

团 体 标 准

T/CSES 185—2025

场地土壤污染物人体暴露组解析技术 规范 废旧电子电器产品

Technical specification for exposome analysis for human exposure to toxic
contaminants from area—waste appliances and electronic product

2025-03-01 发布

2025-03-01 实施

中国环境科学学会	发 布
中国标准出版社	出 版

目 次

前言	III
引言	IV
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	3
5 初步调查	4
5.1 资料收集	4
5.2 现场踏勘	4
5.3 人员访谈	4
5.4 初步调查结果分析	4
6 场地调查	5
6.1 场地调查方案的制定	5
6.2 调查区域的选择	5
6.3 采样点布设与环境样品采集	5
6.4 环境样品分析	6
6.5 健康风险评估	7
7 人群调查	7
7.1 人群调查方案的制定	7
7.2 调查人群的选择	8
7.3 生物样品采集	8
7.4 问卷调查和体格检查	8
7.5 生物样品分析	9
7.6 数据库建立	10
8 暴露生物标志物的筛选	11
8.1 统计分析	11
8.2 综合判断	11
9 质量控制	12
9.1 总体要求	12
9.2 样品采集、保存、运输与实验室分析	12
9.3 数据审核与处理	12
10 报告编制	12
附录A(资料性) 场地土壤污染物人体暴露组解析技术规范 废旧电子电器产品编写提纲	13
附录B(资料性) 废旧电子电器产品的类别及清单	14

附录 C(规范性) 废旧电子电器产品材料中含有毒有害物质种类16

附录 D(资料性) 生物样品的选择、采集时间、采集量、采集方式、保存和运输条件17

附录 E(资料性) 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物18

附录 F(资料性) 废旧电子电器产品拆解区域毒害污染物分析推荐内标物28

参考文献30

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。

本文件由广东工业大学提出。

本文件由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：广东工业大学、生态环境部华南环境科学研究所、中国科学院广州地球化学研究所。

本文件主要起草人：安太成、熊举坤、李桂英、陈江耀、郑晶、罗伟铿、麦碧娴、林钦浩。

引 言

我国已成为电子电器产品生产和消费大国,许多产品已到了淘汰报废的高峰期。废旧电子电器产品的处理过程主要包括拆解、加工以及贵金属等原材料的回收。在此过程中形成的污染场地可能对人群健康造成威胁。为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国固体废物污染环境防治法》《中华人民共和国大气污染防治法》《中华人民共和国清洁生产促进法》和《中华人民共和国国民经济和社会发展的第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》,规范废旧电子电器产品拆解回收过程所排放毒害污染物暴露生物标志物筛选工作,推进发展识别废旧电子电器产品拆解回收区域毒害污染物毒性作用路径的靶向测试技术,构建精细化暴露评估技术体系,筛选内暴露及早期健康效应标志物,评估废旧电子电器产品拆解回收区域排放毒害污染物的人体健康风险,特制定废旧电子电器产品拆解回收区域毒害污染物人体暴露组解析技术规范。

场地土壤污染物人体暴露组解析技术规范

废旧电子电器产品

1 范围

本文件规定了废旧电子电器产品拆解回收区域毒害污染物人体暴露组解析的工作程序、初步调查、场地调查、人群调查、暴露标志物筛选等技术要求。

本文件适用于废旧电子电器产品收集、运输与贮存、再利用和处置全过程中形成的污染场地中毒害污染物(仅限化学污染物)暴露人群的暴露组解析工作。

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 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 16126 生物监测质量保证规范

HJ 25.2 建设用地土壤污染风险管控和修复监测技术导则

HJ/T 91 地表水和污水监测技术规范

HJ 164 地下水环境监测技术规范

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 630 环境监测质量管理技术导则

HJ 715 水质 多氯联苯的测定 气相色谱-质谱法

HJ 744 水质 酚类化合物的测定 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

NY/T 398 农、畜、水产品污染监测技术规范

T/CSES 94 场地土壤污染物人体暴露组解析技术规范 总纲

《健康体检管理暂行规定》(卫医政发[2009]77号)

《医疗机构临床实验室管理办法》(国卫办医函[2020]560号)

3 术语和定义

T/CSES 94界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

家用电器 household electric appliance

家里使用的电器及类似用途产品,包括电视机、冰箱、空调、洗衣机、吸尘器等。

3.2

电子产品 electronic product

信息技术(IT)和通信产品、办公设备,包括手机、计算机、打印机、传真机、复印机、电话机等。

3.3

废弃家用电器与电子产品 waste household appliances and electronic product

已经失去使用价值或因使用价值不能满足要求而被丢弃的家用电器与电子产品,以及其元(器)件、零(部)件和耗材。

注:废弃电器电子产品类别及清单按附录B。

[来源:GB/T 32885—2016,3.1,有修改]

3.4

粗放式的电子垃圾拆解 extensive e-waste dismantling

用火烤电路板取出电子元件,用酸洗的方式提取贵重金属,剩余的边角料焚烧,用过的废酸排放到河流及田地中的活动。

3.5

毒害污染物 toxic and harmful contaminants

电器与电子产品中含有的铅、汞、镉、六价铬、多溴联苯(PBBs)和多溴二苯醚(PBDEs),以及国家规定的其他有毒有害物质。

3.6

拆解 disassembly

通过人工或机械的方式将废弃电子电器产品进行拆卸、解体,以便再生利用和处置的活动。

3.7

再利用 recycle

从废弃电器与电子产品或废弃材料中提取物质作为原材料或者燃料的活动。

[来源:GB 34330—2017,3.3,有修改]

3.8

处理 treatment

对废弃电子与电器产品清除污染、拆解、破碎、再利用的活动。

[来源:GB/T 38098—2019,2.3]

3.9

处置 disposal

将废旧的电子电器通过物理、化学、生物等方法处理,达到减少已产生的固体废物数量、缩小固体废物体积、减少或者消除其危险成份的活动,或者将固体废物最终置于符合环境保护规定要求的填埋场的活动。

[来源:GB 34330—2017,3.5,有修改]

3.10

暴露 exposure

一种及一种以上的生物、化学或物理因子与人体在时间和空间上的接触。

[来源:HJ 875—2017,3.1]

3.11

暴露途径 exposure pathway

建设用地土壤和地下水中污染物迁移到达和暴露于人体的方式。

[来源:HJ 682—2019,2.4.11]

3.12

敏感目标 sensitive targets

污染源周围可能受污染物影响的居民区、学校、医院、饮用水源保护区以及重要公共场所等。

4 工作程序

区域毒害污染物人体暴露组解析可分为初步调查、场地调查、人群调查、暴露生物标志物筛选和报告编制5个阶段,工作流程如图1所示,具体工作程序见 T/CSES 94。

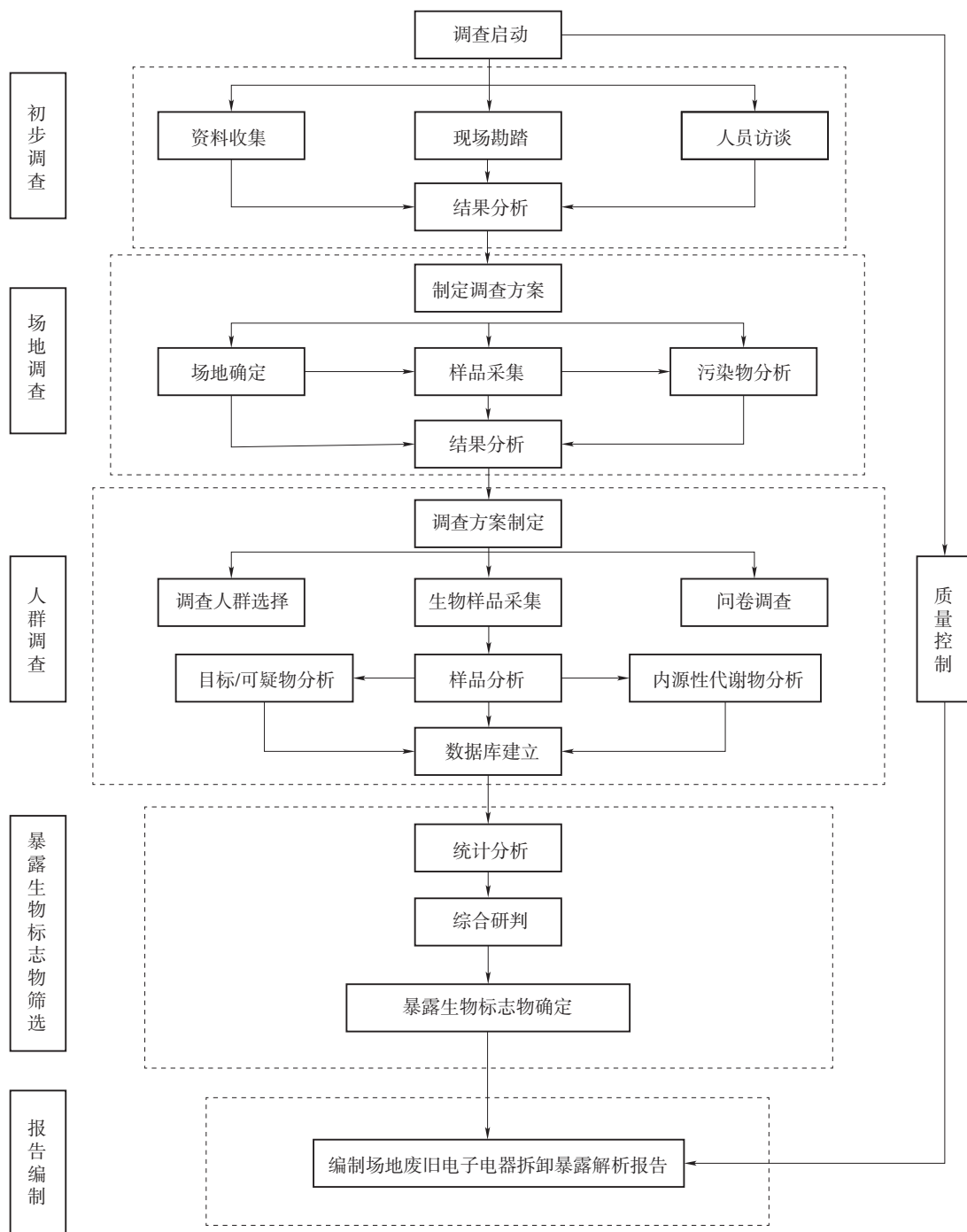


图1 场地土壤污染物人体暴露组解析工作程序

5 初步调查

5.1 资料收集

5.1.1 社会信息和环境污染相关资料

社会信息和环境污染相关资料如下：

- a) 区域及周边区域的自然信息资料包括地理位置、地形、地貌、土壤、水文和气象资料等；
- b) 社会信息资料包括人口密度及分布、敏感目标分布、经济社会发展状况和规划、国家和地方政策、法规与标准等。
- c) 环境污染相关资料(用来辨识区域及相邻区域开发及活动状况的区域环境保护规划、生态和水源保护区规划、土地利用规划、水文地质勘察报告、区域环境监测与风险评估报告、新闻报道和公众通知等),以及其他有助于评价场地状况的历史资料。

