

饮用水水源地新污染物健康风险  
评估技术规范

Technical guidelines for health risk assessment of emerging contaminants in drinking  
water source areas

(征求意见稿)

202X - XX - XX 发布

202X - XX - XX 实施

# 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	2
5 工作程序	2
6 数据收集与评估	3
7 暴露评估	4
8 危害评估	5
9 风险表征	6
10 不确定性分析	7
11 评估报告编制	8
附 录 A （规范性） 推荐暴露评估模型及参数赋值	9
附 录 B （资料性） 推荐暴露参数手册	11
附 录 C （资料性） 推荐毒性数据库	12
附 录 D （资料性） 暴露评估模型主要参数及推荐值（海南省）	13
附 录 E （资料性） 报告编制大纲	14
参 考 文 献	15

## 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。

本文件由海南省生态环境厅提出并归口。

本文件起草单位：海南省环境科学研究院、中国环境科学研究院。

本文件主要起草人：

# 饮用水水源地新污染物健康风险评估技术规范

## 1 范围

本文件规定了海南省饮用水水源地新污染物健康风险评估的工作程序、数据收集与评估、暴露评估、危害识别、风险表征、不确定性分析和报告编制。

本文件适用于海南省饮用水水源地新污染物健康风险评估。

本文件适用于化学性新污染物饮用水水源地的健康风险评估。

## 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 5750	生活饮用水标准检验方法
HJ 2.3	环境影响评价技术导则 地表水环境
HJ 610	环境影响评价技术导则 地下水环境
HJ 875	环境污染物人群暴露评估技术指南
HJ 877	暴露参数调查技术规范
HJ 1111	生态环境健康风险评估技术指南 总纲
DB 32/T 4260	环境与健康监测技术规范
WS/T 10006	环境化学污染物参考剂量推导技术指南

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**饮用水水源地** drinking water source

提供居民生活及公共服务用水的取水水域和密切相关的陆域。

### 3.2

**新污染物** emerging contaminants

新近发现或被关注，对生态环境或人体健康存在风险，尚未纳入管理或者现有管理措施不足以有效防控其风险的污染物。

### 3.3

**危害识别** hazard identification

确定饮用水水源地水体中新污染物暴露引起人群健康危害的过程。

### 3.4

#### 危害表征 hazard characterization

对饮用水水源地水体中新污染物引起个体或群体发生有害效应的固有特性进行定性或定量描述的过程。

### 3.5

#### 暴露评估 exposure assessment

对个体或群体暴露于饮用水水源地水体中新污染物的暴露量、频率及持续时间进行估计或测量的过程，也包括对饮用水水源地水体中新污染物的来源、暴露路径、暴露途径、暴露人群数量和特征及不确定性的分析。

### 3.6

#### 暴露量 exposure dose

人体接触饮用水水源地水体中新污染物的量。

### 3.7

#### 风险表征 risk characterization

定性或定量分析在特定暴露条件下，目标人群暴露于饮用水水源地水体中新污染物而发生有害效应的可能性及其不确定性的过程。

### 3.8

#### 不确定性 uncertainty

由于特殊地理环境、评估方法局限和基础数据欠缺等因素，导致新污染物健康风险评估结果的准确性受到影响的情况。

## 4 基本原则

4.1 审慎性。当数据存在科学不确定性或海南省当地特定气候背景条件时，评价应采取预防性方法。当面临信息不完整或新技术、新物质的长期影响不明时，应优先采纳更安全的假设或公认的保守模型进行评估，并在结论和管理建议中明确提示相关不确定性及风险，以防止对环境健康造成不可逆的损害。

4.2 科学性。基于海南省饮用水水源地水体中新污染物监测数据、新污染物的持久性、生物累积性、生态毒性、人类健康风险等数据资料，根据环境管理需求、评估目的、数据可及性和有效性，科学合理地制定评估目标和评估方案，开展评估分析，确保评估过程的系统性、完整性和评估结论的客观性。

4.3 透明性。评估过程中保持开放沟通，对整个评估过程进行系统记录，撰写材料清晰、完整、易于理解。应特别对评估目标、不确定性分析及其处理方法进行描述与阐释。

4.4 时效性。海南省饮用水水源地水体中优先评估新污染物结果可根据变化情况进行动态更新。应基于可及的最新科学证据开展评价，并随着新的科学认识和科学证据的出现，对评估结果及时进行更新。

