

ICS 13.020.10

CCS Z 04

团 体 标 准

T/CSES XXXX—XXXX

室内环境积尘监测与暴露 评估技术指南

Technical guidelines for monitoring and evaluation of indoor settled
dust exposure

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 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 工作程序..... 2

5 监测准备..... 3

6 监测计划制定..... 3

7 监测实施..... 4

8 暴露评估..... 5

9 质量保证与控制..... 6

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。

本文件由生态环境部华南环境科学研究所提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：生态环境部华南环境科学研究所等。

本文件主要起草人：于云江、董辰寅、郑彤、向明灯等。

室内环境积尘监测与暴露评估技术指南

1 范围

本文件规定了室内环境积尘监测与暴露评估中监测准备、监测计划制定、监测实施、暴露评估和质量控制的方法及技术要求。

本文件适用于住宅、办公楼和学校等室内环境中积尘的暴露监测与评估，商场、医院其他类型室内环境可参照本标准执行。

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 17141	土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法
GB/T 22105.1	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法
HJ 491	土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法
HJ 680	土壤和沉积物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法
HJ 834	土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法
HJ 839	环境与健康现场调查技术规范 横断面调查
HJ 875	环境污染人群暴露评估技术指南
HJ 876	儿童土壤摄入量调查技术规范示踪元素法
HJ 877	暴露参数调查技术规范
HJ 922	土壤和沉积物 多氯联苯的测定 气相色谱法
HJ 1111	生态环境健康风险评估技术指南 总纲
HJ 1184	土壤和沉积物 6种磷酸二甲酸酯类化合物的测定 气相色谱-质谱法
HJ 1243	土壤和沉积物 20种多溴联苯的测定 气相色谱-高分辨质谱法
HJ/T 167	室内环境空气质量监测技术规范
HJ/T 25.3	建设用地土壤污染风险评估技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

室内环境 indoor environment

指人们工作、生活、社交及其他活动所处的相对封闭的空间，包括住宅、办公室、学校教室、医院、候车（机）室、交通工具及体育、娱乐等室内活动场所。

[HJ/T 167-2004，定义 3.1]

3.2

室内积尘 indoor settled dust

指由室外空气颗粒物或土壤、道路扬尘等经渗透或人为粘带过程进入室内并在物体水平表面累积所形成的颗粒物。

3.3

暴露监测 exposure monitoring

指为掌握不同暴露介质中环境污染物的人体暴露水平，开展的资料收集、布点采样、问卷调查、实验室分析及数据处理等活动。

3.4

监测点位 monitoring sites

指目标区域内通过随机抽样所选取的住宅、办公室或教室等居住或进行公共活动的民用建筑。

3.5

暴露评估 exposure assessment

指描述人体对环境污染物的暴露过程，预测和估算暴露量。

[HJ/T 875-2017，定义 3.6]

