

团 体 标 准

T/CSES XXXX—202X

保护人体健康的优控污染物筛选 技术指南

Technical guideline for screening of priority pollutants on
the protection of human health
(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

目 次.....	II
前 言.....	III
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语和定义.....	1
4 筛选原则.....	2
5 工作内容与程序.....	2
6 初始污染物候选名单的确定.....	3
7 污染物候选名单的确定.....	4
8 最终优控污染物清单的确定.....	5
附 录 A （规范性） 毒性评分原则.....	6
附 录 B （规范性） 暴露剂量估算.....	9
附 录 C （资料性） 缩略词.....	11

前 言

为加强和规范环境基准管理工作，依据《中华人民共和国环境保护法》以及《大气污染防治行动计划》《水污染防治行动计划》《土壤污染防治行动计划》等有关法律和文件要求，制定本指南。

本指南充分考虑了我国国情、区域环境和人群暴露特征，借鉴吸收了国内和国际发达国家和组织优控污染物筛选的实践经验。

本指南规定了保护人体健康的优控污染物筛选的一般性原则、程序、内容和方法。

本指南附录A、附录B为规范性附录，附录C为资料性附录。

本文件由中国环境科学学会归口。

本指南主要起草单位：生态环境部华南环境科学研究所、湖北省生态环境科学研究院、中科鼎实环境工程有限公司。

本指南主要起草人：于云江、于紫玲、蔡俊雄、王善仙、金增伟、叶贝、王子琛、毛豆、李万斌、於进、向明灯、郑晶、朱晓辉、马瑞雪。

本标准由中国环境科学学会20□□年□□月□□日批准。

本标准自20□□年□□月□□日起实施。

本标准由起草单位负责解释。

保护人体健康的优控污染物筛选技术指南

1 范围

本标准规定了保护人体健康的优控污染物筛选原则、程序、内容和方法，以规范和指导环境污染物的筛选工作。

本标准适用于保护人体健康的优控污染物的筛选。

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 15618 土壤环境质量标准

GB 3838 地表水环境质量标准

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB/T 14848 地下水环境质量标准

GB/T 24782 持久性、生物累积性和毒性物质及高持久性和高生物累积性物质的判定方法

GB/T 34666.1 水质基准数据整编技术规范 第1部分：污染物含量

HJ 2.2 环境影响评价技术导则 大气环境

HJ 25.3 污染场地风险评估技术导则

HJ 837 人体健康水质基准制定技术指南

HJ 875 环境污染物人群暴露评估技术指南

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

有阈值化合物 threshold chemical

指化合物在低于某一剂量或浓度时不产生有害影响。

3.2

无阈值化合物 non-threshold chemical

指化合物在任一剂量或浓度时均能产生有害反应。

3.3

暴露途径 exposure pathway

指污染物从源到与暴露受体接触的途径，主要包括污染物来源，环境归趋和传输，暴露地点，暴露方式（如消化道摄入、呼吸道吸入和皮肤吸收等）以及暴露人群等五部分内容。

3.4

参考剂量 reference dose, RfD

人群（包括敏感亚群）在终生接触该剂量水平化学物质的条件下，预期一生中发生非致癌或非致突变有害效应的危险度可低至不能检出的程度。

3.5

致癌斜率因子 slope factor, SF

是实验动物或人群终生持续暴露于一个单位浓度(每日每公斤体重 1 mg 暴露量)时，终身超额致癌(或死于癌)的概率。

4 筛选原则

4.1 选择具有较大的生产量、进口量或排放量，并在环境中广泛存在的污染物。

4.2 选择发达国家、国际组织和我国已公布的标准或基准的污染物。

4.3 选择生态毒性和人体健康毒性效应较大的污染物。

4.4 优先考虑暴露人群多的污染物。

4.5 选择国内具备一定监测基础的污染物。

5 工作内容与程序

5.1 工作内容

保护人体健康的优控污染物筛选采取定性与半定量相结合的方法。首先基于清单方法形成初始污染物候选名单(PCCL)；然后选取污染物检出频率、污染物毒性和人群暴露 3 个参数作为筛选指标分别赋值后计算健康风险综合得分，按分值高低排序形成污染物候选名单(CCL)，最终形成优控污染物名单。

