

团 体 标 准

T/CSES 20XX-XXXX

建设用地砷污染土壤修复目标值确定
技术指南

Technical guidelines for establishing cleanup level of arsenic contaminated soil of
land for construction

(征求意见稿)

20XX - XX - XX 发布

20XX - XX - XX 实施

中国环境科学学会 发布

目 次

前 言	II
1 范围	3
2 规范性引用文件	3
3 术语和定义	3
4 修复目标值确定方法	4
附 录 A （资料性） 区域土壤砷环境背景值的参考标准	6
附 录 B （资料性） 开展地块土壤砷环境背景值调查的必要性判定方法	7
附 录 C （资料性） 地块土壤砷的环境背景值确定方法	8
附 录 D （资料性） 计算等效风险水平的推荐模型	9
附 录 E （资料性） 基于人体可给性的土壤砷修复目标值计算方法	11
附 录 F （资料性） 模型参数推荐值	12

前 言

为贯彻《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国土壤污染防治法》等法律法规，规范并合理确定建设用地砷污染土壤修复目标值，制定本标准。

请注意本标准的某些内容可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

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。

本文件由生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心提出。

本标准由中国环境科学学会归口。

本文件起草单位：生态环境部土壤与农业农村生态环境监管技术中心、中国环境科学研究院、江苏长三角环境科学技术研究院有限公司。

本文件主要起草人：杜平、张云慧、唐晓声、张昊、陈娟、任杰、袁贝、王书倩、陈昱、张琰。

建设用地砷污染土壤修复目标值确定技术指南

1 范围

本指南规定了建设用地砷污染土壤修复目标值制定的总体要求和确定方法。

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 5749 生活饮用水卫生标准

GB 15618 土壤环境质量 农用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB 36600 土壤环境质量 建设用地土壤污染风险管控标准（试行）

GB/T 22105.2 土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第2部分：土壤中总砷的测定

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 25.3 建设用地土壤污染风险评估技术导则

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 803 土壤和沉积物 12种金属元素的测定 王水提取-电感耦合等离子体质谱法

HJ 1185 区域性土壤环境背景含量统计技术导则（试行）

HJ/T 166 土壤环境监测技术规范

《建设用地土壤污染修复目标值制定指南（试行）》（环办土壤函〔2022〕488号）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

土壤修复 soil remediation

采用物理、化学或生物的方法固定、转移、吸收、降解或转化地块土壤中的污染物，使其含量降低到可接受水平，或将有毒有害的污染物转化为无害物质的过程。

[来源：HJ 25.4-2019，3.1]

3.2

建设用地砷污染土壤修复目标值 cleanup level of arsenic contaminated soil of land for construction

在管控建设用地土壤污染风险时，用于表征对保护目标实现有效保护（不产生直接或潜在危害、或不具有环境风险），所允许的建设用地土壤砷含量阈值。

3.3

致癌风险 carcinogenic risk

人群暴露于致癌效应污染物，诱发致癌性疾病或损伤的概率。

[来源：HJ 25.3-2019，3.5]

3.4

危害商 hazard quotient

污染物每日摄入量与参考剂量的比值，用于表征人体经单一途径暴露于非致癌污染物而受到危害的水平。

[来源：HJ 25.3-2019，3.6]

3.5

可接受风险水平 acceptable risk level

对暴露人群不会产生不良或有害健康效应的风险水平，包括致癌物的可接受致癌风险水平和非致癌物的可接受危害商。

[来源：HJ 25.3-2019，3.8]

3.6

人体可给性 bioaccessibility

污染物随土壤经口摄入后，可解吸至人体胃液中的质量与其在摄入土壤中总质量的比值，又称为生物可给性。

[来源：环办土壤函〔2022〕488号]

3.7

土壤环境背景值 environmental background values of soil

基于土壤环境背景含量的统计值，通常以土壤环境背景含量的某一分位值表示。其中土壤环境背景含量是指在一定时间条件下，仅受地球化学过程和非点源输入影响的土壤中元素或化合物的含量。

[来源：GB 36600-2018，3.6]

4 修复目标值确定方法

4.1 总体要求

砷污染土壤修复目标值可采用 4.2~4.4 三种方法之一确定。

4.1.1 对于高背景地区，可选择地块所在区域或地块背景值作为修复目标值。砷的区域土壤环境背景值可根据附录 A 表 A.1 选取相关地方标准。若无地方标准，可根据附录 B 辅助判断是否开展砷的地块土壤环境背景值；如有必要，可按照附录 C 调查确定砷的地块土壤环境背景值。

