地下水质量达标
中风险	$1.0 \leq P_i < 3.0$	污染物轻度超标，浓度为限值的 1-3 倍，对敏感用途（如饮用）存在潜在影响	局部轻微污染风险，可能影响地下水功能适宜性
较高风险	$3.0 \leq P_i < 5.0$	污染物中度超标，浓度为限值的 3-5 倍，对多数使用功能造成明显影响	区域性污染风险，地下水功能受损，可能威胁周边受体
高风险	$P_i \geq 5.0$	污染物重度超标，浓度为限值的 5 倍以上，对地下水系统与受体构成严重威胁	系统性污染风险，地下水丧失使用功能，易引发健康/生态危害

12.1.3.2 基于地下水内梅罗综合潜在污染指数分级（针对多污染物协同），参考表 2：

表 2 基于地下水内梅罗综合潜在污染指数的环境风险分级表

风险等级	综合潜在污染指数 ( $P_{综}$ )	核心特征	风险描述
低风险	$P_{综} < 1.0$	所有污染物均达标, 综合污染水平低	地下水质量良好, 无协同污染风险
中风险	$1.0 \leq P_{综} < 2.0$	部分污染物轻度超标, 综合污染程度中等	多污染物轻微协同影响, 地下水功能基本满足
较高风险	$2.0 \leq P_{综} < 3.0$	多项污染物超标, 部分中度超标, 综合污染显著	多污染物协同作用, 地下水功能明显受损
高风险	$P_{综} \geq 3.0$	多数污染物中度-重度超标, 综合污染严重	多污染物强协同风险, 地下水系统破坏, 受体暴露风险高

## 12.2 基于土壤潜在污染指数的风险诊断与等级划分

## 12.2.1 土壤潜在污染指数获取

12.2.1.1 限值确定依据: 参考 GB 36600、HJ 25.3 等相关标准, 结合土壤使用功能 (居住用地、工业用地等) 确定对应污染物筛选值/管控值。

12.2.1.2 单因子潜在污染指数:  $P_i = \frac{C_i}{S_i}$ ,  $C_i$  为污染物预测浓度,  $S_i$  为污染物筛选值/管控值。

12.2.1.3 内梅罗综合潜在污染指数:  $P_{综} = \sqrt{\frac{P_{max}^2 + P_{avg}^2}{2}}$ ,  $P_{max}$  为最大单因子指数,  $P_{avg}$  为平均单因子指数, 兼顾单一污染物超标强度与多污染物协同效应, 据此可进一步划分环境风险等级。

## 12.2.2 土壤潜在污染程度可否接受的诊断

确定大气潜在污染指数是否大于或等于 1, 如是, 则超标, 土壤潜在污染水平不可接受, 否则为可接受程度。

## 12.2.3 基于土壤潜在污染程度的环境风险等级划分

12.2.3.1 基于土壤单因子潜在污染指数环境风险分级 (针对特定污染物), 参考表 3:

表 3 基于土壤单因子潜在污染指数的环境风险分级表

风险等级	单因子潜在污染指数 ( $P_i$ )	核心特征	风险描述
低风险	$P_i < 1.0$	污染物浓度 $\leq$ 对应功能类别筛选值/管控值, 土壤质量达标, 满足预设使用功能	无超标污染风险, 土壤环境安全, 不威胁人体健康与生态系统
中风险	$1.0 \leq P_i < 3.0$	污染物轻度超标, 浓度为筛选值/管控值的 1-3 倍, 对敏感用途 (如居住、农业种植) 存在潜在影响	局部轻微污染风险, 土壤功能基本满足, 但敏感受体暴露风险升高
较高风险	$3.0 \leq P_i < 5.0$	污染物中度超标, 浓度为筛选	区域性污染风险, 污染物可

风险等级	单因子潜在污染指数 ( $P_i$ )	核心特征	风险描述
		值/管控值的 3-5 倍, 土壤功能受损, 对多数使用功能造成明显影响	能通过土壤-地下水/土气界面迁移, 威胁受体健康
高风险	$P_i \geq 5.0$	污染物重度超标, 浓度为筛选值/管控值的 5 倍以上, 土壤丧失原有使用功能, 污染物迁移扩散风险极高	系统性污染风险, 易引发人体健康危害 (如致癌、慢性中毒) 或生态系统破坏

12.2.3.2 基于土壤内梅罗综合潜在污染指数环境风险分级 (针对多污染物协同), 参考表 4:

表 4 基于土壤内梅罗综合潜在污染指数的环境风险分级表

风险等级	综合潜在污染指数 ( $P_{综}$ )	核心特征	风险描述
低风险	$P_{综} < 1.0$	所有污染物均达标, 综合污染水平低, 土壤环境质量良好	无协同污染风险, 土壤功能完全满足预设用途
中风险	$1.0 \leq P_{综} < 2.0$	部分污染物轻度超标, 多污染物协同效应不显著, 综合污染程度中等	轻微协同污染风险, 土壤功能基本适宜, 敏感用途需谨慎
较高风险	$2.0 \leq P_{综} < 3.0$	多项污染物超标, 部分中度超标, 综合污染显著, 协同效应增强	多污染物协同风险, 土壤功能明显受损, 污染物跨介质迁移可能性升高
高风险	$P_{综} \geq 3.0$	多数污染物中度-重度超标, 综合污染严重, 协同危害突出	强协同污染风险, 土壤生态系统破坏, 人体健康暴露风险极高

### 12.3 基于大气潜在污染指数的风险诊断与等级划分

#### 12.3.1 大气潜在污染指数获取

12.3.1.1 限值确定依据: 参考 GB 3095、GB 16297、GB 37822 等相关标准。

12.3.1.2 大气单因子潜在污染指数:  $P_i = \frac{C_i}{S_i}$ ;  $C_i$  为污染物预测浓度,  $S_i$  为对应污染物的国标限值, 表征单一污染物的超标强度。

12.3.1.3 大气综合潜在污染指数: 整合多污染物单因子指数, 通过加权计算, 表征多污染物协同污染风险。综合潜在污染指数计算方法:

$$P_{total} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot P_i \quad (1)$$

其中:  $w_i$  为污染物权重,  $P_i$  为各污染物单因子指数。权重确定方法包括: 健康影响权重法、等权重法、熵权法等。

#### 12.3.2 大气潜在污染程度可否接受的诊断

确定大气潜在污染指数是否大于或等于 1，如是，则超标，大气潜在污染水平不可接受，否则为可接受程度。

### 12.3.3 基于大气潜在污染程度的环境风险等级划分

12.3.3.1 基于大气单因子潜在污染指数的环境风险分级（适用于特定污染物专项评估），参考表 5：

表 5 基于大气单因子潜在污染指数的环境风险分级表

潜在污染指数 ( $P_i$ )	风险等级	风险特征
$P_i < 1.0$	无风险	浓度≤标准限值，无明显健康风险
$1.0 \leq P_i < 2.0$	低风险	轻微超标，敏感人群可能受影响
$2.0 \leq P_i < 3.0$	中风险	中度超标，对健康人群产生刺激症状
$3.0 \leq P_i < 5.0$	高风险	严重超标，健康人群普遍受影响，症状明显
$P_i \geq 5.0$	严重风险	极度超标，可立即危害健康，需考虑紧急干预

12.3.3.2 基于大气综合潜在污染指数的环境风险分级，参考表 6：

表 6 基于大气综合潜在污染指数的环境风险分级表

综合指数 ( $P_{total}$ )	风险等级	风险特征
$P_{total} < 1.0$	优（无风险）	各污染物浓度均≤标准限值，空气质量优良
$1.0 \leq P_{total} < 2.0$	良（低风险）	个别污染物轻微超标，整体风险可控
$2.0 \leq P_{total} < 3.0$	轻度风险	部分污染物中度超标，敏感人群需关注
$3.0 \leq P_{total} < 4.0$	中度风险	多数污染物超标，健康人群可能受影响
$4.0 \leq P_{total} < 5.0$	高风险	严重污染，健康人群普遍受影响，需采取防护措施
$P_{total} \geq 5.0$	严重风险	极度污染，健康受到严重威胁，可能需要立即干预

## 12.4 基于地表水潜在污染指数的风险诊断与等级划分

### 12.4.1 地表水潜在污染指数的计算方法

#### 12.4.1.1 地表水单因子潜在污染指数

$$P_i = \frac{C_i}{S_i} \quad (2)$$

其中， $C_i$ 为地表水污染物预测浓度； $S_i$ 为 GB 3838 中该污染物对应功能类别的限值。

12.4.1.2 地表水综合潜在污染指数（多污染物协同表征），依据下式：

$$P_{综} = \sum_{i=1}^n w_i \cdot P_i \quad (3)$$

其中， $C_i$ 为地表水污染物预测浓度； $S_i$ 为 GB 3838 中该污染物对应功能类别的限值； $w_i$ 为污染物权重。

#### 12.4.2 地表水潜在污染程度可否接受的诊断

确定地表水潜在污染指数是否大于或等于 1，如是，则超标，地表水潜在污染水平不可接受，否则为可接受程度。

#### 12.4.3 基于地表水潜在污染程度的环境风险分级

12.4.3.1 基于地表水单因子潜在污染指数环境风险分级（针对单一特征污染物），参考表 7：

表 7 基于地表水单因子潜在污染指数的环境风险分级表

风险等级	单因子指数 ( $P_i$ )	核心特征	风险描述
低风险	$P_i < 1.0$	污染物浓度≤GB 3838 限值，地表水功能达标	无超标风险，不威胁人体健康与水生生态
中风险	$1.0 \leq P_i < 3.0$	污染物轻度-中度超标，浓度为限值的 1-3 倍	敏感受体（如饮用水源、鱼类）暴露风险升高，地表水功能基本满足
高风险	$3.0 \leq P_i < 5.0$	污染物重度超标，浓度为限值的 3-5 倍	地表水功能受损，污染物可能通过饮水、皮肤接触威胁人体健康，水生生态受胁迫
极高风险	$P_i \geq 5.0$	污染物极度超标，浓度为限值的 5 倍以上	地表水可能丧失使用功能，急性健康风险与生态破坏风险不能忽视