5.2 工作程序

优控污染物的筛选可分为初始污染物候选名单的确定、污染物候选名单的确定和最终优控污染物清单的确定三个步骤，筛查的工作程序如图 1 所示。

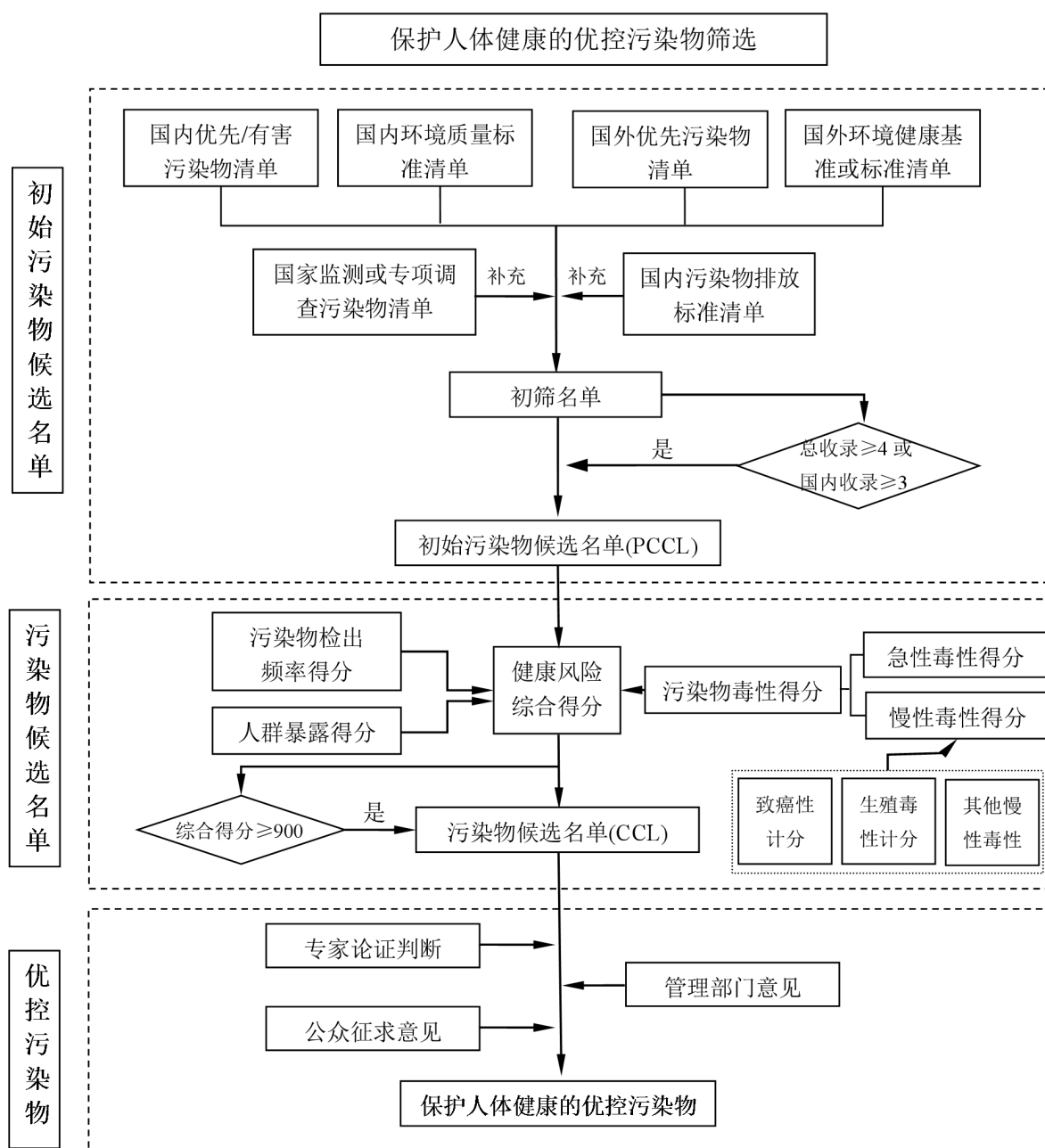


图1 保护人体健康的优控污染物筛选程序

6 初始污染物候选名单的确定

初始污染物候选名单的确定基于清单的方法(list-based approach)，结合污染物在国内外优先/有毒污染物清单、国内外环境质量标准或基准清单等的收录情况，将污染物总收录数 ≥ 4 或国内收录数 ≥ 3 纳入初始污染物候选名单(PCCL)。

