中国生态学学会团体标准

《工作场所有机污染物人体暴露评估技术导则》

编制说明

标准编制组

2026 年 10 月

一、工作简况

1. 任务来源

本标准来源于《中国生态学学会团体标准管理办法（试行）》。2025 年 10 月，南开大学向中国生态学学会提交《工作场所有机污染物人体暴露评估技术导则》立项申请，经学会标准工作委员会组织专家论证并审议通过后准予立项。本标准拟规范工作场所有机污染物人体暴露的定量评估程序和计算方法，为后续职业健康风险评估和职业卫生管理提供口径统一、可追溯的暴露信息。

2. 协作单位

牵头单位：南开大学

参与单位：天津医科大学、天津市疾病预防控制中心

3. 主要工作过程

（1）前期研究与资料调研：依托国家重点研发计划课题《场地未定标特征污染物迁移与受体暴露耦合模型的构建与验证》（项目编号：2022YFC3703200），系统调研工作场所职业卫生、环境污染物人群暴露评估、暴露参数调查、环境监测质量控制等相关标准和技术资料，梳理工作场所有机污染物多途径暴露评估的技术需求。

（2）草案编制阶段：南开大学会同参与单位成立标准起草组，明确组织管理、任务分工、进度要求，在前期研究基础上编制形成标准草案初稿，于 2025 年 12 月通过学会立项评审。

（3）专家论证与文本完善阶段：2026 年 6 月和 9 月组织专家论证与咨询。起草组对专家意见逐条研究，重点对评估对象边界、术语、工作程序、数据收集、暴露量估算模型、质量控制、不确定性分析和附录设置进行了调整。经修改，评估对象限定为国家现行《优先控制化学品名录》中的有机化学品或有机化学品类别；标准不设置颗粒物呼吸道精细沉积计算；除暴露量估算模型外，数据采集、参数获取、质量控制和不确定性分析尽量衔接现行已发布标准。

4. 起草组成员及其所做的主要工作

姓名	单位	主要工作
汪磊	南开大学	整体技术架构设计与组织协调
龚红梅	南开大学	标准文本撰写、格式规范及统稿
吴颖虹	天津市疾病预防控制中心	文献调研及国内外标准对比分析
刘雅睿	天津医科大学	暴露途径分析及评估模型构建

曾强	天津市疾病预防控制中心	工作场所环境调查方法设计
祝凌燕	南开大学	不确定性分析及技术内容审核

二、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

1. 编制原则

科学性：暴露量估算采用国内已发布暴露评估标准中成熟的剂量计算框架，并结合工作场所职业暴露特点进行必要适配。

规范性：符合 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》的编写要求。

实用性：适用于各类工作场所的有机污染物暴露评估。

系统性：涵盖数据收集、暴露量计算、不确定性分析等全流程。

可操作性：明确评估对象、目标劳动者、暴露途径、浓度数据和暴露参数来源、计算条件、质量控制、结果记录及报告要求，便于评估单位按统一程序实施和复核。

2. 标准定位与主要技术内容

本标准定位为工作场所有机污染物人体暴露的定量评估方法导则，适用于劳动者经一种或多种途径接触本标准规范性附录 A 所列有机污染物的暴露量估算。本标准不用于职业接触限值符合性评价，也不直接给出职业健康风险等级或接触等级。

标准正文包括范围、规范性引用文件、术语和定义、工作内容与程序、技术要求、质量控制、不确定性分析、评估结果和报告编制。规范性附录 A 列出本标准关注的有机污染物；两个资料性附录 B 和附录 C 分别给出暴露评估结果记录表和评估报告框架。

本标准为首次制定，不涉及新、旧标准水平对比。

3. 主要技术内容的论据和与现行标准的衔接

技术内容	主要规定或处理	主要依据
评估对象	以国家现行《优先控制化学品名录》中列明的有机化学品或有机化学品类别作为本标准对象边界，并结合原辅料、产品、安全技术说明书、生产工艺和既有监测资料筛选实际目标污染物	《优先控制化学品名录》（第一批、第二批、第三批）
目标劳动者和相似接触组	根据岗位、工作任务、操作方式及接触特征确定目标劳动者；必要时建立相似接触组	GBZ/T 298
工作场所空气数据	空气采样按 GBZ 159 执行；空气中有毒物质的测定按 GBZ/T 300.1 及相应分部分执行；暂无现行适用标准方法时采用经确认或验证的适用方法	GBZ 159 、 GBZ/T 300.1
地表水、地下水和土	分别采用现行适用的地表水、地下水和土壤环境监测技术规范；地面灰尘等暂无统一方法的介质采用	HJ 91.2、HJ 164、HJ 166

