团　体　标　准

T/HNAEPI 007—2022

湖南省环境健康监测及风险评估技术规范

Technical specifications for environmental health monitoring and health risk assessment of Hunan province

（征集意见稿）

202X-XX-XX 发布　　202X-XX-XX 实施

湖南省环境保护产业协会 发 布

目录

前　言 II
1 适用范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 监测与风险评估原则 2
5 工作流程 3
6 污染源与暴露受体识别 3
7 污染源监测与环境暴露监测 4
8 人群健康监测 7
9 健康风险评估 8
10 质量保证与质量控制 10
11 报告编制 11
附 录 A（资料性）特征污染物健康效应与毒性参数 12
表 A.1 部分污染物的健康效应 12
表 A.2 部分特征污染物毒性参数 20
附 录 B（规范性）暴露评估推荐模型 29

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。

本文件规定了湖南省环境与健康监测及风险评估的工作原则、工作程序、监测内容、方法和技术要求。

本文件由湖南省环保产业协会提出并归口。

本文件主要起草单位：湖南省生态环境监测中心、湘潭大学、湖南省长沙生态环境监测中心、湖南华科检测技术有限公司。

本文件主要起草人：黄钟霆、李峰、丰小阳、郭艳辉、曾钰、郭倩、刘妍妍、胡夏可、刘沛豪、彭锐、蒋瑞晓。

本文件为首次发布。

湖南省环境健康监测及风险评估技术规范

1 适用范围

本文件适用于在湖南省内企事业单位和其他生产经营者活动过程中，对周边环境产生污染而开展的环境与健康监测及风险评估活动。

本文件不适用于核、电磁辐射、噪声、光、致病微生物、职业暴露等环境污染及突发性环境事故导致的人体健康风险的监测及风险评估。

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。凡是未注明日期的引用文件，其最新版本（包括修改单）适用于本标准。

GB/T 5750.2 生活饮用水标准检验方法 水样的采集与保存

GB/T 16126 生物监测质量保证规范

GB/T 16157 固定污染源排气中颗粒物测定与气态污染物采样方法

GB/T 27921 风险管理风险评估技术

HJ 2.2 环境影响评价技术导则大气环境

HJ 2.3 环境影响评价技术导则地面水环境

HJ/T 20 工业固体废物采样制样技术规范

HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

HJ/T 55 大气污染物无组织排放监测技术导则

HJ 91.1 污水监测技术规范

HJ 91.2 地表水环境质量监测技术规范

HJ 164 地下水环境监测技术规范

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

HJ/T 167 室内环境空气质量监测技术规范

HJ 194 环境空气质量手工监测技术规范

HJ 610 环境影响评价技术导则地下水环境

HJ 630 环境监测质量管理技术导则

HJ 664 环境空气质量监测点位布设技术规范

HJ 839 环境与健康现场调查技术规范 横断面调查

HJ 875 环境污染物人群暴露评估技术指南

HJ 1111 生态环境健康风险评估技术指南 总纲

NY/T 398 农、畜、水产品污染监测技术规范

T/CSES 36 区域环境污染健康风险评估技术导则

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1 环境与健康监测

融合生物学、化学、环境流行病学、医学与统计与风险控制等多学科新技术方法对与人体健康密切相关的环境因素及其所造成的健康结局开展的持续性监测活动。

3.2 毒性评估

毒性评估包括危害识别与危害表征。危害识别是利用现有资料确认某种污染物所导致的人体健康效性；危害表征是结合污染源调查、环境暴露和健康调查的结果，定量评定环境污染和人群健康的关联性并确定毒性参数。

3.3 暴露评估

对个体或群体暴露于环境中化学性因素的暴露量、频率及持续时间进行估计或测量的过程，也包括对环境中化学性因素的来源、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。

3.4 风险表征

它是风险评估的最后一个步骤，这一步将毒性评估与暴露评估的数据和分析加以综合，将环境污染物对人体健康的影响程度进行计算，估算人群可能产生的健康危害的强度或某种健康效应的发生概率，综合进行风险的定量和定性表达。

3.5 内暴露监测

对暴露在污染物范围内人群的内负荷水平进行采样和检测分析，多选择人体(血、尿和呼出气等)中化学物和(或)其代谢物的含量进行检测。

4 监测与风险评估原则

4.1 空间一致性

充分考虑污染源和暴露受体人群特点，污染源及环境外暴露监测范围与进行人体内暴露监测人群范围保持一致。

4.2 时间一致性

在进行环境监测与人群健康监测时，采集环境样品的时间与采集人体生物样本的时间保持一致。

4.3 人群一致性

针对研究范围较小、环境样本量及暴露组样本量较少的情况，采用基于时间序列的队列研究方法保证当前监测人群与以往监测人群保持一致。

4.4 指标匹配性

环境样本监测指标与人群健康监测指标相互匹配，选择能够反映环境暴露量与人群健康效应关系的相关指标。

4.5 样品代表性

针对特征污染物的来源、分布与主要暴露途径，结合暴露受体人群的情况，选择能够反映该区域实际污染状况的监测点位与人体健康效应的监测人群，保证采集的样本具有代表性。

5 工作流程

环境健康风险监测及风险评估的工作流程主要包括风险源及暴露受体识别、污染源监测与环境暴露监测、人群健康监测、健康风险评估以及监测报告编制。

具体的监测工作流程如下：

a)现场调查和区域相关基础资料收集，筛选并确定区域内可能引起人体健康危害或者与人体健康效应相关的环境风险源，识别目标区域潜在的暴露受体人群；

b)进行污染源监测，确定污染源对目标人群的暴露特征、明确污染源监测与环境暴露监测与人群健康监测的范围；

c)合理进行监测点位布置和监测人群选取，开展环境与健康现场监测；

d)核算目标污染物对暴露人体的外暴露剂量，进行风险计算，评估人群暴露的健康风险；

e)综合评估污染源监测、环境暴露监测、人体健康监测的结果，探讨环境污染和人群健康之间的相关关系，明确环境污染的健康风险，并制定风险防控措施，进行监测报告的编制；

6 污染源与暴露受体识别

6.1 资料调研

对有历史资料的重点行业企业及周边地区，可以直接筛选出其中存在或可能存在的化学污染物，确定风险评估的污染物种类与数量，并进一步收集其相关的暴露信息。此外，还需要收集包括自然条件资料、社会资料等在内的相关背景资料，尤其是重点行业企业及周边地区相关的污染源资料、环境资料、健康资料和新闻报道等。

6.2 现场调查

通过分析重点行业企业及周边环境污染区域和邻近地区现状和历史地质、水文、地形、气象、敏感目标、暴露人群等，初筛污染因子，推演暴露途径。通过现场考察、走访等形式，对环境现状异常情况进行辨识判断区域的污染特征，初步选择污染区和对照区。

6.3 污染源识别

通过资料收集与现场调查结合的方法，充分追踪了解历史污染源和现状污染源的产排污情况对污染物的来源、污染浓度、迁移转化途径和持续时间进行特征分析，筛选出环境污染的特征污染物，以确定区域内导致环境危害的主要因素及其来源。

6.3.1 目标污染物的筛选

根据区域资料收集与现场调查的相关数据，结合国内外对污染物的研究，综合考虑污染物的迁移转化、环境行为及对人体的健康效应，初步筛选出环境污染的特征污染物。部分污染物的健康效应见附录A.1。

具体筛选原则如下：

a)选择检出率高和容易检测的污染物；

b)选择排放量大、人体容易接触的污染物；

c)选择在环境中难降解，易于生物积累和具有环境持久性的污染物；

d)选择国内外规定的优先污染管控因子；

e)选择对人体健康危害性较大的污染物。

6.4 暴露受体识别

根据污染物的迁移转化与环境行为，识别出主要的暴露受体，优先关注居民区、学校、医院以及饮用水源保护区的人群，掌握暴露人群与污染源的方位、距离、风向、水源上下游，地形地势等，以及识别暴露人群的数量、人口构成、膳食组成和行为活动模式等。