## 5 工作程序

饮用水水源地新污染物健康风险评估工作程序见图 1。

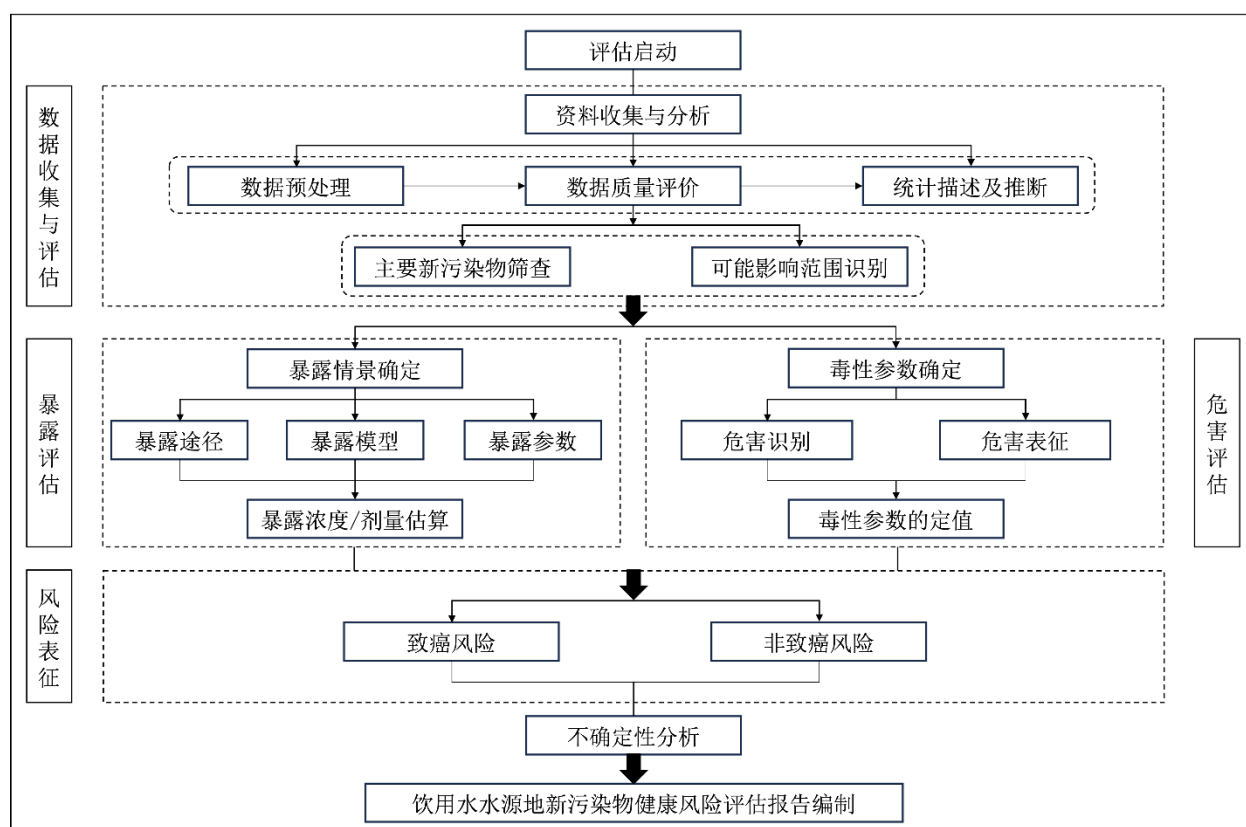


图1 饮用水水源地新污染物健康风险评估工作程序图

## 6 数据收集与评估

### 6.1 数据收集与评估的工作内容

数据收集与评估的工作内容包括资料收集与分析、数据评估及健康风险特征污染物筛选。

### 6.2 资料收集与调查

#### 6.2.1 基本资料

基本资料的收集包括自然条件、社会经济资料、环境资料、健康资料等：

- a) 自然条件包括地理位置、地形、地貌、地质、土壤、水文和气象等；
- b) 社会经济资料包括人口构成和分布、经济社会发展状况、土地利用等；
- c) 环境资料包括污染源排放特征、污染程度及其影响范围、新污染物类型、主要新污染物种类、影响新污染物迁移转化的环境因素等（可从排污许可证等相关资料获取）；
- d) 健康资料包括海南居民健康档案、疾病监测、卫生统计年鉴、环境污染健康影响调查报告及慢性病与危险因素监测报告等。
- e) 重点收集主要污染源影响区、取水口、保护区边界等点位基本资料。

