

污染场地土壤修复目标值差异探讨 ——以重庆某化工厂遗留场地为例

余云飞, 杨世辉, 严浩

(中冶赛迪技术研究中心有限公司, 重庆 401122)

摘要: 污染场地土壤修复目标值确定对于土壤污染的修复效果至关重要, 也是污染土壤修复工程实践中出现的难点。国家环境保护部已正式发布了《污染场地风险评估技术导则》(HJ25.3—2014), 但实际上《土壤环境质量标准》(GB15618—1995)、《展览会用地土壤环境质量评价标准》(HJ350—2007)等土壤环境质量标准仍未修订或废止, 导致两种评价方式并行, 且两种不同方式确定的修复目标值存在明显差异, 为修复工作带来了极大的困难。本文调查了重庆某化工厂遗留场地土壤污染现状, 分别通过两种评价方式确定了修复目标值, 结果显示, 两种评价方法确定的超标最严重污染物均为苯并[a]芘, 但风险评估模型计算的和土壤环境质量标准确定的修复目标值存在较大差异, 分别为 0.041、0.3 mg/kg, 计算确定的修复目标值低于现有标准规定的适用限值, 建议国家尽快修订或出台与风险评估模型相适应的土壤环境质量标准。

关键词: 场地修复; 风险评估; 现行标准; 修复目标

中图分类号: X825 **文献标识码:** A

近年来, 随着国家“退二进三”、“退城进园”等政策的实施, 城市化进程不断加快, 产业结构进入快速调整阶段, 众多污染企业陆续从城市中心区域搬迁, 遗留地块将进行后续开发利用, 改为公建或居住用地。但是这类工厂通常始建于 20 世纪中期或末期, 环保措施落实不到位的问题普遍存在, 导致工厂搬迁后遗留的场地存在较为严重的污染, 潜在的环境风险高, 急需开展污染场地修复工作, 减少土地污染给人民的身体健康和生态环境造成严重的危害^[1-2]。

开展污染场地修复工作之前, 需要对土壤受污染的程度进行分析, 因此引入了基于健康的风险评估技术。污染场地健康风险评估是指对已经或可能造成污染的工厂等场地进行污染物排放或泄露对人体健康危害程度的概率计算^[3], 这种方式指导下的污染场地修复工作, 既能保障资源的合理利用又能有效保护人体健康, 已被广泛用于污染场地的环境管理中^[4-5]。

美国、英国、荷兰等发达国家均已建立了完善的评价方法体系, 其中美国环保署建立的 RBCA 模型已被各个国家广泛应用^[6]。而我国从 21 世纪初才拉开污染场地调查与风险评价工作的序幕, 直到 2014 年 2 月, 国家环境保护部才正式发布了国家层面的第一个关于污染场地风险评价方面的技术导则——《污

染场地风险评估技术导则》(HJ25.3—2014)^[7], 从国家层面规范了污染场地人体健康风险评估工作。而在此之前, 国内诸多污染场地修复项目一直以现有的土壤环境质量标准为指导开展工作, 如《土壤环境质量标准》(GB15618—1995)^[8]、《温室蔬菜产地环境质量评价标准》(HJ333—2006)^[9]、《食用农产品产地环境质量评价标准》(HJ332—2006)^[10]、《展览会用地土壤环境质量评价标准暂行》(HJ350—2007)^[11]等标准均规定了土壤中的污染物浓度限值, 修复工作便通常以标准限值为修复目标值开展工作。而新出台的《污染场地风险评估技术导则》^[7]中同样提出可以按照可接受的致癌风险值 10^{-6} 或可接受的非致癌危害商 1 计算出污染物的修复目标值。然而, 通过两者得到的修复目标值往往并不一致。本文即以重庆某退役化工厂污染场地土壤为例, 说明在土壤环境质量标准与污染场地风险评估技术导则同时并行的情况下, 两种不同方式确定的修复目标值之间存在的差异, 并分析了差异性的来源。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