4 工作程序

室内环境积尘监测与暴露评估的基本流程包括监测准备、监测计划制定、监测实施和暴露评估。

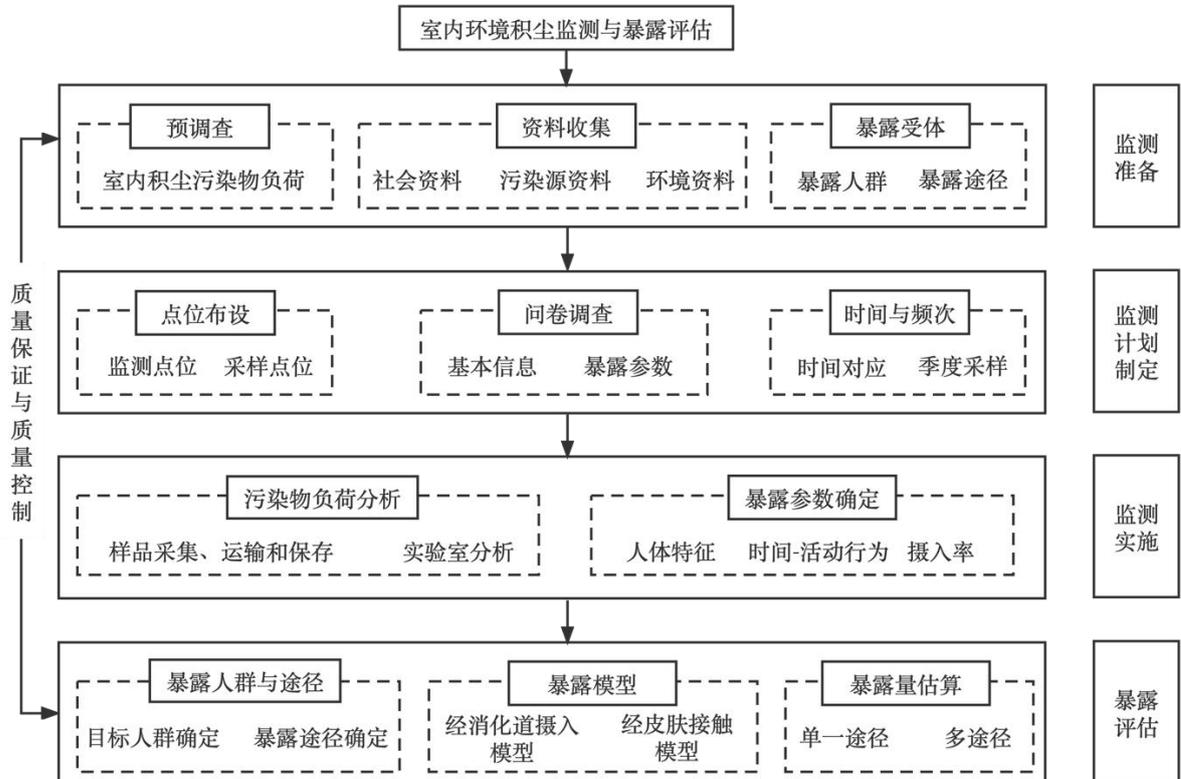


图 1 工作程序

5 监测准备

5.1 资料收集

a) 社会资料：包括目标区域内的暴露人群构成和分布，住宅、教室、办公室等监测对象的分布情况等；

b) 污染源资料：包括评估区域内的历史污染源和现状污染源的地理位置、数量、行业类型、主要污染物种类及排放量等。

c) 环境资料：包括评估区域内室内环境积尘及其产生影响的相关资料，如室内积尘、大气、土壤环境质量监测数据等。

5.2 预调查

在前期资料收集阶段，如发现缺少室内积尘污染物负荷信息，应针对目标区域开展室内环境积尘污染物负荷预调查，为最小样本量估算提供依据。

5.3 暴露受体识别

识别目标区域不同室内环境可能的暴露人群，儿童、孕妇等敏感人群可重点关注，主要考虑手-口接触摄入、皮肤接触摄入 2 种暴露途径。

6 监测计划制定

6.1 点位布设

点位布设包括目标区域中室内环境监测点位布设和室内环境中采样点位布设，应遵循随机原则和等量原则。

6.1.1 监测点位的布设要求

监测点位布设应能代表目标区域内某种室内环境（如住宅、办公室和教室），通过文献查阅或预调查获取目标区域内某种室内环境积尘中污染物负荷水平及标准差，从而确定目标区域内监测点位的最小样本量，通过随机抽样方法，抽取监测点位。

对于目标区域，监测点位最小样本量的计算见公式 1。

$$n = \frac{Z^2 \sigma^2}{E^2} \quad (1)$$

式中： n ——最小样本量；

Z ——显著水平为 95% 时相应的标准正态差，一般取值 1.96；

σ ——调查室内积尘中污染物负荷的标准差，可通过查阅文献或预调查获得；

E ——允许误差，一般按 10%~25%；

6.1.2 室内环境采样点位的布设要求

室内环境采样点位布设应可代表某个具体监测点位室内环境的真实情况。

a) 根据不同类型室内环境的面积大小和现场情况，确定室内环境中需要布设的采样点位。原则上小于 50m² 的房间应设 1-3 个点，50-100m² 设 3-5 个点，100m² 以上至少设置 5 个采样点；

b) 针对住宅，应至少保证客厅和卧室区域各采集一个样品，排除阳台区域；

c) 采样点在对角线或梅花式均匀布点，采样点离墙壁距离应大于 0.5m，离门窗距离应大于 1m。

6.2 问卷调查

问卷调查是获取暴露参数的主要途径，内容包括基本信息和暴露参数信息。

a) 基本信息：包括被调查房屋用途（如住宅、商业办公、学校）、地址、楼层、建筑总楼层、建筑年龄、距道路距离、污染源信息、距污染源距离等。针对住宅，问卷内容还可包括家庭成员的性别、年龄、民族、职业、家庭经济状况、文化程度等。

b) 暴露参数信息：包括人体特征参数（如体重、身高、期望寿命等）、时间-活动行为参数（如室内停留时间）和摄入率参数（如室内积尘摄入率等）。暴露参数问卷调查设计参考 HJ 877。