#### 6.2.2 环境监测或调查数据

- a) 环境监测数据收集主要包括环境现状或历史质量监测数据，以及由海南省政府机关和权威机构所保存和发布的其他资料，如环境质量公报等。

- b) 当现有环境监测数据不足以支持评估时，则开展环境健康现场调查或监测。重点关注区域应根据区域主要排放源及其可能的影响范围、暴露人群分布等确定。具体要求可按照 DB 32/T 4260 执行。
- c) 新污染物浓度数据的测定应按照现行国标/行标规定的方法进行。

#### 6.2.3 模型预测数据

- a) 当现有环境监测或调查数据不充分时，可采用模型预测数据作为评估数据的补充。模型预测数据的获取主要通过收集污染源排放及环境质量相关信息，选择合适的环境归趋模型模拟环境污染物的迁移转化，计算不同环境介质中污染物的时空分布。
- b) 选用通用、成熟的环境归趋模拟方法，目前使用较多的方法主要有数学模式法、物理模式法等，如 HJ 2.3、HJ 610 推荐的相关地表水、地下水中污染物的迁移扩散模拟模型数据。

#### 6.2.4 暴露相关基础数据

收集人群分布、时间-活动模式等基础数据，分析人群暴露的方式与特点，初步识别饮用水水源地人群暴露途径，一般包括经口摄入和皮肤接触两种途径。

### 6.3 数据评估

数据评估包括数据预处理、数据质量评价及统计描述与统计推断等，具体方法可按照国家生态环境部公告 2017 年第 63 号文要求执行。

#### 6.4 主要新污染物筛选

根据环境污染调查与监测数据，初步确定目标新污染物清单。在此基础上，结合海南行业特征、气候背景等，综合考虑新污染物的环境暴露情况、污染源及环境行为、健康危害程度等，筛选可能产生健康风险的新污染物：

- a) 环境暴露情况：选择海南省检出率和环境暴露浓度较高的新污染物；
- b) 污染源及环境行为：选择有潜在污染源并有较明确暴露途径的新污染物，以及在环境中难降解，易于生物累积和具有环境持久性的新污染物；
- c) 健康危害程度：选择国内外已公布的有毒有害污染物和优控污染物，以及其它毒性效应和健康危害较大的新污染物。

## 7 暴露评估

### 7.1 暴露评估的工作内容

暴露评估的工作内容包括确定暴露人群和暴露途径、选择合适的暴露评估模型、确定暴露参数和评估暴露剂量。

#### 7.2 暴露人群与暴露途径确定

开展饮用水水源地新污染物健康风险评估时，应根据污染源排放特征、环境污染特征、人群分布及时间活动模式等，确定目标污染物的暴露人群与暴露途径，建立暴露情景。

##### 7.2.1 暴露途径与介质

本文件规定了经口摄入（主要针对日常饮用龙头末梢水、煮沸水等场景）及皮肤接触（主要针对洗澡、盥洗等日常用水场景）两种主要暴露途径。在缺乏水厂处理及管网输配过程削减数据的情况下，基于保守评估原则，可直接采用水源地原水浓度代表终端暴露介质浓度。

### 7.2.2 新污染物评估形态

暴露评估对象通常以新污染物的母体化合物为主；若现有研究明确提示其在自然环境或常规水处理（如加氯消毒）过程中的主要降解或转化产物具有同等或更高的健康风险，且具备相应的监测数据与毒性参数时，应在评估中综合考虑母体化合物及其降解转化产物的累积风险。

### 7.3 暴露模型选择

饮用水水源地水体中单一新污染物不同暴露途径的暴露模型及选择如下：

#### a) 经消化道摄入途径

对于单一污染物，暴露人群可经消化道摄入饮用水水源地水体中的新污染物，计算污染物暴露剂量的推荐模型见附录 A 中公式（A.1）。

#### b) 经皮肤接触途径

对于单一污染物，暴露人群可经皮肤接触饮用水水源地水体中的新污染物，计算污染物暴露剂量的推荐模型见附录 A 中的公式（A.2）。

### 7.4 暴露参数确定

暴露参数包括人体特征（如体重、期望寿命等）和摄入率参数（如饮水摄入率等）。暴露参数宜优先使用调查地区属地（海南省本地）的暴露参数，暴露参数调查可参考 HJ 877 技术规范。但不限于上述数值，亦可按照 HJ 875 和 HJ 1111 暴露浓度或剂量估算采用附录 A 推荐暴露模型，对暴露浓度或剂量进行估算。暴露参数的确定优先采用国内公开数据库的推荐值（参见附录 B）。

