

附件 7

《建设用地土壤污染风险筛选指导值
(三次征求意见稿)》
编制说明

《土壤环境质量标准》修订项目组

二〇一六年二月

项 目 名 称：修订《土壤环境质量标准》（GB 15618-1995）

牵 头 承 担 单 位：环境保护部南京环境科学研究所

项 目 负 责 人：林玉锁

标准所技术责任人：李 敏、王海燕

标准处行政责任人：段光明

目 录

1 项目概况.....	100
2 标准编制依据.....	100
3 技术要点说明.....	101
4 其他需要说明的事项.....	124
5 征求意见及技术审议情况.....	125
附录 A	128
附录 B	132
附录 C	146

1 项目概况

2014年2月19日，环境保护部发布场地土壤环境调查、监测、风险评估、修复系列技术导则(HJ 25.1~4-2014)，但未规定风险评估筛选值。为配合修订《土壤环境质量标准》(GB15618-1995)，环境保护部启动了《建设用地土壤污染风险筛选指导值》制订工作。

2015年1月13日，环境保护部印发《建设用地土壤污染风险筛选指导值》第一次征求意见稿，标准编制单位根据第一次征求意见反馈意见和建议进行了修改完善，形成了二次征求意见稿。2015年8月14日，环境保护部向社会公开进行二次征求意见。2015年10月23日，环境保护部在北京组织召开了《建设用地土壤污染风险筛选指导值(送审稿)》专家审议会，会议原则同意本标准通过审议。2015年12月29日，环境保护部部长专题会审议了本标准，并要求第三次向社会公开征求意见。

本标准适用于建设用地土壤污染风险的初步评估，筛查建设用地土壤污染可能存在的健康风险，与HJ 25.1~4-2014共同构成场地环境保护标准体系。如果建设用地土壤污染物监测含量超过本标准，则应按照HJ 25.1、HJ 25.2、HJ 25.3，启动和开展场地环境调查和风险评估。地方省级政府制定的同类标准与该系列标准可互为补充。

2 标准编制依据

(1)《中华人民共和国环境保护法》(2015年1月1日施行)：

第三十二条 国家加强对大气、水、土壤等的保护，建立和完善相应的调查、监测、评估和修复制度。

(2)《国务院办公厅关于印发近期土壤环境保护和综合治理工作安排的通
知》(国办发〔2013〕7号)：

强化科技支撑。完善土壤环境保护标准体系，制(修)订土壤环境质量、污染土壤风险评估、被污染土壤治理与修复、主要土壤污染物分析测试、土壤样品、肥料中重金属等有毒有害物质限量等标准。

(3)《国家环境保护标准“十二五”发展规划》(环发〔2013〕22号)：

修订土壤环境质量标准，建立包括农用地、居住类用地和工业用地等的土壤

环境质量标准体系,进一步完善有毒有害物质控制指标。以保护人体健康为目标,以健康风险评估为手段,制订相关标准,启动污染土壤风险评估、污染场地土壤修复目标值确定和场地人体暴露参数调查等标准研究制订工作,初步建立工业污染场地环境风险管理与污染控制标准体系。

(4)《关于保障工业企业场地再开发利用环境安全的通知》(环发〔2012〕40号):

排查被污染场地。以已关停并转、破产、搬迁的化工、金属冶炼、农药、电镀和危险化学品生产、储存、食用企业,且原有场地拟再开发利用的以本地区其他重点监管工业企业为对象,组织开展场地环境调查和风险评估,掌握场地土壤和地下水污染基本情况,排查被污染场地。

(5)《关于加强工业企业关停、搬迁及原址场地再开发利用过程中污染防治工作的通知》(环发〔2014〕66号):

组织开展关停搬迁工业企业场地环境调查。地方各级环保部门要按照相关法规政策要求,积极组织和监督场地使用权人等相关责任人委托专业机构开展关停搬迁工业企业原址场地的环境调查和风险评估工作。

3 技术要点说明

3.1 标准定位与适用范围

本标准规定了建设用地土壤环境功能分类、污染物项目及健康风险筛选指导值,以及监测、实施与监督要求,适用于筛查建设用地土壤污染风险、启动建设用地土壤污染风险评估。

本标准与《场地环境调查技术导则》(HJ 25.1-2014)、《场地环境监测技术导则》(HJ 25.2-2014)、《污染场地风险评估技术导则》(HJ 25.3-2014)等互相衔接、配套,共同支撑场地环境监督管理。

3.2 建设用地土壤环境功能分类

考虑本标准的可操作性,按照 HJ 25.3-2014 和《城市用地分类与规划用地标准》(GB 50137-2011),将建设用地土壤环境功能分为两类:

第一类为住宅类用地方式,包括《城市用地分类与规划用地标准》(GB50137-2011)规定的城市建设用地中的居住用地(R)、文化设施用地(A2)、中小学

用地（A33）、社会福利设施用地（A6）中的孤儿院等，以及农村地区此类建设
用地。

第二类为工业类用地方式，包括 GB 50137-2011 规定的城市建设用地中的工
业用地（M）、物流仓储用地（W）、商业服务业设施用地（B）、公用设施用地（U）
等，以及农村地区此类建设用地。

进行上述用地方式划分，主要的依据是两类用地方式下，可能长期、高剂量
暴露于土壤污染物的敏感人群有所不同。第一类住宅类用地方式下，儿童和成人
均可能长期暴露于土壤污染物，因此将儿童和成人均作为评估的敏感人群。第二
类工业类用地方式，仅成人由于职业工作原因长期暴露于土壤污染物，因此将成
人作为评估的敏感受体。

对于第一类和第二类用地混合、功能不易区分时，划为第一类环境功能区。

第一次征求意见稿中制订发布了保护地下水的土壤污染风险筛选指导值，考
虑到所用土壤-地下水污染物迁移评估模型较简单，未充分考虑污染物的水平扩
散和降解过程，且我国水文地质条件空间变异性较大，难以根据统一的水文地质
参数外推制订全国保护地下水的土壤污染物含量限值，根据第一次征求意见反馈
意见，取消制订统一的保护地下水的土壤污染风险筛选指导值。

3.3 土壤污染物项目

建设用地类型多样，人类活动强度大，尤其工业企业用地，涉及各种化学品
和生产加工过程中产生的污染物，污染源类型复杂，污染物种类繁多，且因污染
场地而异。因此，本标准尽可能规定了较多的污染物的标准值。

根据第一次征求意见反馈意见，不再分别规定必测项目和选测项目，对原必
测项目和选测项目进行了合并。根据第一次征求意见反馈意见，增加了铅和石油
烃等指标。考虑艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂等农药在我国土壤等环境介质中仍有
检出报道，暂保留上述农药指标。

第一次征求意见反馈意见建议增加十氯酮、五氯苯、六溴联苯、四溴二苯醚
和五溴二苯醚、六溴二苯醚和七溴二苯醚、多溴联苯醚、全氟辛基磺酸及其盐类
和全氟辛基磺酰氟、以及六溴环十二烷等持久性有机污染物，经调研欧美等多数
发达国家均未建设用地的上述污染物指标限值进行规定，缺乏开展污染土壤健康
风险评估的污染物毒性和理化性质参数，暂未能在本次修订中考虑。

在第二次征求意见稿中对污染物项目进行了适度增补和分类。结合行业生产特征、污染物理化和毒性性质，将污染物项目分为 9 类：金属与无机物、脂肪烃及其衍生物、单环芳烃及其衍生物、多环芳烃、多氯联苯与二噁英、有机农药、石油烃、邻苯二甲酸酯，增补石油烃等污染物，污染物指标总数由原 118 项增加到 121 项。其中：

(1) 金属与无机物共 17 项。包括锑、砷、铍、镉、铬、钴、铜、铅、汞、镍、锡、钒、锌等 15 项重金属指标和氰化物、氟化物 2 项无机物指标。

(2) 脂肪烃及其衍生物共 25 项。包括丙酮和甲烷、乙烷、丙烷、乙烯等脂肪烃衍生物。这类有机污染物分子量相对较低，挥发性强，在环境中的扩散迁移性强，部分污染物毒性高，在多个行业工业场地环境调查中检出频率高，是场地环境调查评估与治理修复的重点。

(3) 单环芳烃及其衍生物共 21 项。包括苯、甲苯、乙苯、二甲苯及其卤代、硝基和氨基等衍生物。这类有机物多为半挥发性污染物，是化工等多个行业的产品或重要生产原辅材料，在工业企业场地环境调查中检出频率较高，是场地环境管理的重点类污染物。

(4) 多环芳烃类污染物共 13 项。包括苯并_[a]芘、苯并_[a]蒽、苯并_[b]荧蒽、苯并_[k]荧蒽、二苯并_[a,h]荧蒽、苯并_[1,2,3-cd]芘等代表性的多环芳烃污染物。多环芳烃 (PAHs) 共有 100 多种。多环芳烃类物质可来源于煤焦油、原油、药物、染料、塑料和杀虫剂等相关行业，煤、石油和天然气、垃圾或其他有机物质如烟草、炭火等不完全燃烧，也可形成多环芳烃类有机物。

(5) 多氯联苯与二噁英类污染物共 15 项。包括 PCB77、PCB81、PCB105、PCB114、PCB118、PCB123、PCB126、PCB156、PCB157、PCB167、PCB169、二噁英、多溴联苯等污染物。多氯联苯尚没有已知的天然来源，由于多氯联苯不易燃烧，有良好的绝缘性，人工合成的多氯联苯商业产品一般是多种单体的混合物，被用作变压器、电容器和其他电气设备的冷却剂和润滑剂。二噁英具有由两个氧原子连接的两个苯环，主要产生于含氯废弃物的高温焚烧。我国部分地区历史上从事变压器等电器设备制造时曾生产和使用过多氯联苯类产品。

(6) 有机农药类污染物共 19 项。包括艾氏剂、狄氏剂、异狄氏剂、氯丹、滴滴涕及其降解产物、六六六及同分异构体、氯丹、灭蚁灵、七氯等有机氯和有

机磷农药。这些是我国农药类污染场地调查的重点污染物。

(7) 石油烃类污染物共 5 项。按照碳原子数进行分组，包括 3 种代表性的脂肪烃混合物和 2 种代表性的芳香烃混合物。工业企业由于使用石油作为能源，普遍存在石油烃污染问题，石油烃是多个行业企业场地土壤和地下水污染的重要污染物。

(8) 邻苯二甲酸酯类污染物共 5 项。包括邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯、邻苯二甲酸苄丁酯、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯和邻苯二甲酸二正辛酯。邻苯二甲酸酯又称为酞酸酯，工业上被用作塑料的增塑剂，用于聚氯乙烯彩料的生产，可使聚氯乙烯由硬塑胶变为有弹性的塑胶，起到增塑剂的作用。普遍用于玩具、食品包装、医用血袋和胶管、壁纸、清洁剂、润滑油、个人护理产品等日用品的生产和制造。

(9) 其他类污染物 1 项。为 3,3-二氯联苯胺,是合成偶氮染料中间体和颜料苯胺黄的重要原料。

3.4 土壤污染风险筛选指导值制订方法

3.4.1 制订方法概述

建设用地土壤污染风险筛选指导值是筛查土壤污染人体健康暴露风险的土壤中污染物含量限值，因此，指导值外推时主要考虑敏感人群对场地土壤污染的直接暴露风险，即参照 HJ25.3-2014 规定的污染场地（人体健康）风险评估方法制订。按照 HJ25.3-2014 规定的风险评估方法计算得到的土壤污染风险控制值是确定土壤污染风险筛选指导值的重要依据。

3.4.2 场地暴露情景

3.4.2.1 暴露情景假设

本标准基于人体健康风险评估方法，外推制订了住宅和工业两类建设用地方式下的土壤污染风险筛选指导值。在制订住宅类和工业类土壤指导值时，分别按照 HJ 25.3-2015 中“住宅用地为代表的敏感用地”和“工业用地为代表的非敏感用地”暴露情景进行暴露评估和指导值的计算。

住宅类用地方式下，儿童和成人均可能会长时间暴露于场地污染而产生健康危害。对于致癌效应，考虑人群的终生暴露危害，一般根据儿童期和成人期的暴露来评估污染物的终生致癌风险；对于非致癌效应，儿童体重较轻、暴露量较高，

一般根据儿童期暴露来评估污染物的非致癌危害效应。

工业类用地方式下，成人的暴露期长、暴露频率高，一般根据成人期的暴露来评估污染物的致癌风险和非致癌效应。

3.4.2.2 暴露途径及模型

对于住宅类用地和工业类用地，按照 HJ 25.3-2014 规定，评估 6 种主要的土壤暴露途径的暴露风险，并据此外推土壤污染风险控制值。风险评估考虑的 6 中主要的土壤暴露途径如下：

- (1) 经口摄入土壤
- (2) 皮肤接触土壤
- (3) 吸入土壤颗粒物
- (4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物
- (5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物
- (6) 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物

3.4.2.3 住宅类用地土壤暴露量计算

(1) 经口摄入土壤途径 对于单一污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.1) 和公式 (A.2)，计算该途径的土壤暴露量。

(2) 皮肤接触土壤途径 对于单一污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.3)、公式 (A.4)、公式 (A.5) 和公式 (A.6)，计算该途径对应土壤暴露量。

(3) 吸入土壤颗粒物途径 对于单一污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.7) 和公式 (A.8)，计算该途径的土壤暴露量。

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径 对于单一污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.9) 和公式 (A.10)，计算该途径对应的土壤暴露量。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径 对于单一污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.11) 和公式 (A.12)，计算该途径对应的土壤暴露量。

(6) 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径 对于污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.15) 和公式 (A.16)，计算该

途径对应的土壤暴露量。

3.4.2.4 工业类用地土壤暴露量计算

(1) 经口摄入土壤途径 对于污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.21) 和公式 (A.22)，计算该途径的土壤暴露量。

(2) 皮肤接触土壤途径 对于污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.23) 和公式 (A.24)，计算该途径的土壤暴露量。

(3) 吸入土壤颗粒物途径 对于污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.25) 和公式 (A.26)，计算该途径的土壤暴露量。

(4) 吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径 对于污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.27) 和公式 (A.28)，计算该途径对应的土壤暴露量。

(5) 吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物途径 对于污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.29) 和公式 (A.30)，计算该途径对应的土壤暴露量。

(6) 吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物途径 对于污染物的致癌和非致癌效应，根据 HJ 25.3-2014 附录 A 公式 (A.33) 和公式 (A.34)，计算该途径对应的土壤暴露量。

3.4.3 暴露评估模型参数

3.4.3.1 场地和土壤相关参数

(1) 土壤有机质含量 (f_{om} , g/kg)

土壤有机质含量 (f_{om}) 是影响污染物在土壤固相和液相分配行为的关键参数之一。土壤有机质含量与土壤有机碳含量 (f_{oc})、土壤固相-液相污染物分配系数 (K_d)、土壤-水中污染物分配系数 (K_{sw})、表层和下层土壤中污染物扩散进入室外空气的挥发性因子 (VF_{suroa} 和 VF_{suboa})、下层土壤中污染物扩散进入室内空气的挥发性因子 (VF_{subia}) 等参数值的计算有关。

调研美国、加拿大、英国、荷兰、澳大利亚、中国香港特别行政区在开展污染土壤健康风险评估时采用的有机质含量或有机碳含量参数值见表 3.1。

表 3.1 国内外风险评估模型参数 (f_{om}) 取值比较

国家 (机构)	参数符号	单位	参数值	备注
美国 (联邦环保局)	f_{oc}	g/g	0.006	有机质含量约 10.2 g/kg

国家（机构）	参数符号	单位	参数值	备注
美国（第三六九区环保局）	f_{oc}	g/g	0.006	有机质含量约 10.2 g/kg
美国（材料与测试标准化协会）	f_{oc}	g/g	0.01	有机质含量约 17.0 g/kg
加拿大（环境部长委员会）	f_{oc}	g/g	0.005	有机质含量约 8.5 g/kg
英国（环境署）	SOM	g/g	0.06	有机质含量约 60 g/kg
荷兰（基础设施与环境部）	F_{oc}	g/g	0.058	有机质含量约 98.6 g/kg
澳大利亚	F_{oc}	g/g	0.003	有机质含量约 5.1 g/kg
中国香港环境署	F_{oc}	g/g	0.002	有机质含量约 3.4 g/kg

不同国家和地区，有机质含量参数取值范围 3.4-98.6 g/kg。土壤有机质含量越高，对污染物的吸附固定作用越强，污染物的扩散迁移性越低。土壤有机质含量越低，污染物扩散迁移性越强，挥发性污染物扩散迁移对人群的暴露量也越高，计算得到的土壤污染风险控制值也越低。基于标准制订保守性考虑，有机质含量参数值定为 10 g/kg。

(2) 土壤容重 (ρ_b , kg/dm³)

土壤容重 (ρ_b) 是影响污染物在土壤固相和液相分配、气态污染物扩散迁移行为的关键参数之一。调研美国、加拿大、英国、荷兰、澳大利亚、中国香港特别行政区在开展污染土壤健康风险评估时采用的有机质含量或有机碳含量参数值见表 3.2。

表 3.2 国内外风险评估模型参数 (ρ_b) 取值比较

国家（机构）	参数符号	单位	参数值	备注
美国（联邦环保局）	ρ_b	g/cm ³	1.5	
美国（第三六九区环保局）	ρ_b	g/cm ³	1.5	
美国（材料与测试标准化协会）	ρ_s	g/cm ³	1.7	
加拿大（环境部长委员会）	ρ_b	g/cm ³	1.4/1.7	粗质地土壤 1.7 细质地土壤 1.4
英国（环境署）	ρ_b	g/cm ³	0.94-1.21	粘土 1.07、粉质粘土 0.94、粉质粘壤土 1.07、粘壤土 1.14、砂质粘壤土 1.20、粉质壤土 1.09、砂质粉壤土 1.19、砂质壤土 1.21、砂土 1.18
荷兰（基础设施与环境部）	ρ_b	g/cm ³	1.2	
中国（香港环境署）	ρ_b	g/cm ³	1.7	采用了美国材料与测试标准化委员会参数值。