6.3 监测时间与频次

监测时间应与暴露人群在该室内环境中的活动时间对应。对于教室室内环境，监测时间应避开寒暑假。为获取室内积尘中污染物年平均浓度，监测频次原则是每季度开展一次。

7 监测实施

7.1 样品采集、运输和保存

7.1.1 样品采集

按照 6.1 点位布设要求，对室内物体水平表面积尘进行采集。根据实际情况选择擦拭法、刮擦法或便携式吸尘器收集法进行样品收集，每次样品量不少于 5g。采样方法具体如下：

a) 擦拭法：用一块或多块的干燥无纺布（7.5cm×7.5cm）擦拭覆有积尘的物体水平表面（包括地面），擦拭面积不小于 100 cm²，擦拭后连同无纺布一起装入密实袋内存放。

b) 刮擦法：使用干净的小板刷或者刮板在物体水平表面按照“S型”或者“Z型”清扫或者刮擦表面积尘，取样面积不小于 100 cm²。尽量保证每个样品的采样面积一致。不同样品采集间隔，需对小板刷或刮板进行清洗，避免样品的交叉污染。

c) 便携式吸尘器法：利用便携式吸尘器，在选定区域进行反复吸采，直至采集积尘的质量约为 5g 左右。

样品采集同时要由专人填写样品标签，标签一式两份，一份放入样品袋中，一份贴在样品袋上。样品标签格式示例见附录 A。

7.1.2 样品运输和保存

用于重金属测试的积尘样品可用样品袋密封保存，用于有机污染物测试的积尘样品选用玻璃容器保存，对于易分解或易挥发等不稳定组分样品要用棕色玻璃瓶 4℃ 以下冷藏、避光保存，并尽快运送到实验室分析测试。

7.2 实验室分析

7.2.1 样品准备

将所采集的室内积尘，进行室温风干，然后过 100 目（0.15mm）尼龙筛去除毛发、食物碎屑、沙砾和动植物残体等。用四分法取样，将来自同一住宅、办公室或教室的室内积尘样品进行充分混合，以待实验分析所用。

7.2.2 样品前处理与分析

本文件采集的室内积尘样品适用于重金属、阻燃剂（溴代阻燃剂、磷系阻燃剂）、半挥发有机物（多环芳烃、邻苯二甲酸酯类等）、表面活性剂（如全氟辛烷磺酸）、持久性有机污染物（如多氯联苯）等的检测，但不局限于上述污染物种类。

目前我国缺少室内环境积尘污染物含量检测的标准方法，室内积尘样品的前处理和污染物含量分析参考现有土壤或沉积物标准有关的方法（附录 B）；针对未被现有土壤或沉积物标准收录的污染物，其

样品前处理和分析参考经验证的实验方法（附录 B）或待相应标准发布后实施。

7.3 暴露参数确定

针对人体特征（如体重、身高、期望寿命等）、时间-活动行为参数（如室内停留时间）和摄入率参数（如室内积尘摄入率等）等重要暴露参数开展确定，具体方法按照 HJ 877、HJ 876 和 HJ 1111 要求执行。

8 暴露评估

8.1 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。

8.2 暴露人群与暴露途径确定

根据污染源排放特征、室内环境人群分布特征、环境污染物特征等确定目标污染物的主要暴露人群与暴露途径。针对室内积尘，主要暴露途径包括经口摄入室内积尘和皮肤接触室内积尘。

8.3 暴露模型选择

室内积尘中单一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室内积尘中的污染物，计算污染物暴露剂量的推荐模型见公式 2：

$$ADD_{oral-dust} = \frac{C_d \times IR_d \times CF \times FI \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (2)$$

式中： C_d ——室内积尘中污染物浓度，mg/kg；

IR_d ——室内积尘摄入率，mg/day；

CF ——转换因子， 10^{-6} kg/mg；

FI ——摄入的室内积尘来自污染源的比例，无量纲；

EF ——暴露频率，days/year；

ED ——暴露持续时间，years；

BW ——体重，kg；

AT ——平均暴露时间，days。

变量赋值：

C_d ：实测值；

IR_d ：根据 7.3 要求确定或参考《中国人群暴露参数手册》；

FI ：缺省值为 1；

EF ：一般取值 365 days/year；

ED ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；

BW ：根据 7.3 要求确定或参考《中国人群暴露参数手册》；

AT ：非致癌效应平均暴露时间 $AT_{nc} = ED \times 365$ days/year，

致癌效应平均暴露时间 $AT_{ca} = 70$ years \times 365 days/year。

b) 经皮肤接触途径

对于单一污染物，暴露人群可经皮肤直接接触室内积尘中的污染物，计算污染物暴露剂量的推荐模型见公式 3。

$$ADD_{dermal-dust} = \frac{C_d \times CF \times SA_d \times AF \times ABS_d \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad (3)$$

式中： C_d —室内积尘中污染物浓度，mg/kg；
 CF —转换因子， 10^{-6} kg/mg；
 SA_d —与室内积尘接触的皮肤面积， cm^2/event ；
 AF —皮肤对尘的粘附因子， mg/cm^2 ；
 ABS_d —皮肤对污染物的吸收因子，无量纲；
 EF —暴露频率， events/a ；
 ED —暴露持续时间， a ；
 BW —体重， kg ；
 AT —平均暴露时间， days 。