污染土壤采集自重庆某化工厂遗留场地, 该厂占

地面积约 20 hm², 是原化工部重点企业, 主要产品有苯酚、苯酐、苯、甲苯、二甲苯、溶剂油和饱和聚酯树脂等。2005 年破产后拆除了地面建筑, 根据调查报告显示, 场地主要受到苯系物以及多环芳烃的严重污染, 受污染土壤总面积约 47 000 m², 污染主要分布在老苯酐车间、古马隆车间、大苯酚车间、精苯车间、除草醚车间以及污水总排放口。

污染土壤采集点位于厂区北侧, 原是堆放锅炉煤渣的空地, 靠近污水总排放口, 采样深度 0~1 m, 采集得到的土壤呈黑色, 用手触摸略有油腻感, 含水率约 45%, 堆密度约 1.2×10³ kg/m³。

1.2 样品分析方法

土壤样品现场采样时使用采样器采集土壤样品, 将样品装满 250 ml 广口玻璃瓶后加盖, 用聚四氟乙烯密封带密封, 带回实验室。

于实验室内首先按照美国环保署标准方法《微型溶剂萃取法》(EPA—3570), 萃取土壤样品中的有机物, 之后分别按照美国环保署标准方法《气相色谱-质谱联用法测定挥发性有机物》(EPA—8260C) 测定萃取样品中的苯系物等挥发性有机物, 标准方法《气相色谱-质谱联用法测定半挥发性有机物》(EPA—8270D) 测定萃取样品中的多环芳烃等半挥发性有机物。

样品分析主要使用的仪器为安捷伦气相色谱-质谱联用仪(5975)。

1.3 评价标准

由于《土壤环境质量标准》^[8]中未规定苯系物以及多环芳烃物质的标准限值, 而考虑到场地未来可能用作商业区或居住区开发, 并不适用《温室蔬菜产地环境质量评价标准》^[9], 以及《食用农产品产地环境质量评价标准》^[10], 因此土壤中各种多环芳烃物质浓度限值采用《展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行)》^[11]中暴露于人体敏感用地类型^[11], 即采用 A 级标准。环境健康风险评估按照《污染场地风险评估技术导则》^[7]中规定的单个污染物的致癌风险可接受水平采用 10⁻⁶, 单个污染物的非致癌危害商可接受水平采用 1。

2 结果与讨论

2.1 土壤污染物检测结果分析

采样点位土壤样品有机污染物含量分析结果如表 1 所示。从表 1 可以看出, 苯系物以及多环芳烃的检出限均低于标准限值。因此认为当污染物无检出时, 污染物必然不超标。并且, 从表 1 中可以看出,

几种苯系物均未检出, 而 16 种多环芳烃物质均有检出, 可以说明采集点位的土壤中主要受到的是多环芳烃类物质的污染。其中, 萘以及萘烯在《展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行)》^[11]中未规定限值, 不属于土壤中的控制污染物; 而蒽、荧蒽、苯并[a]芘、菲、苯并[g,h,i]芘、蒽 8 种多环芳烃在土壤中含量均低于标准限值, 因此认为上述 10 种多环芳烃均未超标。需要指出的是, 蒽、荧蒽、苯并[a]芘、菲、苯并[g,h,i]芘等几种物质的标准限值范围从 210~2 300 mg/kg, 根据已有多环芳烃物质在土壤中吸附试验的相关文献报道^[12-16], 几乎没有以上哪种多环芳烃类物质在土壤中的平衡吸附量可高达上百至上千毫克每千克, 甚至超过了生物质炭、活性炭等多孔吸附物质对多环芳烃的吸附量^[17-18]。因此, 目前暂行的《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]中对于以上几种物质的规定限值没有实际指导价值。