7 污染源监测与环境暴露监测

7.1 污染源监测

收集监测区域内污染源相关企业的基本情况、产品种类、工艺流程、原辅材料、废水、废气排放方式、废渣处理处置方式及环保设施运营状况等历史环境监测资料，针对性地选择可能对环境产生较大影响的污染源进行现状监测。其中废水、废气和工业固体废物进行采样和监测按照 HJ 91.1、HJ/T 55、GB/T 16157 和 HJ/T 20 执行；

当现有环境监测或调查数据不充分时，通过对当地地质、水文、地形及气象分析，判断污染物迁移情况。评价污染物的迁移、转化和滞留，选择如 HJ 2.2、HJ 2.3、HJ 610 推荐的相关大气、地表水、地下水中污染物的环境归趋模型模拟环境污染物的迁移转化，预测可能的暴露方式和暴露位置，分析污染源与污染介质之间的关系。

7.2 环境暴露监测

根据人群暴露于特征污染物的主要途径（呼吸道、消化道及皮肤接触）确定监测项目，包括环境空气、环境水体、土壤、河道沉积物、室内积尘、室内空气和膳食(包括自产和市场购买食品)。确定污染物的主要暴露途径（呼吸道、消化道及皮肤接触）为暴露监测项目，主要包括吸入环境空气/室内空气、经口摄入食物、土壤/室内积尘及饮用水、经皮肤接触土壤/室内积尘及地表水/地下水。三种途径的外暴露监测应尽可能选择相同人群进行且保证相同的监测指标及频次。

7.2.1 监测范围

监测范围分为时间范围和空间范围。根据特征污染物和健康效应类型结合调查所获结果确定时间范围，一般以一个自然年作为一个监测周期，每个监测周期监测频次为 2 次，在夏季和冬季可分别采集一次，为充分论证环境暴露与健康水平的关联，可连续几年进行监测；根据重点行业企业及周边特征污染物特点及周边居民的分布确定空间监测范围，尽可能的覆盖污染源可能影响的范围，环境介质的监测范围与人体健康的监测范围一致。

7.2.2 监测点位布设

7.2.2.1 环境空气

采用加密网格法将监测范围内的人群聚集区（居民区、学校、医院等）或人口较密集的城市建成区均匀划分成网格点，单个网格不大于 2km×2km（面积大于 200km^2 的城市可适当放宽网格密度），在网格中心或者网格对角线的交点上设置监测点。同时在污染源主导风向和第二主导风向（选择污染最重季节的主导风向）的下风向的最大落地浓度区内布设 2 个监测点，以捕捉到最大污染特征。环境空气监测点位具体布设数量要求按 HJ 664 执行。

7.2.2.2 环境水体

环境水体包含地表水与地下水，对于地表水的监测，流域（水系）可布设背景断面、控制断面、消减断面和河口断面，行政区域可在水系源头设置背景断面或在过境河流设置入境断面或对照断面、控制断面、消减断面、出境断面或河口断面，具体的采样点位设置按 HJ 91.2 执行；对于地下水的监测，重点污染源中的点源和线源应根据实际调查结果布设专门的污染监测点，监测点原则上不少于 5 个，监测区域内无明显环境水体或无明确暴露途径时，可不开展环境水体监测。

7.2.2.3 土壤

土壤样品主要采集表层或耕作层土壤，采样深度 0 cm～20 cm，土壤监测点不少于 10 个，每个土壤单元设置 5 个采样区，单个采样区范围以 200 m×200 m 左右为宜，采用对角线法、梅花法、蛇形法或棋盘法等方法中的任一采样方式采集混合样。

7.2.2.4 室内空气

采样点位的数量根据室内面积大小和现场情况而确定，要能正确反映室内空气污染物的污染程度，选择家庭人群活动较频繁的空间布设点位，调查家庭数量不少于 15 户。

7.2.2.5 室内积尘

采样点位与室内空气点位保持一致。

7.2.2.6 饮用水

饮用水采集点位与室内空气采样家庭保持一致。

7.2.2.7 食品

食品来源主要包括家庭自产和市场采购。家庭自产食品采集与室内空气/室内积尘家庭保持一致，粮食和蔬菜采集要与农田土壤样品采集保持一致，市场采购来自当地主要的农产品市场。

7.2.3 监测时间与频次

7.2.3.1 环境空气

每个监测周期样品采集不少于 2 次（覆盖 2 个代表性季节，其中 1 次为污染最严重的季节），每次至少应取得有季节代表性的 7 d 有效监测数据。

7.2.3.2 环境水体

每个监测周期内环境水体监测点每年取样 4 次（每季度取样 1 次），原则上要监测一个完整水文年（丰水期、平水期和枯水期）。

7.2.3.3 土壤

每个监测周期样品采集不少于 2 次。

7.2.3.4 室内空气

每个监测周期样品采集不少于 2 次。

7.2.3.5 室内积尘

每个监测周期样品采集不少于 2 次，与室内空气同期开展。

7.2.3.6 饮用水

每个监测周期内样品采集数量不少于 1 次。

7.2.3.7 食品

监测周期内样品采集至少 1 次。

7.2.4 样品采集与分析

7.2.4.1 环境空气

环境空气样品采集、保存、运输及质量控制按照 HJ 194、HJ 664 执行。

7.2.4.2 环境水体

地表水、地下水样品采集、保存、运输及质量控制分别按照 HJ 91.2、HJ 164 执行。

7.2.4.3 土壤

土壤样品采集、保存、运输及质量控制按照 HJ/T 166 执行。

7.2.4.4 室内空气

采样点高度原则上与人的呼吸带高度一致，相对高度 0.5 m ~1.5 m，采样期间每天至少保证连续或间隔 18 h 采样，每次采集不少于 7 个有效天数。室内空气样品采集、保存与运输及质量控制具体要求，按照 HJ/T 167 相关要求执行。

7.2.4.5 室内积尘

采集调查家庭室内功能区（卧室、客厅及厨房等）的地面、窗台、柜顶等区域或固体器具表面的尘土混合样。根据实际情况选择擦拭法、刮擦法及便携式吸尘器收集法等方法采集样品，每次样品量不少于 5g，具体采样方法操作按照 HJ 839 执行。

7.2.4.6 饮用水

农村或城镇集中式供水选择采集被监测家庭的水龙头末梢水，农村分散式供水依据实际情况确定。样品采集方法、保存、运输及质量控制具体按照 GB/T 5750.2 执行

7.2.4.7 食品

食品包括稻米、蔬菜、畜禽产品、水产品，具体样品采集要求按 NY/T 398 执行：

a） 家庭自产食品采集

1）稻米：收获期采集稻田里的稻米，采集稻米样本量不少于 30 份，每份不少于 1 kg。采集样品混合后按四分法对角取样，再次进行混合，制备成有代表性样品。稻米采集时进行协同采样，采集稻穗的同时，协同采集根际土壤。居民家庭尽量选择参与人体健康调查的家庭。

2）蔬菜：蔬菜样品大致分为叶菜、根菜和瓜果三类，采集样本量不少于 30 份，每份样品不少于 1 kg。采集的样品分别装入塑料袋或布袋，贴好标签，保存。蔬菜采集时进行协同采样，采集蔬菜可食部分的同时，协同采集根系及根际土壤。居民家庭尽量选择参与人体健康调查的家庭。

3）畜禽产品：采集小型畜禽产品（鸡、鸭和鹅），每个种类采集样本量不少于 15 份。用不锈钢刀在畜禽背部、腿部随机取 1 kg 肌肉混合。畜禽产品采集时尽量在参与人体健康调查的家庭采集。