变量赋值：

C_d ：实测值；
 SA_d ：根据 7.3 要求确定或参考 HJ 25.3 确定；
 AF ：根据 7.3 要求确定或参考 HJ 25.3 确定；
 ABS_d ：根据特定污染物来确定；
 EF ：一般取值 365 $\text{events}/\text{year}$ ；
 ED ：终生暴露赋值 70 年，其他依据实际情况赋值；
 BW ：根据 7.3 要求确定或参考《中国人群暴露参数手册》；
 AT ：非致癌效应平均暴露时间 $AT_{nc} = ED \times 365 \text{ days}/\text{year}$ ，
 致癌效应平均暴露时间 $AT_{ca} = 70 \text{ years} \times 365 \text{ days}/\text{year}$ 。

8.4 暴露量估算

针对单一途径暴露量估算，可选取 8.3 推荐的合适暴露模型，对暴露量进行估算。多途径暴露量估算的计算见公式（4）

$$ADD_T = \sum ADD_n \quad (4)$$

式中： ADD_T —暴露不同途径的环境污染物日均总暴露量， $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ；
 ADD_n —暴露第 n 种途径的环境污染物日均总暴露量， $\text{mg}/(\text{kg}\cdot\text{d})$ ；

9 质量保证与质量控制

9.1 采样质量保证与控制

9.1.1 样品的采集

制定合理的采样计划，用符合质量要求的统一设备采样，采样开始前需对采样人员进行严格业务培训，通过培训考核方可开展样品采集工作。样品采集过程中，需准确记录室内环境监测点位地址，并严格遵循采样点位布设要求，保证采集样品的代表性。正确填写现场采样记录和样品标签。

9.1.2 样品的保存和运输

用于重金属测试的积尘样品用纸质信封袋密封保存，用于有机污染物测试的积尘样品用铝箔包裹后，至于纸质信封袋中密封保存，对于易分解或易挥发等不稳定组分样品要低温保存，并尽快运送到实验室分析测试。

9.1.3 问卷调查

现场问卷调查的质量控制按 HJ 839 和 HJ 877 执行。

9.2 实验室样品分析质量控制

室内积尘样品的实验室分析质量控制包括精密度控制和正确度控制，相关质量控制可参考目标污染物所对应的土壤或沉积物检测标准（附录 B）的相关要求。如缺少相关标准，可参考经严格验证的实验方法的相关要求或待相关标准制定后实施。

附录 A

附录 B（资料性）

附录 C 室内环境积尘标签样式

样品标签	
样品编号	
采样地址	
采样区域（卧室、客厅等）	
采样物体水平表面（地板、 橱柜等）	
采样楼层（及总楼层）	
采样日期	
采样人员	
保存条件	
样品有效期	

附录 D

附录 E (资料性)

室内环境积尘的具体分析方法和来源

监测项目	分析方法和来源
镍	土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法 HJ 491-2019
铅	土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T 17141-1997
铜	土壤和沉积物 铜、锌、铅、镍、铬的测定 火焰原子吸收分光光度法 HJ 491-2019
砷	土壤和沉积物 汞、砷、硒、铋、锑的测定 微波消解/原子荧光法 HJ 680-2013
六价铬	土壤和沉积物 六价铬的测定 碱溶液提取-火焰原子吸收分光光度法 HJ 1082-2019
汞	土壤质量 汞、砷、铅的测定 原子荧光法 GB/T 22105.1-2008
镉	土壤质量 铅、镉的测定 石墨炉原子吸收分光光度法 GB/T 17141-1997
溴代阻燃剂	土壤和沉积物 20 种多溴联苯的测定 气相色谱-高分辨质谱法 HJ 1243-2022
磷系阻燃剂	Determination of Organophosphate and Brominated Flame Retardants in House Dust and Consumer Products by Gas Chromatography - Tandem Mass Spectrometry, DCN: 05.0029.00
萘	土壤和沉积物 半挥发性有机物的测定 气相色谱-质谱法 HJ 834-2017
萘烯	
萘	
芴	
菲	
蒽	
荧蒽	
芘	
苯并[g,h,i]芘	
苯并[a]蒽	
苯并[a]芘	
苯并[b]荧蒽	
苯并[k]荧蒽	
蒎	
二苯并[a,h]蒽	
茚并[1,2,3-cd]芘	
邻苯二甲酸酯类	土壤和沉积物 6 种磷酸二甲酸酯类化合物的测定 气相色谱-质谱法 HJ 1184-2021
全氟烷基类	Draft Method 1633: Analysis of Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS) in Aqueous, Solid, Biosolids, and Tissue Samples by LC- MS/MS, EPA-821-D-21-001.
多氯联苯类	土壤和沉积物 多氯联苯的测定 气相色谱法 HJ 922-2017

T/CSES XXXX—XXXX