表 1 污染土壤中有机污染物含量分析

Table 1 Organic pollutants in contaminated soil

有机污染物种类	土壤中含量 (mg/kg)	方法检出限 (mg/kg)	展标 ^A 级限值 (mg/kg)
苯	ND	0.05	0.2
甲苯	ND	0.05	26
乙苯	ND	0.05	10
二甲苯	ND	0.05	5
苯乙烯	ND	0.05	20
萘	0.3	0.1	无限值
蒽	1.3	0.1	2300
苯并[a]蒽	6.4	0.1	0.9
苯并[a]芘	6.4	0.1	0.3
苯并[b]荧蒽	10.5	0.1	0.9
苯并[k]荧蒽	2.5	0.1	0.9
蒽	6.7	0.1	9
二苯并[a,h]蒽	1.8	0.1	0.33
荧蒽	9.1	0.1	310
茚并[1,2,3-cd]芘	6.9	0.1	0.9
萘	1.5	0.1	54
芘	7.2	0.1	230
芴	0.2	0.1	210
菲	3.5	0.1	2300
萘烯	0.4	0.1	无限值
苯并[g,h,i]芘	3.5	0.1	230

注: *展标指《展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行)》(HJ350—2007); ND 表示低于检出限, 未检出。

在采集的土壤样品中, 超标污染物包括苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒽、苯并[k]荧蒽、二苯并[a,h]蒽以及茚并[1,2,3-cd]芘 6 种多环芳烃物质, 超标倍数约为 3 倍~20 倍, 超标最严重的污染物为苯并

[a]芘，超标倍数约为 20 倍，被认为是该土壤样品中最主要的污染物。

2.2 环境风险评估

该退役化工厂污染场地，在未来政府规划中属于一个大型商业圈的一部分，有可能用作商业用地，也有可能用作居住用地，因此应该按照敏感用地类型进行划分，主要污染源为土壤中的有机污染物。考虑到采集的土壤样品均为表层土壤，因此土壤中污染物可能暴露于人体的途径包括经口摄入土壤颗粒物、经皮肤接触土壤颗粒物、经呼吸吸入土壤颗粒物、经吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物等 4 种途径。

供试土壤中有检出有机污染物为多环芳烃。多环芳烃是指两个或两个以上苯环组成的稠环化合物，毒性较强，是一类较强的致癌物质，且随着苯环的增加，致癌性增强^[16]。但在《污染场地风险评估技术导则》^[7]中菲、萘、蒽、苯并[g,h,i]芘未体现出明显的致癌效应或非致癌危害，不属于土壤中的控制污染物，与《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]相比，只有萘同为两种评价体系下都不控制的污染物。

在剩下的 13 种多环芳烃物质中，苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]蒽、苯并[k]蒽、蒽、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘 7 种物质只体现了明显的致癌效应；萘、蒽、荧蒽、芴、芘 5 种物质只体现了明显的非致癌危害，而且只能通过经口摄入土壤颗粒物以及皮肤接触土壤颗粒物两种途径；而萘这种物质除了致癌效应外，也有一定的非致癌危害，但是致癌效应只能通过呼吸吸入途径体现，如呼吸吸入土壤颗粒物途径以及吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物途径。按照《污染场地风险评估技术导则》^[7]，可分别计算不同物质的致癌风险以及非致癌危害，其中致癌风险的控制值为 10⁻⁶，非致癌危害商的控制值为 1。