5.1.2 废旧电子电器产品拆解、加工与回收污染资料

区域及周边区域从事废旧电子电器产品拆解、加工和回收专业处理民营企业以及作坊数量和规模,当前及历史拆解废旧电子电器产品种类及数量,拆解回收处理废旧电子电器产品的工艺、规模及工艺流程图,回收处置电子电器废弃物所采用的处理方法。区域及周边专业处理民营企业以及作坊平面布置图,区域及周边各类管网分布资料、环保设施分布及使用情况,废旧电子电器产品拆解、加工、回收等“三废”排放状况及去向等,以及相关企业的环境影响评价报告书或报告表、清洁生产审核报告、排污许可及排放记录、污染治理设施运行状况记录、环境污染事故记录等文件或文字资料。

5.2 现场踏勘

在资料收集和初步分析的基础上,通过现场踏勘进一步了解废弃电器电子产品拆解区域及周边区域的现状和历史情况,以及敏感目标的分布和暴露人群的特征。现场踏勘的范围、方法、主要内容及重点见 HJ 25.1 和 HJ 25.3。

5.3 人员访谈

对资料收集与现场踏勘所涉及的疑问,采取面谈、电话交流或书面调查等方式,对区域现状或历史的知情人进行访谈,进行信息补充和已有资料的考证。具体访谈对象、方法、内容等见 HJ 25.1 和 HJ 25.3。

5.4 初步调查结果分析

5.4.1 不确定性分析

暴露情景假设、数据收集、参数取值过程中可能存在不确定性,评估单位或人员应对评估中使用的每项数据是否存在不确定性进行判断和说明,同时说明降低不确定性的措施。不确定性产生的原因通常包括以下几方面：

- a) 对人群暴露环境污染物的科学认识不足；
- b) 现有条件下无法或难以获得相关数据,通过替代或缺省数据以及各种外推导致的数据不完整或缺乏代表性；
- c) 污染源排放、暴露途径、暴露浓度、暴露人群及时间-活动模式等关键参数的抽样误差、测量误差变异性等。

可通过模型参数敏感性分析、蒙特卡罗模拟等方法对暴露评估的不确定性进行分析。

5.4.2 初步调查分析

对经收集、踏勘和访谈获得的资料信息进行分析,明确区域内及周边区域可能存在的污染源,并进行分析。分析内容应包含其可能的污染类型、污染状况和来源,从而判定目标暴露人群,具体诸如以下内容。

- a) 通过查阅和分析经收集、踏勘和访谈获得的资料信息,根据专业知识和经验判断,识别场地被污染的可能性和疑似污染区域,初步判断各类污染物类型,明确目标暴露人群,明确是否开展场地调查。
- b) 开展场地调查应同时满足:场地当前或历史上存在电子电器拆卸的污染源;废旧电子电器拆卸行业生产活动对周边区域造成污染且存在人群暴露,可能带来健康风险。
- c) 场地内废旧电子电器拆卸重金属污染源和有机污染源引起的土壤污染不存在人群健康风险或造成人群健康风险的可能性极低时,可终止调查。
- d) 除废旧电子电器拆卸行业,场地内或周边还存着其他重要污染源,可能对研究结果产生重大影响的,具体调查方法见 T/CSES 94。

6 场地调查

6.1 场地调查方案的制定

根据初步调查结论制定区域调查方案,内容包括调查目的、调查周期、调查区域、采样点布设、样品采集、保存、运输、实验室分析、数据处理、质量控制等。通过区域调查,确定区域存在污染物种类、浓度和空间分布,识别区域特征污染物的人群暴露情景和暴露途径。

6.2 调查区域的选择

6.2.1 污染区的确定

对于污染区的确定应遵循以下要求。

- a) 综合分析区域大气、水体、土壤和地下水污染物的来源特征、迁移转化、暴露途径和人群分布等,确定污染区的范围。污染区包括废旧电子电器产品拆解区、加工区、回收再生利用区、废弃物处置区以及周边潜在污染区域。
- b) 根据区域使用功能,进一步将区域内划分为废旧电子电器产品堆放区、拆解区、加工区、废弃物处理区、生活区等分区,其中拆解区、加工区和废弃物处理区可根据生产工艺、构筑物等因素进一步划分为不同生产单元。

6.2.2 对照区的确定

设置调查对照区时,要求对照区不存在废旧电子电器产品污染物(如大气、水体、土壤和地下水)影响潜在特征大气、水体、土壤和地下水的污染物相关的污染源,并且对照区应具备与污染区类似的自然条件、社会经济状况和人口特点。

6.3 采样点布设与环境样品采集

6.3.1 采样点位布设

污染区和对照区:应分别布设采样点,污染区的点位布设应尽量涵盖所有分区单元。区域常年季风

下风向及重要居民区应加密布点,且采样点应远离交通干道,并结合污染物、构筑物等特征进行布设。污染区与对照区的样本量应保持一致或接近。

6.3.2 环境样品的采集

采集的环境介质包括环境空气、地表水、土壤和地下水等,具体内容如下。

- a) 环境大气:采样包括废旧电子电器产品堆放区、拆解区、加工区、废弃物处理区、生活区等室内、室外场所,采样点的布设与样品采集按 HJ/T 167、HJ 194 执行。
- b) 环境水体:对废旧电子电器产品拆解、加工以及回收等污染的区域,当地表水或地下水为饮用水源,可考虑开展地表水或地下水监测。点位布设:污染区和对照区的地表水水质的调查点位布设原则和方法按 HJ/T 91 执行。地下水水质的调查点位布设原则和方法按 HJ 164 执行。样品采集:环境水体(地表水、地下水)的点位布设、样品采集、保存运输及质量控制按 HJ/T 91、HJ 164 执行;底泥样品的点位布设、采集、保存、运输及质量控制按 HJ/T 91 执行。
- c) 环境土壤:采样点的布设方法包括系统随机布点法、系统布点法和分区布点法,点位布设原则和采样方法按 HJ 25.2 执行,一般只开展一期调查。
- d) 室内积尘:当废旧电子电器产品拆解、加工、回收等污染区域的企业为正在生产,且排放废气中存在特征污染物时,可考虑开展室内积尘监测。包括废旧电子电器产品拆解、加工和回收等污染区工作场所和周边居民家庭,以及对照区居民家庭的灰尘样品,点位布设和样品采集按 HJ 839 执行,点位布设和采样频次与室内空气调查保持一致。
- e) 农作物:当废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业污染区域存在农用地并且这些土地主要用于自产自食时,可考虑开展农作物调查。根据当地膳食结构及食用频率确定调查主要农作物种类,每种农作物应采集不少于 6 个样品。以土壤采样为采样单元,采集相应粮食、蔬菜等主要农产品,种植农作物应与土壤样品同步采集,样品采集、保存、运输及质量控制按 NY/T 398 执行。
- f) 土壤气:当初步调查表明区域可能存在挥发性有机物等可以气态形式赋存于土壤气中的污染物时,可结合土壤、地下水采样点的布置,设置监测并对土壤气进行采样调查,土壤气监测井的设置、样品采集、保存等环节的技术要求按 HJ 25.2 执行。
- g) 废水:废旧电子电器产品拆解、加工、回收废弃污染物处理在产企业可考虑开展废水监测,样品采集、保存和流转宜见 HJ 91.1 和 HJ/T 397。

6.4 环境样品分析

6.4.1 废旧电子电器拆卸与回收行业重点污染物

废旧电子电器产品拆解与回收行业应重点关注重金属如铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)等,以及塑料、氟氯化碳、聚乙烯联苯、多氯联苯(PCBs)、多溴联苯(PBBs)和多溴联苯醚(PBDEs)等有毒有害物质。常见废旧电子电器产品毒害污染物及特征污染物见附录 C。

6.4.2 目标物分析

根据废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业确定区域潜在特征污染物,对废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业特征重金属类污染物及其化合物、特征有机化合物等重点关注的污染物宜进行定量分析获得浓度水平。分析方法宜优先采用国家、地方和行业相关标准。标准中未涵盖污染物的分析可采用经验证的实验室自建方法。

6.4.3 可疑目标筛查和非目标筛查

宜结合高效液相色谱/气相色谱质谱等手段对废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业污染区域中潜

在有毒有害有机污染物进行分析,宜结合电感耦合等离子体质谱等手段对有毒有害金属污染物进行分析,筛选判断产地特征污染物及/或其分解产物。

- a) 环境大气中挥发性有机污染物(VOCs)和半挥发性有机污染物(SVOCs)筛查前处理及分析方法见 HJ 1270、HJ 1194 和 HJ 759,筛查获得的组间差异特征峰经鉴定取得差异化合物信息。
- b) 环境水体和地下水中毒害有机污染物筛查前处理及分析方法应按照 HJ 744 和 HJ 715 执行,通过筛查获得的组间差异特征峰经鉴定取得差异化合物信息。
- c) 环境土壤和沉积物中毒害有机污染物筛查前处理及分析方法见 HJ 834,筛查获得的组间差异特征峰经鉴定取得差异化合物信息。室内积尘样品的前处理和分析检测可参照土壤样品的方法进行优化,筛查获得的组间差异特征峰经鉴定取得差异化合物信息。
- d) 为便于废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征污染物筛查和鉴定,根据废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征有机污染物及其迁移转化规律,结合文献调研,依托 Metabolite Link(METLIN)、The Toxic Exposome Database(T3DB)、PubChem 等化合物开源数据库,建立包含废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征有机污染物分子结构信息的本地化数据库,特征有机污染物的具体信息见附录 D。

6.4.4 综合判断

整理调查信息和监测结果,评估数据质量,分析数据的有效性和充分性,以确定是否需要补充采样分析。根据环境介质中污染物分析结果,识别暴露区显著高于对照区的化合物,并结合废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业污染物排放情况综合研判,以形成该废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征污染物清单。

6.5 健康风险评估

6.5.1 暴露评估、风险表征、风险判断的具体方法执行见 T/CSES 94。

6.5.2 宜对暴露区和对照区及不同人群亚组进行暴露情景识别及暴露计算,相关内容如下。

- a) 暴露区宜包括:拆解区、加工区、回收区、废弃物处理区等。
- b) 暴露途径宜包括:手-口摄入途径、皮肤接触途径,呼吸吸入、摄食暴露途径等。
- c) 暴露量计算过程宜重点关注重金属及其化合物[如铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)等]等废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业特征有毒有害污染物,同时重点关注塑料、溴代阻燃剂、氟氯化碳、聚乙烯联苯、多氯联苯(PCBs)、多溴联苯(PBBs)和多溴联苯醚(PBDEs)等有毒有害有机化合物。