12.4.3.2 基于地表水综合潜在污染指数环境风险分级（针对多污染物协同风险），参考表 8：

表 8 基于地表水综合潜在污染指数的污染风险分级表

风险等级	综合指数 ( $P_{综}$ )	核心特征	风险描述
低风险	$P_{综} < 1.0$	所有污染物均达标，综合污染水平低	多污染物协同风险可忽略，地表水环境安全
中风险	$1.0 < P_{综} < 2.0$	部分污染物轻度超标，协同效应不显著	轻微协同污染风险，地表水功能基本适宜
高风险	$2.0 < P_{综} < 3.0$	多项污染物超标，部分中度超标，协同效应增强	多污染物联合危害，地表水功能明显受损，跨介质迁移风险升高
极高风险	$P_{综} \geq 3.0$	多数污染物中度-重度超标，协同危害突出	强协同污染风险，水生生态系统破坏，人体健康暴露风险需高度关注

#### 12.4 人体健康致癌风险诊断与等级划分

12.4.1 人体健康致癌风险计算方法：参考 HJ 25.3、《地下水污染健康风险评估工作指南》（环办土壤函〔2019〕770 号）。

12.4.2 人体健康致癌风险超限与否诊断：判断阈值为致癌风险  $10^{-6}$ 。

12.4.2 人体健康致癌风险等级划分，参考表 9：

表 9 基于人体健康致癌的地表水潜在污染指数的污染风险分级表

风险等级	风险值 (CR) 范围	风险特征
极低风险	$CR < 10^{-6}$	风险可忽略, 公众健康影响微乎其微
低风险	$10^{-6} \leq CR < 10^{-5}$	风险极低, 长期暴露风险有限
中等风险	$10^{-5} \leq CR < 10^{-4}$	风险处于可接受上限, 需关注
高风险	$10^{-4} \leq CR < 10^{-3}$	风险显著, 可能引发健康效应
极高风险	$CR \geq 10^{-3}$	风险极高, 认真考虑立即干预

## 12.5 基于 HQ/HI 的人体健康非致癌风险诊断与等级划分

## 12.5.1 HQ/HI 计算方法

参考附录 A, 以及 HJ 25.3、《地下水污染健康风险评估工作指南》(环办土壤函〔2019〕770 号), 依据式 (4) 与式 (5):

$$HQ_i = \frac{ADD_i}{Rf \cdot D_i} \quad (4)$$

其中:  $HQ_i$  为第  $i$  种污染物的危害商 (无量纲);  $ADD_i$  为人体通过特定暴露路径 (如吸入、饮用、皮肤接触) 的日均暴露剂量 ( $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ );  $Rf \cdot D_i$  为该污染物的参考剂量 ( $\text{mg}/(\text{kg} \cdot \text{d})$ )。

$$HI = \sum_{i=1}^n HQ_i = \sum_{i=1}^n \frac{ADD_i}{Rf \cdot D_i} \quad (5)$$

其中:  $n$  为参与评估的非致癌污染物总数, 其他符号含义同 HQ。

## 12.5.2 分类诊断型判定, 依据下述原则:

a) 诊断单一污染物的非致癌风险是否“可接受”:  $HQ_i < 1$  表示暴露剂量低于安全阈值, 无明显非致癌风险;  $HQ_i \geq 1$  表示暴露剂量超过安全阈值, 可能产生慢性毒性效应。

b) 诊断多污染物联合暴露的综合非致癌风险:  $HI < 1$  表示多种污染物联合暴露的总剂量低于安全阈值, 综合风险可接受;  $HI \geq 1$  表示总剂量超过安全阈值, 可能产生协同慢性毒性效应 ( $HI$  值越大, 协同风险越高)。

## 12.5.3 人体健康非致癌风险等级划分, 参考表 10:

表 10 基于 HQ/HI 人体健康风险分级表

风险等级	HQ (单一污染物)	HI (多污染物综合)	风险特征描述
低风险	$HQ < 0.1$	$HI < 0.1$	暴露剂量远低于安全阈值, 非致癌风险可忽略