4）在监测范围内养殖鱼塘或者水体中采集经济鱼类 1 种，不少于 10 个样品，采样量 1 kg。每个样品取鱼类背部肌肉和虾类肉不少于 50 g，在实验室低温烘干，计算含水量。

b）外购食品采集

稻米、蔬菜、畜禽产品和水产品采集家庭自产样品困难时，选择市场或超市购买。

1) 稻米：在当地不同超市或市场分别购买大米，样本量不少于 5 份，用四分法进行缩分，最终用于实验室分析的样品量约 2 kg 左右，记录原产地。
2) 蔬菜：采集新鲜蔬菜，采样量不少于 1 kg，样品采集后进行包装，确保样品的完好性状，并做好记录尽快送回实验室进行分析。
3) 肉类：肉类主要包括鸡肉、猪肉 2 类，采集种类同自产采集要求。采用多个主要农贸市场多个摊位采样方式，每个市场选择 3 个摊位（若没有足够集贸市场，则选择等数量摊位采样），每个摊位采购鸡肉、猪肉各 1 份。通常每份样品量约为 1 kg，分别装入自封袋中，做好封口、标签、记录。
4) 水产品：从新鲜水产品中抽取有代表性的样品。1 种鱼类和 1 种贝类或虾类，每种不少于 3 个样品。

8 人群健康监测

8.1 监测原则

人体健康监测，应当满足以下原则：

经国内外研究，环境污染物与人体健康效应可能相关的，即某种污染物可能引起人体内负荷水平变化或者与疾病相关的；国家部门提出的需要协助开展监测的；人们群众反复投诉某种污染物的健康危害，经相关部门研究确有必要的。

8.2 监测内容

人体健康监测内容包含人群内暴露监测与环境污染引起的人体健康效应监测。人群内暴露是指通过定期的、系统的对人体(血、尿和呼出气等)中化学物和(或)其代谢物的含量进行检测,检测指标如尿样中尿砷、尿镉、尿锰、尿β2-微球蛋白和尿肌酐含量等，血液中谷丙转氨酶、谷草转氨酶、直接胆红素、总蛋白、总胆固醇、甘油三酯等指标；人体健康效应监测是通过监测可能由环境污染物引起的人体健康效应变化，如患病率及病因调查、死亡率及死因分析等。

采用简单随机抽样、分层抽样、系统抽样和整群抽样等方法随机挑选调查对象开展人群健康监测。调查对象选择 18 岁及以上非职业成人（过去 5 年累计在重点行业企业工作不超过 1 年者），且在当地居住时间不少于 5 年，每年居住时间不少于 6 个月。在开展人群健康监测前，应组织开展医学伦理审查并取得知情同意。

8.2.1 人群内暴露监测

收集监测区的人体健康调查的基础资料，包括人群分布基本信息、性别、年龄组成、监测对象及家庭基本情况、行为习惯、有无饮酒和吸烟史和患病情况等。采集调查人群相应的血液及尿样样本监测环境目标污染物的内暴露水平，同时收集调查人群的身高、体重、血压等信息，以准确反映机体的内暴露剂量。生物样品采集方法、保存、运输及质量控制等按照 GB/T 16126 执行。

8.2.2 人群健康效应监测

收集重点行业企业建成投产日起至调查年（重点关注近 10 年），监测区域内人口资料、出生与死亡统计、法定传染病及地方病、病因及死因分析等资料；同时通过问卷调查、医学检查等方法，实时获取监测对象身体健康状况，如是否患病、患何种病、某些常见病和多发病的发病率和死亡率等，并且比较重点行业企业及周边监测人群由暴露距离及暴露时间不同的患病与死亡情况差异，探究环境污染与人群健康的相关关系。

8.3 关联分析

结合污染源监测、环境暴露监测和健康监测的结果，明确污染物在时间和空间上的分布特征、主要影响区域以及区域内人群健康状况，排除混杂因素，探讨环境污染和人群健康之间的相关关系。

8.3.1 污染源与环境暴露

重点行业企业及周边地区内各环境介质中特征污染物浓度水平随污染源距离的变化情况可做散点图。若散点图呈现线性相关，则用相关系数和线性回归模型定量描述距离与污染浓度的相关程度。采用统计地图标出污染源地理位置，并采用空间插值等方法绘制特征污染物分布情况，定性观察污染源与环境污染水平在空间分布上的相关性。

8.3.2 环境暴露与人体健康

根据特征污染物和健康效应类型选取环境暴露与健康水平关联性分析指标。某一环境暴露因素导致某疾病的潜伏期可能长达数年，期间研究区域中人口迁入或迁出的发生概率很高。可根据实际情况选取过去的环境暴露水平与当前的健康水平进行关联性分析。同时，针对在研究范围较小，样本量有限，暴露组样本量较少，统计学功效相对较低，无法充分论证因果关联的情况或区域,采用基于时间序列的队列研究方法进一步证实重点行业企业及周边特征污染物与人群健康关联性。

9 健康风险评估

9.1 毒性评估

毒性评估工作内容包括危害识别与危害表征。

9.1.1 危害识别

全面、系统地收集国内外政府部门或国际组织发布的危害识别或风险评估报告、国内外毒性数据库毒性数据、公开发表的文献以及毒性试验数据等，识别可能的健康危害或毒性效应。具体数据包括基本信息（化学名称、分子式、结构式、分子量等）、理化性质（目标环境因素的密度、熔点、沸点、饱和蒸汽压及蒸汽密度、溶解度、化学反应特性、稳定性等）、代谢数据（包括目标环境因素在人体和（或）动物体内吸收、分布、代谢、排泄、蓄积等毒物代谢动力学数据）、毒性数据（目标环境因素的急性毒性、皮肤腐蚀或刺激、严重眼损伤或眼刺激、呼吸道或皮肤致敏、生殖细胞致突变性、致癌性、生殖毒性、一次或反复接触特异性靶器官毒性和吸入危害等毒性试验数据）、流行病学调查数据（环境流行病学和职业流行病学数据等）、危害等级（目标环境因素的急性毒性、致癌性、生殖毒性等危害程度分级）。部分污染物的健康效应见附录 A.1。

9.1.2 危害表征

基于危害识别的结果，进行目标环境因素暴露与有害效应之间的剂量-反应（效应）建模并确定毒性参数。对于有阈化合物，计算其非致癌效应，毒性参数常用参考剂量(reference dose, RfD)或参考浓度（reference concentration, RfC）表示。对于无阈化合物，计算其致癌效应，毒性参数常用致癌斜率因子(slope factor, SF)或单位风险因子(unite risk factor, URF)表示。部分污染物的毒性参数见附录 A.2。对现有毒性数据缺乏的污染物，按照 HJ 1111 规定的要求进行推导。

9.2 暴露评估

9.2.1 暴露人群与暴露途径

暴露人群为受区域内污染物暴露所影响的受体人群，暴露途径由污染物在环境介质中的迁移转化，主要包括三种途径，即呼吸吸入（环境空气、室内空气、）、经口摄入（土壤、室内积尘、食品、地表水、地下水）及皮肤接触（土壤、室内积尘、地表水、地下水）。

9.2.2 暴露参数

暴露参数描述人体暴露环境污染物的特征和行为参数，是决定环境健康风险评价准确性的关键因子。暴露参数可通过问卷调查，科学研究和统计信息等手段获得，可参照国内的《中国人群暴露参数手册(成人卷)》和《中国人群暴露参数手册(儿童卷)》以及国内外研究与国际相关机构推荐的相关参数，优先使用现场调查及国内发布的推荐值。