6.5.3 根据受体人群在不同暴露情景下对应的暴露量,评估废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域人群的健康风险水平,若风险超过可接受水平则开展人群调查,若风险未超过可接受范围内水平则结束调查。

7 人群调查

7.1 人群调查方案的制定

根据废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征污染物清单中污染物的特点及其暴露途径,识别潜在体内负荷污染物及其代谢产物,并制定人群调查方案。人群调查方案应包括调查人群选择、样本量确定、人群抽取、问卷调查、体格检查、体内负荷水平测定、内源性代谢物分析等内容。在开展人群调查前,应进行医学伦理审查并取得知情同意。

7.2 调查人群的选择

确定调查人群。充分考虑废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征污染物的高暴露人群、一般暴露人群(污染区非职业暴露居民)和对照区人群(对照区非职业暴露居民)。

- a) 根据高暴露人群工种差异、一般暴露人群暴露特征等信息,可进一步在组内细分不同暴露等级的人群分组。
- b) 暴露人群和对照人群在调查区域居住不少于3年,且每年居住时间不少于6个月。
- c) 不同组别(高暴露人群、一般暴露人群、对照人群)年龄性别比例需保持一致,组内男女比例尽量保持1:1。

调查人群样本量的确定与抽取方法见HJ 839。组内调查人群宜尽量涵盖不同暴露等级的人群分组。

7.3 生物样品采集

应综合考虑污染物筛查、内源性代谢物分析、生化指标及特征效应指标检测所需要的生物样品类型、用量及采集储存方式,统筹安排并同步采集。通常选择血液、尿液、毛发、指甲等人体生物材料进行污染物体内负荷水平分析和内源性代谢物分析。人体生物材料的选择、采集时间、采集量、采集方式、保存和运输条件等见附录D,具体操作按照T/CSES 94执行。相关样本宜在生化指标及特征效应指标检测时协同采集。

7.4 问卷调查和体格检查

7.4.1 健康问卷调查

采集生物样品的同时,对调查人群开展问卷调查,问卷应包括基本情况、行为生活方式、职业相关情况、环境相关情况、患病史情况、近三个月身体状况等内容。

健康问卷调查以收集暴露行为模式和健康资料为目的,内容包括:

- a) 基本情况:年龄、性别、身高、体重、民族、文化程度、婚姻状况、收入水平等。
- b) 环境、职业危险因素:居住环境、职业因素等。
- c) 行为特征:吸烟、饮酒、饮茶、饮食习惯等,重点调查与环境污染暴露有关的行为生活方式。
- d) 既往疾病史:家族史、遗传病史、慢性病史、职业病史、近期患病情况等。
- e) 健康影响指标:根据污染物类型及其导致的健康效应,确定调查人群相关疾病的患病情况,如恶性肿瘤、呼吸系统疾病、消化系统疾病、循环系统疾病和神经系统疾病等。

7.4.2 体内负荷水平调查

根据废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业中的区域污染物可能引起的健康效应,收集调查人群生物样品(血液、尿液、指甲、毛发等),测定其中污染物及其代谢物的含量。生物样品采集时间、采样方法、样品保存、运输、实验室分析、质量控制、数据处理和报告等按GB/T 16126执行。

7.4.3 体格检查

根据环境污染引起的健康效应,选择相关指标进行体格检查。体格检查包括一般检查、辅助检查、涉及特征污染物健康影响特征的专项检查和效应指标检测。体格检查实验室要符合《健康体检管理暂行规定》(卫医政发[2009]77号)和《医疗机构临床实验室管理办法》(国卫办医函[2020]560号)的相关规定。

7.5 生物样品分析

7.5.1 污染物分析

结合生物样品类型和区域污染物特征,综合采用目标物分析、可疑目标分析、非目标分析、对潜在体内负荷污染物及其代谢产物进行分析。

7.5.1.1 目标物定量分析

目标物定量分析相关内容如下。

- a) 根据废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业特征,废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业主要特征人体内负荷污染物为重金属如铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)等及其化合物、塑料、氟氯化碳、聚乙烯联苯、多氯联苯(PCBs)、多溴联苯(PBBs)和多溴联苯醚(PBDEs)等有毒有害物质。此外,废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业还可能存在代谢物多环[羟基类多环芳烃(OH-PAHs)、硝基类多环芳烃(O₂N-PAHs)、含氧类多环芳烃等]等有机污染物暴露。根据区域调查结果,对于重点关注的目标物及其代谢产物,可采用定量分析方法检测。
- b) 目标物的分析宜优先采用国家、地方和行业相关标准。标准中未涵盖目标物的分析可采用经验证的实验室自建方法。人体血液和尿液中金属元素的分析方法可见 T/CSES 94 和 T/CSES 97。人体血液和尿液中有毒有害有机污染物的分析方法可见 T/CSES 94。
- c) 对暴露人群和对照人群检出的目标污染物浓度水平进行统计描述,预处理和数据质量评价。根据数据特征采用 *t*-test/非参数检验进行组间比较,对于暴露人群显著高于对照人群的化合物($P<0.05$),经判断其合理性后作为特征污染物保留。

7.5.1.2 可疑目标分析和非目标分析

可疑目标分析和非目标分析相关内容如下。

- a) 结合废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域调查获得的污染物清单和文献调研,推导废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业污染区域人群生物样品中可能的特征有机污染物及其代谢产物,并结合 METLIN、T3DB、PubChem 等化合物开源数据库,在 6.4.1d) 所构建数据库的基础上,补充羟基多环芳烃、硝基多环芳烃、羟基多氯联苯等 SVOCs 代谢产物,建立包含废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业污染区域的特征有机污染物及其代谢产物分子结构信息的本地化筛查数据库见附录 E。
- b) 可疑目标分析和非目标分析方法见 T/CSES 94。
- c) 结合废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业污染区域特征有机污染物类型,可疑目标/非目标分析中推荐使用内标物见附录 F。

7.5.1.3 评估和验证

整理调查信息和结果,评估数据的质量,分析数据的有效性和充分性以及结果的可靠性,确定是否需要补充采样分析。根据生物样品中污染物定性和定量分析结果,对获得的暴露人群显著高于对照人群的差异化合物进行分析评判,获得废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征体内负荷污染物及/或其代谢产物清单。

7.5.2 内源性代谢物分析

根据清单中污染物及/或其代谢产物健康效应类型和毒性参数,确定内源性代谢物分析所需的生物

样品类型及检测手段。推荐使用血液和尿液,检测手段包括目标分析与非目标分析。血液中代谢组学分析方法见 T/CSES 94 和 T/CSES 97。数据文件经标准化处理后,使用多变量化学计量学方法评估和验证各离子对各组样本分类判别的影响强度和解释能力,挖掘具有生物学意义的差异离子,并通过进一步结构鉴定获得特征内源性代谢物。

7.6 数据库建立

7.6.1 数据库建立方法

本文件基于数据库整体架构设计需求,运用前后端分离的方式搭建了暴露组学数据管理与分析系统的分层架构。该构架的具体分层如图 2 所示,自上向下包含应用层、API 网关、业务层、数据服务层、微服务平台层及基础设施层。

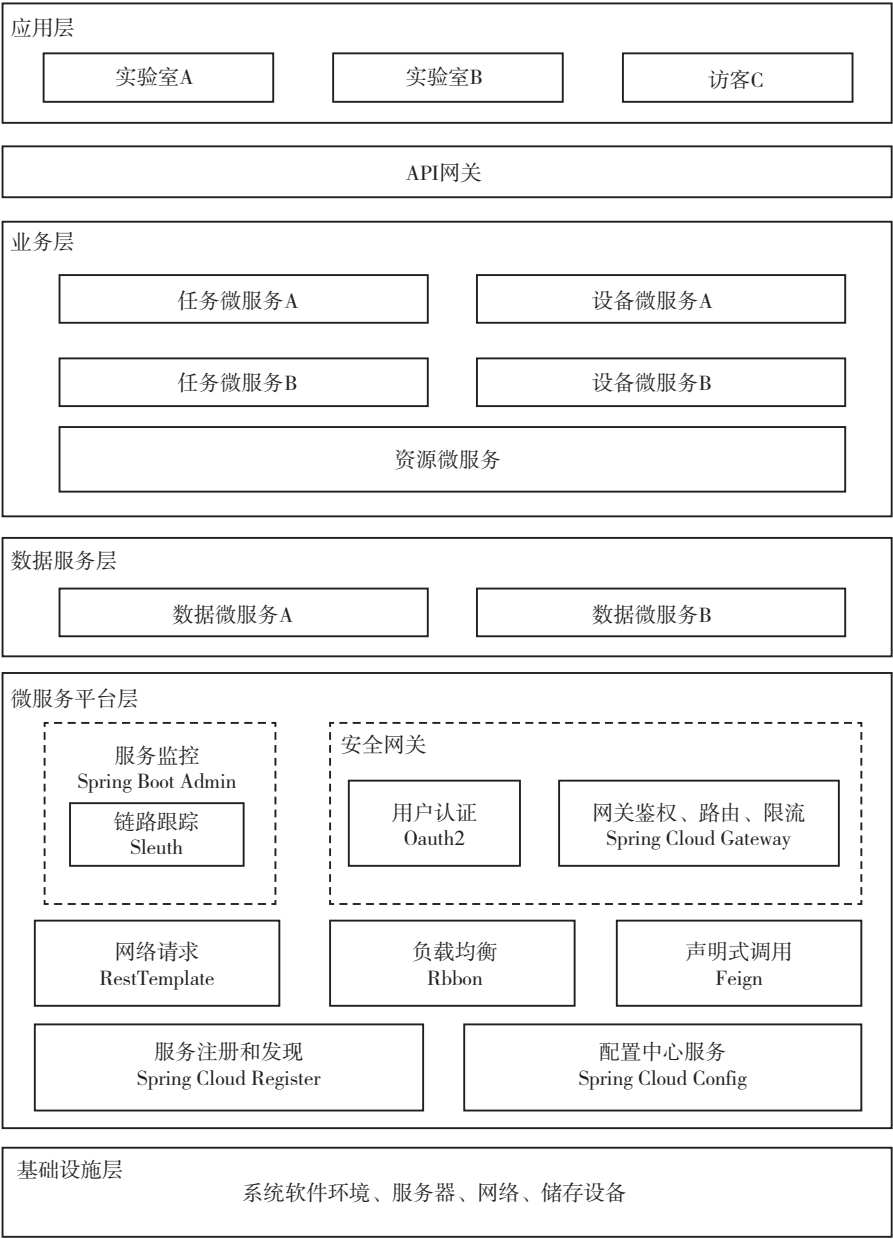


图 2 暴露组学数据管理与分析系统架构的分层设计

7.6.1 标准化模板建立

针对采样点信息、内外暴露数据、健康体检与流行病学数据,制定了标准化模板,规定了数据的录入格式、字段定义及数据校验规则,设计了一套全面的数据标准化模板体系。采样点模板涵盖经度、纬度、地点、外暴露类型及采样点类型等,为数据采集提供精准框架。环境内外暴露模板规范了数据记录格式,包含样本编号、样本类型、检测污染物、检测结果数据及数据来源等。体检与流行病学数据模板涵盖样品编号、检测项目、检测结果等,确保体检数据在项目名称和记录方式上的标准化。