风险等级	HQ (单一污染物)	HI (多污染物综合)	风险特征描述
中低风险	$0.1 \leq HQ < 0.5$	$0.1 \leq HI < 0.5$	暴露剂量接近安全阈值，敏感人群可能存在潜在风险
中风险	$0.5 \leq HQ < 1.0$	$0.5 \leq HI < 1.0$	暴露剂量接近或略低于安全阈值，需警惕累积效应
高风险	$1.0 \leq HQ < 10.0$	$1.0 \leq HI < 10.0$	暴露剂量超过安全阈值，可能产生慢性毒性效应
极高风险	$HQ \geq 10.0$	$HI \geq 10.0$	暴露剂量显著超过安全阈值，慢性毒性效应风险不能忽视

## 12.6 基于生态风险商 RQ 的生态风险诊断与等级划分

12.6.1 评价方法与相关参数，参考 HJ 1111 等相关标准。

12.6.2 单因子生态风险商计算方法（针对单一污染物-单一受体），依据下式：

$$RQ_i = \frac{C_i}{PNEC_i} \quad (6)$$

其中： $C_i$ 为污染物预测浓度； $PNEC_i$ 为该污染物对目标生态受体的预测无效应浓度。

12.6.3 综合生态风险商计算方法（针对多污染物协同效应），依据下式：

$$RQ_{\text{总}} = \sum_{i=1}^n RQ_i \quad (7)$$

12.6.4 分类诊断型判定： $RQ < 1$  表示污染物暴露强度低于生态受体耐受阈值，无生态风险；

$RQ \geq 1$  表示暴露强度超过耐受阈值，存在生态风险。

12.6.5 基于生态风险商 RQ 的生态风险等级划分，参考表 11：

表 11 基于生态风险商 RQ 的生态风险分级表

潜在污染指数 (RQ)	风险等级
$RQ < 0.1$	低风险
$0.1 \leq RQ < 1$	中风险
$1 \leq RQ < 10$	高风险
$RQ \geq 10$	极高风险

## 12.7 污染场地挥发类有机物传输扩散环境风险综合评价

汇总污染场地挥发类有机物跨介质多相传输扩散导致的各相关环境风险量化表征指数的具体与特征值变化、环境风险超限与否、环境风险分级等信息，关注其时空演化，获得地下水、土壤、大气等资源环境受体污染风险，以及对人体健康、生态安全等影响的综合评价结果，形成环境风险量化表征成果报告，为复杂污染场地高效修复与风险优化管控奠定基础。

附录 A（规范性）部分污染物的毒性参数

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF <sub>0</sub> [mg/(kg·d)] <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	数据 来源	RfD <sub>0</sub> mg/(kg·d)	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
一、挥发性有机物															
1	丙酮	Acetone	67-64-1					9.00E-01	I			1	RSL		
2	苯	Benzene	71-43-2	5.50E-02	I	7.80E-06	I	4.00E-03	I	3.00E-02	I	1	RSL		
3	甲苯	Toluene	108-88-3					8.00E-02	I	5.00E+00	I	1	RSL		
4	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	1.10E-02	C	2.50E-06	C	5.00E-02	P	1.00E+00	I	1	RSL		
5	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3					2.00E-01	G	1.00E-01	G	1	RSL		
6	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3					2.00E-01	G	1.00E-01	G	1	RSL		
7	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6					2.00E-01	G	1.00E-01	G	1	RSL		
8	二甲苯	Xylenes	1330-20-7					2.00E-01	I	1.00E-01	I	1	RSL		
9	异丙苯	Cumene	98-82-8					1.00E-01	I	4.00E-01	I	1	RSL		
10	甲醛	Formaldehyde	50-00-0	2.10E-02	C	7.40E-06	I	2.00E-01	I	7.00E-03	I	1	RSL		
11	乙醛	Acetaldehyde	75-07-0			2.20E-06	I			9.00E-03	I	1	RSL		
12	丙烯醛	Acrolein	107-02-8					5.00E-04	I	2.00E-05	I	1	RSL		
13	丙烯酸	Acrylic Acid	79-10-7					5.00E-01	I	2.00E-04	P	1	RSL		
14	四乙基铅	Tetraethyllead	78-00-2					1.00E-07	I			1	RSL		
15	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	6.20E-02	I	3.70E-05	C	8.00E-03	P			1	RSL		
16	1,2-二溴乙烷	Dibromoethane, 1,2-	106-93-4	2.00E+00	I	6.00E-04	I	9.00E-03	I	9.00E-03	I	1	RSL		
17	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	7.00E-02	I	6.00E-06	I	4.00E-03	I	1.00E-01	I	1	RSL		
18	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7					2.00E-02	I	5.00E-02	P	1	RSL		
19	氯仿	Chloroform	67-66-3	3.10E-02	C	2.30E-05	I	1.00E-02	I	1.95E-03	T	1	RSL		
20	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3							9.00E-02	I	1	RSL		
21	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	8.40E-02	I			2.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
22	1,2-二氯苯	Dichlorobenzene, 1,2-	95-50-1					9.00E-02	I	2.00E-01	H	1	RSL		
23	1,4-二氯苯	Dichlorobenzene, 1,4-	106-46-7	5.40E-03	C	1.10E-05	C	7.00E-02	A	8.00E-01	I	1	RSL		
24	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	5.70E-03	C	1.60E-06	C	2.00E-01	P			1	RSL		
25	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	9.10E-02	I	2.60E-05	I	6.00E-03	X	7.00E-03	P	1	RSL		