不同国家和地区，有机质含量参数取值范围为 0.94-1.7 g/cm³。参照美国材料与测试标准化协会和 HJ 25.3-2014 推荐值，默认参数值定为 1.5 g/cm³。

(3) 土壤含水率 (P_{ws} , kg 水/kg 土壤)

调研美国、加拿大、英国、荷兰、澳大利亚、中国香港特别行政区在开展污

染土壤健康风险评估时采用的土壤含水率参数值见表 3.3。不同国家和地区，土壤含水率参数取值范围。

表 3.3 国内外风险评估模型参数 (P_{ws}) 取值比较

国家 (机构)	参数符号	参数单位	参数值	备注
美国 (联邦环保局)	θ_w	L_{water}/L_{soil}	0.15	
美国 (第三六九区环保局)	w	kg_{water}/kg_{soil}	0.1	土壤吸湿水含量
美国 (材料与测试标准化协会)	θ_{wvad}	$cm^3\text{-water}/cm^3\text{-soil}$	0.12	非饱和土层毛管水体积百分比
加拿大 (环境部长委员会)	Mw/Ms	无量纲	0.07 0.12	粗质地土壤 细质地土壤
英国 (环境署)	θ_w	cm^3/cm^3	0.24- 0.51	粘土 0.47、粉质粘土 0.51、粉质粘壤土 0.46、粘壤土 0.42、砂质粘壤土 0.37、粉质壤土 0.44、砂质粉壤土 0.38、砂质壤土 0.33、砂土 0.24
荷兰 (基础设施与环境部)	θ_w		0.3	土壤毛管水体积比
中国 (香港环境署)	θ_{vwater}		0.05	土壤毛管水体积比

参照美国第三六九区环保局和 HJ 25.3-2014 推荐值，默认参数值设为 0.10。

(4) 土壤颗粒密度 (ρ_s , kg/dm^3)

调研美国、加拿大、英国、荷兰、澳大利亚、中国香港特别行政区在开展污染土壤健康风险评估时采用的土壤颗粒密度 (ρ_s) 参数值见表 3.4。不同国家和地区，土壤颗粒密度参数取值范围基本接近。

表 3.4 国内外风险评估模型参数 (ρ_s) 取值比较

国家 (机构)	参数符号	参数单位	参数值	备注
美国 (联邦环保局)	ρ_s	g/cm^3	2.65	
美国 (第三六九区环保局)	ρ_s	g/cm^3	2.65	
荷兰 (基础设施与环境部)	ρ_s	g/cm^3	2.50	

参照美国联邦环保局、第三六九区环保局，采用 HJ 25.3-2014 推荐值 2.65。

(5) 混合区大气流速 (U_{air} , cm/s)

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式下的推荐值 200。根据我国陆地生态信息空间气象数据库发布的全国年均风速图，我国大部分地区年平均风速约在 200 cm/s 左右，据此确定推荐值。

(6) 混合区高度 (δ_{air} , cm)

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式下的推荐值 200。推荐值参照美国材料和测试标准化协会 (ASTM E2081-00, 2010) 住宅、商业和工业用地方式下的参数值确定。

(7) 污染源区宽度 (W , cm)

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式下的推荐值 4500。推荐值参照美国材料和测试标准化协会 (ASTM E2081-00, 2010) 住宅、商业和工业用地方式下参数值确定。

(8) 地下水土壤交界处毛细管层厚度 (h_{cap} , cm)

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式下的推荐值 5。推荐值参照美国材料和测试标准化协会 (ASTM E2081-00, 2010): 住宅、商业和工业用地方式下的参数值确定。

(9) 非饱和土层厚度 (h_v , cm)

表层土壤厚度 50cm, 下层土壤厚度 100cm 按照地下水埋深 150cm、地下水土壤交界处毛细管层厚度为 5cm, 则非饱和土层厚度参数值为 145cm。

(10) 毛细管层土壤中孔隙空气体积比 (θ_{acap} , 无量纲)

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地推荐值 0.038。推荐值参照美国材料和测试标准化协会 (ASTM E2081-00, 2010) 住宅、商业和工业用地方式下的参数值确定。

(11) 毛细管层土壤中孔隙水体积比 (θ_{wcap} , 无量纲)

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.342。推荐值参照美国材料和测试标准化协会 (ASTM E2081-00, 2010) 住宅、商业和工业用地方式下的参数值确定。

(12) 土壤透性系数 (K_v , cm)

住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值为 10^{-8} 。推荐值参照美国材料和测试标准化协会 (ASTM E2081-00, 2010) 对应用地方式下的参数值设定。

(13) 污染源区面积 (A , cm^2)

住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 $20250000 cm^2$ 。推荐值参照美国材料和测试标准化协会 (ASTM E2081-00, 2010) 对应用地方式下的参数值设定。

3.4.3.2 建筑物相关参数

(1) 地基裂隙中空气体积比 (θ_{acrack} , 无量纲)

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式下的推荐值

0.26。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）的参数值确定。

（2）地基裂隙中水体积比（ θ_{wcrack} ，无量纲）

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式下的推荐值

0.12。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）的参数值确定。

（3）室内地基或墙体厚度（ L_{crack} ，cm）

采用 HJ 25.3-2014 住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式下的推荐值 15。

推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081，2010）参数值设定。

（4）室内空间体积与气态污染物入渗面积比（ L_B ，cm）

住宅类敏感用地采用 HJ 25.3-2014 推荐值 200，工业类非敏感用地采用 HJ 25.3-2014 推荐值为 300。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-95，2010）住宅和工业用地方式下的参数值设定。

（5）室内空气交换速率（ER，次/d）

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 12，工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值为 20。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）对应用地方式下的参数值设定。

（6）地基和墙体裂隙表面积所占比例（ η ，无量纲）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.01。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）住宅和工业用地方式下的参数值确定。

（7）气态污染物入侵持续时间（ τ ，s）

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 24 a；工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 25 a。推荐值参照美国联邦及部分州参数值确定。

（8）室内外气压差（ dP ， $g/cm\cdot s^2$ ）

住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）对应用地方式下的参数值设定。

（9）室内地面到地板底部厚度（ Z_{crack} ，cm）

住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 15。推

荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）对应用地方式下的参数值设定。

（10）室内地板周长（ X_{crack} ，cm）

住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值均为 3400。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）对应用地方式下的参数值设定。

（11）室内地板面积（ A_b ， cm^2 ）

住宅类敏感用地和工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 700000。推荐值参照美国材料和测试标准化协会（ASTM E2081-00，2010）对应用地方式下的参数值设定。

3.4.3.3 暴露人群相关参数

（1）成人暴露期（ ED_a ，a）

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 24；工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 25。推荐值参照美国联邦及部分州参数值确定。

美国环保局（USEPA，2002）修订后规定住宅用地方式下地块内居民的暴露期为 30 a，非住宅用地方式下工人（室内或室外）的暴露期为 25 年。

（2）儿童暴露期（ ED_c ，a）

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 6。推荐值参照美国、荷兰等国家参数值确定。

（3）成人暴露频率（ EF_a ，d/a）

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 350；工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 250。住宅类敏感用地推荐值为保守值；商业和工业用地方式下，成人每星期工作 5 d，全年按照 52 周计，去掉全年法定假日 11 d， $EF_a = 5 \text{ d/周} \times 52 \text{ 周/a} - 11 \text{ d/a} = 250 \text{ d/a}$ 。

（4）儿童暴露频率（ EF_c ，d/a）

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 350。推荐值为保守值。

（5）成人室内暴露频率（ EF_{Ia} ，d/a）

通过分析人群活动特征，假设成人 75%的时间在室内活动，住宅类敏感性用地方式下推荐值为 $350 \times 0.75 = 262.5 \text{ d/a}$ ，工业类非敏感性用地方式下推荐值为

$250 \times 0.75 = 187.5 \text{ d/a}$ 。

(6) 儿童室内暴露频率 (EF_{ic}, d/a)

通过分析儿童活动特征,假设儿童 75%的时间在室内活动,住宅类敏感性用地方式下推荐值为 $350 \times 0.75 = 262.5 \text{ d/a}$ 。

(7) 成人室外暴露频率 (EFO_a, d/a)

通过分析人群活动特征,假设成人 25%的时间在室外活动,工业类非敏感性用地方式下推荐值为 $250 \times 0.25 = 62.5 \text{ d/a}$ 。

(8) 儿童室外暴露频率 (EFO_c, d/a)

通过分析儿童活动特征,假设儿童 25%的时间在室外活动,住宅类敏感性用地方式下推荐值为 $350 \times 0.25 = 87.5 \text{ d/a}$ 。

(9) 成人平均体重 (BW_a, kg)

根据环境保护部《中国人群暴露参数手册》(2013),我国成人 (≥ 18 岁) 体重 60.6 kg, 为 65.0 kg, 成人女性 (≥ 18 岁) 体重为 56.8。基于风险评估参数取值保守性考虑,根据成人女性体重确定风险评估的成人平均体重参数值为 56.8 kg, 与 HJ 25.3-2014 推荐值一致。

(10) 儿童平均体重 (BW_c, kg)

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 15.9。根据卫生部 2002 年中国城乡居民身高和体重女性儿童统计数据确定。

(11) 成人平均身高 (H_a, cm)

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 156.3。根据卫生部 2002 年中国城乡居民身高和体重城市女性统计数据确定, 156.3 cm 为 20 岁、30 岁、40 岁、50 岁、60 岁城市女性身高的算术平均值。

(12) 儿童平均身高 (H_c, cm)

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 99.4。根据卫生部 2002 年中国城乡居民身高和体重城市女性儿童统计数据确定, 99.4 cm 为 1 岁、2 岁、3 岁、4 岁、5 岁、6 岁城市女性身高的算术平均值。

3.4.3.4 暴露途径相关参数

(1) 成人每日摄入土壤量 (OSIR_a, mg/d)

美国环保局 (USEPA, 2002) 修订后规定住宅用地方式下成人每日摄入土壤

量为 100 mg/d，非住宅用地方式下室外工人和室内工人土壤摄入量分别为 100 和 50 mg/d，建筑施工情境下工人的土壤摄入量为 330 mg/d。

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 100。参照美国环保局（USEPA，1996）参数值确定。

(2) 儿童每日摄入土壤量（OSIRc，mg/d）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 200。参照美国环保局（USEPA，1996）参数值确定。

(3) 经口摄入吸收因子（ABS_o，无量纲）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 1。参照荷兰参数值确定。

(4) 成人每日空气呼吸量（DAIR_a，m³/d）

根据环境保护部《中国人群暴露参数手册》（2013），我国城乡、城市和农村成人（≥18 岁）空气呼吸量分别为 15.7、15.8 和 15.6 m³/d，城乡、城市和农村成人女性（≥18 岁）空气呼吸量分别为 14.5、14.6 和 14.5 m³/d。与风险评估成人体重参数确定相一致，根据城乡成人女性空气呼吸量确定参数值为 14.5 m³/d，与 HJ 25.3-2014 推荐值一致。

(5) 儿童每日空气呼吸量（DAIR_c，m³/d）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 7.5。儿童呼吸摄入空气量占成人呼吸摄入空气量的参照美国环保局数据确定，即儿童呼吸摄入空气量为成人的 50%（USEPA，1996），据此设定儿童每日呼吸摄入空气量设为 7.5 m³。

(6) 空气中可吸入颗粒物含量（PM₁₀，mg 土壤·m⁻³）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.15，该值根据我国居住区大气中可吸入颗粒物卫生标准值确定。

(7) 室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例（fspi，无量纲）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.8。参照荷兰参数值确定。

(8) 室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例（fspo，无量纲）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.5。参照荷兰参数值确定。

(9) 吸入土壤颗粒物在体内滞留比例（PIAF，无量纲）

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.75。参照荷兰设定为 0.75，即人吸入的来自土壤的颗粒物中 75% 滞留在体内，25% 被呼出。

(10) 成人体表暴露皮肤所占面积比 (SERa, 无量纲)

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.32, 工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.18。根据美国超级基金风险评估导则, 成人皮肤总面积为 18000 cm^2 , 住宅类敏感用地的皮肤暴露有头、前臂、手、小腿, 暴露面积为 5700 cm^2 , 皮肤暴露比例为 0.32; 工业类非敏感用地的皮肤暴露有头、前臂、手, 暴露面积为 3300 cm^2 , 皮肤暴露比例为 0.18; 本导则推荐值参照美国超级基金风险评估导则参数值确定。

(11) 儿童体表暴露皮肤所占面积比 (SERc, 无量纲)

住宅类敏感用地方式下推荐值为 0.36。根据美国超级基金的风险评估导则, 儿童皮肤总面积为 6600 cm^2 , 住宅类敏感用地的皮肤暴露有头、前臂、手、小腿, 暴露面积为 2350 cm^2 , 皮肤暴露比例为 0.36; 本导则推荐值参照美国参数值确定。

(12) 成人皮肤表面土壤粘附系数 (SSARa, mg/cm^2)

住宅类敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.07, 工业类非敏感用地方式采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.2。推荐值参照美国环保局 (USEPA, 1996) 住宅、商业和工业用地方式下参数值确定。

(13) 儿童皮肤表面土壤粘附系数 (SSARc, mg/cm^2)

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 0.2。推荐值参照美国环保局 (USEPA, 1996) 的参数值确定。

(14) 每日皮肤接触事件频率 (Ev, 次/d)

采用 HJ 25.3-2014 推荐值 1。本导则推荐值参照美国 (USEPA, 2002) 确定。

(15) 致癌效应平均时间 (ATca, d)

考虑到污染物的致癌效应的具有终身危害性, 按照人群平均寿命计算致癌效应平均时间。据世界卫生组织 (WHO) 公布的《2006 年世界卫生报告》, 中国男性平均寿命 70 岁、女性为 74 岁, 按照平均寿命 72 年计算致癌效应平均时间, 即: $ATca = 365 \text{ d/a} \times 72 \text{ a} = 26280 \text{ d}$ 。

(16) 非致癌效应平均时间 (ATnc, d)

住宅类用地方式下, 按照儿童的暴露周期 (6 a) 计算非致癌效应平均时间, 即: $ATnc = 6 \text{ a} \times 365 \text{ d/a} = 2190 \text{ d}$; 工业类用地方式下, 按照成人的暴露周期 (25 a) 计算非致癌效应平均时间, 即 $ATnc = 25 \text{ a} \times 365 \text{ d/a} = 9125 \text{ d}$ 。

污染物暴露评估模型参数及计算土壤风险控制值的推荐值见附录 A 表 A.1。

3.4.4 污染物性质参数

3.4.4.1 致癌效应毒性参数

致癌效应毒性参数包括呼吸吸入单位致癌因子 (IUR)、呼吸吸入致癌斜率因子 (SF_i)、经口摄入致癌斜率因子 (SF_o) 和皮肤接触致癌斜率因子 (SF_d)。

附录 B 表 B.1 列出了部分污染物的毒性参数,所列参数值来源的优先顺序依次为:

(1) 美国环保局综合风险信息系统(Integrated Risk Information System)2013 年数据;

(2) 美国环保局“临时性同行审定毒性数据 (The Provisional Peer Reviewed Toxicity Values) 2013 年数据;

(3) 美国环保局第三六九区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物毒性数据 (2013 年 5 月发布);

呼吸吸入致癌斜率因子 (SF_i) 根据 HJ25.3-2014 模型公式,根据呼吸吸入单位致癌因子 (IUR) 外推获得;皮肤接触致癌斜率系数 (SF_d) 根据 HJ25.3-2014 模型公式,根据经口摄入致癌斜率系数 (SF_o) 外推获得。

3.4.4.2 非致癌效应毒性参数

非致癌效应毒性参数包括呼吸吸入参考浓度 (RfC)、呼吸吸入参考剂量 (RfDi)、经口摄入参考剂量 (RfDo) 和皮肤接触参考剂量 (RfDd)。部分污染物的非致癌效应毒性参数推荐值见附录 B 表 B.1。

呼吸吸入参考剂量 (RfDi) 根据表 B.1 中的呼吸吸入参考浓度 (RfC) 外推得到。皮肤接触参考剂量 (RfDd) 根据表 B.1 中的经口摄入参考剂量 (RfDo) 外推获得。

3.4.4.3 污染物的理化性质参数

风险评估所需的污染物理化性质参数包括无量纲亨利常数 (H')、空气中扩散系数 (Da)、水中扩散系数 (Dw)、土壤-有机碳分配系数 (Koc)、水中溶解度 (S)。

附录 B 表 B.2 列出了部分污染物的理化性质参数推荐值,所列污染物理化性质参数推荐值主要来自:

(1) 美国环保局“化学品性质参数估算工具包 (Estimation Program Interface Suite)”2013 年数据;

(2) 美国环保局“废水处理模型 (the wastewater treatment model)”2013 年数据;

(3) 美国环保局第三六九区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物理化性质数据 (2013 年 5 月发布)。