壤数据	经确认或验证的适用方法	
暴露参数	优先采用目标劳动者实测或调查数据；无法获得时采用现行标准、暴露参数手册、权威数据库或同行评议文献中的适用数据	HJ 877、《中国人群暴露参数手册（成人卷）》
暴露量估算	按经呼吸吸入、经口摄入和皮肤接触三类途径估算日均暴露量；在定义、平均暴露时间和单位一致时汇总多途径日均总暴露量	HJ 875 的成熟计算框架，并结合工作场所职业暴露特点进行适配
质量控制和不确定性分析	核查数据适用性、准确性和可追溯性；识别暴露途径、浓度代表性、参数取值和模型适用性等不确定性	HJ 630、HJ 875、HJ 877
结果和报告	规定最少报告内容，并设置统一的结果记录表和报告框架	HJ 875 及本标准的应用需求

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

1. 主要验证及分析

本标准为方法导则类标准。标准技术内容的验证主要包括两方面：一是对公式、量纲、参数定义和适用条件与现行标准进行一致性核查；二是通过应用案例检查从目标污染物确定、数据收集、参数选取、暴露量计算、质量控制、不确定性分析到结果记录和报告编制的可执行性。

经核查，标准采用的经呼吸吸入、经口摄入、皮肤接触和多途径总日均暴露量计算框架与国内已发布暴露评估标准的基本思路一致；工作场所空气采样与测定、环境介质监测和暴露参数调查均有相应现行标准或权威资料可衔接，所需数据来源明确。

2. 示例性应用算例与可操作性检验

为检验标准条款的可操作性，编制说明设置三项示例性应用算例。案例用于验证本标准工作程序、参数选取、量纲换算和计算公式的可操作性。案例中的浓度和部分暴露参数为编制组设置的示例值，不代表特定企业实际监测水平，不作为本标准缺省参数、职业接触限值或风险判定依据；实际应用时应使用现场监测、调查或有明确来源的适用参数。

2.1. 应用案例一：苯经呼吸吸入暴露评估

(1) 案例背景与暴露途径确定

某企业溶剂清洗岗位使用含苯原辅料，依据附录 A 确定苯（PC027）为目标污染物。劳动者实行 8 h/d、250 d/a 工作制度。现场调查显示目标污染物主要存在于工作场所空气中，未发现劳动者通过受污染地面灰尘/土壤或场区水体发生实际接触，因此本案例仅考虑经呼吸道吸入途径。

(2) 数据获取与参数设置

空气浓度采用连续 3 个工作日全工作班个人采样结果的代表值，采样按 GBZ 159 执行，实验室测定按 GBZ/T 300.1 及相应分部分执行。暴露参数根据岗位调查和示例人群参数设置。

符号	参数	取值	单位	来源/说明
C_a	空气中苯浓度	80	ng/m³	连续 3 个工作日个人采样的示例代表值
IR	呼吸量	0.654	m³/h	示例参数
ET	每日暴露时间	8	h/d	岗位调查
EF	暴露频率	250	d/a	工作制度
ED	暴露持续时间	10	a	示例劳动者工龄
BW	体重	65	kg	示例劳动者参数
AT	平均暴露时间	3650	d	ED×365

(3) 暴露量计算

按标准公式（1）计算：

$$ADD_{inh} = \frac{80 \times 0.654 \times 8 \times 250 \times 10}{65 \times 3650} = 4.41 \ \mathrm{ng/(kg \cdot d)}$$

(4) 结果与不确定性说明

该示例条件下，苯经呼吸吸入途径的日均暴露量为 4.41 ng/(kg·d)。结果仅表示按本标准计算得到的外部暴露量，不用于判断是否符合职业接触限值，也不直接对应职业健康风险等级。主要不确定性来自工作日间空气浓度波动、呼吸量个体差异以及示例暴露持续时间的代表性。实际评价时应使用与目标劳动者和评估时段相匹配的数据，并保存原始采样、检测和参数调查记录。

2.2. 应用案例二：磷酸三(2-氯乙基)酯呼吸吸入和经口摄入暴露评估

(1) 案例背景与暴露途径确定

某电子材料处理岗位使用含磷阻燃材料，依据附录 A 确定磷酸三(2-氯乙基)酯（TCEP，PC032）为目标污染物。现场监测显示 TCEP 可在工作场所空气和地面沉降灰尘中检出。根据劳动者作业和卫生行为调查，本案例考虑经呼吸吸入及灰尘经口摄入两条途径；现场无场区水体饮用或涉水接触，本案例不纳入水体相关暴露途径。