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF <sub>0</sub> [mg/(kg·d)] <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	数据 来源	RfD <sub>0</sub> mg/(kg·d)	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
26	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4					5.00E-02	I	3.96E-03	I	1	RSL		
27	1,2-顺式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2					2.00E-03	I	4.00E-02	X	1	RSL		
28	1,2-反式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-trans-	156-60-5					2.00E-02	I	4.00E-02	X	1	RSL		
29	二氯甲烷	Methylene Chloride	75-09-2	2.00E-03	I	1.00E-08	I	6.00E-03	I	6.00E-01	I	1	RSL		
30	三氯甲烷	Chloroform	67-66-3	3.10E-02	C	2.30E-05	I	1.00E-02	I	1.95E-03	T	1	RSL		
31	1,2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1,2-	78-87-5	3.70E-02	P	3.70E-06	P	4.00E-02	P	4.00E-03	I	1	RSL		
32	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3			4.00E-05	I	2.00E-03	I	9.00E-03	I	1	RSL		
33	苯乙烯	Styrene	100-42-5					2.00E-01	I	1.00E+00	I	1	RSL		
34	1,1,1,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	630-20-6	2.60E-02	I	7.40E-06	I	3.00E-02	I			1	RSL		
35	1,1,1,2,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,1,2,2-	79-34-5	2.00E-01	I	5.80E-05	C	2.00E-02	I			1	RSL		
36	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	2.10E-03	I	2.60E-07	I	6.00E-03	I	4.00E-02	I	1	RSL		
37	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	4.60E-02	I	4.10E-06	I	5.00E-04	I	2.00E-03	I	1	RSL		
38	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4	7.20E-01	I	4.40E-06	I	3.00E-03	I	5.11E-02	A	1	RSL		
39	六氯丁二烯	Hexachlorobutadiene	87-68-3	7.80E-02	I	2.20E-05	I	1.00E-03	P			1	RSL		
40	氯丁二烯	Chloro-1,3-butadiene, 2- (Chloroprene)	126-99-8			3.00E-04	I	2.00E-02	H	2.00E-02	I	1	RSL		
41	丙烯腈	Acrylonitrile	107-13-1	5.40E-01	I	6.80E-05	I	9.00E-05	T	2.00E-03	I	1	RSL		
42	1,1,2-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,1,2-	598-77-6					5.00E-03	I			1	RSL		
43	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		
44	1,1,1-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6					2.00E+00	I	5.00E+00	I	1	RSL		
45	1,1,2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	5.70E-02	I	1.60E-05	I	4.00E-03	I	2.00E-04	X	1	RSL		
46	1,2-二溴-3-氯丙烷	1,2-Dibromo-3-chloropropane (DBCP)	96-12-8	8.00E-01	P	6.00E-03	P	2.00E-04	P	2.00E-04	I	1	RSL		
47	环氧氯丙烷	Epichlorohydrin	106-89-8	9.90E-03	I	1.2E-06	I	6.00E-03	P	1.00E-03	I	1	RSL		
<b>二、半挥发性有机物</b>															
48	芘	Acenaphthene	83-32-9					6.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
49	蒽	Anthracene	120-12-7					3.00E-01	I			1	RSL	0.13	RSL
50	苯并(a)蒽	Benzo(a)anthracene	56-55-3	1.00E-01	E	6.00E-05	E					1	RSL	0.13	RSL
51	苯并(a)芘	Benzo(a)pyrene	50-32-8	1.00E+00	I	6.00E-04	I	3.00E-04	I	2.00E-06	I	1	RSL	0.13	RSL