3.4.4.4 污染物其他相关参数

其他相关参数包括消化道吸收因子 (ABS_{gi})、皮肤吸收因子 (ABS_d) 和经口摄入吸收因子 (ABS_o)，推荐参数值见附录 B 表 B.1。

3.4.5 风险控制值的计算

3.4.5.1 可接受风险水平

计算单一污染物基于致癌效应的土壤污染风险筛选指导值时，采用的可接受致癌风险为 10^{-6} 。欧美等发达国家一般将暴露于土壤污染额外引起的可接受致癌风险定为 10^{-6} - 10^{-4} ，如美国环保局 (USEPA-TBD, 1996) 将单一污染物或暴露途径的可接受致癌风险水平设定为 10^{-6} ，所有污染物累加风险小于 10^{-4} 。美国密苏里州、新墨西哥等州环保局在制订基于风险评估的土壤筛选值时，采用致癌风险 10^{-5} 作为单一污染物的可接受风险水平；荷兰基础设施与环境部在制定基于健康风险评估的土壤标准时，以 10^{-4} 作为单一污染物的可接受致癌风险。结合我国现阶段环境管理需求，参照水环境基准制订方法，以 10^{-6} 致癌风险作为单一污染物（经所有暴露途径）的可接受致癌风险。当土壤污染物的种类不超过 10 种，假设不同污染物致癌风险可累加时，可保证所有致癌污染物的累加风险水平 $\leq 10^{-5}$ ，介于国际可接受风险范围 10^{-6} - 10^{-4} 之间。

计算单一污染物基于非致癌效应的土壤污染风险筛选指导值时，采样的可接受危害商为 1，这与国际发达国家保持一致，如美国联邦及各州环保局、荷兰环境部等均设定单一污染物的可接受危害商为 1。近年来，美国第三、六、九区已开始采用 0.1 作为单一非致癌污染物的可接受危害商，以严格控制多种污染物复合污染时的累加风险。

3.4.5.2 基于致癌效应的土壤污染控制值

对于单一污染物，根据 HJ 25.3-2014 附录 E 公式 (E.1)、(E.2)、(E.3)、(E.4)、

(E.5) 和 (E.6), 分别计算基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径致癌效应的土壤污染风险控制值; 根据 HJ 25.3-2014 附录 E 公式 (E.7), 计算单一污染物基于上述 6 种土壤暴露途径致癌效应的土壤污染风险控制值。

3.4.5.3 基于非致癌效应的土壤污染风险筛选指导值

对于单一污染物, 根据 HJ 25.3-2014 附录 E 公式(E.8)、(E.9)、(E.10)、(E.11)、(E.12) 和 (E.13), 计算基于经口摄入土壤、皮肤接触土壤、吸入土壤颗粒物、吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物、吸入室外空气中来自下层土壤的气态污染物、吸入室内空气中来自下层土壤的气态污染物暴露途径非致癌效应的土壤污染风险控制值; 根据 HJ 25.3-2014 附录 E 公式 (E.14), 计算单一污染物基于上述 6 种土壤暴露途径非致癌效应的土壤污染风险控制值。

3.4.6 指导值确定原则

按照上述污染土壤人体健康风险评估方法计算得到的土壤污染风险控制值是确定土壤污染风险筛选指导值的重要依据。土壤污染风险筛选指导值的确定, 需要综合考虑多种因素, 指导值定值主要原则如下:

(1) 如风险评估模型推算的土壤污染物含量限值低于区域背景值或特定地块的土壤环境本底值时, 则以土壤环境背景值或特定地块的土壤环境本底值作为土壤污染风险筛选指导值;

(2) 如风险评估模型推算的土壤污染物含量限值低于实验室检测限, 则以实验室检测限作为土壤污染风险筛选指导值;

(3) 如风险评估模型推算的土壤污染物含量限值高于 5000 mg/kg, 则参照中国香港地区做法, 以 5000 mg/kg 作为土壤污染风险筛选指导值, 此时, 需综合考虑土壤中污染物的其他环境影响或负面效应;

(4) 对于其他污染物, 以风险评估模型推算的土壤污染物含量限值直接作为土壤污染风险筛选指导值。

3.5 指导值定值说明

3.5.1 概述

根据 HJ 25.3-2014 人体健康风险评估方法, 可外推得到 121 种典型污染物的

土壤污染控制值。根据上述指导值确定原则，对部分污染物的土壤污染风险筛选指导值定值进行了说明，具体见表 3.5。

表 3.5 土壤污染风险筛选指导值定值说明（单位：mg/kg）

序号	污染物项目	CAS 编号	住宅类用地	工业类用地	定值说明
2	总砷	7440-38-2	背景值	背景值	国内外住宅类用地指导值范围 0.27-770.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 1.22-8200 mg/kg, 模型外推住宅类用地和工业类用地风险控制值分别为 0.37 和 1.22 mg/kg, 低于土壤环境背景值, 以背景值作为指导值。
7	总钴	7440-48-4	背景值	背景值	国内外住宅类用地指导值范围 5.7-310 mg/kg, 工业类用地指导值范围 15.00-820.0 mg/kg, 模型外推住宅类用地和工业类用地风险筛选指导值分别为 2.92 和 5.73 mg/kg, 低于土壤环境背景值, 以背景值作为指导值。
5	三价铬	16065-83-1	400	400	国内外住宅类用地指导值范围 34.00-120000.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 34.00-1800000 mg/kg, 计算风险控制值高于背景值, 以农用地土壤环境质量标准 (GB15618) 中林业用地的土壤标准值作为筛选指导值。
8	总铜	7440-50-8	400	400	国内外住宅类用地指导值范围 14.00-30000.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 14.00-240000 mg/kg, 计算风险控制值高于背景值, 以农用地土壤环境质量标准 (GB15618) 中林业用地的土壤标准值作为筛选指导值。
9	总铅	7440-69-9	400	800	国内外住宅类用地指导值范围 25.00-1200.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 25.00-2500 mg/kg, 参照美国第三六九区环保局住宅用地和工业用地方式下的区域土壤筛选值定值。
14	总钒	1314-62-1	背景值	背景值	国内外住宅类用地指导值范围 3.16-550.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 6.21-14000 mg/kg, 模型外推住宅类用地和工业类用地风险控制值分别为 3.16 和 6.21 mg/kg, 低于土壤环境背景值, 以背景值作为风险筛选指导值。
15	总锌	7440-66-6	500	500	国内外住宅类用地指导值范围 67.00-60000.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 67.00-610000 mg/kg, 计算风险控制值高于背景值, 以农用地土壤环境质量标准 (GB15618) 中林业用地的土壤标准值作为筛选指导值。
19	一溴二氯甲烷	75-27-4	0.014	0.055	国内外住宅类用地指导值范围 0.014-13.4 mg/kg, 计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值; 工业类用地指导值范围 0.055-92 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。

序号	污染物项目	CAS 编号	住宅类用地	工业类用地	定值说明
22	氯仿	67-66-3	0.022	0.089	住宅类用地国内外指导值范围 0.02-780.0 mg/kg, 计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值; 工业类用地指导值范围 0.09-20000 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
24	二溴氯甲烷	124-48-1	0.019	0.092	住宅类用地国内外指导值范围 0.019-76.2 mg/kg, 计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值; 工业类用地指导值范围 0.092-1390 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
25	1,2-二溴乙烷	106-93-4	0.001	0.005	住宅类用地国内外指导值范围 0.0010-0.0714 mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.005-2.470 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
27	1,2-二氯乙烷	107-06-2	0.019	0.078	住宅类用地国内外指导值范围 0.15-7800.0 mg/kg, 计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值; 工业类用地指导值范围 1.20-200000 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
33	六氯环戊二烯	77-47-4	0.0061	0.039	住宅类用地国内外指导值范围 0.01-370.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.04-12000 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
35	1,1,2,2-四氯乙烷	79-34-5	0.031	0.15	住宅类用地国内外指导值范围 0.031-20.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.15-256 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
38	1,1,2-三氯乙烷	79-00-5	0.0053	0.028	住宅类用地国内外指导值范围 0.0053-29.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.03-175 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
41	1,2,3-三氯丙烷	96-18-4	0.021	0.080	住宅类用地国内外指导值范围 0.0051-3.2 mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.05-17 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
42	氯乙烯	96-18-4	0.10	0.41	住宅类用地国内外指导值范围 0.02-5.9 mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.35-174 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
48	1,4-二氯苯	106-46-7	0.079	0.39	住宅类用地国内外指导值范围 0.08-146.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.39-661 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
67	苯并[a]芘	50-32-8	0.064	0.19	住宅类用地国内外指导值范围 0.06-10.0 mg/kg, 计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值; 工业类用地指导值范围 0.19-21 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。

序号	污染物项目	CAS 编号	住宅类用地	工业类用地	定值说明
90	α -六六六	319-84-6	0.074	0.23	住宅类用地国内外指导值范围 0.05-17.0 mg/kg, 计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值; 工业类用地指导值范围 0.23-2 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
93	六氯苯	118-74-1	0.060	0.24	住宅类用地国内外指导值范围 0.06-3.0 mg/kg, 计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值; 工业类用地指导值范围 0.24-102 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值。
94	灭蚁灵	2385-85-5	0.026	0.08	住宅类用地国内外指导值范围 0.026-0.03mg/kg, 工业类用地指导值范围 0.08-0.13 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值; 计算风险控制值低于检测限时, 以检测限作为指导值。
95	毒杀芬	8001-35-2	0.45	1.36	住宅类用地国内外指导值范围 0.33-87.0 mg/kg, 工业类用地指导值范围 1.36-150 mg/kg, 计算风险控制值直接作为指导值; 计算风险控制值低于检测限时, 以检测限作为指导值。
115	多溴联苯		0.017	0.051	住宅类用地、工业类用地计算风险控制值低于检测限, 以检测限作为指导值。

3.5.2 部分污染物定值说明

(1) 铅

与其他污染物不同，一般基于儿童血铅模型评估土壤中铅的健康风险，如美国、澳大利亚等均建立了土壤铅污染风险评估模型方法。考虑到我国相关技术方法尚未正式制订发布，参照国际上住宅类用地和工业类用地铅的土壤标准确定本标准中铅的土壤污染风险筛选指导值。住宅类用地和工业类用地铅的土壤标准值分别见图 3.1a 和图 3.1b。

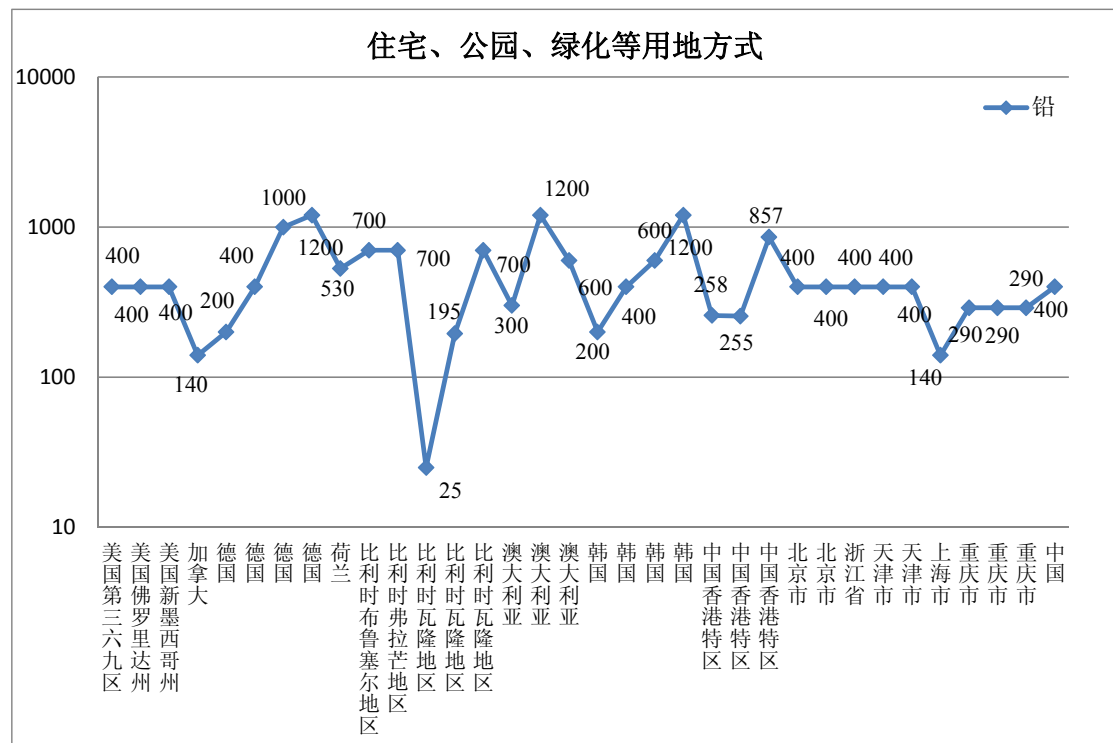


图 3.1a 国内外住宅类（含公园、绿化）用地土壤环境标准值

调研获得国内外铅的土壤筛选值标准共 34 个，变化范围 25.00-1200.0 mg/kg，算术平均值为 478.5 mg/kg，几何平均值为 384.2 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 140.00、290.0、400.0、600.0 和 1200.0 mg/kg。参照美国第三六九区、美国佛罗里达州、新墨西哥州、德国、韩国等住宅类用地土壤标准值，将设定本标准住宅用地土壤污染风险筛选指导值为 400 mg/kg。标准制订的铅标准值与北京市、浙江省已发布住宅类用地土壤标准值相同，高于上海市已发布敏感性用地土壤健康风险筛选值 140mg/kg，高于重庆市待发布稿中的住宅类用地土壤标准值 290 mg/kg。

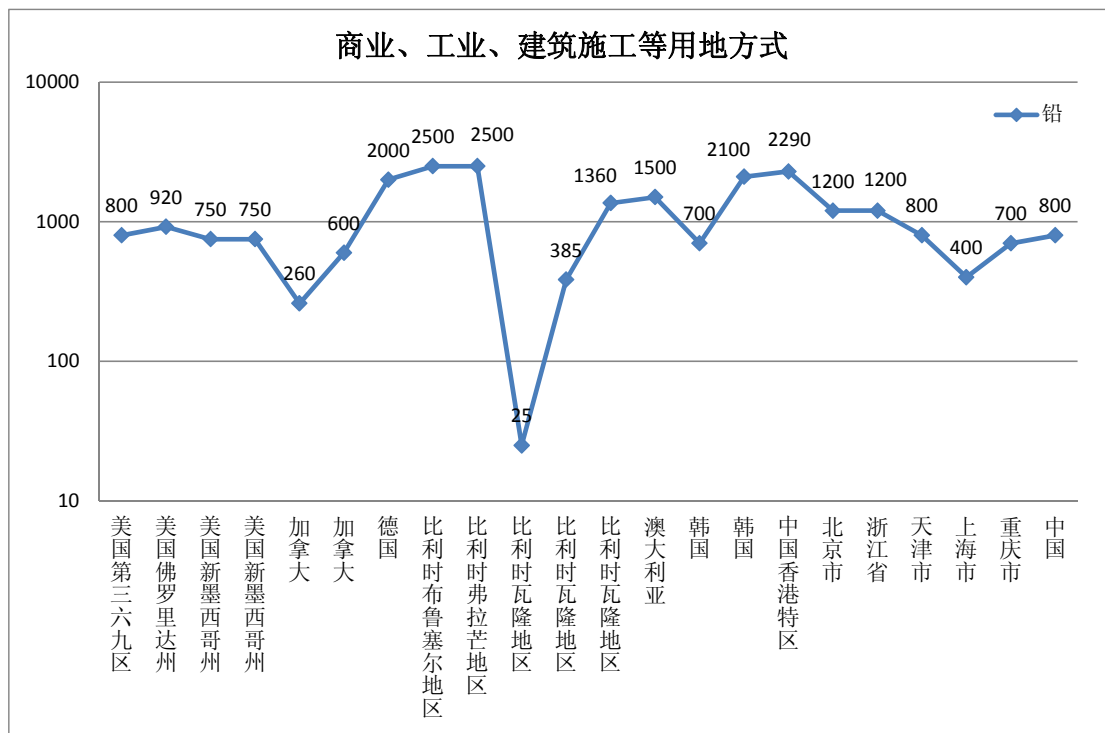


图 3.1b 国内外工业类（含商业、建筑施工等）用地土壤环境标准值

调研获得国内外铅的土壤筛选值标准共 22 个，变化范围 25.00-2500 mg/kg，算术平均值为 1115.5 mg/kg，几何平均值为 823.0 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 266.25、700.0、800.0、1465.0 和 2489.5 mg/kg。参照美国第三六九区环保局设定本标准工业类用地土壤污染风险筛选指导值为 800 mg/kg。本标准制定铅的标准值与天津市待发布土壤标准值与本标准值相同，严于北京市、浙江省已发布的工业类用地土壤标准值 1200 mg/kg，高于上海市已发布非敏感用地土壤健康风险筛选值 400 mg/kg，高于重庆市待发布稿中的土壤标准值 700 mg/kg。

(2) 其他污染物

其他污染物，如砷、镉和无机汞的土壤污染风险筛选指导值制订技术文件见附录 C。

4 其他需要说明的事项

4.1 监测方法

建设用地土壤环境监测点位的布设和样品采集等要求，执行《场地环境调查技术导则》（HJ 25.1-2014）、《场地环境监测技术导则》（HJ 25.2-2014）相关规定，土壤污染物分析测试方法采用相应的现行国家环境保护标准，并随之更新。

本标准规定暂无监测方法标准的污染物，其土壤污染风险筛选指导值待国家污染物监测方法标准发布后实施。

4.2 实施与监督

依据《环境保护法》明确标准实施和监督的两方面要求：

一是各级环保及相关行政主管部门负责监督本标准的实施。各地应依据《环境保护法》第32条“国家加强对大气、水、土壤等的保护，建立和完善相应的调查、监测、评估和修复制度”执行本标准。2012年环境保护部、工业和信息化部、国土资源部、住房和城乡建设部联合发布了《关于保障工业企业场地在开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140号），明确由多个行政主管部门对污染场地的再开发利用、环境评估和治理等过程实施联合监管。