7.6.2 数据规范化整理

利用Epidata软件,对采集的原始数据进行全面审查,识别并修正明显错误,剔除重复数据记录,确保每条数据的唯一性。依据数据的不同性质与用途,将数据划分为研究项目数据、污染物暴露数据、健康体检数据等多种类型,并制定了针对性的处理与存储方法。对于研究项目数据,着重精确记录采样点信息、污染物种类及检测项目;对于污染物暴露数据与健康体检数据,则强调数值的准确性与单位的一致性。

7.6.3 数据质量控制

为确保数据库中数据的准确性、完整性与一致性,建立了多层次的数据质量控制机制。对于定量数据,设定合理的数值范围和精度要求;对于定性数据,明确分类标准和编码规则。例如,对污染物浓度数据,规定检测下限和上限,超出范围的数据需进一步核实或修正;对问卷调查中的选项数据,确保编码准确无误,避免因编码错误导致的数据解读偏差。

8 暴露生物标志物的筛选

8.1 统计分析

以特征内源性代谢物和生化指标等健康效应指标为因变量,特征污染物浓度值和暴露风险等为自变量,采用回归模型定量分析废弃电器电子产品拆解区域特征污染物暴露与健康效应指标之间的关联。考虑研究对象的人口学特征(如年龄、性别、民族、文化水平等)、行为活动情况(如饮食、吸烟、饮酒、运动习惯、睡眠等)、健康因素情况(如职业暴露史、既往病史、家族史、就医行为等)和社会因素(如文化程度、收入水平、婚姻状况、本地居住史等)的影响,将这些因素其作为协变量纳入关联分析。自变量、因变量和协变量的选取应有科学依据及生物学理论基础。根据变量类型选取区域特征污染物与健康效应指标的关联分析方法,并采用错误发现率(FDR)对显著相关性进行多重验证。一般认为修正后的FDR($P < 0.05$)具有统计学意义。增加文字说明表述具体分析方法执行见T/CSES 94。

8.2 综合判断

8.2.1 采用专家打分,组织权威专家对特征污染物/代谢产物进行讨论,依据综合判断或根据主要因素制定权重后评分排序,最终确定暴露生物标志物及对应的样品类型。考虑的主要因素包括:

- a) 指示环境暴露的特异性;
- b) 与废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域特征有毒有害污染物的关联,对应暴露途径和暴露情景;
- c) 与废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业拆解类型、加工类型、回收类型、废弃物处理类型、工艺类型的关联;
- d) 人体负荷水平、检出率;

- e) 当前研究情况,包括与废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业的关联、分析方法的成熟度、已有
人群研究的检出率和负荷水平、毒性效应、人群潜在暴露风险等。

8.2.2 获得的暴露生物标志物应具有代表性、敏感性、特异性和可行性,一般不宜多于10种(类)污染物。

9 质量控制

9.1 总体要求

9.1.1 项目参与人员应接受技术培训,考核合格后上岗。

9.1.2 实验室运行管理规范,配备所承担任务相配套的实验室仪器设备和人员,有完备的质量控制与质量保证管理系统。

9.1.3 项目实施过程中严格执行对应的技术规范、标准等条款,保证仪器设备、样品采集、实验室条件、实验室质量控制、标样试剂等符合调查要求。

9.1.4 校准和比对所需测量分析的工具及仪器,包括体格检查、环境监测仪器及实验室分析仪器的准确度和精密度,合格率应达到100%。

9.2 样品采集、保存、运输与实验室分析

9.2.1 环境样品的采集、保存、运输的质量控制按HJ 630和HJ 25.2执行;人群生物样品的采集、保存、运输的质量控制按GB/T 16126执行;体格检查的质量控制按《医疗机构临床实验室管理办法》(国卫办医函〔2020〕560号)执行。

9.2.2 环境样品和人体生物样品分析方法原则上优先选择国家标准、行业标准、国际标准、国外标准等规范性方法,或者公认权威的分析方法。分析过程的质量控制与质量保证技术要求执行对应标准中相关要求。

9.2.3 自行扩充和修改过的标准方法、实验室自建方法宜按HJ 630进行方法确认,建立并严格执行实验室分析质量控制技术要求。质控样品的检测不在合格范围内应即时查找原因进行纠正。

9.2.4 开展可疑目标筛查和非目标筛查时,宜结合区域污染物类型选择合适的内标物质;通常采用多个同位素标记的化合物作为内标物,并确保其保留时间均匀覆盖色谱图或全部保留时间窗口。

9.3 数据审核与处理

9.3.1 数据的录入、整理与分析处理按GB/T 8170执行。编制数据清理计划,按统一的标准化方式处理所有数据,检查数据的规范性、完整性、合理性、唯一性、准确性、可溯源性,将核查问题汇总并分析后,采取标准化、修订、补遗或去除等处理。

9.3.2 异常数据或样品的识别和剔除应基于充分的理由,并且需要考虑可能影响因素及合理性。

9.3.3 根据数据特征选择正确的统计分析方法,注意辨析混杂因素及其影响。

10 报告编制

废旧电子电器产品拆解、加工、回收行业区域有毒有害污染物人体暴露组解析报告应全面且真实的反映人体暴露组解析工作,文字应简洁准确。调查方案、原始数据、计算和分析过程应编入报告附录。报告应包括背景介绍(区域基本情况、解析目的、程序和方法)、初步调查、区域调查、人群调查、暴露生物标志物筛选、质量控制、结论及建议等章节。

附录 A

(资料性)

场地土壤污染物人体暴露组解析技术规范 废旧电子电器产品编写提纲

A.1 前言

包括任务来源、目的任务、协作单位、主要工作量等。

A.2 区域及调查区水文地质、环境地质和环境风险暴露概况

水文地质概况包括地下水系统划分及其空间分布形态和范围,地下水补给径流排泄条件、与地表水之间的交换关系、河道演变、湖区水环境及水资源利用情况;环境地质概况主要包括城市及石化企业污水、固体废弃物排放种类及分布,土壤污染状况,地表水污染状况等;环境风险暴露概况包括人群暴露环境污染物历史、现状和发展趋势、开展环境污染物人群健康风险评估、研究环境污染物对人群健康的影响等。

A.3 工作内容与技术要求

针对调查内容,结合调查区特点,分节论述所采用的工作方法与各自的技术要求;可分为初步调查、场地调查、人群调查、暴露生物标志物筛选和报告编制5部分。

A.4 目标污染物的环境问题

阐述场地土壤质量参数、目标污染物的基本信息和理化特性、场地内外目标污染物的来源及分布、目标污染物的毒性效应,以及近年我国土壤中目标污染物的污染情况。

A.5 暴露标志物数据的获取

详细描述环境样品和生物样品的采集,以及数据获取中数据收集、筛选与评价的步骤、方法和结果。主要包括:

- a) 场地生态安全土壤环境基准推导所需的数据类型;
- b) 数据收集所用的毒性数据库、文献数据库、检索时间、检索方案和检索结果等;
- c) 标志物数据的筛选方法和筛选结果;
- d) 数据的评价过程和评价结果。

A.6 质量控制与质量评价

本文件技术要求的相符性进行评价的结果。项目实施过程中严格执行对应的技术规范、标准等条款,保证仪器设备、样品采集、实验室条件、实验室质量控制、标样试剂等符合调查要求。上述相关内容应符合本文件要求。

附录 B

(资料性)

废旧电子电器产品的类别及清单

B.1 废旧电子电器产品类别

废旧电子电器产品包括计算机产品、通信设备、视听产品及广播电视设备、家用及类似用途电器产品、仪器仪表及测量监控产品、电动工具和电线电缆共七类,并包括构成其产品的所有零(部)件、元(器)件和材料。

B.2 各类废旧电子电器产品清单

B.2.1 计算机产品

计算机产品清单如下:

- a) 电子计算机整机产品;
- b) 计算机网络产品;
- c) 电子计算机外部设备产品;
- d) 电子计算机配套产品及材料;
- e) 电子计算机应用产品;
- f) 办公设备及信息产品。

B.2.2 通信设备

通信设备清单如下:

- a) 通信传输设备;
- b) 通信交换设备;
- c) 通信终端设备;
- d) 移动通信设备及移动通信终端设备;
- e) 其他通信设备。

B.2.3 视听产品及广播电视设备

视听产品及广播电视设备清单如下:

- a) 电视机;
- b) 摄录像、激光视盘机等影视产品;
- c) 音响产品;
- d) 其他电子视听产品;
- e) 广播电视制作、发射、传输设备;
- f) 广播电视接收设备及器材;
- g) 应用电视设备及其他广播电视设备。

B.2.4 家用及类似用途电器产品

家用及类似用途电器产品清单如下：

- a) 制冷电器产品；
- b) 空气调节产品；
- c) 家用厨房电器产品；
- d) 家用清洁卫生电器产品；
- e) 家用美容、保健电器产品；
- f) 家用纺织加工、衣物护理电器产品；
- g) 家用通风电器产品；
- h) 运动和娱乐器械及电动玩具；
- i) 自动售卖机；
- j) 其他家用电动产品。

B.2.5 仪器仪表及测量监控产品

仪器仪表及测量监控产品清单如下：

- a) 电工仪器仪表产品；
- b) 电子测量仪器产品；
- c) 监测控制产品；
- d) 绘制、计算及测量仪器产品。

B.2.6 电线电缆

电线电缆清单如下：

- a) 电线电缆；
- b) 光纤、光缆。

附录 C

(规范性)