4.1.2 所确定的砷污染土壤修复目标值不应高于 GB 36600 中对应用地情形下建设用地土壤污染风险管制值。

4.2 基于筛选值确定修复目标值

4.2.1 根据 GB 36600，将砷的土壤筛选值确定为修复目标值。

4.2.2 确定的修复目标值不应低于 GB 36600 规定的、对应土壤类型的土壤环境背景值。

4.2.3 可按照以下方法确定砷的土壤环境背景值：通过国家地球系统科学数据中心土壤分中心获取具体地块所在省（自治区、直辖市）基于全国第二次土壤普查资料绘制的土壤发生类型分布图，比例尺不低于 1:100 万。根据土壤发生类型分布图，查询地块土壤所属类型。根据土壤类型的查询结果，依据 GB 36600 选取对应土壤类型的土壤环境背景值作为地块砷的土壤环境背景值。若地块中同时存在多种土壤类型，应将所有土壤类型中对应土壤环境背景值的较低者作为地块土壤环境背景值。

4.3 基于生活饮用水卫生标准等效风险确定修复目标值

4.3.1 针对规划用地类型为第一类用地的地块，以 GB 5749 中砷的生活饮用水卫生标准作为地下水风险控制值反推砷的可接受致癌风险水平和危害商；根据反推结果调整可接受致癌风险水平和危害商，推导砷的土壤风险控制值，作为修复目标值。

4.3.2 根据 HJ 25.3 中基于饮用地下水途径致癌效应的地下水风险控制值计算公式反推等效的可接受致癌风险水平（ACR），公式见附录 D（D.1）；基于饮用地下水途径非致癌效应的地下水风险控制值计算公式反推等效的危害商（AHQ），公式见附录 D（D.3）。

4.3.3 按照 HJ 25.3 推导土壤风险控制值作为修复目标值。计算时，ACR 和 AHQ 根据 4.3.2 计算结果设置，经口摄入吸收效率因子（ ABS_o ）推荐值为 0.75，其他参数推荐值参照 HJ 25.3 设置。

4.4 基于人体可给性确定修复目标值

4.4.1 开展土壤砷的人体可给性测试，根据地块和背景土壤中砷的人体可给性，推导砷的修复目标值。

4.4.2 采集地块内土壤样品，参照《建设用地土壤污染修复目标值制定指南（试行）》中有关规定进行人体可给性测试。

4.4.3 参照附录 C 所述方法，调查确定地块土壤砷的环境背景值，同时参照《建设用地土壤污染修复目标值制定指南（试行）》中有关规定开展背景土壤砷的人体可给性测试。

4.4.4 计算土壤砷的修复目标值，公式参见附录 E（E.1）。

附 录 A
(资料性)
区域土壤砷环境背景值的参考标准

表 A.1 区域土壤砷环境背景值参考标准

序号	省区市	标准名称	标准编号
1	甘肃省	土壤环境背景值	DB62/T 4524
2	浙江省	建设用地土壤污染风险评估技术导则	DB33/T 892
3	珠江三角洲	土壤重金属风险评价筛选值 珠江三角洲	DB44/T 1415
4	柳州市	土壤环境背景值	DB4502/T 0052
5	韶关市	土壤环境背景值	DB4402/T 08
6	深圳市	土壤环境背景值	DB4403/T 68

附录 B

(资料性)