## 8 危害评估

### 8.1 危害识别

8.1.1 危害识别阶段需要收集的资料主要包括流行病学调查数据、体内实验数据、体外实验数据及构效关系数据等，然后对资料进行分析、整理和综合。

8.1.2 通过毒理学、流行病学等最新研究成果，识别饮用水水源地水体中新污染物可能的健康危害或毒性效应、效应终点及可能的作用模式或机制。集成人体证据、动物证据和作用机制证据等不同证据链的信息，对目标污染物与每一种可能的健康危害或毒性效应间的因果关联做出总体判断。具体要求可按照 HJ 1111 执行。

### 8.2 危害表征

8.2.1 基于危害识别，建立目标污染物暴露与有害效应之间的剂量-反应（效应）关系，确定毒性参数。

8.2.2 对于非致癌污染物的毒性参数，采用参考剂量（RfD）或参考浓度（RfC）表示。对于致癌污染物的毒性参数，采用致癌斜率因子（SF）或单位风险因子（IUR）表示。毒性参数的确定优先采用国内外公开数据库的推荐值（参见附录 C）。

8.2.3 对于国内外现有毒性数据库中毒性参数缺乏的污染物，或者有毒性参数但需进一步更新的污染物，可按照 HJ 1111、WS/T 10006 推荐方法进行推导执行。参考剂量的推导推荐未观察到有害效应的最高剂量（NOAEL）/观察到有害效应的最低剂量（LOAEL）或基准剂量法（BMD）。

## 9 风险表征

### 9.1 风险表征的工作内容

9.1.1 风险表征的工作内容包括：单一途径暴露的致癌和非致癌风险计算、多途径暴露的致癌和非致癌风险计算以及风险判定。

9.1.2 对于致癌性评价证据充分的新污染物，评估其致癌风险，存在非致癌健康效应的同时需评估其非致癌风险；对于致癌性评价证据不充分的污染物，仅评估其非致癌风险。

### 9.2 单一途径暴露的风险计算

#### 9.2.1 非致癌风险

通过经口摄入和皮肤接触途径暴露的非致癌风险用危害商进行描述，按照公式（1）计算：

$$HQ = \frac{ADD_i}{RfD_i} \quad (1)$$

式中：

HQ<sub>i</sub>——污染物暴露 *i* 途径的危害商，无量纲；

ADD<sub>i</sub>——污染物暴露 *i* 途径的日均暴露剂量，mg/(kg·d)；

RfD<sub>i</sub>——污染物暴露 *i* 途径的参考剂量，mg/(kg·d)。

#### 9.2.2 致癌风险

通过经口摄入或皮肤接触途径暴露的致癌风险按照公式（2）计算：

$$R_i = ADD_i \times SF_i \quad (2)$$

式中：

R<sub>i</sub>——污染物暴露 *i* 途径的终生超额致癌风险，无量纲；

ADD<sub>i</sub>——污染物的日均暴露剂量，mg/(kg·d)；

SF<sub>i</sub>——致癌斜率因子，[mg/(kg·d)]<sup>-1</sup>。

### 9.3 多途径暴露的风险计算

#### 9.3.1 多途径暴露的非致癌风险

通过多途径暴露的非致癌风险按照公式（3）计算：

$$HQ_{total} = HQ_{inh} + HQ_{dermal} \quad (3)$$

式中：

HQ<sub>total</sub>——多途径暴露的危害商；

HQ<sub>inh</sub>——经口摄入途径的危害商；

$HQ_{dermal}$  ——皮肤接触途径的危害商。

### 9.3.2 多途径暴露的致癌风险

通过多途径暴露的致癌风险按照公式（4）计算：

$$R_{total} = R_{inh} + R_{dermal} \quad (4)$$

式中：

$R_{total}$  ——多途径暴露的终生超额致癌风险；

$R_{inh}$  ——经口摄入途径的终生超额致癌风险；

$R_{dermal}$  ——皮肤接触途径的终生超额致癌风险。

### 9.4 多种新污染物的风险表征

当不同目标新污染物同时具备风险评估条件并且健康效应相同时，分别开展评估。除非有证据显示多种新污染物之间具有交互作用，否则按照加和对复合污染的健康风险进行累积。

### 9.5 评估结论

结合风险评估的生态环境管理需求，本文件对健康风险进行以下判定：

a) 非致癌风险：单一新污染物的可接受非致癌风险阈值（危害商）为1。当  $HQ \leq 1$  时，视为风险可接受；当  $HQ > 1$  时，视为存在非致癌风险。

b) 致癌风险：

当致癌风险  $\leq 10^{-6}$  时，视为处于可接受的极低风险水平；当致癌风险介于  $10^{-6}$  至  $10^{-4}$  之间时，视为潜在风险，应将其列为重点关注对象，并结合实际情况考虑风险管控措施；当致癌风险  $> 10^{-4}$  时，视为不可接受的致癌风险。