9.2.3 暴露模型及暴露剂量计算

暴露模型选取及暴露剂量的估算按 HJ 875 执行，具体推荐方法见附录 B。

9.3 风险表征

计算污染物对人体的致癌与非致癌风险，评估人体的健康风险程度。

9.3.1 非致癌风险

9.3.1.1 经呼吸道吸入途径

参考 T/CSES 36，有阈(非致癌)化合物经呼吸道吸入途径健康风险评估模型，采用公式(1)计算：

$$HQ_{inh} = \frac{EC_{inh}}{RfC \times 1000} \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

HQ_{inh} 为污染物暴露吸入途径的危害商，无量纲；

EC_{inh} 为污染物暴露浓度(μg/m^3)；

RfC 为污染物暴露的吸入参考剂量(mg/m^3)。

9.3.1.2 经消化道摄入和皮肤接触途径

有阈(非致癌)化合物经口摄入和皮肤接触途径健康风险评估模型，采用公式(2)计算：

$$HQ_i = \frac{ADD_i}{RfD_i} \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

HQ_i 为污染物暴露 i 途径的危害商，无量纲；

ADD_i 为污染物暴露 i 途径的单位体重日均暴露剂量[mg/(kg·d)]；

RfD_i 为污染物暴露 i 途径的参考剂量[mg/(kg·d)]。

9.3.2 致癌风险

9.3.2.1 经呼吸道吸入途径

无阈(致癌)化合物经呼吸道吸入途径健康风险评估模型，采用公式(3)计算：

$$R_{inh} = EC_{inh} \times URF \quad \cdots\cdots(3)$$

式中：

R_{inh} 为污染物暴露吸入途径的终生致癌超额风险度，无量纲；

EC_{inh} 为污染物暴露浓度(μg/m^3)；

URF 为污染物暴露的吸入单位风险因子(μg/m^3)$^{-1}$。

9.3.2.2 经消化道摄入和皮肤接触途径

无阈(致癌)化合物经口摄入和皮肤接触途径健康风险评估模型，采用公式(4)计算：

$$R_i = SF_i \times ADD_i \quad (4)$$

式中：

R_i 为污染物暴露 i 途径的终生致癌超额风险度，无量纲；

ADD_i 为污染物的单位体重日均暴露剂量[mg/(kg·d)]；

SF_i 为致癌斜率因子[mg/(kg·d)]$^{-1}$。

9.3.3 多途径暴露风险计算

多途径暴露的有阈(非致癌)化合物风险计算，采用公式(5)：

$$HI_{total} = \sum HQ_i \quad (5)$$

式中：

HI_{total} 为单一污染物经各途径暴露的总危害商，无量纲；

HQ_i 为污染物暴露 i 途径的危害商，无量纲。

多途径暴露无阈(致癌)化合物风险计算，采用公式(6)：

$$R_{total} = \sum R_i \quad (6)$$

式中：

R_{total} 为单一污染物经各途径暴露的总终生致癌超额风险度，无量纲；

R_i 为污染物暴露 i 途径的终生致癌超额风险度，无量纲。

9.3.4 风险判定

对于单一特征污染物，参考 HJ 25.3，规定可接受危害商为小于或等于 1，可接受致癌风险水平为小于或等于 10^{-6}。

9.3.5 不确定性分析

不确定性分析包括定性和定量分析，按照 HJ 1111 中关于不确定性分析的要求开展。

对于风险源及暴露受体识别、监测计划实施与样品采集与分析，可采用定性描述方法进行不确定性分析，主要讨论其不确定性的来源及其对监测结果的影响。

采用定性描述方法进行描述危害评估、暴露评估和风险表征过程中的不确定性分析时，主要讨论假设的不确定性、参数的不确定性、暴露情景的不确定性、模型的不确定性等方面；定量不确定性分析按 GB/T 27921 中规定的蒙特卡洛模拟等方法。模型参数敏感性分析按照 HJ 875 中规定的方法。

10 质量保证与质量控制

10.1 总体要求

监测承担单位具有一定的环境与健康工作基础，配备与所承担任务相应的采样设备、实验室分析仪器设备、实验室资质及专业技术人员，有较完善的计算机网络系统和档案管理系统，严格、健全的资料保密制度，能够承担并持续完成监测任务；环境采样、分析人员均应当掌握相应的标准、规范和检测技术；样品采集、保存和运输、实验室检测质量控制措施及质控指标等按照 HJ 839 及 HJ 630 的相关规定实施。

10.2 现场监测质量保证和控制

从事环境样品采集以及农作物样品和生物样品采集和相应样品实验室检测的人员应当掌握相应的标准、规范和检测技术；现场监测和实验室分析所需仪器设备，属于国家强制检定目录内的剂量器具，应依法定期送检，检定合格并在有效期内使用，仪器设备使用过程中应定期维护，严格按照仪器设备管理程序和操作规程进行使用，使用后需对采样仪器设备进行清洁和妥善保存，避免交叉污染；生物样品采样、运输和保存过程中应严格避免污染，生物样品具体采集、保存和运输要求按 GB/T 16126 执行。

10.3 实验室质量保证和控制

进行样品检测的实验室应当依法通过实验室资质认证，并依据质量控制手册、程序性文件和作业指导书对实验室检测全过程进行质量控制；优先选择国家标准、行业标准和国际标准确定的分析方法，各分析方法质控要点参照相关规定执行；通过实验室比对、实验室间平行样品进行实验室外部质量控制，通过标准样品、质控样品、加标回收及平行样品等进行实验室内部质量控制。

10.4 数据上报

按照监测计划及时向管理部门报送监测数据，保证监测数据真实、准确、客观。

11 报告编制

监测报告编制内容包括监测目的、监测内容与方法（监测范围、监测指标、布点及采样规范、采样频次）、环境暴露及健康风险分析结果（监测结果及综合评估结论）、质量控制与质量评价、对策及建议等。

附 录 A
（资料性）
特征污染物健康效应与毒性参数
表 A.1 部分污染物的健康效应

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
砷	Arsenic	7440-38-2	1	A	肾、肺、膀胱、皮肤、肝脏	肾癌、肺癌、膀胱癌、皮肤癌、肝癌
镉	Cadmium	7440-43-9	1	B1	肺、泌尿系统	肺肿瘤，前列腺癌、肾癌、膀胱癌、乳腺癌、子宫癌
铅	Lead	7439-92-1	2B	B2	肾、生殖发育毒性	肾肿瘤、神经胶质瘤
铜	Copper	7440-50-8	-	D	消化系统	恶心、腹泻
三价铬	Chromium (III)	16065-83-1	3	D	无	生长迟缓、腭裂、骨骼畸形
六价铬	Chromium (VI)	18540-29-9	1	A	肺、胃	肺癌、胃癌
汞	Mercury	7439-97-6	3	D	神经系统	手颤、增加记忆障碍、轻微的主观和客观的证据自主功能障碍
甲基汞	Methyl mercury	22967-92-6	-	C	神经系统、生长发育	神经心理学发育障碍
锌	Zinc	7440-66-6	-	D	免疫、血液系统	健康成年大鼠红细胞铜锌超氧化物歧化酶活性降低
锰	Manganese	7439-96-5	-	D	神经系统	影响中枢神经系统、损伤神经行为功能
镍	Nickel	7440-02-0	2B	-	肺癌、鼻窦癌	组织器官及体重减轻
苯	Benzene	71-43-2	1	A	肺、肾、免疫系统	肺癌、肾癌、皮肤癌、胃癌、白血病、淋巴细胞减少