二是建设用地土壤环境保护责任人应当依法采取措施防止污染物含量上升；对于超过本标准或基于保护地下水的土壤污染风险筛选指导值的，应当启动环境调查和风险评估。建设用地的土壤环境保护责任主体各异，可能存在的土壤污染问题及其解决方式也是多种多样的。《关于保障工业企业场地在开发利用环境安全的通知》（环发〔2012〕140号）明确要“落实相关责任主体”，坚持“谁污染、谁治理”的原则，造成场地污染的单位是承担环境调查、风险评估和治理修复责任的主体。造成场地污染的单位发生变更的，由变更后继承其债权、债务的单位承担相关责任；造成场地污染的单位已经终止的，由所在地县级以上地方人民政府依法承担相关责任；造成场地污染的单位享有的土地使用权依法转让的，由土地使用权受让人承担相关责任。

考虑到土壤污染治理修复成本高、难度大等特征，应严格坚持土壤环境反退化原则；对于历史原因造成的遗留工业企业污染场地，坚持因地制宜，在保障人居环境安全前提下，结合具体土地利用方式、保护人群特征开展实施土壤污染风

险管理，依据 HJ 25.1、HJ 25.2、HJ 25.3 和 HJ 25.4 系列标准启动具体地块的土壤环境调查和风险评估，并提出针对性风险管控或土壤修复等措施。

此外，考虑到我国实际情况，土地利用方式、土壤类型和土壤性质的空间变异性较大，各省级行政区，可根据其技术经济条件和当地土壤特征，制定适合本地区的土壤风险筛选值。未制定地方筛选指导值的省份执行本标准，已制定地方筛选指导值的省份，可执行地方筛选指导值标准。

5 征求意见及技术审议情况

5.1 第一次征求意见采纳情况

2015 年 1 月 13 日，环境保护部印发《建设用地土壤污染风险筛选指导值》第一次征求意见稿，第一次征求意见单位数量 245 个，共有 90 个单位回函提出了意见，其中回函提出书面修改意见的单位数量 40 个；回函未提出书面修改意见的单位数量 50 个。另外，除征求意见单位，另有 16 个单位/个人回函/邮件/网上观点提出了意见。

标准编制组对 194 条意见进行了逐条处理，其中对标准肯定及提出问题的 194 条，问题已回答、采纳、部分采纳、原则采纳 176 条，未采纳 18 条。有 90.7% 的意见得到采纳或部分采纳。

5.2 第二次征求意见采纳情况

2015 年 8 月 14 日，环境保护部向社会公开进行二次征求意见。二次征求意见单位数量 245 个，共有 59 个单位回函提出了意见，其中回函提出书面修改意见的单位数量 22 个；回函未提出书面修改意见的单位数量 37 个。另有 2 个其他单位或个人对网上公布的征求意见材料提出了意见。

标准编制组对 116 条意见（包括无意见）进行了逐条处理，其中对标准肯定及提出问题的 79 条，问题已回答，采纳或部分采纳 74 条，未采纳 5 条。有 96% 的意见得到采纳或部分采纳（包括无意见）。

5.3 标准审议会意见修改情况说明

2015 年 10 月 23 日，环境保护部科技标准司在北京召开了标准审议会，形成如下技术审查意见：

一是本标准的制定对于加强受污染建设用地土壤环境管理，控制土壤污染风

险，保障人居环境安全具有重要意义。标准主编单位开展了大量的支撑性研究，对我国土壤环境现状及管理需求进行深入分析，系统研究了美国、加拿大、英国、荷兰、德国、澳大利亚等国家和地区建设用土壤环境标准现状，提供的标准编制材料完整，内容详实。

二是本标准适用于建设用土壤污染风险筛查与管理，标准制订的总体思路和技术路线科学合理，总结了国内大量建设用土壤污染调查数据和科研成果，充分考虑了各部门和单位关于标准制订的意见和建议，总体上合理可行，可满足当前建设用土壤环境管理的迫切需求。

三是同意本标准通过审议，建议进一步优化污染物项目，适当删减在实际应用中操作性不强的项目；进一步调整部分项目的限值，如总砷、总钒、甲基汞、六价铬和部分挥发性有机物；进一步修改、规范文本，经书面征求专家意见后上报颁布实施。

编制组按照专家意见进行了如下修改完善：

5.3.1 优化污染物项目

根据标准审议会意见，适当删减了实际应用中操作性不强的项目，主要为根据土壤污染人体健康风险评估方法制订的筛选指导值较高，可能会引起其他生态环境风险（如扩散迁移影响地下水环境质量、挥发造成空气异味或产生陆生生态毒害）的项目。据此，根据标准审议会意见删除的污染物共计 13 项，具体包括：总锡、氟化物、丙酮、4-甲酚、苯酚、2,4,5-三氯酚、茈、蒽、荧蒽、芴、芘、草甘膦、邻苯二甲酸二乙酯、邻苯二甲酸二丁酯。

综合考虑石油烃类污染物的检测方法和程序，优化调整石油烃污染物项目为石油烃（C9-C16）和石油烃（C17-C35）2 类，不再针对脂肪烃和芳香烃分别规定含量限值。

规定风险评估模型外推制订筛选指导值低于分析方法检测限时，以检测限作为筛选指导值。

5.3.2 调整部分项目限值

根据专家审议会意见，对部分项目的限值进行了调整。对 3 种情况下污染物的限值进行了调整：

（1）当基于污染土壤人体健康风险评估方法制订的指导值可能低于土壤环

境背景值时，以特定地块的土壤环境背景含量上限（95%位值）作为风险筛选指导值，调整限值的污染物项目包括：总砷、总钴、总钒；

（2）基于土壤人体健康风险评估方法制订指导值低于分析方法标准的检出限，该项目不得检出或以检出限作为筛选指导值。

（3）基于污染土壤人体健康风险评估方法制订指导值较高，以农用地土壤环境质量标准（GB15618）中林业用地的土壤标准值作为筛选指导值，调整限值的污染物项目包括：三价铬、总铜、总锌。

（4）根据审议会意见，甲基汞的风险筛选指导值调整为不得检出。

（5）在确定石油烃类土壤污染风险筛选标准时，香港采用芳香烃含量限值的80%与脂肪烃含量限值的20%的和作为特定组分的含量限值。考虑根据土壤污染人体健康风险评估方法制订的石油烃（C6-C8 脂肪烃）和石油烃（C17-35）筛选值较高，基于保守性考虑，将采用人体健康风险评估方法制订的石油烃

（C9-C16 芳香烃）和石油烃（C17-35 芳香烃）的筛选值作为石油烃（C9-C16）和石油烃（C17-C35）组分的筛选指导值。

（6）根据审议会意见，降低了三价铬的含量限值为400 mg/kg，根据审议会意见，参照美国环保局六价铬的毒性参数进行风险评估，致癌风险仅考虑呼吸吸入暴露途径，呼吸吸入单位致癌因子（IUR）采用 $1.2E+01 \text{ (mg/m}^3\text{)}^{-1}$ ，据此外推得到住宅类用地和工业类用地六价铬的土壤污染风险筛选指导值分别为2.19和4.30 mg/kg。

5.3.3 修改规范文本

根据专家审议会意见，在4.2增加了“指导值为基于烘干土壤的含量限值”的表述。对表1污染物项目和限值进行了优化调整，对表1土壤污染筛选指导值相关备注文本进行了修改。修改表2，使其与表1中污染物项目相对应。

附录 A

表 A.1 风险评估模型参数及推荐值

参数符号	参数名称	单位	敏感用地推荐值	非敏感用地推荐值
d	表层污染土壤层厚度 thickness of surficial soils	cm	50	50
L _s	下层污染土壤层埋深 depth of subsurficial soils	cm	50	50
d _{sub}	下层污染土壤层厚度 thickness of subsurficial soils	cm	100	100
A	污染源区面积 Source-zone area	cm ²	20250000	20250000
f _{om}	土壤有机质含量 organic matter content in soils	g/kg	10	10
ρ _b	土壤容重 soil bulk density	kg/dm ³	1.5	1.5
P _{ws}	土壤含水率 soil water content	kg/kg	0.10	0.10
ρ _s	土壤颗粒密度 density of soil particulates	kg/dm ³	2.65	2.65
PM ₁₀	空气中可吸入颗粒物含量 content of inhalable particulates in ambient air	mg/m ³	0.15	0.15
U _{air}	混合区风速 ambient air velocity in mixing zone	cm/s	200	200
δ _{air}	混合区高度 mixing zone height	cm	200	200
W	污染源区宽度 width of source-zone area	cm	4500	4500
h _{cap}	土壤地下水交界处毛管层厚度 capillary zone thickness	cm	5	5
h _v	非饱和土层厚度 vadose zone thickness	cm	145	145
θ _{acap}	毛细管层孔隙空气体积比 soil air content - capillary fringe zone	无量纲	0.038	0.038
θ _{wcap}	毛细管层孔隙水体积比 soil water content - capillary fringe zone	无量纲	0.342	0.342
I	土壤中水的入渗速率 water infiltration rate	cm/a	30	30

参数符号	参数名称	单位	敏感用地推荐值	非敏感用地推荐值
θ_{crack}	地基裂隙中空气体积比 soil air content - soil filled foundation cracks	无量纲	0.26	0.26
θ_{wcrack}	地基裂隙中水体积比 soil water content - soil filled foundation cracks	无量纲	0.12	0.12
L_{crack}	室内地基厚度 thickness of enclosed-space foundation or wall	cm	15	15
L_B	室内空间体积与气态污染物入渗面积之比 volume/infiltration area ratio of enclosed space	cm	200	300
ER	室内空气交换速率 air exchange rate of enclosed space	次/d	12	20
η	地基和墙体裂隙表面积所占比例 areal fraction of cracks in foundations/walls	无量纲	0.01	0.01
τ	气态污染物入侵持续时间 averaging time for intrusion of vapor flux	a	30	25
dP	室内室外气压差 differential pressure between indoor and outdoor air	g/cm-s	0	0
Kv	土壤透性系数 soil permeability	cm ²	1.00×10 ⁻⁸	1.00×10 ⁻⁸
Zcrack	室内地面到地板底部厚度 depth to bottom of slab	cm	15	15
Xcrack	室内地板周长 slab perimeter	cm	3400	3400
Ab	室内地板面积 slab area	cm ²	700000	700000
EDa	成人暴露期 exposure duration of adults	a	24	25
EDc	儿童暴露期 exposure duration of children	a	6	—
EFa	成人暴露频率 exposure frequency of adults	d/a	350	250
EFc	儿童暴露频率 exposure frequency of children	d/a	350	—
EFIa	成人室内暴露频率 indoor exposure frequency of adults	d/a	262.5	187.5
EFIc	儿童室内暴露频率 indoor exposure frequency of children	d/a	262.5	—

参数符号	参数名称	单位	敏感用地推荐值	非敏感用地推荐值
EFOa	成人室外暴露频率 outdoor exposure frequency of adults	d/a	87.5	62.5
EFOc	儿童室外暴露频率 outdoor exposure frequency of children	d/a	87.5	—
BWa	成人平均体重 average body weight of adults	kg	56.8	56.8
BWc	儿童平均体重 average body weight of children	kg	15.9	15.9
Ha	成人平均身高 average height of adults	cm	156.3	156.3
Hc	儿童平均身高 average height of children	cm	99.4	99.4
DAIRa	成人每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of adults	m ³ /d	14.5	14.5
DAIRc	儿童每日空气呼吸量 daily air inhalation rate of children	m ³ /d	7.5	—
OSIRa	成人每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of adults	mg/d	100	100
OSIRc	儿童每日摄入土壤量 daily oral ingestion rate of soils of children	mg/d	200	—
Ev	每日皮肤接触事件频率 daily exposure frequency of dermal contact event	次/d	1	1
fspi	室内空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in indoor air	无量纲	0.8	0.8
fspo	室外空气中来自土壤的颗粒物所占比例 fraction of soil-borne particulates in outdoor air	无量纲	0.5	0.5
SAF	暴露于土壤的参考剂量分配比例 soil allocation factor	无量纲	0.20	0.20
SERa	成人暴露皮肤所占体表面积比 skin exposure ratio of adults	无量纲	0.32	0.18
SERc	儿童暴露皮肤所占体表面积比 skin exposure ratio of children	无量纲	0.36	—
SSARa	成人皮肤表面土壤粘附系数 adherence rate of soil on skin for adults	mg/cm ²	0.07	0.2
SSARc	儿童皮肤表面土壤粘附系数 adherence rate of soil on skin for children	mg/cm ²	0.2	—

参数符号	参数名称	单位	敏感用地推荐值	非敏感用地推荐值
PIAF	吸入土壤颗粒物在体内滞留比例 retention fraction of inhaled particulates in body	无量纲	0.75	0.75
ABS _o	经口摄入吸收因子 absorption factor of oral ingestion	无量纲	1	1
ACR	单一污染物可接受致癌风险 acceptable cancer risk for individual contaminant	无量纲	10 ⁻⁶	10 ⁻⁶
AHQ	可接受危害商 acceptable hazard quotient for individual contaminant	无量纲	1	1
ATca	致癌效应平均时间 average time for carcinogenic effect	d	26280	26280
ATnc	非致癌效应平均时间 average time for non-carcinogenic effect	d	2190	9125

注：“—”表明该用地方式下参数值不适用。

附录 B

表 B.1 部分污染物的毒性参数

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF ₀ 1/(mg/kg-d)	来源	IUR 1/(mg/m ³)	来源	RfD ₀ mg/kg-d	来源	RfC mg/m ³	来源	ABS _{gi} 无量纲	来源	ABS _d 无量纲	来源
1 金属及无机物															
1	锑	Antimony	7440-36-0					4.00E-04	I			0.15	R369		
2	砷（无机）	Arsenic, inorganic	7440-38-2	1.50E+00	I	4.30E+00	I	3.00E-04	I	1.50E-05	R369	1	R369	0.03	R369
3	铍	Beryllium	7440-41-7			2.40E+00	I	2.00E-03	I	2.00E-05		0.007	R369		
4	镉	Cadmium	7440-43-9			1.80E+00	I	1.00E-03	I	1.00E-05	R369	0.025	R369	0.001	R369
5	铬（三价）	Chromium, III	16065-83-1					1.50E+00	I			0.013	R369		
6	铬（六价）	Chromium, VI	18540-29-9	5.00E-01	R369	8.40E+01	R369	3.00E-03	I	1.00E-04	I	0.025	R369		
7	钴	Cobalt	7440-48-4			9.00E+00	P	3.00E-04	P	6.00E-06	P	1	R369		
8	铜	Copper	7440-50-8					4.00E-02	R369			1	R369		
9	汞（无机）	Mercury, inorganic	7487-94-7					3.00E-04	I	3.00E-04	R369	0.07	R369		
10	甲基汞	Methyl Mercury	22967-92-6					1.00E-04	I			1	R369		
11	镍	Nickel	7440-02-0			2.60E-01	R369	2.00E-02	I	9.00E-05	R369	0.04	R369		
12	钒	Vanadium	1314-62-1			8.30E+00	P	9.00E-03	I	7.00E-06	P	0.026	R369		
13	锌	Zinc	7440-66-6					3.00E-01	I			1	R369		
14	氰化物	Cyanide	57-12-5					6.00E-04	I	8.00E-04	R369	1	R369		
2 脂肪烃及衍生物															
15	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	6.20E-02	I	3.70E-02	R369	2.00E-02	I			1	R369		
16	溴仿	Bromoform	75-25-2	7.90E-03	I	1.10E-03	I	2.00E-02	I			1	R369	0.1	R369
17	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	7.00E-02	I	6.00E-03	I	4.00E-03	I	1.00E-01	I	1	R369		

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF ₀	来源	IUR	来源	RfD ₀	来源	RfC	来源	ABS _{gi}	来源	ABS _d	来源
				1/(mg/kg-d)		1/(mg/m ³)		mg/kg-d		mg/m ³		无量纲		无量纲	
18	氯仿	Chloroform	67-66-3	3.10E-02	R369	2.30E-02	I	1.00E-02	I	9.80E-02	R369	1	R369		
19	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3							9.00E-02	I	1	R369		
20	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	8.40E-02	I	2.70E-02	R369	2.00E-02	I			1	R369	0.1	R369
21	1,2-二溴乙烷	Dibromoethane, 1,2-	106-93-4	2.00E+00	I	6.00E-01	I	9.00E-03	I	9.00E-03	I	1.00	R369		
22	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	5.70E-03	R369	1.60E-03	R369	2.00E-01	P			1	R369		
23	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	9.10E-02	I	2.60E-02	I	6.00E-03	R369	7.00E-03	P	1	R369		
24	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4					5.00E-02	I	2.00E-01	I	1	R369		
25	1,2-顺式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2					2.00E-03	I			1	R369		
26	1,2-反式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-trans-	156-60-5					2.00E-02	I	6.00E-02	P	1	R369		
27	二氯甲烷	Methylene Chloride	75-09-2	2.00E-03	I	1.00E-05	I	6.00E-03	I	6.00E-01	I	1	R369		
28	1,2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1,2-	78-87-5	3.60E-02	R369	1.00E-02	R369	9.00E-02	R369	4.00E-03	I	1	R369		
29	六氯环戊二烯	Hexachloro cyclopentadiene	77-47-4					6.00E-03	I	2.00E-04	I	1	R369	0.1	R369
30	1,1,1,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	630-20-6	2.60E-02	I	7.40E-03	I	3.00E-02	I			1	R369		
31	1,1,2,2-四氯乙烷	Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	79-34-5	2.00E-01	I	5.80E-02	R369	2.00E-02	I			1	R369		
32	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	2.10E-03	I	2.60E-04	I	6.00E-03	I	4.00E-02	I	1	R369		
33	1,1,1-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6					2.00E+00	I	5.00E+00	I	1	R369		
34	1,1,2-三氯乙烷	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	5.70E-02	I	1.60E-02	I	4.00E-03	I	2.00E-04	R369	1	R369		
35	三氯乙烯	Trichloroethylene	79-01-6	4.60E-02	I	4.10E-03	I	5.00E-04	I	2.00E-03	I	1	R369		