## T/ACEF 252 - 2025

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF <sub>0</sub> [mg/(kg·d)] <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	数据 来源	RfD <sub>0</sub> mg/(kg·d)	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
52	苯并(b)荧蒽	Benzo(b)fluoranthene	205-99-2	1.00E-01	E	6.00E-05	E					1	RSL	0.13	RSL
53	苯并(k)荧蒽	Benzo(k)fluoranthene	207-08-9	1.00E-02	E	6.00E-06	E					1	RSL	0.13	RSL
54	蒽	Chrysene	218-01-9	1.00E-03	E	6.00E-07	E					1	RSL	0.13	RSL
55	二苯并(a, h)蒽	Dibenzo(a, h)anthracene	53-70-3	1.00E+00	E	6.00E-04	E					1	RSL	0.13	RSL
56	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0					4.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
57	芴	Fluorene	86-73-7					4.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
58	茚并(1,2,3-cd)芘	Indeno(1,2,3-cd)pyrene	193-39-5	1.00E-01	E	6.00E-05	E					1	RSL	0.13	RSL
59	萘	Naphthalene	91-20-3	1.20E-01	C	3.40E-05	C	2.00E-02	I	3.00E-03	I	1	RSL	0.13	RSL
60	芘	Pyrene	129-00-0					3.00E-02	I			1	RSL	0.13	RSL
61	水合肼	Hydrazine	302-01-2	3.00E+00	I	4.90E-03	I			3.00E-05	P	1	RSL		
62	吡啶	Pyridine	110-86-1					1.00E-03	I			1	RSL		
63	苦味酸	Picric Acid (2,4,6-Trinitrophenol)	88-89-1					2.00E-03	X			1	RSL	0.1	RSL
64	艾氏剂	Aldrin	309-00-2	1.70E+01	I	4.90E-03	I	3.00E-05	I			1	RSL		
65	狄氏剂	Dieldrin	60-57-1	1.60E+01	I	4.60E-03	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
67	氯丹	Chlordane	12789-03-6	3.50E-01	I	1.00E-04	I	5.00E-04	I	7.00E-04	I	1	RSL	0.04	RSL
68	全氟辛酸	Perfluorooctanoic acid (PFOA)	335-67-1	2.93E+04	D			3.00E-08	D			1	RSL	0.1	RSL
69	全氟辛烷磺酸	Perfluorooctanesulfonic acid (PFOS)	1763-23-1	3.95E+01	D			1.00E-07	D			1	RSL	0.1	RSL
70	p,p'-滴滴滴	p,p'-DDD	72-54-8	2.40E-01	I	6.90E-05	C	5.00E-04	A			1	RSL	0.1	RSL
71	p,p'-滴滴伊	p,p'-DDE	72-55-9	3.40E-01	I	9.70E-05	C	5.0E-04	A			1	RSL		
72	p,p'-滴滴涕	p,p'-DDT	50-29-3	3.40E-01	I	9.70E-05	I	5.00E-04	I			1	RSL	0.03	RSL
73	七氯	Heptachlor	76-44-8	4.50E+00	I	1.30E-03	I	1.00E-04	A			1	RSL		
74	α-六六六	Hexachloro cyclohexane, α- (α-HCH)	319-84-6	6.30E+00	I	1.80E-03	I	9.00E-04	A			1	RSL	0.1	RSL
75	β-六六六	Hexachloro cyclohexane, β- (β-HCH)	319-85-7	1.80E+00	I	5.30E-04	I					1	RSL	0.1	RSL
76	γ-六六六 (林丹)	Hexachloro cyclohexane, γ- (γ-HCH, Lindane)	58-89-9	1.10E+00	C	3.10E-04	C	8.00E-07	A			1	RSL	0.04	RSL
77	对硫磷	Parathion	56-38-2					6.00E-03	H			1	RSL	0.1	RSL
78	甲基对硫磷	Methyl parathion	298-00-0					2.50E-04	I			1	RSL	0.1	RSL

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF <sub>0</sub> [mg/(kg·d)] <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	数据 来源	RfD <sub>0</sub> mg/(kg·d)	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
79	马拉硫磷	Malathion	121-75-5					2.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
80	环氧七氯	Heptachlor epoxide	1024-57-3	9.10E+00	I	2.60E-03	I	1.30E-05	I			1	RSL		
81	1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	120-82-1	2.90E-02	P			1.00E-02	I	2.00E-03	P	1	RSL		
82	1,2,4,5-四氯苯	1,2,4,5-Tetrachlorobenzene	95-94-3					3.00E-05	P			1	RSL		
83	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	1.60E+00	I	4.60E-04	I	1.00E-05	P			1	RSL	0.1	RSL
84	1,3-二硝基苯	Dinitrobenzene, 1,3-	99-65-0					1.00E-04	I			1	RSL	0.1	RSL
85	灭蚁灵	Mirex	2385-85-5	1.80E+01	C	5.10E-03	C	2.00E-04	I			1	RSL		
86	毒杀芬	Toxaphene	8001-35-2	1.10E+00	I	3.20E-04	I	9.0E-05	P			1	RSL	0.1	RSL
87	多氯联苯 189	Heptachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB 189)	39635-31-9	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
88	多氯联苯 167	Hexachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5,5'- (PCB 167)	52663-72-6	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
89	多氯联苯 157	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 157)	69782-90-7	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
90	多氯联苯 156	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5- (PCB 156)	38380-08-4	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
91	多氯联苯 169	Hexachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5,5'- (PCB 169)	32774-16-6	3.90E+03	W	1.14E+00	W	2.33E-08	W	1.33E-06	W	1	RSL	0.14	RSL
92	多氯联苯 123	Pentachlorobiphenyl, 2',3,4,4',5- (PCB 123)	65510-44-3	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
93	多氯联苯 118	Pentachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5- (PCB 118)	31508-00-6	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
94	多氯联苯 105	Pentachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4'- (PCB 105)	32598-14-4	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
95	多氯联苯 114	Pentachlorobiphenyl, 2,3,4,4',5- (PCB 114)	74472-37-0	3.90E+00	W	1.14E-03	W	2.33E-05	W	1.33E-03	W	1	RSL	0.14	RSL
96	多氯联苯 126	Pentachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5- (PCB 126)	57465-28-8	1.30E+04	W	3.80E+00	W	7.00E-09	W	4.00E-07	W	1	RSL	0.14	RSL
97	多氯联苯 (高风险)	Polychlorinated Biphenyls (high risk)	1336-36-3	2.00E+00	I	5.71E-04	I					1	RSL	0.14	RSL