2.2.1 污染土壤非致癌危害商计算 按《污染场地风险评估技术导则》^[7]规定，对体现出非致癌危害特性的污染物进行非致癌危害商计算，可按如下公式计算：

$$HQ_{ois} = \frac{OISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_o \times SAF} \quad (1)$$

$$HQ_{dcs} = \frac{DCSER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_d \times SAF} \quad (2)$$

$$HQ_{pis} = \frac{PISER_{nc} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad (3)$$

$$HQ_{iovl} = \frac{IOVER_{nc1} \times C_{sur}}{RfD_i \times SAF} \quad (4)$$

$$HQ = HQ_{ois} + HQ_{dcs} + HQ_{pis} + HQ_{iovl} \quad (5)$$

式中：HQ_{ois}、HQ_{dcs}、HQ_{pis}、HQ_{iovl} 分别为经口摄入土壤颗粒物、经皮肤接触土壤颗粒物、经呼吸吸入土壤颗粒物、经吸入室外空气中来自于表层土壤的气态污染物 4 种暴露途径的危害商；OISER_{nc}、DCSER_{nc}、PISER_{nc}、IOVER_{nc1} 分别为以上 4 种途径对应的土壤暴露量，单位为 kg 土壤/(kg 体重·d)；C_{sur} 为表层土壤中污染物浓度，单位为 mg/kg；RfD_o、RfD_d、RfD_i 分别为经口摄入、经皮肤接触、经呼吸吸入的参考剂量，单位为 mg 污染物/(kg 体重·d)；SAF 为暴露于土壤的参考剂量分配比例，无量纲；HQ 为该退役化工厂污染场地表层土壤中某一污染物质暴露于人体的危害商总和。本研究计算结果如表 2 所示。

表 2 土壤样品中超标污染物非致癌危害指数
Table 2 Non-carcinogenic hazards indexes of pollutants in soil sample

污染物	浓度 (mg/kg)	非致癌危害商控制值	非致癌危害商计算值	非致癌危害贡献(%)
萘	1.5	1	6.41 × 10 ⁻³	14.32
萘	0.3	1	3.94 × 10 ⁻⁴	0.88
蒽	1.3	1	3.44 × 10 ⁻⁴	0.77
荧蒽	9.1	1	1.81 × 10 ⁻²	40.45
芴	0.2	1	3.97 × 10 ⁻⁴	0.89
芘	7.2	1	1.91 × 10 ⁻²	42.69

从表 2 可以看出，土壤样品中有检出的 6 种非致癌污染物的危害商均小于控制值 1，表明这几种污染物暴露于人体的剂量未超过参考剂量阈值，很大可能不会发生由污染物带来的非致癌危害。由此可以说明萘、蒽、荧蒽、芴、芘 5 种污染物在土壤内未超标，不需进行修复处置。而由于萘除了非致癌危害之外，还体现出了明显的致癌风险，因此萘还需要考察其致癌风险值后方可判断是否超标。

2.2.2 污染土壤致癌风险值计算 由于有 7 种污染物体现出了致癌风险，《污染场地风险评估技术导则》^[7]规定，需按如下公式计算各个物质的致癌风险值：

$$CR_{ois} = OISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_o \quad (6)$$

$$CR_{dcs} = DCSE_{ca} \times C_{sur} \times SF_d \quad (7)$$

$$CR_{pis} = PISER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \quad (8)$$

$$CR_{iovl} = IOVER_{ca} \times C_{sur} \times SF_i \quad (9)$$

$$CR = CR_{ois} + CR_{dcs} + CR_{pis} + CR_{iovl} \quad (10)$$

式中：CR_{ois}、CR_{dcs}、CR_{pis}、CR_{iovl} 分别为经口摄入土壤颗粒物、经皮肤接触土壤颗粒物、经呼吸吸入土壤颗粒物、经吸入室外空气中来自于表层土壤的气态污染物 4 种暴露途径的致癌风险；OISER_{ca}、DCSER_{ca}、PISER_{ca}、IOVER_{ca} 分别为以上 4 种途径对应的土壤暴露量，单位为 kg 土壤/(kg 体重·d)；C_{sur} 为表层土壤中污染物浓度，单位为 mg/kg；SF_o、SF_d、SF_i 分