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF ₀ 1/(mg/kg-d)	来源	IUR 1/(mg/m ³)	来源	RfD ₀ mg/kg-d	来源	RfC mg/m ³	来源	ABS _{gi} 无量纲	来源	ABS _d 无量纲	来源
36	1,1,2-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,1,2-	598-77-6					5.00E-03	I			1	R369		
37	1,2,3-三氯丙烷	Trichloropropane, 1,2,3-	96-18-4	3.00E+01	I			4.00E-03	I	3.00E-04	I	1	R369		
38	氯乙烯	Vinyl chloride	75-01-4	7.20E-01	I	4.40E-03	I	3.00E-03	I	1.00E-01	I	1	R369		
3 单环芳烃及其衍生物															
39	苯胺	Aniline	62-53-3	5.70E-03	I	1.60E-03	R369	7.00E-03	P	1.00E-03	I	1	R369	0.1	R369
40	苯	Benzene	71-43-2	5.50E-02	I	7.80E-03	I	4.00E-03	I	3.00E-02	I	1	R369		
41	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7					2.00E-02	I	5.00E-02	P	1	R369		
42	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8					5.00E-03	I			1	R369		R369
43	1,2-二氯苯	Dichlorobenzene, 1,2-	95-50-1					9.00E-02	R369	2.00E-01	R369	1	R369		
44	1,4-二氯苯	Dichlorobenzen, 1,4-	106-46-7	5.40E-03	R369	1.10E-02	R369	7.00E-02	R369	8.00E-01	I	1	R369		
45	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2					3.00E-03	I			1	R369	0.1	R369
46	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5					2.00E-03	I			1	R369	0.1	R369
47	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	3.10E-01	R369	8.90E-02	R369	2.00E-03	I			1	R369	0.102	R369
48	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	1.10E-02	R369	2.50E-03	R369	1.00E-01	I	1.00E+00	I	1	R369		
49	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3			4.00E-02	I	2.00E-03	I	9.00E-03	I	1	R369		
50	五氯苯	Pentachlorobenzene	608-93-5					8.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
51	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	4.00E-01	I	5.10E-03	R369	5.00E-03	I			1	R369	0.25	R369
52	苯乙烯	Styrene	100-42-5					2.00E-01	I	1.00E+00	I	1	R369		
53	甲苯	Toluene	108-88-3					8.00E-02	I	5.00E+00	I	1	R369		
54	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	88-06-2	1.10E-02	I	3.10E-03	I	1.00E-03	P			1	R369	0.1	R369
55	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3					2.00E-01	R369	1.00E-01	R369	1	R369		

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF ₀ 1/(mg/kg-d)	来源	IUR 1/(mg/m ³)	来源	RfD ₀ mg/kg-d	来源	RfC mg/m ³	来源	ABS _{gi} 无量纲	来源	ABS _d 无量纲	来源
56	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6					2.00E-01	R369	1.00E-01	R369	1	R369		
57	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3					2.00E-01	R369	1.00E-01	R369	1	R369		
4、多环芳烃类															
58	苯并[a]蒽	Benzo[a]anthracene	56-55-3	7.30E-01	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
59	苯并[a]芘	Benzo[a]pyrene	50-32-8	7.30E+00	I	1.10E+00	R369					1	R369	0.13	R369
60	苯并[b]荧蒽	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	7.30E-01	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
61	苯并[k]荧蒽	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	7.30E-02	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
62	□	Chrysene	218-01-9	7.30E-03	R369	1.10E-02	R369					1	R369	0.13	R369
63	二苯并[a, h]蒽	Dibenzo[a, h]anthracene	53-70-3	7.30E+00	R369	1.20E+00	R369					1	R369	0.13	R369
64	茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	7.30E-01	R369	1.10E-01	R369					1	R369	0.13	R369
65	萘	Naphthalene	91-20-3			3.40E-02	R369	2.00E-02	I	3.00E-03	I	1	R369	0.13	R369
5 有机农药类															
66	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	2.30E-01	R369			3.50E-02	I			1	R369	0.1	R369
67	氯丹	Chlordane	12789-03-6	3.50E-01	I	1.00E-01	I	5.00E-04	I	7.00E-04	I	1	R369	0.04	R369
68	滴滴滴	DDD	72-54-8	2.40E-01	I	6.90E-02	R369					1	R369	0.1	R369
69	滴滴伊	DDE	72-55-9	3.40E-01	I	9.70E-02	R369					1	R369	0.1	R369
70	滴滴涕	DDT	50-29-3	3.40E-01	I	9.70E-02	I	5.00E-04	I			1	R369	0.03	R369
71	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.90E-01	I	8.30E-02	R369	5.00E-04	I	5.00E-04	I	1	R369	0.1	R369
72	乐果	Dimethoate	60-51-5					2.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
73	硫丹	Endosulfan	115-29-7					6.00E-03	I			1	R369	0.1	R369
74	七氯	Heptachlor	76-44-8	4.50E+00	I	1.30E+00	I	5.00E-04	I			1	R369	0.1	R369

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF ₀ 1/(mg/kg-d)	来源	IUR 1/(mg/m ³)	来源	Rfd ₀ mg/kg-d	来源	RfC mg/m ³	来源	ABS _{gi} 无量纲	来源	ABS _d 无量纲	来源
75	α-六六六	Hexachloro cyclohexane, α- (α-HCH)	319-84-6	6.30E+00	I	1.80E+00	I	8.00E-03	R369			1	R369	0.1	R369
76	β-六六六	Hexachloro cyclohexane, β- (β-HCH)	319-85-7	1.80E+00	I	5.30E-01	I					1	R369	0.1	R369
77	γ-六六六	Hexachloro cyclohexane, γ- (γ-HCH, Lindane)	58-89-9	1.10E+00	R369	3.10E-01	R369	3.00E-04	I			1	R369	0.04	R369
78	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	1.60E+00	I	4.60E-01	I	8.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
79	灭蚁灵	Mirex	2385-85-5	1.80E+01	R369	5.10E+00	R369	2.00E-04	I			1	R369	0.1	R369
80	毒杀芬	Toxaphene	8001-35-2	1.10E+00	I	3.20E-01	I					1	R369	0.1	R369
6 石油烃类															
81	石油烃(C9-C16 芳香烃)	Total Petroleum Hydrocarbon Aromatic C9-C19						4.00E-02	HKC			1.00	HKC	0.50	HKC
82	石油烃(C17-C35 芳香烃)	Total Petroleum Hydrocarbon Aromatic C17-C35						3.00E-02	HKC			1.00	HKC	0.25	HKC
7 多氯联苯和二噁英类															
83	多氯联苯 77	Tetrachlorobiphenyl, 3,3',4,4'- (PCB 77)	32598-13-3	1.30E+01	R369	3.80E+00	R369	7.00E-06	R369	4.00E-04	R369	1	R369	0.14	R369
84	多氯联苯 81	Tetrachlorobiphenyl, 3,4,4',5- (PCB 81)	70362-50-4	3.90E+01	R369	1.10E+01	R369	2.30E-06	R369	1.30E-04	R369	1	R369	0.14	R369

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF _o	来源	IUR	来源	RfD _o	来源	RfC	来源	ABS _{gi}	来源	ABS _d	来源
				1/(mg/kg-d)		1/(mg/m ³)		mg/kg-d		mg/m ³		无量纲		无量纲	
85	多氯联苯 105	Pentachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4'- (PCB 105)	32598-14-4	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
86	多氯联苯 114	Pentachlorobiphenyl, 2,3,4,4',5'- (PCB 114)	74472-37-0	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
87	多氯联苯 118	Pentachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5'- (PCB 118)	31508-00-6	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
88	多氯联苯 123	Pentachlorobiphenyl, 2',3,4,4',5'- (PCB 123)	65510-44-3	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
89	多氯联苯 126	Pentachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5'- (PCB 126)	57465-28-8	1.30E+04	R369	3.80E+03	R369	7.00E-09	R369	4.00E-07	R369	1	R369	0.14	R369
90	多氯联苯 156	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 156)	38380-08-4	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
91	多氯联苯 157	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 157)	69782-90-7	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
92	多氯联苯 167	Hexachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5,5'- (PCB 167)	52663-72-6	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
93	多氯联苯 169	Hexachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5,5'- (PCB 169)	32774-16-6	3.90E+03	R369	1.10E+03	R369	2.30E-08	R369	1.30E-06	R369	1	R369	0.14	R369
94	多氯联苯 189	Heptachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB 189)	39635-31-9	3.90E+00	R369	1.10E+00	R369	2.30E-05	R369	1.30E-03	R369	1	R369	0.14	R369
95	二噁英 (总量)	Hexachlorodibenzo-p-dioxin, Mixture		6.20E+03	I	1.30E+03	I					1	R369	0.03	R369

序号	中文名	英文名	CAS 编号	SF _o 1/(mg/kg-d)	来源	IUR 1/(mg/m ³)	来源	RfD _o mg/kg-d	来源	RfC mg/m ³	来源	ABS _{gi} 无量纲	来源	ABS _d 无量纲	来源
96	多溴联苯	Polybrominated Biphenyls	59536-65-1	3.00E+01	R369	8.60E+00	R369	7.00E-06	R369			1	R369	0.1	R369
8 邻苯二甲酸酯类															
97	邻苯二甲酸二(2-乙基己基)酯	Bis(2-ethylhexyl)phthalate, DEHP	117-81-7	1.40E-02	I	2.40E-03	R369	2.00E-02	I			1	R369	0.1	R369
98	邻苯二甲酸丁基苄酯	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	1.90E-03	P			2.00E-01	I			1	R369	0.1	R369
99	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octyl phthalate, DnOP	117-84-0					1.00E-02	P			1	R369	0.1	R369
9 其他															
100	3,3-二氯联苯胺	Dichlorobenzidine, 3,3-	91-94-1	4.50E-01	I	3.40E-01	R369					1	R369	0.1	R369
101	甲基叔丁基醚	Methyl tert-Butyl Ether	1634-04-4	1.80E-03	R369	2.67E-07	R369			3.00E+00	R369	1	R369		

备注:

- (1) SF_o: 经口摄入致癌斜率因子; IUR: 呼吸吸入单位致癌风险; RfD_o: 经口摄入参考剂量; RfC: 呼吸吸入参考浓度; ABS_{gi}: 消化道吸收因子; ABS_d: 皮肤吸收效率因子。
- (2) “I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统 (USEPA Integrated Risk Information System)”；“P”代表数据来自美国环保局“临时性同行审定毒性数据 (The Provisional Peer Reviewed Toxicity Values)”；“R369”代表数据来自美国环保局第 3、6、9 区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levles) 总表”污染物毒性数据 (2013 年 5 月发布)；“HKC”代表数据来自中国香港特别行政区土壤修复目标值制订技术文件 (2007 年)。
- (3) 部分金属元素采用其单质的 CAS 编号, 对应指导值多数情况下是指其无机化合物的含量。