废旧电子电器产品材料中含有毒有害物质种类

表 C.1 给出了废旧电子电器产品材料中含有毒有害物质种类。

表 C.1 废旧电子电器产品材料中含有毒有害物质种类

序号	零(部)件、元(器)件及材料	有毒有害物质	说明
1	含多氯联苯(PCBs)系列的电容器	PCBs、PCT	多氯二联苯(PCBs)和多氯三联苯(PCT)常作电容器绝缘散热介质。大的电容器用于功率因素校正和类似的功能的电器上,小的电容器用在荧光和其他放电照明器以及用于家用电器上的分马力电机。大型家用电器用电容器的较多
2	电池	Hg、Pb、Cd	含有重金属,如铅、汞和镉等的电池、氧化汞电池、镍镉电池以及锂电池等
3	含镉的继电器、传感器、开关等电接触件	Cd	触点材料为银氧化镉(AgCdO)的电器等电接触件
4	含汞的开关	Hg	利用汞(水银)位置变化,使电器倾倒时起断电保护的开关、电接触器、温度计、自动调温装置、位置传感器和继电器
5	印制电路板	Pb、Cr ⁶⁺ 、Cd、Br、Cl	印制电路板上各种元器件,其中SMD芯片电阻器、红外监测器和半导体中含有镉;封装电子组件用锡铅焊料中含有铅;印制电路板上含有溴化阻燃剂
6	阴极射线管(CRT)	Pb	阴极射线管上含铅的玻璃
7	气体放电灯等背投光源	背投光源里的Hg	液晶显示器的背投光源及投影系统的高压汞灯
8	含有卤化阻燃剂的塑料	Br、Pb、Cd	既含有作阻燃剂的多溴联苯或多溴二苯醚,又有作稳定剂、脱模剂、颜料的铅与镉
9	氯氟烃(CFCs)、氢氯氟烃(HCFCs)等或含有碳氢化合物(HCs)的制冷剂	CFC、HCFC、HFC、HCs	制冷机、冰箱等的制冷回路中含有消耗臭氧层或温室效应潜能(GWP)大于15的制冷剂,如氯氟烃(CFC)、氢氯氟烃(HCFC)、氢氟烃(HFC)或碳氢化合物(HCs)
10	石棉废物及含有石棉废物的元件	粉尘	电子电器中用作保温、绝缘的石棉布、石棉绳、软板等石棉系列
11	调色墨盒、液体、膏体和彩色墨粉	Pb、Cd、特殊碳粉	在打印机、复印机和传真机中使用的调色墨盒、液体、膏体和彩色墨粉,含有铅、镉以及特殊碳粉
12	耐火陶瓷纤维(RCFs)的元件	玻璃状的硅酸盐纤维	用于家用电器中的加热器和干燥炉的内层。它们含有随意方向的碱性氧化物(Na ₂ O+K ₂ O+CaO+MgO+BaO),其含量小于或等于18%(质量分数),与石棉有相同的性质
13	含有陶瓷纤维物质的部件	离子化辐射	一些类型的烟尘探测器含有放射性元素
14	硒鼓	Cd、Se	涂覆了砷化硒或硫化镉涂层的复印机硒鼓

附 录 D

(资料性)

生物样品的选择、采集时间、采集量、采集方式、保存和运输条件

表 D.1 给出了废旧电子电器拆卸区域人体样品采集和保存条件。

表 D.1 废旧电子电器产品拆卸区域生物样品采集保存和运输条件

生物样品	项目	金属元素	有机污染物	内源性代谢物
血液	目标化合物	铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)等	氟氯化碳、聚乙烯联苯、多氯联苯(PCBs)、多溴联苯(PBBs)和多溴联苯醚(PBDEs)等SVOCs代谢产物	氨基酸、糖、有机酸、脂肪酸、核苷、核苷酸等
	采集量	2 mL	2 mL	2 mL
	采集方式	采用无抗凝采血管静脉采集		采用抗凝采血管静脉采集
	保存和运输	冷藏运输, -80℃冷冻保存		
尿液	目标化合物	铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)等	氟氯化碳、聚乙烯联苯、多氯联苯(PCBs)、多溴联苯(PBBs)和多溴联苯醚(PBDEs)等SVOCs代谢产物	氨基酸、糖、有机酸、脂肪酸、核苷、核苷酸等
	采集量	20 mL	20 mL	20 mL
	采集方式及保存运输	一次性聚乙烯尿杯采集中段尿, 冻存管分装冷藏运输, -80℃冷冻保存		
毛发	目标化合物	铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)等	氟氯化碳、聚乙烯联苯、多氯联苯(PCBs)、多溴联苯(PBBs)和多溴联苯醚(PBDEs)等SVOCs代谢产物	氨基酸、糖、有机酸、脂肪酸、核苷、核苷酸等
	采集量	0.1 g 以上	0.1 g 以上	0.1 g 以上
	采集方式及保存运输	采集枕部近头皮 2 mm~3 mm 处长 1 cm 左右的人体毛发常温干燥保存		
指甲	目标化合物	铜(Cu)、锌(Zn)、铅(Pb)、汞(Hg)、铬(Cr)、镉(Cd)等	氟氯化碳、聚乙烯联苯、多氯联苯(PCBs)、多溴联苯(PBBs)和多溴联苯醚(PBDEs)等SVOCs代谢产物	氨基酸、糖、有机酸、脂肪酸、核苷、核苷酸等
	采集量	5 片左右成型的指甲	5 片左右成型的指甲	5 片左右成型的指甲
	采集方式及保存运输	采集目标人群成型的指甲(指甲游离缘)用干净的纸包好并放入密封袋中干燥保存		

附录 E

(资料性)

废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物

表 E.1 给出了废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物。

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物

类别	序号	中文名	英文名	CAS
卤代烃类	1	二氯二氟甲烷	Dichlorodifluoromethane	75-71-8
	2	三溴甲烷	Tribromomethane	2909-52-6
	3	氯乙烯	Chloroethene	93050-82-9
	4	溴甲烷	Bromomethane	74-83-9
	5	三氯氟甲烷	Trichloromonofluoromethane	75-69-4
	6	二氯甲烷	Dichloromethane	75-09-2
	7	氯二溴甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1
	8	二氯甲烷	Chloride methylene	75-09-2
	9	1,1-二氯乙烷	1,1-Dichloroethane	75-34-3
	10	1,1,2,2-四氯乙烷	1,1,2,2-Tetrachloroethane	79-34-5
	11	1,2-二氯乙烯	1,2-Dichloroethene(Z)	540-59-0
	12	三氯甲烷	Trichloromethane	8013-54-5
	13	1,1,1-三氯乙烷	1,1,1-Trichloroethane	71-55-6
	14	1,2-二氯乙烷	1,2-Dichloroethane	107-06-2
	15	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5
	16	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6
	17	1,2-二氯丙烷	1,2-Dichloropropane	78-87-5
	18	三氯甲烷	Chloroform	67-66-3
	19	三溴甲烷	Tribromomethane	2909-52-6
	20	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4
	21	1,3-二氯丙烯	1,3-Dichloro-1-propene	542-75-6
	22	1,1,2-三氯乙烷	1,1,2-Trichloroethane	25323-89-1
	23	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4
	24	1,1-二氯乙烯	1,1-Dichloroethene	75-35-4
	25	顺-1,2-二氯乙烯	cis-1,2-Dichloroethene	156-59-2
	26	顺-1,3-二氯丙烯	cis-1,3-Dichloropropene	10061-01-5
	27	六氯-1,3-丁二烯	Hexachlorobutadiene	87-68-3
	28	1,2-二溴乙烷	1,2-Dibromoethane	106-93-4
	29	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7
	30	间二氯苯	1,3-Dichlorobenzene	541-73-1

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物（续）

类别	序号	中文名	英文名	CAS
卤代烃类	31	氯化苄	Chloride benzyl	100-44-7
	32	1,4-二氯苯	1,4-Dichlorobenzene	106-46-7
	33	1,2-二氯苯	1,2-Dichlorobenzene	95-50-1
	34	1,2,4-三氯苯	1,2,4-Trichlorobenzene	120-82-1
	35	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3
	36	1,2-二氯四氟乙烷	1,1,2,2-Tetraflu-1,2-dichloroethane	76-14-2
	37	1,2,2-三氟-1,1,2-三氯乙烷	1,2,2-Triflu-1,1,2-trichloroethane	76-13-1
	38	氯乙烯	Chloride ethyl	75-00-3
	39	三氯氟甲烷	Trichlorofluoromethane	75-69-4
	40	二氯二氟甲烷	Dichlorodifluoromethane	75-71-8
	41	1,1,2-三氟三氯乙烷	Trichlorotrifluoroethane	76-13-1
	42	1,1-二氯四氟乙烷	Dichlorotetrafluoroethane	374-07-2
烃类	1	异戊烷	i-Pentane	78-78-4
	2	2,2-二甲基丁烷	2,2-Dimethylbutane	75-83-2
	3	2,3-二甲基丁烷	2,3-Dimethylbutane	79-29-8
	4	3-甲基戊烷	3-Methylpentane	96-14-0
	5	2,4-二甲基戊烷	2,4-Dimethylpentane	108-08-7
	6	环戊烷	Cyclopentane	287-92-3
	7	甲基环戊烷	Methylcyclopentane	96-37-7
	8	环己烷	Cyclohexane	110-82-7
	9	2-甲基己烷	2-Methylhexane	591-76-4
	10	2-甲基丁烷	Isopentane	78-78-4
	11	2,3-二甲基戊烷	2,3-Dimethylpentane	565-59-3
	12	3-甲基烷	3-Methylhexane	589-34-4
	13	异辛烷	2,2,4-Trimethylpentane	540-84-1
	14	正戊烷	Pentane	109-66-0
	15	正己烷	n-Hexane	110-54-3
	16	正庚烷	n-Heptane	142-82-5
	17	甲基环己烷	Methylcyclohexane	108-87-2
	18	2,3,4-三甲基戊烷	2,3,4-Trimethylpentane	565-75-3
	19	2-甲基庚烷	2-Methylheptane	592-27-8
	20	3-甲基庚烷	3-Methylheptane	589-81-1
	21	正辛烷	n-Octane	111-65-9
	22	正癸烷	n-Decane	124-18-5
	23	正十一烷	n-Undecane	1120-21-4
	24	正十二烷	n-Dodecane	112-40-3
	25	正壬烷	n-Nonane	111-84-2

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物 (续)

类别	序号	中文名	英文名	CAS
烃类	26	环戊烷	Cyclopentane	287-92-3
	27	1-戊烯	1-Pentene	109-67-1
	28	1-己烯	1-Hexene	592-41-6
	29	反-2-戊烯	trans-2-Pentene	646-04-8
	30	丁二烯	Butadiene	106-99-0
	31	1,3-丁二烯	1,3-Butadiene	106-99-0
	32	顺-2-戊烯	cis-2-Pentene	627-20-3
	33	异戊二烯	Isoprene	78-79-5
	34	环戊烯	Cyclopentene	142-29-0
	35	正丁烯	1-Butene	106-98-9
	36	α -蒎烯	alpha-Pinene	80-56-8
	37	己烯	Hexene	592-41-6
	38	反-2-丁烯	trans-2-Butene	624-64-6
	39	顺-2-丁烯	Cis-2-Butene	590-18-1
	40	甲苯	Toluene	108-88-3
	41	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4
	42	对二甲苯	p-Xylene	106-42-3
	43	间二甲苯	m-Xylene	108-38-3
	44	苯乙烯	Styrene	100-42-5
	45	异丙苯	Isopropyl benzene	98-82-8
	46	正丙基苯	n-Propylbenzene	103-65-1
	47	3-乙基甲苯	m-Ethyltoluene	620-14-4
	48	4-乙基甲苯	p-Ethyltoluene	622-96-8
	49	邻乙基甲苯	o-Ethyltoluene	611-14-3
	50	1,2,4-三甲苯	1,2,4-Trimethylbenzene	95-63-6
	51	1,2,3-三甲苯	1,2,3-Trimethylbenzene	526-73-8
	52	1,3,5-三甲苯	1,3,5-Trimethylbenzene	108-67-8
	53	1,3-二乙基苯	m-Diethylbenzene	141-93-5
	54	对二乙基苯	p-Diethylbenzene	105-05-5
	55	苯	Benzene	71-43-2
	56	邻二甲苯	o-Xylene	95-47-6
卤代多环芳烃	1	9-氯芴	9-Chlorofluorene	6630-65-5
	2	9-氯菲	9-Chlorophenanthrene	947-72-8
	3	2-氯菲	2-Chlorophenanthrene	24423-11-8
	4	1-氯蒽	1-Chloroanthracene	4985-70-0
	5	2-氯蒽	2-Chloroanthracene	17135-78-3