(2) 数据获取与参数设置

空气浓度采用个人采样结果的示例代表值；地面灰尘采用定点采集的混合样品检测结果。地面灰尘暂无统一适用的职业卫生采样标准时，应采用经方法确认或验证并满足评估目的的采样与分析方法，并记录检出限、精密度和回收率等质量控制信息。

符号	参数	取值	单位	来源/说明
C_a	空气中 TCEP 浓度	15	ng/m³	示例监测值

符号	参数	取值	单位	来源/说明
C_D	地面灰尘中 TCEP 浓度	250	ng/g	示例监测值
IR	呼吸摄入率	0.654	m³/h	示例参数
ET	每日暴露时间	8	h/d	岗位调查
IR_D	地面灰尘摄入量	50	mg/d	示例参数
EF	暴露频率	250	d/a	工作制度
ED	暴露持续时间	8	a	示例劳动者工龄
BW	体重	65	kg	示例劳动者参数
AT	平均暴露时间	2920	d	ED×365
CF	质量转换因子	0.001	g/mg	标准规定

(3) 暴露量计算

经呼吸道吸入暴露量按公式（1）计算：

$$ADD_{inh} = \frac{15 \times 0.654 \times 8 \times 250 \times 8}{65 \times 2920} = 0.83 \ \text{ng/(kg} \cdot \text{d)}$$

地面灰尘经口摄入暴露量按公式（2）计算：

$$ADD_{oral,D} = \frac{250 \times 50 \times 250 \times 8 \times 0.001}{65 \times 2920} = 0.13 \ \text{ng/(kg} \cdot \text{d)}$$

两条途径的暴露量定义、平均暴露时间和单位一致，可按公式（6）汇总：

$$ADD_T = 0.83 + 0.13 = 0.96 \ \text{ng/(kg} \cdot \text{d)}$$

(4) 结果与不确定性说明

该示例条件下，TCEP 经呼吸吸入和地面灰尘经口摄入的日均暴露量分别为 0.83 和 0.13 ng/(kg·d)，满足加和条件时，多途径日均总暴露量为 0.96 ng/(kg·d)。本案例的关键不确定性包括地面灰尘浓度的空间差异、灰尘摄入量参数的个体差异以及手-口行为的代表性。实际评价时，应优先采用现场调查得到的时间—活动参数；无法获得时，方可采用与目标人群相匹配的权威参数资料，并注明来源。

2.3. 应用案例三：三氯乙烯多途径暴露评估

(1) 案例背景与暴露途径确定

某使用三氯乙烯的设备维护岗位位于采用地表水作为生产和生活补充水源的场区。依据附录 A 确定三氯乙烯（PC018）为目标污染物。现场调查确认劳动者存在工作场所空气吸入、饮用由该地表水水源供给的末端用水，以及使用该水源进行手和前臂清洗的实际接触，因此本案例同时考虑经呼吸道吸入、经口摄入和皮肤接触三类途径。地表水应在取水口和实际暴露点进行取样，本案例以末端实际接触点浓度作为暴露计算输入。

(2) 数据获取与参数设置

工作场所空气按 GBZ 159 采样；地表水监测按 HJ 91.2 执行。水样应根据目标污染物的

理化性质选择适宜的采样容器、保存和运输条件。用于经口和皮肤接触计算的水中浓度应与劳动者实际接触水体相对应。皮肤渗透系数属于污染物特异性参数，实际评价时应采用经验证实验数据、权威数据库或同行评议文献中的适用值并注明来源。

符号	参数	取值	单位	来源/说明
C_a	空气中三氯乙烯浓度	300	ng/m³	示例监测值
C_w	末端接触地表水中三氯乙烯浓度	20	ng/L	示例监测值
IR	呼吸量	0.654	m³/h	示例参数
ET	每日空气暴露时间	8	h/d	岗位调查
IR_w	工作期间水摄入量	1.50	L/d	示例参数；实际应由调查获得
SA_w	与水接触皮肤表面积	3300	cm²	示例为双手及前臂暴露面积
PC_w	皮肤渗透系数	0.01	cm/h	示例参数；实际应采用有明确来源的物质特异性数据
ET_w	每日皮肤接触水体时间	0.50	h/d	现场调查示例值
EF	暴露频率	250	d/a	工作制度
ED	暴露持续时间	12	a	示例劳动者工龄
BW	体重	65	kg	示例劳动者参数
AT	平均暴露时间	4380	d	ED×365
CF	体积转换因子	0.001	L/cm³	标准规定