表 B.2 部分污染物的理化性质参数

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
1 金属及无机物													
1	锑	Antimony	7440-36-0										
2	砷（无机）	Arsenic, inorganic	7440-38-2										
3	铍	Beryllium	7440-41-7										
4	镉	Cadmium	7440-43-9										
5	铬（三价）	Chromium, III	16065-83-1										
6	铬（六价）	Chromium, VI	18540-29-9									1.69E+06	R369
7	钴	Cobalt	7440-48-4										
8	铜	Copper	7440-50-8										
9	汞（无机）	Mercury, inorganic	7487-94-7										
10	甲基汞	Methyl Mercury	22967-92-6										
11	镍	Nickel	7440-02-0										
12	钒	Vanadium	1314-62-1									7.00E+02	R369
13	锌	Zinc	7440-66-6										
14	氰化物（游离态）	Cyanide	1957-12-5	5.44E-03	EPI	2.11E-01	WATER9	2.46E-05	WATER9			1.00E+06	EPI
2 脂肪烃及其衍生物													
15	一溴二氯甲烷	Bromodichloromethane	75-27-4	8.67E-02	EPI	5.63E-02	WATER9	1.07E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	3.03E+03	EPI
16	溴仿	Bromoform	75-25-2	2.19E-02	EPI	3.57E-02	WATER9	1.04E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	3.10E+03	EPI
17	四氯化碳	Carbon tetrachloride	56-23-5	1.13E+00	EPI	5.71E-02	WATER9	9.78E-06	WATER9	4.39E+01	EPI	7.93E+02	EPI
18	氯仿	Chloroform	67-66-3	1.50E-01	EPI	7.69E-02	WATER9	1.09E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	7.95E+03	EPI
19	氯甲烷	Chloromethane	74-87-3	3.61E-01	EPI	1.24E-01	WATER9	1.36E-05	WATER9	1.32E+01	EPI	5.32E+03	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
20	二溴氯甲烷	Dibromochloromethane	124-48-1	3.20E-02	EPI	3.66E-02	WATER9	1.06E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	2.70E+03	EPI
21	1,2-二溴乙烷	Dibromoethane, 1,2-	106-93-4	2.66E-02	EPI	4.30E-02	WATER9	1.04E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	3.91E+03	EPI
22	1,1-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,1-	75-34-3	2.30E-01	EPI	8.36E-02	WATER9	1.06E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	5.04E+03	EPI
23	1,2-二氯乙烷	Dichloroethane, 1,2-	107-06-2	4.82E-02	EPI	8.57E-02	WATER9	1.10E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	8.60E+03	EPI
24	1,1-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,1-	75-35-4	1.07E+00	EPI	8.63E-02	WATER9	1.10E-05	WATER9	3.18E+01	EPI	2.42E+03	EPI
25	1,2-顺式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-cis-	156-59-2	1.67E-01	EPI	8.84E-02	WATER9	1.13E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	6.41E+03	EPI
26	1,2-反式-二氯乙烯	Dichloroethylene, 1,2-trans-	156-60-5	1.67E-01	EPI	8.76E-02	WATER9	1.12E-05	WATER9	3.96E+01	EPI	4.52E+03	EPI
27	二氯甲烷	Dichloromethane	1975-9-2	1.33E-01	EPI	9.99E-02	WATER9	1.25E-05	WATER9	2.17E+01	EPI	1.30E+04	EPI
28	1,2-二氯丙烷	Dichloropropane, 1,2-	78-87-5	1.15E-01	EPI	7.33E-02	WATER9	9.73E-06	WATER9	6.07E+01	EPI	2.80E+03	EPI
29	六氯环戊二烯	Hexachlorocyclopentadiene	77-47-4	1.11E+00	EPI	2.72E-02	WATER9	7.22E-06	WATER9	1.40E+03	EPI	1.80E+00	EPI
30	四氯乙烷, 1,1,1,2-	Tetrachloroethane, 1,1,1,2-	630-20-6	1.02E-01	EPI	4.82E-02	WATER9	9.10E-06	WATER9	8.60E+01	EPI	1.07E+03	EPI
31	四氯乙烷, 1,1,2,2-	Tetrachloroethane, 1,1,2,2-	79-34-5	1.50E-02	EPI	4.89E-02	WATER9	9.29E-06	WATER9	9.49E+01	EPI	2.83E+03	EPI
32	四氯乙烯	Tetrachloroethylene	127-18-4	7.24E-01	EPI	5.05E-02	WATER9	9.46E-06	WATER9	9.49E+01	EPI	2.06E+02	EPI
33	三氯乙烷, 1,1,1-	Trichloroethane, 1,1,1-	71-55-6	7.03E-01	EPI	6.48E-02	WATER9	9.60E-06	WATER9	4.39E+01	EPI	1.29E+03	EPI
34	三氯乙烷, 1,1,2-	Trichloroethane, 1,1,2-	79-00-5	3.37E-02	EPI	6.69E-02	WATER9	1.00E-05	WATER9	6.07E+01	EPI	4.59E+03	EPI
35	三氯乙烯	Trichloroethylene	1979-1-6	4.03E-01	EPI	6.87E-02	WATER9	1.02E-05	WATER9	6.07E+01	EPI	1.28E+03	EPI
36	三氯丙烷, 1,1,2-	Trichloropropane, 1,1,2-	598-77-6	1.30E-02	EPI	5.72E-02	WATER9	9.17E-06	WATER9	9.49E+01	EPI	1.90E+03	EPI
37	三氯丙烷, 1,2,3-	Trichloropropane, 1,2,3-	96-18-4	1.40E-02	EPI	5.75E-02	WATER9	9.24E-06	WATER9	1.16E+02	EPI	1.75E+03	EPI
38	氯乙烯	Vinyl chloride	1975-1-4	1.14E+00	EPI	1.07E-01	WATER9	1.20E-05	WATER9	2.17E+01	EPI	8.80E+03	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
3 单环芳烃及其衍生物													
39	苯胺	Aniline	62-53-3	8.26E-05	EPI	8.30E-02	WATER9	1.01E-05	WATER9	7.02E+01	EPI	3.60E+04	EPI
40	苯	Benzene	71-43-2	2.27E-01	EPI	8.95E-02	WATER9	1.03E-05	WATER9	1.46E+02	EPI	1.79E+03	EPI
41	氯苯	Chlorobenzene	108-90-7	1.27E-01	EPI	7.21E-02	WATER9	9.48E-06	WATER9	2.34E+02	EPI	4.98E+02	EPI
42	2-氯酚	Chlorophenol, 2-	95-57-8	4.58E-04	EPI	6.61E-02	WATER9	9.48E-06	WATER9	3.07E+02	EPI	1.13E+04	EPI
43	1,2-二氯苯	Dichlorobenzene, 1,2-	95-50-1	7.85E-02	EPI	5.62E-02	WATER9	8.92E-06	WATER9	3.83E+02	EPI	1.56E+02	EPI
44	1,4-二氯苯	Dichlorobenzen, 1,4-	106-46-7	9.85E-02	EPI	5.50E-02	WATER9	8.68E-06	WATER9	3.75E+02	EPI	8.13E+01	EPI
45	2,4-二氯酚	Dichlorophenol, 2,4-	120-83-2	1.75E-04	EPI	4.86E-02	WATER9	8.68E-06	WATER9	4.92E+02	EPI	4.50E+03	EPI
46	2,4-二硝基酚	Dinitrophenol, 2,4-	51-28-5	3.52E-06	EPI	4.07E-02	WATER9	9.08E-06	WATER9	4.61E+02	EPI	2.79E+03	EPI
47	2,4-二硝基甲苯	Dinitrotoluene, 2,4-	121-14-2	2.21E-06	EPI	3.75E-02	WATER9	7.90E-06	WATER9	5.76E+02	EPI	2.00E+02	EPI
48	乙苯	Ethylbenzene	100-41-4	3.22E-01	EPI	6.85E-02	WATER9	8.46E-06	WATER9	4.46E+02	EPI	1.69E+02	EPI
49	硝基苯	Nitrobenzene	98-95-3	9.81E-04	EPI	6.81E-02	WATER9	9.45E-06	WATER9	2.26E+02	EPI	2.09E+03	EPI
50	五氯苯	Pentachlorobenzene	608-93-5	2.87E-02	EPI	2.94E-02	WATER9	7.95E-06	WATER9	3.71E+03	EPI	8.31E-01	EPI
51	五氯酚	Pentachlorophenol	87-86-5	1.00E-06	EPI	2.95E-02	WATER9	8.01E-06	WATER9	4.96E+03	EPI	1.40E+01	EPI
52	苯乙烯	Styrene	100-42-5	1.12E-01	EPI	7.11E-02	WATER9	8.78E-06	WATER9	4.46E+02	EPI	3.10E+02	EPI
53	甲苯	Toluene	108-88-3	2.71E-01	EPI	7.78E-02	WATER9	9.20E-06	WATER9	2.34E+02	EPI	5.26E+02	EPI
54	2,4,6-三氯酚	Trichlorophenol, 2,4,6-	1988-6-2	1.06E-04	EPI	3.14E-02	WATER9	8.09E-06	WATER9	1.78E+03	EPI	8.00E+02	EPI
55	间二甲苯	Xylene, m-	108-38-3	2.94E-01	EPI	6.84E-02	WATER9	8.44E-06	WATER9	3.75E+02	EPI	1.61E+02	EPI
56	邻二甲苯	Xylene, o-	95-47-6	2.12E-01	EPI	6.89E-02	WATER9	8.53E-06	WATER9	3.83E+02	EPI	1.78E+02	EPI
57	对二甲苯	Xylene, p-	106-42-3	2.82E-01	EPI	6.82E-02	WATER9	8.42E-06	WATER9	3.75E+02	EPI	1.62E+02	EPI
4 多环芳烃类													
58	苯并[a]蒽	Benzo[a]anthracene	56-55-3	4.91E-04	EPI	5.09E-02	WATER9	5.94E-06	WATER9	1.77E+05	EPI	9.40E-03	EPI
59	苯并[a]芘	Benzo[a]pyrene	50-32-8	1.87E-05	EPI	4.76E-02	WATER9	5.56E-06	WATER9	5.87E+05	EPI	1.62E-03	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
60	苯并[b]荧蒽	Benzo[b]fluoranthene	205-99-2	2.69E-05	EPI	4.76E-02	WATER9	5.56E-06	WATER9	5.99E+05	EPI	1.50E-03	EPI
61	苯并[k]荧蒽	Benzo[k]fluoranthene	207-08-9	2.39E-05	EPI	4.76E-02	WATER9	5.56E-06	WATER9	5.87E+05	EPI	8.00E-04	EPI
62	□	Chrysene	218-01-9	2.14E-04	EPI	2.61E-02	WATER9	6.75E-06	WATER9	1.81E+05	EPI	2.00E-03	EPI
63	二苯并[a, h]蒽	Dibenzo[a, h]anthracene	53-70-3	5.76E-06	EPI	4.46E-02	WATER9	5.21E-06	WATER9	1.91E+06	EPI	2.49E-03	EPI
64	茚并[1,2,3-cd]芘	Indeno[1,2,3-cd]pyrene	193-39-5	6.56E-05	R369	4.48E-02	WATER9	5.23E-06	WATER9	3.47E+06	R369	2.20E-05	R369
65	萘	Naphthalene	91-20-3	1.80E-02	EPI	6.05E-02	WATER9	8.38E-06	WATER9	1.54E+03	EPI	3.10E+01	EPI
5 有机农药类													
66	阿特拉津	Atrazine	1912-24-9	9.65E-08	EPI	5.28E-02	WATER9	6.17E-06	WATER9	2.25E+02	EPI	3.47E+01	EPI
67	氯丹	Chlorodane	57-74-9	1.99E-03	EPI	3.44E-02	WATER9	4.02E-06	WATER9	3.38E+04	EPI	5.60E-02	EPI
68	滴滴滴	DDD	72-54-8	2.70E-04	EPI	4.06E-02	WATER9	4.74E-06	WATER9	1.18E+05	EPI	9.00E-02	EPI
69	滴滴伊	DDE	72-55-9	1.70E-03	EPI	4.08E-02	WATER9	4.76E-06	WATER9	1.18E+05	EPI	4.00E-02	EPI
70	滴滴涕	DDT	50-29-3	3.40E-04	EPI	3.79E-02	WATER9	4.43E-06	WATER9	1.69E+05	EPI	5.50E-03	EPI
71	敌敌畏	Dichlorvos	62-73-7	2.30E-05	EPI	2.79E-02	WATER9	7.33E-06	WATER9	5.40E+01	EPI	8.00E+03	EPI
72	乐果	Dimethoate	60-51-5	9.93E-09	EPI	2.61E-02	WATER9	6.74E-06	WATER9	1.28E+01	EPI	2.33E+04	EPI
73	硫丹	Endosulfan	115-29-7	2.66E-03	EPI	2.25E-02	WATER9	5.76E-06	WATER9	6.76E+03	EPI	3.25E-01	EPI
74	七氯	Heptachlor	76-44-8	1.20E-02	EPI	2.23E-02	WATER9	5.70E-06	WATER9	4.13E+04	EPI	1.80E-01	EPI
75	α-六六六	Hexachloro cyclohexane, α- (α-HCH)	319-84-6	2.10E-04	EPI	4.33E-02	WATER9	5.06E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	2.00E+00	EPI
76	β-六六六	Hexachloro cyclohexane, β- (β-HCH)	319-85-7	2.10E-04	EPI	2.77E-02	WATER9	7.40E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	2.40E-01	EPI
77	γ-六六六	Hexachloro cyclohexane, γ- (γ-HCH, Lindane)	58-89-9	2.10E-04	EPI	4.33E-02	WATER9	5.06E-06	WATER9	2.81E+03	EPI	7.30E+00	EPI
78	六氯苯	Hexachlorobenzene	118-74-1	6.95E-02	EPI	2.90E-02	WATER9	7.85E-06	WATER9	6.20E+03	EPI	6.20E-03	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
79	灭蚁灵	Mirex	2385-85-5	3.32E-02	EPI	2.85E-02	WATER9	3.33E-06	WATER9	3.57E+05	EPI	8.50E-02	EPI
80	毒杀芬	Toxphene	8001-35-2	2.45E-04	EPI	3.42E-02	WATER9	4.00E-06	WATER9	7.72E+04	EPI	7.40E-01	R369
6 石油烃类													
81	石油烃(C9-C16 芳香烃)	Total Petroleum Hydrocarbon Aromatic C9-C19		1.37E-02	HKC	1.00E-01	HKC	1.00E-05	HKC	7.06E+03	HKC	2.80E+00	HKC
82	石油烃(C17-C35 芳香烃)	Total Petroleum Hydrocarbon Aromatic C17-C35		8.58E-06	HKC	1.00E-01	HKC	1.00E-05	HKC	1.75E+05	HKC	3.33E-03	HKC
7 多氯联苯与二噁英类													
83	多氯联苯 77	Tetrachlorobiphenyl, 3,3',4,4'- (PCB 77)	32598-13-3	3.84E-04	EPI	4.32E-02	WATER9	5.04E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	5.69E-04	EPI
84	多氯联苯 81	Tetrachlorobiphenyl, 3,4,4',5- (PCB 81)	70362-50-4	9.12E-03	EPI	4.32E-02	WATER9	5.04E-06	WATER9	7.81E+04	EPI	3.22E-02	EPI
85	多氯联苯 105	Pentachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4'- (PCB 105)	32598-14-4	1.16E-02	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.31E+05	EPI	3.40E-03	EPI
86	多氯联苯 114	Pentachlorobiphenyl, 2,3,4,4',5- (PCB 114)	74472-37-0	7.77E-03	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.31E+05	EPI	1.60E-02	EPI
87	多氯联苯 118	Pentachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5- (PCB 118)	31508-00-6	1.18E-02	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.28E+05	EPI	1.34E-02	EPI
88	多氯联苯 123	Pentachlorobiphenyl, 2',3,4,4',5- (PCB 123)	65510-44-3	7.77E-03	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.31E+05	EPI	1.60E-02	EPI
89	多氯联苯 126	Pentachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5- (PCB 126)	57465-28-8	7.77E-03	EPI	4.01E-02	WATER9	4.68E-06	WATER9	1.28E+05	EPI	7.33E-03	EPI

序号	中文名	英文名	CAS 编号	H'	数据来源	Da cm ² /s	数据来源	Dw cm ² /s	数据来源	Koc cm ³ /g	数据来源	S mg/L	数据来源
90	多氯联苯 156	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 156)	38380-08-4	5.85E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.14E+05	EPI	5.33E-03	EPI
91	多氯联苯 157	Hexachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5'- (PCB 157)	69782-90-7	6.62E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.14E+05	EPI	1.65E-03	EPI
92	多氯联苯 167	Hexachlorobiphenyl, 2,3',4,4',5,5'- (PCB 167)	52663-72-6	6.62E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.09E+05	EPI	2.23E-03	EPI
93	多氯联苯 169	Hexachlorobiphenyl, 3,3',4,4',5,5'- (PCB 169)	32774-16-6	6.62E-03	EPI	3.75E-02	WATER9	4.38E-06	WATER9	2.09E+05	EPI	5.10E-04	EPI
94	多氯联苯 189	Heptachlorobiphenyl, 2,3,3',4,4',5,5'- (PCB 189)	39635-31-9	5.64E-03	EPI	3.53E-02	WATER9	4.12E-06	WATER9	3.50E+05	EPI	7.53E-04	EPI
95	二噁英 (总量)	Hexachlorodibenzo-p-dio xin, Mixture		2.33E-04	EPI	4.27E-02	WATER9	4.15E-06	WATER9	6.95E+05	EPI	4.00E-06	EPI
96	多溴联苯	Polybrominated Biphenyls	59536-65-1										
8 邻苯二甲酸酯类													
97	邻苯二甲酸二(2-乙 基己)酯	Bis(2-ethylhexyl)phthalat e, DEHP	117-81-7	1.10E-05	EPI	1.73E-02	WATER9	4.18E-06	WATER9	1.20E+05	EPI	2.70E-01	EPI
98	邻苯二甲酸丁基苄酯	Butyl benzyl phthalate, BBP	85-68-7	5.15E-05	EPI	2.08E-02	WATER9	5.17E-06	WATER9	7.16E+03	EPI	2.69E+00	EPI
99	邻苯二甲酸二正辛酯	Di-n-octyl phthalate, DNOP	117-84-0	1.05E-04	EPI	3.56E-02	WATER9	4.15E-06	WATER9	1.41E+05	EPI	2.00E-02	EPI
9 其他													
100	3,3'-二氯联苯胺	Dichlorobenzidine, 3,3-	91-94-1	1.64E-07	R369	4.75E-02	WATER9	5.55E-06	WATER9	3.19E+03	EPI	3.11E+00	EPI
101	甲基叔丁基醚	Methyl tert-Butyl Ether	1634-04-4	2.40E-02	R369	7.53E-02	WATER9	8.59E-06	WATER9	1.16E+01	EPI	5.10E+04	EPI

备注:

(1) H' : 无量纲亨利常数; Da : 空气中扩散系数; Dw : 水中扩散系数; Koc : 土壤-有机碳分配系数; S : 水溶解度。

(2) “EPI”代表美国环保局“化学品性质参数估算工具包 (Estimation Program Interface Suite)”数据; “WATER 9”代表美国环保局“废水处理模型 (the wastewater treatment model)”数据; “R369”代表数据来自美国环保局第 3、6、9 区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物理化性质数据 (2013 年 5 月发布); “HKC”代表数据来自中国香港特别行政区土壤修复目标值制订技术文件 (2007 年)。

(3) 表中无量纲亨利常数等理化性质参数为常温条件下的参数值。

附录 C

建设用地土壤污染风险筛选指导值制订技术文件

C1 砷

C1.1 概述

砷 (Arsenic) 元素符号为 As, 原子序数为 33, 是一种非金属元素, 在化学元素周期表中位于第 4 周期、第 VA 族。

砷的许多化合物都含有致命的毒性, 常被加在除草剂、杀鼠药等。砷具有导电性, 被用于半导体制造。砷的化合物常用于涂料、壁纸和陶器的制作。砷作为合金添加剂用于生产铅制弹丸、印刷合金、黄铜 (冷凝器用)、蓄电池栅板、耐磨合金、高强结构钢及耐蚀钢等。高纯砷是制取化合物半导体砷化镓、砷化铟等的原料, 砷的化合物还用于制造农药、防腐剂、染料和医药等。

C1.2 污染物性质

人体健康毒性 砷对人同时具有致癌效应和非致癌毒性效应, 砷的相关健康毒性参数见表 C1.1。

表 C1.1 污染物的主要毒性参数值: 砷*

毒性参数	计量单位	参数值	数据来源
SFo	1/(mg/kg-d)	1.50E+00	I
IUR	1/(mg/m ³)	4.30E+00	I
RfDo	mg/kg-d	3.00E-04	I
RfC	mg/m ³	1.50E-05	R369
ABSgi	无量纲	1	R369
ABSd	无量纲	0.03	R369

* (1) SFo: 经口摄入致癌斜率因子; IUR: 呼吸吸入单位致癌风险; RfDo: 经口摄入参考剂量; RfC: 呼吸吸入参考浓度; ABSgi: 消化道吸收因子; ABSd: 皮肤吸收效率因子。

(2) “I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统 (USEPA Integrated Risk Information System)”；“R369”代表数据来自美国环保局第 3、6、9 区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物毒性数据 (2013 年 5 月发布)。

C1.3 模型计算土壤含量限值

根据 HJ 25.3-2014 规定的人体健康风险评估方法, 计算得到住宅用地砷的土壤风险控制

值见表 C1.2。

表 C1.2 住宅类用地土壤风险控制值模型计算值：砷 (mg/kg)

可接受 风险水平	所有土壤 途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤 颗粒物	吸入室外表 层土壤气态 污染物	吸入室外下 层土壤气态 污染物	吸入室内下 层土壤气态 污染物
ACR=10 ⁻⁶	0.37	0.43	4.98	6.10	不适用	不适用	不适用
AHQ=1	3.79	4.97	67.7	20.8	不适用	不适用	不适用

备注：

- (1) ACR=10⁻⁶指单一污染物可接受可接受致癌风险 10⁻⁶，AHQ=1 指单一污染物可接受危害商为 1；
 (2) “不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算指导值。

以表 C1.2 中计算获得的土壤风险控制值，评估住宅类用地方式经不同暴露途径的土壤污染风险，分析不同暴露途径风险贡献率，结果见表 C1.3。

表 C1.3 住宅类用地土壤风险贡献率：砷

所有 土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤 颗粒物	吸入室外表层 土壤气态污染物	吸入室外下层 土壤气态污染物	吸入室内下层 土壤气态污染物
100.0%	86.6%	7.4%	6.0%	不适用	不适用	不适用
100.0%	76.2%	5.6%	18.2%	不适用	不适用	不适用

备注：“不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算风险值。

由表 C1.2 可见，住宅用地方式下，基于所有暴露途径可接受致癌风险 10⁻⁶外推得到砷的土壤风险控制值最低为 0.37 mg/kg。基于经口摄入土壤暴露途径外推得到的砷的土壤风险控制值为 0.43 mg/kg，低于其他单一暴露途径外推风险控制值。表 C1.3 结果表明，经口摄入暴露风险占总风险的 86.6%，高于其他暴露途径风险。

根据人体健康风险评估方法，计算得到工业类用地砷土壤风险控制值见表 C1.4。

表 C1.4 工业类用地土壤风险控制值模型计算值：砷 (mg/kg)

可接受 风险水平	所有土壤 途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤 颗粒物	吸入室外表 层土壤气态 污染物	吸入室外下 层土壤气态 污染物	吸入室内下 层土壤气态 污染物
ACR=10 ⁻⁶	1.22	1.59	9.30	12.0	不适用	不适用	不适用
AHQ=1	23.7	49.8	291	53.7	不适用	不适用	不适用

备注：

- (1) ACR=10⁻⁶指单一污染物可接受可接受致癌风险 10⁻⁶，AHQ=1 指单一污染物可接受危害商为 1；
 (2) “不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算指导值。

以表 C1.4 中计算获得的土壤风险控制值，评估工业类用地方式下经不同暴露途径的土壤污染风险，分析不同暴露途径风险贡献率，结果见表 C1.5。

表 C1.5 工业类用地土壤污染风险贡献率：砷

所有 土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤 颗粒物	吸入室外表层 土壤气态污染物	吸入室外下层 土壤气态污染物	吸入室内下层 土壤气态污染物
------------	------	------	-------------	-------------------	-------------------	-------------------