表 A.1 部分污染物的健康效应（续）

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
甲苯	Toluene	108-88-3	3	-	泌尿；神经系统	肾脏质量增加；职业暴露人群具有神经系统影响
二甲苯	Xylene	1330-20-7	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
邻二甲苯	o-Xylene	95-47-6	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
对二甲苯	p-Xylene	106-42-3	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
间二甲苯	m-Xylene	108-38-3	3	-	其他；神经系统	体重减轻、死亡率增加；影响运动协调（旋转能力降低）
1,3,5-三甲苯	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8	-	-	神经系统	疼痛敏感性减弱
1,2,4-三甲苯	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6	-	D	呼吸系统	炎症性肺损伤
4-乙基甲苯	4-Ethyltoluene	622-96-8	-	-	-	-
乙苯	Ethylenzene	100-41-4	2B	D	肝脏、泌尿系统	白血病、淋巴瘤、肝脏和肝脏毒性
异丙苯	Cumene	98-82-8	2B	D	泌尿系统、内分泌系统	肾脏、肾上腺重量增加
氯苯	Chlorobenzene	108-90-7	-	D	肝	肝组织病理变化
1,2-二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	95-50-1	3	D	无	无明显效应
1,3-二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	541-73-1	3	D	-	-
1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7	2B	-	免疫系统、肝	白血病、骨髓瘤、肝脏重量增加
1,2,3-三氯苯	1,2,3-Trichlorobenzene	87-61-6	-	-	-	-

表 A.1 部分污染物的健康效应（续）

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	120-82-1	-	D	内分泌系统	肾上腺重量增加、大脑皮质束状带空泡化
硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3	2B	-	血液、神经、呼吸系统	肺泡细支气管肿瘤、肺泡细支气管增生、甲状腺滤泡细胞腺瘤
苯乙烯	Styrene	100-42-5	2B	-	肝脏、血液、神经系统	白血病、淋巴瘤、血红细胞和肝脏影响；中枢神经系统影响
溴氯甲烷	Bromochloromethane	74-97-5	-	D	泌尿系统	肾脏细胞肥大
一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	2B	B2	肝脏、泌尿系统	肾癌、肠癌、染色单体交换、肝组织病变
二溴一氯甲烷	Chlorodibromomethane	124-48-1	3	C	肝脏	肝组织病变
三溴甲烷	Bromoform	75-25-2	3	B2	腹腔、神经系统	大肠肿瘤、小脑病变、肝脏和肾脏损伤、免疫反应降低
一氯甲烷	Chloromethane	74-87-3	3	D	肝脏	形成肝脏空泡、肝脏病灶
二氯甲烷	Dichloromethane	75-09-2	2A	-	肝脏	胆管癌、非霍奇金淋巴瘤、中度/显著脂肪在肝脏中形成囊肿、血糖升高
三氯甲烷	Chloroform	67-66-3	2B	B2	肝脏、呼吸、心血管系统及其他	结肠癌、肝癌、乳腺癌、黑色素瘤、胸膜炎、心包炎
一氟三氯甲烷	Trichlorofluoromethane	75-69-4	-	-	-	-
1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	75-34-3	-	C	-	-
1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	107-06-2	2B	B2	肺	肺癌、脑肿瘤、胰腺癌
1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	71-55-6	3	-	肝脏、其他	肝组织病理变化、体重

表 A.1 部分污染物的健康效应（续）

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
1,1,2,2-四氯乙烷	1,1,2,2-Tetrachloroethane	79-34-5	2B	-	肝脏	肝肿瘤
1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	78-87-5	1	-	呼吸系统	胆管癌、鼻粘膜增生
四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	2B	-	肝脏	非霍奇金淋巴瘤、升高血清线粒体酶活性、肝组织脂肪含量变化
1,1-二氯乙烯	Vinylidene chloride	75-35-4	3	C	肝脏	肝脏毒性
三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	1	A	血液、肝、泌尿系统	肾癌、非霍奇金淋巴瘤、淋巴瘤、肝癌
1,1-二氯丙烯	1,1-Dichloropropene	563-58-6	-	-	-	-
六氯丁二烯	Hexachloro-1,3-butadiene	87-68-3	3	C	-	-
甲醛	Formaldehyde	50-00-0	1	B1	呼吸系统、泌尿系统、胃肠道、其他	鼻和鼻旁窦癌、白血病、细胞癌、大鼠体重减轻、组织病理学变化
丙烯醛	Acrolein	107-02-8	3	-	其他、呼吸系统	降低存活率；鼻腔病变
1,1,2,2-四氟-1,2 二氯乙烷	1,2-Dichlorotetrafluoroethane	76-14-2	-	-	-	-
1,1,2-三氟三氯乙烷	1,1,2-Trichlorotrifluoroethane	76-13-1	-	-	神经系统	运动障碍
丙酮	Acetone	67-64-1	-	-	泌尿系统	肾组织病变
2-丁酮	2-Butanone	78-93-3	-	-	生长发育、骨骼	幼崽的体重减轻、骨骼变形
乙酸乙酯	Ethyl acetate	141-78-6	-	-	其他	体重减轻、死亡率增加
4-甲基-2-戊酮	4-Methyl-2-pentanone	108-10-1	2B	-	生长发育、骨骼	胎儿体重减轻，骨骼变形、小鼠死亡率增加、大鼠骨骼变形

表 A.1 部分污染物的健康效应（续）

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
三乙胺	Triethylamine	121-44-8	-	-	呼吸系统	鼻腔炎症
二甲基乙酰胺	N,N-Dimethylacetamide	127-19-5	-	-	-	-
乙腈	Acetonitrile	75-05-8	-	D	其他	影响死亡率
甲醇	Methanol	67-56-1	-	-	生长发育、神经	颈部肋骨增生、6 周大大鼠幼崽大脑质量减轻
苯酚	Phenol	108-95-2	3	D	其他	降低产妇体重的增加
邻氯酚	2-Chlorophenol	95-57-8	-	-	生殖	生殖效应
2,4-二氯酚	2,4-Dichlorophenol	120-83-2	-	-	免疫系统	降低迟发性免疫反应应答
2,4,6-三氯酚	2,4,6-Trichlorophenol	88-06-2	2B	B2	血液	白血病
五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	1	-	肝脏、内分泌系统	肝癌、肾癌、肝脏毒性
对硝基酚	4-Nitrophenol	100-02-7	-	-	-	-
邻硝基酚	2-Nitrophenol	88-75-5	-	-	-	-
2,4-二硝基酚	2,4-Dinitrophenol	51-28-5	-	-	眼睛	白内障
4,6-二硝基邻甲酚	2-Methyl-4,6-dinitrophenol	534-52-1	-	-	-	-
2,4-二甲酚	2,4-Dimethylphenol	105-67-9	-	-	神经系统、血液系统	嗜睡、虚脱、共济失调；血液学变化
4-氯-3-甲基苯酚	4-Chloro-3-methylphenol	59-50-7	-	-	-	-
2-甲基-4,6-二硝基苯酚	2-Methyl-4,6-dinitrophenol	534-52-1	-	-	-	-

表 A.1 部分污染物的健康效应（续）

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
萘	Naphthalene	91-20-3	2B	C	其他、神经、呼吸系统	喉癌、直肠癌、雄性终端平均体重降低；呼吸道和嗅上皮增生、组织变形
苊烯	Acenaphthylene	208-96-8	-	D	-	-
苊	Acenaphthene	83-32-9	3	D	肝脏	肝脏毒性
芴	Fluorene	86-73-7	3	D	血液系统	红细胞、细胞体积、血红蛋白减少
菲	Phenanthrene	85-01-8	3	D	-	-
蒽	Anthracene	120-12-7	3	D	无	没有观察到作用
荧蒽	Fluoranthene	206-44-0	3	D	肝脏、泌尿系统	血液学改变、肝脏质量减轻、肾组织病变
芘	Pyrene	129-00-0	3	D	-	-
苯并[a]蒽	Benzo[a]anthracene	56-55-3	2B	B2	腹腔、皮肤	乳腺细胞突变、皮肤癌
䓛	Chrysene	218-01-9	2B	B2	腹腔、皮肤	乳腺细胞突变、皮肤癌
苯并[b]荧蒽	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	2B	B2	肺、腹腔、皮肤	肺癌、皮肤癌
苯并[k]荧蒽	Benzo[k] fluoranthene	207-08-9	2B	B2	肺	肺腺瘤
苯并[a]芘	Benzo [a] pyrene	50-32-8	1	A	胃肠、呼吸系统、生长发育	肺癌、胃癌、食道癌、基因毒性(包括染色体交换、DNA 损伤等)、神经行为改变、胚胎/ 胎儿存活率降低
二苯并[a,h]蒽	Dibenzo [a, h] anthracene	53-70-3	2A	B2	皮肤	DNA 损伤、基因突变等
茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1, 2, 3-cd]pyrene	193-39-5	2B	B2	肺、皮肤	基因突变