## 10 不确定性分析

a) 暴露评估中由于受到样品采样、运输、保存、检测时间和采样点设置的限制，饮用水水源地水体中新污染物质量浓度存在一定的不确定性；

b) 人群饮水摄入量、体重等暴露参数的取值具有一定的不确定性；

c) 毒性评估中 NOAEL、LOAEL 和不确定系数取值具有一定的不确定性。

d) 本次评估采用的暴露浓度为饮用水水源地原水浓度，未充分考虑自来水厂处理工艺（如常规处理、深度处理）及家庭末端净水设备对新污染物的削减作用。由于部分新污染物经过处理后浓度会降低，直接采用水源地浓度进行暴露评估属于保守情景假设，可能会导致对实际人群暴露量 and 健康风险的高估。

e) 当目标区域的人群暴露参数、环境污染物的浓度数据具备充分的统计学分布特征时，鼓励采用概率风险分析方法（如蒙特卡洛模拟等），对评估结果的不确定性进行定量的概率分布测算。同时，宜配合开展参数敏感性分析（Sensitivity Analysis），定量识别对总体健康风险贡献率最高的敏感参数，为后续精准制定风险管控措施提供科学依据。

## 11 评估报告编制

11.1 饮用水水源地新污染物健康风险评估报告书应全面、真实地反映健康风险评估工作，文字应简洁、准确。原始数据、全部计算过程由评估单位归档备查，必要时可编入健康风险评估报告附录。

11.2 饮用水水源地新污染物健康风险评估报告书应根据评估内容和评估方法进行编制，主要包括背景介绍（评估目的、范围、程序和方法）、数据收集与评估（资料收集与分析、数据评估、主要新污染物筛查、影响范围识别）、暴露评估、危害评估、风险表征、不确定性分析、结论等章节。评估报告的编制宜参考但不限于附录 F。

附录 A  
(规范性)  
推荐暴露评估模型及参数赋值

### A.1 经消化道摄入途径

#### A.1.1 计算公式

摄入饮用水中新污染物的日均暴露剂量按照公式 (A.1) 计算:

$$ADD_{oral} = \frac{C \times IR \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (A.1)$$

式中:

$ADD_{oral}$  —— 摄入饮用水中新污染物的日均暴露剂量, mg/(kg·d);

$C$  —— 水中新污染物浓度, mg/L;

$IR$  —— 饮水摄入率, L/d;

$EF$  —— 暴露频率, d/a;

$ED$  —— 暴露持续时间, a;

$BW$  —— 体重, kg;

$AT$  —— 平均暴露时间, d。

#### A.1.2 变量赋值

变量赋值如下:

a)  $C$ : 实测值;

b)  $IR$ : 根据7.4 要求确定;

c)  $EF$ : 一般取值为365 d/a;

d)  $ED$ : 终生暴露赋值70 年, 其他依据实际情况赋值;

e)  $BW$ : 根据7.4 要求确定;

f)  $AT$ :

1) 非致癌效应平均暴露时间  $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ d/a}$ ;

2) 致癌效应平均暴露时间  $AT_{ca} = 70 \text{ a} \times 365 \text{ d/a}$ 。

### A.2 经皮肤接触途径

#### A.2.1 计算公式

皮肤接触饮用水水源地水体中新污染物的日均暴露剂量按照公式 (A.2) 计算:

$$ADD_{dermal} = \frac{C \times SA \times PC \times CF \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (A.2)$$

式中:

$ADD_{dermal}$  —— 经皮肤接触新污染物的日均暴露剂量, mg/(kg·d);

$C$  —— 水中新污染物浓度, mg/L;

$SA$  —— 皮肤接触表面积,  $\text{cm}^2$ ;

$PC$  —— 具体的化学物质皮肤渗透常数, cm/h;

$ET$  —— 暴露时间, h/d;

$EF$  —— 暴露频率, d/a;

$ED$  —— 暴露持续时间, a;

$CF$  —— 转换因子,  $1\text{L}/1000 \text{ cm}^3$ ;