(3) 暴露量计算

经呼吸道吸入暴露量按公式（1）计算：

$$ADD_{inh} = \frac{300 \times 0.654 \times 8 \times 250 \times 12}{65 \times 4380} = 16.54 \ \text{ng/(kg} \cdot \text{d)}$$

地表水经口摄入暴露量按公式（3）计算：

$$ADD_{oral,W} = \frac{20 \times 1.5 \times 250 \times 12}{65 \times 4380} = 0.32 \ \text{ng/(kg} \cdot \text{d)}$$

地表水皮肤接触暴露量按公式（5）计算：

$$ADD_{dermal,W} = \frac{20 \times 3300 \times 0.01 \times 0.5 \times 250 \times 12 \times 0.001}{65 \times 4380} = 3.48 \times 10^{-3} \ \text{ng/(kg} \cdot \text{d)}$$

三条途径的暴露量定义、平均暴露时间和单位一致，可按公式（6）汇总：

$$ADD_T = 16.54 + 0.32 + 3.48 \times 10^{-3} = 16.86 \ \text{ng/(kg} \cdot \text{d)}$$

(4) 结果与不确定性说明

该示例条件下，三氯乙烯经呼吸道吸入、地表水经口摄入和地表水皮肤接触的日均暴露量分别为 16.54、0.32 和 3.48×10^{-3} ng/(kg·d)，满足加和条件时，多途径日均总暴露量约为 16.86 ng/(kg·d)。本案例的主要不确定性来自空气和水体浓度的时空变化、水摄入量和皮肤接触时间的个体差异，以及皮肤渗透系数的物质特异性。实际评价时，地表水应同时关注水源与实际暴露点的差异，计算应优先采用劳动者实际接触点的浓度数据。

2.4. 案例检验结论

上述三项案例分别检验了本标准在单一吸入暴露、吸入与经口组合暴露以及空气—地表水多介质三途径暴露条件下的计算流程。按标准规定可完成目标污染物确定、暴露途径识别、浓度数据与暴露参数获取、单途径暴露量计算、多途径结果汇总、质量控制和不确定性说明，表明标准所需输入数据、公式量纲和结果记录方式具有可执行性。算例同时表明，实际应用中只有在确认存在实际接触且各途径暴露量定义、平均暴露时间和单位一致时，方可进行多途径结果加和。上述结果属于方法演示，不替代真实工作场所的现场验证。

3. 技术经济论证

本标准主要采用现有监测、调查和暴露评估方法，不要求配置专用的新型仪器设备。对已有符合要求的监测和调查数据可直接用于评估，数据不足时再补充现场监测或调查，有利于减少重复采样和重复方法开发。标准统一了评估对象筛选、数据要求、参数来源、计算口径和报告内容，可提高不同评估单位结果的可比性和可复核性。

4. 预期的经济效果

本标准属于技术方法类团体标准，预期效果主要体现为提高评估工作的规范化程度和效率，减少因方法口径不一致造成的重复调查、重复计算和结果解释成本，并为后续职业健康风险评估和职业卫生管理提供统一的暴露信息基础。

四、标准涉及的相关知识产权说明

本标准采用的暴露量计算框架、采样监测方法和暴露参数调查方法主要来源于已公开发布的国家职业卫生标准、国家生态环境标准及公开出版的暴露参数资料，不涉及起草单位专有技术或专利方法。

五、采用国际标准的程度与水平的简要说明；

本标准未等同采用、修改采用或非等效采用某一国际标准。标准技术条款以我国现行职业卫生标准和生态环境标准为主要依据；在暴露参数选择和方法学论证中，可参考国际公开的暴露参数和风险评估技术资料作为补充。国际资料不构成本标准的规范性技术依据，也不改变本标准以国内现行标准为主的技术路线。

六、重大意见分歧的处理经过和依据；

本标准编制过程中未出现重大意见分歧。

七、其他应予说明的事项。

本标准有机污染物清单所依据的国家《优先控制化学品名录》属于动态管理文件。国家《优先控制化学品名录》发生更新时，应及时评估本标准有机污染物清单的适用性，并按标

准化程序对相关内容进行修订或更新。除此之外，无其他需要特别说明的事项。