## T/ACEF 252 - 2025

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF。 [mg/(kg·d)] <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	数据 来源	RfD。 mg/(kg·d)	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
98	多氯联苯 (低风险)	Polychlorinated Biphenyls (low risk)	1336-36-3	4.00E-01	I	1.00E-04	I					1	RSL	0.14	RSL
99	多氯联苯 (最低风险)	Polychlorinated Biphenyls (lowest risk)	1336-36-3	7.00E-02	I	2.00E-05	I					1	RSL	0.14	RSL
100	多氯联苯 77	Tetrachlorobiphenyl, 3,3',4,4'- (PCB 77)	32598-13-3	1.30E+01	W	3.80E-03	W	7.00E-06	R369	4.00E-04	W	1	RSL	0.14	RSL
101	多氯联苯 81	Tetrachlorobiphenyl, 3,4,4',5- (PCB 81)	70362-50-4	3.90E+01	W	1.14E-02	W	2.33E-06	W	1.33E-04	W	1	RSL	0.14	RSL
102	二噁英 (总量)	Hexachlorodibenzo-p-dioxin, Mixture	34465-46-8	6.20E+03	I	1.30E+00	I					1	RSL	0.03	RSL
103	二噁英 (TCDD2378)	Dioxins,(TCDD, 2,3,7,8-)	1746-01-6	1.30E+05	C	3.80E+01	C	7.00E-10	I	4.00E-08	C	1	RSL	0.03	RSL
104	多溴联苯	Polybrominated Biphenyls	36355-01-8	3.00E+01	C	8.60E-03	C	7.00E-06	H			1	RSL	0.1	RSL
105	苯胺	Aniline	62-53-3	5.70E-03	I	1.60E-06	C	7.00E-03	P	1.00E-03	I	1	RSL	0.1	RSL
106	三溴甲烷	Bromoform	75-25-2	7.90E-03	I	1.10E-06	I	2.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
107	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8					5.00E-03	I			1	RSL		
108	4-甲酚 (对-)	Cresol, 4-, p-	106-44-5					2.00E-02	P	6.00E-01	C	1	RSL	0.1	RSL
109	3,3-二氯联苯胺	Dichlorobenzidine, 3,3-	91-94-1	4.50E-01	I	3.40E-04	C					1	RSL	0.1	RSL
110	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2					3.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
111	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5					2.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
112	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	3.10E-01	C	8.90E-05	C	2.00E-03	I			1	RSL	0.102	RSL
113	2,4,6-三硝基甲苯	Trinitrotoluene, 2,4,6-	118-96-7	3.00E-02	I			5.00E-04	I			1	RSL	0.032	RSL
114	硝基氯苯	Chloronitrobenzene, p-	100-00-5	6.00E-02	P			7.00E-04	P	2.00E-03	P	1	RSL	0.1	RSL
115	六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4					6.00E-03	I	2.00E-04	I	1	RSL		
116	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	4.00E-01	I	5.10E-06	C	5.00E-03	I			1	RSL	0.25	RSL
117	苯酚	Phenol	108-95-2					3.00E-01	I	2.00E-01	C	1	RSL	0.1	RSL
118	2,4,5-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,5-	95-95-4					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
119	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	88-06-2	1.10E-02	I	3.10E-06	I	1.00E-03	P			1	RSL	0.1	RSL
120	丙烯酰胺	Acrylamide	79-06-1	5.00E-01	I	1.00E-04	I	2.00E-03	I	6.00E-03	I	1	RSL	0.1	RSL