$BW$ ——体重, kg;

$AT$ ——平均暴露时间, d。

#### A. 2. 2 变量赋值

变量赋值如下:

- a)  $C$ : 实测值;
- b)  $SA$ : 根据7.4 要求确定;
- c)  $PC$ : 根据特定污染物来确定;
- d)  $ET$ : 根据7.4 要求确定;
- e)  $EF$ : 一般取值365 d/a;
- f)  $ED$ : 终生暴露赋值70 年, 其他依据实际情况赋值;
- g)  $BW$ : 根据7.4 要求确定;
- h)  $AT$ :
  - 1) 非致癌效应平均暴露时间 $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ d/a}$ ;
  - 2) 致癌效应平均暴露时间 $AT_{ca} = 70 \text{ a} \times 365 \text{ d/a}$ 。

附 录 B  
(资料性)  
推荐暴露参数手册

- B.1 环境保护部。中国人群暴露参数手册(儿童卷0-5岁)[M]。北京:中国环境科学出版社,2016。
- B.2 环境保护部。中国人群暴露参数手册(儿童卷6-17岁)[M]。北京:中国环境科学出版社,2016。
- B.3 环境保护部。中国人群暴露参数手册(成人卷)[M]。北京:中国环境科学出版社,2013。

附 录 C  
(资料性)  
推荐毒性数据库

C.1 国际癌症研究机构 (IARC) 分类清单 (List of classifications) 数据库获得网址：  
<https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications> (2021-03-29)。

C.2 美国环境保护局 (U.S. EPA) 综合风险信息系统 (IRIS) 毒性数据库获得网址：  
<https://www.epa.gov/iris> (2021-03-29)。

C.3 美国毒物和疾病登记署 (ATSDR) 有害物质最低水平清单 (MRLs List) 数据库获得网址：  
<https://www.atsdr.cdc.gov/mrls> (2021-03-29)。

C.4 欧洲化学品管理局 (ECHA) 化学物质信息 (Information on chemicals) 数据库获得网址：  
<https://echa.europa.eu/information-on-chemicals> (2021-03-29)。

附 录 D  
(资料性)  
暴露评估模型主要参数及推荐值 (海南省)

表 D.1 给出了暴露评估模型主要参数及推荐值 (海南省)。

表 D.1 暴露评估模型主要参数及推荐值 (海南省)

参数符号	参数名称	儿童/成人	单位	推荐值
BW	体重	儿童	kg	19.72
		成人		55.5
IR	饮水摄入量	儿童	L/d	0.946
		成人		1.594
SA	暴露皮肤表面积	儿童	cm <sup>2</sup>	7592
		成人		15000
ET	每天皮肤接触水的时间	儿童	h/d	洗澡时间: 0.197 游泳时间: 0.051
		成人		洗澡时间: 0.233 游泳时间: 0.091

附 录 E  
(资料性)  
报告编制大纲

1. 评估背景
2. 评估目的
3. 评估范围
4. 数据来源
5. 评估方法
  - 5.1 危害识别
  - 5.2 危害表征
  - 5.3 暴露评估
  - 5.4 风险表征
6. 评估结果
7. 不确定性分析
8. 评估结论

## 参 考 文 献

[1] U.S. Environmental Protection Agency. ORD Staff Handbook for Developing IRIS Assessments[R].EPA/600/R-20/137,2020.

[2] 国务院办公厅《关于印发新污染物治理行动方案的通知》：国办发〔2022〕15号[2022-5-4].

[3] 生态环境部、工业和信息化部、农业农村部、商务部、海关总署、国家市场监督管理总局《重点管控新污染物清单（2023年版）》令第28号[2023-3-1].

[4] 《化学物质环境与健康危害评估技术导则（试行）》《化学物质环境与健康暴露评估技术导则（试行）》《化学物质环境与健康风险表征技术导则（试行）》：生态环境部公告2020年第69号[2020-12-24].

[5] 海南省人民政府办公厅关于印发《关于印发海南省新污染物治理工作方案的通知》：琼府办函〔2022〕330号[2022-11-14].

[6] 海南省生态环境厅海南省工业和信息化厅海南省农业农村厅海南省商务厅海口海关海南省市场监督管理局.《关于发布重点管控新污染物清单的通告》：琼环规字〔2024〕2号[2024-4-23].

[7]生态环境部关于发布《环境与健康横断面调查数据统计分析技术指南》的公告：公告 2017年 第63号）.