别为经口摄入、经皮肤接触、经呼吸吸入的致癌斜率因子,单位为 (kg 体重·d)/mg 污染物;CR 为该退役

化工厂污染场地表层土壤中某一污染物质暴露于人体的致癌风险总和。本研究计算结果如表 3 所示。

表 3 土壤样品中超标污染物致癌风险
Table 3 Carcinogenic risks of pollutants in soil sample

污染物	浓度(mg/kg)	致癌风险控制值	致癌风险	致癌风险贡献(%)
萘	1.5	1×10^{-6}	2.41×10^{-9}	0.00
苯并[a]蒽	5.1	1×10^{-6}	1.45×10^{-5}	7.49
苯并[a]芘	4.3	1×10^{-6}	1.22×10^{-4}	63.03
苯并[b]荧蒹	8.2	1×10^{-6}	2.33×10^{-5}	12.04
苯并[k]荧蒹	2.3	1×10^{-6}	6.62×10^{-7}	0.34
蒽	6.7	1×10^{-6}	1.93×10^{-7}	0.10
二苯并[a,h]蒽	0.8	1×10^{-6}	2.27×10^{-5}	11.73
茚并[1,2,3-cd]芘	3.6	1×10^{-6}	1.02×10^{-5}	5.27

从表 3 可以看出,8 种有明显致癌效应的物质中,萘、苯并[k]荧蒹、蒽的致癌风险值小于控制值 10^{-6} ,认为这 3 种物质致癌风险不超标;其余 5 种污染物的致癌风险值高于控制值 10^{-6} ,需要进行修复,其中致癌风险值最高的为苯并[a]芘,高达 1.22×10^{-4} ,超过控制值 100 倍,致癌风险贡献率最大,可认为苯并[a]芘是样品中最有害的污染物。

综上所述,16 种检出的多环芳烃污染物中,萘、蒽、荧蒹、芴、芘 5 种非致癌污染物未超标,萘、苯并[k]荧蒹、蒽 3 种致癌污染物未超标,苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒹、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘 5 种致癌污染物超标。

与《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]评价结果相比,两种方法均认为苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒹、二苯并[a,h]蒽、茚并[1,2,3-cd]芘 5 种污染物超标,而且超标最严重的均为苯并[a]芘。但是苯并[k]荧蒹的评价上发生了差异,虽然该物质的检出浓度为 2.3 mg/kg,超过《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]中规定的 0.9 mg/kg 的限值,但是计算得到的致癌风险值为 6.62×10^{-7} ,小于控制值 1×10^{-6} ,并未体现出明显的致癌效应,即在污染物风险评估体系下并未超标。这是因为在《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]体系下,未体现出苯并[k]荧蒹毒性与其他几种物质的差异,比如苯并[k]荧蒹与苯并[b]荧蒹在《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]中的限值是一样的,均为 0.9 mg/kg,但是苯并[k]荧蒹的经口摄入致癌斜率因子为 0.073 (kg·d)/mg,是苯并[b]荧蒹的经口摄入致癌斜率因子 0.73 (kg·d)/mg 的 1/10,毒性更弱,因此苯并[k]荧蒹计算得到的致癌风险更低,即使浓度高于标准限值时,计算得到的致癌风险值也低于控制值。

2.3 不同评价体系下确定的修复目标值

对重庆某化工厂而言,由于未来规划为商业区或居住区,因此应当按照敏感区进行评价。根据《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11],该土壤中污染物浓度限值适用 A 级标准,修复工作的目标应当为将土壤中的 6 种超标有机污染物浓度通过各种修复手段,降低至 A 级标准以下,即修复目标值为《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]A 级限值(表 4)。

表 4 不同标准体系确定的修复目标值
Table 4 Remediation targets determined by different standard systems

污染物	污染物修复目标值(mg/kg)	
	HJ25.3—2014 体系计算结果	HJ350—2007 体系 A 级标准
苯并[a]蒽	0.3519	0.9
苯并[a]芘	0.03519	0.3
苯并[b]荧蒹	0.3519	0.9
苯并[k]荧蒹	3.472	0.9
二苯并[a,h]蒽	0.03518	0.33
茚并[1,2,3-cd]芘	0.3519	0.9