6.1 初筛名单选择

初筛名单的选择主要以国内优先/有毒污染物清单、国内环境质量标准清单、国外优先污染物清

单和国外环境健康基准或标准清单。另外选取国内污染物排放标准清单或国家监测或专项调查污染物清单作为补充清单。

6.2 初始污染物候选名单确定

初始污染物候选名单的确定选取总收录次数 ≥ 4 或国内收录数 ≥ 3 。

7 污染物候选名单的确定

污染物候选名单的确定基于半定量的方法,选用污染物检出率、污染物毒性和人群暴露 3 个参数作为筛选指标。三个参数各自的最高得分为 600 分,三者之和即为该污染物的总分,按分值高低排序形成污染物候选名单。

7.1 污染物检出频率得分

调研近 5 年国内外公开发表文献或专项调查数据中该污染物在中国区域的分布状况获得污染物检出频率情况。若某污染物在某一流域或区域有检出,则认为该污染物有检出。例如某污染物在太湖流域某段面水体被检出,则认为该污染物在太湖流域的水环境中检出。以所有污染物中检出频率最大值(DF_{\max})作为参考,计算污染物 i 的检出频率得分(DFS_i)见式 (1):

$$DFS_i = \frac{DF_i}{DF_{\max}} \times 600 \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中, DF_i ——污染物 i 的检出频率;

DF_{\max} ——所有污染物中检出频率最大值。

7.2 污染物毒性得分

污染物的毒性效应主要考虑污染物对人群的健康毒性。将污染物的健康危害类别,分成急性毒性效应和慢性毒性效应。其中急性毒性效应考虑急性毒性(含经口、经皮和吸入)、皮肤腐蚀刺激、眼损伤/眼刺激和单次接触特异性靶器官毒性;慢性毒性效应包括致癌性、生殖毒性和其他慢性毒性(反复接触特异性靶器官毒性、呼吸道或皮肤致敏),根据其风险等级的高、中、低和零分别计 3 分(强毒性)、2 分(毒性)、1 分(有害)和 0 分。具体评分原则见附录 A(表 A.1-A.4)。

最终的污染物毒性效应得分分为 3 步:

$$CTS_i = \frac{TS_{\text{carc}-i} + TS_{\text{reprod}-i} + TS_{\text{other}-i}}{3} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$TS_i = \frac{CTS_i + ATS_i}{2} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$EFS_i = \frac{TS_i}{TS_{\max}} \times 600 \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中: $TS_{\text{carc}-i}$ ——污染物 i 的致癌性计分;

$TS_{\text{reprod}-i}$ ——污染物 i 的生殖毒性计分;

$TS_{\text{other}-i}$ ——污染物 i 的其他慢性毒性计分;

CTS_i ——污染物 i 的慢性毒性计分;

ATS_i——污染物 i 的急性毒性计分；
 TS_i——污染物 i 的毒性得分；
 TS_{max}——所有污染物中毒性得分最大值。

7.3 人群暴露得分

人群暴露得分计算以污染物的人体暴露剂量的最大值(ADD_{max})作为参考，计算公式见(5)。不同环境介质中人体暴露剂量的计算公式采用 HJ 875，具体见附录 B。因无机污染物和有机污染物浓度水平差距较大，因此，将无机污染物和有机污染物分为两类分别计算人群暴露得分。