表 A.1 部分污染物的健康效应（续）

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
苯并[g,h,i]苝	Benzo(g, h, i)perylene	191-24-2	3	D	-	-
多氯联苯 1016	Aroclor 1016	12674-11-2	-	-	生长发育	降低出生体重
多氯联苯 1221	Aroclor 1221	11104-28-2	-	-	-	-
多氯联苯 1232	Aroclor 1232	11141-16-5	-	-	-	-
多氯联苯 1242	Aroclor 1242	53469-21-9	-	-	-	-
多氯联苯 1248	Aroclor 1248	12672-29-6	-	-	-	-
多氯联苯 1254	Aroclor 1254	11097-69-1	-	-	免疫、皮肤、视觉系统	-
多氯联苯 1260	Aroclor 1260	11096-82-5	-	-	-	-
多氯联苯 5460	Aroclor 5460	11126-42-4	-	-	-	-
3,3',4,4'-四氯联苯	3,3',4,4'-Tetrachlorobiphenyl (PCB 77)	32598-13-3	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
3,4,4',5-四氯联苯	3,4,4',5-Tetrachlorobiphenyl (PCB 81)	70362-50-4	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,3',4,4'-五氯联苯	2,3,3',4,4'-Pentachlorobiphenyl (PCB 105)	32598-14-4	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,4,4',5-五氯联苯	2,3,4,4',5- Pentachlorobiphenyl (PCB 114)	74472-37-0	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3',4,4',5-五氯联苯	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl (PCB 118)	31508-00-6	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤

表 A.1 部分污染物的健康效应（续）

中文名称	英文名称	CAS 编号	癌症等级		效应组织或靶器官	关键健康效应
			IARC	IRIS		
2',3,4,4',5-五氯联苯	2',3,4,4',5-Pentachlorobiphenyl (PCB 123)	65510-44-3	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
3,4,5,3',4'-五氯联苯	3,4,5,3’,4’-Pentachlorobiphenyl (PCB-126)	57465-28-8	1	-	-	肺癌、软组织肉瘤、非霍奇金淋巴瘤
3,3',4,4',5-五氯联苯	3,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl (PCB 126)	57465-28-8	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,3',4,4',5-六氯联苯	2,3,3',4,4',5-Hexachlorobiphenyl (PCB 156)	38380-08-4	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3,3',4,4',5'-六氯联苯	2,3,3',4,4',5'-Hexachlorobiphenyl (PCB 157)	69782-90-7	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
2,3',4,4',5,5'-六氯联苯	2,3',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl (PCB 167)	52663-72-6	1	-	-	恶性黑色素瘤、乳腺癌、前列腺癌、脑肿瘤
1,2,3,6,7,8-六氯二苯并-对-二噁英	1,2,3,6,7,8-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	57653-85-7	-	B2	肝脏	肝癌
1,2,3,7,8,9-六氯二苯并-对-二噁英	1,2,3,7,8,9-Hexachlorodibenzo-p-dioxin	19408-74-3	-	B2	肝脏	肝癌
2,3,7,8-四氯二苯并对二噁英	2,3,7,8-TCDD	1746-01-6	1	B2	生殖系统	肺癌、软组织肉瘤、非霍奇金淋巴瘤
1,2,3,4,7,8-六氯二苯并呋喃	1,2,3,4,7,8-Hexachlorodibenzofuran	70648-26-9	-	-	-	-
1,2,3,7,8-六氯二苯并呋喃	1,2,3,7,8-Pentachlorodibenzo-p-dioxin	40321-76-4	-	-	-	-
2,3,7,8-四氯代二苯并呋喃	2,3,7,8-TCDF	51207-31-9	-	-	-	-

注：IARC：International Agency for Research on Cancer 国际癌症研究中心；IRIS：Integrated Risk Information System 美国综合风险评估系统。

表 A.2 部分特征污染物毒性参数

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
7440-38-2	砷（无机）	1.5×10^{-5}	OEHHA	3×10^{-4}	IRIS	1.2×10^{1}	OEHHA	1.5	IRIS	4.3×10^{-3}	IRIS
7440-43-9	镉	1×10^{-5}	RSL	5×10^{-4}（饮水），1×10^{-3}（食物）	IRIS	1.5×10^{1}	OEHHA	-	-	1.8×10^{-3}	IRIS
7440-50-8	铜	-	-	4.0×10^{-2}	S	-	-	-	-	-	-
16065-83-1	铬（三价）	-	-	1.5	IRIS	-	-	-	-	-	-
18540-29-9	铬（六价）	1×10^{-4}	IRIS	3×10^{-3}	IRIS	5.1×10^{2}	OEHHA	1.2×10^{-2}	IRIS	1.5×10^{-1}	OEHHA
7439-97-6	汞	3×10^{-4}	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-
22967-92-6	甲基汞	-	-	1×10^{-4}	IRIS	-	-	-	-	-	-
7440-66-6	锌	-	-	3×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
7439-96-5	锰	5×10^{-5}	IRIS	1.4×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
7440-02-0	镍	9×10^{-5}	ATSDR	2×10^{-2}	RAIS	9.1×10^{-1}	OEHHA	-	-	2.6×10^{-4}	OEHHA
71-43-2	苯	3×10^{-2}	IRIS	4×10^{-3}	IRIS	1.0×10^{-1}	OEHHA	5.5×10^{-2}	IRIS	7.8×10^{-6}	IRIS
108-88-3	甲苯	5	IRIS	8×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
1330-20-7	二甲苯	1×10^{-1}	IRIS	2×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
95-47-6	邻二甲苯	1×10^{-1}	S	2.0×10^{-1}	S	-	-	-	-	-	-
106-42-3	对二甲苯	1×10^{-1}	S	2.0×10^{-1}	S	-	-	-	-	-	-
108-38-3	间二甲苯	1×10^{-1}	S	2.0×10^{-1}	S	-	-	-	-	-	-
108-67-8	1,3,5-三甲苯	6×10^{-2}	IRIS	1×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
95-63-6	1,2,4-三甲苯	6×10^{-2}	IRIS	1×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
622-96-8	4-乙基甲苯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
100-41-4	乙苯	1	IRIS	1×10^{-1}	IRIS	8.7×10^{-3}	OEHHA	1.1×10^{-2}	OEHHA	2.5×10^{-6}	OEHHA
98-82-8	异丙苯	4.0×10^{-1}	IRIS	1×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
108-90-7	氯苯	5.0×10^{-2}	S	2×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
95-50-1	1,2-二氯苯	2.0×10^{-1}	S	9×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
541-73-1	1,3-二氯苯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
106-46-7	1,4-二氯苯	8×10^{-1}	IRIS	7×10^{-2}	ATSDR	4.0×10^{-2}	OEHHA	5.4×10^{-3}	OEHHA	1.1×10^{-5}	OEHHA
87-61-6	1,2,3-三氯苯			8.0×10^{-4}	S	-	-	-	-	-	-
120-82-1	1,2,4-三氯苯	2.0×10^{-3}	S	1×10^{-2}	IRIS	-	-	2.9×10^{-2}	S	-	-