根据《污染场地风险评估技术导则》^[7],确定修复目标值应当以致癌风险控制值 1×10^{-6} 或非致癌危害商控制值 1 为准,分别计算对应控制值下土壤中污染物的浓度。据此可计算文中所述重庆某焦化厂表层土壤中的几种超标有机污染物修复目标值,如表 4 所示。

从表 4 中可以看出,两种不同评价体系下确定的污染物修复目标值并不一致,并且与《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]规定的标准限值相比,由《污染场地风险评估技术导则》^[7]计算确定的污染物修复目标值通常更低,当然也有例外,如苯并[k]荧蒹,因为物质本身毒性弱,因此计算的修复目标值相对较

高,超出了《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]规定的标准限值。

现有的《土壤环境质量标准》^[8]为1995年开始实施的标准,只规定了8种重金属以及2种有机氯农药在土壤中的限值,并不适应现在的实际情况;而《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]为暂行标准,出台的目的主要为了上海世博会的场地开发工作需要。由于没有其他适用的土壤环境质量标准出台,目前污染场地修复工作主要还是以《展览会用地土壤环境质量评价标准》^[11]为主要参照标准,修复目标相对更容易达到,可降低修复工作的处置成本,但即使土壤中的污染物含量达到了A级标准,也不能保证污染场地再利用后的健康风险低于控制值,因此该标准已逐渐不再适应新形势下的污染场地修复工作。目前土壤修复行业内迫切需要新的土壤环境质量标准出台,以指导污染场地修复工作的开展。

在如今并行的工作体制下,如何选择不同的适用标准来指导污染场地修复工作的开展成为了今后工作中的一个关键。

3 结论

1) 针对重庆某化工厂遗留污染场地表层土壤,经检测表明,苯系物未检出,多环芳烃有检出,说明采集点位的土壤中主要受到的是多环芳烃类物质的污染。其中,超标污染物包括苯并[a]蒽、苯并[a]芘、苯并[b]荧蒹、苯并[k]荧蒹、二苯并[a,h]蒽以及茚并[1,2,3-cd]芘6种多环芳烃,超标最严重的是苯并[a]芘,超标倍数达到近20倍。

2) 按《污染场地风险评估技术导则》,考虑该化工厂遗留场地未来规划,该遗留场地属于敏感用地类型,表层土壤中污染物可能暴露于人体的途径包括经口摄入土壤颗粒物、经皮肤接触土壤颗粒物、经呼吸吸入土壤颗粒物、经吸入室外空气中来自表层土壤的气态污染物4种途径。经计算超标的6种污染物中,苯并[a]芘致癌风险贡献最高,达63.03%,为最主要的污染物。

3) 比较《展览会用地土壤环境质量评价标准》以及《污染场地风险评估技术导则》两种评价体系,两种方法确定的污染物修复目标值并不一致,由风险评估模型计算确定的污染物修复目标值通常更低。当然也有例外,如苯并[k]荧蒹,通过风险评估模型计

算的修复目标值相对较高,比《展览会用地土壤环境质量评价标准》标准限值高约4倍。

参考文献:

- [1] 李春平,张峰,马烈. 污染场地风险评估技术方法比较分析[J]. 中国资源综合利用, 2015, 33(7): 47-52
- [2] 纪华,屈波,夏立江,等. 焦化厂多环芳烃污染场地的环境评价实证研究[J]. 城市环境与城市生态, 2013, 26(2): 1-5
- [3] The Interstate Technology and Regulatory Council. Use of risk assessment in management of contaminated sites[R]. Washington DC: The Interstate Technology and Regulatory Council Risk Assessment Resources Team, 2008
- [4] 陈鸿汉, 谌宏伟, 何江涛, 等. 石油烃污染场地环境风险评价与风险管理[J]. 地学前沿, 2006, 13(1): 265-272
- [5] 董敏刚, 张建荣, 罗飞, 等. 我国南方某典型有机化工污染场地土壤与地下水健康风险评估[J]. 土壤, 2015, 47(1): 100-106
- [6] 蔡五田, 张敏, 刘雪松, 等. 论场地土壤和地下水污染调查风险评价的程序和内容[J]. 水文地质工程地质, 2011, 38(6): 125-134
- [7] 中国环境保护部. 污染场地风险评估技术导则: HJ25.3-2014[S]. 北京: 中国标准出版社, 2014
- [8] 中国环境保护部. 土壤污染环境质量标准: GB15618—1995[S]. 北京: 中国标准出版社, 1995
- [9] 中国环境保护部. 食用农产品产地环境质量评价标准: HJ332—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006
- [10] 中国环境保护部. 温室蔬菜产地环境质量评价标准: HJ333—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006
- [11] 中国环境保护部. 展览会用地土壤环境质量评价标准(暂行): HJ350—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007
- [12] 罗晓丽, 齐亚超, 张承东, 等. 多环芳烃在中国两种典型土壤中的吸附和解吸行为研究[J]. 环境科学学报, 2008, 28(7): 1375-1380
- [13] 陈洪, 许端平, 黄满湘, 等. 蒽在几种典型土壤中的吸附行为研究[J]. 能源环境保护, 2005, 19(6): 18-22
- [14] 蒋真玉. 重庆主城区两江表层沉积物中腐殖酸特性及其对荧蒹的吸附影响研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2012
- [15] 许端平, 陈洪, 曹云者, 等. 多环芳烃菲在不同土壤及其组分中的吸附特性研究[J]. 农业环境科学学报, 2005, 24(4): 625-629
- [16] 麦麦提·斯马义, 帕丽达·牙合甫, 努尔比亚·霍加吾买尔. 乌鲁木齐市周边地区土壤中多环芳烃的含量及来源[J]. 土壤, 2016, 48(6): 1166-1171
- [17] 肖学敏. 煤基活性炭的微波法制备及其对萘、菲、芘吸附性能的研究[D]. 新疆石河子: 石河子大学, 2014
- [18] 张默, 贾明云, 卞永荣, 等. 不同温度玉米秸秆生物炭对萘的吸附动力学特征与机理[J]. 土壤学报, 2015, 52(5): 1106-1115

Inconsistency of Soil Remediation Targets Derived from Risk Assessment Model and Environmental Standards: A Case Study of a Chemical Plant in Chongqing, Southwest China

YU Yunfei, YANG Shihui, YAN Hao

(*CISDI R&D CO.,LTD., Chongqing 401122, China*)

Abstract: Remediation target of contaminated site is crucial to soil remediation project, but remains as a challenge. ‘Technical Guidelines for Risk Assessment of Contaminated Sites (HJ25.3—2014)’ was officially issued by Ministry of Ecology and Environment, however, other environmental quality standards for soil amendment are not abolished or still valid, such as the ‘Soil Environmental Quality Standards (GB15618—1995)’ and ‘Standard of Soil Quality Assessment for Exhibition Sites (HJ350—2007)’, etc., resulting in confusion and inconsistency in determining the remediation targets, which has triggered lots of problems in soil remediation. In this paper, based on the survey of a chemical plant in Chongqing, remediation targets are determined and compared by risk assessment model and environmental standards, respectively. Results indicated that for both evaluation systems the most dominant soil pollutant was benzo-(a)-pyrene, but the remediation targets varied significantly, which was 0.041 mg/kg for risk assessment model and 0.3 mg/kg for environmental quality standards. Therefore, it is urgent to revise and issue current soil environmental quality standards to match the soil risk assessment models.

Key words: Site remediation; Risk assessment; Standard; Remediation target