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物（续）

类别	序号	中文名	英文名	CAS
卤代多环芳烃	6	9-氯蒽	9-Chloroanthracene	716-53-0
	7	2,7-二氯芴	2,7-Dichlorofluorene	7012-16-0
	8	1,5-二氯蒽	1,5-Dichloroanthracene	6406-96-8
	9	9,10-二氯蒽	9,10-Dichloroanthracene	605-48-1
	10	9,10-二氯菲	9,10-Dichlorophenanthrene	17219-94-2
	11	3-氯荧蒽	3-Chlorofluoranthene	25911-51-7
	12	1-氯芘	1-Chloropyrene	34244-14-9
	13	7-氯苯并[a]蒽	7-Chlorobenz[a]anthracene	20268-52-4
	14	1,5,9,10-四氯蒽	1,5,9,10-Tetrachloroanthracene	82843-47-8
	15	6-氯苯并[a]芘	6-Chlorobenzo[a]pyrene	21248-01-1
	16	5-溴萘	5-Bromoacenaphthene	2051-98-1
	17	2-溴芴	2-Bromofluorene	1133-80-8
	18	1,2-二溴代萘	1,2-Dibromoacenaphthylene	13019-33-5
	19	3-溴菲	3-Bromophenanthrene	715-50-4
	20	9-溴菲	9-Bromophenanthrene	573-17-1
	21	2-溴菲	2-Bromophenanthrene	62162-97-4
	22	9-溴蒽	9-Bromoanthracene	1564-64-3
	23	2,7-二溴芴	2,7-Dibromofluorene	16433-88-8
	24	3-溴荧蒽	3-Bromofluoranthene	13438-50-1
	25	1,8-二溴蒽	1,8-Dibromoanthracene	31276-24-9
	26	9,10-二溴蒽	9,10-Dibromoanthracene	523-27-3
	27	4-溴芘	4-Bromopyrene	1732-26-9
	28	1-溴芘	1-Bromopyrene	1714-29-0
	29	溴苯基蒽	7-Bromobenz[a]anthracene	32795-84-9
	30	1,6-二溴芘	1,6-Dibromopyrene	27973-29-1
硝基、羟基、含氧类多环芳烃	1	9-硝基蒽	9-Nitroanthracene	602-60-8
	2	3-硝基菲	3-Nitrophenanthrene	17024-19-0
	3	2-硝基荧蒽	2-Nitrofluoranthene	13177-29-2
	4	3-硝基荧蒽	3-Nitrofluoranthene	892-21-7
	5	1-硝基芘	1-Nitropyrene	5522-43-0
	6	2-硝基芘	2-Nitropyrene	789-07-1
	7	7-硝基苯并[a]蒽	7-Nitrobenzo(a)anthracene	20268-51-3
	8	6-硝基屈	6-Nitrochrysene	7496-02-8
	9	6-硝基苯并[a]芘	6-Nitrobenzo(a)pyrene	82039-12-1
	10	1-萘酚	1-Hydroxynaphthalene	90-15-3

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物 (续)

类别	序号	中文名	英文名	CAS
硝基、羟基、含氧类多环芳烃	11	2-萘酚	2-Hydroxynaphthalene	135-19-3
	12	2-羟基芴	2-Hydroxyfluorene	2443-58-5
	13	3-羟基芴	3-Hydroxyfluorene	6344-67-8
	14	9-羟基芴	9-Hydroxyfluorene	90-46-0
	15	1-羟基菲	1-Hydroxyphenanthrene	2433-56-9
	16	2-羟基菲	2-Hydroxyphenanthrene	605-55-0
	17	3-羟基菲	3-Hydroxyphenanthrene	605-87-8
	18	4-羟基菲	4-Hydroxyphenanthrene	7651-86-7
	19	9-羟基菲	9-Hydroxyphenanthrene	484-17-3
	20	1-羟基芘	1-Hydroxypyrene	5315-79-7
	21	6-羟基屈	6-Hydroxychrysene	37515-51-8
	22	3-羟基苯并[a]芘	3-Hydroxybenzo(a)pyrene	13345-21-6
	23	丙烯醛	Acraldehyde	107-02-8
	24	1-萘甲醛	1-Naphthaldehyde	66-77-3
	25	甲基丙烯酸甲酯	Methyl methacrylate	80-62-6
	26	甲基异丁酮	Methyl sobutyl Ketone	108-10-1
	27	2-己酮	2-Hexanone	591-78-6
	28	9-芴酮	9-Fluorenone	486-25-9
	29	二硫化碳	Disulfide carbon	75-15-0
	30	咔唑	Carbazole	86-74-8
	31	9,10-蒽醌	Anthracene-9,10-dione	84-65-1
	32	苯并蒽-7,12-二酮	Benzo[a]anthracene-7,12-dione	2498-66-0
	33	2-甲氧基-2-甲基丙烷	2-Methoxy-2-methyl Propane	1634-04-4
	34	乙酸乙酯	Ethyl acetate	141-78-6
	35	四氢呋喃	Tetrahydrofuran	109-99-9
	36	甲基丙烯酸	Methacrylic acid	79-41-4
多溴联苯醚	1	2,2',4-三溴联苯醚	2,2',4-Tribromodiphenyl ether	47217-75-2
	2	2,4,4'-三溴联苯醚	2,4,4'-Tribromodiphenyl ether	41318-75-6
	3	2,2',4,4'-四溴联苯醚	2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	5436-43-1
	4	2,3',4,4'-四溴联苯醚	2,3',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	89084-61-5
	5	2,3',4',6-四溴联苯醚	2,3',4',6-Tetrabromodiphenyl ether	89084-62-6
	6	2,2,3,4,4'-五溴联苯醚	2,2,3,4,4'-Pentabromodiphenyl ether	82346-21-0
	7	2,2',4,4',5-五溴联苯醚	2,2',4,4',5-Pentabromodiphenyl ether	60348-60-9
	8	2,2',4,4',6-五溴联苯醚	2,2',4,4',6-Pentabromodiphenyl ether	89084-64-8
	9	2,2',3,4,4',5'-六溴联苯醚	2,2',3,4,4',5'-Hexabromodiphenyl ether	82677-30-1

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物（续）

类别	序号	中文名	英文名	CAS
多溴联苯醚	10	2,2',4,4',5,5'-六溴联苯醚	2,2',4,4',5,5'-Hexabromodiphenyl ether	68631-49-2
	11	2,2',4,4',5,6'-六溴联苯醚	2,2',4,4',5,6'-Hexabromodiphenyl ether	27122-15-4
	12	2,2',3,4,4',5',6-七溴联苯醚	2,2',3,4,4',5',6-Heptabromodiphenyl ether	207122-16-5
	13	2,3,3',4,4',5,6-七溴联苯醚	2,3,3',4,4',5,6-Heptabromodiphenyl ether	189084-62-2
	14	2,2',3,3',4,4',5,6'-八溴联苯醚	2,2',3,3',4,4',5,6'-Octabromodiphenyl ether	446255-39-6
	15	2,2',3,3',4,4',6,6'-八溴联苯醚	2,2',3,3',4,4',6,6'-Octabromodiphenyl ether	117964-21-3
	16	2,2',3,4,4',5,5',6-八溴联苯醚	2,2',3,4,4',5,5',6-Octabromodiphenyl ether	337513-72-1
	17	2,2',3,3',4,4',5,5',6-九溴联苯醚	2,2',3,3',4,4',5,5',6-Nonabromodiphenyl ether	63387-28-0
	18	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-九溴联苯醚	2,2',3,3',4,4',5,6,6'-Nonabromodiphenyl ether	437701-79-6
	19	2,2',3,3',4,5,5',6,6'-九溴联苯醚	2,2',3,3',4,5,5',6,6'-Nonabromodiphenyl ether	437701-78-5
	20	十溴二苯醚	Decabromodiphenyl ether	1163-19-5
多氯联苯	1	2,3-二氯联苯	2,3-Dichlorobiphenyl	16605-91-7
	2	2,4'-二氯联苯	2,4'-Dichlorobiphenyl	34883-43-7
	3	2,2',5-三氯联苯	2,2',5-Trichlorobiphenyl	37680-65-2
	4	2,4,4'-三氯联苯	2,4,4'-Trichlorobiphenyl	7012-37-5
	5	3,4,5-三氯联苯	3,4,5-Trichlorobiphenyl	53555-66-1
	6	3,4,4'-三氯联苯	3,4,4'-Trichlorobiphenyl	38444-90-5
	7	2,2',5,5'-四氯联苯	2,2',5,5'-Tetrachlorobiphenyl	35693-99-3
	8	2,2',4,5'-四氯联苯	2,2',4,5'-Tetrachlorobiphenyl	41464-40-8
	9	2,2',3,5'-四氯联苯	2,2',3,5'-Tetrachlorobiphenyl	41464-39-5
	10	2,4,4',5-四氯联苯	2,4,4',5-Tetrachlorobiphenyl	32690-93-0
	11	2,3',4',5-四氯联苯	2,3',4',5-Tetrachlorobiphenyl	73575-52-7
	12	2,3',4,4'-四氯联苯	2,3',4,4'-Tetrachlorobiphenyl	32598-10-0
	13	2,3,4,4'-四氯联苯	2,3,4,4'-Tetrachlorobiphenyl	33025-41-1
	14	3,3',4,4'-四氯联苯	3,3',4,4'-Tetrachlorobiphenyl	32598-13-3
	15	2,2',4,5,5'-五氯联苯	2,2',4,5,5'-Pentachlorobiphenyl	37680-73-2
	16	2,2',4,4',5'-五氯联苯	2,2',4,4',5'-Pentachlorobiphenyl	38380-01-7
	17	2,2',3,4,5'-五氯联苯	2,2',3,4,5'-Pentachlorobiphenyl	38380-02-8
	18	2,3,3',4',6-五氯联苯	2,3,3',4',6-Pentachlorobiphenyl	38380-03-9
	19	2,2',3,3',4-五氯联苯	2,2',3,3',4-Pentachlorobiphenyl	52663-62-4
	20	2',3,4,4',5-五氯联苯	2',3,4,4',5-Pentachlorobiphenyl	65510-44-3
	21	2,3',4,4',5-五氯联苯	2,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl	31508-00-6
	22	2,3,4,4',5-五氯联苯	2,3,4,4',5-Pentachlorobiphenyl	74472-37-0
	23	2,3,3',4,4'-五氯联苯	2,3,3',4,4'-Pentachlorobiphenyl	32598-14-4
	24	2,2',3,4,5,5'-六氯联苯	2,2',3,4,5,5'-Hexachlorobiphenyl	52712-04-6