所有土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤颗粒物	吸入室外表层土壤气态污染物	吸入室外下层土壤气态污染物	吸入室内下层土壤气态污染物
100.0%	76.7%	13.1%	10.2%	不适用	不适用	不适用
100.0%	47.7%	8.2%	44.2%	不适用	不适用	不适用

备注：“不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算风险值。

由表 C1.4 可见，工业用地方式下，基于所有暴露途径可致癌风险 10^{-6} 外推得到的砷的土壤风险控制值较低为 1.22 mg/kg。基于经口摄入土壤暴露途径外推得到的土壤砷的土壤风险控制值为 1.59 mg/kg，低于其他单一暴露途径外推风险控制值。表 C1.5 结果表明，经口摄入途径土壤砷的暴露风险占有所有途径总风险的 76.7%，高于其他暴露途径风险。

C1.4 国内外土壤筛选值比较分析

对美国、加拿大、英国、德国、荷兰、比利时、澳大利亚、韩国、中国香港特别行政区、北京市、浙江省等国家和地区砷的土壤筛选值标准进行了调研，结果见图 C1.1（图 C1.1a 为住宅、公园、绿化等用地方式，图 C1.1b 为商业、工业和建筑施工等用地方式）。

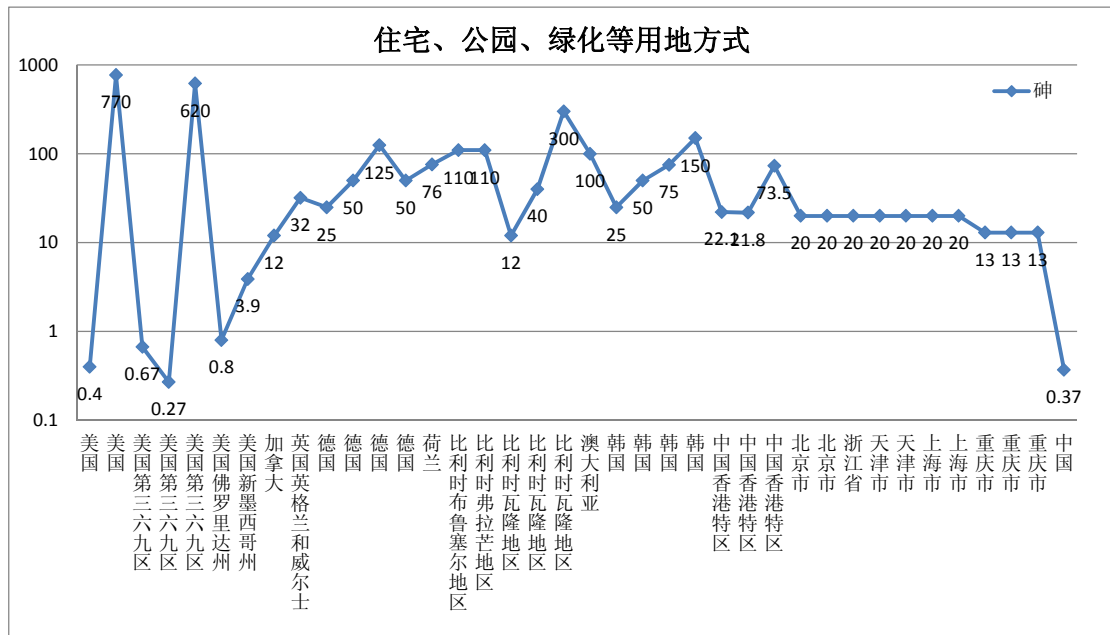


图 C1.1a 国内外住宅类（含公园、绿化）用地土壤环境标准值

调研获得国内外砷的土壤筛选值标准共 37 个，变化范围 0.27-770.0 mg/kg，算术平均值为 81.5 mg/kg，几何平均值为 22.5 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 0.39、13.0、22.1、75.0 和 364.0 mg/kg。

对国内外筛选值调研结果表明，HJ25.5 规定的土壤污染风险筛选值 0.37mg/kg 采用的制订方法及限值大小均与美国环保局、美国第三六九区环保局和佛罗里达州环保部门制定的标准值相当。由于砷的毒性较高，根据风险评估外推的筛选值低于砷的土壤环境背景值。

我国北京市、浙江省、上海市已制定发布的住宅类用地土壤环境标准值为 20 mg/kg，天津市和重庆市待发布稿中的住宅类用地的土壤环境标准值分别 20 和 13 mg/k，这些地区制定发布的标准值综合考虑了当地土壤砷的环境背景值。

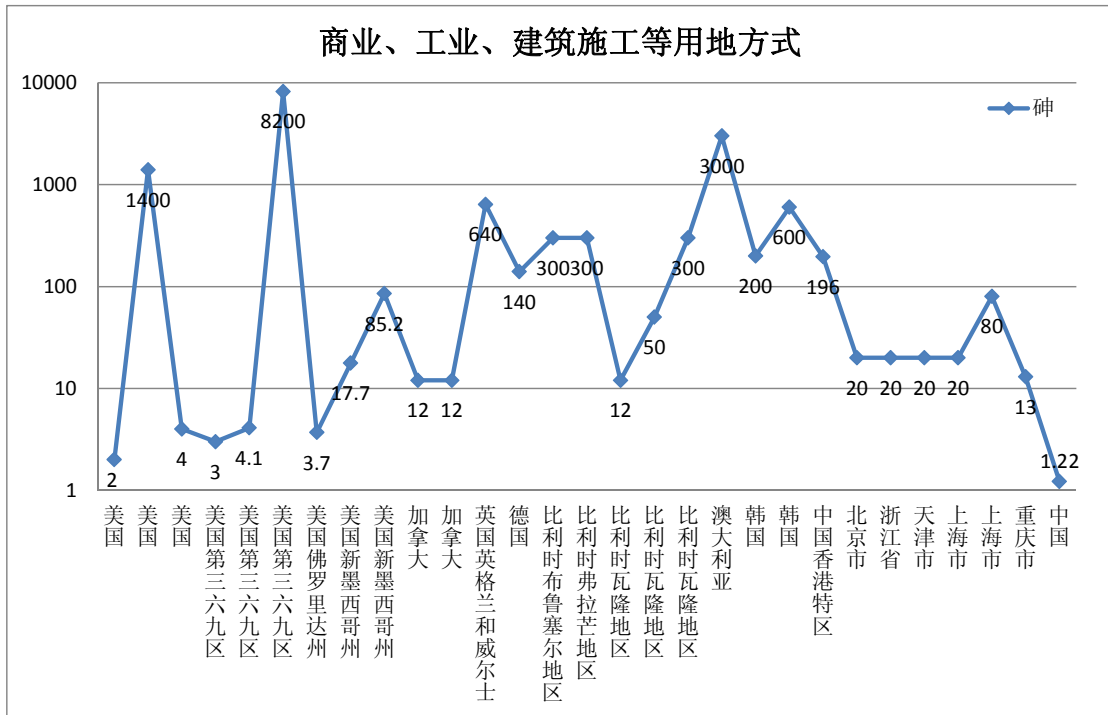


图 C1.1b 国内外工业类（含商业、建筑施工等）用地土壤环境标准值

调研获得国内外砷的土壤筛选值标准共 28 个，变化范围 1.22-8200 mg/kg，算术平均值为 556.3 mg/kg，几何平均值为 49.2 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 2.35、12.0、20.0、300.0 和 2440.0 mg/kg。

对国内外筛选值调研结果表明，HJ25.5 规定的土壤污染风险筛选值 1.22 mg/kg 采用的制订方法及限值大小均与美国环保局、美国第三六九区环保局和美国佛罗里达州环保部门制定标准值相当。

我国北京市、浙江省、上海市已制定发布的工业类用地土壤环境标准值为 20 mg/kg，天津市和重庆市待发布稿中的工业类用地的土壤环境标准值分别 20 和 13 mg/k，这些地区制定发布的标准值与住宅用地相同，标准定值综合考虑了当地土壤砷的环境背景值。

C1.5 推荐土壤污染风险筛选值

根据 HJ25.3 人体健康风险评估方法，外推得到的住宅类用地和工业类用地砷的土壤风险控制值分别为 0.37 和 1.22 mg/kg，低于我国多数地区土壤砷的环境背景值。鉴于此，本标准规定，砷的土壤污染风险筛选指导值主要根据特定地区的土壤环境背景值或特定地块的土壤环境本底值确定。制定有地方标准的地区，可执行地方建设用地的同类标准值。

C2 镉

C2.1 概述

镉（英语：Cadmium）元素符号为 Cd，原子序数为 48。镉是银白色有光泽的金属，有韧性和延展性，加热时表面形成棕色的氧化物层，若加热至沸点以上，则会产生剧毒的氧化镉烟雾。镉的主要矿物有硫镉矿(CdS)，贮存于锌矿、铅锌矿和铜铅锌矿石中。

镉在制造业中广泛用于制造多种合金。镉镍合金是飞机发动机的轴承材料。镉的化合物曾广泛用于制造颜料、塑料稳定剂、荧光粉、杀虫剂、杀菌剂、油漆、充电电池等。镉还用于制造电工合金，如电器开关中的电触头，广泛的用于家用电器开关、汽车继电器等。

C2.2 污染物性质

人体健康毒性 镉对人同时具有致癌毒性效应和非致癌毒性效应，相关健康毒性参数见表 C2.1。

表 C2.1 污染物主要毒性参数值*

毒性参数	计量单位	参数值	数据来源
SFo	1/(mg/kg-d)	—	—
IUR	1/(mg/m ³)	1.80E+00	I
RfDo	mg/kg-d	1.00E-03	I
RfC	mg/m ³	1.00E-05	R369
ABS _{gi}	无量纲	0.025	R369
ABS _d	无量纲	0.001	R369

*（1）SFo：经口摄入致癌斜率因子；IUR：呼吸吸入单位致癌风险；RfDo：经口摄入参考剂量；RfC：呼吸吸入参考浓度；ABS_{gi}：消化道吸收因子；ABS_d：皮肤吸收效率因子。

（2）“I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统（USEPA Integrated Risk Information System）”；“R369”代表数据来自美国环保局第 3、6、9 区分局“区域筛选值（Regional Screening Levels）总表”污染物毒性数据（2013 年 5 月发布）。

C2.3 模型计算土壤含量限值

根据 HJ 25.3-2014 规定的人体健康风险评估方法，计算得到住宅类用地镉的土壤风险控制值见表 C2.2。

表 C2.2 住宅类用地土壤风险控制值模型计算值：镉（mg/kg）

可接受 风险水平	所有土壤 途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤 颗粒物	吸入室外表 层土壤气态 污染物	吸入室外下 层土壤气态 污染物	吸入室内下 层土壤气态 污染物
ACR=10 ⁻⁶	14.6	不适用	不适用	14.6	不适用	不适用	不适用
AHQ=1	7.22	16.6	169	13.8	不适用	不适用	不适用

备注：

（1）ACR=10⁻⁶ 指单一污染物可接受可接受致癌风险 10⁻⁶，AHQ=1 指单一污染物可接受危害商为 1；

（2）“不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算指导值。

以表 C2.2 中计算获得的土壤风险控制值，评估住宅类用地方式下经不同暴露途径的土壤污染风险，分析不同暴露途径风险贡献率，结果见表 C2.3。

表 C2.3 住宅类用地土壤风险贡献率：镉

所有土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤颗粒物	吸入室外表层土壤气态污染物	吸入室外下层土壤气态污染物	吸入室内下层土壤气态污染物
100.0%	不适用	不适用	100.0%	不适用	不适用	不适用
100.0%	43.6%	4.3%	52.2%	不适用	不适用	不适用

备注：“不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算风险值。

由表 C2.2 可见，住宅用地方式下，基于所有暴露途径可接受危害商 1 外推得到镉的土壤风险控制值最低为 7.22 mg/kg。基于吸入土壤颗粒物暴露途径外推得到的镉的土壤风险控制值为 13.8 mg/kg，低于其他单一暴露途径外推风险控制值。表 C1.3 结果表明，吸入土壤颗粒物途径暴露风险占总风险的 52.2%，高于其他暴露途径风险。

根据人体健康风险评估方法，计算得到工业类用地镉的土壤风险控制值见表 C2.4。

表 C2.4 工业类用地土壤污染风险控制值模型计算值：镉（mg/kg）

可接受风险水平	所有土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤颗粒物	吸入室外表层土壤气态污染物	吸入室外下层土壤气态污染物	吸入室内下层土壤气态污染物
ACR=10 ⁻⁶	28.6	不适用	不适用	28.6	不适用	不适用	不适用
AHQ=1	28.3	166	726	35.8	不适用	不适用	不适用

备注：

- (1) ACR=10⁻⁶ 指单一污染物可接受可接受致癌风险 10⁻⁶，AHQ=1 指单一污染物可接受危害商为 1；
- (2) “不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算指导值。

以表 C2.4 中计算获得的土壤风险控制值，评估工业类用地方式下经不同暴露途径的土壤污染风险，分析不同暴露途径风险贡献率，结果见表 C2.5。

表 C2.5 工业类用地土壤污染风险贡献率：镉

所有土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤颗粒物	吸入室外表层土壤气态污染物	吸入室外下层土壤气态污染物	吸入室内下层土壤气态污染物
100.0%	不适用	不适用	100.0%	不适用	不适用	不适用
100.0%	17.1%	3.9%	79.0%	不适用	不适用	不适用

备注：“不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算风险值。

由表 C2.4 可见，工业用地方式下，基于所有暴露途径可接受危害商 1 外推得到的镉的土壤风险控制值最低为 28.3 mg/kg。基于吸入土壤颗粒物途径外推得到的土壤镉的土壤风险控制值为 28.6 mg/kg，低于其他单一暴露途径外推风险控制值。表 C2.5 结果表明，经口摄入途径土壤镉的暴露风险占有所有途径总风险的 76.7%，高于其他暴露途径风险。

C2.4 国内外土壤筛选值比较分析

对美国、加拿大、英国、德国、荷兰、比利时、澳大利亚、韩国、中国香港特别行政区、北京市、浙江省等国家和地区镉的土壤筛选值标准进行了调研，结果见图 C2.1（图 C2.1a 为住宅、公园、绿化等用地方式，图 C2.1b 为商业、工业和建筑施工等用地方式）。

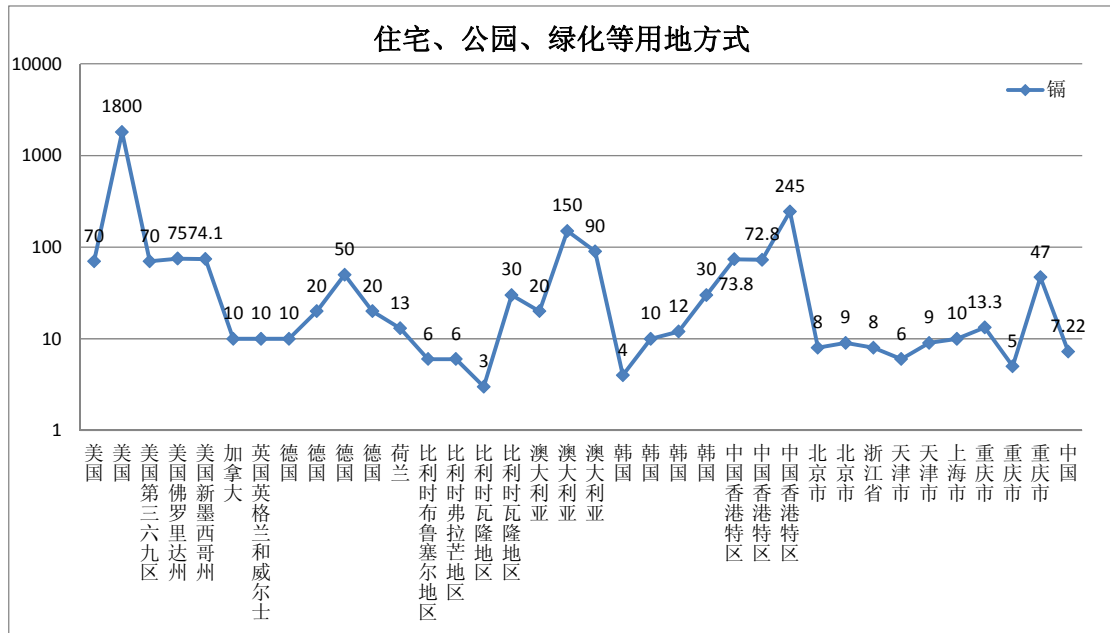


图 C2.1a 国内外住宅类（含公园、绿化）用地土壤环境标准值

调研获得国内外镉的土壤筛选值标准共 36 个，变化范围 3.00-1800.0 mg/kg，算术平均值为 86.0 mg/kg，几何平均值为 21.8 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 4.75、8.8、13.2、70.0 和 173.8 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 7.22 mg/kg，严于美国环保局土壤筛选值 70 和 1800 mg/kg、美国第三六九区环保局的区域土壤筛选值 70 mg/kg、加拿大的土壤质量指导值 10 mg/kg、英国（英格兰和威尔士）的土壤指导值 10 mg/kg、德国的 10-50 mg/kg 和荷兰的 13 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 7.22 mg/kg，严于我国香港特别行政区农村和城市住宅用地方式基于风险的修复目标值 72.8 和 73.8 mg/kg，严于北京市、浙江省已发布的住宅类用地土壤标准值 8 mg/kg，严于上海市已发布敏感用地土壤健康风险筛选值 10 mg/kg，严于重庆市待发布稿中的住宅用地土壤标准值 13.3 mg/kg，高于天津市待发布稿中的住宅用地镉的土壤标准值 6 mg/kg。