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
98-95-3	硝基苯	9×10^{-3}	IRIS	2×10^{-3}	IRIS	-	-	-	-	4.0×10^{-5}	IRIS
100-42-5	苯乙烯	1	IRIS	2×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
74-97-5	溴氯甲烷	4.0×10^{-2}	S	-	-	-	-	-	-	-	-
75-27-4	一溴二氯甲烷	-	-	2.0×10^{-2}	IRIS	1.3×10^{-1}	OEHHA	6.2×10^{-2}	IRIS	3.7×10^{-5}	IRIS
124-48-1	二溴一氯甲烷	-	-	2.0×10^{-2}	IRIS	-	-	8.4×10^{-2}	IRIS	-	-
75-25-2	三溴甲烷	-	-	2.0×10^{-2}	IRIS	1.1×10^{-6}	IRIS	7.9×10^{-3}	IRIS	-	-
74-87-3	一氯甲烷	9.0×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	1.3×10^{-2}	RAIS	1.8×10^{-6}	RAIS
75-09-2	二氯甲烷	6.0×10^{-1}	IRIS	6.0×10^{-3}	IRIS	3.5×10^{-3}	OEHHA	2.0×10^{-3}	IRIS	1.0×10^{-8}	IRIS
67-66-3	三氯甲烷	9.8×10^{-2}	ATSDR	1.0×10^{-2}	IRIS	0.019	OEHHA	3.1×10^{-2}	OEHHA	2.3×10^{-5}	IRIS
75-69-4	一氟三氯甲烷	7.0×10^{-1}	RAIS	3.0×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
75-34-3	1,1-二氯乙烷	5.0×10^{-1}	RAIS	2.0×10^{-1}	S	5.7×10^{-3}	OEHHA	5.7×10^{-3}	OEHHA	1.6×10^{-6}	OEHHA
107-06-2	1,2-二氯乙烷	7.0×10^{-3}	S	6.3×10^{-3}	S	7.2×10^{-2}	OEHHA	9.1×10^{-2}	IRIS	2.6×10^{-5}	IRIS
71-55-6	1,1,1-三氯乙烷	5	IRIS	2	IRIS	-	-	-	-	-	-

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
79-34-5	1,1,2,2-四氯乙烷	-	-	2×10^{-2}	IRIS	2.0×10^{-1}	OEHHA	2.0×10^{-1}	IRIS	5.8×10^{-5}	OEHHA
78-87-5	1,2-二氯丙烷	4.0×10^{-3}	IRIS	4.0×10^{-2}	RAIS	3.6×10^{-2}	OEHHA	3.7×10^{-2}	RAIS	3.7×10^{-5}	RAIS
56-23-5	四氯化碳	1.0×10^{-1}	IRIS	4.0×10^{-3}	IRIS	1.5×10^{-1}	OEHHA	7.0×10^{-2}	IRIS	6.0×10^{-6}	IRIS
75-35-4	1,1-二氯乙烯	2.0×10^{-1}	IRIS	5.0×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
79-01-6	三氯乙烯	2.0×10^{-3}	IRIS	5.0×10^{-4}	IRIS	7.0×10^{-3}	OEHHA	4.6×10^{-2}	IRIS	4.1×10^{-6}	IRIS
563-58-6	1,1-二氯丙烯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
87-68-3	六氯丁二烯	-	-	1.0×10^{-3}	S	-	-	7.8×10^{-2}	IRIS	2.2×10^{-5}	IRIS
50-00-0	甲醛	9.8×10^{-3}	ATSDR	2.0×10^{-1}	IRIS	2.1×10^{-2}	OEHHA	2.1×10^{-2}	OEHHA	1.3×10^{-5}	IRIS
107-02-8	丙烯醛	2.0×10^{-5}	IRIS	5.0×10^{-4}	IRIS	-	-	-	-	-	-
76-13-1	1,1,2-三氟三氯乙烷	5	S	30	IRIS	-	-	-	-	-	-
67-64-1	丙酮	30.9	ATSDR	9.0×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
78-93-3	2-丁酮	5	IRIS	-	-	-	-	6.0×10^{-1}	IRIS	-	-
141-78-6	乙酸乙酯	7.0×10^{-2}	S	9.0×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
108-10-1	4-甲基-2-戊酮	3	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
121-44-8	三乙胺	-	-	7.0×10^{-3}	IRIS	-	-	-	-	-	-
75-05-8	乙腈	6.0×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-	-	-
67-56-1	甲醇	20	IRIS	2	IRIS	-	-	-	-	-	-
108-95-2	苯酚	2.0×10^{-1}	OEHHA	3.0×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
95-57-8	邻氯酚	-	-	5.0×10^{-3}	IRIS	-	-	-	-	-	-
120-83-2	2,4-二氯酚	-	-	3.0×10^{-3}	IRIS	-	-	-	-	-	-
88-06-2	2,4,6-三氯酚	-	-	1.0×10^{-3}	S	7.0×10^{-2}	OEHHA	1.1×10^{-2}	IRIS	3.1×10^{-6}	IRIS
87-86-5	五氯酚	-	-	5.0×10^{-3}	IRIS	1.8×10^{-2}	OEHHA	4.0×10^{-1}	IRIS	5.1×10^{-6}	OEHHA
51-28-5	2,4-二硝基酚	-	-	2.0×10^{-3}	IRIS	-	-	-	-	-	-
105-67-9	2,4-二甲酚	-	-	2×10^{-2}	RAIS	-	-	-	-	-	-
91-20-3	萘	3×10^{-3}	IRIS	2×10^{-2}	IRIS	1.2×10^{-1}	OEHHA	1.2×10^{-1}	OEHHA	3.4×10^{-5}	OEHHA
83-32-9	苊	-	-	6×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
86-73-7	芴	-	-	4×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
120-12-7	蒽	-	-	3×10^{-1}	IRIS	-	-	-	-	-	-
206-44-0	荧蒽	-	-	4×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
129-00-0	芘	-	-	3.0×10^{-2}	IRIS	-	-	-	-	-	-
56-55-3	苯并[a]蒽	-	-	-	-	3.9×10^{-1}	OEHHA	7.3×10^{-1}	S	1.1×10^{-4}	OEHHA
218-01-9	屈	-	-	-	-	3.9×10^{-2}	OEHHA	7.3×10^{-3}	S	1.1×10^{-5}	OEHHA
205-99-2	苯并[b]荧蒽	-	-	-	-	3.9×10^{-1}	OEHHA	1.0×10^{-1}	S	1.1×10^{-4}	OEHHA
207-08-9	苯并[k]荧蒽	-	-	-	-	3.9×10^{-1}	OEHHA	1.0×10^{-2}	S	1.1×10^{-4}	OEHHA
50-32-8	苯并[a]芘	2.0×10^{-6}	RAIS	3.0×10^{-4}	RAIS	3.9	OEHHA	1	IRIS	6×10^{-4}	IRIS
53-70-3	二苯并[a,h]蒽	-	-	-	-	4.1	OEHHA	1	S	1.2×10^{-3}	OEHHA
193-39-5	茚并[1,2,3-cd]芘	-	-	-	-	3.9×10^{-1}	OEHHA	1×10^{-1}	S	6.0×10^{-5}	S
12674-11-2	多氯联苯 1016	-	-	7.0×10^{-5}	IRIS	-	-	7×10^{-2}	S	2×10^{-5}	S
11104-28-2	多氯联苯 1221	-	-	-	-	-	-	2	S	5.7×10^{-4}	S
11141-16-5	多氯联苯 1232	-	-	-	-	-	-	2	S	5.7×10^{-4}	S