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物 (续)

类别	序号	中文名	英文名	CAS
多氯联苯	25	2,2',4,4',5,5'-六氯联苯	2,2',4,4',5,5'-Hexachlorobiphenyl	35065-27-1
	26	3,3',4,4',5-五氯联苯	3,3',4,4',5-Pentachlorobiphenyl	57465-28-8
	27	2,3,4,4',5,6-六氯联苯	2,3,4,4',5,6-Hexachlorobiphenyl	41411-63-6
	28	2,2',3,4,4',5'-六氯联苯	2,2',3,4,4',5'-Hexachlorobiphenyl	35065-28-2
	29	2,3,3',4,4',6-六氯联苯	2,3,3',4,4',6-Hexachlorobiphenyl	74472-42-7
	30	2,2',3,3',4,4'-六氯联苯	2,2',3,3',4,4'-Hexachlorobiphenyl	38380-07-3
	31	2,3,3',4,4',5-六氯联苯	2,3,3',4,4',5-Hexachlorobiphenyl	38380-08-4
	32	3,3',4,4',4,4'-六氯联苯	3,3',4,4',4,4'-Hexachlorobiphenyl	32774-16-6
	33	2,2',3,4,4',5,5'-七氯联苯	2,2',3,4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl	35065-29-3
	34	2,2',3,3',4,4',5-七氯联苯	2,2',3,3',4,4',5-Heptachlorobiphenyl	35065-30-6
	35	2,3,3',4,4',5,5'-七氯联苯	2,3,3',4,4',5,5'-Heptachlorobiphenyl	39635-31-9
	36	2,2',3,4',5,5',6-七氯联苯	2,2',3,4',5,5',6-Heptachlorobiphenyl	52663-68-0
	37	2,2',3,4,4',5',6-七氯联苯	2,2',3,4,4',5',6-Heptachlorobiphenyl	52663-69-1
	38	2,2',3,3',5,6,6'-七氯联苯	2,2',3,3',5,6,6'-Heptachlorobiphenyl	52663-64-6
有机磷阻燃剂	1	磷酸三丙酯	Tripropyl phosphate	513-08-6
	2	磷酸三丁酯	Tributyl phosphate	126-73-8
	3	磷酸三(2-丁氧基乙基)酯	Phosphoric acid tris(2-n-butoxyethyl)ester	78-51-3
	4	磷酸三(2-乙基己基)酯	Tris(2-ethylhexyl)phosphate	78-42-2
	5	磷酸三(2-氯乙基)酯	Tris(2-chloroethyl)phosphate	115-96-8
	6	磷酸三(1-氯-2-丙基)酯	Tris(2-chloroisopropyl)phosphate	13674-84-5
	7	磷酸三(2-氯丙基)酯	Tris(2-chloropropyl)phosphate	6145-73-9
	8	磷酸三(1,3-二氯-2-丙基)酯	Tris(2-chloro-1-(chloromethyl)ethyl)phosphate	13674-87-8
	9	磷酸三苯酯	Triphenylphosphate	115-86-6
	10	2-乙基己基磷酸二苯酯	2-Ethylhexyl diphenyl phosphate	1241-94-7
	11	磷酸三对甲苯酯	Tri-p-cresyl phosphate	78-32-0
	12	磷酸三间甲苯酯	Tri-m-cresyl phosphate	563-04-2
	13	磷酸三邻甲苯酯	Tri-o-cresyl phosphate	78-30-8
有机磷阻燃剂代谢物	1	双(2-氯乙基)磷酸酯	Bis(2-chloroethyl)phosphate	3040-56-0
	2	双(1-氯-2-丙基)磷酸酯	Bis(1-chloro-2-propyl)phosphate	78944-10-4
	3	双(1,3-二氯-2-丙基)磷酸酯	Bis(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate	72236-72-7
	4	磷酸二丁酯	Dibutyl phosphate	107-66-4
	5	磷酸双(2-丁氧基乙基)酯	Bis(2-butoxyethyl)phosphate	14260-97-0
	6	二-邻-甲苯基磷酸酯	Di-o-tolyl phosphate	35787-74-7
	7	二-对-甲苯基磷酸酯	Di-p-tolyl phosphate	843-24-3
	8	磷酸二苯酯	Diphenyl phosphate	838-85-7

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物（续）

类别	序号	中文名	英文名	CAS
生物体内代谢物	1	萘	Naphthalene	91-20-3
	2	萘烯	Aacenaphthylene	208-96-8
	3	萘	Acenaphthene	83-32-9
	4	芴	Fluorene	86-73-7
	5	菲	Phenanthrene	85-01-8
	6	蒽	Anthracene	120-12-7
	7	荧蒽	Fluoranthene	206-44-0
	8	芘	Pyrene	129-00-0
	9	苯并[a]蒽	Benz[a]anthracene	56-55-3
	10	蒾	Chrysene	218-01-9
	11	苯并[b]荧蒽	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2
	12	苯并[k]荧蒽	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9
	13	苯并[a]芘	Benzo[a]pyrene	50-32-8
	14	二苯并[a,h]蒽	Dibenz[a,h]anthracene	57-97-6
	15	苯并[ghi]芘	Benzo[ghi]perylene	191-24-2
	16	茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5
	17	1-羟基萘	1-Hydroxy Naphthalene	28345-20-2
	18	1-羟基芘	1-Hydroxy Pyrene	5315-79-7
	19	1-羟基蒾	6-Hydroxy Chrysene	37515-51-8
	20	1-羟基菲	1-Hydroxy Phenantrene	2433-56-9
	21	2-羟基菲	2-Hydroxy Phenantrene	605-55-0
	22	3-羟基菲	3-Hydroxy Phenantrene	605-87-8
	23	4-羟基菲	4-Hydroxy Phenantrene	7651-86-7
	24	9-羟基菲	9-Hydroxy Phenantrene	484-17-3
	25	2-羟基萘	2-Hydroxy Naphthalene	135-19-3
	26	2-羟基芴	2-Hydroxy Fluorene	2443-58-5
	27	3-羟基芴	3-Hydroxy Fluorene	6344-67-8
	28	3-羟基苯并[a]芘	3-Hydroxy Benzo[a]pyrene	13345-21-6
	29	2'-羟基-2,4,4'-三溴联苯醚	2'-Hydroxy-2,4,4'-Tribromodiphenyl ether	0
	30	6-羟基-2,2',4,4'-四溴联苯醚	6-Hydroxy-2,2',4,4'-Tetrabromodiphenyl ether	79755-43-4
	31	6'-羟基-2,2',4,4',5-五溴联苯醚	6'-Hydroxy-2,2',4,4',5-Pentabromodiphenyl ether	0
	32	3'-羟基-2,2',4,4',5,6'-六溴联苯醚	3'-Hydroxy-2,2',4,4',5,6'-Hexabromodiphenyl ether	0
	33	4'-羟基-2,2',3,3',4,5',6,6'-八溴联苯醚	4'-Hydroxy-2,2',3,3',4,5',6,6'-Octabromodiphenyl ether	0
	34	六溴苯	Hexabromobenzene	87-82-1

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物 (续)

类别	序号	中文名	英文名	CAS
生物体内代谢物	35	五溴苯	Pentabromobenzene	608-90-2
	36	1,2-双(2,4,6-三溴苯氧基)乙烷	1,2-Bis(2,4,6-tribromophenoxy)ethane	37853-59-1
	37	双(六氯环戊二烯)环辛烷	Bis(hexachlorocyclopentadiene)cyclooctane	13560-89-9
	38	2-溴苯酚	2-Bromophenol	95-56-7
	39	3-溴苯酚	3-Bromophenol	591-20-8
	40	4-溴苯酚	4-Bromophenol	106-41-2
	41	2,6-二溴苯酚	2,6-Dibromophenol	608-33-3
	42	2,5-二溴苯酚	2,5-Dibromophenol	281-52-8
	43	2,4-二溴苯酚	2,4-Dibromophenol	615-58-7
	44	2,3-二溴苯酚	2,3-Dibromophenol	57383-80-9
	45	3,5-二溴苯酚	3,5-Dibromophenol	626-41-5
	46	3,4-二溴苯酚	3,4-Dibromophenol	615-56-5
	47	2,4,6-三溴苯酚	2,4,6-Tribromophenol	118-79-6
	48	2,3,6-三溴苯酚	2,3,6-Tribromophenol	28165-57-3
	49	2,3,4-三溴苯酚	2,3,4-Tribromophenol	38507-65-0
	50	2,3,5-三溴苯酚	2,3,5-Tribromophenol	0
	51	2,4,5-三溴苯酚	2,4,5-Tribromophenol	14401-61-7
	52	3,4,5-三溴苯酚	3,4,5-Tribromophenol	16434-90-3
	53	2,3,4,5-四溴苯酚	2,3,4,5-Tetrabromophenol	36313-15-2
	54	2,3,4,6-四溴苯酚	2,3,4,6-Tetrabromophenol	14400-94-3
	55	2,3,5,6-四溴苯酚	2,3,5,6-Tetrabromophenol	0
	56	五溴苯酚	Pentabromophenol	608-71-9
	57	四溴双酚 A	Tetrabromobisphenol A	79-94-7
生物代谢物	1	L-甲状腺素	L-Thyroxine	51-48-9
	2	3,3',5-三碘-L-甲状腺原氨酸	3,3',5-Triiodo-L-thyronine	6893-02-3
	3	3,3',5'-三碘-L-甲状腺原氨酸	3,3',5'-Triiodo-L-thyronine	5817-39-0
	4	3,3'-二碘-L-甲状腺原氨酸	3,3'-Diiodo-L-thyronine	4604-41-5
	5	3,5-二碘-L-甲状腺原氨酸	3,5-Diiodo-L-thyronine	1041-01-6
	6	S-苯汞基酸	N-Acetyl-S-phenyl-L-cysteine	4775-80-8
	7	反,反-粘康酸	Trans,trans-Muconic acid	3588-17-8
	8	1,2-二羟基苯	1,2-Dihydroxybenzene	120-80-9
	9	苯基乙酸醛	Phenylglyoxylic acid	611-73-4
	10	扁桃酸	Mandelic acid	90-64-2
	11	N-乙酰基苄基半胱氨酸	N-Acetyl-S-benzyl-L-cysteine	19542-77-9
	12	N-乙酰基-S-(2,4-二甲基苯)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(2,4-dimethylphenzene)-L-cysteine	581076-69-9

表 E.1 废旧电子电器产品拆解区域本地化筛查数据库推荐特征化合物 (续)