开展地块土壤砷环境背景值调查的必要性判定方法

按照表 B.1 对地块开展土壤砷环境背景值调查的必要性进行判定。必要性等级由低到高分为 L、M 和 H。判定为 M 和 H 建议开展地块土壤砷环境背景值调查。

表 B.1 开展地块土壤砷环境背景值调查的必要性判定

土壤类型	省(自治区、直辖市)	必要性等级
绵土、瘠土、黑垆土、黑土、白浆土、黑钙土、潮土, 绿洲土、砖红壤、褐土、灰褐土、暗棕壤、棕色针叶林土、灰色森林土、棕钙土、灰钙土、灰漠土、灰棕漠土、棕漠土、草甸土、磷质石灰土、紫色土、风沙土、碱土	上海、北京、天津、山东、江苏、宁夏、吉林	L
	黑龙江、山西、福建、辽宁、陕西、内蒙古、安徽、河南、甘肃、四川	M
	新疆、河北、浙江、青海、湖北、江西、广东、西藏、湖南、贵州、广西、云南	H
水稻土、红壤、黄壤、黄棕壤、棕壤、栗钙土、沼泽土、盐土、黑毡土、草毡土、巴嘎土、莎嘎土、高山漠土、寒漠土	上海、北京、天津、黑龙江、山西、福建、山东、陕西、江苏、宁夏、吉林、河南、甘肃、四川、新疆、河北、湖北	L
	辽宁、内蒙古、安徽、浙江、青海、江西、广东	M
	西藏、湖南、贵州、广西、云南	H
赤红壤、燥红土、石灰(岩)土	上海、北京、天津、黑龙江、山西、福建、山东、辽宁、陕西、江苏、宁夏、吉林、河南、甘肃、四川、新疆、河北、浙江、湖北	L
	内蒙古、安徽、青海、江西、广东、西藏、湖南、贵州、广西	M
	云南	H

附录 C
(资料性)
地块土壤砷的环境背景值确定方法

C.1 点位布设

在地块内或周边至少选择1个未受工业企业或其他来源污染的区域作为对照布点区域；在每个布点区域内均匀布设至少6个对照点位；每个对照点位至少采集1个样品，采集的样品应尽量选择未经外界扰动的土壤，且采样位置的土壤性质应尽可能与地块内超过筛选值的样品保持一致。若条件允许，可钻探至基岩，并采集分析基岩样品进行辅助判断。

土壤样品采集和保存参照HJ 25.2，流转参照HJ/T 166；分析测试参照HJ/T 166，其中标准方法优先采用GB 15618和GB 36600中的分析方法，如表C.1所示。土壤样品采集、保存、流转过程质量控制参照HJ 25.2。

表 C.1 土壤砷分析方法

序号	分析方法	标准编号
1	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
2	土壤和沉积物 12种金属元素的测定 王水提取-电感耦合等离子体质谱法	HJ 803
3	土壤质量 总汞、总砷、总铅的测定 原子荧光法 第2部分：土壤中总砷的测定	GB/T 22105.2

C.2 数据处理分析

土壤环境背景含量数据的分布类型大致分为正态分布、对数正态分布和其他分布。数据的正态性检验按照GB/T 4882 的规定执行。非正态分布的数据，进行适当的正态转换后再进行正态性检验。

可采用格拉布斯（Grubbs）检验法、狄克逊（Dixon）检验法、T（Thompson）检验法、箱线图法和富集系数法等方法对检测数据进行异常值判别。识别出的异常值，应参照HJ 1185中相关规定分析其原因，确定是否剔除。

C.3 统计与表征

对异常值处理后的数据，再检验数据分布类型，进行土壤环境背景含量统计。统计样点数量、最小值、最大值、分位值（2.5%、5%、10%、25%、50%、75%、90%、95%、97.5%）、算术平均值、算术标准差等。以土壤环境背景含量顺序统计量的95%分位值作为土壤环境背景值。

附录 D
(资料性)
计算等效风险水平的推荐模型

D.1 等效可接受致癌风险水平

基于 GB 5749 中砷的生活饮用水卫生标准推导砷的可接受致癌风险水平，采用公式 (D.1) 计算：

$$ACR = HS_{dw} \times CGWER_{ca} \times SF_o \quad (D.1)$$

公式 (D.1) 中

ACR —可接受致癌风险水平，无量纲；

HS_{dw} —GB 5749 中砷的生活饮用水卫生标准， $mg \cdot L^{-1}$ ；

$CGWER_{ca}$ —饮用受影响地下水对应的地下水的暴露量（致癌效应）， $L \text{ 地下水} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；采用公式 (D.2) 计算；

SF_o —经口摄入致癌斜率因子， $(mg \text{ 污染物} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1})^{-1}$ ；取值为 1.5。

对于砷的致癌效应，考虑人群在儿童期和成人期暴露的终生危害，饮用地下水途径对应的地下水暴露量，采用公式 (D.2) 计算：

$$CGWER_{ca} = \frac{GWCR_c \times EF_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{ca}} + \frac{GWCR_a \times EF_a \times ED_a}{BW_a \times AT_{ca}} \quad (D.2)$$

公式 (D.2) 中：

$CGWER_{ca}$ —饮用受影响地下水对应的地下水的暴露量（致癌效应）， $L \text{ 地下水} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；