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
53469-21-9	多氯联苯 1242	-	-	-	-	-	-	2	S	5.7×10^{-4}	S
12672-29-6	多氯联苯 1248	-	-	-	-	-	-	2	S	5.7×10^{-4}	S
11097-69-1	多氯联苯 1254	-	-	2.0×10^{-5}	IRIS	-	-	2	S	5.7×10^{-4}	S
11096-82-5	多氯联苯 1260	-	-	-	-	5.7×10^{-4}	S	2	S	5.7×10^{-4}	S
11126-42-4	多氯联苯 5460	-	-	6.0×10^{-4}	S	-	-	-	-	-	
32598-13-3	3,3',4,4'-四氯联苯	4.0×10^{-4}	S	7×10^{-6}	S	13	OEHHA	13	S	3.8×10^{-3}	S
70362-50-4	3,4,4',5-四氯联苯	1.33×10^{-4}	S	2.33×10^{-6}	S	39	OEHHA	39	S	1.14×10^{-2}	S
57465-28-8	3, 3’,4, 4’ ,5 -五氯联苯	4.0×10^{-7}	S	7.0×10^{-9}	S	1.3×10^{4}	OEHHA	1.3×10^{4}	S	3.8	S
65510-44-3	2',3,4,4',5-五氯联苯	1.33×10^{-5}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
31508-00-6	2,3',4,4',5-五氯联苯	1.33×10^{-3}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S
32598-14-4	2,3,3',4,4'-五氯联苯	1.33×10^{-3}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S
74472-37-0	2,3,4,4',5-五氯联苯	1.33×10^{-3}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S
52663-72-6	2,3',4,4',5,5'-六氯联苯	1.33×10^{-3}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S
69782-90-7	2,3,3',4,4',5'-六氯联苯	1.33×10^{-3}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S
38380-08-4	2,3,3',4,4',5-六氯联苯	1.33×10^{-3}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S
32774-16-6	3,3',4,4',5,5'-六氯联苯	1.33×10^{-6}	S	2.33×10^{-8}	S	3.9×10^{3}	OEHHA	3.9	S	1.14	S
35065-30-6	2,2',3,3',4,4',5-七氯联苯	4×10^{-4}	RAIS	7×10^{-6}	RAIS	-	-	13	RAIS	3.8×10^{-3}	RAIS
35065-29-3	2,2',3,4,4',5,5'-七氯联苯	4×10^{-3}	RAIS	7×10^{-5}	RAIS	-	-	1.3	RAIS	3.8×10^{-4}	RAIS

表 A.2 部分特征污染物毒性参数（续）

CAS 编号	中文名称	吸入参考剂量 RfC(mg/m^3)		经口摄入参考剂量 RfD_o (mg/kg·d)		呼吸吸入致癌斜率因子 SF_i(mg/kg·d)$^{-1}$		经口摄入致癌斜率因子 SF_o(mg/kg·d)$^{-1}$		呼吸吸入单位风险因子 IUR (ug/m^3)$^{-1}$	
		值	来源	值	来源	值	来源	值	来源	值	来源
39635-31-9	2,3,3',4,4',5,5'-七氯联苯	1.33×10^{-3}	S	2.33×10^{-5}	S	3.9	OEHHA	3.9	S	1.14×10^{-3}	S
5436-43-1	2,2',4,4'- 四溴联苯醚	-	-	1.0×10^{-4}	IRIS	-	-	-	-	-	-
60348-60-9	2,2',4,4',5- 五溴联苯醚	-	-	1.0×10^{-4}	IRIS	-	-	-	-	-	-
68631-49-2	2,2',4,4',5,5'-六溴联苯醚	-	-	2.0×10^{-4}	IRIS	-	-	-	-	-	-
1163-19-5	2,2',3,3',4,4',5,5',6,6'-十溴联苯醚	-	-	7.0×10^{-3}	IRIS	-	-	7.4×10^{-4}	IRIS	-	-

注：IARC：International Agency for Research on Cancer 国际癌症研究中心；IRIS：Integrated Risk Information System 美国综合风险评估系统；ATSDR：Agency for Toxic Substances and Disease Registry 美国毒物与疾病登记署；S：Soil Screening guideline 美国环保局土壤筛选导则；OEHHA：California Office of Environmental Health Hazard Assessment 美国加州环境健康危害评估办公室；RAIS：the Risk Assessment Information System 美国能源部风险评估信息系统。

附 录 B
（规范性）
暴露评估推荐模型

B.1 经呼吸道吸入的日均暴露量

$$EC_{inh} = \frac{C_{air} \times ET \times EF \times ED}{AT_{inh}} \quad \text{（B.1）}$$

式中：

EC_{inh} ——吸入室内（外）空气中污染物的暴露浓度，μg/m^3；
C_{air} ——空气中污染物浓度，μg/m^3；
ET ——暴露时间，hours/day；
EF ——暴露频率，days/year；
ED ——暴露持续时间，years；
AT_{inh}——经呼吸平均暴露时间，hours。

B.2 经消化道摄入的日均暴露量

B.2.1 经口摄入食物途径

$$ADD_{oral-food} = \frac{C_{f1} \times IR_{f1} \times FI \times EF_{f1} \times ED}{BW \times AT_1} + \ldots \frac{C_{fn} \times IR_{fn} \times FI \times EF_{fn} \times ED}{BW \times AT_n} \quad \text{（B.2）}$$

式中：

$ADD_{oral-food}$——摄入食物中污染物的日均暴露剂量，mg/(kg·d)；
C_f ——食物中污染物浓度，mg/kg；
IR ——食物摄入率，kg/meal；
FI ——摄入的食物来自污染源的比例，无量纲；
Ef_f ——食物暴露频率，meals/a；
ED ——暴露持续时间，years；
BW ——体重，kg；
AT ——平均暴露时间，d。

B.2.2 饮用地表（下）水途径

$$ADD_{oral-water} = \frac{C_w \times IR_w \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{（B.3）}$$

式中：

$ADD_{oral-water}$——摄入饮用水中污染物的日均暴露剂量，mg/(kg·d);
C_w ——水中污染物浓度，mg/L；
IR_w ——饮水摄入率，L/day；
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。

B.2.3 经口摄入土壤（尘）途径

$$ADD_{oral-soil} = \frac{C_{sx} IR_s \times CF \times FI \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{（B.4）}$$

式中：

$ADD_{oral-soil}$——摄入土壤（尘）中污染物的日均暴露剂量，mg/(kg·d)；

C_s ——土壤中污染物浓度，mg/kg；

IR_s ——土壤摄入率，mg soil/day；

CF ——转换因子，10^{-6} kg/mg；

FI ——摄入的土壤（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。

B.3 经皮肤接触的日均暴露量

B.3.1 皮肤接触土壤（尘）途径

$$ADD_{dermal-soil} = \frac{C_{sx} SA_s \times CF \times AF \times ABS_d \times EF_s \times ED}{BW \times AT} \quad \text{（B.5）}$$

式中：

$ADD_{dermal-soil}$——皮肤接触土壤（尘）中污染物的日均暴露剂量，mg/(kg·d)；

C_s ——土壤中污染物浓度，mg/kg；

CF ——转换因子，10^{-6} kg/mg；

SA_s ——与土壤（尘）接触的皮肤面积，cm^2/event；

AF ——皮肤对土壤（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_s ——暴露频率，events/year；

ED ——暴露持续时间，years；

BW ——体重，kg；

AT ——平均暴露时间，days。

B.3.2 皮肤接触地表（下）水途径

$$ADD_{dermal-water} = \frac{C_{wx} SA \times PC \times CF \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{（B.6）}$$

式中：

$ADD_{dermal-soil}$——皮肤接触地表（下）水中污染物的日均暴露剂量，mg/(kg·d)；

C_w ——水中污染物浓度，mg/L；

SA ——皮肤接触表面积，cm^2；

PC ——具体的化学物质皮肤渗透常数，cm/hour；

ET ——暴露时间，hours/day；

EF ——暴露频率，days/year；

ED ——暴露持续时间，years；

CF ——转换因子，1L/1000 cm^3；

BW ——体重，kg；

AT ——平均暴露时间，days。