类别	序号	中文名	英文名	CAS
生物代谢物	13	2-甲基马尿酸	2-Methylhippuric acid	42013-20-7
	14	3-甲基马尿酸	3-Methylhippuric acid	27115-49-7
	15	4-甲基马尿酸	4-Methylhippuric acid	27115-50-0
	16	N-乙酰-S-(2-羟乙基)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(2-hydroxyethyl)-L-cysteine	15060-26-1
	17	硫代二甘酸	Thiodiglycolic acid	123-93-3
	18	N-乙酰-S-(3,4-二羟基丁基)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(3,4-dihydroxybutyl)-L-cysteine	144889-50-9
	19	N-乙酰基-S-(三氯乙烯基)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(trichlorovinyl)-L-cysteine	111348-61-9
	20	N-乙酰基-S-(1,2-二氯乙烯基)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(1,2-dichlorovinyl)-L-cysteine	2148-31-4
	21	N-乙酰基-S-(2,2-二氯乙烯基)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(2,2-dichlorovinyl)-L-cysteine	126543-43-9
	22	N-乙酰基-S-(N-甲基氨基甲酰基)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(N-methylcarbamoyl)-L-cysteine	103974-29-4
	23	N-乙酰-S-(2-氰乙基)-L-半胱氨酸	N-Acetyl-S-(2-cyanoethyl)-L-cysteine	74514-75-3
	24	(±)-2-苯基丙酸	(±)-2-Phenylpropanoic acid	492-37-5
	25	2,5-二氯苯酚	2,5-Dichlorophenol	583-78-8
	26	N-乙酰基苄基半胱氨酸	N-Acetyl-S-benzyl-L-cysteine	19542-77-9
	27	3,5-二氯苯酚	3,5-Dichlorophenol	591-35-5
	28	3,4-二氯苯酚	3,4-Dichlorophenol	95-77-2
	29	2-噻氧噻唑烷-4-羧酸	(R)-2-Thioxothiazolidine-4-carboxylic acid	98169-56-3
	30	2-氨基-2-噻唑啉-4-羧酸	rac 2-Aminothiazoline-4-carboxylic Acid	2150-55-2
	31	4-氯邻苯二酚	4-Chlorocatechol	2138-22-9

附录 F

(资料性)

废旧电子电器产品拆解区域毒害污染物分析推荐内标物

表 F.1 给出了废旧电子电器产品拆解区域毒害污染物分析推荐内标物。

表 F.1 废旧电子电器产品拆解区域毒害污染物分析推荐内标物

类别	中文名	英文名	缩写	CAS
PAHs 内标	萘- d_8	Naphthalene- d_8	Nap- d_8	1146-65-2
	苈- d_{10}	Acenaphthylene- d_{10}	Ace- d_{10}	15067-26-2
	菲- d_{10}	Phenanthrene- d_{10}	Phe- d_{10}	1517-22-2
	蒎- d_{12}	Chrysene- d_{12}	Chr- d_{12}	1719-03-5
	茈- d_{12}	Perylene- d_{12}	Per- d_{12}	1520-96-3
	氯苯- d_5	Chlorobenzene- d_5	Chl- d_5	3114-55-4
PBDEs 内标	2, 2', 3, 4, 5, 5'-六氯联苯- $^{13}C_{12}$	2, 2', 3, 4, 5, 5'-Hexachlorobiphenyl	$^{13}C_{12}$ -PCB-141	52712-04-6
	2, 2', 3, 3', 4, 5, 5', 6, 6'-九氯联苯- $^{13}C_{12}$	2, 2', 3, 3', 4, 5, 5', 6, 6'-Nonachlorobiphenyl	$^{13}C_{12}$ -PCB-208	52663-77-1
	十氯联苯- $^{13}C_{12}$	Decachlorobiphenyl- $^{13}C_{12}$	$^{13}C_{12}$ -PCB-209	105600-27-9
	十溴联苯醚- $^{13}C_{12}$	Decabromodiphenyl ether- $^{13}C_{12}$	$^{13}C_{12}$ -BDE-209	0
有机磷阻燃剂内标	磷酸三苯酯- d_{15}	Triphenyl phosphate- d_{15}	TPhP- d_{15}	1173020-30-8
	磷酸三(2-氯乙基)酯- d_{12}	Tris(2-chloroethyl)phosphate- d_{15}	TCEP- d_{12}	1276500-47-0
	磷酸三丁酯- d_{27}	Phosphoric acid tributyl ester- d_{27}	PATE- d_{27}	61196-26-7
有机磷阻燃剂代谢物内标	双(2-氯乙基)磷酸酯- d_8	Bis-(2-chloroethyl)phosphate- d_8	d_8 -BCEP	0
	双(1-氯-2-丙基)磷酸酯- d_{12}	Bis-(1-chloro-2-propyl)phosphate- d_{12}	d_{12} -BCPP	0
	双(1,3-二氯-2-丙基)磷酸酯- d_{10}	Bis(1,3-dichloro-2-propyl)phosphate- d_{10}	d_{10} -BDCIPP	1477495-19-4
	磷酸二丁酯- d_{18}	Dibutyl phosphate- d_{18}	d_{18} -DBP	156213-21-7
	磷酸双(2-丁氧基乙基)酯- d_8	Bis(2-butoxyethyl)phosphate- d_8	d_8 -BBOEP	0
	二-邻-甲基磷酸酯- d_{14}	Di-o-tolyl phosphate- d_{14}	d_{14} -DoCP	0
	二-对-甲基磷酸酯- d_{14}	Di-p-tolyl phosphate- d_{14}	d_{14} -DpCP	0
	磷酸二苯酯- d_{10}	Diphenyl phosphate- d_{10}	d_{10} -DPhP	1477494-97-5
羟基多环芳烃内标	2-羟基萘- d_7	2-Hydroxy Naphthalene- d_7	2-OH-Nap- d_7	135-19-3
	2-羟基苈- d_9	2-Hydroxy Fluorene- d_9	2-OH-Flu- d_9	922510-18-7
	1-羟基茈- d_9	1-Hydroxy Pyrene- d_9	1-OH-Pyr- d_9	132603-37-3
	3-羟基苯[a]茈- d_{11}	3-Hydroxy Benzo[a]pyrene- d_{11}	3-OH-BaP- d_{11}	1246819-35-1
	3-羟基菲- $^{13}C_{12}$	3-Hydroxy Phenantrene	$^{13}C_{12}$ -3-OH-Phe	605-87-8

表 F.1 废旧电子电器产品拆解区域毒害污染物分析推荐内标物 (续)

类别	中文名	英文名	缩写	CAS
溴酚内标	4-溴苯酚- ¹³ C ₆	4-Bromophenol- ¹³ C ₆	4-BrP- ¹³ C ₆	1323940-38-0
	2,4-二溴苯酚- ¹³ C ₆	2,4-Dibromophenol- ¹³ C ₆	¹³ C ₆ -2,4-diBrP	615-58-7
	2,4,6-三溴苯酚- ¹³ C ₆	2,4,6-Tribromophenol- ¹³ C ₆	¹³ C ₆ -2,4,6-triBrP	1097192-97-6
	2,3,4,6-四溴苯酚- ¹³ C ₆	2,3,4,5-Tetrabromophenol- ¹³ C ₆	¹³ C ₆ -2,3,4,6-tetraBrP	14400-94-3
	五溴苯酚- ¹³ C ₆	Pentabromophenol- ¹³ C ₆	¹³ C ₆ -petraBrP	0
硝基多环芳烃 内标	2-硝基茱- <i>d</i> ₉	2-Nitrofluorene- <i>d</i> ₉	2-Nitro-Flu- <i>d</i> ₉	128008-87-7
	9-硝基蒽- <i>d</i> ₉	9-Nitroanthracene- <i>d</i> ₉	9-Nitro-Ant- <i>d</i> ₉	220381-38-4
	1-硝基芘- <i>d</i> ₉	1-Nitropyrene- <i>d</i> ₉	1-Nitro-Pyr- <i>d</i> ₉	93487-20-8
尿液 VOCs 代 谢产物内标	S-苯汞基酸- <i>d</i> ₅	N-Acetyl-S-ethyl-L-cysteine- <i>d</i> ₅	PMA- <i>d</i> ₅	1279033-91-8
	反式, 反式-1,3-丁二烯-1,4-二羧酸- <i>d</i> ₄	Trans,trans-Muconic Acid- <i>d</i> ₄	MU- <i>d</i> ₄	1185239-59-1
	邻苯二酚- ¹³ C	1,2-Dihydroxybenzene- ¹³ C	1,2-DB- ¹³ C	334974-04-8
	苯甲酰甲酸- <i>d</i> ₅	Phenylglyoxylic Acid- <i>d</i> ₅	PGA- <i>d</i> ₅	1217089-53-6
	N-乙酰基-S-苄基-L-半胱氨酸- <i>d</i> ₅	N-Acetyl-S-benzyl-L-cysteine- <i>d</i> ₅	BMA- <i>d</i> ₅	1955496-81-7
	马尿酸- <i>d</i> ₅	Hippuric Acid- <i>d</i> ₅	HA- <i>d</i> ₅	53518-98-2
	苯乙醇酸- ¹³ C ₈	Mandelic Acid- ¹³ C ₈	MA- ¹³ C ₈	0
	3-甲基马尿酸- <i>d</i> ₇	3-Methyl hippuric acid- <i>d</i> ₇	3-MHA- <i>d</i> ₇	1216551-07-3
	4-甲基马尿酸- <i>d</i> ₇	4-Methyl hippuric acid- <i>d</i> ₇	4-MHA- <i>d</i> ₇	1216588-60-1

参 考 文 献

- [1] GB/T 32885—2016 废弃电器电子产品处理企业资源化水平评价导则
 - [2] GB 34330—2017 固体废物鉴别标准 通则
 - [3] GB/T 38098—2019 废弃电器电子产品拆解处理资源产出率评价方法
 - [4] HJ 25.1 建设用地土壤污染状况调查技术导则
 - [5] HJ 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则
 - [6] HJ 91.1 污水监测技术规范
 - [7] HJ/T 397 固定源废气监测技术规范
 - [8] HJ 682—2019 建设用地土壤污染风险管控和修复术语
 - [9] HJ 759 环境空气 65种挥发性有机物的测定 罐采样/气相色谱-质谱法
 - [10] 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
 - [11] HJ 875—2017 环境污染物人群暴露评估技术指南
 - [12] HJ 1194 液态制冷剂CFC-11和HCFC-123的测定 顶空/气相色谱-质谱法
 - [13] HJ 1270 环境空气 26种多溴二苯醚的测定 高分辨气相色谱-高分辨质谱法
 - [14] T/CSES 97场地土壤污染物人体暴露组解析技术规范 有色金属工业
-

中国环境科学学会
团 体 标 准
场地土壤污染物人体暴露组解析技术
规范 废旧电子电器产品
T/CSES 185—2025

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 56 千字
2025年8月第1版 2025年8月第1次印刷

*

书号:155066·5-13841 定价 65.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107