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF。 [mg/(kg·d)] <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) <sup>-1</sup>	数据 来源	RfD。 mg/(kg·d)	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
121	亚硝基二甲胺	N-Nitrosodimethylamine	62-75-9	5.10E+01	I	1.40E-02	I	8.00E-06	P	4.00E-05	X	1	RSL		
122	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	2.30E-01	C			3.0E-03	A			1	RSL	0.1	RSL
123	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.90E-01	I	8.30E-05	C	5.00E-04	I	5.00E-04	I	1	RSL	0.1	RSL
124	内吸磷	Demeton	8065-48-3					4.00E-05	I			1	RSL	0.1	RSL
125	百菌清	Chlorothalonil	1897-45-6	1.70E-02	C			1.50E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
126	甲萘威	Carbaryl	63-25-2					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
127	乐果	Dimethoate	60-51-5					2.20E-03	O			1	RSL	0.1	RSL
128	硫丹	Endosulfan	115-29-7					6.00E-03	I			1	RSL		
129	2,4-滴	Dichlorophenoxy Acetic Acid, 2,4-	94-75-7					1.00E-02	I			1	RSL	0.05	RSL
130	克百威	Carbofuran	1563-66-2					5.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
131	涕灭威	Aldicarb	116-06-3					1.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
132	毒死蜱	Chlorpyrifos	2921-88-2					1.00E-03	A			1	RSL	0.1	RSL
133	草甘膦	Glyphosate	1071-83-6					1.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
134	甲基硫菌灵	Thiophanate, Methyl	23564-05-8	1.16E-02	O			1.60E-01	O			1	RSL	0.1	RSL
135	氟乐灵	Trifluralin	1582-09-8	7.70E-03	I			7.50E-03	I			1	RSL		
136	甲霜灵	Metalaxyl	57837-19-1					6.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
137	乙酰甲胺磷	Acephate	30560-19-1					3.00E-04	O			1	RSL	0.1	RSL
138	双酚 A	Bisphenol A	80-05-7					5.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
139	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-06	C	2.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
140	邻苯二甲酸丁基苄酯	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	1.90E-03	P			2.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
141	邻苯二甲酸二乙酯	Diethyl phthalate, DEP	84-66-2					8.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
142	邻苯二甲酸二丁酯	Dibutyl phthalate, DBP	84-74-2					8.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
143	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
144	己二酸二(2-乙基己)酯	Bis(2-ethylhexyl) adipate	103-23-1	1.20E-03	I			6.00E-01	I			1	RSL	0.1	RSL
145	戊二醛	Glutaraldehyde	111-30-8					1.00E-01	A	8.00E-05	C	1	RSL	0.1	RSL
146	甲草胺	Alachlor	15972-60-8	5.60E-02	C			1.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
147	茅草枯	Dalapon	75-99-0					3.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL

## T/ACEF 252 - 2025

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF <sub>o</sub> [mg/(kg·d)] <sup>-1</sup>	数据 来源	IUR (μg/m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	数据 来源	RfD <sub>o</sub> mg/(kg·d)	数据 来源	RfC mg/m <sup>3</sup>	数据 来源	ABS <sub>gi</sub> 无量纲	数据 来源	ABS <sub>d</sub> 无量纲	数据 来源
148	地乐酚	Dinoseb	88-85-7					1.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
149	敌草快	Diquat	2764-72-9					2.20E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
150	草藻灭	Endothall	145-73-3					2.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
151	甲氧滴滴涕	Methoxychlor	72-43-5					5.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
152	杀线威	Oxamyl (Vydate)	23135-22-0					2.50E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
153	五氯苯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	4.00E-01	I	5.10E-06	C	5.00E-03	I			1	RSL	0.25	RSL
154	毒莠定	Picloram	1918-02-1					7.00E-02	I			1	RSL	0.1	RSL
155	西玛津	Simazine	122-34-9	1.20E-01	H			5.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
156	2,4,5-涕丙酸	Trichlorophenoxypropionic acid, - 2,4,5	93-72-1					8.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL
157	十溴二苯醚	Decabromodiphenyl ether, 2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'- (BDE-209)	1163-19-5	7.00E-04	I			7.00E-03	I			1	RSL	0.1	RSL

注：

- 1) SF<sub>o</sub>: 经口摄入致癌斜率因子; IUR: 呼吸吸入单位致癌风险; RfD<sub>o</sub>: 经口摄入参考剂量; RfC: 呼吸吸入参考浓度; ABS<sub>gi</sub>: 消化道吸收因子; ABS<sub>d</sub>: 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办公室“区域筛选值 (Regional Screening Levels)” (2024年11月发布, 以最新的发布为准); “A”代表数据来自于“美国有毒物质与疾病登记局 (ATSDR Agency for Toxic Substances and Disease Registry)” ; “O”代表数据来自“美国环保局农药项目办公室 (USEPA Office of Pesticide Programs, OPP)” ; “C”代表数据来自“美国加州环境保护局环境健康危害评估办公室 (California Environmental Protection Agency Office of Environmental Health Hazard Assessment, CalEPA OEHHA)” ; “X”代表数据来自“PPRTV 筛选附录值 (PPRTV Screening Level)” ; “H”代表数据来自“美国环保局健康效应评估摘要表 (USEPA Health Effects Assessment Summary Tables, HEAST)” ; “W”代表数据基于“毒性当量因子法 (Toxicity Equivalency Factor, TEF) 计算得出” ; “G”代表数据需“参见用户指南 (See User’s Guide)” 中的相关说明; “T”代表数据来自“美国有毒物质与疾病登记局草案值 (ATSDR Draft Value)” ; “D”代表数据来自水资源办公室 (Office of Water, OW)。