$$EFS_h = \frac{ADD_i}{ADD_{max}} \times 600 \dots\dots\dots(5)$$

式中：ADD_i——为污染物 i 的人体暴露剂量；
 ADD_{max}——为所有污染物中人体暴露剂量的最大值。

7.4 健康风险综合得分

健康风险综合得分(HRS_T)的计算综合污染物检出频率得分、污染物毒性效应得分以及人群暴露得分，以上三项得分之和即为污染物的健康风险综合得分，即公式(6)。

$$HRS_T = DFS_f + EFS_t + EFS_h \dots\dots\dots(6)$$

7.5 污染物候选名单

根据污染物的健康风险综合得分结果从高到低依次排序，最终选取 PNEC≥900 纳入污染物候选名单(CCL)。

8 最终优控污染物清单的确定

最终优控污染物清单的确定采用专家评判、管理部门意见和公众广泛参与相结合的决策方式。

附 录 A
(规范性)
毒性评分原则

A.1 急性毒性计分见表 A.1

表 A.1 急性毒性计分原则

文字描述	积分	对应指标/标准
高 (强毒性)	3	风险等级
		H300(类 1、2): 吞咽致命
		H310(类 1、2): 接触皮肤致命
		H330(类 1、2): 吸入致命(气体、蒸汽、粉尘、烟雾)
		H304(类 1): 吞咽、吸入气管可能致命
中 (毒性)	2	风险等级
		H301(类 3): 吞咽会中毒
		H311(类 3): 接触皮肤会中毒
		H331(类 3): 吸入会中毒(气体、蒸汽、粉尘、烟雾)
		H314(类 1A、1B、1C): 严重灼伤皮肤、损伤眼睛
		H318(类 1): 造成眼的严重损伤
		H370(类 1): 单次接触造成气管的损害
低 (有害)	1	风险等级
		H302、H303(类 4、5): 吞咽有害
		H312、H313(类 4、5): 接触皮肤有害
		H332、H333(类 4、5): 吸入有害(气体、蒸汽、粉尘、烟雾)
		H305(类 2): 吞咽、吸入气管可能有毒害
		H315、H316(类 2、3): 对皮肤有刺激
		H319、H320(类 2A、2B): 对眼有刺激
		H371(类 2): 单次接触可能造成气管的损害
		H335、H336(类 3): 单次接触可能造成对呼吸器官的刺激、可能引起嗜睡或头晕
零	0	证据显示急性毒性可忽略
		未分风险等级和无证据或半数致死量 $LD_{50}>5000$

A.2 致癌计分见表 A.2

表 A.2 致癌计分原则

文字描述	积分	对应指标/标准
高 (强毒性)	3	风险等级
		IARC 类别 1
		USEPA 类别 A

文字描述	积分	对应指标/标准
中 (毒性)	2	H350(类 1A): 可能导致癌症——有充分证据表明人体暴露和癌症发病存在因果关系
		H340(类 1A): 可能导致遗传性疾病——有充分证据表明导致遗传性疾病
		风险等级
		IARC 类别 2A、2B
		USEPA 类别 B1、B2
低 (有害)	1	H350(类 1B): 可能导致癌症——被认为导致癌症
		H340(类 1B): 可能导致遗传性疾病——被认为导致遗传性疾病
		风险等级
		IARC 类别 3
		USEPA 类别 C
零	0	H351(类 2): 怀疑有可能致癌
		H341(类 2): 怀疑有可能导致遗传性疾病
		风险等级
		IARC 类别 4
		USEPA 类别 D、E
		充分证据显示可行动物测试的可忽略效应

A.3 生殖毒性计分见表 A.3

表 A.3 生殖毒性计分原则

文字描述	积分	对应指标/标准
高 (强毒性)	3	风险等级
		H360(类 1A): 有充分证据表明可能影响生殖能力或对胎儿有损害
		H362: 对哺乳期的婴儿造成伤害
中 (毒性)	2	风险等级
		H360(类 1B): 被认为可能影响生殖能力或对胎儿有损害
低 (有害)	1	风险等级
		H361: 怀疑影响生殖能力或对胎儿有损害
零	0	有或极有可能存在无生殖毒性的证据

A.4 其他慢性毒性计分见表 A.4

表 A.4 其他慢性毒性计分原则

文字描述	积分	对应指标/标准
高 (强毒性)	3	风险等级
		H372(类 1): 由于长期或反复接触引起的器官损害
		默认值:
		有人体和(或)两种动物慢性健康效应的充分证据
		有人体或动物发育毒性的足够证据
		有人体和(或)两种动物神经毒性的充分证据
		USEPA 1~5 类可遗传变异