$GWCR_c$ —儿童每日饮水量， $L \text{ 地下水} \cdot d^{-1}$ ；推荐值见附录F中表F.1；

$GWCR_a$ —成人每日饮水量， $L \text{ 地下水} \cdot d^{-1}$ ；推荐值见附录F中表F.1；

ED_c —儿童暴露期，a；推荐值见附录F中表F.1；

ED_a —成人暴露期，a；推荐值见附录F中表F.1；

EF_c —儿童暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；推荐值见附录F中表F.1；

EF_a —成人暴露频率， $d \cdot a^{-1}$ ；推荐值见附录F中表F.1；

BW_c —儿童体重，kg；推荐值见附录F中表F.1；

BW_a —成人体重，kg；推荐值见附录F中表F.1；

AT_{ca} —致癌效应平均时间，d；推荐值见附录 F 中表 F.1。

D.2 等效可接受危害商

基于 GB 5749 中砷的生活饮用水卫生标准推导砷的可接受危害商，采用公式 (D.3) 计算：

$$AHQ = \frac{CGWER_{na} \times HS_{dw}}{RfD_o \times WAF} \quad (D.3)$$

公式 (D.3) 中，

AHQ —可接受致癌风险水平，无量纲；

$CGWER_{na}$ —饮用受影响地下水对应的地下水的暴露量（非致癌效应）， $L \text{ 地下水} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；采用公式 (D.4) 计算；

RfD_o —经口摄入参考剂量， $mg \text{ 污染物} \cdot kg^{-1} \text{ 体重} \cdot d^{-1}$ ；取值为 3.00E-04；

WAF —暴露于地下水的参考剂量分配比例，无量纲；推荐值见附录F中表F.1；

公式 (D.3) 中， HS_{dw} 的参数含义见公式 (D.1)。

对于砷的非致癌效应，考虑人群在儿童期的暴露危害，饮用地下水途径对应的地下水暴露量，采用公式 (D.4) 计算：

$$CGWER_{nc} = \frac{GWCR_c \times EF_c \times ED_c}{BW_c \times AT_{nc}} \quad (D.4)$$

公式 (D.4) 中:

$CGWER_{nc}$ —饮用受影响地下水对应的地下水的暴露量 (非致癌效应), L 地下水·kg⁻¹ 体重·d⁻¹;

ED_c —儿童暴露期, a; 推荐值见附录F中表F.1;

EF_c —儿童暴露频率, d·a⁻¹; 推荐值见附录F中表F.1;

BW_c —儿童体重, kg; 推荐值见附录F中表F.1;

AT_{nc} —非致癌效应平均时间, d; 推荐值见附录F中表F.1。

附录 E

(资料性)

基于人体可给性的土壤砷修复目标值计算方法

基于人体可给性的土壤砷修复目标值可根据公式 (E.1) 计算:

$$CS = \frac{C_{sb} \times IVBA_{sb}}{IVBA_s} \quad (\text{E.1})$$

公式 (E.1) 中,

CS —基于人体可给性的土壤砷修复目标值, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;

C_{sb} —背景土壤中的砷浓度, $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$;

$IVBA_{sb}$ —背景土壤砷的人体可给性 IVBA, 无量纲;

$IVBA_s$ —地块土壤砷的人体可给性 IVBA, 无量纲。

附录 F
(资料性)
模型参数推荐值

表 F.1 模型参数及推荐值

参数符号	参数名称	单位	第一类用地推荐值	第二类用地推荐值
ED_a	成人暴露期 exposure duration of adults	a	24	25
ED_c	儿童暴露期 exposure duration of children	a	6	—
EF_a	成人暴露频率 exposure frequency of adults	$d \cdot a^{-1}$	350	250
EF_c	儿童暴露频率 exposure frequency of children	$d \cdot a^{-1}$	350	—
BW_a	成人平均体重 average body weight of adults	kg	61.8	61.8
BW_c	儿童平均体重 average body weight of children	kg	19.2	—
WAF	暴露于地下水的参考剂量分配比例 groundwater allocation factor	无量纲	0.5	0.5
AT_{ca}	致癌效应平均时间 average time for carcinogenic effect	d	27740	27740
AT_{nc}	非致癌效应平均时间 average time for non-carcinogenic effect	d	2190	9125
$GWCR_a$	成人每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of adults	$L \cdot d^{-1}$	1.0	1.0
$GWCR_c$	儿童每日饮用水量 daily groundwater consumption rate of children	$L \cdot d^{-1}$	0.7	0.7