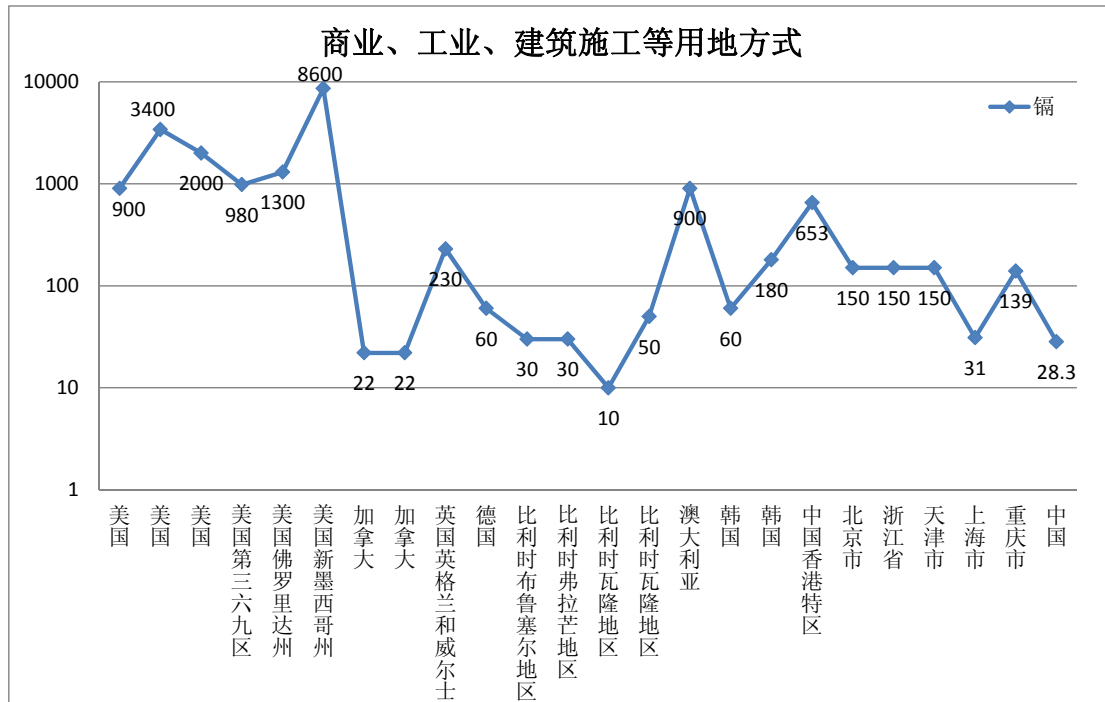


图 C2.1b 国内外工业类（含商业、建筑施工等）用地土壤环境标准值

调研获得国内外镉的土壤筛选值标准共 24 个，变化范围 10.00-8600 mg/kg，算术平均值为 836.5 mg/kg，几何平均值为 173.1 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 22.00、30.8、150.0、900.0 和 3190.0 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 28.3 mg/kg，严于美国环保局土壤筛选值 900-3400 mg/kg、美国第三六九区环保局的区域土壤筛选值 980 mg/kg、加拿大的土壤质量指导值 22 mg/kg、英国（英格兰和威尔士）的土壤指导值 230 mg/kg、德国的 60 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 28.3 mg/kg，严于我国香港特别行政区工业用地基于风险的修复目标值 653 mg/kg、北京市和浙江省已发布土壤标准值 150 mg/kg，严于上海市已发布非敏感用地土壤健康风险筛选值 31 mg/kg，严于天津市待发布稿中的标准值 150mg/kg 和重庆市待发布稿中标准值 139 mg/kg。

C2.5 推荐土壤污染风险筛选值

根据 HJ25.3 人体健康风险评估方法，外推得到的住宅类用地和工业类用地镉的土壤风险控制值分别为 7.22 和 28.3 mg/kg，依据风险评估模型外推风险控制值制订土壤污染风险筛选值，即：住宅类用地镉的土壤污染风险筛选指导值为 7.22 mg/kg，工业类用地镉的土壤污染风险筛选指导值为 28.3 mg/kg。

C3 汞

C3.1 概述

汞（英语：Mercury）元素符号为 Hg，原子序数为 80，俗称水银。在化学元素周期表

中位于第 6 周期、第 IIB 族，是常温常压下唯一以液态存在的金属。汞是银白色闪亮的重质液体，化学性质稳定，不溶于酸也不溶于碱。

汞广泛应用于制造工业化学品、电子或电器产品。汞用于制造温度计，尤其是测量高温的温度计。汞用于制造日光灯，生产杀虫剂、氯和氢氧化钾，合成防腐剂，并在一些电解设备中充当电极，作为合成反应的催化剂。

C3.2 污染物性质

人体健康毒性 汞对人具有非致癌毒性效应，相关健康毒性参数见表 C3.1。

表 C3.1 污染物的主要毒性参数值：汞*

毒性参数	计量单位	参数值	数据来源
SFo	1/(mg/kg-d)	—	—
IUR	1/(mg/m ³)	—	—
RfD _o	mg/kg-d	3.00E-04	I
RfC	mg/m ³	3.00E-04	R369
ABS _{gi}	无量纲	0.07	R369
ABS _d	无量纲	—	—

* (1) SFo: 经口摄入致癌斜率因子; IUR: 呼吸吸入单位致癌风险; RfDo: 经口摄入参考剂量; RfC: 呼吸吸入参考浓度; ABS_{gi}: 消化道吸收因子; ABS_d: 皮肤吸收效率因子。

(2) “I”代表数据来自“美国环保局综合风险信息系统 (USEPA Integrated Risk Information System)”；“R369”代表数据来自美国环保局第 3、6、9 区分局“区域筛选值 (Regional Screening Levels) 总表”污染物毒性数据 (2013 年 5 月发布)。

C3.3 模型计算土壤含量限值

根据 HJ 25.3-2014 规定的人体健康风险评估方法，计算得到住宅类用地无机汞的土壤风险控制值见表 C3.2。

表 C3.2 住宅类用地土壤风险控制值模型计算值：无机汞 (mg/kg)

可接受 风险水平	所有土壤 途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤 颗粒物	吸入室外表 层土壤气态 污染物	吸入室外下 层土壤气态 污染物	吸入室内下 层土壤气态 污染物
ACR=10 ⁻⁶	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
AHQ=1	4.92	4.97	不适用	415	不适用	不适用	不适用

备注：

(1) ACR=10⁻⁶ 指单一污染物可接受可接受致癌风险 10⁻⁶，AHQ=1 指单一污染物可接受危害商为 1；

(2) “不适用”是指污染物 (或经过特定暴露途径) 不具有致癌或非致癌效应，无法计算指导值。

以表 C3.2 中计算获得的土壤风险控制值，评估住宅类用地方式下经不同暴露途径的土壤污染风险，分析不同暴露途径风险贡献率，结果见表 C3.3。

表 C3.3 住宅类用地土壤风险贡献率：无机汞

所有土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤颗粒物	吸入室外表层土壤气态污染物	吸入室外下层土壤气态污染物	吸入室内下层土壤气态污染物
不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
100.0%	98.8%	不适用	1.2%	不适用	不适用	不适用

备注：“不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算风险值。

由表 C3.2 可见，住宅用地方式下，基于所有暴露途径可接受危害商 1 推得到无机汞的土壤风险控制值最低为 4.92 mg/kg。基于经口摄入土壤暴露途径外推得到的无机汞的土壤风险控制值为 4.97 mg/kg，低于其他单一暴露途径外推风险控制值。表 C3.3 结果表明，经口摄入暴露风险占总风险的 98.8%，高于其他暴露途径风险。

根据人体健康风险评估方法，计算得到工业类用地镉的土壤风险控制值见表 C3.4。

表 C3.4 工业类用地土壤污染风险控制值模型计算值：无机汞（mg/kg）

可接受风险水平	所有土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤颗粒物	吸入室外表层土壤气态污染物	吸入室外下层土壤气态污染物	吸入室内下层土壤气态污染物
ACR=10 ⁻⁶	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
AHQ=1	47.6	49.8	不适用	1074	不适用	不适用	不适用

备注：

- (1) ACR=10⁻⁶ 指单一污染物可接受可接受致癌风险 10⁻⁶，AHQ=1 指单一污染物可接受危害商为 1；
- (2) “不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算指导值。

以表 C3.4 中计算获得的土壤风险控制值，评估工业类用地方式下经不同暴露途径的土壤污染风险，分析不同暴露途径风险贡献率，结果见表 C3.5。

表 C3.5 工业类用地土壤污染风险贡献率：无机汞

所有土壤途径	经口摄入	皮肤接触	吸入土壤颗粒物	吸入室外表层土壤气态污染物	吸入室外下层土壤气态污染物	吸入室内下层土壤气态污染物
不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用	不适用
100.0%	95.6%	不适用	4.4%	不适用	不适用	不适用

备注：“不适用”是指污染物（或经过特定暴露途径）不具有致癌或非致癌效应，无法计算风险值。

由表 C3.4 可见，工业用地方式下，基于所有暴露途径可接受危害商 1 外推得到的无机汞的土壤风险控制值最低为 47.6 mg/kg。基于经口摄入土壤途径外推得到的无机汞的土壤风险控制值为 49.8 mg/kg，低于吸入土壤颗粒物途径外推风险控制值。表 C3.5 结果表明，经口摄入途径土壤无机汞的暴露风险占所有途径总风险的 95.6%，高于其他暴露途径风险。

C3.4 国内外土壤筛选值比较分析

对美国、加拿大、英国、德国、荷兰、比利时、澳大利亚、韩国、中国香港特别行政区、北京市、浙江省等国家和地区汞的土壤筛选值标准进行了调研，结果见图 C3.1（图 C3.1a

为住宅、公园、绿化等用地方式，图 C3.1b 为商业、工业和建筑施工等用地方式)。

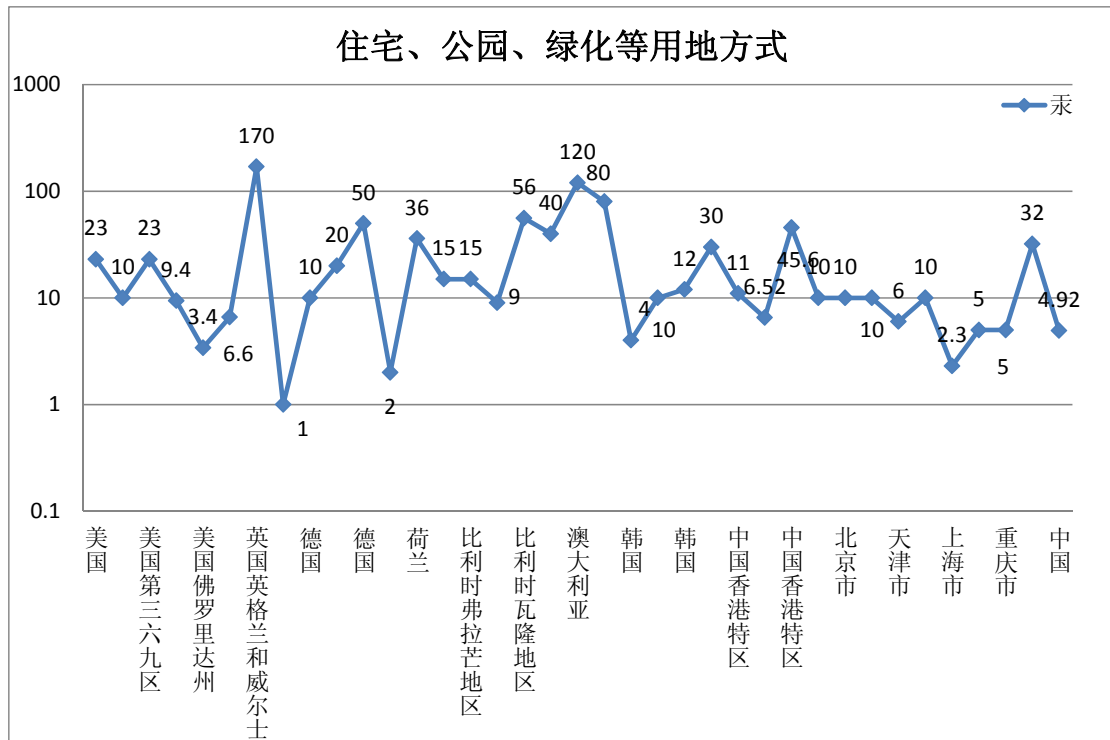


图 C3.1a 国内外住宅类（含公园、绿化）用地土壤环境标准值

调研获得国内外汞的土壤筛选值标准共 37 个，变化范围 1.00-170.0 mg/kg，算术平均值为 24.7 mg/kg，几何平均值为 13.0 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 2.24、6.5、10.0、30.0 和 88.0 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 4.92 mg/kg，严于美国环保局土壤筛选值 10 和 23 mg/kg、美国第三六九区环保局的区域土壤筛选值 23 mg/kg、加拿大的土壤质量指导值 6.6mg/kg、英国（英格兰和威尔士）的土壤指导值 170 mg/kg、德国的 10 mg/kg 和荷兰的 36 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 4.92 mg/kg，严于我国香港特别行政区农村和城市住宅用地方式下土壤筛选值 23 和 10 mg/kg、北京市、浙江省已发布的住宅类用地土壤环境标准值 10 mg/kg、天津市和重庆市待发布稿中的住宅类用地的土壤标准值分别 6 和 5 mg/kg，高于上海市已发布稿中的敏感用地土壤健康风险筛选值 2.3 mg/kg。

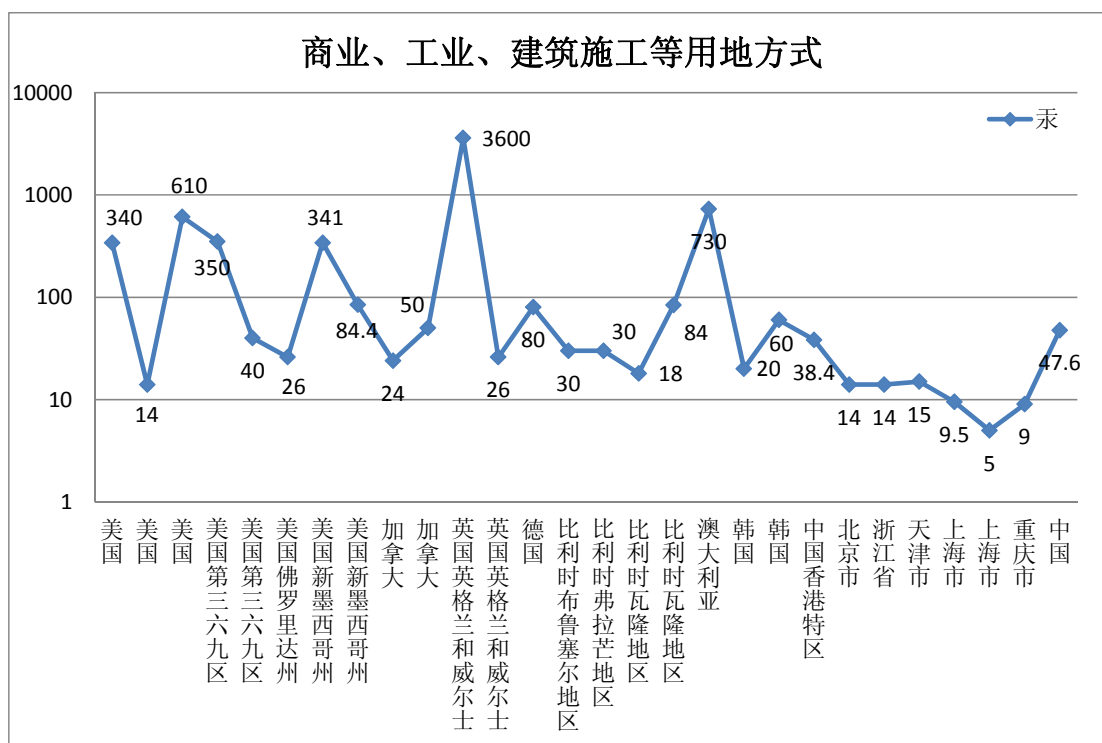


图 C3.1b 国内外工业类（含商业、建筑施工等）用地土壤环境标准值

调研获得国内外汞的土壤筛选值标准共 27 个，变化范围 9.00-3600 mg/kg，算术平均值为 248.4 mg/kg，几何平均值为 56.2 mg/kg，筛选值数据 5%、25%、50%、75%和 95%分位值分别为 12.04、19.0、38.4、84.2 和 694.0 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 47.6 mg/kg，介于美国环保局的土壤筛选值 14 和 610 mg/kg 之间，严于美国第三六九区环保局区域土壤筛选值 350 mg/kg，介于加拿大商业用地和工业用地土壤质量指导值 24 和 50 mg/kg 之间，严于英国（英格兰和威尔士）的土壤指导值 3600 mg/kg 和德国的 80 mg/kg。

本标准制订的土壤污染风险筛选指导值 47.6 mg/kg，略高于我国香港特别行政区基于风险的修复目标值 38.4 mg/kg，高于北京市、浙江省已发布的住宅类用地土壤环境标准值 14 mg/kg，高于上海市已发布非敏感用地土壤健康风险筛选值 11.2 mg/kg，高于天津市和重庆市待发布稿中的土壤标准值 15 和 9 mg/kg。

C3.5 推荐土壤污染风险筛选值

根据 HJ25.3 人体健康风险评估方法，外推得到的住宅类用地和工业类用地无机汞的土壤风险控制值分别为 4.92 和 47.6 mg/kg，依据风险评估模型外推风险控制值制订土壤污染风险筛选值，即：住宅类用地无机汞的土壤污染风险筛选指导值为 4.92 mg/kg，工业类用地无机汞的土壤污染风险筛选指导值为 47.6 mg/kg。