中 (毒性)	2	风险等级
		H373(类 2): 由于长期或反复接触引起的器官损害
		H334(类 1、1A、1B): 吸入后可能引起过敏、哮喘、呼吸困难
		H317(类 1、1A、1B): 可能引起皮肤过敏
		默认值:
		有人体和(或)两种动物慢性健康效应的证据
		无充足证据, 但有数据显示可能存在发育毒性效应
		有神经毒性效应的证据
低 (有害)	1	有限或无证据证明可忽略毒性效应
零	0	有对人体或动物无发育毒性的充分证据
		有足够证据显示可忽略毒性效应

附录 B

(规范性)

暴露剂量估算

B.1 水环境暴露剂量估算

水环境污染物的暴露途径主要考虑：饮水和水产品摄入途径。暴露剂量的计算式 (B.1)：

$$ADD = \frac{C_w \times IR_w \times EF \times ED}{BW \times AT} + \frac{C_{biota} \times IR_{biota} \times EF \times ED}{BW \times AT} \quad \text{..... (B.1)}$$

式中： C_w 、 C_{biota} 分别为检出水体和水产品中污染物浓度 ($\mu\text{g/L}$, $\mu\text{g/g}$)； IR_w 、 IR_{biota} 分别为日均饮水率 (L/d) 和水产品摄入量 (g/d)； EF 为暴露频率 (d/a)； ED 为暴露持续年数 (a)； BW 为体重 (kg)； AT 为平均终身暴露时间 (d)。

B.2 土壤环境暴露剂量估算

土壤环境污染物的暴露途径主要考虑三种：经口、经呼吸以及皮肤接触途径，暴露剂量计算式 (B.2~B.6)：

$$ADD = \frac{IR_{\text{oral}} \times EF_{\text{oral}} \times ED_{\text{oral}}}{BW \times AT} + \frac{IR_{\text{inh}} \times EF_{\text{inh}} \times ED_{\text{inh}}}{BW \times AT} + \frac{IR_{\text{dermal}} \times EF_{\text{dermal}} \times ED_{\text{dermal}}}{BW \times AT} \quad \text{..... (B.2)}$$

$$IR_{\text{oral}} = C_{\text{soil}} \times \text{SDR} \quad \text{..... (B.3)}$$

$$IR_{\text{inh}} = C_{\text{soil}} \times EF \times RV \quad \text{..... (B.4)}$$

$$IR_{\text{dermal}} = \text{AAD} \times A_{\text{skin}} \quad \text{..... (B.5)}$$

$$\text{AAD} = \text{SSAR}_c \times E_v \times \text{ABS}_d \quad \text{..... (B.6)}$$

式中： IR 为暴露速率，即日均摄入量 (mg/d)； EF 为暴露频率 (d/a)； ED 为暴露持续年数 (a)； BW 为体重 (kg)； AT 为平均终身暴露时间 (d)； inh 、 oral 、 dermal 分别指经呼吸、经口、经皮肤暴露。 SDR 为土壤/尘日均摄入率 (g/d)； C_{soil} 为土壤/尘中污染物浓度 (mg/kg)； SDR 为土壤/尘日均摄入率 (g/d)； RV 日均空气呼吸量 (m^3/d)； AAD 为单位皮肤面积污染物日平均吸附量； A_{skin} 为暴露的皮肤面积 (cm^2)； SSAR_c 为儿童皮肤表面土壤黏附系数， mg/cm^2 ； E_v 为每日皮肤接触事件频率； ABS_d 为皮肤对污染物的吸收因子，无量纲。

B.3 大气环境暴露剂量估算

大气环境污染物的暴露途径主要考虑呼吸途径，暴露剂量计算式 (B.7)：

$$ADD_{inh} = \frac{C \times IR \times ET \times EF \times ED}{BW \times AT} \dots\dots\dots (B.7)$$

式中：C 为空气中污染物浓度（mg/m³）；IR 为日均空气呼吸量（m³/h）；ET 为暴露时间（h/d）；EF 为暴露频率（d/a）；ED 为暴露持续年数（a）；BW 为体重（kg）；AT 为平均终身暴露时间（d）。

附 录 C

(资料性)

缩略词

CCL	污染物候选名单	Contaminant candidate list
PCCL	初始污染物候选名单	Preliminary contaminant candidate list
DFS	检出频率得分	Score of detection frequency
EFS _t	毒性效应得分	Effect score of toxicity
EFS _h	人群暴露得分	Effect score of human exposure
HRS	健康风险综合得分	Score of human health risk